

CMOS 集成电路

应用 800 例

张长清 郑寿安 编著



福建科学技术出版社

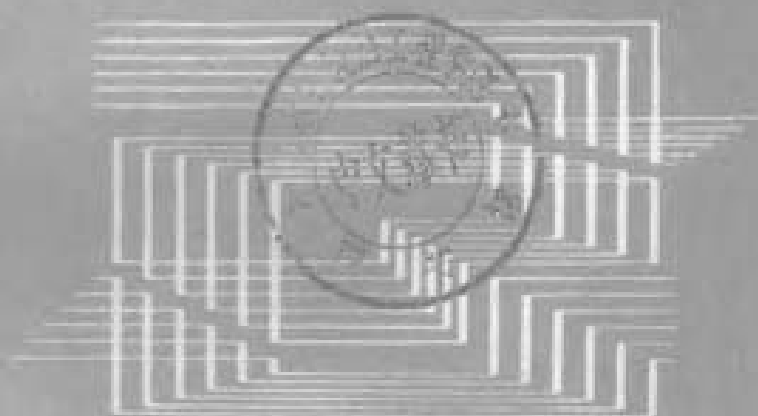
TN432
211

395952

CMOS

集成电路应用800例

张长清 郑寿安 编著



福建科学技术出版社

(闽)新登字 03 号

CMOS 集成电路应用 800 例

张长清 郑寿安 编著

*

福建科学技术出版社出版、发行

(福州得贵巷 52 号)

各地新华书店经销

福建省矿业技术开发中心激光照排

三明地质印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 38.5 印张 2 插页 948 千字

1997 年 2 月第 1 版

1997 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—6 000

ISBN 7-5335-1081-X/TN·139

定价:43.00 元

书中如有印装质量问题,可直接向承印厂调换

前 言

CMOS 集成电路是由 P 沟道型和 N 沟道型的互补 MOS 场效应管构成的,属于金属-氧化物-半导体结构的现代新型电子器件。它自 20 世纪 60 年代末问世以来,以其静态功耗低($<0.1\mu\text{W}/\text{门}$)、动态功耗又是工作频率的函数,温度稳定性好(民品为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 、军品为 $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$),逻辑摆幅大($0\sim V_{\text{DD}}$),电源电压范围宽(A 系列 $7\sim 15\text{V}$ 、B 系列 $3\sim 18\text{V}$),抗干扰能力强(噪声容限 $\geq 30\%$),可控性良好和接口方便等优点,率先在宇宙空间电子技术和军用电子产品中得到应用,随后很快渗透到其它领域。从大型联合企业的设计到交通运输的自动控制,从家用电器到医疗设备,从计时计量产品到儿童玩具等领域,它均已大显身手,得到广泛的应用,并大有取代一些早期应用较广的 TTL、HTL、PMOS 等集成电路之势。尤其目前新开发出来的高速 CMOS 74HC 系列,更显示出优越的性能和强劲的应用前景。

为了帮助读者了解 CMOS 集成电路在通常设计与日常生活中的应用,我们从其组成的反相器、门电路、触发器、计时器、移位寄存器、译码器、译码显示电路、算术逻辑电路、模拟开关、数据选择器、单稳态触发器、电平转换器、定时器、锁相环电路等功能方面,用实例形式加以介绍。本书共收编了 800 多个应用实例,其中有部分是作者设计与应用过的。它涉及到几十个领域,覆盖面广代表性强。每个实例既有电路原理图,又有电路结构说明,且绝大多数电路标明元器件型号与标称值,可供读者参考和加以使用。

此外,本书于卷首简要地介绍了 CMOS 基本逻辑电路及其工作条件,卷末附有 CMOS 电路特性的图示仪测试与 CMOS 电路管脚排列图。其目的是使本书更具有实用价值。我们祈望本书能成为广大电子技术人员和无线电爱好者所喜欢的工具书。

书中内容涉及面广、例多,故限于我们水平,错误之处难免。恳请读者批评指正。

作者

一九九六年春

目 录

第一章 CMOS 集成电路原理与工作条件

第一节 CMOS 基本逻辑电路工作原理	(1)
第二节 CMOS 电路工作条件与注意事项	(4)
第三节 CD4000 系列主要性能	(7)

第二章 信号处理

例 1 数字钟用时基信号分频器	(8)
例 2 扩展 CD4017 的分频系数	(8)
例 3 用电位器调节的分频器	(9)
例 4 二分频器	(9)
例 5 分频器(R-S)	(10)
例 6 421 分频电路	(10)
例 7 多档十进制分频电路	(11)
例 8 $f/2^{21}$ 级分频器	(12)
例 9 MC14557 实现 2-65 可编程分频器	(12)
例 10 N 分频计数器	(13)
例 11 1/N 计数器/分频器	(14)
例 12 可编程分频器	(14)
例 13 可编程 1/N 分频器	(15)
例 14 脉冲倍频器	(15)
例 15 2 倍频电路(一)	(16)
例 16 2 倍频电路(二)	(16)
例 17 2 倍频电路(三)	(17)
例 18 实用倍频器(一)	(17)
例 19 实用倍频器(二)	(18)
例 20 4 倍频器	(18)
例 21 可控脉冲极性倍频电路	(19)
例 22 2^N 倍频器	(19)
例 23 占空比可调倍频器	(20)
例 24 任意倍频器(一)	(20)
例 25 任意倍频器(二)	(20)
例 26 整数与非整数分频器/倍频器	(21)
例 27 数据解调器	(22)
例 28 高、低通滤波器	(22)
例 29 可调分频器(CD4001)	(23)
例 30 脉冲解调器	(23)
例 31 多路解调器	(23)
例 32 单脉冲展宽电路	(24)
例 33 极变宽脉调制器	(24)

例 34	选通滤波器	(25)
例 35	计数式脉宽倍增器	(26)
例 36	数控脉宽电路	(27)
例 37	脉冲展宽电路(一)	(27)
例 38	脉冲展宽电路(二)	(28)
例 39	脉冲分选电路	(28)
例 40	机械开关整形电路	(29)
例 41	消除噪声电路	(29)
例 42	4 位二进制 0~15 时序脉冲转换器	(30)
例 43	采样保持电路	(30)
例 44	模拟延迟电路	(31)
例 45	消除脉冲沿抖动电路	(31)
例 46	脉冲上升沿检出电路	(32)
例 47	脉冲下降沿检出电路	(32)
例 48	“异或”门构成的脉冲沿检出电路	(33)
例 49	时钟同步上升沿检出电路	(33)
例 50	时钟同步下降沿检出电路	(33)
例 51	消除瞬间干扰信号电路	(34)
例 52	脉冲鉴宽电路	(34)
例 53	脉冲鉴别器	(35)
例 54	脉冲鉴宽电路	(35)
例 55	脉冲上升沿延迟电路	(35)
例 56	输出脉冲延迟及脉宽可控电路	(36)
例 57	噪声鉴别器	(36)
例 58	开关式带通滤波器	(37)
例 59	低通滤波器	(37)
例 60	带通滤波器	(38)
例 61	虚假信号识别数字积分器	(38)
例 62	积分电路	(39)
例 63	64 选 1 组合电路	(39)
例 64	滤除干扰脉冲的积分电路	(40)
例 65	简易编码与译码电路	(40)
例 66	时序脉冲产生器	(41)
例 67	按键编码盘	(41)
例 68	非整数分频器	(41)
例 69	分频器电路(CC7556)	(46)
例 70	调频信号解调器(PLL)	(46)
例 71	PLL 倍频器	(47)
例 72	振荡与时钟频率同步器	(47)
例 73	采样保持电路	(48)
例 74	16 选 1 译码器/多路传输器	(48)
例 75	16 选 1 组合电路	(49)

第三章 振荡器

例 1	奇数反相器组成振荡器	(50)

例 2	三级和二级反相器 RC 振荡器	(50)
例 3	反相器组成晶体振荡器	(51)
例 4	他激式交叉多谐振荡器	(52)
例 5	键控振荡器	(52)
例 6	晶体射频振荡器	(53)
例 7	门控振荡器	(53)
例 8	文氏桥振荡器	(54)
例 9	无稳态多谐振荡器(CD4011)	(54)
例 10	占空比可调的振荡器(1)	(55)
例 11	占空比可调的振荡器(2)	(55)
例 12	占空比可调的振荡器(3)	(55)
例 13	占空比可调的振荡器(4)	(56)
例 14	占空比可调的振荡器(5)	(56)
例 15	程控频率和占空比的振荡器(6)	(57)
例 16	占空比可调振荡器(7)	(57)
例 17	占空比可调振荡器(8)	(58)
例 18	可控方波振荡器	(58)
例 19	间歇振荡器	(58)
例 20	压控振荡器(1)	(59)
例 21	压控振荡器(2)	(59)
例 22	压控振荡器(3)	(60)
例 23	压控振荡器(4)	(60)
例 24	压控振荡器(5)	(60)
例 25	压控振荡器(6)	(61)
例 26	压控振荡器(7)	(61)
例 27	压控振荡器(8)	(62)
例 28	压控振荡器(9)	(62)
例 29	占空比可调的多谐振荡器	(63)
例 30	光电转换整形器	(63)
例 31	50%占空比的振荡器	(63)
例 32	CD4518 振荡器	(64)
例 33	LM317 功率振荡器	(64)
例 34	数控单稳多谐振荡器	(65)
例 35	CD4093 多谐振荡器	(65)
例 36	非稳态多谐振荡器	(66)
例 37	单稳态多谐振荡器	(66)
例 38	双稳态多谐振荡器	(67)
例 39	长周期通/断多谐振荡器	(67)
例 40	线性振荡器	(68)
例 41	用 D 触发器接成 RC 振荡器	(68)
例 42	J-K 触发器构成的多谐振荡器	(69)
例 43	双 D 型触发器构成振荡器	(69)
例 44	无稳态振荡器(CD4098)	(69)
例 45	程控式扫频振荡器	(70)

例 46	数控频率振荡器	(71)
例 47	多谐振荡器(CC7555)	(71)
例 48	自激多谐振荡器	(72)
例 49	多频输出振荡器	(72)
例 50	可设定输出脉冲个数振荡器(1)	(73)
例 51	可设定输出脉冲个数振荡器(2)	(74)
例 52	可设定输出脉冲个数振荡器(3)	(75)
例 53	程控脉冲振荡器	(76)
例 54	方波振荡器(CD4046B)	(76)
例 55	宽范围压控振荡器(1)	(76)
例 56	宽范围压控振荡器(2)	(77)
例 57	有限范围压控振荡器	(77)
例 58	双相宽范围压控振荡器	(77)
例 59	手控宽范围压控振荡器	(78)
例 60	电子控制宽范围压控振荡器(VCO)(1)	(78)
例 61	电子控制宽范围压控振荡器(VCO)(2)	(78)
例 62	频移键控(FSK)方波发生器	(79)
例 63	调频(FM)波形发生器	(79)
例 64	VCO 振荡器(0.5Hz~500kHz)	(79)

第四章 多种波形产生与变换

例 1	时钟信号发生器	(81)
例 2	波形发生器	(81)
例 3	单键的单次、连续脉冲产生电路	(82)
例 4	占空比可调脉冲发生器(1)	(82)
例 5	占空比可调脉冲发生器(2)	(83)
例 6	脉冲和脉冲串发生器	(83)
例 7	移相电路	(84)
例 8	简单延迟脉冲发生器	(84)
例 9	8/16 位串行码发生器	(85)
例 10	市电产生分时钟电路	(85)
例 11	短脉冲序列发生器	(86)
例 12	脉宽可控的脉冲发生器	(86)
例 13	频率合成的脉冲信号源	(87)
例 14	时序脉冲发生器(1)	(88)
例 15	时序脉冲发生器(2)	(88)
例 16	时序脉冲发生器(3)	(89)
例 17	60Hz 时基电路	(90)
例 18	时序控制的定时脉冲发生器(1)	(90)
例 19	时序控制的定时脉冲发生器(2)	(91)
例 20	模拟正弦波发生器	(91)
例 21	正弦波转换成方波	(92)
例 22	数控正弦波发生器	(92)
例 23	权电阻法正弦波发生器	(93)
例 24	实验室用的方波发生器	(94)

例 25	可编程脉冲串发生器(1)	(94)
例 26	可编程脉冲串发生器(2)	(95)
例 27	数字图形发生器	(96)
例 28	双极性脉冲信号发生器	(96)
例 29	音阶信号发生器	(97)
例 30	传输门窄脉冲发生器	(97)
例 31	低功耗伪随机序列发生器	(97)
例 32	10 档信号发生器	(98)
例 33	时基发生器	(99)
例 34	电话铃声发生器	(99)
例 35	间隔多相时钟发生器	(99)
例 36	外同步时钟脉冲发生器	(100)
例 37	高精度脉冲发生器	(100)
例 38	阶梯波发生器	(101)
例 39	8 度 5 响发生器	(101)
例 40	三角波发生电路	(102)
例 41	多信号发生器	(102)
例 42	12 阶梯波发生器	(103)
例 43	3 种不同频率发生电路	(103)
例 44	秒信号发生器(1)	(104)
例 45	秒信号发生器(2)	(104)
例 46	秒信号发生器(3)	(105)
例 47	秒信号发生器(4)	(105)
例 48	秒信号发生器(5)	(105)
例 49	单脉冲发生器(1)	(106)
例 50	单脉冲发生器(2)	(106)
例 51	单脉冲发生器(3)	(107)
例 52	双相脉冲发生器(1)	(108)
例 53	双相脉冲发生器(2)	(108)
例 54	双相脉冲发生器(3)	(109)
例 55	双相脉冲发生器(4)	(109)
例 56	双相脉冲发生器(5)	(110)
例 57	双相脉冲发生器(6)	(110)
例 58	互补尖脉冲发生器	(111)
例 59	三相时钟发生器(1)	(111)
例 60	三相时钟发生器(2)	(112)
例 61	三相时钟发生器(3)	(112)
例 62	四相时钟发生器	(113)
例 63	八相时钟发生器	(113)
例 64	定量脉冲数发生电路(1)	(114)
例 65	定量脉冲数发生电路(2)	(114)
例 66	定量脉冲数发生电路(3)	(114)
例 67	N 脉冲发生器	(115)
例 68	任意波形发生器	(116)

例 69	多路时钟发生器	(116)
例 70	实验室用的多功能脉冲信号发生器	(117)
例 71	基准信号发生器(CH279)	(118)
例 72	三相双 3 拍工作电路	(119)
例 73	三相单 6 拍工作电路	(120)
例 74	占空比 50% 的晶体稳频 50Hz 方波发生器	(120)
例 75	脉冲群发生器	(121)
例 76	内外时钟自动选择电路	(121)
例 77	数/模转换器	(122)
例 78	频率-电压变换电路	(122)
例 79	模拟频率计(f-v)	(122)
例 80	电压-频率转换电路	(123)
例 81	方波/正弦波转换电路	(123)
例 82	频率/电压转换器	(124)
例 83	压力/阻值数字变换电路	(124)
例 84	DC 正负电压变换器	(125)
例 85	双极性直流电压变换器	(125)
例 86	并行码/等值串脉冲变换电路	(126)
例 87	二进制/BCD 码变换电路	(126)
例 88	二进制至 BCD 码变换显示器	(127)
例 89	16 键编码器	(128)
例 90	0~9 数字键盘编码电路	(129)
例 91	扫描式 16 进制字符键盘电路	(130)
例 92	v-f 转换器(CD4046)	(131)
例 93	正弦波发生器(CD4518)	(131)
例 94	N 进制分配器	(131)
例 95	整形电路	(132)

第五章 定时与延时电路

例 1	定时器(1)	(134)
例 2	定时器(2)	(134)
例 3	低功耗定时器	(135)
例 4	3 档定时器	(135)
例 5	24 小时脉冲发生器	(136)
例 6	1~30s 定时器	(137)
例 7	1~255min 定时器	(137)
例 8	数字式曝光定时器	(138)
例 9	多功能定时器	(139)
例 10	两次计时定时器	(141)
例 11	精密定时器	(141)
例 12	7×9 级可调定时器	(142)
例 13	新颖的定时器电路	(143)
例 14	石英钟 24 小时定时器	(143)
例 15	多档定时器	(144)
例 16	间歇定时器	(145)

例 17	0.1s~6h 定时电路	(145)
例 18	0~16h 定时器	(146)
例 19	实用自动定时器	(147)
例 20	用计数器作定时器	(147)
例 21	数字式定时器(1)	(148)
例 22	数字式定时器(2)	(148)
例 23	数字式定时器(3)	(149)
例 24	长时间定时器	(150)
例 25	长达几个月的定时电路	(151)
例 26	可编程定时器(1)	(151)
例 27	可编程定时器(2)	(152)
例 28	单片定时报警器	(153)
例 29	10 至 40min 定时电路	(153)
例 30	延时报警器	(154)
例 31	正极性脉冲延迟电路	(154)
例 32	脉冲延迟电路	(155)
例 33	延迟和展宽电路	(155)
例 34	多阶段渐亮延时灯	(155)
例 35	小灯光控延时电路	(156)
例 36	限时控制开关电路	(157)
例 37	关机延时断电电路	(157)
例 38	讲话限时器	(158)
例 39	CD4098 脉冲延时电路	(159)
例 40	脉冲延迟控制器	(159)
例 41	定时交流开关	(160)
例 42	4 路延时控制器	(161)
例 43	延时电路(MC14574)	(161)
例 44	改装电子表为定时器	(162)

第六章 控制开关与触发器

例 1	定时开关	(163)
例 2	单点触摸开关	(163)
例 3	钮子开关电路	(164)
例 4	键控 8 音调扫描电路	(164)
例 5	10 键自锁互斥开关电路	(165)
例 6	多路选择开关	(166)
例 7	时序选择开关	(166)
例 8	传输门传输交流信号电路	(167)
例 9	电子步进开关	(167)
例 10	无触点转换开关	(168)
例 11	用传输门组成 4 种开关电路	(168)
例 12	数学演示电子开关	(169)
例 13	双向总线数据传递电路	(170)
例 14	双路数据传输开关	(170)
例 15	多点控制开关	(171)

例 16	脉冲列控制的隔离开关	(171)
例 17	声控开关(1)	(172)
例 18	声控开关(2)	(173)
例 19	定时自动开关电路	(173)
例 20	超声遥控开关	(174)
例 21	轻触开关	(175)
例 22	4 路电子开关	(176)
例 23	触摸开关(1)	(177)
例 24	触摸开关(2)	(178)
例 25	触摸开关(3)	(178)
例 26	触摸开关(4)	(179)
例 27	触摸开关(5)	(179)
例 28	触摸开关(6)	(180)
例 29	触摸(双刀三掷)开关(7)	(181)
例 30	模拟薄膜开关	(181)
例 31	单/双时钟脉冲转换电路	(182)
例 32	总线数据传输电路	(183)
例 33	用 D 触发器接成单稳态电路	(183)
例 34	单稳态触发器(CC7555)	(184)
例 35	R-S 触发器(CC7555)	(184)
例 36	单稳态触发器(CD4043)	(185)
例 37	低功耗单稳态电路	(185)
例 38	施密特触发器(CC7555)	(186)
例 39	按钮式双稳态电路	(187)
例 40	回差可调至负值的施密特触发器	(187)
例 41	4 状态触发器	(188)
例 42	CD4098B 构成单稳态触发器	(189)
例 43	占空比可调触发器	(190)
例 44	3 稳态触发器(CD4001)	(191)
例 45	3 稳态触发器(CD4011)	(191)
例 46	J-K 触发器变成 D 触发器	(191)
例 47	J-K 触发器 CD4027 的变换	(192)
例 48	D 触发器构成 R-S 触发器	(192)
例 49	光电开关	(193)
例 50	4 通道红外线遥控器	(193)
例 51	15 路红外线遥控发射电路	(194)
例 52	光控开关电路	(195)
例 53	双通道遥控器	(195)
例 54	多用途红外开关	(197)
例 55	红外光控开关	(198)
例 56	红外线遥控开关接收电路	(199)
例 57	插座式声控开关	(200)
例 58	单载多地开关	(200)
例 59	自动识别节电开关	(201)

例 60	定时开、关电源	(202)
例 61	隔离交流开关	(202)
例 62	电源单触开关	(203)
例 63	双点触摸开关	(203)
例 64	有记忆能力的拉线开关	(204)
例 65	消除开关接点抖动的触发器	(204)
例 66	多路双稳态开关	(205)
例 67	多用开关插座	(206)
例 68	程控电压衰减器	(206)
例 69	驱动继电器电路	(207)
例 70	继电器驱动电路	(208)
例 71	一线控多路通断器	(208)
例 72	CD 唱机电源启动电路	(210)
例 73	液面遥测收发电路	(210)
例 74	无线遥控开关	(211)

第七章 检测、计数与译码

例 1	脉冲频率检测电路	(213)
例 2	PLL 锁定与失锁判断电路	(213)
例 3	感应式声光验电器	(214)
例 4	边沿检测电路	(214)
例 5	测光电路	(215)
例 6	开机清零电路	(215)
例 7	数字最大值检出电路	(216)
例 8	长、短脉冲识别电路	(217)
例 9	过零检测器	(217)
例 10	系统工作电压检测电路	(218)
例 11	数字逻辑电路测试器	(219)
例 12	光电检测器	(219)
例 13	发声逻辑测试器	(220)
例 14	尖脉冲检测器	(221)
例 15	脉冲跳变检测电路	(221)
例 16	物体运动方向检测电路	(222)
例 17	数据总线检测电路(1)	(223)
例 18	数据总线检测电路(2)	(224)
例 19	首入信号检测器	(225)
例 20	状态变化检测电路	(225)
例 21	频率波动检测器	(225)
例 22	频率范围检测器	(227)
例 23	序列脉冲漏失检测电路(1)	(227)
例 24	序列脉冲漏失检测电路(2)	(228)
例 25	锁相环锁定检测电路	(229)
例 26	无溢出可逆计数器	(229)
例 27	保险丝声光监视器	(230)
例 28	多除数计数器	(231)

例 29	模 65 计数电路	(231)
例 30	一次性计数器	(232)
例 31	复位时无输出计数器	(232)
例 32	多源驱动计数器	(233)
例 33	数控分频计数器	(234)
例 34	计数器自动复位电路	(234)
例 35	1/N 计数器(CD40192)	(235)
例 36	1/N 计数器(CD4017)	(235)
例 37	1/N 计数器(CD4024)	(235)
例 38	可编程计时器	(236)
例 39	固定十进制数输出电路	(236)
例 40	除以 2~9 计数电路(1)	(237)
例 41	除以 2~9 计数电路(2)	(237)
例 42	CH266/CH267 计数电路	(239)
例 43	CD40110 计数电路	(239)
例 44	循环码计数器	(240)
例 45	红外光控可逆计数器	(240)
例 46	程控减法计数器	(242)
例 47	可编程并行加法计数器	(242)
例 48	可编程串行加法计数器	(243)
例 49	可预置 5 位计数器	(244)
例 50	4 级并行计数器	(245)
例 51	双时钟并行计数器	(246)
例 52	$3\frac{1}{2}$ 位计数电路	(246)
例 53	100 级独立输出的计数显示器	(247)
例 54	易读 4 位二进制显示器	(249)
例 55	移位寄存器	(250)
例 56	左/右移位寄存器	(250)
例 57	液位检测器	(251)
例 58	N 级移位寄存器	(252)
例 59	8 选 1 译码器	(252)
例 60	16 选 1 译码电路	(253)
例 61	除以 8 计数器/译码器	(253)
例 62	四进制计数译码器	(254)
例 63	信号首入先出电路	(254)
例 64	减法计数器	(255)
例 65	超前脉冲判断电路	(256)
例 66	串行进位级联电路	(256)

第八章 测试、比较与鉴别

例 1	多用仪电路	(257)
例 2	金属探测器电路	(257)
例 3	LED 数字钟附加双色电子摆	(258)
例 4	晶体管挑选电路	(259)

例 5	晶体管特性曲线描绘附加器	(260)
例 6	晶体管测试电路(1)	(260)
例 7	晶体管测试电路(2)	(261)
例 8	门电路测试器	(262)
例 9	运算放大器测试电路	(263)
例 10	相位测试电路	(264)
例 11	简易电感仪	(264)
例 12	窗口鉴宽电路	(265)
例 13	简易测光电路	(266)
例 14	电容式结露传感器电路	(266)
例 15	工件计数器	(267)
例 16	逻辑测试笔(1)	(268)
例 17	逻辑测试笔(2)	(269)
例 18	逻辑测试笔(3)	(270)
例 19	检测窄尖峰脉冲电路	(270)
例 20	10 路巡回测温电路	(271)
例 21	相位比较器(1)	(272)
例 22	相位比较器(2)	(273)
例 23	相位计电路	(273)
例 24	区间电压指示电路	(274)
例 25	保持频率峰值电路	(275)
例 26	电子闸表电路	(275)
例 27	数字脉宽测量电路	(276)
例 28	电容测量电路(1)	(277)
例 29	电容测量电路(2)	(277)
例 30	电容测量电路(3)	(278)
例 31	电容测量电路(4)	(278)
例 32	数字式高精度电容表电路	(279)
例 33	数字式宽量程电容测量仪	(280)
例 34	简易水位计电路	(282)
例 35	漏水测试器	(283)
例 36	水位自动测试控制器	(283)
例 37	低功耗水位计	(284)
例 38	水位测试控制告警器	(285)
例 39	水位声光报警器	(285)
例 40	水箱自动泵水控制电路	(286)
例 41	水位表电路	(287)
例 42	数字显示转速表	(288)

第九章 电源、放大器

例 1	电池电压检测电路	(289)
例 2	电池电压跌落声光警示器	(289)
例 3	电压高低显示器	(290)
例 4	电压监视器	(290)
例 5	市电供停声光提示器	(291)

例 6	市电电压跌落快速反应电路	(292)
例 7	市电断电报知器	(293)
例 8	下限电压报警器	(293)
例 9	小功率电源变换器	(294)
例 10	负电源发生器	(294)
例 11	双电源输出直流变换器	(295)
例 12	12V 至 33V 的 DC-DC 变换器	(295)
例 13	DC-DC 变换器	(296)
例 14	可调 DC/DC 小功率变换器(1)	(296)
例 15	可调 DC/DC 小功率变换器(2)	(297)
例 16	低压固定输出直流变换器	(297)
例 17	可变输出的直流变换器	(298)
例 18	双路输出的直流变换器	(298)
例 19	交流恒压器	(299)
例 20	触摸调光器	(299)
例 21	触控式调压电路(1)	(300)
例 22	触控式调压电路(2)	(301)
例 23	过压、欠压检测电路	(302)
例 24	触摸式的市电反转开关	(303)
例 25	红外遥控可逆调压器	(304)
例 26	多功能保护器	(305)
例 27	相序检测及断相保护器	(306)
例 28	过压与欠压断电器	(307)
例 29	CMOS 放大整形电路	(307)
例 30	二倍压电路(1)	(308)
例 31	二倍压电路(2)	(308)
例 32	直流三倍压电路	(309)
例 33	5 倍压电路	(309)
例 34	MAX660 电压反转电路	(309)
例 35	MAX660 两种电压输出电路	(310)
例 36	大负压 MAX660 电路	(310)
例 37	程控电压放大器	(310)
例 38	极性可变放大器	(311)
例 39	三反相器作交流放大器	(311)
例 40	反相器作交流放大器	(312)
例 41	数控放大器增益电路	(312)
例 42	电压甄别器	(313)
例 43	双电压甄别器	(313)
例 44	电池电压甄别器	(314)
例 45	CD4049 整流电路	(314)
例 46	程控小电流源	(315)
例 47	压控恒流源	(316)
例 48	三相交流电相序检测器	(317)
例 49	触摸、光控节能灯电路	(317)

例 50	无触点换档稳压器	(318)
例 51	逆变器	(319)
例 52	多声调发生器	(320)
例 53	多档可逆输出稳压电源	(321)
例 54	恒流长时间充电电路	(322)
例 55	太阳能电池充电器	(322)
例 56	镉镍电池自动充电器	(323)
例 57	定时电池充电电路	(324)
例 58	镉镍电池充电电路	(325)
例 59	太阳能充电器	(326)
例 60	普通电池充电装置	(327)
例 61	浮充备用电源	(328)
例 62	直流万伏高压产生器	(328)

第十章 报警器

例 1	煤气泄漏报警器(1)	(330)
例 2	煤气泄漏报警器(2)	(331)
例 3	煤气泄漏报警器(3)	(331)
例 4	冰箱多功能保安器	(332)
例 5	报警计时器	(333)
例 6	多用途报警器	(334)
例 7	盗贼威慑器	(335)
例 8	高功率警声发生器	(336)
例 9	门把报警器	(336)
例 10	触摸报警器	(337)
例 11	超声波防盗报警器	(338)
例 12	高压密码防护报警电路	(338)
例 13	8 路数字显示优先报警器	(339)
例 14	电话自动报警电路	(340)
例 15	电子警笛电路	(341)
例 16	声光报警电路	(342)
例 17	高功率警笛	(343)
例 18	警笛发生器	(343)
例 19	多点报警器	(344)
例 20	压控报警电路	(344)
例 21	火灾报警器探头电路	(345)

第十一章 玩具与游戏

例 1	8 声太空枪电路	(346)
例 2	枪、炮发射模拟器	(347)
例 3	光电打靶游戏机	(347)
例 4	光电电子靶电路	(348)
例 5	投弹游戏电路	(349)
例 6	火车喘声发生电路	(350)
例 7	抢“8”游戏机电路	(350)
例 8	两位抽奖机电路	(351)

例 9 抢答电路(1)	(352)
例 10 抢答电路(2)	(353)
第十二章 视音频信号、电话电路的调控	
例 1 收录机附加交流自动断电电路	(354)
例 2 收录机节目预选器	(354)
例 3 收录机电平表	(355)
例 4 CMOS 收音机电路(1)	(356)
例 5 CMOS 收音机电路(2)	(357)
例 6 收音机遥控选台接收电路	(357)
例 7 收音机频率数字显示电路	(359)
例 8 触摸式 10 档音量自动控制电路	(360)
例 9 无触点音量调节器	(361)
例 10 音量有线控制器	(362)
例 11 电平指示器	(363)
例 12 多波段 10 位预置电路	(363)
例 13 自动录音控制电路	(364)
例 14 多功能音频转换开关	(365)
例 15 触摸式立体声平衡控制电路	(366)
例 16 可预置的 16 级数字音量调节电路	(368)
例 17 音频轻触开关	(368)
例 18 无音染 Hi-Fi 音源切换电路	(370)
例 19 音响系统切换开关	(371)
例 20 电子自锁互斥开关	(372)
例 21 视音频设备的自动关机装置	(373)
例 22 电视双频道监视自动转换电路	(374)
例 23 8 路视频切换控制器	(375)
例 24 4 路输出电平指示器	(376)
例 25 双 10 段均衡图示 LED 的显示控制电路	(377)
例 26 音频信号加密装置	(378)
例 27 BP 发生器	(379)
例 28 红外线遥控器	(379)
例 29 国际标准 A 音产生器	(380)
例 30 双音响电路	(381)
例 31 4 单音序列发生器	(381)
例 32 4 音响发生器	(383)
例 33 彩电网格信号发生器	(383)
例 34 10 音连响发生器	(384)
例 35 多音响发生器电路(1)	(385)
例 36 多音响发生器电路(2)	(386)
例 37 颤音电路	(387)
例 38 噪音抑制电路	(388)
例 39 多种曲调的音响电路	(388)
例 40 多音调发生器	(389)
例 41 音乐合成序列发生器	(389)

目
录

例 42	音色与音调效果可调电路	(390)
例 43	带重音的音响节拍器	(391)
例 44	VGA 同步信号自动发生器	(392)
例 45	PC 机安全复位开关	(392)
例 46	FM 解调器	(393)
例 47	单片 BP 机呼叫声电路	(393)
例 48	声响与数显 9 路抢答器	(394)
例 49	显示字符移位电路	(395)
例 50	加密数据发生与接收电路	(396)
例 51	可扩展的呼叫器	(397)
例 52	多种频率发射器	(398)
例 53	电码练习器	(398)
例 54	电话拨号显示器	(399)
例 55	电话机使用次数显示器	(400)
例 56	同线电话占线提示器	(401)
例 57	电话被盗用报讯器	(401)
例 58	数字电话按键	(402)
例 59	电话自动拨码电路	(403)
例 60	电话线路控制器	(404)
例 61	电话控制器	(404)
例 62	电话机兼控制灯开关电路	(405)
例 63	电话据铃变音电路	(406)
例 64	电话计时器(1)	(407)
例 65	电话计时器(2)	(407)

第十三章 日用与家电控制器

例 1	湿度自动控制器	(410)
例 2	双限超温报知器	(411)
例 3	温度自动控制电路	(411)
例 4	多音调蜂鸣器	(412)
例 5	“田螺姑娘”定时电路	(413)
例 6	模拟“田螺姑娘”电路	(414)
例 7	多用途定时控制器	(414)
例 8	电子密码锁电路(1)	(415)
例 9	电子密码锁电路(2)	(416)
例 10	电子密码锁电路(3)	(417)
例 11	电子密码锁电路(4)	(417)
例 12	电子密码锁电路(5)	(418)
例 13	定时插座	(419)
例 14	密码开关	(420)
例 15	电压过低报警器	(421)
例 16	电子闸表附加控制器	(421)
例 17	多用途测试笔	(422)
例 18	感应式试电笔	(423)
例 19	声光报时钟	(424)

例 20	电器开机使用时间累计器	(424)
例 21	定时节能灯	(426)
例 22	触摸式步进调光台灯	(427)
例 23	床头延时灯(1)	(427)
例 24	床头延时灯(2)	(428)
例 25	床头延时灯(3)	(429)
例 26	床头灯控制电路	(429)
例 27	声控电子闪光门铃	(430)
例 28	双音电子门铃(1)	(431)
例 29	双音电子门铃(2)	(431)
例 30	双功能门铃	(432)
例 31	通用数字钟晶振时基电路	(432)
例 32	来信指示器	(433)
例 33	触摸式双稳电路	(434)
例 34	电饭煲定时器	(434)
例 35	冰箱除臭器	(435)
例 36	IC 冰箱保护器	(436)
例 37	自动电烤箱电路	(436)
例 38	滚筒式洗衣机控制电路	(438)
例 39	倒计时器	(439)
例 40	黎明报晓器	(439)
例 41	电机工作状态声光警示器	(440)
例 42	三相步进电机控制驱动电路	(441)
例 43	马达脉冲调制控制电路	(442)
例 44	三相步进电机控制电路	(442)
例 45	直流电机旋转量的控制电路	(443)
例 46	录音机马达驱动电路	(444)
例 47	步进马达的快速控制电路	(444)
例 48	电扇调速和模拟自然风控制电路	(445)
例 49	电扇自然风模拟电路	(446)
例 50	电扇仿真自然风控制电路	(446)
例 51	吊扇控制器	(448)
例 52	电扇声控电路	(449)
例 53	自动程序控制电扇电路	(450)
例 54	电扇长定时电路	(451)
例 55	风扇自动调速散热电路	(451)
例 56	10 档数显电子调速器	(452)
例 57	声控多功能控制器	(453)

第十四章 医疗卫生装置

例 1	快速心率计	(455)
例 2	数字脉搏计(1)	(456)
例 3	数字脉搏计(2)	(457)
例 4	呼吸监测器	(458)
例 5	电子生物波理疗仪电路	(458)

例 6 扫频式电子驱鼠器	(459)
例 7 公厕定时自动冲水电路	(460)
例 8 红外自动水龙头电路	(461)
第十五章 照明、显示与彩灯控制	
例 1 2 至 10 位双向移位流水灯	(463)
例 2 音乐流水灯	(464)
例 3 双向流动灯光控制器	(464)
例 4 LED 步进移动变色电路	(465)
例 5 点式/光柱功率显示电路	(466)
例 6 LED 渐加速显示电路	(467)
例 7 显示控制电路	(468)
例 8 照度显示电路	(469)
例 9 4 路信号交替显示电路	(469)
例 10 发光螺旋盘电路	(470)
例 11 圣诞树电路	(471)
例 12 7 色音乐梦幻灯	(472)
例 13 3 色闪光电路	(473)
例 14 音乐彩灯控制器	(473)
例 15 微型灯调光器	(474)
例 16 自动照明电路	(475)
例 17 楼道节能灯控制电路	(475)
例 18 楼道灯多地控制电路	(476)
例 19 多地开关控制一支灯电路	(477)
例 20 延时熄灯电路	(478)
例 21 带定时多功能彩灯控制器	(479)
例 22 多路多态控制开关	(480)
例 23 活动广告牌控制电路	(481)
例 24 霓虹灯循环控制电路	(482)
例 25 高压霓虹灯变换器	(483)
例 26 轮盘游戏机 LED 控制电路	(484)
例 27 霓虹灯驱动电路	(485)
例 28 LED 发光数码管驱动电路	(485)
例 29 多位 LED 动态扫描驱动电路	(486)
例 30 白炽灯驱动电路	(487)
例 31 萤光数码管驱动电路	(488)
例 32 双控流水彩灯控制电路	(488)
例 33 彩灯控制器	(489)
例 34 10 功能彩灯控制电路	(491)
例 35 PLL 锁相指示器	(491)
例 36 两发光管 8 种指示电路	(492)
例 37 扫频仪的多频显示电路	(492)
例 38 触摸的固态调光器	(493)
第十六章 交通与车用装置	
例 1 摩托车工具箱 LED 闪烁器	(495)

例 2 行车计程器	(495)
例 3 汽车日光灯变换器	(496)
例 4 汽车刹车灯监视器	(497)
例 5 汽车用简易扩音机	(498)
例 6 汽车到站提示器	(498)
例 7 汽车多用告警器	(499)
例 8 倒车防撞回报电路	(500)
例 9 叉路口交通信号灯控制电路	(502)
例 10 交通灯光控制器	(502)
例 11 数字式左右声道平衡控制电路	(503)
例 12 夜间定时自控路灯	(504)

第十七章 接口与代用

例 1 D 触发器代 J-K 触发器电路	(506)
例 2 多输入端“或”门	(507)
例 3 12 输入端“或/与”门	(507)
例 4 16 输入端“或非”门	(508)
例 5 双向模拟开关构成“与”门	(508)
例 6 D/A 转换器(CD4066)	(509)
例 7 反相器(CD4066)	(510)
例 8 双向模拟开关构成“或”门	(510)
例 9 CMOS 和双向可控硅的接口电路	(510)
例 10 CMOS-ECL 集成电路的接口	(511)
例 11 ECL-CMOS 集成电路的接口	(512)
例 12 CMOS-工业控制电路接口	(512)
例 13 工业控制电路-CMOS 集成电路的接口	(512)
例 14 机械开关触点-CMOS 集成电路的接口	(513)
例 15 CMOS-发光二极管 LED 的接口	(513)
例 16 TTL 与 CMOS 接口电路	(513)
例 17 CMOS 与 TTL 接口电路	(514)
例 18 CMOS 与 HTL 接口电路	(515)
例 19 HTL 与 CMOS 的接口电路	(515)
例 20 CMOS 与 PMOS 的接口电路	(515)
例 21 PMOS 与 CMOS 的接口电路	(516)
例 22 CMOS 与 NMOS 的接口电路	(516)
例 23 NMOS 与 CMOS 接口电路	(517)
例 24 CMOS 与晶体三极管接口电路	(517)
例 25 运放和 CMOS 接口电路	(517)
例 26 CMOS 和 CL 组合接口电路	(518)
例 27 TTL 与 CMOS-LED 组合(CH284L)接口电路	(518)
例 28 CMOS 驱动步进电机的功率接口电路	(519)

第十八章 工业自动化控制

例 1 金属探测器	(520)
例 2 双频金属探测器	(520)
例 3 压力测试器	(521)

例 4	射线检测电路	(522)
例 5	多路电压巡回检测电路	(522)
例 6	数字测速计	(524)
例 7	数字转速计	(524)
例 8	EPROM 紫外线擦除器	(526)
例 9	薄膜自锁大功率按键开关	(526)
例 10	薄膜琴键式 9 位大功率开关	(527)
例 11	示波器 8 路波形显示电路	(528)
例 12	红外遥控 + / - 电阻网络	(529)
例 13	微机控制的脉冲信号发生器	(530)
例 14	10 档电子互锁开关	(531)
例 15	8421 编码开关	(532)
例 16	线性电流传感器	(532)
例 17	多股电缆线断路诊断仪	(533)
例 18	4 位 LED 显示电路	(534)
例 19	微机信号跟踪器	(535)
例 20	4 变量偶数译码器	(536)
例 21	数控单稳多谐振荡器	(536)
例 22	数字显示器(1)	(537)
例 23	数字显示器(2)	(538)
例 24	数字显示器(3)	(538)
例 25	数字显示器(4)	(539)
例 26	数字显示器(5)	(539)
例 27	电子电位器	(540)
例 28	8 通道数据选择器	(540)
例 29	16 通道数据选择器	(542)
例 30	并行/串行数据转换电路(1)	(542)
例 31	并行/串行数据转换电路(2)	(542)
例 32	数据排队寄存电路	(543)
例 33	4 速道模拟数据选择器	(544)
例 34	可编程控制器	(545)
例 35	程序控制电路	(545)
例 36	简易工业程控电路	(546)
例 37	数字温度计电路	(548)
例 38	压力传感数字表	(548)
例 39	数控电阻网络	(549)
例 40	数控可变增益放大器	(551)
例 41	数控电容网络	(551)
例 42	计算机外存调制与解调电路	(552)
例 43	传输门数据记忆器	(552)
例 44	8 通道多路转换器	(553)
例 45	单片机的 A/D 转换电路	(553)
例 46	数控双向电流源	(554)
例 47	数控运算放大器增益电路	(555)

例 48	示波器单踪改双踪电路	(555)
例 49	物体位移方向探测电路	(556)
例 50	单板机自动复位/启动电路	(557)
例 51	数控可控硅	(557)
例 52	首入信号锁定电路	(558)
例 53	过流自动保护器	(559)
例 54	温控加热器(CD4538)	(560)
例 55	声光超温报警器	(561)
第十九章 附 录		
一、CMOS 集成电路引脚排列图	(562)	
二、CD4000B 系列集成电路引脚功能	(576)	
三、CD4000B(CC4000B)系列功能分类表	(577)	
四、国内 CMOS 集成电路型号对照表	(580)	
五、国外 CMOS 集成电路厂家和产品型号前缀	(587)	
六、CMOS 集成电路特性测试	(588)	
主要参考资料	(592)	

第一章 CMOS 集成电路原理与工作条件

CMOS 集成电路, 简称为 CMOS 电路或 CMOS。它自 1968 年美国无线电公司首先推出以来, 以迅猛之势渗透到任何数字和模拟电路的领域。它之所以得到如此广泛地应用, 是因为具有低功耗、工作电压范围宽、抗干扰能力强及输入阻抗高等一系列独特的优点, 并在速度、设计技巧、兼容性等方面比其它集成电路更显优越性。

CMOS 集成电路, 其品种繁多, 有 A 系列、B 系列和 74HC 系列等, 其内部结构不尽相同, 且相当复杂。但不管 CMOS 集成电路如何繁杂, 都是由一些最基本的构件和基本的逻辑单元电路组成的。CMOS 集成电路有两个最基本构件, 即两种互补的 MOS 场效应晶体管—PMOS (P 沟道型) 管和 NMOS (N 沟道型) 管, 与两个基本逻辑电路 (或称基本单元电路), 即反相器和传输门 (模拟开关)。换句话说, 任何一种 CMOS 集成电路不管其复杂程度如何, 总是由这两个基本构件、两种基本单元电路或其中一种单元电路构成的。

因此, 要了解 CMOS 集成电路的工作原理, 需要从基本逻辑电路, 即基本单元电路入手。

第一节 CMOS 基本逻辑电路工作原理

CMOS 集成电路基本逻辑电路有反相器和传输门。

一、反相器

反相器是 CMOS 电路基本单元电路之一。它的结构如图 1-1 所示。由此图可以看出: CMOS 反相器, 实质上是在同一块硅片上同时制作出两个互补的 P 沟道型 MOS 场效应管和 N 沟道型 MOS 场效应管, 并由这两管串联而成的。其中 P 沟道场效应管做负载管, N 沟道场效应管做为反相器的门控管。N 沟道管与 P 沟道管的栅极 (G) 连在一起作为反相器的输入端 (V_{in})。两管的漏极 (D) 相连接在一起作反相器的输出端 (V_o)。而 N 沟道管的源极 (S) 接 V_{ss} (电源负端), P 沟道管的源极 (S) 接 V_{DD} (电源正端)。两个管一般都制成增强型的。

P 沟道管与 N 沟道管, 由于导电沟道不同, 它们的 $V \cdot I$ (伏安) 特性曲线恰好相反, 如图 1-2 所示。由图 1-2 也可以看出 P 沟道管与 N 沟道管特性是互补的。它可以反映出 MOS 管工作电流与电压之间的关系, 并在分析 CMOS 电路输入特性与输出特性时都有帮助。

反相器基本逻辑功能: 当输入端 V_{in} 的输入为“0”电平时, N 沟 MOS 管 V_1 处于关断 (截止) 状态, 而 P 沟道 MOS 管 V_2 的栅极 (G) 与源极 (S) 之间的电压 V_{gs} 为 $(-V_{DD})$ 的偏压, 于是漏极 (D) 与源极 (S) 两者间处于导通状态,

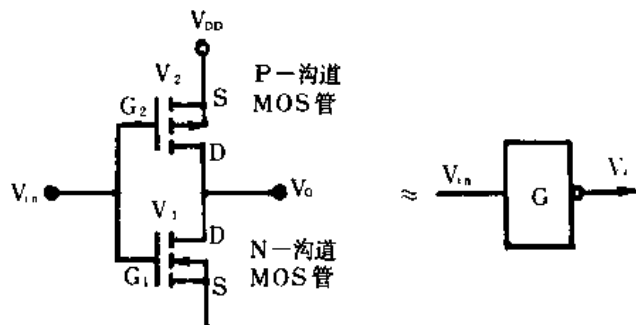


图 1-1 反相器结构图

其导通电阻 (R_{DSO}) 约几百欧。在 N 沟道 MOS 管关断 (截止) 时的漏极 (D) 与源极 (S) 之间的电阻 (R_{DSN}) 大于 $10M\Omega$, 呈高阻状态。两者分压结果, 反相器输出端 V_o 电压接近于 $+V_{DD}$, 即输出逻辑电平为 “1” 状态。这样, 便完成了输入为 “0” 时, 反相器输出为 “1” 的反相功能。

相反, 当输入端 V_{in} 输入为 “1” 电平时, N 沟道 MOS 管 V_1 导通, P 沟道 MOS 管 V_2 关断 (截止), 输出端 V_o 电压接近 V_{SS} , 即输出逻辑电平为 “0”。显然, 反相器又完成了输入为 “1” 时, 输出为 “0” 的反相功能。

应当指出: CMOS 反相器, 实质上是由两个互补的 MOS 晶体管构成。而晶体管又采用金属-氧化物-半导体结构。所以 MOS 管中存在着 PN 结, 进而自然且不可避免地使反相器存在 “寄生二极管”。这些寄生二极管如图 1-3 所示。在反相器正常工作电压范围内, 它们均处于反向偏置状态, 因而不会给反相器的逻辑功能带来影响。但由于它们的反向漏电, 又会使 CMOS 电路的静态功耗增加。因此, 可以说, 寄生二极管的反向漏电是 CMOS 电路产生静态功耗的主要因素。但其功耗的数量也仅在几毫微安级, 几乎 “无功耗”。

反相器不仅是用来构筑 CMOS 集成电路的一个基本单元电路, 而且它本身就是一个逻辑门——“非”门电路。如果加上偏置工作点, 它可作为线性放大器使用, 独立用来产生或处理模拟信号。如果与 CMOS 电路的另一个基本单元电路——模拟开关相配合, 应用则会更广。

二、传输门

传输门又称为模拟开关。它也是 CMOS 集成电路的基本逻辑电路, 即基本单元电路之一。其结构如图 1-4 所示。由该图可见, 它也是由两个互补的 P 沟道 MOS 管和 N 沟道 MOS 管构成的。

传输门逻辑功能: 当 P 沟道 MOS 管 V_2 的栅极 (G_2) 加上逻辑电平 “0”, N 沟道 MOS 管 V_1 的栅极 (G_1) 加上逻辑电平 “1” 时, 两个 MOS 管 V_1 、 V_2 同时导通, 允许电流在 V_{in} 端与 V_o 端之间的 N 沟道、P 沟道中任意方向通过。因此, 可认为在 V_{in} 端与 V_o 端之间的 “开关” 处于导通状态。

当 V_2 管的 G_2 加上 “1” 电平, 而 V_1 管的 G_1 加上 “0” 电平时, V_1 、 V_2 两管均处于关断 (截止) 状态, 即 N

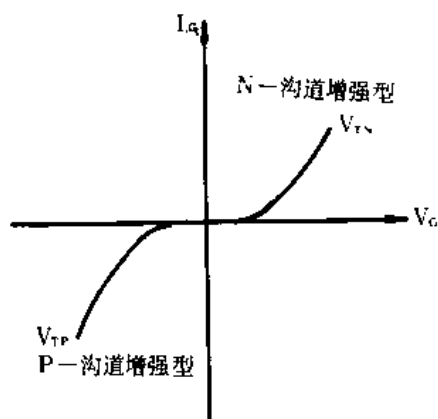


图 1-2 MOS 管 $V \cdot I$ (伏安) 特性曲线

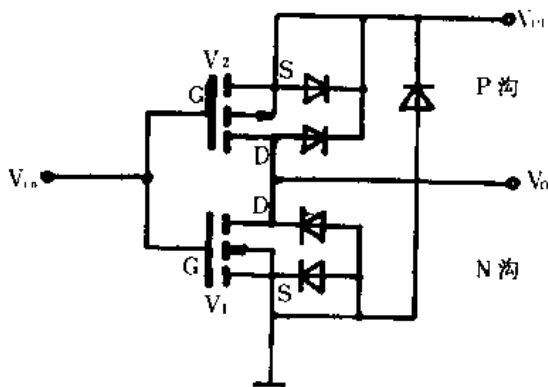


图 1-3 反相器的寄生二极管

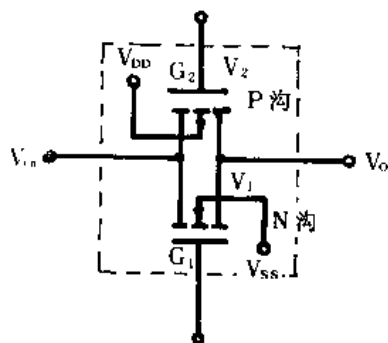


图 1-4 传输门结构图

沟道与 P 沟道均被关断。于是， V_{in} 端和 V_o 端之间呈高阻态，电流无法通过。可认为 V_{in} 端与 V_o 端之间的“开关”处于关断状态。其真值表如下：

G_2	G_1	$V_{in} \rightarrow V_o$
0	1	双向导通
1	0	关断

从真值表可知，CMOS 传输门开关由于两个 P 沟道和 N 沟道 MOS 管的漏极与源极可以互换，因而输入与输出也可以互换。这样的“开关”是双向性开关，可传送交流信号，其频响可达 10MHz 以上。总之，传输门是一种传输信号的可控开关电路。

传输门在导通时电阻很小（约几百 Ω ），而截止时电阻却很大（大于 $10^7 \Omega$ ），接近一个理想开关。传输门和反相器结合在一起可以构筑如 D 触发器、JK 触发器、移位寄存器、存储器等许多逻辑电路。

三、门电路

CMOS 集成电路中有许多门电路，如：“与”门、“与非”门、“或”门、“或非”门、“与或非”门、“异或”门等。这些门电路都是在反相器基本结构上，经不同的 P 沟道和 N 沟道管的串联、并联的变形来组成的。门电路只是一种组合逻辑部件，它不能贮存或“记忆”信息，但它能完成逻辑乘、逻辑加和半加（或模 2 加法）等功能。

1. “或非”门。它是由两个串联的 P 沟道 MOS 管和两个并联的 N 沟道 MOS 管经迭加而成的。它有两个输入端（A、B）和一个输出端（Q），所以称为 2 输入端“或非”门。只有当两个输入端（A、B）同时为“0”电平时，输出端（Q）才为“1”电平，而其它情况输出皆为“0”电平。其真值表如右上表：

2. “与非”门。它是由两个 P 沟道 MOS 管并联后与两个 N 沟道 MOS 管串联而成。它有两个输入端 A 与 B，一个输出端 Q，构图如 1-6 所示。仅当两个输入端（A、B）均为“1”电平时，输出端（Q）才为“0”电平。其它情况下，输出端（Q）均为“1”电平。其真值表如右下表：

以上“与非”门、“或非”门与反相器串接，又可构筑“与”门、“或”门，如图 1-7（a）、（b）所示。传输门与反相器相接，可以组成如图 1-7（c）所示的实用 CMOS 模拟开关。这就告诉读者两个基本单元电路变换与配合可以组成更多的 CMOS 电路。这也说明了 CMOS 电路工作原理分析应从其基本单元电路入手。

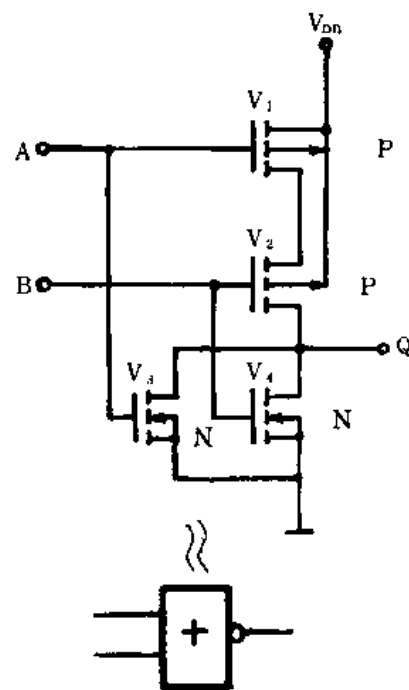


图 1-5 “或非”门结构图

输入		输出
A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

输入端		输出端
A	B	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

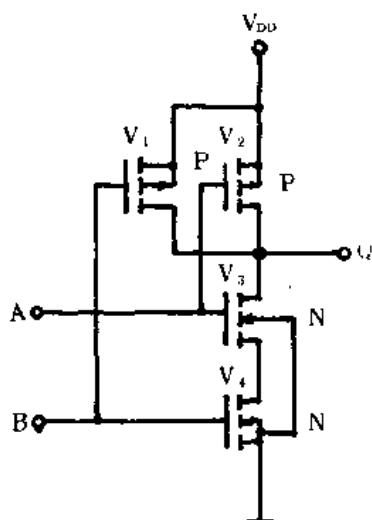


图 1-6 “与非”门结构图

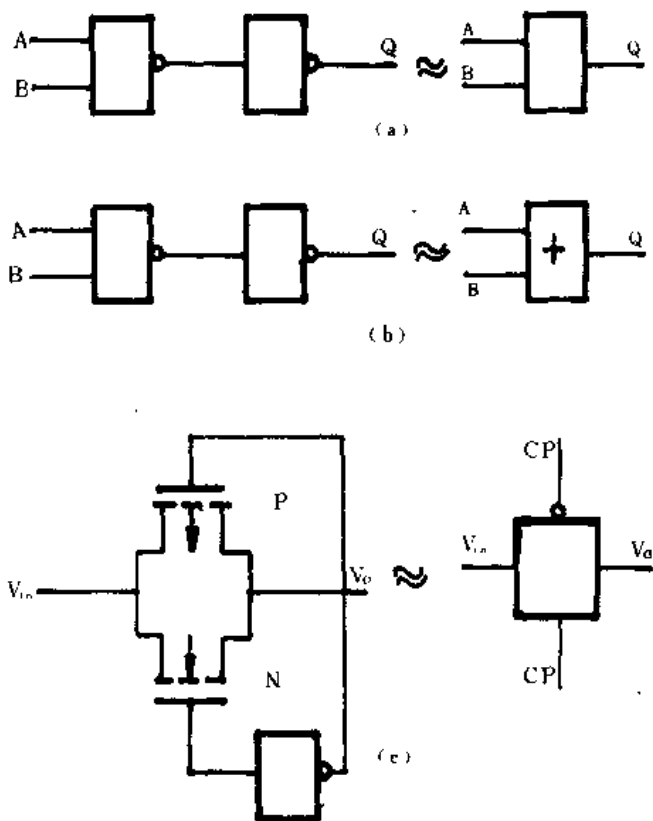


图 1-7 反相器、传输门、门电路关系

第二节 CMOS 电路工作条件与注意事项

CMOS 电路，由于它的电路结构与其它集成电路不同，所以在使用中表现出它特有的传输特性、功耗特性、输入与输出特性，以及温度特性、噪声容限、驱动能力、工作速度等。为了使 CMOS 电路得到正确的使用，必须注意以下几点。

一、工作电源电压范围选择

CMOS 电路已按电源电压分为 7~15V 系列和 3~18V 系列。但考虑到在逻辑系统中，加上电源和取掉电源时瞬间的电压波动所带来的影响，这两个系列的电源可分别选取 9~12V 和 5~15V 的工作电压。另外，当 CMOS 电路只做线性模拟工作时，其工作电源电压则应比最高允许电压低 4V。

二、供电操作规则

1. 必须先接通逻辑系统的电源 V_{DD} ，而后才能向 CMOS 的输入端加信号。相反，要停止逻辑系统工作时，先要去掉输入信号，然后再断开电源 V_{DD} 。
2. CMOS 的供电电源的极性不得接反。 V_{DD} 端电压应比 V_{SS} 端至少高出 0.5V。
3. 对于采用两组电源的 CMOS 电路缓冲器，始终必须使 $V_{DD} \geq V_{CC}$ 。
4. 电源供给电流的能力必须限制在一个合适的数值上，即保证逻辑系统能良好完成逻辑

操作。

5. 必须避免在 V_{DD} 、 V_{SS} 端串联入大电阻。电源内阻与接地电阻都不宜太大。如图 1-8 所示在 V_{DD} 串入的 R_{Z1} 与 V_{SS} 端串入的 R_{Z2} 值太大时, 由于开关转换瞬间, 可能使 $V_{DD} \leq V_m$, 从而引发寄生可控硅效应, 烧坏 CMOS 电路。

三、输入端加信号规则

1. 输入信号 V_m 的幅度, 应满足 $V_{DD} \geq V_m \geq V_{SS}$ 。对于无稳态多谐振荡器和单稳态脉冲发生器来说, 其输入端信号可能会出现大幅度而引起大电流。为此, 应在输入端串联入一个限流电阻 ($5 \sim 10k\Omega$), 以便把输入电流限流在 $100\mu A$ 之内。

2. 当 CMOS 电路被 TTL 电路驱动时, 必须从其输入端到 5V 的电源电压端, 接入一个上拉电阻。

3. CMOS 电路输入端连线太长时, 应加上“限流保护电阻 R_p ”, 如图 1-9 所示。 R_p 的值大小, 取决于连线长度。一般每增加 1m 长连线, R_p 值增 $1k\Omega$ 。倘若不这样做, 当开关 K 闭合时, 会产生负电压阻尼振荡, 从而造成 CMOS 栅极击穿。

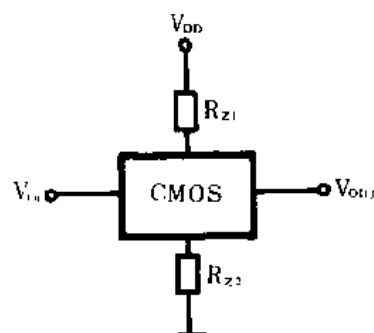


图 1-8 避免 V_{DD} 与 V_{SS} 串入大电阻

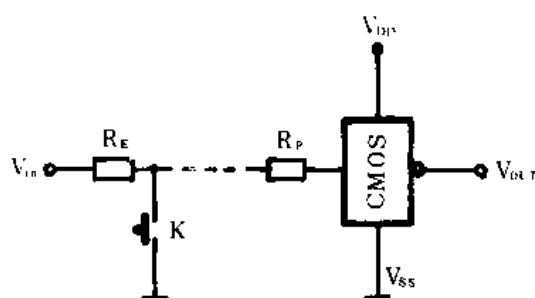


图 1-9 输入端长连线须加限流电阻

四、输出规则

1. 在额定环境温度下, CMOS 电路整体封装的功耗, 不能超过允许的额定值。这一规定也适用于 CMOS 输出端直接对 V_{SS} 或 V_{DD} 短路, 或直接驱动低阻抗负载, 或直接驱动 NPN (PNP) 晶体管基极的场合。

2. CMOS 电路输出端 (除具有 3 态逻辑功能的输出端外) 不能按图 1-10 所示那样“线或”联接。因为采取“线或”联接方法, 在 $A=B=“0”$, $C=D=“1”$ 时, 其输出端电压将由同时导通的 P 沟和 N 沟 MOS 管组成的分压网络来决定, 它的值可能在 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 附近, 那么就会出现 V_o 既非“0”, 又非“1”的情况。这是不符合数字电路输出幅度的要求。

3. 只有在同一个封装内的 CMOS 集成电路, 其输入端或输出端才能作并联使用。

4. 用 CMOS 电路输出端驱动负载, 在其上的压降, 只允许在 CMOS 电路电源电压 $V_{DD} \sim V_{SS}$ 范围之内。

5. 为了消除噪声干扰, 一般在 CMOS 电路输入端或输出端外接电容 C_L , 如图 1-11 所示。但 C_L 的值不允许超过 $200pF$ 。否则, 会因 C_L 充放电而引起 CMOS 电路性能劣化或损坏。为了避免这种情况发生, 宜在图 1-11 中加接 R_{P1} 、 R_{P2} “保护电阻”。这样, 流入 CMOS 的 C_L 充放电电流将被限制在 $200\mu A$ 之内。

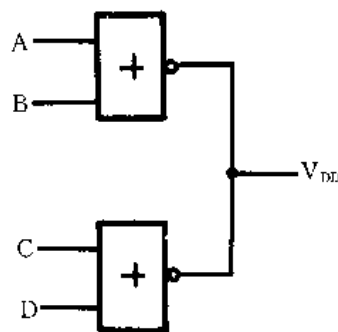


图 1-10 “线或”直接联接的输出端

五、时钟脉冲上升与下降时间的规定

1. CMOS 电路对时钟脉冲的上升与下降时间最大额定值，一般限制在 $5 \sim 15 \mu\text{s}$ 之间。倘若时钟脉冲上升、下降时间太长，便可能出现数据的波动。对于双 D 触发器，该值应当小于 $5 \mu\text{s}$ 。

2. 同时用来驱动并联的 2 个以上时钟端时，若时钟脉冲上升与下降时间太长，会由于 CMOS 时序逻辑电路工艺上的差异而可能引起传输数据的丢失现象。

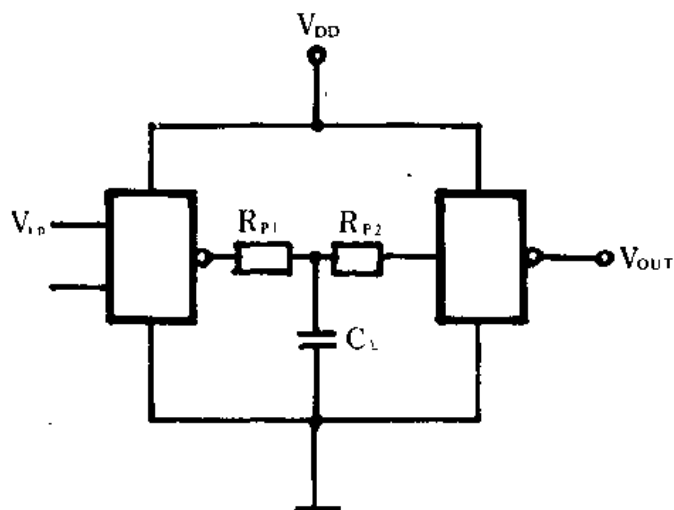


图 1-11 消噪电容与限流电阻

六、抑制电源噪声方法

可按图 1-12 所示，在电源总线上串联入一个小电阻 R_P ，同时并联上稳压管 DW、旁路电容 C_P 的办法来抑制电源噪声。但是，所并联的稳压管 DW 稳压值应大于稳压偏离值，且又不应超过电源电压值 V_{DD} 。旁路电容 C_P 的值也要满足能吸收 CMOS 开关峰值电流。这样才能达到抑噪效果。

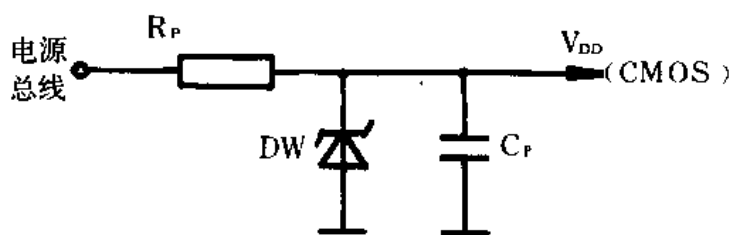


图 1-12 抑制电源噪声电路

七、多余不用的输入端处理办法

CMOS 电路多余不用的输入端不能悬空，都应当把它们联在一起，然后按所属“或非”门、“或”门的，应接入“0”；而属于“与”门的，应接入“1”。这种处理办法如图 1-13 所示。

八、防静电措施

在 CMOS 电路储存、运输、操作使用时，为防止静电造成损坏，需用屏蔽措施加以保护。

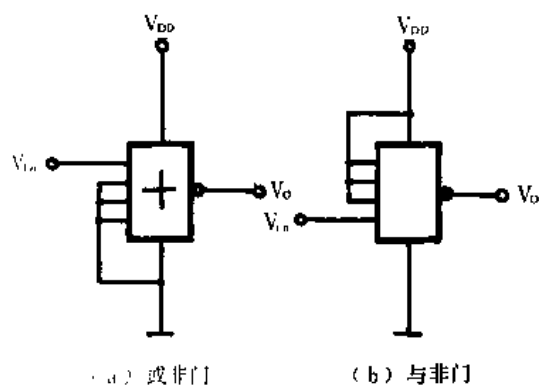


图 1-13 多余不用输入端联接法

第三节 CD4000 系列主要性能

CD4000 系列，是 CMOS 电路中最常见的、目前应用最广的一个系列产品。我国生产的 CC4000 系列能与之并轨，并能直接代用。因此，CD4000 系列 CMOS 电路的应用是本书着重介绍的内容。

CD4000 系列 CMOS 电路主要性能：

1. 电压范围极宽。它的逻辑正常电压为 $2\sim 20\text{V}$ ，推荐工作电压为 $3\sim 18\text{V}$ 。国产 CC4000 系列电路的电源高端的极限值为 20V 。CD4000 系列电路对电源的稳定度要求不高，通常可用简易稳压电路或不用稳压电路供电。对于小型的装置还可用电池直接供电。

2. 静态功耗小。CD4000 系列电路的静态功耗极低，若与其它同功能的数字电路相比，则小数百倍至数万倍。通常，当 $f > 100\text{kHz}$ 时，其静态功耗几乎可以忽略。由于低功耗，因此它在工作时温升很低、可靠性随着提高。

3. 驱动能力强。CD4000 系列电路的输出电流与 V_{DD} 成正比，在 $3\sim 18\text{V}$ 的电源电压范围内，相应的输出电流为 $1\sim 10\text{mA}$ 。而输入的电流最大也只需 $0.1\mu\text{A}$ 左右。因此，有的型号产品可直接驱动质量好的 LED。显然，其驱动能力相当强。

4. 输入阻抗高。CMOS 的 CD4000 系列电路，其输入阻抗高达几百兆欧，电路中设有二极管保护电路和输入保护电路。

5. 抗干扰能力强和门特性优良。CD4000 系列电路的逻辑摆幅接近于电源电压，即输出高电平接近于 V_{DD} ，输出低电平接近于 V_{SS} 。电路的抗干扰容限为电源电压的 45%。每个门的传输延迟较小（约 30ns/门 ）。

第二章 信号处理

例 1 数字钟用时基信号分频器

一、应用电路

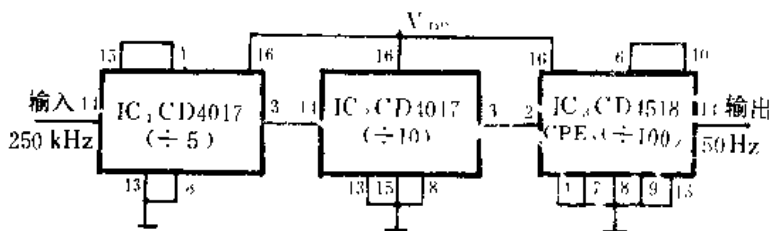


图 2-1 数字钟用时基信号分频器

二、电路结构说明

数字钟用的时基信号分频器采用十进制计数器/分频器 CD4017 (IC_1 、 IC_2) 和 BCD 双加法计数器 IC_3 (D4518)。它在市电停供时, 可供时钟 50Hz 时基信号。

计数器 IC_1 组成“ $\div 5$ ”分频器。当 250kHz 时钟信号从⑭脚输入时, 从③脚输出“ $\div 5$ ”分频的高电平。同理, IC_2 为“ $\div 10$ ”分频器。当 IC_1 的③脚将分频信号转送给 IC_2 ⑭脚 CP 作计数脉冲时, IC_2 的③脚输出“ $\div 10$ ”分频信号。

而 IC_3 内部有 A、B 两级计数器。当 IC_2 供给分频信号给它的②脚 CP_{EA} 端时, 经其内部两级的“ $\div 10$ ”分频, 即“ $\div 100$ ”分频后由⑪脚输出。这样, 整个电路实现 5000 分频, 即输入为 250kHz 信号, 输出为 50Hz 时基信号。这 50kHz 时基信号可代替原交流电 50Hz 时基信号。

250kHz 输入信号可用晶体振荡器或 CMOS “或”门、“非”门组成的振荡器来产生。

例 2 扩展 CD4017 的分频系数

一、应用电路

二、电路结构说明

这是由十进制计数器/分配器 IC_1 (CD4017) 和双 D 触发器 IC_2 ($\frac{1}{2}$ CD4013) 等构成的可实现 11~40 分频电路。

接通电源时, C_1 、 R_1 组成的微分清零电路, 使 IC_1 、 IC_2 的 Q 输出“0”。由于 D_2 的钳位作用, 输出端 f_o 仍为“0”。当 f_m 输入第 10 个脉冲时, $Q_0 = “1”$, 这时 IC_2 的 CP 上升沿触发使 $Q = “1”$, 解除了对 Q_0 脚的封锁。当 f_m 输入第

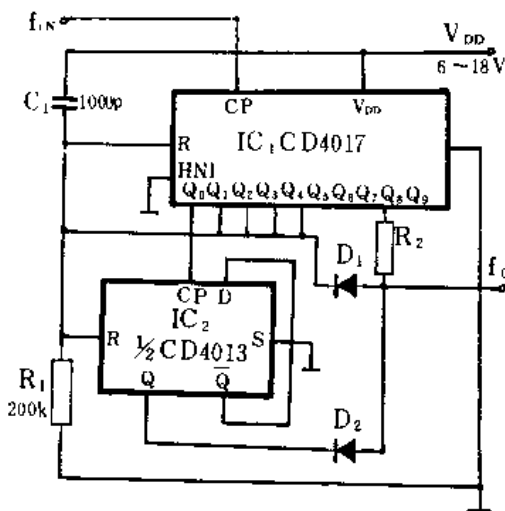


图 2-2 扩展 CD4017 的分频系数

18 个脉冲时, $Q_8 = "1"$ 。但这时 IC_2 的 $Q = "1"$, 所以, $f_0 = "1"$, 实现了 18 分频。随后, 通过 D_1 使 IC_1 、 IC_2 复位端 $R = "1"$, 而两电路复零。电路进入第二次计数分频状态。变化 R_2 与 IC_1 的 $Q_0 \sim Q_9$ 端的不同连线, 可实现 11~20 分频。这是 $\frac{1}{2}CD4013$ 接成二分频。如再级联 $\frac{1}{2}CD4013$, 就可实现 11~40 分频。

例 3 用电位器调节的分频器

一、应用电路

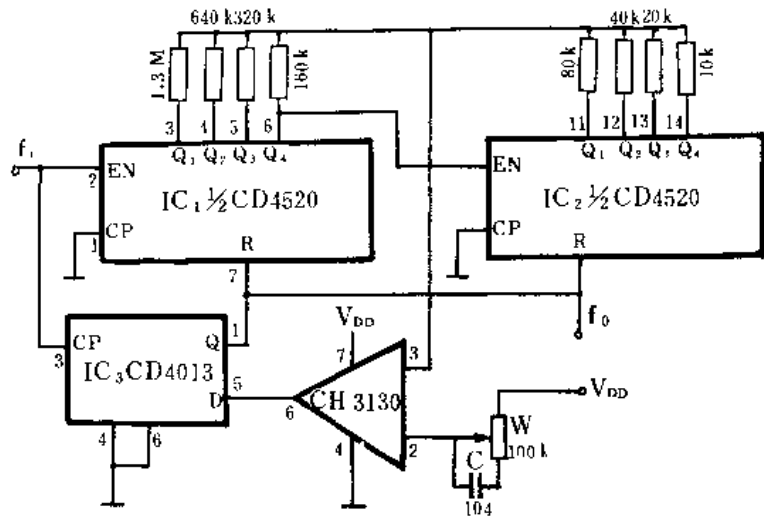


图 2-3 用电位器调节的分频器

二、电路结构说明

用双二进制同步加法计数器 $CD4520$ (IC_1 、 IC_2)、双 D 触发器 $\frac{1}{2}CD4013$ (IC_3)、高输入阻抗的运算放大器 $CH3130$ 、电阻网络、多圈电位器 W 等构成了用电位器调节的分频器电路。其中, IC_1 、 IC_2 与电阻网络组成 D/A 转换器。

当输入端 f_i 输入脉冲信号, D/A 转换器把输入脉冲变为阶梯波并送往运放器的“同相输入端”。而计数器从全零开始, 经过几个脉冲后, 阶梯电压超过电位器 W 设定的基准电压, 于是运放的同相电位高于反相电位, 运放翻转并输出高电平。当时钟 CP 的上升沿到来时, 触发器 IC_3 的 Q 端输出正脉冲, 使 IC_1 、 IC_2 复位。到此, 电路完成一个输入周期。显然, 电位器 W 所设定的参考电压越大, 阶梯波的阶数也就越多, 其所对应的输入脉冲个数也就越多, 也就是分频系数也就越大。本电路分频系数可达 200 左右。

注意: 电路对电源电压要求精度高、稳定性好, 否则会影响到基准电压的设定。

例 4 二分频器

一、应用电路

二、电路工作原理

这是用 $\frac{1}{2}CD4013$ 构成二进制触发器, 也就是二分频器。

在时钟 CL 的上升沿时, 由 D 端输入信号, $\bar{Q}$ 端输出反相信

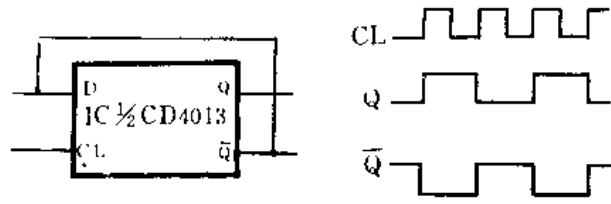


图 2-4 二分频器

号。当 $\bar{Q}$ 端的反相信号反馈到 D 端时，由于主从触发器的作用，D 端信号不能再输入触发器了，进而也不能传到 $\bar{Q}$ 端。这样，保证了工作状态的稳定。

当在下一个时钟的上升沿时，D 端的信号又能输入触发器了。整个触发器就这样随时钟信号循环往复，于是输出的信号不断交替着“0”状态和“1”状态，而且输出的信号又正好是时钟信号的二分频。

例 5 分频器 (R-S)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是利用 CD4011 组成的 R-S 触发器和“与非”门构成的分频器。

电路中，积分器 $R_1C_1 = R_2C_2 = RC$ 形成反馈网络。输入脉冲宽度为 $T < 0.6RC$ 。微分器的时间常数为 $R_1C_1 < RC$ 。

由于“与非”门 G_1 和 G_2 输出不会同时为“0”，那么就保证电路不可能进入不稳态。另一方面，微分器时间常数 $R_1 \cdot C_1 < RC$ ，也就保证了电路在任何脉宽的输入信号触发下，不会出现不稳态。电路在 Q 和 $\bar{Q}$ 端分别输出频率相同、相位相反的脉冲。

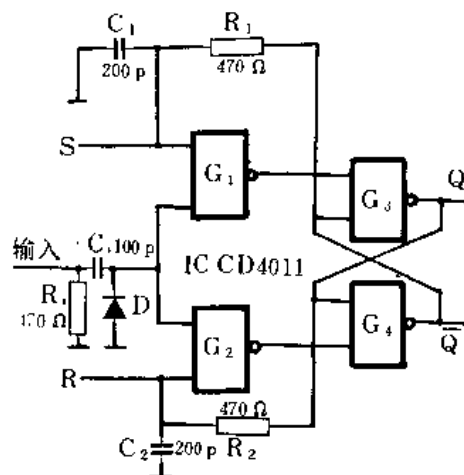


图 2-5 分频器 (R-S)

例 6 421 分频电路

一、应用电路

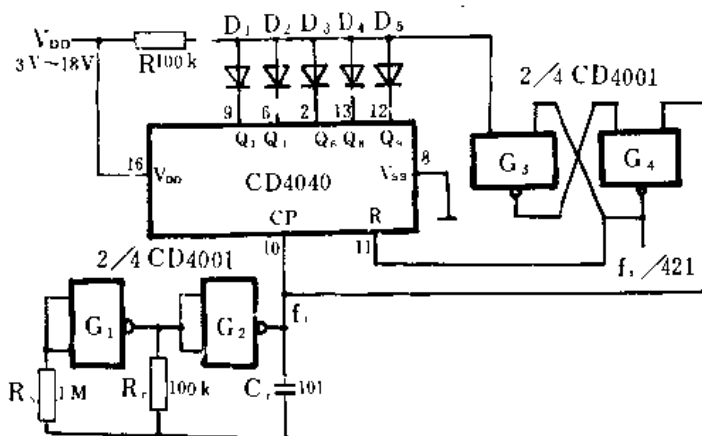


图 2 6 421 分频电路

二、电路结构说明

421 分频电路由 12 位二进制串行计数器 CD4040、2 输入端 4 “或非”门 CD4001 ($G_1 \sim G_4$)、阻容元件等构成。

由 CD4001 的门 G_1 、 G_2 与阻容元件 R_s 、 R_r 、 C_r 组成振荡器,产生时钟脉冲 f_i 信号。CD4040 在时钟脉冲 f_i 的作用下,开始计数,并从 $Q_1 \sim Q_{12}$ 输出分频信号。 Q_1 为 2 分频, Q_2 对 Q_1 输出再进行 2 分频……依次类推。所以 CD4040 最大分频系数为 $2^{12} = 4096$ 。若需要 421 分频,算出 421 二进制表达式为 110100101,引出端即 Q_1 、 Q_3 、 Q_6 、 Q_8 、 Q_9 。

电路中将二极管接在 Q_1 、 Q_3 、 Q_6 、 Q_8 、 Q_9 各脚,分别组成一个“与门”电路。这样,仅当各输出端均为高电平时,A 点才为高电平。它经 R-S 触发器,使 H 端输出高电平,同时反馈 CD4040 的 R 端使计数器清零。由此可见,每输入 421 个脉冲,H 端便输出一个正脉冲,以实现 421 次分频。

例 7 多档十进制分频电路

一、应用电路

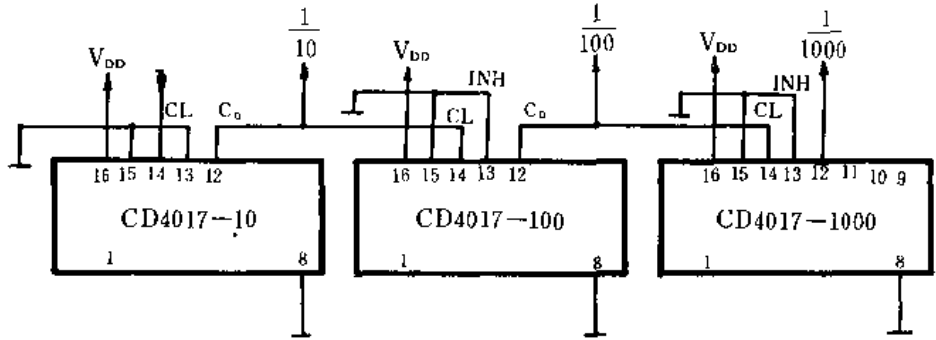


图 2-7 多档十进制分频电路

二、电路结构说明

多档十进制分频电路,采用 3 只十进制计数器/脉冲分配器 CD4017 级联而成。它能对输入信号进行 10、100 和 1000 分频。在级联当中,前级进位输出控制端 C_0 (⑫脚)接后级 CL 端 (⑭脚),且作为进位控制脉冲。各级 CD4017 的 R、INH 端接地。由分频器的真值表可以得知:第一行中,INH = “0”、R = “0”,CL 为上升沿触发,译码输出为 $n+1$ (计数)。

CD4017 真值表

行	CL	INH	R	译码输出	说 明
1	$\uparrow$	0	0	$n+1$	$n = \begin{cases} n+1 & \text{计数} \\ n & \text{保持} \end{cases}$ $n < 5 \quad C_0 = 1$ $n \geq 5 \quad C_0 = 0$
2	1	$\downarrow$	0	$n+1$	
3	$\downarrow$	$\emptyset$	0	n	
4	$\emptyset$	$\uparrow$	0	n	
5	0	$\emptyset$	0	n	
6	$\emptyset$	1	0	n	
7	$\emptyset$	$\emptyset$	1	Q_0	

* $\emptyset$ 为任意值

例 8 $f/2^{21}$ 级分频器

一、应用电路

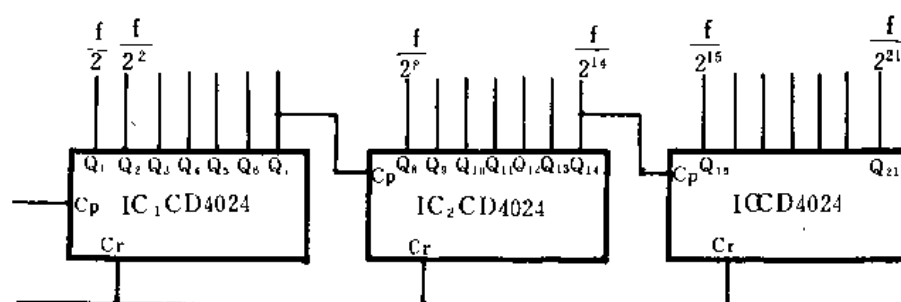


图 2-8 $f/2^{21}$ 级分频器

二、电路结构说明

用 7 位二进制串行计数器/除法器 CD4024 作为分频器，将它们多级联接，便成为多级分频器。图 2-8 中是用三级计数器级联，所得是 $f/2^{21}$ 级分频。

级联时，要注意将 CD4024 的清零端 Cr 接在一起；低位的 Q_7 接到比它高一级的计数器时钟端 Cp。而每一级 CD4024 是 7 位计数器，可存贮 $2^7=128$ 个状态，即能进行 $f/2 \sim f/128$ 级分频。

例 9 MC14557 实现 2~65 可编程分频器

一、应用电路

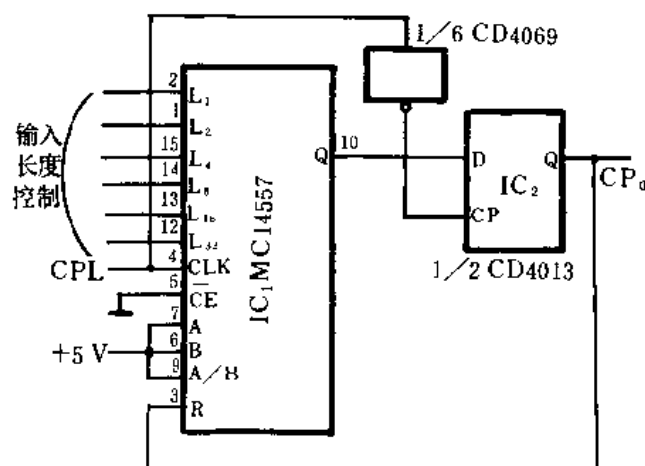


图 2-9 实现 2~65 可编程分频器

二、电路结构说明

由 CMOS 工艺制造的长度可变移位寄存器 MC14557、6 反相器 $1/6$ CD4069 和双 D 触发器 $1/2$ CD4013 等构成的 2~65 任何整数次可编程分频器。

MC14557 为长度可变的串行移位寄存器，其长度可在 1~64 之间任意选择，选择的长度

等于控制输入端 (L_1 、 L_2 …… L_{32}) 下标之和加 1, 如表 1。

表 1 MC14557 真值表

L_{32}	L_{16}	L_8	L_4	L_2	L_1	寄存 的长度
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	2
0	0	0	0	1	0	3
0	0	0	0	1	1	4
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
1	1	1	1	1	1	64

表 2 为控制真值表

输 入				输出
R	A/B	CLK	$\overline{CE}$	Q
0	0	J	0	B
0	1	J	0	A
0	0	1	I	B
0	1	1	I	A
1	X	X	X	0

“X” 为任意值

A/B 端用来选择输入移位寄存器的数据为 A 或者 B; $\overline{CE}$ 端提供时钟控制或下降沿触发。
 电路图 2-9 中 IC₁ 的 A、B 和 A/B 都接 +5V 且 $\overline{CE}$ 接 GND, 表示它按表 2 第 2 行的状态工作, 其 Q 端输出的信号是从 A 端输入移位寄存器的数据, 然后再输入触发器 IC₂ 的 D 端。由于 IC₁、IC₂ 都是时钟上升沿触发, 而图 2-9 中 IC₂ 的时钟 CP 前加了一个反相器。所以, IC₂ 的输出信号将在 IC₁ 时钟脉冲的下降沿发生变化。图 2-9 中, IC₂ 输出 CP₀ 作为分频器的输出信号, 同时反馈至 IC₁ 的 R 端作复零信号。

设 IC₁ 长度为 N+1, 在复零信号消除后, CP₁ 的第 N+1 周的上升沿, 从 A 输入的高电平将传至 IC₁ 的输出端并输入触发器。在 CP₁ 本周的下降沿, 触发器开始输出高电平, 同时反馈至 IC₁ 的 R 端复零, 将它各级的电容和输出全部清零。在 CP₁ 下一个周期的下降沿触发器的输出变 “0”, IC₁ 的复零信号消除, 重新开始上述过程。设长度控制输入端各下标之和为 N (N 取 0~65 的任何数值), 则移位寄存器的长度为 N+1, 又因复零脉冲占一个时钟周期, 所以本电路总的分频比为 N+2, 当 N=3 (即 L₁=L₂=1, 其余 L 端为 “0”) 时, 分频比为 N+2=5。从 IC₂ 输出端可得到输入时钟 5 分频的信号。

若将第一个移位寄存器的输出接第二个移位寄存器的串联输入端 A, 再由后者的输出后输入触发器, 将移位寄存器的时钟输入和复零端接在一起。这样分频器的编程范围由于增加移位寄存器的长度而扩展。可得 3~129 间任意整数次可编程分频。

例 10 N 分频计数器

一、应用电路

二、电路工作原理

N 分频计数器是用 2~10 进制、8 级可预置的同步减法计数器 CD40102B 构成的。

从图 2-10 可以知道: CD40102B 的 J₁~J₈ 为所需要的预置数 N (99≥N≥1)。CL 端输入所需分频的脉冲信号, 当计数器计到全 “0” 状态后, $\overline{CO}/\overline{ZD}$ 端输出一个低电平信号, 同时使 $\overline{SPE}$

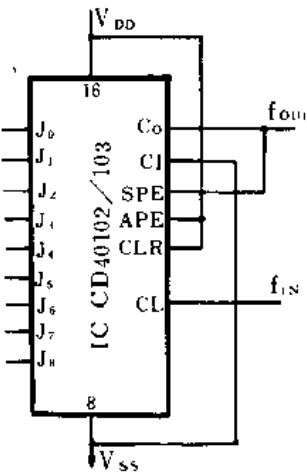


图 2-10 N 分频计数器

CD4522、电阻网络和控制开关构成的可编程分频器。电路中，CD4522 的“级联端 CF”接高电平，且由输出端 O_c 反馈至 CF 端。 $K_1 \sim K_4$ 为拨盘开关，它与预置端 $P_1 \sim P_4$ 相联接，以设定不同的预置数。SB 为计数器复位按钮。

在时钟脉冲作用下，CD4522 作减法计数，当 PE 端由“0”跳变到“1”时， $P_1 \sim P_4$ 通过 $K_1 \sim K_4$ 置入不同的预置数 N ，从 O_c 输出 N 分频。一旦 $Q_1 \sim Q_4$ 端都变成“0”，再输入一个脉冲的话，CD4522 便自动回到全“1”状态，自动置入预置数 N ，并重新开始减计数，进而实现连续的 N 分频输出。

应当指出，电路中 IC 的 INH 端接 GND，CP 在上跳变时，计数器计数减 1。

例 13 可编程 1/N 分频器

一、应用电路

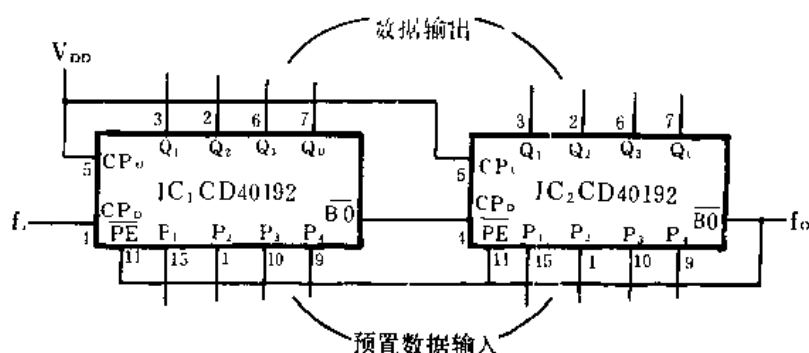


图 2-13 可编程 1/N 分频器电路

二、电路结构说明

这种可编程 1/N 分频器采用 2 块可预置 BCD 可逆计数器 CD40192 (IC_1 、 IC_2) 构成的。 IC_1 、 IC_2 的加控制 CP_u 端皆接 V_{DD} ，而信号 f_i 从减控制 CP_D 端输入，形成减计数状态。

用 BCD 拨盘或用计算机控制，从 IC_1 、 IC_2 的 $P_1 \sim P_4$ 端预置数 (N) 输入， $1 \leq N \leq 99$ 。当 IC_1 、 IC_2 在时钟作用下作减法计数时，预置数置入；而输出信号 f_o 从 IC_2 的 $\overline{BO}$ 端引出时， $f_o = f_i/N$ ，即实现 1/N 分频。当 IC_1 、 IC_2 的数据输出端均减至低电平时， IC_2 的 $\overline{BO}$ 端跳变为低电平，并反馈到 IC_1 的 $\overline{PE}$ 端，于是预置数端又自动将预置数 N 置入，计数器开始重新计数，从而实现连续的 1/N 分频。

例 14 脉冲倍频器

一、应用电路

二、电路结构说明

脉冲倍频器电路，由 2 个 RC 微分电路、一级反相器 CD4069 和一级 2 输入端“与非”门 $1/4$ CD4011 构成的。

该倍频器的输出脉宽，由 R_2 、 C_2 时间常数和“与非”门的转换电压值 ($V_{TR \cdot B}$) 共同决定的。当 $V_{TR \cdot B} = V_{DD}/2$ 时，输出单稳态脉宽 $t_w = 0.69R_2C_2$ 。

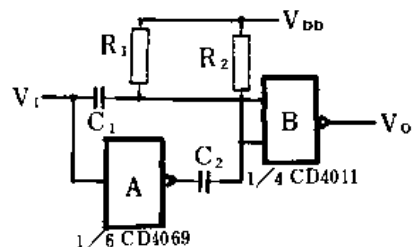


图 2-14 脉冲倍频器

例 15 2 倍频电路 (一)

一、应用电路

二、电路结构说明

二倍频器电路采用 2 输入端 4 “与非” 门 $\frac{3}{4}$ CD4011 ($G_1 \sim G_3$) 和阻容元件构成。 C_1 、 R_1 和 C_2 、 R_2 分别构成微分电路。

当输入信号 f_i 的上升沿经 R_1 、 C_1 微分电路后, 形成尖脉冲进入 CD4011 的门 G_2 , 再经门 G_3 反相整形后输出。输入信号 f_i 下降沿触发反相门 G_1 后, 再经 C_2 、 R_2 微分电路所形成的尖脉冲, 送至门 G_2 的另一个输入端, 最后也经门 G_3 反相整形后输出。于是, 在门 G_3 的输出端得到二倍频输出 f_o , 即 $f_o = 2f_i$ 。

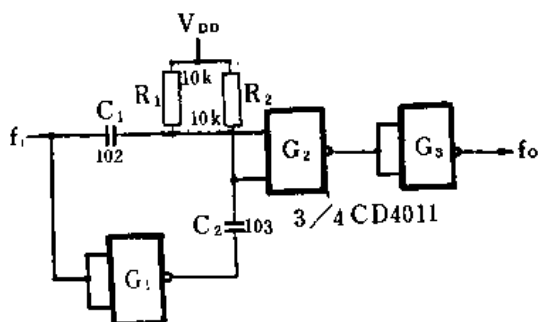
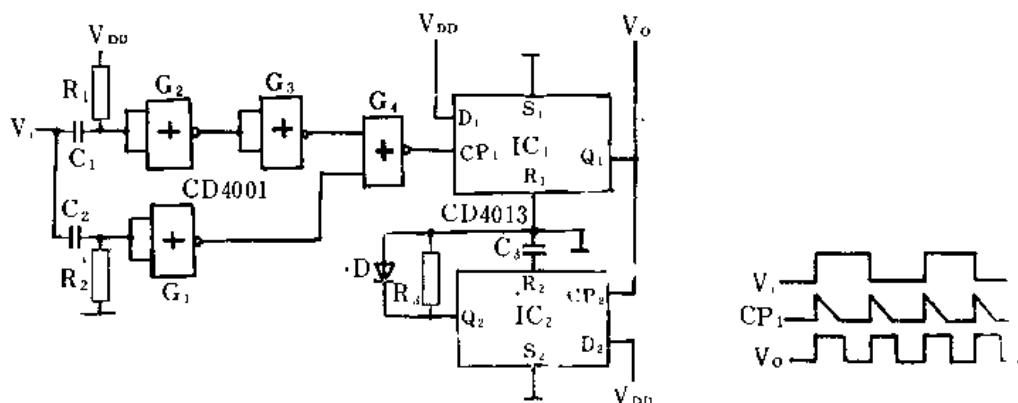


图 2-15 二倍频电路 (一)

例 16 2 倍频电路 (二)

一、应用电路



(a) 电路图

(b) 波形图

图 2-16 二倍频电路 (二)

二、电路结构说明

本电路是由双 D 触发器 IC_1 、 IC_2 (CD4013) 和 2 输入端 4 “或非” 门 $G_1 \sim G_4$ (CD4001) 等构成的二倍频电路。

输入信号 V_i 是对称方波, V_o 信号从 IC_1 的 Q_1 端输出, IC_2 构成单稳电路。设 IC_1 、 IC_2 初始状态为低电平。

当 V_i 上升沿时, 门 G_2 不予响应, 而门 G_1 输出由高跳变为低电平, 这一负向跳变使门 G_4 输出一个正向跳变, 使 IC_1 的 D_1 端高电平送入 D 触发器转移至 Q_1 输出端变高电平, 而 Q_1 端的电平又去触发 IC_2 单稳电路, Q_2 输出高电平, 暂稳态开始, 有电流通过 R_3 向 C_3 充电。当充至 IC_1 、 IC_2 复位 R_1 、 R_2 端门限电平时, 则 IC_1 、 IC_2 复位, Q_1 、 Q_2 输出回到低电平, IC_2 单稳暂态结束。此后, C_3 通过二极管 D 快速放电, 以缩短恢复时间, 为下次触发作好准备。

当 V_i 下跳时, 门 G_1 不予响应, 门 G_2 输出一正向跳变脉冲, 致使 G_4 输出同样的正跳变, 以后重复上述过程, 从而 V_o 得到二分频信号。IC₂ 单稳时间由 R_3 、 C_3 决定。调 R_3 或 C_3 数值使 IC₂ 暂稳态时间恰好为 V_i 输入方波二分之一正向脉宽。

例 17 2 倍频电路 (三)

一、应用电路

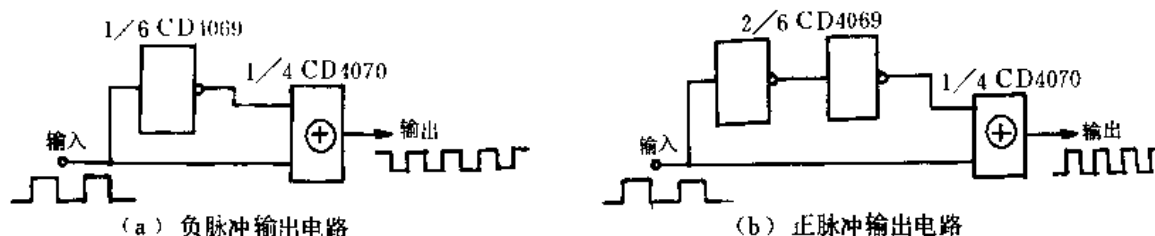


图 2-17 二倍频电路 (三)

二、电路结构说明

负脉冲输出的倍频器由 6 反相器 $1/6$ CD4069 和 4 “异或”门 $1/4$ CD4070 等构成的。而正脉冲输出的倍频器由 6 反相器 $2/6$ CD4069 和 4 “异或”门 $1/4$ CD4070 等构成的。

若某一个周期脉冲信号加到“异或”门一个输入端上, 另一输入端加入经“非”门延迟后的该信号。这时, “异或”门 $1/4$ CD4070 输出脉冲频率是输入的两倍。这是因为 $1/4$ CD4070 两输入端来的信号具有时间差, 对一个输入脉冲处于两个“异或”状态。

例 18 实用倍频器 (一)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路是由 6 反相器 $2/6$ CD4069 和 4 “异或”门 $1/4$ CD4030 等构成的实用的方波倍频器。

在数字电路中, 会遇到下面问题: 在某一电路中已有周期为 T 的方波, 但又需用到周期为 $T/2$ 的方波; 或者是需要原方波的延迟波。如果另设一方波产生电路, 却不能保证二者同步。

用本简单电路, 则可解决这一问题。

电路图中, 可取 $R=150\Omega$, $C=1\mu F$ 。当输入端 A 点脉冲信号从高电平变低电平时, 经“非”门 G_1 反相, 使其输出高电平, “异或”门输入端均为高电平, 输出仍为低电平。然后, C 上电压上升至“非”门 G_2 的阈值电平时, B 点变低电平, “异或”门输出高电平。当输入 A 脉冲从低电平向高电平上升沿时刻, 则“异或”门输入一端为低电平, 另一端由于 C 上电压不能突变而 B 点为低电平, 则“异或”门输出低电平。当 C 上电压放电至“非”门 G_2 的阈值电平以下时, 则“非”门输出端 B 点变高电平, 则“异或”门输出高电平。这样, A 点输入一个负脉冲, 其下降沿和上升沿分别触发“异或”门, 在“异或”门输出端得 2 倍于输入脉冲频率。

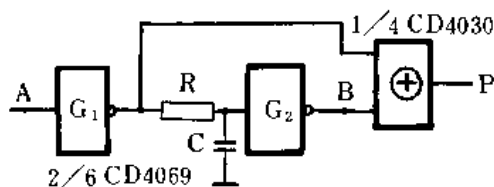


图 2-18 实用倍频器 (一)

例 19 实用倍频器 (二)

一、应用电路

二、电路结构说明

6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 和 4 “异或”门 $\frac{1}{4}$ CD4070 等构成的实用方波倍频器。

B 点方波信号上升沿一路直接加至“异或”门的一个输入端，另一路经 4 个反相器的缓冲延迟。这时“异或”门 B 输入端为高电平，C 输入端为低电平，其输出端为高电平。经 4 个反相器延迟后，C 输入端变为高电平，输出端为低电平，输出一个正脉冲。当方波脉冲下降沿触发 B 点时，则“异或”门 B 输入端为低电平，而 C 输入端由于 4 个门的延迟，一时还处高电平，故“异或”门输出另一个正脉冲。这样，一个脉冲输入，其上升、下降沿分别触发延迟，“异或”门产生二个脉宽比输入脉宽窄的正脉冲，即实现了倍频。倍频脉冲经 C_1 耦合至电位器 W，经 W 衰减后输出 (OUT)。

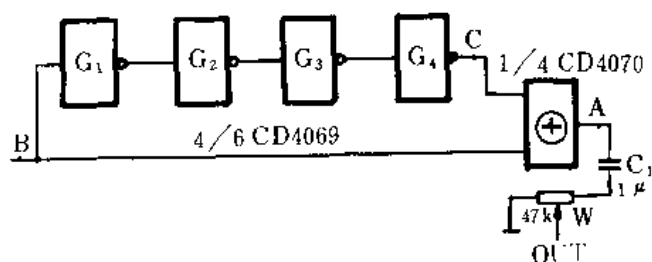


图 2-19 实用倍频器 (二)

本电路可用于给普通录像机增加慢速走带功能。

例 20 4 倍频电路

一、应用电路

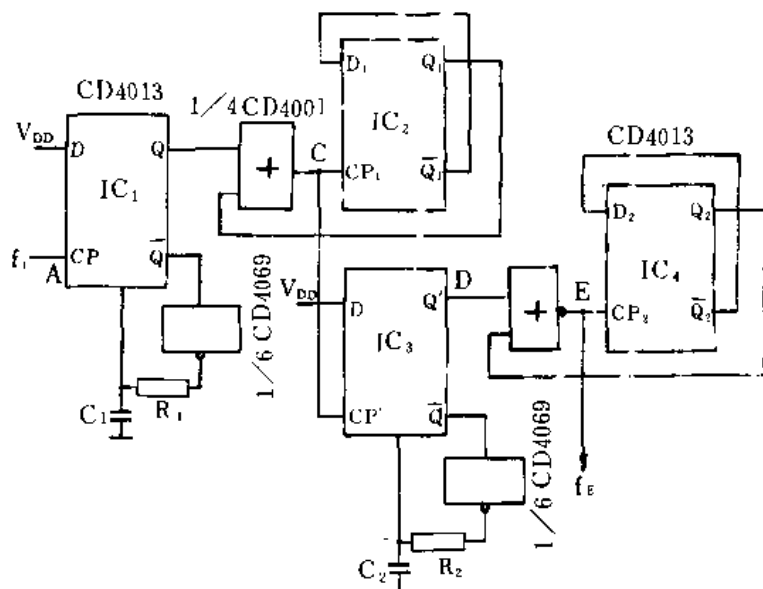


图 2-20 4 倍频电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 级 IC_2 、 IC_4 相同的单稳 D 触发器 CD4013 组成的 4 倍频电路。输出信号 f_4 为输入信号 f_1 频率的 4 倍。

IC₁、IC₃ 为单稳态触发器 CD4013。输入信号 f_i 经单稳态触发器 IC₁ 展宽，“异或”门 1 输出 2 倍频 ($2f_i$) 的脉冲 f_L ；此脉冲再经单稳态触发器 IC₃ 展宽，“异或”门 2 输出 2 倍频 ($2f_L = 4f_i$) 的脉冲 f_E 。

f_E 的宽度为“异或”门、D 型触发器的延迟时间之和。

例 21 可控脉冲极性倍频电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由二输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (3/4 CD4011) 和 4 “异或”门 G_4 、 G_5 (2/4 CD4070) 等构成的可控脉冲极性倍频电路。

电路中，如果某一周期脉冲信号加到“异或”门 G_4 的一输入端上， G_4 的另一输入端加入经门 G_1 延迟反相后的该信号，这时“异或”门 G_4 输出的脉冲频率是输入脉冲的两倍。

G_2 、 G_3 组成的 R-S 触发器与“异或”门 G_5 组成脉冲极性控制器。当控制端 $S = “0”$ ，则 $\bar{Q} = “1”$ ，输出为正极性倍频脉冲。当控制端 $S = “1”$ ，则 $\bar{Q} = “0”$ ，输出为负极性倍频脉冲。

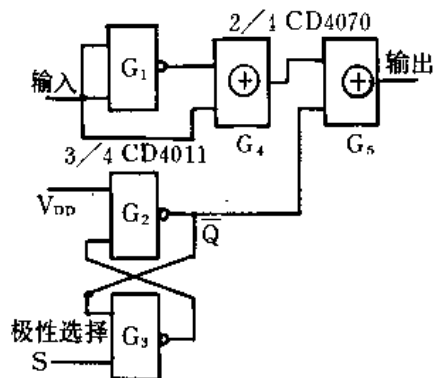


图 2-21 可控脉冲极性倍频电路

例 22 2^N 倍频器

一、应用电路

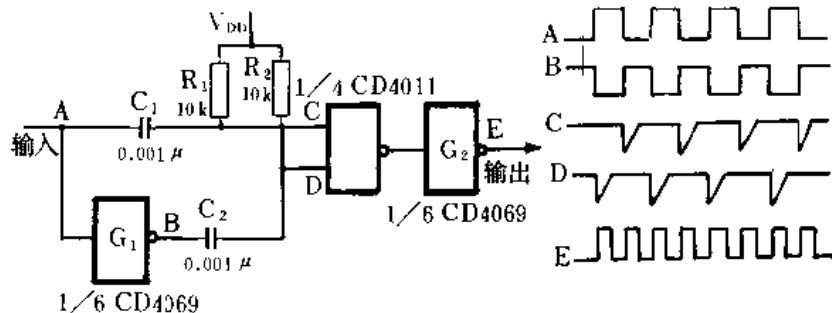


图 2-22 2^N 倍频器

二、电路结构说明

倍频器是由“与非”门 1/4 CD4011、反相器 1/6 CD4069 及阻容元件构成。用 $N-1$ 个倍频器串联就组成 2^N 倍频电路。

电路中， R_1 、 C_1 组成微分电路，输入脉冲信号前沿经 R_1 、 C_1 ，并通过“与非”门和反相器产生输出脉冲。与此同时，输入脉冲信号后沿通过反相器和 R_2 、 C_2 微分电路，再经“与非”门和反相器也产生输出脉冲，于是在 E 输出端得到的是倍频脉冲信号。上述一级电路得到倍频， $N-1$ 级电路串联所得到的 2^N 倍频脉冲信号。

例 23 占空比可调倍频器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由低功耗单稳/无稳多谐振荡器 CD4047、二极管、阻容元件等构成的占空比可调的倍频器。

电路中, R_1 、 C_1 和 R_2 、 C_2 分别组成积分回路, 它们用来检测输入脉冲信号的前后沿。也就是说, 两个积分回路输出的前后沿瞬时尖脉冲信号, 分别触发 CD4047 的“负触发端-TR”和“正触发端+TR”。于是, CD4047 从 Q 端输出频率为输入信号二倍的脉冲信号。

电位器 W (100k) 可用来改变输出脉冲信号序列的占空比, 占空比可达 100%。

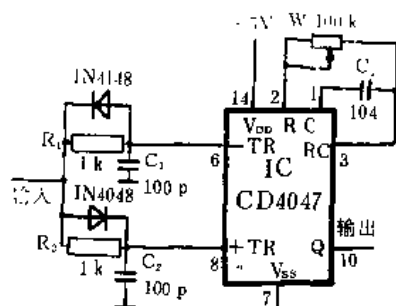


图 2-23 占空比可调倍频器

例 24 任意倍频器 (一)

一、应用电路

二、电路结构说明

任意倍频器电路由双时基电路 CH7555 (IC_1 、 IC_2) 和 $1/6$ CD4069 (IC_3), 以及阻容元件组成。

IC_1 ($1/2$ CH7555) 与 R_1 、 C_1 等接成多谐振荡器。它的电压控制端 $\overline{TR}$ 受输入脉冲 f_i 控制。 IC_2 ($1/2$ CH7555) 与 R_2 、 C_2 组成单稳态电路, 其输出脉宽由 R_1 、 C_1 设定。

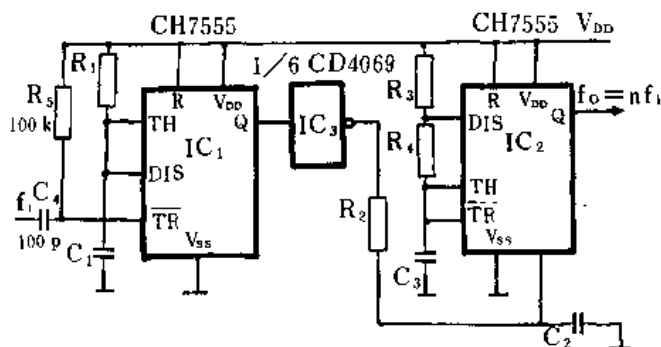


图 2-24 任意倍频器 (一)

IC_1 的输出信号, 经 IC_3 ($1/6$ CD4069) 倒相和 R_2 、 C_2 滤波后, 被送到 IC_2 。因此, 输入 IC_2 信号频率越高, 单稳输出的占空比将越大。在一定范围内, f_o 与 f_i 保持线性关系。

任意倍频器的调节, 是在输入 f_i 最高频率下, 调节 R_1 、 C_1 , 使单稳输出占空比略小于 $1/2$, 然后改变 R_3 、 R_4 、 C_3 而达到改变输出频率。

例 25 任意倍频器 (二)

一、应用电路

二、电路结构说明

任意倍频器主要由双重可置单稳态触发器 CD4098 (IC_{1-1} 、 IC_{1-2}), 十进制计数器/分配器 CD4017 (IC_{3-1} 、 IC_{3-2}), 3 输入端 3 “与” 门 CD4073 (IC_{2-1} 、 IC_{2-2} 、 IC_{2-3}), 6 反相器 $1/6$ CD4069 (IC_{5-1} 、 IC_{5-2}) 等构成。

当输入端无脉冲信号输入时, IC_{1-1} 、 IC_{1-2} 的 $\overline{Q}$ 端均输出高电平。它们经门 IC_{2-1} 一方面使 IC_{3-1} 、 IC_{3-2} 的“复位端 Cr” 得到高电平而复位; 另一方面经 D_1 迫使由 IC_{5-1} 、 IC_{5-2} 、 R_3 、 R_4 、 C_3 组成的键控振荡器停振。

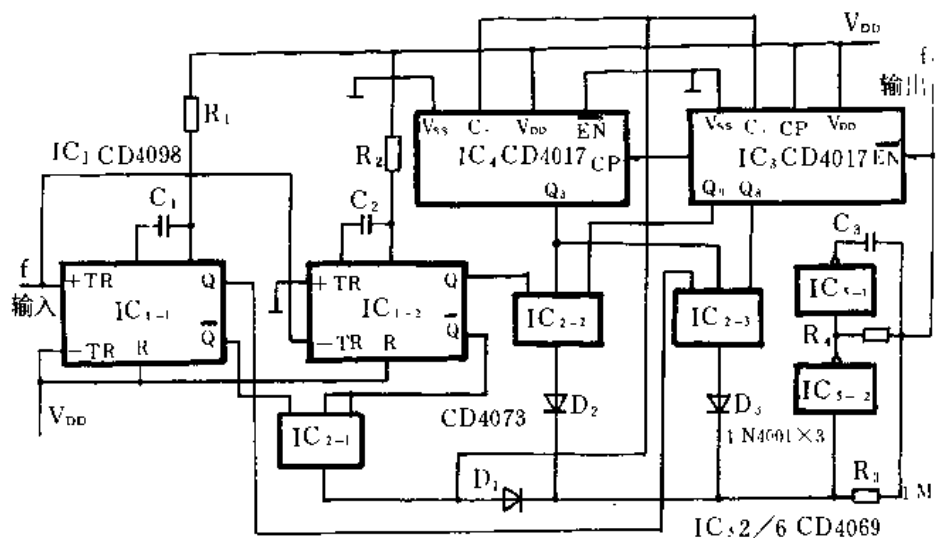


图 2-25 任意倍频器 (二)

当输入端送入 f_1 脉冲信号时, 其上升沿触发 IC_{1-1} 的 +TR 端, 使触发器翻转, 并使 IC_{1-1} 的 $\bar{Q}$ 端变为低电平。这一低电平经 IC_{2-1} , 使 IC_3 、 IC_4 进入计数状态, 同时使键控振荡器起振。而 IC_3 的 EN 端得到振荡器输出的脉冲信号, 并在信号下降沿触发计数; 对于 IC_4 来说, CP 端得到脉冲上升沿触发计数。此时, IC_{1-1} 的 Q 端为高电平, 而把门 IC_{2-3} 打开 (而 Q 端为低电平, 门 IC_{1-2} 被封闭), 当计数器计数达 38 个脉冲时, IC_4 的 Q_3 和 IC_3 的 Q_8 , 以及 IC_{1-1} 的 Q 均为高电平。于是, 振荡器被迫停振。当 IC_{1-1} 恢复稳态时, IC_{2-1} 输出高电平使计数器复零。

待原信号 f_1 由高电平变低电平时, 其下降沿触发 IC_{1-2} 的 -TR 端使 IC_{1-2} 翻转。整个电路工作状态基本同前, 但由于 IC_{1-2} 的 Q 端变为高电平而把 IC_{2-2} 门打开, 因 IC_{1-1} 的 Q 端低电平而把 IC_{2-3} 封锁。振荡器又开始振荡并产生 39 个脉冲。这样, 在原脉冲信号 f_1 的每一个周期内, 电路输出端 f_2 将输出 77 个脉冲, 即实现了原信号 f_1 的 77 倍频。

倘若改变键控振荡器中的 R_4 、 C_3 值, 可改变振荡脉冲的频率, 进而实现输出信号是原信号的任意倍频。

例 26 整数与非整数分频器/倍频器

一、应用电路

二、电路结构说明

整数与非整数分频器/倍频器, 主要由单稳态触发器 CD4528、运算放大器 F007 (或用 $1/4$ LM324) 和施密特反相器 CD40106, 以及场效应管 VD3DJ3 等构成。其中, 运算放大器 F007 和施密特反相器 CD40106 组成 V/F 转换器。场效应管 VD3DJ3 与 C_2 等构成 V_o 提升电

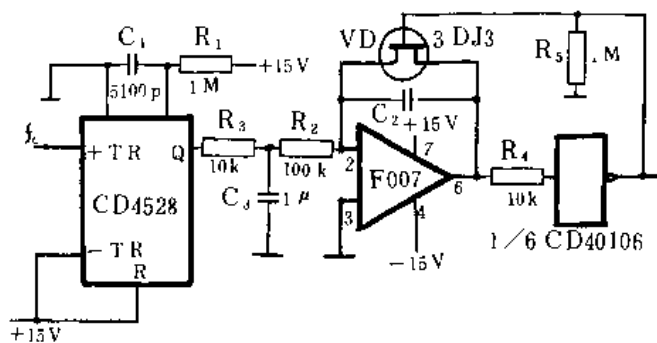


图 2-26 整数与非整数分频器/倍频器

路。单稳态触发器 CD4528 和 R_1C_1 低通滤波器组成 F/V 转换器。改变 R_1 、 C_1 的值可以改变其输出宽度，进而改变低通滤波器的输出电压。

输入信号 f_i 由触发器与滤波器构成的 F/V 转换器转换成直流电压，而后利用运放器与反相器构成的 V/F 转换器，再转换成一定频率的信号输出。只要调节 F/V 或 V/F 转换灵敏度，便能改变分频率或倍频率，进而实现整数或非整数分频。

应当指出：输入信号 f_i 的电压 V_i 越大， C_2 充电越快，输出 f_o 的频率就越高。若需调节 V_i 的大小，可在 IC (CD4528) 的输出端 Q 与电阻 $10k\Omega$ 之间串接一个电位器进行。调试电路，先调 R_1 、 C_1 ，使单稳输出的宽度比输入的最小周期略小，而后调 R_2 、 C_2 以取得所需求的分频或倍频系数。

例 27 数据解调器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种数据解调器电路，由双二进制四选一译码器（高电平输出有效） $\frac{1}{2}$ CD4555 和 2 输入端 4“与非”门 CD4011 构成。它可用于数字系统中的数据解调。

被解调的数据 DATA，经 $\frac{1}{4}$ CD4011 反相后，送至 $\frac{1}{2}$ CD4555 的允许端 $\overline{EN}$ 。此时把调制代码加在输入端 A、B 时，在 4 个输出端 $Q_0\sim Q_3$ 上可取出所解调后的数据输出。其输入调制代码与对应解调数据的真值表如下：

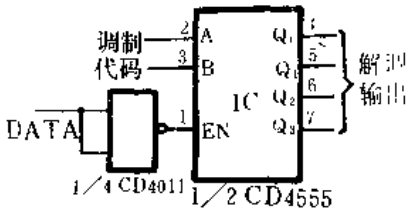


图 2-27 数据解调器

输入端		输出端			
B	A	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
0	0	DATA	0	0	0
0	1	0	DATA	0	0
1	0	0	0	DATA	0
1	1	0	0	0	DATA

例 28 高、低通滤波器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路由双单稳态触发器 $\frac{1}{2}$ CD4528 和二输入端 4“与非”门 $\frac{1}{2}$ CD4011 等构成高、低通滤波器电路。

该图中，选 $f_x=1/T_x=1/R_xC_x$ ，当 $-TR$ 端输入的 V_i 的频率高于 f_x 时，单稳电路将处于重复触发状态， $Q=“1”$ ，“与非”门 G_1 输入端为高电平而门被打开，信号 V_i 便在 V_{o1} 端输出。而由于 $\overline{Q}=“0”$ ，所以“门” G_2 被关闭， V_{o2} 无脉

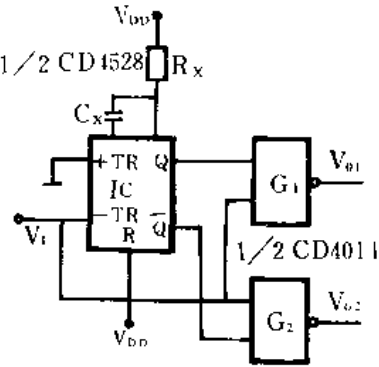


图 2-28 高低通滤波器

冲信号输出。若 V_i 的频率低于 f_x , V_i 脉冲的低电平立即封锁 G_1 , 经过延迟时间 t_{pd} 后, 单稳的 Q 输出一个宽度为 T_x 的正脉冲。由于 V_i 的低电平持续时间大于 T_x , 所以, G_1 一直被封锁, V_{o1} 无脉冲输出。在触发信号的负边沿前, V_i 和 $\bar{Q}$ 同为高电平, V_{o2} 输出高电平。输入信号变低电平时, V_{o2} 也变为低电平, 因此在 V_{o2} 即可输出频率低于 f_x 的信号。

例 29 可调分频器 (CD4001)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是用“或非”门 CD4001 构成的可调分频器。CD4001 的 2 个门 G_1 、 G_2 构成触发器, 另 2 个门 G_3 、 G_4 作为整形电路。

本分频器的分频系数 N 为:

$$\frac{f_1}{f_2} = N \quad (\text{偶数})$$

式中 f_1 为输入脉冲频率, f_2 为输出脉冲频率。 N 的值在 2~30 之间, 调节电位器 W ($50k\Omega$) 的值, 可改变 N 的值, 达到可调分频的结果。

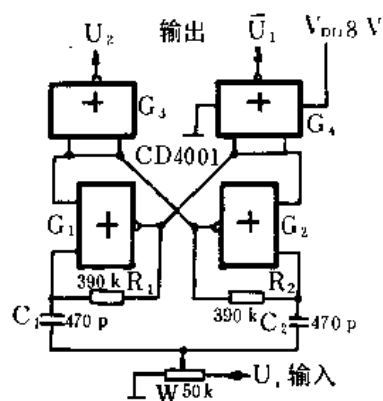


图 2-29 可调分频器 (CD4001)

例 30 脉冲解调器

一、应用电路

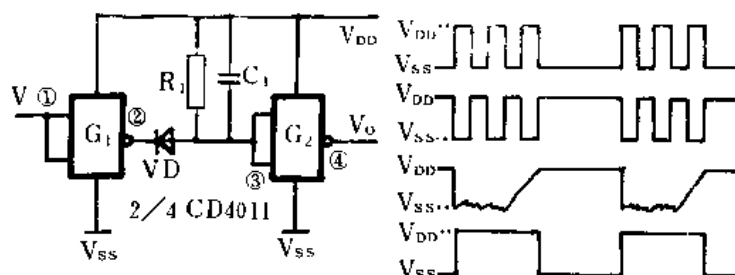


图 2-30 脉冲解调器

二、电路构成说明

本电路用 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011、并联的 RC 网络以及二极管等构成。输入信号为一串调幅脉冲波。调制脉冲的时间周期远大于载波脉冲的时间周期。输出为其包络——方波。

CMOS 脉冲解调器和调制器的功能相反, 它用来对调制脉冲包络检波, 但基本工作原理是利用 RC 回路的充放电过程和 CMOS 反相器转移特性的结合。

例 31 多路解调器

一、应用电路

二、电路结构说明

多路模拟调制信号解调器, 简称为多路解调器。它由单 8 通道模拟双向开关 CD4051 和 8 个电压跟随器 ($F_0 \sim F_7$) CH3130 及阻容元件组成。CD4051 的 8 个输出端 0~7, 各接一个低

漏电保持电容($C_0 \sim C_7$)和一个高输入阻抗电压跟随器($F_0 \sim F_7$),其中禁止端作为开关码的最高位。

当 CD4051 的 A、B、C 端随着 3 位二进制数变化时,INH 端在模拟输入信号一周内有两种情况,即“0”与“1”。当 INH=“0”时,CD4051 有效工作,而当 INH=“1”时,输出各端呈高阻状态。也就是说,当 INH=“0”时,与控制编码相对应,输出中有一通道可获得并保持信号取样。每一通道取样时间是整个扫描周期的 1/16,保持时间占 15/16。信号取样经过 $B_0 \sim B_7$ 中相应的一个跟随器,在其输出端,有一被选通的解调信号取出。

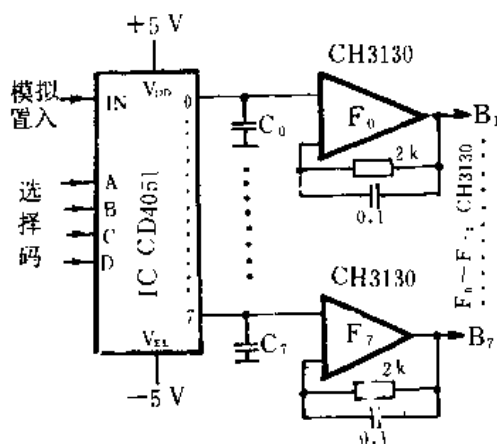


图 2-31 多路解调器

例 32 单脉冲展宽电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路是由双单稳态触发器 $\frac{1}{2}$ CD4528 构成的单脉冲单稳态脉冲展宽电路。

当单稳态触发器输入一个窄脉冲, 输出一个宽脉冲。输出脉冲宽度 T_w 可由 C_x 、 R_x 调节。图中 t_{pd} 为输入到输出的传输延迟时间。

脉冲宽度可按

$$T_w = -RC \ln \left(\frac{V_{DD} - V_{TR}}{V_{DD}} \right) \approx 0.69RC$$

式中 V_{TR} 小于 $\frac{1}{2}V_{DD}$, 故 T_w 的实际值略大于上式的计算值。

图中 2-32 (a) 为上升沿触发, (b) 为下降沿触发的电路。

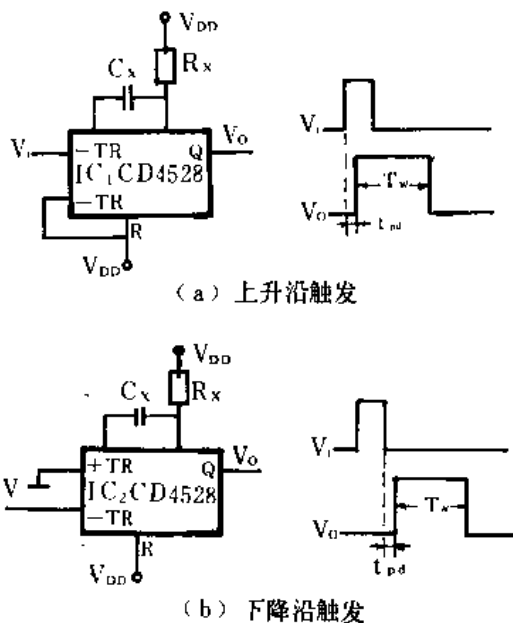


图 2-32 单脉冲展宽电路

例 33 极变宽脉冲调制器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种可交替改变极性的宽脉冲调制电路。它主要由施密特反相器 IC_1 ($\frac{1}{6}$ CD40106)、压电晶体 32768Hz、主从 JK 触发器 IC_2 ($\frac{1}{2}$ CD4027) 和 2 块 555 时基电路等构成的。

电路中, IC_1 ($\frac{1}{6}$ CD40106) 和压电晶体 32768Hz 组成振荡器, $\frac{1}{6}$ CD40106 的 3 个门作为整形电路使用, IC_2 ($\frac{1}{2}$ CD4027) 作为二分频器, IC_3 (555)、 W_1 、 C_3 和 IC_4 (555), W_2 、 C_2 分别组成单稳态触发器。

由晶体振荡器产生的振荡信号, 经整形电路, 进入 JK 触发器进行 2 分频。二分频的输出端 Q 和 $\bar{Q}$ 分别控制 IC_4 和 IC_3 的第④脚, 所以 2 个单稳态触发器交替触发和隔周期输出脉冲信号。脉冲信号经变压器 B_1 的耦合, 于是在次级绕组 L_3 两端得到正、负极性交替变化的方波

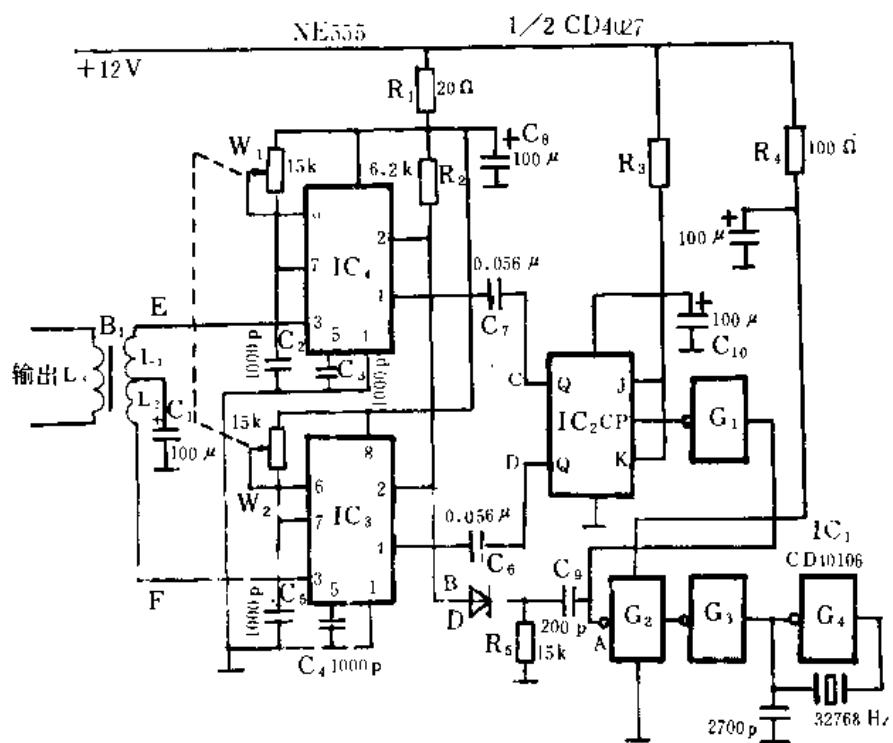


图 2-33 极变宽脉调制器

脉冲。改变同步统调的电位器 W_1 、 W_2 ，可以改变输出脉冲的宽度。

例 34 选通滤波器

一、应用电路

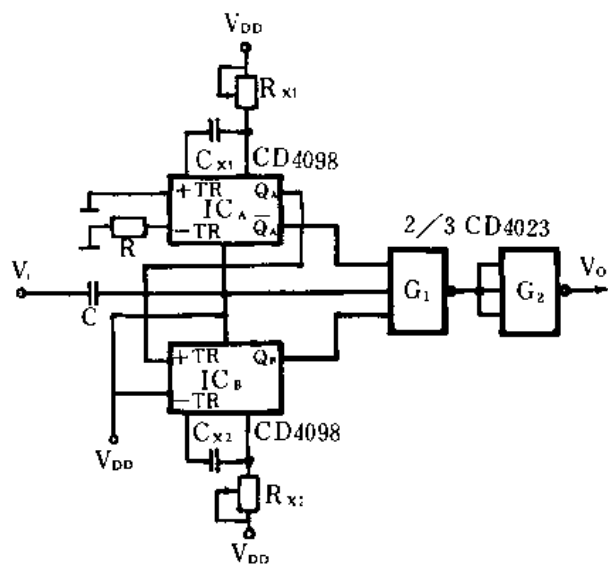


图 2-34 选通滤波器

二、电路结构说明

本电路为由双单稳态触发器 IC_A 、 IC_B (CD4098)、3 输入端 3“与非”门 G_1 、 G_2 ($\frac{3}{3}$ CD4023) 等构成的选通滤波器电路。

假定 f_i 为输入信号 V_i 的频率。其所要选取的上限频率由 IC_A 的输出宽度 T_{WA} 决定, 下限频率由 IC_B 的输出宽度 T_{WB} 决定。若频率很高或很低时, 单稳电路 IC_A 或 IC_B 均为“0”, G_1 被封锁, 无法输出。在中间频率时, 则 Q_A 和 Q_B 均输出“1”, 门 G_1 被打开, 信号 V_i 经 C 耦合, G_1 、 G_2 反相并整形, 由 V_o 输出。上下限频率分别由 C_{x1} 、 R_{x1} 及 C_{x2} 、 R_{x2} 来决定。

例 35 计数式脉宽倍增器

一、应用电路

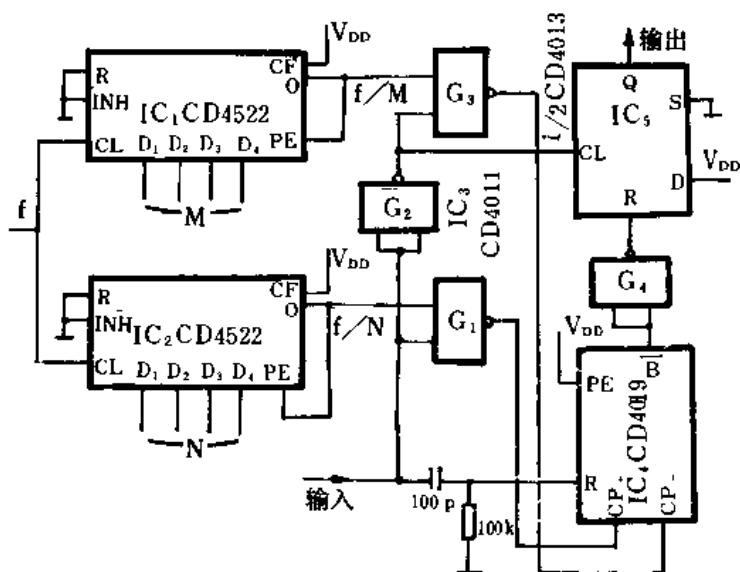


图 2-35 计数式脉宽倍增器

二、电路结构说明

计数式脉宽倍增器, 采用 2 块 2~10 进制 $1/N$ 计数器 CD4522 (IC_1 、 IC_2)、可逆计数器 CD40192 (IC_4)、D 触发器 CD4013 (IC_5) 和 2 输入端 4“与非”门 CD4011, 以及阻容元件组成。它具有较高的精度。

当 IC_4 (CD40192) 的输入端 R, 被输入脉冲的上升沿经 RC 微分电路之后所形成的尖脉冲触发而复位, 且输入为高电平时, “与非”门 G_1 打开。IC₂ 主振信号 f 由 IC_2 进行 N 分频后, 以 f/N 的速率对 IC_4 进行加法计数 (N 可由外部设定)。当输入一个脉冲的周期结束时, 计数器 IC_4 的计数值达 f/N 。与此同时, 输入信号的下降沿, 经反相 G_2 后触发 IC_5 的 CL 端, 使输出上升到高电平。

当输入脉冲信号第一周期结束后, 接着输入转为低电平, 于是“与非”门 G_3 被打开, IC_1 主振信号 f 经同样的分频器进行可预置的 M 分频后, 以 f/N 的速率对 IC_4 进行减法计数。当计数器回复到全“0”时, $\bar{B}$ 端输出“0”电平, 使 IC_5 触发器复位。于是, 电路输出重新变为“0”, 而脉冲被展宽。

可逆计数器加法与减法的数值实际上是相同的。若把加法输出的脉冲周期记为 T_1 , 而减

法输出脉冲周期记为 T_2 ，那么有 $T_1 = f/N$ ， $T_2 = f/M$ ，且 $T_1 = T_2 = f/N = f/M$ ，或 $T_2 = T_1 (M/N)$ 。这就是说，可预置的 M 和 N 的比值 (M/N) 为脉冲展宽的倍率。

使用这一电路时要注意：

- (1) 输入 f 的最小周期 $T > (T_1 + T_2)$ ；
- (2) 主振 f 的高低与精度有关，误差约为 N/fT_1 ；且频率越高，误差越小。
- (3) CD40192 的计数长度应保证在 T_1 周期内不产生溢出。

例 36 数控脉宽电路

一、应用电路

二、电路结构说明

数控脉宽电路是由 BCD 双同步计数器 CD4518 (IC_1)、4 位数比较器 $2 \times$ CD4585 (IC_2 、 IC_3) 构成的。它用于数字输入码来控制输出脉冲的宽度，以实现数控占空比的脉冲输出。

电路中， IC_1 接成模 100 的 2 位 BCD 码计数器，时钟 CP 使其计数。计数器 IC_1 输出的 2 位 BCD 编码和编程预置输入的 2 位并行 BCD 码在 IC_2 、 IC_3 中进行比较。当计数器的计数值小于输入的 2 位 BCD 码时， $A < B$ 输出端为高电平， $A = B$ 和 $A > B$ 端输出为低电平；当计数值等于输入码时， $A = B$ 端输出为高电平， $A < B$ 和 $A > B$ 端为低电平；当计数值大于输入码时， $A > B$ 端为高电平。由于计数器实现 100 分频，因此输出频率为时钟 CP 的频率 1%。 $A > B$ 端输出脉宽从输出脉冲周期的 1% (输入码为 98) 变化到 99% (输入码为 0)。

应当指出： $A < B$ 与 $A > B$ 两者输出波形是反相的，两者中间均有一个 CP 时钟周期的间隙。在 $A = B$ 端输出的脉冲宽度正好是一个 CP 时钟的周期。图 2-36 (b) 中是预置数为 N ($0 \sim 99$) 时，电路输出波形示意图。

例 37 脉冲展宽电路 (一)

一、应用电路

二、电路结构说明

由反相缓冲器 $1/6$ CD4049、施密特触发器 $1/6$ CD40106 和二极管 D、阻容元件等构成了脉冲展宽电路。

当电路输入端引入一个正向窄脉冲信号

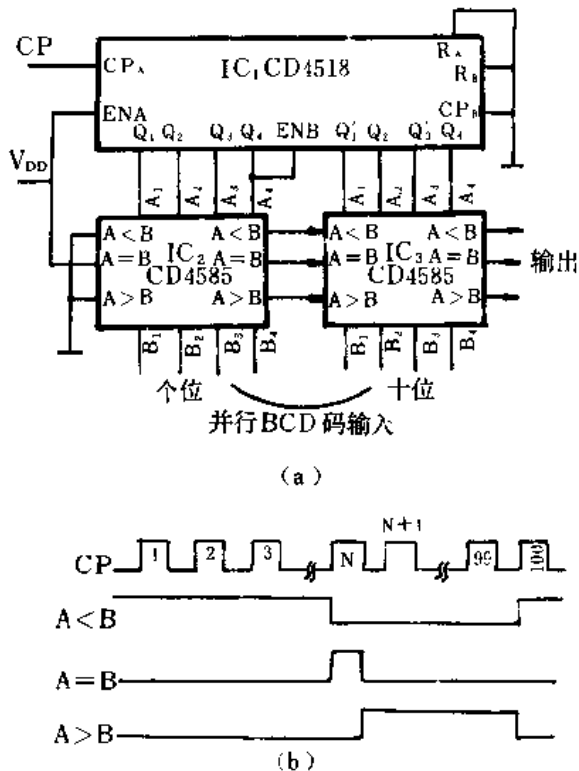


图 2-36 数控脉宽电路

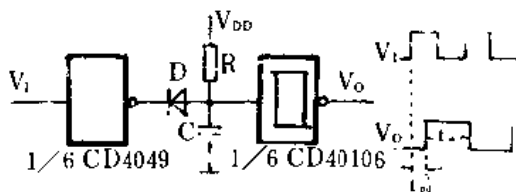


图 2-37 脉冲展宽电路 (一)

V_i 时, 反相器输出低电平, C 经二极管 D 对地放电, 此时放电时间 t_1 很短。等到电容 C 上的电位下降至施密特触发器负阈值电压 V_{T-} 时, 触发器输出电压 V_o 变为高电平。当输入脉冲 V_i 为负脉冲信号时, 二极管 D 反偏, V_{DD} 经电阻 R 向电容 C 充电。当 C 上的电位升至 V_{T+} 时 (此充电时间 t_2 较长), 触发器输出电压 V_o 回复到低电平。由于 $t_2 \gg t_1$, 电路输出脉冲宽度比输入脉冲宽度大得多。两者相比结果, 显然脉冲展宽了, 且宽度为:

$$t_w = t_2 - t_1 \approx RC \ln \left(\frac{V_{DD} - V_{BE}}{V_{DD} - V_{T+}} \right) \quad (V_{BE} \text{ 为二极管 } D \text{ 的正向压降})$$

电路中反相器使用缓冲器 CD4049, 是为了保证输入低电平时, 能吸收足够大的电流, 以确保电容 C 充分放电, 从而使电路输出脉冲也有足够的宽度。

例 38 脉冲展宽电路 (二)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种脉冲展宽电路, 采用单稳/无稳多谐振荡器 IC_1 (CD4047) 和十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017)、6 反相器 $1/6$ CD4069, 以及阻容元件构成的。

当输入端 V_i 输入脉冲, IC_2 的 R 端复位, IC_2 输出端 Q_n 为低电平 (Q_n 的 $n=1 \sim 9$), 于是 V_o 为高电平输出。与此同时, IC_1 的 $\overline{AS}$ 端也为低电平, IC_1 进入振荡状态, 其 Q 端输出脉冲供 IC_2 作为 CP 脉冲, 进而使 IC_2 计数。当计数到 IC_2 的 Q_n 变为高电平, V_o 回到低电平时, 由于反馈至 $\overline{AS}$, 于是 IC_1 停止振荡。

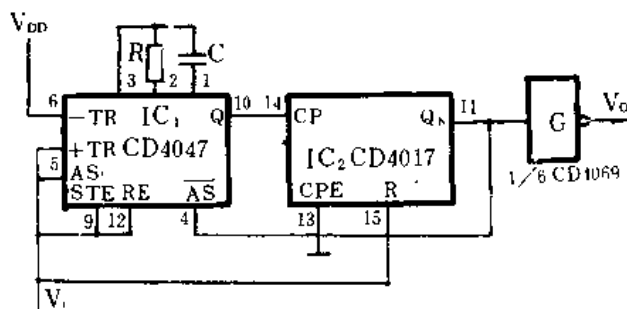


图 2-38 脉冲展宽电路 (二)

这里, 输入 V_i 的脉宽为 T_i , 振荡器的脉宽为 T_M , 而 V_o 输出的脉宽 T_o 应有下式:

$T_o = (N-1) T_i + (T_M + T_i/2)$ (N 为 Q_n 输出序号) 计算结果, 可以看出 V_i 信号脉宽被展宽了。

例 39 脉冲分选电路

一、应用电路

二、电路结构说明

脉冲分选电路是采用 2 输入端 4 “或非”门 $2/4$ CD4001 (G_1 、 G_2), 4 “异或”门 $1/4$ CD4070 (G_3), 2 输入端 4 “与”门 $2/4$ CD4081 (G_4 、 G_5) 构成的。它也称为单脉冲分配器。 $2/4$ CD4001 的门 G_1 、 G_2 构成单稳态电路。

当输入的脉冲 V_i 中宽度有不一致时, 宽者为 Y , 窄的为 X 。通过调整单稳态电路中的时间常数, 可以使输出的脉冲宽度为 Z , 并使 $Y > Z > X$ 。这样, 单稳态电路的输出与输入脉冲 V_i 相“异或”后, 可以在输

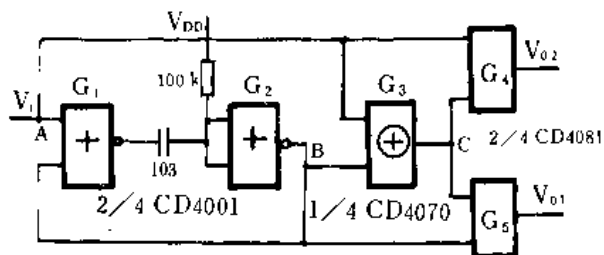


图 2-39 脉冲分选电路

出端分别得到两种不同的脉冲信号 V_{01} 与 V_{02} 。比如，电路中③点脉冲与输入端①点脉冲在门 G_4 中相与输出 V_{02} ；而③点脉冲与②点脉冲在门 G_5 相与输出 V_{01} 。 V_{01} 是窄脉冲，而 V_{02} 是宽脉冲。

例 40 机械开关整形电路

一、应用电路

二、电路结构说明

机械开关整形电路由 R-S 触发器 $1/4$ CD4043 和电阻、机械开关 K 构成。它具有消除机械开关触点产生抖动而引起脉冲波形的毛刺，以避免造成电路输出的不稳定。

当机械开关 K 打至①档位时，此时 $1/4$ CD4043 的 R 端为低电平（R = “0”）。查 CD4043 真值表可知：

R = “0”，EN = “1”，S = “1”，Q = “1”。此时，尽管机械开关 K 的触点在 S 端产生脉冲抖动信号，只要机械开关触点不回至 R 端，经整形后由 Q 端输出的脉冲信号都保持不变。同样，当开关 K 打至②点时，输出端 Q 变为低电平而进入锁定状态。

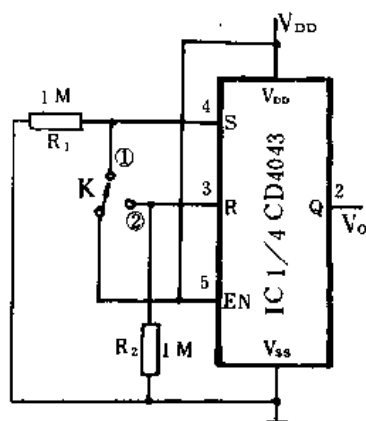


图 2-40 机械开关整形电路

CD4043 真值表

行	R	S	EN	Q
1	0	0	1	不变
2	0	1	1	1

例 41 消除噪声电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这种消除噪声电路是采用双单稳态触发器 $1/2$ CD4528 (IC_1)、双 D 触发器 $1/2$ CD4013 (IC_2) 和 6 反相器 $1/6$ CD4069 (G) 等构成的。其中， IC_1 的 -TR 端与 R 端接高电平 V_{DD} ，形成上升沿触发/再触发单稳态触发器。 IC_1 的 $\bar{Q}$ 端输出作为 IC_2 时钟 CP 脉冲输入。

当 V_i 为低电平时，通过反相器反相后使 IC_2 的复位端 R 得到高电平而复位。当 V_i 上升沿加至 IC_1 的 +TR 和 IC_2 的 D 端， IC_1 输出端 $\bar{Q}$ 为负脉冲上升沿，将输入数据 V_i 传输至 IC_2 的输出端 Q。如果 V_i 中窜入噪声毛刺波形时，由于毛刺的宽度小于单稳脉冲输出，尽管也触发单稳触发器。但是，在单稳由暂态回至稳态过程中， IC_1 的 $\bar{Q}$ 端发生波形跳变。这时 IC_2 的 D 端呈

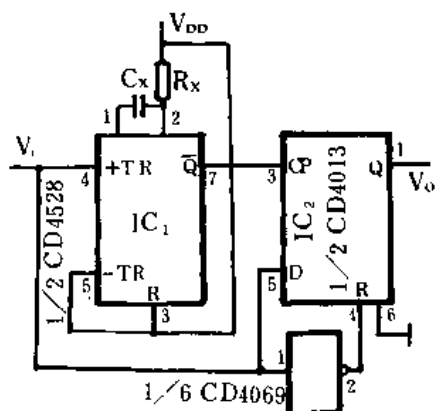


图 2-41 消除噪声电路

现低电平。所以 V_o 输出仍为低电平状态。这样，就有效地抑制了噪声毛刺的干扰。

例 42 4 位二进制—0~15 时序脉冲转换器

一、应用电路

二、电路工作原理

4 位二进制—0~15 时序脉冲转换器是用两块 BCD—十进制译码器 CD4028B 制作的。

将两块 CD4028B (IC_1 、 IC_2) 的 $A_0 \sim A_2$ 相互联接起来, 由低三位输入码控制, 组成两个八选一的译码器。注意, IC_1 、 IC_2 的 Q_8 、 Q_9 均不用 (空脚)。当最高位输入码 A_3 端通过一个反相器 $1/6$ CD4069 产生一对相位相反的信号, 分别控制 IC_1 、 IC_2 的 A_3 端。显然, A_3 端为“1”电平时, 高位 IC_1

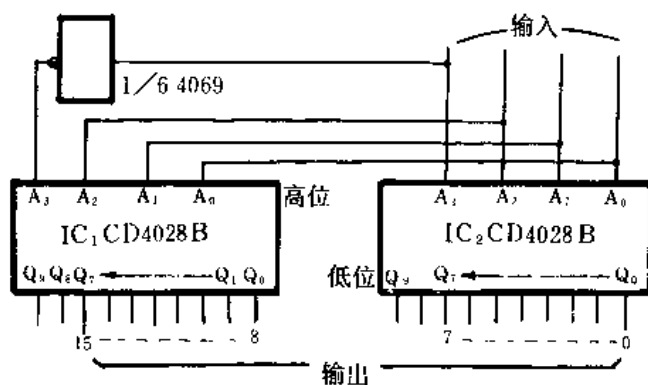


图 2-42 4 位二进制—0~15 时序脉冲转换器

的 $A_3 = "0"$ 被选中, IC_1 的 $Q_0 \sim Q_7$ 端输出时序脉冲; 而低位 IC_2 的 $A_3 = "1"$ 被禁止输入。与上述情况相反, 当 A_3 端为“0”电平时, 低位 IC_2 的 $A_3 = "0"$ 被选中, 它的 $Q_0 \sim Q_7$ 端可以输出, 而高位 IC_1 的 $A_3 = "1"$ 被禁止输入。同理, 当 A_3 端为“0”电平时, 低位 IC_2 的 $A_3 = "1"$ 被禁止输入; 而高位 IC_1 的 $A_3 = "0"$, 被选通。这样, 利用 A_3 端输入的信号通过反相器, 对 IC_1 、 IC_2 的选通功能, 可以实现 4 位二进制—0~15 时序脉冲的转换。

倘若反相器用 CD4069 替代 CD4028 的话, 并再加 8 块 CD4028B 进行级联, 那么能够制作 0~64 时序脉冲转换电路。

例 43 采样保持电路

一、应用电路

二、电路结构说明

采样保持电路由双向模拟开关 CD4066、运放 CF3130、RC 网络等构成高阻抗电压跟随器组成的。

电路中, 模拟信号 V_i 输入运放 A_1 同相输入端, 模拟开关 SW 的控制端 $V_c = "1"$ 时, SW 导通, 电容 C 被充电至 V_i 值 (即对输入模拟信号进行采样)。此时, 若 $V_c = "0"$ 时, SW 即断开。由于 SW 的断开电阻高达 $10^8 \Omega$ 以上, 且运放 A_2 的输入阻抗也很高, 因此电容 C 保持了采样信号。

运放 A_2 输出采样信号的同时, 还将采样信号反馈至运放 A_1 的反相输入端。引入运放 A_2 之目的, 是使信号的输入和输出端之间具有很好的隔离作用。

电路中 R_1 、 R_5 为运放 CF3130 的上拉电阻。

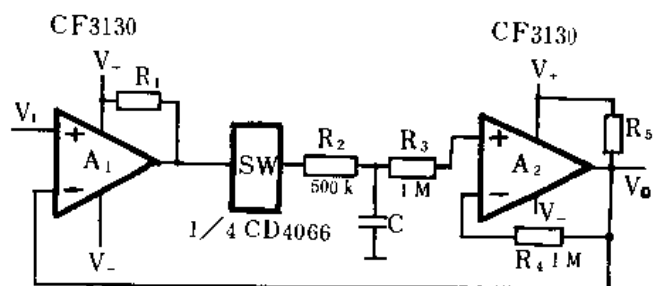


图 2-43 采样保持电路

例 44 模拟延迟电路

一、应用电路

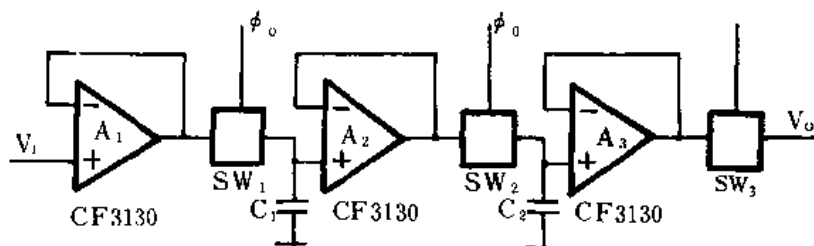


图 2-44 模拟延迟电路

二、电路结构说明

模拟延迟电路，由双向模拟开关 CD4056、运放 CF3130、电容等构成的。

在外加时钟信号的控制下，模拟开关 SW_1 、 SW_2 、 SW_3 交替导通或断开，使输入的模拟信号 V_i 从第一级运放开始往后级转移。在转移 V_i 过程中，电容 C_1 、 C_2 按 SW_1 、 SW_2 导通和断开不断地存储模拟信号，也不断输出转移至后一级，直至最后输出 V_o 。输入模拟信号 V_i 在整个过程中，通过多级开、关，经过存储、转移，最后由运放输出，且显然被延迟。运放（跟随器）级数越多，模拟信号 V_i 总延迟时间也就越长。

延迟电路要求时间（取样）信号频率 f_s ，应高于输入模拟信号的最高频率 f_m ，且 $f_s > 2f_m$ 为宜。这样，延迟电路才能正常工作。

例 45 消除脉冲沿抖动电路

一、应用电路

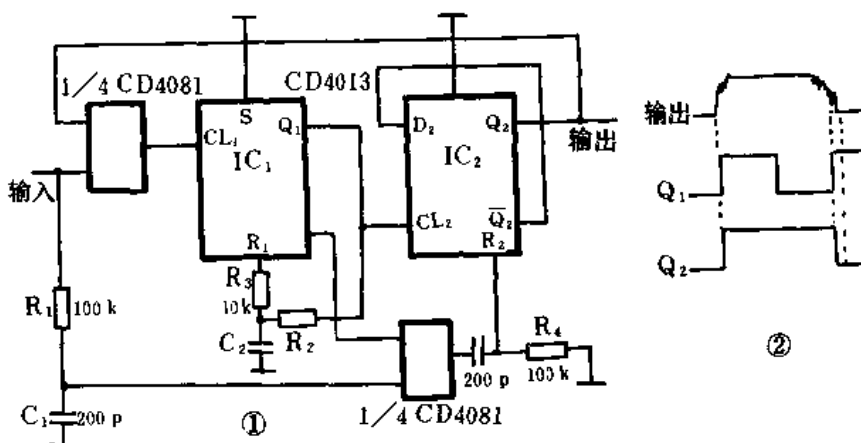


图 2-45 消除脉冲沿抖动电路

二、电路结构说明

由双 D 触发器 CD4013 等元器件组成的消除脉冲沿抖动电路，对于消除脉冲沿抖动效果很好。电路中， IC_1 、 IC_2 由 CD4013 构成。 IC_1 接成单稳形式，其输入端 CL 的第一个上升沿使输出端 Q_1 输出脉宽为 $0.7R_2C_2$ 的脉冲信号。调节 R_2 或 C_2 ，可以使输出脉宽大于抖动的持续时间。

若 Q_2 原处于低电平时, 在 Q_1 上升沿触发输出情况下, Q_2 也将变为高电平。

若 Q_2 原处于高电平时, 在 Q_1 的上升沿触发 IC_2 情况下, Q_2 先变为低电平, 但在 Q_1 下降沿时, 又会重新使它变为高电平。

因此, Q_1 脉冲过后, Q_2 终呈高电平。由于 Q_2 反馈到“异或”门的一个输入端, 待输入端脉冲下降时, “异或”门将输出上升沿触发 IC_1 。于是 Q_1 又立即输出一个单稳脉冲, 使 Q_2 翻转为低电平。这样, Q_2 的输出上升、下降沿正好均与输入信号的第一个上升和第一个下降沿对齐, 达到消除脉冲沿抖动效果。

注意: 电路工作时, Q_2 初始状态万一不对时 (高电平), 只需经一个单稳周期便能使它修正到正常需要状态。

例 46 脉冲上升沿检出电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为二输入端 4 “与非”施密特触发器 G_1 、 G_2 ($\frac{2}{4}$ CD4093) 等构成的脉冲上升沿检出电路。

电路中, C_1 、 R_1 组成延迟网络, G_1 作缓冲“非”门, 而 G_2 作整形合成, 波形如图 2-46 (b)。
①为输入信号波形, 其上升沿刚好与输出窄脉冲上升沿重叠, 窄脉冲④即检出脉冲。 C_1 、 R_1 值影响输出窄脉冲宽度, 而输入脉宽应大于 C_1 、 R_1 的时间常数。

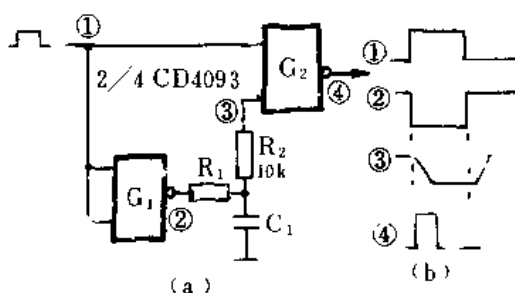


图 2-46 脉冲上升沿检出电路

例 47 脉冲下降沿检出电路

一、应用电路

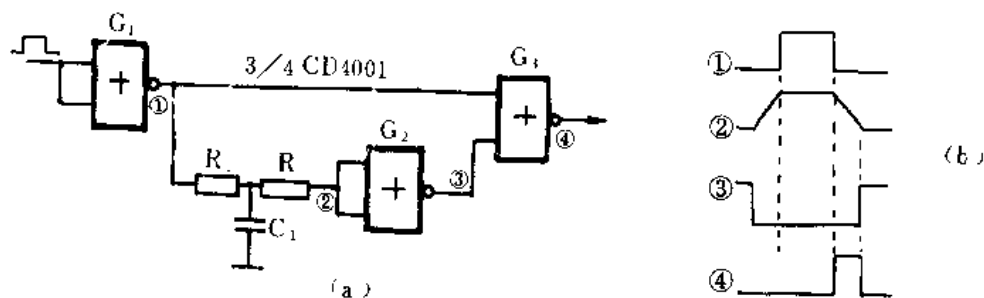


图 2-47 脉冲下降沿检出电路

二、电路结构说明

本电路为二输入端 4 “或非”门 $G_1 \sim G_3$ ($\frac{3}{4}$ CD4001) 等构成的脉冲下降沿检出电路。

电路中 C_1 、 R_1 组成延迟网络, G_1 组成“非”门作整形缓冲, G_2 作反相整形, 而 G_3 作整形合成。从波形图 2-47 (b) 看出, 检出的窄脉冲上升沿对应于输入脉冲下降沿, 其下降沿对应 C_1 、 R_1 延迟又经 G_2 反相整形后的上升沿。总之, 是在输入脉冲下降沿检出窄脉冲。输入脉宽应大于 C_1 、 R_1 时间常数。

例 48 “异或”门构成的脉冲沿检出电路

一、应用电路

二、电路结构说明

4 “异或”门 $G_1 \sim G_3$ ($\frac{3}{4}$ CD4070) 等构成的脉冲沿检出电路。

电路图 2-48 (a) 中, R_1 、 C_1 组成延迟网络, “异或”门 G_1 、 G_2 一输入端均接高电平 V_{DD} 作“非”门使用。延迟信号经 G_2 反相整形后, 与输入信号在 G_3 中异或。比较波形图①、③, 知经“异或”门 G_3 , 波形①的前后沿各检出窄脉冲倍频信号。 R_1 、 C_1 时间常数由输入脉宽决定。而输入脉宽应大于 R_1 、 C_1 时间常数。

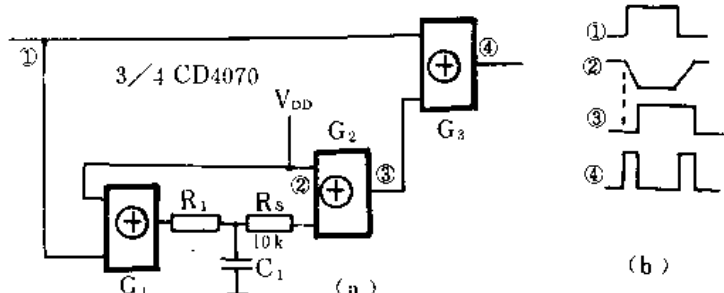


图 2-48 “异或”门构成的脉冲沿检出电路

例 49 时钟同步上升沿检出电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 CD4013、二输入端“与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011 等构成的时钟同步上升沿检出电路。

电路中, 双 D 触发器接成并行移位寄存器形式, 来一个 CP 脉冲使输入脉冲从 D 移至 Q; 再来一个 CP 脉冲, 则输入脉冲移至第二个 D 触发器 Q 输出, 然后与第一 D 触发器 $\bar{Q}$ 的上升沿在 $\frac{1}{4}$ CD4011 中整形, 合成了检出脉宽与输入脉冲相似的脉冲信号。

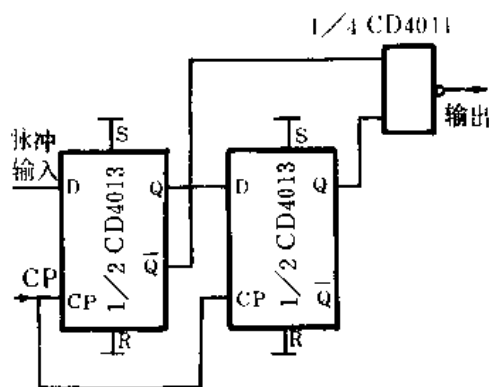


图 2-49 时钟同步上升沿检出电路

例 50 时钟同步下降沿检出电路

一、应用电路

二、电路结构说明

双 D 触发器 CD4013 等构成时钟同步下降沿检出电路。

电路中, 双 D 触发器组成并行移位寄存器, 在时钟脉冲 CP 的作用下, 输入脉冲从 D 移至 Q; 再来一次 CP 脉冲, 则输入脉冲移至第二个 D 触发器的 $\bar{Q}$ 端 ($\bar{Q}$ 与 Q 反相), 然后与第一个 D 触发器的 Q 端脉冲信号下降沿经 $\frac{1}{4}$ CD4011 整形、反相, 最后检出与输入脉冲

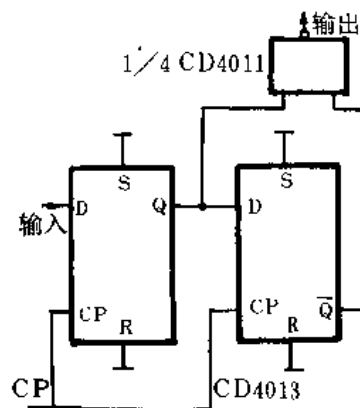


图 2-50 时钟同步下降沿检出电路

相似的脉冲信号。

例 51 消除瞬间干扰信号电路

一、应用电路

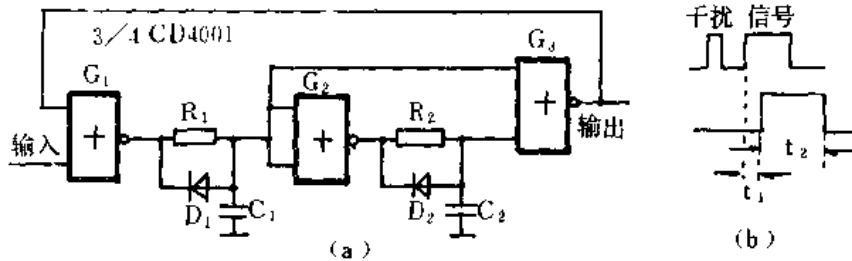


图 2-51 消除瞬间干扰信号电路

二、电路结构说明

二输入端 4“或非”门 $G_1 \sim G_3$ ($3/4$ CD4001) 等构成消除脉冲信号中瞬间干扰信号电路。它实质为一个脉宽鉴别电路。它能把宽度小于 t_1 的脉冲消除, 而把大于 t_1 的脉冲变换为宽度为 t_2 的脉冲输出。 t_1 由 R_1 、 C_1 决定, t_2 则由 R_2 、 C_2 决定。二极管 D_1 、 D_2 都起加速电容放电作用。图 2-51 (b) 为波形图。

例 52 脉冲鉴宽电路

一、应用电路

二、电路结构说明

脉冲鉴宽电路是由双 D 触发器 IC_1 、 IC_2 (CD4013) 等构成的。这里, IC_1 为单稳电路, 稳态时, 输出端 V_o 为低电平。当输入信号 V_i 为高电平时, Q_1 端也为高电平, 暂稳态开始, IC_2 未触发, V_o 为低电平。当 IC_1 单稳结束时 (单稳时间正比 RC), Q_1 端回复到低电

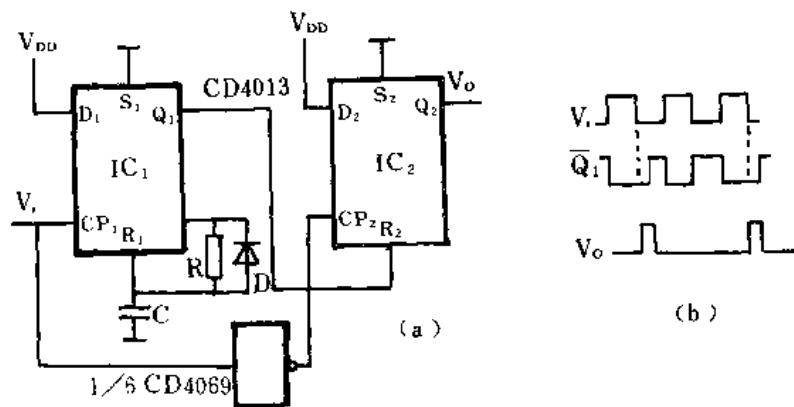


图 2-52 脉冲鉴宽电路

平。此时, V_i 仍为高电平, V_o 仍为低电平。当 V_i 信号下跳时, 经反相使 IC_2 触发器的 CP_2 端上跳, 但由于 $\bar{Q}_1$ 端 (R_2 端) 为高电平, 所以 V_o 仍为低电平。当 V_i 下跳时, 暂稳态结束, $\bar{Q}_1$ 端仍为低电平, IC_2 触发器 CP_2 上跳, IC_2 翻转, V_o 输出高电平。当 IC_1 暂态结束, $\bar{Q}_1$ 上跳为高电平, 迫使 IC_2 触发器复位, V_o 输出为低电平。由此可见, 只有当 V_i 输入信号脉宽小于 IC_1 的单稳态输出脉宽时, IC_2 触发器才鉴出脉冲。波形参看图 2-52 (b)。

例 53 脉冲鉴别器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路由 6 反相器门 1~6 (CD4069) 等构成的脉冲鉴别器。它能鉴别出在 MN 输入的音频脉冲频率高低。

电路中, MN 点输入高低音乐信号, 经本鉴别器在输出端 OUT_1 、 OUT_2 分别输出高低音频信号。为说明方便, 这里用开关 AN 动作来说明鉴别过程。当短促连续按动 AN 时, 门 1 输出快速高低电平变化脉冲, 高电平时向 33μ 电容充电。低电平时, 由于 D_1 处反向, 且门 2 输入端为高阻抗, 所以, 33μ 电容很快被充满电。于是门 2 输出低电平, 而门 3 输出高电平, 绿发光二极管点亮, 表示 OUT_1 输出高频脉冲。而对门 4 输出端有快速高低脉冲变化, 高电平时向 33μ 电容充电; 低电平时, 由于 D_3 接正向, 33μ 电容经 D_3 放掉。所以, 门 5 仍输出高电平, 而门 6 输出低电平, 红 LED 不亮。

若开关 AN 连续多次按下若干时间, 则门 1 在若干时间输出处于高电平。这一高电平视为直流电平。它被 2.2μ 电容隔离, 不影响绿色 LED 发光。而门 4 输出若干时间为高电平, 33μ 电容被充电至高电平, 则门 6 输出高电平, 故这时红色 LED 点亮。它说明低频脉冲从 OUT_2 输出。从上述可知, 电容可鉴别不同脉冲频率输入。

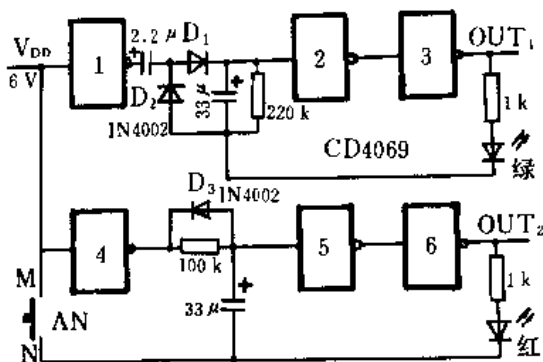


图 2-53 脉冲鉴别器

例 54 脉冲鉴宽电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 G_1 、 G_2 ($\frac{1}{6}$ CD4069) 等构成的脉冲鉴宽电路。即只有脉宽在某一时间以上 (由 R_2 、 C_1 决定) 的输入脉冲, 才能在输出端反应。除此之外的窄干扰脉冲均被电路消除。如 G_1 输出高电平时, R_2 、 C_1 充电, 如果输入脉冲的脉宽小于 R_2 、 C_1 充电时间 (此时间要求 C_1 上电压升至 G_2 输入阈值电平), 则它对输出不起作用。 D_1 、 R_1 作 G_1 输出低电平时放电回路。

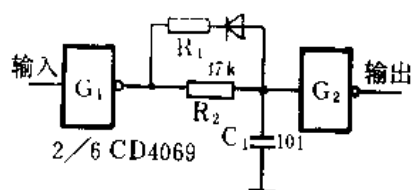


图 2-54 脉冲鉴宽电路

例 55 脉冲上升沿延迟电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由双精度单稳态触发器 $\frac{1}{2}$ CD4538 和二输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的脉冲上升沿延迟电路。电路中, 门 G_1 、 G_2 使输入脉冲略有延迟 τ 到达 G_3 输入端。单稳电路 $\frac{1}{2}$ CD4538 中, $-TR$ 和 R 相接然后接高电平 V_{DD} , 于是成为上升沿触发/再触发单稳态

触发器。输入脉冲上升沿触发+TR端,在Q输出端得脉宽 $t=RC$ 决定的脉冲。它被送至 G_3 一输入端,而 G_3 另输入端由于脉冲被延迟,待其脉冲信号到达时,“非”门 G_3 才打开。故 G_3 输出再经 G_4 反相整形后的脉冲比输入脉冲延迟 τ 。

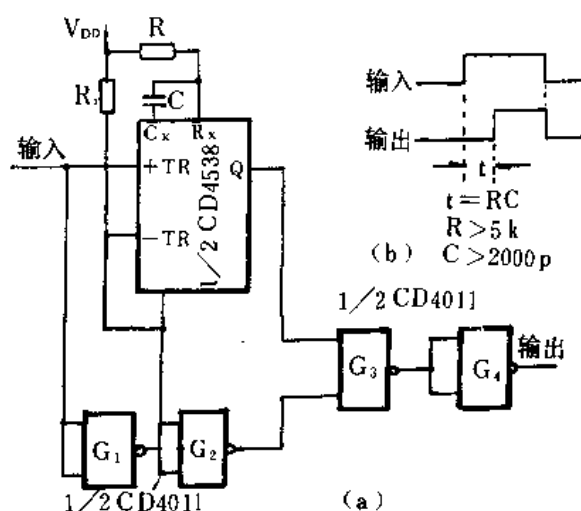


图 2-55 脉冲上升沿延迟电路

例 56 输出脉冲延迟及脉宽可控电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由双精度单稳态触发器 IC_1 、 IC_2 (CD4538) 等构成的输出脉冲延迟及脉宽可控电路。

图 2-56 中, IC_1 中 $-TR$ 和 R 相连接后接高电平 V_{DD} ,组成上升沿触发(+TR)/再触发单稳态触发器。而 IC_2 中+TR接GND, R 接高电平 V_{DD} ,组成下降沿触发($-TR$)/再触发单稳态触发器。输出脉冲相对于输入脉冲延迟时间 t_1 取决于 C_1 、 R_1 ,而输出脉冲宽度取决于 C_2 、 R_2 。而且输出脉冲延迟和脉宽与输入脉冲宽度无关。

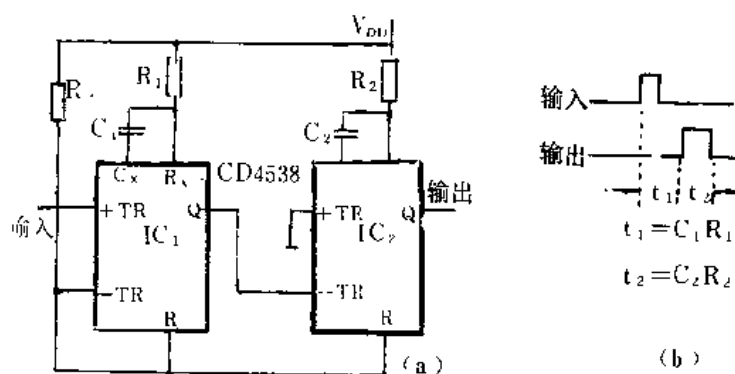


图 2-56 输出脉冲延迟及脉宽可控电路

例 57 噪声鉴别器

一、应用电路

二、电路结构说明

CD4047 是一低功耗单稳态/无稳态多谐振荡器。它与 CD4013 和门电路等可制成噪声鉴别器。

根据电路,调整 IC 第①、②脚电容和电阻,改变振荡器时间常数,使 IC (CD4047) 的输出脉冲宽度稍大于所规定的最大噪声脉冲宽度。这样,当含有噪声的脉冲信号从 A 端输入,

$\overline{Q}_1$ 端输出为上跳变时, 噪声脉冲却已通过 $\overline{Q}$ 端了。D 触发器 $1/2$ CD4013 在真正的脉冲信号尚未过去时, 输出 Q_2 端已由“0”变成“1”。于是把噪声鉴别了出来。

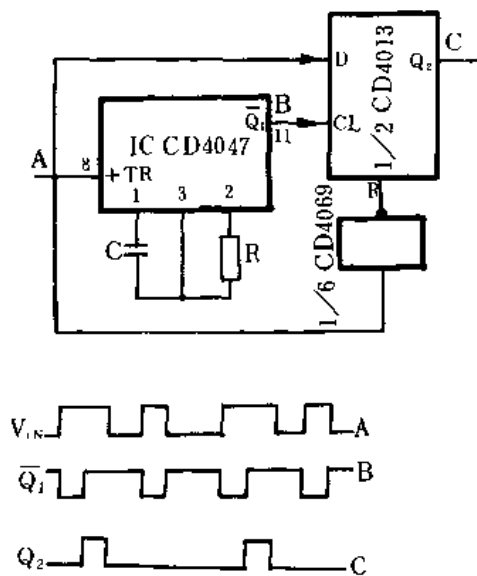


图 2-57 噪声鉴别器

例 58 开关式带通滤波器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是开关式带通滤波器。它由二进制计数器 CD4024、单 8 通模拟双向开关 CD4051B 和 8 组电容构成。

从 CD4024 的①脚输入 8 倍于所需中心频率的时钟脉冲, 即 $8f_c$, CD4024 的⑨、①、⑫脚输出二进制的计数脉冲信号分别给 CD4051B 的⑨、⑩、⑪脚。于是, CD4051B 的 8 个输出端受控接地, 就构成带通滤波器。

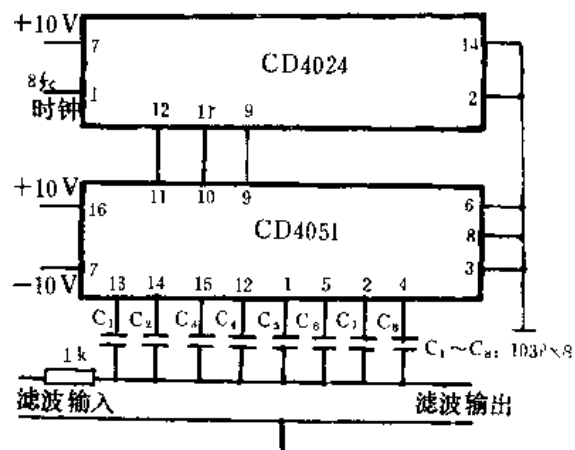


图 2-58 开关式带通滤波器

例 59 低通滤波器

一、应用电路

二、电路结构说明

CD4047 外接电阻 R、电容 C 可构成低通滤波器。CD4047 的再触发功能在低通滤波器中得到利用。外接 R、C 构成了滤波器的截止频率 $f_{截止}$ 的上限 ($T = 2.43RC$, $f_{截止} = \frac{1}{T}$)。凡低于截止频率 $f_{截止}$ 的输入脉冲均可通过滤波器, 而高出截止频率 $f_{截止}$ 的脉冲信号不予通过。此时, 输出为低电平。

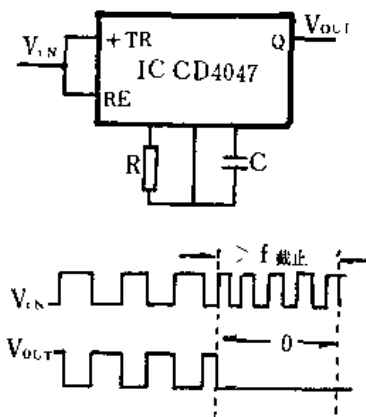


图 2-59 低通滤波器

例 60 带通滤波器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由两块 CD4047 和 1 块 CD4013 组成的带通滤波器。而两块 CD4047 各组成截止频率不相同的低通滤波器：滤波器 1 和滤波器 2。滤波 1 的时间常数 $T_1 = 2.48R_1C_1$ ，滤波器 2 的时间常数为 $T_2 = 2.48R_2C_2$ 。它们的工作频率则：

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{2.48R_1C_1}$$

$$f_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{2.48R_2C_2}$$

这两个频率成为带通滤波器的上、下限频率。

当输入信号频率超过滤波器 2 的截止频率 f_2 后，CD4013 的 $\bar{Q}$ 端输出才会变为低电平。此时，滤波器的输出脉冲要从 V_{OUT} 端输出。必须指出，滤波器 1 的输出脉冲是真正的带通滤波器所要求输出的信号。

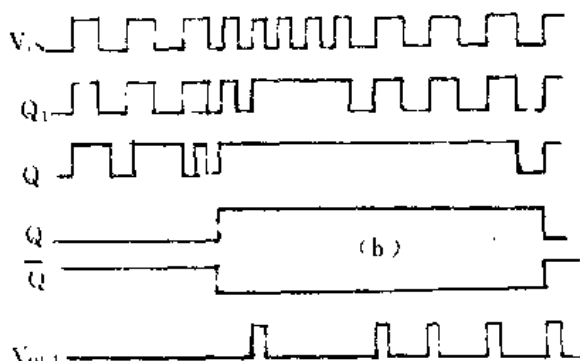
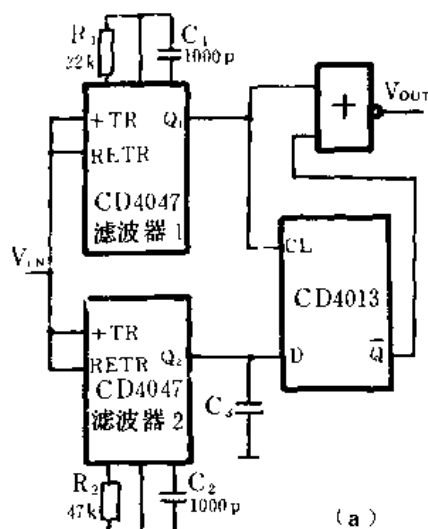


图 2-60 带通滤波器

例 61 虚假信号识别数字积分器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为能够识别虚假信号的数字积分器。它主要用二进制计数器 IC_1 (CD4024)、8 “或非”门 IC_3 (CD4078) 移位寄存器 IC_2 (CD4015) 和 4 “或非”门 IC_4 (CD4071) 构成。

当用 8Hz 时钟信号输入 IC_1 的 CL 端时， IC_1 进入计数。但是 IC_1 的复位端②脚又受 IC_3 的控制，且仅当 IC_3 至少有一个高电平输入，该端才转为低电平，也就是 IC_1 才能计数。从 IC_1 开始计数到 $Q_1 \sim Q_7$ 端中任一端输出识别信号至少需要保持 4s 时间，也就是需要至少有 32 个时钟周期时间保持②脚端的低电平输入，才不致于使 IC_1 复位。

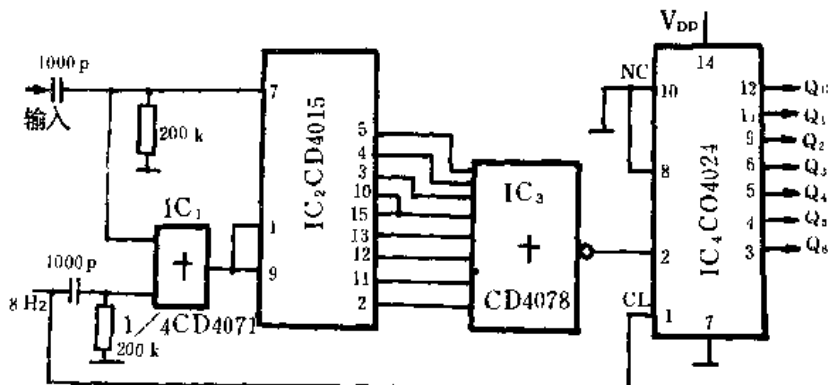


图 2-61 虚假信号识别数字积分器

为了满足上述输出真信号的要求,输入信号重复周期应小于 $1s$, 而且至少发出 4 个脉冲。这样 IC_2 能够在 32 个时钟周期内不断移入高电平, 从而保持 IC_3 门输出低电平。

倘若是 $1s$ 宽的假信号输入, 它最多只能使 IC_3 门输出的低电平保持 $1s$, 而这段时间不足使 IC_4 的输出端为高电平。换句话说, 假信号无法从 IC_4 输出。

例 62 积分电路

一、应用电路

二、电路结构说明

积分电路结构简单。它由 6 反相器 CC4069 和电容组成。由于 CMOS 电路具有线性放大的特点, 所以用 CC4069 奇数—3 级反相串联, 可以得到很高的环形增益, 且加上采用负反馈, 构成了线性很好的积分输出。

积分器的输入方波经 $\frac{1}{2}CC4069$ 的第一级积分器, 输出对称的三角波, 再经 $\frac{1}{2}CC4069$ 的第二级积分后产生正弦波。输出正弦波的斜率正比于输入波形偏离门的阈值幅度。假设阈值等于 $V_{DD}/2$, 则其占空比为 50%。

为适应频率与幅度的要求, 积分器中的 R_1 和 R_2 可调整。2 个 0.1μ 电容是为了防止振荡。显然, 本电路具有成本低、调整易、积分效果好等特点。

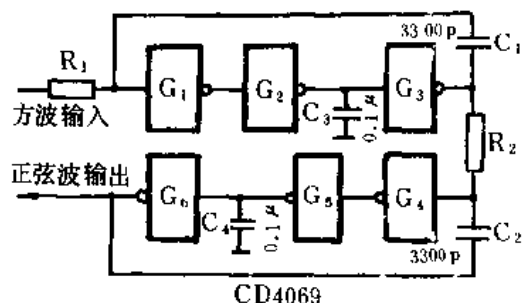


图 2-62 积分电路

例 63 64 选 1 组合电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本 64 选 1 组合电路有两部分电路组合而成。其一, 是 8 块 CD4051B 组成多路模拟开关; 其二, 是 1 块 CD4051B 作为高三位地址译码电路。

9 块 CD4051B 的禁止端皆接于“0”电平上, 电路中没画出。注意: 工作时 IC_9 的 INH 不接“1”。只要 IC_9 的 INH = “1”时, 64 个通道全部被禁止。

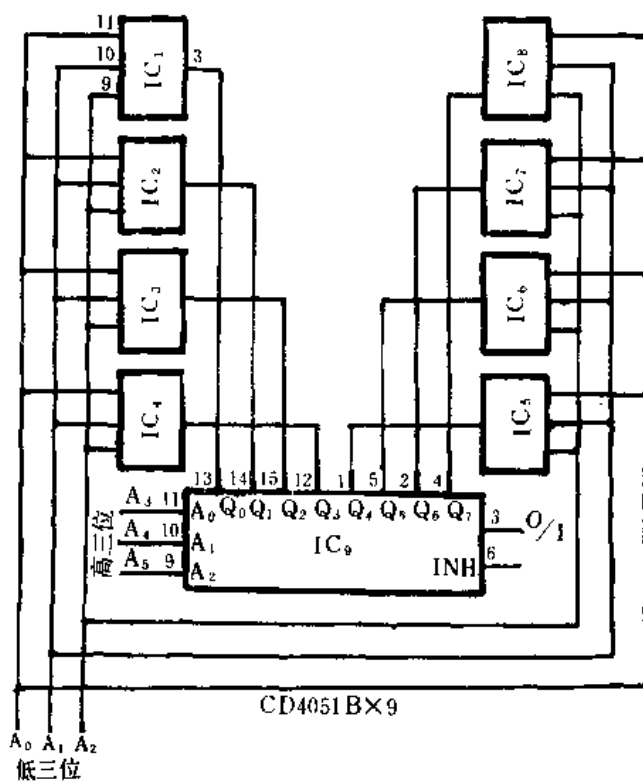


图 2-63 64 选 1 组合电路

例 64 滤除干扰脉冲的积分电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 施密特触发器 G_1 、 G_2 ($\frac{2}{6}$ CD40106) 等构成的滤除干扰脉冲的积分电路。

图 2-64 中, V_1 为光电管 3DU33, 作光采样。 V_1 采样进来的信号 (干扰窄脉冲同样被采样进来), 先经施密特触发器 G_1 整形后, 再送积分电路。 W_1 用以调触发信号电平, W_2 用以调积分时间, 可将窄脉冲滤除, 然后经 G_2 整形, V_2 放大后输出无干扰脉冲信号。

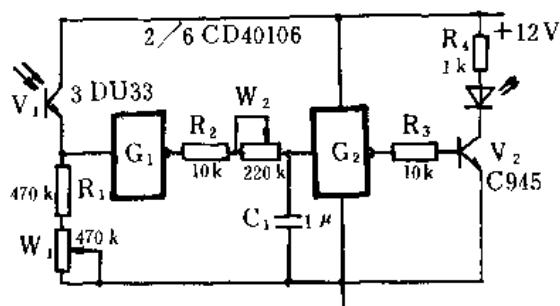


图 2-64 滤除干扰脉冲的积分电路

例 65 简易编码与译码电路

一、应用电路

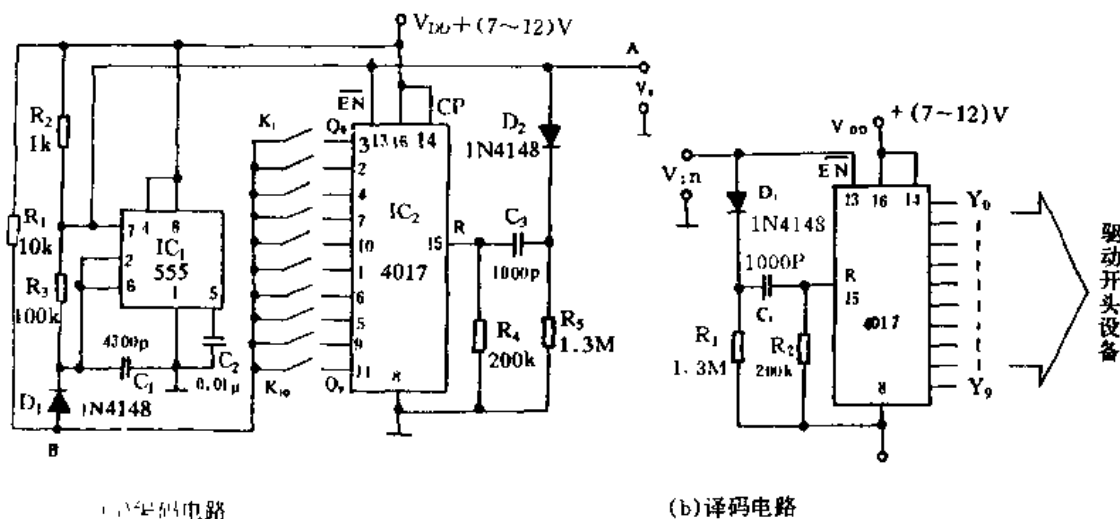


图 2-65 简易编码与译码电路

二、电路结构说明

编码电路 (图 2-65 (a)) 主要由十进制计数器/脉冲分配器 IC_2 (CD4017)、时基电路 IC_1 (NE555) 和开关 $K_1 \sim K_{10}$ 组成, 译码电路由 IC (CD4017) 和驱动开关设备等组成。

编码电路: IC_1 和 R_2 、 R_3 、 C_1 组成多谐振荡器, 其能否起振取决于电路中 B 点的电位。电路未进行编码时, B 点为高电平, IC_1 也不起振。电路进行编码时, 也就是开关 $K_1 \sim K_8$ 中的任一个开关接通时, B 点电位就变为低电位, IC_1 便起振, 且输出脉冲信号。这一脉冲信号通过 D_1 和 C_3 、 R_4 组成微分电路后, 加至 IC_2 的⑮脚 (复位端), 使 IC_2 清零。从第 2 个脉冲开始, 每个脉冲的下降沿均依次触发 IC_2 , 而 IC_2 的⑭脚 (CP) 接高电平, ⑬脚 ($\overline{NE}$) 以下降沿触发。于是输出端 $Q_1 \sim Q_9$ 依次输出高电平。当第 10 个脉冲到来时, B 点又变为高电平。由此可见, 按下 K_i , 将有对应的 i 个方波输出。这就是编码电路的码数输出。

译码电路：当发码端第1个脉冲通过 D_1 后，再经 C_1 、 R_2 微分电路，得到的是尖脉冲。这一尖脉冲加至 CD4017 的⑩脚（复位端 R），对电路进行清零。于是 CD4017 的 Q_0 置“1”，其后的脉冲依次触发 $\overline{NE}$ 端（由于⑭脚接 V_{DD} ，所以这时用脉冲下降沿对 $\overline{NE}$ 进行触发），使输出端变为高电平。这里，译码器的输出与编码器控制开关 K_i 恰好一一对应。也就是说译码器收到编码发出的 i 个方波脉冲信号时，对应于输出端是 Y_i 的高电平。而译码的输出端 $Y_0 \sim Y_9$ 与对应驱动设备相接，达到进行所需的控制。

例 66 时序脉冲产生器

一、应用电路

二、电路结构说明

由双 4 位静态移位寄存器 CD4015B 和 3 输入端 3 “与非”门 $\frac{1}{3}$ CD4023B 组成时序脉冲产生器。

CD4015 寄存单元由 D 型主从触发器构成。它在时钟脉冲上沿跳变时输出翻转，4 个相同的触发器单元按次序级联，构成 4 位静态移位寄存器。因此，它有 $4-1=3$ 位输出经 3 “与非”门 CD4023B 反馈到 D 端。D 端输入的数据在时钟脉冲上沿跳变时逐步移位，时钟脉冲下沿跳变时，数据保持。在移位寄存器中移动的是一个负脉冲“0”。也就是输出端 $Q_1 \sim Q_4$ 中只有一个负脉冲“0”输出，加到 D 端的数据则是“1”。然而，当 $Q_1 \sim Q_3$ 端输出均为“1”时，加到 D 端的数据才为“0”。

应当指出：当 CD4015 的 Cr 端为“1”电平时复位。电路中将 Cr 端接地了，因此整个电路在 CP 输入下不断工作，即不断产生时序脉冲信号。

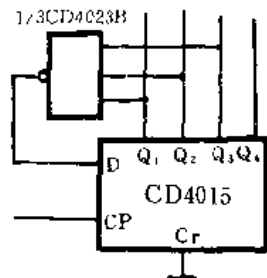


图 2-66 时序脉冲产生器

例 67 按键编码盘

一、应用电路

二、电路结构说明

按键编码盘是用 C304 与按键开关、阻容元件等构成的，输出 8421 地址码。

电路中采用 $510k \sim 1M\Omega$ 电阻接入按键开关与 C304 之间电路，是为了防止按键瞬时“悬空”，栅极受感应静电高压的破坏。小电容 $C_1 \sim C_9$ 并联于电阻 $R_1 \sim R_9$ 上，可减少按键动作时带来尖脉冲的干扰。

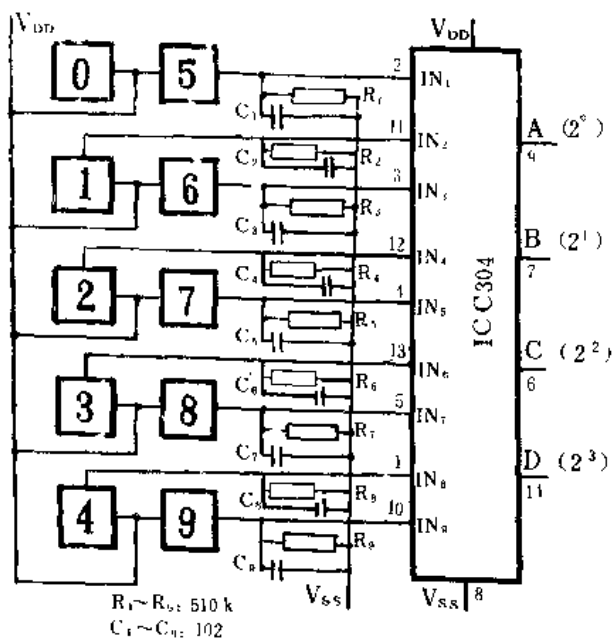


图 2-67 按键编码盘

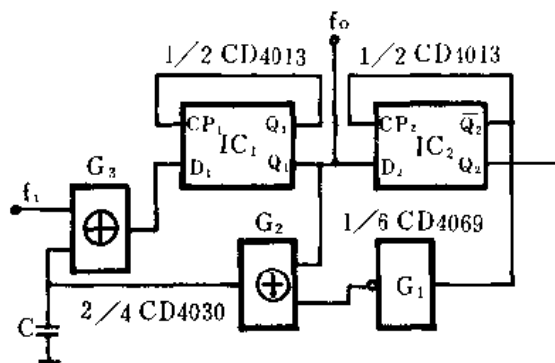
例 68 非整数分频器

(A). $\frac{3}{2}$ 分频器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

由双 D 触发器 IC_1 、 IC_2 (CD4013)、4 “异或”门 $\frac{1}{4}$ CD4030、6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 等构成 $\frac{3}{2}$ 分频器。



等构成的 $\frac{3}{2}$ 分频器。

由 IC_1 、 IC_2 组成 4 分频电路， $\frac{1}{6}$ CD4069 作一级延迟门，其原理基本同本例 (A) (1)。不同地方在于这里用“同或”门及 IC_2 的输出端反馈点本例而 (A) (1) 从 $\bar{Q}_2$ 输出。

(B). $\frac{5}{2}$ 分频器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

由双 D 触发器 IC_1 、 IC_2 、 IC_3 ($\frac{3}{2}$ CD4013)、6 反相器 G_1 、 G_2 ($\frac{1}{6}$ CD4069) 和 4 “同或”门 G_3 、 G_4 ($\frac{3}{4}$ CD4077) 等构成的 $\frac{5}{2}$ 分频器。

$IC_1 \sim IC_3$ 级 D 触发器级联为 8 分频电路。电容 C 作滤波，信号 f_o 从 IC_2 的 Q_2 端输出。电路中有 $\bar{Q}_1$ 、 $\bar{Q}_3$ 两个反馈控制。 $\bar{Q}_1$ 反馈信号中每两个反馈就有一个受到 $\bar{Q}_3$ 反馈信号波形的影响，所以在门 G_3 输出端仅能形成几百毫微秒宽的脉冲。由于电容 C 的作用， $\bar{Q}_1$ 的反馈信号即一窄脉冲被滤除掉。最后， Q_2 端输出 f_o 信号。 f_o 每变化一个周期，对应于输入信号 f_i 的两个半周期，而 f_o 的频率为 f_i 的 $\frac{5}{2}$ 分频。

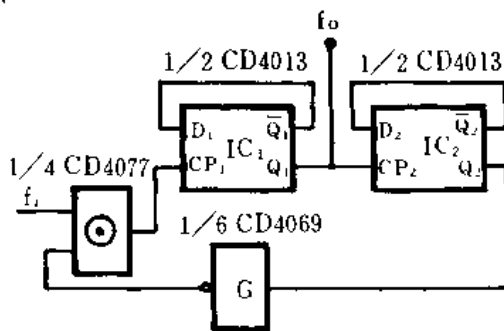


图 2-68 (A-3) $\frac{5}{2}$ 分频器

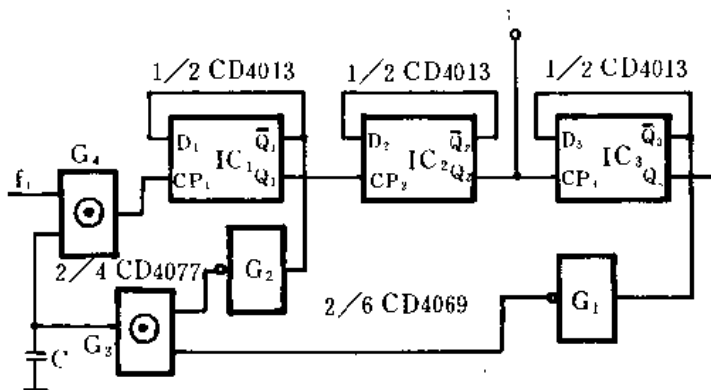


图 2-68 (B 1) $\frac{5}{2}$ 分频器

(B). $\frac{5}{2}$ 分频器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

由双 D 触发器 IC_1 、 IC_2 、 IC_3 ($\frac{3}{2}$ CD4013) 和 4 “异或”门 G_1 、 G_2 ($\frac{3}{4}$ CD4070) 等构成 $\frac{5}{2}$ 分频器。

电路中，3 级 D 触发器级联为 8 分频电路， Q_2 、 Q_3 两级反馈，并在 IC_3 输出 Q_3 端加 RC 延迟电路，输出信号 f_o 从 IC_2 的 Q_2 端输出。 Q_2 、 Q_3 两级反馈使 3 级 D 触发器构成 5 分频电路。由 RC 延迟的 Q_3 反

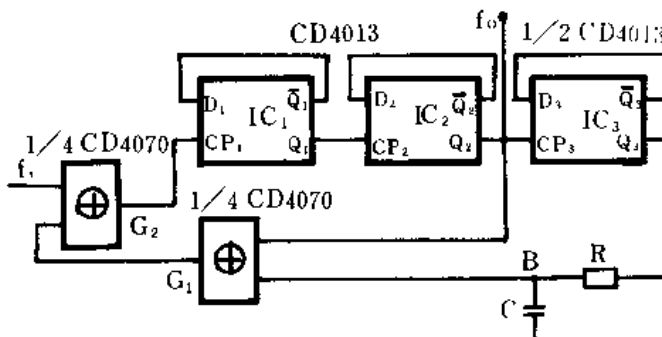


图 2-68 (B-2) $\frac{5}{2}$ 分频器

馈信号的上下沿在“异或”门 G_1 作用时刻, 展宽 Q_2 反馈的信号在 G_1 输出 A 点产生的脉冲, Q_2 反馈信号可靠触发。如果没有 RC 电路延迟, Q_2 反馈信号在 G_1 输出端点只能形成一级 D 触发器翻转延迟宽度的尖脉冲, 经“异或”门 G_2 触发 IC_1 的 CP_1 端, 容易产生触发不可靠, 甚至造成逻辑错乱。

RC 取值: $RC = (1/10) f_i$ 。

(B). $\frac{5}{2}$ 分频器 (3)

一、应用电路

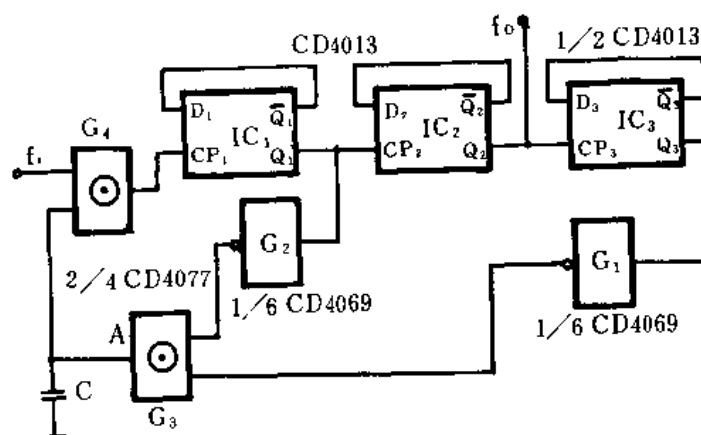


图 2-68 (B-3) $\frac{5}{2}$ 分频器

二、电路结构说明

由双 D 触发器 $IC_1 \sim IC_3$ ($\frac{1}{2}$ CD4013)、6 反相器 G_1 、 G_2 ($\frac{1}{6}$ CD4069) 和 4 “同或”门 G_3 、 G_4 ($\frac{3}{4}$ CD4077) 等构成 $\frac{5}{2}$ 分频器。

电路中, f_0 从 IC_2 的 Q_2 输出。将本例 (A) 中 (1) 两个“异或”门换成两个“同或”门, 再加上两个反相器从 Q_1 、 Q_3 端引出, 即得 $\frac{5}{2}$ 分频器。它的工作原理与本例 (A) (1) 相似。

(C). $\frac{7}{2}$ 分频器 (1)

一、应用电路

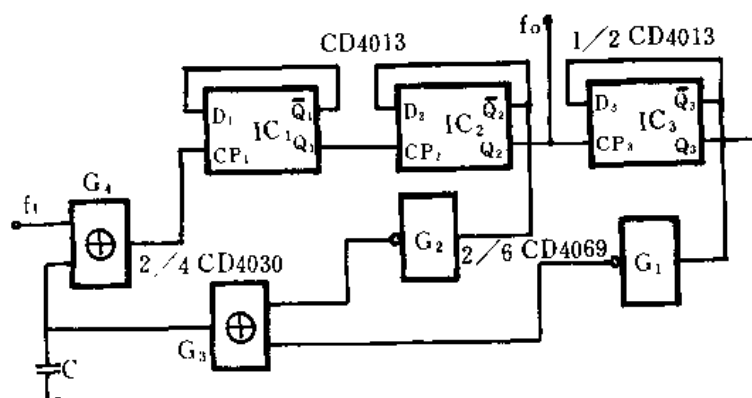


图 2-68 (C-1) $\frac{7}{2}$ 分频器

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 $IC_1 \sim IC_3$ ($\frac{3}{2}CD4013$)、6 反相器 G_1 、 G_2 ($\frac{3}{6}CD4069$) 和 4 “异或”门 G_3 、 G_4 ($\frac{1}{4}CD4070$) 等构成的 $\frac{7}{2}$ 分频器。

电路中，由 IC_2 、 IC_3 的输出端 $\bar{Q}_2$ 、 $\bar{Q}_3$ 形成两级反馈，由于 $\bar{Q}_2$ 反馈信号受 $\bar{Q}_3$ 反馈的影响，在门 G_3 的输出端点仅能形成几百毫微秒宽的窄脉冲，此窄脉冲被电容 C 滤除掉。因此 $\bar{Q}_2$ 反馈不起作用，电路实际上只有一个 $\bar{Q}_3$ 反馈，使得 f_o 输出信号每变化一个周期，对应于 f_i 输入信号的 3 个半周期，即 f_o 的频率为 f_i 的 $\frac{2}{3}$ 。

(C). $\frac{7}{2}$ 分频器 (2)

一、应用电路

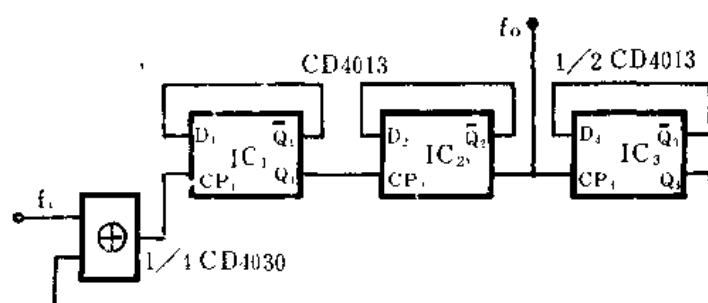


图 2-68 (C-2) $\frac{7}{2}$ 分频器

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 $IC_1 \sim IC_3$ ($\frac{3}{2}CD4013$) 和 4 “异或”门 G ($\frac{1}{4}CD4030$) 等构成的 $\frac{7}{2}$ 分频器。

电路中，3 级 D 触发器级联为 8 分频电路与 IC_3 的输出端 Q_3 反馈控制电路组成 $\frac{7}{2}$ 分频器。 f_o 从 Q_2 端输出，并只有 Q_3 一级反馈。其工作原理与本例 (A) (1) 相似，不再赘述。

(D). $\frac{9}{2}$ 分频器

一、应用电路

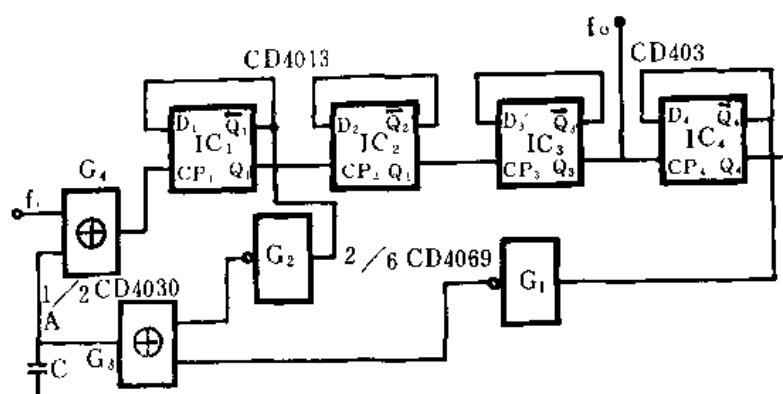


图 2-68 (D) $\frac{9}{2}$ 分频器

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 $IC_1 \sim IC_4$ (CD4013 $\times 2$)、6 反相器 G_1 、 G_2 ($\frac{3}{6}$ CD4069) 和 4 “异或”门 G_3 、 G_4 ($\frac{3}{4}$ CD4030) 等构成的 $\frac{9}{2}$ 分频器。

电路中 $IC_1 \sim IC_4$ 4 个 D 触发器级联为 16 分频电路。信号 f_0 从 Q_3 端输出。电路中 $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_4}$ 两级反馈。从 $\overline{Q_1}$ 反馈信号受 $\overline{Q_4}$ 反馈的影响，在 A 点形成几百毫微秒宽的窄脉冲。此窄脉冲被电容 C 滤除掉。因此， $\overline{Q_1}$ 反馈不起作用，电路实际只有 $\overline{Q_4}$ 一个反馈，使得 f_0 输出信号每变化一个周期，对应于 f_1 输入信号的 4 个半周期，即 f_0 的频率为 f_1 的 $\frac{3}{2}$ 。

($2N+1$)/2 分频电路 (N 为自然数——使用 D 触发器级联数) 是在将 D 触发器接成二分频器的基础上，加上反馈控制电路组成的。在第 n 个周期，末级二分频器的输出为高电平时，输入时钟脉冲的上升沿使分频电路工作；在第 n+1 个周期，末级二分频器的输出为低电平的时候，输入时钟脉冲的下降沿使分频电路工作。

电路采用的是异步触发形式，各触发器的初始状态不影响到分频的性质。

输入信号 f_1 的最高工作频率 f_{1max} 在几百 kHz。

例 69 分频器电路 (CC7556)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 CMOS 定时器 CC7556 (或 ICM7555) 等构成的分频器电路。

电路中，输入脉冲由触发端 $\overline{TR}$ 引入。当触发后，输入再触发不起作用。输出状态只在电容上电压 $V_c = \frac{2}{3} V_{DD}$ 时才改变，因而达到分频功能。由于 R、C 时间常数可取得很大，故可以得到很大的分频比率。

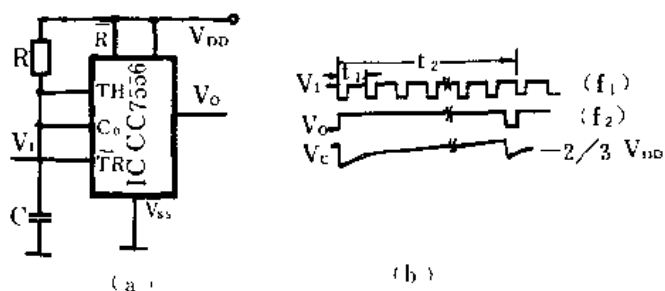


图 2-69 CC7556 作分频电路

例 70 调频信号解调器 (PLL)

一、应用电路

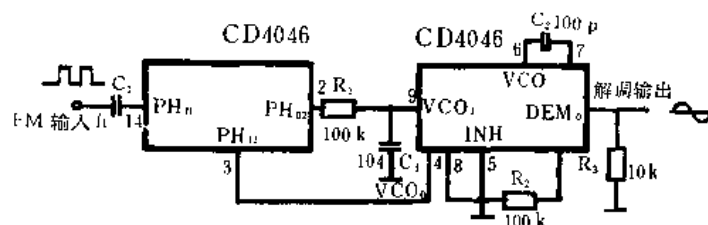


图 2-70 PLL 用于调频信号解调电路

二、电路结构说明

本电路为由锁相环集成电路 CD4046 $\times 2$ 等构成的调频信号解调器。

PLL 用于调频信号 (FM) 解调时，调频信号从相位比较器输入。PLL 入锁后，VCO 的

振荡频率将跟踪调频信号的频率变化，经低通滤波器滤去载频信号后，从源极跟随器输出调制信号，即 DEM₀ 端输出。

电路中，输入载频信号频率 f_i 为 10kHz，音频调制信号为 400Hz。使用相位比较器 1，可使 PLL 中心频率 f_0 等于 FM 的载频。

当 $V_{DC}=5V$ 、 $R_1=100k\Omega$ 时，查 $C_1 \sim f$ 曲线得 $C_1=100pF$ ，PLL 捕捉范围：

$$f_{CR} = \pm \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{2\pi f_i}{RC}} = \pm \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{2\pi \times 10kHz}{100k\Omega \times 100p}} \approx \pm 0.4kHz$$

式中，R 的单位 $k\Omega$ ，C 单位 μF ， f_{CR} 用 Hz 作基本单位。

例 71 PLL 倍频器

一、应用电路

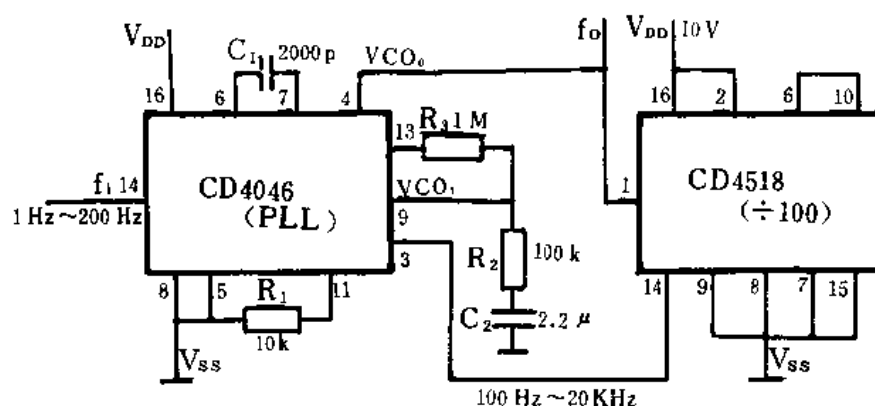


图 2-71 PLL 倍频 (N=100) 电路

二、电路结构说明

由锁相环电路 CD4046 和双 BCD 同步加计数器 CD4518 等构成的倍频器。

电路中，倍频电路由锁相环和 N 进计数器组成，计数器插入在 VCO 输出和比较器之间。这样，当锁相环锁定时，计数器输出信号频率和锁相环输入信号频率 f_i 相等，从而在计数器的时钟输入端（即 VCO 输出）得到倍频输出信号 f_o 。

例 72 振荡与时钟频率同步器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为能使 RC 振荡器与时钟频率同步的电路，主要由时基电路 CH7555、2 输入端 4 “或非”门 CD4001 等组成。其中，时基电路 CH7555 与 R_A 、 R_B 、C 组成无稳态多谐振荡器。振荡器周期 $T \approx 0.7 (R_A + 2R_B) C$ ，频率 $f = \frac{1}{T}$ 。 $\frac{1}{4}$ CD4001 组成 RS 触发器。

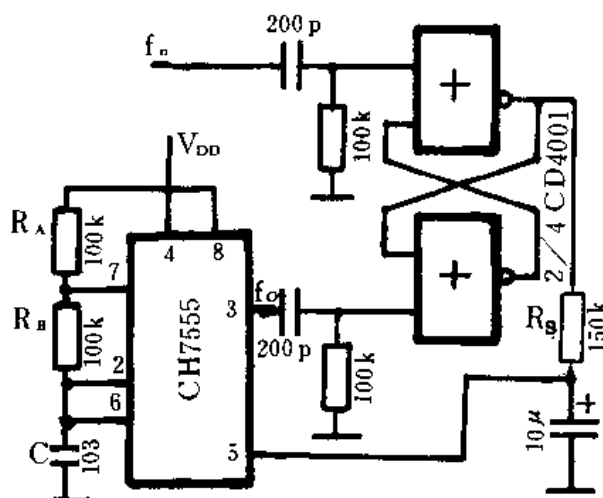


图 2-72 振荡与时钟频率同步器

振荡器输出 f_0 与电网 50Hz 信号 f_n 分别加在 R-S' 触发器的 2 个输入端, 在已经锁定的情况下, RS' 触发器的输出的信号占空比就保持不变; 经低通滤波器到达多谐振荡器控制端⑤脚的电压也是稳定不变。也就是说, 振荡器频率与倍频跟踪基频不会出现自己漂移。

假如某一原因使 f_0 向高漂移 (或电网频率 f_n 下降) 时, 触发器输出的信号的占空比将随着增大, 使之控制的电压也跟着升高, 于是又将 f_0 拉低。反之, 也一样。这样, 便实现 RC 振荡器与时钟频率同步的效果。

应当看到: 本电路适合于与电网同步且倍频率要求不高的场合使用。

例 73 采样保持电路

一、应用电路

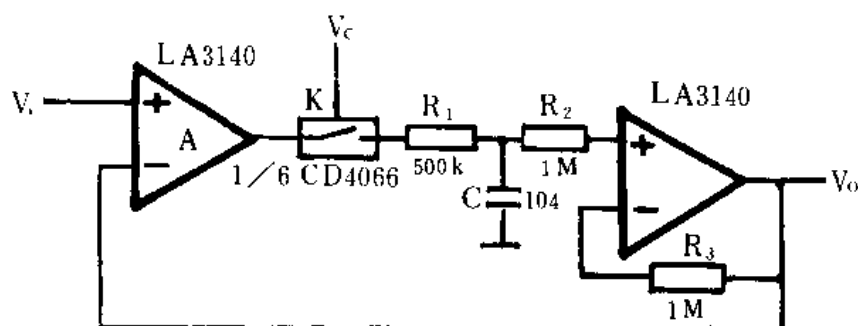


图 2-73 采样保持电路

二、电路结构说明

由 4 双向模拟门开关 $1/6$ CD4066、阻容元件、两个高输入阻抗的 CMOS 运算放大器 LA3140 (A_1 、 A_2) 等构成采样保持电路。

电路中 V_i 为模拟信号。它从运放 A_0 的同相端输入。当 $1/6$ CD4066 的门 K 的“控制端 V_c ”为高电平时, 门 K 导通, 电容 C 被充电至 V_i 值, 即对输入信号 V_i 进行采样。当门 K 的“控制端 V_c ”为低电平时, 门 K 关断, 而关断时电阻达 $100M\Omega$ 以上。此时运放 A_2 的输入阻抗也极高, 因此电容 C 上的电压可保持采样信号 V_i 。

例 74 16 选 1 译码器/多路传输器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是由 2 个 8 位可寻址锁存器 CD4099 和 $1/6$ CD4069 构成的 16 选 1 译码器/多路传输器。

图 2-74 可以看出: 在 2 块集成电路 IC_1 、 IC_2 的 $\overline{WD}$ 端之间, 加入一级倒相器 ($1/6$ CD4069), 这样把 $\overline{WD}$ 端也作为地址码 A_3 。当 $A_3 = "0"$ 时, IC_1 能输入数据信号, 而 IC_2 由

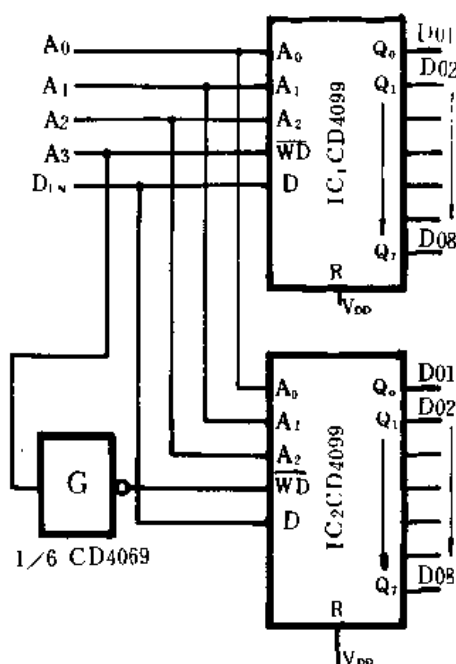


图 2-74 16 选 1 译码器

于 $\overline{WD} = "1"$ ，而无法输入数据信号。然而，当 $A_3 = "1"$ 时，则 IC_2 能输入数据信号， IC_1 却禁止写入。于是，可以巧妙地把 2^3 地址译码变换成了 2^4 地址译码，从而构成16路数据输入/输出。

例 75 16 选 1 组合电路

一、应用电路

二、电路结构说明

采用 2 块 CD4051B 和一个反相器 1/6 CD4069 可组成 16 选 1 通道模拟开关电路。

16 选 1 电路要求有 4 位二进制地址输入端，即 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 的 8421 码。若将 IC_1 的 INH 端作为最高地址 2^3 端，于是有：在前 8 个地址(0、0、0、0、……，1、1、1、1)时， IC_1 的 INH 端处于“0”电平，并有 8 个通道工作。低位地址 2^0 、 2^1 、 2^2 可以选择这 8 个通道。在后 8 个地址(1、0、0、0、……，1、1、1、1)时，最高位 2^3 端为“1”电平， IC_1 的 INH = “1”而被禁止输入，于是在反相器作用下， IC_2 的 INH = “0”，其 8 个通道导通。低位地址 2^0 、 2^1 、 2^2 可以选择 IC_2 的 8 个通道。从总体来看，即 IC_1 、 IC_2 可以进行 16 选 1 的输出。不难看出：反相器所起的作用是只允许 IC_1 和 IC_2 二者之一在工作。

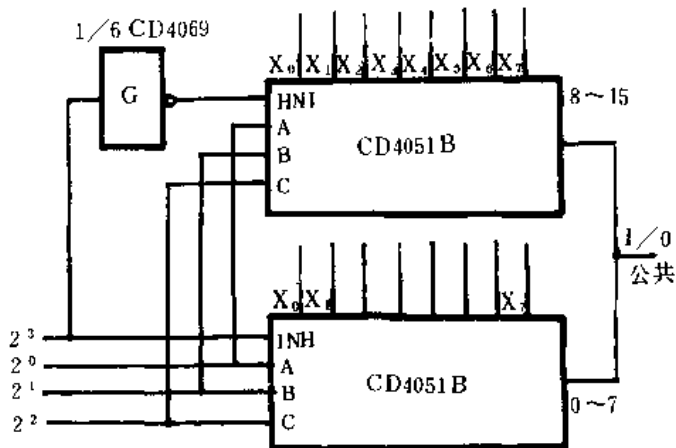


图 2-75 16 选 1 组合电路

第三章 振荡器

例 1 奇数反相器组成振荡器

一、应用电路

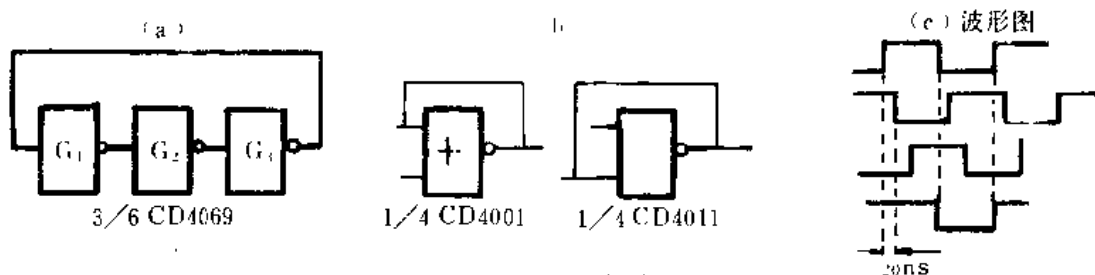


图 3-1 环形振荡器

二、电路结构说明

1 个、3 个、5 个或更多的奇数个反相器串组而成的振荡器，称为环形振荡器。由于每一级反相器都有一定的延迟时间，所以几级反相器组成的环形振荡器也有一定的振荡周期。振荡周期计算公式为： $T = 2nt_p$

式中， t_p 为一级反相器的传输延迟时间，

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

所以，振荡频率 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2nt_p}$ 。

假设 $V_{DD} = 10V$ 时， $t_p = 20ns$ ， $n = 3$ ，则 $f = \frac{1}{2nt_p} = \frac{1}{2 \times 3 \times 20 \times 10^{-9}} = 8.1MHz$ 。由此可见，这种振荡器的振荡频率主要取决于组成的每一级反相器的传输延迟时间。图 3-1 中 (c) 是 3 级环形振荡器输出波形图。从波形图中也可以看出其延迟时间。应用实践指出：若环形振荡器的电源电压、工作温度、负载等发生变化时，其振荡频率也会随着波动。所以该振荡器仅用于测量传输延迟时间，而其它方面应用则很少。

例 2 三级和二级反相器 RC 振荡器

一、应用电路

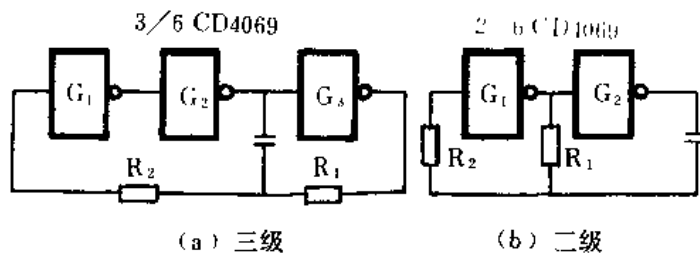


图 3-2 RC 反相振荡器

二、电路结构说明

1. 3级反相器 RC 振荡器。它利用 3 级反相器外接阻容元件构成的。也可以用 3 级“与非”门或者“或非”门构成。这种振荡器的转移电压 V_i 随电源按比例变化, 一般约等于电源电压的 50%, 即 $V_i = \frac{1}{2} V_{DD}$ 。

$$\text{其振荡频率 } f \doteq \frac{1}{2C (0.405R_D + 0.693R_1)}$$

式中,

$$R_D = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{当 } R_2 \gg R_1, \text{ 则 } f \doteq \frac{0.455}{R_1 C}$$

$$\text{当 } R_2 \ll R_1, \text{ 则 } f \doteq \frac{0.722}{R_1 C}$$

$$\text{当 } R_2 = R_1, \text{ 则 } f \doteq \frac{0.599}{R_1 C}$$

从上述可以看出, 振荡频率受电源变化的影响很少, 而受 R_2 的影响却较大。所以, 它比较稳定。这是它的一个特点。

这种振荡器振荡频率越低时, 工作也越稳定。这是因为在低频时, CMOS 反相器或门的传输延迟时间与外接电阻、电容的时间常数相比较可以忽略不计。在时间常数一定情况下, R 值取大些时, C 值相应应取小些, 这样对振荡器的稳定性更有好处。同时, 较大的电阻还可以消除各种 CMOS 输出阻抗差异而给振荡频率带来的影响。另外, R_2 的阻值对振荡器输出波形的占空比也有影响。所以, 为了提高 RC 振荡器的稳定性, 应尽量选取 $R_2 \gg R_1$ 。

3 级振荡器不管阻容元件取值多少都能起振。这是它的又一个特点。

2. 2 级反相器 RC 振荡器。2 级振荡器较之 3 级振荡器虽然省去一个“门”, 但带来一个缺点, 即电阻或电容值小到一定程度后, 振荡电路就不起振, 且最高振荡频率小于 2MHz。

例 3 反相器组成晶体振荡器

一、应用电路

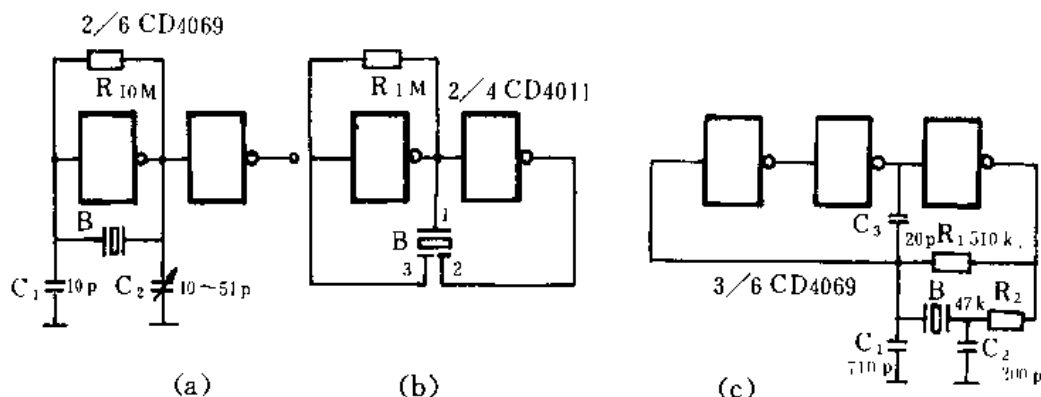


图 3-3 晶体振荡器

二、电路结构说明

这是由反相器 CD4069 或者用“与非”门 CD4011, 压电晶体和阻容元件组成的 3 种形式的晶体振荡器。这 3 种形式的晶体振荡器具有功耗低、频率稳定、输出幅度大、电源范围宽

等特点。晶体振荡器工作时，其最高振荡频率受 CMOS 电路的最高工作频率所限制。如， $V_{DD}=5V$ 时，最高振荡频率 $f < 2MHz$ ；当 V_{DD} 提高时，最高振荡频率 f 也有所提高。

例 4 他激式交叉多谐振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

他激式交叉多谐振荡器主要由 6 反相器 CD4069、继电器、三极管等构成。它能输出相位差 90° 的 4 种波形，即 0° 、 -90° 、 -180° 、 -270° 波形，可运用于 4 循环流水灯控制。

电路工作时，若 CD4069 的门 G_2 输出高电平，经门 G_4 、 G_5 反相后输出也是高电平；与此同时，经门 G_4 反相后输出为低电平，即输入门 G_1 为低电平。这样经门 G_1 、 G_2 反相又使门 G_2 输出变到低电平。同理，若 CD4069 的门 G_2 输出为低电平，经门 G_4 、 G_5 反相后输出也是低电平；同时经门 G_4 反相后输出为高电平，即输入门 G_1 为高电平。这样输入经门 G_1 、 G_2 反相却使门 G_2 输出变为高电平。

以上两种交叉振荡状况，其输出分别经门 G_3 、 G_6 缓冲反相，能使晶体管 V_1 、 V_2 轮流导通，进而使继电器 J_1 、 J_2 交叉分相输出，即 J_{1-1} 吸合后， J_{2-1} 再吸合，然后 J_{1-1} 断开， J_{2-1} 再断开，循环往复地进行。

这种被称为他激式交叉振荡器用于 4 循环流水彩灯控制时，只要用两个单组触点继电器便可。

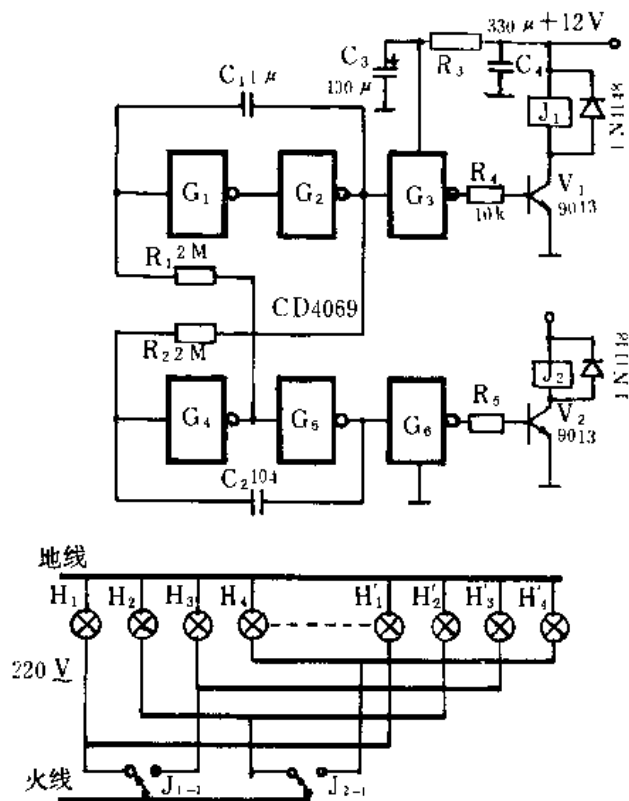


图 3-4 他激式交叉多谐振荡器

例 5 键控振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由双单稳态电路 IC_1 、 IC_2 (CD4098) 和 2 输入端 4 “与非门” $1/4$ CD4011 等构成的键控振荡器。

当键控输入端 K 为低电平时，根据 CD4098 的真值表第三行复位端 $R_1 = "0"$ ，则 $Q_1 = "0"$ ，而 $\bar{Q}_1 = "1"$ ，同时 $1/4$ CD4011 输出高电平“1”。

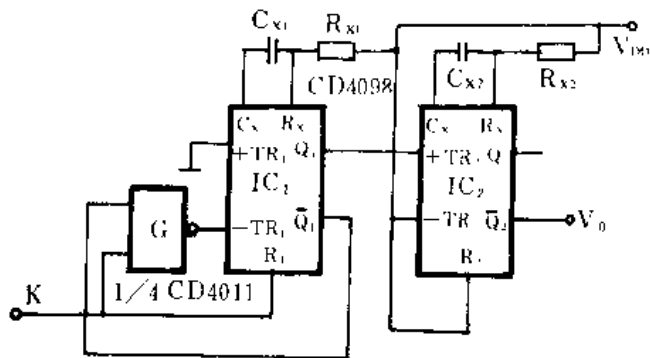


图 3-5 键控振荡器

当键控端为高电平输入时, $R_1 = "1"$, 同时经 $\frac{1}{4}$ CD4011 反相, $-TR_1$ 得到负跳变脉冲的下降沿触发 IC_1 。据 CD4098 的真值表第 2 行即 $+TR_1 = "0"$, $R_1 = "1"$, $-TR_1$ 得到下降沿触发, 输出 $Q_1 = "1"$ 。这时 Q_1 的上跳沿触发单稳电路 IC_2 的 $+TR_2$, 电路状态为 $R_2 = "1"$, $-TR_2 = "1"$ 。据真值表第 1 行, $\overline{Q}_2$ 输出正脉冲, 其脉冲振荡的频率由 IC_1 的 C_{X1} 和 R_{X1} 确定, 占空比由 IC_2 的 C_{X2} 和 R_{X2} 确定。脉冲振荡周期 $T = T_1 + T_2$ 。

$$\text{式中, } T_1 = \frac{R_{X1} \cdot C_{X1}}{2}, T_2 = \frac{R_{X2} \cdot C_{X2}}{2} \quad \begin{cases} 10k \leq R_x \leq 10M\Omega \\ |0| \leq C_x < 104 \end{cases}$$

CD4098 真值表

行	输 入			输 出	
	+TR	-TR	R	Q	$\overline{Q}$
1	$\uparrow$	1	1	JL	1
2	0	$\downarrow$	1	JL	1
3	$\emptyset$	$\emptyset$	0	0	1
4	1	$\emptyset$	1	0	1
5	$\emptyset$	0	1	0	1

$\emptyset$ 为任意值, $\uparrow$ 表示上升沿触发, $\downarrow$ 表示下降沿触发

当高低电平的键控脉冲不断从 K 输入时, 则电路按以上变化规律产生振荡。

例 6 晶体射频振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

晶体射频振荡器, 是由 6 反相器 $\frac{3}{6}$ CD4069、晶振片 XT、阻容元件等构成。其中 CD4069 的门 I、II 和晶振片 XT 组成晶体振荡器, 门 III 作为缓冲输出级。晶振片 XT 和可变电容 C_3 组成串联谐振反馈支路。

CD4069 门 I、II 上并联的 R_1 (15k) 电阻、 R_2 (47k) 电阻分别作为它们的偏置电阻。电容 C_1 是两门间隔直耦合电容, 以保证电路的工作点稳定; R_3 和 C_2 用来防止产生寄生振荡。电路工作电压为 3~15V, 输出射频脉冲信号。

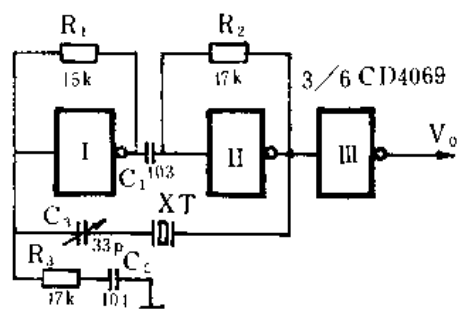


图 3-6 晶体射频振荡器

例 7 门控振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

图 3-7 (a) 是用 CD4011 的 2 个“与非”门构成的振荡器。当门控端 V_c 为高电平时, 电路振荡; V_c 为低电平时, 电路停振。

图 3-7 (b) 是用 CD4011 的 2 个“或非”门构成的振荡器。当门控端 V_c 为低电平时, 电

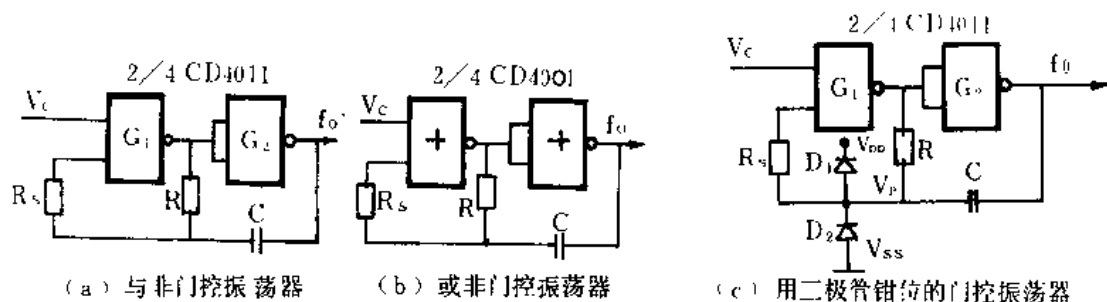


图 3-7 门控振荡器

路振荡； V_c 为高电平时，则电路停振。

门控振荡器电路中加入 R_s ，是为了补偿门电路转移电压对振荡频率的影响，但却造成了第一个周期比随后的其它周期长。为了保证前后周期的一致性，可在电路中加入二极管钳位，即如图 3-7 (c) 所示。加入二极管 D_1 、 D_2 后，电容 C 的 V_p 端电压只能在 $(V_{DD} + 0.7V) \sim (V_{DD} - 0.7V)$ 之间变化，从而达到振荡周期的相对稳定。

例 8 文氏桥振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

文氏桥振荡器，由 CD4007 的 2 个反相器接成放大器 A_1 、 A_2 （其增益为 10，总相移为 0），和整流滤波电路、文氏桥等元器件构成。

当文氏桥 (C_1 、 C_2 、 R_1 、 R_2) 产生 200mV 的信号，经 A_1 ($1/4$ CD4007) 放大到 $2V_{p-p0}$ ，然后通过二极管 VD 半波整流， C_7 滤波，得到直流信号。直流信号加到场效应管 V 的栅极作自动增益控制。于是文氏桥振荡回路的振荡幅度越大，经整流滤波后直流电平越高。场效应管 V 导电性越佳，其源极 S 对信号旁

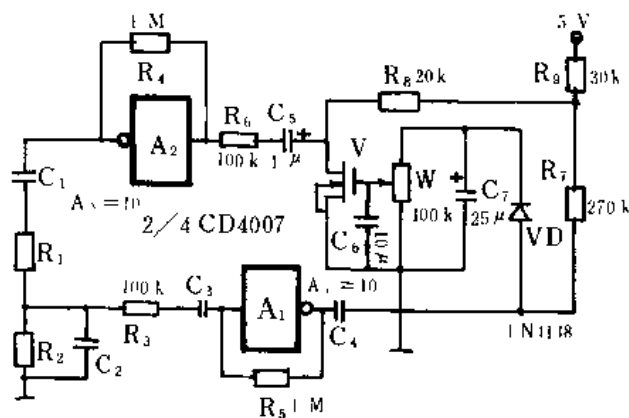


图 3-8 文氏桥振荡器

路越大。只有没有被场效应管 V 旁路的信号反馈到 A_2 ，并经 A_2 放大后去驱动文氏桥网络。

文氏振荡信号频率，由构成文氏桥元件 R 、 C 决定。若 $R_1 = R_2 = R$ ， $C_1 = C_2 = C$ ，则有：

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

为了防止反馈放大器过载， R 至少要大于 $50k\Omega$ 。

例 9 无稳态多谐振荡器 (CD4011)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是利用 CD4011 的 4 “与非” 门构成的多谐振荡器。CD4011 中 1 个门 (门 N) 用作反

相器，为电路提供反相输出；其余 3 个门（门 I、门 II、门 III）构成多谐振荡电路。门 II 接高频旁路电容 C，并形成反馈通道，提高上升速度，且产生一定的延迟时间。改变 C 和 R₂ 的值，可以改变振荡频率；R₁ 可改变输出波形的对称性。整个电路一旦接通电源，便开始起振，所输出的上升、下降沿都很陡的脉冲信号。

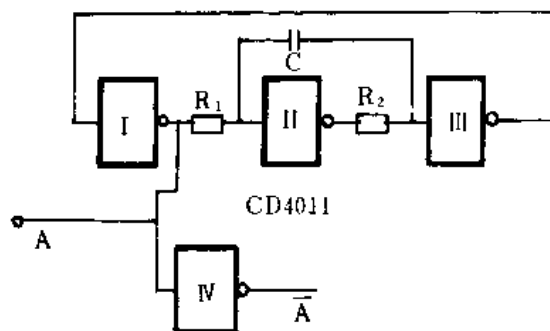


图 3-9 无稳态多谐振荡器 (CD4011)

例 10 占空比可调的振荡器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种占空比可调的振荡器，采用 2 输入端 4 “与非” 门 $\frac{1}{4}$ CD4011 (G₁、G₂)、阻容元件、二极管等制成。

电路中，振荡器时间常数元件由 R₁、R₂、C 组成。由于二极管 D₁、D₂ 的隔离作用，使 C 的充、放电明显不同，回路中电阻总值也发生变化，所以改变 R₂ 的中心触点位置，就能改变电容充、放时间，实现对输出波形的占空比可调。但是，应当指出：输出信号频率为 $f_0 = 1 / (2 \cdot 2CR_1 + 1 \cdot 1R_2)$ ，是不受占空比可调的影响，另外，当选通端加上正脉冲时，电路开始振荡。

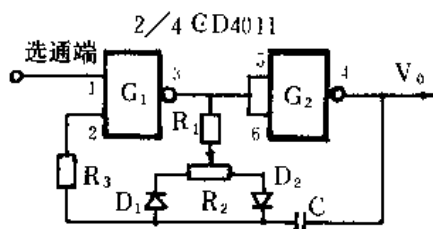


图 3-10 占空比可调的振荡器 (1)

例 11 占空比可调振荡器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种振荡器由两个反相器和阻容元件，以及二极管组成，应用于要求输出波形有一定占空比的电路中。图 3-11 中，当反相器 G₁ 输出高电平时，G₂ 输出低电平。G₁ 的高电平通过 D₁、R₂ 和部分 R₃ 对电容 C 充电。当 G₁ 输出低电平时，G₂ 输出高电平，C 通过 D₂、R₁ 和部分 R₃ 放电。由于充电与放电的途径不同，所以输出的波形占空比，可随 R₃ 的阻值改变而进行调节。根据应用电路所设定的阻值，振荡器的占空比可在 1:10~10:1 范围内调节。

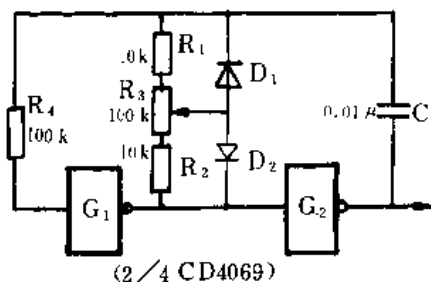


图 3-11 占空比可调振荡器 (2)

例 12 占空比可调振荡器 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是用精密单稳态触发器 CD4538 (单组) 组成占空比可调的振荡器。

CD4538 的一 TR 端和 R 端接 V_{DD}，这样组成了上升沿触发/再触发的单稳态触发器。接通

电源后, $\bar{Q} = "1"$, 并通过 R_2 向 C_2 充电。 C_2 的另一端接控制端 +TR。当 C_2 充电至触发阈值后, 进入单稳状态, Q 便输出正脉冲, $\bar{Q}$ 输出负脉冲。脉冲宽度由时间常数 $R_1 \cdot C_1$ 决定, 即改变 R_1 、 C_1 的值就能改变占空比。接着 C_2 放电, 当它的两端电压降至触发阈值以下时, 则 $\bar{Q}$ 又变为高电平。于是, 电路重复以上过程, 进行反复振荡。

应当指出: 这种占空比可调的振荡器只用 $1/2$ CD4538 组成。

例 13 占空比可调振荡器 (4)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种占空比可调振荡器, 采用 CD4528 组成。双单稳态触发器 CD4528, 将其两个触发器首尾相联, 相互触发; 即第一级 ($1/2$ CD4528) 触发器的 $\bar{Q}$ 输出端低电平 (暂态) 上升沿触发第二级 ($1/2$ CD4528) 单稳态触发器, 而第二级单稳态触发器又用 $\bar{Q}$ 端的脉冲上升沿去触发第一级。这样组成的振荡器脉冲周期等于两个单稳态时间相加。

电路中, 采用电位器 W 作为双单稳态触发器公共时间元件, 使这两个单稳态触发器的时间相补。也就是说, 调节电位器 W 显然基本上不改变振荡频率, 但分配阻值不同会改变它们单稳态时间, 进而改变了输出脉冲的占空比。通过调节 W , 可改变占空比范围约 5~95%。

必须说明, R_1 、 C_1 为开机瞬间在 C_1 上产生负脉冲; 利用这一脉冲的上升沿触发第一级的 +TR 端, 以保证振荡器可靠地启动。

例 14 占空比可调振荡器 (5)

一、应用电路

二、电路结构说明

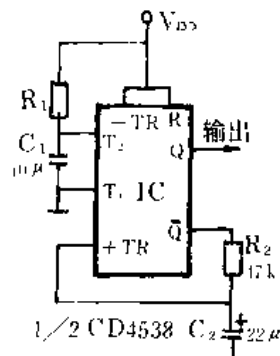
本电路为由 CMOS 时基电路 M7555 等构造的占空比可调的振荡器。

本振荡器占空比可在 0.01%~99.99% 调节。该图中, D_1 为充电二极管, 而 D_2 为放电二极管, 电位器 W 往右端时, 占空比 D 为

$$D_{\max} = \frac{t_{\pi}}{T} = \frac{1k + 10M}{(1k + 10M) + 1k} \approx 99.99\%$$

W 往左端时, 占空比为

$$D_{\min} = \frac{t_{\pi}}{T} = \frac{1k}{1k + (10M + 1k)} \approx 0.01\%$$



3-12 占空比可调振荡器 (3)

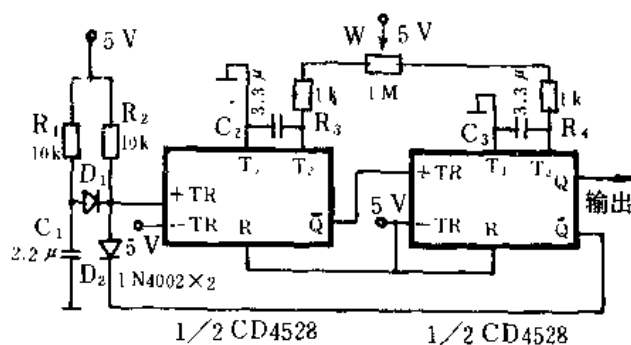


图 3-13 占空比可调振荡器 (4)

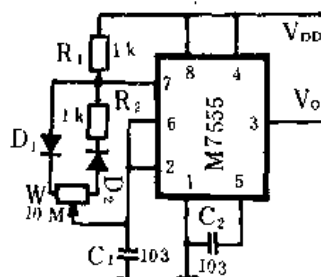


图 3-14 占空比可调振荡器 (5)

但振荡周期 $T = 0.695 (10M + 2K) \times 0.01 \times 10^{-6}$ 是常数, 不受电位器 W 中心端位置的影响。

例 15 程控频率和占空比的振荡器(6)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种振荡器, 由两块双 4 通道模拟数据选择器 CD4529, 时基电路 NE555、反相器 $\frac{1}{2}$ CD4069、阻容网络组成的。它具有频率可调控, 占空比也可调控的特点。

改变电路中开关 K_1 、 K_2 、 K_3 的通断, 可以决定 IC_1 的接通通道, 以选择振荡器两个定时电阻 R_A 与 R_B 的值。由于振荡器的占空比与 R_A/R_B 成正比, 因此 IC_1 的不同地址输入, 可引起振荡器输出脉冲占空比的改变。又因 IC_1 通道选择使振荡器充电回路定时电阻与放电回路定时电阻的变化方向相向, 数值相等 (呈互补性), 所以 IC_1 通道变化仅改变了振荡器的占空比而不会影响其振荡频率。

改变电路中 K_4 、 K_5 、 K_6 开关通断时, IC_2 选择不同的定时电容。电路中 D (IN4148) 使充、放电定时电阻分开, 即充电时间 $T_1 = 0.7R_A C$, 放电时间 $T_2 = 0.7R_B C$ 。于是, 振荡周期为 $T = T_1 + T_2$

$$= 0.7 (R_A + R_B) C = 0.7 \left(\sum_{i=1}^9 R_i \right) C$$

由此可见, 振荡器的振荡周期或频率仅由充、放电时电容 C 的值决定的。

应当说明, 电阻网络 $R_1 \sim R_9$ 与电阻 R_A 、 R_B 有如下关系:

选择 IC_1 的 X_9 通道时, $R_A = R_1$, $R_B = R_2 + R_3 + \dots + R_9$ 。

选择 IC_1 的 X_1 通道时, $R_A = R_1 + R_2$, $R_B = R_3 + R_4 + \dots + R_9$ 。

其余的, 以此类推。

例 16 占空比可调振荡器 (7)

一、应用电路

二、电路结构说明

占空比宽范围可调振荡器可用 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 和外围元器件等构成。其振荡周期 t 由下式确定:

$$t = 2 (3t_d + RC) \quad (t_d \text{ 为每个门延迟时间})$$

电路中, 由于有不同充电、放电通道, 可产

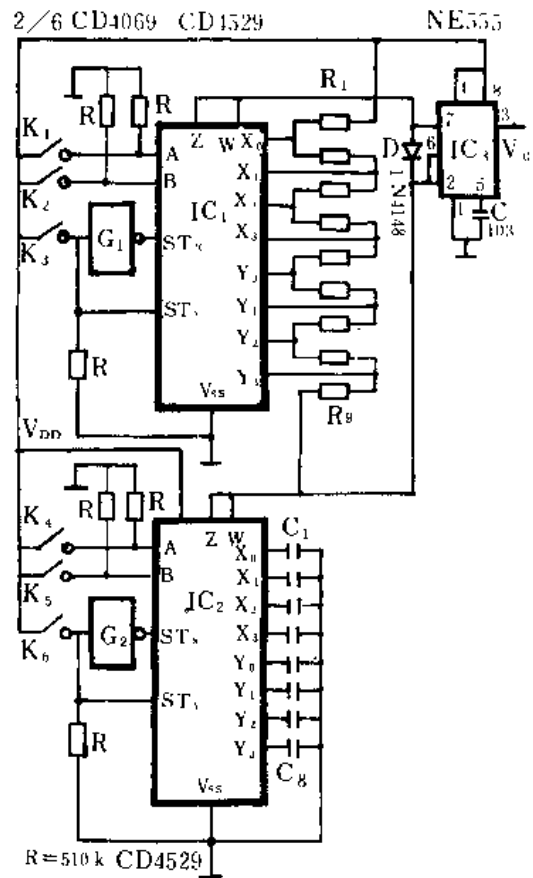


图 3-15 程控频率和占空比的振荡器 (6)

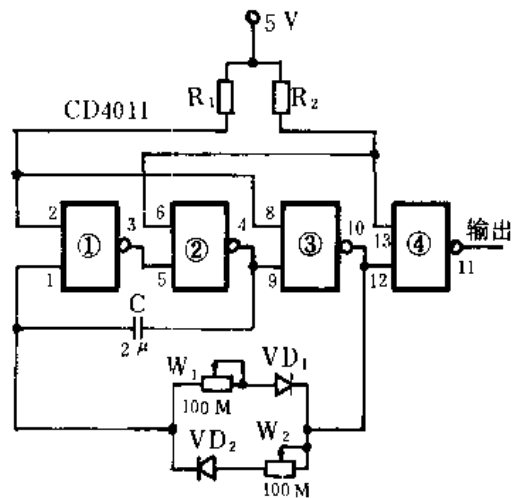


图 3-16 占空比可调振荡器 (7)

生不对称的波形输出。改变电位器 W_1 、 W_2 ，可改变电路脉冲信号的占空因数，使占空比调节范围为 1000:1。所以，本振荡器属于占空比宽范围可调的振荡器。

例 17 占空比可调振荡器 (8)

一、应用电路

二、电路结构说明

由 CMOS 定时器 CC7555 等构成的占空比可调的振荡器。

电路图中，充电回路是 $R_A \rightarrow D_1 \rightarrow C$ ，放电回路为 $D_2 \rightarrow R_B \rightarrow D$ 端。

只要调节 R_w ，就能改变 R_A 、 R_B 值，从而改变充放电时间，达到改变占空比的目的。

图 3-17 中， $t_1 \approx -R_A C \ln 2$ ， $t_2 \approx -R_B C \ln 2$ 。

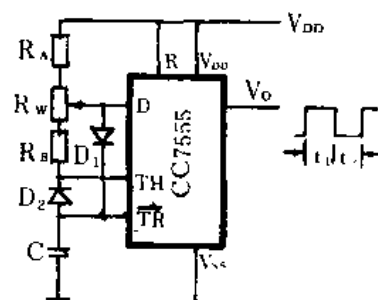


图 3-17 占空比可调振荡器 (8)

例 18 可控方波振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 CMOS 定时器 CC7556 (或 ICM7556) 等构成的可控方波发生器。

在 CC7556 的控制端加上可调节直流电压 V_{CO} ， $V_{CO} = 0.5 \sim 4.5V$ ，而 $V_{DD} = 5V$ 。调节 V_{CO} ，则可改变输出方波的时间，(设改变 V_{CO} 值得 V'_{CO}) 常数。

电路中，电源通过 R_1 、 R_2 对 C 充电， V_C 逐渐上升，但不是上升到 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 值，而上升到 V'_{CO} 值时，电容 C 开始放电，输出电平反向突变，此脉冲宽度 t_1 ，由下式决定：

$$t_1 = -(R_1 + R_2)C \ln \left(\frac{V_{DD} - 0.5V'_{CO}}{V_{DD} - V'_{CO}} \right)$$

当电容 C 放电到 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 时，输出电平又发生突变，此脉冲宽度 t_2 ：

$$t_2 = -(R_1 + R_2)C \cdot \ln \frac{V'_{CO}}{0.5V'_{CO}} \approx 0.693R_2$$

上两式知， t_2 与 V_{DD} 无关， t_1 和 t_2 均与 V'_{CO} 有关，且 t_1 随 V'_{CO} 变化更明显。

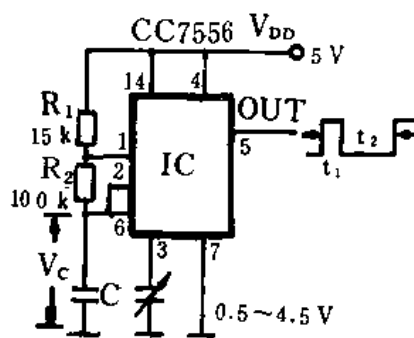


图 3-18 CC7556 构成可控方波振荡器

例 19 间歇振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 CMOS 双定时器 CC7556 (ICM7556) 构成间歇振荡器。低频振荡器输出 (V_{O1}) 控制高频振荡器输出 (V_{O2})，两种频率分别可以调节。从波形图可看出低频振荡器输出 (V_{O1}) 正脉冲宽度与高频振荡器

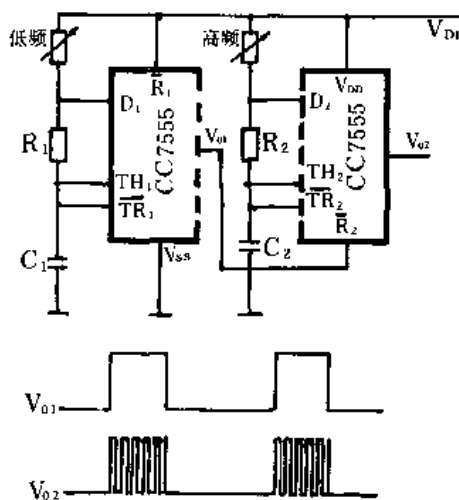


图 3-19 间歇振荡器

输出 (V_{02}) 脉宽对应, 形成间歇振荡。

例 20 压控振荡器 (1)

一、应用电路

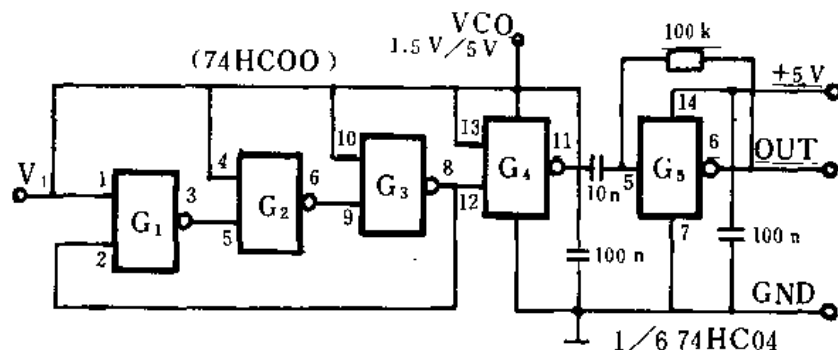


图 3-20 压控振荡器 (1)

二、电路结构说明

所谓压控振荡器即电路的输出频率 f_o 能随输入电压值大小而变化的电路 $G_1 \sim G_4$ 为 4 2 输入端“与非”门 (74HC00), 6 反相器 G_5 (74HC04 的 $\frac{1}{6}$) 等构成压控振荡器 (VCO), (74HC00 系为高速 CMOS 集成电路)。

$G_1 \sim G_3$ 奇数门组成串联环形振荡器。这几个门的一个输入端都和输入控制端相连。因此当②脚为高电平时, G_1 输出③脚为低电平, 经 G_2 反相, ⑥脚输出变为高电平, 然后从⑧脚输出低电平。由于各级门电路对信号的延迟作用, 加上⑥脚和②脚相连, 而 G_1 的输入信号经过 3 级门的反相和延迟之后, 又反馈到它的输入端作为输入信号。如此循环往复, 振荡器开始振荡。 G_4 起输出缓冲作用。振荡器用 1.5~5V 的可变电源电压, 此电压也作为振荡的输入控制信号。

反相器 G_5 由反馈电阻 R_1 (100k Ω) 偏置成线性放大器。它的电源电压为 5V, 对放大 2~5V 之间的振荡信号是足够灵敏的。当输入控制电压变化时, VCO 的输出频率也跟随其线性地变化。

例 21 压控振荡器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

高速 CMOS 双 D 触发器 FF_1 、 FF_2 (74HC74) 等构成压控振荡器 (VCO)。

电路中, 设触发器 FF_1 的初始状态为 $Q=0$ 。这时因 $\bar{Q}$ 为 1 电平, 二极管 D_1 截止, U_m 通过 R_1 对 C_1 充电。当 C_1 充电至 CP 端的阈值电平时, FF_1 状态翻转, $Q=“1”$ 。于是 C_1 通过导通的 D_1 放电, 同时 C_2 通过 R_2 和 $\bar{Q}$ 放电, 使 FF_1 复位端 R 变为 “0”。由于 74HC74 双 D 触发器 R=“0”有效, 这

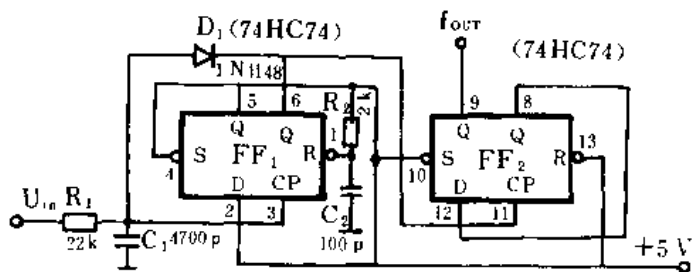


图 3-21 压控振荡器 (2)

就强制 FF_1 回到 $Q = "0"$ 的状态。 R_1 、 C_1 的时间常数是 R_2 、 C_2 的 470 倍。在 FF_1 的状态从 $Q = "0"$ 变为 $Q = "1"$ 之后, C_2 通过 R_2 以极快的速度放电, 很快使 Q 重新置 "0"。因此, FF_1 的 Q 输出是一串很窄的尖脉冲。又由于 R_2 和 C_2 的延迟作用, 可保证 Q 在从 1 电平回到 0 电平之前 C_1 来得及放电。 R_1C_1 充放电的持续进行, 就为 FF_1 提供了可靠的触发脉冲, 使振荡能稳定的维持下去。

利用 FF_1 的输出信号触发 FF_2 , 由 FF_2 的 $\bar{Q}$ 和 D 端相连, 可得占空比为 50% 输出方波。当输入控制 5~10V 时, 输出频率范围为 20~70kHz。

U_{in} 和 f_{OUT} 之间近似线性变化关系。

例 22 压控振荡器 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种压控振荡器是利用 6 反相器 $\frac{2}{6}$ CD4069、场效应管 V 和阻容元件构成。其中, 时间常数元件 C 采用可变电容, 便于调节振荡器的中心频率; R_1 和 V 管的输出等效电阻 R_D 并联。 R_D 取值显然与外加线性控制电压 V_i 大小有关。

当 $V_i = 0V$ 时, V 管截止, 且 $R_D \geq 10^8 \Omega$; 当 $V_i = V_{DD}$ 时, V 管充分导通, 且 $R_D \approx 1K\Omega$ 。这就反映了可以用 V_i 控制 R_D 的大小, 实现对时间常数元件电阻的电压控制, 从而达到振荡频率在 V_i 控制下, 围绕中心频率变化。比如, $V_{DD} = 15V$, 则 $V_i = 0、5、10、15V$ 不同电压时, 振荡信号周期将分别为 48、41、30、24 μs 。

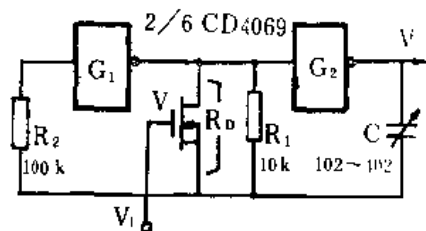


图 3-22 压控振荡器 (3)

例 23 压控振荡器 (4)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种压控振荡器采用 6 反相器 $\frac{2}{6}$ CD4069、2 输入端 4 “与非”施密特电路 $\frac{1}{4}$ CD4093 及阻容元件、二极管等构成。

电路中, 控制电压 V_i 升高, 则振荡器频率下降。也就是说, 控制电压 V_i 大小, 可以用来改变振荡器回路中电容 C 充放电速度, 进而实现对振荡器输出信号频率的控制。 R_1 、 R_2 、C 还决定了振荡器输出窄脉冲信号的占空比。门 G_1 、 G_2 亦也用 CD4093 代用。

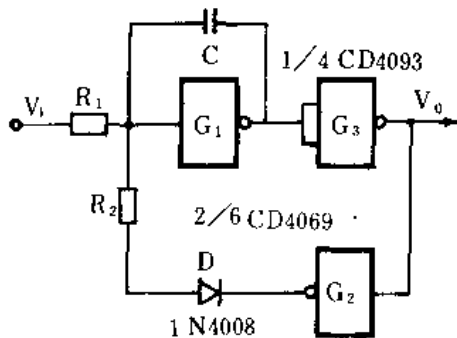


图 3-23 压控振荡器 (4)

例 24 压控振荡器 (5)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种压控振荡器, 采用单片锁相环电路 CD4046 与阻容元件构成。

当输入电压 $V_i = 0V$ 时, 输出信号频率也为 0Hz; 当 $V_i = V_{DD}$ 时, 输出信号频率表达式为

$f_o \approx 1/RC$ 。由此可见, V_i 的变化可以控制 f_o 的线性变化。电路中 R 的取值在 $5k \sim 1M\Omega$, 电容 C 取值为 $C \geq 100pF$, 而输出信号频率 f_o 的变化范围在 $0.5Hz \sim 1.5MHz$, 压控线性度为 $0.3 \sim 1\%$ 。

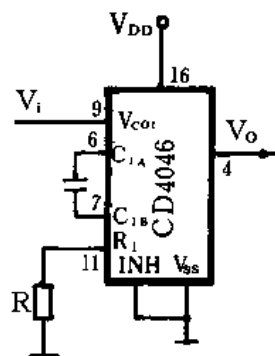


图 3-24 压控振荡器 (5)

例 25 压控振荡器 (6)

一、应用电路

二、电路结构说明

采用单片锁相环电路 CD4046、反相器 $\frac{1}{2}$ CD4069, 以及阻容元件, 可构成一种压控振荡器。

当 CD4046 的时钟禁止端 INH 为高电平时, 压控振荡器停止振荡, 输出为低电平。当 INH 端为低电平时, 压控振荡器工作。调节电位器 R_3 , 可改变振荡器输出频率, 还可使压控振荡器变为间歇振荡器, 且控制间歇时间。

$\frac{1}{2}$ CD4069 与 R_3 、 C_2 组成 RC 振荡器, 用来调谐压控振荡器的输入。

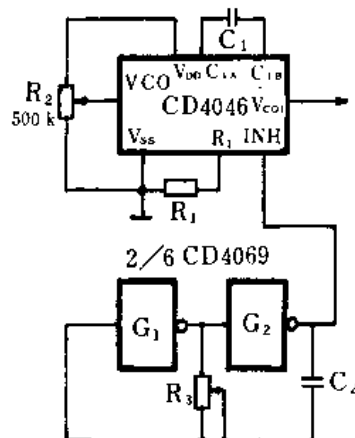


图 3-25 压控振荡器 (6)

例 26 压控振荡器 (7)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种压控振荡器, 采用双 D 触发器 CD4013 (IC_1 、 IC_2)、2 输入端 4 “异或” 门 $\frac{1}{4}$ CD4030 (IC_3)、可预置加法/减法计数器 CD4029 (IC_6)、运算放大器 $2 \times \mu A741$ (IC_4 、 IC_5) 等构成。它具有与基准频率快速同步的压控特点。

IC_1 、 IC_2 (CD4013) 构成了模/数计数器, 对基准频率 F_i 和压控振荡器的输出频率 F_o 分别进行 4 分频。 IC_3 ($\frac{1}{4}$ CD4030) 作为混频器, 将分频后的信号进行混频。这样, IC_3 的两个输出信号之间的相位关系就由 F_o 和 F_i 的频率值高低来决定, 且两个输

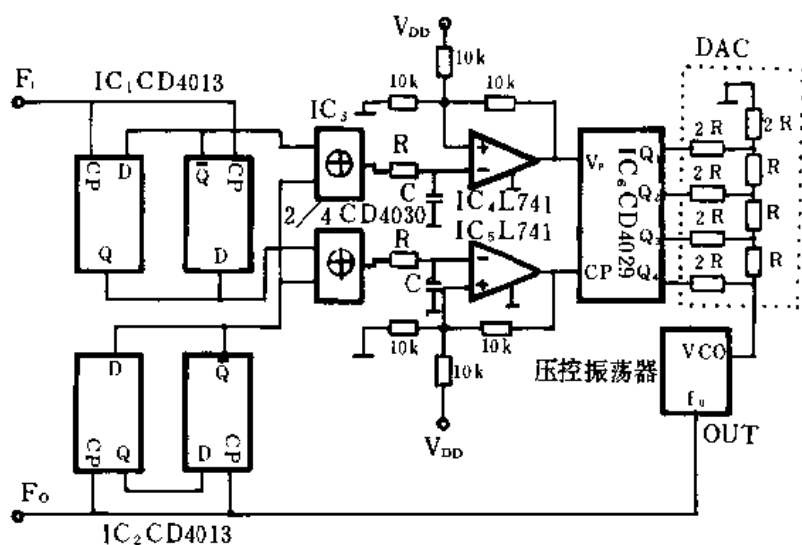


图 3-26 压控振荡器 (7)

出信号的频率，也取决于 F_o 与 F_i 之差。

电路中，两个运放 (IC_5 、 IC_4) 接成施密特触发器，为可逆计数器 IC_6 (CD4029) 提供计数时钟信号和上行/下行计数控制信号。也就是说，如果压控振荡器的输出频率低于基准频率 ($F_o < F_i$)，则 IC_6 将按照与频率差成正比的速率向上行计数，经模/数转换电阻网络 (DAC)，转换成直流电压增量，并加至振荡器的电压控制端，而使振荡器输出频率 F_o 迅速上升。反之， $F_o > F_i$ ， IC_6 向下行计数，经 DAC 使 F_o 下降。只有 $F_o = F_i$ ，压控器处于动态平衡，并有稳定输出。

例 27 压控振荡器 (8)

一、应用电路

二、电路结构说明

用施密特反相器 $1/6$ CD40106 与反相器 $1/6$ CD4069，以及外加阻容元件、晶体三极管等可以组成如图 3-27 所示的压控振荡器。

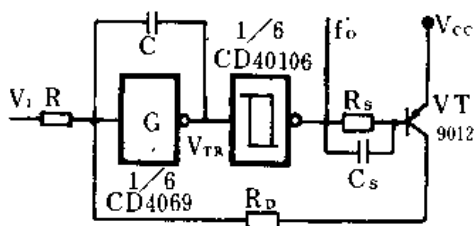


图 3-27 压控振荡器 (8)

电路中，反相器 $1/6$ CD4069 作积分器，而施密特触发器作比较器。当输入电压信号 V_i 经积分器的积分，其输出的斜坡电压达到 V_{TR+} 时，施密特触发器翻转，并输出低电平。输出信号通过加速电阻 R_s 和加速电容 C_s ，使晶体管 VT 导通。此时， V_{cc} 通过电阻 R_D 加至反相器输入端，于是积分电容 C 放电。当 C 放电至反相器翻转，输出电压也下降至 V_{TR-} 时，施密特触发器输出变为高电平。输出信号使晶体管 VT 截止。此后，积分器又开始了输入电压积分……重复上述过程，形成电路振荡。电路输出了振荡信号，其振荡信号频率 f_o 可用下式求出：

$$f_o = \frac{V_{TR+} - V_{TR-}}{(V_{TR+} - V_{TR-}) RC}$$

从上式可知，振荡信号频率 f_o 和外接阻容元件值 RC 成反比，与输入电压 V_i 值也成反比。当反相器的阈值 V_{TR+} 、 V_{TR-} 、 V_T 为定值时，那么，输出信号频率 f_o 只由输入电压来决定。

图 3-27 所示是一种负向压控振荡器，输入电压范围要求在 $V_{SS} \sim V_{TR}$ 之间。

例 28 压控振荡器 (9)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种采用 6 反相器 $3/6$ CD4069 和阻容元件组成的压控振荡器。

当控制电压 V_i 在 CD4069 门电路阈值附近时，对 C_1 充放电时间影响较小，因此电路有最低振荡频率输出。但是，随着电压 V_i 偏离阈值， C_1 充放电速度加快，振荡器输出频率 f_o 在升高，输出频率 f_o 与 V_i 关系如下表：

V_i (V)	0	6.2	10	12	15
f_o (Hz)	1290	185	700	1250	1640

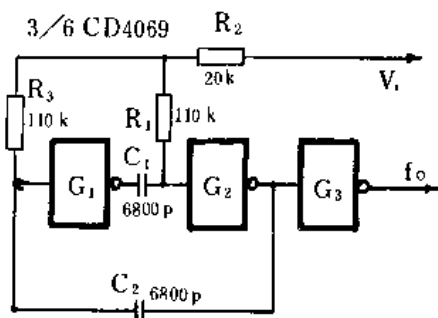


图 3-28 压控振荡器 (9)

例 29 占空比可调的多谐振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 6 施密特反相器 $\frac{3}{6}\text{CD}40106$ ($G_1 \sim G_3$)、电阻电容、二极管构成了一种占空比可调的多谐振荡器。

$\text{CD}40106$ 的门 G_1 与 R_1 、 D_1 、 R_2 、 D_2 组成振荡器，而门 G_2 、 G_3 是作为缓冲整形加入电路。二极管 D_1 、 D_2 决定电容 C 的充放电途径不同，而电阻 R_1 、 R_2 才是用来调节占空比。

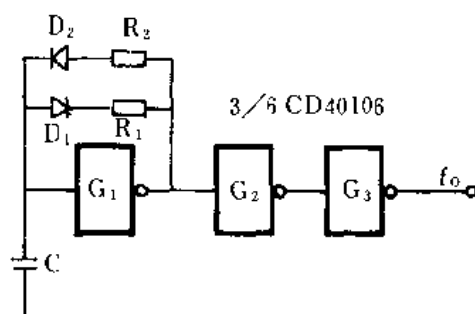


图 3-29 占空比可调多谐振荡器

例 30 光电转换整形器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 6 施密特反相器 $\frac{1}{6}\text{CD}40106$ 、光敏三极管、电位器构成了光电转换整形器电路。

由于光敏三极管在有光照和无光照时的亮阻与暗阻不同，两者在 $\text{k}\Omega \sim \text{M}\Omega$ 之间变化。另外，施密特反相器的输入阻抗很高。所以光敏三极管与反相器之间可以直换耦合。

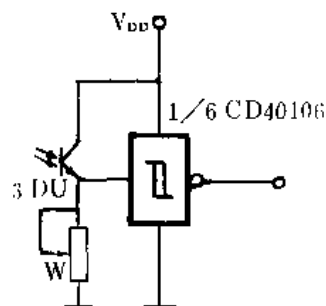


图 3-30 光电转换整形器

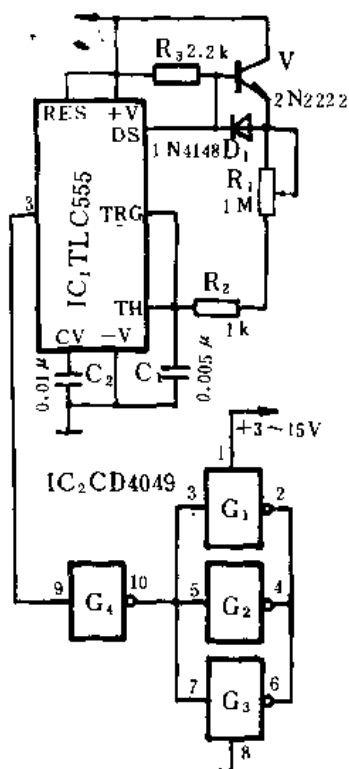


图 3-31 50%占空比的振荡器

当有光照时， $\frac{1}{6}\text{CD}40106$ 的门 G 输出低电平；而无光照时， $\frac{1}{6}\text{CD}40106$ 的门 G 输出高电平。调节电位器 W ，可以改变分压值，以适应不同光敏器件的输入信号的要求。

例 31 50%占空比的振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

50%占空比的振荡器电路采用时基电路 IC_1 ($\text{TLC}555$)、6 缓冲反相器 IC_2 ($\text{CD}4049$) 和晶体二极管、三极管、阻容元件等构成。

电路中， IC_1 ($\text{TLC}555$) 与外围元件构成振荡器。由于 IC_1 内部只含放电晶体管而无充电晶体管，因此，需在⑦脚外加 1 只二极管 D ($\text{IN}4148$)。这样，就能使振荡器输出的波形占空比为 50%，而使它与频率及输出负载无关。

IC_1 振荡器从③脚输出脉冲信号，经 IC_2 的门 G_1 ，再经门 $G_1 \sim G_3$ 并联反相缓冲电路，最后输出频率为 $100 \sim$

1000Hz 的占空比始终为 50% 的方波。

显然, 当 IC₁ 内部放电管关断时, 晶体管 V (2N2222) 作跟随器, 通过 R₁、R₂ 向 C₁ 充电; 放电管导通时, V 截止。C₁ 为充放电电容。这时 D₁ 作为温度补偿装置。

例 32 CD4518 振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为用双 BCD 加法计数器 $\frac{1}{2}$ CD4518 构成的振荡器。

通电瞬间, 设 Q_1 输出高电平, 则晶体管 V 饱和导通, 电容 C_1 上的电压通过二极管 D_1 迅速放电, 同时 Q_1 高电平, 通过 R_2 向 C_2 充电。当充至 R 端复位电平 (约 $\frac{1}{2}V_{DD}$) 时, $\frac{1}{2}CD4518$ 复位数, 这段时间 $t_1 = 0.69R_2C_2$, Q_1 端转为低电平, 三极管 V 截止, 电源通过 R_4 、 R_1 向 C_1 充电。当充至约 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 时, CP 端为高电平, 触发 Q_1 翻转为高电平, 这段时间为 t_2 。

$t_2 = 0.69 (R_1 + R_2) C_1$ 。电路中要求 $R_1 C_1 > R_2 C_2$ ，否则由于 t_1 过大，影响振荡周期。

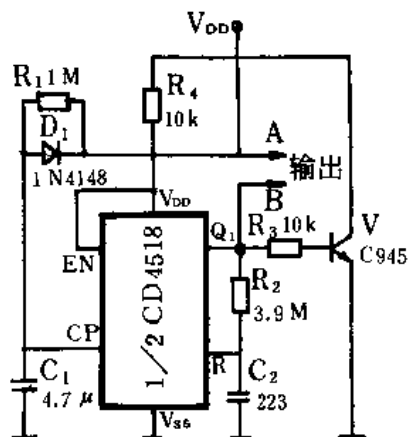


图 3-32 CD4518 振荡器

例 33 LM317 功率振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 14 级二进制串行计数器/分频器、振荡器 IC₁ (CD4060)、双向 4 模拟门 IC₂ (1/4CD4066) 和三端可调稳压器 IC₃ (LM317) 等构成的振幅 (0~35V) 可调、频率可调、失真小、噪声低、功率大的振荡器。

IC₁ 的⑩、⑪脚外接电阻、电容、10MHz 的晶振及 IC₁ 内部“非”门等组成振荡器, 供给 IC₁ 的分频器使用。

当电源接通时刻,一路给 IC₁、IC₂ 供电;另一路与 LM317、电阻 R、W₂ 构成回路。LM317 的②脚输出一稳定电

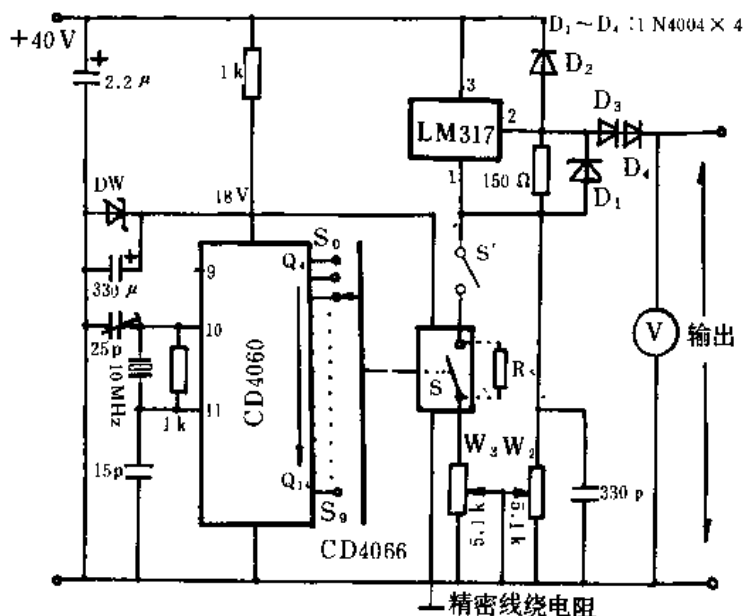


图 3-33 LM317 功率振荡器

压 V_1 , $V_1 = V_R + V_{W2}$ 。当 S' 接通, S 也导通时, W_3 、 R_5 与 W_2 是并联关系, 其并联电阻

$r = (W_3 W_2 + R_S \cdot W_2) / (W_3 + W_2 + R_S)$, 因此, LM317 的 ②脚输出另一稳定电压 V_2 , $V_2 = V_R + V_r$, V_r 为并联电阻 r 两端电压。

