

现代集成电路实用手册

XIANDAI JICHENG DIANLU SHIYONG SHOUC

■ 梁廷贵 主编

积分式 A/D 转换器

其它专用集成电路 **分册**



 科学技术文献出版社

现代集成电路实用手册

XIANDAI JICHENG DIANLU SHIYONG SHOUCE

■
遥控电路 可控硅触发电路 语音电路分册

■
积分式 A/D 转换器 其它专用集成电路分册

■
集成运算放大器 电压比较器分册

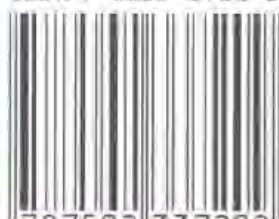
■
计数器 分频器 锁存器 寄存器 驱动器分册

■
数字单元电路 转换电路分册

■
译码器 编码器 数据选择器 电子开关 电源分册
■

封面设计 宋雪梅

ISBN 7-5023-3720-2



9 787502 337209 >

2

ISBN 7-5023-3720-2/TM·46

定价: 30.00元 (全套180.00元)

TN-11
现代集成电路实用手册

积分式 A/D 转换器 其它专用集成电路分册

梁廷贵 主 编

王裕琛

晁树明 副主编

王瑞山

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

编者说明

随着电子技术的飞速发展,各类分立电子元器件及其所构成的相关功能单元,已逐步被功能更强大、性能更稳定、使用更方便的集成电路所取代。由集成电路构成的各种自动控制、自动测量、自动显示电路遍及各种电子产品和设备。

为了适应电子技术的发展,电子技术人员经常需要设计一些由集成电路组成的电子电路。作者在实践中发现,为了设计一个较完善的电子电路,需要查阅几本乃至十几本手册,给工作带来很大不便。广大的电子爱好者、工程技术人员都渴望能出版一本器件品种广泛,具有器件特点、引脚功能、典型电气参数及应用电路的工具书。以便实现一本手册在手,就可方便查找设计和维修电子电路所用器件。基于上述目的,我们通过广泛搜集各类书刊、产品样本并结合自身的实践经验,精选精编,编著成此《手册》。但是,对于计算机、单片机、专用器件、可编程器件,由于内容过多我们没有编入。本《手册》涉及内容广泛、新颖荟萃、通俗实用、查阅方便。适用于电子专业工程技术人员、大中专院校电子专业教师和学生、工矿企业电子工程技术人员参考。

本《手册》集成运算放大器和电压比较器,数字单元电路,计数器,分频器由梁廷贵同志编写;译码器,编码器,数据选择器,分配器和电子

开关,积分式 A/D 转换器,语音电路由王裕琛同志编写;遥控电路,电源,其它专用集成电路由晁树明同志编写;锁存器、寄存器、驱动器,转换电路由王瑞山同志编写。由于书中涉及到各类集成电路及器件 2 970 种,应用电路 1 253 幅,核实不易,因此必然存在不少缺点和错误,在此我们诚恳地希望广大读者批评指正,以便修正。

编者:梁廷贵、王裕琛、晁树明、王瑞山

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本分册介绍了各种常用的积分式 A/D 转换集成电路、温度检测集成电路、湿度检测集成电路、555 集成电路、霍尔电路、时间控制集成电路、电机控制集成电路、彩灯控制集成电路、LED 显示驱动集成电路、报警集成电路等专用集成电路。书中列出了这些器件的引脚图、引脚说明、典型参数、主要性能和使用方法。

本书可供广大电子工程技术人员和大专院校师生参考使用。

我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干

科学技术文献出版社是国家科学技术部所属的综合性出版机构,主要出版医药卫生、农业、教学辅导,以及科技政策、科技管理、信息科学、实用技术等各类图书。

目 录

第一章 积分式 A/D 转换器

1. $3\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7106	(3)
2. $3\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7107	(11)
3. $3\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7116	(12)
4. $3\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7117	(14)
5. $3\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7126	(14)
6. $3\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7136	(15)
7. $3\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 MC14433	(15)
8. $3\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 MAX139	(21)
9. $3\frac{3}{4}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7149	(22)
10. 12 位双积分 A/D 转换器 ICL7109	(26)
11. $4\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 CH259	(31)
12. $4\frac{1}{2}$ 位双积分 A/D 转换器 ICL7135	(33)
13. $4\frac{1}{2}$ 位积分式 A/D 转换器 ICL7129	(41)
14. $4\frac{3}{4}$ 位积分式 A/D 转换器 MAX134(133)	(44)
15. 16 位积分式 A/D 转换器 ICL7104	(50)
16. $4\frac{1}{2}$ 位, $5\frac{1}{2}$ 位积分式 A/D 转换器 AD7555	(53)
17. 带微处理器的 $5\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 HI7159A	(58)
18. 积分式 A/D 转换器的应用实例	(66)

第二章 其它专用集成电路

一、时基电路	(77)
--------------	------

1. 555 单时基电路	(77)
2. 556 双时基电路	(81)
二、JEC-2 多功能触发器	(83)
三、时间控制专用集成电路	(87)
1. ZN1034E 长延时控制集成电路	(87)
2. RS644C 长时间定时集成电路	(88)
3. YH2902A 多功能定时控制模块	(90)
4. MC14541 专用定时集成电路	(91)
5. SGZ35 时间控制集成电路	(92)
四、充电控制专用集成电路	(94)
1. U2403B 恒流充电计时器	(94)
2. U2402B 智能型电池快充控制芯片	(95)
3. ATC105 智能型镍镉电池充电控制集成电路	(98)
4. BQ2002 电池快速充电控制集成电路	(100)
5. SI633A 镍镉电池充电控制集成电路	(101)
6. TB1004 充电控制集成电路	(102)
五、温度控制专用集成电路	(105)
1. LM3911 单片温度控制集成电路	(105)
2. LM35DZ 摄氏温度传感器	(107)
3. NTC 精密型温度传感器	(108)
4. SL134 集成温度传感器	(113)
5. T- $\times\times\times$ 系列温度传感器	(114)
6. TSV1/TSV2 高稳定性集成温度传感器	(115)
7. 三种国产集成温度传感器简介	(117)
六、霍尔电路	(119)
1. 霍尔元件	(119)
2. 霍尔传感器	(120)
3. SH 型霍尔开关集成电路	(123)
4. HK-1 系列全密封霍尔接近开关	(124)
5. HST 系列霍尔传感器	(126)
6. DN838 霍尔集成电路	(128)
七、电机控制专用集成电路	(130)
1. TS01 交、直流电机调速集成电路	(130)
2. LT240 微型直流电机可逆驱动集成电路	(131)
3. NO-9331 电动机保护模块	(132)
4. NO-9331B 电动机保护模块	(133)
5. 直流电机稳速专用 IC 简介	(136)

6. TDA7272 高精度电机调速集成电路	(141)
八、彩灯控制专用集成电路	(144)
1. VH5163 彩灯控制集成电路	(144)
2. LC181/LC182 音频调制彩灯控制芯片	(145)
3. SH808 多功能音乐彩灯程控集成电路	(147)
4. TWH9104 新型彩灯控制集成电路	(148)
5. LT156 单片 4 路彩灯控制集成电路	(150)
6. 5G167/5G052 音响同步彩灯控制集成电路	(151)
7. SIC24P/16P/12P 程控闪光 BiCMOS 集成电路	(154)
8. 音响彩灯控制集成电路	(158)
9. CD71017 多功能程控闪光集成电路	(161)
10. CD71061 多功能程控闪光集成电路	(164)
11. 5GM168 节日彩灯控制集成电路	(166)
12. HJ94015 圣诞彩灯串控制集成电路	(167)
13. HJ94030 多功能灯串控制集成电路	(168)
九、LED 显示驱动专用集成电路	(170)
1. BA6104/6124 五位 LED 电平表驱动集成电路	(170)
2. LB1405 五位 LED 电平指示驱动集成电路	(173)
3. 新型 LED 图形(点、线)显示驱动集成电路	(174)
4. MAX7219 串行接口 8 位 LED 显示驱动集成电路	(185)
5. SAA1064 串行 I ² C 总线 LED 显示驱动集成电路	(189)
6. ICM7212 系列 CMOS 4 位并行显示/译码/驱动器(硬件译码)	(195)
7. ICM7218 系列 CMOS 8 位并行显示/译码/驱动器	(199)
十、报警电路	(204)
1. CH217 单片瓦斯、煤气检测报警集成电路	(204)
2. ZKB8711 自控报警集成电路	(206)
3. SGZ07 声、光报警集成电路	(208)
4. LD7208 汽车转弯报警专用集成电路	(210)
5. CW168 新颖闪光报警集成电路	(211)
6. 5G0602 专用报警集成电路	(212)
十一、光敏控制电路	(215)
1. TC-3330 单片集成光电开关	(215)
2. 达林顿型光敏三极管	(216)
3. 交流功率光电耦合器	(218)
4. 四象限光电器件	(219)
5. 光敏电阻	(220)
6. 常用 MG 型光敏电阻型号及参数	(221)

7. 几种常用国产光电控制器件·····	(223)
十二、湿敏控制电路 ·····	(234)
1. 阻抗式湿敏元件·····	(234)
2. 电容式湿敏元件·····	(237)
3. SM-1 湿敏半导体器件 ·····	(239)
4. 几种国产湿度传感器简介·····	(239)
5. RSD-2 湿度传感器·····	(240)
6. 低湿度检测电路·····	(241)

第一章

积分式 A/D 转换器

本章介绍常见的积分式 A/D 转换器,先介绍积分式 A/D 转换器的优缺点。

(1) 优点

①积分式 A/D 转换器的转换精度高,成本低。例如,ICL7135 双积分式 A/D 转换器的最大显示值为 19999,相当于二进制的 14 位($\log 19999/\log 2 = 14$),其市场价仅相当于 12 位逐次逼近 A/D 转换器 AD1210 的 1/7 左右。

②积分式 A/D 转换器的精度与积分电阻,积分电容的精度无关,故可以降低对元件质量的要求。

③积分式 A/D 转换器的精度与时钟频率的漂移无关。当时钟频率漂移时,正向积分时间 T_1 和反向积分时间 T_2 按相同的比例来增加(或减少),所以并不影响测量的结果。这表明时钟振荡器不一定采用价格较贵的石英晶体,使用普通的阻容件已能满足要求,从而降低了成本。

④抗干扰能力强。工频周期为 20ms, A/D 转换器的采样时间 T_1 一般为 20ms 的整数倍,它对正负对称的工频干扰的积分基本为零,所以对 50Hz 的工频干扰抑制能力较强。对于高频干扰(例如噪声电压)亦有良好的滤波作用。只要干扰电压的平均值为零,对输出就不产生影响。

⑤构成数字电压表的外围电路简单。许多芯片可以直接驱动 LED 或 LCD。大部分芯片内部有时钟振荡电路,只需外接阻容件或只接电阻即可,MAX139 内部振荡器不需外接元件。

(2) 缺点

①积分电容和调零电容的介质损耗会影响 A/D 转换的精度,所以应采用介质损耗小的聚丙烯电容。

②A/D 转换的基准电源的变化直接影响转换精度。芯片内部的基准电压源一般受温度影响较大,当精度要求较高时,应采用外接基准电压源。

③积分式 A/D 转换器的工作速度较低,一般在 1~20 次/s。另外,本章介绍的积分式 A/D 转换器的工作温度范围一般是 0~70℃,当使用 LCD 显示屏时因 LCD 工作的最高温度为 40℃,所以,由他们构成的数字电压表工作温度不宜超过 40℃。对于低于 0℃的工作环境,可以选用带后缀“1”的芯片,例如 ICL7106I,它们的工作温度为 -25~-85℃。

为了方便选用积分式 A/D 转换器,表 1-1 列出了本章介绍芯片的主要特性。

1. 3 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7106

(1) 基本特点、引脚排列和功能

①ICL7106 是 3 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器,属于 CMOS 大规模集成电路,它的最大显示值为 ± 1999 ,最小分辨率为 $100\mu\text{V}$,转换精度为 $0.05\% \pm 1$ 个字。

②内部有异或门的输出,能直接驱动 LCD 显示器。

③采用单电源供电,电压范围规定为 $+(7-15)\text{V}$,一般使用 9V 叠层电池,工作电流为

1.8mA。

表 1-1 本章介绍积分式 A/D 转换器的主要特性

序号	型 号	满量程 读数	精度 ($\times 10^{-6}$)	最少分辨力 (μV)	电源电压 (V)	耗 电 (mA)	输出驱动 形式	基准电压 (V)
1	ICL7106	± 1999	500	100	9	1.8	LCD	2.8
2	ICL7107	± 1999	500	100	± 5	1.8	LED	2.8
3	ICL7116	± 1999	500	100	9	1.8	LCD	2.8
4	ICL7117	± 1999	500	100	9	1.8	LED	2.8
5	ICL7126	± 1999	500	100	9	0.1	LCD	2.8
6	ICL7136	± 1999	500	100	9	0.1	LCD	2.8
7	MC14433	± 1999	500	100	± 5	1	LED 或 BCD 码	外接 2.5
8	MAX139	± 1999	500	100	5	10	LED	3.05
9	ICL7149	± 3999	250	100	9	2.2	LCD	外接 1.2
10	ICL7109	± 4095	250	10	± 5	0.7	14 位二进制	2.8
11	CH259	± 19999	50	100	5	0.5	LED	外接 ± 1.0000
12	ICL7135	± 19999	50	100	± 5	3	LED	外接 1.0000
13	ICL7129	± 19999	50	10	9	1	LCD	外接 1.0000
14	MAX134	± 19999	250	5	± 5 或 9	0.1	BCD 码	外接 0.655
15	ICL7104-16	65535	50	15	$\pm 15, 5$	1.0, 6, -0.2	16 位二进制	1.75(8052)
16	AD7555	199999	50	10	± 5	5	BCD 码	外接 4.096
17	HI7159	199999	50	10	± 5	30	串行、并行	外接 1.0000

说明:a. CH259 的模拟部分需外接。

b. ICL7104-16 的模拟部分需外接 8502。

c. AD7555 的显示驱动、译码、模拟部分需外接。

d. HI7159 输出为 TTL 电平, 适合配接微机。

④在芯片内部 V_+ 与 COM 之间有一个稳定性很高的 2.8V 基准电压源。通过电阻分压器可获得所需要的基准电压 V_{REF} 。

⑤能通过内部的模拟开关实现自动调零和自动极性显示功能。利用外部异或门(或者异或非门), 还可获得超量程标志信号。

⑥内部有时钟电路, 根据需要可采用阻容振荡器或石英晶体振荡器, 亦可外接时钟信号。转换速率规定为 1~15 次/s。

⑦输入阻抗极高, 典型值为 $10\text{M}\Omega$, 对输入信号无衰减作用。

⑧整机组装方便, 无需外加有源器件, 配上 5 个电阻, 5 个电容和 LCD 显示器, 就能构成一块直流数字电压表。

⑨噪声低, 温漂小, 具有良好的可靠性, 寿命长。零读数温漂典型值为 $0.2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。

⑩可以方便地进行功能检查。

ICL7106 的引脚排列如图 1-1 所示。

引脚的功能如下:

V_+ 和 V_- : 分别为电源的正极和负极。

$aU \sim gU, aT \sim gT, aH \sim gH$: 分别为个位、十位、百位笔画的驱动信号, 依次接个位、十位、百位液晶显示器的相应笔画电极。LCD 的七段笔画见图 1-2, DP 为小数点。

bcK : 千位笔画驱动信号, 接千位液晶显示器的 b, c 两个笔画电极。当计数值大于 1999 时发生溢出, 千位数显示“1”, 其余数字均熄灭。

PM : 液晶显示器背面公共电极的驱动端, 简称“背电极”。

$OSC1 \sim OSC3$: 时钟振荡器的引出端, 外接阻容元件或石英晶体组成振荡器。

COM : 模拟信号公共端, 简称“模拟地”, 使用时一般与输入信号的负端以及基准电压的负端相连。

$TEST$: 测试端, 该端经过 500Ω 电阻接至逻辑电路的公共地, 故也称“逻辑地”或“数字地”。此端可以作“测试”指示, 把它与 V_+ 短接后, LCD 显示器全部笔画点亮, 显示数为 1888, 以此来检查数字电压表。此端还可以作为负电源端供外部驱动器使用, 例如组成固定小数点显示电路。

V_{REF+} : 基准电压正端。通常采用内部基准电压, 也可根据需要采用外部基准电压。

V_{REF-} : 基准电压负端。

C_{REF} : 外接基准电容端。

IN_+, IN_- : 模拟量输入端, 分别接输入信号的正端与负端。

AZ : 积分器和比较器的反相输入端, 接自动调零电容 C_{AZ} 。

BUF : 缓冲放大器输出端, 接积分电容 C_{INT} 。

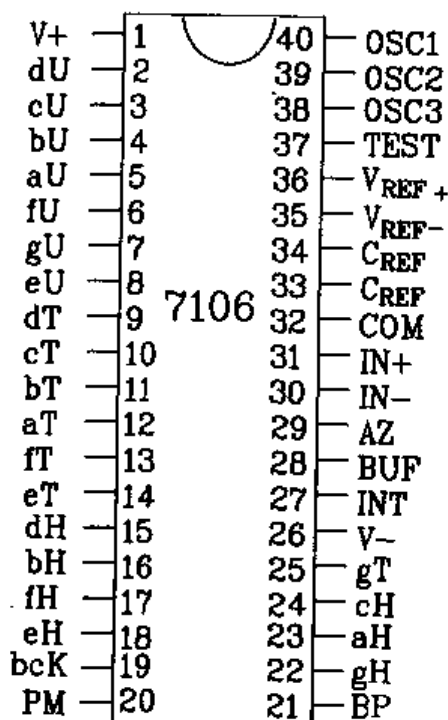


图 1-1 1CL7106 引脚图

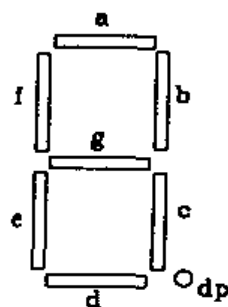


图 1-2 LCD 的七段笔画

(2) 工作原理

ICL7106 的内部有模拟电路部分和逻辑电路部分。

① 模拟电路部分

模拟电路部分如图 1-3 所示。它主要由积分器、缓冲放大器和比较器组成。积分器是 A/D 转换器的心脏,在一个测量周期内,积分器先后对输入信号电压和基准电压进行两次积分。比较器将积分器的输出信号与零电平进行比较,比较的结果作为数字电路的控制信号。在信号输入与积分器之间通过缓冲放大器进行隔离。

图 1-3 中的 NMOS 场效应管 VT_1 接在模拟地和电源 V_- 之间,根据电源电压的不同,使 COM 端电位保持在大约比 V_- 高 4~6V 的状态,而 COM 端又比 V_+ 低 2.8V。运放 A_4 的作用是稳定 2.8V 基准电压 E_0 ,当电池电压发生变化时,不会影响基准电压源。

图 1-3 中的开关均系模拟开关(或叫电子开关)。这些开关可视为三端器件如图 1-4 所示, V_i 是输入端, V_o 是输出端, V_k 是控制端。当 V_k 为高电平“1”时开关接通,导通电阻只有几十欧;当 V_k 为低电平“0”时开关断开,截止电阻 $R_{off} \geq 100M\Omega$ 。截止电阻和导通电阻之比 $R_{off}/R_{on} > 1\,000\,000$ 。

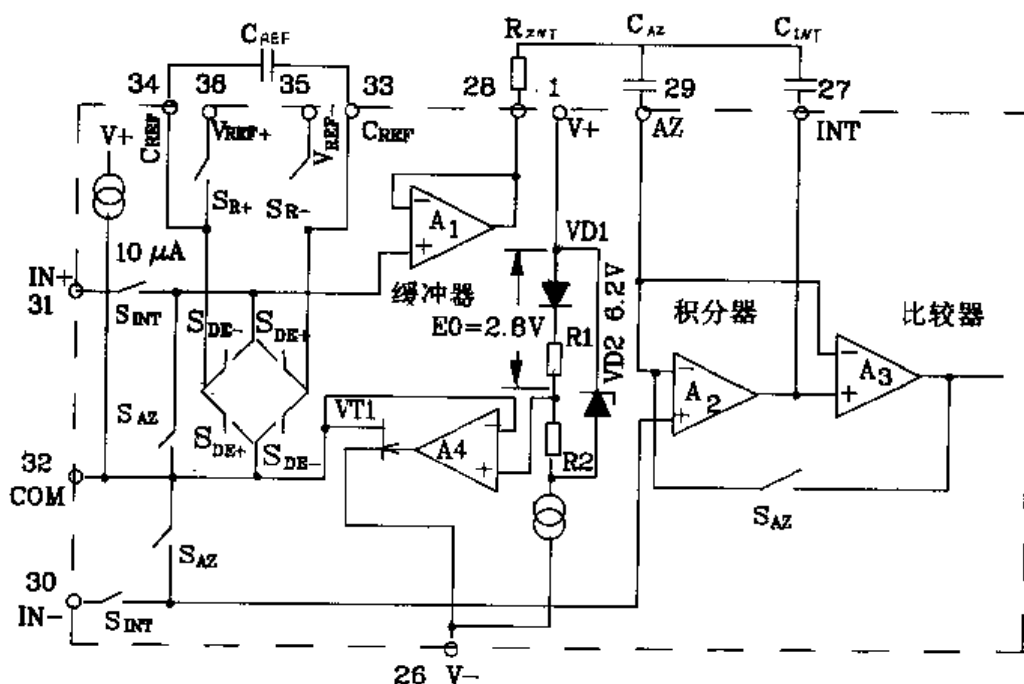


图 1-3 ICL7106 的模拟电路(A/D 部分)

A/D 转换器的每个测量周期分自动调零(AZ),信号积分(INT)和反相积分(DE)三个阶段。

第一阶段,自动调零 AZ:

这时除 S_{DE+} 、 S_{DE-} 之外的所有模拟开关的控制信号均为高电平,使积分开关 S_{INT} ,自动调零开关 S_{AZ} ,基准电压开关 S_{R+} 与 S_{R-} 均导通。一方面将输入信号对模拟地短路;另一方面闭合反馈回路使积分器、比较器和缓冲放大器的输出均为零;与此同时,基准电压 V_{REF} 向基准电容 C_{REF} 充电, C_{REF} 电容被充电到 V_{REF} 。

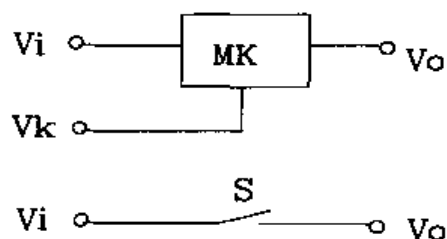


图 1-4 模拟开关示意图

第二阶段,信号积分 INT(也称采样或正向积分):

对信号积分时,受逻辑电路的控制, S_{AZ} 断开,输入端不再短路,积分器、比较器亦工作,被测电压 V_{IN} 送至积分器。在时间 T_1 内,A/D 转换器以 $V_{IN}/(R_{INT} \times C_{INT})$ 的斜率对 V_{IN} 进行正向积分。积分结果为

$$V_0 = \frac{K}{R_{INT}C_{INT}} \int_0^{T_1} V_{IN} dt = -\frac{KV_{IN}}{R_{INT}C_{INT}} \times T_1 \quad (1-1)$$

式中 K 表示缓冲放大器的放大倍数。 T_1 为正向积分的时间,它固定为 1 000 个时钟周期 T_{CP} 。

第三阶段,反向积分 DE:

在此阶段内,先对 V_{IN} 作极性判别,再用 C_{REF} 上已充好的电压 V_{REF} (此电压的极性与 V_{IN} 极性相反)以 $V_{REF}/R_{INT} \times C_{INT}$ 的斜率进行反向积分。经过时间 T_2 ,积分器的输出又回到零电平,参见图 1-5,其关系式为

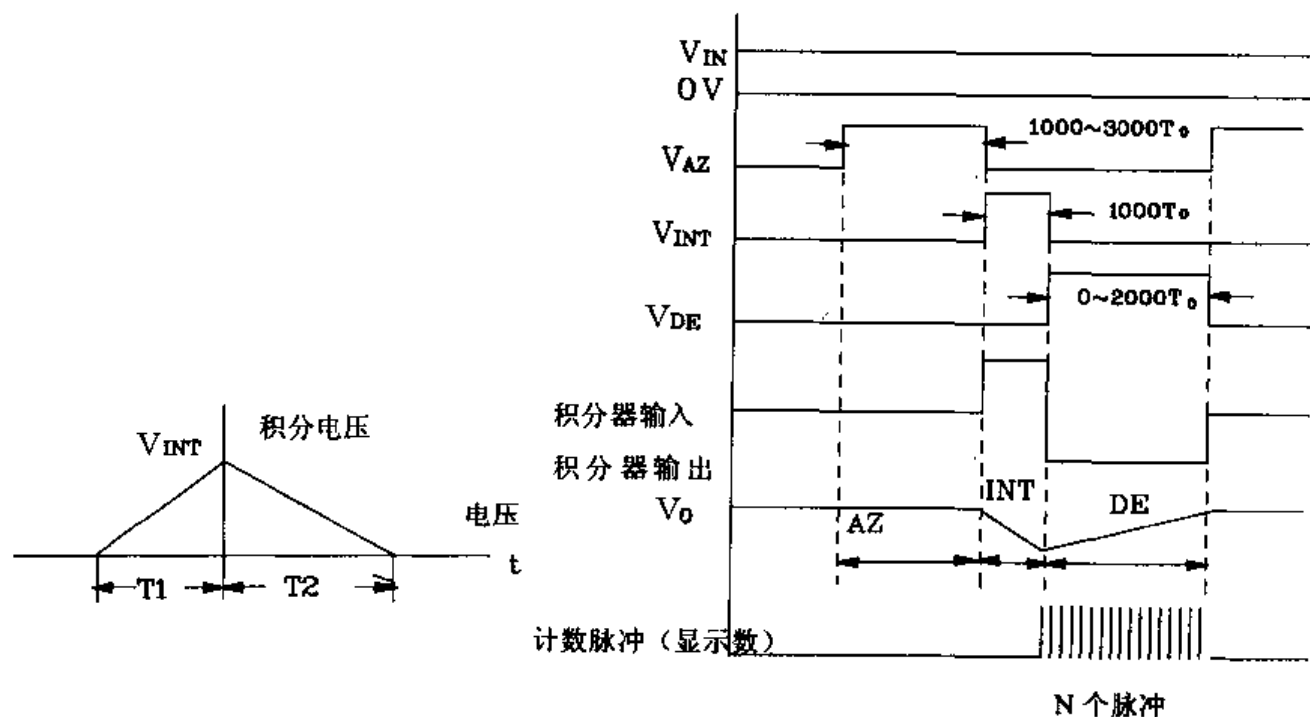


图 1-5 双积分输出电压示意图

图 1-6 A/D 转换器工作波形

$$V_0 - \frac{K}{R_{IN} C_{INT}} \int_0^{T_2} V_{REF} dt = V_0 - \frac{KV_{REF}}{R_{IN} C_{INT}} \times T_2 = 0 \quad (1-2)$$

将(1-2)式代入(1-1)式,整理得

$$T_2 = T_1 \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}} \quad (1-3)$$

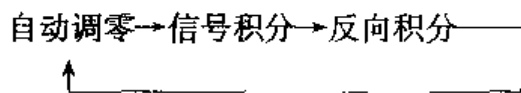
假定在 T_2 时间内的计数值为 N , 而计数脉冲 CP 的周期为 T_{CP} , 则 $T_2 = NT_{CP}$, 代入(1-3)式中整理后得到

$$N = \frac{T_1}{T_{CP} V_{REF} \times V_{IN}} \quad (1-4)$$

分析(1-4)式可知, 因为 T_1 、 T_{CP} 和 V_{REF} 都是固定不变的, 所以计数值 N 仅与被测电压 V_{IN} 成正比, 从而实现了模拟量到数字量的转变。

在第二次积分时 V_{REF} 的正负是靠 S_{DE+} 、 S_{DE-} 的接通与断开实现的。当 V_{IN} 为正时, 积分器的输出为负, 比较器的输出亦为负, 这一负信号通过逻辑电路控制 S_{DE+} 接通, S_{DE-} 打开, 使 C_{REF} 的负端接到缓冲的同相端, 即用负的 V_{REF} 对积分器进行积分; 反之, 当 V_{IN} 为负时, S_{DE-} 接通, S_{DE+} 打开, 使 C_{REF} 对积分器进行积分。

在测量过程中能自动地进行下述循环:



下面介绍 A/D 转换过程中的时间分配。假定时钟脉冲频率为 40kHz。

40kHz 时钟脉冲经逻辑电路的四分频后得到 10kHz 计数脉冲 CP , CP 脉冲的周期 ($T_{CP} = 0.1\text{ms}$) 就作为时间基准。每个测量周期规定为 $4000T_{CP} = 4000 \times 0.1\text{ms} = 0.4\text{s}$, 对应于测量速率为 2.5 次/s。测量速率与时钟脉冲频率 f_0 的关系为

$$\text{测量速率} = \frac{1}{4000T_{CP}} = \frac{1}{4000} \times \frac{f_0}{4} = \frac{f_0}{16000}$$

每个测量周期中三个阶段的工作波形如图 1-5 所示。各阶段所用时间分配如下:

信号积分时间 T_1 用 $1000T_{CP}$:

信号反向积分时间 T_2 用 $0 \sim 2000T_{CP}$, 这一时间的长短是由 V_{IN} 的大小决定的。 V_{IN} 的幅度大, 则 T_2 时间长; 反之则时间短。当 $V_{IN} = 0$ 时, $T_2 = 0T_{CP}$ 。

自动调零时间 T_0 用 $1000 \sim 3000T_{CP}$ 。当 $T_2 = 2000T_{CP}$ 时, $T_0 = 1000T_{CP}$; 当 $T_2 = 0$ 时, $T_0 = 3000T_{CP}$ 。这里 $T_2 + T_0 = 3000T_{CP}$ 。

从上面的分析可知, T_1 是固定不变的, 但 T_2 随 V_{IN} 的大小而改变。因为 $T_1/T_{CP} = 1000T_{CP}/T_{CP} = 1000$, 选基准电压 $V_{REF} = 100.0\text{mV}$, 则显示读数为

$$V_{IN} = 0.1 \times N$$

将小数点定在 10 位, 便可直接读结果。

满量程时 $N = 2000$, 由(1-4)式可导出满量程时电压 V_M 与基准电压的关系为

$$V_M = 2V_{REF}$$

3 位半数字电压表最大读数为 1999, 满量程时将显示过载符号“1”。

为了提高仪表的抗干扰能力,通常选定的采样时间 T_1 为工频周期的整数倍。我国采用 50Hz 交流电网,其周期为 20ms,应选

$$T_1 = n \times 20\text{ms}$$

式中 $n=1,2,3\cdots$ 例如 $T_1=40\text{ms}, 80\text{ms}, 100\text{ms}$ 等。 n 越大,对串模干扰的抑制能力越强。但 n 越大,A/D 转换的时间越长,使测量速率降低。

当 $f_0=40\text{kHz}$ 时, $T_1=1000T_{\text{CP}}=100\text{ms}$,正好是 20ms 的 5 倍,能有效地抑制工频干扰。

②逻辑电路部分共分八个单元

a. 时钟脉冲发生器;b. 分频器;c. 计数器;d. 锁存器;e. 译码器;f. 异或的相位驱动器;g. 逻辑控制器;h. LCD 显示器。见图 1-7。虚线框内部分表示 ICL7106 型 A/D 转换器。值得注意的是这里逻辑电路是以 TEST 端为公共端,而模拟电路是以 COM 端为公共地。二者电位不相等,不允许互相连接,否则 ICL7106 不能工作。

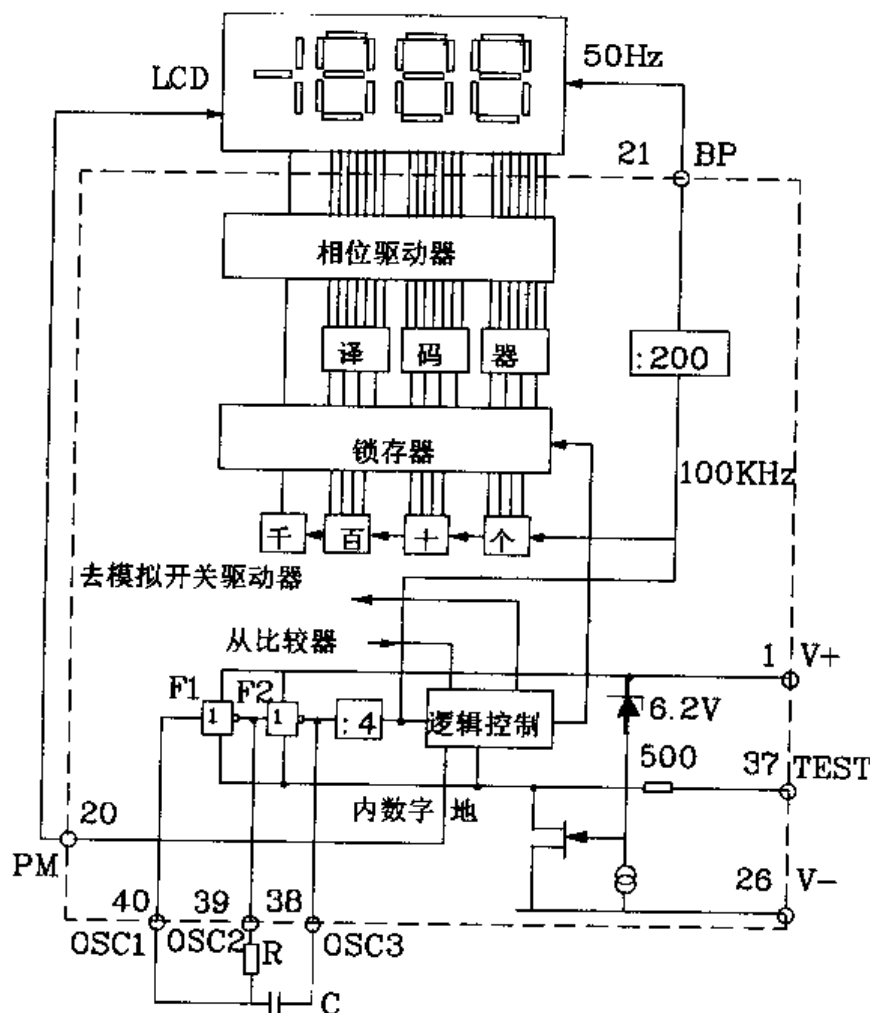


图 1-7 ICL7106 的逻辑电路

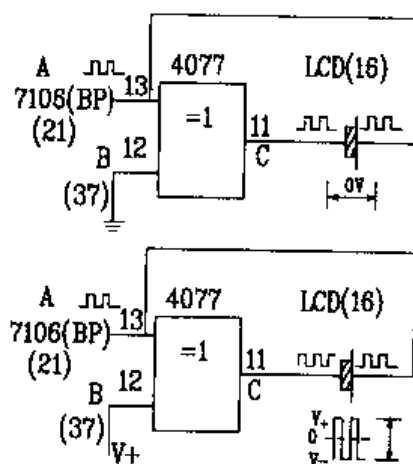


图 1-8 异或门相位驱动器的工作原理和波形图

a. 时钟脉冲发生器是由内部的两个反相器以及外部的 R、C 组成,它属于两级反相的阻容振荡器,输出波形是占空比为 50% 的方波。

设振荡周期为 T ,振荡频率为 f_0 ,它们的估算公式为

$$T = 2\tau \times \ln 1.5 = 2RC \ln 1.5 = 2.2RC$$

(1-5)

$$f_0 \approx \frac{1}{2.2RC} = \frac{0.455}{RC}$$

式中 τ 为时间常数, $\tau = RC$, 单位为秒。

从 $\tau = RC$ 的关系式中可知, 若取某一时钟频率, 例如 $f_0 = 40\text{kHz}$, 阻容元件的选取并不是唯一的, 只要满足时间常数的要求即可。

取 $R = 120\text{k}\Omega$, $C = 100\text{p}$ 则

$$f_0 = 0.455 \div (120 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-12}) \approx 37.9\text{kHz}$$

另外, 若取 $R = 62\text{k}\Omega$, $C = 200\text{p}$ 同样有

$$f_0 = 0.455 \div (62 \times 10^3 \times 200 \times 10^{-12}) \approx 36.7\text{kHz}, \text{两者基本相同。}$$

b. 分频器对时钟脉冲逐级分频, 得到所需的计数脉冲 f_{CP} 和液晶显示器公共电极所需的方波信号 f_{BP} 。它是由一级四分频、一级二分频和两级十分频组成。

c. 计数器由 4 位十进制计数器组成, 计数器的输出采用 BCD 码。

d. 译码器为 BCD-7 段译码器, 将计数器的 BCD 码译成 LCD 显示器七段笔画组成数字的相应编码。

e. 异或门相位驱动器是将译码器输出对应于数码显示器七段笔画的逻辑电平变成驱动相应笔画的方波。其工作原理和波形如图 1-8 所示。液晶显示器采用交流供电方式。为保证人眼看不到闪烁现象, 一般选用 50Hz 方波电压作 LCD 显示器的驱动信号加在电极的公共端 (BP 端, 也称背电极)。异或门的特点是两输入端状态相同时输出为“1”, 反之输出为“0”。从图 1-8 可以看出, 当异或门的 B 端为“0”时, 输出端 C 与 BP 端相位一致, 笔画电极与公共电极相位相同, 笔画上的电位差为 0V , 使笔画消隐。当 B 端为“1”时, C 端与 BP 端相位相反, 笔画电极与公共电极的相位相反, 两者叠加后有 2 倍 V_{+} 的电位差, 使该笔画显示。由此可见, 只要在异或门的输入端加控制信号 (高电平或低电平), 改变它输出端的相位, 即可使所控制的笔画显示或消隐。

f. 控制器的作用有三个。第一, 识别积分器的工作状态, 适时地发出控制信号, 使各模拟开关接通或断开, A/D 转换器能循环进行。第二, 识别输入电压极性, 控制 LCD 显示器的负号显示。第三, 当输入电压超量限时发出溢出信号, 使千位显示“1”, 其余码全部熄灭。

g. 锁存器用来存放 A/D 转换的结果, 锁存器的输出经译码后驱动 LCD。

(3) 典型应用

由 ICL7106 组成的三位半数字电压表电原理图如图 1-9(a) 所示。从原理图可知, 振荡元件 RC 分别为 $120\text{k}\Omega$ 、 100p , 时钟频率 $f_0 = 40\text{kHz}$, 基准源为 100.0mV , 采用内部稳压源 2.8V 经 R_1 、 RP_1 分压取得, RP_1 为多圈电位器。量程为 200.0mV 。 R_4 、 C_3 为输入端阻容滤波电路。 C_2 、 C_4 分别为基准电容和自动调零电容。 R_5 、 C_5 分别是积分电阻和积分电容。若将量程改为 2.000V , 基准电压改为 1.000V 。这时可把 R_1 改为 $15\text{k}\Omega$, RP_1 改为 $10\text{k}\Omega$ 多圈电位器, 同时将 C_4 改为 $0.047\mu\text{F}$, R_5 改为 $560\text{k}\Omega$ 。

LCD 的千位, 百位, 十位的小数点分别为 8、12、16 脚。在 200.0mV 量程时可以使 10 位小数点亮, 接法如图 1-9(b) 所示。若改成 2.000V 量程, 将图中的 LCD16 脚改接 8 脚。四异或门 CD4077 的电源端接 V_{+} , 地端接 ICL7106 的逻辑地。

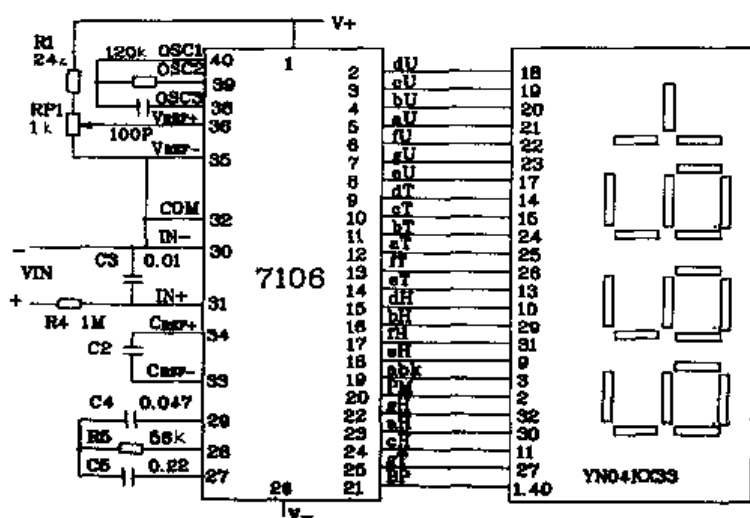


图 1-9(a) 由 ICL7106 组成的数字电压表

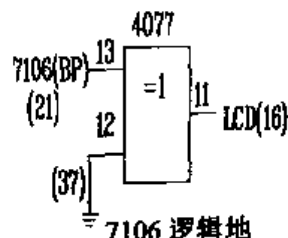


图 1-9(b) 200mV 量程小数点接法

2. 3 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7107

(1) ICL7107 的基本特点、引脚排列和功能

ICL7107 的功能及引脚排列顺序和 ICL7106 大体相同。ICL7107 的基本特点是：

①第 21 脚为逻辑地，第 37 脚 (TEST) 经过芯片内部的 500Ω 电阻与 GND 接通。

②能直接驱动共阳极的 LED 显示器，不需另加驱动器件，使整机线路简化。

③采用 ±5V 两组电源供电，并将第 21 脚 GND 接第 30 脚 IN-。

④芯片本身功耗小于 15mW (不包括 LED)。LED 为电流驱动器件，在 3 位半数字仪表中一般采用直流驱动方式。正常亮度下每个数码管的全亮笔画电流为 40~50mA，3 $\frac{1}{2}$ 位的全亮笔画电流大约为一百几十毫安，这时的总功耗可达几百毫瓦。因此，一般仪表常采用交流供电方式，将 220V 交流经整流、滤波、稳压后供 ICL7107 使用。

⑤ICL7107 和 ICL7106 一样不设有专门的小数点驱动信号。使用时可将共阳极 LED 数码管的公共阳极接 V₊，小数点通过限流电阻接 GND 时点亮，接 V₊ 时熄灭。限流电阻可选 330Ω。小数点的位置可以是固定的，也可以是通过选择开关进行选择。

ICL7107 的引脚排列如图 1-10 所示。

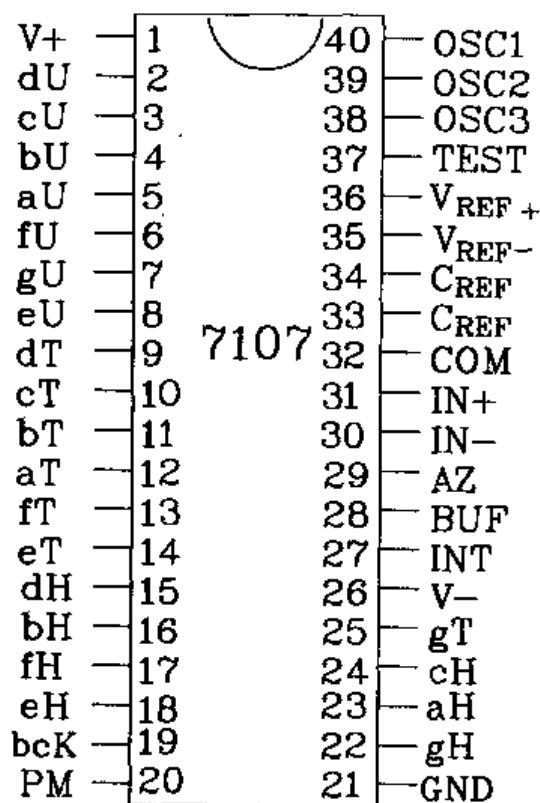


图 1-10 ICL7107 引脚图

由 ICL7107 构成的 200mV 量程的数字电压表电路如图 1-11 所示。

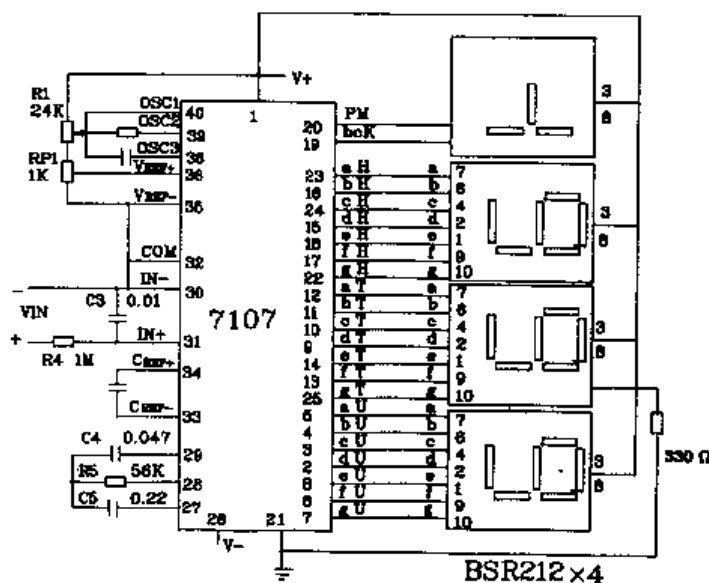


图 1-11 由 ICL7107 组成的数字电压表

由 ICL7107 构成的 200mV 量程的数字电压表也可以使用单一正 5V 电源, 26 脚的 V_- 由 V_+ 采取一定的措施变换而来。某数字面板表就是这样一种仪表, 电路如图 1-12 所示。它的负压由 ICL7107 的 38 脚的振荡信号经 CD4069 两级反相驱动, 倍压整流后取得。为了增大反相器的驱动电流, 将 CD4069 内部除第一级反相器外的剩余五个反相器并联使用。数字表的基准电压采用 ICL7107 外部 R_1 , VD_1 组成的稳压电路经 R_3 , RP_1 分压后取得 100.0mV 电压。

3. 3 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7116

ICL7116 具有读数保持功能, 它和 ICL7106 的区别就是增加了一个读数保持端 HLDR。ICL7116 的 1 脚为保持端 HLDR, 35 脚为 V_+ , 没有 V_{REF-} 引出端。在芯片内部, V_{REF-} 端与 COM 端是连通的, COM 端即是模拟地又是基准电源的负端。

在 ICL7116 芯片内部,HLDR 端通过一个 $70\text{k}\Omega$ 电阻与内部接通。使用时,若将 HLDR 端悬空或接逻辑地,ICL7116 就不能读数保持,其功能完全同 ICL7106。当 HLDR 端接高电平 V_i 时 ICL7116 能够把读数保持住,一直到 HLDR 端变低电平时为止。HLDR 端的电位可以通过手动控制,也可以由其它仪器或电路进行自动控制。

ICL7116 的引脚排列如图 1-13 所示。

由 ICL7116 构成的数字电压表如图 1-14 所示。

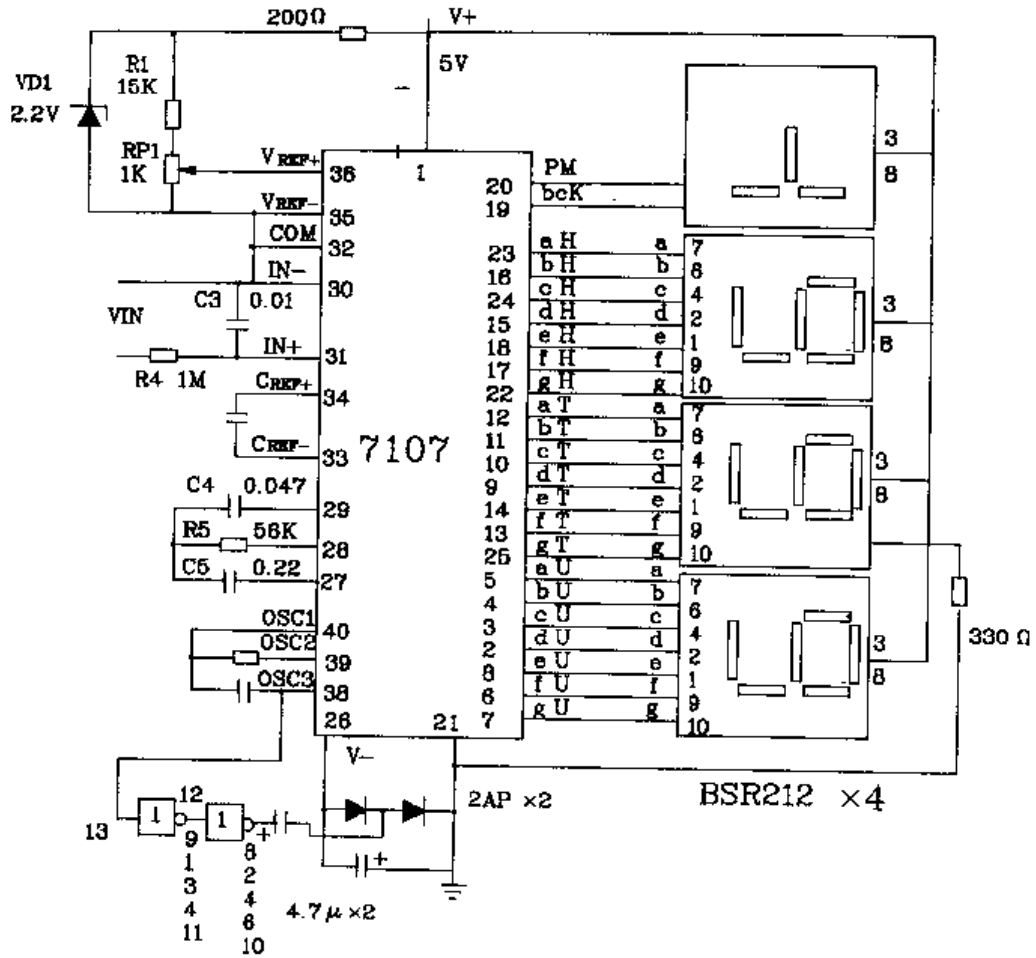


图 1-12 由 ICL7107 组成采用单一 +5V 电源的数字电压表

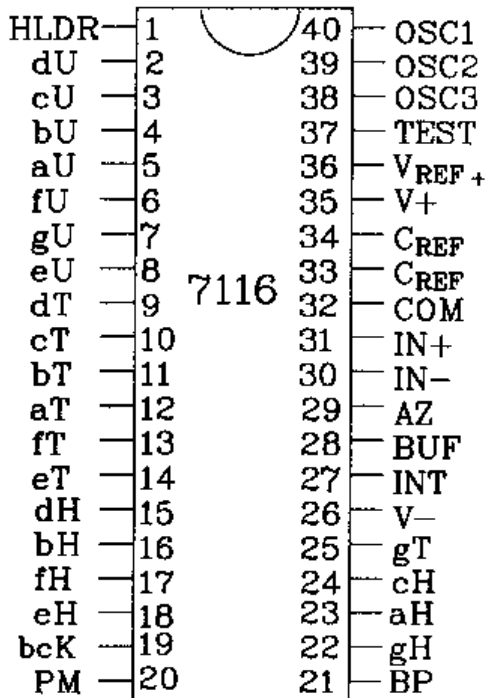


图 1-13 ICL7116 引脚图

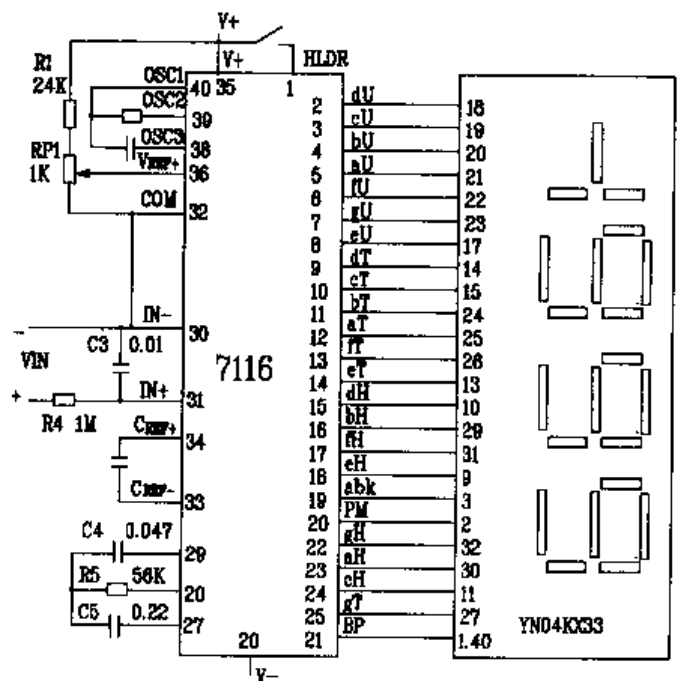


图 1-14 由 ICL7116 组成的数字电压表

4.3 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7117

ICL7117 与 ICL7116 的区别仅在于所需的显示器不同, ICL7117 能驱动 LED 显示器, 也具有读数保持功能。ICL7117 的引脚排列如图 1-15 所示。用 ICL7117 构成的数字电压表如图 1-16 所示。

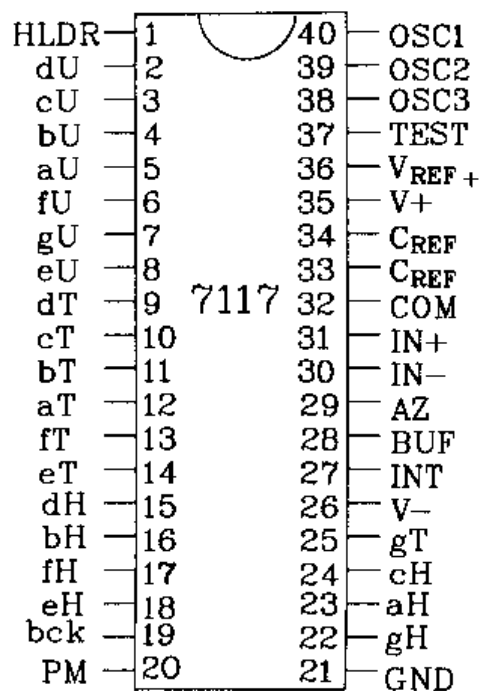


图 1-15 ICL7117 引脚图

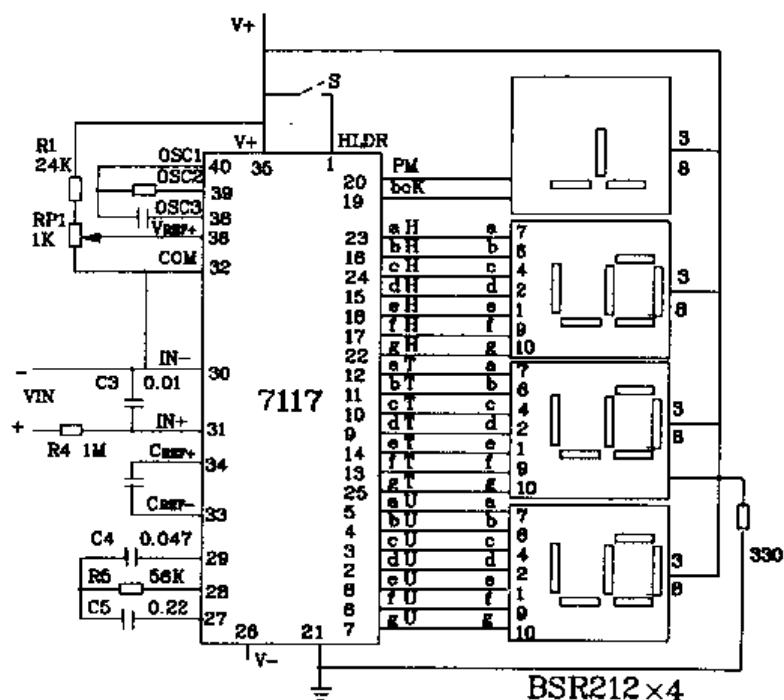


图 1-16 由 ICL7117 组成的数字电压表

5.3 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7126

ICL7126 的引脚与 ICL7106 相同, 如图 1-17 所示, 它是 ICL7106 的改进型, 具有低功耗 (1mW) 的优点, 一节 9V 层选电池可连续工作 1 000 小时或断续工作 8 000 小时。对外围元件作适当调整, ICL7126 即可代换 ICL7106, 见表 1-2。由 ICL7126 构成的数字电压表如图 1-18 所示。

表 1-2 ICL7106 和 ICL7126 外围元件对照表

A/D 转换器	基准源电压 电阻 R_{P1} (k Ω)	基准源分压 电阻 R_1 (k Ω)	积分电阻 R_5 (k Ω)	调零电容 C_4 (μ F)	积分电容 C_5 (μ F)
ICL7106	1	24	56	0.47	0.22
ICL7126	10	240	180	0.33	0.047

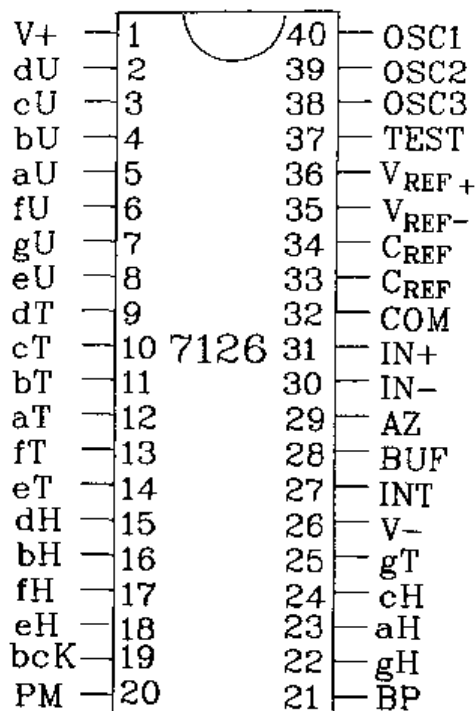


图 1-17 ICL7126 引脚图

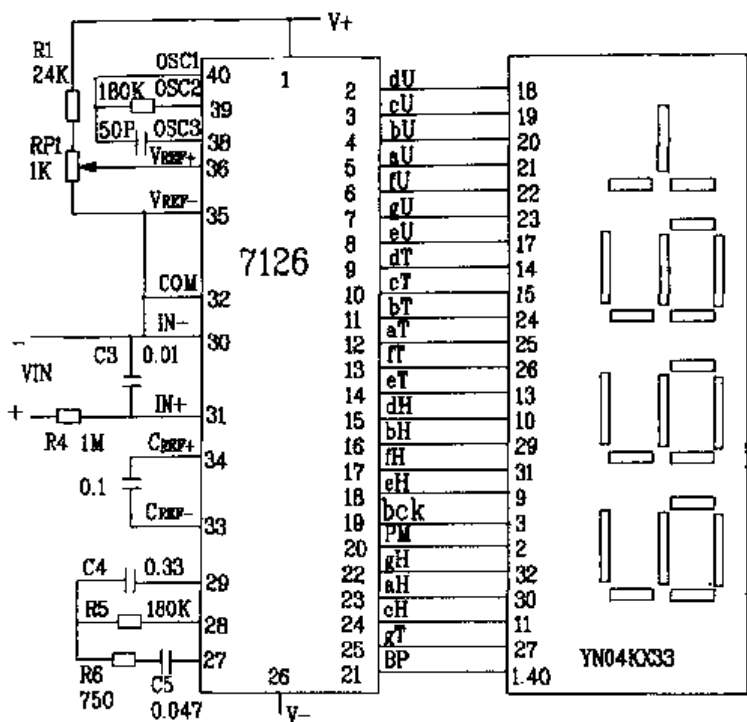


图 1-18 由 ICL7126 构成的数字电压

6. 3 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7136

ICL7136 也是低功耗 A/D 转换器,其特点是增加了一个零积分阶段,但也因此降低了转换速度。最高转换速率为 3 次/s。其引脚和用法参考 ICL7126。

7. 3 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 MC14433

(1) 基本特点、引脚排列和功能

①MC14433 和前面所述三位半 A/D 转换器的主要区别是它的数据输出是采用 4 条数据线分时输出 BCD 码和正负极性、欠量程、过量程信号,因此,和微处理器连接非常方便。

②MC14433 的量程有两挡:200.0mV 和 2.000V。两个量程的基准电压 V_{REF} 分别是 200.0mV 和 2.000V,而不像 ICL7106 那样满量程电压为基准电压的 2 倍。

③芯片内部没有基准电压源,基准电压源需要外接。

④转换速率为 1~10 次/s。

⑤具有自动校零功能。

MC14433 的引脚排列如图 1-19 所示。

各引脚功能如下:

V_{AG} :被测电压 V_{IN} 和基准电压 V_{REF} 的接地端(模拟地)。

V_{REF} :外接输入基准电压(+2.000V 或 200.0mV)端。

V_{IN} :被测电压输入端。

$R_1, R_1/C_1, C_1$:外接积分电阻 R_1 和积分电容 C_1 元件端。

外接元件典型值: a. 量程为 2V 时, $C_1 = 0.1\mu\text{F}$, $R_1 = 470\text{k}\Omega$; b. 量程为 200mV 时, $C_1 = 0.1\mu\text{F}$, $R_1 = 27\text{k}\Omega$ 。