频率的变化由 $S_0 \sim S_9$ 选择, 振幅的高低由 W_2 、 W_3 来选择。 $D_1 \sim D_4$ 为防止输出输入短路时损坏 LM317 而设计。同时, D_3 、 D_4 还用来抵消 LM317 最低稳压值 1.25V, 使得能从零起调。

例 34 数控单稳多谐振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

数控单稳多谐振荡器, 由 2 输入端 4 “或非” 门 CD4001 ($G_1 \sim G_4$) 和 14 级二进制计数器 CD4020 等构成。CD4001 的门 G_1 、 G_2 与 R_X 、 R_S 、 C_X 组成振荡器, 其输出供 CD4020 的 $\overline{CP}$ 端, 使计数器开始计数。CD4001 的门 G_3 、 G_4 组成 R-S 触发器。

当计数器输出端由开关 K 设定为 Q_n 时, 有 $Q_n = f(t) = f(C_X R_X)$, 即 Q_n 是时间常数 C_X 、 R_X 的函数。当计数器计数到 Q_n 时输出高电平, R-S 触发器 Q 端输出低电平, $\overline{Q}$ 端输出为高电平。此时, 振荡器的 ①脚为高电平而停振, CD4020 因 R 端得到高电平而复位, 进而触发器也复位。这样便完成了一次设定的计数。

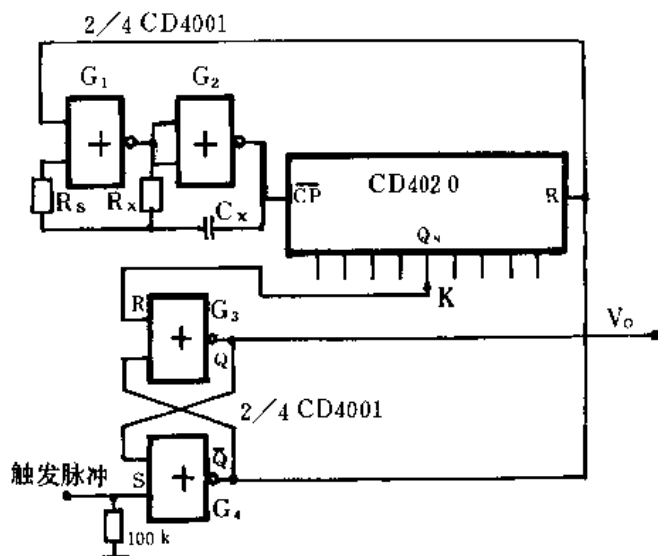


图 3-34 数控单稳多谐振荡器

例 35 CD4093 多谐振荡器

一、应用电路

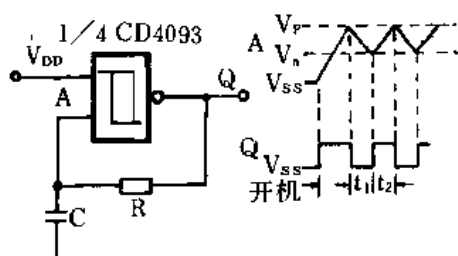


图 3-35 (a) CD4093 多谐振荡器

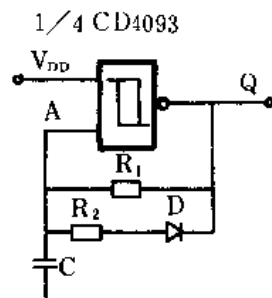


图 3-35 (b) 改正型多谐振荡器

二、电路结构说明

这种多谐振荡器是采用施密特“与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4093 和 RC 构成的。

从图 3-35 (a) 可以看出：开机之前，输入与输出都处于“地”电位，电容 C 被放电。开机工作后，输出端 Q 呈“1”电平，并通过 R 向 C 充电，直到 C 的电压为 V_p ，输出端变为“0”电平。接着，C 又反向通过 R 向 Q 端放电，直至 C 的电压降为 V_n ，Q 端再次呈“1”电平。Q 端再度呈高电平又会出现上述过程，即循环往复状态。于是，输入 A 在 V_p 和 V_n 之间交变，而输出 Q 在“1”和“0”之间交变，即振荡状态。这种振荡状态从开机以后就自动开始形成。振荡周期为 $\tau = \tau_1 + \tau_2$ 。式中：

$$\tau_1 = RC \lg \frac{V_{DD} - V_n}{V_{DD} - V_p}$$

$$\tau_2 = RC \lg \frac{V_p}{V_n}$$

一般情况下， $\tau_1 \neq \tau_2$ 。如需要 $\tau_1 = \tau_2$ ，图 3-35 (a) 要经修改为图 3-35 (b)。如此， V_{DD} 输入端改为控制端，输入高电平时，电路振荡；输入为低电平时，电路停振。

例 36 非稳态多谐振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是由 4 “D” 锁存器 $1/4$ CD4042 组成的非稳态多谐振荡器。其振荡频率为 $f = \frac{1}{2R_2C}$ 。从式中可以看出，f 取决于 R_2 和 C 的取值。如， $C = 4700\text{pF}$ ， $R_2 = 100\text{k}\Omega$ ， $V_{DD} = 10\text{V}$ 时， $f \approx 1\text{kHz}$ 。

电路中 R_1 的作用：一是防止大电容 C 放电损坏 IC 内部的二极管；二是防止 Q 端输出的方波失真。

电路中二极管 D 的作用：当输入端为高电平时，振荡器起振；低电平时，Q 端输出低电平，且振荡器停止振荡。

如果 D 极性反接，当输入端为低电平时，振荡器振荡；输入端为高电平时，Q 端输出高电平，且振荡器停振。

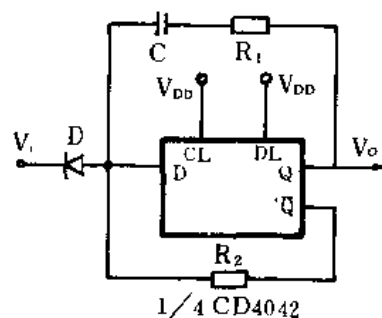


图 3-36 非稳态多谐振荡器

例 37 单稳态多谐振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

单稳态多谐振荡器由 4 “D” 锁存器 $1/4$ CD4042 与外围阻容元件及二极管所组成。这种单稳态多谐振荡器的频率为 $f = \frac{1}{R_1C}$ ，其周期则为 $T = \frac{1}{f} = R_1C$ 。它的 CL、DC 端接法任意，图 3-37 中接 V_{DD} 。

若 A 点加入的信号持续时间比其周期 T 长时，Q 端输出将产生一个滞后 t 秒 (s) 的相似波形。

若在 A 端接 0V，而从 D 输入一个持续时间较周期 T 短的正脉冲信号，那么将从 Q 端输出一个脉冲宽为输入脉冲宽加上 t 秒 (s) 的正脉冲信号，如 3-37 (a) 所示。

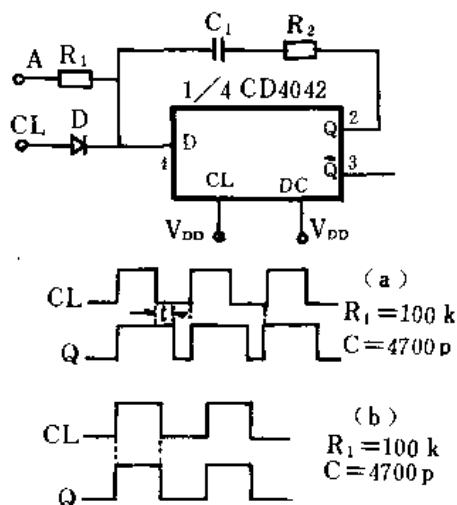


图 3-37 单稳态多谐振荡器

若在 A 端接电源 V_{DD} 时, Q 端则输出一个脉宽为输入脉冲宽加上 t 秒 (s) 的负脉冲信号, 即输出脉冲信号与输入脉冲信号极性相反。

可以这样认为, 上述两种输入, 只要使输入信号脉宽远大于 t 秒 (s) 时, 也就是 T 与 t 相比, t 可以忽略时, Q 端输出脉冲所持续的时间将近似等于输入脉冲的持续时间, 如 3-37 (b) 所示。

例 38 双稳态多谐振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是由 4 “D” 锁存器 $\frac{1}{4}$ CD4042 与外围阻容元件及二极管组成的双稳态多谐振荡器。其中 CD4042 的 CL、DC 端接法可任意, 图 3-38 中接 V_{DD} , DC 为⑥脚一极性控制端。

当一个正跳变脉冲信号加到 A 端时, Q 端输出变为高电平。

当一个负跳变脉冲信号加到 B 端时, Q 端输出变为低电平。

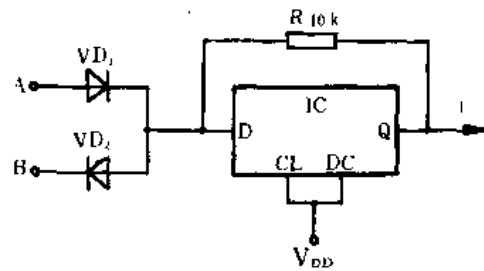


图 3-38 双稳态多谐振荡器

例 39 长周期通/断多谐振荡器

一、应用电路

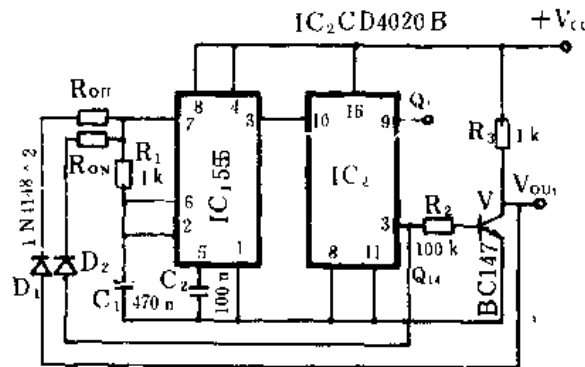


图 3-39 长周期通/断多谐振荡器

二、电路结构说明

时基电路 IC_1 (NE555) 和 14 级二进制串行计数器/分频器 IC_2 (CD4020) 等构成长周期通/断多谐振荡器。

一般 555 组成的多谐振荡通/断周期不可能做得很长, 要么要用大电容。而本电路用计数器 CD4020 将定时器输出分频计数, 灵活调节通/断周期, 使最长周期可达数小时。CD4020 输出端 Q_{14} (③脚) 在晶体管 BC147 的基极和集电极形成 Q_{14} 和 $\bar{Q}_{14}$, 分别在上升和下降沿接至 R_{off} 和 R_{on} , 输出独立的通周期和断周期。当 $R_{on}=100k\Omega$ 时, $T_{on}\approx 5min$ 。 $R_{off}\approx 1M\Omega$ 时, $T_{off}\approx 50min$, Q_1 用来输出持续期的指示。

例 40 线性振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

线性 CMOS 振荡器采用低功耗单稳/无稳多谐振荡器 IC (CD4047)、晶体三极管、二极管、阻容元件等构成。

电路中, 4 个二极管组成电桥, 保证振荡器在正、负半周期内对称地工作。而发射极电阻 (8.2k) 和可变基极电压共同设定了集电极电流。晶体管是作为可变电阻使用的, 它与电位器 R_V 中心接点相接。这样改变电位器 R_U 的值, 使 IC (CD4047) 与以上元件及电容组成的振荡器所输出的信号频率在 1 : 100 范围内可调, 且形成线性关系。

振荡器从 IC 的⑩、⑬脚分别输出频率 f 和 $2f$ 的脉冲信号。

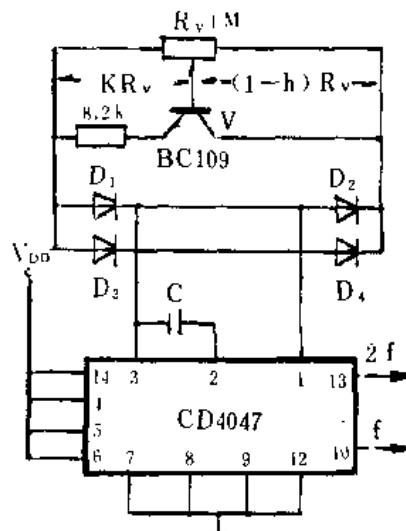


图 3-40 线性振荡器

例 41 用 D 触发器接成 RC 振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

采用双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069、阻容元件, 以及二极管等可以构成 RC 振荡器。其中, D 触发器接成置位—复位触发器形式, 两组时间常数元件 R_1 、 C_1 和 R_2 、 C_2 分别接在触发器的 Q 端与 $\bar{Q}$ 端, 并且用电容 (C_1 、 C_2) 两端变化的电压控制触发器的 R 和 S 端, 来控制状态的翻转。

当电路中, 触发器 Q 端输出高电平, $\bar{Q}$ 输出低电平。Q 端向 C_1 充电, 并使其电压达到复位端 R 所需电平时, 触发器复位, 状态翻转。接着, C_1 经 D_1 快速放电, 解除对复位端的作用。这时, $\bar{Q}$ 端高电平, 对 C_2 充电, 并且使 C_2 的端电压升高至触发器所需要的置位电平。于是, 触发器置位工作, 使状态再次翻转。以上过程轮流工作, 循环往复。但是, 仅 Q 端产生的振荡信号输出, 并经 CD4069 反相器缓冲后再输出。振荡信号的周期 $T = T_1 + T_2$ ($T_1 = 0.66R_1C_1$, $T_2 = 0.66R_2C_2$), 输出信号的脉宽为 T_2 。这电路, 通过调节 R_2 或 R_1 , 可以用来改变输出波形的占空比。

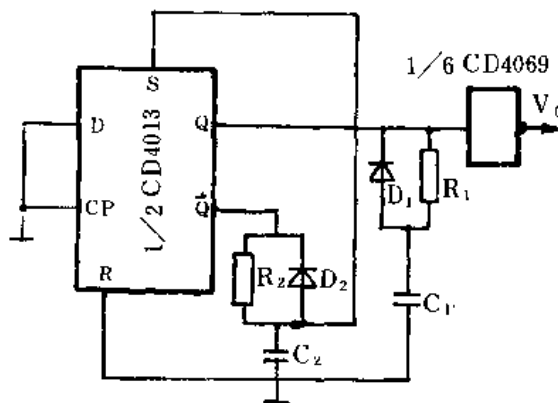


图 3-41 用 D 触发器接成 RC 振荡器

例 42 J-K 触发器构成的多谐振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

电路由双主—从 JK 触发器 CD4027 等构成的多谐振荡器。

当 CP_1 无触发脉冲加入时，两触发器被封锁， $Q_1 = "0"$ ，而 Q_2 和 K_1 为 $"1"$ ， $\bar{Q}_2$ 和 J_1 为 $"0"$ 。当复位脉冲加入后， $Q_2 = "0"$ ， $\bar{Q}_2 = "1"$ ，故 K_1 和 J_1 也随之改变状态。当触发脉冲加入 CP_1 端时， Q_1 翻转为 $"1"$ ， $\bar{Q}_1$ 变成 $"0"$ ，因此，下一个 CP 脉冲输入时， Q_1 又翻转到 $"0"$ 。这时，两个触发器均不会被触发，因为 Q_2 翻转到 $"1"$ 并保持在这个状态了。只有复位脉冲再次输入，振荡器在 CP 脉冲作用下，重复以上过程输出脉冲的宽度和 CP 脉冲的周期相同，两者前后沿同步。

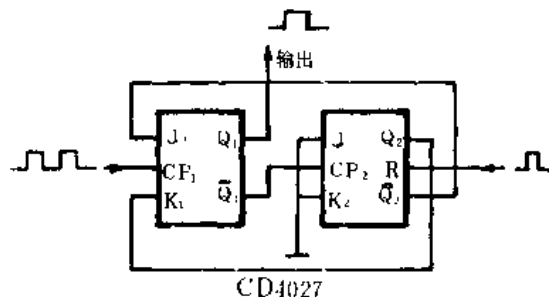


图 3-42 J-K 触发器构成多谐振荡器

例 43 双 D 型触发器构成振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

用双 D 型触发器 CD4013 构成振荡电路，具有可控起振、停振，可调输出波形的相位和占空比等特点。

当调节电位器 W_1 时，可改变电容 C_1 的充电速度；调节电位器 W_2 时，可改变电容 C_2 的充电速度，进而调节振荡电路输出脉冲的占空比。当起动/停止信号 (CP_1) 为 $"1"$ 电平时，振荡电路起振；当起动/停止信号 (CP_1) 为 $"0"$ 电平时，触发器的 S 和 R 端被二极管 D_1 、 D_2 所钳位于 $0.6V$ 以下。这个电位远小于 S 和 R 端的转换电压。因此，输出保持原状态不变，即振荡电路停振。

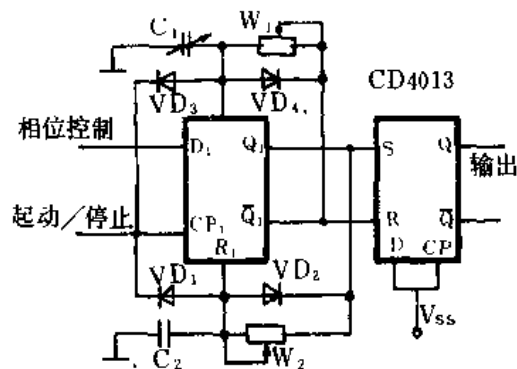


图 3-43 双 D 型触发器构成振荡电路

例 44 无稳态振荡器 (CD4098)

一、应用电路

二、电路结构说明

用一块双单稳态触发器 CD4098 或 CD4528，将其两组单稳态电路串联，并把第二组 (IC_2) 输出 $\bar{Q}_2$ 反馈至第一组 (IC_1) 的 ($+TR$) 端，这样便构成了无稳态振荡电路。

使用该振荡器时，先把开关 S 置于 V_{SS} 档位上，让电路清零。电路一旦清零， IC_2 的 ($-TR$) 端处于 $"1"$ 电平状态。然后，再将开关 S 扳到 V_{DD} ，电路开始工作， IC_2 的 ($-TR$) 端电平

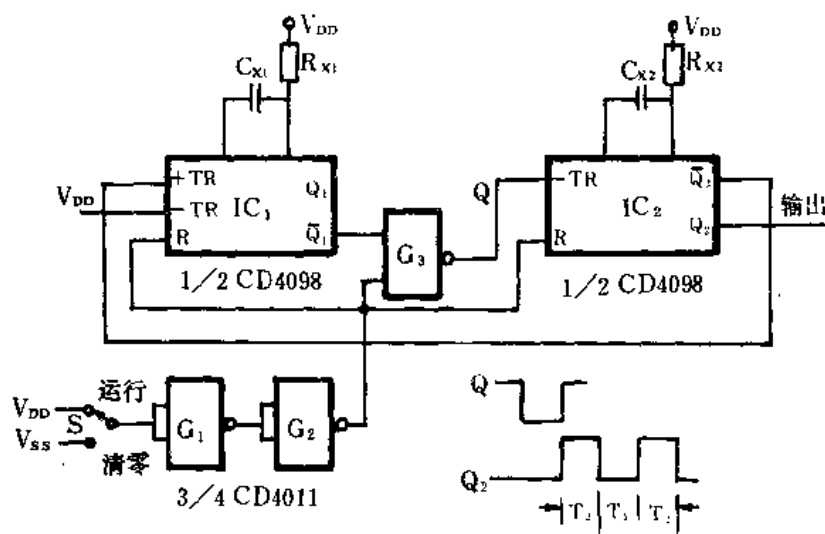


图 3-44 无稳态振荡器

由“1”变为“0”，相当于加上了个负脉冲触发信号。随着，IC₂的 $\bar{Q}_2$ 也从“1”变为“0”状态，并经延迟（T₂）后，又从“0”变为“1”状态。此时， $\bar{Q}_2$ 输出反馈至 IC₁的（+TR）端，作为触发信号，于是 $\bar{Q}_1$ 输出 T₁ 脉冲信号。这个脉冲经反相器之后输入 IC₂的（-TR）端。于是出现循环往复地振荡。若要电路停止振荡，必须把开关 S 扳向 V_{SS}。

例 45 程控式扫频振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

利用 CD4051B 具有双向传输特性，能够组成程控式的扫频振荡器。程控振荡器中的 CD4051B 的 3 位地址端是由数字信号随机控制的；而自循环扫频振荡器中的 CD4051B 的 3 位地址端是由 3 位计数器输出激励的。电路中的运放器是用来组成多谐振荡器。其振荡频率 f_o 有公式：

$$f_o = \frac{1}{2R_i C_i \ln \left(\frac{2R_2 + R_1}{R_1} \right)}$$

式中 C_i 为程控电容。

当 $\frac{2R_2 + R_1}{R_1} = e$ 时，则 $\ln \left(\frac{2R_2 + R_1}{R_1} \right) = \ln e = 1$ ，并有 $f_o = (2R_i C_i)^{-1}$ ，（ $i=1, 2, 3, \dots, 7, 8$ ）。显然，只要选择合适的 $R_i C_i$ 值，可以得到 8 种不同频率的组合。

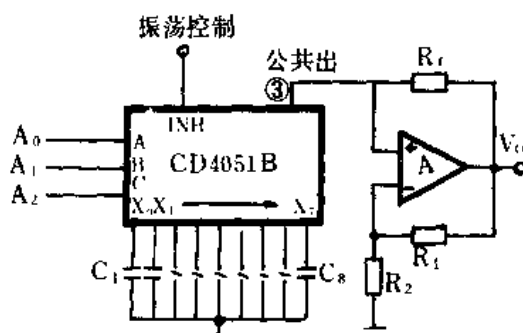


图 3-45 程控式扫频振荡器

图中，运算放大器为 $\mu A741$

例 46 数控频率振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

数控频率振荡器是由反相器 CD4069 和数控电容网络组成的。振荡器的电容，显然是用数控电容网络 C_i 来取代的， R 用 $390k\Omega$ 电阻，这样振荡器的频率就能实现数控。

图 3-46 中数控电容网络，可参看图 3-45 中程控电容 C_i 。

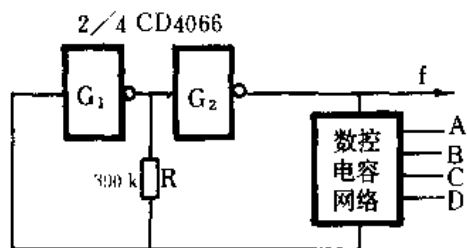


图 3-46 数控频率振荡器

例 47 多谐振荡器 (CC7555)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路是由 CMOS 定时器 CC7555 (或 ICM7555) 等构成的多谐振荡器。

接通电源前，定时电容 C_1 上的电压 $V_c=0$ ，所以电源接通瞬间，触发器被置成高电平， $Q=“1”$ 。电源接通后不久， V_{DD} 通过 R_1 、 R_2 向 C_1 充电。当 V_c 上升到 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 值时，比较器 A 翻转，触发器复零， $Q=“0”$ ， Q_D 导通，输出由高电平变为低电平。

由于 Q_D 导通， V_c 通过 R_2 放电。当 V_c 值低于 $\frac{1}{3}V_{DD}$ 时，比较器 B 翻转，触发器再次置高电平，即输出由低电平变为高电平。如此周而复始形成无稳态多谐振荡器。

振荡频率 f ：

$$f = 1/(t_1 + t_2) \approx 1.44/(R_1 + 2R_2)C_1$$

式中 $t_1 = (R_1 + R_2)C_1 \cdot \ln 2 \approx 0.693(R_1 + R_2)C_1$ (脉冲宽度)

$t_2 = R_2C_1 \ln 2 \approx 0.693R_2C_1$ (脉冲时间间隔)。

脉冲占空比为：

$$q = R_2/(R_1 + R_2)$$

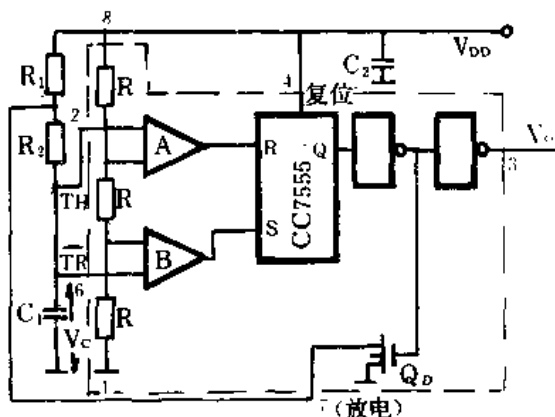


图 3-47 多谐振荡器 (CC7555)

例 48 自激多谐振荡器

一、应用电路

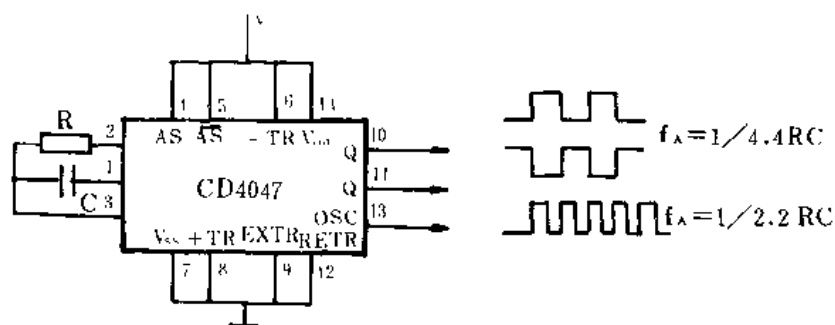


图 3-48 自激多谐振荡器

二、电路结构说明

这种自激多谐振荡器采用单稳态/无稳态多谐振荡器 CD4047 为核心器件,与阻容元件构成。应当注意,CD4047 的 $\overline{AS}=“1”$ 、 $\overline{A}=“1”$ 、 $+TR=“0”$ 、 $-TR=“1”$ 、 $EXTR=“0”$ 、 $RETR=“0”$,是构成自激多谐振荡器的条件。

电路工作时,从⑩、⑪脚输出的振荡信号周期 $t_A=4.4RC$,频率为 $f_A=1/t_A=\frac{1}{4.4}RC$;从⑬脚输出的振荡信号周期为 $t_{A'}=2.2RC$,其频率 $f_{A'}=1/t_{A'}=\frac{1}{2.2}RC$ 。其中阻容取值范围为 $C\geq 100\text{pF}$, $10\text{k}\leq R\leq 1\text{M}\Omega$ 。电路输出最高频率可达 500kHz 。

例 49 多频输出振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

多频输出振荡器,采用 14 位二进制串行计数器/分频器 CD4060 和阻容等元件构成。其中,CD4060 外接晶振片 XT 组成高精度振荡器,电阻 $1\text{M}\Omega$ 是内部非门的外接偏置电阻。

振荡器的输出频率 f_0 ,实际上是 XT 的振荡频率,改变 C 和 27p 电容,可以对 f_0 进行微调。从 Q_1 、 $Q_5\sim Q_{14}$ 输出 f_0 的分频结果,分频系数分别为 $1,16\sim 16384$ 。

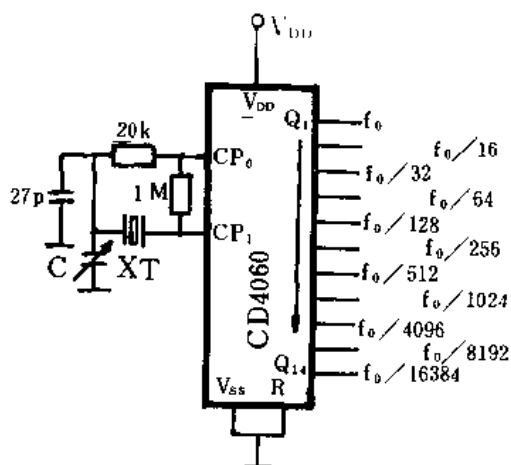


图 3-49 多频输出振荡器

例 50 可设定输出脉冲个数振荡器(1)

一、应用电路

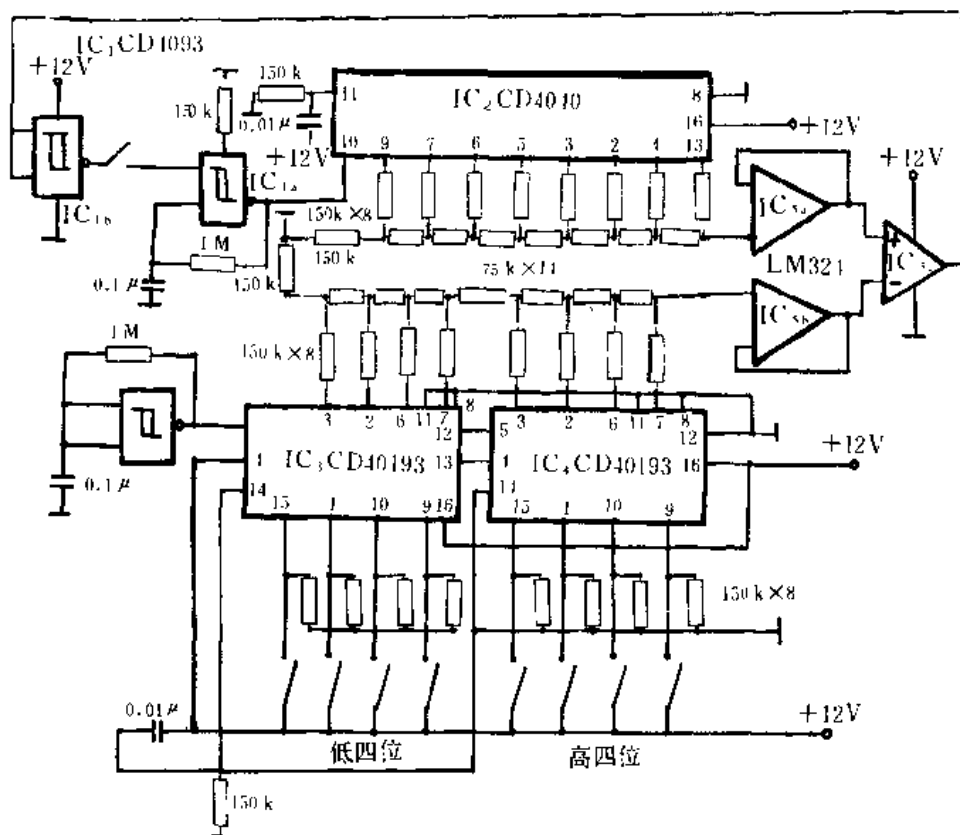


图 3-50 可设定输出脉冲个数振荡器(1)

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 施密特触发器 IC_{1a} 、 IC_{1b} 、 IC_{1c} ($\frac{3}{4}$ CD4093) 12 级二进制串行计数器/分频器 IC_2 (CD4040)、双时钟二进制可预置加/减计数器 IC_3 、 IC_4 (CD40193 $\times 2$) 和 4 运算放大器 IC_{5a} 、 IC_{5b} 、 IC_{5c} ($\frac{3}{4}$ CM324) 等构成的可设定输出脉冲个数的振荡器。

开机瞬间, IC_2 的⑪脚外接 C、R 元件, IC_3 、 IC_4 的第⑭脚外接 C、R 元件分别组成微分清零电路, 使其 3 者自动清零, 两组 D/A 电路输出为零。图 3-50 中 IC_{5c} 通过 IC_{5a} 、 IC_{5b} 分别与 IC_2 及有关 R-2R 电阻网络组成第一组 D/A 电路。它和 IC_3 、 IC_4 及有关电阻网络组成的第二组 D/A 电路联接起来。结果 IC_{5c} 输出高电平, 使 IC_{1b} 输出低电平。这时即使将 IC_{1a} 输出端的开关合上, IC_{1a} 因有一个输入端为低电平而被封锁住停振。同时, IC_{1c} 却不断地振荡, 向 IC_3 、 IC_4 中送入脉冲。但因其计数控制端接地, 除了内部置数通道导通时, 计数通道被关闭, 输出端无输出。

当想置入某数(即想从 IC_{1a} 处取走多少个脉冲)时, 如只想从 IC_{1a} 的输出端取走 15 个脉冲, 那么要先将十进制的“15”换算成二进制的“1111”, 然后将置数打码的低 4 位的开关合上, 使低 4 位预置端全部接入高电平。就在一个一个地合上低 4 位开关时, 因 IC_{1c} 的振荡频率在几 Hz 以上, 在脉冲的触发下, 预置数被置入, IC_3 的 4 个输出端输出高电平, 使这第二组 D/A 电路有了直流电压输出。该输出经 IC_{5b} 跟随后加至电压比较器 IC_{5c} 的反相输入端, 使 IC_{5c} 输出低电平,

经 IC_{1b} 翻转为高电平, 经 IC_{1b} 反相后输出低电平, 使 IC_{1a} 停止振荡。结果 IC_{1a} 的输出端只能得到 15 个脉冲。

本电路 IC_{1a} 、 IC_{1c} 两个的振荡频率可自行设定。若在置数时希望快一些, 那么, IC_{1c} 的振荡频率高一些。假如 IC_{1a} 的振荡频率为 10Hz, 即么置完 255 个数, 约需 20s。但如振荡频率为 100Hz, 则只需 2~3s。

电路中电阻应选精度 1% 以内的金属膜电阻。使同阻值的相等, 以保证两 D/A 电路输出步长相等, 使电压比较器准确动作, 保证脉冲个数准确性。

本振荡器可制成 15V 以内随意设定电压值的自动调压变压器, 也可制成直呼电台频率的电调谐收音机。

本振荡器, 可用二进制数随意设定脉冲的个数, 电路自动计数, 自动停止。

例 51 可设定输出脉冲个数的振荡器(2)

一、应用电路

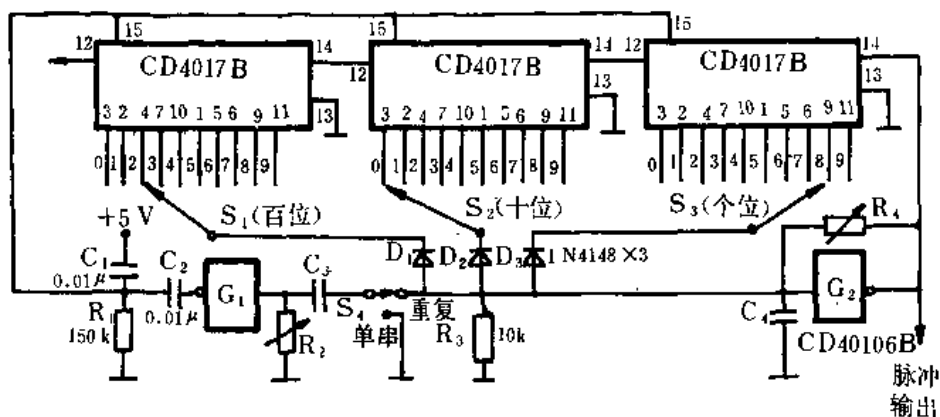


图 3-51 可设定输出脉冲个数的振荡器(2)

二、电路结构说明

本电路为由十进制计数器/分配器 $CD4017 \times 3$ 和六施密特触发器 $\frac{1}{6}CD40106$ 等构成的可设定输出脉冲个数的振荡器。

本电路可按十进制直观地 3 位数间任意设定输出的脉冲个数, 且可无休止地重复输出这一串设定个数的脉冲。同时, 位数可任意扩展, 脉冲频率可调, 脉冲串间隔时间可调。

以输出 208 个脉冲为例, 将开关 S_1 (百位) 设定在 2, S_2 (十位) 设定在 0, S_3 (个位) 设定在 8, 即 208。 C_1 、 R_1 组成开机微分清零复位电路。这时, 由 $D_1 \sim D_3$ 和 R_3 组成的“与”门, 因 3 个输出端中有低电平, 故其输入低电平, 施密特振荡器起振。其振荡脉冲一路向外输出, 一路加至个位 $CD4017$ 的④脚 CP 端, 使 3 位计数器计数。当第 208 个脉冲输出后, “与”门 3 个输出端为高电平, 则其输入端立即跳变为高电平, 于是施密特振荡器停振, 电路即按设定的个数输出 208 个脉冲。如果我们只需将这 208 个脉冲输出一次, 可将功能开关 S_4 置单串档; 若需反复输出这 208 个脉冲, 只要将 S_4 置重复档。这样, 在输出一串 (即 208) 个脉冲后, “与”门跳变成高电平, 经 C_3 、 R_2 和施密特门触发器组成的单稳电路作适当延时后, 对 $CD4017 \times 3$ 进行一次清零, 电路便又转为振荡状态。如此振荡——停振延时——振荡……下去。另施密特振荡器脉冲输出可用十进制加减计数/译码/锁存/驱动器 $CD40110 \times 3$ 和 3 只 LED 数码管组成计数显示电路,

从 3 只数码管上直观地读出“208”。

例 52 可设定输出脉冲个数振荡器(3)

一、应用电路

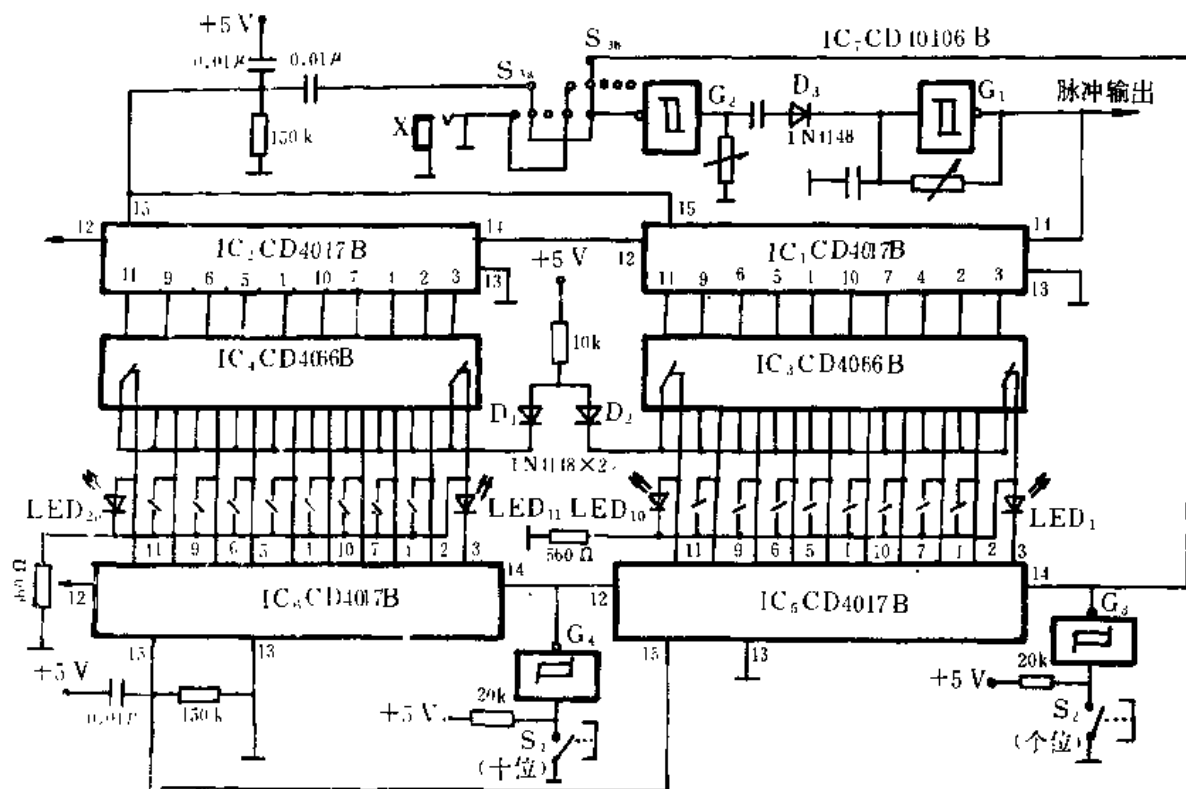


图 3-52 可设定输出脉冲个数振荡器(3)

二、电路结构说明

十进制计数器/分配器 IC_1 、 IC_2 、 IC_5 、 IC_6 ($CD4017 \times 4$)、6 双向模拟开关 IC_3 、 IC_4 ($CD4066 \times 2$) 和 6 施密特触发器 $\frac{1}{6}CD40106$ 等构成振荡器。

本电路是在上例振荡器(2)基础上加以扩展,功能选择开关 S_3 的档位分别为:1 档受控累加;2 档自动累加;3 档单串;4 档受控重复;5 档自动重复。与上例(2)区别在于这里用 IC_3 、 IC_4 和 IC_5 、 IC_6 及 S_1 、 S_2 组成的电子置数开关替代了脉冲个数设定开关 $S_1 \sim S_3$ 罢了!两组发光二极管分别用指示设定脉冲数中十位和个位的具体数字。另本电路还具有如下特点:

1. 自动累加。开机后电路均被清零,“与”门输出低电平;振荡器工作输出 1 个脉冲后,“与”门输出为高电平。经延时后,一方面使 IC_1 、 IC_2 清零;另一方面又使 IC_5 进 1,“与”门又输出低电平。振荡器这次输出 2 个脉冲后,“与”门又输出高电平。再延时后, IC_1 、 IC_2 又被清零,同时 IC_5 又进 1,与门再次输出低电平。振荡器这次将输出 3 个脉冲……如此反复下去。振荡器就按第 1 串 1 个,第 2 串 2 个,第 3 串 3 个……的顺序逐次累加输出脉冲。

3. 受控累加。原理和自动累加一样,区别在于:自动累加是依靠“与”门输出的高电平经延时后对 IC_1 、 IC_2 清零和使 IC_5 进 1。而受控累加则是靠从外部控制接入插座 X 输入高电平脉冲来使 IC_1 、 IC_2 清零和使 IC_5 进 1 的。

例 53 程控脉冲振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4“与非”门 G_1 ($\frac{1}{4}$ CD4011)、2 输入端 4“或非”门 G_2 ($\frac{1}{4}$ CD4001)和双向模拟开关 $TG_1 \sim TG_4$ (CD4066)等构成的程控脉冲振荡器。

当 G_1 ($\frac{1}{4}$ CD4011)的门控端为高电平时,在 CD4066 的程控端 A~D 输入 8421 码,振荡器可有 15 种不同的频率输出。

门 G_1 的门控端为低电平时,不管 A~D 处于何种状态,振荡器停振,均无脉冲输出。

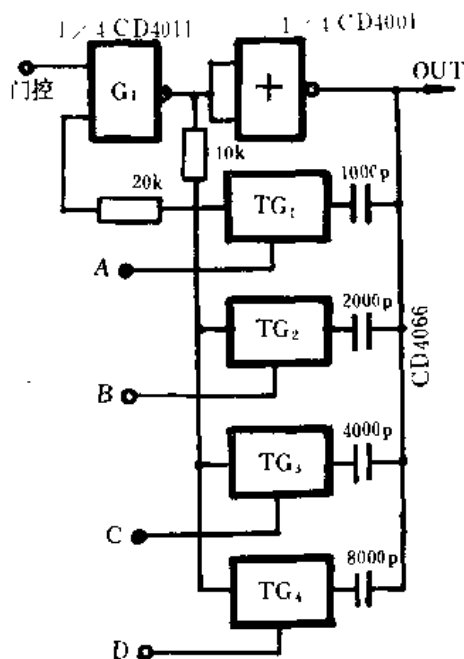


图 3-53 程控脉冲振荡器

例 54 方波振荡器(CD4046B)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路利用 CD4046B 中的压控振荡器(VCO)组成方波发生器。CD4046 的 VCO 是个电流控制型振荡器。当它的输入端(⑨脚)固定接电源时,电路产生方波。 C_1 为振荡器的充、放电电容器,接在⑥~⑦脚之间。电位器 R_1 可调节振荡频率范围为 200Hz~2kHz。振荡器的方波信号从④脚输。图 3-54 中,将相位比较器输入端(③脚)与④脚连接,以避免③脚悬空时相位比较器将产生大约 20MHz 的自振荡频率,并且重叠于 VCO 的输出波形上,形成干扰的信号。

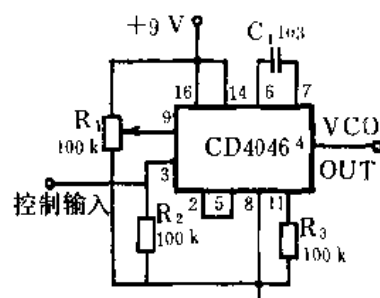


图 3-54 方波振荡器(CD4046B)

例 55 宽范围压控振荡器(1)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由锁相环电路 CD4046B 接成宽范围的压控振荡器(VCO)。振荡器可能获得的最高工作频率由 R_2 、 C_1 之值决定。VCO 的输入端(⑨脚)接到微调电位器 R_1 的动臂,改变 R_1 值可改变输入电压,从而达到控制频率的目的。当⑨脚移动到 R_1 下端使 VCO 输入电压置 0 时,振荡频率也下降到接近 0(约每分钟几周的频率)。当调节动臂(⑨脚) R_1 至上端时,VCO 输入电压为最大值,振荡器输出最高频率为 1.4kHz。

R_1 两端有一段“盲”控制区,使得 VCO 输入电压的最大值和最小值与电源电压和地电位相比,各有约 1V 的差距,使输出上、下限频率受到限制。

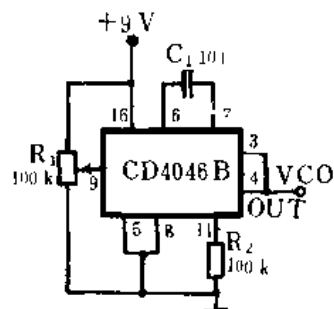


图 3-55 宽范围压控振荡器(1)

例 56 宽范围压控振荡器(2)

一、应用电路

二、电路结构说明

图 3-56 为由锁相环电路 CD4046 等构成的宽范围压控振荡器(VCO)的改进型电路。

图 3-56 中 R_1 两端各连接一个二极管 D_1 和 D_2 , 可消除控制“盲”区。这种改进型的宽范围 VCO 的最低工作频率受 R_2 和 C_1 的控制, ⑫脚串联 $10\text{M}\Omega$ 电阻 R_2 , 可把振荡器的最低工作频率下降至 0。这时, VCO 的输出状态则随机地稳定在逻辑“0”或者逻辑“1”。

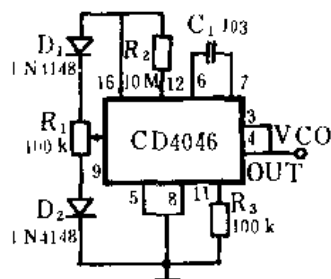


图 3-56 宽范围压控振荡器(2)

例 57 有限范围压控振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

由锁相环电路 CD4046 等构成的有限范围的压控振荡器(VCO)。

图 3-57 中, R_2 一端接 CD4046 的 ⑫脚, 另一端接地, 构成有限范围的 VCO。

R_1 和 C_1 决定最低工作频率。 C_1 和 R_2 与 R_3 并联电压决定最高工作频率。调 R_1 可使振荡器的输出频率在 $60\text{Hz} \sim 1.4\text{kHz}$ 范围内变化。

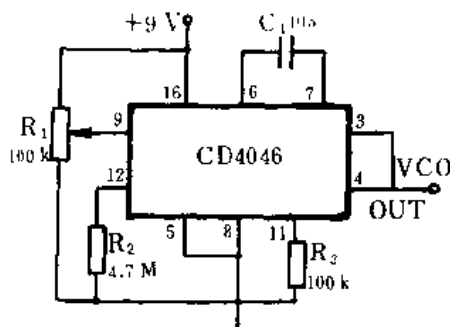


图 3-57 有限范围压控振荡器

例 58 双相宽范围压控振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由锁相环电路 CD4046 等构成的双相宽范围压控振荡器(VCO)。

电路中, 相位比较器一个输入端(③脚)接 VCO 的输出端④脚, 而另一个信号输入端(⑭脚)则接到电源正端。由于 CD4046 的相位比较器 PC1 是个“异或”门, 当 I_1 端固定为“1”时, “异或”门输出 OUT 与另一个输入端 I_2 的状态相反。因此, 它这时等效为一个反相器。于是从 PC1 的输出端(②脚)可得到与其输入信号反相的信号。图 3-58 中 OUT1 和 OUT2 相位差为 180° 。

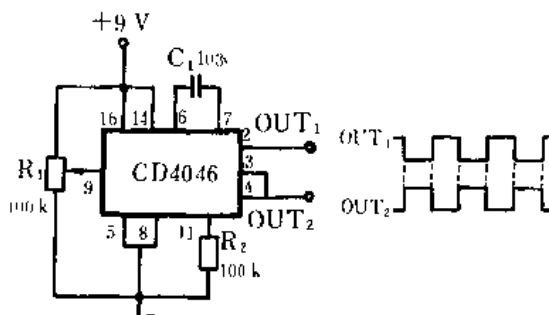


图 3-58 双相宽范围压控振荡器

例 59 手控宽范围压控振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

锁相环电压 CD4046 等组成手控宽范围压控振荡器(VCO)。

图 3-59 中,⑤脚通过 R_2 接电源,同时与按键开关 S_1 连接。 S_1 另一端接地。于是 S_1 断开时,⑤脚经 R_2 与电源接通,使 VCO 停止工作;当 S_1 按下,即⑤脚接地时,VCO 将有振荡波形产生。输出波形及 S_1 闭合后的波形如图 3-59 中右图所示。

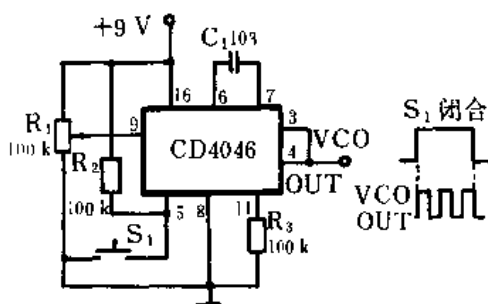


图 3-59 手控宽范围压控振荡器

例 60 电子控制宽范围压控振荡器(VCO)(1)

一、应用电路

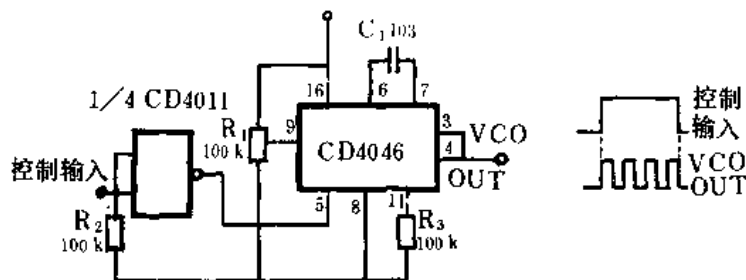


图 3-60 电子控制的宽范围(VCO)(1)

二、电路结构说明

本电路为由锁相环 CD4046 和 2 输入端 4“与非”门 $1/4$ CD4011 等构成的电子控制的宽范围 VCO。

图 3-60 中, $1/4$ CD4011 两输入端连接一起形成反相器。当控制信号没加入时, $1/4$ CD4011 两输入端通过 R_2 接 GND,使 $1/4$ CD4011 输出为高电平(即⑤脚为高电平),于是 VCO 停振。有外加控制高电平信号时, $1/4$ CD4011 输出为“0”,VCO 开始振荡。

例 61 电子控制宽范围压控振荡器(VCO)(2)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路是由 CD4046 锁相环电路构成的电子控制宽范围 VCO。

图 3-61 中,虽没有外加反相器来控制,但这里用内部“异或”门作反相器的电子控制。CD4046 中的 PC1 的一个输入端(⑭脚)固定接电源正端,使这个“异或”门

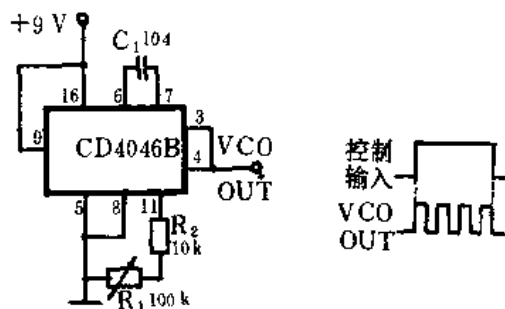


图 3-61 电子控制宽范围压控振荡器(VCO)(2)

连接成为反相器;而 PC1 的另一个输入端(③脚)这时也再与④脚连接,而作为等效反相器的输入端通过 R_2 接地,并接收输入控制信号。PC1 的输出端(②脚)与⑤脚相连,以便实现对 VCO 工作的电子控制。

例 62 频移键控(FSK)方波发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为锁相环电路 CD4046 等构成的频移键控(FSK)方波发生器电路。

图 3-62 中,键控信号加到 VCO 的控制输入端(⑨脚)。当键控输入为“1”电平时,电路将产生 2.4kHz 音频;输入为“0”时,则产生 1.2kHz 音频。高频音调是由 C_1 和 R_1 值预置,低频音调则由 C_1 、 R_2 和 R_3 之值预置。

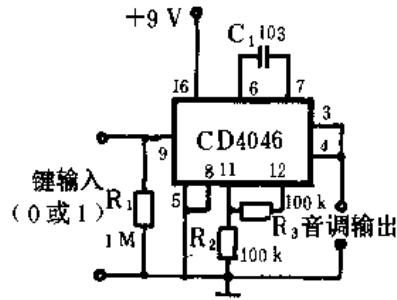


图 3-62 频移键控(FSK)方波发生器

例 63 调频(FM)波形发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由锁相环电路 CD4046 和高输入阻抗 CMOS 运算放大器 CA3140 等构成的调频(FM)波形发生器电路。

图 3-63 中,由 CD4046 内部的稳压管为 CA3140 提供稳定的电源电压,其额定电压为 5.4V, R_5 为稳压管的限流电阻。

将 CA3140 接成放大倍数为 20 的反相交流放大器。 R_2 、 R_3 为运放提供静态偏置。由于 $R_2 = R_3$ 加到运放同相输入端(③脚)的静态偏置电压约为 2.6V。运放输出端(⑥脚)也为 2.6V 的电位,它是由放大 20 倍的音频输入信号调制的振幅。此信号加到 CD4046 的 VCO 的压控输入端。图 3-63 中, $C_3 = 100\text{p}$, $R_6 = 12\text{k}$, 使 VCO 的输出端产生平均频率 220kHz 平均输的载波。此频率仍然受原先的音频输入信号的调制。

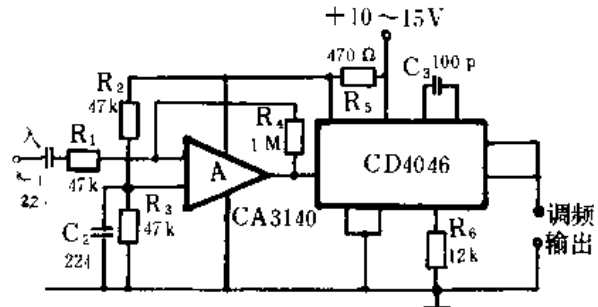


图 3-63 调频(FM)波形发生器

例 64 VCO 振荡器(0.5Hz~500kHz)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种双相输出频率为 0.5Hz~500kHz 的 VCO 振荡器。这种压控振荡器主要由 CD4046 和 CD4093 及阻容元件构成。

电路中,CD4046 的⑫脚通过 R_5 、 R_4 接“地”;⑥、⑦脚间接以波段开关 S_1 置于不同容量的

[illegible]

电路分析指出:当开关 S_2 置于 1 档时, CD4046 的 ⑤脚经 R_2 接“地”, 使振荡器工作, 并在 OUT_1 和 OUT_2 端输出双相方波时钟信号。当开关 S_2 置于 2 档时, VCO 振荡受到反相器 $\frac{1}{4}$ CD4093 输出信号的控制。这个信号经过 S_2 加到 CD4046 的 PLL 端(③脚), 使振荡器停振。当输入信号 S_{IN} 为正脉冲时, “与非”门输出“0”电平, 振荡

80

第四章 多种波形产生与变换

例 1 时钟信号发生器

一、应用电路

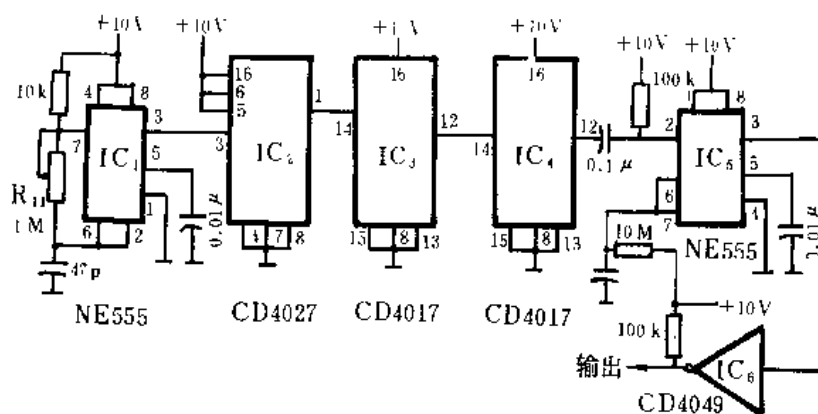


图 4-1 时钟信号发生器

二、电路结构说明

这种时钟信号发生器，采用 2 个时基电路 IC_1 NE555、 IC_5 NE555，双-主从 JK 触发器 IC_2 CD4027，2 个十进制计数器/分配器 IC_3 CD4017、 IC_4 CD4017 和 6 缓冲反相器 IC_6 CD4049 等构成。

时基电路 IC_1 (NE555) 与阻容元件组成无稳态多谐振荡器。调节电位器 R_{11} ，可使振荡器每隔 2~90 分钟输出一个时钟脉冲信号。这一脉冲信号输入 IC_2 的 CL 端 (③脚)。在时钟脉冲信号的作用下， IC_2 将产生一个完全对称的方波信号，供给 IC_3 的时钟端 CL，使 IC_3 作除 10 计数器。而 IC_4 输出作除 100 计数器，进而去控制 IC_5 。 IC_5 的 ③脚输出经 IC_6 (1/6 CD4049) 反相后输出时钟信号。

例 2 波形发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由时基电路 IC_1 (NE555) 和十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 等构成的波形发生

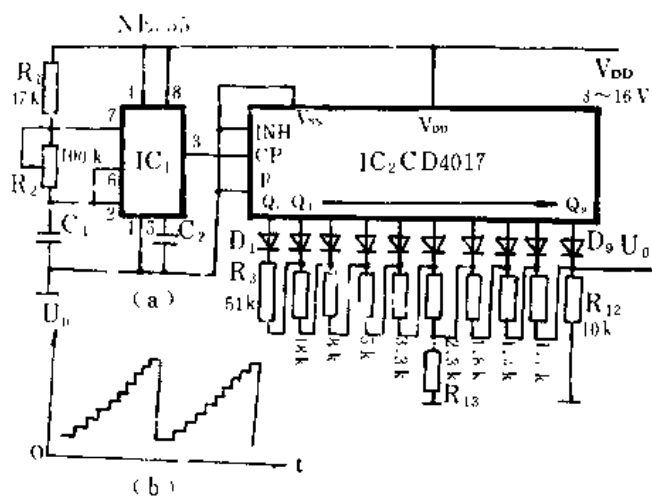


图 4-2 波形发生器

器。

电路中, IC_1 与 R_1 、 R_2 、 C_1 、 C_2 组成无稳态多谐振荡器。适当调 R_2 值, 使 IC_1 的③脚输出 10kHz 的时钟脉冲, 给 IC_2 的 CP 端作计数脉冲源。 IC_2 在 CP 脉冲作用下依次输出高电平, 按图 4-2 中 $R_3 \sim R_{11}$ 接法和参数, 在 U_o 端输出是阶梯状锯齿波, 如图 4-2 中 (b) 所示。如果改变 $R_3 \sim R_{11}$ 的参数, 按虚线所示接不同位置, 则可得三角波、正弦波和其他波形。

改变 R_2 值, 可改变 IC_1 的振荡频率, 即改变了 U_o 输出波形频率。

例 3 单键的单次、连续脉冲产生电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 $IC_{3A} \sim IC_{3D}$ 、 $IC_{4A} \sim IC_{4C}$ ($1/4$ CD4011) 和时基电路 IC_1 、 IC_2 (NE555 $\times 2$) 构成的单键的单次、连续脉冲产生电路。

图 4-3 中时基 IC_1 、 IC_2 均接成单稳态电路, IC_1 的单稳时间 $t_{d1} = 1.1R_1 \cdot C_1$, IC_2 的单稳时间 $t_{d2} = 1.1R_4 \cdot C_5$ 。按图 4-3 中 $R_1 = 1M > R_2 = 470k$, 所以, $t_{d1} > t_{d2}$ 。“与非”门 IC_{3A} 、 IC_{3B} 与 R_5 、 R_6 、 W 、 C_6 等构成多谐振荡器, 产生脉冲信号 CP。当按下触键开关 S 时, 由于 C_3 的电压不能突变, IC_1 、 IC_2 的②脚均被低电平触发, 其输出端③脚均由低电平升为高电平, 消除了开关触点抖动的影响。同时, V_{DD} 向 R_2 、 C_3 充电, 使 IC_1 的②脚变为高电平。如在 IC_1 单稳时间内松开开关 S, 则输出信号 f_o 只由低电平上升为高电平, 产生单次上升沿触发脉冲; 当按下 S 的时间大于 IC_1 单稳时间时, IC_1 输出又回低电平, 经 IC_{3D} 反相, 使 IC_{4A} 门被打开, IC_{3A} 、 IC_{3B} 组成的振荡器脉冲 CP 能连续通过 IC_{4A} 。由于此时 IC_{4B} 的门已被 IC_2 的输出高电平打开, 脉冲连续信号 f_o 能通过 IC_{4B} , 再经 IC_{4C} 缓冲并反相后输出。

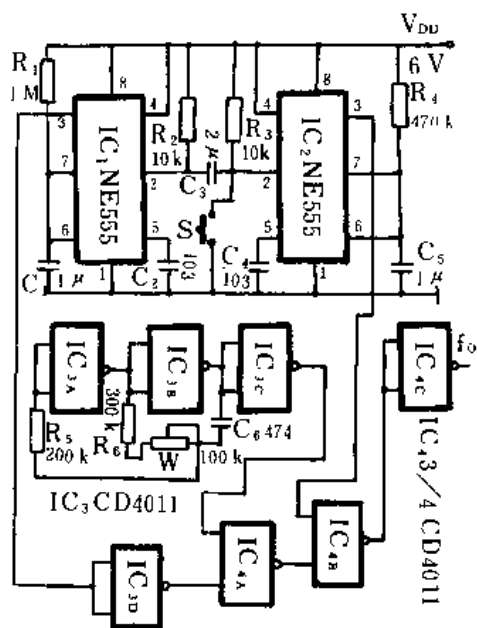


图 4-3 单键的单次、连续脉冲产生电路

例 4 占空比可调脉冲发生器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种由双 D 触发器 $1/2$ CD4013 和 6 反相器 $1/6$ CD4069, 以及阻容元件等构成的占空比可调的脉冲发生器。

设电路起始状态为: $1/2$ CD4013 的 $Q = "0"$, $\bar{Q} = "1"$ 。 $\bar{Q}$ 通过 R_B 向 C_B 充电。当 C_B 上端电压达到触发器 S 端复位电平时, 触发器翻转。于是, $\bar{Q} = "0"$, $Q = "1"$ 。 Q 端的高电平一路通过 $1/6$ CD4069 的门输出脉冲信号; 一路通过 R_A 向 C_A 充电, 使 C_A 上端电压提高到触发

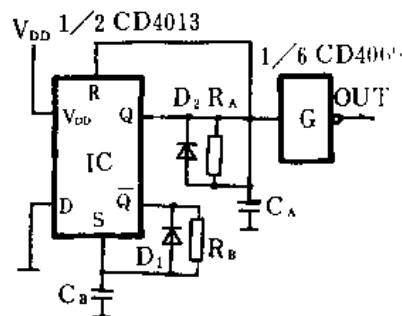


图 4-4 占空比可调脉冲发生器 (1)

f 由 T_A 与 T_B 决定, 而 T_A 、 T_B 又由两个独立的 RC 网络所决定。因此, 分别调节 R、C 时间常数值, 可以实现输出脉冲的占空比。这里, CD4069 的门作输出脉冲的缓冲与整形之用。

二、电路结构说明

[illegible]

图 4-5 占空比可调的脉冲发生器 (2)

VCO, 调节⑨脚上的电位器(5k)可使④脚输出 1.2kHz~2.7MHz 的方波信号。这一信号作为计数脉冲 CP 输入 IC₂ 的 CLK 脚, 使 IC₂ 计数(0, 1……9 端, 输出正脉冲信号。)它与所选择的开关档位相对应输出的分频(1/10)脉冲信号, 同时具有占空比 10~90% 范围可调。

一、应用电路

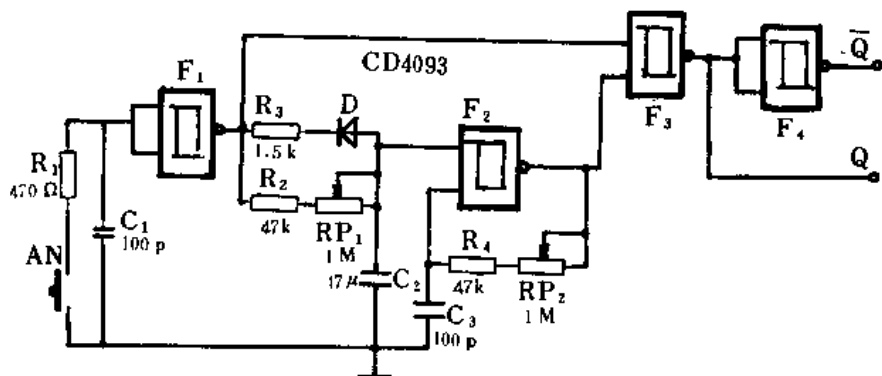


图 4-6 脉冲与脉冲串发生器

二、电路结构说明

脉冲和脉冲串发生器由 2 输入端施密特触发器 CD4093 与阻容元件构成的。CD4093 的门 F_2 与电阻 R_1 、 C_3 、 RP_2 等组成振荡器。

当按一下开关 AN，给 CD4093 的门 F_1 输入端一个脉冲信号。 R_1 、 C_1 用于消除开关引起的噪波干扰。脉冲信号经门 F_1 反相整形，再经门 F_3 、 F_4 ，输出 2 个相位相反的单脉冲信号 Q 与 $\bar{Q}$ 。

当按下开关 AN 时间较长，门 F_1 输出高电平，通过 R_2 、 RP_1 向 C_2 充电，使端电压达到门 F_2 的门限电平时，由门 F_2 组成的振荡器起振并产生脉冲串信号。这些脉冲串经门 F_3 、 F_4 后输出。输出的 Q 与 $\bar{Q}$ 为正负脉冲串信号。脉冲串的频率用 RP_2 调节。

R_3 、 D 用来保证 C_2 迅速放电，以避免重复按动 AN 时振荡器不起振。

例 7 移相电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 CD4013 构成的一种移相电路。它能提供两个相同频率，但相位差为 90° 的脉冲信号。

电路中，D 触发器 FF_1 的输出端 Q_1 接 FF_2 的 D_2 端，而 FF_2 的输出端 $\bar{Q}_2$ 接 FF_1 的 D_1 端。这样， FF_1 与 FF_2 为同步输入，即用一个时钟脉冲输入。在时钟脉冲作用下， FF_1 的 Q_1 输出 V_{01} ， FF_2 的 Q_2 输出 V_{02} ，两者相位差 90° 。

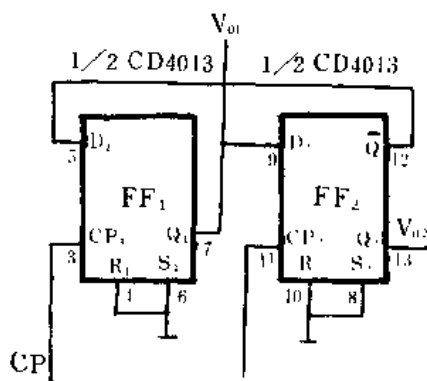


图 4-7 移相电路

例 8 简单延迟脉冲发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种简单延迟脉冲发生器，是用 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 CD4093 与阻容元件构成。

电路中 G_3 与 R_3 、 C_2 接成可控振荡器，振荡频率由 R_3C_2 决定。当 G_1 输出高电平时，所控的 G_3 开始振荡；若 G_1 输出呈低电平， G_3 振荡就被迫停止。 G_2 输出信号用来控制门 G_4 ，也就是当 G_2 输出低电平时， G_4 输出高电平；反之 G_2 输出高电平， G_4 输出振荡器 G_3 的产生的信号。

当 S 开关按下之前， G_1 和 G_2 输入端均为高电平，于是其输出均为低电平，使 G_3 、 G_4 受封锁。

当 S 开关按下之后， C_1 上电压不能突变， G_1 仍暂输出低电平，于是 G_3 被封锁， G_2 又输出高电平，从而 G_4 输出高电平。 C_1 经充电后，即经过一段延迟后， G_1 输出呈高电平， G_3 开始振荡，产生脉冲经 G_4 反相后输出。

放开 S 按钮， C_1 经 R_1 、 D_1 放电， G_1 、 G_2 输出低电平， G_3 又受封锁， G_4 也受封锁。

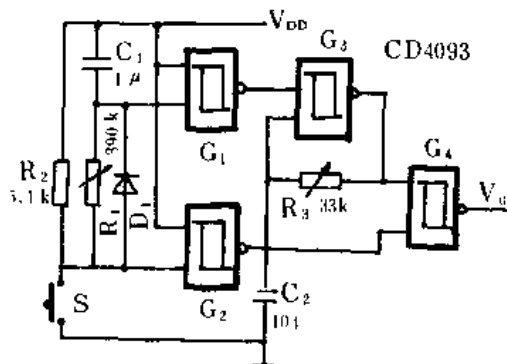


图 4-8 简单延迟脉冲发生器

显然，电路延迟时间由 C_1 、 R_1 决定且大约 0.5s。而脉冲重复频率可通过 R_3 调节。振荡频率为 200~300Hz。

例 9 8/16 位串行码发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

由十进制计数器 CD4017、8 级静态同步移位寄存器 CD4014AE、双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 和 2 输入端 4“或非”门 $\frac{3}{4}$ CD4001 构成了 8/16 位串行码发生器。

CD4014AE 将 $D_0 \sim D_7$ 的输入的 8 位并行码转换成串行码输出。CD4017 采用 $\frac{3}{4}$ CD4001 反馈复位，并进行模 9 计数。它处于复位状态时 $Q_0 = "1"$ ，即 CD4014 的 $P/S=1$ 。从而控制移位寄存器 CD4014AE 在外时钟脉冲 CP 的上升沿作用下，将 8 位输入 $D_0 \sim D_7$ 的数据寄存。此时，并行码的最低位 (LSB)，经 CD4069 反相后，触发 D 触发器 CP 端，再经 D 触发器串行输出，使计数器计数。在此后的 8 个时钟脉冲作用下，移位寄存器 CD4014AE 执行右移操作，输出余下的 7 位串行码。

请注意，CD4017 电路的同步脉冲输出端为 Q_8 。它输出高电平时表示正在发送串行码的最后一位 (MSS) 数据。

例 10 市电产生分时钟电路

一、应用电路

二、电路结构说明

由 12 位二进制并行计数器/分频器 CD4040、8 输入端“与非”门 CD4068、2 输入端 4“与非”门 CD4011、6 反相器 CD4069 及阻容元件，构成了这个由市电频率产生分时钟电路。

将单相 220V、50Hz、周期为 20ms 交流市电 V_i 经电阻 R 降压后，作输入信号，先经由 R_5 和 50pF 电容组成 RC 电路消除去波形中可能的毛刺并限流，再经“与非”门 G_5 、 G_6

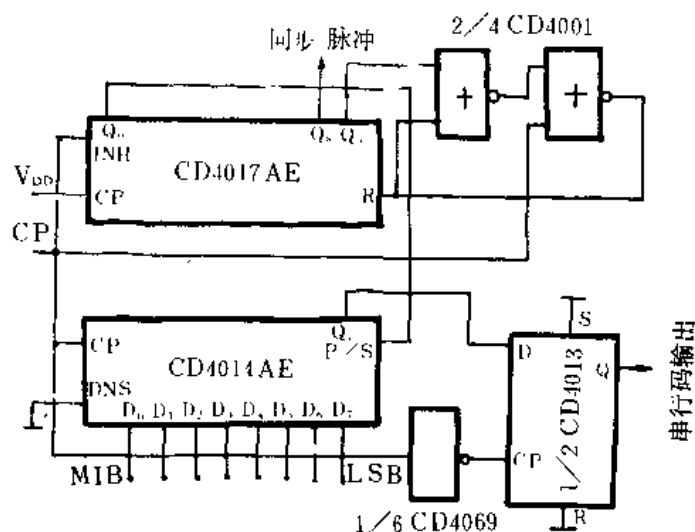


图 4-9 8/16 位串行码发生器

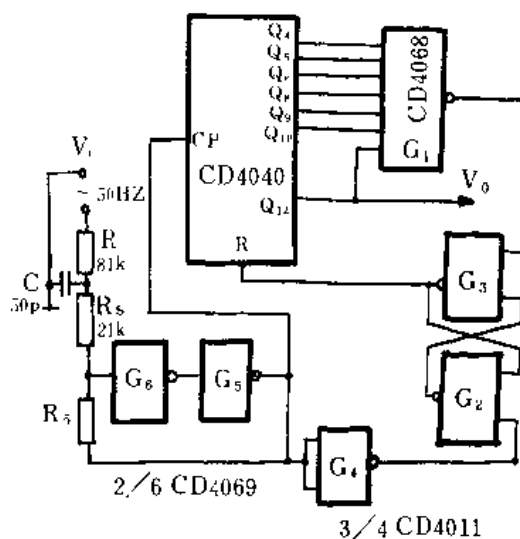


图 4-10 市电产生分时钟电路

($\frac{1}{6}$ CD4069)组成的施密特电路整形,而后送往CD4040的输入端CP,使CD4040进行计数。为了获取周期为1分钟的脉冲输出,计数器的模应为3000(即 $\frac{60s}{20ms}$)。电路采用CD4068“与非”门进行译码后产生复位信号。也就是,经“与非”门 G_1 、 G_2 、 G_3 组成的基本R-S触发器输出高电平,加至CD4040的复位端R,使计数器复位。这样,复位高电平信号可以由时钟脉冲控制,其脉宽为时钟周期的一半,从而保证了计数器复位的可靠性。分时钟脉冲信号 V_0 从 Q_{12} 端取出。

例 11 短脉冲序列发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种短脉冲序列发生器,主要是采用双J-K触发器CD4027(FF_1 、 FF_2)、4位串入/并出移位寄存器CD4035(FF_3)、6反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069(G_2 、 G_3 、 G_5)、2输入端4“或非”门 $\frac{1}{4}$ CD4001(G_4)和2输入端4“与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011(G_1)构成的。 FF_1 、 FF_2 与 FF_3 用来产生1~4个脉冲串。

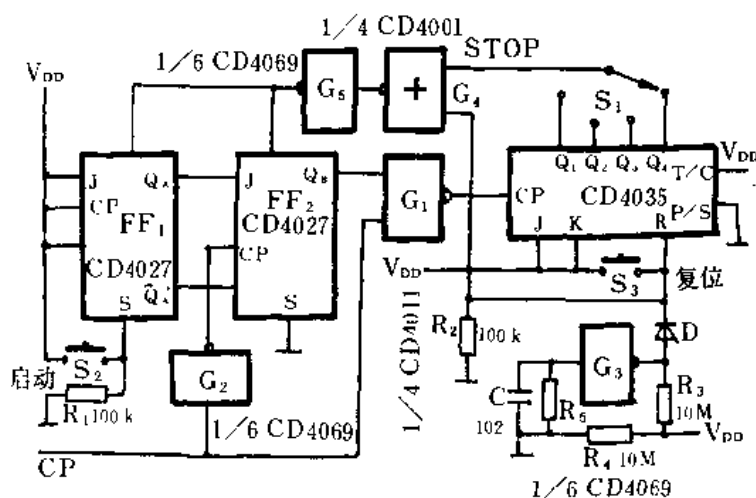


图 4-11 短脉冲序列发生器

在启动开关 S_2 按下前,必须先用复位按钮 S_3 接通电路,使 FF_3 复位,从而停止控制线STOP为低电平,为 FF_1 与 FF_2 的输出新的脉冲序列做准备。按下 S_2 ,使 FF_1 置位, FF_2 的J端为高电平。当时钟CP的下降沿到来时, FF_2 置位, Q_B 为高电平,从而解除了对“与非”门 G_1 的封锁,于是以后的时钟脉冲便能顺利通过 G_1 并到达 FF_3 的时钟端CP。

当 Q_B 为高电平时,时钟脉冲CP经 G_1 输出,同时使 FF_3 执行右移操作,串行输入端恒为高电平。若按电路图中 S_1 所接档位,4个时钟脉冲作用后, Q_4 为高电平,通过STOP线使 FF_1 、 FF_2 复位端R为高电平。于是 FF_1 、 FF_2 复位, G_1 关闭,输出端 $Q_0 \sim Q_4$ 输出4个脉冲串。

开机瞬间 G_5 输出高电平,使 FF_1 、 FF_2 的R端取得高电平而复位。

例 12 脉宽可控的脉冲发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种脉宽可控的脉冲发生器,是由双J-K触发器CD4027、6反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069、4位二进制加/减计数器 $2 \times$ CD4516构成的。其中,左右两个CD4516(左为 IC_1 、右为 IC_2)串接成8位减法计数器,它的预置端 $D_0 \sim D_7$ 与时钟CP是非同步的,而计数则与时钟CP同步。SET是 IC_1 预置起动端。

当 SET 端为高电平时, 预置数置入计数器; 触发器的⑩脚同时为高电平, 其 Q 端输出 TOUT 为高电平, $\bar{Q}$ 端为低电平, 从而 IC₁ 的 C_{in} 端为低电平。这样, 计数器开始进行减法计数, 当计数减至零时, 输出端 $\overline{CO}$ 通过反相器 1/6 CD4069 的门 G, 使触发器复位, 进而使 TOUT 变为低电平。而从 TOUT 结果来看, 脉宽等于预置值与时钟周期的乘积。电路明显特点是输出脉宽可按预置数进行程控。

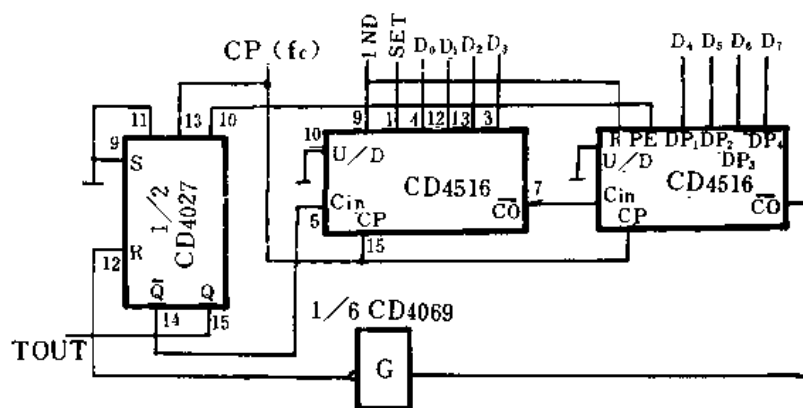


图 4-12 脉宽可控的脉冲发生器

例 13 频率合成的脉冲信号源

一、应用电路

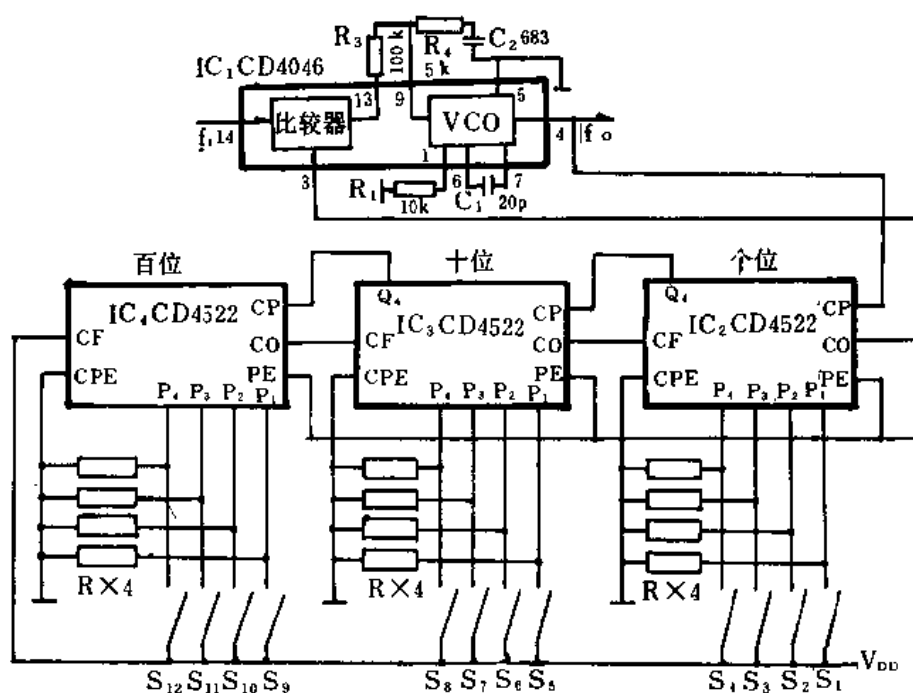


图 4-13 频率合成的脉冲信号源

二、电路结构说明

频率合成的脉冲信号源电路, 是由锁相环 IC₁ (CD4046) 和可预置数 BCD 码同步 1/N 计数器 3×CD、4522 (IC₂、IC₃、IC₄), 以及电阻网络、预置开关、阻容元件等构成。电路采用高精度基准频率 f₁ (1kHz) 作为输入信号。

电路中, IC_1 的相位比较器输出信号 (⑬脚) 正比于两个输入信号 (③、⑭脚) 的相位差。它经外接电阻 R_3 、 R_1 、电容 C_2 低通滤波后, 得到平均电压, 用来控制 VCO 的输出频率 f_o 。当相位比较器的两个输入信号频率相同时, 输出 f_o 稳定, 于是电路进入锁定状态。用来与基准频率 f_i 进行对比的信号是 f_o 的 N 分频。一旦电路进入锁定状态时, 则有 $f_o = Nf_i$ 。这样, 通过改变分频比 N , 可以取得所需频率。

N 分频电路是由 3 片 CD4522 级联而成的, 即 3 位 BCD 码减法计数器。它通过改变预置数实现变模, 而由低位向高位的借位是通过低位 Q_4 端与高位 CP 端级联而实现的。电路中, 还把高位的全“0”输出端 C_0 接至低位的级联反馈端 CF, 因此, 只在 $IC_2 \sim IC_4$ 都减到零时, IC_2 的 C_0 才会输出高电平作为计数器异步预置信号 PE。于是, 当下一个计数脉冲到来时, 电路进行新一轮减法计数循环。

显然, 分频电路的 3 位 BCD 码预置数的输入是通过电阻网络和 12 个预置开关 $S_1 \sim S_{12}$ 实现的。

例 14 时序脉冲发生器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

由若干个双 D 触发器 CD4013 及阻容元件构成了时序脉冲发生器。电路中, 电阻 R ($2k\Omega$)、电容 C ($1000pF$) 是起开机复位作用, 使各触发器复位, 完成预置。各 D 触发器接成移位寄存器, 且将末级输出 Q_N 反馈至初级输入端 D, 从而形成循环计数器。

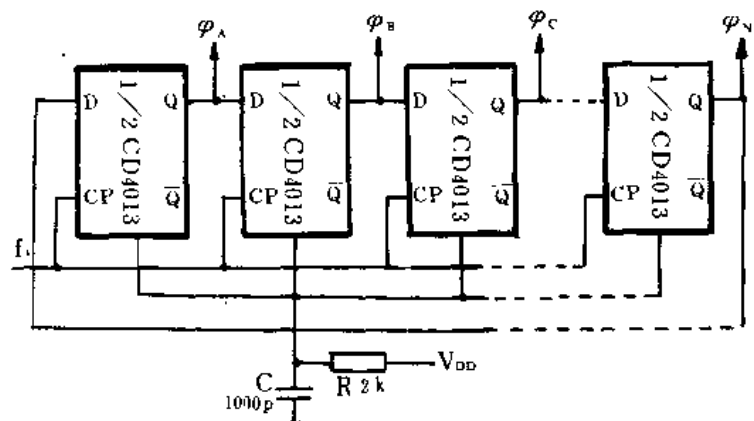


图 1-14 时序脉冲发生器 (1)

脉冲信号从 CP 端并行加入电路, 形成了具有多路自行启动功能。随着电容 C 的快速充电, 其电压超过 V_{DD} , 解除了

对触发器触发端异步作用。在外部脉冲 CP 的作用下, 各触发器正常工作, 各输出端依次出现高电平形成时序脉冲。输出的正脉冲宽度为时钟脉冲的周期。

例 15 时序脉冲发生器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

采用双 4 位移位寄存器 CD4015 和 8 输入端“或/非”门 CD4078 构成了时序脉冲发生器电路。

CD4078 将 CD4015 的输出 $Q_1 \sim Q_7$ 译码送到第一级移位寄存器的数据输入端 D_A 时, 在 $Q_1 \sim Q_7$ 中只有一个输出为高电平情况下, D_A 输入才为低电平; 在 $Q_1 \sim Q_7$ 全为低电平时, D_A 输入才为高电平。因此, 高电平在时钟脉冲作用下逐次右移, 直到 Q_8 后再重复全过程。这就

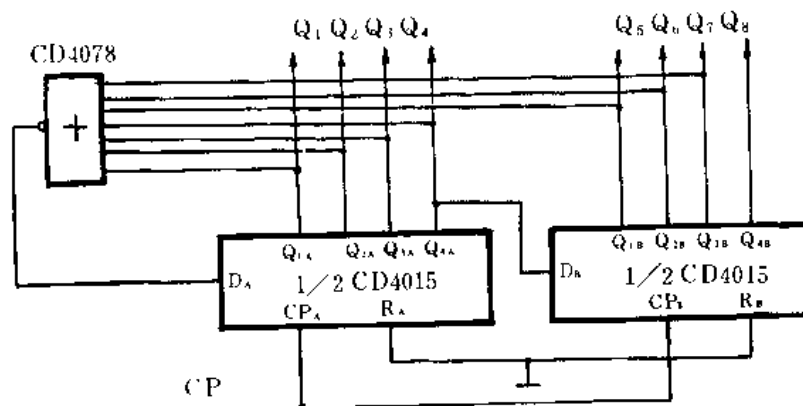


图 4-15 多路时序脉冲发生器 (2)

等于说, 电路对外输出具有多路时序脉冲的功能。

应当指出: 这种时序脉冲发生器在加电后, 初始的几个脉冲作用下可能会出现错误状态, 但很快会进入正常工作状态。

例 16 时序脉冲产生器 (3)

一、应用电路

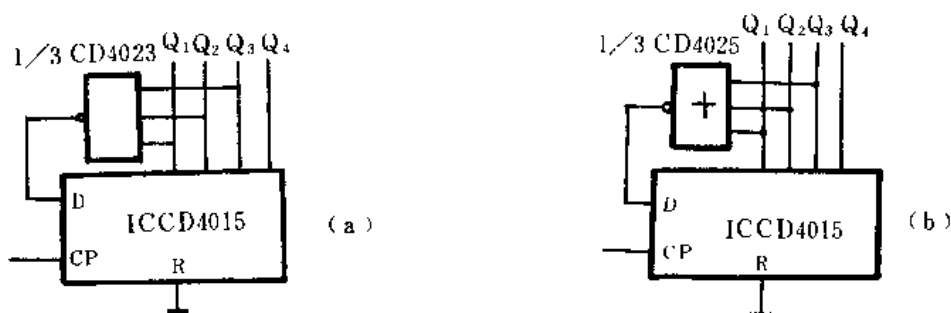


图 4-16 时序脉冲产生器

二、电路结构说明

这种时序脉冲产生器, 是由双 4 位静态移位寄存器 $1/2$ CD4015 和 3 输入端“与非”门 $1/3$ CD4023 构成的。

电路中, $1/3$ CD4023 将 CD4015 的 3 个输出端 $Q_1 \sim Q_3$ 脉冲信号反馈至 CD4015 的 D 端。在时钟脉冲 CP 的作用下, CD4015 移位寄存器的 $Q_1 \sim Q_4$ 端移位输出负脉冲。当 $Q_1 \sim Q_3$ 中有一个低电平输出时, 在 D 端就获得高电平; 仅当 $Q_1 \sim Q_3$ 的输出均为高电平时, D 端取的数据才为低电平。

这种采用移位寄存器来制作的负时序脉冲电路, 可用于延时电路。如果用 $1/3$ CD4025 来取代 $1/3$ CD4023 的话, 那么, 仅当 $Q_1 \sim Q_3$ 均为低电平时, 加到 D 端的数据才为高电平。这种经替换后的时序脉冲发生器, 是正脉冲时序发生器。

例 17 60Hz 时基电路

一、应用电路

二、电路结构说明

60Hz 时基电路采用 6 反相器 $\frac{5}{6}$ CD4069 ($G_1 \sim G_5$)、12 级二进制串行计数器/分频器 CD4040、晶振片 B、二极管等构成。其中, CD4069 的门 G_1 、 G_2 与晶振片 B 组成晶体振荡器, 振荡频率为 32768Hz。

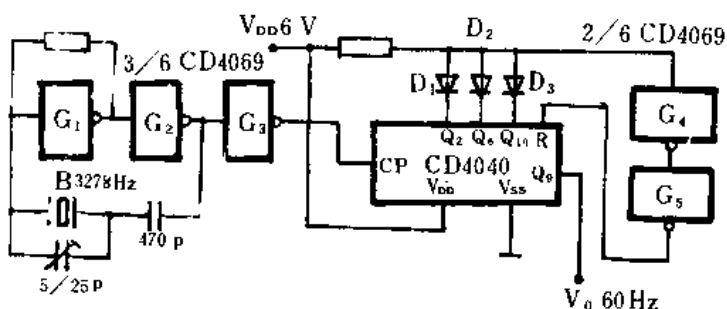


图 4-17 60Hz 时基电路

当振荡器的输出经门 G_3 整形后, 送至 CD4040 的 CP 端, 使 CD4040 开始计数。CD4040 的输出由二极管 $D_1 \sim D_3$ 置成分频系数为 $2^1 + 2^5 + 2^9 = 546$ 的脉冲信号。经分频后 Q_9 端输出 $32768\text{Hz}/546 = 60\text{Hz}$ 的信号。这种频率信号适用 LM8361~LM8365 等集成电路 LED 数字钟上使用。

必须指出: CD4069 的门 G_4 、 G_5 是作为开机 CD4040 的 R 端清零电路。

例 18 时序控制的定时脉冲发生器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种时序控制的定时脉冲发生器, 是由 8 进制计数器/分配器 IC_1 、 IC_2 ($2 \times$ CD4022)、2 输入端 4“或非”门 CD4001 构成的。

电路中, IC_1 、 IC_2 组成定时脉冲发生电路。它有 4 个脉冲输出端 $BT_1 \sim BT_4$ 和 8 个脉冲输出端 $T_1 \sim T_8$; 其中 IC_1 通过反馈复位的方式接成模 4 计数器。CD4001 的 G_1 、 G_2 门组成 RS 触发器。

当 IC_1 的 Q_3 端输出高电平时, 计数器立即复位。在 4 个时钟脉冲作用下, IC_1 的 $Q_0 \sim Q_3$ 端依次 ($BT_1 \sim BT_4$) 输出正脉冲。 Q_2 还作为模 8 环形计数器 IC_2 的计数时钟, 每隔 4 个外部时钟 CP, IC_2 计数值加 1, 使 IC_2 的 $Q_0 \sim Q_7$ 端依次 ($T_1 \sim T_8$) 输出正脉冲。

应当指出: IC_1 、 IC_2 的 CP 端接 V_{DD} , 所以两者均在 INH 端得到下降沿触发计数器计数。

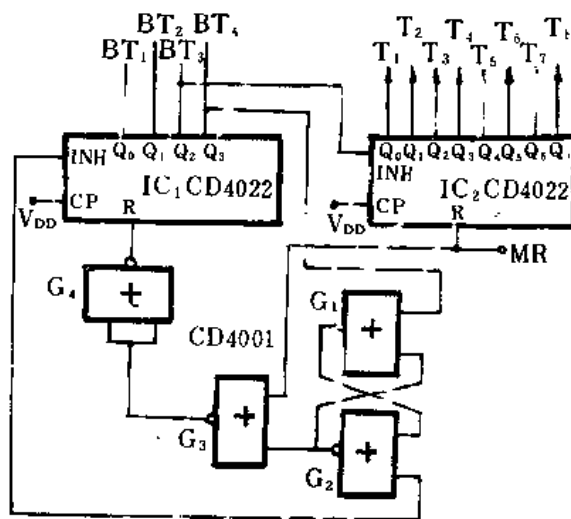


图 4-18 时序控制的定时脉冲发生器

例 19 时序控制的定时脉冲发生器 (2)

一、应用电路

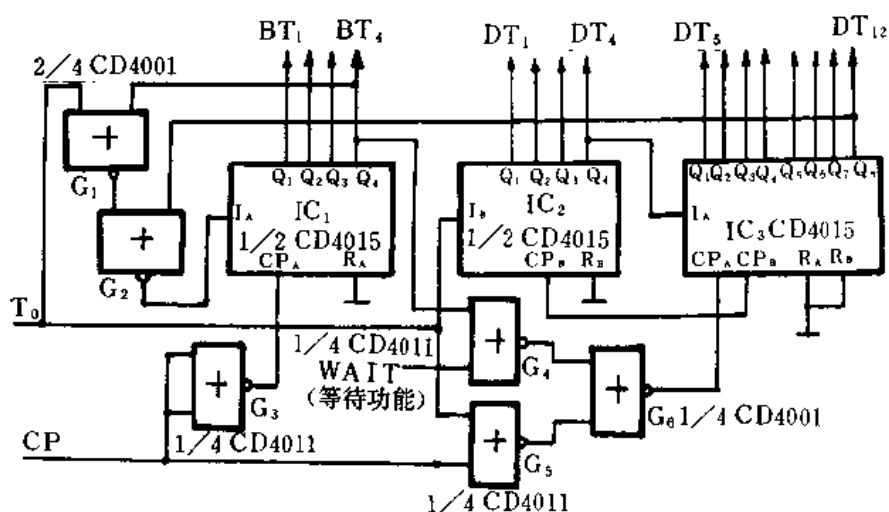


图 4-19 时序控制的定时脉冲发生器 (2)

二、电路结构说明

这种时序控制的定时脉冲发生器, 采用双 4 位移位寄存器 $2 \times \text{CD4015}$ (IC_1 、 IC_2 、 IC_3)、2 输入端 4 “与非”门 $\frac{3}{4} \text{CD4011}$ 和 2 输入端 4 “或非”门 $\frac{3}{4} \text{CD4001}$ 等构成的。它具有等待功能 (WAIT)。其中 IC_2 、 IC_3 组成 12 位右移寄存器, 用来产生 $\text{DT}_1 \sim \text{DT}_{12}$ 位字脉冲输出。

电路中, IC_1 在外部时钟 CP (经 G_3 门反相后成为移位时钟) 的作用下, 与时钟脉冲下降沿同步的启动脉冲 T_0 到来时, IC_1 的 I_A 端为高电平, $\text{Q}_1 \sim \text{Q}_4$ 端依次 ($\text{BT}_1 \sim \text{BT}_4$) 输出高电平。

由 IC_2 和 IC_3 构成的 12 位移位寄存器, 在外时钟和 IC_1 的 BT_4 输出脉冲作用下, IC_2 的 DT_1 输出高电平。此后每当 BT_4 的下降沿脉冲到来时, 若“等待状态控制端 WAIT”为高电平, 12 位移位寄存器则右移, 使 $\text{DT}_1 \sim \text{DT}_{12}$ 依次输出高电平。倘若 WAIT 端为低电平, 则 BT_4 被封锁, $\text{DT}_1 \sim \text{DT}_{12}$ 输出处于保持状态, 但 IC_1 却不受 WAIT 的控制。直到 DT_{12} 输出高电平时, IC_1 的串行输入端 I_A 被置为低电平, 于是 BT_4 的下降沿脉冲使 DT_{12} 变回到低电平。这时整个电路复位, 等待新的启动脉冲。

例 20 模拟正弦波发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

模拟正弦波发生器, 由十进制译码器 IC_2 (CD4028)、7 级二进制串行计数器 IC_1 (CD4024)、2 输入端 4 “异或”门 CD4030 和运算放大器 μA741 等构成。其中, IC_2 用作八进制译码, 和电阻网络 $\text{R}_1 \sim \text{R}_8$, 以及运算放大器 IC_3 共同组成 D/A 转换器, 实现将计数值数字量转换为相应模拟电压的功能。计数器 IC_1 的 Q_5 输出控制三极管 V_1 、场效应管 V_2 和运算放大器 IC_4 组成极性转换电路, 实现对正弦波的极性转换。

在外时钟 CP 作用下, IC₁ 的 Q₁ 对计数值的低 3 位求取反码进行控制。经 D/A 转换后, 可获得阶梯状波形包络为正弦波 (若需波形光滑, 可用低通滤波器去掉高频成分)。输出正弦波的周期为输入时钟周期的 32 倍。为此, 电阻网络 R₁~R₈ 的阻值应选取:

$$R_i = 100k\Omega / \sin(90i/8) \quad (i=1, 2, 3, \dots, 8)$$

即: R₁ = 511kΩ, R₂ = 261Ω, R₃ = 180kΩ, R₄ = 140kΩ, R₅ = 120kΩ, R₆ = 107kΩ, R₇ = 102kΩ, R₈ = 100kΩ。

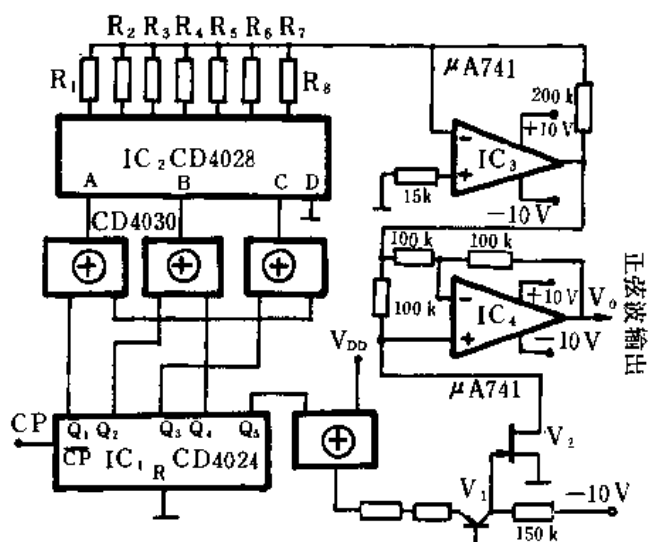


图 4-20 模拟正弦波发生器

例 21 正弦波转换成方波

一、应用电路

二、电路结构说明

这是用 1/4 CD4093 史密特触发器构成的正弦波转换成方波电路。

电容 C 是正弦波的交流耦合电容, 电阻 R₁、R₂ 是偏置电阻。输入的正弦波被偏置在输入阈值电压 V_n 和 V_p 之间, 从而在输出端产生一个方波。

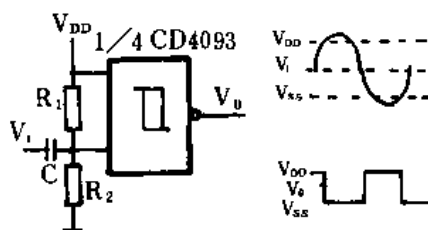
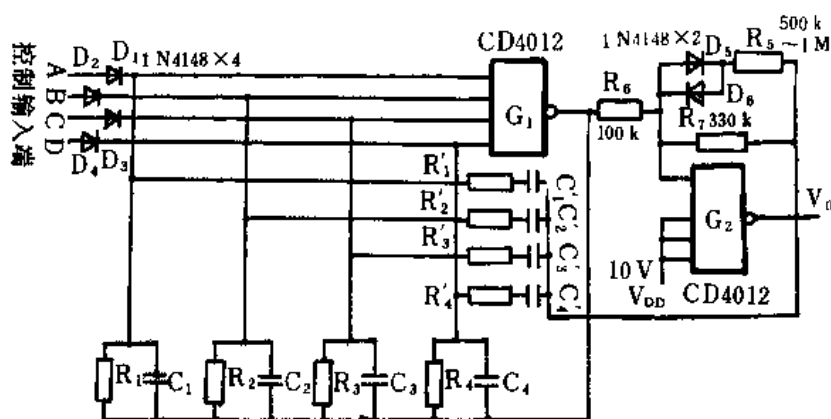


图 4-21 正弦波转换成方波

例 22 数控正弦波发生器

一、应用电路



二、电路结构说明

数控正弦波发生器，由 4 输入端“与非”门 CD4012 中的 2 门和文氏桥路构成数控文氏桥振荡器。它的频率由 4 位二进制输入端 A、B、C、D 控制的。

当输入端 A 是“0”电平信号，而 B、C、D 输入为“1”电平信号时，只有 C_1 、 R_1 、 C'_1 、 R'_1 桥路接入电路，并产生振荡，振荡信号频率为： $f = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$ （当 $C_1 = C'_1$ ， $R_1 = R'_1$ ）。显然，输入不同的二进制数，接入桥路也不相同，所发生振荡信号的频率也就不同。

电路中， D_5 、 D_6 是用来稳定输出振幅； G_2 是偏置在线性区作放大的倒相器。改变 R_5 值，可以改变 G_2 的放大倍数，也达到改变输出信号的振幅。 R_5 一般取值 $500k \sim 1M\Omega$ 。整个振荡器所产生的最高频率 f_{max} 为 $40kHz$ ，最低频率 f_{min} 为 $0.008Hz$ ，然而在 $20kHz$ 以下频率时，其工作性能最好。下表提供文氏桥 R、C 与振荡信号频率对应关系。

频 率	网 络 电 阻 R	电 容 C
$f_1 = 100Hz$	$R_1 = R'_1 = 536k\Omega$	$C_1 = C'_1 = 0.003\mu$
$f_2 = 400Hz$	$R_2 = R'_2 = 133k\Omega$	$C_2 = C'_2 = 0.003\mu$
$f_3 = 1kHz$	$R_3 = R'_3 = 53.6k\Omega$	$C_3 = C'_3 = 0.003\mu$
$f_4 = 10kHz$	$R_4 = R'_4 = 53.6k\Omega$	$C_4 = C'_4 = 300pF$

例 23 权电阻法正弦波发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

用 7 级二进制行波计数器/除法器 IC_3 (CD4024)、单 8 通道模拟多路双向开关 $2 \times CD4051$ (IC_1 、 IC_2)、6 反相器 $\frac{1}{6}CD4069$ 和运算放大器 $\mu A741$ 、权电阻网络等构成了权电阻法正弦波发生器。其中， IC_3 (CD4024) 用作 4 位二进制计数器； IC_1 、 IC_2 组合成为 16 选 1 的多路选择器，其地址码由 IC_3 计数值 $Q_4 \sim Q_7$ 提供的。

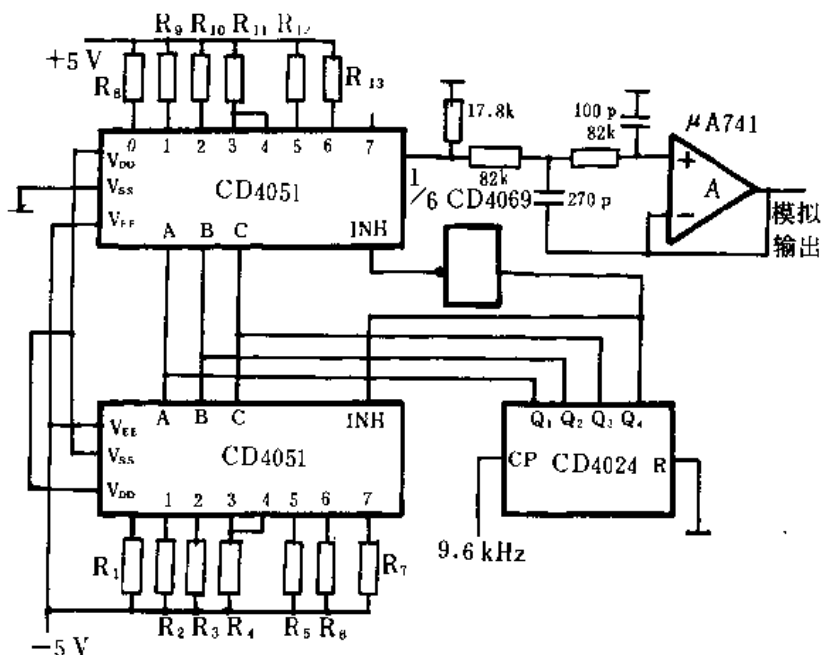


图 4-23 权电阻法正弦波发生器

在一个完整的计数循环中, IC_1 、 IC_2 依次输出各加权电阻 ($R_1 \sim R_{13}$) 所决定的电压值, 也就是决定着模拟输出的波形, 即一个完整的阶梯状正弦波。然后, 再通过 $\mu A741$ 运算放大器构成的有源滤波器滤除高频分量, 进行波形的平滑处理, 以获取失真较小的模拟正弦波信号。

为了使模拟输出更逼近正弦波, 加权电阻的阻值应选取: $R_1 \sim R_{13}$ —— $422k\Omega$, $205k\Omega$, $51.1k\Omega$, $17.8k\Omega$, $42.2k\Omega$, $100k\Omega$, $345k\Omega$, $422k\Omega$, $162k\Omega$, $33.2k\Omega$, $14.7k\Omega$, $20.5k\Omega$, $42.2k\Omega$ 。

应当指出: 电路所使用的时钟脉冲 CP 的频率应取所需正弦波频率的 16 倍。电路若增加计数器的级数, 扩大多路选择和权电阻网络的规格, 还可提高波形的精度。

例 24 实验室用的方波发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种实验室用的方波发生器, 采用 BCD 双同步加法计数器 $2 \times CD4518$ (IC_1 、 IC_2)、6 反相器 $\frac{1}{6}CD4069$ (G_1 、 G_2 、 G_3) 构成。

电路中, $\frac{1}{6}CD4069$ 的门 G_1 、 G_2 与阻容元件构成自激多谐振荡器, 频率调节范围为 $20 \sim 200kHz$ 。振荡器的输出接至 IC_1 的 EN 端。 $CD4518$ 的 IC_1 、 IC_2 形成 4 级 10 分频电路。第一级计数器的 Q_0 输出 2 分频、理想对称频率 $10 \sim 100kHz$ 的方波; 第二级计数器的 Q_0 输出频率为 $1 \sim 10kHz$ 的方波。再经两次 10 分频, 又可获得 $100kHz \sim 1kHz$ 两种方波。这样, 用一个单刀 4 掷开关 S 选择出所需方波频率输出。

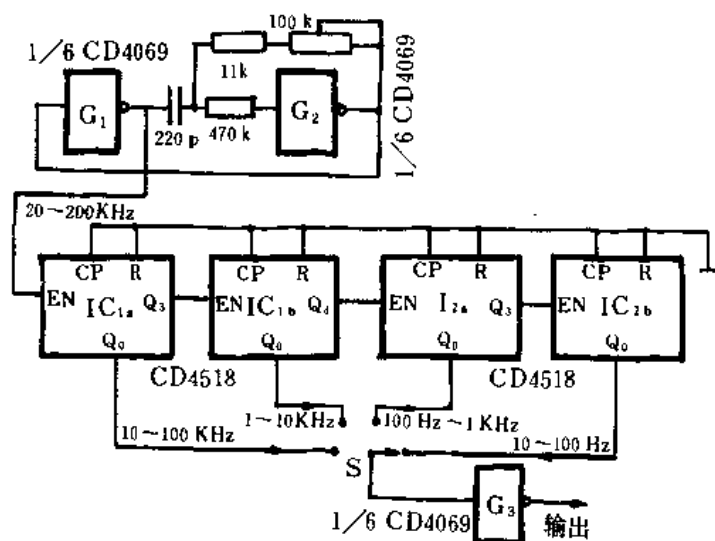


图 4-24 实验室用的方波发生器

例 25 可编程脉冲串发生器 (I)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种采用可预置数 BCD 同步 $1/N$ 计数器 $2 \times CD4522$ (IC_3 、 IC_4)、双 D 触发器 $CD4013$ (IC_1 、 IC_2)、3 输入端双“或非”门 $CD4000$ (G_3 、 G_4) 和 2 输入端 4“或非”门 $\frac{3}{4}CD4001$ (G_1 、 G_2) 构成的可编程脉冲串发生器。其中, IC_1 、 IC_2 与门 G_1 组成的是启动信号逻辑微分电路。 G_2 、 G_3 门构成 RS 触发器。 IC_3 、 IC_4 级联组成两位 BCD 码减法计数器。复位开关 S 是在开机后执行一次复位操作, 使 IC_1 、 IC_2 复位, G_2 输出高电平, 电路就进入准备状态。

当启动信号 V_i 由低电平变为高电平时, 且在时钟脉冲 CP 的作用下, IC_1 、 IC_2 置位后, G_1 输出一个宽度等于时钟脉冲的正脉冲。这个正脉冲一部分作用于 G_2 与 G_3 构成的 RS 触发器, 使 G_2 输出变为低电平, 从而解除对 G_4 的封锁, 使后面来的时钟脉冲能够通过 G_4 而输出; 另一部分作用于实现并行输入码 $P_0 \sim P_7$ 的预置, 并开始作减法计数。

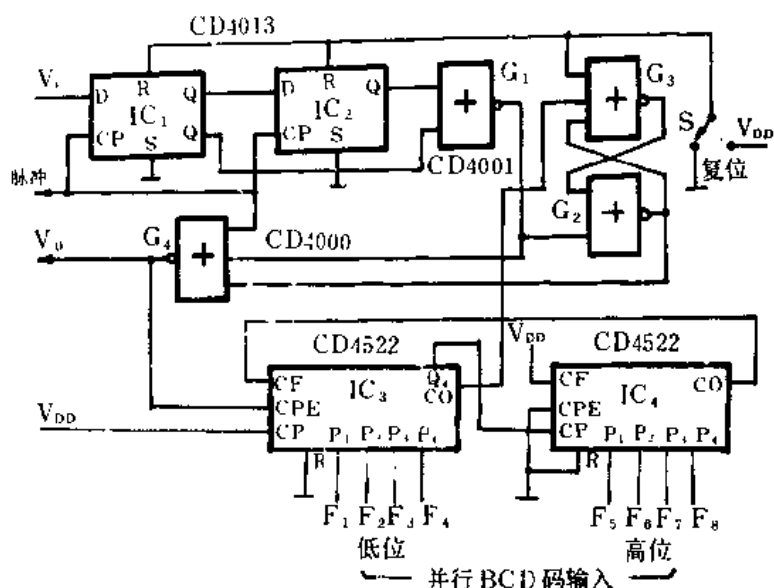


图 4-25 可编程脉冲串发生器 (1)

由于 IC_4 的全“0”端 C_0 接至 IC_3 的级联反馈端 CF 上, 因此只有 IC_3 、 IC_4 都减至零时, IC_3 的 C_0 端才输出高电平。这一高电平信号又使 G_2 输出高电平且封锁 G_4 , 于是停止脉冲输出, 实现了可编程脉冲串输出。

例 26 可编程脉冲串发生器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种可编程脉冲串发生器采用可预置 BCD 同步 1/N 计数器 $2 \times CD4526$ (IC_1 、 IC_2)、14 位二进制串行计数器/分频器 $CD4020$ (异步, IC_3) 和 3 输入端 3“或非”门 $CD4025$ 等构成。门 G_1 、 G_2 和晶振片 XT 组成晶体振荡器, 供应时钟信号。多掷开关 SB 可从 IC_3 的不同输出端 ($Q_1 \sim Q_{14}$) 选择不同分频输出, 以实现 $2^1 \sim 2^{14}$ 分频。 IC_1 、 IC_2 组成可预置 8 位二进制减法计数器。

当启动正脉冲 V_i 从 IC_1 的 PE 端输入时, IC_1 、 IC_2 可进行 8 位并行码 $P_0 \sim P_7$ 的预置。与此同时, 进行作减法计数, 并输出计数脉冲。计数到零时, IC_2 的 C_0 端输出高电平, 使 IC_2 停止计数, 进而也使 IC_1 停止在全零状态。

当 IC_2 的 C_0 端输出高电平同时关闭门 G_3 , 使输出端保持低电平。电路输出脉冲 V_o 数目就等于并行输入码 $P_7 \sim P_0$ 的数值。

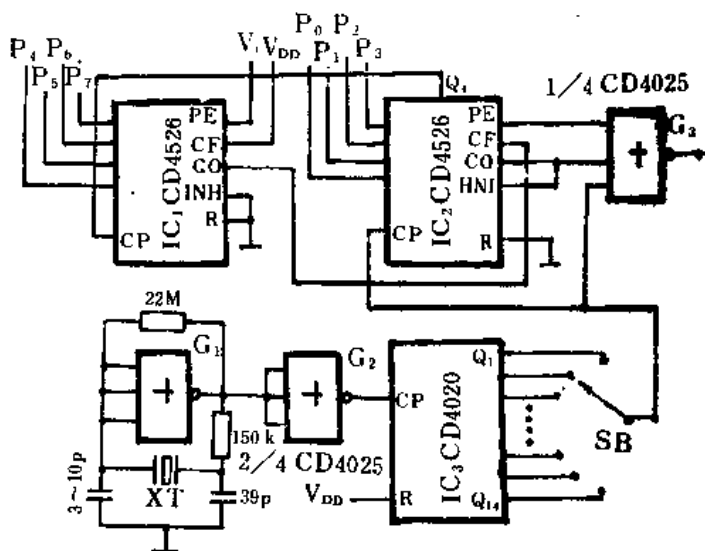


图 4-26 可编程脉冲串发生器 (2)

例 27 数字图形发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

数字图形发生器是采用 16 通道多路双向开关 CD4067 和双 4 位二进制加法计数器 $1/2$ CD4520, 以及双向开关 K_N 等构成的。

当 CD4067 的禁止端 INH 为低电平时, CD4520 在时钟脉冲 CP 作用下, 从 $Q_1 \sim Q_4$ 输出数字值。这些数字值作为 CD4067 的地址码从 ABCD 端输入。此时, 通过双向开关 K_N 置于不同的电平 (“0” 或 “1”), CD4067 便进行选通, 并输出图形信号。显然, 若把图形信号看作 16 位的 “字”, 则整个电路成为 “字” 的发生器。

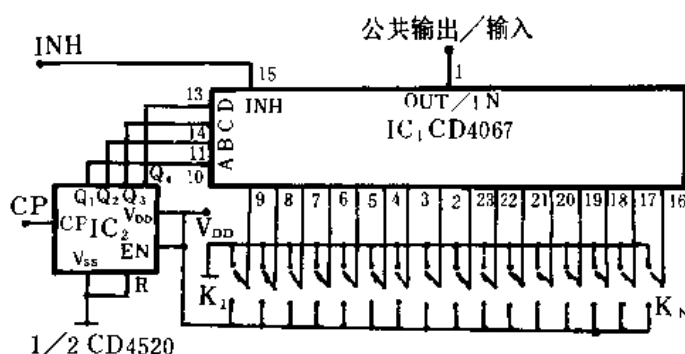


图 4-27 数字图形发生器

例 28 双极性脉冲信号发生器

一、应用电路

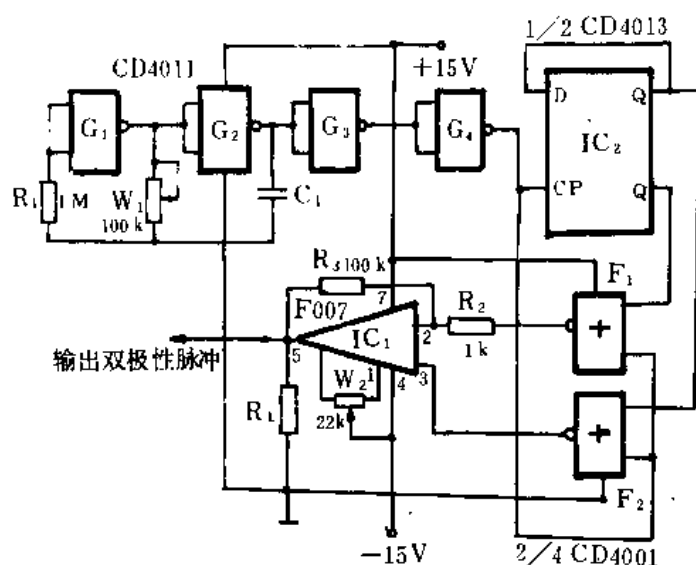


图 4-28 双极性脉冲信号发生器

二、电路结构说明

双极性脉冲信号发生器电路采用 2 输入端 4 “与非” 门 CD4011 ($G_1 \sim G_4$)、双 D 触发器 $1/2$ CD4013 (IC_2)、2 输入端 4 “或非” 门 CD4001 (F_1 、 F_2) 和运算放大器 IC_1 F007 等构成。

电路中, CD4011 的门 G_1 、 G_2 和外围元件组成双稳态多谐振荡器, 输出脉冲信号经门 G_3 、 G_4 缓冲后触发 D 触发器 IC_2 的 CP 端, 使 IC_2 的输出端 Q 、 $\bar{Q}$ 输出极性相反的脉冲信号。这两个信号与多谐振荡器输出的脉冲信号 (作基准信号) 分别输入给 IC_3 的门 F_1 、 F_2 。于是两者相加, 由门 F_1 、 F_2 输出有相位差的正脉冲信号。它们再经运算放大器 IC_1 的叠加, 输出双极性的脉冲信号。

改变电位器 W_1 的值, 可改变基准脉冲信号的频率, 进而改变双极性脉冲信号的频率。

例 29 音阶信号发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

音阶信号发生器主要由双 4 位二进制加法计数器 CD4520、时基电路 NE555、琴键开关、微调电阻等组成。其中时基电路 IC₁ (NE555) 和琴键开关、阻容元件构成可控频率多谐振荡器。IC₂ (CD4520) 担任分频器。

当 IC₂ 的控制电压端⑤脚与电阻分压网络 $r_1 \sim r_7$ 相连，而输出端③脚联结 IC₁ 内部的 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 基准参考电压点。当⑤脚外接电阻改变时，将改变其内部基准电压值，进而达到改变振荡频率之目的。于是，通过琴键开关的不同切入，IC₂ 有对应不同频率的输出。这种脉冲经 IC₂ 的③脚输入给 IC₁ 进行 4 分频，进而形成逐次降低的 8 度音阶。只要反复调整 $r_1 \sim r_7$ 的阻值，可以对输出音阶信号进行 8 个音符的校准。

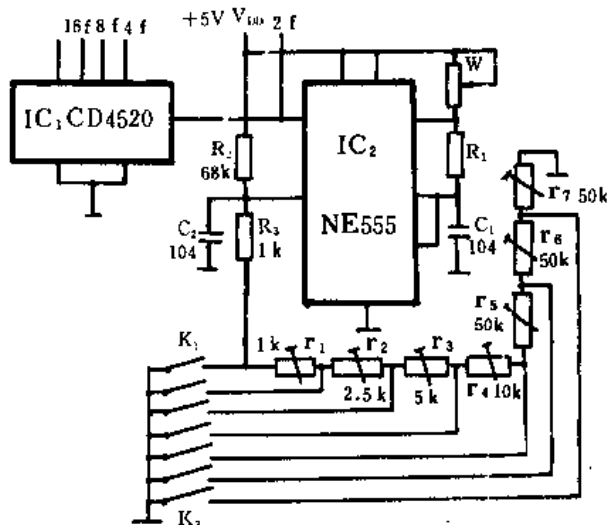


图 4-29 音阶信号发生器

例 30 传输门窄脉冲发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

图 4-30 是由传输门 $\frac{1}{4}$ CD4066、 R_2 、 R_1 、 C 等构成的窄脉冲发生器，可以用于需要窄脉冲的场合，以避免误触发。

从电路图可以分析出：在静止期，输入端 $V_i = "0"$ ， $V_c = "0"$ ，所以输出端 $V_o = "0"$ 。当 V_i 有一个上升沿时， V_c (电容 C 上的电压) 也跟着跳变，于是传输门打开， $V_o = V_i$ 。但接着电容 C 的放电， V_c 开始下降，直到降至传输门的阈值电压 V_T 时，传输门被迫关断。于是 $V_o = "0"$ 。这样输出端得到一个脉宽窄脉冲信号。 V_o 的脉宽 t_w 是由 R_1C 的值决定的。一般情况下 $t_w = 0.7RC$ 。

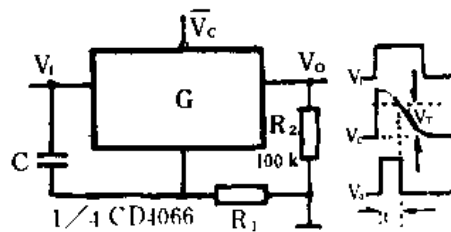


图 4-30 传输门窄脉冲发生器

例 31 低功耗伪随机序列发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

低功耗伪随机序列发生器电路，由双 4 级静态移位寄存器 IC (CD4015)、4 “异或”门 $\frac{3}{4}$ CD4070 (G_1 、 G_2)、8 输入端“或非”门 CD4078 (G_3) 构成。IC 中的两个移位寄存器串联组成 8 位右移寄存器，但只用前 5 位。IC 的第 5 位 (Q_5) 与第 3 位 (Q_3) 作为“异或”门 G_1 的输入端， G_1 的输出反馈至 IC 的 D_A 端，使 IC 构成了帧长为 31 位的伪随机序列发生器。 G_2 、

G_3 构成自启动电路, 保证电路一开机就能正常工作。

电路在外部移位脉冲 SP 的作用下, 5 个并行输出端 ($Q_1 \sim Q_5$) 中的任何一个都输出 31 位伪随机序列。由于 5 位右移寄存器共有 32 个可能的状态, 而上述电路又只能输出 31 位伪随机序列, 因此扣除 “00000” 状态, 以保证所有状态输出。也就是说, 电路处于无效状态 “00000” 时, $D_A = “1”$ 。这样电路就从 “10000” 状态起进入伪随机序列输出的新一轮正常循环。

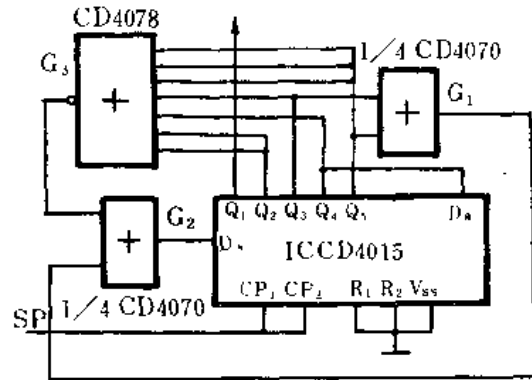


图 4-31 低功耗伪随机序列发生器

例 32 10 档信号发生器

一、应用电路

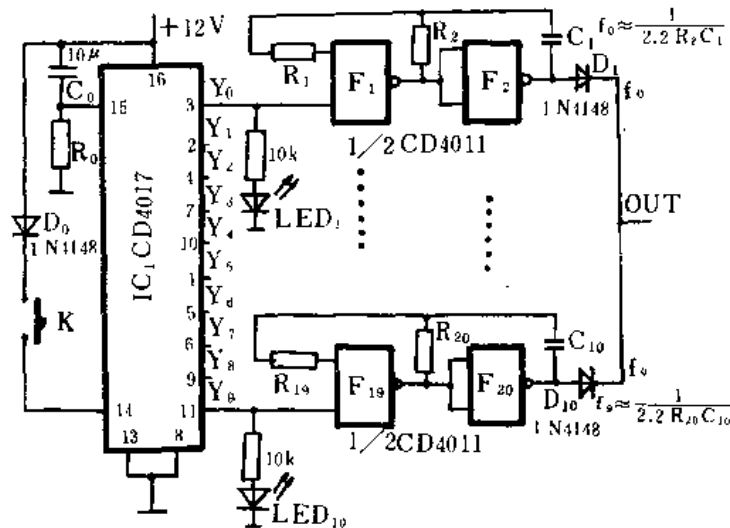


图 4-32 10 档信号发生器

二、电路结构说明

10 档信号发生器主要由十进制计数器/分配器 IC_1 (CD4017)、2 输入端 4 “与非” 门 $5 \times CD4011$ ($F_1 \sim F_{20}$) 和发光二极管等构成。

电路中 5 块 CD4011 共有 $F_1 \sim F_{20}$ 的 20 个门, 而每两个门与外围元件组成 10 组产生不同频率的振荡器。如, CD4011 的门 F_1 、 F_2 和 R_2 、 C_1 组成频率固定 ($f_0 = \frac{1}{2.2 R_2 C_1}$) 的振荡器。它在 IC_1 的 Y_0 端为高电平时开始振荡, 其输出脉冲信号经二极管 D_1 (1N4148) 至输出端 OUT 输出。

当按一下开关 K, 计数器 IC_1 则进一位, 且输出高电平。连续按开关 K, 则 IC_1 的 Y_0 、 $Y_1 \cdots Y_9$ 依次输出高电平。于是, 对应的振荡器起振, 产生各自的频率脉冲信号; 对应的发光二极管 LED 依次发光, 以指示所发出的脉冲信号。当 Y_9 为高电平后再继续按 K, IC_1 又回到 Y_0 输出高电平。

请注意, C_0 、 R_0 组成了开机时产生微分尖脉冲信号, 作用于 IC_1 的⑬脚 (复位端 R), 使计数器复零, 并开始第一组输出。

例 33 时基发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

时基发生器电路由 12 级二进制计数器 $CD4040B$ 和 8 个输入端“与非”门 $CD4068$ 、反相器 $1/6 CD4069$ 构成的。它每分钟可输出一个脉冲。

电路采用交流市电经电阻 R ($2M\Omega$) 降压, 以频率 $50Hz$ 的标准正弦波输入 $CD4040$ 的 C 端。 $CD4040B$ 从

Q_4 、 Q_5 、 Q_6 、 Q_8 、 Q_9 、 Q_{10} 、 Q_{12} 作 3000 分频输出。而 $CD4068$ 作计数器译码输出, 产生一个单一的输出脉冲, 同时反馈至计数器的复位 R 端, 进行清零。于是, 时基电路以频率 $f = \frac{50}{3000} = \frac{1}{60}$ 、周期 $T = 60s$ 输出一个脉冲。

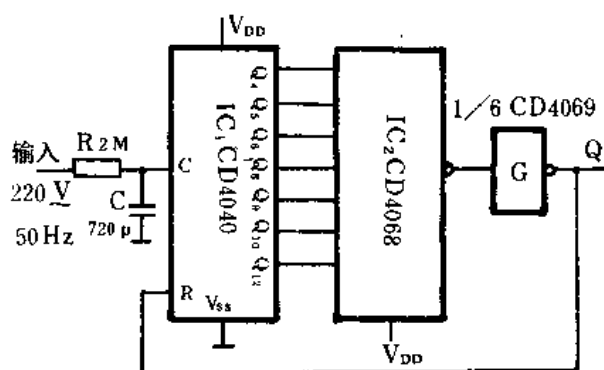


图 4-33 时基发生电路

例 34 电话铃声发生器

一、应用电路

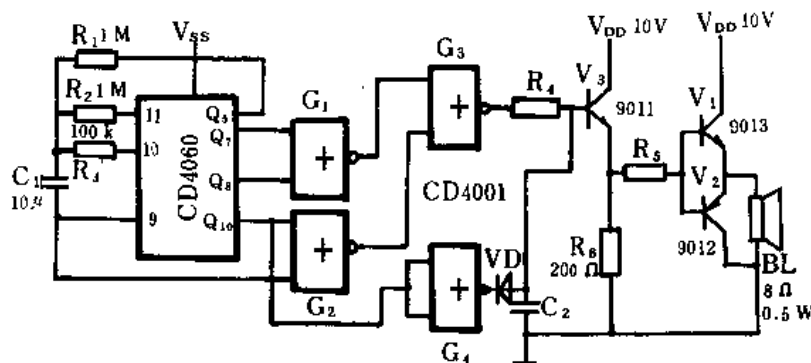


图 4-34 电话铃声发生器

二、电路结构说明

用 $CD4060$ 外接 RC 作振荡器和分频器, $G_1 \sim G_4$ $CD4001$ 作译码选通, 两者构成电话铃声发生器。改变电路中电阻 R_1 的值可以达到调整铃声的颤声效果。

例 35 间隔多相时钟发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

本发生器为由 7 级 2 进制串行计数/分频器 $CD4024$ 和 8 位可寻址锁存器电路 $CD4099$ 等构成的间隔多相时钟发生器。

图 4-35 中, 时钟脉冲 CP 的下跳沿使 CD4024 计数, 输出数据作为 CD4099 的地址码。在 CP 的作用下, CD4024 依次输出 000、001、010……, 而 CD4099 的输出端 Q_0 、 Q_1 ……, 也使相应地输出间隔多相的时钟脉冲。其脉冲宽度为输入时钟 CP 的高电平脉宽, 且每相时钟脉冲与相邻脉冲均有一个相同的间隔。此间隔等于 CP 脉冲低电平的脉宽。

图 4-35 中 CD4099 的复位端接 V_{DD} , 而写允许控制端 WD 接 GND。

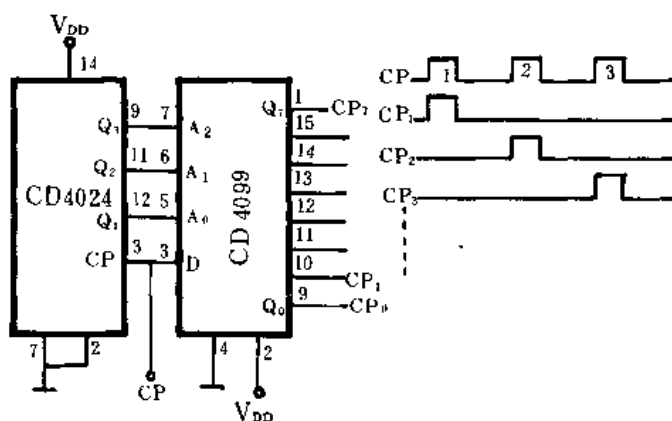


图 4-35 间隔多相时钟发生器

例 36 外同步时钟脉冲发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

图 4-36 是外同步时钟脉冲发生器。电路中, 晶体管 VT 接成电流源, 并与单结晶体管 V 构成“张弛振荡器”。此振荡器输出频率取决于 VT 的集电极电流 (I_C)。“与非”门 G_2 、 G_3 ($\frac{1}{2}$ CD4011) 构成 R-S 触发器, 其输出端 A 与外同步信号同时加至半波相位检波器 G_1 ($\frac{1}{4}$ CD4011)。 G_4 输出信号经低通滤波器变换成直流信号去控制 VT 的集电极电流 (I_C), 进而控制压控振荡器的频率。当压控振荡器的频率和同步输入信号频率一致, 而相位差为 90° 时, 输出的信号频率则保持不变。

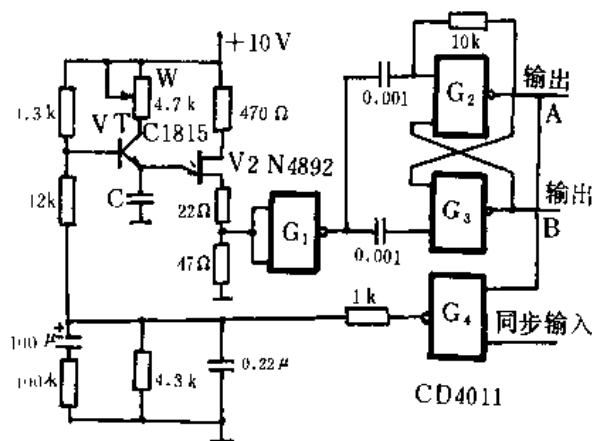


图 4-36 外同步时钟脉冲发生器

例 37 高精度脉冲发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

双互补对加反相器 CD4007 的 3 个门 I、II、III 与外接压电晶体、可变电容 C_1 、 C_2 、 C_3 构成高精度脉冲发生器。

电路中 C_1 、 C_2 、 C_3 是等值 3 连可变电容器, 改变其容量, 可改变振荡频率, 且频率误差约为 0.05%, 上升和下降时间小于 35ns。

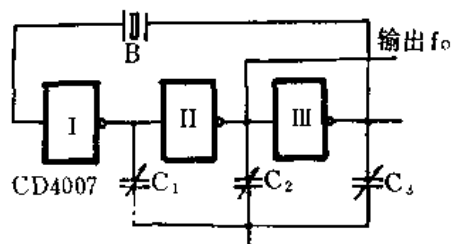


图 4-37 高精度脉冲发生器

当电源 10V 时, 且电压在 $\pm 50\%$ 变化, 电路输出脉冲频率变化小于 0.02% 。在电源电压 10V, 输出频率为 1MHz, 电路平均功耗为 10mw。当温度从 -50°C 变到 $+70^{\circ}\text{C}$ 时, 电路输出频率变化小于 0.0015% , 由此可见, 电路输出脉冲的精度很高。

例 38 阶梯波发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

阶梯波发生器电路由双单稳触发器 $\frac{1}{2}\text{CD4528}$ 、2 输入端 4 “与非” 门 $\frac{1}{4}\text{CD4011}$ 、运算放大 μA741 、以及阻容元件等构成。其中, $\frac{1}{4}\text{CD4011}$ 的 2 个门 (G_1 、 G_2) 和阻容元件组成单音发生器, 其输出脉冲为矩形方波 (含有丰富的谐波)。

利用 CD4528 的一个单稳触发器, 并使其一 TR 端和 $\bar{Q}$ 端相联接, 形成脉冲上升沿触发/不可重复单稳触发器。调节单音发生器的 R_3 或 R_2 使输出脉冲频率在 $40 \sim 16000\text{Hz}$ 之间。这脉冲被送入 CD4528 的 +TR 端, 使触发器工作, 于是两者在运放 μA741 内叠加产生阶梯波输出。调节电位器 R_3 可以控制输出阶梯波的数目; 调节电位器 R_4 , 可以控制输出音调 (频率); 改变 C_1 或 C_2 可能有其它效果。

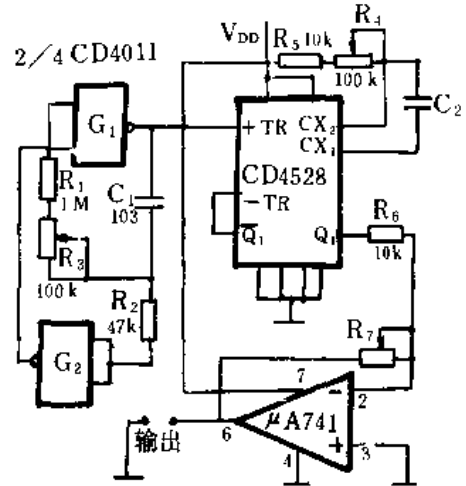


图 4-38 阶梯波发生器

例 39 8 度 5 响发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

8 度 5 响发生器电路采用时基电路 NE555 (IC_1)、双 D 触发器 $2 \times \text{CD4013}$ (IC_2 、 IC_3) 等构成。

IC_1 与周围元器件组成振荡器, 产生矩形信号, 并从③脚输出。这一矩形信号被送往 IC_2 、 IC_3 组成的二分频电路。于是, IC_1 、 IC_2 、 IC_3 的输出端输出频率为 F 、 $F/2$ 、 $F/4$ 、 $F/8$ 、 $F/16$ 的信号, 其中 F 为时基电路 IC_1 (NE555) 输出的矩形脉冲信号的频率。所分出频率中相邻的频率相差 1 个倍频程 (8 度)。输出端则对应有 5 种频率的输出。

电位器 $R_4 \sim R_8$ 决定输出信号的电平。 R_{10} 是总音量控制电位器, 它对 5 个输出信号均能影响。电位器 R_3 调节主频 (F) 信号的音调。显然, 若用系列选择开关代替 $R_4 \sim R_8$ 的电位器, 实际上可起键盘作用, 实现 5 种音响的不同组成。

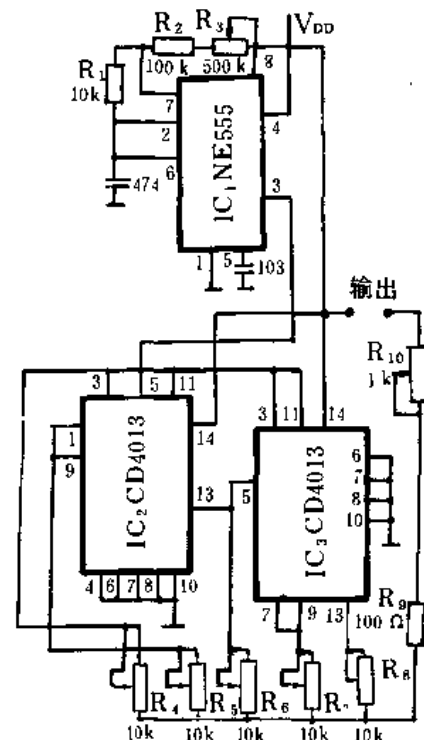


图 4-39 8 度 5 响发生器

例 40 三角波发生电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这种三角波发生电路，采用双 4 位二进制加法计数器 $\frac{1}{2}$ CD4520 和 4 “异或”门 $\frac{3}{4}$ CD4030，以及 R_1 、 R_2 、 R_3 电阻组合构成。它输出的三角波是带有阶梯形。

当 CD4520 在时钟 CP 作用下，反复进行可逆计数，并由 $Q_1 \sim Q_4$ 输出“1”和“0”电平。CD4520 输出分别经“异或”门和电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 ，可得到与 V_{DD} 成比例的电压信号。若电阻 $R_1 : R_2 : R_3 = 4 : 2 : 1$ ，那么输出将是梯形状的三角波。若 R_1 、 R_2 、 R_3 之间比值与上述比值有改变，那么输出得到的是正弦波或其它形状的波形信号。

当然，若增加计数器位数，三角波形将会更良好。若电路输出端加接积分电路，输出的将是比较平滑的三角波。

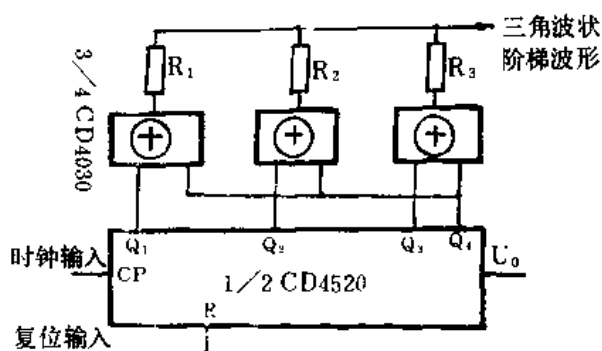


图 4-40 三角波发生电路

例 41 多信号发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种多信号发生器由 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 与阻容、二极管等元器件构成。它可以产生方波、三角波和正弦波信号。

CD4011 的门 G_1 和 C 、 R_1 、 R_2 、 D_1 、 D_2 、 W_1 组成积分电路。门 G_2 、 G_3 串接，并通过 R_3 把输入端与输出端相接，形成阈值检测电路。

当 G_1 输出由高电位向低电位变化时， G_3 的输出也随着变为低电平。 G_1 输出由低电位向高电位变化时， G_3 的输出变回到高电平。这样， G_3 输出的是方波信号， G_1 输出的是三角波信号。

G_1 输出的三角波信号一部分加至 G_4 。当 G_1 输出由低电位向高电位变化，且打开 G_4 时， G_4 输出低电位，且不再跟踪输入波形。当 G_1 输出由高电位向低电位变化，且无法打开 G_4 时， G_4 输出高电位，且不再跟踪输入波形。这样， G_4 输出在最大值与最小值附近为平顶的三角波，即近似正弦波。

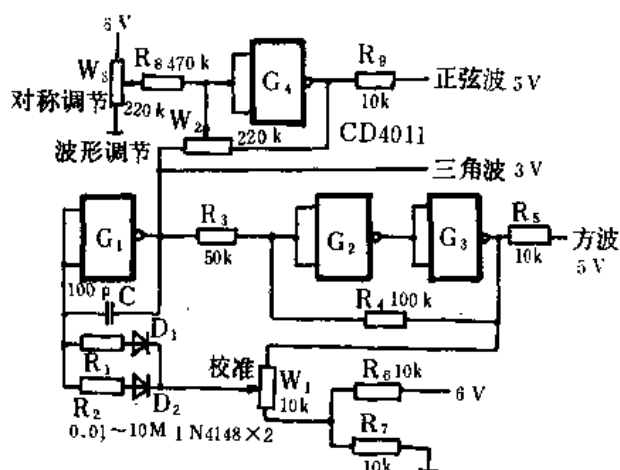


图 4-41 多信号发生器

例 42 12 阶梯波发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

采用 T 型电阻网络、双 4 位二进制加法计数器 CD4520、运算放大器 A_1 、 A_2 (CH3130) 等组成 12 阶梯波发生器。图 4-42 (a) 是 12 阶梯波发生器电路图, 图 4-42 (b) 是 T 型电阻网络图。

从图 4-42 (b) 可知, 当开关 $K_1 \sim K_4$ 打向 M 位置时, 数码为“1”; 打向 N 位置时, 数码为“0”。于是有:

$$V_0 = \frac{E}{2} \left(\frac{K_1}{8} + \frac{K_2}{4} + \frac{K_3}{2} + \frac{K_4}{1} \right) \quad (E \text{ 为外加参考电压值})$$

显然, 当 $K_4 \sim K_1$ 的数码为“0001”时, $V_0 = \frac{E}{16}$; 当 $K_4 \sim K_1$ 的数码为“1111”时, $V_0 = \frac{15}{16}E$ 。结论是: 随着码的数值增加, V_0 逐级提高, 且每级为 $\frac{E}{16}$ 。

当用计数器的输出端 $Q_1 \sim Q_4$ 直接与 T 型电阻网络中 $K_1 \sim K_4$ 个引脚连接时, 以计数器的输出码“1”与“0”来代替开关 $K_1 \sim K_4$ 接 M 与 N 位置。T 型电阻网络输出 V_0 接运放 A_1 , 以组成跟随器。由于 A_1 输入阻抗高, 输出阻抗低, 能起隔离负载的作用。 A_2 是作为一个基准可调电压比较器附加上去的。若 A_2 不用, 电路产生固定的 16 阶梯波; 加上 A_2 后, 电路能随时将阶梯输出与电位器 W 的电压进行比较。一旦阶梯电压超过设定值, A_2 输出上跳, 使计数器复位。

必须指出: T 型电阻网络中的各个电阻 R, 应用精密电阻, 且取值 $50k\Omega$ 。倘若阻值取得太小的话, 计数器输出幅度将下降; 若 R 阻值取得太大, 将会增加充放电时间, 使计数器输出沿变斜。电路中参考电压 E, 是按一级阶梯的高度而选定的。比如, 要求每级阶梯为 $0.3V$, 那么 E 应取 $4.8V$ 。但是, E 最大值不得超过电源电压值。

例 43 3 种不同频率发生电路

一、应用电路

二、电路结构说明

同一个输入脉冲信号能够输出 3 种不同频率的分频电路, 主要由双单稳态 CD4528 和 2 个 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 构成。

当触发信号从一组 CD4528 单稳态电路的触发输入端输入时, CD4528 便处于重复触发状态。它的输出端便有信号输出。这一组所设定的高频段下限由电阻 R_1 ($10k$)、电容 C_1 (103) 决定的。CD4528 的另一组单稳态电路所设定的低频段上限由电阻 R_2 ($100k$)、电容 C_2

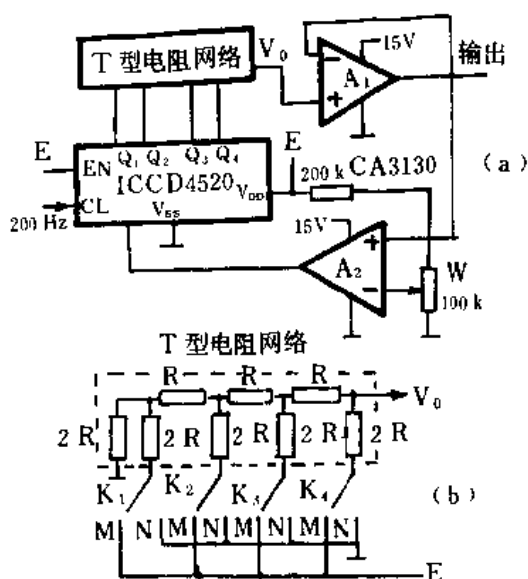


图 4-42 12 阶梯波发生器

(104) 决定的。方波信号 f_i 输入时, 由下降沿触发电路— TR_1 端, 从 Q_1 端输出脉冲。它将 f_i 选通到 CD4011 的“与非”门 G_1 。 f_i 经二级反相后从 f_H 端输出。这是一路分频。

当 f_i 低于设定值的 $\frac{1}{2}$ 时, f_H 端输出低电平, 于是信号转而下下降沿触发另一组单稳电路— TR_2 端, Q_2 端输出高电平, 中频信号从 f_M 端输出。这是二路分频。

当 f_i 低于所设定值 f_L 的 $\frac{1}{2}$ 时, f_i 被选通至 f_L 端输出。这是 3 路分频。

必须指出: 电路要求每一路频差至少为 2 倍, 即 $f_H > 20\text{kHz}$, $f_M = 250\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$, $f_L < 125\text{Hz}$ 。两组单稳脉冲宽度分别设定为 $50\mu\text{s}$ 和 4ms 。

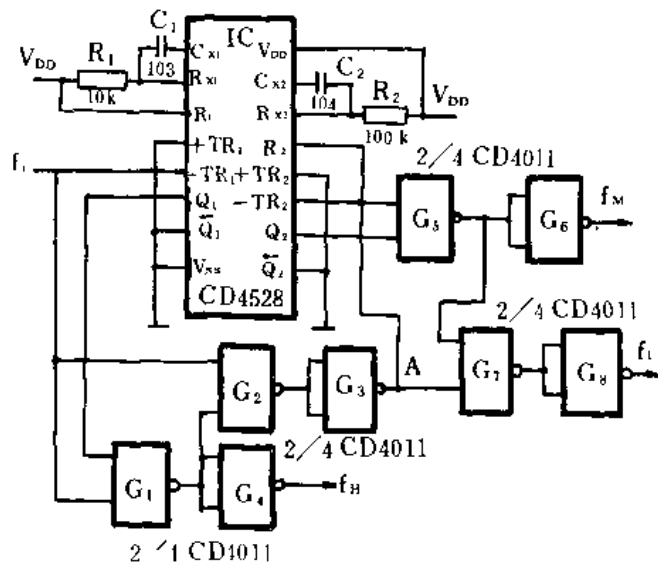


图 4-43 3 种不同频率发生电路

例 44 秒信号发生器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种秒信号发生器, 采用 14 级二进制串行计数器/分频器 CD4060 与外围阻容元件构成。它由 CD4060 与 C ($0.1\mu\text{F}$)、 R ($200\text{k}\Omega$)、 R' ($56\text{k}\Omega$) 组成振荡器, 产生秒脉冲方波从⑨脚 (Q_9) 输出。电阻 R' 是用来作输出调节的。

这种秒信号发生器适用精度要求不高的场合。

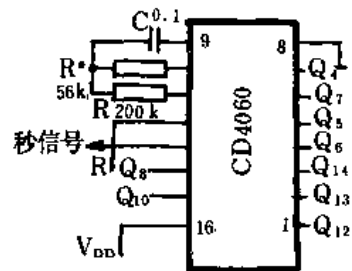


图 4-44 秒信号发生器 (1)

例 45 秒信号发生器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种秒信号发生器, 采用 14 级二进制串行计数器/分频器 CD4060、反相器 $\frac{1}{6}\text{CD}4069$ 、双 D 触发器 CD4013 和阻容元件、压电晶片等构成。

电路中, CD4060 接成 2^{14} 分频, 即 32768Hz 经 2^{14} 分频为 2 秒 (s), 再经 CD4013 接成 2 分频, 两者共同组成 2^{15} 分频, 产生秒基准信号。

这种秒信号输出精度高、稳定性好。

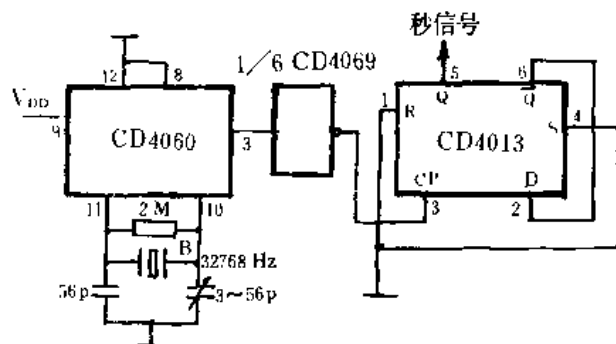


图 4-45 秒信号发生器 (2)

例 46 秒信号发生器 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种采用 7 级二进制串行计数器/除法器 CD4024、双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013, 6 施密特触发器 CD40106 及阻容等元件构成的秒信号发生器。

电路由 $\frac{1}{6}$ CD40106 与晶振 B 组成 32768Hz 振荡器。CD4013 接成 2 分频和 CD4024 接成 2^{14} 分频, 共计为 2^{15} 分频。32768Hz 振荡器经 CD4013、CD4024 的 2^{15} 分频后得到秒基准信号。这种秒信号发生器精度高、稳定性也好。

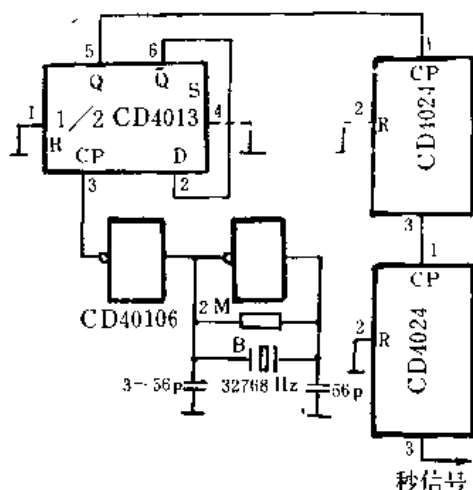


图 4-46 秒信号发生器 (3)

例 47 秒信号发生器 (4)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种秒信号发生器, 是由 14 级二进制串行计数器/分频器 CD4060、BCD 同步加法计数器 C180、晶振片和阻容元件组成。电路中, CD4060 的一部分作为 14 级分频器, 另一部分作为振荡器与外接晶振片、电阻 (1M)、微调电容 (5~20p)、电容 (22p) 构成 32768Hz 的振荡源。

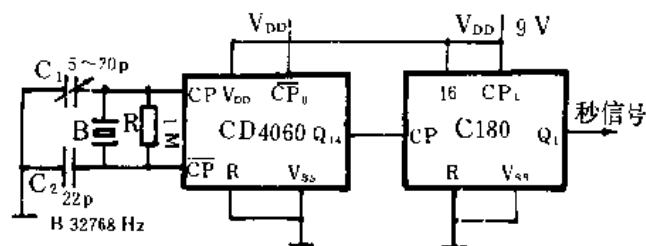


图 4-47 秒信号发生器 (4)

振荡器输出经 14 级分频后, 在 Q_{14} 端得到 2Hz 脉冲; 此脉冲再经 C180 构成的 2 分频, 在 Q_1 端得到秒基准脉冲输出。

例 48 秒信号发生器 (5)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路由 2 输入端 4 “与非”门 CD4011、2 输入端 4 “或非”门 $\frac{1}{4}$ CD4001、双 BCD 同步加法计数器 $3 \times$ CD4518, 以及阻容元件、波段开关等构成。其中, CD4011 的门 I 和 1MHz 的晶振片、电容等构成产生 1MHz 的脉冲信号振荡器。门 II 与门 IV 构成 RS 触发器。它与门 V ($\frac{1}{4}$ CD4001) 组成秒信号的门控开关。

振荡器输出的 1MHz 脉冲信号, 经门 I 反相后, 送往由 CD4518 构成的多级计数器进行分频。每级进行 10 分频, 于是 6 级分频后输出 1Hz 的秒信号。

当开关 K_3 置“开”档时, RS 触发器的 S' (即 Q) 端为高电平, 使门 IV 打开, 允许秒信号输出。 K_3 置“关”时, S (即 Q) 端呈低电平, 则门 IV 关闭, 禁止秒信号输出。

K_2 开关置“走时”档时, 输出秒信号; 置“校准”位置时, 输出校准信号。若电路输出

的 2 个门构成单脉冲发生器；另 2 个门组成时钟脉冲信号产生器，为触发器提供时钟 CP。

D 触发器在时钟脉冲上升沿触发时刻，把 D_1 端状态锁存到 Q_1 端。这样，在某一时刻 (t_1)，开关 K 断开，则 D_1 得到高电平， Q_1 与 CP 端是同步的正宽脉冲，而 Q_2 端得到的是比 Q_1 延迟了一个时钟周期的负向脉冲。最后，从 CD4011 “与非”门 G_4 输出的是 1 个单向脉冲 ($F = \overline{Q_1 Q_2} = \overline{Q_1} + \overline{Q_2}$)。

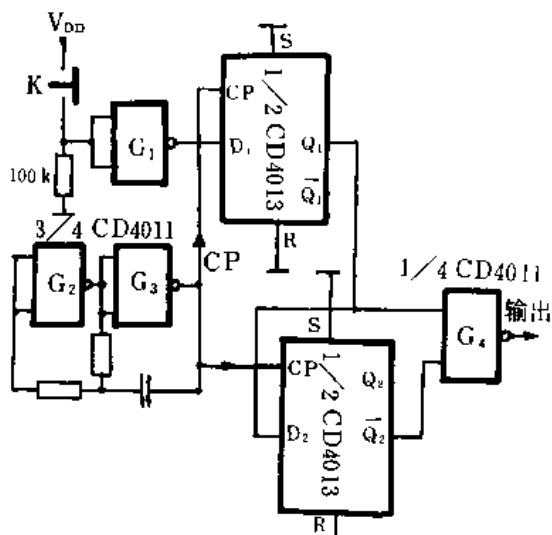


图 4-50 单脉冲发生器 (2)

例 51 单脉冲发生器 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种单脉冲发生器由双 D 触发器 CD4013 (FF_1 、 FF_2)，6 反相器 $1/6$ CD4069 ($G_1 \sim G_4$)，2 输入端 4 “与非”门 $1/4$ CD4011 (G_5) 等构成。其中，CD4069 的门 G_1 、 G_2 、 G_3 和阻容元件组成环形振荡器，输出时钟脉冲 CP。调节阻容元件 C、R，能改变振荡频率， R_p 起微调频率的作用。

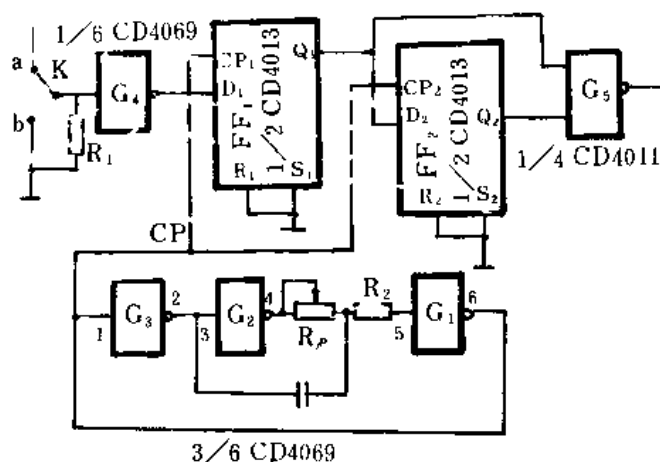


图 4-51 单脉冲发生器 (3)

在 t_1 时刻，把开关 K 从 a (V_{DD}) 扳向 b (GND)，门 G_4 ($1/6$ CD4069) 的输入端跳向低电平，其输出为高电平，使触发器 FF_1 的 D_1 端为高电平。于是 FF_1 的 Q_1 端得到与 CP 同步的正向脉冲，即 Q_1 跳变为高电平。而在 FF_2 的 Q_2 端得到比 Q_1 延迟一个时钟周期的正向脉冲。

由于 Q_1 和 Q_2 的输出，经 $1/4$ CD4011 的门 G_5 相加，在输出端得到单脉冲 V_0 。

而在 t_2 时刻，将开关 K 从 b 扳向 a，经门 G_4 反相，给 FF_1 的 D_1 端以低电平（负跳变）。于是， FF_1 和 FF_2 均保持原状态， V_0 也保持原状态，即输出单脉冲。

例 52 双相脉冲发生器 (1)

一、应用电路

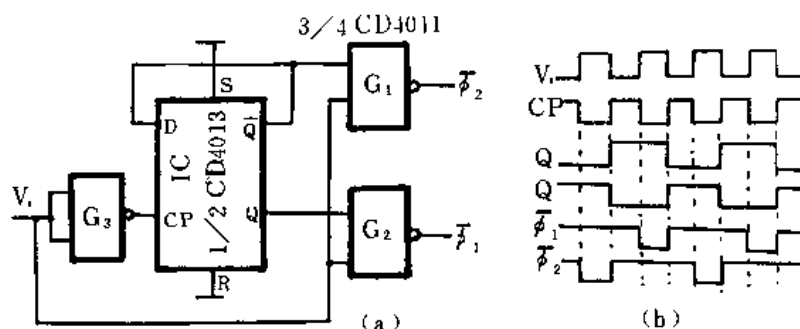


图 1-52 双相脉冲发生器电路 (1)

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 IC ($1/2$ CD4013) 和二输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_3$ ($3/4$ CD4011) 等构成的双相脉冲发生电路。

在数字装置中,有时要求双相脉冲相位相差 180° ,而且要求相邻沿亦要有时间上延迟,这样可避免出现竞争现象。

电路中, V_i 输入正脉冲,而 G_3 输出负脉冲,其负脉冲上升沿触发 D 触发器的 CP 端,则 Q 输出正脉冲,而 $\bar{Q}$ 输出负脉冲。设初始状态为 Q 输出低电平而 $\bar{Q}$ 输出高电平。当 V_i 输入第一个脉冲上升沿时,一方面门 G_2 输入端均为高电平, G_1 输出负脉冲,波形如图 4-52 (b) 中 $\bar{\phi}_2$; 另一方面 Q 端为高电平,则门 G_2 被打开,这时第二个脉冲来时,其上升沿使门 G_2 输出负脉冲,波形如图 2-52 (b) $\bar{\phi}_1$ 。当 V_i 不断输入时,即实现了一路时钟输入信号 V_i 变成两路双相输出信号 $\bar{\phi}_1$ 和 $\bar{\phi}_2$ 。且相位差 180° 。

例 53 双相脉冲发生器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 IC_1 、 IC_2 (CD4013) 构成的双相脉冲发生器电路。

电路图中,双 D 触发器交叉连接,外加正脉冲触发信号 V_i ,同时加至两个触发器的 CP 端上。设初始状态 Q_1 、 Q_2 端为低电平,则 $\bar{Q}_1$ 、 $\bar{Q}_2$ 端为高电平。当第一个 CP 脉冲来到时, Q_2 为高电平, Q_1 仍为低电平,此时 D_1 、 D_2 均为高电平。当第二个 CP 脉冲来到时, Q_1 、 Q_2 端同时输出高电平,而 $\bar{Q}_1$ 为低电平。当第三个 CP 脉冲来到时, Q_2 端为低电平, Q_1 仍为高电平。当第四个 CP 脉冲来到时,2 个 D 触发器均复位, Q_1 、 Q_2 均低电平,电路回复到初始态,输出脉冲宽度为输入脉冲周期的 2 倍。即

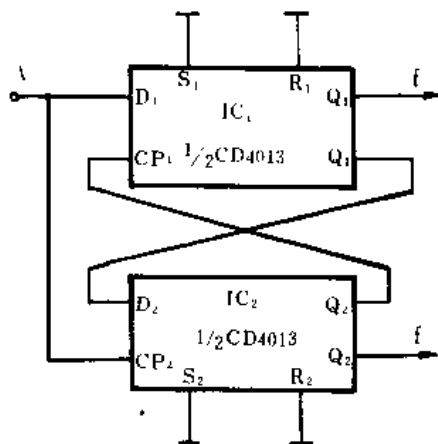


图 1-53 双相脉冲发生器电路 (2)

实现了一路输入 V_i 脉冲转变成两路异相脉冲输出。

例 54 双相脉冲发生器 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

由 6 反相器 CD4069、J-K 触发器 CD4027、2 输入端 4 “或非”门 $\frac{1}{4}$ CD4001, 以及阻容元件构成可驱动 PMOS 器件的双相脉冲发生电路 (时钟电路)。门 G_1 、 G_2 、 G_3 和电阻电容元件构成无稳态多谐振荡器。回路中, 电容支路产生正反馈, 电阻支路产生负反馈, 振荡信号频率为 1MHz。电位器 R_1 调节振荡信号频率; 电位器 R_2 调节输出脉冲宽度。但 R_1 、 R_2 必须同时调节, 才能获得所需输出脉冲的频率与宽度。

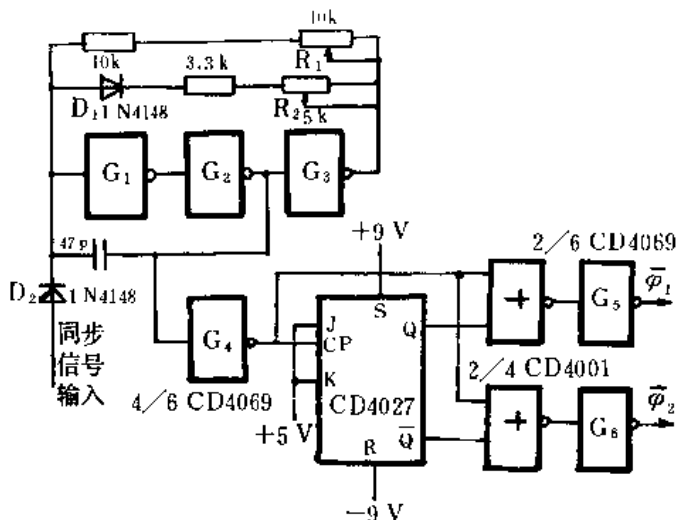


图 4-54 双相脉冲发生器电路 (3)

振荡脉冲信号经 J-K 触发器 CD4027 进行二频分, 由其输出端 Q 与 $\bar{Q}$ 得到相互反相的两个方波信号, 频率为 500kHz。这两个信号经“或非”门叠加后, 最后得到相位差为 180° 的二相负脉冲输出信号 $\bar{\phi}_1$ 和 $\bar{\phi}_2$, 即双相时钟信号。

电路中, CMOS 集成电路使用 +5V、-9V 直流电源供电。CMOS 器件中不使用的输入端应接在 -9V 极性上。

例 55 双相脉冲发生器 (4)

一、应用电路

二、电路结构说明

双相脉冲发生电路是由双 D 触发器 CD4013、2 输入端 4 “或非”门 CD4001、二极管 D_1 、 D_2 和阻容元件构成的。其中 CD4013 和 RC 元件组成可控自激多谐振荡器。

当控制端 V_i 为高电平时, 振荡器的 Q_1 、 Q_2 输出均为低电平。 V_i 为低电平时, FF_1 的 D 触发器被触发, Q_1 变为高电平。这一高电平经 R_1 对 C_1 充电, 且使 C_1 电压上升至 FF_1 复位。于是有 $Q_1 = "0"$ 、 $\bar{Q}_1 = "1"$; $\bar{Q}_1$ 触发 FF_2 的 D 触发器 CP_2 端, 使 Q_2 变为低电平。此时, Q_2 的下降沿经“或非”门 CD4001 后变为上升沿再次触发 FF_1 。整个电路形成正反馈, 产生了自激振荡, Q_1 与 Q_2 又回

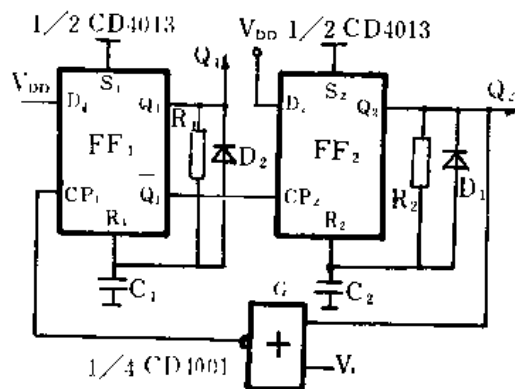


图 4-55 双相脉冲发生器电路 (4)

到低电平。FF₁、FF₂ 振荡输出 Q₁ 与 Q₂ 具有互补特征，形成双相脉冲发生器。

电路中加入 D₁、D₂，是为了使电容加速放电而采用的。这样振荡器置位或复位时间缩短。

例 56 双相脉冲发生器 (5)

一、应用电路

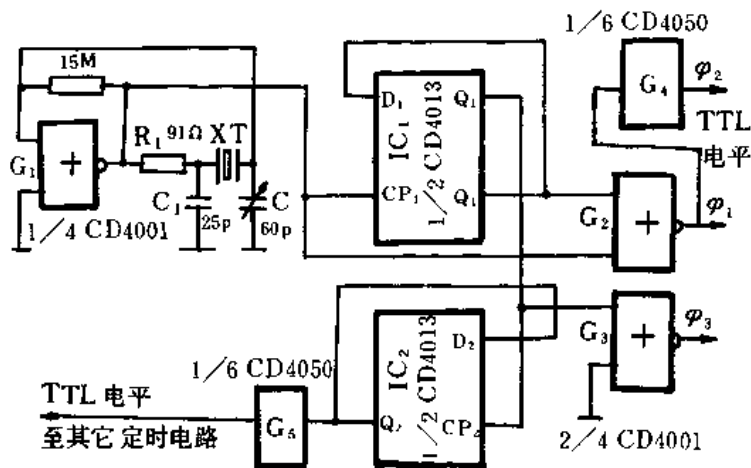


图 4-56 双相脉冲发生器 (5)

二、电路结构说明

这种双相脉冲发生电路是由 2 输入端 4 “或非”门 CD4001、双 D 触发器 CD4013、6 同相缓冲转换器 CD4050，以及阻容等元件构成。其中，1/4 CD4001 的门 G₁ 和晶振片 XT，以及 I 型移相网络组成晶体振荡器，振荡信号频率 F₀ 为所需时钟频率的两倍。

晶体振荡器的振荡信号频率为 F。它经 IC₁ 分频为 F₀/2 的信号从 Q₁ 输出；再经“或非”门 G₂ 输出 φ₁。最后经 G₄ 缓冲输出 φ₂。同理，“或非”门 G₃ 输出 φ₃。φ₃ 与 φ₂ 反相，且 φ₃ 比 φ₂ 适当延时，以免两者重叠。

D 触发器 IC₂ 对时钟信号再进行 2 分频，产生 F₀/4 信号，由 IC₂ 的 Q₂ 输出，再经 G₅ 缓冲作用，可用于其它定时电路。

这种双相时钟电路，很适合于微机 8080 使用。电路中 CD4001 与 CD4013 的电源取 12~13V，电源取 +5V，输出 TTL 电平以满足系统其它电路的电平要求。

例 57 双相脉冲发生器 (6)

一、应用电路

二、电路结构说明

由 2 输入端 4 “或非”门 CD4001 和阻容元件构成了双相脉冲发生电路，即互补时钟发生器。电路中，CD4001 的门 G₁、G₂ 组成无稳态多谐振荡器，门 G₃、G₄ 组成 R-S 触发器。

由于无稳态多谐振荡器中的时间常数 RC 元件受二极管 D₁ 的隔离，电容 C

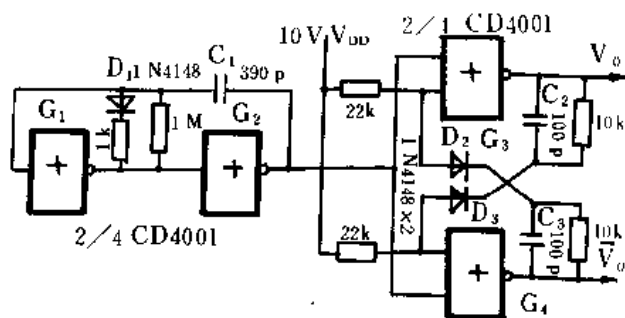


图 4-57 双相脉冲发生器 (6)

的充、放电时间有很大差别,因此影响到 G_2 输出。 G_2 输出很窄的正脉冲,作为 RS 触发器的触发信号。在脉冲每一次触发下,RS 输出状态就翻转一次,于是对振荡器输出信号进行 2 分频,且保证了这两个分频输出时钟脉冲占空比为 50% 的互补的双相脉冲。

例 58 互补尖脉冲发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

用 4 “异或”门 CD4030 可以构成产生正、负(互补)尖脉冲输出电路。其输出的脉冲对应于时钟脉冲的前、后沿。它比常用的单稳态多谐振荡器或微分电路更可靠、更经济。

CD4030 中有 4 个“异或”门 G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 。其中 G_1 用作反相器,将输入的 V_{in} 信号反相,并延迟约 10~30ns。然后,输入信号 V_{in} 与 G_1 输出信号一起加至 G_4 。 G_4 的输出在脉冲改变状态瞬时以外均处于高电平,因此其输出是具有高电平基线的负脉冲 (V_{o2})。

然而, G_2 对 G_1 输出进行反相。 G_2 的输出除有一定延迟外,其信号与输入信号相同。 G_3 的两个输入信号除在时钟脉冲改变状态瞬间以外也是相同的,所以 G_3 输出是具有低电平基线的正脉冲 (V_{o1})。

互补尖脉冲发生电路,在数字系统中可用作同步和定时。

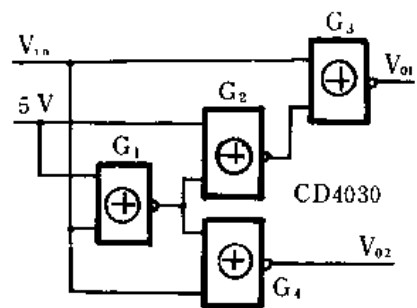


图 4-58 互补尖脉冲发生电路

例 59 三相时钟发生器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

由 4 级并入/并出移位寄存器 IC (CD4035)、6 反相器 $\frac{2}{6}$ CD4069 (G_1 、 G_2) 等构成了产生三相时钟电路。

从 CD4035 的 Q_3 取出信号,经 G_1 反相后加至 J、K,使 CD4035 的前三级构成一个具有 6 分频功能的约翰逊计数器。

用 Q_4 输出作为⑦脚 (P/S) 的控制信号。于是,当 Q_4 输出高电平时,在外加基准时钟 f_i 作用下,CD4035 执行并行预置功能;而当 Q_4 为低电平时,CD4035 在 f_i 作用下执行右移操作。于是,其输出端 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 状态转换为:0000→1000→1110→0111→0010→0001 从 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 输出的 3 相脉冲信号,其相位差为 120° ,周期是基准时钟周期的 6 倍。

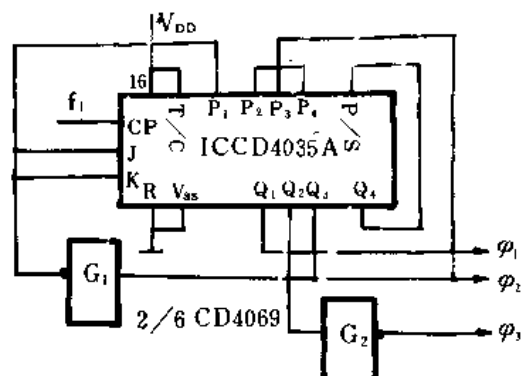


图 4-59 三相时钟电路 (1)

例 60 三相时钟发生器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由十进制计数器/分配器 CD4017 等构成的三相信号发生器。CD4017 的 CP 端输入标准 300Hz 脉冲信号, $Q_0 \sim Q_5$ 依次输出高电平, 计数到 Q_6 时, 复位端 $R = "1"$, CD4017 复零, 计数从 Q_0 开始, $R_1 \sim R_3$ 、 $D_1 \sim D_3$ 组成 3 个 3 输入端“或门”, 分别取出 50Hz 两两相位差 120° 的三相方波信号, 即从 A、B、C 3 点可得 3 相 50Hz、相差 120° 的信号。

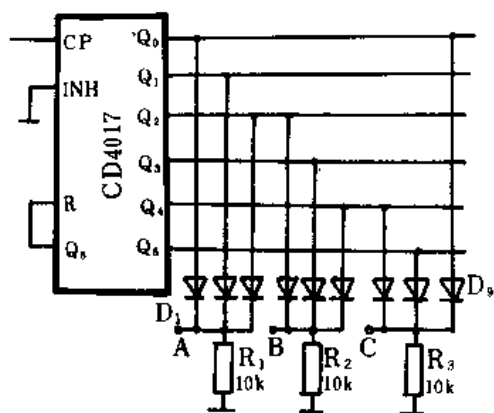


图 4-60 三相时钟发生器电路 (2)

例 61 三相时钟发生器 (3)

一、应用电路

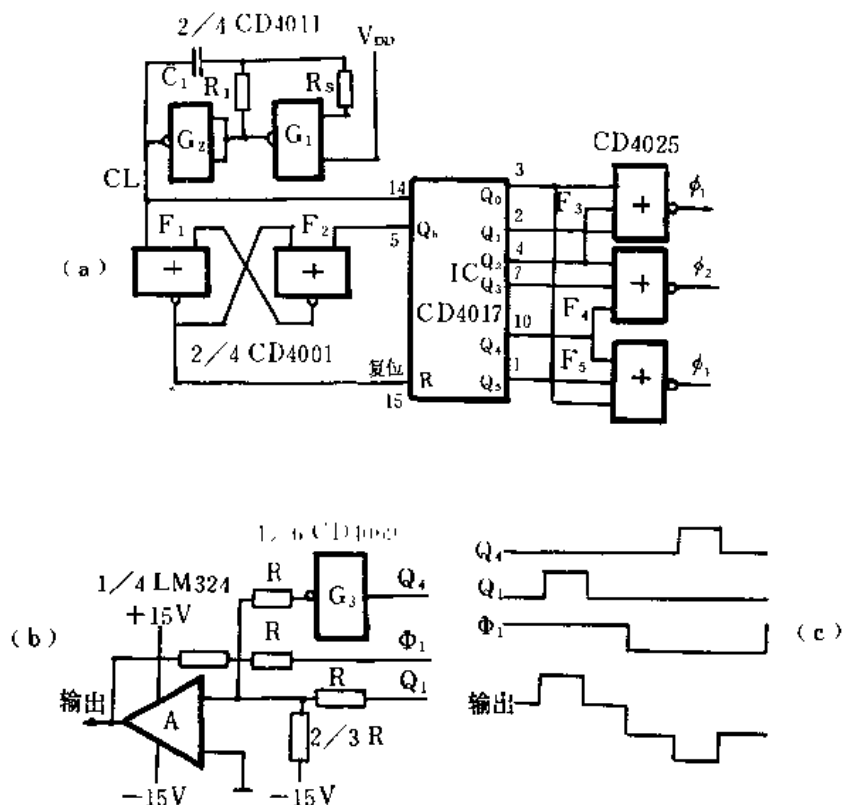


图 4-61 三相时钟发生器电路 (3)

二、电路结构说明

三相时钟电路，用十进制计数器 CD4017，3 输入端 3 “或非”门 CD4025、2 输入端 4

“或非”门 CD4001, 4 “与非”门 CD4011 和阻容元件构成。

电路中, CD4017 接成 6 节拍发生器, 其节拍顺序是从③、②、④、⑦、⑩、①各脚输出。当第 7 个节拍时, 从⑤脚输出至 RS 触发器的 S 端。RS 触发器由 CD4001 组成。于是 CD4017 的第⑩脚得到触发器输出的信号(高电平)后复位, 节拍发生器又从头开始计数。6 节拍(即 6 分频)输出至 CD4025 构成的译码电路, 且从 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 端得到 3 个相位互差为 120° 的方波。

节拍器的脉冲信号 CL, 是由 CD4011 中 2 个“与非”门组成的振荡器提供的。若改变电路中 R、C 值可改变节拍器的速度。

这种三相方波发生器可作为变速电机驱动电路。倘若将图 4-61 中的电路 (b) 的 Q_4 、 ϕ_1 、 Q_1 与 (a) 中的 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 相联, 那么整个电路可输出阶梯波如图 4-61 中 (c)。

例 62 四相时钟发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 J-K 触发器 CD4027、2 输入端 4 “与非”门 $2 \times$ CD4011 构成了四相时钟发生电路。

单相脉冲输入给 CD4027 的 CP 端, CD4027 接“与非”门 CD4011, 构成译码电路的译码输出。由于 CP 脉冲信号有高低两种电平, Q 与 $\bar{Q}$ 也有高、低电平。这样经全译码后产生 4 种译码输出, 即 $\phi_1 \sim \phi_4$ 四相脉冲输出。四相时钟脉冲频率相同, 但相位差依次相差 90° 。为了使输出四相时钟的脉冲宽度相等, 输入时钟 CP 的占空比要求为 50% 的对称方波。

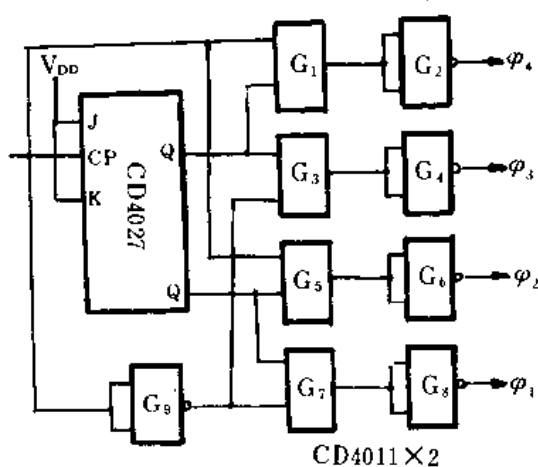


图 4-62 四相时钟发生器电路

例 63 八相时钟发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

图 4-63 (a) 示出由 7 级二进制串行计数器/除法器 CD4024 和 8 位可寻址锁存器 CD4099 构成的八相时钟发生器。

这里 CD4024 作计数器使用, CD4024 的输出 Q_1 、 Q_2 和 Q_3 作为锁存器 CD4099 的地址码 A_0 、 A_1 、 A_2 。使 CD4099 的 $Q_0 \sim Q_7$ 输出端输出八相脉冲。当 CD4099 的数据输入端 D 接 B (V_{DD}) 时, 被选中的单元跟随 D 输出“1”电平, 而其余单元则为“0”电平。当 CD4099 的 R 接 V_{SS} 、D 接 C 点时, 在各个输出端依次产生一个和时钟脉冲相反的脉冲。当 D 接 C 时, 输出端产生一个和时钟脉冲相反的脉冲。

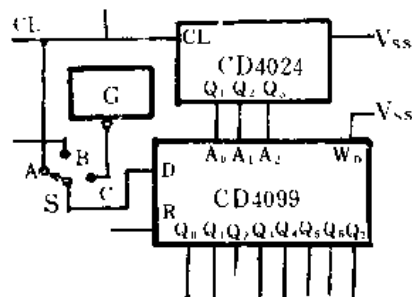


图 4-63 八相时钟发生器

例 64 定量脉冲数发生电路 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

定量脉冲数发生电路是用 7 级二进制串行计数器 IC₁ (CD4024)、8 输入端“与非”门 IC₂ (CD4068)、6 反相器 IC₃ ($\frac{3}{6}$ CD4069) (G₁、G₂、G₃) 构成的。

当 IC₁ (CD4024) 计数到全“1”时, IC₂ (CD4068) 输出为“0”。此时, 接至 IC₃ (CD4069) 的第⑩脚输入信号, 使 IC₃ (G₁、G₂、G₃) 组成的振荡器停振。也就是说, 当每次计数到 $2^7=128$ 时, 振荡器停振。倘若只要计数到 $2^6=64$ 个脉冲时, 振荡器就停振的话, 那么只需将 IC₁ (CD4024) 的 Q₁~Q₆ 输出端接 IC₂ (CD4068) 的 A、B、C、D、E、F 6

用户如需更多的计数, 可以选用更多级的二进制计数器和输出端进行不同的组合。例如, 采用 14 级二进制计数器 CD4040, 可产生 $2^{14}=4096$ 个脉冲数。

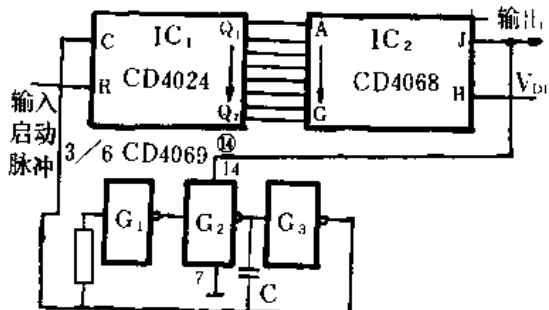


图 4-64 定量脉冲数发生电路 (1)

例 65 定量脉冲数发生电路 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是由双可重置单稳态触发器 $\frac{1}{2}$ CD4098 和 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{3}{4}$ CD4011 等组成定量脉冲数发生器。而 $\frac{1}{2}$ CD4098 组成的一个上升沿触发/不可重复的单稳态触发器,用来产生具有一定宽度的控制信号 V_c ,再用信号 V_c 启动由 $\frac{3}{4}$ CD4011 等组成的门控振荡器。最后使门控振荡器输出定量脉冲数。

应用电路中加入 D_1 、 D_2 ，是为了保证振荡器的最后一个周期与前面周期完全一致，同时控制门控振荡器在最后一个周期结束时停止振荡。

应当指出:单稳态触发器的+TR 输入端接振荡器。于是,当脉冲上升沿触发+TR 时,则输出端 Q 输出一个宽脉冲,且其脉冲宽度由电阻 R_1 和电容 C_1 的大小来决定。

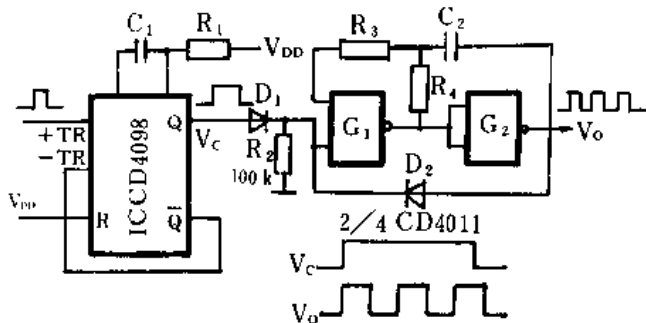


图 4-65 定量脉冲数发生电路 (2)

例 66 定量脉冲数发生电路 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

步进电机用的定量脉冲发生器,采用 $\frac{1}{4}$ CD4001 构成 RS 触发器、 $\frac{2}{6}$ CD4069 等构成门控振

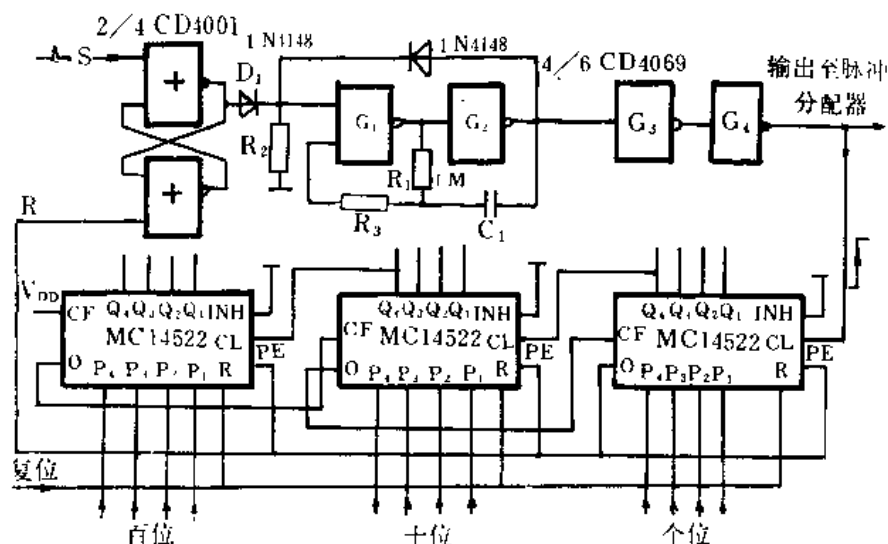


图 4-66 定量脉冲数发生电路 (3)

荡器, 3 片可预置数 BCD 同步 1/N 计数器 MC14522 构成减法计数器来制作的。它最多能设定 999 个脉冲。

由于个位数计数器的 O 端与十位、百位计数器中的 PE 端相联, 一旦复位, 3 级计数器将接受置位数。与此同时, RS 触发器也复位, 致使门控振荡器停止工作, 且输出低电平。

由 CD4001 构成的 RS 触发器, 其 S 端输入启动正脉冲时, 输出端 Q = “1”, 门控振荡器开始工作, 并输出脉冲信号作为 3 级减法计数器的时钟脉冲。在时钟脉冲信号的作用下, 计数器从预置数开始减法, 直至最终减为 0。因为 MC14522 是 BCD 减法计数器, 当它计数到全“0”后, 若再输入 1 个脉冲, 那么它将自动回到“1001”的状态。这时, 个位计数器的输出端“O”输出高电平, 给 RS 触发器的 R 端高电平, 于是迫使 RS 触发器复位 (Q 端为低电平)。由此, 门控振荡器停止发出脉冲, 计数器也回到预置状态进行等待。可见, 整个电路, 每启动一次将发出定量 (预置) 的脉冲。P₁~P₄ 为 CD452 预置数端, 可接 BCD 拨盘开关或计算机锁存器接口。

例 67 N 脉冲发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

N 脉冲发生器, 采用 12 位二进制串行计数器/分频器 CD4040、双主-从 J-K 触发器 CD4027, 6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069, 2 输入端 4 “与”门 $\frac{1}{4}$ CD4081、2 输入端 4 “与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011 及阻容电容、多掷开关等构成。其中, CD4069 的门 G₁~G₄ 和 RC 元件构成自激多谐振荡器, 其输出脉冲作为计数

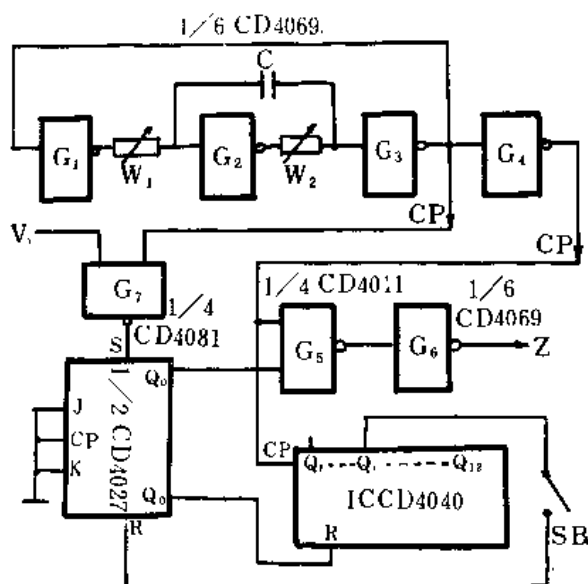


图 4-67 N 脉冲发生器

器的计数脉冲和电路输出的脉冲串。电位器 W_1 、 W_2 可以分别改变输出的振荡频率和脉宽。

多掷开关 SB 与 CD4027 组成置位-复位触发器。它们又与门 G_5 控制电路的输出。CD4040 通过对振荡器输出脉冲的计数控制，并决定输出选通时间。

当电路触发端 V_i 的正脉冲到来后，在 G_4 输出信号作为 CP（低电平）作用下，触发器置位， Q_0 端输出高电平且选通 G_5 门。触发器 $\frac{1}{2}$ CD4027 的 $\bar{Q}_0$ 端输出低电平，使计数器 CD4040 进行计数。此时 SB 开关设在 Q_i 端 ($i=1\sim 12$)，则脉冲计数为 2^i 个。SB 开关置于不同位置，所对应的脉冲个数也将不同。计数器对脉冲数进行二进制译码，而译码输出却作为 CD4027 的复位信号。

应当指出：触发器 CD4027 的 Q_0 端输出低电平时，门 G_5 封锁，电路输出保持低电平（当 Q_0 输出高电平时，SB 设置在 Q_i 不同位置， G_6 输 N 个脉冲）。当它的 $\bar{Q}_0$ 端输出高电平时，却使 CD4040 计数器复位。门 G_7 是使触发脉冲 V_i 在对 CD4029 置位操作过程中受 $\bar{CP}$ 信号的控制。这样，以确保第一个输出脉冲的完整性。

例 68 任意波形发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

任意波形发生器是由十进制计数器/分配器 IC (CD4017) 和运算放大器 $\mu A741$ (A) 等构成的。

在时钟 CP 作用下，IC (CD4017) 的 $Q_1\sim Q_9$ 端依次输出高电平。 $Q_1\sim Q_9$ 端分别联接 $R_1\sim R_9$ 权电阻。当 IC 计数到第 i 值时， Q_i 端输出高电平 V_{OH} ，因而对应的权电阻网络输出电流为 V_{OH}/R_i (R_i 为相应权电阻

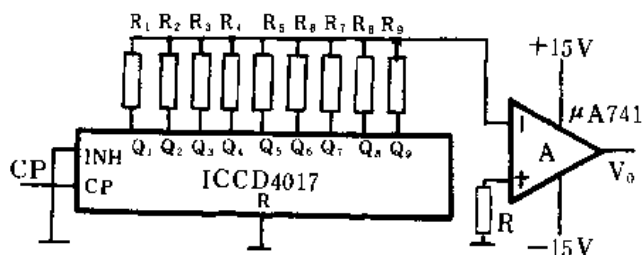


图 4-68 任意波形发生器

值)。运算放大器 $\mu A741$ 用作电流—电压转换器，其输出电压 $V_0 = \frac{R}{R_i} \cdot V_{OH}$ 。由此可见，电路输出电压反比于 R_i 。输出信号的波形也由于计数值的离散性和周期性而呈现阶梯状周期变化。因此，适当地选择权电阻网络中的各个阻值，就能产生任意波形的输出信号。倘若级联 CD4017，采用更多的权电阻，可降低信号失真；若欲使波形平滑，增加 RC 低通滤波器则更好。

例 69 多路时钟发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

采用十进制计数器/分配器 $2\times$ CD4017 (IC_1 、 IC_2)、2 输入端 4 “与非”门 14/4CD4011 ($G_1\sim G_6$) 构成了一种占空比可调的多路时钟发生器或称为程序分配器。

IC_1 (CD4017)、 IC_2 (CD4017) 具有译码输出的模 10 计数功能，它们两者级联成模 100 计数器，可实现 10~99 的计数，且计数输出端高电平为有效。高电平信号经“与非”门电路产生 4 程程序输出 A、B、C、D 时钟信号输出。

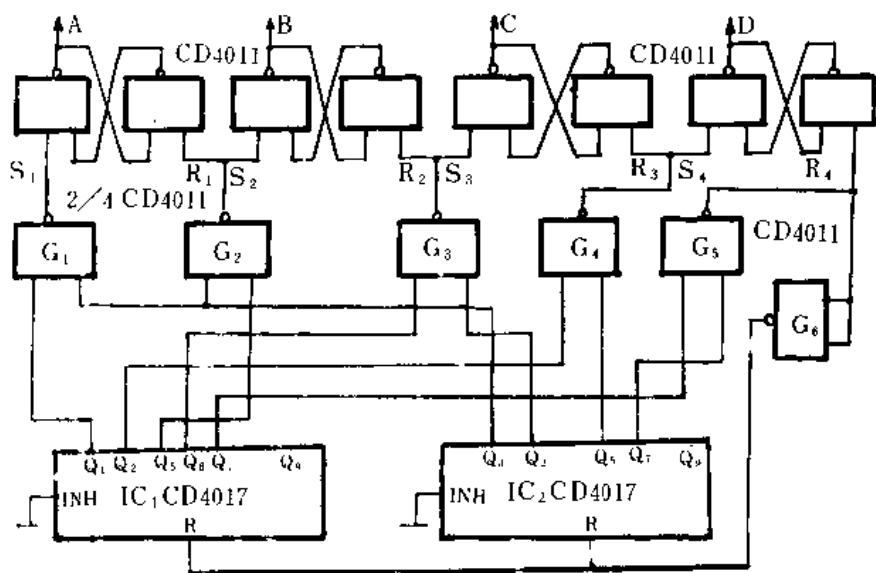


图 4-69 多路时钟发生器

当 IC_1 、 IC_2 在外接时钟脉冲 CP 的第 1~4 个脉冲作用下，输出端 A 为高电平；在第 5~25 个脉冲作用下，输出端 B 为高电平；在第 26~51 个脉冲作用下，输出端 C 为高电平；在第 52~76 个脉冲作用下，输出端 D 为高电平。当第 77 个脉冲到来时，门 G_5 的两个输入信号都为高电平，从而门 G_5 的输出为低电平，使 D 端输出变为低电平；与此同时，经门 G_6 反相后使计数器 IC_1 、 IC_2 复位，由第 78 个脉冲开始重复以上输出过程。

应当指出：这个电路通过选择不同的计数输出端，可以产生任意多路输出，输出脉宽也可任意设置。

例 70 实验室用的多功能脉冲信号发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

由低功耗单稳/无稳态多谐振荡器 $4 \times CD4047$ ($IC_1 \sim IC_4$)、4 原/补码缓冲器 CD4041、频段选择电容网络和切换开关等构成频率覆盖范围为 $2\text{Hz} \sim 1\text{MHz}$ 的实验室用的脉冲信号发生器。

电路中， IC_1 (CD4047) 接成压控振荡器。它通过开关 S_4 、 S_5 来实现对它控制电平的切换，即：当 S_4 闭合， S_5 向下时， IC_1 的⑤脚获得高电平而起振；当 S_4 断开， IC_1 受 V_C 的电平控制。若 S_5 向上，则控制端 V_C 为低电平时使 IC_1 开始振荡；若 S_5 向下，则控制端 V_C 的高电平使 IC_1 开始振荡。开关 S_1 切换定时电容，获得不同的振荡频率。或通过调节定时电位器 W 来调整振荡频率。输出波形为对称的、占空比为 50% 的方波， IC_1 ⑩、⑪脚为同相和反相输出。其频率为 $1/8.8RC$ ，R 为 R_1 和 W 的总值，C 为 S_1 调节获得不同电容值。

图 4-70 中， $IC_2 \sim IC_4$ 都接成上升沿触发的单稳态触发器。输出单稳脉冲宽度为 $2.48RC$ ， IC_1 管脚⑩和⑪分别为正脉冲输出和负脉冲输出端。

IC_2 用作同步脉冲产生电路，可以输出和振荡信号上升沿同步的窄脉冲。

IC_3 和 IC_4 用作脉冲宽度和延迟时间独立可调的单脉冲产生电路。输出单脉冲宽度由 IC_3

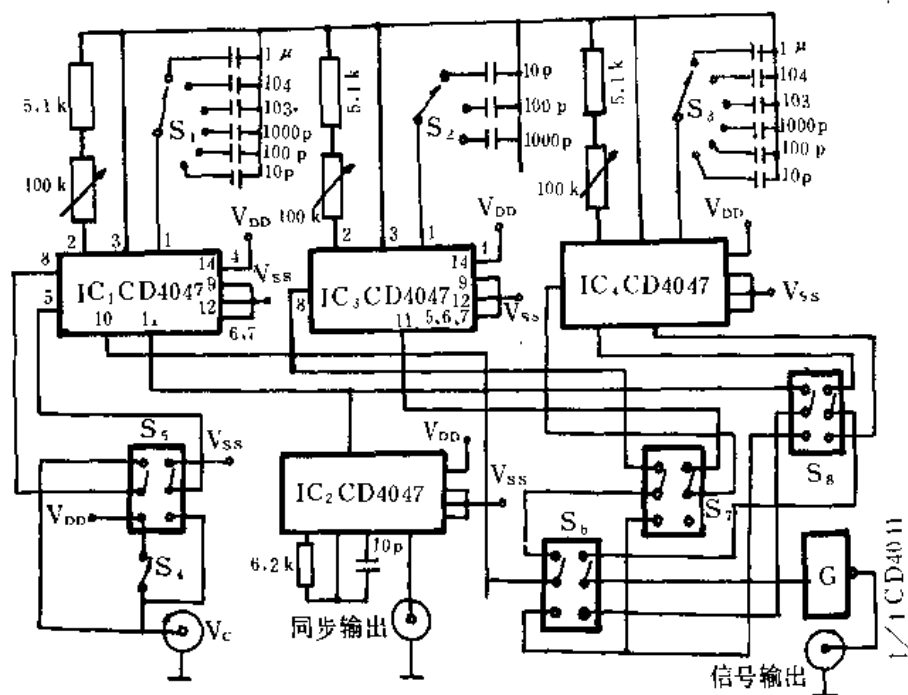


图 4-70 实验室用的多功能脉冲信号发生器

的定时元件值确定，延迟时间由 IC₃ 的定时元件值确定。通过 S₂ 和 S₃ 的选择，使延迟时间可以在 1.5~250μs 范围内变化，脉宽在 1.5μs~250ms 内变化。

图 4-70 中双刀双掷开关 S₆~S₈ 用于电路的功能切换。S₆ 向下，输出波形占空比为 50%。S₆ 向上，则占空比由 IC₄ 输出脉冲宽度决定。S₇ 向上，且 S₆ 向上时，输出波形的延迟由 IC₂ 决定；S₇ 向下时，无延迟。S₈ 向上，为反相输出，S₈ 向下，为同相输出。

电路中采用缓冲驱动器 CD4041 以扩大负载能力。

例 71 基准信号产生器 (CH279)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 COMS 电路工艺结构的 CH279 时间控制器等构成的基准信号产生器。

电路中，当 Φ₁ 和 Φ₂ 端接上 32768Hz 的晶体振荡器 B 后，各输出端将供给不同宽度的基准信号：CP₂ 端输出负向窄脉冲，脉宽 15μs；R 端输出正向窄脉冲，脉宽 15μs；DFO 端输出低频 32Hz 脉冲；CP₁ 端输出脉宽为 1s 的基准信号；Φ₀ 端输出 32768Hz 振荡信号；LLD₁ 端输出低频间歇脉冲

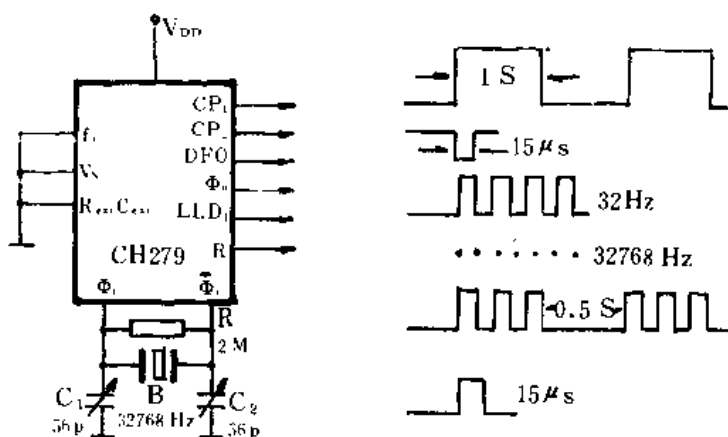


图 4-71 基准信号产生器 (CH279)

信号；间歇时间为 0.5s。

例 72 三相双 3 拍工作电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由步进电机脉冲分配器 CH250 和 6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069G 等构成的三相双 3 拍工作电路。

CH250 是产生驱动步进电机脉冲信号的 CMOS 集成电路。CH250 输出电流小于 1mA。A、B、C 输出需配接功率放大器才能使步进电机启动。

工作初始时，将 R_3 端置复位“1”，使环行分配器进入双 3 拍程序。为了方便地控制电机正转或反转，将 J_{3r} 和 J_{3L} 连接反相器的两端。这样 $P=“1”$ 时，输出正转程序脉冲； $P=“0”$ 时，输出反转程序脉冲。关于这一点可参看 CH250 真值表。CH250 真值如下：

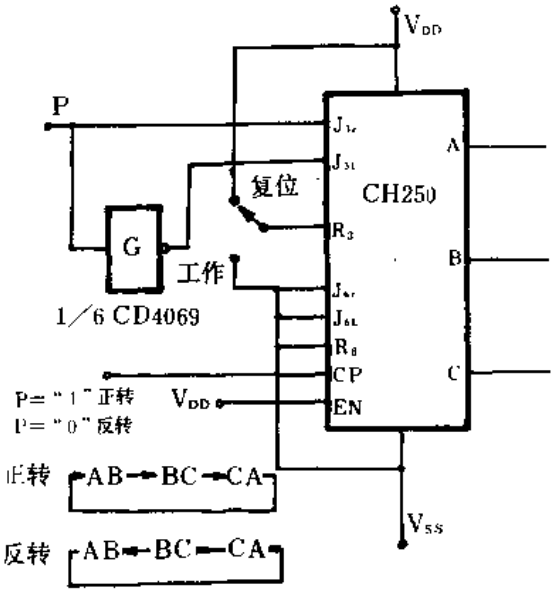


图 4 72 CH250 3 相双 3 拍工作电路

CH250 真 值 表

CP	EN	J_{3r}	J_{3L}	J_{2r}	J_{2L}	功 能
┐	1	1	0	0	0	双三拍正转
┐	1	0	1	0	0	双三拍反转
┐	1	0	0	1	0	单六拍正转
┐	1	0	0	0	1	单六拍反转
0	┐	1	0	0	0	双三拍正转
0	┐	0	1	0	0	双三拍反转
0	┐	0	0	1	0	单六拍正转
0	┐	0	0	0	1	单六拍反转
┐	1	∅	∅	∅	∅	不 变
∅	0	∅	∅	∅	∅	不 变
0	┐	∅	∅	∅	∅	不 变
1	∅	∅	∅	∅	∅	不 变

表中：∅为任意值。

从真值表看出，本电路 $EN=“1”$ ， J_{3r} 和 J_{3L} 通过反相器，当 $P=“1”$ 时， $J_{3r}=“1”$ ， $J_{3L}=0$ 符合上表第一行电路在 CP 脉冲上升沿作用下输出正转脉冲；当 $P=“0”$ 时， $J_{3r}=“0”$ ，

$J_{3L} = "1"$ ，符合上表第二行，电路在 CP 脉冲上升沿作用下，输出反转程序脉冲。

例 73 三相单 6 拍工作电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由步进电机脉冲分配器 CH250 和 6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 等构成的三相单 6 拍工作电路。

图 3-66 中，EN 为禁止输出端，即当 $EN = "0"$ 时，步进电机停转。

起步时，将 R_6 置 "1" 即置 V_{DD} ，使环行分配器进入单 6 拍程序。

从电路中看出， $CP = "0"$
 $J_{3r} = "0"$ $J_{3L} = "0"$ ，当 $P =$
"1" 时， $J_{6r} = "1"$ ， $J_{6L} = "0"$ ，

从 CH250 真值表知，CH250 在 EN 得到下降沿脉冲触发下进行单 6 拍正转程序运行。当 $CP = "0"$ ， $J_{6r} = "0"$ ， $J_{6L} = "1"$ ，则从真值表知，CH250 在 EN 得到下降沿脉冲触发下进行单 6 拍反转程序运行。

工作程序：

正转 $\rightarrow A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow BC \rightarrow C \rightarrow CA \rightarrow$

反转 $\leftarrow A \leftarrow AB \leftarrow B \leftarrow BC \leftarrow C \leftarrow CA \leftarrow$

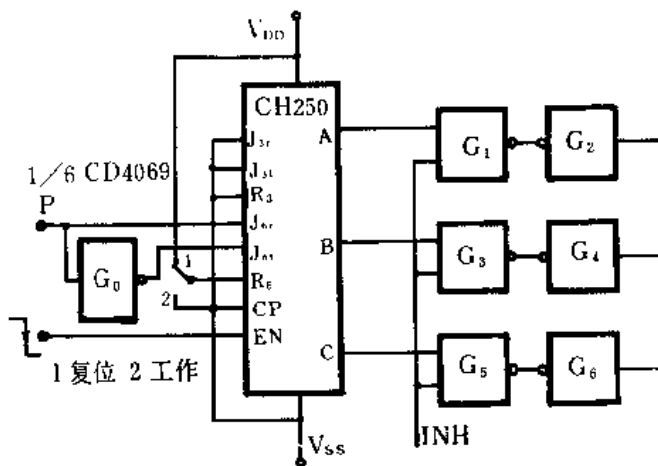


图 4-73 3 相单 6 拍工作电路

例 74 占空比 50% 的晶体稳频 50Hz 方波发生器

一、应用电路

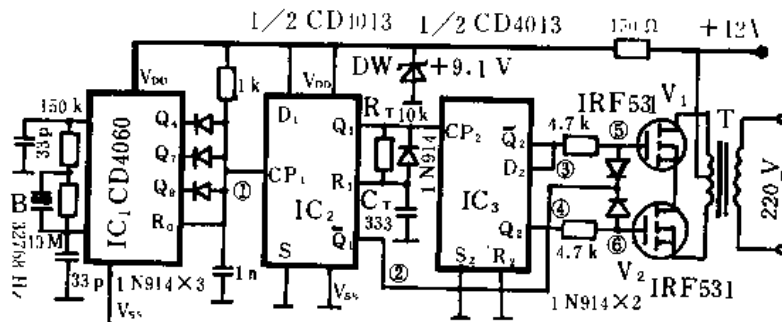


图 4-74 占空比 50% 的晶体稳频 50Hz 方波发生器

二、电路结构说明

本电路为由 14 级二进制串行计数器/分频器 IC₁ (CD4060)、双 D 触发器 IC₂、IC₃ (CD4013) 等构成的, 占空比 50% 的晶体稳频 50Hz 方波发生器。

电路中, IC₁ 组成 32768Hz 晶体振荡器, 在 328 个脉冲到后由二极管构成的与门复位。这样即可获得 100Hz 的精密时钟脉冲。IC₂ 组成单稳态触发器, 以产生 300μs 的静寂时间; 其输出出去触发 IC₃ 的 CP₂ 端。IC₃ 组成双稳态触发器, 产生 50Hz 互补门控电压, 驱动场效应管 IRF531×2。根据所需电压和功率, 来选择场效应管和变压器数据。

例 75 脉冲群发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由锁相环电路 CD4046 和 6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 等构成的脉冲群发生器。

电路中, 利用 CD4046 中 PLL 构成脉冲群发生器电路。VCO 接成一个可调谐的压控振荡器。用 $\frac{1}{6}$ CD4069 的两个门 (G₁、G₂) 组成 RC 振荡器来控制 PLL 的 INH 端。当 INH="1" 时, 压控振荡器停振。调节 W₁ 控制脉冲群的频率, 调节 W₂ 控制间歇时间。VCO 工作在较高频率范围, 而 RC 振荡器一直工作在较低频率范围。

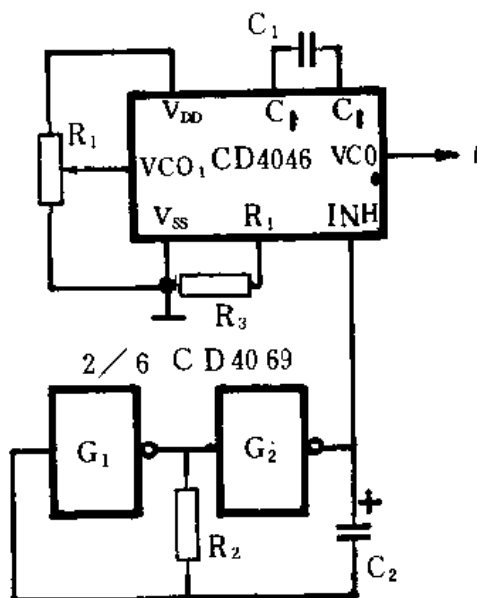


图 4-75 PLL 构成脉冲群发生电路

例 76 内外时钟自动选择电路

一、应用电路

二、电路结构说明

内外时钟自动选择电路主要由 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{3}{4}$ CD4011 (G₁~G₃)、二极管 D₁~D₃ (1N4148)、阻容元件等构成。

在无外部时钟信号输入时, 电阻 R₁ 将 CD4011 的门 G₁ 的一个输入端电位拉到低电平, 而使门 G₁ 输出高电平。这一高电平与 V_{DD} 相接近, 并通过电阻 R₂ 向电容 C 充电。于是, 内部时钟信号能通过门 G₂、门 G₃ 输出。

当外部时钟信号出现时, 门 G₁ 的输出随外部时钟信号频率变化而变化。电容 C 通过 D₁ 放电以致使端电压低于门阈值电平, 使门 G₂ 输出端变为高电平而封闭了内部时钟信号的通过。这样, 保证了门 G₃ 将外部时钟信号传递到输出端。

注意, 为了使电路工作更可靠, R₂、C 的时间常数应比所要求的最长的时钟周期大 10 倍。

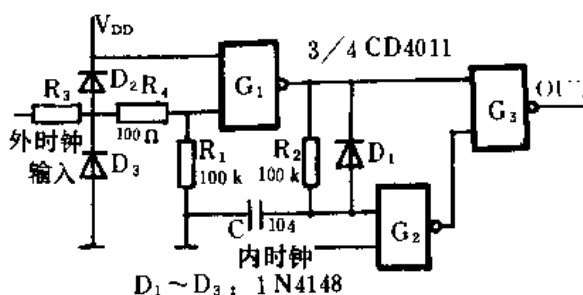


图 4-76 内外时钟自动选择电路

例 77 数/模转换器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种数/模 (D/A) 转换器, 是采用 7 级二进制串行计数器/分频器 CD4024、高输入阻抗的运算放大器 CH3130 和 T 型电阻网络构成的。

CD4024 用作权位开关。它输出有一个缓冲反相器, 导通电阻较小, 可以直接用来推动 T 型电阻解码网络。而 T 型电阻解码网络, 由 14 个电阻等构成, 本质上是通过网络电阻为每级输出保持 $\frac{1}{2}$ 的分压系数, 以产生二进制的基准电压。运放 CH3130 作为电阻解码网络输出的跟随器。由于它的输入阻抗高, 因此可将 T 型电阻网络的阻值适当选大些, 从而减小 CD4024 输出端导通电阻的影响, 以保证电路转换的精度。

从以上分析可知, 输入为脉冲信号 V_i , 而经本电路转换后, 再经 CH3130 输出变为电压信号, 即实现 D/A 转换。

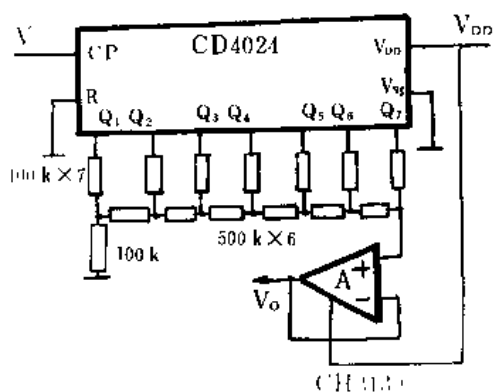


图 1-77 数模转换器

例 78 频率-电压变换电路

一、应用电路

二、电路结构说明

频率-电压变换电路, 是用单稳态触发器 CD4098 及附加积分电路网络所构成的。

在变化的频率信号 f_{cp} (方波) 变换成相应的电压信号 V_o 过程中, 输入频率 f_{cp} 越高, 输出电压 V_o 也随着升高, 实现频率与电压对应关系。

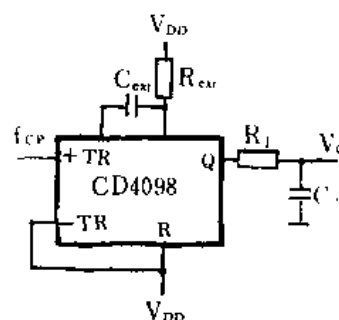


图 1-78 频率-电压变换电路

例 79 模拟频率计 (f-V)

一、应用电路

二、电路结构说明

低功耗锁相环 CD4046 的滤波误差电压可以从源跟随器 (第⑩脚) 输出。它可用来作为低功耗频率-电压转换器 (f-V)。为此, 在 CD4046 的第⑩脚串接上有 $9.1k$ 左右电阻 (R_3) 和电流表 (P) 作负载。 R_3 的作用一是限流, 二是改变阻值可作电表量程调节。被测的频率是从 $0 \sim 1mA$ 的表上读数。

根据电路图上所标的阻容值, 频率计满刻度

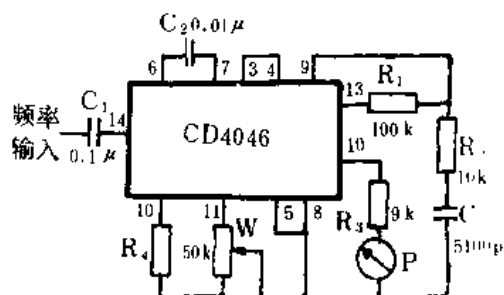


图 4-79 模拟频率计 (f-V)

响应为 $100 \sim 888\text{Hz}$ 。低于 100Hz 时表针指示发生抖动使读数不准确。然而,适当调节阻容值,可以改变测量范围以满足所测频率。

校准读数,可选用标准的频率信号,并调整 W_1 ,对表的刻度一一校对。电阻 R_1 是用来补偿频率测量刻度的低端。

例 80 电压-频率转换电路

一、应用电路

二、电路结构说明

采用微功耗锁相环 CD4046 及阻容元件组成压控振荡器 (VCO)。在此基础上用作压-频 (V/F) 转换器。这种 V/F 转换器在输入电压从 V_{SS} 变到 V_{DD} 时,输出频率可同步从 0Hz 移动到 18.5kHz 。

1. 若将图 4-80 (a) 中 $500\text{k}\Omega$ 电位器的中心引脚接入 V/F 的 CD4046 第⑨脚, V/F 电路可用作可变振荡器和脉冲频率调制器。

2. 若将图 4-80 (b) 中的晶体管 8050 的基极接 CD4046 输出端第④脚,扬声器能发出随输入电压变化而变调的声响。这即说明电压-频率转换过程。这样装置可用作报警器或其他声音的模拟。

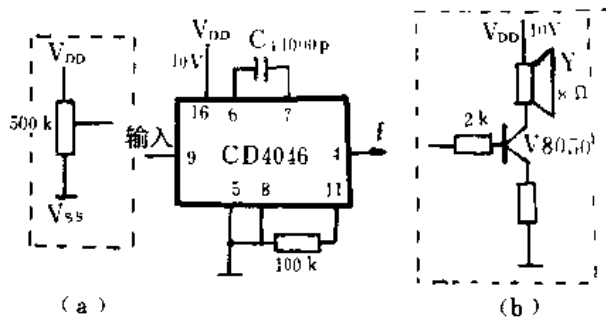


图 4-80 电压-频率转换电路

例 81 方波/正弦波转换电路

一、应用电路

二、电路结构说明

方波—正弦波转换电路,采用 $G_1 \sim G_3$ $\frac{3}{6}\text{CD}4069$ (反相器), F_1, F_2 $\frac{2}{4}\text{CD}4011$ (“与非”门)和 4 只场效应管 $V_1 \sim V_4$ ($2 \times 3\text{D}01, 2 \times 3\text{D}06$) 等构成。其中, $\frac{3}{6}\text{CD}4069$ 、 $\frac{2}{4}\text{CD}4011$ 组成门控电平变换器,场效应管组成桥式电路。 L_1, C_1 组成谐振电路,谐振于基频。 L_2, C_2 组成另一个谐振电路,谐振于 3 次谐波 (即吸收 3 次谐波的陷波器)。

方波输入电路后,分两路。其中一路经 R_1, C_3 延迟后到达场效应管栅极。这样,两路信号交替导通场效应管,而后驱动二个 L、C 谐振回路,最后从输出端输出正弦波。 R_1, C_3 组成的时间常数应小于时钟周期的 5%。输出端可接放大器,用作为缓冲和幅度调节。

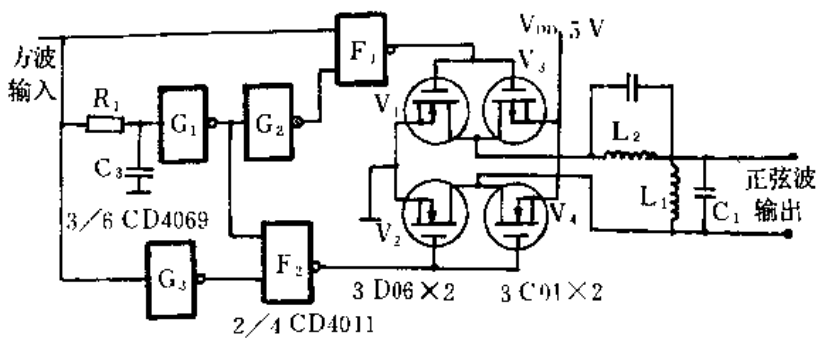


图 4-81 方波/正弦波转换电路

例 82 频率/电压转换器

一、应用电路

二、电路结构说明

频率/电压转换电路，主要采用施密特反相器 CD40106，运算放大器 F007，及阻容元件构成。

当 V_i 低电平输入时，反相器 CD40106 输出为高电平，电源通过反相器给 C_1 电容充电。然而，当输入信号 V_i 由低电平变为高电平时，反相器输出变为低电平，于是，电容 C_1 通过反相器放电，电流似乎从 V_{SS} 端流出。在 V_i 信号一个周期内的平均放电电流为 $I = V_{DD}C_1/T = V_{DD}C_1f$ 。这一电流 I 全部流经反馈电阻 R ，因而有： $V_o = -IR = -V_{DD}RC_1f$ 。它说明输出电压是与输入信号频率成正比的关系。

为抑制反相器 CD40106 的开关尖峰而起平滑滤波作用，电路加进了电容 C_2 与 C_3 。本电路输入信号频率范围 $0 \sim 10\text{kHz}$ ，输出电压在 $0 \sim 10\text{V}$ ，线性度可达 $\pm 0.5\%$ 。

倘若把 CD40106 的 6 个反相器全部利用上，输入端加上 $f_1 \sim f_6$ 共 6 个不同频率的信号时，输出端分别接上与 C_1 等值的电容的话，电路有总的输出： $V_o = -V_{DD}RC(f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 + f_6)$ 。

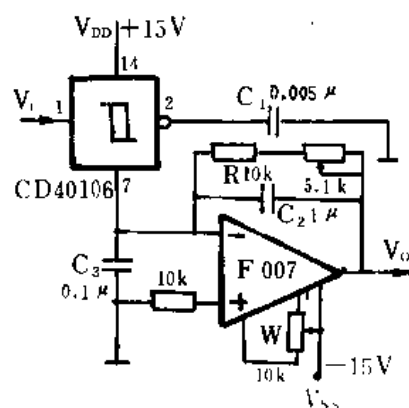


图 4-82 频率/电压转换电路

例 83 压力/阻值数字变换电路

一、应用电路

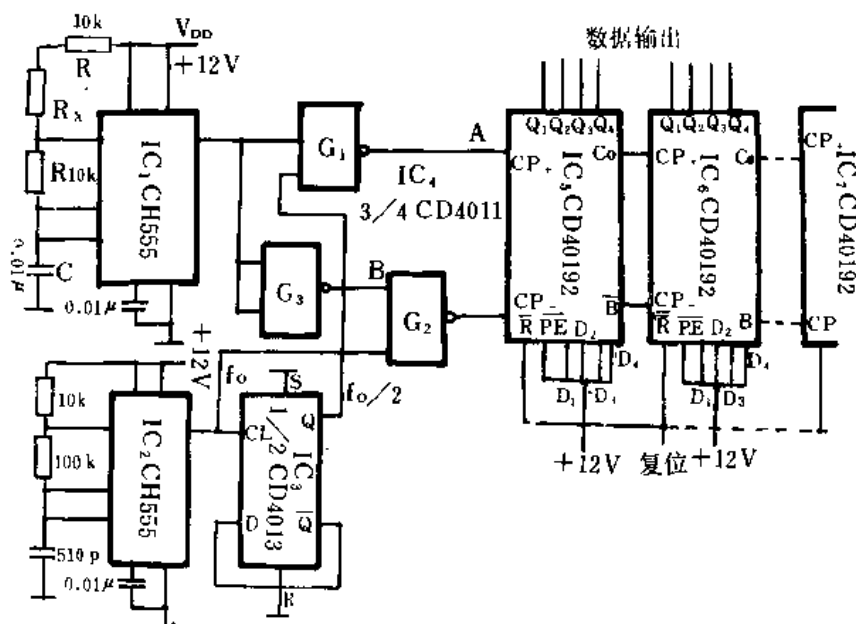


图 4-83 压力/阻值数字变换电路

二、电路结构说明

压力/阻值数字变换电路主要由 2 个 CMOS 时基电路 IC_1 (CH7555)、 IC_2 (CH7555), 双 D 触发器 IC_3 ($\frac{1}{2}$ CD4013)、二输入端 4“与非”门 IC_4 ($\frac{3}{4}$ CD4011) 和若干个可逆计数器 CD40192 (IC_5 、 IC_6 ……) 构成的。其中 IC_1 、 IC_2 组成多谐振荡器, IC_4 的“与非”门作为门控及信号的极性转换, IC_3 作为二分频器。电路中, R_x 是力敏电阻, 作为压力传感器。它受压力后, 阻值会发生变化。

当 IC_1 振荡输出高电平时, 电容 C 充电, 信号周期为 $t_1 = 0.693(2R + R_x) \cdot C$ 。输出低电平时, 即电容 C 放电, 信号周期为 $t_2 = 0.693RC$ 。从 t_1 、 t_2 来看, R_x 仅与 t_1 有关。

IC_2 振荡输出, 一路经 D 触发器 IC_3 二分频; 另一路加到 IC_4 的 G_2 门。这样, 它控制了 IC_5 等可逆计数器在 t_1 内, 以 $f_0/2$ 的频率进行加法计数, 在 t_2 内以 f_0 的频率进行减法计数。计数结果为 $t_1 f_0 / -t_2 f_0 = 0.347 f_0 C R_x$ 。而 f_0 、C 均为定值, 所以计数输出与 R_x 成正比。

显然, 提高 f_0 和计数器的级数, 有利于提高电路变换的精度。实际运用中, f_0 设定可调, 可以改变读数与 R_x 之间的比例因子, 对指示的刻度进行修正。

例 84 DC 正负电压变换器

一、应用电路

二、电路结构说明

DC 正负电压变换器采用 6 反相器 CD4069 构成。其中 2 个门 (G_1 、 G_2) 作为振荡器, 另为 4 个门 ($G_3 \sim G_6$) 并联以扩展驱动能力, 并起缓冲作用。电路中 2 只二极管 D_1 、 D_2 作整流, 电容 C_1 、 C_2 作滤波用。

当电源 V_{DD} 取 12V, 且 G_1 、 G_2 的输出阻抗为 300Ω 时, 电路输出 DC 电压 V_0 约 $-8.5V$, 电流约 5mA。当输出电压 V_0 空载时电压达 $-10V$ 。

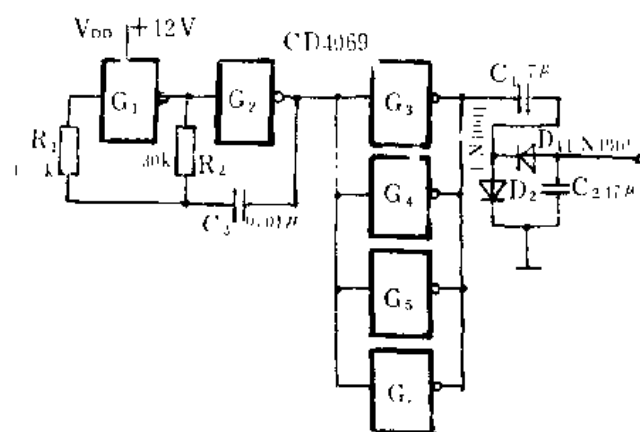


图 4-84 DC 正负电压变换器

例 85 双极性直流电压变换器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 6 反相器 $\frac{2}{6}$ CD4069 (G_1 、 G_2)、D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 (IC)、 “与”门 $\frac{1}{4}$ CD4081 (G_3) 和 “与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011 (G_4), 以及三极管、二极管、阻容元件共同构成了双极性直流电压变换器电路。其中,

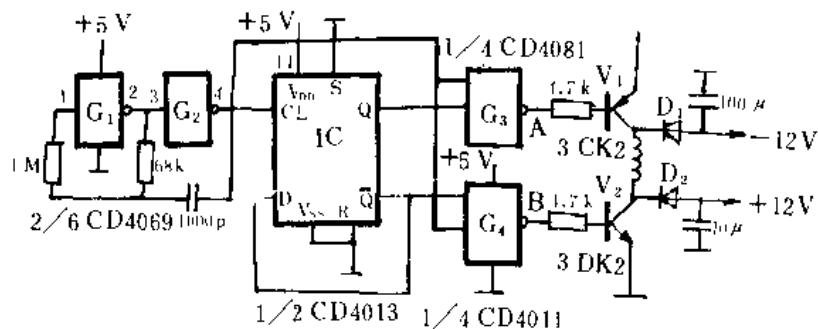


图 4-85 双极性直流电压变换电路

$\frac{1}{6}$ CD4069构成振荡器，其振荡频率为8kHz左右，占空比约50%。

振荡器输出振荡脉冲，经D触发器IC（ $\frac{1}{2}$ CD4013）进行二分频，由D触发器的Q和 $\bar{Q}$ 端输出给“与”门G₃和“与非”门G₄，最后分别由三极管3CK2和3DK2放大，输出-12V和+12V直流电压。

电路中电容C₁、C₂为滤波电容。

例 86 并行码/等值串脉冲变换电路

一、应用电路

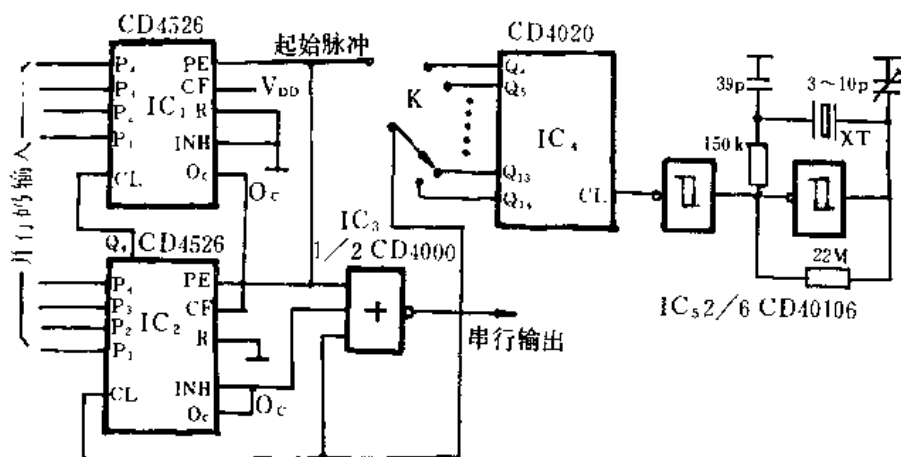


图 4-86 并行码/等值串脉冲变换电路

二、电路结构说明

并行码/等值串脉冲变换电路，主要用4位二进制减法计数器CD4526（IC₁、IC₂）、14级二进制计数器CD4020（IC₄）、3输入端双“或非”门CD4000（IC₃）和施密特反相器CD40106（IC₅）等构成。

$\frac{1}{6}$ CD40106和晶振片等组成晶体振荡器，其输出经另一 $\frac{1}{6}$ CD40106整形后进入IC₄（CD4020）进行二分频。分频后的脉冲信号，经选择开关预置作为IC₂的时钟频率。IC₁与IC₂连成8位计数器，其低位的全“0”输出端控制了3输入端的IC₃门电路的打开与关闭。

当起始脉冲输进IC₁、IC₂的PE端后，PE端呈变为高电平，8位并行码从P₁~P₄端输入所设置的数据。起始脉冲过后，PE端回到低电平，计数器开始计数，同时从IC₃产生串行输出。显然，计数器计数减至零，其全“0”输出端变为高电平，既停止了计数，又封闭了“或非”门（IC₃），使脉冲不能再输出。所以，这段时间内，IC₃所通过的串行脉冲数等于并行码输入的数码。

例 87 二进制/BCD 码变换电路

一、应用电路

二、电路结构说明

二进制与BCD码变换电路，采用2个双加法计数器CD4518（IC₄、IC₅）、8位二进制可预置同步减法计数器CD40103（IC₃）、3块D触发器CD4013构成。

当 IC_{1A} (CD4013) 得到启动信号, 且被第一个时钟脉冲上升沿触发, 其输出端 Q 输出“1”, IC_{1B} 的 Q 端也输出“1”, 使 IC₁ 的 R 端为“1”而复位。与此同时, IC₃ 的⑨脚得到 IC_{1B} 的 $\bar{Q}$ 端为“0”电平的触发, 使其预置控制端变为“0”。因此, 8 位二进制数码置入。

在下一个脉冲到达时, IC_{1B} 翻转, 其 Q = “0”, 于是解除 IC₁ 的复位和 IC₃ 的预置状态。这样, 二组计数器同时计数。直至 IC₃ 计数减至零, 且⑭脚变为“0”电平。此时, 反相器 G (1/6 CD4069) 倒相, 使 IC₂ 的 S 端为“1”, Q = “0”, $\bar{Q}$ = “1”。于是, IC₃ 和 IC₄、IC₅ 停止计数。然而, IC₄、IC₅ 的输出 BCD 码与 IC₃ 的预置 8 位二进制数此时已经等值。

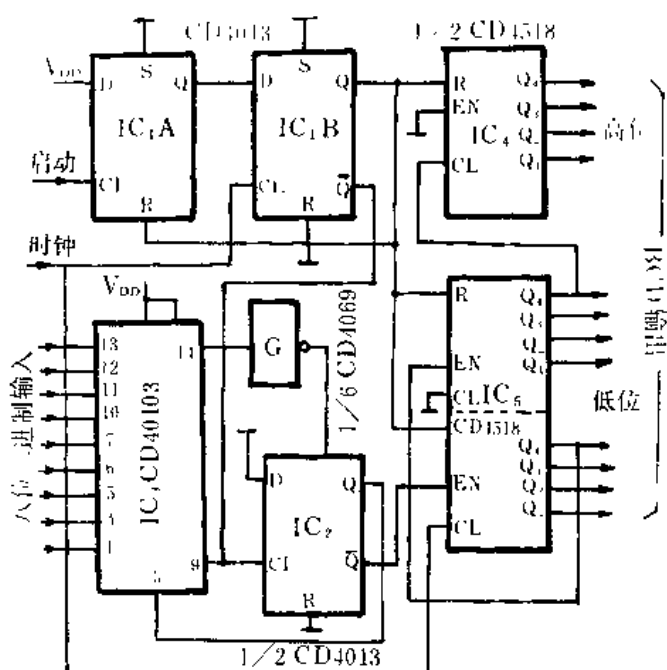


图 1-87 二进制/BCD 码变换电路

应当注意：数的大小和时钟频率将影响到电路的变换速度。数的位数越多或时钟频率越低，电路变换一次所需的时间将越长。

例 88 二进制至 BCD 码变换显示器

一、应用电路

二、电路结构说明

二进制至 BCD 码变换显示电路, 由计数器 CD4516 (IC₁、IC₂)、3 位 BCD 计数器 CD4533 (IC₃)、减法计数器 CD4511 (IC₄)、以及 CD4001、CD4011、三极管、BCD 显示器等构成。CD4533 (IC₃) 是核心器件。它的 C_{1A}、B_{1B} 脚间接电容 (1000pF), 用来产生计数脉冲, DIS 端作时钟端, 以脉冲上升沿触发计数, 而 Q₀~Q₄ 端是数据输出端。低电平有效的扫描信号 $\overline{DS_1}$ 、 $\overline{DS_2}$ 、 $\overline{DS_3}$ 分别作为 BCD 的个位、十位、百位的选通输出。

当启动脉冲输入时, 电路工作如下:

1. 给计数器 IC₁、IC₂ 的 PE 端加上高电平, 于是 8 位数置入其 D₀~D₇ 端。
2. 经微分→反相→微分→反相→整形后, 信号加至 IC₃ (CD4533), 使其内部数据锁定后复位。
3. 由 CD4011 组成的 RS 触发器置高电平, IC₃ 的 C_{1A} 端输出脉冲通过反相器、“与非”门, 进入 IC₁、IC₂。而 IC₃ 却进行加法计数。
4. IC₁、IC₂ 减法计数至零时, IC₁、IC₂ 的 C₀ 端输出低电平。这一低电平信号通过反相器, “与非”门进入 RS 触发器, 并使之复位, 从而封闭了计数器的时钟脉冲, 令其停止计数。于是, 此时, IC₃ 输出的 BCD 数码等于 IC₁、IC₂ 输入二进制数的 D₀~D₇。

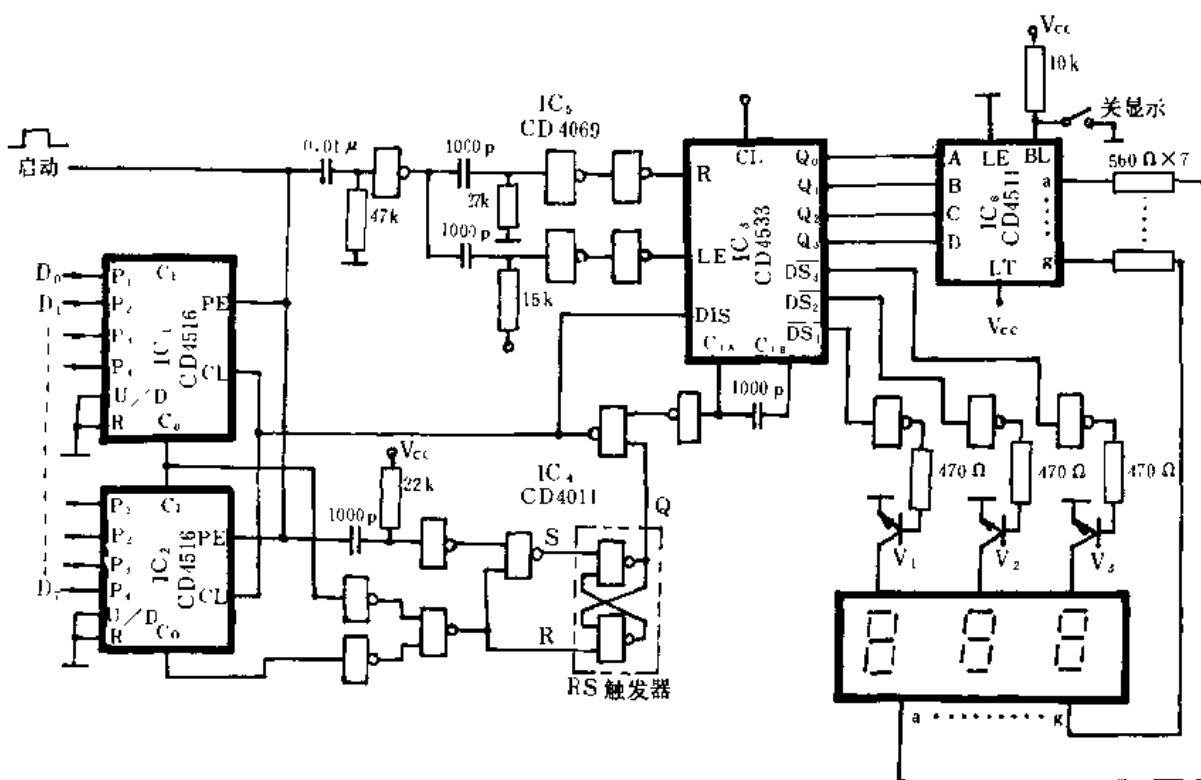


图 4-88 二进制至 BCD 码变换显示器

5. 以上 BCD 数码通过 BCD7 段锁存/译码/驱动器 IC₆ (CD4511), 驱动 LED 显示器显示数字。

应当指出: 电路每启动一次, 重复以上过程一次。

例 89 16 键编码器

一、应用电路

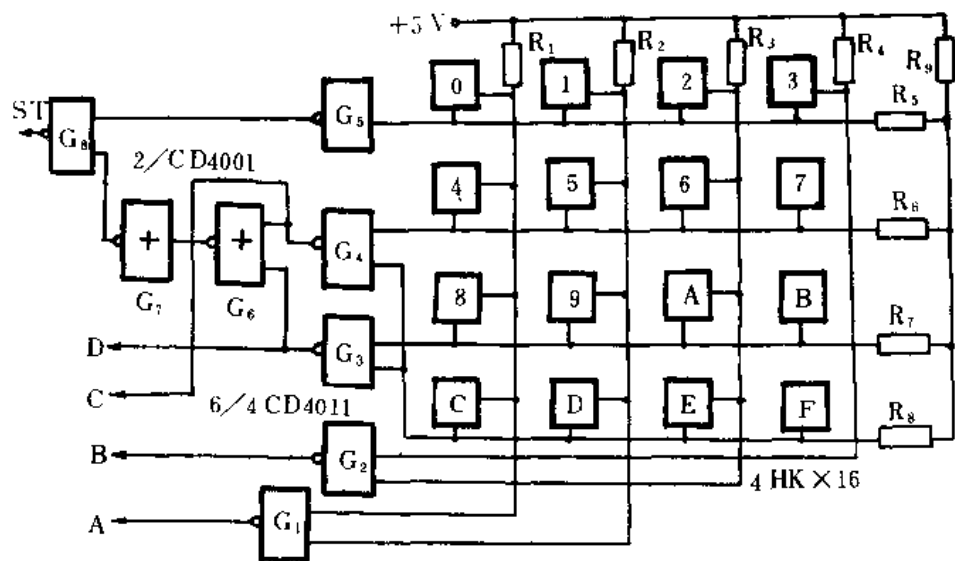


图 4-89 16 键编码器

二、电路结构说明

采用门电路 CD4001、CD4011 和 16 个双触点 4HK 霍尔按键组成 16 键编码器。电路图可以看出：每当按下某一个键时，双触点均对 GND 短路。

在没有操作按键时，所有按键均处于常开状态。于是， $R_1 \sim R_8$ 接 $V_{DD} + 5V$ ， $G_1 \sim G_5$ 的输入端全处于高电平。因此 A、B、C、D 各端此时也均处于低电平，而仅有选通端 $\overline{ST}$ 保持高电平。

当任意按下某一键时，总有通过“与非”门 $G_1 \sim G_4$ 输出相应的二进制数码，同时在 $\overline{ST}$ 端产生负脉冲选通信号。这个信号与后面功能电路相接，便可锁定这个数码。如，“9”键被按下，有 R_2 与 R_7 被接 GND，于是 G_1 与 G_3 输出高电平，DCBA 各端输出数码为“1001”。与此同时， G_5 有一端为“1”输入，“ G_7 ”也有“1”输出，所以 $\overline{ST}$ 为“0”，产生选通。

例如，按下 F 键， R_8 一端接 GND， G_2 和 G_4 一输入端为“0”，则 CD 代码是 0011。同理 $\overline{ST}=0$ 产生选通。

例 90 0~9 数字键盘编码电路

一、应用电路

二、电路结构说明

0~9 数字键盘编码电路，采用 8 位优先编码器 CD4532 (IC_1)、2 输入端 4 “与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011 (G_2)、2 输入端 4 “或”门 $\frac{1}{4}$ CD4071 (G_1) 和 $\frac{1}{4}$ CD4071 (G_3) 构成。 G_1 是用来扩展 D_8 、 D_9 输入端用的。 IC_1 是在 D_8 、 D_9 输入高电平信号时被禁止输出。

当 $D_0 \sim D_7$ 键入信号时， IC_1 进行正常编码，并输出编码。

当 $D_8 = "1"$ ， $Q'_3 = "1"$ 时， Q'_2 、 Q'_1 、 Q'_0 均为“0”。于是 Q'_3 、 Q'_2 、 Q'_1 、 Q'_0 有“1000”输出码。

当 $D_9 = "1"$ ， $Q'_3 = "1"$ ， $Q'_0 = "1"$ 时， Q'_4 、 Q'_2 、 Q'_1 为“0”。于是 Q'_3 、 Q'_2 、 Q'_1 、 Q'_0 有“1001”输出码。

0~9 的键盘输入与输出数码关系如下表：

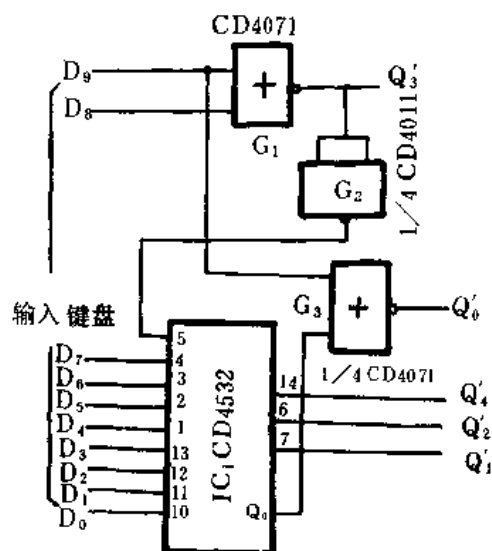


图 4-90 0~9 数字键盘编码电路

输入键码										输出数码				
D ₉	D ₈	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	Q' ₄	Q' ₃	Q' ₂	Q' ₁	Q' ₀
1										0	1	0	0	1
	1				全	0	区			0	1	0	0	0
		1								1	0	1	1	1
			1							1	0	1	1	0
				1						1	0	1	0	1
					1					1	0	1	0	0
						1				1	0	0	1	1
							1			1	0	0	1	0
	全	0	区					1		1	0	0	0	1
									1	1	0	0	0	0

图 3-90 中, IC₁ 的⑭脚为 Q_{CS} 输出对应于 Q'₄ 组选信号输出端。

例 91 扫描式 16 进制字符键盘电路

一、应用电路

二、电路结构说明

扫描式 16 进制字符键盘电路, 由 16 通道多路双向开关 CD4067 (IC₁)、双 4 位二进制加法计数器 1/2 CD4520 (IC₂)、4D 锁存器 CD4042 (IC₃) 和 16 字符按键 16ZF 等构成。它可作为单板机或其它自动控制设备的输入数字键盘。电路中, CD4520 构成 16 进制计数电路。16ZF 按键分别接入 IC₁ 的 16 个输入端口。电阻 1M、10k 与电容 500p 组成微分电路。

当 IC₂ 不断输入脉冲 CP 时, Q₀~Q₃ 依次输出。在接通 16ZF 中某一按键时, IC₁ 的选择 A~D 输入端中 1 个通道, 与公共输出端 O/I 接通。于是公共输出端 O/I 输出低电平, 并通过微分电路后产生一个负尖脉冲。在尖脉冲作用下, IC₂ 送至 IC₃ 的信号被锁存, 即由 IC₃ Q₀~Q₃ 端输出二进制数据。

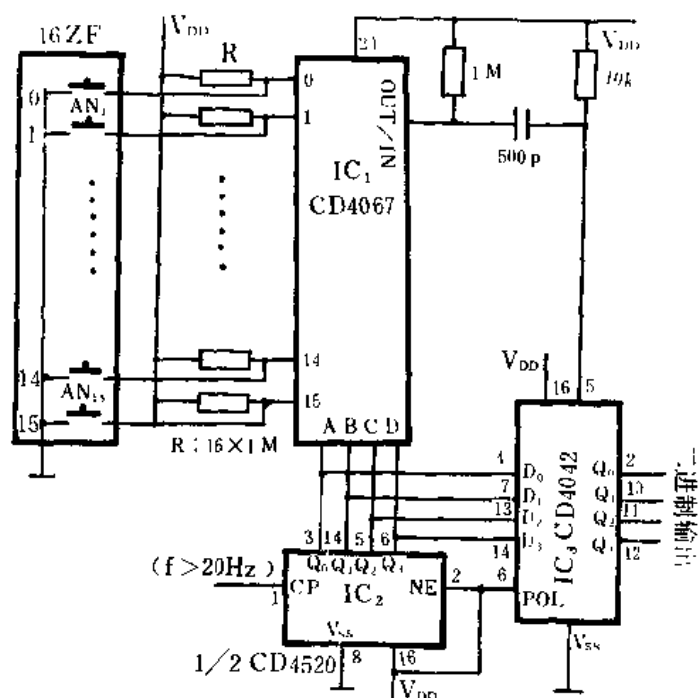


图 4 91 扫描式 16 进制字符键盘电路

例如, 按下 16ZF 的 13 键, IC_1 的⑬脚为低电平, IC_2 在 $f > 200\text{Hz}$ 时钟信号作用下计数并从 $Q_0 \sim Q_3$ 输出。 IC_2 的输出被送入 IC_1 的 A~D 端和 IC_3 的 $D_0 \sim D_3$ 端。据 IC_1 真值表, IC_2 输出为“1101”时, IC_2 的公共端变为低电平, 使 IC_3 在尖脉冲作用下锁存“1101”。

例 92 V-f 转换器 (CD4046)

一、应用电路

二、电路结构说明

由锁相环集成电路 CD4046 等构成 V-f 转换器。

电路中利用 CD4046, 即 PLL 中的压控振荡器组成一个 V-f 转换器。当输入电压 V_i 从 V_{SS} 变化到 V_{DD} 时, V_{CO} 输出端(④脚)信号频率 f_0 成线性变化。频率范围依外接 R 和电容值的不同而变化。

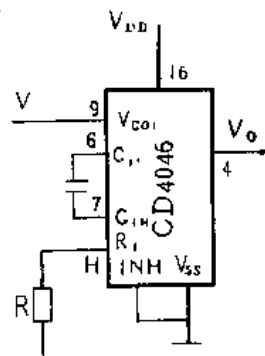


图 4-92 V-f 转换器 (CD4046)

例 93 正弦波发生器 (CD4518)

一、应用电路

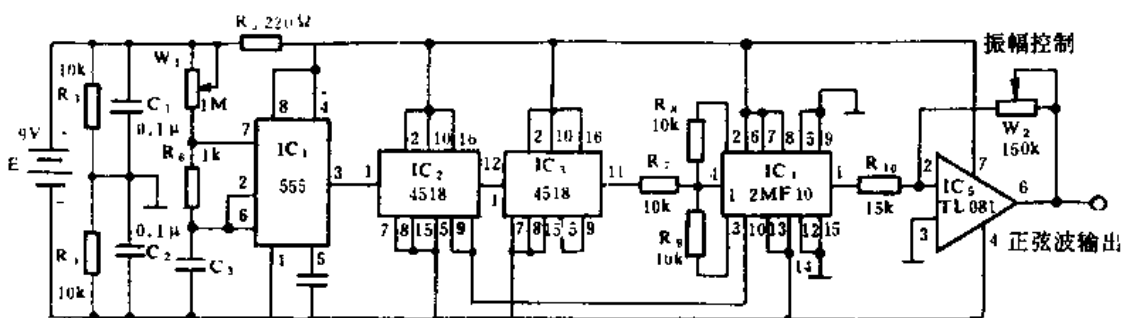


图 4-93 正弦波发生器电路

二、电路结构说明

正弦波发生器是由 2 个双 BCD 加法计数器 CD4518B、NE555 时基电路、新型开关电容滤波器 $\frac{1}{2}\text{MF}10$ 、运放 TL081 为主要元器件构成的。

电路中, 2 个 CD4518B (IC_2 、 IC_3) 进行 4 级级联, 起分频作用。当 NE555 组成的无稳态多谐振荡器输出 $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$ 频率信号, 进入 IC_2 、 IC_3 分频后, 再进入滤波器 IC_4 ($\frac{1}{2}\text{MF}10$) 进行滤波。经滤波后输出的标准正弦基波进入运放 IC_5 (TL081) 进行幅值放大, 最后由 IC_5 的⑥脚输出正弦波。

例 94 N 进制分配器

一、应用电路

二、电路结构说明

N 进制分配器电路由约翰逊计数器 CD4017 和 2 输入端

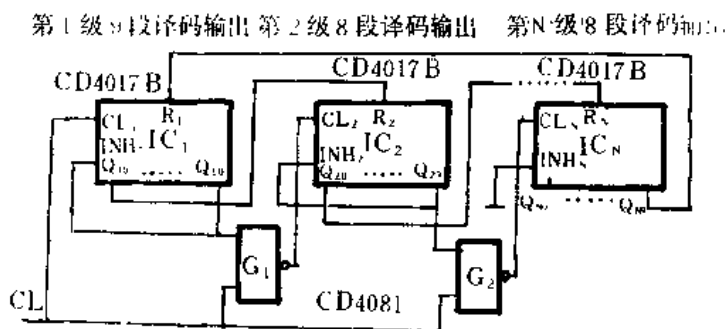


图 4-94 N 进制分配器

4 “与”门 CD4081B (G_1 、 G_2 ……) 多级联接而成。它能够扩展 CD4017 的译码输入端。

从图 4-94 可以看出：译码输出的时序是按第一块 CD4017 的 Q_{10} 、 Q_{11} …… Q_{18} ，第二块 CD4017 的 Q_{21} 、 Q_{22} 、…… Q_{28} ，第三……N 块的 Q_{n1} 、 Q_{n2} …… Q_{n8} 排列的。这样，可以在一周期内把时钟脉冲分成 n 段。当时钟脉冲没进入第一块 CD4017 时， $Q_0 = “1”$ ；第二块 R 端也同时进入时钟脉冲而被复位。当时钟 CL 不断进入 CL_1 ，第一块 CD4017 计数到 Q_{19} （即 1NH）变成高电平时，时钟脉冲即被禁止输入。然而，此时 $Q_{19} = “1”$ ，却将“与”门打开了，于是时钟脉冲 CL 进入第二块 CD4017 的 CL_2 。接着， $Q_{21} = “1”$ ，使第三块 CD4017 的 $R = “1”$ 而复位，于是第二块 CD4017 进行计数，直至计数到 Q_{29} 变成高电平时，时钟脉冲又被禁止输入第二块。再接着，又出现下一个“与”门打开，计数转移至第三块 CD4017……第 n 块。由于最后一块 CD4017（即第 n 块）的 1NH = “0”（接地），CL 端输入时钟脉冲后，计数到 Q_{n9} （即 $Q_{n9} = “1”$ ）时，使第一块 CD4017 的 R 端复位（ $R = “1”$ ）。这样，整个电路完成了 N 进制分配器的工作过程。

例 95 整形电路

一、应用电路

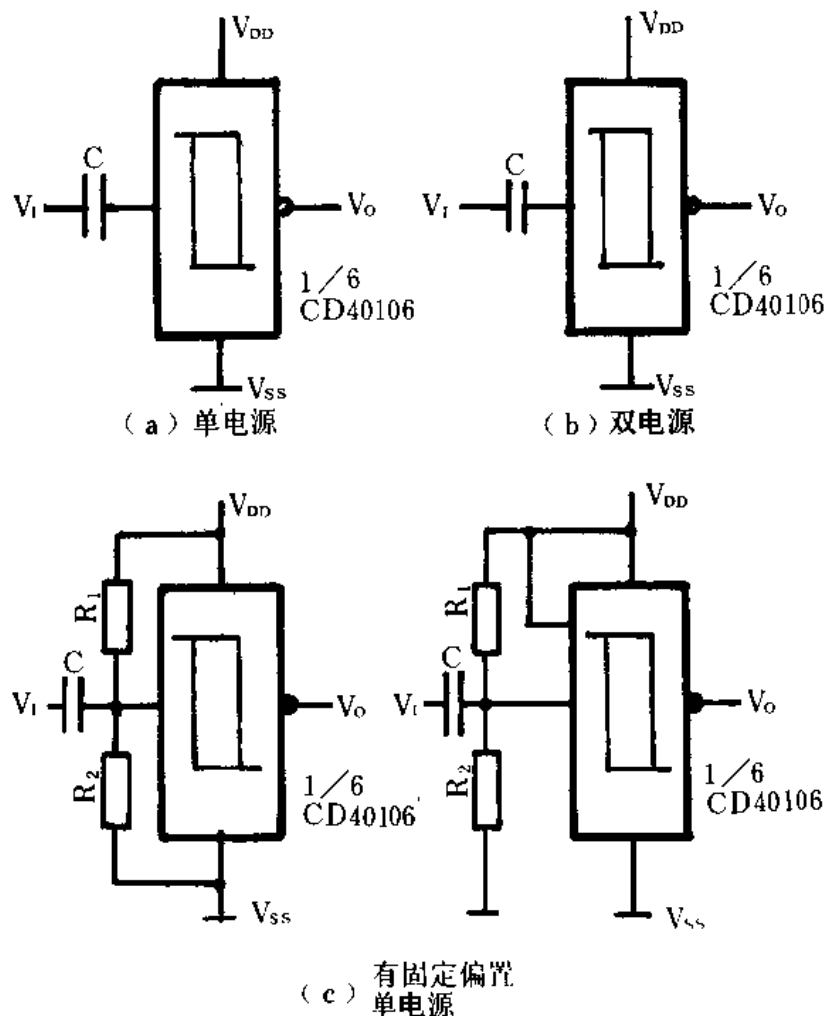


图 4-95 整形电路

二、电路结构说明

采用 CD40106 或 CD4093 和阻容元件可以制成施密特触发器整形电路。图 4-95 所示是 3 种形式的整形电路。

(a) 单电源整形电路。其输入信号采取单极性。

(b) 双电源整形电路。其输入信号采取双极性。

(c) 有固定偏置的单电源整形电路。这种电路在输入端接分压电阻以求得适当的电压偏置，供输入信号幅值不同需求。但要注意，耦合电容 C ，分压电阻 R_1 、 R_2 的值选取时，应符合下式：

$$(R_1 // R_2) \cdot C \geq \frac{1}{\text{信号最低频率 } f_{\min}}。$$

第五章 定时与延时电路

例 1 定时器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种定时器采用 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{1}{2}$ CD4011 (G_1 、 G_2)、阻容元件和继电器等构成。

当按一下开关 AN 时, C_1 迅速被充电至近 6V 电压, 门 G_1 输出低电平, 而门 G_2 输出高电平。于是, 晶体管 V 截止, 继电器 J 释放。V 为 9012。

放开开关 AN 后, 门 G_1 、 G_2 翻转, 继电器 J 吸合, 定时开始。 C_1 开始向 R_3 、W 至 GND 放电。当 C_1 上电压降至门 G_2 输入端阈值电压以下时, 门 G_2 输出变为高电平, J 释放, 于是定时结束。

调节电位器 W, 定时时间可从 0.5 秒调至 20 分钟。

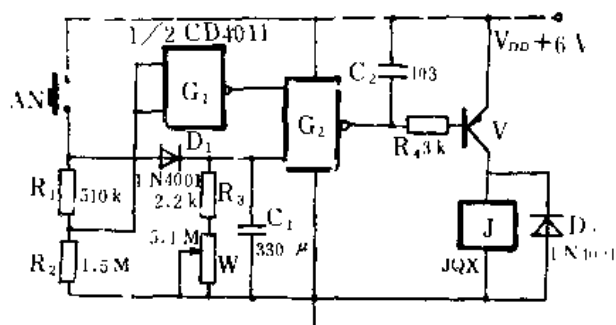


图 5-1 定时器 (1)

例 2 定时器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种定时器电路, 由双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、阻容元件、二极管、三极管等构成。定时时间长达几十分钟。

电路工作时, 按下微动开关 K 瞬时, CD4013 的 S、Q 端为高电平, $\bar{Q}$ 为低电平, 于是 V_1 、 V_2 截止, 继电器 J_1 不动作, LED 不发亮。然后, 电源 V_{DD} 通过 W、 R_1 向 C_1 充电。经过 τ 时间后, CD4013 的 R 端电压上升达到使触发器复位。这时 Q 为低电平, $\bar{Q}$ 为高电平时, V_1 、 V_2 导通, 继电器 J_1 动作, J_1 吸合, LED 发光。

τ 是由 C_1 、 R_1 、W 所决定。比如, $R_1=200k\Omega$, $C_1=220\mu F$, W 为 $1M\Omega$ 电位器时, 定时时间 τ 约 30 秒到 3 分钟; 若 $R_1=3M\Omega$, $C_1=100\mu F$, W 为 $4.7M\Omega$, τ 约为几十分钟。

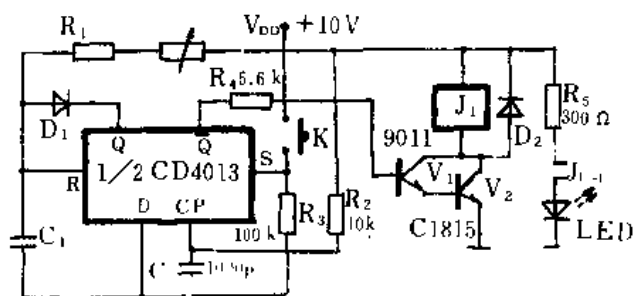


图 5-2 定时器 (2)

例 3 低功耗定时器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 YF_1 、 YF_2 ($\frac{3}{4}$ CD4011) 和时基电路 NE555 等构成的低功耗定时器。

电路中，“与非”门 YF_1 、 YF_2 等组成 R-S 触发器作电子开关。当 K_1 闭合接上电源瞬间，100k 电阻和 0.01μ 电容使 YF_2 一输入端处于低电平状态。即 R-S 触发器的 $\bar{S} = “0”$ ， $\bar{R} = “1”$ ，则 $\bar{Q} = “0”$ ， YF_1 输出端被锁定在低电平 “0”，晶体管 V 截止，由 NE555 组成的单稳态定时器不工作。此时，整个电路仅有 YF_1 、 YF_2 和 9013 的静态电流 $1 \sim 2\mu A$ 。

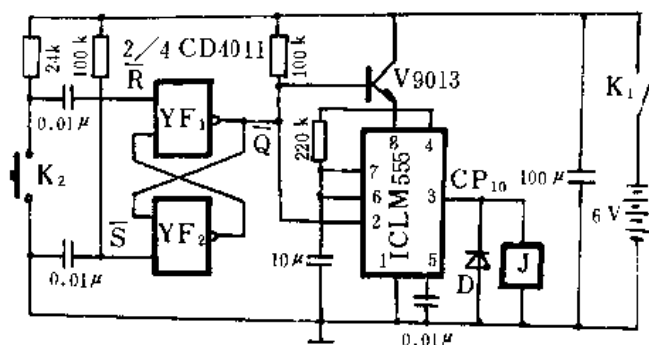


图 5-3 低功耗定时器

当 K_2 按下时，产生一个负脉冲，使 YF_1 输出高电平 “1”（使 R-S 触发器 $\bar{R} = “0”$ 、 $\bar{Q} = “1”$ ）并锁定。9013 导通，NE555 得电而开始进入暂稳态，NE555 的③脚输出高电平 “1”，继电器 J 吸合。经延时一段时间后暂稳态结束，NE555 又恢复稳态。这时③脚输出为低电平，继电器 J 释放。

若要定时器重新工作，应切断一下电源开关 K_1 ，然后再合上，接着再按下 K_2 即可。

例 4 3 档定时器

一、应用电路

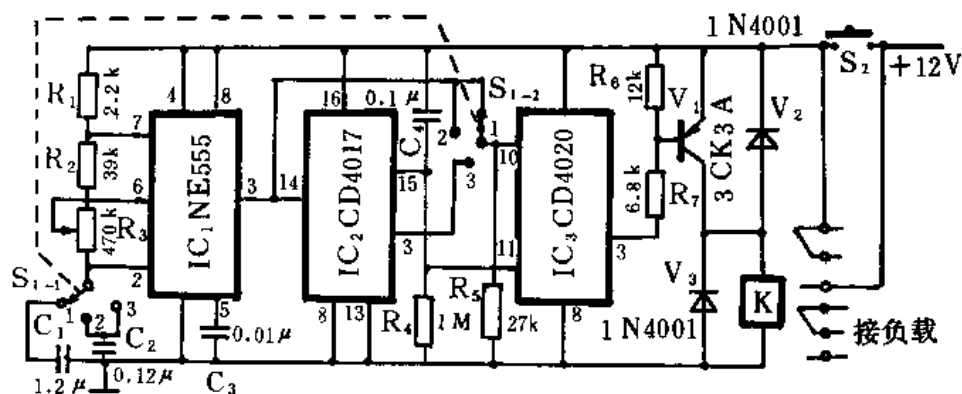


图 5-4 3 档定时器

二、电路结构说明

时基电路 IC_1 (NE555)、十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 和 14 级二进制串行计数器 IC_3 (CD4020) 等构成的 3 档宽量程的定时器。

当 S_{1-1} 拨至 1 位置时，定时范围为 $1 \sim 12$ 分钟。当撤一下按钮 S_2 时， C_4 、 R_4 组成微分电

路,产生正尖脉冲对 IC₂ 的⑤脚、IC₃ 的⑩脚复位 R 端作用,使两电路复零。这时, IC₃ 的③脚输出低电平,晶体管 V₁ 导通,继电器 K 得电,常开触点闭合, +12V 电压被自锁加至电路。同时,负载开始工作。

IC₁ 等组成多谐振荡器,其振荡周期 $\tau \approx 1.47(R_1 + R_2 + R_3)C_1$ 。调节 R₃,使 $\tau \approx 7.3 \sim 90\text{ms}$ 。此脉冲从 IC₁ 的③脚输出,并通过量程开关 S₁₋₂,直接进 IC₃ 的⑩脚, IC₃ 的③脚为 CD4020 的输出端。所以,当 IC₃ 对 8192 次输出脉冲进行计数后,才能使③脚由低电平转为高电平。由此可知,在定时时间 $T = 8192\tau$ 后(即 $T = 1 \sim 12$ 分钟后), IC₃ 的③脚由低变高电平, V₁ 导通转为截止,继电器 K 释放,负载停止工作。同时,定时电路也由于 K 释放而失去 12V 工作电源。只有再次按 S₂,电路才能再次加电。S₂ 作电源开关,同时作定时起动触发功能。

当定时开关 S₂ 拨至 2 位置时,定时范围为 10 分钟~2 小时,这档只改变 IC₁ 的振荡电容, S₂ 置 1 位置时, C₁ = 0.12μF。这时 S₂ 置 2 位置, C₂ = 1.2μF, 扩大 10 倍,所以,定时范围也扩大 10 倍。

当定时开关 S₂ 拨至 3 位置时。IC₁ 输出的脉冲信号作 IC₂ 计数器的时钟脉冲 CP。IC₂ 在 CP 作用下,进行十进制计数一周,即从 Q₁ → Q₉ → Q₀ (③脚),即进行 10 分频后输至 IC₃ 的⑩脚。这时,定时时间在 S₂ 置 2 的基础上又扩大 10 倍,定时范围为 100 分钟~20 小时。

电路中,电阻选金属膜电阻,电容选金属化纸介电容。

例 5 24 小时脉冲发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

24 小时脉冲信号发生器电路,主要由 14 级二进制串行计数器 IC₁ (CD4020)、14 级二进制串行计数器/分频器 IC₂ (CD4060) 和 4 输入端双“与”门电路 CD4082 (门 N₁、N₂), 以及二极管、电阻等构成。

当电路输入端输入 1Hz 时钟脉冲时, IC₁、IC₂ 将输入 1Hz 时钟脉冲分频至预定值。也就是说, 1Hz 信号由 IC₁ 的输入端输入, 经分频后输出给 IC₂ 的输入端, 再经 IC₂ 分频比为 86400。这时, 经“与门” N₂, 在其输出端得到每 24 小时输出一个脉冲信号。

电路采用的秒 (1Hz) 脉冲, 可由数字时钟产生, 也可参考本书秒信号发生器电路。AN 开关是复位按钮开关。

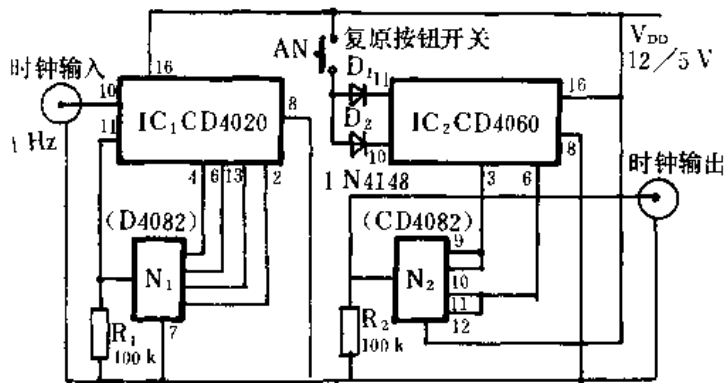


图 5-5 24 小时脉冲发生器

例 6 1~30s 定时器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 7 级二进制串行计数器/分频器 CD4024 (IC₂)、14 级二进制串行计数器 CD4020 (IC₃)、时基电路 NE555 (IC₁)、2 输入端 4 “与非”门 1/4 CD4011 (IC₄) 等构成 1~30s 定时器。其中, IC₂、IC₃ 联成多级分频器, IC₁ 与外围元件组成无稳态多谐振荡器, 其振荡频率 $f = [R_1 + 2(R_2 + W)C_1]$ 。

电路中, IC₂ 分频系数为 128, IC₃ 分频系数为 8192。改变 W 的值, 能改变振荡频率的上下限。按电路图元件值, f 的上下限

为 580Hz~17.5kHz。SB 为复位开关, 当它按下时, IC₂、IC₃ 的 R 端得到高电平而复位。IC₄ 起缓冲作用。另外, 当计数结束时, IC₂ 的⑩脚输出音频信号进入 IC₄, 使 IC₄ 传输给耳机并发出声音。

这个定时电路精度高于 1%, 控制电流可达 100mA 以上。在计数周期内, 6V 电源电压静态耗电为 2mA。

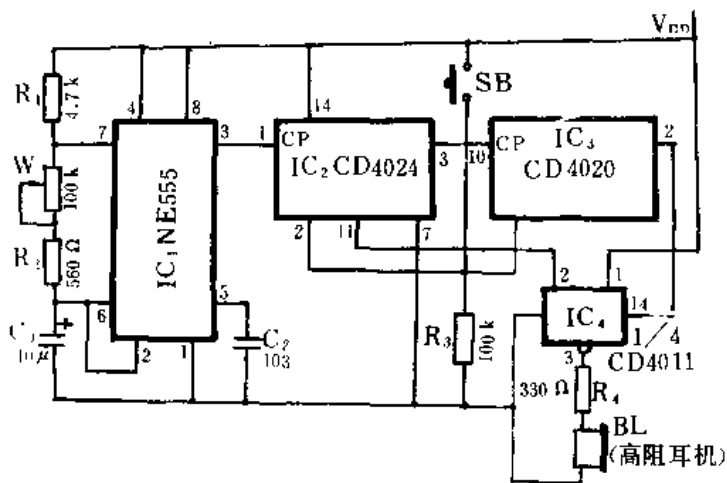


图 5-6 1~30 秒定时器电路

例 7 1~255min 定时器

定时器

一、应用电路

二、电路结构说明

1~255 分钟定时器电路, 主要由时基电路 IC₁NE555、双 4 位二进制加法计数器 IC₂ (CD4520)、8 输入端 “与非”门 IC₃ (CD4068) 和阻容元件、继电器等构成。其中, IC₁ (NE555) 与周围元件组成产生周期为 1 分钟的基准脉冲振荡器, 供 IC₂ 作计数用。

当 IC₁ 输出周期为 1 分钟的基准脉冲时, IC₂ 为脉冲负沿触发, 并从②脚输入

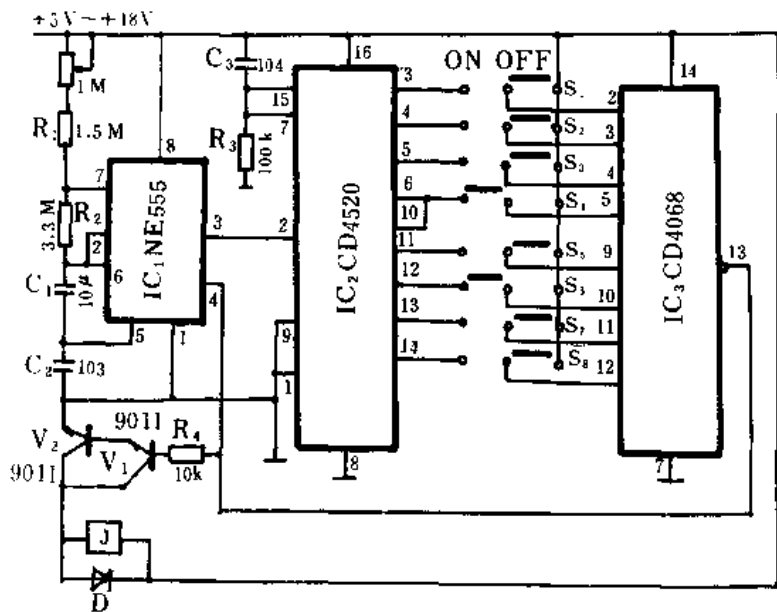


图 5-7 1~255 分钟定时器电路

基准脉冲。而⑩脚接第⑥脚输出端，使计数器 IC₂ 变为 8 级二分频电路。也就是说，从接通电源到第一个高电平脉冲出现的时间分为：1、2、4、8、16、32、64、128 分钟。分频信号经 8 个“1×2 的拨动开关”进入 8 输入端与“与非”门 IC₃。通过拨动开关与 IC₃ 输入端的选择和组合，可以从 1 分钟至 255 分钟（1+2+4+……+64+128=255）的范围内任意设置时间。

例如，定时为 40 分钟，则由 40=32+8 组合而成，需将开关 S₆ 和 S₄ 拨于“ON”档位，而其余开关置“OFF”档位上。这样，使 IC₃ 的相应的输入端接入 V_{DD}。因电路接通时，IC₂ 置零，所以 IC₃ 输出高电平，反馈至 IC₁ 的④脚“强复位端”也为高电平，于是 IC₁ 开始振荡。到了设定时间，S₄、S₆ 分别输出高电平，使 IC₃ 的 8 个输入端全为高电平，而输出端均为低电平。这样便使 IC₁ 的④脚复位置零而停止振荡，计数器停止计数。与此同时，晶体管 V₁、V₂ 进入截止，继电器 J₁ 失电，定时过程结束。

例 8 数字式曝光定时器

一、应用电路

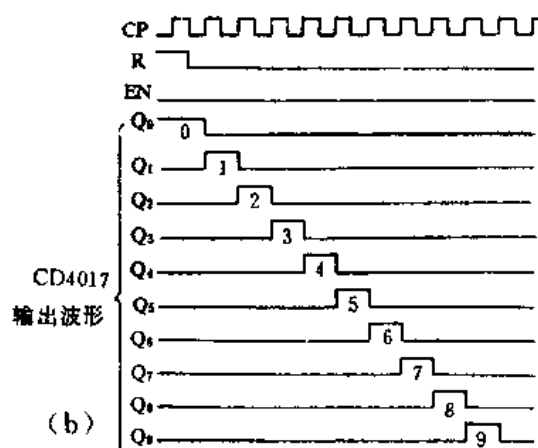
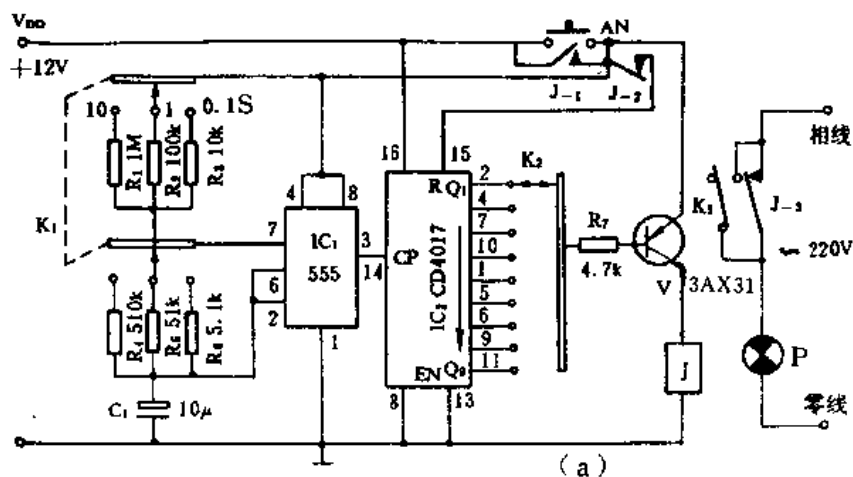


图 5 8 数字式曝光定时器

二、电路结构说明

数字式曝光定时器，主要由十进制计数器/分配器 IC₂ (CD4017B) 和时基电路 IC₁

(NE555), 以及晶体管、开关等元器件构成。其中 IC_1 (NE555) 和 $R_1 \sim R_6$ 、 C_1 等组成无稳态多谐振荡器。 IC_2 (CD4017B) 作为分频器。 K_1 为定时选择开关, K_2 为基准时间选择开关。

当先预置好 K_1 、 K_2 曝光定时开关, 而后按下 AN 开关。电源 V_{DD} 经常闭触点 J_{1-2} 加至 IC_2 的 R 端, 使电路清零, $Q_1 \sim Q_9$ 端呈低电平。于是 V 导通, J 吸合, J_{1-1} 、 J_{1-3} 闭合, 灯 P 亮, 曝光开始。与此同时, J_{1-1} 将自锁, IC_1 起振, J_{1-2} 随 J_{1-1} 自锁吸合而断开, IC_2 计数开始。倘若预置时间到了, IC_2 便由 $Q_1 \sim Q_9$ 输出转为高电平, 晶体管 V 截止, J 释放, 灯 P 灭, 曝光完成。

例 9 多功能定时器

一、应用电路

二、电路结构说明

多功能定时器是: 由 3 端稳压块 LM7812、6 反相器 $F_1 \sim F_5$ ($\frac{1}{6}$ CD4069)、4 输入端双“或”门 $F_6 \sim F_9$ (CD4072 $\times 2$)、4 输入端双“与非”门 $F_{10} \sim F_{11}$ (CD4012)、双 D 触发器 IC_1 、 IC_2 (CD4013 $\times 4$) 和十进制计数器/分配器 IC_3 (CD4017) 等构成的。它具有:

- (1) 定时时间可达 24 小时;
- (2) 循环定时功能, 且循环周期可根据实际需要多档次选择;
- (3) 定时启动功能和延时关闭功能。

电路图中, V_1 单结管为 BT33 或 BT35 组成张弛振荡器, 产生周期为 1 分钟的振荡脉冲, 经“非”门 F_1 、 F_2 整形后, 作为第一级 D 触发器组成计数器的时钟 CP 触发脉冲信号。按一下 AN_1 , 将 C_1 短路放电; 同时, 高电平加在 IC_3 的复位 Cr 端⑮脚。此高电平经门 F_5 、 F_7 、 F_8 及 F_5 、 F_9 、 F_8 反相, 分别得到低电平加到 IC_1 、 IC_2 的 R_D 端, 使它们复零。随即延时开始, 延时过程即 C_1 充电过程, 但 C_1 还在充电、 V_1 还未导通时, IC_1 不计数。当 C_1 两端电压充至 V_1 的峰点电压时, V_1 导通, C_1 通过 V_1 的 e-b₁ 结向 R_1 迅速放电, 产生一个正脉冲, 作为计数器第一级的时钟脉冲。当 C_1 放电至 V_1 的谷点电压时, V_1 则截止, 接着 C_1 又开始被充电而重复以上过程。总之, C_1 每放电一次, B 点就出现一个正脉冲, 使 V_1 组成张弛振荡器, 要 1 分钟输出一个脉冲作 IC_1 的计数脉冲信号。 IC_1 是由 4 个 D 触发器组成的 15 进制计数器, 每输入一个 CP 脉冲, IC_1 依次翻转。当计入第 15 个脉冲时, 触发器 $Q_1 \sim Q_4$ 的状态为“1111”, 并进入 F_{10} 。 F_{10} 的输出端⑥脚从高电平变为低电平, 经门 F_3 反相得高电平输出, 作为 IC_2 的计数时钟脉冲; 另一方面, F_{10} 的负跳变, 经门 F_7 、 F_8 。在 F_8 的③脚输出变为低电平, 触发 IC_1 的 R_D 端, 使 IC_1 复零, 为 IC_1 重新开始计数做好准备。

当 F_3 输出 12 个脉冲给 IC_3 时, $Q_2 \sim Q_5$ 的状态变为“1100”, 此刻 F_{11} 的⑧脚由“1”→“0”, 其后变化过程同 IC_1 。

IC_3 在 F_4 输出脉冲信号至其 (⑭脚) 时开始计数, 使 IC_3 $Q_0 \sim Q_7$ 依次输出高电平。假如波段开关 K_1 置于 Q_8 端, 相当于一个 8 进制计数器。 F_4 输出 8 个脉冲时, $Q_8 = “1”$, SCR 导通, 继电器 J_1 吸合, 接通负载; 另一方面, F_{11} 输出低电平, 经门 F_9 、 F_8 反相得到负跳脉冲, 作用 IC_2 的 R_D 端, 使 IC_2 复零。

以上 $IC_1 \sim IC_3$ 3 个计数器的串加作用, 共可计数为 $15 \times 12 \times 8 = 1440$ (即 24 小时), 单位标准脉冲为 1 分钟。

K_1 是定时启动—时间选择开关。当选择不同的定时时间后, 则循环周期也相应确定。一旦 SCR 导通后, $IC_1 \sim IC_3$ 全复零, 又将重新开始这个周期的循环。

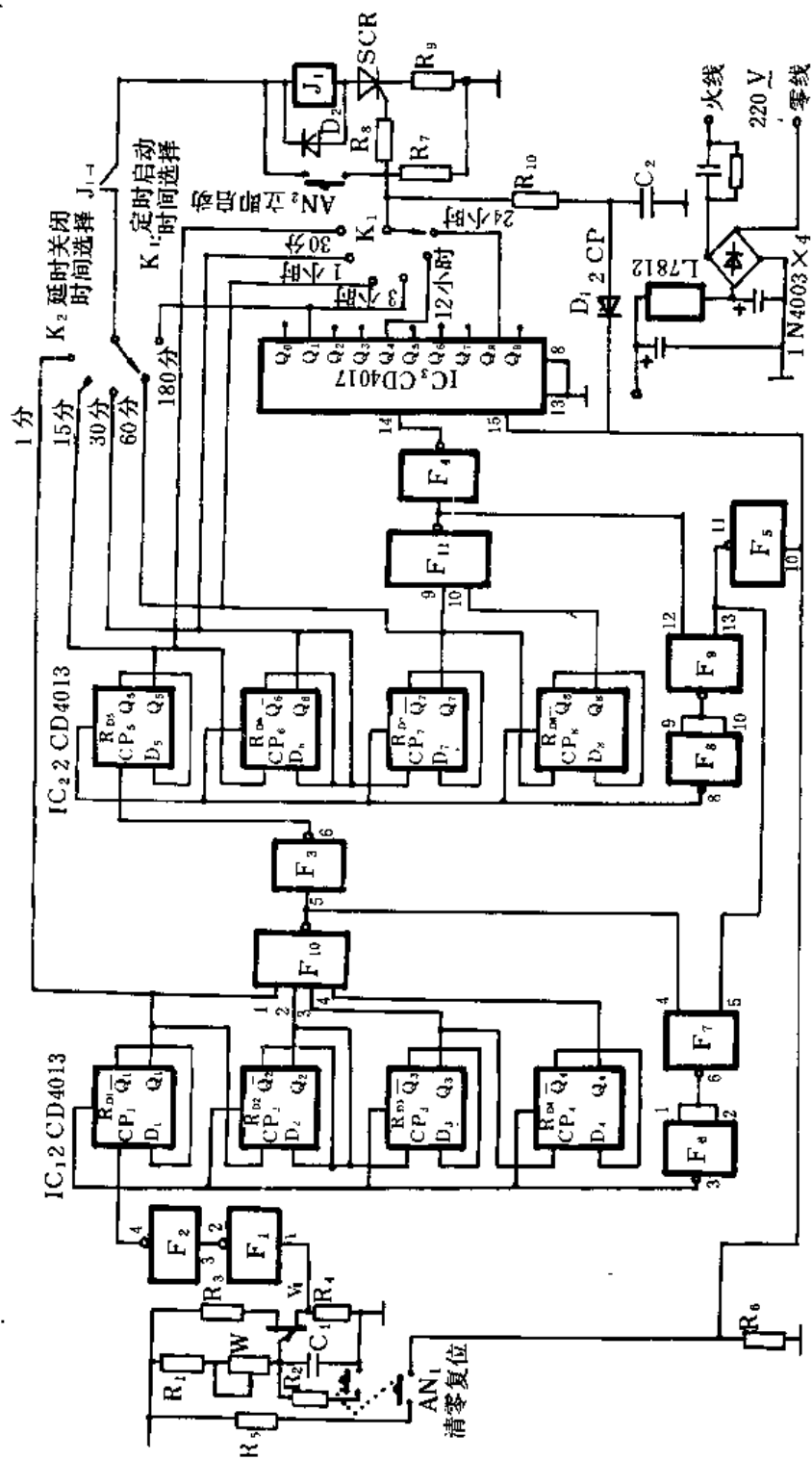


图 5-9 多功能定时器

$f=1/2 \cdot 2R_T C_T$ 的振荡器。改变 R_T 的值可改变振荡频率。 Q 脚为清零端。当按一下 AN_1 , $CD4060$ 复位, 定时开始, 经一定时间 (由 AN_2 位置而定时间) 输出高电平, 经 R_3 触发 JCG 动作, 定时结束。

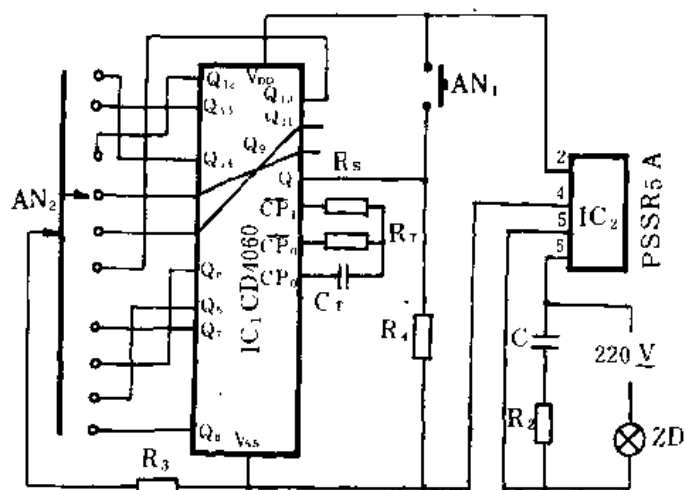


图 5-11 精密定时器

例 12 7×9 级可调定时器

一、应用电路

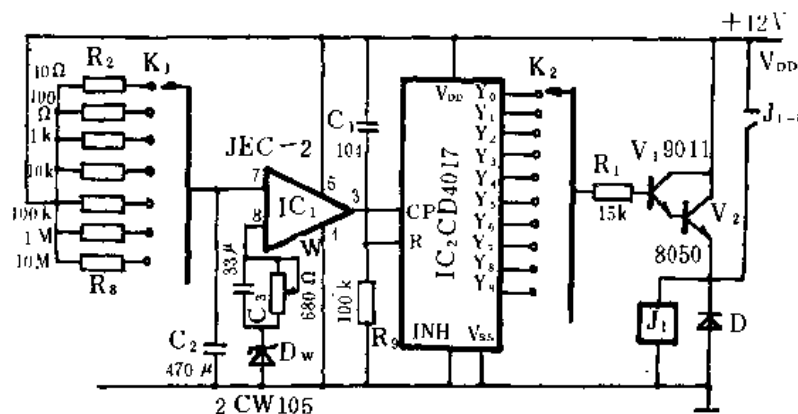


图 5-12 7×9 级可调定时器

二、电路结构说明

7×9 级可调定时器采用十进制计数器/分配器 $CD4017$ 、多功能集成电路 $JEC-2$ 、电阻网络 R_i 和 9 档开关 K_2 、7 档开关 K_1 等构成。

电路中, $JEC-2$ 和外围元件组成无稳态振荡器。它的振荡信号周期取决于 C_2 和开关 K_1 与电阻网络 R_i ($R_2 \sim R_8$ 中某一阻值)。利用 7 档开关 K_1 可以获得 7 种不同周期的方波信号。它们之一从 IC_2 ($JEC-2$) 的③脚输出, 使 IC_2 作十进制计数, 并从输出端 $Y_0 \sim Y_9$ 输出 $1T, 2T, \dots, 9T$ 的 9 种定时信号。再通过开关 K_2 , 可以从 IC_2 的任一输出端输出定时信号, 以导通 V_1, V_2 , 使继电器 J_1 吸合, J_{1-1} 通电工作。这样, 由于 K_1 与 K_2 的组合, 电路可得 7×9 级可调定时信号。

注意, 电路中 DW, W, C_3 是为了抬高 IC_1 ⑧脚电位而设的。 C_1, R_9 作为开机产生微分尖脉冲信号, 加至 IC_2 的复位端 R , 使 IC_2 清零。

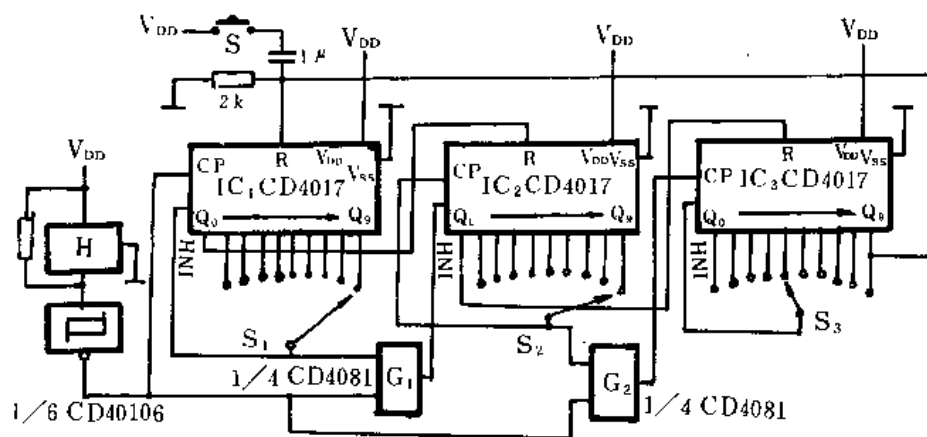


图 5-14 石英钟 24 小时定时器

小时到点, Q_9 输出高电平, 将时钟抑制 (此时, 使触端 INH 为高电平)。IC₁ 便停止在此状态不再变化。IC₁ 只能控制 0~9 小时定时。若要 0~18 小时定时, 则应加 IC₂, 同时加 $\frac{1}{4}$ CD4081 (G₁), 并按图中所示相连接。首先将 S₁ 打在 IC₁ 的 Q₉ 端, 当计数至 9 小时 (Q₉ 时), INH = “1”, 则 IC₁ 抑制, 由于 CP 脉冲不断输入 IC₂ 开始计数, 按 S₂ 打向位置 Q₁~Q₉ 可控制 10~18 小时, 如再加 IC₃ (CD4017) 及 $\frac{1}{4}$ CD4081 (G₂), 原理上, 则可以控制 0~24 小时。以上波段开关 S₁ 或 S₂、S₃ 均不打向 Q₀ 位置。因 Q₀ 在复位清零时为高电平。如再定时, 按一下按钮开关 S, 使电路复位清零。

例 15 多档定时器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种由 4 位数字比较器 IC₁ (CD4585)、双 4 位二进制加法计数器 IC₂ ($\frac{1}{2}$ CD4520) 和双 D 触发器 IC₃ ($\frac{1}{2}$ CD4013), 构成的多档定时器。它的定时范围 1~16s、1~16min、1~16h。

当将预置码由拨盘开关 K₁~K₄ 设置定时后, IC₁ 的数据端 A_n 便得到预置数据。这时将 IC₂、IC₃ 的 R 端加上高电平清零, 且从 CP 端输入计数脉冲, 于是计数器 IC₂ 工作并将 Q_n 输至 IC₁ 的 B_n 端。B_n 输出与 A_n 的定时数据进行比较, 若两者相等时, 则由 IC₁ 的输出端③脚输出高电平, 并作为 IC₃ 的时钟脉冲 CP, 使 IC₃ 也输出高电平信号且予以记忆。这高电平信号触发报警器工作, 直到 IC₃ 的 R 端清零之前。

假设开关 K₁~K₄ 设定 “1010”, IC₂ 的时钟脉冲可由电子钟提供的情况下, 且输入的 CP 为 “秒” 脉冲, 则第 10 个秒脉冲到达后, IC₁ 的 A、B 两组数据相等, 输出端③脚变为高电平送出控制信号。显然, CP 为 “分” 脉冲, 则定时为 10min; CP 为 “时” 脉冲, 则定时为 10h。

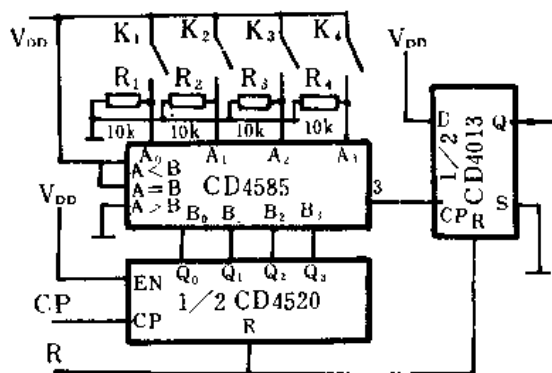


图 5-15 多档定时器

例 16 间歇定时器

一、应用电路

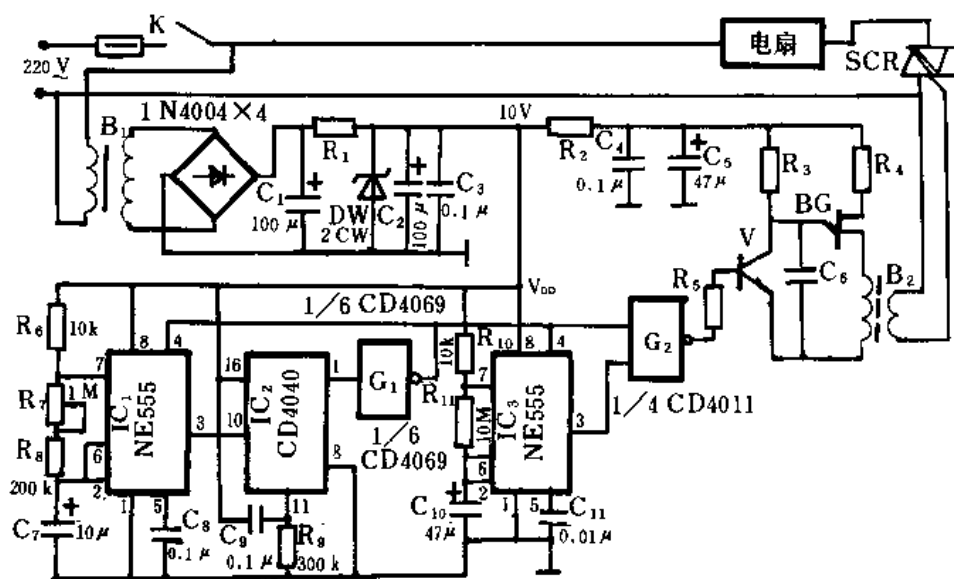


图 5-16 间歇定时器电路

二、电路结构说明

这是一种在定时时间内可间歇工作的定时器。它由 CD4040、CD4069、NE555，以及晶体管、单结晶体管等组成。

当合上开关 K，IC₂ (CD4040) 的①脚为低电平，经反相器门 G₁ (1/6 CD4069) 加至 IC₁ (NE555)、IC₃ (NE555) 的第④脚，IC₁、IC₃ 开始振荡。于是“与非”门 G₂ (1/4 CD4011) 开启，V 截止，单结管 BG 开始振荡，SCR 触发导通，负载（电扇）开始工作。由于 C₁₀ 充电，使 IC₃ 的⑥脚电压达 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 后，IC₃ 复位且由③脚输出低电平。于是“与非”门 G₂ 关闭，V 饱和导通，单结管 BG 停振，SCR 截止，负载（电扇）停止工作。可是，C₁₀ 放电至 $\frac{1}{3}V_{DD}$ 电平时，IC₃ 的③脚变为高电平，又将“与非”门 G₂ 打开，负载又开始工作。这期间，负载间歇时间 t 为 $0.7R_{11}C_{10}$ 。这样，轮流间歇直到预置定时时间到了为止。预置定时时间可调节 W 选定。本电路间歇一次时间为 5~6 分钟。

例 17 0.1s~6h 定时电路

一、应用电路

二、电路结构说明

0.1s~6h 小时定时电路，主要由双加法计数器 IC₂ (CD4518)、时基电路 IC₁ (555)、以及晶体管继电器等组装而成。

IC₂ (CD4518) 在电路中作为分频器使用。IC₁ (555) 和 R₃、R₄、W₁、C₁~C₃ 等构成无稳态多谐振荡器。K 复位开关按下时，IC₁、IC₂ 清零并开始计数，IC₁ 的第③脚输出高电平，但当 C₃ 充电至 $\frac{2}{3}V_{E1}$ 后转入低电平。K₁ 置于 C₁ 或 C₂、C₃ 档位，有不同的振荡周期。也就是说，IC₁ 可以输出不同振荡频率的脉冲作 IC₂ 的计数时钟脉冲。经 IC₂ 分频后，K₂ 开关也可置不同档位，输出不同的分频段频率信号去切换 J₁ 或 J₂。K₃ 开关在“单步”位置时，执行一次性定

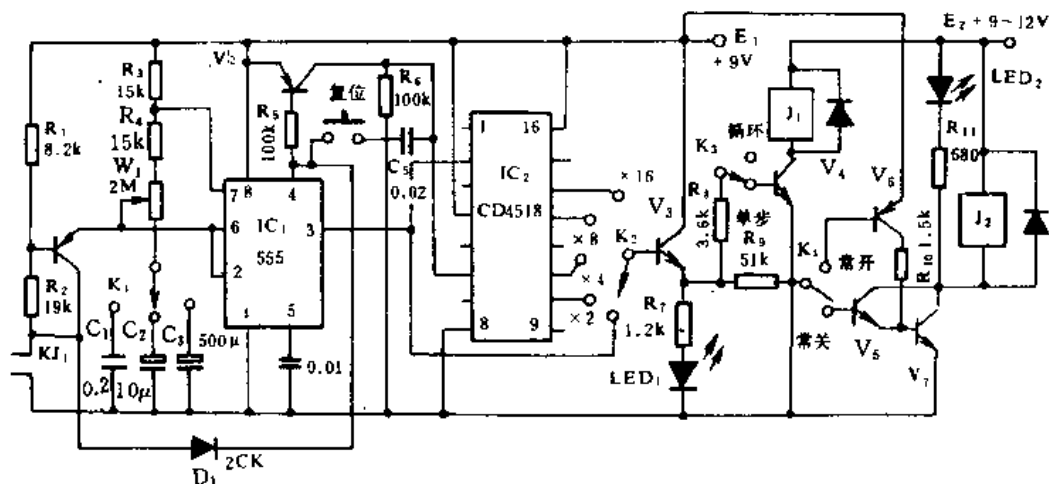


图 5-17 0.1s~6h 小时定时电路

时, 预置时间视 K_1 、 K_2 所设定档位而定。所预置时间一到, V_4 导通, J_1 吸合, KJ_1 接通, IC_1 停振。当 K_3 开关在“循环”档时, 执行“第一次, 第二次的循环”的定时, 即 V_3 输出, 控制 V_5 、 V_7 及 J_2 , IC_1 不停振, IC_2 不停计数, 计时时间一到, 关断 J_2 。接着又启动, 重复再次预置定时。

电路中 V_1 、 V_2 、 V_6 为 3CG 或 3CK 型三极管, 其 $\beta > 50$; V_3 、 V_4 、 V_5 、 V_7 为 3DG 或 9013 型三极管, $\beta > 40$ 为宜。

例 18 0~16h 定时器

一、应用电路

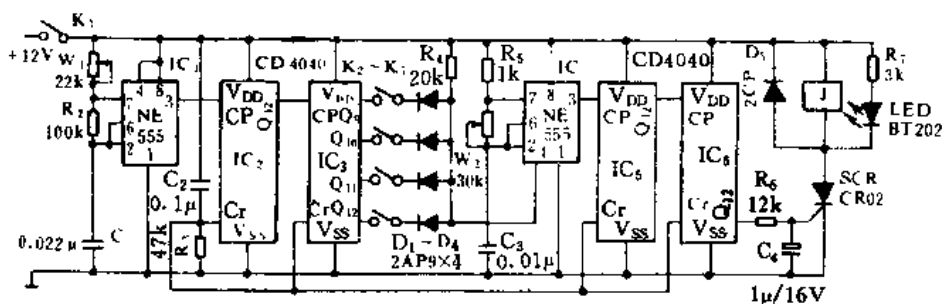


图 5-18 0~16h 定时器

二、电路结构说明

0~16h 定时器, 由 4 块 12 位二进制计数器/分频器 CD4040B、2 块时基 555 和外围元器件构成。

定时器 I, 能产生 0~15h 共 16 档可调时间信号。由 IC_1 和 W_1 、 R_2 、 C_1 组成的无稳态多谐振荡器产生振荡信号, 通过 IC_2 、 IC_3 (CD4040B) 作为分频器进行分频后, 在 IC_3 的 Q_{12} 、 Q_{11} 、 Q_{10} 、 Q_9 端得到 8、4、2、1h 的状态信号, 利用开关 $K_2 \sim K_5$ 的组合, 可获 0~15h 共 16 个时间信号。

定时器 II, 能产生 0~60min 连续可调的时间信号。它由 IC_4 (555) 产生振荡信号, IC_5 、

IC₆ 作为分频器。它们都受定时器 I 电路控制, 调节 W₂ 可使定时器 II 在 0~4290s 内变化。然而, 在 IC₆ 的 Q₁₂ 端定时范围限制在 0~3600s (即 0~60 分)。

这样, 定时 I (h)+定时 II (min) 为总定时时间, 到了预置定时后, IC₃ 的 Q 端、IC₆ 的 Q₁₂ 端转为高电平, 于是 SCR 被触发导通, 继电器 J 吸合, 发光二极管 LED 发亮。

例 19 实用自动定时器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种实用自动定时器, 由 12 级二进制串行计数器/分频器 IC₂ (CD4040)、反相器 1/6 CD4069 (G₁)、时基电路 IC₁ (NE555), 以及外围元器件构成。

IC₁ NE555 和 R₂、R₃、W、C₁ 组成无稳态多谐振荡器。从 IC₁ 的③脚输出脉冲信号, 作为 IC₂ CD4040 的时钟信号。C₃、R₄ 起计数电路的开机自动复位作用。一旦电路通电, IC₂ 的①脚呈低电平, 经反相器 1/6 CD4069 后输出高电平。这一高电平一路加至 IC₁ 的④脚使它复位、起振; 另一路加至晶体管 V, 并使继电器 J 吸合, 负载通电, 表明计时开始。

与此同时, 时钟脉冲加至 IC₂ 的⑩脚, 计时电路从 0 开始计数, 至计满 2^{N-1} 后, ①脚从低电平转为高电平, 经反相器 G₁ 后加至 IC₁ 的④脚使 IC₁ 停振, 同时使 V 截止。于是 J 释放, 定时结束。

定时时间: $t = 2^{N-1} \cdot T$ (N 为 12 级, T 为 555 振荡周期)

$$= 2^{12-1} \times 0.7 (R_2 + 2W + 2R_3) \cdot C$$

$$= 2^{11} \cdot 0.7 (R_2 + 2W + 2R_3) \cdot C$$

选择适当 R₂、R₃ 的值, 调节 W, 定时时间范围在 1.5~10h。

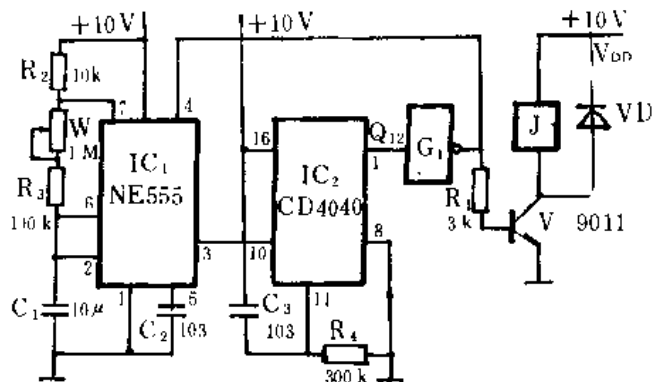


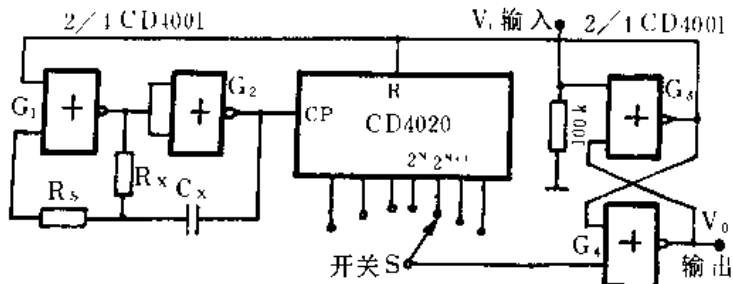
图 5-19 实用自动定时器

例 20 用计数器作定时器

一、应用电路

二、电路结构说明

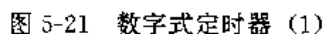
用 CD4001 中的两个 2 输入端“或非”门 (G₁、G₂) 构成 RS 触发器; 另两个“或非”门 (G₃、G₄) 与 14 位计数器 CD4020 等组成单稳态多谐振荡器。两者联成如图 5-20 电路, 可作为延时开关或定时器。



(一) 之 二 集 成 時 法 一

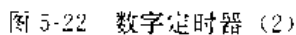
二、电路结构说明

电路中, 电位器 W 、 R_2 、 R_3 、 C_2 与 IC 组成 RC 振荡器。调节 W 可以使振荡器的振荡频率在 $1.6 \sim 35\text{Hz}$ 之间变化。如还需改变振荡频率的话, 可以改变 C_2 或 W 。当 RC 振荡器输出振荡脉冲作为计数器的 CP 时, 计数器在时钟作用下, 从各 Q_i 输出端输出定时时间脉冲。



电路中, C_1 、 R_1 作为开机复位电路, 使通电时各 Q_i 输出为低电平。开关 S_1 作为开机、停止开关。

一、应用电路



二、电路结构说明

当晶振电路 IC₁ 第 Q₁₄ 脚输出经 2¹⁴ 次分频后脉冲信号, 再经 IC₂ 反相, 输入双 D 触发器 IC₃ 进行 2 分频, 得到 2¹⁵ 次分频的秒脉冲信号。秒脉冲信号作为 IC₄ 的时钟脉冲输入, IC₄ 的 10 个

输出端 $Q_2 \sim Q_{12}$ 分别输出 $Q_2 = 2^1 = 2s$, $Q_3 = 2^2 = 4s$, $Q_4 = 2^3 = 8s \dots Q_{11} = 2^{10} = 1024s$, $Q_{12} = 2^{11} = 2048s$ 的定时信号。而这些输出端与单刀 11 掷分线开关 K 相联。在某一时刻, 经 $2^N s$ 后, K 上有一阶跃高电平引出。它一路加至 V_1 、 V_2 晶体管放大, 用以促使 IC_5 的第②脚置位, 第③脚转为高电平。这样, 继电器 J 吸合, 接通负载, 开始计时。当完成预置时间后, C_3 通过 R_4 充电, 并使电平高于 IC_5 第⑥脚的 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 触发电平时, IC_5 复位, 第③脚呈低电平。于是 J 释放, 负载断电, 停止工作。同时, $CD4040$ 的输出信号经 D 至 Cr 端, 对电路进行清零。若在定时控制中途使计数器清零, 需按手动键 AN , 为下一轮定时作准备。

这个数字定时器适用于 $1 \sim 255min$ 范围内的预置定时。

例 23 数字定时器 (3)

一、应用电路

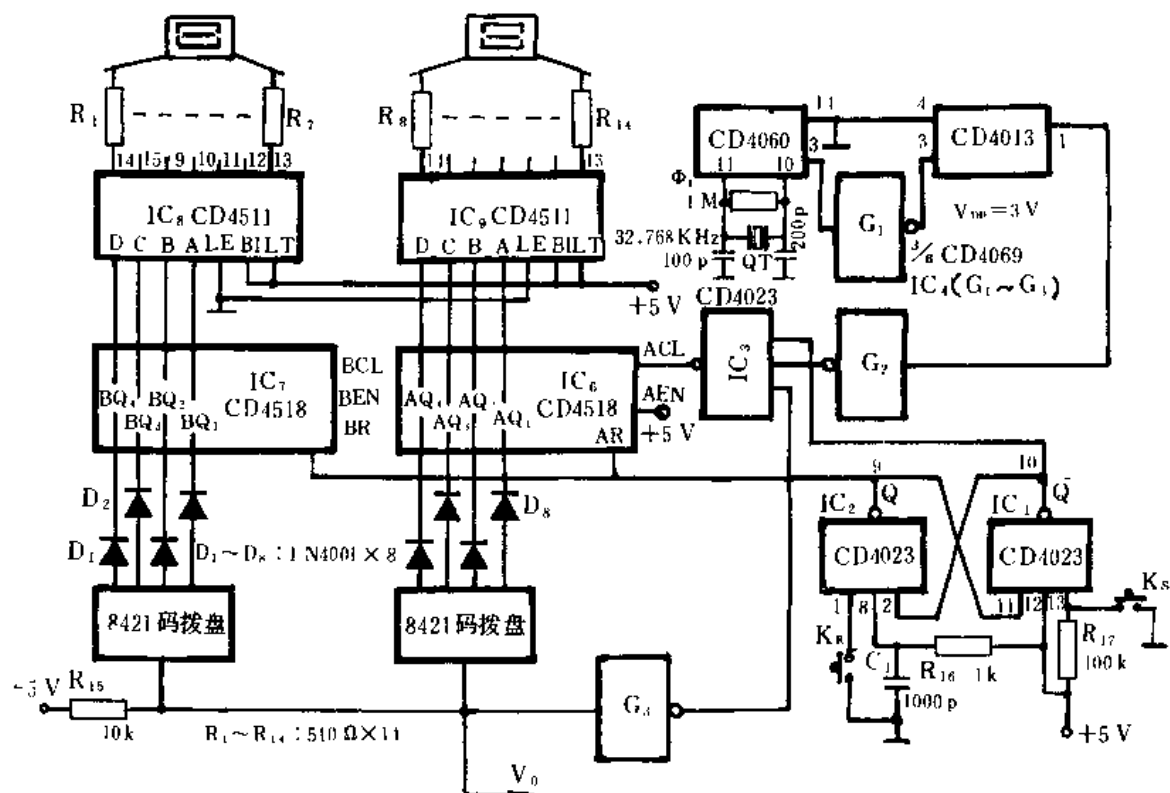


图 5-23 数字定时器 (3)

二、电路结构说明

图 5-23 是一种数字定时器电路。它的定时时间用数码管直接显示, 定时范围为 $1 \sim 99s$ (秒)。

电路中, $CD4060$ 组成 14 级二分频, 外接 $CD4013$ 扩展一级二分频。这样两者共同组成 15 级二分频器, 它们之间接反相器 $CD4069$, 目的是为了保证触发沿的正确性。联接 IC_6 、 IC_7 的二极管 $D_1 \sim D_8$ 与 8421 码拨盘组成可变定时器的设定功能。其最小设定时间为 $1s$, 最大设定时间为 $99s$ 。 R_{16} 和 C_1 组成积分电路, 保证定时器通电后处于复位状态。

当秒脉冲从 $CD4013$ 的 Q_1 (①脚) 输出, 送至 G_2 ($\frac{1}{6}CD4069$) 整形倒相后, 经 IC_3

(CD4023) 端, 送到 IC₆ (CD4518) 的 ACL 端。双 BCD 计数器 IC₆、IC₇ 对秒脉冲进行 1~99s 计数。按一下复位开关 K_R 使 IC₁、IC₂ (2/3 CD4023) 组成的 RS 触发器输出端 Q (⑨脚) 为高电平, 计数器 IC₆、IC₇ 复位。K_S 为定时器启动开关, 按一下 K_S, R-S 触发器的 R 端为低电平, IC₂ 的 $\bar{Q}$ 端 (⑩脚) 输出高电平。在定时器启动或定时时间未到, IC₅ 的 ②脚输出为“0”, IC₃ 门关闭, 于是计数器脉冲秒信号无法进入 IC₆ 的 ACL 端, 计数器禁止计数。IC₉、IC₁₀ 可将计数器内容寄存并驱动数码管显示。

例 24 长时间定时器

一、应用电路

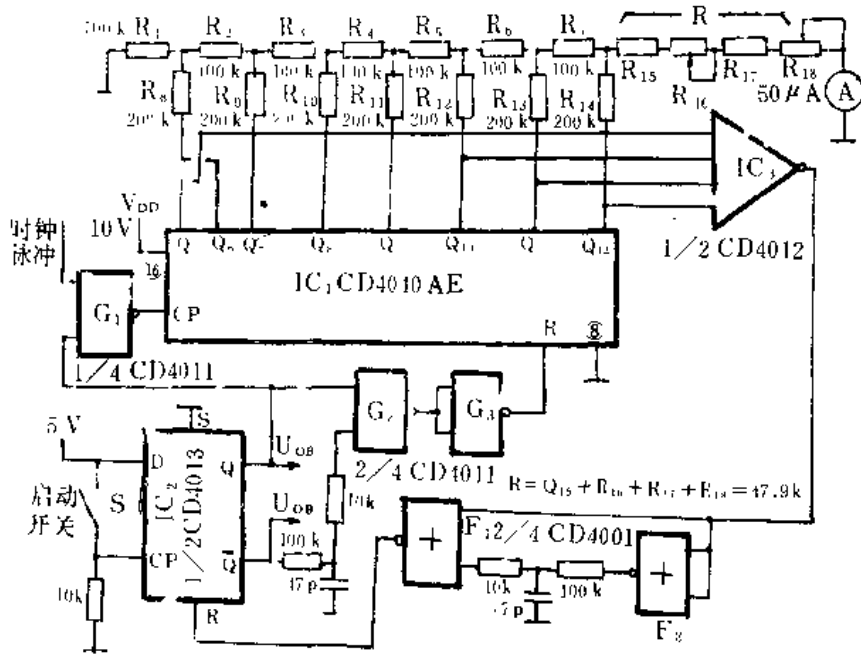


图 5-24 长时间定时器

二、电路结构说明

这是用 12 级串行二进制计数器 CD4040AE 接成 3600 位计数器与 1/2 CD4013 组成的 D 触发器、2 个“或非”门 (F1、F2) 2/4 CD4001、3/4 CD4011 的 3 个“与非”门 (G1、G2、G3), 以及 R-2R 梯形电阻网络作为的数-模变换电路、指示电表, 共同构成的长时间定时器。

长时间定时器的定时时间与时钟脉冲频率有关。例如, 时钟脉冲频率为 1Hz, 那么定时长为 1h; 时钟脉冲频率为 3.6kHz, 那么定时长为 1s。由此可见, 改变时钟脉冲的频率, 就能改变定时时间。

图 5-24 长时间定时器电路中, 计数器是与 R-2R 梯形电阻网络作数-模变换, 输出信号由电流表指示。当计数器的 Q₅、Q₁₀、Q₁₁、Q₁₂ 输出为“1”时, 4 输入端“与非”门 G₄ (1/2 CD4012) 输出则为“0”, 于是通过 2 个“或非”门 3/4 CD4001 输出一个正脉冲。正脉冲信号加到 D 触发器 (1/2 CD4013) 的 R 端, 使 D 触发器复位, Q、 $\bar{Q}$ 端输出信号通过 2 “与非”门 G₂、G₃ (3/4 CD4011) 给计数器 R 端一个负脉冲, 促使计数器 CD4040 复位计数。

然而, 时钟脉冲不能通过 2 输入端“与非”门 G₁ (1/4 CD4011) 进入计数器, 计数器因此

而停止计数。

电路中 $R_1 \sim R_7$ (100k) 是梯形网络内阻, R 是表头内阻同串联电阻之和。当 $U_{onmax} = 8.748V$ 时 $R = 74.9k\Omega$ 。电表采用 $50\mu A$ 。

当按下启动开关 S 时计数器开始计数。而电流表指示由时钟频率 (D/A) 转换为电压值。

例 25 长达几个月的定时电路

一、应用电路

二、电路结构说明

由 2 片新型定时器 CD4541 (IC_1 、 IC_2)、继电器、晶体三极管、发光二极管、阻容元件等构成了这个长达几十小时乃至几个月的定时电路。

电路中, IC_1 ①至③脚的外部阻容 R_1 、 R_2 、 C_1 与内部电路组成振荡器, 产生时钟脉冲。 IC_2 的③脚与 IC_1 的⑧脚相接。由于 IC_1 的⑩脚接高电平, 所以 IC_1 以循环定时方式工作。这样, IC_1 的输出作为外时钟脉冲输入 IC_2 的③脚, 电路所得到定时时间为: $t_a = 2.3R_1 \cdot C_1 \cdot 2^{n_1 - n_2 - 1}$ 。

因为 IC_1 、 IC_2 的⑫、⑬脚均接高电平, 所以计数器的级数 $n_1 = 16$ 、 $n_2 = 16$ 。假定电位器调定出 $R_1 = 47k$ 时, 则:

$$t_a = 2.3R_1C_12^{n_1-n_2-1} = 2.3 \times 47k \times 10^3 \times 0.1n \times 10^{-6} \times 2^{16+16-1}$$

$$t_a \approx 9 \text{ (个月)}$$

由此可见, 本电路定时时间可达数月。

例 26 可编程定时器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

可编程定时器 (1) 由可编程 1/N 计数器 IC_2 (CD4059)、十进制计数器/7 段译码器 IC_1 (CD4033)、双 D 触发器 IC_3 ($\frac{1}{2}$ CD4013) 等构成。

先把与 IC_2 的 16 个置数端 $Y_1 \sim Y_{16}$ 相接的 4 位拨盘开关置于设定定时区间, 编制定时程序。而后接通电源。计数器 IC_2 被禁止并

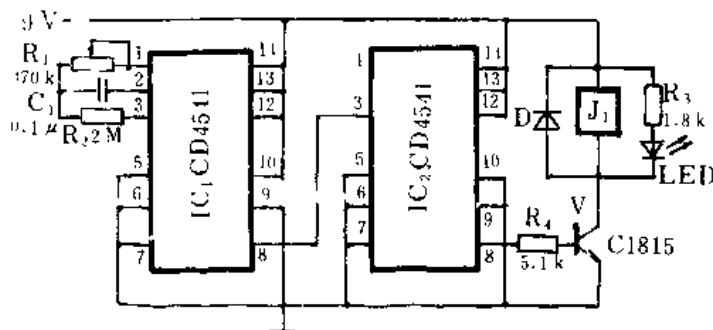


图 5-25 长达几个月的定时电路

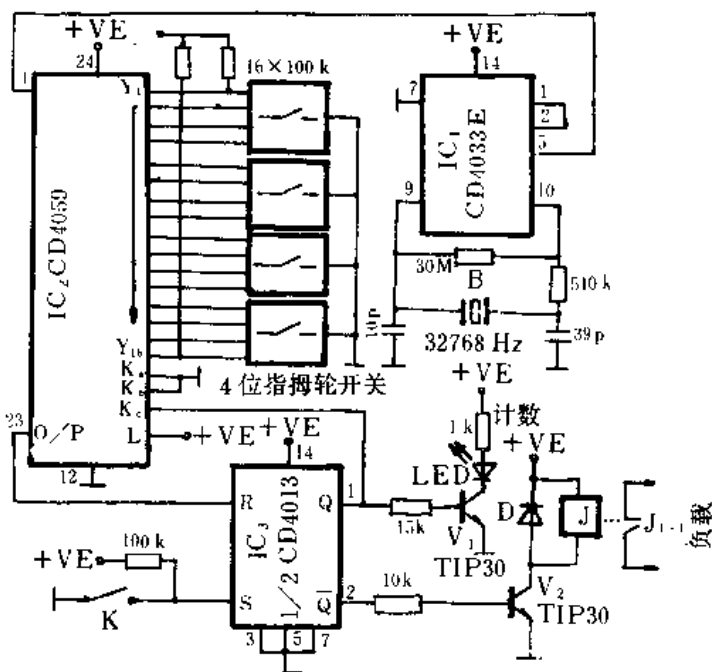


图 5-26 可编程定时器 (1)

被预置, K_a 、 K_b 、 K_c 为低电平, J 不动作。IC₁ (CD4033) 与晶振片 B 等接成的晶体振荡器起振并产生 1Hz 的脉冲信号。此脉冲信号输入 IC₂ 的①脚作计数器的计数脉冲。在计数脉冲的作用下, 计数器开始计数。此时, D 触发器工作, 发光二极管 LED 亮, 继电器吸合。当计数到预置数值或超过预置数时, IC₂ 的⑬脚 (O/P) 输出一脉冲, 使 IC₃ 的 D 触发器复位。于是 LED 熄灭, 继电器 J 释放, 负载通电工作。

例 27 可编程定时器 (2)

一、应用电路

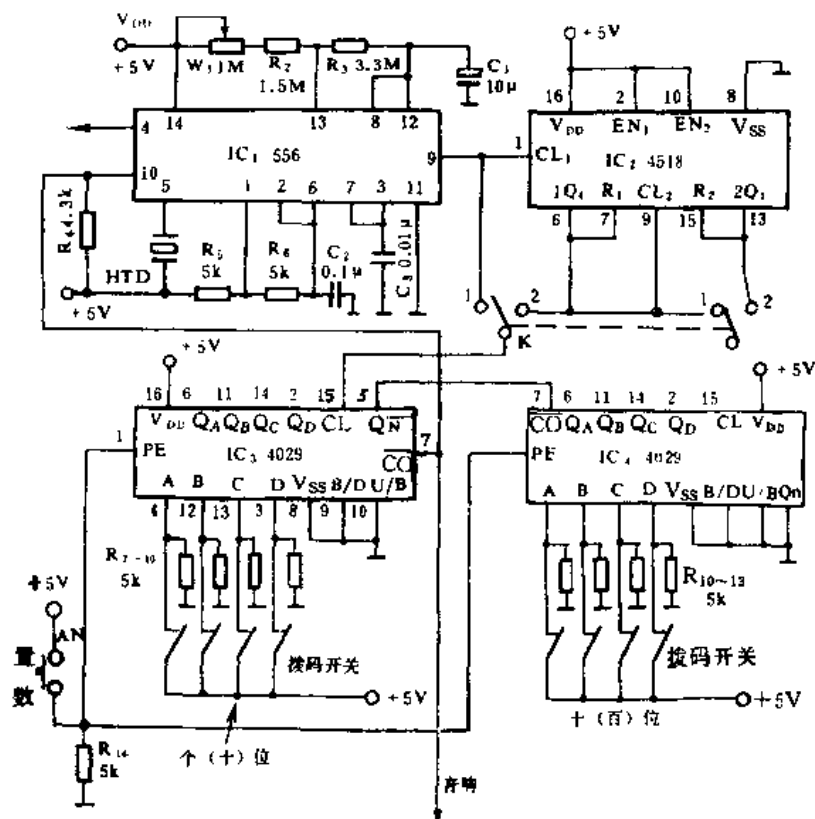


图 5 27 可编程定时器 (2)

二、电路结构说明

本定时器为宽范围可编程定时器, 主要由双 BCD 加法计数器 IC₂ (CD4518B)、4 位可预置加/减计数器 IC₃ (4029)、IC₄ (4029), 以及双时基电路 IC₁ (556)、拨码开关等构成。

定时器电路中, $\frac{1}{2}$ IC₁ 和 W₁、R₂、R₃、C₁ 组成分钟脉冲发生器, 调节 W₁ 可使输出脉冲周期为 60s (秒)。 $\frac{1}{2}$ IC₁ (556) 组成可控多谐振荡器, 输出音频信号。IC₂ 接成 2 个 10 分频器, 由 IC₁ 输入分钟脉冲信号, 从⑥、⑬脚分别输出 10 分钟、100 分钟的脉冲信号。IC₃、IC₄ 接成十进制减法计数形式的两位编程电路。只有当 IC₄ 输出减至全“0”时, 其 $\overline{CO}$ 输出端输出高电平才变为低电平, IC₃ 才开始计数。当 IC₃ 的输出减至全“0”时, IC₃ 的 $\overline{CO}$ 端才输出一低电平, 一路去控制音响; 另一路加到 IC₁ 的分钟脉冲发生器的复位端 (IC 的⑩脚), 使其停振, 结束定时。

$\frac{1}{2}$ CD4013 和 6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 等构成的正极性脉冲延迟电路。 $\frac{1}{2}$ CD4013 组成单稳态触发器。

输入脉冲信号 V_i 上升沿触发 $\frac{1}{2}$ CD4013 的 CP 端, 由于 D 端接 V_{DD} , 所以 Q 输出高电平, 通过 R_1 向 C_1 充电, 当充电至复位 R 端门限电位时, Q 下降为低电平。前面说 Q 输出高电平时, 由于 C_2 两端电压不能突变, 所以 B 点出现高电平, 但马上呈下降。当单稳结束时, Q 下降为低电平时刻, B 点相对 Q 端为负尖脉冲, 这时输出端得正电平。当 B 点电压上升至“非”门输入端阈值电平时, 则 V_o 下降至低电平, 故 V_o 输出为被延迟的正脉冲信号波形, 请看图 5-31 (b)。

例 32 脉冲延迟电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 G_1 、 G_2 ($\frac{3}{6}$ CD4069) 等构成的脉冲延迟电路。

图 5-32 中 G_1 作反相器, 当其输出高电平时, 经 R_1 向 C_1 充电需要一定时间, 才能使 C_1 两端电压升至 G_2 的输入端阈值电平, 这时 G_2 翻转要滞后于 G_1 ; 当 G_1 输出变为低电平时, C_1 经 R_1 由 G_1 输出端放电, 要经过一定时间。当 C_1 放电至 G_2 输入端阈值电压以下时, G_2 翻转。它要滞后于 G_1 , 一般延迟时间 $t_{\text{延}} = 0.69R_1C_1$ 。

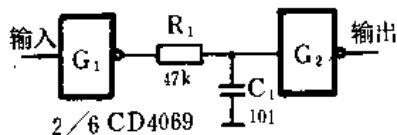


图 5-32 脉冲延迟电路

例 33 延迟和展宽电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 G_1 、 G_2 ($\frac{3}{6}$ CD4069) 等构成的延迟和展宽电路。

当“非”门 G_1 输出高电平时, C 电容通过 R_1 、D 充电, C 上电压很快充至 G_2 输入端的阈值电平。当 G_1 输出低电平时, C 通过 R_2 向 G_1 的输出端低电平放电, 由于 $R_2 = 10R_1$, 所以, C 放电时间比充电时约多 10 倍。故 G_2 输出脉冲被延迟同时被展宽。

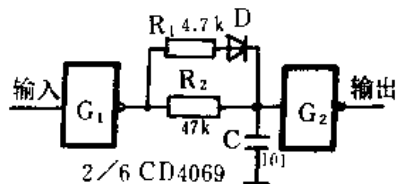


图 5-33 延迟和展宽电路

例 34 多阶段渐亮延时灯

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由时基电路 IC_1 (NE555) 和十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 等构成的多阶段渐亮延时灯。

电路图中, IC_1 和周围元件组成单稳态触发电路, 单稳时间 $T = 1.1R_0^* \cdot C_1 = 4$ 分钟。按动床头开关 S_2 , IC_1 ②脚变为“0”。此时 IC_1 置位, 其③脚输出“1”, 继电器 J_1 得电、 J_{1-1} 吸合、使后级电路通电工作。此时由 V_1 、 V_2 及其阻容元件构成的无稳态电路开始工作, BG_2 的

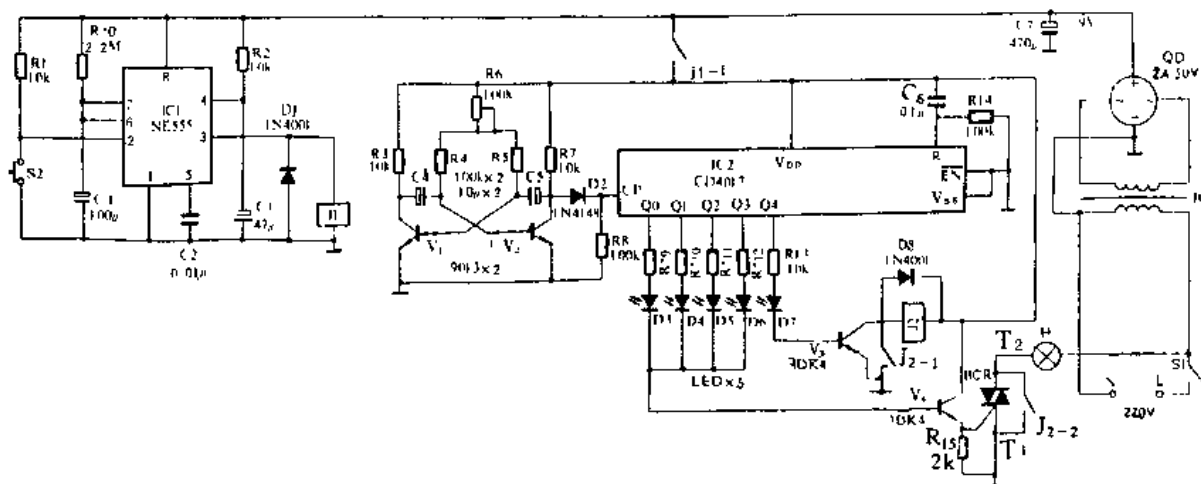


图 5-34 多阶段渐亮延时灯电路

集电极产生的脉冲信号经 D_2 耦合，不断向计数器 IC_2 的脉冲输入端 CP 输送。 IC_2 输出端 $Q_0 \sim Q_3$ 的外接限流电阻 $R_9 \sim R_{12}$ (取值 R_9 至 R_{12} 逐渐变小) 的取值不同，引起晶体管 V_4 基极电流不同，从而导致 V_4 导通程度不同，在电阻 R_{15} 上产生的压降也是不同的，随之引起双向可控硅 BCR 导通角不同。照明灯 H 为 100W 可由暗渐亮变化。

当 IC_2 的 $Q_4 = "1"$ 时， V_3 导通， J_3 得电吸合， J_{2-1} 闭合， J_2 自锁，Q 端变为 "0" 电平， J_2 也不会因此释放。 J_2 吸合后的另一组触点 J_{2-2} 也闭合，BCR 的 T_1 、 T_2 极短接，使照明灯 H 最亮。由于 J_2 的自锁，此时不管 IC_2 输出端电平怎样变化，H 仍最亮。

当 IC_1 的⑥脚电压由于 C_1 通过 R_0 充电至 $\frac{2}{3}$ 电源电压时，其③脚变为低电平，继电器 J_1 会自动释放， J_{1-1} 也因此断开，切断了振荡、计数、控制电路的电源，导致 BCR 阻断，照明灯 H 熄灭。 S_1 是电源开关，夜晚睡觉前将其闭合，白天将其断开。 C_6 、 R_{14} 组成开机微分清零复位电路。发光二极管 $D_3 \sim D_6$ 作为调光档次指示。 D_7 作为 J_2 自锁 H 最亮指示。

例 35 小灯光控延时电路

一、应用电路

二、电路结构说明

小灯光控延时电路由 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 (G_1 、 G_2)、光敏电阻 GR、晶体管、阻容元件等构成。

白天，光敏电阻 GR 受光照，电阻小，使 CD4011 的门 G_1 、 G_2 组成的积分形式的单稳态触发电路输出高电平，于是晶体管 V_1 截止， V_2 、 V_3 也处于截止，小灯 L 不亮。

晚上 (或黑暗地方)，GR 无光照而暗阻突然增加，使门 G_1 、 G_2 组成的单稳态电路翻转进入暂态，于是门 G_2 输出低电平， V_1 导通。暂态时间由 R_2 、 C_2 决定，虽然不到 1s (秒钟) 时间，但已使 C_3 充电。接着， V_2 、 V_3 相

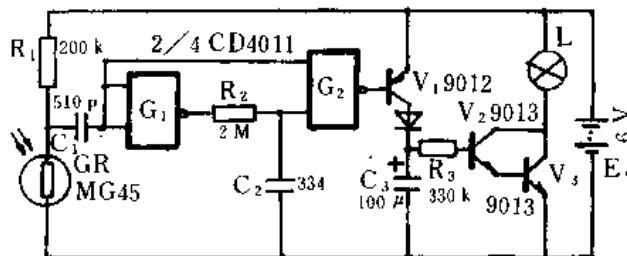


图 5-35 小灯光控延时电路

继导通，小灯 L 发亮。暂态时间一结束， V_1 截止，于是由 C_4 向 V_2 、 V_3 放电，继续使小灯 L 发光，直至 C_3 放电完毕。这段延时时间由 C_3 、 R_3 决定，按电路图中所给元件参数，供电延时 1 分钟多些时间。

电路中二极管 D 的作用，是在 C_3 放电时它处于反向，防止 V_1 管从正向 PN 结漏电。

例 36 限时控制开关电路

一、应用电路

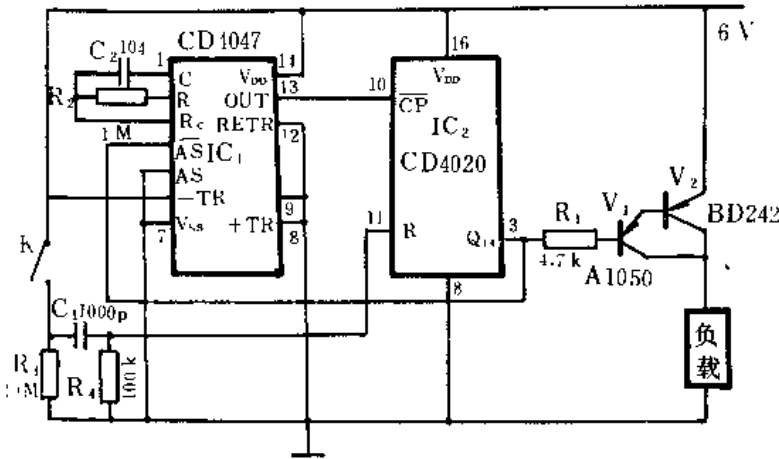


图 5 36 限时控制开关电路

二、电路结构说明

采用 14 级二进制计数器 IC₂ (CD4020)、单稳态/无稳态多谐振荡器 IC₁ (CD4047)、阻容元件、三极管等构成了这种限时节电的自动控制开关。

当开关 K 闭合，清零电容 C₁ 使 IC₂ 的⑪脚得到瞬间高电平而复位。IC₂ 输出全“0”状态，其中 Q₁₄ 端也为低电平。于是晶体管 V₁、V₂ 导通，负载获得电流。Q₁₄ 的低电平一部分反馈至 IC₁ 的④脚，使 IC₁ 工作在多谐振荡状态，其方波脉冲从⑬脚输出。方波的周期是电阻 R₂、电容 C₂ 的函数。(当然方波也可从⑩脚输出，不过⑩脚是⑬脚的 2 分频输出)。IC₁ 输出的脉冲供 IC₂ 计数，经 2¹³ 个脉冲后，Q₁₄ 输出高电平，于是使晶体管 V₁、V₂ 截止，负载断电。同时 IC₁ 的④脚变为高电平，振荡器停止工作，IC₂ 也随着停止计数。

据 R₂、C₂ 的值，由 IC₁ 的⑬脚输出，负载预定通电时间约 30 分钟；从 IC₁ 的⑩脚输出，负载预定通电时间则约达 1h。改变 R₂、C₂ 的值可以改变限时时间。

例 37 关机延时断电电路

一、应用电路

二、电路结构说明

由 6 反相器 3/6CD4069 (G₁~G₃)、继电器、晶体二极管、三极管、阻容元件等构成关机延时断电电路。

按钮开关 K 按下瞬间，电容 C₂ 上的电压仍然为零。CD4069 的门 G₃ 输出高电平，晶体管 V₁ 导通，继电器 J₁ 得电，其触点 J₁ 吸合，使电源电路自锁（电源变压次级接通）。若负载此时尚未开机工作，则 R₆ 中仅有电源变压器的空载电流。这电流非常小，使晶体管 V₂ 的 e-b 间

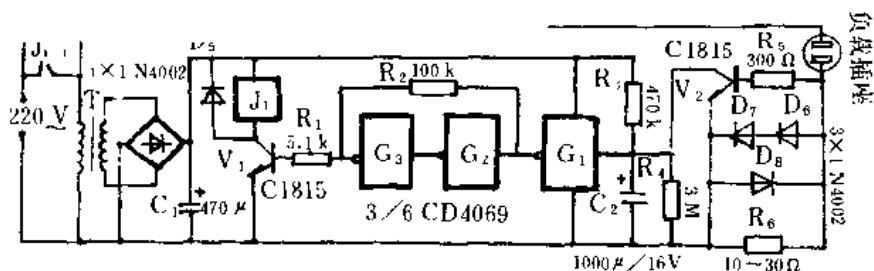


图 5-37 关机延时断电电路

电压很低, V_2 处于截止状态。电流经 R_3 向 C_2 充电, 并使 C_2 上的电压逐渐上升, 电路进入延时状态, 延时时间 $t = 0.69R_3C_2$ 。若在延时尚未结束之前将负载打开, 流过 R_6 的电流将大大增加, 使 V_2 的 e—b 间电压增加, 并在交流电正半周内使 V_2 导通。电容 C 经 V_2 放电而保持低电平。门 G_3 输出高电平, J_1 始终吸合, 电源电路处于自锁。

负载关闭后, R_6 中的电流剧减, V_2 截止, 电流经 R_3 对 C_2 又开始充电, 待到 C_2 上的电压上升至高电平时, 则门 G_3 输出低电平, 使 V_1 截止, J_1 失电, J_1 断开, 电源失去自锁。

CD4069 的门 G_2 、 G_3 和 R_2 构成施密特电路, 是为了消除 J_1 释放时的抖动。 R_6 选择在 $10 \sim 32\Omega$ 电阻, 对应负载功率为 $60 \sim 10W$ 。负载越重, R_6 值越小。

例 38 讲话限时器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 14 位二进制串行计数器/分频器 IC_1 (CD4060)、12 位串行计数器/分频器 IC_2 (CD4040B)、双 D 触发器 $1/2 CD4013$ (IC_4)、十进制计数器/分配器 IC_3 (CD4017) 和 2 输入端 4 “或非”门 $1/2 CD4001$ (G_1 、 G_2)、晶振片 JT、音乐集成电路等构成可设定的讲话限时器电路。它尤其适用于对会议发言者时间限制的提醒。

由晶振片 JT、阻容元件与 IC_1 内部电路配合组成振荡器, 产生 2Hz 脉冲信号。这一脉冲信号经 IC_1 的分频后, 从 Q_{14} 端输出至 IC_4 进行 2 分频。这样, 从 IC_4 的 Q 端输出是

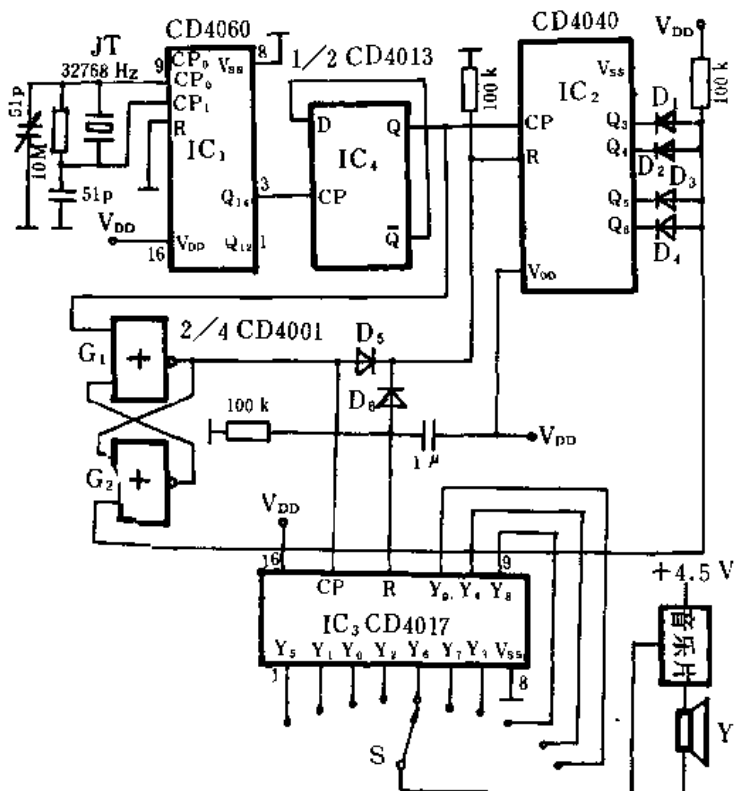


图 5-38 讲话限时器

1Hz 的脉冲信号。它从 IC₂ 的 CP 端输入, 使计数器计数, 并从 Q₃~Q₆ 端经反馈二极管 D₁~D₄ 输出周期为 60s (秒) 的脉冲信号。这 1 分钟信号经 G₁、G₂ 组成的 RS 触发器输出, 送入 IC₃ 的 CP 端作为 1 分钟计数脉冲。于是, 当限时开关 S 打向某一档位时 (假定 Y₃ 档)、IC₃ 经档位数表示的分钟数 (3 分钟) 计数后, 使档位对应端 (Y₃ 端) 呈高电平输出。这一高电平限时信号触发音乐集成电路使扬声器发出声音, 以提醒发言人限时已到。

IC₃ 的 R 端上的 1μF 电容和 100kΩ 电阻, 构成开机清零电路。

例 39 CD4098 脉冲延迟电路

一、应用电路

二、电路结构说明

采用 2 个单稳态触发器 CD4098 或 CD4528 加以级联, 便构成脉冲延迟电路。

IC₁ 的 (-TR) 和 R 端接 V_{DD}, 从 (+TR) 端输入 “上升沿触发/再触发” 单稳态触发器, 信号从 IC₁ 的 Q₁ 输出并进入 IC₂ 的 (-TR) 端, IC₂ 的 (+TR) 接 V_{SS}、R 接 V_{DD}, IC₂ 属于 “下降沿触发/再触发” 单稳态触发器。于是从 IC₂ 的 Q₂ 输出信号被延迟。由波形图可以清楚地看出: 输入信号上升沿比输出信号上升沿延迟 T₁。

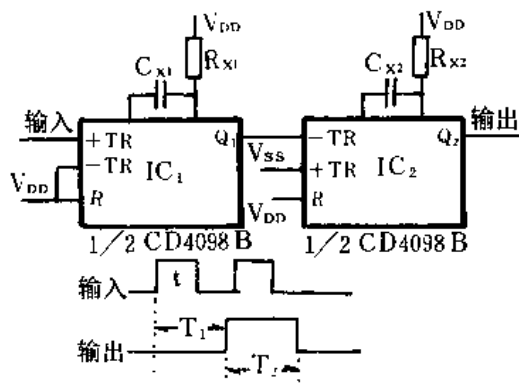


图 5-39 脉冲延迟电路

例 40 脉冲延迟控制器

一、应用电路

二、电路结构说明

脉冲延迟控制器电路, 主要是由 7 级二进制串行计数器/分频器 2×CD4042 (IC₁、IC₂)、2 输入端 4 “或非” 门 $\frac{1}{4}$ CD4001 (F₁~F₈)、双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 (IC₃)、6 反相器 $\frac{3}{6}$ CD4069 (G₁~G₃) 等构成的。其中, CD4001 的门 F₂、F₃ 组成 RS₁ 触发器, 门 F₆、F₇ 组成 RS₂ 触发器, 门 F₈、G₁ 组成多谐振荡。

SB 是复位按钮开关, 按一下能使 IC₁、IC₂、IC₃ 得到高电平而复位。SB 断开后, 它们的复位端 R 变为低电平。此时 f_i 输入一个正脉冲 F₇ 输出低电平, 振荡器开始工作, 产生的矩形波输入 IC₁ 的 $\overline{CP}$ 端。IC₁、IC₂ 开始计数。当 f_i 输出 2ⁿ 个脉冲时, 在它们的 Q_{n+1} 端会产生一个正脉冲。显然, 当输入 2ⁿ+1 个脉冲时, IC₂ 输出会使 IC₃ 的输出端 Q 变为高电平, 使 F₄ 的输出为高电平, 于是 IC₁、IC₂ 清零。当输入 2ⁿ+2 个脉冲时, RS₂ 复位, 振荡器停振, 从而使脉冲产生延迟。

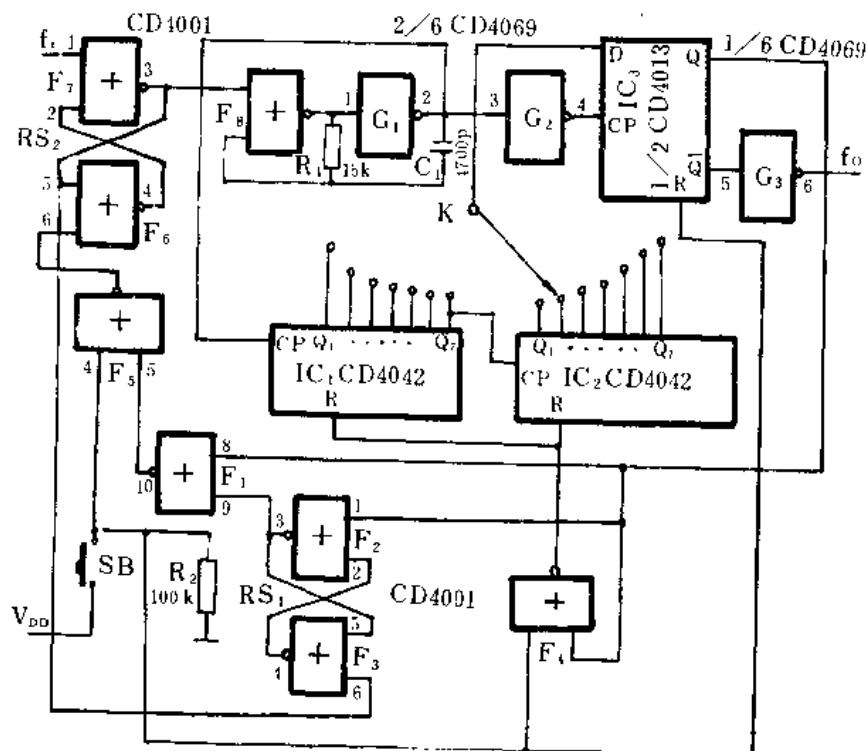


图 5-40 脉冲延迟控制器

例 41 定时交流开关

一、应用电路

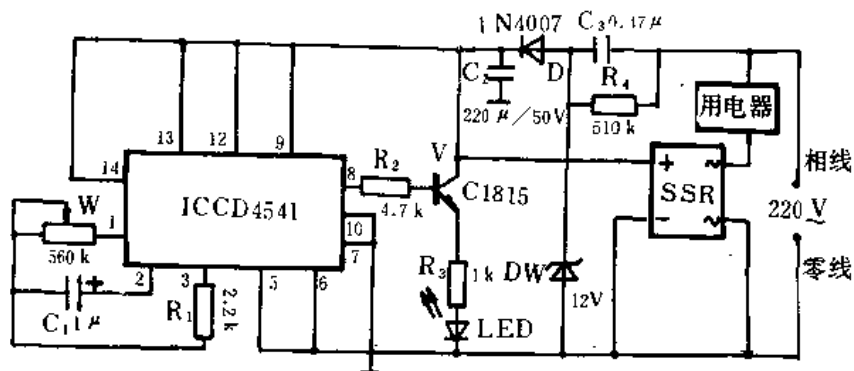


图 5-41 定时交流开关

二、电路结构说明

本电路为由可编程计数器（定时器）IC（CD4541）和交流固态继电器 SSR 等构成的高精度、性能稳定可靠、定时范围宽的可编程控制的定时交流开关。

电路 5-41 中，IC（CD4541）外接 W 和 C₁ 的值决定了 IC 内部振荡器的振荡频率。本电路定时时间

$$t = 2.3 \cdot (32768WC_1)$$

IC 的①和②脚分别是外接电阻、电容作振荡端；③脚外接 R_1 稳定频率端。⑤脚为复位端，它接低电平时，可达到自动复位；接高电平时，可实现自动禁止复位；⑥脚属定时工作状态端，它接低电平时，定时器工作，接高电平时定时器复位；⑨脚电平的高低决定初始状态下输出端⑧脚的电位高低；当⑨脚接低电平时，输出端⑧脚复位后为低电平，反之亦然。⑩脚为定时方式选择端，其接高电平为循环定时方式工作，接低电平时为单定时工作。⑫、⑬脚均为编程端，改变两个脚的电平方式，可获得不同的计数器定时级数。当⑫、⑬脚接低电平，定时系数为 4096。当⑫脚接低电平且⑬脚接高电平，定时系数为 512。当⑫脚接高电平，⑬脚接低电平时定时系数为 128。当⑫、⑬均接高电平时，则定时系数为 32768。

接通电源的瞬间，由于⑨脚接高电平，其复位后输出端⑧脚为高电平，使晶体管 V 导通，LED 被点亮，同时 SSR 开通，用电器工作。只要定时时间未到，输出⑧脚就保持高电平状态，致使用电器一直工作。当 IC 定时时间一到时，IC 的输出⑧脚跳变为低电平，使 V 截止，LED 熄灭，SSR 关断，用电器停止工作。

调整电位器 W，可确定相应的定时时间。

例 42 4 路延时控制器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 4 双向模拟开关集成电路 $G_1 \sim G_4$ (CD4066) 等构成的 4 路延时控制器。

当按下常开按钮开关 S_1 瞬间， C_1 被充电至 V_{DD} 电压。放开 S_1 时， C_1 向 R_1 放电，也向 G_1 控制极放电，由于 CMOS 的 G_1 控制门输入阻抗很高（大于 $10^{10} \Omega$ ），所以，此路放电流可忽略，放电时间 $t = R_1 C_1$ 。设 $R_1 = 1M\Omega$ ， $C_1 = 100\mu F$ ，则 J_{1-1} 延时时间为 100s（秒）；当 $R_1 = 300\Omega$ 、 $C_1 = 470\mu F$ 时， J_{1-1} 延时 140 秒。

$R_1 \sim R_4$ 在 $5K\Omega \sim 1M\Omega$ 之间选用， $C_1 \sim C_4$ 在 $47 \sim 4700\mu F$ 之间选用。即按下 S_1 ， H_1 灯亮，延时 $t = R_1 C_1$ 的时间。其他三个延时开关原理同上。K 为电源开关。

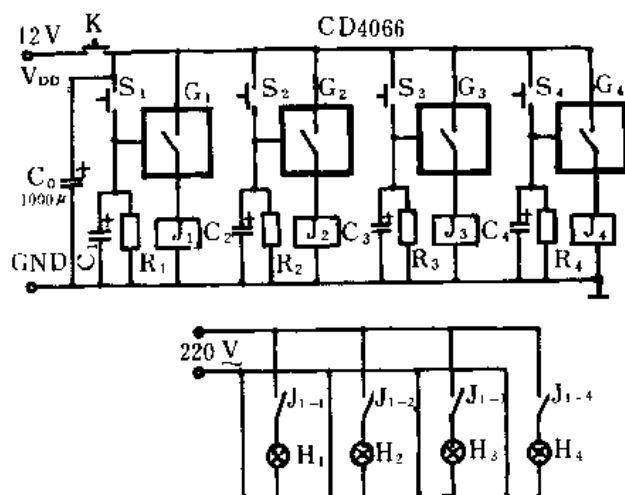


图 5-42 4 路延时控制器

例 43 延时电路 (MC14574)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 CMOS 4 电压比较器 $1/4 MC14574$ 等构成的长延时电路。

电路中， R^* 、 C 为延时时间设定元件。当拨动开关 S 打向“①”时，电路复位。S 打向“②”时，延时开始。当 C 上电压上升至大于 R_1 、 R_2 的分压决定的门限电压时，比较器翻转，输出高电平。 R_3 、 R_4 构成正反馈网络，使比较器

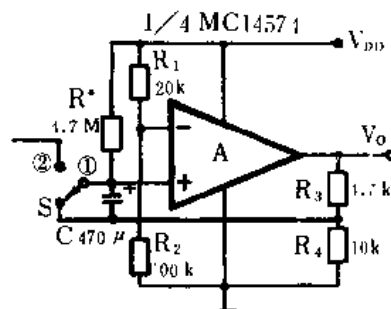


图 5-43 延时电路

工作干脆利索。由于 CMOS 的输入阻抗达 10^8 数量级，故 R^* 、 C 可取足够大，来提高延时时间，一般可延时几十分钟。

例 44 改装电子表为定时器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 5 功能普通电子表芯，2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_3$ ($\frac{3}{4}$ CD4011) 和 4 双向模拟门 G_4 ($\frac{1}{4}$ CD4066) 等改装的电子表定时器。

电子表芯计时到 10 : 00 时，输出一脉冲，驱动模拟电子开关，音乐声响，将电源切断。

若想定时 X，则将电子表设定在 10—x 处，如定时 4 小时 45 分，只须将电子表设定在 5 小时 15 分点上。

电子表接通电源后，从 1 : 00 开始工作，所以定时最大间隔为 9 小时。

二只晶体管 V_1 、 V_2 为开关管，作整形用，将来自电极的双向信号变成单向信号。 G_1 和 G_3 作反相器用，而 G_2 作两路信号处理， G_3 输出经 D 整流、C 滤波。在 A 点电位平时为 0V，当计时到 10 : 00，便为高电平，于是 $\frac{1}{6}$ CD4066 导通，触发音乐片驱动喇叭发声。

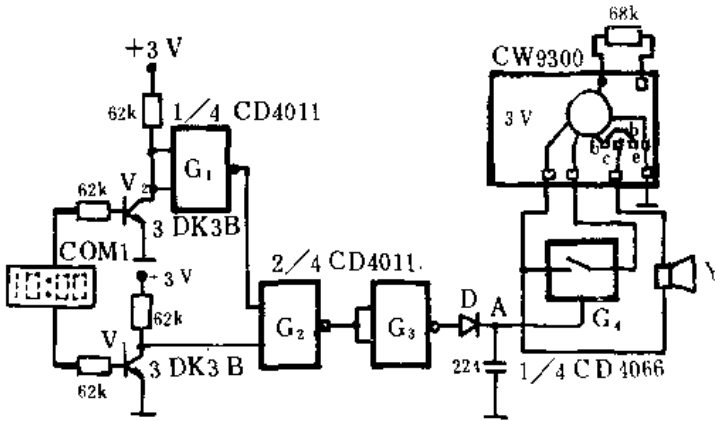


图 5-44 改装电子表为定时器

第六章 控制开关与触发器

例 1 定时开关

一、应用电路

二、电路结构说明

这种定时开关采用双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、阻容元件、晶体三极管 V、二极管 D_1 、 D_2 ，以及继电器 J 等构成的。定时时间的长短，取决于阻容元件 ($R_1 + R_P$) 与 C_1 的乘积。

按下定时开关 SB，使 D 触发器的 S 端得到高电平。查 CD4013 真值表可知，当 $S = "1"$ 时，则 $Q = "1"$ 、 $\bar{Q} = "0"$ 。于是，三极管 V 截止，继电器 J 释放。由于 $Q = "1"$ ， D_1 处于反偏状态， V_{DD} 经 R_P 、 R_1 向 C_1 充电。待到 C_1 电压上升至 R 端的阈值时，D 触发器立即翻转复位。此时， $Q = "0"$ 、 $\bar{Q} = "1"$ ，V 导通，继电器 J 吸合，定时结束。接着 C_1 经 D_1 向 Q 放电，为下次定时作准备。

下表列出不同定时元件值和所定时间数。

应当指出：电路中 R_3 、 C_2 是作为开机时，电路处于非定时状态。

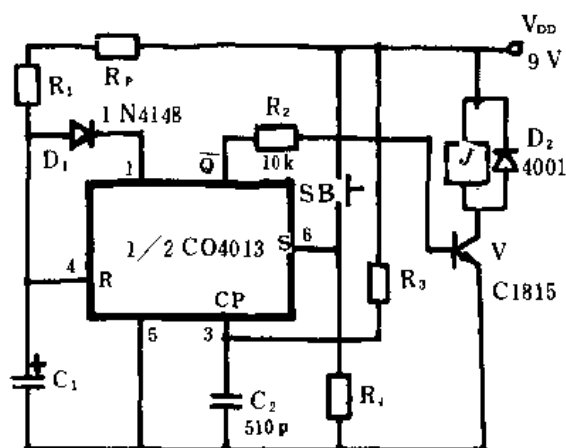


图 6-1 定时开关

R_1	R_P	C_1	控制时间范围
30k	1M	50 μ	1~45s
60k	1M	220 μ	10s~4min
1M	4.7M	220 μ	3~15min

例 2 单点触摸开关

一、应用电路

二、电路结构说明

单点触摸开关结构比较简单。它采用 6 反相器 CD4069 中的 2 个反相器和周围阻容元件构成。K 为触摸点，可以制成叉指状或带金属芯的圆筒状。两端中外叉或外圆筒接虚“地”。

平时，电路输出端总是稳定在高电平或低电平一个状态。可是，当人手接触触摸开关 K，反相器

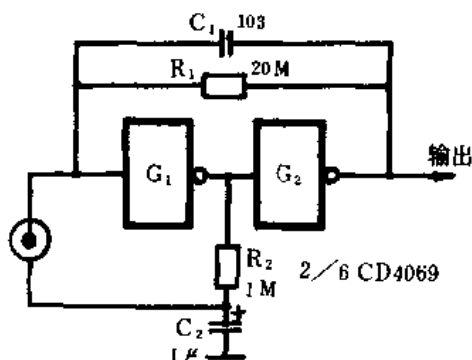


图 6-2 单点触摸开关

G_1 ($1/6$ CD4069) 的输出信号反馈到输入端, 于是又使输出翻转并锁定。因此, 每触摸触点一次, 电路输出改变一次状态, 继后又锁定一次。

电路中, 电容加入是保证电路正常工作且起防抖作用。

例 3 钮子开关电路

一、应用电路

二、电路结构说明

钮子开关电路由 6 反相器 $2/6$ CD4069 (左门、右门) 与阻容元件构成。

开关 S 未按下, 假定 CD4069 的右门输出端 C 为高电平, 则左门的输出端 B 为低电平, 此时电容 C_1 的上端也是低电平。

按一下开关 S, 右门的输入端 A 变为低电平, 输出端 B 则为高电平, 而门 G_2 输出端 C 变为低电平并保持。S 断开后, 左门 G_1 输出通过 R_1 向 C_1 充电, 使 C_1 上端变为高电平。

再按一下开关 S, A 点接 C_1 上端变为高电平, B 点则变为低电平, 此时右门的输出端 C 变为高电平并保持。 C_1 通过 R_1 放电。

以上过程, 从输出端 V_o 来看, 是钮子开关的功能。

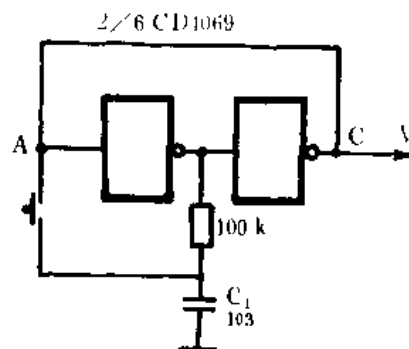


图 6-3 钮子开关电路

例 4 键控 8 音调扫描电路

一、应用电路

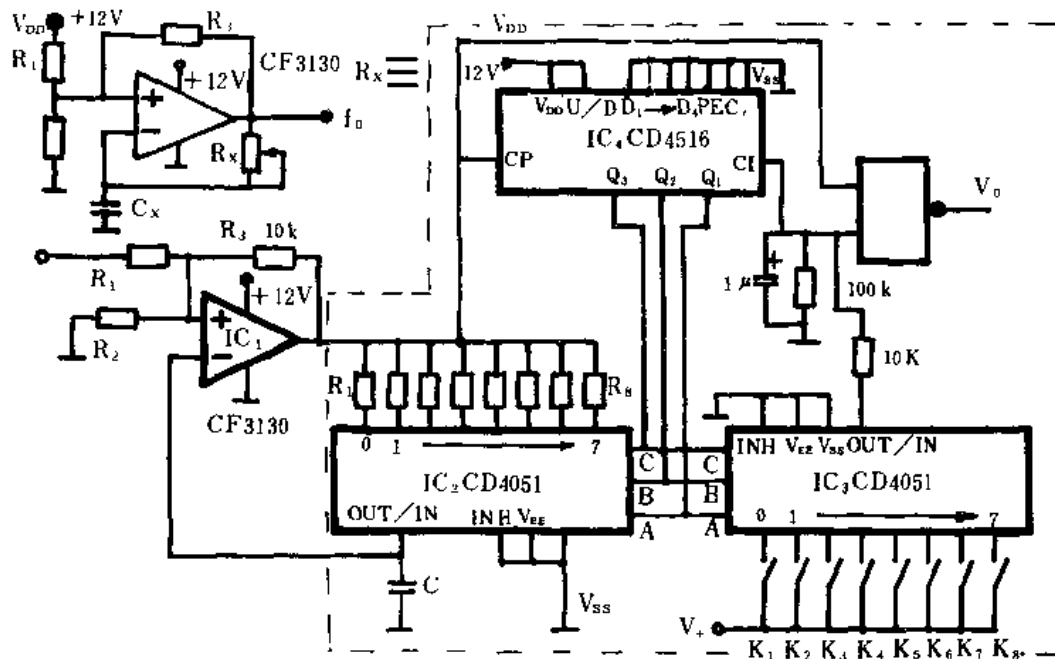


图 6-4 键控 8 音调扫描电路

二、电路结构说明

键控 8 音调扫描电路是用 2 块单 8 通道模拟多路双向开关 CD4051、二进制可预置加/减计数器 CD4516、2 输入端 4 “与门” $\frac{1}{4}$ CD4081、运放 CF3130, 以及阻容、开关等元器件构成的。它在电子乐器中有很大的用处。

电路图 6-4 中左上图, CF3130 为双极—CMOS 运放。它组成一个多谐振荡器, 其频率由时间常数 $R_X \cdot C_X$ 决定。

电路图 6-4 中虚线框内电路,由集成电路 IC₂ (CD4051)、IC₃ (CD4051)、IC₄ (CD4516)、 $\frac{1}{4}$ CD4081、电阻 R₁~R₈、开关 K₁~K₈ 等组成 R_x 等效电路。IC₂ 的作用是按地址码分别将电阻 R₁、R₂……R₈ 中一个电阻接入振荡回路作为 R_x,与 C_x 配合分别产生 8 种振荡频率信号。IC₃ 是用来提供键控信号的。IC₂ 与 IC₃ 各地址输入端 A、B、C 相互对应联接,再与 IC₄ 的输出端 Q₃、Q₂、Q₁ 分别联接,由 IC₄ 提供公共地址。

它的工作过程：当 IC_3 的外接按键开关 K_3 按下时，与 V_+ 接通。计数器 IC_2 输出使 R_3 (R_x) 接入振荡回路中，进而与 C_x 确定一频率信号，再通过 IC_3 将 V_+ 同时输送至 IC_4 的 $\overline{CI}$ 端和 $\frac{1}{4}CD4081$ 的另一个输入端。最后由“与门” $CD4081$ 输出一个确定了频率的音调信号。与此同时，由于 IC_4 的 $\overline{CI}$ 端呈高电平 V_- ，这时计数器 IC_2 停止计数，维持原状态不变，也就是保持 IC_2 、 IC_3 输入地址不变。这样，在此刻再按压其它按键皆不会影响已确定了的音调信号输出。

显然,当按键不按下时,所有按键均处于与地联接状态,因此 IC₃ 输出低电平,与门 4 CD4081 也随着封闭。计数器此时不断计数、振荡器也循环地振荡,但无音调信号输出。不难知道,8 个按键对应了 8 种音调信号输出;输出音调信号的时间长短,完全取决于按键按下的时间长短。

例 5 10 键自锁互斥开关电路

一、应用电路

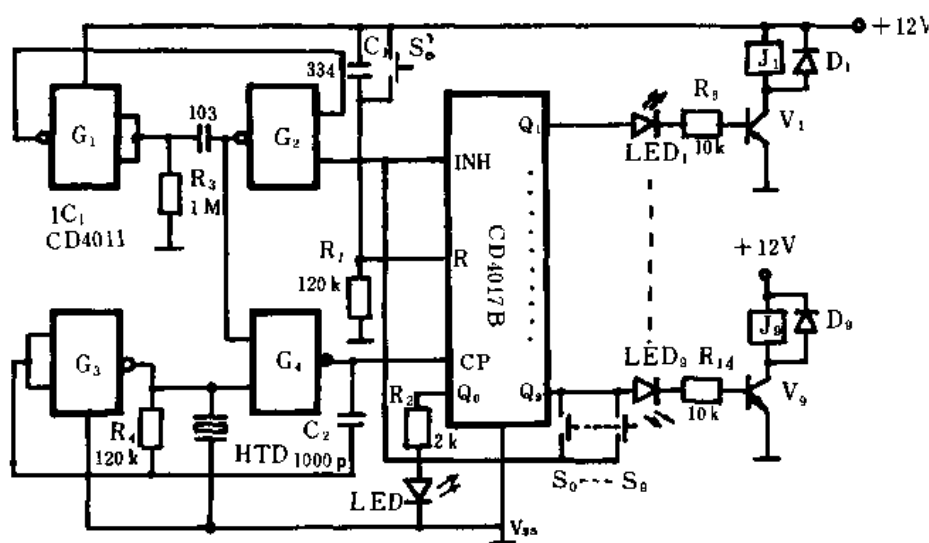


图 6-5 10 键自锁互斥开关电路

二、电路结构说明

10 键自锁互斥开关电路主要由十进制计数器/分配器 CD4017B、2 输入端 4 “与非”门 CD4011B ($G_1 \sim G_4$)、发光二极管、继电器、压电片 HTD 等构成。

电路中, CD4011 的门 G_1 、 G_2 组成负脉冲触发的单稳态电路。门 G_3 、 G_4 组成一个受控多谐振荡器。这个多谐振荡器一是用来产生音频信号 (6kHz) 使压电片 HTD 发声, 作换档信号提示; 二是为 IC (CD4017) 的 CP 端提供计数脉冲。通常, IC 的“使能端 INH”为高电平, 仅当 9 档按钮开关 $S_1 \sim S_9$ 中某开关闭合时, 产生很窄的负脉冲, 作为开启计数器 IC, 并使它瞬间脱离锁定状态。 $Q_1 \sim Q_9$ 输出端经 $V_1 \sim V_9$ 控制 9 只继电器 $J_1 \sim J_9$ 。

当在某一时刻, $S_1 \sim S_9$ 开关中某一键被按下时, $Q_0 \sim Q_9$ 中最多只有一个对应端输出高电平。这就是所谓“互斥”现象。此时, 对应端的 LED 发光, 它不仅作档位指示, 还可兼作电源接通指示。

当接通电源时, C_1 、 R_1 作开机清零。此时 IC 的 $Q_0 = “1”$, 使 LED₀ 发光 (指示电路复位状态), 而 $Q_1 \sim Q_9$ 均为 “0”, $J_1 \sim J_9$ 均释放, 从而保证初始状态各档处于断态。 S_0 为总复位开关。 $S_0 \sim S_9$ 中只有按下 S_0 时, HTD 不发声。

例 6 多路选择开关

一、应用电路

二、电路结构说明

用传输门 CD4066 $\times 2$ 与 BCD-十进制译码器 CD4028B 构成的多路传输器, 实际上是一种地址译码式的 8 路选择开关。当 CD4028B 作为八进制译码器用于 8 路开关的地址译码时, D 端接地不用。整个电路的输出端可以联在一起, 也可以每个开关独立输出。A、B、C 作地址码输入。

例 7 时序选择开关

一、应用电路

二、电路结构说明

时序选择开关, 主要由时序脉冲发生器 CD4022、4 传输门开关 CD4066 $\times 2$ 和施密特触发器 $1/6$ CD40106 构成。

采用时序脉冲发生器 CD4022B 控制的 8 路选择开关, 具有随时钟脉冲的跳变, 而 8 个传输门开关 $2 \times$ CD4066 依次轮流导通, 然后又重新从头开始新的一个周期的功能。电路中, 时钟脉冲用施密特触发器 CD40106 的一个门加上一个电阻 R、一个电容 C 组成的。时

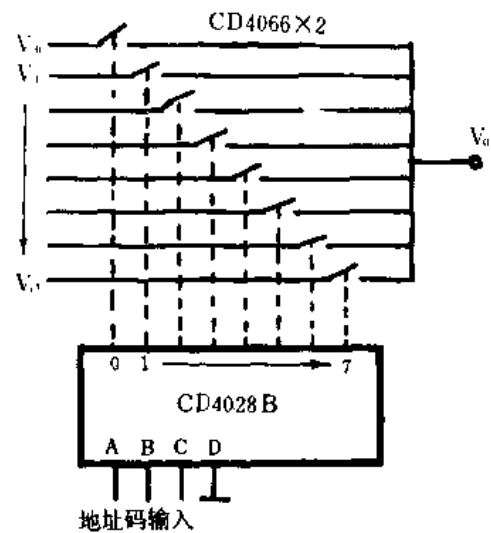


图 6-6 多路选择开关

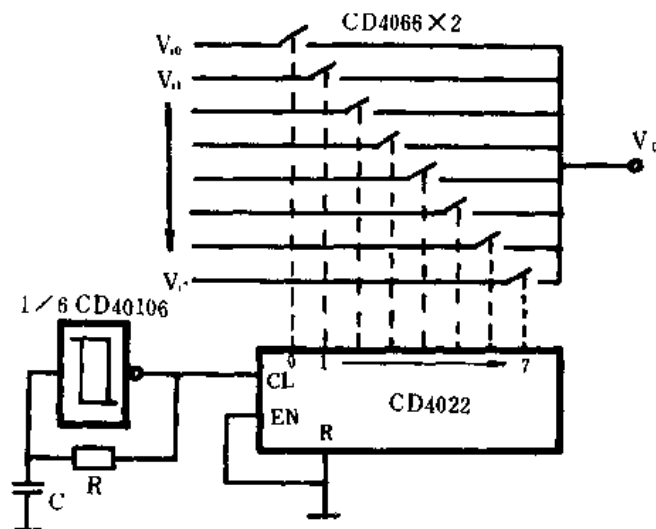


图 6-7 时序选择开关

序选择开关的输出端①、②……⑦可以联在一起，也可以每个开关独立输出使用。

例 8 传输门传输交流信号电路

一、应用电路

二、电路结构说明

用 CD4016 或 CD4066 的传输门组成交流信号电路。这里，“传输门”实际上起着单刀单掷交流开关的作用。由于电路是传输交流信号，所以在传输门输入端前加一偏置电阻 R_1 、 R_2 ，并用电容 C 隔离输入信号。偏置电阻要求 $R_1 = R_2$ ，使得输入端电压偏置在 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 处。 V_c 是门控制电平，当 V_c 为高电平时，信号从输入端 V_i 传至输出端 V_o 输出。

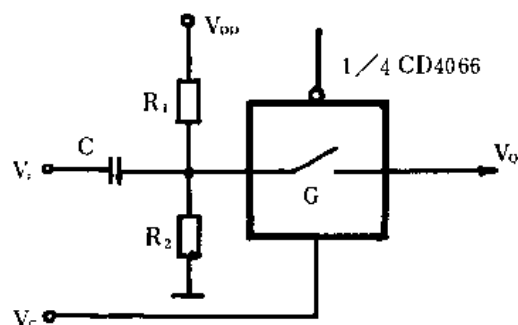


图 6-8 传输门传输交流信号电路

例 9 电子步进开关

一、应用电路

二、电路结构说明

由 4 位锁存器/4~16 线译码器（低频有效） $2 \times CD4515$ 、BCD 双同步加法计数器 CD4518、2 输入端 4 “与非”门 CD4011 和 6 反相器 CD4069 为主要器件构成了电子步进开关。

CD4011 的 4 个“与非”门 G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 分别组成了振荡器，用于单步步进或全程扫描。这两个振荡器的输出脉冲分别作用于 CD4518 的 CP 端使其计数。于是，2 组计数器的输出 $Q_1 \sim Q_4$ 又分别作为 CD4515 的地址码进入 CD4515。2 组 CD4515 译码器的输出分别为 12 与 4。它们交叉使用，可以查询 48 个信道的占用情况，并通过 1 个 LED 发光管指示。

按钮 SB_1 、 SB_2 分别控制 2 个产生 100kHz 和 25kHz 单步脉冲的振荡器；调节 W_1 、 W_2 可以改变这两个振荡器的输出频率；闭合开关 K ，可进行扫描切换。

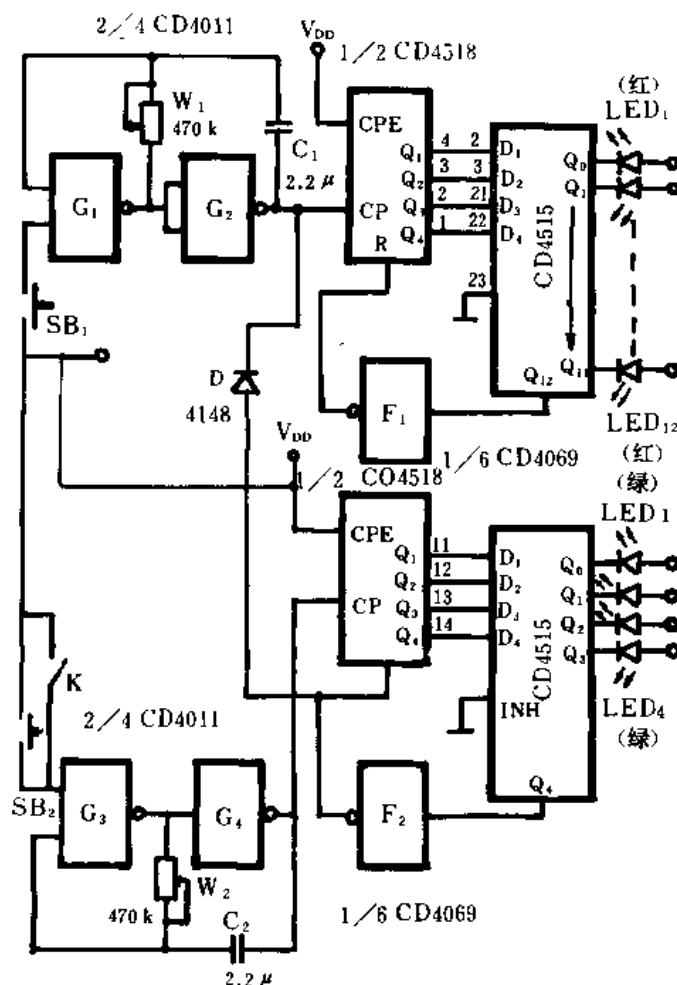


图 6-9 电子步进开关

这种步进电子开关应用于 48 信道的移动式无线电收发机。

例 10 无触点转换开关

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 4 “异或”门 $G_1 \sim G_3$ ($3/4$ CD4070)等构成的无触点转换开关。

电路中 G_1 、 L_1 和 C_1 、 C_2 构成高频振荡器，二极管 D 、电位器 R_2 和电容 C_3 组成整流滤波电路，而 G_2 、 G_3 门构成阈值电路。

电路在初始状态， G_1 等组成的高频振荡器开始振荡，此时， C_3 上形成正的整流电压，使 G_2 的两输入端为高电平。因此， G_2 输出低电平， G_3 输出高电平。当金属物体接近线圈时，高频振荡器停振， C_1 上电压降低到阈值电平以下，使 G_2 输出高电平，而 G_3 输出低电平。根据具体情况，在 G_2 、 G_3 输出端 OUT_1 和 OUT_2 接不同负载。

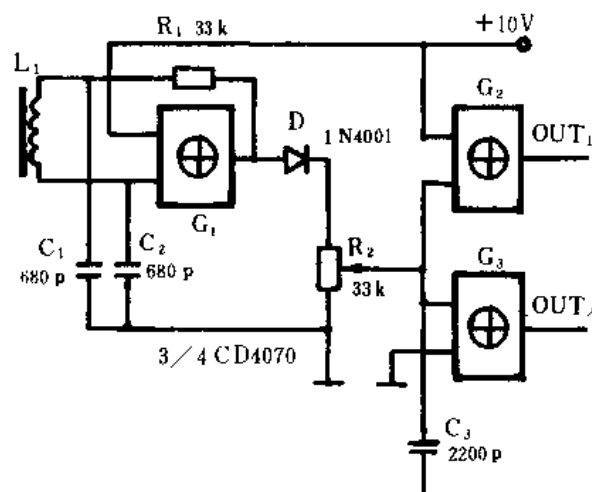


图 6-10 无触点转换开关

电位器 R_2 可调整开关的灵敏度。

该转换开关方便地用于元件的计数以及确定物体材料组成，或用于汽车的电子转速计和电子点火系统作无触点转换开关。或用于机械手和警戒信号装置等自动控制领域。

例 11 用传输门组成 4 种开关电路

一、应用电路

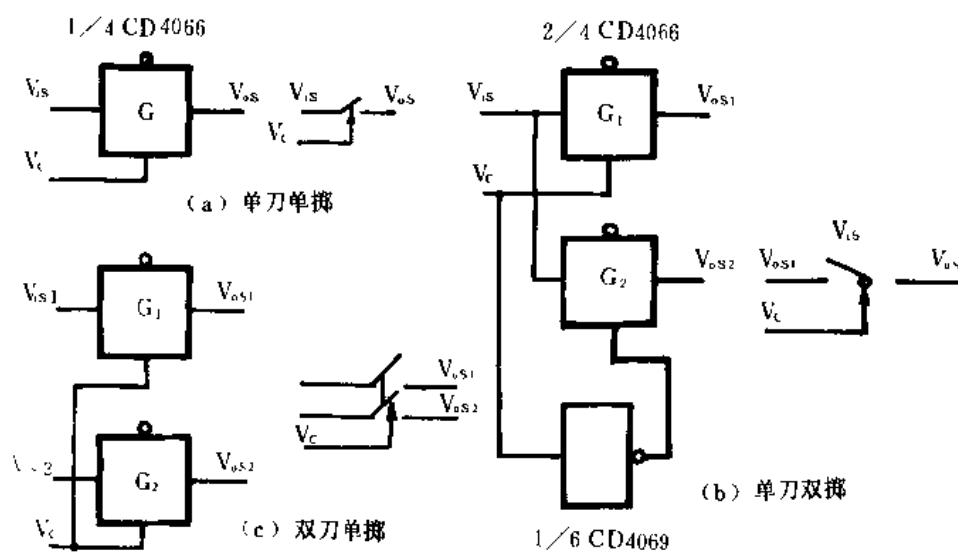


图 6-11 传输门组成开关电路 (a)、(b)、(c)

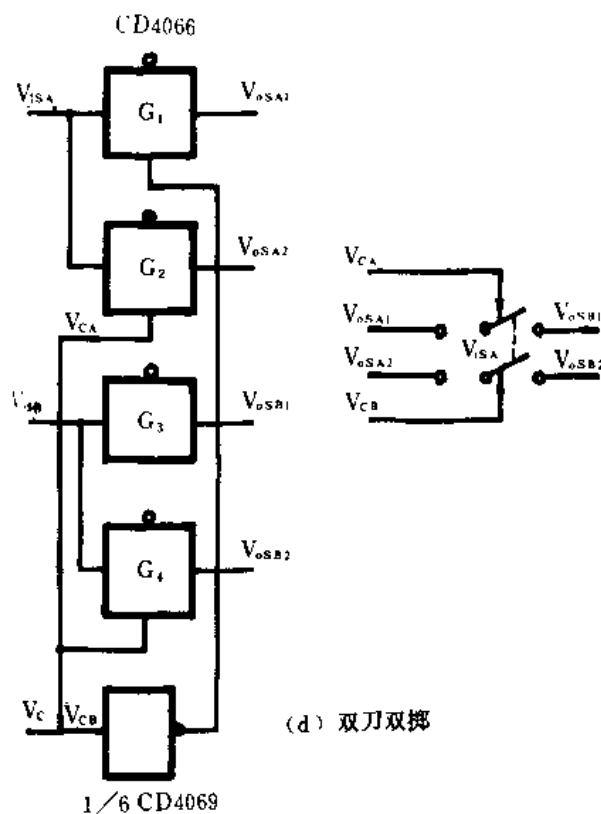


图 6-11 传输门组成开关电路 (d)

二、电路结构说明

用传输门 CD4066 组成的 4 种开关电

路：

- 单刀单掷开关电路；
- 单刀双掷开关电路；
- 双刀单掷开关电路；
- 双刀双掷开关电路。

例 12 教学演示电子开关

一、应用电路

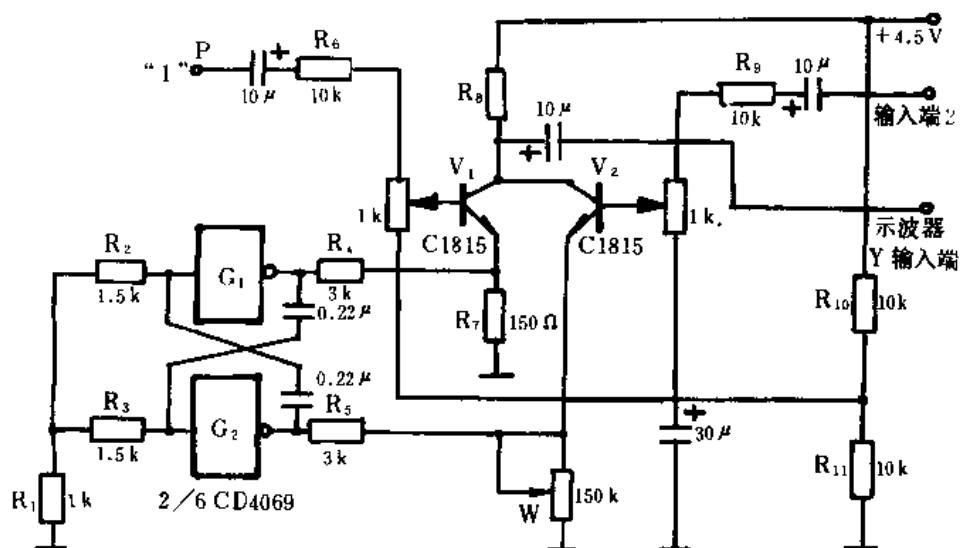


图 6-12 教学演示电子开关

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 $\frac{2}{6}$ CD4069 和晶体三极管 V_1 、 V_2 (C1815×2) 等构成的教学演示电

子开关。

图 6-12 中 G_1 、 G_2 组成多谐振荡器，二输出端的方波信号相位相反，分别控制晶体管 V_1 、 V_2 的工作状态。改变 R_2 、 R_3 或两只 $0.22\mu\text{F}$ 电容值，即可改变方波频率。按图中元件数值，振荡频率约为 100kHz 左右。两个晶体三极管轮流放大其输入信号，并经电容器输出混合信号，此信号接入示波器的 Y 轴输入端，调节示波器即可观察两个信号相反的波形。注意：

仅当输入端 P 为高电平时， V_1 、 V_2 晶体管被开通，这时多谐振荡器来的方波，才能使 V_1 、 V_2 工作。

例 13 双向总线数据传递电路

一、应用电路

二、电路结构说明

双向总线数据传递电路采用 2 只可选通 3 态 6 反相缓冲变换器 $\frac{1}{6}\text{CD}4502$ ($G_1 \sim G_4$) 和 6 反相器 $\frac{1}{6}\text{CD}4069$ (G_5) 构成的。其中，CD4502 的禁止端接 GND。

当“控制输入端”E 为低电平时，查 CD4502 真值表（见例 6-14）可知，此时经总线加至门 G_5 后的信号，使门 G_3 、 G_4 的 3 态控制端④、④c 为高电平。于是门 G_3 、 G_4 处于高阻态，数据被禁止。同时，门 G_2 、 G_1 的“3 态控制端”④b、④a 为低电平。于是门 G_1 、 G_2 导通，数据从 B 路经门 G_1 、总线到门 G_2 输出。

当“控制输入端”E 为高电平时，门 G_1 、 G_2 被禁止，而门 G_3 、 G_4 被选通，数据 A 从门 G_4 输入，经总线从门 G_3 输出。

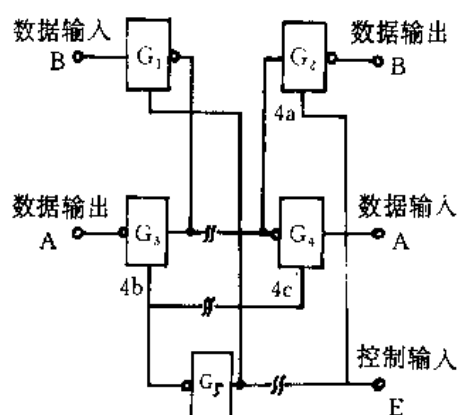


图 6-13 双向总线数据传递电路

例 14 双路数据传输开关

一、应用电路

二、电路结构说明

双路数据传输开关，采用可选通 3 态 6 反相缓冲变换器 $\frac{1}{6}\text{CD}4502$ (G_1 、 G_2) 和 6 反相器 $\frac{1}{6}\text{CD}4069$ (G_3) 构成的。

CD4502 真值表

行	3 态控制端 E	禁止端	D_n	Q_n
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	1	X	0
4	1	X	X	Z

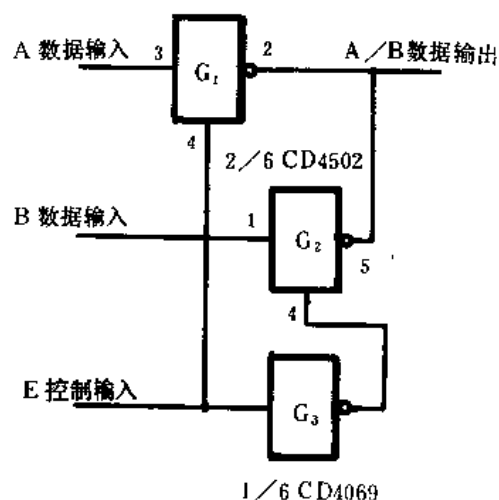


图 6-14 双路数据传输开关

上表中 Z 为第 3 态——高阻抗态。 D_n 为 3 态门输入端。 Q_n 为输出端，E 为 3 态控制端。

当门 G_1 的控制端 E 为高电平“1”时，按上表第 4 行输出端 Q_4 呈高阻抗，因此 A 路数据被禁止输入。而此时，对于门 G_2 来说， $E = “1”$ 经门 G_3 反相后，4' 脚 3 态控制端为低电平，按上表 1、2 行，门 G_2 导通，B 数据可以通过门 G_2 至输出端 $\bar{B}$ 。

当输入控制端 E 为低电平时，门 G_1 的④脚 3 态控制端为低电平，于是门 G_1 导通，数据 A 可通过门 G_1 传输至输出端 $\bar{A}$ 。而门 G_2 的④脚为高电平，这样门 G_2 处于高阻抗态，无法传送数据。

例 15 多点控制开关

一、应用电路

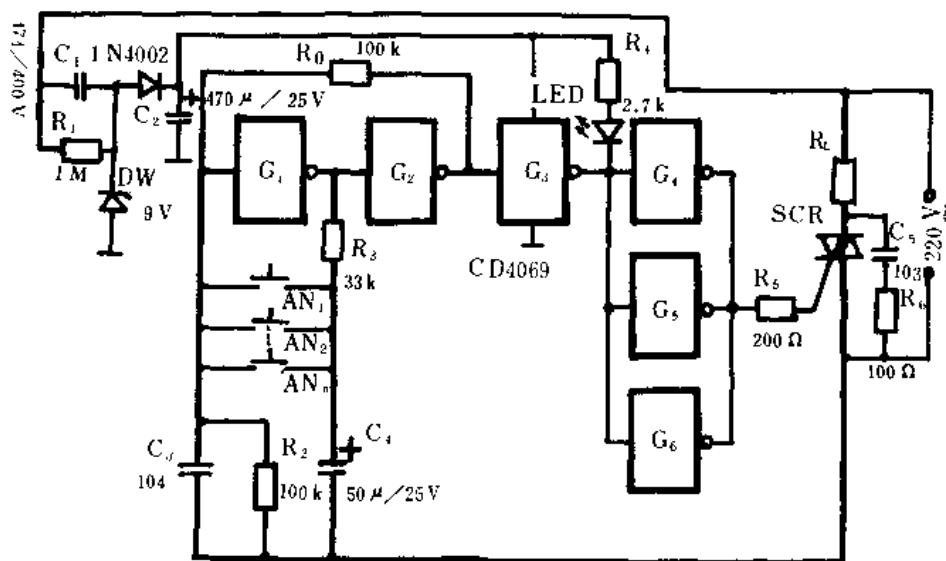


图 6-15 多点控制开关

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 等构成的简单实用的多点控制开关。220V 市电经 C_1 降压、DW 稳压、D (IN4002) 整流， C_2 滤波得到 9V 直流电压供 CD4069 等使用。开机瞬间，由于 C_3 两端电压不能突变， G_1 输入端通过 C_3 接 GND，所以门 G_1 输出高电平，经门 G_2 、 G_3 、 $G_4 // G_5 // G_6$ 等各级反相输出低电平，BCR 关断， R_L 失电。同时， G_1 输出高电平经 R_3 给 C_4 充电，约经 3s 充至近电源电压。

按一下 AN (AN_1 、 $AN_2 \dots AN_n$)，中任意一只开关时， G_1 输入端变高电平，经 G_1 、 G_2 反相输出高电平，经 R_0 反馈至 G_1 输入端使其自锁， $G_4 // G_5 // G_6$ 输入高电平，SCR 被触发导通， R_2 得电。再按一次 AN 瞬间， G_1 输入端 G_1 输入端变低电平，经 G_1 、 G_2 、 G_3 、 $G_4 // G_5 // G_6$ 4 级反相，则使 SCR 被关断。假设 R_L 为电灯泡，则本控制开关可作 N 处多点电灯开关。

例 16 脉冲列控制的隔离开关

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{3}{4}$ CD4011 等构成的交流开关。它是由脉冲列控制的。电路图中，“与非”门从左至右分别为门 G_1 、 G_2 、 G_3 。其中门 G_2 、 G_3 等组成多谐振荡器。

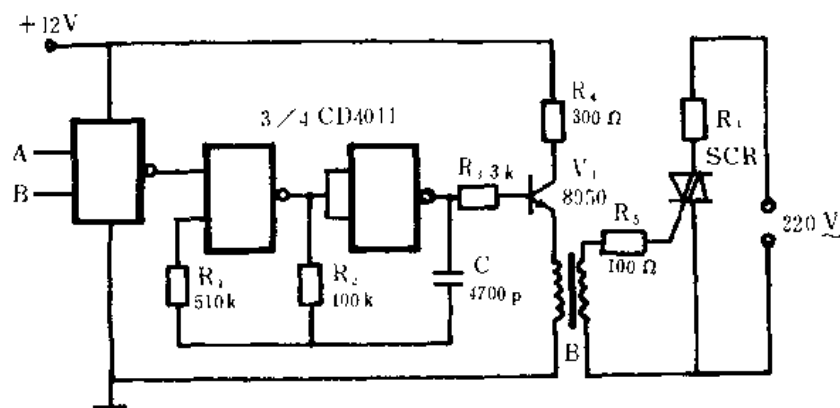


图 6-16 脉冲列控制的隔离交流开关

当门 G_1 输出低电平时, 门 G_2 被封锁, 振荡器停振。晶体管 V 、双向可控硅 SCR 均截止, 负载断电。当门 G_1 输出高电平时, 振荡器起振, 门 G_2 输出脉冲列经 V 放大后, 由变压器耦合至 SCR 的控制极, 使 SCR 被触发导通, 负载得电而工作。这种交流开关使触发器与控制电路通过变压器隔离。

例 17 声控开关 (1)

一、应用电路

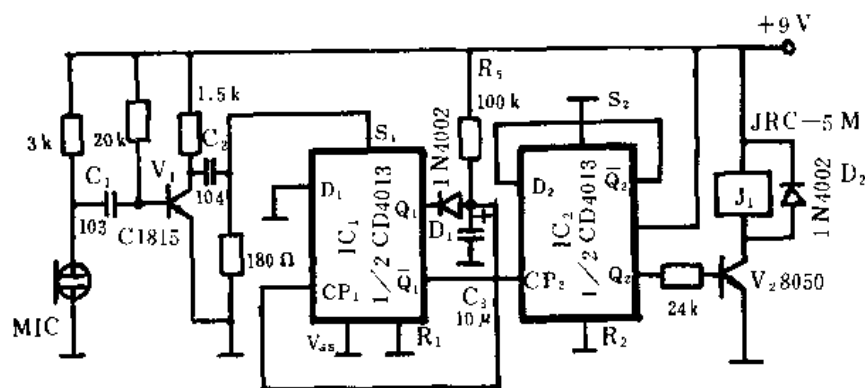


图 6-17 声控开关 (1)

二、电路结构说明

这种声控开关采用双 D 触发器 CD4013 (IC_1 、 IC_2)、驻极体话筒 MIC、三极管、继电器等构成。其中, 由 MIC、晶体管 V_1 组成音频放大器。CD4013 的 IC_1 组成单稳电路。利用单稳电路滞后的时间 (约 0.7s), 可消除信号输入中的干扰脉冲。

当话筒 MIC 无输入信号时, 由于 IC_1 的复位端 $R_1 = "0"$, $S_1 = "0"$, $Q_1 = "0"$, $\overline{Q}_1 = "1"$, C_3 的端电压约为 0.3V, 于是 IC_2 的 Q_2 输出状态不变。

当有击掌或哨声等音频信号由 MIC 输入时, 经声电转换, 信号经 V_1 放大后加至 IC_1 的 S_1 端, S 端此时为高电平 "1", 使 $Q_1 = "1"$, $\overline{Q}_1 = "0"$, IC_2 的 Q_2 输出仍保持不变。但当 $Q_1 = "1"$ 时, 由 R_5 、 C_3 组成的充电回路开始充电, 使 C_3 的端电压升高并大于 0.5V, 即 IC_1 的 CP_1 被触发, 此时, IC_1 开始翻转, $Q_1 = "0"$, $D_1 = "0"$, $\overline{Q}_1 = "1"$, 给 IC_2 的 CP_2 端送来一个上升

沿触发脉冲, 使 $Q_2 = "1"$ 。于是 V_2 导通, J_1 吸合, J_1 外接的电器通电工作。

若要 J_1 释放, 只要再次击掌, 双稳态 IC_2 翻转即可。

例 18 声控开关 (2)

一、应用电路

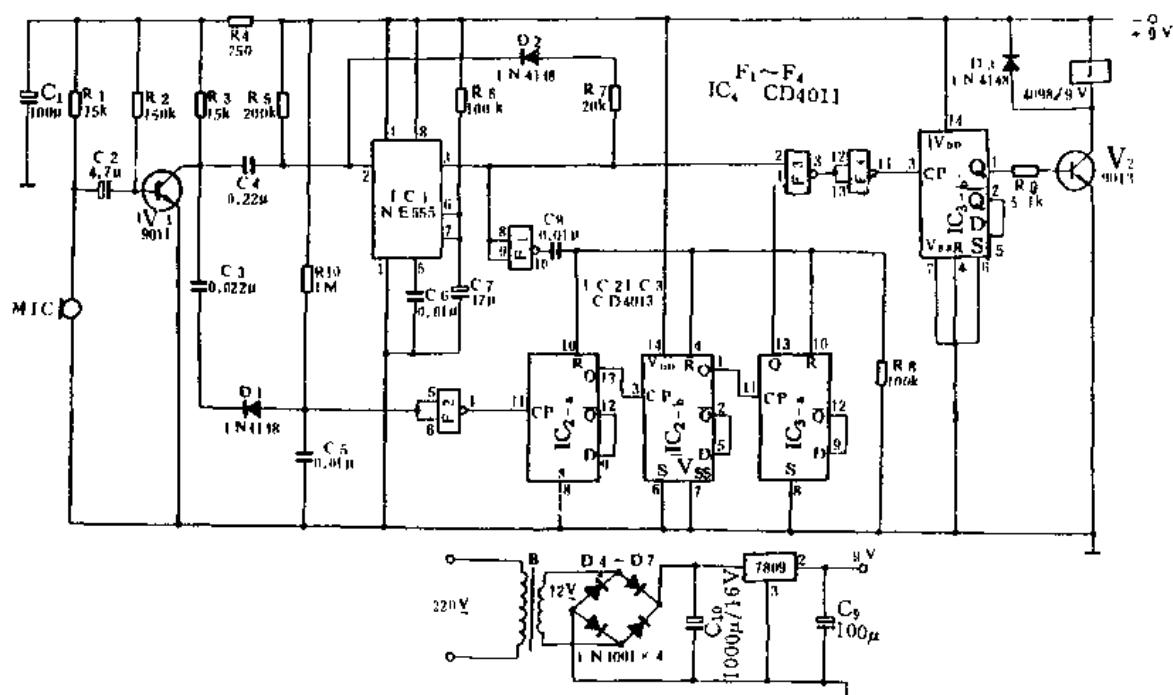


图 6-18 声控开关 (2)

二、电路结构说明

时基电路 IC_1 (NE555)、双 D 触发器 IC_{2-a} 、 IC_{2-b} 、 IC_{3-a} 、 IC_{3-b} (CD4013 $\times$ 2) 和 2 输入端 4 “与非”门 IC_4 ($F_1 \sim F_4$) (CD4011) 等构成实用声控开关。

驻极话筒 MIC 和晶体管 V_1 组成声音接收和放大电路, 其信号经 C_3 、 C_4 和 R_5 微分, 产生负脉冲信号, 触发由 IC_1 组成的单稳态电路翻转入暂稳态, ③脚输出高电平。同时, 该信号经 D_1 及 F_2 反相后, 得高电平, 进入 IC_{2-a} 、 IC_{2-b} 及 IC_3 组成的计数器计数, 当计数到第 4 个脉冲信号到来时, IC_{3-a} 的 Q 端输出一个高电平。这时 F_3 的两个输入端均高电平, 输出低电平, 经 F_4 反相得高电平, 触发 IC_{3-b} 组成双稳触发器翻转。晶体管 V_2 导通 (或截止), 继电器 J 吸合 (或释放)。这时 IC_1 暂态延时结束, ③脚恢复低电平, 经 F_1 反相及 C_8 、 R_6 组成微分电路在 IC_{2-a} 、 IC_{2-b} 、 IC_{3-a} 的复位 R 端形成一正脉冲, 使计数器各输出端复零, 完成一个开 (或关) 动作。 IC_1 暂态时间常数 $\tau = 1.1R_5C_7$ 。要求 4 次连续拍手后延时结束, 选在 4~6s 即可。一般外界干扰声在 4~6s 内不超过 3 次。因此, 不会误动作。

R_1 、 R_2 值可调整声控灵敏度。

例 19 定时自动开关电路

一、应用电路

二、电路结构说明

定时自动开关电路, 采用 14 级二进制串行计数器 IC_2 (CD4020)、单稳/无稳多谐振荡器

IC₁ (CD4047), 复合三极管 V (9012、8550), 及其阻容元件组成。

当电源开关 K 闭合瞬间, IC₂ 的 R 端得到一个正脉冲而复位, 输出端为低电平。IC₂ 的输出端 Q₁₃ 通过 R₄ (3.3k Ω) 电阻使复合三极管 V 导通。于是负载通过电流而工作。与此同时, IC₁ 的④与 IC₂ 的 Q₁₃ 脚联接, 得到的低电平信号促使 IC₁ 起振, 且从⑩输出振荡脉冲。这脉冲信号提供 IC₂ 的 CL 端, 使 IC₂ 开始计数。当 IC₂ 计数经 10¹² 个脉冲后, Q₁₃ 输出变为高电平, 于是复合三极管 V 截止, 进而使负载 (R_L) 无电流通过而停止工作。同时, IC₁ 的④脚转为高电平, 振荡器因此而停止振荡。

不难理解, IC₂ 若不从 Q₁₃ 脚输出, 而是从其他 Q_N 脚输出的话, 则有计数脉冲为 2^{N-1} 个。可见, 选择不同的 Q_N 输出, 可以有不同计数脉冲 2^{N-1} 个, 也就可以得到不同的定时时间。这就是说, 负载可以在不同定时时间下工作。

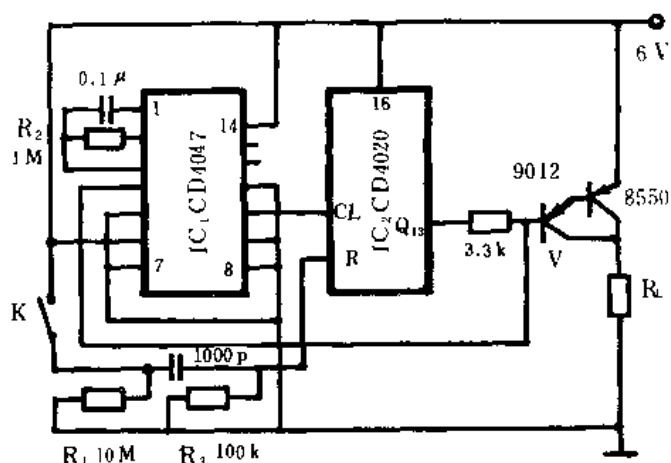


图 6-19 定时自动开关电路

例 20 超声遥控开关

一、应用电路

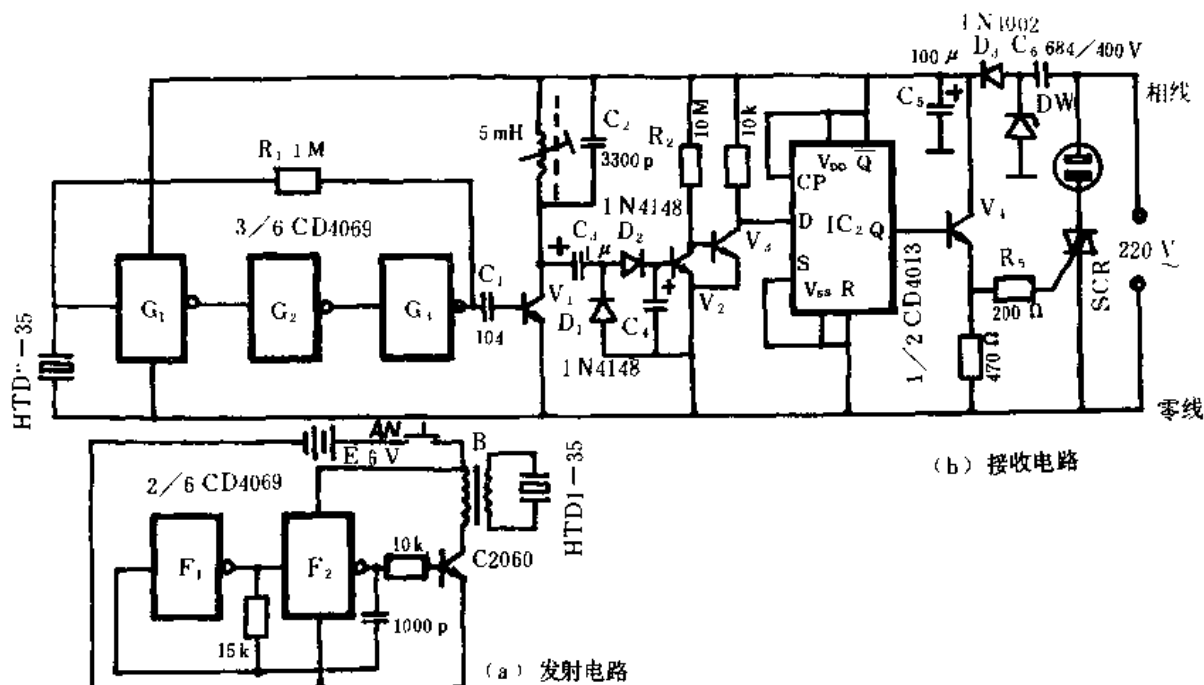


图 6-20 超声遥控开关

二、电路结构说明

(1) 发射器电路中, 按下 AN 时, 由 IC₁ 的“非”门 F₁、F₂ 构成的自激多谐振荡器振荡, 其振荡频率 $f_0 \approx 1/2 \cdot 2R_1C_1$ 。R₁=15k, C₁=1000p, $f_0 \approx 40\text{kHz}$ 。F₂ 的输出端输出超声信号经 10kΩ 电阻到 C2060 进行功率放大, 再经变压器 B 升压加到压电陶瓷换能器 HTD₁-35 上, 将电信号转换成超声波发射至空间。

(2) 接收电路。由压电陶瓷 HTD₂-35 作接收头, 将接收到超声波转换成超声频电信号, 送入 IC₁ (1/6CD4069) 的 G₁~G₃ 进行线性放大, 输出信号经 C₁ 耦合至 V₁ 进行选频放大, C₂、5mH 电感组成选频谐振回路, 再经 D₁、D₂ 检波, V₂ 获得正基极偏压, 使 V₂ 导通, V₃ 截止, 瞬间产生一个正脉冲触发 IC₂ D 触发器的 CP 端。这时 Q 端输出发生翻转, CP 端每来一个正脉冲, Q 就翻转一次。所以, 按动一下发射器的 AN 开关就发射一次信号, 经接收器接收一次信号, IC₂ 的 CP 端得到一个正脉冲, Q 的状态改变一次。例如, 原来 Q 端为低电平, SCR 关断, 按一下 AN, 发射一次超声波, 经接收后, Q 由低电平转为高电平, SCR 导通。再按一下 AN, Q 由高电平变低电平, SCR 关断。就形成超声遥控开关。

调试时, 将万用表 DC 电压档测 V₃ 的 CE 之间电压 V_{CE}, 断续按动发射器 AN, V_{CE} 应在 0.2~10V 之间变化。否则, 应调节选频回路电感磁芯, 直至满足要求。V₁~V₄ 为 C1815×4。

发射器 B 用 3.5×5 (mm) 铁心, 初级用 Ø0.3mm 漆包线绕 150T, 次级用 Ø0.1mm 漆包线绕 1000T。

接收部分的电感以用中间带可调磁心的中周变压器骨架, 用 Ø0.08mm 漆包线密绕 300T 制作, 其电感量为 5mH。

例 21 轻触开关

一、应用电路

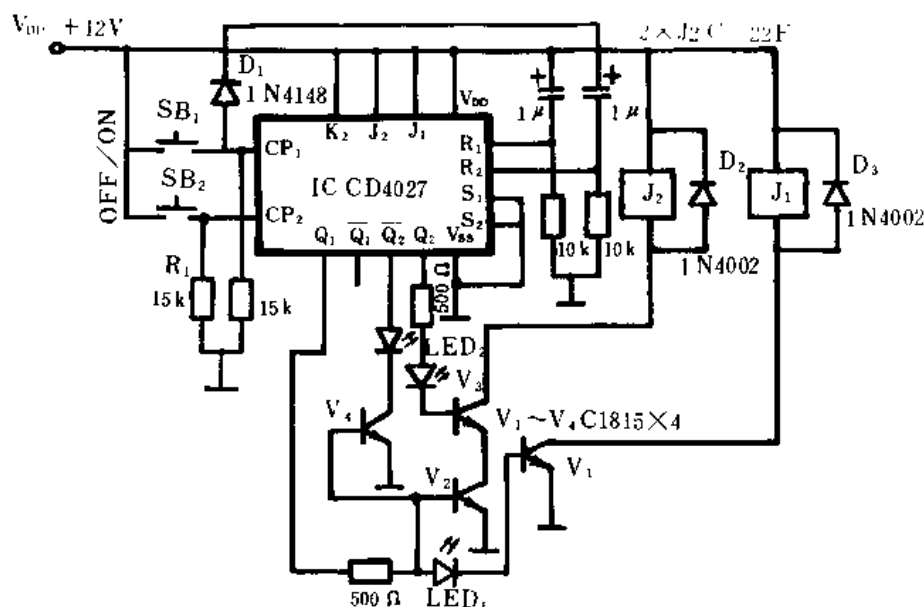


图 6-21 轻触开关

二、电路结构说明

轻触开关由双 J-K 触发器 CD4027、晶体管、发光二极管、继电器等构成。其中, CD4027 分为 FF_1 、 FF_2 两部分, 并把所有 J、K 端接 V_{DD} , S 端 V_{SS} 。这样 FF_1 与 FF_2 均变为 T 触发器形式。

电路中, FF_1 、 LED_1 、 V_1 与 J_1 构成电源开关; FF_2 、 LED_2 、 LED_3 、 V_2 、 V_3 、 V_4 与 J_2 构成转换开关。

当电路接上电源后, V_{DD} 向 C_1 充电, 使触发器的 R_1 端为高电平, 因而 FF_1 复位。于是, 这时, $Q_1 = "0"$, $\overline{Q}_1 = "1"$, V_1 、 V_2 、 V_4 均截止, J_1 释放。即使此时按动 SB_2 , 也无法使受控电器工作。

当按下 SB_1 时, CP_1 得到一个上升沿触发脉冲, 促使 FF_1 翻转, 于是 $Q_1 = "1"$, LED_1 亮, V_1 导通, J_1 吸合, J_{1-1} 接通受控电器电路。

当按下 SB_1 的同时, V_{DD} 通过 D_1 使 FF_2 的复位端 R_2 得到高电平而复位, 即 $Q_2 = "0"$, $\overline{Q}_2 = "1"$ 。于是, LED_3 亮, V_3 截止, J_2 释放。

接着, 若按动一下 SB_2 , CP_2 得到一个上升沿脉冲触发, 使 FF_2 翻转。于是 $Q_2 = "1"$, $\overline{Q}_2 = "0"$, V_3 导通, J_2 吸合, J_{2-1} 接通受控电器。若第二次按动 SB_2 , 则使 J_2 释放, J_2 切断受控电器。

例 22 4 路电子开关

一、应用电路

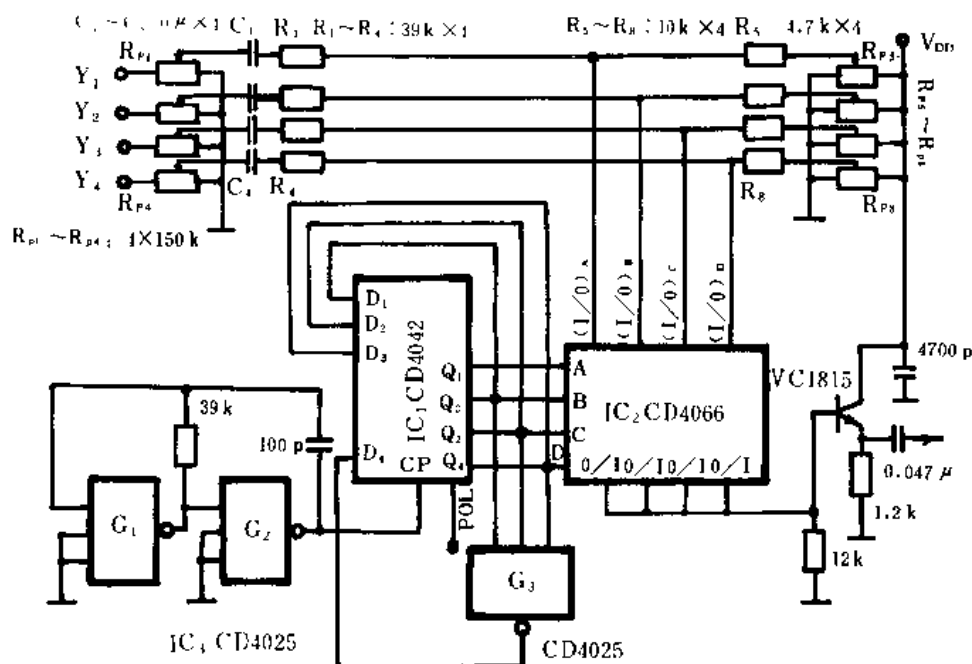


图 6-22 4 路电子开关

二、电路结构说明

4 路电子开关采用 4D 锁存器 IC_1 (CD4042)、4 双向模拟开关 IC_2 (CD4066)、3 输入端 3 “或非”门 CD4025 ($G_1 \sim G_3$), 以及阻容元件、电位器、晶体管等构成。

电路中, $2_{\text{S}}\text{CD4025}$ (G_1 、 G_2) 和电阻、电容组成脉冲信号发生器, 输出给 IC_1 的⑤脚作为时钟脉冲 CP。在 CP 的作用下, IC_1 按 $Q_3 \sim Q_1$ 循环顺序输出数据, 而 IC_2 的控制端 A~D 分别受 IC_1 的 $Q_1 \sim Q_4$ 输出数据控制。当 4 路被测信号分别从 $Y_1 \sim Y_4$ 端输入, 经电位器 $\text{RP}_1 \sim \text{RP}_4$ 调节衰减后, 通过 $C_1 \sim C_4$ 和 $R_1 \sim R_4$, 送到 IC_2 的 (I/O) $_1 \sim$ (I/O) $_4$ 端时, 在时钟 CP 的作用下, IC_1 的 $Q_1 \sim Q_4$ 端轮流变为高电平状态, 而使 IC_2 的各控制端 D、C、B、A 顺序变为高电平。于是最后由 IC_2 的对应 O/I 端输出数据信号, 再经 V 管放大, 信号从电容 $0.047\mu\text{F}$ 端输出给示波器。示波器便依次显示出 4 路被测信号的波形。由于 CP 脉冲频率较高和视觉暂留作用, 示波器上可同时示出 4 种被测信号的波形。各路信号波形在示波管光屏上纵向位置由 $R_5 \sim R_8$ 调节。门 G_3 起反相器作用, 目的是使 IC_1 的 D_4 端有个高电平。

例 23 触摸开关 (1)

一、应用电路

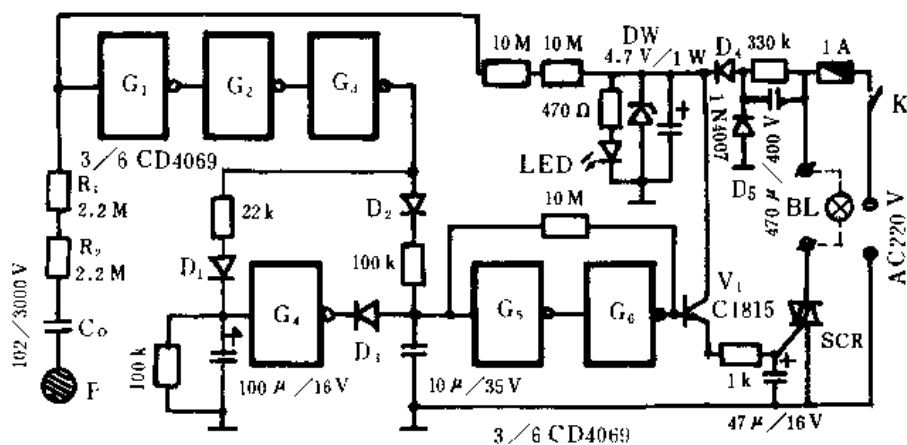


图 6-23 触摸开关 (1)

二、电路结构说明

这种触摸开关采用 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$)、双向可控硅、三极管、阻容元件等构成。P 为金属片, 装在绝缘性好的小塑料盒内而只露出可触摸部分“P”。

当人手触摸一下 P 时, 人体感应信号经 CD4069 的门 G_1 、 G_2 、 G_3 放大、整形后得到幅值为 4.7V、频率为 50Hz 脉冲。这一脉冲加到 G_5 、 G_6 组成的双稳电路。此时, $10\mu\text{F}$ 通过 D_2 充电, 稍后双稳态锁定在高电平状态, V_1 管导通, 触发双向可控硅 SCR 也导通, 电灯亮。

若触摸 P 点时间超过 2 秒钟, 则人手感应的放大信号通过 $22\text{k}\Omega$ 电阻、 D_1 向 $100\mu\text{F}$ 电容充电, 使 G_1 输入端电压上升, 进而使门 G_1 输入端变为高电平, 输出为低电平。于是, 双稳电路翻转, V_1 管截止, 可控硅 SCR 阻断, 电灯熄灭。

为了触摸安全, P 之后接耐高压电容 C_0 ($102/3000\text{V}$) 和高阻电阻 R_1 、 R_2 ($2\text{M}\Omega$)。电路中 D_3 起钳位作用。

图 6-23 中 $D_1 \sim D_3$ 为 IN4148、 D_4 、 D_5 为 IN4007。

例 24 触摸开关 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种触摸开关采用 2 输入端 4 “或非”门 $\frac{1}{2}$ CD4001 (G_1 、 G_2)、晶体管 V、继电器 J、触摸片 K_M 等构成。其中 CD4001 的门 G_1 、 G_2 组成 R-S 触发器。

据 R-S 触发器的真值表可知：当开关 K 接通时， $R = “1”$ ， $S = “0”$ ，有 $Q = “0”$ ，V 截止，J 释放。当用手触摸 K_M 时，9V 电源通过手、 K_M 使 $S = “1”$ ， $R = “0”$ ，有 $Q = “1”$ ，V 导通，继电器 J 吸合，被控制的用电器或报警器动作。

要关断电器或停止报警，则只须按一下复位开关 K_N 即可。

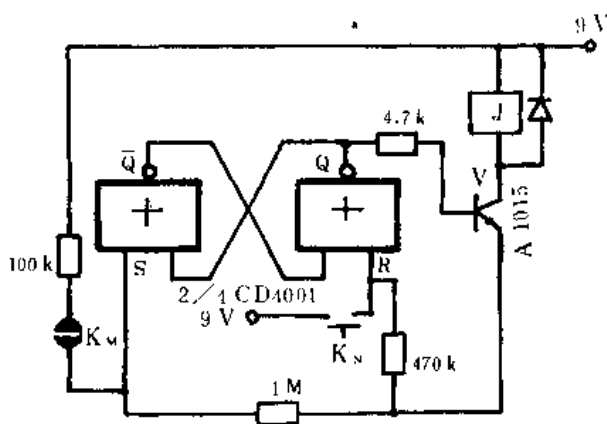


图 6-24 触摸开关 (2)

R-S 触发器真值表

行	输 入		输 出	
	R	S	Q	$\bar{Q}$
1	1	1	不确定	不确定
2	1	0	0	1
3	0	1	1	0
4	0	0	Q	$\bar{Q}$

例 25 触摸开关 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种触摸开关，采用双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、2 输入端 4 “或非”门 $\frac{1}{2}$ CD4071、三极管 V、继电器 J 等构成。其中， $\frac{1}{2}$ CD4017 和阻容元件组成单稳态触发器。 $\frac{1}{2}$ CD4013 的 $\bar{Q}$ 反馈至 D 端，且 S 端接 GND 形成 T 触发形式。

当用手触摸开关 K 时，

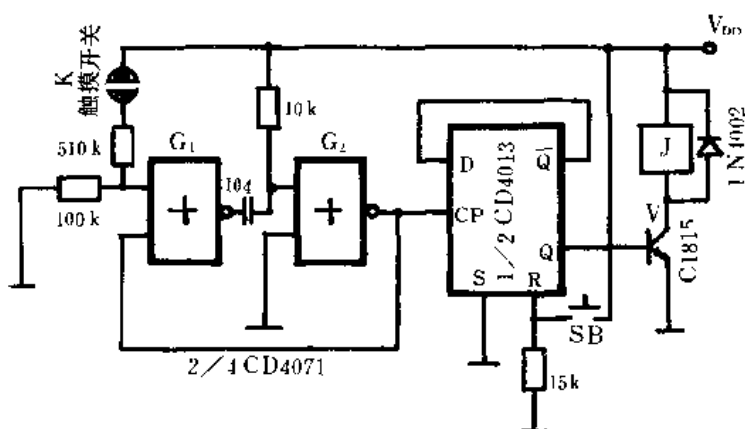


图 6-25 触摸开关 (3)

V_{10} 通过人手触发单稳电路,使之产生一个宽脉冲信号。这一信号从CD4071的门 G_2 输出并触发CD1013的CP端,使它翻转,于是CD1013的Q端为高电平。这一高电平脉冲信号经晶体管 V 放大,使继电器 J 吸合,实现电路的“开关”的“开”控制。

当手再次触摸 K 时,单稳电路又给CD1013的CP端一个时钟脉冲,并促使其翻转。于是CD1013的Q端输出低电平, V 因此而截止, J 释放,实现电路作为开关的“关”控制。

SB为复位开关,当按下SB时,电路复位, J 释放,切断被控的电器。

例 26 触摸开关 (4)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种触摸开关由2输入端1“与非”门CD4011($G_1 \sim G_4$)、触摸金属片 P 、继电器 J_1 等构成。

电路接上电源时,由于 C_1 端电压不能突变,因此,此时CD4011的门 G_1 输入端为高电平、经门 G_2 、 G_3 反相后输出给 V 管基极为低电平。于是 V 截止,继电器 J_1 断电而释放。此时,通过电阻 R_2 、电容 C_1 组成延时电路,门

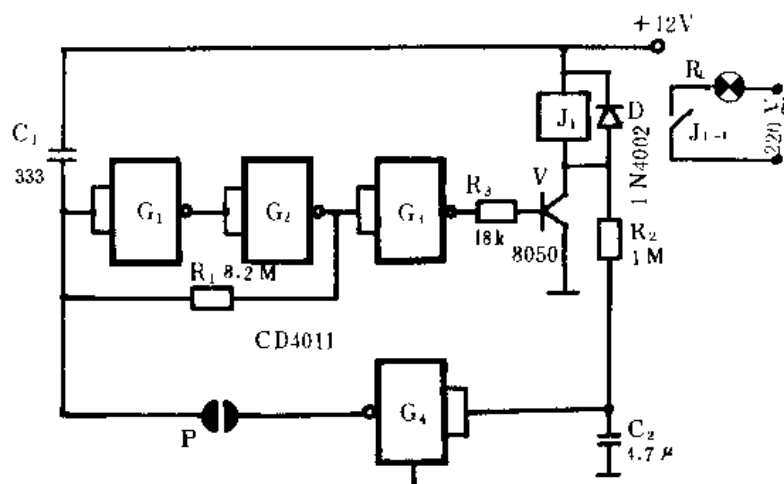


图 6-26 触摸开关 (4)

G_1 输入端经短暂延时后变为高电平。对应 G_1 输出低电平当人手触摸金属片 P 时,门 G_4 输入端变为低电平,门 G_2 输出也为低电平,再经门 G_3 反相输出高电平。于是, V 管导通, J_1 吸合,实现外接电器的通电,即“开”状态。

人手离开 P 点,门 G_2 输出端经 R_1 反馈,使 G_1 输入端变为低电平,电路维持“开”状态。门 G_4 输入端经短暂时间(决定于 R_2C_2 时间常数)延迟后变为低电平,其输出为高电平。然而当人手再次触摸金属片 P 时,电路转成“关”的状态。

电路中, C_1 是为消除人体感应作用而设置。但通电时刻应使电路呈“关”状态。若通电时刻电路呈“开”状态,必须把 C_1 接 V_{DD} 端改为接GND。 R_2 、 C_2 为延时元件,其值要选择适当。

例 27 触摸开关 (5)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种采用双D触发器 IC_1 (CD4013)等制作的触摸开关电路。

电路中,220V市电经桥式全波整流后,再经 $82k\Omega$ 降压, $470\mu F$ 滤波,DW稳压,得到电路使用的12V电压。LED作为通电指示。

IC_1 组成单稳态触发器,而 IC_2 组成双稳态触发器。前者用于对触摸脉冲进行展宽,以

保证每次操作的可靠性；
而后者用于驱动 SCR 的
开通与关闭。

当用手触摸金属片 P 时，人体漏泄的交流电经 R_1 、 R_2 分压，其正半周信号进入 IC_{1-1} CP 端，使 IC_{1-1} 的 Q 端跳变为高电平。这一高电平分二路输出：一路经 R_3 向 C_1 充电，使“复位 R 端”复位，进

而使 Q 端又变为低电平；另一路输入 IC_{1-2} 的 CP 端，使双稳态电路翻转，并使 TC_{1-2} 的 Q 端变为高电平。于是，SCR 导通，其控制的开关闭合，电灯发亮。

此时，电容 $470\mu\text{F}$ 两端电压下降至 3V 左右，LED 熄灭，IC 虽仍工作，但它的 Q 端已呈低电平，SCR 在交流过零时关断。因此，每触摸一次 P，实现一次电路对外接电灯的“开”与“关”。

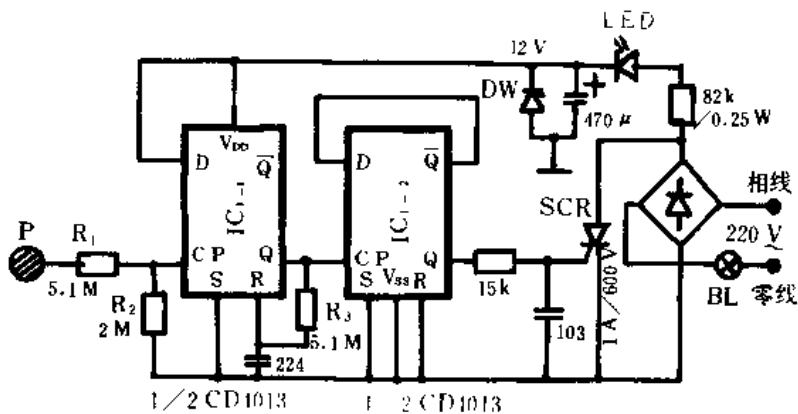


图 6-27 触摸开关 (5)

例 28 触摸开关 (6)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种触摸开关采用双 D 触发器 CD4013、三极管、继电器、阻容元件等构成。它具有防抖动效果。

电路中， $\frac{1}{2}$ CD4013 (IC_A) 组成单稳电路，另一 $\frac{1}{2}$ CD4013 (IC_B) 组成双稳态电路。当人手触摸金属片 P 时，晶体管 V_1 导通， IC_A 的 S_1 端为高电平。由于 IC_A 的 D_1 端接 GND，因此 Q_1 端输出高电平，并通过 R_1 向 C_1 充电。经延迟约 2s（秒钟）左右时间，可有效地消除触摸形成的抖动。

IC_A 的 Q_1 与 IC_B 的 CP_2 端相接。

由于 IC_A 的 Q_1 端输出高电平，因此 IC_B 改变一次状态。也就是，每触摸一下 P， Q_2 即改变一次状态，晶体管 V_2 也随着进行一次导通或截止，进而使继电器得电或失电一次。这样就形成了开关效果。

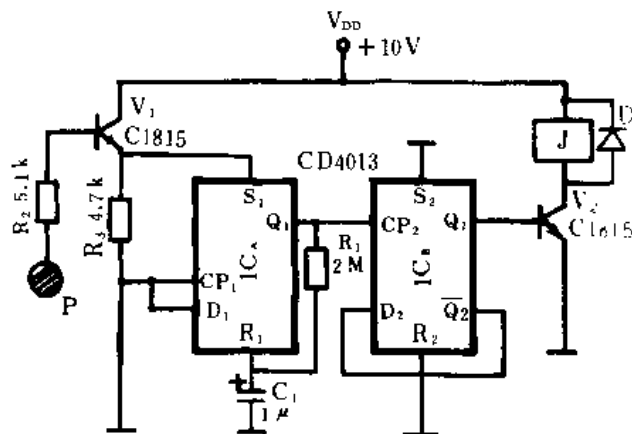


图 6-28 触摸开关 (6)

例 29 触摸（双刀三掷）开关（7）

一、应用电路

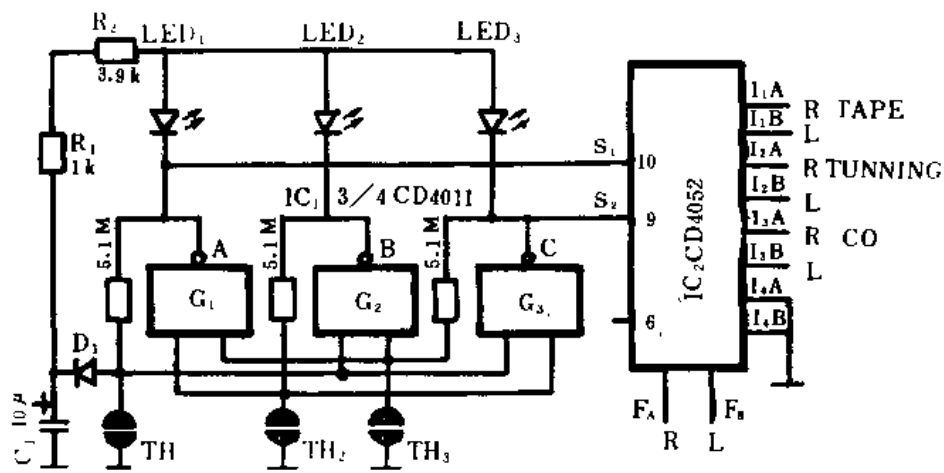


图 6-29 触摸开关（双刀三掷）（7）

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_3$ ($3/4$ CD4011) 和双路四掷模拟开关 IC_2 (CD4052) 等构成的触摸式双刀三掷切换开关。

本电路可用于音频放大器与多个声源配接，采用指触式转换，3 只 LED 作状态显示。

电路中 $G_1 \sim G_3$ 组成 3 路指触式互锁开关。稳态时输出 A、B、C 之一为低电平，另两个为高电平，触摸 $TH_1 \sim TH_3$ 后状态转到该路并自锁。 IC_2 四掷开关这里只用 3 档，选择 S_1 、 S_2 分别接 A、C，则从真值表数值可知，A、B、C 3 端分别对应于 I_1 、 I_3 、 I_2 3 通道， I_0 通道不用。 $LED_1 \sim LED_3$ 分别指示 I_1 、 I_3 、 I_2 通道。 R_1 、 C_1 、 D 作用在于使每次开机预置于 I_1 通道。

触 摸 点	互锁输出			控制输入		通 道
	A	B	C	S_1	S_2	OUT
TH_1	0	1	1	0	1	I_1
TH_2	1	0	1	1	1	I_3
TH_3	1	1	0	1	0	I_2

例 30 模拟薄膜开关

一、应用电路

二、电路结构说明

模拟薄膜开关电路采用十进制计数器/分配器 IC_1 (CD4017) 和双向 4 模拟开关 IC_2 (CD4066)，以及发光二极管、阻容元件、按钮开关等构成。

接通电源时， C_2 、 R_2 组成的微分清零电路，给 IC_1 的⑩脚一个正尖脉冲，使 IC_1 复零，并

开始计数,由 Q_0 输出高电平,即 $Q_0 = "1"$ 。于是 LED_1 发亮,双向模拟开关 IC_1 的①、②脚接通,1in 端通电。 S_A 按第一次,则 IC_1 的 $Q_1 = "1"$, LED_2 亮, IC_2 的③、④端接通,2in 端通电。 S_A 按第二次, $Q_2 = "1"$, LED_3 亮, IC_2 的⑤、⑥端接通,3in 端通电。 S_A 按第三次, $Q_3 = "1"$, $LED_4 \sim LED_8$ 全灭, IC_2 的⑦、⑧端接通,4in 端通电。若按 S_A 第 4 次, $Q_4 = "1"$,此时经 D_1 (IN4148) 给 IC_1 的③脚 1 个正脉冲,使 IC_1 清零复位。此后又重复上述 LED_1 亮 1in 端通电……整个过程。如此循环往复。

电路中, C_1 为消振电容, R_1 为下拉电阻, R_2 为 LED 的限流电阻, OUT 端为输出公共端。本电路只利用 IC_1 的 $Q_0 \sim Q_3$, 而 $Q_4 \sim Q_9$ 尚未利用。若增加 CD4066, 则可加以扩展。

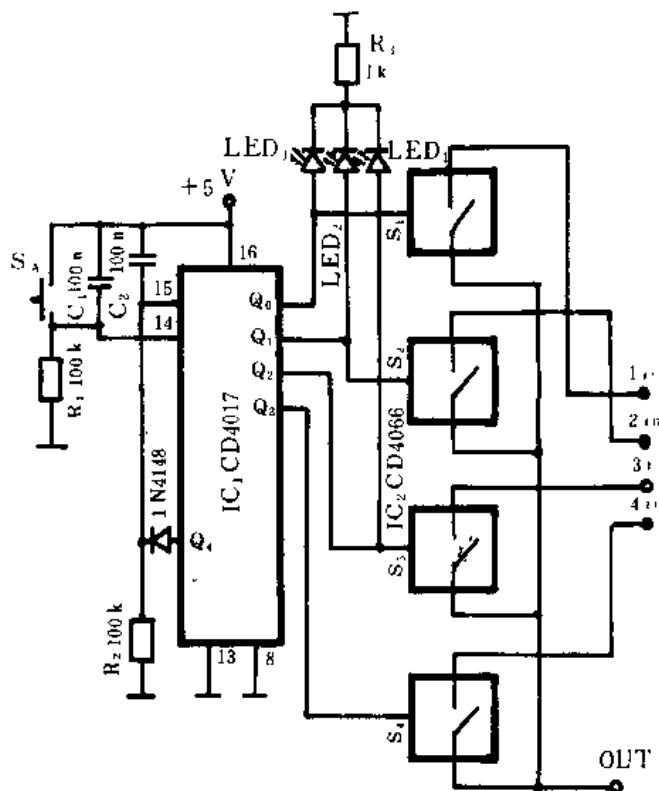


图 6-30 模拟薄膜开关

例 31 单/双时钟脉冲转换电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这是采用双 J-K 触发器 1/2 CD4027 和 2 输入端 1 “与非”门 CD4011 构成的单/双时钟脉冲转换电路。

设 CD4027 的 Q 初始状态为“0”电平。当 CP 脉冲上升沿到达后, J-K 触发器翻转, $Q = "1"$, $\bar{Q} = "0"$ 。该时钟也同时到达门 G_1 , 由于 $Q = "1"$, 使门 G_1 的输出为“0”电平, 再经门 G_2 的反相整形后输出一个与 CP 脉冲同步的脉冲 Q_A 。

当第二个 CP 脉冲上升沿到达后, 触发器翻转输出, $Q = "0"$, $\bar{Q} = "1"$ 。这时 CP 脉冲同时输到门 G_3 的输入端, 由于 $\bar{Q} = "1"$, 所以门 G_3 输出“0”电平, 经门 G_4 反相整形后, 输

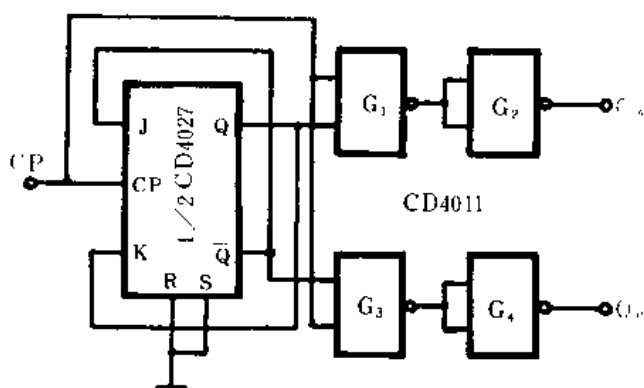


图 6-31 单/双时钟脉冲转换电路

出一个与 CP 脉冲同步的脉冲 Q_B 。

Q_A 与 Q_B 相差 180° 。它们为双时钟脉冲信号，其频率为 CP 的 $1/2$ 。

例 32 总线数据传输电路

一、应用电路

二、电路结构说明

总线数据传输电路，由 2 输入端 4 “与”门 CD4081、4 三态或非 R-S 锁存器 CD4043、6 反相缓冲器/变换器 CD4049 构成的。

电路图中仅是多路总线数据中 A 组数据输入。数据输入由 CD4081 的 M 端输入，而 N 端联在一起作数据选通 ST 之用。CD4043 的 R 端联在一起作为复位端，当 $R = "0"$ ，CD4043 清零。CD4043 的 ENA 端作“三态功能控制”端，在传输数据时， $ENA = "1"$ ；当 $ENA = "0"$ 时，CD4043 呈高阻状态，不能传输数据。

当 $N_i = "0"$ 时，数据通过 CD4081 送至 4043 的各 S 端。此时

若 $ENA = "1"$ ，CD4043 可传输数据。假定 A 总线上输入信号为“1010”，CD4081 的输出为“0101”，经 CD4043 后，Q 端输出为“0101”，再通过 CD4049 的倒相， $P_1 \sim P_4$ 得到数据为“1010”。这样，A 总线的信号便传输到数据总线上。它只是一组（A 组）数据得到传输。总线上另三组（B、C、D）数据可用相同电路进行传输。各组 $Q_1 \sim Q_4$ 分别并联连接。

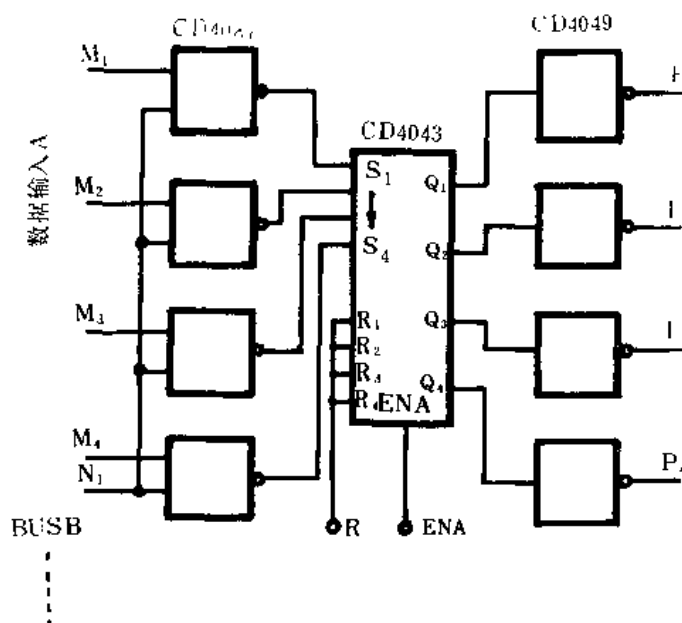


图 6-32 总线数据传输电路

例 33 用 D 触发器接成单稳态电路

一、应用电路

二、电路结构说明

由双 D 触发器 $1/2$ CD4013 和阻容元件构成单稳态电路。

CD4013 的 D 端接 V_{DD} 。在输入时钟 CP 作用下，其 Q 端输出高电平，并通过 R_1 向 C_1 充电。当 C_1 充电至 R 端翻转电平时，触发器翻转，则 Q 端变为低电平。

Q 端输出脉冲宽度 $T = 0.69R_1C_1$ 。改变 R_1 、 C_1 值可改变 Q 端输出脉冲的占空比，即单稳周期 T 的大小。

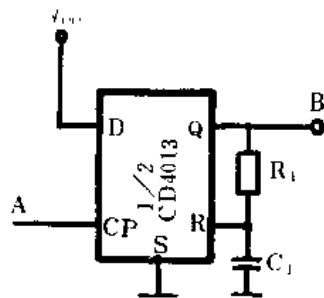


图 6-33 用 D 触发器接成单稳态电路

例 34 单稳态触发器 (CC7555)

一、应用电路

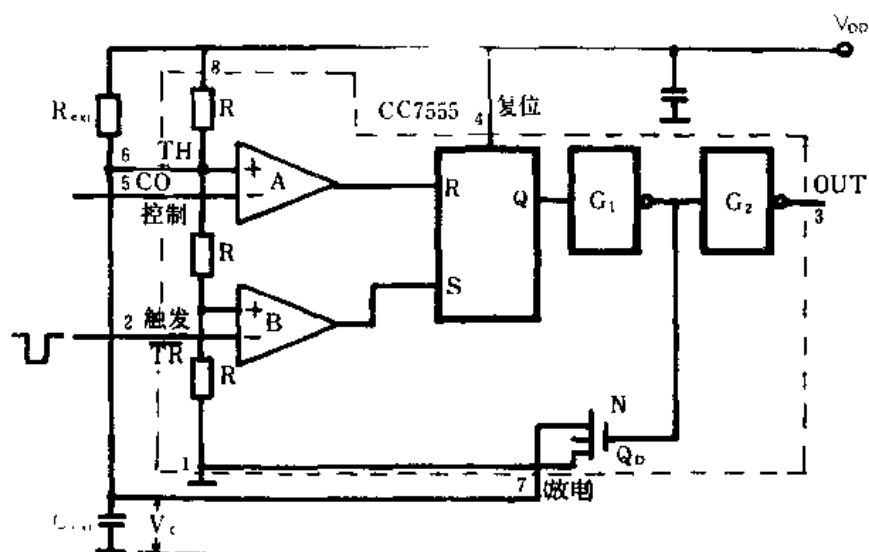


图 6-34 CC7555 构成单稳态触发器

二、电路结构说明

由 CMOS 定时器 CC7555 (国产) 或 ICM7555 (国外) 构成的单稳态触发器。与双极定时器 NE555 相比, 具有静态电流小 (每个单元 $80\mu\text{A}$ 左右)、高输入阻抗、输入电流 $0.1\mu\text{A}$ 左右和工作电源宽 $3\sim 18\text{V}$ 等特点。

图 6-34 中, R_{ext} 、 C_{ext} 为外接定时元件。当触发负脉冲未输入时, 触发端处于高电平, R-S 触发器 Q 端为低电平, 放电管 Q_D 导通, 定时电容通过 Q_D 放电, 电容两端电压 V_C 为低电平。

当负脉冲加入触发 $\overline{\text{TR}}$ 端, 且幅度低于 $1/3V_{\text{DD}}$ 时, R-S 触发器被置位, Q 端变为高电平, Q_D 截止。电源通过外接电阻 R_{ext} 对 C_{ext} 充电。

一旦 V_C 达到 $2/3V_{\text{DD}}$ 以上的电压值 (这时触发负脉冲已结束) 时, 比较器 A 使 R-S 触发器复位, Q 端变为低电平, 电路输出 V_O 也为低电平; 同时, 放电管 Q_D 导通, 电容 C_{ext} 通过 Q_D 放电。这样便完成了单稳态触发器工作过程。定时电容上的电压从低电平上升到 $2/3V_{\text{DD}}$ 所需的时间等于输出脉宽 t_w 。

$$t_w \approx -RC \ln 3 \approx 1.1RC。$$

R、C 数值与延时脉宽关系, 亦可查两者关系的曲线得到。

例 35 R-S 触发器 (CC7555)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 CMOS 定时器电路 CC7555 (ICM7555) 构成

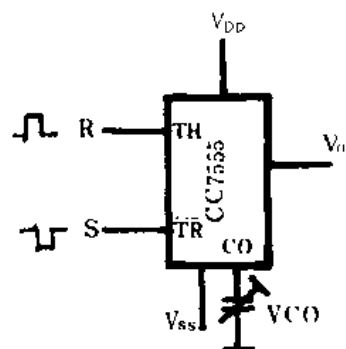


图 6-35 CC7555 构成 R-S 触发器

的 R-S 触发器电路。

电路中,当 R 端 ($\overline{TH}$ 端) 电压大于 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 时 ($\overline{TR}$ 端电压大于 $\frac{1}{3}V_{DD}$) 时,输出电压 V_o 为“0”电平;当 S 端 ($\overline{TR}$ 端) 电压大于 $\frac{1}{3}V_{DD}$ 时 ($\overline{TH}$ 端电压小于 $\frac{2}{3}V_{DD}$), 输出电压 V_o 为“1”电平。

控制端 CO 施加电压后,可改变 R 和 S 的触发电平。

例 36 单稳态触发器 (CD4043)

一、应用电路

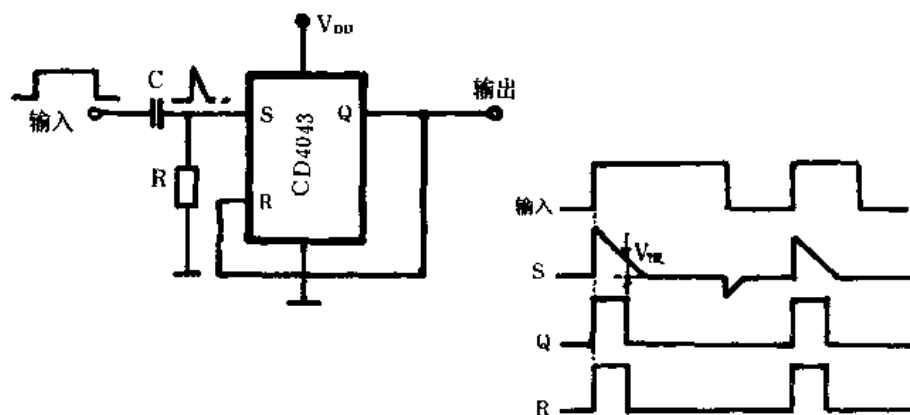


图 6-36 单稳态触发器

二、电路结构说明

这是由 4 二态“或非”R/S 锁存器 $\frac{1}{4}$ CD4043 与电阻、电容构成的单稳态触发器。它具有边沿触发,输出脉宽可控制等特点。

所谓边沿触发,是指允许输入端长时间保持其触发后的状态。这样,它不必回复到触发前的状态以产生有效的输出。也就是,当输入不回复时,输出由输入的前沿决定。图 6-36 所示的触发器,工作时把来自输出端的反馈至 R 输入端。

为了直观看出输入脉冲正边沿工作情况,图 6-36 中的波形说明了这一点。输入上升沿触发 $\rightarrow S = "1" \rightarrow Q = "1" \rightarrow R = "1"$ 。当 S 端放电到转移电压 V_{TR} 后, $S = "0"$,而此时 R 端尚未变为“0”,因此 Q 输出“0”,同时 R 也为“0”。这样 Q 便维持“0”状态,直到下一个输入正脉冲边沿的到来。

一般地,单稳态触发器是靠时钟的边沿触发的。其输出脉冲宽可用下式计算:

$$T = -RC \ln(1 - V_{TR}/V_{DD})$$

式中 V_{TR} 为转移电压,其值可用 $V_{TR} = (40\% \sim 60\%) V_{DD}$ 来选定。从上式可以得知,如要加大输出脉宽的话,应加大 R 值,但 C 值不宜取得过大。

例 37 低功耗单稳态电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这种低功耗电路,可用 2 输入端 4 “与非”门电路 CD4011B ($G_1 \sim G_4$)、时基 NE555 和 R、

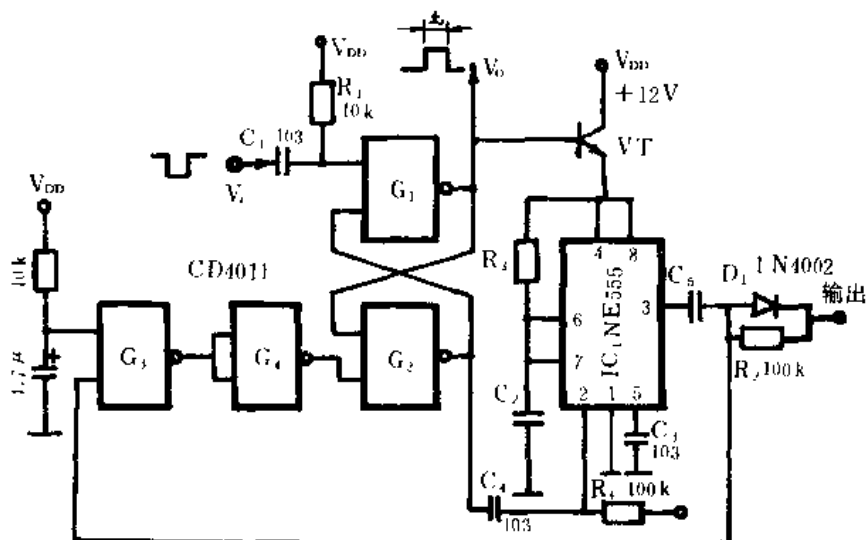


图 6-37 低功耗单稳态电路

C 等元器件组成。

CD4011B 中的 2 个门电路 G_1 、 G_2 组成 RS 触发器，另 2 个门电路 G_3 、 G_4 与电阻 R_1 、 C_1 组成开机清零电路。NE555 和 R_2 、 C_2 组成定时电路。它不管静态还是输出高电平定时期间，消耗功率很小。低功耗单稳态电路采用闭合环路，其定时脉冲宽度取决于 R_2C_2 时间常数，即 V_o 输出脉冲宽度为 $t = 1.1R_2 \cdot C_2$ 。

例 38 施密特触发器 (CC7555)

一、应用电路

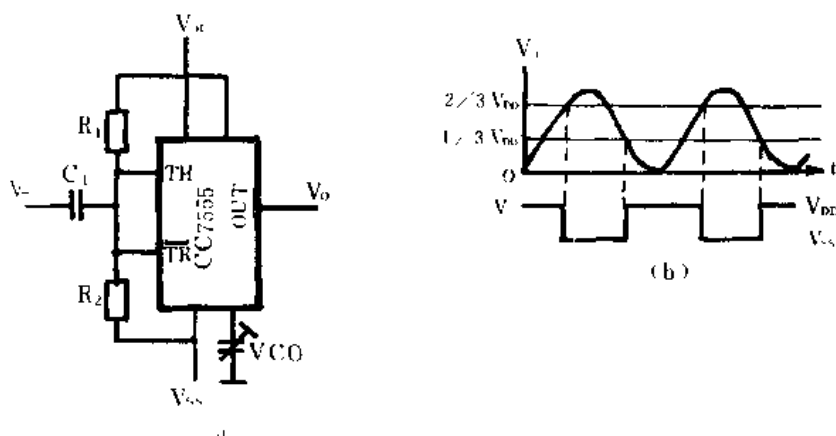


图 6-38 施密特触发器 (CC7555)

二、电路结构说明

这是由 CMOS 定时器 CC7555 (ICM7555) 构成的施密特触发器。

输入信号加于 TH、 $\overline{TR}$ 端，施密特触发器的正阈值电压为 $\frac{2}{3}V_{DD}$ ，而负向阈值电压为 $\frac{1}{3}V_{DD}$ ，其滞后电压 ΔV_T 则为两者的差值： $\frac{1}{3}V_{DD}$ 。如果接微调电容的 CO 端施加直流电压，则可调节施密特触发器滞后电压 ΔV_T 值。控制电压越大，滞后电压越大。

例 39 按钮式双稳态电路

一、应用电路

二、电路结构说明

按钮式双稳电路，采用 4 双向模拟门开关 $1/4$ CD4066 (F)，按钮开关 S_1 、 S_2 ，电阻与发光二极管组成。

当按下开关 S_1 ，模拟门开关 F 闭合导通。这时 V_o 输出高电平；当按下 S_2 开关时，模拟门开关 F 断开， V_o 输出低电平。

由于 V_o 输出高电平，使 LED 发光，指示电路处于工作状态。若 V_o 输出低电平，则 LED 不发光，即表示电路不工作。

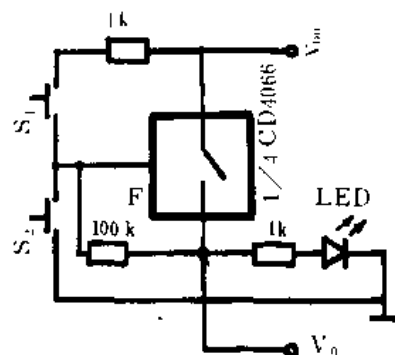


图 6-39 按钮式双稳电路

例 40 回差可调至负值的施密特触发器

一、应用电路

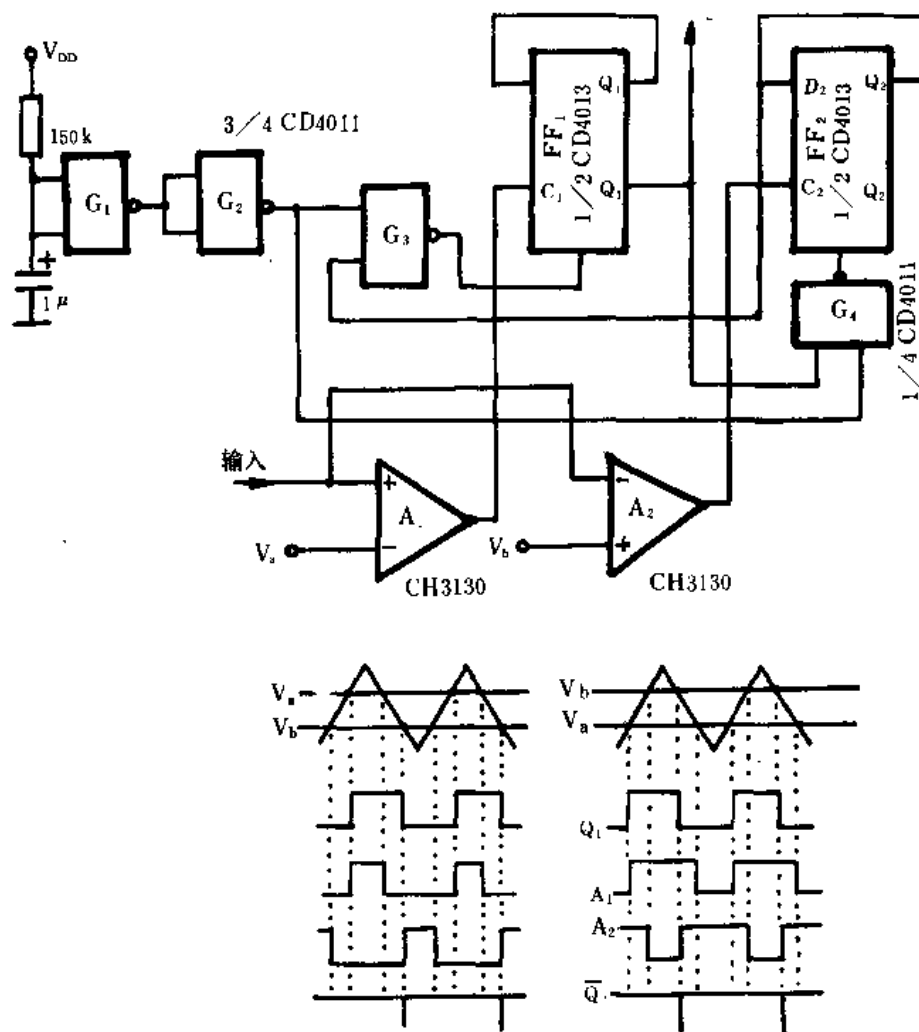


图 6-10 回差可调至负值的施密特触发器

二、电路结构说明

回差可调至负值的施密特触发器，主要由双 D 触发器 CD4013 (FF₁、FF₂)、“与非”门 CD4011 等构成。

当电路电源接通时，由于 RC 作用，使双 D 触发器 FF₁、FF₂ 的复位端 R₁、R₂ 得到瞬间高电平而复位。于是 FF₁ 的 Q₁ 端输出低电平，经“与非”门 G₄ (1/6CD4011) 反相，使 FF₂ 的复位端 R₂ 继续为高电平，因此 FF₂ 的时钟端仍不起作用。

当输入信号电压 (V_i) 上升到超过 V_a 时，比较器 A₁ 输出翻转为高电平，触发 FF₁，Q₁ 输出高电平。这一高电平经 G₁ 反相使 FF₂ 的复位端为低电平，于是 FF₂ 接受信号。

当输入信号电压 (V_i) 下降至 V_b 时，A₂ 翻转， $\bar{Q}_2$ 输出低电平。这一电平通过 G₃ 使 FF₁ 的 R₁ 端变为高电平，FF₁ 复位，Q₁ 重新翻转为低电平。

当 V_a > V_b 时，电路功能与一般同相式施密特触发器相似。当 V_a < V_b 时，回差变负，输出功能不变。这一点可从波形图清楚看出。

例 41 4 状态触发器

一、应用电路

二、电路结构说明

采用 2 输入端 4“或”门 CD4071 和十进制译码器 CD4028，以及对应输出的 4 个按键开关 K₁~K₄，构成了 4 种状态触发器。它具有不受机械开关抖动影响的特点，且如果有 2 个以上开关同时按下时，最后锁定状态取决于最后放开所对应的开关。

电路采用 CD4028 作为译码器，它输出状态共有 10 种，如何稳定于 4 种状态呢？

下表是 CD4028 真值表。从表中可以看出：

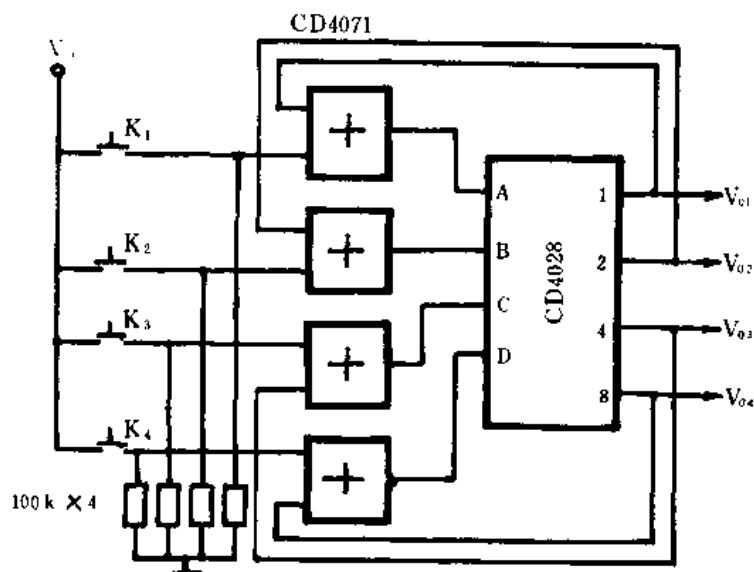


图 6-41 4 状态触发器

序号	输 入				输 出									
行	A	B	C	D	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9
0	0	0	0	0	1									
1	0	0	0	1		1								
2	0	0	1	0			1							
3	0	0	1	1				1						
4	0	1	0	0					1					
5	0	1	0	1						1				
6	0	1	1	0							1			
7	0	1	1	1								1		
8	1	0	0	0									1	
9	1	0	0	1										1
无 效	1	0	1	0										
	1	0	1	1										
	1	1	0	0										
	1	1	0	1										
	1	1	1	0										
效	1	1	1	1										

假定原来状态 V_{01} 输出为高电平,其余输出全为低电平。这时若按下 K_3 ,则译码器 CD4028 的输入端 A B C D 码变为:“0101”。而表中是第 5 行的 ABCD 码才为“0101”,对应的是 $Q_5 = “1”$,而其余输出端均为“0”。因此,按下 K_3 后,经反馈会使输入码立即变为“0100”,对应输出则是 $V_{03} = “1”$ 。在这过程中若按下 K_2 ,则 ABCD 输入码变为“1100”。此码为无效码。因此, K_2 对应输出是 $V_{02} = “1”$ 。

当按下 K_4 时,ABCD 输入码变为“1001”,与之对应的真值是 $Q_9 = “1”$ 。因此, K_4 对应输出 $V_{01} = “1”$ 。按下 K_1 ,ABCD 输入码为“1000”,真值表 $Q_8 = “1”$, K_1 对应输出 $V_{01} = “1”$ 。

从上述可知,开关 $K_1 \sim K_4$ 对应 4 个稳态输出。

例 42 CD4098B 构成单稳态触发器

一、应用电路

二、电路结构说明

CD4098B 为双单稳态触发器。它的每组单稳态触发器都有 2 个触发输入端:上升沿触发输入端(+TR)和下降沿触发输入端(-TR)。这就说明,触发器既可用上升沿触发,也可用下降沿触发。要注意的是,当用(+TR)触发时,(-TR)应接 V_{DD} ;若用(-TR)触发时,(+TR)应接 V_{SS} 。上升沿触发的模式中, $\bar{Q}$ 是跟随(-TR)的;用下降沿触发的模式中,Q 是跟随(+TR)的。还有,清零端 $R = “1”$ 时,电路正常工作;若 $R = “0”$ 时,电路清零。图 6-42 (a)、(b)、(c)、(d) 电路中,清零端 R 均接 V_{DD} ,这就意味着电路已处于工作状态。

所谓“再触发”,是指触发输入端只要有外接触发信号输入,电路就有输出。倘若在设定延迟时间 T 结束之前又来一个触发脉冲信号,则输出将从新的上升沿开始叠加一个 T 时间。图 6-42 (e) 所示,是触发器再触发的波形示意图。

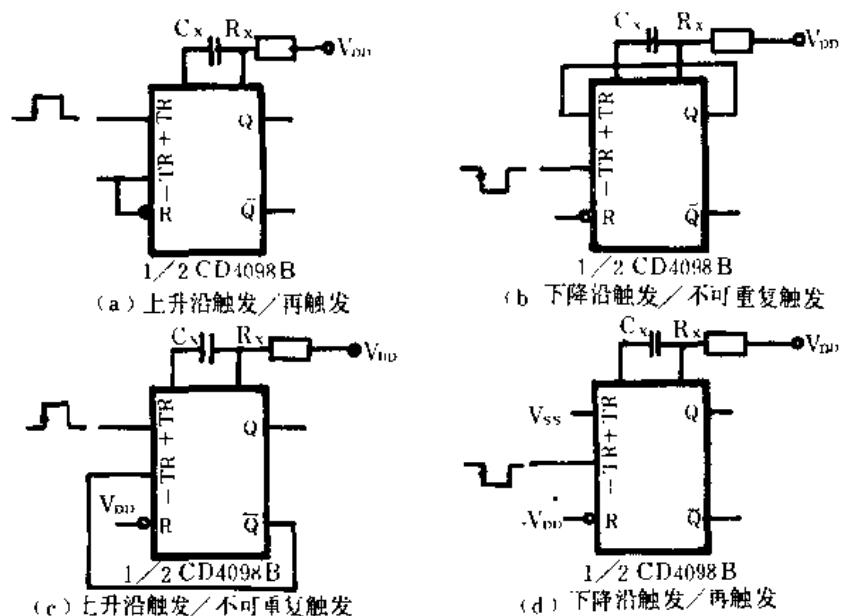


图 6-42 CD4098B 构成单稳态触发器

所谓不可重复触发,是指触发器已经触发,而输出的脉宽 T 没有结束,触发输入端再触发时,输出脉冲信号不受再触发的影响。它要等脉宽 T 结束后,再触发输入端才有作用。

图 6-42 (a)、(b)、(c)、(d) 皆为单稳触发器,其触发输出信号周期 T_X 有以下计算公式:

$$T_X = \frac{1}{2R_X C_X} \quad (\text{规定: } 100\mu \geq C_X \geq 0.01\mu, R_X \geq 5k\Omega)$$

CD4528B 亦为双单稳触发器,它可以取代上述电路中的 CD4098B。对于 CD4528B 的 T_X 可用下式计算:

$$T_X = 0.2R_X C_X \ln(V_{DD} - V_{SS})$$

(规定: $5k\Omega \leq R_X \leq 1000k\Omega$, C_X 无限制)

例 43 占空比可调触发器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是利用 2 输入端 4 施密特触发器 $1/4$ CD4093、二极管和阻容元件构成的占空比可调的触发器。

从电路可以看出,电容 C 充电时, D_1 导通, D_2 截止,时间常数为 $C(R_1 + R_{D1})$; 电容 C 放电时,时间常数为 $C(R_1 + R_{D2})$ 。因此,调节电位器 R_2 可以改变振荡器输出信号波形的占空比,而保持振荡信号频率不变。

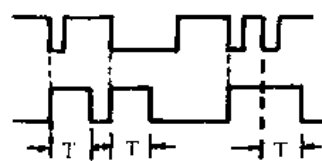


图 6-42 (e) 再触发波形

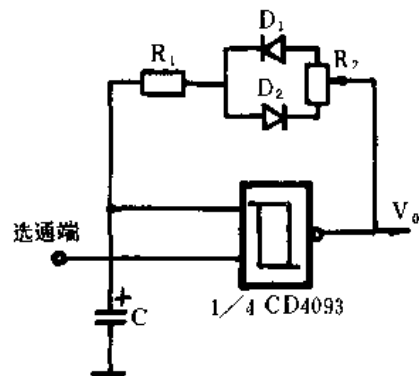


图 6-43 占空比可调的触发器

例 44 3 稳态触发器 (CD4001)

一、应用电路

二、电路结构说明

3 稳态触发电路由 2 输入端 4 “或非”门 (G_1 、 G_2 、 G_3) $\frac{3}{4}$ CD4001、电阻和二极管构成。这种触发器具有记忆功能。

电路中, 输入端 a、b、c 平时均为“0”电平。但在某一刻, 三者中之一为 b 输入高电平时, 那么门 G_1 、门 G_3 输出 $\bar{A}$ 、 $\bar{C}$ 为低电平。由于 $\bar{B}$ 的高电平通过 R_2 反馈至门 G_1 、门 G_3 的输入端 a、c, 使它们的输出端 $\bar{A}$ 、 $\bar{C}$ 维持了低电平状态。即使输入 b 端回到低电平, $\bar{A}$ 、 $\bar{C}$ 仍然可以维持原来状态。说明有记忆功能。

同理, 高电平若出现在 a 端, $\bar{A}$ 则输出高电平, $\bar{B}$ 、 $\bar{C}$ 输出维持低电平; 高电平出现 c 端时, $\bar{C}$ 端输出高电平, $\bar{A}$ 、 $\bar{B}$ 输出维持低电平。

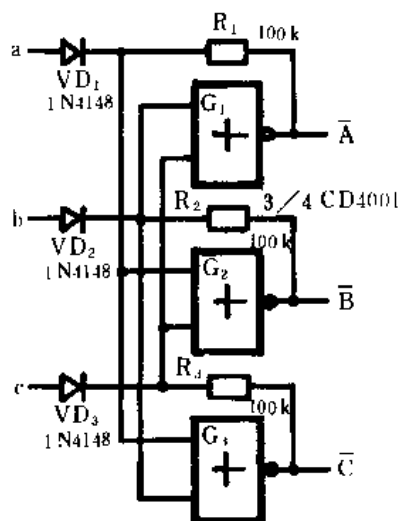


图 6 44 3 稳态触发器 (CD4001)

例 45 3 稳态触发器 (CD4011)

一、应用电路

二、电路结构说明

采用 2 输入端“与非”门 (G_1 、 G_2 、 G_3) CD4011、电阻和二极管能够构成 3 稳态触发器。

在电路中, 某一刻 a、b、c 3 输入端之一, 如 a 端输入为低电平时, 则门 G_2 、门 G_3 的输入端变为低电平。经门 G_2 、门 G_3 反相后, 输出端 $\bar{B}$ 、 $\bar{C}$ 为高电平。由于 $\bar{B}$ 、 $\bar{C}$ 输出端分别经 R_2 、 R_3 反馈至门 G_1 的两输入端, 于是经门 G_1 反相, 其输出端变为低电平。 $\bar{A}$ 的低电平经 R_1 反馈至门 G_2 、门 G_3 的输入端, 使门 G_2 、门 G_3 的输出端 $\bar{B}$ 、 $\bar{C}$ 维持了高电平, 即使输入端 a 回到高电平状态, $\bar{B}$ 、 $\bar{C}$ 仍然可以维持这种状态。说明此触发器也有记忆功能。

同理, 某一时刻先发生在 b 或 c 端为高电平, 也会发生同以上相对应的过程。

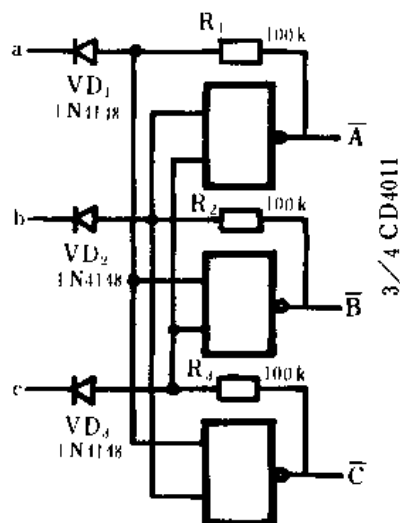


图 6 45 3 稳态触发器 (CD4011)

例 46 J-K 触发器变成 D 触发器

一、应用电路

二、电路结构说明

$\frac{1}{2}$ CD4027 组成的 J-K 触发器和 $\frac{1}{6}$ CD4069 可以构成一个 D 触发器。

J-K 触发器表达式: $Q_{n+1} = \bar{K}Q_n + J\bar{Q}_n$ 。这里, 输

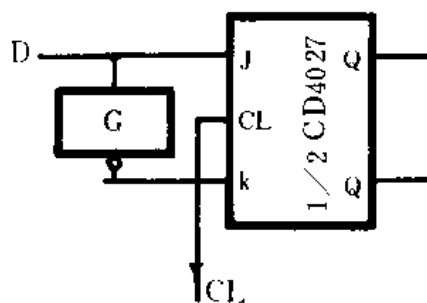


图 6 46 J-K 触发器变为 D 触发器

入端 J 与 K 互为反相关系, $K=\bar{J}$, $\bar{K}=J$ 。所以, $Q_{n+1}=JQ_n+\bar{J}\bar{Q}_n=D(Q_n+\bar{Q}_n)=D$ 。上式说明, 无论 Q_n 是“1”或是“0”, 在下一时刻的输出 Q_{n+1} 则总是等于“D”。由此可见, 整个电路构成了一个 D 触发器。

例 47 J-K 触发器 CD4027 的变换

一、应用电路

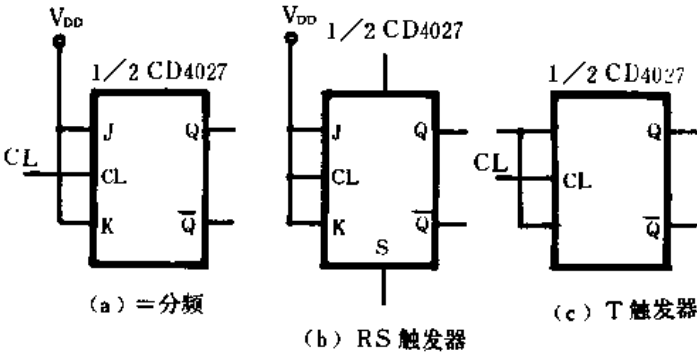


图 6-47 J-K 触发器 CD4027 的变换

二、电路结构说明

图 6-47 中的 (a)、(b)、(c) 分别是用 $\frac{1}{2}$ CD4027 组成的 J-K 触发器, 经过一番变换, 构成二分频器、R-S 触发器和 T 触发器。这种变换是分别通过 J、K、CL 3 端接法不同来实现的。

例 48 D 触发器构成 R-S 触发器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是由 $\frac{1}{2}$ CD4013 触发器直接构成的 R-S 触发器。从图 6-48 (a) 可以清楚看出: D 触发器的 D 端和 CL 端并接起来接 V_{DD} , 信号从 R、S 两端加入, Q 和 $\bar{Q}$ 端仍作输出端。这样连接的结果, 将 D 触发器变换成 R-S 触发器, 其内部逻辑图如图 6-48 (b) 所示。

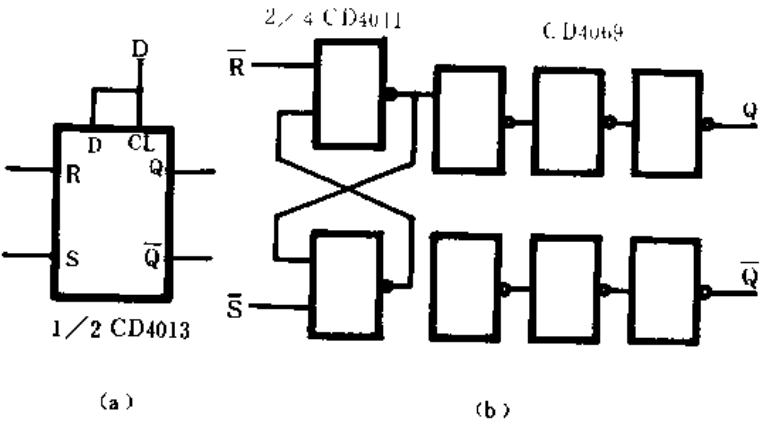


图 6 48 D 触发器构成 R-S 触发器

R-S 触发器的真值如下表。

R-S 真值表		
R	S	Q_n
0	0	Q_n
0	1	1
1	0	0
1	1	1

例 49 光电开关

一、应用电路

二、电路结构说明

在光电信号的转换和远距离传输系统中，常用到光电开关整形电路。图 6-49 所示是一种采用施密特触发器 $1/6$ CD40106 与光电开关、光敏电阻 R_0 等构成光电开关整形电路。

大多数光电开关（包括光电池、光敏晶体管），它们的暗阻值均在 $M\Omega$ 以上数量级，而光阻也在 $k\Omega$ 数量级。由于施密特触发器的输入阻抗极高，能够较好地与光电开关直接耦合，也就是阻抗可匹配。

电路中，调节分压电阻 W ，可调节施密特触发器的翻转边界。光照时， R_0 值 $\downarrow$ ，输入端电压因此上升至 V_{T+} 以上；光灭时，输入端电压降至 V_T 以下，其表达式为：

$$V_{T+} \leq \frac{W}{R_{ON} + W} \cdot V_{DD} \quad (R_{ON} \text{ 为光照时光电开关导通电阻})$$

$$V_T \leq \frac{W}{R_{OFF} + W} \cdot V_{DD} \quad (R_{OFF} \text{ 为光灭时电开关截止电阻})$$

以上电路常见于光电转换报警器、光电转换计数器等电路中。

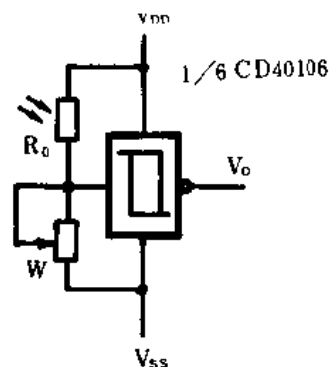


图 6-49 光电开关整形电路

例 50 4 通道红外线遥控器

一、应用电路

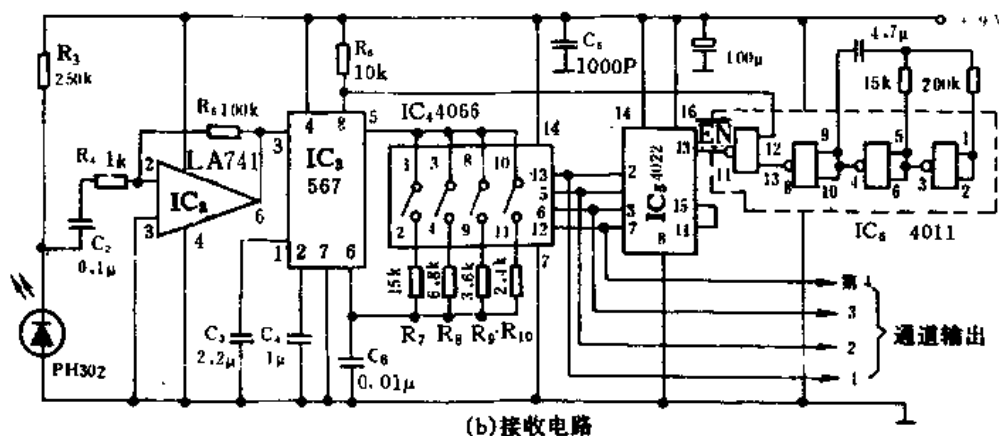


图 6-50 4 通道红外线遥控器

二、电路结构说明

4 通道红外线遥控器的接收电路，是由 4 双向模拟开关 IC_4 (CD4066)、八进制计数器/脉冲分配器 IC_5 (CD4022)、运算放大器 IC_2 (LA741)、2 输入端 4 “与非”门 IC_6 (CD4011)，以及红外线接收管 PH302 等组成。

当红外线接收管 PH302 收到调制的红外脉冲信号后，进行光电转换，并送往运放 IC_2 进行放大。放大后的脉冲信号加到锁相环音频解码电路 IC_3 (LM567)，当输入频率与调定的中

心频率 f_0 一致时, IC_3 的⑧脚输出低电平。这时 IC_3 译码器的 $f_{01} = 1/1.1R_7C_3$, 与译码器相配套的发射器的第一通道的频率相同。译码器的 $f_{02} = 1/1.1R_8C_3$, 与发射器的第二通道的频率也相同……这样, 译码器与发射器 4 个通道频率完全一致。 IC_4 各控制端与由 IC_5 组成的时钟脉冲发生器构成选通门。于是, 时钟脉冲供给 IC_5 作环形计数器的时钟脉冲, 使其循环一次时, 必有一种中心频率与发射器的调制频率相同。然而, 此时的 IC_4 的⑧脚输出低电平, 将计数器 IC_5 封住, 且选出与发射通道相对应的频率信号。

图 6-50 (a) 是上述 4 通道红外线遥控器相配套的发射器电路。它的调制频率由 $W_1 \sim W_4$ 配合通道开关 $AN_1 \sim AN_4$ 来选定。

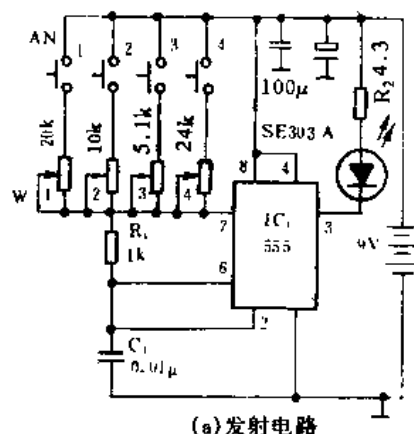


图 6 50 4 通道红外线遥控器

例 51 15 路红外线遥控发射电路

一、应用电路

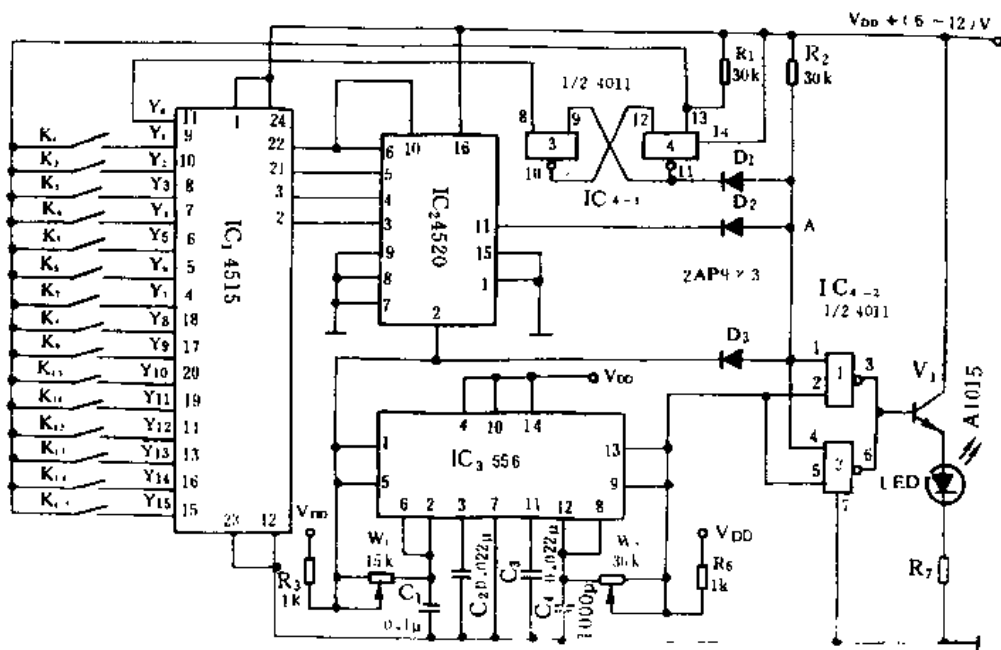


图 6-51 15 路红外线遥控发射电路

二、电路结构说明

15 路红外线遥控发射电路, 主要采用 IC_1 (CD4515) (4 位锁存器/4~16 线译码器)、 IC_2 (CD4520) (双 4 位二进制加法计数器)、 IC_3 (NE556) (双时基电路)、 IC_4 (CD4011) (2 输入端 4 “与非” 门) 构成。其中, IC_1 的 2 个 “与非” 门构成 IC_{4-2} “并接与非” 门, 另 2 个 “与非” 门构成 IC_{4-1} 的 R-S 触发器。 IC_3 的一半 (左半部) 与 R_3 、 W_1 、 C_1 组成频率为 $f = 1.44 / (R_3 + R_{W1}) \cdot C_1 \approx 512\text{Hz}$ 的无稳态多谐振荡器。另一半 (右半部) 与 R_6 、 W_2 、 C_4 组

成 $f_2 = 1.44 / (R_5 + R_{W2}) \cdot C_1 \approx 38\text{kHz}$ 的无稳态多谐振荡器。

当 IC_3 的频率为 512Hz 的振荡脉冲加到 IC_2 的②脚，作为 IC_2 的时钟脉冲 CP 。 IC_3 的频率为 38kHz 的振荡脉冲加至 IC_1 时，对电路图 6-51 中 A 点出现的脉冲序列进行调制。

IC_2 在 IC_3 输出的 512Hz 脉冲下降沿触发下进行计数，而后由③、④、⑤、⑥脚输出的 4 线二进制码，并加至 IC_1 的各对应端。 IC_1 当输入二进制码时被译码，且输出为低电平。每当计数状态为“1000”时， IC_1 的 Y_0 端变低电位。 IC_1 构成的 R-S 触发器被置位。于是，在计数器的第 5 位输出端和 R-S 触发器共同控制下，二极管 D_1 、 D_2 被导通，A 点被“打开”。这样，以脉冲重复频率 $f_1/32$ 加至 IC_4 ，对 38kHz 载波进行调制。载波信号通过晶体管 A1015，最后驱动 SE303 红外发射管向周围空间发送。

在键盘、开关 $Y_1 \sim Y_{15}$ 与 IC_1 对应控制端的配合下，电路发射出 15 路所对应、被不同频率调制的载波信号。若不按开关时，脉冲数为 16 个（最多）。因此，可以实现对接收电路的 15 路遥控。

例 52 光控开关电路

一、应用电路

二、电路结构说明

光控开关电路由 2 输入端 4“与非”门 CD4011 ($G_1 \sim G_4$)、光敏三极管 V_1 、三极管 V_2 和继电器、蜂鸣器等构成。其中，CD4011 的门 G_1 、 G_2 等组成双稳态电路，门 G_3 、 G_4 等组成无稳态多谐振荡器。

当不受光照时， V_1 呈暗阻，门 G_1 的②脚呈高电平，双稳态电路翻转，门 G_2 输出高电平，LED 灭， V_2 截止，继电器 J 释放。与此同时，门 G_4 的输入端⑧脚为低电平，振荡器停振，蜂鸣器 HTD 无声。

当 V_1 受光照时，门 G_1 输入端②脚变为低电平，结果 V_2 导通，LED₁ 闪光，继电器 J 吸合，HTD 发出声响。此后若无光照，由于门 G_2 输出低电平反馈到门 G_1 的控制端①脚，将门 G_1 锁定于输出高电平状态，电路继续处于报警，继电器 J 继续吸合。除非切断电源，才能停止电路工作，解除报警状态。

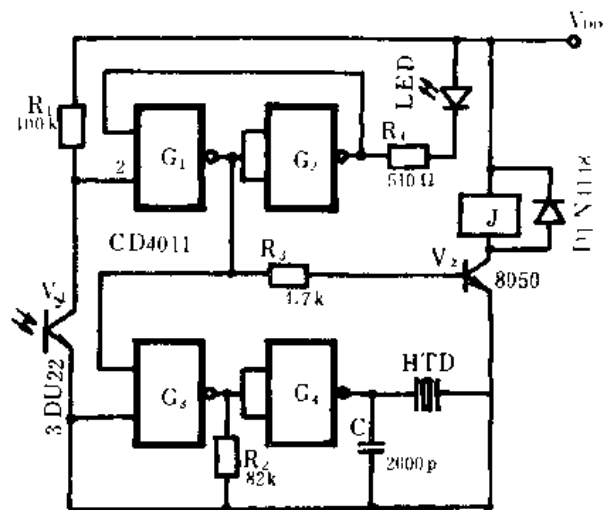


图 6 52 光控开关电路

例 53 双通道遥控器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由红外接收预放电路 IC_1 (CX20106)、6 反相器 IC_2 ($N_1 \sim N_6$) (CD4069) 和双 D 触发器 FF_1 、 FF_2 (CD4013) 等构成的双通道遥控器。本遥控器不同于通常多路遥控电路采用时间分割技术（时分制）或频率分割技术（频分制），且发射器上设有与接收通道数相同按钮，操作方便。

本电路简单而实用，仅用单按钮开关控制二通道。

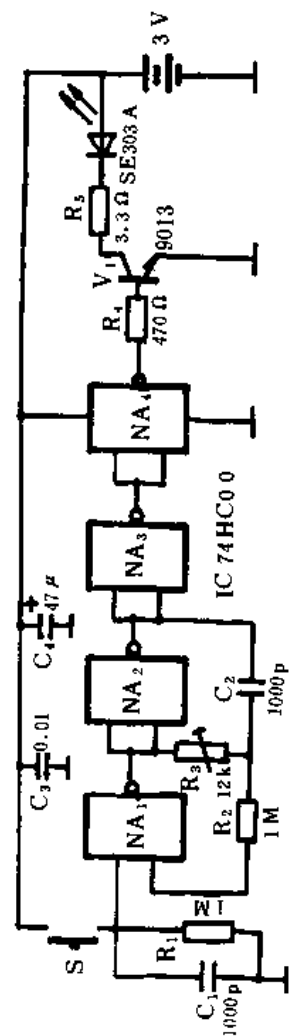
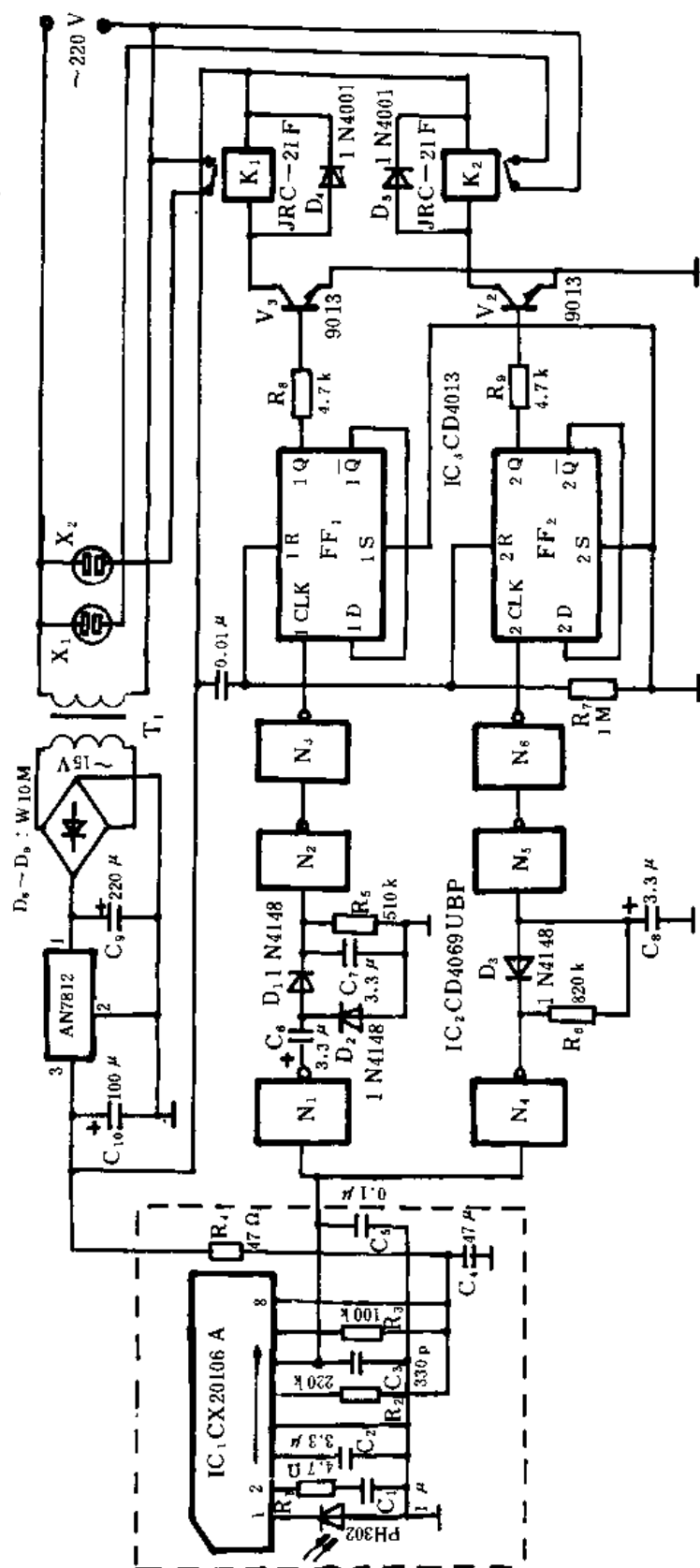


图 6-53 双通道遥控器

图 6-53 (a) 为发射器电路,“与非”门 NA_1 、 NA_2 组成 40kHz 的多谐振荡器,闭合按键 S 后,振荡器起振,并通过 NA_3 、 NA_4 缓冲, V_1 放大后,驱动红外发光管 SE303A 向空间发射 40kHz 的调制红外光。电路中若采用 CMOS 电路 74HC00 其静态功耗小于 $1\mu A$ 。亦可用 CD4069 取代。

图 6-53 (b) 为接收器电路,当红外光电管 PH302 接收到红外信号后,其内阻发生微弱变化,此变化信号经 IC_1 放大解调后,在其⑦脚输出低电平。当发射器按键 S 闭合不放时,接收器 IC_1 的⑦脚输出低电平;当按动闭合发射器 S 时,接收器 IC_1 的⑦脚输出脉冲方波信号。

接收器中 $N_1 \sim N_3$ 及 $N_4 \sim N_6$ 分别构成脉冲信号与直流信号识别电路。当 IC_1 的⑦脚输出由发射器点动 S 产生脉冲信号时,本接收器 IC_1 解调产生点动超低频脉冲信号,并经 N_1 反相, D_1 、 D_2 、 C_6 、 C_7 、 R_5 整流滤波后,达到 N_2 的阈值电平 V_T , N_2 、 N_3 均翻转, N_3 输出变为高电平;而脉冲信号经 N_2 反相后,由于 C_8 通过 R_6 充电时间长。通过 D_3 放电时间短,故不能使 N_5 、 N_6 翻转, N_6 输出保持低电平。

当发射器上开关按下 S 较长时间, IC_1 的⑦脚输出低电平时, N_1 输出高电平,由于 C_6 的隔直作用, N_2 、 N_3 保持原状不变, N_3 输出低电平;而此低电平经 N_4 反相后,再经 R_6 对 C_8 充电至 N_5 输入端的阈值电平 V_T , N_5 、 N_6 翻转, N_6 输出高电平。

N_3 、 N_6 输出高电平,双 D 触发器 FF_1 、 FF_2 的 $\bar{Q}$ 与 D 端相连成为双稳态的 T 触发器翻转, V_3 、 V_2 导通,继电器 K_1 、 K_2 的吸合/释放,从而控制负载的通/断。

因此,当闭合 S 发射键达 1.5s 时, FF_2 即翻转一次,控制 X_1 上负载的通/断;当点动闭合 S 键达 3 次时, FF_1 翻转,控制 X_2 上负载的通/断。

例 54 多用途红外开关

一、应用电路

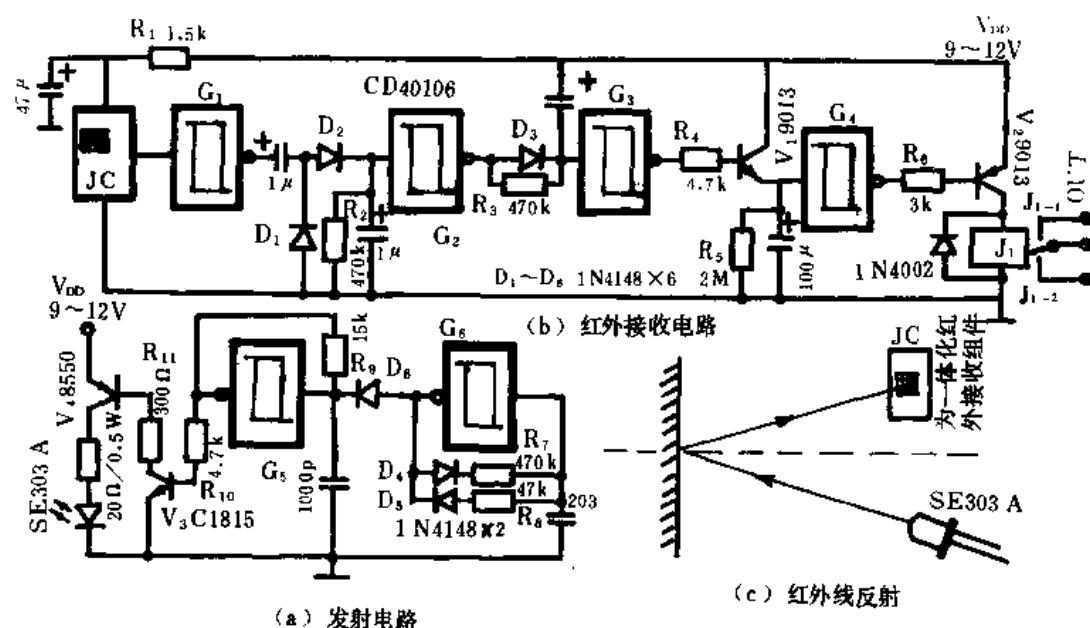


图 6-54 多用途红外开关

二、电路结构说明

本电路为由 6 施密特触发器 $G_1 \sim G_6$ (CD40106) 等构成的多用途反射式红外线开关。

图 6-54 (a) 为红外开关的发射部分, G_6 和 D_4 、 D_5 、 R_7 、 R_8 、 C_{203} 等组成几十 Hz 的低频振荡器。而 G_5 和 R_6^* 、电容 1000pF 组成 40kHz 的载频振荡器, 低频对高频进行调制, 最后由 G_5 输出, 经晶体管 V_3 、 V_4 放大后, 驱动红外发射管 SE303A 向外辐射。由 D_4 、 D_5 和 $R_8/R_7 = \frac{47k}{470k} = 10\%$ 决定调制占空比为 10%, 以利提高脉冲发射电流、增大作用距离, 同时又不使红外发射管功耗过大。

图 6-54 (b) 为接收部分, 当 SE303A 发射的红外光被物体反射后, 由一体化红外接收组件 (红外接收管 PH302 和放大、解调 IC (CX20106) 等组成) 接收, 还原出低频波, 然后由 G_1 整形反相, D_1 、 D_2 倍压整流、电容 1μF 滤波恢复出直流分量, 再经 G_2 反相, R_3 、 C_4 延时后, 通过 G_3 反相缓冲后驱动 V_1 向电容 100μF 快速充电。电容 100μF 上的高电平使 G_4 输出低电平, V_2 导通, J_1 得电, 常开触点闭合, 以控制负载。交流负载能力由继电器触点电流、电压决定。

本开关最大探测距离 2.5m (R_{12} 为 20Ω 时), 最小探测距离 20cm (R_{12} 为几百 Ω 时), 具体应用场合 $R_{12} = 20 \sim 100\Omega$ 。

R_3 、 C_4 选取使延时为 0.5s。这样飞虫、飞鸟快速从反射开关前掠过时, 尽管其反射红外光也被一体化红外接收组件收到, 但不会引起继电器吸合, 提高了抗干扰能力。如用于控制报警器时, 电容 100μF 可取 220μF, R_5 取 2MΩ, 此时 J 吸合时间为 5 分钟左右; 用于控制走廊灯时, 电容 100μF 改为 20μF, R_5 取 2MΩ, 可使灯亮约 30s; 用于工业流水线物体计数时, C_5 取 1μF, R_5 取 100k; 用于自动门铃时, 可撤消电容 100μF。

应用时, 发射管和接收组件在同侧成一定角度, 红外线反射回来落在接收窗口内 (图 6-54c)。调整 R_6^* 值, 使发射、接收载频一致。

例 55 红外光控开关

一、应用电路

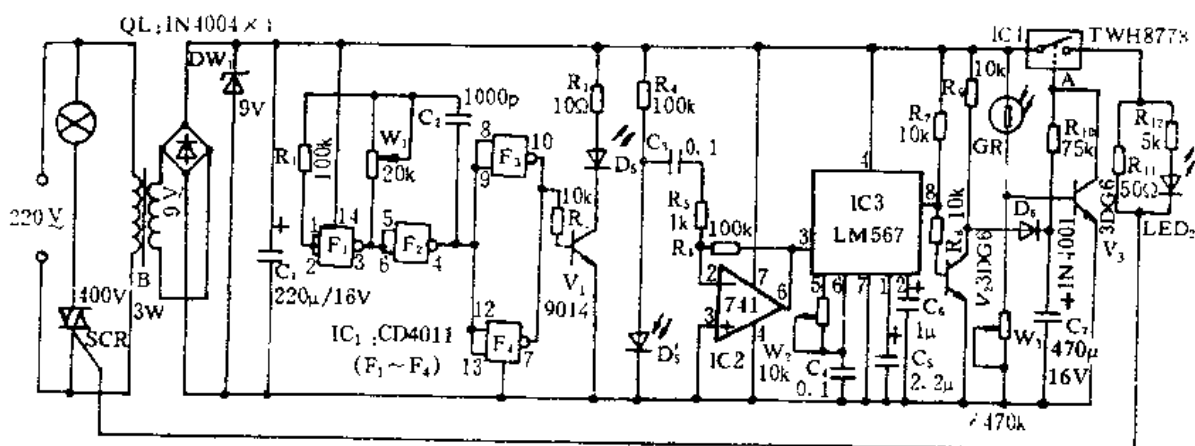


图 6-55 红外光控开关

二、电路结构说明

由 2 输入端 4 “与非”门 IC_1 (CD4011)、运算放大器 IC_2 ($\mu A741$)、译码电路 IC_3

(LM567) 和开关电路 IC₄ (TWH8778) 等构成的红外光控开关。

电路中, IC₁ 的 2 个门 F₁、F₂ 组成多谐振荡器, 产生 30~50kHz 脉冲信号, 经 F₃、F₄ 缓冲整形, V₁ 放大使红外发射管 D₅ 发出红外光。当人体行动挡一下红外发射管 D₅ 时, 被人体反射回来的红外光被红外接收管 D₇ 接收, D₇ 接收到红外信号经 μ A741 放大后, 输入音频译码器 IC₄ 进行解码于⑧脚输出低电平, V₂ 截止, 电源经 R₉、D₅ 向 C₇ 充电。当 C₇ 充电至大于 1.6V 时, IC₁ 输出高电平触发 SCR 导通。此后, 即使人体离去, D₇ 无信号接收, V₂ 导通, D₅ 截止, 由于 C₇ 上存储电荷仍可维持 SCR 导通约 10 多秒。维持 SCR 导通时间由 C₇ 容量决定, 如加大 C₇ 值, 则维持导通时间增加。

白天, 光敏电阻 GR 阻值降低, V₃ 导通, 其集电极电压小于 1.6V, 则 IC₁ 输出低电平, SCR 关断。也就是说, 白天无论有无人体接近红外发射管, 电路均被关断。夜间照度低, GR 阻值升高, V₃ 截止, IC₁ 的导通或截止不再受 V₃ 控制。

例 56 红外线遥控开关接收电路

一、应用电路

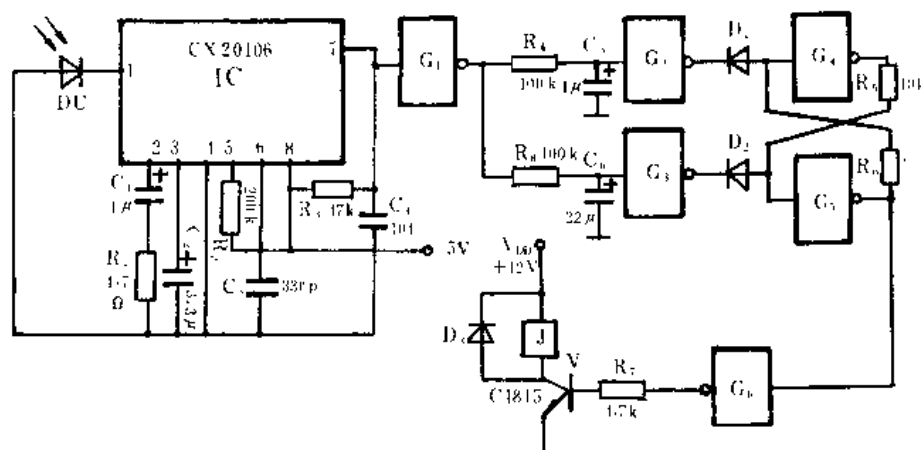


图 6-56 红外线遥控开关接收电路

二、电路结构说明

由 6 反相器 CD4069 (G₁~G₆)、红外线接收前置放大专用 IC (CX20106A) (或 KA2184A)、红外线接收管 DU、继电器 J₁ 和阻容等元器件组成了红外线遥控开关接收电路。它能对遥控的电视机电源进行控制。

电路中 CX20106A 和红外接收管 DU (PH302), 以及外围阻容元件组成红外线接收、放大、整形电路, 并把接收到红外信号变成直流脉冲。显然, 当没有接收到红外线信号时, 反相器门 G₁ 输出低电平, 而门 G₂、G₃ 输出高电平。于是, D₁、D₂ 均截止, 门 G₄、G₅ 和 R₅、R₆ 组成的双稳态触发器保持原态。当收到遥控器中发出任一红外信号时, 门 G₁ 输出一组持续时间约 1s 的脉冲串, C₅ 上端变成高电位, G₂ 输出低电平, D₁ 导通, 把双稳态触发器置成门 G₄ 输出高电平, 门 G₅ 输出低电平状态, 并经门 G₆ 反相后变成高电平, 以驱动晶体管 V₁ 导通, J₁ 得电, J₁ 吸合, 把外接用电器 (电视机) 电源接通。

当持续按下遥控器关机键 5s (秒钟) 以上时, 门 G₁ 输出 5s (秒) 以上脉冲串, 把 C₅ 上端充电成高电位, 门 G₂ 输出低电平, D₂ 导通, 双稳电路中的 G₄、G₅ 置成输出高电平 (此时

门 G 输出低电平), 经 G_6 反相后变成低电平, D_3 截止, 继电器 J_1 释放, 于是外接用电器 (电视机) 的电源被关断。

应当指出, 虽然门 G_2 此时也输出低电平, 但它所在的通道落后于门 G_3 通道, 所以, 此时只要 G_3 输出低电平, 便把双稳态触发器置成 “关机” 状态。

调节 R_2 , 可调节接收谐振频率, 一般为 $38 \sim 40\text{kHz}$ 。 R_4 、 C_6 组成积分电路, 起延时触发作用, 而 R_4 、 C_5 组成积分电路, 用于滤除干扰信号。

例 57 插座式声控开关

一、应用电路

二、电路结构说明

插座式声控开关采用功放集成电路 SL34 (LM34)、双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、话筒 MIC、插座、可控硅 SCR 等构成。

当驻极体话筒 MIC 将击掌声或敲击声接收并变成电信号, 经电容 (33μ) 耦合到 SL34 (LM34) 进行音频信号放大。经放大后的信号触发

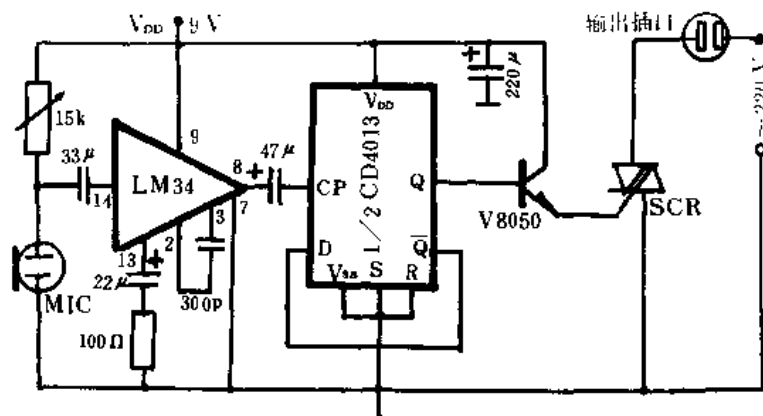


图 6-57 插座式声控开关

D 触发器所接成的双稳态触发器。当 CD4013 的 CP 得到一次触发时, 双稳触发电路翻转, 由 Q 端输出高电平。于是, 晶体管 V 导通, 双向可控硅 SCR 也导通, 输出插座带电。若再来一次声音信号, CP 又一次触发, 此时双稳触发器的 Q 端变为低电平, V 截止, SCR 关断, 输出插座不带电。

例 58 单载多地开关

一、应用电路

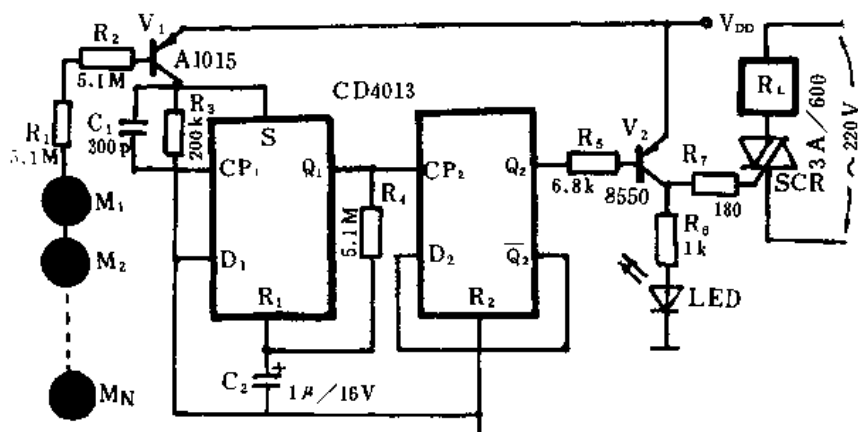


图 6-58 单载多地开关

二、电路结构说明

单载多地开关采用双 D 触发器 CD4013 (IC_1 、 IC_2)，晶体三极管、双向可控硅 SCR 和阻容元件等构成。

电路中多地开关，即多个分设不同地点的开关，由触摸金属片 M_1 、 M_2 …… M_n 制作；单载 R_L ，是单一供电线上的负载。当人手任意触摸 $M_1 \sim M_n$ 中一个金属片，均能使单载 R_L 工作状态来一次改变（失电或得电）。

当人手触摸任一触摸片 ($M_1 \sim M_n$ 中任一片) 时，晶体管 V_1 导通，相当于给 IC_1 的 S_1 端加上 1 个正脉冲，使 IC_1 触发并使 Q_1 输出高电平。此高电平一方面经 R_1 向 C_2 充电，当 C_2 充电至 R_1 端的转换电压时，使 IC_1 复零。于是 Q_1 由高电平变为低电平，完成一次翻转。 Q_1 端输出正脉冲宽度为 $0.69R_1C_2$ ，即约 3.5s (秒钟) 电路可再接受一次触摸信号。这样可有效地消除了触摸抖动，保证电路工作状态的可靠。另一方面， IC_1 的 Q_1 与 IC_2 的 CP_2 相连接。因此， Q_1 输出的高电平触发了 IC_2 的 CP_2 端，每一脉冲触发都使 IC_2 改变一次状态。于是，当 $Q_2 = "1"$ 时，晶体管 V_2 导通，SCR 也导通，单载 R_L 得电；当 $Q_2 = "0"$ 时， V_2 截止，SCR 截止，单载 R_L 失电。这样，通过触摸 M 金属片，便能实现对单载 R_L 的通或断的控制。

例 59 自动识别节电开关

一、应用电路

二、电路结构说明

由双 D 触发器 IC_1 、 IC_2 (CD4013) 等构成的自动识别节电开关。拉线开关普遍用于室内外照明灯作通、断开关，但当灯亮时，忽然市电断电易忘记关灯。或断电后就无法识别开关处何状态。本自动识别开关可解决此问题。

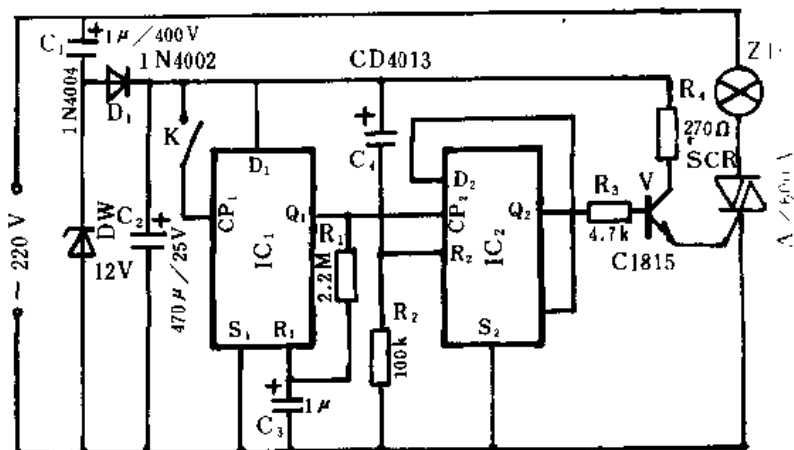


图 6 59 自动识别节电开关

电路中， IC_2 、 R_2 、 C_4 组成自动识别触发脉冲的双稳态电路。若开关 K 断开，CP 处于开路状态，市电停电后又来电时，因 IC_1 、 IC_2 均无触发脉冲， Q_2 输出为低电平，晶体三极管截止，SCR 关断。若 K 在市电断电前处于闭合状态，即电灯 ZD 处于亮态，断电后再来电时， IC_1 的 CP_1 被触发， Q_1 输出脉冲至 CP_2 ，但这时由于 C_4 在来电瞬间为短路，则来电瞬间正脉冲通过 C_4 加至 IC_2 的 R_2 端，使 IC_2 复零，即 $Q_2 = "0"$ ，三极管 V、SCR 均截止，这相当于断电后电路自锁于断开状态。以上说明。开关 K 不管处于何种状态，市电恢复供电时，电器（这里指电灯）仍被关断电源。

平时，开关 K 每断开再闭合一次， IC_2 输出即翻转一次，完成开、关电源的功能。

如果将 K 改成光电或磁簧管开关，并将干簧管装在门框上，小恒磁块装在门上，用于家庭卫生间的灯光控制。平时卫生间门关着，电灯不亮，当人进卫生间，将门关上时即开关进行断开再闭合一次，这时灯亮；人走出卫生间，即打开门，又将门关上，则这时电灯熄灭。

当然此开关也具有自动识别市电断电来电的节电功能。

例 60 定时开、关电源

一、应用电路

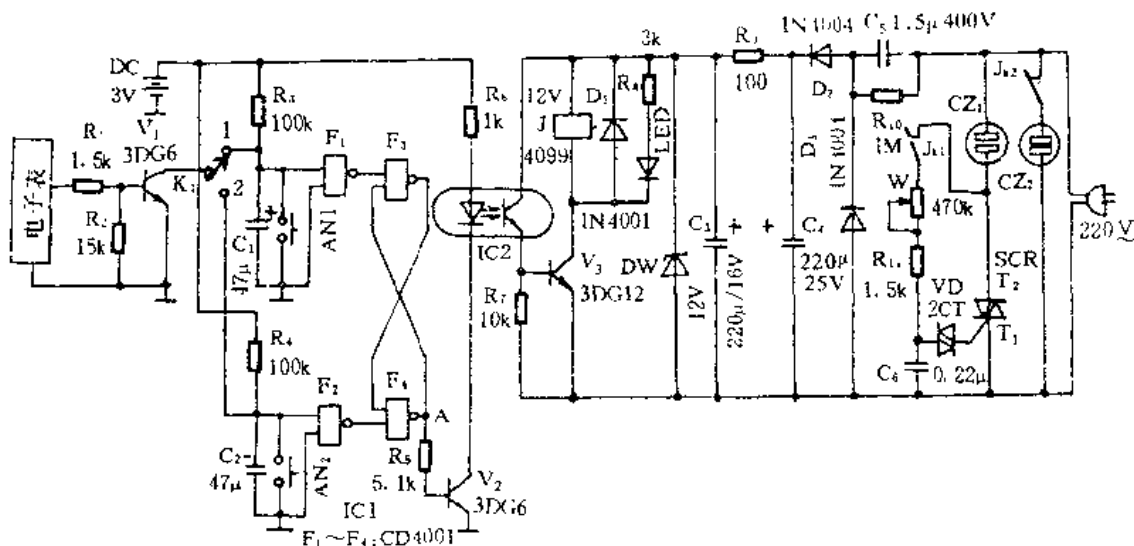


图 6-60 定时开、关电源

二、电路结构说明

本电路为由数字电子表、二输入端 4“与非”门 IC₁ (F₁~F₄CD4011) 和光电耦合器 IC₂ (TIL113) 等构成的具有电子表作数字显示, 定时开启电器, 定时关闭电路, 还可作交流电压调节器的电源电路。

电路中, 电子表用于调整定时时间, 提供定时信号。

当 K₁ 置于“1”档时, 电路处于定时供电状态。当电子表定时(闹)响、信号经 R₁ 使晶体管 V₁ 导通, C₁ 被放电, 门 F₁ 输出高电平, 门 F₃、F₄ 组成 R-S 触发器翻转, A 点为高电平, V₂ 导通。使光电耦合器导通, V₃ 的基极为高电平而导通, 继电器 J 动作, 其触点 J_{K-1}、J_{K-2} 闭合, 插座 CZ₁、CZ₂ 有电输出。

按下 AN₂, 门 F₂ 输出高电平, R-S 触发器复位, V₂、V₃ 截止, J 释放, J_{K-1}、J_{K-2} 断开, CZ₁、CZ₂ 无电。将 K₁ 置“2”档时, 为定时关闭供电。按动 AN₁、F₁ 输出高电平, A 点为高电平, V₂、V₃ 导通, J 吸合, CZ₁、CZ₂ 有电, 当电子表定时闹响的信号到来时, F₂ 输出高电平, 使 R-S 触发器复位, 三极管 V₂、V₃ 截止, J 释放; J_{K-1}、J_{K-2} 断开, CZ₁、CZ₂ 无电。

要求调压、调光、调温等, 应用 CZ₁ 调 W 即可; 若不要调压, 可用 CZ₂ 插座。

例 61 隔离交流开关

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4“与非”门 1/4CD4011 与变压器 B、双向触发二极管 2CTS 和双向可控硅 SCR 等构成的交流开关。触发电路与控制电路用变压器 B 隔离开。当 G 门输出低电平时, 晶体管 V 截止, +40V 电源通过 R₂ 向 C 充电, 当 C 上电压充至 2CTS 的转折电压时, 2CTS

进入负阻区, C 上的电流经 2CTS、 L_1 放电。当放电电压低于 2CTS 的转折电压时, 2CTS 又截止。这样周而复始, 在“与非”门输出低电平(期)间, 变压器 B 的次级 L_2 产生一系列尖脉冲, 触发 SCR 导通, 负载得电。当 G 门输出高电平时, V 饱和导通, SCR 无触发脉冲而关断, 负载失电。

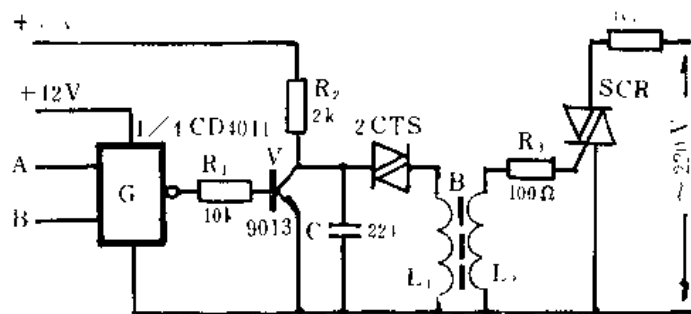


图 6-61 隔离交流开关

例 62 电源单触开关

一、应用电路

二、电路结构说明

6 反相器 $1/6$ CD4069 和一只晶体管 V (C1815) 等构成电源单触开关, 功能为一按 S 即通, 再按 S 即断。

图 6-62 中, 设 $1/6$ CD4069 的“非”门 G 输出高电平, 晶体管 V 饱和导通, V_{DD} 通过 R_1 、 R_2 分压使 G 输入端为低电平, 则 G 输出维持高电平。同时 G 高电平通过 R_3 向 C 充满电。按开关 S, G 输入端受 C 上电压触发转为输出低电平, 晶体管 V 截止, 电源通过 J_1 、 R_2 使 G 输入端变为高电平, 即使 G 输出维持低电平, C 通过 R_3 向“非”门输出端放电; 再按 S, “非”门 G 又输出高电平。

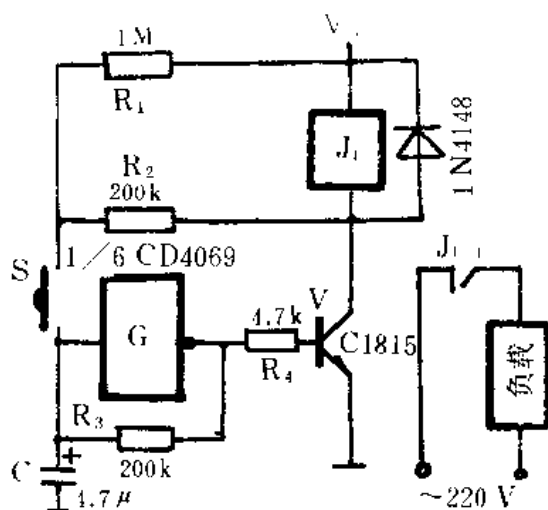


图 6-62 电源单触开关

注意, “非”门 G 输出从低转为高电平时, 按动 S 时不能超过 $0.69R_3C$, 否则“非”门的高电平输出通过 R_3 向 C 充电高于 $1/2 V_{DD}$ 时, 使 G 转为低电平输出。

例 63 双点触摸开关

一、应用电路

二、电路结构说明

这种简单可靠的触摸开关采用 2 输入端 1 “与非”门 $2/4$ CD4011 (G_1 、 G_2)、晶体三极管、继电器、触摸金属环等组成。

电路中, CD4011 的门 G_1 、 G_2 组成双稳态电路。当人手触摸“金属环开”点时, 双稳态电路翻转, 门 G_1 输出高电平, 晶体管 V_1 、 V_2 导通, 继电器 J_1 吸合, 其

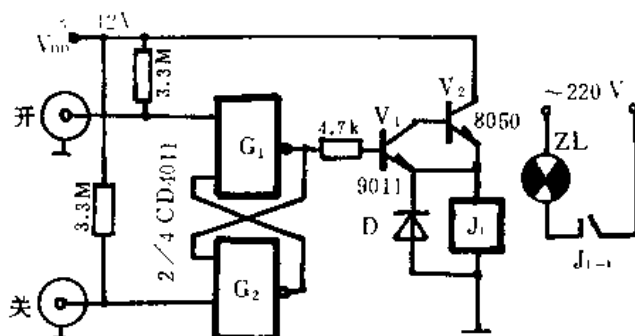


图 6-63 双点触摸开关

触点 J_{1-1} 闭合, 接通电路使灯 ZL 发亮。当人手触摸“金属环关”点时, 双稳态电路又翻转, 门 G_1 输出低电平, 三极管 V_1 、 V_2 截止, J_1 释放, ZL 灯熄灭。

例 64 有记忆能力的拉线开关

一、应用电路

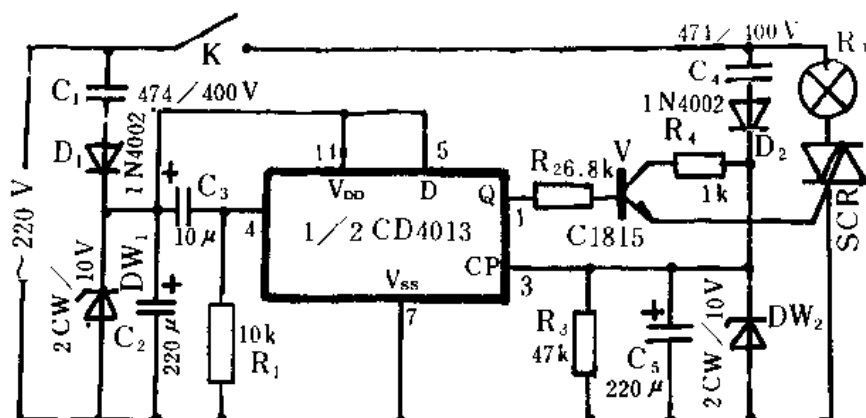


图 6-64 有记忆能力的拉线开关

二、电路结构说明

有记忆能力拉线开关, 主要由双 D 触发器 $1/2$ CD4013、晶体二、三极管、双向可控硅等元器件构成。

电源接通瞬间, $1/2$ CD4013 的④脚 (R 端) 得到正脉冲触发, 其 Q 端输出为低电平。设此时开关 K 为断开状态, 于是灯 R_L 不亮。当闭合开关 K, 由 C_4 、 D_2 组成的降压整流部分得到直流电源, 使三极管 V 有工作电源, 同时 CD4013 的 CP 端得到正脉冲, 但由于 D 端为高电平, 所以 Q 端输出高电平。于是晶体三极管 V 导通, SCR 通电, R_L 灯发亮。当打开 K 开关, R_L 灯即熄灭, 但 Q 端仍为高电平, 再接通 K, 灯又亮。

设正在亮的灯, 市电中断, 这时 K 处闭态, 市电恢复后, 因 IC 的 Q 端的初始状态是低电平, 三极管 V 不能导通, 灯也不亮, 首次开灯需拉两下开关 K。使 IC 的 Q 变成高电平, SCR 导通, 灯亮。

例 65 消除开关接点抖动的触发器

一、应用电路

二、电路结构说明

消除开关接点抖动触发器, 由 2 输入端 4 “与非”门 $2/4$ CD4011 (G_1 、 G_2) 构成的。

为了消除开关接点抖动且有触发功能, 一般都采用如图 6-65 (a) 的 RS 触发器。而图 6-65 (b) 采用 CD 4011 的门 G_1 、 G_2 组成, 不仅省去一个触发器, 而且具备上述功能。

当图 6-65 (b) 电路初始状态假设为: $Q = "0"$, $\bar{Q} = "1"$ 时, 开关 K 处于①档位, 电容 C 通过 R_1 向门 G_1 输出端放电至 0V。此后, 按压按钮开关 K (实际上置②档), 门 G_1 输入端电容 C 处于 0V, 门 G_1 、 G_2 的输出端瞬时达到一种稳定状态, 即 $Q = "1"$, $\bar{Q} = "0"$ 。于是, 每次按动按钮 K, 输出端 Q 与 $\bar{Q}$ 就改变一次状态。

应当注意, R_1 、C 的选择应满足: C 充电至 V_{DD} 或 C 放电至 0V 时大约所用 2ms 的时间。

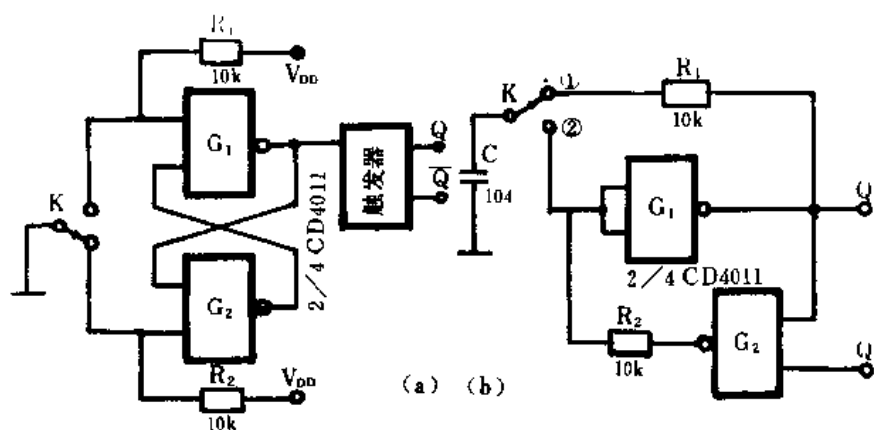


图 6-65 消除开关接点抖动触发器

例 66 多路双稳态开关

一、应用电路

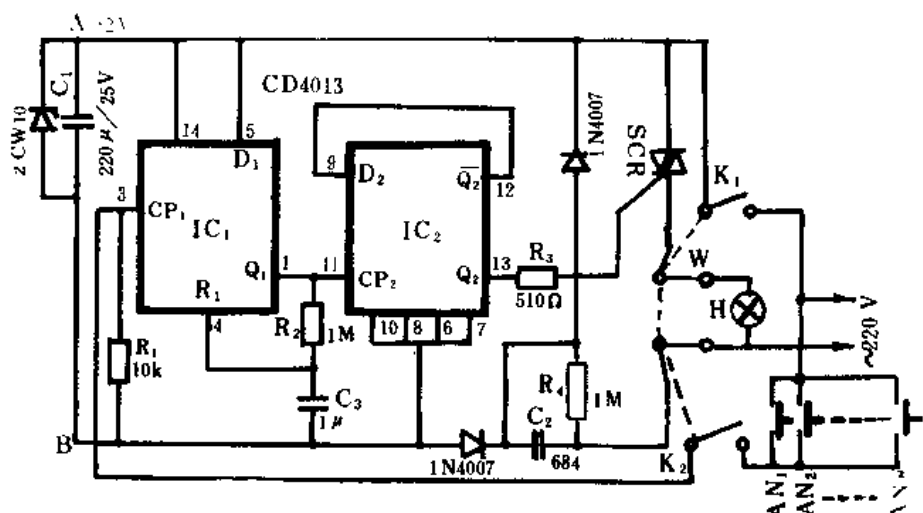


图 6-66 多路双稳态开关

二、电路结构说明

多路双稳态开关由双 D 触发器 CD4013 (IC_1 、 IC_2)，双向可控硅 SCR，阻容元件等构成。

电路中， C_1 、 C_2 、 R_4 、 D_1 、 D_2 组成了电容降压、整流、稳压滤波电路，使 A、B 两端电压为 DC12V。双 D 触发器的 CD4013 的 IC_1 和 R_2 、 C_3 组成单稳态触发器， IC_2 组成双稳态触发器。

当 K_1 、 K_2 闭合时，按钮开关 $AN_1 \sim AN_n$ 中任一按钮按下时， CP_1 得到正脉冲， IC_1 的 Q_1 端由低电平翻转为高电平。这一高电平通过电阻 R_2 向 C_3 充电。经过时间 $t = 0.72R_2C_3$ 后， C_3 上的电压被提高到“复位端 R_1 ”的翻转电平，于是 IC_1 复零， Q_1 由高电平翻转为低电平。可是， Q_1 与 IC_2 的 CP_2 端相连， D_2 端又与 $\bar{Q}_2$ 相连，因此， CP_2 来一次正脉冲， Q_2 的状态就翻转一次，形成电路的双稳态。 Q_2 输出低电平时，可控硅 SCR 导通；反之， Q_2 输出高电平时，SCR 关断。由此可见，每按一次按钮开关，电路所控制的负载便接通或断开一次。

单稳态电路作用，是避免由于按钮触点抖动产生的多个不应有的干扰脉冲进入双稳电路。

也就是，它起着稳定触发状态的作用。

例 67 多用开关插座

一、应用电路

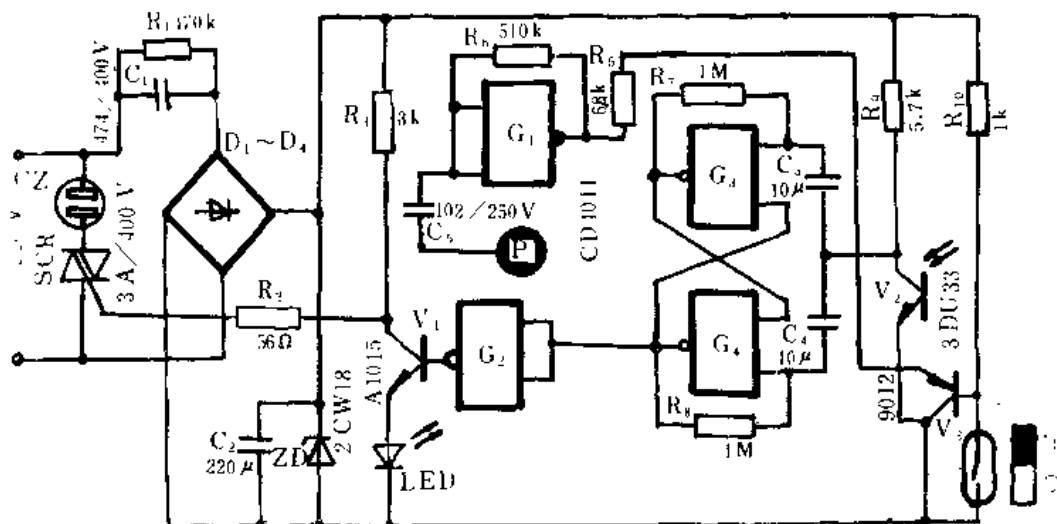


图 3-67 多用开关插座

二、电路结构说明

多用开关插座,由2输入端4“与非”门CD4011 ($G_1 \sim G_4$),以及光敏三极管 V_2 (3DU33)、干簧管、可控硅 SCR 等构成。其中,CD4011的的门 G_1 与 R_6 、 R_7 组成线性放大电路,门 G_3 、 G_4 构成 RS 触发器。

当交流市电经电容降低、全波整流、稳压滤波后，得到10V左右直流电供电路使用。外接的家用电器或照明电灯的插头插入电路中的插座CZ后，可用触摸、红外光控、磁控等办法进行开关控制。

比如,当入手触摸金属片 P,感应信号经 C₁ 送至线性放大电路 (G₁) 进行放大,而后输出给 R-S 触发器。而触发器翻转,经隔离门 G₂ 后,使晶体管 V₁ 导通,进而使双向可控硅 SCR 导通,最后实现对开关 CZ 的控制。一旦开关 CZ 接通,指示灯 LED 发光。

同样，当红外光被三极管 V_2 接收放大后，也能使 R-S 触发器触发，从而实现红外光控。倘若用磁铁靠近下簧管，使它吸合，也一样能使触发器触发翻转。以上 3 种信号最后都受可控硅控制，进而控制开关插座 CZ。

电路中 C_3 、 C_4 、 R_7 、 R_8 引导电路与 R-S 触发器组成计数型的 T 触发器。LED 指示开关插座通断。

例 68 程控电压衰减器

一、应用电路

二、电路结构说明

程控电压衰减器电路采用 4 双向模拟开关 CD 4016 和 4 运算放大器 LM324、电阻等构成。这种衰减器在数字信号控制下可获得不同衰减量。它在自动化量程控制、自动增益纠正等场合都有运用。

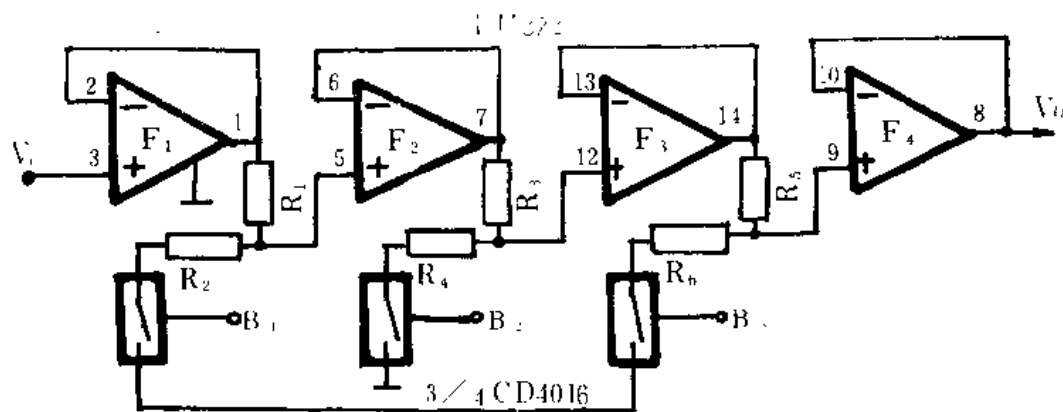


图 6-68 程控电压衰减器

当控制端 B_1 、 B_2 、 B_3 分别输入高电平时，CD4016 的三个门分别导通。它们输出的信号经过各自的电阻分压器，使信号电压得到衰减。衰减量分别为 K_1 、 K_2 、 K_3 ：

$$K_1 = 20 \log \frac{R_2}{R_1 + R_2} \text{ (dB)}$$

$$K_2 = 20 \log \frac{R_4}{R_3 + R_4} \text{ (dB)}$$

$$K_3 = 20 \log \frac{R_6}{R_5 + R_6} \text{ (dB)}$$

倘若 B_1 、 B_2 、 B_3 在 3 位二进制数字的控制下，整个电路可得 8 种不同的衰减量输出。下表列出衰减量与控制信号之间的关系：

顺 序	B_3	B_2	B_1	衰减量 (dB)
1	0	0	0	6
2	0	0	1	K_3
3	0	1	0	K_2
4	0	1	1	$K_2 + K_3$
5	1	0	0	K_1
6	1	0	1	$K_1 + K_3$
7	1	1	0	$K_1 + K_2$
8	1	1	1	$K_1 + K_2 + K_3$

例 69 驱动继电器电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这是用 2 输入端双缓冲器/驱动器 CD40107 来驱动继电器的电路。

一般来说，继电器绕组电流需达几十 mA。而 CD40107

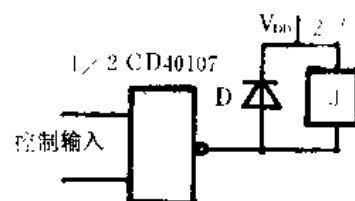


图 6-69 驱动继电器电路

作为输出驱动,当电源电压为 10V 时,其驱动电流的典型值大于 100mA,完全有足够余量驱动继电器。同时,由于 CMOS 有较宽的电源电压范围和较高的噪声容限,所以本驱动继电器电路是较理想的一种电路。

例 70 继电器驱动电路

一、应用电路

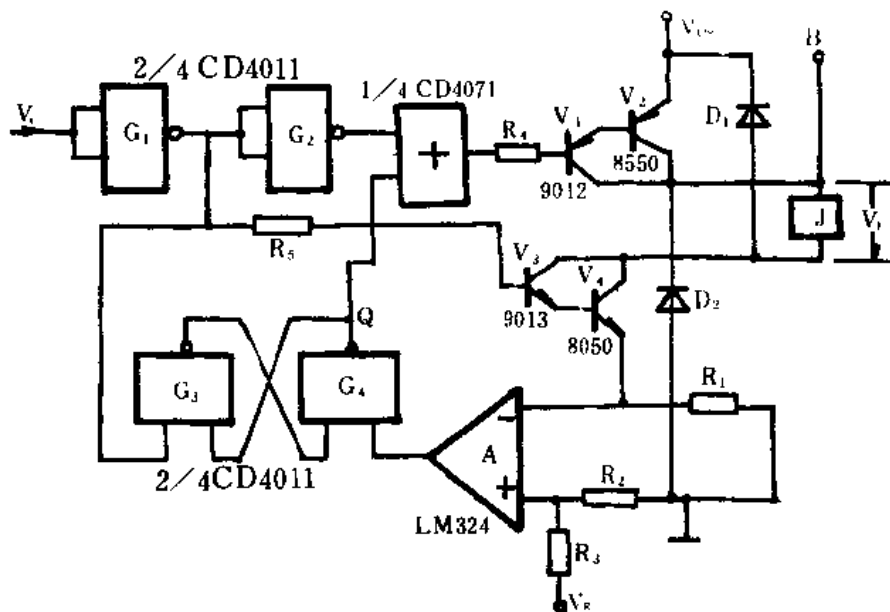


图 6-70 继电器驱动电路

二、电路结构说明

继电器驱动电路,是由“与非”门 CD4011 ($G_1 \sim G_4$)、2 输入端“或”门 $\frac{1}{4}$ CD4071、运算放大器 $A \frac{1}{4}$ LM324,以及晶体三极管、二极管等构成。其中,CD4011 的 2 个门组成 RS 触发器,另 2 个门为反相器;CD4071 的一个门作控制门。三极管 V_1 、 V_2 与 V_3 、 V_4 分别组成二组达林顿电路,以驱动继电器 J。

当控制信号 V_i 下降沿触发时,晶体三极管 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 全导通,电源 V_{DD} 的电流经 $V_2 \rightarrow J \rightarrow V_4 \rightarrow R_1 \rightarrow \text{GND}$ 。于是继电器 J 在幅度较大的启动信号下吸合。该电流使 R_1 的端电压升高,且超过比较器 A 的同相输入端上的基准电压时, A 翻转为低电平。这时 R-S 触发器 $Q = "1"$,于是通过“或”门 CD4071 的控制,关闭了 V_1 、 V_2 ,切断了电源 V_{DD} 的供电。这时 V_3 、 V_4 仅受 V_i 控制,且只要 V_i 是低电平, V_3 、 V_4 都保持导通。这时负载改为由电源 B_+ 供电,电流较小,它维持了 J 的吸合状态,达到节能之目的。

例 71 一线控多路通断器

一、应用电路

二、电路结构说明

一线控多路通断器,是一种用一根信号线与一根“地线”控制达 9 个之多的用电器的通

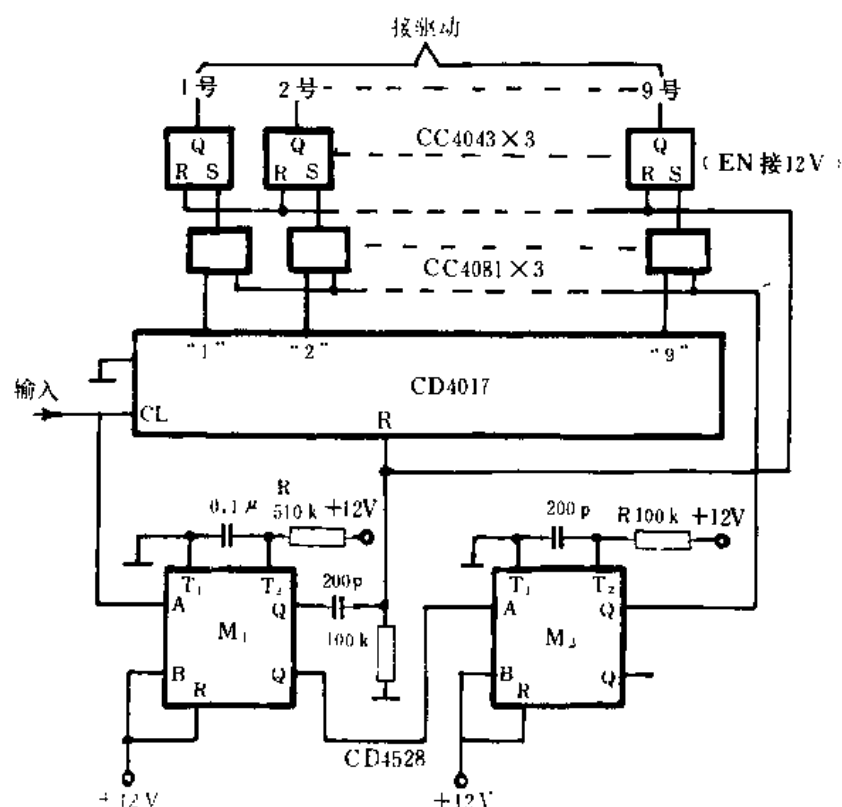


图 6-71 一线控多路断路器

断电路。它用二进制计数器/脉冲分配器 CD4017、单稳态触发器 M_1 、 M_2 (CD4528)、2 输入端“与”门电路 CD4081、RS 触发器 CD4043 等元器件构成。

当频率为 100Hz 的脉冲信号从输入端进入时,在第一个脉冲触发单稳态触发器 M_1 ,使其输出端 Q 的上升沿将 CD4017 的复位端 R 和所有 RS 触发器均触发复位。于是,1~9 号用电设备全部关闭。

当脉冲信号继续进入时,计数器开始计数,并计数到第 10 个脉冲上升沿时,计数器的⑨脚输出高电平。由于 M_1 单稳时间设定比时钟周期长,因此在计数过程中, M_1 的 Q 端输出一直保持高电平, M_2 处于不受触发状态,各“与”门也均关闭,各 R-S 触发器的输出也一直是低电平。仅仅在输入第 10 个脉冲结束后,经几十毫秒的延迟时间, M_1 的单稳状态结束, $\bar{Q}$ 端变为高电平,因此 M_2 受到触发。 M_2 一旦受触发,其 Q 端输出只能通过 CD4017 计数器的⑨脚所对应的“与”门,使 9 号 RS 触发器翻转为高电平,于是第 9 号用电设备通电工作。同理,要求 1~9 号中的第 N 号用电设备工作,则应在信号输入端加 (N+1) 个脉冲即可。在第 N 号用电器工作期间,其它用电设备均断电而停止工作。

若要求电路停止工作,只需在输入端加入一个脉冲复位。当然,若用多个计数器 CD4017 级联,电路还可扩展控制更多的用电设备。这样,可以用一根输入信号线实现对多路用电设备工作状态的控制。

例 72 CD 唱机电源启动电路

一、应用电路

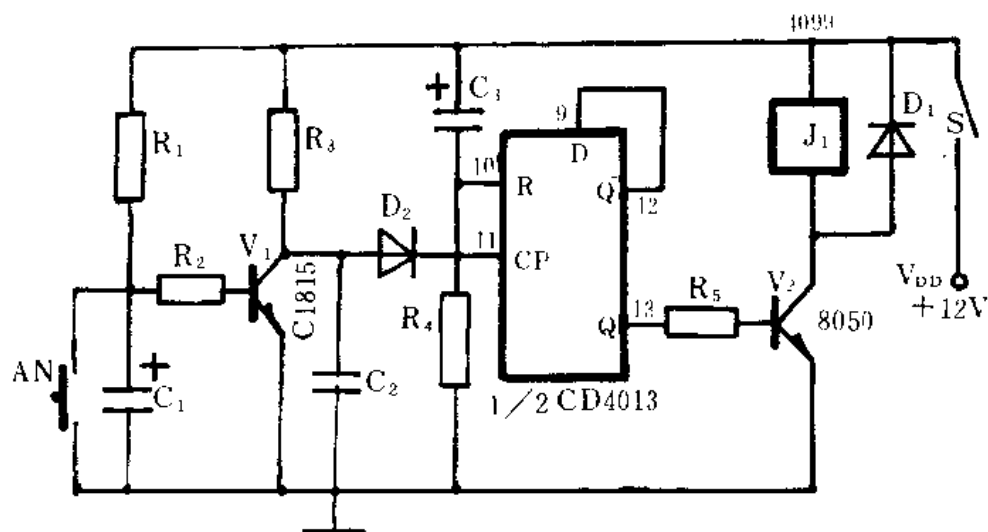


图 6-72 CD 唱机电源启动电路

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 CD4013 等构成的 CD 唱机电源启动电路。

当开关 S 闭合通电时刻， C_1 、 R_1 组成微分复位电路，产生尖脉冲触发 CD4013 的复位 R 端，使输出端 $Q = "0"$ ， J_1 不动作，唱机不得电。CD4013 D 端与 $\bar{Q}$ 端连接，组成双稳态触发器。

当按一下 AN，则 V_1 截止，其集电极电压突然升高，给 CD4013 的 CP 端来一个正脉冲。正脉冲使 CD4013 翻转 $Q = "1"$ ， V_1 导通， J_1 得电， J_1 双刀双掷触点吸合，使唱机电源得电。再按 AN，CP 又得正脉冲，CD4013 又翻转一次，则三极管 V_2 截止， J_1 失电，唱机失电而停止工作。

例 73 液面遥测收发电路

一、应用电路

二、电路结构说明

图 6-73 (a) 为液位遥测发射机电路，由十进制计数器/分配器 CD4017 和 6 反相器 $F_1 \sim F_6$ (CD4069) 等构成。图 6-73 (b) 为液位遥测接收机，由十进制计数器/分配器 CD4017 等构成。

图 6-73 (a) 中，假定被测液位在 0.6~0.7m 之间，当 CD4017 的 $Q_6 = "1"$ 时，通过电阻 (50~100k Ω) 与 2M Ω 电阻分压使“非”门 F_1 输出为“0”，这时“非”门 F_1 、 F_6 组成的振荡器起振，经 F_1 、 F_6 并联反相、缓冲、整形后一路送 CD4017 的使触能端 EN (或 INH) 计数；另一路经 2 π 输出端子至接收部分。CD4017 在 EN 接收到计数脉冲下降沿后， Q_1 、 Q_2 ……依次输出高电平“1”。当移位至 Q_6 (即 $Q_6 = "1"$) 时，因液位在 0.6~0.7m 之间，所以 F_1

输入变为“0”，输出变为“1”，使“非”门 F_3 、 F_4 组成的振荡器停振，不再向 EN 提供计数脉冲（此时已向外发出 6 个脉冲）。当 F_1 输入为“0”， F_2 输入也为“0”，反相后为“1”，经 200k 电阻向电容 104 充电约 20ms，使 CD4017 的复位 R 端变“1”而复零，这时 $Q_0 = “1”$ 。 F_2 的输入又跳变为“1”，输出为“0”，另外 F_1 输出变为“0”， F_3 、 F_4 再次起振，电路进入第二次计数状态，同时通过并联 F_5 、 F_6 向接收端发送第二组串行脉冲。

接收部分：发射机发出的遥测数据信号经输入端送到 CD4017 的 EN 端，与发射机进行同步计数，同时这一数据信号经 1N4148 耦合到 3M Ω 、100k Ω 电阻和 3300pF 电容组成的微分电路微分，使每一组脉冲的第一个上跳变沿，即对 CD4017 的复位 R 端进行清零，使每次计数都与发射同步进行，并通过 LED₁~LED₁₀ 正确显示液位。本例状态应是 LED₆ 处于发光状态。

接收和发射部分“1”、“2”、“3”端子，远距离一一对应连接。图 6-73 中可知，发射部分电源是由接收部分（户机）、提供。

例 74 无线遥控开关

一、应用电路

二、电路结构说明

无线遥控开关由发射电路和接收电路构成：发射器部分由晶体管 V'_1 、 V'_2 (C1815 $\times$ 2) 等构成，见图 6-74 左图。

无线接收电路由双 D 触发器 IC₁、IC₂ (CH1007 或 CQ4013) 和晶体管 V_1 、 V_3 、 V_4 (C1815 $\times$ 3)， V_2 (A1015) 等构成，见图 6-74 右图。

发射部分 V'_1 、 V'_2 组成自激多谐振荡器，产生 28MHz 高频振荡脉冲信号，通过 L_1 耦合至 L_2 ，高频电流由天线发射至空间。

接收电路图 6-74 右图从天线接收到 28mHz 的高频信号，经调谐回路选频后耦合到 L_2 送至晶体管 $V_1 \sim V_3$ 放大，并驱动继电器 J_1 动作。每按一下发射器开关 AN， J_1 就吸合，使 J_1 触点闭合一次，产生一个触发脉冲。这一触发脉冲使 IC₁、IC₂ (CH1007) 状态翻转，并使它从 Q_2 端输出高电平（或低电平）。 Q_2 输出高电平时， V_4 导通，而 SCR 截止； Q_2 输出低电平时， V_4 截止，SCR 开通。每按动 AN 一次，SCR 通、断状态改变一次，完成无线遥控开关功能。LED 指示开关状态。 Q_2 输出高电平时，SCR 截止，而 $\bar{Q}_2$ 低电平，则 LED 亮，反之，SCR 导通，LED 暗。

220V 市电经 75k 电阻降压，DW 管稳压，形成 8V 左右电压，供给前级部分使用。

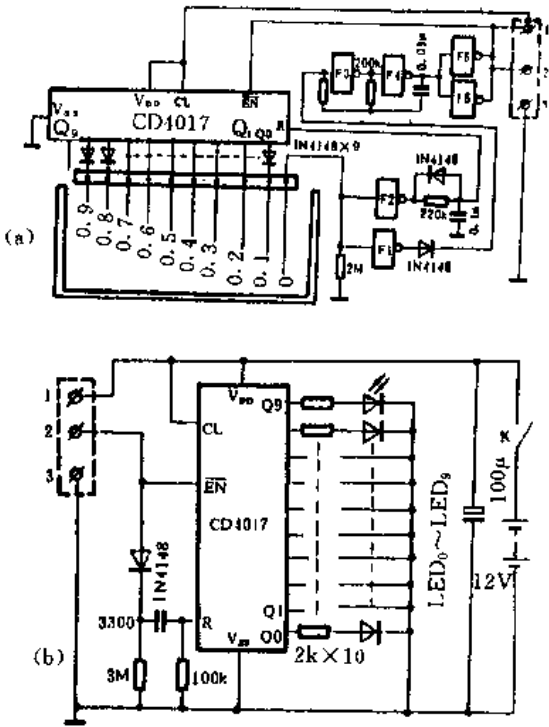
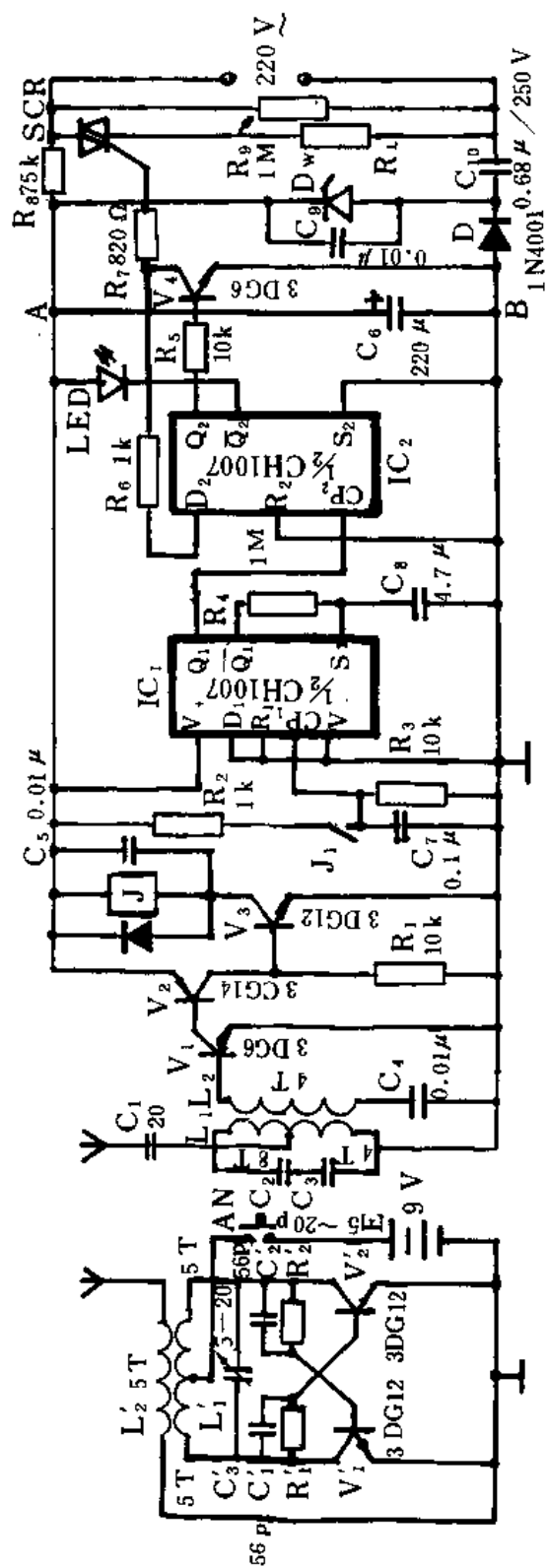


图 5-73 液面遥测收发电路



三、

第七章 检测、计数与译码

例 1 脉冲频率检测电路

一、应用电路

二、电路结构说明

脉冲频率检测电路采用双单稳态触发器 $1/2\text{CD}4528$ (IC_1)、双 D 触发器 $1/2\text{CD}4013$ (IC_2) 和 2 输入端 4 “与非”门 $1/4\text{CD}4011$ (G_1 、 G_2) 等构成。它所检测的脉冲频率在 $1\text{Hz} \sim 1\text{MHz}$ 之间。电路中, IC_1 的 $-\text{TR}$ 端接 GND, 复位端 R 接 V_{DD} , 使触发器形成以下降沿触发/再触发的单稳触发器。

输入正脉冲信号经门 G_1 反相后为负脉冲信号, 进入 IC_1 触发器触发 $-\text{TR}$ 端, 于是 IC_1 的 $\bar{\text{Q}}$ 端输出负脉冲。输出的脉冲宽度取决于 R_x 、 C_x , 而与输入脉冲宽度无关。输入脉冲频率越高 $\bar{\text{Q}}$ 端输出的脉冲占空比越小。