C_{01}, C_{02} : 外接失调补偿电容 C_0 端, C_0 的典型值为 $0.1\mu\text{F}$ 。

DU: 更新输出的 A/D 转换数据结果的输入端。当 DU 与 E_{CC} (引脚 14) 连接时, 每次 A/D 转换结果都被更新。

CLKI 和 CLKO: 时钟振荡器外接电阻 RC 端。RC 的典型值为 $470\text{k}\Omega$, 时钟频率随着 RC 增加而下降。

V_{EE} : 模拟部分的负电源, 接 -5V 。

V_{SS} : 除 CLKO 端外所有输出端的低电压基准(数字地)。当 V_{SS} 接 V_{AG} (模拟地, 数字地相连) 时, 输出电压幅度为 $V_{EE} \sim V_{DD}$ ($-5 \sim +5\text{V}$), 10V 的幅度。实际应用时一般 V_{SS} 接 V_{AG} 。

EOC: 转换结束标志输出端。每当一个 A/D 转换周期结束, EOC 端输出一个宽度为时钟周期 1/2 的正脉冲。

$\overline{\text{OR}}$: 过量程标志输出端, 平时为高电平。当 $|V_{IN}| > V_{REF}$ 时(被测电压绝对值大于基准电压), $\overline{\text{OR}}$ 端输出低电平。

$\text{DS}_1 \sim \text{DS}_4$: 多路选通脉冲输出端。 DS_1 端对应于千位, DS_4 端对应于个位。每个选通脉冲宽度为 18 个时钟周期, 两个相邻脉冲之间间隔为 2 个时钟周期, 其脉冲时序如图 1-20 所示。

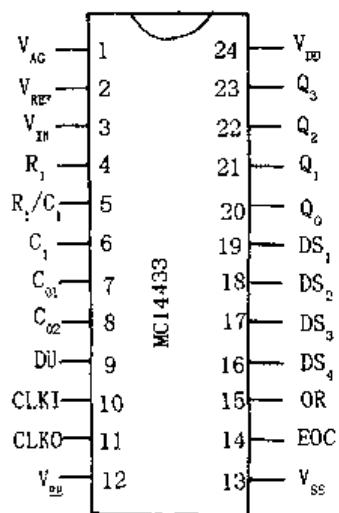


图 1-19 MC14433 的引脚排列图

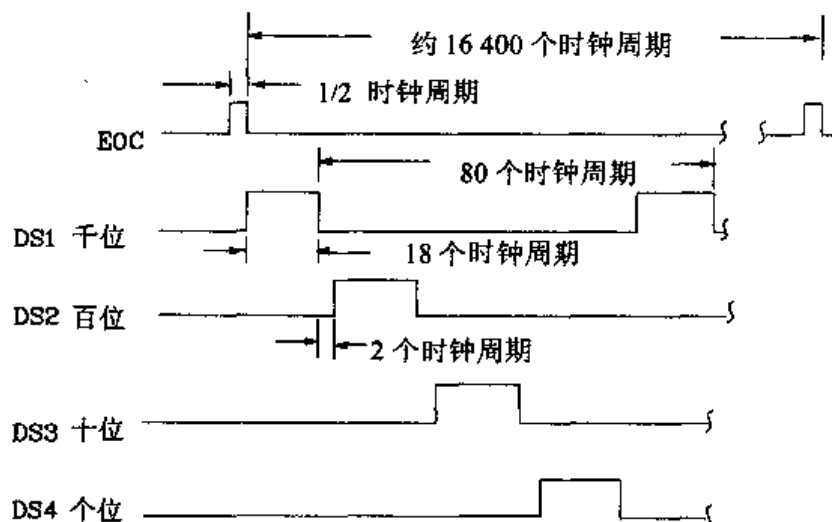


图 1-20 EOC 和 DS 信号时序波形图

$Q_0 \sim Q_3$: BCD 码数据输出端。其中 Q_0 为最低位, Q_3 为最高位。当 DS_2, DS_3 和 DS_4 选通期间, 输出 3 位完整的 BCD 码。在 DS_1 选通期间, 数据输出线 $Q_0 \sim Q_3$ 除了表示千位的 0 或 1 外, 还表示转换值的正负极性和欠量程还是过量程, 其含意见表 1-3。

V_{DD} : 正电源端, 接 $+5\text{V}$ 。

由表 1-3 可知, $Q_0 = 1, Q_3 = 1$ 时为欠量程, 欠量程时输出读数为 ≤ 179 。

图 1-20 为 MC14433 选通脉冲时序图。

表 1-3 DS_1 选通时 $Q_0 \sim Q_3$ 表示的输出结果

DS_1	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	输出结果状态
1	1	X	X	0	千位数为 0
1	0	X	X	0	千位数为 1
1	X	1	X	0	输出结果为正
1	X	0	X	0	输出结果为负
1	0	X	X	1	输入信号过量程
1	1	X	X	1	输入信号欠量程

(2) 工作原理

MC14433 的逻辑框图如图 1-21 所示。图 1-22 为内部模拟部分的等效电路和积分器输出波形。图中 C_0 为外接补偿电容, R_1, C_1 为外接积分电容。

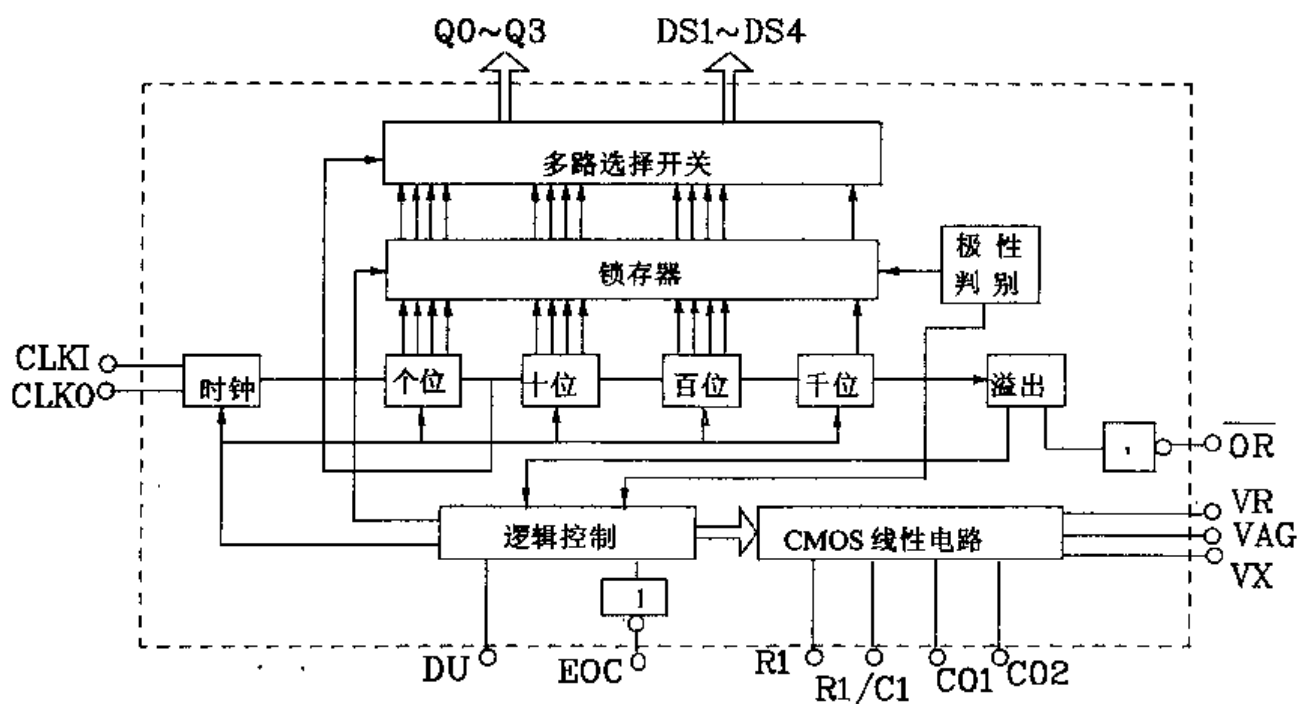


图 1-21 MC14433 的逻辑框图

从图中可以看出,模拟部分主要由电压跟随器、积分器和比较器组成。电压跟随器可以提高 A/D 转换器的输入阻抗。比较器的功能是完成“0”电平的检出,比较器的输出作为内部数字控制电路的判别信号。

由于运放在工作时不可避免地存在输入失调电压,因此,在转换过程中需进行自动调零。在调零操作时,跟随器和积分器的失调电压存放在补偿电容 C_0 上,而比较器的失调电压用数字形式存放在内部寄存器中。在转换时,积分输入电压要经 C_0 耦合输入,由此实现自动调零操作。

一次 A/D 转换过程从开始到结束共分六个阶段,如图 1-22 所示。其中阶段 1 和 3 为模拟调零过程,在这两个阶段中把跟随器和积分器的输入失调电压存放在 C_0 上。这两个阶段分别占用

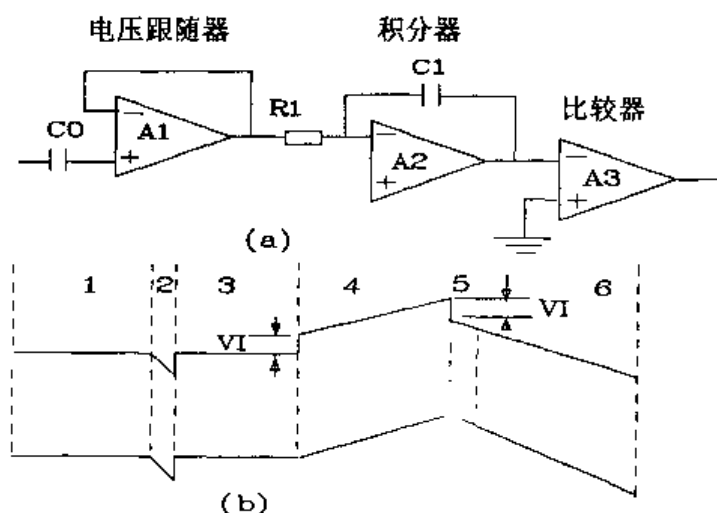


图 1-22 (a)模拟部分等效电路 (b)积分器输出波形

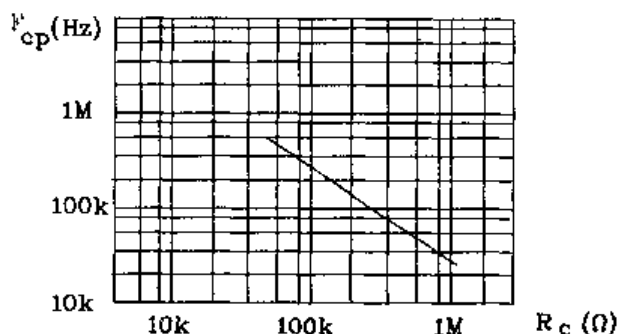
4 000个时钟周期。阶段2和5为数字调零过程,在阶段2把比较器的失调电压以数字形式存放在内部锁存器中,在阶段5,则把该数字扣除。这两个阶段所占用的时间由失调电压决定,但最多不超过800个时钟周期。阶段4和6分别对输入电压 V_{IN} 和基准电压 V_{REF} 进行积分,并在阶段6结束时得到A/D转换结果。这两个阶段也分别占用4 000个时钟脉冲周期。

由上面的分析可知,一次A/D转换周期约需16 400个时钟周期。当时钟频率为66kHz时,每秒可进行4次A/D转换。

在图1-21的逻辑框图中除了上面介绍的模拟部分外,还包括以下六部分:

- ① $3\frac{1}{2}$ 位十进制计数器,用来计数0~1999。
- ② 锁存器用来存放A/D转换结果。
- ③ 多路开关输出多路的BCD码 $Q_0 \sim Q_3$,并输出多路调制选通脉冲信号 $DS_1 \sim DS_4$ 。
- ④ 控制逻辑用来产生A/D转换的六个节拍,并控制转换结果的输出。若在双积分的反向积分期间(即图1-22(b)的阶段6开始前),DU端输入一正脉冲,则将本次转换周期的转换结果送入锁存器输出。若DU端和EOC相连,则每次转换的结果都输出。

⑤ 时钟信号需外接电阻 R_C 来产生,并经 CP_0 端输出。如图1-23示出 R_C 与 F_{CP} 的特性曲线。

图 1-23 R_C 与 F_{CP} 的特性曲线

⑥ 溢出标志,当输入电压 V_{IN} 大于1999时溢出标志输出信号 $\overline{OR}$ 为“0”,平时 $\overline{OR}$ 为“1”。

(3) 典型应用

图1-24为MC14433加少量外围元件构成的数字电压表。图中电源为 $V_{DD} = +5V$, $V_{EE} = -5V$ 。基准源由2.5V基准电压源MC1403提供,利用电位器调节得到2.000V的基准电压,

量程为 2.000V。当量程为 200mV 时积分电阻 R_1 由 470k Ω 改为 27k Ω , 时钟频率 $f_{CP} = 66\text{kHz}$ 。

数字电压表的工作过程如下:

被测电压输入 A/D 转换器后, 在位选信号 $DS_1 \sim DS_4$ 有效期间, $Q_0 \sim Q_3$ 端依次输出 0~9 十个数字之一的 BCD 码, 通过 CD4511 译码, 转换为显示器的阶段驱动信号。数字输出采用动态扫描显示方式。 $DS_1 \sim DS_4$ 通过反相驱动器 MC1413 产生显示器的位驱动信号。显示屏千位的小数点 DP 端通过 200 Ω 电阻接成常亮状态。负号“—”段由符号位 Q_2 控制, 当被测电压为正值时, Q_2 输出高电平, 通过 MC1413 使流向“—”号段(G 段)的电流旁路, 使该段熄灭。千位“b、c”段由 Q_3 控制。当 Q_3 为低电平时, 通过反相驱动器 MC1413 后输出高电平, 使接“b、c”段的 200 Ω 电阻通过“b、c”段导通, “b、c”段点亮; 反之, Q_3 为高电平, “b、c”段熄灭。当被测电压超过基准电压 V_{REF} 时, 过量程信号 $\overline{OR}$ 为低电平, 允许触发器 CD4013 工作, 该触发器对 EOC 信号进行 2 分频, 使 CD4511 的消隐端 BI 的电平时高时低, 从而使显示数字闪烁, 指示过量信号。

一般测量中, EOC 接 DU 端。这样, 每个测量周期的结果都及时显示。如果需要电压表保持某一时刻的测量结果不变, 可在 EOC 和 DU 之间接一开关 S, 测量时把开关接通, 断开时则可实现数据保持。

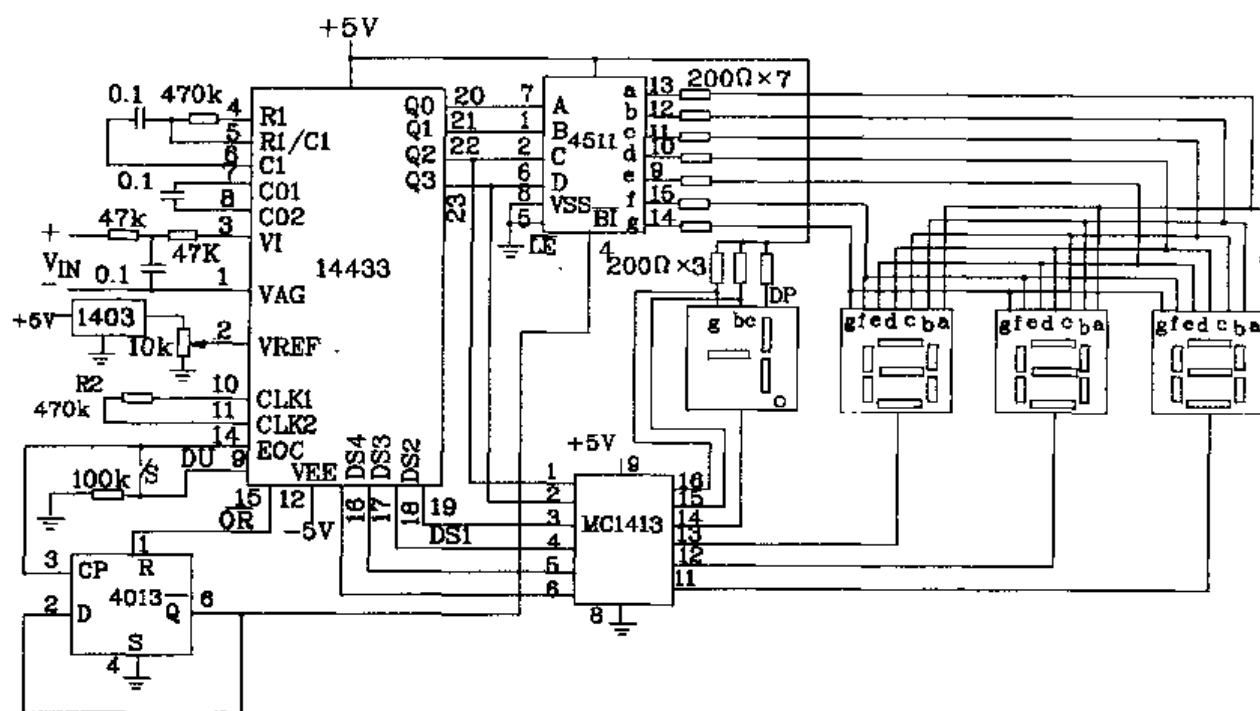


图 1-24 由 MC14433 构成的数字电压表

(4) MC14433 和单片机 8031 的接口

MC14433 和单片机 8031 的接口电路如图 1-25 所示。

MC14433 的 A/D 转换结果是动态分时输出的 BCD 码, $Q_0 \sim Q_3$, $DS_1 \sim DS_4$ 可以直接和 8031 的 P_1 口相连, 电路如图 1-25 所示。DU 和 EOC 相连, 以选择连续转换的方式, 每次转换结果都输送至输出寄存器。8031 读取 A/D 转换的结果可以采用中断方式, EOC 端与外部中断输入端 INT1 相连如图中所示, 也可以采用查询方式。采用查询方式时 EOC 端可接入任

I/O 口或扩展 I/O 口。图中的 MC1403 是集成精密 +2.5V 电压基准源,经电位器分压后作为 A/D 转换用的基准电压。满量程输入电压为 2V。

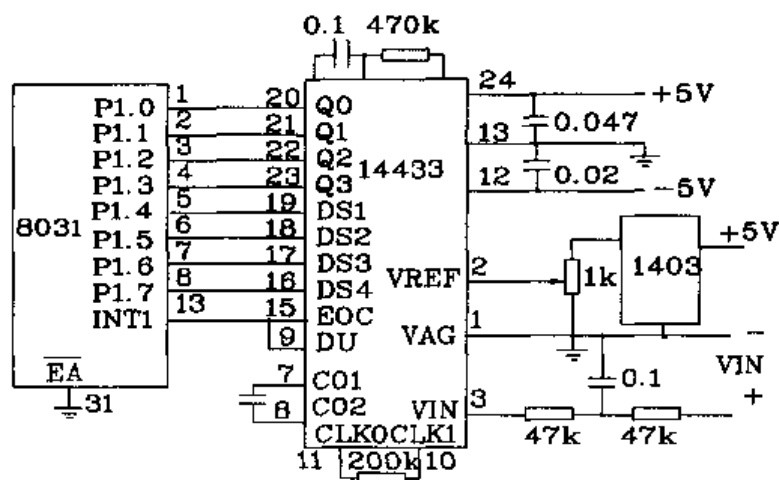


图 1-25 MC14433 和单片机 8031 的接口电路

根据图 1-25 的接口电路,将 A/D 转换结果送入 8031 片内 RAM 的 2EH、2FH 单元,并给之数据存放格式如下:

	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
2EH	符号	×	×	千				百
2FH				十				个

8031 上电后,即对外部模拟输入电压进行 A/D 转换,由于 EOC 和 DU 端相连,每次转换完毕都有相应的 BCD 码及相应的选通信号出现在 Q₀~Q₃ 和 DS₁~DS₄ 上。当 8031 开放 CPU 中断,允许 INT1 中断申请,并置外部中断为边沿触发方式,在执行下列程序后,每次 A/D 转换器的转换结束时,都将转换结果数据送入片内 2EH、2FH 单元。这两个单元均可位寻址。

读程序清单时请对照表 1-3 DS_i 选通 Q₀~Q₃ 所表示的输出状态。

程序清单如下:

```

INT1:  STEB IT1           ;选择INT1为边沿触发方式
        MOV IE, #10000100B ;CPU 开中断外部TNT1
        .....           ;中断允许

PINT1: PUSH A             ;A 压栈
        PUSH 00H          ;R0 压栈

PLO:   MOV A, P1           ;输入数据
        JNB ACC.1, PLO     ;等待 DSi 选通信号
        JB ACC.0, PER      ;查是否过,欠量程;是则转 PER
        JB ACC.2, PL1      ;查结果是正是负,“1”为正;“0”为负
        SETB 77H           ;负数,符号位置 1,77H 为符号位地址
        AJMP PL2
  
```

PL1:	CLR 77H	;正数,符号位置 0
PL2:	JB ACC. 3, PL3	;查千位(1/2 位)数为 0 或 1, ACC. 3=0 时千位
		;数为 1
	SETB 74H	;千位数置 1
	AJMP PL4	
PL3:	CLR 74H	;千位数置 0
PL4:	MOV A, P1	
	JNB ACC. 5, PL4	;等待百位选通信号 DS2
	MOV R0, #2EH	
	XCHD A, @R0	;百位数送 2EH 低 4 位
PL5:	MOV A, P1	
	JNB ACC. 6, PL5	;等待 10 位选通信号
	SWAP A	;高低 4 位交换
	INC R0	;指向 2FH 单元
	MOV @R0, A	;10 位数送 2FH 单元高 4 位
PL6:	MOV A, P1	
	JNB ACC. 7, PL6	;等待个位选通信号 DS ₄
	XCHD A, @R0	;个位送入 2FH 低 4 位
PL7:	POP 00H	;R0 弹栈
	POP A	;A 弹栈
	RETI	;中断返回
PER:	SETB 10H	;置过,欠量程标志
	AJMP PL7	

8. 3 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 MAX139

基本特点、引脚排列和功能

MAX139 大部分参数、特点与 ICL7107 相同,这里介绍与 ICL7107 不同的特点:

①单电源工作,在 +5V 电源下工作电流 $\leq 10\text{mA}$,电源电压工作范围为 2.5~7V,电压范围宽。内部基准电压源在 $(3.05 \pm 0.1)\text{V}$ 之间,温度系数为 $\pm 20 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$,基准电压的温度漂移很小(ICL7106 内部基准电压的温度系数为 $80 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。所以,MAX139 在各种电路中工作对电源电压要求很低,而精度和稳定性却很高。

②具有内部振荡电路,不需要外加 RC 元件来产生振荡。内部振荡电路产生 40kHz 的频率信号。同时电路内部还有负电源变换器,克服了其它 A/D 转换器外加负电源的要求。只需在 CAP₊ 和 CAP₋ 之间以及在 V₋ 和 GND 之间加上电容,就能产生负压,从而使 MAX139 的电路更简单。

MAX139 的工作原理与 ICL7107 基本相同,它的引脚排列如图 1-26 所示。

由 MAX139 构成的数字电压表如图 1-27 所示。仪表的量程为 200:0mV,由 RPI 调整

$V_{REF} = 100.0\text{mV}$ 。CAP₊、CAP₋之间接 $1\mu\text{F}$ 电容, V₋ 与 GND 之间接 $1\mu\text{F}$ 电容以产生负压。其它部分和 ICL7107 构成的数字电压表相同。

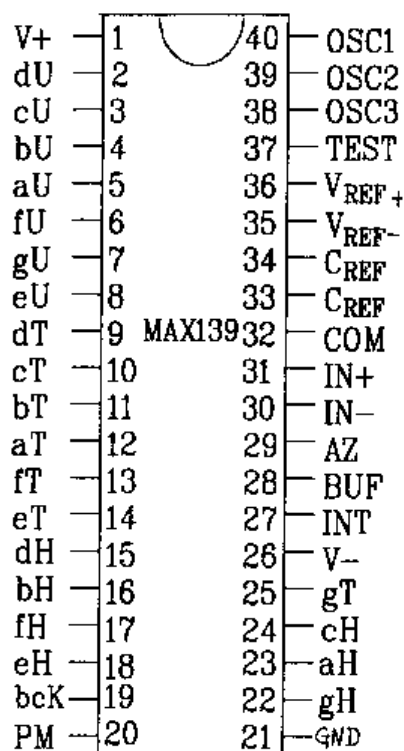


图 1-26 MAX139 引脚排列图

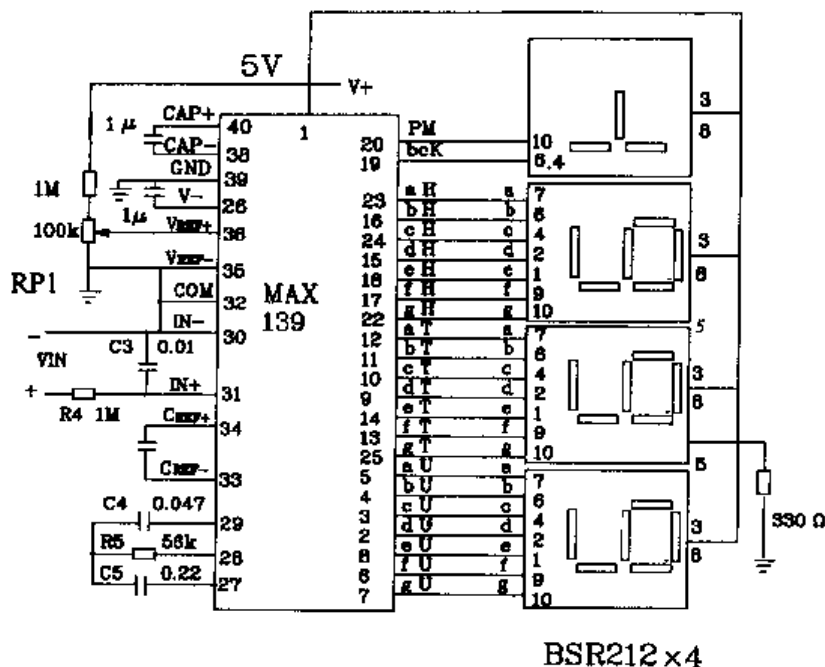


图 1-27 由 MAX139 构成的数字电压表

9.3 $\frac{3}{4}$ 位双积分式 A/D 转换器 ICL7149

(1) 基本特点、引脚排列和功能

- ① 显示位数为 $3\frac{3}{4}$ 位, 最大显示值为 ± 3999 , 满量程为 4 000。
- ② 采用双积分式 A/D 转换原理, 准确度高, 抗干扰能力强。
- ③ 具有自动调零功能。
- ④ 集成度高, 外围电路简单。
- ⑤ 采用时间分割法驱动液晶显示器 LCD。ICL7149 有 3 个小数点驱动端, 11 个标志驱动端 (LOW BAT、AC、V、A、Ω、K、M、UA、MA、MΩ、mV), 还有极性驱动端。
- ⑥ 具有读数保持功能。
- ⑦ 电源电压低于 7V 时能输出低电压指示信号 (LOW BAT)。用低阻挡检测线路通断时, B(OUT) 端可驱动压电陶瓷蜂鸣器发声。
- ⑧ 测量项目确定之后, 能自动选择量程以减小误差。
- ⑨ 采用 9V 叠层电池, 功耗低于 20mW。
- ⑩ ICL7149 特别适用于组装自动转换量程的数字万用表。它共设置 18 个基本量程。直流电压四挡: 400mV、4V、40V、400V; 直流电流四挡: 4mA、40mA、400mA、4A; 交流电流二挡: 40V、400V (有效值); 交流电流四挡: 4mA、40mA、400mA、4A (有效值); 电阻四挡: 4kΩ、40kΩ、

400k Ω 、4M Ω 。在这些基本量程范围之内 ICL7149 可以自动转换量程。

ICL7149 引脚排列如图 1-28 所示。

各引脚功能如下:

POL/AC:极性/交流符号驱动端。BP₁、BP₂:液晶显示器两个背电极。

V₊、V₋:电源正负极。

V_{REF}:基准电压输入端。

LO Ω :低阻挡。

HI Ω :高阻挡。

DE:反向积分端。

COM:模拟地。

INT(I):电流积分器输入。

INT(V/ Ω):电压,电阻积分器输入端。

TP:三态输入端,在测量过程中,此端可为高电平,低电平或高阻态。

C_{A2}:自动调零电容端。

C_{INT}:积分电容端。

B(OUT):蜂鸣信号输出端。

mA/ μ A:电流单位选择端,接 V₊ 时选择 mA,开路或接 COM 时选择 μ A。

V/ Ω /A:测量项目选择端,接 V₊ 时测电阻,接 V₋ 时测电流,开路时测电压。

HI Ω -DC/LO Ω -AC:高阻(或直流)/低阻(或交流)输入,接 V₊ 时测高阻或直流,开路时测低阻或交流。

HOLD:读数保持端,接 V₊ 时读数保持,开路时自动测量。

OSC(I),OSC(OUT):振荡器输入,输出端。

LOWBAT/V:低电压指示/电压符号驱动端。

K/M, Ω /A,m Ω / μ A:标志符驱动端。

a1/d1,b1/c1,g1/e1,f1/DP1:显示器个位笔段及小数点驱动端。

a2/d2,b2/c2,g2/e2,f2/DP2:显示十位笔段及小数点驱动。

a3/d3,b3/c3,g3/e3,f3/DP3:显示器百位笔段及小数点驱动端。

B4/C4/A4,D4,G4/E4:显示器千位笔段驱动端,因千位只显示 1、2、3,在显示 1 时 a4,d4,g4 不显示,在显示 2、3 时 a4,d4,g4 都显示,所以可以让 a4,d4,g4 同时显示或不显示,相当于笔画的一段来驱动。

ICL7149 有两个背电极,23~40 脚的引脚标注中“/”左边的字符以 BP₁ 为背电极,右边的字符以 BP₂ 为背电极。

(2) 工作原理

ICL7149 内部包含模拟、数字两大部分。模拟部分有积分器、比较器、缓冲器、多路模拟开

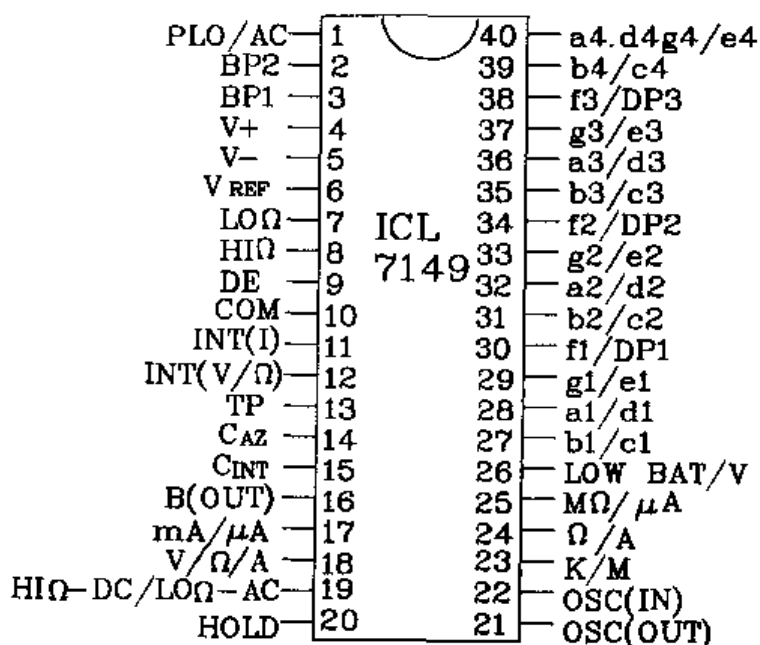


图 1-28 ICL7149 引脚排列如图

关。模拟开关由数字电路控制。数字部分包括控制逻辑、时钟振荡器 $3\frac{3}{4}$ 位计数器、锁存器、译码驱动器。

①测量直流电压

测量直流电压时,模拟电路简化框图及时序波形图分别如图 1-29、图 1-30 所示。

V_{IN} 为被测电压, S_{DE} 、 S_{AZ} 、 S_T 等均为模拟开关。 R_{INT} 为电压积分电阻, R_{DE} 为反向积分电阻。 C_{INT} 、 C_{AZ} 分别为积分电容和自动调零电容。

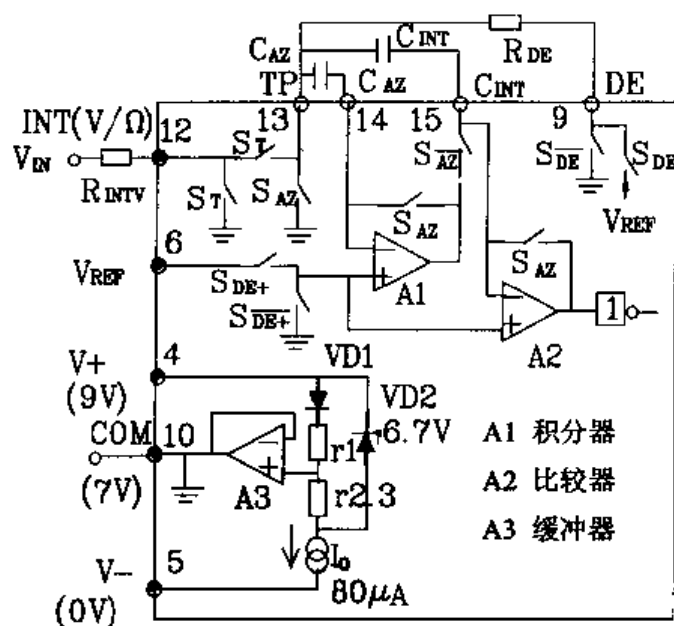


图 1-29 测量直流电压时,模拟电路简化框图

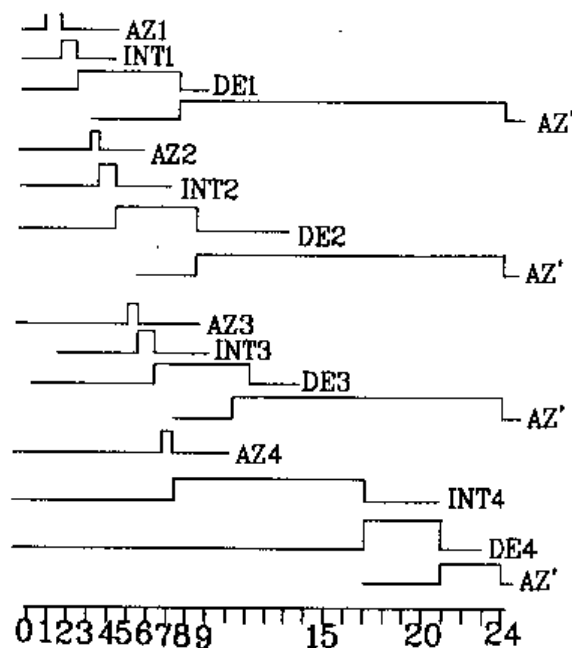


图 1-30 时序波形图

为了确保安全,每次降低量程,直至最佳量程。自动转换量程的过程依次是量程 1 (400V)→量程 2(40V)→量程 3(4V)→量程 4(400mV)。现以量程 1 为例,在正向积分 INT 期间, S_T 将 INT(V/Ω)端和 TP 端接通,对 V_{IN} 进行第一次正向积分。在反向积分 DE_1 期间,首先判断 C_{INT} 上的电压是正还是负,然后 C_{INT} 进行放电(实际是 V_{REF} 对 C_{INT} 反向充电),放电电流为 $I_{DE} = V_{REF}/R_{DE}$ 。当 C_{INT} 上的电压降为零时比较器翻转,将本次计数值锁存。例如当计数值 $N > 4\,000$ 时, C_{INT} 上的电压尚未回零,说明仪表超量程,液晶显示屏显示超量程符号。若 $N < 360$,则表示欠量程, ICL7149 发出欠量程信号,自动转入量程 2。这里 360 为欠量程界限,规定当 $V_{IN} < 9\% FS$ ($FS = 4\,000$, 满量程值)时为欠量程。

设计数频率为 F_{CP} ,计数周期为 T_{CP} ,完成自动调零共需 $1\,000T_{CP}$ 。量程 1~4 的正向积分时间依次是 $10T_{CP}$ 、 $100T_{CP}$ 、 $1\,000T_{CP}$ 。显然,积分时间越长,灵敏度越高。

②测量直流电流

测量直流电流时模拟电路的框图如图 1-31 所示。它与测量直流电压时的差别仅有以下一点:a. 利用分流器完成 I/V 转换,测小电流时分流电阻为 $R_1 + R_2 = 10.0\Omega$,显示单位为 μA 。测大电流时分流电阻为 $R_2(0.1\Omega)$,显示单位为 mA;b. 测电流时仅用量程 3 和量程 4;c. 积分电阻 $R_{INT1} = 0.1 \times R_{INTV} = 1M\Omega$ 。

③测量交流电压和交流电流

测量交流电压时需外接 AC/DC 转换器,并只设置 40V、400V 两个量程。图 1-32 是由 AD736 构成的交流有效值/直流电压转换器。AD736 是根据有效值定义专门设计的交流电压/直流电压转换器。

测量交流电流时需将图 1-32 所示交流有效值/直流电压转换器加在图 1-31 的分流器与 INT(1)之间,便构成了 4 量程交流电流测量电路。

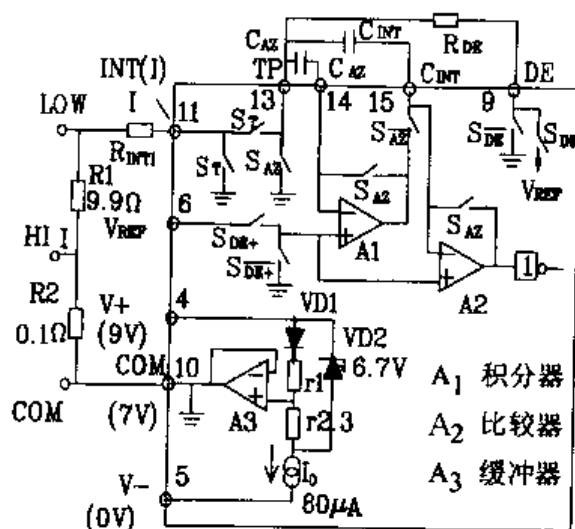


图 1-31 测量直流电流时模拟电路的框图

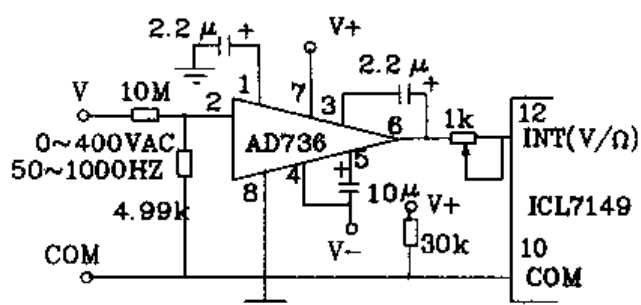


图 1-32 AD736 构成的交流有效值/直流电压转换器

④测量电阻

测量电阻采用比例法测量,电路如图 1-33 所示。 R_x 为被测电阻, R_0 为基准电阻。低阻挡(4kΩ,40kΩ)选用 $R_{01} = 10kΩ$,高阻挡(400kΩ,4MΩ)选用 $R_{02} = 1MΩ$ 。测量电阻的特点是在正向积分时以 R_x 上的压降作为 V_{IN} ;在反向积分时以 R_0 上的压降作为 V_{REF} 。因为 R_0 和 R_x 是串联的,故 $V_{IN}/V_{R0} = V_{RX}/V_{R0} = IR_X/I \times R_0 = R_X/R_0$,显示值 $N = K \times R_X/R_0$ 。式中 K 为比例系数,此即比例法测电阻的原理

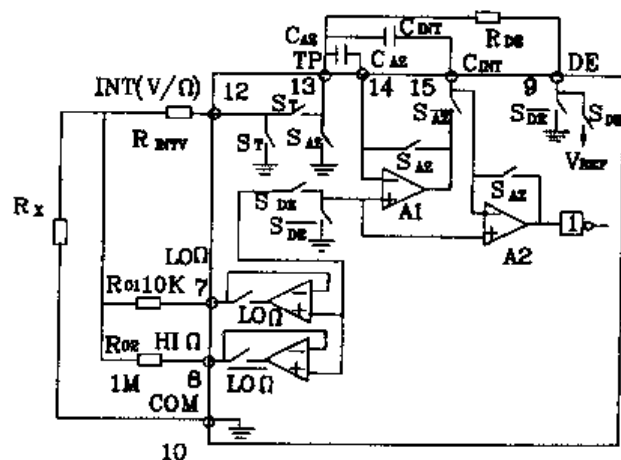


图 1-33 测量电阻电路图

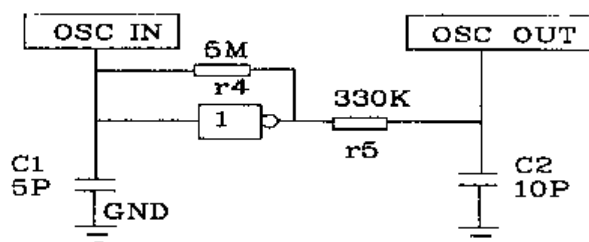


图 1-34 时钟电路

⑤时钟振荡器

时钟电路包括反相器,内部振荡电容 C_1 和 C_2 ,电阻 R_4 和 R_5 ,见图 1-34。使用时只需外接 100kHz 石英晶体,即可构成电容三点式振荡器。

由 ICL7149 构成的单片 $3\frac{3}{4}$ 位自转换量程数字万用表电路如图 1-35 所示。

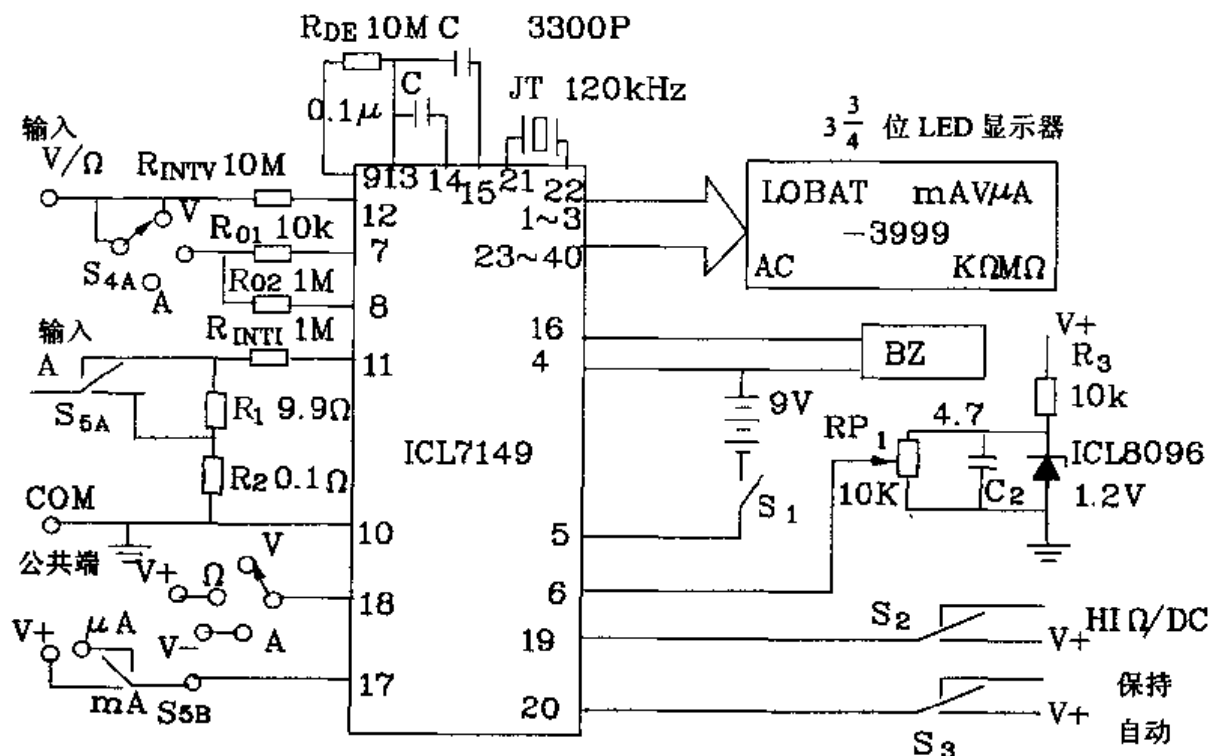


图 1-35 ICL7149 构成的单片 $3\frac{3}{4}$ 位自动转换量程数字万用表电路图

S_1 为电源开关, S_2 为读数保持/自动量程选择开关。16 脚和 4 脚间接压电陶瓷蜂鸣器。

C_{INT} 和 C_{AZ} 应选漏电流小的聚苯乙烯电容, R_{INTV} 、 R_{INTI} 选金属膜电阻, 要求 $R_{INTV}/R_{INTI} = 10 \pm 0.05\%$ 。 R_{DE} 应等于 R_{INTV} 。 R_{01} 、 R_{02} 误差应小于 $\pm 0.05\%$ 。 R_1 、 R_2 误差小于 $\pm 0.5\%$ 。

10. 12 位双积分 A/D 转换器 ICL7109

(1) 基本特点、引脚排列的功能

ICL7109 是一种高精度, 低噪声, 低漂移, 低价格的双积分式 A/D 转换器。它的最大特点是其数据输出为 12 位二进制数, 并配有较强的接口功能, 能方便地与各种微处理器相连。ICL7109 的引脚排列如图 1-36 所示。

各引脚功能如下:

CE/LOAD: 片选端。当 MODE 为低电平时, 它是数据输出的选通输出的选通信号, 当本脚为低电平时, 数据正常输出; 当本脚为高电平时, 所有的数据输出端 ($B_1 \sim B_{12}$, POL, OR) 均处于高阻状态。

OSCIN: 振荡器输入端。

OSCOU: 振荡器选择端。当输入高电平时, 采用 RC 振荡器。

BUF_{OSCOU}: 缓冲振荡器输出端。

GND: 数字地。

STATUS: 状态输出, ICL7109 转换结束时该脚发出转换结束信号。

POL: 极性输出, 高电平时表示 ICL7109 的输出信号为正。

OR: 过量程状态输出, 高电平时表示过量程。

$B_1 \sim B_{12}$: 状态转换结果输出端, B_{12} 为最高位, B_1 为最低位。

TEST: 此脚仅用于测试芯片, 接高电平时正常操作; 接低电平时, 则强迫所有位 $B_1 \sim B_{12}$ 输出高电平。

$\overline{\text{LBEN}}$: 低字节使能端。当 MODE 和 CE/LOAD 均为低电平时, 此信号将作为低位字节 ($B_1 \sim B_8$) 输出的辅助选通

信号; 当 MODE 为高电平时, 此信号将作为低字节输出。

$\overline{\text{HBEN}}$: 高字节使能端。当 MODE 和 CE/LOAD 均为低电平时, 此信号将作为高字节 ($B_9 \sim B_{12}$) 以及 PLO、OR 输出的辅助选通信号; 当 MODE 为高电平时, 此信号将作为高位字节输出, 用于信号交换方式。

MODE: 方式选择端。当输入低电平信号时, 转换器为直接输出工作方式。此时, 可在片选和数据使能的控制下直接读取数据; 当输入高电平信号时, 转换器处于信号交换方式, 并在输出两个字节后返回到直接输出方式。当输入高电平时, 转换器将在信号交换方式的每一转换周期的结尾输出数据。

RUN/HOLD: 运行保持输入端。当输入高电平时, 每经过 8 192 个时钟脉冲完成一次转换; 当输入低电平时, 转换器将立即结束, 消除积分阶段并跳至自动调零阶段, 从而缩短了消除积分阶段的时间, 提高了转换速度。

SEND: 信号输入端。用于数据传送时的信号交换方式, 以指示外部器件能够接受数据的能力。

V_- : 负电源, 接 $-5V$ 。

V_{REFOUT} : 基准电压输出端, 一般为 $2.8V$ 。

BUF: 缓冲器输出端。

AZ: 自动调零电容连接端。

COM: 公共模拟端。

INHI: 输入高端。

INLO: 输入低端。

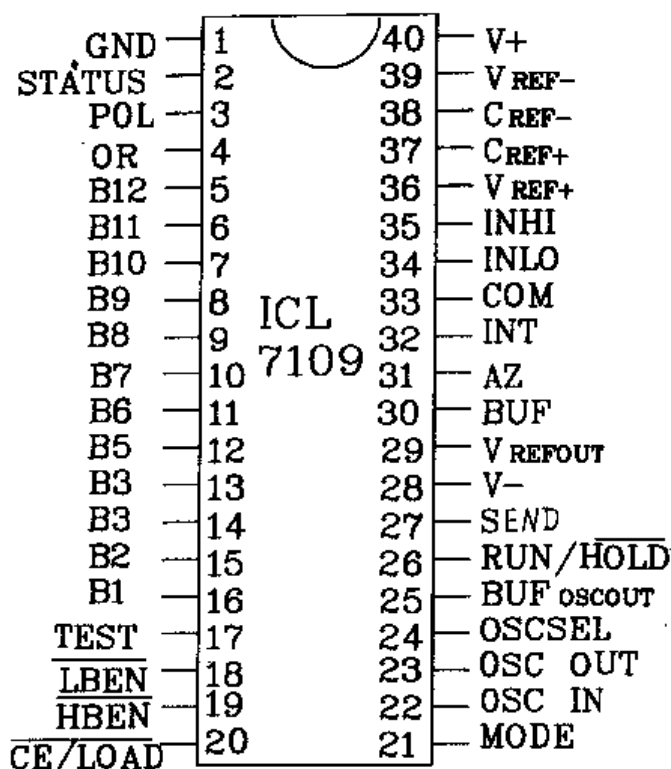


图 1-36 ICL7109 引脚图

V_{REF+} : 正基准电压输入端。

V_{REF-} : 负基准电压输入端。

C_{REF+} : 正基准电容输入端。

C_{REF-} : 负基准电容输入端。

V_+ : 正电源, 接 +5V。

(2) 工作原理

ICL7109 的工作原理和前面所述 ICL7106 等双积分式 A/D 转换基本一样, 转换过程也是分三个阶段: 自动调零阶段(2 048 个工作周期); 正向积分阶段(2 048 个工作周期); 反向积分和休止阶段(4 096 个工作周期)。每一次反向积分结束后发出内部锁存数据脉冲, 一次 A/D 转换结束, 并将数据锁存起来。

ICL7109 内部逻辑框图如图 1-37 所示。从图中可以看出, 它有 14 条数据输出线, 其中有 12 条数据线, 1 个极性信号和 1 个溢出信号。还有 5 条握手逻辑信号, 用来确定 ICL7109 的工作方式、工作状态、数据输出时序。

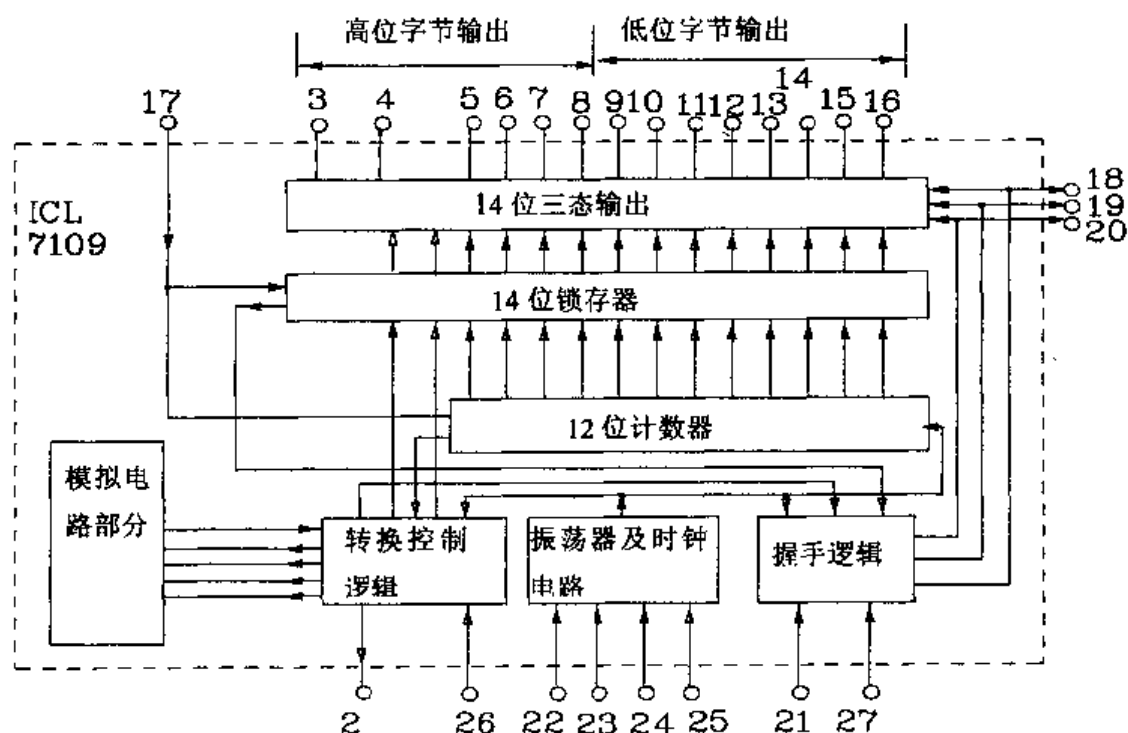


图 1-37 ICL7109 内部逻辑框图

ICL7109 芯片内有振荡器及时钟电路, 当 OSCSEL 端接高电平或开路时片内为 RC 振荡器, 此时 OSCOUT、BUFOSCOUT、OSCIN 端外接电阻、电容如图 1-38(a)所示。OSCSEL 为低电平时, 外接振荡晶体, 片内为晶体振荡器, 如图 1-38(b)所示。

ICL7109 片内有一个基准电压源为 2.8V, 它的正端是 V_+ (40 脚), 负端为 V_{REFOUT} 。对模拟输入如果要求满度输出为 4.096V, 则 $V_{REF} = 2.048V$; 当 $V_{REF} = 204.8mV$ 时, 则对应于满度值为 409.6mV 输入电压。在许多应用中是 A/D 变换器与传感器直接相连, 测量的绝对输

出电压不等于标准量程。这时,只要将基准电压等于传感器输出电压最大值的一半即可。

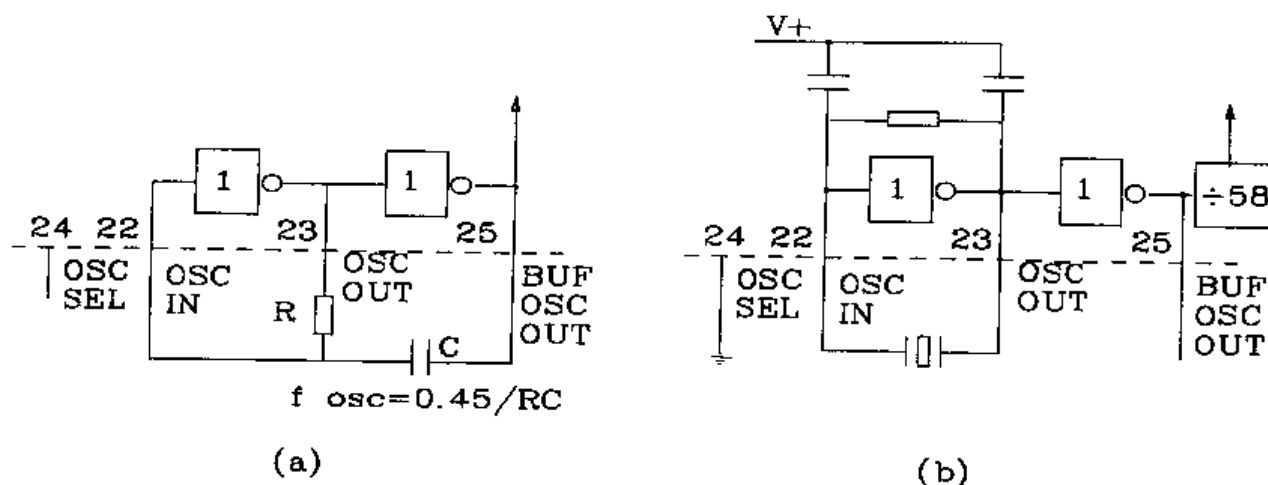


图 1-38 ICL7109 片内振荡选择与外接电路

ICL7109 内部的缓冲放大器和积分器能够提供 $20\mu\text{A}$ 的电流,对于积分电阻的选择可以按公式 $R_{\text{INT}} = \text{满度电压} / 20\mu\text{A}$ 来选用。当满度电压为 4.096mV 时, $R_{\text{INT}} = 20\text{k}\Omega$, $V_{\text{REF}} = 204.8\text{mV}$ 。

积分电容根据积分器给出的最大输出电压摆幅选择。此电压应使积分器不饱和(大约低于电源 0.3V)。对 ICL7109 的 $\pm 5\text{V}$ 电源,模拟公共点接地,积分器输出摆幅一般为 $\pm 3.5\text{V}$ 至 $\pm 4\text{V}$ 。对于不同的时钟频率,电容也要改变,以保证积分器输出电压的摆幅。积分时间为 2048 个时钟周期,所以有 $(C_{\text{INT}} = 2048 \times \text{时钟周期} \times 20\mu\text{A} / \text{积分器输出摆幅})$ 。当 ICL7109 外接 6MHz 晶体时的时钟频率为:

$$\text{时钟频率} = 6\text{MHz} / 58 = 103\text{kHz}$$

$$C_{\text{INT}} = (2048 \times 0.001 / 10^3 \times 20 \times 0.000001) \div (\text{积分器输出摆幅})$$

$$= 0.4 \times 0.000001 / \text{积分器输出摆幅}。$$

为了不使积分器饱和,取积分器输出最大摆幅为 $\pm 4\text{V}$,积分电容最小为 $0.1\mu\text{F}$ 。

自动调零电容 C_{AZ} 的选择可以这样考虑,当 V_{IN} 较小时,例如 $V_{\text{IN}} = 0 \sim 409.6\text{mV}$,这时抑制噪声是主要的, C_{AZ} 可选为比 C_{INT} 大 1 倍,以减小噪声。 C_{AZ} 越大,噪声越小。例如, C_{INT} 为 $0.3\mu\text{F}$ 时, C_{AZ} 选 $0.5\mu\text{F}$ 。当 V_{IN} 较大时,如 $V_{\text{IN}} = 0 \sim 4.096\text{V}$,这时噪声的影响不是主要的,可以把积分电容 C_{INT} 选大一些以减小复零误差,使 $C_{\text{INT}} = 2C_{\text{AZ}}$ 。例如图 1-39 中 $C_{\text{INT}} = 0.33\mu\text{F}$, $C_{\text{AZ}} = 0.15\mu\text{F}$ 。基准电容一般可取 $1\mu\text{F}$ 较好。

(3) ICL7109 与 8031 单片机的接口设计

ICL7109 的数据输出形式为 12 位二进制码,且与微处理器有较好的兼容特性,所以可以与 8031 单片机直接相连。硬件接口电路如图 1-39 所示。

ICL7109 为双电源供电,这里采用电源极性变换器 7660 产生负电压接 28 脚。ICL7109 的 MODE 端接地,使其工作在直接输出工作方式。将 $\text{RUN}/\overline{\text{HOLD}}$ 接 $+5\text{V}$,ICL7109 可进行连续转换。将 STATUS 线与 8031 的 $\overline{\text{INT}}$ 相连,每完成一次转换向 8031 发一次中断申请。8031 的 P2.0、P2.1 分别和 $\overline{\text{LIBEN}}$ 、 $\overline{\text{HIBEN}}$ 相连, P2.0 为低电平、P2.1 为高电平时读 ICL7149 的

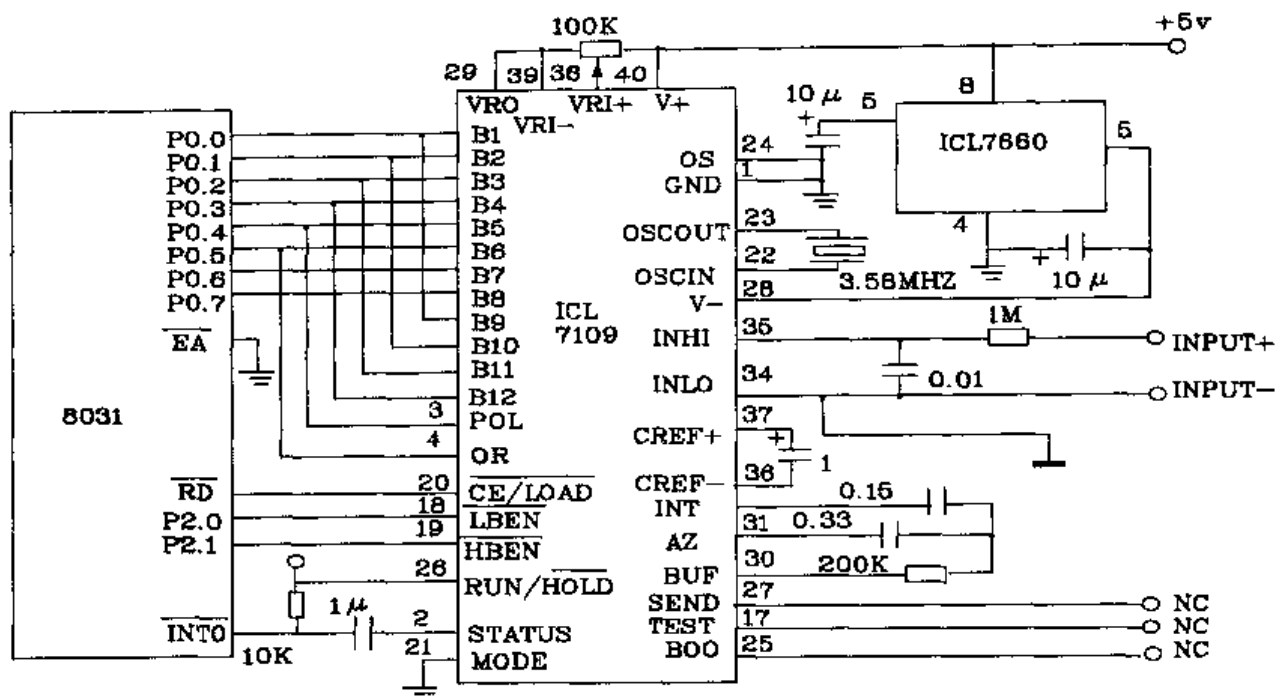


图 1-39 ICL7109 与 8031 单片机硬件接口电路

低字节。P2.0为高、P2.1为高时读ICL7149的高字节 $B_9 \sim B_{12}$ 和POL、OR信号。由于采用3.58MHz的晶振,故ICL7149完成一次A/D转换所需时间为 $T=8192(\text{脉冲周期}) \times 58/3.58\text{MHz}=132.72\text{ms}$,即转换速率为7.5次/s。

下面是 ICL7149 连续转换时的转换程序:

ORG 0003H	
LJMP INTO	
ORG 2000H	;主程序
.....	
SET IE.0	;置外部中断 0 开放
SET IE.7	;开中断
.....	
INT0: MOV R0, #20H	;数据缓冲区首址
MOV DPTR, #0200H	;使 P2.0=0, P2.1=1
MOVX A, @DATR	;读低字节
MOV @R0, A	;存低字节
INC R0	;指向 21H 单元
MOV DPTR, #0100H	;使 P2.0=1, P2.1=0
MOVX A, @DPTR	;读高字节
MOV @R0, A	;存高字节
RETI	;中断返回

11.4 $\frac{1}{2}$ 位双积分式 A/D 转换器 CH259

(1) 基本特点、引脚排列和功能

- ① A/D 转换最大显示值为 19999, 能直接驱动 $4\frac{1}{2}$ 位 LED 显示器。
- ② 作为双积分式 A/D 转换器, CH259 内部只含逻辑单元, 模拟部分和基准电压都需要外接。
- ③ 芯片内部有零区补偿电路, 可以避免在积分器输入极性转换时, 输出发生过冲现象而造成的积分误差。

④ 在 A/D 转换的休止阶段有打印控制信号输出, 便于和打印机连接。

⑤ 工作电源电压为 4~7V。

CH259 的引脚排列如图 1-40 所示。

各引脚功能如下:

a、b、c、d、e、f、g: 显示译码输出。

CP₁: 时钟 100kHz 输入。

CP₂: 工频同步 50Hz 输入。

CP₃: 外接采样时钟 2Hz。

SC: 外接显示扫描时钟。

K₁、K₂、K₃、K₄: 控制开关。

P_C: 溢出选择, P_C = “1” 时满量程为 19999, P_C = “0” 时满量程为 09999。

C_Z: 接零比较器输出端。

I: 显示极性。

H: 显示最高位。

P: 打印端, 在 T₃ (休止) 期间, 输出“1”, 作为打印信号, 在下一个采样时钟上升沿到达时结束。

IF: 信息输出端, 在反向积分 DE 时输出 100kHz 时钟脉冲。

Cex1: 外接 51p 电容。

G₀~G₃: 显示扫描输出端, 接 LED 数码管的公共极。

V_{DD}、V_{SS}: 电源的正负极, CH259 的供电电压为 3~7V。

(2) 工作原理

CH259 内部逻辑框图如图 1-41(a) 所示。作为双积分 A/D 转换器的工作原理如图 1-41(b) 所示。从逻辑框图可知, CH259 内部电路由同步电路、包括零区补偿电路的逻辑控制电路、计数器、18 位锁存器、数据选择器 TG、显示译码器等部分组成。

A/D 转换器的开始由启动脉冲 S₀ 启动, S₀ 与 2Hz 采样信号, 50Hz 工频信号和 100kHz 时钟信号同步。A/D 转换启动后为正积分 INT 阶段。在 INT 期间, 逻辑电路将 K₁ 接通, 被测电压 V_{IN} 被积分, 经一固定的时间 T₁ (100ms) 积分后逻辑电路控制 K₁ 断开, 进行反向积分

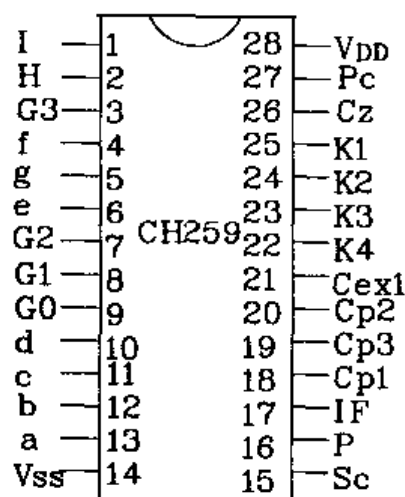


图 1-40 CH259 引脚图

DE。当 V_{IN} 为正时, K_2 接通, 对负电压基准 V_{REF-} 积分; 当 V_{IN} 为负时, K_3 接通, 对正电压基准 V_{REF+} 积分。反向积分的时间与 V_{IN} 的大小成正比例。当反向积分过零, 越零比较器状态改变时, 封锁计数器数值。随后, A/D 转换进入休止状态。

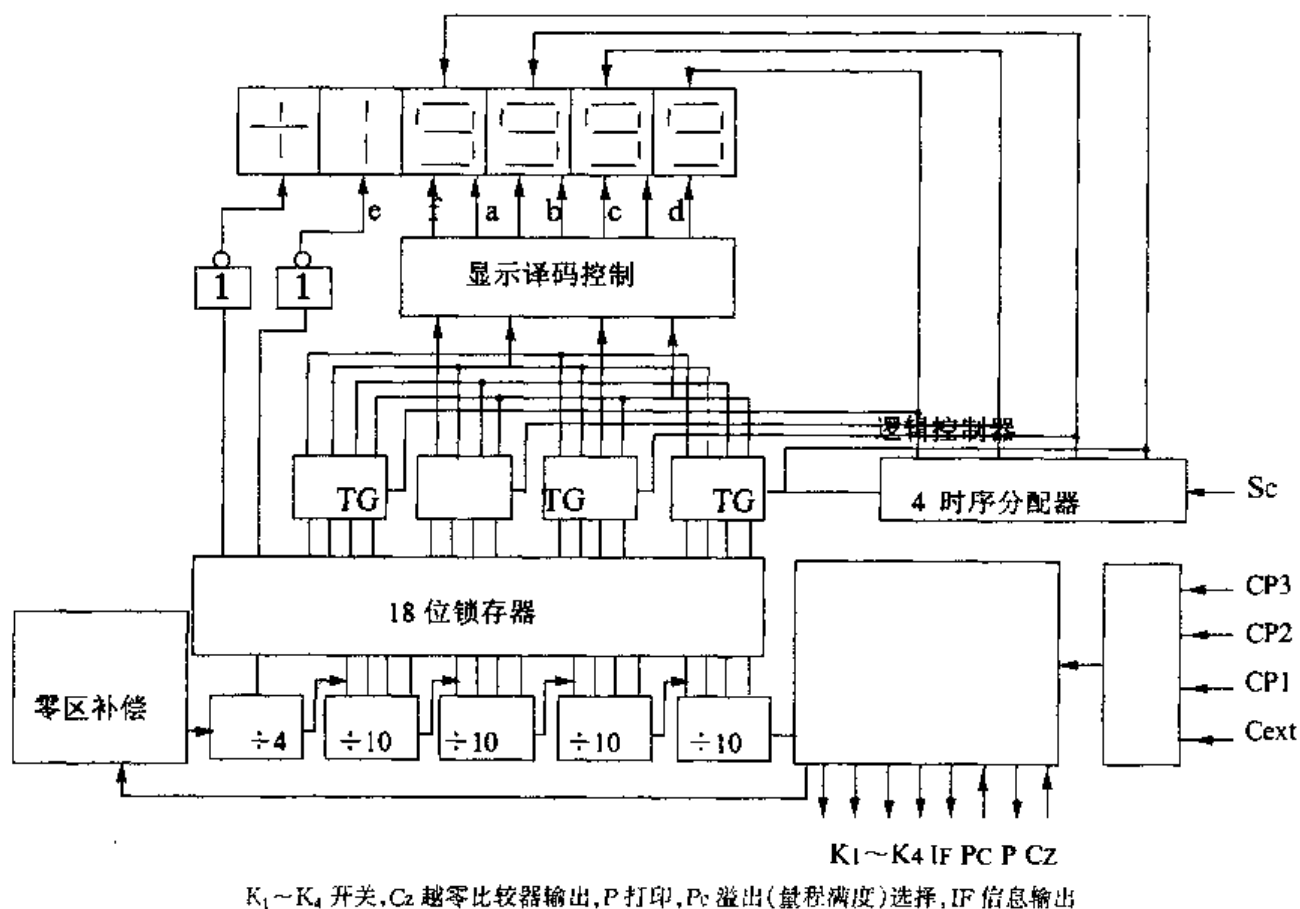


图 1-41(a) CH259 内部数字部分逻辑框图

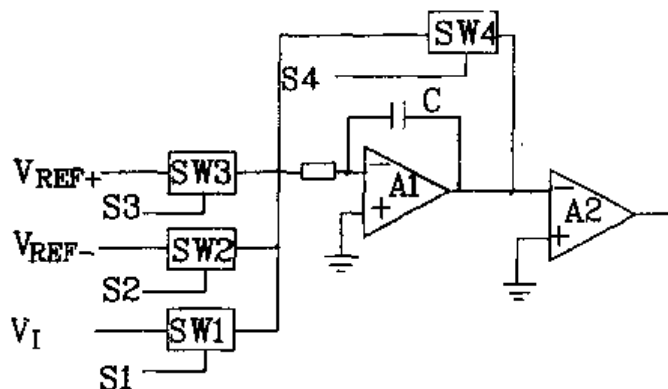


图 1-41(b) CH259 内部电子开关和 A/D 转换部分连接的逻辑框图

在积分器由正向积分到反向积分的转换阶段, 为了减小误差, CH259 设计中含有“零区补偿”电路, 其中工作原理如下:

在积分器输出极性发生转换时, 这时会发生过冲现象, 尤其是在小信号输入时, 过冲现象更为突出。这将导致积分时间的延长, 产生积分误差。为了避免这段时间, 在 T_1 转向 T_2 时刻的初期, 停止对时钟脉冲计数(停止时间为 8 个时钟周期), 然后对越零比较器的检测点作适当推移, 以补偿这段时间停止计数所引起的误差。禁止时间一般大于积分器的过冲时间, 因而需

延伸越零比较器的鉴别点来补偿丢失的时间。图 1-42 为零区补偿波形图。理想积分输出,鉴别点为零,如图 1-42(a)所示。补偿后,负电压输入时,鉴别点负向延伸,如图 1-42(b)所示。正电压输入时,积分器输出为负,则鉴别点正向延伸,如图 1-42(c)所示。通过调整电阻 RP_1 和 RP_2 (V_{REF+} 和 V_{REF-}) 使鉴别点处于最佳电位,使积分器输出电压达到 V_0' , T_2 时间才告结束。

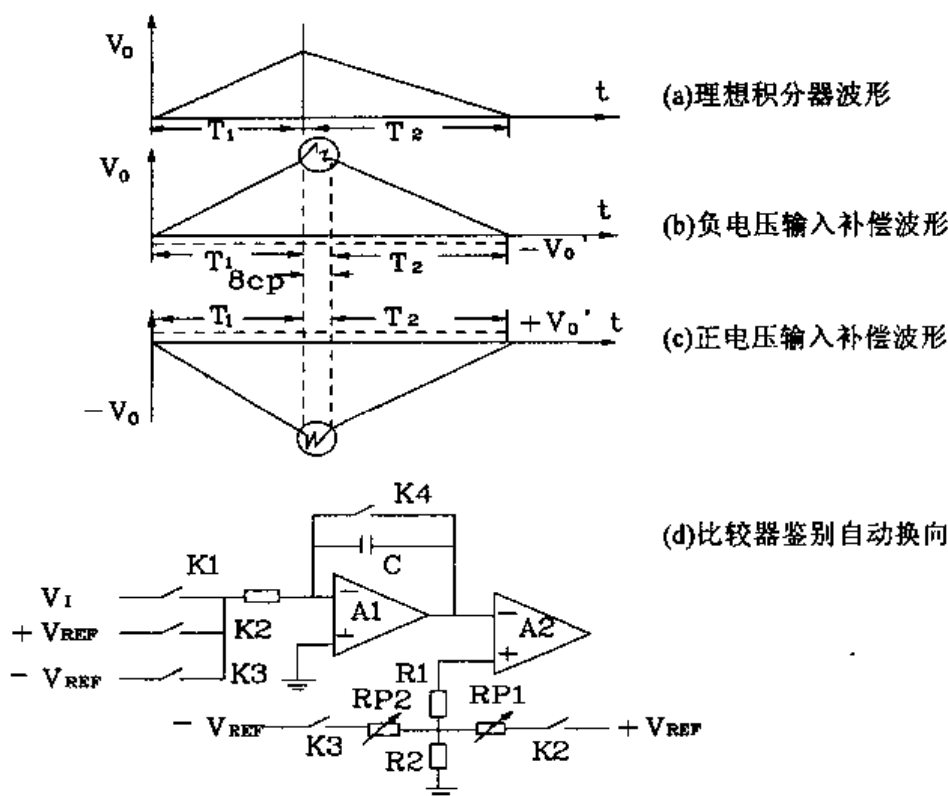


图 1-42 CH259 零区补偿波形

(3) 典型应用

图 1-43 示出了用结型场效应管作开关,由 CH259 组成的数字电压表线路图。该电压表由 CH259、外接开关、积分器、越零比较器及数字显示器组成。其特点是选用场效应管作开关 $K_1 \sim K_4$ 。场效应管的导通电阻的一部分,其值越小,变化引起的误差越小。场效应管的导通电阻约 50Ω ,对 $4\frac{1}{2}$ 位数字,满刻度为 19999,分辨力为 $100\mu V/1$ 字来讲,完全可以满足要求。另外,场效应管 3DJ7F 的夹断电压小于 $-2V$,可适应基准电压调节范围。场效应管的输入电阻 $\geq 100M\Omega$,可减小泄漏电流的影响。

3DS7F 为耗尽型场效应管, $V_{GS}=0V$ 时导通,负于夹断电压时截止,故在其栅极端接 PNP 晶体管 3CG 以转换电平。

CH259 提供的开关信号($K_1 \sim K_4$)为 1 时,晶体管 3CG 截止,场效应管 3DJ7F 的 $V_{GS}=0$,管子导通;反之,场效应管截止。

12.4 $4\frac{1}{2}$ 位双积分 A/D 转换器 ICL7135

(1) 基本特点、引脚排列和功能

①最大显示值为 19999,最小分辨力为 $100\mu V$,准确度达 ± 1 个字。

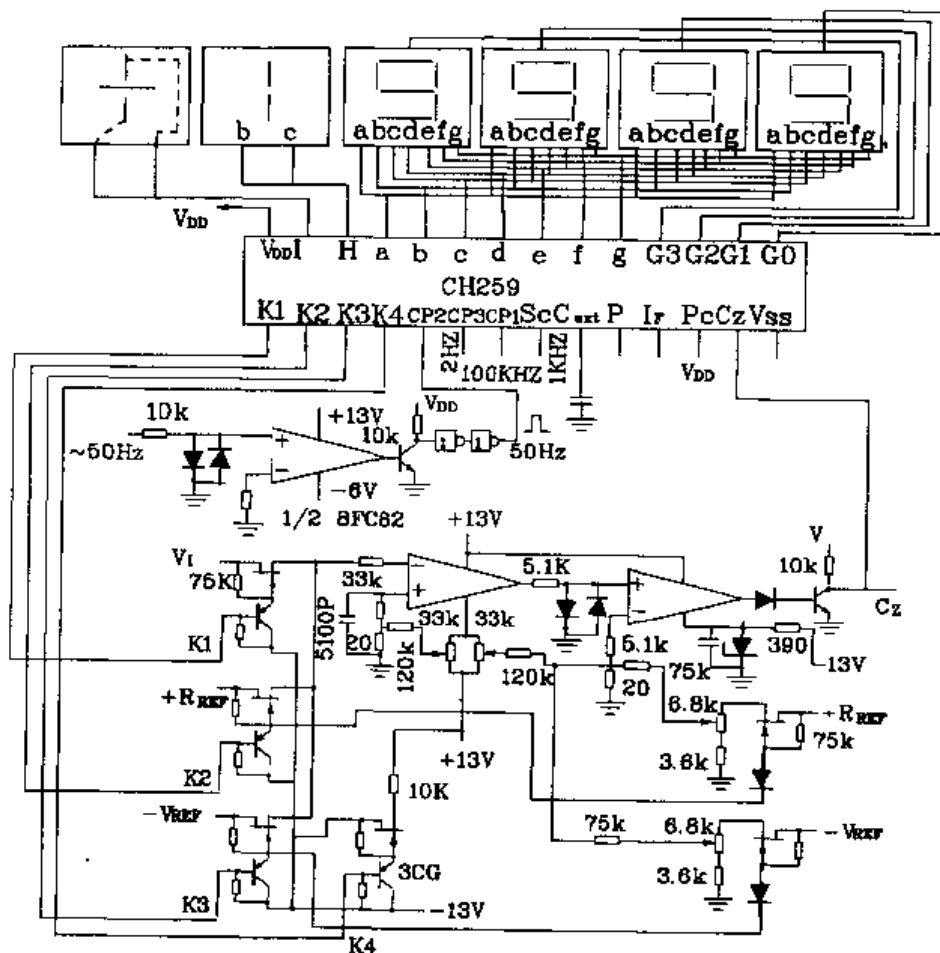


图 1-43 由 CH259 组成的 $4\frac{1}{2}$ 位数字电压表

②采用BCD码扫描输出,设有六路输入/输出辅助信号,和微处理器连接方便。连接LED显示器需外接译码,驱动集成电路。

③采用 $\pm 5V$ 供电,工作电流为3mA。

④只要求单一外接基准电压。

⑤能够自校零,保证 $V_{IN} = 0V$ 时读数为零。有适用于自动转换量程的超量程和欠量程信号,能用闪烁显示方式表示超量程状态。

⑥典型时钟频率 $F_0 = 200kHz$,转换速率为3次/s。

⑦输入阻抗大于1000M Ω ,输入电流典型值为1pA。

⑧允许差分输入。

⑨零读数最大温漂为 $2\mu V/^{\circ}C$

ICL7135 引脚排列如图 1-44 所示

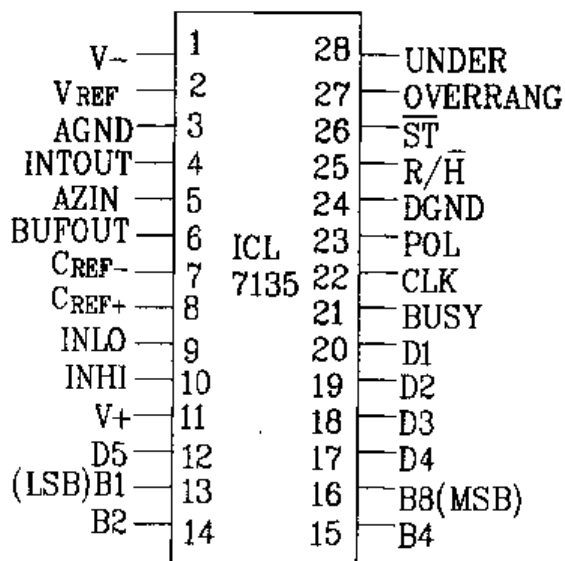


图 1-44 ICL7135 引脚图

各引脚功能如下:

V_+ 、 V_- : 分别接正、负 5V 电源。

AGND、DGND: 模拟地、数字地。

CLK: 时钟信号输入。

$D_1 \sim D_5$: 个、十、百、千、万位的扫描输出端, 按 D_5 (最高位) $\rightarrow D_4 \rightarrow D_3 \rightarrow D_2 \rightarrow D_1$ (最低位) 的顺序发生扫描驱动信号。只要不出现超量程状态, 就一直不断地进行扫描。在超量程状态, 从 $\overline{STR}$ 选通时序信号结束一直到 D_5 重新扫描的时间内, 全部驱动信号停止, 这表明显示器将断续地亮灭。因此可用闪烁的方式表示超量程状态。

B_1 、 B_2 、 B_4 、 B_8 : BCD 码输出端, 按照“8421”编码, B_8 最高位, B_1 是最低位。

UNDER: 欠量程输出端。当读数是满程的 9% 或更小时, UNDER 输出高电平。

OVERRANG: 超量程信号输出端。当 $V_{IN} \geq 2.000V$ 时, OVERRANG 变成高电平。

$\overline{ST}$: 数据选通输出端。它输出的负脉冲信号可把 BCD 码数据传送到外部锁存器或微处理器。

BUSY: 忙碌输出端, 用来指示 A/D 转换正在进行或已进行完毕。在积分过程中, BUSY 为高电平, 在自动调零阶段为低电平。

$R/\overline{H}$: 运行保持控制端。此端加高电平或悬空时, 能自动进行 A/D 转换; $R/\overline{H}$ 加低电平时, 读数保持不变, 直到 $R/\overline{H}$ 为高电平时才能改变读数, 但此时 A/D 转换照样进行。

POL: 信号极性输出端, 正信号时输出高电平。

V_{REF+} : 基准电压的正端。

COM: 模拟信号的公共端, 简称模拟地, 也是基准电压的负端。

INTOUT: 积分器的输出端, 接积分电容 CINT。

AZIN: 自动调零输入端。

C_{REF+} 、 C_{REF-} : 外接基准电容。

INLO、INHI: 分别为信号输入的低端和高端。

BUFOUT: 缓冲放大器的输出端, 接积分电阻 R_{INT} 。

(2) ICL7135 A/D 转换器的工作原理

ICL7135 的内部分为模拟电路和逻辑电路两大部分, 模拟电路的框图见图 1-45(a) 所示。它由缓冲放大器、积分器、比较器和模拟开关所组成。每个 A/D 转换周期分 4 个阶段: 自动调零(AZ)、信号积分(INT)、反向积分(DE)、零积分(ZI)。

①自动调零阶段完成三项工作: a. S_{INT} 开路, V_{IN+} 与 V_{IN-} 和内部引线断开。 S_{AZ} 闭合, 使输入端与 COM 短接。 b. S_{AZ} 闭合使 C_{REF} 充电至 $V_{REF} = 1.0000V$ 。 c. 闭合反馈回路, 对自动调零电容 C_{AZ} 充电到一定电压, 以补偿缓冲放大器、积分器和比较器的失调电压, 使输入端失调电压小于 $10\mu V$ 。

②信号积分阶段(INT)

此时 S_{AZ} 断开, S_{INT} 闭合, V_{IN+} 、 V_{IN-} 分别与芯片内的缓冲器、积分器接通。对输入信号积分结束时, 信号极性被门锁入极性触发器中。

③反向积分阶段(DE)

在此阶段, C_{REF} 通过 S_{DE+} (V_{IN} 为正时) 或 S_{DE-} (V_{IN} 为负时) 接通积分器进行反向积分, 反向积分使积分器输出返回零。反向积分时间与 V_{IN} 成正比, 显示读数为 $N = 10\,000 / V_{REF} \times V_{IN}$ 。

④零积分阶段(ZI)

在零积分阶段段, IN_- 与 COM 短接, 比较器的输出与 IN_+ 短接, 使积分器回零。

ICL7135 A/D 转换器的工作波形如图 1-45(c) 所示。逻辑电路的框图如图 1-45(b) 所示。逻辑电路部分是由过零检测电路、自动极性判别电路、各模拟开关的定时逻辑控制电路和 BCD 码记数、锁存、输出分配等电路组成。ICL7135 采用了字位动态扫描、BCD 码输出方式, 即万、千、百、十、个位的 BCD 码轮流地在 B_8 、 B_4 、 B_2 、 B_1 端出现, 并在 $D_5 \sim D_1$ 端同步出现字位选通脉冲。

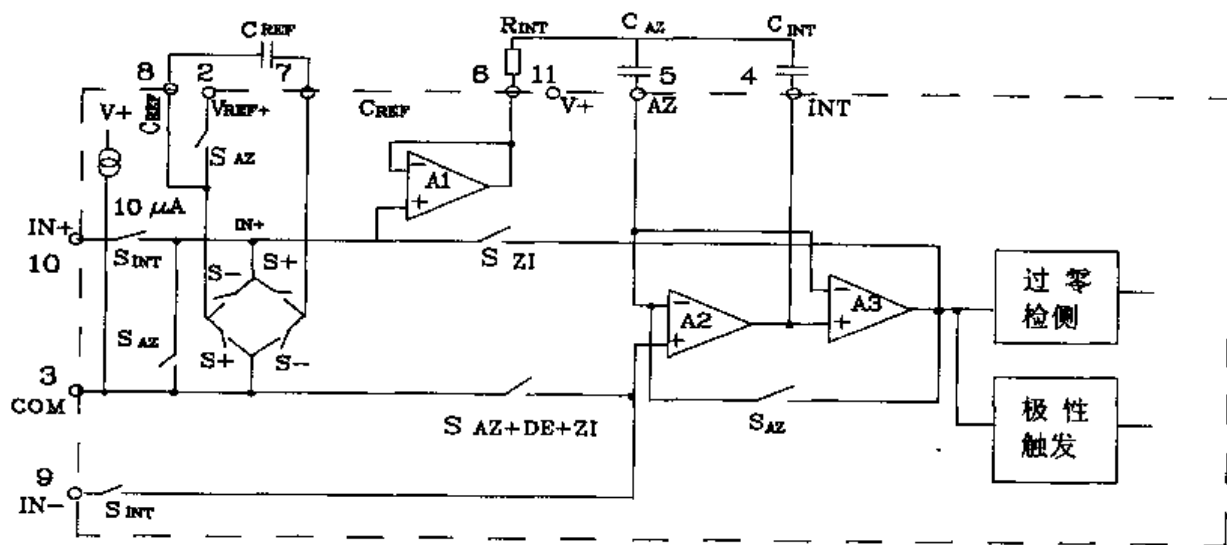


图 1-45(a) A/D 转换器原理图

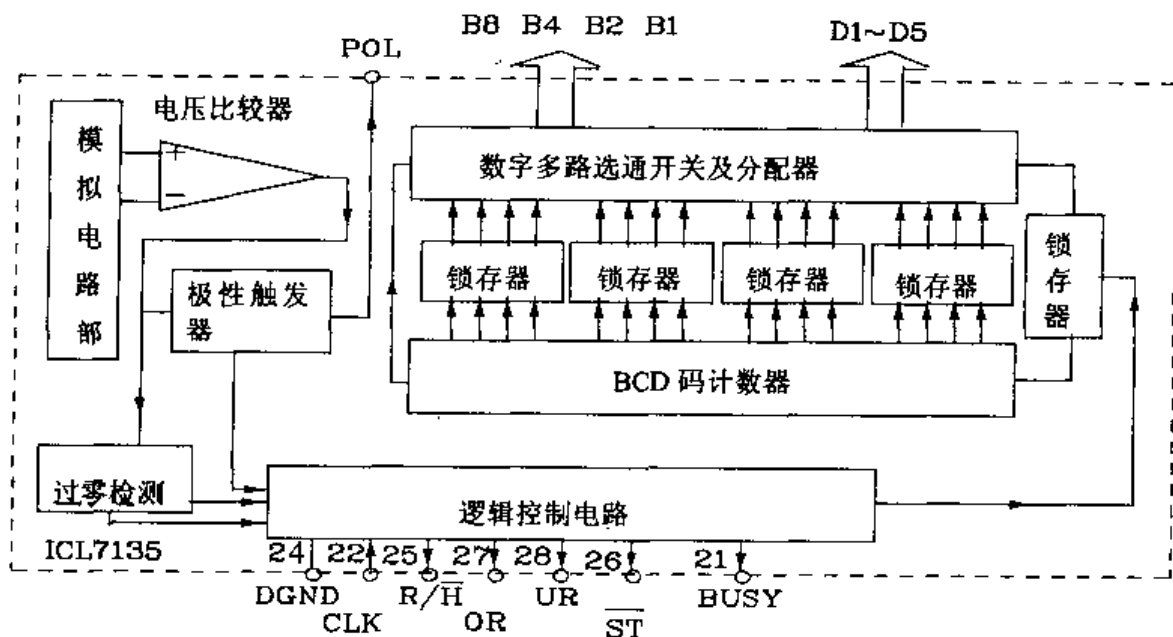


图 1-45(b) 数字电路部分框图

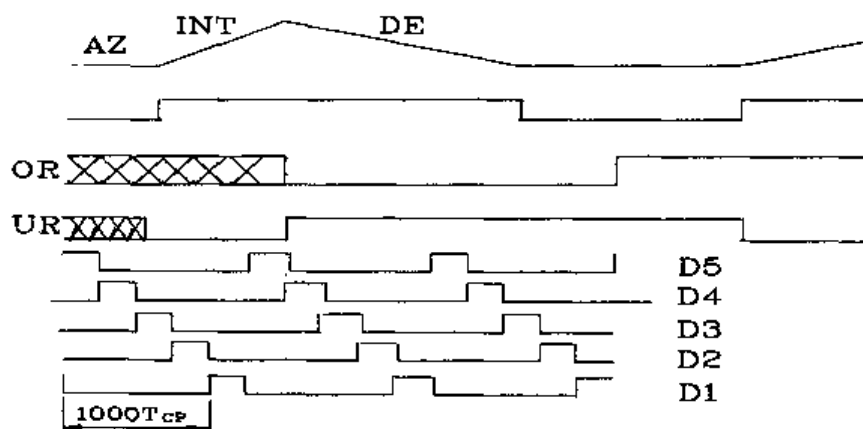
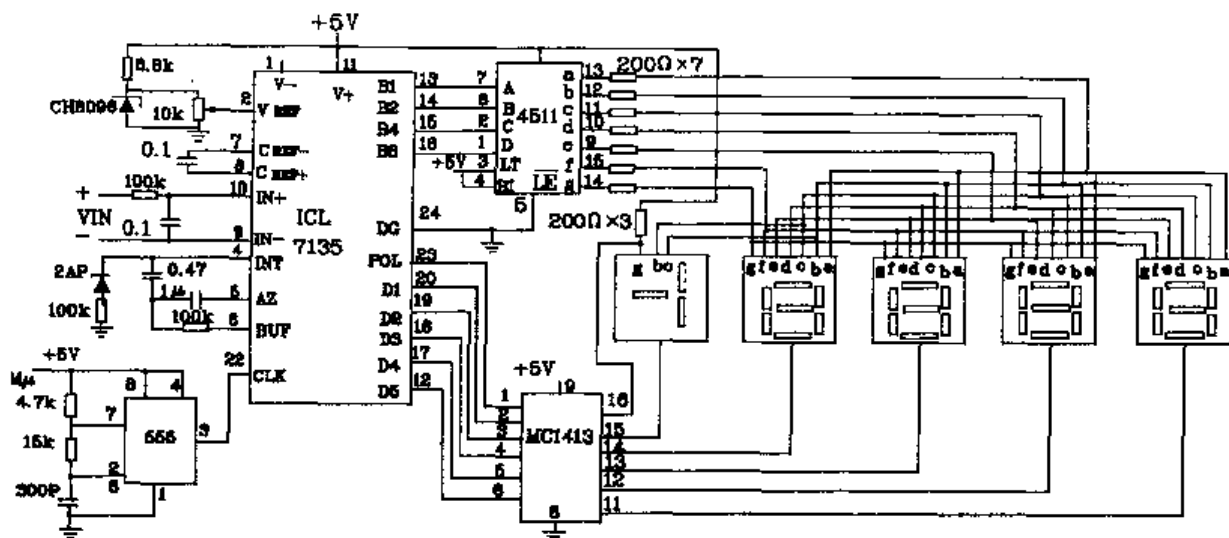


图 1-45(c) ICL7135 工作波形图

由 ICL7135 组成的 $4\frac{1}{2}$ 位数字电压表如图 1-46 所示。

图 1-46 ICL7135 构成的 $4\frac{1}{2}$ 位数字电压表

在 ICL7135 的输入端接有阻容滤波器, $R = 100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$ 。基准电压采用稳压值为 1.2V 的 CH8069, 经精密多卷电位器分压后得到 $V_{\text{REF}} = 1.0000\text{V}$ 。

积分电阻取 $100\text{k}\Omega$, 积分电容一般取 $0.47\mu\text{F}$ 的聚丙烯电容器, 这种电容器的介质损耗小, 成本低。

时钟脉冲利用 NE555 作多谐振荡器产生时钟信号。

驱动器采用 MC1413 型七反相驱动器, 译码器 4511 完成译码功能。LED 显示器为共阴极数码管。

(3) ICL7135 与单片机 8031 的接口

ICL7135 与单片机 8031 的接口电路如图 1-47 所示。从传感器来的毫伏信号经放大器放大到 $0 \sim 2\text{V}$ 后加到 ICL7135 的输入端 $V_{\text{IN}+}$, $V_{\text{IN}-}$ 。A/D 转换后的 BCD 码经缓冲器 74LS244 后送入单片机的 P0 口 ($\text{P0.0} \sim \text{P0.7}$)。8031 的 P2.7 接到 74LS244 的输出允许信号 $\overline{\text{G1}}$ 和 $\overline{\text{G2}}$ 。

端,以线选的方式确定 74LS244 的地址为 7F00H(设高 8 位除 P2.7 外均为 1,低 8 位均为 0)。设一次 A/D 转换后读入的结果存入 30H~34H 中。ICL7135 转换完毕后,数据分 5 次输出,共 5 位 BCD 码即 $D_5 \sim D_1$ 第一次输出的为最高位 D_5 只有一位(0 或 1),其它位 B_8 、 B_4 、 B_2 皆为零。在读入 D_5 时应对溢出信号进行检查,溢出信号 OR 送入 8031 的 P0.7 上。 D_5 之后随着输出的分别是 D_4 、 D_3 、 D_2 、 D_1 4 位 BCD 码。

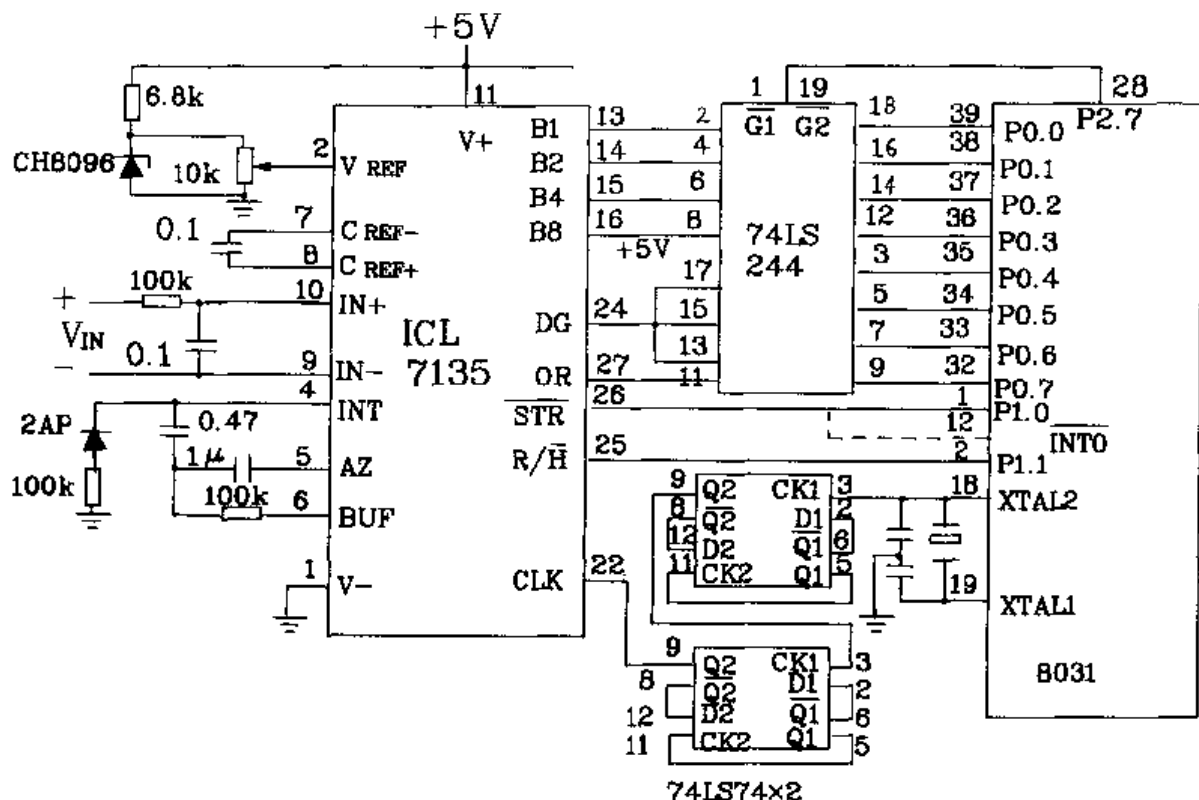


图 1-47 ICL7135 与单片机 8031 的接口电路图

ICL7135 的时钟信号由 8031 的振荡器引脚 XTAL2 引出,经两片双 D 触发器 74LS74 作 $2^4 = 16$ 分频后加到 ICL7135 的时钟输入端 CLK。如果选择 8031 晶体振荡频率为 6MHz,经 16 分频后为 $F_{CLK} = 6 \times 10 / 16 = 375\text{kHz}$ 。则时钟周期为 $T_{CLK} = 1 / F_{CLK} = 2.667\mu\text{s}$ 。

完成 A/D 转换的总时间 = 转换时间 + 数据输出时间 = 109.3ms。

ICL7135 的时钟频率典型值为 200kHz,最高允许值为 1 200kHz,所以 $F_{CLK} = 375\text{kHz}$ 还是可以的。每输出 1 位 BCD 码的时间为 200 个时钟周期,选通脉冲(ST)位于数据脉冲的中部,所以从收到选通脉冲开始到数据输出结束只有 100 个时钟周期的时间。如果时钟频率太高,则数据的接收程序有可能没有执行完毕,数据就已经消失了。

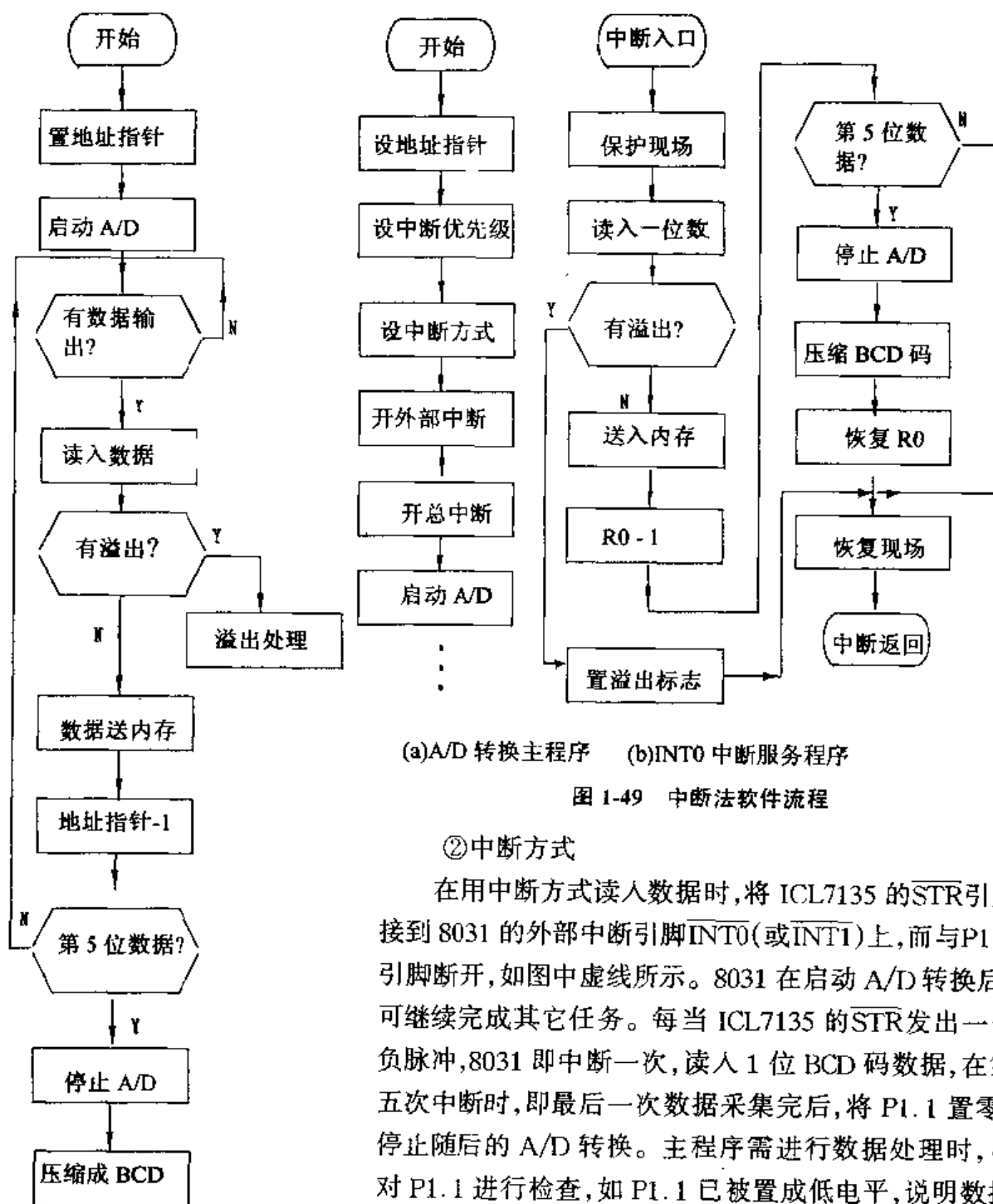
由 8031 的 P1.1 输出高电平信号到 ICL7135 的 $R/\bar{H}$ 脚,启动 A/D 转换。

8031 读入数据时可以采用两种方法:查询方式和中断方式。

① 查询方式

在查询方式时将 8031 的 P1.0 换到 ICL7135 的 $\overline{ST}$ 引脚上。ICL7135 完成 A/D 转换后每输出一位 BCD 码,即输出一个 $\overline{ST}$ 负脉冲,8031 查询到 P1.0 = 0 时,即通过 74LS244 读入一位 BCD 码数据。到低电平时,则读入下 1 位 BCD 码,依次采完 5 位 BCD 码之后将 8031 的 P1.1

置成低电平,使随后的 A/D 转换不再进行。如果需要另一次 A/D 转换,可重新使 P1.1 升为高电平,启动 A/D 转换,并重复上述过程,进行数据采集。



(a)A/D 转换主程序 (b)INT0 中断服务程序

图 1-49 中断法软件流程

②中断方式

在用中断方式读入数据时,将 ICL7135 的 $\overline{\text{STR}}$ 引脚接到 8031 的外部中断引脚 INT0 (或 INT1) 上,而与 P1.0 引脚断开,如图中虚线所示。8031 在启动 A/D 转换后,可继续完成其它任务。每当 ICL7135 的 $\overline{\text{STR}}$ 发出一个负脉冲,8031 即中断一次,读入 1 位 BCD 码数据,在第五次中断时,即最后一次数据采集完后,将 P1.1 置零,停止随后的 A/D 转换。主程序需进行数据处理时,可对 P1.1 进行检查,如 P1.1 已被置成低电平,说明数据已接收完毕,即可对其进行处理。

③A/D 转换程序框图和软件

a. 查询法

查询法程序流程图如图 1-48 所示。具体程序如下:

CLAD: MOV R0, # 34H

;置内存地址指针

MOV DPTR, # 7F00H

;置数据指针存地址指针

图 1-48 查询法程序流程图

```

        SETB P1.1                ;启动 A/D 转换
LOOP:JB P1.0,LOOP               ;有数据输出吗? 否,等待
        MOVX A,@DPTR            ;是,读入一位 BCD 码
        JB ACC.7,OVER           ;有溢出吗? 有,转溢出处理
        MOV @R0,A               ;否,数据送内存
        DEC R0                  ;地址指针减 1
        CJNE R0,#2FH,LOOP       ;是第五位数据吗? 否,循环
        CLR P1.1                ;是,停止 A/D
        .....
OVER:                            ;溢出处理程序

```

b. 中断法

中断法程序流程图如图 1-49 所示。具体程序如下:

中断法主程序

```

ICLAD:MOV R0,#34H               ;置内存地址指针
        MOV DPTR,#7F00H        ;置数据指针
        MOV IP,#01H            ;置外部中断 0 为高优先级
        SETB EX0               ;开放INT0中断
        SETB EA                ;开放总中断
        SETB P1.1              ;启动 A/D 转换
        .....

```

INT0 中断服务程序

```

INT0:PUSH PSW                   ;保护现场,将 PSW
        PUSH ACC                ;ACC
        PUSH DPL                ;DPTR
        PUSH DPH                ;推入堆栈
        MOV A,@DPTR             ;读入一位 BCD 码
        JB ACC.7,OVER           ;有溢出吗? 是转溢出处理
        MOV @R0,EXIT            ;否数据送内存
        DEC R0                  ;地址指针减 1
        CJNE R0,#2FH,EXIT       ;是第五位数据吗? 否,转出口
        CLR P1.1                ;是,停止 A/D
        MOV R0,34H              ;恢复 R0 初值
EXIT:POP DPH                    ;恢复现场
        POP DPL
        POP 00H
        POP ACC
        POP PSW

```

RETI

; 从中断返回

13.4 $\frac{1}{2}$ 位积分式 A/D 转换器 ICL7129

(1) 基本特点、引脚排列和功能

① 积分式 A/D 转换器 ICL7129 的最大显示值为 ± 19999 , 最小分辨力为 $10\mu\text{V}$, 转换精度为 $\pm 0.005\%$ 。

② 可以直接驱动 LCD 显示器。

③ 供电电压为 9V, 工作电流为 1mA。

④ 需外接基准电压源, 当量程为 200mV 时, 基准源 $V_{\text{REF}} = 1\text{V}$; 当量程为 2V 时, 也是 $V_{\text{REF}} = 1\text{V}$ 。

⑤ 可提供超量程、欠量程、电池电压低指示, 负极性指示, 标志符驱动等多种信号。

⑥ 有自动调零功能。为了达到 $10\mu\text{V}$ 的高分辨率, 要求噪声电压非常低, 因此 ICL7129 没有采用 ICL7135 由自动调零电容校正失调电压的方案, 而是采用数字技术进行调零。这样既可以省去外部的自动调零电容, 也避免了该电容带来的噪声电压。

⑦ 内部有时钟振荡器电路, 只需外接阻容元件或石英晶体即可工作。

⑧ ICL7129 的小数点分自动/手动两种选择方案。可以手动将 20, 21, 38, 39 脚接高电平, 相应的小数点亮, 也可以由量程自动设定某小数点亮。

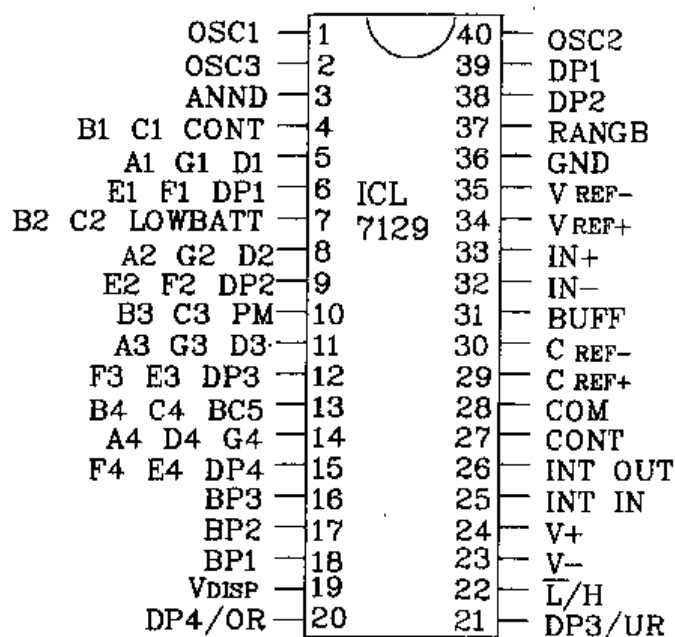


图 1-50 ICL7129 引脚排列图

ICL7129 的引脚排列如图 1-50 所示。

各引脚功能说明如下:

OSC1~OSC3: 时钟振荡器的三个引出端, OSC1, OSC2 之间接电阻, OSC1, OSC3 之间接电容。

ANND: 标志符驱动端。液晶显示标志符包括词头 μ 、m、K、M 以及单位 A、V、 Ω 等。

$A_1 \sim G_1, A_2 \sim G_2, A_3 \sim G_3, A_4 \sim G_4$: 分别为第一位(最低位)至第四位(次高位)LCD 显示器的段驱动器。

BC₅: 最高位 b、c 段的驱动端。

PM: 负极性符号的驱动端。

LOW、BATT: 电池电压低指示端, 当电池电压低于 7.2V 时, 输出低电压指示信号。

DP₁~DP₄: 小数点驱动端。高电平有效。

BP₁~BP₃: 液晶显示器的三个背面公共电极(简称背电极)驱动端。

VDISP:多路扫描驱动器的电源负极,使用时一般将此端与 GND 端短接。

DP₄/OR(I/O):作输入端时此端接高电平,最高位小数点;作输出端用时输出超量程信号 OR,计数值超过 ± 19999 时 OR=1,同时 1~4 位显示器消隐。

DP₃/UR(I/O):作输入端用时此端接高电平,次高位小数点亮;作输出端用时输出欠量程信号 UR,计数值低于 ± 1000 ,即低于满量程的 5% 时,输出欠量程信号 UR=1。

$\bar{L}/H(I/O)$:锁存保持端。此端悬空时,A/D 转换器连续工作;为低电平时,选通,更新显示内容,每个 A/D 转换周期的最后 200 个时钟周期内,将计数结果送至译码器;此端为高电平时读数保持。

V₊、V₋:正负电源端,接 9V 电源。

INTIN:积分器输入端。

INTOUT:积分器输出端。

CONT(I/O):连续端。作输入用时,低电平为连续显示标志关断,高电平时连续显示标志接通;作输出用时,若输入电压 $|V_{IN}| < 200\text{mV}$,输出高电平, $|V_{IN}| > 200\text{mV}$ 输出低电平;若需增加连续检测功能,可将此脚接压电蜂鸣器电路,当 $|V_{IN}| < 200\text{mV}$ 时蜂鸣器发声。

COM:模拟电路的公共地,简称模拟地。

BUFF:缓冲器的输出端。

IN₊、IN₋:输入电压的正、负端。在芯片内部,这两端还分别接比较器的输入端。比较器的输出端经过 500k Ω 电阻后,一方面用来驱动液晶显示器的连续显示标志;另一方面还接 CONT 端。

GND:数字电路公共地,简称数字地。

RANGE:量程选择端,此端悬空时经内部下拉电阻接地,所选量程为 200mV;此端接高电平时为 2V 量程。

V_{REF+}、V_{REF-}:基准电源的正、负端。

C_{REF+}、C_{REF-}:外接基准电容,一般为 1.0 μF 。

(2) 工作原理

ICL7129 内部电路由模拟电路和数字电路两大部分组成。模拟电路框图如图 1-51 所示。它主要包括输入缓冲器、积分器和模拟开关。外围元件是基准电容 C_{REF}、积分电阻 R_{INT}、积分电容 C_{INT}。每个 A/D 转换周期分成九个阶段:零积分 AZ,正向积分 INT(INT₁、INT₂),反向积分 DE₁,复位 R₁,10 倍乘,反向积分 DE₂,复位 R₂,10 倍乘和反向积分 DE₃。积分波形如图 1-52 所示。为了便于观察,图中虚线坐标均作了放大。同双积分相比,增加了两个反向积分阶段(DE₂、DE₃),并且将 DE₁ 的越零过冲电压放大 10 倍,然后才开始 DE₂。其工作特点是:在 DE₁ 期间,计数值计入 $3\frac{1}{2}$ 位的数值;在 DE₂ 期间,计数值达 $4\frac{1}{2}$ 位;而在 DE₃ 期间,计数值也就达 $5\frac{1}{2}$ 位,因此可以实现高精度的指标。

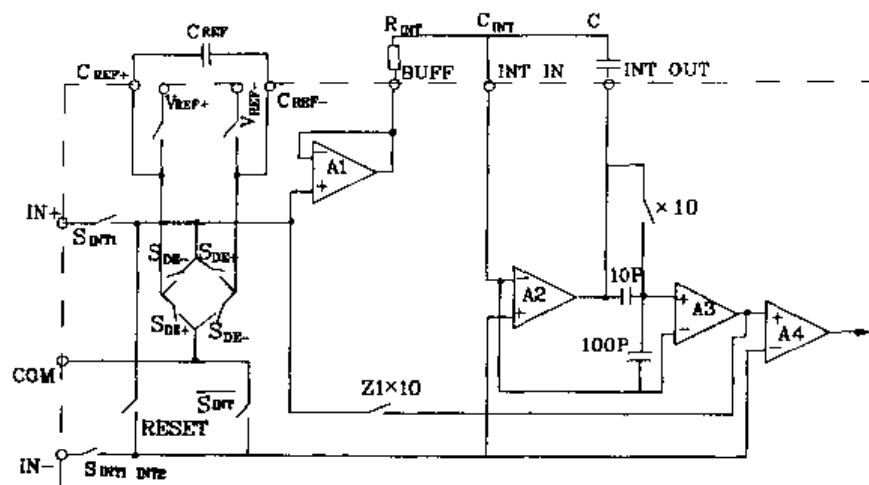


图 1-51 ICL7129 模拟电路框图

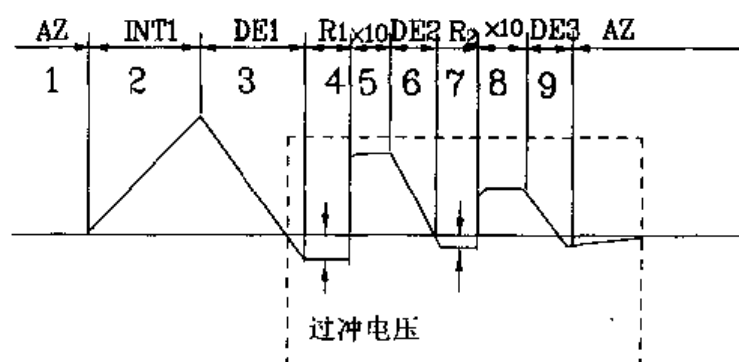


图 1-52 ICL7129 积分波形如图

缓冲器、积分器、比较器产生的失调电压则通过重复地将输入端短路(即复位)予以消除,从而实现自动调零。

数字电路部分的框图如图 1-53 所示,它主要包括时钟振荡电路、逻辑控制电路、时序计数/译码电路、加减可逆计数器、锁存/译码/多路扫描驱动器。数字电路的电源电压取自 V_{+} 与 GND(V_{DISP} 与 GND 在外部短接)。反相器 F_1, F_2 可以外接阻容件构成两级反相的 RC 振荡器,也可以接石英晶体构成晶体振荡器。设时钟频率为 F_0 ,经过二分频得到计数脉冲频率为 F_{CP} ,周期为 T_{CP} 。完成一次 A/D 转换共需 30 000 个 T_{CP} 。在 200mV 量程,信号积分时间 $T_1 = 10\,000$ 个 T_{CP} ;在 2V 量程时 $T_1 = 1\,000 T_{CP}$ 。

(3) 典型应用

由 ICL7129 构成的数字电压表典型电路如图 1-54 所示。外围电路有 12 个阻容元件和一个基准源。为降低成本,现采用由 R_1, C_1 和内部反相器构成的时钟振荡器。时钟频率为 $F_0 = 0.455/R_1 \cdot C_1$ 。为了有效地抑制 50Hz 串模干扰,时钟频率应为 50Hz 的整数倍。现取 $R_1 = 91k\Omega, C_1 = 51pF$,则 $F_0 = 10kHz$ 。此时测量速度为 1.6 次/s。图 1-54 中的基准电压由 ICL8069 提供,它是 1.2V 基准电压源,典型温度系数为 $\pm 80 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ 。 R_2 是精密多圈电位器。200mV 量程和 2V 量程的基准电压均为 1.000 0V。仔细调整 R_2 ,使 V_{REF} 达到规定值(允

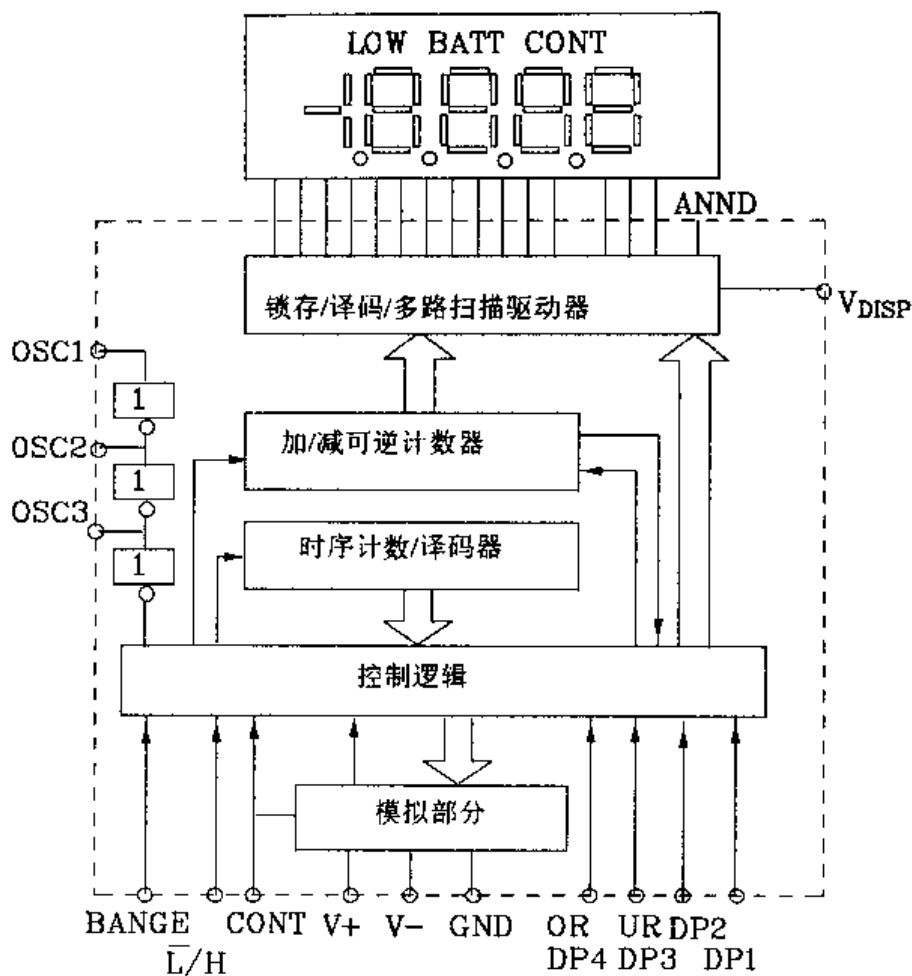


图 1-53 ICL7129 数字电路部分的框图

许有 ± 1 个字的误差)。有条件的可用5位半以上数字电压表监测 V_{REF} 。 R_6 是ICL8069的输入限流保护电阻。 C_2 是消噪电容。

R_3, C_3 构成阻容滤波器,滤除输入端的高频干扰。 C_4 为基准电容。 R_5, C_5 分别是积分电阻和积分电容。

C_4, C_5 为介质吸收系数小的聚丙烯电容或聚苯乙烯电容。积分电阻 R_5 一般选 $50k\Omega$ 。

14.4 $\frac{3}{4}$ 位积分式A/D转换器 MAX134(133)

(1) 基本特点、引脚排列和功能

①MAX134是采用多重积分方式的A/D转换器。最大计数值为 ± 39999 ($4\frac{3}{4}$ 位),若将最低位 D_0 作自动校零专用,则计数值为 ± 3999 。最小分辨力为 $5\mu V$,A/D转换精度为0.025%。

②MAX134的数字接口完善,有4位数据总线可以输出以9为补码的BCD码。适合配带LCD驱动能力的4位微处理器UPD75XX,UPD753XX;亦可配8031,8051等8位单片机。构成智能仪表时MAX134能提供A/D转换的所有逻辑电路和计数器、寄存器,通过附加模式选择电路来测量V,I,DC,AC, Ω ,二极管以及检查线路通断等。测量系统的特性(如量程转换,