从电路可以看出: $\text{CD}4528$ 的 $\bar{\text{Q}}$ 端输出, 一路进 IC_2 的 CP 端, 另一路经 D (1N4148) 为 C_2 充电。显然, 脉冲频率高于设定值时, C_2 的电压不足以打开门 G_2 , 这时, 门 G_2 输出的高电平使 IC_2 的复位端 R 复位。

IC_2 的输出 $\bar{\text{Q}}$ 端为高电平, 表明脉冲频率高于设定值, Q 端输出高电平, 表明脉冲频率低于设定值。脉冲频率设定值取决于 R_x 、 C_x 和 C_2 。它们有以下关系: $C_2 = \frac{R_x C_x}{1.5 \times 10^6}$ 。脉冲间隔 (设定值) 为 $\frac{1}{R_x C_x}$ 。

例 2 PLL 锁定与失锁判断电路

一、应用电路

二、电路结构说明

采用锁相环电路 $\text{CD}4046$ 、2 输入端 4 “或非”门 $1/4\text{CD}4001$ 和阻容元件等构成了这个锁相环 (PLL) 锁定与否判断电路。电路一旦锁定, 输出端 F 为高电平; 否则, 为

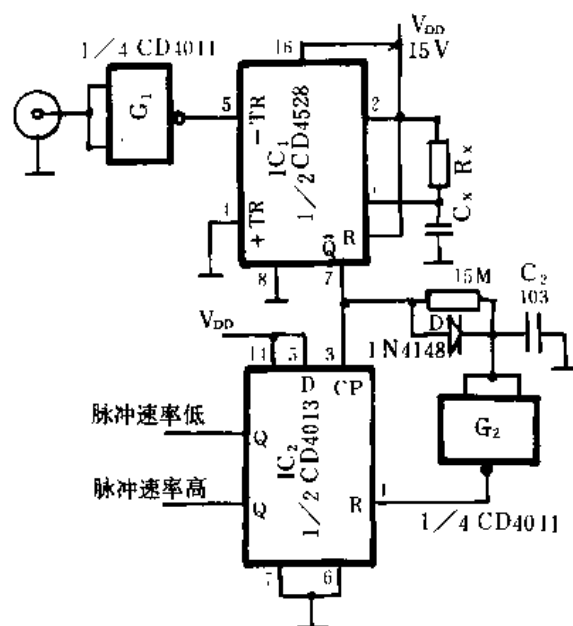


图 7-1 脉冲频率检测电路

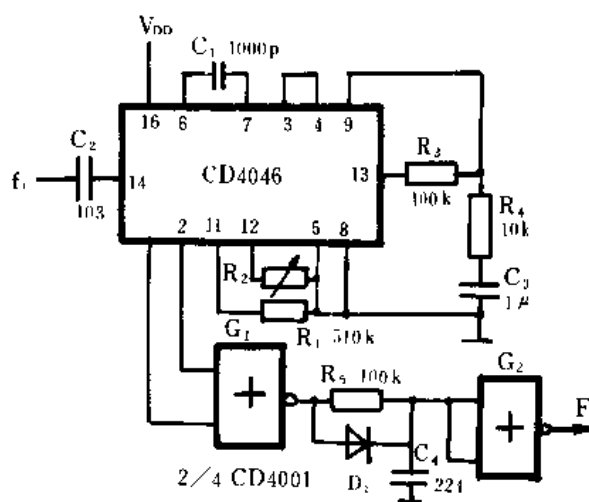


图 7-2 PLL 锁定与失锁判断电路

低电平表示失锁。

当 CD4046 锁定于输入频率 f_i 时, 锁相环的相位脉冲输出端 (①脚) 除有限负尖脉冲外, 输出为高电平, 于是 F 端也为高电平, PLL 为锁定状态。当 CD4046 的 ①脚与 ②脚同时为低电平, 经“或非”门后, F 端输出为低电平, 表明电路失锁。即使 CD4046 的 ①脚与 ②脚短时间出现有高电平, 只要 R_3 、 C_4 的值取得足够大, 电路仍然处于失锁状态。

PLL 锁定与失锁判断电路可作 FS'K 解调电路, 用于分离两个频率信号, 并将其中之一转换为低电平, 另一转换为高电平。

例 3 感应式声光验电器

一、应用电路

二、电路结构说明

感应式声光验电器电路, 由 2 输入端 4 “或非”门 CD4001 和阻容等元件构成的。检测时, 它无需将探头接触电路, 而只要靠近测点, 就能判断出被测点电位高低。

探头感应到被测点正电压时, 使 G_1 门输出低电平, G_4 输出高电平, LED 发亮; 同时 G_2 与 G_3 门组成的多谐振荡器启振, 经三极管 V 放大, 驱动扬声器发声。声、光表示探测点为高电平。

若探头处于静态, 即无感应到正电压 (高电平) 时, 由于二极管 D 的作用, 输入电平低于阈值, 于是 G_1 输出为高电平, G_4 输出为低电平, LED 不亮, 且 G_2 与 G_3 组成的振荡器被封锁, 扬声器也不发声。

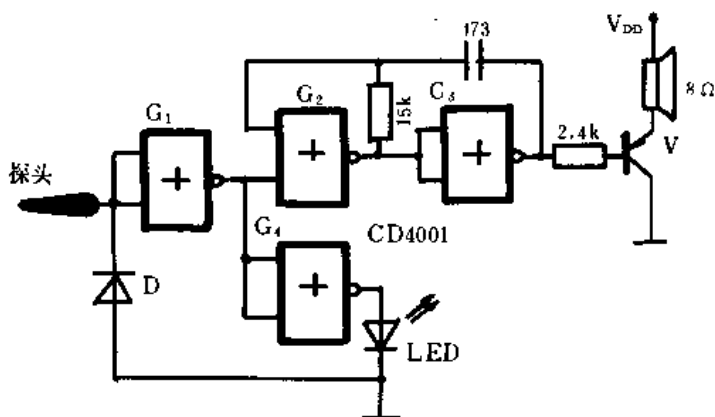
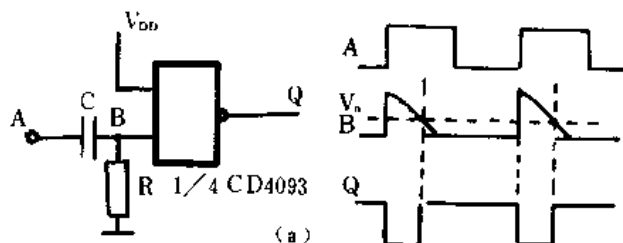


图 7 3 感应式声光验电器



(a)

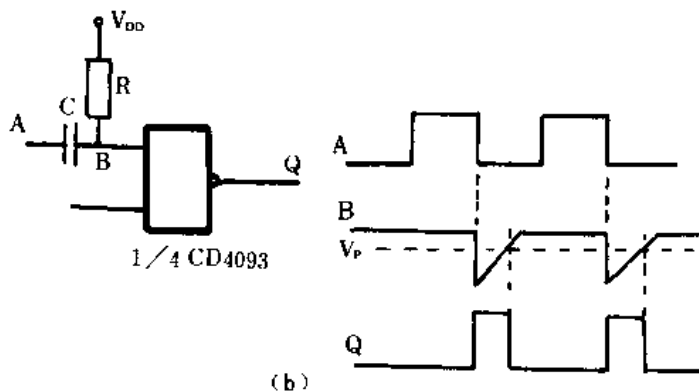
例 4 边沿检测电路

一、应用电路

二、电路结构说明

边沿检测电路, 是由 $1/4$ CD4093 “与非”门施密特触发器组成的。

当输入的脉冲信号通过电容 C 耦合到触发器的输入端时, 在每一输入脉冲的正边沿, 该电路输出一个窄的负脉冲。负脉冲的



(b)

图 7 4 边沿检测电路

宽度取决于 R 、 C 取值。倘若需要在输入脉冲的负边沿检测脉冲的话，图 7-4 (a) 电路可改接成图 7-4 (b)。

例 5 测光电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 等构成的测光电路。

电路中， R_0 与光敏电阻 GR 组成光电转换器。门 G_1 、 G_2 、 R 和 C 组成音频振荡器，其检出的音频信号，经 $G_3 \sim G_5$ 组成驱动电路，驱动蜂鸣片发出音频声音。当环境照明度较强时， GR 呈低阻态，使门 G_1 的输入端呈低电平，振荡器停振，HTD 无声；当环境照明度较弱时， GR 呈高阻态，使门 G_1 输出端呈高电平，振荡器起振，HTD 发出“嘟……”的响声。若将本测光电路作学生的文具盒。图 7-5 中， S 为微动常闭开关，当文具盒关上盖时， S 断开，电路处于静态，基本不耗电。当文具盒打开盖时，处于测光状态。

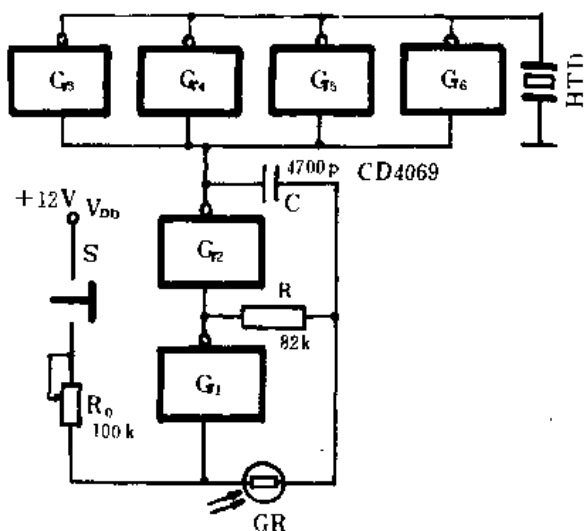


图 7-5 测光电路

图中， $V_{DD}=12V$ ，为打火机微型 12V 电池。

当 HTD 发出声响时，说明照明度不足，提醒学生及时开灯或停止阅读书写，以免损坏眼睛。

例 6 开机清零电路

一、应用电路

二、电路结构说明

开机清零电路由施密特“与非”门 $1/4$ CD4093B (或施密特反相器 $1/6$ CD40106) 及阻容元件构成的。

在数字逻辑系统中，常常需要开机时有一个清零脉冲或复位脉冲。开机清零电路可以提供这种脉冲。而且还由于它采用施密特电路，使它更具有高阻抗，可得到较长时间的清零脉冲。这种开机清零电路，不像其它门电路那样由于 P 沟和 N 沟同时打开而引起额外的功耗。

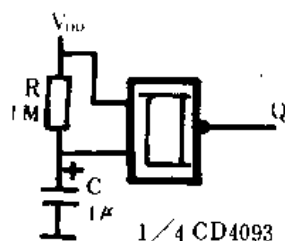


图 7-6 开机清零电路

例 7 数字最大值检出电路

一、应用电路

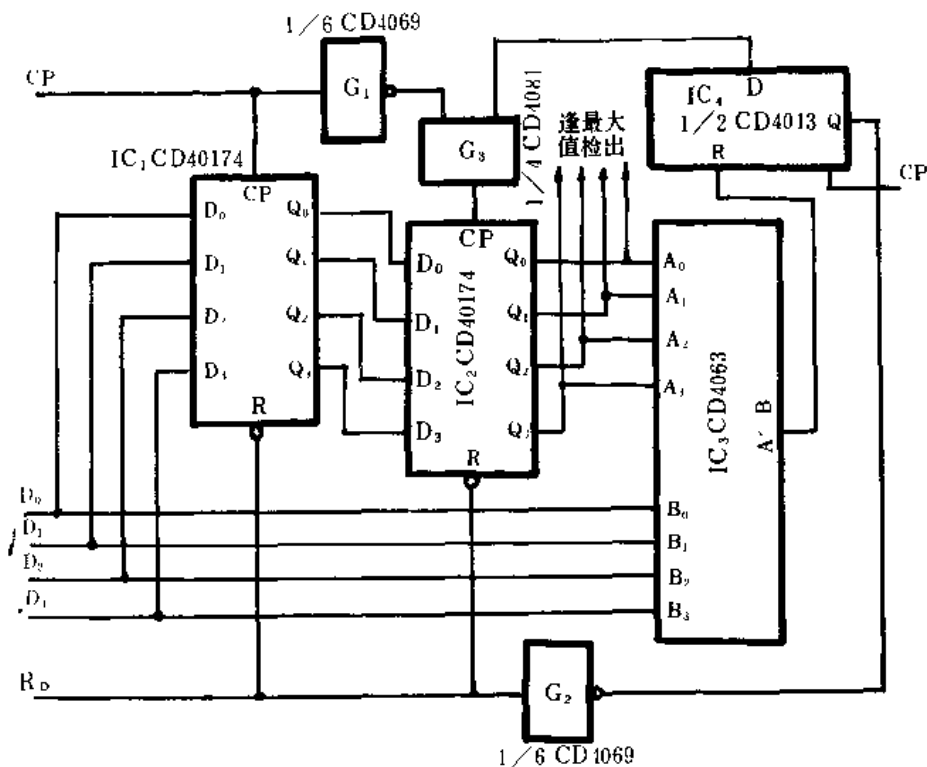


图 7-7 数字最大值检出电路

二、电路结构说明

数字最大值检出电路，是由二块 6D 触发器 $2 \times \text{CD}40174$ (IC_1 、 IC_2)、4 位数字比较器 $\text{CD}4063$ (IC_3)、双 D 触发器 $\frac{1}{2}\text{CD}4013$ (IC_4)、6 反相器 $\frac{3}{6}\text{CD}4069$ (G_1 、 G_2) 和 2 输入端 4 “与”门 $\frac{1}{4}\text{CD}4081$ (G_3) 构成的。它可从二进制数据中检出其最大值，并锁存起来。

当在复位端 R_0 输入复位信号后，寄存器 IC_1 、 IC_2 和 D 触发器 IC_4 复位。待测数据从 $\text{D}_0 \sim \text{D}_3$ 输入，在时钟脉冲 CP 作用下，输入的数据便存入寄存器 IC_1 。与此同时，输入数据与寄存器 IC_2 内的数据进行比较，其结果由比较器“输出端 $\text{A} < \text{B}$ ”送到 D 触发器 IC_4 。 IC_4 的输出与外时钟通过 G_3 共同控制寄存器 IC_2 。倘若 B 组数据大于 A 组数据， IC_3 的 $\text{A} < \text{B}$ 端便输出低电平，使时钟 CP 不能加至寄存器 IC_2 。只有当新来的数据大于 A 组数据，才能使 CP 加至寄存器 IC_2 上。也就是说， IC_2 才能接收新的更大的数据，实现在众数据中检出其最大值。

电路中的 D 触发器 IC_4 ，是为了防止比较器输出过程中毛刺现象造成的误动作。寄存器 IC_1 ，是为了防止时钟和输入数据均发生变化时将错误数据送入寄存器 IC_2 而设置的。

例 8 长、短脉冲识别电路

一、应用电路

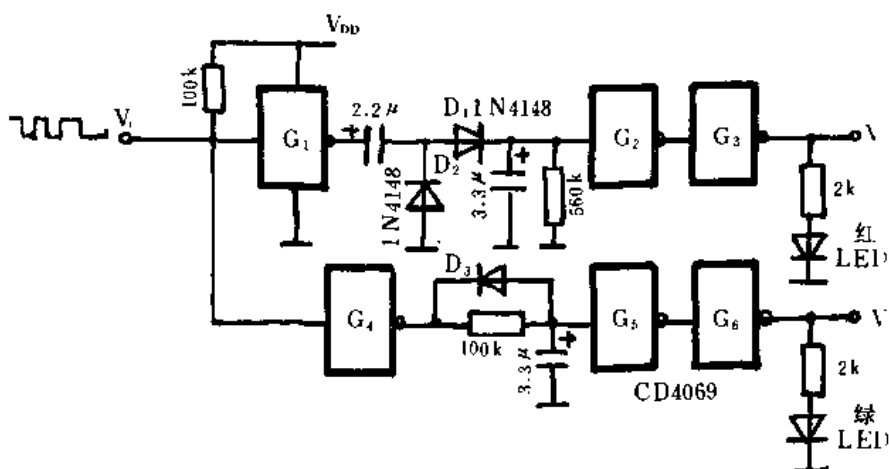


图 7-8 长、短脉冲识别电路

二、电路结构说明

6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 等构成的长、短脉冲识别电路。静态时门 G_1 、 G_4 输入端通过上拉 $100k$ 电阻接 V_{DD} ，所以其输出均为低电平， G_3 、 G_6 的输出 V_{o1} 、 V_{o2} 均为低电平。当输入 V_i 端一个负的长脉冲时， G_4 输出变高电平，经 $100k$ 电阻给 3.3μ 电容充电，当充至电容上电压为 G_5 的阈值电压（约 $\frac{1}{2}V_{DD}$ ）时， G_5 输出变低电平，而 V_{o2} 输出变高电平，绿色发光二极管 LED_2 亮，代表识别出输入的是长脉冲；而 V_i 输入的负长脉冲，同样使 G_1 输出变为高电平，并给 2.2μ 、 3.3μ 两电容充电，但 G_1 输出的一次正跳变不足以使 3.3μ 电容充电达到 G_2 的阈值电压（ $< \frac{1}{2}V_{DD}$ ），故 G_3 仍然输出低电平。当 V_i 输入端输入连续的负短脉冲， G_4 输出也不断变化，如输出高电平时，给 3.3μ 电容充电；而 G_4 输出变低时，电容又通过 D_3 放电，故其上电压总是达不到阈值电压，因此， G_6 输出一直保持低电平。而 G_1 输出亦连续高低变化，经 2.7μ 电容不断给 3.3μ 电容充电，使其上电压迅速达到转换电压， G_2 输出变低电平， V_{o1} 输出变高电平，红色发光二极管 LED_1 亮。指示出输入的是短脉冲。

显然输入端只需用一只按钮开关的莫尔断电码那样，就可以得到两路输出。还可以利用这个电路，形成密码锁的输入电路，密码输入用一只按钮完成，故可以防止盗贼利用磨损痕迹来试错攻击。此电路还可以用于遥控。

例 9 过零检测器

一、应用电路

二、电路结构说明

过零检测器电路由 2 输入端 4 “与非”门 CD4011（门 a、b、c、d）、光电隔离器等构成。它在输入信号每一次过零时，输出约 $150\mu s$ 的脉冲信号。

当 $220V$ 市电从输入端输入，经 R_1 、 R_2 降压， $D_1 \sim D_4$ 全波整流后输出约 $1.3mA$ 的直流电。整流输出又经 R_3 、 R_4 分压后，加到 CD4011 的门 a 的输入端。在输入信号不过零时，门

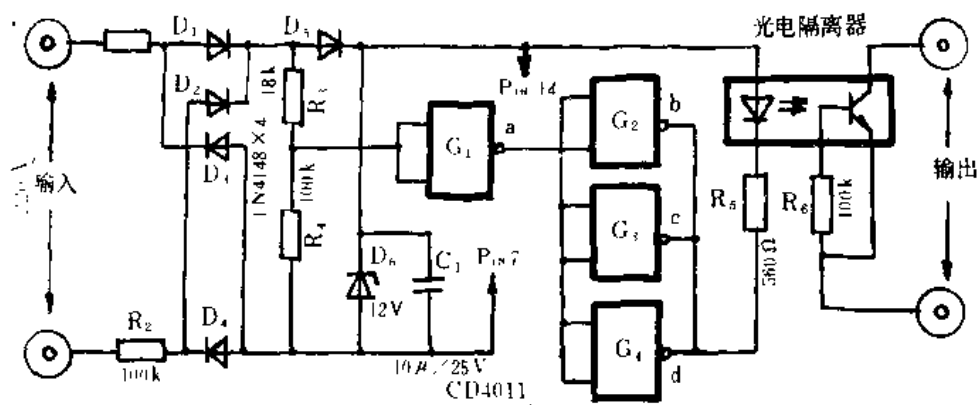


图 7-9 过零检测器

a 输入端为高电平，门 b、c、d 并联的输出端也为高电平。只有在输入过零附近时，门 a 输入为低电平，3 门并联输出也为低电平。这时，光电隔离器中的发射管 LED 导通，接收管也导通。于是电路输出端输出约 $150\mu\text{s}$ 的脉冲信号。

电路中， R_6 用来消除接收管基极耦合的干扰，电容 C_1 为导通保持约 100ms 时间。

例 10 系统工作电压检测电路

一、应用电路

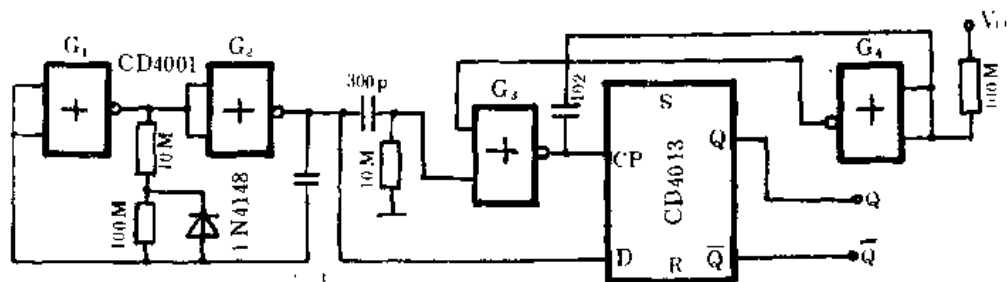


图 7-10 系统工作电压检测电路

二、电路结构说明

2 输入端 4 “或非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4001) 和双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 等构成的系统工作电压 V_{DD} 检测电路。

图 7-10 中，“或非”门 G_1 、 G_2 构成多谐振荡器，而 G_4 、 G_3 构成单稳电路。前者输出接至 $\frac{1}{2}$ CD4013 的 D 端，而后者 G_3 的输出接 $\frac{1}{2}$ CD4013 的 CP 端，当系统工作电压 V_{DD} 发生变化时，对多谐振荡器影响较大，而对单稳电路影响较小。可是，当系统工作电压 V_{DD} 下降到一定电平时，D 触发器翻转。此时，将其输出端 Q 或 $\bar{Q}$ 接至报警电路，便发出报警声。

例 11 数字逻辑电路测试器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 等构成的数字逻辑电路测试线路。

图 7-11 中, C、 R_1 组成微分电路, 在电路通电瞬间产生尖脉冲触发复位 R 端, 使 $\frac{1}{2}$ CD4013 复零。 V_{DD} 采用电池或利用被测试电路电源, 应在 3~18V 之间。电阻 100k Ω 作为预防被测点电压偏高 (比 V_{DD} 高) 时, 输入端保护电路。S 端是 D 触发器的置位端, 用作被测线路输入端, 当 S = “1” 时, 触发器置位 Q = “1”, 当输入是逻辑 “0” 电平时, 发光二极管 LED 不亮; 当输入是逻辑 “1” 电平时, LED 发光。此测试器可进行在线检测数字逻辑电路的工作状态是否正常, 测试时只需将 P_1 端去接触待测的数字逻辑电路的输入端或输出端即可。

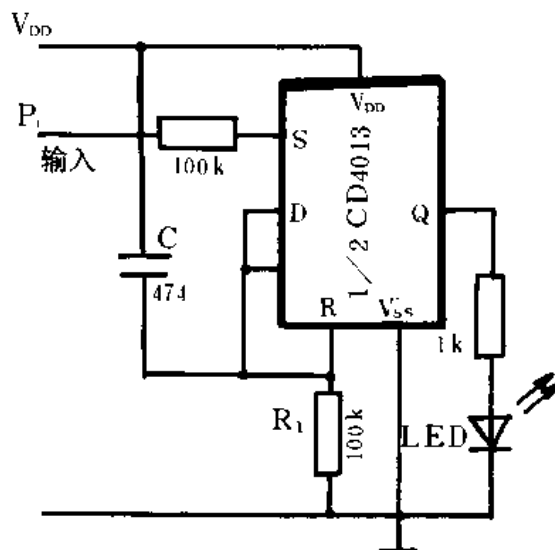


图 7-11 数字逻辑电路测试器

例 12 光电检测器

一、应用电路

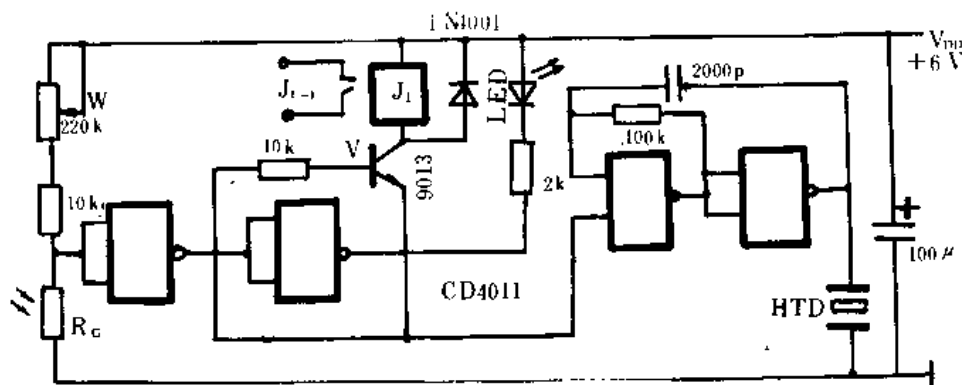


图 7-12 光电检测器

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 等构成的光电检测器。

图 7-12 电路中, 4 “与非”门从左至右的顺序是 $G_1 \sim G_4$ 。 R_G 为光敏电阻, 平时不受光照。调 W 使 G_1 的输入高电平, 输出低电平, 晶体管 V 截止, 继电器没得电。“与非”门 G_3 、 G_4 组成门控音频振荡器, 也由于门控电压 V_C 为低电平而不起振, 压电片 HTD 不发声。由于 G_1 输出低电平, G_2 输出高电平, 故 LED 不发光。

当 R_c 受光照时, 内阻减小, 使 G_1 输入端变为低电平, 输出高电平, V 饱和导通, J_1 得电, 常开触点 J_{1-1} 闭合, 发出控制信号。同时, G_3 、 G_4 的门控电压 V_c 为高电平, 故振荡器起振, HTD 发出声报警信号。另 G_2 输出低电平, 使 LED 发光。当外界光线不照射 R_c 时, 声光报警和控制信号也随之消失。

例 13 发声逻辑测试器

一、应用电路

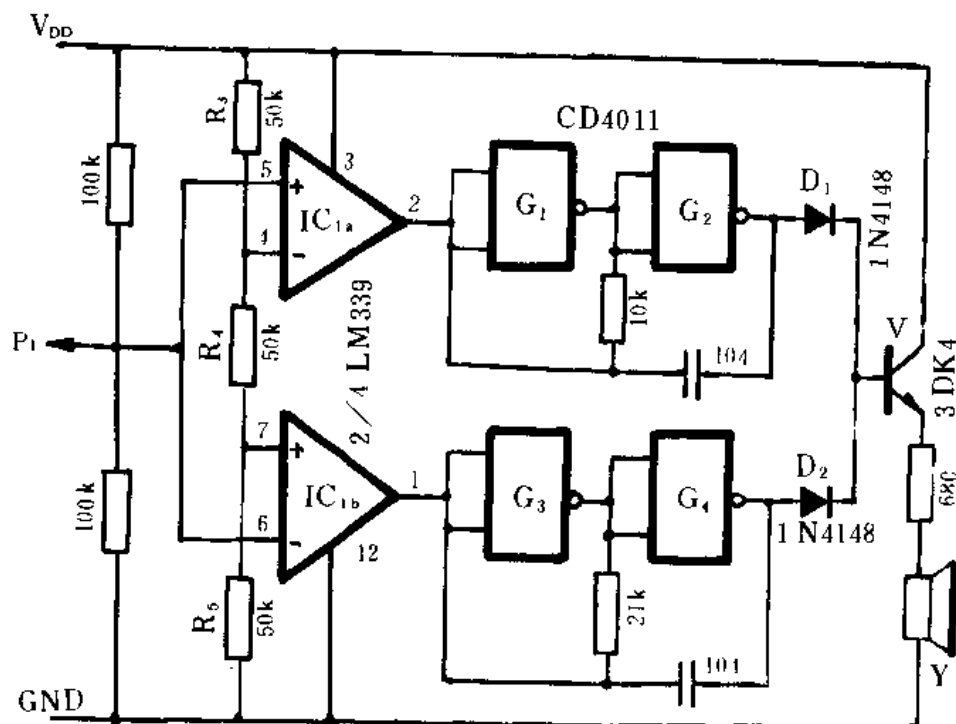


图 7-13 发声逻辑测试器

二、电路结构说明

本电路为由 4 运算放大器 IC_1 ($2/4$ LM339) 和 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (IC_2 CD4011) 等构成的发声逻辑测试器。

G_1 和 G_2 门组成高音调发生电路, 而 G_3 和 G_4 组成低音调发生电路。

测试时, 本电路的 V_{DD} 和 GND, 分别用鳄鱼夹夹住被测系统的 V_{DD} 和 GND, 但 V_{DD} 应符合 3~18V 范围。然后, 应用探头 P_1 去接触被测逻辑点。输入电路由 LM339 比较器和比例分压电阻 R_3 、 R_4 及 R_5 构成。当输入电平高于电源电压的 67% 时, 比较器 IC_{1a} 输出高电平, 从而触发高音调发生电路工作, 测试器发出高音调声音; 当输入 P_1 为低电平即低于 V_{DD} 的 33% 时, 比较器 IC_{1b} 输出高电平, 从而触发低音调电路工作, 使测试器发出低音调声音指示; 当被测点为高阻 (悬浮态) 时, 电阻 R_1 、 R_2 (均为 100k Ω) 使输入电压为电源电压的 50%, 从而保证两比较器的输出都不为高电平, 测试器不发声。

例 14 尖脉冲检测器

一、应用电路

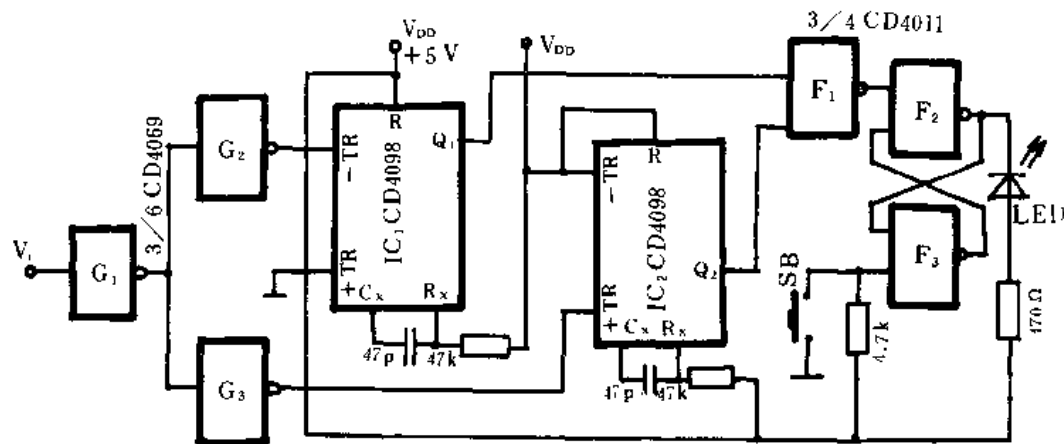


图 7-11 尖脉冲检测器

二、电路结构说明

由 6 反相器 $\frac{3}{6}$ CD4069 ($G_1 \sim G_3$)、双单稳态电路 CD4098 (IC_1 、 IC_2)、2 输入端 4 “与非”门 $\frac{3}{4}$ CD4011 ($F_1 \sim F_3$) 和阻容元件等构成了一种尖脉冲检测电路。它能检测出数字电路中因寄生噪声或竞争现象而产生脉宽小于预定值的尖脉冲信号,并用发光二极管 LED 显示结果。

电路中 IC_1 的 +TR 端接 GND, R 端接 V_{DD} , 而使 IC_1 形成下降沿触发/再触发单稳态触发器, IC_2 的 -TR 和 R 端均接 V_{DD} , 而使 IC_2 成为上升沿触发/再触发单稳态触发器。CD4011 的门 F_2 、 F_3 构成 R-S 触发器。

当被测信号 V_i 经门 G_1 、 G_2 和 G_3 二级反相整形后, 分为两路: 一路对 IC_2 进行上升沿触发; 一路对 IC_1 进行下降沿触发。假如此时 V_i 是正脉冲且宽度小于设定值, 当它的上升沿触发 IC_2 , 并在 IC_2 的单稳周期尚未结束时又用下降沿触发 IC_1 , 那么 IC_1 的 Q_1 和 IC_2 的 Q_2 将输出高电平。两者经门 F_1 输出低电平并触发 R-S 触发器, 使 R-S 触发器翻转, 点亮 LED。假如此时 V_i 是负脉冲且宽度小于设定值输入时, 那么将出现先触发 IC_1 , 后触发 IC_2 , 其它结果同正脉冲输入。

倘若输入信号 V_i 为正常宽度的脉冲时, IC_1 与 IC_2 的触发时间就相差较大。也就是说, 第二次触发总是落在第一个单稳期以外, 所以 Q_1 与 Q_2 输出将不会重合。门 F_1 也就不会输出低电平去触发 R-S 触发器, LED 也因此不亮。

按钮 SB 用于复位, 能使 LED 熄灭。倘若复位后, LED 又很快被点亮, 说明尖脉冲出现频繁。

例 15 脉冲跳变检测电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本脉冲跳变检测电路是采用 6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 (G_1)、和 2 输入端 4 “或”门 $\frac{1}{4}$ CD4071

(G_2) 构成的。

在电路的 A、B 点分别接上、下拉电阻 R_1 、 R_2 。当无信号输入时，CD4071 的门 G_2 两输入端（上、下脚）均为低电平，其输出端也为低电平。当有信号 f_i 输入时，信号脉冲的上升沿使 A、B 点均得到正脉冲。经 CD4069 的门 G_1 反相，门 G_2 的输入端上脚得到低电平，下脚得到正脉冲，因此，输出端得到一个正脉冲 f_o ；在输入信号脉冲下降沿时，A、B 点是负脉冲，而经过门 G_1 反相后， G_2 的输入端①脚得到正脉冲，于是 G_2 的输出端又得到一个正脉冲 f_o 。这就是说，电路输出倍频信号。电路输入、输出波形如图 7-15 (b)。它可以检测出输入脉冲出现正跳变及负跳变。

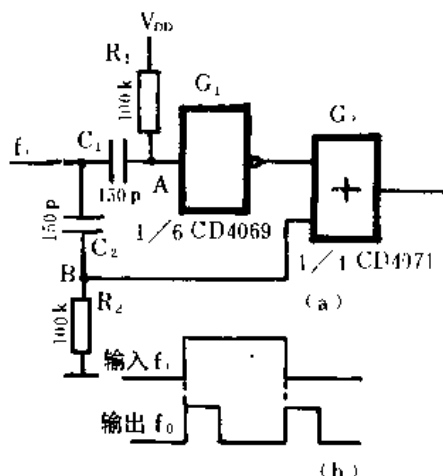


图 7-15 脉冲跳变检测电路

脉冲跳变检测电路中 R 和 C 取值决定了输出脉冲宽度，因此，R、C 值不能太大。它们应保证脉冲两沿间有足够时间使 A 点回到高电平，B 点回到低电平。

例 16 物体运动方向检测电路

一、应用电路

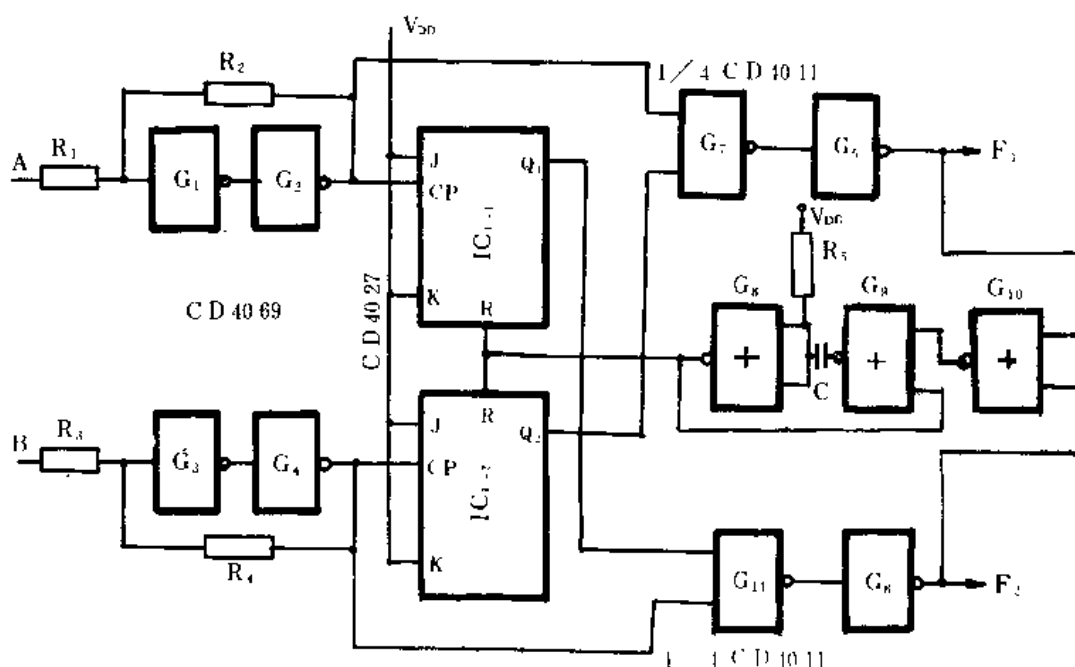


图 7-16 物体运动方向检测电路

二、电路结构说明

图 7-16 为由双主、从 J-K 触发器 IC_{1-1} 、 IC_{1-2} (CD4027)、6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069)、2 输入端 4 “与非”门 G_7 、 G_{11} ($\frac{1}{4}$ CD4011) 和 2 输入端 4 “或非”门 $G_8 \sim G_{10}$ ($\frac{3}{4}$ CD4001) 等

构成的检测电路。

A、B 为检测器。A、B 获得的检测的脉冲经倒相器构成的施密特电路的整形后送入检测电路。A 端检测脉冲使 IC₁₋₁ 翻转, Q₁ 输出高电平, 当运动物体由 A 运动到 B 时, B 端出现的正脉冲使输出端 F₁ 也输出一个正脉冲, 表示物体运动方向由 A 至 B。F₁ 输出正脉冲经门电路 G₈~G₁₀ 组成的单稳电路延时后, 使两个触发器复位, 准备下一次检测。

当物体由 B 至 A 运动时, 则在 F₂ 输出一个正脉冲。同理, 经门电路 G₈~G₁₀ 组成单稳电路延时后, 使两个触发的 IC₁₋₁、IC₁₋₂ 复位。

A、B 获得正脉冲检测信号, 可用光电发射接收系统来实现。

例 17 数据总线检测电路 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

数据总线检测电路采用 2 个双 D 触发器 CD4013、4 “异或” 门 CD4070、LED 发光二极管等构成。其中 D 触发器的 R、S 端全部接 GND。整个电路具有判断数据变化、锁定和输出选通脉冲等功能。

静态时, 4 个 “异或” 门的输入状态是相同的。因此, 它们输出端也均为 “0”, 选通输出亦为 “0”。当总线中任一输入端由静态变为动态 (无论高或低电平输入), 其对应的 “异或” 门的 2 个输入端呈不同状态, 于是其输出端为高电平, 相对应的 LED 发亮。这个 “异或” 门翻转跳变过程又反馈到各个 D 触发器的时钟端 CP, 于是总线状态被锁定于触发器之中。

一旦 D 触发器被锁定, 各 “异或” 门的输出均呈 “0”。从选通到锁定的整个过程约延迟几百 ns。LED 发亮直观地反映总线中信号传输的状态。

若需更多位总线 (大于 4 位), 可更多地增加 D 触发器。

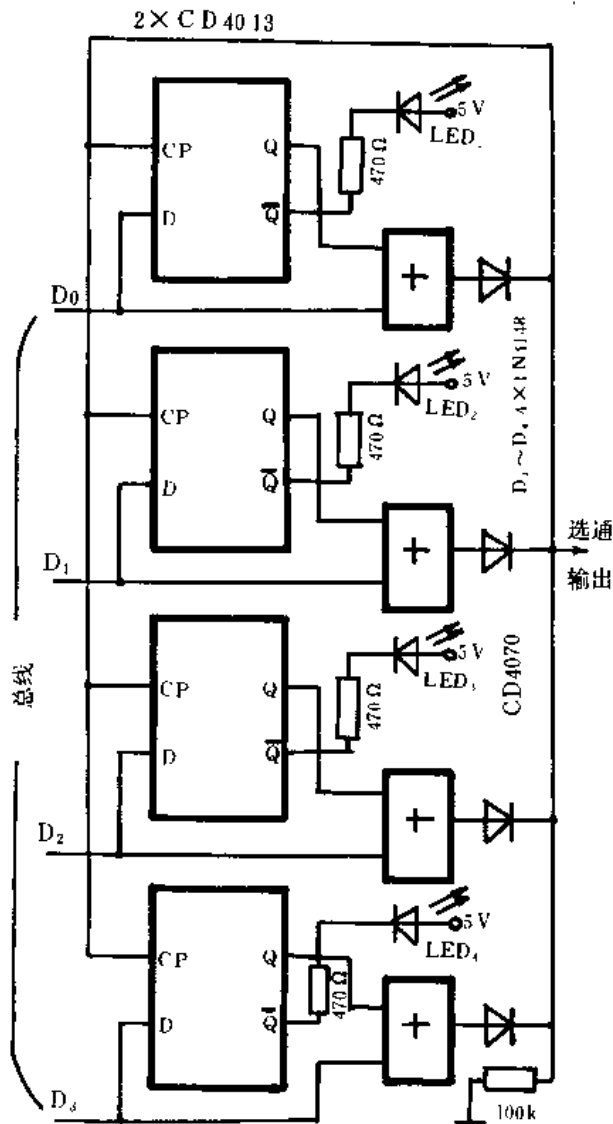


图 7-17 数据总线检测电路 (1)

例 18 数据总线检测电路 (2)

一、应用电路

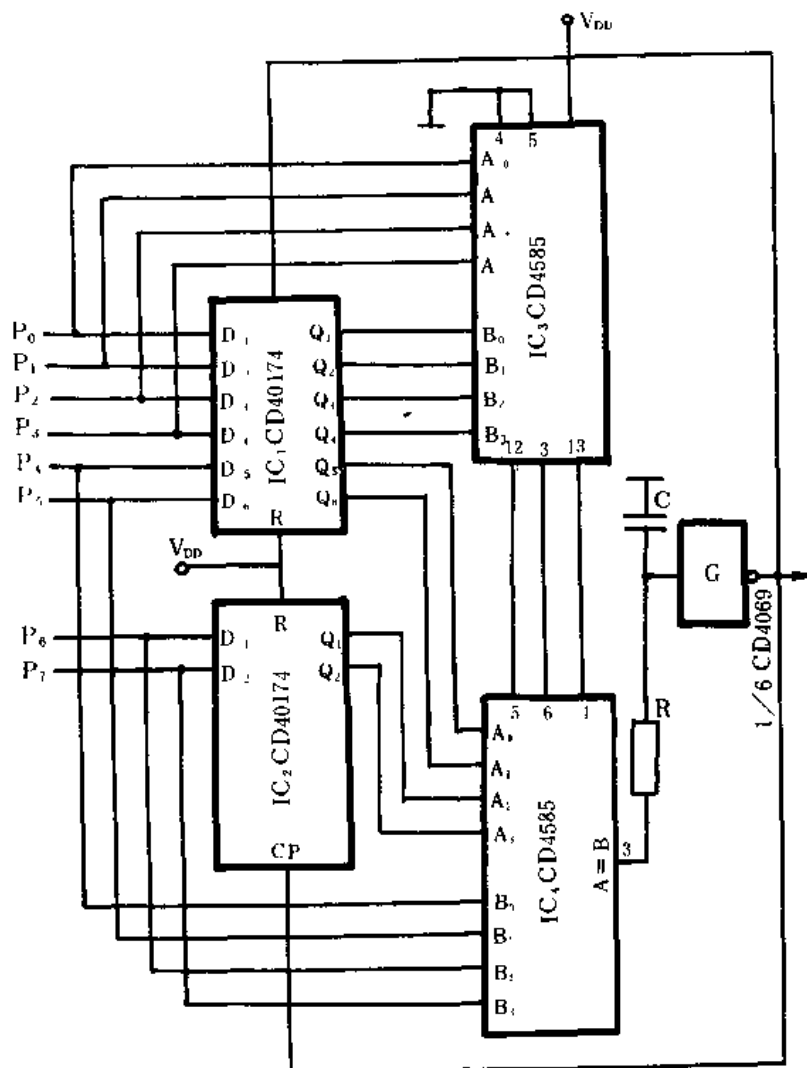


图 7-18 数据总线检测电路 (2)

二、电路结构说明

这是一种采用 6D 触发器 $2 \times \text{CD}40174$ (IC_1 、 IC_2)、4 位数字比较器 $2 \times \text{CD}4585$ (IC_3 、 IC_4) 和 6 反相器 $1/6 \text{CD}4069$ 等构成的数据总线检测电路。它以 8 位数据进行检测，能在输入数据发生变化时锁存新数据并输出一正脉冲。 IC_1 、 IC_2 组成 8 位数检测器， IC_3 、 IC_4 组成 8 位数数据比较器，并检测输入数据的变化情况。

当电路的输入数据发生变化时，比较器输入变为不同，于是其“A=B 输出端”由高电平变为低电平，并经 RC 电路后在反相器的输出端产生正突跳信号，进而触发 8 位锁存变化后的 8 位数据。此后，比较器的“A=B 输出端”又由低电平变为高电平，反相器输出亦回到低电平。

由于存在 RC 延时和反相器整形这一环节，输出正脉冲的宽度基本上由 RC 取值决定，同时 RC 电路对输入尖脉冲有一定抑制作用。电路输出正脉冲被用于系统作为中断请求信号或其它控制信号。

例 19 首入信号检测器

一、应用电路

二、电路结构说明

首入信号检测电路, 采用 4 输入端 2 “与非” 门 $2 \times \text{CD}4012$ (G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4)、电阻和发光二极管 LED 等构成。

静态时, 所有的输入均为低电平, 经 $G_1 \sim G_4$ 门输出后均为高电平, 于是 4 个 LED 不亮。当任一输入 (假定 I_2) 先变为高电平时, 相应的门 (G_2) 立即输出低电平, 于是相应的 LED (LED_2) 被点亮, 而其它门仍被封锁, 其它输入信号不起作用。

注意, 为保证检测的准确性, 可在输入端加入消抖动电路, 防止机械开关的颤动所带来的误影响。

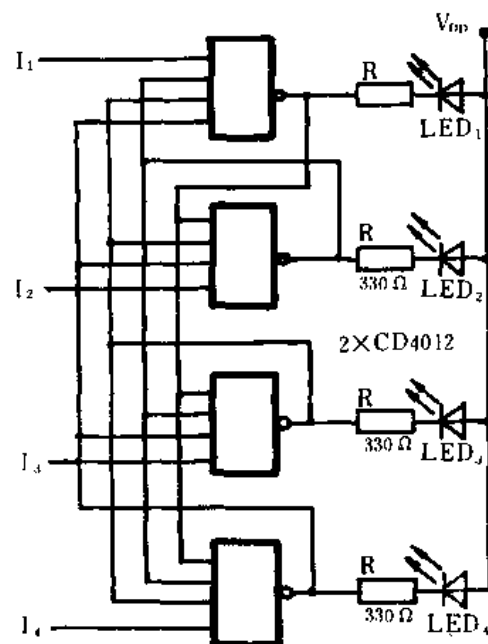


图 7-19 首入信号检测电路

例 20 状态变化检测电路

一、应用电路

二、电路结构说明

状态变化检测电路, 是由 4 “异或” 门 $\text{CD}4070$ 构成的。它对电路中频率倍增或有状态变化能进行检测。

$\text{CD}4070$ 的门 F_1 、 F_2 、 F_3 组成缓冲器, 门 F_4 能对缓冲器输出和输入按“异或”逻辑进行动作。当输入脉冲上升沿触发 F_4 时 (F_3 此时无脉冲输出), F_4 输出一窄脉冲; 另输入脉冲经 $F_1 \sim F_3$ 延时, 当从门 F_3 输出的信号宽度与缓冲器总传输延迟时间是相等的 (约 100ns), 此时 F_4 又输出一个窄脉冲。这样, 从电路总输出端便能检测到倍频脉冲。若在门 F_3 输出端加 1 个小于 5nF 的电容, 还能使脉冲扩展。

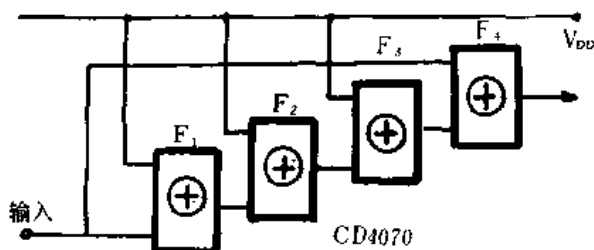


图 7-20 状态变化检测电路

例 21 频率波动检测器

一、应用电路

二、电路结构说明

频率波动检测器, 是利用电路输出高电平或低电平, 来判断输入的信号频率是否超过规定范围。它采用双单稳态电路 $\frac{3}{2}\text{CD}4538$ 、“与非”门 G_2 ($\frac{1}{4}\text{CD}4011$)、反相器 G_1 ($\frac{1}{6}\text{CD}4069$) 等构成。

设被检测的输入信号频率上限为 f_H 、下限为 f_L 。单稳态电路 M_2 ($\frac{1}{2}\text{CD}4538$) 的暂态时间

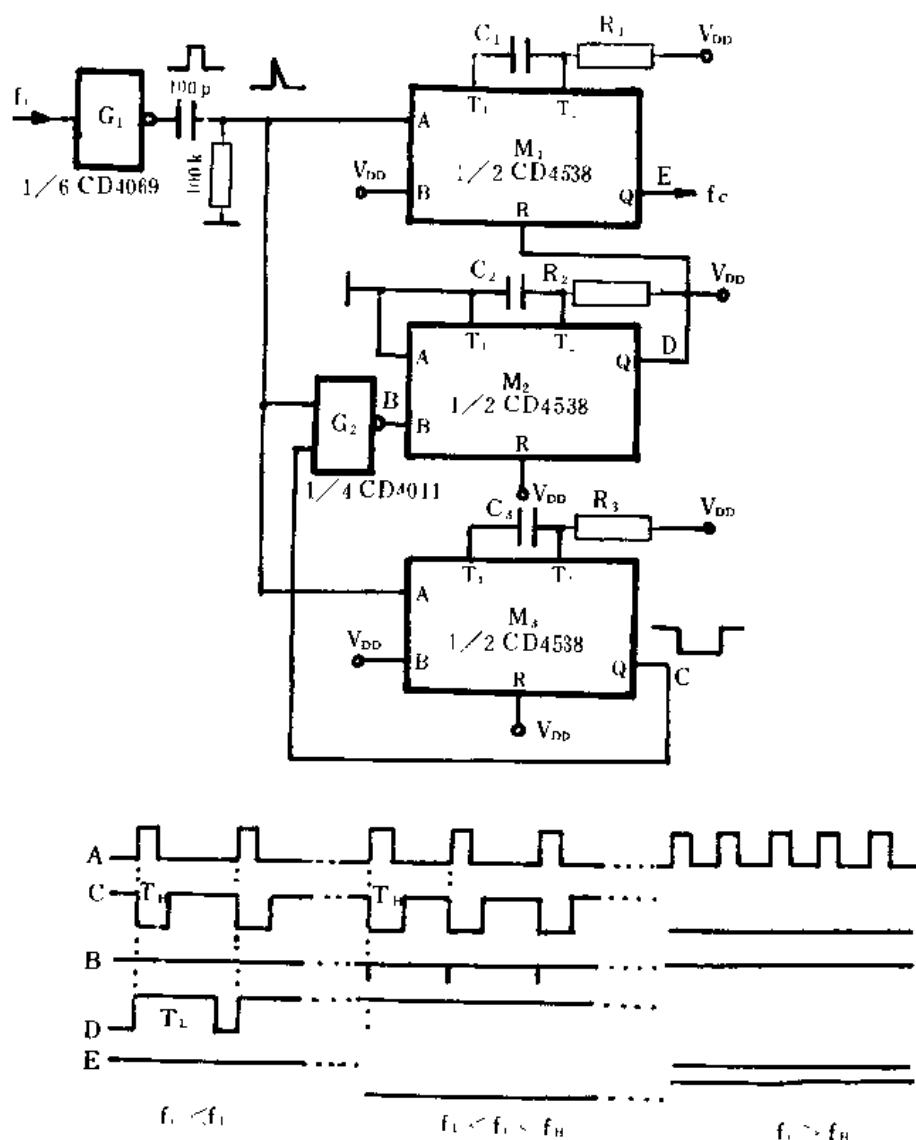


图 7-21 频率波动检测器

为: $T_2 = R_2 C_2 = 1/f_L$, 单稳态电路 M_3 ($1/2$ CD4538) 的暂态时间为: $T_3 = R_3 C_3 = 1/f_H$ 。单稳态 M_1 ($1/2$ CD4538) 的暂态时间应大于 $1/f_L$, 但也不能太大, 否则会延长响应时间。

当 $f_i < f_L$ 时, G_2 输出端的窄脉冲信号不断触发 M_2 , 而 M_2 又是“再触发形式”的单稳触发器, 所以 M_2 的 Q 端不断地给 M_1 输送复位脉冲, 使 M_1 的 $\bar{Q}$ 端输出 f_c 为高电平。

当 $f_i > f_H$ 时, M_3 输出的低电平又将 G_2 门封闭, M_2 得不到触发, M_2 的输出端 Q 保持低电平, 于是 M_1 始终处于复位状态, M_1 的 $\bar{Q}$ 端输出 f_c 也为高电平。

当 $f_H < f_i < f_L$ 时, 电路输出 f_c 为低电平。这样, 整个电路可以判断出 f_i 波动的情况。

例 22 频率范围检测器

一、应用电路

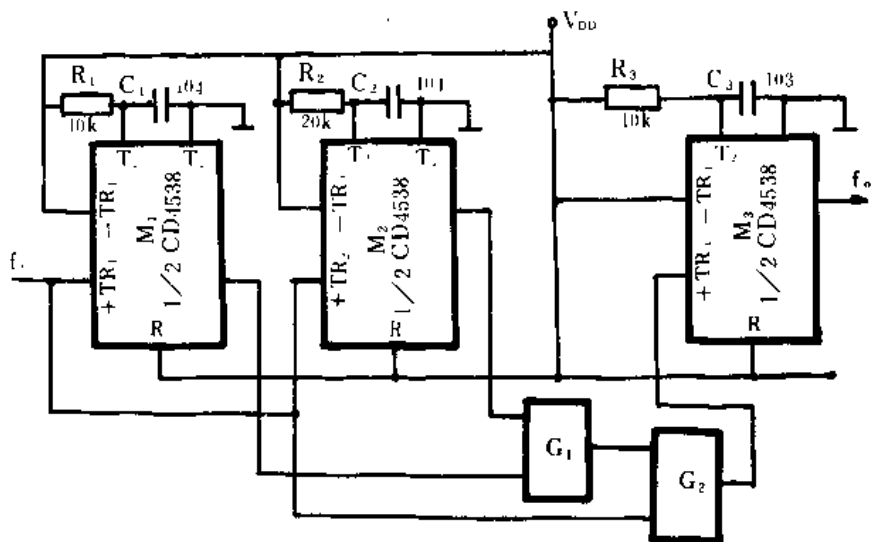


图 7-22 频率范围检测器

二、电路结构说明

频率范围检测器，采用双单稳态电路 $\frac{1}{2}$ CD4538、2 输入端“与”门电路 G_1 、 G_2 (CD4081) 和阻容元件组成。它带有滤波器性能的带通滤波器，只允许 $500\text{Hz} < f_i < 1\text{kHz}$ ，当 f_i 超过所设定范围时，输出端呈低电平。 $\frac{1}{2}$ CD4538 分别组成 3 级单稳态电路 M_1 、 M_2 、 M_3 。 M_1 的单稳脉宽为 $T_1=1\text{ms}$ ， M_2 的单稳脉宽为 $T_2=2\text{ms}$ ， M_3 的单稳脉宽为 $T_3=0.1\text{ms}$ 。

当 $f_i > 1\text{kHz}$ 时， M_1 、 M_2 均被重复触发。 M_1 的 $\overline{Q}_1$ 端保持低电平， G_1 门关闭 f_i 无法通过， M_3 得不到触发而 Q_3 输出低电平。

当 $f_i < 500\text{Hz}$ 时， G_1 、 G_2 门仍有一个输入端为低电平，所以 G_1 、 G_2 门还是关闭， M_3 的 Q_3 端输出仍是低电平。

只有 $500\text{Hz} < f_i < 1\text{kHz}$ 时， M_1 的 $\overline{Q}_1$ 端输出滞后于 f_i ， G_1 、 G_2 选通， M_3 输出的频率与 f_i 相同。

应当指出：电路要求输入正脉冲宽度不能大于 M_1 的设定脉宽 T_1 。

例 23 序列脉冲漏失检测电路 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

采用双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 (G) 等构成序列脉冲漏失检测电路。

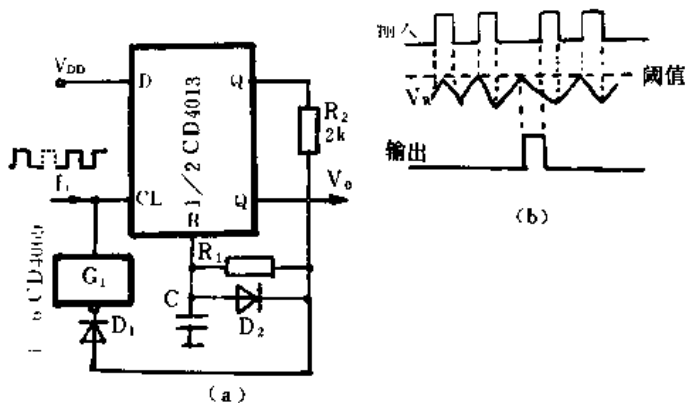


图 7-23 序列脉冲漏失检测电路 (1)

$\frac{1}{2}$ CD4013 的 D 触发器接成单稳态电路, 当脉冲串 f_i 不断从单稳电路的 CL 端输入时, 由于反相器 G 和二极管 D_1 的存在, $\bar{Q}$ 端输出为低电平。此时, 电容 C 通过 $D_2 \rightarrow D_1 \rightarrow G$ 通道进行放电, 使触发器的 R 端保持低电平。倘若输入的脉冲序列中漏失一个脉冲, 那么电容 C 的充电时间将加长。电容充电途径为 $G \rightarrow D_1 \rightarrow R_1 \rightarrow C$ 。一旦电容充电, 触发器的复位端 R 上电压很快上升到阈值, 这时 $\bar{Q}$ 端即输出高电平脉冲。这一脉冲正是漏失了的脉冲。

例 24 序列脉冲漏失检测电路 (2)

一、应用电路

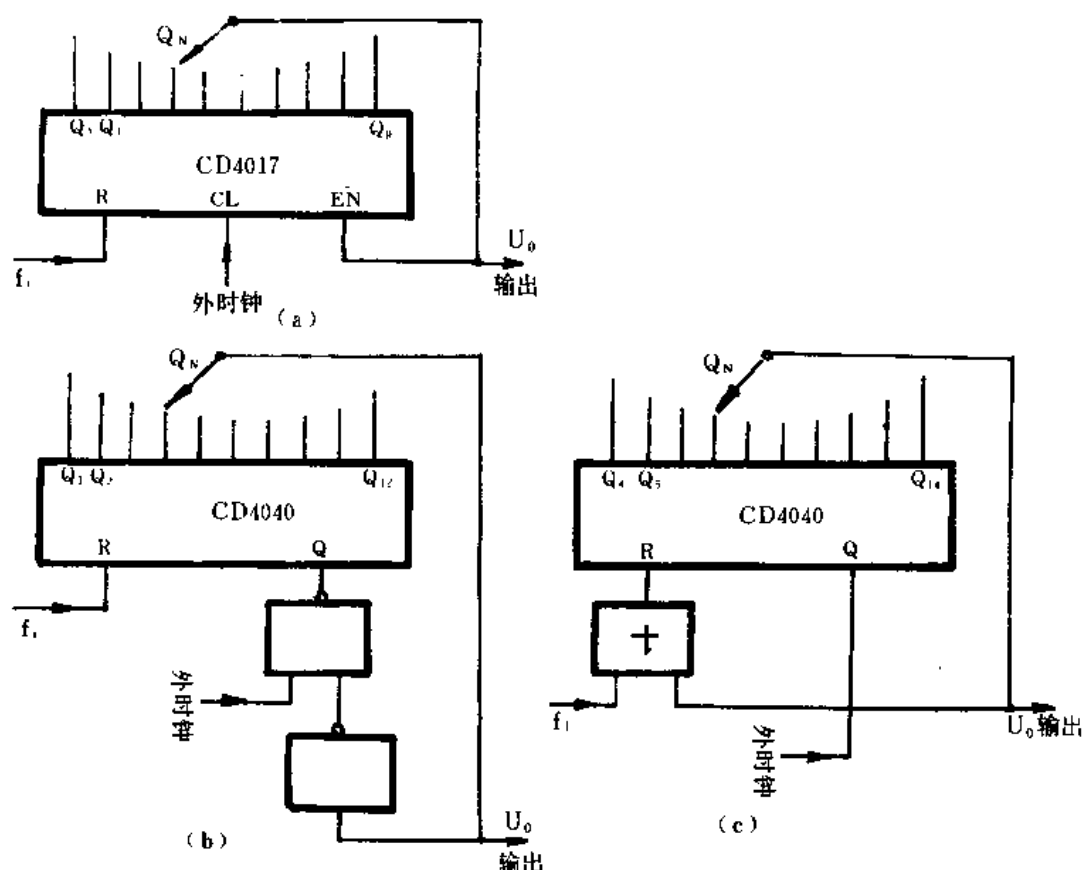


图 7-24 序列脉冲漏失检测电路 (2)

二、电路结构说明

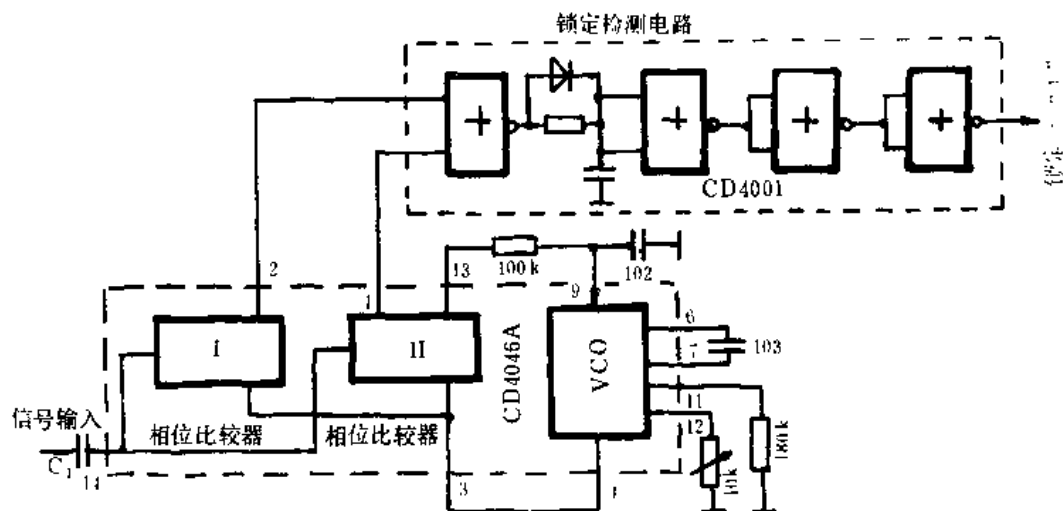
这是一种采用十进制计数器/脉冲分配器 CD4017 构成的序列脉冲漏失检测电路, 如图 7-24 (a) 所示。外时钟信号从 CL 端加入, 被测脉冲信号从复位端 R 输入, 输出端 Q_N 与 $\overline{EN}$ 相联成反馈回路。 Q_N 为输出端 ($Q_0 \sim Q_9$) 中与输出端反馈回路的联接端, N 为其序号。若 T_L 为外加时钟信号周期, 那么电路设计时应应有 NT_L 略大于 T_i (序列脉冲的周期)。

一旦输入序列脉冲信号 f_i 漏失一个以上脉冲时, 经 NT_L 时间, Q_N 则输出高电平, 计数器即停止计数, 直到下次输入脉冲 f_i 来到重新计数。

电路图 (b)、(c), 是采用二进制计数器代替十进制计数器而设计的。采用 CD4040 二进制计数器时计算时间应将 NT_L 改为 $2^N T_L$ 。

例 25 锁相环锁定检测电路

一、应用电路



1. 4. 1951

二、电路结构说明

由锁相环集成电路 CD4046 和 2 输入端 4“或非”门 CD4001 组成锁相环锁定检测电路。其中 CD4001 构成锁定检测电路。

当信号从 CD4046 的⑭端输入,从②、①端将脉冲信号加至 CD4001 门的两个输入端,于是从 CD4001 输出端输出一个二进制数码“1”时,PLL 锁定;输出为二进制数码“0”时,表明 PLL 未锁定。本电路信号锁定在 10kHz,而失锁信号在 20kHz。调压控振荡器 VCO (即 CD4046 的⑫脚)上 10k 电位器,可实现电路信号锁定的频率。

例 26 无溢出可逆计数器

一、应用电路

二、电路结构说明

无溢出可逆计数器,采用多功能可扩展 8 输入门 IC₁ (CD4048),施密特反相器 IC₅ (CD40106)、4 “与非”门 IC₄ (CD4011)、双时钟二进制可预置加/减计数器 IC₂、IC₃ (CD40193) 和阻容元件构成。

当计数器进行加法计数时, IC_2 、 IC_3 的复位端 $R = "1"$, 由此 $Q_0 \sim Q_3$ 均输出 $"0"$, 进而 IC_1 的 J 端有: $J = ABCDEFGH = "0"$ 。那么, IC_1 的 $K_a = "1"$, $K_c = "0"$, 这时 $G_1 = "1"$, $G_2 = "0"$, IC_3 进行加计数。一旦计数器加到全 $"1"$ 时, J 变成高电平 $"1"$ 。接着 G_1 被关闭, G_2 被打开, 即 $G_1 = "0"$, 而 $G_2 = "1"$, 使计数器进行减法计数。此时, IC_1 的控制端 $K_a \sim K_d$ 状态变成 $"0011"$, 门的功能变成了 $"或"$ 门。于是有: $J = A + B + C + D + E + F + G + H$ 。一旦计数器减至全 $"0"$, J 也变为 $"0"$ 时, 计数器又转为加法计数, 并重复上述过程, 永不溢出。

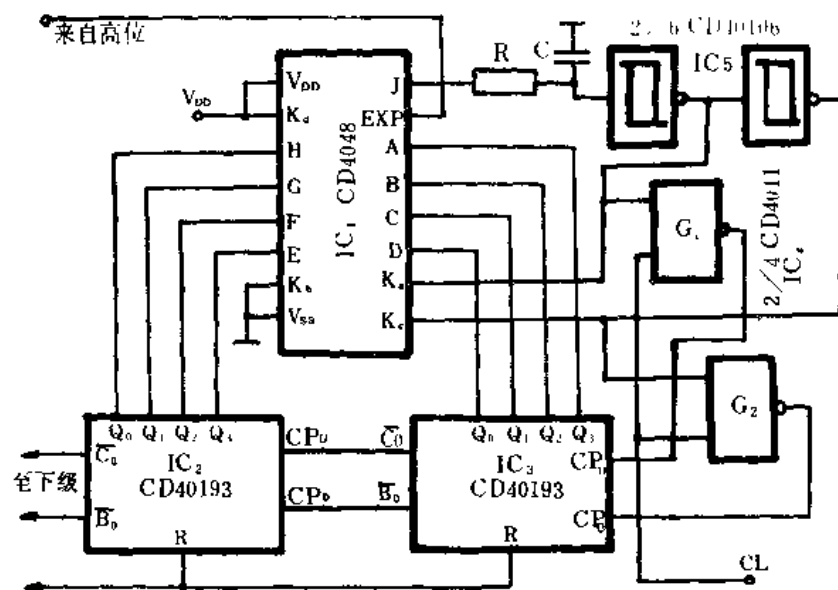


图 7 26 无溢出可逆计数电路

例 27 保险丝声光监视器

一、应用电路

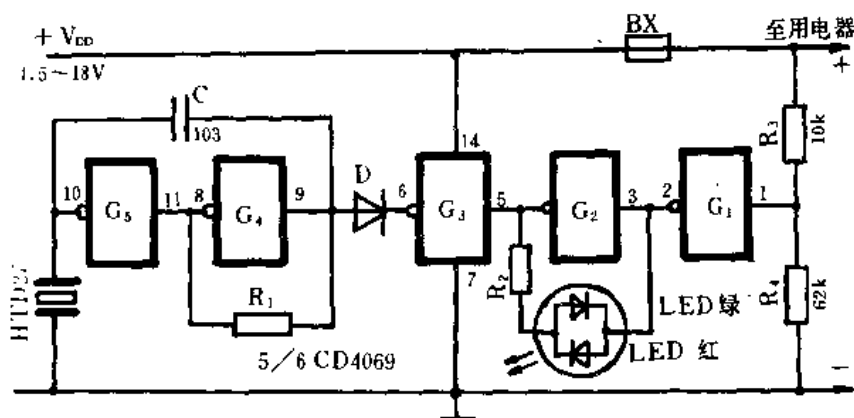


图 7 27 保险丝灯光监视器

二、电路结构说明

本电路是由 6 反相器 $G_1 \sim G_5$ ($5/6$ CD4069) 等构成的保险丝声光监视器。

本监视器可用于 4.5~18V 直流供电的电器装置中。一旦保险丝 BX 被熔断，会自动地发出声光告知信号。

当保险丝 BX 未熔断时，“非”门 G_1 输入端①脚为高电平， G_1 输出端②脚为低电平，而 G_3 输出高电平，则双色发光二极管 LED-2 中的绿色 LED 发光，当 G_3 输出变为低电平，则 G_4 、 G_5 组成的振荡器被 D 钳位在低电平（即 G_4 的⑨脚为低电平），所以振荡器停振，HTD27 不发声。

当 BX 熔断时, G_1 的①脚被 R_4 拉向低电平, ②脚为高电平, G_2 输出为低电平, 则 LED-2 中的红色 LED 发光, G_3 输出高电平, 即 G_4 的输入端⑨脚为高电平, 则 G_4 、 G_5 组成的振荡器起振, 蜂鸣片 HTD27 发出“嘀……”的声响。

例 28 多除数计数器

一、应用电路

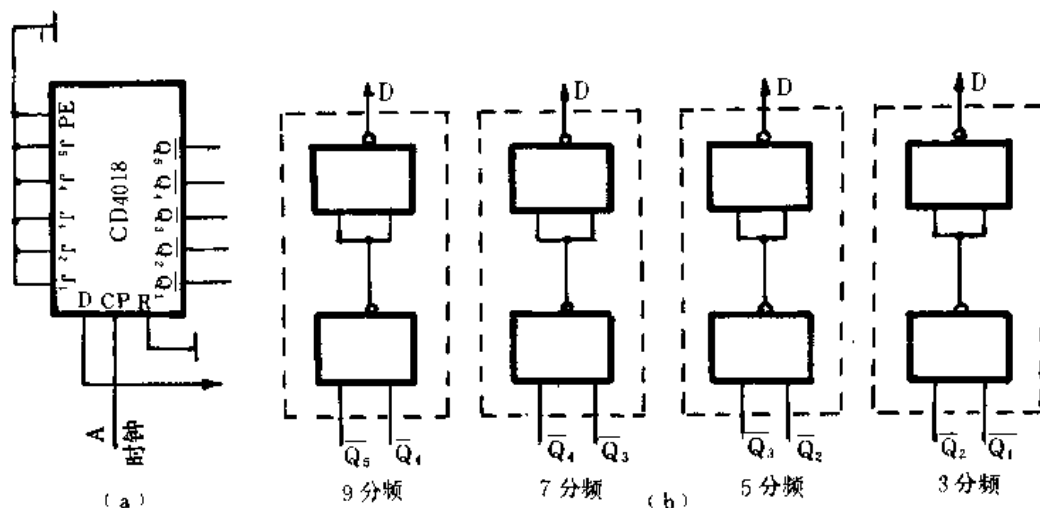


图 7-28 多除数计数器

二、电路结构说明

多除数计数器采用 CD4018B 组成。CD4018B 内部是由 5 级约翰逊计数器构成的, 具有 4 个输入控制端和 5 个独立的数据输入端。这样, 可以通过对输入端不同的联接方法, 可以获得 2、4、6、8、10 的 5 种进制计数器/分配器, 其输出即得 2、4、6、8、10 等 5 种分频。比如, $\overline{Q}_5$ 端反馈到 D 端就构成十进制, $\overline{Q}_4$ 反馈到 D 端构成八进制……以此类推。

除此之外, 只需另加如图 7-28 (b) 所示的 2 级“与非”门 (用 $\frac{1}{4}$ CD4011) 便可构成三、五、七、九进制的计数器, 但输出端应反馈至 D 端。也就是说, 加上 2 级“与非”门后, 电路输出端得 3、5、7、9 分频。

例 29 模 65 计数电路

一、应用电路

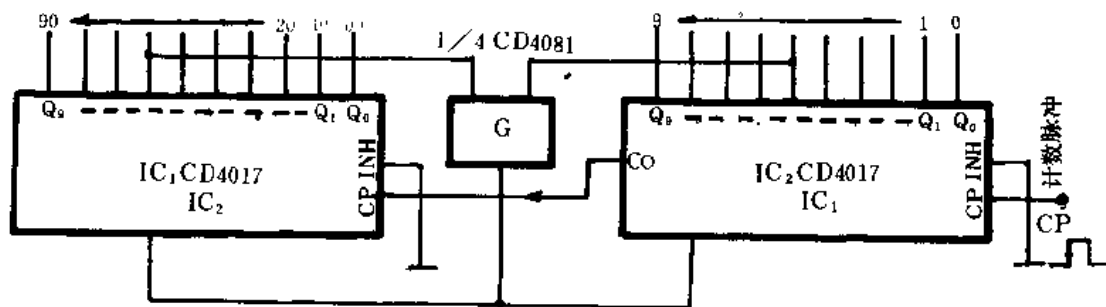


图 7-29 模 65 计数电路

二、电路结构说明

利用 2 块十进制计数器/分配器 CD4017 和 2 输入端 4 “与非”门 CD4081 的一个门, 构成模 65 计数电路。这个电路实际上是 2~100 之间的任意模计数器。电路中 CD4017 的时钟禁止端 INH 接 GND。

在计数脉冲的作用下, 按上升沿翻转。IC₁ 计数到 Q₉ 时, 其 CO 端输出一个高电平给 IC₂ 的 CP 端, 使 IC₂ 进位至 10。然后, IC₁ 再从 Q₀ 计数至 Q₉。循环往复, 直至 IC₂ 进位到 60。接着, IC₁ 计数到 Q₅ 时, “与非”门 G 的 2 输入端均为高电平, 其输出端输出一高电平。于是 IC₁、IC₂ 复位, 重新计数。据以上推理, 本电路可加构成模 1~99 的计数电路。

例 30 一次性计数器

一、应用电路

二、电路结构说明

一次性计数器由十进制计数器/分配器 CD4017 构成。

CD4017 的复位端 R 得到按下开关 K 后的高电平后复位清零, CD4017 在计数脉冲作用下开始计数。计数到 “7” 状态时, 时钟禁止端 INH 上升为高电平, 时钟线被禁止, 于是, CD4017 停止计数, 且一直保持在 “7” 的状态, 实现一次性计数。倘若需要再次计数, 还需再次按一下开关 K。

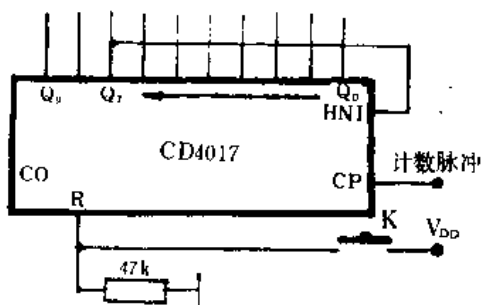


图 7-30 一次性计数器

显然, 改变输出端 Q_n 的接点位置, 可以获得一次性计数模数。另外, 将多块 CD4017 级联, 并将其复位端 R 联接在一起, 可以获得更大的计数模数。不过, 无论单级或是多级, 计数器的计数脉冲应由外加振荡器提供。要得到不同的计数速度, 可改变计数脉冲的频率。

例 31 复位时无输出计数器

一、应用电路

二、电路结构说明

采用十进制计数器/分配器 CD4017、2 输入端 4 “与非”门 CD4011 (I、II、III、IV) 构成了复位时无输出的十进制计数器。

当 “复位” 加入负脉冲信号时, CD4011 门 I、II 组成的 R-S 触发器得到触发, 且 Q = “1”, 即使 CD4017 的 RST 端也为 “1”。但是, 此时 $\bar{Q}$ = “0”。因此, CD4017 的 CP = “0”, 无计数。经过 CD4011 的门 III、IV

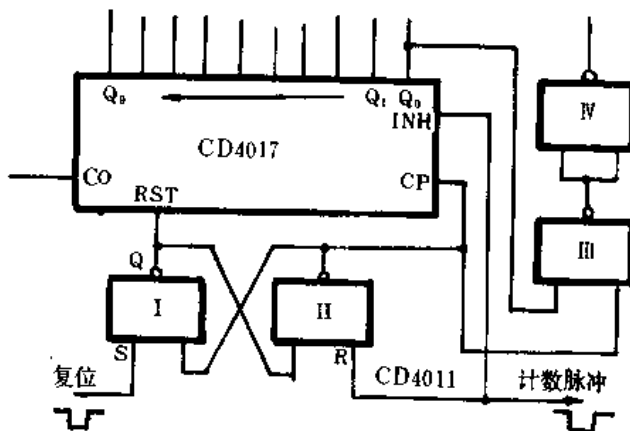
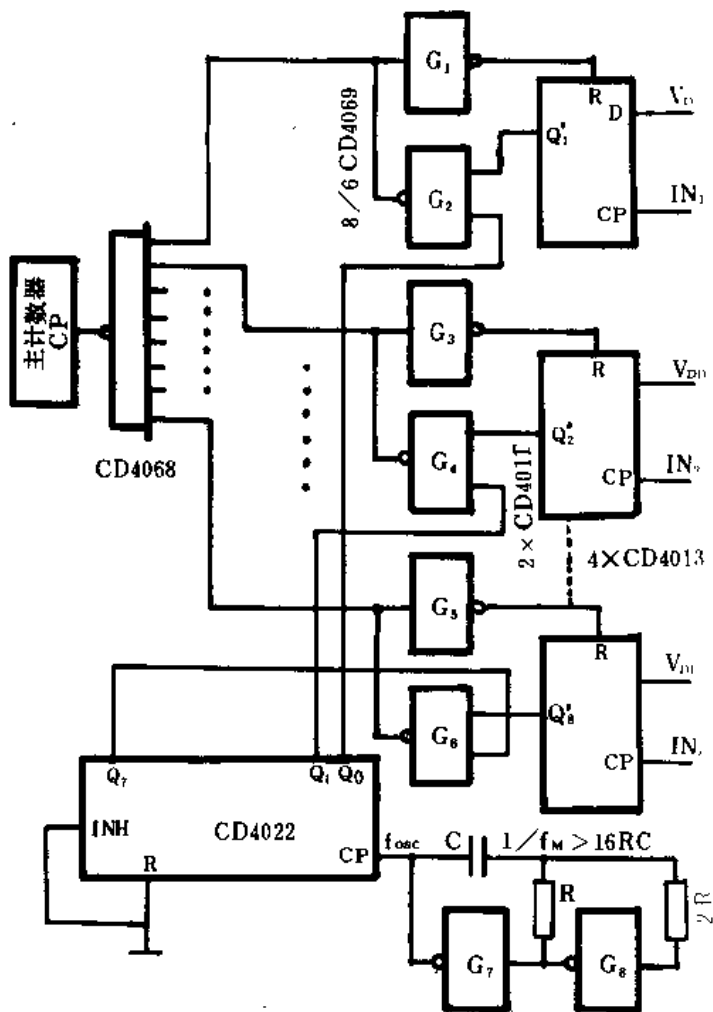


图 7-31 复位时无输出计数器

这种计数器在 CP 加入负脉冲时, 其 INH 端呈低电平, 于是 CD4017 在时钟信号的上升沿翻转。R-S 触发器 R 端得到负脉冲时, $\overline{Q} = "1"$ 。于是计数器开始计数, 且 $\overline{Q} = "1"$ 、 $Q_0 = "1"$ 。经门 II、IV 反相后, $Q_0 = "1"$, 于是相当于 $Q_0 = "1"$ 。原 CD4017 计数器在正常计数过程中, 总有一个输出端输出高电平, 即时复位 R 端得到高电平, 使计数器复位, 这时仍为 $Q_0 = "1"$ 。



例 33 数控分频计数器

一、应用电路

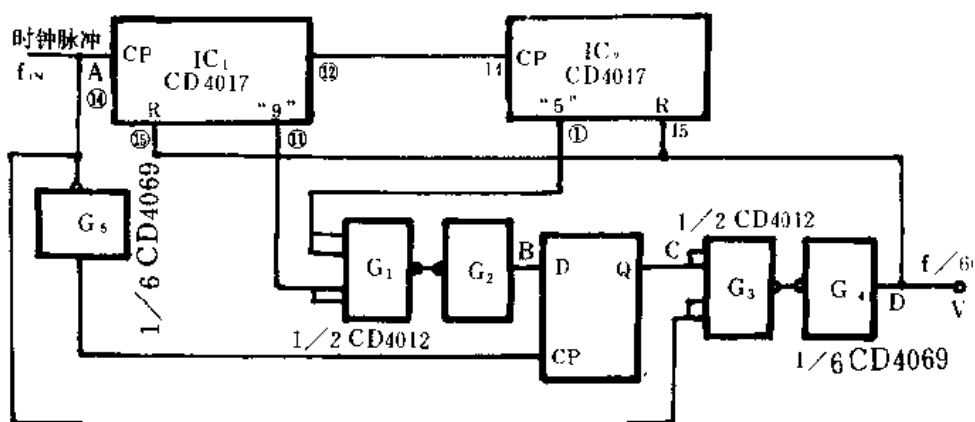


图 7-33 数控分频计数器

二、电路结构说明

由 2 只环形计数器 CD4017A (IC_1 、 IC_2)、D 触发器 IC_3 ($1/2 CD4013$)、4 输入端 2 “与非”门 G_1 、 G_3 ($1/2 CD4012$)、6 反相器 G_2 、 G_4 、 G_5 ($3/6 CD4069$) 构成了数控分频计数器。

电路中, 由于使用 2 只环形计数器 IC_1 、 IC_2 , 它们间存在着差异, 会引起工作的不稳定。因此, 用 D 触发器 IC_3 进行两者间同步, 并构成 60 分频计数器。D 触发器有延迟特性, N 分频计数器被译成 $N-1$ 状态, 即 $N-1=60-1=59$ 。所以, IC_1 的“9”和 IC_2 的“5”, 是通过“与非”门 G_1 和反相器 G_2 加到 D 触发器的输入端。信号流程到电路图中“B”点时, 译码输出经 D 触发器延迟后, 和时钟脉冲 f_{IN} 同步, 促使计数器复位。

例 34 计数器自动复位电路

一、应用电路

二、电路结构说明

采用二~十进制计数器 CD4029 组成二~十进制输出的 60 分频器, R-S 触发器可构成可靠的计数器自动复位电路。

CD4029 的复位和置位均由脉冲上升沿触发, 译码器是由“与非”门构成。当计数到 60 个脉冲时, 它的输出使触发器置位, 再由触发器去驱使计数器复位, 且维持到脉冲的下降沿结束。

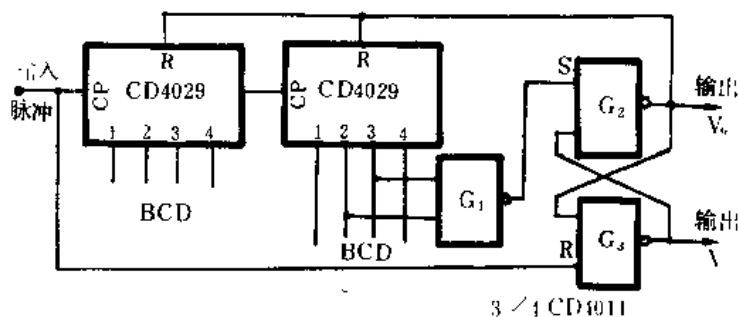


图 7-34 计数器自动复位电路

例 35 1/N 计数器 (CD40192)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种由双时钟 BCD 可预置加/减计数器 CD40192 接成减计数形式, 且在第 2 级输出端 $\overline{Q}_{B0}$ 反馈到预置控制端 $\overline{PE}$ 后组成的 1/N 计数分频器。

这种计数分频器, 可得 $99 \geq N \geq 1$, 其输出信号频率为 $f_o = \frac{f_i}{N}$ 。若用 CD40193 替换 CD40192, 其分频可得 $255 \geq N \geq 1$ 。

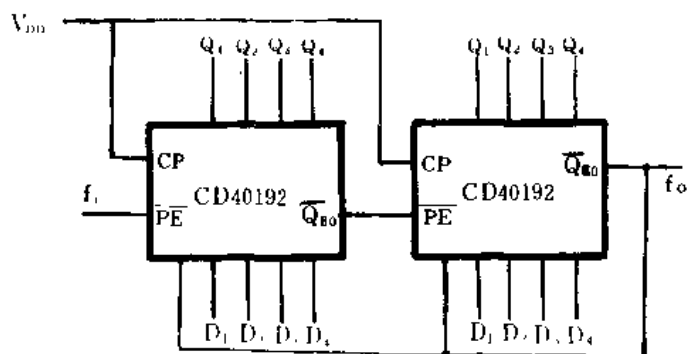


图 7-35 1/N 计数器 (CD40192)

例 36 1/N 计数器 (CD4017)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种 1/N 计数器是由十进制计数/分配器 CD4017、反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069、2 输入端 4 “或非”门 $\frac{3}{4}$ CD4001 构成的。

电路工作时, 从 CD4017 的 CP 端输入时钟脉冲信号 f_i 。若 $n < 6$ 时, CD4017 的输出端 $Y_0 \sim Y_9$ 逐个计数输出。可是, 当输出到第 N 个译码时, 外接“或非”门 CD4001 组成的 R-S 触发器产生正脉冲输出, 使 CD4017 的 R 端得到高电平而复位置零。此前, Q_{co} 端始终保持高电平, 不会产生脉冲跳变。若 $N \geq 6$, 则脉冲信号由进位输出端 Q_{co} 输出。输出脉冲信号频率为 $f_o = f_i / N$ 。

应当指出: 用一块 CD4017 构成的电路, 其 $N = 1 \sim 10$; 若要求 $N > 10$ 时, 要用 2 块 CD4017 或多块构成级联电路。

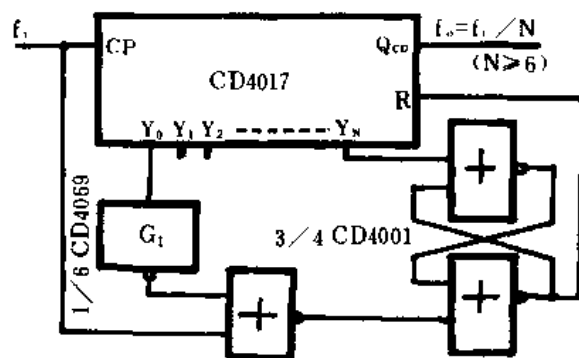


图 7-36 1/N 计数器 (CD4017)

例 37 1/N 计数器 (CD4024)

一、应用电路

二、电路结构说明

由 7 位二进制计数器 CD4024、2 输入端 4 与非门 $\frac{3}{4}$ CD4011、4 输入端 2 “与非”门 CD4012B、2 输入端 4 “或非”门 $\frac{3}{4}$ CD4001、双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 等构成了 1/N 计数器电路。

电路中 CD4024 接成 $N = 60$ 。当输入脉冲 f_i 向 CD4024 输入第 59 个脉冲信号时, b 点输出高电平; 而在第 60 个脉冲的上升沿时, D 触发器还是输出高电平。可是在这脉冲的下降沿时, D 触发器产生复位脉冲, 其持续时间约为时钟周期的一半。当 CD4024 复位端 Cr 得到复位脉

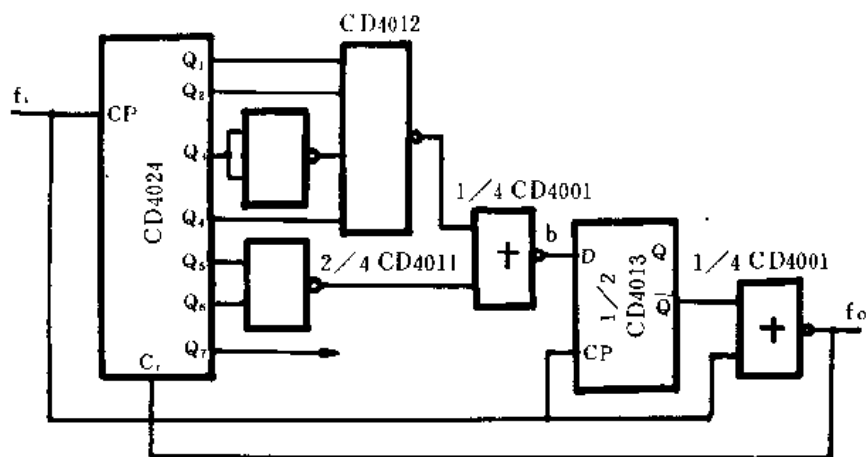


图 7-37 1/N 计数器 (CD4012)

冲后, 计数器 Q_1 、 Q_2 …… Q_7 均输出低电平。因此, 只要改变从 CD4024 输出端到 b 端的译码电路, 便可以得到不同的 N 值, 进而输出端得到的脉冲频率则是 $f_o = \frac{f_i}{N}$ 。

例 38 可编程计时器

一、应用电路

二、电路结构说明

可编程计数器用 CD40102 或 CD40103 构成。电路中 J_1 、 J_2 …… J_8 为写入所需的预置数。当 S 开关拨到低电平, 即“预置数”档时, 计数器可进行预置数。然后, 把 S 开关拨到 V_{DD} , 即“减法计数档”时, 计数器进行减法计数, 直计到全“0”后, $\overline{CO/ZD}$ 端输出一个低电平, 表示计时的结果。计时输出的频率 f 为 $(f_{in} \div N)$ 。

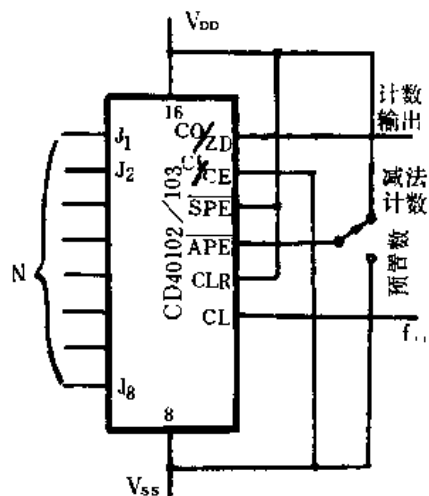


图 7-38 可编程计时器

例 39 固定十进制数输出电路

一、应用电路

二、电路结构说明

固定十进制数输出电路, 由计数器 CD4034B 和“或非”门 CD4001 及开关构成的。CD4034B 是由 5 个十进制计数器 (分别代表个、十、百、千、万) 串行连接而成的计数器, 其输出由一个内部扫描电路控制。它的 5 个计数器的输出按序出现在 4 个 BCD 码输出端上。该电路接法使扫描电路不输入时钟脉冲时, 会使内部扫描电路“失灵”, 使得 BCD 输出

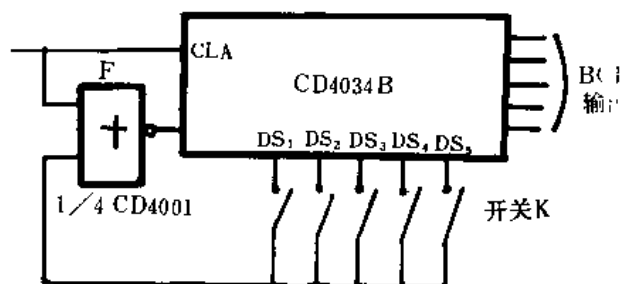


图 7-39 固定十进制数输出电路

固定为某一个计数器的输出。

当电路工作时，某一个计数器的十进制码被选中，这时对应的数字选择线（DS 线）上输出高电平，并在 BCD 码输出端上读出该计数器的十进制码。DS 线中， $DS_1 \leftrightarrow$ 个位， $DS_2 \leftrightarrow$ 十位， $DS_3 \leftrightarrow$ 百位， $DS_4 \leftrightarrow$ 千位， $DS_5 \leftrightarrow$ 万位。数字选择线用开关反馈到一个“或非”门。每当选择到某一位计数器（例如“十”位），则相应的 DS 线，例如（ DS_2 ）反馈到“或非”门，促使扫描电路无时钟脉冲输入，同时保持 BCD 输出不变。

例 40 除以 2~9 计数电路 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

利用双 4 位静态移位寄存器可构成 2~9 除法计数电路，担任双 4 位静态移位寄存器的是 CD4015。

本来，CD4015 适用于偶数进制电路，但是，只要在移位寄存器输入、输出之间插入一个反相器，也就是说仅需用一个 2 输入端的“与非”门来选通，便能构成适用于所有奇数进制的电路。这种结构的计数电路的输出占空比是 50%。

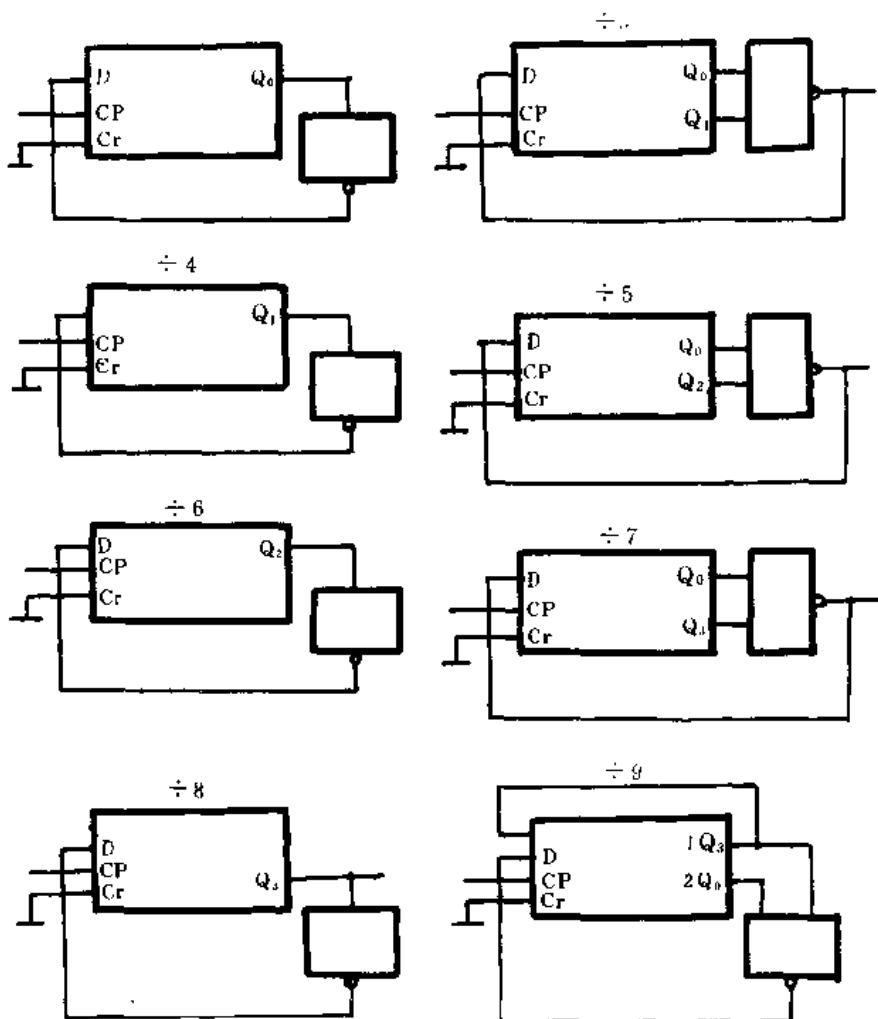


图 7-40 除以 1 计数电路 (1)

例 41 除以 2~9 计数电路 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

利用 CD4026 或 CD4033 的全段输出和进位输出附加控制电路，可较方便地组成除 2 至除 9 的计数电路。该电路计数到最大数时，控制电路的输出为“1”电平，同时使计数器复位清零，待下一个时刻时钟脉冲信号的触发后，计数器再重新开始计数。控制电路采用门电路及 D 型触发器构成。

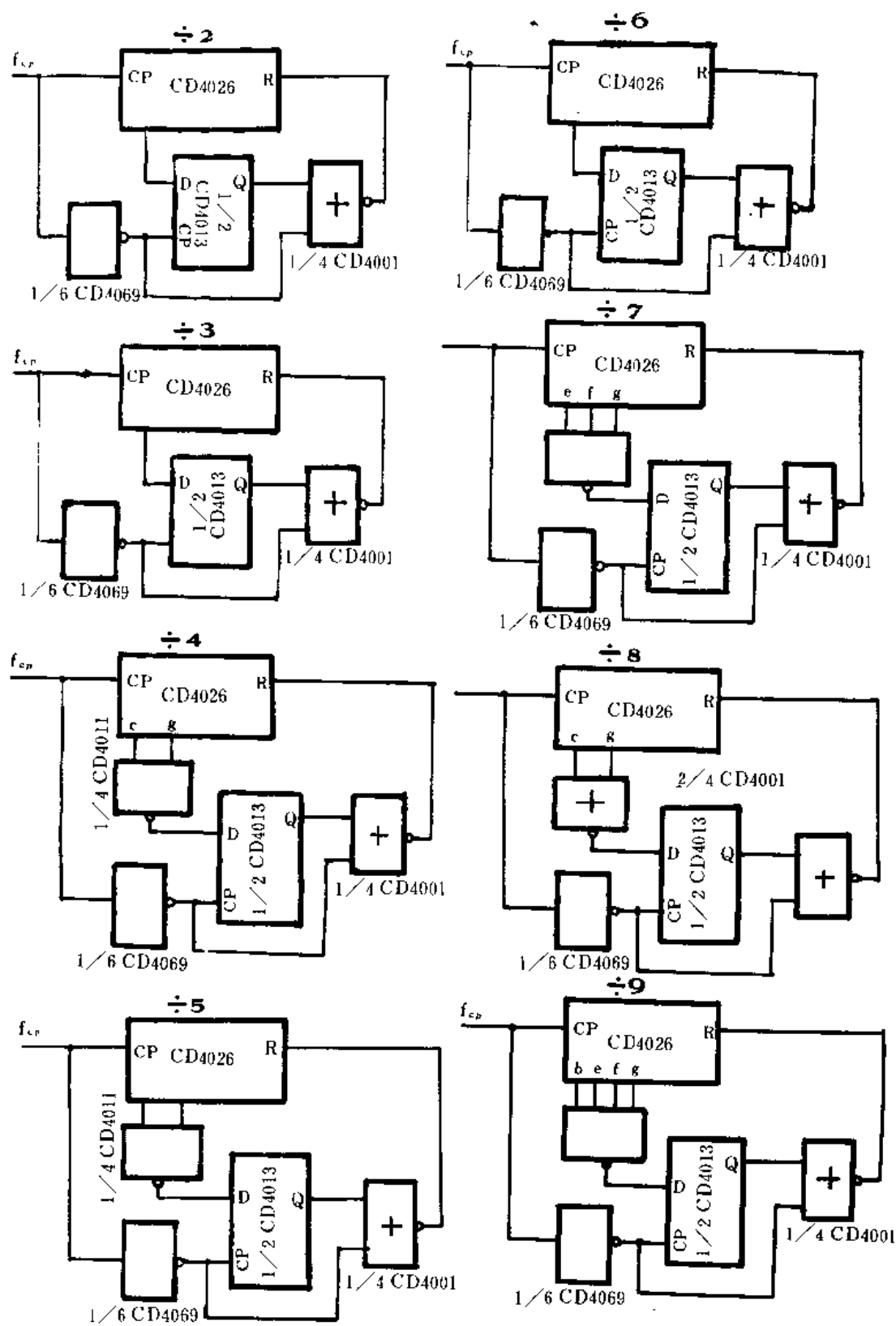


图 7 11 除以 2~9 计数电路 (2)

例 42 CH266/CH267 计数电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 CMOS 工艺制造的计数/锁存/译码/驱动“四合一”集成电路 CH266/CH267 等构成的计数器。

CH266 内部计数器按“二~六”进制方式工作，特别适用于秒、分、时转换的 60 分频电路；而 CH266 内部计数器按“二~十”进制工作。

图 7-42 中，CP 为时钟端；DF₁ 为显示交流信号输入端；R 为清零端，当 R = “1”，计数器复位。LE 为锁存控制端。

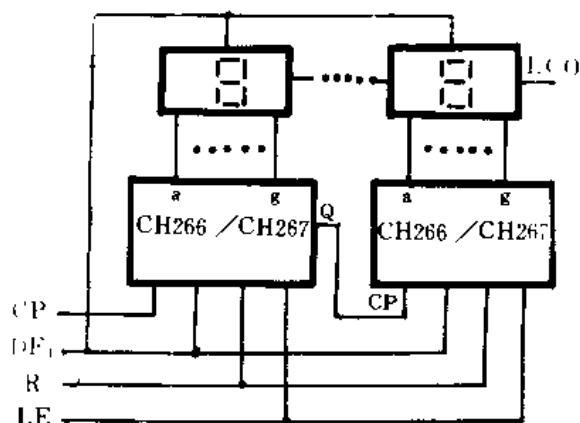


图 7-42 CH266/CH267 计数电路

CH266、CH267 可直接与液晶显示器连接（7 段显示），为适应液晶显示低压工作，电源宜采用 3~6V。CH266、CH267 驱动电流为 100μA，适应驱动液晶显示器。

电路中，当 LE = “1” 时，电路锁存，LE = “0” 时数据传输。DF₁ 连接成公共线，并用 100Hz 左右低频公共方波信号源驱动。

总之，当 R = “0”，LE = “0”，DF₁ 加 100Hz 左右方波，在 CP 端输入脉冲串时，计数器不断加计数。

R = “1” 时，计数器清零复位。

多位级联使用时，只要将 CH266、CH267 低位计数器 Q 端与相邻的高位 CP 端相接即可。

例 43 CD40110 计数电路

一、应用电路

二、电路结构说明

电路由计数/锁存/译码/驱动“四合一”集成电路 CD40110 等构成的计数器。

CD40110 驱动电流可适应于驱动发光二极管 LED 数码管，不需接口电路。

电路中，R = “1” 时，计数器复零。计数时脉冲从左 CD40110 的 CP_U 加入时为加法计数，从 CP_D 加入时为减法计数， $\overline{TE}$ = “0” 时，计数器工作， $\overline{TE}$ = “1” 时，计数器处于禁止状态。LE 为锁存控制端。LE = “1” 时锁存器输出不变，LE = “0” 时，实现数据的传输。

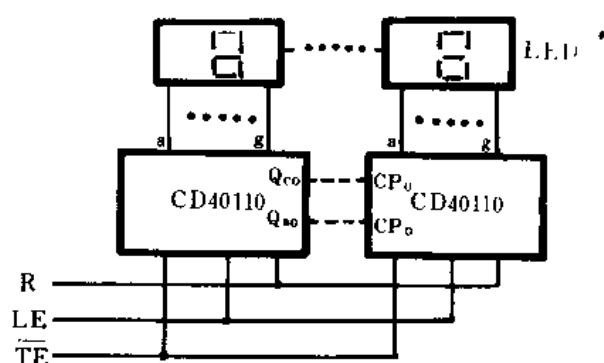


图 7-43 CD40110 计数电路

多位使用时，进位端 Q_{CO} 和借位端 Q_{BO} 都直接与相邻高位的 CP_U 和 CP_D 连接。以进位脉冲或借位脉冲上升沿起触发作用。

例如，用于加或减计数，这时， R 、 LE 、 $\overline{TE}$ 均接 GND，只要在 CP_U 或 CP_D 加入脉冲串就实现加或减计数。同时，LED 数码管记录输入脉冲数。

例 44 循环码计数器

一、应用电路

二、电路结构说明

循环码计数器电路，主要采用并入/串入-并出/串出移位寄存器 CD40195 构成。CD40195 的②、③两端与⑪联接在一起。

当常开开关 K_P 按下时， $\overline{R} = "0"$ ，电路清零。此时，⑪ = "1"，有② = ③ = ⑪ = "1"。第一个时钟脉冲 CP 来到后， $Q_0 = "1"$ ，接着继续来的脉冲，都送 "1"。到第 4 个脉冲 CP 到来后，使 $Q_0 \sim Q_3$ 已经全是 "1"，因此 $\overline{Q_0} = "0"$ ，又有② = ③ = ⑪ = "0"。随后 CP 继续作用，使 $Q_0 \sim Q_3$ 也变为 "0"。这样，整个电路构成八进制循环计数。

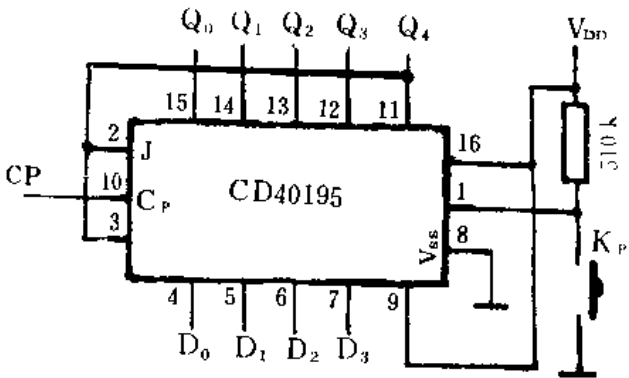


图 7-44 循环码计数器

显然，对应每一个时钟 CP，电路中只有一个触发器翻转，经译码后不会产生尖峰信号。但要注意，工作开始时 CD40195 先要清零或置于计数顺序状态。

例 45 红外光控可逆计数器

一、应用电路

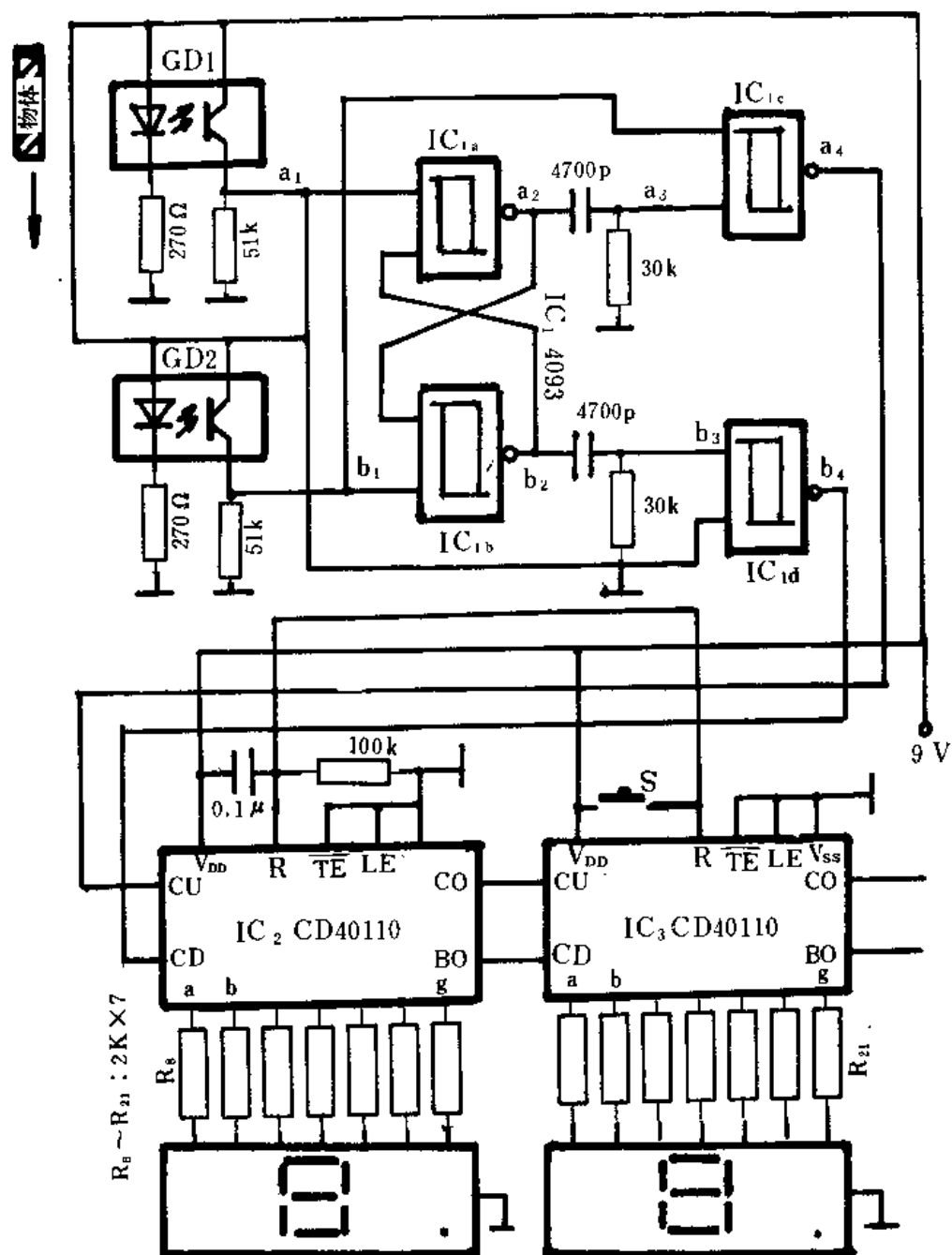
二、电路结构说明

十进制加/减计数/译码/锁存/驱动器 CD40110×2 和 2 输入端 4 施密特触发器 CD4093 等构成的红外光控可逆计数器。

图 7-45 (b) 为反射式红外光电传感器 GD_1 、 GD_2 外型及结构图。它将红外发光二极管和光敏三极管封装于一体，二者夹角 35° ，其焦点相交于距面端约 5mm 处。工作时，红外发光二极管发出 $920\mu\text{m}$ 波长不可见光。光敏三极管暗电阻大于 $5\text{M}\Omega$ ，亮电阻小于 500Ω 。在 CE 之间接一个 6800P 电容为抗干扰。二只传感器 GD_1 、 GD_2 并装于一起，放置在图 (a) 左边、且距物体 $5 \sim 10\text{mm}$ 。当物体自上而下运动时，首先挡住 GD_1 ，进而 GD_1 和 GD_2 ，然后仅挡住 GD_2 ，最后物体离开二只传感器。传感器工作时 $IC_{1a} \sim IC_{1d}$ 的逻辑状态如下表：

逻辑状态表

传感器工作状态	a_1	b_1	a_2	b_2	a_3	b_3	a_4	b_4
1. 无物体阻挡	0	0	1	1	0	0	1	1
2. 物体挡住 GD_1	1	0	0	1	0	0	1	1
3. 物体挡住 GD_1 和 GD_2	1	1	0	1	0	0	1	1
4. 物体挡住 GD_2	0	1	1	0		0		1
5. 无物体阻挡	0	0	1	1	0		1	1



(a) 电路图

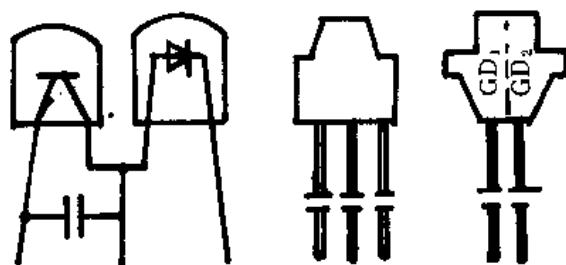


图 1 红外光控可逆计数

电路图中, IC₂、IC₃ 为 CD40110, 其输入端 CP_U 为上跳变脉冲输入时, 计数器作加计数。当 CP_D 端有上跳变脉冲输入时, 计数器作减法计数。从而便实现了物体上或下运动而自动进行加或减的可逆计数功能。

一、应用电路

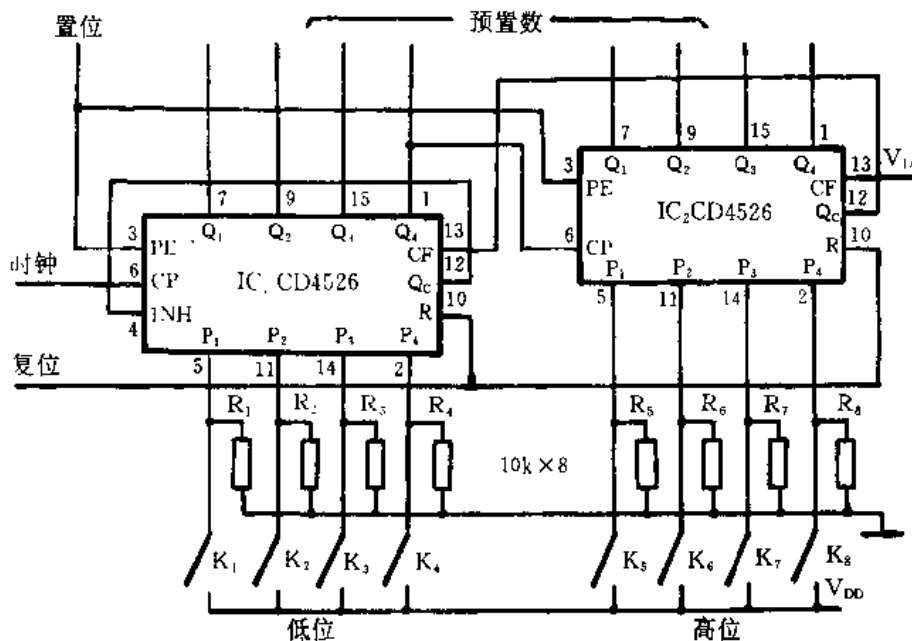


图 7-46 程控减法计数器

程控减法计数器采用可预置数 4 位二进制 1/N 计数器 $2 \times \text{CD4526}$ (IC_1 、 IC_2)、拨盘开关 $\text{K}_1 \sim \text{K}_8$ 、电阻网络 ($\text{R}_1 \sim \text{R}_8$) 构成。

在时钟脉冲作用下,预置数通过拨盘开关将 $P_1 \sim P_4$ 送入计数,首先由低位计数器 IC_1 进行减法计数,当 IC_1 的 $Q_1 \sim Q_4$ 端输出“1111”,再向 IC_2 (高位计数器)发出一个借位信号,使高位计数器 IC_2 减 1,直到 IC_2 也减到零。这时 IC_1 的 CF 为高电平, O_c 也为高电平,并反馈至时钟禁止端 INH,于是计数器停止计数。如果重新预置入新的数据,预置脉冲到达后就会使计数器重新得到预置数据,从而完成了由程序控制的减计数器功能。

例 47 可编程并行加法计数器

一、应用电路

二、电路结构说明

可编程并行加法计数器,是由 3 块可预置 4 位二进制计数器(带异步清零)CD40160(IC₁

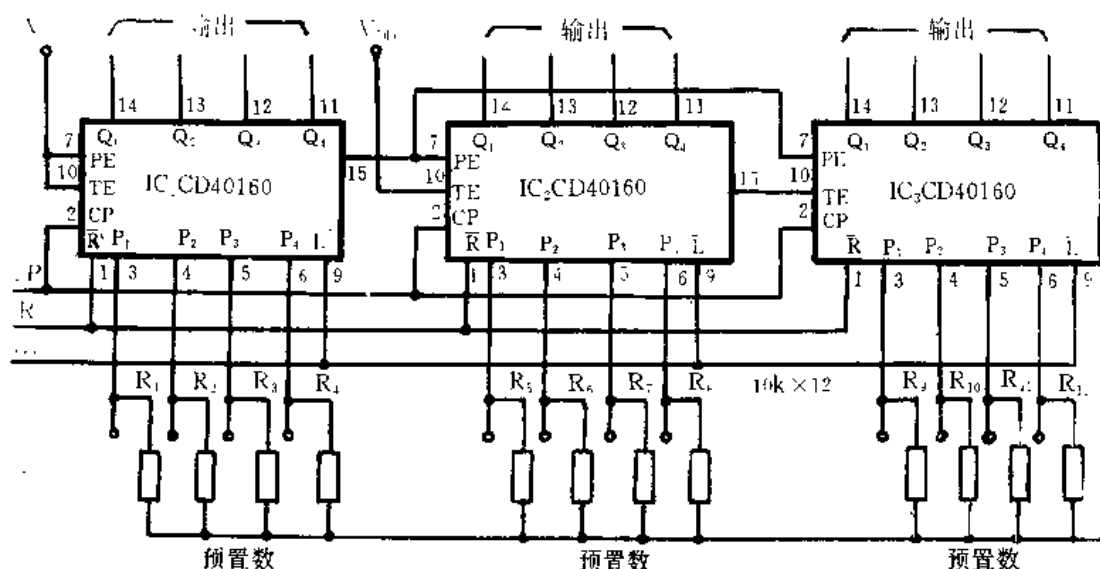


图 7-47 可编程并行加法计数器

IC₂、IC₃) 构成。IC₁、IC₂、IC₃ 的① ($\bar{R}$)、⑨ ($\bar{LO}$) 脚与② (CP) 脚分别并接在一起。IC₁ 的⑩脚与⑦脚接 V_{DD} ，而⑮脚与 IC₂、IC₃ 的⑦脚联接。而 IC₂ 的⑮脚却接 IC₃ 的⑩脚。

当计数时，IC₁ 的 Q₁~Q₄ 输出端为“1001”时，其⑮脚输出给 IC₂ 的⑦脚高电平，而此时时钟脉冲 CP 才输入到 IC₂，使 IC₂ 开始计数。同理，只有当 IC₁、IC₂ 的⑮脚都有高电平输出时，时钟脉冲 CP 才能输入到 IC₃，使 IC₃ 开始计数。

电路程控的预置数可由 BCD 拨盘开关或计算机控制输入。

例 48 可编程串行加计数器

一、应用电路

二、电路结构说明

可编程串行加计数器，是采用可预置 BCD 加计数器（带异步清零）3×CD40160 (IC₁、IC₂、IC₃)、6 反相器 $\frac{1}{2}$ CD4069 (G₁、G₂)、电阻网络等构成。电路是 3 级串行加计数器，IC₁~IC₃ 的控制端 TE、PE 均接 V_{DD} ，复位端 $\bar{R}$ 并接在一起，预置控制端 $\bar{LO}$ 也并接在一起，使电路在低电平时各级均清零。

电路接通电源时，TE、PE、 $\bar{LO}$ 、 $\bar{R}$ 同时为高电平，时钟脉冲正跳变作用下，计数器进行计数。当第一级 IC₁ 计数到最大值“1001”时，Co 端输出一个相当于 Q₁ 脉宽的高电平，经门 G₁ 反相后输入第二级 IC₂ 的 CP 端作为时钟脉冲。第二级的输出、第三级的输入与第一、二级间过程相同，直至 3 级计数器输出均为最大值时，电路完成一个周期的串行计数功能。

3 级计数器的预置数 P₁、P₂、P₃、P₄ 可由 BCD 拨盘开关输入或受计算机控制。

~Q_i 输出。由于电路中各级的 R 端均接 GND，所以不存在清零状态。

例 51 双时钟并行计数器

一、应用电路

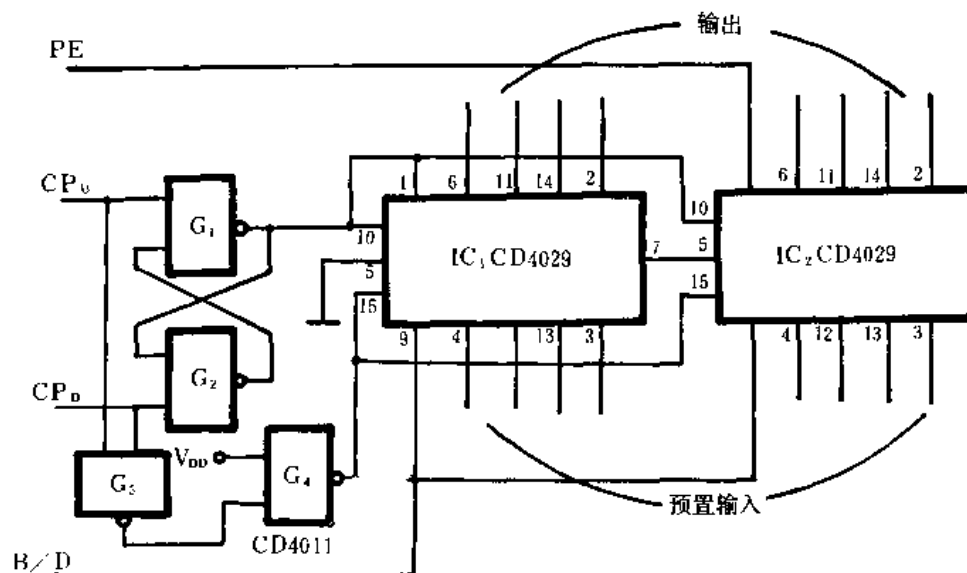


图 7-11 双时钟并行计数器电路

二、电路结构说明

双时钟并行计数器采用 2 输入端 4 “与非”门 CD4011、可逆计数器 CD4029 (IC₁、IC₂) 构成。其中 CD4011 的门 G₁~G₄ 组成双时钟/单时钟转换器。

当计数器计数时，CP_D 为高电平，时钟信号从 CP₀ 输入，计数器进行加法计数；当 CP₀ 为高电平时，时钟信号从 CP_D 输入，计数器进行减法计数。电路中把 IC₁ 的⑮脚与 IC₂ 的⑮脚并联，把低位计数器的进位输出端 IC₁⑦脚与 IC₂ 的高一位进位输入端⑤脚相联。这样，就实现计数器的并行计数操作。

例 52 $3\frac{1}{2}$ 位计数电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路由 3 位 BCD 计数器 IC₁ (CD4553B)，BCD7 段锁存/译码/驱动器 IC₂ (CD4511) 和 2 输入端 4 “或非”门 H₁、H₂ ($\frac{1}{2}$ CD4001) 等构成。

电路中，由 CD4553B 组成的 $3\frac{1}{2}$ 位十进制计数器，最高计数值为“1999”。CD4511 作译码等，显示部分用 3 只共阴极 LED 数码管和两只偏方形 LED，千位“1”由两只偏方形 LED 显示。

电路中，IC₁ 的 LE 端 (⑩脚) 接 GND，IC₁ 执行送数。DIS 端 (⑪脚) 是时钟抑制端接 GND，让输入计数脉冲计数。在③、④脚之间接 1000p 电容来设定扫描振荡频率，作芯片内部时钟。

电路加电时，由于 0.1μ 电容不能突变，这时正脉冲触发⑬脚 (MR 端) 使 IC₁ 复位，同

时使 H_1 、 H_2 组成的 R-S 触发器的 H_2 输出低电平,两只显示千位“1”的 LED 不亮;计数脉冲输入至 IC_1 , IC_1 数字选择输出 $\overline{DS}_1 \sim \overline{DS}_3$ 分别对应于 IC_1 ①脚、②脚、③脚作为分时输出同步控制信号,用以形成动态个、十、百的 LED 数码管显示方式,低电平有效。即当 $\overline{DS}_1 = “0”$ 时,通过 IC_1 内部多路转换器,输出的计数结果是个位计数器的计数值。当 $\overline{DS}_2 = “0”$ 时,是十位计数器的计数值;当 $\overline{DS}_3 = “0”$ 时,是百位计数器的计数值。 $\overline{DS}_1 \sim \overline{DS}_3$ 在某一时刻只有一个为低电平“0”,并

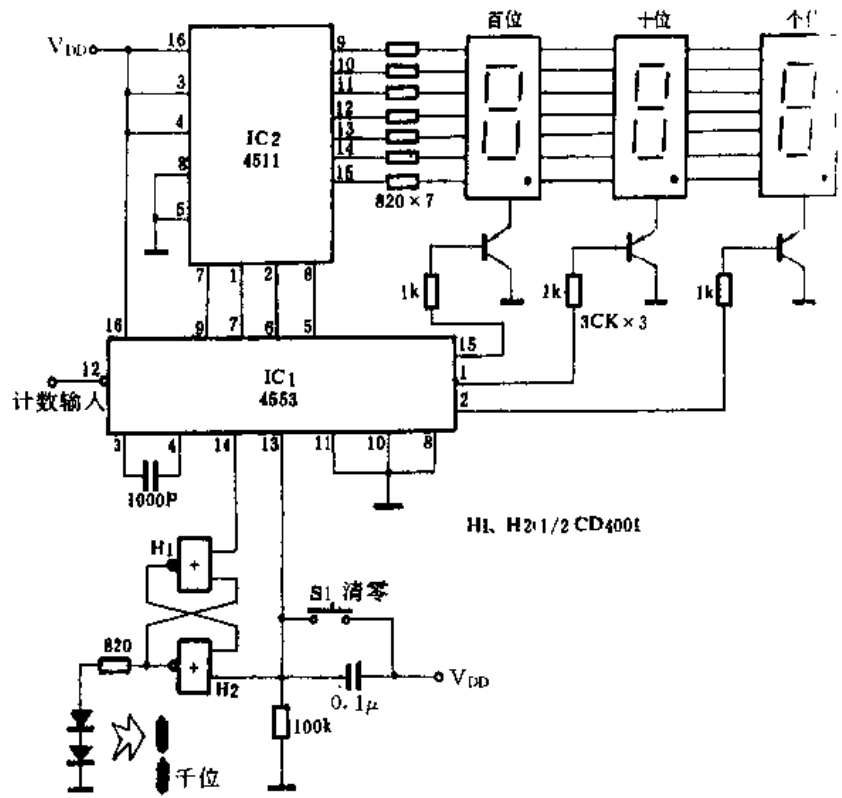


图 7-52 $3\frac{1}{2}$ 位计数电路

周期循环,形成一个 3 位时序信号。当电路计数值由“999”变为“000”时, IC_1 的⑭脚输出一个正脉冲,触发 R-S 触发器,此脉冲使 H_1 输出低电平, H_2 输出高电平,故两只 LED 点亮,整个显示部分显示出“1000”字样,从而组成 $3\frac{1}{2}$ 位计数电路。

IC_1 的②脚计数输入端可用光电转换、磁电转换、声电转换等,这样,此电路可用于各种计数场合。当时钟输入端加一单稳电路,便可用于人工手动计数。

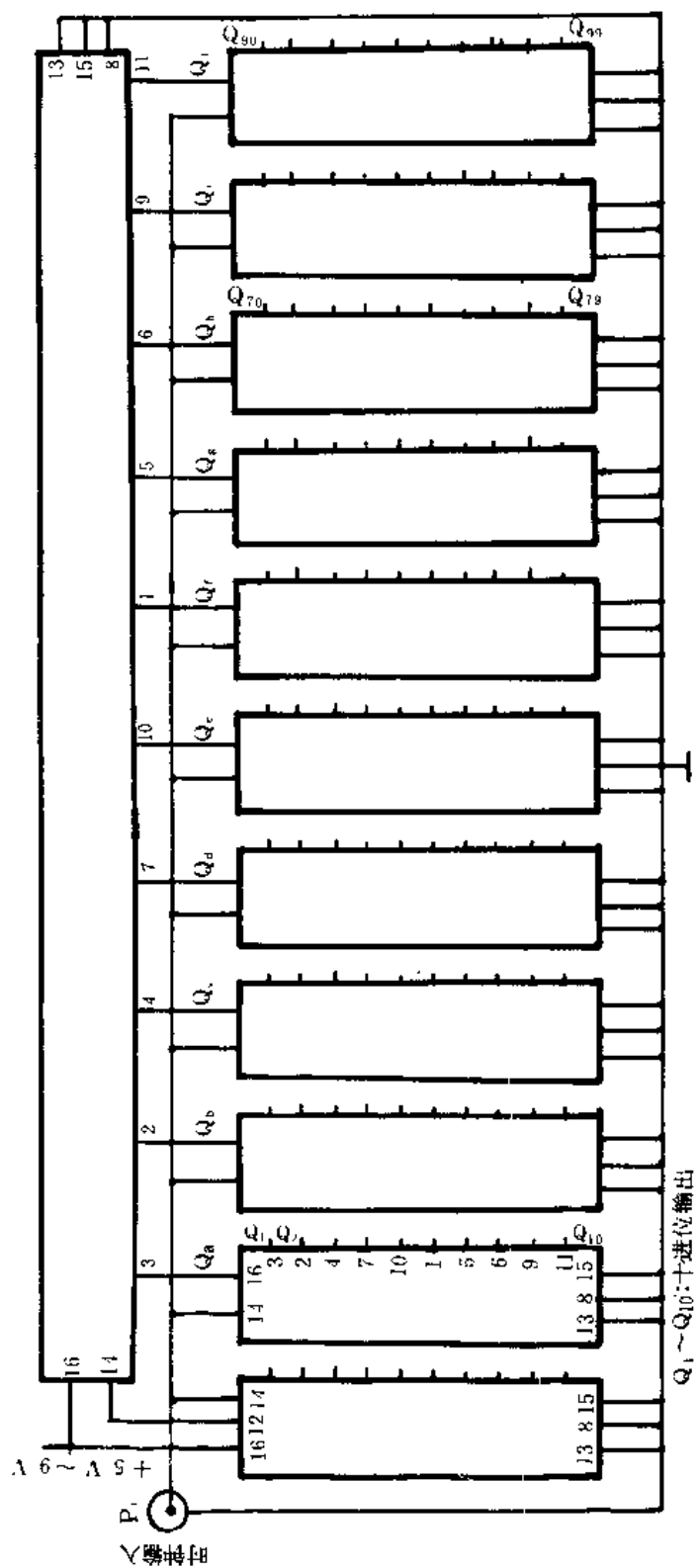
例 53 100 级独立输出的计数显示器

一、应用电路

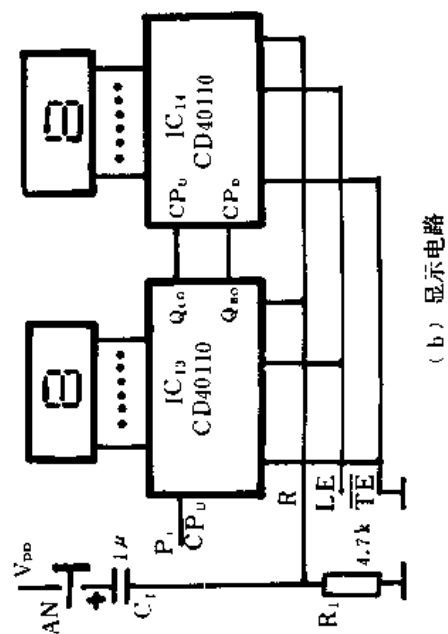
二、电路结构说明

本电路为由十进制计数器/分配器 $IC_1 \sim IC_{12}$ (CD4017×12) 和计数/锁存/7 段译码/驱动器 IC_{13} 、 IC_{14} (CD40110×2) 等构成的 100 级独立输出的计数显示器。

电路中,电路图 7-53 (a) 中, CD4017×12 的顺序排列: 横为 IC_{11} , 竖的从左至右为 IC_{12} 、 $IC_1 \sim IC_{10}$ 。 IC_{12} 以它输入脉冲的 1/10 (即 IC_{12} 从 $Q_0 \sim Q_9$ 每计 10 次后其⑫脚 CO 进位端) 向 IC_{11} (⑭脚) 送入时钟脉冲,使 IC_{11} 的 10 个输出端 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平。 IC_1 第一个被 Q_0 的输出激活,它的 $Q_1 \sim Q_{10}$ 随着下一组 10 个脉冲的输入依次变为高电平。接着 IC_{11} 的⑭脚又得一个正脉冲,使 IC_2 进入激活状态。 IC_2 的输出 $Q_{11} \sim Q_{19}$ 又随着下一组的 10 个脉冲的输入依次输出高电平……以此继续下去直至第 100 个输出高电平。这样 $Q_1 \sim Q_{100}$ 逐个依次输出高电平,并依次将前 10 个输出变为低电平。



(a) 计数电路



(b) 显示电路

图 7-13 100 级独立输出的计数显示器

图 7-53 (b) 为显示部分, 采用 IC₁₃、IC₁₄ 直接驱动 LED 数码管发光。与前面计数同步输入 P₁ 脉冲至加输入端 CP_U, 经 IC₁₃、IC₁₄ 计数/锁存/7 段译码/驱动 LED 数码管显示 0~99 数字。开机清零、手动复零电路由 AN、C₁、R₁ 等组成。AN 为常闭按钮开关。当开机瞬间, 由 C₁、R₁ 组成微分电路给 CD40110 的 R 端来一个正尖脉冲, 使显示 “00”。AN 是手动清零, 按一下 AN, 即可使显示 “00”。

例 54 易读 4 位二进制显示器

一、应用电路

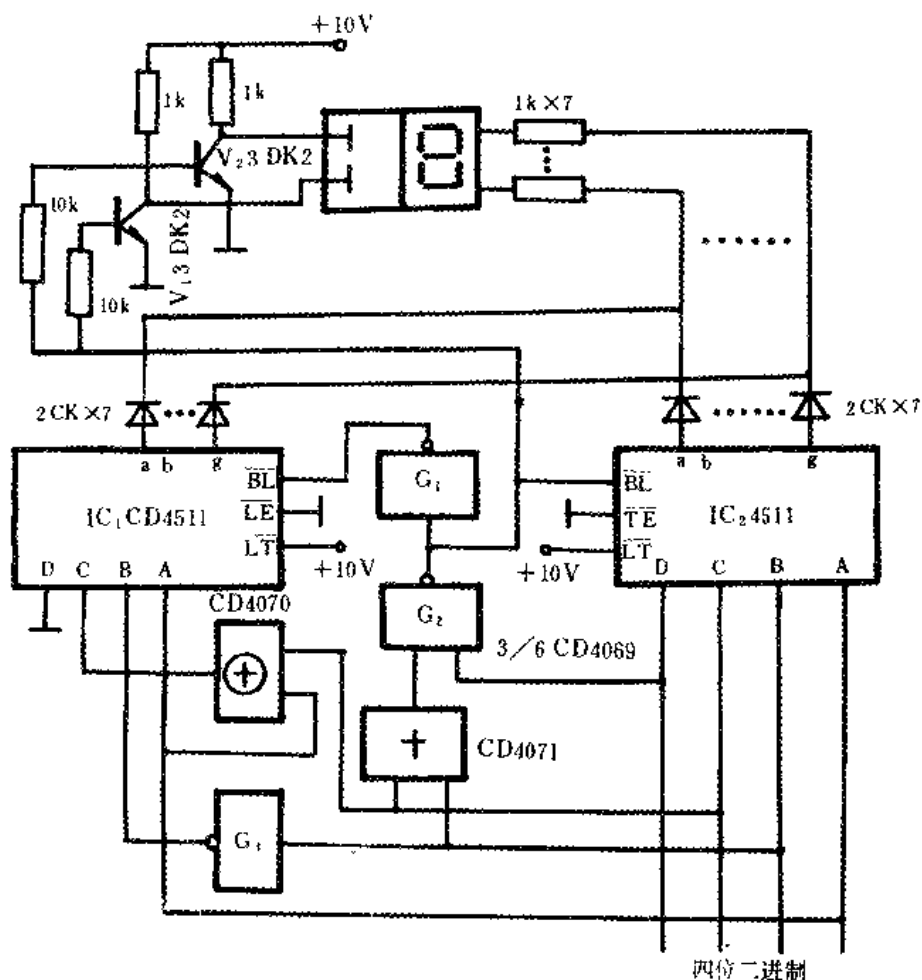


图 7-54 易读 4 位二进制显示器

二、电路结构说明

采用 2 块 BCD-7 段锁存/译码/驱动 CD4511 (IC₁、IC₂)、反相器 3/6 CD4069、“异或”门 CD4070 等构成二位十进制数来显示 16 个数的方法, 具有易读特点。IC₁、IC₂ 的消隐端 $\overline{BL}$ 之间接一反相器 G₁, 这样在同一时刻 IC₁、IC₂ 轮流工作。也就是同时刻只有其中之一在工作。

当 A、B、C、D 输入二进制数码为 “0000~1001” 时, IC₂ 在工作 (对应此时的数码管显示 0~9)。当数码大于 “1001” (即 0101 后) 时, IC₁ 进入工作状态 (数码管 10 位数显示为 1), 而此时 A、B、C、D 为 “0000”。

10 位数数码管“1”的笔划用两个 3DK2 驱动显示。译码器输出端接二极管 2CK 是起“或”门作用。而个位数减 10 以后受 IC₁ 译码驱动，显示 0~5。

例 55 移位寄存器

一、应用电路

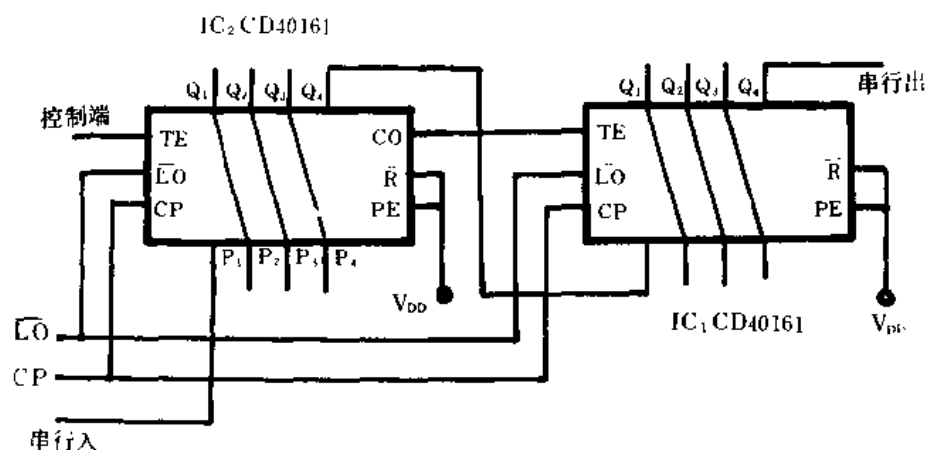


图 7-55 移位寄存器

二、电路结构说明

这种移位寄存器，由可预置 4 位二进制计数器（带异步清零）2×CD40161 (IC₁、IC₂) 构成。IC₁、IC₂ 的 $\bar{R}$ 、PE 端接 V_{DD}。

假定 $\bar{L}\bar{O}$ 处于高电平时，若 TE 为高电平，据 CD40161 真值表可知，计数器执行计数；若 TE 为低电平，CD40161 执行输入数据操作。由于 IC₁ 与 IC₂ 中的每一位输出和高一位输入相联，所以当串行数据从 IC₁ 的 P₁ 端输入后，且在 $\bar{L}\bar{O}$ 为低电平时，输出端 Q₁ 便将输出状态置入 P₂，并由 Q₂ 输出，也就是使 Q₁ 向右移一位。接着以此类推，电路逐步执行后移操作，实现移位寄存。

例 56 左/右移位寄存器

一、应用电路

二、电路结构说明

左/右移位寄存器，可用 4 组“与/或”选择器 CD4019B、4 个 D 触发器 CD4013 构成。

CD4019B 的“与或”选择门接成 K_a、K_b 公共控制端。每个“与或”选择门实际上是 2 个 2 输入端的“与门”驱动 1 个 2 输入端的“或”门，并由控制端 K_a 和 K_b 来选择输出是 A 信号、B 信号，还是 A+B 信号。

当 K_a = “1”，K_b = “0”时，移位寄存器执行左移功能；当 K_b = 1 和 K_a = 0 时，移位寄存器执行右移功能。

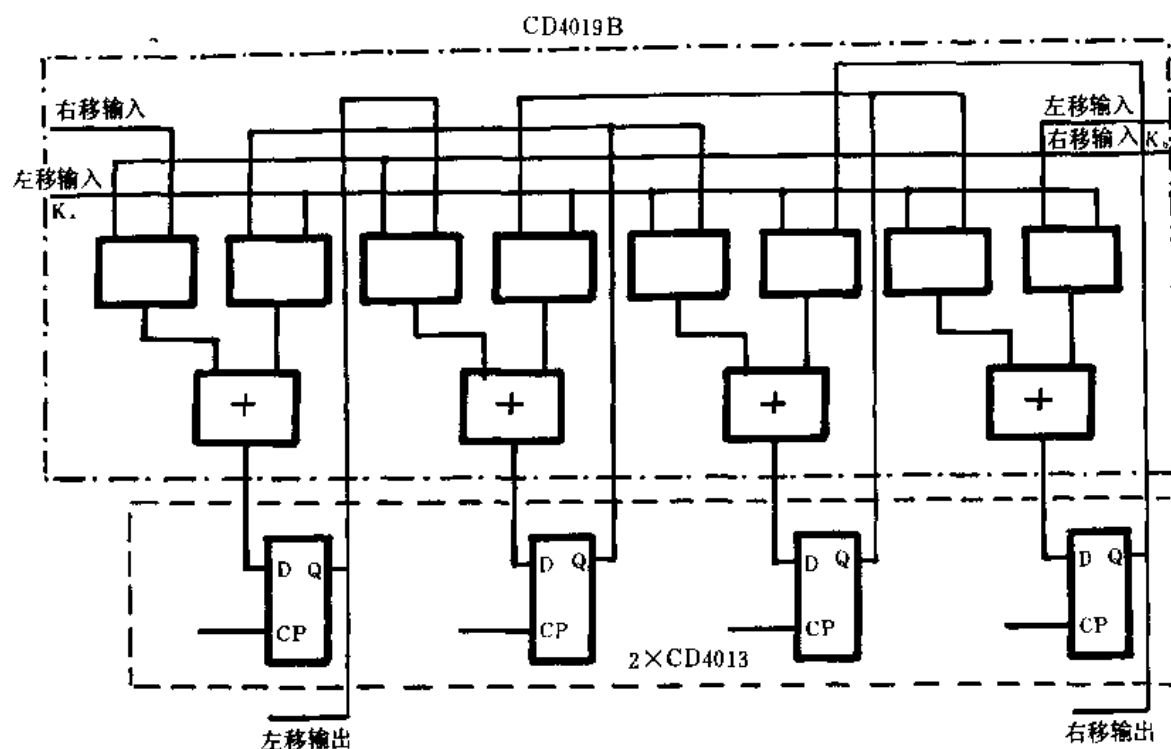


图 7-56 左/右移位寄存器

例 57 液位检测器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 施密特触发器 G_1 、 G_2 ($\frac{1}{4}$ CD4093) 等构成的液位检测器。

电路中, G_1 和 R_1 、 C_1 组成多谐振荡器, 若将两个感应片作液位检测器的探头, 浸入导电液中, 通过交流耦合电容 C_2 和 C_3 , 以及二极管, 给电容 C_4 充电, 于是在很短的时间后, G_2 输入端变成高电平, G_2 输出端变成低电平, 继电器闭合。继电器可用来启动水泵, 这样就能轮番控制液位了。如果两个感应片之间的导电通路一经消失, C_4 将通过 R_2 放电, 这时 G_2 输出变成高电平, 继电器接点断开。

大多数情况下, 液体和传感器感应电极之间的电解作用, 使金属电极易被腐蚀而失效, 使导电性降低, 需频繁地更换电极, 本液位检测器是使感应电极之间存在交流电位而不是直流电位。这样, 电极的极性不断变更, 避免了电极被电解。

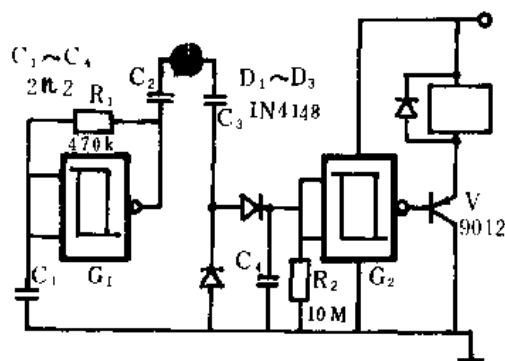


图 7-57 液位检测器

例 58 N 级移位寄存器

一、应用电路

二、电路结构说明

N 级移位寄存器，是用 n 个 CD4013 组成的 D 触发器串接而成的。从电路图可以知道，时钟脉冲同步输入各 D 触发器的 CL 端，而数据信号却是逐级移位进入各 D 触发器的。

D 触发器是主从型的触发器。只有 CL 负沿时输入信号，才有它向下一个 D 触发器正边沿时的输出信号。这样，若干个 D 触发器串接，就够成了一个移位寄存器。一般情况下，只要 CL 信号有足够的负载能力的话，便可组成若干级移位寄存器。

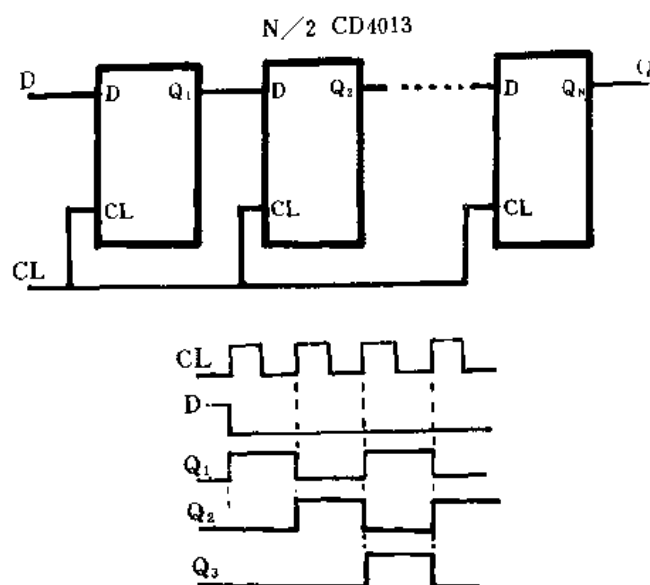


图 7-58 N 级移位寄存器

例 59 8 选 1 译码器

一、应用电路

二、电路结构说明

利用双 4 选 1 译码器 CD4555B 两块级联，加上反相器，可以制成 8 选 1 译码器。CD4555B 真值如下表。

输入使能选择			输出			
$\bar{E}$	B	A	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0
1	$\varnothing$	$\varnothing$	0	0	0	0

注： $\varnothing$ 为任意值

从真值表可以看出：当 CD4555B 的使能端 $\bar{E} = "1"$ 时，译码器禁止输出。也就是不管 A 和 B 端的状态如何，4 个输出端全部为 "0"。而只有在 $\bar{E} = "0"$ 时才选通。

CD4555B 经过级联，并在 $\bar{E}$ 端加上反相器后情况有所不同。当 $\bar{E} = "0"$ 时，低位 IC₁ 的 $Q_0 \sim Q_3$ 开通且有输出。这时 IC₂ 没有导通，也无输出。当 $\bar{E} = "1"$ 时，IC₁ 被禁止，而经过反相器的作用，高位 IC₂ 的 $\bar{E} = "0"$ ，IC₂ 的 $Q_4 \sim Q_7$ 选通而有输出。

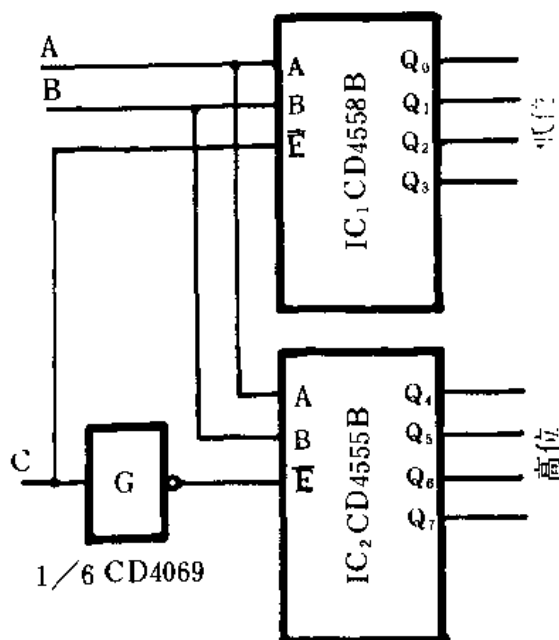


图 7-59 8 选 1 译码器

例 60 16 选 1 译码电路

一、应用电路

二、电路结构说明

16 选 1 译码电路，是由双二进制 4 选 1 译码器（高电平输出有效） $2 \times \text{CD4555}$ ($\text{IC}_1 \sim \text{IC}_4$)、双二进制 4 选 1 译码器（低电平输出有效） $\frac{1}{2} \text{CD4556}$ (IC_5) 构成的。它常用作分离器电路。

CD4555 的 $\text{IC}_1 \sim \text{IC}_4$ 地址输入端 A、B 采用并联，允许控制端 $\overline{\text{EN}}$ 受 CD4556 (IC_5) 的输出端控制。当 IC_5 的 $\overline{\text{EN}}$ 端为高电平时，整个电路处于禁止输入状态，此时所有数据输出端均为低电平。当 IC_5 的 $\overline{\text{EN}}$ 为低电平时，C、D 地址码将选择 $\text{IC}_1 \sim \text{IC}_4$ 中的 $\overline{\text{EN}}$ 且为低电平，于是允许这一路数据输入。

以 IC_5 的 $\overline{\text{EN}}$ 端输入数据和选择端 (A、B、C、D) 的电平状态，可以决定相应的输出端 Q。三者关系的真值表如下：

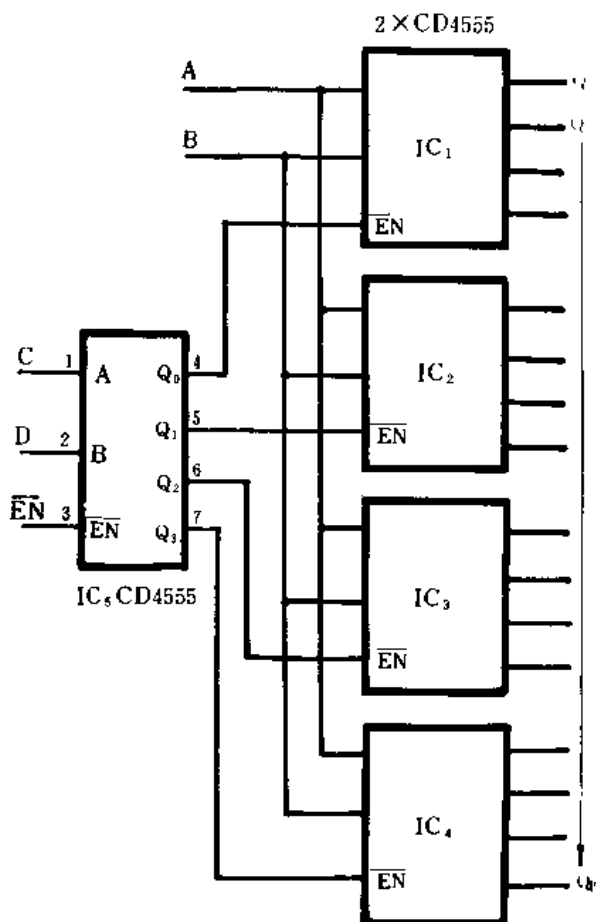


图 7-60 16 选 1 译码电路

CD4556					CD4555			
$\overline{\text{EN}}$	$\overline{\text{Q}}_0$	$\overline{\text{Q}}_1$	$\overline{\text{Q}}_2$	$\overline{\text{Q}}_3$	$\text{Q}_0 \sim \text{Q}_3$	$\text{Q}_4 \sim \text{Q}_7$	$\text{Q}_8 \sim \text{Q}_{11}$	$\text{Q}_{12} \sim \text{Q}_{15}$
1	1	1	1	1	禁止	禁止	禁止	禁止
0	由输入端 C、D 状态来决定				由输入端 A、B、 $\overline{\text{Q}}_0$ 状态来决定	由输入端 A、B、 $\overline{\text{Q}}_1$ 状态来决定	由输入端 A、B、 $\overline{\text{Q}}_2$ 状态来决定	由输入端 A、B、 $\overline{\text{Q}}_3$ 状态来决定

例 61 除以 8 计数器/译码器

一、应用电路

二、电路结构说明

除以 8 计数器/译码器电路由 CD4022 构成。 CD4022 内部含有 4 级约翰逊计数器、8 进制译码输出门和 1 个进位电路。

电路中，由于 CD4022 复位端 R 和时钟启动端 CE (INH) 接 GND，因此有： $R = "0"$ 、 $\text{INH} = "0"$ ，⑭脚为脉冲上升沿触发，译码输

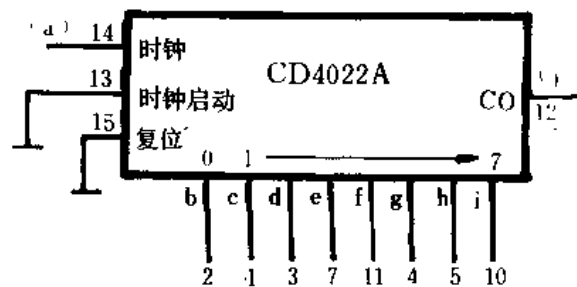


图 7-61 除以 8 计数器/译码器电路

出为“n+1”即计数状态。

应当指出：CD4022 除以 8 计数器具备计数和译码两种功能。

例 62 四进制计数译码器

一、应用电路

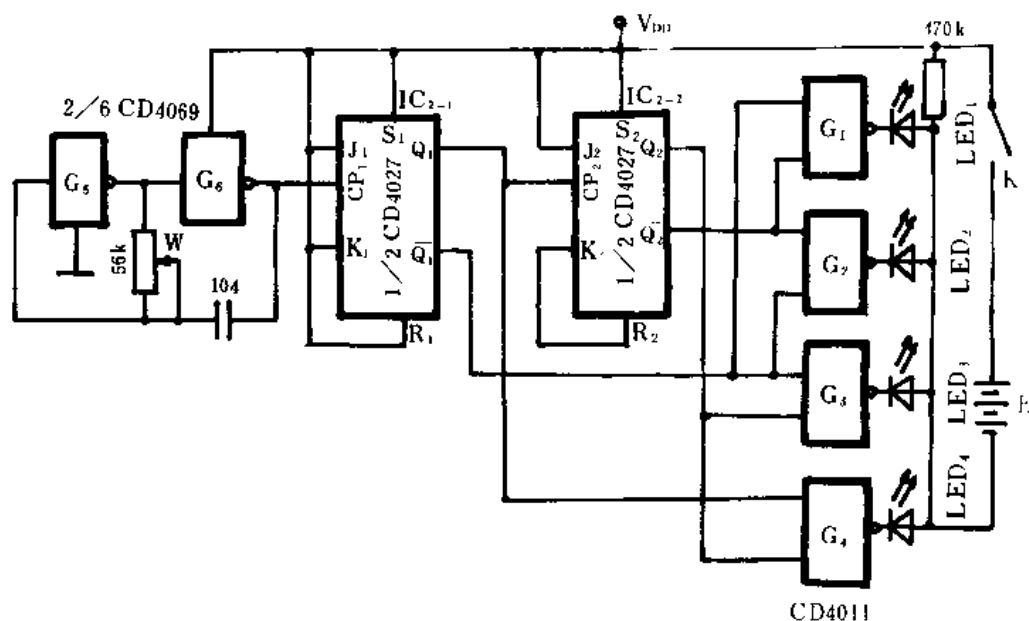


图 7-62 四进制计数译码器

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 G_5 、 G_6 ($2/6$ CD4069)、2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011)、双主从 J-K 触发器 IC_{2-1} 、 IC_{2-2} (CD4027) 等构成的四进制计数译码器。

电路中，“非”门 G_5 、 G_6 等组成多谐振荡器，用来产生时钟信号，2 个 J-K 触发器用作计数，实际是组成 T 触发器，4 个“与非”门用作译码驱动 4 个发光二极管进行显示。合上开关 K， G_5 、 G_6 产生振荡， IC_{2-1} 、 IC_{2-2} 得一个脉冲改变一次状态， IC_{2-1} 的 CP_1 得第一个脉冲， IC_{2-1} 的 $Q_1 = "1"$ 。这时 IC_{2-2} 的 CP_2 也为“1”， IC_{2-2} 的 $Q_2 = "1"$ ，则 G_4 2 输入端为“1”，故输出为“0”，则 LED_4 亮。第二个脉冲触发 CP_1 时，则 $Q_1 = "0"$ ， $\overline{Q}_1 = "1"$ ，因为 $CP_2 = "0"$ ， Q_2 仍为“1”。这时， G_3 的 2 输入端为“1”，则 G_3 输出为“0”， LED_3 发光。第三个脉冲触发 CP_1 时，则 $Q_1 = "1"$ ， $\overline{Q}_1 = "0"$ ，则 $CP_2 = "1"$ ， $\overline{Q}_2 = "1"$ 、 $Q_2 = "0"$ 。这时， G_2 2 输入端为“1”，而输出为“0”。则 LED_2 发光。第 4 个脉冲触发 CP_1 时， $\overline{Q}_1 = "1"$ 、 $Q_1 = "0"$ 。这时 $CP_2 = "0"$ ，则 G_1 2 输入端为“1”，而 G_1 输出为“0”，则 LED_1 发光，这样 G_5 、 G_6 组成的振荡器产生的脉冲不断触发 IC_{2-1} 的 CP_1 ，则 $LED_4 \sim LED_1$ 不断依次循环发光。

例 63 信号首入先出电路

一、应用电路

二、电路结构说明

信号首入先出电路，可由模拟门开关 CD4066、双单稳态触发器 CD4098、“或非”门

注意：单稳态触发器应接成可重复触发功能，且调整其 RC 能使单稳脉宽至少包含 2 个时钟周期。

例 64 减法计数器

一、应用电路

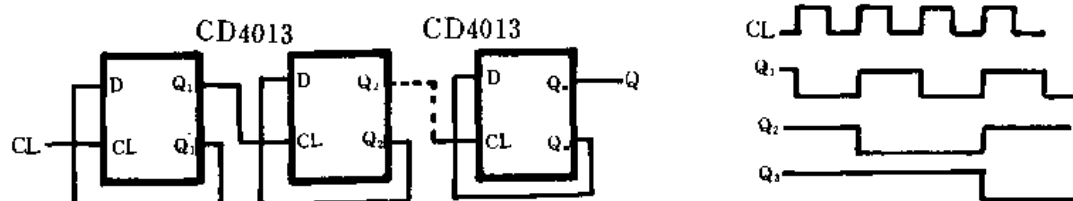


图 1-11 减法计数器

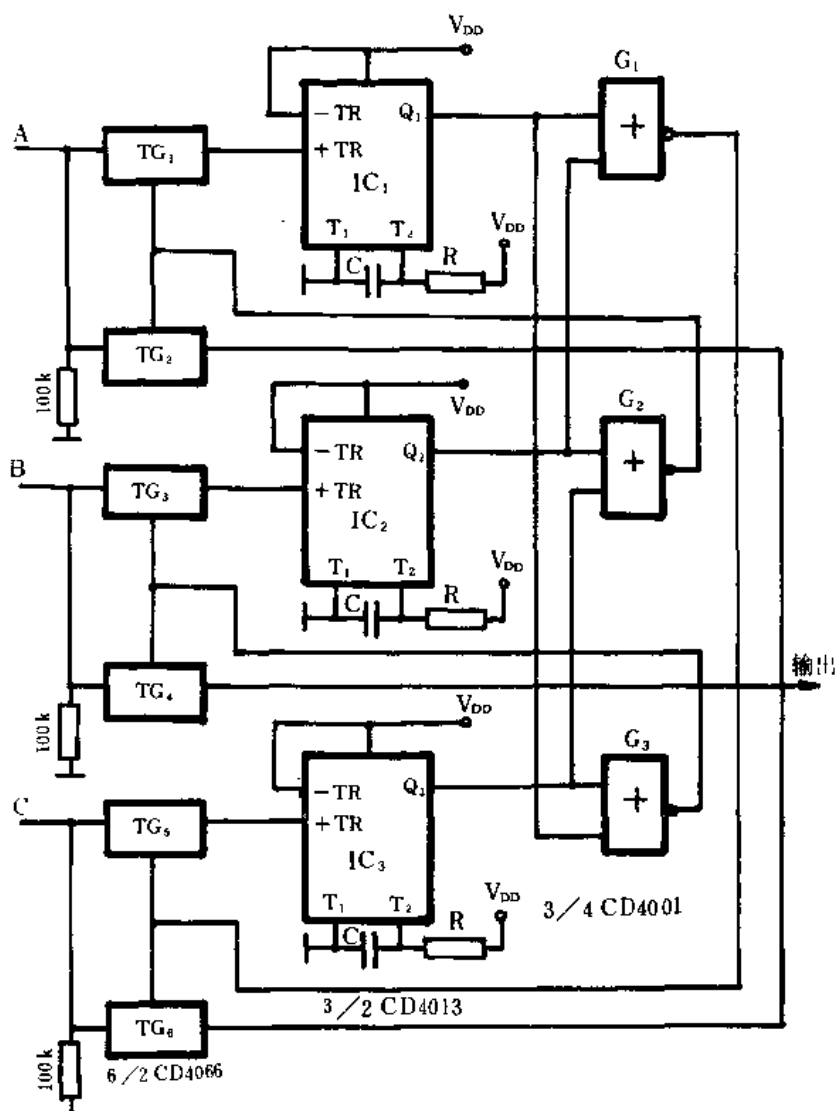


图 7-63 信号首入先出电路

二、电路结构说明

图 7-64 示出 N 个 CD4013 的 D 触发器构成的减法计数器。它的时钟脉冲是非同步型的，每个触发器的 $\bar{Q}$ 端和 D 端相连接，构成二分频器，然后级联起来。前级 Q 输出端接后级 CL 输入端作时钟触发信号。这样就组成了一个二进制的减法计数器。每增一级触发器，脉冲数减 $\frac{1}{2}$ 。如果 $\bar{Q}$ 输出改作为后一级的时钟触发信号，就组成一个二进制的加法计数器。

例 65 超前脉冲判断电路

一、应用电路

二、电路结构说明

超前脉冲判断电路采用双 D 触发器 CD4013 构成。

当时钟脉冲先从输入端 A 输入时，触发器 IC₁ 的 $Q_A = "1"$ 、 $\bar{Q}_A = "0"$ 。与 $\bar{Q}_A$ 相接的 IC₂ 的 $D_B = "0"$ ，那么，IC₂ 的 $Q_B = "0"$ 。反之，时钟脉冲先从 B 端输入时， $Q_A = "0"$ 。显然，时钟脉冲先到的那一端，触发器输出为高电平，且保持到下一个复位脉冲到来之前。这样，电路能检测出哪一端脉冲超前，具有判断与记忆功能。

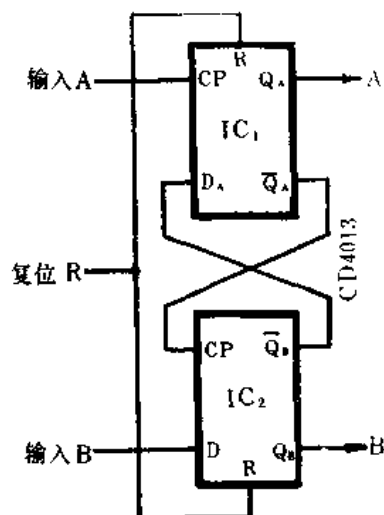


图 7-65 超前脉冲判断电路

例 66 串行进位级联电路

一、应用电路



图 7-66 串行进位级联电路

二、电路结构说明

串行进位级联电路工作过程：用 IC₁ (CD4518) 作为第一级计数器。当它计满 10 个脉冲后， Q_4 端由高电平变为低电平。经一级倒相后，它向实时五位十进制计数器 IC₂ (CD4534) 的 $CL \cdot A$ 端输出一个正脉冲，使得 CD4534 开始计数。等到第一块 IC₂ (CD4534) 计数满后， Co 端输出一个正脉冲，去作为第二块 IC₃ CD4534 的 $CL \cdot A$ 端的时钟脉冲。于是，IC₃ 接着开始计数。以上 3 块 IC 构成了串行进位级联电路。

第八章 测试、比较与鉴别

例 1 多用仪电路

一、应用电路

二、电路结构说明

由低功耗单稳/无稳多谐振荡器 CD4047 和阻容元件、发光二极管等构成一种多用仪电路。它可用来判断电路通断, 二极管极性与好坏, 电容容量大小等。

电路中, CD4047 的 $\bar{Q}$ 、Q 输出端输出振荡信号。两端脉冲信号频率为 $f=1/4 \cdot 4R_1C_1$, 但极性相反。

若探针 A、B 短接, LED₁ 与 LED₂ 会轮流闪光, A 与 B 之间开路, LED₁ 与 LED₂ 都不发光。利用这点, 可以判断被测电路的通断。

测二极管 D: 当探针 A 接 D 的负极, B 接 D 的正极, 此时只有 LED₁ 闪光; 反之, 只有 LED₂ 闪亮。它据此可判断出 D 的极性。若 LED₁、LED₂ 都不发光, 说明 D 管内部断路; 若 LED₁、LED₂ 闪亮, 说明 D 管短路。

估计阻值 R_x : 当探针 A、B 之间接有电阻 R_x 时, R_x 较大时, LED₁、LED₂ 亮度小; 反之, 亮度大。据此可以粗略估计出 R_x 的大小。

估测电容值 C_x : 当探针 A、B 之间接有一个较大的容量电容 C_x 时, 可据 LED₁、LED₂ 闪亮时间的长短, 比较而估测出电容 C_x 值的大小。

注意: 当开关 S 置于“1”档时, 振荡信号频率 $f=1\text{Hz}$ 。改变 R_1 、 C_1 的值, 可改变振荡频率。当 S 置于“2”档时, f 可调。因此, 多用仪也是一个频率可变的信号发生器。

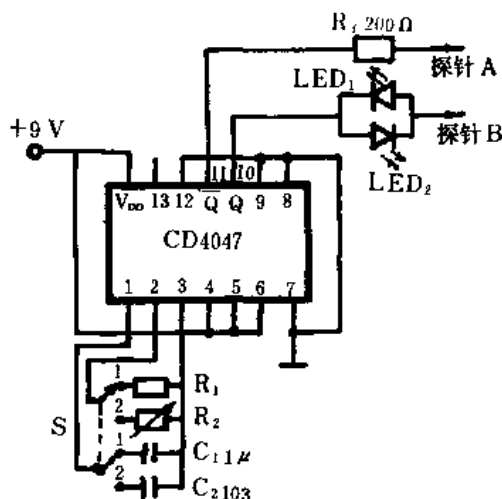


图 8-1 多用仪电路

例 2 金属探测器电路

一、应用电路

二、电路结构说明

图 8-2 中采用 6 施密特触发器 $G_1 \sim G_3$ ($\frac{3}{4}\text{CD}40106$) 和 4 “异或”门 G_4 ($\frac{1}{4}\text{CD}4070$) 等构成金属探测器电路。

电路中门 G_1 和 L_2 、 C_1 、 R_1 等组成 160kHz 的振荡器; 门 G_2 、 C_4 、 L_1 、 R_2 等组成一个频率可调约 161kHz 的振荡器。调 L_1 使两组振荡器的谐振频率相差 1kHz 左右。

两振荡器产生的振荡脉冲分别加在 G_4 ($\frac{1}{4}\text{CD}4070$) 的两输入端上, 在 G_4 的输出端得到低频差拍 1kHz 的信号与另一种为二次谐波高频 321kHz (或 319kHz) 的信号。低频 1kHz 信号顺利通过由门 G_3 、 R_4 、 C_3 组成的有源低通滤波器。而 321kHz (或 319kHz) 不能通过而被

滤除。

本探测器电路，能探测出埋入木材表面下 5cm 内的残钉断头。

L_2 为探测器线圈，当它接近金属导体时， L_2 所在的振荡器组的振荡频率改变，因而从耳机中可以听到异常的音讯，从而判断木材中是否有铁钉等残留。

例 3 LED 数字钟附加双色电子摆

一、应用电路

二、电路结构说明

采用十进制计数器/分配器 IC_1 (CD4017)、2 输入端 4“与非”门 IC_2 (CD4011)、双 D 触发器 IC_3 ($\frac{1}{2}$ CD4013) 和时钟电路 IC_4 (LM8361) 等构成了 LED 数字钟附加双色电子摆电路。电路中使用红、绿双色发光二极管：RD₁~RD₁₀ 为红色管，GD₁₀~GD₁ 为绿色管，两者红绿色相间排列。它们随着显示板秒点的闪亮，红色光点向右移动，接着绿色光点向左移动，振荡周期为 2S，形成双色电子单摆。

电路中， IC_2 的门 G_1 、 G_2 组成产生 10Hz 的多谐振荡器，经门 G_3 、 G_4 缓冲、整形后向计数器 IC_1 的⑩脚提供时钟脉冲 CP，于是 IC_1 的 10 个输出端 (Q_0 ~ Q_9) 依次输出高电平。 IC_3 的 D 触发器，其 $\bar{Q}$ 端与 D 端相接，组成双稳态电路，作二进制计数器使用。当 IC_4 的 CP 端每输入 1 个脉冲， IC_3 的输出状态改变一次，Q 与 $\bar{Q}$ 端交替地输出高电平，促使晶体管 V_1 、 V_2 交替地导通。于是红绿色发光二极管中一组发光。

时钟集成电路 IC_4 (LM3861) 有③脚输出 1Hz 时钟秒信号脉冲。当“秒点”（显示板中间两个闪亮的圆点）亮时，③脚对 IC_1 的“③脚 CP 端”提供时钟脉冲 CP 信号使 IC_1 状态翻转。过程：“秒点”第一次亮后， IC_3 的 $\bar{Q}$ 为高电平， V_1 导通，多谐振荡器输出的 10Hz 脉冲不断地对 IC_1 的 CP 端触发，于是 IC_1 的 10 个输出端驱动红色的 RD₁~RD₁₀ 依次轮流发光，并形成向右移的红色单摆线。当第二次“秒点”亮时， IC_3 的 Q 输出高电平， V_2 导通， IC_1 驱动绿色的 GD₁₀~GD₁ 依次发光，使绿色光点向左移动成单摆线。红绿左右移动一次形成一个周期。1Hz “秒点”在每次刚点亮的瞬间，通过 C_1 产生尖脉冲进入 IC_1 的 R 端，使其复零。这样，就能使红、绿光管每次都能从第一只开始发光。

调节 W，可改变振荡器的频率输出，使双色光点在时间上衔接准确，且始终只有一个光点在移动。

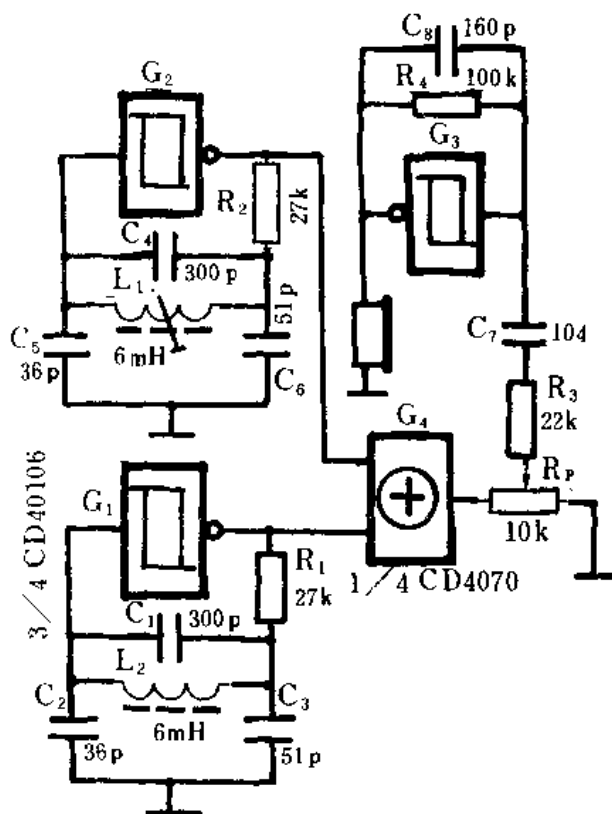


图 8-2 金属探测器电路

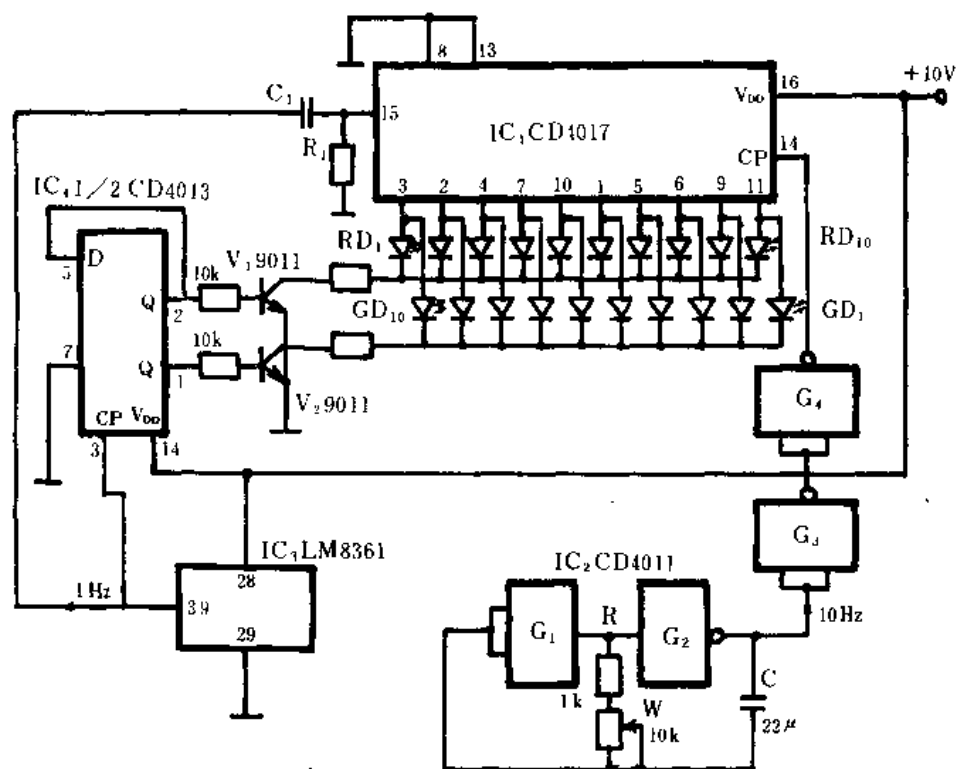


图 8-3 LED 数字钟附加双色电子摆

例 4 晶体管挑选电路

一、应用电路

二、电路结构说明

14 级二进制串行计数器/分频器 CD4060 和 6 反相器 $\frac{2}{6}$ CD4069 等构成晶体挑选电路。

电路中 C 为 270p 双连可变电容，当晶体频率很低时（如 10kHz），则将 C 往最大方向调则电路起振，反之则往较小方向调。晶振频率被 14 级计数器 CD4060 分频，从 10 个引出脚输出不同的频率的脉冲信号，若晶体（15MHz 以下）是好的，则

LED 会发光；同时压电片会发出蜂鸣振荡声响。为防止分频不当导致 LED 不亮及压电片不响，所以加了单刀多位开关 KN 进行调节，这样可保证晶体频率在 8kHz~15MHz 范围时可测出来。测试时，可调 KN 得到声光效果，便于挑选。

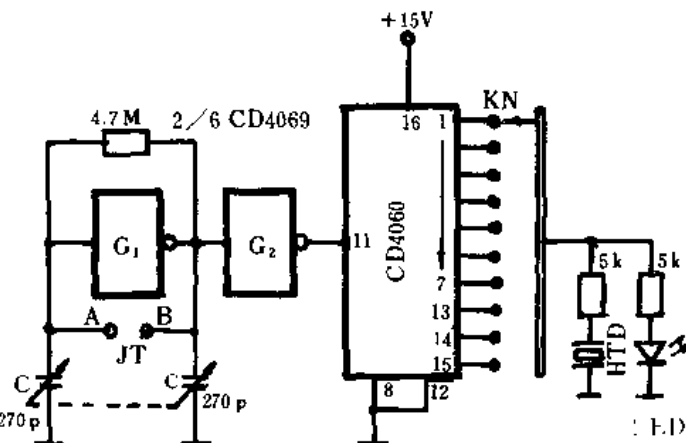


图 8-4 晶体管挑选电路

例 5 晶体管特性曲线描绘附加器

一、应用电路

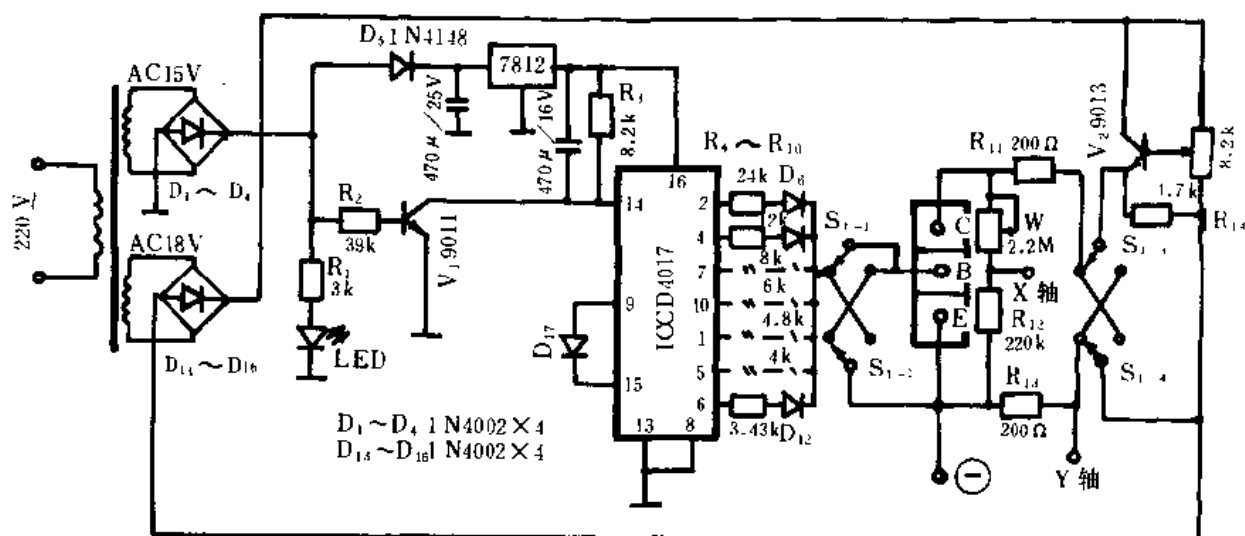


图 8-5 晶体管特性曲线描绘附加器

二、电路结构说明

简易晶体管特性曲线描绘附加器主要由十进制计数器/分配器 CD4017、4 刀双掷开关 S_1 、晶体管 V_1 、 V_2 ，等构成。它为业余情况下，利用示波器（J2458 型），显示被测晶体管的输入特性曲线、输出特性曲线和晶体二极管伏安特性曲线。图 8-5 电路中，变压器次级一绕组的交流电压经 $D_1 \sim D_4$ 全波整流后，其脉动电压小于 0.65V 时， V_1 截止，而大于 0.65V 时， V_1 饱和导通，脉动电压绕 V_1 放大后，其脉动频率为 100Hz 的脉冲串。这一脉冲作为 CD4017 的计数脉冲 CP 而加至计数器的⑭脚。于是计数器从②→④→⑦→⑩→①→⑤→⑥→⑨脚依次输出高电平。直到⑨脚为高电平时，通过 D_5 加至复位端 R（⑮脚），使 CD4017 复位清零。

随着 CP 脉冲的继续输入, 计数器各输出脚又重复以上顺序与过程, 不断循环。因此, 适当选择 $R_4 \sim R_{10}$ 的阻值, 加给被测晶体管基极就不同, 于是产生一连串 7 级阶梯波电流。

若要测晶体管集电极电流,电路从 $D_{13} \sim D_{16}$ 全波整流后得脉动电压,经 V_2 管放大输出,再经功耗限制电阻 R_{11} 加到被测管的集电极 C 。与此同时,从分压电阻 R_{12} 上取得一定电压,从取样电阻 R_{13} 上取得反映被测管集电极电流大小的电压,接到示波器 Y 轴就能作为电流显示。

电路中, 4 刀双掷开关 S_1 为极性转换开关, 用来适应被测管 NPN 或 PNP 两种不同极性的测量。

例 6 晶体管测试电路 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

晶体管测试电路,采用 6 反相缓冲/转换器 $\frac{1}{6}$ CD4009 和阻容元件、发光二极管 LED₁、LED₂ 等构成。其中,CD4009 的门 G₁、G₂ 和 R₁、C₁ 组成多谐振荡器,振荡频率约为几百 kHz,

且是 V_{DD} 、时间常数 R_1C_1 的函数。CD4009 的门 G_3 、 G_4 并联扩大驱动能力，同时起信号整形作用。

将要测的晶体三极管的 3 个管脚插入 e、b、c 接口中，当门 G_3 、 G_4 输出高电平时，加至 b 级，三极管导通，此时 LED₁ 发亮。当 G_3 、 G_4 输出低电平时，三极管反偏，LED₁ 与 LED₂ 均不亮。但是，由于振荡频率较高，视觉效果仍是 LED₁ 发亮。以上情况说明三极管良好。

如果三极管 c、e 短路，则 LED₁ 与 LED₂ 分别在 G_3 、 G_4 输出高电平与低电平时发亮。如果三极管开路或增益极低、 β 极小，则 LED₁ 与 LED₂ 均不亮。

电路测试显示结果请查下表。利用此电路的 c、e 接口（c 接正极），也可以测量二极管，检查它的质量优劣。

LED ₁	LED ₂	NPN	PNP	二极管 C 接正极
亮	暗	正常	×	正常
暗	亮	×	正常	×
亮	亮	短路	短路	短路
暗	暗	开路	开路	开路

例 7 晶体管测试电路（2）

一、应用电路

二、电路结构说明

这种晶体管测试电路采用 6 反相缓冲器/转换器 CD4009、阻容元件、发光二极管等构成。其中，CD4009 的门 G_1 、 G_2 、 G_3 和 RC 元件组成三级移相式环形振荡器，每级移相 120°。门 G_4 、 G_5 、 G_6 作为振荡器的三级输出缓冲器，以免负载影响振荡器工作。

测试时，将三极管 3 个管脚无次序地插入 a、b、c 插孔，测试结果从 LED 显示出来，然后与下表对照加以断定。表 2、表 3 中“电流”一栏“+”表示电流流入，“-”表示电流流出。从上表可以归纳为：

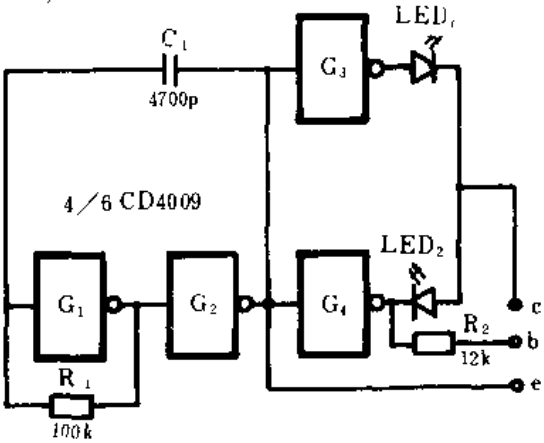


图 8-6 晶体管测试电路（1）

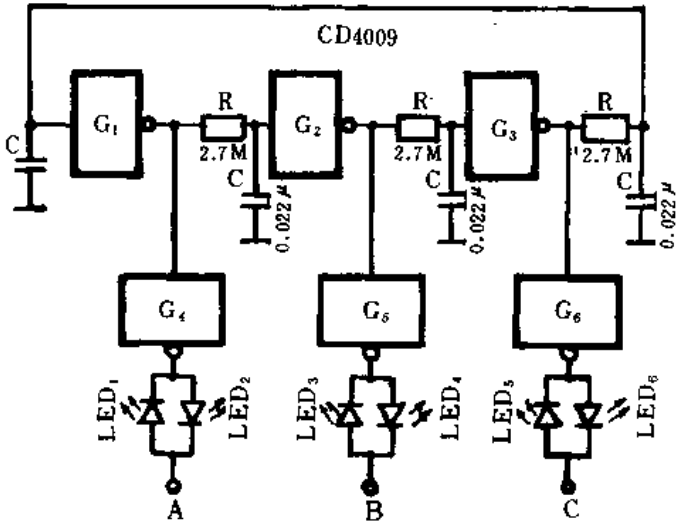


图 8-7 晶体管测试电路（2）

表1 测试信号状态

插孔 \ 状态	1	2	3	4	5	6
A	H	L	L	L	H	H
B	L	L	H	H	H	L
C	H	H	H	L	L	L

表2 正常NPN管测试结果

电极 \ 状态 电平 电流	1	2	3	4	5	6
e	H	L	L	L	H	H
b	L	L	H	H	H	L
c	H	H	H	L	L	L

表3 正常PNP管测试结果

电极 \ 状态 电平 电流	1	2	3	4	5	6
e	H	L	L	L	H	H
b	L	L	H	H	H	L
c	H	H	H	L	L	L

1. 若被测三极管属于好的, 则有 5 个 LED 亮。余下的一个 LED 不亮为 b 脚。否则属于坏的。

2. 若 LED₁、LED₃、LED₅ 不亮, 则管为 NPN 型; 若 LED₂、LED₄、LED₆ 不亮, 则管为 PNP 型。

3. 电路亦可用来测二极管, 但 c 孔和 a、b 选一孔插入引脚。若 LED₅、LED₆ 有一发亮, 二极管属于好的, 否则属于坏的。若 LED₅ 亮则 c 孔插入的是正极, 否则插入的是负极。

例 8 门电路测试器

一、应用电路

二、电路结构说明

门电路测试电路由 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011、双 D 触发器 CD4013、2 输入端 4 “异或”门 CD4070 与标准芯片 CD4011 等构成。其中 CD4011 的门 G₁、G₂ 组成多谐振荡器, 所输出的脉冲信号作为 D 触发器 IC₃₋₁、IC₃₋₂ 的时钟 CP 脉冲, 使 IC₃₋₁、IC₃₋₂ 产生测试信号。

被测芯片 IC₂ 接入电路, 假设被测 IC₂ 是 CD4011, 而 IC₁ 为标准芯片 CD4011。当 G₁、G₂ 组成的振荡器起振, 触发器 IC₃₋₁、IC₃₋₂ 在 2 个时钟周期内产生的 4 种状态 (q₁q₂=00, 10, 11, 01) 依次加到标准芯片 IC₁ 和被测芯片 IC₂ 的所有输入端上。若 IC₁、IC₂ 对应的输出端输出信

号均相同时, CD4070 的门输出均为低电平, 于是 LED 不亮, 这标志 IC₂ 逻辑功能正常。倘若 IC₂ 有故障, 则 IC₁ 与 IC₂ 对应输出信号就不可能全部相同, 从而影响到至少 1 个 CD4070 的门在某一时刻会输出高电平, 进而使 LED 发亮。这样, 通过被测与标准芯片的比较, 可以判断两者功能是否相同, 逻辑功能是否正常。

开关 S 为常闭开关, 按下时, 振荡器起振。

例 9 运算放大器测试电路

一、应用电路

二、电路结构说明

运算放大器测试电路由 4 “异或” 门 $\frac{1}{4}$ CD4070 和施密特触发器 $\frac{3}{6}$ CD40106, 以及阻容元件、发光二极管等构成。这种简易电路可用来测试运放的内部开路或短路故障。电路中, $\frac{3}{6}$ CD40106 的 G₁ 与阻容元件组成多谐振荡器。

当被测的运放插入电路, 且属于正常时, $\frac{1}{4}$ CD4070 的“异或”门两输入信号反相, 输出信号为高电平, 于是 LED₁ 发亮。若运放有故障, 即输入或输出端存在开路时, “异或”门则输入信号相同, 输出为低电平, 于是 LED₂ 发光。若运放输出端对电源 (正

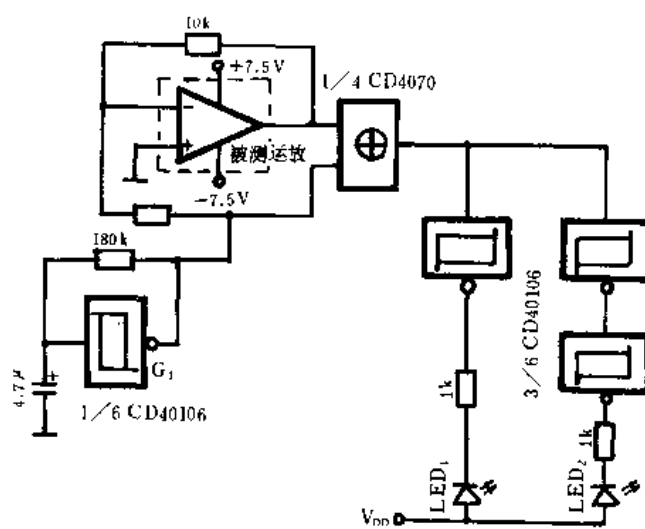
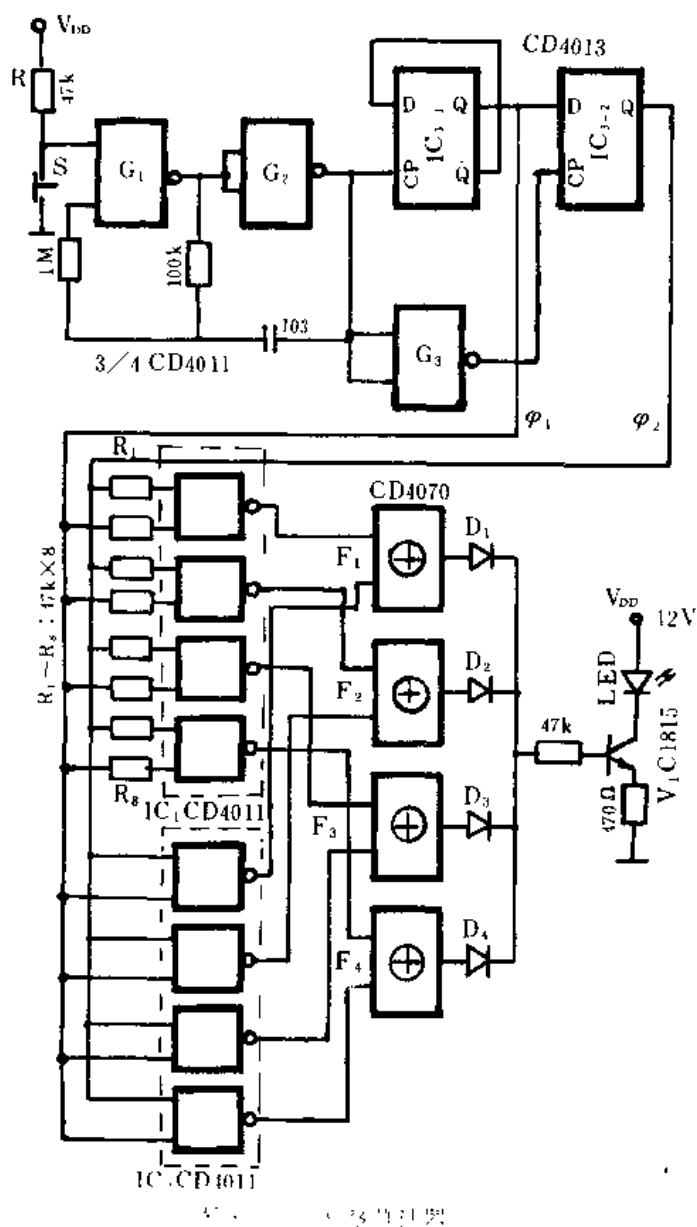


图 8-9 运算放大器测试电路

端或负端)短路时,“异或”门输出与测试信号是同频率的脉冲,于是LED₁与LED₂交替发光。

注意:被测运放和逻辑门的电源应一致。

例 10 相位测试电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这种相位测试电路,采用锁相环 CD4046、2 输入端 4 “或非”门 $\frac{1}{4}$ CD4001、6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 (G_1) 和 2 输入端 4 “与”门 $\frac{1}{4}$ CD4081 (G_2) 等构成。

当两个同频率的相位比较信号从 A 和 B 分别加到 CD4046 的 Si 和 Ci 端时,若信号 A 的脉冲上升沿超前 B 的上升沿,则比较器输出端 Pc 为高电平,LED₂ 发光;若 A 与 B 输入信号相位相同,即上升沿同时到达时, Pc 输出呈高阻抗,LED₁ 与 LED₂ 均不发光;若 B 的输入信号相位超前 A 时, Pc 输出为低电平,LED₁ 发光。总之,只要 A 与 B 输入信号有相位差时,电路将通过指示灯发亮来表示。

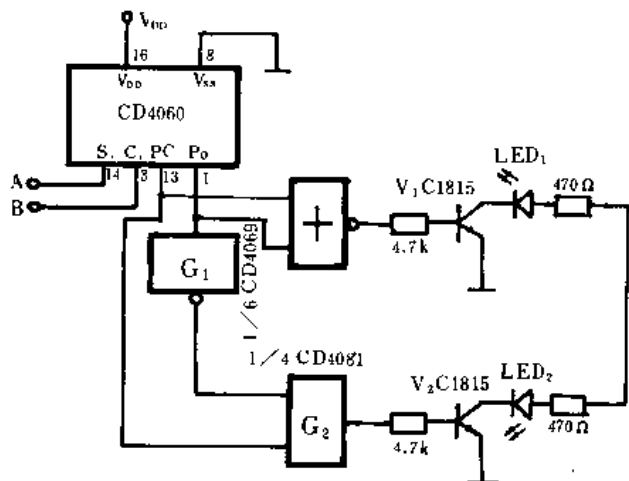


图 8-10 相位测试电路

例 11 简易电感仪

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的简易电感仪。本电路配合万用表 250 μ A 以下的直流电流档,便可测出 0~10 μ H 的小电感。 G_1 与 2MHz 的晶体等构成高频信号源、门 G_2 作隔离, G_3 、 G_4 构成电子开关。9V 电源电压经 R_2 限流后流入待测电感 L_x 至 G_3 、 G_4 的输出端,当 G_3 、 G_4 输出高低电平变化时,电感 L_x 上因有交变电流而产生反电动势,经二极管 D 整流、 C_3 滤波,便可由电流表显示出来。

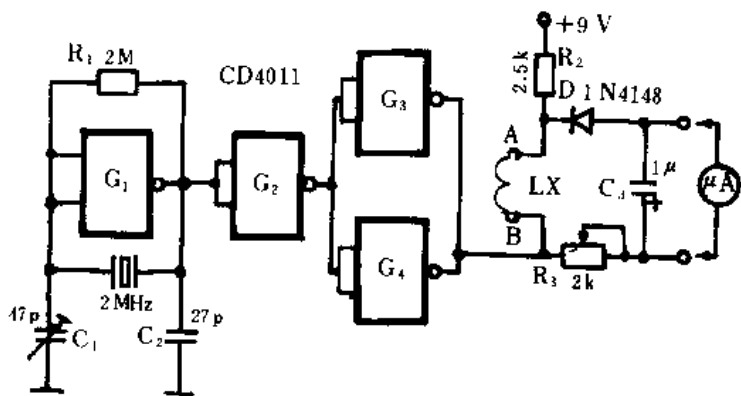


图 8-11 简易电感仪

调试时,用一标准 10 μ H 电感接 AB,调 R_3 使电流表满偏,即可测量其余小于 10 μ H 的电感。如电流表不满偏,可减小 R_2 值,或适当调高电源 (9V) 电压的 3~5V。被测电感 L_x 接

在 A、B 两点之间。看 μA 表指示偏角，就知电感值。当然， μA 表要作刻度读数时，则更方便。

例 12 窗口鉴宽电路

一、应用电路

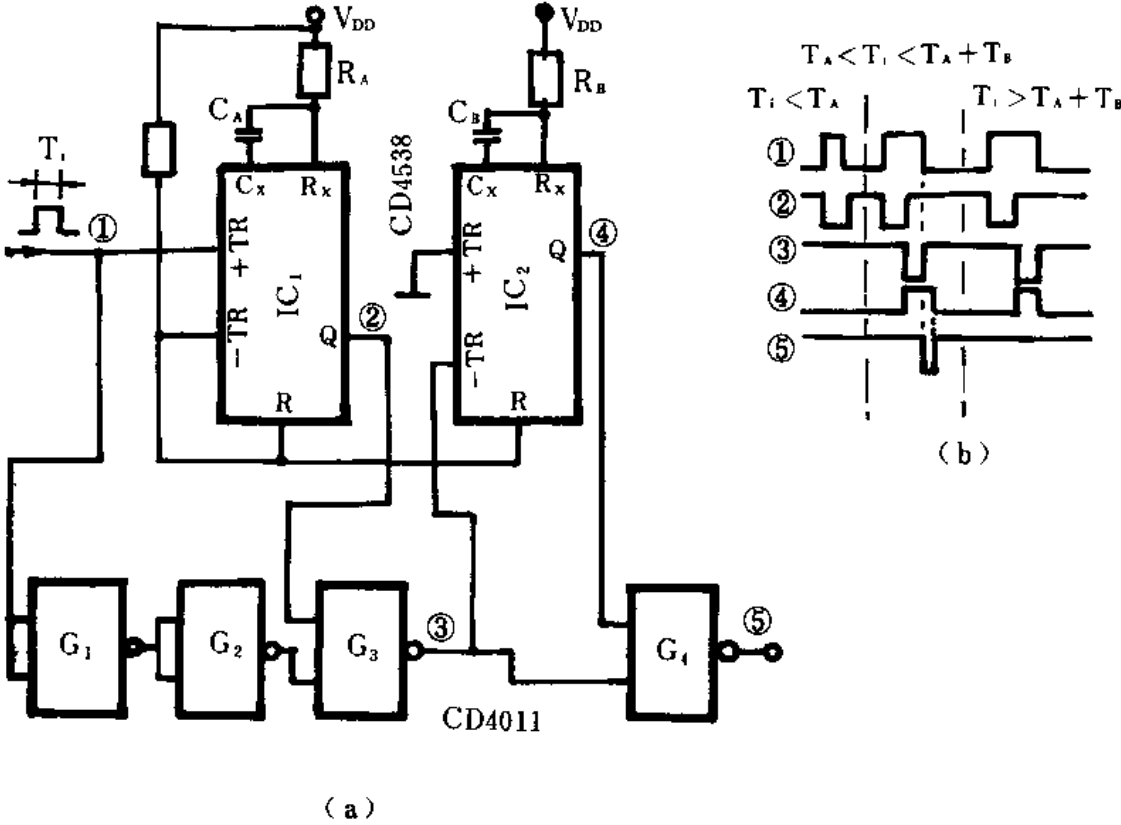


图 8-12 窗口鉴宽电路

二、电路结构说明

本电路为由双精度单稳态触发器 IC_1 、 IC_2 (CD4538) 和 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的窗口鉴宽电路。即只在某一设定范围内 (窗口) 的脉冲才能通过该电路。

设输入脉冲宽度为 T_i ， IC_1 组成单稳态时间为 T_A ， IC_2 组成单稳时间为 T_B 。则只有满足 $T_A < T_i < T_A + T_B$ 的脉冲才能被鉴出。

对 IC_1 ，因为 $-TR$ 和 R 相接后接 V_{DD} ，所以， IC_1 组成对 $+TR$ 为上升沿触发/再触发单稳态触发器。 IC_2 中 R 接 V_{DD} ， $+TR$ 接 GND ，所以 IC_2 组成对 $-TR$ 为下降沿触发/再触发单稳态触发器。输入脉冲一路的上升沿触发 IC_1 的 $+TR$ ，则 IC_1 的 $\bar{Q}$ 输出负脉冲，其单稳时间 $T_A = R_A C_A$ ；输入脉冲另一路经 G_1 、 G_2 反相至 G_3 一输入端，设 $T_A < T_i$ ，这时 T_A 结束了，而 T_i 存在，所以 G_3 输出负脉冲 (如图 8-12 (b) 中③)。此负脉冲一方面其下降沿触发 IC_2 的 $-TR$ ，在 IC_2 单稳时间 $T_B = R_B C_B$ 内，使 IC_2 的 Q 输出正脉冲 (如图 8-12 (b) 中④)。另一方面至 G_4 输入端。此时， G_4 的输出端⑤为负脉冲被鉴出。

若 $T_i < T_A$ 或 $T_i > T_A + T_B$ 均无法鉴出脉冲 (如图 8-12 (b) 中⑤)。

例 13 简易测光电路

一、应用电路

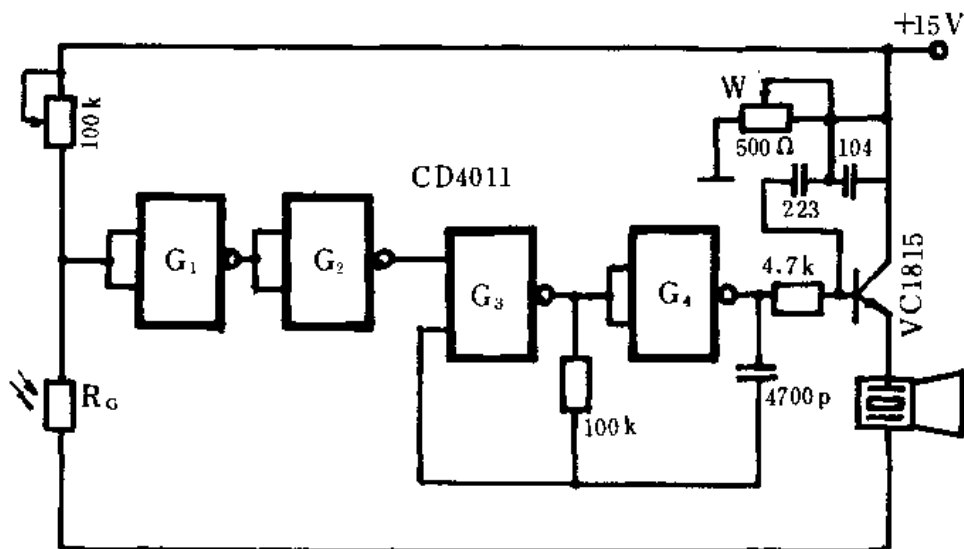


图 8-13 简易测光电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的简易测光电路。

图 8-13 中“与非”门 G_1 、 G_2 组成两组反相器，门 G_3 、 G_4 等组成门控低频振荡器，作闸门信号，晶体管 V、电位器 W、223、104 电容、HTD 等组成音频振荡器。当光敏电阻 R_G 无光照时， R_G 电阻大， G_1 输入端为高电平，而 G_2 输出高电平，则 G_3 、 G_4 低频振荡器振荡，当振荡器输出正脉冲时，晶体管 V 等组成音频振荡器起振。当振荡器输出低电平时停振，这时陶瓷片组成扬声器发出 BP 声响，表示光线不足。当 R_G 有光照时， R_G 内阻小， G_1 输入端为低电平， G_2 输出低电平，振荡器停振，扬声器无声。本电路可作学生阅读书写环境照亮不足时报知器。

例 14 电容式结露传感器电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 $G_1 \sim G_4$ (CD4093) 等构成的电容式结露传感器。

C_u 为电容式结露传感器，其感湿引起的电容量的变化转变为脉冲宽度的变化，再经滤波后输出直流电压。

IC_1 、 C_1 、 R_1 组成占空比为 50% 的多谐振荡器。图 8-14 波形 (b)，其振荡频率取决于 R_1 、 C_1 。而 R_t 、 C_3 、 C_2 、 C_u 组成积分电路。 C_u 与 C_2 并联及与 C_3 串联，其目的是补偿传感器的分散性，并达到一定的电容值， R_t 为热敏电阻，起温度补偿作用。门 G_2 作反相器又起整形作用，其输出波形如图 8-14 (b) 的 c 波形。 G_1 输出的脉冲与 G_2 反相，整形后输出的脉冲进门 G_3 ，其输出波形如图 8-14 (b) 中的 d 波形，为窄负脉冲；经 G_4 反相，输出窄的正脉冲，波形如

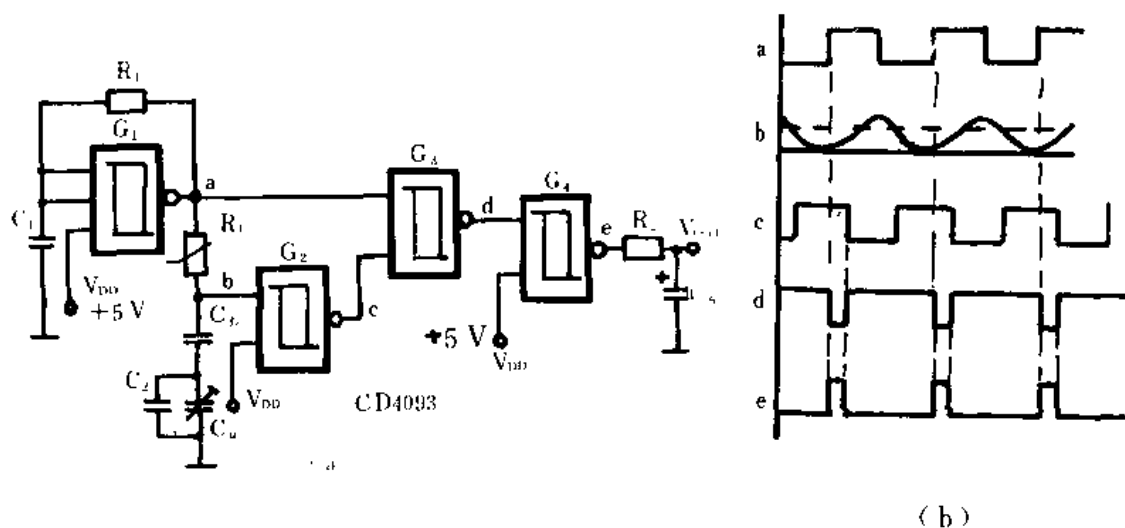


图 8-14 电容式结露传感器电路

图 8-14 (b) 中的 e 波形，再经 R_2 、 C_4 滤波后成直流电压输出。

当结露时，电容 C_u 容量陡增，积分时间常数增大，图 8-14 (b) 中的 c 波形的脉冲向右移，造成脉冲延迟，经 G_3 合成并经 G_1 反相后输出脉宽增大，经 C_4 滤波后的直流电压增大，此输出电压可用作控制或报警信号。

例 15 工件计数器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路由 BCD 双加计数器 CD4518 (IC_1 、 IC_2)，BCD—7 段锁存/译码/驱动器 CD4543 (IC_3 、 IC_4)，6 施密特反相器 $\frac{1}{6}$ CD40106 (G_1 、 G_2)，红外发光管 LED，红外接收管 V 等构成。它是两位计数器，实际应用中可以仿此组成多位计数器。

当工件沿着连动皮带运动时，装在皮带侧面的红外发光管 LED 发射出红外线，被工件反射回来后由红外接收管 V 所接收。V 输出信号经 CD40106 门 G_1 、 G_2 反相、整形、缓冲后，作为计数器 IC_1 、 IC_2 的计数脉冲。这时 IC_1 、 IC_2 的 EN 端为高电平，因此，它们受 CP 上升沿触发。当低位计数器 IC_1 计数至 $Q_4 = "1"$ 时，给高位计数器 IC_2 的 EN 端以下降沿脉冲触发（这时 CP = "0"）， IC_2 也开始计数。两个计数器分别驱动共阴极 LED 数码管显示计数结果（此时 IC_3 、 IC_4 的 DF_1 端接 GND）。

R 为计数器清零端。当高电平或正脉冲时，计数器各输出端为 "0"。

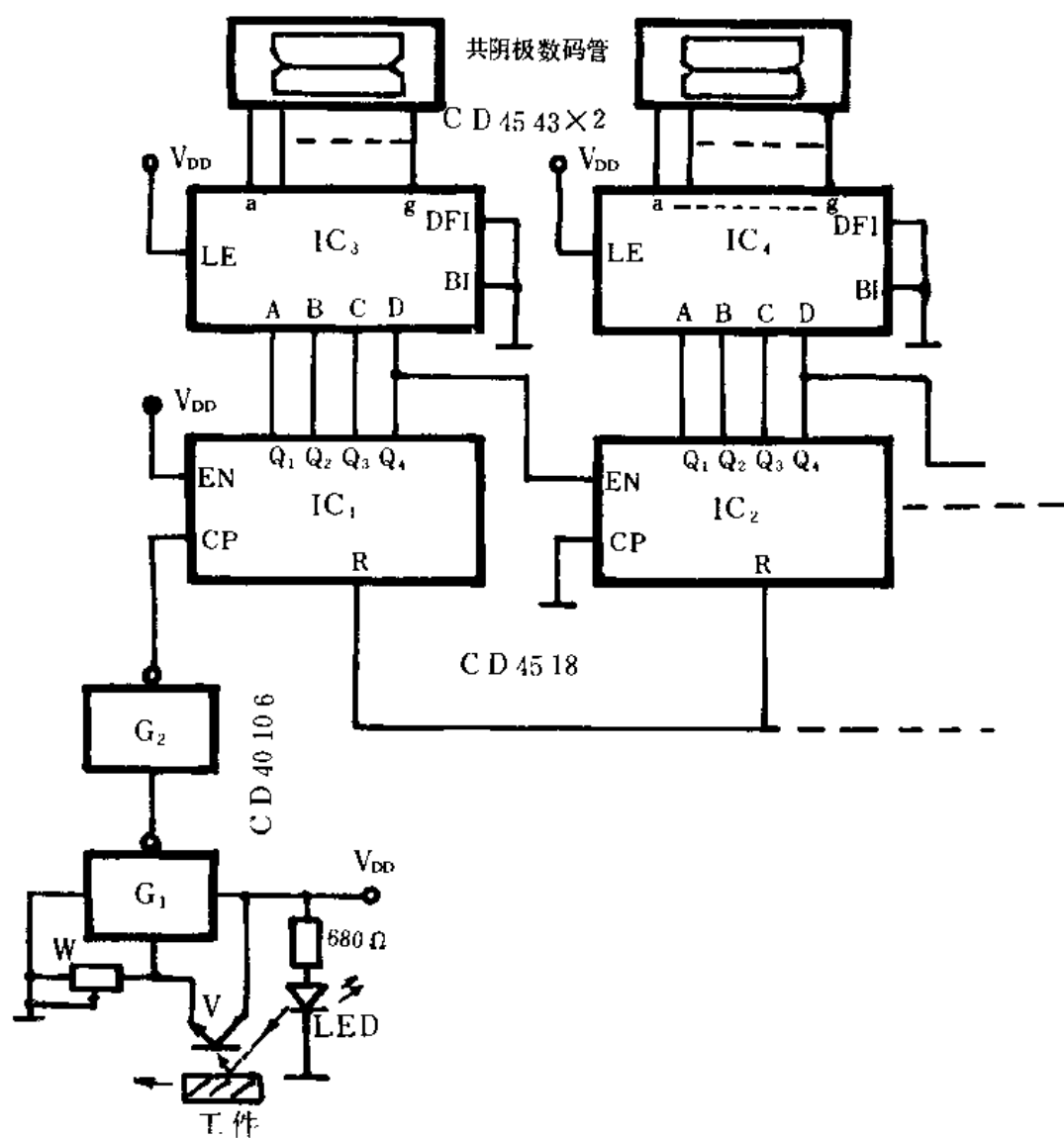


图 8-15 工件计数器

例 16 逻辑测试笔 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种逻辑测试笔，由译码/驱动器 CD4511、数码管 LED5011，以及探头等构成。其中，晶体管 V_2 和二极管 D_2 组成恒流源，为 LED5011 提供恒定电流。在电路采用电源 3~18V、测试电压为 0~18V 变动时，恒流源能保证 LED5011 亮度不变。

当探头接触某一测试点，且该点电压小于 0.4V 时， V_1 截止，译码器 CD4511 的⑥、⑦为低电平，①、②、④则为高电平。CD4511 的输出端⑨~⑪、⑭、⑮为高电平，数码管显示为

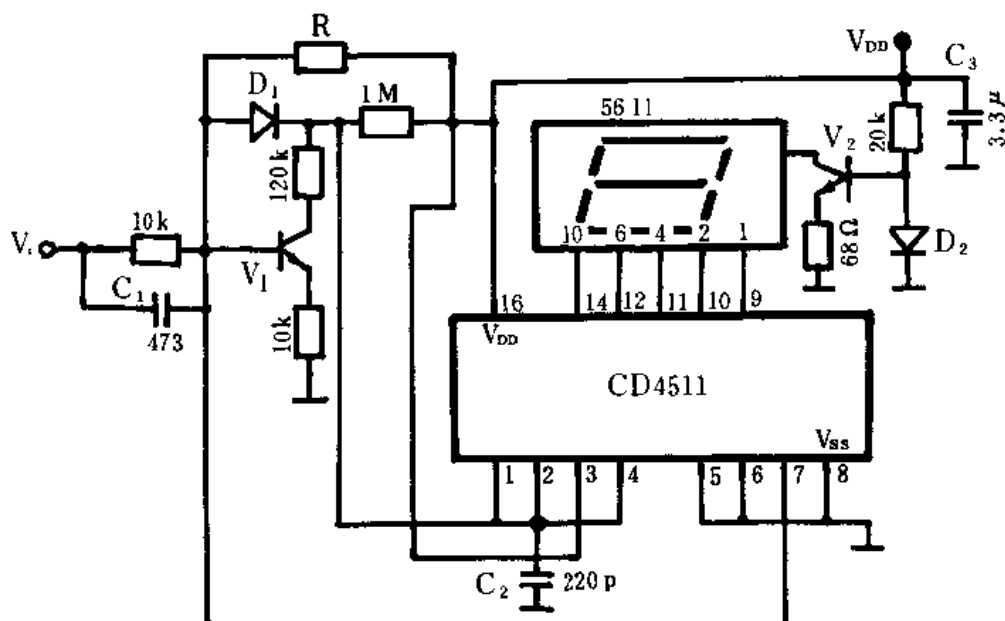


图 8 16 逻辑测试笔 (1)

“0”。

当输入高电平时 ($V_i > \frac{1}{2}V_{DD}$), V_1 饱和导通, V_i 通过 D_1 使⑦、①、②、④为高电平, 于是 CD4511 的输出端⑩、⑨、⑭为低电平, ②、⑪为高电平, 所以数码管显示 “1”。

当输入脉冲信号, 且信号的频率较高时, 由于 “1”、“0” 的叠加, 显示为 “3”。频率较低时, “1” 作闪光显示。当输入端处于高阻状态时, V_1 饱和导通, 使⑤为低电平, 数码管 LED 熄灭。

电路中 C_1 为加速电容, 能测试较高频率。 C_2 为储能电容, 在高频时, 使测试状态更稳定。

图 8-16 中 V_1 、 V_2 为晶体

三极管 C1815×2。

例 17 逻辑测试笔 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端“与非”门 IC_1 (CD4011) 和 D 触发器 IC_{2-1} 、 IC_{2-2} (CD4013) 等构成的逻辑笔。它可测出高低电平, 脉冲信号及脉冲的上下沿, 特别适用于电视游戏机中以数字信号运行系统。

电路中, 输入信号经非门

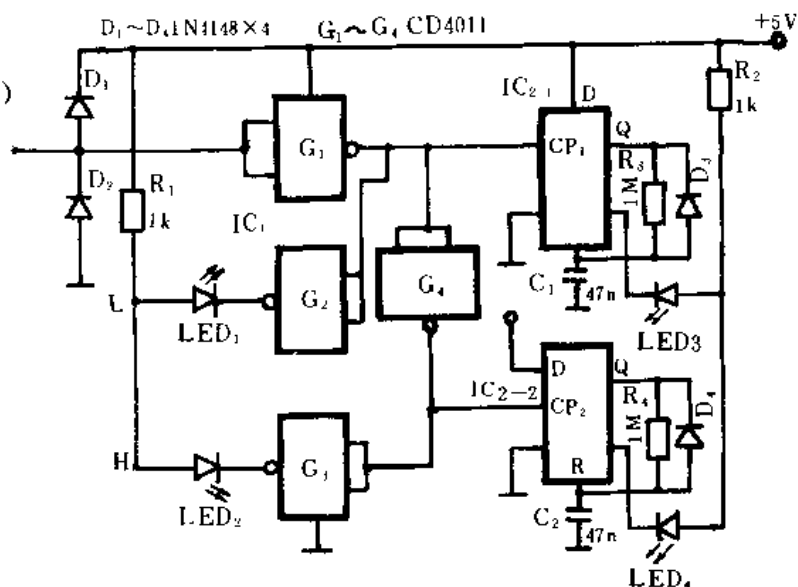


图 8 17 逻辑测试笔 (2)

例 18 逻辑测试笔 (3)

一、应用电路

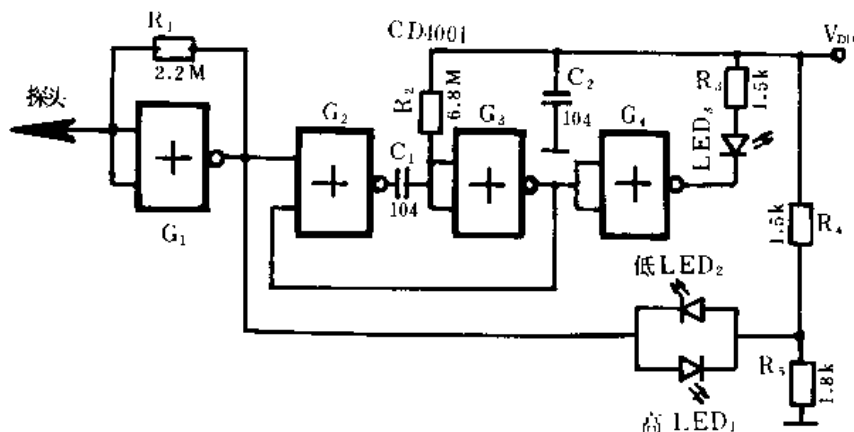


图 8 18 逻辑测试笔 (3)

二、电路结构说明

逻辑探头能够检测 4 种输入状态并显示：当输入端悬空时，所有 LED 不亮；探头输入低电平（逻辑 0），LED₁ 亮（LED₃ 闪烁一次）；输入高电平（逻辑 1）时，LED₂ 亮；输入脉冲时，LED₃ 亮。单稳态电路能识别动态脉冲输入状态，并驱动 LED₃ 加以显示。电源电压 V_{DD} 经 R_4 、 R_5 分压，使 R_5 上的电压为各门的阈值电压。

例 19 检测窄尖峰脉冲电路

一、应用电路

二、电路结构说明

当输入时钟脉冲 CP 为低电平时, 输出端 F 也为低电平, 此时 IC₁、IC₂ 均无动作, $\overline{Q}$ 端为高电平, Q₂ 端为低电平, 于是 IC₁ 与 IC₂ 被触发。

当输入端出现尖峰（毛刺）时，由“或非”门 G_1 输出变为负尖峰，并触发 IC_1 。于是 Q_1 输出高电平， $\overline{Q}_1$ 输出低电平，同时封锁 IC_2 。若输入负尖峰（毛刺）时，则 IC_2 被触发， Q_2 端输出宽度为 T_2 的正脉冲，F 端也出现宽度为 T_2 的负脉冲。以上两种情况都表明从 CP 端检测到尖峰脉冲。当输入端输入一正常的正脉冲时，正脉冲的宽度大于 T_1 时，输出端 F 输出的脉宽也大于 T_1 。但必须指出：电路不能检测出距离小于 T_1 的两个上升沿和距离小于 T_2 的两个下降沿尖脉冲。

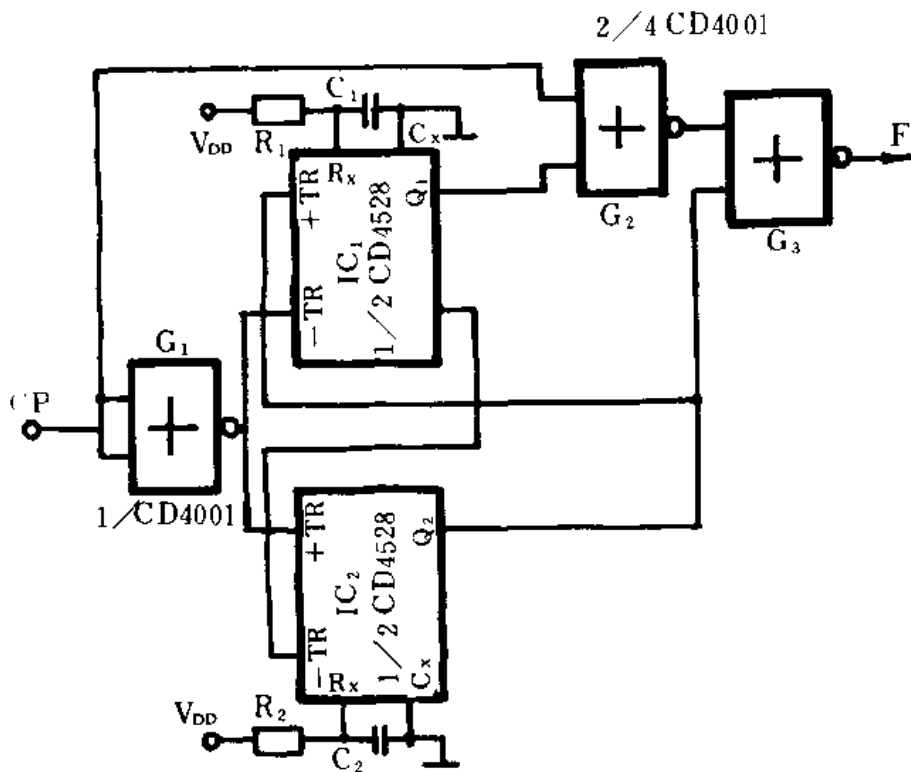


图 8-19 检测窄尖峰脉冲电路

例 20 10 路巡回测温电路

一、应用电路

二、电路结构说明

十路巡回测温电路由两部分电路组成：一是测温头电路：它包括温度传感器 3AX31 和由时基电路 IC₁ NE555 与 R₁、C₁ 组成的振荡器。当温度变化时，BG₁ (3AX31) 的 r_{bc} 阻值随温度呈线性变化，这种阻值 r_{bc} 又作为振荡器的时间常数一部分，因此实现了 IC₁ 输出的“温度/频率”的转换。这样 10 个“温度/频率转换”测温头，可以对 10 个地点进行测温。

二是温度显示电路：6 反相器 IC₂ (CD4069)，其中 3 个门 F₁、F₂、F₃ 组成振荡器，产生 0.2Hz 的脉冲，即每 5s (秒) 向十进制计数器/脉冲分配器 IC₃ (CD4017) 输送 1 个脉冲，使 IC₃ 的 10 个输出端 Q₀~Q₉ 依次出现高电平。这种高电平脉冲使模拟门开关 IC₄ (CD4066) 的 K₁~K₁₀ 依次导通，进而依次送至内有锁相环的音频译码专用电路 IC₅ (NE567)。IC₅ 产生中心频率为 $f_0 = 1/1.1R_wC_1$ 。倘若某一路温度超过限定范围，感温头将其信号从 CP₁~CP₁₀ 中对应一路输入时，它与预置的中心频率 f₀ 相同的话，那么 IC₅ 则从 ⑧脚输出低电平。于是 V 导通，J 吸合，发出报警信号。同时，译码显示电路 IC₆ 对依次输送来的高电平信号，进行译码后输出相应的字段信号，驱动共阴极 LED 数码管显示。用户可以很直观地观察到超温的地点代号。

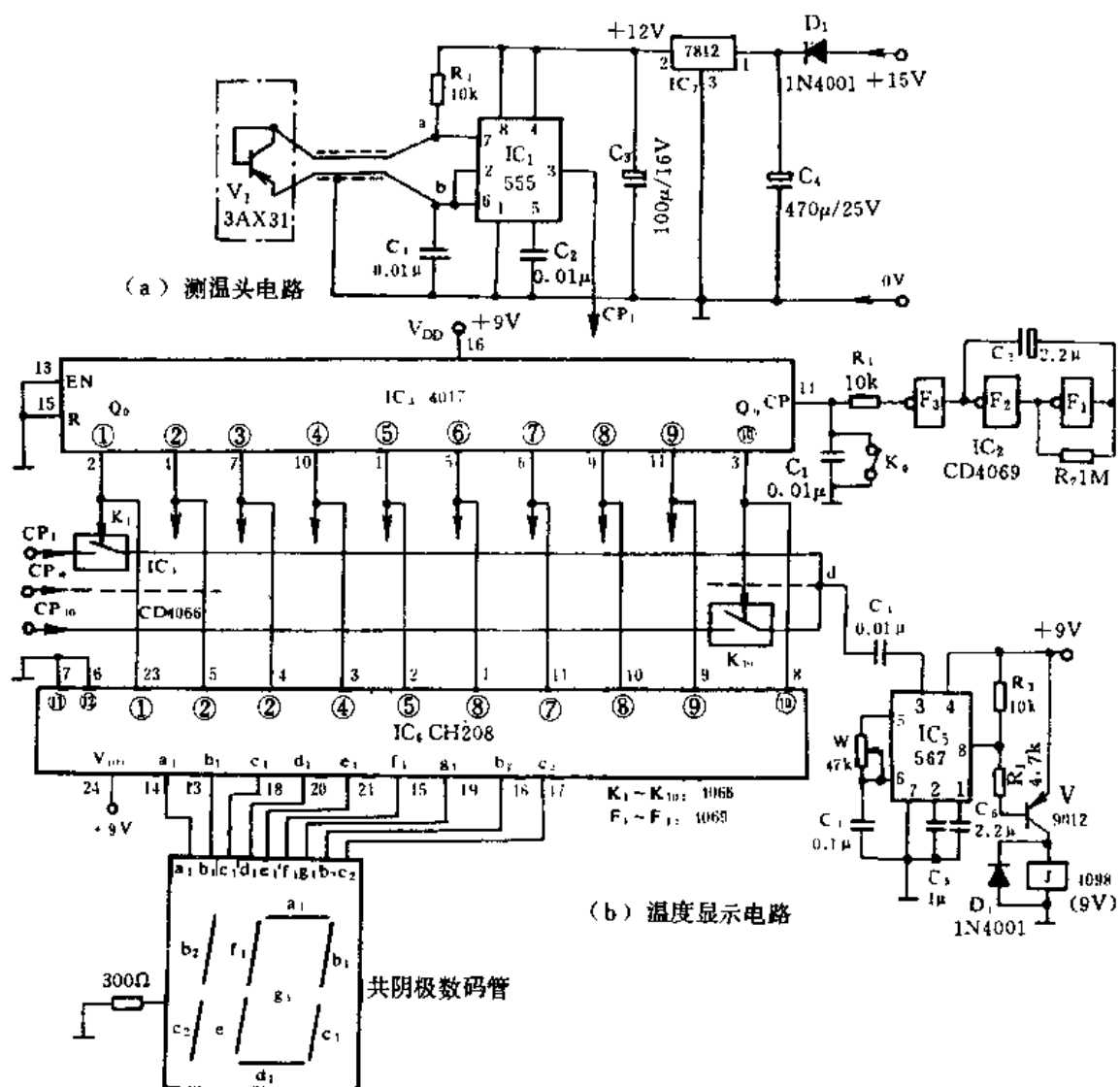


图 8-20 10 路巡回测温电路

例 21 相位比较器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

本相位比较器，实际上是 CD4013 的 D 触发器。

当 D 触发器的 D 端和 CL 端分别输入二相脉冲 f_1 和 f_2 时，在二相脉冲

交叠情况下，若 f_1 脉冲上升沿在前，则 Q 端输出“1”；若 f_2 脉冲上升沿在前面，则 Q 端输出“0”。在二相脉冲无交叠情况下，只有一个相脉冲时，Q 端保持原来状态。图 8-21 中， f_1 脉冲

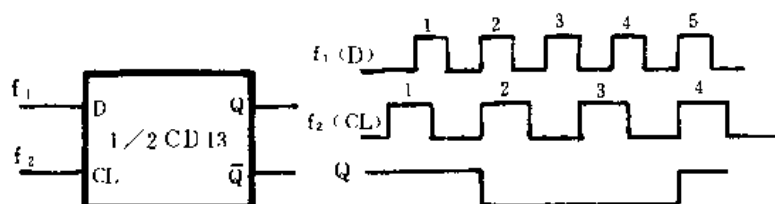


图 8-21 相位比较器 (1)

的第2个脉冲与 f_2 脉冲无交叠。

应当指出： f_1 和 f_2 脉冲上升沿之间的差距需大于D触发器的建立时间。不然，将会出现D触发器翻转错误。

例 22 相位比较器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

本相位比较器由2输入端4“与非”门CD4011, 1输入端双“与非”门CD4012, 3输入端三“与非”门CD4023等组成。它利用脉冲下降沿进行相位比较。当 f_1 脉冲先进入时, R端为低电平; 当 f_2 脉冲先进入时, S端为低电平。相位比较电路的输出端接一个D触发器。若 f_1 相位脉冲早进入时, LED_1 灯点亮; 若 f_2 相位脉冲先到达时, 则 LED_2 灯点亮。 f_1 和 f_2 同时到达时, 则A、B灯同时点亮。

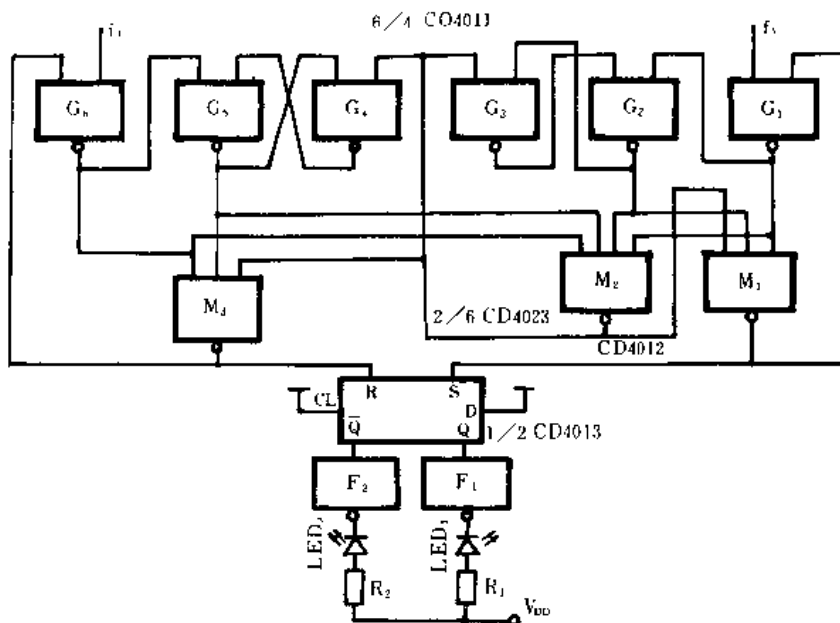


图 8-22 相位比较器 (2)

因此, 从A、B灯的被点亮时间可以识别出输入脉冲信号 f_1 或 f_2 的相位早晚到达。

例 23 相位计电路

一、应用电路

二、电路结构说明

图 8-23 所示是相位计电路。它能测量两个频率不同相位的正弦波信号的相位差。

电路中, C_1 、 C_2 是通交隔直电容。 $D_1 \sim D_4$ 为钳位二极管, 防止输入信号电压太高或负电压输入。 N_1 、 N_2 是由2输入端4“异或门” $\frac{1}{4}$ CD4070组成线性放大回路。 IC_2 、 IC_3 是由CD4046组成跟踪输入端频率并将其转换成具有固定50%占空比和5V振幅的数字信号电路。 IC_3 、 IC_4 的⑨、⑬脚之间接特殊的低通滤波器, 其中二极管 D_5 、 D_6 、 D_7 、 D_8 使锁相环能保持跟踪输入信号的快速频率变化。运放LA3130接成跟随器, 起缓冲作用。动圈式表头 M_1 、电阻 R_{12} 和微调电阻 P_1 组成相位指示表, 当用DC5V稳压电源供电时, 指示表电压变化在DC(0~5V)之间。

当信号从A、B输入端输入时, 信号经过 C_1 、 C_2 , 送往 N_1 、 N_2 放大, 而后进入 IC_2 、 IC_3 进行信号转换。转换后信号由两通道送到“异或”门 N_3 进行相位比较, 而后再经积分电路 R_{11} 、 C_{11} 予以平均, 并在 IC_4 (LA3130) 得到缓冲, 再由指示表给予指示。当输入A、B的两信号相位差愈大, IC_4 提供的指示电压也就愈高。

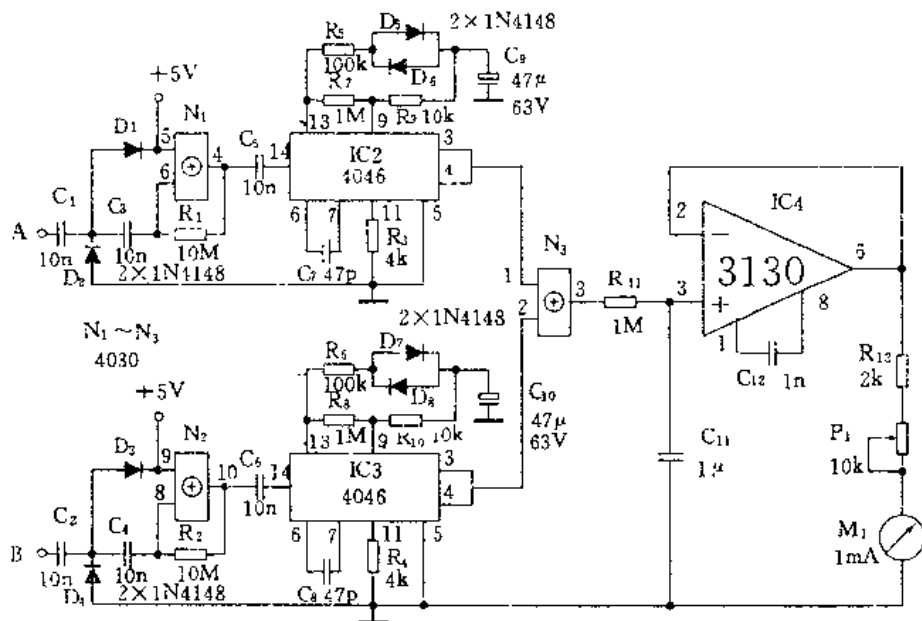


图 8-23 相位计电路

电路存在校准问题, 要使 A、B 相位差 180° 为指示表的满刻度。这里不作介绍。

例 24 区间电压指示电路

一、应用电路

二、电路结构说明

由电压比较器 CH14574 和“异或”门 CD4070 构成了指示输入电压 V_i 处于那个量值的区间电路。这一电路简称为“区间电压指示电路”。

电路输出端 V_{11} 、 V_{22} 、 V_{33} 、 V_{44} 的电平高低, 是作为输入电压 V_i 所在区间的判断依据。下表列出 V_i 与区间电压 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 及 V_{11} 、 V_{22} 、 V_{33} 、 V_{44} 之间的关系情况。

$V_i < V_1$	$V_{44} = "1"$
$V_1 < V_i < V_3$	$V_{33} = "1"$
$V_3 < V_i < V_2$	$V_{22} = "1"$
$V_2 < V_i < V_1$	$V_{11} = "1"$

电路中场效应管 VT (3D06) 是起恒流源作用。

若用“与”门 CD4081 代替电路中的“异或”门 CD4070, 那么电路输出端则为低电平。只要在 $V_{11} \sim V_{44}$ 端分别接上不同颜色发光二极管 LED, 并为 LED 串上限流电阻, 则各颜色 LED 显示出各区间的电压范围。

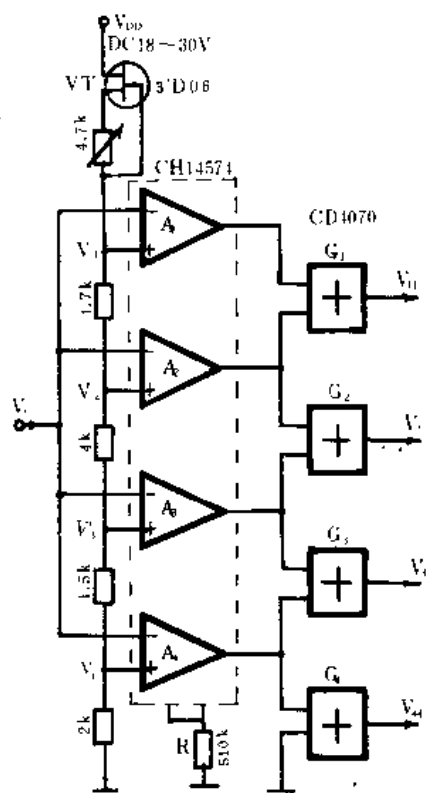


图 8-24 区间电压指示电路

例 25 保持频率峰值电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种能够保持输入信号最高频率，并输出的电路。它由锁相环电路 CD4046、“异或”门 $\frac{1}{4}$ CD4070、反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069、双向模拟开关 TG ($\frac{1}{6}$ CD4066)与阻容元件构成。

当输入信号 f_i 从 CD4046 的⑭脚输入，与 CD4046 内部 VCO 产生的信号 f_o 相比较有所超出时，CD4046 的第⑬脚输出经 R_1 产生高电平。这一高电平信号经“异或”门 ($\frac{1}{4}$ CD4070)，使 TG 导通。电容 C 得到充电。于是 CD4046 的第⑨脚电压上升， f_o 也跟着上升。当 f_o 超过 f_i 时，⑬脚呈低电平，TG 进入截止，电容 C 上的电压仍保持一段时间不变，因此 f_o 也能跟着保持高值而不变。

只有 $f_i > f_o$ 时， f_o 才会重新跟随 V_i 上升的。由于本电路每次采样前，应在复位端 R 加上高电平，才能使电容 C 放电， f_o 回到最低值。

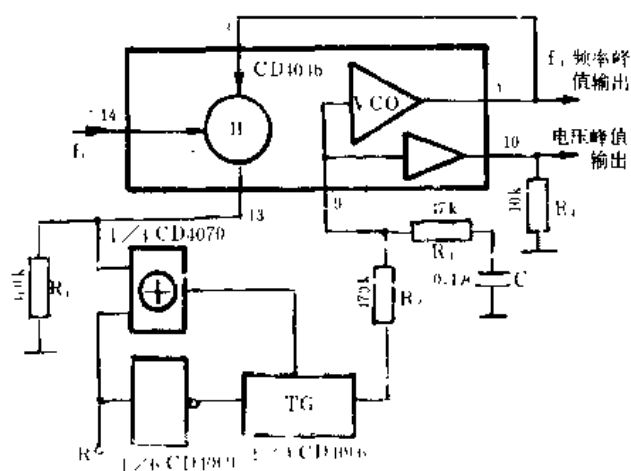


图 8-25 保持频率峰值电路

例 26 电子闹表电路

一、应用电路

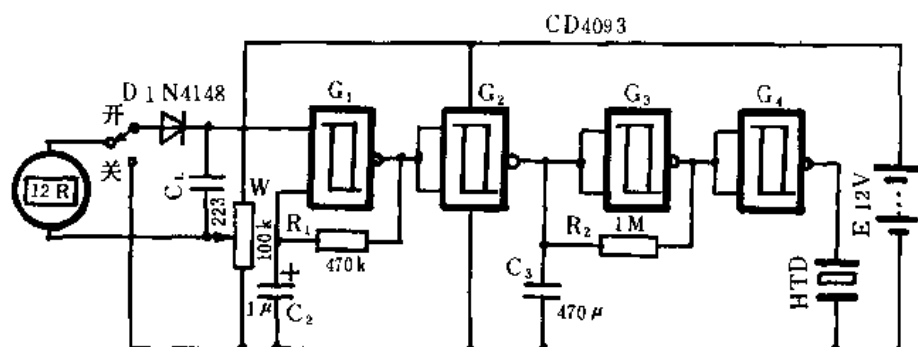


图 8-26 电子闹表电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 $G_1 \sim G_4$ (CD4093) 等构成的电子定时闹表。图 8-26 中，应用普通 5 功能数字式电子表和 CD4093 等制成 12 小时内预置定闹。

该线路的闹响功能由电子表末位变化决定。当预置好的时间一到，末位就由“P”跳变为“H”，从⑫脚输出一个高电平，经 D 整流， C_1 滤波后送到施密特触发器的输入端， G_1 起振，输出一个 1~2Hz 的振荡频率，经 G_2 反相， G_3 组成的音频振荡器起振，振荡频率由 R_2 、 C_2 决定，

再经 G_4 缓冲驱动压电蜂鸣器 HTD 发出断续的蜂鸣声。图中, 电池用打火机 12V 微型电池。调试时, 先把 W 旋到低端, 然后把表调到“12H”状态, 再把 W 往高端旋, 使蜂鸣器刚好能闹即可。平时开关 S 置“关”处, 用时 S 置“开”处。本表用电省鸣叫时耗电小于 1.5mA。

例 27 数字脉宽测量电路

一、应用电路

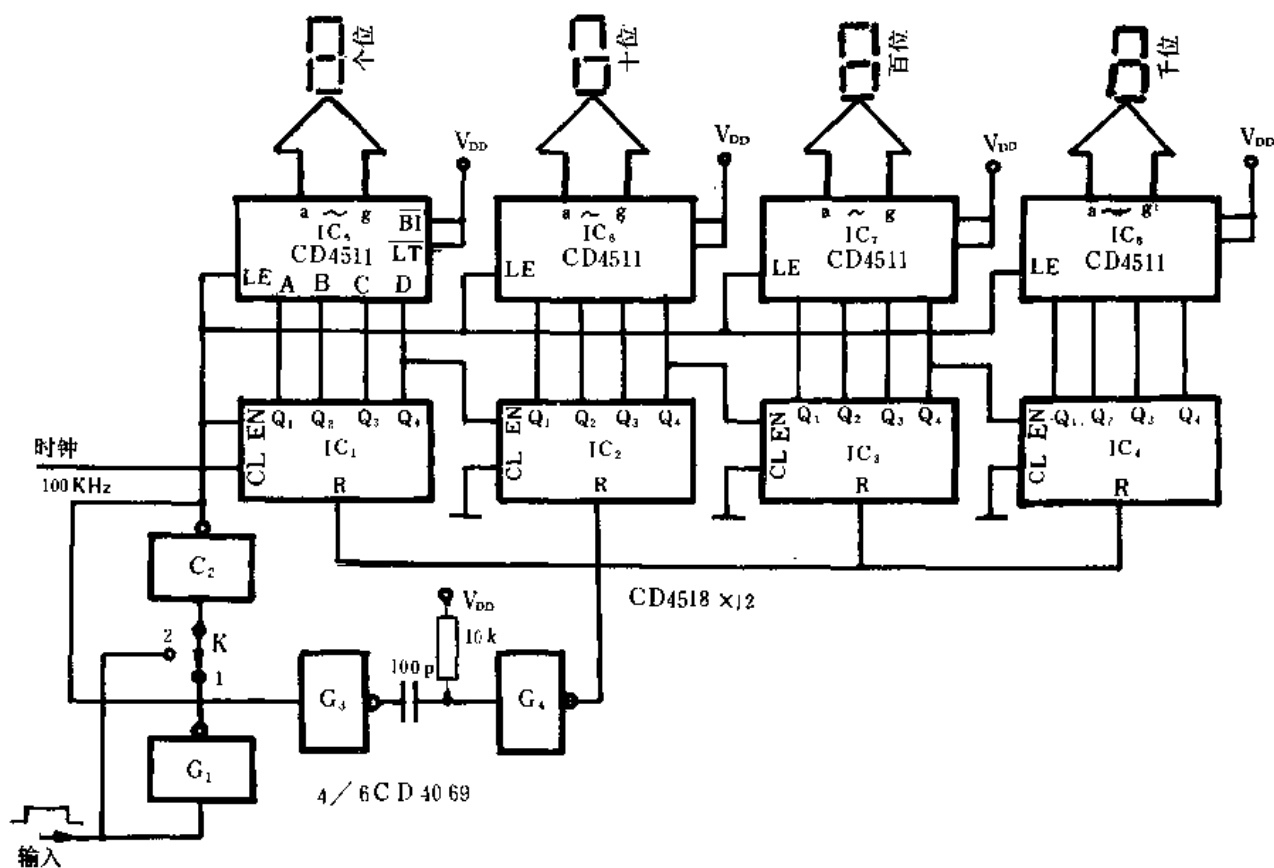


图 8-27 数字脉宽测量电路

二、电路结构说明

数字脉宽测量电路, 主要采用 2 个双 BCD 加法计数器 CD4518、7 段锁存/译码/驱动器 $4 \times$ CD4511、反相器 CD4069, 以及 LED 数码显示器等构成。测量电路的分辨率为 $10\mu\text{s}$ 、最大测量脉宽为 99.99ms 。

100kHz 的基准频率信号加至 IC_1 ($\frac{1}{2}\text{CD4518}$) 的 CL 端。被测脉冲信号加至 EN 端时, 一路送到 $\text{IC}_5 \sim \text{IC}_8$ 的 LE 端, 使它们受到触发而将计数值锁定; 另一路经反相器 CD4069 和 RC 微分电路后, 得到约 $1\mu\text{s}$ 复位脉冲, 被分别送往 $\text{IC}_1 \sim \text{IC}_4$ 的 R 端, 使 $\text{IC}_1 \sim \text{IC}_4$ 复位, 计数。

当 $\text{IC}_1 \sim \text{IC}_4$ 计数至输入脉冲下降沿出现时, EN 端高电平时间结束, 计数也随着停止。EN 端高电平的时间宽度, 就是输入脉宽的宽度。这时从四位数码管上可读出输入信号的脉宽。显然, 脉宽越宽, 计数值越大。一旦 $\text{IC}_1 \sim \text{IC}_4$ 计数值停止, $\text{IC}_5 \sim \text{IC}_8$ 也离开锁定状态, 重新取数显示。

注意: 开关 K 的“1”档为测正脉冲档, “2”为测负脉冲档。

例 28 电容测量电路 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种电容测量电路, 由 2 输入端 4 “与非” 门 CD4011 和阻容元件、二极管等构成。它的测量范围为 $5\text{pF} \sim 1\mu\text{F}$ 。CD4011 的两个门 G_1 、 G_2 组成多谐振荡器, 振荡频率由定时元件 RC 确定。量程开关 S_2 调到不同档位, 可选择出 $R_2 \sim R_6$ 中一个阻值与电阻 R_1 串联成定时电阻 R 。量程开关 S_1 选择出 $C_2 \sim C_5$ 中一电容与电容 C_1 并联, 形成定时电容 C 。CD4011 的门 G_3 是作为振荡缓冲级。二极管 D_2 、电容 C_6 组成整流平滑电路。

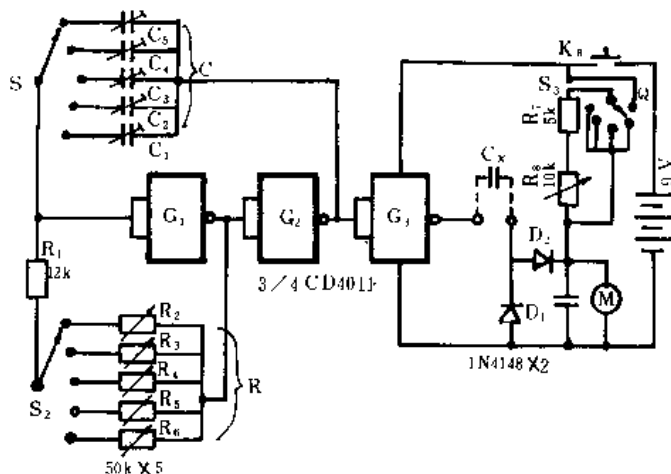


图 8-28 电容测量电路 (1)

当门 G_3 输出高电平时, 通过 C_6 、 D_2 向被测电容 C_x 充电; 当门 G_3 输出低电平时, C_x 通过 D_1 放电。表头 M 所指示的数值与 C_x 值成正比。显然当量程开关 S_2 置 Q 档位上时, 表头 M 指示为电源通过 R_7 、 R_8 后的电压值; S_2 置其它位置时, 表头 M 指示数值为被测电容的数值。

实验指出: 量程范围、振荡频率、阻容关系如下表。

R	C	量 程 范 围	频 率	备 注
15K	5P	0~100P	1100kHz	$R=R_1+R_N$
31K	100P	0~1000P	112kHz	$C=C_1+C_M$
36K	1500P	0.01 μ	11.2kHz	$N=2 \sim 6$
45K	0.012 μ	0.1 μ	1.17kHz	$M=2 \sim 5$
45K	0.1 μ	1 μ	109Hz	

例 29 电容测量电路 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

双 D 触发器 $1/2\text{CD}4013$ 等构成简易的电容测量电路。

图 8-29 中, D 触发器组成单稳态触发器, 由于 S 端接 GND, 稳态时 Q 端恒为低电平。当正脉冲 V_i 加入 CP 端时, 其上升沿把 D 端电平 (V_{DD}) 送至 Q 端, 暂稳态开始。同时, Q 端的高电平通过 R_1 向 C 充电, 使 C 两端电压不断上升, 当上升至复位 R 端门限电平时, 触发器复位, 而 Q 端又回复到低电平, 暂稳态结束。暂稳脉宽正比于 R_1 、C 的时间常数, 所以当已知电容 C 及电阻 R_1 一定时, 其输出脉

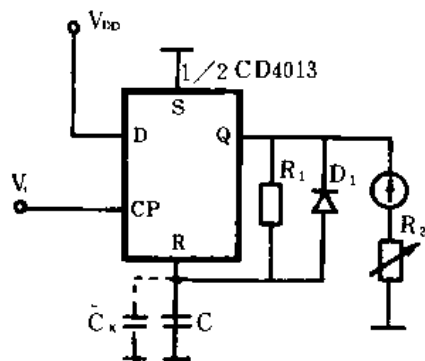


图 8-29 电容测量电路 (2)

宽亦应固定。测试时，固定 R_1 值，将已知电容量作电流表的刻度，调 R_2 值校正好。这样被测电容 C_x 通过电流表的偏转角大小，就可知道被测电容量是否与已知电容量符合。即比较两者电流表偏转刻度的大小即可。尤应注意的是，单稳电路输出的脉宽应小于输入时钟的周期。

例 30 电容量测量电路 (3)

一、应用电路

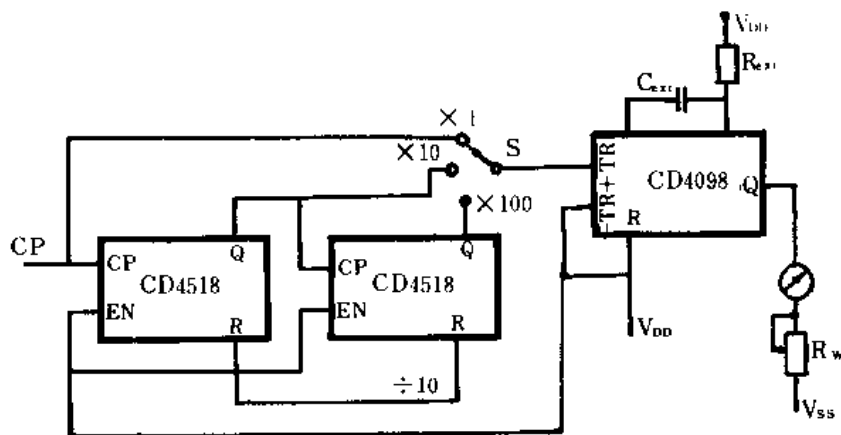


图 8-30 电容量测量电路 (3)

二、电路结构说明

单稳态触发器 CD4098 输出脉冲的宽度与其外接电阻 R_{ext} 、电容 C_{ext} 的值成正比关系。倘若 R_{ext} 采用高精度、高稳定性能的固定电阻，那么 C_{ext} 则与输出脉冲宽成正比了。 C_{ext} 值不同，则输出脉冲宽度也不同。图 8-30 电路则是根据上述原理设计的一个电容量测量电路。该电路的测试量程刻度，需用标准电容来校正。但要注意，单稳态输出脉宽在整个测试范围内应小于时钟脉冲的周期时间。

图 8-30 中，用 CD4518 组成 2 组 10 分频电路，以扩展测量量程。这是因为对时钟脉冲进行分频，每 10 分频后，输出脉冲频率便低 10 倍，于是量程则扩展 10 倍。波段开关 S 可置量程 $\times 1$ ， $\times 10$ ， $\times 100$ 3 档，分别进行测量。

例 31 电容测量电路 (4)

一、应用电路

二、电路结构说明

电容测量电路，主要由 CMOS 工艺制造的时基电路 IC_1 、 IC_2 (CH7555)、双 D 触发器 CD4013 (FF_1 、 FF_2)、运算放大器 F3140、2 输入端 4 “或非”门 $\frac{1}{4}$ CD4001、2 输入端 4 “与”门 CD4081 (G_1 、 G_2)、电表等构成。

CH7555 的 IC_1 接成无稳态多谐振荡器，其振荡脉冲频率为 $T_1 = 0.7 (R_1 + 2R_2) C_1$ 。输出的脉冲经触发器 FF_1 (FF_1 接成 2 分频)，得二分频方波信号。CH7555 的 IC_2 组成单稳态电路，单稳时间为 $T_d = 1.1R_3 (C_x + C_s)$ 。单稳电路输出给触发器 FF_2 作复位脉冲。

从电路图可以看出： $\frac{1}{4}$ CD4001 “异或”门的 2 个输入端中，一个是方波信号；另一个是正比于定时电容 ($C_x + C_s$) 的调制波。而 $\frac{1}{4}$ CD4001 门的输出端 A 脉宽为 $T_d = 1.1R_3 (C_x + C_s)$ 。经门 G_1 、 G_2 后，C 点的波形与 A 点相同，B 点是低电平。B、C 两点电压经差分放大

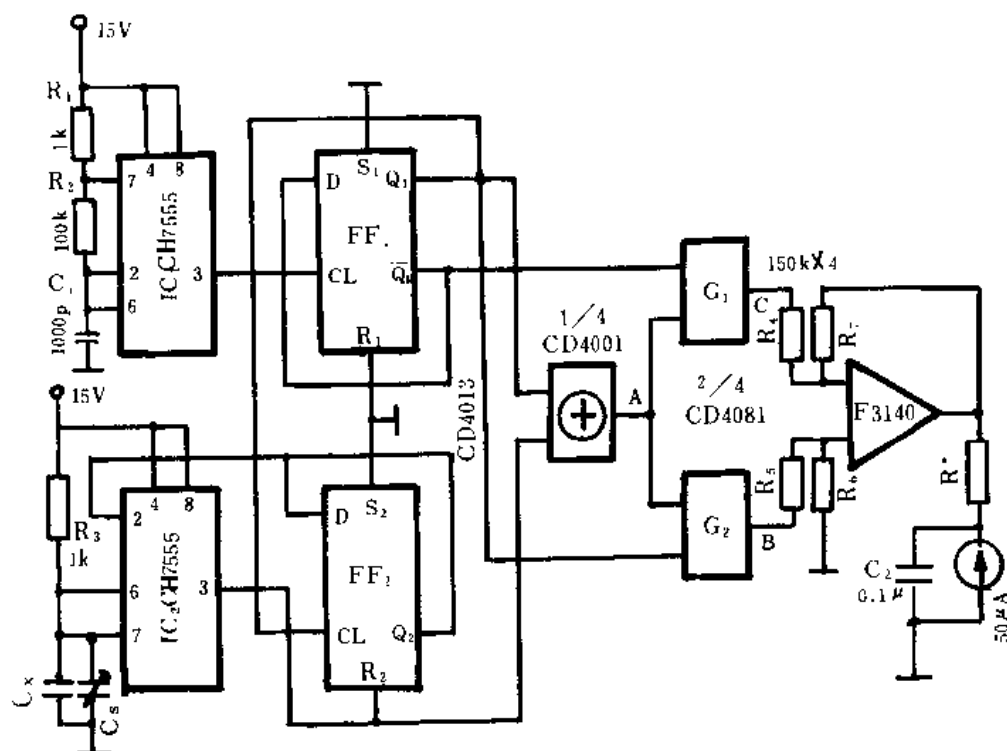


图 8 31 电容测量电路 (4)

(F3140 放大) 后由电表指示, 而指示数值正比于 C_x 。

电容 C_s 可作电表零点调节。也就是当被测电容 C_x 没有插入时, 可调节 C_s 使表针指示零。电容 C_s 作为基准电容。也就是, 调节单稳宽度使 A 点脉冲刚消失, 然后切断 C_s , 改接上 C_x 。这时, 若 $C_x > C_s$ 时, 表头正偏; $C_x < C_s$ 时, 表头反偏。这样, 表头可作偏差量及其极性指示。

例 32 数字式高精度电容表电路

一、应用电路

二、电路结构说明

数字式高精度电容表电路由 BCD 双加法计数器 CD4518、译码器/驱动器 $3 \times$ CD4511 ($IC_1 \sim IC_3$)、施密特触发器 $\frac{3}{4}$ CD4093 (G_1 、 G_2 、 G_3) 等构成。被测电容 C_x 接在电路 A、B 两端。 S_1 、 S_2 为量程连动开关。

待测电容 C_x 在电路中作为定时电容。它与电阻、门 G_1 构成一个自激多谐振荡器, 其振荡周期 $T \approx 0.7RC_x$ 。门 G_3 和阻容元件也构成一个较高频率的振荡器, 输出的脉冲 CP 作为 3 位 BCD 码十进制计数器 CD4518 的时钟信号。接在门 G_1 后的是微分电路, 产生负极性尖脉冲, 使计数器复位的同时, 使计数器将计数值锁存并驱动译码显示。

显然, 多谐振荡器输出的脉冲周期是与 C_x 值成正比, 计数器对较宽脉冲信号的时间间隔内对高频时钟 CP 计数个数, 也与 C_x 值成正比。这样, 就实现数字化电容量测定。

改变 S_1 、 S_2 的档位, 即改变两个振荡器的定时元件值, 达到改变振荡频率。这样, 可以确保 G_3 与 G_1 为核心的振荡频率高与低倍数差, 实现电容量 PF 数量级与 mF 数量级测量的精度。

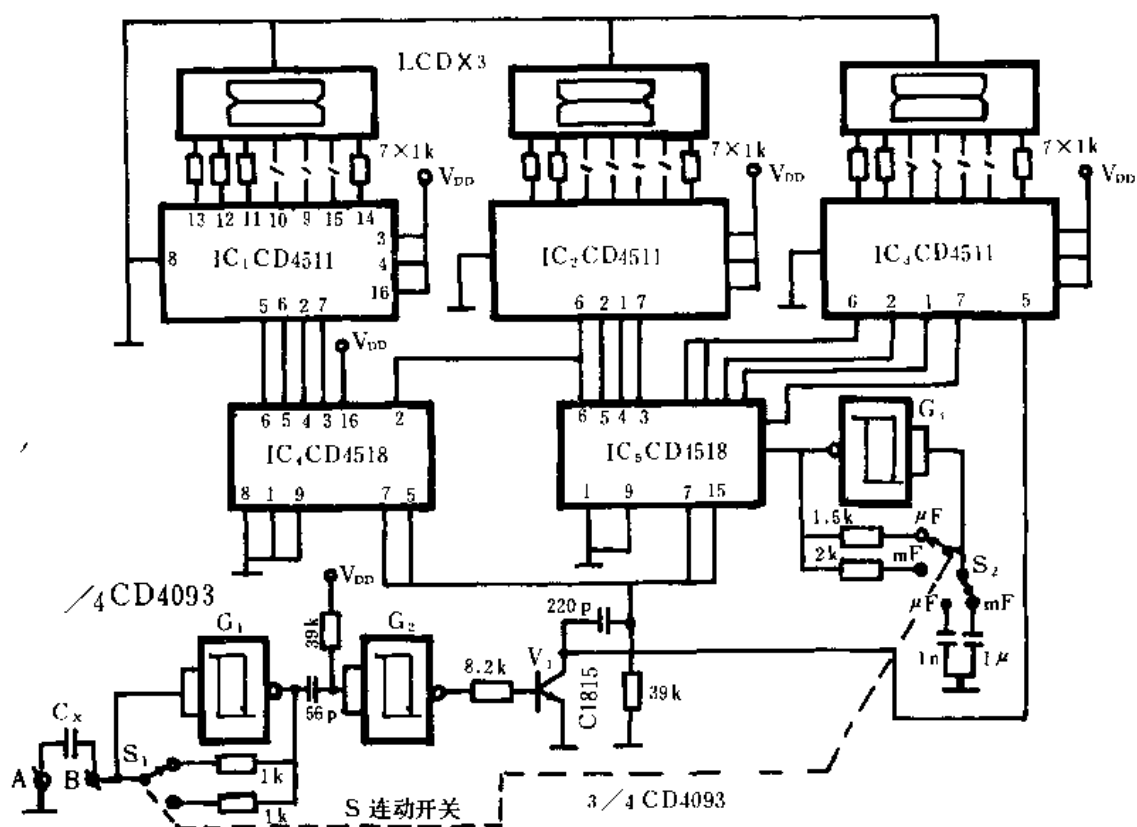


图 8-32 数字式高精度电容表电路

例 33 数字式宽量程电容测量仪

一、应用电路

二、电路结构说明

数字式宽量程电容测量表电路，由基准电容容量—频率转换器、待测电容容量—频率转换器、测试启动脉冲发生器、计数闸门控制器、计数器和显示器等 5 个主要部分组成。其中， IC_1 (NE556)， $R_1 \sim R_4$ ，基准电容 C_1 、 C_2 组成“基准电容容量—频率转换器”，产生某一固定频率的基准脉冲； IC_3 (NE555)、 R_7 、 R_8 和被测电容 C_x 组成“待测电容容量—频率转换器”。 R_5 、 R_6 、 C_4 与 IC_1 (NE555) 组成测试脉冲发生器，控制计数器每隔 5s (秒) 对电容测量一次。

当 IC_1 的第⑨脚输出脉冲上升沿，使 D 触发器 IC_2 ($\frac{1}{2}$ CD4013) 的 Q 端产生低电平，并加至十进制计数器 IC_4 (CD4017) 的 EN 端，使计数器处于计数状态。“待测电容容量—频率转换器”将 C_x 转换成待测的振荡脉冲频率， IC_3 的③脚的第一个脉冲上升沿到来，步进计数器 CD4017 的高电平输出端由 Q_0 跳到 Q_1 。 Q_1 输出作为 IC_5 (MC14553) 3 位 BCD 计数电路的计数脉冲，使 IC_5 由锁存状态进入计数状态。与此同时， C_6 、 R_{11} 产生的尖脉冲使 IC_5 在瞬间清零。在 Q_1 输出高电平期间，由 IC_2 对 IC_5 的 DIS 端输入脉冲进行计数。 IC_5 计数结束，由 IC_6 (BCD 锁存/7 段译码器 CD4511) 译码，并分别经 V_1 、 V_2 、 V_3 放大，而后驱动“3 位 7 段共阴极”LED 数码管显示器显示出 C_x 的电容量。

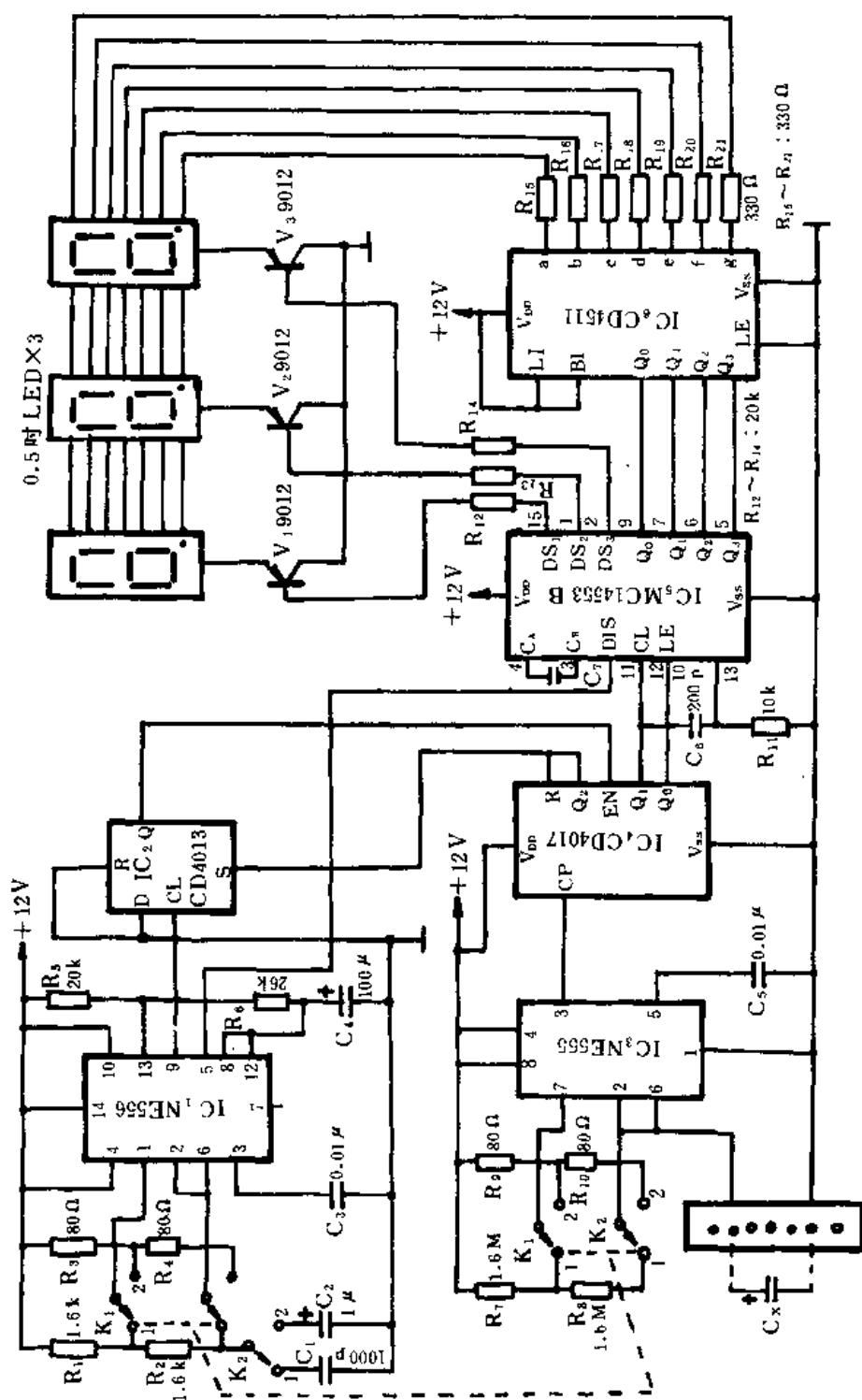


图 8-33 数字式宽量程电容测量表电路

K ₁ 位置	K ₂ 位置	基准脉冲频率 (Hz)	待测脉冲频率 (Hz)	量程 (F)
1	2	300k	300~300k	1~999p
1	2	300	0.3~300	1~999np
1	2	1000	1~1000	1~999μp

一、应用电路

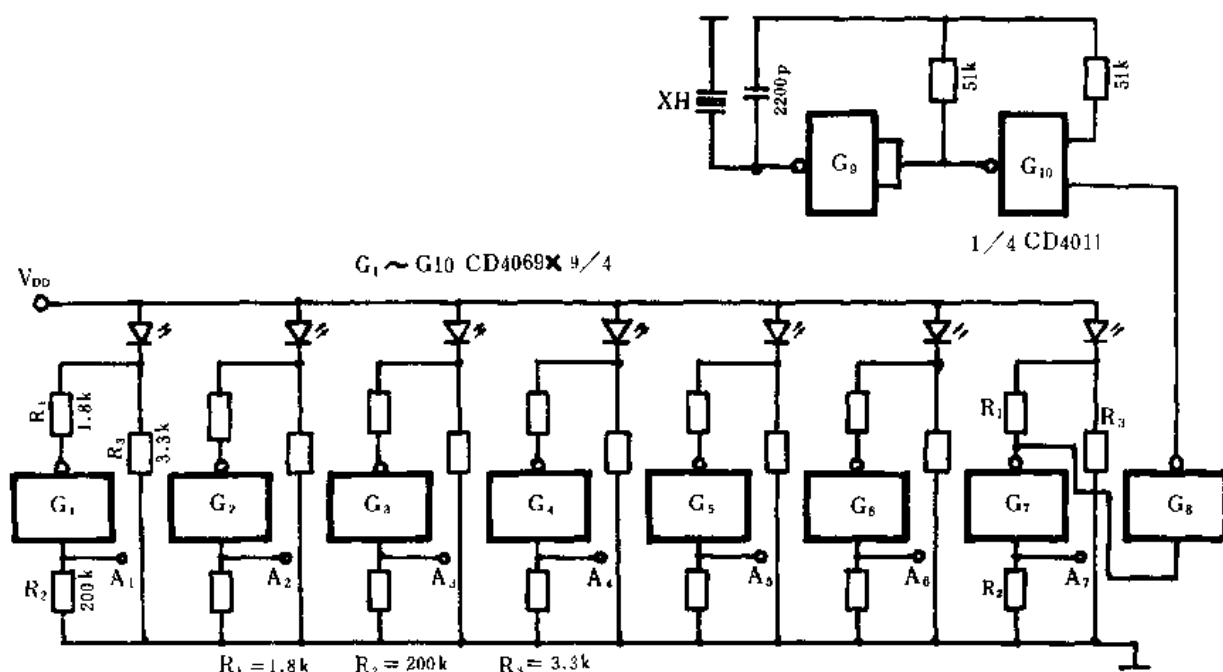


图 8-34 简易水位计电路

简易水位计电路,采用 6 反相器 $\frac{1}{6}\text{CD}4069$ 、2 输端 4“与非”门 $\frac{1}{4}\text{CD}4011$ 和阻容元件、LED 等构成。其中 $A_1 \sim A_7$ 为铜片电极,贴于水箱内壁不同高度层上;电极 V_{DD} 置于水箱底部。

当水箱无水时, $A_1 \sim A_7$ 与 V_{DD} 开路, 门 $G_1 \sim G_7$ 输入均为低电平, 而输出为高电平, LED 均不亮。箱里注水时, 由于水的导电, 使水位满过的铜片电极都变为高电平, 相应的门输出为低电平, 进而相应的 LED 发亮。显然水位越高, LED 发亮的数目就越多, 直至水满箱 LED 均发亮。此时门 G_8 输出高电平, 使门 G_9 、 G_{10} 组成的门控振荡器起振, 驱动压电片 XH 发出报警声。

例 35 漏水测试器

一、应用电路

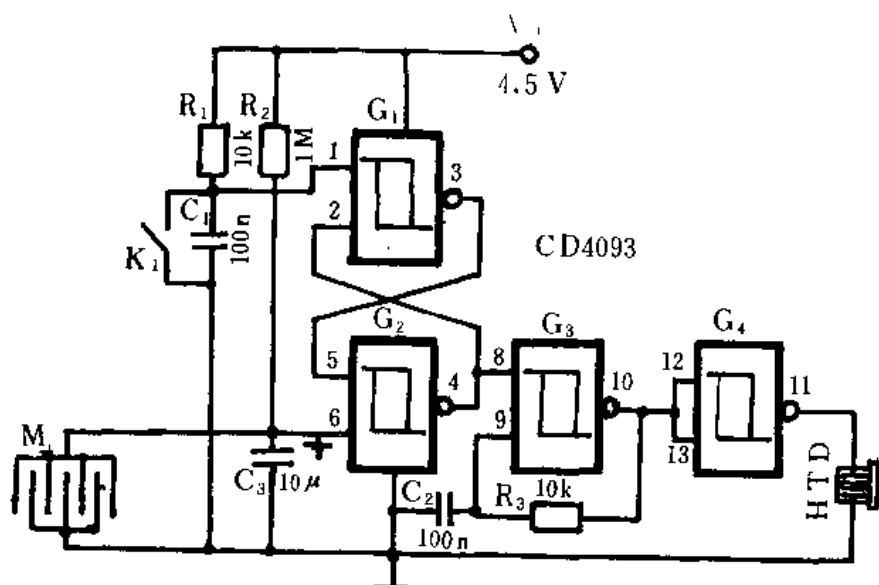


图 8-35 漏水检测器

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 $G_1 \sim G_4$ (CD4093) 等构成的漏水检测器。

电路中, 正常无漏水时, 门 G_2 输入端③脚为高电平。当叉指状 (用印刷板腐蚀成) M 有水分时, 其上端③脚对地电阻降低, 使 G_1 、 G_2 组成的 R-S 触发器输出端④脚为高电平。 G_3 组成振荡器由于门控端⑧脚为高电平而起振, 其⑩脚输出脉冲信号经 G_4 的缓冲后, 使蜂鸣器 HTD 发出声响, 意味着有漏水现象。

本装置还可作下雨报知器, 小孩尿床报知器等。

例 36 水位自动测试控制器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 等构成的水位自动控制器。

电路中, G_1 、 G_2 及 R_3 、 R_4 组成施密特触发器。当水位低于 L 时, M 点电位升高, 使触发器状态翻转输出高电平。门 G_3 输出低电平, 经门 $G_4 \sim G_6$ 反相后输出高电平。这一高电平使晶体管 V_1 导通, 触发 SCR 的 G 极, 也使 SCR 导通, 继电器 J 动作, 3 个常开触点闭合, 接通 A、B、C 3 相水泵电源抽水。当水位升至 H 点时, M 点电位降低, 触发器翻转, 使水泵失电而停止抽水。水位在 H 与 L 之间时, 施密特触发器保持原态。

图 8-36 中 R_5 、 D_1 、 D_2 、 D_3 与虚线框内电路构成缺相保护电路。某相 (如 B 相) 断路, 则使门 G_3 输入端变低电平, 则 $G_4 \sim G_6$ 输出端为低电平, SCR 截止, 继电器不动作, 以至使三个常开触点不闭合。这样, 保护了水泵电机不致于电源供电缺相而烧毁。