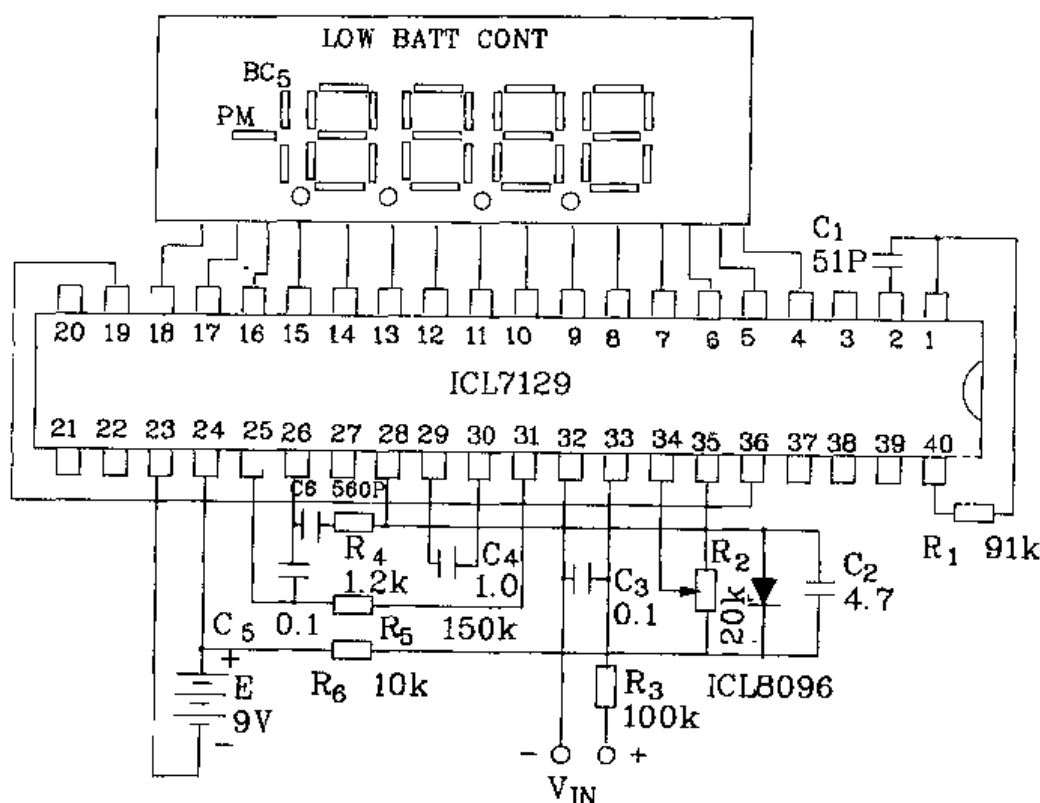


图 1-54 由 ICL7129 构成的数字电压表

模式选择)则由微处理器决定。其内部失调电压由微处理器进行零读数校正。

③电源采用 9V 层叠电池供电或 $\pm 5V$ 电源供电,工作电流为 $100\mu A$ 。在休眠模式时为 $25\mu A$ 。

④基准电压源需要外接,一般使 $V_{REF}=655\text{mV}$ 。

⑤MAX134 适合配接微处理器和 AC/DC 转换器后构成自动转换量程的数字万用表。该数字万用表的基本量程为: DCV(400mV, 4V, 40V, 400V, 4 000V); ACV(同 DCV, 但均为有效值); DCA(400mA), ACA(400mA); Ω (400 Ω , 4k Ω , 40k Ω , 400k Ω , 4M Ω , 40M Ω)。测电压、电阻时可自动转换量程。

⑥芯片内部有时钟振荡电路,外接 32 768Hz 晶体时转换速率为 20 次/s。

⑦MAX134 和 MAX133 功能及引脚基本相同,只是 3、4、5 脚两者功能不同,这里以介绍 MAX134 为主。

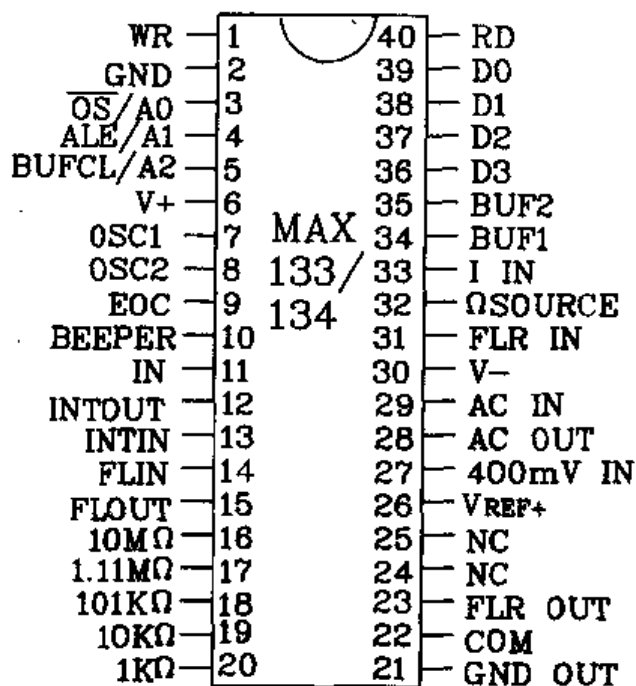


图 1-55 MAX134 引脚排列图

MAX134 的引脚排列如图 1-55 所示。

各引脚功能如下:

V_+ 、 V_- : 分别接电源的正、负端, 接 9V 层叠电池或 $\pm 5V$ 电源。

COM、GND: 模拟地、数字地。

GNDOUT: 数字地输出端。

IN₋: 模拟电压输入的低端(高端未引出)。

V_{REF+} : 外部基准电压的高端, 低端可选模拟地。一般可取 $V_{REF} = 655mV$ 。

Ω SOURCE: 测电阻时外接 1.2V 基准电压源。

400mVIN: 直流 400mV 量程高输入端。

I_{IN}: 测量电流输入端。

$\overline{WR}$ 、 $\overline{RD}$: 分别为写信号端、读信号端。

$\overline{CS}/A_0$: 片选端(MAX133)/地址位 A_0 。

ALE/ A_1 : 地址锁存使能端(MAX133)/地址位 A_1 端。

BUF CL/ A_2 : 缓冲器时钟输出端(MAX133)/地址位 A_2 端。

OSC1、OSC2: 振荡器引出端, 外接 32 768Hz 晶体, 亦可输入外时钟。

EOC: A/D 转换结束标志信号。

BEEPER: 蜂鸣器驱动端。

INTIN, INTOUT: 积分器输入, 输出端。

FLRIN, FLROUT: 外接滤波电阻的输入, 输出端, 配电容构成有源滤波器。

FLIN, FLOUT: 滤波放大器输入, 输出端。

1k, 10k, 101k, 1.1M Ω , 10M Ω 端: 外接标准电阻。

ACIN, ACOUT: 外接 AC/DC 转换器。

BUF1, BUF2: 缓冲器输出 1, 2 端。

$D_0 \sim D_3$: 4 位双向数据总线, 能输出以 9 为补码的 BCD 码, 亦可接受微处理器的控制信号。

(2) 工作原理

MAX134 的模拟电路简化框图如图 1-56 所示。芯片内部主要由 A/D 转换器、直流电压量程转换电路、直流电流测量电路、滤波放大器、时钟振荡器、蜂鸣器驱动器、电池低电压检测电路、多路模拟开关等部分组成。测交流时需外接 AC/DC 转换器, 测电流需外接分流器。

MAX134 采用多重积分 A/D 转换器。每个 A/D 转换过程分为七个阶段: 正向积分(INT), 第 1 次反向积分(DE₁), 10 倍乘($\times 10$), 第 2 次反向积分(DE₂), 10 倍乘, 第 3 次反向积分(DE₃), 零积分(ZI)。典型波形图如图 1-57 所示。在转换过程中, 计数器对 DE₁、DE₂、DE₃ 阶段的数据进行累加计数。同双积分相比, 它增加了两个反向积分阶段, 并且将 DE₁ 的过零过冲电压放大 10 倍之后才开始 DE₂ 阶段, DE₂ 的过零过冲电压放大 10 倍之后才开始 DE₃ 阶段, 从而达到了准确度的指标。设置零积分的目的在于出现过载后, 积分器能迅速恢复正常。

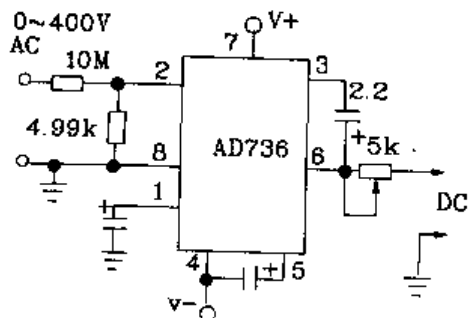
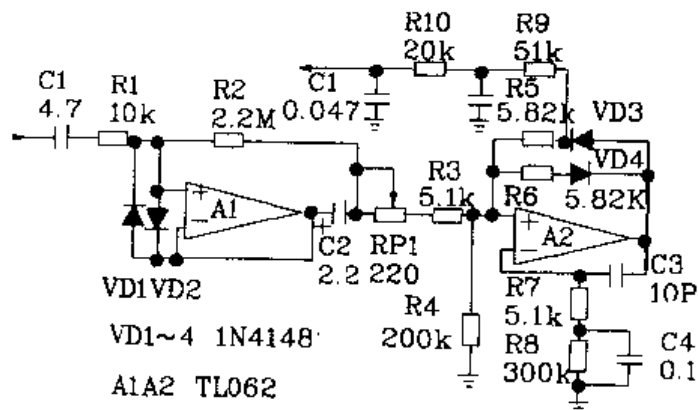


图 1-58(a) 使用双运放组成的 AC/DC 转换器

图 1-58(b) AD536 等组成 AC/DC 转换器

晶体管 VT_1 、 VT_2 接成二极管使用,同正温度系数的热敏电阻 PTC 一起组成保护网络。标准电阻 R_0 ($R_1 \sim R_5$), PTC 与被测电阻 R_X 相串联,满量程时 V_{RX} 不得超过 400mV。若不慎误用电阻挡去测高电平,则 VT_1 、 VT_2 将呈正向导通或反向击穿状态,利用箝位作用实现对 R_0 的过压保护。PTC 的阻值随电流增大而迅速增大,可以限制 VT_1 、 VT_2 上的电流值,保护晶体管处于软击穿状态而不致损坏。

MAX134 和微处理器的连结是经过 4 位双向数据总线($D_0 \sim D_3$), 三条地址($A_0 \sim A_2$)和两条控制信号线($\overline{RD}, \overline{WR}$)来连结。 $A_0 \sim A_2$ 用于选择 5 个结果寄存器的序号。当 $\overline{RD} = 0$ 时, MAX134 把所选寄存器的数据送到总线上; 当 $\overline{WR} = 0$ 时数据从总线上写入 $A_0 \sim A_2$ 所选定的寄存器中。

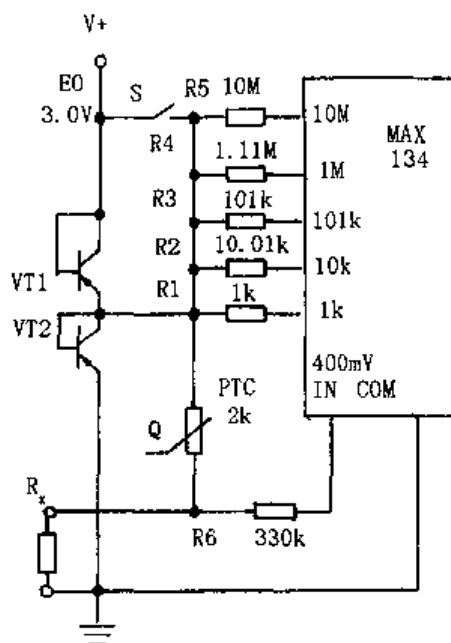


图 1-59 MAX134 测电阻电原理图

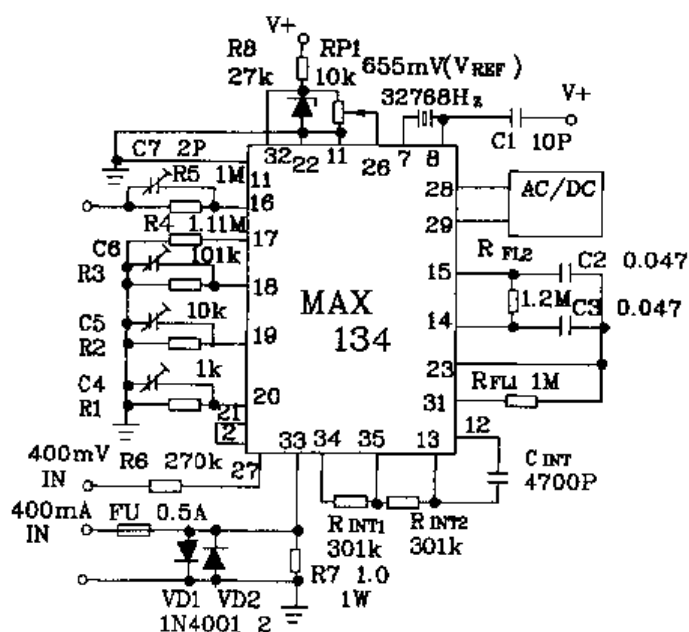


图 1-60 由 MAX134 和单片机 8031 构成的数字万用表电路(不含 μP)

MAX134 输出的数据是以 9 为补码的 BCD 码, 即当 $N > 0$ 时数值不变, $N < 0$ 时以 9 取补码。例如测量值为 -00100 时, BCD 码数据为 99900。芯片内部有 6 个寄存器(0~5)。其中 0

~4 号寄存器用来存放转换结果的 BCD 码数据。5 号寄存器是状态寄存器,它的 4 个数据位 $D_3 \sim D_0$ 依次代表常态位、锁存短接位、保持位($\overline{\text{HOLD}}$)、电池低电压位(LO BAT),在保持状态时, D_1 呈低电平。MAX134 向微处理器输出的数据见表 1-4。

微处理器向 MAX134 输入的数据可实现的 20 种控制功能见表 1-5 所列。表中 $D_3 \sim D_0$ 为相应结果寄存器的位设定信号。所有功能均由模拟开关的通断来完成。表中 0 号寄存器的 D_2 位可选择蜂鸣器发声频率为高频(4 096Hz)或低频(2 048Hz)。当 1 号寄存器的 $D_0 = 1$ 时能有效地抑制 50Hz 工频干扰。利用 $\times 2$ 模式可使输出数据等于被测电压的 2 倍,即量程降低至原来的 1/2。选择 $\div 5$ 模式可将量程扩大到原来的 5 倍。 $10^0 \sim 10^{-4}$ 位用来控制分压比,实现自动转换量程。当分压器断开时选择 400mV 基本量程。

表 1-4 MAX134 向微处理器输出的数据

寄存器名称	名称	存放内容			
0	个位寄存器	BCD 数据的最低有效位			
1	十位寄存器	显示数据的最低有效位			
2	百位寄存器	显示数据的次低有效位			
3	千位寄存器	显示数据的次高有效位			
4	万位寄存器	显示数据的最高有效位			
5	状态寄存器	D_3 常态位	D_2 锁存短接位	D_1	DOLOBAT 位

表 1-5 微处理器向 MAX134 输入的数据

地址或寄存器序号	结果寄存器的位设定信号			
	D_3	D_2	D_1	D_0
0	HOLD	高频	打开蜂鸣驱动器	休眠模式
1	10^0	滤波器短路	$\div 5$	50Hz
2	10^{-4}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-1}
3	DC	AC	分压器通断	Ω
4	1	$\times 2$	零读数转换	滤波器接通

表 1-6 设定信号与分压比

位设定信号	分压比	电压量程	电阻量程
10^0	1	400mV	4M Ω 或 40M Ω
10^{-1}	1/10	4V	400k
10^{-2}	1/100	40V	40k
10^{-3}	1/1 000	400V	4k
10^{-4}	1/10 000	4 000V	400 Ω

表 1-6 为设定信号与分压比,电压量程及电阻时的关系。

(3) 典型应用

由 MAX134 和单片机 8031 构成的数字万用表(不含 μP)如图 1-60 所示。图中 $R_1 \sim R_4$ 是

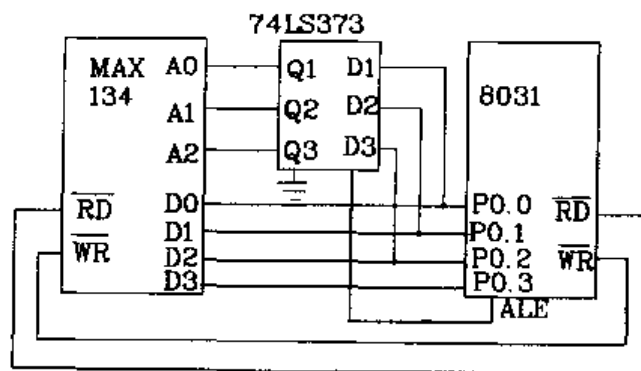


图 1-61 由 MAX134 和 8031 构成的数字万用表

分压电阻。测直流电压时,400mV 以下的输入电压经 R_6 接 27 脚;4~4 000V 电压经 R_5 加至 16 脚。 $C_4 \sim C_7$ 分别与 $R_1 \sim R_4$ 匹配,构成 RC 型宽频带不失真衰减器,减小交流电压的误差。 R_7 是 400mA 挡分流电阻。

15.16 位积分式 A/D 转换器 ICL7104

(1) 基本特点、引脚排列和功能

①ICL7104-16 是 16 位积分型 A/D 转换器。此外,还有 ICL7104-14、ICL7104-12 分别是 14 位、12 位积分型 A/D 转换器。ICL7104-16 的最大显示值为 65535,分辨率为 16 位二进制码。本文介绍的 ICL7104 即指 ICL7104-16。

②ICL7104 内部不含模拟电路部分,要组成 A/D 转换需外接内含模拟部分的集成电路 ICL8052 或 ICL8086。

③ICL7104 的突出特点是和微处理器连接非常方便。数据的输出形式为 16 位二进制,并具有三态存功能,与 TTL 兼容。另外 ICL7104 还具有异步通讯接口。

④ICL7104 具有自动调零,自动极性转换和过量程指示信号。

⑤采用三种电源供电: +15V/1mA; -15V/0.2mA; +5V/0.6mA。

ICL8052 的供电是: +15V/12mA; -15V/14mA。

⑥内部设有时钟电路,亦可外接时钟电路。典型工作频率为 200kHz,转换速率为 4 次/s。

⑦模拟输入电压范围: $\pm 10V$ 。

ICL7104 的引脚排列如图 1-62(a)所示。ICL8052/8068 的引脚排列如图 1-62(b)所示。

ICL7104 引脚功能如下:

STTS: 状态输出端,当它输出高电平时表示 A/D 转换正进行;输出低电平时表示 A/D 转换已完毕。

POL: 极性标志。

OR: 超量程标志。

$B_1 \sim B_{16}$: 转换数据输出线。当 $\overline{LBEN}$ 输入低电平时, $B_1 \sim B_8$ 输出低 8 位数据; $\overline{MBEN}$ 输入低电平时, $B_9 \sim B_{16}$ 输出高 8 位数据; $\overline{HBEN}$ 输入低电平时, 输出极性标志 POL 和过量程标志 OR。

CLK1:时钟输入端。

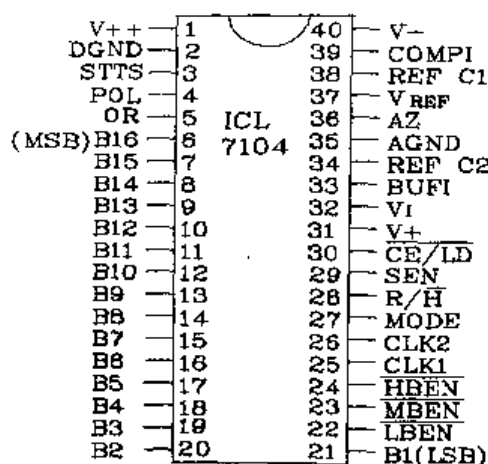


图 1-62(a) ICL7104 引脚图

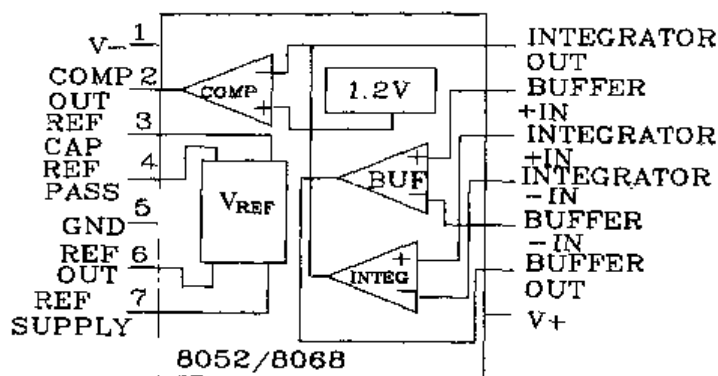


图 1-62(b) ICL8052/8068 引脚图

CLK2:时钟输出端。

MODE:输出方式输入端。该引脚为低电平时, A/D 转换处在直接输出方式, 此时可通过控制 $\overline{CE/LD}$ 、 $\overline{HBEN}$ 、 $\overline{MBEN}$ 、 $\overline{LBEN}$ 引脚控制 A/D 转换结果输出。当 MODE 引脚为高电平时, A/D 转换处在挂钩方式, 此时, $\overline{CE/LD}$ 、 $\overline{HBEN}$ 、 $\overline{MBEN}$ 、 $\overline{LBEN}$ 为输出端, 不进行下一次 A/D 转换。若 R/H 引脚输入高电平, 则 A/D 转换连续进行。SEN 用于挂钩方式, 该引脚输入高电平时, 表示外设能够接收数据。在直接输出方式, $\overline{CE/LD}$ 输入低电平, 表示允许 A/D 转换的数据输出, 反之则禁止; 在挂钩方式, $\overline{CE/LD}$ 输入低电平, 表示数据输出有效。

V_{REF} :基准电压输入端。

V_{++} 、 V_{+} 、 V_{-} :分别接 +15V、+5V、-15V 电源。

GND、AGND:分别为数字地和模拟地。

REFC₁、REFC₂:接基准电容, 一般为 1 μ F。

V_{IN} :模拟电压输入端。

BUF_{IN}:接 ICL8052/8068 缓冲器的输入端 13 脚。

AZ:接自动调零电容 CAZ 和 ICL8052/8068 的积分器同相输入端 12 脚。

COMP IN:接 ICL8052/8068 越零比较器的输出端。

ICL8052/8068 引脚功能如下:

V_{+} 、 V_{-} :接 +15V、-15V 电源。

INTEGRATOR IN₊、IN₋、OUT:分别为积分器的同相输入端、反相输入端、输出端。

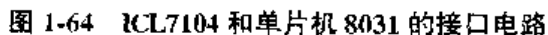
BUFFER IN₊、IN₋、OUT:缓冲器的同相输入端、反相输入端和输出端。

COMP OUT:比较器输出端。

REF CAP:基准电源外接电容端, 可取电容为 300pF。

REF OUT:基准电源输出端。

AGND:模拟地。



ICL7104 的时钟可以通过对 8031 的 ALE 信号分频产生,也可以使用片内的振荡器(外接或 RC)。ICL7104 的 MODE 引脚接地,工作于直接输出方式,其时钟输出端 CLK2 直接

连到 R/H 引脚,使 A/D 转换工作于运行状态。

ICL7104 数据线的高 8 位、低 8 位及两个状态标志(POL、OR)均并联在 74LS373 的 8 根数据输入线上。每当 ICL7104 完成一次转换,便通过 STTS 端向 8031 发出中断请求。A/D 转换的结果分三次读入,读入的顺序分别通过 $\overline{\text{HBEN}}$ 、 $\overline{\text{MBEN}}$ 、 $\overline{\text{LBEN}}$ 来控制。

读取 ICL7104 转换结果中断服务程序如下:

```

ORG 0000H
SJMP MAIN
ORG 0003H
SJMP RD
ORG 0040H
RD: PUSH A                ;保护 A
    MOV R0, #0FEH         ;低 8 位数据地址送 R0
    MOV R1, #20H          ;A/D 转换结果缓冲区首址送 R1
    MOVX A, @R0            ;读入 A/D 转换结果低 8 位
    MOV @R1, A             ;存放在 20H 单元
    INC R1                 ;缓冲地址指针加 1
    DEC R0                 ;指向高 8 位
    MOVX A, @R0            ;读入 A/D 高 8 位数据
    MOV @R1, A             ;存放在 21H 单元
    INC R1                 ;缓冲地址指针加 1
    DEC R0                 ;指向状态信息地址
    MOVX A, @R0            ;读 A/D 的 POL, OR 信息
    MOV @R1, A             ;存在 22H 单元
    POP A                  ;恢复 A
    RETI                   ;中断返回
MAIN: NOP
    SETB EA                ;开中断
    SETB EX0               ;允许 INT0 中断
    .....                 ;以下程序省略

```

16. $4\frac{1}{2}$ 位, $5\frac{1}{2}$ 位积分式 A/D 转换器 AD7555

(1) 基本特点、引脚排列和功能

①AD7555 有两种工作方式: $4\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器方式和 $5\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器方式。在 $4\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换方式时的最大计数值为 ± 19999 , 分辨力为 $100\mu\text{A}$, 误差为 $\pm 0.0025\%$ 。在 $5\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换方式时的最大计数值为 ± 199999 , 分辨力为 $10\mu\text{A}$, 误差 $\pm 0.001\%$ 。

②AD7555 数据输出为多路扫描的 BCD 码。可以通过外接其它集成电路驱动 LED 或

LCD 显示器,也可以用串行或并行输出方式和微处理器接口。

③AD7555 用于 A/D 转换的模拟部分需要外接。基准电压源也需要外接。

④基准电压 $V_{REF} = +4.096V$, 模拟电压满度值为 $\pm 2V$ 。

⑤供电电压为 $\pm 5V$, 工作电流 $5mA$ 。

⑥内部设有时钟振荡器,工作时时钟信号需外接。工作于 $5\frac{1}{2}$ 位时时钟频率为 $1.024MHz$, 转换时间最长为 $1.756s$ 。工作于 4 位工作方式时转换时间为 $610ms$ 。

AD7555 引脚排列如图 1-65 所示。

各引脚功能如下:

V_{REF} : 4.096 基准电压输入端。

V_{IN} : 模拟电压输入端(满度值为 $\pm 2V$)。

ANG: 模拟信号地。

BUFIN: 外接缓冲器输入端。

IROUT: 接外部积分放大器输出端。

IRIN: 接外部积分放大器输入端。

$\overline{COMP}$: 接外部电压比较器。

HREN: 高分辨率使能端, 决定 A/D 转换的

分辨率。该端为低时, 满度值为 $\pm$

$1.9999V$ ($100\mu V$ 分辨力), 即 $4\frac{1}{2}$

位工作方式; HREN 为高时, 满度值为 $\pm 1.9999V$ ($10\mu V$ 分辨力), 即 $5\frac{1}{2}$ 位工作方式。

$\overline{HOLD}$: 保持端。该端为高时, 进行 A/D 转换, 同时连续刷新 A/D 转换后的显示数值;

$\overline{HOLD}$ 为低时, A/D 转换停止, 处于复位状态, A/D 转换的最后一位结果被显示。

为保证瞬间数值能够不断显示, 当 $\overline{DAV}$ 为高时, 不能使 $\overline{HOLD}$ 为低。当 $\overline{HOLD}$ 为高时, DMC 的下一个上升沿表示一个数的 A/D 转换开始。

DMC: 多路显示时钟, 可以外接一个外部逻辑源控制, 也可以外加一个电容, 本身产生振荡。外接电容值为 $0.01\mu F$ 时 DMC 端产生约为 $1.5kHz$ (占空比为 $5\% \sim 10\%$) 频率振荡, 作为显示的选通信号。

CLK: 时钟输入端。在 $4\frac{1}{2}$ 位工作方式时可取 $F_{CLK} = 512kHz$ ($4.096MHz/8$) 或 $F_{CLK} = 614.4kHz$

($4.915MHz/8$)。在 $5\frac{1}{2}$ 位工作方式时可取 $F_{CLK} = 1.024MHz$ ($4.096MHz/4$)。

SCI: 串行计数输入端。输入位于 AD7555 中加法计数器的数值, SCI 一般接 SCO。

$B_8 \sim B_1$: BCD 码输出, 高有效。

$\overline{D_5}$: 10^{-5} 数字位选通输出最低位。在 $5\frac{1}{2}$ 位工作方式中, 低有效; 在 $4\frac{1}{2}$ 位工作中保持高有效。

$\overline{D_4} \sim \overline{D_1}$: $10^{-4} \sim 10^{-1}$ 数字位选通输出, 低有效。

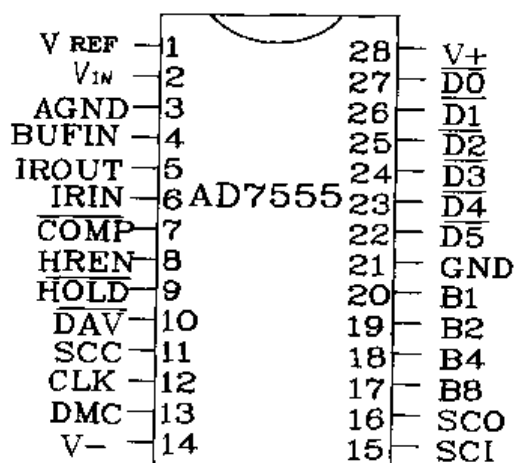


图 1-65 AD7555 引脚图

$\overline{D_0}$: 10^0 数字最高位, 低有效。极性位选通输出。

SCC: 当 A/D 转换完成时, SCC 为高。当复位完成后 SCC 为低。

SCO: 串行计数输出端。输出脉冲链的长度正比于 V_{IN} 的幅值。在校准模式下, 当 $\overline{DAV}$ 为高时, SCO 保持高, 以显示误差计数值“N”(与微处理器连结时用于标准 $V_{IN} = 0$ 时的输出值)。

$\overline{DAV}$: 数据有效端口。当 $\overline{DAV}$ 为低时表示位于数据总线上的数据有效; 当一个 A/D 转换完成后, DMC 的第一个上升沿时 $\overline{DAV}$ 变高, 两个 DMC 脉冲过去后, $\overline{DAV}$ 又变低; 当 $\overline{DAV}$ 变低时, 数字计数器被复位, $\overline{D_0}$ 有效。

V_+ 、 V_- : 正、负电源输入端, 分别接 +5V 和 -5V。

GND: 数字地。

(2) AD7555 工作原理和典型应用

AD7555 的逻辑框图及外部积分电路如图 1-66 所示。芯片内部主要包括 10 部分: ①振荡、分频器; ②计数器; ③位选通译码器; ④位驱动器; ⑤BCD 码计数器; ⑥数据锁存器; ⑦数据

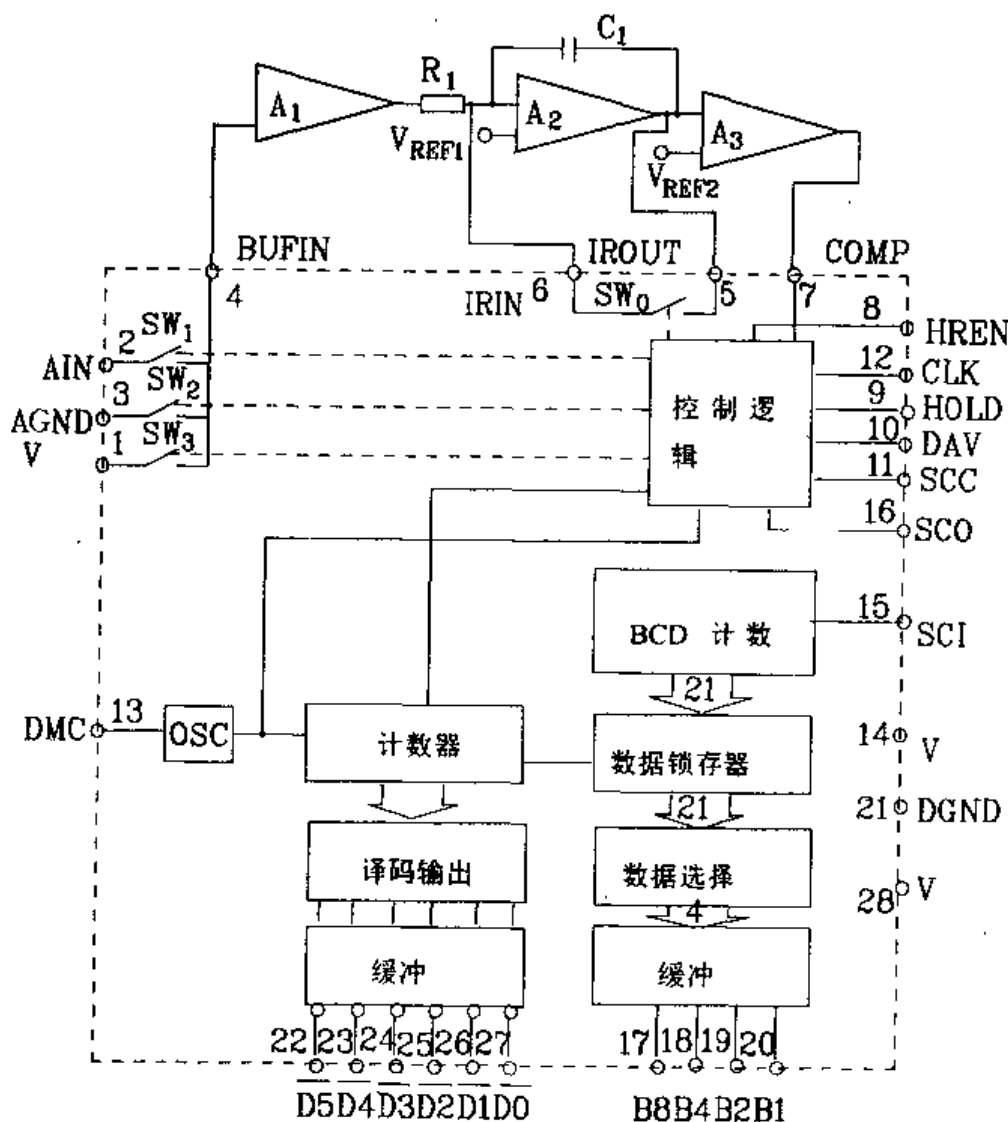


图 1-66 AD7555 内部逻辑框图

选择器;⑧BCD码输出级;⑨控制逻辑;⑩模拟开关。外部电路则包括缓冲放大器 A_1 ,积分器 A_2 和比较器 A_3 。

AD7555 采用四斜率积分法 A/D 转换工作原理,转换准确度很高,即便选用中等精度的运算放大器,也能达到高准确度指标。

由 AD7555 构成的 $5\frac{1}{2}$ 位数字电压表如图 1-67 所示。图中 AD7555 工作于 $5\frac{1}{2}$ 位工作方式。

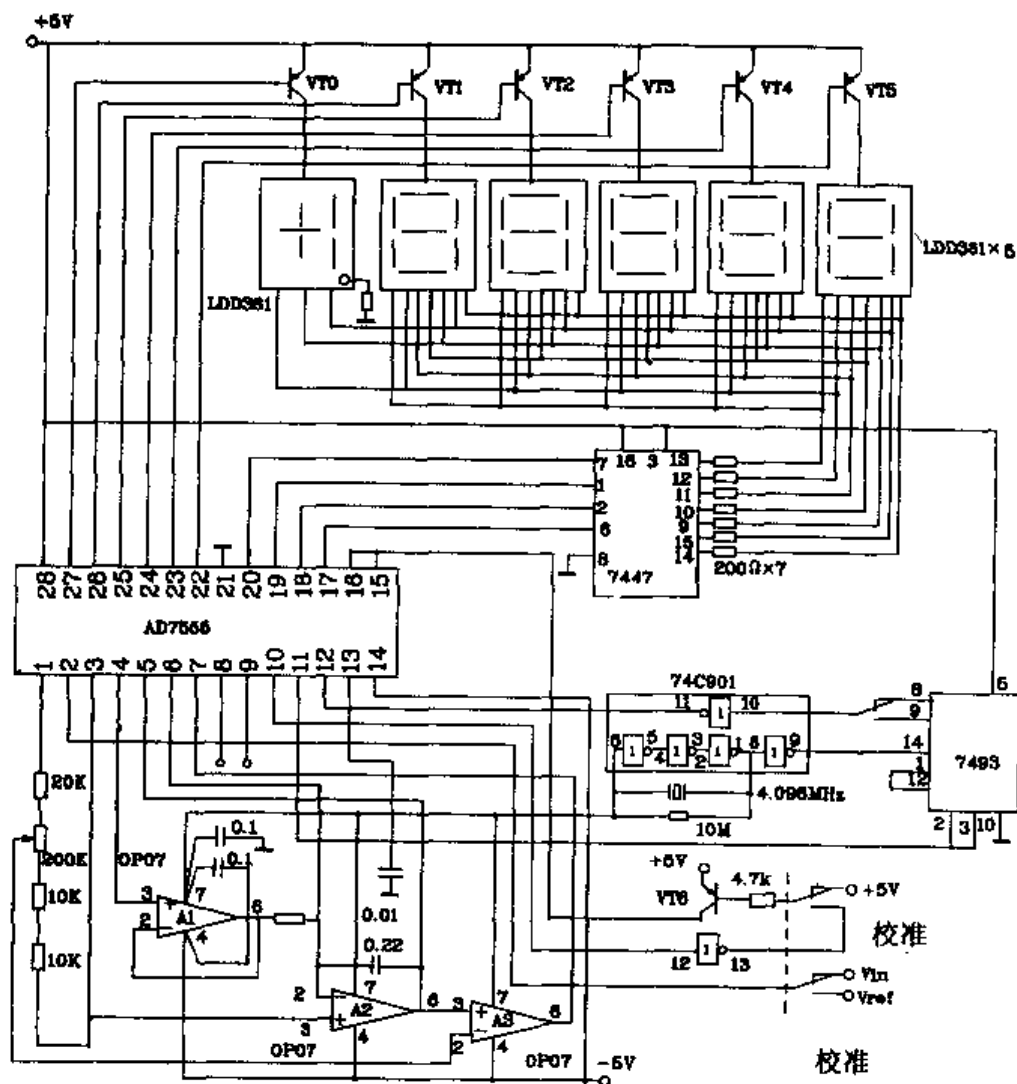


图 1-67 由 AD7555 构成的 $5\frac{1}{2}$ 位数字电压表

积分元件 R_1 、 C_1 的选择原则是既不能使积分器输出超过放大器额定输出以免造成非线性失真,又不能让积分器输出电压太低。可以按下述公式选择:

$$V_{REF} \times K_A \div F_{CLK} \times 7V \geq R_1 \times C_1 \geq V_{REF} \times K_A \div F_{CLK} \times (V_{DD} - 5V)$$

式中,

V_{DD} 为积分放大器正电源电压;

F_{CLK} 是 12 端时钟脉冲;

$R_1 = 8.2 \times 10^4 (4 \frac{1}{2} \text{ 位工作方式})$ 或 $4.0 \times 10^5 (5 \frac{1}{2} \text{ 位工作方式})$;

R_1 的最大值是 $750\text{k}\Omega$ 。

AD7555 最长的转换时间是在 $V_{IN} = -F \times S$ 时(即前面提到的 $V_{IN} = -2V$),此时,转换时间为 $T = 325\,760 \times T_{CLK} + R_1 \times C_1 (4 \frac{1}{2} \text{ 位工作方式})$ 或 $T = 1\,628\,800 \times T_{CLK} + R_1 \times C_1 (5 \frac{1}{2} \text{ 位工作方式})$ 式中 T_{CLK} 为时钟周期, $R_1 \times C_1$ 为积分时间常数。

AD7555 输出的数据是多路扫描 BCD 码输出,其输出的时间如图 1-68(a)所示。

每经过图 1-68(a)的时序,就输出一次多位 BCD 码。其输出编码如表 1-7 所示。溢出显示是 1,前面的 $\pm$ 号表示正、负溢出。例如,在 $4 \frac{1}{2}$ 位工作方式中,当使用七段译码器 7474 时:

正溢出显示 $+1 \cdot \square\square\square\square$;

负溢出显示 $-1 \cdot \square\square\square\square$ 。

表 1-7 AD7555 输出编码表

$B_8 B_4 B_2 B_1$	经 7474 后的 LED 显示	编码条件
0 0 0 0	0	由 $\overline{D_1} \sim \overline{D_5}$ 选通决定
0 0 0 1	1	
0 0 1 0	2	
0 0 1 1	3	
0 1 0 0	4	
0 1 0 1	5	
0 1 1 0	6	
0 1 1 1	7	
1 0 0 0	8	
1 0 0 1	9	
1 1 0 0	$\square$ (溢出)	
0 0 0 0	+1	仅由 $\overline{D_0}$ 选通决定
0 0 1 0	-1	
1 1 0 0	+	
0 1 1 1	-	

8 脚(HREN)和 9 脚接高电平,AD7555 工作在 $5 \frac{1}{2}$ 位工作方式,连续显示 A/D 转换数据。

从图 1-68(a)所示的转换过程可知。在 SCO 结束时,SCC 变高表示转换完成。转换完成后 DMC 的第一个脉冲上升沿为 $\overline{DAV}$ 高。在 DMC 的第二个脉冲上升沿,转换好的数据被送到数据锁存器。在 DMC 的第三个脉冲下降沿开始,每个 DMC 脉冲下降沿, $D_1 \sim D_5$ 数据依次送至数据端口 $D_1 \sim D_4$,每个 DMC 的上升沿,BCD 数据依次送至 $B_1 \sim B_4$ 端口。

当转换好的数据传输完毕,SCC 为低,表明一个新的转换开始。

(3) AD7555 与 8031 单片机的接口

图 1-68(b)为 AD7555 与 8031 单片机连接的并行传输数据电压原理图和波形图。

在 SCC 变高以后,DMC 的第一个脉冲上升沿 $\overline{DAV}$ 变高,在 DNC 第三个脉冲上升沿 $\overline{DAV}$

变低,此时位于 B_1 、 B_2 、 B_4 、 B_8 端口上的 D_0 数据有数。从DMC的第四个脉冲上升沿开始,在每个DMC上升沿 $B_1 \sim B_4$ 端口上和数据依次出现。

接口的A/D转换子程序框图如图1-69(a)所示。AD7555和8031单片机串行传输数据的电原理图如图1-69(b)所示。AD7555的数据从串行口SCO输出,它的满度计数值为20000,而8155的计数器只有14位长。将SCO输出的串行数据,即脉冲的个数除以2之后再乘2恢复原来的计数值。当 $\overline{DAV}$ 为低电平时,8155计数器复位,此时, D_0 数据出现并稳定在BCD总线上,8031可以读到符号位。

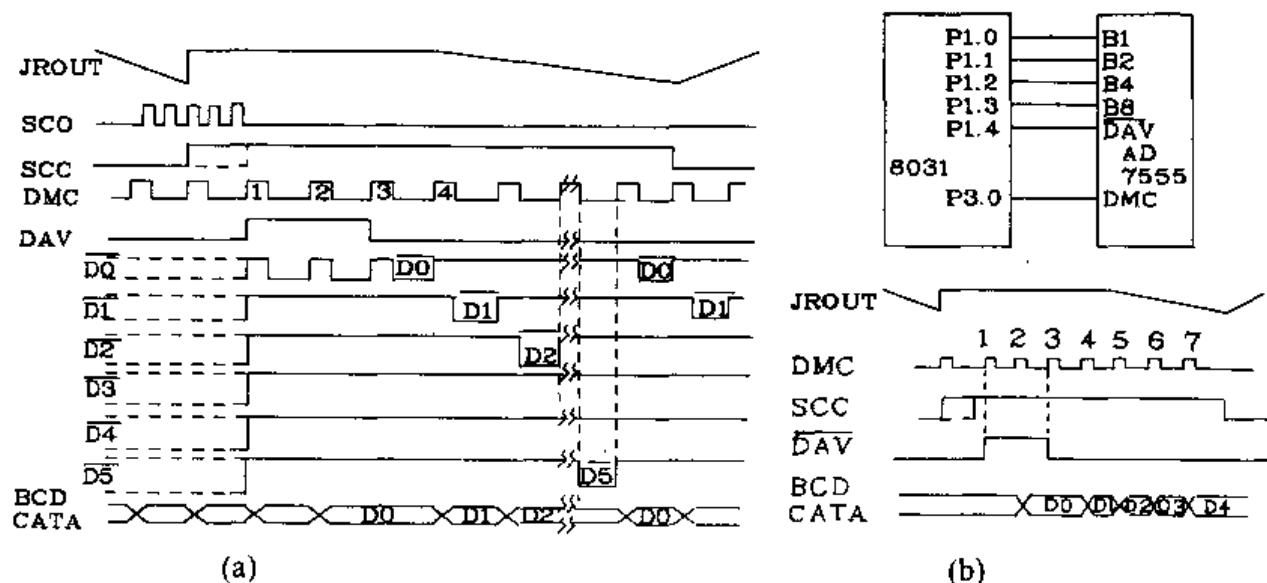


图 1-68 AD7555 转换波形图

BCD总线的 B_2 线在 $\overline{DAV}$ 下降沿被送至端口B,8155的控制信号线BF产生一个上升沿去8031请求中断读取 B_2 数据,当符号为负时 B_2 为高,当符号位为正时 B_2 为低。

17. 带微处理器的 $5\frac{1}{2}$ 位双积分式A/D转换器 HI7159A

(1) 基本特点、引脚排列和功能

①采用逐次累加式积分,数字调零,低噪声BIMOS等先进技术。有 $4\frac{1}{2}$ 位、 $5\frac{1}{2}$ 位两种工作方式可供选择。在 $5\frac{1}{2}$ 位工作模式下最大计数值为199999,准确度为 $\pm 0.005\%$ 。最小分辨率为 $10\mu V$ (满度值为2V时)。

②数据输出有一个并行口和三个串行口可以和微机直接相连。在串行方式1.2下有四种波特率可供选择。

③采用 $\pm 5V$ 双电源供电,最大工作电流为30mA。

④允许差动模拟输入和差动基准输入,最大输入模拟电压是基准电压的两倍。芯片内部没有基准电压源。

⑤HI7159A内部有时钟振荡电路,需外接石英晶体。工作频率可选2.0~2.5MHz。最高转换速度为15次/s($5\frac{1}{2}$ 位工作模式)或60次/s($4\frac{1}{2}$ 位工作模式)。

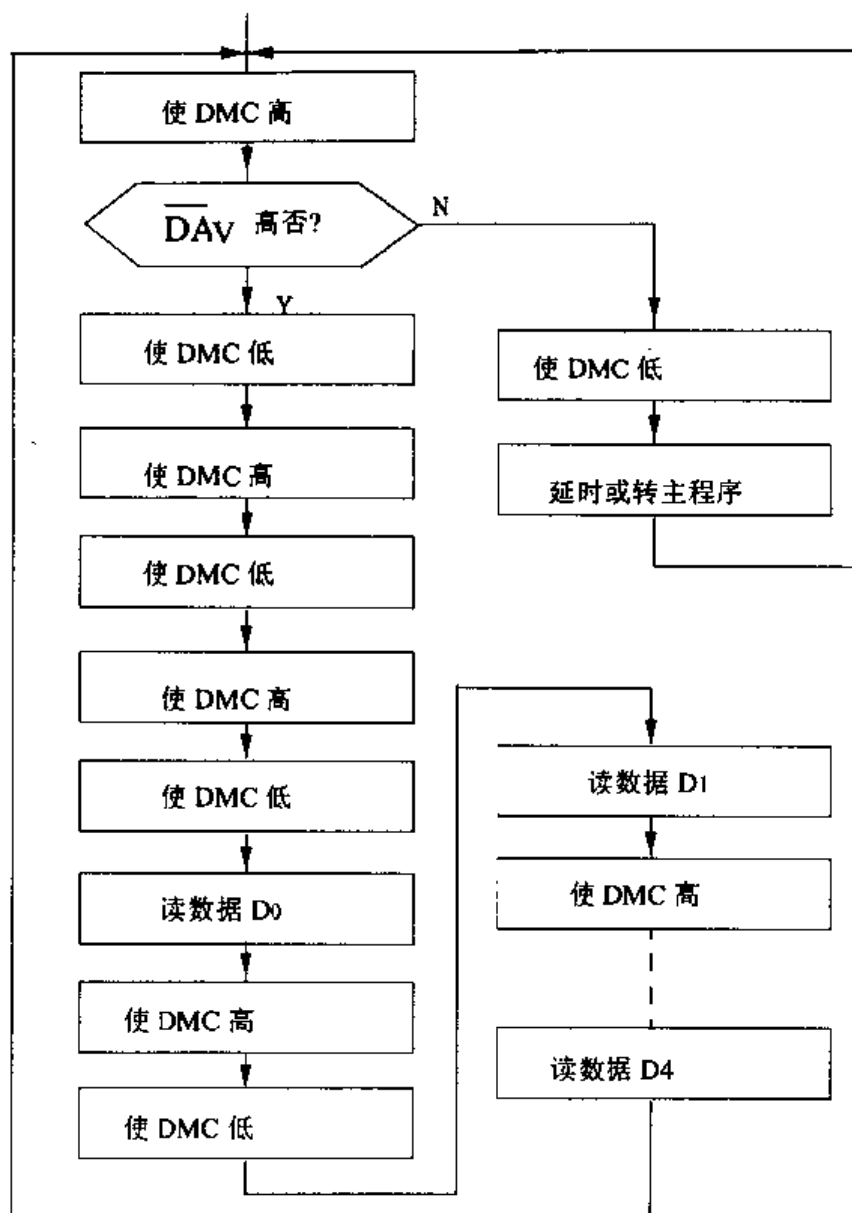


图 1-69(a) A/D 转换子程序框图

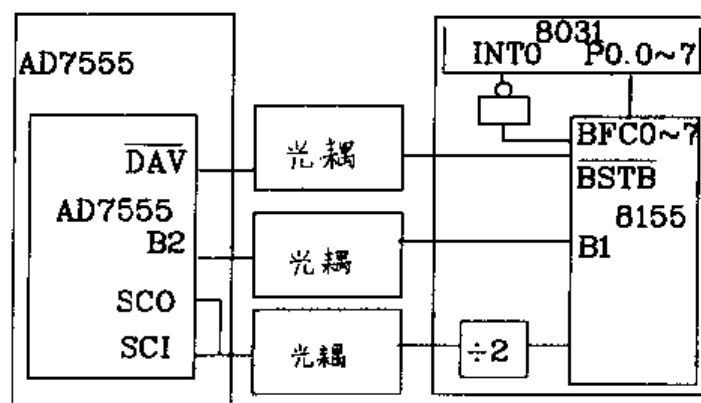


图 1-69(b) AD7555 与 8031 的串行传输数据框电原理图

⑥利用串行方式2的寻址功能,可将多达32片的HI7159A组成大型测试系统。

⑦有极低的温度系数,典型值为 ± 0.1 位/ $^{\circ}\text{C}$ 。

HI7159A有两种封装形式,如图1-70所示。图1-70(a)为HI3—7159A—5是28脚塑料DIP封装;图1-70(b)为HI9P—7159A—5是28脚SOIC封装。下面以HI3—7159A—5为例

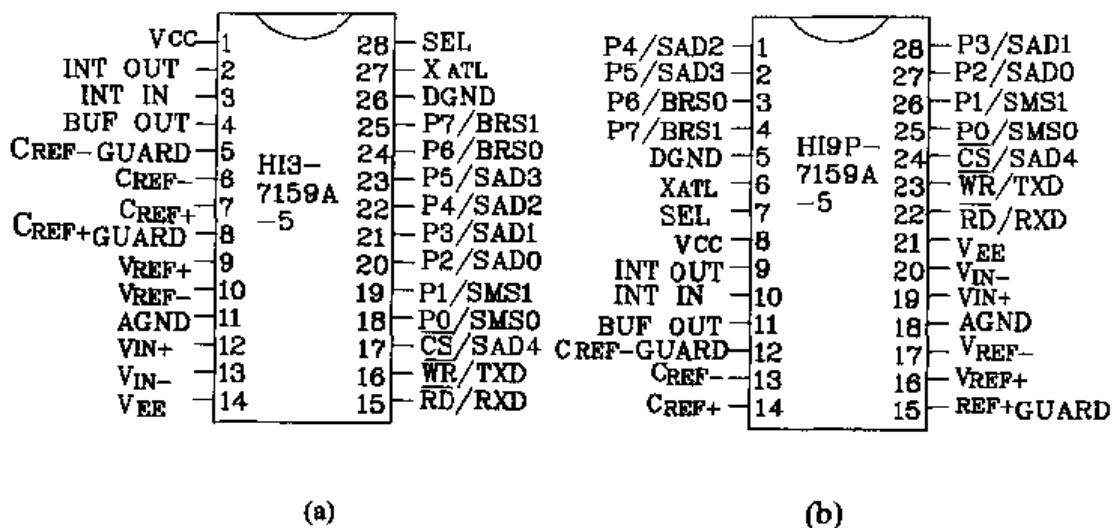


图 1-70 HI7159A 引脚图

各引脚功能:

V_+ 、 V_- :正、负5V电源端。

INTOUT、INTIN:积分器输出、输入端。

BUFOUT:缓冲器输出端。

$C_{REF} + \text{GUARD}$ 、 $C_{REF} - \text{GUARD}$:基准电容正、负保护端。

C_{REF+} 、 C_{REF-} :基准电容正、负端。

V_{REF+} 、 V_{REF-} :基准电压正、负输入端。

V_{IN+} 、 V_{IN-} :模拟电压正、负输入端。

$\overline{\text{RD}}/\text{RXD}$:并行读;串行方式1、2的串行接收端;串行方式0的时钟接收端。

$\overline{\text{WR}}/\text{TXD}$:并行写,串行方式1、2的串行发射端;串行方式0的串行接收/发送端。

$\overline{\text{CS}}/\text{SAD}_4$:并行或串行方式0、1的片选端。串行方式2的地址位(B_4)。

P_0/SMS_0 :并行I/O接口(P_0)/串行方式选择端。

P_1/SMS_1 :并行I/O接口(P_1)/串行方式选择端。

P_2/SAD_0 :并行I/O接口(P_2)/串行方式2的地址位(B_0)。

P_3/SAD_1 :并行I/O接口(P_3)/串行方式2的地址位(B_1)。

P_4/SAD_2 :并行I/O接口(P_4)/串行方式2的地址位(B_2)。

P_5/SAD_3 :并行I/O接口(P_5)/串行方式2的地址位(B_3)。

P_6/BRS_0 :并行I/O接口(P_6)/串行波特率选择端。

P_7/BRS_1 并行I/O接口(P_7)/串行波特率选择端。

XTAL:振荡器输出端。外接石英晶体,晶体的另一端接 V_+ 。

SEL:并行或串行方式选择端。当 SEL 为高电平时选择并行方式;当 SEL 为低电平时选择串行方式。

AGND、GND:分别为模拟地和数字地。

(2) 工作原理

HI7159A 的内部逻辑框图如图 1-71 所示。它主要由缓冲器、积分器、比较器、模拟开关、控制选择与寄存器、微处理器、总线接口单元、通用异步接收发送装置、I/O 接口等组成。

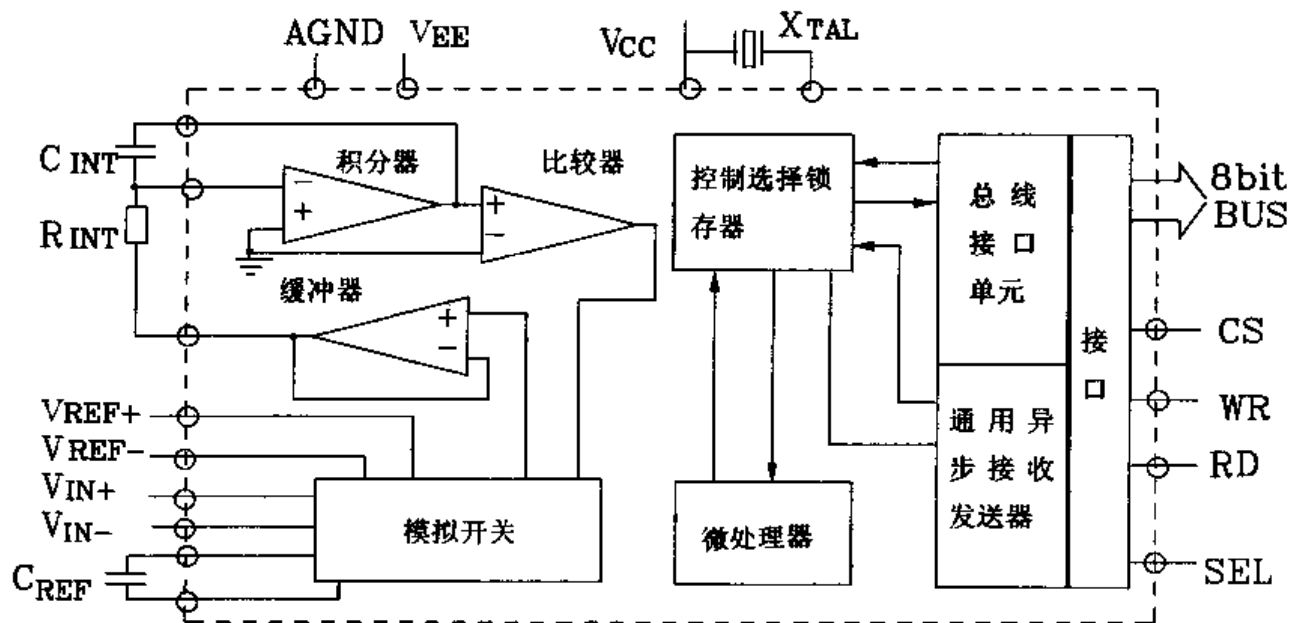


图 1-71 HI7159A 内部逻辑框图

HI7159A 采用逐步累加式多重积分原理。在 $4\frac{1}{2}$ 位模式时,HI7159A 与普通双积分一样,对输入信号电压进行正向积分,积分电容上积分电压幅度与输入电压大小成正比,最大幅度为 3V;然后利用基准电压对已积分的积分器进行反向积分,使积分电压恢复到零。反向积分时间与积分器积分电压大小成正比,对这个时间进行计算,成为相应 $4\frac{1}{2}$ 位电压显示。共模抑制信号频率为 $F_{\text{晶体}}/1\,000$ 的整数倍。在 $5\frac{1}{2}$ 位工作模式时,采用反向积分回零时,积分电容上过零的剩余电压放大 10 倍,再进行反向积分来提高其精度。整个转换过程中,正向积分 1 次,反向积分 4 次,转换分辨率达到 $6\frac{1}{2}$ 位,然后对最后一位进行四舍五入计算,达到 $5\frac{1}{2}$ 位精度。共模抑制频率为 $F_{\text{晶体}}/4\,000$ 的整数倍。

① 转换方式

- 误差转换。此时 $V_{\text{IN}}=0$,单独对内部失调电压值进行转换,其结果是误差值。
- 非补偿方式。对输入电压进行转换,其结果包含内部失调电压。
- 补偿转换。经过误差转换和非补偿转换之后,将非补偿转换结果减去误差转换,即可扣除 A/D 转换器内部失调电压。这种方法是高精度测量的常用方法,其转换时间是前两种的两倍。

②通讯方式

HI7159A 与外部微处理联系有四种方式: 并行微处理机(并行方式), 同步串行(串行方式 0), 不寻址串行(串行方式 1), 寻址串行(串行方式 2)。具体按表 1-8 选择。

表 1-8 HI7159 四种联系方式

通讯方式	SEL	SMS ₀	SMS ₁
并行	1	数据线	数据线
串行 0	0	0	0
串行 1	0	0	1
串行 2	0	1	0

a. 并行方式

并行转换方式的电路图如图 1-72 所示。 $D_0 \sim D_7$ 为 8 位 I/O 数据总线。

b. 串行方式 0

串行方式 0 是一种高速同步串行接口, 最高传送速率达 10^7 位/s, 可以直接和 MCS-51 系列单片机串行口相连, 电路如图 1-73 所示。数据输入在数据时钟上升沿时送入 HI7159A 被锁存。

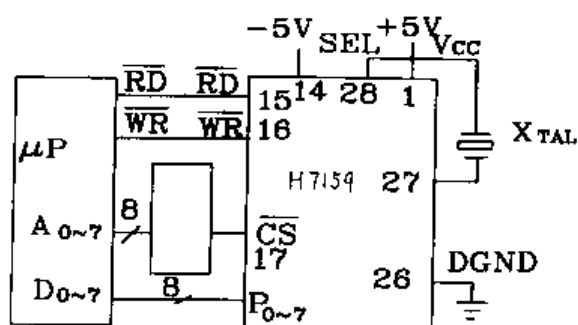


图 1-72 并行方式的电路

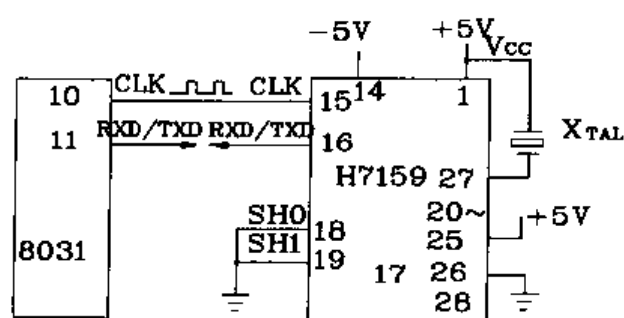


图 1-73 串行方式 0 的电路

c. 串行方式 1

串行方式 1 的电路如图 1-74 所示。在这种方式下, HI7159A 能对 1 个起始位, 8 个数据位 ($D_0 \sim D_7$), 1 个奇偶位和 1 个停止位的串行数据依次进行读和写。波特率由 BRS_0, BRS_1 决定, 具体见表 1-9。