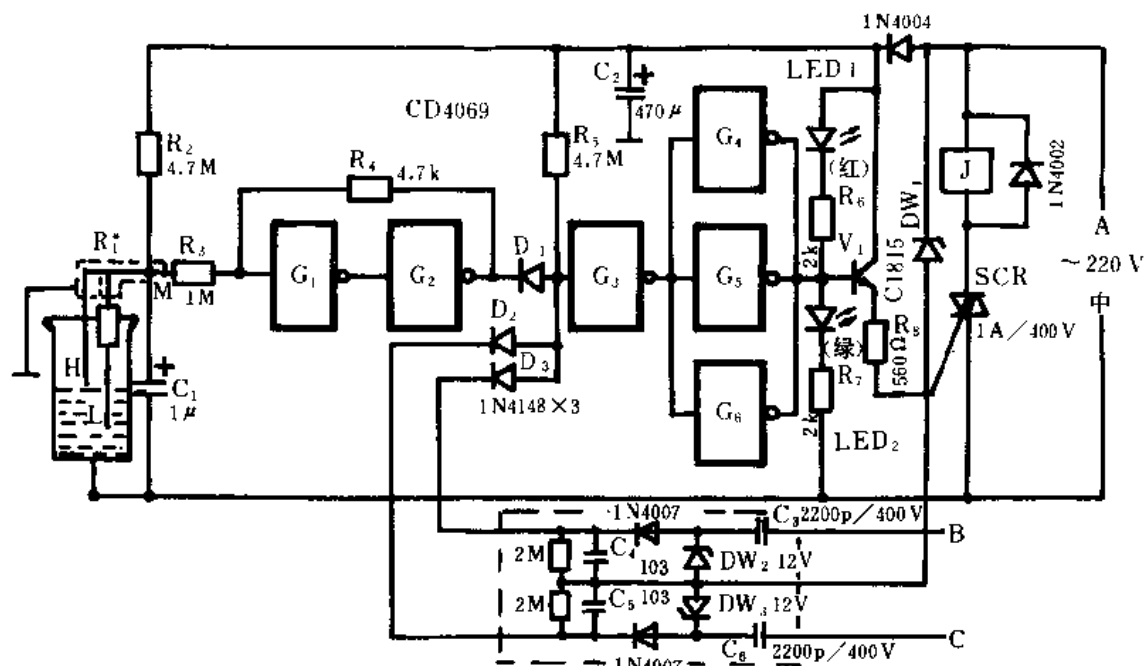


图 8-36 水位自动测试控制器

例 37 低功耗水位计

一、应用电路

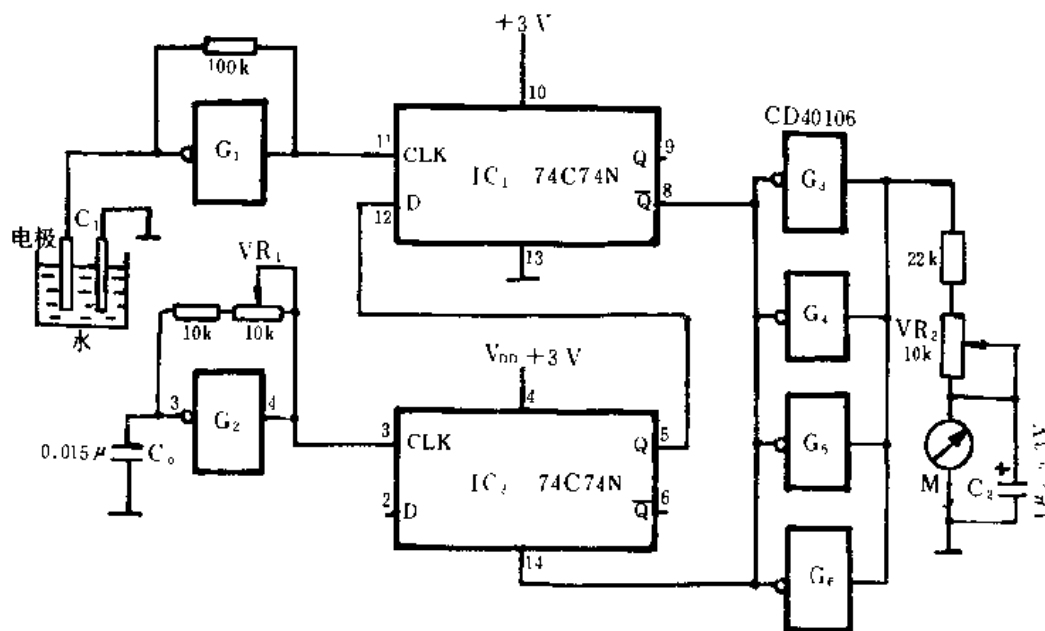


图 8-37 低功耗水位计

二、电路结构说明

低功耗水位计主要由施密特反相器 CD40106 (或 74C14N)、双 D 触发器 CD4013 (IC₁、IC₂) 或 74C74N、采水电极、表头 M、阻容元件等构成。

采水电极是两根平行电极，其中一根的竖侧面敷有绝缘层，于是两根电极实际上形成一个电容器 C_1 。而且， C_1 的容量与电极浸入水中的深度成正比，因此， C_1 实际上是一个可变电容器。这样，由 C_1 、 $100\text{k}\Omega$ 和 CD40106 的门 G_1 ，构成的振荡器，其振荡周期 T_1 与水深成了正比。

CD40106 的门 G_2 与电容 C_0 、电阻 $10\text{k}\Omega$ 、 VR_1 组成了标准时钟发生器（振荡器），产生周期为 T_0 的时钟脉冲。显然，调节电位器 VR_1 可改变时钟周期 T_0 。为保证在 T_0 周期内只允许通过一个水位振荡器产生的脉冲信号，电路采用了双 D 触发器，且将 CD40106 的门 $G_3 \sim G_6$ 并联起来，将其输出引向 C_2 和表头 M。输出信号经 C_2 平滑后形成与水位成正比的直流电压，由表头 M（电压表）指示出来。电压表实际上采用 $50\mu\text{A}$ 直流电流表头改装而成。 VR_2 可调节其量程，使之与水位高低相对应。

例 38 水位测试控制告警器

一、应用电路

二、电路结构说明

水位控制告警器由 6 反相器 CD4069 和二极管、三极管、阻容元件等构成。其中 CD4069 的门 G_5 、 G_6 组成振荡器。A 与 B 为两片 $20 \times 20\text{mm}^2$ 、相距 5mm 的金属片，设定在水箱里某一高度。

当水位高过告警位置并没过金属片时，由于水的导电，使 A、B 接通，CD4069 的门 G_1 输入端为低电平，门 G_2 输出端也为低电平，门 G_4 输出端也为低电平。这时， LED_1 发出绿光，振荡器不起振，HTD 不发声，达林顿管（由 V_1 、 V_2 组成）截止，继电器不动作。

当水低于 A 与 B 所设位置以下，门 G_1 输入端呈高电平，门 G_2 也为高电平，门 G_3 输出端为低电平，门 G_4 输出端为高电平。这时 LED_2 发出红光，振荡器起振，HTD 发出告警声， V_1 、 V_2 导通，继电器 J 动作， J_{1-1} 吸合，水泵工作，往水箱里注水，直到水池又超过 A、B 位置时，水泵停止工作，告警声才停息， LED_2 红灯才灭。电路又开始重复以上过程。

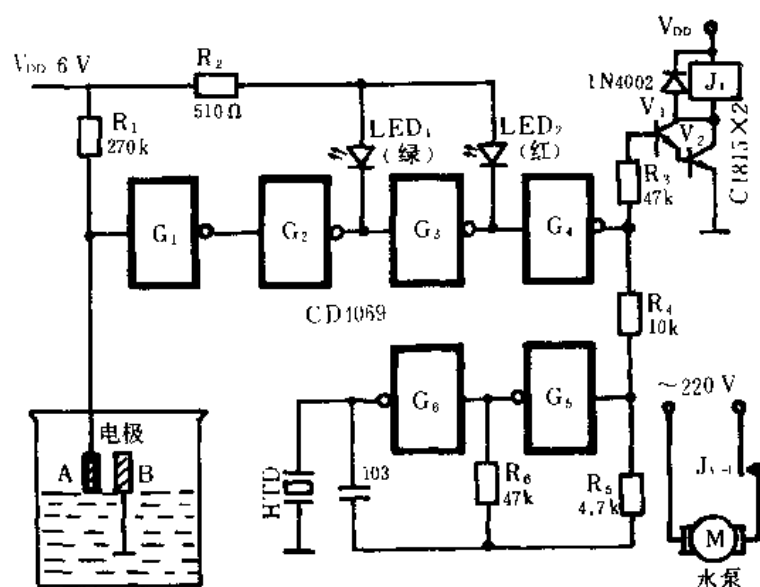


图 8-38 水位测试控制告警器

例 39 水位声光报警器

一、应用电路

二、电路结构说明

水位声光报警器电路，主要由 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$)、发光二极管 LED、扬声器 Y、插座 IN 等构成。

电路中, CD4069 的门 G_1 、 G_2 与 R_1 、 C_1 组成低频间隙振荡器, 门 G_3 、 G_4 与 R_2 、 C_2 组成音频振荡器。调整 R_1 、 C_1 和 R_2 、 C_2 的值, 可分别改变以上 2 个振荡器的频率。

当探测水位的探头, 通过插头插入电路 IN 插座后, 若水位超过限位, 使探头两触点接通。此时, 低频间隙振荡器起振, 输出脉冲分二路: 一路经门 G_3 缓冲后驱动 LED 发光告警; 一路加至门 G_4 、 G_5 组成的音频振荡器, 控制音频输出信号。经门 G_6 和晶体管 V, 驱动扬声器发出间歇的声音报警。当然, 水位没有超限位, 电路停止工作。LED 无光, Y 无声。

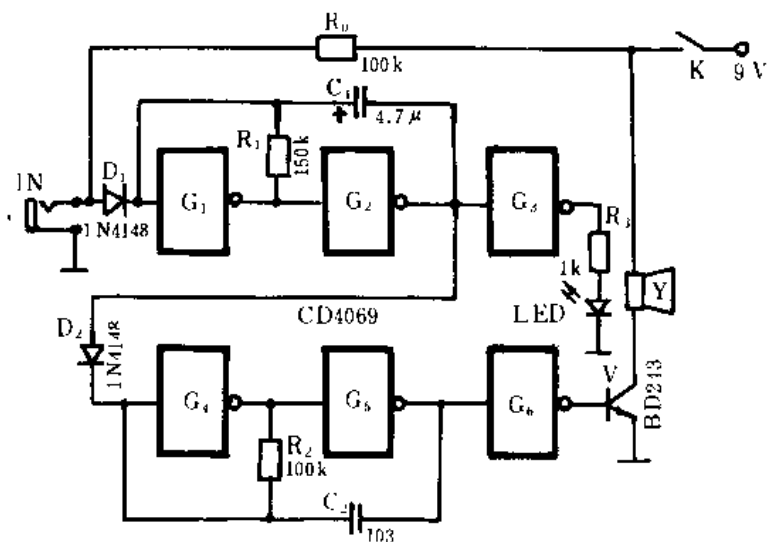


图 8-39 水位声光报警器

例 40 水箱自动泵水控制电路

一、应用电路

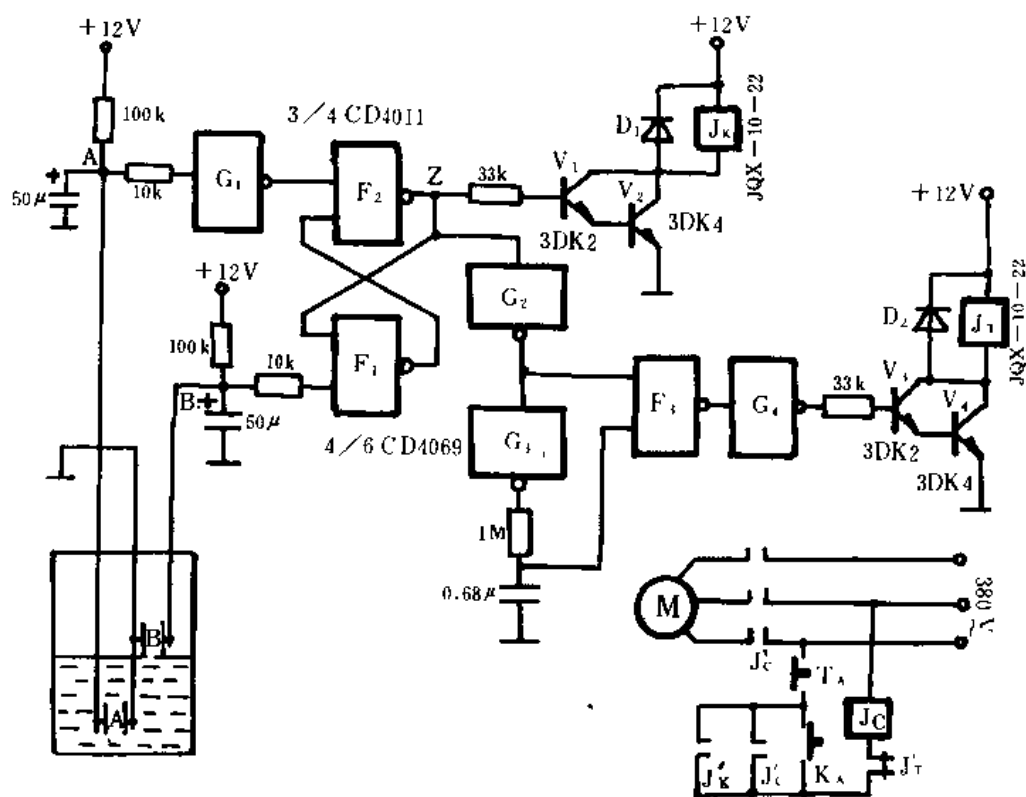


图 8-40 水箱自动泵水控制电路

二、电路结构说明

水箱自动泵水控制电路，主要由 4 “与非”门 CD4011 ($F_1 \sim F_3$)、6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069、电极 A 与 B、继电器、阻容元件等构成。

按下开关 K_A ， J_C 通电， J_C 触点吸合并自锁，电机 M 电源接通，水泵泵水。按下常闭键开关 T_A 时， J_C 断电， J_C 触点断开，停止泵水。这是手动控制。

自动控制时， J_K 代替了 K_A ， J_T 代替了 T_A ，并有以下工作过程：当水位处于水箱最低时，电极 A、B 均不浸没水中，电路中 A 点、B 点为高电平，CD4011 的门 F_1 、 F_2 组成 RS 触发器的输出端 Z 点为高电平。于是复合管 V_1 、 V_2 导通，继电器 J_K 得电，启动水泵；而 J_T 没有通电，常闭触点 J_T 仍然闭合。

当水位升至并超过电极 A 时，电路中 A 点变为低电平，而 B 点仍为高电平。于是 BS 触发器的输出端 Z 点仍为高电平，水泵继续供水。

当水位升至电极 B，并淹没 B。此时，电路中 B 点变为低电平，RS 触发器翻转，其输出端 Z 点为低电平。于是， J_K 断开。与此同时，反相器 CD4069 的门 G_4 输出端产生 1 个宽约 0.5S 的正脉冲，使复合管 V_3 、 V_4 导通， J_T 得电，常闭触点 J_T 断开，电机断电，水泵停止供水。显然，只要电极 B 处于不被水淹没状态时，水泵就继续泵水。

例 41 水位表电路

一、应用电路

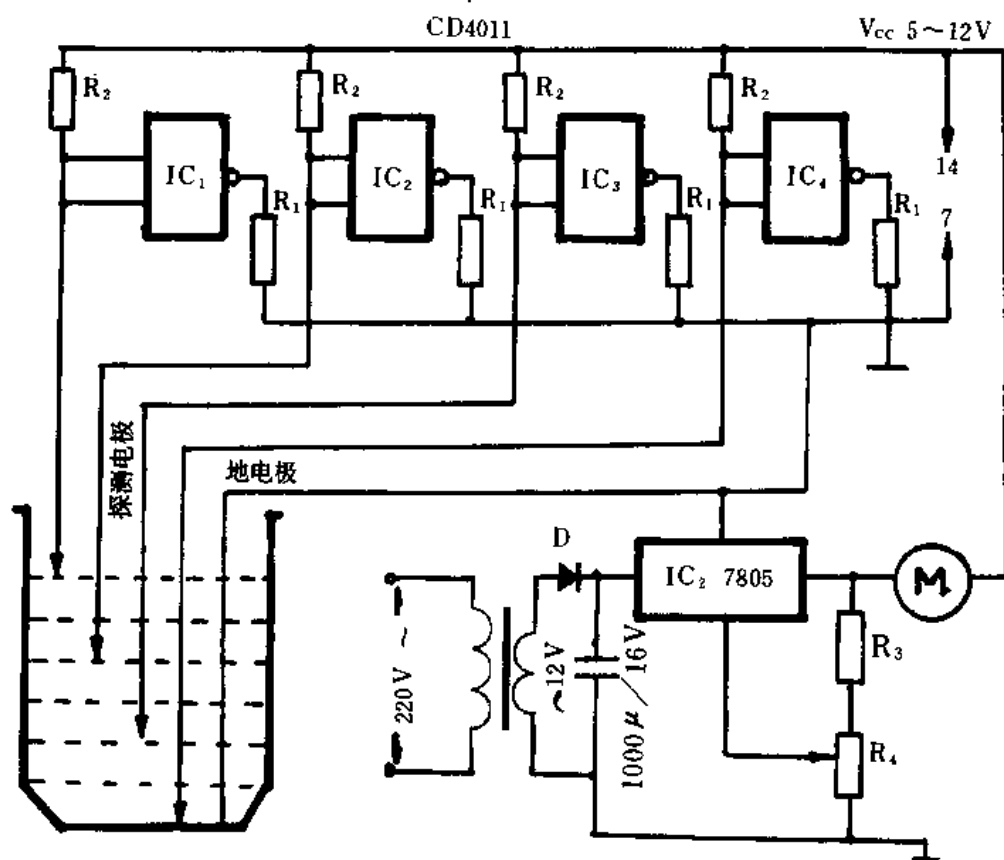


图 8-11 水位表电路

二、电路结构说明

水位表主要由 2 输入端 4“与非”门 CD4011 ($IC_1 \sim IC_4$)、集成稳压电路 IC_2 7805、表头 M_1 、探测电极等构成。

当全部探测电极均不接触水时，CD4011 的门 $IC_1 \sim IC_4$ 全部输出低电平。此时，表头 M_1 读数为零。若最低水位的探测电极浸入水面时，其相应的门 IC_4 输出变为高电平，表头 M 读数为 V_{CC}/R_1 。水位上升后，相继电极没入水面，更多“与非”门（门 IC_3 、 IC_2 、 IC_1 ）输出高电平，于是相继从表头 M 有读数显示。

电路供 IC 使用的电压为 $V_{DD}=5 \sim 12V$ 。改变 R_4 的值，可使水位表 M 指针满量程读数。

例 42 数字显示转速表

一、应用电路

二、电路结构说明

时间控制器 CH279 和计数/锁存/译码/液晶驱动“四合一”集成电路 CH267 等构成的数字显示转速表。CH279 和 CH267 一样，均是 CMOS 工艺设计生产的。CH279 内部由晶体振荡器、 2^{16} 分频器、整形单元，控制器和指示信号单元等组成。

本系统采用 6V 电源 电池供电。场效应管 3D01（或恒流量）作恒流源用。调节 1.5k 电位器，使 V_x 达到规定值（例如，4.5V—即 $V_x=4.5V$ 时为电源电压跌落设定值），产生 LCD_2 的信号使液晶屏指示点闪烁，指示电源电压跌落到极限。

晶振部分，振荡信号施加于 Φ_1 和 Φ_2 端。 f_i 端接“自检”时，显示晶振频率数，指示电路正常。

f_i 接“输入”时，被测信号送入 CH279 进行分频。被测信号是通过光电码盘（60 等分）得到的，这样，转速表在采样时间内便可显示被测信号每分钟脉冲数（物体转速）。

CH279 的输出 CP_1 接 CH267 的计数时钟 CP 端，DFO 接 CH267 的 DFI 而驱动液晶显示器公共电极， LCD_1 驱动液晶显示器工作指示符号。

CH267 工作电压取 3~6V，能直接与 CH279 及 LCD 相配用。

CP_2 接 CH267 的锁存控制 LE 端，这样显示的数字不致于随计数器翻转而闪烁。

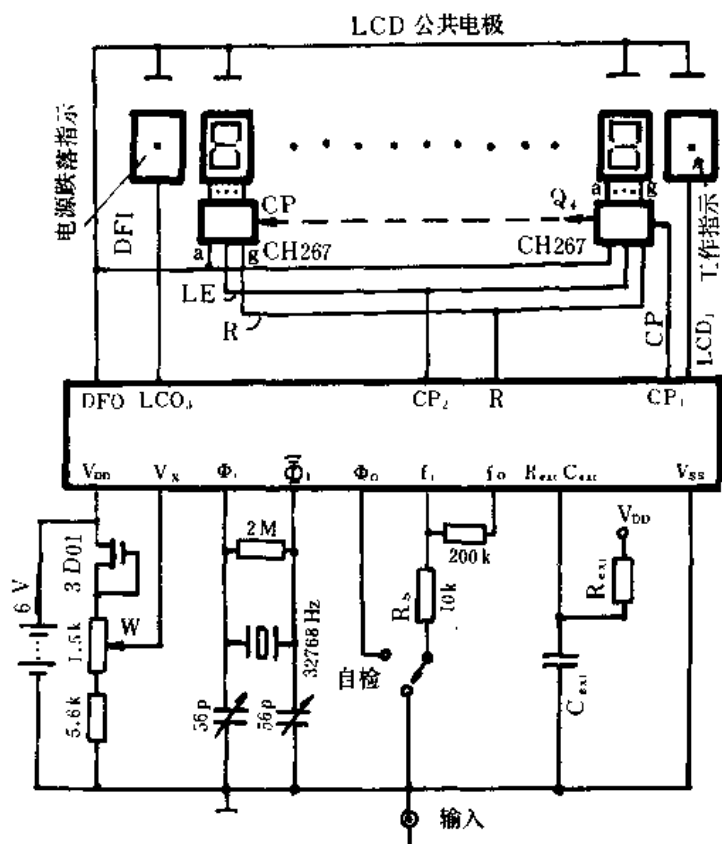


图 8-42 数字显示转速表

第九章 电源、放大器

例 1 电池电压检测电路

一、应用电路

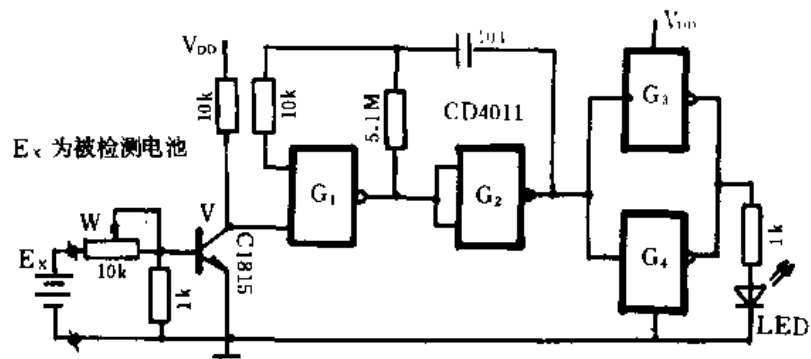


图 9-1 电池电压检测电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的电池电压检测电路。

当电池电压 E_x 降到一定电平时，晶体管 V 截止，其集电极为高电平，这时由“与非”门 G_1 、 G_2 组成的振荡器开始振荡，发光二极管 LED 由 G_3 、 G_4 并联驱动闪光。对不同的电池的电压 E_x ，可调整电位器 W 和电阻 R_1 来达到要求的动作电平。

例 2 电池电压跌落声光警示器

一、应用电路

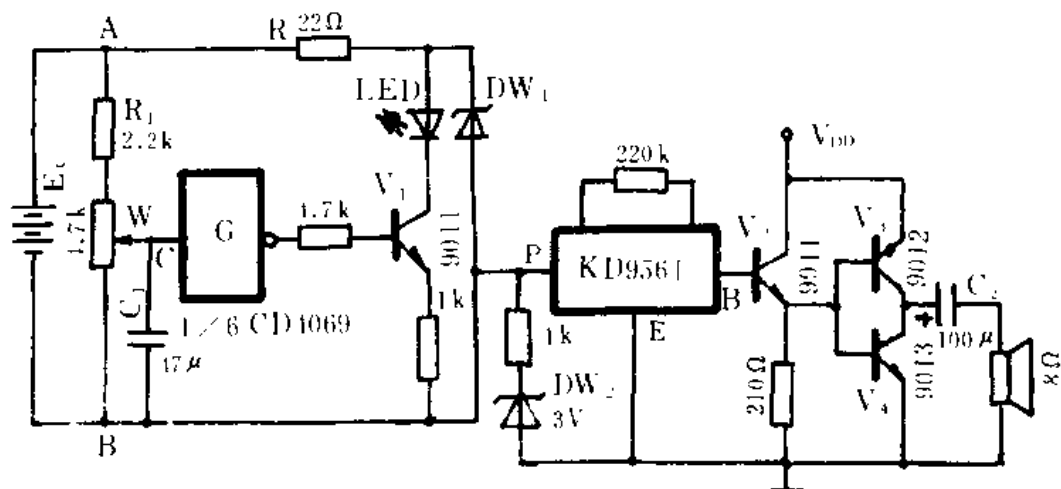


图 9-2 电池电压跌落声光警示器

二、电路结构说明

这是一种采用 6 反相器 $\frac{1}{6}\text{CD}4069$ 和音乐集成块 KD9561 等构成的电池电压跌落声光警示器。

A、B 分别接电池 E_c 的正负极, C 点得到 W 分压值 V_x 。当 V_x 高于反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 的门 G 阈值电压时, 门 G 输出低电平, V_1 截止, LED 不亮, KD9561 的触发端 P 因低电平不受触发, 于是扬声器不发声。当电池 E_c 电压下降时, 使 V_x 低于门 G 的阈值电压时, 门 G₁ 输出高电平, V_1 导通, LED 发亮, KD9561 的 P 端得到较高电平而触发, 于是声音信号经 V_2 , 推动 V_3 、 V_4 推挽功放, 使扬声器发出警示声。

例 3 电压高低显示器

一、应用电路

二、电路结构说明

电压高低显示器, 主要由运算放大器 IC₁ (LM393)、2 输入端 4 “与非” 施密特触发器 CD4093 (G₁~G₄) 和双色发光二极管等构成。

当输入电压 V_m 在设定范围内时, 运放 IC_1 作为窗口比较器, 其输出为低电平。于是, 门 G_1 输出高电平, 门 G_4 输出高电平, 门 G_2 输出低电平, 因此发光二极管 LED_2 (绿灯) 发亮。

当输入电压 V_{in} 下降到设定值以下（极限值）时， IC_{12} 输出高电平，并通过 D_2 改变门 G_1 和 G_2 的状态，使门 G_1 输出低电平，门 G_2 输出高电平。于是，发光二极管 LED_1 （红灯）发光。

若输入电压 V_m 上升到超过设定的极限值时, IC_1 输出变为高电平, 并通过 D_1 改变门 G_1 和 G_2 状态, 同时使 G_4 和 C_1 、 R_2 组成的振荡器开始振荡。振荡信号通过门 G_2 输入端启动 LED_1 (红灯) 随信号闪烁。

要选择适当的 R_1 、 R_2 、 R_3 的阻值，来设定所需要的电压值。

例 4 电压监视器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 ($G_1 \sim G_4$) 等构成的交直流电压监视器。图 9-4 中虚线右边为监视器, 左边为交流 220V 市电, 经整流、滤波得到直流电源。调整电位器 W, 使被监视电压偏低时“非”门 G_1 的输入端低于阈值电平, 则“非”门 G_3 输出端为高电平, 所以, 黄 LED 亮。而这时“非”门 G_4 输出端为低电平, 故红 LED 不亮。当电源电压偏高时, 非门输入端电压超过阈值电平, 则“非”门 G_3 输出低电平而“非”门 G_4 输出高电平, 故这时, 绿

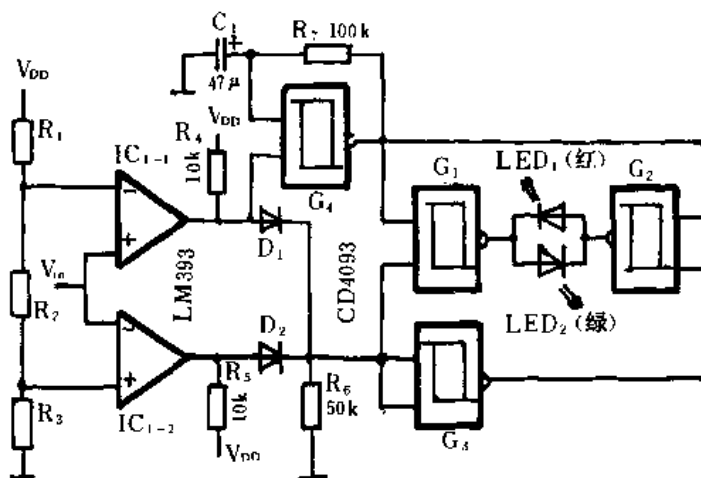


图 9-3 电压高低显示器

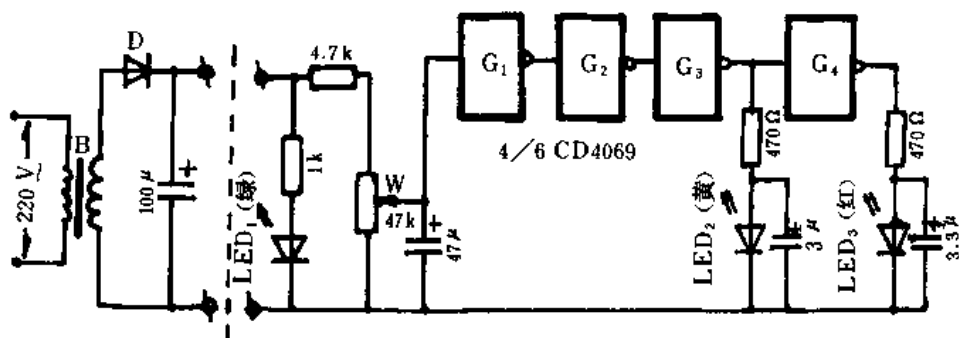


图 9-4 电压监视器

和红 LED 同时亮。

其中绿 LED 为电源电压指示灯。

例 5 市电供停声光提示器

一、应用电路

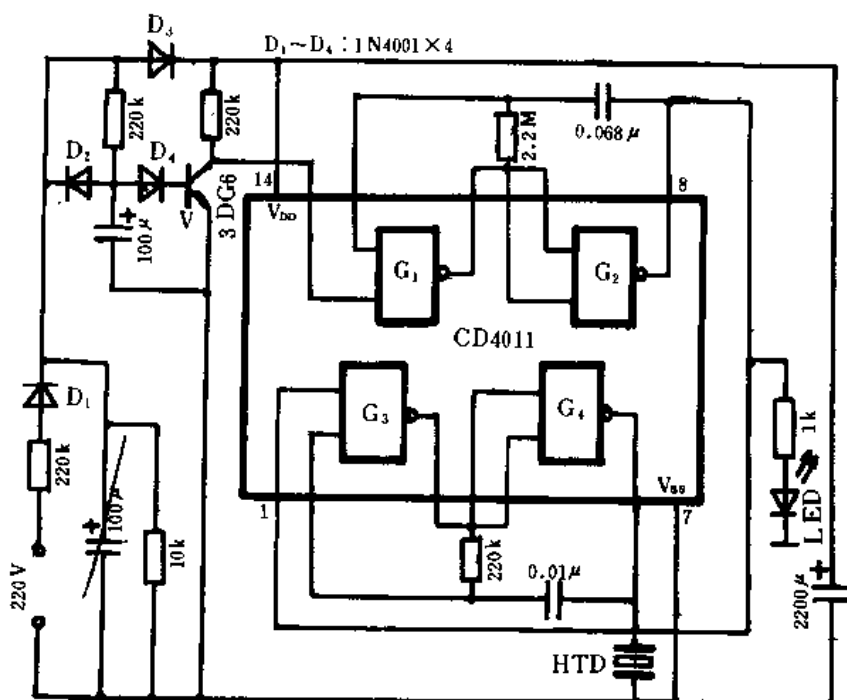


图 9-5 市电供停声光提示器

二、电路结构说明

由 2 输入端 4 “与非”门 CD4011、二极管、三极管、发光二极管、压电片 HTD、阻容元件等构成市电供、停声光提示器电路。其中，CD4011 的门 G_1 、 G_2 与外围元件组成低频振荡器，门 G_3 、 G_4 与外围元件组成音频振荡器。

当市电供电时，晶体管 V 导通，其集电极为低电平，即门 G_1 的输入⑬脚为低电平。于是，低频振荡器停振，进而音频振荡器也停振，LED 也不发亮，压电片 HTD 无声。

当市电停供时, $100\mu\text{F}$ 上电压经 D_2 、 $10\text{k}\Omega$ 迅速放电, 使 V 截止。由于 D_3 的隔离作用, 早在市电正常时充足电的大电容 $2200\mu\text{F}$, 此时向 IC 的⑩脚供电。于是, 门 G_1 的 IC 的③脚呈高电平, 低频振荡器开始振荡, 并由门 G_2 的⑧脚输出闸门脉冲信号。它一方面使 LED 闪光, 另一方面使门 G_3 的③脚得高电平, 进而使音频振荡器振荡并从门 G_1 的⑥脚输出音频信号。压电片 HTD 发声, 告知市电停电。HTD 发声延时约 10 秒钟时间, 待 $2200\mu\text{F}$ 放电完毕, 声音自动停止。

若市电再次供电时, 由于 D_2 的反向作用, $100\mu\text{F}$ 的端电压不能突变且趋于零, V 仍处截止状态, 门 G_1 的③脚为高电平, 于是两个振荡器均进入振荡, HTD 发声, LED 发光。声光显示“来电了”。 $100\mu\text{F}$ 通过 $200\text{k}\Omega$ 充电, 过约 30s (秒), C_2 的端电压已在 0.7V 以上时, V 导通, 两振荡器便停振。于是, 声光指示停止。

改变 $220\text{k}\Omega$ 、 $100\mu\text{F}$ 、 $2200\mu\text{F}$ 的值, 可分别改变供、停电的声光显示延时时间。

例 6 市电电压跌落快速反应电路

一、应用电路

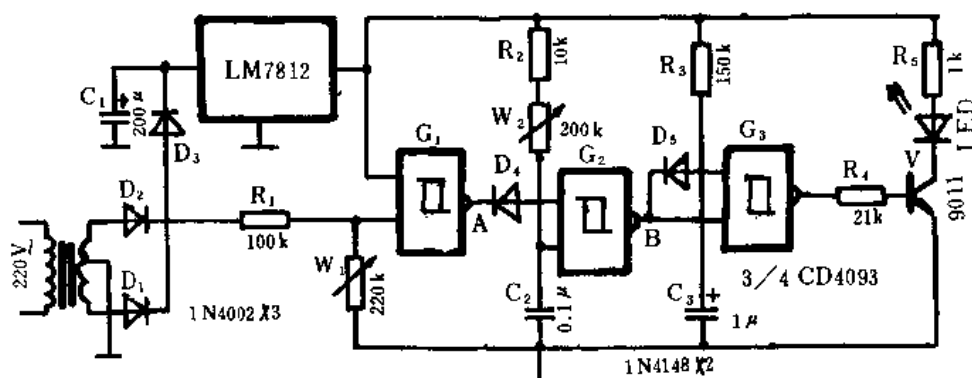


图 9-6 市电电压跌落快速反应电路

二、电路结构说明

市电电压跌落快速反应电路, 主要由 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 $G_1 \sim G_3$ ($3/4$ CD4093)、全波整流与 3 端稳压集成电路 LM7812、晶体管 V9011、发光二极管 LED 等组成。

市电 (220V) 经变压、全波整流及稳压器 LM7812 后产生直流 12V 电压的同时, 还残存 100Hz 的脉动信号, 这一脉动信号经“与非”门 G_1 、A 点和 D_4 , 达到 G_2 。由于与 G_2 另一输入端相联的电容 C_2 放电时间比充电时间短得多, 所以电容的端电压始终达不到 G_2 门的阈值, 因而 G_2 的输出端 B 点始终是高电平, 因此发光二极管也始终不发亮。

当市电电压下降到设定值时, A 点的输出信号中, 若维持了 10ms 以上高电平。在这段时间内, 电容 C_2 的电压足以上升到使 G_2 门的阈值, 并使 G_2 翻转, 于是 B 点出现低电平, 进而使发光二极管 LED 发亮, 告示用户市电电压出现跌落。

电路中, R_1 、 W_1 两个分压电阻, 用以调整所设置允许跌落的电压值; R_3 、 C_3 用以设置 LED 延长指示时间。调试时, 调节 W_2 使 B 点的电压刚好为低电平。

例 7 市电断电报知器

一、应用电路

二、电路结构说明

该报知器由 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的。

电路中, 交流电经 C_1 降压, R_1 限流, 一路经 D_1 整流, C_2 滤波供光电耦合器中光敏三极管及 $G_1 \sim G_4$ 等使用; 另一路经 R_2 降压, D_2 整流供光电耦合器中发射二极管 GU 使用。

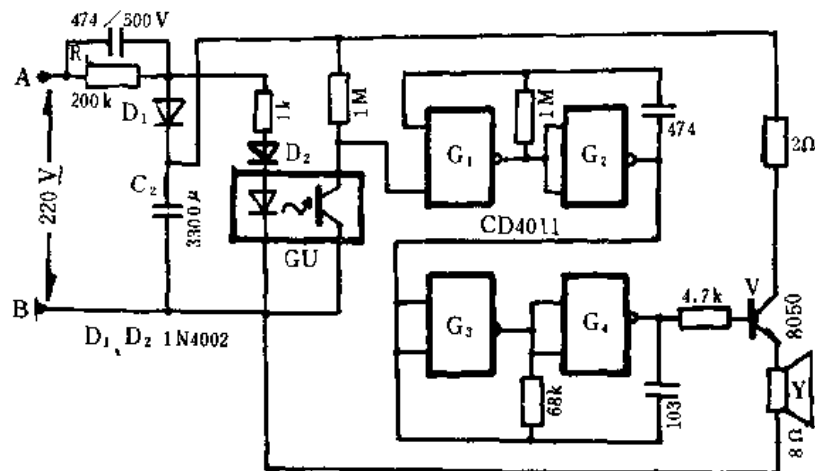


图 9-7 市电断电报知器

应用时, 将本电路

AB 端接入 220V 市电, 光电三极管导通, G_1 门控输入端处低电平, G_1 、 G_2 组成 1Hz 的低频振荡器停振; G_3 、 G_4 组成的音频 1kHz 的振荡器也停振。扬声器 Y 无声。

当市电断电后, 光电接收三极管截止, G_1 的门控端处高电平, 由于 C_2 还存储电能, 供振荡器等电路工作, 这时低、高频振荡器振荡, 扬声器发出报知声响, 意味着市电停电。 C_2 上电压也开始下降。当降至 3V 以下时, 报知声停止。

例 8 下限电压报警器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 4 “与非”门 CD4011 和外围阻容、二极管等元器件构成了下限电压报警电路。

当调整电路中 47kΩ 的电位器, 使电压满足需求的情况下, “与非”门 G_1 两输入端的电压均大于门输入端的阈值, 于是门 G_1 输出为 “0”, 门 G_2 输出为 “1”, LED 发出亮光。由于 G_1 的电压 V_A 始终大于 V_B 约 1.3V, 当电源电压下降时, V_B 随着降至阈值电压以下, 那时, G_1 则输出高电平 “1”, G_2 门打开, 使 G_3 、 G_4 门组成的振荡器起振, 且输出脉冲信号通过 G_2 , 带动发光二极管 LED

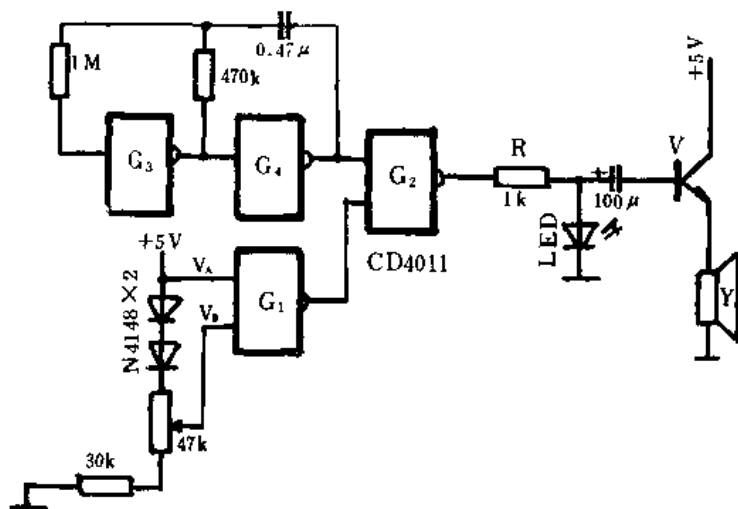


图 9-8 下限电压报警器

闪光, 经三极管 V (C1815) 放大, 同时推动扬声器发出单音声响。闪光和发声的频率当然等于振荡频率。这也表明电源电压已下降到下限。

电路调整: 设定下限电压 (假定为 4.2V), 只需把电源电压提高 (原电源电压加上下限电压), 足以使 G_2 输出刚好翻转即可。

例 9 小功率电源变换器

一、应用电路

二、电路结构说明

小功率电源变换器, 由 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 $1/4$ CD4093、场效应管 V_1 、阻容元件等构成。

$1/4$ CD4093 与阻容元件组成多谐振荡器, 输出 200kHz 的方波脉冲信号, 去驱动场效应管 V_1 。 V_1 管导通时, 电源先将一部分能量通过变压器变换至次级, 输送给负载 R_L 。 V_1 关断后, 还有一部分储存在

磁场中的能量也变换至变压器的次级, 继续供给负载。电路最大负载宜 1.5k Ω , 电源电压 $V_{DD} = 15V$ 时, 变换效率为 65%。负载电流小时, 效率降低至 50%。电源电压 V_{DD} 低于 15V 时效率将降低。

由于电源经 W、 R_2 和 C_1 提供附加的充电电流, 改变 W 值以控制振荡器输出方波的占空比。占空比要保持足够的小, 以便使储存在磁场中的能量全部变换至变压器的次级。变换电路占空比小于 50%。

应当指出, 负载 R_L 不能太重, 也不能空载。

例 10 负电源发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

负电源发生器, 由 6 反相器 $3/4$ CD4069 ($G_1 \sim G_3$)、二极管、阻容元件等构成。

电路中, 门 G_1 、 G_2 组成频率为 1kHz 的自激多谐振荡器, 门 G_3 作缓冲整形作用。当振荡器起振并输出振荡脉冲, 经门 G_3 反相后为高电平时, D_1 导通, C_2 被充电, A 端为正电压, B 端为负电压, 因而此时 D_2 截止。当门 G_3 输出变为低电平时, 由于电容 C_2 端电压不能突变, 因此 B 点仍为负电压, D_1 截止, D_2 导通, 电路输出负电压。

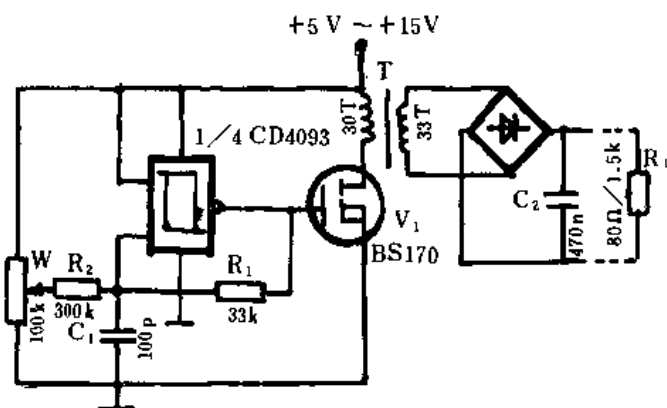


图 9-9 小功率电源变换器

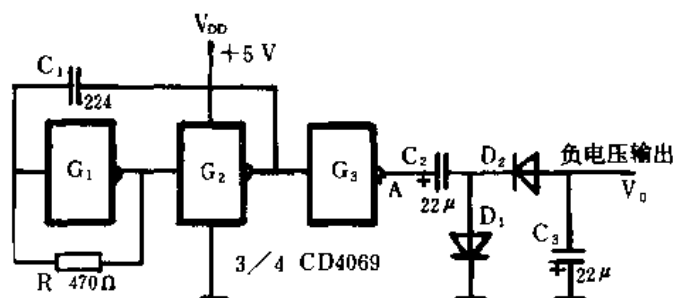


图 9-10 负电源发生器

若电路电源 $V_{DD}=5V$ ，空载输出 $V_o=-3V$ ；当负载为 430Ω 时，输出 $V_o=-2V$ ；当负载为 200Ω 时，输出 $V_o=-1.5V$ ；当负载为 100Ω 时，输出 $V_o=-1V$ 。当然，当 V_{DD} 提高时， V_o 的绝对值也增加。

例 11 双电源输出直流变换器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相门 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 等构成的双电源输出直流变换器。

电路图中“非”门 G_1 、 G_2 组成对称方波输出的多谐振荡器。经“非”门 $G_3 \sim G_6$ 并联缓冲、扩展负载能力输出，分别经上下两组整流滤波后，两输出端得到 $+V$ 和 $-V$ 的直流电源。即将 V_{DD} 单电源变换为 $+V$ 和 $-V$ 的双电源输出。

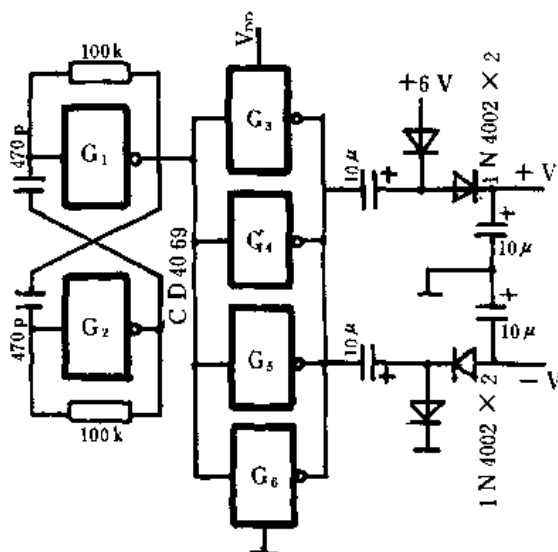


图 9-11 双电源输出直流变换器

例 12 12V 至 33V 的 DC-DC 变换器

一、应用电路

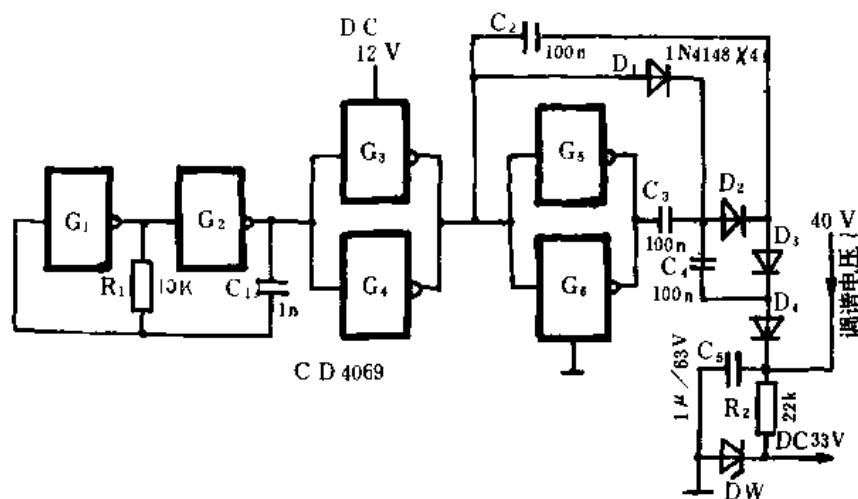


图 9-12 12V/33V 的 DC-DC 变换器

二、电路结构说明

12V 至 33V 的 DC-DC 变换器，主要由 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$)、二极管 $D_1 \sim D_4$ 、阻容元件等构成。

电路中，CD4069 的门 G_1 、 G_2 和 R_1 、 C_1 组成振荡器，能将 12V 直流电变成峰值约 11V 的脉冲信号。这脉冲信号经门 G_3 、 G_4 与门 G_5 、 G_6 所组成的并联扩流缓冲电路，再通过 $D_1 \sim D_3$ 和 $C_2 \sim C_4$ 组成的倍压电路，使脉冲信号电压得到提高。较高电压的脉冲信号经 D_4 整流， C_5 的滤波， R_2 、 DW 的稳压，在输出端得到 DC33V 的直流电。

本电路可作电视调谐器中的 12V 电源变换 33V、15mA 的直流电源所产生的调谐电压。

例 13 DC—DC 变换器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种 DC-DC 变换器，主要由 6 反相缓冲转换器 IC CD4049 ($G_1 \sim G_6$)、阻容元件等构成。

IC (CD4049) 的门 G_1 、 G_2 与阻容元件组成了产生频率为 100kHz 脉冲信号的振荡器，而门 $G_3 \sim G_6$ 分别并联提供较大的输出电流。振荡信号经隔离电容 C_1 、 C_2 后供桥式整流，并从 OUT 端输出直流电压。输出直流电流大小取决于 IC 的输出电流。

电容 C_1 、 C_2 起隔离直流作用，而交变信号通过 C_1 、 C_2 ，再经桥式整流、 C_3 滤波而输出直流电压。

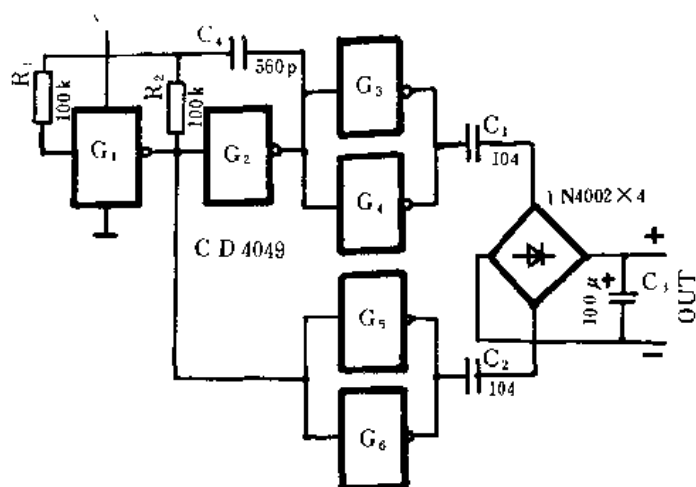


图 9-13 DC—DC 变换器

例 14 可调 DC/DC 小功率变换器 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

由高速 CMOS 工艺制造的 2 输入端 4“与非”门 $G_1 \sim G_3$ (74HC00) 等构成的他激式可调 DC/DC 小功率负变换器电路。

图 9-14 中，门 G_1 、 G_2 组成多谐振荡器，输出占空比为 50% 的方波信号，该电路中由于用 74HC00 的输入门限电压 V_{th} ($\approx V_{DD}/2$) 替代了基准电压，所以当 $V_{DD} =$

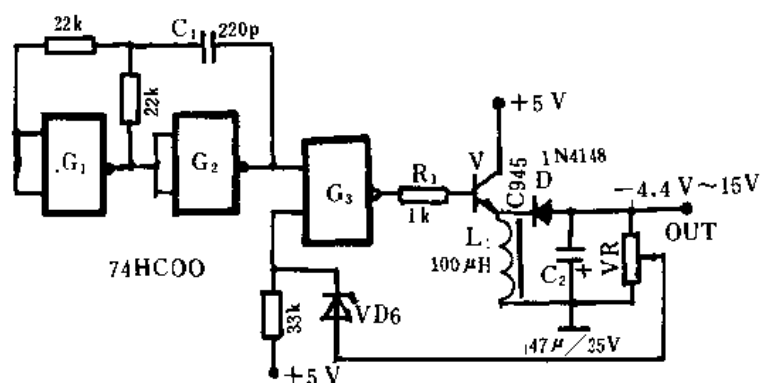


图 9-14 可调 DC/DC 小功率变换器 (1)

5V 电源电压变动时，输出电压也会随之出现变动。

当输出负电压低于设定值时，齐纳二极管 VD 截止，晶体管 V 工作于开关状态，当输出负压超过设定值之后，齐纳二极管被击穿，将门 G_3 的输出电平固定在高电平，V 截止。

这样，在 V 的发射极上得方波脉冲信号，经 D 整流， C_2 滤波、VD 及 VR 调整稳压，在 OUT 得到 -4.4~-15V 的直流电压。

即实现了 5V/-4.4~-15V 之间 DC/DC 变换。

例 15 可调 DC/DC 小功率变换器 (2)

一、应用电路

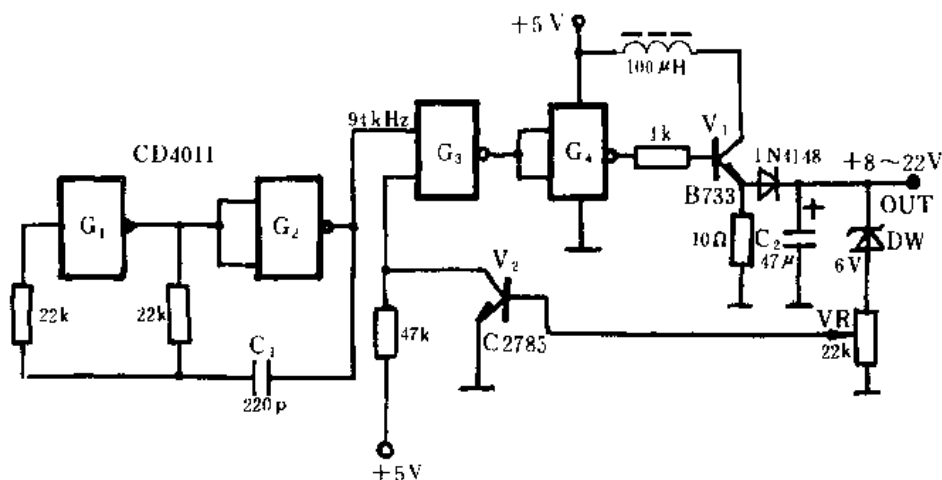


图 9-15 可调 DC/DC 小功率变换器 (2)

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的他激式可调 DC/DC 小功率升压变换器。

电路中, 门 G_1 、 G_2 等组成振荡频率为 94kHz 的多谐振荡器, 输出占空比为 50% 的方波信号, 门 G_3 受晶体管 V_2 的控制。当输出电压 OUT 低于设定值或其基极电压调 VR 设定低于某值时, V_2 截止, 其集电极为高电平, 则门 G_3 开通, 振荡器的方波脉冲信号经 G_3 、 G_4 激励 V_1 工作于开关状态。当 OUT 高于设定值或 V_2 的基极电压超过某设定值时, V_2 导通, 集电极为低电平, G_3 被关闭, V_1 截止。由于 V_1 工作开关状态, 在 V_1 发射极得到脉冲方波信号, 经 D_1 整流, C_2 滤波, 稳压二极管 ZV 稳压。输出 8~22V 直流电压。即完成了将 5V 电源电压转换为 +8~22V 直流电压。输出电压变化由 VR 来调整。

例 16 低压固定输出直流变换器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 CMOS 构造的直流—直流 (DC—DC) 变换器 MAX630 等构成的低压固定输出直流变换器。MAX630 是由振荡器、误差比较器、低电压比较器、基准电压源和开关功率管等组成。芯片①、⑧脚分别为内部低电压比较器的输入和输出端, 本电路不用; ②脚为外接电容端; ③脚为芯片对接电感的驱动器, 具有输出电阻 4Ω 和额定峰值电流 525mA 的特性; ④脚为 GND; ⑤脚为正

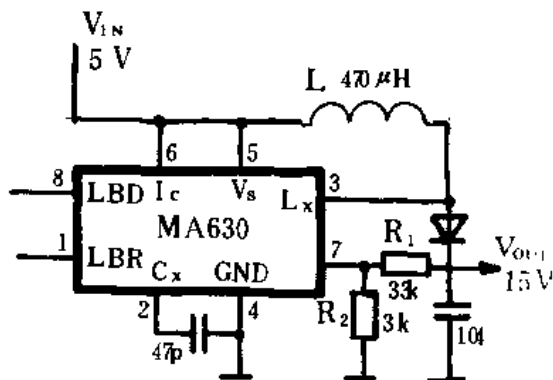


图 9-16 低压固定输出直流变换器

电源端，一般工作电压 2.0~16.5V。⑥脚为芯片工作与停止功能端；⑦脚为电压反馈端，它能调节输出电压。本电路②脚加 47pF 电容就能与电路内部分组成一定频率的开关脉冲。按电路图 9-15 中元件值，输入 +5V 正直流电压，固定输出 +15V 直流电压。

例 17 可变输出的直流变换器

一、应用电路

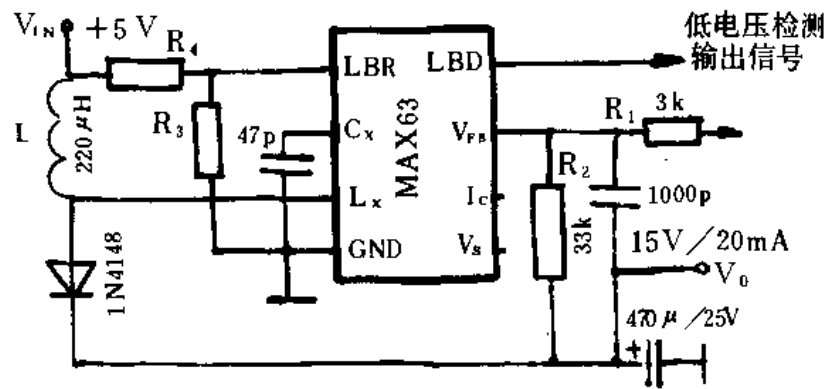


图 9-17 可变输出的直流变换器

二、电路结构说明

由开关电源控制器 MAX63 构成的可变输出的直流变换器。

电路中，输入电压 V_{IN} 在 2.2~16.5V 范围内，输入不同的电压值时，其输出电流不一样。另电路中 R_2 取不同值 (R_2/R_1)，可在输出端获得不同的直流电压。输出电压与分压电阻之间的关系为：

$$V_o = V_{REF} \cdot (1 + R_2/R_1)$$

式中 $V_{REF} = 1.31V$ ， R_2 、 R_1 值如电路所标。通过计算经 R_1 输出电压为 15V。 R_2 用一个可变电阻代替，输出端便可得到不同的稳定的直流电压。

例 18 双路输出的直流变换器

一、应用电路

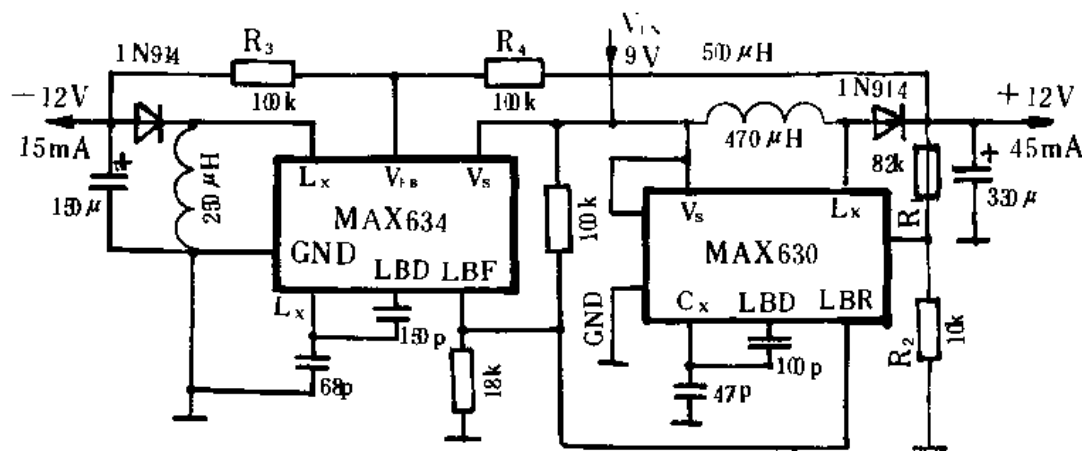


图 9-18 双路输出的直流变换器

二、电路结构说明

由 CMOS 结构电路开关控制器 MAX630 和 MAX634 等构成的双路输出的直流变换器。

本变换器输入 $V_{IN} = +9V$ 电压, 输出电压的双路 $\pm 12V$ 。当输入电压 V_{IN} 低到 $+7.2V$ 时, 电路仍然能够输出额定值, 这主要是通过 LBR 降低振荡器的频率来实现的。

例 19 交流恒压器

一、应用电路

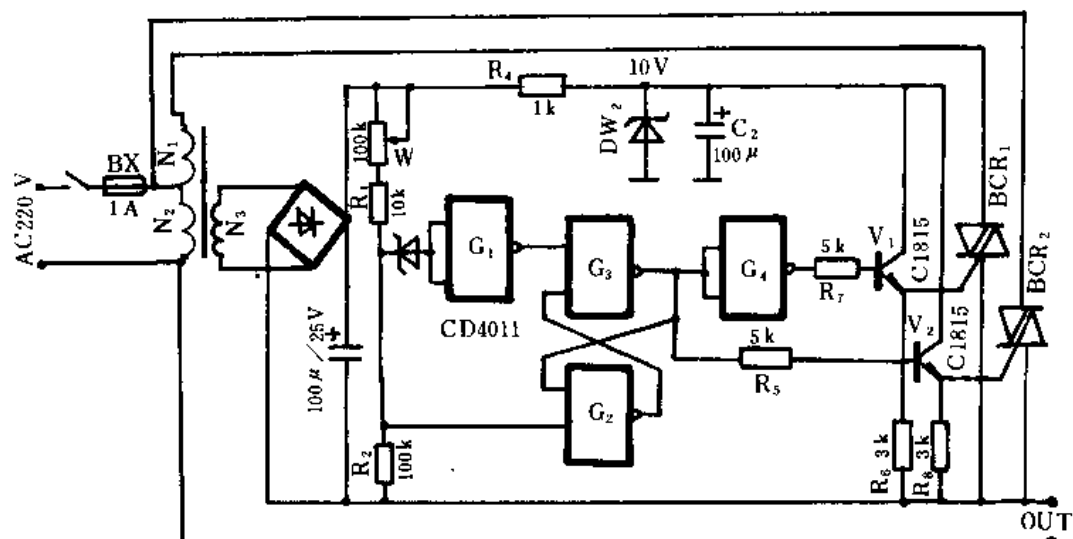


图 9-19 交流恒压器

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的交流恒压器。

电路中, 当电源电压在 190V 以上时, 稳压管 DW_1 导通, 使门 G_1 输出高电平, 门 G_2 、 G_3 组成 R-S 触发器 $S = "1"$, 则 $Q = "1"$; 一路通过 R_5 使晶体管 V_1 导通, 触发 BCR_2 导通, 负载直接使用 220V 市电。

当市电电压低于 190V 时, DW_1 截止, G_1 输出低电平, 这时, R-S 触发器的 $\bar{S} = "1"$, 则 $Q = "0" \rightarrow V_1$ 截止 $\rightarrow BCR_2$ 关断。同时门 G_4 输出高电平 $\rightarrow V_2$ 导通 $\rightarrow BCR_1$ 导通, 市电与变压器 N_2 绕组串联成升压接 BCR_2 上, 负载的电压得到补偿。

变压器 B 用 $30 \times 40mm^2$ 硅钢片, N_1 用 $\varnothing 0.49$ 漆包线绕 880T; N_2 用 0.36mm 漆包线绕 140T, N_3 用 0.12 漆包线绕 54T。

本恒压器无触点, 调试易、可靠好、寿命长、适用于负载小于 100W, 电压波动范围 160~235V 的场合, 自动调节输出 OUT 电压为 190~235V。

例 20 触摸调光器

一、应用电路

二、电路结构说明

触摸调光器主要采用 4 “异或”门 CD4070 ($N_1 \sim N_4$) 触摸金属片 (ab, dc), 可控硅 BCR

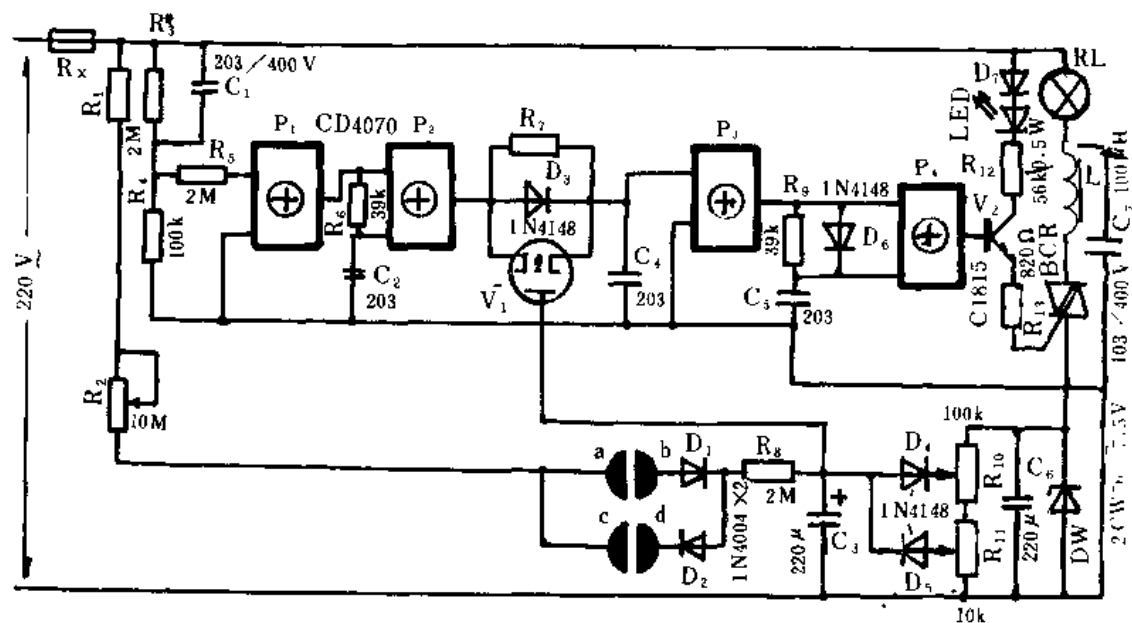


图 9-20 触摸调光器

等构成。

220V、50Hz 的市电经 R_1 、 D_1 、LED、 R_{12} 、 D_w 等构成回路，使 LED 发光，指示电路进入工作状态。此时， C_6 的端压为 DC7.5V。市电还经 R_3 、 R_4 、 R_5 和 C_1 组成的移相限流电路加至 CD4070 的门 P_1 ，并经门 P_1 整形为 50Hz 方波信号。 R_6 、 C_2 ，门 P_2 检测出方波的前后沿，并在门 P_2 输出端形成过零窄脉冲。 R_7 、 D_3 、 V_1 、 C_4 门 P_3 组成压控单稳电路，对过零窄脉冲进行展宽，其暂稳时间受控于场效应管 V_1 的栅极电压。调宽后的单稳脉冲信号，再经 R_9 、 C_5 、 D_6 ，门 P_4 检出后沿，并在门 P_4 输出端形成被移相的触发脉冲。于是，触发脉冲经过 V_2 放大后触发双向可控硅 BCR 的控制极，进而控制电灯 RL 的照明。

整个控制过程：当 V_1 栅极电压较低时， V_1 趋向截止，其 D、S 极间阻值较大， C_4 放电时间较长，过零窄脉冲变宽，触发脉冲移相角 ϕ 变大，BCR 导通角变小（导通时间变短），RL 灯变暗；反之，灯变亮。 R_1 、 R_2 、 R_8 、 D_1 、 D_2 与触摸开关片 ab、cd 构成触摸调压电路。当手触 ab 片时， D_1 导通， C_3 充电，灯 RL 由亮变暗。调光速度由 R_2 控制。人手触摸 cd 片时， D_2 导通，灯 RL 由暗变亮。

应当指出：由于触摸片两端电阻 R_1 、 R_8 均为 $2M\Omega$ ，且还有 R_2 ($10M$) 的电位器，因此触摸时通过人体的电流最大不超过 $220\mu A$ ，所以对人体比较安全。电路静态工作电流 $2mA$ 左右，可控制功率千瓦以上。

例 21 触控式调压电路 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由时基电路 IC_1 (NE555)、十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 和 4 双向模拟门 $G_1 \sim G_4$ (CD4066 $\times 2$) 等构成的触控式调压电路。

开机时，10k、100k Ω 组成微分清零电路，使 IC_2 的复位 R 端得到正尖脉冲而复零，这时

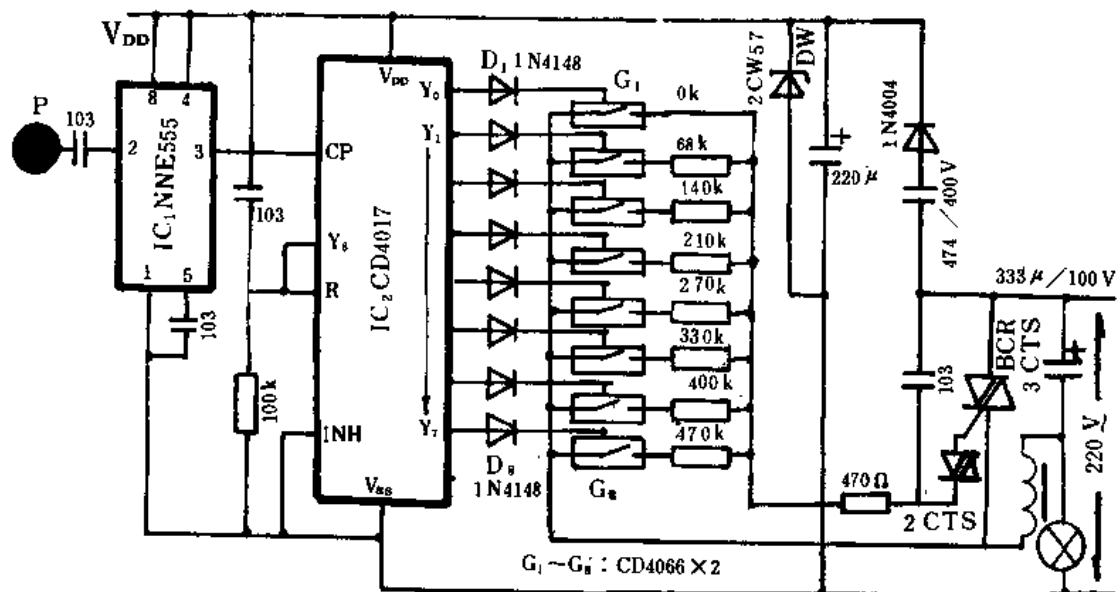


图 9 21 触控式调压电路 (1)

$Y_0 = "1"$ ，通过模拟门 G_1 、 470Ω 、 $2CTS$ 触发 BCR 导通，这时负载上电压最高，当触摸一下金属电极 P， IC_1 的③脚输出高电平，加入计数器 IC_2 的 CP 端，使 IC_2 的 $Y_1 = "1"$ ，其余输出端为 $"0"$ ，通过门 G_2 、 $68k$ 电阻等去触发 BCR，这时负载上电压有所降低，这是因为在 BCR 控制极多一个 $68k$ 电阻降压，使 BCR 导通角变小。如此不断触摸 P 点，使 IC_2 输出端 Y_0 、 $Y_1 \sim Y_7$ 依次输出高电平，串在 BCR 控制极上的电阻从 0 、 $68k$ 、 $140k$ 、 $210k$ 、 $270k$ 、 $330k$ 、 $400k$ 、 $470k$ 逐渐增大，而 BCR 导通角逐渐减小。当 $Y_8 = "1"$ 时使 IC_2 的 $R = "1"$ ，这时电路复零即 $Y_0 = "1"$ ，负载上的电压又最高，继续触摸重复以上过程。

例 22 触控式调压电路 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

触控式调压电路采用可逆计数器 IC (CD4029)、6 反相器 $\frac{1}{6}CD4069$ 、触摸开关 P_1 、 P_2 、电阻网络等构成。其中 $\frac{1}{6}CD4069$ 与阻容元件组成振荡器，产生脉冲供 IC 作时钟 CP 信号。

接通电源时，IC 的①脚得高电平，允许数据从预置数端输入。IC 的对应输出端经电阻网络产生一定的输出电压 V_o 。

减压——当用手触摸开关 P_1 ，IC 的⑤与⑩端变为低电平，同时在振荡器产生的脉冲作用下，IC 进行减法计数，于是 V_o 下降。触摸时间加长， V_o 会减至 $0V$ ，参看真值表第 3 行。

增压——当用手触摸开关 P_2 ，IC 的⑤端变为低电平，但⑩端仍为高电平，于是 IC 进行加法计数， V_o 因此而上升。电压最高值将接近 V_{DD} ，参看真值表第 2 行。

手触摸时间过长，IC 加 (减) 法计数到全 $"1"$ (或全 $"0"$)，⑦脚将输出低电平，通过二极管 D_2 使⑤脚降为低电平，致使 IC 停止计数，但输出仍保持在电压最大 (或最小) 值，直到手离开开关为止。

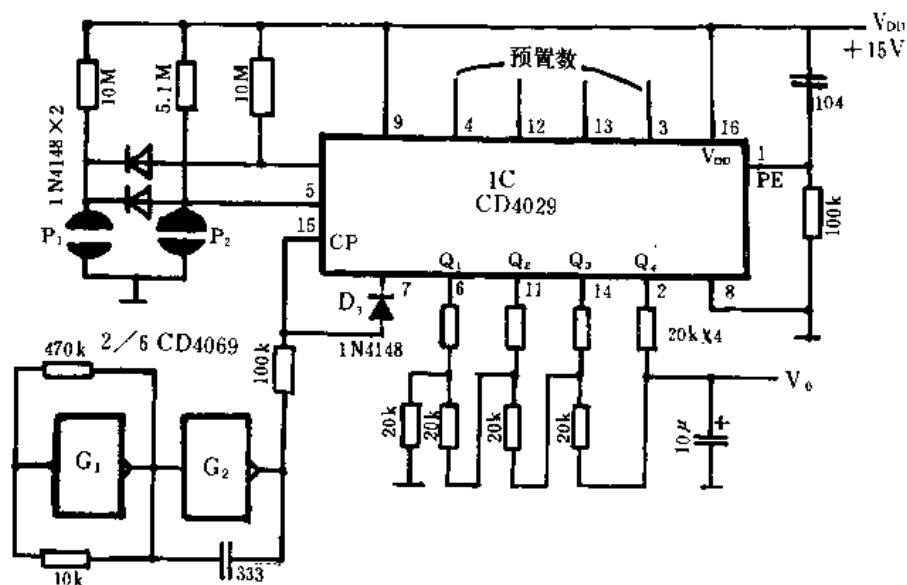


图 9 22 触控式调压电路 (2)

CD4029 的真值表

行	⑤脚	⑬脚	⑩脚	①脚	功 能	说 明
1	1	∅	∅	0	停止计数	∅为任意值
2	0	↑	1	0	加法计数	
3	0	↑	0	0	减法计数	
4	∅	↑	∅	1	置 数	

例 23 过压、欠压检测电路

一、应用电路

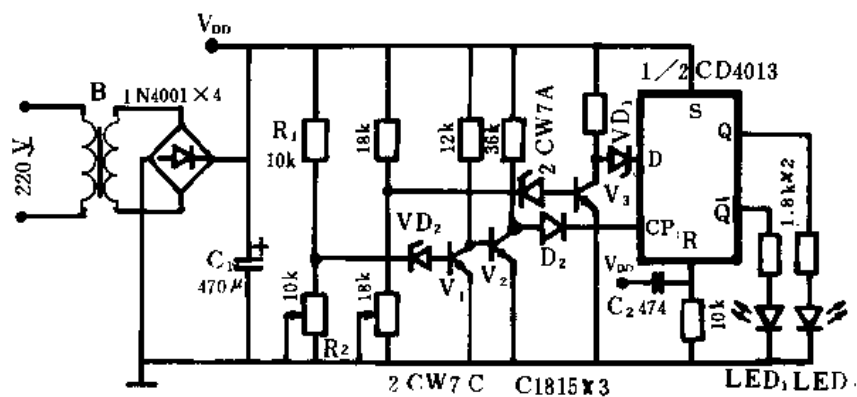


图 9-23 过压、欠压检测电路

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 等构成的过压、欠压检测电路。

220V 市电经变压器 B 变压, 次级得到较低电压。当市电变化时, B 次级电压亦随之变化, 经整流、滤波后的直流电压反映了这一变化。

当市电在 180~242V 正常值范围时, R_1 、 R_2 分压不能击穿稳压二极管 VD_2 , 这时 V_1 截止, V_2 饱和导通, 其集电极处于低电平, D_2 反偏截止。而 R_3 、 R_4 的分压击穿稳压管 2CW7A, 所以, V_3 导通饱和, D_1 截止, 即 D 触发器的 CP 端处于低电平。Q 输出为低电平, $\bar{Q}$ 输出为高电平, 发光二极管 LED_1 (绿) 亮, 表明市电在正常值范围。C₂、R₈ 作开机清零复位电路。

当市电高于 242V 时, R_1 、 R_2 的分压使 VD_1 击穿, V_2 导通, V_2 截止, 其集电极为高电平, D_2 导通, D 触发器的 CP 得到上升沿触发。触发器置位, Q 端为高电平, LED_2 发红光, 表明市电不正常, 同时 $\bar{Q}$ 输出低电平, LED_1 熄灭。

当市电低于 180V 时, R_3 、 R_4 的分压不能击穿 2CW7A, V_3 截止, 其集电极为高电平, D_1 导通, D 触发器 CP 端受上升沿触发而翻转, 将 D 端 (接 V_{TD}) 送入 D 触发器, Q 端跳变为高电平, LED_2 发红光, 说明市电不正常, 同时 LED_1 熄灭。

例 24 触摸式的市电反转开关

一、应用电路

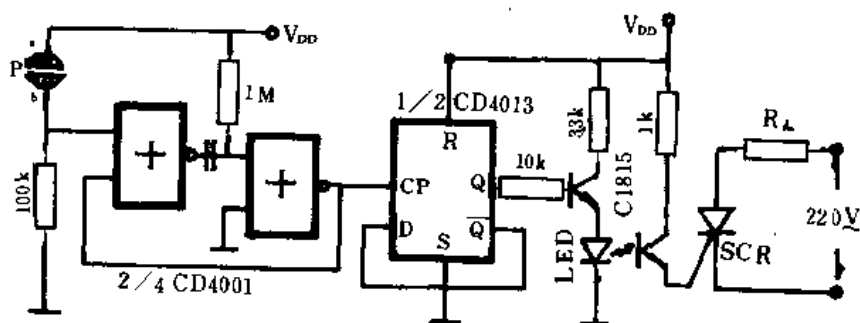


图 9-24 触摸式的市电反转开关

二、电路结构说明

图 9-24 为由双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013, 2 输入端 4 “或非”门 $\frac{1}{4}$ CD4001、晶体管 C1815, 单相可控硅 SCR 等构成触摸式市电反转开关。

当人手指触摸 P (a、b) 时, 人体杂波进入 $\frac{1}{4}$ CD4001 组成的单稳态触发器。将触摸产生杂波电压展宽成固定宽度的脉冲, 然后, 加至 $\frac{1}{4}$ CD4013 的 CP 端, 实现可靠稳定的触发。图 9-24 中 D 触发器 D 端和 $\bar{Q}$ 端相连, 成为 T 型触发器。当 CP 得到正脉冲信号时, Q 端输出高电平, 这时, 晶体管导通, LED 亮, 从而使光敏三极管导通、触发 SCR 导通, 将市电接至负载 R_L 两端。当第 2 次触摸 P (a、b) 点时, Q 端又翻转为低电平, 晶体管截止, LED 熄灭, 光敏管断开, SCR 关断, 负载失电。总之, 手每触摸一次 P (a、b) 点, SCR 改变一次关或断状态。

例 25 红外遥控可逆调压器

一、应用电路

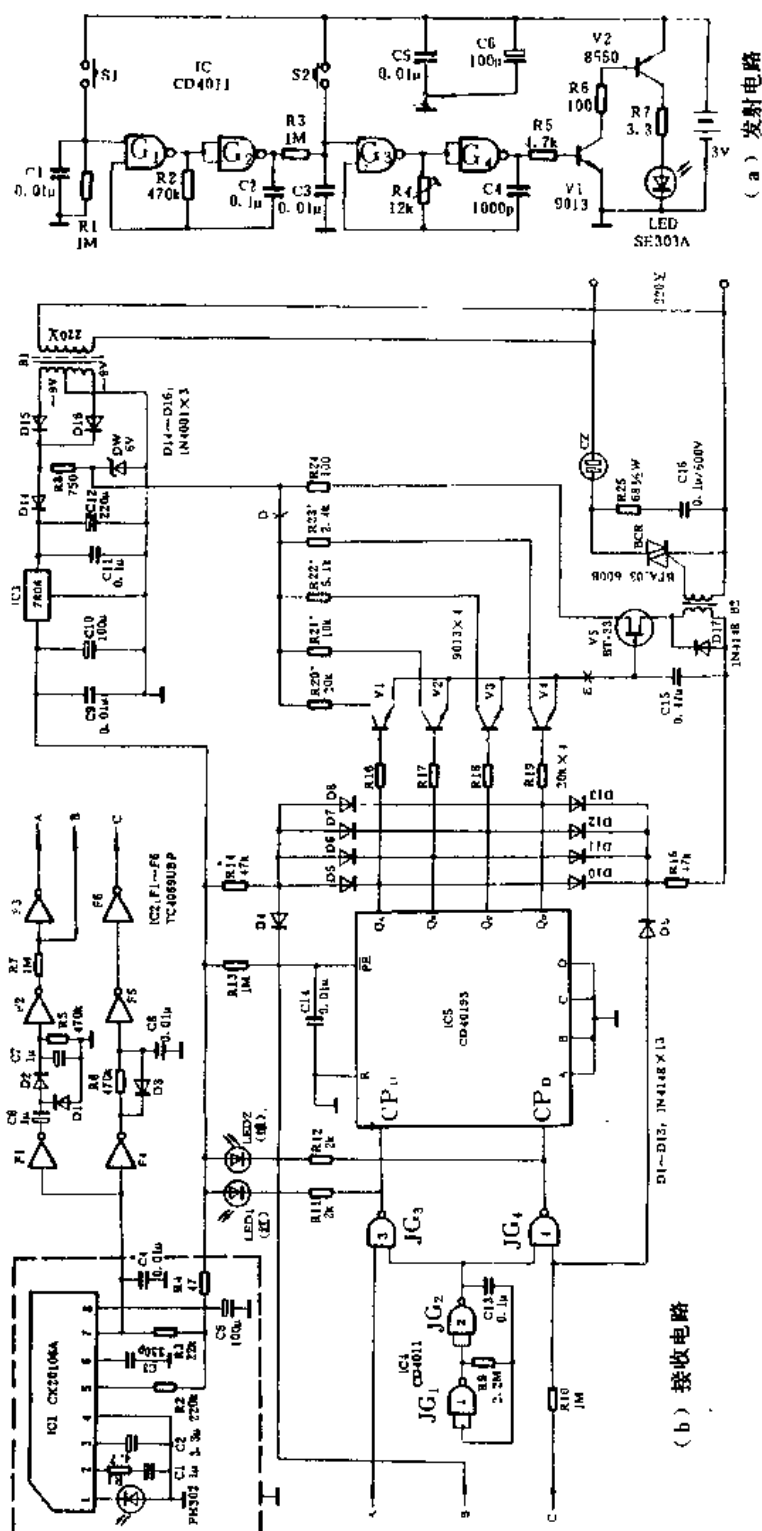


图 9-25 红外遥控可逆调压器

二、电路结构说明

红外线接收电路 IC_1 (CX20106)、6 反相器 $F_1 \sim F_6$ (CD4069)、3 端稳压器 IC_3 (LM7806)、2 输入端 4“与非”门 IC_4 (CD4011) 和双时钟二进制可预置可逆计数器 IC_5 (CD40193) 等构成红外遥控可逆调压器。

图 9-24 (a) 为发射器由 2 输入端 4“与非”门 CD4011 ($G_1 \sim G_4$) 等构成。“与非”门 G_1 、 G_2 构成 10Hz 超低频振荡器。“与非”门 G_3 和 G_4 构成 40kHz 振荡器，晶体三极管 V_1 和 V_2 组成直耦高增益电流放大器。按下 S_1 ，红外发射管 LED 发出被 10Hz 调制的 40kHz 红外脉冲信号。按下 S_2 时，LED 发射未调制的 40kHz 红外脉冲信号。

红外接收部分，电路如图 16-24 (b) 所示：由红外接收管 PH302 和 IC_1 等组成接收、放大、解调红外脉冲信号电路。“非”门 $F_1 \sim F_6$ 组成脉冲信号与直流电平鉴别电路。当按下 S_1 时， IC_1 ⑦脚输出的是 10Hz 解调信号，经 F_1 反相， D_1 、 D_2 整流， C_7 、 R_3 滤波后达到 F_2 的阈值电平，使 F_2 输出低电平，进而 F_3 输出高电平。另一路，由于 R_6 、 C_8 的充电时间长， C_8 、 D_3 放电时间短， C_8 上电压始终无法达到 F_5 的阈值电平，致使 F_5 输出保持低电平。

当按下 S_2 时， IC_1 ⑦脚输出是直流低电平， F_1 输出高电平，由于 C_6 隔直作用，故 C_7 不能被充上电， F_2 保持低电平输出；而 F_4 输出高电平经 R_6 对 C_8 充电至 F_5 输入端的阈值电平，使 F_5 、 F_6 翻转， F_6 输出高电平。

当 F_3 输出高电平，输到 IC_4 的“与非”门 JG_3 ，使门 JG_3 选通，“与非”门 JG_1 、 JG_2 组成的振荡器输出 2Hz 信号送至 IC_5 的 CP 端，使 IC_5 作加法计数。 IC_5 的 $Q_A \sim Q_D$ 从 0000~1111，共有 16 种状态。

经晶体管 $V_1 \sim V_4$ 放大后，分别将电阻 $R_{20} \sim R_{23}$ 以 16 种组合方式接入单结晶体管 V_5 等组成振荡电路中，使其输出不同振荡频率的信号。此信号经脉冲变压器 B_2 后控制 BCR 的导通角，使插座 CZ 上负载电压从低逐渐升高。

同理，按动 S_2 ， F_6 输出高电平，进入 IC_4 的“与非”门 JG_4 选通端，使 IC_5 的 CP 得到 2Hz 的信号，而作减法计数，使 CZ 上负载电压由高逐渐降低。

$D_4 \sim D_{13}$ 组成电子限位器。当 IC_5 计数最高或最低位时，即封锁“与非”门 JG_3 或 JG_4 ，使 IC_5 停止计数，防止负载电压最高到最低或最低到最高的跳变。

LED₁、LED₂ 的闪烁表示遥控操作过程正常。CZ 上调压范围 40~215V。

例 26 多功能保护器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4“或非”门 C039 等构成的多功能自动保护器。

电路中，市电经 $C_1 \parallel R_1$ 降压， D_1 整流， C_2 滤波得 9V 直流电压。 W_1 、 W_2 、 R_3 等组成电压检测电路。当检测出电压低于 W_1 整定的下限值时， IC_{1a} 输出高电平， IC_{1b} 输出低电平， IC_{1c} 输出高电平， V_1 导通， IC_{1d} 输出高电平， V_2 截止，SCR 关断。CZ 插座无电。当检测出电压高于 W_2 整定的上限值时， IC_{1b} 输出低电平， IC_{1c} 输出高电平， V_1 导通，其集电极为低电平，则 IC_{1d} 输出高电平，SCR 截止，CZ 插座无电。

只有检出电压在 W_1 整定的下限值与 W_2 整定的上限值范围内时（如对应市电 177~242V 之间）， IC_{1a} 输出低电平， IC_{1b} 输入端低电平，输出高电平， IC_{1c} 输出低电平， V_1 截止， IC_{1d} 输出低电平， V_2 导通，SCR 导通，CZ 有电输出。本电路 R_5 、 C_4 作刚接通电源时延时一段时间，

输出 $\overline{QB}$ 。 $\overline{QB}$ 是一个宽度约 20ms (50Hz 交流电) 的矩形负脉冲。负脉冲前沿正好与 B 相正弦波过零点同步。负脉冲经 V_1 、 V_2 放大后触发接在 B 相的 SCR 导通。通过继电器 J_1 控制三相负载 $J_{1-1} \sim J_{1-3}$ 通断。若接错相序或断相, SCR 均不会导通, 特别注意 SCR 负载继电器 J_1 必须接在 B 相。

例 28 过压与欠压断路器

一、应用电路

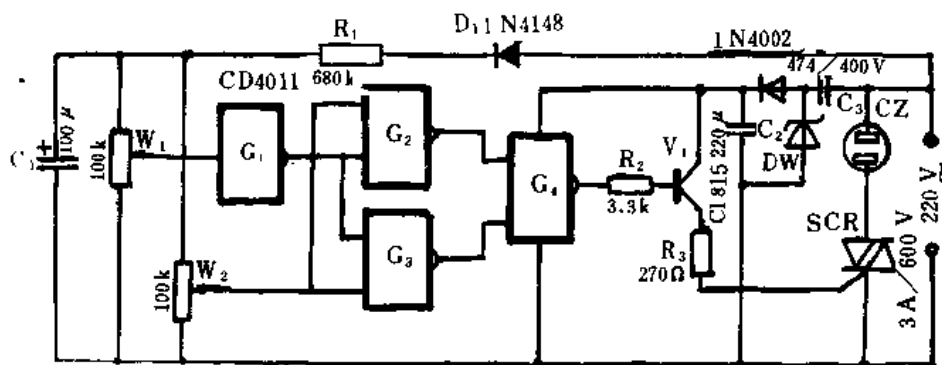


图 9-28 过压与欠压断路器

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的过压、欠压断路器, 对市电超过或低于整定电压值时插座 CZ 均无电输出。

220V 市电经 C_3 降压, DW 稳压、 D_2 整流、 C_2 滤波后, 得到 8V 的直流电压。 D_1 、 R_1 、 W_1 、 W_2 等组成电压检测电路。 W_1 为上限整定、 W_2 为下限整定。当市电电压正常值时, 即在整定上下限值范围内, V_1 导通, SCR 导通, CZ 有电。当市电电压低于 W_2 整定的限值时, G_2 、 G_3 输入端变为低电平, 输出均高电平, 则 G_4 输出低电平, V_1 截止, SCR 截止, CZ 无电。当市电电压高于 W_1 整定电压限值时, G_1 输入高电平, G_1 输出低电平, G_2 、 G_3 输出高电平, G_4 输出低电平, V_1 截止, SCR 仍然截止, CZ 无电。

调整时, 用 200W 白炽灯作负载。调节调压器使输入市电至正常值, 此时灯正常发光。然后调压器调至所要求的下限值, 调 W_2 使灯泡熄灭。再调节调压器至所要求的上限值, 调 W_1 使灯泡熄灭。即调整完毕。本断路器的功率由 SCR 的功率决定。本电路取 500W 以内为宜。

例 29 CMOS 放大整形电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 G_1 、 G_2 ($\frac{3}{6}$ CD4069) 和 6 施密特触发器 G_3 ($\frac{1}{6}$ CD40106 或 MC14584) 等构成的放大整形电路。

图 9-28 中 C_1 为耦合电容, R_1 依 G_1 输入端保护电阻, “非”门 G_1 和反馈电阻 R_2 组成线性放大器, R_2 作用使输入和输出端都保持在电源电压的一半上。二极管 D_1 、 D_2 作降压和单向正脉冲作用有效。无信号输入时, R_3 上保持低电平。 R_4 作 G_2 输出端保护电阻, D_3 、 C_2 和 470k 电阻及后面的施密特“与非”门 G_3 构成当输入为连续的音频信号时, 输出表现为高电平, 信

例 32 直流三倍压电路

一、应用电路

二、电路结构说明

直流三倍压电路采用 6 缓冲反相器 CD4049 及阻容元件、二极管等构成。其中, CD4049 的门 G_1 、 G_2 组成多谐振荡器, 输出方波信号, 驱动反相门 G_3 、 G_4 。

当接通电源时, V_{DD} 通过 D_1 向 C_2 充电。当某时刻门 G_3 翻转输出高电平, 即 A 点高电平 (近 V_{DD}), 使 B 点电压上升为 $2V_{DD}$ 。此时门 G_4 的输出端为低电平, D_2 导通, C_3 两端电压也变为 $2V_{DD}$ 。在下半周期里, C 点电压为 V_{DD} , D 点变为 $3V_{DD}$, 并经 D_3 向 C_4 充电, 使输出端 V_o 电压输出近 $3V_{DD}$ 。

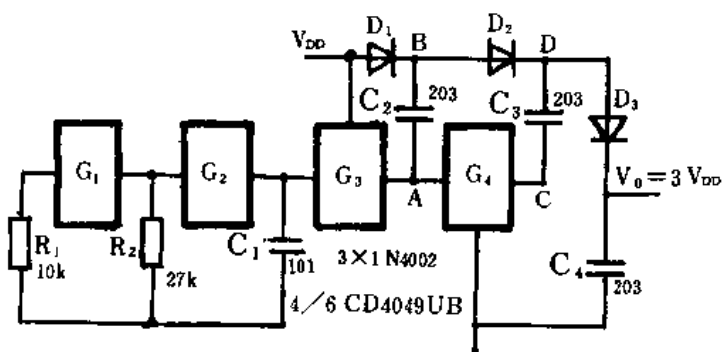


图 9-32 直流三倍压电路

例 33 5 倍压电路

一、应用电路

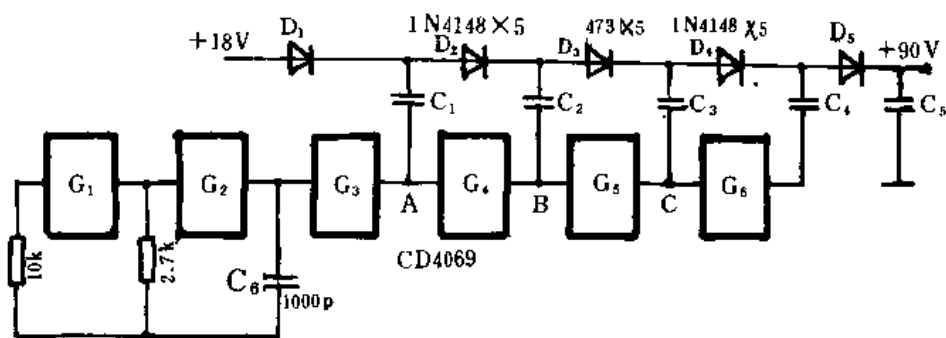


图 9-33 5 倍压电路

二、电路结构说明

5 倍压电路由 6 反相器 CD4069 (门 $G_1 \sim G_6$) 和二极管、阻容元件构成。

CD4069 的门 G_1 、 G_2 组成产生约为 100kHz 方波的振荡器。当接通电源后, 18V 电源通过 D_1 向 C_1 充电。 C_1 上端充电至 18V。此时, 若振荡器起振, 由 G_2 输出低电平, 经 G_3 反相, A 点也得高电平。由于 C_1 上的电压不能突变, 因此, C_1 的上端电压变为 $2 \times 18V = 36V$ 。这一倍压通过 D_2 向 C_2 充电, 使 B 点电压充至 32V。同理类推, C 点电位为 $3 \times 18V = 54V$, D 点为 $4 \times 18V = 72V$; 而输出端电压约 90V, 即 5 倍于原电源电压。这里已经考虑到几个二极管正向压降在内。电路负载电流小于 20mA。

例 34 MAX660 电压反转电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 CMOS 电压变换器 MAX660 等构成的电压反转电路。

在 MAX660 的输入端(⑧脚)输入电压为 $+1.5 \sim +5.5\text{V}$ ，经 MAX660 电压反转后可输出(⑤脚) $-1.5 \sim -5.5\text{V}$ 电压。

当负载电流 100mA 时，输入电压 $+5\text{V}$ 时，输出电压约为 -4.35V 。即负载电流增加时，输出电压会跌落。电压的波纹系数与负载电流大小、振荡频率、 C_2 的容量及 C_1 (电荷泵电容器) 及 C_2 (储能电容器) 的等效串联电阻等有关。

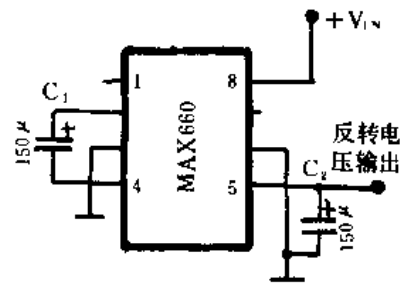


图 9-34 MAX660 电压反转电路

例 35 MAX660 两种电压输出电路

一、应用电路

二、电路结构说明

由 CMOS 电压变换器 MAX660 等构成的两种电压输出电路。

按以上电路对外接元件，可获得输出 $V_{OUT1} = V_{IN}$ ； $V_{OUT2} = 2V_{IN} - 1.4\text{V}$ 两种电压输出。

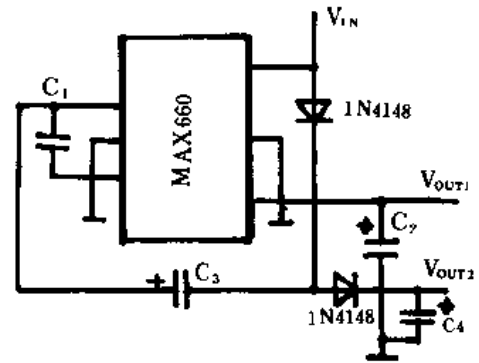


图 9-35 MAX660 两种电压输出电路

例 36 大负压 MAX660 电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 CMOS 电压变换器 MAX660 构成的更大负压电路。

电路是将几片 MAX660 串联起来，可获得比单片更大的电压。若串联芯片数为 n 时，则可获得 $-nV_{IN}$ 的负压。

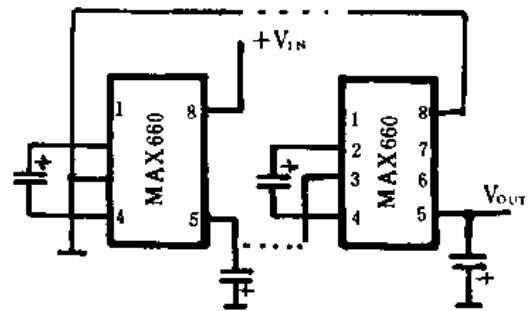


图 9-36 大负压电路

例 37 程控电压放大器

一、应用电路

二、电路结构说明

程控电压放大器电路是由双时钟二进制可预置加法/减法计数器 CD40193、4 模拟开关 CD4016 和运算放大器 F007 等构成。其中 CD40193 的 4 个输出端 $Q_1 \sim Q_4$ 与 CD4016 的 4 个门相联接。

当 CD40193 输出端 $Q_1 \sim Q_4$ 均为高电平时，CD4016 的 4 个门导通，电阻 $8R$ 、 $4R$ 、 $2R$ 、 R 以并联形

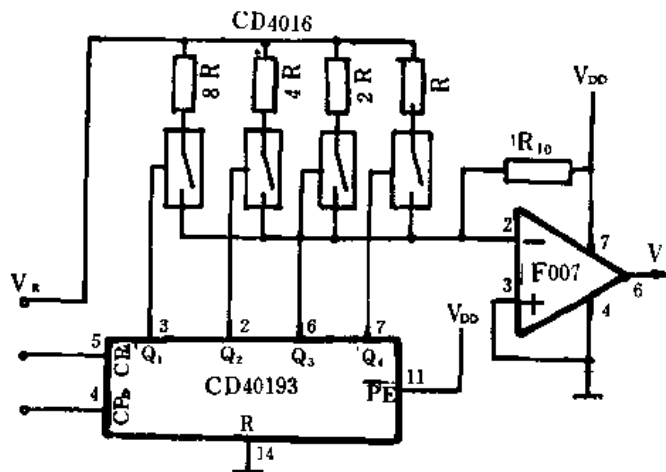


图 9-37 程控电压放大器

式出现,阻值为最小。当 CD40193 的 $Q_1 \sim Q_4$ 输出均为低电平时,上述 4 电阻阻值为最大。四电阻加在运算放大器的反相输入端作为信号源的内阻,且符合二进制权位。输出电压 V_o 与电阻关系为:

$$V_o = (Q_4 + \frac{Q_3}{2} + \frac{Q_2}{4} + \frac{Q_1}{8}) \frac{R_s}{R} \cdot V_R$$

式中, V_R 为基准电压值, R_s 为 4 电阻并联值, $Q_1 \sim Q_4$ 分别代表取“0”或“1”的个数决定。选择 CD40193 的双时钟 CP_u 、 CP_D , 可改变 V_o 的增与减。

例 38 极性可变放大器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种极性可变放大器由 4 模拟开关 CD4016 和高输入阻抗运算放大器 CH3130 等构成。为保证 CD4016 正常工作,电路采用 $\pm 7.5V$ 电源,且控制信号的高电平应在 $+2.5V$ 与 $+7.5V$ 之间,低电平应在 $-2.5V$ 与 $-7.5V$ 之间。

当控制端为高电平时,CD4016 的门 I、II 导通, $-7.5V$ 电源经门 II 的⑩脚、⑪脚加至门 III 的⑤脚,使门 III 关断。于是输入信号 V_i 经门 I 进入 CH3130 的同相端。这时电路等效于电压跟随器,则 $V_o \approx V_i$ 。

当控制端信号为低电平时,CD4016 的门 I、II 关断,门 III 导通,使 CD3130 的同相输入端接 GND,电路等效于反相放大器,则 $V_o \approx -V_i$ 。

总之,改变控制端电平高低,可改变电路输出电压的正负极性。

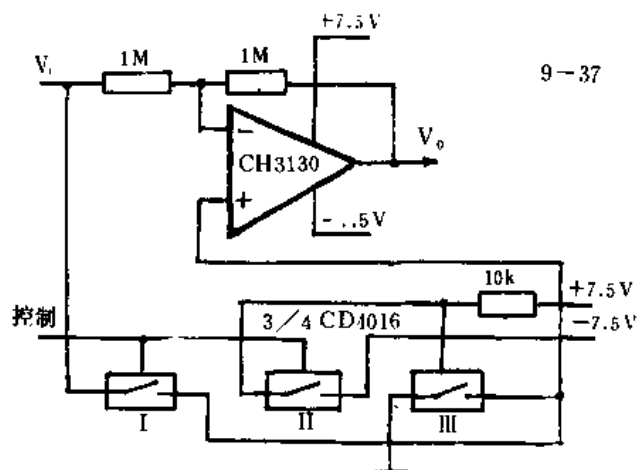


图 9-38 极性可变放大器

例 39 三反相器作

交流放大器

一、应用电路

二、电路结构说明

图 9-39 为由三个反相 $\frac{3}{6}$ CD4069 等构成的一级线性交流放大器。图 9-38 中, R_f 是反馈偏置电阻,它构成直流全反馈,使工作点稳定,同时也构成交流的部分反馈,使增益稳定,一般 R_f 值要比“非”门的输出电阻大两个数量级(反相器的 $R_{out} = 8 \sim 15k\Omega$), 而比反相器输入电阻小 1~2 个数量

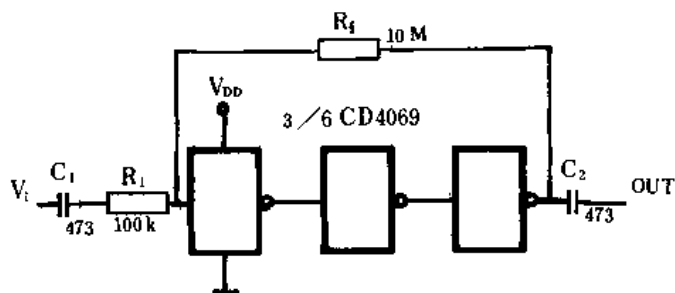


图 9-39 三反相器作交流放大器

级（反相器的 $R_{\lambda}=10^{10}\Omega$ ），所以， $R_i=1\sim 10M$ 。图中， R_i 是放大级的外接输入电阻，作增益大小和放大级输入电阻。当 $V_{DD}=10V$ 时，输出 U_{P-P} 值为 $5V$ 时，有良好的线性。 R_i 和 R_f 可调节增益，频响约 $20kHz$ ，信噪比约 $50dB$ 。

例 40 反相器作交流放大器

一、应用电路

二、电路结构说明

CMOS 反相器存在有一个高增益区，如 9-10 图 (b) 所示。用 $1/6$ CD4069 接成反相器，也就是在其输出端接一只高值反馈电阻至输入端，这个反相器就有一个高增益区。它可对交流电信号进行放大，且放大倍数高达 20 倍。参阅图 9-40 (b)。

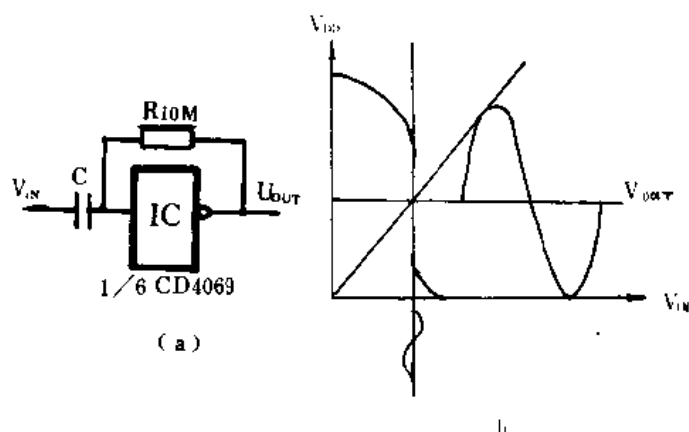


图 9-40 交流放大器

例 41 数控放大器增益电路

一、应用电路

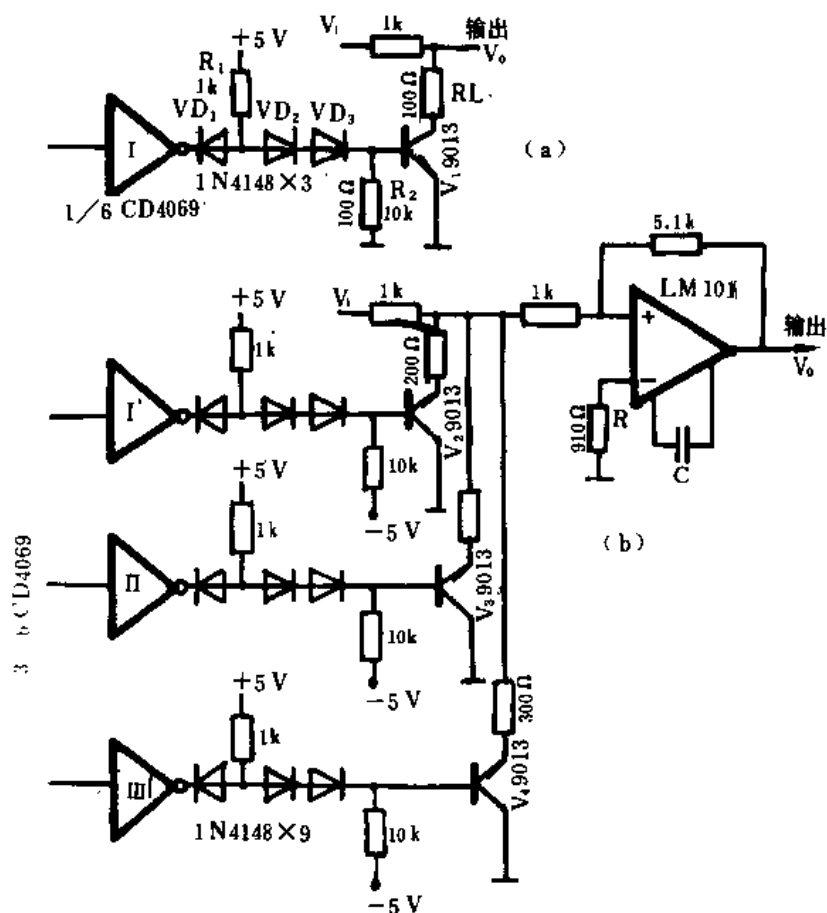


图 9-41 数控放大器增益电路

二、电路结构说明

数控放大器增益电路,由反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069、三极管、二极管和电阻构成。图 9-40 (a) 是一级增益控制电路,图 9-41 (b) 是三级增益控制电路。

电路中,晶体管 V_1 的导通和截止取决于其基极电压。当反相器 I ($\frac{1}{6}$ CD4069) 的输入端为高电平时,输出则为低电平,于是 VD_1 导通。此时, V_1 基极电压约为 $-1.2V$, 故截止, 电路输入信号 V_i 从 V_o 输出。

若反相器 I 输入端为低电平时,其输出端则为高电平,于是 VD_1 截止, V_1 则导通, 输入信号 V_i 不能通过 V_o 而输出。

显然晶体管 V_1 采用倒置接法,其导通电阻很小(约 20Ω), V_{CEs} 也只为 $0.02V$ 。倘若需要增加多级增益控制,可按图 9-41 (b) 电路安装,并在最后级输出端前加一运算放大器 LM101, 对输出信号进行放大。

例 42 电压甄别器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为利用 6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069、恒流二极管 VD (IN5283) 和电阻组成一个电压或电平的甄别器。

按电路所接, G 的输入阻抗相当大, 所以恒流管 VD 的电流几乎都流过 R_1 , 那么 R_1 上的电压 V_1 接近恒定值。

当电源电压 V_B 从 $15V$ 往下降, 直降到 V_1 小于 $0.45V_B$ 时, G 输出变为高电平。当 V_B 从 $3V$ 往上升, 升至 V_1 大于 $0.45V_B$ 时, G 的输出变为低电平。倘若 V_1 为恒定值, 改变 V_B 就等于改变阈值电压。

若 G 的输出端接上虚线框内发光二极管和保护电阻, 便可直观地观察到电路阈值的变化情况。

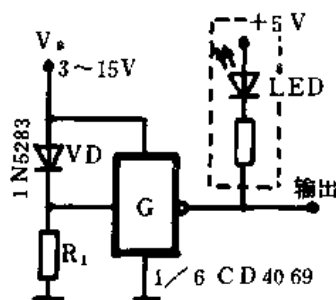


图 9-42 电压电平甄别器

例 43 双电压甄别器

一、应用电路

二、电路结构说明

双电压甄别器和单电压甄别器工作原理基本相同。它利用 6 反相缓冲器 $\frac{2}{6}$ CD4069 与恒流管 VD (IN5283) 及电阻 R_1 、 R_2 构成。 $CD4009$ 的输入阻抗相当高, 因此, 流过恒流管的电流可以看作全部通过 R_1 、 R_2 。 V_1 和 V_2 是 R_1 、 R_2 的电平阈值。其上下一般为 $14.6V$ 和 $11V$ 。由于反相器 G_1 、 G_2 的阈电平为 $0.45V$ 。所以有:

$$V_1 = 0.45 \times 11 = 4.95V \quad V_2 = 0.45 \times 14.6 = 6.6V$$

又因为 IN5283 恒流管电流为 $I_1 = 220\mu A$, 所以有:

$$R_1 = \frac{4.95V}{220\mu A} = 22.5k\Omega$$

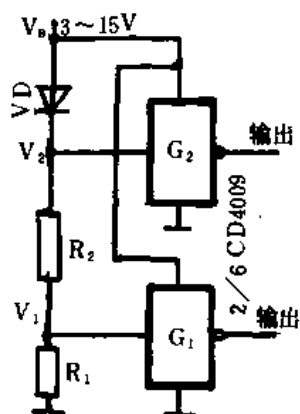


图 9-43 双电压甄别器

$$R_2 = \frac{6.6V}{220\mu A} = 7.5k\Omega$$

这样, 在电源电压为 V_B , 且 R_1 、 R_2 电阻为确定值情况下, 从 G_1 、 G_2 输出端可以甄别出其输出电压情况。该电路应用于控制 10 只镍镉电池充、放电, 可以提高充、放电速度。它还可以作为欠压和过压保护电路等。

例 44 电池电压甄别器

一、应用电路

二、电路结构说明

利用“或非”门 $\frac{1}{4}$ CD4001B、三极管 V 以及阻容元件构成电池电压甄别器, 用来判断和指示电池电压是否正常。设 V_T 为门 G_1 、 G_2 的阈值电压。

当电压值正常时, 调整 W_1 , 使 A 点电压 $V_A > V_T$; 调整 W_2 使 B 点的电压 $V_B < V_T$, 因此, 门 G_1 输出为“0”, 门 G_2 输出为“1”, 这时三极管 V (9012) 截止, 指示灯 H 不亮。

当电压高于正常值 V_T 时, V_A 和 V_B 均超过 V_T , 所以, 门 G_1 和门 G_2 输出皆为“0”, 因此晶体管导通, 指示灯发亮。

当电压低于正常值 V_T 时, $V_A < V_T$, $V_B < V_T$, 所以, 门 G_1 、门 G_2 相当于两个反相器。它们与电阻 R_3 、电容 C 形成无稳态多谐振荡器, 振荡器的输出信号通过晶体管 V_T 使指示灯发出闪烁光亮。在正常电压 V_T 为电池电压一半时, 输出的振荡信号频率 $f = \frac{1}{1.4R_3C}$ 。

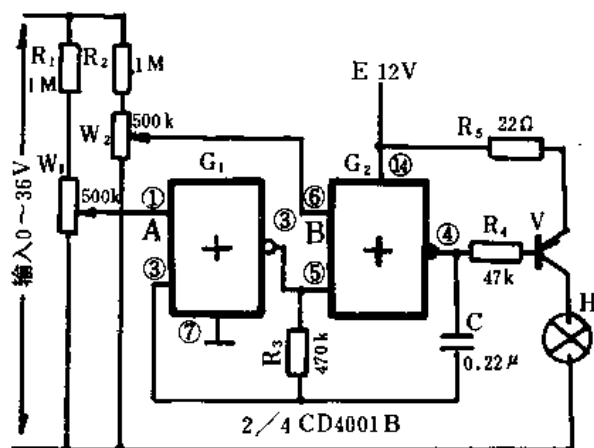


图 9-44 电池电压甄别器

例 45 CD4049 整流电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这种整流电路, 采用 6 缓冲反相器 CD4049 和 4 个二极管 $IN4002 \times 4$ 组成。

这种整流电路其负载能力虽然不如二极管桥式整流电路, 但采用 CD4049 三个反相器并联, 可以提高驱动能力, 而且从 V_{DD} 和 V_{SS} 端引出整流电压, 其负载电流可达 20mA, 因此更接近理想的整流电路。

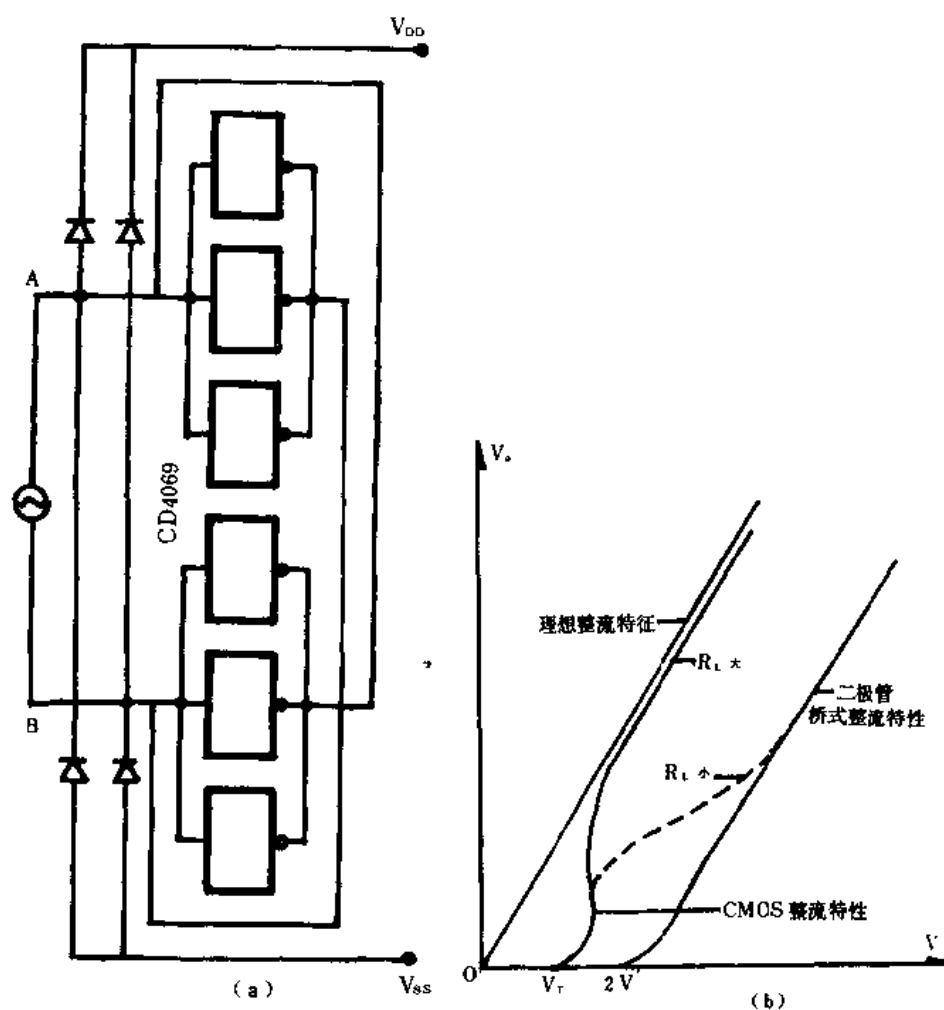


图 9-45 CD4049 整流电路

例 46 程控小电流源

一、应用电路

二、电路结构说明

程控小电流源由 10 位模数 (A/D) 转换器 5G7520、高阻运算放大器 A_1 5G353、 A_2 5G353、双向模拟开关 CD4066 构成的。

Φ 和 $\bar{\Phi}$ 是一组反相控制信号。当 $\Phi = "1"$, $\bar{\Phi} = "0"$ 时, CD4066 的 G_1 、 G_2 门导通, 5G7520 的第⑩脚输出的电压 V_1 对 C_M 充电。当 $\Phi = "0"$, $\bar{\Phi} = "1"$ 时, CD4066 的 G_3 、 G_4 门导通, C_M 通过 R_L 放电。也就是, 有 I_L 流过负载 R_L 。然而, V_1 是由 5G7520 输入数据作用下输出的, 所以, I_L 也与输入数据有关系。可以说, 输入数据每一增量, 对应着 $1\mu A$ 输出。当输入全 "1" 时, $I_L = 1mA$ 若需要有较大的 I_L , 应尽量提高控制方波的频率或者加大 C_M 容量。

R_L 应大于 $10k\Omega$ 。若小于 $10k\Omega$ 时, 应将电路中的 A_2 (5G353) 型改用 5G7650 型。

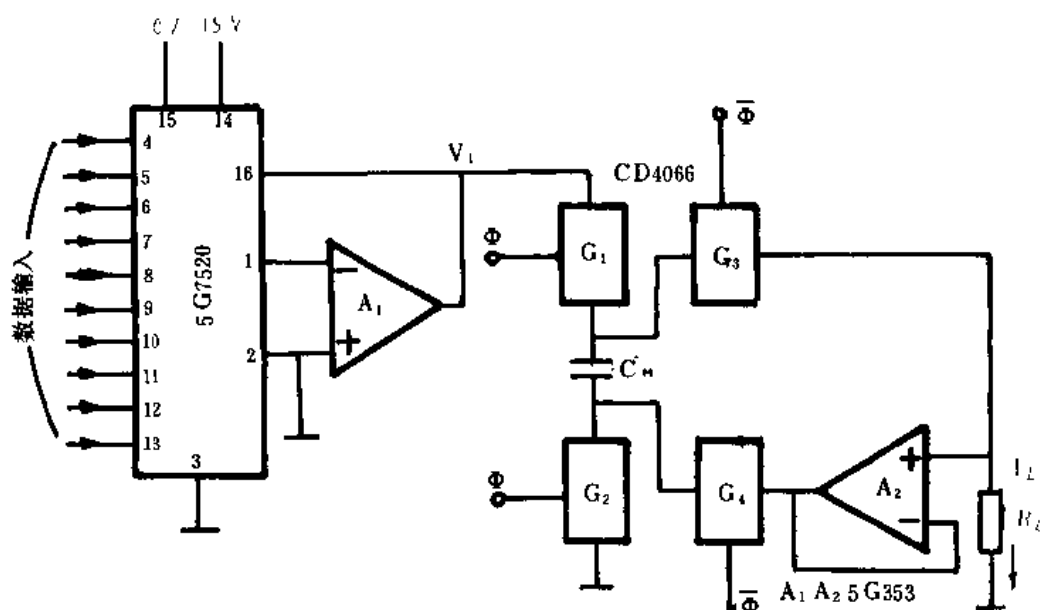


图 9-46 程控小电流源

例 47 压控恒流源

一、应用电路

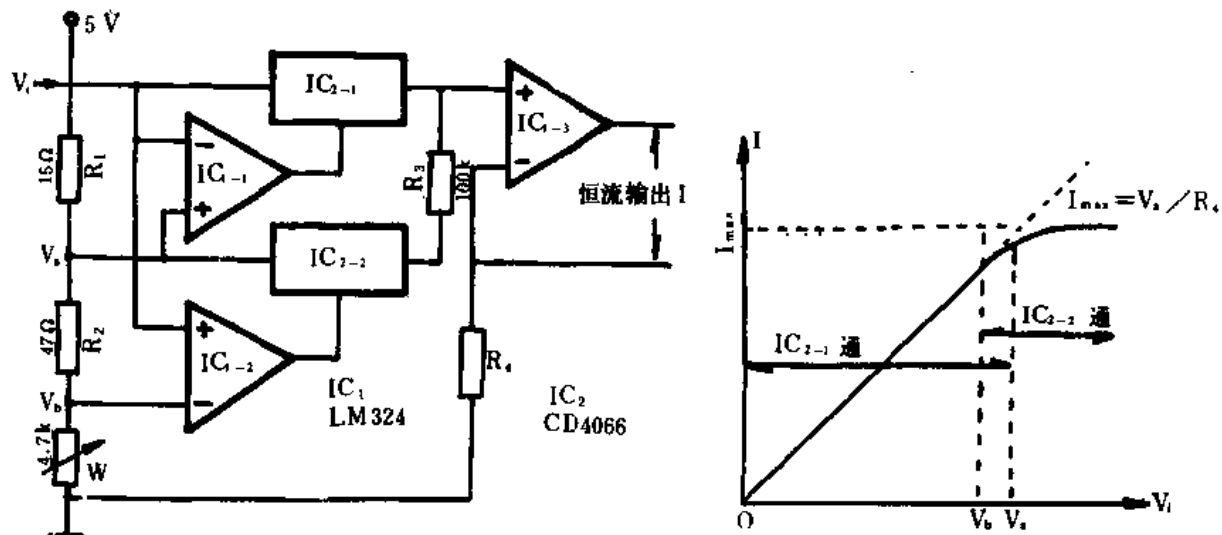


图 9-47 压控恒流源

二、电路结构说明

利用电压控制的恒流源，是由运算放大器 IC_1 (LM324)、双向模拟开关 IC_2 (CD4066)，以及限流电阻 R_4 等构成。其中 LM324 分为 IC_{1-1} 、 IC_{1-2} 、 IC_{1-3} ，CD4066 分为 IC_{2-1} 、 IC_{2-2} 。

当输入信号的电压 V_i 在 $0 \sim V_b$ 时，运放 IC_{1-1} 输出高电平， IC_{1-2} 输出低电平，因此 IC_{2-1} 导通， IC_{2-2} 截止。于是， V_i 加到 IC_{1-3} 的同相输入端，产生恒流输出，并与 V_i 成正比，即 $I =$

V_i/R_4 。

当 $V_a > V_i > V_b$ 时, IC_{2-1} 、 IC_{2-2} 同时导通, 但由于 R_3 ($100k\Omega$) 的存在, 它远比 IC_{2-2} 导通电阻 (几百欧) 大, 所以 IC_{2-2} 导通并不影响电路工作, IC_{1-3} 的输出仍满足 $I = V_i/R_4$ 。

当 $V_i > V_a$ 时, IC_{1-1} 反相电压高于同相电压, IC_{1-1} 输出负脉冲, IC_{2-1} 关断, V_a 通过 IC_{2-2} 和 R_3 加至 IC_{1-3} 同相输入端。此时, 同相大于反相输入端, 输出电流仍恒定在 V_a/R_4 , 而 V_i 如何变化都无关紧要。

注意, 调整电路时, 首先调 W ($4.7k\Omega$) 电位器, 使输出电流达到最大阻值; 然后调节输入电压 V_i 使输出电流刚刚超过要求的上限; 最后调 W , 使输出电流在限制值之内。

例 48 三相交流电相序检测器

一、应用电路

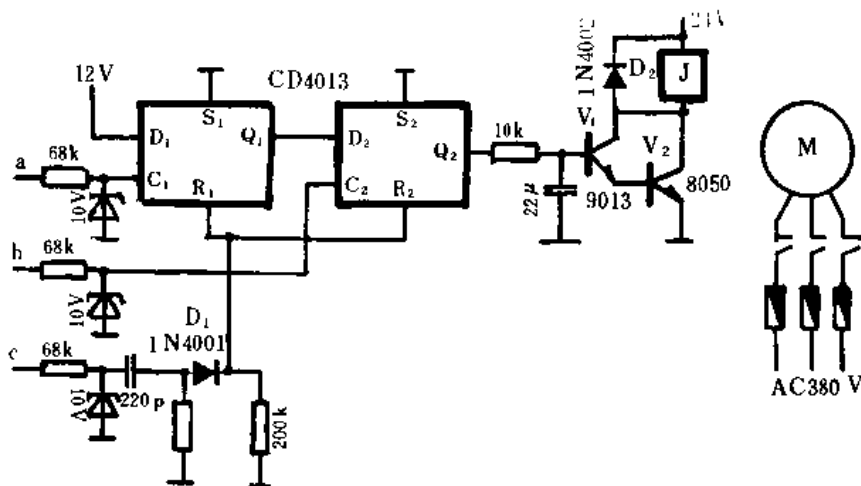


图 9-48 三相交流电相序检测器

二、电路结构说明

交流电三相序检测电路, 是由双 D 触发器 CD4013, 晶体二极管、三极管、阻容元件等构成。它可检测三相交流电的相序是否正确, 当相序不对或有断相时, 还可控制电源断开而达到保护用电电机 M 的目的。

三相交流电电压相序为 φ_A 、 φ_B 、 φ_C , 分别从 a 、 b 、 c 电路 3 端输入。 φ_A 能使触发器 Q_1 端呈高电平, 进而使级联触发器 Q_2 端也为高电平。而 φ_C 经微分电路后加到触发器的复位端 R_1 、 R_2 , 使 2 级联触发器复位, 促使 Q_1 、 Q_2 端又回到低电平, 这样一直循环。

仅当 Q_2 端为高电平, 经 R ($10k$)、 C ($22m$) 组成的低通滤波器后, 使 V_1 、 V_2 的达林顿管导通, 继电器动作。接着接通三相电源使电机运转。显然, 若不是按上述相序输入电路, 则 Q_2 端不可能出现高电平, 继电器也不会动作, 电机无法运转而得到保护。

例 49 触摸、光控节能灯电路

一、应用电路

二、电路结构说明

触摸与光控节能灯电路, 主要由双向 4 模拟开关 CD4066 ($H_1 \sim H_4$)、触摸金属片 P 、光

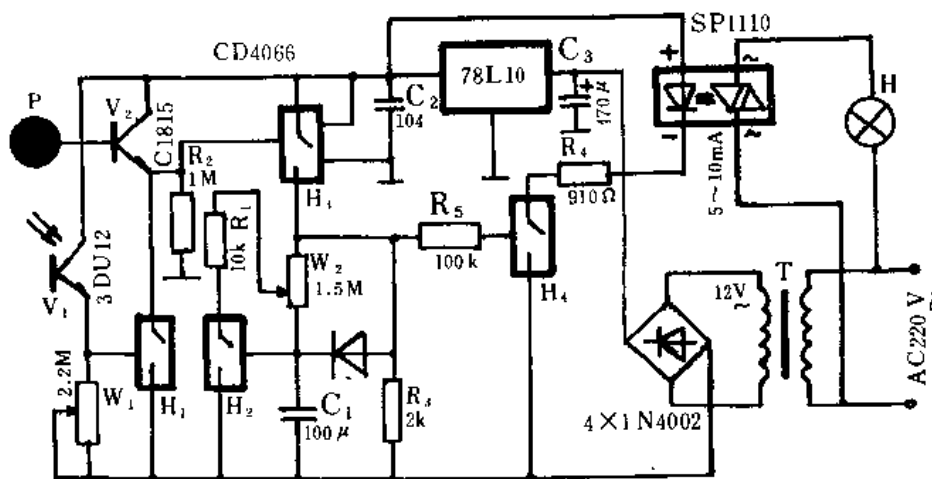


图 9 49 光控、触摸节能灯电路

敏三极管 V_1 (3DU12)、固体继电器 SP1110 等构成。它仅在晚上触摸金属片 P 后灯才亮，且延时一定时间后自动熄灭。

电路中， V_1 、 W_1 和 CD4066 的开关 H_1 组成光控开关； W_2 、 C_1 和 CD4066 的开关 H_2 组成延时电路；P、 V_2 、 R_2 和 CD4066 的开关 H_3 组成触摸自锁开关；固体继电器 SP1110、 R_4 、 R_5 和开关 H_4 组成门灯控制电子开关； D_3 、 R_3 为 C_1 提供放电通道。

夜晚，当手触摸 P 片，感应电压使 V_2 导通，开关 H_3 导通，并输出高电平。这一高电平，一方面通过 R_1 使 H_3 自锁③脚为高电平（ R_1 上端接 H_3 的控制端）。另一方面通过 R_5 使开关 H_4 导通，进而使 SP1110 导通，电灯 H 亮。同时，由于开关 H_3 的②脚为高电平，通过 W_2 向 C_1 充电。当充至 H_2 的②脚也为高电平时，开关 H_2 导通， H_3 关断， H_4 的⑤脚因失去高电平也关断。于是 SP1110 也跟着关断，电灯 H 熄灭。这当中，调节 W_2 可调节 C_1 充电时间。这样，达到夜晚触摸开灯和延时熄灯之目的。

显然，在夜晚由于光敏三极管 V_1 无光照，使开关 H_1 的⑥脚为低电平， H_1 被关断。但它不影响整个电路正常工作。到了白天， V_1 受光照而呈低阻态， H_1 的⑥脚得高电平并通至 GND。这也就等于 H_3 的③脚也接 GND，所以白天不管如何触摸 P 片，均不能使 H_3 导通，灯 H 也就不发光。

调节 W_1 ，可提高触摸开关 P 晚上亮灯的灵敏度。

例 50 无触点换档稳压器

一、应用电路

二、电路结构说明

无触点换档稳压器主要由 6 施密特触发器 $\frac{3}{6}$ CD40106 ($G_1 \sim G_7$)、十进制计数器/分配器 CD4017、4 双向模拟门 $2 \times$ CD4066 ($K_0 \sim K_7$)、电阻网络 ($R_0 \sim R_7$) 等构成。

电路中，8 个模拟开关 $K_0 \sim K_7$ 和 8 只电阻 $R_0 \sim R_7$ (取代可调稳压电源 LM317T，进行调节输出电压。当按下开关 AN_1 ，输入脉冲信号时，CD4017 的 $Q_0 \sim Q_7$ 端依次输出高电平，一方面使相应的发光二极管 $LED_0 \sim LED_7$ 依次发光；另一方面使 8 个模拟开关 $K_0 \sim K_7$ 依次导通，并依次把电阻 $R_0 \sim R_7$ 分别接入 GND。这样，LM317T 便从低到高依次输出 8 种电压 V_0 ，

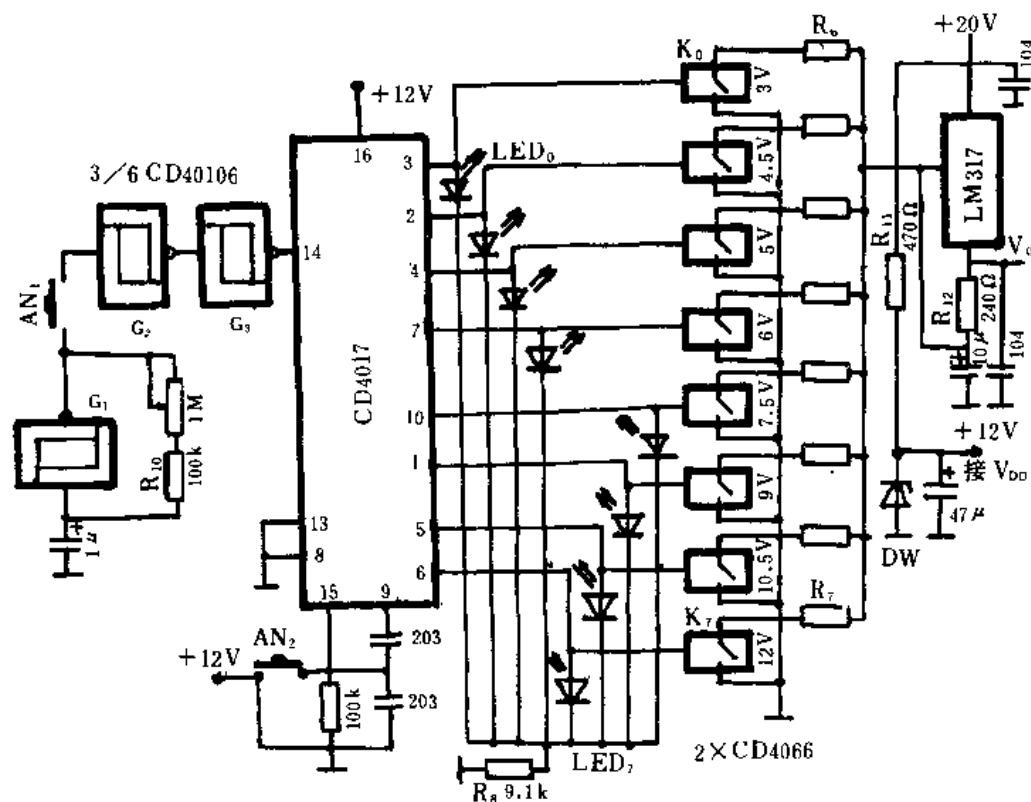


图 9-50 无触点换档稳压器

在任何一档输出时, 松开 AN_1 , 即能稳定住其档电压 V_o 的输出不变, 同时该档对应的发光二极管继续发光指示。

在 Q_0 以后的任何一档, 按一下开关 AN_2 , 即可将 CD4017 清零至 Q_0 档。若计数器依次计数至 Q_8 时, ⑨脚输出高电平, 并通过 203 耦合至⑤脚, 使计数器的复位端 R 得到正脉冲而复位清零。倘若处于开机时刻, +12V 电压通过 C_1 耦合至⑤脚, 使复位端 R 得到正脉冲而复位清零。本电路由于双向模拟开关导通电阻有几百欧, 所以最低输出电压 V_o 为 3V。

例 51 逆变器

一、应用电路

二、电路结构说明

逆变器采用 14 级二进制串行计数器/分频器 IC_1 (CD4060)、双 D 触发器 IC_2 (CD4013)、场效应管、变压器、晶振片等构成。其中, IC_{2a} ($\frac{1}{2}$ CD4013) 构成单稳态触发器, IC_{2b} ($\frac{1}{2}$ CD4013) 为双稳态触发器输出二分频。

IC_1 与晶振片组成晶体振荡器产生 32768Hz 的脉冲信号。由二极管组成的“与”门复位, 输出 100Hz 的精密时钟脉冲。至 IC_{2a} 的 CL 端。而 IC_{2a} 单稳触发器产生 300μs 的静寂时间, IC_{2a} 对 IC_1 输出的脉冲进行二分频。因此在 IC_{2b} 的 Q_2 、 $\bar{Q}_2$ 端输出 50Hz 互补门控电压信号。这一互补门控电压信号各驱动一个场效应管 IRF531, 而后经变压器升压。于是在变压器次级两端输出 50Hz 的 AC220V 的交流电, 实现把 DC12V 变为 AC220V 的稳定逆变。

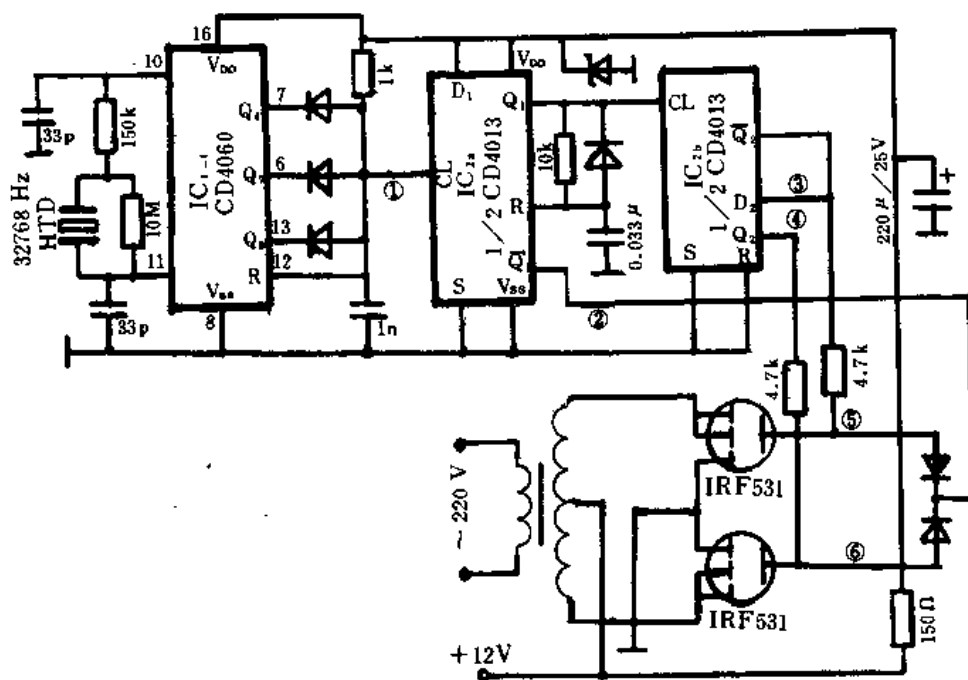


图 9-51 逆变器

例 52 多声调发生器

一、应用电路

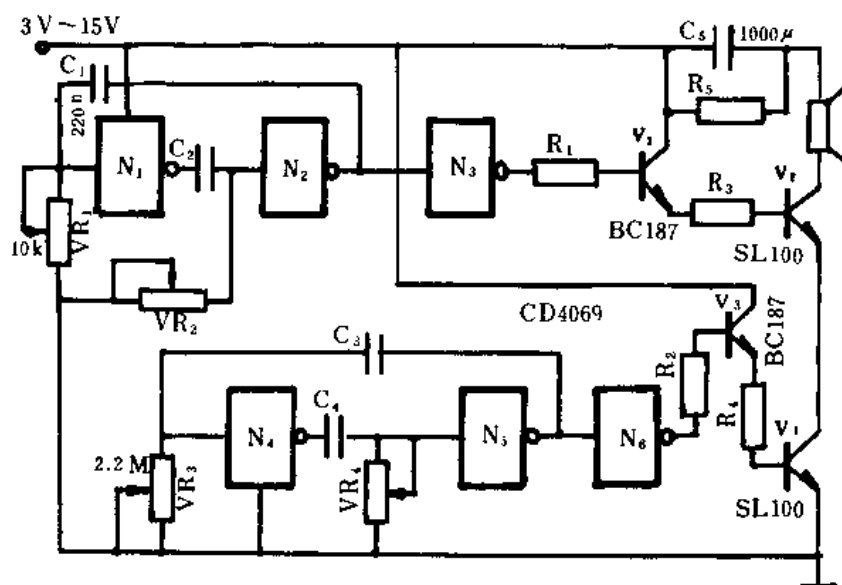


图 9-52 多声调发生器

二、电路结构说明

多声调发生器, 主要由 6 反相器 CD4069 ($N_1 \sim N_6$) 和阻容元件等构成。

电路中, CD4069 的门 N_1 、 N_2 与 VR_1 、 VR_2 、 C_1 、 C_2 等组成自激多谐振荡器。调节 VR_1

和 VR_2 可产生多种不同的音频频率信号。门 N_4 、 N_5 与 VR_3 、 VR_4 、 C_3 、 C_4 等组成低频振荡器。调节 VR_3 、 VR_4 可以改变低频振荡信号的频率，得到连续或非连续的振荡脉冲。门 N_3 、 N_6 作缓冲器。晶体管 V_1 与 V_2 ， V_3 、 V_4 组成“与”逻辑电路并驱动扬声器。

当低频信号与音频信号叠加时，再通过 $VR_1 \sim VR_4$ 的调节，电路可产生出不同的声调效果：如鸟叫、蟋蟀叫、报警器升调声和降调声等。

例 53 多档可逆输出稳压电源

一、应用电路

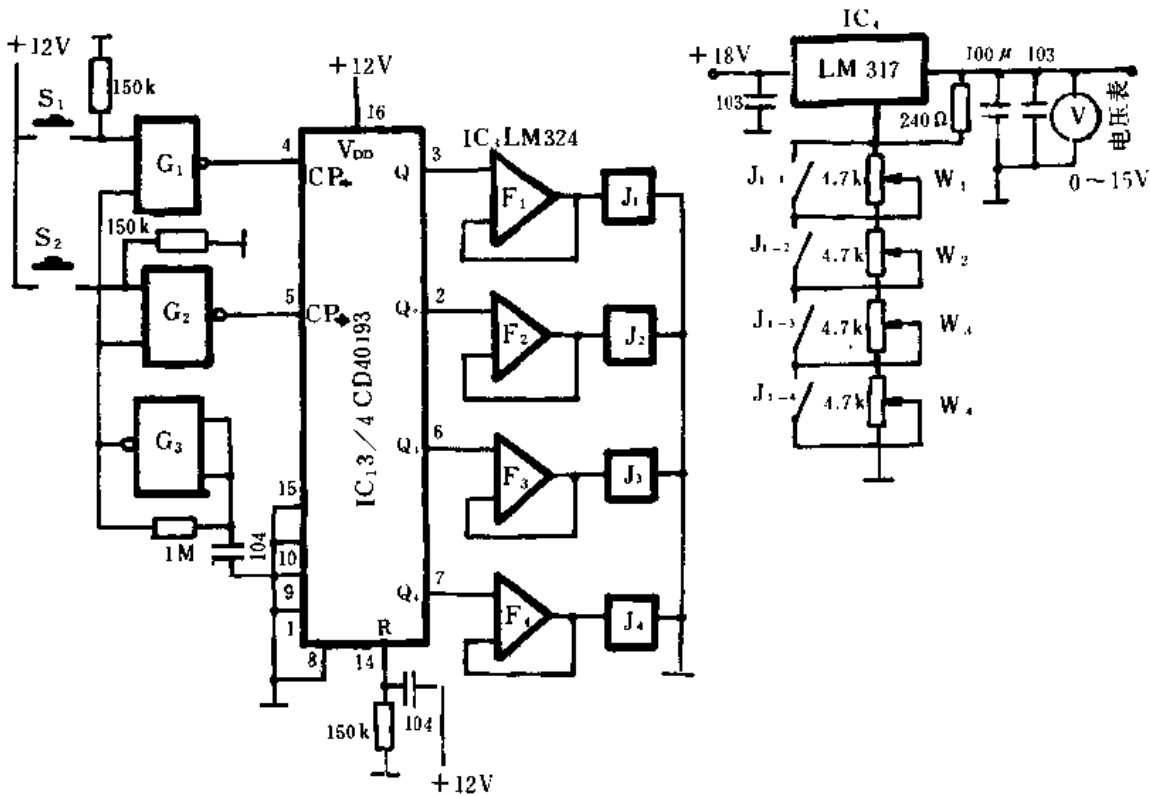


图 9-53 多档可逆输出稳压电源

二、电路结构说明

由 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 $\frac{1}{4}$ CD4093 ($G_1 \sim G_3$)、双时钟二进制可预置加/减计数器 CD40193 (IC_2)、运算放大器 IC_3 (LM324) 和 3 端可调电源 LM317、以及继电器、电位器网络等构成多档可逆输出稳压电源。它输出电压分为 16 档，正向、逆向电压均可调。

通常 IC_1 (CD4093) 的门 G_1 、 G_2 输出为高电平，分别至 IC_2 的减计数 CP_- 和加计数 CP_+ “输入控制端”。门 G_3 与阻容元件组成低频脉冲信号振荡器。在通电瞬间，由于 12V 电源通过 104 电容和 100k 电阻微分作用，使 IC_2 的⑭脚 (R 端) 得到高电平而复零， IC_2 的输出端为低电平。于是继电器 $J_1 \sim J_4$ 常闭触点均闭合，使 LM317 输出最低档电压。

升高电压——按下开关 S_2 时， IC_1 的门 G_2 被打开，门 G_3 输出低频振荡脉冲信号通过 G_2 加至 IC_2 的⑤脚 CP_+ ，而此时 IC_1 的门 G_1 仍输出高电平，满足 IC_2 的工作条件。于是， IC_2 作加法计数，使 $J_1 \sim J_4$ 逐个按二进制关系接通，4 个常闭触点 $J_{1-1} \sim J_{1-4}$ 逐个断开。因此，输出电压得以逐档升高。一旦放开开关 S_2 ，输出电压便稳住不变。

电位器 $W_1 \sim W_4$ 可随时调加或调减变化的档量值。设电压表 V 以便于观察。运算放大器用作缓冲跟随器。

二、电路结构说明

当电源接通后, CD4541 的⑨脚接高电平, 所以, 初始状态输出端为高电平, 使电子开关 IC₂ (TWH8778) 导通, 并经过 $t_d = 2.3R_1C_12^{n-1}$ 时间的延时, IC₁ (CD4541) 的输出端⑧

由于 IC₁ 的⑫、⑬脚均接高电平,即 A、B 端为高电平,因此计数器的级数 n 为 32768,所以 $t_s = 2 \cdot 3R_1C_12^{n-1} = 35422 \text{ 秒} \approx 10 \text{ 小时}$ 。

稳压管 D_w 稳压 5.7V, 保证 IC₂ 的⑤脚电压不超过 6V。

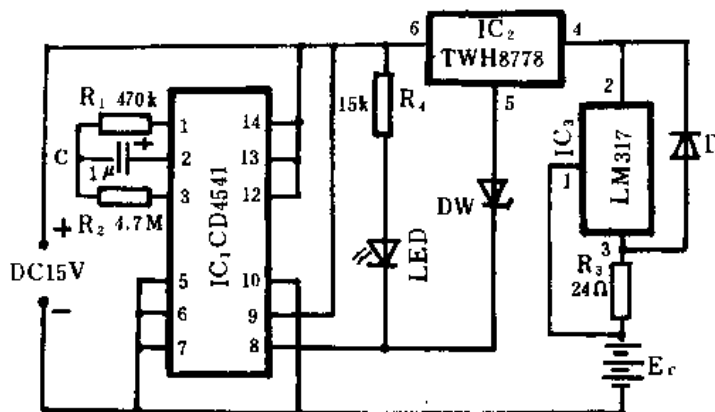


图 9-51 恒流长时间充电电路

二、电路结构说明

IC 的门 U_{1d} 、 U_{1c} 构成自激多谐振荡器, 其频率为 180Hz 左右; 门 U_{1a} 、 U_{1b} 作整形反相后, 分别激励增强型推挽场效应功率管 Q_1 、 Q_2 。

322

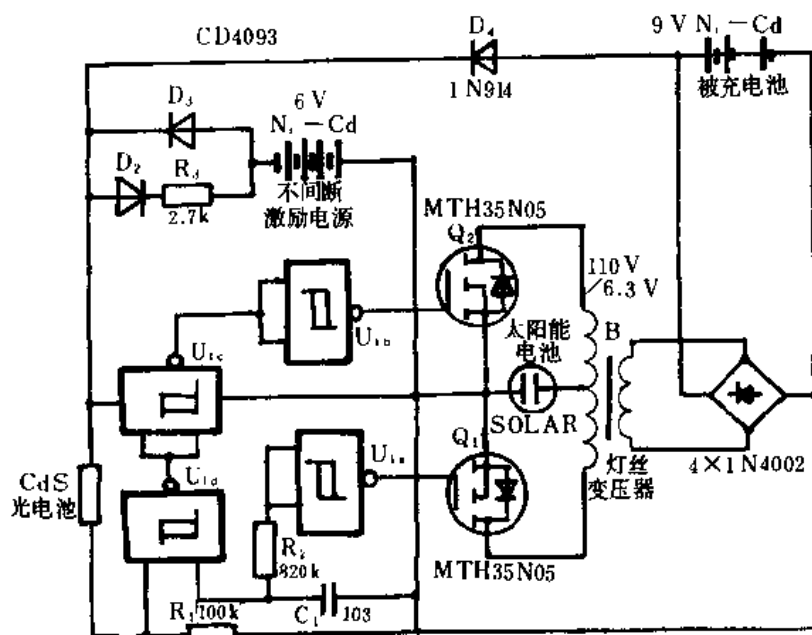


图 9-55 太阳能电池充电器

例 56 镉镍电池自动充电器

一、应用电路

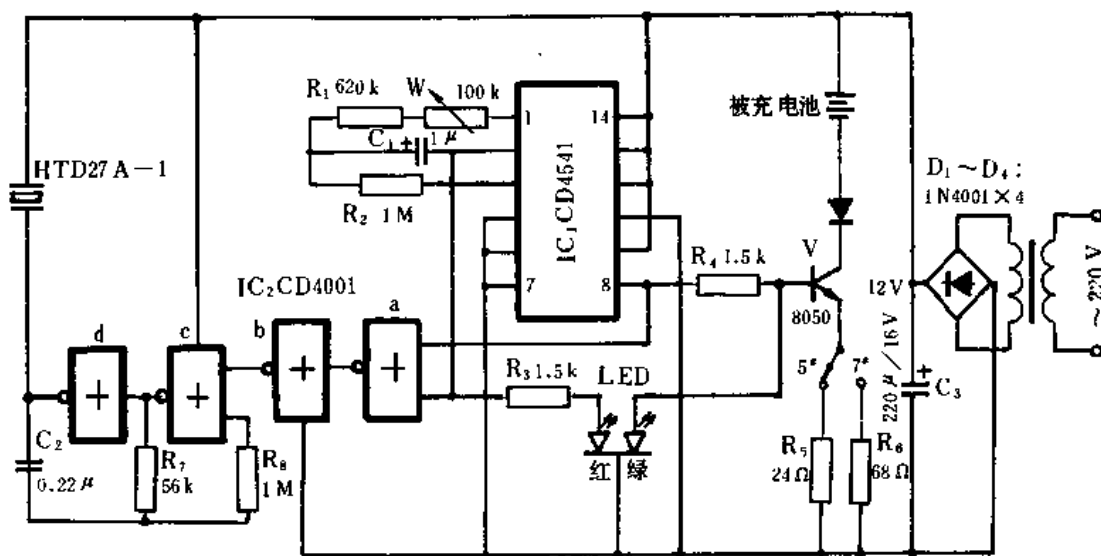


图 9-56 镉镍电池自动充电电路

二、电路结构说明

本电路为由新型的可编程具有 8 位二进制计数器、振荡器、计数级数及输出状态选择、定时方式选择等功能的 CMOS 集成电路 IC_1 (CD4541) 和 2 输入端 4 “或非”门 IC_2 (a~d) (CD4001) 等构成的自动充电器电路。

图 9-56 中, IC_1 的①~③脚外接 W 、 R_1 、 C_1 、 R_2 控制内部振荡器的振荡频率。

振荡器工作, IC 内部的 14 级二分频器对振荡脉冲进行 2^{14} (16384) 分频, 在 2^{13} (8192) 个脉冲到来后, Q_{14} 端将由低电平转变为高电平, 并通过 D_7 使⑩脚钳位于高电平。于是振荡器停振, Q_{11} 维持于高电平。显然, 若振荡器脉冲周期为 6.6s, 则经过 $6.6 \times 8192 / 60 \times 60 = 15$ (小时) 后, Q_{14} 才由低电平变为高电平。

电路中, V_1 、 V_2 、 D_9 等组成恒流充电电路。当 IC 的 Q_{14} 端为低电平时, V_2 、 V_1 导通并对电池 E_c 进行充电; 在 Q_{14} 变为高电平后, 充电时间结束。 V_3 、 R_1 、 R_2 、 D_8 等组成停电检测电路, D_8 和被充电的电池 E_c 组成 IC 的不间断电源。遇到市电停电时, 电池 E_c 通过 D_8 供给 IC 的⑬脚, 以保证其供电。由于交流断电, C_1 上的电位降为零, 于是 V_3 截止, 其集电极变为高电平, 经 D_6 使 IC 的⑪脚变为高电平而使振荡器停振, 目的是保证原充电计时不变, 待市电恢复供电后, 计时继续下去。

定时充电电路, 其充电电流为 50mA, 可对 3~4 只 1.25V 的 5 号镉镍电池进行充电, 且由 LED 作充电指示。充电电流调试时, 若偏差太大, 可改变 R_6 阻值和 D_w 稳压二极管的稳压值。

当调节好充电电流后, 可将电位器的旋钮进行定时时间刻度, 也就是通过调节 W_1 可改变振荡脉冲周期, 进而达到改变定时时间。为了节省时间, 用秒表测出 IC 的⑦脚 Q_4 端输出的脉冲周期, 便可推算出定时时间。两者关系有下表所列:

定时时间 (h)	5	10	15	20	25
Q_4 脉冲周期 (s)	35	70	105	141	176

电路中 D_5 和 D_9 为隔离电压用的二极管, 使电路在市电停电时, 电路能继续正常工作。 C_3 和 R_3 可作为 W 定时时间补充调节。

例 58 镍镉电池充电电路

一、应用电路

二、电路结构说明

镍镉电池充电电路主要由 14 级二进制串行计数器/分频器 IC_1 (CD4060), 可调 3 端稳压器 IC_2 (LM317T), 运算放大器 IC_3 ($\mu A741$) 和单刀双掷继电器, 红、黄色发光二极管, 压电蜂鸣器等构成。它可对 7 只镍镉电池串联电池组充电, 并用发光二极管指示充电过程中各种工作状态。

接通电源, IC_1 的⑨、⑩、⑪脚及其外接阻容元件组成振荡器, 其振荡频率为 $f = 1 / 2.2 (R_{11} + R_{12}) (C_2 + C_3 + C_4) \approx 1/6 \text{Hz}$ 。经 14 小时对电池充电后, IC_1 的③脚输出高电平, 于是晶体管 V_1 、 V_2 组成的达林顿管导通, 继电器吸合, 将充电电池脱离电流源。此时蜂鸣器发声, 表示电池充电结束。

电路中, IC_2 为充电电池提供稳定的电流源, IC_2 的 U_{out} 端输出的电流 $I = 1.2V / R_{14} = 50\text{mA}$ 。二极管 D_1 、 D_2 为防止市电断电后电池放电。电阻 R_{16} 提供一定的滞后作用。 IC_3 组成简单的比较器。红、黄发光二极管 (LED) 显示以下几种情况:

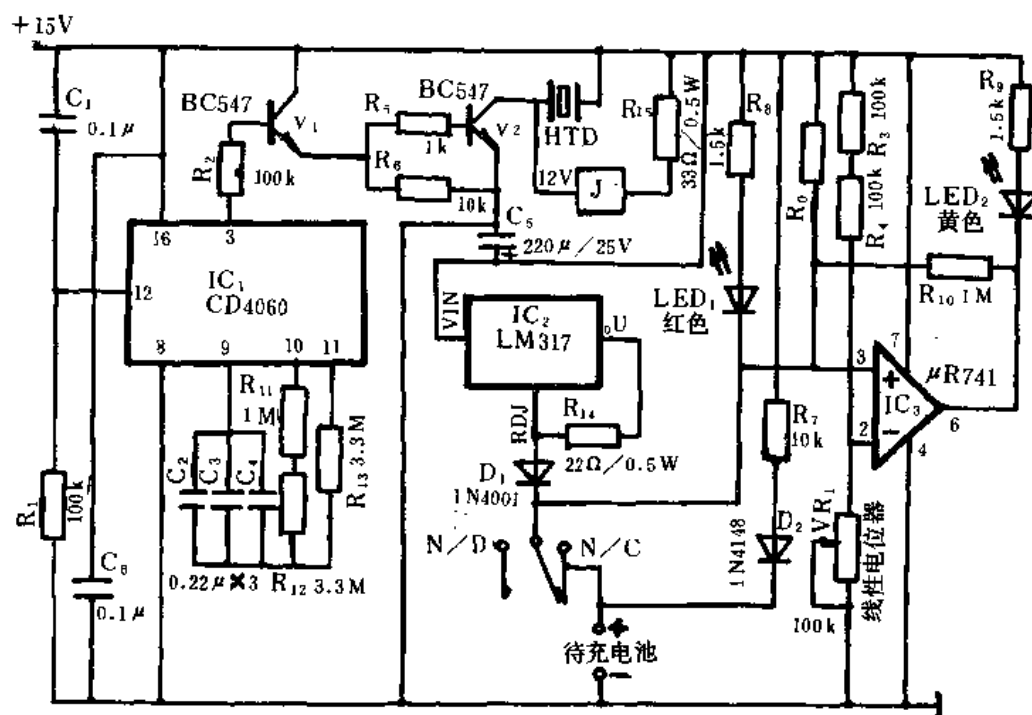


图 9-58 镍镉电池充电电路

红 LED	黄 LED	充 电 状 态
亮	灭	电池正在正常充电
亮	亮	可能存在电池接反, 需检查后改正; 若电池接法正确, 则电池内部短路, 已不能再 用
亮	亮一会儿后灭	电池电压过低, 应继续充电
亮一会儿后灭	灭	表示电池内阻极高, 已无法再使用

例 59 太阳能充电器

一、应用电路

二、电路结构说明

太阳能充电电路采用 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$) 或 74HC04、场效应管 V、二极管 D, 以及阻容元件等组成。太阳能电池接 A、B 两端, 被充电镍镉接 M、N 两端。

为了使太阳能电池用来充电, 必须克服端电压较低, 限流电阻压降和防逆流二极管压降等问题。为此, 电路将 CD4069 的门 G_1 、 G_2 组成产生 70kHz 的多谐振荡器, 输出振荡脉冲经门 $G_3 \sim G_6$ 并联反相缓冲电路后, 驱动场效应开关管 V (2SK817) 输出充电电流。

电路用环形磁芯线圈制成环形电感 L, 电感量为 $26\mu\text{H}$, 以提高太阳能电池的充电电压 (3V)。二极管 D_1 为防逆二极管, 避免充电电池向太阳能电池放电。电阻 22Ω 为限流电阻。

注意, 被充电的镍镉电池, 其电压不能接近 0V。如果接近 0V 电压应在其他电路稍充电后再移入本充电电路继续充电。

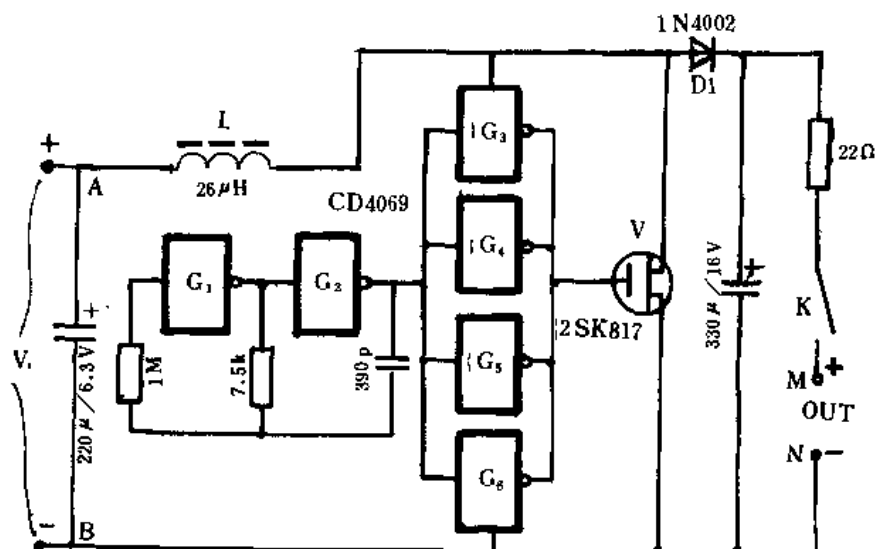


图 9-59 太阳能充电电路

例 60 普通电池充电装置

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 14 位二进制串行计数器/分频器 CD4060 和 3 端稳压器 LM7805 等构成的普通电池充电装置。

电路中, R_1 、 R_2 和 C_3 与 IC 内部振荡器构成频率为 1.6Hz 的脉冲源。该脉冲经 IC 内部分频器 6 分频后, 在第④脚 (Q_6 脚) 输出振荡周期 $T_6=20s$ 的方波脉冲去驱动大功率三极管 V, 使 V 呈间隔式导通与截止。这样, 使电池在“截止”时间内有一个散热时间, 不致于在充电过程中因逆反应放热而使气体迅速膨胀而损坏电池或爆炸。

DC5V 电源通过电流表 A 直接加在电池 E 的两端, 产生约 500mA 的间隔式充电电流。

若再要对其他电池充电时, 只须重新开关电源或者按一下复位钮 s 即可。

图中, 是对一节 1.5V 电池充电, 若要对 4 节串联电池组充电, LM7805 改为 DC9~15V 为 LM7809 或 LM7815 等。充 1 号和 2 号电池允许电流大些, 应采用 LM7815。

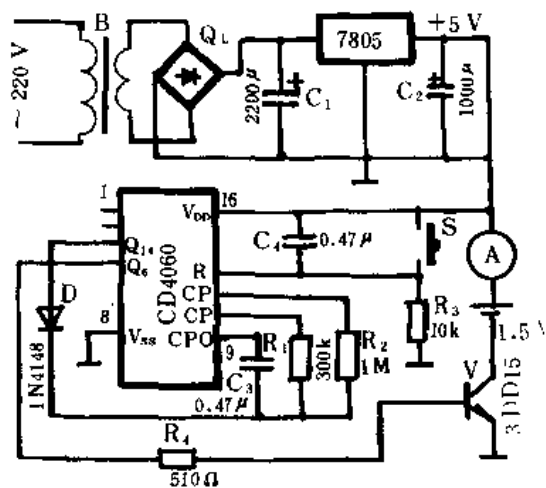


图 9 60 普通电池充电装置

例 61 浮充备用电源

一、应用电路

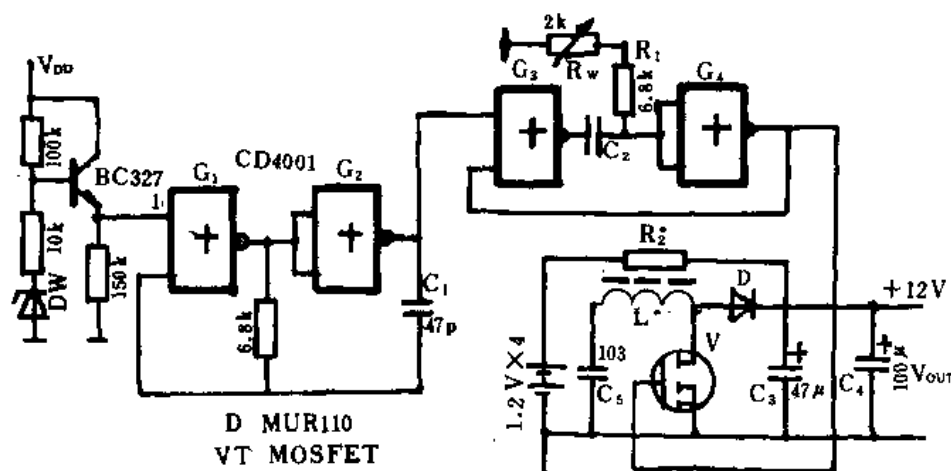


图 9-61 浮充备用电源

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “或非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4001) 晶体管 V_1 、场效应管 V 等构成的浮充备用电源。

将图中 V_{OUT} 端并接至原机 +12V 直流电源上。平时电池通过 R_2^* 浮充电。当主电源 V_{DD} 掉电时, R_2^* 可提供 12VDC 电压。

主电源 V_{DD} 掉电时, BC327 电路检测出电压下降, 使 G_1 、 G_2 组成多谐振荡器门控端 (①脚) 出现低电平, 振荡器起振, 输出 1MHz 的脉冲信号去触发 G_3 、 G_4 组成的可变宽度的单稳电路。以上单稳信号驱动转换器 V 。V1132 (MOSFET 管) 具有较低的导通电阻。用超高速二极管 D (MUR110) 作整流, 电容 C_3 、 C_4 作滤波。当主电源 V_{DD} 断电时, V_{OUT} 输出 DC12V 电压。当电池电压降至 3V 时可驱动 100k Ω 负载, 为 5V 时, 可驱动 1k Ω 负载。

例 62 直流万伏高压产生器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 施密特反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD40106 或 CD4584) 等构成的 DC10,000V 高压产生器。

门 G_1 和 R_1 、 R_5 、 C_1 等组成方波脉冲发生器。其输出脉冲送到 $G_2 \sim G_6$ 5 个并联门的输入端。门并联目的是为了增加驱动能力,以驱动大功率晶体管 V_1 (TP31A)。 V_1 将方波脉冲放大,耦合到变压器 T_1 的初级,使初级线圈产生磁场起伏波动,同时在变压器次级线圈中诱导出极性相反的脉冲信号,并输出 800~1000V 的脉动电压。这一脉动电压经 $D_1 \sim D_{10}$ 、 $C_3 \sim C_{12}$ 等组成的 10 级电压倍增器,把电压提高 10 倍。于是,直流高压输出可达 10000V。

改变电位器 R_5 , 可改变 G_1 等组成振荡器的振荡频率 (规定最大值为 15kHz)。振荡频率越高, 倍增的容抗越低。



氖灯 NE_1 和 R_4 组成 T_1 次级线圈输出指示。

第十章 报警器

例 1 煤气泄漏报警器 (1)

一、应用电路

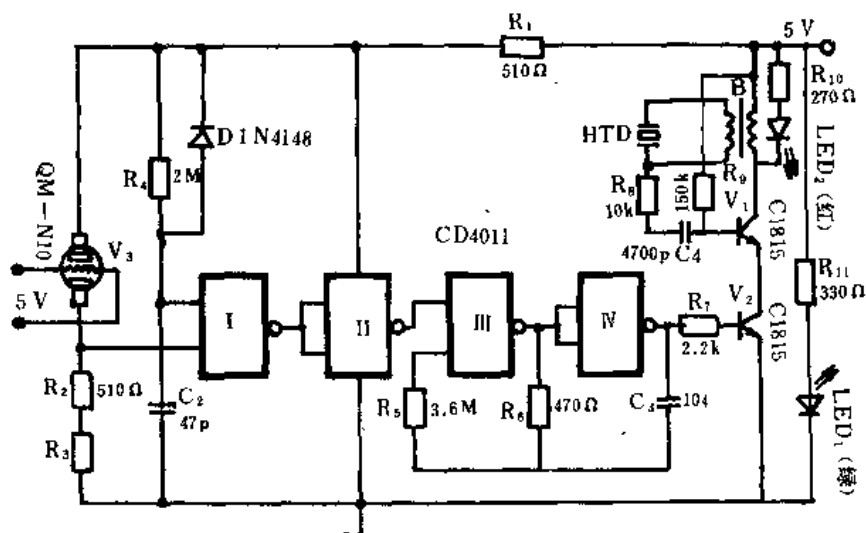


图 10-1 煤气泄漏报警器 (1)

二、电路结构说明

煤气报警器采用 2 输入端 4 “与非”门 CD4011、气体传感器 QM-N10、蜂鸣器 HTD、发光二极管 LED₁ (绿)、LED₂ (红)、晶体管、阻容元件等构成。

电路中,CD4011的门 I、II 与 D、R₁、C₂ 构成开机延时电路。由于气体感应器 QM—N10 的阻值在刚通电时下降至数百欧,而后随时间(经 60s 后)缓缓地增达 40~50kΩ。为了防止开机瞬间的误报,开机瞬间门 I 输入端上脚呈低电平,经门 II 反相输出低电平,门 III、IV 等组成振荡器不起振。这时改变 R₄ 的阻值,在 60s 后,C₂ 上电压充至高电平。但由于 QM—N10 没有感受到煤气,所以阻值很大,门 I 的输入端下脚又为低电平,而门 II 的输出端也为低电平,振荡器还是不起振。

然而,当 QM—N10 感受到泄漏的煤气时,其阻值急剧下降,在 R₂、R₃ 上的电压迅速上升,使门 I 的下脚变为高电平,门 I 输出低电平,经门 II 反相输出高电平。于是振荡器起振,并输出脉冲信号,驱动晶体管 V₁、V₂ 和 B₂、R₈~R₁₀、C₄、LED₂ 等组成的声光报警电路工作,发出声、光报警。声音由蜂鸣器 HTD 发出,光由 LED₂(红)显示。

R₁₁ 与 LED₁ (绿) 作电源指示。而 QM—N10 的灵敏度 S>8、响应时间 t_s≤10s、恢复时间 t_r≤60s,灯丝加热电压 V_f=5V±0.5V,加热功率≤0.5W 为宜。

例 2 煤气泄漏报警器 (2)

一、应用电路

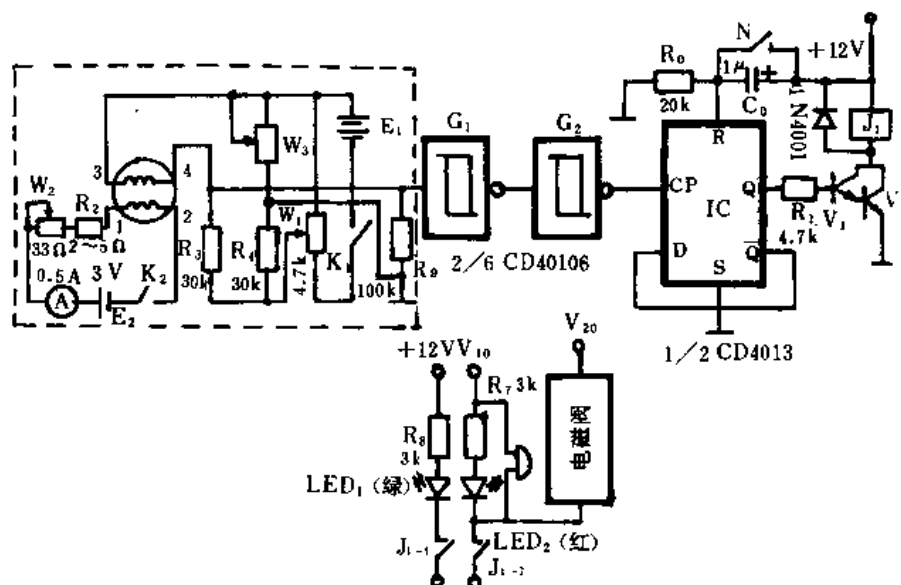


图 10-2 煤气泄漏报警器 (2)

二、电路结构说明

本电路为由 6 施密特触发器 G_1 、 G_2 ($\frac{2}{6}$ CD40106) 和双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 等构成的煤气泄漏自动报警器。

电路中,虚线框内是一个气敏传感器,由气敏元件 G 与 W_1 、 W_3 、 R_3 组成电桥电路。 G 为系列气敏元件对可燃性气体,反应尤为敏感,它的电阻值随被测气体浓度的增大而减小。当没有气体泄漏时,该电桥处于平衡状态, R_9 中无电流通过。无电压脉冲输出, D 触发器的 CP 端没触发脉冲、D 触发器 Q 端由于开机状态使 Q 输出低电平,晶体三极管 V_1 、 V_2 截止,继电器 J_1 无电,其触点 J_{1-2} 开路而常闭触点 J_{1-1} 闭合,绿灯亮,表示无气体泄漏。

当有气体泄漏时,电桥立刻失去平衡, R_9 中有电流通过,在 R_9 两端产生脉冲电压,经施密特触发器 G_1 、 G_2 缓冲整形后,使 CD4013 的 CP 端得到高电平信号,双稳态电路翻转, Q 端输出由低电平变为高电平,使 V_1 、 V_2 导通, J_1 得电、 J_{1-1} 打开而 J_{1-2} 闭合,红灯 LED₂ 亮,蜂鸣器发出声响,向用户报警。在工厂中使用,可使电磁阀自动切断煤气等。

图 10-2 中,电压 V_{10} 、 V_{20} 要视使用的蜂鸣器型号和电磁阀的规格而定。N 为手动开关,使 CD4013 的复位 R 端得到高电平而复零。电容 C_0 和电阻 R_0 组成双稳态电路开机清零电路,使 Q 输出低电平。

例 3 煤气泄漏报警器 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

煤气泄漏报警器,由 6 反相器 CD4069 ($F_1 \sim F_6$)、4 “与非”门 CD4011 ($G_1 \sim G_4$)、气敏元件 QM-N5 等构成。其中,CD4011 的门 G_3 、 G_4 与电阻 R_5 、电容 C_6 组成音频振荡器;门 G_1 、

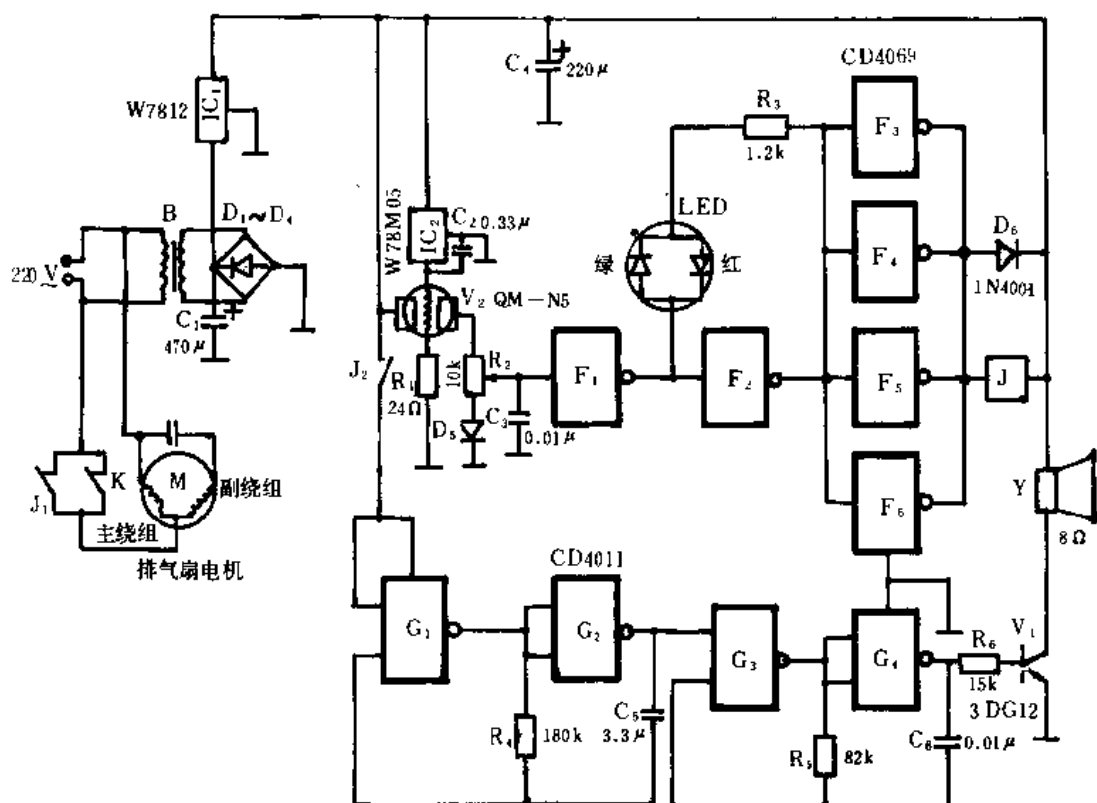


图 10-3 煤气泄漏报警器 (3)

G_2 与 R_4 、 C_5 组成低频振荡器。

通常, 无煤气等有害气体时, 气敏元件 QM-N5 的两板极间呈高阻抗状态, 于是电阻 R_2 中心端为低电平, 门 F_1 输出高电平, 门 F_2 输出低电平, 门 $F_3 \sim F_6$ 的输出呈高电平, 于是继电器 J 释放, 排气扇不工作, 扬声器 Y 也不发出声音。

一旦室内空间有一定浓度的煤气或其它有害气体时, 气敏元件 QM-N5 呈低阻抗, 两板极间电阻很小, 且导通。于是 R_2 的中心点呈高电平, 门 F_1 输出低电平, 经 F_2 反相, $F_3 \sim F_6$ 再反相, 输出低电平, 促使继电器 J 通电吸合, 其常开触点 J_2 接通, 两个振荡器工作, 且低频振荡器控制音频振荡器发出间歇性振荡信号, 使扬声器发出断续的报警声, 发光二极管发亮。同时, 继电器常开触点 J_1 也接通, 排气扇得电运转排除室内有害气体。直到室内气体恢复正常, 报警声才停止, LED 熄灭, 排气扇停转。

K 为手动开关, 可使排气扇连续工作。

例 4 冰箱多功能保安器

一、应用电路

二、电路结构说明

冰箱多功能保安器是由 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 ($G_1 \sim G_4$)、阻容元件、继电器、发光二极管等构成。它具有停送电延时、超欠压断电并延时、触电、超温保安等功能。

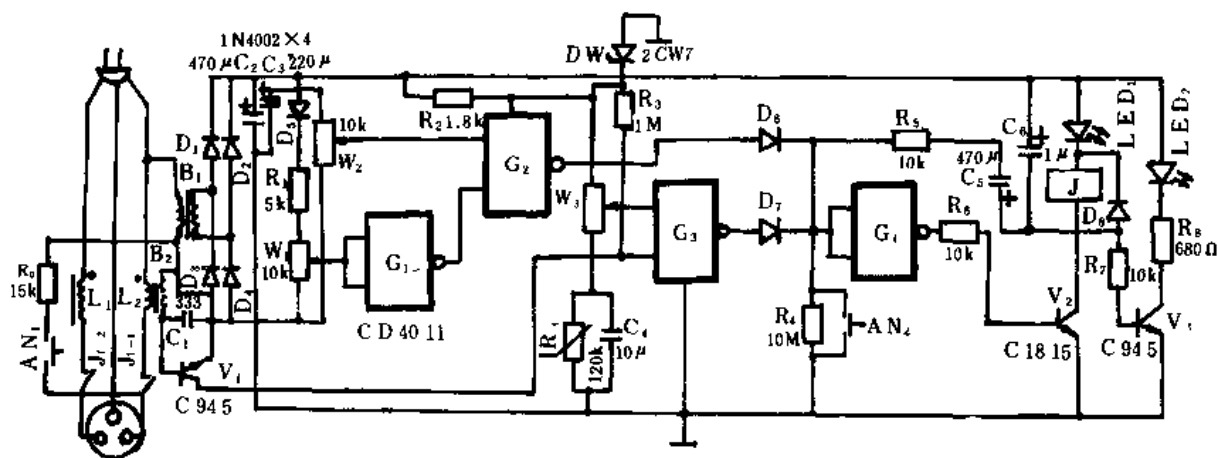


图 10-4 冰箱多功能保安器

(1) 停送电延时——每次通电瞬间，由于 C_5 、 C_6 的两端电压不能突变，CD4011 的门 G_4 输入端为高电平，输出端为低电平，晶体管 V_2 截止，继电器 J 释放。随着充电过程的延续，门 G_4 输入电压逐渐降低，当低于门 G_4 输入端阈值电平时，门 G_4 输出高电平。于是， V_2 饱和导通， J 吸合，触点 J_{1-1} 、 J_{1-2} 闭合， LED_1 发亮，指示开始正常送电。

(2) 超欠压保护并延时——电源电压正常时，门 G_3 输出为低电平， D_7 截止。当电源电压高于门 G_1 或低于门 G_2 的阈值电平时，门 G_2 输出高电平，门 G_4 输出低电平，则 J_1 释放。延时约 5 分钟后，门 G_4 的输入端变为低电平，而输出端为高电平。于是， J_1 吸合，电路复原。倘若在 J 吸合时，电源还是超或欠压，则 V_2 继续处于截止， J_1 还再释放，一直保持到电源电压恢复正常为止， V_2 为饱和，电路才恢复送电。

(3) 触电及超温保安——平时门 G_3 的两个输入端均为高电平，输出为低电平， D_7 处于截止。当有触电事故发生时，零序互感器 L_1 、 L_2 、 L_3 将感应出交流电压，经 V_1 输送给门 G_3 ，使门 G_3 输出变为高电平。同理，压缩机外壳升温至 100°C 时，热敏电阻 R_1 的阻值降到某限值时，门 G_3 也输出高电平，触发门 G_4 ，使门 G_4 输出低电平。于是 V_2 截止， J 释放，电源迅速被切断。

AN_1 为检测按键开关， AN_2 为复位键，用于防止冰箱起动瞬间引起电源电压下降造成保护电路起控。 V_3 用于平衡 V_2 在饱和、截止时所引起的直流电压变化，并为 LED 提供指示电源。

例 5 报警计时器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 14 级 2 进制串行计数器/分频器集成电路 CD4060 等构成的报警计时器。

电路中，CD4060 的⑨~⑪脚外接阻容元件，决定了振荡器的振荡频率。调电位器 W_1 、可调整振荡频率。

当开关 S_1 闭合时, R_4 、 C_2 微分电路的正尖脉冲对②脚复位 R 端作用, 使电路清零, 计数即告开始。当计数达到 14 级 (Q_{13}), ③脚便会呈高电平, 压电蜂鸣片 BZ 作为电笛被晶体管 V_1 驱动而发出声音。

延迟时间和电位器 W_1 、 C_1 关系如下:

1~30min—— $C_1=200n$, $W_1=500k$;

1~60min—— $C_1=470n$, $W_1=500k$;

1~120min—— $C_1=470n$, $W_1=1M$ 。

计时器由 9V 叠层电池供电。LED 用来显示计时器的开关状态。

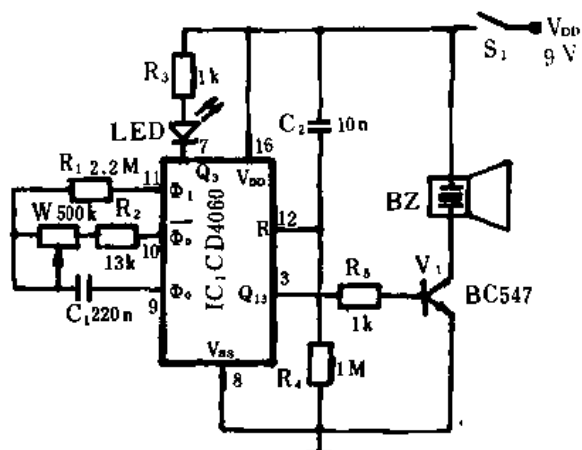


图 10-5 报警计时器

例 6 多用途报警器

一、应用电路

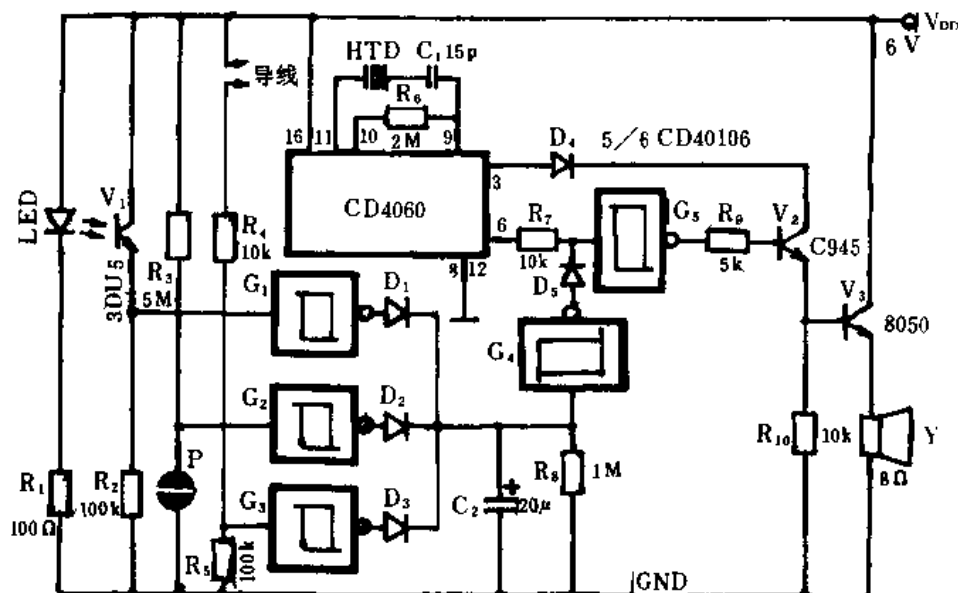


图 10-6 多用途报警器

二、电路结构说明

本电路为由 16 级 2 进制串行计数器/分频器 CD4060 和 6 施密特触发器 $G_1 \sim G_5$ ($\frac{5}{6}$ CD40106) 等构成的多用途报警器。

本电路具有光控、触摸、断线、短路等报警功能。

电路中, CD4060 与 HTD (32768Hz) 石英晶体等组成振荡器, 其③脚输出频率 2Hz 方波, ⑥脚输入输出频率为 256Hz 音频信号, 利用③脚输出信号作为以 $T = \frac{1}{2Hz} = 0.5s$ 间歇周期, 以⑥脚输出 256Hz 为音频的报警信号。(如②脚输出为 4Hz 方波, 则也可用 0.25s 做间歇周期)。当然, 也可用④、⑤脚作音频均可。

平时, CD40106 门 $G_1 \sim G_3$ 的输入端均为高电平, 其输出端不起作用。门 G_4 的输入端因

接有下拉电阻 R_8 而为低电平, 则 G_1 输出高电平, 并通过 D_5 将门 G_5 的输入端钳位在高电平, 此时无报警信号输出。

以触摸为例: 当人手触摸 P 点时, 由于人体电阻将 P 点两金属片连通, 则使 G_2 输入端置为低电平, 其输出端为高电平, 并向 C_2 充电。当触摸一定时间后, G_4 的输入端变为高电平, 其输出低电平, 从而解除对 G_5 输入端的钳位作用, 使 CD4060 的⑥脚信号通过门 G_5 加到晶体管 V_2 的基极, 当 CD4060 的③脚为高电平时, V_2 将 256Hz 的音频信号放大, 同时受间歇信号在 V_2 集电极作用, 再经 V_3 放大后驱动喇叭发出报警声。当停止触摸开关后, 由于 C_2 向 R_8 至 GND 放电, 需要 10 多分钟时间, 才会使 G_4 的输入端下降至低电平, 经门 G_4 反相, 又钳位在高电平, 喇叭才停止报警。

本触摸报警可改为短路报警, 至于断线、光控报警过程基本同上, 但控制电路要作适当改变, 请参考有关例子。

例 7 盗贼威慑器

一、应用电路

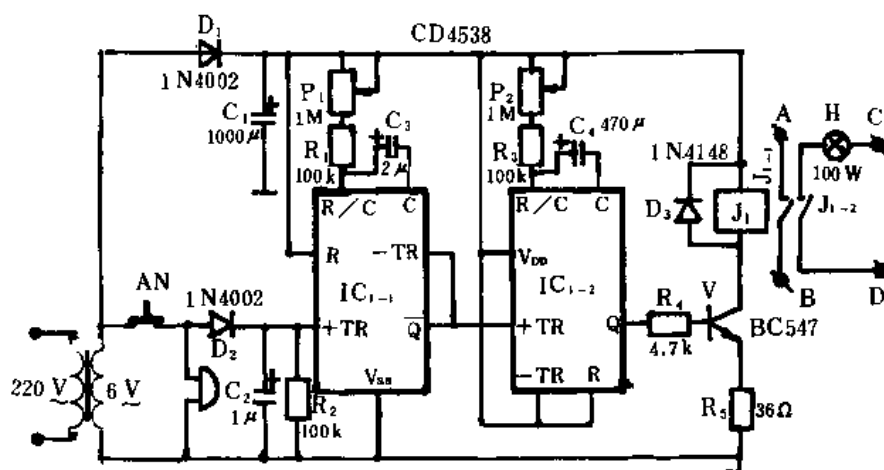


图 10-7 盗贼威慑器

二、电路结构说明

本电路为由双精度单稳态触发器 IC_{1-1} 、 IC_{1-2} (CD4538) 等构成的盗贼威慑器。盗贼有时先按一下门铃, 看主人是否在家, 然后判断是否行窃。本装置当门铃被盗贼按下时, 铃声触发单稳态 IC_{1-1} , 待短时间延迟后, 该电路便接通事前安排好的盒式录音机, 可录制狗吠声或喊贼来了等声音, 使盗贼不敢轻易下手而逃之夭夭。同时, 门外 100W 电灯点亮, 把窃贼暴露于光天化日之下, 或与值班室联网等。

图 10-7 中 IC_{1-1} 的 -TR 与 $\overline{Q}$ 相接, R 接 V_{DD} , 组成上升沿触发/连续触发单稳态触发器。AN 为门铃按钮, 按下 AN, 门铃响, 交流 6V 电压经 D_2 整流, C_2 滤波, 去触发 IC_{1-1} 的 +TR, 使 IC_{1-1} 进入单稳期。脉冲信号经 R_1 、 P_1 、 C_3 组成的延迟电路, 则延迟范围为 0.22~0.24s (调 P_1 值可改变延迟时间), 而后输出脉冲上升沿触发 IC_{1-2} 的 +TR。图 10-7 中 IC_{1-2} , -TR 与 R 连接后接 V_{DD} , 组成上升沿触发/再触发单稳态触发器, 使 IC_{1-2} 进入单稳期, 单稳时间由 R_3 、 P_2 、 C_4 决定 (调 P_2 使单稳时间为 47 秒~8 分钟左右), 在此期间, IC_{1-2} 的 Q 端输出高电平,

使晶体管 BC547 导通，继电器 J₁ 动作，其双常开触点闭合，AB 接通，使录音机放音工作。同时，C、D 通，使 100W 灯泡点亮，威慑盗贼离开现场；或者，将摄像机或照相打开进行现场摄像或摄影等动作。

例 8 高功率警声发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 G₁~G₃ (¾CD4093) 和 n 沟道 MOS 场效应管 V₁ (VN6AF) 等构成的高功率警声发生器。

电路中，当控制端 P 输入高电平时，由门 G₁ 组成的振荡器送来的脉冲信号引起门 G₂ 等组成的振荡器起振，G₂ 输出经缓冲器 G₃，被加到 V₁ 的栅极 G，门 G₂ 组成振荡器的频率由电位器 W 调整，由于 V₁ 的漏源阻抗为 3Ω 左右，外接扬

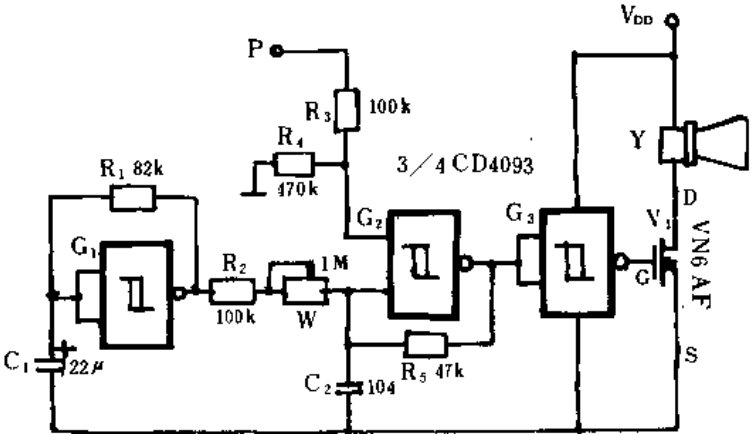


图 10-8 高功率警声发生器

声器阻抗应为 4Ω，基本匹配，省去输出变压器变换。本装置输出功率大，元器件价廉。加大 MOS 场效应管功率，输出功率还会增加。电源电压 V_{DD} 用 +12V。门 G₁ 组成低频振荡器，而门 G₂ 组成音频振荡器，前者控制后者振荡，使扬声器发出“滴、滴……”声音。

例 9 门把报警器

一、应用电路

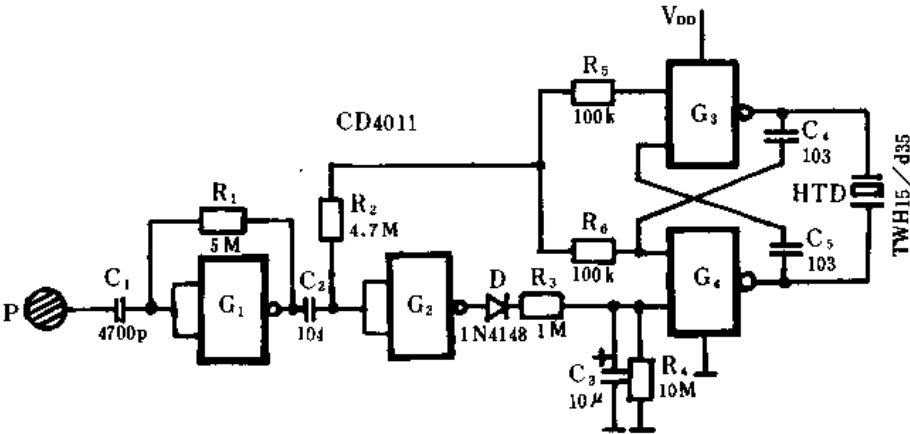


图 10-9 门把报警器

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 G₁~G₄ (CD4011) 等构成的门把报警器。将本电路的

例 11 超声波防盗报警器

一、应用电路

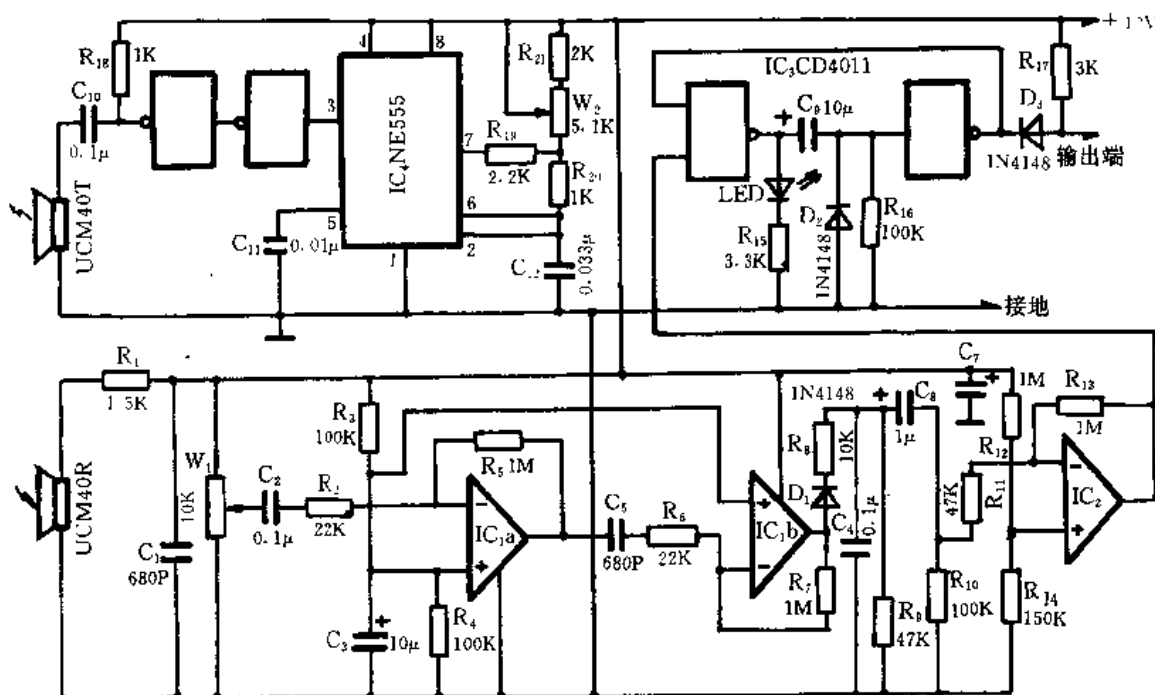


图 10-11 超声波防盗报警电路

二、电路结构说明

这是利用超声波报警电路，主要由 4 二输入端“与非”门 CD4011、时基电路 NE555、45 倍放大器 TL072，以及超声波传感器 UCM40T 等构成。

电路工作时， IC_1 (NE555) 和 R_{20} 、 R_{21} 、 W_2 、 C_{12} 等组成无稳态多谐振荡器，并由③脚输出频率约为 $40\text{kHz} \pm 500\text{Hz}$ 的脉冲信号。这一脉冲信号经两个反相器 IC_3 ($\frac{3}{4}$ CD4011) 后驱动超声波发射器 UCM40T，发射约 40kHz 的超声波。超声波遇到移动物体时被反射回来，会产生多卜勒频移效应。于是，超声波接收器 UCM40R 接收到多卜勒频移效应产生的超声脉冲信号后，会将超声脉冲信号转换成电脉冲信号。这一脉冲信号经 R_1C_1 滤波，输入 45 倍反相放大器 IC_{1a} ($\frac{1}{2}$ TL072) 和 IC_{1b} ($\frac{1}{2}$ TL072) 放大，而后经 D_1 、 C_6 、 R_9 检波和 R_{10} 、 C_8 的延时 (延时约 1s)，再加到 IC_2 ($\frac{1}{2}$ TL072) 进行放大。但是， IC_2 只能通过周期大于 1s 的脉冲信号，目的是为了防止外界短时间尖脉冲的干扰。这样，通过 IC_2 的脉冲信号被送到 IC_3 ($\frac{3}{4}$ CD4011) 所组成的单稳态电路，最后输出给扬声器进行报警。由 IC_3 组成的单稳态电路，其暂稳时间由 R_{15} 、 R_{16} 、 C_9 决定，且约为 10s 。当改变电路中 R_{15} 、 R_{16} 或 C_9 的值可以改变暂稳时间，也就是报警音响时间。

例 12 高压密码防护报警电路

一、应用电路

二、电路结构说明

高压密码防护报警电路采用 6 反相器 CD4069、音响集成电路 KD9561，以及三极管等制

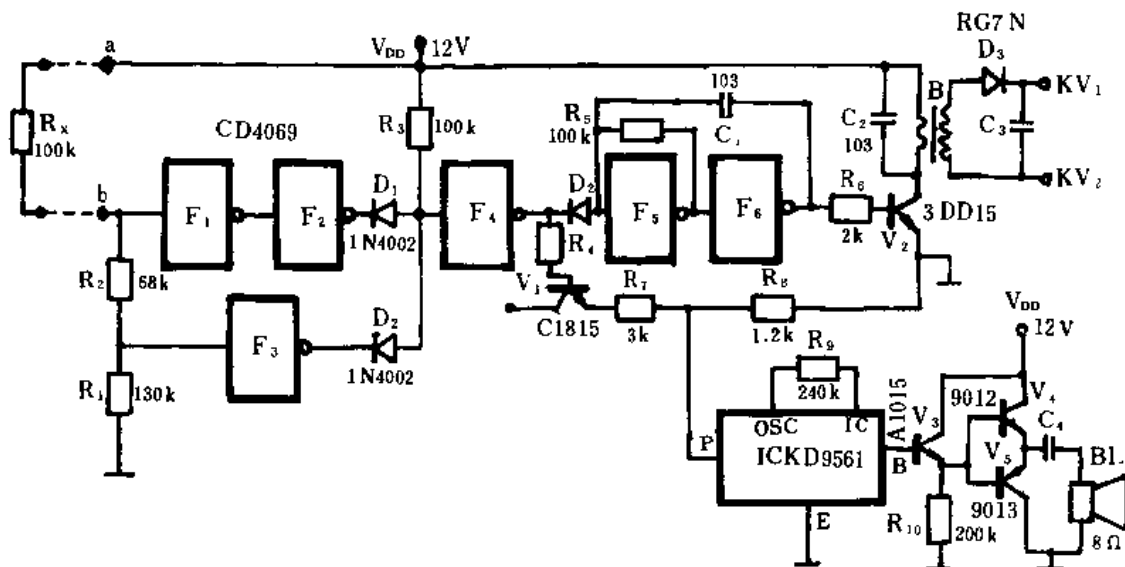


图 10-12 高压密码防护报警电路

作的。其中，门 F_5 、 F_6 ($\frac{1}{2}$ CD4069) 与 C_1 、 R_5 组成产生 3000Hz 音频的振荡器。

a、b 间的电阻 R_x (称为“权电阻”) 是用户所设的密码电阻。当它被行窃者破坏，即出现短路或断路时，表明“权电阻” R_x 阻值增大或减小，必然导致“非”门 F_1 ($\frac{1}{6}$ CD4069) 输出端出现高电平。于是 V_1 导通，在 V_1 发射极分压电阻处提供的 3V 电压，使音响集成电路 IC (KD9561) 触发。IC 的输出报警信号，经射极输出器 V_3 和 V_4 、 V_5 的功放，推动扬声器 BL 发出报警声。同时， D_2 进入截止状态，而门 F_5 、 F_6 组成的音频振荡器开始振荡。其输出脉冲，经 V_2 放大和升压变压器 B 的升压，产生近万伏的整流高压，将作为电击行窃者的输出 (KV_1 、 KV_2 端输出)。

应当指出：升压变压器 B 采用 31cm (12 吋) 或 35cm (14 吋) 黑白电视机的行输出变压器。电路输出用于门、窗、提包、钱柜等防护设施。

例 13 8 路数字显示优先报警器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种报警器，由 8 位优先编码器 IC_1 (CD4532B)、7 段 BCD 锁存/译码/驱动器 IC_2 (CD4511)、时基电路 IC_3 (NE555)、4“与非”门 IC_4 (CD4011)、数码管 LA501 等构成。

电路中，8 位优先编码器 IC_1 的 8 路输入端控制线 $K_0 \sim K_7$ 分别为 8 个开关。每个开关对应着被控制的对象，且平时接低电平。由于开关没有断开，编码器 IC_1 输出为“000”码；但允许 E_0 端此时输出高电平，经反相后呈低电平。这一低电平接至 IC_2 的消隐端 $\overline{BI}$ ，于是 IC_2 将不译码。可是，一旦 8 个开关中有一个被断开时，则对应输入为高电平， IC_2 便编码输出对应的 3 位二进制地址码。若有两个开关以上断开时，编码器 IC_1 将优先响应其中较高一级的开关电路，而编出 3 位地址码。8 路开关中最高优先级是 K_7 ，而后依次降低，最低为 K_0 。 IC_1 输出 3 位地址码给 IC_2 译码，经译码后使 LED 数码管显示出对应的数字。例如 K_6 、 K_5 、 K_3 同时断开，则 IC_1 输出 K_6 对应的二进制码“110”，数码管显示出“6”。

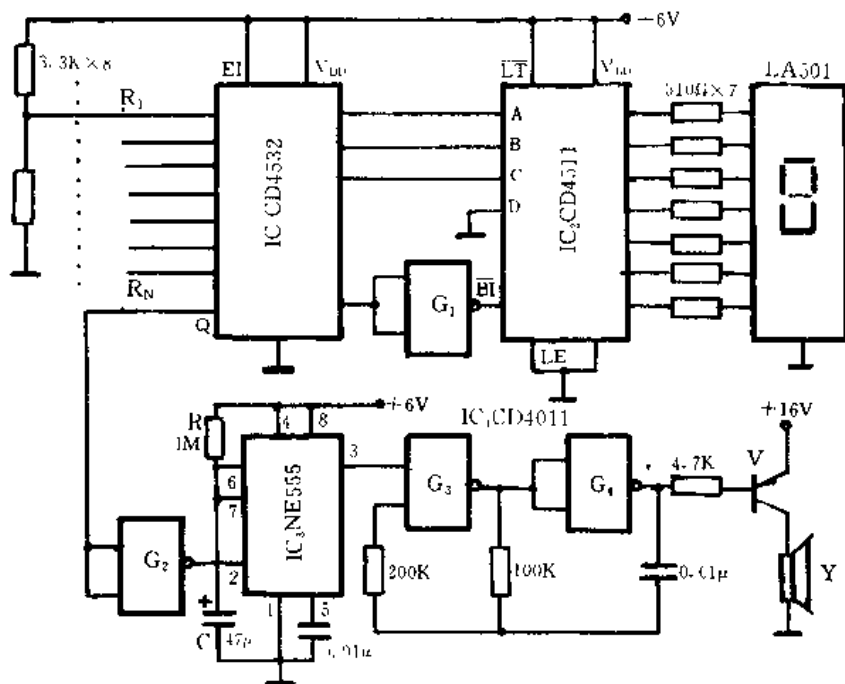


图 10-13 8 路数字显示优先报警器

电路中, IC_3 和 R ($1M$)、 C ($47n$) 组成周期为 $45s$ 的单稳态定时电路。一旦出现上述 1 个或几个开关被断开情况时, IC_1 将从 Q_{GS} 端输出高电平。这一高电平信号经反相后, 用脉冲下降沿触发 IC_3 的②脚。于是, IC_3 的③脚将输出高电平。 IC_3 的输出经 IC_4 的“与非”门 3、4 ($\frac{1}{4}CD4011$) 组成的音频振荡器, 在定时时间内发出报警音响。在定时时间 ($45s$) 结束时, 振荡器也停止振荡, 报警声才停止发声。

例 14 电话自动报警电路

一、应用电路

二、电路结构说明

电话自动报警电路, 是在拨码电话基础上加装一自动报警电路。它在盗情发生时, 利用电话线自动向值班室或 110 盗警电话台拨号并报警。这种附加电话, 由十进制计数器/分配器 IC_3 ($CD4017$) 时基电路 IC_1 、 IC_2 ($NE555$), 以及编码器 IC_4 ($S2560A$) 和拨号键盘等构成。其中, IC_4 拨号键盘、 V_4 与 V_5 等组成自动拨号电路。它可存储 20 位数码。

电路中, IC_1 、 IC_2 与 R_1 、 G ($1.5V$) 组成盗情检测电路。报警线一旦被碰断, IC_1 的②脚呈低电平, IC_1 置位, 由③脚输出高电平。 IC_2 的④脚得到了高电平且开始起振。 IC_2 与 R_4 、 R_5 、 C_2 组成无稳态多谐振荡器, 输出脉冲信号, 作为 IC_3 ⑭脚的时钟脉冲 CP 。在 CP 的作用下, IC_3 的 Q_0 输出低电平, 使 IC_1 复位自锁。

同时, V_1 导通, J_1 吸合, 自动完成“摘机”操作。当第 2 个 CP 进入时, IC_3 的 Q_2 输出高电平, V_2 导通, J_2 吸合, 又将自动拨号电路的“#”(重发键) 接通。于是, 通过 V_4 、 V_5 及电话线, 将电话机内集成电路预先存储的盗警电话号码发往“自动交换机”。发送号码时间为 $18s$ 。当第 6 个 CP 脉冲进入时, IC_3 的⑫脚 (CO) 转为低电平, V_3 导通, J_3 吸合, 将录音机或报警器启动, 发出报警音响。在第 10 个 CP 进入时, IC_3 的 G_{co} 、 Q_0 变为高电平, V_1 、 V_3 截止, J_1 、 J_3 释放, 使电话“挂机”。

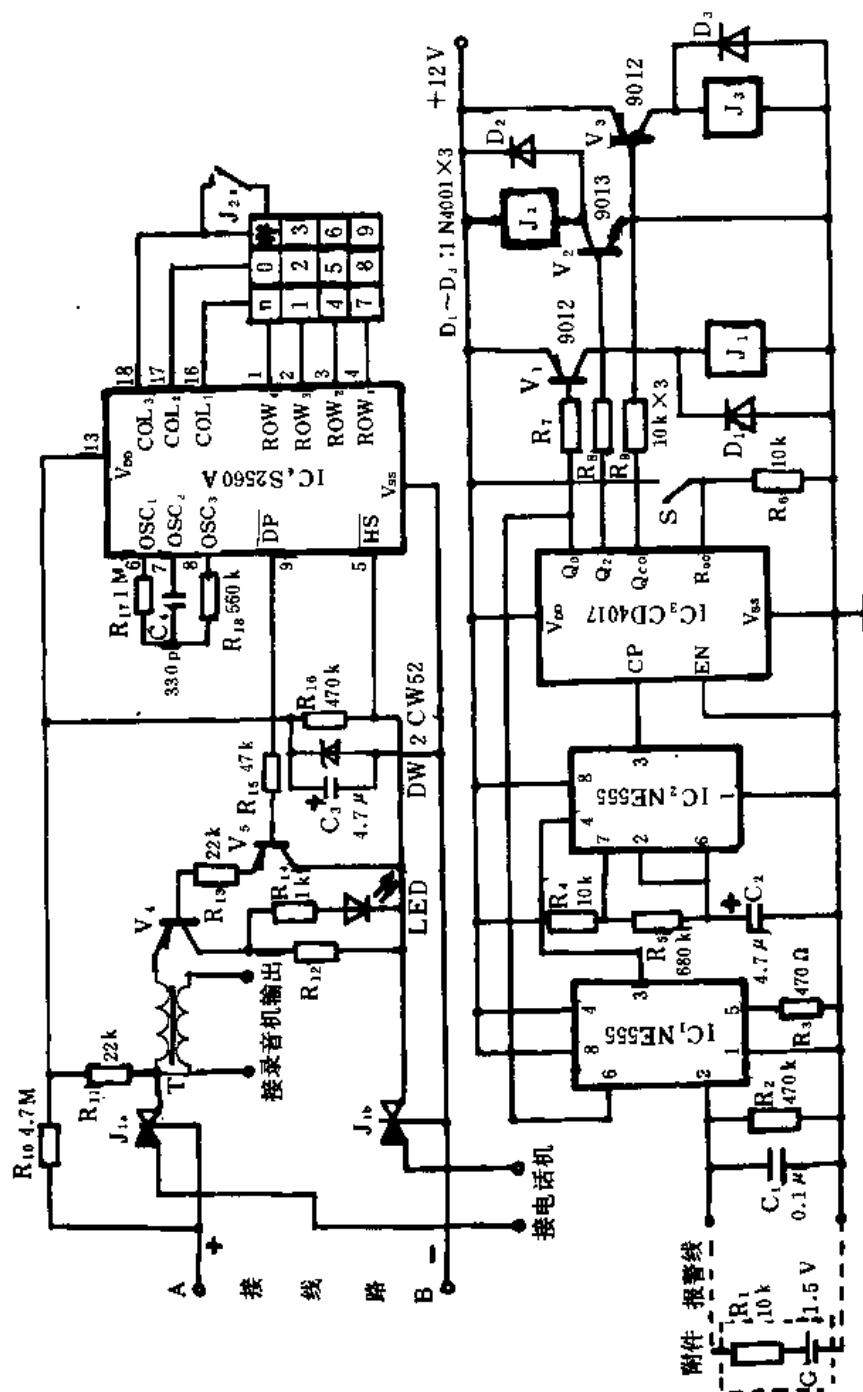


图 10-14 电话自动报警电路

例 15 电子警笛电路

一、应用电路

二、电路结构说明

电子警笛电路由时基 IC₁ (NE555) 和锁相环 PLL 电路 IC₂ (CD4046), 以及压电陶瓷、阻容元器件等组成。电路中, IC₁ 与 R₁、R₂、W₁、C₂ 等组成无稳态多谐振荡器; IC₂ 与 R₃、W₂、W₃、C₄ 等外围元件组成压控振荡器。

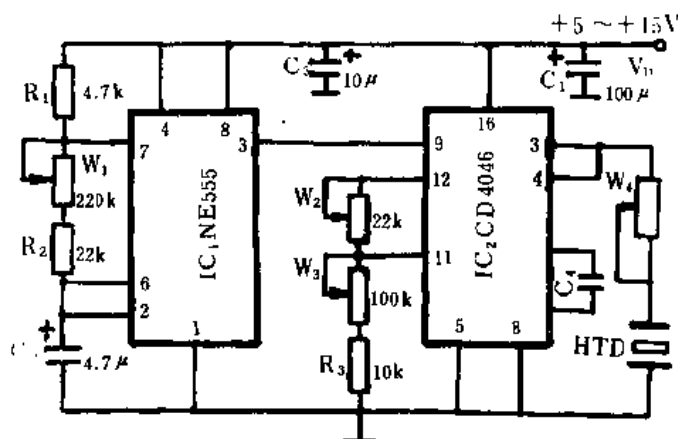


图 10-15 电子警笛电路

调节 W_1 可改变 IC_1 振频和占空比；改变 W_2 、 W_3 可以改变 IC_2 振荡中心频率，达到改变电子警笛的两种输出声音的音调。改变 W_1 还可以达到改变声音音调的变化速率。调节 W_4 可以改变笛声的大小。

例 16 声光报警电路

一、应用电路

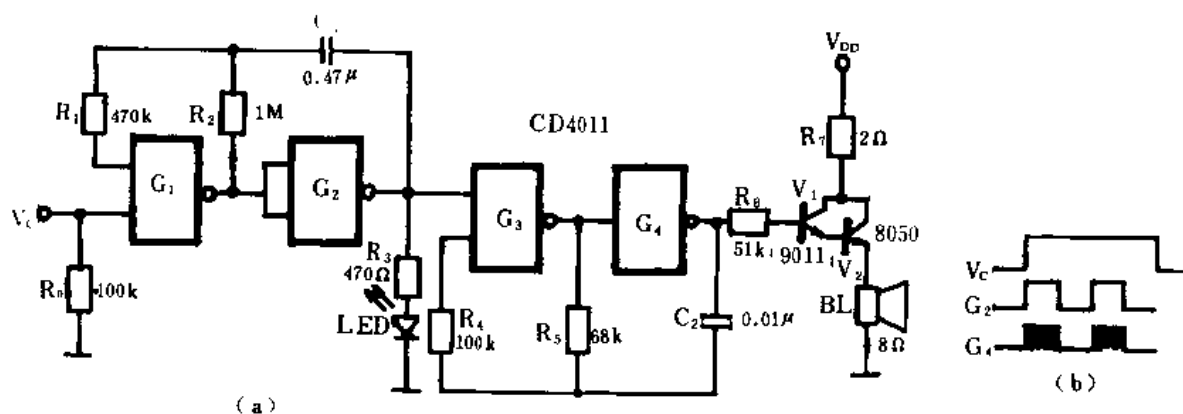


图 10-16 声光报警器

二、电路结构说明

声光报警器电路是由两个振荡器接成的。这两个振荡器是用 CD4011 的 4 个“与非”门和阻容元件组成的。其中，门 G_1 和 G_2 组成的是低频振荡器，其周期为 $1 \sim 2s$ ，并在 V_c 控制下工作。即，当 V_c 高电平时，低频振荡器起振，而 V_c 低电平时停振。门 G_3 和 G_4 组成的是音频振荡器，其频率约为 $1kHz$ 。

当低频振荡器输出高电平时，音频振荡器起振，使扬声器 BL 发出声音。同时，发光二极管 LED 得到门 G_2 输出的高电平而发光。当 G_2 输出低电平时，音频振荡器停振，扬声器 BL 也无声，发光二极管 LED 熄灭。这样，整个电路既发出断续的声响，又有发光二极管的闪光，达到声光报警的效果。如果上述电路使用“与非”门改为“或非”门，那么 R_0 应改接 V_{DD} 。也就是说，低频振荡器在 V_c 低电平时起振。

例 17 高功率警笛

一、应用电路

二、电路结构说明

高功率警笛电路，主要由 2 输入端 4 “与非”门 CD4011，场效应管 VN67AF 及阻容元件构成。其中，CD4011 的门 A、B 与阻容元件组成低频多谐振荡器，门 C、D 与阻容元件组成较高频率的音频多谐振荡器。

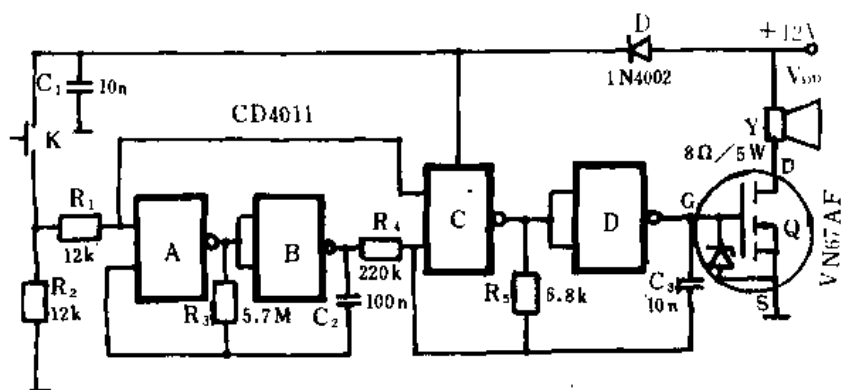


图 10-17 高功率警笛电路

低频多谐振荡器输出的矩形脉冲，用来调制较高频率的音频多谐振荡器产生的信号。于是被调制的矩形脉冲信号通过功率场效应管 Q (VN67AF) 放大后，驱动扬声器 Y，发出高功率警笛声。按钮开关 K，用来控制两个振荡器的启振和停振。

例 18 警笛发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$)、二极管、三极管、阻容元件等构成了警笛发生器电路。

电路中，CD4069 的门 G_1 、 G_2 组成超低频振荡器，门 G_3 、 G_4 组成高音振荡器，门 G_5 、 G_6 组成低音振荡器。超低频振荡器通过 D_1 与 D_2 控制高音和低音振荡器，使它们轮流产生振荡并输出，使扬声器发出双音的嘀嘟声。不论高音或低音信号，最后均经 V 管放大（放大倍数在 200 以上）后推动号筒扬声器发出高响度警笛声。若 V 改为达林顿管 TIP122，则号筒扬声器发出高响度警笛声。

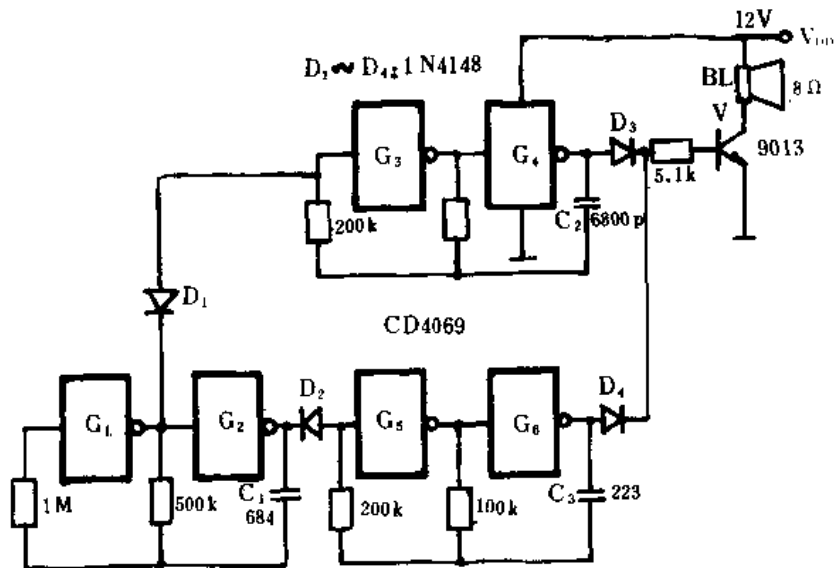


图 10-18 警笛发生器

例 19 多点报警器

一、应用电路

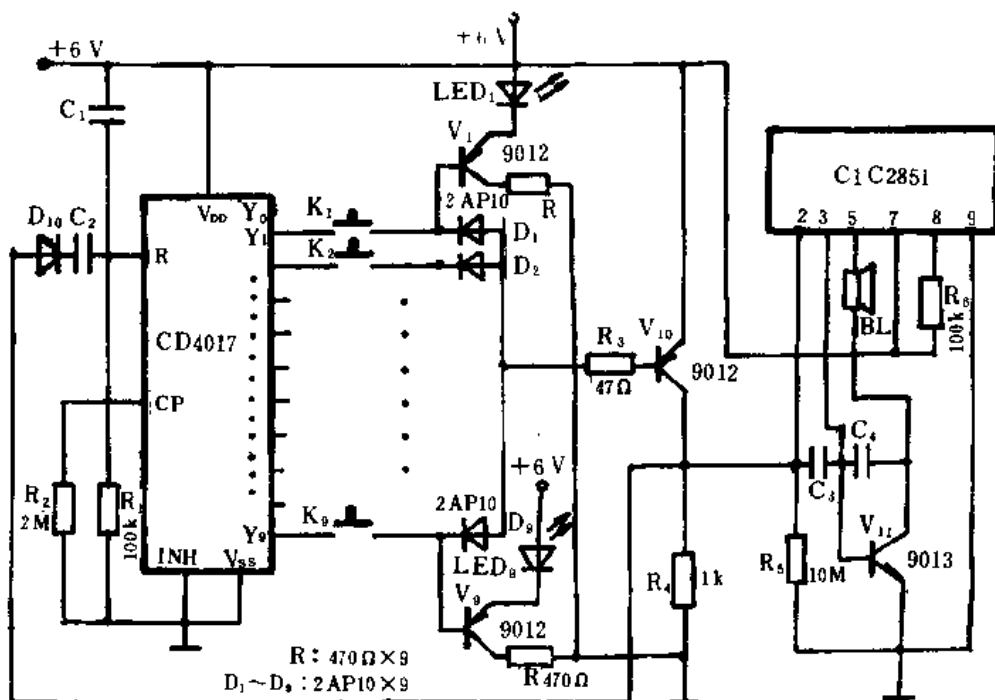


图 10-19 多点报警器

二、电路结构说明

本电路为由十进制计数器/分配器 CD4017 和音乐集成电路 CC2851、以及晶体三极管、发光二极管、阻容元件等构成的多点报警器。

当接通电源瞬间, R_1 、 C_1 组成的清零电路, 使 CD4017 的 R 端得到正脉冲而复位清零, 并且由 Y_0 端输出高电平, 而其余各端 $Y_1 \sim Y_9$ 输出均为低电平。接着, 按下开关 $K_1 \sim K_9$ 中任一按钮 (设按下 K_5), 一方面使晶体管 V_{10} 导通, 并使 CC2851 的②脚为高电平, 电路被触发, 扬声器 BL 发出音乐报警声; 另一方面 V_{10} 的集电极高电位经 D_{10} 、 C_2 反馈至 CD4017 的 R 端, 使其清零。于是 Y_0 又输出高电平, $Y_1 \sim Y_9$ 均输出低电平; 再一方面, 晶体管 $V_1 \sim V_9$ 中的对应晶体管 (V_i) 导通, $LED_1 \sim LED_9$ 中对应发光管 (LED_i) 发光, 指示哪一点报警。

例 20 压控报警电路

一、应用电路

二、电路结构说明

反相器 CD4069 的 2 个门组成超低频振荡器, 用来控制模拟开关 $\frac{1}{6}$ CD4066 的导通与断开。这就是说, $\frac{1}{6}$ CD4066 导通时, V_{DD} 通过 R_1 向 C_2 充电; $\frac{1}{6}$ CD4066 截止时, C_2 向 R_2 放电。然而, C_2 的上端电压又控制着压控振荡器 (VCO) 的频率, 于是其输出就产生可逆报警效果。

若改变 RC 时间常数, 可以改变报警的声音频率; 调节 W_1 , 可以控制周期时间; R_3 和 C_3 控制频率; R_2 和 C_2 控制声音尖峭。

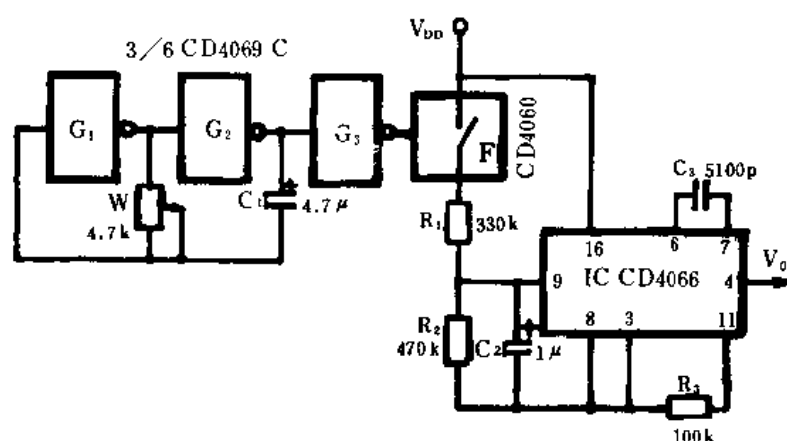


图 10-20 压控报警电路

例 21 火灾报警器探头电路

一、应用电路

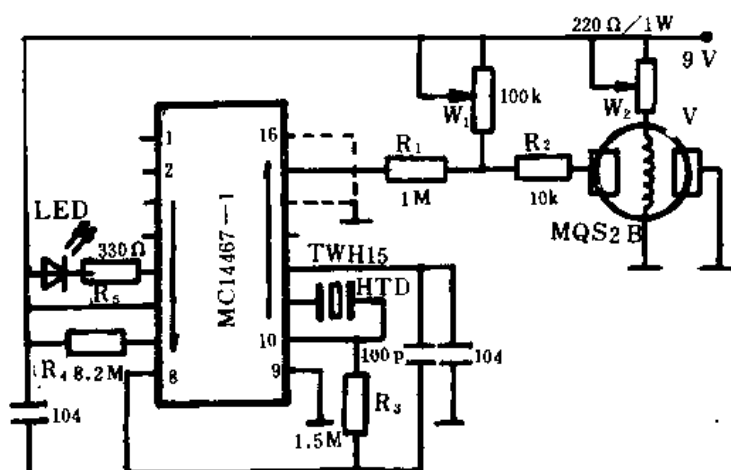


图 10-21 火灾报警器探头电路

二、电路结构说明

本报警器由 CMOS 电路 MC14467-1 等构成。

利用气敏元件 MQS2B 与 MC14467-1 配合准确无误地进行火灾报警。

电路中，⑦脚外接 8.2M 为定时电阻，⑤脚外接发光二极管，每 50s 内亮 1 次，作探头是否正常指示。⑩脚为感烟气敏元件 MQS2B 检测到信号输入，⑩、⑪脚外接压电片，作报警发生元件。当⑩、⑪每分钟输出 1 次音响时，表示电池电压降至 7.5V 以下。

感烟报警时，蜂鸣压电片发出急促的音响信号。本探头也可作其他毒气的报警。

第十一章 玩具与游戏

例 1 8 声太空枪电路

一、应用电路

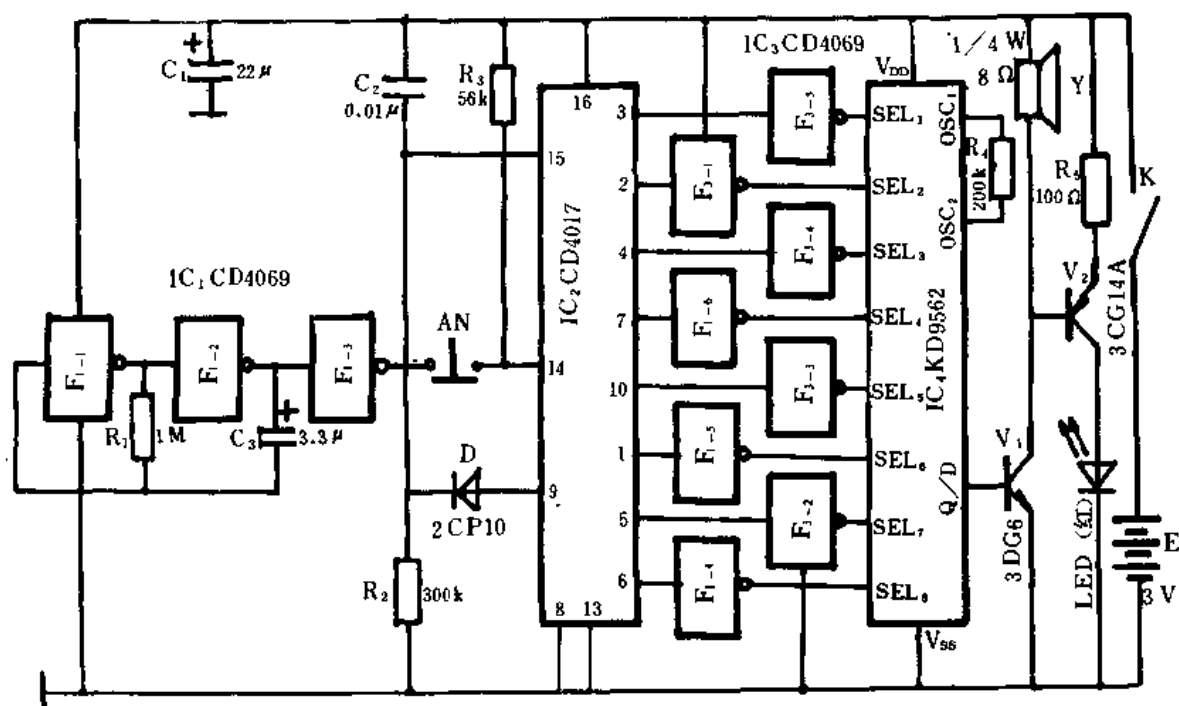


图 11-1 8 声太空枪电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 IC₁、IC₂ (11/6 CD4069)、十进制计数器/分配器 IC₂ (CD4017) 和 8 音响集成块 KD9562 等构成的 8 声太空枪电路。

电路中，“非”门 F₁₋₁ 和 F₁₋₂ 等组成时钟脉冲发生器（其脉冲宽度由 R₁、C₁ 决定）。其输出脉冲经 F₁₋₃ 缓冲整形后，作为计数器 IC₂ 的计数脉冲 CP（⑭脚），IC₂ 将③→②→⑦→⑩→①→⑤→⑥脚依次输出高电平，经“非”门 F₁₋₄~F₁₋₆、F₃₋₁~F₃₋₃ 反相后，分别加到 IC₄ 的选声端 SEL₁~SEL₈ 上，使 IC₄ 产生 8 种模拟声信号。接通电源瞬间，C₂、R₂ 组成微分清零电路，使 IC₂ 复位 R 端得到正尖脉冲而复零。此时 IC₂ 的③脚输出高电平，其它输出端均为低电平，经 F₃₋₃ “非”门反相，使 IC₄ 的 SEL₁ 为低电平，而 SEL₂~SEL₈ 为高电平。这时 IC₄ 产生的音响信号从 D/P 端输出，经晶体管 V₁ 放大后，一方面去推动扬声器发出一种模拟声；另一方面经 V₂ 放大，去推动 LED，并使它随着音频响度而闪光。以后 IC₂ 的⑭脚（CP 端）在时钟脉冲信号作用下，使②脚输出高电平，其它各脚输出低电平，SEL₂ 为低电平，而 SEL₁、SEL₃~SEL₈ 为高电平，扬声器发出另一种模拟声。这样，脉冲信号不断触发 IC₂ 的 CP 端，则

共产生 8 种不同的模拟声，构成玩具 8 声光太空枪。

例 2 枪、炮发射模拟器

一、应用电路

二、电路结构说明

十进制计数器/分配器 CD4017 等构成的枪炮发射模拟器。

电路中晶体管 V_1 、 V_2 与 R_1 、 C 等构成负阻振荡器。其产生的脉冲信号作为 CD4017 的 CP 端计数脉冲。当扳动一次扳机 s 后，由于“使能端” INH 变成低电平，这时计数器开始计数，从 $Q_1 \sim Q_8$ 输出高

电平，使发光二极管 ($LED_1 \sim LED_8$) 连串发光，类似子弹发射过程的轨迹。当计数至 $Q_9 = “1”$ 时，晶体管 V_3 导通，小灯泡 RL 发光，模拟子弹（或炮弹）离开枪炮口。如扣住扳机（开关 S ），则等于连发， R_1 可调整子弹发射的速度。

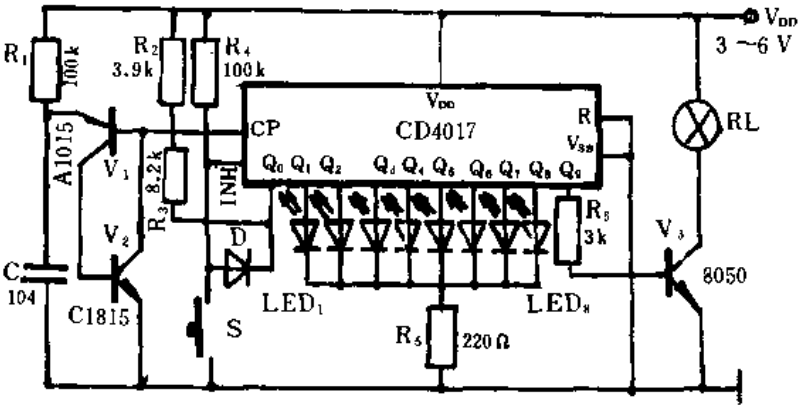


图 11-2 枪、炮发射模拟器

例 3 光电打靶游戏机

一、应用电路

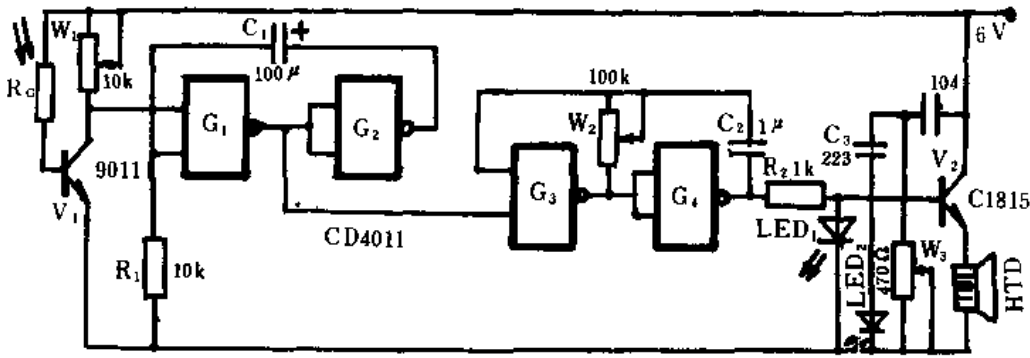


图 11-3 光电打靶游戏机

二、电路结构说明

2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的光电打靶游戏机。用手电筒式光电枪所发出的光线，在几米远的距离瞄准发射至光敏电阻 R_0 上时， R_0 得到光照，电阻值急剧下降，使晶体管 V_1 (9011) 导通。于是，“与非”门 G_1 、 G_2 组成单稳态电路得到一个负脉冲，而翻转进入暂稳态。这时“与非”门 G_1 输出高电平，使“非”门 G_3 、 G_4 组成的门控振荡器起振，产生低频闸门脉冲信号， LED_1 、 LED_2 闪光。同时，由晶体管 V_2 、 C_3 、 C_4 、 W_2 、 HTD 等

组成的音频振荡器，在闸门高电平时起振，低电平时停振，HTD 发出 BP 的叫声。

暂稳持续时间取决于 C_1 和 R_1 数值。暂稳结束， LED_1 、 LED_2 停止发光，BP 叫声停止。将 LED_1 和 LED_2 代替彩画或玩具动物的眼睛，则只要光电枪瞄准 R_G 就发 BP 声响，同时动物眼睛就会闪亮。

例 4 光电电子靶电路

一、应用电路

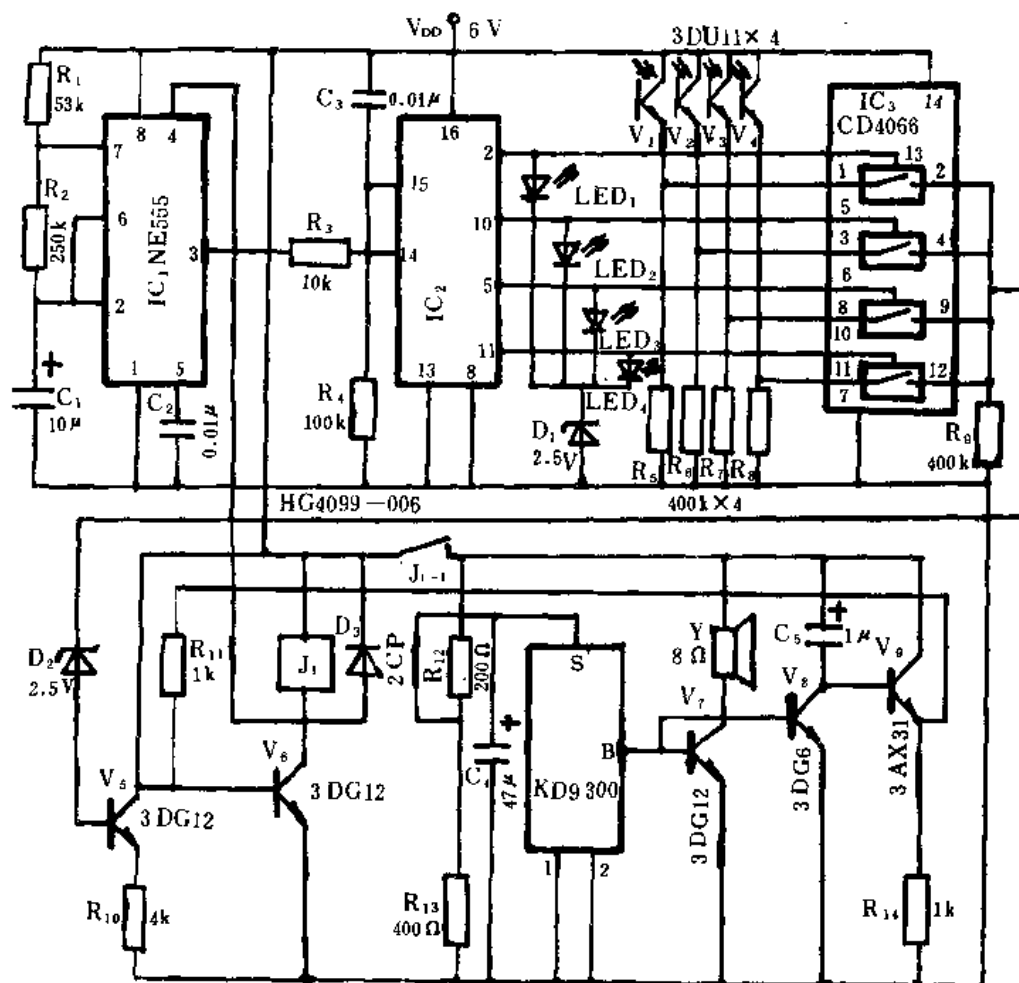


图 11-4 光电电子靶电路

二、电路结构说明

十进制计数器/分配器 TC_2 (CD4017)、模拟门 CD4066、时基电路 NE555、音乐集成电路 KD9300，以及光电三极管、发光二极管等元器件构成了这个光电电子靶电路。其中 IC_1 (NE555) 和 R_1 、 R_2 、 C_1 组成无稳态多谐振荡器，振荡频率为 $f=1.44 (R_1+2R_2) \cdot C_1$ ，输出约为 0.5Hz，周期为 2s 的脉冲信号，供计数器 IC_2 (CD4017) 作触发进位时基准脉冲。4 个电子靶，由 $V_1 \sim V_4$ 和 $LED_1 \sim LED_4$ 配对组成，按一定距离排列。电路采用 V_6 的集电极 C 与 IC_1 的④脚（复位端）相连接，于是 V_6 饱和导通时， IC_1 停振； V_6 截止时， IC_1 起振，且输出周

期为 2s 的基准脉冲(CP)。

当 IC₂ 的①脚，在基准脉冲的作用下，输出端 Q₁、Q₂、Q₃、Q₄ 依次间隔 4、2、2s 输出高电平脉冲信号，且加至 IC₃ 相应的控制端。这时，若某一靶子被发光枪的光束所击中，作为靶子的光电管 V_i 呈低阻态。高电平脉冲便加入第 i 模拟开关，于是 D₂ 被击穿，V₅、V₆ 导通，继电器 J_i 动作吸合，J_{i-1} 导通，IC₄ (KD9300) 输出音乐信号、推动扬声器发出声音。与此同时，V₆ 的 c 极变为低电平加至 IC₁ 的①脚，使 IC₁ 强制复位，停止振荡。

例 5 投弹游戏电路

一、应用电路

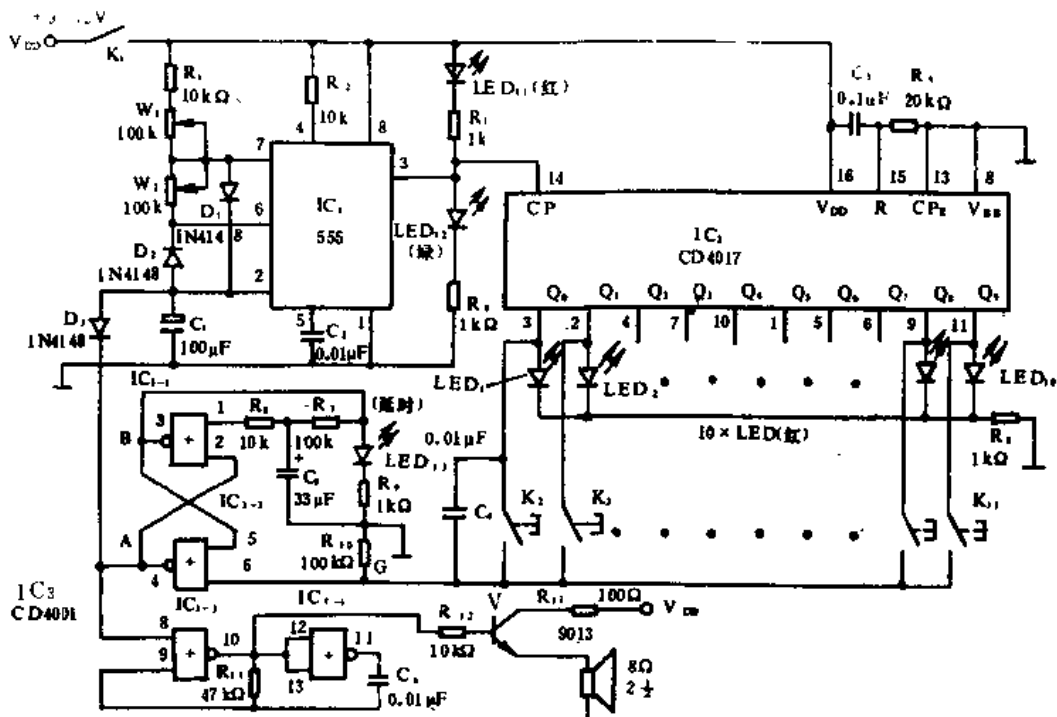


图 11-5 投弹游戏电路

二、电路结构说明

投弹游戏电路，由 IC₂ 十进制计数器/分配器 CD4017、时基电路 IC₁ (555)、4 个 2 输入端“或非”门 IC₃ CD4001，以及投弹圈、发光二极管、三极管等元器件组成。

电路中，IC₁ 和 R₁、W₁、W₂、C₁ 等组成多谐振荡器，由 IC₁ 的③脚输出脉冲信号。IC₂ 的门 IC₃₋₁、IC₃₋₂、组成 RS 触发器，门 IC₃₋₃、IC₃₋₄ 与 R₁₁、C₆ 组成音频振荡器。K₂~K₁₁ 开关为投弹圈，投中即使一开关发生短路。

当电路工作时，IC₁ 的③脚输出脉冲信号，供 IC₂ 作进位脉冲源 CP 信号，并从④脚输入。而 IC₂ 的 Q₀~Q₉ 端依次输出高电平脉冲，驱动 LED₁~LED₁₀ 依次逐个发亮。此时，若投弹“投中”，比如“投中”K₅，即 K₅ 开关发生短接，那么 IC₂ 的 Q₅ 输出高电平，LED₆ 长亮。这时 R-S 触发器的门 IC₃₋₃ 的⑥脚得到一个高电平，③脚输出高电平，④脚输出一个低电平。高电平经 R₇、R₈、C₅ 组成的延迟电路延迟 5s 左右时间，而④脚的低电平使 IC₃₋₃、IC₃₋₄、R₁₁、

G_4) 和共阴极 LED5011 数码管等构成了抢“8”游戏机电路。

电路在接通电源开关 K_2 瞬间, 经 C_3 、 R_2 微分电路后, IC_2 (CD4026) 的⑮脚得到尖脉冲而使 IC_2 清零复位。这时 LED 数码管显示 0。

开始游戏, 先转动电位器 W_1 至任一位置, 后按下开关 K_1 , 则电容 C_1 被充电至 V_{DD} 。于是, IC_1 (CD4011) 的门 G_1 、 G_2 所组成的门控振荡器开始振荡, 并输出振荡脉冲信号。脉冲信号经门 G_3 、 G_4 缓冲整形后, 触发 IC_2 的 CP 端 (①脚), 使计数器进行“0~8”周而复始地计数。当释放开关 K_1 后, C_1 通过 W_1 向 GND 放电, 且放电至门 G_1 的阈值电压 V_T 以下时, 门控振荡器停振。于是, 数码管 LED 显示便停在“1~8”数字中的某一数字上。显然由于每按下 K_1 之前都调整改变了 W_1 的位置 (阻值), 所以 C_1 放电至 V_T 时间是随机的, 进而数码管 LED 显示的数字也是随机的。也就是要十分刚好, 才能抢到“8”。

本电路可供 1 至多人进行游戏, 看谁能先抢到“8”。

例 8 两位抽奖机电路

一、应用电路

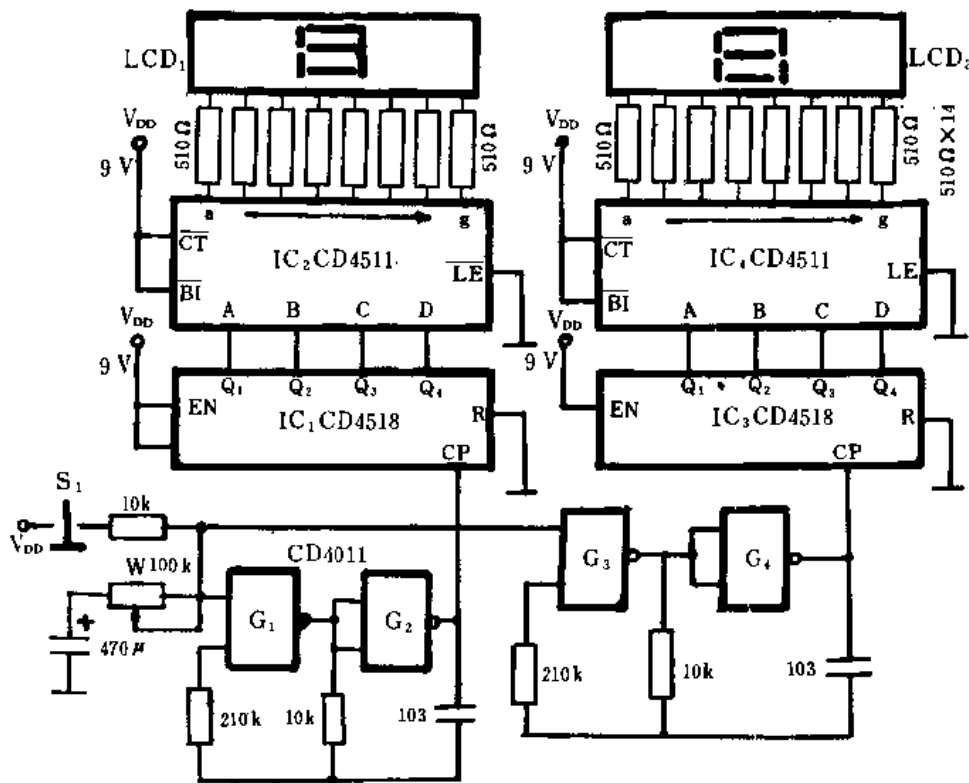


图 11-8 两位抽奖机电路

二、电路结构说明

两位抽奖机电路由双同步加法计数器 CD4518 (IC_1 、 IC_3)、BCD-7 段锁存/译码/驱动器 CD4511 (IC_2 、 IC_4) 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 ($G_1 \sim G_4$)、LED 数码发光管等构成。

电路中, CD4011 的门 G_1 、 G_2 和 G_3 、 G_4 分别与阻容元件组成频率为几百 Hz 的脉冲振荡器。这两个振荡器的脉冲信号分别提供给计数器 IC_1 、 IC_3 作为时钟脉冲, 使 IC_1 、 IC_3 作加法

计数。计数结果由 $Q_1 \sim Q_4$ 分别输出给 IC_2 、 IC_1 ，以驱动相接的 LED 数码管发光显示数字。

改变电位器 W 值，而后在某一时刻由抽奖者断开开关 S_1 ，两个振荡器经一段时间后停止振荡。数码管显示的数字即为中奖号码。由于改变电位器 W 值和电容有电荷存储作用，所以抽奖机为随机的。

本电路为两位号码抽奖机，仿此可以组成多位抽奖号码显示器。

例 9 抢答电路 (1)

一、应用电路

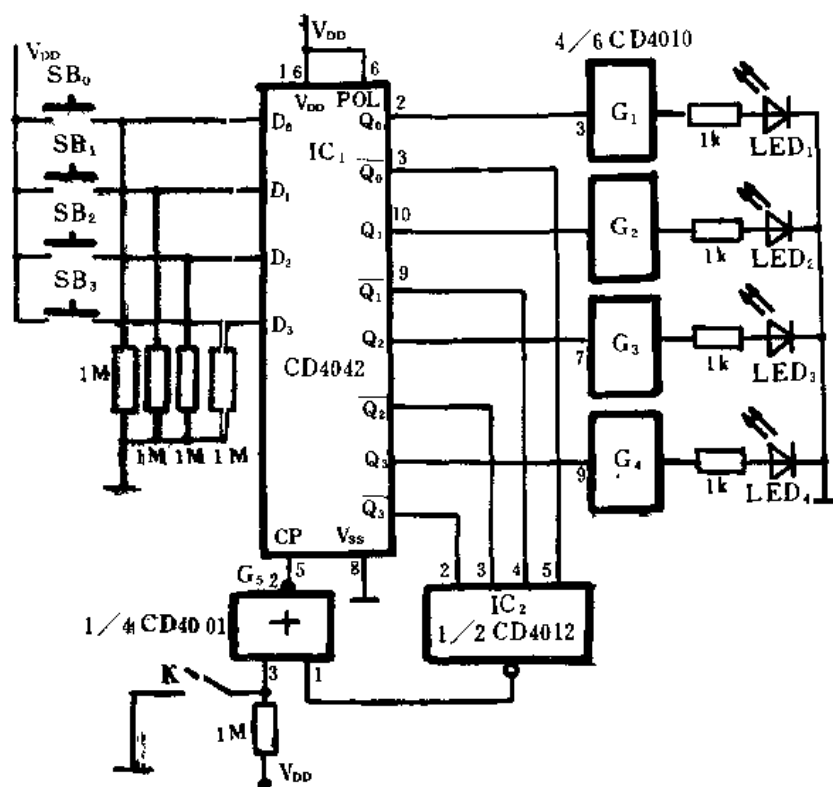


图 11-9 抢答电路 (1)

二、电路结构说明

这种用于竞赛场所的抢答器，采用 4D 锁存器 IC_1 (CD4042)、4 输入端 2 “与非” 门 IC_2 ($1/2$ CD4012)、2 输入端 4 “或非” 门 $1/4$ CD4001 (G_5)、6 同相缓冲/转换器 $1/6$ CD4010 ($G_1 \sim G_4$) 和电阻、发光二极管、按键开关等构成。

电路中 IC_1 (CD4042) 的 “POL 端” 接 V_{DD} ，据 CD4042 真值表可查出：POL = “1”，若 $SB_0 \sim SB_3$ 断开情况下， $Q_0 \sim Q_3$ 为低电平，则 $\bar{Q}_0 \sim \bar{Q}_3$ 应为高电平输出。这一高电平作为 IC_2

(CD4012) 的输入，经反相输出低电平，于是门 G_5 的①脚为低电平。此时复位开关 K 开路，门 G_5 的③脚也为低电平，所以它输出给 IC_1 的 CP 端为低电平，锁存了前面工作阶段数据。

复位开关 K 闭合，电路进入新的工作状态。据 CD4042 真值表可知：当 POL = “1”， $D_0 \sim D_3$ 为低电平，

CD4042 真值表

输入 (t_n)			输出 (t_{n+1})	
CP	POL	D	Q	$\bar{Q}$
1	1	0	0	1
1	1	1	1	0

$\overline{Q_0} \sim \overline{Q_3} = "1"$, IC_2 的输出端为低电平, 即门 G_5 的①、②脚均为低电平。所以, 门 G_5 的③脚(输出)为高电平, 即 IC_1 的 $CP = "1"$ 。此后, CP 端的状态完全由 IC_1 的 $\overline{Q}$ 输出端电平来决定。

当抢答开始, 按钮开关 $SB_0 \sim SB_3$ 中有一个先闭合, 则 $Q_0 \sim Q_3$ 中对应有一端最先处于高电平状态, 通过接口电路 CD4010 中的门电路有一个对应的 LED 被点亮, 指示出抢答者的信号位数。与此同时, IC_2 的输出①脚为高电平, 迫使 CP 端为低电平。于是, 在 CP 脉冲下降沿的作用下, 第一信号被锁存; 电路对后来的信号不再响应。

$SB_0 \sim SB_3$ 如采用机械开关, 为了抗干扰, 则需对输入信号进行整形。以上电路还可用于数字系统中作检测群脉冲的时序。

例 10 抢答电路 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种采用 4D 锁存器 CD4042、4 输入端 2“与非”门 CD4012 和 6 同相缓冲/转换器 $\frac{1}{6}$ CD4010 等构成的抢答器电路。

工作开始时, 首先将复位开关 S_5 按下, 这时 G_2 门输出高电平。据 CD4042 真值表可知, 此时 CD4042 工作于传输状态, 即 $Q_i = D_i$ 。由于抢答开关 $S_1 \sim S_4$ 尚未按下, 所以 $D_0 \sim D_3$ 端均为低电平, $\overline{Q_0} \sim \overline{Q_3}$ 也均输出高电平, G_1 输出低电平。 S_5 断开后, CD4042 的 CP 端仍为高电平, $Q_i = D_i$ 工作状态得以保持。

一旦开关 $S_1 \sim S_4$ 中有一个抢先接通, 其相应的 Q 端便输出高电平, 相应的 LED 被点亮以指示抢答者位置。与此同时, 相应的 $\overline{Q}$ 输出低电平, G_1 输出高电平, 使 CP 端变为低电平。于是在 CP 脉冲下降沿作用下, CD4042 进入锁存状态。也就是说, 第一个输入信号被锁存, 其后来的信号不再响应。这样, 起到判断抢答结果。

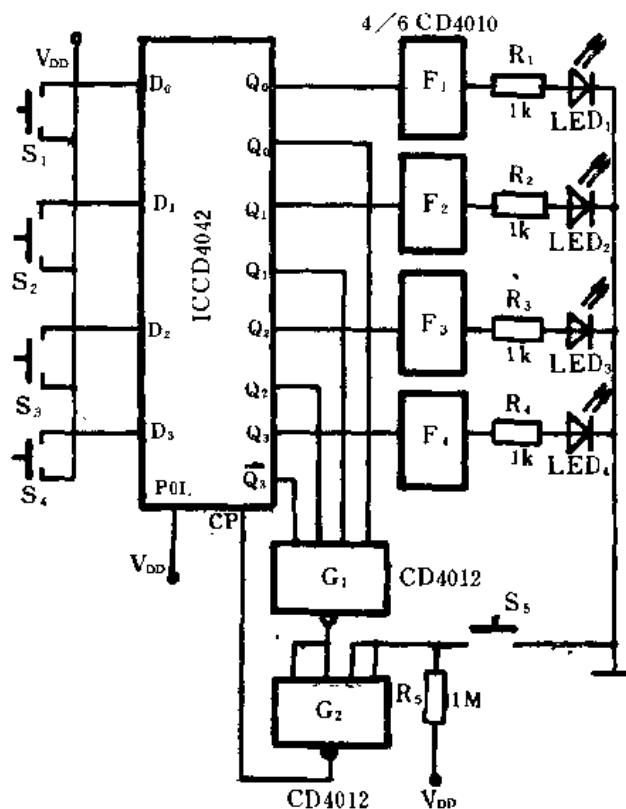


图 11-10 抢答电路 (2)

第十二章 视音频信号、电话电路的调控

例 1 收录机附加交流自动断电电路

一、应用电路

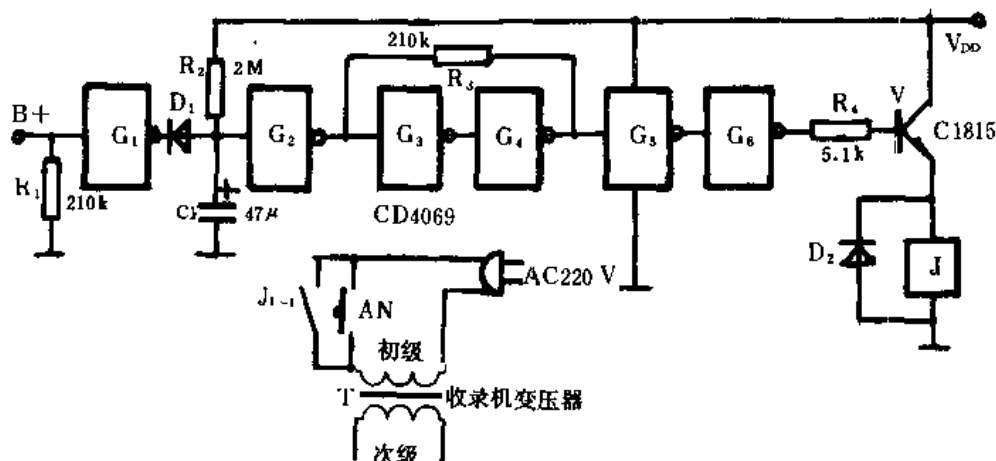


图 12-1 收录机附加交流自动断电电路

二、电路结构说明

收录机附加交流自动断电电路，采用 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$)、继电器 J_1 、三极管、阻容元件等构成。它能在收录机“全自停”后延迟一段时间再关断交流电源。

把 CD4069 的门 G_1 的输入端接入收录机功放电源的正端 B_+ ，而 V_{DD} 接在收录机整流滤波输出端。当收录机“全自停”时， B_+ 端为低电平。 V_{DD} 通过 R_2 向 C_1 充电，充至门 G_2 的阈值时，使门 G_2 输出低电平，门 G_6 也输出低电平。于是 V 管截止，继电器 J 失电， J_{1-1} 释放，切断了交流电源 220V 的引入线。

若要开机，只要按一下开关 AN，继电器 J_{1-1} 吸合，形成自保，收录机开始正常工作。

CD4069 的门 G_3 、 G_4 组成施密特触发器，对 G_2 的输出波形进行整形，以避免继电器触点拉弧。 R_2 、 C_1 决定关机延迟关断时间。

例 2 收录机节目预选器

一、应用电路

二、电路结构说明

由十进制计数器/分配器 CD4017 等构成收录机节目预选器，电路中当变容管 2CB 上的电压改变时，其 LC 回路的中心频率也会改变。改变 $W_0 \sim W_9$ 的中心滑动头使之处不同的位置，且人手触摸金属开关 S 时，计数器 IC 的 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平，向变容管提供不同的电压，从而达到选择不同的电台频率。所以，每触摸 S 一下，会改变一档电台节目， $LED_0 \sim LED_9$ 作多档预选台的指示。

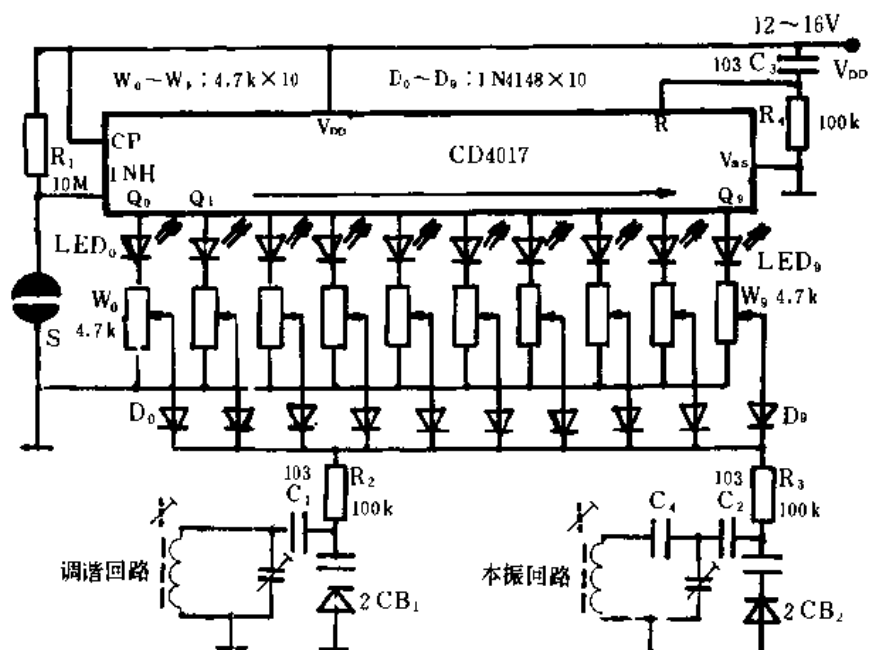


图 12-2 收录机节目预选器

例 3 收录机电平表

一、应用电路

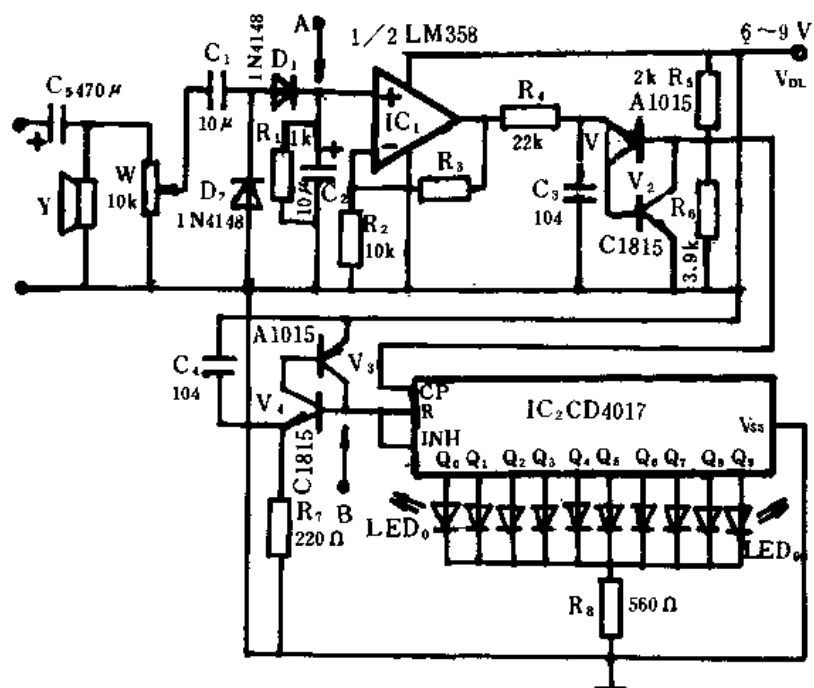


图 12-3 收录机电平表

二、电路结构说明

本电路为由十进制计数器/分配器 IC₂ (CD4017) 和双运算放大器 IC₁ (1/2LM358) 等构成的收录机电平表。

电路中, 晶体管 V_3 、 V_4 组成负阻抽样频率发生器。每当 B 点为低电平时, 使 CD4017 的“使能端” $\text{INH} = “0”$, IC_2 允许计数。B 点为高电平时, 由于复位端 $= “1”$, IC_2 复零。A 点电压高低正比于喇叭上音乐信号强度 (喇叭 Y 系收录机喇叭)。 IC_1 作直流放大器, 当 A 点电压上升时, IC_1 的输出电压也上升, 晶体管 V_1 、 V_2 的振荡频率升高。反之, 频率降低。所以 IC_1 、 V_1 、 V_2 等元件组成受音频信号控制的压控振荡器, 只需适当调整 R_4 及 R_7 , 使得在音乐信号最强, 而 B 点输出低电平 (这时 $\text{INH} = “0”$, 允许计数) 期间, $\text{LED}_0 \sim \text{LED}_7$ 逐一被点亮, 就可指示出瞬时的最大音乐功率。若 A 点电压为最大值的 $\frac{1}{2}$, 则只有 $\text{LED}_0 \sim \text{LED}_1$ 被点亮。

由于 V_3 、 V_4 组成的抽样频率较高, 故肉眼看来, 随音乐强度起伏, $LED_8 \sim LED_9$ 呈光柱状连续伸缩指示出电平的变化。

例 4 CMOS 收音机电路 (1)

一、应用电路

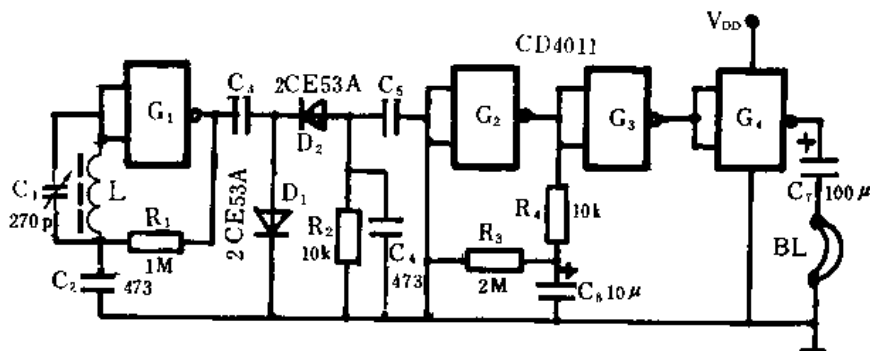


图 12-4 CMOS 收音机电路 (1)

二、电路结构说明

2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成简易收音机电路。

应用 CMOS 门在高低电平的转换过程中, 存在一个过渡区。在过渡区中间部分基本上呈线性状态。因此, 可利用反馈电路选择适当的工作点, 使各“与非”门都处于线性放大状态。图 12—4 中放大倍数 $K = V_o / V_i = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$ 。LC₁ 组成接收谐振回路, R₁ 为直流负反馈电阻, C₂ 起交流旁路作用。接收到的信号经 G₁ 线性放大, C₃ 耦合, 送到由 D₁、D₂、R₂、C₄ 等组成的倍压检波电路进行检波; 而后再经门 G₂~G₄ 进一步放大后, 送到高阻抗耳机或喇叭输出。C₁ 为单联可变电容器, L 可在 50mm 磁棒上绕 80~100T。

例 5 CMOS 收音机电路 (2)

一、应用电路

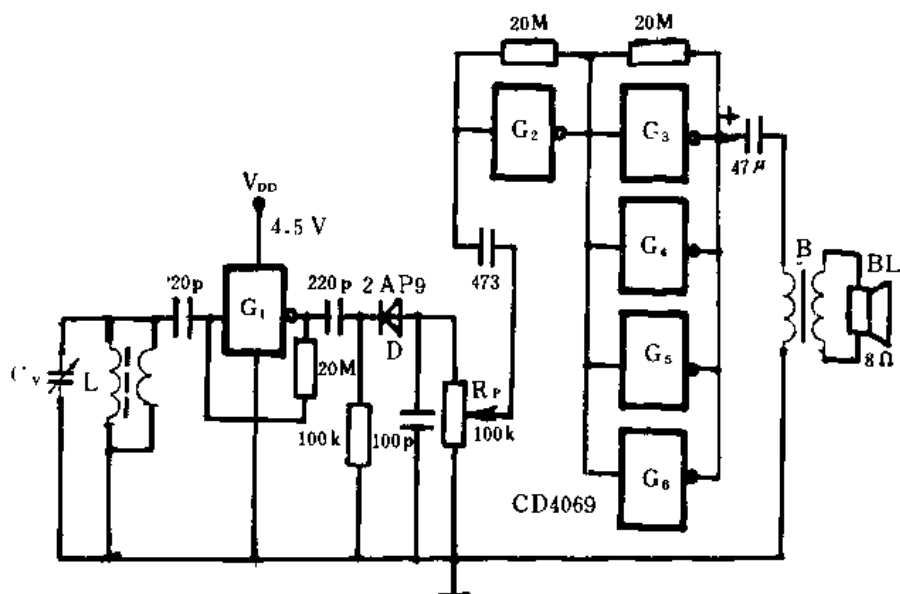


图 12.5 CMOS 收音机电路 (2)

二、电路结构说明

CMOS 收音机电路采用 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$) 和磁性天线、阻容元件、二极管、扬声器等构成。它的灵敏度虽不高,但可以收到较强广播信号。接收频率范围为 535~1650kHz。

可调电容 C_v 、磁性天线 L 组成了调谐回路,改变 C_v 的值可以使回路对不同电台载频产生谐振,从而收到不同的广播电台信号。当收到某一电台信号后,该信号经 CD4069 的门 G_1 进行线性放大,再经二极管 D 检波。检波后的信号送至门 G_2 作低频放大,最后经 $G_3 \sim G_6$ 4 个门并联组成的低频放大器放大。CD4069 的门并联能增大输出功率。放大后的音频信号由交连电容 (47μ) 耦合至变压器 B ,由扬声器 BL 发出广播声音。

例 6 收音机遥控选台接收电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种收音机利用红外遥控选台的接收电路。它可以选择 8 个频率的电台广播。

选台接收电路,由十进制计数器/分配器 IC_3 (CD4017)、锁相环音频解码器 IC_1 (LM567)、双向模拟门 IC_5 (CD4066) 和 IC_4 (CD4066)、时基电路 IC_2 (NE555) 以及收音集成电路 IC_6 (CIC7642) 等组成。

当调节 W_1 或改变 R_6 、 C_1 值时,可以使 IC_1 产生的中心频率与接收的输入信号频率一致。这时, IC_1 的输出端⑧脚有一个负跳变产生,于是 IC_2 输出脉宽 1s 的脉冲信号,并作为 IC_3 的计数时钟 CP。 IC_3 依次输出高电平给 IC_4 、 IC_5 。它们所形成的选通脉冲向电容网络 (由 $C_5 \sim C_{12}$ 组成) 的对应电容充电。电容网络与磁性天线 L 配合构成收音机选频网络。这样,经选频调谐将天线接收到的高频广播信号输入 IC_6 ,进行高放、检波、滤波,再输出音频信号给双功

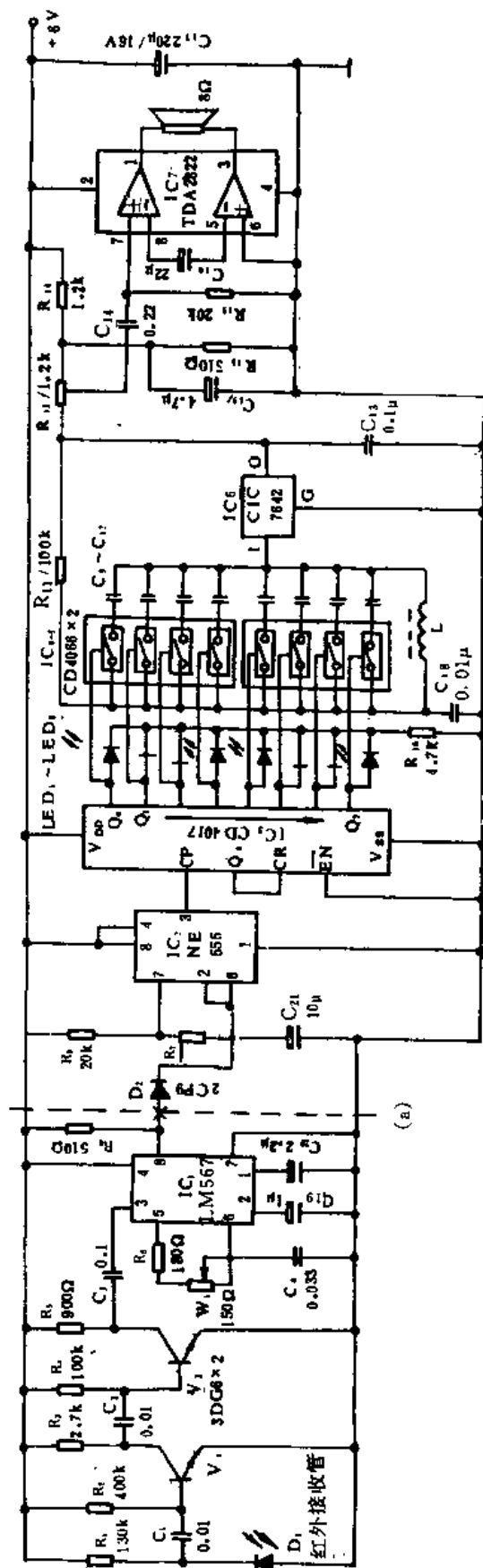


图 1-1-1 红外线接收电路 (a)

接收电路可用图 12-6 (b) 发射电路进行红外遥控。

一、应用电路

二、电路结构说明

收音机频率数字显示电路,采用BCD 3位计数器CD4553、12级二进制计数器/分频器CD4040、BCD 7段锁存/译码/驱动器CD4511、双时基电路555以及数码管、三极管、二极管等组成。其中双时基电路的一半IC₁与R₉、R₁₀、C₃组成无稳态多谐振荡器;另一半IC₁接成触发器。