表 1-9 HI7159A 串行方式的波特率

BRS_0	BRS_1	波特率($f_{XTAL} = 2.4567\text{MHz}$)
0	0	300
0	1	1 200
1	0	9 600
1	1	19 200

d. 串行方式 2

串行方式 2 的电路如图 1-75 示。这种方式的工作情况与串行方式 1 基本相同, 它增加了寻址功能, 每片 HI7159A 从 $SAD_0 \sim SAD_4$ 状态得到一个对应地址, 共可得 32 个地址, 因此允

许 32 片 HI7159A 公用一条串行线,当微处理器发出地址码(见表 1-10)与 HI7159A 的分配地址相符时,该片 HI7159A 即被选中。

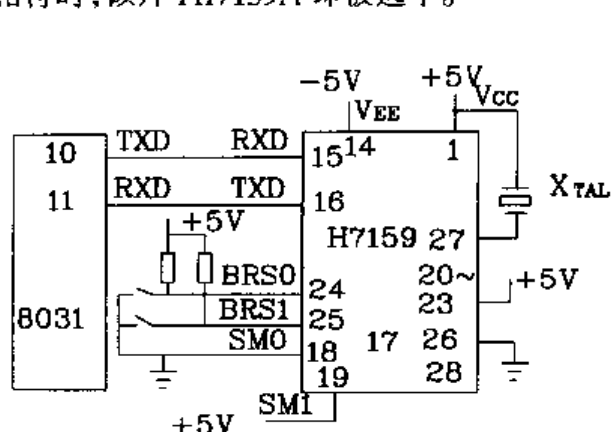


图 1-74 串行方式 1 的电路

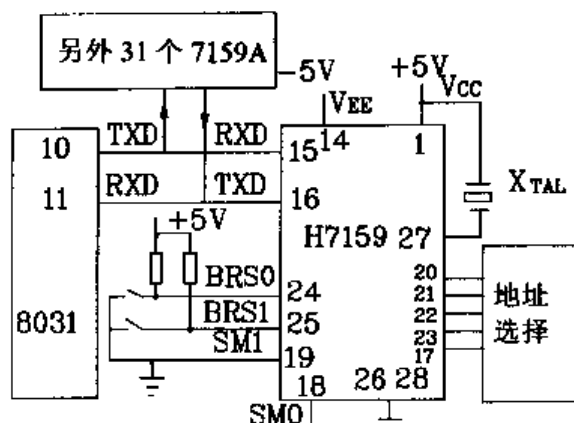


图 1-75 串行方式 2 的电路

表 1-10 HI7159A 的地址码

地址线	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀
地址码	1	0	0	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀

③对 HI7159A 的读数

4 种通讯方式的 A/D 转换程序都相同,首先由外部微处理机发出命令或请求字,然后 HI7159A 以状态字或位请求字方式响应,并在指令下开始新的转换,见表 1-11。

表 1-11 命令字的格式

保留			连续性	分辨力	转换方式		命令位
D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	0	0	单次 0	5 $\frac{1}{2}$ 位 1	补偿 1	1	0
			连续 1	4 $\frac{1}{2}$ 位 0	非补偿 1	0	
					测误差 0	1	

请求字用来请求转换器状态或转换结果,并行方式和串行方式 1 的请求字格式见表 1-12,串行方式 2 的请求字格式见表 1-13,D₀=1 时表示请求字。

表 1-12 并行方式和串行方式的请求字格式

保留				请求字节		保留	请求位
D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	0	0	0	数据对 0,1 0	0	0	1
				数据对 2,3 0	1		
				数据对 4,5 1	0		
				转换器状态 1	1		

表 1-13 状态字

保留				请求字节			请求位
D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	0	0	0	数据 0	0	0	1
				数据 1	0	0	
				数据 2	0	1	
				数据 3	0	1	
				数据 4	1	0	
				数据 5	1	0	
				转换器状态	1	1	

状态字表示转换器当前状态,其格式如表 1-14 所示。其中 D₀=1 表示新的转换已完成,位字被读出后 D₀ 自动复位。并行方式和串行方式 1 位字的格式如表 1-15 所示,串行方式 2 位字的格式如表 1-16 所示。

HI7159A A/D 转换器单次转换方式的读数流程图见图 1-76 所示。

④应用中的几个具体问题。

a. 晶体振荡器:HI7159A 振荡器工作频率可在 2.0~2.5MHz。在串行方式下由于波特率的关系,推荐用 2.457 6MHz 晶体。从共模抑制方面考虑,在 50Hz 交流电源环境下,应使用 2.0MHz 晶体。为了减小滚动误差和噪声,也可以外接频率很低的时钟。

b. 转换时间:HI7159A 转换时间 T 是晶振频率,转换类型的函数,具体计算可按公式 $T=C/F_0$ 计算, F_0 是晶振频率, C 是常数见表 1-17。

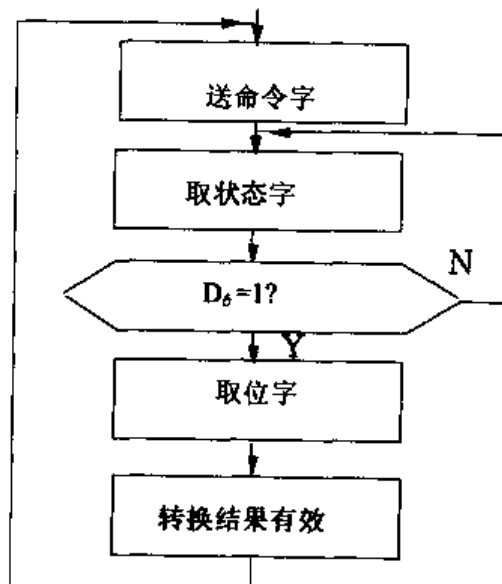


图 1-76 HI7159A A/D 转换器单次转换方式的读数流程图

表 1-14 串行方式 2 的请求字格式

保留	转换器状态	保留	连续性	分辨率	转换方式		奇偶误差
D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	数据没有更新 0	0	单次 0	5 $\frac{1}{2}$ 位 1	补偿 1	1	没有 0
	数据已更新 1		连续 1	4 $\frac{1}{2}$ 位 0	非补偿 1	0	有 1
					测误差 0	0	

表 1-15 串行方式 1 的输出位字格式

数据字节	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
数据对 0、1	MSB ₁			LSB ₁	MSB ₀			LSB ₀
数据对 2、3	MSB ₃			LSB ₃	MSB ₂			LSB ₂
数据对 4、5	极性(1=正)	溢出(1=溢出)	MSB ₅	LSB ₅	MSB ₄			LSB ₄

表 1-16 串行方式 2 的输出位字格式

数据字节	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
数据 0~4	0	0	1	MSB				
数据 5	0	0	1	1	极性(1=正)	溢出(1=溢出)	MSB ₅	LSB ₅

表 1-17 常数 C 的值

类型	5 $\frac{1}{2}$ 位补偿	5 $\frac{1}{2}$ 位非补偿	4 $\frac{1}{2}$ 位补偿	5 $\frac{1}{2}$ 位非补偿
c	320.000	160.000	80.000	40.000

c. 元件选择:积分电阻,积分电容,基准电容的选择可参照表 1-18 选择。

表 1-18 元件参数

f(晶振)	R _{INT}	C _{INT}	C _{REF}
2.4MHz	400k Ω	0.01 μ F	1.0 μ F
1.2MHz	360k Ω	0.022 μ F	2.2 μ F
600kHz	330k Ω	0.047 μ F	4.7 μ F

d. 增益误差调节

HI7159A 正、反向输入有差异,负向略大于正向。如正向输入 2V,可以微调基准电压,使计数值为 200000,负向输入 2V 时,典型输出计数为 200012,正负之间有一外固定的增益误差。这个误差可以通过微处理器用软件消除。

e. C_{REF} 保护环。HI7159A 在转换过程中对基准电压的反向积分,实际上是对基准电容 C_{REF} 上的电压反向积分。印制板的导线间分布电容或轻微漏电,均会造成基准电容上的电荷损失,引起转换误差。HI7159A 专设两个保护环引出端,± GUARD,印制版设计可参考图 1-77,每个引出端与各自要保护的引脚之间实现电隔离,使基准电容不会有电荷损失。

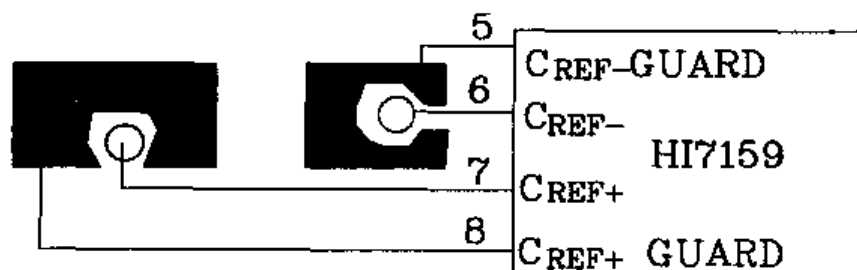


图 1-77 印制版设计参考图

(3) HI7159A 和单片机 8031 构成的智能化数字电压表

图 1-78 是由 HI7159A 构成的智能化数字电压表, 电路主要由 HI7159A、80C31、ICM7218B、74LS244、27C64、74LS373 等组成。

HI7159A 采用并行方式, HI7159A 的 P0~P7 与 8031 的 P0 口相连, 作数据线。外围元件 C_1, C_3, R_1 分别为积分电容、基准电容和积分电阻。晶振选 2MHz, 基准电压采用 MC1403 能隙管, 经多圈电位器调准到 1V。图中两个圆弧状虚线代表保护环。HI7159A 采用 $\pm 5V$ 双电源供电。

微处理器采用 8031, 时钟频率采用 6MHz, 输出显示采用通用 8 位共阴极 LED 驱动电路 ICM7218B, 在电路中用 6 位, 第 6 位作半位显示, 只引出 b, c 段和 g 段。g 段用以显示负极性。极性, 小数点由 80C31 的 P1.1, P1.2 控制。依次按 P1.3~P1.7 所连开关能分别实现读数保持, 测量最大值, 最小值, 平均值, 相对值。

8015 的串行口 TXD、RXD 端经 ICL232 电平转换器, 作为 RS232 接口, 与外部微机进行通讯。

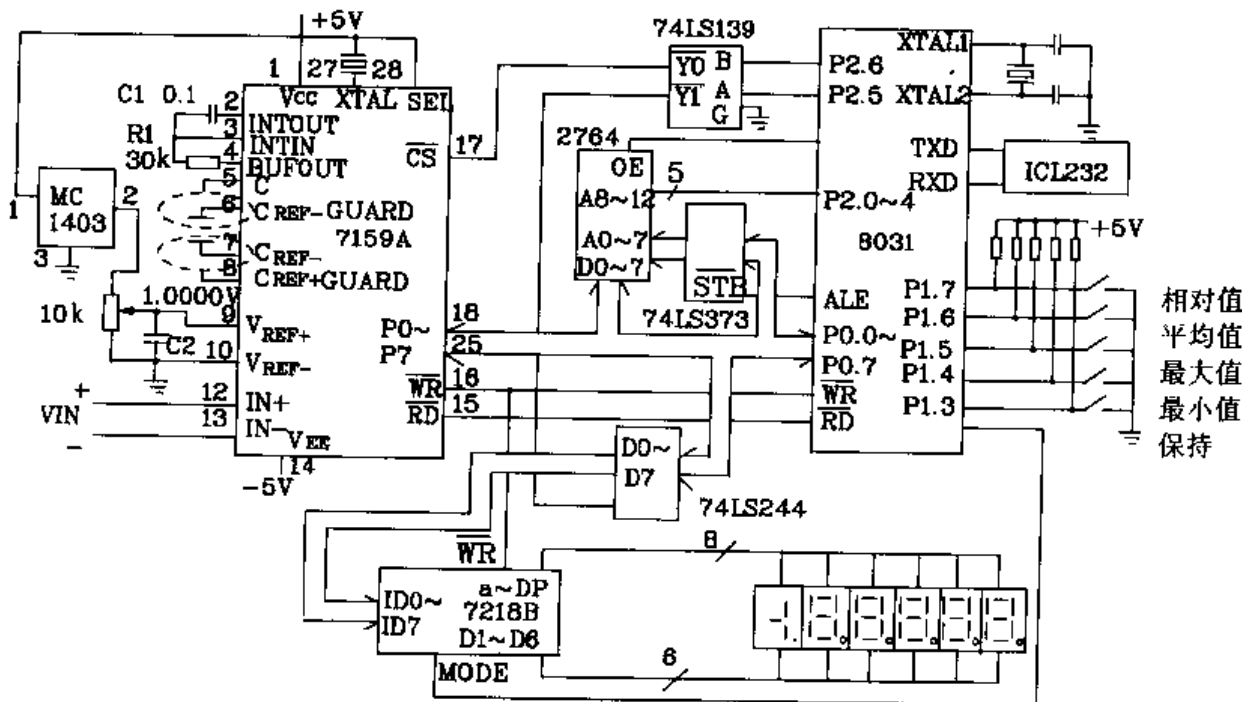


图 1-78 由 HI7159A 构成的智能化数字电压表

18. 积分式 A/D 转换器的应用实例

(1) 利用 A/D 转换器进行高准确度比例运算、加减运算的原理及应用

积分式 A/D 转换器不仅可以实现模拟量-数据量之间的转换, 还能完成比例运算(乘法和除法), 反比例运算以及加减运算。 $3\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器的转换精度可以达到 $\pm 0.2\%$, 完全能满足一般要求。下面介绍各种运算的工作原理。

① 正比例运算

正比例运算的要求算术表达式为:

$$Y = K \times X \quad (1-6)$$

式中 X 代表自变量, Y 代表应变量, K 是比例系数。为讨论方便, 假定 K 为正值。当 $K > 1$ 时, 1-6 式表示乘法运算。当 $0 < K < 1$ 时, 可使 $M = 1/K$ (M 为大于 1 的正数), 则 1-6 式变为:

$$Y = X \div M \quad (1-7)$$

1-7 式表示除法运算, 将 X 除以 M 。

从前面讨论 ICL7106 的工作原理可知, 当 $V_{REF} = 100.0\text{mV}$ 时, 显示值为

$$N = (1\,000/V_{REF}) \times V_{IN} \quad (1-8)$$

为了使上式中的显示值扩大 K 倍为 N' , 而只将等式右边的 V_{REF} 缩小 K 倍就可以了, 即

$$N' = [1\,000/(V_{REF}/K)] \times V_{IN} = (1\,000/V_{REF}') \times V_{IN}$$

式中 V_{REF}'/K 为调整后的基准电压。这表明, 只要把基准电压调整到原来的 $1/K$, 仪表的 A/D 转换器就自动进行乘法运算, 使每次的显示结果都是原来的 K 倍。

同样道理, 将基准电压调整到 $V_{REF}' = M \times V_{REF}$, A/D 转换器就可以自动完成除法运算, 使每次显示值均为原来的 $1/M$ 。

②反比例运算

反比例运算的函数表达式为:

$$Y = K/X \quad (1-9)$$

当比例系数 $K = 1$ 时, Y 与 X 互为倒数

$$Y = 1/X \quad (1-10)$$

作倒数运算时显示值为:

$$N' = 1/V_{IN} = 1/N$$

要完成倒数运算, 需把 A/D 转换器的模拟量输入端与基准电压对调使用, 即把基准电压加到 IN_+ 、 IN_- 两端, 输入电压 V_{IN} 加到 V_{REF+} 、 V_{REF-} 两端。此时, 对基准电压不必作任何调整, V_{REF} 仍采用 100.0mV 。因为 A/D 转换器的电路与正常接法相反, 所以能完成倒数运算。

③加、减法运算

加、减运算电路如图 1-79 所示。在作加减法运算时, IN_- 端不能和 COM 端短接。将输入电压 (被加数) 加在 IN_+ 和 COM 端, 另一电压 V_{BU} (加数) 加在 COM 和 IN_- 端, 则作加法电路

$$N' = N + N_0$$

式中 N 、 N_0 分别为 V_{IN} 和 V_{BU} 单独在 200mV 量程数字表测量时的显示值。

显然, 当把 V_{BU} 反极性相接时, 即把 V_{BU} 上端接 IN_- , V_{BU} 下端接 COM, 就会有

$$N' = N - N_0$$

这就完成了减法运算。

④A/D 转换器作比例、加、减运算的应用实例

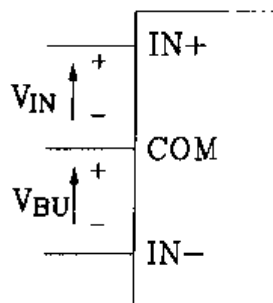


图 1-79 加减运算电路

应用电路如图 1-80 所示。这是一个温度指示仪电路,该电路由 MAX139 A/D 转换器与 LED 显示器以及 PN 结温度传感器三部分组成。

由图中可知,温度传感器采用 PN 结温度传感器,将 3DG6 基极与集电极短接,电路中串联一个限流电阻与一个由结型场效应管组成的恒流源。使电路中的 PN 结电流比较稳定,从而保证了温度测量的准确与稳定。

电路中, C_2 为反向积分基准电压电容, C_4 为自校零电容, R_5 、 C_5 为积分电阻、电容。

CAP_+ 与 CAP_- 之间和 V_- 与 GND 之间各接一电容,用来产生负压电源。

PN 结的温度系数为 $-2.1\text{mV}/^\circ\text{C}$,一般 PN 结的正向压降为 600mV 左右。如果将 PN 结随温度变化的正向压降视为被测温度的输入电压信号,显然不能直观地显示温度变化。所以温度传感器部分的输出信号必须经过运算的转换,才能直观地显示出温度的变化。

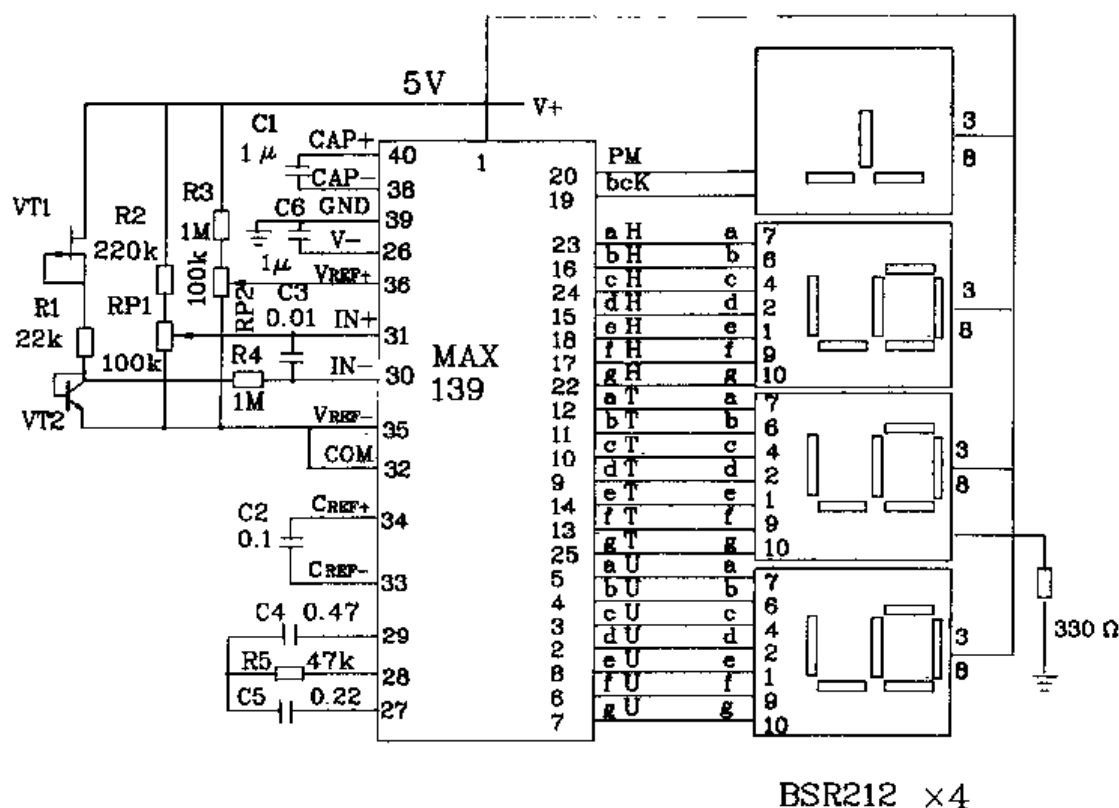


图 1-80 由 MAX139 构成的温度指示仪

由公式 $N = 1000/V_{REF} \times V_{IN}$ 可知,当 $V_{REF} = 2100\text{mV}$ 时, $N = 1000/2100 \times V_{IN} = V_{IN}/2.1$,电路能直观地反映 PN 结上温度变化。为了提高指示精度,取 $V_{REF} = 210\text{mV}$,将小数点移至 10 位,变成能显示 0.1 摄氏度温度指示仪。在电路中改变基准电压 V_{REF} ,使电路具有除法功能的电路由 R_3 和 RP_2 组成。

当温度为零时,PN 结仍有一个正向压降。而这时的温度指示应应为零。这里,就用到了 MAX139 的减法运算功能。考虑到 PN 结的正向压降与温度变化成反比关系,所以由 IN_- 与 COM 之间输入 PN 结的正向压降电压信号,而在 IN_+ 与 COM 之间输入一个附加的正信号,电路作相减运算。这一功能由电阻 R_2 和电位器 RP_1 组成。值得注意的是进行加减运算时, IN_- 与 IN_+ 之间输入的电压值不能超过 A/D 转换器要求的输入电压值,即输入电压绝对值要小于

2 倍的 V_{REF} 。

电路的调整很简单,先把密封好的 PN 结放入冰水混合物中,调整 RP_1 使显示值为 00.0。再将 PN 结放入沸开水中调节 RP_2 使显示值为 100.0 温度指示仪就调整好了。

(2) ICL7106 用于温度测量

利用双积分式 A/D 转换器和 PN 结构成的微功耗温度计如图 1-81 所示。它的主要技术指标如下:

- ①测温范围: $-50 \sim +100^{\circ}\text{C}$ 。
- ②响应时间: $0.2 \sim 2\text{s}$ 。
- ③误差: $< \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- ④功耗: $< 20\text{mW}$ 。

图中, R_1, R_2, R_{BE}, RP_1 组成测温电桥, R_{BE} 是发射结正向电阻。ICL7106 的 2.8V 基准电压源作为电桥的电源。为了改善 PN 结的温度非线性,这里也采用结型场效应管 3DJ7F 接成恒流源给 PN 结供电。

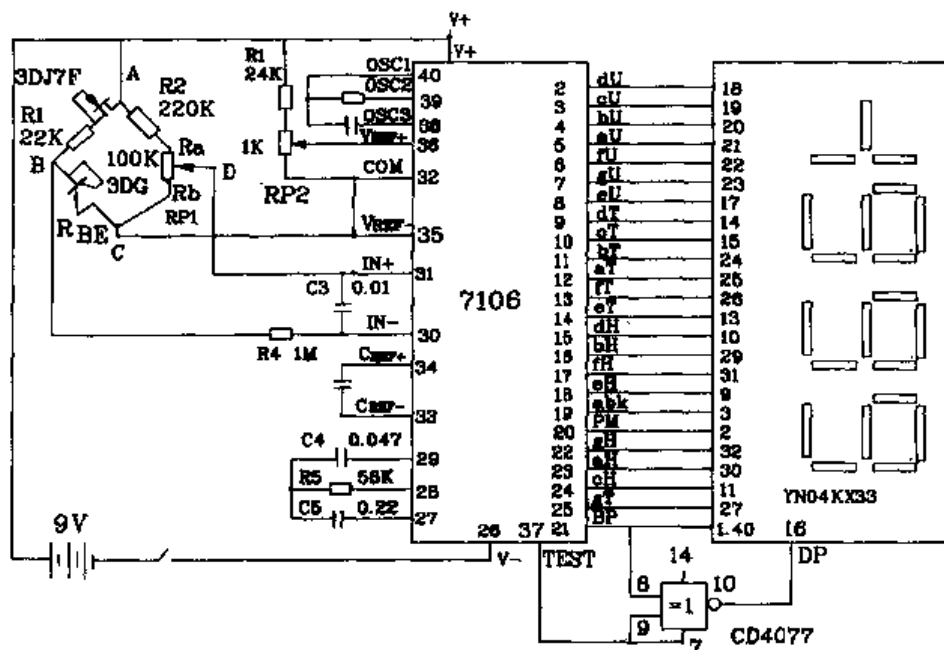


图 1-81 利用双积分式 A/D 转换器和 PN 结构成的微功耗温度计

数字温度计的小数点, 10 位的 DP 端应常亮。为此, 使用了四异或非门 CD4077 的一个异或非门, 它的一个输入端 8 脚接 ICL7106 的 21 脚输出的方波信号, 另一输入端接逻辑地, 输出 10 脚是与 8 脚相位相反的方波, 使得 10 位的小数点 DP 端常亮。CD4077 的 16 脚电源端接 V_+ , 7 脚 V_{SS} 端接 ICL7106 的逻辑地 37 脚。

温度计可以这样调整:

把密封后的 PN 结传感器置于冰水混合物中 (0°C), 调整 RP_1 使电桥满足平衡条件

$$R_1 \times R_B = (R_2 + R_A) \times R_{BE}$$

式中 R_A, R_B 是 RP_1 中间头和上、下端之间的电阻。电桥的输出电压, 即 ICL7106 的输入电压 $V_{IN} = 0$, 显示值为 00.0。然后把传感器放到 100°C 的环境中, 调整 RP_2 , 使显示值为 100.0。当

环境温度低于 0℃, 数字温度计自动显示负值。

(3) 数字式频率计

电路如图 1-82 所示。运算放大器和时基电路组成 F/V 转换电路,把输入频率信号变成电压,再通过数字电压表测电压值。该频率计共四挡,可测 0.1Hz~200kHz 的频率。 S_1 为双刀四挡开关,利用一个刀选择量程,另一个刀选择小数点位置(图中未画)。频率换挡电阻 $R_1 \sim R_4$ 应选择误差为 $\pm 1\%$ 的 1/4 W 金属膜电阻。

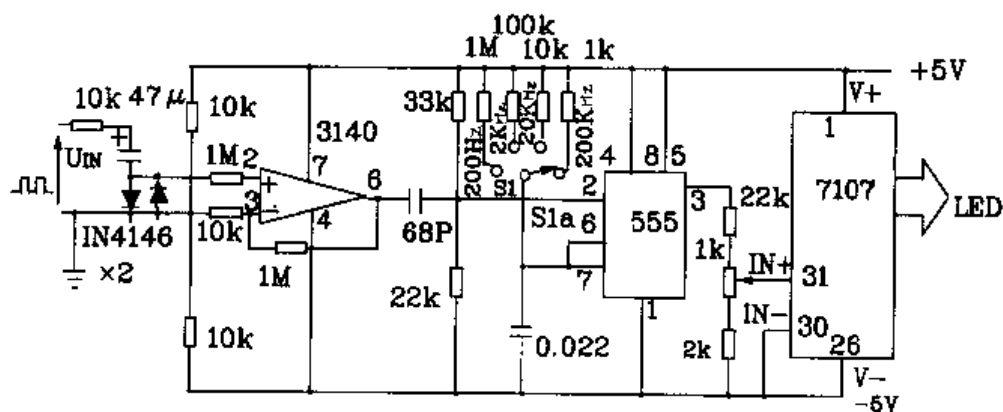


图 1-82 数字式频率计

(4) 数字电容表

图 1-83 是由 ICL7107 构成的数字电容表。它的测量精度为 0.3%，该表的特点是被测电容器作为 555 定时器输出脉冲宽度的定时元件。

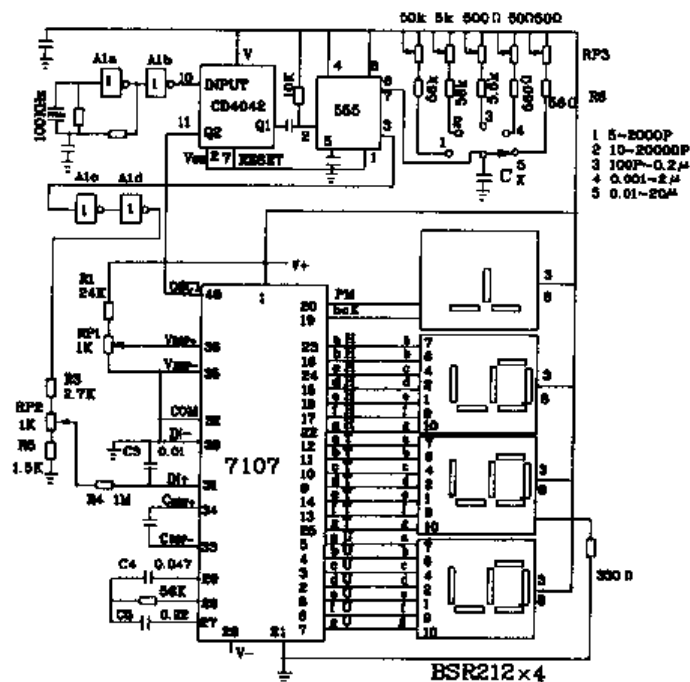


图 1-83 由 ICL7107 组成的数字电容表

由反相器 A_{1a} 、100kHz 晶体等组成的晶体振荡器经 A_{1b} 后进入 A2(7 位串行二进制计数器)的输入端,将 100kHz 信号进行分频得到 25kHz 和 781Hz 的时钟信号。781Hz 信号再去触

发 555 定时器,然后输出一系列的脉冲,其脉冲宽度正比于被测电容 C_X 的容量。脉冲的高低电压经 A_{1c} 、 A_{1d} 两次反相后转换成 5V 和 0V。

R_1 和 RP_1 组成的分压器把基准电压 V_{REF} 设定在 1.02V。 R_3 、 RP_2 、 R_5 把某一挡电容最大值时的脉冲幅度按比例地降为 $2V_{REF}$ 。显示器的读数 N 等于 $2000t/T$,其中 t 为脉冲宽度, $t = 1.1RC_X$,而 $R = R_6 + RP_2$ 。 T 为 ICL7107 的采样周期,为了使显示值直接表示 C_X 的值,在每一挡可以调节 RP_3 。

(5) 数字式功率因数表

数字式功率因数表电原理图如图 1-84 所示。电路中产生两个直流电压 V_m 和 $V_m \times \cos\Phi$ 。 V_m 正比于电源电压, $\cos\Phi$ 为负载的功率因数,两个电压分别送入 ICL7106 的 V_{REF+} 和 V_{IN+} 端,利用 ICL7106 的除法运算功能 $N = V_{IN}/V_{REF}$ 得到功率因数的数字显示值,最大值为 1.000。

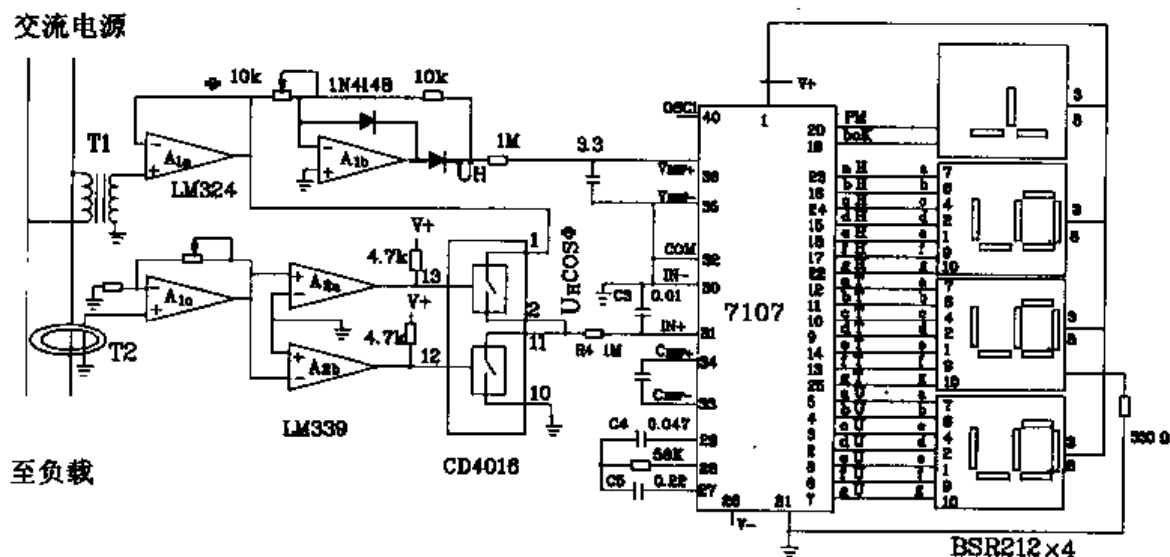


图 1-84 由 ICL7107 组成的数字功率因数表

电压互感器次级得到电压波形经 A_{1a} 的缓冲、 A_{1b} 等器件组成的整流和 RC 滤波后得到 V_m 送入 V_{REF+} 。电流互感器 T_2 提供电流波形,经 A_{1c} 的缓冲放大, A_{2a} 、 A_{2b} 、 A_3 组成的同步检波器后产生 $V_m \times \cos\Phi$ 直流电压送至 V_{IN+} 端。图中 A_3 为四模拟电子开关,控制端 13、12 分别为高电平时 2、11 脚分别接通 1 脚和 10 脚。

本功率因数表的分辨率为 0.1%,采用 9V 直流电源供电,对于感性负载,当 $\cos\Phi = 0.85 \sim 1$ 时测量精度为 1%。

(6) CCS-10 型便携式电子秤

CCS-10 便携式电子秤是适合于民用商品交易的计算器具,它采用 CMOS 大规模集成电路和拉力传感器,配以液晶显示屏,技术先进,性能稳定,式样新颖,显示清晰,使用方便。

① 主要技术指标

- 量程:10kg;
- 最大显示值:10.00;

- c. 电源:直流 9V,最低 8.4V;
- d. 分度值: $D=10\text{g}$;
- e. 精度:四级
 - $0\sim 50D$ 误差 $E\leq \pm 0.5D$
 - $\geq 50D\sim 200D$ 误差 $E\leq \pm 1.0D$
 - $>200D$ 误差 $E\leq \pm 1.5D$
- f. 最大过载能力:125% 满量程;
- g. 使用环境温度: $-10\sim +40^{\circ}\text{C}$;
- h. 使用环境湿度:不大于 90% RH;
- i. 电源电压低于额定值下限时指示“<-”或“LOBAT”;
- j. 外形尺寸:165mm×115mm×40mm。

②工作原理简述

CCS-10 型便携式电子秤原理图如图 1-85 所示。它的核心是拉力传感器和 3 位半双积分式 A/D 转换器 7106。传感器输入后进行放大,再经 A/D 转换,转换的结果用液晶显示屏显示重量。

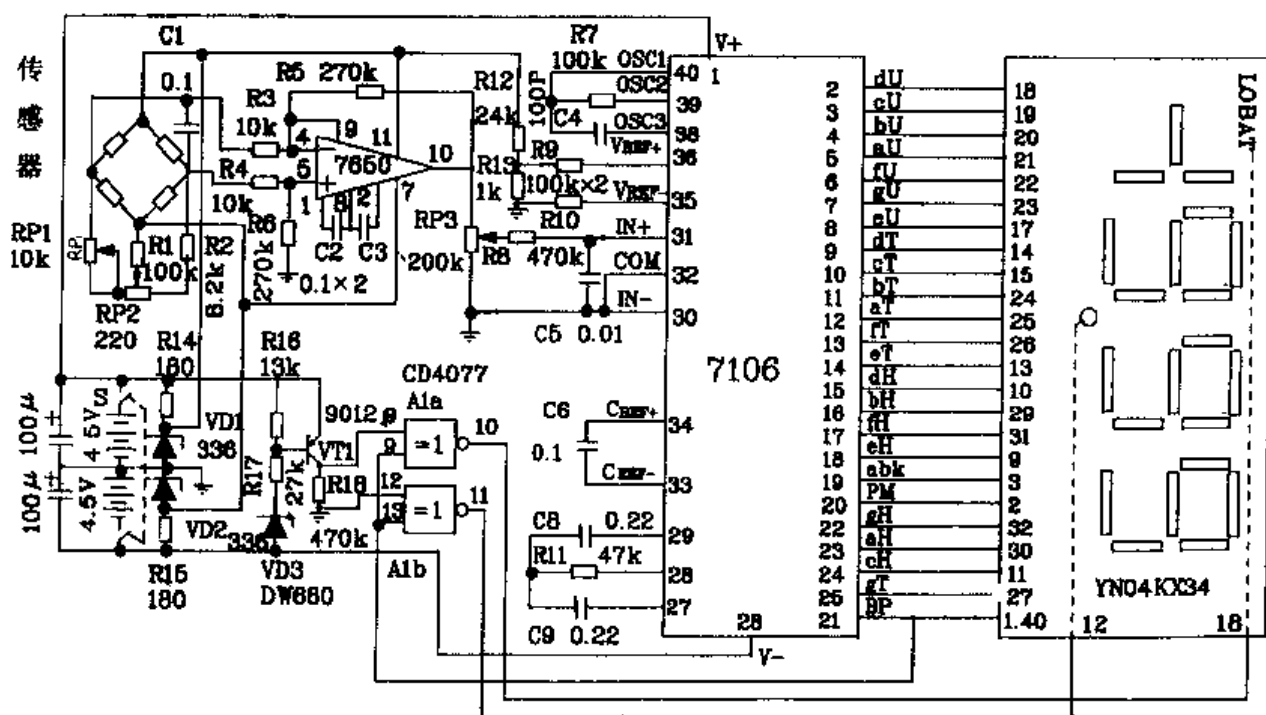


图 1-85 CCS-10 型便携式电子秤原理图

为了让交易双方都看清重量值,在秤的两面各安装一块液晶显示屏,从电路上两块显示屏相对的电极并联工作。

传感器的激励电源采用 2 支精密稳定压源 LM336 稳压的 4.9V 电源供给。RP₂ 为零点调整电位器,它可以安装在电子秤的面板上。因为传感器的四支电阻的误差要想用 220Ω 电位器就能达到调零的目的很困难,只能用改变 RP₁、R₂ 处二支电阻阻值的方法调零。而 RP₁ 和 R₂ 处二支电阻差值有的达 2kΩ,为了批量生产调零方便,在 RP₁ 处用了 10kΩ 电位器。

运算放大器采用第四代斩波自稳零型运算放大器 7650。放大器的电源和传感器共用稳压电源。放大器的输出送入 7106 之前的 $200\text{k}\Omega$ 电位器调整满度值。

R_7 、 C_4 为 7106 的振荡电路中的电阻电容。7106 的基准源 V_{REF} 从稳压源 VD_1 取得, 经 R_{12} 、 R_{13} 分压后送入 7106 的 31 脚。 R_{11} 、 C_9 为积分电阻电容。 C_8 为调零电容。

小数点和低电压指示电路的工作原理如下:

四异或非门 4077 的输出端 10、11 脚分别接低电压指示和百位小数点。ICL7106 的 21 脚输出约 50Hz 的方波至显示屏的背电极, 数字各段送入和背电极相位相反的方波时发亮, 送入相位相同的方波时不亮。而异或非门的特点是当两个输入端状态相同时输出为高电位, 反之为低电位。

例如: 在 A_{1a} 的 9 脚输入方波, 当 8 脚为高电平时 10 脚输出与 9 脚方波相位相同的方波, 低电平指示字符不亮。反之, 8 脚为低电平时 10 脚输出与 9 脚相位相反的方波, 低电平指示字符发亮。

由稳压管 VD_3 、三极管 VT_1 、异或门 A_1 等组成低电压指示电路。 VD_3 的击穿电压为 6.2V。

当电源电压高于 8.4V 时 VD_3 被击穿, VT_1 导通, A_{1a} 的 8 脚为高电平, 显示屏的低电压指示字符亮。当电源电压低于 8.4V 时 VD_3 不能被击穿, VT_1 截止, A_1 的 8 脚呈低电平, 指示字符不亮。 A_{1b} 的 12 脚接地。13 脚接 7106 的 BP 端。 A_{1b} 的输出端 11 脚驱动百位小数点, 该位常亮。

显示屏的负号“-”在零点调整时用, 调零电位器 RP_2 的调节范围大约有 30 多个分度值 D, 调零点电位器旋钮每旋转约 10 度显示值变 1 个字。调零点时可调到负号刚消稳, 到个位的“1”刚显示两个位置中间的位置。

称重负荷超过 10kg 时显示屏虽然也能显示重量, 但精度不能保证了, 当负荷超过 12.5kg 时容易造成传感器的永久性损坏, 所以在称量时尽量不要超量程称量。

③ 组装调试注意事项

a. 线路板的设计要特别注意 7106 至显示屏的输出信号要远离传感器走线, 7650 输入端等毫伏级弱信号, 只要元件焊接无误, 组装完就可进行零点调整和满度调整。

b. 零点的调整。先将 RP_2 调至中间位置, 调 RP_1 , 使显示值为 0.00 即可。

c. 满度值调整。调好零点之后电子秤上放上 10kg 标准砝码, 调整 RP_3 , 使显示值为 10.00 即可。

d. C_9 、 C_8 、 C_6 都应选介质损耗很小的电容, 用电桥测量电容的 Q 值应大于 100。

e. R_{12} 、 R_{13} 应选用温度系数尽量一致的电阻, 即使同一厂家出厂的电阻其温度系数也有较大差别, 需要经过较长时间老化。温度在 $+40 \sim -10^\circ\text{C}$ 之间变化时, 造成误差的最主要因素就是基准电压源 V_{REF} 的变化。而 LM336 在 $-10 \sim +40^\circ\text{C}$ 变化时的稳压值变化应小于 0.01%, 而因 R_{12} 、 R_{13} 的温度系数较大, 使阻值变化, 确使 V_{REF} 变化达 0.2%, 这显然会使电子秤误差值超标。

第二章

其它专用集成电路

一、时基电路

1. 555 单时基电路

NE555 时基电路是由美国 Signetics 公司在 1972 年开发并推向市场的精密定时器电路, 此电路一经问世, 立即受到极大重视和推广。随后美、日等国又相继推出了与之相同 LM555、RM555、CA555、SE555、MC555、TA7555 等产品。1974 年 Signetics 公司又推出了将两个 555 集成在同一硅片上的双时基电路 NE556。1978 年美国 Intersil 公司利用 CMOS 工艺又研制出了 CMOS 型的 ICM7555 单时基电路和 ICM7556 双时基电路。至此, 555 时基电路发展成了双极型和 CMOS 型两大系列产品, 应用越来越广泛。我国在 1981 年由上海元件五厂生产出了双极型 5G1555 时基电路, 而后又相继推出了 CMOS 型单、双时基电路 5G7555 和 5G7556。国内其它同类产品还有苏州半导体总厂生产的 FD555、国营 4433 厂生产的 FX555、上海无线电 14 厂生产的 CMOS 型 CH7555 等。它们的外型封装、引脚排列、电气性能均与国外产品完全相同, 可直接互换使用。在下面的介绍中我们将这类器件统称为 555 时基电路。

555 时基电路应用十分广泛, 它巧妙地将数字电路和模拟电路结合在一起, 用它可以构成定时器、定时电路的脉宽调制电路、自激振荡器电路的脉冲发生器、斜波和方波发生器, 以及各种指示、监视电路等, 可广泛应用于仪器、仪表、自动装置、自动控制、防火防盗报警、民用电子等诸多领域, 被誉为是“半导体集成电路领域一朵美丽的奇葩”。

(1) 外型及引脚功能

555 时基电路外型有两种封装形式: 8 脚 Y 型金属圆壳封装和 8 脚双列直插塑料封装, 其引脚排列见图 2-1。相应引脚功能为: 1 脚电源地端; 2 脚触发端, 当此端电压低于 $1/3V_{CC}$ 时输出将保持高电平; 3 脚输出端, 它由 2、6、4 脚控制。当 4 脚为“0”电平时, 无论 2、6 脚电平如何, 输出均为零; 4 脚强制复位端, 只要它为零, 则 3 脚输出一定为零; 5 脚为阈值电压控制端, 通过外加电压可改变内部比较器阈值, 与地之间接一电容时, 内部阈值为 $2/3V_{CC}$; 6 脚阈值端(高电平触发端), 当 6 脚电平高于 $2/3V_{CC}$ 时, 3 脚输出为低电平; 7 脚放电端, 此脚作为定时器和振荡器使用时的外部电容放电之用, 有悬空和接地两种状态, 受 3 脚控制; 8 脚电源电压端。图 2-2 给出了 555

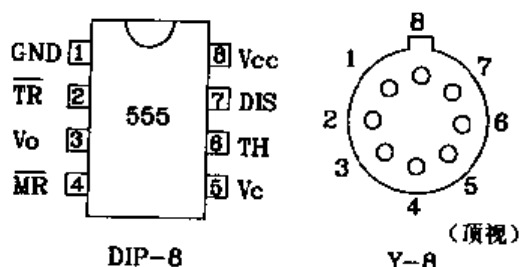


图 2-1 555 时基电路外型引脚图

内部原理框图。这里需要说明一下, 不同型号的 555 其内部电路略有差异但引出脚功能完全相同。图中(2-2a)为双极型 555 框图, (图 2-2b)为 CMOS 型 555 框图。二者主要区别仅为内部晶体管不同, 双极型采用双极型晶体管, 而 CMOS 型则采用场效应晶体管, 其输入阻抗较

高。

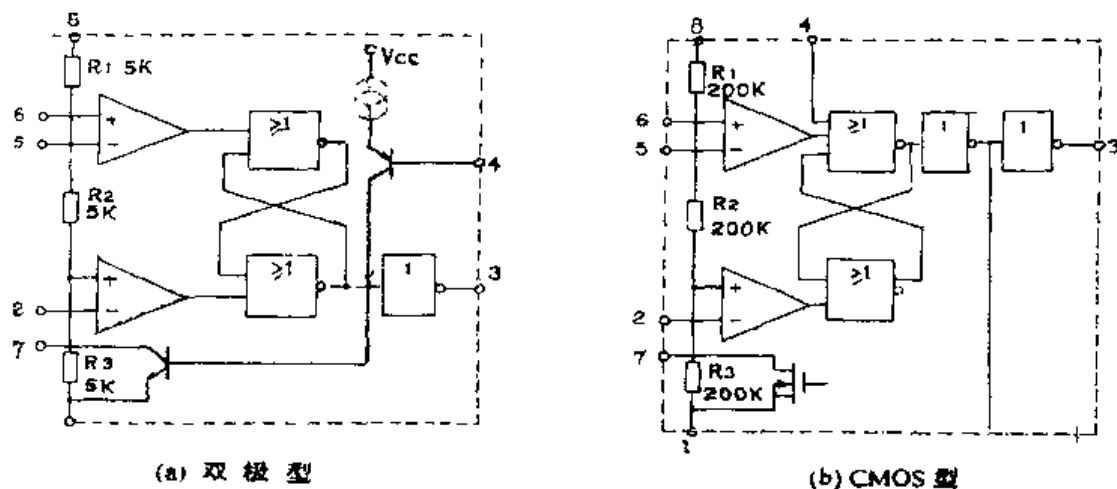


图 2-2 555 时基电路内部原理框图

(2) 主要特点及电气参数

555 电路输入可以是逻辑电平也可以是模拟电平,同类型的 555 时基电路的电气参数完全相同,应用时可随意替换。但对于双极型和 CMOS 型不同工艺制作的时基电路,其电气性能上却有较大差异。从图 2-2 中我们可以看出,CMOS 型时基电路输入阻抗远大于双极型且负载能力相差很大。后者可直接驱动线圈之类的低阻抗负载,而前者只能驱动阻抗高的负载。表 2-1 中给出了两种工艺制作的 555 时基电路的主要电气参数。在使用时,若要求功耗低和定时时间长(定时阻抗 $>10\text{M}\Omega$ 时),且负载轻时,一般选 CMOS 型。相反在负载较重(如继电器、扬声器等)、电压较高场合。则应选双极型。某些场合也可以利用各自的特点兼而取之。

表 2-1 电气参数

参数名称	符号	双极型 555	CMOS 型 555	单位
电源电压	$V_{CC}(V_{DD})$	5~18	3~18	V
静态电流	$I_{CC}(I_{DD})$	10	0.2	mA
定时精度		1	1	%
触发电流	I_{TR}	1	50×10^{-6}	μA
强制复位电流	I_{MR}	100	50×10^{-6}	μA
放电电流	I_{DIS}	200	* 与 V_{DD} 有关	mA
输出驱动电流	I_O	200	* 与 V_{DD} 有关	mA
最高工作频率	f_{max}	500	500	kHz
备注	CMOS 型时基电路输出驱动能力与电源 V_{DD} 有关:在 5V, 10V, 15V 下输出端对地瞬间短路电流为 1mA, 8mA, 16mA;而对电源(V_{DD})瞬间短路电流为 4mA, 30mA, 80mA			

(3) 原理及应用

从图 2-2 中可看到,555 时基电路输入部分有三个等值电阻,将 V_{CC} 分成不同电压值后送入上、下比较器输入端。如果 5 脚不加控制电压而通过一电容接地时,上比较器触发电平为

$2/3V_{CC}$, 下比较器触发电平为 $1/3V_{CC}$ 。若在 5 脚加一控制电压 V_C , 则上比较器触发电平变成 V_C , 而下比较器触发电平变成 $1/2V_C$ 。7 脚的悬空和接地两种状态由 3 脚决定。当 3 脚为高电平时, 内部晶体管截止, 7 脚呈悬空状态; 而当 3 脚为低电平时, 晶体管导通, 7 脚接地。这样利用此特性可方便构成定(延)时电路。如果不加阈值控制电压 V_C , 当 6 脚电平大于 $2/3V_{CC}$ 时, 3 脚输出低电平; 而当 2 脚电平小于 $1/3V_{CC}$ 时, 3 脚输出高电平。555 时基电路应用十分广泛, 一般来说可归结为三大类: 无稳态应用、单稳态应用和双稳态应用。下面分别简单加以介绍。

① 无稳态应用

一般无稳态电路有两种暂稳态, 它不需要外触发就能自动地从一种暂态翻转成另一种暂态。它的输出是一种矩形脉冲波, 因此又称之为振荡器。常见的无稳态电路有间接反馈型和直接反馈型两种。图 2-3 给出了由 555 时基电路构成的间接反馈型无稳态自激多谐振荡器电路。当电路启动后, V_{CC} 通过 R_1 、 R_2 向 C_1 充电, 此时由于 2 脚电平小于 $1/3V_{CC}$, 故 3 脚输出高电平。随 C_1 两端电压升高, 当其电压充至大于 $2/3V_{CC}$ 时, 由 6 脚作用, 使 3 脚输出变成低电平, 此时 7 脚也随之变成低电平, 电容 C_1 通过 R_2 向 7 脚放电。当放电至电压到 $1/3V_{CC}$ 时, 555 电路又翻转输出高电平, 7 脚变成悬空状态, 放电停止且又转变成充电状态。当再次充至 $2/3V_{CC}$ 时, 555 电路 3 脚输出又翻转为低电平, 电容又开始放电。这样电路反复重复此过程, 在 3 脚形成一串脉冲波。此电路我们称之为自激多谐振荡器电路。图 2-4 给出了相应波形图。电路振荡频率 $f = 1/T = 1/(t_{充} + t_{放})$, 占空比 $D = t_{充}/T$ 。其中 $t_{充} = 0.695 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1$, $t_{放} = 0.695 \cdot R_2 \cdot C_1$ 。

显然改变 R_1 、 R_2 、 C_1 的值可改变 f 和 D 。经实验测定, 振荡频率 f 可调范围为 $0.001\text{Hz} \sim 500\text{kHz}$, 占空比 D 可在 $0.01\% \sim 99.99\%$ 范围内任意调节。

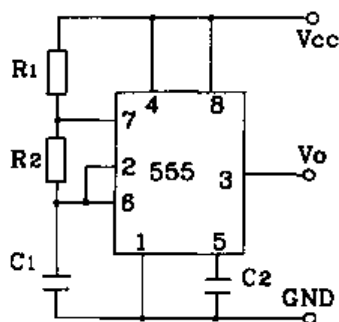


图 2-3 555 构成间接反馈型无稳态自激多谐振荡器电路

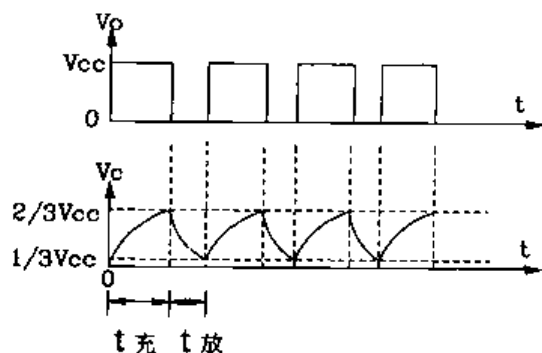


图 2-4 自激多谐振荡器波形图

图 2-5 给出了直接反馈型无稳态自激多谐振荡器应用电路。图中利用 555 的施密特触发器的回滞特性, 在它的输入端接电容 C_T , 再在输出 V_O 与输入之间接一个反馈电阻 R_T 即可。当电源接通时, C_T 上电压为零, 输出 V_O 为高电平。随着电源经内部电阻、 V_O 端、 R_T 向 C_T 充电, 当 C_T 上电压大于 $2/3V_{DD}$ 时, 触发器翻转, 输出 V_O 变为低电平。随之 C_T 将通过 R_T 、 V_O 端向地放电。当 C_T 上电压降至小于 $1/3V_{DD}$ 时, 触发器翻转输出 V_O 又变为高电平, C_T 再次被充电。这样不断重复上述过程, 在输出端输出一串矩形脉冲波, 其频率 $f = 0.722/R_T \cdot C_T$ 。

②单稳态应用

单稳态电路有一个稳态和一个暂稳态,555 单稳态电路是利用电容的充放电形成暂稳态的。因此它的输入端都带有定时电阻和定时电容。常见的单稳态电路有两种:人工启动型和脉冲启动型。电路见图 2-6 (a)、(b)。对于图 2-6 (a) 图中的人工启动单稳态电路来说,电源启动后 C_T 很快充至 $2/3V_{DD}$,此时输出 $V_O = "0"$,这是它的稳态;当按下开关 KA 后, C_T 上电压很快释放到 $1/3V_{DD}$,此时电路翻转成 $V_O = "1"$,暂稳态开始。当放开 KA 后,电源又向 C_T 充电,经过 T_d 时间后, C_T 电压上升至 $2/3V_{DD}$,输出 $V_O = "0"$,暂稳态结束。时间 T_d 就是单稳态电路的定时(延时)时间,一般 $T_d = 1.1 \cdot R_T \cdot C_T$ 。

如图 2-6 (b) 所示,把 6、7 两脚联接起来后接到 C_T 端,用 2 脚作为单稳态电路的输入即构成了脉冲启动单稳态电路。通电后, C_T 两端电压为零, V_O 输出保持为低电平,这是稳态;当 2 脚输入负脉冲后,输出翻转成高电平,7 脚悬空,电源向 C_T 充电,暂稳态开始。经过 T_d , C_T 上电压升至 $2/3V_{DD}$ 时,由于此时负脉冲已消失,所以输出 3 脚又变成低电平,暂稳态结束。此时 7 脚为低电平, C_T 放电,为下一次定时做准备。此电路定时时间 $T_d = 1.1 \cdot R_T \cdot C_T$ 。

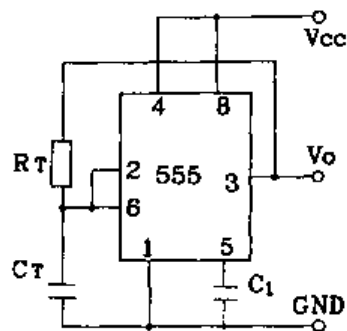


图 2-5 555 构成直接反馈型无稳态自激多谐振荡器电路

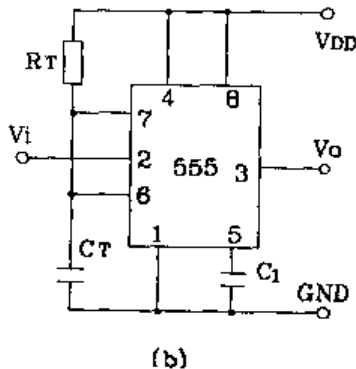
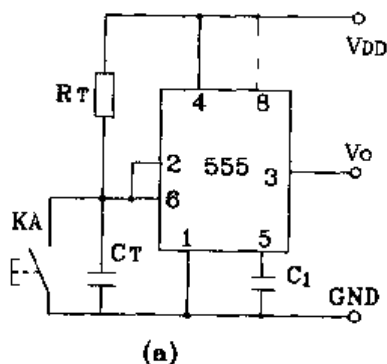


图 2-6 555 构成两种单稳态电路

③双稳态应用

555 构成的双稳态电路一般有两种:R-S 触发器型双稳态电路和施密特触发器型双稳态电路,如图 2-7 (a) (b)。对于图 2-7(a)图把 555 电路的 6、2 脚作为两个输入控制端,7 脚不用,则构成了一个 R-S 触发器。但使用时应注意:两个输入端的电平要求和阈值电压都不同。有时也可能只需要一个控制端,这时可将另一控制端设法接成固定值,根据电路要求把 R 端接到电源端,也可以把 S 端接地,电路见图 2-8。有两个输入端的双稳态电路常用作电机调速、电源上下限告警等用途。有一个输入端的双稳态电路常用作单端比较器用作各种控制电路。

对于图 2-8(b)把 555 的 2、6 脚接在一起形成一个触发输入端,7 脚不用,则构成了另一种双稳态触发器电路。这个触发器因为输出电压和输入电压的关系是一个长方形的回线形,见图 2-9,所以被称之为施密特触发器。从曲线上我们可以看到,当输入 $V_i = "0"$ 时输出

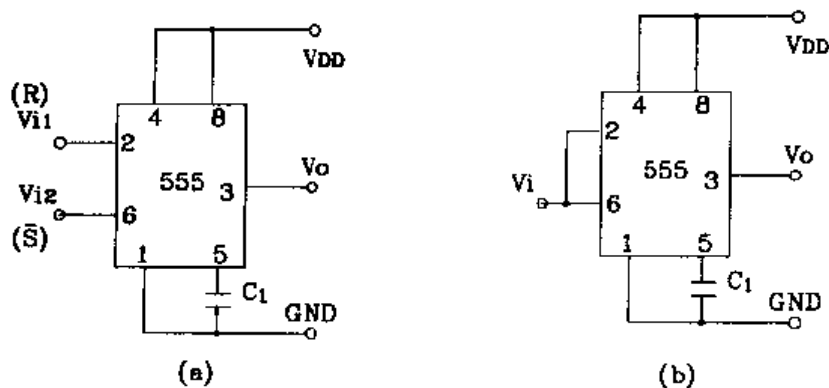


图 2-7 555 构成两种双稳态电路

$V_o = "1"$ 。当输入电压从“0”上升时,要升到大于 $2/3V_{DD}$ 以后, V_o 才翻转成低电平,而当输入电压从最高值下降时,要降到小于 $1/3V_{DD}$ 以后, V_o 才翻转成高电平。所以输出电压与输入电压之间是一个回线形曲线。由于输入有两个不同的阈值电压,所以这种电路常被用于电子开关、各种控制电路、波形变换和整形等方面。

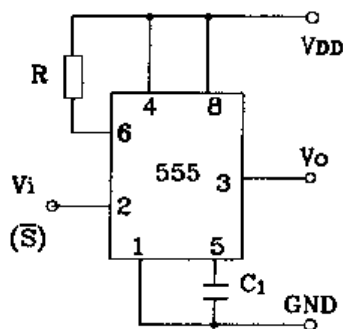
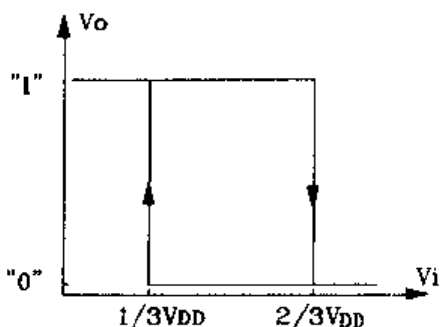


图 2-8 555 构成单端双稳态电路

图 2-9 施密特触发器 V_i - V_o 关系曲线

上面仅介绍了 555 时基电路的三类基本应用电路。通过对 555 使用的变通和扩展,我们可以将 555 应用到各种电子线路控制、检测、保护、节能及医疗保健等方面。由于篇幅有限,这里不再一一介绍。读者可参看有关 555 电路的书籍资料设计开发出各种应用电路。

2. 556 双时基电路

556 电路是将两个 555 单时基电路集成在同一硅片上的双时基电路。1974 年美国 Signetics 公司首先生产出了双极型的双时基电路 NE556。其后在 1978 年美国 Intersil 公司生产出了 CMOS 型的双时基电路 ICM7556。我国生产的同类产品型号有 CMOS 型的 5G7556, CH7556 等。