电路图可以看出: IC₁ 多谐振荡器从⑨脚输出振荡脉冲信号加至 IC₂ (CD4553) 的①脚; IC₁ 的⑤脚输出信号加至发

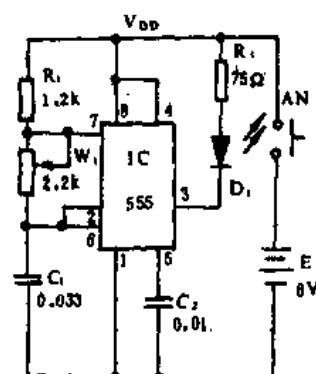


图 12-6 (b) 红外发射电路

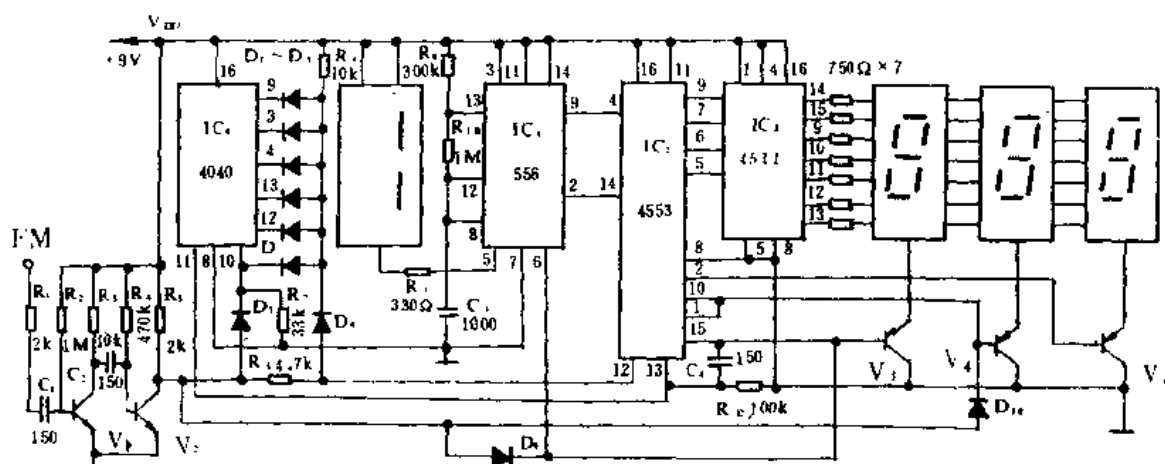


图 12-7 收音机频率数字显示电路

光数码管,用以显示中波段频率中的“千位”数字“1”。IC₂的扫描输出作为整个计数器的时序脉冲信号。也就是说,当IC₂有时钟脉冲输入时,它的①、②、⑬脚就会有稳定的扫描输出。倘若①、⑬脚同时为高电平时,封锁才消除,且形成宽度为1ms的计数闸门脉冲。IC₂的⑤、⑥、⑦、⑨的BCD码加至IC₃,IC₃进行译码、驱动致使共阴极LED数码管进行个、十、百三位数的动态显示。

由于收音机输出的本振信号 (f_c)，经晶体管 V_1 、 V_2 放大后，加至 IC_1 的⑩脚，于是当计数到 465 个脉冲时， IC_1 输出呈高电平，也就是二极管 D_8 上端变为高电平，从而通过 D_6 钳制了 IC_4 的⑩脚电位，迫使 IC_4 停振。与此同时， D_8 还将 IC_2 的⑫脚低电平封锁解除，促使 IC_2 进行计数，且在 1ms 计数闸门内， IC_2 的计数正好为本振频率 f_c 减去 465，剩下为实际的电台频率 (FM) 的数。显然，当计数超过 1000 时， IC_2 的⑭脚输出一个正脉冲，加至 IC_1 的②脚，使 IC_1 复位，且⑤脚输出低电平，数码管千位数字显示“1”字。这时，千位、百、十、个位数字构成了电台的实际频率。

例 8 触摸式 10 档音量自动控制电路

一、应用电路

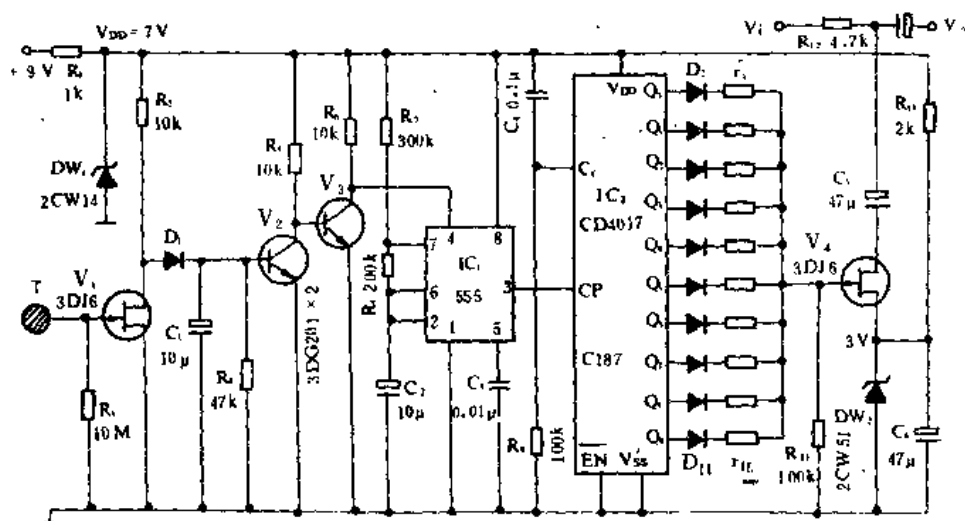


图 12-8 触摸式 10 档音量自动控制电路

二、电路结构说明

这是一种用手触摸、分 10 档进行音量自动控制的电路。它采用 CD4017、NE555、电阻网络、晶体管等组成。其中场效应管 V_1 与金属片 T 组成触摸开关。它具有输入阻抗高、触摸灵敏度高的特点。 IC_1 (NE555) 与 R_7 、 R_8 、 C_2 组成多谐振荡器，输出周期约 3s 的振荡脉冲信号。 IC_2 (CD4017) 作为计数器。 $r_1 \sim r_{10}$ 为电阻网络。

当用手触摸 T 时，感应信号经 V_1 放大、 D_1 和 C_1 整流滤波后，得到 DC 电压使 V_2 导通，而 V_3 截止。 IC_1 因此使复位端④脚呈高电平，于是电路起振，并输出振荡脉冲信号。这一脉冲信号作为 IC_2 的时钟脉冲 CP。在 CP 的作用下， IC_2 的 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出正脉冲，使场效应管 V_1 导通。由于电阻网络中 $r_1 \sim r_{10}$ 的阻值从小到大，电阻网络与 R_{10} 的分压结果也是从大到小，那么 V_4 的“漏—源”电阻 R_{DS} ，则从小到大。这样，声音信号电压 V_i 经 R_{12} 和 R_{10} 分压后，输出的声音信号 V_o ，则也从小到大。显然，输出的声音音量合适时（即 V_o 合适时），也就是说， IC_2 输出在合适的一个电阻档位上时，手即可离开触摸开关。于是 IC_1 的复位端④脚变为低电平， IC_1 被强制复位而停振。进而，计数器 IC_2 停止计数并自锁。至此，音量也被锁定。

例 9 无触点音量调节器

一、应用电路

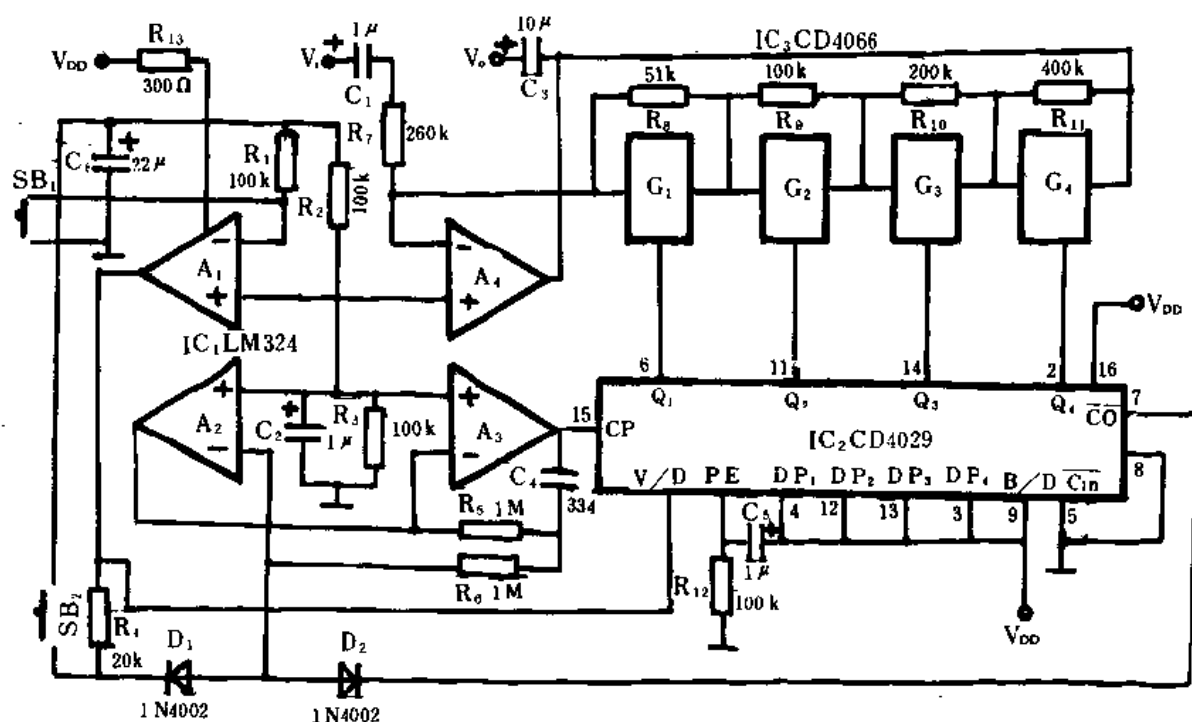


图 12-9 无触点音量调节器电路

二、电路结构说明

无触点音量调节电路，主要由可逆计数器 IC₂ (CD4029)、运算放大器 IC₁ (LM324)、4 双向模拟开关 (CD4066) 等构成。其中，运算放大器 (LM324) 的 A₃ 与 A₄ 组成可控振荡器。

接通电源 V_{DD} 瞬间，电容 C₅ 使 IC₂ 的 PE 端为高电平，允许预置端 DP₁~DP₄ 的数据置入且被预置在高电平。A₂、A₃ 组成的振荡器未开始工作。

增音—当按下开关 SB₂，D₁ 截止，振荡器起振，所输出的振荡脉冲进入 IC₂ 的 CP 端，IC₂ 进行二进制减法计数 V/D=0，各模拟开关串联的电阻 (0~750kΩ) 以每 50kΩ 为一级的等差递增，使放大器 A₄ 的放大倍数以 0、1/4、2/4、3/4……15/4 共 16 档作相应变化，直到 IC₂ 的⑦脚输出低电平，振荡器停振，模拟开关截止，A₄ 的放大量最大，即输出音量最大。

减音—当按下开关 SB₁ 时，D₁ 反向，A₁ 输出高电平，振荡器起振，其输出的脉冲作用于 IC₂ 的 CP 端，计数器进行加法计数。IC₂ 的输出状态在不断增加，直至⑦脚变为低电平，振荡器又停振，模拟开关全导通，A₄ 的衰减最大，对应的音量为最小。

此调节器也可以作自动控制设备中的电压调节器。

例 10 音量有线控制器

一、应用电路

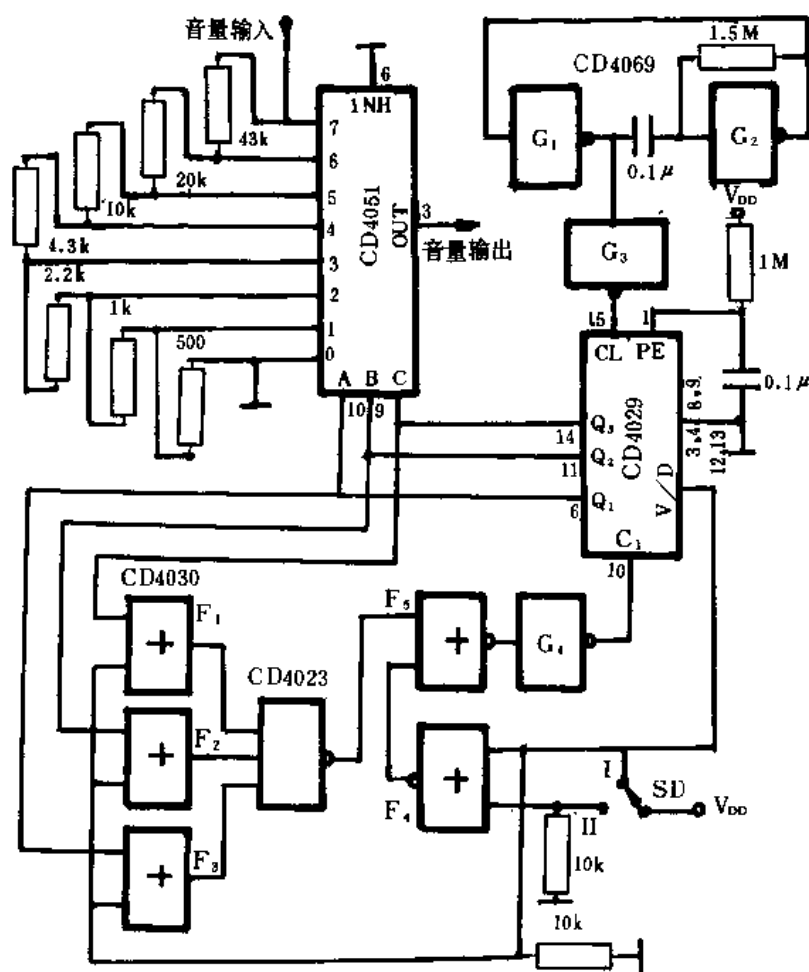


图 12-10 音量有线控制器

二、电路结构说明

音量有线控制器，单 8 通道模拟开关 CD4051、计数器 CD4029、6 反相器 CD4069、“异或”门 CD4030、3 输入端“与非”门 CD4023 等构成。其中，CD4051 与周期电阻网络（7 个不同阻值电阻）组成数控式电阻衰减器。计数器 CD4029 的输出端 $Q_1 \sim Q_3$ 是作为 CD4051 的地址码选择线，控制着电阻衰减器中对应的 0~7 的 8 个接点的导通输出。CD4069 的 3 个门为计数器 CD4029 的 CL 端提供时钟脉冲。开关 SD 通过引线从电路中引出，以实现有线控制。

当电路开始工作的瞬间，CD4029 的 PE 端为“0”电平，计数器开始计数。由于③、④、⑫、⑬脚接“地”，所以 $Q_1 \sim Q_3$ 输出全为“0”。

若开关 SD 置于 I 位置时，CD4029 的 U/D 端为“1”，计数器进行加法计数，电阻衰减器的电阻减少，电路输出音量增大。

若开关 SD 置于 II 位置时，CD4029 进行减法计数，电阻衰减器的电阻递增，电路输出音量减小。

“异或”门 CD4030 的加入，是为了防止计数器的循环计数，且能识别声音最大、最小

的极值时，停止计数器的计数。

例 11 电平指示器

一、应用电路

二、电路结构说明

电平指示器电路，由 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$)、发光二极管 $LED_1 \sim LED_6$ 、二极管 $D_1 \sim D_6$ 和阻容元件等构成。它可作为音响扩音器、录音电平指示器，并用来显示音量强度。

当无音响信号输入时，门 $G_1 \sim G_6$ 的输入端均处于低电平，而各输出端均为高电平状态，因而 $LED_1 \sim LED_6$ 均不发光。

当有音响信号从小到大输入时，信号幅度若超过 D_1 的正向压降 (0.65V)，则门 G_1 的输入端变为高电平，其输出端为低电平。此时， LED_1 发光，而其它 LED 不亮。倘若输入信号逐渐增大，那么 $LED_2 \sim LED_6$ 将逐个发光。

电路中，C 为滤波电容，W 为调节电平指示器最小起始阻值。

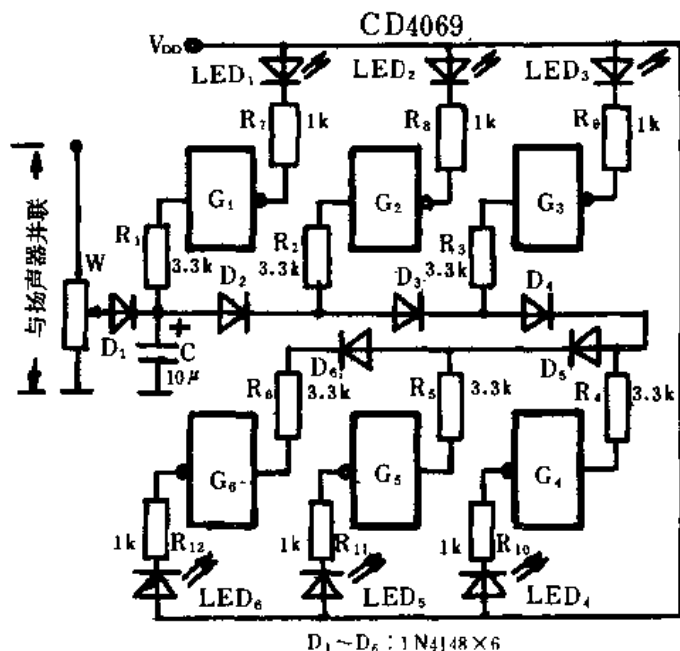


图 12-11 电平指示器

例 12 多波段 10 位预置电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 IC_1 ($1/4$ CD4093)、和十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 等构成的多波段 10 位预置电路。

$1/4IC_1$ 等组成低频信号振荡器。当开关 S_1 按下时，振荡器周期为 2s，即每 2s 输出一个脉冲。 IC_2 的④脚 CP 端接收脉冲后， $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平。图 12-12 中采用 $10k \times 20$ 只的微调电阻分别接于中波 (10K $\times$ 10) 段。当 S_3 打向中波段时，当 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平时，由于每只微调电阻处于不同阻值，使输至变容二极管的电压也相应地不同。因此，就可预置 10 个电台，同理 S_3 打向短波段时，也可预置短波 10 个电台……图 12-12 中只画出两个波段。类似以上可增至多波段。

按一下 S_2 ，可使 IC_2 清零。

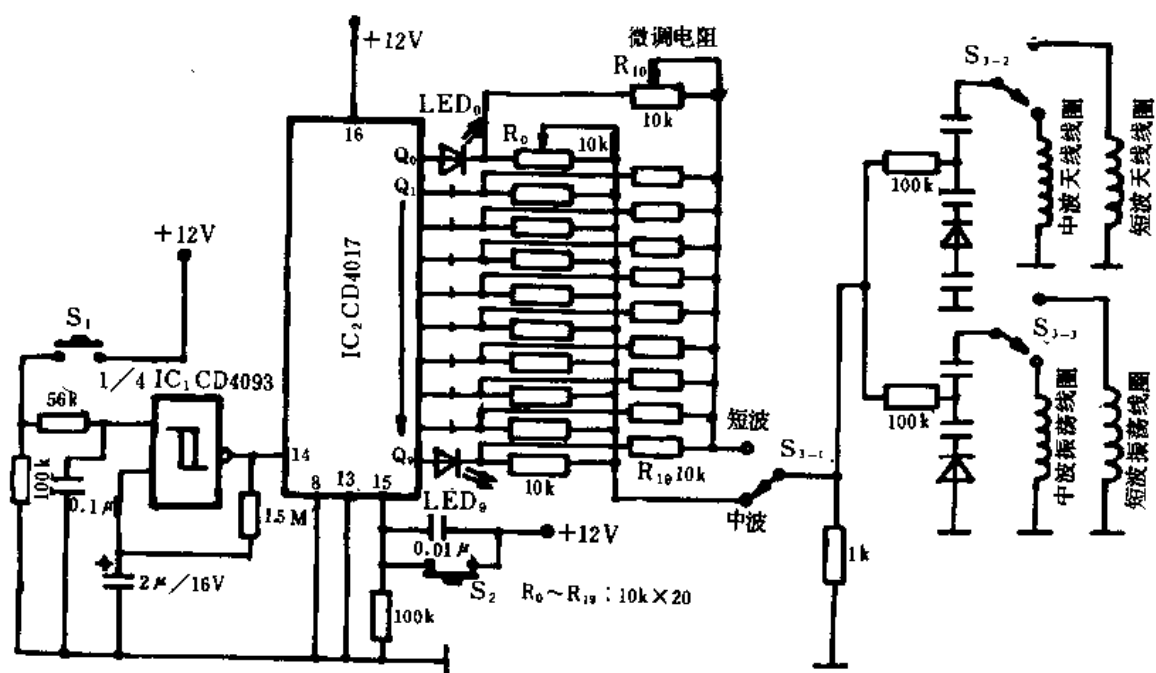


图 12-12 多波段 10 位预置电路

例 13 自动录音控制电路

一、应用电路

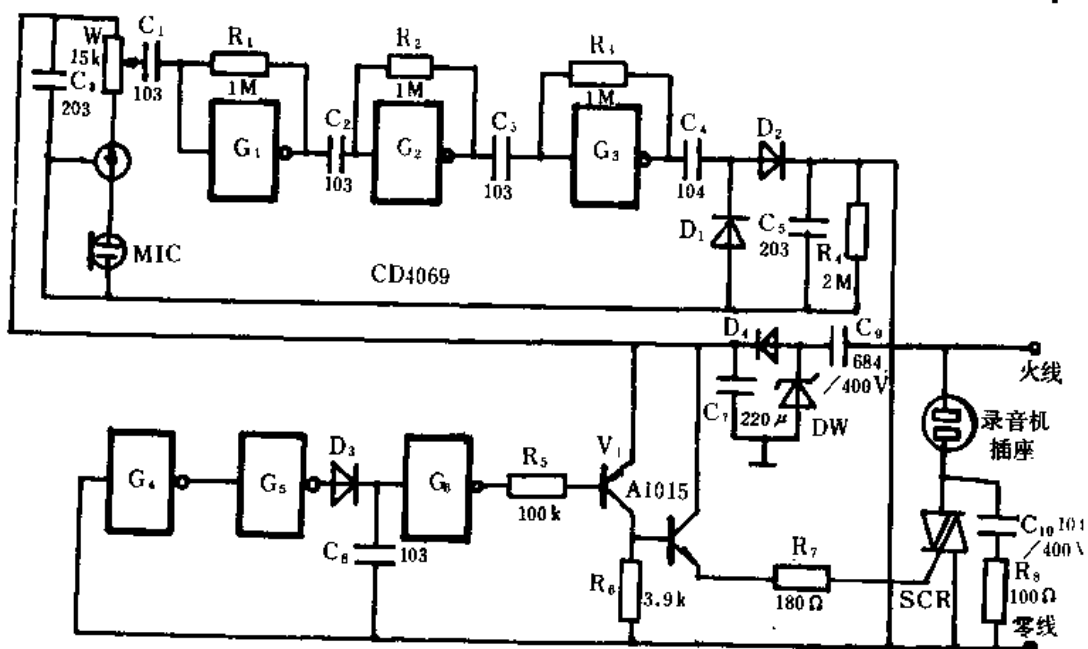


图 12-13 自动录音控制电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 等构成的自动录音控制电路。

电路中驻极体话筒 MIC 作拾音器, 将声音转变为电信号, W 可调节话筒灵敏度。“非”门 $G_1 \sim G_3$ 及电容 $C_1 \sim C_3$ 、电阻 $R_1 \sim R_3$ 组成音频放大器。 D_3 为充电开关二极管, C_6 为延时电容, G_4 、 G_5 作反相器, G_6 作直流电压“非”门, 晶体管 V_1 、 V_2 作可控硅 SCR 的驱动电路。SCR 双向可控硅作市电交流开关。

当有声音进入 MIC 时, 负载 W 输出音频信号电压, 经 $G_1 \sim G_3$ 放大, 和 D_1 、 D_2 整流后, 在 C_5 两端有直流电压, 该电压使 G_4 输出低电平, G_5 输出高电平, D_3 导通, 并向 C_6 充电, 当其充电至 G_6 输入端阈值电平时, G_6 输出低电平。这时 V_1 、 V_2 饱和导通, SCR 导通, 录音机通电开始录音 (录音机已装入磁带并按下录音按键, 处于录音状态)。

声音停止后, G_3 无音频电压输出, 这时 G_5 输出低电平, D_3 截止, C_6 继续向 G_6 输入端放电, 经数秒后 C_6 上电压降至 G_6 输入端阈值电平以下, G_6 输出高电平, V_1 、 V_2 截止, SCR 关断, 录音机停止录音。若声音再次进入 MIC 时, 重复上述工作过程。 V_1 、 V_2 的 $h_{FE} \geq 120$ 。

例 14 多功能音频转换开关

一、应用电路

二、电路结构说明

十进制计数器/分频器 IC_3 (CD4017) 和 4 双向模拟门 IC_1 、 IC_2 (CD4066 $\times 2$) 等构成转换开关。

本电路由控制部分和开关部分组成。设有 4 个讯道 (CH), 6 种功能。

工作时, 连续按动 AN、 IC_3 从 0~5 依次输出高电平, 假设“1”端为高电平时, 一路送至显示电路作讯道指示; 另一路加到 IC_{1b} 、 IC_{2b} 控制端, 使之导通, “OUT”输出 CH_2 信号; 当“5”端为高电平时, 其经 D_8 、 D_2 分别加至 IC_{1d} 、 IC_{2d} 、 IC_{1a} 、 IC_{2a} 控制端, 使之导通。此时, “OUT”输出 $CH_4 + CH_1$ 混合信号 (该功能可进行磁带和话筒混放, 类似卡拉 OK 功能), 其余各档输出高电平时原理相同。当“6”输出高电平时, $R = “1”$ 电路复位。各控制端 100k 电阻为下拉电阻, 可使开关更深度截止, 防止 R、L 串扰, 降低分离度。

本电路主要电气性能: 特性频率 50MHz; 开关输出电压比 80dB (10kHz 时); 开关间串音 50dB (8MHz 时); 最大传输系数 1; 工作电压为 3~16V。

总之, 本转换开关为电子模拟开关, 具有轻触、无噪声、寿命长及传输性能好等特点。对音频、视频信号切换均适用。

CH_1 (磁带收录机 TAPE)、 CH_2 (收音机 RADIO)、 CH_3 (唱机 PHONO)、 CH_4 (辅助 AUX)。

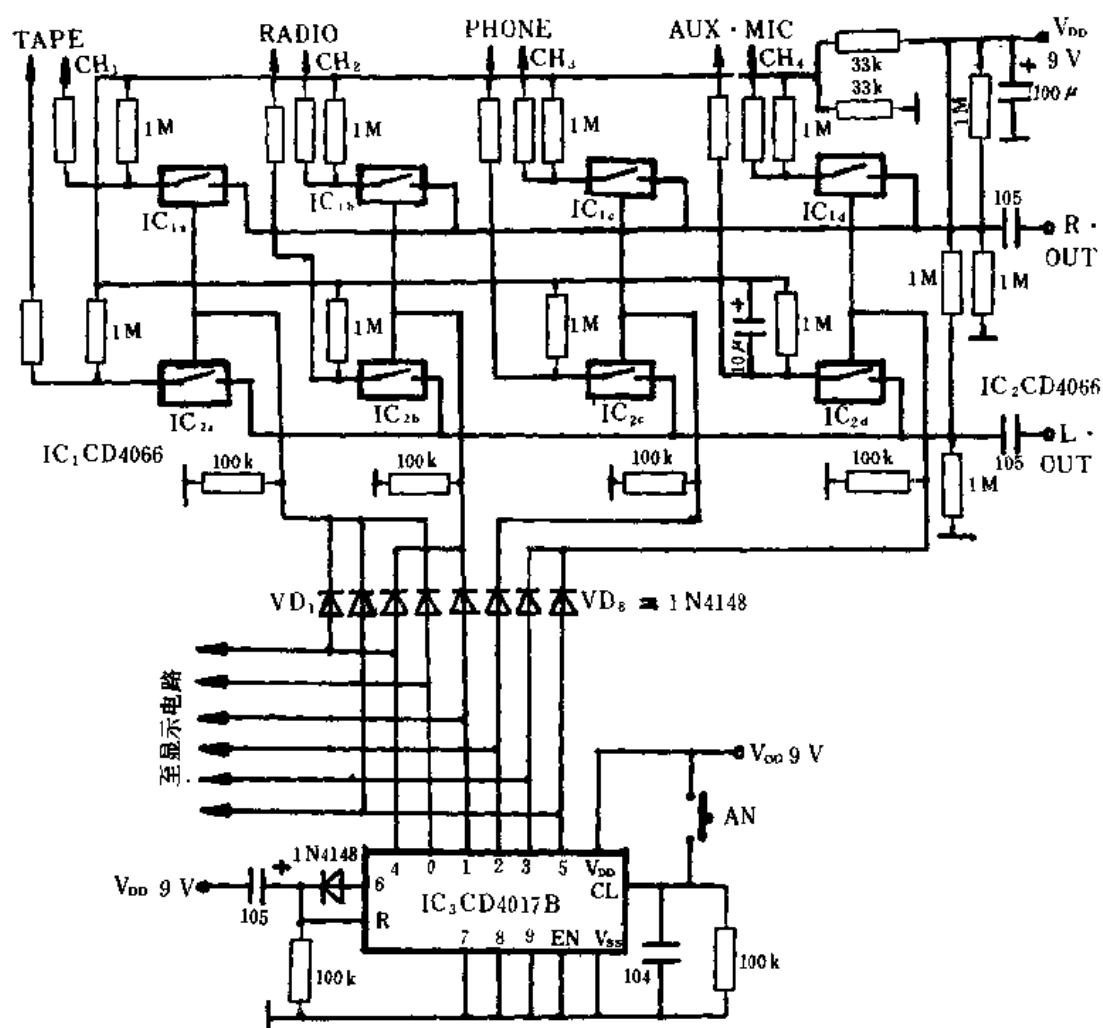


图 12-14 多功能音频转换开关

例 15 触摸式立体声平衡控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

触摸式立体声平衡控制电路由 2 输入端 4“与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011(A、C)、6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069(B、E、D、F)、双时钟二进制可预置加/减法计数器 CD40193、BCD-十进制译码器 CD4028 和 4 双向模拟开关 $2 \times$ CD4066 以及发光二极管、电阻网络,金属触摸片等构成。

电路中, CD4011 的门 A、B 和 CD4069 的门 C、D 组成两个可控脉冲发生器。CD40193 对脉冲发生器产生的脉冲信号进行计数编码。在时钟输入端 CP_+ 为高电平时, CD40193 的 CP_-

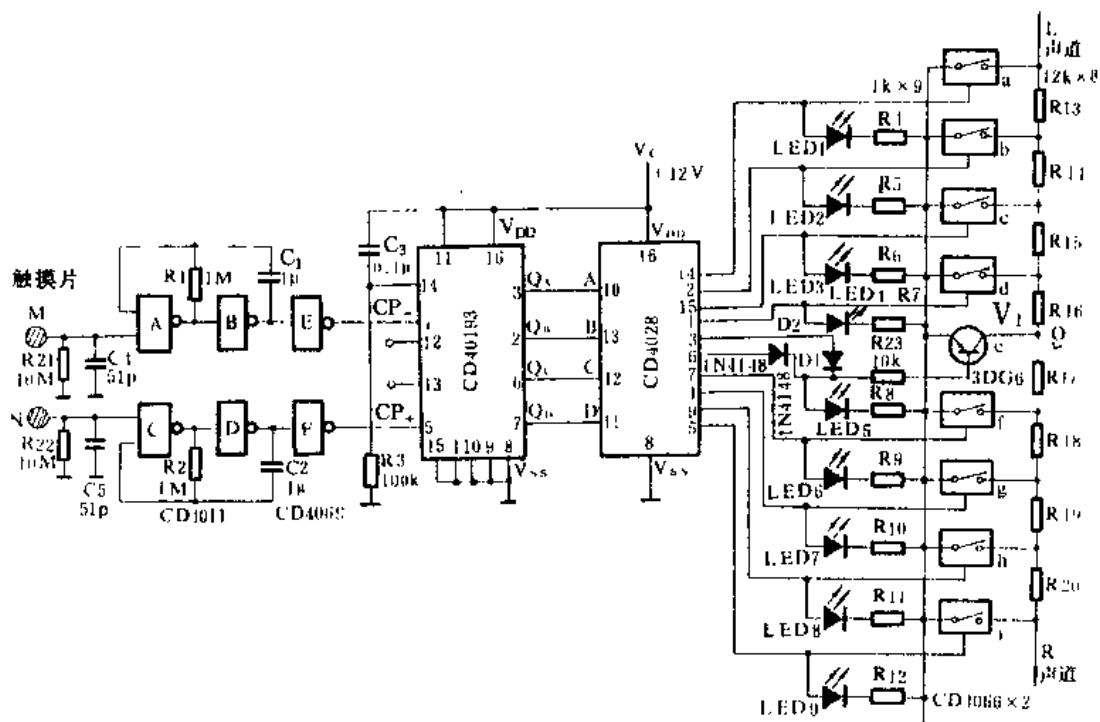


图 12-15 触摸式立体声平衡控制电路

在跳脉冲作用下作减计数；而时钟输入端 CP_- 为高电平时，CD40193 的 CP_+ 在跳脉冲作用下作加法计数。接着，CD4028 把计数器输出的数字编码信号进行译码，并对应依次输出高电平，用以控制 CD4066 组成的电子开关的闭合。而电阻网络 $R_{13} \sim R_{20}$ 形成音频信号衰减分压器，它与电子开关 a~i 相配合，以不同的分压比去控制左右声道信号的衰减量。

若立体声右声道信号强于左声道，可用手指触摸金属片 N，于是人体感应电压加在门 C 的一输入端，使振荡器发生振荡，并输出连续的脉冲信号。这些脉冲信号通过反相器 F，加到计数器 CP_+ 端 ($CP = "1"$)。计数器对脉冲进行加法计数，并输出 “0000→0001→0010→……”。于是，译码器 CD4028 的输出端依次输出高电平，导通相应的电子开关。这样，立体声放大器左声道音量便逐渐增大，右声道音量逐渐减小，平衡指示 LED 也随着相应的电子开关闭合而发亮。直到左、右声道音量平衡时，松开手指，振荡器便停止振荡，此时电子开关锁定在平衡位置。同理，若左声道信号强过右声道时，用手指触摸金属片 M，计数器便作减法计数，译码器输出高电平的顺序恰与加法计数时相反。于是，右声道音量逐渐增大，左声道音量逐渐减小，以达到音量的新平衡。

应当指出：电路中 C_3 、 R_3 组成 CD40193 开机复位端 (④脚) 的复零电路。这时，输出端 $Q_A \sim Q_D$ 输出低电平，而译码器 CD4028 的③脚输出高电平，其余输出脚均为低电平。于是 LED₅ 发亮，晶体管 V_1 导通，电阻分压器的中点 o 接 GND 左右声道信号输出量相等，立体声信号处于平衡状态。电路中接入 D_1 、 D_2 ，避免了③或⑥脚输出高电平时，互相造成的干扰。

例 16 可预置的 16 级数字音量调节电路

一、应用电路

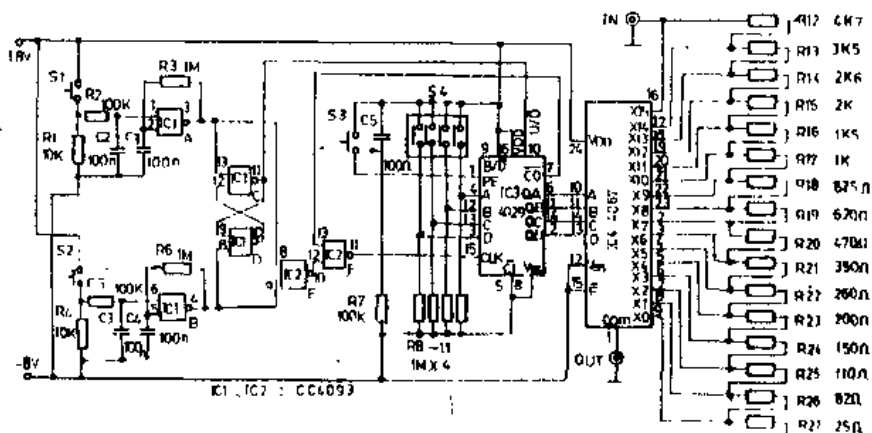


图 12-16 可预置 16 级数字音量调节电路

二、电路结构说明

可预置的 16 级数字音量调节电路, 由②输入端 4 “与非”门施密特电路 6/4CD4093 (门 A~F)、可逆计数器 IC₁ (CD4029)、16 通道多路双向开关 IC₂ (CD4067)、电阻网络等构成。

电路中, CD4093 的门 A、B 的输入端①、⑥脚分别通过电阻 R_1 、 R_2 和 R_4 、 R_5 接 GND, 所以这两个输入端均为低电平, 门 A、B 的输出端均为高电平。但是, 一按下开关 S_1 后, 门 A 的输出端呈低电平。此时, 门 C 输出高电平, 而门 C 与门 D 组成 R-S 触发器, 触发 IC_3 处于加计数状态。同时, 门 F 输出作为时钟脉冲输入给 IC_3 的 CLK 端。在时钟作用下, IC_3 实现一次加计数。若按下 S_2 , 情况相反, 门 C 输出低电平并使 IC_3 处于减计数状态。在 IC_3 得到一个时钟脉冲时, 便实现一次减法计数。然而, 无论加计数还是减计数, 从 IC_3 的输出端共有 16 种不同状态的 4 位二进制数, 作为 IC_4 的控制信号, 使 IC_4 的公共端 (Q 脚) 分别与 $X_0 \sim X_{15}$ 的 16 个输出端接通, 且输出音频信号。对于音频信号的输入、输出端而言, 电阻网络中的电阻是串联的, 只要按开关 S_1 或 S_2 , 便能选择相应的电阻网络中的若干电阻输出, 即达到调节信号的衰减程度, 进而实现对音量的控制。

电路中，音量的预置是通过开关 S_3 和 S_4 完成的。也就是，将 S_4 设置成某种状态后按一下开关 S_3 。这样，可将 S_4 设置的数值置入计数器 IC_3 ，从而使 IC_4 直接接通对应的一路开关，获得对应的输出。

例 17 音频轻触开关

一、应用电路

二、电路结构说明

这种高性能的音频轻触开关,主要由双 D 触发器 CD4013 (IC₁~IC₃)、晶体三极管、发光二极管等构成。

CD4013 的 IC₁ 中两个 D 触发器均接成双稳态, 形成两位自锁。当开关 AN₁ 按下后, 相联接的 D 触发器 IC₁₁ 翻转, $\bar{Q}$ 端由高电平变为低电平, 指示灯 LED₁ 亮; Q 端由低电平转为高电

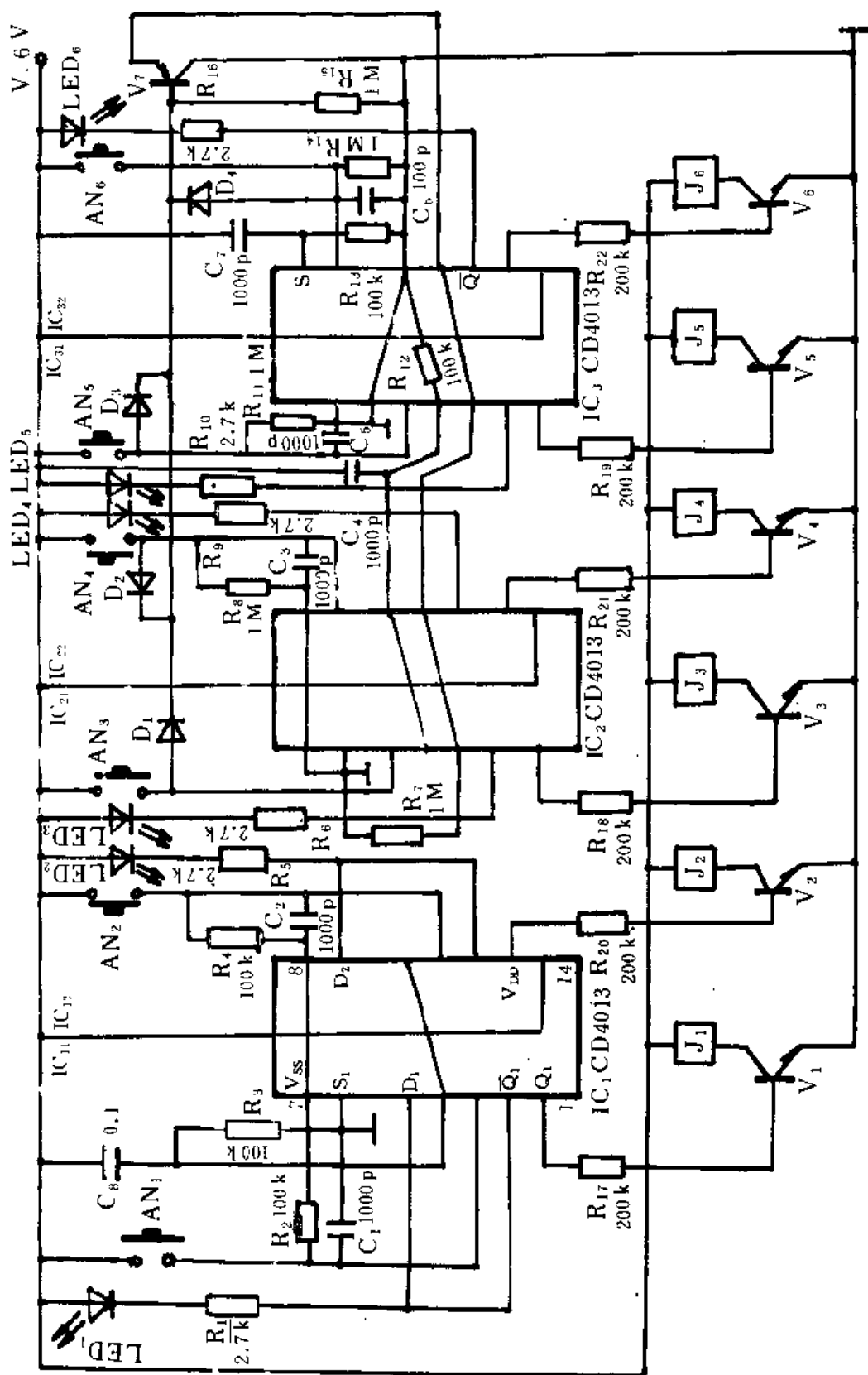


图 12-17 音频轻触开关

平, 晶体管 V_1 导通, 继电器 J_1 吸合。J 是, 接通第一路的同时, D 触发器保持了这一状态。到第二次按动 AN_1 时, D 触发器再翻转, 达到自锁。

IC_2 和 IC_3 中的 4 个 D 触发器, 组成 4 位互锁开关。当开关 $AN_3 \sim AN_6$ 无一按下时, V_7 饱和导通, 4 个 D 触发器的 CP 端保持低电平。而通电瞬间, $AN_3 \sim AN_6$ 所联接的 D 触发器, 被 C_4 、 R_{12} 组成的微分复位电路复零。 AN_6 所联接的 D 触发器 IC_{32} 的 S 端, 被 C_5 、 R_{13} 组成的置位电路置于高电平, 而它的 $\bar{Q}$ 端为低电平, 指示灯 LED_6 亮; 此时 Q 端为高电平, V_6 导通, J_6 吸合。于是第 6 路接通。

当 $AN_3 \sim AN_6$ 中任一开关按下时, V_7 即截止, CP 空置。此时, 4 个 D 触发器的状态由其 D 端状态确定。例如, 按下 (AN_3) 开关, 其相联的 D 触发器 IC_{21} 的 D 端为高电平, $\bar{Q}$ 端由高电平变为低电平, 指示灯 LED_3 亮; Q 端由低电平转为高电平, V_3 导通, J_3 吸合。于是, 第 3 路导通, 并保持这一状态。而此时, AN_6 联接的 D 触发器 IC_{32} 因 CP 空置, D 端又变为低电平而翻转; $\bar{Q}$ 端变为高电平, LED_6 灭; Q 端变为低电平, V_6 截止, J_6 释放, 第 6 路断开。

以上音频轻触开关多应用于音响电路中。其两位自锁开关: 一用电源作开关; 二用作话筒输入开关。其 4 位互锁开关可作电唱机、双卡录音座、收音及线路输入选择开关。

例 18 无音染 Hi-Fi 音源切换电路

一、应用电路

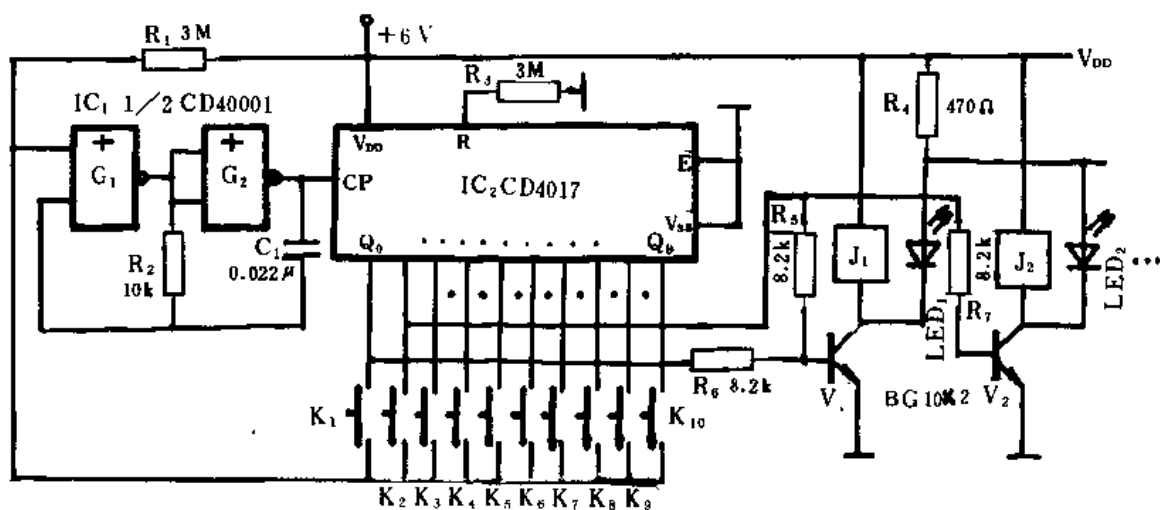


图 12 18 无音染 Hi-Fi 音源切换电路

二、电路结构说明

无音染 Hi-Fi 音源切换电路, 主要由 2 输入端 4 “或非” 门 IC_1 [CD4001 (G_1 、 G_2)], 十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017), 继电器 $J_1 \sim J_{10}$, 轻触开关 $K_1 \sim K_{10}$, 发光二极管 $LED_1 \sim LED_{10}$ 等构成。

电路中, CD4001 的门 G_1 、 G_2 与阻容元件组成多谐振荡器, 并输出振荡脉冲作为 IC_2 的计数时钟脉冲 CP。在时钟脉冲的作用下, IC_2 的 10 个输出端 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平。当按下 $K_1 \sim K_{10}$ 中的任意一个轻触开关时, 则此开关所对应的那个继电器就会闭合, 指示灯 LED 也会发亮。

每次接通电路, 由于 Q_0 均为高电平, 所以 J_1 自动闭合, 最常用的音源宜由 J_1 控制, 而其余音源可以任意安排接入。显然, 切换音源过程中可以做到互不干扰。

倘若通过适当接法, 还能使多个继电器同时闭合, 也就是同时接通多个音源。如图中把 R_5 接入 K_1 与 K_2 之间电路。这样, 当 J_2 闭合时, J_1 也同时闭合。如果拆掉 R_5 , 电路就复原, 也就是 J_1 、 J_2 分别闭合了。

例 19 音响系统切换开关

一、应用电路

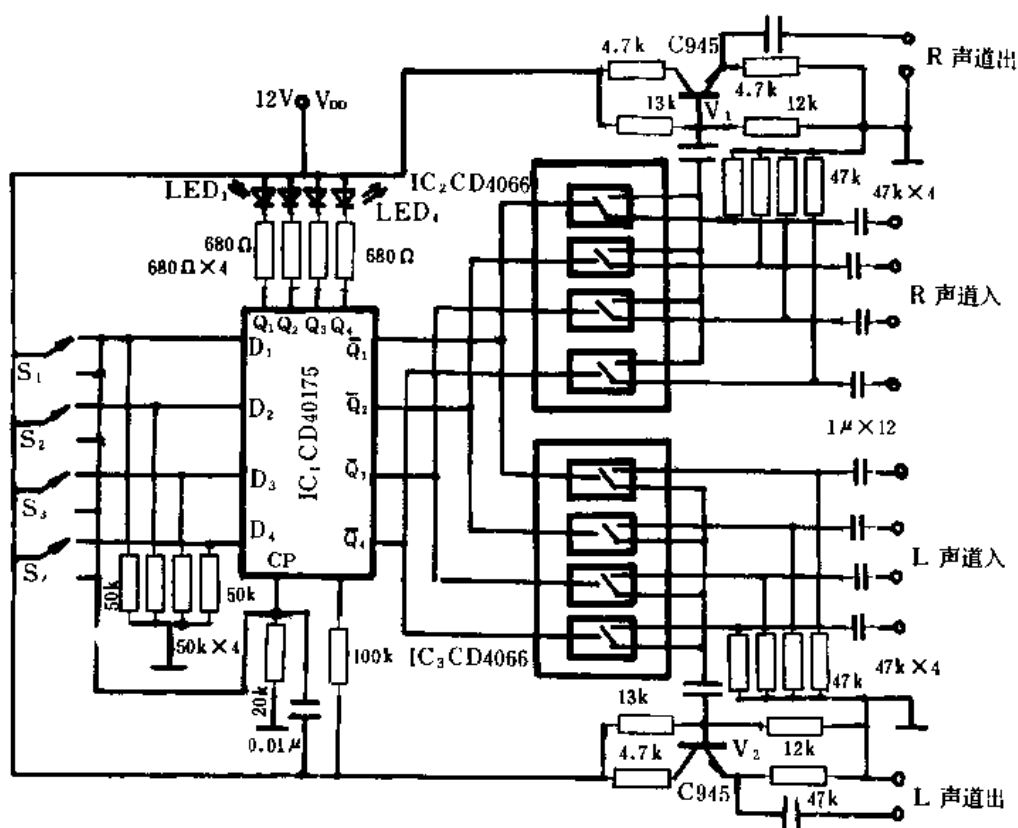


图 12-19 音响系统切换开关

二、电路结构说明

本电路为由 4 D 触发器 IC_1 (CD40175)、4 双向模拟开关 IC_2 、 IC_3 (CD4066 $\times$ 2) 等构成的音响系统切换的电子开关。该电路工作稳定, 调试容易, 能对双声道信号进行同步切换, 且电路通用性强。

图中 IC_1 和 4 个微动开关 $S_1 \sim S_4$ 完成触发开关的互锁及产生切换控制信号; IC_2 、 IC_3 分别对两声道进行同步选择。

开机后, 由 $D_1 \sim D_4$ 通过 $S_1 \sim S_4$ 接高电平。开机瞬间, 电源通过 $0.01\mu F$ 电容使 IC_1 的 CP 端得到上升沿脉冲触发, 所以 $Q_1 \sim Q_4$ 均为高电平, $LED_1 \sim LED_4$ 均不发光, 而 $\bar{Q}_1 \sim \bar{Q}_4$ 为低电平, 8 个模拟开关处于全关断状态。当按下某 S_i 开关时 ($i=1 \sim 4$), 由于 D_i 通过 $50k$ 电阻接 GND, 在 D_i 端得到高电平, 给 CP 端上升沿触发, 结果 Q_i 为低电平, 其余 Q 为高电平, 使

LED_i 发光, 指示第 i 信号通。同时, 使 $\overline{Q_i} = "1"$, 对应 IC₂、IC₃ 的一组模拟开关控制端为 "1"。该组开关导通——将两声道信号接通, 经射随器 V₁、V₂ 送至前置放大器。

例 20 电子自锁互斥开关

一、应用电路

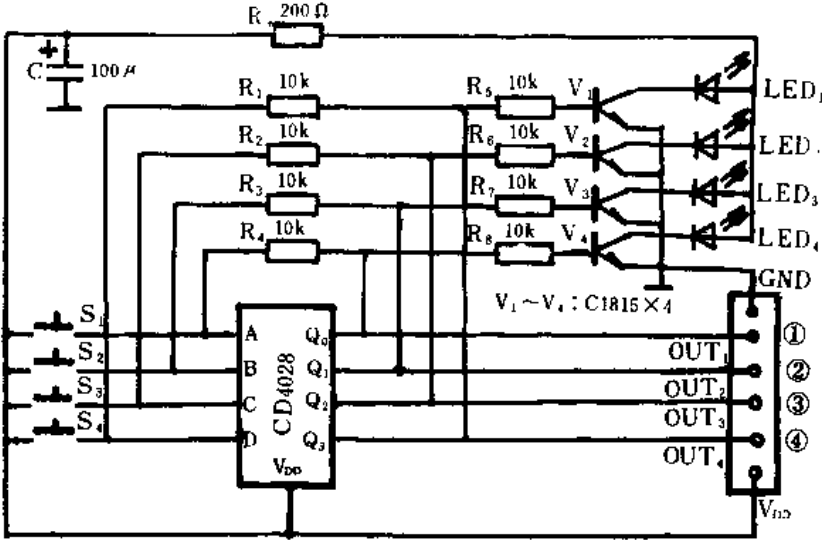


图 12-20 电子自锁互斥开关

二、电路结构说明

BCD—十进制译码器 CD4028 等构成的电子自锁互斥开关。

CD4028 的真值表

输 入 端				输 出 端									
D	C	B	A	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

由以上真值表知：电路初态，其输出端有两种可能性：一是全“0”，二是有一端为高电平“1”。若是全零，则按下 $S_1 \sim S$ 任一开关，对应的译码输出端变为高电平，并立即通过电阻反馈锁定；如果已有一个输出端为高电平，这时按下另一开关，输入端瞬时出现两个高电平，译码结果输出只有一个高电平，并立即通过电阻反馈将原来的那个状态取消。最后，在相应的输出端重新按新的按键状态而锁定于高电平， $LED_1 \sim LED_4$ 可指示相应的开关状态。

本电路输出可接 CD4066 4 双向开关作负载，或加驱动电路去驱动继电器， $S_1 \sim S_4$ 作音响系统使用，并分别用作 TAPE（磁带）、RADIO（收音机）、PHONE（唱机）、AEX（辅助）等开关。

图中接插孔①为 OUT_1 ；②为 OUT_2 ；③为 OUT_3 ；④为 OUT_4 。它们分别与 CD4028 的 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 端相联。

例 21 视音频设备的自动关机装置

一、应用电路

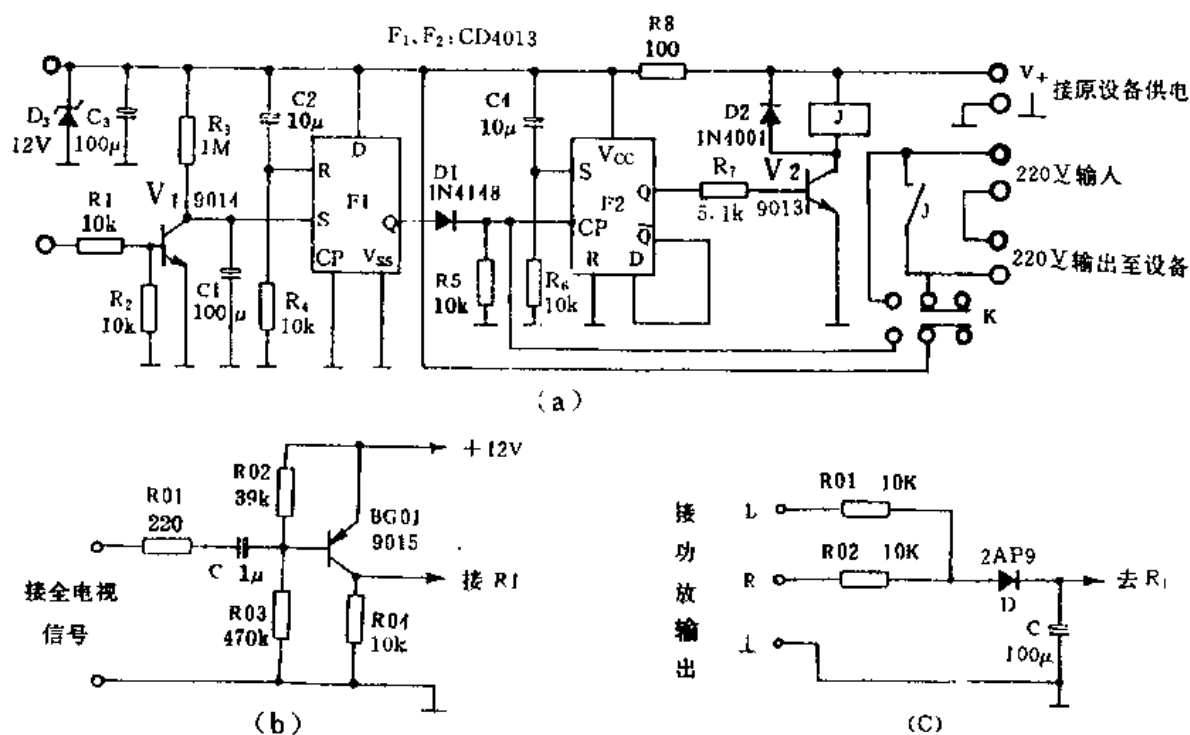


图 12-21 视音频设备的自动关机装置

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 F_1 、 F_2 (CD4013) 等构成的自动关机装置。适用于作各种电视、音响设备的电源开关，实现设备的自动或手动关机（开机须手动）。

电路图 12—21 (a) 具有以下功能：

(1) 控制信号消失（如电视没有视频信号或录像带走完）后延时一段时间将自动关机，切断全部电源。

(2) 开机后的任何时间均可手动关机。

(3) 手动开、关机均用同一个按钮开关。K 为原设备自锁双刀电源开关，将其自锁弹簧拆除，成为不带自锁的按钮开关。在原设备关机状态按下 K 时，其中一组开关将 220V 交流电源接通，原设备得电开始工作，并给本装置提供工作电压 +V。这时由 C_2 、 R_4 组成的微分复位电路，使复位 R 端得到正尖脉冲，而 F_1 复位，Q 输出低电平为自动关机做好准备；而由 C_4 、 R_6 组成的置位电路，在开机瞬间向 F_2 的 S 端送出高电平，使 Q_2 输出高电平， V_2 导通，继电器 J 吸合，即使这时松开 K 也能保证电器设备和本装置的供电。

开机后控制信号（如录音机的音频信号或电视机的视频信号）使 V_1 导通，一直保持到控制信号消失，此后， V_1 截止， C_1 经 R_3 充电至高电平，使 F_1 的 S 端得高电平而置位。此时， $Q_1 = "1"$ ，触发 F_2 的 CP 端（ F_2 的 $\bar{Q}$ 和 D 相接组成双稳态触发器，原 F_2 处于置位即 $Q_2 = "1"$ ），促使 F_2 翻转，则 $Q_2 = "0"$ ， V_2 截止使继电器释放，切断电器设备和本装置的供电，实现自动关机。在开机状态，如需立即关机，只需将 K 再按下，其另一组开关给 F_2 的 CP 端加上一个高电平，脉冲上升沿同样改变 F_2 的输出状态，实现即时手动关机。

电路图 (c) 为控制音响设备附加图，控制信号取自喇叭输出端子上，左右声道分别经 R_{01} 、 R_{02} 叠加后再经 D 整流、C 滤波得所需的控制电压，去图 12-21 (a) 中 R_1 。

图 12-21 (b) 为控制电视信号图，输入接同步分离（全电视信号）信号输出，即可。

上述的 Q_1 、 $\bar{Q}_1$ 和 Q_2 、 $\bar{Q}_2$ 分别对应 F_1 和 F_2 的输出端。

例 22 电视双频道监视自动转换电路

一、应用电路

二、电路结构说明

采用 6 反相器 CD4069 (G_1 、 G_2)、双向模拟开关 CD4066、时基电路 NE555，以及阻容元件等构成了电视双频道监视自动转换电路。

电路中，时基电路 IC_1 (NE555) 和 R_1 、 R_2 、 C_1 组成高占空比无稳态多谐振荡器。当 $R_1 \gg R_2$ 时，输出脉冲的占空比为 99%。这样，在看一个电视频道 10 分钟后，电路会自动转换另一监视频道 55。 IC_2 (CD4069) 是用作两频道反相控制的电子开关。 IC_3 (CD4066) 与拨动开关 K 配合，将开关分为两组，一组控制监视频道的电源电压 A_1 和调谐电压 B_1 ；另一组控制监视频道的电源电压 A_2 和调谐电压 B_2 。而 A、B 接电视频道调谐器。

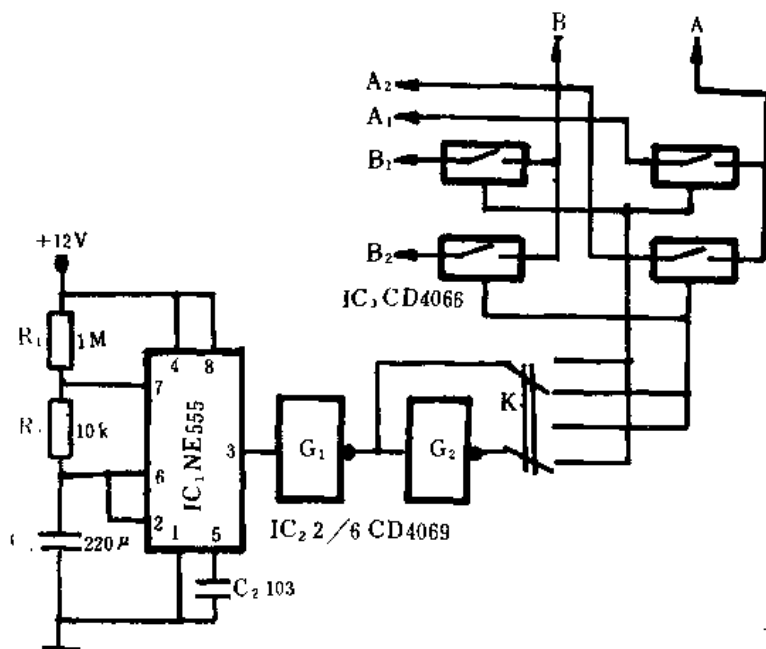


图 12-22 电视双频道监视自动转换电路

例 23 8 路视频切换控制器

一、应用电路

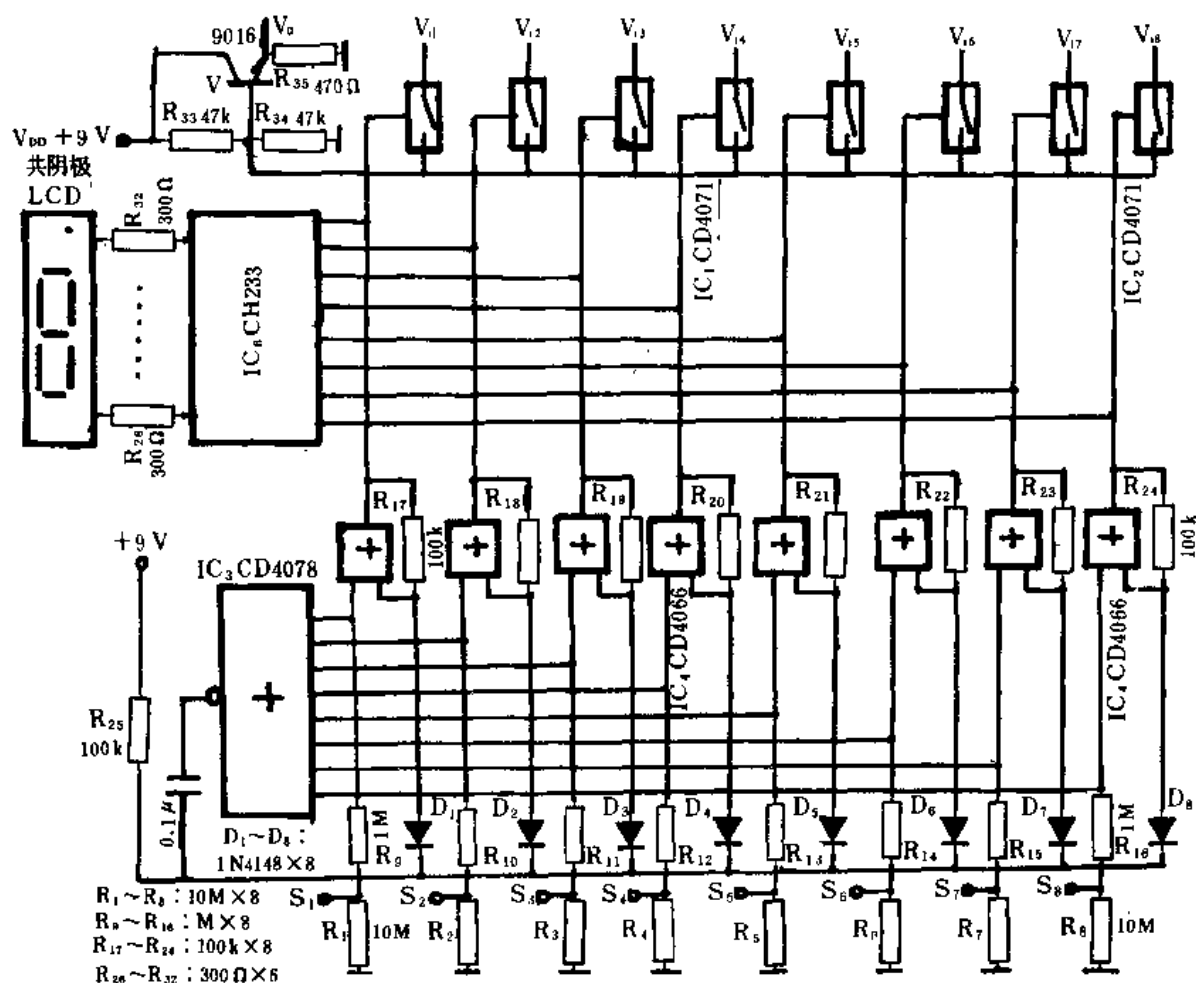


图 12-23 8 路视频切换控制器

二、电路结构说明

由 2 输入端 4 “或门” IC_1 、 IC_2 ($CD4071 \times 2$)、8 输入端 “或非” 门 IC_3 ($CD4078$)、4 双向模拟门 IC_4 、 IC_5 ($CD4066 \times 2$) 和 CMOS 工艺制造的计数/锁存/7 段译码/LED 驱动器 IC_6 ($CH233$) 等构成的 8 路视频切换控制器。该控制器可用于需要对路数较多的视频信号进行切换选择的地方，比如大型工矿企业、商场等处安装闭路电视监视系统。

电路分控制部分、视频信号切换和数字显示三部分组成。

控制部分：相同的 8 位触摸式互锁开关，每位包括（如第一位） R_1 、 R_9 、 R_{17} 、 D_1 及 IC_1 ($1/4 CD4071$)。图 12-23 中 $S_1 \sim S_8$ 为金属的触摸点。当手触摸 S_1 触点时，相应的“或”门的输入及输出端都为高电平。输出端的高电平又通过电阻 R_{17} 反馈至该门的另一输入端。与此同时，触摸产生的高电平使 8 输入端 IC_3 ($CD4078$) 输出低电平，经 C 及 R_{25} 微分形成一短暂的负电平脉冲。在这短暂时间里（即触摸 S_1 瞬间）， $S_2 \sim S_8$ 对应的“或”门右边输入端均被钳位

在低电平。这时， $S_2 \sim S_8$ 点没有被触摸，所以，除 S_1 对应的“或”门外，其余门均被锁定。这就完成了开关的互锁。

视频信号切换部分：由 $CD4066 \times 2$ 的 8 个模拟门和晶体管 V 组成。当模拟开关控制极收到某路输出的高电平信号时，使模拟开关导通，即选择相应某一路视频信号。这一信号经过 V 组成射随器缓冲后输出。

显示部分：这部分用来显示所选择的是哪一路信号，由 IC_6 (CMOS 工艺设计出的计数/锁存/驱动器 CH233) 和共阴极 7 段 LCD 数码管组成。

例 24 4 路输出电平指示器

一、应用电路

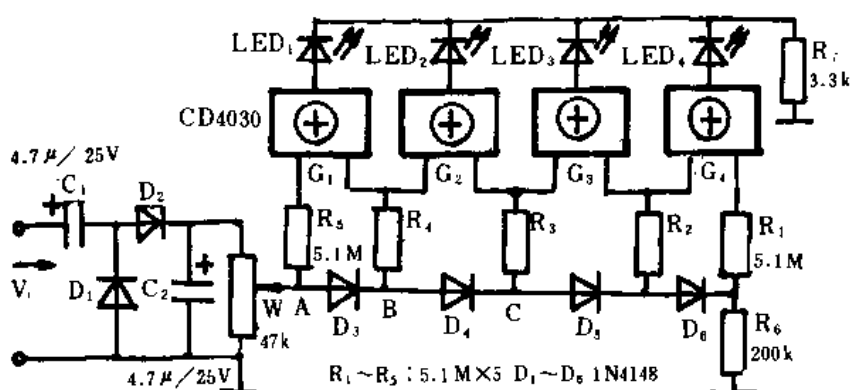


图 12-24 4 路输出电平指示器

二、电路结构说明

本电路为由 4 “异或”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4030) 等构成的 4 路输出电平指示器。

当正信号 V_i 输入时，其经 D_1 、 D_2 倍压整流， C_2 滤波，在电位器 W 中心点取出电压 (A 点电压)。当它刚好达到 G_1 输入端的阈值电平时 (约 $\frac{1}{2}V_{DD}$)，则 B 点及其右边侧各点电压均没达到阈值电平。于是对门 G_1 来说，其两输入端不同电平，输出高电平，第一只发光管 LED_1 亮。其它输入端均是低电平，所以， $LED_2 \sim LED_4$ 均不亮。当输入电压继续升高，使 B 点电压刚好达到阈值电平时，则 C 点及右侧各点均低于阈值电平，而 A 点超过阈值电平。对 G_2 来说两输入端电平是不同的，所以， LED_2 发光。而对 G_1 两输入端而言，则均为高电平，输出是低电平，即 LED_1 、 LED_3 、 LED_4 均不亮。可见随着信号的逐渐增大，光点从左到右移动。如信号是大小不断变化的音频信号时，光点左右跳动，成为亮点电平指示器。

当 $V_{DD}=18V$ 时，本电路“异或”门可直接驱动 LED。如 V_{DD} 较低时，应加一级晶体管放大后再驱动 LED。

例 25 双 10 段均衡图示 LED 的显示控制电路

一、应用电路

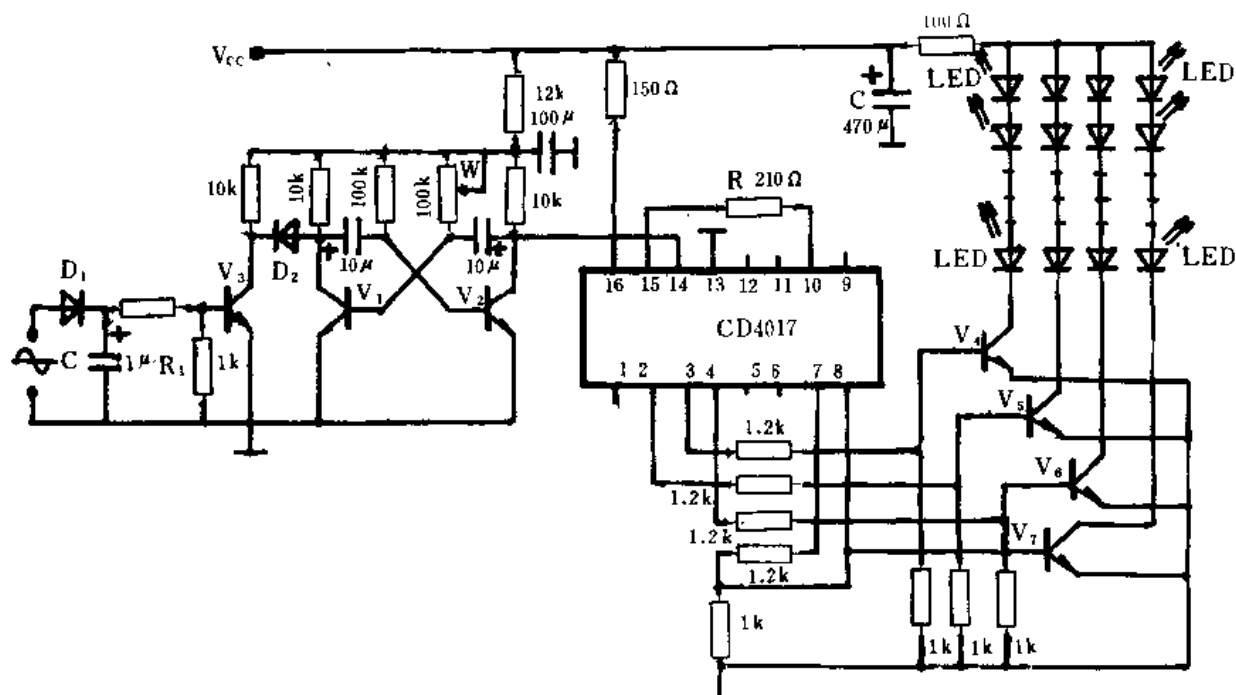


图 12-25 双 10 段均衡图示 LED 的显示控制电路

二、电路结构说明

本电路为由十进制计数器/分配器 CD4017 等构成的双 10 段均衡图示发光二极管 LED 的显示控制电路。

图中, 4 组 LED, 每组 5 只, 计 20 只。此 4 组 LED 既可按一定速度作 4 路循环; 循环的速度也可随音乐信号的强弱变化。不同乐曲, 电平高低不同, 循环的节奏也就产生各种各样的变化, 图形灵活多变。

电路中, 由 V_1 、 V_2 多谐振荡器的脉冲信号作用于 CD4017 ⑭脚, 于是由 CD4017 的第③→②→④→⑦脚依次输出高电平, 触发晶体管 $V_4 \sim V_7$ 带动各组 LED 依次发光。当无音频信号从 V_3 基极输入时, V_3 截止。 V_3 集电极为高电平, D_2 反偏而截止。 V_1 、 V_2 按设定的振荡频率工作。当有音乐信号输入时, 该信号经 D_1 整流, 对 C_1 充电, V_3 的 e—b 结有正偏而导通, V_3 集电极处低电平, D_2 正偏并导通。这时 V_1 、 V_2 的工作受到 D_2 导通电阻、 V_3 的 c—e 电极内阻的变化所带来的影响, 振荡频率产生高低变化。CD4017 输出脉冲的时间间隔也发生变化, 进而使 $V_4 \sim V_7$ 的导通时间也发生不规则变化, 20 只发光管 LED 被点亮的速度也就不断地发生变化。显然 D_2 起到开关作用。改变电位器 W 可改变 V_1 、 V_2 多谐振荡器的频率, 从而改变 4 组 LED 变化速度。

当计数器计至第 5 位时, ⑩脚输出高电平, 而⑮脚通过电阻 R 也得到高电平, 于是计数器复零。这时从头开始计数, 即从③→②→④→⑦脚, 周而复始地进行下去。

例 26 音频信号加密装置

一、应用电路

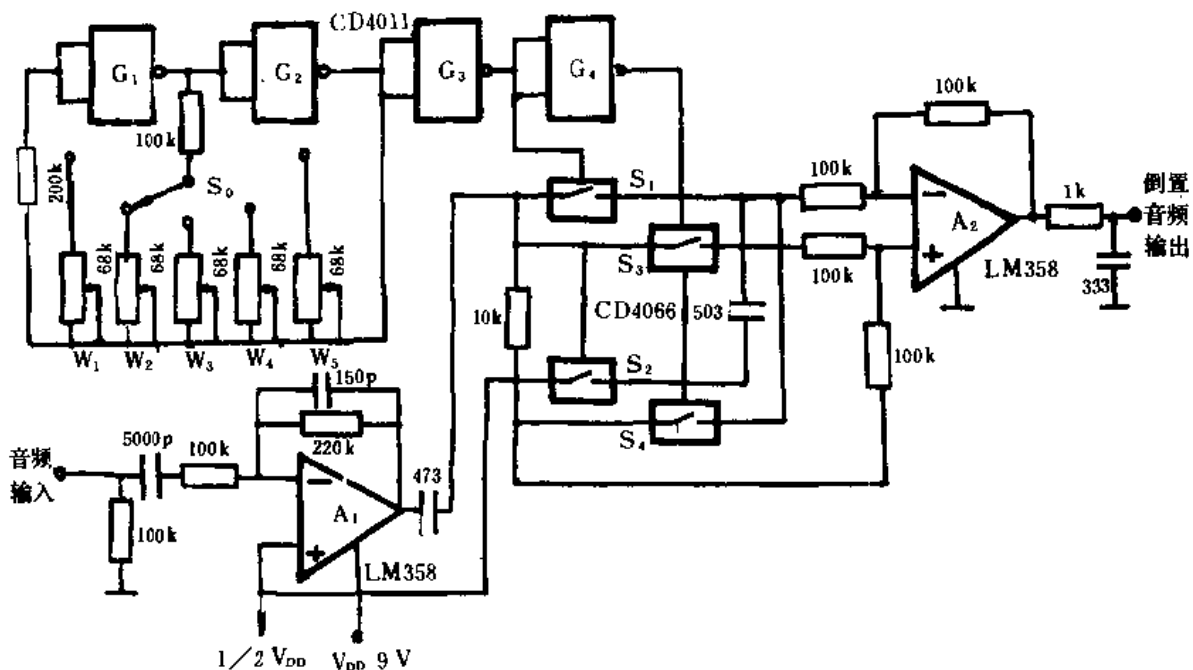


图 12-26 音频信号加密装置

二、电路结构说明

由 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 (G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4)、双向模拟门 CD4066 (S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4) 和双运算放大器 A_1 、 A_2 (LM358) 等构成的语音加密装置。

图 12-26 中, A_1 等组成输入 300~3000Hz 的带通滤波器; 模拟开关 S_1 ~ S_4 (CD4066) 的 4 个门组成平衡调制器; CD4011 的门 G_1 、 G_2 等组成载频产生器, 5 个 68k 电位器 W_1 ~ W_5 用来调定 5 个不同频率。载频选在 3500Hz 左右。这 5 个载波频率作为加密的密钥, 由 S_0 选择。而运放 A_2 组成单位增益差分放大, 输出端 1k 电阻和 333 电容组成低通滤波器。

解密怎么进行? 既然经过本装置后信号频谱产生倒置, 那么再经过一次本装置, 频谱就反过来了。所以该装置既可作加密又可作解密。该图中, 电阻用金属膜电阻; 电容用云母电容。

例 27 BP 发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 “与非” 施密特触发器 $\frac{1}{6}$ CD40106 (G) 等构成的 BP 发生器。

电路中, 晶体管 V (C1815) 与 C_1 、 C_2 、 W_2 等组成音频振荡器, 其中 C_1 、 C_2 、 W_2 又组成正反馈及起着电压提升作用, 而 $\frac{1}{6}$ CD40106 组成闸门控制着音频振荡器。振荡信号经 V (C1815) 放大后驱动 TDH 蜂鸣片发出 BP 的音响。改变 W 值, 可改变音频振荡器振荡频率, 从而改变 BP 的音调。

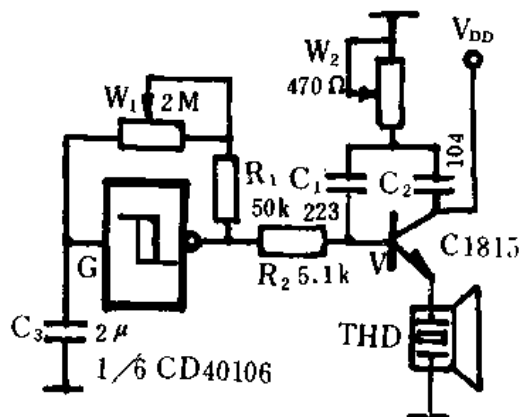
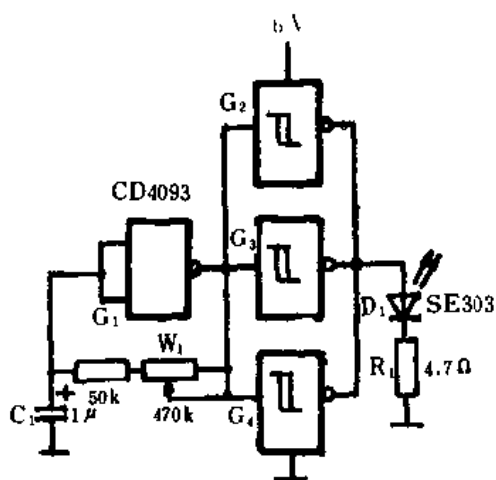


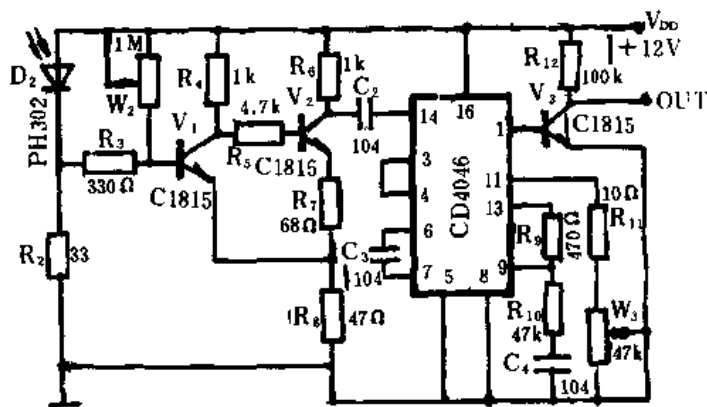
图 12-27 BP 发生器

例 28 红外线遥控器

一、应用电路



(a) 发射电路



(b) 接收电路

图 12-28 红外线遥控器

二、电路结构说明

2 输入端 4 “与非” 施密特触发器 $G_1 \sim G_4$ (CD4093) 等构成了红外线遥控器发射电路, 见图 12-28 (a)。

锁相环电路 CD4046 等构成遥控器接收电路, 见图 12-28 (b)。

发射电路中, 由 G_1 等组成多谐振荡器, 调节 470k 电位器使输出频率为 200~300Hz 的信号。该信号经 $G_2 \sim G_4$ 3 个门并联缓冲, 并扩展输出驱动能力后, 驱动红外发光二极管 SE303

发射至空间。

接收电路，主要由信号放大和锁相环组成。红外光电二极管 PH302 接收到由发射电路发射到空间的信号后，反向电阻迅速减小，引起晶体管 V_1 基极电流增大， V_1 和 V_2 组成高增益放大器，对 200~300Hz 的红外信号进行放大。放大后的信号经耦合电容 C_2 馈入锁相环电路 CD4046，信号在电路内部被进一步放大。由 C_3 、 R_{11} 、 W_3 和 CD4046 内部部分电路组成了锁相环路的压控振荡器，改变 W_2 值可使振荡器的中心频率与外来信号频率相一致。当振荡器的频率和相位与外来信号的频率和相位相同时，CD4046 输出端①脚电位大约为正 5V 输出。若发射器停止发射，信号频率就会变至 0Hz，①脚电压立刻降至零。

例 29 国际标准 A 音产生器

一、应用电路

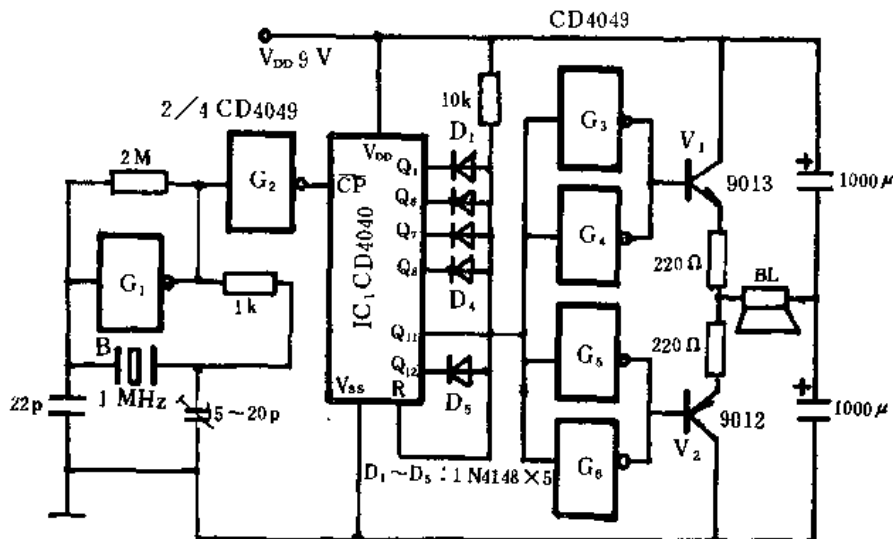


图 12-29 国际标准 A 音产生电路

二、电路结构说明

国际标准 A 音产生器，主要由 12 级二进制串行计数器/分频器 CD4040 (IC_1)、6 反相缓冲器 CD4049，以及晶振片 B、阻容元件等构成。其中，CD4049 的门 G_1 与晶振片 B 等组成振荡器，产生振荡频率为 $(1\text{MHz}/2273=440\text{Hz})$ 脉冲信号。440Hz 信号是国际标准 A 音，它可作为乐队校音器使用。

振荡器输出的脉冲，经门 G_2 的整形后，送至 IC_1 的 $\overline{CP}$ 端。 IC_1 计数值由 Q_1 、 Q_6 、 Q_7 、 Q_8 、 Q_{12} 端与二极管 $D_1 \sim D_5$ 组成的分频网络，产生分频系数为 $2^0 + 2^5 + 2^6 + 2^7 + 2^{11} = 2273$ 后输出。也就是从 IC_1 的 Q_{11} 端输出 440Hz 的音频信号。此信号经 $G_3 \sim G_6$ 门缓冲和 V_1 、 V_2 互补推挽放大后，推动扬声器发出国际标准 A 音。

例 30 双音响电路

一、应用电路

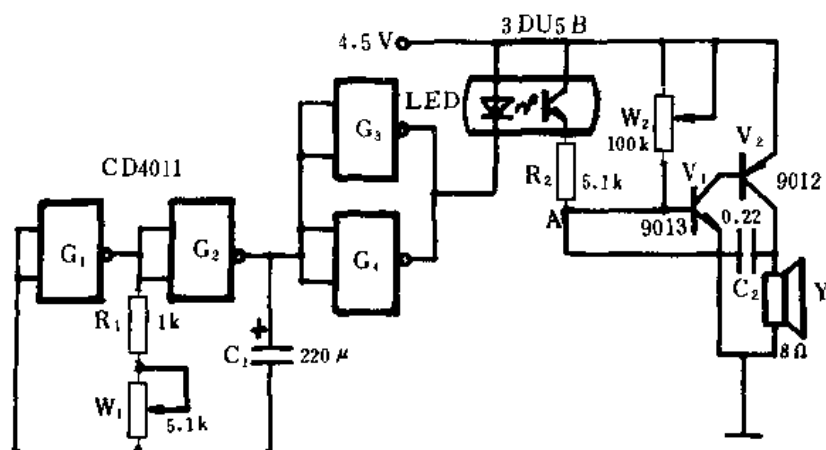


图 12-30 双音响电路

二、电路结构说明

双音响电路主要由 CD4011 (门 $G_1 \sim G_4$)、光电管、晶体三极管、阻容元件等构成。

CD4011 的门 G_1 、 G_2 和阻容元件组成多谐振荡器，振荡信号频率由电位器 W_1 控制。门 G_3 、 G_4 并联是为了加大吸收电流能力，以驱动 LED 发光。晶体管 V_1 、 V_2 是一对互补管，由于 C_2 形成正反馈，使晶体管 V_1 、 V_2 与阻容元件组成音频振荡器。其频率受 A 点电位控制。从电路总体上讲，多谐振荡器控制光电管，光电管又控制音频振荡器。

当 LED 不亮时，光敏管 3DU5B 无光照，其等效电阻较大（可视开路）。此时，A 点的电位由 W_2 决定。因此音频振荡器产生 f_1 音频信号。当 LED 亮时，3DU5B 管受光照，其等效电阻较小（可视短路）。此时，A 点电位由 W_2 与 R_2 并联等效电阻决定，因此音频振荡器产生 f_2 音频信号。

通电后，多谐振荡器控制了 LED 的闪光，间接地控制了音频振荡器 f_1 与 f_2 两种频率的转换，进而使扬声音器发出双音响。

例 31 4 单音序列发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

时基电路 NE555、双 D 触发器 CD4013、2 输入端 4 “或非”门 CD4001、2 输入端 4 “与非”门 $2 \times$ CD4011 和运算放大器 $\mu A741$ 等构成 4 单音序列发生器。声音序列发生器，是电子乐器中重要部件。它的功能是自动播放程序可控的一系列单音。倘若播送速率很快，单音系列变为合成音乐而输出。

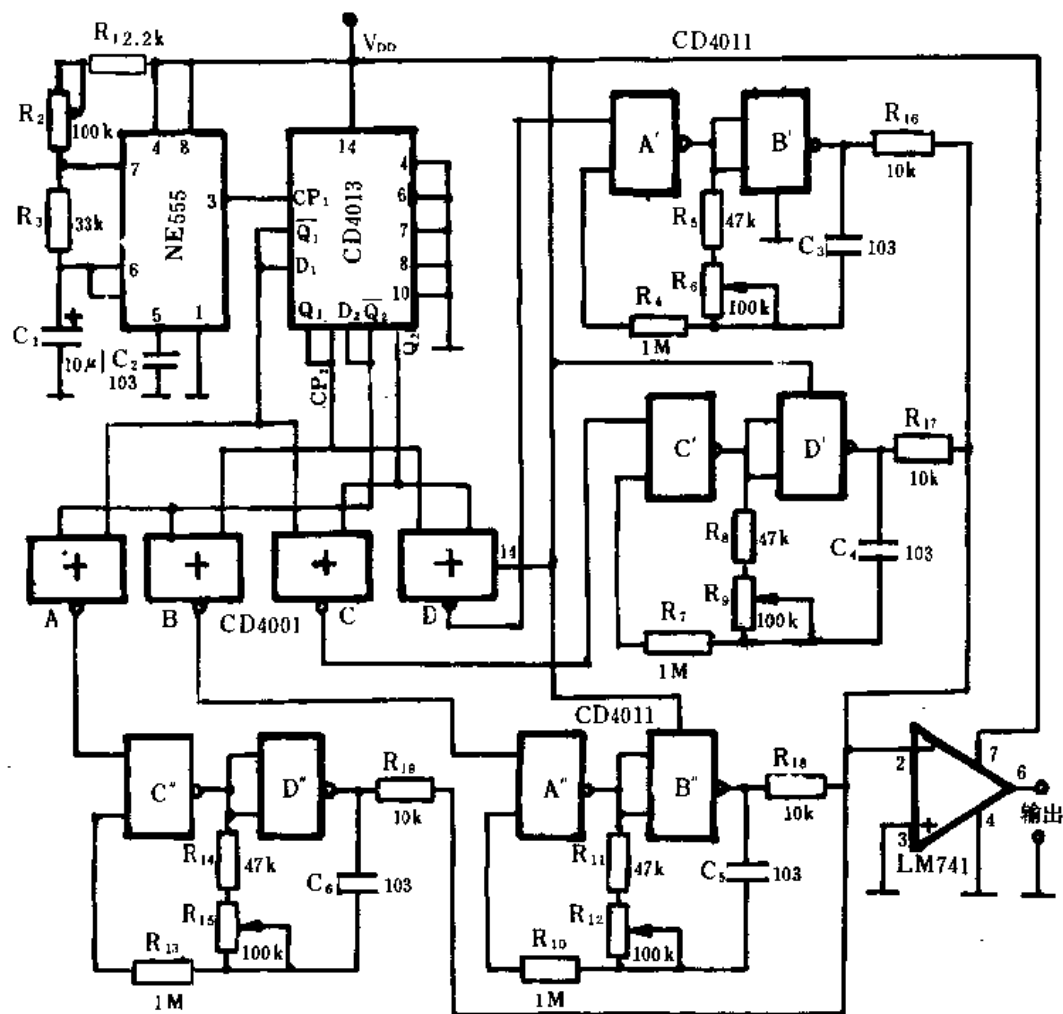


图 12-31 4 单音序列发生器

当时基电路 NE555 输出的方波脉冲信号，给双 D 触发器 CD4013 的第一级时钟端 CP₁ 时，触发器得到触发，Q₁ 输出二分频信号。一路输给第二级 D 触发器的时钟端 CP₂；另一路给“或非”门 B、D 的一个输入端。第二级触发器 Q₂ 输出接“或非”门 C、D 的一个输入端。其中 $\overline{Q_1}$ 接“或非”门 A、C 另一个输入端， $\overline{Q_2}$ 接 A、B 的一个输入端。它们分别控制着 4 个无稳态多谐振荡器（由 2 个“与非”门组成的）。而 4 个振荡器的输出在运算放大器叠加后再输出。当循环输出 4 种不同单音的序列脉冲，其循环速率很高时，便形成 4 种音响合成器。

调整时基电路 NE555 时间常数，即调整电路中 R₂、C₁ 值，可达到调节振荡器的振荡持续时间。

例 32 4 音响发生电路

一、应用电路

二、电路结构说明

4 声音响发生电路, 由 IC_1 (NE556)、 IC_2 (CD4051) 和阻容元件组成。它能产生单音、双音、节拍声和间歇音响等 4 种声音。

电路中, IC_1 ($\frac{1}{2}$ NE556) 和 R_1 、 R_2 、 C_1 组成无稳态多谐振荡器, 输出 $f=2\text{Hz}$ 的脉冲信号; IC_1 ($\frac{1}{2}$ NE556) 与 R_3 、 R_4 、 C_2 组成音响振荡器。单 8 通道模拟双向开关 IC_2 (CD4051) 的控制端 A(⑪脚)、B(⑩脚)、C(⑨脚), 只用 A、B 两输入端, C 接 GND。A、B 输入“0”、“1”脉冲信号时, 则有 $2^2=4$ 种状态, 可控制 IC_2 的 4 个通道, 剩余 4 个通道不用。

当 IC_1 多谐振荡器, 从⑤脚输出 $f=2\text{Hz}$ 脉冲信号加至 IC_2 的③脚, 而 IC_2 输入端 A=“0”, B=“0”时, IC_1 的音响振荡器, 发出双音频声。当 A=“1”、B=“0”时, 多谐振荡器的 2Hz 信号不发生控制作用, 因此它只发出约 900Hz 的单音信号。当 A=“0”、B=“1”时, 2Hz 的信号加至 IC_1 的⑩脚, 于是产生间歇的音响。当 A=“1”、B=“1”时, 产生短促的节拍声。

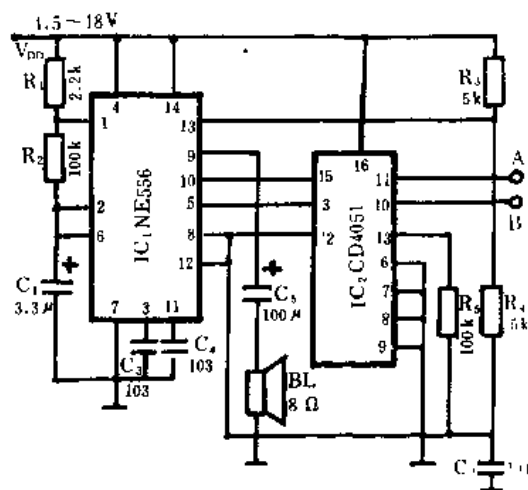


图 12-32 4 音响发生电路

例 33 彩电网格信号发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

彩电网格信号发生器电路, 主要由 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_7$)、双 4 位二进制加法计数器 CD4520 (IC_{1a} 、 IC_{1b})、2 输入端 4 “与非”门 7/4CD4011 ($F_1 \sim F_7$) 等构成。其中, G_1 、 G_2 与 G_3 、 G_4 分别构成行驱动振荡器与场驱动振荡器。门 G_5 作为缓冲器。

行振荡器、场振荡器的时钟信号分别输入到计数器 IC_{1a} 、 IC_{1b} , 并产生行场同步脉冲及其消隐期。行消隐期: IC_{1a} 的 Q_3 和 Q_4 端均输出高电平。这样, CD4011 的门 F_1 的输出端便是已除行消隐期以后的信号。消隐脉冲经 C_5 和 R_7 产生行同步脉冲。

场同步脉冲的产生与上述情况相似。计数器 IC_{1b} 的输出端加入门 G_7 , 并反馈至复位端 R。所以, IC_{1b} 的 Q_2 与 Q_4 均为高电平。其部分取出场消隐脉冲, 经 C_6 和 R_8 微分后得到场同步脉冲。

行、场同步脉冲在 CD4011 的门 F_4 组合。这时, 分别经门 F_1 和 F_7 的控制和反相后的垂直信号 $\overline{VB}$ 和水平信号 $\overline{HL}$ 在 F_3 相加。两者, 最后在 V (3DK4) 管中合成了视频信号, 再送到 UHF 调制器。

本电路按元件值适合于 625 行 50 场的制式。如需标准 1V 信号, 则输出还需衰减; 如需其他制式, 电路中元件值还需作调整。 C_3 、 R_5 是作微分产生垂直线条的元件。

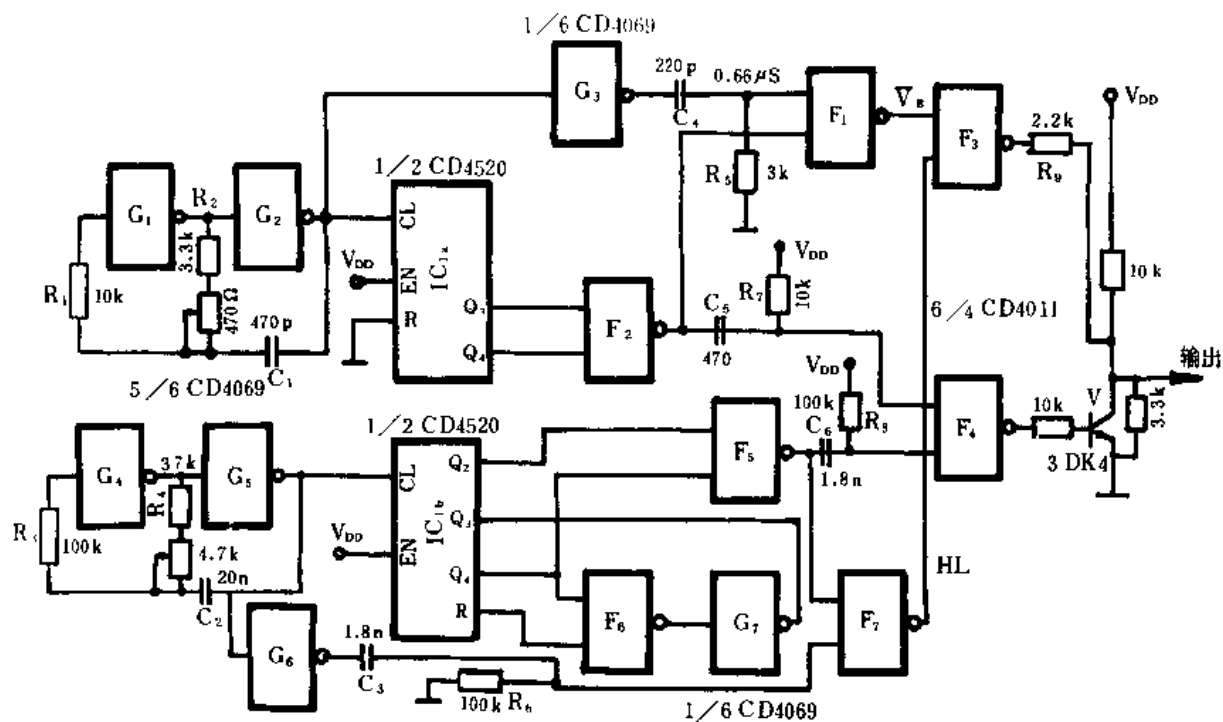


图 12-33 彩电网格信号发生器

例 34 10 音连响发生器

一、应用电路

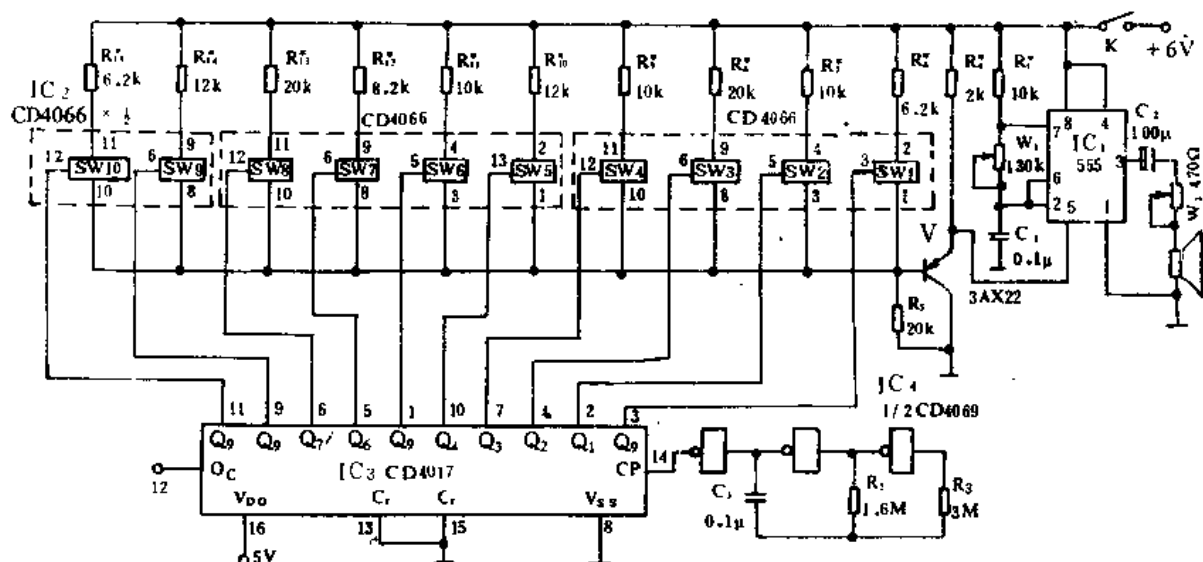


图 12-34 10 音连响发生器

二、电路结构说明

10 音连响电路主要由十进制计数器/分配器 CD4017、6 反相器 CD4069、6 双向模拟开关 CD4066、时基电路 NE555，以及三极管、阻容元件等组成。其中，NE555 与 R_1 、 W_1 、 C_1 组成可控多谐振荡器。这个多谐振荡器 IC_1 (NE555) 的⑤脚与射随器 V 相接。电阻网络 $R_6 \sim R_{15}$ 与 IC_2 ($\frac{5}{2}$ CD4066) 联成程控无触点电位器。6 反相器 IC_4 ($\frac{3}{6}$ CD4069) 和 R_2 、 R_3 、 C_3 组成周期约为 0.6s 的振荡器。

当 6 反相器 IC_4 (4069) 输出振荡脉冲给 IC_3 (CD4017) ④脚作时钟脉冲 CP 时， IC_3 的 $Q_0 \sim Q_9$ 便输出计数脉冲，直接控制 IC_2 的 ($\frac{5}{2}$ CD4066) 模拟门开关，使模拟门开关依次开通。同时， IC_2 输出并加至射随器 V 的基极，使 V 受时序脉冲的控制。 IC_2 每个门开关接通电阻网络中不同阻值的电阻，使其与 R_5 组成分压网络。于是，在不同门开关接通后，在 V 基极上偏置不同，以至输给 IC_1 控制极⑤脚上的电压就不相同。这样就改变了 IC_1 内部比较器的基准电压值，使 IC_1 在多谐振荡中产生不同的音频输出，进而扬声器发出不同声调的声音。因此，改变电阻网络中 $R_6 \sim R_{15}$ 的值，可使扬声器发出 10 个音调不同的声音，且周而复始，形成连响。

例 35 多音响发生电路 (1)

一、应用电路

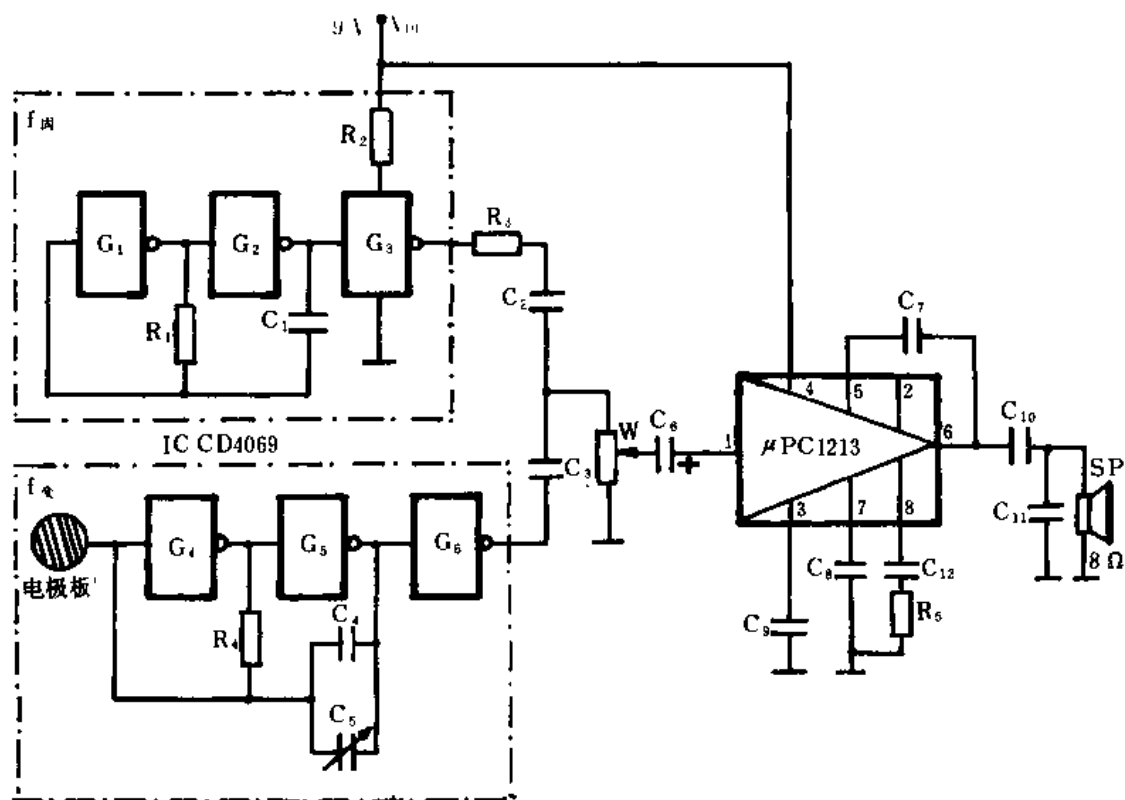


图 12-35 多音响发生电路 (1)

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069)、功放集成电路 $\mu PC1213C$ 等组成的多音响电路，

也称为奇异的电子琴电路。它会随着演奏者的双手动作发出不同的音调。

图中。 $f_{固}$ 虚线框内 $G_1 \sim G_3$ 等组成固定频率振荡器，其振荡频率由 R_1 、 C_1 决定。 $f_{变}$ 虚线框内由 $G_4 \sim G_6$ 等组成可变频率 $f_{变}$ 振荡器。振荡频率由 R_4 、 C_4 、 C_5 及电极板与演奏者手势之间形成的寄生电容所决定。随着演奏者挥舞的手势不同，电极板与手之间产生的寄生电容量大小不同，与 C_4 、 C_5 相加后，影响 $f_{变}$ 的频率。 $f_{变}$ 与 $f_{固}$ 两者不同频率叠加时就产生差拍频率，发出不同效果的音调。

电极板可用敷铜板或铝板制作，面积大些。这样，人的手挥舞范围，距离都可适当加大些。 $\mu PC1213C$ 对差拍信号进行放大，最后推动喇叭发出各种奇异的声音。

例 36 多音响发生器电路 (2)

一、应用电路

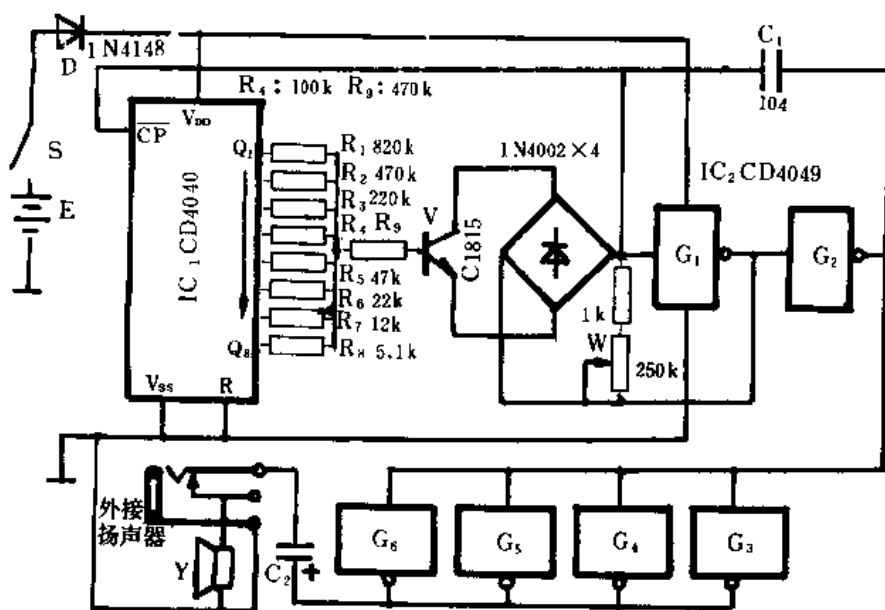


图 12-36 多音响发生器电路 (2)

二、电路结构说明

采用 6 缓冲反相器 IC_2 (CD4049)、12 级二进制串行计数器/分频器 IC_1 (CD4040) 和阻容元件等构成一种多音响发生器电路。

电路中，由 IC_1 与外围电阻 $R_1 \sim R_8$ 组成 D/A 变换器。 IC_2 (CD4049) 的门 G_1 、 G_2 与晶体管 V 、定时网络 (包括 C_1 、 R_{10} 、 W 和 $1N4002 \times 4$) 组成压控振荡器。桥式电路 $1N4002 \times 4$ 起压控电阻的作用。 IC_2 的门 $G_3 \sim G_6$ 并联后作缓冲放大器。

按下开关 S ，压控振荡器开始振荡，产生相当低的频率信号。然而，随着 D/A 变控器所提供的控制电压的增大，振荡器输出的振荡信号频率逐渐提高。也就是说，当计数器 IC_1 无输出时，流入 V_1 基极电流很小，使压控振荡器的控制电压很低。随着计数器输出电压升高， V 基极电流随着增大，于是压控振荡器产生的振荡信号频率也就升高。在这一过程中，若改变线性电位器 W 的阻值，便会使扬声器发出多音响效果。例如，警笛声、鸟叫声、宇宙飞船声等。倘若要增大音量，可外接功放和扬声器。

例 37 颤音电路

一、应用电路

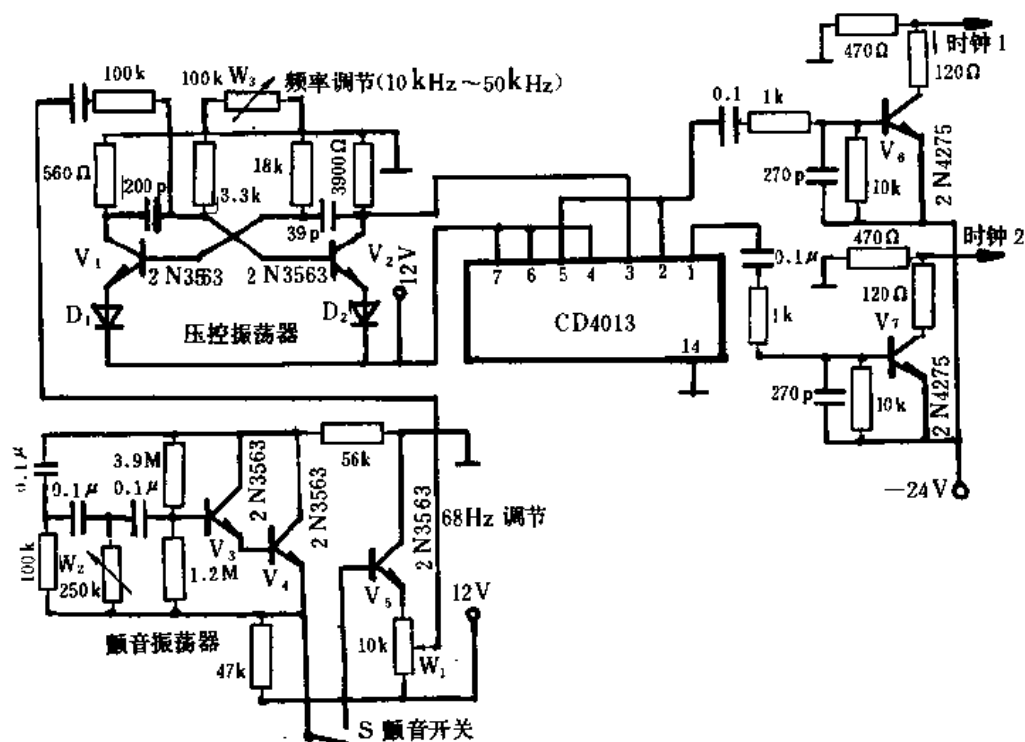


图 12-37 颤音电路

二、电路结构说明

常见于对音乐合成器的主合成部分进行频率调制的颤音电路，主要由双 D 触发器 CD4013、压控振荡器、颤音振荡器等构成。

颤音电路中，晶体三极管 V_1 、 V_2 (2N3563)、二极管 D_1 、 D_2 (1N913) 及阻容元件组成了压控振荡器。压控振荡器输出脉冲给 $\frac{1}{2}$ CD4013 组成的双 D 触发器和由 $\frac{1}{2}$ CD4013 接成的二进制触发器。CD4013 的①脚为 Q，⑤脚为 D 与②脚 $\bar{Q}$ 接在一起，④脚为 R 与③脚 S 接 V_{DD} (12V)，而⑭脚接 GND。其 Q 和 $\bar{Q}$ 输出反相的二分频脉冲信号。这二分频脉冲信号分别经 V_5 、 V_6 (2N4275) 反相放大后输出 2 个时钟信号。颤音振荡器由颤音开关 S 控制，受电位器 W_2 (250k) 调节。它输出的时钟脉冲信号给压控振荡器。电位器 W_3 (100k) 可以在 10~500kHz 范围内调节时钟脉冲信号的频率。

例 38 噪声抑制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

这是由运放 $\frac{1}{4}$ LM324 的 2 个门 A_1 、 A_2 和传输门 G ($\frac{1}{4}$ CD4066) 等构成的噪声抑制电路。

电路中, 运放 A_1 和二极管 VD 、电容 C_3 、电位器 W 共同组成检波、滤波电路, 其输出的直流电平 V_0 随输入的音频信号大小而变化。在运放 A_2 的反相输入端设定一个抑制电平 V_- 。显然, 当 $V_0 < V_-$ 时, 传输门 G 被关断, 音频信号不能传送到下一级电路中去。

正常音频信号到来时, $V_0 > V_-$, 传输门 G 导通, 音频信号顺利传送到下一级电路。因此, 为了保证正常音频信号的幅度降至所设定的噪声电平 V_- 以下也不致于被抑制的话, 就需要有一个延迟调节, 即调节 W 的值, 以延迟 G 的关闭, 让正常音频信号通过。

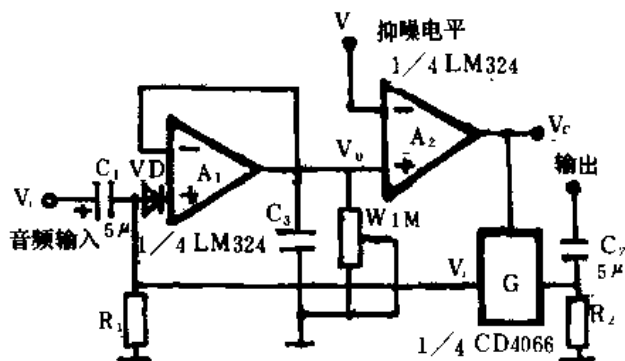


图 12-38 噪声抑制电路

例 39 多种曲调的音响电路

一、应用电路

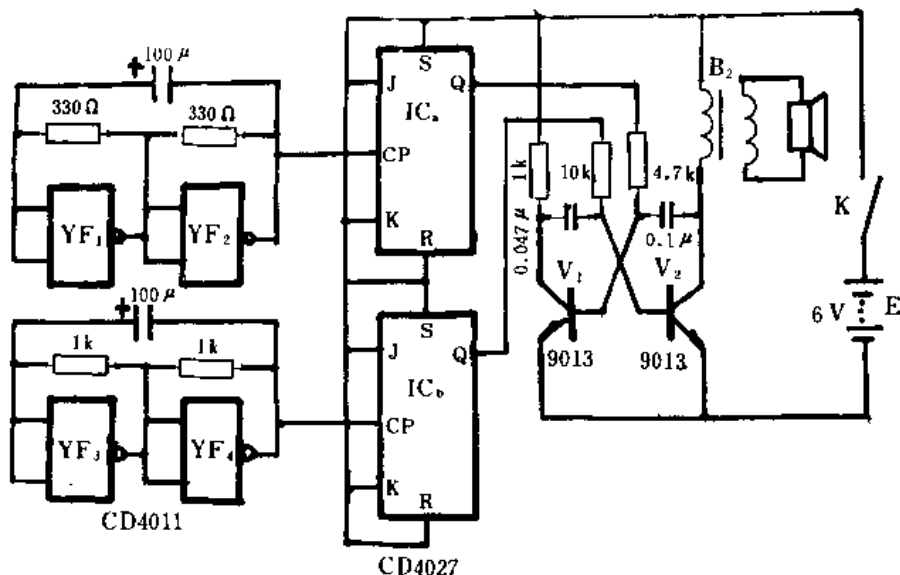


图 12-39 多种曲调音响电路

二、电路结构说明

2 输入端 4 “与非”门 $YF_1 \sim YF_4$ (CD4011)、双 J-K 主从触发器 CD4027 等构成的多种曲调的音响电路。

电路中, YF_1 、 YF_2 和 YF_3 、 YF_4 分别组成 2 级多谐振荡器。两组振荡器产生的时钟脉冲

分别送至 J-K 触发器的时钟触发端 CP, 两个晶体管 V_1 、 V_2 组成音频振荡器, 其 2 个基极电阻分别接至两个 J-K 触发器输出端 (Q 端)。当 Q 端为高电平“1”时, 该触发器所接的基极电阻相当于接 V_{DD} 正端; 当 Q 端为“0”时, 该电阻相当于接 GND。这样两 J-K 触发器的 Q 端不断在“0”和“1”之间变化, 则在扬声器中就可听到多种曲调的音响声音。

例 40 多音调发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种多音调发生器, 采用十进制计数器/分配器 CD4017、2 输入端 4 “或非”门 $\frac{3}{4}$ CD4001 与波段开关构成。其中, $\frac{3}{4}$ CD4001 组成 R-S 触发器。

当外接音调信号从 CD4017 的 CP 端输入, 其输出端与波段开关 K 对应相接, 且依次得到 10 分频、9 分频……2 分频和原频。也就是波段开关可以输出 10 种不同的音调信号。

若将原频与其中一分频信号通过 R-S 触发器混合, 可以产生奇趣的音调混响效果。

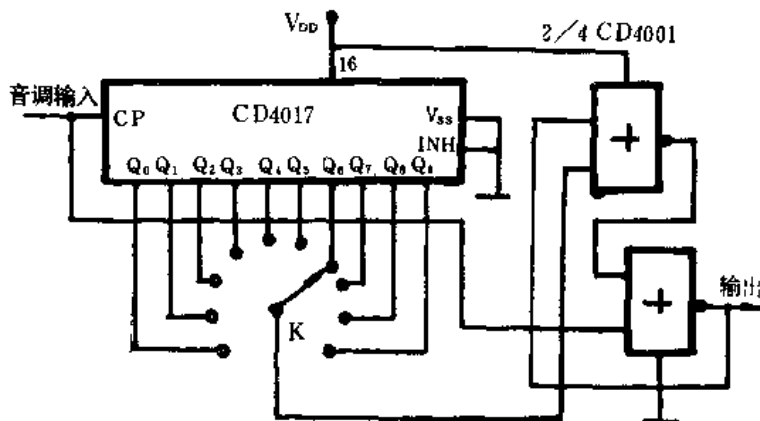


图 12-40 多音调发生器

例 41 音乐合成

序列发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

这种音乐合成的序列发生器, 主要由十进制计数器/分配器 CD4017、时基电路 NE555 和双向模拟门开关 CD4066 等构成。时基电路 NE555 和外围阻容元件组成基音振荡器, 输出矩形脉冲信号。10 个双向模拟门的门其输出端接在一起, 而输入端分别与 10 个电位器 ($R_1 \sim R_{10}$) 接 V_{SS} 。

当基音振荡器输出的矩形脉冲信号驱动 CD4017 工作时, CD4017 从 $Q_0 \sim Q_9$ 输出正

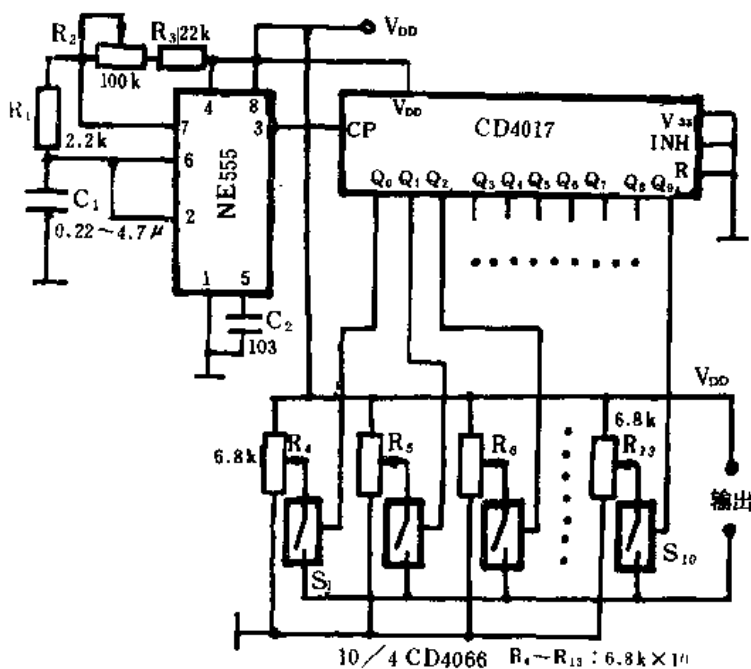


图 12-41 音乐合成序列发生器

脉冲。这一系列正脉冲传输给 10 个双向模拟门。若此时，某个控制端为高电平，对应的模拟门被导通。与模拟门相接的电位器得到信号电压。这样，10 个电位器，可以得到 10 种不同的电压幅度，可以组成幅度不同的 10 个脉冲序列。它们去驱动外接的压控振荡器，便能实现音乐合成器的功能。

例 42 音色与音调效果可调电路

一、应用电路

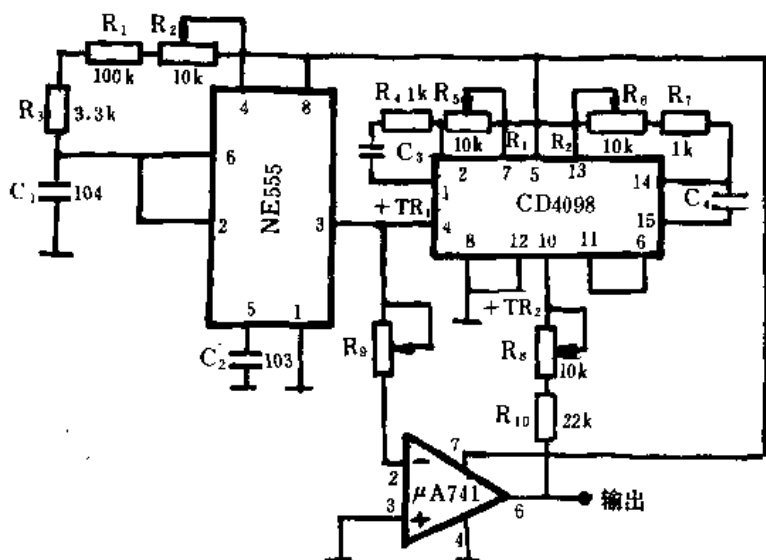


图 12-42 音色与音调效果可调电路

二、电路结构说明

音色与音调效果可调电路，采用时基电路 NE555、双单稳触发器 CD4098 或 CD4528、运算放大器 $\mu A741$ 、电位器等构成。其中，时基电路 NE555 和外围阻容元件组成产生含有丰富谐波的矩形脉冲信号器。

NE555 产生的矩形脉冲信号，一路经 R_9 电位器送达运算放大器 $\mu A741$ 的反相输入端；另一路送至第一级单稳触发器 $\frac{1}{2}$ CD4528 的④脚（此时单稳触发器 $R = "1"$ ， $TR_1 = "1"$ ），脉冲上升沿对④脚触发，使之 Q_1 端输出正脉冲。而第二级单稳触发器（此时 $R_2 = "1"$ ， $+TR = "0"$ ），构成脉冲下降沿触发。第一级的 Q_1 端的脉冲下降沿触发 $-TR_2$ 端，使 Q_2 也输出正脉冲信号。这就是说，从 NE555 的③脚输出经二级单稳触发器延迟后输出。

第一级输出脉冲宽度（延迟），由电位器 R_6 或 C_3 调定，第二级输出脉冲宽度受第一级影响外，还由 R_6 或 C_4 调定。调整 R_2 可以改变基本信号的频率；而改变电位器 R_8 、 R_9 ，可改变基本信号和延迟信号的电平。这两者信号在运放 $\mu A741$ 的混合后输出。可见，改变电位器 R_2 、 R_5 、 R_6 、 R_8 和 R_9 ，电路产生的声音信号将具不同音色与音调。

例 43 带重音的音响节拍器

一、应用电路

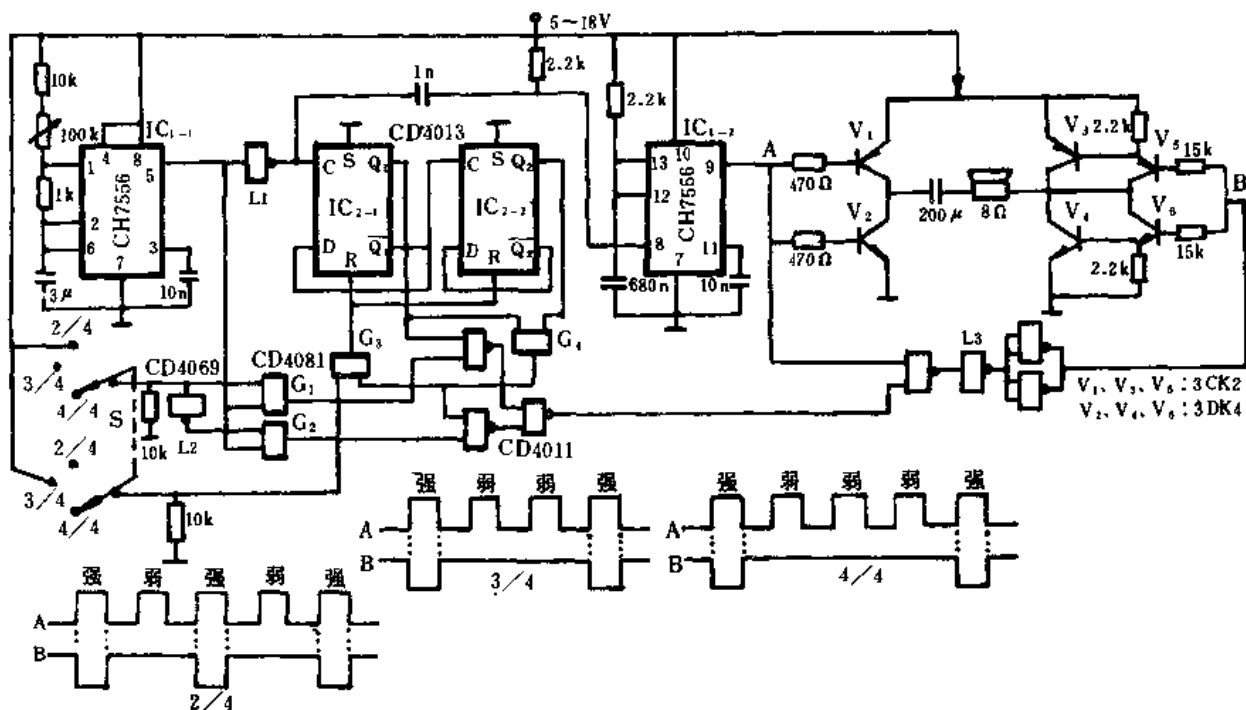


图 12-43 带重音的音响节拍器

二、电路结构说明

带重音的音响节拍器，是由双时基电路 CH7556、双 D 触发器 CD4013、“与”门 CD4081 ($G_1 \sim G_4$)、“与非”门 CD4011、6 反相器 CD4069 ($L_1 \sim L_3$)、以及晶体三极管 V_1 、 V_2 、 V_3 (3CK2)， V_4 、 V_5 、 V_6 (3DK4) 等组成。其中，双时基电路 $\frac{1}{2}$ CH7555 组成 IC_{1-1} 无稳态多谐振荡器， $\frac{1}{2}$ CH7555 组成 IC_{1-2} 单稳态电路。

当 IC_{1-1} 的振荡脉冲信号经反相器反相后，一路经 RC 微分，再经 IC_{1-2} 到达电路中 A 点。可以看出，A 点频率和振荡器 IC_{1-1} 频率相同；另一路经双 D 触发器 IC_{2-1} 、 IC_{2-2} (CD4013) 的 4 或 2 分频，再经一些门 (CD4011 组成) 组成的控制电路达到电路中 B 点。B 点的信号与 A 点信号同步，但频率不同。

当双掷开关置于“ $\frac{1}{4}$ ”位置时， IC_{2-1} 、 IC_{2-2} 的复位端 R 处于低电平，因此 Q_1 和 Q_2 经“与”门 (CD4081) 译码输出是 4 分频。输出信号又通过“与非”门 (CD4011)、反相器将时钟信号选通到 B 点。

当开关置于“ $\frac{3}{4}$ ”位置时，双 D 触发器构成 3 分频，其输出信号同样将选通送到 B 点。

当开关置于“ $\frac{2}{4}$ ”位置时，输出信号将改由 Q_1 直接选通到 B 点，频率为 2 分频。

从电路中可以看出：A 点与 B 点的信号同步，但不同频率，且反相，所以在时钟脉冲到达时，信号得到加强。它通过晶体管 $V_1 \sim V_6$ 放大，驱动扬声器产生重音。但仅有 A 脉冲到达时，产生弱音。总之，整个电路能够按 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{3}{4}$ 、 $\frac{2}{4}$ 的音乐节拍，发出“强弱弱弱”、“强弱弱”、“强弱强弱”的节拍信号。

例 44 VGA 同步信号自动发生器

一、应用电路

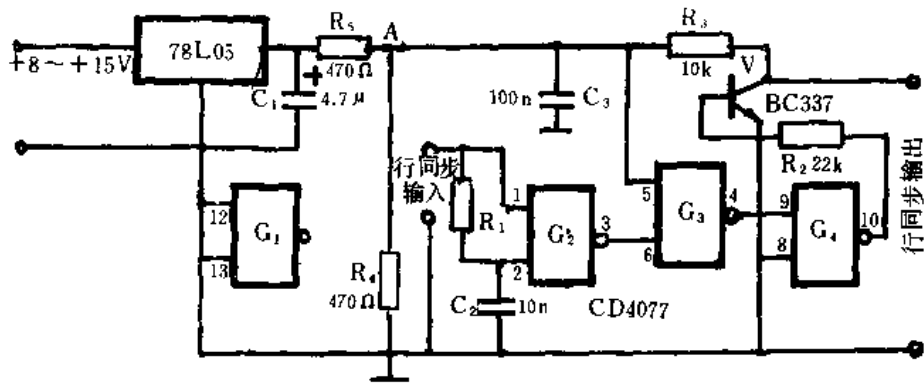


图 12-44 VGA 同步信号自动发生器

二、电路结构说明

VGA 同步信号自动发生器电路，主要由 2 输入端 4 “异或非”门 CD4077 ($G_1 \sim G_4$)、晶体管 V、阻容元件等构成。它不论输入信号是正极性或负极性，均能生成负向同步脉冲。

5V 电压经 R_5 、 R_4 分压后，在 A 点得到约 3.5V 电压，供电路使用。分压的目的，一是降低电源电压，二是输入信号就不必经放大即可输入电路。在“异或非”门 G_2 的输入端接上 R_1 、 C_1 ，当输入外加负同步脉冲时，不会因负同步脉冲之窄，而使 C_2 放电后电压低于门 G_2 的输入端阈值电平，以保证脉冲不反相。显然，若输入的是正向脉冲， C_1 端电压不能突变。因此，门 G_2 的输出为高电平。

门 G_3 是作为缓冲器；门 G_4 作反相器；晶体管 V 作电流放大器，在 V 的集电极输出行同步信号。门 G_1 弃用，其输入端接 GND。

例 45 PC 机安全复位开关

一、应用电路

二、电路结构说明

由时基电路 NE555 (IC_1)、2 输入端 4 “与非”门 CD4011 ($G_1 \sim G_4$)、蜂鸣器 HTD 等构成 PC 机安全复位开关。由于 PC 机复位按钮开关在机箱面板上，一不小心按动它，就会造成输入的数据全部丢失。设置本开关电路后，它会发出声响提醒人们及时纠正误动作。

电路中，AN 是复位按钮。按下它时， IC_1 组成的单稳态电路被触发，其

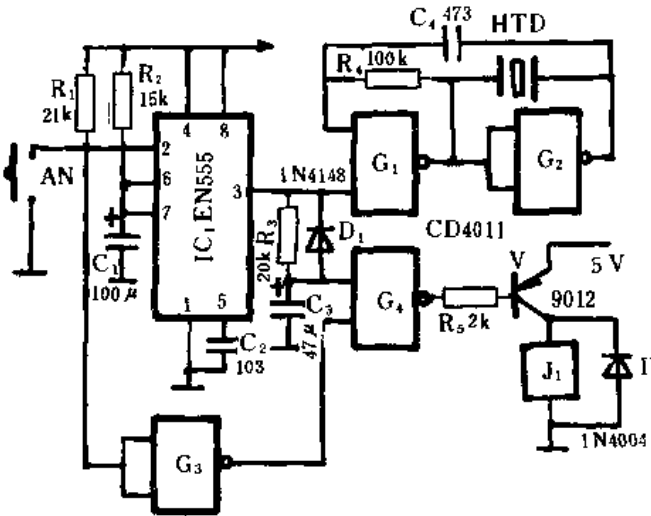


图 12-45 PC 机安全复位开关

②脚变为低电平，而③脚输出高电平。CD4011 的门 G_1 、 G_2 组成振荡器开始工作，并输出振荡信号使蜂鸣器发出声音，以提醒人们要进行复位操作。

若要复位，则需按住 AN 按钮几秒钟后， C_3 上的电压充电至门 G_4 输入端的阈值电平后，门 G_4 才输出低电平，晶体管 V 导通，继电器 J_1 吸合，其常开触点 J_{1-1} 闭合。于是，计算机 (PC) 便会进行复位操作。

然而，若无意中按下复位开关 AN，那么 HTD 就蜂鸣，提醒人们要立即予以解除。

例 46 FM 解调器

一、应用电路

二、电路结构说明

FM 解调器，实际上是用锁相环电路 CD4046 与外围阻容元件构成。

当被 400Hz 音频信号调制至 10kHz 载频的调频信号，从 CD4046 的⑭端输入时，经 FM 解调器电路后，从⑩端输出被解调的音频信号。

整个 FM 信号的幅度是 500mV，其中心频率由 R_1 、 C_1 的值确定。

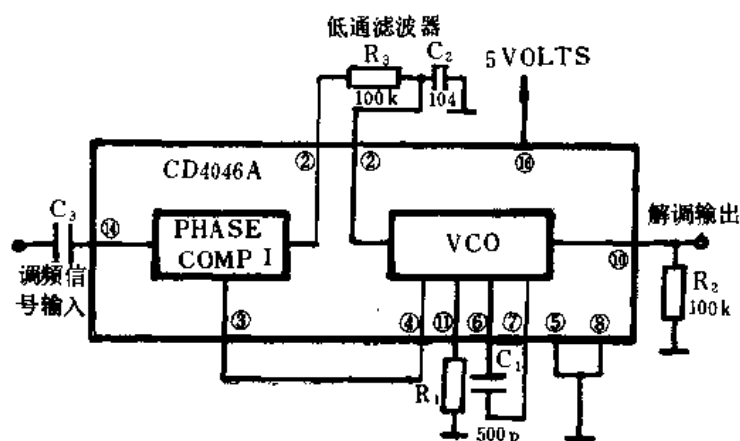


图 12 46 FM 解调器

例 47 单片 BP 机呼叫声电路

一、应用电路

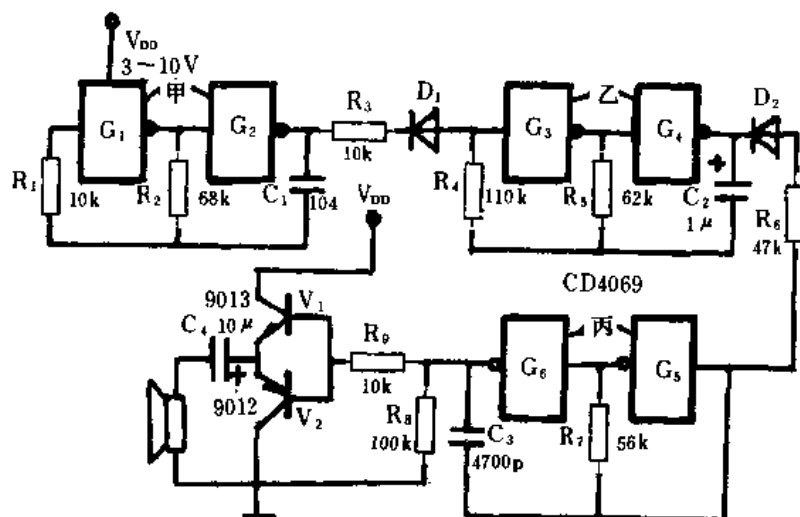


图 12-47 单片 BP 机呼叫声电路

二、电路结构说明

单片 BP 机呼叫声电路，由 6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$)、阻容元件、三极管等构成。

くまなく集りて居るに

例 48 声响与数显 9 路抢答器

图 12-48 声响与数显 9 路抢答器

二、电路结构说明

本电路为由十进制—BCD 变换器 IC₁ (C304)、4 输入端双“或非”门 IC₂ (CD4002 或

C037)、2 输入端 4 “或非”门 CD4001 和 CMOS—LED 组合器件 CL102 等构成的具有显示号码和声响的 9 路抢答器。先抢答者能显示其号码,并发出警示声响,后抢答者则不能。

当按钮开关 $S_1 \sim S_9$ 全部释放时, IC_1 的输入端 $I_1 \sim I_9$ 均为低电平, IC_1 的输出端 $Q_A \sim Q_D$ 为“0000”, 则 CL102 的输入 A、B、C、D 为“0000”, CL102 的输出端 $Q_A \sim Q_D$ 均为低电平。 IC_2 输出高电平, 使 CL102 的 BL = “1”, 而处于消隐状态, 同时声警示部分由于门控端为高电平而无声。此时 CL102 的⑦脚 (V) 为低电平, ②脚 LE 也为低电平, CL102 处于接收按钮信号的置入。

当按下某一按钮 (例如按下 S_3 按钮), 该按钮对应 IC_1 的输入端 I_3 为高电平, 经 IC_1 的变换输出一个与按钮 S_3 编号相应的 BCD 码 “0011”。这时, CL102 的输入端为 “0011”, 其输出端也为 “0011”, 而 Q_C 、 Q_D 为高电平, 经 IC_2 反相为低电平, 使 CL102 的 BL = “0”, 而显示出数字 “3”。这数字即按钮 S_3 的编号。当 IC_2 输出低电平时, 触发由 IC_3 (CD4001) 4 个门组成的振荡器起振, 从喇叭中听到警示声, 表示某按钮 (如 S_3) 已领先按下。

当 LED 显示时, 其电流经 R_{10} 后, 使 CL102 的 V 脚变高电平; 经 R_{11} 、 C_{10} 很短的延时, LE 脚很快上升为高电平, 锁存 S_3 的按钮信号, 使随后按下的其它按钮信号均无效。

图 13-48 中, $C_1 \sim C_9$ 为消除按钮部分引线较长的干扰。按钮 N 是复位键, 按下 N 时, LE = “0”, IC_1 复位。

例 49 显示字符移位电路

一、应用电路

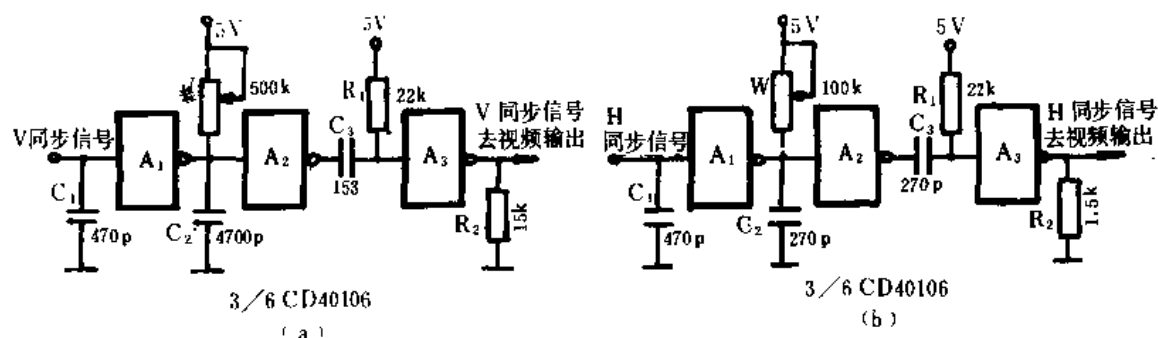


图 12-49 显示字符移位电路

二、电路结构说明

6 施密特反相器 A_1 、 A_2 、 A_3 ($\frac{3}{6}$ CD40106) 构成了水平 (H) 和垂直 (V) 同步信号延迟电路。它能把显示在屏幕上的字符移动。

水平和垂直同步信号延迟电路的结构 (如图 12-49 中的①与②) 是相同的, 只电阻值和电容量有所不同。当来自指令译码的输入信号为高电平时, CD40106 的门 A_1 输出低电平, 这时电容 C_2 放电。当来自指示译码的输入信号为低电平时, 门 A_1 输出的电平随电容 C_2 的充电电压升高而升高。当输出的电平高于 A_2 的阈值时, A_2 输出变为低电平, 且经 R_1 和 C_2 组成的微分电路、反相器 A_3 , 在输出端得到正脉冲。

调节电位器 W, 可以改变同步信号的延迟时间, 使水平 H 和垂直 V 的同步信号所产生的字符时间有变化。这结果, 在屏幕上出现的则是字符位置的移动。

为了保证正确解密,发送端与接收端必须用相同的伪随机码与数据信息进行异或运算;也就是加密和解密之间须严格同步,加密时钟同时用于解密的定时。

例 51 可扩展的呼叫器

一、应用电路

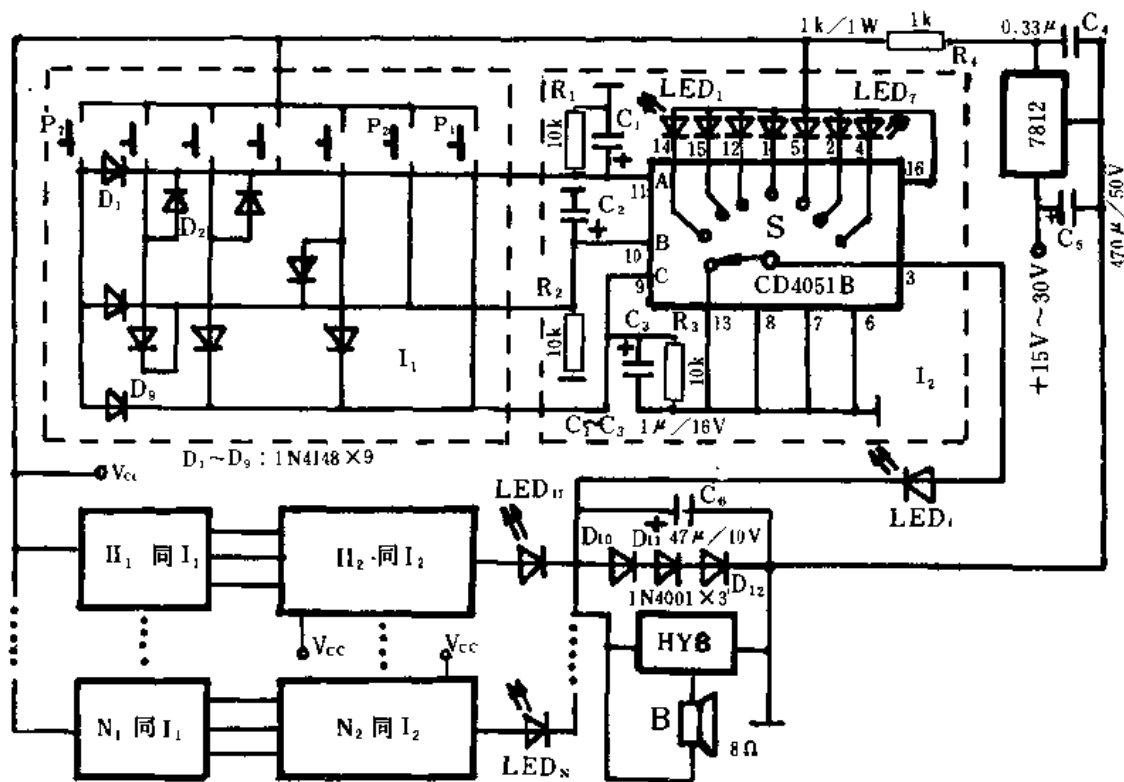


图 12-51 可扩展的呼叫器

二、电路结构说明

本电路为由单 8 通道模拟多路双向开关 CD4051 等构成的呼叫器。

电路中 I、II……N 为相同的呼叫单元电路,可作为医院、宾馆的房间、床位的呼叫。

图 12-51 中 CD4051 形象地画为一刀八掷开关(S)。CD4051 的③脚为公共输出/输入端,⑪、⑩、⑨脚分别为控制开关的“刀”A、B、C 控制端。⑬、⑭、⑮、⑫脚分别为信号输入/输出端。

图中 12-51 中,发光二极管 LED I、LED II……LEDN 代表各病房号码, P₁~P₇ 与 LED₁~LED₇ 对应的病房内病床号。D₁₀~D₁₂ 作为稳定音乐三极管 HY8 的端电压(2V 左右)的偏置。HY8 和喇叭为发声呼叫电路。各单元电路 I₁、I₂……N₁ 分别设置在病房内的床位旁。I₂、I₂……N₂ 等全部设置在护士值班室。

假设按下常开按钮 P₇,此时 12V 电压通过 R₁ 分别与 R₁~R₃ 分压给 CD4051B 的⑨、⑩、⑪脚,即使 A=B=C=“1”。从“CD4051B 的控制端和输出脚关系表”可知,此时 S 的“刀”转向④脚,于是③、④脚接通,LED₇ 和 LED I 亮, HY8 奏出乐曲。据此,值班人员可数出 1 号病房 7 号病床在呼叫。当 S₇ 放开时, C₁~C₃ 经 R₁~R₃ 放电后, A=B=C=“0”,

“S”的“刀”又转回到⑬脚，LED₁、LED₂均熄灭，HY8停止奏曲。等待下一病人呼叫。应当指出，各病房至护士值班室共布线数为(3N+2)，N为病房间数。

本电路缺点：若同一病房二人以上同时按下P开关时，不能正确显示床位号。下表为CD4051B控制端与输出脚的关系表。

CD4051B 控制端与输出脚关系表

11 (A)	0	0	0	0	1	1	1	1
10 (B)	0	0	1	1	0	0	1	1
9 (C)	0	1	0	1	0	1	0	1
输出脚	13	14	15	12	1	5	2	4

例 52 多种频率发射器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4“与非”门 G_1 、 G_2 ($\frac{1}{2}$ CD4011)、晶体管 V (C2060) 和红外发射管 D (SE303A) 等构成的简易多种频率发射器。

分别按下电路中的开关 S_1 或 S_2 或 S_3 时，振荡器输出 3 种频率。它们分别为 1.5kHz、800Hz、450Hz。振荡器输出的脉冲信号由 4.7k 电阻至晶体管 V 基极，经 V 放大后驱动红外发射管 D (SE303)，向空间发射。按压 3 个不同的开关，发射的脉冲信号频率也对应不同。

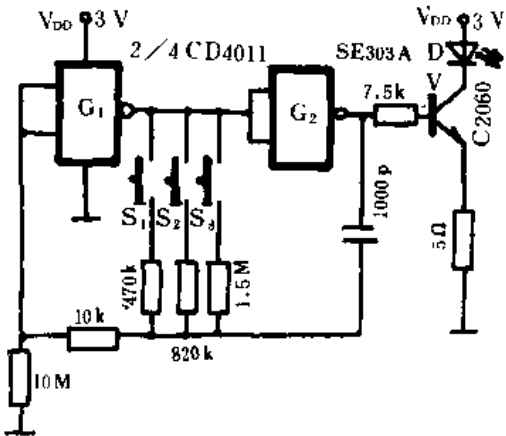


图 12-52 多种频率发射器

例 53 电码练习器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4“与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的电码练习器。

图中， G_1 、 G_2 组成方波多谐振荡器， G_3 、 G_4 并联作放大、缓冲，然后输往天线，发射出脉冲信号。当 AN 不断通断动作时，相当于产生低频信号，去调制振荡器的振荡脉冲信号，经放大后发射至空间。由于这种方波带有丰富的谐波成分，可覆盖中波段。所

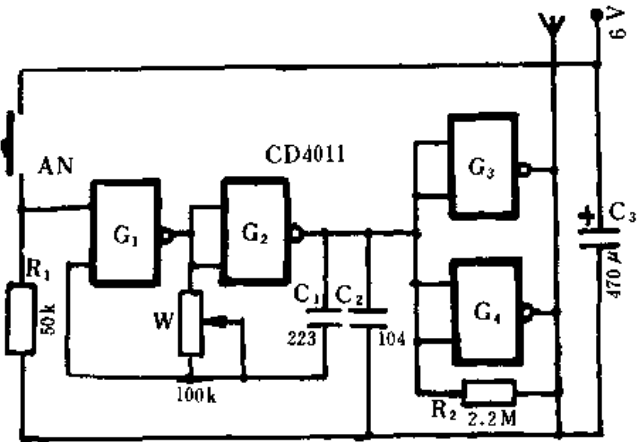


图 12-53 电码练习器电路

以，用中波收音机就能听到哒——哒——的电码声响。

例 54 电话拨号显示器

一、应用电路

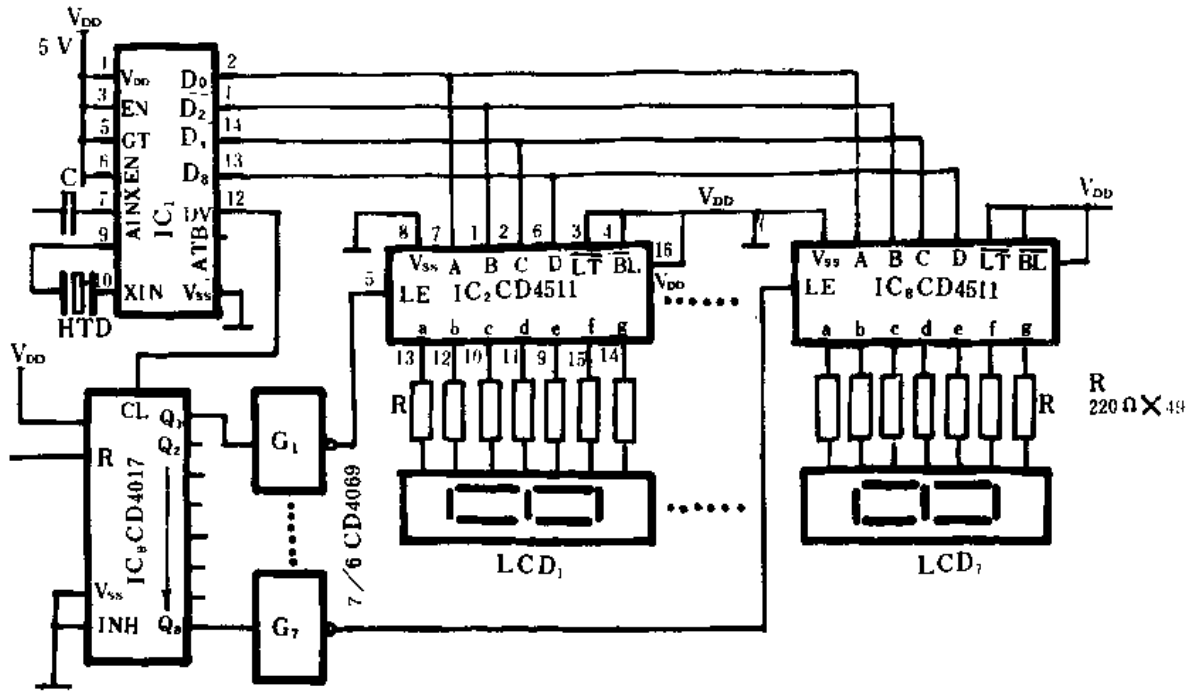


图 12-54 电话拨号显示器

二、电路结构说明

电话拨号显示器由 DTMF 译码块 IC₁ (YN9101)、BCD—7 段锁存/译码/驱动器 IC₂~IC₈ (CD4511)、十进制计数器/分配器 IC₉ (CD4017) 和 6 反相器 G₁~G₇ (7/6 CD4069) 等构成。

当电话摘机时，显示器得电而处于“待命”状态。假定电话号码为 7 位数字。当拨第一位数字（假定是 8）时，电话机产生相应的 DTMF 信号，从 IC₁ 的⑦脚输入，并被译码后从 D₀、D₂、D₄、D₆ 端并行输出（输出“1000”）。同时，DV 端输出 1 个正脉冲信号，使 IC₉ 的④端得到 CP 脉冲而开始计数。于是 Q₁ 端②脚输出高电平，经门 G₁ 反相后输入给 IC₂ 的⑤脚。IC₂ 被选通，译码并驱动 LED₁ 显示数字（“8”）。这时，IC₉ 的 Q₂~Q₇ 端均为低电平，故 IC₃~IC₈ 不选通，LED₂~LED₇ 不显示数字。

当继续拨下一个即第二位数字时，IC₁ 的 D₀~D₆ 端输出相应改变，同时 DV 端输出第二个触发信号，使 IC₉ 的 Q₂ 端为高电平。这一高电平经 G₂ 门反相后，IC₃ 被选通，LED₂ 显示出第二位数码。然而，此时由于 IC₂ 的 LE 端为高电平，所以第一位号码被锁存（LED₁ 仍显示“8”）。

按此继续，经拨号后 LED₃~LED₇ 陆续显示出其它号码。至此电话 7 位号码均显示出来。通话完毕，挂机，显示器断电而消隐。

例 55 电话机使用次数显示器

一、应用电路

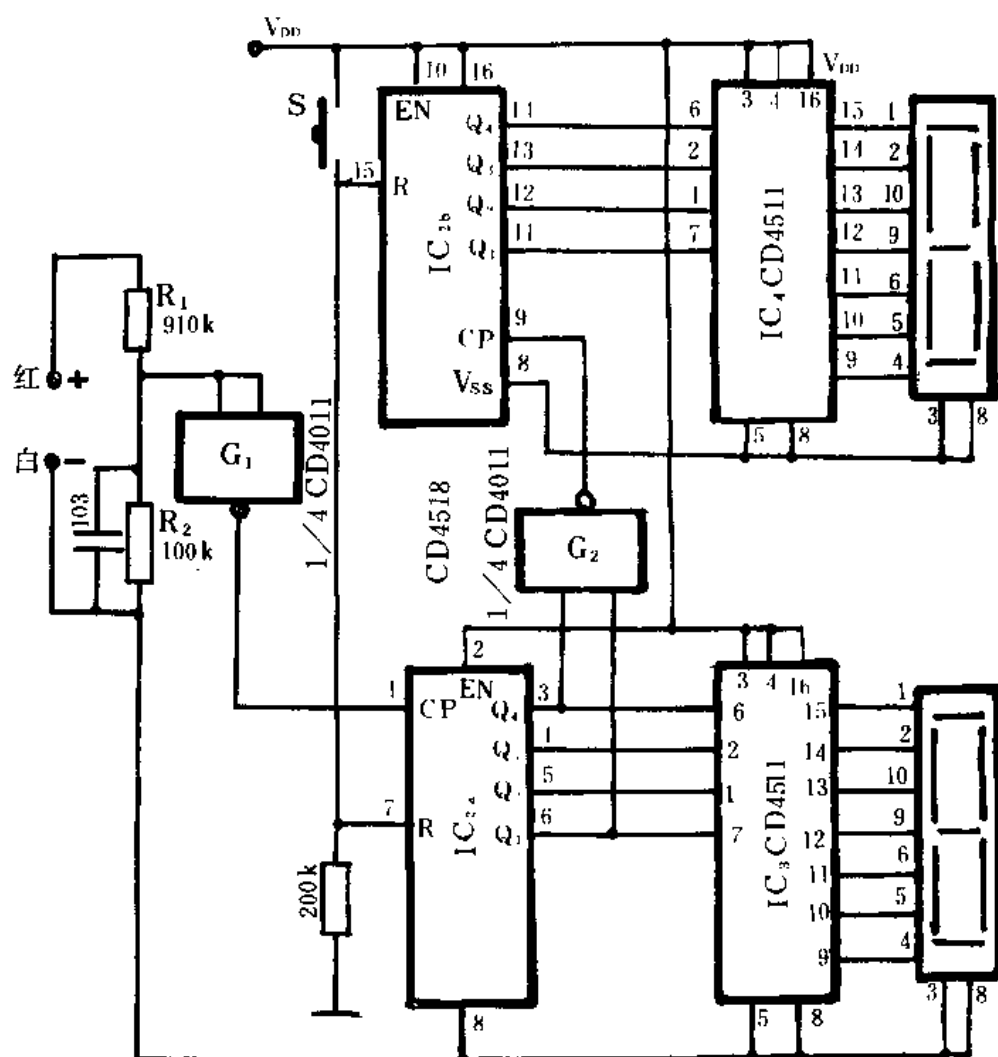


图 12-55 电话机使用次数显示器

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 G_1 、 G_2 ($1/4$ CD4011)、双 BCD 加法计数器 CD4518 和 BCD—7 段锁存/译码/驱动器 CD4511 $\times 2$ 等构成的数字显示器。本电路对一天内电话使用次数进行记录显示。当然，若扩展成 3 位或 4 位显示，则可作一个月或一年内记录显示。

当挂机时，红白线（电话外线）电压经 R_1 、 R_2 分压，在 G_1 的输入端具有电压为 6.5V 左右，由于 IC 电源均采用 9V，所以，6.5V 属于高电平，经 G_1 反相输出低电平。一旦电话摘机，话线间电压降为 10V 左右，经 R_1 、 R_2 分压，则在 G_1 输入端仅有 1V 左右的电压，属于低电平，故 IC_{1a} 的输出端为高电平。这样 IC_{2a} 的时钟端 CP (①脚) 得到一个上升沿脉冲触发，计数器开始计数，每摘一次机，计数器就计数一次，计数器 IC_{2a} 便会自动加 1。以此类推，当

IC_{2a}计到满 10 时,便自动归零,同时通过门电路 IC_{1b},使输出端为正脉冲,使 IC_{1b}的⑨脚得到计数上升沿的脉冲 CP, IC_{2b}计数输出 1。由此而知,本电路最高计数为 99,即一天内,电路只能记录 99 次使用电话次数。IC₃、IC₁作译码驱动器,将两计数器的计数输出转化成 LCD 数码显示。按钮 S 为清零用。

例 56 同线电话占线提示器

一、应用电路

二、电路结构说明

同线电话占线提示器,采用 2 输入端 4“与非”门施密特触发器 CD4093 (G₁~G₄)、阻容元件、以及发光二极管等构成。它能指示出,同一电话线上有数台分机是否正在使用,而不必摘机判断。

电路中 a、b 两点接电话机外线。当话机处于挂机状态时,外线 60V 电压通过桥堆加至 CD4093 的门 G₁ 输入端,使门 G₁ 输入端为高电平,输出端为低电平。这时,门 G₂ 和 R₃、R₁、C₂ 组成的触发器不起振,因此门 G₃、G₄ 的输出端为低电平,无法驱动 LED 发亮。

当话机的话筒摘机时,外线的电压降至 6V。它经整流, R₁、R₂ 分压后加到门 G₁ 的输入端。门 G₁ 输入端得低电平,而输出高电平,进而使门 G₂ 触发振荡。振荡信号经门 G₃、G₄ 驱动 LED 发出闪光。

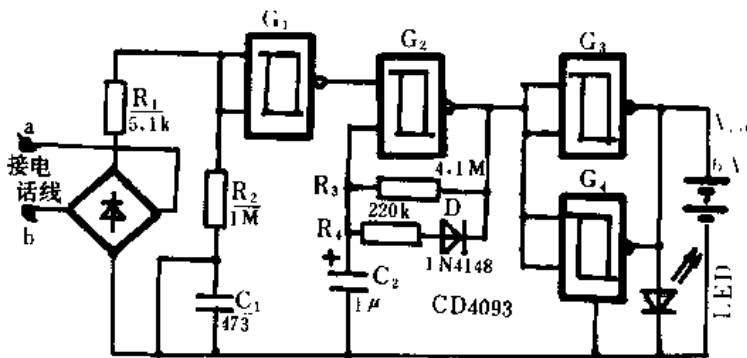


图 12-56 同线电话占线提示器

例 57 电话被盗用报讯器

一、应用电路

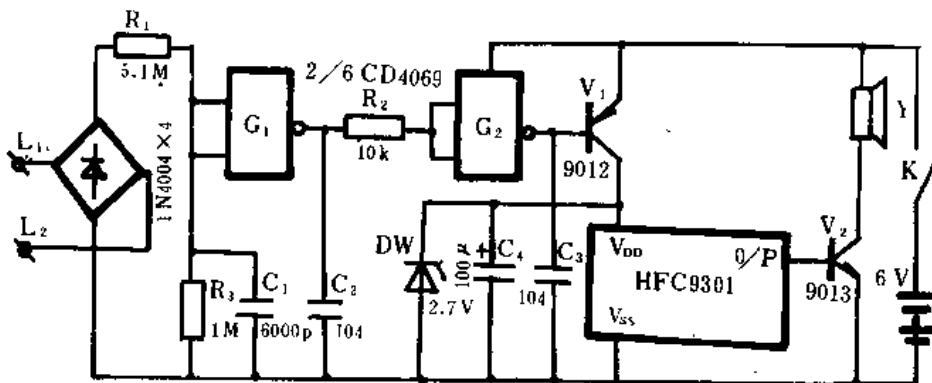


图 12-57 电话被盗用报讯器

二、电路结构说明

电话被盗用报讯器,由 6 反相器₆CD4069 (G₁、G₂)、铃声集成电路 HFC9301、晶体管、

阻容元件等构成。

通常,电话挂机时,外线电压为 60V 左右,而摘机时外线电压降至 10V 以下。如果将报讯器电路 L_1 、 L_2 并接入电话外线,而后将开关 K 闭合,且处于挂机状态时,外线的 60V 电压经桥式整流,再经 R_1 、 R_2 分压,使 CD4069 的门 G_1 输入端为高电平,门 G_2 输出端也为高电平。于是, V_1 截止,扬声器无声。一旦外线被盗用而使用户处于摘机状态时,外电路电压即降至 10V 以下。此时,经整流和 R_1 、 R_2 分压加至门 G_1 输入端的电压已在门 G_1 的阈值电平以下。于是, G_1 输出高电平, G_2 输出低电平, V_1 导通,铃声集成电路 HFC9301 的内部振荡器等电路进入工作状态,并输出信号驱动扬声器发出“嘀嘀嘀”的报讯声。

必须指出:当用户自家使用电话时,应将报讯器的开关 k 断开。

例 58 数字电话按键

一、应用电路

二、电路结构说明

数字电话按键电路,由十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017)、双 JK 触发器 CD4027 (IC_1 、 IC_3) 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 等构成。其中,CD4011 的两个门电路与阻容元件(虚线框内)组成可控振荡器 OSC。 $S_0 \sim S_9$ 为电话的 10 个数字按键,MR 是其主复位线。

数字按键均未按下时,MR 为高电平,使 JK 触发器 IC_1 复位,于是 IC_1 的 Q 端输出低电平,使 OSC 停振。此时, IC_1 的 $\bar{Q}$ 端输出高电平,使计数器 IC_2 、 IC_3 复位。

当按下其中一按键时,MR 变成低电平,经 G_1 门后输出一个脉冲上升沿,使 IC_1 翻转。于是 IC_1 的 Q 端输出高电平,使 OSC 起振; IC_1 的 $\bar{Q}$ 端输出低电平,使计数器 IC_2 准备计数 (INH 有效)。OSC 每输出 1 个脉冲,计数器的计数值加 1。当输出脉冲个数等于按键数码时,MR 则变为高电平,OSC 即进入停振状态,并使 IC_1 、 IC_2 、 IC_3 复位。

若 S_0 被按下,则第 10 个振荡脉冲使计数器 IC_2 输出呈高电平,触发 IC_3 翻转。 IC_3 的 Q 端输出高电平,经 MR 使电路复位。

整个电路的输出脉冲最后经晶体三极管放大后输出。电路中加入的电阻、电容是用来消除按键按下时抖动,并使脉冲延时,保证工作的可靠性。

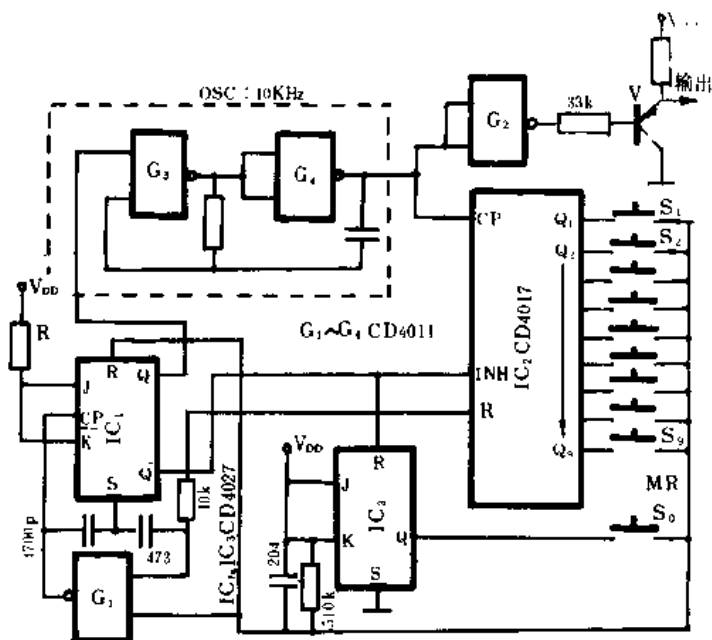


图 12-58 数字电话按键

例 59 电话自动拨码电路

一、应用电路

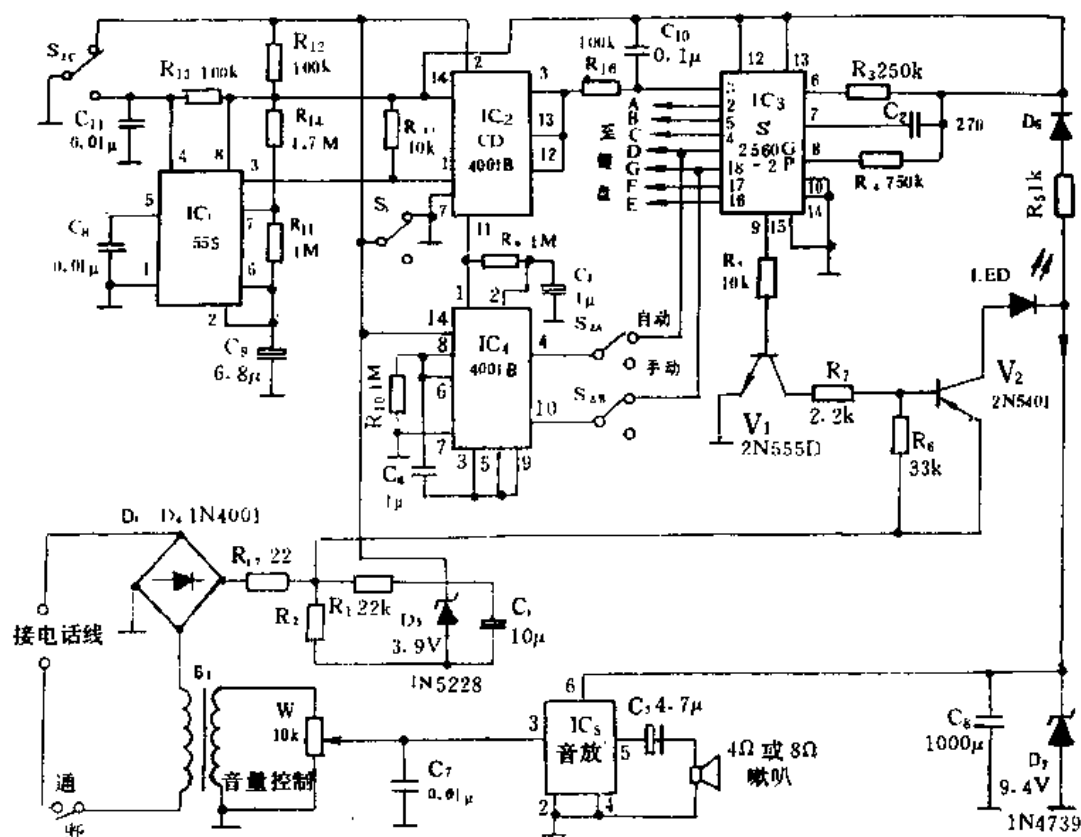


图 12-59 电话自动拨码电路

二、电路结构说明

电话自动拨码电路，主要采用 2 输入端 4 “或非” 门 IC₁ (CD4001)、IC₂ (CD4001B)、时基电话 IC₁ (NE555)，以及专用 CMOS 脉冲拨码集成电路 IC₃ S2560G—2P 等元器件构成。其中，IC₃ 具有数字拨码和记忆功能，它与 4×3 矩阵键盘相配接，组成电话自动拨号器。

IC₁ 与 R₁₄、R₁₁、C₉ 组成振荡周期约 40s (秒) 的无稳态多谐振荡器。当开关 S₂、S₁ 扳向下方档位时，电话处于挂机状态，IC₂ 中的 $\frac{1}{4}$ CD4001B 门被打开，其②脚为高电平。IC₁ 的③脚输出振荡脉冲进入 IC₂ 的①脚。此时，IC₂ 的③脚输出计时脉冲 (⑫、⑬脚也有计时脉冲)，作为 IC₃ 的控制信号，使 IC₃ 接通 35s，挂机 5s。挂机时，IC₃ 停止输出，但仍存贮着键入的电话号码。5s 后，IC₃ 又恢复到接通状态，拨码脉冲又开始输出。

IC₂ 的⑩脚输出，对 IC₄ 进行自动、手动控制。当 S₂ 处于自动位置时，顺序输出拨码脉冲一直持续 35s，停 5s，并以此反复循环直至摘机时关断 S₁ 后才结束。IC₅ 为音频功放，作为监听用。

在装置用发光二极管跳跃显示时间的流逝,以使打电话人言简意赅,掌握通话时间。

电路中 IC_{1A} 等组成单稳态延时电路, IC_{1B} 等构成典型的受控无稳态多谐振荡器,其⑨脚的输出脉冲送入 IC_2 的时钟控制端 NE (INH); IC_2 与发光二极管构成时间流逝显示器, LED_1 的闲置通电指示。

工作过程: 按一下 S_1 , C_1 上的电荷放尽, IC_{1A} 的②脚受触发使⑤脚输出高电平, V 得电导通, 继电器 K 吸合, 常开触点接通电话电路供使用。⑤脚的高电平同时使 IC_{1B} 的⑩脚复位端和 IC_2 的时钟输入端⑭脚 CP 为高电平, IC_{1B} 起振。其振荡周期设定 $T=20s$, 其输出高电平加到 IC_2 的脉冲控制端 EN。据 CD4017 的真值表, 当⑬脚 CP 端为高电平时, ⑬脚使控制端 EN (INH) 为脉冲下降沿触发而计数。此时, LED_2 发光, 在以后的时间里每隔 20s 使 IC_{1B} 输出一个脉冲, LED 显示跳动一位。当 LED_9 发光 20s 后, IC_{1B} 输出最后一个脉冲的下降沿使 LED_{10} 发光, 同时压电蜂鸣器发出“嘟, 嘟……”声响以提醒打电话者。若需继续通话, 应再按一下 S_1 , 免得电话线被继电器切断; 若使用 3 分钟结束时, IC_{1A} 的②脚电位升至 $\frac{2}{3}V_{DD}$, ⑤脚变为低电平, IC_{1B} 强制复位, 其⑨脚亦为低电平, 继电器 K 失电切断电话线。

若去掉按钮开关 S_1 , 代之以硬币检测传感电路, 则本装置就成为公用电话投币自动控制器。

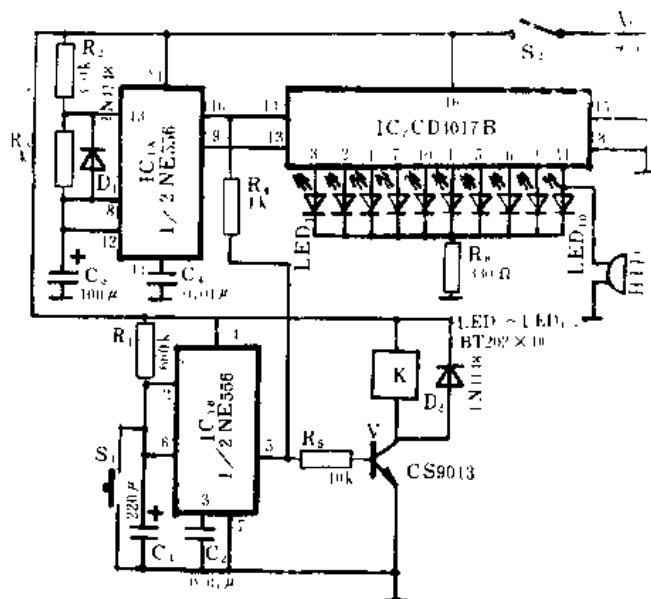


图 12-61 电话控制器

例 62 电话机兼控制灯开关电路

一、应用电路

二、电路结构说明

脉冲电话机、十进制计数器/分配器 IC_1 (CD4017) 和双 D 触发器 $IC_2 \sim IC_5$ ($CD4013 \times 4$), 组成了电话机兼控制灯开关电路。图中只画出 IC_2 , 而 $IC_3 \sim IC_5$ 未画出。

电路中, 将电话机 PULSE/TONE 拨向脉冲 PULSE 档, 开关 K 置 1 位置, 要开几号灯就拨电话机盘几号码。比如, 要开 1~3 号灯就拨 3 号码, 产生 3 个脉冲信号, 给计数器 IC_1 的 CP 端, 使 IC_1 的 $Y_1 \sim Y_3$ 输出高电平。这些高电平分别加至双 D 触发器 ($\frac{3}{2}CD4013$) 组成的双稳态电路的 CP 端, 使其 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 端输出高电平而触发双向可控硅 $SCR_1 \sim SCR_3$ 。于是, 1~3 号灯被点亮, 并记忆锁存。同时 $Y_1 \sim Y_3$ 端的高电平, 通过两个反相器及 4.7μ 电解电容和 12K 电阻组成的延时电路后, 加至复位 R 端复零, 为下一次开关电灯作准备。要关掉 1~3 号灯, 只要再拨一次 3 号码。于是, $Y_1 \sim Y_3$ 又依次输出高电平, 分别加至 D 触发器 CP 端, 3 个双稳态电路翻转, $Q_1 \sim Q_3$ 端变为低电平, $SCR_1 \sim SCR_3$ 在交流过零时关断, 1~3 号灯熄灭。要开亮所有 8 路灯, 就拨 8 号码, 过程同上。当拨“0”号时, $Y_0 = “1”$, 加到 IC_2

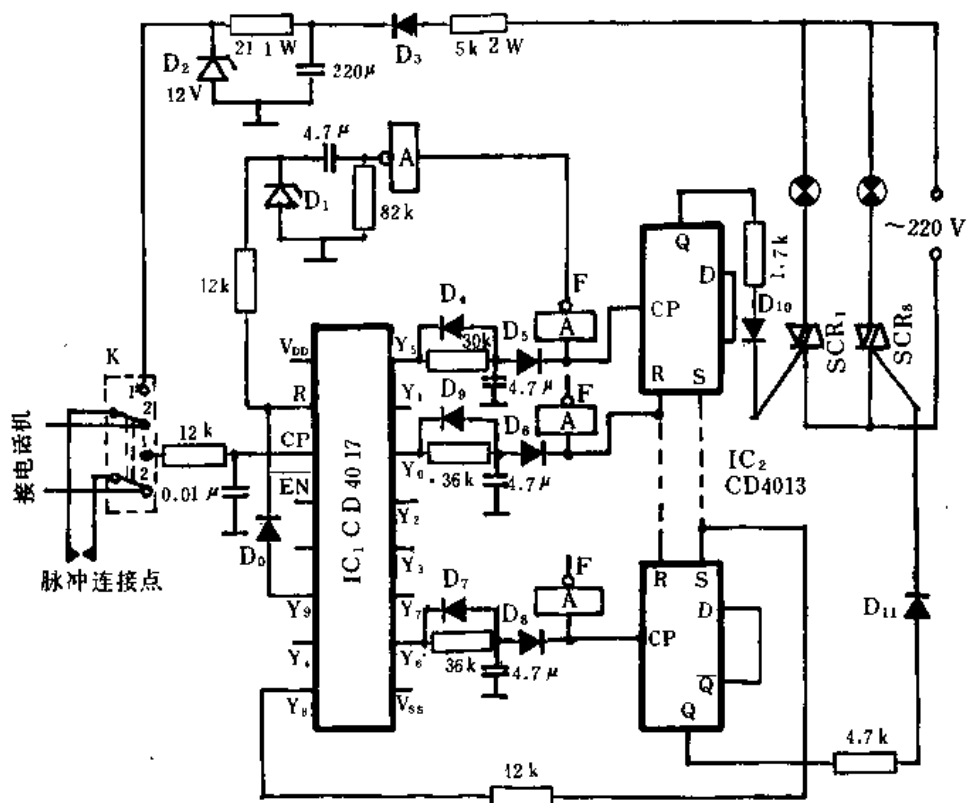


图 12-62 电话机兼控制灯开关电路

~IC₅ 的复位 R 端, 使 Q₁~Q₈ 输出全零。SCR₁~SCR₈ 全关断, 灯全熄灭。或拨 9 号码, R="1", Q₁~Q₈ 全零, 灯全熄灭。

例 63 电话振铃变音电路

一、应用电路

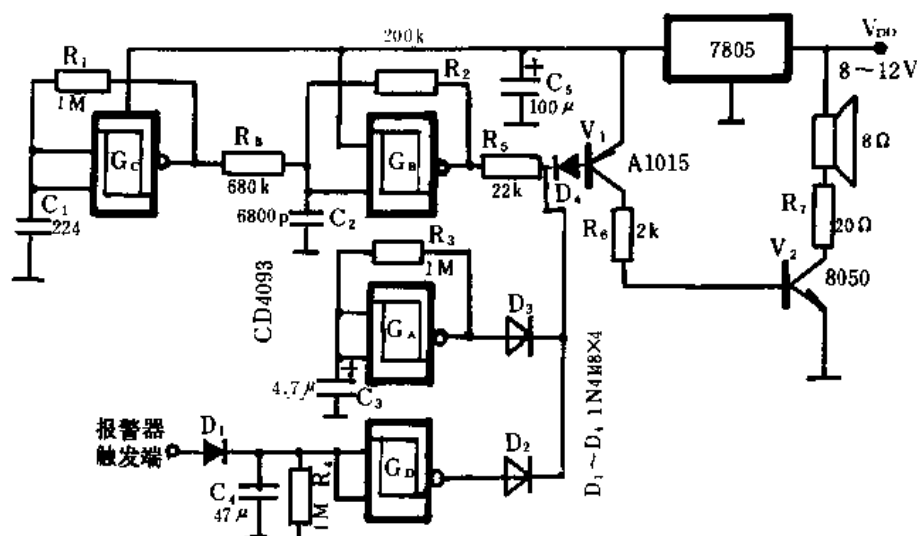


图 12-63 电话振铃变音电路

二、电路结构说明

这个电话振铃变音电路采用施密特“与非”门 CD4093、晶体管、阻容元件等构成。

电路中, CD4093 的门 G_A 、 G_B 、 G_C 与外围元件分别组成 3 个不同频率的振荡器: G_A 振荡器产生周期约 5s 的控制脉冲信号, G_B 振荡器产生频率约 5Hz 的方波信号, G_C 振荡器产生频率 f_c 约 800Hz 的中心频率。三者信号中, G_B 信号用来调制 G_C 中心频率信号, 形成变音; G_A 信号控制变音信号的输出, 并使它产生变音间隔。最后变音信号经 V_1 、 V_2 放大后推动扬声器发出振铃变音。

改变 R_3 阻值, 可达到改变变音的深度。但要求 R_3 应大于 $300k\Omega$, 否则当振荡器 G_B 输出低电平时, 容易造成振荡器 G_C 停振, 最终造成只发单音。

G_D 作报警触发信号的整形作用。

例 64 电话计时器 (1)

一、应用电路

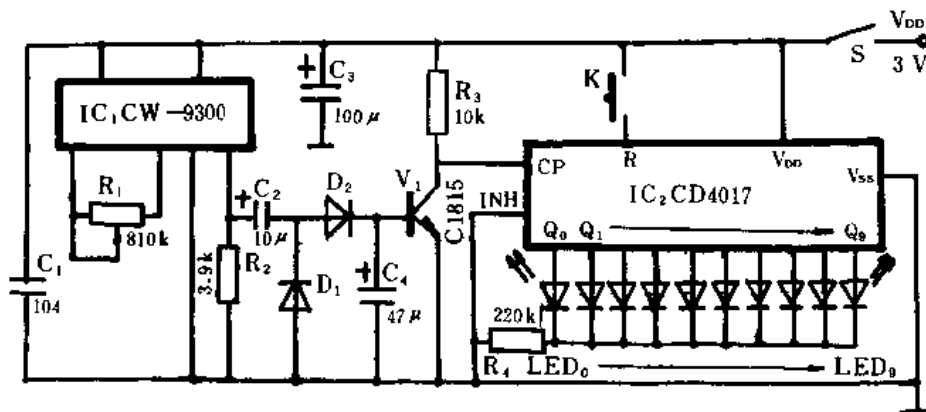


图 12-64 电话计时器 (1)

二、电路结构说明

电话收费计数器由音乐芯片 IC_1 (CW-9300) 和十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 等构成。

电路中, 调节 R_1 使每曲时间长度 T_A 在 1~3 分钟选择。当 $R_1=130k\Omega$ 时, $T_A=1$ 分钟; 当 $R_1=430k$ 时, $T_A=2$ 分钟; $T_A=650k$ 时, $T_A=3$ 分钟。调整 $R_1=650k$, $T_A=3$ 分钟, 用户开始通话时闭合开关 S, IC_1 便进入连续循环工作状态, 经 R_2 、 C_2 、 D_1 、 D_2 、 C_4 等元件耦合和检波、滤波后, 使晶体管 V_1 每 3 分钟截止一次, 进而使 IC_2 每隔 3 分钟计数一次并分别点亮一个发光二极管。通话结束时, 通过查看哪个发光二极管 LED 点亮, 就知应收取的电话费了。

当按下开关 k 时, IC_2 复位 R 端得到高电平而复零。

例 65 电话计时器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由模拟石英钟电路 IC_1 (KD3252)、十进制计数器/分配器 IC_2 、 IC_3 (CD4017 $\times 2$)、

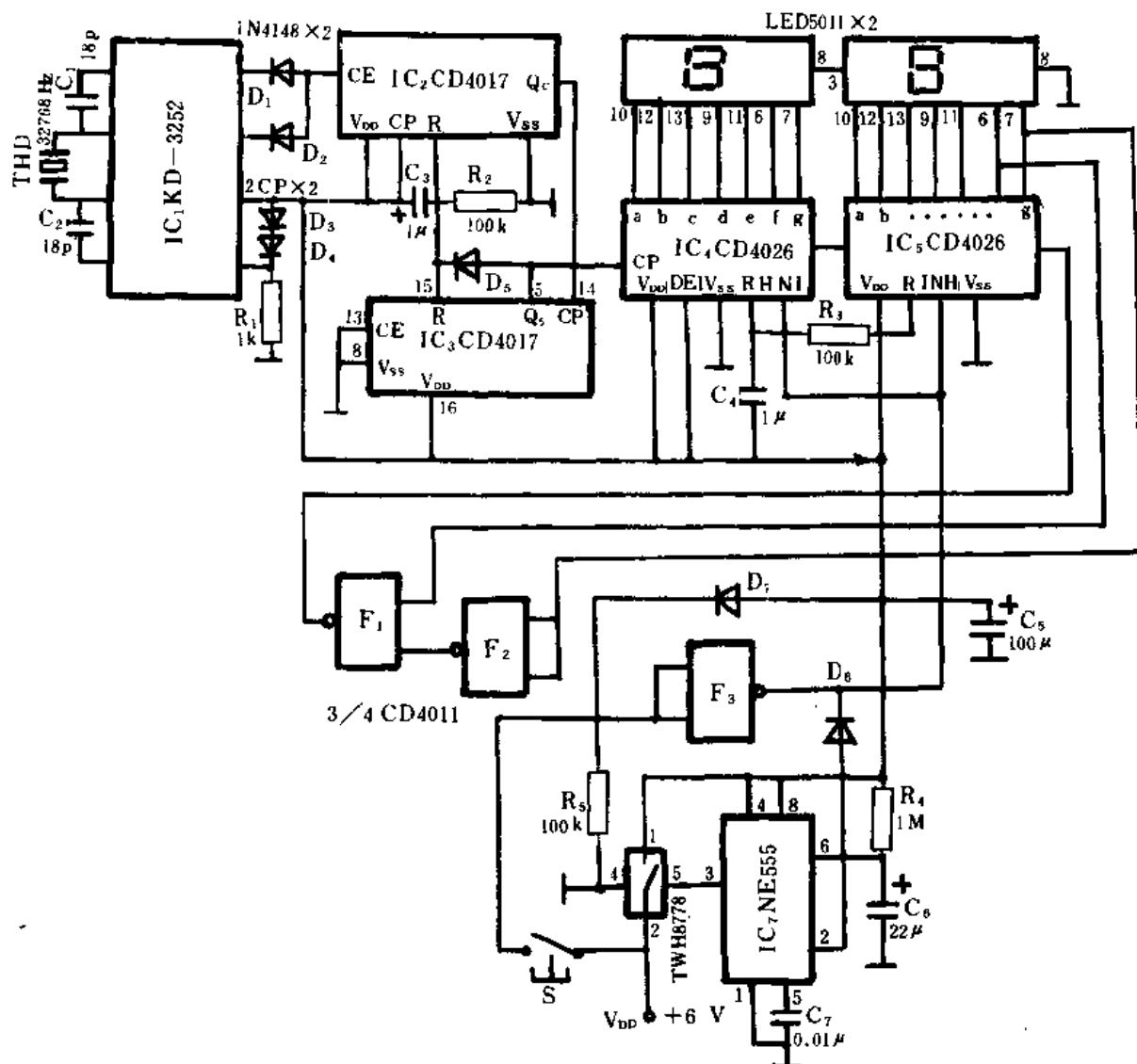


图 12-65 电话计时器 (2)

十进制计数/7 段译码器 IC₄、IC₅ (CD4026 × 2)、二输入端 4“与非”门 IC₆ (3/4 CD4011)、时基电路 IC₇ (NE555) 和功率开关电路 IC₈ (TWH8778) 等构成的电话计时器。

电路中, S 为常闭开关, 挂机时 S 断开, 摘机时 S 闭合, 接通第一电源电路。C₃、R₂ 与 C₄、R₃ 组成两组微分开机清零电路, 使 IC₂、IC₃ 及 IC₄、IC₅ 清零。非门 F₃ 输出低电平, 使 IC₄、IC₅ 的禁止端 INH = “0”, 允许 IC₄、IC₅ 计数。同时, 又通过 D₅ 使 IC₇ 的②脚电压低于 $\frac{1}{3}V_{DD}$, ③脚输出高电平, 使 TWH8778 导通, 并为计数及延时电路提供第二条电源电路。D₃、D₄、R₁ 为 IC₁ 提供约 1.5V 直流电压。D₁、D₂ 组成“或”门电路, 向计数电路提供标准秒信号 (负脉冲)。IC₂、IC₃ 组成 60s 计数电路, 满 60s 时, IC₃ 的 Q₅ 端向 IC₄ 分计数电路输出进位脉冲, 同时 IC₂、IC₃ 清零重新计数。本电路最大计时显示为 99 分钟。一般情况下通话时间较短, 故设置 F₁、F₂ 组成十分钟位无效零消隐电路。当显示为 1~9 时, F₁ 输出高电平, IC₄ 显示时间; 当显示为零时, F₁ 输出低电平, IC₄ 显示消隐。

挂机时，S 断开第一条电源通路， F_3 输出变为高电平，使 IC_4 、 IC_5 停止计数并保持显示。同时，由于 D_6 反偏，电源经 R_4 向 C_6 充电。当 C_6 两端电压上升为 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 时， IC_7 的③脚输出低电平使 IC_8 截止，关闭整机电源。

调整 R_4 、 C_6 的数值可改变延时时间，本电路延时 30 秒，供观察通话时间用。

第十三章 日用与家电控制器

例 1 湿度自动控制器

一、应用电路

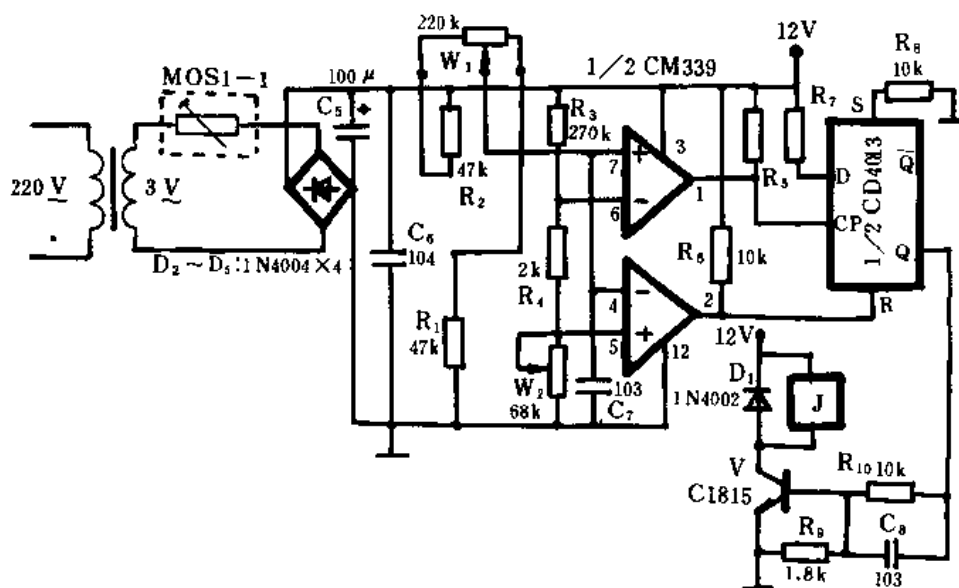


图 13-1 湿度自动控制器

二、电路结构说明

本电路为由双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、4 运算放大器 $\frac{1}{4}$ CM339 和硅湿敏传感器 MOS1—1 等构成的湿度自动控制器。

电路中,应用 AC3V 电供给 MOS1—1 工作。MOS1—1 对湿度变化灵敏,传来的交流信号,经 $D_5 \sim D_8$ 整流, C_5 滤波成直流信号,由湿度调节电位器 W_1 取样送至比较器 CM339⑦脚。即⑦脚电位随湿度变化而变化,当⑦脚电位高于⑥脚时,运算①脚输出高电平,触发 CD4013 的 CP 端,使 CD4013 的 Q 端输出高电平。晶体管 V 导通,继电器得电,常闭触点断开,控制加湿设备停止工作。随着湿度下降, MOS1—1 的 RSG 电阻随之增大,经整流滤波及 W_1 取样,使 CM339 的④脚电位呈下降状态。当④脚低于⑤脚电位时, LM339 的②脚输出变为高电平, CD4013 复位, CD4013 的②脚 Q 端输出低电平, V 截止, J 失电, J 常闭触点闭合,加湿设备重新进入运行,实现自动控制的目的。

图中, 如将 R_4 换成电位器, 便可实现区域调节设定, 完成区域湿度控制。

例 2 双限超温报知器

一、应用电路

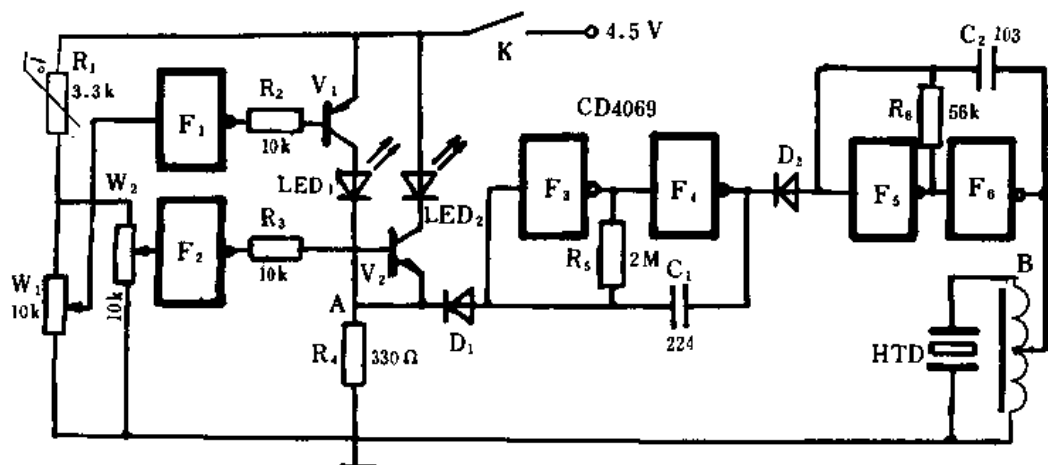


图 13-2 双限超温报知器

二、电路结构说明

超过上限、低于下限都能报警的双限超温报知器，主要采用 6 反相器 CD4069、热敏电阻、晶体管、发光二极管等构成。

电路中， R_1 为负温度系数的热敏电阻。它置于被测的温度系统中，作为温度传感器。电位器 W_1 和 W_2 分别预置上、下限温控点。在所控的温度范围内， W_1 的中点电位低于 CD4066 的门 F_1 的输入端阈值电平，即门 F_1 输出高电平，使晶体管 V_1 截止， LED_1 不亮。电位器 W_2 的中点电位高于门 F_2 的输入端阈值电平，门 F_2 输出低电平， V_2 截止， LED_2 不亮。与此同时，A 点为低电平， D_1 将门 F_3 钳位于低电平，于是由 F_3 、 F_4 组成的产生 1Hz 信号振荡器不起振。同理，由 F_5 、 F_6 组成的产生 1000Hz 信号的振荡器，也由于 D_2 的钳位作用而处于停振状态。此时，蜂鸣器 HTD 不发声。

一旦温度上升并超过上限温控点时， R_1 值减小，使 W_1 的中点电位上升到大于门 F_1 的阈值电平，使门 F_1 输出呈低电平。于是 V_1 导通， LED_1 发光，使 A 点电位也升高， D_1 随着截止，1Hz 振荡器起振。当输出信号负半周时， D_2 导通，HTD 不发声；当输出信号正半周时， D_2 截止，产生 1000Hz 的振荡器振荡。它输出的信号经自耦变压器 B 升压，HTD 发出断续的报警声。

显然，当温度下降并超过下限控温点时， W_2 的中点电位低于门 F_2 的输入端阈值电平，于是门 F_2 输出高电平， V_2 导通， LED_2 发光。A 点也变为高电平，最后也导致 HTD 发出报警声。

例 3 温度自动控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “异或”门 I ~ IV (CD4070) 等构成的廉价的温度自动控制电路。

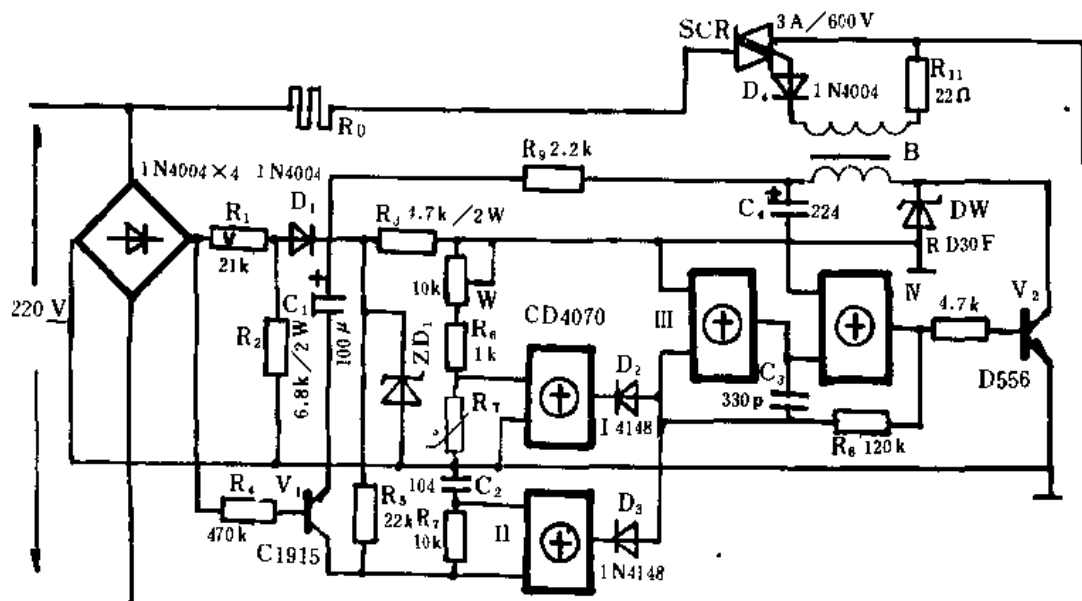


图 13.3 温度自动控制电路

电路中, R_0 为加热器电阻。 R_T 为具有负阻特性的热敏电阻, 作温度传感器。“异或”门Ⅲ、Ⅳ及 C_3 、 R_8 组成多谐振荡器, 图 13-3 中元件值产生 20kHz 的方波。门Ⅰ作缓冲器, 将 R_1 置于加热腔体内, 当温度升高时 R_T 阻值下降, 降至门Ⅰ输入端阈值以下时, 门Ⅰ输出低电平, 则迫使门Ⅲ、Ⅳ组成的振荡器停振。使达林顿晶体管截止, 双向可控硅 BCR 无触发脉冲而关断, 加热器无通电而降温。“异或”门Ⅱ接成单稳多谐振荡器, 产生零交叉脉冲用作交流电压过零时控制触发脉冲触发 BCR 导通。零交时, V_1 截止, Ⅱ单稳振荡器起振, 输出控制Ⅲ、Ⅳ组成的振荡器起振, 达林顿管 D566 导通、SCR 导通, 系统加热, 即作零交触发取样。

当温度偏低时, R_1 增加, 门 I 一输入端升至阈值电平以上, 输出高电平, 则门 III、IV 组成的振荡器起振, D566 导通, SCR 导通, 系统加热。

例 4 多音调蜂鸣器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相缓冲转换器 $G_1 \sim G_6$ (CD4049) 等构成的多音调蜂鸣器。

电路中, G_1 、 G_2 、 VR_1 、 VR_2 、 C_1 和 C_2 等组成自由振荡的多谐振荡器。它产生高频声音, 改变 VR_1 和 VR_2 值可产生各种不

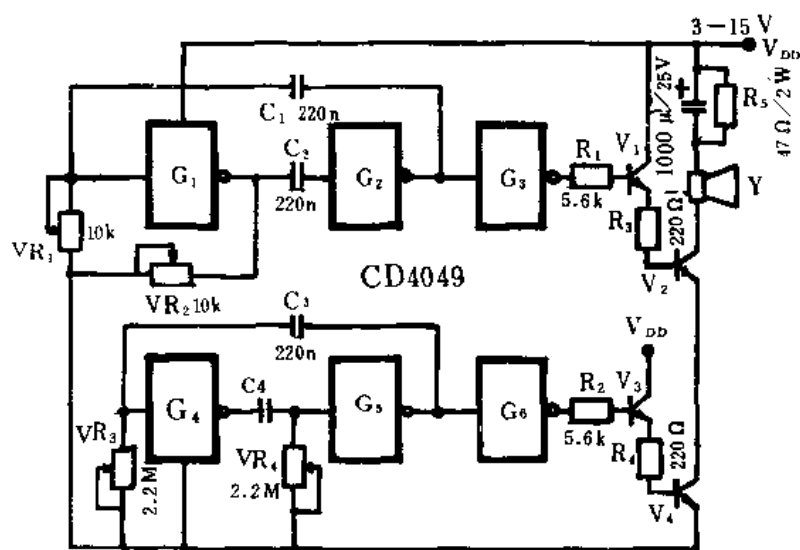


图 13-4 多音调蜂鸣器

同的高音频频率。而 G_4 、 G_5 、 VR_3 、 VR_4 、 C_3 和 C_4 组成低音频振荡器，调节 VR_3 、 VR_4 值可产生各种不同音色；同时产生连续和断续的低频振荡频率。 G_3 和 G_5 分别作缓冲器。晶体管 $V_1 \sim V_4$ 组成“与”逻辑电路并驱动 16Ω 扬声器发出不同的声音如鸟叫、蟋蟀叫。警报器变音叫声都可通过调节 $VR_1 \sim VR_4$ 来获得。

例 5 “田螺姑娘”电路

一、应用电路

二、电路结构说明

“田螺姑娘”电路，由数字钟电路 LM8363、十进制计数器/分配器 IC_1 (CD4017)、2 输入端 4 “与非”门 IC_3 (CD4011) 和时基电路 IC_2 (NE555) 等构成。市售“田螺姑娘”计时器主要是机械制造，而这里是用 CMOS 集成电路为主设计的。定时时间间隔可在 1~1439 分钟（即 23 小时 59 分）内任意设定。

LM8363 有两路报闹系统，其输出端共用。把 IC_1 初始状态 Q_0 输出高电平接到 LM8363 的②脚，即止闹输入端“2”。把 IC_1 的②脚低电平接 LM8363 的⑦脚，即止闹输入端“1”。这种接方式等于关闭了时钟的报闹系统“2”，打开了报闹系统“1”。当报闹“1”到了设定时间，在报闹输出端⑩脚就输出一个报闹信号，此信号作为计数器 IC_1 的时钟 CP，这时 Q_1 变为高电平，其余输出端为低电平。同时，自动关闭报闹系统“1”又打开报闹系统“2”。

当报闹“2”到了设定时间，输出一个报闹信号时， IC_1 的 CP 端再次被触发， IC_1 的 Q_2 输出高电平，其余脚输出低电平。由于 Q_2 输出端通过反相器与复零端⑮脚相连，所以 Q_2 输出高电平瞬间又使 IC_1 复零——返回初始状态。即这时 Q_0 输出高电平。由此可见，只要将报闹“1”设定为控制电路开启时间，报闹“2”设定为控制电路关断时间，即可达到定时目的。 IC_2 为定时器，其②脚受 LM8363 的报闹端“1”（⑦脚）的时空制下工作。

定时方法：如“田螺姑娘”作早晨控制电饭煲煮饭，设定清晨 6:30 开始煮饭 7:00 关断定时电饭煲开关程序，先把报闹“1”的时间设定在 AM6:30；报闹“2”设定在 AM7:00，然后合上开关 K，定时器就开始工作。双向 SCR 就会按时开通或关断电源，达到“田螺姑娘”完成定时目的。

如 K 不断开，“田螺姑娘”就天天如此工作。

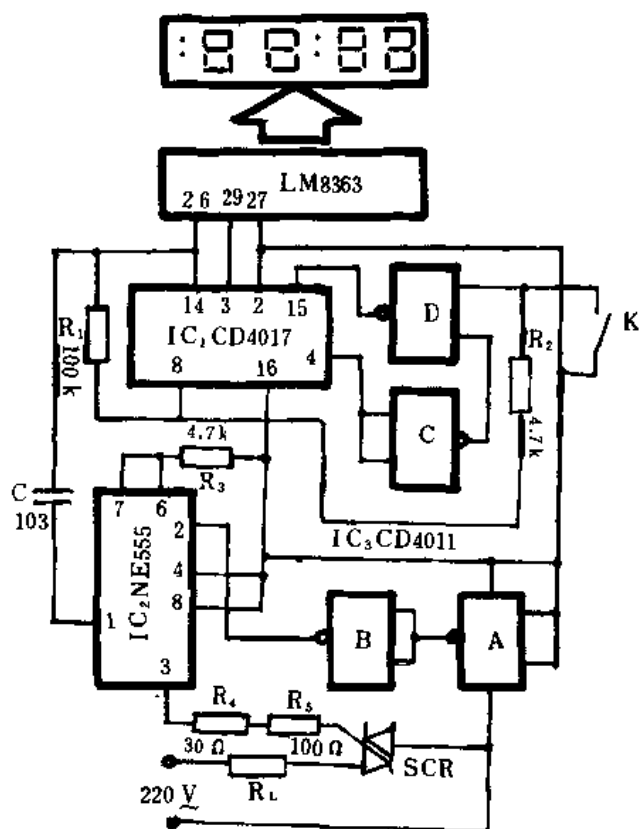


图 13-5 “田螺姑娘”电路

例 6 模拟“田螺姑娘”定时电路

一、应用电路

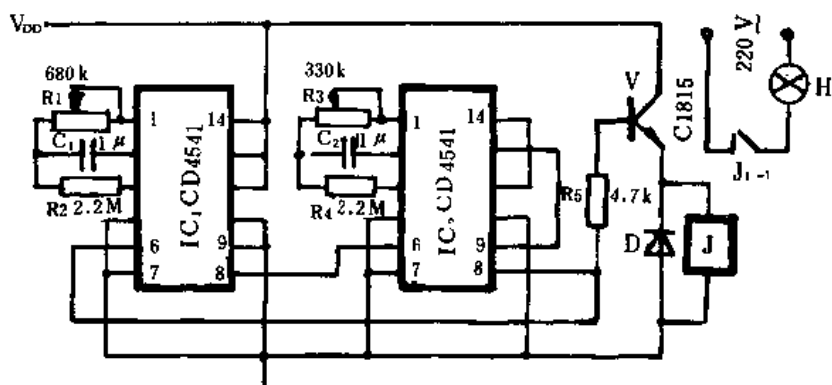


图 13-6 模拟“田螺姑娘”定时电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 块 CMOS 型的定时器 CD4541 (IC_1 、 IC_2)、继电器 J、晶体三极管、阻容元件等构成的模拟“田螺姑娘”定时电路。

当接通电源, 由于 IC_1 的⑨脚接高电平, 则初始状态⑧脚输出高电平。又由于 IC_1 的⑧脚与 IC_2 的⑥脚相接, 因此 IC_2 的⑥脚输入高电平而复位。 IC_1 开始定时, 定时时间为 $t_{d1} = 2.2W_1C_1$ 。定时结束, ⑧脚输出低电平, 那么 IC_2 的⑥脚也变为低电平, 并开始定时计数。此时, IC_2 的⑧脚输出高电平。这一高电平一部分反馈至 IC_1 的⑥脚, 使 IC_1 定时器复位; 另一部分使晶体管 V 导通, 继电器 J_1 得电, J_1 吸合, 外接电器 (电饭煲) 得电工作, 并经 $t_{d2} = 2.2W_2C_2$ 时间后断电而停止工作。图中 IC_2 的⑭脚等 V_{DD} 。

由于 IC_1 、 IC_2 的⑩脚均接 GND, 所以两定时器均为单定时工作状态。两定时时间分别可调 W_1 、 W_2 。从上述电路工作情况看, 模拟“田螺姑娘”定时器 t_{d1} 为外接电器 (电饭煲) 开电时间, t_{d2} 为外接电器 (电饭煲) 工作时间。

例 7 多用途定时控制器

一、应用电路

二、电路结构说明

多用途家电定时控制器由 14 级二进制串行计数器/分频器、振荡器 IC_1 (CD4060) 和音乐片 IC_2 (KD-151) 等构成。定时范围在 1~5 小时内连续可调。

电路中 CD4060 的⑨~⑪脚内部电路与 R_2 、 W_1 、 C_4 、 R_3 等构成方波振荡器, 振荡周期 $T = 2.2(R_2 + W_1)C_4$, 改变电位器 W_1 值就可改变振荡器周期, 从而实现控制时间的长短。振荡信号由⑪脚输入, 经 14 级分频后由③脚输出。开始时③脚低电平, 经过 $2 \times 2^{14}T$ 后变为高电平, 使音乐片 IC_2 被触发喇叭发出音乐声。这就完成定时闹的功能。

当开关 K 接至“1”位置时, 开始 IC_1 的③脚输出为低电平, 使 SCR 截止。经预定时间 $2 \times 2^{14}T$ 后③脚输出高电平, 使 SCR 导通, LED_1 指示出 SCR 导通状态, 于是电源接通, 负载得电。完成定时导通的功能。

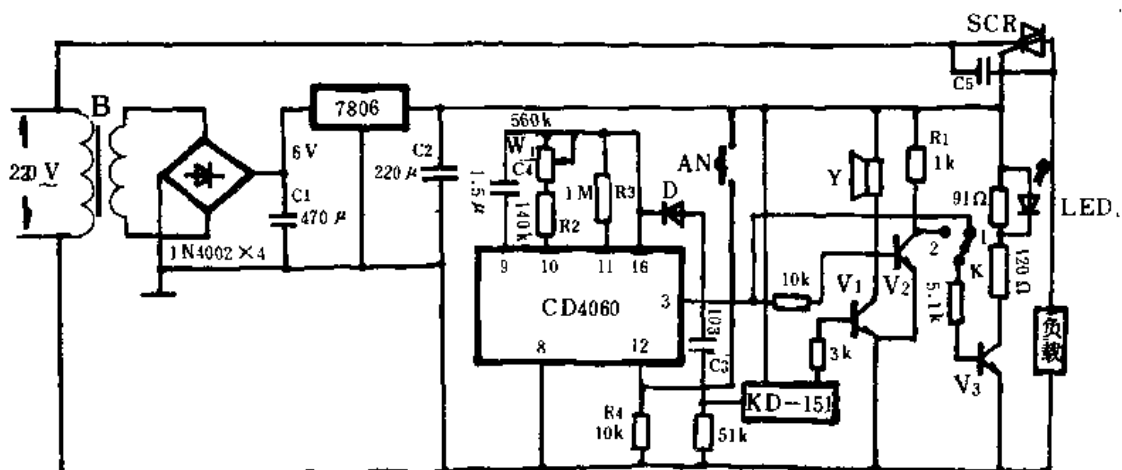


图 13-7 多用途定时控制器

当 K 接于“2”位置时, 由于 V_2 构成反相器, 经预定时间后③脚输出高电平, V_2 导通, V_3 截止, 使 SCR 无触发电流而截止。这完成了定时断的功能。

AN 为复位按钮开关, 按下开关 AN, 定时器从零开始计时。

例 8 电子密码锁电路 (1)

一、应用电路

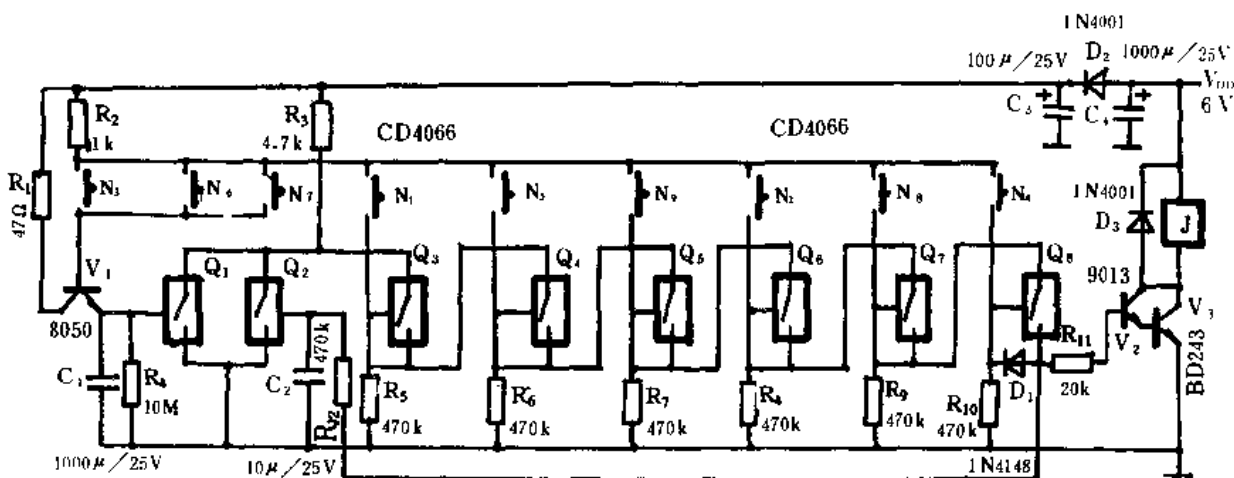


图 13-8 电子密码锁电路 (1)

二、电路结构说明

本电子密码锁由双向 4 模拟门 IC_1 、 IC_2 ($Q_1 \sim Q_8$) ($CD4066 \times 2$) 等构成的。图中 $Q_3 \sim Q_8$ 构成开锁通路, Q_1 组成伪键封锁电路, Q_2 组成自动复位电路。

图 13-8 中开锁密码为 159284, 开锁过程如下: 按 N_1 , Q_3 导通, 且 Q_3 输出的高电平反馈至控制端, 使 Q_3 自锁于导通状态; 按 N_5 , Q_4 导通并自锁……当按动 N_4 后, Q_8 导通并自锁, Q_8 输出的高电平使晶体管 V_2 、 V_3 饱和导通, J 吸合。同时, Q_8 输出的高电平还通过 R_{12} 向 C_2 充电, 约 5s 后 Q_2 导通, 将 Q_3 输入电压短路入 GND, $Q_3 \sim Q_8$ 失去自锁导通的维持条件而断开, V_2 、 V_3 截止, J 释放。此 5s 时间已足够打开门锁或保险箱。若 5s 不够, 可加大 C_2 或 R_{12}

D₁ 作用:一是将 Q₈ 输出高电平引导到其控制端,使 Q₈ 自锁导通;二是当按动 N₁ 时,对加于 D₁ 的电压反偏隔离,防止有人仅按动 N₁ 就使 V₂、V₃ 饱和导通而打开锁。

N_3 、 N_5 、 N_7 及 V_1 、 C_1 、 Q_1 等组成伪键封锁电路,一旦误按 N_3 、 N_5 、 N_7 时, V_1 导通对 C_1 进行快速充电,而后 C_1 通过 R_1 放电却长达 15 分钟之久,因此,在 15 分钟内即使送入正确密码也无济于事。这样,可对付试开锁能力。开锁码可自行编制,本锁密码编好后,开锁时码的次序不能调换,总的密码量为 $A_3^5=60480$ 种,伪键密码量为 $A_3^3=504$ 种。

D₂ 作用，平时对编码电路供电，而当开锁时，继电器 J 通过大电流，这时 C₁ 向 J 供电，防止 C₃ 对 J 倒放电，而影响编码电路工作。

例 9 电子密码锁电路 (2)

图 13-9 按键式电子密码锁电路 (2)

按键式的密码锁由十进制计数器/分配器 CD4017 等构成。它有 5 个密码键、4 个伪键。而 5 位密码键需按照特定程序按动 9 次后方能开锁。这就使开锁难度大大提高。

开锁时,首先按下按钮开关 S_2 ,则晶体管 V_1 导通一次,IC (CD4017) 计数一次,使 $Q_1 = "1"$;按 S_1 一次,IC 计数一次, $Q_2 = "1"$ 。按 S_9 一次,使 R_1 、 D_2 、 R_4 的分压状态变化一次,IC 计数一次, $Q_3 = "1"$ 1;然后按 S_8 一次,使 IC 又计数一次, $Q_4 = "1"$;再按 S_9 一次,IC 再计数一次, $Q_5 = "1"$;接着按 S_4 一次,则 IC 计数一次, $Q_6 = "1"$;再按 S_7 一次,则 IC 再计数一次, $Q_7 = "1"$;按 S_6 一次,则 IC 计数一次, $Q_8 = "1"$;按 S_8 一次,则 IC 再计数一次, $Q_9 = "1"$ 。以上按 S_i 的下脚序号为 249894798 后, $Q_9 = "1"$ 时, V_2 、 V_3 饱和导通,继电器 J 得电,控制电控锁,门被打开。 Q_9 高电平经 R_5 对 C_1 充电,7s 后 R 端为 "1",

IC 清零 J 释放，电路恢复初始等待状态。

若不知密码者，一方面错按伪键 (S_1 、 S_3 、 S_5 、 S_6) 一下，则电路被封锁 5 分钟 (由于 C_1 放电需 5 分钟)。

另一方面还得按以上 9 位数顺序开锁，若次序乱了也无法开锁。当然，可以不要 5 位密码， $Q_0 \sim Q_9$ 只要选 $Q_0 \sim Q_5$ 位作密码，其余作伪码。 V_1 、 V_2 接到 Q_6 输出端，这样，就不必记那么多位数。

例 10 电子密码锁电路 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

简易密码锁由 8 输入端“或非/或”门 CD4078 等组成。电路中用 CD4078，仅当 8 个开关 $S_1 \sim S_8$ 全部闭合时，输出端⑬脚才为高电平，晶体管 V 导通，继电器 J_1 得电，其常开触点 J_{1-1} 闭合，使 12V 的锁包得电，将锁芯吸回，门被打开。

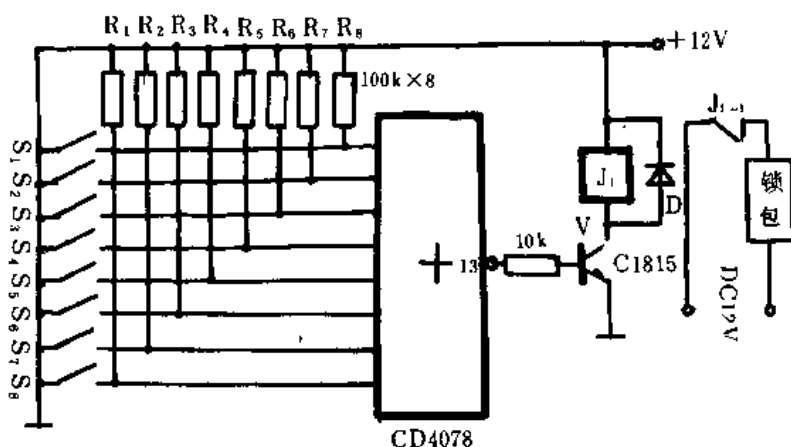


图 13-10 电子密码锁电路 (3)

$S_1 \sim S_8$ 就是密码开关，其加密方法为： $S_1 \sim$

S_8 选用双向扭子开关 (1×2 开关)，其接线方式无规律，即可能扭子向上打，开关闭合，也可能向下打关闭合，这样就形成 $2^8 = 256$ 种组合方式。

例 11 电子密码锁电路 (4)

一、应用电路

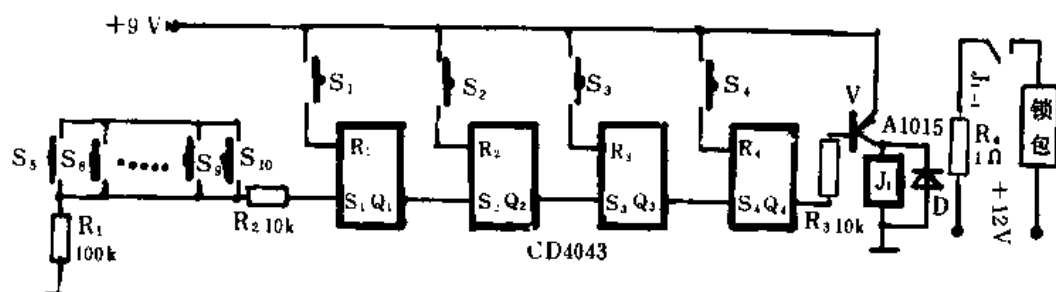


图 13-11 电子密码锁电路 (4)

二、电路结构说明

输 入			输 出
S	R	EN	Q
ψ	ψ	0	Z
0	0	1	不变
1	0	1	1
0	1	1	0
1	1	1	1

ψ 为任意值, Z 为高阻

简易电子密码锁由 4 三态“或非”R/S 锁存器 CD4043 等构成。CD4043 真值表如下:

上表可看出,置位端 S 比复位端 R 有优先权。在 EN = “1” 时,只要 S = “1”,不管 R 怎样变化,输出 Q 均必为 “1”;只有当 S = “0” 时, R = “1” 才能使输出 Q 为 “0”。现把 4 个三态“或非”R/S 锁存器 $\frac{1}{4}$ CD4043 级联,即前一级的 Q 接后级的 S,则就形成

了一个链结构。电路中,只有依次顺序按开关 $S_1 \sim S_4$ 时, Q_4 才输出低电平。

图中 $S_5 \sim S_{10}$ 是锁定键,即任按其中一个,则各触发器 Q 端都输出为 “1”。就无法开锁,这样共设 $S_1 \sim S_{10}$ 10 只开关,计有 $10 \times 9 \times 8 \times 7 = 5040$ 种密码。当 Q_4 输出低电平时,从晶体管 V 导通,继电器线包 J_1 得电,其常开触点吸合,锁包通电,将门锁打开。

例 12 电子密码锁电路 (5)

一、应用电路

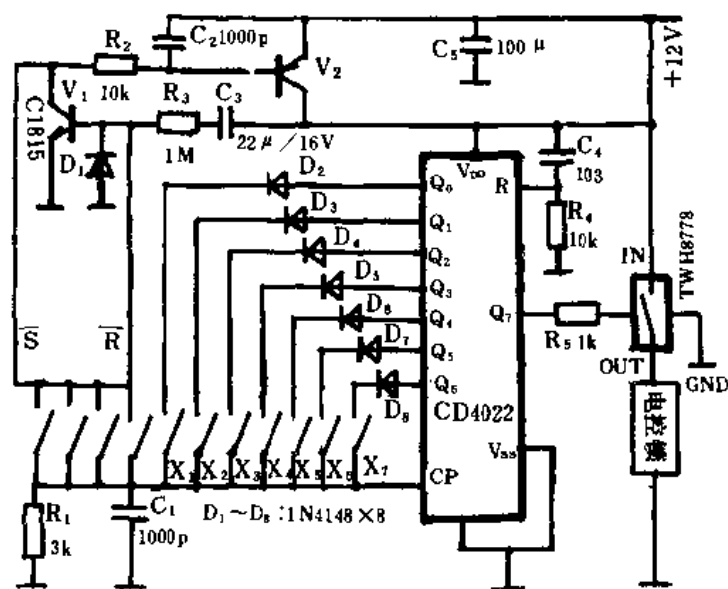


图 13-12 电子密码锁电路 (5)

二、电路结构说明

本电子密码锁电路由八进制计数器/分频器 CD4022 等构成。

电路图中, V_1 、 V_2 和 R_3 、 C_3 组成暂稳时间 8s 的单稳态电路,用以限定开锁时间,并配合 CD4022 完成对密码的检测。单稳的置位端 $\bar{S}$ 和复位端 $\bar{R}$ 分别用于外接启动键与伪锁。 $X_1 \sim X_7$ 是密码的 7 位顺序检测端。

开锁时,先按 $\bar{S}$ 端启动键,触发单稳置位 V_2 导通,供给 CD4022 工作电源。CD4022 得电的同时会被 C_4 、 R_4 微分出正尖脉冲自动清零复位,此时其输出端中仅 Q_0 为高电平, $Q_1 \sim$

Q_7 均低电平。按完启动键便应输入密码键。在这里, CD4022 是采取将输出高电平通过密码键反馈到自身输入端 CP, 进而触发计数器进位的。由于 CD4022 的工作状态受单稳制约, 只限在 8s 内将锁打开, CD4022 的 Q_0 端高电平才能逐级位移至 Q_1 、 Q_2 …… Q_7 端, 从而推动功率电子开关 TWH8778 导通, 电控锁得电便自动开启。开锁限时时间可调 R_3 。若误动伪键或不能及时正确地输入完密码而未能将锁打开, 想再次开锁, 则至少应等上 30s。这是单稳复位后, C_3 上电荷只能途经 R_3 、 D_1 和 CD4022 的内阻缓慢泄放。此间虽可继续触发单稳置位, 其暂稳时间却会变得极短, 因此, 无法完成密码的输入操作, 这即该锁给企图通过试码破密者设置的一道难关。

C_1 、 C_2 起抗干扰作用。

本锁用 12 位标准键盘, 7 位密码, 每位数允许 0~9 之间任选。密码编排出 10^7 组。保密度高。

例 13 定时插座

一、应用电路

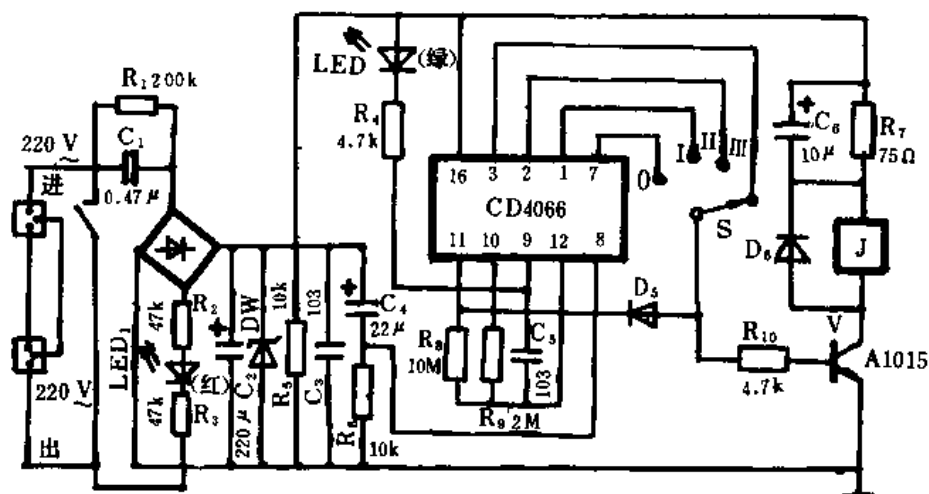


图 13-13 定时插座

二、电路结构说明

本定时插座由 14 级二进制串行计数器/分频器 CD4060 等构成。所谓定时插座, 即将本电路装在带插头的盒子内, 可直接插进墙上市电插座内, 但本“插头盒”本身又有 220V 插孔, 不过这 220V 电受本定时器控制, 定时输出和定时关断。

电路中, 在通电瞬间, C_4 、 R_6 产生微分尖脉冲使 CD4060 复位。LED (绿) 一闪一灭。以示计时开始, 振荡周期由 IC 的⑨~⑪脚外接 R_8 、 R_9 、 C_5 决定, 当 $R_8 > 2R_9$, $V_{DD} = 10V$ 时, 振荡周期 t :

$$t = 2.3R_9 \cdot C_5.$$

计数器在时钟的下降沿作增量计数, 最长延时为 $T = 2^{11} \cdot t$, 图中元件值, $T \approx 180$ 分。增加 C_5 容量, 则 T 更长, 如 $C_5 = 0.68\mu f$, 则 $T \approx 360$ 分, 改变 R_9 可改变振荡频率。

本图, 选择 CD4060 的⑦、①、②、③脚作为输出, 分别定时时间为“0”档 12s, “I”档 45 分, “II”档 90 分、“III”档 180 分, 定时时间到后, IC 输出高电平, 使晶体管 V 饱和, 继

电器 K 吸合，输出插座得电，LED（红）亮。另，高电平通过 D_5 强迫 IC 停振，LED（绿）熄灭，一次定时结束。

本定时器适用各种电器，作电饭煲定时更合适。本图中单定时；若将 D_5 断开，成为循环定时，即一次定时 T 到后，继电器 J 吸合，再过时间 T 后，CD4060 输出低电平，V 截止，J 释放……一直循环下去。如用电热毯之类的负载。继电器选 HG4123 能胜任 1200W 以下负载。
LED₁ 作电源指示灯。

例 14 密码开关

一、应用电路

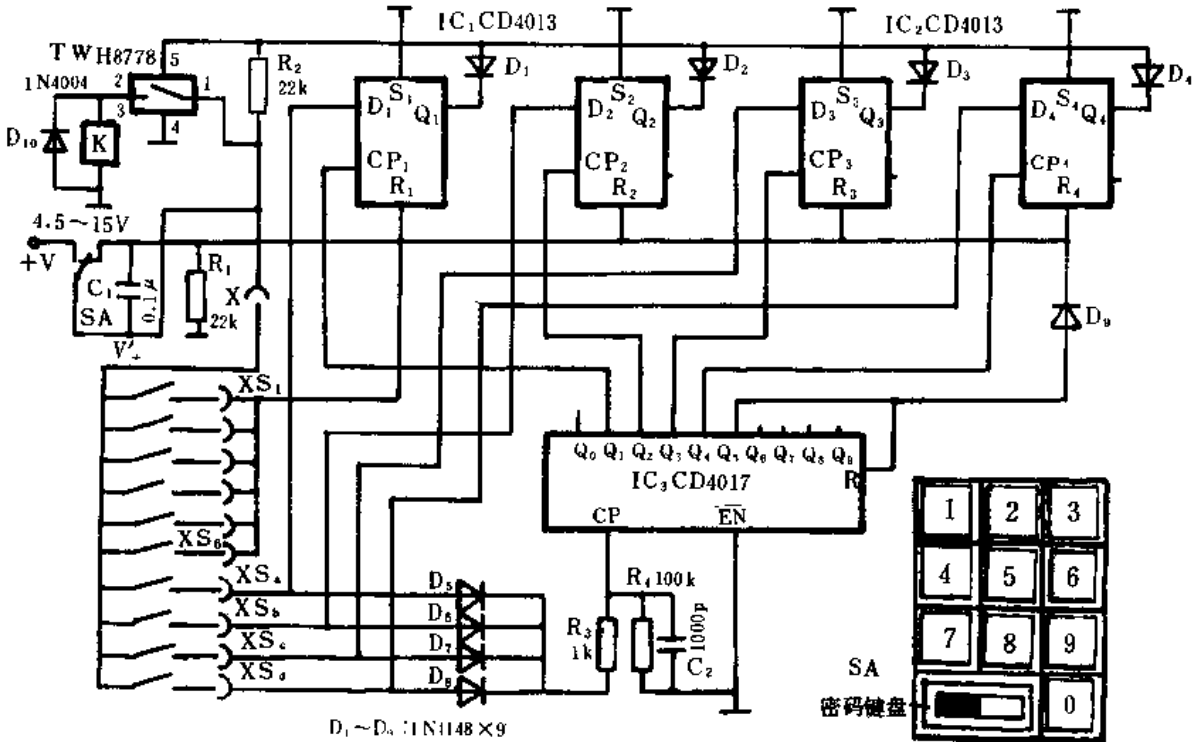


图 13-14 密码开关

二、电路结构说明

双 D 触发器 IC_{1-1} 、 IC_{1-2} 、 IC_{2-1} 、 IC_{2-2} ($CD4013 \times 2$)、十进制计数器/分配器 IC_3 ($CD4017$) 和功率开关电路 TWH8778 等构成的家电密码开关。

电路中， $SB_0 \sim SB_9$ 组成密码键盘。插孔 $XS_4 \sim XS_6$ 和 $XS_1 \sim XS_3$ 分别为密码、伪码输入端。密码由 4 位数字组成，允许重复同码，有 10^4 种密码可供选择。把与密码对应的按钮上的插头依次插入 $XS_4 \sim XS_6$ 便可实现密码预置，把伪码 $XS_1 \sim XS_3$ 混在密码其中。

设正确密码为 6789。合上电源开关 SA 时刻， C_1 、 R_1 组成微分清零电路，产生正尖脉冲触发 $IC_1 \sim IC_3$ 的复位 R 端，使各电路均复零。从二极管 $D_1 \sim D_4$ 、 R_2 构成的“与”门电路可知，仅当 4 个 D 触发器的 Q 端都输出高电平时，TWH8778 才被开启，故此时 K 不动作。合上 SA 后，可键入密码，先按下 SB_6 ，它提供的高电平一路直达 IC_{1-1} 的 D 端；另一路通过 R_3 、 C_2 延迟，触发 IC_3 的 CP 端， IC_3 的 Q_1 端滞后出现高电平再去触发 IC_{1-1} ，使其输出状态翻转。同时 R_3 、 C_2 还具有消抖作用，及防止外来脉冲信号干扰作用。按完 SB_6 ，再依次按动 $SB_7 \sim SB_9$ ，同样，使 $IC_{1-2} \sim IC_{2-1}$ 、 IC_{2-2} 翻转。4 个 D 触发器的 Q 端均输出高电平后，TWH8778 开启导

通，于是 K 动作，其触点可对家用电器实施控制。

若密码键入搞错，将伪码当密码或顺序错，就无法使 TWH8778 开关导通。即密码开关无法接通。

电路中 SA 为 1×2 拨动开关，SB₀~SB₉ 为按钮开关。

例 15 电压过低报警器

一、应用电路

二、电路结构说明

电压过低报警器，由 2 输入端 4 “或非”门 CD4001、齐纳二极管 ZD、阻容元件、蜂鸣器等构成。它可以有效地检测出电池是否电压过低而失效。电路中，CD4001 的门 G₁、G₂ 组成低压触发器，门 G₃、G₄ 与 R₂、C₁ 组成非稳态多谐振荡器。

当输入电压 +V 升或降，门 G₁ 的输入电压也随着发生升降。当电压下降门阈值电压

时，即使门 G₁ 输出高电平，经 G₂ 反相，输出低电平，进而使 G₃、G₄ 组成的振荡器起振，蜂鸣器 HTD 发出报警声。

若选择适当的齐纳二极管 ZD，可以使电路适合设定的低电压而报警。下表提供 ZD 与触发电压的对应关系，供参考。

ZD	触发电压
3V	5V
4.7V	7V
5.7V	11.5V
6.8V	13.8V

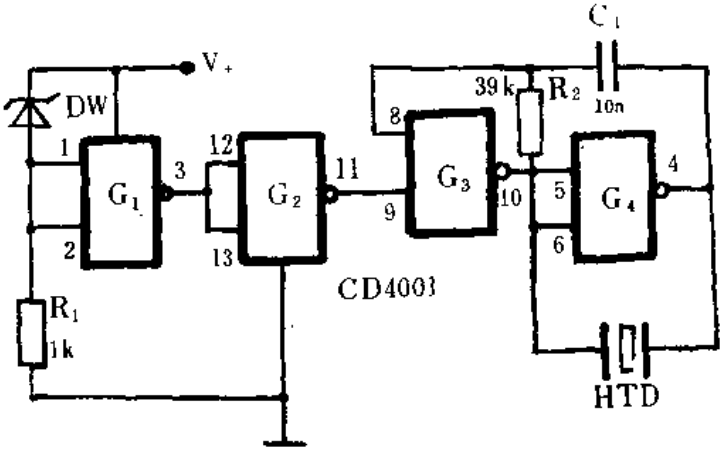


图 13-15 电压过低报警器

例 16 电子闸表附加控制器

一、应用电路

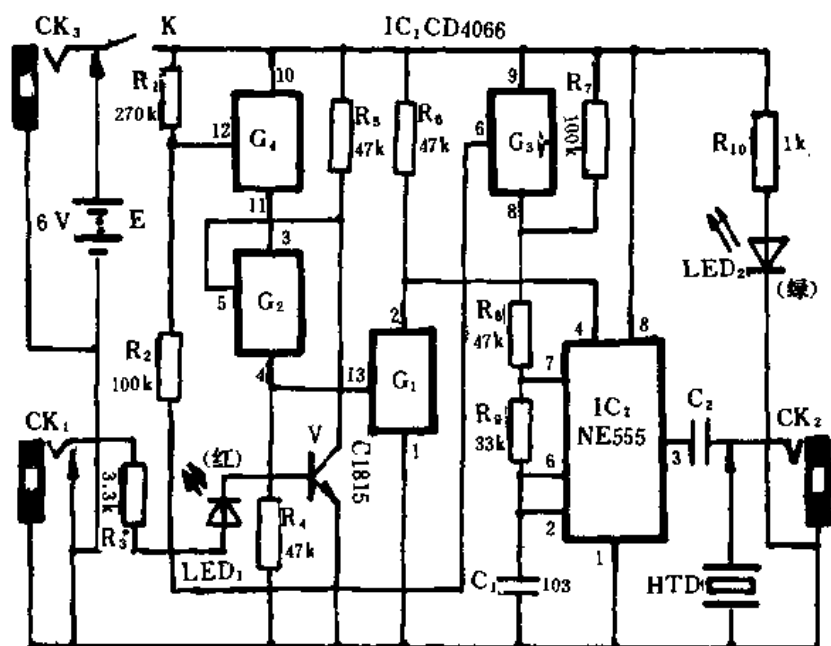
二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 F₁~F₆ (CD4069) 等构成的闸表附加电子控制器。

电路中，当电子表闸时的声音经压电片 HTD 将音变换为电信号送到非门 F₁、F₂ 等组成的线性放大器进行弱信号放大，再经 2AP9×2 倍压整流，使“非”门 F₃ 输入变为高电平“1”，而 F₄ 输出高电平，使 9013 饱和导通，使双常开触点继电器 J 得电吸合。其常开触点 J₁₋₁

[illegible]

图 13-16 电子闸表附加控制器



G_2 截止, G_3 导通, 要求 R_7 短接, 电路输出振荡频率为:

$f_1 = 1.44 / (R_8 + 2R_9) \cdot C_1 \approx 1300\text{Hz}$, 对应于 HTD 发出高音。假如, 红表笔接触是低电平点, G_4 阻断, G_3 也阻断, 电路振荡频率变为:

$f_2 = 1.44 / (R_7 + R_8 + 2R_9) \cdot C_1 \approx 700\text{Hz}$, 对应于 HTD 发出低音。若无声, 则表示表笔未接上。

2. 红表笔接被测高电平点, 红 LED_1 发亮, V 导通。据此, 可以用来检测 LED 的好坏。即用被测的 LED 代替电路中的 LED 便可断定。也可以用被测的 V (不管是 NPN 或是 PNP 型) 来替换电路中 V , 根据电路是否正常发音便可断定。

3. 将两表笔短接, 可作为声响式信号校对器。

4. 可作音频信号发生器, 由 CK_2 输出 700Hz , 或者 1300Hz 音频信号。

5. 作为时基电路 555 的检测仪。

6. 当用扬声器取代 HTD 时, 可作门笛使用。

例 18 感应式试电笔

一、应用电路

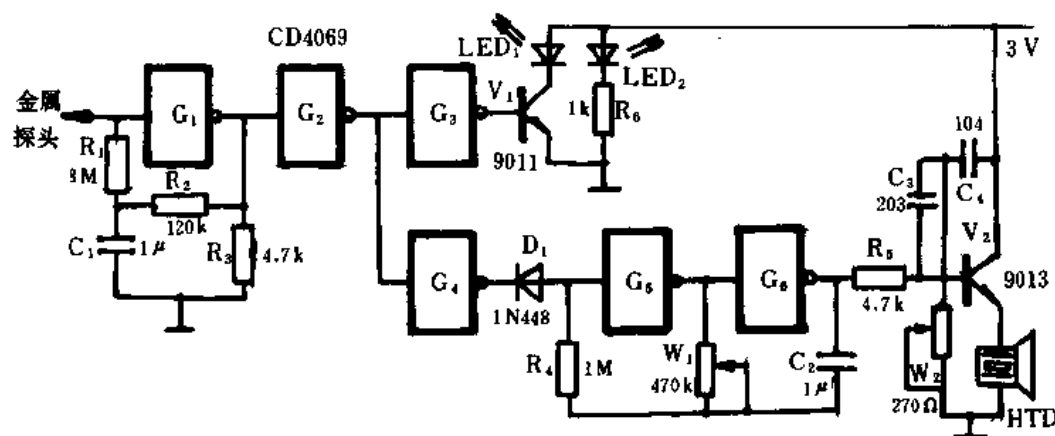


图 13-18 感应式试电笔

二、电路结构说明

感应式试电笔由 6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 等构成。本试电笔能在电源导线绝缘体外表的任何部位, 测试出导线是否带电。导线若带电, 试电笔电路自动发光, 同时发出 BP 声响。

电路中, LED_2 、 R_6 作电源指示灯。 G_6 、 G_5 等组成超低频振荡器, 改变 W_1 值, 可改变其振荡频率, 振荡输出脉冲作为晶体管 V_2 等组成的音频振荡器的闸门控制信号, 即 G_6 输出脉冲高电平时, V_2 组成的音频振荡器振荡, 低电平时停振, 这样, 在压电片 HTD 扬声器发出清晰的 BP 声, W_2 可改变 BP 声音调。 D 为锁定二极管, 当 G_4 输出低电平时, D 导通, 超低频振荡器 G_5 输入被钳位低电平而停振; 当 G_4 输出高电平时起振。 G_1 、 R_1 、 R_2 、 R_3 、 C_1 等组成检波电路。电路通电时, C_1 经 R_1 给 G_1 输入端零电平, G_1 输出高电平。该高电平通过 R_2 再向 C_1 充电, 当 C_1 电压上升到一定值时, G_1 工作在从高电平向低电平转换的临界工作点上 (约 1.2V)。此时, 由于 R_3 的负载存在, G_1 输出的电压值略低于 G_2 输入端阈值电平, 且 G_1

这输出电压由 R_2 、 R_1 组成的反馈回路加以保持。电路中 R_3 决定 G_1 输出电压值, R_3 阻值大, G_1 输出电压高, 即电路灵敏度越高。当探头感应到交变电场时, R_1 、 C_1 回路中产生压降, 电场为负半周时, G_1 输入端电压下降, 于是 G_1 输出高电平, 使 V_1 导通, LED_1 发光。同时, G_4 也输出高电平, 使 D 截止, 解除钳位, 超低频振荡器开始振荡, 控制后级 V_2 组成的音频振荡器发出 BP 声。

例 19 声光报时钟

一、应用电路

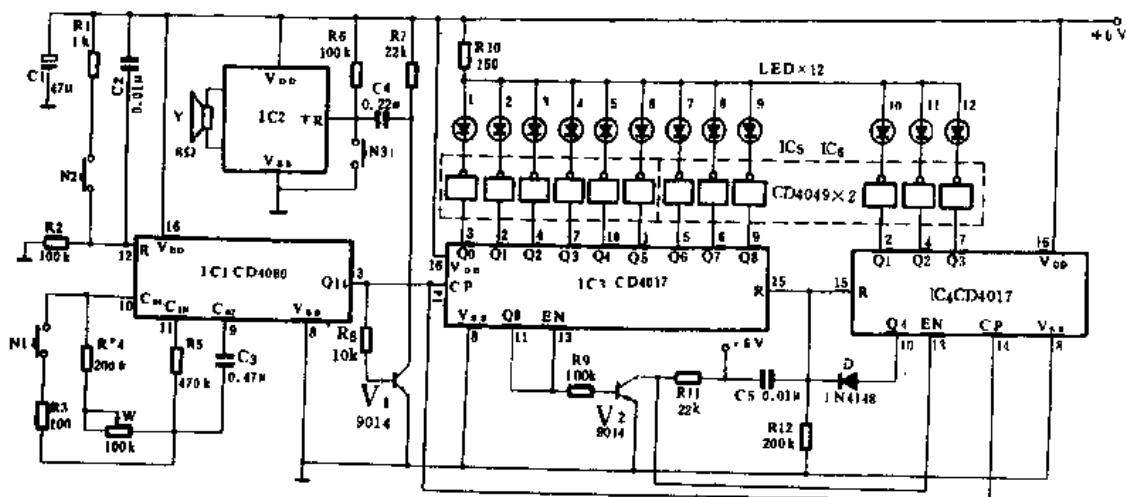


图 13 19 声光报时钟

二、电路结构说明

14 级二进制串行计数器/分频器 IC_1 (CD4060)、音乐报时电路 IC_2 (KD482GB)、十进制计数器/分配器 IC_3 、 IC_4 (CD4017 $\times 2$) 和 6 反相缓冲转换器 IC_5 、 IC_6 (CD4049 $\times 2$) 等构成的声光报时钟。

电路中, IC_1 的⑨~⑪脚外接阻容元件与其内部门组成振荡器, IC_1 其他部分组成 14 级二进制分频器, 调整 W 、 R_4 、 C_3 来实现 Q_{11} 输出一个 1 小时为周期的正脉冲信号, 经晶体管 V_1 反相及 C_4 、 R_6 组成的微分电路得到一负脉冲, 触发音乐报时电路 IC_2 , 由扬声器发出点报时声; 同时, 该信号输入由 IC_3 、 IC_4 及 V_2 组成的 12 进制计数器, 输出整点的光报时信号, 经缓冲反相驱动发光二极管显示整点时间。

3 个调校按钮开关: 按动 N_1 可快调报时点与时间同步, 按动 N_3 可使声打点与光显示一致, 按动 N_2 使分频器清零, 从整点开始计数。

总之, 本报时钟具有:

- (1) 每到整点, 能奏曲后打点报时, 还能发光显示整点时间;
- (2) 晚上 10 点至早上 5 点无声音报时, 只发光显示整点时间;
- (3) 耗电省, 可用电池供电。

例 20 电器开机使用时间累计器

一、应用电路

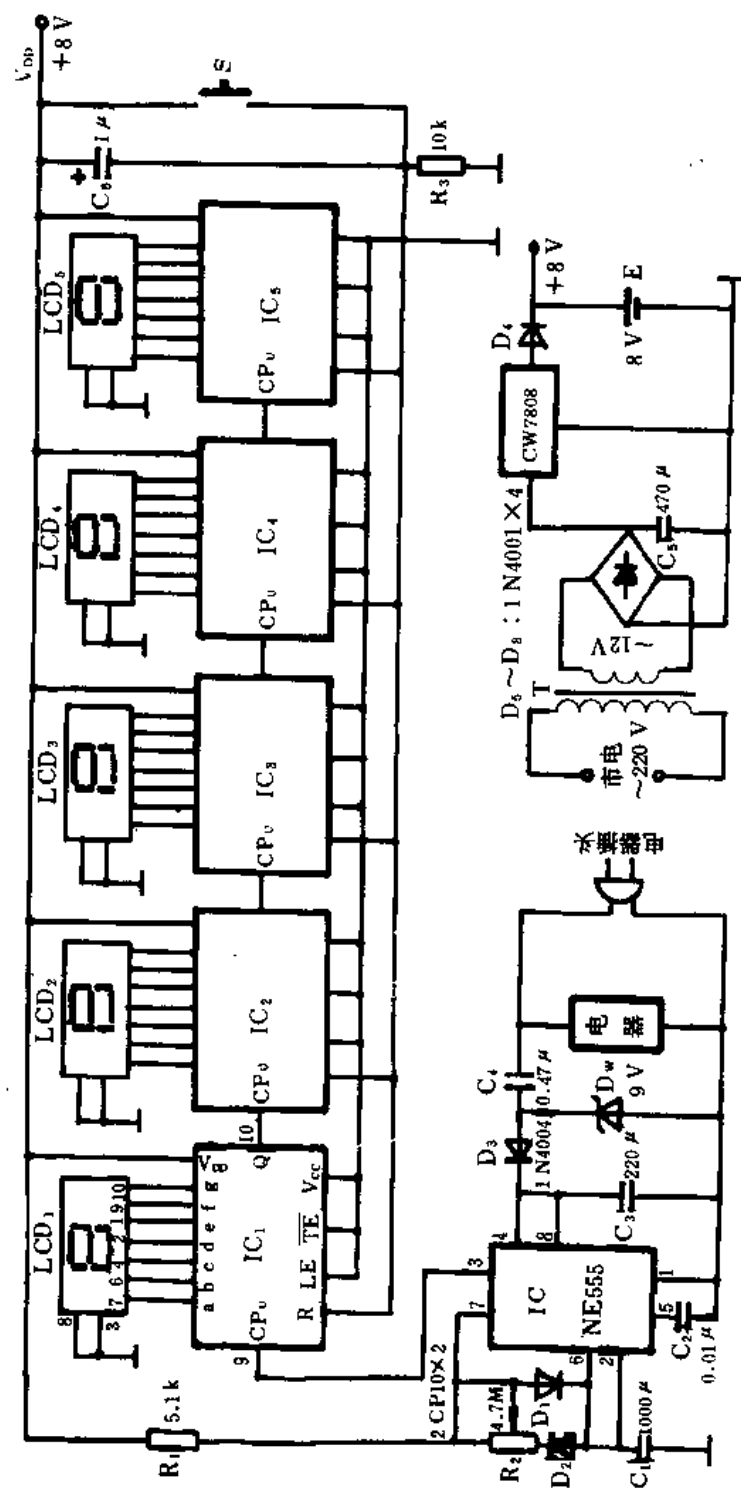


图 13-20 电器开机使用时间累计器

二、电路结构说明

时基电路 NE555、十进制加减计数/译码/锁存/驱动器 IC₁~IC₅ (CD40110×5) 和 LED5011 共阴极数码管等构成的电器开机使用时间累计器。

电路中, V_{DD} 为交直流浮充电工作电源 +8V (这里略去这部分电路图), 当电器通电工作时, 220V 市电经 C₁ 降压、DW 稳压、D₂ 整流、C₃ 滤波、为时基电路⑧脚提供 8V 稳定直流电压。NE555 等组成时钟脉冲发生器, 每小时从 NE555 的③脚输出一个正脉冲作 IC₁ 的正跳变时钟脉冲。IC₁~IC₅ 的 $\overline{\text{TF}}$ 接 GND, IC 处于计数状态。在正跳变时钟 CP 的作用下, IC₁~IC₅ 产生加计数, 译码后驱动 LED₁~LED₅ 显示电器的累计工作时间。电器不工作时, NE555 无工作电源, 时钟脉冲产生电路停振, 计数器停止计数。由于 IC₁~IC₅、LED₁~LED₅ 仍有工作电源, 计数器仍保持显示原数字不变, 待电器下次工作时再累计计时。这时电池供电, C₁ 仍充足电状态, 使 NE555 的②、⑥脚电压大于 $\frac{2}{3}E$ 即大于 5.3V。这样, 使 NE555 在每次电器刚开机工作时都输出低电平, 无正跳变时钟脉冲输出, 然后, C₁ 经 R₂、D₂ 由 NE555 的⑦脚向 GND 放电, 延时 1 小时后, C₁ 两端电压放电到约 2.7V ($\frac{1}{3}E$), NE555 置位, 才输出第一个正跳变时钟脉冲触发 IC₁ 计数。从而保证了计数器可靠准确计时。

C₆、R₃ 组成开机微分清零电路, S 为手控清零按钮。

例 21 定时节能灯

一、应用电路

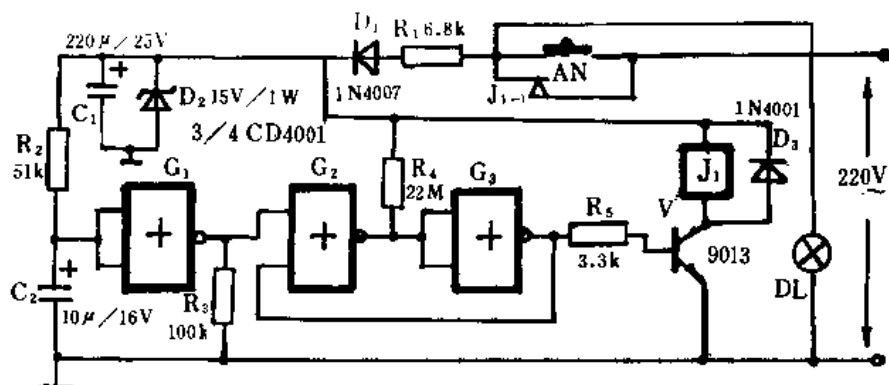


图 13-21 定时节能灯

二、电路结构说明

定时节能灯由 2 输入端 4 “或非” 门 G₁~G₃ ($\frac{3}{4}$ CD4001) 等构成。

AN 作楼道路灯开关, DL 为路灯。

按一下 AN, 220V 市电经 AN、R₁、D₁ 向 C₁ 充电, 充电时间常数为 0.03s。C₁ 充电至 D₂ 稳压管 V_Z=15V。R₂、C₂、G₁ 组成触发脉冲形成电路。其时间常数 $\tau_2=R_2C_2=0.51s$, 所以, C₁ 上充好电后, C₂ 才刚刚开始充电。这时 G₁ 输出高电平。此高电平维持约 0.4s。C₂ 上电压被电源充电而升高到 G₁ 的阈值电平约 0.5V, 使门 G₁ 输入高电平而迫使输出低电平时为止, 这就形成了开机触发脉冲。开机触发正脉冲迫使 G₂ 输出低电平, 由于 C₃ 上无电荷, C₃ 两端电压不能突变, 所以, 这时 G₃ 的输入端为低电平, 而其输出端为高电平, 使晶体管 V 导通, J₁ 吸合, J₁₋₁ 导通自锁代替 AN, 电灯 DL 亮。另一方面 G₃ 的输出高电平反馈至 G₂ 一输入端, 使 G₂ 保持低电平输出 (即使 G₁ 输出触发脉冲高电平消失也无影响)。门 G₃ 输出高电平就是

单稳态定时时间的开始。持续到电源经 R_1 向 C_3 充到 G_3 输入端的阈值电平约 0.5V 时, G_3 输出低电平, 则 G_2 输出转为高电平。则 V 截止, J_1 释放, J_{1-1} 断开, 电路失电, 负载 DL 熄灭。再按一次 AN 键, DL 再点亮, 经 $T=0.5R_1C_3$ 约 4 分钟后 DL 熄灭。这样, 作楼道路灯, 有节电作用, 避免整夜点亮 DL 耗电能。同时, 可用多个开关 AN 并联, 形成多地址开关。

例 22 触摸式步进调光台灯

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 CMOS 工艺制造触摸调光专用集成电路 BA2101 等构成的触摸式步进调光台灯。

图中, R_3 、 D_1 、 D_4 和 C_2 组成电阻降压稳压电路, 输出 9V 直流电供集成块使用。 R_2 为集成块取得交流同步信号, R_5 是 IC 的外接振荡电阻。 C_3 是隔离安全电容, P 为触摸金属电极, 当人手触摸 P 时, 人体感应的杂波信号经 C_3 、 R_8 和 R_7 送至 IC 的④脚 SP 端, 经 IC 内部电路处理后, ⑥脚即输出触发信号经 C_1 、 R_1 加至可控硅的门极 G, 使可

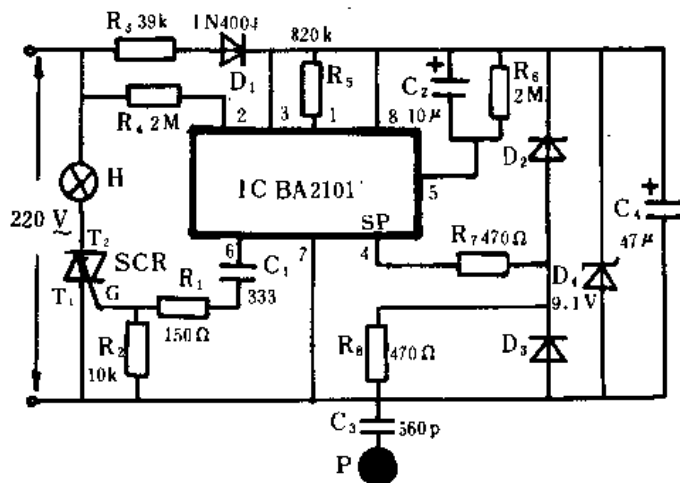


图 13-22 触摸式步进调光台灯

控硅开通, 电灯 H 点亮发光。第二次触摸, 可改变⑥脚输出触发脉冲前沿的到达时间, 因而使电灯亮度发生变化。反复触摸, 灯亮度按“弱光、中光、强光、熄灭、弱光……”循环变化, 故本电路为 4 档步进选择, 即 3 档亮度和一档关灯。改变电阻和放电电容 C_2 的值, 可改变灯变档亮度的差异。 D_2 、 D_3 用来保护 IC, 防止意外触摸信号过强造成 IC 损坏。

例 23 床头延时灯 (1)

一、应用电路

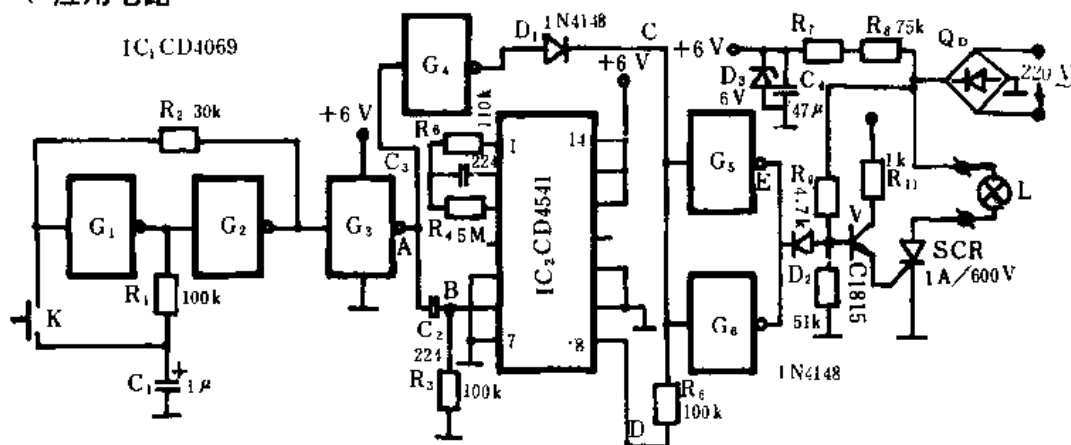


图 13-23 床头延时灯 (1)

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 和可编程计数器 IC₂ (CD4541) 等构成的床头延时灯。

本延时灯最适合于作床头延时灯。按一下按钮开关 K 灯亮，接着再按一下 K 灯灭；如果灯亮后不再按 K，则延时一段时间 t 之后灯会自动熄灭。接着再按 K，重复以上过程。

电路中，“非”门 $G_1 \sim G_3$ 组成双稳态电路，每按开关 K 一次，电路翻转一次， A 点的电平也随之“0”或“1”交替变化。

IC₂ (CD4541)、R₆、C₃、R₄ 等组成延时电路,当 A 点出现高电平时,由 C₂、R₃ 形成微分脉冲,触发 IC₂ 复位,延时开始,C、D 两点均为低电平(灯亮)。延时 t 分钟(本电路 t=30min)后 D 变为高电平,灯熄灭;当 A 变为低电平时,C 为高电平,也会使灯熄灭。

R_9 、 R_{10} 、 R_{11} 、晶体三极管 V 等组成过零触发电路，触发 SCR 导通，而 SCR 的截止却受 E 点电平控制，E 为“1”，SCR 导通，E 为“0”，则截止。

D_3 、 C_3 、 R_7 、 R_8 、 Q_D 组成直流 6V 电源, 供各部分使用, 同时还提供过零信号。

全桥 Q_p 应为 $1A/400V$, R_7 、 R_8 功率应大于 $\frac{1}{4}W$ 。

例 24 床头延时灯 (2)

一、应用电路

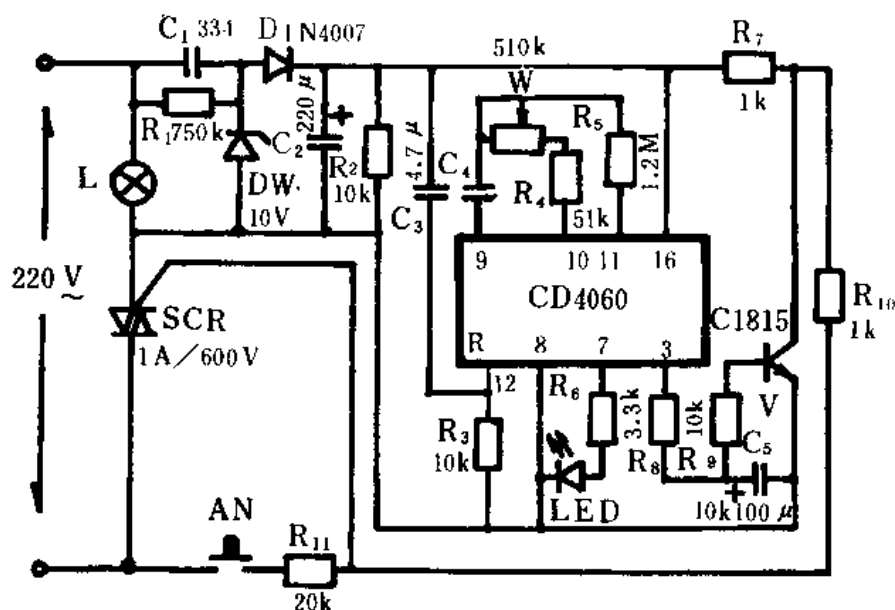


图 13-24 床头延时灯 (2)

二、电路结构说明

图 13-24 为由 14 级二进制串行计数器/分频器 CD4060 等构成的床头延时灯。

平时 SCR 关断状态，灯不亮，整个电路不耗电。

当按下常开按钮开关 AN 时, 市电经 R_{11} 为可控硅 SCR 提供触发电流, SCR 导通, 灯亮。同时, 灯泡 L 两端电压经 C_1 降压, D_1 整流, DW 稳压后, 在 C_2 两端得到 10V 的直流电压。

此时, 由于 C_3 两端电压不能突变, CD4060 的⑫脚复位 R 端得到正脉冲触发而复零。③脚 Q_4 、⑦脚 Q_1 输出均为零电平。晶体管 V 截止, C_2 两端 10V 电压通过 R_7 、 R_{10} 至 SCR 的控

制极 G，使 SCR 继续保持导通。

CD4060 复零后，内部就开始振荡，振荡频率 $f=1/2.3(R_4+W)$ ，对应⑦脚的 LED 闪烁发光。W 阻值调最大时 (510K)，振荡周期 $T=\frac{1}{f}=0.25s$ ，对应延时 $2^{11-1} \times 0.25s=33$ 分钟。LED 的闪烁周期为 $2^1 \times 0.25s=4s$ 。W 最小时，振荡周期为 0.023s，对应延时约为 3 分钟。此时 LED 闪烁周期为 0.4s。

延时一到③脚输出高电平，V 导通，SCR 不再有触发电流而关断，灯熄灭。

例 25 床头延时灯 (3)

一、应用电路

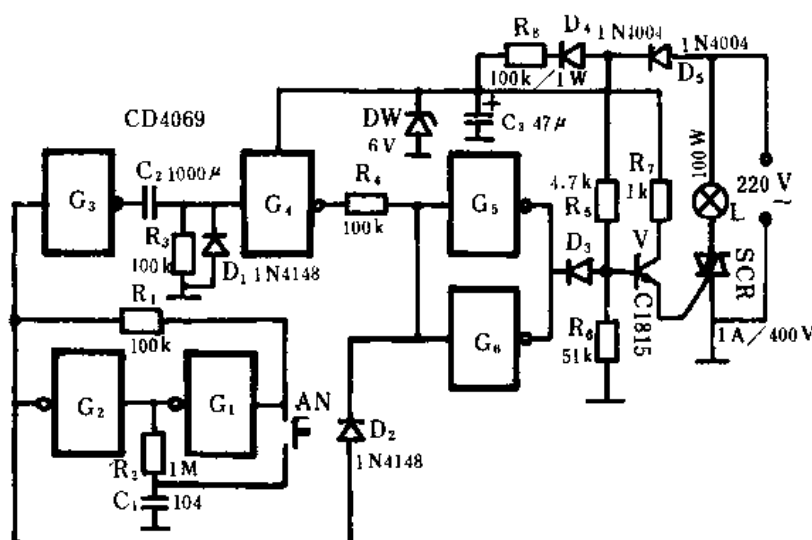


图 13 25 床头延时灯 (3)

二、电路结构说明

本电路为由 6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 等构成的床头延时灯电路。

电路中， G_1 、 G_2 、 R_1 、 R_2 、 C_1 和 AN 组成双稳态触发开关； G_3 、 G_4 和 R_3 、 C_2 、 D_1 组成单稳态延时电路； G_5 、 G_6 并联增强驱动负载能力；晶体管 V 等组成 SCR 过零触发电路，市电 R_8 降压， D_4 、 D_5 整流，DW 稳压、 C_3 滤波为定时控制电路提供 6V 的稳定直流电。

单稳延时时间 $T \approx 0.693R_4C_2$ 。

例 26 床头灯控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

床头控制灯电路，由低功耗单片电风扇电脑控制低功耗 CMOS 集成电路 RY901 等构成。

通电时刻，RY901 暂处于复位关机状态；①、②、③脚均输出低电平。按下关机控制键 S_1 ，启运③脚输出高电平，使 SCR_1 导通，处于弱光状态。此后每按一次 S_2 键，可依次从①～③脚上输出高电平使 $SCR_1 \sim SCR_3$ 分别导通，控制后级调光电路，使灯光按弱光、中光、强光、弱光的顺序改变。当按 S_3 键时，定时指示发光二极管 $LED_1 \sim LED_4$ 依次对应点亮或熄灭。即每按动 S_3 可选择一种定时时间，共有 0.5、1、2、4 小时和不定时 5 种工作方式可选择。当时

例 28 双音电子门铃 (1)

一、应用电路

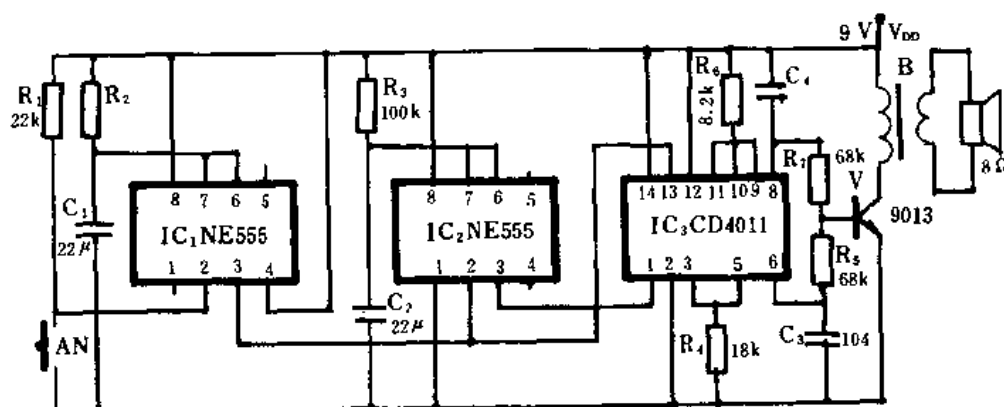


图 13-28 双音电子门铃 (1)

二、电路结构说明

双音电子门铃电路, 主要由 IC_1 、 IC_2 (NE555)、 IC_3 (CD4011) 以及外围元器件构成。其中, IC_1 (NE555) 与 R_1 、 R_2 、 C_1 组成 800Hz 的音频振荡器, IC_2 (NE555) 与 R_3 、 C_2 组成 400Hz 的音频振荡器, 4 “与非” 门 IC_3 (CD4011)。

当按下开关 AN 后, IC_1 触发端②脚接地, ③脚输出高电平, 当 C_1 通过 R_2 充电至超过阈值电平 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 时, IC_1 复位并停振, 于是③脚变为低电平。由于 IC_1 ③脚与 IC_2 的②脚、 IC_3 的第⑬脚相联, 因此 IC_2 、 IC_3 受 IC_1 的控制。在 IC_1 的③脚转为低电平时, IC_2 的③脚为高电平, 于是 C_2 经 R_3 充电约 1s (秒钟) 后, 其⑥脚电压超过 $\frac{2}{3}V_{DD}$, IC_2 开始起振, 输出频率为 400Hz 的音频信号。这样, 800Hz 和 400Hz 的音频信号先后经 IC_3 门电路整形后, 又经 V (9013) 放大, 驱动扬声器 BL 发出高低双音音响。

调节 RC 充放电时间, 可以调整单响的频率和发音的长短。

例 29 双音电子门铃 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

双音电子门铃, 由 2 输入端 4 “与非” 施密特触发器 $G_1 \sim G_4$ (CD4093) 等构成。

电路图中, 门 G_1 、 R_1 、 C_1 组成音频振荡器, 产生脉冲频率为 f_1 , 而门 G_2 、 R_2 、 C_2 也组成音频振荡器, 产生脉冲信号频率为 f_2 。当 AN 没按下时, G_1 、 G_2 输出高电平, 而 G_3 、 G_4 输出低电平, 晶体管 9011 截止。当 AN 按下

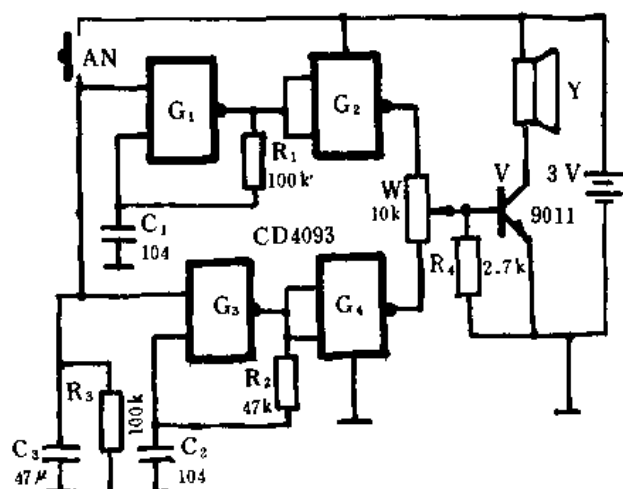


图 13-29 双音电子门铃 (2)

时, C_3 立即被充满电, G_1 、 G_2 组成的振荡器开始振荡, 产生音频信号频率 f_1 、 f_2 , 而经 9011 放大后驱动扬声器 Y 发生双音声响。当 AN 放开时, C_3 通过 R_3 至 GND 放电, 电路一直延迟短时间后停止工作。

例 30 双功能门铃

一、应用电路

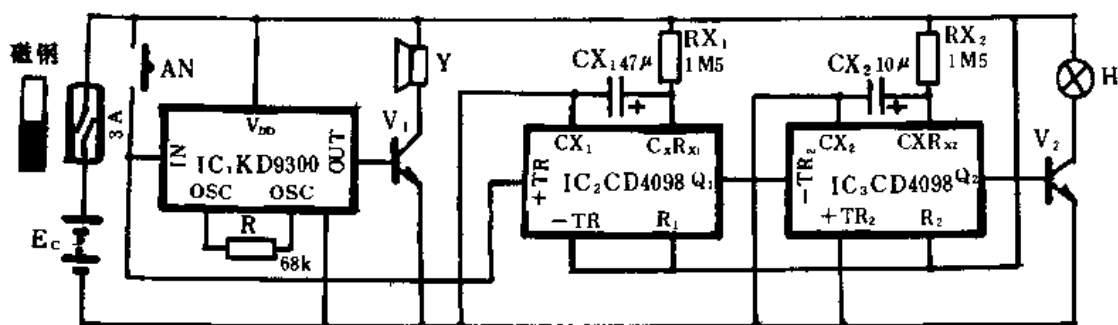


图 13-30 双功能门铃

二、电路结构说明

本电路为由音乐集成块 IC_1 (KD9300)、双单稳态触发器 IC_2 、 IC_3 (CD4098) 等构成的具有音乐声响和主人不在指示的双功能门铃。

当来客时, 主人门关着, 安装在门框上干簧管, 被安装在靠近干簧管门边框上的磁钢吸引, 干簧管这时闭合, 向电路供电。当客人按一下常开按钮 AN, IC_1 被触发音乐信号经 V_1 (C1815) 放大驱动喇叭发出音响。同时 IC_2 触发器亦受触发, 由于 IC_1 的 -TR 和 R_1 均接 V_{DD} , 所以, 该触发器为上升沿触发/再触发单稳态触发器, 单稳时间由 $R_X C_X$ 时间常数决定, 图中元件参数延时时间为 40s (秒)。如果主人听到乐曲声, 马上去开门, 只要门一打开, 电源由于干簧管失去磁钢作用而开路。乐曲声立即停止, IC_2 亦停止工作, Q_1 端恢复低电平; 如此时主人不在, 音乐声演奏约 20s (秒), 直等 IC_2 触发器的延时 40s (秒) 后, Q_1 端变为低电平。

对于 IC_3 , 由于 R_2 接 V_{DD} , $+TR_2$ 接 GND, 则 IC_3 组成触发器为下降沿触发/再触发单稳态触发器。这时, Q_1 的下降沿, 触发 IC_3 的 -TR₂, 使 Q_2 输出高电平, 经晶体管放大驱动小灯泡 H 发光。表明房内无人。 IC_3 的单稳 (延时) 10s (秒) 左右。此时间由 C_{X2} 、 R_{X2} 的时间常数决定。

例 31 通用数字钟晶振时基电路

一、应用电路

二、电路结构说明

6 反相器 $G_1 \sim G_6$ (CD4069) 和 12 级串行二进制计数器 IC_2 (CD4040) 等构成通用数字钟晶振时基电路。

该电路时基输出频率为 60Hz 适用于 LED 数字钟集成电路: 如 LM8361、LM8365、LM8560、MM654、MM5462 等。

电路中, “非”门 G_1 、 G_2 、 C_1 、 C_2 、 R_1 和晶体 32768Hz 等组成晶体振荡器电路。调 C_2 使振荡器谐振于 32768Hz, 此频率经 G_3 缓冲反相后送至 IC_2 和 D_1 、 D_2 、 R_2 及 “非”门 G_5 、 G_6

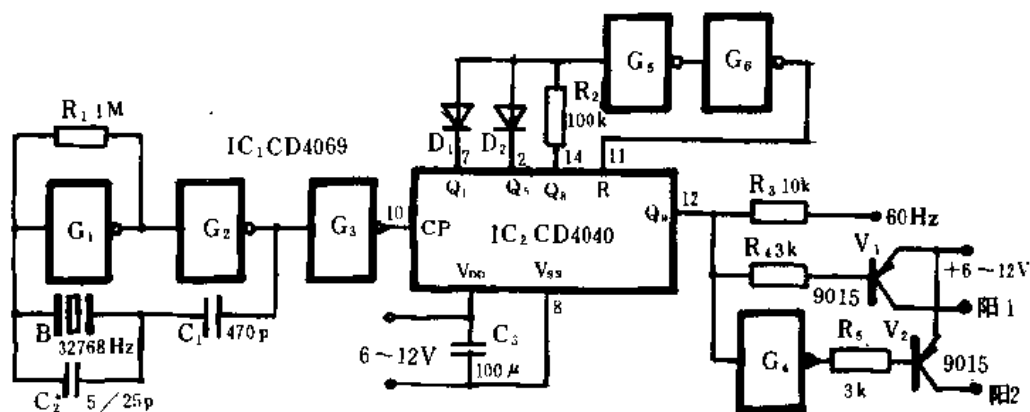


图 13 31 通用数字钟晶振时基电路

组成的 546 次分频电路。经 546 次分频后得到 60Hz 时基，从 IC₂ 的 Q₁₂ 脚输出。一路经 R₃ 至数字钟 IC；另一路分别送到晶体管 V₁ 基极和“非”门 G₄ 的输入端，使 V₁、V₂ 交替导通，V₁、V₂ (9015) 发射极分别接双阳型显示屏阳₁ 和阳₂。

如时基电路用 LM8361~LM8365 等一类数字电路，V₁、V₂ 和 R₄、R₅ 可不用。数字钟走时快，C₂ 应增大容量，走时慢，C₂ 应减小容量。

例 32 来信指示器

一、应用电路

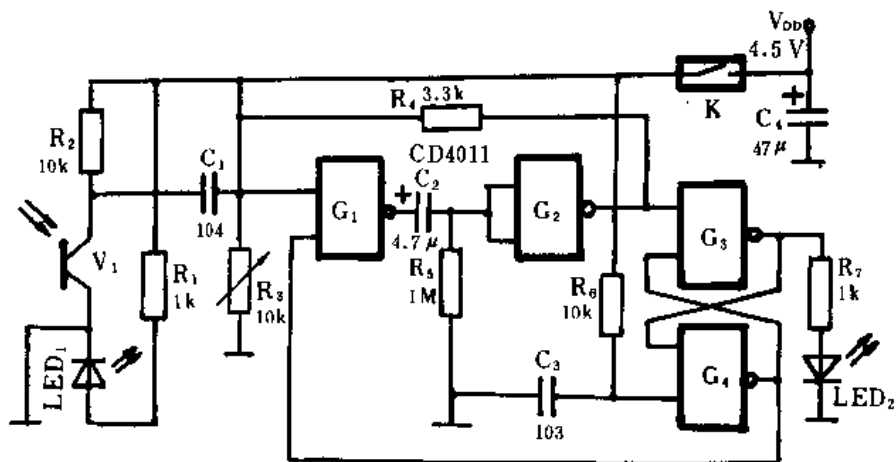


图 13 32 来信指示器

二、电路结构说明

信箱来信指示器电路，采用 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 (G₁~G₄)、发光二极管、红外发射管、接收管、干簧管、恒磁铁，以及阻容元件构成。

将红外发射管 LED₁ 和红外接收管 V₁ (3DU₅) 装在信箱投信口过道的同一水平面上，两者有适当的间距，且朝向一致。当来信从信箱投入口投入时，LED₁ 发射的光被信封表面反射回至被 V₁ 管所接收。于是 CD4011 的门 G₁ 的①脚得到经 C₁、R₃ 微分后的负尖脉冲，触发了由门 G₁、G₂、C₂、R₅ 组成的单稳态电路，使 G₂ 输出低电平，进而使门 G₃、G₄ 组成的 R-S 触发

器动作，门 G_3 输出高电平。这一高电平经过 R_7 使 LED_2 发光，指示信箱有来信。与此同时，门 G_4 的⑩脚输出低电平，反馈至门 G_1 的②脚将门 G_1 封锁。这样，发光二极管指示不致改变。调节微调电阻 R_3 ，可改变单稳态触发器灵敏度。

当开箱取出信后，重新将门关上时， R_6 、 C_3 组成的复位电路能使 G_4 的输入端⑧脚得到一个负脉冲，促使 R—S 触发器触发复位。于是 LED_2 熄灭，等待新的来信投入。

电路中 K 为干簧管。它要与恒磁铁组成信箱开关门电路。当门关上时， K 导通；门打开时， K 切断。

例 33 触摸式双稳电路

一、应用电路

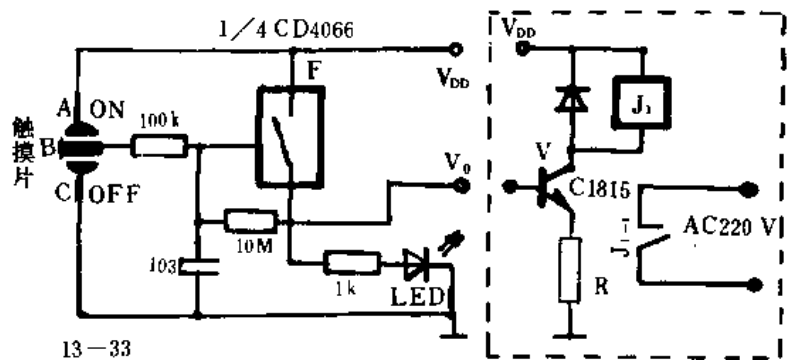


图 13-33 触摸式双稳电路

二、电路结构说明

触摸式双稳电路，采用 4 双向模拟门开关 $1/4$ CD4066 (F)、金属触摸片 ABC、发光二极管、阻容元件等构成。

当人手指同时触摸金属触摸片 ABC 中的 A、B 时， $1/4$ CD4066 的门 F 导通，则 V_0 输出高电平，且发光二极管 LED 发光。

当人手指同时触摸金属触摸片中 B、C 时， $1/4$ CD4066 的门 F 控制极通过手指接 GND，于是门 F 关断， V_0 输出低电平。

倘若要控制大电流负载，可在 V_0 端加接图中虚线框内电路，即可达到目的。

例 34 电饭煲定时器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 14 位二进制串行计数器/分频器 CD4060、继电器、晶体二极管、三极管、阻容元件等构成了电饭煲定时器。

电路中， R_3 、 R_4 、 W_P 、 C_4 与 CD4060 的⑨~⑪内部 2 个反相器组成振荡器，振荡频率由 R_1 、 W_P 和 C_4 决定的。当 $V_{DD}=10V$ 时，振荡频率

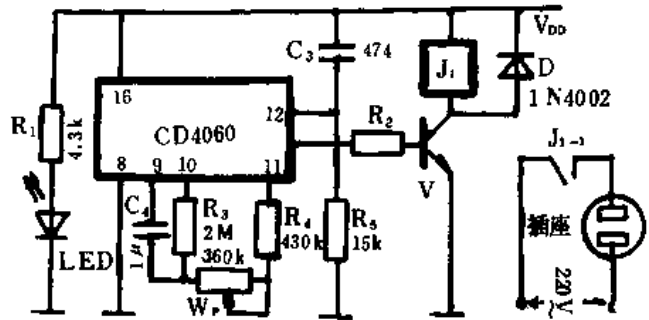


图 13-34 电饭煲定时器

$f=1/2.2RC_4$ ，其中 $R=R_4+W_P$ ，而 R_3 可改善振荡器的稳定性。

在振荡器脉冲下降沿作用下，CD4060 的分频器作增量计数，并最大可获 2^{14} 分频。这样，利用 CD4060 作延时，最大可获延时常数 $2^{14} \times 1=8192$ ，总延时时间达 $t \approx 2^{13} \times 2.2RC_4$ (秒)。

电路接通瞬间， C_3 、 R_3 清零电路起作用，使 CD4060 的复位端②脚得到高电平而复位，以保证电饭煲延时时间从零开始。接着，振荡器开始振荡，输出脉冲信号。于是 CD4060 开始计数并从③脚输出 14 位计数器的计数脉冲。要使③脚由低电平转换为高电平，所需要的时间 $t=2^{13} \times 2.2RC_4$ 。显然，在 t 时间内，③脚输出低电平；但延时至 t 时，③脚输出变为高电平，经限流电阻 R_6 使晶体管 V (C1815) 导通，继电器 J_1 吸合，其触点 J_{1-1} 导通，使电饭煲得电。 J_1 吸合后自动断开又需再经过一个 t 时间。而电饭煲煮好饭后，本身自动断电。

例 35 冰箱除臭器

一、应用电路

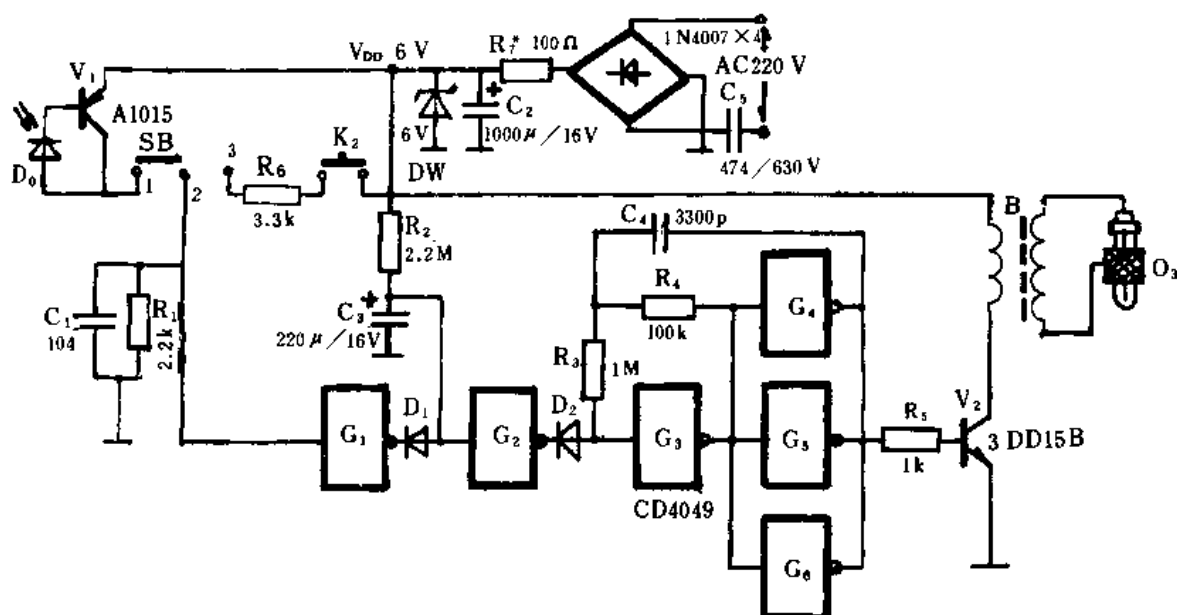


图 13-35 冰箱除臭器电路

二、电路结构说明

由 6 反相缓冲器 CD4049 ($G_1 \sim G_6$)、晶体管、光电管 D_0 、高频变压器 B、臭氧灯 O_3 、阻容元件等构成全自动冰箱除臭器电路。

电路中， R_1 、 C_1 组成抗干扰电路。当打开冰箱时，箱内照明灯亮，光电管 D_0 被光照而使 V_1 导通。市电经过桥式整流、滤波、降压后得到 $V_{DD}=6V$ 的直流电，经 V_1 和拨动开关 SB (档位 1) 加至 CD4049 的门 G_1 输入端。于是 G_1 的输出为低电平， D_1 导通， C_3 通过 D_1 向 G_1 至 GND 放电， G_2 输出变为高电平， D_2 截止。也由于 D_2 的截止，由门 G_3 、 G_4 、 G_5 、 G_6 组成的多谐振荡器起振，并输出约 2kHz 的方波。方波信号经 R_5 至开关管 V_2 放大，而后再经高压变压器耦合至次级，最后加至 O_3 臭氧管，产生臭氧，消除臭味。

当冰箱关闭时，箱内灯熄灭， D_0 截止， V_1 截止，门 G_1 输入端为低电平，输出端为高电平， V_{DD} 通过 R_2 向 C_3 缓慢充电 (约 5 分钟后)，门 G_2 输出为低电平， D_2 导通，振荡器停振。

于是变压器 B 无高频高压输出，O₃ 管不产生臭氧。

当开关 SB 拨至 2 档时，可用手动开关 K₃ 进行控制。

例 36 IC 电冰箱保护器

一、应用电路

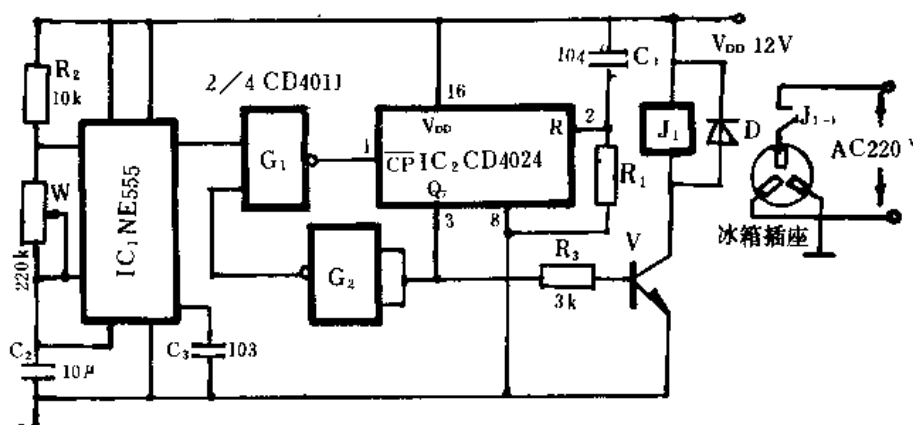


图 13-36 IC 电冰箱保护器

二、电路结构说明

IC 电冰箱保护器，采用时基电路 NE555 (IC₁)、7 级二进制串行计数器/分频器 CD4024 (IC₂)、2 输入端 4 “与非”门 2₄CD4011 (G₁~G₂) 和阻容元件等构成。其中，NE555 与 RC 元件组成无稳态多谐振荡器，振荡频率为 $f=1.44(R_2+2W)C_2$ ，改变 W 的值可改变 f 的大小。

当振荡器启振，并从 IC₁③脚输出振荡信号，IC₂ 的①脚得到信号并使 IC₂ 开始计数。约几分钟后，IC₂ 的③脚输出高电平。这一高电平经晶体管 V 放大后，使继电器 J 吸合，J₁ 接通市电并向电冰箱供电。高电平另一部分经门 G₂ 后为低电平，促使门 G₁ 关闭，于是振荡器脉冲对 IC₂ 不起作用，IC₂ 的③脚将保持高电平状态。这种状态一直保持到市电供电中断为止。当市电又开始供电时（由于 C₁、R₁ 组成的开机清零电路使 IC₂ 的输出端全部为低电平才能进行下次延时），重新开启电路电源，门 G₁ 才又被打开，IC₂ 再一次计数。这样，停电延时，保护了电冰箱。按照电路图设置，停电延时时间约 3~5 分钟。

例 37 自动电烤箱电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由十进制计数器/分配器 CD4017、14 级二进制串行计数器/分频器 CD4060、6 双向模拟门 CD4066×2 和运算放大器 F007 等构成的自动电烤箱电路。

电路中，CD4060 的⑨~⑪脚内部门电路和外接 Cr、RP₂ 组成振荡器，改变 RP₂ 阻值可改变振荡频率。振荡器产生的信号经 CD4060 内部分频器分频，在①、②脚分别得到 12 级和 14 级的分频信号。改变 RP₂ 值，可使①脚产生 1 分钟至 1 小时的信号，②脚可产生 4 分钟至 4 小时的信号。将此信号送至计数/分配器 CD4017 的脉冲输入端④脚，在其输出端 r₀~r₇ 依次输

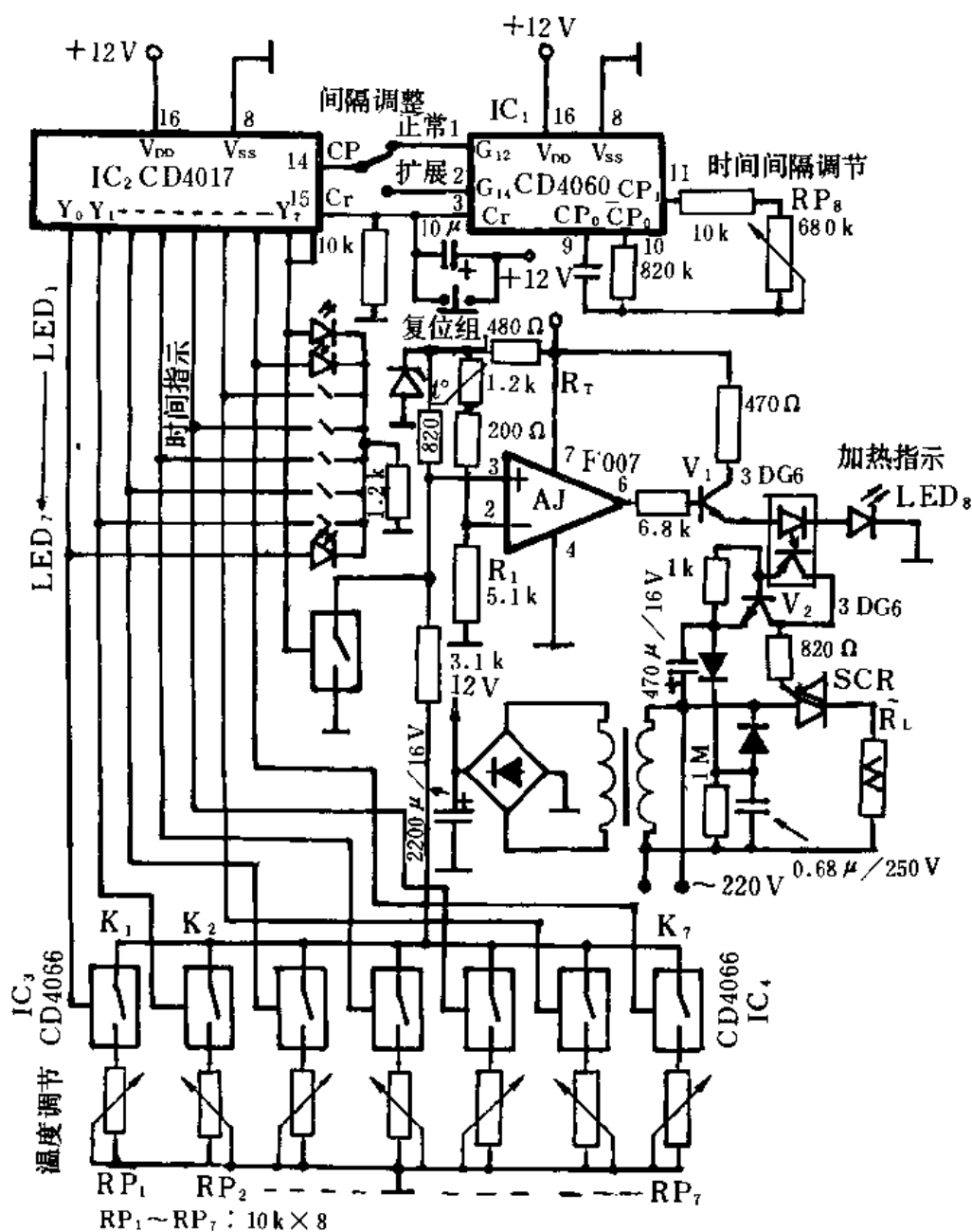


图 13-37 自动电烤箱电路

出高电平，使对应的电子开关门 $K_0 \sim K_7$ 依次导通。当 r_7 变为高电平时，禁止端 $\overline{EN}$ (INH) 也呈现高电平，此时 CD4017 停止计数，并对输出端锁存。同时，使电子开关 K_8 导通，运算同相端接 GND $\rightarrow$ F007 输出端为低电平，晶体管 V_1 截止 $\rightarrow$ 光电耦合器发射二极管截止 $\rightarrow$ 晶体管 V_2 截止 $\rightarrow$ 可控硅 SCR 截止。

当刚接通电源时，或要求从头开始时，只要按一下复位按钮，使 CD4017 和 CD4060 的复位端 Cr (R) 得到高电平，使两电路复位清零。

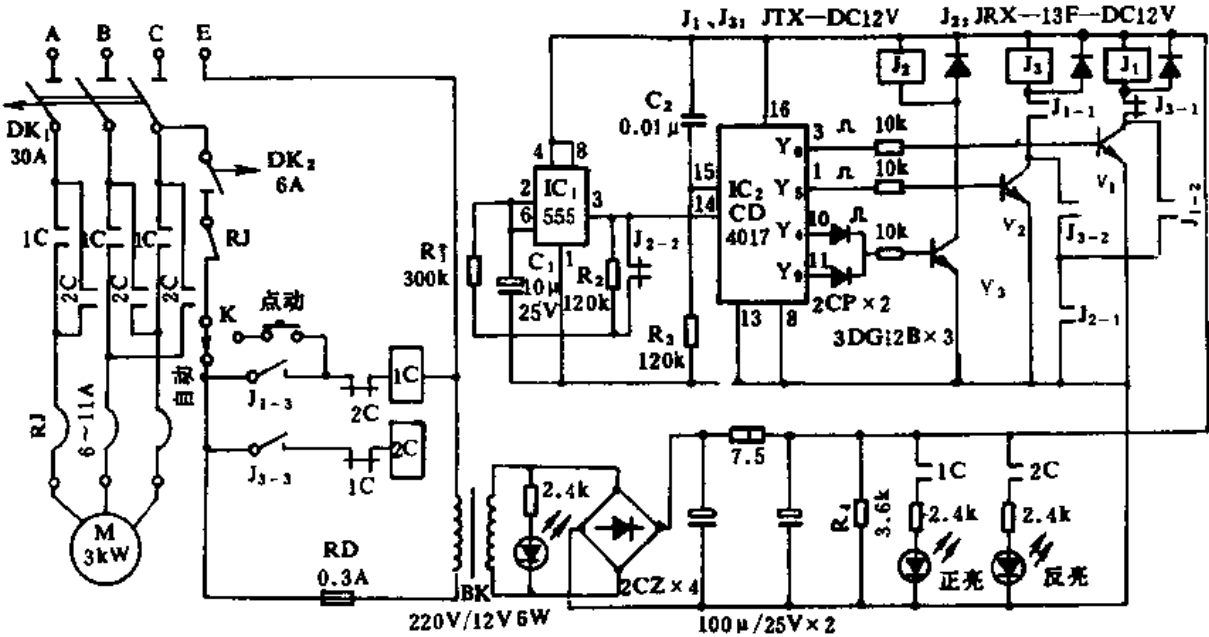
导通的电子开关 $K_1 \sim K_7$ 将相应的信号通过 R_0 输至运放 F007 同相输入端，同时与 R_1 、 R_2

和热敏电阻 R_t 组成热平衡电路。相应的电位器 $RP_1 \sim RP_7$ 的阻值决定恒温电路的预定温度。而控制各时序段的具体温度。当被测温度低于设定温度时，同相输入端电位高于反相端，F007 输出高电平，双向可控硅导通，加热器 R_h 得电加热而升温。当被测温度高于设定温度时，F007 输出低电平，SCR 截止，加热器 R_h 无电。这样，温度保持在一个恒定值。

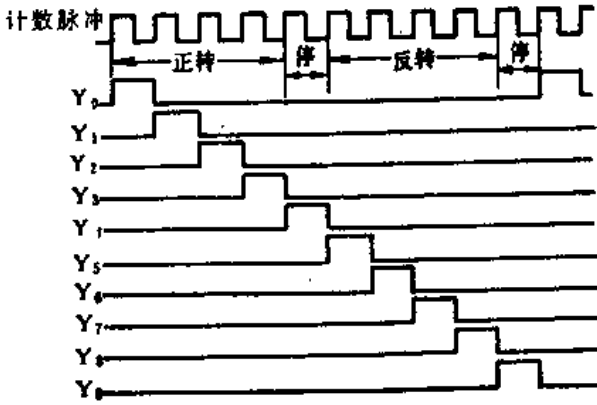
当 SCR 取 10A/600V 时，则输出功率可达 2000W。

例 38 滚筒式洗衣机控制电路

一、应用电路



(a) 电路图



(b) 波形图

图 13-38 滚筒式洗衣机控制电路

二、电路结构说明

滚筒式洗衣机控制电路，主要由十进制计数器/分配器 CD4017、时基电路 NE555，以及继电器、开关等元器件组成。

从电路图可以看出：IC₁ (NE555) 和 R₂、R₁、C₁ 组成无稳态多谐振荡器，由 IC₁ 的③脚输出脉冲，供 IC₂ (CD4017) 作时钟脉冲 CP。于是，IC₂ 的 Y₀、Y₁、Y₂……Y₉ 端连续循环输出与计数脉冲周相一致的高电平，其中 Y₀、Y₄、Y₅、Y₉ 依次对 V₁、V₂、V₃ 进行开关控制，进而控制 J₁、J₂、J₃。J₁、J₂、J₃ 又控制接触器 1C、2C，达到接通三相交流电源使电机运转。本电路能够实现正转→停→反转→停的程序控制。

例 39 倒计时器

一、应用电路

二、电路结构说明

倒计时器由可预置数 BCD 加法/减法计数器 2×CD4510 (IC₁、IC₂) 和 2 输入端 4 “或非”门 CD4001 (G₁~G₃) 构成。实际上，它是一种两级可预置数的减法计数器。CD4001 的门 G₁、G₂ 组成 R—S 触发器，产生计数脉冲。

电路工作时，先令 U/D 为低电平。CD4510 为减法计数，给 PE 端加上高电平，R-S 触发器(⑩脚)输出低电平，即 $\overline{Cin}$ 为

低电平，在时钟脉冲 CP 的作用下，计数器 IC₁ 的低位由预置数减到零。这时低位的 IC₁ 的⑦端输出一个负脉冲，向高位 IC₂ 借一位，高位因被借而减小。这样，低位便由零跳变到 9，而后再继续进行减法计数。当再度减到零时又向高位借，直到两者都减为零时，通过门 G₃ 使 R—S 触发器触发，由低电平跳变到高电平，于是 IC₁ 的⑤脚禁止时钟脉冲输入为高电平，从而结束一个周期的减法计数。显然，计数器若每减一个数字时间正好为 1 秒 (s) 时，那么电路就变成秒钟倒计时器。

注意，一旦计数一周结束，由预置数端 (DP₁~DP₄) 送入第二组数，并由 PE 端给出新的预置信号时，电路方能进行下一周期的减计数。

例 40 黎明报晓器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 CMOS 电路 (闪光音乐集成电路) KD-07 等构成的报晓器。夜晚，天色黑暗，热敏电

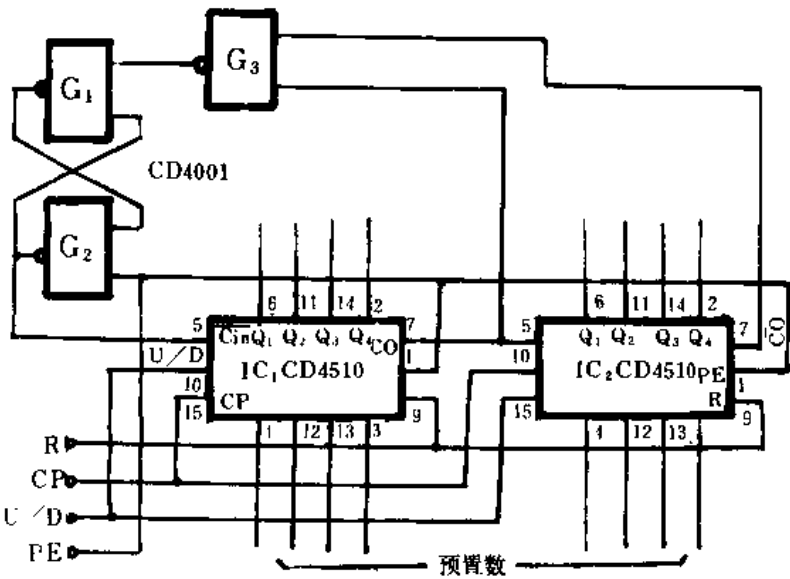


图 13-39 倒计时器电路

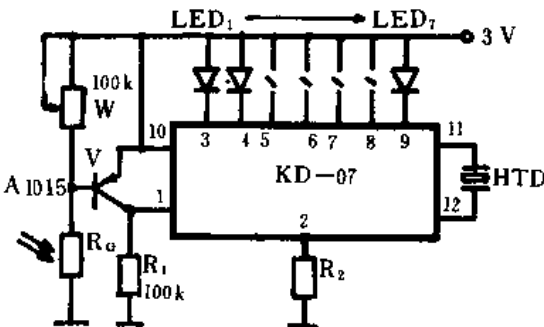


图 13-40 黎明报晓器

阻 R_G 阻值很大, 使晶体管基极处于高电平, V 截止。当天亮时, R_G 阻值明显下降, 使 V 基极变为低电平, V 导通, 正电平触发①脚, 使 HTD 发声, 同时伴有发光二极管闪烁。调节电位器 W , 可改变光触发灵敏度。

例 41 电机工作状态声光警示器

一、应用电路

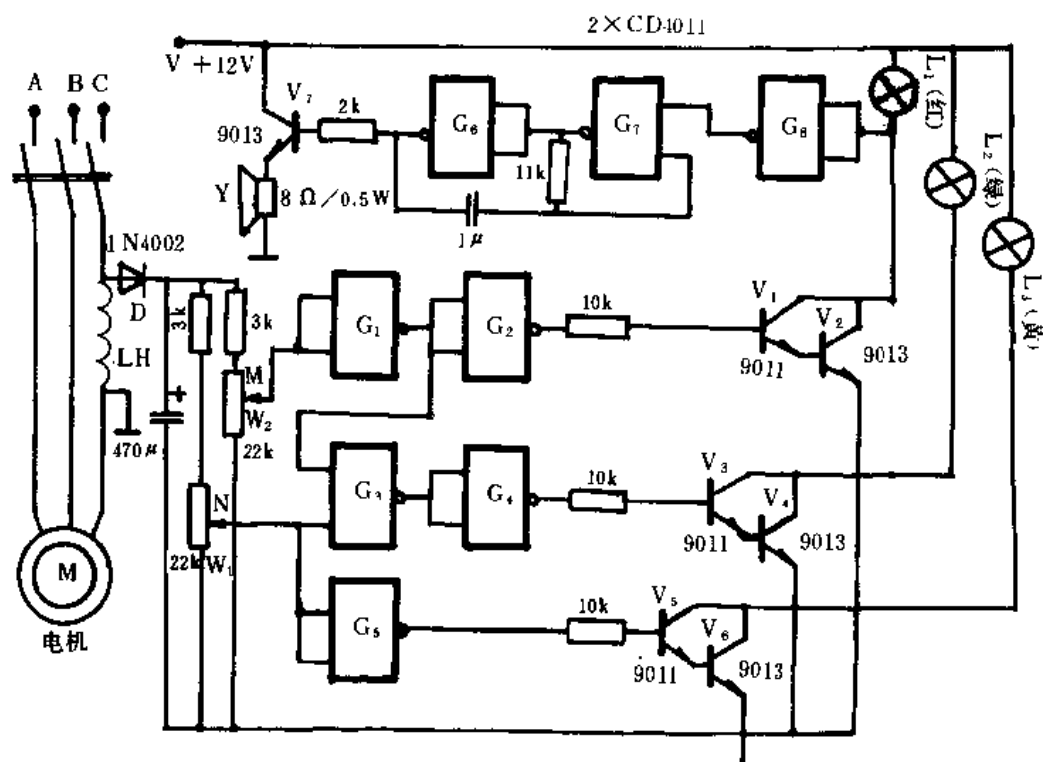


图 13-41 电机工作状态声光警示电路

二、电路结构说明

由 2 输入端 4 “与非”门 $2 \times CD4011$ ($G_1 \sim G_8$)、红黄绿三色指示灯 (L_1 、 L_2 、 L_3)、阻容元件等构成了电机工作状态声光警示器电路。电路中, LH 为电流互感器。它如钳表似地只要靠近或钳住三相交流电中一相, 就能非接触地感应出其电流大小。感应出的电流经 D_1 整流、 C_1 滤波, 在上下限调节的电位器 W_2 、 W_1 上产生直流电压信号, 以此来判定电机处于“轻载”、“正常”、“超载”3 种状态中那一状态。

当电机轻载时, M 、 N 点电位均低于 $CD4011$ 的门 G_1 、 G_5 的输入端阈值电平, 门 G_5 输出高电平。于是 V_5 、 V_6 导通, 黄指示灯 L_3 亮, 且门 G_2 、 G_4 均输出低电平。当电机正常负载运转时, M 点电位低于门 G_1 输入端阈值电平, N 点电位高于门 G_5 的输入端阈值电平, 门 G_4 输出变为高电平, 而门 G_2 、 G_5 输出仍为低电平。这时 V_3 、 V_4 导通, 绿指示灯 L_2 亮。当电机过载工作时, M 、 N 点电位均高于门 G_2 、 G_5 输入端阈值电平, 门 G_2 输出高电平, 门 G_4 、 G_5 输出低电平。这时 V_1 、 V_2 饱和导通, 红指示灯 L_1 亮, 门 G_8 输出高电平。而由门 G_6 、 G_7 组成的多谐振荡器开始振荡, 且输出脉冲信号。此脉冲信号经 V_7 放大后, 驱动扬声器 Y 发出声音报警。

例 42 三相步进电机控制驱动电路

一、应用电路

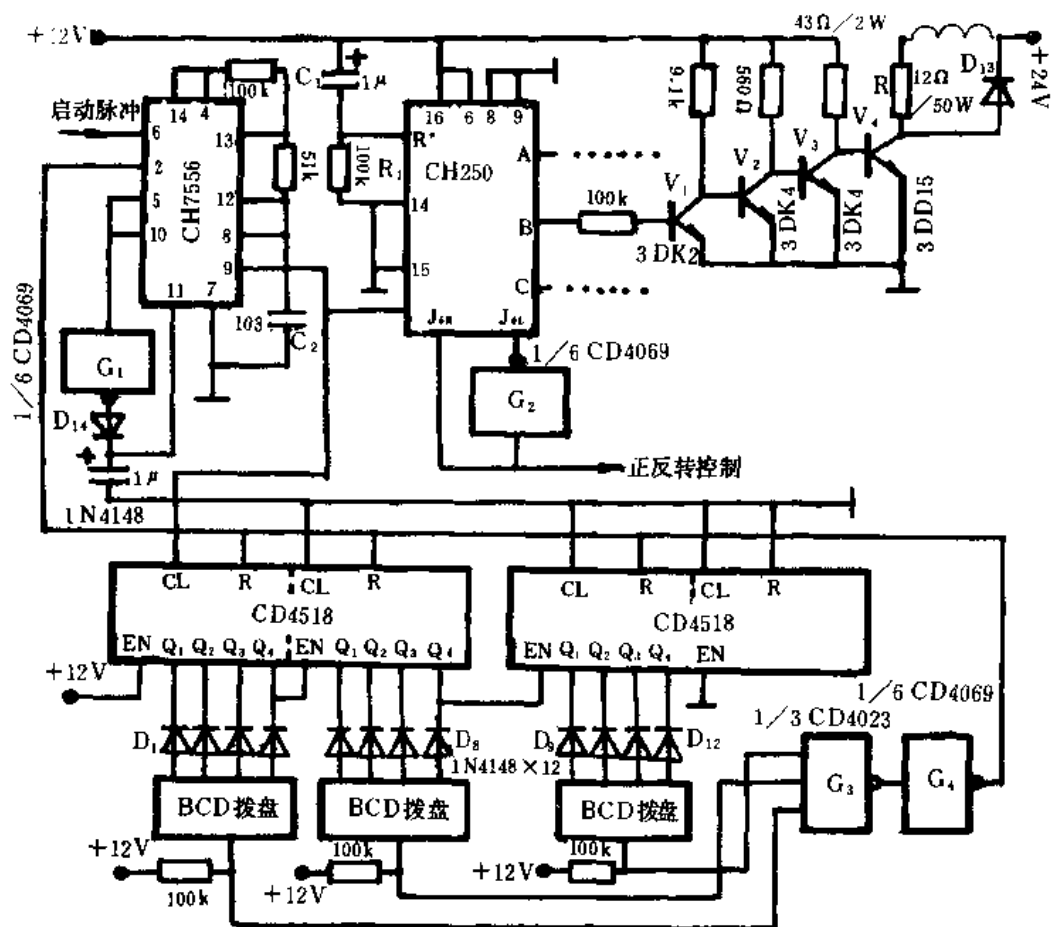


图 13-12 三相步进电机控制驱动电路

二、电路结构说明

三相步进电机控制驱动电路，主要由双同步加法计数器 $\frac{3}{4}$ CD4518、3输入端3“与非”门 $\frac{1}{3}$ CD4023 (G_3)、6反相器 $\frac{3}{6}$ CD4069 ($G_1 \sim G_5$)、双时基电路CH7556、脉冲分配器CH250以及晶体管、继电器等构成。其中，由BCD拨盘开关和4个二极管组成可预置数的“与”门。 $\frac{3}{4}$ CD4518串接成个位、十位、百位的3级十进制同步加法计数器形式，其最大计数值为999。

双时基电路 $\frac{1}{2}$ CH7556作R-S触发器，确定步进电机启动和复位2个状态；另 $\frac{1}{2}$ CH7556作振荡器使用，其输出端⑨脚输出脉冲给CH250和CD4518作时钟脉冲。CH7556的复位端⑩脚受触发器的输出端⑤脚控制。

开机时，电容 C_1 (1μ)和电阻 R_1 ($100k$)，使CH250复位。当预置数通过拨盘置入计数器。初始状态，在启动负脉冲尚未加入时，触发器 ($\frac{1}{2}$ CH7556) 的⑤脚无输出而处于低电平，同时振荡器 ($\frac{1}{2}$ CH7556) 的复位端⑩脚也为低电平，而使振荡器停振，计数器输出为全“0”。

当负启动脉冲输入后，触发器翻转，其⑤脚变为高电平，振荡器⑩脚为高电平而开始振

荡。于是，振荡器输出的时钟脉冲给 CH250 使电机运转的同时计数器开始计数。当计数到预置数相符时，即振荡器发出的脉冲数等于 BCD 拨盘设定数时，CD4069 的 G_4 输出高电平。这一高电平，一路送到时基电路 $\frac{1}{2}$ CH7556 的②脚，使触发器翻转而输出低电平，进而使振荡器停止振荡，步进电机因此而锁定；另一路给计数器的复位端 R，使计数器全部复位“0”，为下次启动做好准备。

CH250 输出接成 3 节单 6 拍形式，其 J_{6R} 与 J_{6L} 两脚之间加上反相器 G_2 ，可由外部控制电机正反转。CH250 的 3 个输出端 A、B、C 各接 4 级三极管 ($V_1 \sim V_4$) 进行驱动电流放大，以适应电机驱动电流达 2A 而需要的放大倍数 4000。

例 43 马达脉冲调制控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

马达的脉冲调制控制电路由 6 施密特触发器 $\frac{2}{6}$ CD40106 (G_1 、 G_2)、二极管、三极管、阻容元件等构成。

CD40106 的门 G_1 和阻容元件组成多谐振荡器。假如，门 G_1 输入端为低电平，输出则为高电平。此时， C_1 通过 R_1 、 D_1 快速充电，且约

在 1.5ms 时间内使端电压升至门 G_1 的阈值电平。至此，门 G_1 的输出端又变为低电平，于是 C_1 又经 D_2 、 R_2 、 W 放电，且放电时间在 0.2ms~25ms 之间，输出信号的占空比在 5%~90%。

门 G_1 的输出信号经门 G_2 反相后，控制晶体管 V_1 的基极。这样， V_1 、 V_2 是在门 G_2 输出脉冲为负周期内予以导通，并驱动马达 M。

调节电位器 W 为最小值时，马达 M 转速为最高。

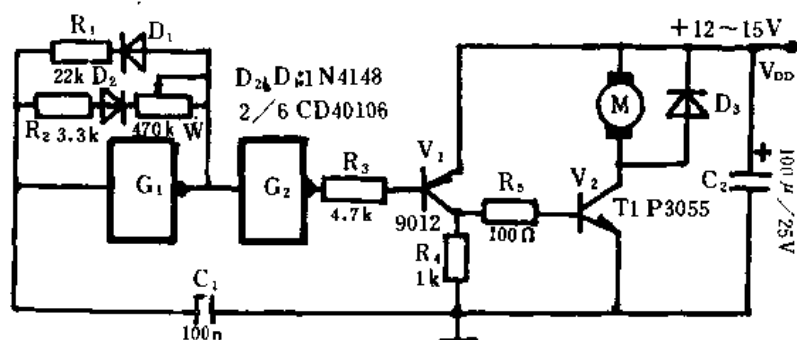


图 13-43 马达脉冲调制控制电路

例 44 三相步进电机控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

图 12—4 所示是三相步进电机控制电路，它由双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 和步进电机脉冲分配器 CH250 集成电路、6 反相缓冲器 $\frac{3}{6}$ CD4050 等构成的。

电路中，CH250 采用 6 拍激励方式， J_{3R} 、 J_{3L} 和 R_2 接地。EN 作为时钟脉冲输入端，且在下降沿触发起作用。三相步进电机的正、反转由 CD4013 组成的 R—S 触发器控制。CD4013 的 $\bar{Q}$ 端控制 CH250 的 J_{6R} ，Q 端控制 CH250 的 J_{6L} 。CD4013 的复位 R_1 端和置位 S_1 端由正、反转开关 K_+ 、 K_- 控制。当 K_+ 压按一次，CH250 处于正转控制；当 K_- 压按一次，CH250 处于反转控制。注意，CH250 的复位 R_1 端有开机“自动复位”和“人工复位”两种状态。通电前，CH250 自动处于复位状态；通电后， K_- 开关可进行人工复位。CH250 输出端通过 6 反相

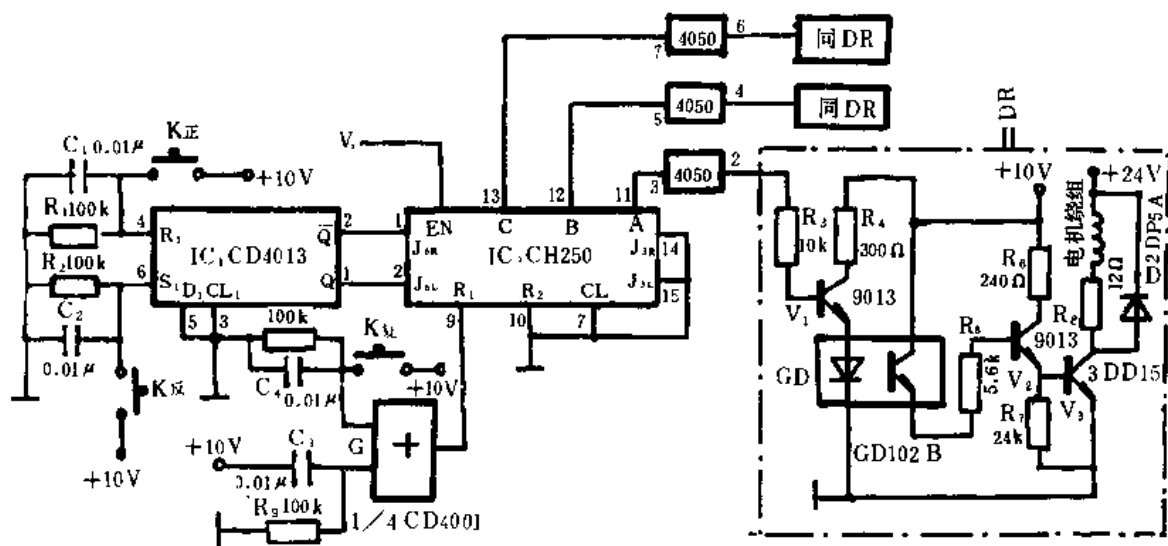


图 13-44 三相步进电机控制电路

缓冲器 $\frac{3}{6}$ CD4050, 提高了输出电流, 进而去控制晶体管 V_1 。 V_1 的发射极与“光电耦合器”GD102B 联接, GD102B 次级输出端控制 V_2 、 V_3 , 达到驱动步进电机工作。电路中二极管 D_1 有抑制反峰电压作用, 以保护功率管 V_3 。光电耦合器 GD102B 还起着防止电机电源对 CH250 的干扰的作用。

例 45 直流电机旋转量的控制电路

一、应用电路

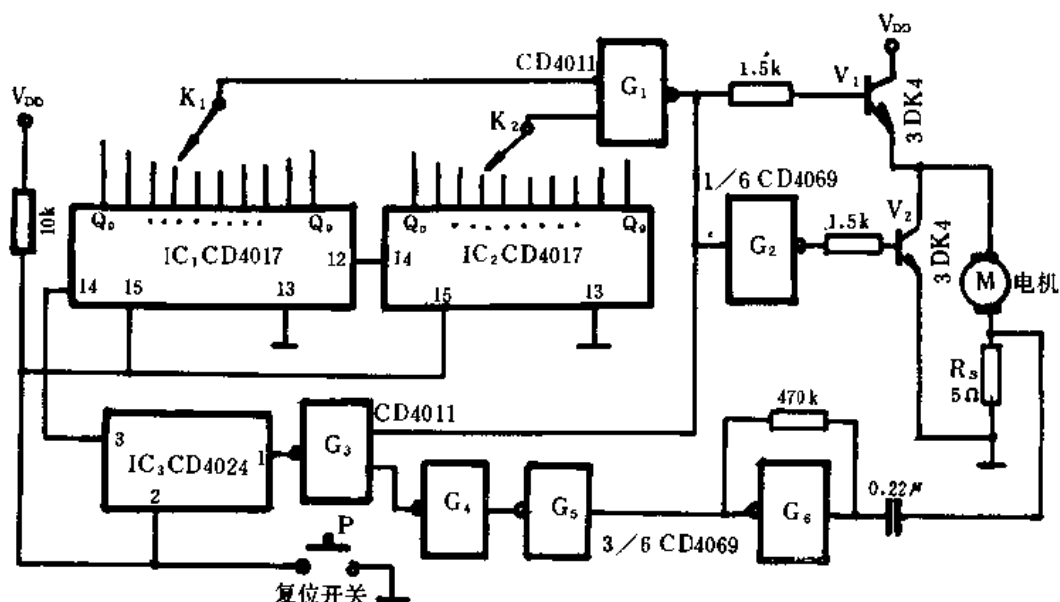


图 13-45 直流电机旋转量的控制电路

二、电路结构说明

直流电机旋转量的控制电路, 由 2 个十进制计数器/脉冲分配器 CD4017 (IC_1 、 IC_2)、计

数器 CD4024 (IC₃)、6 反相器 CD4069 (G₁~G₆)、4 “与非”门 CD4011 (G₁—G₃)、取样电阻 R_s、晶体三极管 V₁ (3DK4)、V₂ (3DK4) 等构成。在电路中：V₁ 串接在电机 M 的电源线中，V₂ 与 M 并联，其基极又与反相器联接，因此 V₁ 与 V₂ 工作状态相反。

当取样电阻 R_s 在直流电机旋转时，必然产生的交流分量并取出交流分量的电压，经反相器的放大与整形，被送到计数器 CD4024 进行分频，而后再送往 CD4017 进行计数。电机不停旋转，计数器不断地计数。当计数器计数到预置位置时，“与非”门 G₁ 输出为“0”，于是 V₂ 导通，V₁ 截止，电机被迫停转。与此同时，“与非”门 G₁ 关闭，脉冲无法进入计数器 CD4024。

P 为复位开关。按下 P，计数器清零，且重新接通直流电机 M 的电源，电机进行下一次预置时旋转量的运转。

例 46 录音机马达驱动电路

- 一、应用电路
- 二、电路结构说明

录音机马达驱动电路，是由二输入端双“与非”缓冲/驱动器 CD40107 (G₁、G₂) 和 2 个三极管构成的。

电路中，2 个“与非”门缓冲器构成桥式电路形式，2 个晶体三极管 V₁、V₂ (9012) 作为“与非”门缓冲器的负载，驱动可逆 12V 录音机马达 M。

马达驱动电路真值表如下：

A	B	马达运转状态
0	0	关
1	0	逆时针转
1	1	初始态
0	1	顺时针转
1	1	初始态

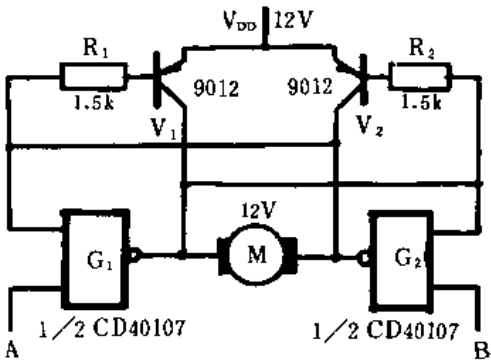


图 13-46 录音机马达驱动电路

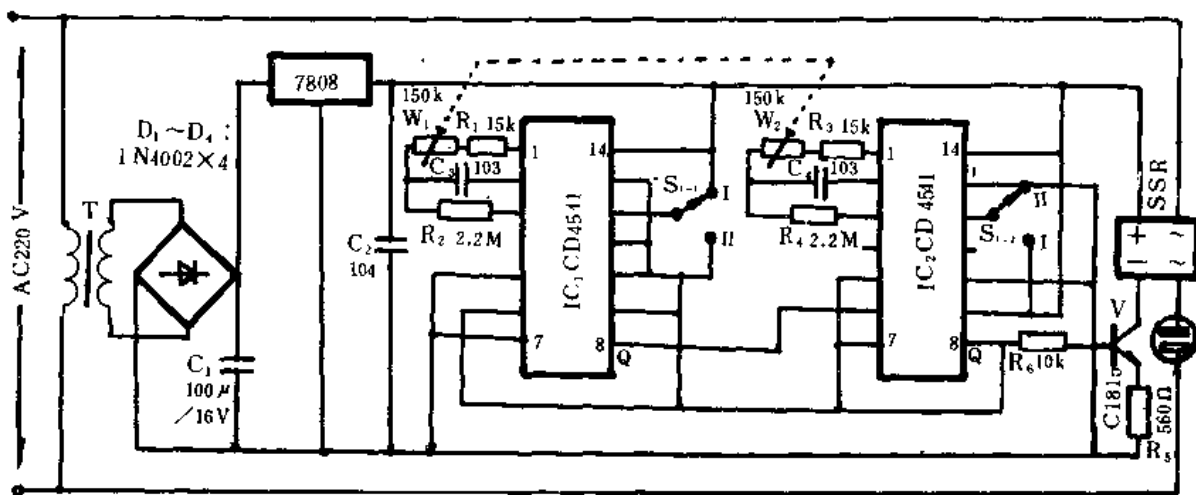
例 47 步进马达的快速控制电路

- 一、应用电路
- 二、电路结构说明

本电路为由锁相环电路 CD4046，4 “异或”门 1/4CD4070 和 14 级二进制计数/分频振荡器 CD4060 等构成的步进马达的快速控制电路，步进马达由控制脉冲来驱动，一个脉冲前进一步。若被马达控制的负载移动距离很大，则控制时间就很长，为了缩短控制时间，要求先连续送出快速控制脉冲，待负载迅速移动至指定位置附近，再用单脉冲进行位置精调。

图 13-47 中，用 CD4060 的 VCO 和“异或”门 G 作主控电路，可发单脉冲和连续的快速脉冲。AN 正常置 NC，这时 C₁、C₂ 分别经 D₁、D₂ 放电，V₁ 截止，锁相环中 VCO 不工作，“异或”门 G 输出低电平。AN 按下时，AN 中心触点打向上方，C₂ 经 R₂ 充电，而 C₁ 经 R₁、

作。用小于 0.5s 的按压速度按 AN, 进行精确位置的单脉冲调整。 R_6 、 C_3 的值应使 VCO 的饱和频率等于马达最大步进速度。



由于 IC₁ 的⑨脚接 GND, 所以初始工作状态输出低电平, IC₂ 输出高电平。两片 IC 中一

电路采用过零触发型固态继电器 SSR, 可防止波形畸变产生电磁干扰, 以保证工作的稳定性。

一、应用电路

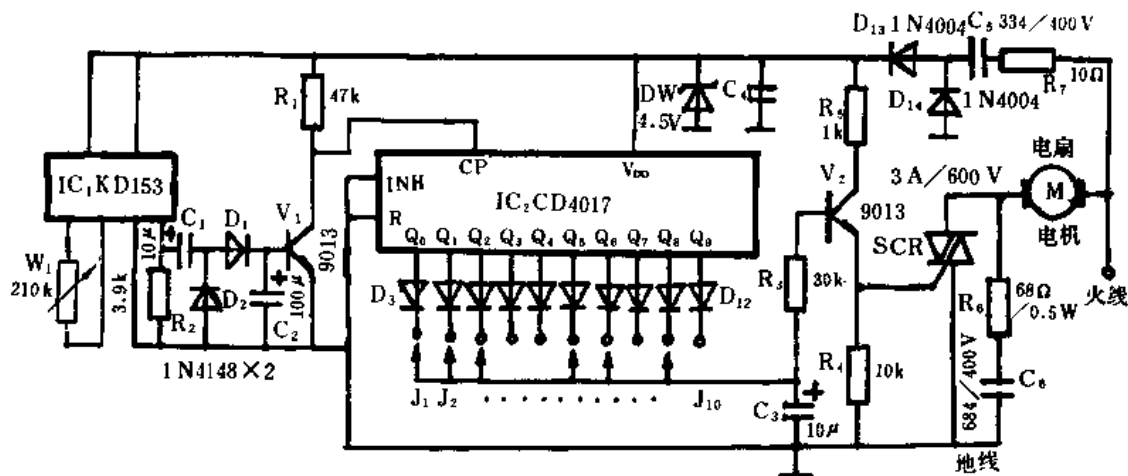


图 13-49 电扇自然风模拟电路

二、电路结构说明

改变电位器 W_1 使 IC_1 的“叮咚”响声长度为 5s。通过二极管 D_1 、 D_2 的倍压检波，晶体管 V_1 放大反相后，使得每隔 5s 向 IC_2 的 CP 端提供一个脉冲， IC_2 在此脉冲信号的作用下， $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平，反复不止。通过拨动开关 $J_1 \sim J_{10}$ 与 $D_3 \sim D_{12}$ 连接与否，决定模拟自然风的工作程序。按图 13-49 中连接方式，电扇工作 15s 停 15s；工作 10s 停 10s，工作 5s 停 5s……循环不止。改变 $J_1 \sim J_{10}$ 与 $D_3 \sim D_{12}$ 的连接组合，即可变化模拟自然风的工作程序。程序信号通过 V_2 控制双向可控硅导通、截止，来控制风扇电机运转。电路共有 642 种程序可选。

例 50 电扇仿真自然风控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

电扇仿真自然风控制电路比较复杂,但主要由十进制计数器/分配器 IC₂ (CD4017)、2 个模拟门开关 IC₁₁、IC₁₂ (CD4066)、时基电路 IC₁ (NE555) 和 8 个 KD9300 (IC₃~IC₁₀) 音响集成电路,以及外围元器件构成。

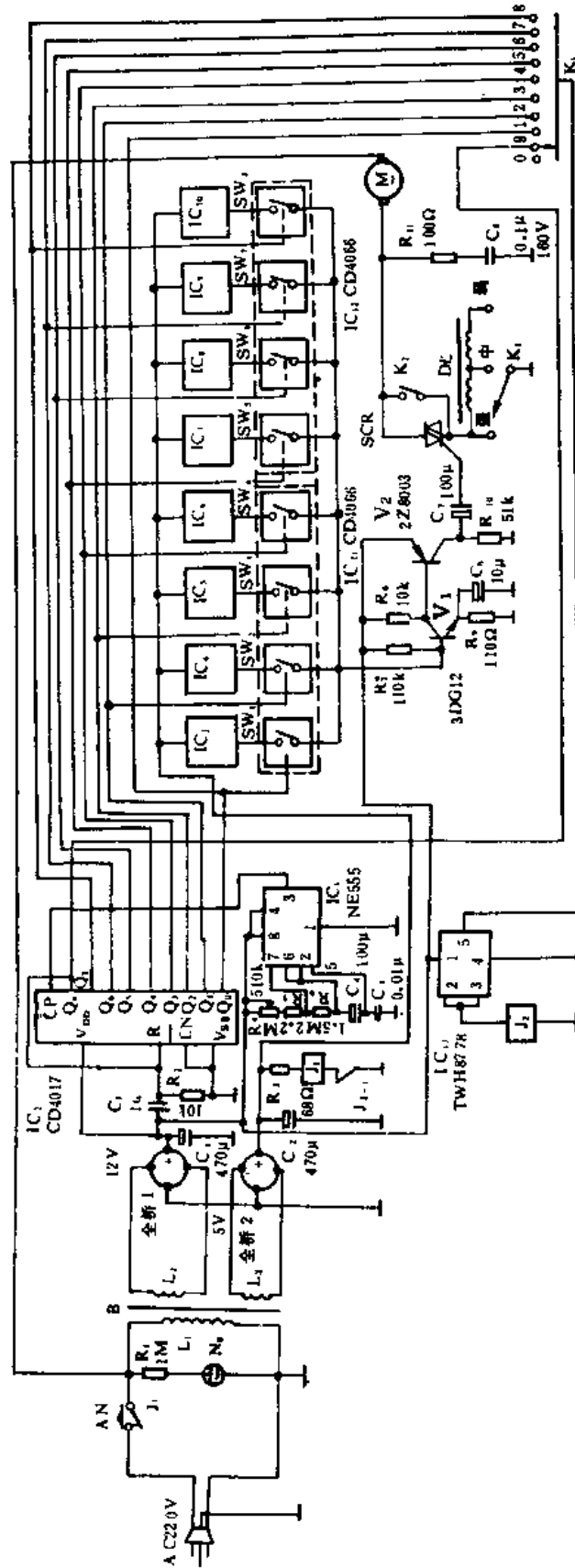


图 13-50 电扇仿真自然风控制电路

电路中, IC_1 (NE555) 与 R_4 、 R_5 、 R_6 、 C_4 等组成无稳态多谐振荡器, 输出周期为 5 分钟的脉冲信号。这一脉冲信号作为 IC_2 的脉冲时钟 CP 输入。于是, IC_2 从 $Q_0 \sim Q_8$ 依次逐个输出高电平脉冲信号。高电平脉冲信号使模拟门开关 IC_{11} 、 IC_{12} 中的 $SW_1 \sim SW_8$ 门逐个地导通, 与之相对应的 $IC_3 \sim IC_{10}$ 输出随机信号。随机信号通过 V_1 、 V_2 放大, 使 SCR 触发导通, 于是电扇的电机随机转动。当定时开关 K_1 置不同定时档且定时时刻一到, IC_2 的高电平脉冲驱动 IC_{11} (TWH8778) 使之导通, 与之②、③脚相联的 J_2 继电器吸合, 其常闭点 J_{2-1} 断开; 而 J_1 失电释放, 并将电源切断, 电扇停止运转。

电路中, K_1 有强、中、弱风速 3 档, K_2 为自然风消除开关, AN 为手动电源复位开关。

例 51 吊扇控制器

一、应用电路

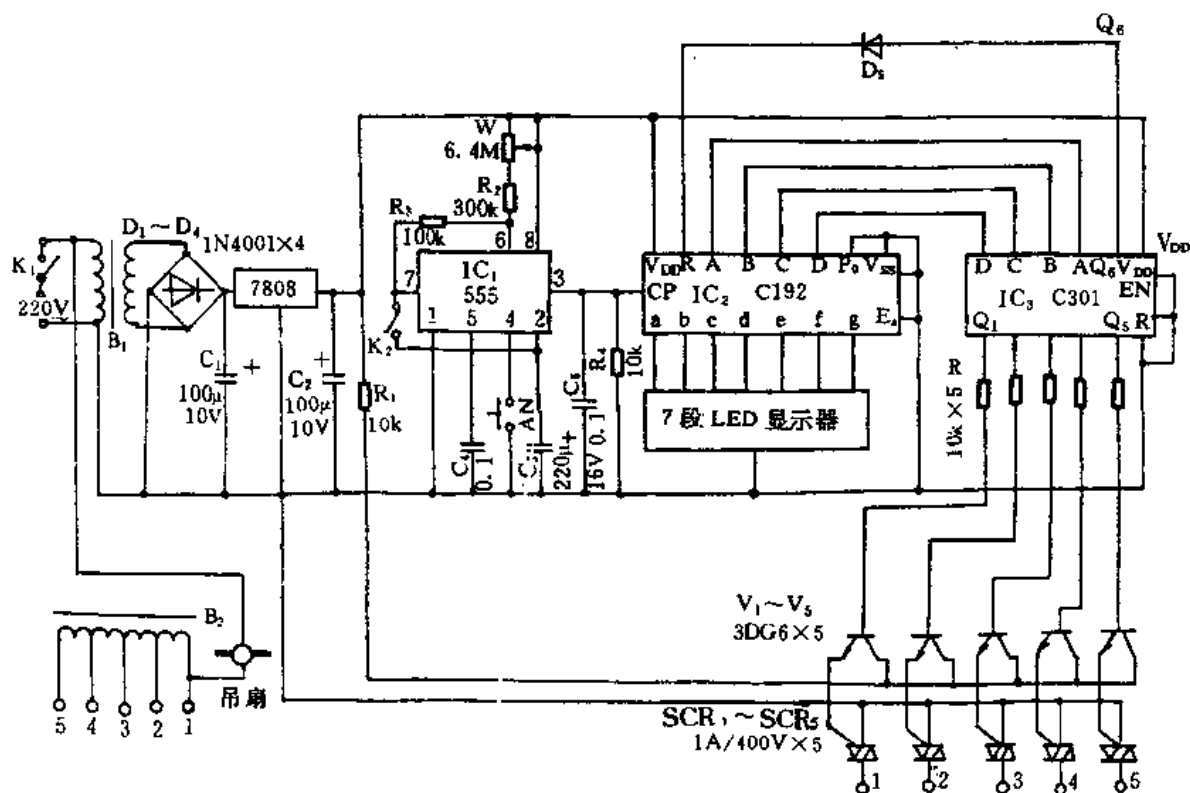


图 13-51 吊扇控制电路

二、电路结构说明

本电路由时基电路 IC_1 (NE555)、二-十进制同步计数器 IC_2 (C192) 和 BCD—十进制译码器 IC_3 (CD4028 或 C301) 等构成的实用吊扇控制器。

电路中, 变压器 B、 $D_1 \sim D_4$ 、LM7808、 C_1 、 C_2 等组成直流稳电源 $V_{DD} = 6V$ 。 IC_1 和周围阻容元件组成无稳态多谐振荡器, 振荡周期 $t_d = 0.7 [R_2 + 2(W + R_3)] C_3$ 。采用图 13-51 中元件值, $t_d = (2 \sim 35) \text{ min}$ 并通过电位器 W 连续可调。 IC_2 构成计数显示电路, 其作用是二-十进制同步计数, 具有 7 段译码输出。当第一个时钟脉冲到来时, 7 段译码输出可使显示器显示“1”字。时钟脉冲从 IC_1 的③脚输出, 然后依次输入 IC_2 的 CP 端, 显示器就显示 0~5 数

字,即吊扇的档次。 IC_3 等组成译码输出器,将2—10进制BCD码变换到10段的译码电路。 IC_3 只用 $Q_1 \sim Q_5$ 5个输出端分别去控制晶体管 $V_1 \sim V_5$,使 $SCR_1 \sim SCR_5$ 组成的电子开关。 Q_6 由 D_5 接到 IC_2 的复位R端。当 $Q_6 = "1"$ 时, IC_2 复零。

接通电源,显示器应显示“0”;闭合 K_2 后,吊扇处于自动换档工作状态。其程序为 $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots \rightarrow 5 \rightarrow 0 \dots$ 循环变换。调节W可改变循环速度。当吊扇在某档时按下AN则吊扇保持该档状态。

例 52 电扇声控电路

一、应用电路

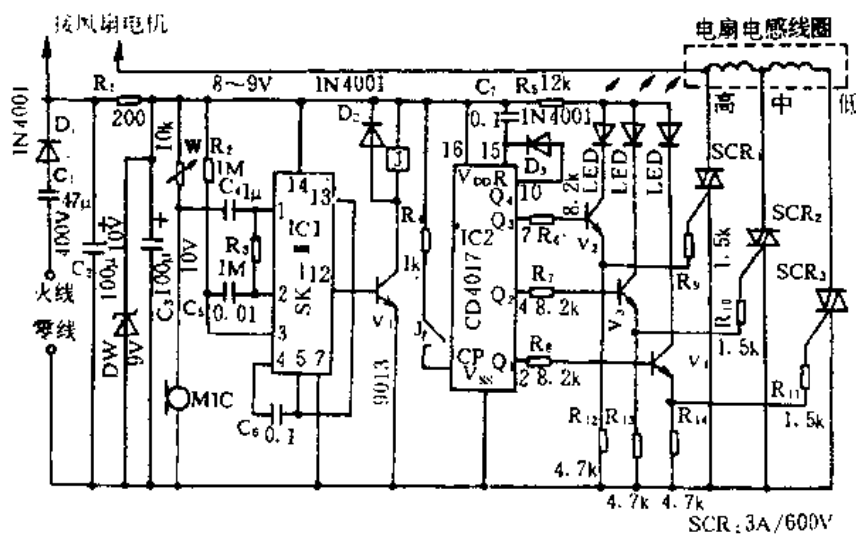


图 13-52 电扇声控电路

二、电路结构说明

声控电扇遥控器由声控集成块 IC_1 (SK— I) 和十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 等构成。

220V市电经 C_1 降压、 D_1 整流、 C_2 滤波得到DC9V左右电压,提供控制电路使用。当驻极体话筒 MIC 接收到音频信号时, IC_1 的⑫脚输出高电平,经晶体管 V_1 (9013) 放大,使继电器 J 得电, J_1 闭合。这时 IC_2 的⑭脚得到时钟脉冲 CP, Q_1 输出高电平,使 SCR_3 导通,风扇低速运动。当再接收到音频信号时,输入第二个时钟脉冲 CP, Q_2 输出高电平, SCR_2 导通,电扇中速旋转;输入第三个信号时, SCR_1 导通,风扇高速旋转。 Q_4 输出高电平并使 IC_2 的⑮脚复位 R 端得到高电平,使 IC_2 置零, $Q_1 \sim Q_3$ 输出低电平,风扇停转。以上按音频输入信号依次循环进行。 C_3 作开机 IC_2 复零。电位器 W 可改变音频信号接收灵敏度。

例 53 自动程序控制电扇电路

一、应用电路

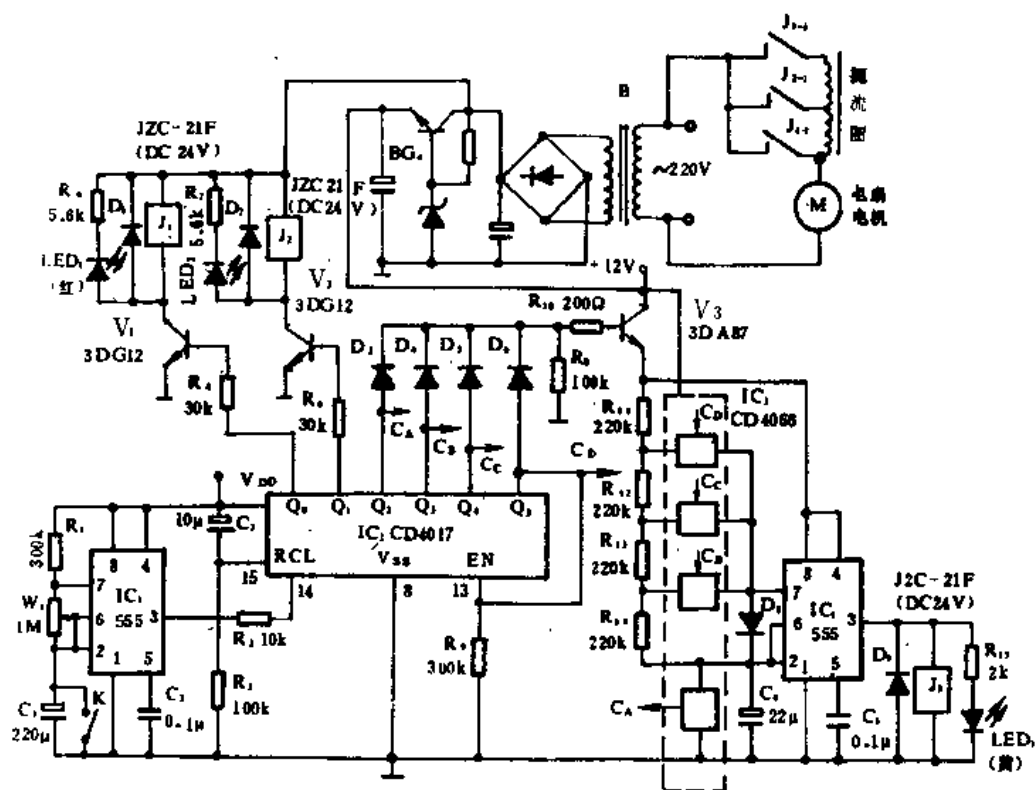


图 13-53 自动程序控制电扇电路

二、电路结构说明

自动程序控制电扇电路，主要由 5 部分电路组成：一是，时基电路 IC_1 (555) 和 R_1 、 W_1 、 C_1 等组成无稳态多谐振荡器，调节 W_1 使其输出的振荡信号周期在 1~18 分钟内选定。输出的信号作为 IC_2 的时钟脉冲信号 (CP)；二是，由十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 组成计数器，分别由 $Q_0 \sim Q_5$ 端逐个输出高电平；并作为程序控制的 6 个可控程序；三是，4 个双向模拟门 IC_3 (CD4066) 与 $R_{11} \sim R_{14}$ 组成数控电阻；四是，时基电路 IC_4 (555) 与 C_1 、 V_3 等组成占空比可数控的低频振荡器；五是， J_1 、 J_2 、 J_3 继电器组成的风力大小 6 档开关，即全速强风 → 中速大风 → 低速小风 → 自然风自动循环程序变化。

当 IC_1 第③脚输出时钟脉冲信号，加至 IC_2 的④脚作为 CP， IC_2 由 $Q_0 \sim Q_5$ 分别逐个输出高电平信号，去控制 IC_3 。于是 IC_4 的③脚输出高电平，促使 J_3 吸合， J_{3-3} 触点闭合，风扇的风力为“小风”。若是高电平促使 J_1 吸合， J_{1-1} 触点闭合，电扇风力为“强风”。若是 J_2 吸合， J_{2-2} 触点闭合，电扇风力为“大风”。 IC_2 、 IC_3 、 IC_4 、 $J_1 \sim J_3$ 的配合去实现电扇自然风的 6 档程度变化。

例 54 电扇长定时电路

一、应用电路

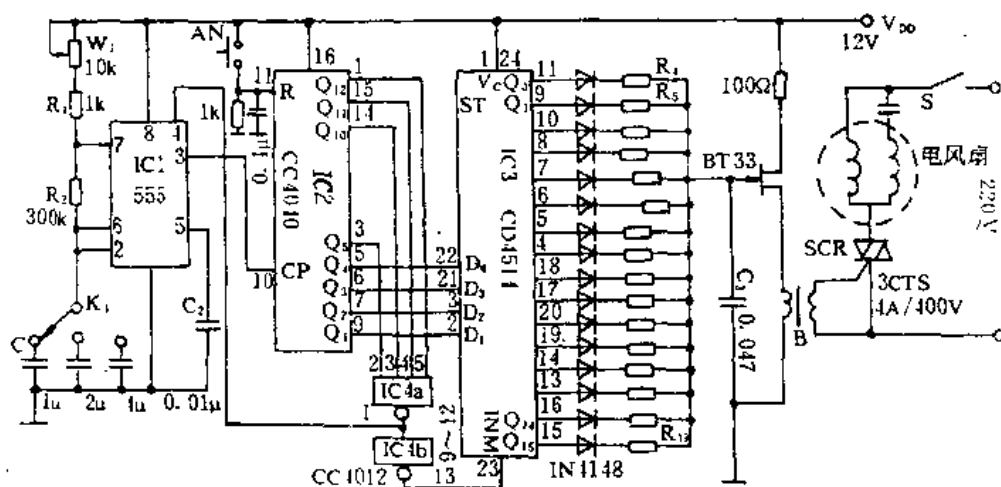


图 13-54 电扇长定时电路

二、电路结构说明

利用 12 级二进制计数器/分频器 IC₂ (CD4040)、4 位锁存/译码器 IC₃ (CD4514)、反相器 IC₄ (CD4012)、时基电路 IC₁ (NE555) 以及单结晶体管等构成电扇长定时电路。

从电路图可知, IC₁ 和 R₁、R₂、W、C 组成多谐振荡器, 并从 IC₁ 的③脚输出振荡脉冲信号。这一信号作为 IC₂ 的时钟脉冲。IC₂ 从 Q₁~Q₁₂ 依次输出计数脉冲至 IC₃。而 IC₃ 的 Q₀~Q₁₅ 也依次输出高电平脉冲, 并通过与各端相联的限流电阻 R₁~R₁₉, 对 C₃ 充电的同时, 对 BT33 和 B 组成的锯齿波触发电路进行控制。在此基础上, 脉冲信号控制了 SCR 的导通角, 也就是控制了电扇的运转状态。当开关 K₁ 置 1μ、2μ、4μ 档, 定时时间为 1、2、4h (小时)。

应当指出, 限流电阻大, C₃ 的充电速度慢, 输出脉冲控制 SCR 的导通角小, 电扇转速慢; 反之限流电阻小, C₃ 充电速度快, SCR 导通角大, 电扇转速快。直到 IC₂ 计数到 3600h, Q₁₂、Q₁₁、Q₁₀、Q₅ 为高电平, 经反相器 IC₄ 转为低电平, 于是 IC₁ 被强制复位, 振荡停止。

按一下 AN 复位开关, 电路清零, 并开始计时。

例 55 风扇自动调速散热电路

一、应用电路

二、电路结构说明

风扇自动调速散热电路, 采用单稳/无稳态多谐振荡器 CD4047、运放器 F007 (A₁)、双运放 XFC80 (A₂、A₃) 热敏电阻 R_T、发光二极管 LED、晶体三极管 V (BD243) 等构成。其中 CD4047 与电阻 82k、电容 0.1μ 组成振荡器, 产生约 25Hz 的方波, 且从⑬脚输出。方波信号经 200k 电阻、0.1μ 电容组成的积分电路后得到幅度近 6V_{P-P} 的三角波。R_T 接在运放器 A₁ 的同相输入端, 电位器 W₁ 用来设定 R_T 的控温范围, 而 R_T 要置于需散热的系统中。

当要求散热的系统温度升高时, R_T 值反而减小, 此时 A₁ 输入端也减小。于是, A₂ 的输

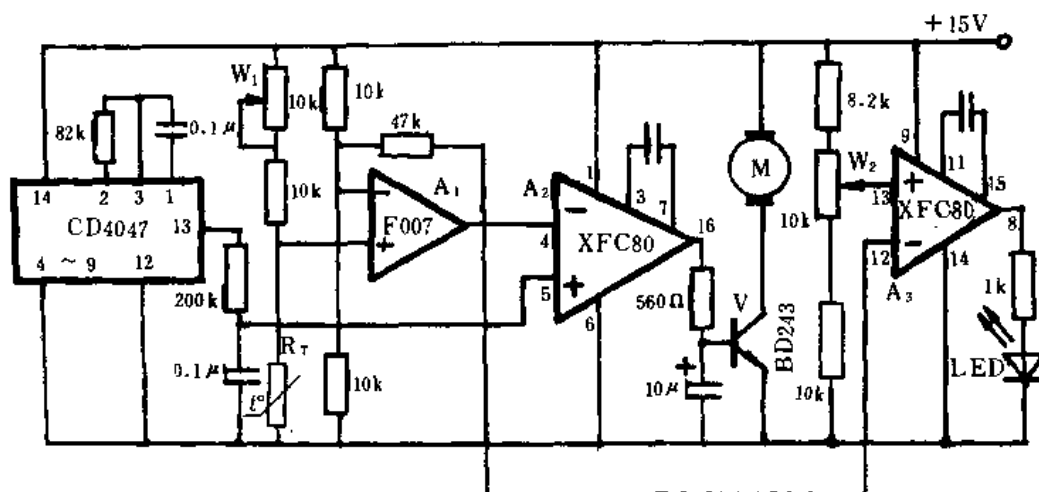


图 13-35 风扇自动调速散热电路

出方波的占空比却提高了。方波经三极管 V 放大后，带动电机（风扇电机）M 加速运转，以提高对系统的散热效果。

A_3 是作为比较器使用的。当系统温升时， A_1 输出下降，而 A_3 的反相端也下降，于是 A_3 输出高电平，LED 导通而发光，显示出系统温度偏高或者是风扇已出现故障所引起的。

M 电机可选用 P81129 型或 SYW0.5—1 型直流电机。

例 56 10 档数显电子调速器

一、应用电路

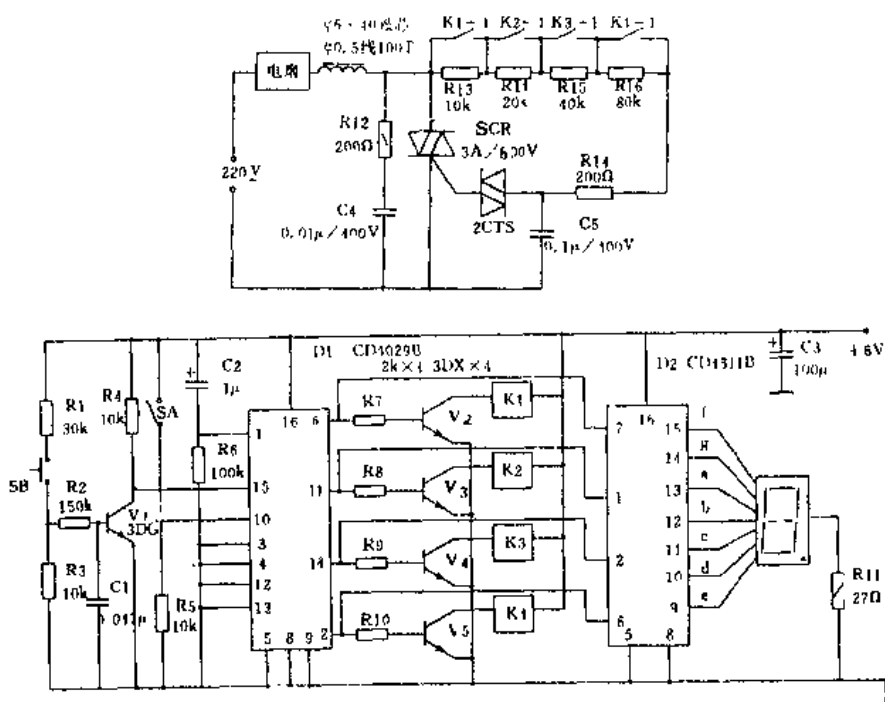


图 13-56 10 档数显电子调速器

二、电路结构说明

这种 10 档数显电子调速电路, 由 4 位可预置加/减计数器 D_1 (CD4029)、BCD—7 段锁存/译码/驱动器 D_2 CD4511、晶体三极管、继电器 $K_1 \sim K_4$ 等构成。

当接通电源后, V_{DD} 通过 C_2 使 D_1 (CD4029) 的“置数允许端”(①脚) 得到高电平, 允许“数据输入端”(③、④、⑤、⑥) 置入预置数。但由于这 4 个输入端均接 GND, 因此, D_1 的输出端 Q_6 、 Q_{11} 、 Q_{14} 、 Q_2 也为低电平, 其状态为“0000”, 通过 D_2 的译码、数显为 0。由于此时 $V_2 \sim V_5$ 均未导通, 继电器 $K_1 \sim K_4$ 也未吸合, 无法使外接电扇等工作。

当按下 SB 开关后, V_1 导通一次, 输出一个脉冲至 D_1 的⑩脚(时钟端), 此时 SA 开关闭合, 于是 D_1 的“加/减控制端”(⑩脚) 接高电平而进行二进制加法计数。若 SA 开关断开, ⑩脚接低电平, D_1 则作二进制减法计数。根据 D_1 的输出, D_2 驱动对应的数码管显示 1~9 中一个数字。例如, 当 D_1 输出为“0111”时, 显示 1 字。此时, V_2 导通, K_1 吸合, 外接此档电扇等开始运转。又如, D_1 输出为“1001”, 数码显示 9 字, V_2 、 V_3 导通, K_1 、 K_4 吸合, 外接此档的电器开始工作。显然, 数码管显示的顺序递增或是递减, 决定于 SA 接通还是断开。电路的 10 个档的调速, 取决于继电器 $K_1 \sim K_4$ 的吸合与组合。本电路运用于电扇 10 档调速, 还需要附加包括可控硅 BCR 和电阻网络电路。

本控制器可作吊扇、台扇、落地扇的调速, 也可作 700W 以下的电子调温, 控制功率大小取决于 SCR 的工作电流、电压。

例 57 声控多功能控制器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由声控开关电路 IC_1 (BH—SK—1)、时基电路 IC_3 (NE555) 和十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 等构成的多功能控制器。

每输入一次音频信号, IC_1 翻转一次。当 IC_1 输出低电平时, J_2 的 J_{2-2} 触点导通, 使 IC_3 ④脚接 V_{DD} , 而 IC_3 产生时钟脉冲从③脚输出, 去计数器 IC_2 的 CP 端, 经 IC_2 译码从 $Y_1 \sim Y_9$ 依次输出高电平, 触发 SCR₁ 导通, 电机 M 转动 (图 12—17 中 Y_0 悬空)。SCR₁ 的导通角由 $R_1 \sim R_9$ 的阻值决定。若在 $R_1 \sim R_9$ 阻值依次减小情况下, $Y_1 \sim Y_9$ 依次输出时, 可使电机转速从慢至快变化。若要电机固定在某个转速上转动, 从 MIC 输入一个音频脉冲信号 (如击掌), IC_1 输出高电平, J_{2-1} 闭合, 使 IC_3 的强复端④脚接 GND, IC_3 的③脚输出低电平, 电机便按现时转速转动。再输入一个音频脉冲时, IC_1 输出低电平, J_2 释放, J_{2-2} 触点闭合, IC_3 振荡使电路处于调速状态。当感到转速适当时, 再输入一个音频信号, 电机便按现时转速转动。

电机运转时, 闭合 K_2 , 延时电路工作, V_{DD} 经 W_1 、 R_{10} 向 C_3 充电, 当充至稳压管稳压值时, 则 SCR₂ 导通, J_1 动作, J_{1-1} 触点闭合, IC_2 的复位 R 端得到高电平复位, $Y_1 \sim Y_9$ 输出均“0”, $Y_0 = “1”$, 但 Y_0 没接入 SCR₂ 的控制极电路, 这时电机停转。

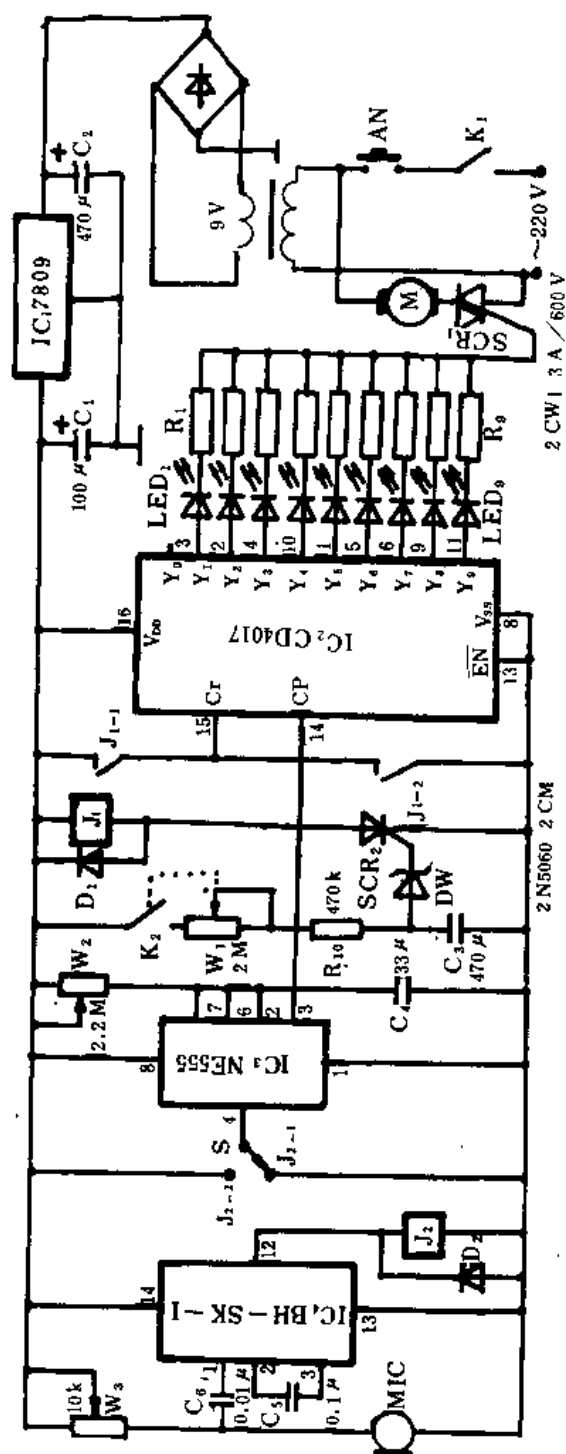


图 13-57 声控多功能控制器

出, 并且从 $DS_1 \sim DS_3$ 端输出同步信号, 供三位显示器进行动态显示 (低电平有效)。

例 2 数字脉搏计 (1)

一、应用电路

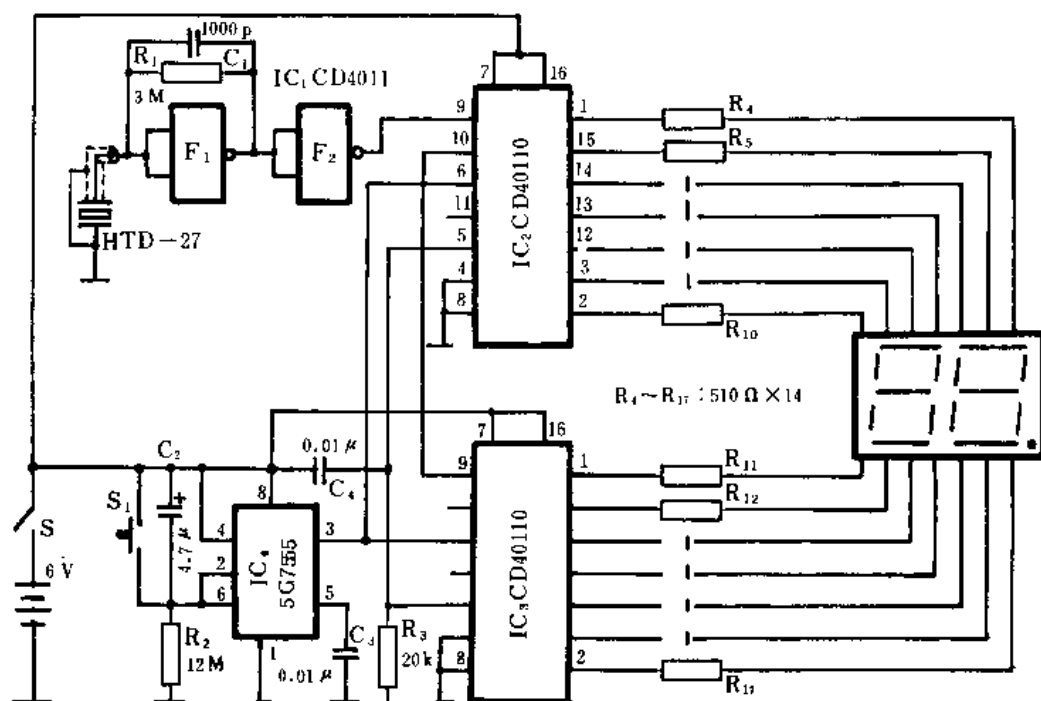


图 14-2 数字脉搏计 (1)

二、电路结构说明

数字脉搏计由 2 输入端 4 “与非”门 IC_1 ($\frac{1}{4}CD4011$)、十进制加减计数/译码/锁存/驱动器 IC_2 、 IC_3 ($CD40110 \times 2$) 和时基电路 IC_4 (NE555) 等构成。

电路中压电瓷片 HTD—27 作脉冲信号取样, 将脉动信号转变为电信号, 此微弱电信号, 经 IC_1 的门 F_1 组成线性放大器的放大, 再经门 F_2 反相、整形, 然后送至 IC_2 加法输入端⑨脚 CP_n 进行加计数、译码, 最后驱动 LED 数码管发光。

IC_2 、 IC_3 能否计数跟随显示取决于锁定端 LE 状态。当 $LE = "0"$ 时, 计数器在时钟脉冲的上升沿作加 1 计数, 并跟随显示; 当 $LE = "1"$ 时, 计数器在时钟脉冲的上升沿作加 1 计数, 但显示处于保持状态。时基电路 IC_4 组成定时电路, 其输出端与 IC_2 、 IC_3 的锁定端相连。平时 IC_4 的输出端③脚是高电平, IC_2 、 IC_3 虽计数, 但显示处于保持状态。当按一下 S_1 、 IC_4 的②、⑥脚变高电平, ③脚输出为低电平; 放开 S_1 后, 电源经 R_2 向 C_2 充电, 定时开始, IC_2 、 IC_3 允许计数脉冲进入; 经 60s 后, IC_4 的②、⑥脚变为低电平, 定时结束。输出端③脚翻转为高电平, $LE = "1"$, 计数器停止计数显示。即 LED 数码管显示出 1 分钟脉搏跳动的次数。在电源开关 S 接通时, C_4 、 R_3 构成开机清零电平, 使 IC_2 、 IC_3 复位清零。

假如, 将 IC_2 、 IC_3 的 $Q_4 \sim Q_7$ 个输出端分别接 LED5011 $\times$ 2 数码管的⑦、⑥、④、②、①、⑨、⑩脚, 就增加了时间 1~60s 读数, 这时可随意测出几秒内的脉搏数, 如 15s、30s、60s 等均可。

例 4 呼吸监测器

一、应用电路

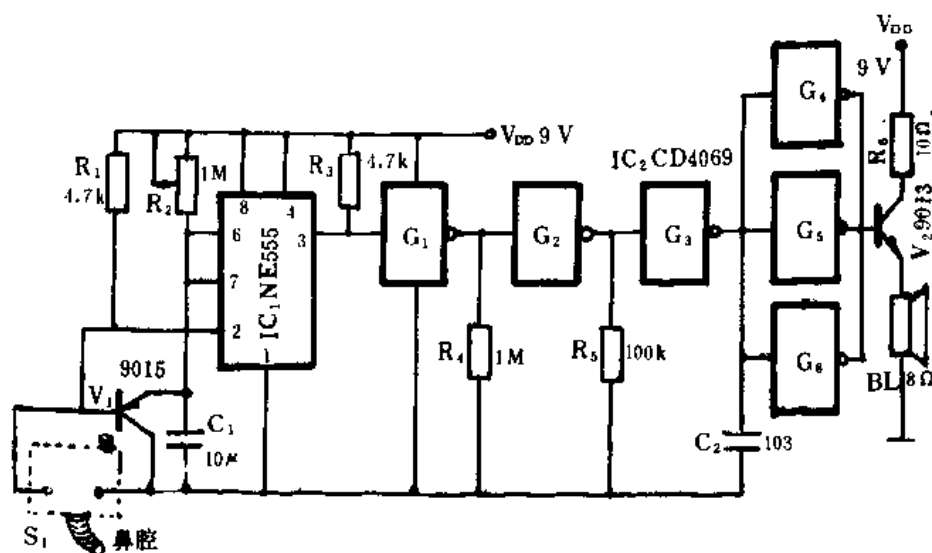


图 14-4 呼吸监测器

二、电路结构说明

呼吸监测器用于监测病人的呼吸是否正常。它由时基电路 IC_1 (NE555) 和 6 反相器 IC_2 (CD4069) ($G_1 \sim G_6$)、空气微动开关 S_1 、三极管等元器件构成。其中 NE555 和周围阻容元件构成单稳态触发器。

当病人呼吸正常时, 空气微动开关 S_1 随呼吸而开闭, R_2 调定了在两次复位脉冲的最长时间, 即两次呼吸的间隔的最长正常时间。若病人呼吸衰竭, 在给定的时间内未复位, 那么, IC_1 则输出低电平, IC_2 的门 1 (G_1) 输出高电平, 致使 G_2 、 G_3 组成的振荡器起振, 输出脉冲信号并通过 G_4 、 G_5 、 G_6 整形后, 又经 V_2 放大, 最后驱动扬声器发出连续的报警信号声。显然, 改变 R_5 、 C_2 的值又可以改变报警信号声调的高低。

例 5 电子生物波理疗仪电路

一、应用电路

二、电路结构说明

电子生物波理疗仪电路, 主要由 14 级二进制串行计数器/分频器 CD4060、6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$)、2 输入端 4 “与非” 门 CD4011 ($F_1 \sim F_4$) 和变压器、电平表 DV 等构成。

电路采用 3V 电源 E_C 供电。它经过 V_1 管, 升压变压器 B_1 , 电阻 R_1 、 R_2 等所组成的振荡升压电路后, 获得较高电压, 再经 D_1 整流、 C_2 滤波, 最后得到 9V 直流电压, 供 CD4060、CD4011、CD4069 使用。

电路中, CD4060 的⑫脚复位端接 GND, 使它一直处于分频状态。CD4069 的门 G_1 、 G_2 组

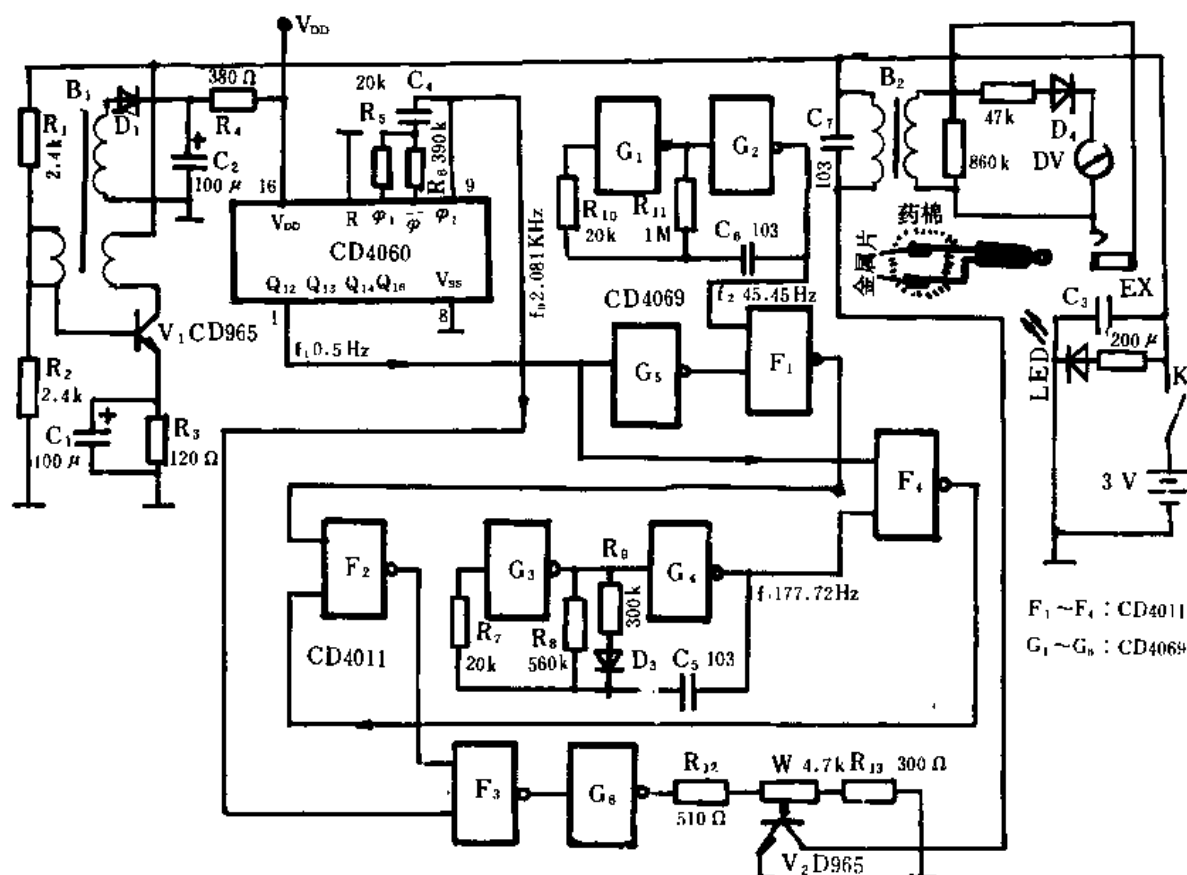


图 14-5 电子生物波理疗仪电路

成 $f_2 = 45.45\text{Hz}$ 的低频振荡器；门 G_3 、 G_4 组成 $f_3 = 177.72\text{Hz}$ 的低频振荡器。CD4060 内部电路与外接电阻 R_5 、 R_6 、电容 C_4 组成 $f_0 = 1/2 \cdot 2R_6C_4 = 2.081\text{kHz}$ 的高频振荡器。 f_0 由其⑨脚输出，同时 f_0 经内部电路 12 级分频后得 $f_1 = 0.5\text{Hz}$ 的“闸门信号”从①脚输出。“闸门信号” f_1 控制着 CD4011 的门 F_4 。当闸门信号为高电平时， f_3 能从振荡器输出。当 f_3 为低电平时， F_4 门被封锁。

CD4069 的门 G_6 输出端，含有 f_0 、 f_1 、 f_2 、 f_3 4 种脉冲信号，经 V_2 管放大、变压器 B_2 升压后输出给插座 EX 使用。电平表 DV 指示出输出的信号量强弱，而强度可由电位器 W 控制。当浸渍好药液的插头插入插座 EX 后，便可理疗。而 LED 指示电路工作状态。

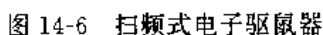
例 6 扫频式电子驱鼠器

一、应用电路

二、电路结构说明

时基电路 IC_1 (NE555) 和锁相环电路 IC_2 (CD4046) 等构成扫频式电子驱鼠器。本电路工作时产生 $18 \sim 30\text{kHz}$ 的强超声波，使老鼠不敢接近，受到 100dB 强度以上波束的刺激后，导致老鼠一系列生理病变。它对鼠类有驱杀作用。

IC_1 等组成无稳态多谐振荡器，经射随器 V 和 C_2 变换，在 IC_2 的⑨脚得到频率为 11Hz 的锯齿波。 IC_2 的⑨脚电位决定压控振荡器 VCO 的振频， R_6 、 C_3 决定了 VCO 的最低振频，选择 R_6 、 R_7 、 C_3 可使本装置扫频范围在 $10 \sim 30\text{kHz}$ 。 IC_2 的④脚输出信号经 C_4 耦合送入功放升压



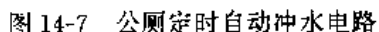
本装置放置无人粮仓等场所。注意，不宜用它长时间刺激人的听觉。

例 7 公厕定时自动冲水电路

一、应用电路

二、电路结构说明

电路通电瞬间, C_2 、 R_4 组成的微分清零电路使 CD4017 的复位端 R 得到尖脉冲而复零, 并有: $Y_0 = "1"$, $Y_1 \sim Y_9 = "0"$ 。于是 V_2 、 V_3 导通, 电磁阀 F 得电被打开, 冲水。与此同时, 电源 V_{DD} 经 R_1 向 C_1 充电。经过 T 时间 (T 由 C 的容量决定), V_1 (BT33) 导通并输出脉冲信号。此脉冲信号输入给 CD4017 的 CP 端作计数脉冲。于是 CD4017 的 $Y_1 = "1"$, 其余输出端为低电平,



V_2 、 V_3 截止, 电磁阀 F 关闭, 停止冲水。再经过一个 T 时间, V_1 又输出 1 个正脉冲, CD4017 的 $Y_2 = "1"$, 其余输出端全为 "0", 于是 F 仍关闭。倘若把 K_1 预置于 Y_3 , 电路则需经 5T 时间, CD4017 的 Y_5 才输出高电平。那么高电平经 D_1 、 C_3 触发 CD4017 的 R 端, 使其复零。此时, Y_0 端又呈高电平, 其余各端为低电平, 又一次冲水。可见, K_1 所置档次不同, 冲水间隔

的时间就不同。电磁阀 F (K23J- L25) 受继电器 J 的触点 J₁ 控制, 图中未画出。

合上开关 K₂, 为手动长时间冲水。

例 8 红外自动水龙头电路

一、应用电路

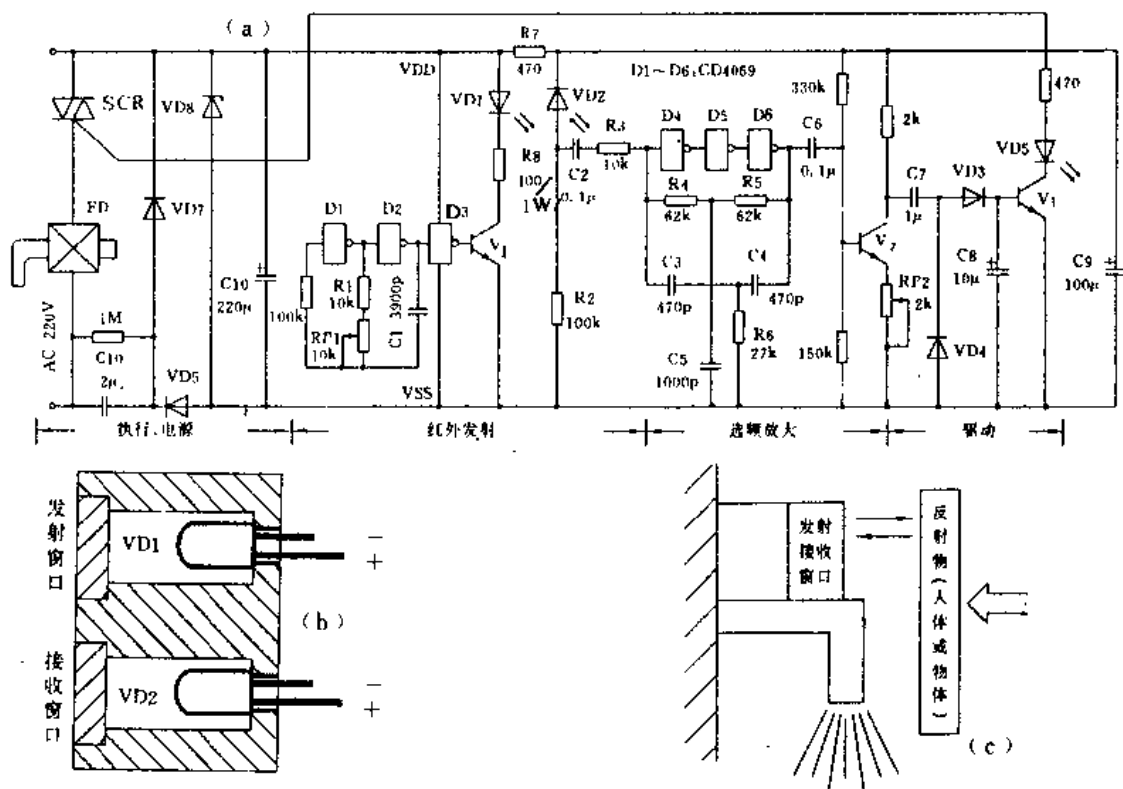


图 14-8 红外自动水龙头电路

二、电路结构说明

电路图(a)为由 6 反相器 D₁~D₆ (CD4069) 等构成的红外自动水龙头电路。电路由红外发射、红外接收、选频放大、驱动、电源及执行等部分组成。

CD4069 的门 D₁、D₂ 和 R₁、RP₁、C₁ 等组成发射脉冲振荡器, 振荡频率 $f_0 = 1/2 \cdot 2 (R_1 - RP_1) C_1 \approx 5\text{kHz}$ 。D₂ 输出的 5kHz 脉冲信号经 D₃ 缓冲, 晶体管 V₁ 的放大后, 驱动发光二极管 VD₁ 发出红外光脉冲。光敏二极管 VD₂ 接收到 VD₁ 发射的红外光反射回来的光时, 其内阻作同频率变化。VD₂ 变化电阻与 R₂ 分压后, 使在 C₂ 左端产生一微小的同频的交流信号, 经 C₂ 耦合给反相器 D₄、D₅、D₆ 及 R₃~R₅, C₃~C₅ 构成 RC 双 T 选频放大器。R₄、R₅ 既是 RC 双 T 选频网络元件, 又是将 D₄~D₆ 编置在线性工作区的负反馈偏置电阻。当输入双 T 选频网络的信号频率满足 $f'_0 = 1/2 \pi RC$ ($R = R_4 = R_5$, $R_6 = R/2$, $C = C_3 = C_4$, $C_5 = 2C$) 时, 反馈通道交流阻抗最大, 放大器放大倍数最大。该电路选出频率为 f'_0 的信号, 并对此信号进行放大。后经 C₆ 耦合至 V₂ 等组成的交流放大器进一步放大, 以达到一定幅值。又经 C₇ 耦合进入 VD₃、VD₄、C₈ 组成的半波整流和滤波后变成直流电压作用于 V₃ 基极, 使 V₃ 导通, 驱动 BCR 导通, 水龙头电磁阀通电开通。同时, 发光二极管 VD₅ 发光, 指示出此刻的电路状态。VD₅~VD₇,

C_{10} 构成电容降压半波整流稳压电路。

图 14-8 中, VD_3 、 VD_4 为 1N4148, $VD_5 \sim VD_6$ 为 1N4007, VD_7 为 6~9V/1W 硅稳压管。SCR 为 TLC336A, 水电磁阀用 DF—1 型, $V_1 \sim V_3$ 为 C1815, C_{10} 为 $2\mu/400V$ 油浸电容。

图 14-8 (b) 为红外发射、接收管装置示意图; 图 4—8 (c) 为水龙头与人体反射装置示意图。

本水龙头装置于公共场所或医院等, 以避免细菌交叉传染。

第十五章 照明、显示与彩灯控制

例 1 2 至 10 位双向移位流水灯

一、应用电路

二、电路结构说明

2 至 10 位双向移动流水灯电路，主要由 BCD—十进制译码器 IC_1 (CD4028)、双时钟 BCD 可预置加/减计数器 IC_2 (CD40192) 和 2 输入端 4 “与非”门 IC_3 (CD4011) ($G_1 \sim G_8$)，以及双向可控硅 ($SCR_1 \sim SCR_{10}$) 等构成。其中 IC_3 的门 G_1 、 G_2 ，门 G_7 、 G_8 分别组成频率可调的多谐振荡器。

由门 G_1 、 G_2 组成的多谐振荡器，输出脉冲信号作为可逆计数器 IC_2 的时钟脉冲；由门 G_7 、 G_8 组成的多谐振荡器输出端 Q 的脉冲信号，决定是送往 IC_2 的“加法触发端” CP_+ 或是“减法触发端” CP_- 。当 $Q = “1”$ 时，门 G_6 被打开，门 G_5 被封锁，于是时钟脉冲被送入 IC_2 的 CP_+ 端， IC_2 进行加法计数。反之， $Q = “0”$ 时，门 G_5 被打开，门 G_6 被封锁，时钟脉冲被送入 IC_2 的 CP_- 端， IC_2 进行减法计数。而 IC_1 将 IC_2 输出的 BCD 码转换成十进制数码。假定，电路工作时，门 G_3 输出端 $Q = “1”$ 时， IC_2 进行加法计数，并从 IC_1 的 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平，使晶体管 $V_1 \sim V_{10}$ 也依次导通，进而使 10 组灯泡 $ZD_1 \sim ZD_{10}$ 依次移动发光。当 $Q = “0”$ 时， IC_2 作减法计数，并从 IC_1 的 $Q_9 \sim Q_0$ 依次输出高电平，使 10 组灯泡 $ZD_{10} \sim ZD_1$ 依次移动发光。以上正、反向移动反复不断进行。

调节电位器 W_1 可改变触发脉冲频率，进而改变灯移位速度；调节 W_2 可改变正、反向流水灯的位数。

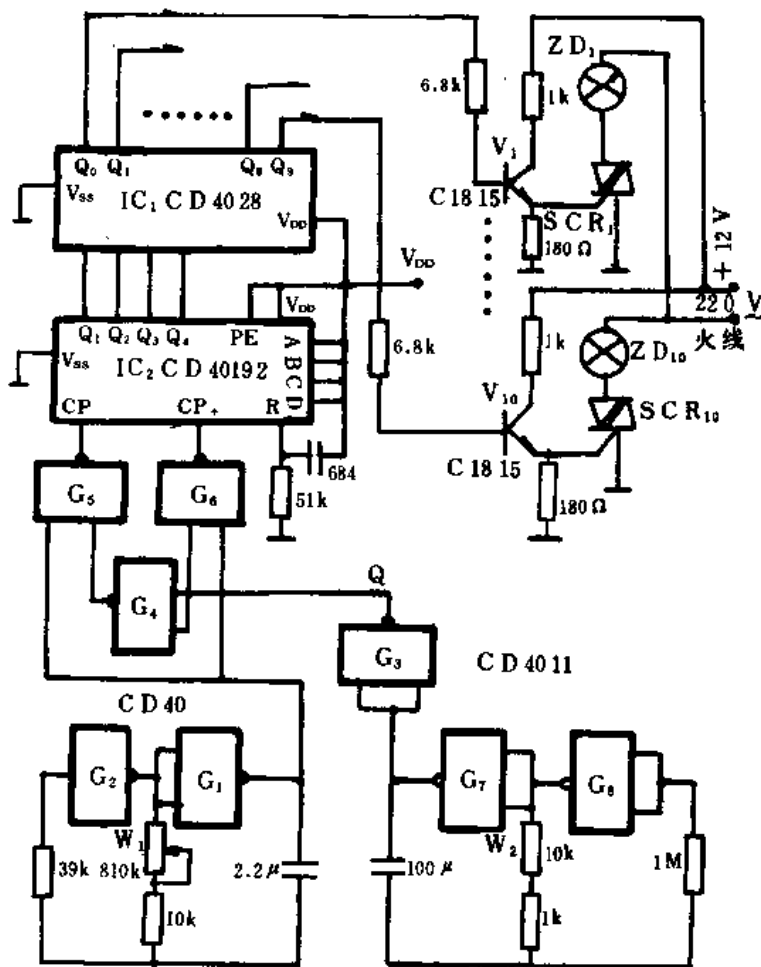


图 15-1 2 至 10 位双向移动流水灯

例 2 音乐流水灯

一、应用电路

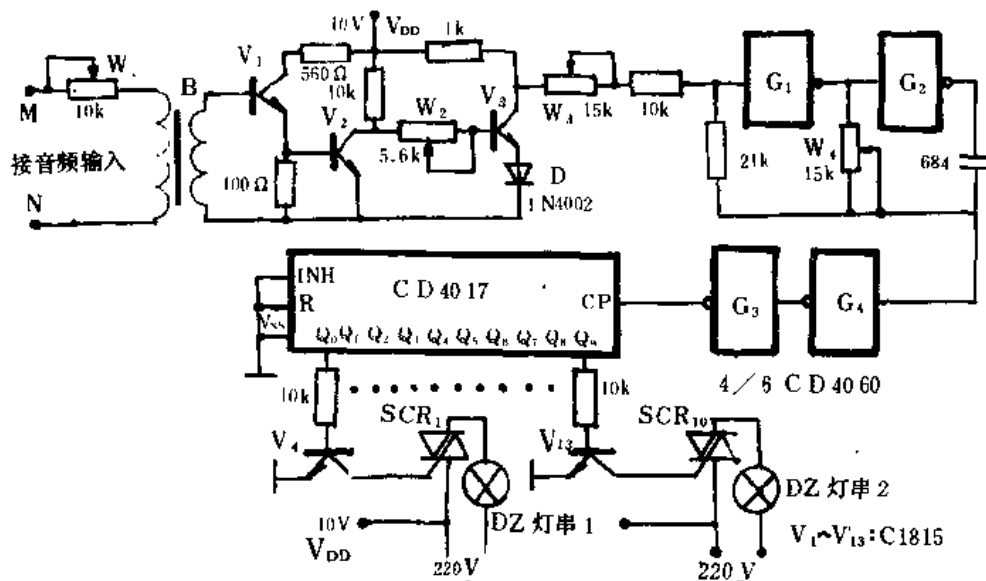


图 15-2 音乐流水灯

二、电路结构说明

音乐控制流水灯电路由十进制计数器/分配器 CD4017 和 6 反相器 $G_1 \sim G_4$ ($1/6$ CD4069) 等构成。

图 15-2 中, 音乐信号从 MN 输入, 调节 W_1 可改变输入音乐的灵敏度。音乐信号经变压器阻抗变换, 输入至晶体管 V_1 、 V_2 、 V_3 放大后, 控制 CD4069 门 G_1 、 G_2 等组成的压控振荡器。振荡器输出的振荡脉冲经门 G_4 、 G_3 缓冲、整形后作计数器的脉冲源 CP。计数器在 CP 脉冲作用下, 从 CD4017 的 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平, 使 $V_4 \sim V_{13}$ 依次导通, 触发 $SCR_1 \sim SCR_{10}$ 依次导通, 灯串₁~灯串₁₀便依次随音乐变化而变化, 即灯光亮度、明灭间隔以及流水循环速度均随着音乐的强弱变化而变化。本流水灯用于舞厅等场合。

例 3 双向流动灯光控制器

一、应用电路

二、电路结构说明

时基电路 IC₁ (NE555)、BCD 可预置加/减计数器 IC₂ (CD4510)、BCD—十进制译码器 IC₃ (CD4028)、双 D 触发器 IC₄ (CD4013) 和三端稳压器 IC₅ (LM7805) 等构成双向流动灯光控制

电路中, 变压器 B、D₁~D₄、C₅、IC₅ 构成 +5V 稳压电源电路。IC₁ 和外围元件 W、R₁、C₁ 组成自激多谐振荡器, 产生时钟脉冲信号, 改变 W 可控制灯光移动的速度。

开机后, C_2 、 R_2 组成微分电路产生一个正尖脉冲作用于 IC_2 的 CR 端, 使计数器复位, 其输出端 $Q_0 \sim Q_3$ 均为低电平, 译码器 IC_3 的输出端 $Y_0 \sim Y_9$ 输出也为低电平。同时, R_4 、 C_3 组成的积分电路产生一个负脉冲作用于 IC_4 的 R 端, D 触发器复位, IC_4 的 $\bar{Q}$ 输出高电平。 IC_2

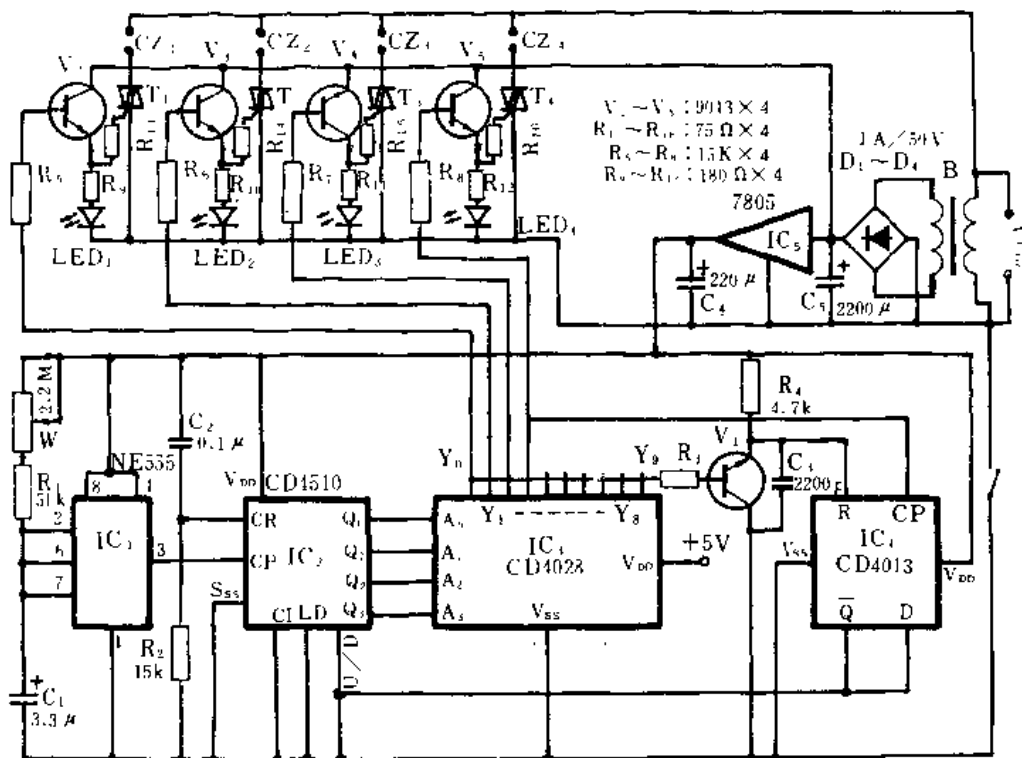


图 15.3 双向流动灯光控制器

的加/减选择 V/D 也为高电位，使计数器作加法计数。 IC_2 在 IC_1 产生的时钟脉冲 CP 上升沿触发下，其输出端 $Q_0 \sim Q_3$ 输出 8421 码，送至 IC_3 ， IC_3 译码后其输出端 $Y_0 \sim Y_4$ 依次输出高电平。当第一位 Y_0 输出高电位时，经 R_3 作用于晶体管 V_1 的基极，使 V_1 导通，其集电极变为低电平，进行使 D 触发器复位， $\bar{Q}$ 端输出高电平， IC_2 计数器继续作加法计数。当最后一位 Y_3 （本电路只用 4 路）输出高电平时，有一个上升沿作用 D 触发器 CP 端，使 D 触发器翻转， $\bar{Q}$ 输出低电平。它作用 IC_2 的 V/D 端，使计数器作减法计数，于是 $Y_3 \sim Y_0$ 依次输出高电平。这时，作为输出部分的灯光就作反向流动。当高电平到达 Y_0 时，计数器 IC_2 又作加法计数。如此反复循环下去。

以上 $Y_0 \sim Y_3$ 或 $Y_3 \sim Y_0$ 依次输出高电平，去控制晶体三极管 $V_2 \sim V_5$ 或 $V_5 \sim V_2$ ；而三极管再分别去控制可控硅 $T_1 \sim T_4$ 或 $T_4 \sim T_1$ 的控制端，使可控硅依次导通，进行促使 $CZ_1 \sim CZ_4$ 或 $CZ_4 \sim CZ_1$ 依次得电，外接流水灯双向依序流动。图中 C_3 是为防止 Q_1 受干扰误动作而设。

例 4 LED 步进移动变色电路

一、应用电路

二、电路结构说明

LED 步进移动变色电路，主要由十进制计数器/分配器 IC ($CD4017$)、6 施密特触发器 $\frac{1}{6}CD40106$ (G_1) 和阻容元件、11 个 LED303 双色发光二极管 ($LED_1 \sim LED_{22}$) 等构成。

当 $\frac{1}{6}CD40106$ 的门 G_1 与电阻 R 、 W ，电容 C 等组成的多谐振荡器起振，并输出脉冲信号给 IC ($CD4017$) 的⑭脚时钟 CP 端作计数时钟时，计数器从 $Q_0 \sim Q_9$ 端依次输出高电平。改变

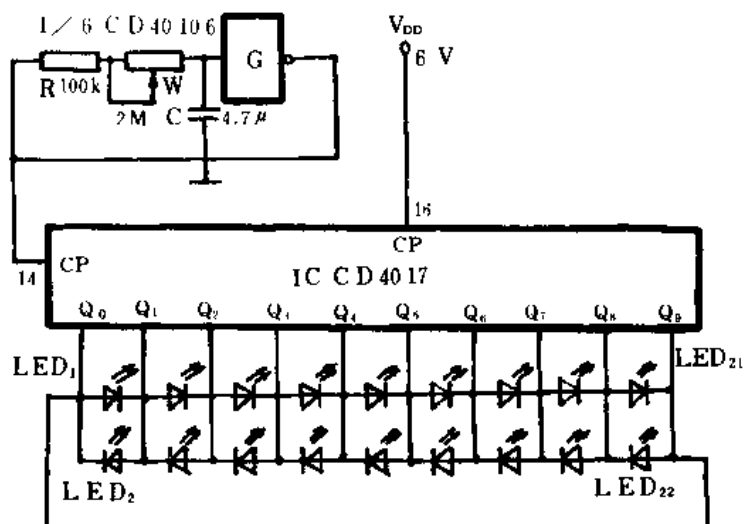


图 15-4 LED 步进移动变色电路

W, 可改变计数速率。待 Q_9 输出高电平后, ⑭脚再输入 1 个时钟脉冲, 计数器 IC 则返回从 Q_0 再输出高电平。因此, 双色发光二极管发光顺序是:

$LED_1LED_{22}, LED_3LED_2, LED_5LED_4, LED_7LED_6, LED_9LED_8, LED_{11}LED_{10}, LED_{13}LED_{12}, LED_{15}LED_{14}, LED_{17}LED_{16}, LED_{19}LED_{18}, LED_{21}LED_{20}$ 。如此循环重复地发光显示, 给人步进移动之感。

例 5 点式/光柱功率显示电路

一、应用电路

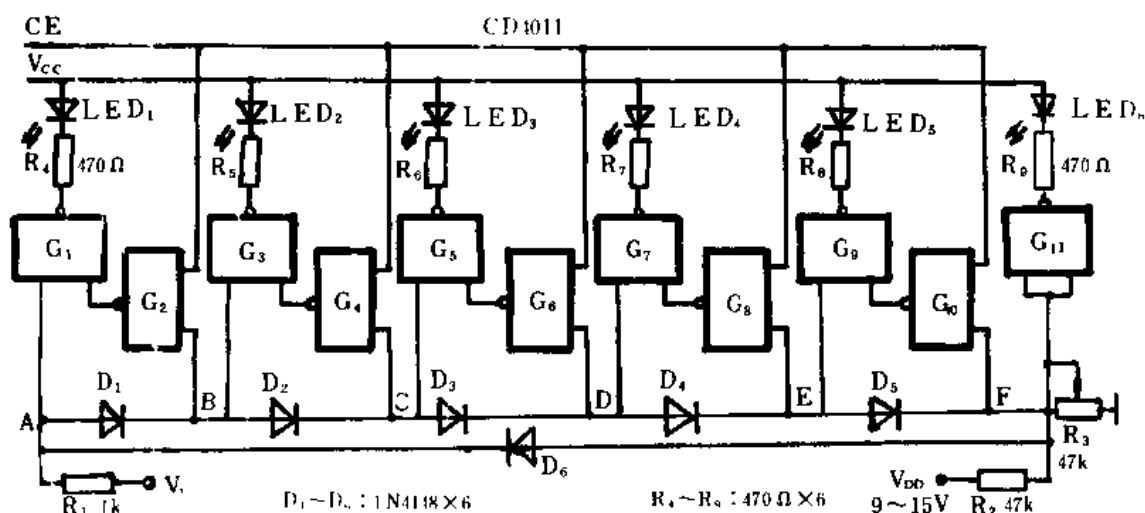


图 15-5 点式/光柱功率显示电路

二、电路结构说明

点式/光柱式功率显示电路由 2 输入端 4 “与非”门 11/4CD4011 ($G_1 \sim G_{11}$)、发光二极管 $LED_1 \sim LED_6$ 、二极管等构成。这种电路既可采用光柱形式, 也可采用光点跳跃形式来显示功

率的大小。

在假设 CE 为高电平情况下, 输入音频信号 V_i 较小时, 比如只 A 点处于高电平, 而 B、C、D、E、F 都为低电平。于是有 A 为高电平, CD4011 的门 G_1 输出低电平, 使 LED_1 发光。当 V_i 增大时, B 点也处于高电平, 而 C 等仍处于低电平时, 门 G_3 输出低电平, 使 LED_2 发光。但是, 由于 CE 为高电平, B 变为高电平后使 A 变回低电平, 所以门 G_1 输出高电平, 使 LED_1 熄灭。这就表现为发光的 LED 从第一个跳到第二个了。同理, V_i 再增大时, C、D、E、F 依次变为高电平, 其相应的 LED 依次发光, 此前的 LED 依次熄灭。可以看出, 整个过程始终仅有一个 LED 发光, 似光点在不断跳动。

假设 CE 置于低电平情况下, 不论 B、C、D、E、F 处于什么电平, 门 G_1 、 G_3 等输出状态不受后一级的影响。也就是说, B 点高电平也不会使 LED_1 熄灭。同样, C 点高电平也不会使 LED_2 熄灭。随着 V_i 的增加, 发光的 LED 不断地增多, 形成一道光柱。

电路中, R_3 为电位器, 用于调整起始电压, 使 F 点电压略低于 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 。

例 6 LED 渐加速显示电路

一、应用电路

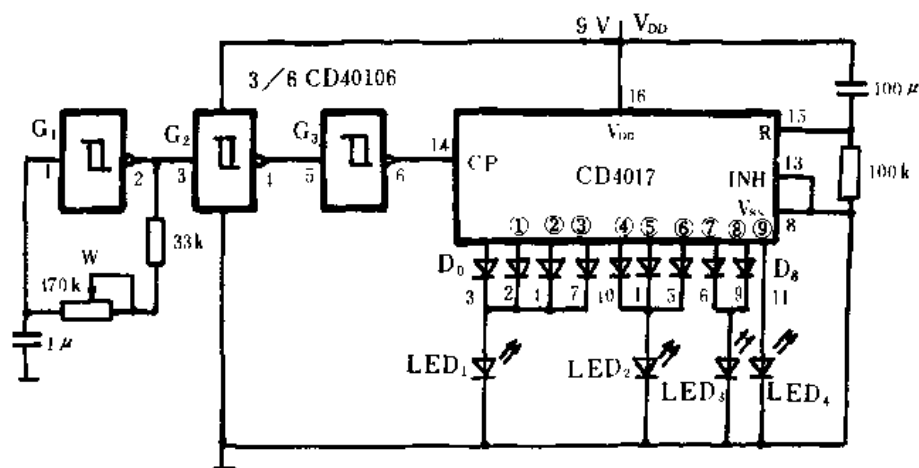


图 15-6 LED 渐加速显示电路

二、电路结构说明

LED 渐加速显示电路, 主要由十进制计数器/分配器 CD4017、6 施密特反相器 CD40106 ($G_1 \sim G_3$)、二极管网络 ($D_0 \sim D_9$)、发光二极管 ($LED_1 \sim LED_4$) 和阻容元件等构成。

电路中, 二极管网络 $D_0 \sim D_9$ 起隔离作用。CD40106 的门 G_1 与阻容元件组成无稳态多谐振荡器, 改变电位器 W 可改变其振荡周期 T。门 G_1 组成的振荡器输出的振荡信号, 经门 G_2 、 G_3 的缓冲整形后, 触发计数器 CD4017 的 CP 端, 作为计数器的计数脉冲。于是计数器从 “0” ~ “9” 端输出 10 步时序信号。其中 “①~③” 脚输出点亮 LED_1 , 持续时间为 4 个时钟周期; “④~⑥” 脚输出点亮 LED_2 , 持续时间为 3 个时钟周期; “⑦~⑧” 脚输出点亮 LED_3 , 持续时间为 2 个时钟周期; ⑨脚输出点亮 LED_4 , 持续时间为 1 个时钟周期。显然, $LED_1 \sim LED_4$ 点亮时间逐渐缩短。它在视觉上好像是一个光点从左至右加速运动似的。这种显示过程将持续不断地循环进行。它被称为 LED 渐加速显示。

例 7 显示控制电路

一、应用电路

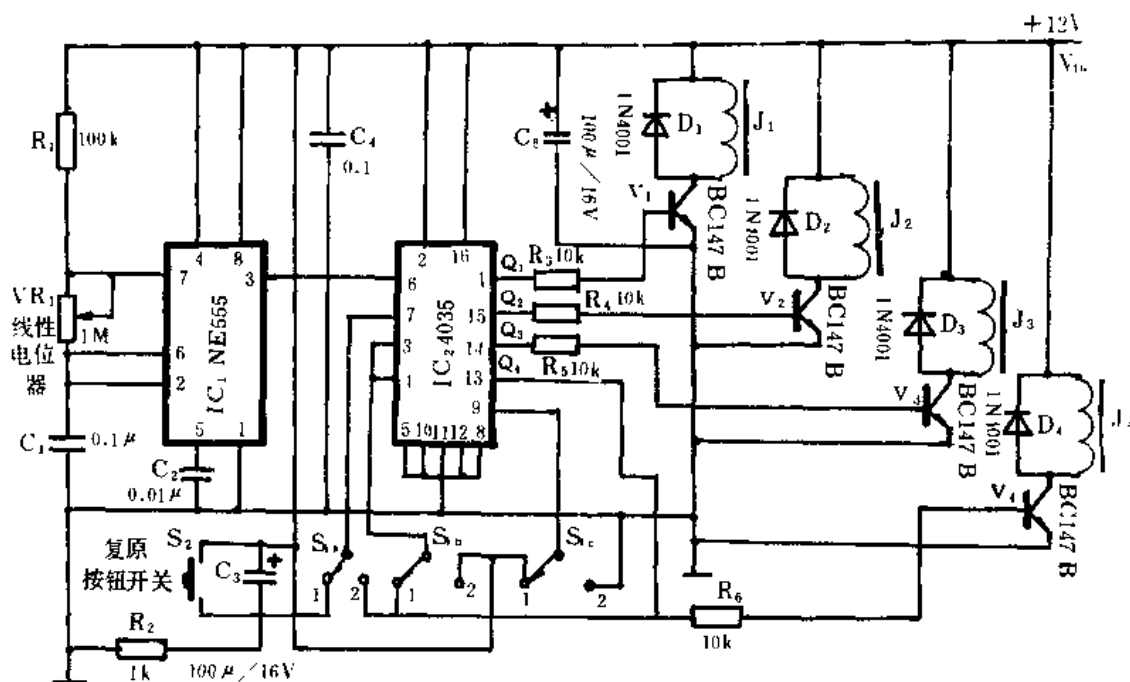


图 15-7 显示控制电路

二、电路结构说明

显示控制电路采用时基电路 IC_1 NE555、4 级串入/并出移位寄存器 IC_2 (CD4035)、继电器、晶体二极管、三极管等构成，具有跑动与拼装的显示效果。

电路中， IC_1 与外围元件构成多谐振荡器，其输出的脉冲信号送至 IC_2 的⑥脚作时钟信号输入。调节电位器 VR_1 ，可以改变振荡器输出脉冲的频率，进而改变显示中的跑动和拼装速度。

开关 S_1 有两档：1 档为跑动开关，2 档为拼装开关。当 S_1 置于 1 档位置时， IC_2 的③、④脚经开关与⑬脚相连接。此时， IC_2 的第⑨脚保持高电平，因此 IC_2 寄存器的初始状态为： $Q_1 = "1"$ ， Q_2 、 Q_3 、 Q_4 均为 "0"，寄存数为二进制的 "1000"。由于 Q_4 又与③、④相连接，二进制数 "1000" 在 IC_2 的寄存器中连续位移。位移结果使 4 个输出端 $Q_1 \sim Q_4$ 顺序变为高电平。这样，显示得到“跑动”的效果。

按下开关 S_2 ，使 IC_2 输出端全为 "0"。

若 S_1 置于 2 档位置上时， IC_2 的⑦脚与⑬脚相接，③、④脚维持高电平，而⑨脚接入 GND。这样， IC_2 的 4 个输出端 $Q_1 \sim Q_4$ ，随着每一输入时钟脉冲逐一变为高电平。显然，当 Q_4 端变为高电平后， IC_2 的⑦脚也变为高电平。于是， IC_2 的输出端又全部变为低电平。显示达到“拼装”效果。因为这时全部并行输入外接 GND 状态，所以操作又可反复进行。

例 8 照度显示电路

一、应用电路

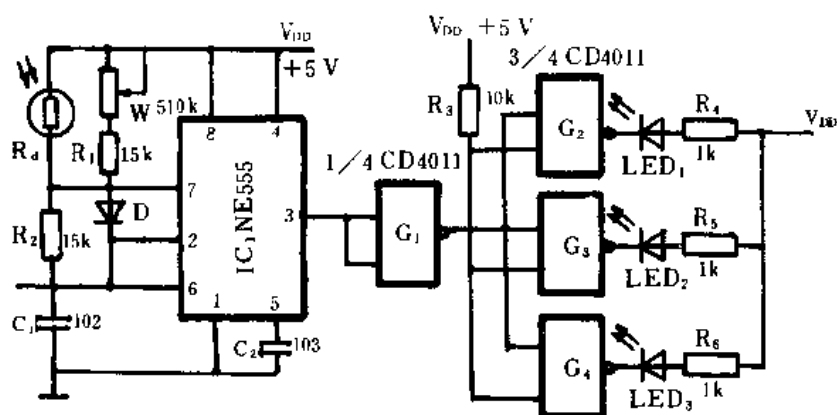


图 15-8 照度显示电路

二、电路结构说明

照度显示电路由 2 输入端“与非”门 CD4011 ($G_1 \sim G_4$) 和时基电路 NE555、以及光敏电阻、发光二极管等构成。其中, 光敏电阻 R_d 是作为 IC_1 (NE555) 振荡电路中分压电阻。由于其光阻、暗阻的不同, 直接影响到振荡电路的频率和波形的占空比。CD4011 的其中一门 G_1 作为反相器使用, 3 门 $G_2 \sim G_4$ 作为 LED 的驱动电路。

当光照强时, R_d 呈光阻, 振荡频率升高, 信号波形占空比变小, 发光二极管 LED 亮度增加; 光照变弱时, 情况相反。

例 9 4 路信号交替显示电路

一、应用电路

二、电路结构说明

4 路信号交替显示电路, 采用十进制计数器/分配器 CD4017、6 反相器 CD4069、4 双向模拟开关 CD4066、运算放大器 F007 等构成。它能使单踪示波器显示 4 路连续信号。

电路中, 反相器 $\frac{3}{6}$ CD4069 组成多谐振荡器, 并输出振荡信号, 这一信号又经反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 整形后作 CD4017 的 CL 端时钟脉冲, 使 CD4017 的输出端 $Q_0 \sim Q_4$ 依次输出正脉冲信号。当计数到 Q_4 后, Q_4 输出的正脉冲信号被输往 R 端, 使计数器复位。计数器在 CP 的作用下重新进行 $Q_0 \sim Q_4$ 的又一次计数。于是, CD4017 的 $Q_0 \sim Q_3$ 依次与 CD4066 的 4 对模拟开关接通。每对开关分别加上可调节的直流电平和一路信号。它们通过运放 F007 组成的加法器后进入示波器 Y 轴。

由于各路信号对应不同的直流电平, 所以单踪示波器这时能将 4 路信号上下分开加以显示。

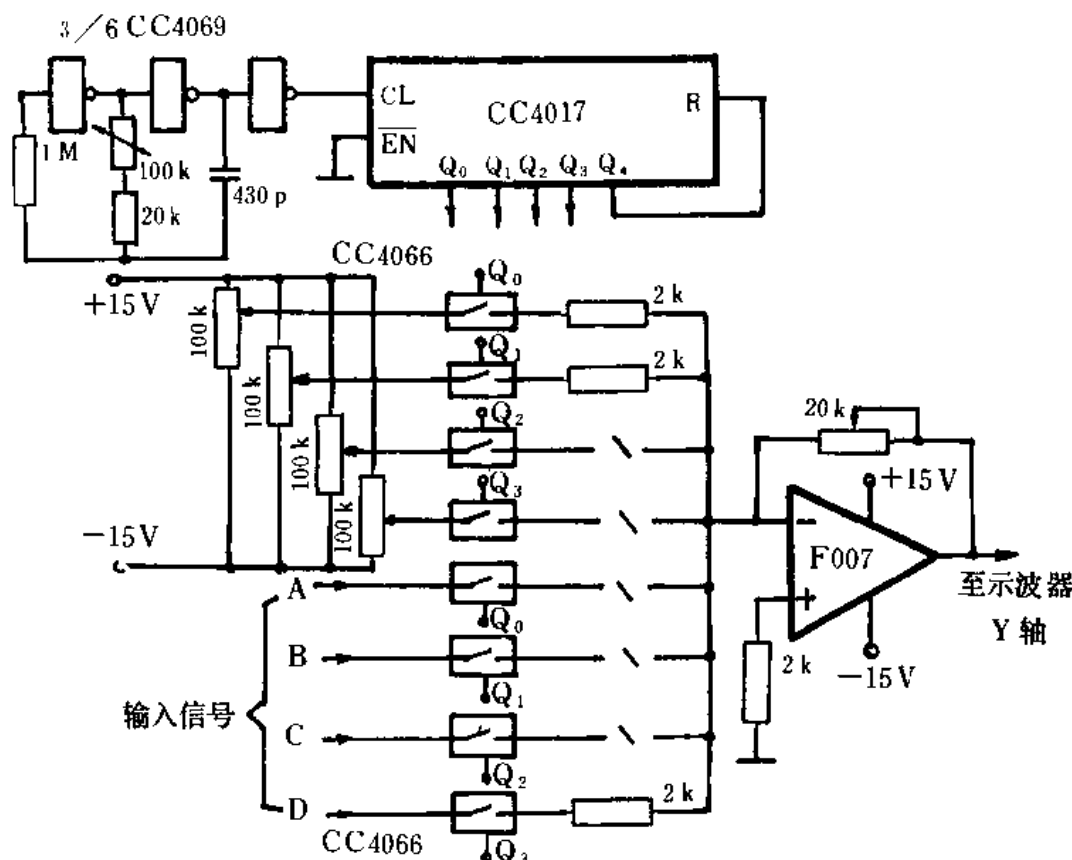


图 15-9 4 路信号交替显示电路

例 10 发光螺旋盘电路

一、应用电路

二、电路结构说明

LED 发光螺旋盘显示电路由十进制计数器/分配器 CD4017 (IC₁、IC₂)、6 反相器 CD4069 (G₁~G₃、A~F)、以及阻容元件、60 个 LED 发光二极管构成。其中，CD4069 的门 G₁、G₂ 组成方波振荡器，门 G₃ 作为缓冲级，IC₁、IC₂ 接成十进制计数器。IC₁、IC₂ 的 CE 端接 GND，因此，它们只受时钟信号控制而不受其它信号影响。IC₁ 的①~⑦、⑨~⑪脚的输出分别作为“列选”信号；IC₂ 的①~④、⑦、⑩脚的输出经 CD4069 门 A~F 的反相后分别作为“行选”信号。每只 LED 当其阳极对应列选信号为高电位时，而对对应行选信号为低电位时点亮。

电路接通时，方波振荡器输出的脉冲不断给 IC₁ 的⑭脚提供 CP 脉冲信号。于是 IC₁ 的“列选”脚按顺序输出高电平，且每输入 10 个脉冲，IC₁ 列选循环一遍。一遍输送结束，IC₁ 的⑫脚送出 1 个进位脉冲给 IC₂ 的 CP 脚，使 IC₂ 的“行选”脚依次输出高电平。每一高电平信号经门 A~F 的对应反相后为低电平。这样，60 只 LED 发光二极管点亮一遍。

显然，当 IC₁ 向 IC₂ 的 CP 端输出第 7 个脉冲时，IC₂⑤脚输出正脉冲，至 IC₁、IC₂ 的⑮R 端，使 IC₁、IC₂ 的复位端得到高电平信号而复位。这时，IC₁ 的“列选”脚虽还在依次送出高电平，但也不能点亮发光管 LED。只有间隔 10 个脉冲后，才能循环重复一遍。这里 D₁~D₆ 是用来防止 LED 发光管反向击穿。

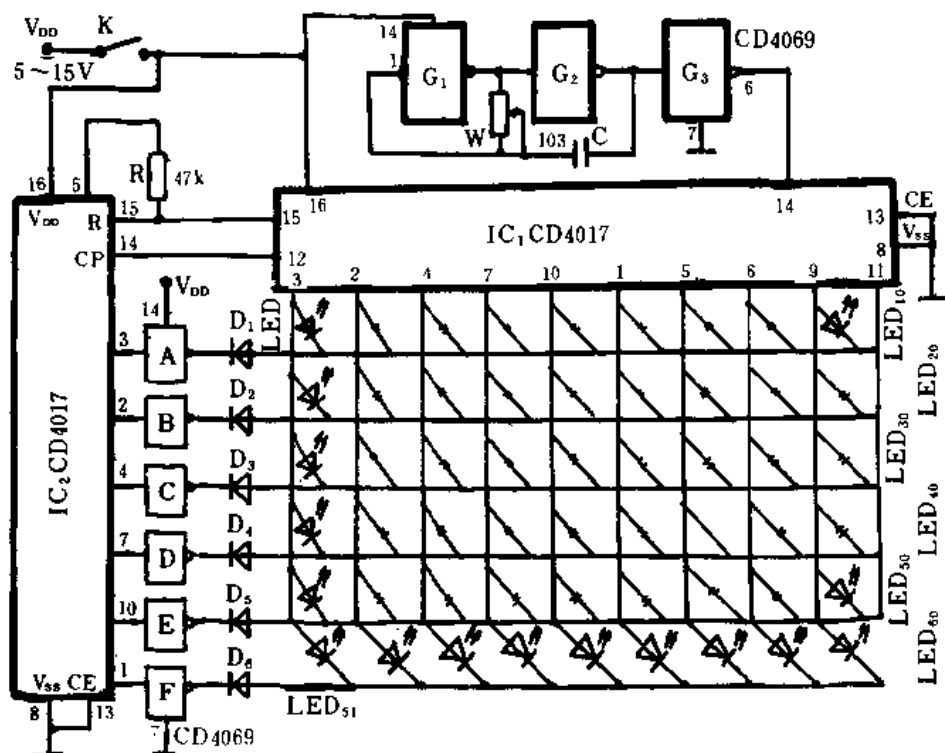


图 15-10 发光螺旋盘电路

例 11 圣诞树电路

一、应用电路

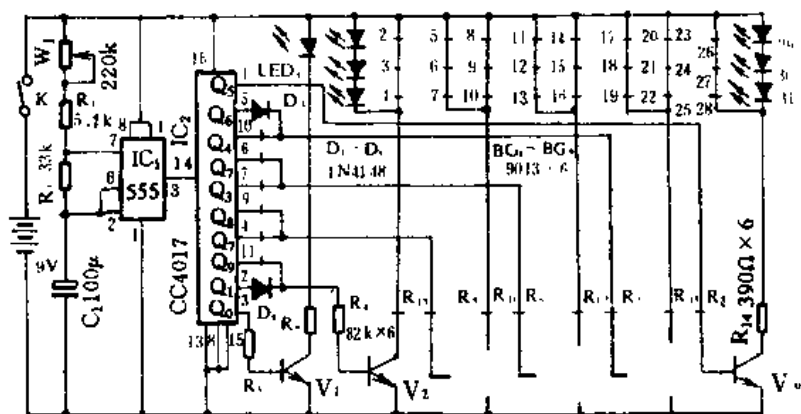


图 15-11 圣诞树电路

二、电路结构说明

电子圣诞树电路由十进制计数器/分配器 IC₂ (CD4017)、时基电路 IC₁ (NE555)、以及闪光系统 LED₁~LED₃₁等组成。其中 IC₁ (NE555) 和 R₁、R₂、C₁、W₁ 组成多谐振荡器。

当 IC₁ 向 IC₂ 的⑩脚提供时钟脉冲 CP 后, IC₂ 的 Q₀~Q₉ 依次输出高电平, 将对应的 V₁~

V_6 依次饱和导通，对应的烁光系统 $LED_1 \sim LED_{31}$ 依次点亮。这里 IC_2 的 CE 端 (⑬脚) 和 R 端 (⑭脚) 均接 GND，所以使烁光系统能周而复始地循环烁光。改变电路中 W_1 值，可改变 IC_1 的振荡周期 T ，进而能改变计数变化速度，达到改变烁光变化速度。用烁光系统中的发光二极管装饰圣诞树，犹如群星闪烁。

例 12 7 色音乐梦幻灯

一、应用电路

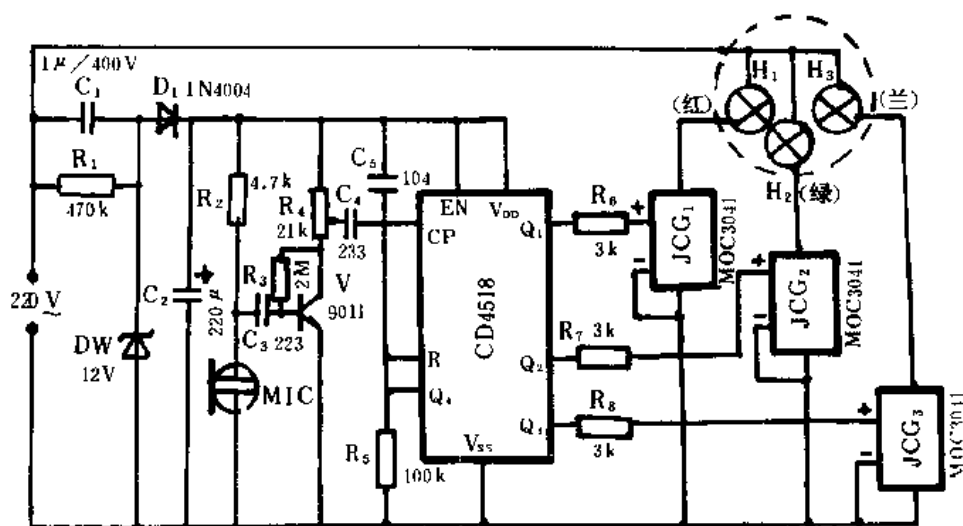


图 15-12 7 色音乐梦幻灯

二、电路结构说明

本电路为由双 BCD (4 位二进制) 同步加计数器 $\frac{1}{2}$ CD4518B 和固态继电器 $JCG_1 \sim JCG_3$ (MOC3041 $\times 3$) 等构成的 7 色音乐梦幻灯。据三基色原理，以红、绿、蓝三种基色灯泡，装入磨砂玻璃外罩内，通过灯罩的混色，由音乐信号控制，对外显示出 7 种色彩的颜色：红、蓝、绿、紫、青、黄、白。它适用于作音响装饰灯、变色广告灯、节日彩灯等。

电路中，220V 市电经 C_1 降压、 D_1 整流、 C_2 滤波、DW 稳压后，为电路提供 DC12V 工作电压。

话筒 MIC 和晶体管 V (C1815) 等组成声控接收放大电路。其输出信号经 R_1 调节， C_4 隔离耦合至 CD4518 的 CP 端。CD4518 启动端 EN 接高电平，复位 R 端接 GND，则据 CD4518 的真值表可查到计数器在 CP 脉冲上升沿触发时作加计数。复位 R 端连接微分电路 C_5 、 R_5 ，同时与 Q_4 相接，每次通电时，微分尖脉冲触发 R 端，使计数器复位，即 $Q_1 \sim Q_4$ 输出全“0”。

当第一个音乐脉冲触发 CD4518 的 CP 端时， $Q_1 = "1"$ ， JCG_1 导通，基色灯 H_1 (红) 点亮，灯罩显示红色；当第二个音乐脉冲触发 CD4518 时， $Q_2 = "1"$ ， JCG_2 导通， H_2 点亮，灯罩显示绿色；当第三个音乐脉冲触发 CD4518 时， $Q_1 = "1"$ 及 $Q_2 = "1"$ ， JCG_1 、 JCG_2 均导通， H_1 、 H_2 同时点亮，混色结果灯罩显黄色。依此类推，CD4518 的 $Q_1 \sim Q_3$ 输出有 7 种逻辑状态， $H_1 \sim H_3$ 混色有 7 种状态，灯罩显 7 种颜色。当音乐停止时，固定在一个颜色灯亮。 R_1 可调节声控灵敏度。

例 13 3 色闪光电路

一、应用电路

二、电路结构说明

三色闪光电路采用 2 输入端 4 “或非”门 CD4001 ($G_1 \sim G_4$) 和 6 反相器 CD4069 ($F_1 \sim F_6$)、发光二极管等构成。其中, CD4001 的门 G_1 、 G_2 组成第一级振荡器, 称为闪烁节奏调节级电路, 产生 1Hz 频率振荡信号。门 G_3 、 G_4 组成可控制的第二级振荡器, 输出数百赫 (Hz) 频率的振荡信号。

电路中, $LED_1 \sim$

LED_4 为红绿双色发光二极管。当电路接通电源后, 第一级振荡输出控制着第二级振荡器。当电路中 B 点为高电平或 A 点为低电平, 第一级振荡器停振, 于是门 G_1 输出高电平。此时, CD4069 的门 F_1 、 F_3 、 F_5 输出低电平, 而门 F_2 、 F_4 、 F_6 却输出高电平, $LED_1 \sim LED_3$ 中的红色管发光。

然而, 当电路中 B 点为低电平或 A 点为高电平, 门 G_1 输出低电平。于是门 F_1 、 F_3 、 F_5 输出为高电平, 而门 F_2 、 F_4 、 F_6 输出低电平, $LED_1 \sim LED_3$ 中的绿色管发光。

第二级振荡器的门 G_3 、 G_4 中的 N、M 端分别取自第一级振荡器的 B、C 端。当 M、N 两端的电平都低于其门阈值电压时, 第二级振荡器就不受第一级振荡器的控制, 自己起振并输出几百赫 (Hz) 的方波信号, 使 $LED_1 \sim LED_3$ 中的红、绿色管交替发光, 即发出橙色光。这样, 电路可以发出 3 种色光。

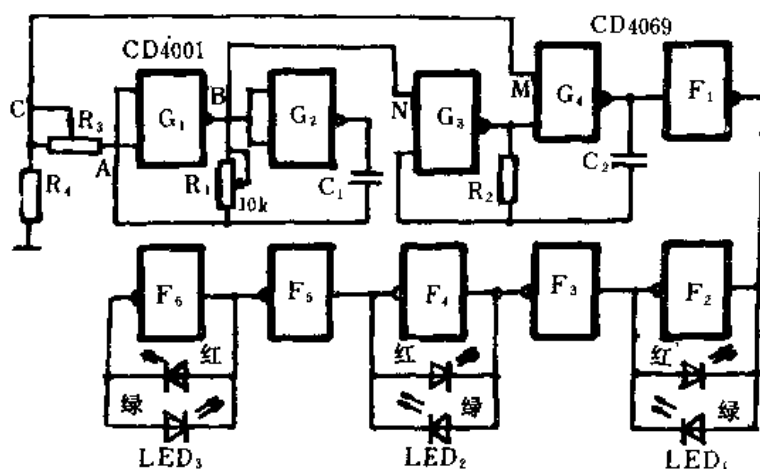


图 15-13 三色闪光电路

例 14 音乐彩灯控制器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”施密特触发器 IC_1 ($1/4$ CD4093)、十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 和双向 4 模拟门 IC_3 (CD4066) 等构成的 4 路音乐彩灯控制器。

电路中, 驻极体话筒 MIC 将乐曲声转换成脉冲电信号, 经 $V_1 \sim V_3$ 放大、变压器耦合至 V_4 的基极。 V_4 为射极输出至 4 路模拟开关 IC_3 (CD4066)。

IC_1 ($1/4$ CD4093) 和 C_1 、 W_1 组成多谐振荡器, 电源接通就开始振荡, 调 W_1 可改变振荡输出周期 $T=0.5 \sim 55s$ 。 IC_1 的输出脉冲信号去 IC_2 的 CP 端, 作为计数器的计数脉冲 CP。 IC_2 在 CP 脉冲的作用下, $Q_0 \sim Q_4$ 分别依次输出高电平。 Q_4 输出高电平加至复位 R 端, 使电路成为环形计数器。 $Q_0 \sim Q_3$ 依次输出高电平, 分别将 CD4066 的 4 个模拟开关选通, 使乐曲信号依次加至 $V_5 \sim V_8$, 并依次导通, $SCR_1 \sim SCR_4$ 依次被触发导通, 彩灯插座依次有电输出, 彩

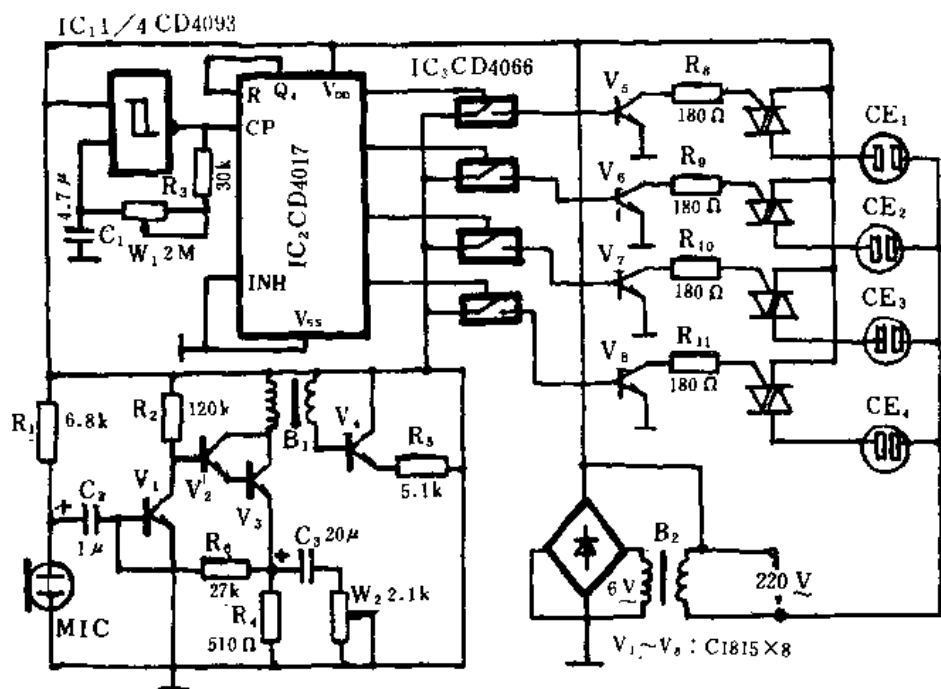


图 15-14 音乐彩灯控制器

灯按顺序点亮。随着悠扬音乐声，彩灯闪烁异彩生辉。

例 15 微形灯调光器

一、应用电路

二、电路结构说明

微形灯调光器由十进制计数器/分配器 CD4017 等构成。

当 K 闭合时， C_2 (203) 电容和 R_2 电阻组成的开机微分清零电路使 CD4017 复零。空余端 $Q_0 = "1"$ ，其余 $Q_1 \sim Q_5$ 均为 "0"。

当按下 AN，脉冲下降沿触发 INH 端，使计时器依次进一位，即 $Q_0 = "0"$ ， $Q_1 = "1"$ ，其他 $Q_2 \sim Q_5 = "0"$ ；再按一下 AN，同理， $Q_0 \sim Q_1 = "0"$ ， $Q_2 = "1"$ ， $Q_3 \sim Q_5 = "0"$ ……当 $Q_5 = "1"$ 时，则使复位 R 端为高电平，电路复零。这时， $Q_0 = "1"$ ，其余 $Q = "0"$ 。

以上 $Q_1 \sim Q_4$ 输出依次为 "1" 时，分别经 330k、200k、68k、4.7k 电阻加至晶体管

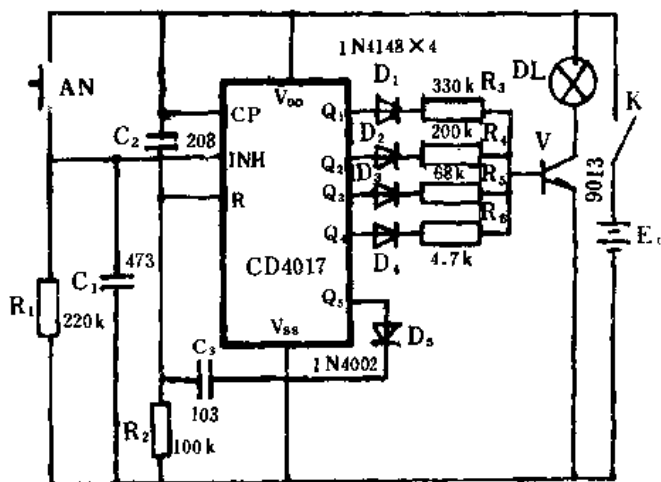


图 15-15 微形灯调光器

V (9013) 的基极, 使其基极得到不同电压, 晶体管 V (9013) 导通程度不同, 则小灯泡 DL 暗亮程度不同。输出从上到下 ($Q_1 \sim Q_4$), 灯则从暗变亮。

例 16 自动照明电路

一、应用电路

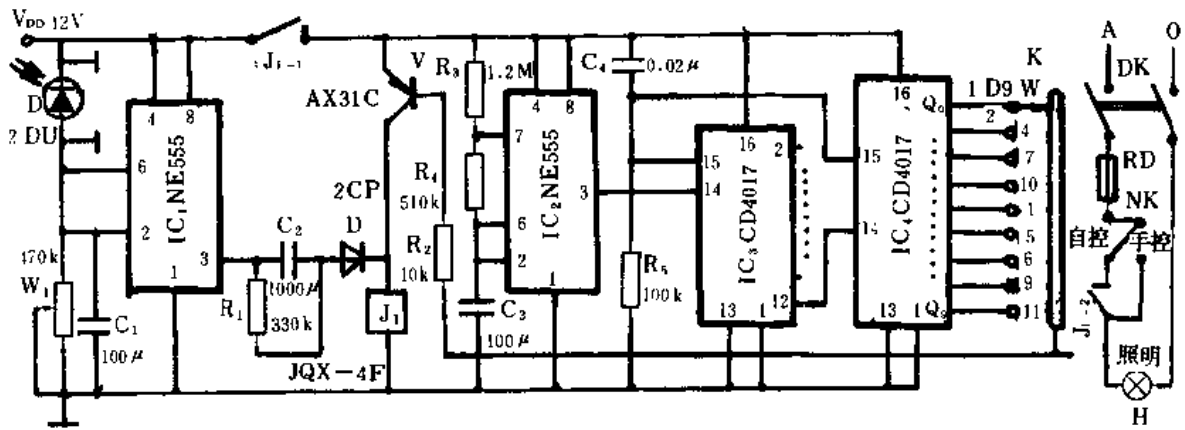


图 15-16 自动照明电路

二、电路结构说明

自动照明电路, 是在夜晚时能自动启动开关为路灯提供电源, 而白天自动切断供电。它主要由时基电路 555、十进制计数器/分配器 CD4017、以及光敏二极管等组成。

自动照明电路分为两部分:

1. 由光敏二极管 D 和 IC₁ (NE555) 组成自动照明电路的外界照度探头。D 作为 IC₁ 的偏置电压网络重要组成部分, 也是光电转换开关。白天, D 呈低电阻特性, 于是 IC₁ 的⑥脚电压高于 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 阈值电平, 电路复位, 此时③脚呈低电平, J₁ 不动作。黑夜降临时, D 呈高阻抗, IC₁ 的②脚电平低于 $\frac{2}{3}V_{DD}$, IC₁ 置位, 其③脚输出高电平, J₁ 吸合, 路灯 H 亮。

2. 由 IC₂ (NE555)、IC₃ (CD4017)、IC₄ (CD4017) 和 V (3AX31) 组成定时断电电路。IC₂ 与 R₄、R₃、C₃ 构成的周期约为 120 秒 (s) 的振荡器。它从③脚输出振荡脉冲作为 IC₃ 进位脉冲, 而 IC₃ 的⑫脚的输出脉冲上升沿又作为 IC₄ 的⑭脚计数脉冲 CP。于是, IC₄ 从 Q₀~Q₉ 端依次输出高电平给预置开关 K。此高电平信号通过预置开关 K 后, 加至 V 的 b 极, 使 V 截止, J₁ 释放。J₁ 一旦释放, J₁ 1~1、J₁ 2 触点断开, 电灯 H 供电切断, 定时便告结束。

改变电路中 R₃、R₄、C₃ 的值, 可改变定时时间。按电路已给定的元件标称值, 定时为 3h (小时) 左右。

例 17 楼道节能灯控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

2 输入端 4 “或非”门 $\frac{1}{4}$ CD4001 (I、II、III)、继电器、阻容元件等构成了楼道节能灯控制电路。电路中, CD4001 的门 I、II 与 C₃、R₄ 组成单稳态电路。

当按一下开关 AN, 220V 市电经 R₁、D₁ 向 C₁ 充电, 市电同时经 R₂ 向 C₂ 充电。C₁ 充电

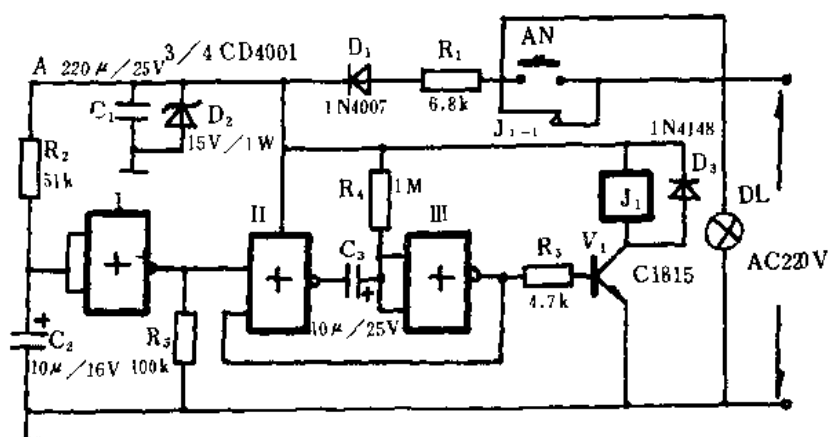


图 15-17 楼道节能灯控制电路

时间常数 $T_1 = 0.03s$ ，并使 A 点电压升为 $V_A = 15V$ ；而 C_2 充电时间常数 $T_2 = R_2 \cdot C_2 = 0.51s$ ，即 $T_2 > T_1$ 。所以，接通电路时， C_2 来不及充电，使门 I 输入端为低电平，输出为高电平。随后 C_2 被充电而使门 I 输入电压升高（约经 0.4s 左右），并超过其阈值电压，于是门 I 输出变为低电平，这样就形成了开机触发脉冲信号。当这触发正脉冲输入门 II，经反相输出低电平的瞬间，门 III 输出高电平。这一高电平，一方面驱动晶体管 V_1 导通， J_1 得电， J_{1-1} 吸合；另一方面反馈至门 II 的输入端，使门 II 输出保持低电平。由于 J_{1-1} 吸合，AN 开关虽断开，但 AC220V 电压仍可通过 J_{1-1} 加至灯泡 DL 使之继续发光。

同时，电路继续对 C_1 进行充电，维持 C_1 上的电压始终为 15V。可是，在门 II 输出电平开始，这 15V 电压就通过 R_4 对 C_3 充电，进而使门 III 的输入电压逐渐升高达到阈值电平。于是，门 III 输出低电平， V_1 截止，继电器 J_1 失电， J_{1-1} 释放，DL 熄灭。在这过程中， C_1 放电，电路又回到初始状态，等待开关 AN 再次按压。这就是说，按一下 AN，电灯 DL 亮几分钟后自动熄灭，实现节能。

电路单稳时间 $T = 0.5R_4C_3 \approx 1$ （分钟）。在这 1 分钟时间内可供过楼道人员照明。

例 18 楼道灯多地控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

由十进制计数器/分配器 CD4017、继电器 J_1 、常开按钮开关 $S_1 \cdots S_{n-1}$ 、 S_n ，阻容元件等构成了楼道灯多地控制电路。

CD4017 的 Q_2 端和复位端 R 连接在一起，在 CP 端输入脉冲的作用下， Q_0 与 Q_1 轮流输出高电平。电路中 Q_0 悬空不接。当电源接通瞬间， R_2 、 C_2 微分电路产生正尖脉冲，使 CD4017 的 R 端复位清零。这时 Q_1 端输出低电平，V 管不导通， J_1 不工作， J_{1-1} 不吸合，BL 楼道灯不亮。若按一下安装在楼道里某一开关 S_n ，这时 C_1 、 R_1 微分电路产生的正脉冲信号触发 CP 端，使 Q_1 输出变为高电平，V 管饱和导通， J_1 得电， J_{1-1} 吸合，BL 灯发光。如果再按一下 S_n ，则使 CD4017 的 Q_2 变为高电平，复位端 R 也为高电平而电路清零。于是，CD4017 又回到 Q_0 为

成的RS触发器，使G₄的输出端⑪脚为高电平，则V₁、V₂导通，继电器J₁得电，J₁₋₁吸合，电灯亮。这时，由于G₄的⑪脚为高电平，而G₂的⑩脚为低电平，则G₃的⑤脚为低电平，G₃被封锁；而G₁的②脚为高电平，则G₁门被打开。当再按一次S₁~S_n中任一个开关时，由于G₁门打开，其①脚此时得高电平，G₂的⑧脚为低电平，使R-S触发器复位，即G₄的⑪脚输出低电平，V₁、V₂截止，J₁失电，J₁₋₁开路而灯灭。

图中，R₄、C₄作用，当上电时刻，G₄两端电压不能突变，使G₂的⑧脚为低电平，使R-S触发器的G₄输出低电平，电灯处于暗态。C₁和R₁的作用，当上电时刻，相当于按一下开关的功能。

例 20 延时熄灯电路

一、应用电路

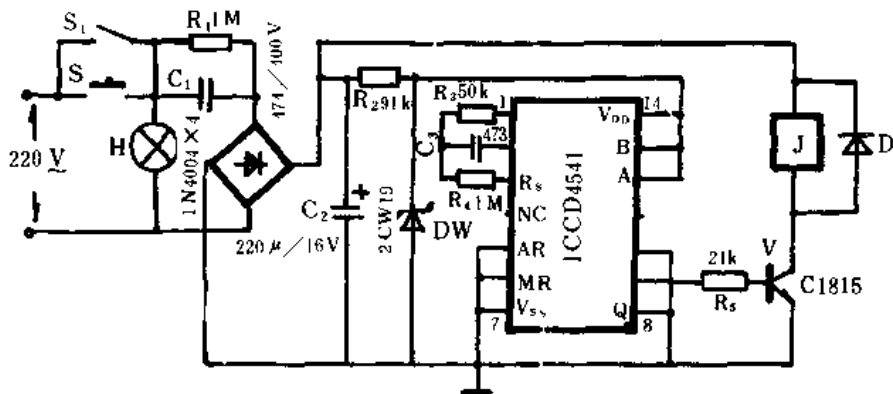


图 15-20 延时熄灯电路

二、电路结构说明

延时熄灯电路，主要采用新型定时器CD4541、继电器J、三极管V（C1815）等构成。

电路中IC（CD4541）的⑩脚为定时方式选择。它接GND时，为单定时方式工作。IC的①~③接R₃、R₄、C₃与内部振荡器构成时钟脉冲电路，使内部计数器计数。而计数器的级数由“编程端”⑫、⑬脚的电平控制。“编程端”A⑬、B⑫与计数器级数n有下表所列的关系：

A	B	n	2 ⁿ⁻¹
0	0	13	4096
0	1	10	512
1	0	8	128
1	1	16	32768

当内部计数器计数满后，IC输出端⑧脚(Q端)的状态翻转。此时，内部电路禁止计数器继续对时钟脉冲进行计数。⑧脚状态翻转后，会一直保持到复位信号到来或电路切断电源为止。

接通开关S₁瞬间，由于⑨脚接高电平，初始状态⑧脚输出高电平，使晶体管V₁饱和导通，

继电器J吸合，外接照明灯亮并处于自保持状态。经过 t_a 分钟时间（按电路供给参数计算约2.5分钟）延时后，⑧脚输出变为低电平，继电器J释放，外接照明灯熄灭，整个电路处于不耗电状态。

应当指出，延时时间 t_a 可用下式计算：

$$t_a = 2.3R_3C_3 \cdot 2^{n-1}$$

例 21 带定时多功能彩灯控制器

一、应用电路

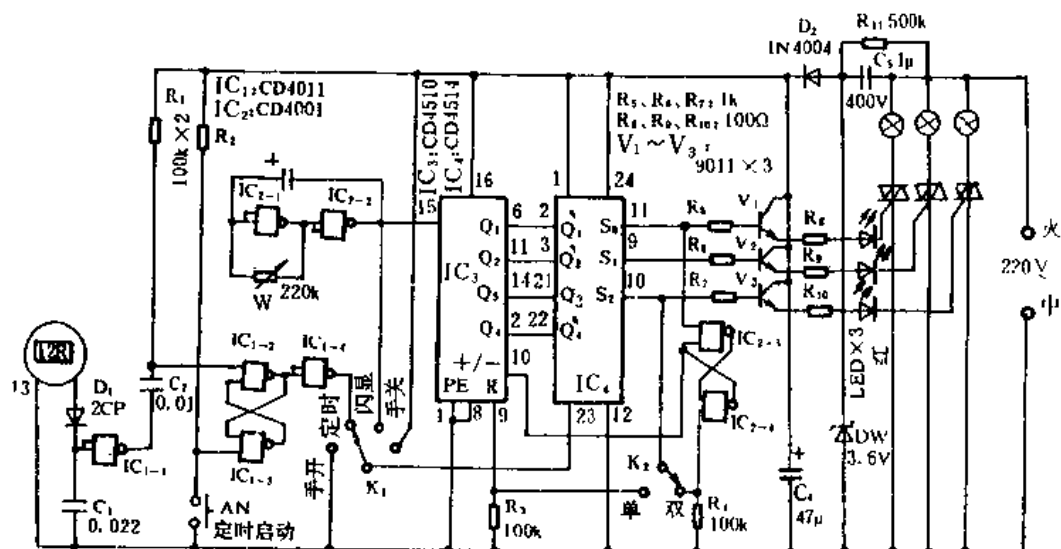


图 15-21 带定时多功能彩灯控制器

二、电路结构说明

本电路为由2输入端4“与非”门 IC_1 (CD4011)、“或非”门 IC_2 (CD4001)、BCD可预置加/减计数器 IC_3 (CD4510) 和4位锁存器/4到16线译码器（高输出） IC_4 (CD4514) 等构成的定时多功能彩灯控制器。

电路中，电子表作定时部件，其定时输出信号经“与非”门 IC_{1-1} 反相后通过 C_2 、 R_1 微分，得到负尖脉冲，再加到 $IC_{1-2} \sim IC_{1-4}$ 组成的R—S触发器， IC_{1-4} 输出脉冲送至 IC_4 构成的译码器中，由译码器输出控制SCR工作或停止。

IC_{2-1} 、 IC_{2-2} 等组成振荡器，其输出振荡脉冲信号加至 IC_3 构成的加/减计数器输入端， IC_3 的置数允许端 (PE) = “0”，所以 IC_3 处于计数状态。V/D (+/-) 为计数模式，控制端 V/D = “1”时，计数器进行加法计数，V/D = “0”时计数器进行减法计数。至于加或减法计数是由 IC_{2-3} 和 IC_{2-4} 组成的R—S触发器状态决定。加或减计数作改变灯光流动方向。 IC_3 输出 $Q_1 \sim Q_4$ 送至译码器 IC_4 的 $Q'_1 \sim Q'_4$ 端，译码器 IC_4 输出控制SCR轮流导通或截止。调节 $IC_{2-1} \sim IC_{2-3}$ 组成振荡器的电位器W可改变计数脉冲的周期，从而改变彩灯流动发光的速度。这里 IC_4 有16个输出端，只用其中3个组成3路SCR控制器，如需要，可增加几路。

K_2 置于“单”时，流动方向单一不变，置于“双”时，流动方向不停地改变。

开关 K_1 置定时档，可接电子表报闹和止闹端，定时一到电路就开始工作（用报闹）。定时

一到停止工作，用止闹信号。当 K_1 置闪显时， IC_{2-1} 、 IC_{2-2} 等的振荡信号进入 IC_4 的②脚，控制灯光闪动。

例 22 多路多态控制开关

一、应用电路

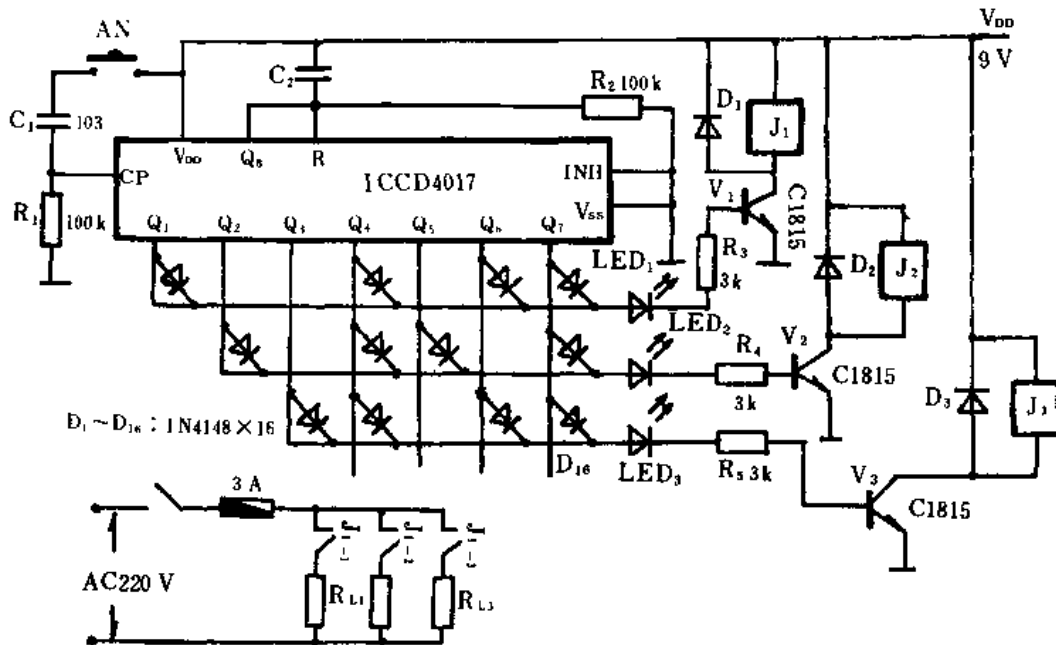


图 15-22 多路多态控制开关

二、电路结构说明

多路多态控制开关，由十进制计数器 CD4017、继电器、发光二极管、晶体二极管、三极管、阻容元件等构成。

CD4017 的 Q_8 端和复位端 R 相连接，使计数器为八进制计数器。电路中，将 CD4017 的输出端 $Q_1 \sim Q_7$ 按单路、双路和三路工作程序进行分配组合，使之能实现 8 种不同的工作状态的逻辑顺序控制（见下表）。

顺序	输出端	J_1	J_2	J_3
1	Q_0	0	0	0
2	Q_1	1	0	0
3	Q_2	0	1	0
4	Q_3	0	0	1
5	Q_4	1	1	0
6	Q_5	0	1	1
7	Q_6	1	0	0
8	Q_7	1	1	1

开关 AN 可以用多个并联，且安装在不同位置进行操作，以实现“多路多态控制”之目的。负载可以是电灯、小电机或其它用电器。

通电运转。此时，Q 端为低电平，于是 C_4 经 VD_2 放电。

随着齿轮运转，磁铁移开干簧管，干簧管断开， C_5 经 R_6 放电。广告牌画面实现一次变换。与此同时，CD4013 的 S 得到一置位脉冲，其输出端 $\bar{Q}$ 为低电位，经 G_2 、 G_3 反相， V_2 、 V_3 又进入截止，K 释放， K_{1-1} 断开，电机停转。

当下个画面广告时间开始时，控制电路又重复上述过程。但要求变换广告画面时间应大于 1.5 (s) 秒。

例 24 霓虹灯循环控制电路

一、应用电路

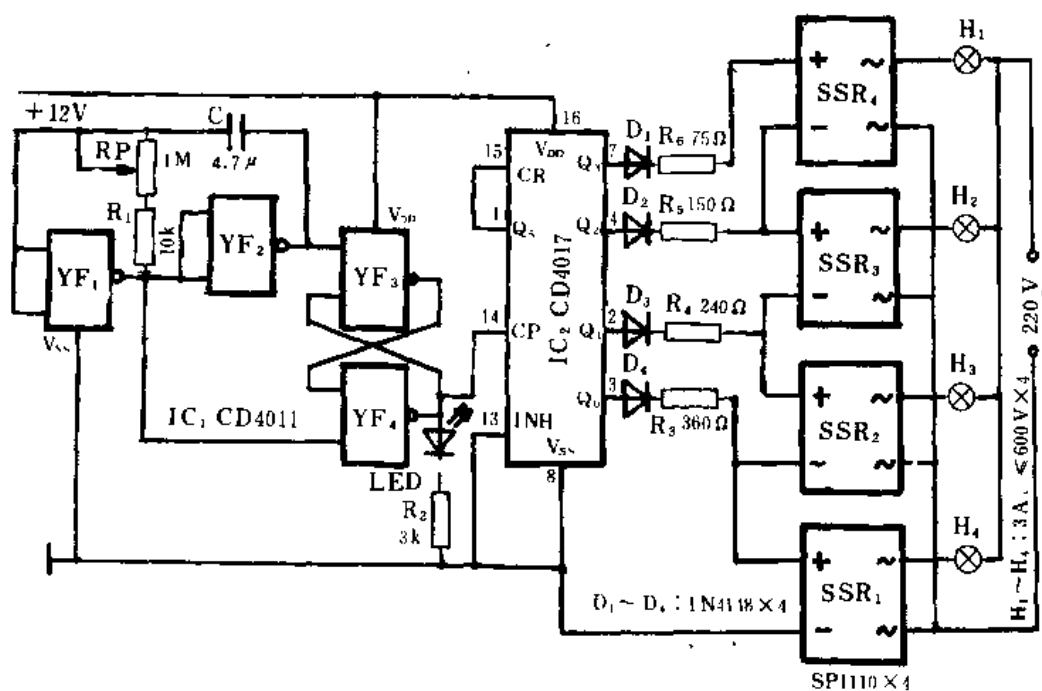


图 15-24 霓虹灯循环控制电路

二、电路结构说明

霓虹灯循环控制电路由 2 输入端 4 “与非”门 IC_1 ($YF_1 \sim YF_4$) (CD4011)、十进制计数器/分配器 IC_2 (CD4017) 和固态继电器 $SSR_1 \sim SSR_4$ (SPI1110 $\times 4$) 等构成。

电路中， IC_1 的“与非”门 YF_1 、 YF_2 、 R_P 、 R_1 、 C 组成多谐振荡器，而“与非”门 YF_3 、 YF_4 组成 R—S 触发器，对振荡器产生的脉冲信号进行整形，然后由 YF_4 输送到 IC_2 的④脚时钟脉冲 CP 输入端， IC_2 在 CP 脉冲的作用下， $Q_0 \sim Q_5$ 依次输出高电平。当 $Q_0 \sim Q_3$ 依次输出高电平时， $SSR_1 \sim SSR_4$ 依次受触发导通，依次驱动对应的灯泡 $H_1 \sim H_4$ ，使之逐一点亮； Q_4 输出高电平时， $SSR_1 \sim SSR_4$ 均无触发脉冲信号而全部关断， $H_1 \sim H_4$ 全熄灭。 Q_5 输出高电平去触发⑤脚复位 R 端，使 IC_2 复零，这时 Q_0 为高电平，即只有 H_1 灯亮，然后重新开始上述过程。调 RP 可改变振荡器振荡频率，从而改变了灯循环速度。或全熄灯停留的时间，在 0.1~10s 间连续选择。LED 为该时间显示灯。

例 25 高压霓虹灯变换器

一、应用电路

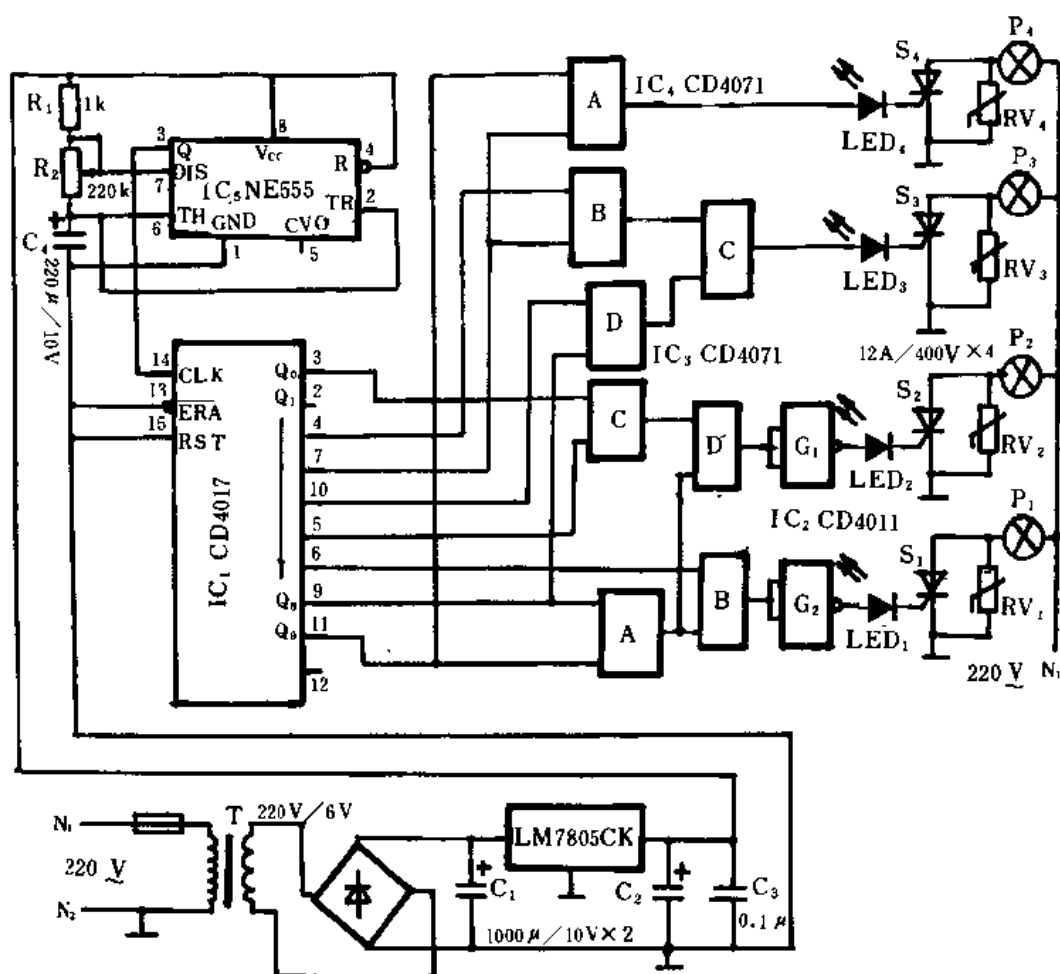


图 15-25 高压霓虹灯变换器

二、电路结构说明

高压霓虹灯电子变换器，采用十进制计数器/分配器 IC₁ (CD4017)、2 输入端 4 “与非”门 IC₂ ($\frac{3}{4}$ CD4011) (G₁、G₂)、2 输入端 4 “或”门 IC₃ (CD4071) (A~D)、IC₄ (CD4071) (A~D)、时基电路 IC₅ (NE555)、可控硅、LED、变压器等构成。

当接通电源，IC₅ 与外围元件组成无稳态多谐振荡器，并从③脚输出方波脉冲信号。这一方波信号输入 IC₁ 的“CLK 端”作为时钟脉冲。在时钟脉冲作用下，IC₁ 开始计数，并从 Q₀~Q₉ 依次输出高电平。

当 Q₀ = “1”，P₁ = “1”，P₂=P₃=P₄ = “0”；

当 Q₁ = “1”，P₁=P₂ = “1”，P₃=P₄ = “0”；

当 Q₂ = “1”，P₁=P₂=P₃ = “1”，P₄ = “0”；

当 Q₃ = “1”，P₁=P₂=P₃=P₄ = “1”。

它表明，第一、二、三、四个字依次点亮——“图案展开”。这是功能之一。

当 $Q_5 = "1"$, $P_1 = P_2 = P_3 = "1"$, $P_4 = "0"$;

当 $Q_6 = "1"$, $P_1 = P_2 = "1"$, $P_3 = P_4 = "0"$;

当 $Q_7 = "1"$, $P_1 = "1"$, $P_2 = P_3 = P_4 = "0"$ 。

它表明, 第四、三、二个依次熄灭——“图案收回”。这是功能之二。

当 $Q_8 = "1"$, $P_1 = "0"$, $P_2 = "1"$, $P_3 = P_4 = "0"$;

当 $Q_9 = "1"$, $P_1 = P_2 = "0"$, $P_3 = "1"$, $P_4 = "0"$;

它表明, 第一、二、三、四个字依次独立点亮一次。这是功能之三。

当电路完成功能三以后, 开始重复功能一。但不管处于那一种功能状态中, 总有一个字在点亮。

电路中, $RV_1 \sim RV_4$ 均为压敏电阻, 选用 260~330V。 $P_1 \sim P_4$ 用电灯代表高压霓虹灯使用的变压器。

例 26 轮盘游戏机 LED 控制电路

一、应用电路

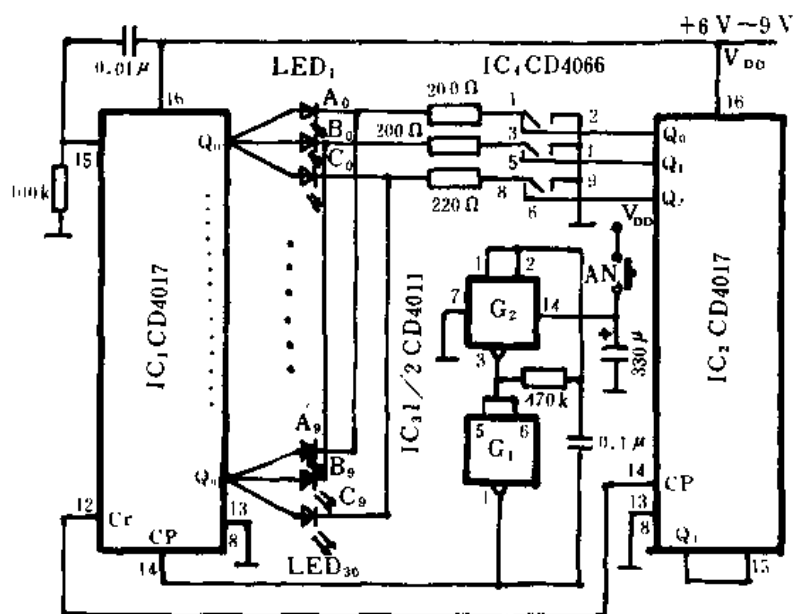


图 15-26 轮盘游戏机 LED 控制电路

二、电路结构说明

轮盘游戏机的 LED 控制电路, 由十进制计数器/分配器 CD4017 (IC_1 、 IC_2)、2 输入端 4 “与非”门 IC_3 ($3/4$ CD4011)、双向 4 模拟开关 IC_4 ($3/4$ CD4066) 和阻容元件等构成。

当按下 AN, 接通电源, IC_3 的门 G_1 、 G_2 和阻容元件组成的多谐振荡器起振, 并输出脉冲。脉冲信号从 IC_1 的⑭脚 CP 端输入, 使 IC_1 开始计数, 并从 $Q_0 \sim Q_9$ 端依次输出高电平。

当 IC_2 的 $Q_0 = "1"$, IC_4 的模拟开关①、②脚接通。于是 A 组的 LED 从 $A_0 \sim A_9$ 依次发亮。直到 A_9 点亮之后, 下一个时钟 CP 脉冲到来时, IC_2 的 CP 端输出高电平, 使 IC_1 的 $Cr = "1"$ 。同时, IC_2 的 $Q_0 = "0"$, $Q_1 = "1"$, 使 IC_4 的③、④脚接通, 于是 B 组的 LED 由

$B_0 \sim B_9$ 依次点亮。随后，便是 C 组的 LED 从 $C_0 \sim C_9$ 依次点亮。直到 C_9 点亮之后， IC_1 的 $Cr = "1"$ ，使 IC_2 的 $Q_3 = "1"$ 。由于 Q_3 与 ⑮脚“复位端 R”连接，因此 IC_2 复零。然后，重复上述过程。

当放开 AN 开关，电容 (330μ) 放电，使时钟脉冲频率逐渐降低，轮盘转动趋慢，以至最后亮灯停在某一位置上。游戏以最终的亮灯与事先指定的一个或几个灯(会亮)相符者为胜。

例 27 霓虹灯驱动电路

一、应用电路

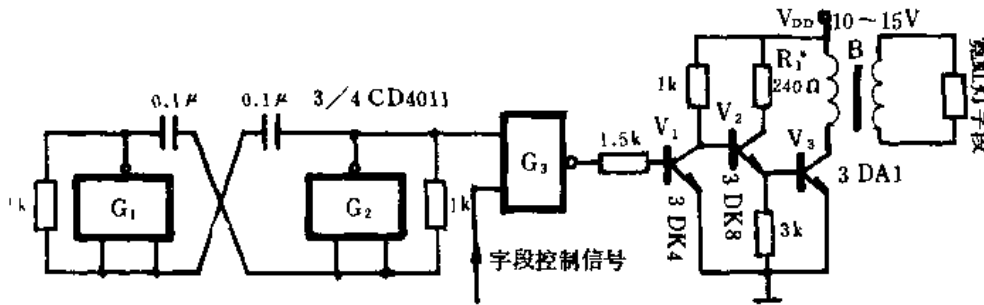


图 15-27 霓虹灯驱动电路

二、电路结构说明

霓虹灯字段驱动电路，采用 4 “与非” 门 CD4011、晶体三极管 V_1 (3DK4)、 V_2 (3DK8)、 V_3 (3DA1) 及阻容元件等构成。其中 $3/4$ CD4011 的门 G_1 、 G_2 与 RC 元件组成高频多谐振荡器。

当高频多谐振荡器输出的高频信号，经霓虹灯字段控制信号门控之后，驱动晶体三极管 V_1 、 V_2 、 V_3 ，最后经升压变压器升压点亮霓虹灯中对应的字段。显然，当字段控制信号处在低电平时，门 G_3 关闭，无信号输出。因此，对应的霓虹灯中某一段则不亮。

本电路是用高频触发霓虹灯起辉，属于软击穿，对灯的电极轰击作用小，能够延长灯的使用寿命。

电路中使用的变压器，可采购 E_{12} 型磁芯 MXQ—2000 制作，初级 45 匝 $\varnothing 0.51\text{mm}$ 漆包线绕制，次级用 $\varnothing 0.21\text{mm}$ 高强度漆包线绕 1500 匝。 V_1 的 β 要求 $40 \sim 100$ ， V_2 的 $\beta > 40$ 。

例 28 LED 发光数码管驱动电路

一、应用电路

二、电路结构说明

图 15-28 为几种用 CD4026 或 CD4033 驱动 LED 发光数码管的电路，它们工作电压不同。

图 15-28 (a) 为逻辑和显示使用 $9 \sim 15\text{V}$ 电源的驱动电路，其中 LED 接成共阴极电路。

图 15-28 (b) 为 $V_{DD} \geq V_{CC} \geq 5\text{V}$ 的驱动电路。

图 15-28 (c) 为 $V_{DD} = 3.5 \sim 5\text{V}$ 的驱动电路。

图 15-28 (d) 为 $V_{DD} = V_{CC} \leq 3.5\text{V}$ 的驱动电路。

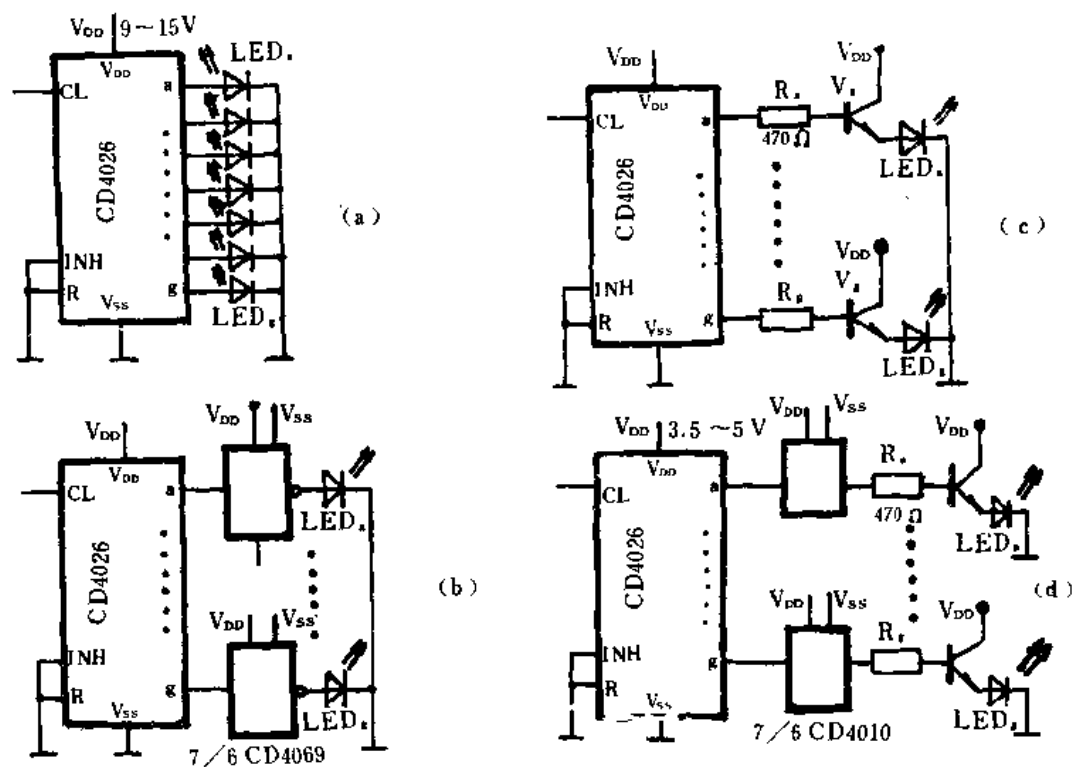


图 15-28 LED 发光数码管驱动电路

例 29 多位 LED 动态扫描驱动电路

一、应用电路

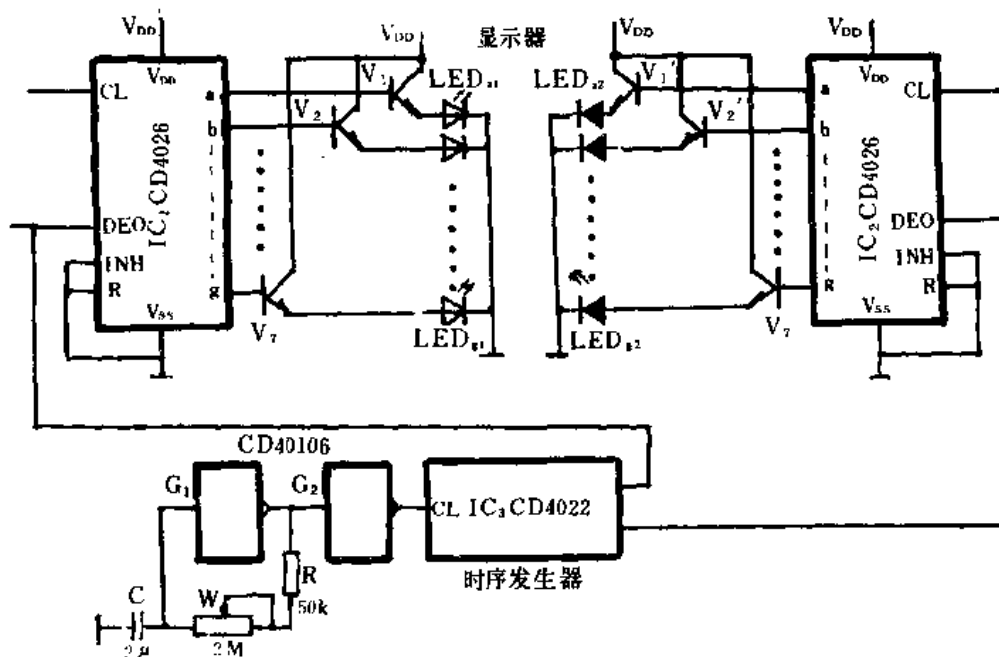


图 15-29 多位 LED 动态扫描驱动电路

二、电路结构说明

由 CD40106 一个“与非”门和周围 RC 组成振荡器，并以此作为 CD4017 或 CD4022 的 CL 端脉冲信号，进而使时序计数器 CD4022 产生 N 位（0~7）的时序脉冲。接着，时序脉冲分别和各位 CD4026 的显示允许输入端联接。同时，CD4026 的 DEO 端又控制着显示器 LED 的输入端和输出端。即当 DEO 为“1”电平时，该位电路全段电平为“1”，显示器 LED 被驱动，全段 LED 点亮；相反，当 DEO 端为“0”电平时，显示消隐，a~g 端输出为“0”电平，LED 全段熄灭。

例 30 白炽灯驱动电路

一、应用电路

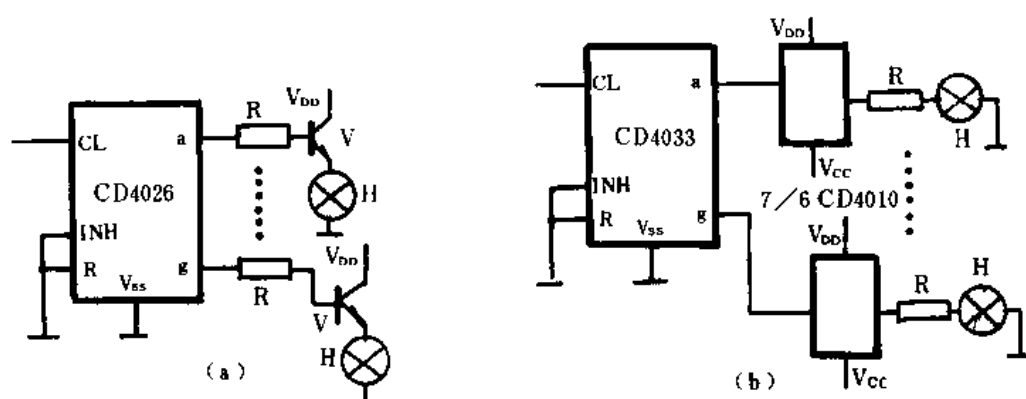


图 15-30 白炽灯驱动电路

二、电路结构说明

白炽灯点亮时，虽然所需工作电压低，但要求电流较大。因此，驱动时需要配接口电路。应用 CD4026 作为驱动电路的接口电路，有两种形式：图 15-30 (a) 所示是三极管接口电路，它的特点是输出电流大；图 15-30 (b) 所示是 CD4010 接口电路，它用 CD4010 的“与门”缓冲器，能输出较大的电流，能满足驱动白炽灯 H。

CD4026 与 CD4033 均是计数-译码合一电路，两者可以互相取代，用来制作白炽灯驱动电路。

R 值的大小，根据白炽灯电流大小而定。

例 31 荧光数码管驱动电路

一、应用电路

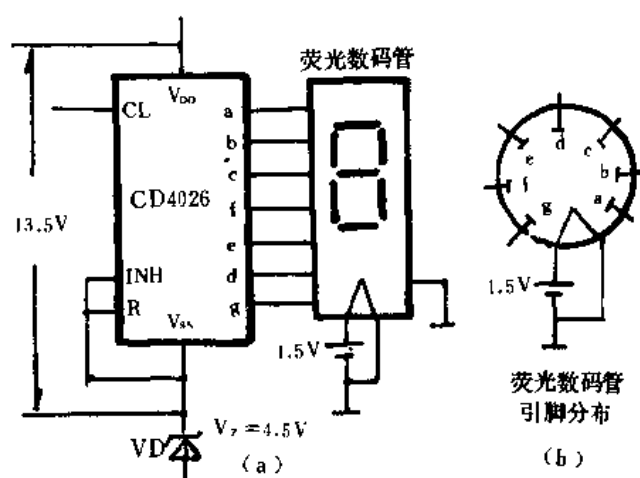


图 15-31 荧光数码管驱动电路

二、电路结构说明

这是用 CD4026 或 CD4033 驱动荧光数码管电路。由于荧光数码管需要电压较高，所以，电路中将 CD4026 的接地端（第⑧脚）串接一个 4.5V 的稳压管 VD，提高电位。这样， V_{DD} 相对接地端（第⑧脚）的电压高达 13.5V，能满足数码管驱动需要。图 15-31 (b) 给出了荧光数码管引脚排列示意图。

例 32 双控流水彩灯电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由内含振荡器、分频器、计数器等 CMOS 电路 KD—07 构成双控流水彩灯电路。

电路中，驻极体话筒 MIC 和晶体管 V (C1815) 等组成声控触发电路。转换开关 K，可分别得到自动流水控制和声控流水控制。SCR 为光控晶闸管型固态继电器，可选 TACO18；若需要更大功率输出，可用大功率的 SCR。图 15-32 中 KD—07，自动或声控均有 7 路③~⑨脚输出。

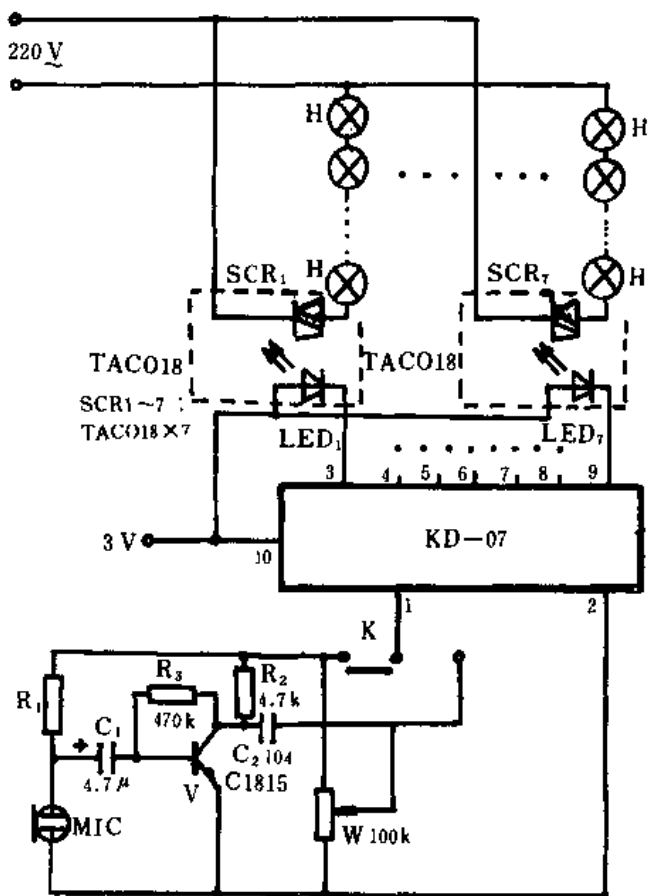


图 15-32 双控流水彩灯电路

例 33 彩灯控制器

一、应用电路

二、电路结构说明

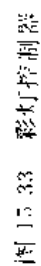
彩灯控制器，由 CMOS 工艺彩灯控制集成电路 SR63 等构成。图 15-33 (a) 为电路图，图 15-33 (b) 为 SR63 管脚功能图。

当电路接上市电，220V 电压经 $D_1 \sim D_4$ 整流、 R_3 降压、 Z_1 稳压、 C_2 滤波输出 5V 的直流电压，加到 SR63 芯片的电源端 V_{DD} 。SYN 为同步输入端，同步信号由 R_4 取得， $L_1 \sim L_4$ 是 4 个输出端，分别通过 $R_6 \sim R_9$ 后加到单向 SCR $T_1 \sim T_4$ 的门极，控制其导通角。 S_0 、 S_1 、DIM 为控制方式选择端，当它们按接高低电平时，可形成 6 种不同的彩灯控制方式。开关 S 合上为低电平，悬空时为高电平。TRP 是方式选择键，可以选择任何一种方式工作。彩灯调光速率由 OSC_1 和 OSC_2 的外接电阻 R_2 值决定。彩灯追逐的速率则由 R_1 和 C_1 的值决定。 $L_1 \sim L_4$ 4 个输出端，驱动 SCR 通断，控制彩灯发光。若要串接更多的彩灯，应加推动三极管及用大功率的双向 SCR，如图 15-33 (c) 所示。

SR63 控制方式，设定如下表

方 式	DIM	S_1	S_0
A_1	V_{SS}	V_{SS}	V_{SS}
A_2	V_{SS}	V_{SS}	V_{DD}
A_3	V_{SS}	V_{SS}	V_{SS}
B_1	V_{DD}	V_{DD}	V_{SS}
B_2	V_{DD}	V_{SS}	V_{DD}
B_3	V_{DD}	V_{DD}	V_{SS}
T	—	V_{DD}	V_{DD}

上表中，方式 A_1 ：向前追逐，4 路彩灯顺序闪亮，产生向前追逐效果；方式 A_2 ：向前向后追逐，每 20 周期追逐方向改变一次；方式 A_3 ：复合追逐控制。以 4 种追逐速度实现 A_1 方式，然后以 4 种速度实现 A_2 方式追逐，交替进行；方式 B_1 ：不追逐的调光方式，4 个灯同时从亮到暗又从暗到亮；方式 B_2 ：向前调光及向后调光，交替变化；方式 B_3 ：复合调光方式，二路相近的灯同时调光，方向亦为 4 个周期变换一次；方式 T：触发控制方式，SR63 自动从以上 6 种方式循环变化，每种方式运行 17 秒钟 (s)。



例 15.3.3 彩灯控制器

例 34 10 功能彩灯控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由单片大规模 CMOS 集成电路 (SH804 彩灯电脑控制集成电路) 等构成的 10 功能彩灯控制电路。

本电路具有: 渐明、渐暗、跑马、跳跃、顺“流水”、倒“流水”、波浪翻滚、星光闪烁和全亮等 10 种循环变化方式和 6 种调光变化速度, 且各种方式自动循环变化, 或通过按键开关 S 进行人工变换花样。SH804 工作电压为 2.4~5.5V, 典型值为 4.5V。工

作电流 2mA, 每路输出触发电流为 $300\mu\text{A}$; 每路驱动多大功率, 由 SCR 的功率大小来决定。

电源部分, 市电经 $D_1 \sim D_4$ 全波桥式整流, C_1 滤波、 R_3 、 D_5 组成 4.5V 稳压电路。

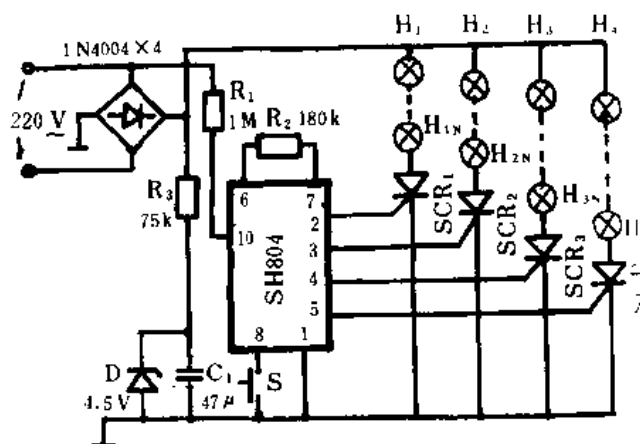


图 15-34 10 功能彩灯控制电路

例 35 PLL 锁相指示器

一、应用电路

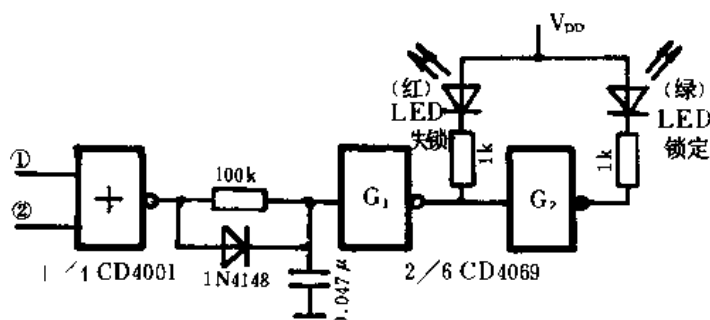


图 15-35 PLL 锁相指示器

二、电路结构说明

PLL 电路称为锁相环电路。它由低功耗、高线性的压控振荡器 (VCO)、相位比较器 I、II 等构成, 它们有公用的信号输入和输出。要想确定 PLL 电路是否失锁, 在没有示波器检测情况下是困难的。而图 15-35 电路是一种实用的锁相指示电路, 它分别监视着相位比较器 I、II 的相位脉冲输出第②、①脚。它由 2 输入端 4 “或非” 门 $\frac{1}{4}$ CD4001 和 6 反相器 $\frac{2}{6}$ CD4069 (G_1 、 G_2) 组成。

当 PLL 的环路锁住时, 相位脉冲输出 (第①脚) 为高电平, 通过倒相器使绿色的 LED 发光 (红色 LED 熄灭)。

当 PLL 的环路失锁时, 红色 LED 发出亮光。

电路所设置的补偿, 是为了在第①脚输入并被锁定时, 信号和比较器之间有相位差所引起第②脚出现的非常小的“低电平”脉冲。

例 36 两发光管 8 种指示电路

一、应用电路

二、电路结构说明

两发光管 8 种指示电路，主要由 4 “与非” 门 CD4011 与发光二极管 LED₁ (红)、LED₂ (绿)、以及阻容元件构成。其中 $\frac{1}{2}$ CD4011 组成振荡器，产生 3~5Hz 的低频脉冲。A、B、C 为状态控制端。

当 A、B、C 3 端有不同信号输入时，LED₁、LED₂ 有不同显示，但一共有 8 种组合的显示，指示出 8 种不同信号输入状态，请看下表。

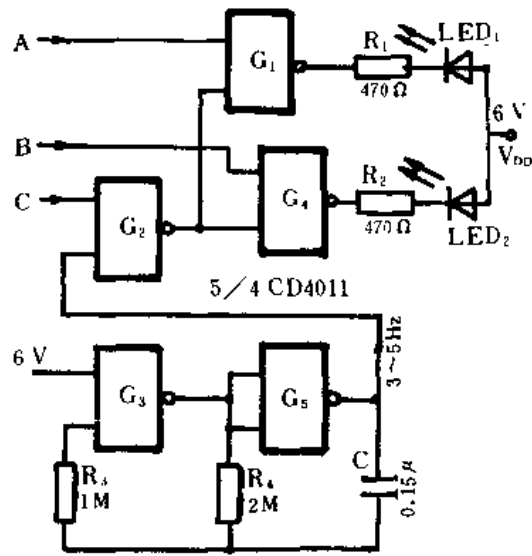


图 15-36 两发光管 8 种指示电路

控 制 端			LED	
A	B	C	红	绿
0	0	0	暗	暗
0	0	1	亮	暗
0	1	0	暗	亮
0	1	1	亮	亮
1	0	0	暗	暗
1	0	1	闪	暗
1	1	0	暗	闪
1	1	1	闪	闪

例 37 扫频仪的多频显示电路

一、应用电路

二、电路结构说明

扫频仪的多频显示电路，是由时基电路 IC₁ (5G1555)、IC₂ (5G1555)、8 进制计数器 IC₃ (CD4022)、运算放大器 A₁ (F007)、A₂ (F007)、以及晶体三极管、场效应管等构成。其中 IC₁ 和 V₁、V₂ 组成三角波发生器，IC₂ 与 V₃、V₄ 组成另一个三角波发生器。两个发生器均由 10V 交流电压信号整流后经它产生 100Hz 三角波信号。

当 IC₁ 发生器输出经场效应管 V₃ 隔离后，三角波被送往 A₁；从 IC₁ 的③脚输出的方波，

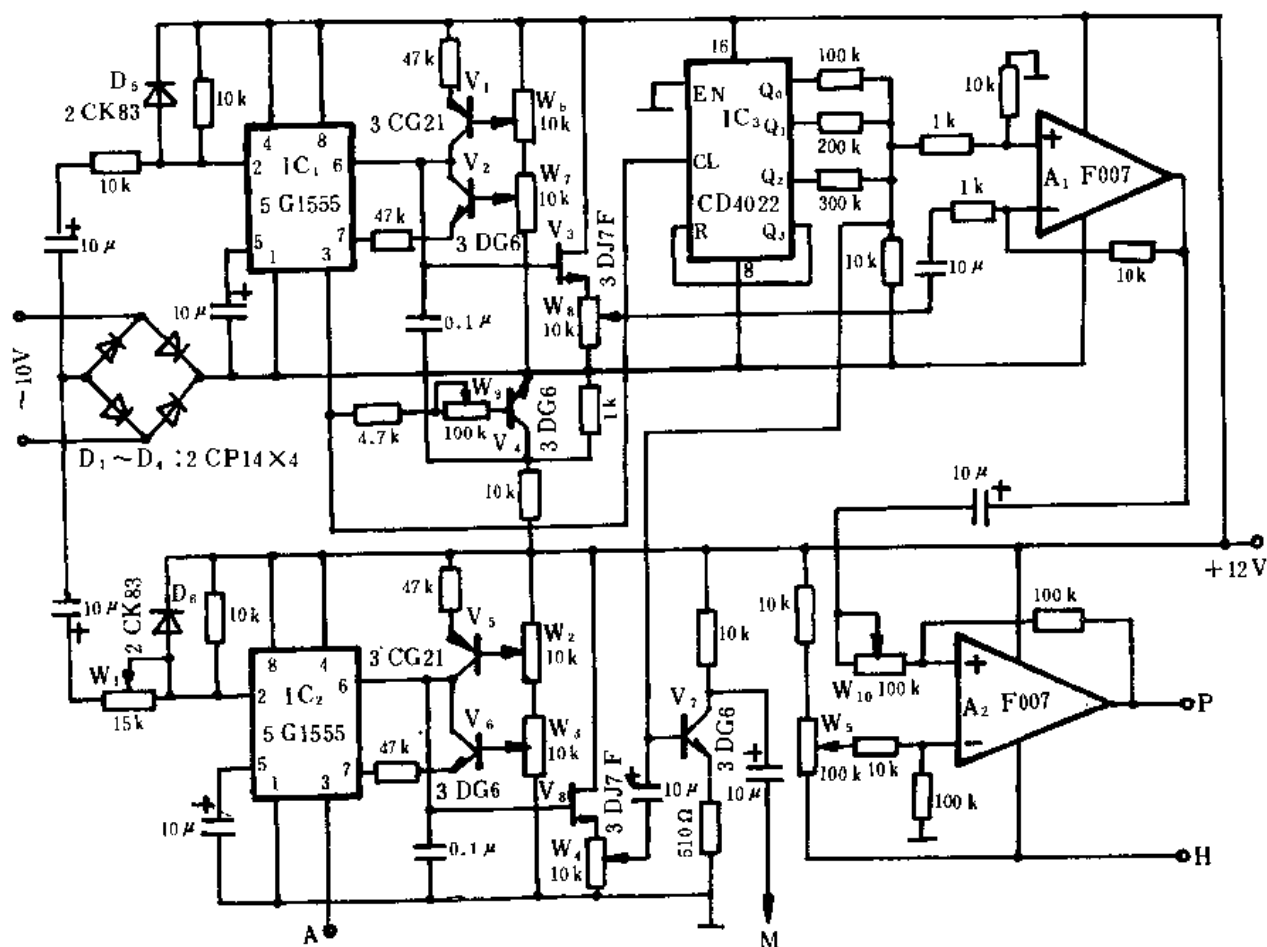


图 15-37 扫频仪的多频显示电路

经电阻分压网络后，产生下降的阶梯波，也被送往 A_1 。两者在 A_1 相叠加后，由 A_2 控制，且从 P 点输出给扫频振荡器，去实现正扫期窄扫和回扫期宽扫。 H 点可直接 GND ，也可接 $-12V$ ，以加大动态范围。

IC_2 产生的三角波信号，与上述方法产生的阶梯波混合后，从 M 点输出给扫频仪的显示器 X 轴放大，形成正扫和回扫的亮迹。

调节 W_1 ，可使 IC_1 与 IC_2 同步；调节 W_1 、 W_2 ，可使这两块集成电路的③脚输出方波信号，使占空比一致。这样，用来控制扫描振荡的输出级，具有不影响频标电路，能使三角波的回扫期 Y 轴无扫频信号输出，而形成扫频基线，且能在此基线上呈现全频段梳状频标。

例 38 触摸的固态调光器

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 2 输入端 4 “与非”门 IC_1 ($G_1 \sim G_4$) (CD4011)、可预置 BCD 加/减计数器 IC_2 (CD40192)、BCD—10 进制译码器 IC_3 (CD4028) 及 4 双向模拟开关 $IC_4 \sim IC_6$

电路中, IC₁ 的 G₁、G₂ 构成无稳态多谐振荡器, 输出 0.5Hz 的方波脉冲信号。此信号送至门 G₃ ⑨脚和门 G₄ 的⑫脚。平时门 G₃、G₄ 的⑧、③脚分别被下拉 2.2M 的电阻置于零电平, 使门 G₃、G₄ 关闭。当人的手触摸金属片 M₁ 时, 人体感应信号进入 G₃ 的⑧脚, 使其变为高电平, 门 G₃ 被打开, 脉冲信号进入 IC₂ 的加计数端 CP_U, 使 IC₂ 进行加计数。同理, 人手触摸 M₂ 时, 脉冲信号进入 IC₂ 的 CP_D 端, 使 IC₂ 进行减计数。IC₂ 的输出端 Q₁~Q₄ 可作为 IC₃ 的地址码。根据输入地址的不同, 相应的输出端变为高电平, 使与其相连开关门 IC₄~IC₆ 打开, 致使固态继电器 PSSR 的控制端②和④脚之间外加电阻阻值随之发生变化, 使负载(灯泡)的亮度变化, 达到触摸调光的效果。

图 15-38 触摸的固态调光器

第十六章 交通与车用装置

例 1 摩托车工具箱 LED 闪烁器

一、应用电路

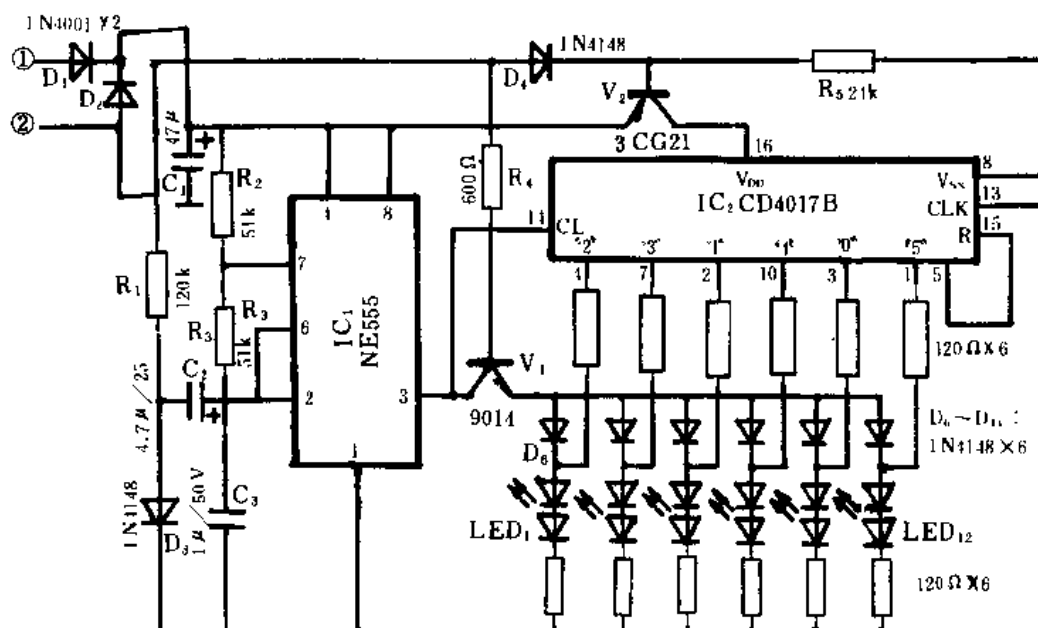


图 16-1 摩托车工具箱 LED 闪烁器

二、电路结构说明

摩托车工具箱 LED 闪烁电路，主要由时基电路 IC₁ (NE555)、十进制计数器/分频器 IC₂ (CD4017B)、发光二极管、晶体三极管、阻容元件等构成。

当 DC 电源由①端输入时，IC₁ 与外围元件组成多谐振荡器，其 IC₁ ③脚输出脉冲给 IC₂ 的⑭脚。同时，晶体管 V₂ 导通，IC₂ 的⑩脚得电，计数器开始计数。由于 IC₂ 的⑤脚接复位端 R (⑮脚)，所以，IC₂ 构成六进制计数器。这时②输入端不加电，V₁ 截止，LED 只受 IC₂ 输出端的控制，闪光效果从中间向两边巡回点亮。多谐振荡信号的频率，由 R₂、R₃、C₃ 决定，进而决定 LED 闪烁速度。

当 DC 电源由②端输入时，V₂ 截止，V₁ 导通，IC₂ 因此不工作。LED 受 IC₁ 的③脚输出的振荡脉冲所控制。闪烁效果为整排一起慢速闪光。此时 D₃ 导通，IC₁ 振荡频率，由 R₂、R₃ (C₂/C₃) 来决定。

例 2 行车计程器

一、应用电路

二、电路结构说明

行车计程器，主要由 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{3}{4}$ CD4011 (Q_{2A}、Q_{2B}、Q_{2C})、十进制计数器/

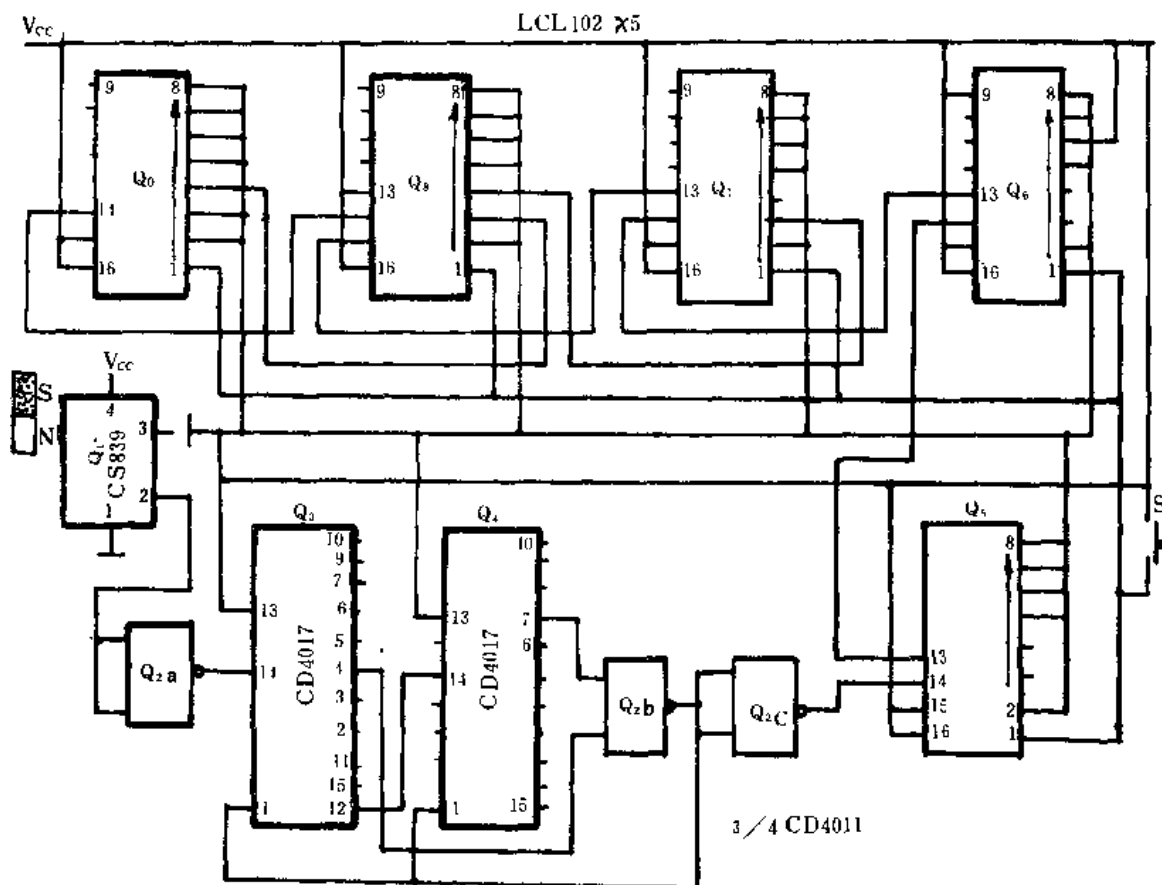


图 16-2 行车计程器

分配器 $2 \times \text{CD4017}$ (Q_3 、 Q_4)、CMOS—LED 一体化组合器件 LCL102 ($Q_5 \sim Q_9$)、霍尔开关 CS839 (Q_1) 等构成。

安装在车轮转盘上的小磁钢，它随着车轮作同速转动。当小磁钢从霍尔开关 Q_1 的正表面上通过时， Q_1 输出一负脉冲信号，经门 Q_{2a} 倒相整形缓冲后，由 Q_3 、 Q_4 构成的计数器进行计数。每 32 转， Q_3 的“4”端和 Q_4 的“7”端输出高电平，经 Q_{2b} 、 Q_{2c} 反相缓冲后，形成计程器所需要计数的正脉冲，并使计程显示器增加 0.1km 的数字显示。也就是说，在车轮运行的全程中计程显示器不断以 0.1km 为增量变化显示值。全程计数结束，按下开关 S，使计数显示复零待用。电路采用 5 位 LCL102，可显示出万公里数量级。

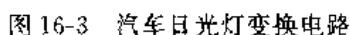
例 3 汽车日光灯变换器

一、应用电路

二、电路结构说明

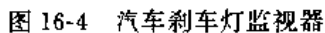
汽车用日光灯变换器电路，是由低功耗单稳/无稳多谐振荡器 CD4047、晶体三极管、阻容元件等构成。

电路中，CD4047 的②至③脚之间接电位器 VR_1 ，①与③脚之间接 C_1 ，④脚接高电平，⑤脚接低电平，这样 CD4047 以多谐振荡器模式工作。它从第⑩、⑪脚的 Q 、 $\bar{Q}$ 端分别输出 25kHz 互补方波信号。信号经两对互补晶体管 V_1 、 V_2 和 V_3 、 V_4 ，去激励并联的晶体管 V_5 、 V_6 ，而



电路中, C_7 、 C_8 用来抑制电压尖峰; 电位器 VR_1 用来改变振荡器的频率。日光灯的电流由 C_6 、变压器 T_1 的匝数比和电感 L 来控制。

一、应用电路



电路中,“非”门 e、f、R₆、C 组成音频振荡器,K₂ 为制动灯开关。平时,处于断开状态。R₁、R₂、制动灯 ZD₁、ZD₂、点火开关 K₁ 及电池 E 组成通电回路。由于 R₁、R₂ 阻值 2.2M 很大,所以回路电流微弱,故 ZD₁、ZD₂ 不亮,压电片 HTD 不发声。由于制动灯电阻很小,使得“非”门 a 输入端和“非”门 b 的输入端呈低电平,则“非”门 c 的输出端、“非”门 d 的输出端均为低电平。故变色发光二极管 LED₁、LED₂ 均发绿色光。

当制动灯 ZD_1 断开时, 电源正极通过 R_1 加到“非”门 b 输入端, 使“非”门 d 输出端为高电平, 故 LED_1 由绿灯变为红灯亮。同理, 当制动灯 ZD_2 断开时, 电源正极通过 R_2 加到“非”门 a 输入端 LED_2 也变为红灯亮。制动开关 K_2 接通时, LED_1 和 LED_2 均应由绿变红色光。同时, HTD 发出声响。否则, 说明了制动开关 K_2 有故障或电路有毛病。当 K_2 断开时, 只有当 ZD_1 、 ZD_2 都发生故障时, 方可使 HTD 发出声响。

例 5 汽车用简易扩音机

一、应用电路

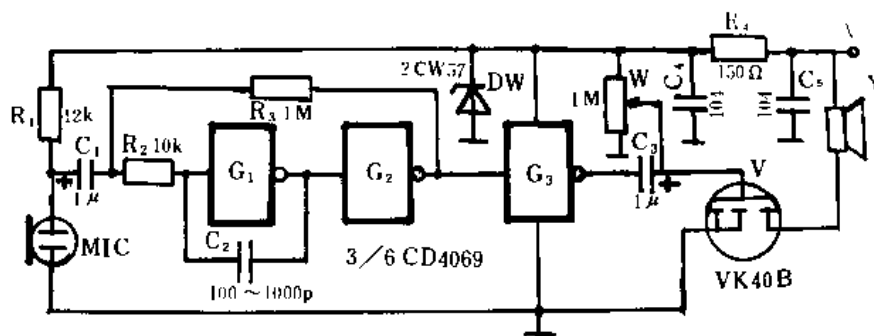


图 16-5 汽车用简易扩音机

二、电路结构说明

汽车用简易扩音机采用 6 反相器 $\frac{3}{6}CD4069$ ($G_1 \sim G_3$)、场效应管 V (VK40B)、阻容元件等构成。

电路中, $CD4069$ 的 3 个门 $G_1 \sim G_3$ 接成线性放大电路, 对话筒 MIC 送来的信号进行放大, 再经担任功放的场效应管 V, 驱动扬声器 Y 发出声音。 C_2 是为了消除自激; R_1 作为话筒 MIC 的偏置电阻, 其值大小可改变话筒的灵敏度。改变电位器 W 值, 可改变 V 管的栅压, 以保证输出信号达到最大值且不失真。W 值可取在 100k 至 1M 之间。 R_4 两端各接一只电容 ($C_4=C_5=104$), 作滤除汽车发电机工作时的高频干扰。扬声器宜选 25W 的高音号筒喇叭。

例 6 汽车到站提示器

一、应用电路

二、电路结构说明

公共汽车到站提示器, 是由 4 位二进制可逆计数器 $IC_2 CD4516$ 、4 位锁存 4~16 线译码器 $IC_3 CD4514$ 、时基电路 IC_1 (NE555)、以及 $CD4002$ 、 $CD4069$ 、音响集成电路 IC_4 (KD9300) 等构成。电路中, AN 为站点按钮, 每进一站, 按一下 AN。AK 为复位按钮, 按一下, 能使 IC_2 ($CD4516$) 复位。K 为行向开关, 与 IC_2 加/减控制端 (⑩脚) 相连, 当 K 扳向 R_2 , 即 V/D=1 时, 为加法计数 (正行); 当 K 扳向 R_3 , 即 V/D=0 时, 为减法计数 (反行)。

IC_1 与 R_1 、 C_1 组成单稳定时电路。当按下 AN 后, IC_1 的 ②脚接 GND, ③脚输出计时脉冲且加至可预置的计数器 IC_2 和译码器 IC_3 。当车每进一站按一下 AN, 则 IC_2 、 IC_3 进行加 1 (或减 1) 计数。 IC_2 的输出端 $Q_1 \sim Q_4$ (②、⑭、⑪、⑥脚) 输出信号进入 IC_3 进行译码。而译码器 IC_3 输出经 IC_5 (NE555) 的延时电路后反馈, 并对 IC_3 进行控制。这样 IC_3 能延时并显示一段时间 ($t=1.1R_A \cdot C_A$)。与此同时, 控制音响集成电路 IC_4 (KD9300) 发出声音信号,

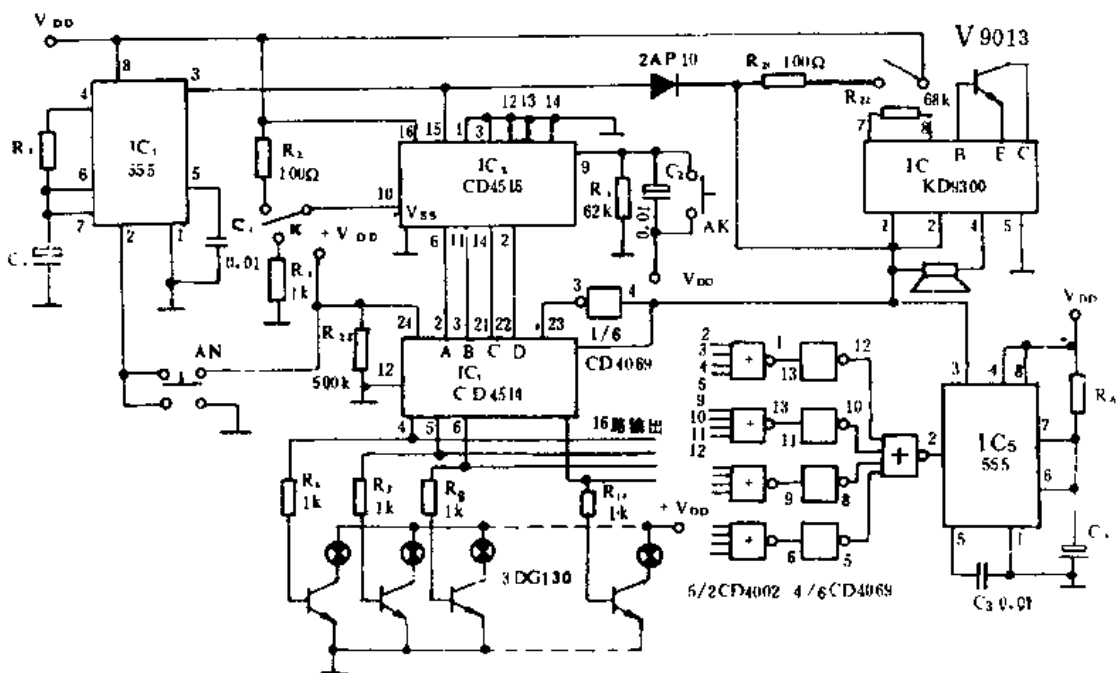


图 16-6 汽车到站提示器

驱动扬声器发出声音，提示车已到达某站。

例 7 汽车多用告警器

一、应用电路

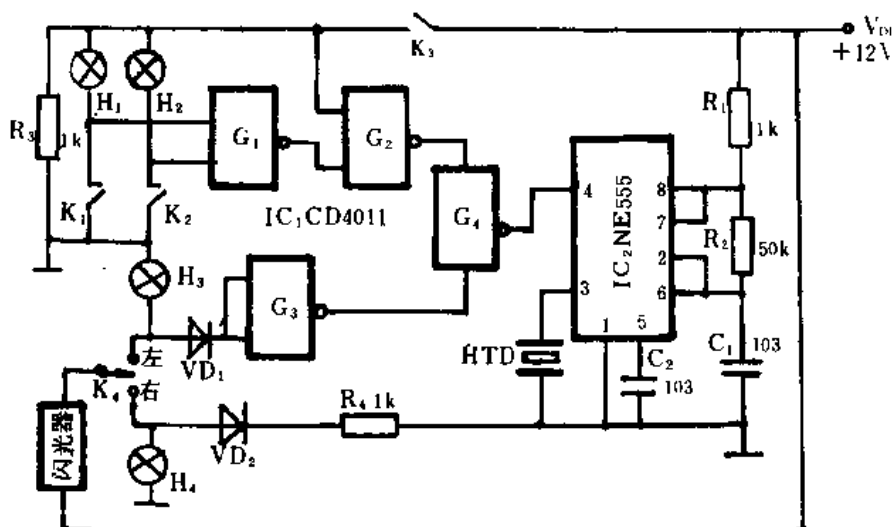


图 16-7 汽车多用告警器

二、电路结构说明

这是汽车多用告警器电路。它采用 IC_1 (CD4011)、 IC_2 (NE555) 和阻容元器件、指示灯等构成。其中, IC_2 与 R_1 、 R_2 、 C_1 组成无稳态多谐振荡器, 输出 1000Hz 频率的脉冲信号。 IC_1 的 2 输入端 4 “与非”门 ($G_1 \sim G_4$) 分别与油压告警开关 K_1 、气压告警开关 K_2 、点火锁 K_3 、转向开关 K_4 相联接, 组成控制电路。

在汽车状态正常时, IC_1 的 G_4 门输出低电平, 控制 IC_2 的强复位端, 使 IC_2 停振。一旦出现油压或气压不足时, K_1 、 K_2 将闭合, 使 IC_1 的 G_4 门输出高电平, IC_2 起振。于是 IC_2 的③脚输出频率约 1000Hz 的脉冲信号, 使压电晶体 HTD 发出长鸣声, 同时相应的告警灯 H_1 、 H_2 闪亮。当汽车转弯时, H_3 、 H_4 闪亮, 同时 IC_2 振荡电路随着 H_3 、 H_4 的闪亮频率而振荡或时而停振, 因此 HTD 发出间断的提醒音响。

例 8 倒车防撞回报电路

一、应用电路

二、电路结构说明

倒车防撞回报电路, 主要由两个 2 输入端 4 “或非”门 CD4001、两个十进制计数器/分配器 IC_3 、 IC_5 (CD4017 $\times 2$)、两个运放 ($\mu PC741 \times 2$)、时基电路 IC_1 (NE555), 以及超声脉冲发射和接收传感头等构成。二个传感头平行安装车后间距 40mm, 探测距离约 5m。

电路中, 2 输入端 4 “或非”门 IC_2 (CD4001) 的 2 个门 IC_{2a} 、 IC_{2b} 组成双稳态电路; 另 2 个门 IC_{2c} 、 IC_{2d} 组成低频振荡器。 IC_{2a} 的输出加至 IC_1 (NE555) 的复位端 (④脚), 使 IC_1 在稳态低电平时强制复位。 IC_1 和外围 R_1 、 W_1 、 C_1 组成振荡频率为 $f=1.44/(R_1+2W_1)C_1$ 的无稳态多谐振荡器。

在 IC_{2a} 高电平输出时, IC_1 的④脚为高电平而置位, IC_1 起振且产生频率为 40kHz 的脉冲信号。这一脉冲信号从 IC_1 的③脚输出加至 IC_3 (CD4017) 的⑭脚作为时钟脉冲 CP。 IC_3 (CD4017) 的⑥脚接至复位端 R (⑮脚), 形成 $Q_0 \sim Q_6$ 的环形计数电路。⑥脚还接至双稳电路 IC_{2a} , 作计数电路清零。这就是说, 计数从 $Q_0 \sim Q_6$, 而到 Q_7 (⑧脚) 输出高电平 (窄脉冲) 时, 使双稳 IC_{2a} 复位; 当输出低电平时, IC_1 的④脚也为低电平, IC_1 被强制复位, 停止振荡, 实现对 IC_1 产生的 40kHz 脉冲的调制。 IC_1 产生的 40kHz 的调制脉冲, 通过 T40-16 超声发射头向前方辐射。

遇到障碍物, 40kHz 超声波被反射回来, 于是, 接收头 R40-16 接收到反射回来的 40kHz 声波信号, 经声-电转换, 再经 V_1 、 V_2 放大后被送往运放构成的比较器电路 IC_4 的③脚。计数器 IC_5 (CD4017) 与 IC_3 作用相同, 每当接收到一组回报脉冲后, IC_5 ⑥脚便输出一个窄脉冲。而 IC_7 (CD4001) 的两个门 IC_{7a} 、 IC_{7b} 组成的双稳态电路, IC_{7a} 输出的正脉冲经积分平滑后加至运放 IC_6 , 经 IC_6 解调后, 回报信号控制了继电器 J_1 (21F·9V), 使 J_1 继电器触点 J_{1-1} 吸合, 进而发出告警声。图 16-8 中, J_{1-1} 接报警部分电路略。

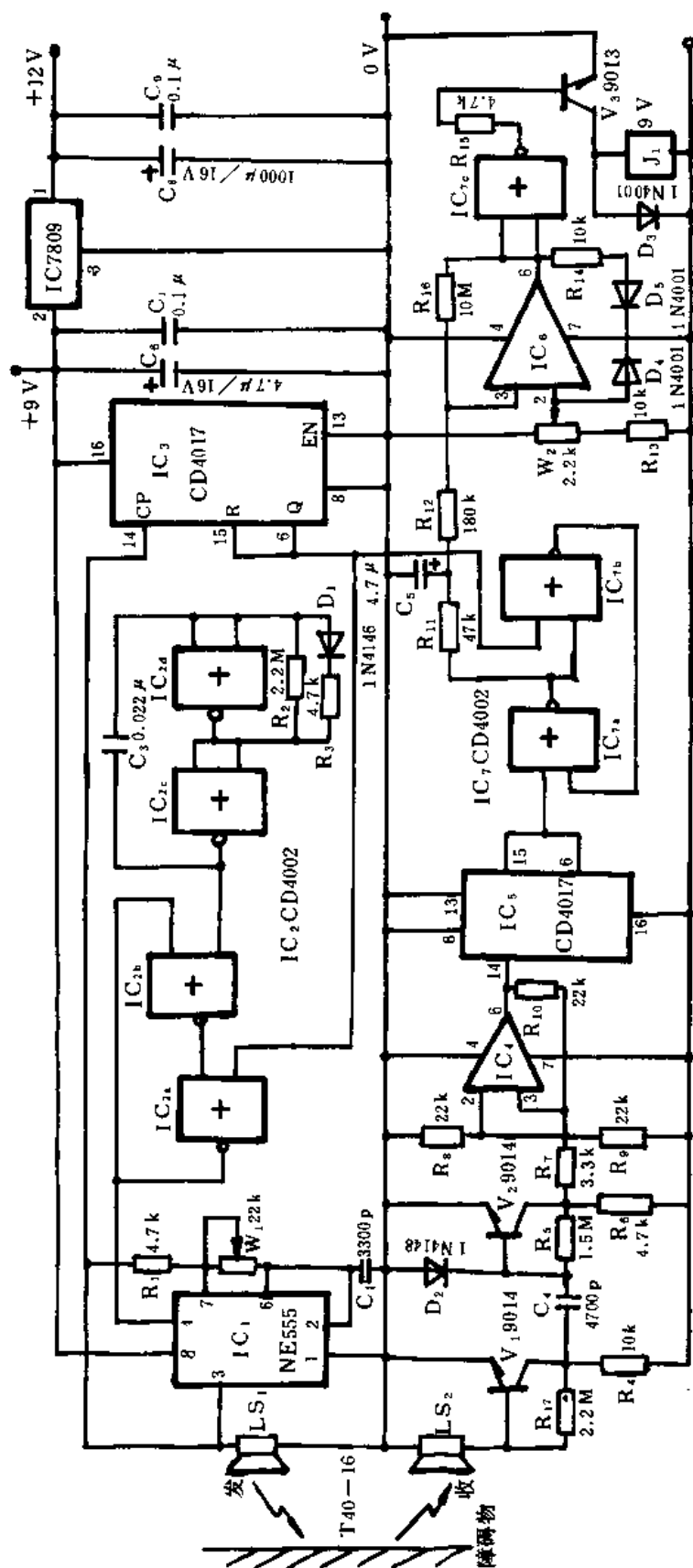


图 16-8 倒车防撞报警电路

例 9 叉路口交通信号灯控制电路

一、应用电路

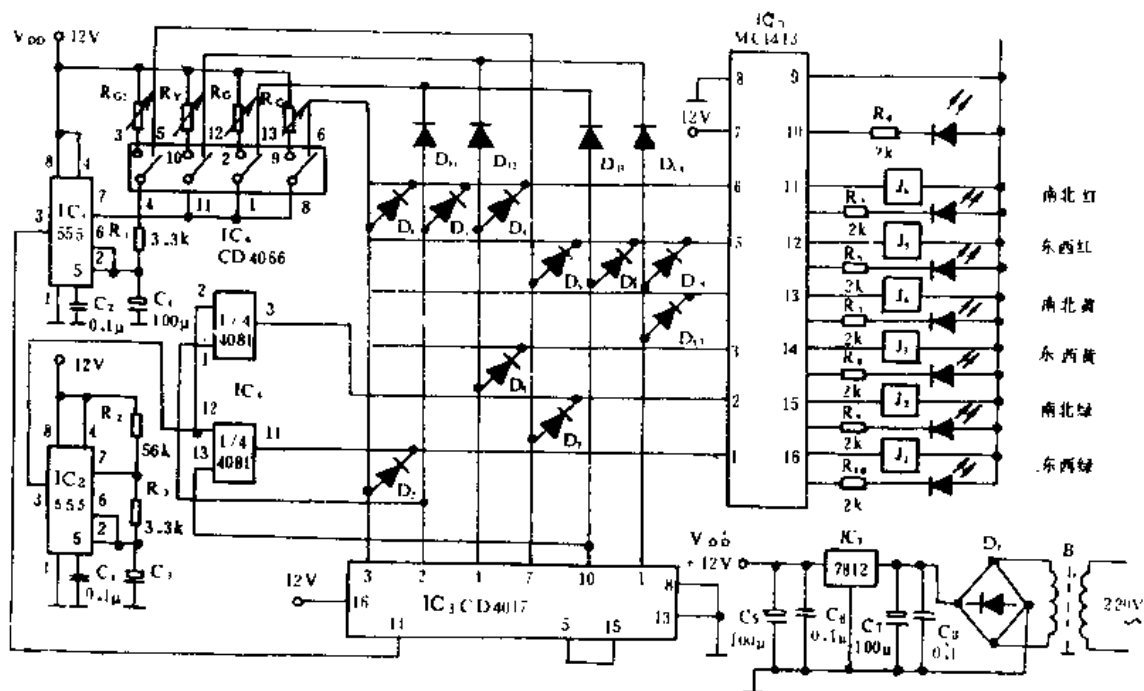


图 16-9 叉路口交通信号灯控制电路

二、电路结构说明

叉路口交通信号灯控制电路，采用 2 块时基电路 NE555、CD4066、CD4017、CD4081、MC1413，以及二极管矩阵、继电器等构成。

IC₁ (NE555) 与 R₁、C₁，4 双向模拟门开关 IC₆ (CD4066) 与电阻 R₇、R₆、R_{G1}、R_{G2} 共同组成定时电路。其中，IC₆ 的 2 个门与 R₇=R₆=6.2kΩ 形成秒步进波段开关，最大定时时间为 10 秒；IC₆ 的另 2 个门与 R_{G1}=6.2kΩ，R_{G2}=62kΩ 形成秒步进和 10 秒步进两个开关，最大定时设置时间为 110 秒。十进制计数器/分配器 IC₃ (CD4017) 的⑤脚和⑬脚（复位端 R）相联接，构成六进制分配制。接通电源后，IC₃ 的 Q₀~Q₅ 输出端依次输出高电平。然而，当第 6 个定时脉冲到来时，Q₆（第⑤脚）的高电平加至⑬脚，使 IC₃ 复位，接着又重复循环，形成了六程序循环控制。六程序控制，即东西、南北方向的红、黄、绿色信号灯的亮与灭的控制。

信号灯闪烁电路，包括 IC₂ (NE555) 和 R₂、R₃、C₃ 组成的无稳态多谐振荡器和从 IC₂③脚输出脉冲信号，并选通 2 输入端与门 IC₄ (1/4 CD4081)，进而输给的译码器和驱动电路。二极管矩阵 D₁~D₁₀，用来选择每步程序的灯色并推动专用灯色电路 IC₅ (MC1413) 去直接控制 J₁~J₆ 的通与断，去点亮红、黄、绿信号灯，指示哪一路通行或禁行。

例 10 交通灯光控制器

一、应用电路

二、电路结构说明

图 16-10 为由十进制计数器/分配器 IC₁ CD4017 和 6 反相缓冲转换器 IC₂ CD4049 (N₁~

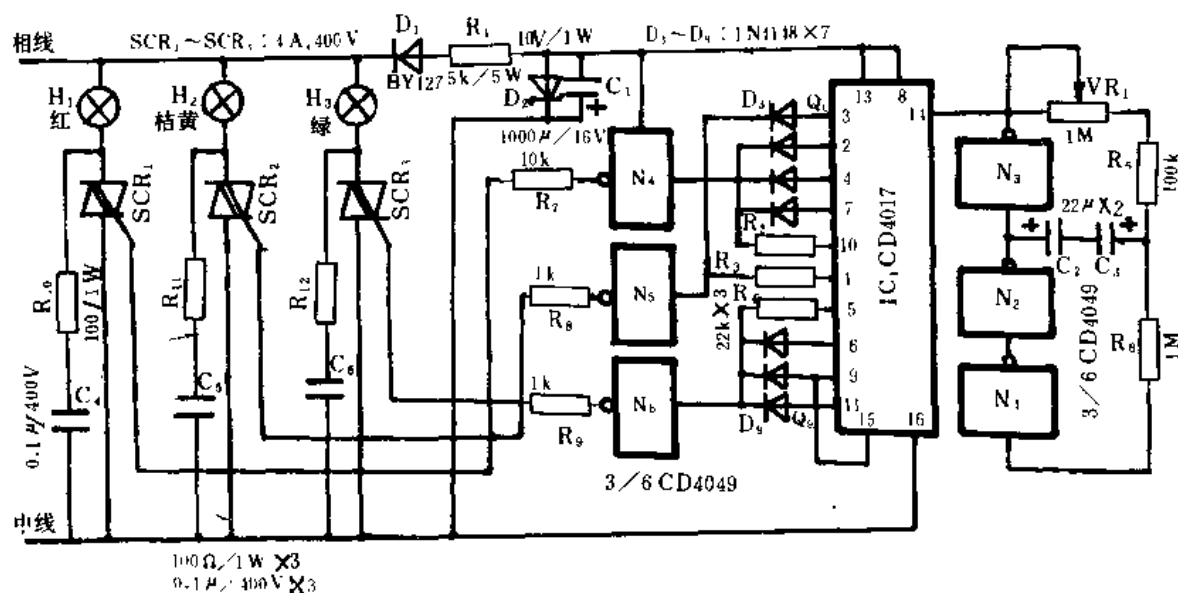


图 16-10 交通灯光控制器

N_6) 等构成的交通灯光控制器。

电路中, IC_2 的门 $N_1 \sim N_3$ 等组成多谐振荡器, 改变 VR_1 即可改变振荡周期在 1~10s (秒) 范围变化。十进制计数器 IC_1 , 在振荡器脉冲信号作用下, 其输出端 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平。

(1) 当 Q_0 或 Q_5 为高电平时, 门 N_5 输出低电平。

(2) $Q_1 \sim Q_4$ 有一者为高电平时, 门 N_4 输出低电平。

(3) $Q_6 \sim Q_9$ 有一者为高电平时, 门 N_6 输出变低电平。由于电路采用负电源供电, $N_4 \sim N_6$ 任一输出变低时, 即能触发可控硅导通。

以上(1)~(3)控制的灯 $H_1 \sim H_3$ 亮的时间不同, 实现交通灯光有序控制。 $R_{10} \sim R_{12}$ 和 $C_4 \sim C_6$ 为避免可控硅误触发而设的。

图 16-10 中, 多色灯只画出一只作代表, 即 H_1 、 H_2 、 H_3 。实际上是多只灯泡并联。

例 11 数字式左右声道平衡控制电路

一、应用电路

二、电路结构说明

数字式左右声道平衡控制电路, 是由 2 输入端 4 “与非”门 IC_1 (CD4011) ($G_1 \sim G_4$)、可预置 BCD 可逆计数器 IC_2 (CD40192) (双时钟)、BCD—十进制译码器 IC_3 (CD4028) 和 4 双向模拟开关 $\frac{1}{4}CD4066$ 等构成。

电路中, IC_1 的门 G_1 、 G_2 和外围元件构成多谐振荡器, 门 G_3 、 G_4 作为缓冲整形。它们输出的脉冲信号作为 IC_2 的计数脉冲。显然改变电位器 W 的值, 可改变计数速度。 IC_2 的 S_4 端被预置于高电平 (接 V_{DD}), S_1 、 S_2 、 S_3 端预置低电平 (接 GND), 于是当开机通电时, IC_2 的 Y_3 端输出高电平。 Y_3 与 IC_3 的 C 端相连, 因此 C 端也为高电平。这样, 译码器 IC_3 被预置于 Q_4 , 相当于左右双声道平衡状态。

当按下开关 S_1 , IC_2 作加法计数, 经 IC_3 译码和双向开关的选择, 往 L 声道方向调节, 即

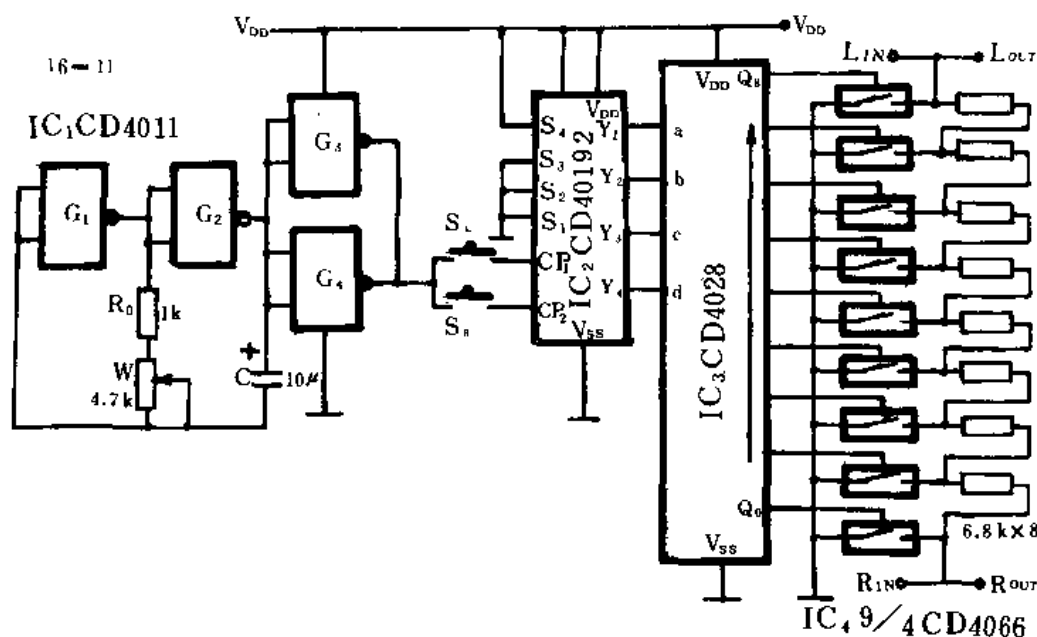


图 16-11 数字式左右声道平衡控制电路

L 声道声音逐渐变小；按下开关 S_R ， IC_2 作加法计数，往 IC_3 译码和双向开关的选通，往 R 声道方向调节，即 R 声道声音逐渐变小。这样调节结果，使左右声道处于新的平衡状态之中，无需回零后重新调节，符合于常规操作。

例 12 夜间定时自控路灯

一、应用电路

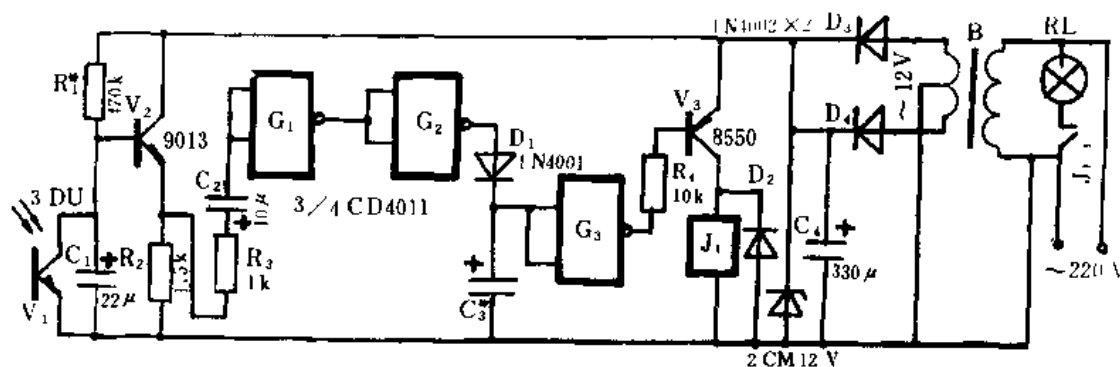


图 16-12 夜间定时自控路灯

二、电路结构说明

夜间定时自控路灯，是由 4 “与非”门 $3/4 CD4011$ ($G_1 \sim G_4$)、光敏三极管 V_1 (3DV)、三极管、继电器等构成。

白天，光敏三极管 V_1 受光照而导通，然而晶体管 V_2 因基极电位低而截止。于是 $CD4011$ 的门 G_1 输入端为低电平，继电器也不动作。

入夜， V_1 管无光照而渐入截止状态， V_2 导通，门 G_2 输入端呈高电平，并输出低电平，于

是 V_3 导通，继电器 J_1 得电，其触点 J_{1-1} 吸合，路灯 RL 点亮。此后， C_3 通过门 G_3 的输入端放电，但由于门 G_3 输入阻抗很高，所以放电有一定的时间。一旦 C_3 放电至使端电压低于门 G_3 输入端阈值电压以下时，门 G_3 翻转输出高电平。于是， V_3 又截止，继电器 J_1 又释放，灯 RL 又自动熄灭。

C_1 是为了防止白天 V_1 管被短时间遮光而导致误动作。 D_1 用于隔离前后级电路， D_2 可防止 V_3 管因感性负载而损坏。 C_3 应选漏电小的电容。

第十七章 接口与代用

例 1 D 触发器代 J-K 触发器电路

一、应用电路

二、电路结构说明

双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 和 2 输入端 1 “与”门 $\frac{2}{4}$ CD4081 ($G_1 \sim G_2$) 构成 J-K 触发器。

CD4081 的门 G_1 、 G_2 各取一输入端，作为 J、K 控制端。而时钟脉冲从 CD4013 的 CP 端输入，Q 输出端的脉冲频率，即为时钟频率的 2 分频。

触发器的触发状态如下表：

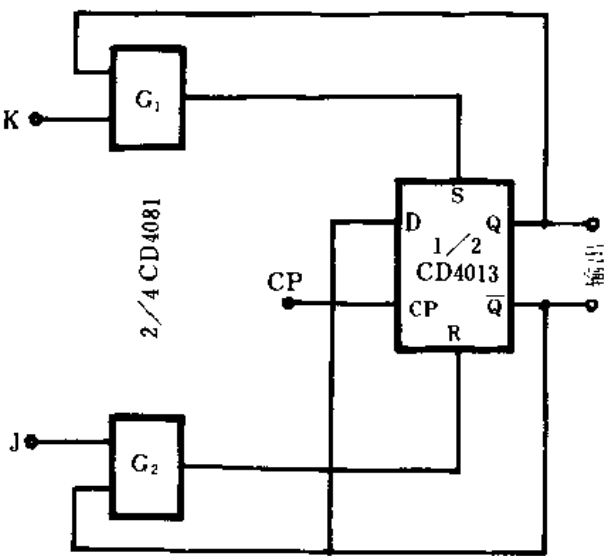


图 17-1 D 触发器代 J-K 触发器电路

触发前状态			CP	触发后状态	
输 入		输出		输 出	
J	K	Q		Q	$\overline{Q}$
1	$\emptyset$	0	$\uparrow$	1	0
$\emptyset$	0	1	$\uparrow$	1	0
0	$\emptyset$	0	$\uparrow$	0	1
$\emptyset$	1	1	$\uparrow$	0	1
$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\downarrow$	Q	$\overline{Q}$
备注	$\emptyset$ 表示任意状态 $\uparrow$ 和 $\downarrow$ 表示脉冲上升和下降沿。				

从上表清楚看出：触发后状态与双主从 J-K 触发器真值表一样。

例 2 多输入端“或”门

一、应用电路

二、电路结构说明

多输入端（5 输入端）“或”门电路，采用 2 输入端 4 “或”门 CD4071 构成。

2 输入端 4 “或”门 CD4071 的 4 个门 $F_1 \sim F_4$ ，经过如电路图的联接，成为 5 输入端“或”门电路，其逻辑关系为：

$$Z = A + B + C + D + E.$$

例 3 12 输入端“或/与”门

一、应用电路

二、电路结构说明

12 输入端“或/与”门，是由 8 输入端多功能可扩展 3 态门 CD4048 和 4 输入端双“或非”门 CD4002 构成。

由于 CD4048 是一个具有 4 个控制端 ($K_a \sim K_d$)、8 个输入端、1 个可扩展端 (E_{xp}) 的 CMOS 电路。把它的 3 个控制端 K_a 、 K_b 、 K_c 接成“或/与”门形式，并在 E_{xp} 端接 CD4002，便可组成 12 输入端“或/与”门。其 12 输入端分别为 $A \sim H$ ， $X_1 \sim X_4$ 。电路输出端逻辑关系在 CD4048 逻辑功能如下表：

$$Q = (A + B + C + D) (E + F + G + H) (X_1 + X_2 + X_3 + X_4)$$

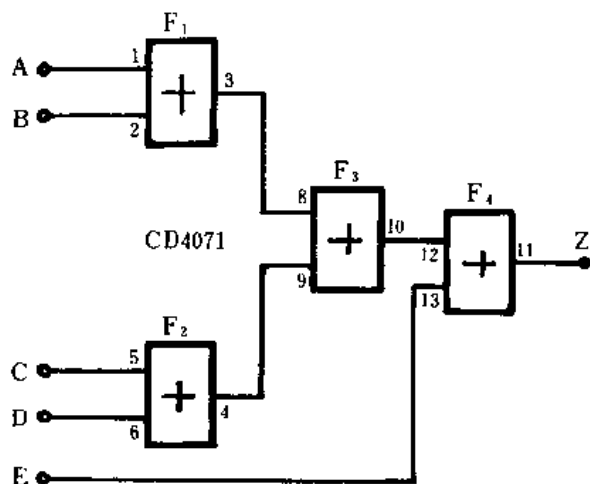


图 17-2 多输入端“或”门

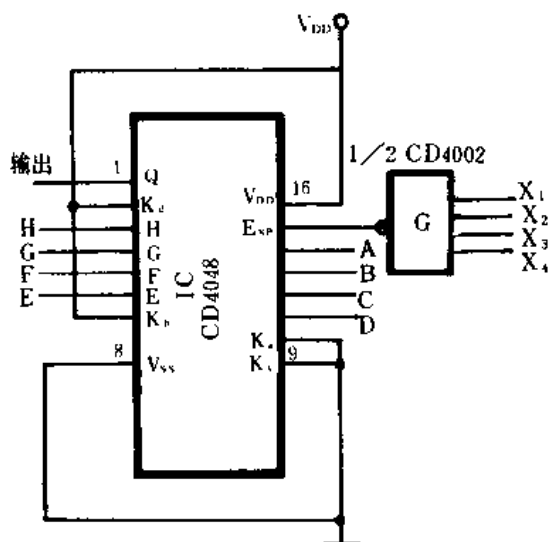


图 17-3 12 输入端“或/与”门

CD4048 逻辑功能表

行	K_a	K_b	K_c	逻辑功能	备注
1	0	0	0	或非	K_d 为三态控制端， $K_d = "1"$ 输出端有效， $K_d = "0"$ 输出端 高阻抗。
2	0	0	1	或	
3	0	1	0	或/与	
4	0	1	1	或/与非	
5	1	0	0	与	
6	1	0	1	与非	
7	1	1	0	与/或非	
8	1	1	1	与/或	

从上表可知: K_a 、 K_c 接 GND 即为“0”, 而 K_b 接 V_{DD} , 即 $K_d = “1”$, 也即表中第 3 行, 这时 CD4048 为或/与逻辑功能。

例 4 16 输入端“或非”门

一、应用电路

二、电路结构说明

由 2 块 8 输入端多功能可扩展 3 态门 CD4048 构成了 16 输入端“或非”门。

电路中, IC_1 (CD4048) 的 Q_1 端与 IC_2 (CD4048) 的 E_{xp2} 相接, 而 IC_1 的 E_{xp1} 不接 GND, IC_1 的 $K_a-K_b-K_c$ 接成“0-0-1”, IC_2 的 $K_a-K_b-K_c$ 接成“0-0-0”状态。根据例 3 中的 CD4048 逻辑功能表可知, IC_1 的逻辑功能为“或”, IC_2 的逻辑功能为“或非”。这样, 整个电路变成“16 输入端‘或非’门输出”, 逻辑关系式如下:

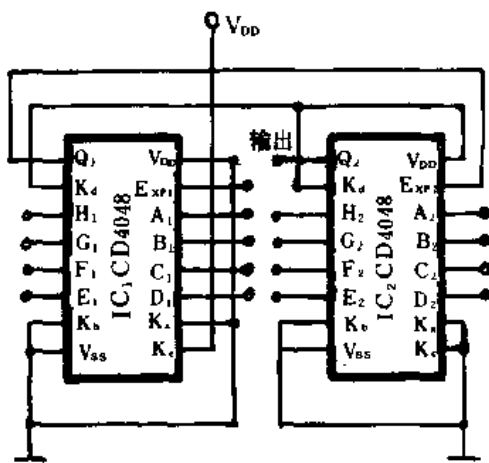


图 17-4 16 输入端或非门

$$Q_2 = \overline{A_1 + B_1 + C_1 + \dots + H_1 + A_2 + B_2 + C_2 + \dots + H_2}.$$

例 5 双向模拟开关构成“与”门

一、应用电路

二、电路结构说明

图 17-5 是由双向模拟开关 CD4066 或 CD4016 构成的“与”门电路。

(1) 当 A、B 均为“1”时,

$F = “1”$;

当 A 或 B 中一个为“1”, 另一个为“0”

时, $F = “0”$;

当 A 或 B 均为“0”

时, $F = “0”$ 。

(2) 当 A、B 均为“1”时 (或 $\bar{A}$ 、 $\bar{B}$ 均为“0”、 SW_1 、 SW_2 均不通), 则 $F = “1”$;

当 A 或 B 其中一个为“1”, 另一个

为“0”时, SW_1 、 SW_2 有一个门通, 则 $F = “0”$;

当 A 或 B 均为“0” ($\bar{A}$ 、 $\bar{B}$ 均为“1”) 时, $F = “0”$ 。

从上述逻辑可知, (a)、(b) 作用和“与门”相同。

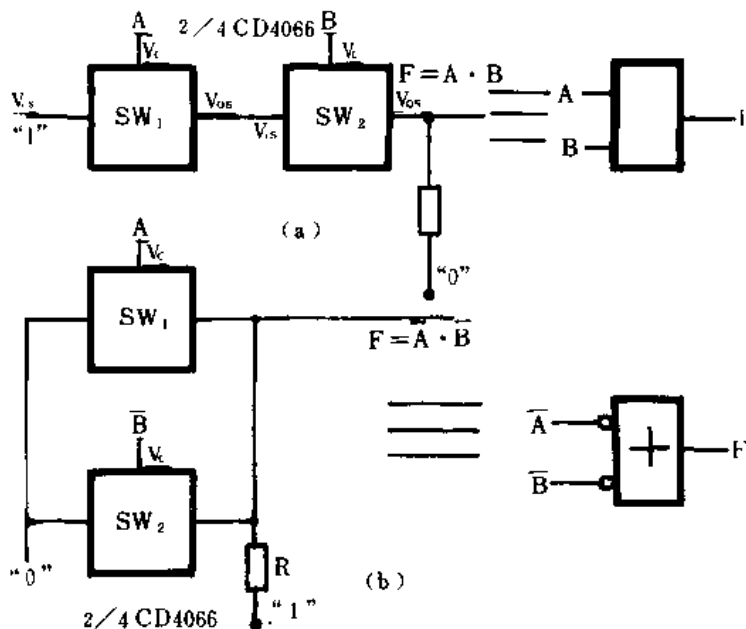


图 17-5 双向模拟开关构成“与”门

例 6 D/A 转换器 (CD4066)

一、应用电路

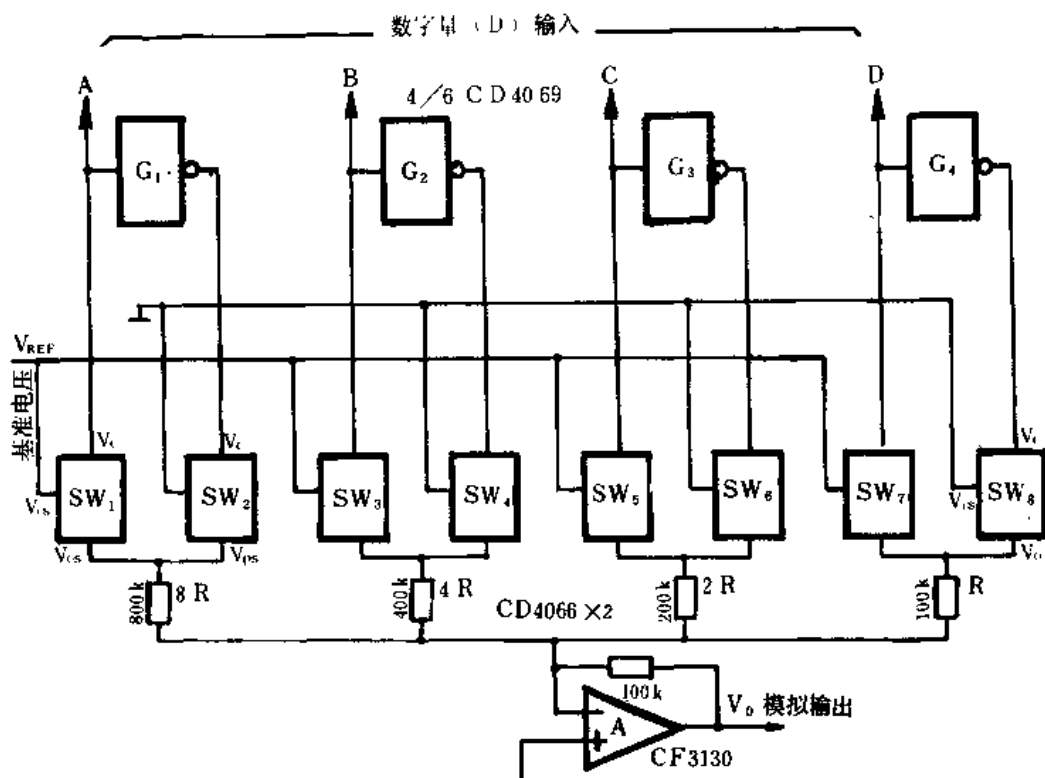


图 17-6 权电阻网络 D/A 转换器

二、电路结构说明

这种 D/A 转换器，是利用双向模拟开关 CD4066 或 CD4016、反相器 CD4069、运放 CF3130、若干电阻构成权电阻网络的 4 位 D/A 转换器。

转换器的输出电压 V_0 对应于输入二进制数字量，且和基准电压 V_{REF} 成正比，即 $V_0 = DV_{REF}$ 。这里， D 为信号输入的数字量。而数字量输入端 A、B、C、D 分别控制各模拟开关 SW_1 、 SW_2 …… SW_8 。例如，当输入 A 端为“1”时，模拟开关 SW_1 导通， SW_2 则断开。因此，基准电压 V_{REF} 加在最低位权电阻 $8R$ 上，于是运放的输出端有相应的模拟电压分量输出 V_{01} 。当输入 A 端为“0”时， SW_1 断开，而 SW_2 则导通，这时电阻 $8R$ 接地，于是运放的输出端不出现该位的模拟电压分量。

同理，B、C、D 端输入时，呈现“1”电平时，运放的输出端也将出现相应的模拟电压分量输出 (V_{02} 、 V_{03} 、 V_{04})。

由于各位权电阻的阻值，从低电位到高电位分别呈 $8R$ 、 $4R$ 、 $2R$ 和 R 的比例关系。这结果恰与二进制编码的权重值成反比。因此，在运放的输出端所得到的是相对应的模拟权重电压。

例 7 反相器 (CD4066)

一、应用电路

二、电路结构说明

利用双向模拟开关 CD4066 或 CD4016 可以构成反相器。图 17-7 中 (a)、(b) 是由 CD4066 构成两种形式的反相器。

(a) 模拟门输出端平时为高电平, 仅当控制端 A 输入 V_s 为高电平时, 输出端 V_{os} 变为低电平 $\bar{A}$ 。

(b) 模拟门输出端平时为低电平, 仅当控制端 $\bar{A}$ 低电平时, 输出端 V_{os} 则变为高电平 A。

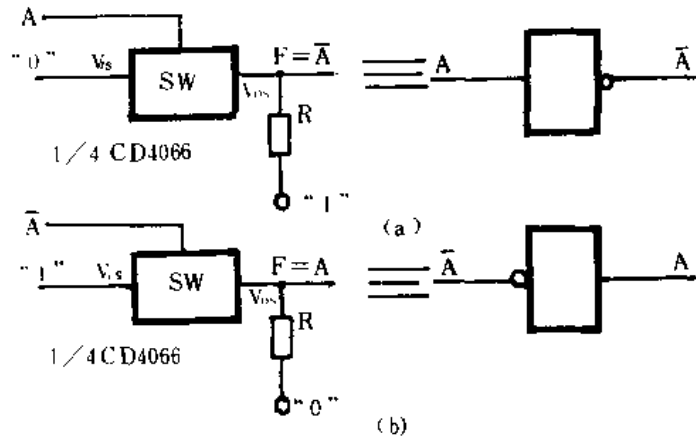


图 17-7 双向模拟开关构成反相器

例 8 双向模拟开关构成“或”门

一、应用电路

二、电路结构说明

图 17-8 为双向模拟开关 CD4066 或 CD4016 构成的“或”门。

(a) 当 A 或 B 中有一个为高电平时, $F = "1"$,
当 A、B 均为高电平时, $F = "1"$,
当 A、B 均为低电平时, $F = "0"$ 。

则, (a) 符合“或”门逻辑。

(b) 当 A 或 B 中有一个为高电平时, $F = "1"$,
当 $\bar{A}$ 、 $\bar{B}$ 均为低电平时, $F = "1"$,
当 $\bar{A}$ 、 $\bar{B}$ 均为高电平时, $F = "0"$ 。