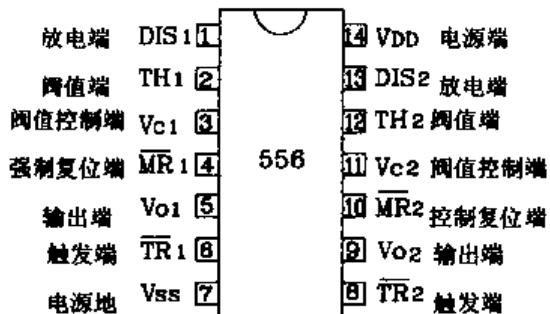


图 2-10 556 双时基电路外型引脚图

556 双时基电路外型为 14 脚双列直插塑料或陶瓷封装,其引脚排列见图 2-10。由于 556 电路为两个 555 电路共用 V_{DD} 、 V_{SS} 而构成,所以其内部原理框图、引脚功能、电气参数、

工作原理均与 555 完全相同，此处不在赘述。读者可参看单时基 555 电路。其应用同样可归纳为三大类：单稳、双稳和无稳态工作模式。具体应用电路和工作原理同 555 单时基电路，此略。

二、JEC-2 多功能触发器

JEC-2 多功能触发器又称之为射极耦合触发器。它虽然叫触发器,但实际上它是一个三级反相器的联级电路。最初设计此电路目的是为了把晶体管延时继电器集成化,故以 J(晶体管)、E(延时)、C(集成)来命名。此电路具有性能稳定、灵敏度高、体积小、调试简单、性价比高优点。随着对其功能的不断开发、探索,其应用范围越来越广泛,完全超出了原设计目的,至今已发展成了一种多功能、应用灵活的小型集成电路。

(1) 外形及引脚功能

JEC-2 外形为 14 脚扁平陶瓷封装结构,电路符号及引脚排列见图 2-11,引脚功能为:1、3、4、6、9、12、14 脚为空脚;2 脚为输出端;5 脚为电源正端(+12V);7 脚输入端;8 脚根据电路的具体情况可外接电阻、电位器或接地。如通过一电阻 R 接地,则可构成直接耦合双稳态电路,它能较好地消除干扰信号,但 R 一般不能大于 1.2k Ω ;10、11 脚测试端,主要用于测试,也可外接元件;13 脚电源地端。图 2-12 给出了 JEC-2 内部电路图。

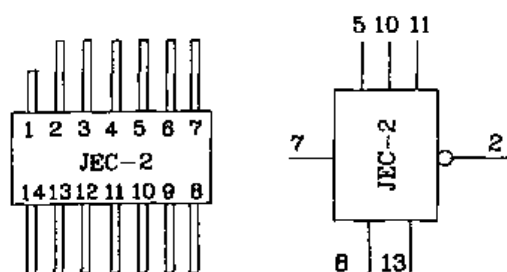


图 2-11 JEC-2 外形引脚图

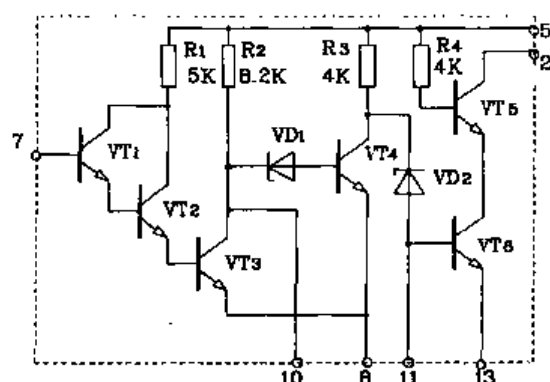


图 2-12 JEC-2 内部电路图

(2) 主要电气参数

JEC-2 多功能触发器分为 JEC-2、JEC-2A、JEC-2C 三种型号,具体参数见表 2-2。

表 2-2 电气参数

参数名称	符号	测试条件	型号规格			单位
			JEC-2	JEC-2A	JEC-2C	
空载功耗电流	I_{CC}	* $I_b = 0$ $I_H = 0$	5	9	10	mA
输出高电平	V_{OH}	$I_b = 0$, $I_H = 0$	11.5	11.5	14	V
导通电平 (输出低电平)	V_{OL}	$I_b = 10\mu A$, $R_L = 400\Omega$ * $V_b = 2.5V$	2	2	2	V

续表

参数名称	符号	测试条件	型号规格			单位
			JEC-2	JEC-2A	JEC-2C	
输出反向击穿电压	BV_{CER}	$I_R = 200\mu\text{A}$	35	15	15	V
负载能力	I_H	$V_O = 2.5\text{V}, I_b = 10\mu\text{A}$ $V_{\text{OL}} = 2\text{V}$	30	30	25	mA
触发电流	I_P	增加 V_b 使电路刚翻转时	10	10	10	μA
触发电平	V_G		2.5	2.5	2.5	V

注: I_b 为输入端电流, V_b 为输入端电压

(3) 原理及应用

前面提过, JEC-2 实际上是一个三极反相器联级电路。从图 2-12 中可看到, VT_1 、 VT_2 、 VT_3 接成复合管形式, 构成第一级反相器; VT_4 为第二级反相器; VT_5 和 VT_6 构成第三级反相器。级间由稳压二极管 VD_1 、 VD_2 耦合, 其稳压值在 8V 左右, 这样使 VT_4 和 VT_5 、 VT_6 能更可靠工作在截止区和饱和区。通过外接阻容元件, 很容易组成不同功能的电路。下面给出 JEC-2 构成的几种典型应用电路。

① 三级反相器电路

如图 2-13 将 JEC-2 的第 8、13 脚接地即可构成三级反相器电路。当输入端 7 脚加小于 2.1V 电压时, 第一级复合管不导通, 此时 VD_1 被击穿, VT_4 饱和导通, VT_5 、 VT_6 截止, 输出端 2 脚为高电平。但当 $V_i > 2.1\text{V}$ 时, $VT_1 \sim VT_3$ 导通, VT_4 截止, VD_2 击穿, 使 VT_5 、 VT_6 导通, 输出变为低电平。由于第一组反相器为复合管, 所以仅需很小电流 ($< 1\mu\text{A}$) 就能使输出端由高电平变成低电平。本电路由于采用稳压二极管耦合, 所以抗干扰能力强, 电路翻转“干脆”, 开关性能好。同时由于第三级反相器采用两只三极管串联, 从而使输出级能够承受较高的电压, 且输出电流大, 可直接驱动小型直流继电器等负载, 电路简单。

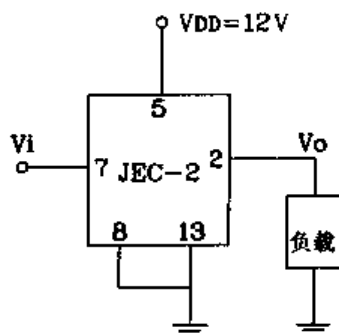


图 2-13 JEC-2 构成三级反相器电路

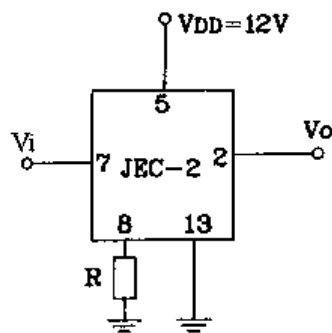


图 2-14 JEC-2 构成射极耦合触发器电路

② 射极耦合触发器电路

如果将 JEC-2 的第 8 脚通过一电阻接地, 如图 2-14, 就构成了一个射极耦合触发器。此时 VT_1 、 VT_2 组成射极跟随器, 对输入电流起放大作用; VT_3 、 VT_4 组成射极耦合触发器; VT_5 、 VT_6 为反相放大器。其工作波形见图 2-15。此电路有两个稳态: VT_3 截止、 VT_4 饱和为第一

稳态; VT_4 截止、 VT_3 饱和为第二稳态。如果输入为三角波, 则当输入电压从零上升时, 电路处于第一稳态。当输入电压上升至 V_1 时, VT_3 导通, VT_4 处于饱和状态。随输入继续升高, VT_4 首先脱离饱和而处于放大状态, 此时只要输入再升高一点, 将使 VT_4 的射极电流大幅度减小, 从而使 VT_3 的 e-b 结电压增大, 形成正反馈。当然输入电压不会无限上升, 当 VT_3 饱和、 VT_4 截止(VD_1 随同截止)时, 即达到了第二稳态, 正反馈结束。 VT_4 的集电极由低电平突然翻转为高电平, 电路保持第二稳态, 直至输入上升至三角波顶点。随后三角波下降至 V_1 时, 电路又发生反方向的反馈, 使 VT_3 截止, VT_4 迅速饱和, VT_4 集电极由高电平突然翻转为低电平, 电路又回到第一稳态。需要说明的是: 此电路与三极反相器没有本质区别, 只是由于有了 8 脚的电阻 R , 使 VT_3 、 VT_4 翻转时增加了正反馈而使翻转更加“干脆”, 开关特性更好而已。

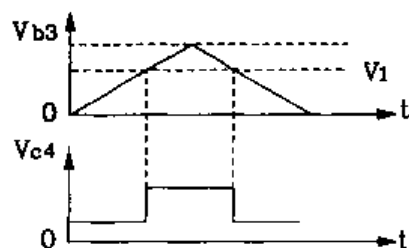


图 2-15 工作波形图

③单稳态触发器电路

如图 2-16 为 JEC-2 构成的单稳态触发器电路, 图 2-17 为波形图。当没有负脉冲触发信号 V_{sr} 输入时, V_{DD} 通过 R_A 使复合管导通, 此时 $V_1 = 2.1V$, VT_4 截止, VT_5 、 VT_6 导通, 输出端为低电平。此时内部 VT_4 集电极电压 $V_{C4} = V_{V_{D2}} + V_{V_{b6}} = 8 + 0.7 = 8.7V$ 。当触发信号出现时, V_1 突然下降, 复合管截止, VT_4 导通并饱和, 输出端也由低电平变成高电平。虽然触发负脉冲很窄, 但由于 VT_4 从截止变成饱和, V_{C4} 的电位下降至 $8.7 - 0.3 = 8.4V$ ($0.3V$ 为 VT_4 饱和压降), 这个变化通过 C_A 耦合至输入端, 使输入端也下降相同的电压值。即此时输入电压为 $2.1 - 8.4 = -6.3V$ 。这个负电压就保证了触发信号消失后, 复合管仍处于截止状态, 使输出继续维持高电平。随后由于电源通过 R_A 对 C_A 反向充电(充电电流经 VT_4 集电极输入地), 使 V_1 电位不断升高, 当升至 $2.1V$ 时, 复合管又导通, 电路又翻转, 单稳态延时结束。每输入一个负脉冲, 电路完成一次单稳延时过程。延时时间取决于 R_A 、 C_A 。

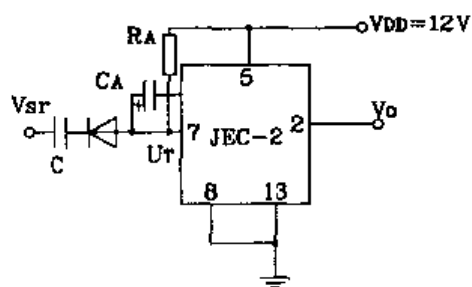


图 2-16 JEC-2 构成单稳态触发器电路

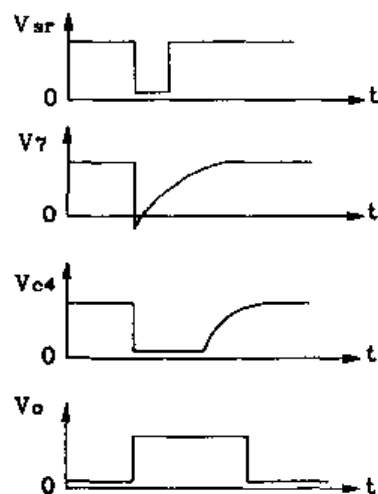


图 2-17 单稳态触发器工作波形

上面所述为 JEC-2 多功能触发器的三种常见典型电路。其具体应用电路在其它资料、书籍中均有介绍,这里就不一一例举了。掌握了基本工作原理,读者可自行设计出许多实用电路,例如:整形、电路翻转、恒温、光控、波形发生等等。

三、时间控制专用集成电路

1. ZN1034E 长延时控制集成电路

ZN1034E 是英国 Fenanti 公司生产的一种延时专用器件。使用中改变 RC 的值,可使延时时间从 1 秒到 19 天($RC < 220s$)。芯片内部包括一个电压调解器,一个振荡器及一个 12 级二进制计数器。总延时时间为振荡器周期的 4095 倍。ZN1034E 外形为 14 脚双列直插封装,引脚排列及功能见图 2-18。图 2-19 给出了其内部原理框图。

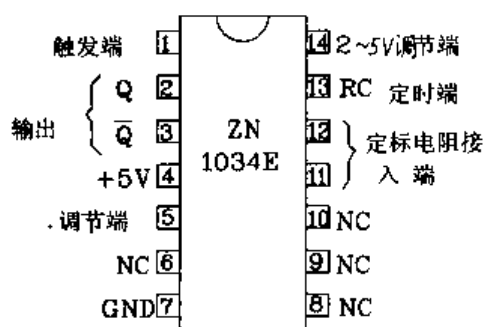


图 2-18 ZN1034E 外形引脚及功能图

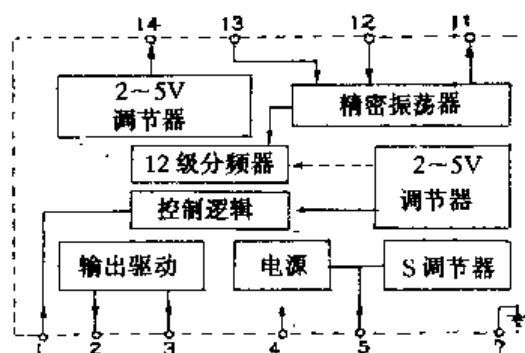


图 2-19 ZN1034E 内部原理框图

ZN1034E 定时 IC 采用 4 脚单独供电时为 +5V,若将 4、5 两脚连在一起再经电阻 R_D 降压时,电压可为直流 6~450V。若使用精密阻容元件,其重复定时周期精度可控制在 0.01%,温度漂移可控制在 0.01%/℃。图 2-20 给出了

EN1034E 典型应用电路。前面讲过,使用 +5V 供电时,仅使用 4 脚即可。若使用 6~450V 电压,则应将 4、5 两脚连接,由电阻 R_D 降压后使用。 R_D 取值由 $R_D = (V - 5)/I$ 求得。其中 I 为驱动负载所需要的电流。当定时结束时,输出端 2 脚由低电平变为高电平,3 脚由高电平变成低电平,输入延时时间 $T = K \cdot R_T \cdot C_T$,其中 K 为定标因子,它取决于 11、12 两脚所接电阻。短路时 $K = 2736$ 。定标电阻为 50kΩ、150kΩ 和 300kΩ 时, K 分别为 2500、4100 和 7500。图中 R_T 可从 5kΩ~5MΩ 之间选取。考虑方便操作及线性时取 250kΩ~1MΩ 为宜。 C_T 的优选值为 0.01μF 以上。小于 0.01μF 时,定时时间与 RC 时间常数不成线性变化。厂家建议 C_T 最小值不能小于 3900pF。若把定标端短接时对应的定时周期称为 T_A ,把定标电阻为 300kΩ 时对应的定时周期称为 T_B ,则表 2-3 给出了 T_A 、 T_B 与 R_T 、 C_T 的一组对应数据,供读者使用时参考。

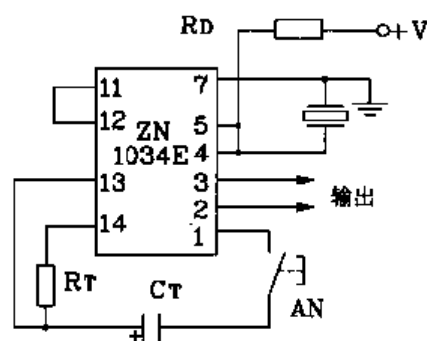


图 2-20 ZN1034E 典型应用电路

表 2-3 对应数据

R_T	$C_T(\mu F)$	T_A	T_B
39 k Ω	0.01	1s	2.92s
220 k Ω	0.1	1min	2.75min
100 k Ω	1.0	5min	12.5min
1.2 M Ω	10	9.1h	25h
2.2 M Ω	100	1 星期	19 天

2. RS644C 长时间定时集成电路

RS6445C 为 CMOS 型长时间定时专用集成电路。它具有电路可靠性高、定时时间长、精度高、外围元件少等优点。定时时间可由零点几秒到上百小时任意设定。同类产品有日本的 F6445C,二者可直接替换。

(1) 外型及引脚功能

RS644C 外型采用单列 8 脚直插式塑料封装,引脚排列见图 2-21,相应引脚功能:1 脚(F_{IN})为频率输入端;2 脚(ADJ)为电压调整端;3 脚(V_{DD})为电源正端;6 脚(V_{SS})电源地端;7 脚(TEST)为测试端。不用时可悬空;8 脚(OUT)输出端。图 2-22 给出了 RS6445C 内部原理框图。

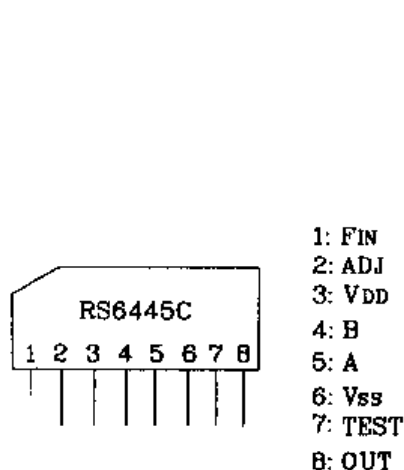


图 2-21 RS644C 外型引脚图

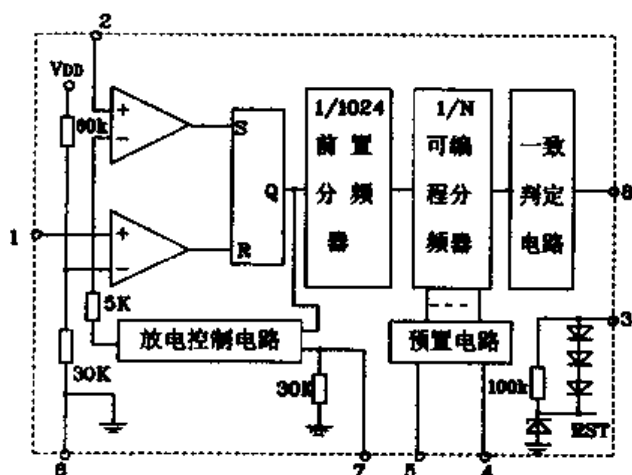


图 2-22 RS6445C 内部原理框图

(2) 主要电气参数

RS644C 长时间定时专用 IC 主要电气参数见表 2-4。

(3) 应用

图 2-23 为 RS6445C 典型应用电路。图中定时时间由定时阻容元件 R 、 C 及 4、5 脚预置电平 B 、 A 决定。理论上其定时时间 $T = 2/3 \cdot 1024 \cdot N \cdot R \cdot C$, N 值由 A 、 B 决定。具体数值见表 2-5。实际应用时定时时间 T 高于理论值,这一点使用时应予考虑。

表 2-4 电气参数

参数名称	符号	测试条件	参数值	单 位	
			最大	最小	
电源电压	V_{DD}	$I_{DD} = 7\text{mA}$	6	10	V
工作电流	I_{DD}		2.5	15	mA
输入高电平电压	V_{IH}		$2/3 V_{DD}$	V_{DD}	V
输入低电平电压	V_{IL}		V_{SS}	$V_{SS} - 0.8$	V
输出高电平电流	I_{OH}	$V_{OH} = 0.7\text{V}$	300	750	μA
输出低电平电流	I_{OL}	$V_{OH} = 50\text{mV}$	50		μA
电容可调范围	C	$I_{DD} = 5\text{mA}$	800pF	$0.25\mu\text{F}$	
阻抗可调范围	R	$I_{DD} = 5\text{mA}$	20 k Ω	3 M Ω	
功耗	P_D			200	mW

另外使用还应注意:

① 电路内设计有自动复位电路,每次加电时芯片内部各电路自动清零复位。所以每次使用时应先预置 A、B 输入端状态,然后再重新加电工作。

② 电路内部设有电压比较器,可与外接阻容元件组成振荡电路,产生时钟信号。此时应将测试端(TEST)接地或悬空。

③ 若使用外部时钟信号,则应将测试端接高电平。外部时钟信号由 F_{IN} 端输入。

图 2-24 为两块 RS6445C 构成的间歇定时器电路。此电路能控制设各间歇工作。图中 4、5 两脚接地,预置电平均为低电平 L,电位器 RP_1 和 RP_2 分别用来调解工作时间和停止时间,二者均可在 0.5~24 小时内连续调整。若需减短定时时间,可增大相应电位器阻值。如果按图中虚线一分为二,则可成为两个独立的定时器。

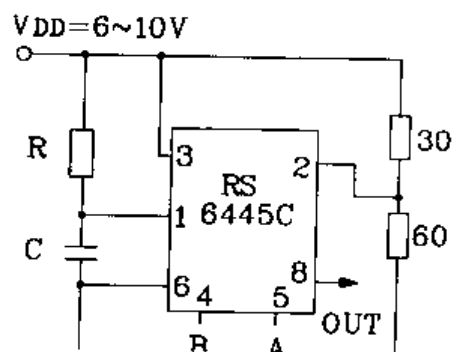


图 2-23 RS6445C 典型应用电路

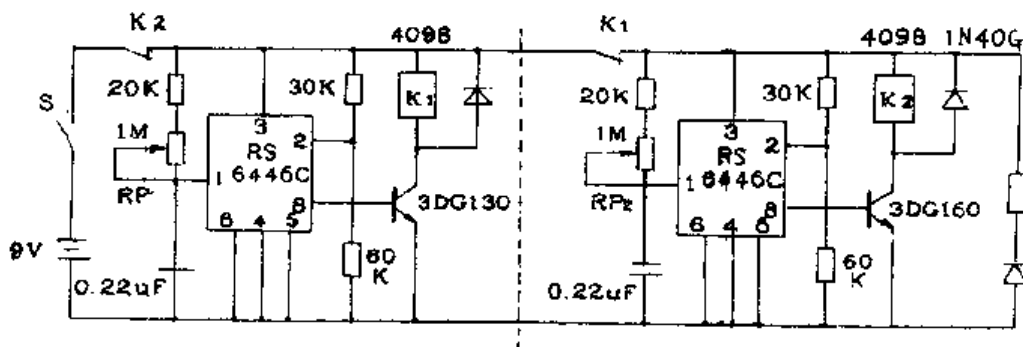


图 2-24 两块 RS6445C 构成间歇定时器电路

表 2-5

	A	B	N
预置电平	H	H	1
	H	L	10
	L	H	60
	L	L	360

3. YH2902A 多功能定时控制模块

YH2902A 系大范围定时控制专用电路。内部采用 COMS 数字电路, 模块式封装。具有静态功耗小, 电源电压范围宽, 工作稳定、性能可靠等优点。它有三挡定时功能, 定时时间可从几秒钟至几十小时连续可调。

(1) 外型及引脚功能

YH2902A 定时模块外形采用 9 脚单列标准间距外引线模块式封装。其外型尺寸及引脚排列见图 2-25。表 2-6 给出了相应引脚功能。

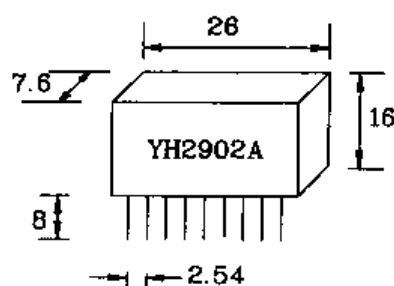


图 2-25 YH2902A 外型引脚及尺寸图

表 2-6 引脚功能

引脚号	符 号	功 能
1	OSC	时基信号输入端
2	V _{DD}	正电源输入端
3	6t	定时时间显示输入端
4	3t	
5	1t	
6	ON/OFF	开/关控制端
7	T	定时选择控制端
8	OUT	控制信号输出端
9	GND	负电源输入端

(2) 主要特性及电气参数

YH2902A 采用单电源供电方式, 电源电压范围为 3~6V。自身静态功耗典型值为 10 μ A。工作时基信号频率可由外接 R_X 、 C_X 决定, R_X 一般取 100k Ω ~1M Ω , C_X 一般取 1 000pF~47 μ F。三挡定时时间比为 6t:3t:1t, 其中 $1t = 3000 \cdot R_X \cdot C_X$ 。

(3) 原理及应用

YH2902A 第一脚为时基信号输入端, 通过改变其外接 R_X 、 C_X 可方便地选择振荡频率。一般 $f_{osc} = 1 / [(0.7 \sim 1) \cdot R_X \cdot C_X]$ 。其第 3、4、5 脚分别为三挡定时时间显示输出端, 改变 T 值, 可相应改变三挡的定时时间。当按下 6 脚外接 AN_1 开关后, 电路即得电工作, 输出端 8 脚有控制信号输出。此时可根据需要选择定时控制功能。再次按下 AN_1 , 则电路电源被切断。通过 7 脚 AN_2 , 我们可以选择: 不定时、定时 1t、定时 3t、定时 6t 四挡工作状态。在达到设定时间后, 电路可自行切断电源, 输出端复位为静态状态。图 2-26 为 YN2902A 构成的多功能延时

照明灯控制电路。其中 $R_X = 120k\Omega$, $C_X = 1\mu F$, 由 $t = 1 / [(0.7 \sim 1) \cdot R_X \cdot C_X]$, 则本电路可实现延时 5 分钟、15 分钟、30 分钟或不定时四种工作过程。

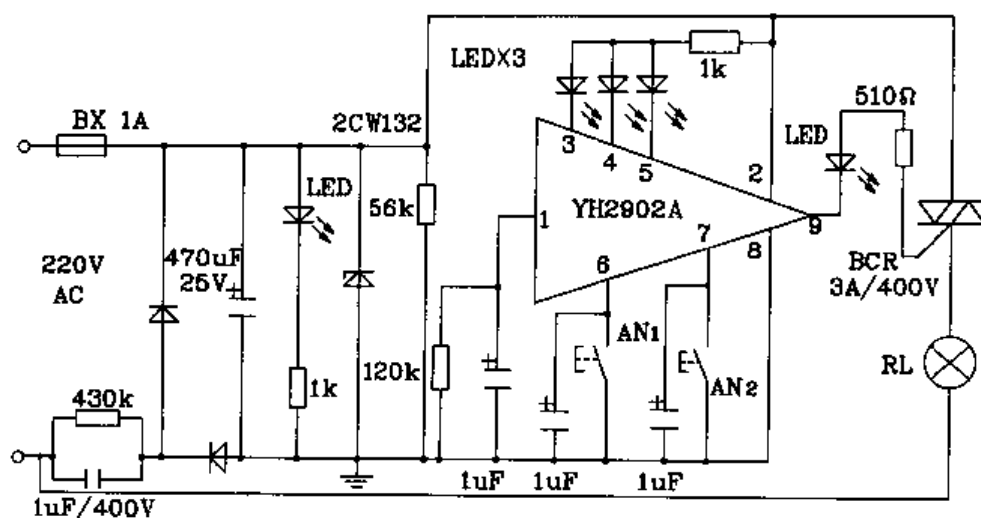


图 2-26 YN2902A 构成多功能延时照明灯控制电路

4. MC14541 专用定时集成电路

MC14541 是一种可编程的定时专用 IC。它采用 COMS 工艺制作, 电路功能齐全, 外围元件少, 工作可靠。由它构成的定时器电路具有定时时间可由秒到年、定时精度高等特点。与之功能相同的其它 IC 型号有: CD4541、HCF4541 和 TC4541 等。

MC14541 外形为 14 脚双列直插塑料封装形式。其引脚排列见图 2-27。表 2-7 给出了相应各脚的功能说明。MC14541 内部包括 2×8 级二进制计数器、振荡器和自动手动复位电路, 另外还设计有计数器级数设定电路以保证实现长时间定时, 同时电路还具有输出状态逻辑控制电路(即“0”、“1”任选)。MC14541 最短定时时间为秒级, 而最长定时时间可达月或年级。其定时精度由外接时基元件 R_{tc} 、 C_{tc} 和 R_s 决定。若采用晶体振荡器作为外接时基元件, 则定时精度可达 24 小时 ± 1 秒。图 2-28 为 MC14541 构成的典型单通断定时电路。此电路定时时间为 3 小时, 读者通过选择 R_{tc} 、 C_{tc} 、 R_s 来选择所需控制电源通断的时间。

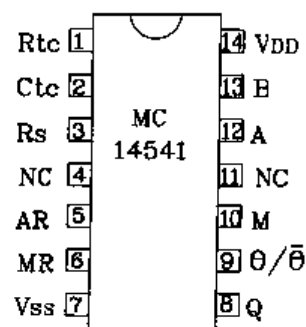


图 2-27 MC14541 外形引脚图

表 2-7 引脚功能

引脚号	符号	引脚功能
1	R_{tc}	外接阻容元件 R_{tc} 、 C_{tc} 、 R_s 来完成内部电路的振荡, 以建立时钟信号。振荡频率 $f = 1 / (2.3 \cdot R_{tc} \cdot C_{tc})$, 一般要求 f 在 $1 \sim 100kHz$, 且应满足: $R_s \geq 10k$, $R_s \geq 2R_{tc}$ 。同时还可外置时钟信号, 此时 R_{tc} 、 C_{tc} 、 R_s 不接, 仅需将外接时钟信号接入 3 脚即可
2	C_{tc}	
3	R_s	
4	NC	空脚
5	AR	自动复位端。接零电位时, 电路通电, 计数器清零, 自动复位完成

引脚号	符号	引 脚 功 能
6	MR	手动复位端。若工作中电路要求复位,则需在此端加一正脉冲即可实现复位
7	V _{SS}	电源零电位端
8	Q	定时输出端。输出信号允许高电平或低电平任选,由 9 脚预置
9	0/ $\bar{0}$	输出状态选择端。能为 8 脚提供预置“高”、“低”电平信号输出
10	M	定时方式选择端。可选择单定时和循环定时
11	NC	空 脚
12	A	定时时间常数 K 选择端。当 A=1、B=1 时, $K=2^{16-1}=32768$; 当 A=1、B=0 时, $K=2^{8-1}=128$, 电路输出总定时(即延时)时间 $t_d = K \cdot 2.3R_{tc} \cdot C_{tc}$, 此公式为设计电路的依据以确定 R_{tc} 、 C_{tc} 、 R_s 的值
13	B	
14	V _{DD}	电源高(正)电位端。范围为:8.5~18V, 典型值为 10~12V

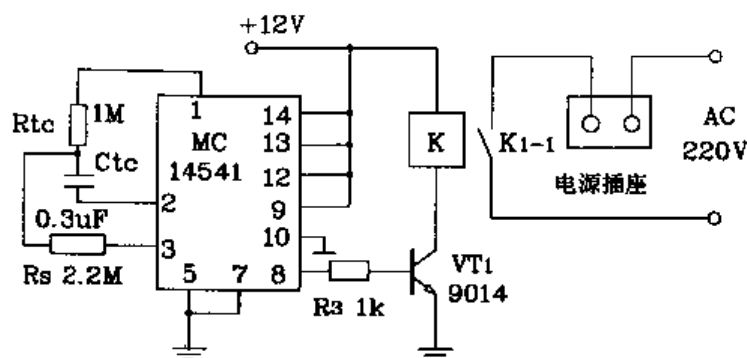


图 2-28 MC14541 构成单通断定时控制应用电路

5. SGZ35 时间控制集成电路

SGZ35 为专门用于航天电气设计成型的一种单片集成电路。它主要用于时间控制,具有输入阻抗高、负载能力强、电源电压范围宽、具有两个电压供给输入端、应用简便等特点。SGZ35 外形采用 8 脚双列直插塑料封装形成,引脚排列见图 2-29。图 2-30 为其内部原理框图

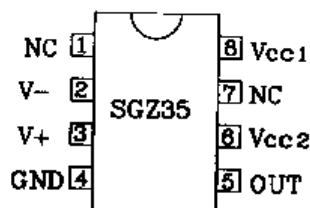


图 2-29 SGZ35 外形引脚图

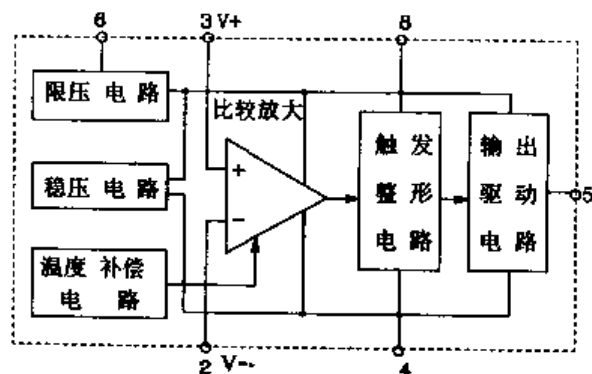


图 2-30 SGZ35 内部原理框图

图。引脚功能为1、7脚为空脚NC;2、3脚为内部比较放大器负、正输入端;4脚电源公共地端;5脚输出端;6、8脚为两个电源正电压输入端。

由图 2-30 可知 SGZ35 内部主要由限压、稳压单元,高阻抗差分比较单元,触发整形单元,输出驱动单元及温度补偿单元组成。它的电源工作电压 1 端(V_{CC1})为 7.5~9V,工作电压 2 端(V_{CC2})为 12~30V,5 脚最大输出灌电流为 120mA,因此可直接驱动继电器、发光二极管、可控硅及其它小型负载。

SGZ35 应用十分广泛,它除了用于定时、延时控制之外,还可以作为电压比较器实施控制。图 2-31 和图 2-32 给出了两种定时、延时控制电路。设置 R、C 值可使定时或延时时间由数微秒至数小时之间改变。图 2-31 中电源采用阻容降压方式获得直流电压,SGZ35 的 5 脚内晶体管的导通与截止控制着可控硅 SCR,按一下 AN,电路进入定时状态,到时间后 5 脚输出一高电平,触发 SCR 导通,负载 R_L 上得电。图 2-32 为 SGZ35 构成的延时电路。电路中执行器件为继电器。可接各种负载。工作原理同定时触发可控硅电路。SGZ35 用于电压比较应用电路见图 2-33。图中 SGZ35 构成一蓄电池降压报警电路。图中 R_1 、 R_2 通过 SGZ35 的 V_{CC1} 设置参考电压, R_3 、 R_4 对蓄电池电压(+24V 或 +12V)进行分压检测,调解 R_4 可预置蓄电池降压报警阈电压,使 LED 频闪及蜂鸣器报警。LED 的选用应根据具体情况更改 R_4 值,使之与供电电压匹配。

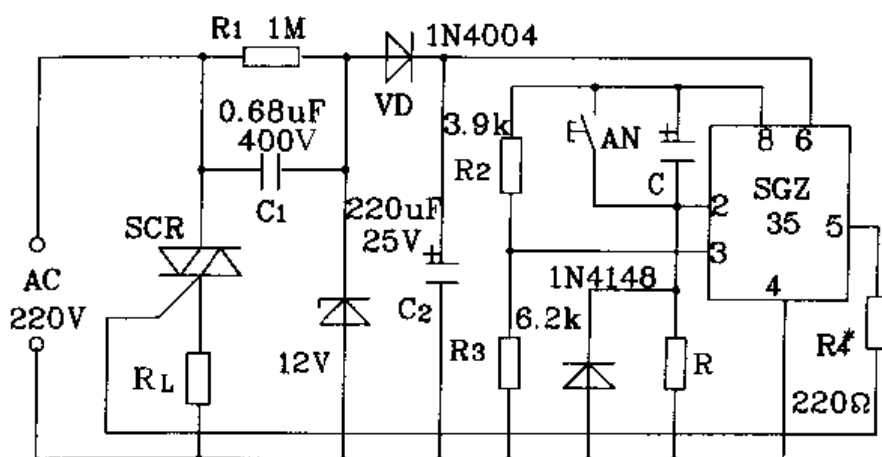


图 2-31 SGZ35 构成定时触发 SCP 电路

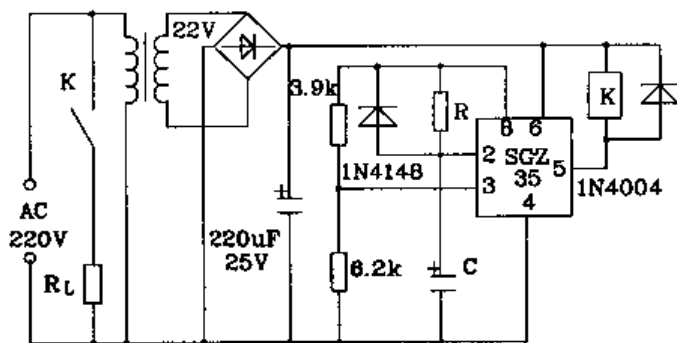


图 2-32 SGZ35 构成延时电路

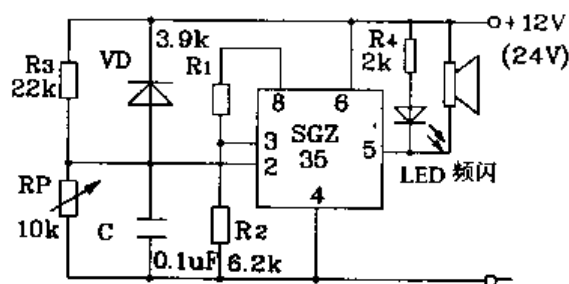


图 2-33 SGZ35 构成蓄电池电压报警电路

四、充电控制专用集成电路

1. U2403B 恒流充电计时器

双极型单片集成电路 U2403B 是一种时间控制型恒流充电专用集成电路。它本身具有高温保护功能及饱和监视功能,内部具有自由运转的振荡器,充电计时时间由 1~19 小时任意设定,并可对充电周期进行快速测试。同时它还具有充电模式指示,涓流充电电流设定、大电流充电等功能。特别适用于开发低价位、高性能的充电器。

(1) 外形及引脚功能

U2403B 外形为 8 脚双列直插塑料封装和 8 脚 SO 表面贴装形式,其引脚排列见图 2-34。图 2-35 给出了其内部原理框图。引脚功能说明如下:1 脚为分流三极管集电极;2 脚为分流三极管发射极;3 脚内部运放负输入端;4 脚振荡器输入端;5 脚为测试模式选择端;6 脚电源正端;7 脚公共端;8 脚充电模式指示输出端。

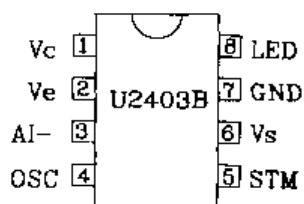


图 2-34 U2403B 外形引脚图

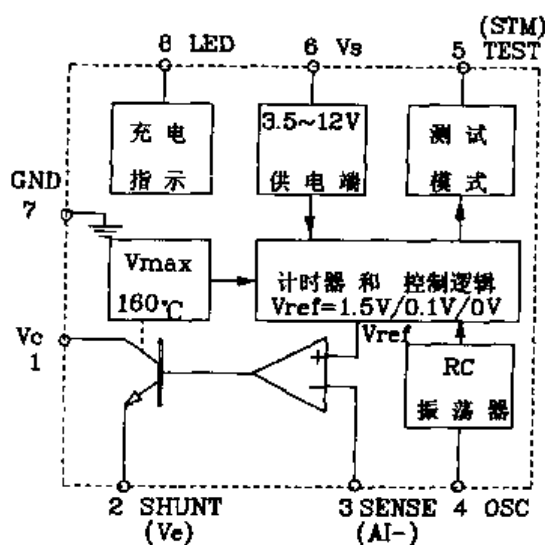


图 2-35 U2403B 内部原理框图

(2) 电气参数及特性

U2403B 工作电压范围为 3.5~12V, 高温保护动作温度 160℃, 充电计时时间 1~19 小时。表 2-8 给出了充电时间与快速测试时间对照表。其中快速测试充电时间 $t_{ch} = 1/f_{osc} \cdot 2^n$ (秒), n 为分频数, f_{osc} 为振荡器频率。例如: 当 $f_{osc} = 1\text{kHz}$ 时, 若 5 脚开路 (OPEN), 则充电时间为 18 小时 38 分钟, 若 5 脚接地 (GND) 时, 测试时间为 2 分钟 11 秒。

表 2-8 对照表

TESTMODE	OPEN	GND	V _{DD}
f _{osc}	n=26	n=17	n=8
1kHz	18 小时 38 分	2 分 11 秒	256 毫秒
10kHz	1 小时 51 分	13 秒	25 毫秒
100kHz	11 分 11 秒	1.3 秒	2.5 毫秒

(3) 应用

U2403B 充电计时电路应用广泛, 外围元件少, 其所构成的各种充电电路性价比较高。通过选择 2、3、4 脚连接的外部元件可改变单位时间的充电电流值。对于大电流充电, 只须一只三极管与电池串联即可, 具体电路见图 2-36。为保护 IC 在高消耗功率状态 ($>160^{\circ}\text{C}$) 免于损坏, 此时控制逻辑中参考电压 $V_{\text{ref}}=0$, 振荡器停止工作, 充电停止。温度保护电路见图 2-37。图 2-36 和图 2-37 中 IC 其它引脚连接电路同图 2-38 典型应用电路。另外当 U2403B 的 1 脚集电极电压达到饱和时, IC 同样关闭。而当高温衰减 ($<160^{\circ}\text{C}$) 时, 充电计时功能又恢复工作。

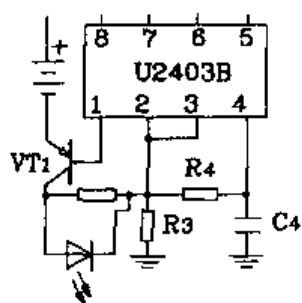


图 2-36 U2403B 构成大电流充电电路

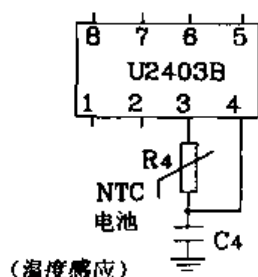


图 2-37 U2403B 构成温度保护电路

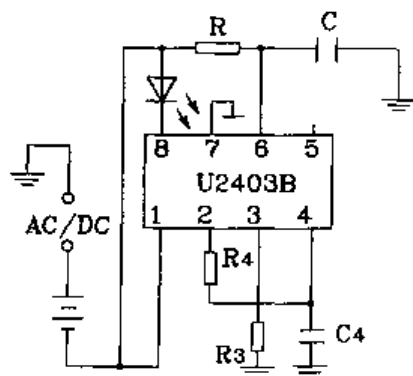


图 2-38 U2403B 典型应用电路

2. U2402B 智能型电池快充控制芯片

U2402B 是一种镍镉/镍氢电池快速充电控制 IC。它采用智能电池电压二阶导数 (d^2V/dt^2) 监测充电状态和相控调整充电电流技术, 具有充满自动停止、温度保护等防护措施, 并由两只 LED 分别显示充电和温度状态。它可广泛应用于手提电动工具、笔记本电脑及手提电话等电池充电方面。

(1) 外形及引脚功能

U2402B 充电 IC 外形为 18 脚双列直插塑封形式, 引脚排列见图 12-39。图 12-40 为其内部原理框图。相应引脚功能见表 2-9。

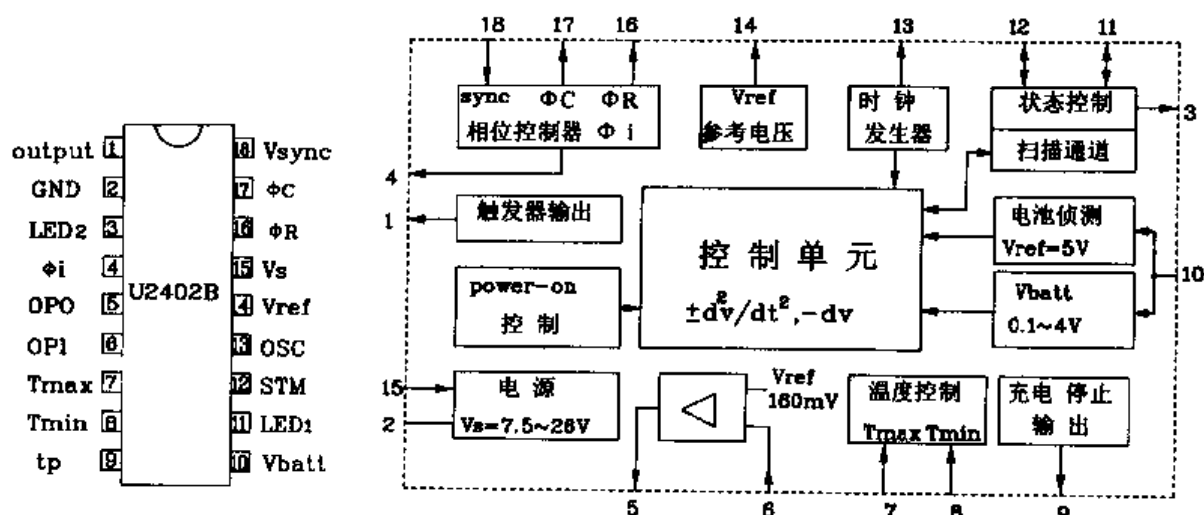


图 2-39 U2402B 外形引脚图

图 2-40 U2402B 内部原理框图

表 2-9 引脚功能

引脚号	符号	功能说明	引脚号	符号	功能说明
1	output	内部触发器输出端	10	VBatt	电池电压端
2	GND	公共地端	11	LED ₁	“准备”状态显示端
3	LED ₂	温度显示输出端	12	STM	测试模式开关端(状态控制)
4	φ _i	相位角控制输入端	13	OSC	时钟发生器
5	OPO	内运算放大器输出端	14	Vref	内部参考电压
6	OPI	内运算放大器输入端	15	V _s	供电电压端
7	T _{max}	最高温度调整输入端	16	φ _R	斜坡充电电流调整电阻
8	T _{min}	外接 NTC 传感器端	17	φ _C	斜坡电压-电容
9	tp	充电停止输出端	18	Vsync	立体同步输入端

(2) 电气参数

U2402B 电源电压范围 7.5~26V, 内部运算基准电压 160mV, 电池侦测基准电压 5V, 电池电压输入端输入范围 0~4V, 通过外接 R、C 使内部时钟发生器振荡频率为 800Hz。

(3) 原理及应用

图 2-41 给出了快速充电引起电池电压凹凸变化曲线。当完全充电时, 它提供三种确定标准: $\pm d^2v/dt^2$ 和 $-dv$ 。对比目前的充电理论, 当电池电压出现负增长 ($-dv$) 即可认为充满。U2402B 虽也采取此方法, 但它还具有检测充电曲线的凹凸变化(与电池电压对时间的二阶导数有关)的功能。以出现 $\pm d^2v/dt^2$ 作为判断充满的依据是 U2402B 与其它充电 IC 的不同之处。在快速充电过程中此判断是最有效防止过充电的方法, 尤其是对镍氢电池, 可防止温度上升、压力增大造成爆炸的危险。它采用恒流充电, 通过 IC 内部控制放大器相位控制电路和分流控制电路获得。

充电过程如下: 当电池插入后, 充电开始, 前 10 分钟快充, 充电电流为 I_0 。若电池插反或电池电压在充电过程中增量小于 0.1V, 则充电停止, 表示插入错误或电池失效。若电池电压

器输出停止充电信号而中断充电过程。对于相控电流,充电电流通过 R_s 产生的压降与 IC 内部运放参考电位(160mV)比较,若 R_s 压降小于 160mV,则 4 脚输出电压 ϕ_1 减小, ϕ_1 与相控器之参考电压 V_{ramp} 比较。若 $V_{ramp} > \phi_1$,则脚 1 触发器有输出。由于 ϕ_1 减小,则触发器输出时间增大,充电电流增加,直至 R_s 上压降升至 160mV。图中 $R_s = 0.16V/I_o$ 。

3. ATC105 智能型镍镉电池充电控制集成电路

ATC105 智能型镍镉电池充电专用芯片采用国际上推荐的负电压斜率检测充电法对电池进行快速充电。它有如下特点:

①高电压分解力(ΔV)以保证电池峰值负压变化的检测。

②当出现温度、短路或开路等异常现象时可自动切断充电电路,以确保安全。

③快速充电模式和涓流充电模式自动转换。

④充电过程中,可对电池放电。

⑤内部设有 180 分钟自动快速充电模式转涓流充电模式。

⑥放电、充电、充满均有 LED 显示。

⑦电池电压不足或电池异常时,由蜂鸣器报警。

⑧快速充电起始 5 分钟内不予以判定 $-\Delta V$ 。

(1) 外形及引脚功能

ACT105 外形为 24 脚双列直插塑料封装,其引脚排列见图 2-43。相应引脚功能见表 2-10。

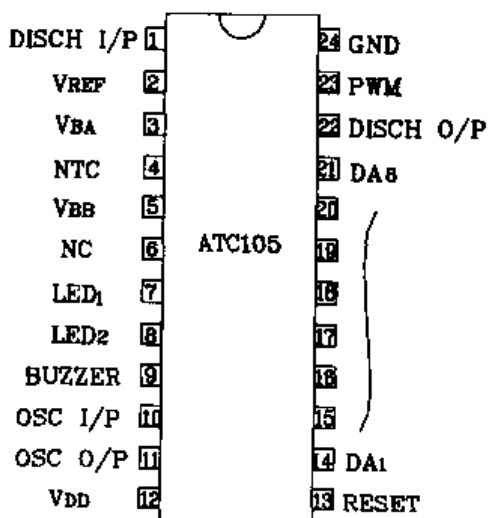


图 2-43 ACT105 外形引脚图

表 2-10 引脚功能

引脚号	功能说明	引脚号	功能说明
1	为放电检测产生 100 μ A 100ms 的负脉冲	9	蜂鸣器输出端
2	A/D 参考电压输入端	10, 11	晶体振荡器输入端
3	电池电压输入端 A	12	电源电压正端 +5V
4	温度检测电压输入端	13	开机时电源供给复位端
5	电池电压输入端 B, 决定快充或涓流充电	14~21	数据转换信号
6	空脚 (一般接地)	22	电池放电控制端
7	操作状态显示 LED ₁	23	电池充电控制端
8	操作状态显示 LED ₂	24	接地端

(2) 原理及应用

ACT105 采用高分辨率的 $-\Delta V$ 无电流检测法,此法是目前公认的对镍镉电池充电的最佳

方法。当电池充满瞬间,将有 $-\Delta V$ 出现,由电路检测电池两端电压,经智能芯片中 A/D 变换后,将模拟信号变成数字信号。此信号与存储器内数据比较(存储器内数值只能被更高数值代替)当电池充足后,取样电压开始下降,当取样电压比最大存储值有一个 -20mV 压差时,芯片内部控制器即将快充转变为涓流充电。为检测取样信号,ATC105 的 2、14~21 脚各接一数模电阻网络 D/A 转换器。当 $V_{DD}=+5\text{V}$ 时,8 位网络的分解力为 20mV 。电路处于快充状态时,ATC105 的第 23 脚输出高于 V_{DD} 的高电平,此电平使 VT_2 导通,由 $+V_{CC}$ 对电池快充。当 ATC105 的第 5 脚检测出有 $-\Delta V$ 出现后,23 脚输出由高电平变成周期性输出高电平,时间为 $1/4$ 周期,频率 1kHz ,即以脉冲电流对电池涓流充电。如果在快充式涓流充电期间有必要对电池放电。可按下 ATC105 第 1 脚所接按键。给 1 脚输入一个 100ms 、 $100\mu\text{A}$ 的负脉冲,此时第 22 脚放电控制端将输出等于 V_{DD} 的高电平,使 VT_1 导通,对电池放电,直至 3 脚检测到 2.05V 以上电压时放电才停止。对于温度保护功能,当 4 脚输入检测电压 $\geq 1/2V_{DD}$ 时,电路将停止充电。一般 NTC 应用负温度系数热敏电阻,保护温度设为 $40\sim 65^\circ\text{C}$ 为宜, R_T 与 NTC 比值由 NTC 阻值和系数决定。图 2-44 给出了 ATC105 构成的智能充电典型电路图。图中电

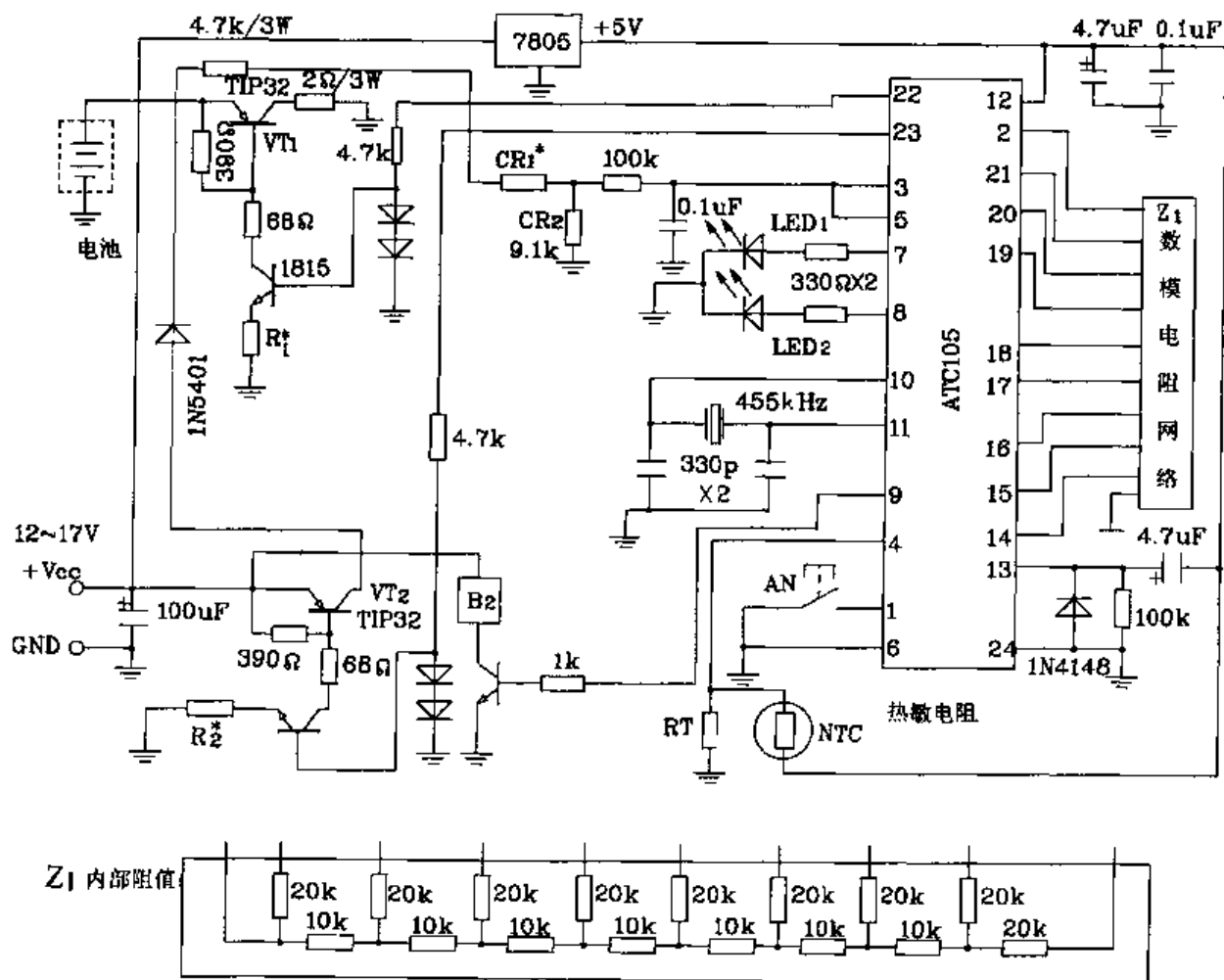


图 2-44 ATC105 构成的智能充电典型电路

池数量从2个1.2V到任意多。但因各种电池特性不同,串联充电时建议最好同种类电池串联。本电路最佳数量为2~6个电池。电池检测输入取样电阻 $CR_1 = 4.3 \cdot (N - 2) \text{ k}\Omega$ (N 为电池个

数),如果仅有2个电池,则 $CR_1=0$,也即此电路最少要使用2个电池串联充电。图中报警及LED指示状态具体见表2-11,当没装电池或电池短路、开路时,电路将发出报警声,此时正在充电的电池必须拿出或复位系统。为使本电路安全工作,提供 $+V_{cc}$ 的电源变压器应有静电屏蔽层和足够的功率, $+V_{cc}$ 取12~17V,电流取3A为佳。其它元件 R_1 为放电电流控制电阻, R_2 为充电电流控制电阻,具体阻值依充电电池的容量而定。 CR_1 、 CR_2 应选用高精度电阻。

表 2-11 LED 指示状态

状 态	7 脚	8 脚	备 注
快速充电	高	低	LED ₁ 亮
放电	高	高	LED ₁ , LED ₂ 均亮
充满电	低	高	LED ₂ 亮
蜂鸣器	高/低闪烁		当3脚电压降至1.25V以下或超过4.062V以上时,则出现报警声

4. BQ2002 电池快速充电控制集成电路

BQ2002 是美国 Benchmarge 公司生产的新型镍镉/镍氢电池专用快速充电集成电路。它采用先进的 CMOS 工艺制作。具有 $-\Delta V$ 检测、充电状态指示、快充补足充电及涓流充电等功能。其外形为8脚双列直插塑料封装,引脚排列见图2-45。相应引脚功能见表2-12。图2-46为BQ2002构成的电池快速充电电路。电路中由变压器、二极管和稳压IC7805提供 $+5V$ 电源电压,电池电压经电阻 R_5 、 R_6 分压后送入芯片的BAT端,为其提供取样电压。为保证电池电压在有效充电电压范围内,分压比应取 $R_5/R_6=N+1$,其中 N 为电池个数。 R_5 应接在电池正极, R_6 接于电池负极。为避免BQ2002损坏,电阻分压网络输入到BAT端的电阻不应小于 $200k\Omega$ 。当TM端接地时,相应快充充电速率为 $1C$,快充补足时间为 $80min$, $-\Delta V$ 检测封锁时间为 $300sec$,脉冲涓流充电速率为 $C/64$ 。

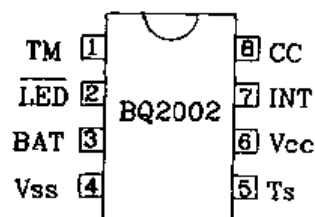


图 2-45 BQ2002 外形引脚图

本电路中未加温度取样,所以 T_s 端接于高电位。而封锁端INH接地,使INH失去作用。当在快充过程时,LED端呈低阻抗,LED管发光,其它状态LED均不发光。当CC端输出高电平时, VT_1 、 VT_2 均导通,电池充电;CC端输出低电平时, VT_1 、 VT_2 截止,充电停止。当电池取样电压低于 $2V$ 时,快充开始,直至电池电压出现 $-\Delta V$,达到最长充电时间时,快充结束。有时由于电池在快充结束后还没有真正充足电,此时电路开始补充充电,CC端输出脉冲信号,此信号脉冲周期为 $4576\mu s$,脉冲宽度为 $286\mu s$,所以其平均充电速率为快充时的 $1/18$ 。当达到补充充电时间后,补充充电结束,电路进入涓流充电过程。涓流充电的作用是补充电池因自放电而损失的电量,一般涓流充电速率为 $C/64$ 。

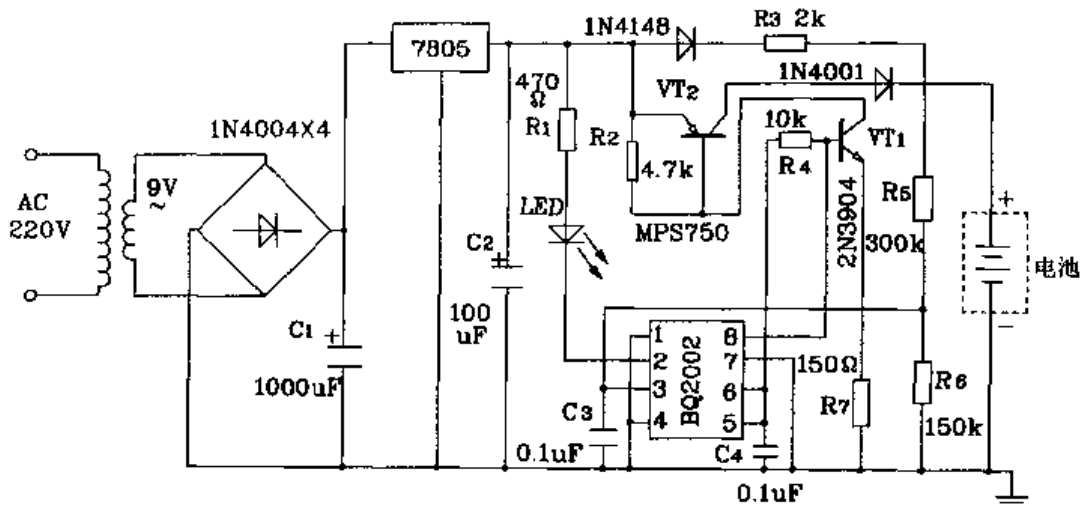


图 2-46 BQ2002 构成电池快速充电电路

表 2-12 引脚功能

引脚号	符号	功 能
1	TM	定时状态输入端。此端为三电平输入,可选择快充时间、有补足充电过程、 $-\Delta V$ 封锁时间、脉冲涓流充电速率和周期,具体见表 2-13
2	LED	充电状态指示端。在快充过程中输出低阻抗,其它状态均为高阻抗
3	BAT	电池电压取样输入端。电池电压经电阻分压后输入到此端
4	Vss	接地端
5	Ts	温度取样输入端。此端输入电压由电池外接热敏电阻决定
6	Vcc	电源输入正端。范围为 $5V \pm 20\%$
7	INH	充电封锁输入端。此端为高电平时,快充过程被停止;低电平时,快充又开始
8	CC	充电控制输出端。此端为开漏输出,用来控制电池的充电电流;高阻抗时,充电电流减少到封锁充电电流。同时此端还能够调整补充充电和脉冲涓流充电电流

表 2-13 定时状态

快速充电率	TM 脚	充电定时 (min)	$-\Delta V$ 隔离时间 (s)	结束	涓流充电率	涓流充电周期 (ms)
		标 准	标 准			
C/2	中	160	600	Y	C/64	9.14
1C	低	80	300	Y	C/64	18.3
2C	高	40	150	N	C/32	18.3

5.SI633A 镍镉电池充电控制集成电路

SI633A 是一种新型智能镍镉电池充电专用集成电路。此电路根据镍镉电池的特性,采用最新充电技术,具有自动检测电池电压功能。其内部设计成专门对 3 节 1.2V 镍镉电池串联充电结构,因此专用性极强。此电路外形为 3 脚 TO-220 塑封,引脚排列见图 2-47。其引脚功

能为:1脚电源电压正端,2脚电池电压取样检测端,3脚电源地端。其工作原理为初始时电路以100mA电流对镍镉电池充电,并同时自动检测。当S1633A检测到被充电电池电压达到3.6V时,芯片自动控制对电池进行涓流充电,同时充电电流降至17mA。这样可有效保护镍镉电池不致损坏,且保证电池充足电。图2-48给出了S1633A的典型应用电路。此电路十分简单,适于业余制作。

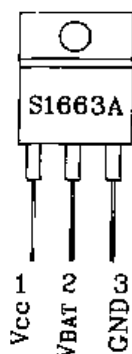


图 2-47 S1633A 外形引脚图

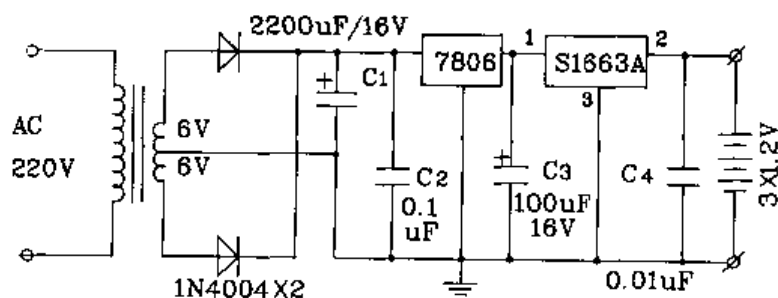


图 2-48 S1633A 典型应用电路

6. TB1004 充电控制集成电路

TB1004是日本东芝公司生产的一种多功能、低功耗充电控制集成电路。它采用CMOS工艺制作,内含时钟振荡电路、22级计数定时电路、电池电压监测比较器以及开机自动复位电路。用TB1004制作的充电器具有自动定时充电、充电检测及自动关机等功能。

(1) 外形及引脚功能

TB1004外形采用小型10脚双列封装形式,引脚排列见图2-49,相应引脚功能为:1、2、3脚外接R、C选择不同的振荡频率和定时时间;4脚电池电压检测输入端;5脚电源地端;6脚控制端,外加低电平可使内部振荡器停振,同时计数定时器复位为零且停止工作;7脚电池电压检测比较器基准电平输入端;8、9脚为两个反相输出端;10脚电源电压端。图2-50给出了TB1004内部原理框图。

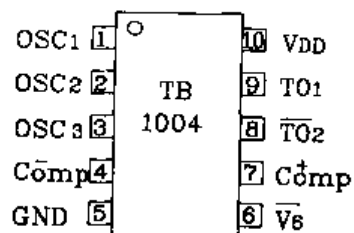


图 2-49 TB1004 外形引脚图

(2) 原理及应用

开机启动时,由开机复位电路和 FF_1 、 FF_2 、 FF_3 组成的自动复位电路对计数定时电路复位,并对触发器 FF_4 、 FF_5 置零。此时电路立即进入正常工作状态。当4脚所加电池电压低于基准电压时,比较器输出低电平,触发器 FF_4 的 Q_4 为低电平,通过或门10使触发器 FF_5 的 Q_5 为低电平, $\bar{Q}_5$ 为高电平, VT_5 截止。 VT_6 导通,控制外电路对电池充电。当电池电压达一定值时,4脚电压超过7脚基准电压,比较器输出高电平, Q_4 变为高电平,从而使 Q_5 变为高电平, $\bar{Q}_5$ 为低电平, VT_5 导通, VT_6 截止,控制外电路停止充电。当计数定时结束时, Q_{22} 输出高电平。同样会使 Q_5 为高电平, $\bar{Q}_5$ 为低电平,控制外电路停止充电。TB1004的8、9两输出端最大吸收电流为5mA。改变2、3脚上所接R、C可改变电路振荡频率和定时时间。

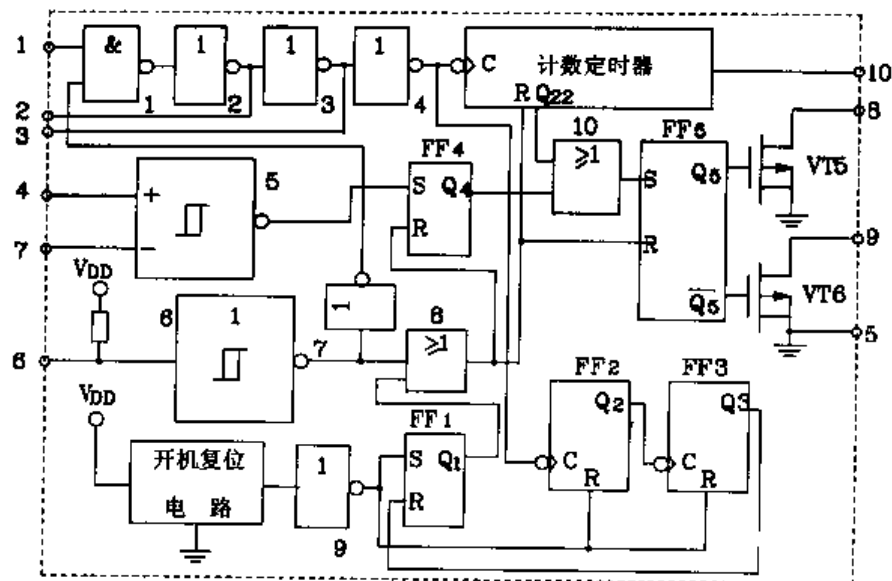


图 2-50 TB1004 内部原理框图

图 2-51 给出了由 TB1004 构成的镍镉电池充电电路。TB1004 的 8 脚输出端由 VT_1 、 VT_2 组成的镜像恒流源的通断控制。9 脚接 LED 用于指示充电状态, 当充电结束时, LED 点亮。 R_6 的作用是在电源关闭之后, 防止充电电池不及时取下而有电流流入 TB1004。表 2-14 给出了几种不同定时时间对应 2、3 脚所接的 C_4 、 R_7 值。图中 R_8 、 R_9 的分压比用以设定基准电压。本图中设定值为 1.488V, 适用于 1.2V/180mA·h 容量的镍镉电池充电。改变 R_8 、 R_9 比值, 可改变基准电压和充电电池个数。另外, 充电所用镜像恒流源电流的大小取决于电路中 $R_1 \sim R_3$ 和 $VT_1 \sim VT_3$ 。计算公式为: $I = [(5V - V_{EB1} - V_{CE3}) \cdot R_1] / [(R_1 + R_3) \cdot R_2]$, 其中 V_{EB1} 为 VT_1 的 b-e 结饱和压降, 一般取 0.7~1.1V; V_{CE3} 为 VT_3 的 c-e 结的饱和压降, 一般取 0.3~1V。若用 C 表示电池的额定容量, 则充电电流 I 取值如下:

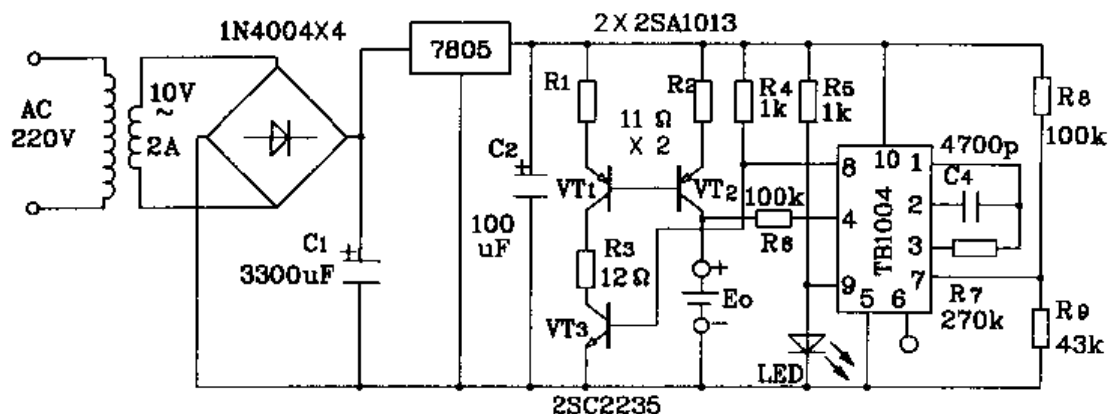


图 12-51 TB1004 构成的镍镉电池充电电路

- ①快充充电电池取 $I = C$ (mA)
- ②普通镍镉电池取 $I = (1/10 \sim 1/5) \cdot C$ (mA)。

表 2-14 不同定时时间对应 C_4 、 R_7 值

定时时间	$C_4(\text{pF})$	$R_7(\text{k}\Omega)$
60s	100	17.2
1h	4 700	254.9
8h	100 000	966.7

五、温度控制专用集成电路

1. LM3911 单片温度控制集成电路

LM3911 是美国 NS 公司生产的新型温度控制集成电路。它附加少量外部元器件即可构成温度测控电路。同类产品还有日本 NEC 公司的 μPC616 、上海半导体器件十六厂的 SL616 等。

(1) 外形及引脚功能

LM3911 外形有两种封装形式:8 脚 DIP 封装和 4 脚 TO-46 金属圆壳封装。其引脚排列见图 2-52。对应引脚功能见表 2-15。图 2-53 给出了其内部原理框图。

表 2-15 引脚功能

引脚号		1	2	3	4	5,6,7,8
功能	8-DIP	电源负端	控制输出端	输入端	电源正端	NC 空脚
	TO-46	电源负端	控制输出端	输入端	电源正端	

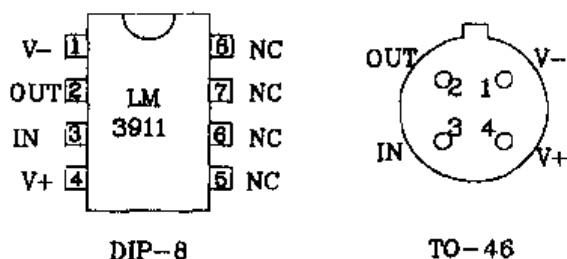


图 2-52 LM3911 外形引脚图

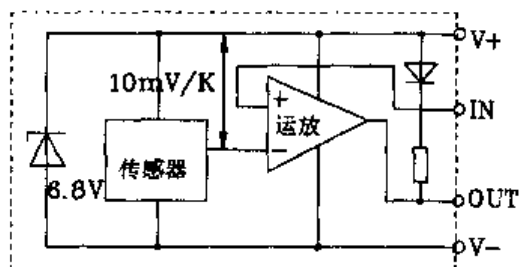


图 2-53 LM3911 内部原理框图

(2) 电气参数及特性

LM3911 内部基准电源电压为 6.8V,灵敏度为 10mV/K。加一定限流电阻后,它能在高于 7V 的直流电压下正常工作。测量温度范围 $-25 \sim +85^{\circ}\text{C}$,工作电流控制在 1mA 左右。表 2-16 给出了 LM3911 主要电气参数。

表 2-16 电气参数

	参数名称	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
传感器	输出电压	$T = -25^{\circ}\text{C}$	2.36	2.48	2.60	V
		$T = +25^{\circ}\text{C}$	2.88	2.98	3.08	V
		$T = +85^{\circ}\text{C}$	3.46	3.58	3.70	V
	线性	$\Delta T = 100^{\circ}\text{C}$		0.5	2	%
	长期稳定性			0.3		%
	重复性			0.3		%
电压基准源	反向压降	$1\text{mA} \leq I_z \leq 5\text{mA}$	6.55	6.85	7.25	V
	反向压降随电流的变化量	$1\text{mA} \leq I_z \leq 5\text{mA}$		10	35	mV
	温度稳定度			20	85	mV
	动态阻抗	$I_z = 1\text{mA}$		3.0		Ω
	长期稳定性	$T = +85^{\circ}\text{C}$		6.0		mV
运算放大器	输入偏置电路	$T = +25^{\circ}\text{C}$		35	150	nA
	电压增益	$R_L = 36\text{k}\Omega, V_{\text{DD}} = 36\text{V}$	2 500	15 000		V/V
	输出漏电流	$T = +25^{\circ}\text{C}$		0.2	2	μA
	输出源电流	$V_{\text{out}} \leq 3.70\text{V}$	10			μA
	输出吸入电流	$1\text{V} \leq V_{\text{out}} \leq 36\text{V}$	2.0			mA

(3) 原理及应用

LM3911 内部主要由温度传感器、运放、基准电压源三部分组成。它的输出电压与热力学温度成正比。内部传感器是利用工作在不同电流密度下的晶体管 e-b 结电压差作为温度敏感元件。通过内部运放和外接反馈电阻可调整输出灵敏度。内部运放也可作为比较器使用。使用时应注意工作电流,以免温升过高。下面简单介绍几种应用电路。

① 测温电路

如图 2-54 为 LM3911 构成单电源测温电路。其输入与输出短接,内部运放成为跟随器,输出电压信号对应于热力学温度。 R_S 为限流电阻,电路工作在 1mA 左右。若负载为电容性时,应在输出端加 RC 元件进行补偿,以增加工作稳定性,具体见图 2-55。另外由于内部基准电源会随温度变化而产生一定温漂,引起测量误差。因此在高精度测温中,应外加一基准电源,来提高测量精度,电路见图 2-56。图 2-57 给出了双电源测温电路。

② 温度监测应用

如图 2-58 为一种温度过热检测报警电路。此时内部运放处于开环状态,作比较器使用。当内部温度传感器检测到的温度对应输出电压信号高于 R_P 设定值时,LM3911 输出为高电平,发光管不发光。而当温度上升,温度传感器输出低于设定电压时,输出为低电平,发光管点亮,指示温度超过设定值。

③ 温度控制应用

图 2-59 为一制冷设备控温电路。当温度上升到设定温度以上时,LM3911 输出变低,VT 导通,双向硅 SCR 被触发导通,压缩机得电工作。温度降到设定值后,LM3911 输出变高,VT

截止,SCR 关断,压缩机停止工作。

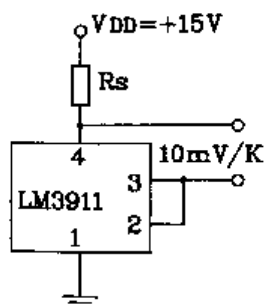


图 2-54 LM3911 构成单电源测温电路

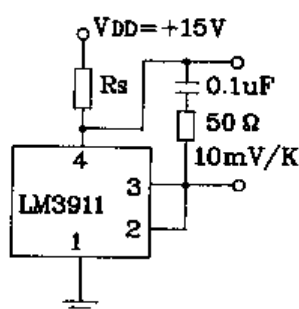


图 2-55 电容性负载测温电路

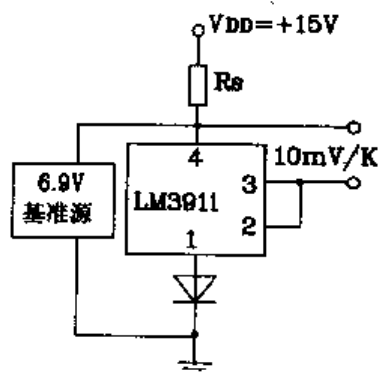


图 2-56 外加基准电源测温电路

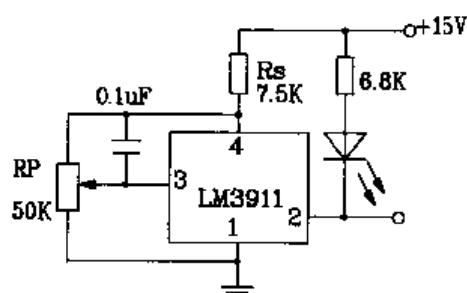


图 2-57 双电源测温电路

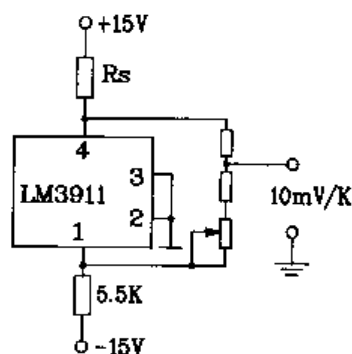


图 2-58 温度过热检测报警电路

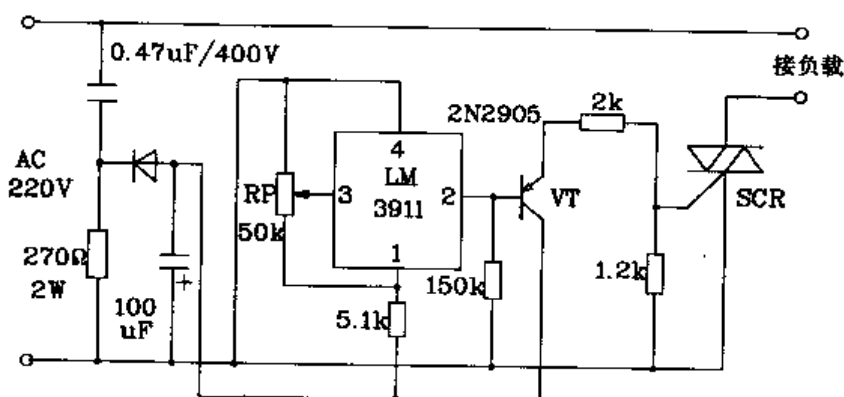


图 2-59 启动制冷设备的控温电路

2. LM35DZ 摄氏温度传感器

LM35DZ 是一种性价比较高的摄氏温度传感器。其输出电压与摄氏温度成线性比例,它适用于 $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度测量、检测及控制。在室温下,不用加任何量程校准则能提供 $1/4^{\circ}\text{C}$ 的精度。另外,LM35DZ 单电源工作范围宽、输出阻抗低,可方便直接构成远距离传送。同时由于输出线性好,因此能很好地与 A/D 接口而作为数字显示。总之 LM35DZ 是一种作

为温度测量、温度报警及检测的优良传感器。

(1) 外形及引脚功能

LM35DZ 外形为 TO-92 三脚塑封, 引脚排列见图 2-60。图中 1 脚($+V_S$)为工作电源正端, 2 脚(V_{out})检测输出端, 3 脚(GND)电源地端。

(2) 主要特点及参数

LM35DZ 为单电源工作传感器。其工作电压范围为 $4 \sim 30\text{V}$; 自身功耗很小, 工作中自发热低, 吸入电流小于 $60\mu\text{A}$; 低输出阻抗, 1mA 时仅为 0.1Ω ; 另外, 其线性量程系数为 $+10\text{mV}/^\circ\text{C}$, 在 25°C 时精度保证在 0.5°C , 且校准直接以摄氏温度表示, 适用于远距离传输测量。

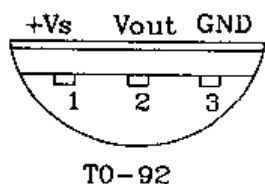


图 2-60 LM35DZ 外形引脚图

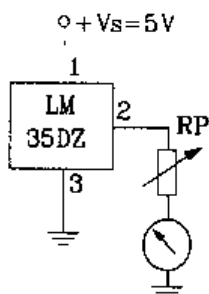


图 2-61 LM35DZ 构成摄氏温度表电路

(3) 应用

LM35DZ 应用实例见图 2-61、图 2-62、图 2-63 和图 2-64。其中图 2-61 为摄氏温度表,它直接使用模拟表头指示温度。图 2-62 和图 2-63 为共地和共正电源的远距离传输电路。图 2-64 为温度量 A/D 转换为并行三态输出标准微机接口数据总线电路(满量程为 128°C)。

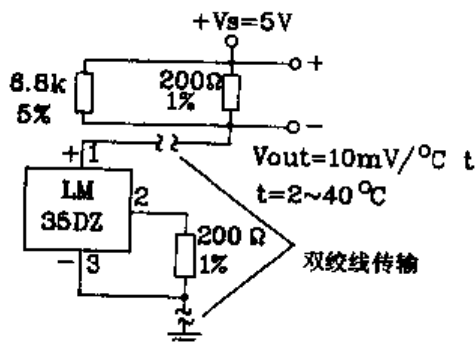


图 2-62 LM35DZ 构成共地远距离传输电路

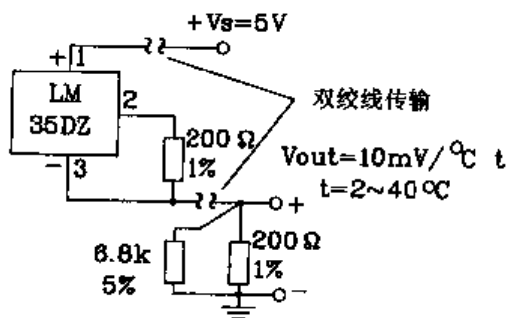


图 2-63 LM35DZ 构成共正电源远距离传输电路

3.NTC 精密型温度传感器

精密型 NTC 温度传感器是一种由负温度系数热敏电阻构成的温敏器件。精密型温敏器件采用半导体和陶瓷工艺通过玻璃密封高温烧结而成,它防水耐热,可测 $-40 \sim +300^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度。它与普通温度传感器相比具有灵敏度高、稳定性好,有较强的互换性和较长的使用寿命。它可以像普通电阻一样提供标称电阻,范围从 $1 \sim 1\,000\text{k}\Omega$,易于在电路中与其它器件

匹配。其电阻随温度变化十分显著,能直接将温度的变化转变为电量的变化。因此,这类温敏器件被广泛应用于空调机、电冰箱、模糊控制电饭锅、电子开水器和其它精密温度控制场合。

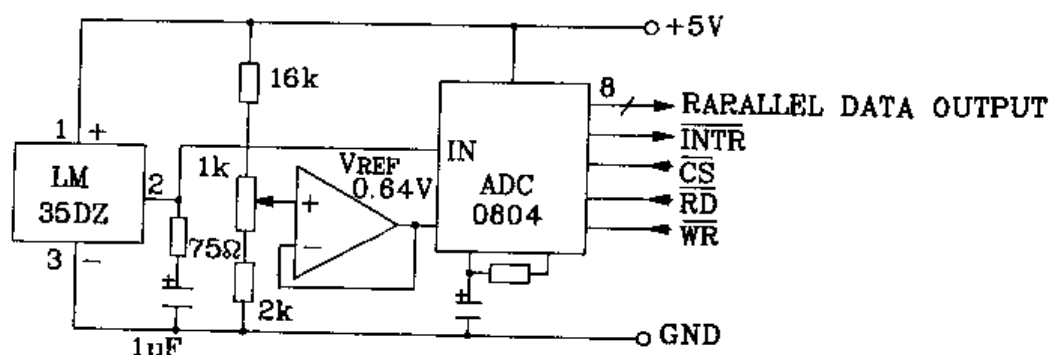


图 2-64 LM35DZ 构成温度量 A/D 转换为并行三态输出标准微机接口数据总线电路

(1) 外形、型号、规格尺寸

表2-17给出了部分国产精密温度传感器的产品型号、规格及外形。对应表中外形图号,图2-65给出了相应5种型号的外形及尺寸。

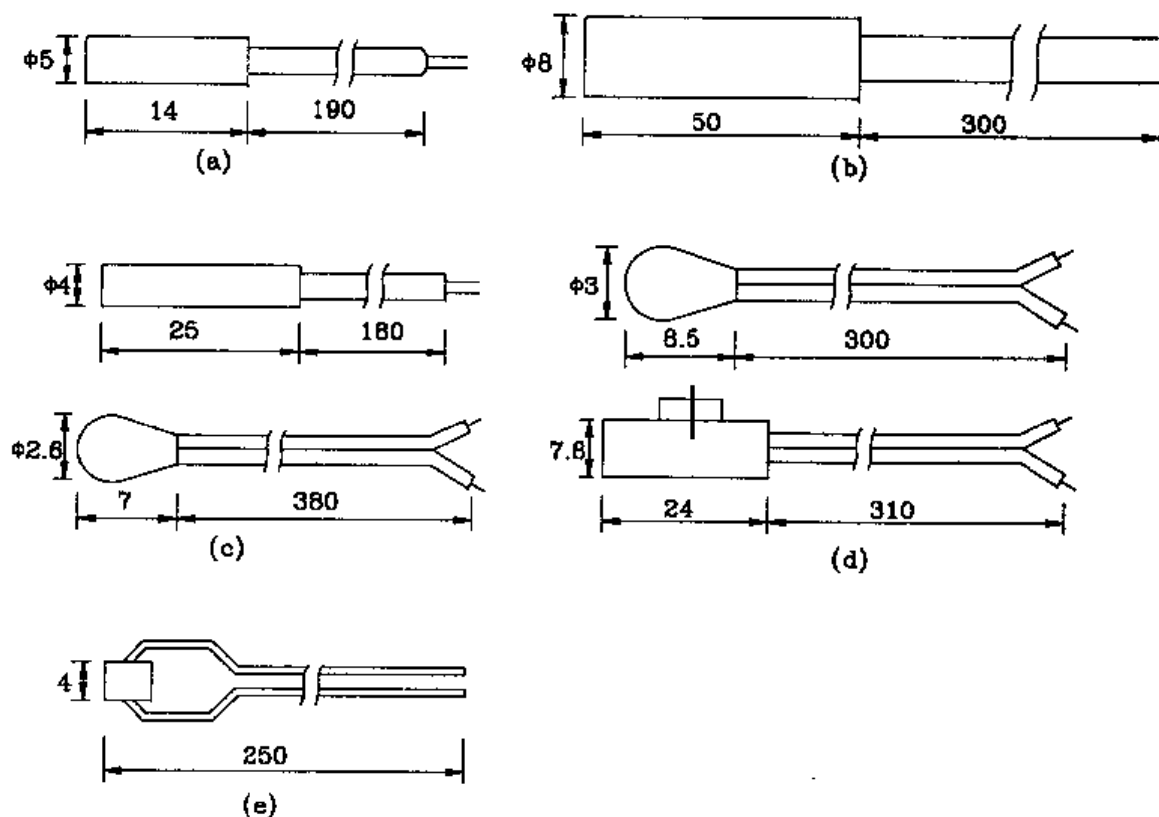


图 2-65 国产精密温度传感器 5 种型号的外形及尺寸图

表 2-17 型号、规格及外形

型 号	主 要 参 数		外 形 (mm)	用途及测温范围
	R_{25} 及偏差	B 值及偏差		
CWF51A	$5\,000\Omega \pm 5\%$	$3\,620k \pm 2k\%$	见图 2-65(a)	用于冰箱、冰柜、淋浴器 -40~+80℃
CWF51B	$2\,640\Omega \pm 5\%$	$3\,650k \pm 2k\%$	见图 2-65(b)	用于东芝冰箱维修、更换 -40~+80℃
CWF52A	$20\,000\Omega \pm 5\%$	$4\,000k \pm 2k\%$	见图 2-65(c)	用于乐声空调维修、更换 -40~+80℃
CWF52B	$15\,000\Omega \pm 5\%$			
CWF52C	$10\,000\Omega \pm 3\%$	$4\,000k \pm 2k\%$	见图 2-65(d)	用于三菱空调维修、更换 -40~+80℃
CWF52D	$12\,000\Omega \pm 5\%$			
MF58F	$(50 \sim 100)\Omega$ $\pm 5k\%$	$(3\,560 \sim 4\,560)k$ $\pm 2k\%$	见图 2-65(e)	用于电饭锅、开水器、恒温箱 -40~+300℃

(2) 主要电气参数

此系列温度传感器标称电阻值 R_{25} 是指它们的设计电阻值, 通常指在 25℃ 时测得的零功率电阻值。B 值是 NTC 热敏电阻的热敏系数, 一般 B 值越大, 绝对灵敏度越高。精度表示 R_{25} 的偏差范围和 B 值偏差范围, 精密型 NTC 温度传感器的精度分挡为 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 3\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 。电阻—温度特性表示 R_T 值温度变化规律, 一般用 R_T -T 特征曲线表示。图 2-66 给出了 10k Ω 、50k Ω 、100k Ω 的特征曲线图。 R_T -T 特征的另一种表示方法是电阻温度分度表, 具体见表 2-18。一般说来, B 值、 R_{25} 值和精度相同的一批传感器、它们的 R_T -T 特征基本是一致的。

表 2-18 电阻温度分度表

T(℃)	R(k Ω)	T(℃)	R(k Ω)	T(℃)	R(k Ω)	T(℃)	R(k Ω)
-30.00	107.806	3.00	23.323	36.00	6.559	69.00	2.407
-29.00	102.304	4.00	22.381	37.00	6.342	70.00	2.388
-28.00	97.125	5.00	21.480	38.00	6.185	71.00	2.272
-27.00	92.246	6.00	20.602	39.00	6.133	72.00	2.208
-26.00	87.649	7.00	19.801	40.00	5.933	73.00	2.147
-25.00	83.316	8.00	19.020	41.00	5.740	74.00	2.087
-24.00	79.229	9.00	18.275	42.00	5.555	75.00	2.030
-23.00	75.373	10.00	17.564	43.00	5.376	76.00	1.974
-22.00	71.733	11.00	16.885	44.00	5.205	77.00	1.920
-21.00	68.295	12.00	16.237	45.00	5.040	78.00	1.868
-20.00	65.048	13.00	15.618	46.00	4.881	79.00	1.818
-19.00	61.798	14.00	15.072	47.00	4.728	80.00	1.769
-18.00	59.076	15.00	14.462	48.00	4.581	81.00	1.718

续表

T(°C)	R(kΩ)	T(°C)	R(kΩ)	T(°C)	R(kΩ)	T(°C)	R(kΩ)
-17.00	56.311	16.00	13.922	49.00	4.440	82.00	1.669
-16.00	53.733	17.00	13.406	50.00	4.303	83.00	1.622
-15.00	51.274	18.00	12.912	51.00	4.166	84.00	1.576
-14.00	48.945	19.00	12.440	52.00	4.035	85.00	1.532
-13.00	46.739	20.00	11.988	53.00	3.908	86.00	1.489
-12.00	44.678	21.00	11.555	54.00	3.786	87.00	1.448
-11.00	42.665	22.00	11.141	55.00	3.669	88.00	1.408
-10.00	40.784	23.00	10.744	56.00	3.556	89.00	1.370
-9.00	39.000	24.00	10.364	57.00	3.447	90.00	1.332
-8.00	37.306	25.00	10.000	58.00	3.342	91.00	1.296
-7.00	35.698	26.00	9.642	59.00	3.241	92.00	1.261
-6.00	34.170	27.00	9.299	60.00	3.143	93.00	1.227
-5.00	32.710	28.00	8.971	61.00	3.049	94.00	1.195
-4.00	31.339	29.00	8.656	62.00	2.958	95.00	1.163
-3.00	30.027	30.00	8.354	63.00	2.871	96.00	1.132
-2.00	28.779	31.00	8.065	64.00	2.787	97.00	1.102
-1.00	27.591	32.00	8.065	65.00	2.705	98.00	1.074
0.00	26.461	33.00	7.521	66.00	2.626	99.00	1.064
1.00	25.366	34.00	7.266	67.00	2.551	100.00	1.019
2.00	24.287	35.00	6.785	68.00	2.488		

(3)应用

从图 2-66 的 R_T - T 特征曲线上我们可以看出,变化是非线性的。这样我们用线性电路去处理传感器产生的温度变化时,测量显示将不准确。因此应用时必须进行非线性处理。简单的处理方法是尽量选取测温区段与 R_T - T 曲线相对应的较平直的器件来适配。另外也可以用计算机查表法、频率校正法、电路补偿法以及线性拟合等方法来处理,这里不再一一介绍。此类传感器常见的联接电路如图 2-67(a)、(b)、(c)、(d)。其中电路图 2-67(a)为松下分体空调单片机控制温度检测回路。电路中精密温度传感器和电阻构成分压回路。 NTC_1 用于室温入口检测, NTC_2 用于蒸发器检测, R 、 C 起非线性补偿和抗干扰作用。此电路常用于计算机测控电路中。电路图 2-67(b)为东芝冰箱温度测控回路。电路中 NTC 、 R_S 与 R_{806} 、 R_{123} 、 R_{122} 、 R_{121} 、 R_{801} 、 R_{802} 构成桥式检测回路。这种联接方式常用于定点控制场合中。电路图 2-67(c)为温度-频率变换电路。电路图 2-67(d)为温度-电压变换电路。

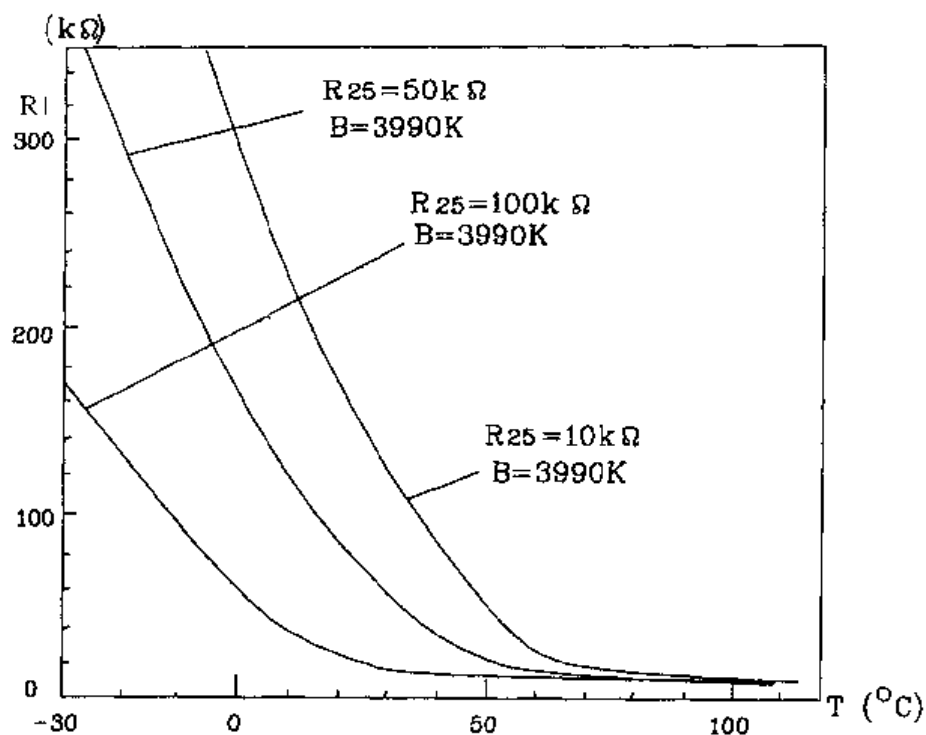


图 2-66 10kΩ、50kΩ、100kΩ 的特征曲线图

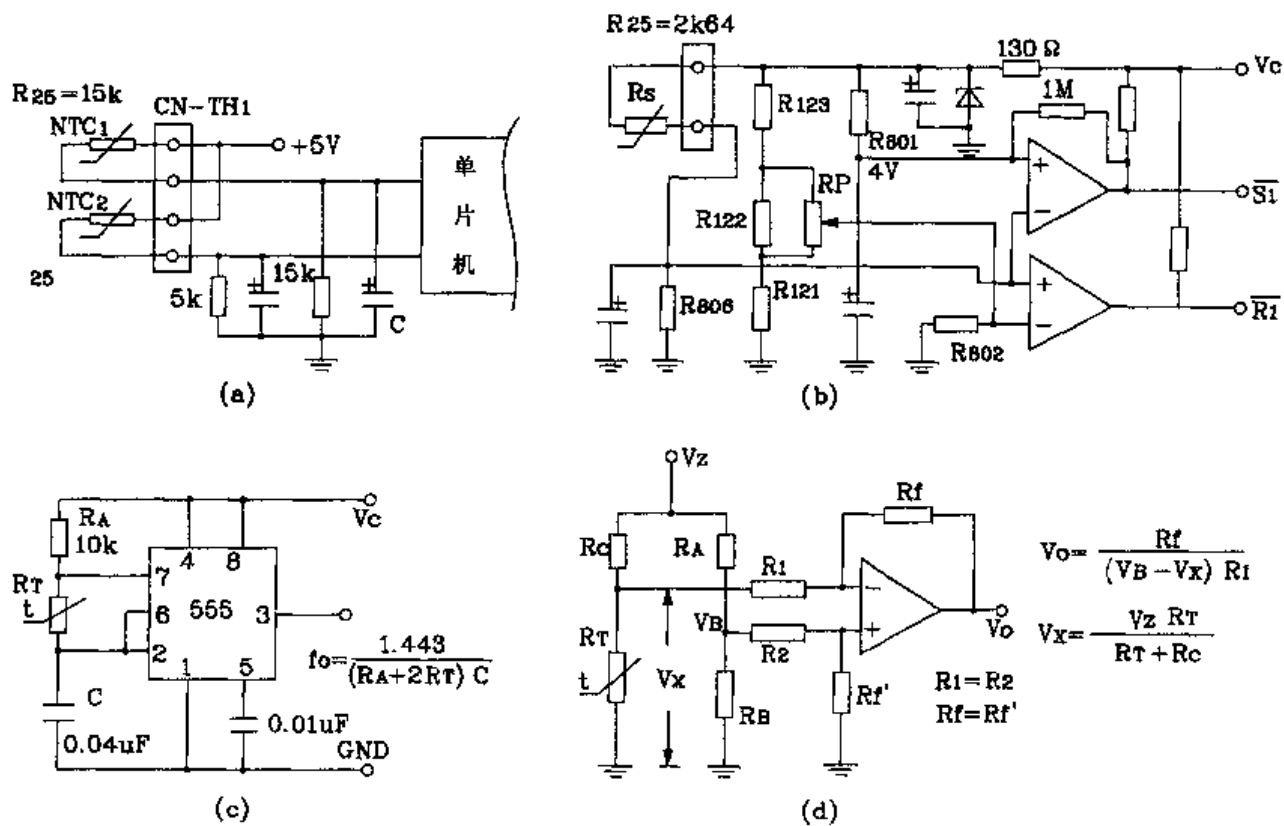


图 2-67 精密温度传感器常见联接电路图

4. SL134 集成温度传感器

SL134 可用于制作低成本温度检测电路,使用时无需精密电压放大,冷端补偿。其抗干扰性强,适于远距离遥测。SL134 测温组件能防潮、防水、耐腐蚀。其外形有片状、球型、柱型、笔型等多种规格,较常见的有 $\phi 6 \times 35(\text{mm})$ 柱型封装。图 2-68 给出了 SL134 内部等效电路图。SL134 主要电气参数为:工作电压 $4 \sim 35\text{V}$,温度测量范围 $-25 \sim +125^\circ\text{C}$,响应时间 $0.3 \sim 3$ 秒。其温度-输出电流特性曲线见图 2-69。

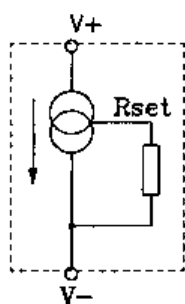


图 2-68 SL134 内部等效电路图

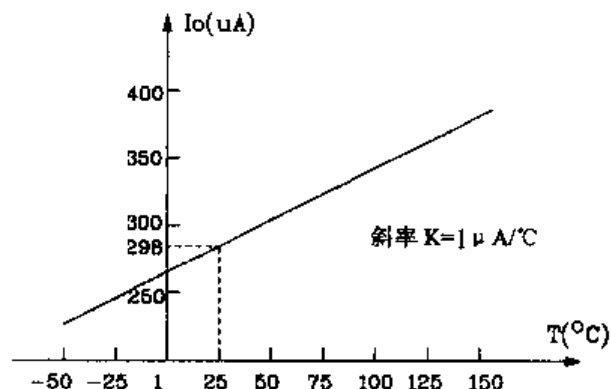


图 2-69 SL134 温度-输出电流特性曲线

SL134 应用线路简单,下面介绍两种常见应用电路。

(1) 简易温度计电路

如图 2-70,电源电压 $+10\text{V}$,负载取样电阻 R_L 上电压值正比于温度值。当作为远距离测温时,其传输导线电阻的大小不影响取样电阻 R_L 上输出电压的数值,故实测精度较高。

(2) 精密摄氏温度计电路

如图 2-71。电路中运放 A 采用高精度、低漂移、高共模抑制比的斩波自稳零型集成运放 IC TDA7650, $R_L = 5\text{k}\Omega$,取 $R_f = 2R$,电阻尽量选高稳定度、低温度系数的精密电阻,电源电压 $+6\text{V}$,基准电源稳压管 VD 应选温度系数小于 5×10^{-6} 的稳压管或采用高精度、低漂移的能隙

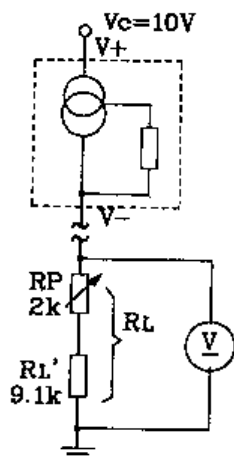


图 2-70 SL134 构成简易温度计电路

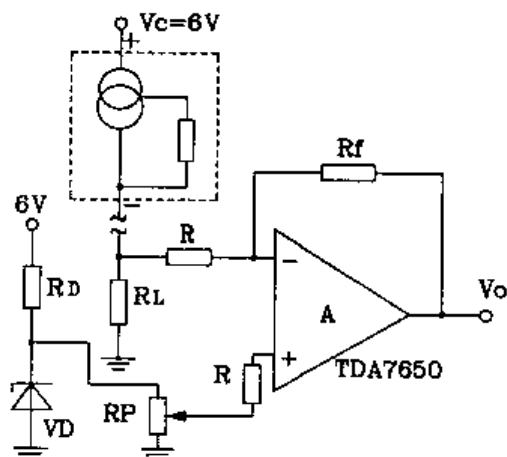


图 2-71 SL134 构成精密摄氏温度计电路

基准源MC1403。此电路测量精度高、工作稳定,可用于多点测温系统中。

5. T-×××系列温度传感器

T-×××系列温度传感器是一种性能优良、感温范围宽、工作稳定可靠的感温器件。此系列主要型号有 T-121、T-122、T-111、T-112、T-311、T-312 等。它们主要应用于温度监测、温度控制领域做测温用。

T-×××系列温度传感器外形为小型塑封两端器件。其外形及尺寸见图 2-72。主要电气参数见表 2-19。图 2-73 给出了传感器温度与电流的关系曲线。从曲线上我们可以看到,流过传感器的电流与传感温度成反比(从 +25℃ 开始)。使用时应予以注意。图 2-74 为此系列温度传感器的温度-阻值变化曲线。此曲线在 +50~+150℃ 之间温度与电阻呈线性关系。表 2-20 为分度值为 10℃ 时的 T-R 对应数值表。在 200℃ 变化范围内阻值变化了近 3 400Ω, 这样大的变化量,为获取温度变化量提供了方便。

T-×××系列温度传感器应用广泛,下面以 T-121 型为例介绍两种应用电路。图 2-75 为电子温度表电路。温度数值通过毫伏表指针指示。在使用时调节 RP_1 、 RP_2 ,使毫伏表指针在 0℃ 时指在中央位置,然后根据实测数据作一新刻度盘。图 2-76 是 T-121 构成的温度控制电路。调节 RP_1 、 RP_2 可预置控制温度点,555 时基电路构成施密特反相器电路,利用继电器实现设备的自动控制。

表 2-19 电气参数

型号	电阻 R(25℃)	测温范围(℃)
T-121	$2\ 000\Omega \pm 1\%$	-55~+150
T-122	$2\ 000\Omega \pm 2\%$	-55~+150
T-111	$1\ 000\Omega \pm 1\%$	-55~+150
T-112	$1\ 000\Omega \pm 2\%$	-55~+150
T-311	$1\ 000\Omega \pm 1\%$	-55~+175
T-312	$1\ 000\Omega \pm 2\%$	-55~+175

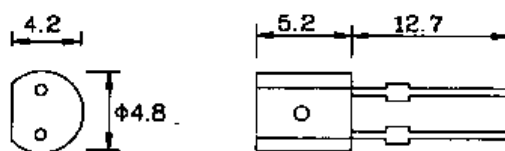


图 2-72 T-×××系列温度传感器外形尺寸图

表 2-20 10℃ 时 T-R 对应数值

温度(℃)	阻值(Ω)	温度(℃)	阻值(Ω)	温度(℃)	阻值(Ω)
-55	990	20	1 922	90	3 182
-50	1 028	25	2 000	100	3 392
-40	1 138	30	2 078	110	3 592
-30	1 250	40	2 240	120	3 800
-20	1 370	50	2 410	125	3 904
-10	1 500	60	2 590	130	4 005
0	1 634	70	2 780	140	4 180
10	1 774	80	2 978	150	4 306

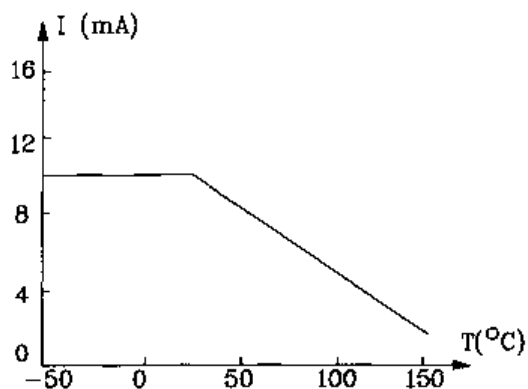


图 2-73 温度与电流的关系曲线

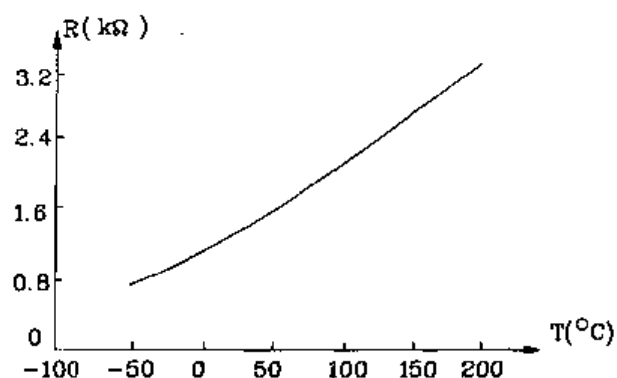


图 2-74 温度与阻值的关系曲线

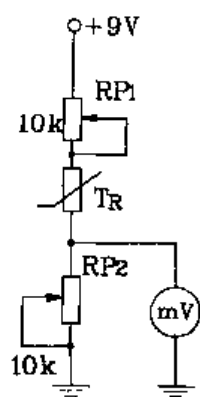


图 2-75 T-121 构成电子温度表电路

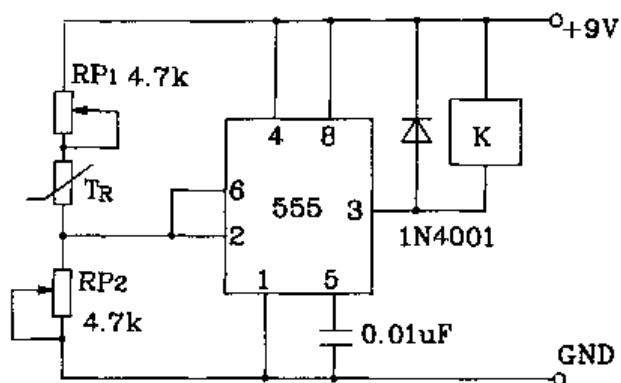


图 2-76 T-121 构成温度控制电路

6. TSV1/TSV2 高稳定性集成温度传感器

TSV 型高稳定性精密温度传感器的特性类似一只齐纳二极管(稳压管),其稳定工作电压随温度呈线性变化,使用方法同稳压二极管,极为方便。TSV 型温度传感器测温范围宽,可方便构成各种模拟及数字温度测量显示与控制电路,诸如:仓库、暖房测温;热电偶冷端补偿;空调、冰箱、冷柜、电饭煲等家电产品的温控系统以及工业生产过程中的温度在线检测等方面。

(1) 外形及引脚功能

TSV1 型温度传感器外形为 B-1 型三端金属圆壳封装,TSV2 型为金属管密封探头型。其外形及引脚功能见图 2-77。二者内部电路相同,TSV2 型可用于潮湿环境,它们的伏安特性曲线见图 2-78。

(2) 主要电气参数

TSV 型温度传感器工作温度范围为 $-50 \sim +125^{\circ}\text{C}$; 输出电压(27°C 下典型值)为 2.5V ; 温度灵敏度 $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$; 线性度 $0.3\% \sim 1.0\%$; 动态阻抗小于等于 $1 \sim 2\Omega$; 最小静态功耗(27°C 下)小于等于 $500\mu\text{W}$ 。

(3) 应用

TSV 型温度传感器用于温度测量时的基本应用电路见图 2-79。此电路输出电压 V_o 的温度灵敏度为 $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, 电阻 R 为限流电阻, 电容 C 用以改善电路的稳定性。当测试点的位置

与读数位置较远时,导线电阻上的压降将引入一定的测量误差,此时可采用图 2-80 所示电路加入一恒流源。当采用恒流源作为负载后,负载电流将稳定不变,导线电阻的压降是一恒定值,因此易于消除。此时输出电压仍以 $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 的规律变化。一般控制距离可达上千米。TSV 型温度传感器在室温下还可作为低压稳压管使用,其击穿电压为 2.5V 左右,性能优于普通稳压管。

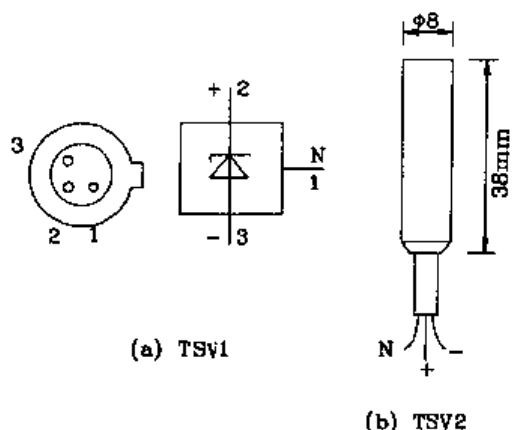


图 2-77 TSV 型温度传感器外形引脚功能图

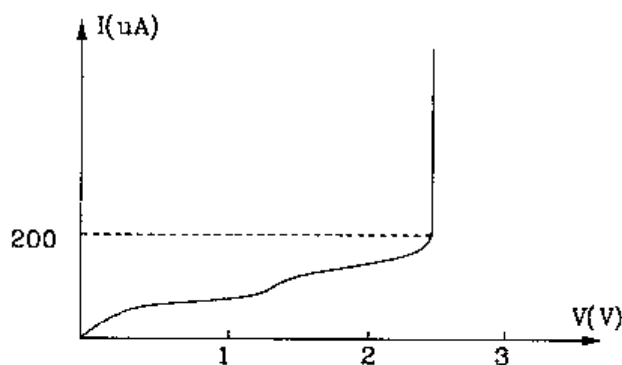


图 2-78 伏安特性曲线

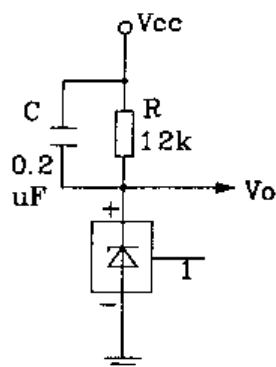


图 2-79 TSV 型温度传感器典型应用电路

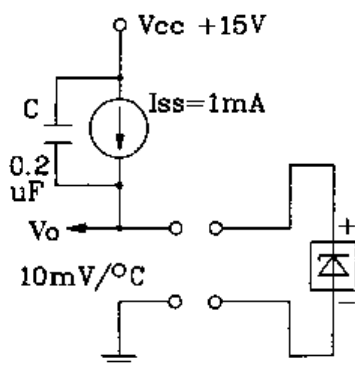


图 2-80 采用恒流源的测温电路

TVS 型温度传感器应用时的工作状态设置如下:

①电源电压与限流电阻的设置应在全测温区满足工作电流 $I = (V_{cc} - V_o)/R > 250\mu\text{A}$, 式中 V_{cc} 为电源电压, V_o 为 TSV 两端压降, R 为限流电阻。例如:当电源电压为 5V 时, R 可取 $3\sim 5\text{k}\Omega$ 。在电源电压不受限制的情况下, R 值应取的尽量大,如 $R = 12\text{k}\Omega$ 时,稳定性更好。另外,若对功耗无特殊要求时,电流 I 亦可适当增大,如设为 $0.5\sim 1.0\text{mA}$,则线性度指标将会更好。

②必要时可对 TSV 进行校准。图 2-81 为校准电路,调节 $20\text{k}\Omega$ 电位器 RPj 即可对 TSV 的温度灵敏度进行调节。当电位器的滑臂向上调时,TSV 输出电压及输出灵敏度变大,反之

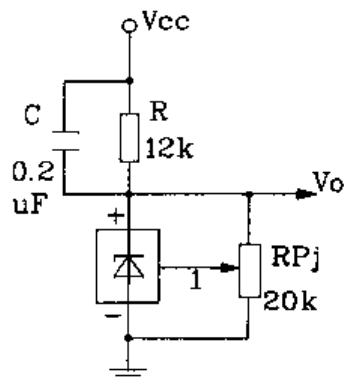


图 2-81 TSV 校准电路

则变小。

7. 三种国产集成温度传感器简介

(1) 简介

① 集成温度探头 SLT-1

SLT-1 集成温度探头属于电流型 PTAT 二端器件。它能将环境温度的变化转换成与之相应的电流变化信号输出,并具有在绝对零度时输出为零的特性。其主要电气性能指标为:测量精度 $1 \pm 0.05 \mu\text{A/K}$; 测量误差 $\pm 0.3^\circ\text{C}$; 感温灵敏度:探头从 $+30^\circ\text{C}$ 状态置入 0°C 冰水混合液中, 60s 内达到 0°C 对应的电流值; 工作电压小于 14V ; 功耗小于 5mW ; 恒流性能达工作电流对外加电压每伏变化率小于 2% 。外形有: (a) $\phi 8 \times 38(\text{mm})$, (b) $\phi 8 \times 30(\text{mm})$ 两种尺寸。

② 集成温度传感器 SL590

SL590 集成温度传感器系上海半导体器件十六厂仿美国 AD 公司 AD590 生产的电流型二端集成温度传感器器件。其内部已作修正,具有良好的互换性和线性,同时具有消除电源波动的特性,输出阻抗高达 $10\text{M}\Omega$ 。外形采用 B-1 金属壳封装形式。

③ 集成温度传感器 SL616ET

SL616ET 集成温度传感器也系上海半导体器件十六厂仿日本电气公司 (NEC) 的 μPC616 生产的电压输出型四端器件。它的内部由基准电压、温度传感器、运算放大器三部分电路组成。整个电路可在 7V 以上的电源电压范围内工作,器件外形采用 B-4 金属壳封装形式。电路中的温度传感器是利用工作在不同电路密度的晶体管 b-e 结压降的差作为基准的温度敏感元件,经过变换后,输出 10mV/K 的温度电压信号,并经过高增益运算放大器,把信号放大和阻抗变换。

(2) 应用

图 2-82 是一种数字显示温度控制电路。采用该电路制成的温控仪具有测温、控温功能。

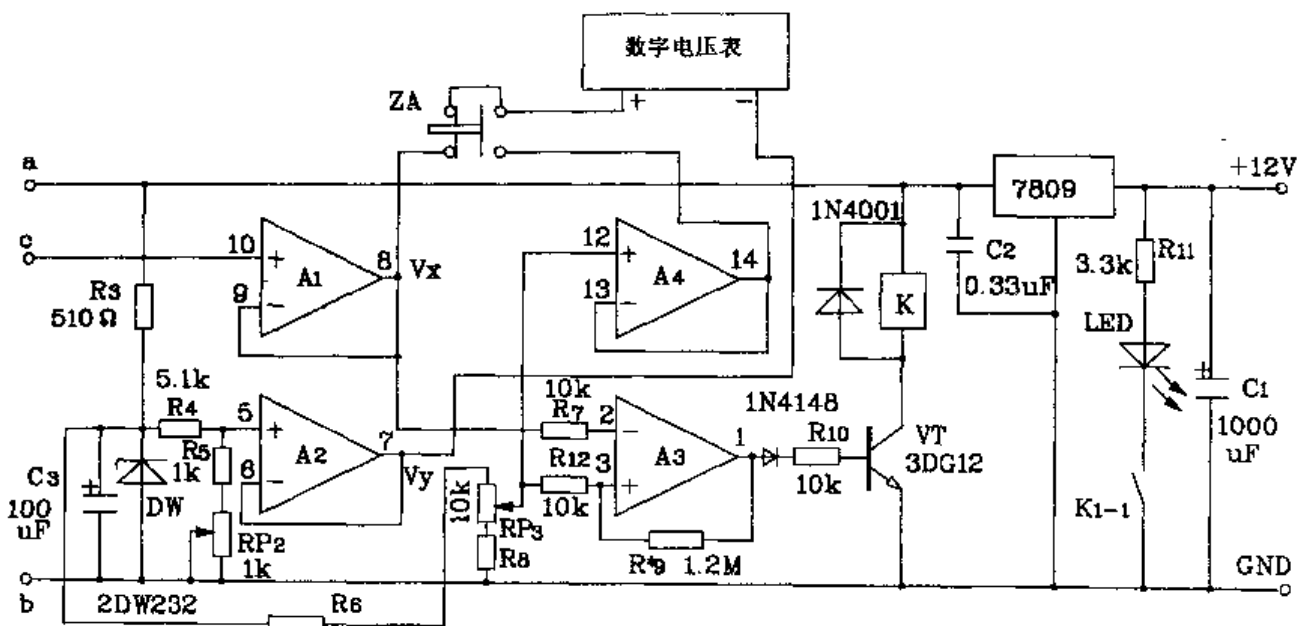


图 2-82 数字显示控温、测温电路

其控温精度高,电路简单易于调试,读值、设定方便。整个电路由温度-电压变换电路、基准电压电路、温控比较电路、电源电路以及数字电压表等单元组成。温度-电压变换电路由 T 、 R_1 或 R_2 、 RP_1 、 A_1 组成,上面介绍的三种温度传感器均可接入本图输入接口 a 、 b 、 c 端,具体方法见图 2-83。由温度传感器 T 的温度特性所决定的电流变化量转换成电压变化量 (10mV/K),再由 A_1 的射极输出。调整 RP_1 可改善误差,使刻度标定得以实现。基准电压电路由 $R_3 \sim R_5$ 、 DW 、 RP_2 、 A_2 构成,所产生的恒定电压由 A_2 输出,作为测量参考电压,以实现量纲转换。温度比较驱动电路由 $R_6 \sim R_{10}$ 、 RP_3 、 A_3 、 VT 、 K 构成,此电路把与 A_1 输出正比于温度的电压与设定温度电压进行比较,由 A_3 的输出端电平变化来控制继电器工作,从而实现自动控制。 R_9 用来改善比较器的滞迟特性,温度设定范围由 R_6 、 RP_2 、 R_8 三个电阻的比值来决定,其近似计算公式为:

$$\text{下限: } T_{\min} = [(V_{DW} \cdot R_8 / R_6) + RP_3 + (R_8 / 10\text{mV/K})] - 273 (^{\circ}\text{C})$$

$$\text{上限: } T_{\max} = [(VDW \cdot RP_3) + (R_8 / R_6) + RP_3 + (R_8 / 10\text{mV/K})] - 273 (^{\circ}\text{C})$$