则, (b) 也符合“或”门逻辑。

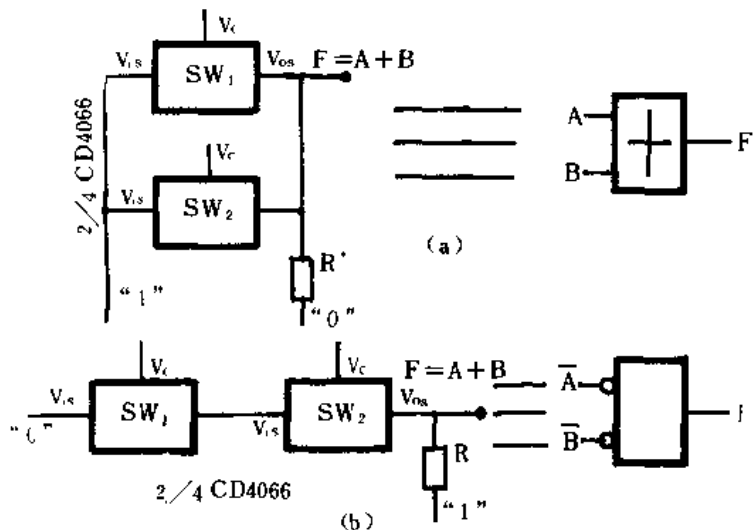


图 17-8 双向模拟开关构成“或”门

例 9 CMOS 和双向可控硅的接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

图 17-9 是由 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011 和晶体管、双向可控硅等构成。

图 17-9 中 (a), 当“与非”门输出高电平时, 晶体管 V 导通, 给 SCR 的控制极提供触发

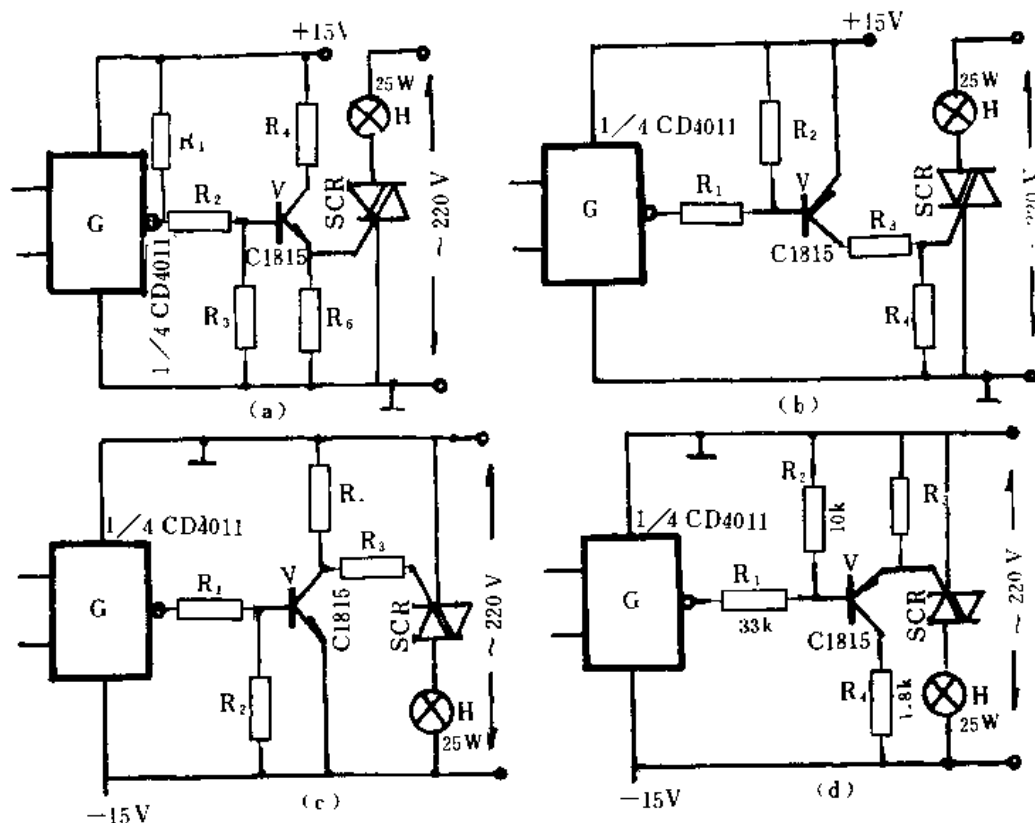


图 17-9 CMOS 和双向可控硅的接口电路

电流，使 SCR 导通，负载得电。要求晶体管电流放大倍数 $\beta > \text{双向可控硅触发电流 } I_G / \text{CMOS 的输出电流 } I$ 。

当负载 H 为 25W 时，图 17-9 中 (a) $R_2 = 1.2k$ ， $R_3 = 10k$ 、 $R_4 = 150\Omega / 1W$ ， $R_5 = 1k$ ， R_1 可不接或接一个 ΩM (兆欧) 电阻。

当负载 H 为 300W 时， $R_2 = 22k$ ， $R_3 = 10k$ 、 $R_4 = 110\Omega$ ， R_1 、 R_5 不接。

图 17-9 中 (b)，当“与非”门输出低电平时，双向可控硅被触发导通。

图 17-9 中 (c) 和 (d)，是用负的门极触发电流触发双向可控硅导通的电路。

例 10 CMOS-ECL 集成电路的接口

一、应用电路

二、电路结构说明

ECL 集成电路为非饱和型的数字逻辑电路，其工作速度居所有逻辑电路之首。ECL 采用负电源供电。图 17-10 中，ECL 集成电路工作电压为 $-5.2V$ ，即将 CMOS 的 V_{DD} 接 GND， V_{SS} 接 $-5.2V$ 。现以 ECL 集成电路与 2 输入端 4 “或非”门 ($1/4 CE10102$) 连接为例，流入 ECL 的输入高电平电流 I_{IH} 为 $265\mu A$ ，输入高电平电压 V_{IH} 为 $-1.105V$ 。在单电源下，CMOS 电路可以满足 ECL 集成电路的接口。

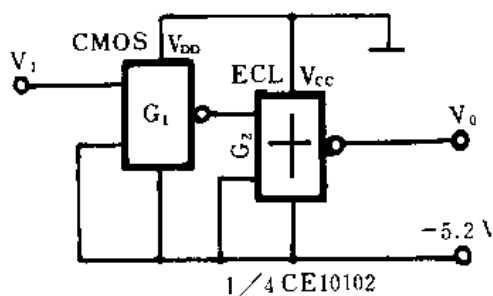


图 17-10 CMOS ECL 集成电路接口

例 11 ECL-CMOS 集成电路的接口

一、应用电路

二、电路结构说明

图 17-11 中, 利用 MC1024 (ECL) 的输出去驱动 PNP 三极管 V, 再由 V 去驱动 CMOS 集成电路。

当 MC1024 两个输入端均为 -8V 时, V 截止; 若两个输入中一个为 -1.6V , 两个输出之间有 1.6V 电压, 即可驱动晶体管 V。

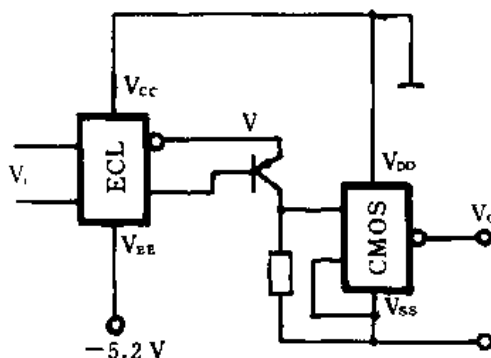


图 17-11 ECL-CMOS 集成电路的接口

例 12 CMOS—工业控制电路的接口

一、应用电路

二、电路结构说明

图 17-12 中, $V_c = 24\text{V}$ 为工业控制系统中常用的电压。R₁ 是晶体三极管 V₁ 基极限流电阻, R_L 为 V₁ 的负载, 同时与工业控制逻辑系统配接, 使 V₁ 把 CMOS 电路较低的逻辑高电平拉到 24V , 两者构成良好的接口。

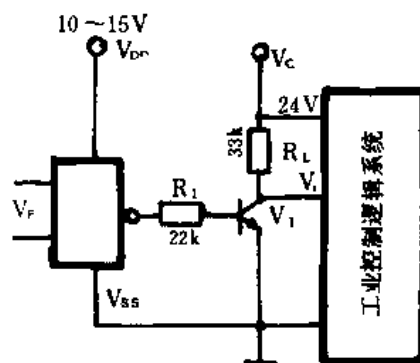


图 17-12 CMOS—工业控制电路的接口

例 13 工业控制电路—CMOS 集成电路的接口

一、应用电路

二、电路结构说明

图 17-13 中, 利用 R₁、R₂ 的分压, 将 24V 工业控制电路与 CMOS 集成电路连接起来, 二极管 D₁、D₂ 用来保证输入信号被控制在 V_{DD} 和 V_{SS} 之间。C₁ 为滤波电容, 将干扰信号旁路, 并提高连接抗干扰能力。

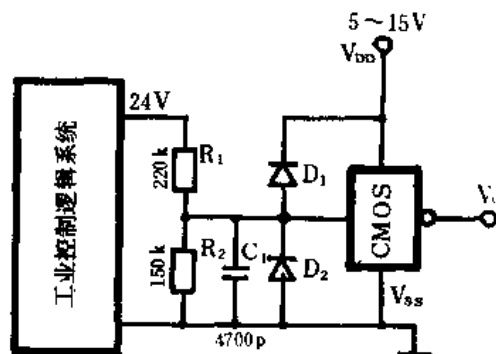


图 17-13 工业控制电路—CMOS 集成电路的接口

例 14 机械开关触点—CMOS 集成电路的接口

一、应用电路

二、电路结构说明

图 17-14 中, K_1 是机械开关, 如拨盘开关、按钮、扳键、钮子开关和继电器等。这些机械开关通断瞬间抖动时, 会产生干扰脉冲输入至 CMOS 电路中, 易造成干扰正常的逻辑关系。按本电路接口, 就可防止机械开关的抖动干扰。这种电路采用“与非”门构成的 R-S 触发器防抖动接口。

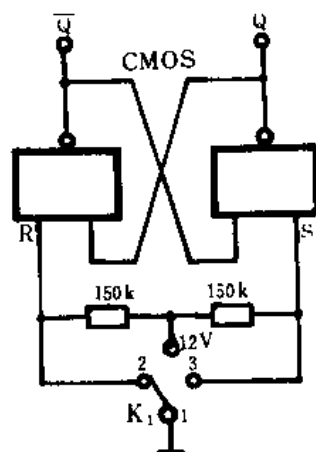


图 17-14 机械开关—CMOS 集成电路的接口

例 15 CMOS—发光二极管 LED 的接口

一、应用电路

二、电路结构说明

LED 两端所加的电压为 1.6~2.3V 之间, 电流一般不超过 25mA, 但只要有 3mA 的电流就是够亮了。所以, CMOS 的电源电压 $V_{DD}=3\sim 18V$ 时, 只要选择适当的 R^* 值, 采用带缓冲 CMOS 门电路, 一般能直接驱动几毫安的 LED 发光。如必要时加一级晶体管, 以获足够的驱动能力。 R^* 的选取:

$R = (V_{OH} - V_{LED}) / I_{LED}$ 。式中 V_{LED} 、 I_{LED} 为 LED 的工作电压和工作电流。

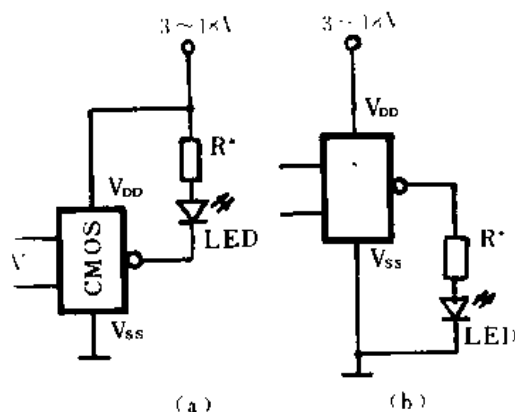


图 17-15 CMOS 驱动 LED 的接口

例 16 TTL 与 CMOS 接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

当今应用很广的 TTL 电路包括标准 TTL74 系列、高速 TTL74H 系列、低功耗 TTL74L 系列、高速肖特基 TTL74S 系列, 以及低功耗肖特基的 TTL74LS 系列等, 它们输出高电平的规范值为 2.4V。而 CMOS 电路, 在电源电压 V_{DD} 为 5V 时, 输入高电平为 3.5V 以上。因此, 两者之间要实现接口存在困难。为了实现 CMOS 与 TTL 接口, 有必要提高 TTL 的高电平输出。这里提供两种接口形式, 即如图 17-16 中 (a) 与 (b) 所示。它们均在 TTL 电源端与 CMOS

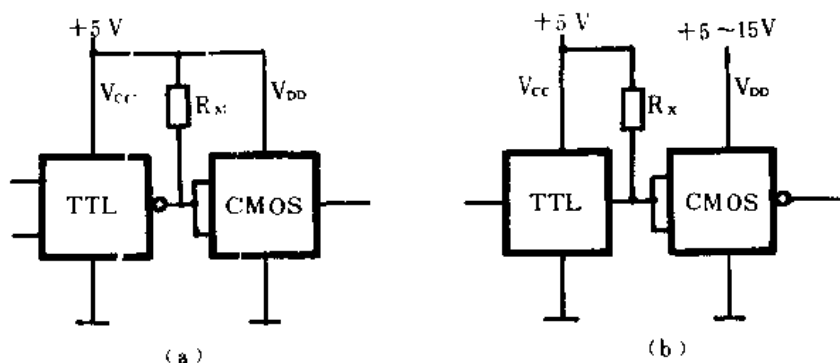


图 17-16 TTL 与 CMOS 接口电路

输入端之间接一只“上拉”电阻 R_x ，目的是提高 TTL 的输出高电平，并能与 CMOS 输入端相匹配。

接口形式 (a)，适应于 TTL 电路的电源 V_{cc} 等于 CMOS 电路电源 V_{DD} ，且为 5V，即 $V_{cc} = V_{DD} = 5V$ ；

接口形式 (b)，适应于 TTL 电路的电源 V_{cc} 低于 CMOS 电路的电源 V_{DD} 。

接口电路中，电阻 R_x 的取值，参考下表。

各种 TTL 系列对应 R_x 取值表

R_x 取值 系列 R_x 限	74	74H	74L	74LS	74S
$R_{x\min}^{(\omega)}$	300	270	1.5k	820	270
$R_{x\max}^{(Ku)}$	4.7	4.7	27	12	4.7

注意：

(1) 接口形式 (b) 中，CMOS 电路本身应具有电平移位功能，如 CD4504、CD40109 等，才能适用这种接口电路，也才能完成 TTL 与 CMOS 电 的对接。

(2) 如果 TTL 电路输出低电平 (V_{OL} 为 0.4V)，CMOS 电路输入亦为低电平 (V_{IL} 为 1.5V)，两者可以直接联接。

(3) 上述接口，均指以 TTL 的输出端 (OL) 去接 CMOS 的输入端 (IL)。

假如情况与上述相反，即 CMOS 输出端接 TTL 输入端的话，那么，这时因 TTL 输入短路电流较大，必须要求 CMOS 的电路应带缓冲器，例如用 CD4049 6 相缓冲器或 CD4050 6 相缓冲器等。

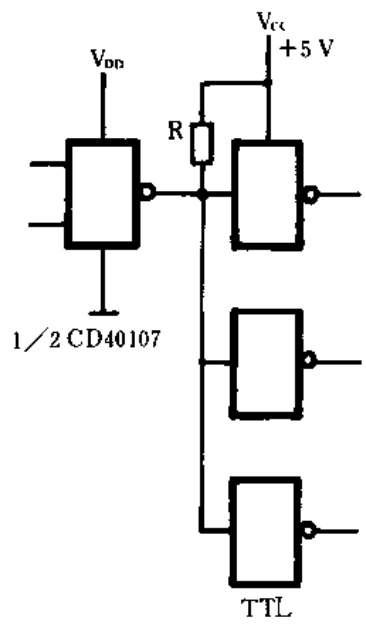
例 17 CMOS 与 TTL 接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路用 2 输入端“与非”缓冲器/驱动器 CD40107 作为 CMOS 与 TTL 接口电路。

CD40107 驱动能力强，可带动多个 TTL 门作负载，且它的 V_{DD} 和 TTL 的电源 V_{cc} 相兼容。本电路采用输出外接 1 个负载电阻 R 至 TTL 的电源 V_{cc} 端上。下表列出负载电阻和所带负载数参考值。



V_{DD}	V_{cc}	R	可带负载数	
			标准 TTL	LSTTL
5V	5V	2.7k	9	36
10V	5V	1.2k	20	80
15V	5V	1k	27	108

图 17-17 CMOS 与 TTL 接口电路

例 18 CMOS 与 HTL 接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

HTL 是标准的工业用的集成电路 IC。其电源电压 $V_{CC}=15V$ ，输入阈值电压高 ($V_{IL}=6.5V$, $V_{IH}=8.5V$)，输出逻辑电平大 ($V_{OL}\leq 1.5V$, $V_{OH}\geq 14V$)。CMOS“与非”门输出接 HTL 输入，HTL 输出接 CMOS 输入，是一种可相匹配的接口。

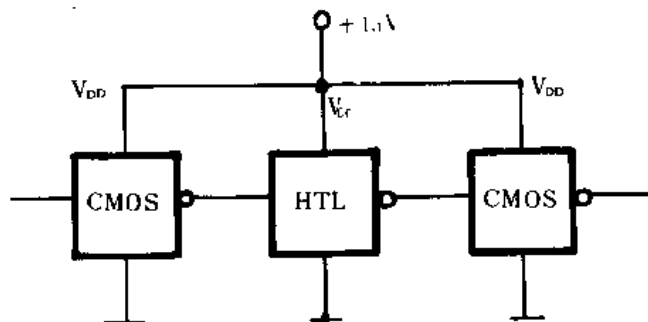


图 17-18 CMOS 与 HTL 的接口电路

图 17-18 中的接口电路采用 $V_{DD}=V_{CC}=15V$ 。前级电路 CMOS 输入端为低电平，输出高电平（约为 13~14V），可作 HTL 输入；而 HTL 输出电压较高（小于 15V），则可作后级 CMOS 的输入。显然，这是可匹配的前后级接口电路。

例 19 HTL—CMOS 的接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

HTL 电源工作电压为 15V，其输出高电平电压 V_{OH} 和输出低电平电压 V_{OL} ，完全适合于驱动 $V_{DD}=15V$ 的 CMOS 集成电路，为此，两者间不再另设接口电路，可直接连接。

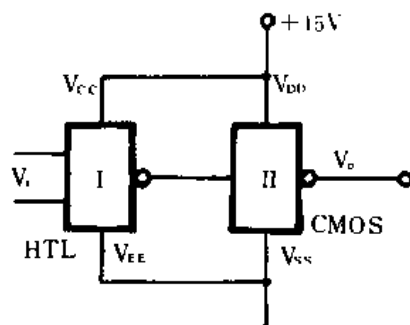


图 17-19 HTL—CMOS 集成电路的接口

例 20 CMOS 与 PMOS 的接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

PMOS 电路分为高阈值和低阈值型两种。高阈值型一般使用 $V_{DD}=-13V$ 、 $V_{SS}=+10V$ 、 $V_{GG}=-27V$ ，且采用正电位为逻辑“0”，负电位为逻辑“1”的负逻辑。低阈值型一般使用 $V_{DD}=-5V$ 、 $V_{SS}=+5V$ 、 $V_{GG}=-12V$ ，且采用正电位为逻辑“1”，负电位为逻辑“0”的正逻辑。因此，本文提供图 17-20 (a)、(b) 两种形式为 CMOS 与 PMOS 接口的实用电路。接口时要注意 PMOS 的逻辑电平关系。

CMOS 和 PMOS 都属于电压控制型电路，其输入阻抗高，输入电流可以忽略。因此，接口时可以不考虑负载电流，只需考虑电压匹配这一关键性问题。

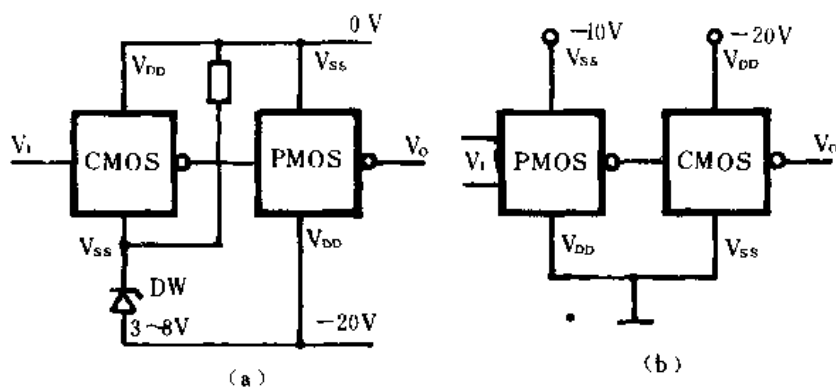


图 17-20 CMOS 与 PMOS 接口电路

例 21 PMOS 与 CMOS 接口电路

一、应用电路

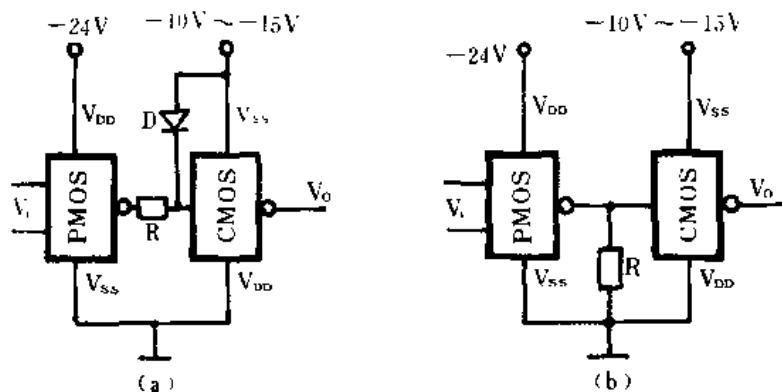


图 17-21 PMOS 与 CMOS 接口电路

二、电路结构说明

PMOS—CMOS 集成电路的接口，是采用图 17-21 中 (a)、(b) 方式。此两种电路用两种电源供电，这样连接后，尽管 PMOS 电路的输出电平对自身的 V_{SS} 端来讲仍为负值，但对 CMOS 电路的 V_{SS} 端而言却变为正值、或零、或略低于零。如当 CMOS 用 12V 电源时，其输入电平为 $V_{IH}=10V$ 、 $V_{IL}=0V$ ，完全符合接口的需要。图 17-21 (a) 中， R 值应使 CMOS 输入电流不大于 $50\mu A$ ，而图 (b) 中 R 取值要使 CMOS 的 V_{OL} 为 $-9.5\sim-10V$ 。

例 22 CMOS 与 NMOS 接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

NMOS 电路，也属于 MOS 电路。其输入阻抗高、吸收电流极小。因此，CMOS 与 NMOS 接口时，着力考虑电压匹配，而不必考虑电流负载能力。图 17-22 提供的两者直接接口电路，并采用单电源供电， $V_{DD}=5V$ 。

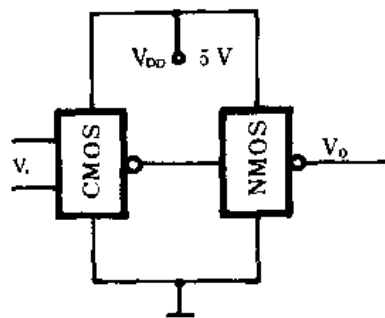


图 17-22 CMOS 与 NMOS 接口电路

例 23 NMOS 与 CMOS 接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

NMOS—CMOS 集成电路的接口主要靠晶体三极管 V。这里利用 V 截止时，其集电极电压符合 CMOS 集成电路的输入高电平电压 (10~18V) 这一条件。而 V 饱和导通时反向饱和压降为 0.1~0.3V 左右，符合 CMOS 输入逻辑低电平的要求。

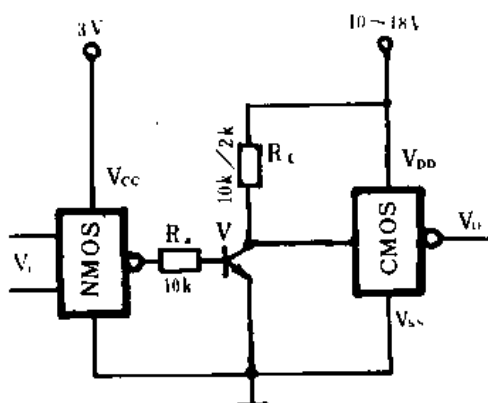


图 17-23 NMOS—CMOS 接口电路

例 24 CMOS 与晶体三极管接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

图 17-24 所示是一种 CMOS 与晶体三极管所组成的达林顿电路的接口电路。接口电路主要借助于晶体三极管大功率去推动步进电机、继电器之类负载。

达林顿电路的放大倍数 $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$ (β_1 、 β_2 分别为 V_1 、 V_2 的放大倍数。 T_1 所需要的基极电流

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_1} = \frac{I_L}{\beta_1 \beta_2}.$$

电路中 R_1 、 R_2 取值如下：

$R_1 = \frac{V_{OH} - (V_{BE1} + V_{BE2})}{I_B + (V_{BE1} + V_{BE2}) / R_2}$ (V_{OH} 为 CMOS 输出高电平； V_{BE1} 、 V_{BE2} 分别是 V_1 、 V_2 的正向压降，通常值为 0.65V~0.75V)。

$R_2 = 4.7 \sim 10k\Omega$ (此值是为了改善电路的开关特性)。

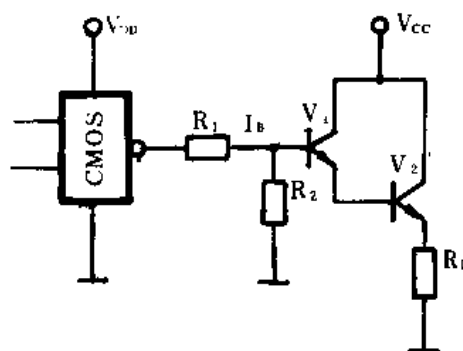


图 17-24 CMOS 与晶体三极管接口电路

例 25 运放与 CMOS 接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

图 17-25 是运算放大器与 $1/6$ CD4069 对接的两种形式电路。

图 17-25 (a) 电路中，运放与 CMOS 共用一组电源，并共“地”。

图 17-25 (b) 电路中，运放采用双电源 $\pm 15V$ ，而 CMOS 采用单电源 $V_{DD} = 10V$ ，但两者共“地”。

接口电路中，二极管 VD_1 、 VD_2 是用作钳位保护，使 CMOS 的输入电压处于 V_{DD} 与 V_{SS} 之间。电阻 R_3 既作为 CMOS 电路输入端的限流电阻，又作为二极管的限流保护电阻。

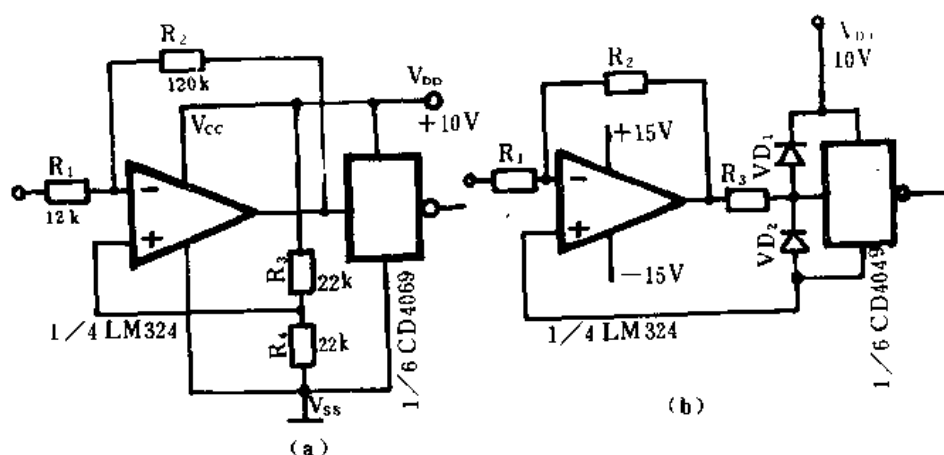


图 17-25 运放与 CMOS 接口电路

例 26 CMOS 和 CL 组合接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

由 CMOS 的“非”门为代表与 CL 组合电路 CH284L 或 CL102 连接构成接口电路。

图 17-26 中 $V_{DD}=5V$ 时, V 端 (LED 公共电极) 接 V_{SS} ; 当 $V_{DD}>5V$ 时, 流经 LED 的正向电流过大, V 端外接电位器, 以调节显示器的亮度。当然, V 端施加外偏置电压也可调节显示器亮度。

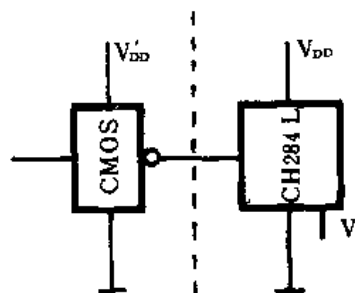


图 17-26 CMOS 和 CL 组合接口电路

例 27 TTL 和 CMOS-LED 组合 (CH284L) 接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由 TTL “非” 门为代表和 CMOS-LED 组合电路 CH284L (或 CL102、CL002) 等构成的接口电路。

CMOS-LED 组合电路 CH284L (CL102)、CH283L (CL002), 称为 CL 组合电路, 其工作电源电压采用 5V。它和 TTL 电路连接时可与之共用一组电源。TTL 电路输出高电平约为 3.8V, 和 CL 组合电路连接时, 高电平抗干扰性能差。解决的办法是在输出端加接 2k 左右的提升电阻至 V_{DD} 。这样, 高电平提升到 4.9V 左右, 适应抗干扰的需要。

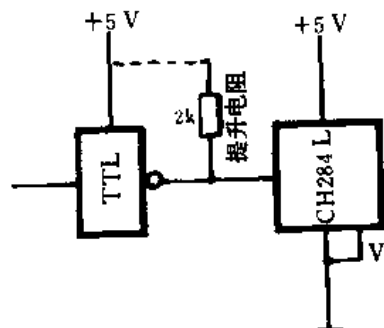


图 17-27 TTL 和 CMOS LED (CH284L) 接口电路

例 28 CMOS 驱动步进电机的功率接口电路

一、应用电路

二、电路结构说明

步进电机脉冲分配器 CH250 和晶体管 $V_1 \sim V_3$ 等构成的驱动步进电机的功率接口电路。

L 为电机绕组，实际应有三相，图中只画出单相，其它二相省略； R_E 为晶体管发射极电阻，用以稳定工作点； D_1 为保护二极管， V_{CC} 为电路电源； I_L 为电机绕组的负载电流； R_{C3} 起限流作用（几十欧姆）。

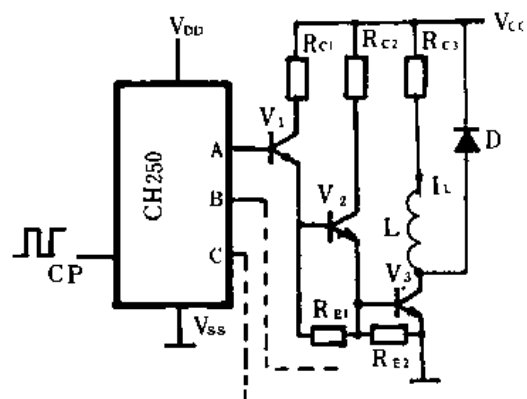


图 17-28 CMOS 驱动步进电机的功率接口电路

第十八章 工业自动化控制

例 1 金属探测器

一、应用电路

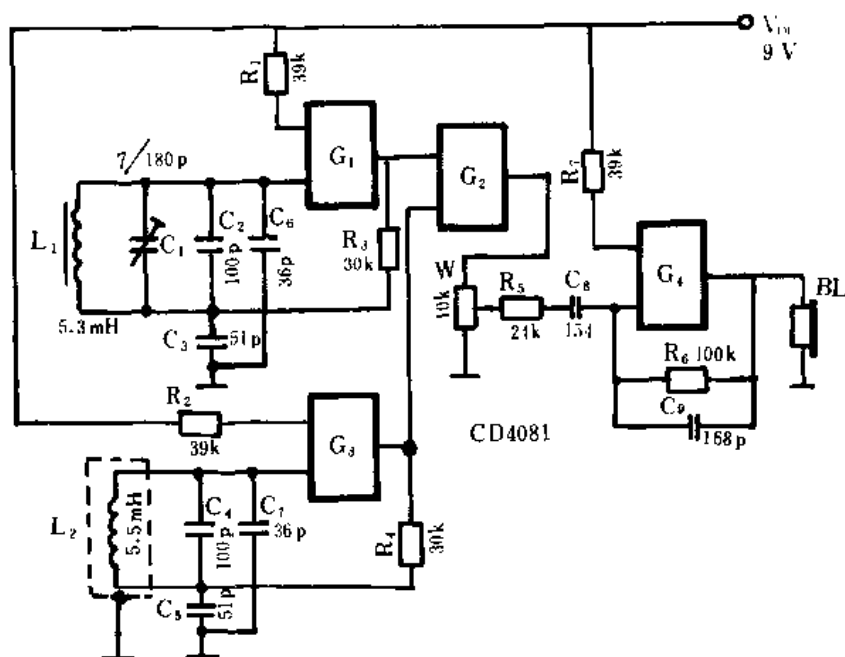


图 18-1 金属探测器

二、电路结构说明

这是一种根据电磁谐振法制作的金属探测器。其电路由 2 输入端 4“与”门 CD4081 和阻、容、感等元器件构成的。其中，线圈 L₁、C₁ 和 CD4081 的门 G₁ 组成基频振荡器，线圈 L₂、C₄ 和 CD4081 的门 G₃ 组成自由振荡器，门 G₄ 和 R₆、C₉ 组成有源低通滤波器。

探测之前，调整 C₁ 使基频振荡器的振荡频率与自由振荡器振荡频率一致，大约为 160kHz。这时，两者差拍为零，门 G₂ 无输出，耳机 BL 无声响。

当探测线圈 L₂ 接近金属时，BL 就发出一个随 L₂ 与金属物体距离变化而变化的声音音调。显然，声音音调是上述两个不同振荡频率通过门 G₂ 产生差拍而产生的。探测线圈 L₂ 和金属体距离越近，音频越高，音调也越尖。换句话说，从音调的高低变化可以判别出被测物体的远近或深浅。

改变电位器 W 能改变 BL 所发出的声音音量。

例 2 双频金属探测器

一、应用电路

二、电路结构说明

双频金属探测器，采用 4“异或”门 CD4030 与阻容感等元件构成。它可以探测到距线圈

25cm 左右的金属片。

电路中, CD4030 的门 G_1 、 G_2 分别构成频率为 160kHz 和 161kHz 的 T 型网络振荡器; 门 G_3 作为乘法器, 输出的是上述两个频率的“和频”与“差频”信号。门 G_4 是放大与低通滤波器, 滤除 G_3 输出中的“和频”信号。也就是说, 当探测线圈(探头)接近金属片时, 门 G_1 、 G_2 产生振荡频率信号, 经过 G_3 、 G_4 后, 送出的是 1kHz 频率信号, 推动耳机 BL 发出声音, 以说明探测到金属物。

调节电位器 10k, 可以控制音量大小。

例 3 压力测试器

一、应用电路

二、电路结构说明

压力测试电路, 是由可预置数 BCD 可逆计数器 $2 \times \text{CD40192}$ (IC_3 、 IC_4)、双 D 触发器 CD4013 (IC_5)、时基电路 NE555 (IC_1 、 IC_2), 2 输入端 4“与非”门 CD4011 ($G_1 \sim G_3$) 等构成。

电路中, IC_1 与力敏电阻 R_x , 电阻 R_1 、 R_2 , 电容 C_1 构成了无稳态多谐振荡器。 IC_1 的③脚输出高电平时间 t_1 , 即 C_1 充电时间。它为 $t_1 \approx 0.7 (R_1 + R_2 + R_x) C_1$; ③脚输出低电平时间

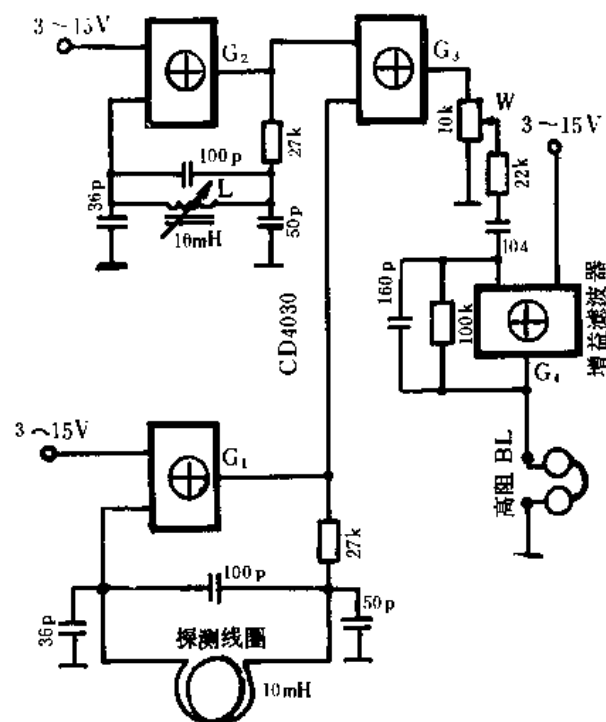


图 18-2 双频金属探测器

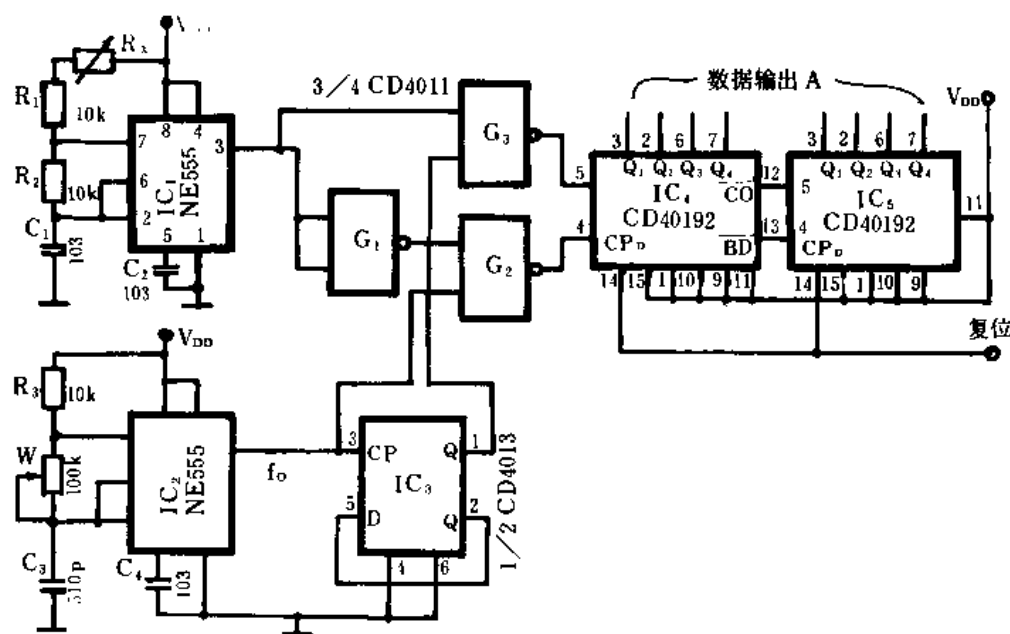


图 18-3 压力测试电路

t_2 , 即 C_1 放电时间: $t_2 \approx 0.7R_2C_1$ 。从 t_1 、 t_2 来看, 只有 t_1 与 R_X 有关。

IC_2 也与外围阻容元件组成无稳态振荡器, 输出频率为 f_0 脉冲信号。 f_0 脉冲信号一路经门 G_2 加到 IC_4 的“减时钟端 CP_D ”; 另一路直通 IC_3 作 2 分频 ($f_0/2$), 分频后信号 ($f_0/2$) 加至门 G_3 。于是, 在 t_1 时间内, G_3 门打开, 计数器以 $f_0/2$ 进行减法计数。计数器由 IC_4 、 IC_5 的 $Q_1 \sim Q_4$ 端输出数据 A。在一周期内, A 有以下关系式: $A = t_1 (f_0/2) - t_2 f_0 = 0.347f_0 C_1 R_X$ 。

从上式中可知, C_1 、 f_0 均为定值, 因而 A 仅与 R_X 成正比例关系。这就是说, 电路采用 R_X 作检压元件, 而由输出数据 A 来表示结果。这种结果, 还可直接从 $Q_1 \sim Q_4$ 输出接锁定、译码、驱动、显示电路, 以数码管形式来读出。

IC_2 输出的振荡频率 f_0 , 可通过 W 来调节。

例 4 射线检测电路

一、应用电路

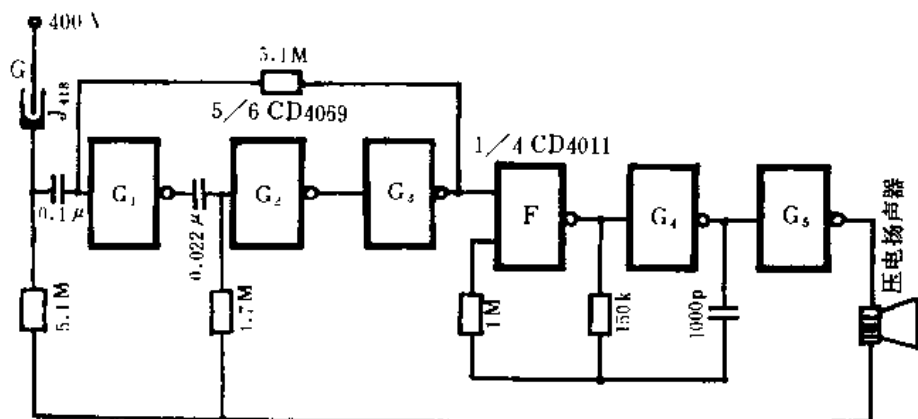


图 18-4 射线检测电路

二、电路结构说明

射线检测电路, 主要采用 J418 云母型“窗式”卤素计数管作为检测探头、6 反相器 $G_1 \sim G_5$ ($5/6 CD4069$) 和输入端 4 “与非”门 F ($1/4 CD4011$) 等构成。其中 F、 G_4 组成振荡器。输出 3kHz 音频信号。

当有 α 、 β 、 γ 和 x 射线射入 J418 计数管时, 会引起计数管内电离放电, 在它的输出端产生正跳变脉冲信号。这一信号经 3 级反相器和 RC 元件进行整形和展宽, 进而去控制由另 3 个反相器组成的振荡器工作。于是振荡器输出音频信号驱动压电扬声器发出声响。

注意: 若是小剂量射线射入时, 扬声器仅发出断续声响, 每次响声时间为 80ms; 若是剂量较大(超过 1ml/h)时, 则响声连续较长时间。

例 5 多路电压巡回检测电路

一、应用电路

二、电路结构说明

多路电压巡回检测电路, 由十进制计数器/分配器 IC_2 ($CD4017$)、4 双向模拟开关 $2 \times CD4066$ ($G_1 \sim G_8$)、时基电路 IC_1 ($NE555$)、CMOS—LED 寄存、译码、显示组合器 IC_3

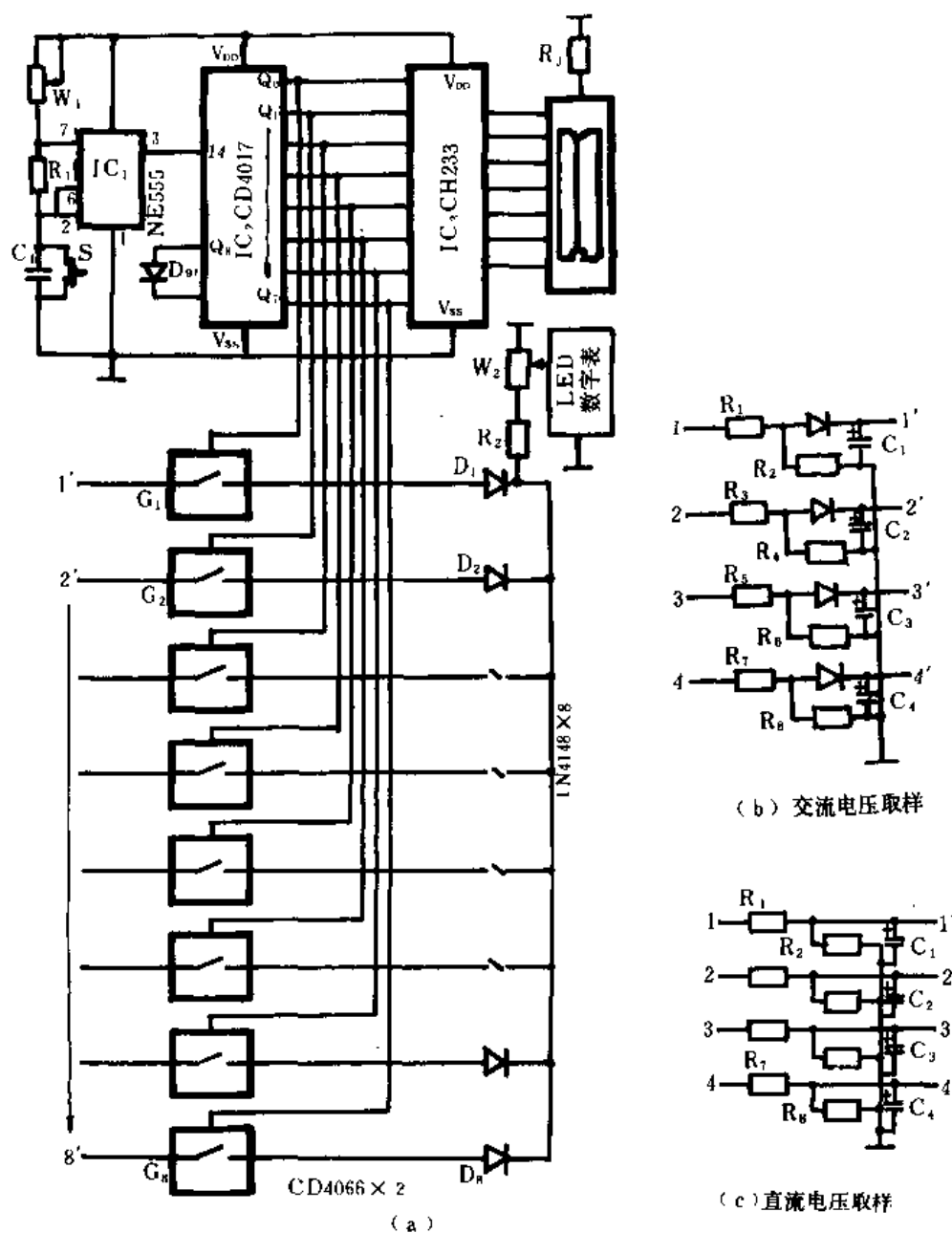


图 18-5 多路电压巡回检测电路

(CH233) 和发光二极管、LED 数字表等构成。

电路中, IC_1 (NE555) 和 W_1 、 R_1 、 C_1 组成多谐振荡器。其输出脉冲输入 IC_2 的④脚作为计数时钟脉冲。在时钟脉冲的作用下, IC_2 的 $Q_0 \sim Q_7$ 将依次输出高电平。这一高电平, 一路送到 IC_3 并通过它使 LED 共阴数字显示管指示出被测线路的号码; 另一路送到 CD4066 的门开关 $G_1 \sim G_8$ 的控制端, 使门开关开启或关闭。被测信号从输入端 $1'$ 、 $2'$ …… $8'$ 输入, 经开关 $G_1 \sim G_8$ 轮流输出, 再通过 $D_1 \sim D_8$ 组成的对应的“或”门电路, 送至 R_2 、 W_2 , 最后由 W_2 中心抽头送往 LED 数字表显示。由于门 $G_1 \sim G_8$ 均受 IC_2 的同一脉冲控制, 所以 LED 数字表的读数, 就是对应编号线路上电压值。当然要想固定观察某一线路的电压, 要待数码翻转到这一路时, 按住按钮开关 S, 这时 LED 数字表数字就停留在这一线路的电压值上。

应当指出：要校准 LED 数字表读数，可调 W_2 与数字表的校零电位器。调节 W_1 ，可控制巡回检测的速度，一般控制在每路显示 10s（秒）左右。

例 6 数字测速计

一、应用电路

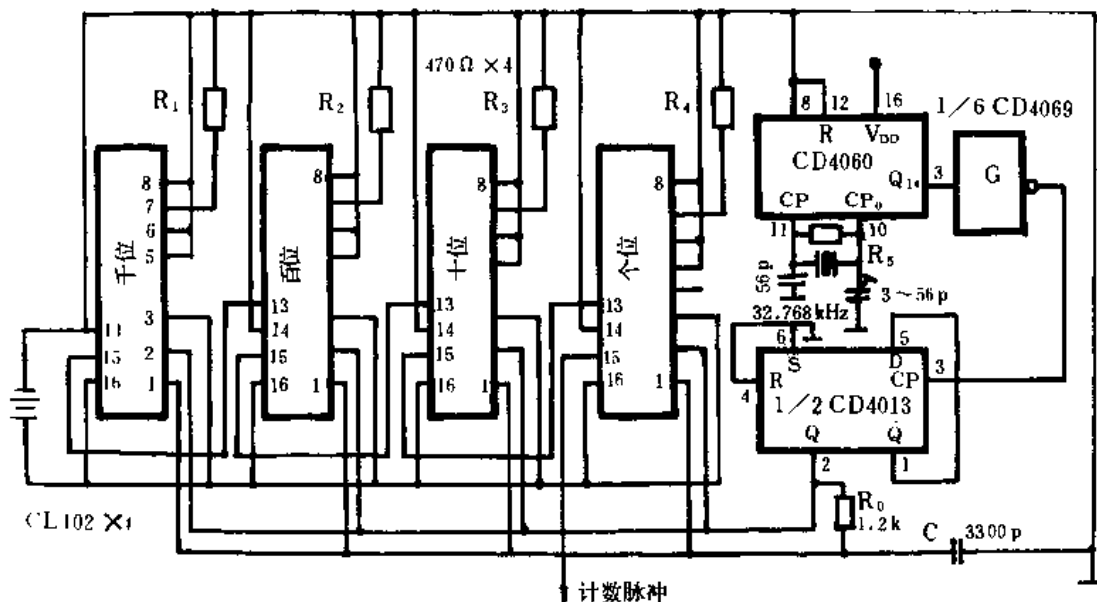


图 18-6 数字测速计电路

二、电路结构说明

数字测速计电路由 14 级二进制串行计数器/分频器 CD4060、双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069、4 个计数/锁存/译码/显示电路 CL102 等构成。其中，CD4060 和 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069、阻容元件、晶振片等组成 2^{15} 分频的秒基准信号。

当秒信号上升沿从 D 触发器的 Q 端输出给各计数器锁定后，又经 RC 延迟，促使各计数器复位，并准备计数。秒信号脉冲下降沿时，时间维持 1s，计数器在此段时间进行计数。直到下次秒脉冲上升沿时，计数器再被锁定。因此，4 位（个、十、百、千）LED 数码管显示的正是各秒钟内计数脉冲的个数。

例 7 数字转速计

一、应用电路

二、电路结构说明

数字转速计电路，由霍尔集成电路 SH13 (IC_1)，时基电路 5G1555 (IC_2)，6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 ($F_1 \sim F_4$)， $\frac{1}{4}$ CD4011 (G) 和用 CMOS 工艺制造的、具有计数、寄存、译码、驱动、显示“五合一”功能的 CL102 等构成。

在待测转速的转盘上装一小磁钢。每当转盘转动一周，小磁钢接近（约 5mm）霍尔集成电路 IC_1 一次。于是 IC_1 将感知的磁信号变换为电信号并放大后，输出给 CD4069 的门 F_1 整形、反相，再送往门 G 的一个输入端。而门 G 的另一个输入端信号来自 IC_2 (5G1555) 产生的方波脉冲（闸门脉冲），于是门 G 开启。方波脉冲信号一方面还接至 3 个 CL102 的 LE 端

(LE 端为高电平), 使 CL102 处于寄存状态。另一方面还触发由门 F_3 、 F_4 与 R_4 、 R_6 、 R_7 、 C_6 、 D_2 、 D_3 组成的微分复位电路, 由 D_3 输出复位脉冲信号, 使 CL102 复零。

调节电位器 W, 能使 IC_2 产生的闸门正脉冲宽度为 1 分钟。这样, 门 G 在这一分钟内一直开启, 让转速信号顺利通过。当一分钟结束, 闸门脉冲也下跳, 门 G 关闭。同时, CL102 的 LE 端变为低电平而进入显示状态, 即输出脉冲数, 显示转速转数。

当第 2 个闸门脉冲信号到来时, 又把计数器复零, 再重复上述过程。但显示器和寄存器的内容要保留到第二个闸门脉冲结束为止才更新显示。

例 8 EPROM 紫外线擦除器

一、应用电路

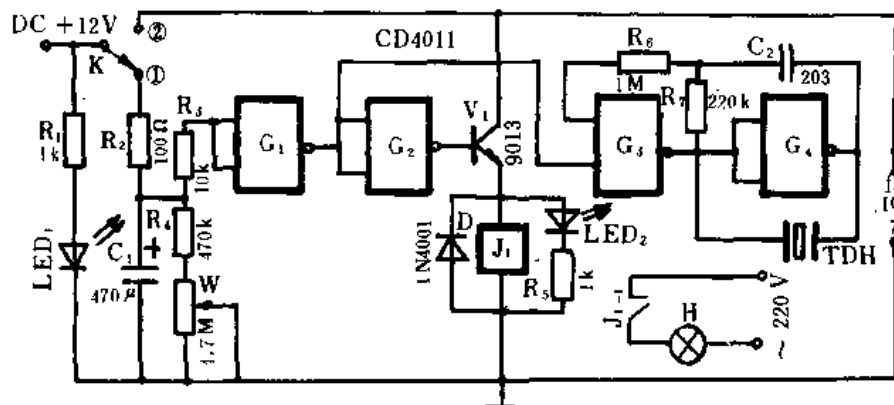


图 18-8 EPROM 紫外线擦除器

二、电路结构说明

2 输入端 4 “与非”门 $G_1 \sim G_4$ (CD4011) 等构成的简单的 EPROM 紫外线擦除器。

电路中, K 置①, 当 +12V 电源接通时, C_1 经 R_2 充电。然后 K 打向②, 这时 IC 得电, C_1 开始向 R_4 、W 放电。改变 W 值可改变放电时间。同时, 门 G_1 输入端为高电平, G_2 输出变为高电平, 晶体三极管 V_1 导通, J_1 得电, J_1 吸合, 紫外线灯 H 点亮, 可进行 EPROM 芯电紫外线擦除。由门 G_3 、 G_4 组成的多谐振荡器。因 G_3 一门控输入端接 G_1 的输出端, 这时为低电平, 多谐振荡器不工作, 蜂鸣器无声。当 C_1 放电至设定时间 (5~50 分钟, 由 W 调定), G_1 输入端电平降至低于阈值电平, 则 G_1 输出变为高电平, 则 G_2 输出为低电平, V 截止, J 释放, 紫外线灯熄灭, 擦除结束。此时 G_3 门被打开, G_3 、 G_4 组成的振荡器开始起振, 其输出脉冲驱动蜂鸣器 TDH 发出警报声响。然后将开关 K 转向①端, 为下次擦除作好准备。

例 9 薄膜自锁大功率按键开关

一、应用电路

二、电路结构说明

薄膜自锁大功率按键开关, 它是由双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013、薄膜开关、继电器等构成。由于一般薄膜开关最大工作电压约 30V, 最大工作电流为 300mA, 因此无法在更大的功率 (工业上) 状况下工作。而运用双 D 触发器后, 其工作电压和电流均由继电器 J 所决定。

当接通电源瞬间, V_{DD} 通过 C、 R_3 组成的复位电路, 使 CD4013 的 R 端得到高电平而复零。

此时,CD4013 的 $Q=“0”$,晶体管 V 截止,继电器 J 失电,其接点释放,相当于按键开关的“断开”。

当按一下薄膜开关 S_A ,即开关接通后再断开时,CD4013 的“控制端 CP”得到脉冲上升沿触发,使它的 $Q=“1”$ 。于是, V 导通, J 得电而吸合。这就相当于按键开关的“接通”。

若再按一下 S_A 时,电路又回到关断的状态。假如使用功率比较小的场合,可不用电路图中虚线框内部分,而将 CD4013 的输出端 Q 直接用于控制其它电器。整个电路也具有自锁按键开关的功能。至于控制功率大小,决定于继电器 J 的触点电流、电压。

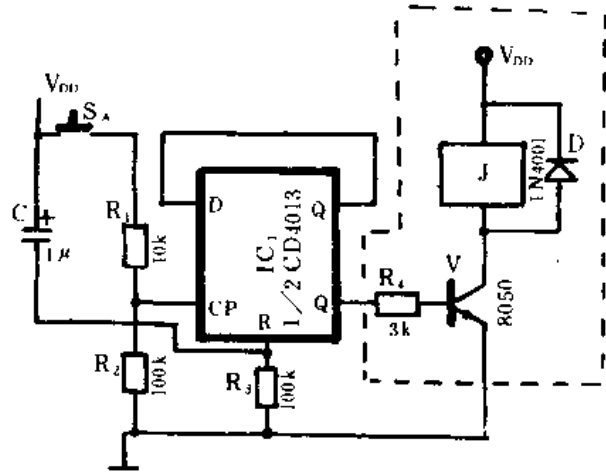


图 18-9 薄膜自锁大功率按键开关

例 10 薄膜琴键式 9 位大功率开关

一、应用电路

二、电路结构说明

薄膜琴键式 9 位大功率开关采用 2 输入端 4 施密特触发器 $3/4$ CD4093 ($G_1 \sim G_3$) 和十进制计数器/分配器 IC (CD4017)、以及琴键开关 ($SA_1 \sim SA_9$)、继电器、阻容元件等构成。其中, CD4093 的门 G_1 和 W、 C_1 构成多谐振荡器。

当电源 V_{DD} 接通瞬间, C_2 、 R_2 使 IC 的复位端 R 得到高电平。于是, IC 复位。假设在薄膜开关中的一个开关 SA_3 按下后, 电路中的 A 点变为低电平, 经 CD4093 的门 G_3 反相输出, B 端为高电

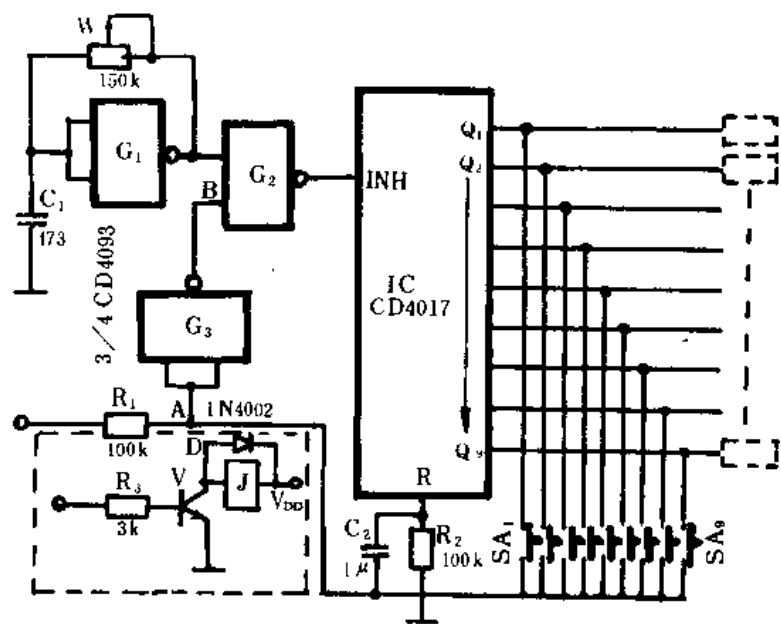


图 18-10 薄膜琴键式 9 位大功率开关

平, 于是闸门 G_2 被打开, 振荡脉冲信号经门 G_2 进入计数器的“时钟禁止端 INH”。计数器 IC 开始计数, 当计数到 Q_3 时, Q_3 输出高电平, 并通过 SA_3 使 A 点变为高电平。这一高电平经门 G_3 反相输出, B 端为低电平, 闸门 G_2 因此被封锁, 计数器停止计数。但由于 B 端低电平, 经门 G_2 反相后, IC 的 INH 端呈高电平, Q_3 端仍保持输出高电平, 其余输出端均为低电平, 即使在 SA_3 已经呈断开状态也是如此。

SA_3 断开后, 再按下琴键中某一键 (SA_i), 接着就出现闸门 G_2 被打开, 计数器计数到相

应的琴键数为止，输出高电平，于是闸门 G_2 又出现被封锁的全过程。这样对应的继电器 J_5 吸合，外接电器保持工作状态。

电路图中右边 9 个小虚线框，是由左下图大虚线框内含有电阻、继电器、二极管、三极管所接成的。琴键式 9 位自锁互斥大功率开关，功率大小由各继电器 J 的接点所决定。

注意：振荡器的频率设计宜在 $200 \sim 300\text{Hz}$ 之间，应能满足用手指按薄膜开关接通电路的时间，即应大于电路计数的全过程所用时间。改变电位器 W 值，可调节振荡器输出信号频率。

例 11 示波器 8 路波形显示电路

一、应用电路

二、电路结构说明

示波器 8 路波形显示电路，由 6 施密特触发器 $\frac{1}{6}\text{CD40106}$ 、4 位同位二进制计数器 IC_1 (74LS163)、单 8 通道模拟双向开关 $2 \times \text{CD4051}$ 和运算放大器 LM353 等构成。

电路中，由 $\frac{1}{6}\text{CD40106}$ 和外围元件组成多谐振荡器，连续向计数器的 IC_1 ②脚提供方波时钟脉冲信号。在时钟脉冲作用下，计数器的 IC_1 输出端 AQ、BQ、CQ 将按二进制规律不断改变状态组合 (8 种)。CD4051A 和 CD4051B，根据组合将输入的波形信号 $V_1 \sim V_8$ ，相应通断其 8 路模拟开关。于是，CD4051A 的③脚输出波形信号和 CD4051B 的③脚输出的直流电平并联后，送往 LM353 求和放大 (叠加)，而后输出给示波器。这样，单踪示波器就能显示出具有不同高度的 8 路波形。

改变振荡器的电位器 RP_1 阻值，就能改变输出振荡信号的频率，进而改变模拟开关通断时间。电位器 RP_2 用来控制 8 路波形的间距：电位器 RP_3 作为 8 路波形幅值控制。

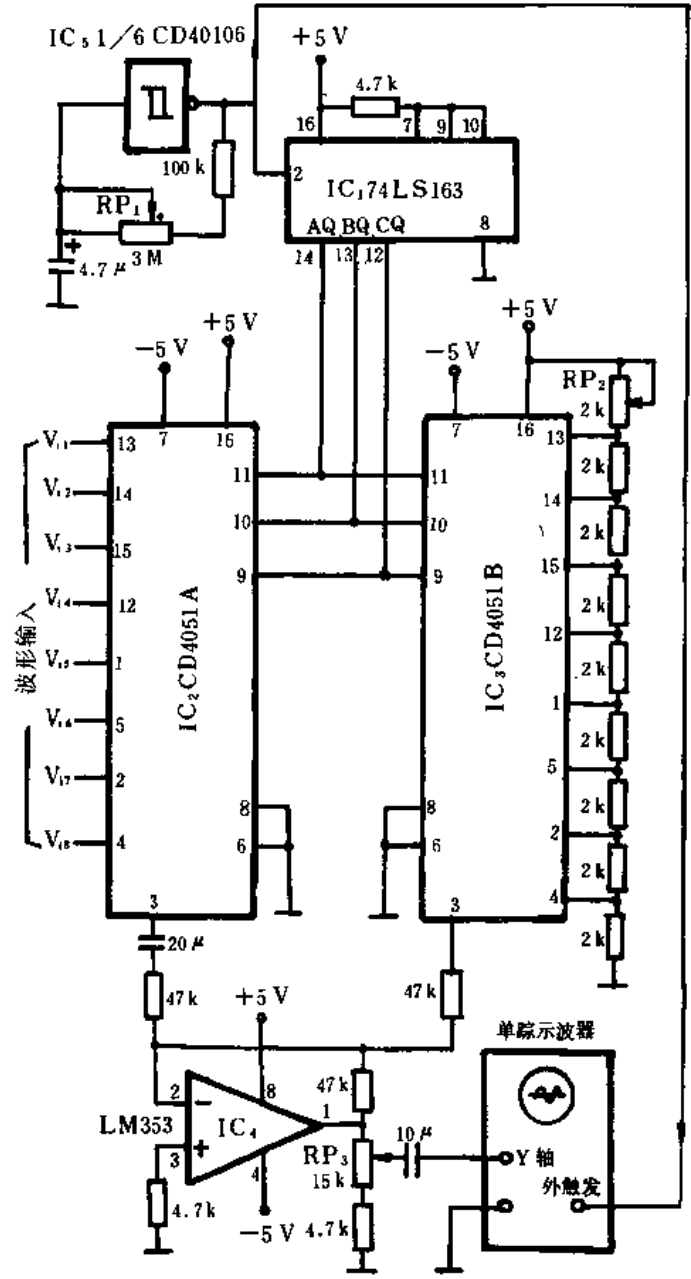


图 18-11 示波器 8 路波形显示器

例 12 红外遥控+/-电阻网络

一、应用电路

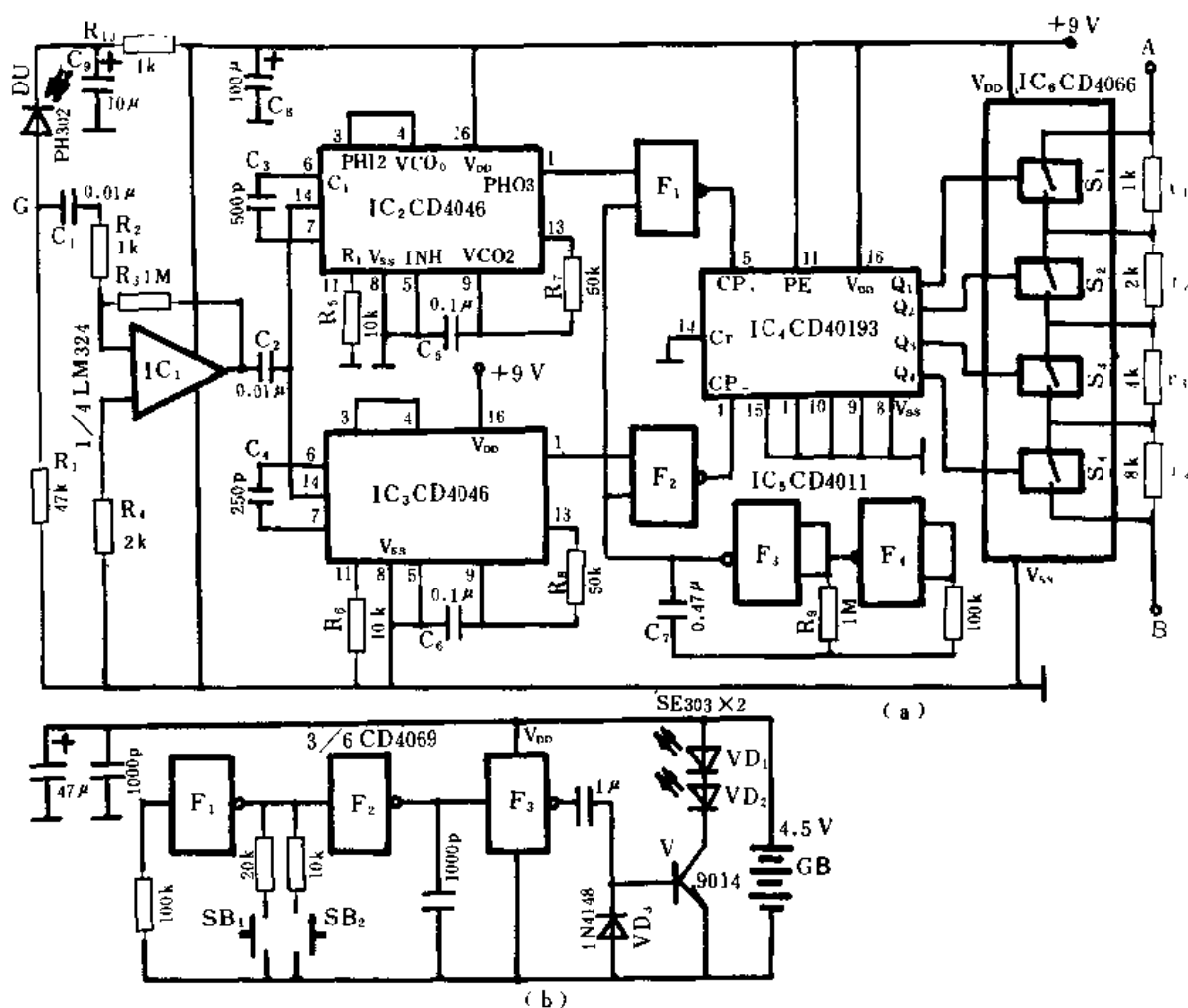


图 18-12 红外遥控+/-电阻网络

二、电路结构说明

红外遥控+/-电阻网络，由发射部分和接收部分电路构成。

1. 发射部分电路如图 18-12 (b)。它由 6 反相器 $\frac{3}{6}$ CD4069 ($F_1 \sim F_3$) 和红外二极管 VD_1 、 VD_2 等构成。

CD4069 的门 F_1 、 F_2 与电容 1000p、电阻 10k (或 20k) 构成自激多谐振荡器。当按下 SB_1 时，20k 电阻接入电路，振荡器输出频率约 20kHz 的脉冲信号。这一振荡信号经门 F_3 反相缓冲与 V 放大后，从红外管 VD_1 、 VD_2 发射至空间。若按下 SB_2 时，产生的 40kHz 振荡信号将从 VD_1 、 VD_2 发射至空间。

2. 接收部分电路如图 18-12 (a)。它由 4 运算放大器 IC_1 ($\frac{1}{4}$ LM324)、锁相环电路 CD4046 (IC_3 、 IC_2)、双时钟二进制可预置加/减计数器 IC_4 (CD40193) 和 4 双向模拟门 CD4066 ($S_1 \sim S_4$)、红外接收管 DU 等构成。

若红外接收管 DU 接收到是 20kHz 的红外脉冲信号时, 在电路中 G 点便产生一微小的光电信号, 经 C_1 耦合至由运放 $\frac{1}{4}$ LM324 等组成的反相比例放大器进行放大, 并使电压增益达 60dB。放大后的信号经 C_2 耦合到 H 点, 再分为两路: 一路至 IC_2 ; 另一路至 IC_3 。于是 IC_2 、 IC_3 开始工作。接收到信号频率刚好落在 IC_2 工作带范围内 (IC_2 中心频率 f_{01} 设在 20kHz), 于是 IC_2 的①脚由“0”变为“1”, 计数闸门 F_1 被打开。低频振荡器的低频脉冲通过门 F_1 作用于 IC_4 的 CP_+ , 使其作加法计数。此时, IC_3 的①脚为低电平, 使门 F_2 输出高电平, 即 IC_4 的 CP_- 的端为高电平, 满足计数条件。

当发射电路中 SB_2 开关按下时, 发射的红外脉冲信号频率为 40kHz。此信号被红外接收电路接收并放大后, 作用于锁相环 IC_3 (IC_3 中心频率 f_{02} 设在 40kHz), 使 IC_3 的①脚由“0”变为“1”, 计数闸门 F_2 被打开, 低频振荡器的低频脉冲通过门 F_2 作用于 IC_4 的 CP_- 端, 使其作减法计数。此时, IC_2 的①脚为低电平, 使门 F_1 输出高电平, 即 IC_4 的 CP_+ 为高电平, 也满足计数条件。

IC_5 内部有 4 个双向开关 $S_1 \sim S_4$ 。它们分别与计数器 IC_4 的输出端 $Q_1 \sim Q_4$ 相接。当 $S_1 \sim S_4$ 的控制端为高电平时, 开关闭合; 为低电平时, 开关打开。 $S_1 \sim S_4$ 另一端又与电阻网络 $r_1 \sim r_4$ 相接。当开关闭合时, 电阻网络中的 $r_1 \sim r_4$ 相对短路。 $r_1 \sim r_4$ 的阻值按 8421 权位设计。因此, 当 IC_4 计数器的输出为 $Q_4 Q_3 Q_2 Q_1 = "0000"$ 时, $S_1 \sim S_4$ 均被打开, 电阻网络的 (A、B 间) 电阻值为 $r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = 15k\Omega$ 。 $Q_4 Q_3 Q_2 Q_1 = "0001"$ 时, S_1 闭合, $S_2 \sim S_4$ 打开, 网络阻值为 $r_2 + r_3 + r_4 = 14k\Omega \dots \dots$ 当 $Q_4 Q_3 Q_2 Q_1 = "1111"$ 时, $S_1 \sim S_4$ 闭合, 网络电阻呈短路, 网络阻值为零。

电路中, 门 F_3 、 F_4 与 R_9 、 C_7 组成低频振荡器, 输出 0.5Hz~1Hz 频率脉冲, 以控制闸门 F_1 、 F_2 。锁相环内部压控振荡器中, IC_2 的中心频率由外接电阻 R_5 、电容 C_3 确定; 而 IC_3 的中心频率由电阻 R_6 、电容 C_4 确定。

以上电阻网络可作为红外 +/— 音量遥控器、红外线遥控 +/— 调光器等应用。

例 13 微机控制的 脉冲信号发生器

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种由微机控制的脉冲信号发生器。它由双 4 位锁存器 CD4508、电流型 D/A 转换器 DAC0832、TTL 型单稳态触发器 MC74121 和运算放大器 $\mu A741$ 等构成。

电路中, 双 4 位锁存器 CD4508 组成 8 位锁存器, 用来

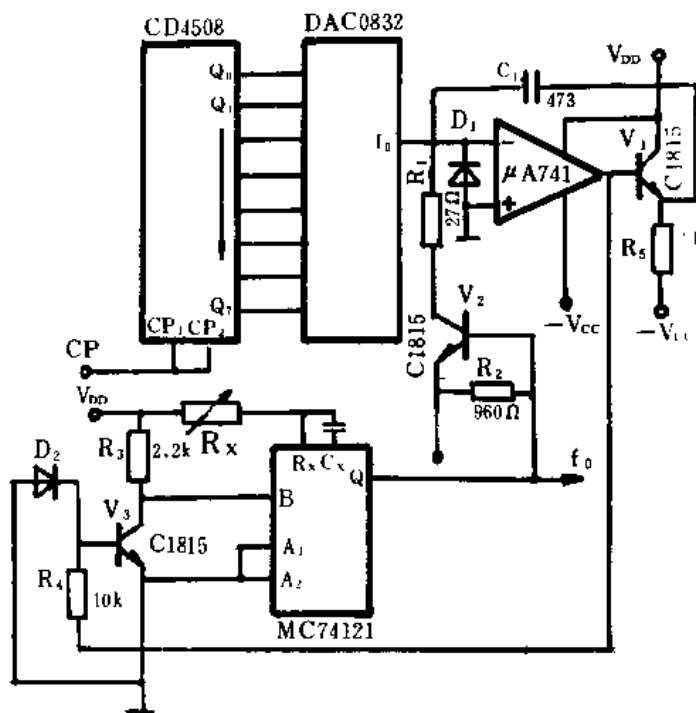


图 18 13 微机控制的脉冲信号发生器

锁存来自微机的 8 位频率控制字。锁存器的 CP 信号来自微机。锁存在 CD4508 中的数据字作为 D/A 转换器 DAC0832 的 8 位数据输入。它产生的模拟电流 I_0 正比于 8 位数据的二进制数值。运放 $\mu A741$ 组成的有源积分器对 I_0 进行积分，使运放输出电压降低。当这一电压低于晶体管 V_1 截止电压 (0.6V) 时， V_1 的集电极电压由低电平跳变到高电平，从而激发 MC74121 构成的单稳电路，使它的 Q 端输出一个正脉冲。脉冲宽度由定时元件 R_X 和 C_X 决定。正脉冲还使晶体管 V_2 饱和导通。于是， V_2 的集电极饱和电流远大于 DAC0832 的输出电流 I_0 ，从而使 $\mu A741$ 输出变为高电平。 V_2 的饱和导通时间 T_2 ，由 MC74121 输出正脉冲的时间决定，即 $T_2 = 0.7R_X C_X$ 。 T_2 应适当地长，以便电容 C_1 能够有足够的放电时间。

应当指出，电路的积分时间 $T_1 = V_{DD} \cdot C_1 / I_0$ ，适当地选择元件值，能够使 $T_2 \gg T_1$ 。这样，电路输出振荡信号的频率为

$$f_0 = 1 / (T_1 + T_2) \approx 1 / T_1 = I_0 / V_{DD} \cdot C_1$$

例 14 10 档电子互锁开关

一、应用电路

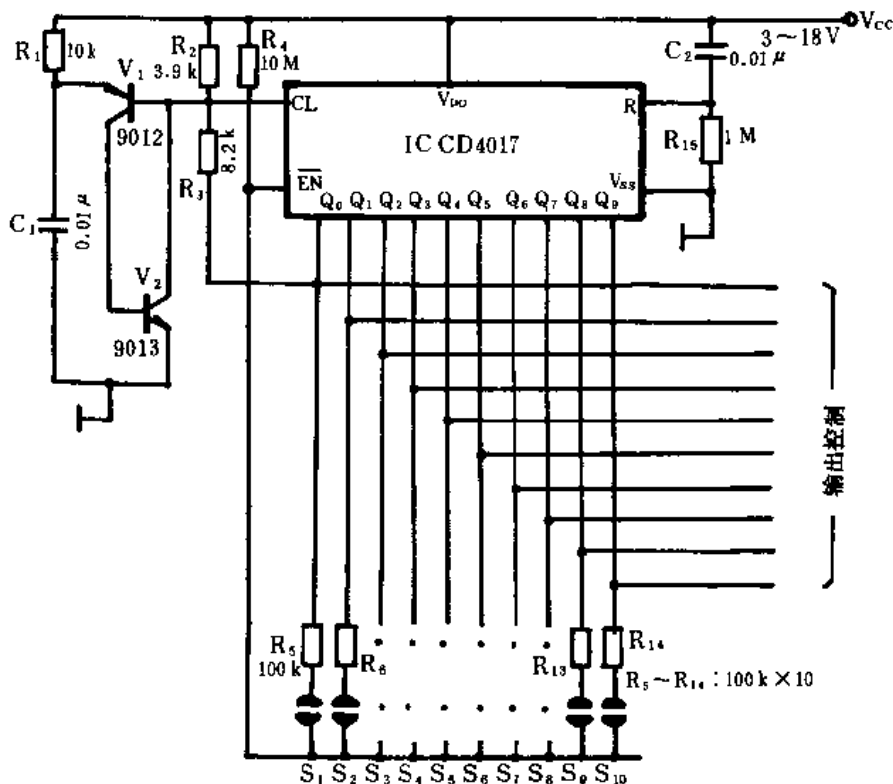


图 18-14 10 档电子互锁开关

二、电路结构说明

十进制计数器/分配器 CD4017 等构成 10 档电子互锁开关。

图中，晶体管 V_1 、 V_2 构成负阻振荡器，产生的脉冲信号作为计数器 CD4017 的计数脉冲 CP。在计数脉冲作用下，CD4017 的 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平， $S_1 \sim S_{10}$ 可用铜箔板腐蚀成触摸开关。当人手触摸某开关（如 S_3 ），则 Q_2 输出高电平，使各档（除 Q_2 外）被互锁。触摸其他

S_i ($i=1\sim 10$) 也同样。 C_2 、 R_{15} 作为开机复位, 使 $Q_0 = "1"$, 其余各端 Q 均为 $"0"$ 。

例 15 8421 编码开关

一、应用电路

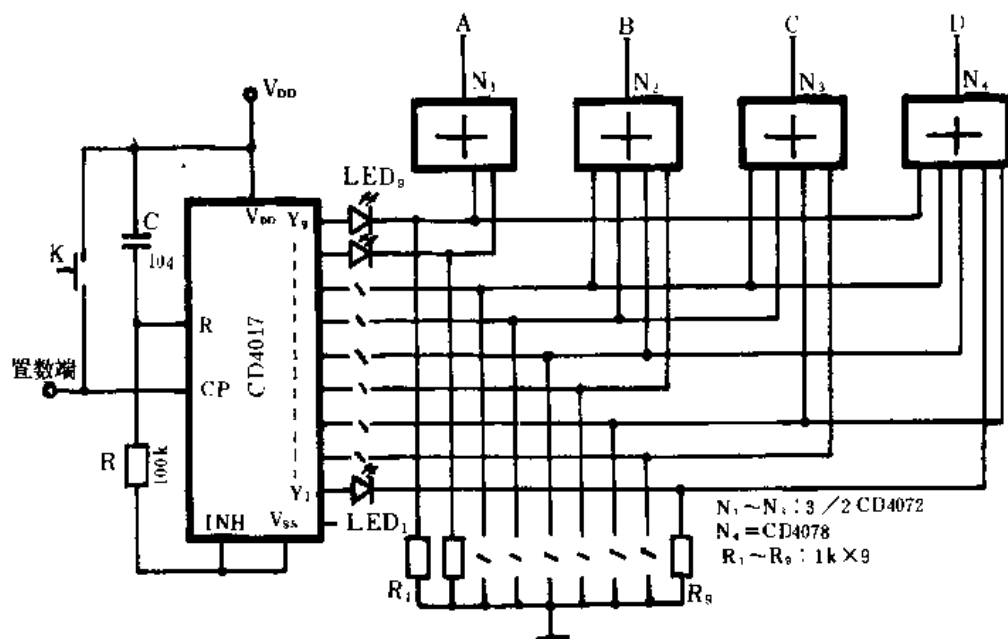


图 18 15 8421 编码开关

二、电路结构说明

8421 编码开关由十进制计数器/分配器 CD4017、4 输入端 2 “或” 门 ($\frac{3}{2}$ CD4072) ($N_1\sim N_3$) 和 8 输入端 “或” 门 N_4 (CD4078) 等构成。

本编码开关, 完全可代替机械拨盘开关。

当接通电源时, C、R 组成微分清零电路, 使 CD4017 复零。设用 LED 以显示数字预置输入。开始时, 若 $Y_0 = "1"$, 则 $Y_1\sim Y_9$ 均输出 $"0"$, 所以, 这时 LED 均不亮。虽 $Y_0 = "1"$, 但 Y_0 悬空。A、B、C、D 输出皆为 $"0"$ 。例如用按钮开关 K 置数 6 个脉冲, 则 Y_6 输出 LED₆ 发光, 或门 N_2 、 N_3 输出为 $"1"$, 使 A、B、C、D 输出为 BCD 码的 $"0110"$ 。其余类推。

例 16 线性电流传感器

一、应用电路

二、电路结构说明

线性电流传感器电路, 由锁相环电路 IC_1 (CD4046)、双运算放大器 LM358 (IC_{2a} 、 IC_{2b})、磁芯线圈等构成。其中 IC_{2a} 组成电流源, IC_{2b} 为输出跟随器。

电路中, IC_1 (CD4046) 组成锁相环压控晶体振荡器。虚线框内有两个线圈套在一个磁芯上: L_1 线圈为振荡器的电感, L_2 是电流源的负载。另一个磁芯上套着待测电流的导线绕成的线圈 L_3 。磁芯采用镍钴合金制作的非晶体磁芯。

当 L_3 中无电流时, 调节 C_1 使振荡器的频率与晶体频率相等。此时, 电流源无输出。

当 L_3 中有电流通过时, L_3 与磁芯产生一个磁场。它使振荡器的频率发生变化, 进而通过 IC_1 内部鉴相器的输出变化, 来控制电流源。这样, 线圈 L_2 有电流流过, 并产生与 H_3 (L_3 产

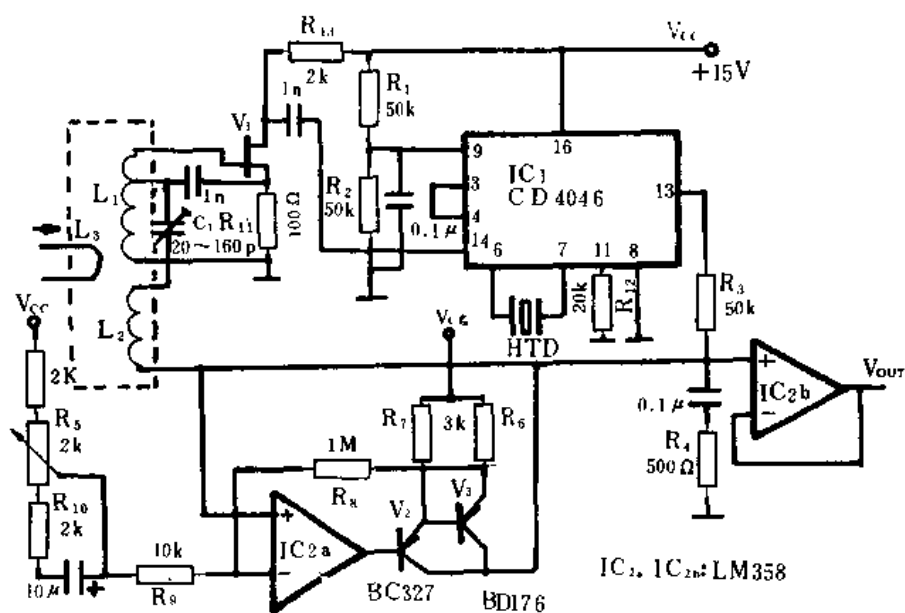


图 18-16 线性电流传感器

生的磁场) 相反的磁场 H_2 。由于 $H_3 = iL_3$, $H_2 = i_2L_2$, 两者达到平衡后有: $H_3 = H_2$, 即 $iL_3 = i_2L_2$, 那么有 $i = i_2 \cdot L_2/L_3$, i 即待测的电流值。 i 可以远大于电流源的电流 i_2 。

R_5 可改变电流源输出的大小, R_6 为电流源限流电阻。

例 17 多股电缆线断路诊断仪

一、应用电路

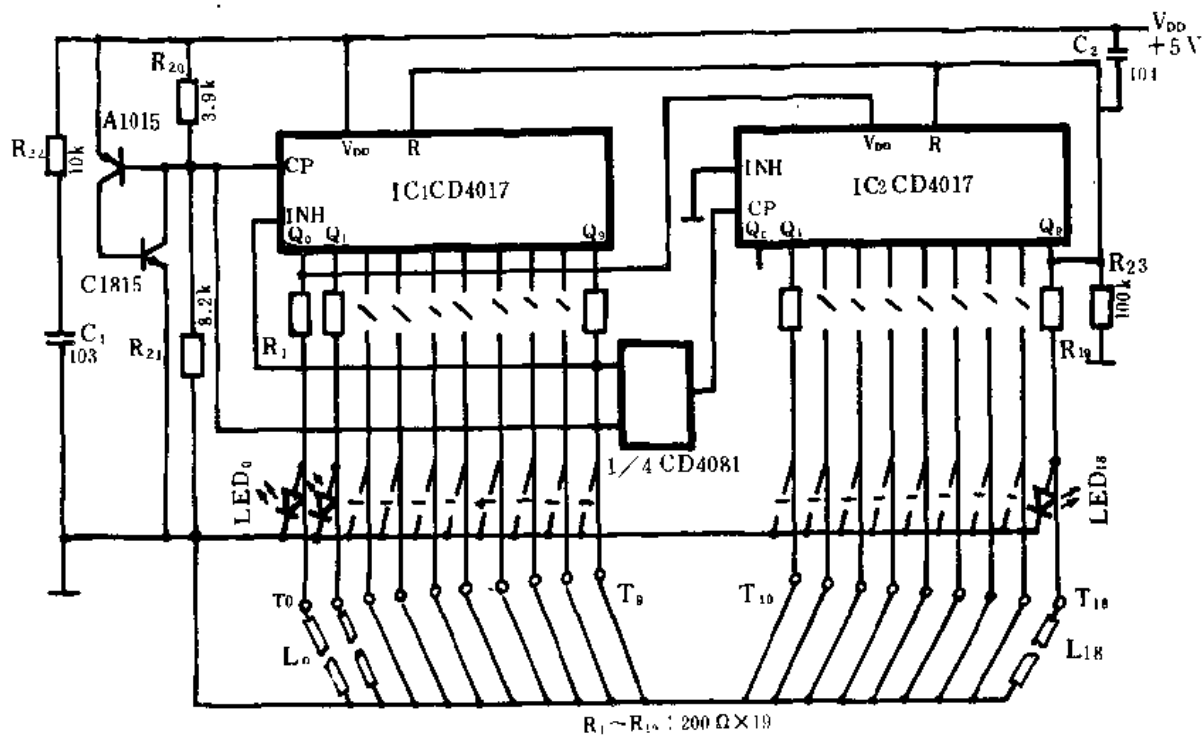


图 18 17 多股电线断路诊断仪

二、电路结构说明

电缆线断路诊断仪由十进制计数器/分配器 IC_1 、 IC_2 ($CD4017 \times 2$) 和二输入端 4 “与”门 $\frac{1}{4}CD4081$ 等构成。

图 18-17 中, A1015、C1815 等组成负阻高频振荡器, 用 2 只 $CD4017$ 级联, 中间加 $\frac{1}{4}CD4081$ 组成 19 芯电缆线断路诊断仪。高频振荡脉冲信号加至计数器 IC_1 的 CP 端, IC_1 的 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平。当 Q_9 为高电平时, IC_1 的使能端 INH 为高电平, 使 IC_1 停止计数, 并“记住” $Q_9 = “1”$, 即这时 $\frac{1}{4}CD4081$ 一个输入端为高电平, 而此门被打开。这时高频脉冲继续不断输入至 $\frac{1}{4}CD4081$ 的另一输入端, 使 IC_2 的 CP 得到计数脉冲而发生计数。 IC_2 的 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平。当 $Q_9 = “1”$ 时, 又使 IC_1 的复位端 $R = “1”$ 。而 IC_1 复位, 这样计数又开始重复以上过程。

通常数千米长的电线, 其电阻一般在几百欧姆之内。当电线有断路时, 使用上述诊断仪, 它的相应发光二极管 LED 会点亮。电线无断路, LED 被电线电阻短路至 GND, 对应的 LED 就无发光指示。 C_2 、 R_{23} 作为开机清零电路。

例 18 4 位 LED 显示电路

一、应用电路

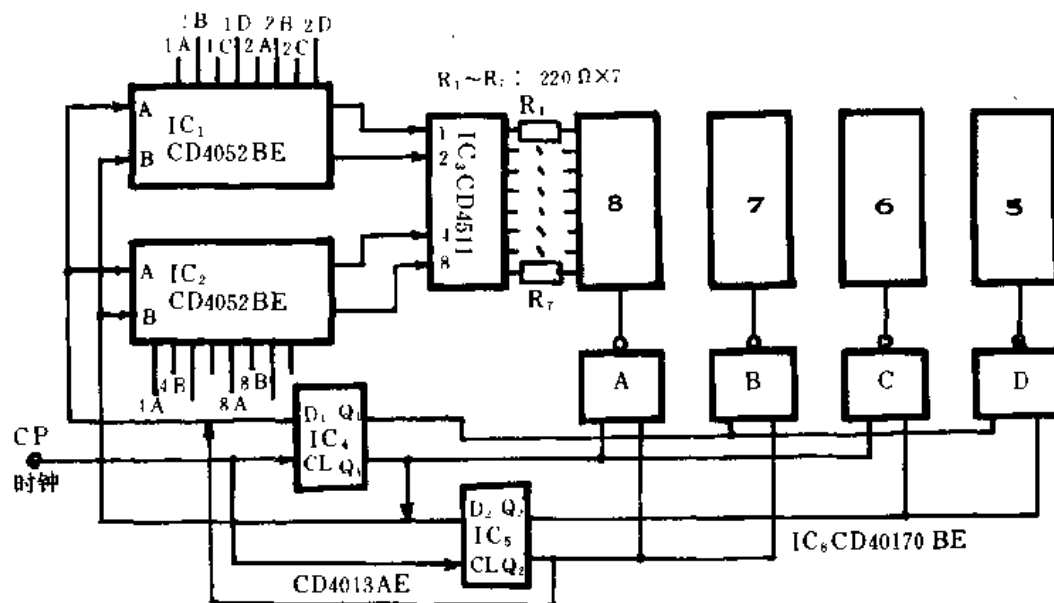


图 18-18 4 位 LED 显示电路

二、电路结构说明

采用 2 个差动 4 通道模拟多路双向开关 IC_1 ($CD4052BE$)、 IC_2 ($CD4052BE$)、D 触发器 IC_4 ($CD4013$)、 IC_5 ($CD4013$) 和译码器/驱动器 IC_3 ($CD4511$)、4 “与非”门缓冲器 IC_6 ($CD40170BE$) 以及 4 个 7 段 LED 显示器构成了 4 位 LED 显示电路。

时钟信号 CP 从 IC_5 、 IC_4 的 CL 端输入。

在外界输入时钟脉冲 CP 作用下, 双 D 触发器 IC_4 、 IC_5 输出端 $\overline{Q}_1$ 、 $\overline{Q}_2$ 去控制多路双向开

关 IC_1 、 IC_2 的控制端 A、B，选通 IC_1 、 IC_2 的输出 X、Y。并传送到 BCD—7 段锁存/译码/驱动器 IC_3 ，使 LED 显示器工作。同时， IC_4 、 IC_5 的输出端 Q_1 、 Q_2 输出至译码器 IC_6 ，按译码结果控制 7 段 LED 显示器工作。

例 19 微机信号跟踪器

一、应用电路

二、电路结构说明

微机信号跟踪器电路，由 14 级二进制串行计数器/分频器 CD4020、晶体管 V_1 、 V_2 和阻容元件等构成。它可以通过探头检测或跟踪到微机系统内地址、数据或控制逻辑等。

微探头测到脉冲信号输入 CD4020 的 $\overline{CP}$ 端 (⑩脚)，被 CD4020 分频输出。分频系数取决于选择开关 K 所接的输出端位置。开关 K 位置与对应分频输出见下表。显然，从分频输出的分频信号，可以推算出输入信号（探测到的脉冲信号）的频率。这就等于说，扬声器粗略听到的某一信号频率，是检测的信号的分频结果。这样，探头可据此跟踪。

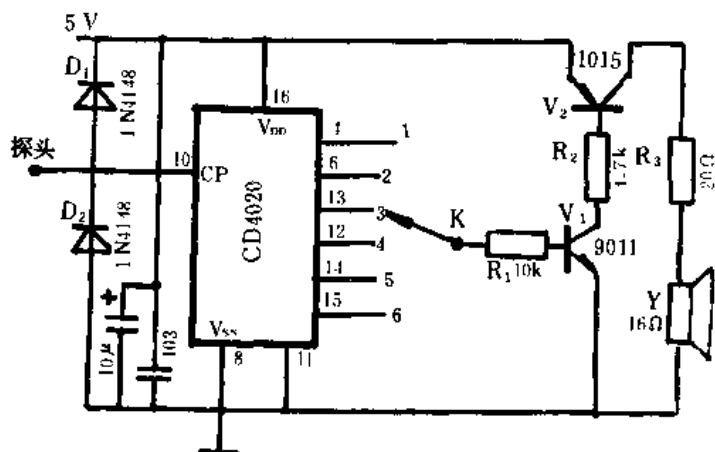


图 18-19 微机信号跟踪器电路

K 开关位置	分频系数	分频输出 (Hz)
1	2048	488.3
2	1024	976
3	512	1953.1
4	256	3906.25
5	128	7812.5
6	64	15625

例 20 4 变量偶数译码器

一、应用电路

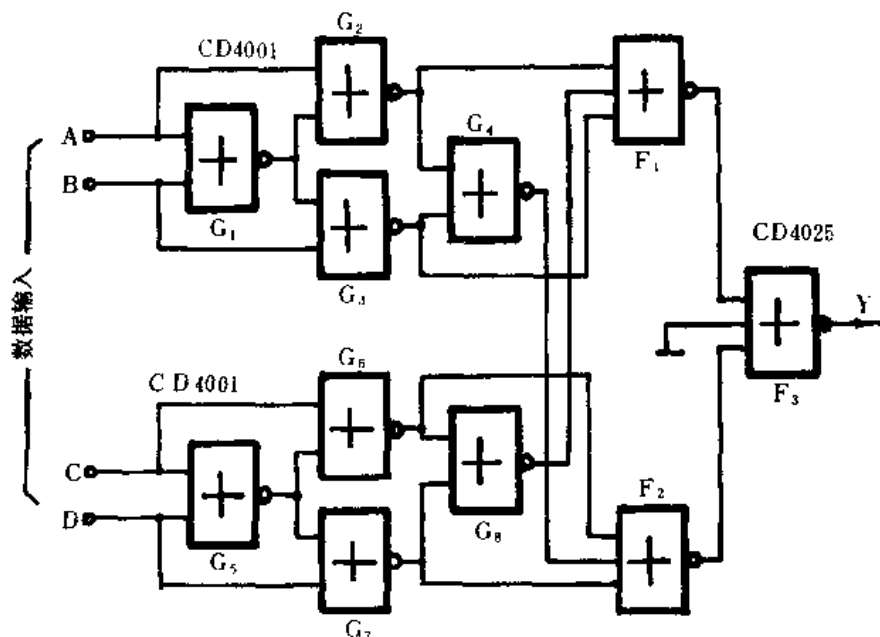


图 18-20 4 变量偶数译码器

二、电路结构说明

4 变量偶数译码器，由 2 输入端 4 “或非”门 $2 \times \text{CD4001}$ ($G_1 \sim G_8$)、3 输入端 3 “或非”门 CD4025 ($F_1 \sim F_3$) 构成。

当数据从 A、B、C、D 端输入电路时，如输入的 4 位二进制数 A、B、C、D 中有偶数个为高电平，那么，输出端 Y 则也为高电平。若输入数据 A、B、C、D 中有奇数个为高电平，那么输出端 Y 为低电平。

因此，电路用于采集数据为偶数时，其输出端有响应；当输入数据随机变化时，译码器输出端可检出偶数的个数。

例 21 数控单稳多谐振荡器

一、应用电路

二、电路结构说明

数控单稳多谐振荡器，是由 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{1}{4}\text{CD4011}$ (G_1 、 G_2)、十进制译码器 IC_2 (CD4028)、可预置数 BCD 可逆计数器 IC_1 (CD40192) 等构成的。

电路中， $\frac{1}{4}\text{CD4011}$ 的门 G_1 、 G_2 与电容 C_2 、虚线框内的网络电阻 R_0 等构成单稳态多谐振荡器。负触发脉冲经 R_1 、 C_1 微分电路之后加至振荡器，使振荡器进入暂稳态。这时门 G_1 输出高电平使晶体管 V 导通，并对电容 C_2 充电。门 G_2 输入端由高电平而按指数下降。当它直降至阈值电压以下时，门 G_2 输出变为高电平。振荡器输出脉宽为 $T = 0.66R_2C_2$ 的脉冲信号。

为了使输出脉宽可调，电路加入虚线框内的数控电阻 R_0 ，通过控制 R_0 的变化，达到改变振荡器输出的脉宽。

例 23 数字显示器 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

这种数字显示电路,由双同步 BCD 加法计数器 $\frac{1}{2}$ CD4518 和包含 LED 数码管、寄存、译码、驱动器在内的 CL002 构成。

当 CD4518 的 EN 端接高电平, R 端为低电平, CP 端作脉冲 f_i 输入端,并以上升沿触发计数,而后从 $Q_1 \sim Q_4$ 端输出“8421”码,给 CL002。CL002 对计数器输出的数码进行寄存,译码,驱动 LED 数码管显示 1~9 数字。

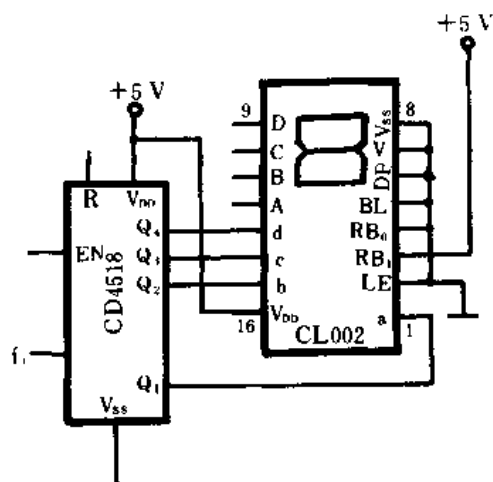


图 18-23 数字显示器电路 (2)

例 24 数字显示器 (3)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种采用可预置 BCD 可逆计数器 CD40192, BCD—8 段译码器 C305 和荧光数码管构成的数字显示器。

当 $\overline{PE} = "1"$, $R = "0"$, $CP_D = "1"$, CP_U 输入脉冲上升沿触发时,计数器进行加法计数。当 $\overline{PE} = "1"$, $R = "0"$, $CP_D = "1"$, CP_U 下降沿触发时,计数器进行减法计数。C305 将计数器输入的数码进行 BCD/8 段译码,驱动荧光管发光,显示一位数字。

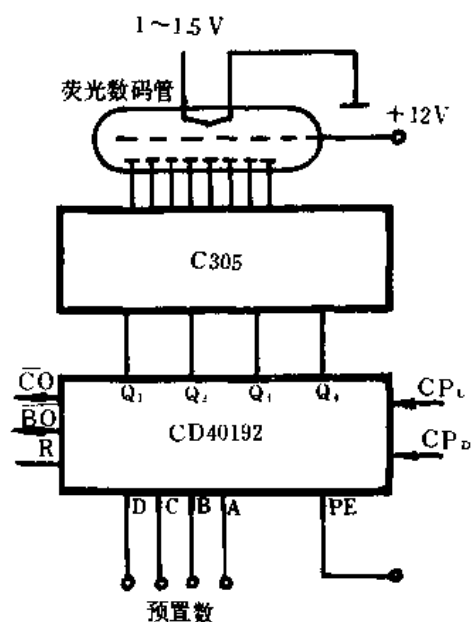


图 18-24 数字显示器 (3)

例 25 数字显示器 (4)

一、应用电路

二、电路结构说明

由 BCD 双同步加法计数器 $\frac{1}{2}$ CD4518、7 段锁存/译码/驱动器 CD4511 (或 CH4511)、6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 (G_1 、 G_2) 和 LED 发光数码管, 以及电阻、电容等构成 0~9 循环数字显示器。

电路中, $\frac{1}{6}$ CD4069 的门 G_1 、 G_2 构成振荡器, 输出脉冲作为计数器 CD4518 的时钟 CP 信号, 使计数器作加法计数。计数器输出 8421 码进入 CD4511 进行锁存、译码、驱动 LED 发光数码管显示数字。

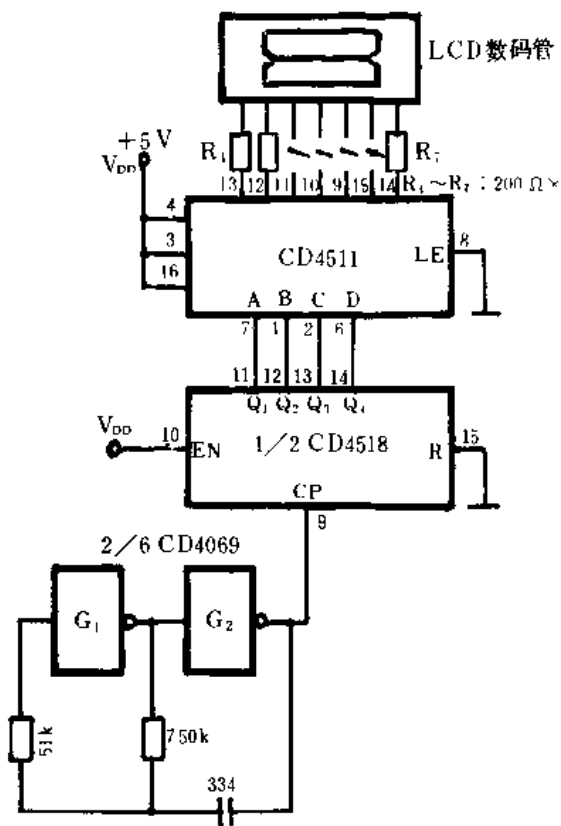


图 18-25 数字显示器 (4)

例 26 数字显示器 (5)

一、应用电路

二、电路结构说明

由 BCD-7 段液晶显示译码器 CD4055、BCD 双同步加法计数器 $\frac{1}{2}$ CD4518、双 D 触发器 CD4013、6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$) 和液晶显示器 1N13 构成了液晶显示的数字显示器电路。

电路中, CD4069 的门 $G_1 \sim G_3$ 构成了频率为 100Hz 振荡器; 门 $G_4 \sim G_6$ 组成产生频率为 2Hz 振荡器。CD4013 组成 2 个二分频。 $\frac{1}{2}$ CD4013 的二分频接门 G_3 , 把 100Hz 信号经二分频后, 从 Q_1 端输出 50Hz、占空比为 50% 的信号给 CD4055 的 Df_1 端。通过 CD4055 内部同相缓冲后, 由 Df_0 端再输出给液晶显示器的公共极, 以满足交流显示之需要。另一 $\frac{1}{2}$ CD4013 的二分频接门 G_6 , 把 2Hz 信号经二分频后由 Q_2 输出

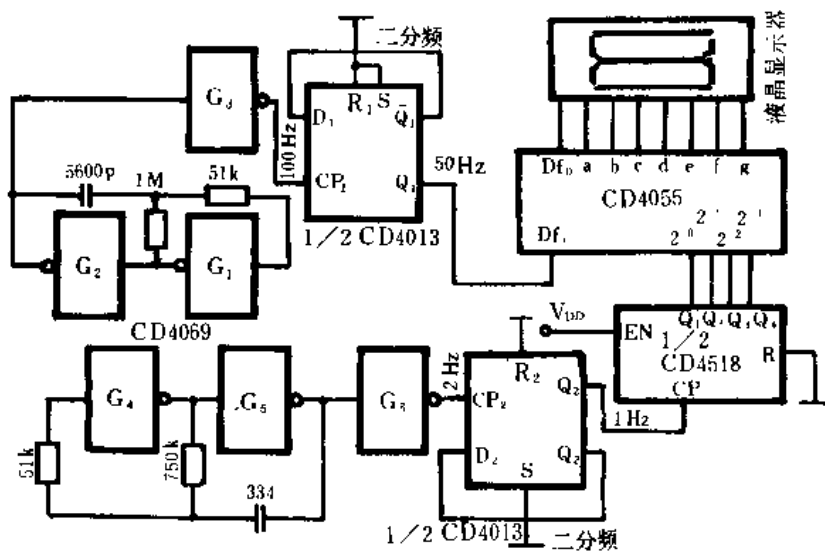


图 18-26 数字显示器 (5)

1Hz 信号给 CD4518 的 CP 端作时钟脉冲。在时钟脉冲的作用下,计数器进行加计数并输出 8421 码至 CD4055,而 CD4055 驱动液晶显示器显示相应笔段。

注意:液晶显示器应尽量减少交流显示频率中的直流分量,且要求交流信号频率在 30~200Hz 之间、占空比为 50%。显示信号频率过低时,液晶屏会出现闪烁,显示信号频率过高,功耗将增大。

例 27 电子电位器

一、应用电路

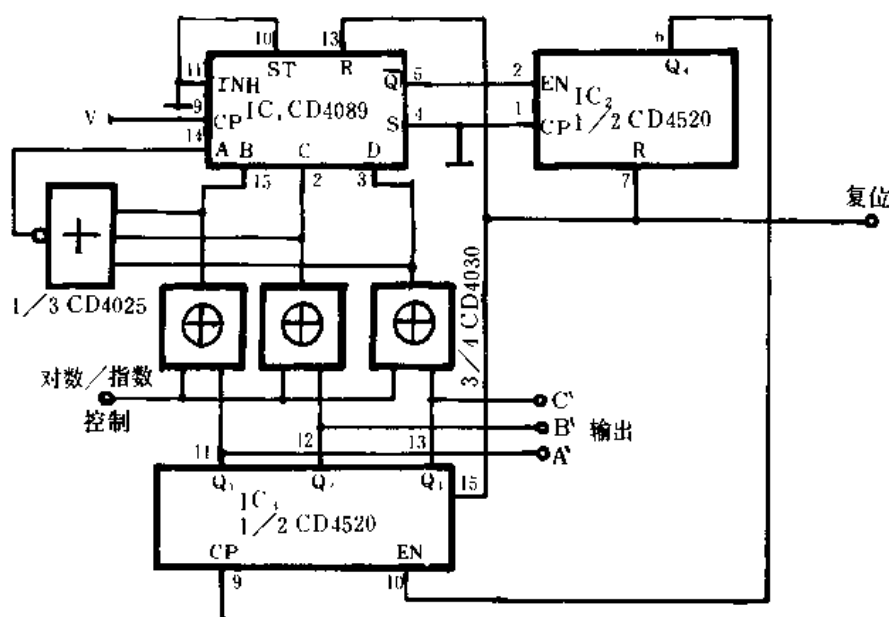


图 18-27 电子电位器

二、电路结构说明

电子电位器电路,由 3 输入端 3“或非”门 $1/3$ CD4025、二进制比例乘法器 CD4089、双 4 位二进制加法计数器 CD4520、2 输入端 4“异或”门 CD4030 等构成。

当“对数/指数控制”输入端为高电平状态时,IC₃ 输出的补数被加到 IC₁ 的 B、C、D 3 端,使 IC₁ 的输出脉冲数由多变少,乘法计数变得越来越少,电路输出 A'、B'、C' 是输入脉冲数的对数。

当“对数/指数控制”输入端呈低电平状态时,IC₃ 的输出真数被加到 IC₁ 的 B、C、D 数据输入端,使 IC₁ 的输出脉冲数由少变多,乘法计数变得越来越多,电路输出端 A'、B'、C' 端得到的是输入脉冲数的指数。

电路可以看出:IC₁ 的输出是通过 IC₂ 再加入到 IC₃,而 IC₃ 的输出又通过“异或”门反馈到 IC₁ 的 B、C、D 端,于是形成了一个数字伺服回路。这种接法有利于减少输出的波动。

例 28 8 通道数据选择器

一、应用电路

二、电路结构说明

8 通道数据选择器,是由 8 路数据选择器 CD4512、BCD 码的拨盘开关 K_N (K₁、K₂、

K₃) 等构成的。

当 CD4512 的 3 态控制端⑮脚为低电平时，数据输入端①~⑦、⑨与输出端⑭可由拨盘开关选择地址码 A、B、C 接通。例如，按拨盘开关输入地址码 A、B、C 为“111”，查 CD4512 真值表第 8 行，对应的数据输入端⑨脚与输出端⑭脚内接通，于是，数据 D₇ 被传送至输出端。

CD4512 的禁止端⑩脚 (INH) 接 GND。当 3 态控制端⑮脚为高电平时，查 CD4512 真值表第 10 行，有输入数据被禁，输出端⑭脚呈高阻状态。

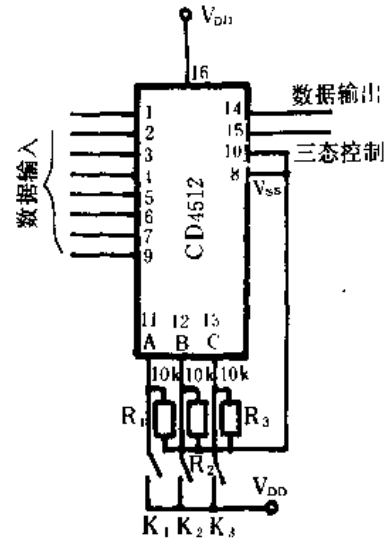


图 18-28 8 通道数据选择器

CD4512 真值表

行	选 择 控 制			INH ⑩	三态控制 ⑮	选择输出 Q ⑭脚
	A	B	C			
1	0	0	0	0	0	①D ₀
2	1	0	0	0	0	②D ₁
3	0	1	0	0	0	③D ₂
4	1	1	0	0	0	④D ₃
5	0	0	1	0	0	⑤D ₄
6	1	0	1	0	0	⑥D ₅
7	0	1	1	0	0	⑦D ₆
8	1	1	1	0	0	⑨D ₇
9	∅	∅	∅	1	0	0
10	∅	∅	∅	∅	1	Z

注：∅为任意值 Z 为高阻状态

例 29 16 通道数据选择器

一、应用电路

二、电路结构说明

由 16 通道多路双向开关 CD4067，和运算放大器 F007 等构成 16 通道数据选择器。CD4067 的⑩脚为禁止端 (INH) 接 GND， $R_1 \sim R_4$ ($4 \times 10k$) 为下拉电阻也接 GND。

CD4067 的输入端 $V_{i1} \sim V_{i15}$ 与①脚 (公共端 OUT/IN) 的选通，是由与 A、B、C、D 脚相连的编码开关选择的。比如，选择 A、B、C、D 地址码为“1010”，据 CD4067 真值表可找到其对应输入端为⑤脚。它与①脚 (公共端 OUT/IN) 接通。因此， V_{i5} 便通过模拟开关传输到运放 F007 的正相输入端，经放大后输出 V_o 。

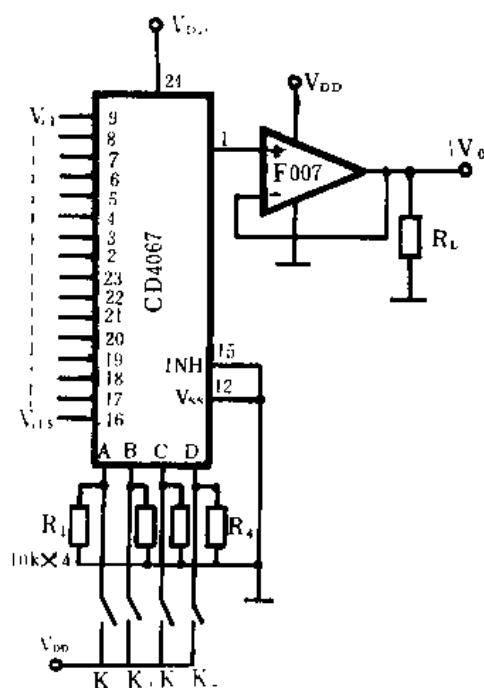


图 18-29 16 通道数据选择器

例 30 并行/串行数据转换电路 (1)

一、应用电路

二、电路结构说明

并行—串行数据转换电路，由 8 位静态移位寄

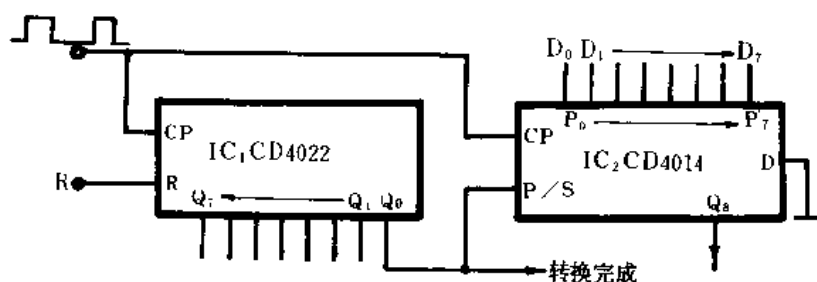


图 18-30 并行/串行数据转换电路 (1)

存器 CD4014 和八进制计数器/分配器 CD4022 构成。其中，CD4014 的 P/S 端与 CD4022 的 Q_0 端相联接。

当 IC_1 (CD4022) 的 R 端加上正脉冲时，则 Q_0 端输出高电平，于是 IC_2 (CD4014) 的 P/S 端也为高电平。 IC_2 便执行并行操作。在时钟脉冲作用下，一方面 $D_0 \sim D_7$ 送入 IC_2 寄存，另一方面 IC_1 的 Q_0 端由高电位跳变到低电位，进而使 IC_2 由并行操作转为串行操作，并从 Q_8 端输出串行数据。当第 8 个时钟脉冲输入时， IC_1 的 Q_0 端又由低电平跳变为高电平， IC_2 又一次转为并行操作。这样，不断输入时钟脉冲 CP，就能不断地将并行数据转接为串行数据。

例 31 并行/串行数据转换电路 (2)

一、应用电路

二、电路结构说明

这是一种采用十进制计数器/分配器 CD4017、8 位静态同步移位寄存器 CD4014、双 D 触

发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 和 2 输入端 4 “与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011 构成的并行/串行数据转换电路。其中, CD4013 和 CD4011 构成同步触发器, 使串行输出的数据与时钟同步。而 $\frac{2}{4}$ CD4011 组成的 R-S 触发器又与 CD4017 构成同步复位式 9 进位计数器。

时钟脉冲 CP 不断地输入 CD4017, 使计数器从 Q_1 计数到 Q_9 , 即输出 9 个脉冲。待到 $Q_9 = “1”$ 时, 其 R 端电位也为 “1” 而复位。这就是说, 计数器以 9 个脉冲为一个计数循环, 计数器用 Q_0 (1 位时间) 进行并行移位, 而其余 $Q_1 \sim Q_9$ 时间是在进行串行移位。当计数器的 Q_0 输出加至 CD4014 的 “工作方式选择控制端” P/S 上, $Q_0 = “1”$, P/S = “1” 时, CD4014 输入并行数据 $P_0 \sim P_7$ 。

计数器 CD4017 处于 1~8 脉冲状态时, $Q_0 = “0”$, 那么 CD4014 的 P/S = “0”, 这时并转换成串行, 从 CD4014 的 Q_8 端输出同步信号至 CD4013 的 D 端, 而从 CD4013 的 Q 端输出串行数据。

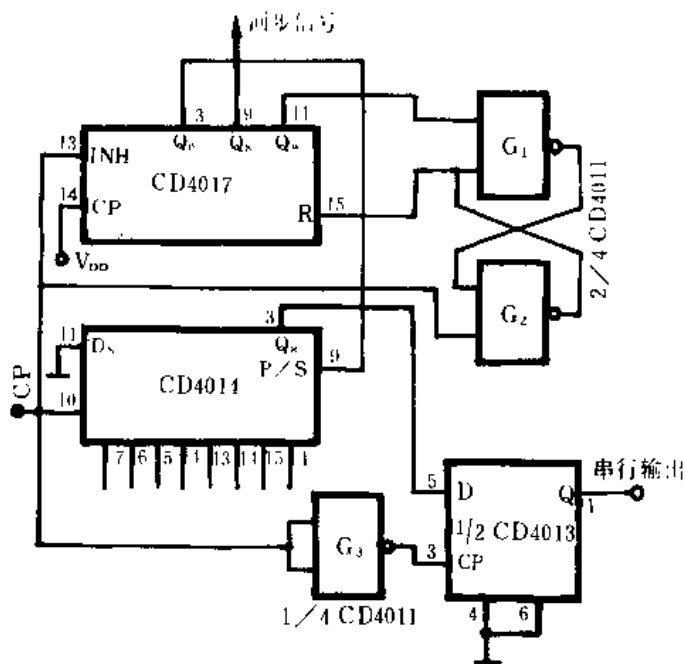


图 18-31 并行/串行数据转换电路 (2)

例 32 数据排队寄存电路

一、应用电路

二、电路结构说明

数据排队寄存电路, 是由双 4 位静态移位寄存器 CD4015 和双 D 触发器 $\frac{1}{2}$ CD4013 构成的。它用于数字系统或计算机中对输入数据进行排队而依次寄存。电路中, CD4015 的两个移位寄存器为串行级联, 形成 8 级串行输入、并行输出。前级数据输入端 D_1 接 V_{DD} , 末级输出端 Q_{42} 接 CD4013 的 D 端, 复位端 R_1 、 R_2 接 CD4013 的 Q 端。

在时钟脉冲 CP 的作用下, 高电平数据将逐次移位通过, 最后到达 Q_{42} , 并使 CD4013 的 D 端得到这

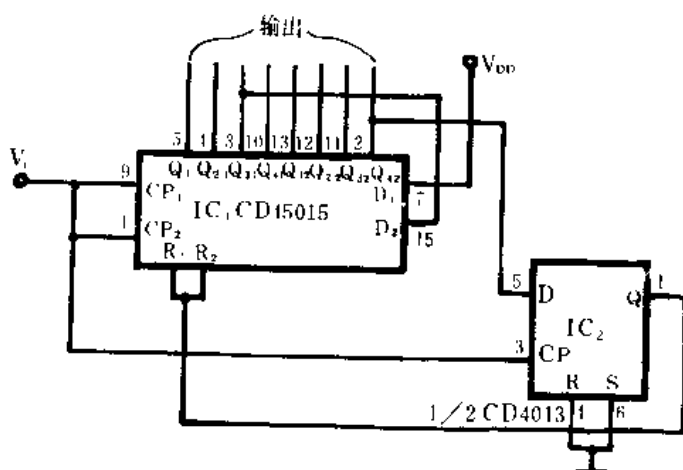


图 18-32 数据排队寄存电路

一高电平。同时，在 CP 作用下，CD4013 的输出端 Q 输出高电平，使 CD4015 的 R₁、R₂ 端得到高电平而复位。于是，在时钟脉冲 CP 过后，CD4015 复位消失，等待高电平再一次移入寄存器内。

例 33 4 通道模拟数据选择器

一、应用电路

二、电路结构说明

4 通道模拟数据选择器电路，是由双二进制 4 选 1 译码器（高电平输出有效） $\frac{1}{2}$ CD4555、4 双向模拟开关 CD4016 等构成。

电路中，CD4016 是作为 4 路传输数据 $V_{i1} \sim V_{i4}$ 的控制开关。当二进制数码 A_1B_1 作为选择开关接通地址，在允许端 $\overline{EN}$ 的控制下， $\frac{1}{2}$ CD4555 的输出 $Q_0 \sim Q_3$ 为 CD4016 模拟开关提供控制信号。注意，当 $\overline{EN}$ 为高电平时，CD4555 译码被禁止，而 CD4016 呈全部关断状态；当 $\overline{EN}$ 为低电平时，CD4555 恢复译码功能，并按二进制数码 A_1 、 B_1 进行译码，而后使相对应的一路输出为高电平，促使 CD4016 的某个对应门导通，实现相应的输出数据。

例如，当 $\overline{EN} = "0"$ 时， $A_1 = "1"$ ， $B_1 = "0"$ ，则据 CD4555 的真值表查知：输出端 Q_1 为高电平。于是，CD4016 的门 G_2 导通，数据 V_{i2} 即被传输到 V_o 端。

它适用于数字系统中的数据选择和数据传输。当然，电路还可以扩展为多通道传输。

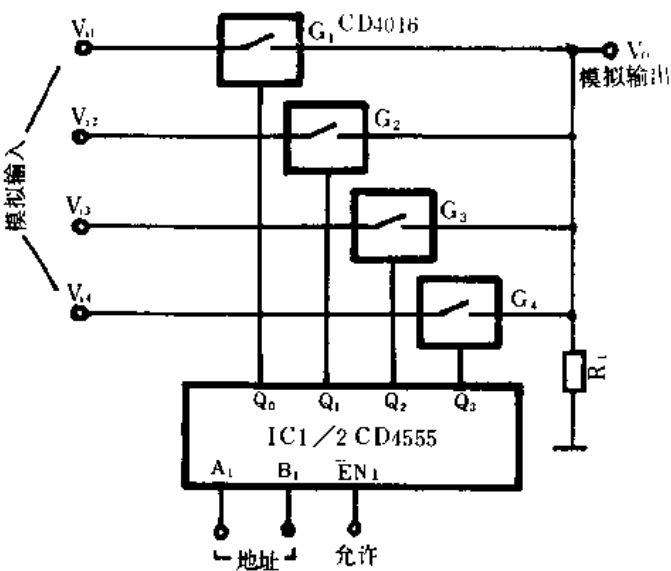


图 18-33 4 通道模拟数据选择器

CD4555B 真值表

输 入			输 出			
$\overline{EN}$	B	A	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0
1	$\varnothing$	$\varnothing$	0	0	0	0

$\varnothing$ 为任意值

二、电路结构说明

程序控制电路,是由时基电路 $IC_1 \sim IC_4$ (CH7555)、R-S 锁存器 IC_5 (CD4044)、2 输入端 4 “与”门 IC_6 (CD4081)、6 反相器 IC_7 (CD4069) 及阻容等元件构成。

$IC_1 \sim IC_4$ 与阻容元件组成 4 个不同定时常数的单稳态电路,经串接后成为循环触发电路。 IC_7 是开机反相触发电路,使各单稳态电路定时置位。 IC_6 的 4 个门分别控制着 IC_5 的 4 个 R-S 锁存器。当按下启动按钮 AN 后, IC_1 置位,单稳态电路的暂稳结束时,便完成了程序 I 运行;接着通过“与”门电路,使 IC_5 中的 FF_1 触发器复位,还同时使 IC_2 置位,启动完成程序 II……直至完成程序 IV 后周而复始,循环往复。

每一程序的定时时间,可通过调节 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 的值予以确定。

例 36 简易工业程控电路

一、应用电路

二、电路结构说明

简易工业程控电路,主要由 IC_1 (NE555) 时基电路、双 D 触发器 IC_2 (CD4013)、4 “与非”门 IC_3 (CD4011)、十进制计数器/脉冲分配器 IC_4 (CD4017) 和三极管等元器件构成。

将编制好了的录音带或语言集成电路的程序,用音频信号方式从 V_i 端输入电路,经晶体管 V 的放大后,送至单稳态触发电路(由 IC_1 与 R_6 、 C_3 组成)。每当 V_i 端输入 1 个音频信号, IC_1 便触发置位 1 次,形成周期约 0.6s 的正极性脉冲。这一极性脉冲被送至双 D 触发器 IC_2 ($\frac{1}{2}$ CD4013) 的 CP 端。而 IC_2 接成翻转型触发器,每当送进一正脉冲 CP, IC_2 则从 Q_2 输出改变一次状态。

IC_2 输出分二路:一路加至 V_{10} 为各继电器开通电源;另一路送至 IC_3 ($\frac{3}{4}$ CD4011) 组成的振荡周期 $T=2 \cdot 2R_5C_5$ 的脉冲键控多谐振荡器。 IC_3 产生的振荡脉冲作为 IC_4 的⑩脚计数脉冲 CP。在 CP 作用下, IC_4 从 $Y_0 \sim Y_9$ 依次逐个输出脉宽为 1s 的高电平脉冲。于是,三极管 $V_0 \sim V_9$ 依次逐个被导通,并相应控制着继电器 $J_0 \sim J_9$ 的吸合,使与继电器相接的电磁阀或其它随动机构进行 10 个动作的程控。

应当明确,10 个继电器的吸合可以任意编排或选择,以满足工业程控。

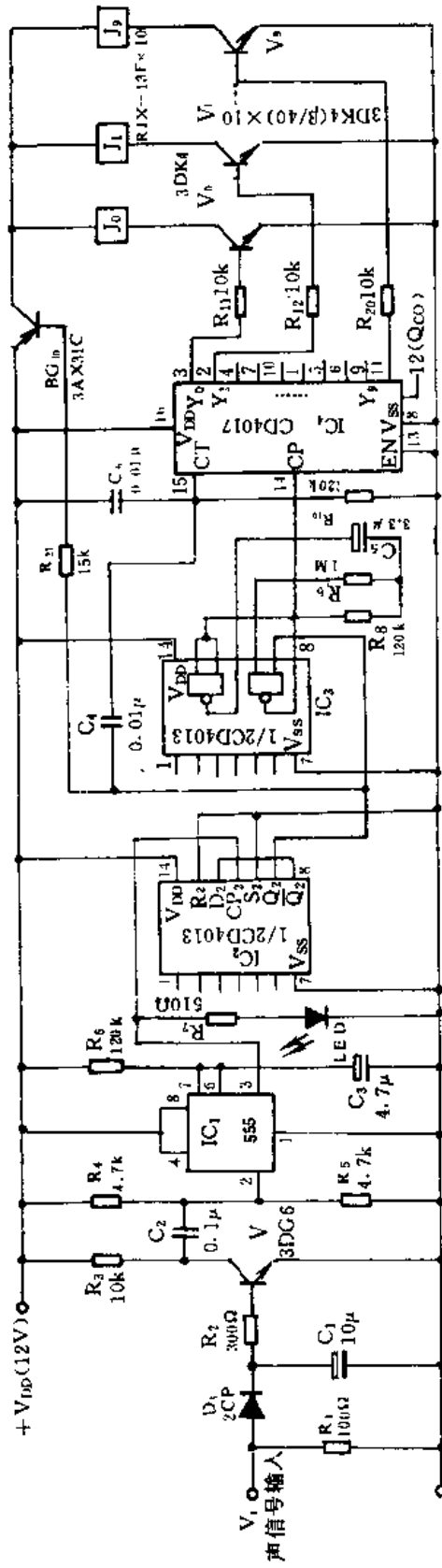


图 18-36 简易工业程控电路

例 37 数字温度计电路

一、应用电路

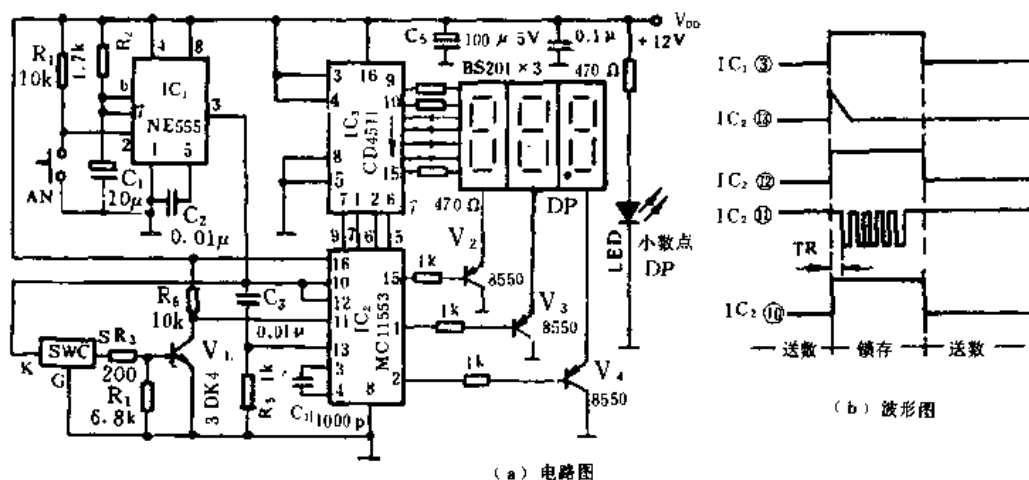


图 18-37 数字温度计电路

二、电路结构说明

这种新型数字温度计电路，由感温头 SWC（数字式温度传感器 AD590）、时基电路 IC₁（NE555）、3 位 BCD 计数器 IC₂（MC14533）、7 段锁存/译码/驱动器 IC₃（CD4511），以及晶体管、发光二极管等元器件构成。SWC 能将感知的温度转换成数字量，以串行脉冲个数来表示所测温度度数。它标定每个脉冲表示 0.1℃ 的温度增量，因此 0~100℃，需对应 0~1000 个脉冲，其转换速度小于 50ms。

当 IC₁ 和 R₂、C₁ 等组成的单稳态电路，产生定时宽度为 $t_d = 1.1R_2C_1$ ，且约为 50ms 的闸门的脉冲信号。这种脉冲信号一部分加到 SWC 的 K 极，另一部分输入 IC₂ 的⑩、⑫脚，还有一部分通过 C₃、R₅ 经微分后以正脉冲作为 IC₂ 清零信号。当 SWC 的 K 端输入 50ms 的闸门脉冲后即启动，输出串行脉冲，并经 V₁ 放大后送到 IC₂ 的⑪脚进行计数。于是 IC₂ 的⑤、⑥、⑦、⑨脚输出的 BCD 码经 IC₃ 的锁存/译码，最后驱动共阴极 7 段 LED 数码管进行动态显示。

例 38 压力传感数字表

一、应用电路

二、电路结构说明

压力传感数字表电路由时基电路 CH7555、双 D 触发器 CD4013、BCD 加法/减法计数器 CD40192、CD4011，以及压敏电阻等组成。从电路图可以看出：IC₁（CH7555）和 (R₁+R_x)、R₂、C₁ 组成多谐振荡器。IC₅（CH7555）和 R₃、R₄、C₂ 组成无稳态多谐振荡器，输出基准脉冲。压敏电阻 R_x 阻值与压力成比例变化。R_x 又是 IC₁ 多谐振荡器时间常数组成部分，决定其振荡频率 $f = 1.44 / (R_1 + R_x + 2R_2) \cdot C_1$ ，也就是决定了基准脉冲频率。这个频率信号由 IC₃ ③脚输出，通过 IC₂ 的 YF₁、YF₃ 一个输入端输入。

IC₅ 的振荡信号脉冲，一路输给 IC₂ 的 YF₂，另一路经 IC₆ 的二分频后加到 YF₁。两个振荡器的信号均输入 IC₂，最后加至 BCD 加法/减法可逆计数器 IC₃、IC₄ 进行计数，而后输出相

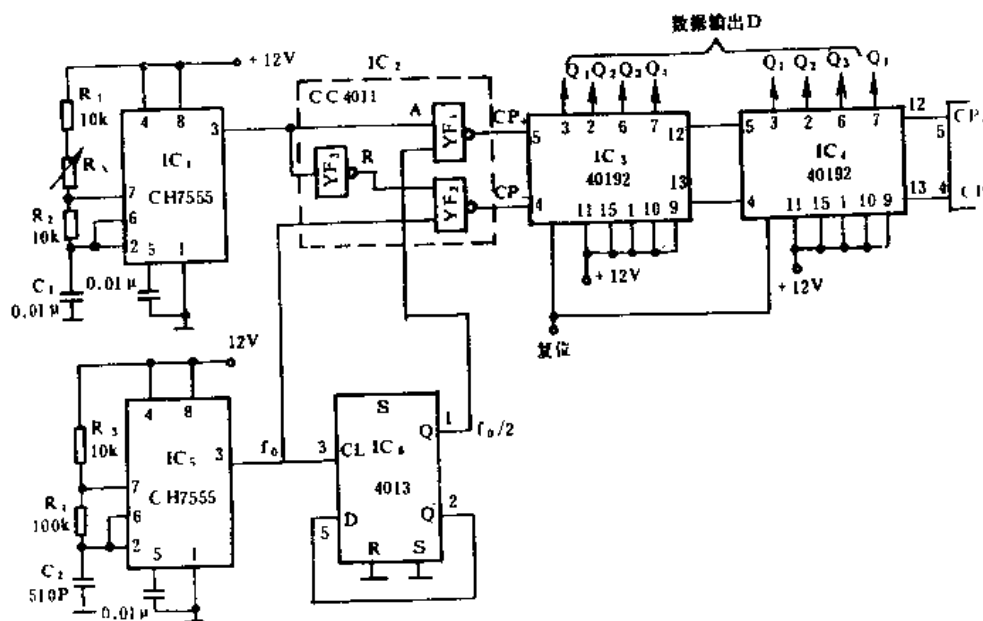


图 18-38 压力传感数字表电路

应数据信号，再经译码、驱动和数码显示，直观显示出压力大小。

例 39 数控电阻网络

一、应用电路

二、电路结构说明

双 4 位二进制加法计数器 CD4520 的输出端联接一块 4 “异或”门 CD4070，组成十六进制可逆计数器。该计数器又与传输门 CD4066、电阻组成电阻网络，即数控电阻网络。

当“异或”门的控制端 X = “0”时，计数器的输出为加法计数。当“异或”门的控制端 X = “1”时，计数器的输出端变为减法计数。计数真值，如表 1。

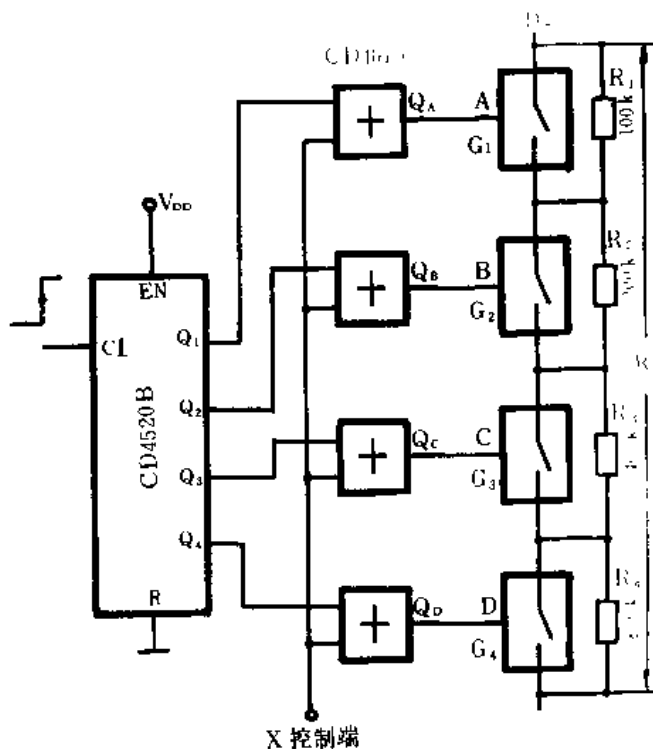


图 18-39 数控电阻网络

表 1

输入脉冲	X	输 出				输入脉冲	X	输 出			
		Q _D	Q _C	Q _B	Q _A			Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
0	0	0	0	0	0	16	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	17	1	1	1	1	0
2	0	0	0	1	0	18	1	1	1	0	1
3	0	0	0	1	1	19	1	1	1	0	0
4	0	0	1	0	0	20	1	1	0	1	1
5	0	0	1	0	1	21	1	1	0	1	0
6	0	0	1	1	0	22	1	1	0	0	1
7	0	0	1	1	1	23	1	1	0	0	0
8	0	1	0	0	0	24	1	0	1	1	1
9	0	1	0	0	1	25	1	0	1	1	0
10	0	1	0	1	0	26	1	0	1	0	1
11	0	1	0	1	1	27	1	0	1	0	0
12	0	1	1	0	0	28	1	0	0	1	1
13	0	1	1	0	1	29	1	0	0	1	0
14	0	1	1	1	0	30	1	0	0	0	1
15	0	1	1	1	1	31	1	0	0	0	0

从表 1 可知：当 D、C、B、A 端电平分别为 0、0、0、0 时，4 个传输门 G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 均被关断，网络的总电阻 R_t 为 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 电阻的串联值，即 $R_t=1.5\text{M}\Omega$ 。当 D、C、B、A 端电平分别为“0、0、0、1”时，仅 G_1 导通， $R_t=1.4\text{M}\Omega$ ……以此类推，可以得出 D、C、B、A 的 16 种状态所对应的电阻值。这 16 种阻值如下表 2 所列。从（表 2）可以看出：电阻各级差为 $100\text{k}\Omega$ 。由于 G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 的导通电阻约几百欧姆，且远小于网络的并联总电阻 R_t 。因此，在计算网络的并联总电阻时，传输门电阻可以略而不计。然而，在 D、C、B、A 电平分别为 1、1、1、1 时，这 4 个传输门全部导通，此时的网络总电阻 R_t ，便取决于传输门本身的导通电阻串联之和，其阻值约为 $1\sim 1.5\text{k}\Omega$ 。

由于数控电阻网络接成 16 进制可逆计数器，所以电阻网络在数控下可加亦可减。

表 2

D	C	B	A	R_t ($\text{M}\Omega$)
0	0	0	0	1.5
0	0	0	1	1.4
0	0	1	0	1.3
0	0	1	1	1.2
0	1	0	0	1.1
0	1	0	1	1.0
0	1	1	0	0.9
0	1	1	1	0.8
1	0	0	0	0.7
1	0	0	1	0.6
1	0	1	0	0.5
1	0	1	1	0.4
1	1	0	0	0.3
1	1	0	1	0.2
1	1	1	0	0.1
1	1	1	1	0.04

例 40 数控可变增益放大器

一、应用电路

二、电路结构说明

以数控电阻网络（在例 39 中已作介绍）作为运放比例放大器的反馈电阻 R_f 时，放大器便成了具有增益可以数字化控制的比例放大器。

放大器的放大倍数 $K = \frac{R_f}{1000k\Omega}$ 。不难知道 K 的可变等差级数为 1、2、3……15。注意，该放大器要求数控电阻网络的电源电压范围应能覆盖输入输出信号的电压幅度。

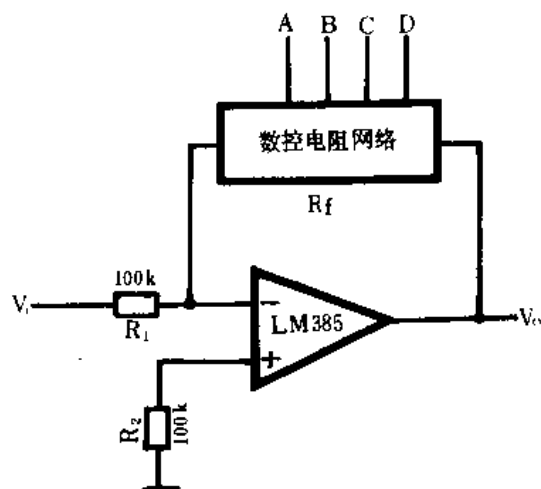


图 18-40 数控可变增益放大器

例 41 数控电容网络

一、应用电路

二、电路结构说明

CD4520 和 CD4070 组成十六进制可逆计数器，而后它再与传输门 CD4066、电容构成数控电容网络。

计数器工作原理于本章例 39 数控电阻网络部分已经介绍过，这里不再重复。

电容网络所对应 D、C、B、A 端电平分别从“0、0、0、0”到“1、1、1、1”，其总电容 C_T 值则从 0 变到 1500p（或从 1500p 变到 0），递增(减)量每级 100p。

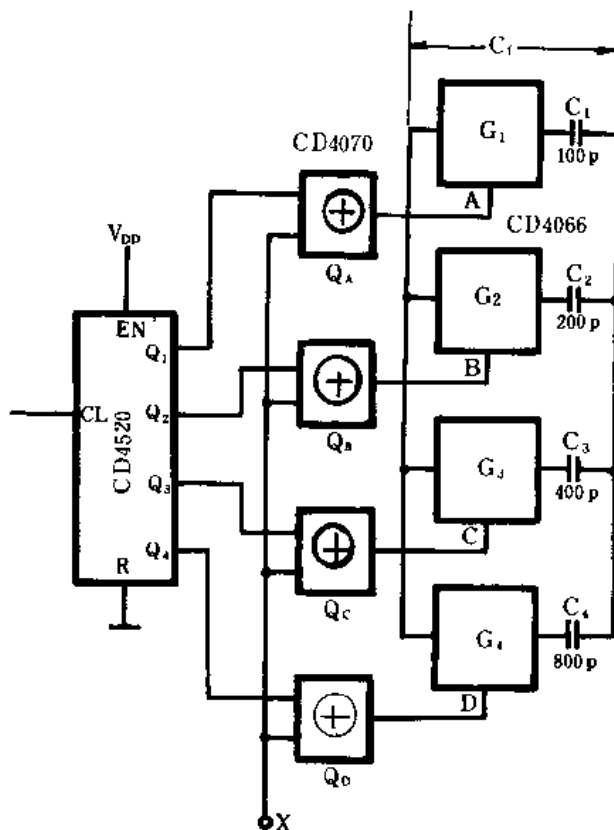


图 18-41 数控电容网络

例 42 计算机外存调制与解调电路

一、应用电路

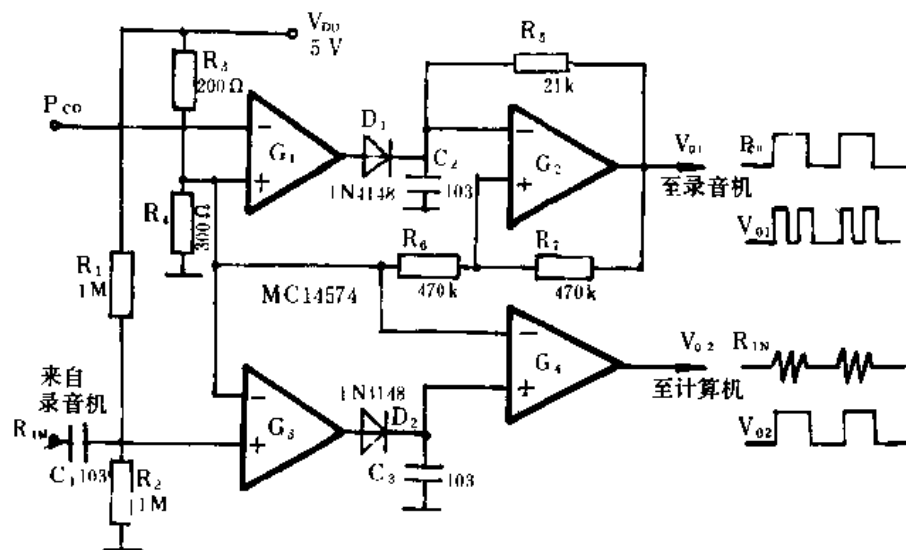


图 18-42 计算机外存调制与解调电路

二、电路结构说明

计算机外存调制、解调电路由 CMOS 工艺制造的 4 电压比较器 $G_1 \sim G_4$ (MC14574) 等构成。

调制工作时，微机（例如 8031 或 8255 等）的 P_{CO} 输出“0”电平时， G_1 输出“1”，经 G_2 反相器， V_{01} 输出为“0”。当 P_{CO} 输出“1”时， G_1 输出为“0”， G_2 起振， V_{01} 输出门控方波。 V_{01} 的输出被送录音机，外存于磁带上。

解调工作时，当录音机无锯齿波输出时， G_3 输出为“0”， G_4 输出也为“0”；当录音机输出有锯齿波时， G_4 输出方波，经 D_2 、 C_3 充电，使 V_{02} 输出为“1”电平，解调出计算机所需的二进制代码信号。

例 43 传输门数据记忆器

一、应用电路

二、电路工作原理

传输门数据记忆（暂存）器电路，由传输门 $\frac{3}{4}$ CD4066 和反相器 $\frac{3}{6}$ CD4069 构成。

当时钟 $CL = “1”$ 时， G_1 导通， V_i 经 G_1 及反相器 A_2 、 A_3 送至 V_o 。这时 $V_o = V_i$ 。然而，当 $CL = “0”$ 时， G_2 导通，原来的数据经 G_2 和 A_2 、 A_3 得到保持。此时，由于 G_1 被关断， V_i 对 V_o 没有影响了。即原来的数据被记忆。

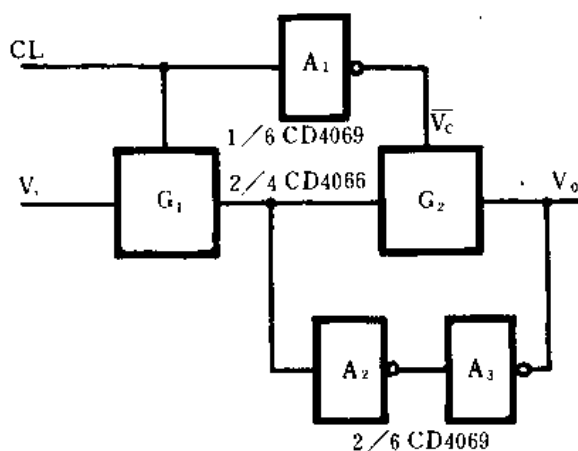


图 18-43 传输门数据记忆器

例 44 8 通道多路转换器

一、应用电路

二、电路工作原理

采用八进制计数器 CD4022、模拟门 CD4066 和双互补对加反相器 CD4007 组成 8 通道多路转换器。

从电路图 18-44 可以看出：时钟脉冲从 CD4022 的 CL 端输入，CD4022 作 8 进制计数，同时像步进开关那样按序号选择模拟门开关导通。也就是说，在扫描时钟脉冲的每周期能使某一通道导通。CD4007 实际上是作为单刀双掷开关使用。当 $n < 4$ 时，CD4022 的 $C_0 = "1"$ ，CD4007 中的 G_1 导通，让 $Q_0 \sim Q_3$ 的信号通过；当 $n \geq 4$ 时，CD4022 的 $C_0 = "0"$ ，CD4007 中的 G_2 导通，让 $Q_4 \sim Q_7$ 的信号通过。

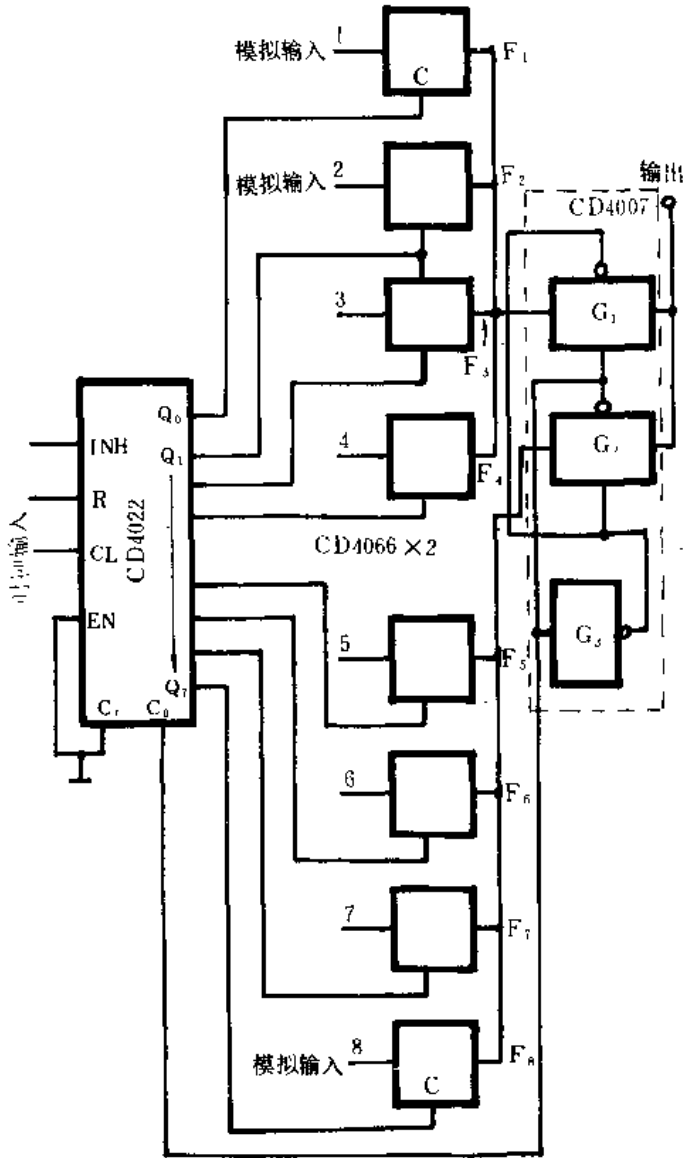


图 18-44 8 通道多路转换器

例 45 单片机的 A/D 转换电路

一、应用电路

二、电路结构说明

本电路为由锁相环集成电路 CD4046、6 反相器 $1/6$ CD4069 (G_1)、双运放 $1/2$ LM458 (F) 等构成的单片机的 A/D 转换电路。

电路中，CD4046 接成一个单纯压控振荡器 VCO 电路。其输出端 VCO₀ 的输出频率的大小，完全取决于其输入端 VCO₁ 输入电压的高低。前级运算放大器 F 接成跟随器的电路。这一电路具有高的输入阻抗，以提高测量精度。CD4046 输

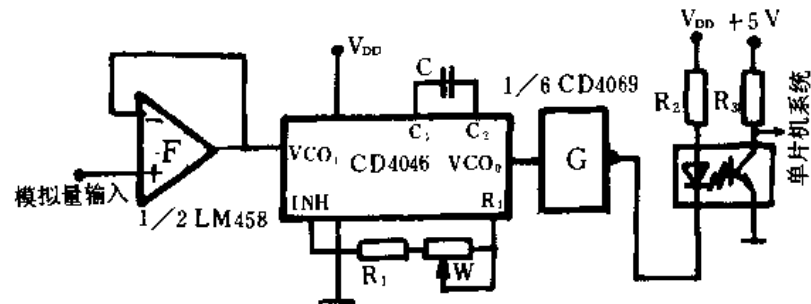


图 18-45 单片机的 A/D 转换电路

出端 VCO。输出的脉冲信号经缓冲后通过光电耦合器输入到单片机系统。单片机系统通过检测其输入频率大小，就得到检测端输入电压的高低。

由于 CD4046 的压控振荡器具有非常好的线性度（从 $0V \sim V_{DD}$ ）。因此，单片机的检测程序可以做得很简单。测量精度可以由采样频率的时间间隔来决定，而不受其它限制。

例 46 数控双向电流源

一、应用电路

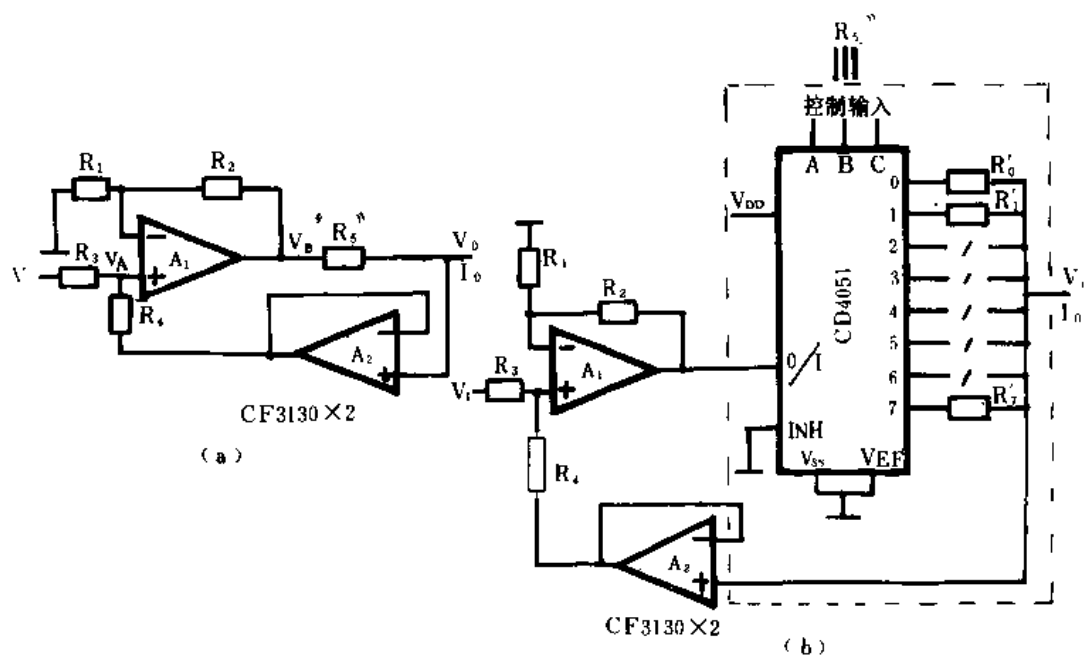


图 18-46 数控双向电流源

二、电路结构说明

在自动化测量系统中，如测量器件特性、晶体管的 β 值、二极管的击穿电压等，都用到一种“数控电流源”。用 2 只运算放大器 CF3130 和单 8 路模拟开关 CD4051 可以组成一个“数控双向电流源”。

图 18-46 (a) 是双向电流源电路原理图。图 18-46 (b) 中虚线框内电路是 (a) 图中 R_5 的等效电路。从图 18-46 (a) 可以得知： $V_A = \frac{V_O + V_1}{2}$ 。而 A_1 输出电压 $V_B = 2V_A$ ，输出电流 $I_o = V_1/R_5 = \frac{V_B - V_O}{R_5}$ 。输入电压 V_1 的极性决定了电流源的电流方向。 V_1 正向时，供给负载电流； V_1 负向时，则从负载吸收电流。

然而，当 CD4051 单 8 路模拟开关接入上述双向电流源电路中时，从开关地址输入端 A、B、C 输入数字信号，从而可以获取程控恒定电流。当 $R_5 < 10k\Omega$ 时，电路可获较大量程的恒定电流。

应当指出：输入电压 $V_1 < \pm 5V$ 时，需要对电路中的运放进行调零。

例 47 数控运算放大器增益电路

一、应用电路

二、电路结构说明

利用运放 $1/4$ LM324 (N)、反相器 $3/6$ CD4069 (IC_a 、 IC_b 、 IC_c)、二极管、电阻等可以构成数控运算放大器增益电路。它应用于计算机控制的模拟系统。

电路中, IC_a 、 IC_b 和 IC_c 的 3 个输入端分别是 A、B、C。A、B、C 端输入三者或二者或一者为高电平, 共可构成 8 种输出不同组合的“接地电阻” R_x , 用来改变运放 $1/4$ LM324 的反馈量, 达到数控运放的电压增益。例如, 当 A 端输入为高电平, 其它两端为低电平, 则 IC_a 输出端为低电平, R_2 被接入低电平, 也就是相当于 R_2 接地。而此时运放反馈量是 R_f 。根据运放的电压增益计算式为:

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_x} \quad (R_x \text{ 为反相器输入端对地电阻})。$$

从上式可知 R_x 的改变, 便可改变或控制 A_v 。倘若需要更多地控制增益 A_v , 可在电路中增加反相器、二极管和电阻。

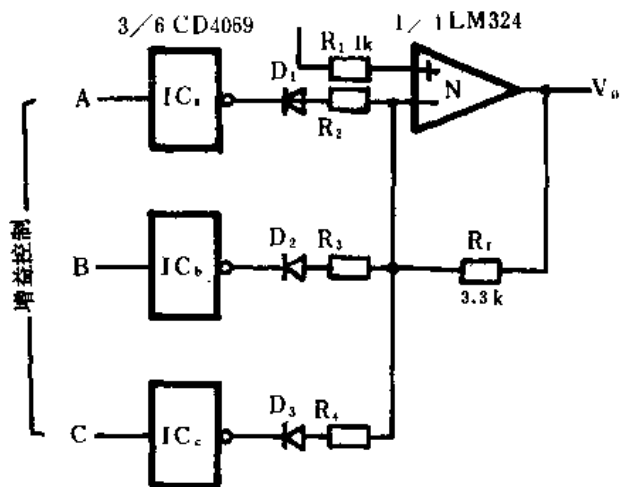


图 18-47 数控运算放大器增益电路

例 48 示波器单踪改双踪电路

一、应用电路

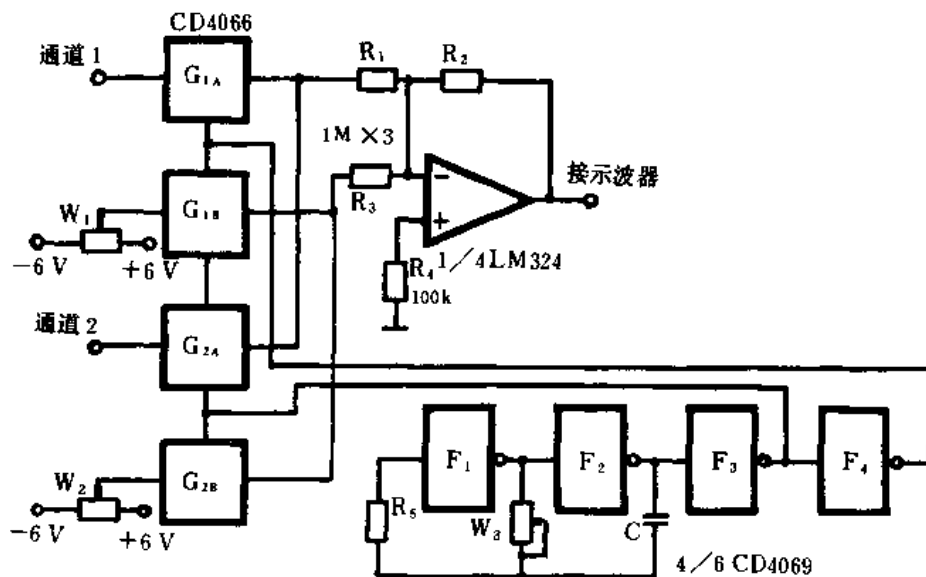


图 18-48 单踪改双踪电路

二、电路结构说明

示波器单踪变双踪显示电路,实际上可用传输门 CD4066 (G_{1A} 、 G_{1B} 、 G_{2A} 、 G_{2B})、6 反相器 $\frac{1}{6}$ CD4069 (F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4)、运放器 LM324 和阻容元件等组成电路来实现。

从图 18-48 可以看出: 通道 1 和通道 2, 各接 2 个传输门 (G_{1A} 、 G_{1B} 、 G_{2A} 、 G_{2B})。而每组 2 个传输门在 CD4069 所组成的振荡器控制下导通。两组传输门又控制着运放的反相端。因此, 二组传输门, 其中一组导通, 另一组必截止。2 个通道的信号经过运放交替输出给单踪示波器的“Y 输入端”。这样示波器显示出一个稳定的波形。

然而,电位器 W_1 和 W_2 分别调节 2 个通道的直流电平,而此直流电平又与各自通常的被测信号叠加,进而可调节“Y 轴”位置。通过调节 W_3 可以使振荡器的频率与示波器的扫描频率同步,这样又可观察另一个稳定的波形。从显示屏上实现双踪显示。

例 49 物体位移方向探测电路

一、应用电路

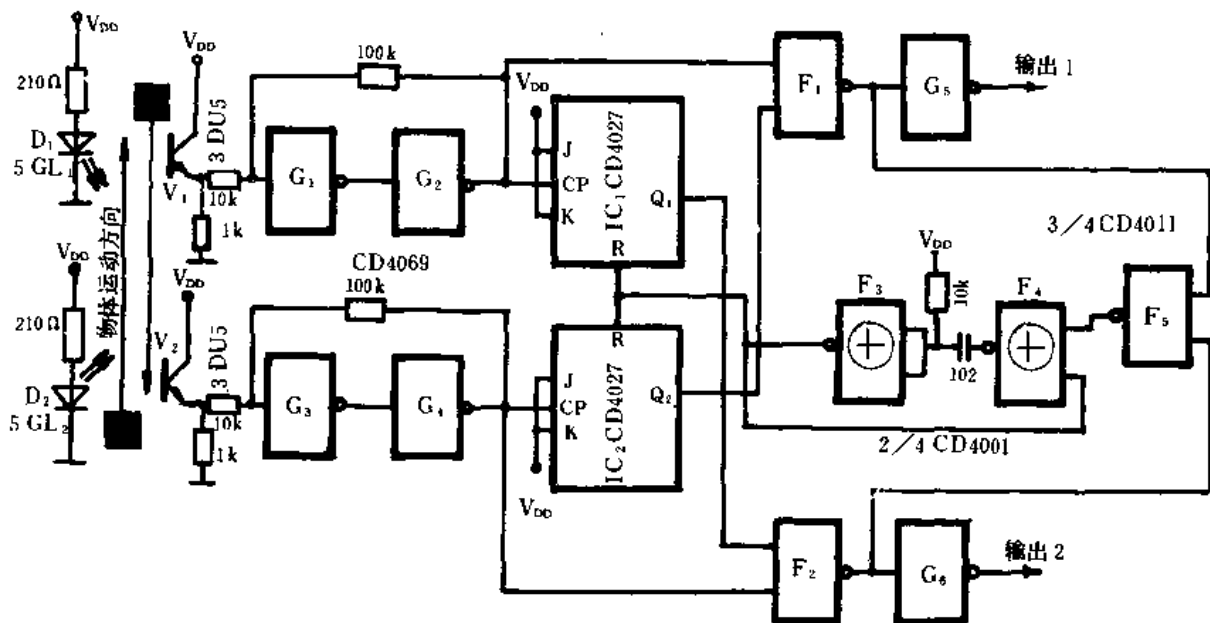


图 18-49 物体位移方向探测电路

二、电路结构说明

物体位移方向探测电路,主要由J-K 触发器 CD4027 (IC_1 、 IC_2)、6 反相器 CD4069 ($G_1 \sim G_6$)、2 输入端 4 “或非”门 $\frac{1}{4}$ CD4001 (F_3 、 F_4)、2 输入端 4 “与非”门 $\frac{1}{4}$ CD4011 (F_1 、 F_2 、 F_5) 和红外发光管 5GL₁、5GL₂、光敏管 V_1 、 V_2 等构成。

当物体从上(下)而下(上)位移运动时,将红外发光管 $5GL_1$ ($5GL_2$) 的光线遮挡住,于是使光敏管 V_1 (V_2) 瞬间截止又导通,触发器 IC_1 (IC_2) 的 CP 端得到上跳变脉冲触发。这时, $Q_1 = "1"$ ($Q_2 = "1"$), 加至门 F_2 (F_1) 的一个输入端,即门 F_2 (F_1) 被打开。当物体继续向下(上)运动时,通过 $5GL_2$ ($5GL_1$) 与 V_2 (V_1) 之间,使门 F_2 (F_1) 的另一端输出为 "1" 电平。这样,输出端 2 (1) 得到一个正脉冲。这就表明物体从上而下(从下而上)位移。

同时, CD4011 的门 F_5 输出高电平, 使 CD4001 的 F_3 也输出高电平, 促使 J-K 触发器 R

端复位。

应当指出： IC_1 、 IC_2 均接成二进制触发器。

例 50 单板机自动复位/启动电路

一、应用电路

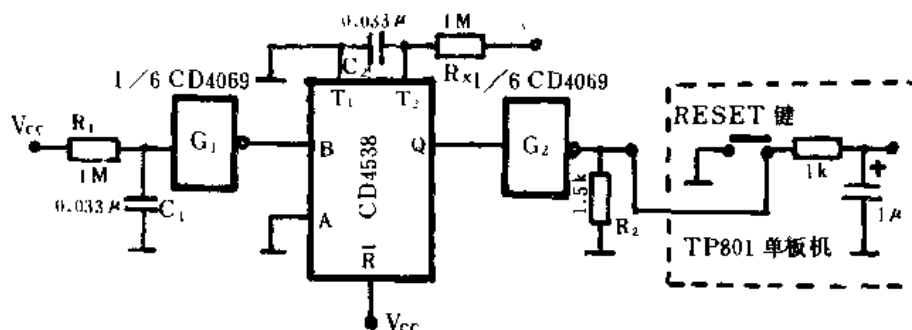


图 18-50 单板机自动复位/启动电路

二、电路结构说明

TP801 单板机自动复位/启动电路，采用 6 反相器 CD4069 (G_1 、 G_2)、双单稳电路 CD4538 等构成。其中，CD4538 的 $\bar{R}$ 接 V_{DD} ，A (+TR) 端接“地”，形成脉冲下降沿触发/再触发单稳触发器。由于 TP801 单板机自动复位/启动需要一个负脉冲。这一个负脉冲可由本电路产生。

在电路接通电源的瞬间，经反相器 G_1 输出“1”电平信号。经 R_1C_1 延迟后， G_1 输入端呈高电平，而其输出端输出一个负脉冲，触发单稳触发器 CD4538 的 B (-TR) 端，使触发器 Q 端输出一定脉宽的正电平。Q 端输出经反相器 G_2 产生满足 TP801 单板机复位端所需要的负脉冲，使 TP801 单板机实现自动复位或启动。

例 51 数控可控硅

一、应用电路

二、电路结构说明

数控可控硅电路，主要由 4 位二进制计数器 CD4516、4 施密特触发器 G_2 ($1/4$ CD4093)、反相器 G_1 、 G_3 、 G_4 ($3/6$ CD4069) 等构成。其中，施密特触发器 G_2 接成门控式振荡器。它的振荡频率为 $1/1.4RC$ 。

市电 (220V) 经过变压成 10V，向桥式整流和 V_1 组成的零相位器输入时，产生过零信号。由于 V_1 平时处饱和状态，仅在过零区附近有很短时间的截止，于是集电极有很窄的过零正脉冲输出。在过零正脉冲以外期间， G_1 输出为高电平，于是由 G_2 组成的振荡器振荡，并给计数器 CD4516 以计数脉冲。然而，每当过零窄脉冲到达时，计数器 PE 端也得到一个正脉冲，使预置数得以输入，计数器进行加法计数。每计数到进位时，其 $\bar{C}_0$ 端为“0”电平，经 G_4 反相， $\bar{C}_E$ 端为“1”。于是，计数器被禁止计数。同时，信号通过 V_2 、 V_3 输出触发脉冲，使外接可控硅导通。

注意： G_2 振荡频率应调节到市电频率的 $2(N+1)$ 倍，其中 N 是全导通控制的十进制数值。

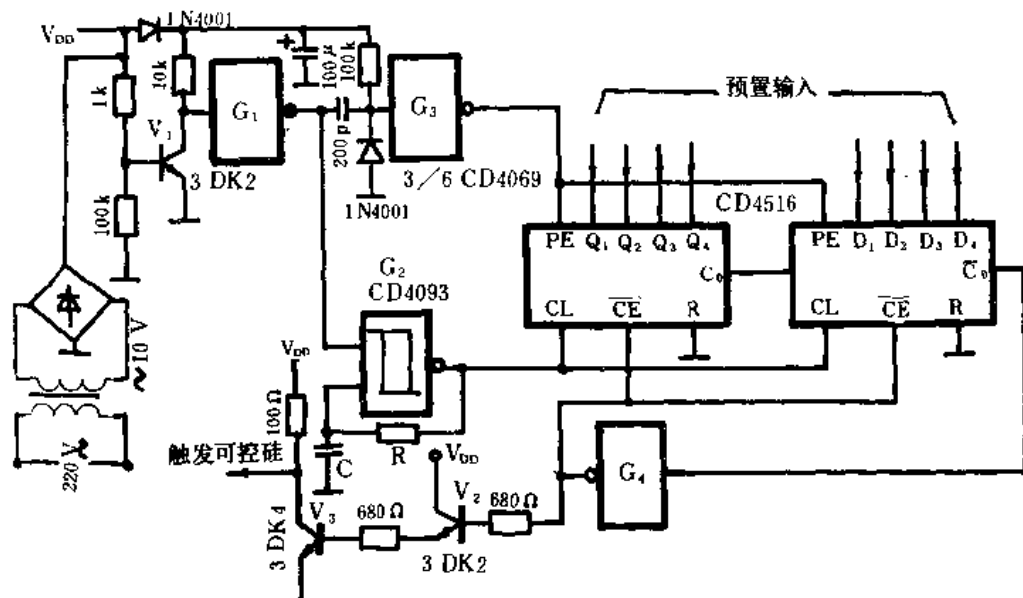


图 18-51 数控可控硅

例 52 首入信号锁定电路

一、应用电路

二、电路结构说明

首入信号锁定电路，由十进制计数器/分配器 CD4017、2 输入端 4 “或非”门 CD4001 和晶体三极管等构成。其中 $\frac{1}{2}$ CD4001 的门 G_1 、 G_2 与 R_1 、 R_2 、 C_1 等组成振荡频率为 1MHz 的时钟脉冲振荡器，为 CD4017 的 CL 端提供计数时钟脉冲，使 CD4017 循环计数，其 $Q_0 \sim Q_9$ 输出端依次产生与时钟脉冲同步的脉冲信号。而另 $\frac{1}{2}$ CD4001 的门 G_3 、 G_4 组成具有记忆功能的 R-S 触发器。

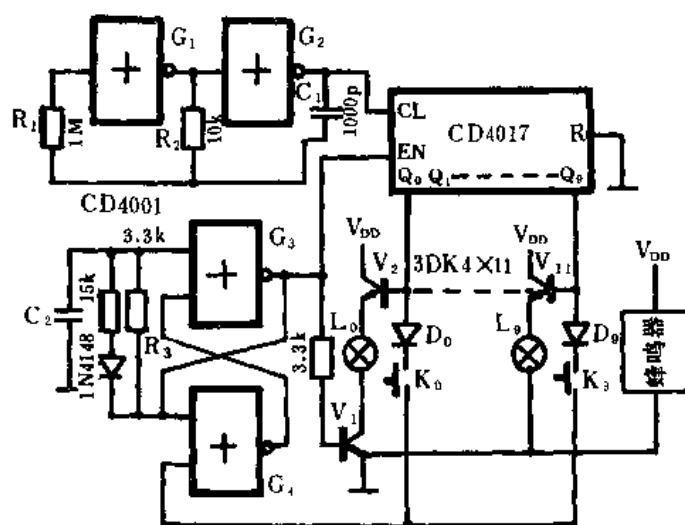


图 18-52 首入信号锁定电路

当按下开关 $K_0 \sim K_9$ 中任一开关时，R-S 触发器即翻转，输出高电平。这一高电平信号加到 CD4017 的 $\overline{EN}$ 端，使 CD4017 中止计数，且停止在刚才的状态上。同时，该开关所并联的指示灯点亮，蜂鸣器鸣响。这时，计数器除与该开关对应的输出脚呈高电平外，其余各输出脚均为低电平。因此此后期间再按别的开关，均不起作用。以上状态维持时间由与 R-S 触发器相连的 R_3C_2 充电时间常数决定的。一旦 C_2 充电电压超过门的阈值，触发器将翻转，计数器的 $\overline{EN}$ 脚将呈低电平而解除禁止状态，即重新计数。如先按下 K_3 号开关，

计数器计数到 Q_3 变为高电平时而中止计数，指示灯 L_3 亮，蜂鸣器发声。而这时再按其他开关再不起作用，待过了 R_3C_2 时间常数后中止状态才解除，计数器才又开始继续计数。这种状态，叫首入信号被锁定。

应当说明，倘若只用 5 个输出端，即只用 $Q_0 \sim Q_4$ ，那么 Q_5 输出端应接 CD4017 的复位端 R (R 不再接地)。若需接多于 9 个输出端，则要采取 CD4017 级联办法加以解决。

例 53 过流自动保护器

一、应用电路

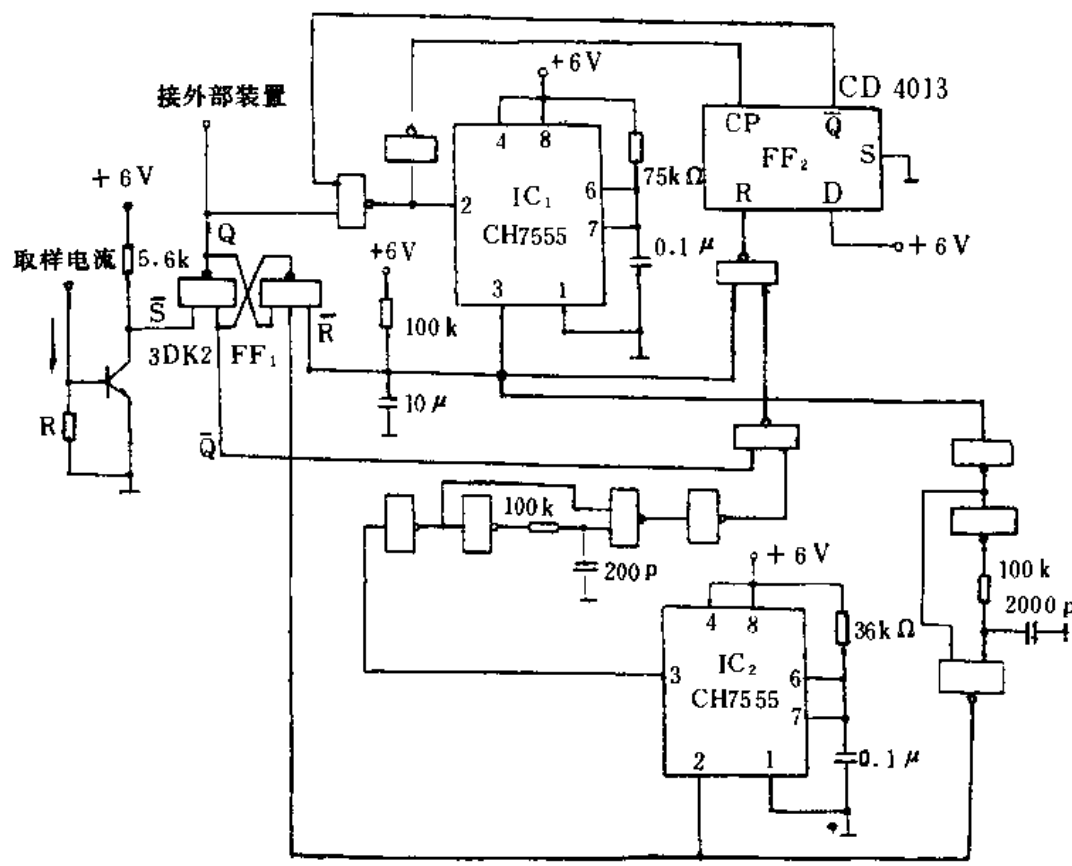


图 18-53 过流自动保护器

二、电路结构说明

过流自动保护电路，是由 2 个时基电路 CH7555 (IC_1 、 IC_2)、D 触发器 CD4013 (FF_2)、3 输入端 3“与非”门 CD4023、反相器 CD4069 等构成。其中， IC_1 、 IC_2 组成单稳电路， $\frac{2}{3}$ CD4023 组成 R—S 触发器。

当取样电流过载而在 R 上超过一定值时，3DK2 饱和导通，R-S 触发器 (FF_1) 的 $\bar{S}$ 端得到负脉冲，输出端 Q 输出高电平，于是驱动外接装置使电源关闭。Q 端负跳的同时，经反相后进入 IC_1 的②脚， IC_1 得到触发。由于 D 触发器 (FF_2) 的反馈作用， IC_1 的②脚得到仅是窄负脉冲。而 IC_1 的输出端③脚输出的单稳脉冲信号，经 3 个反相器和阻容元件后已略为延迟。该信号一方面使 FF_1 的 R 端得到高电平而复位，重新接通电源，启动电机。另一方而触发 IC_2 ，使 IC_2 的③脚输出脉冲，经反相器、“与非”门后，信号也得到延迟。延迟的信号使 FF_2 也得到复位。

倘若向 FF₁ 发出复位脉冲后,直到 FF₂ 被复位的这段时间内,电阻依然处于过流状态时,那么 R-S 触发器的输出端 Q 将一直保持高电平。通过外部装置使外接电源将处于继续被切断的状态,电机将没有进入重新启动状态。倘若过流只是尖脉冲所造成的,那么,电路外接电源暂时切断后很快得以接通。

综上所述,过流自动保护电路,当检测到过流信号后,不仅能切断被保护装置的电源,而且具有自启动功能和抗干扰脉冲功能。

例 54 温控加热器 (CD4538)

一、应用电路

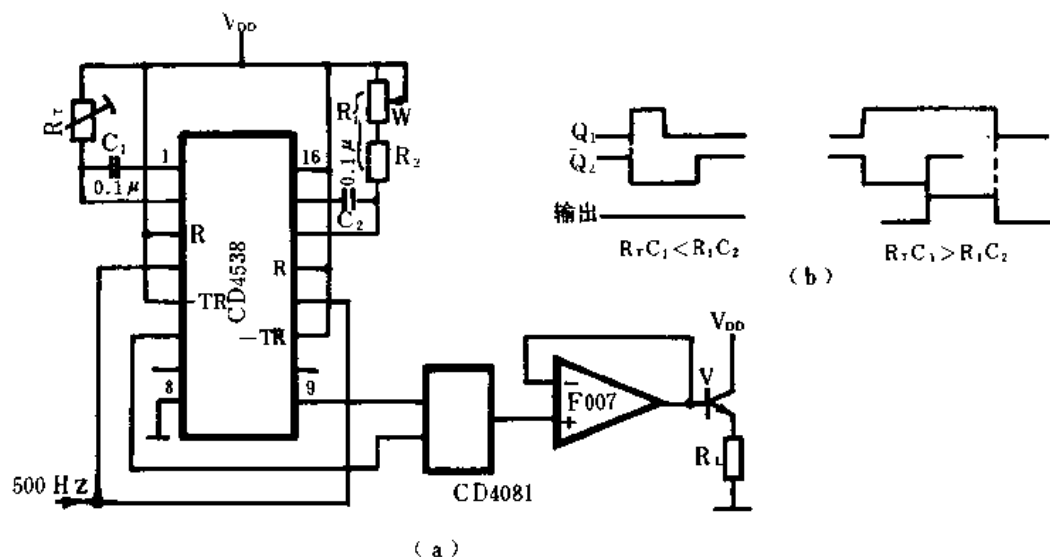


图 18-54 温控加热器

二、电路结构说明

由双单稳态电路 CD4538、2 输入端 4 “与”门 CD4081、运算放大器 F007、负温度系数的热敏电阻 R_T 等组成了小功率控温加热器。它可以作为精密仪器的恒温槽控温系统。电路中,双单稳电路 CD4538 的复位端 R 与 $-TR$ 接 V_{DD} ,决定了它成为脉冲上升沿触发/再触发电路。

设定温度:通过调节电位器 W,当达到要求温度时,使 $R_T C_1 = RC_2$ 。当温度低于定温点时,即 $R_T C_1 > RC_2$,所以 CD4538 的⑥脚输出正脉冲宽度大于⑨脚输出的负脉冲宽度,使得 CD4081 的“与”门输出具有一定的占空比的信号。温度越低,信号的占空比越大。此信号驱动负载加热器的加热时间也就越长。于是,加热体温度就回升。

温度升高时, R_T 值下降, $R_T C_1$ 越小,⑥脚输出的正脉冲宽度越小,“与”门输出信号的占空比也就越小。因此,给加热体加热时间越短,加热器得到热量越小。于是,温度便自动下降。当温度足够高时, $R_T C_1 < RC_2$,“与”门无脉冲输出,信号占空比为零,加热器停止加热。

必须指出: R_T 为负温度系数的热敏电阻,置于加热物体中。 $R_2 + W = R$, R_2 一般取定温点 R_T 的值小 $\frac{1}{10}$,W 取 R_2 的值 $\frac{1}{5}$ 。

这样,便于进行温度调节。

当负载较重时，可改用其它驱动器来代替运算放大器，如用大功率三极管，可控硅等。

例 55 声光超温报警器

一、应用电路

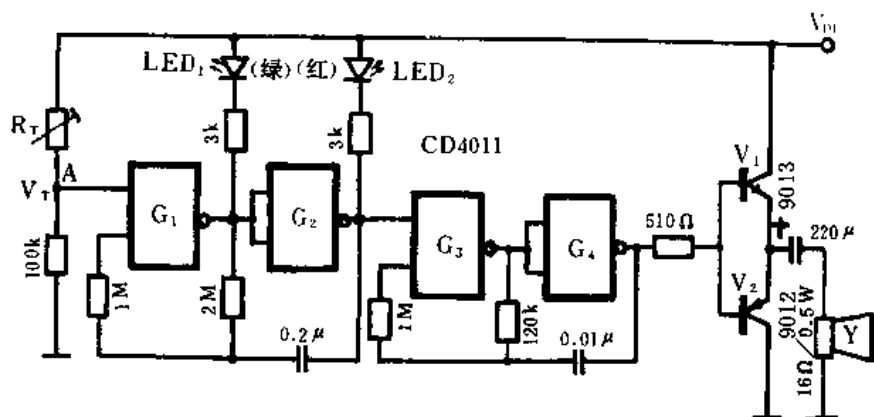


图 18-55 声光超温报警器

二、电路结构说明

声光超温报警器电路比较简单。它由 4 “与非” 门 CD4011、三极管 9013、9012、温敏电阻 R_T 等元器件组成。其中， $\frac{1}{2}$ CD4011 的 2 个门 G_1 、 G_2 与阻容元件构成低频（几 Hz）振荡器， $\frac{1}{2}$ CD4011 的 2 个门 G_3 、 G_4 与阻容元件构成较高频（400~500Hz）振荡器。前一振荡器控制着后一振荡器。

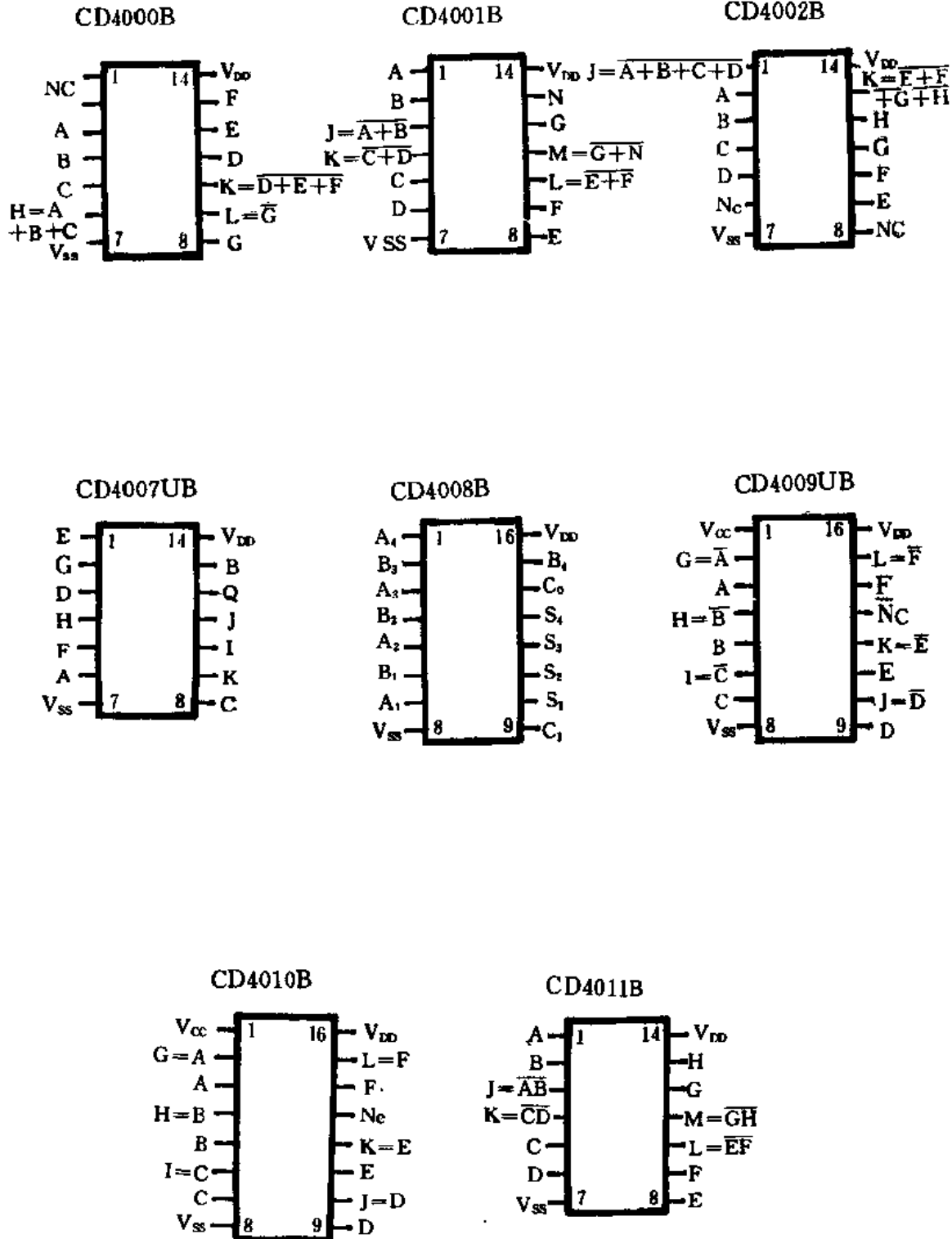
当温度正常时， R_T 值很大， R_T 和 R_1 分压结果，使 A 点的电压 V_T 无法达到门 G_1 的电压阈值。于是整个电路处于静态，绿色 LED 发出亮光，但扬声器无声响。

一旦 R_T 感受到温度超过设定值时，即超温，这时 R_T 值变小，而 A 点的电压值 V_T 则达到 G_1 门的电压阈值，于是 G_1 与 G_2 组成的低频振荡器起振，此时，红色 LED 和绿色 LED 交替发光。低频振荡器的输出高电平信号触发了 G_3 与 G_4 组成的较高频振荡器，使之发生间歇振荡。振荡器输出经功放后推动扬声器发出断续的报警声响。

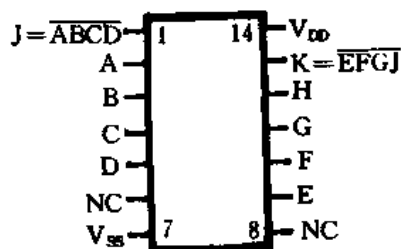
显然，若将 R_T 与 R_1 位置交换，那么电路则变成超低温报警电路。

第十九章 附 录

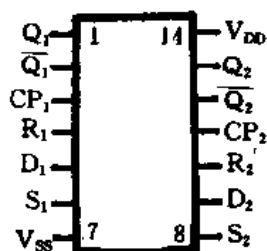
一、CMOS 集成电路引脚排列图



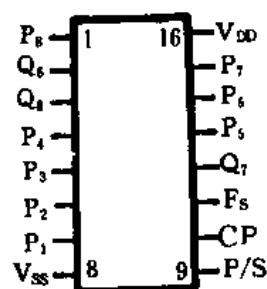
CD4012B



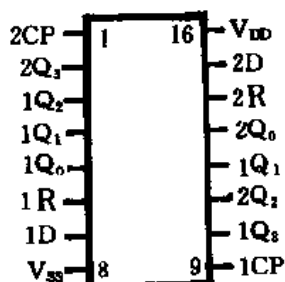
CD4013B



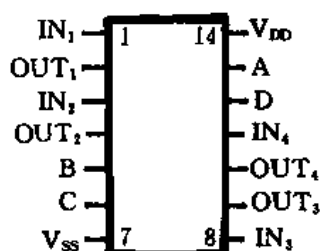
CD4014B



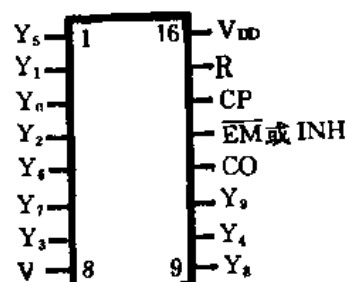
CD4015B



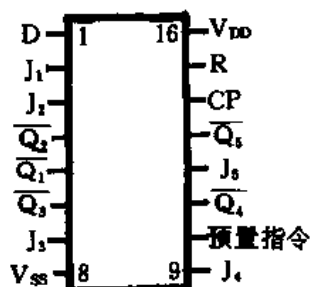
CD4016B



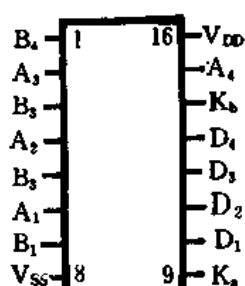
CD4017B



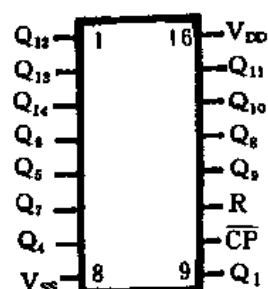
CD4018B



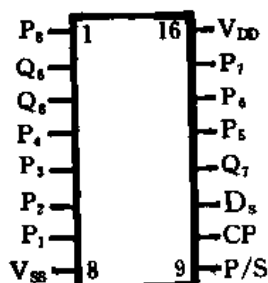
CD4019B



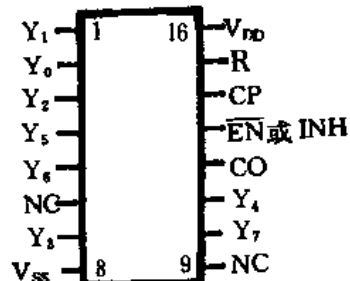
CD4020B



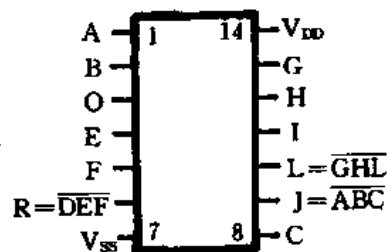
CD4021B



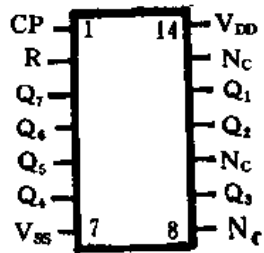
CD4022B



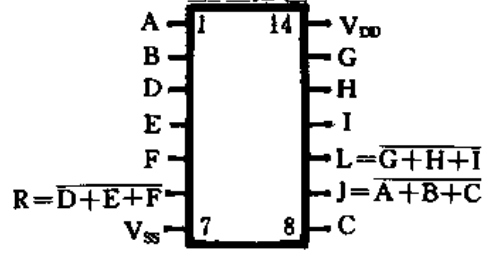
CD4023B



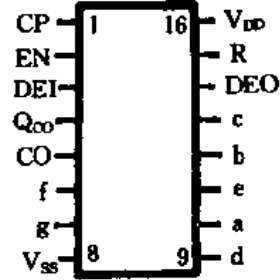
CD4024B



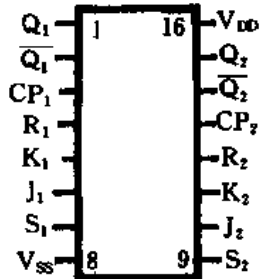
CD4025B



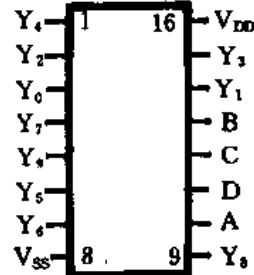
CD4026B



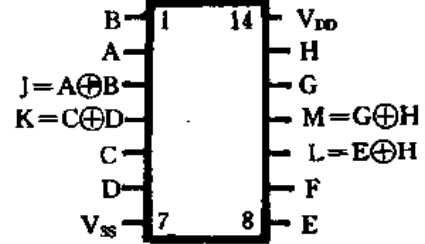
CD4027B(J690)



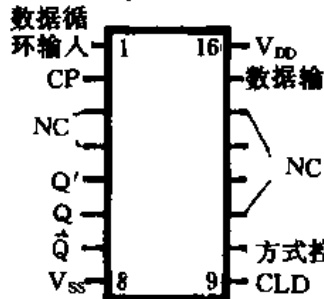
CD4028B



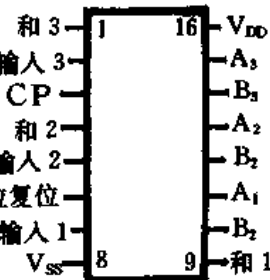
CD4030B



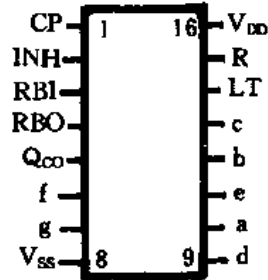
CD4031B



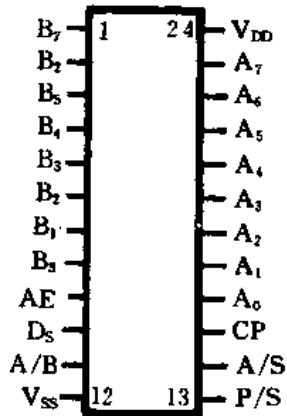
CD4032B



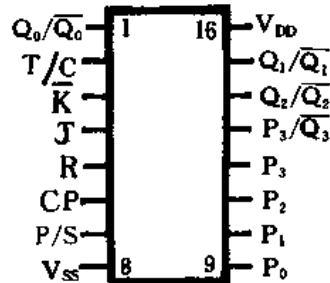
CD4033B



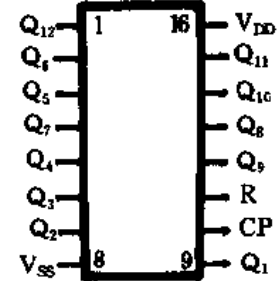
CD4034B



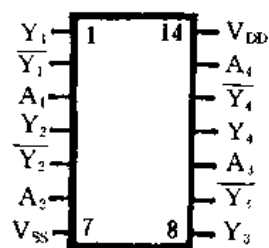
CD4035B



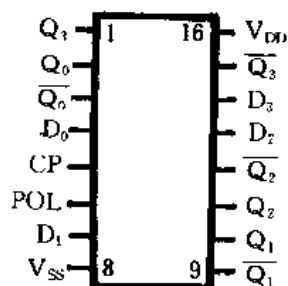
CD4040B



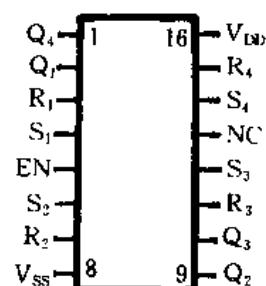
CD4041B



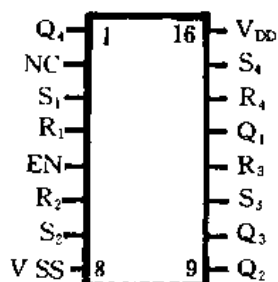
CD4042B



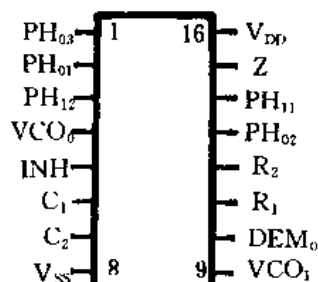
CD4043B



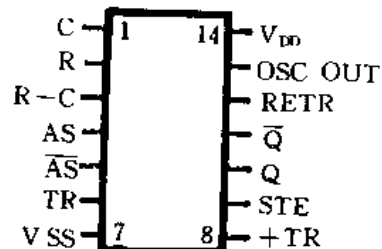
CD4044B



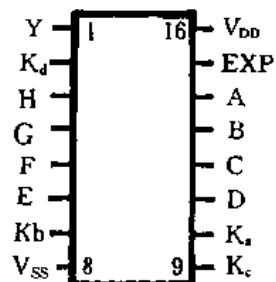
CD4046B



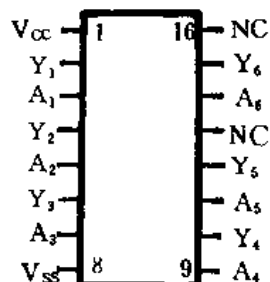
CD4047B



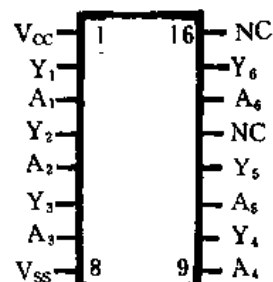
CD4048B



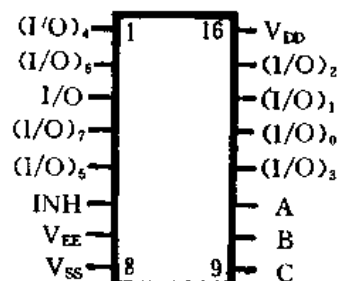
CD4049UB



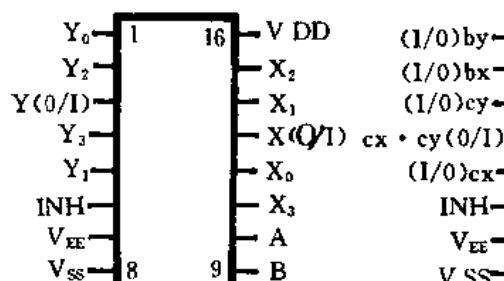
CD4050



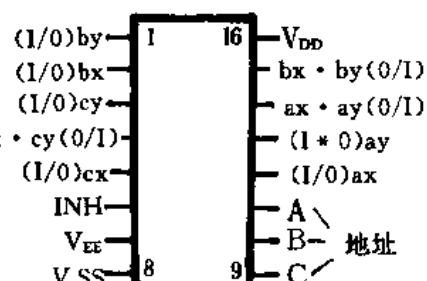
CD4051B



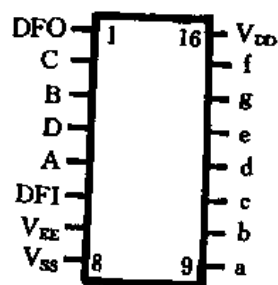
CD4052B



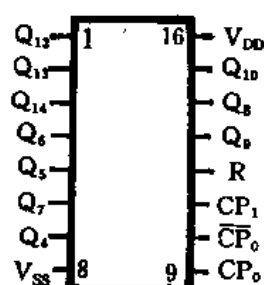
CD4053B



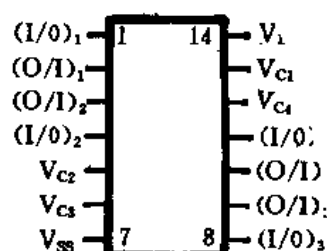
CD4055B



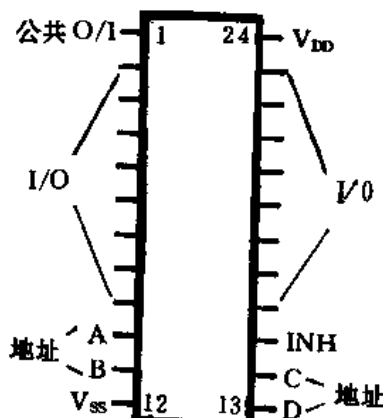
CD4060B



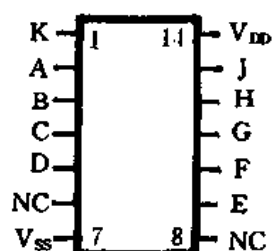
CD4066B



CD4067B

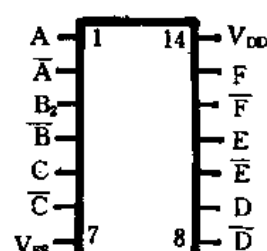


CD4068

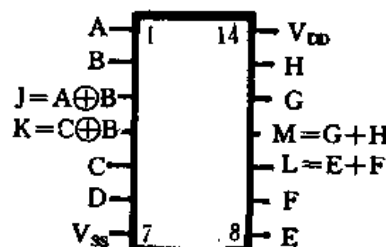


$$K = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \cdot H = J$$

CD4069UB



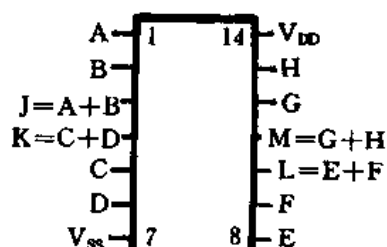
CD4070B



$$J = A \oplus B$$

$$K = C \oplus B$$

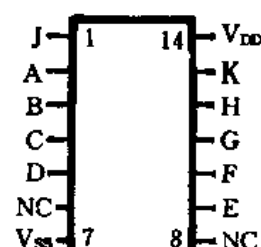
CD4071B



$$J = A + B$$

$$K = C + D$$

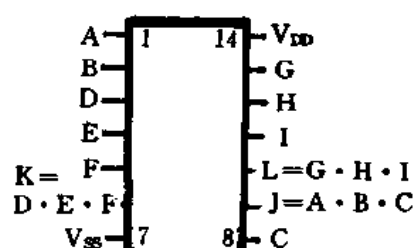
CD4072B



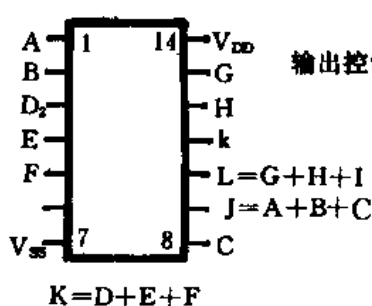
$$J = A + B + E + D$$

$$K = E + F + G + H$$

CD4073B

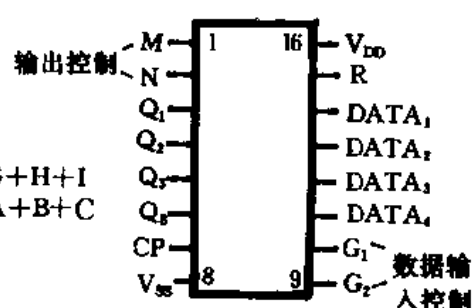


CD4075B

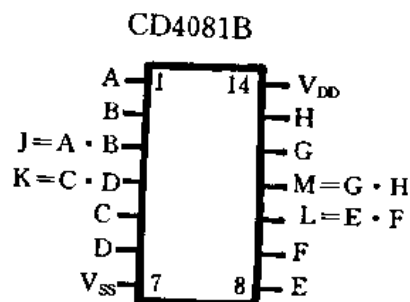
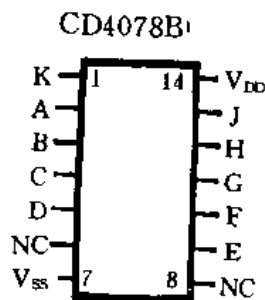
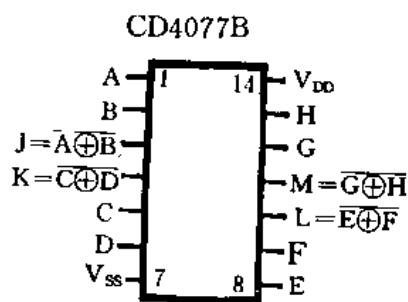


$$K = D + E + F$$

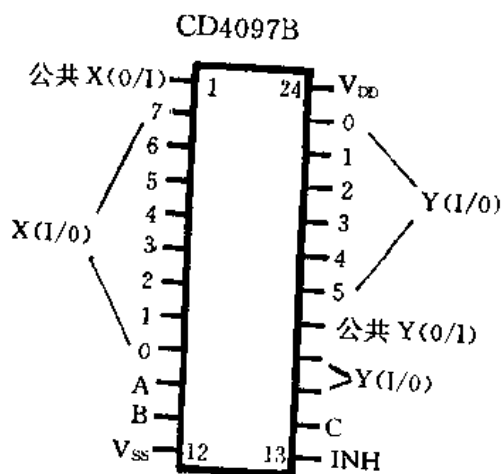
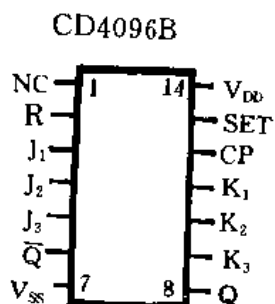
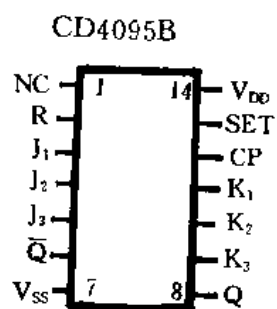
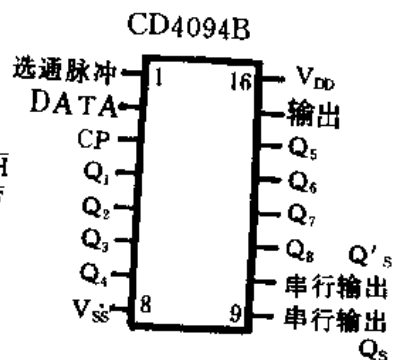
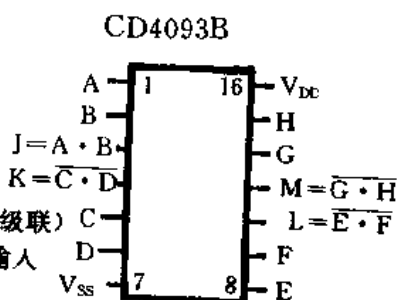
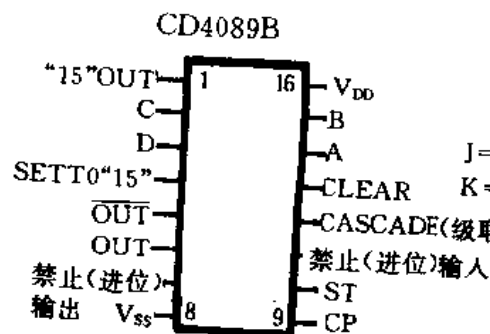
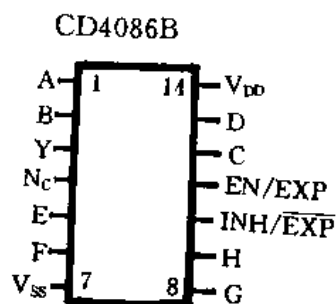
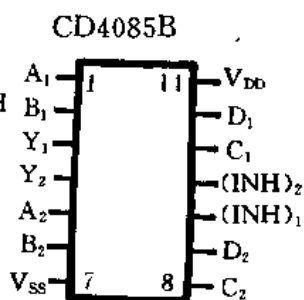
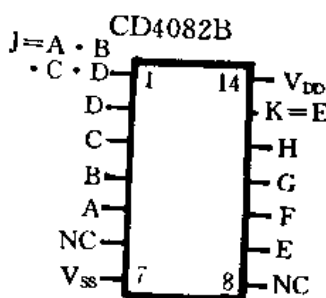
CD4076B



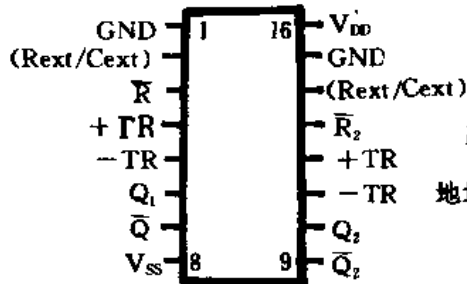
数据输入控制



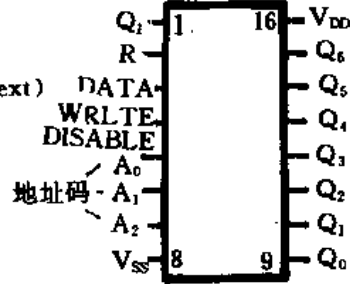
$$K = A + B + C + D + E + F + G + H = J$$



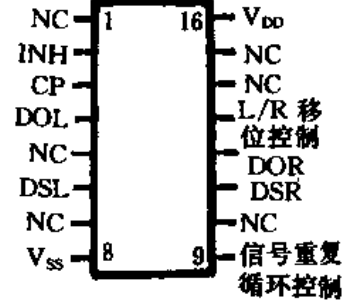
CD14528
CD4098 J210



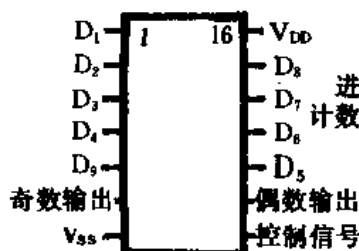
CD4099B



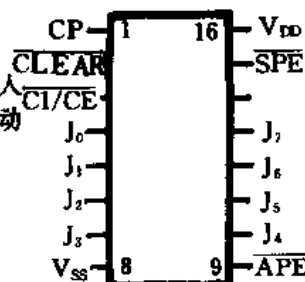
CD40100



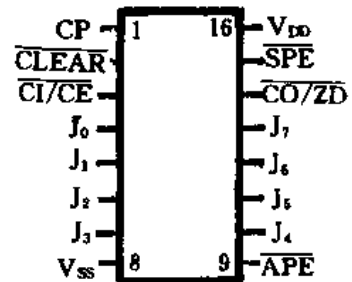
CD40101



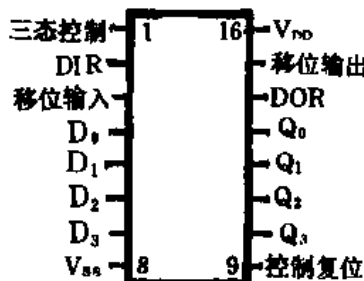
CD40102



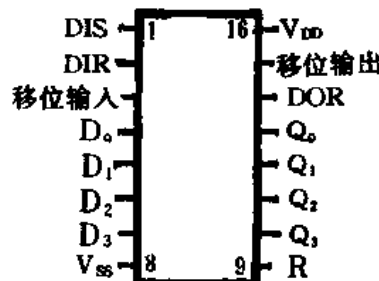
CD40103



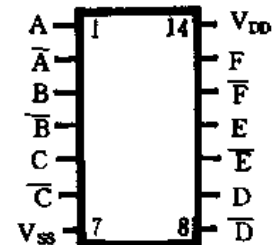
CD40104



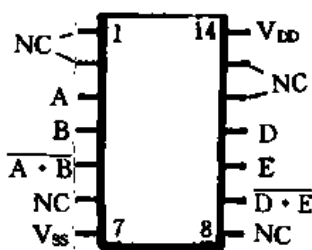
CD40105



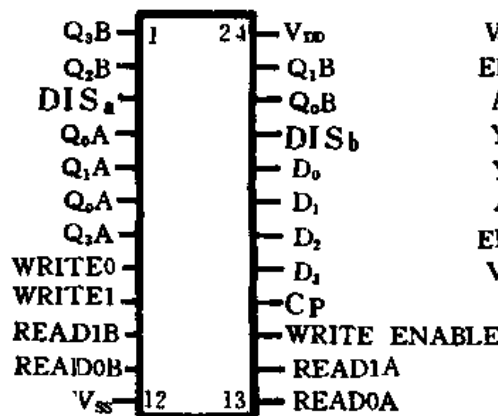
CD40106



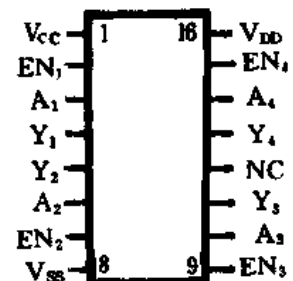
CD40107



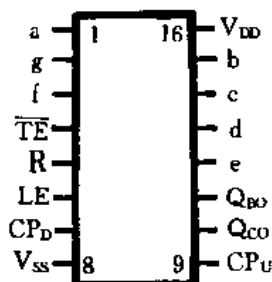
CD40108



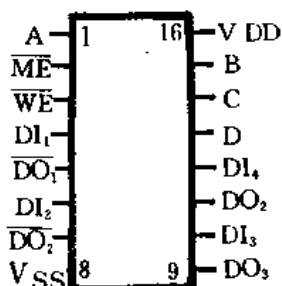
CD40109



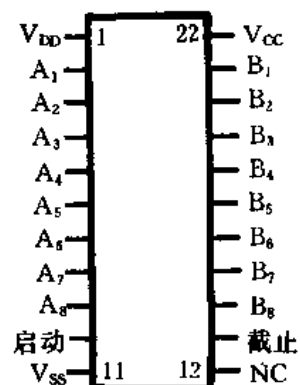
CD40110B



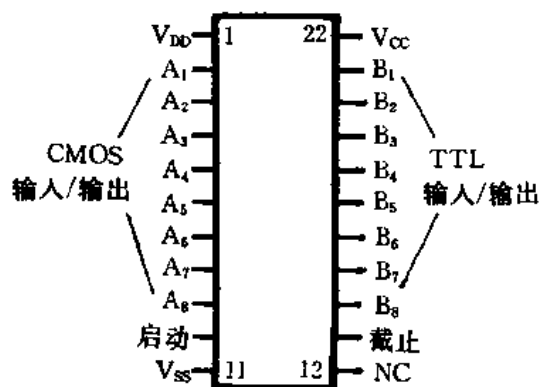
CD40114B



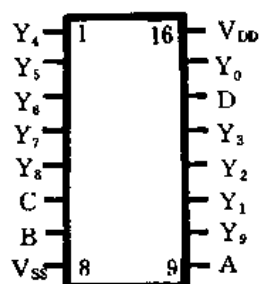
CD40115B



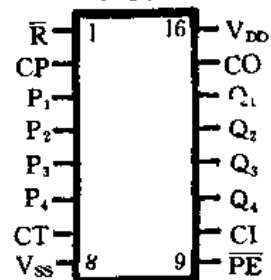
CD40116B



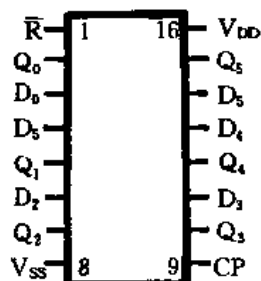
CD40147



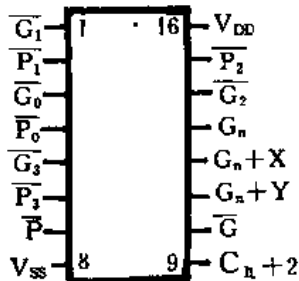
CD40160



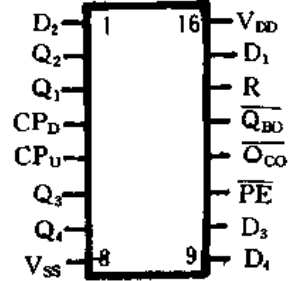
CD40174



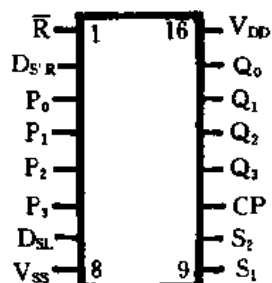
CD40182



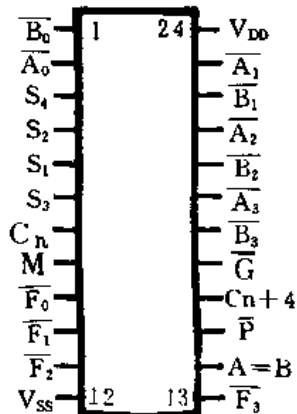
CD40192



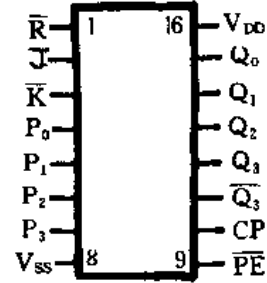
CD40194



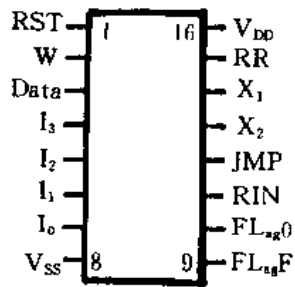
CD40181



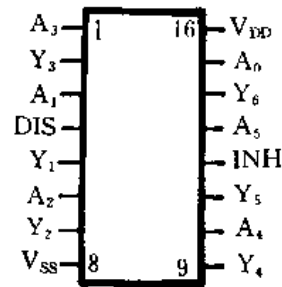
CD40195



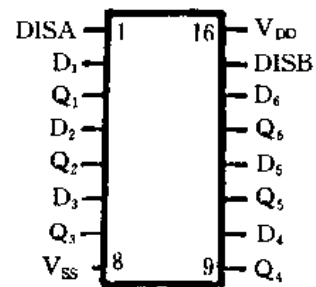
CD14500



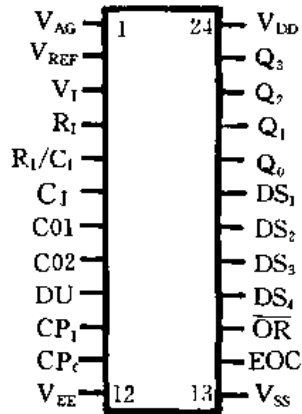
CD4502



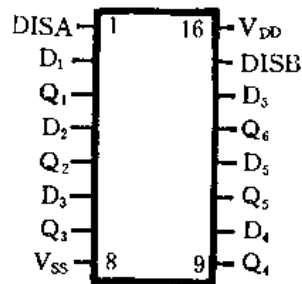
CD4503



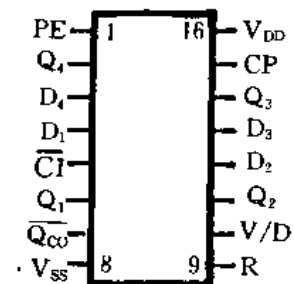
CD14433



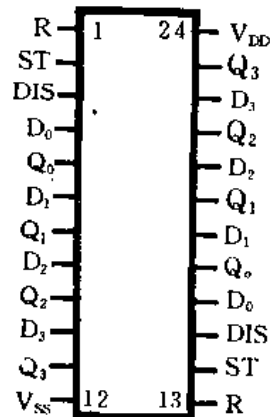
CD4503B



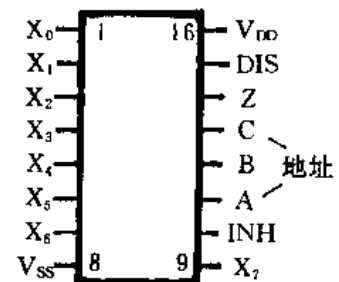
CD4510B



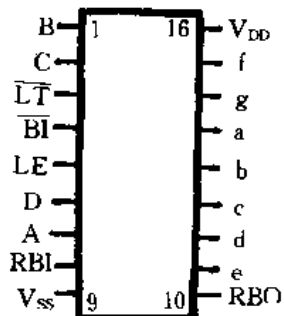
CD4508B



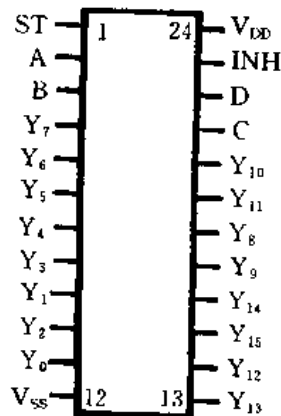
CD4512B



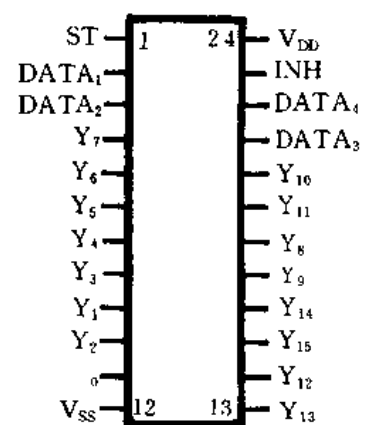
CD4513B



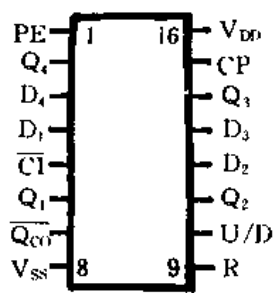
CD4514B



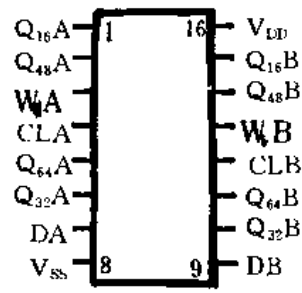
CD4515B



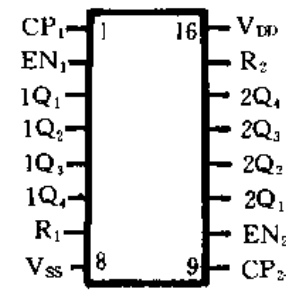
CD4516B



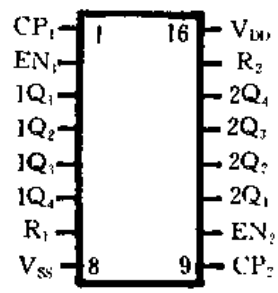
CD4517B



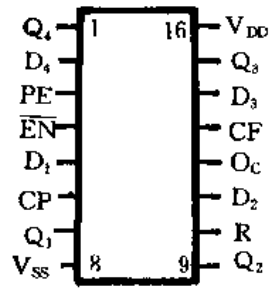
CD4518B



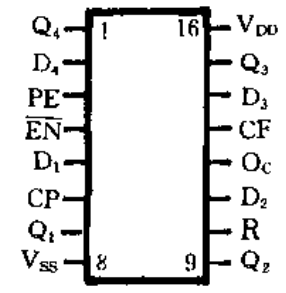
CD4520B



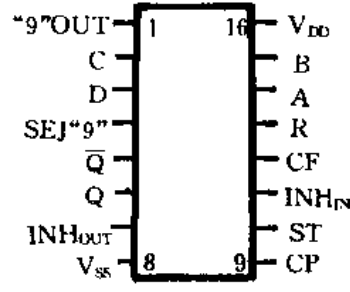
CD4522B



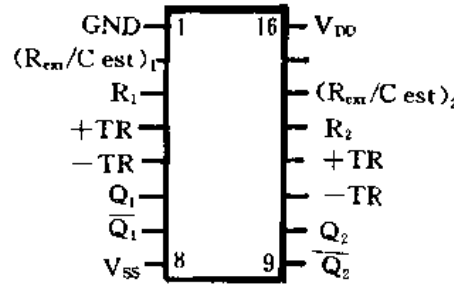
CD4526B



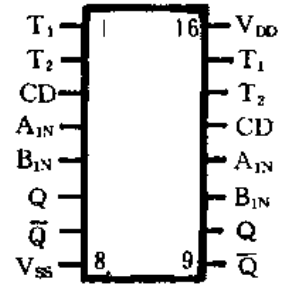
CD4527B



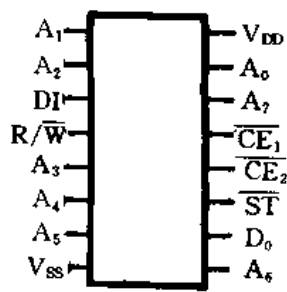
CD14528B



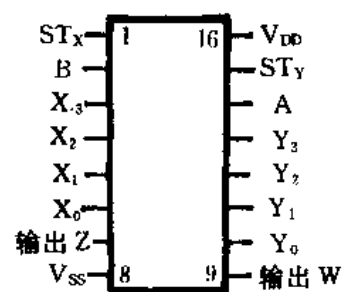
CD14538B



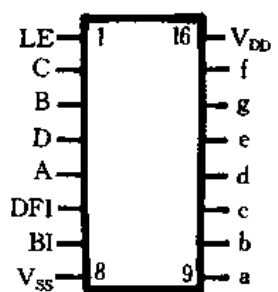
CD14537



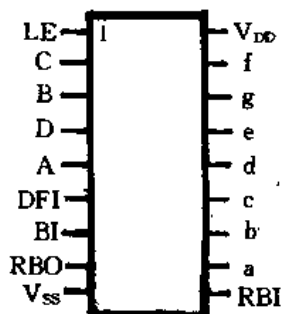
CD14539



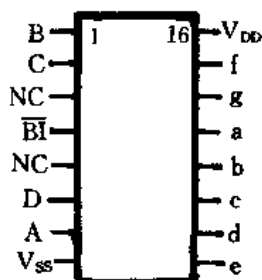
CD14543



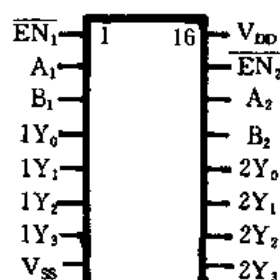
CD14544



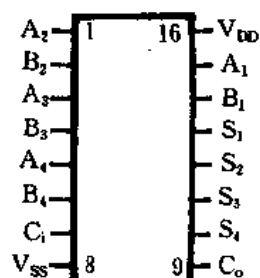
CD14547



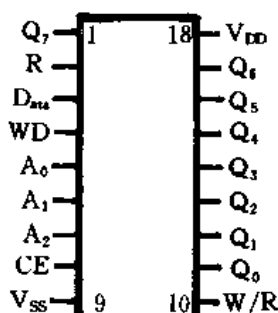
CD14555



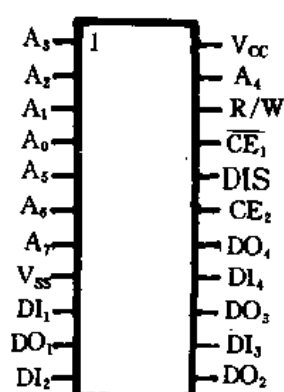
CD14560



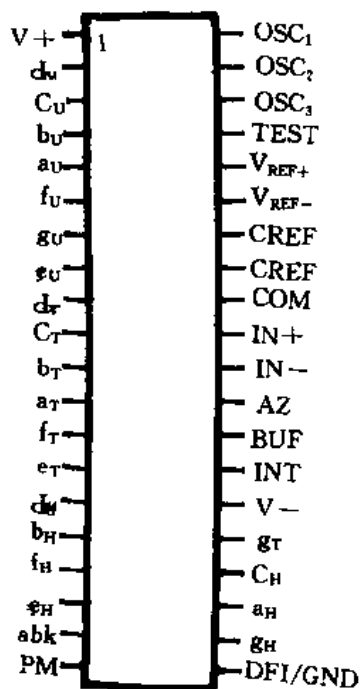
CD14599



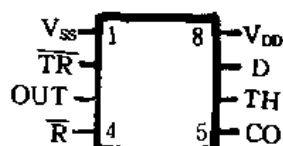
CM5101



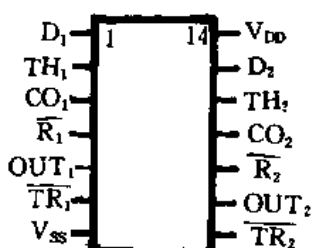
CC7106 CC7107



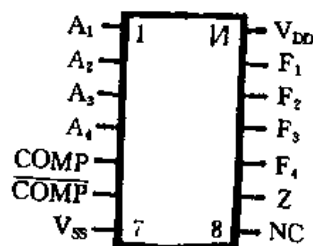
CC7555



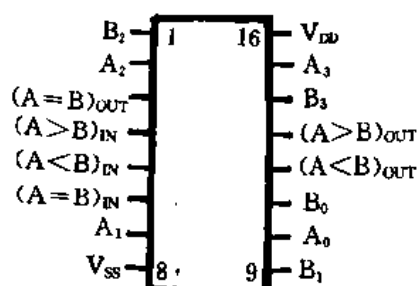
CC7556



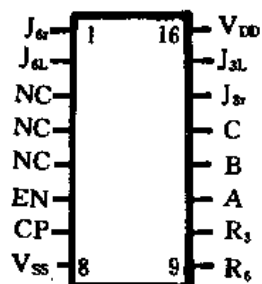
CD14561



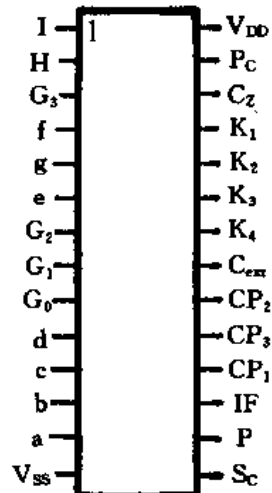
CD14585



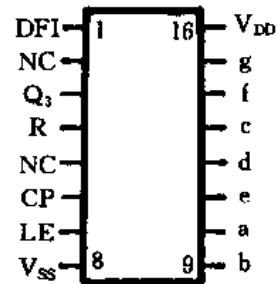
CH250



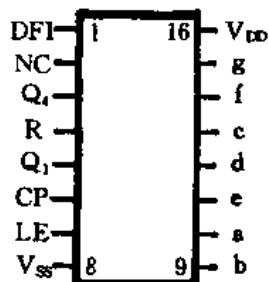
CH259



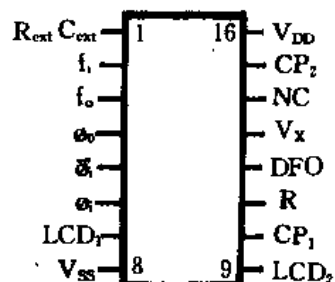
CH266



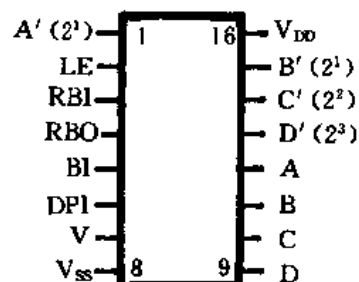
CH267



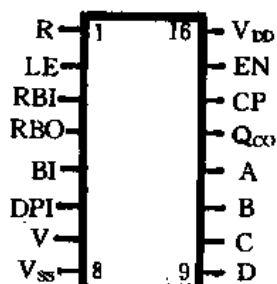
CH279



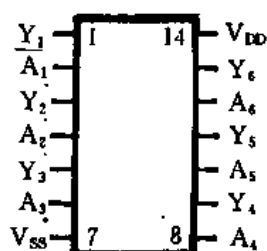
CH283L CH002



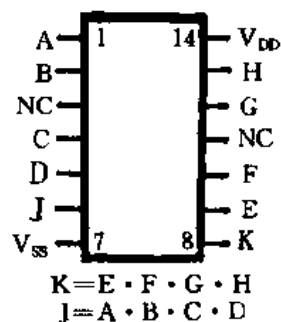
CH284L CL102



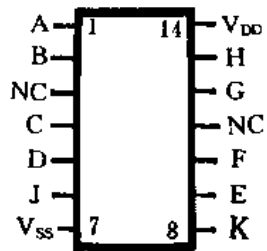
CH906



C031



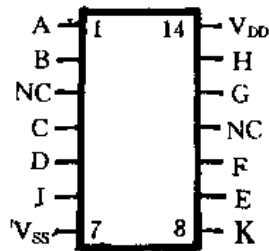
C032



$$J = A + B + C + D$$

$$K = E + F + G + H$$

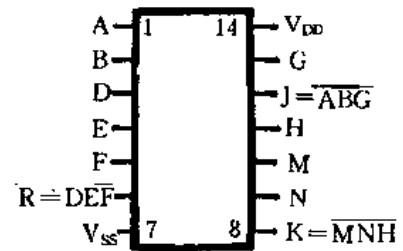
C034



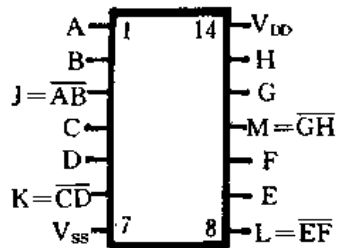
$$J = A \cdot B \cdot C \cdot D$$

$$K = E \cdot F \cdot G \cdot H$$

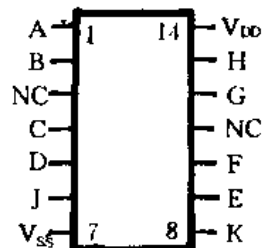
C035



C036



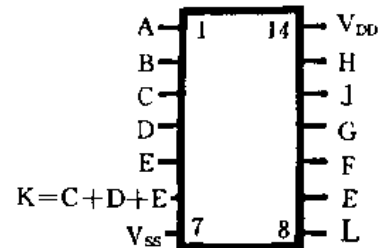
C037



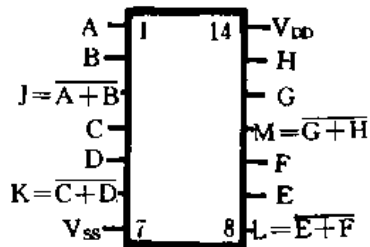
$$J = A + B + C + D$$

$$K = E + F + G + H$$

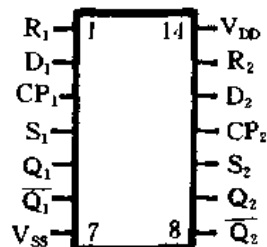
C038



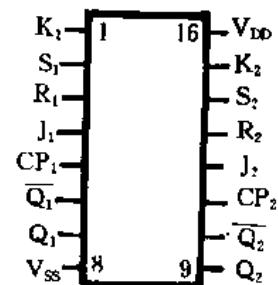
C039



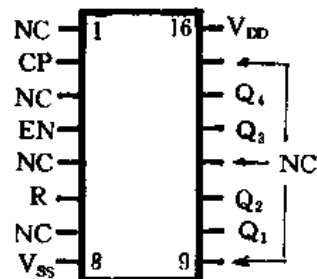
C043



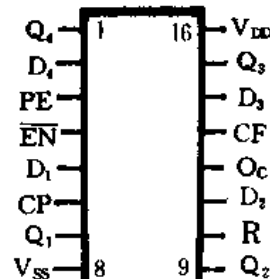
C044

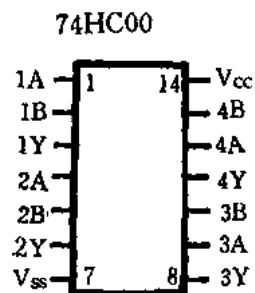
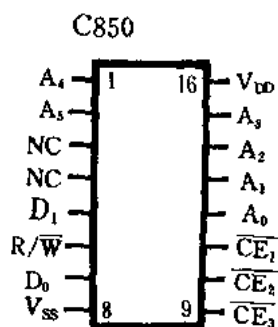
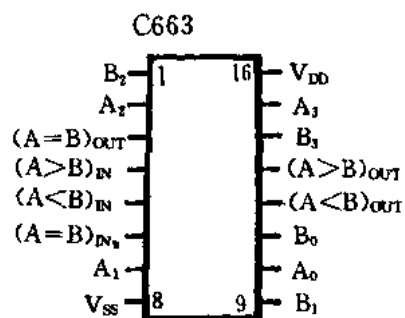
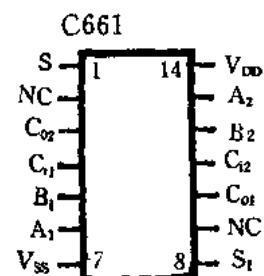
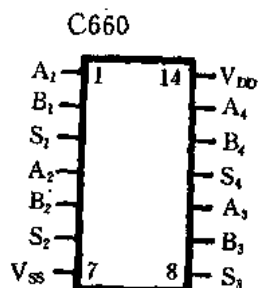
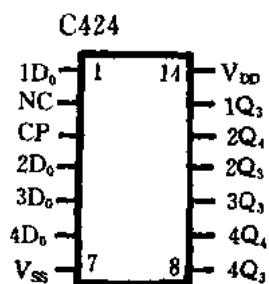
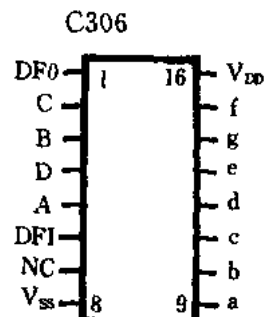
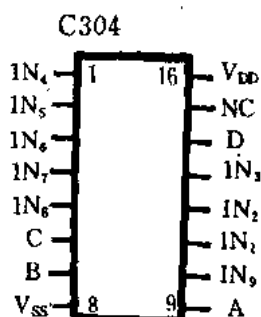
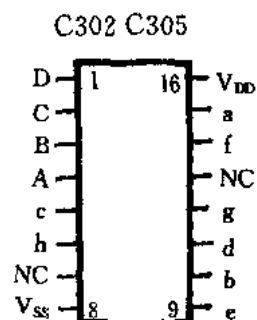
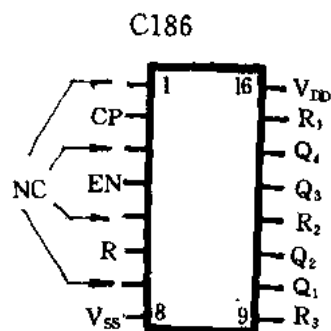
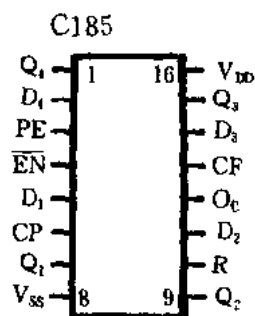
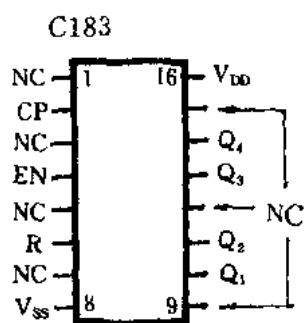


C180



C182





二、CD4000B 系列集成电路引脚功能

文字符号	功能说明	文字符号	功能说明
$A_0, A_1, \dots, A_n$	地址码输入端	INH_{OUT}	禁止输出
$A, B, C, \dots$	门电路输入端	IN/OUT 或 I/O	模拟开关、双向输入/输出
	数据输入端	OUT/IN 或 O/I	模拟开关、双向输出/输入
	地址码输入端	J, K	J-K 触发器输入端
A, B, C, D	译码器 BCD 输出	$K_a, K_b, \dots$	功能控制
$a, b, c, d, e, f, g, (h), d_p$	显示译码器 7 段(8 段)笔划输出端	LE	锁存控制端
$a_x, b_x, a_y, b_y, \dots$	数据选择器分组	LD	送数
$(A > B)_{\text{IN}}, (A = B)_{\text{IN}}, (A < B)_{\text{IN}}$	数值比较器输出	LT	灯测试输入端
$(A > B)_{\text{OUT}}, (A = B)_{\text{OUT}}, (A < B)_{\text{OUT}}$	数值比较器输出	NC	空脚
A/S	异步同步选择	OC	计数器“0”信号输出端
B/D	二进制/十进制控制	OSC	振荡
BI	灭灯输入	O/E	奇/偶极性选择控制端
BO	借位输出	PC	相位补偿
CE	计数允许端	PE	置数允许端
Cext 或 Cx	外接电容(单稳态、施密特)	PI	并行数据输入端
CF	级联反馈端	POL	极性选择端
C 或 V_c	双向开关控制端	P/S	并行/串行控制端
C_i 或 C_i	进位输入端	PH_i	相位比较输入
CP 或 CL 或 CLK	时钟脉冲	PH_o	相位比较输出
CP_U, CP_+	加计数时钟脉冲	$P_0, P_1, \dots$	并行数据输入
CP_D, CP_-	减计数时钟脉冲	Q	计数器、寄存器、触发器输出
D, DATA	数据输入端、输出端	Q_{BO}	带译码计数器借位输出
DFI	显示交流信号输入	Q_{CO}	带译码计数器进位输出
DFO	显示交流信号输出	R 或 Cr	复位
DEI	显示	R_{BI}	消稳输入端
DEO	显示允许输出	R_{BO}	消稳输出端
dPI	小数点驱动输入	Rext 或 Rx	外接电阻(单稳态、施密特)
D_{SL}	左移输入	RF	反馈电阻
D_{SR}	右移输入	$R/W(W/R)$	读/写控制(写/读控制)
DIS	三态控制端	S	置位端加法和
EN	允许	$S_0, S_1, \dots$	模式控制端
EXP	扩展	SI	串行数据输入端
IN_+	正信号输入	Sn	全加“和”输出
IN_-	负信号输入	SET“15”或 SET“9”	置“15”输入或置“9”输入
INH	禁止	ST	选择控制端
INH_{IN}	禁止输入	$+ \text{TR}$	单稳态触发器正向触发输入
		$- \text{TR}$	单稳态触发器负向触发输入
		U/R	加法/减法控制端

文字符号	功能说明	文字符号	功能说明
V_{CC}	电源电压	V_{REF}	基准电压
VCO_1	压控振荡器输入	V_{SS}	接地(GND)端
VCO_0	压控振荡器输出	"9"OUT("15"OUT)	9(15)信号输出端
V_{DD}	电源电压	Y	门输出,译码输出
V_{EE}	电源电压	WD	写禁止控制端

三、CD4000B (CC4000B) 系列功能分类表

表 1

型 号	类 别		型 号	类 别		
CD400	或非 与非	门	CD4007	缓冲器	门	
CD4001			CD4009			
CD4002			CD4010	反相器		
CD4011			CD4041			
CD4012			CD4049 *			
CD4023			CD4050 *			
CD4025			CD4069			
CD4068			CD4502			
CD4078			CD4503			多功能门
CD4501			CD40107			
CD40107 *			CD4019			
						CD4030 *
CD4071	或 与	电	CD4037			
CD4072			CD4048			
CD4073			CD4070 *			
CD4075			CD4077 *			
CD4081			CD4085			
CD4082			CD4086			
					CD4506	施密特门
			CD4519			
			CD4093			
			CD40106			

(续)

型 号	类 别	型 号	类 别
CD4013	触 发 器 锁 存 器	CD4006	静态移位
CD4027		CD4014	
CD4042		CD4015	
CD4043		CD4021	
CD4044		CD4031	
CD4076 *		CD4035	
CD4095		CD4537	
CD4096		CD4557	
CD4099		CD4562	
CD4508		CD40100	
CD4599		CD40191	
CD4724		CD4034	带三态输出
CD40174		CD4094	
CD40175		CD40104	
CD4534	计 时 器	CD4076	存 贮
CD4536		CD4099 *	
CD4541		CD4724 *	
CD4566		CD40208	
		CD4062	动 态
		CD4046	锁 相 环

(续)

型 号	类 别		型 号	类 别	
CD4020	异 步	计 数 器	CD4008	加 法 器 /	算 术 电 路
CD4024			CD4030		
CD4040			CD4032		
CD4045			CD4038		
CD4060			CD4063		
CD4521			CD4070		
CD4017	同 步		CD4077	比 较 器	
CD4018			CD4560		
CD4022			CD4561		
CD4029			CD4585		
CD4059			CD4057		
CD4510			CD4089	算 术 /	
CD4516			CD4527		
CD4518			CD4554		
CD4520			CD40181		
CD4522			CD40182		
CD4526			CD4531	奇 偶 校 验 器	
CD4555			CD40101		
CD40102					
CD40103					
CD40160					
CD40161					
CD40162					
CD40163					
CD40192					
CD40193					

(续)

型 号	类 别		型 号	类 别			
CD4016 CD4019 * CD4051 CD4052 CD4053 CD4066 CD4067 CD4097 CD4512 CD4529 CD4539 CD4551 * CD4556 * CD40257 *	选 择 器	模 拟 / 数 字 数 据	CD4026 CD4033 CD40110 CD4495 CD4511 CD4513 CD4547 CD4558 CD4054 CD4055 CD4056 CD4543 CD4544 CC22104 CC22105	带计数器	显 示 驱 动 器		
				驱动 LED			
				驱动 LCD			
CD4028 CD4512 * CD4514 CD4515 CD4532 CD4555 CD4556 CD40147 CD40257			译 码 器	CD4009 CD4010 CD4049 CD4050 CD40107 CD40109		电平转换电路	
						CD4047 CD4098 CD4528 CD4538	单稳态触发器
						“*”号集成电路	属于两种以上类别

四、国内外 CMOS 集成电路型号对照表

表 2

品 种 名 称	(CC、C、CH 系列)	RCA (CD 系列)	MOTOROLA (MC 系列)
2 输入端 4“或非”门	CC4000	CD4000	MC14000
4 输入端双“或非”门	CC4001	CD4001	MC14001
18 位串入—串出移位寄存器	CC4006	CD4006	MC14006
双互补对加反相器	CC4007	CD4007	MC14007
4 位超前进位全加器	CC4008	CD4008	MC14008
6 反相缓冲/变换器	CC4009	CD4009	

(续)

品 种 名 称	(CC、C、CH 系列)	RCA (CD 系列)	MOTOROLA (MC 系列)
6 同相缓冲/变换器	CC4010	CD4010	
2 输入端 4“与非”门	CC4011	CD4011	MC14011
4 输入端双“与非”门	CC4012	CD4012	MC14012
双主—从 D 型触发器	CC4013	CD4013	MC14013
8 位串入/并入—串出移位寄存器	CC4014	CD4014	MC14014
双 4 位串入—并出移位寄存器	CC4015	CD4015	MC14015
十进制计数/分配器	CC4017	CD4017	MC14017
可预置除 N 计数器	CC4018	CD4018	MC14018
4“与或”选择器	CC4019	CD4019	MC14019
14 级二进制串行计数器	CC4020	CD4020	MC14020
8 位串入/并入—串出移位寄存器	CC4021	CD4021	MC14021
八进制计数/分配器	CC4022	CD4022	MC14022
3 输入端 3“与非”门	CC4023	CD4023	MC14023
7 位二进制串行计数器/分频器	CC4024	CD4024	MC14024
十进制计数/7 段译码器	CC4026	CD4026	
双 J-K 触发器	CC4027	CD4027	MC14027
BCD 码—十进制码译码器	CC4028	CD4028	MC14028
可预置加/减计数器(二进制或 BCD—十进制)	CC4029	CD4029	MC14029
4“异或”门	CC4030	CD4030	
64 位静态移位寄存器	CC4031	CD4031	
3 正逻辑串行加法器	CC4032	CD4032	MC14032
十进计数器/7 段译码器(波纹消稳)	CC4033	CD4033	
8 位通用总线寄存器	CC4034	CD4034	MC14034
4 位并入/串入—并出/串出移位寄存器(三态)	CC4035	CD4035	MC14035
4×8 位随机存取存储器	CC4036	CD4036	MC14036
3“与/或”对	CC4037	CD4037	
3 路串联加法器(负逻辑)	CC4038	CD4038	MC14038
3 负逻辑串行加法器		CD4039	

(续)

品 种 名 称	(CC、C、CH 系列)	RCA (CD 系列)	MOTOROLA (MC 系列)
12 位二进制串行计数器/分频器	CC4040	CD4040	MC14040
4 同相/反相缓冲器	CC4041	CD4041	
4D 锁存器	CC4042	CD4042	MC14042
4 三态“或非”R/S 锁存器(“1”触发)	CC4043	CD4043	MC14043
4 三态“与非”R/S 锁存器(“0”触发)	CC4044	CD4044	MC14044
21 级计数器	CC4045	CD4045	
微功耗锁相环	CC4046	CD4046	MC14046
低功耗单稳/无稳多谐振荡器	CC4047	CD4047	
多功能可扩展 8 输入门(三态)	CC4048	CD4048	
6 反相缓冲/变换器	CC4049	CD4049	MC14049
6 同相缓冲/变换器	CC4050	CD4050	MC14050
单 8 通道模拟双向开关	CC4051	CD4051	MC14051
差动 4 通道模拟双向开关	CC4052	CD4052	MC14052
2 路 3 组模拟双向开关	CC4053	CD4053	MC14053
4 段 LCD(液晶)驱动器	CC4054	CD4054	
BCD-7 段 LCD 锁存显示驱动器	CC4055	CD4055	
BCD-7 段 LCD 锁存显示驱动器	CC4056	CD4056	
4 位算术逻辑单元	CC4057		
14 位二进制串行计数器/分频器	CC4060	CD4060	MC14060
4 位数字比较器	CC4063	CD4063	
4 位双向模拟开关	CC4066	CD4066	MC14066
16 路模拟双向开关	CC4067	CD4067	
8 输入端与非门/与门	CC4068	CD4068	MC14068
6 反相器	CC4069	CD4069	MC14069
4“异或”门	CC4070	CD4070	MC14070
2 输入端 4“或”门	CC4071	CD4071	MC14071
4 输入端双“或”门	CC4072	CD4072	MC14072
3 输入端 3“与”门	CC4073	CD4073	MC14073

(续)

品 种 名 称	(CC、C、CH 系列)	RCA (CD 系列)	MOTOROLA (MC 系列)
3 输入端 3“或”门	CC4075	CD4075	MC14075
4 位“D”寄存器(三态)	CC4076	CD4076	MC14076
4“异一或非”门	CC4077	CD4077	MC14077
8 输入端“或非/或”门	CC4078	CD4078	MC14078
2 输入端 4“与”门	CC4081	CD4081	MC14081
4 输入端双“与”门	CC4082	CD4082	MC14082
2 输入端双 2 路“与或非”门	CC4085	CD4085	
可扩展 2 输入端 4“与一或非”门	CC4086	CD4086	
二进制比例乘法器	CC4089	CD4089	
2 输入端 4 施密特触发器	CC4093	CD4093	MC14093
8 级移位和存储总线寄存器	CC4094	CD4094	MC14094
3 输入端 J-K 触发器(同相输入)	CC4095	CD4095	
3 输入端 J-K 触发器(同相和反相输入)	CC4096	CD4096	
8 路模拟双向开关	CC4097	CD4097	
双单稳态触发器	CC4098	CD4098	MC14528
8 位可寻地址锁存器	CC4099	CD4099	MC14099
32 位静态左/右移位寄存器	CC40100	CD40100	
9 位奇偶发生器/校验器	CC40101	CD40101	
8 位可预置同步减计数器(2~10 进制)	CC40102	CD40102	
8 位可预置同步减计数器(8 位二进制)	CC40103	CD40103	
4 位通用双向移位寄存器(三态)	CC40104	CD40104	
16×4 三态先进先出寄存器	CC40105	CD40105	
6 史密特触发器	CC40106	CD40106	
2 输入端双“与非”缓冲器/驱动器	CC40107	CD40107	
4×4 多路寄存器(三态)	CC40108	CD40108	MC14580
4 低到高电平移位器(三态)	CC40109	CD40109	
十进制加减计数/译码/锁存/驱动器	CC40110	CD40110	
64 位 RAM		CD40114	

(续)

品 种 名 称	(CC、C、CH 系列)	RCA (CD 系列)	MOTOROLA (MC 系列)
8 位通用双向 CMOS/TTL 电平转换器		CD40115	
8 位通用双向 CMOS/TTL 电平转换器		CD40116	
10 线—4 线 BCD 优先编码器	CC40147	CD40147	
可编程 4 位十进制计数器(异步清零)	CC40160	CD40160	
可编程 4 位二进制计数器(异步清零)	CC40161	CD40161	
可编程 4 位十进制计数器(同步清零)		CD40162	
可编程 4 位二进制计数器(同步清零)		CD40163	
6 锁存 D 触发器	CC40174	CD40174	
4 位算术逻辑单元	CC40181	CD40181	MC14581
超前进位发生器	CC40182	CD40182	MC14582
可预置 BCD 加/减计数器(双时钟)	CC40192	CD40192	
可预置 4 位二进制加/减计数器(双时钟)	CC40193	CD40193	
4 位并入/串入—并出/串出移位寄存器(左/右移)	CC40194	CD40194	
$3\frac{1}{2}$ 位双积分 A/D 转换器	CC14433		MC14433
工业控制单元	CC14500		MC14500
可选通三态输出六反相/缓冲器	CC4502	CD4502	MC14502
6 同相缓冲器(三态)	CC4503	CD4503	MC14503
双四位锁存器	CC4508	CD4508	MC14508
可预置 BCD 加/减计数器(单时钟)	CC4510	CD4510	MC14510
BCD—锁存/7 段译码/驱动器	CC4511	CD4511	MC14511
8 路数据选择器	CC4512	CD4512	MC14512
BCD—锁存/7 段译码/驱动器	CC4513		MC14513
4 位锁存/4 线—16 线译码器(输出“1”)	CC4514		MC14514
4 位锁存/4 线—16 线译码器(输出“0”)	CC4515	CD4515	MC14515
可预置 4 位二进制加/减计数器(单时钟)	CC4516	CD4516	MC14516
双 64 位移位寄存器	CC4517	CD4517	MC14517
BCD 同步双加计数器	CC4518	CD4518	MC14518
4 位二进制同步双加计数器	CC4520	CD4520	MC14520

(续)

品 种 名 称	(CC、C、CH 系列)	RCA (CD 系列)	MOTOROLA (MC 系列)
可预置 BCD 同步 1/N 计数器	CC14522		MC14522
可预置 4 位二进制同步 1/N 计数器	CC14526		MC14526
BCD 比例乘法器	CC4527	CD4527	MC14527
双单稳态触发器	CC14528		MC14528
双 4 路/单 8 路模拟开关	CC14529		MC14529
256×1 静态随机存取存储器	CM5101		MCM145101
½位双积分 A/D 转换器(驱动 LCD)	CC7106	ICL7106	
½位双积分 A/D 转换器(驱动 LED)	CC7107	ICL7107	
单定时器	CC7555	ICL7555	
双定时器	CC7556	ICL7556	
4 输入端双“与”门	C031*	CD4082	MC14082
4 输入端双“或”门	C032*	CD4072	MC14072
6 反相器	C033	CD4069	MC14069
4 输入端双“与非”门	C034*	CD4012	MC14012
3 输入端 3“与非”门	C035*	CD4023	MC14023
2 输入端 4“与非”门	C036*	CD4011	MC14011
4 输入端双“与非”门	C037*	CD4002	MC14002
3 输入端 3“与非”门	C038*	CD4025	MC14025
2 输入端 4“与非”门	C039*	CD4001	MC14001
4—3—3 可扩展“与或非”门	C040		
8 输入端可扩展多功能门	C041	CD4048	
双互补对加反相器	C042	CD4007	MC14007
双主-从 D 触发器	C043*	CD4043	MC14013
双 J-K 触发器	C044*	CD4027	MC14027
BCD 同步加计数器	C180*	CD4518	MC14518
可预置 BCD 加/减计数器(双时钟)	C181	CD40192	
可预置 BCD 同步 1/N 计数器	C182		MC14522
4 位二进制同步加计数器	C183*	CD4520	MC14520

(续)

品 种 名 称	(CC、C、CH 系列)	RCA (CD 系列)	MOTOROLA (MC 系列)
可预置 4 位二进制加/减计数器(双时钟)	C184	CD40193	
可预置 4 位二进制同步 1/N 计数器	C185		MC14526
二-十六任意进制计数器	C186		
十进制计数/分配器	C187	CD4017	MC14017
可预置 BCD 加/减计数器(单时钟)	C188	CD4510	MC14510
可预置 4 位二进制加/减计数器(单时钟)	C189	CD4516	MC14516
4 位锁存/4 线—16 线译码器(输出“1”)	C300	CD4514	MC14514
BCD 码—十进制码译码器	C301	CD4028	MC14028
BCD-8 段显示译码器	C302		
十进制码—BCD 码译码器	C304		
BCD-8 段显示译码器	C305		
BCD-7 段译码/LCD 驱动器	C306		
三态 R-S4 锁存触发器(“1”触发)	CL120	CD4043	MC14043
4 锁存 D 触发器	C421	CD4042	MC14042
4 位并入/串入—并出/串出移位寄存器(左/右移)	C422	CD40194	
双 4 位单入—并出移位寄存器	C423	CD4015	MC14015
18 位串入—串出移位寄存器	C424	—	
4“与或”选择器	C540	CD4019	MC14019
单 8 路模拟双向开关	C541	CD4051	MC14051
4 路双模拟开关	C542	CD4052	MC14052
3 组 2 路模拟开关	C543	CD4053	MC14053
双向四模拟双向开关	C544	CD4066	MC14066
4“异或”门	C660*	CD4070	MC14070
双全加器	C661		
4 位超前进位全加器	C662	CD4008	MC14008
4 位数值比较器	C663		MC14585
64×1 静态随机存取存储器	C850		
双单稳态触发器	J210	CD4098	MC14528

(续)

品 种 名 称	(CC、C、CH 系列)	RCA (CD 系列)	MOTOROLA (MC 系列)
BCD 比例乘法器	J690	CD4527	MC14527
锁相环	J691	CD4046	MC14046
步进电机脉冲分配器	CH250		
4 $\frac{1}{2}$ 位双积分 A/D 转换器逻辑单元	CH259		
六进制计数/锁存/7 段译码/LCD 驱动器	CH266		
十进制计数/锁存/7 段译码/LCD 驱动器	CH267		
时间控制器	CH279		
CMOS-LED 组合电路(锁存/译码/驱动)	CL002		
CMOS-LED 组合电路(锁存/译码/驱动)	CH283L		
CMOS-LED 组合电路(计数/锁存/译码/驱动)	CL102		
CMOS-LED 组合电路(计数/锁存/译码/驱动)	CH284L		
六漏极开路缓冲/变换器	CH906		

注:1. 表中同一行产品是逻辑功能和引脚排列均一致;

2. 带“*”号的产品,是指 C 系列与 CD、MC 系列逻辑功能虽一致,但引出脚排列却不相同。

3. 国产 C 列系型号属于部标,而 CC 系列是上海元件五厂厂标。

五、国外 CMOS 集成电路厂家和产品型号前缀

表 3

公 司 名 称	简 称	型 号 前 缀
无线电公司(美)	RCA	CD----
摩托罗拉半导体公司(美)	TOTA	MC----
国家半导体公司(美)	NSC	CD----
仙童公司(美)	FSC	F----
得克萨斯仪器公司(美)	TI	TP----
固态科学公司(美)	SSS	SCL----
哈里斯公司(美)		HD----
特里达因公司(美)		MM----
东芝公司(日)	TOSJ	TC----

公 司 名 称	简 称	型 号 前 缀
冲电气工业股份公司(日)	OKI	MSM———
电气公司(日)	NEC	μ PD———
日立公司(日)		HD———
富士通公司(日)		MB———
飞利浦公司(荷兰)		HFE———
密特尔公司(加拿大)		MD———

六、CMOS 集成电路特性测试

目前 CMOS 电路产品系列有：CD4000B(包括 CD4500B 在内)系列，其国标为 C 系列或 CC4000B 系列；40H-系列，其国标为 CC40H 系列；以及 74HC-系列（简称为 HS 或 H-CMOS）。其中 4000B 系列为国际流行的通用标准。

CMOS 电路最基本的单元电路为“非”门、“与非”门和“或非”门。因此，要检测 CMOS 电路，就只要检测其基本的门单元电路。检测门单元电路，主要是通过检测其“电压传输特性”。

所谓“电压传输特性”，就是输入-输出电压特性。图 N-1 是 CMOS “非”门的电压传输特性曲线。图 N-2 是 CMOS “与非”门和“或非”门电压传输特性曲线。三者近乎相似，但有区别。

图 N-1 中，CMOS “非”门（如用 CD4069 的一个门）的 V_{DD} 端接电源电压 V_{DD} ， V_{SS} 端接 GND。从特性曲线可以看出：

(1) 当输入 V_i 为低电平时，输出 V_o 为高电平“1”（近似等于 V_{DD} ）；当输入 V_i 为高电平时，输出 V_o 为低电平“0”（约为 0V）。

(2) 输出高低电平的过渡区很窄。这说明过渡区的增益很高（约为 20~50）。

图 N-2 (a) 中，是“与非”门电压传输特性曲线；图 N-2 (b) 中是“或非”门电压传输特性曲线。它们与图 N-1 相比较可以看出，过渡区更加陡峭，即增益更大；同时，过渡区（或开关电平）与输入端的接法有关。也就是说，“与非”门的过渡区随着输入端接电源 V_{DD} 的数目增加而移向低电压（ V_{SS} ）；“或非”门正相反，其过渡区则随着输入端接低电压（ V_{SS} ）的数目增加而移向电源电压 V_{DD} 。

应当指出：为了保证 CMOS 电路的高、低电平的噪声容限不小于电源电压的 30%， “非”门和“或非”门的输入端数目还应 ≤ 4 。从前面介绍的应用实例也可得知，若需要更多

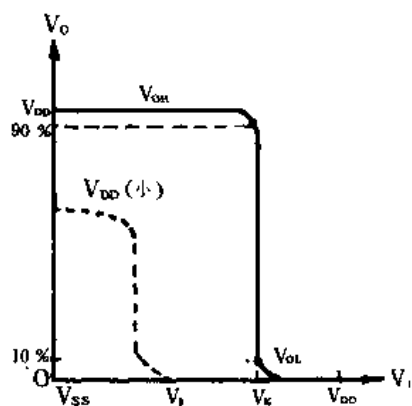


图 N-1 “非”门电压传输特性曲线

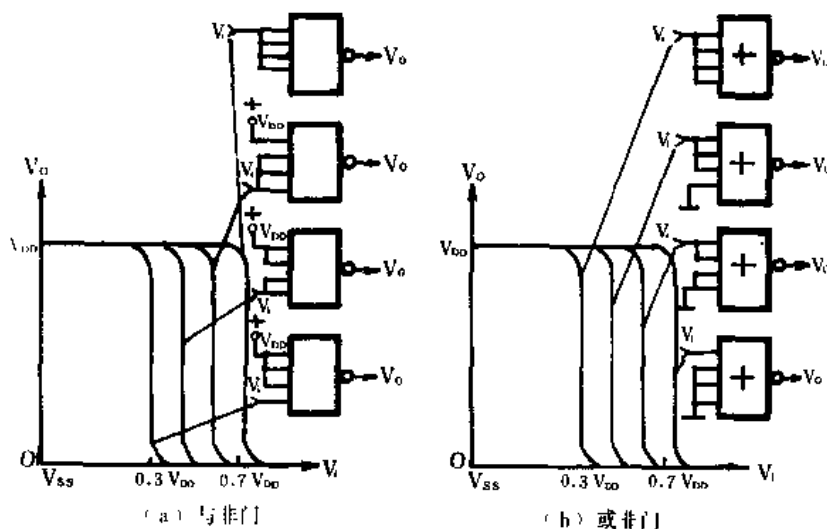


图 N-2 “与非”门和“或非”门电压传输特性曲线与输入端接法

的输入端，必须采用增加门电路来扩展输入端。

了解了以上传输特性曲线，是为了更好测试 CMOS 电路。

1. 2 输入端门的测试

以 2 输入端 4 “与非”门 CD4011 为例，介绍 2 输入端门的测试方法。这一方法还适用于 CD4012、CD4023、CD4068 等。图 N-3 (a) 是 2 输入端门的测试电路图。电源 $V_{DD}=10V$ ，接在⑭脚，⑦脚接电源负极。由于 JT-1 图示仪的 Y 轴电压（即 Y 轴基极电压）最高量程为 0.5V/度，即显示屏满度 10 格只有 5V。所以，必须对 Y 轴电压进行量程扩展。为此电路图中附加入两个电阻 R_1 和 R_2 作分压器。这样，Y 轴电压量程扩大为两倍。而 R_1+R_2 之和，相当于被测电路的负载。但 R_1 和 R_2 的阻值不宜过大，否则，会带来图示仪的容性电流对测试的影响。总之， R_1 和 R_2 值，应使 CMOS 负载电流一般小于 1mA 为准。一般取 $R_1=R_2=100k$ 。

测试时，先将图示仪面板

上各开关置于如下位置：

峰值电压范围：0~20V

极性（集电极扫描）：正

(+)

X 轴、集电极电压：1V/度

Y 轴、基极电压：0.5V/度

阶梯作用：关

功耗电阻：5Ω

阶梯选择：0.001mA（毫安）/级。

然后，将 JT-1 图示仪的光点聚焦好，且把光点的零点调至萤光屏的左下角坐标原点

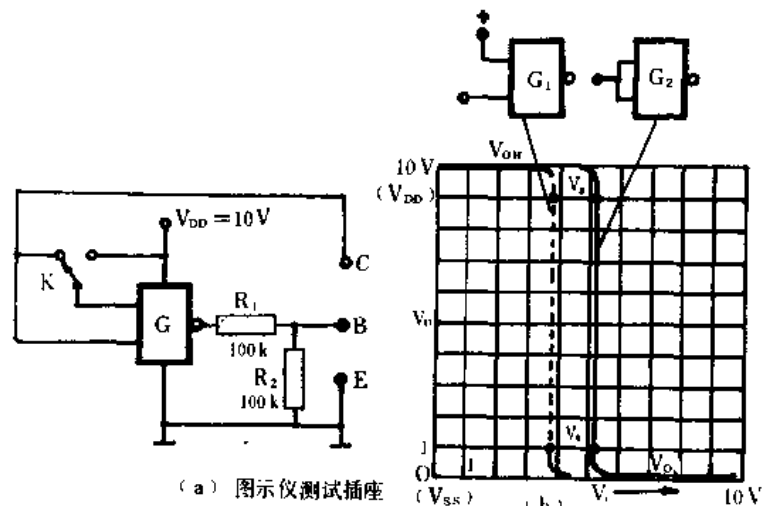


图 N-3 2 输入端门（“与非”）门的测试

上。接着, 缓缓地调节峰值电压, 可测得如图 N-3 (b) 所示的“与非”门电压传输特性曲线。由于此时 Y 轴电压已扩展为每格 $2 \times 0.5 = 1\text{V}$, 所以可测得输出高电平 $V_{OH} \approx 10\text{V}$, 输出低电平 $V_{OL} = 0\text{V}$ 。进而求出逻辑摆幅为 $V_{OH} - V_{OL} \approx 10\text{V}$ 。至于“关门电平” V_g (通常指 V_{OH} 的 90% 处所对应的输入电平), 可测得: $V_g = 5.2\text{V}$; 而“开门电平” V_K (通常指输出下降为 V_{OH} 的 10% 处所对应的输入电压), 可测得 $V_K = 5.3\text{V}$ 。进而又可求得抗干扰电压容限。

对输入低电平“0”的抗干扰电压容限 $V_{NL} = V_g - V_{OL} = 5.2\text{V}$; 对输入高电平“1”的抗干扰电压容限 $V_{NH} = V_{OH} - V_K = 10\text{V} - 5.3\text{V} = 4.7\text{V}$ 。这一数值表示噪声容限在 V_{DD} 的 47% 以上, 抗干扰能力相当强。

2. 一输入端门的测试

以有 6 个“非”门的 CD4069, 而测其中一个“非”门为例, 介绍一输入端门的测试。图 N-4 (a) 是测试电路图。测试时, 图示仪面板上各开关位置, 如“2 输入端门的测试”时一样。可测得如图 N-4 (b) 所示的电压传输特性曲线, 且 $V_{OH} \approx 10\text{V}$, $V_{OL} \approx 0\text{V}$, $V_g = 5.0\text{V}$, $V_K = 6.9\text{V}$ 。特性曲线图中的 a、b 虚线, 分别表示改变电源电压 V_{DD} 为 7.5V 和 5V 时所测得的特性曲线。图 N-4 与 N-3 相对照, 可以看出, CD4069 “非”门的过渡区不及 CD4011 “与非”门陡峭。它不仅说明 CD4069 的“非”门抗干扰能力不及 CD4011 “与非”门, 而且说明 CD4069 “非”门产生的波形的前后沿也不很陡直。

上述“一输入端门的测试”方法, 也可用来测试“或非”门 CD4001、4002、4025、4078 和“或”门 CD4071、4082、4075 等 CMOS 电路的特性。但要注意: 将它们不用的输入端或并接、或接地, 而不能接电源 V_{DD} 。倘若将“一输入端门的测试”方法用于二输入端门的测试, 比如用前面提到的 CD4011 一个门把它的一个

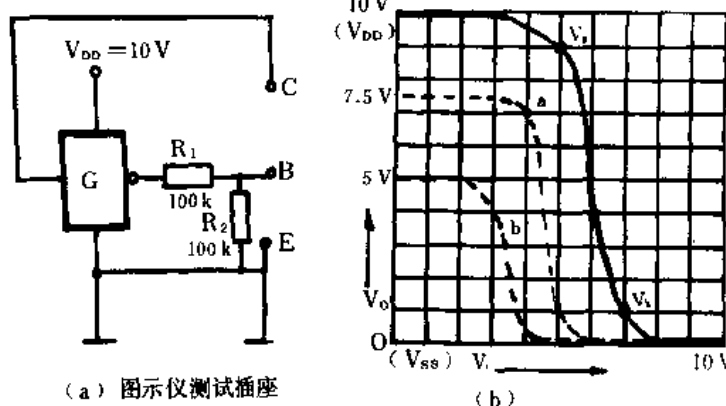


图 N-4 输入端门 (非门) 的测试

输入端接电源, 信号从另一输入端加入, 那么调节峰值电压可获得如图 N-3 (b) 中虚线所示的电压传输特性曲线。由曲线可测得: $V_{OH} \approx 10\text{V}$, $V_{OL} \approx 0\text{V}$, $V_g = 3.9\text{V}$, $V_K = 4.0\text{V}$, $V_{NL} = V_g - V_{OL} = 3.9\text{V}$, $V_{NH} = V_{OH} - V_K = 6\text{V}$ 。从曲线可以看出: 它的过渡区靠近 0V。这两者说明, 这种接法 (单端输入) 比两个输入端并接作输入端的接法抗干扰能力来得差。因此, 在应用中 CD4011 一般都用两输入端并接作输入端方法来提高抗干扰能力。

利用上述图示仪测试结果, 可以知道 CMOS 电路中门的各种参数优劣, 而且对多个相同门的参数比较, 可以判断出其质量的好坏。例如, 对 6 反相器的 CD4069, 测试时只要用活动的接头同时移动测试各反相器的输入端和输出端, 若发现某个门无曲线或特性曲线不佳, 则说明其中某个反相器损坏或性能不好, 不宜使用。

3. 施密特触发器集成电路的测试

这里,介绍 6 施密特触发器 CD40106 中一个施密特触发器的测试。测试电路接法如图 N-5 (a) 所示。当电路接好后,将图示仪的聚焦光点的零点调至座标的左下角原点处。图示仪面板上各开关位置同前面所述,其中只有“功耗电阻 5Ω ”改为 100Ω 。面后调节峰值电压,可测得如图 N-5 (b) 所示的施密特触发器输入-输出电压特性曲线。

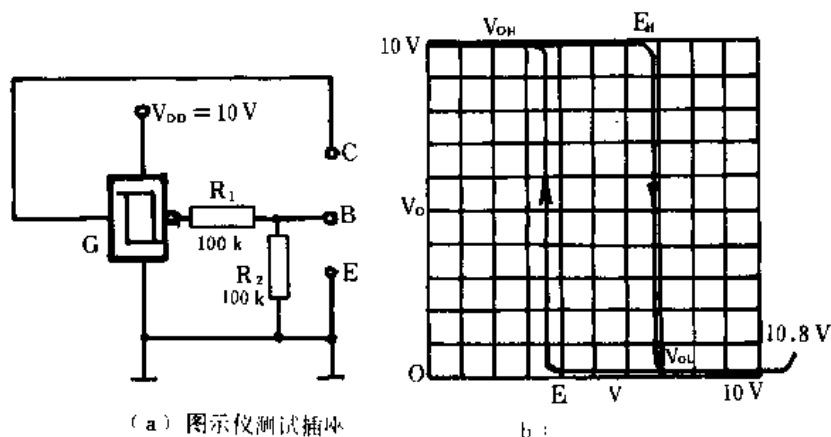


图 N 5 施密特触发器的测试

从 N-5 (b) 特性曲线可以看出:这是与输入信号密切相关的两个稳态曲线。当输入 $V_i > E_H$ 时,电路输出为低电平状态。但当 V_i 回到 E_H 时,电路并不重新翻转,而继续沿伸到 $V_i < E_L$ 时,电路才从低电平翻转为高电平状态。 E_H 称为上限阈值电平。 E_L 称为下限阈值电平。 E_H 与 E_L 的差称为“回差”。施密特触发器正是利用这种“回差”特性,在波形形成、电压比较和幅度鉴别等方面获得广泛应用,尤其在传输信号中混有噪声等干扰时,利用“回差”可以有效地消除叠加在输入信号上的噪声干扰。

从 N-5 (b) 特性曲线可测得: $E_H = 6.7V$, $E_L = 3.7V$, 回差 $\Delta = E_H - E_L = 3V$; $V_{OH} \approx 10V$, $V_{OL} \approx 0V$ 。特性曲线出现“翘尾”,是因为:CMOS 电路的输入端内部制作有二极管保护网络。这些二极管当电路正常工作时,处于反偏而不起作用;当输入大于 V_{DD} 与二极管导通电压之和时,于是二极管便正偏而导通,测出的曲线末尾上翘。显然,二极管网络的存在。

(1) 平时可防止静电感应而损坏 CMOS 电路。

(2) 要求施密特触发器输入 V_i 不能大于 $V_{DD} + 0.5V$ 和小于 $V_{SS} - 0.5V$ 。

主要参考资料

1. 《北京电子报》1989~1995 年合订本。
2. 《电子报》1988~1995 年合订本。
3. 《电子世界》1985~1987 年合订本。
4. 荀殿栋、程宗汇主编的《实用数字电路设计手册》电子工业出版社 1994 年 1 月。
5. 岑贤鸿、袁光明编著《双向可控硅应用 500 例》，成都科技大学出版社 1994 年第一版。
6. 陈永甫主编《555 集成电路应用 800 例》电子工业出版社 1993 年 6 月。
7. 魏立君、韩华琦编的《CMOS 4000 系列 60 种常用集成电路的应用》，人民邮电出版社 1994 年 8 月。
8. 上海元件五厂《晶峰器件应用》18~19。
9. 施良驹编的《集成电路应用集锦》电子工业出版社 1988 年 6 月。
10. 吕广平、徐笑貌编的《集成电路应用 500 例》，人民邮电出版社 1984 年 11 月。
11. [美] R·F 格拉夫著的《电子电路百科全书》第二卷，1989 年 10 月。
12. 中国集成电路大全《CMOS 集成电路》1985 年。