显然,改变 R_6 、 R_8 、 RP_3 的值可方便地改变温度设定范围。图中 ZA 为温度显示方式转换开关,按入时显示设定温度值;放开时显示测定温度值。

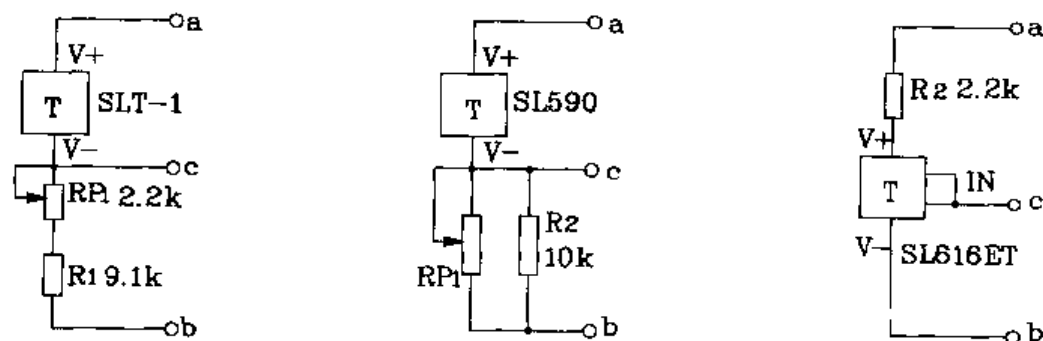


图 2-83 三种温度传感器与输入端接口电路

(3) 校定与调试

①用数字万用表量 V_X 端电压,调 RP_2 使 $V_X = 2.731\text{V}$;再测量 V_Y 端电压,将传感器置于沸腾开水中,调 RP_1 使 $V_Y = 3.731\text{V}$ 。重复上述过程,使 V_X 、 V_Y 之间电压为 1.000V 。

②按住 ZA ,调 RP_3 ,数字电压表显示某一值(被控温度值),松手后将探头靠近热源,观察温度上升情况。当温度上升至上限被控设定温度时,继电器动作;然后远离热源,当温度下降至下限被控值时,继电器释放,至此调试完毕。若控温精度不良或过于灵敏而造成继电器在被控点抖动,则应适当改变 R_9 的阻值即可。

六、霍尔电路

1. 霍尔元件

霍尔元件是利用霍尔效应制成的磁敏元件。它采用锗、硅、砷化镓、砷化镉及铋化锑等半导体材料制成。其中铋化锑制成的霍尔元件灵敏度最高,但受温度影响较大。用锗制成的霍尔元件灵敏度低,但它的温度特性及线性度好。

霍尔效应表达式可表示为 $U_H = K_H \cdot I \cdot B$, 其中 U_H 为霍尔电势, I 为流过元件的电流, B 为垂直加在元件上的磁场强度, K_H 为与材料、厚度、几何等参数有关的元件灵敏度。

霍尔元件主要电气参数如下:

①输入电阻 R_{in} 和输出电阻 R_{out} : R_{in} 为霍尔元件控制极间的电阻; R_{out} 为霍尔电势极间的电阻。

②额定控制电流 I_c : I_c 为使霍尔元件在空气中产生 10°C 温升的控制电流。

③不等位电势 U_0 和不等位电阻 R_0 : 霍尔元件在额定控制电流作用下, 不加外磁场时, 其霍尔电极间的电势为不等位电势。它主要由于两个电极不在同一等位面上及其材料电阻率不均等因素有关。 U_0 一般不大于 1mV ; 不等位电势与额定控制电流之比称为不等位电阻。

④灵敏度 K_H : K_H 为霍尔元件在单位磁感应强度下, 通以单位控制电流所产生的霍尔电势。

⑤寄生直流电势 U_{OD} : 在不加外磁场时, 交流控制电流通过霍尔元件而在霍尔电势极间产生的直流电势为 U_{OD} 。它主要由电极与基片之间的非完全欧姆接触所产生的整流效应造成的。

⑥霍尔电势温度系数 α : α 为温度每变化 1°C 时, 霍尔电势变化的百分率。

⑦电阻温度系数 β : β 为温度每变化 1°C 时, 霍尔元件材料的电阻变化的百分率。

表 2-21 给出了几种霍尔元件的主要性能指标, 较常见的霍尔元件由铋化锑材料制成, 它的工艺和结构种类较多, 图 2-84 为一种采用溅射工艺制作的铋化锑霍尔元件结构图。它由衬底、十字溅射薄膜、

引线(电极)及磁性体顶部(用来提高输出灵敏度)组成。外形采用陶瓷或塑料封装。

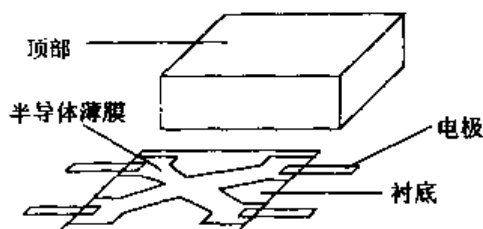


图 2-84 采用溅射工艺制作的
铋化霍尔元件结构图

表 2-21 几种霍尔元件主要性能指标

参数名称	控制电流	空载霍尔电压	输入电阻	输出电阻	灵敏度	不等位电势	U_H 的温度系数	电阻温度系数
符号	I_c	U_H	R_{in}	R_{out}	K_H	U_0	α	β
单位	mA	mV(B=0.1T)	Ω	Ω	mV/mA·T	mV	%/℃	%/℃
EA218	100	≥ 8.5	约 3	约 1.5	≥ 0.35	< 0.5	约 -0.1	约 0.2
FA24	100	≥ 13	约 6.5	约 2.4	≥ 0.75	< 1	约 0.07	约 0.2
KH-400A	5	250~550	240~550	50~110	50~100	10	-1.0~ -1.3	-1.0~ +1.3
VHG-110	5	15~110	200~800	200~800	30~220	U_H 的 20% 之内	-0.05	0.5
AG ₁	20(max)	> 5	40	30	> 2.5		-0.02	

霍尔元件由于采用半导体材料制成,所以它的载流子迁移率 μ 及电阻率 ρ 等均为温度的函数,从而会因温度变化而产生误差。这一误差一般可采用并联电阻 R 来补偿,其计算公式为 $R = \beta \cdot R_{in} / \alpha$ 。式中 α 、 β 、 R_{in} 可从参数表中查得。具体接线见图 2-85。另外由于不等位电势 U_0 也是温度的函数。所以它也需要补偿。其方法是将霍尔元件视为一“电桥”,不等位电势相当于电桥的不平衡输出。只要增加 2 个电阻 R 及 1 个电位器 RP ,并调节 RP ,就可使“电桥”达到平衡。具体电路见图 2-86。

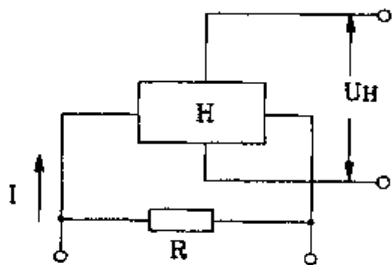
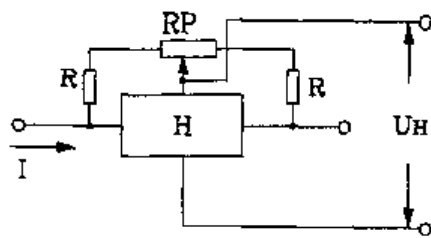


图 2-85 霍尔元件温度补偿电路

图 2-86 霍尔元件不等位电势 U_0 补偿电路

2. 霍尔传感器

霍尔传感器是将霍尔元件、放大器、温度补偿电路及稳压电源等做在一个芯片上。有些霍尔传感器外形与集成电路外形相似,所以又将霍尔传感器称为霍尔集成电路。一般霍尔传感器分线性和开关型两种类型。

(1) 线性霍尔传感器

线性霍尔传感器的输出电压与外磁场温度呈线性关系。它有单端和双端输出两种。

① 单端输出霍尔集成电路 UGN-3501

单端输出霍尔集成电路 UGN-3501 外形是一种塑料扁平封装三端器件,如图 2-87。其 1 脚为电源电压端,2 脚公共地端,3 脚输出端。UGN-3501 又分为 UGN-3501T 和 UGN-3501U 两种。二者区别仅为封装厚度不同。T 型为 2.03mm, U 型为 1.54mm,其内部电路框图见图 2-88。表 2-22 给出了其电气参数值。

表 2-22 UGN-3501T(U) 电气参数

参数名称	电源电压	电源电流	静态输出	灵敏度	带宽	工作温度	线性范围	外形尺寸
符号	V_{CC}	I_C	V_O	ΔV_O	B_W	$^{\circ}\text{C}$	B_L	
单位	V	mA	V	mV/mA·T	kHz	$^{\circ}\text{C}$	T	mm
参数值	8~12 最大 16	10~20	2.5~5	3 500~ 7 000	25 (-3dB)	0~70	± 0.15	4.6×4.5 ×2

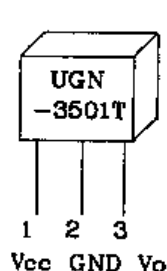


图 2-87 UGN-3501 外形引脚图

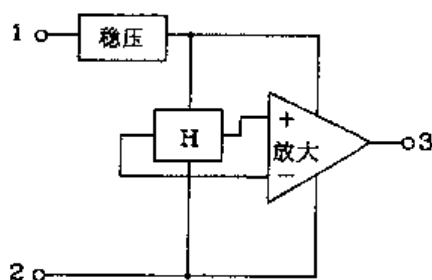
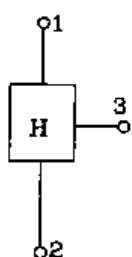
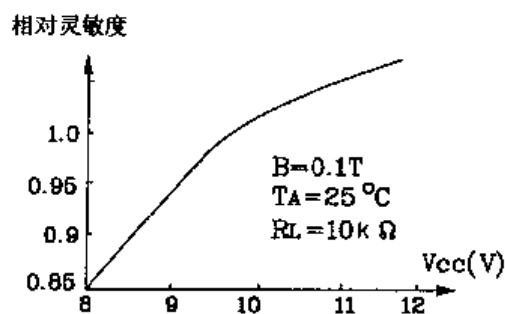
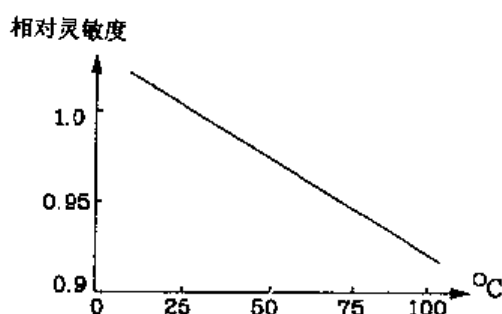


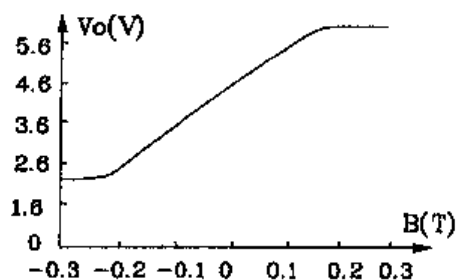
图 2-88 UGN-3501 内部电路框图

②双端输出霍尔集成电路 UGN-3501M

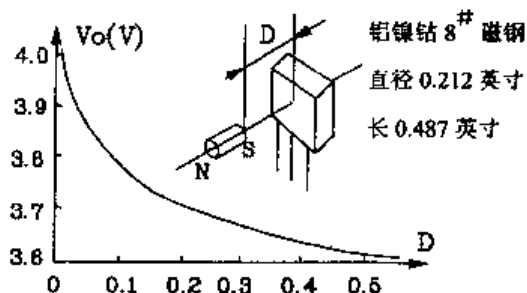
双端输出霍尔集成电路 UGN-3501M 传感器为 8 脚输出形式。其引脚功能为:1 脚输出端;2 脚空脚;3 脚电源电压端;4 脚公共地端;5、6、7 脚补偿端,外接电位器;8 脚输出端。图 2-90 为其内部原理框图。电气参数见表 2-22,图 2-89 (a)、(b)、(c)、(d)为 UGN-3501T 的几种参数关系曲线图。

(a) V_{CC} 与相对灵敏度关系曲线

(b) 温度与相对灵敏度关系曲线



(c) 磁场强度与电压输出关系曲线



(d) 空气间隙与输出电压关系曲线

图 2-89 UGH-3501T 霍尔传感器几种参数关系曲线

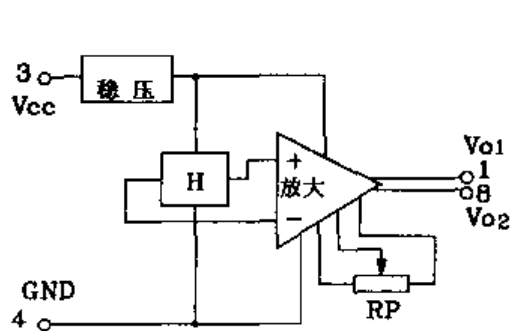


图 2-90 双端输出 UGN-3501M 霍尔传感器内部原理框图

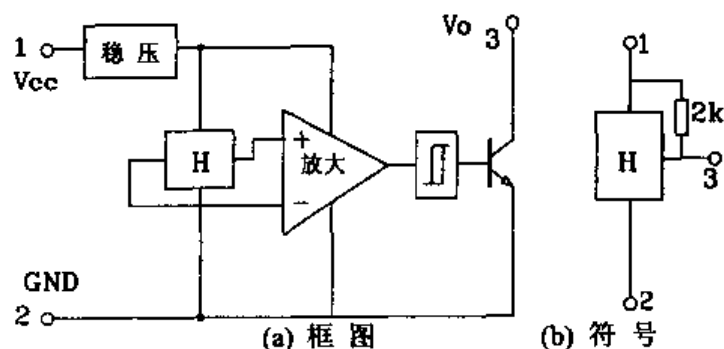


图 2-91 单输出三端开关型霍尔传感器内部原理框图及电路符号

(2) 开关型霍尔传感器

开关型霍尔传感器由霍尔元件、放大器、整形电路及集电极开路输出等部分组成。其工作特性有一定的磁滞，使开关动作更为可靠。常见型号有 UGN-3000 系列，TL170 等。外形有三端单输出、四端双组输出等形式。图 2-91 给出了单输出三端内部原理框图及电路符号。表 2-23 和表 2-24 给出了 UGN-3000 系列极限参数和典型电气参数值。此系列霍尔传感器磁滞工作过程见图 2-92(a)、(b)。其中 B_{OP} 为工作点“开”的磁场强度， B_{RP} 为释放点“关”的磁场强度。另外还有一种“锁键型”传感器，如 UGN-3075/3076，当磁场强度超过工作点时，其输出导通，而在磁场撤消后，输出仍然保持不变，必须施加反向磁场并使之超过释放点时，才能使其关断，见图 2-92(b)。

表 2-23 极限参数

参数名称	电源电压	磁场强度	输出截止电压	输出导通电流	工作温度	储存温度
符号	V_{CC}	B	$V_{O(OFF)}$	I_{OL}	T_A	T_s
单位	V	T	V	mV	℃	℃
UGN-3020	4.5~25	不限	≤ 25	≤ 25	0~70	-65~+150
UGN-3030	4.5~25	不限	≤ 25	≤ 25	-20~+85	-65~+150
UGN-3075	4.5~25	不限	≤ 25	≤ 25	-20~+85	-65~+150

表 2-24 电气参数

参数名称	工作点	释放点	磁滞	输出低电平	输出漏电流	电源电流	输出上升时间	输出下降时间
符号	B_{OP}	B_{RP}	B_H	V_{OL}	I_{OH}	I_{CC}	t_r	t_f
单位	T	T	T	mV	μA	mA	ns	ns
UGN-3020	0.022~0.035	0.005~0.0165	0.002~0.0055	0.0085~0.04	0.1~2.0	5~9	15	100
UGN-3030	0.016~0.025	-0.025~-0.011	0.002~0.005	0.01~0.04	0.1~1.0	2.5~5	100	500
UGN-3075	0.005~0.025	-0.025~-0.005	0.01~0.02	0.0085~0.04	0.2~1.0	3~7	100	200

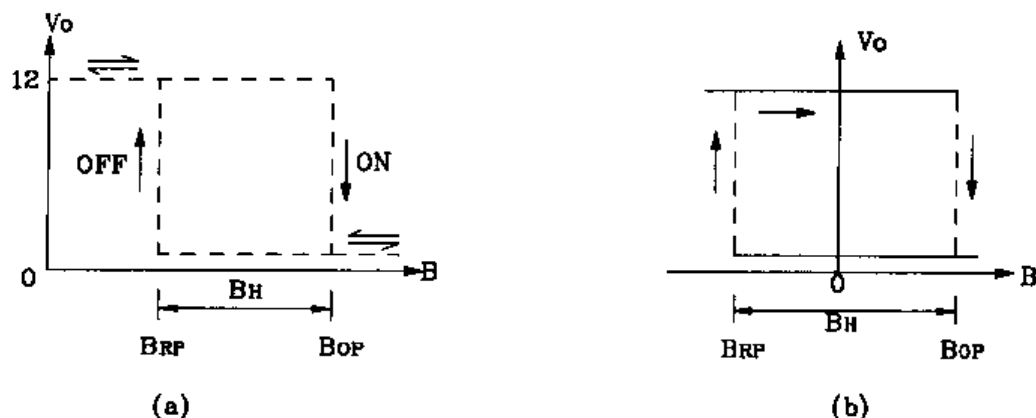


图 2-92 UGN-3000 系列开关型霍尔传感器磁滞工作过程

(3) 应用

霍尔传感器尺寸小、外围电路简单、频响宽、动态特性好、使用寿命长。因此,它们被广泛应用在测量、自控及信息处理等领域。主要用于位移测量、力的测量、计数、测转速或转数、液体控制等方面。下面仅举一个例子来简单说明一下其具体应用。图 2-93 (a)、(b) 为由霍尔传感器组成的计数装置工作示意图和相应电路图。由于 UGN-3501T 具有较高的灵敏度,它能感受到很小的磁场变化。因而能检测黑色金属的有无。我们利用它的这一特性可制成计数装置。当钢球滚过霍尔传感器位置时,传感器输出一个峰值为 20mV 的脉冲,此脉冲信号经 $\mu A741$ 运放放大后驱动 2N5812 三极管,使之完成导通、截止过程。把计数器接于 2N5812 输出端即可构成计数器。

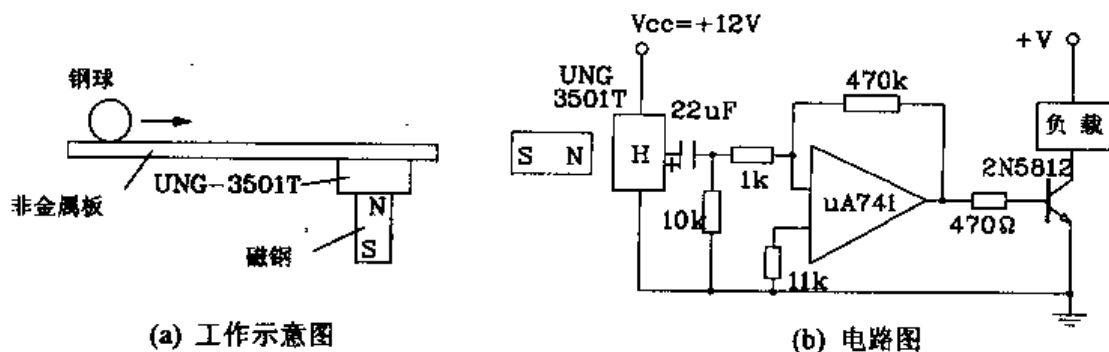


图 2-93 UGN-3501T 霍尔传感器组成的计数装置工作示意图

3. SH 型霍尔开关集成电路

SH 型霍尔开关 IC 由南京晶体管厂生产,它是利用霍尔效应工作的一种磁敏集成传感器。它以磁场为媒介,将位置、速度等物理量变成电信号。它可以代替干簧管使用。并可制成接近开关、行程开关、限位开关、汽车点火器、无刷马达等器件。用霍尔开关制作的霍尔键盘,堪称真正的电子键盘,可彻底消除机械键盘的错、漏、重等现象。作为一种无触点开关,霍尔开关从根本上消除了触点开关的抖动、噪声和电火花等致命弱点,大大提高了开关的可靠性。另外,它的动作响应快,开关频率高、功耗小、使用寿命长,可直接与 DTL、TTL、MOS 等器件相匹

配,并可直接驱动发光管、小型继电器等执行器件,因而应用十分广泛。

(1) 外形及引脚功能

SH 型霍尔开关有两组输出,其外形为扁平塑封 4 脚输出形式,外形尺寸为 $6\text{mm} \times 5.2\text{mm} \times 2\text{mm}$,引线长 10mm ,引脚排列见图 2-94。其中 1 脚为公共地端,2 脚为输出 1 端,3 脚为输出 2 端,4 脚电源电压端。图 2-95 给出了它的内部电路原理框图。

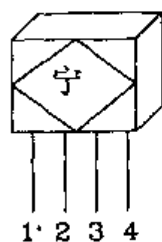


图 2-94 SH 型霍尔开关外形引脚图

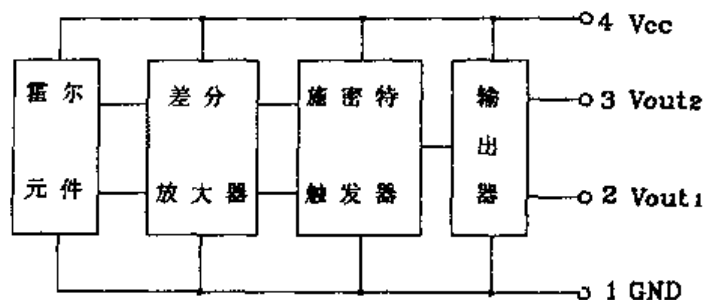


图 2-95 内部电路原理框图

(2) 主要电气性能

SH 型霍尔开关工作电压为 5V ,在 $\pm 20\%$ 范围波动时仍可正常工作。它的两个输出端功能相同,逻辑电平一致。在低电平时,每个输出端的电流容量为 12mA 。并联使用可使电流容量加倍,此时相当于 TTL 的 16 个扇出。无磁场时,输出为“1”(V_{OH} 接近 V_{CC}),在有磁场时 $[B > (200 \sim 800)10^{-4}\text{特}]$,输出为“0”($V_{OL} \leq 0.4\text{V}$)。输出波形前后沿陡直,过渡时间仅几十毫秒。开关动作响应频率高达 100kHz 。功耗低,截止电流小于 5mA 。输出端属集电极开路输出。

(3) 应用

图 2-96 (a)~(g) 给出了 7 种 SH 型霍尔开关的输出接口电路。电路中除输出端接继电器线圈外,其余均需在输出端与 V_{CC} 之间接一电阻,阻值在 $500\Omega \sim 2\text{k}\Omega$ 之间选择。其中图 2-96(a) 为与 DTL、TTL 连接,二者共用一个电源。图 2-96(b) 为与 MOS 电路连接,根据实际情况可共用电源,也可单独使用。图 2-96(c)、(d) 分别为射极输出和集电极输出电路。图 2-96(e)、(f)、(g) 分别为驱动继电器、单硅、双硅电路。读者应用时可参照使用。

4. HK-1 系列全密封霍尔接近开关

HK-1 全密封霍尔接近开关是集磁敏霍尔效应片、稳压器、放大器和施密性整形器为一体的集成电路接近开关。它具有体积小、无触点、无磨损,使用寿命长和功耗低等优点。市售同类产品一般不具备全密封性,从而限制了它的使用范围。而 HK-1 型霍尔接近开关具有全密封性能,能在恶劣环境条件下,如水溶液、油类、冷却碱液、粉尘等环境中稳定可靠工作。

HK-1 霍尔接近开关外形如图 2-97 所示。其内部电路原理框图见图 2-98。此类接近开关工作电源电压 $5 \sim 30\text{V}$,外磁钢控制距离 $5 \sim 10\text{mm}$ 。

其工作原理为:当有控制电流 I 流过霍尔效应片时,同时在效应片平面的垂直方向上施加有磁场。这时,就会在垂直于电流 I 和磁场的方向上产生电动势 E ,即霍尔电动势 $E = K \cdot I \cdot B/d$,如图 2-99 所示。其中 K 为霍尔系数, d 为霍尔片厚度, B 为磁感应强度,对工作电压稳定

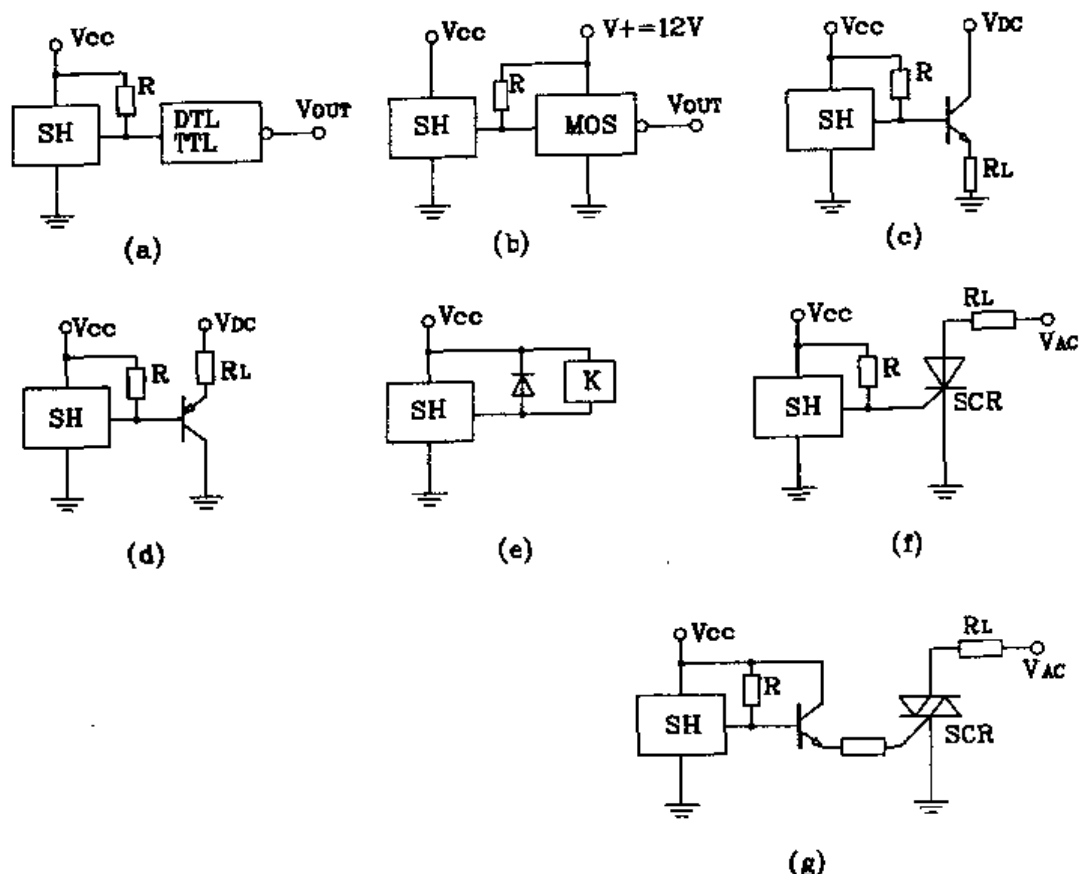


图 2-96 SH 型霍尔开关的几种输出接口电路

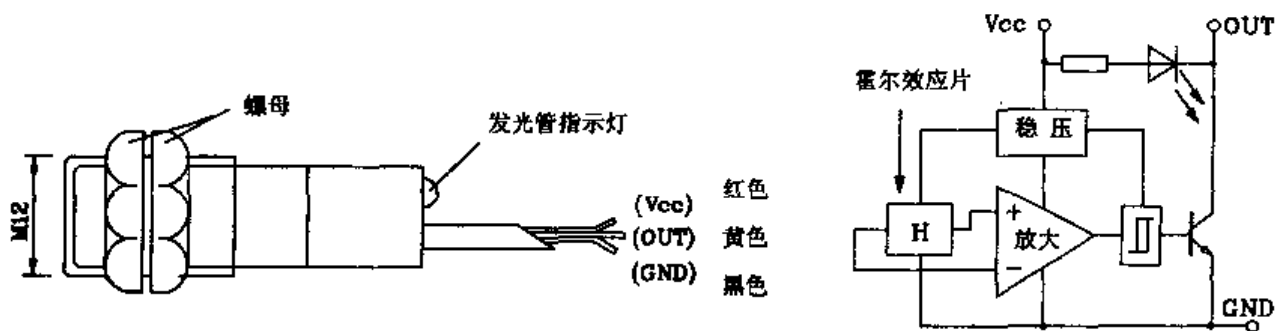


图 2-97 HK-1 霍尔接近开关外形图

图 2-98 HK-1 霍尔接近开关内部电路原理框图

的霍尔片来说,其 E 和 B 是成线性关系的。将霍尔电动势 E 送入图2-98中的差分放大器,经放大后信号又送入施密特触发器,一旦触发器受触发,就有电压输出使驱动管导通,从而完成霍尔接近开关的“开”功能;一旦磁场消失,驱动管截止,完成开关的“关”功能。霍尔开关内部因设有施密特触发器,因此该开关同样具备磁滞特性,从而保证了开关动作的抗干扰性能,使外来的杂散磁场不易造成开关误动作。一般开关动作有两种方式:横向滑动和纵向滑动。开关动作波形见图2-100。

图 2-101 为由 HK-1 型霍尔接近开关组成的计数器电路。图中采用了光电耦合器隔离和 8 位计算器。每当磁钢接近 HK-1 开关一次,计算器记一个数,并累加,从而完成计数功能。另外,此开关还可用于数控机床可编程控制器(PLC)上,其精度可达 0.02mm ,电源采用

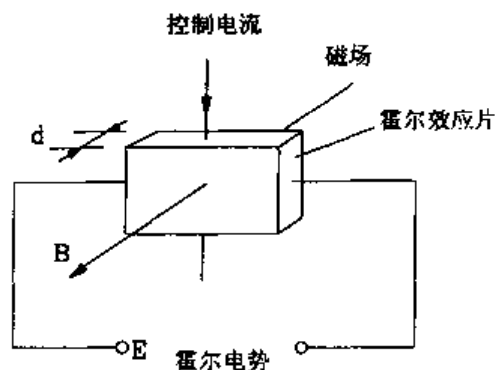


图 2-99 霍尔电动势产生过程

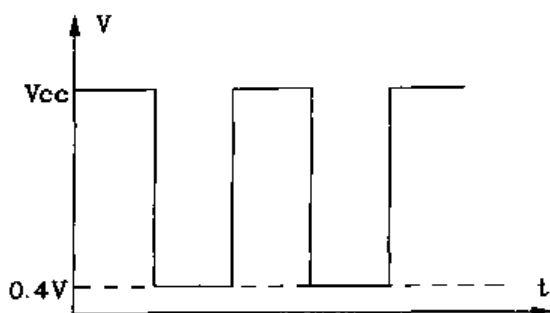


图 2-100 HK-1 型霍尔接近开关动作波形图

+24V, 将霍尔开关的输出与 PLC 输入端相连, 即可使编程器正常工作。如图 2-102。此外霍尔开关还可用于高速冲床、复杂纹进模具的送切料、行程控制等方面。

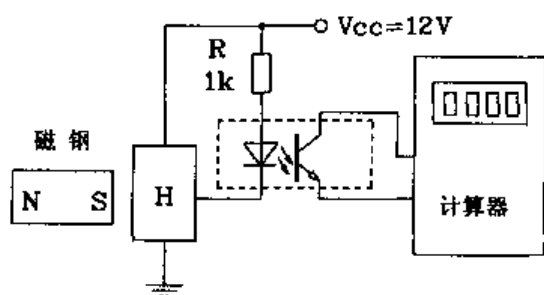


图 2-101 HK-1 型霍尔接近开关组成的计数器电路

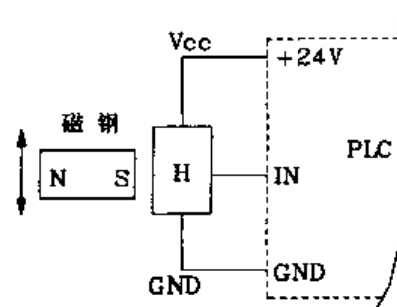


图 2-102 HK-1 型霍尔接近开关用于数控机床 PLC 电路

5. HST 系列霍尔传感器

HST 系列霍尔传感器由磁路系统、霍尔集成电路、微信号处理系统以及功率开关驱动等电路组成, 是一种新型磁感应无触点集成电路开关。其输出信号可直接驱动晶体管、可控硅、TTL、CMOS 等集成电路, 具有动作灵敏度高、开关特性好、响应时间短、工作频率高, 无火花、不怕油污及灰尘、安装方便、寿命长等优点。

(1) 外形及主要电气参数

HST 系列霍尔传感器外形有 3 种形式, 如图 2-103。其内部电路原理框图见图 2-104, 引出线红色为电源正极、黄色为输出端、黑色为电源地。表 2-25 给出了主要电气参数。

表 2-25 电气参数

参数名称	HST01-1A	HST02-1A	HST03-1A	单位
工作电压	4.5~9	4.5~9	4.5~9	V
输出脚最大耐压	20	20	20	V
输出脚最大电流	12	12	12	mA
工作电流	9	9	9	mA
导通磁感应强度	≤ 800	≤ 800	≤ 800	GS
工作频率	0~100	0~100	0~100	kHz
工作温度	-20~+75	-20~+75	-20~+75	℃

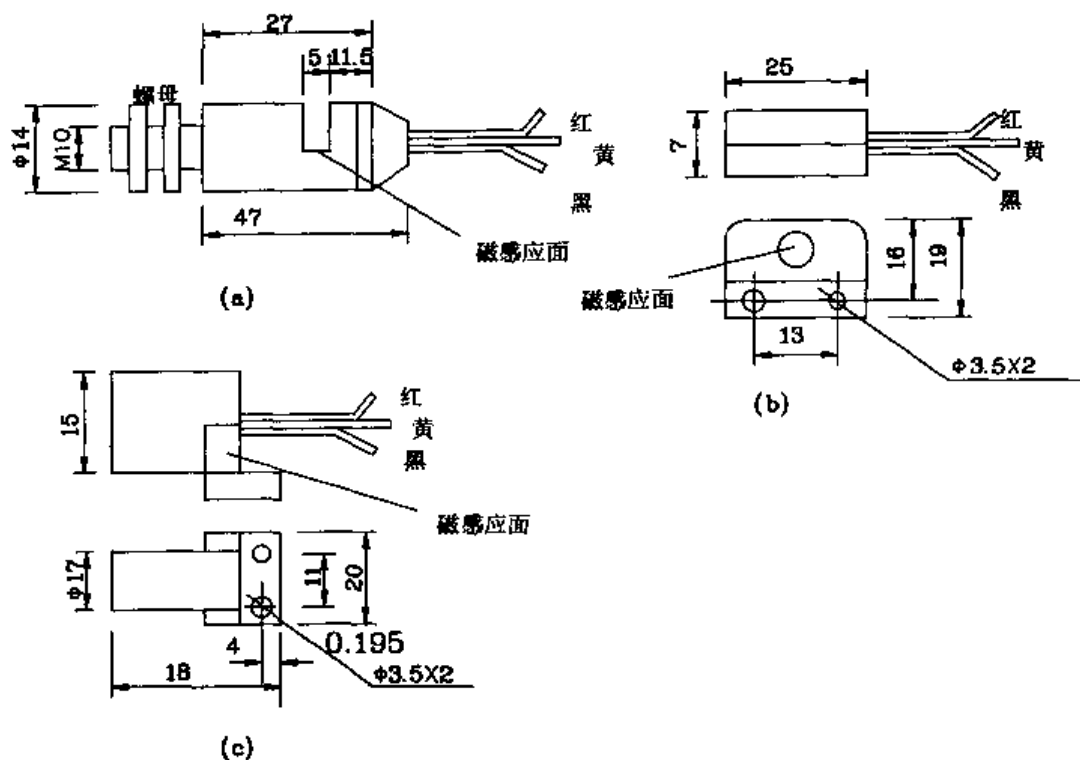


图 2-103 HST 系列霍尔传感器外形引线图

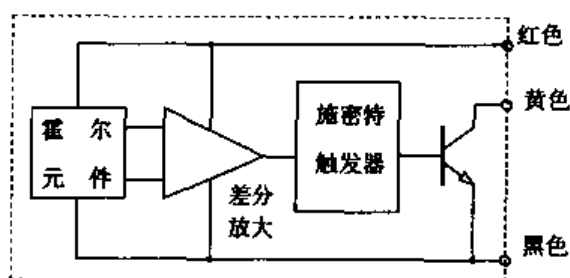


图 2-104 内部电路原理框图

(2) 原理及应用

图 2-105 为 HST 霍尔传感器工作原理图。当永久磁铁靠近传感器磁感应面并达动作距离时(磁感应强度 $\geq 800 \times 10^{-4}$ 特),传感器即可输出低电平信号。当磁铁远离传感器感应面时(磁感应强度 $< 800 \times 10^{-4}$ 特),传感器输出高电平。磁铁控制距离与磁铁本身的磁感应强度有关,磁感应强度越强,动作距离越远。当磁铁在传感器感应面往复运动时,传感器将输出方波信号。此类磁感应传感器工作频率可达 100kHz,其输出波形前、后沿陡直,无毛刺,性能良好。加之可直接驱动负载,因此使用极为方便。常见应用接口电路见图 2-106。一般可应用于测量转速和频率、计数、位移定位控制、液面控制、温度控制(热变形)、大电流保护等方面。具体电路此处不再赘述。需要说明一点,选择此类传感器时应考虑三个参数:工作电源电

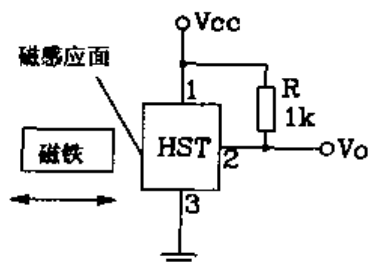


图 2-105 HST 霍尔传感器工作原理图

压、输出级最大耐压以及输出级最大电流。输出级负载电阻可接到传感器本身的工作电源,也可接到所驱动的电路的电源,其阻值的选择应满足电流小于输出级最大输出电流。同时也要保证传感器输出管工作电压应小于其反向耐压,以保证霍尔传感器安全可靠地工作。

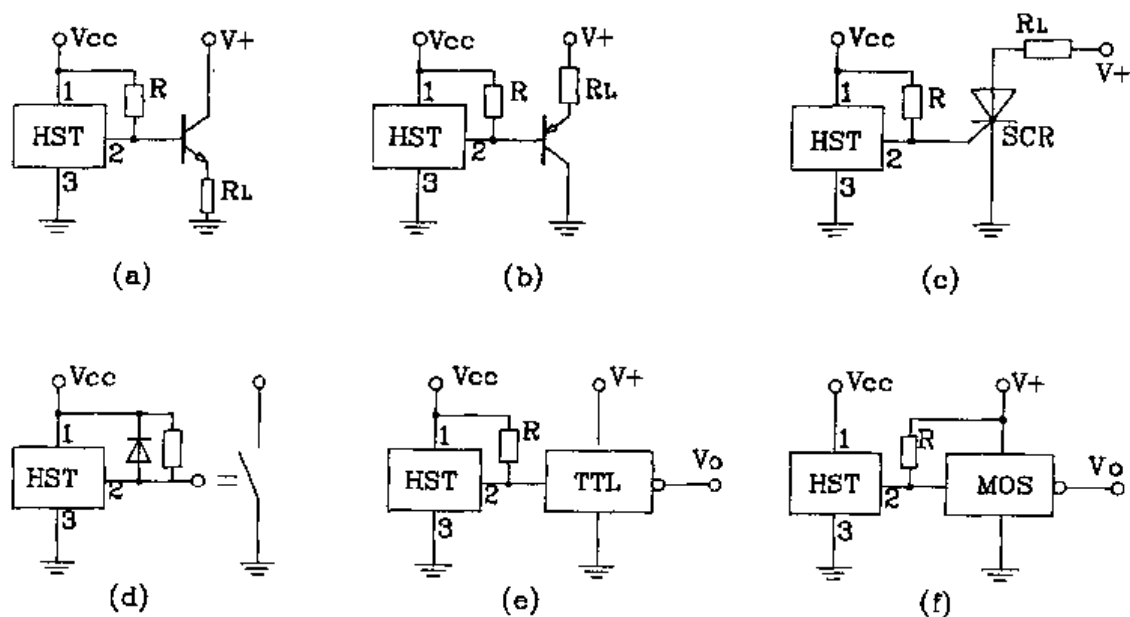


图 2-106 HST 霍尔传感器应用接口电路

6. DN838 霍尔集成电路

霍尔集成电路是近年来发展起来的新型器件,它是在霍尔效应基础上,利用集成电路技术将霍尔元件、放大或开关电路集成在同一半导体基片上制成的,一般分为线性型和开关型两种。由于霍尔开关集成电路以磁场为传感媒介而无接触点,且具有寿命长、无磨损、无火花、无转换抖动、工作频率高、温度特性好等优点,因此它可取代应用广泛的干簧管制成各种磁敏开关用于限位开关、无触点交流开关、汽车点火器及各种报警器等方面。

(1) 外形及引脚功能

DN838 为日本松下公司生产的开关型霍尔集成电路。其外形为 4 脚单列直插塑料封装,引脚排列见图 2-107。其中 1 脚为调零端,2 脚为电源正端;3 脚输出端;4 脚电源负端。

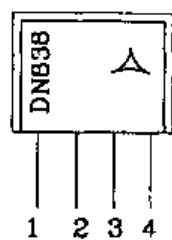


图 2-107 DN838 外形引脚图

(2) 主要性能

DN838 开关型霍尔集成电路主要性能如下:电源电压范围 8 ~ 16V(宜低不宜高,以免器件发热),工作温度范围 $-40 \sim +100^{\circ}\text{C}$,输出端耐压 30V。

(3) 应用

DN838 主要用来制作霍尔集成电路转速表,它具有非接触性、传输距离远和工作频率宽等特点,输出幅度可在 0~6 万转/min 时保持不变,最适用于精密仪器、仪表、工业设备中的转速计数。DN838 在静止状态时输出高电平,在磁场作用下,输出端变成低电平,其输出可直接驱动三极管、可控硅、继电器、COMS 电路、TTL 电路等。图 2-108 给出了几种典型应用电路

供读者参考。

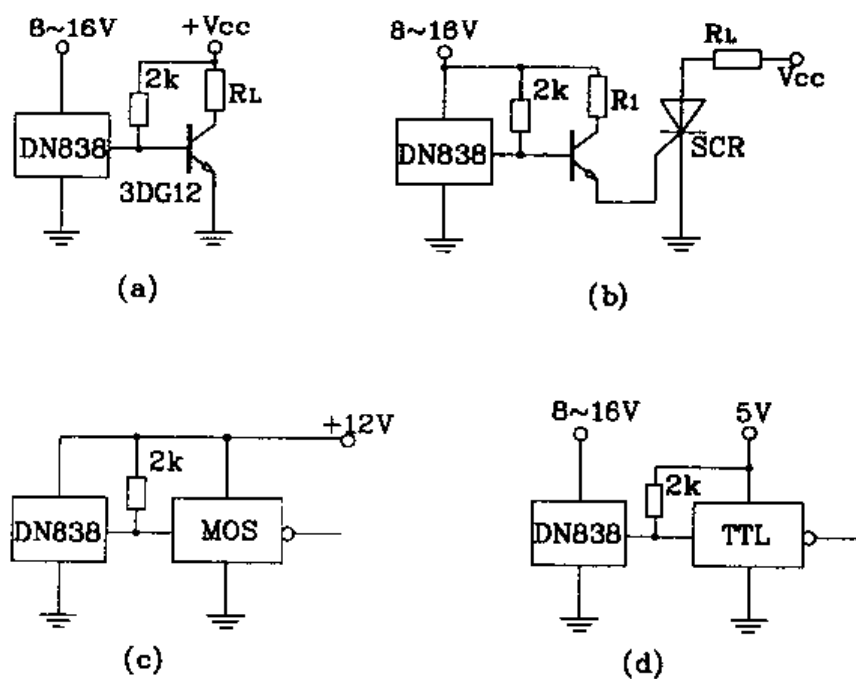


图 2-108 DN838 几种典型应用电路

七、电机控制专用集成电路

1. TS01 交、直流电机调速集成电路

TS01 是一种专用电机调速单片集成电路,它主要用于单相交流电机和一般直流电机等微型交、直流电动机的速度调节,具有工作电压范围宽、速度调节范围广、调速精度高等功能。同时芯片内部设有保护电路,芯片自身功耗极低。

(1) 外形及原理框图

TS01 外形采用 14 脚双列直插塑料封装形式,其引脚排列见图 2-109,图 2-110 为其内部原理框图。相应各引脚功能见引脚图中。

(2) 原理及应用

图 2-111 为由 TS01 构成的采用脉冲移相方式调节直流电机速度的电路图。AC220V 电压经整流后获得脉冲直流电压再经 R_1 限流,在 TS01 第 12 脚上形成同步信号(相对 50Hz 的交流电网,

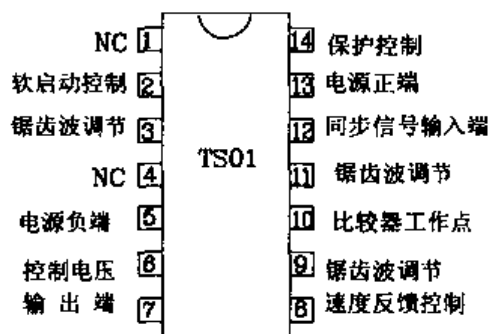


图 2-109 TS01 外形引脚图

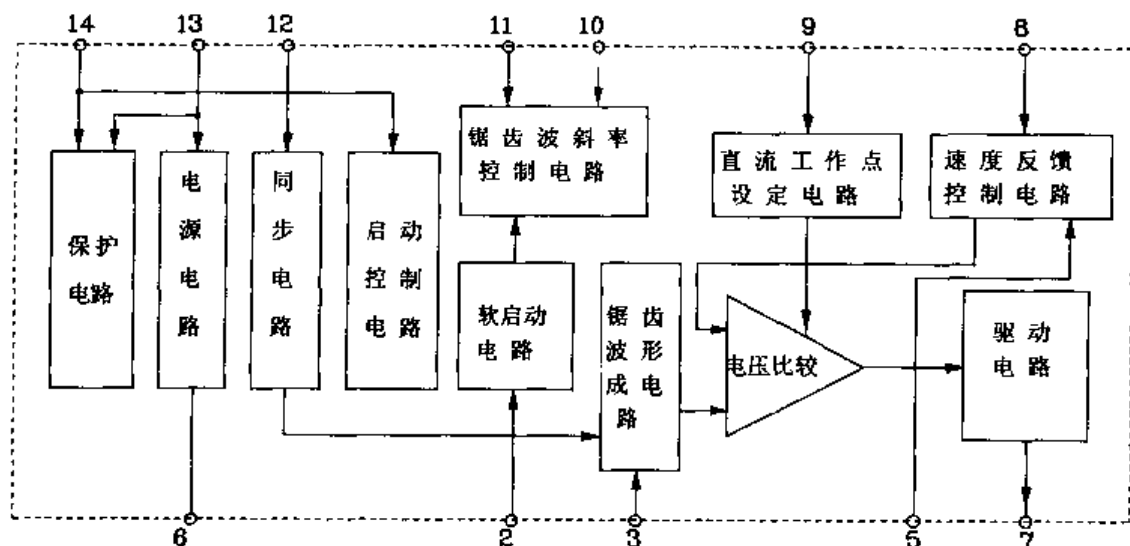


图 2-110 TS01 内部原理框图

形成的同步信号是 100Hz)。由于 IC 内部设置为两只稳压值为 7.5V 的稳压管,所以同步信号是一系列幅值为 15V 的梯形波,再经 VD_5 、 C_1 整流、滤波后,IC 第 13 脚上得到平滑的直流电压,此电压供给内部电路内部各单元使用。调节 R_7 和 C_3 可改变锯齿波形成电路的锯齿波的斜率,阻值越小,锯齿波斜率越大。但 R_7 、 C_3 的时间常数不能小于同步信号的密度,否则锯齿

波上会出现平顶现象。 C_2 为软启动电容, C_2 容量越大, 软启动时间愈长, 若不需软启动, 可取消 C_2 。使用时闭合开关 S, TS01 第 3 脚就产生一系列锯齿波。5 脚外接控制电压, 当锯齿波电压高于控制电压时, 经电压比较器比较后, 由 7 脚输出高电平; 反之则输出低电平。因此改变锯齿波斜率和改变 5 脚控制电压均能改变 7 脚的导通与截止, 最终改变在直流电机电枢中的电压与电流变化, 即改变电机的速度, 从而达到调速的目的。

图 2-112 为 TS01 构成采用脉冲移相方式调节交流串励电机速度的电路图。此图与图 2-111 类似, 区别仅在于 IC 7 脚控制的是一对可控硅整流器, 与电机串联的一对二极管用于电机在两个半波中的电流导向。

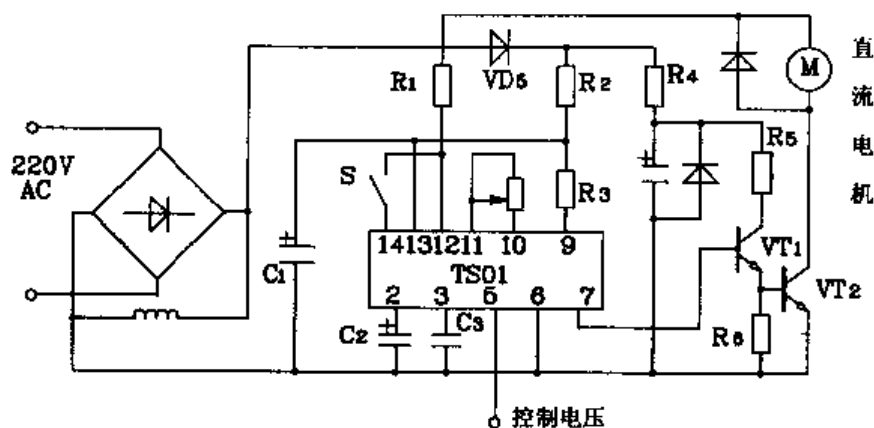


图 2-111 TS01 构成直流电机调速电路

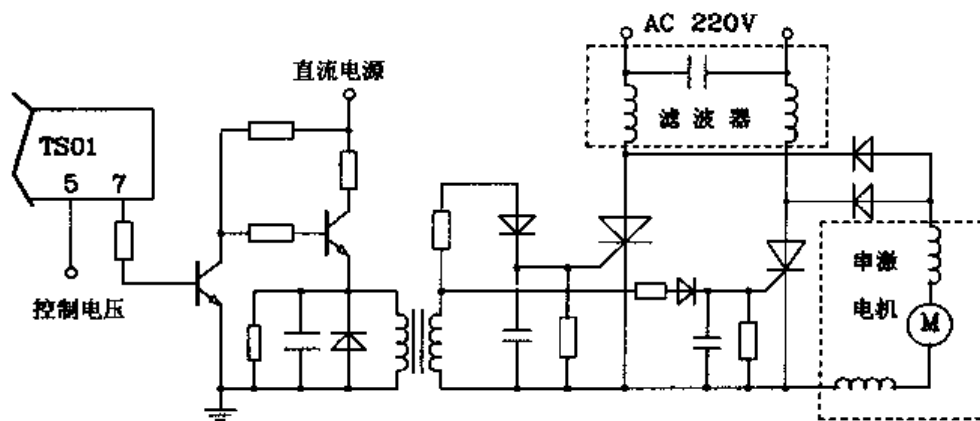


图 2-112 TS01 构成交流电机调速电路

2. LT240 微型直流电机可逆驱动集成电路

LT240 主要应用于直流可逆电机换向电路, 它等效于一种换向开关, 可通过遥控电路来改变电机旋转方向, 也可用线控和手动控制。一般应用于电动玩具、录音机、自控电器等方面, 亦可作为门电路反相器使用。LT240 集成电路外形为 8 脚双列直插塑封形式, 引脚排列见图 2-113。其引脚功能为: 1、4 脚为两个输出端; 2、5 脚外接缓冲电容端; 3 脚为公共地端; 6、8 脚为两个输入端; 7 脚电源电压端。其中 1、8、2 脚输出、输入为一组, 4、6、5 脚输出、输入为一组。

其输出最大可逆电流 $\pm 400\text{mA}$,工作电压(DC)为 $5\sim 12\text{V}$,静态功耗典型值 $\leq 10\mu\text{A}$,输入电流范围 $0.5\sim 3\text{mA}$ 。图 2-114 给出了 LT240 用于电机可逆控制的典型应用电路。

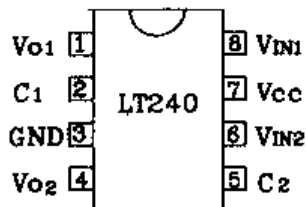


图 2-113 LT240 外形引脚图

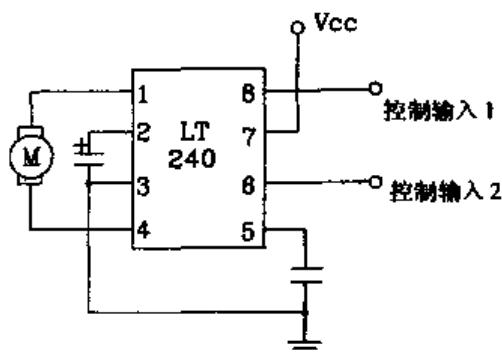


图 2-114 LT240 用于电机可逆控制典型应用电路

3. NO-9331 电动机保护模块

NO-9331 电动机保护模块是一种具有对称和不对称故障保护功能的专用电机保护厚膜模块。其内部由反时限、启动电流时限避让、三相电流平衡监测、电流整定、过流监测、显示与驱动电路组成。

(1) 外形及引脚功能

图 2-115 为 NO-9331 外形、引脚排列图。其外形采用 14 脚单列直插封装形式。引脚功能为：1 脚

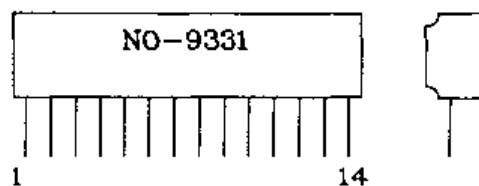


图 2-115 NO-9331 外形引脚图

电源正端；2、4、6 脚为三相电流监测输入端；3、5、7 脚为三相过电流监测输入端；8 脚三相电流平衡测试端；9 脚过流显示端；10 脚反时限外接电容端；11 脚接地端；12 脚启动电流时限避让端；13 脚电流整定调整端，可通过外接电位器来调整；14 脚继电器驱动输出端。

(2) 主要电气参数

NO-9331 主要电气参数为：工作电源电压 $12\sim 24\text{V}$ ；缺相或不平衡动作时间小于 4s ；电流整定精度优于 10% ，三级，断电复位；工作温度范围 $-40\sim 55\text{℃}$ ；三相电流监测输入电平小于 0.5V ；三相过电流监测输入电平小于 0.5V 。

(3) 工作原理

通常电动机损坏以不对称故障最多，一般占 72% 以上，如缺相、匝间短路、三相不平衡均属此类故障。而由于堵转、过负荷、扫膛等对称故障而引起电动机损坏的故障比例较少。

对称故障在相电流中只有正序分量，而 NO-9331 能对三相电流分别独立监测，当任一相电流超出额定值时，均会传递给反时限电路，由过流大小及时间累计结果来决定是否保护。启动电路的时限避让电路可以在 $5\sim 60\text{s}$ 内用外接的电位器设定，使反时限特性曲线平滑移动，这对于不同负荷、不同功率、不同接法的电动机顺序启动与运行保护十分重要。不对称故障在相电流中有较大负序分量，但 NO-9331 内部三相电流平衡监测电路（平衡点 50% ）可用来实现对不对称故障的保护。当出现不对称故障时，电流不平衡超过 50% 的平衡点。此时三相电流

平衡监测电路动作,完成对电动机的保护。

此外,NO-9331 电机保护模块只监测三相电流的情况,而不利用三个相电压,与中线无关。因此保护更加可靠。

(4)应用

图 2-116 给出了 NO-9331 典型应用电路。图中 L_1 、 L_2 、 L_3 是三个线电流检测互感器,它给控制电路提供信号的同时,还提供工作电压,使保护器的工作方式只与电流有关。 VD_1 、 VD_2 、 VD_3 分别对三相信号进行半波整流后送给 NO-9331, RP_1 、 RP_2 、 RP_3 用来调整三相信号平衡,并通过第 8 脚进行测试,使电压最低即可。 VD_4 为过流发光显示,电机启动后,调 RP_4 ,使 VD_4 不亮即可。 RP_5 为电动机启动电流时限调整,从小往大调,使电机能在各种负荷下正常启动。图 2-117 为反时限特性曲线,调节 RP_5 时曲线可在虚线内上、下平移。继电器可选用内阻 $1.45k\Omega$ 、吸合电压 12V 的电磁继电器。

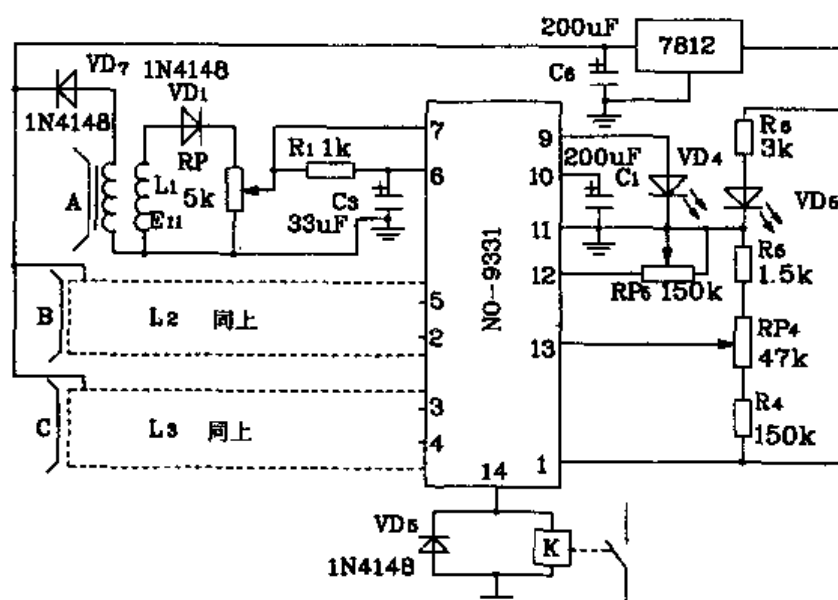


图 2-116 NO-9331 典型应用电路

4.NO-9331B 电动机保护模块

NO-9331B 电动机保护模块是 NO-9331 的改进型。它除了保留 NO-9331 既具有的功能外,又具有连续工作不发热、抗强电磁场干扰等功能。

(1)外形及引脚功能

NO-9331B 外形为 17 脚单列直插塑料封装。其引脚排列见图 2-118。相应引脚功能为:1 脚电源电压端;2、4、6 脚为三相电流平衡输入端,信号为直流或同相脉动直流,必须同时使用或接地;3、5、7 脚为三相电流整定输入端,可单独使用一个(或两个)端子,空余接地即可;8 脚为三相电流平衡输入检测端。如果接地,可使 2、4、6 三相平衡输入失去作用。利用这一点,可设置一功能开关,实现纯过电流和不平衡加纯过电流两种工作模式;9 脚为反时限信号输出端,通过外接红色发光管发光强弱来正比过电流大小或三相信号不平衡程度;10 脚外接反时限充电电容端($220\mu F/25V$),如工作环境恶劣,最好使用钽电解电容;11 脚为公共端;12 脚为

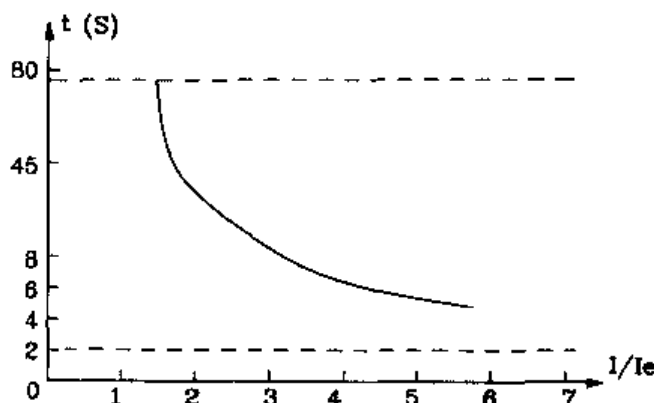


图 2-117 反时限特性曲线

启动时限设定端,通过调整对地电阻,设定电动机启动时间,在这个时间内,过载保护不动作;13脚对地接电阻,通过调整对地阻值来改变3、5、7脚输入信号的灵敏度,用以控制电流互感器的整定刻度;14脚是动作时间调整端,对地接一100kΩ电位器,可以调整电动机启动后的动作时间;15脚是电流整定控制端,通过电位器调整电位变化而实现电流整定。电位调整精度决定了过载

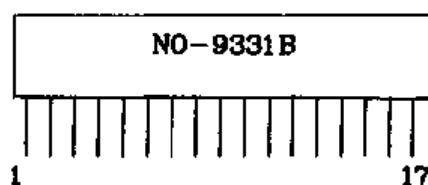


图 2-118 NO-9331B 外形引脚图

保护的可靠性;16脚为继电器输出驱动端,平时为低电平,动作时输出为高电平,适合用自供电型的电流检测互感器,工作模式与机械式热继电器相同,只与电流有关。17脚为反相驱动输出端,平时为高电平,动作时为低电平,利用这一端驱动的保护器,可以选用多种方式的外供电电路,这种保护器与电源电压有关,容易实现动作后电机故障显示。

(2) 主要电气参数

NO-9331B 工作电源电压 12~24V;16脚输出驱动电流 50mA;静态工作电流随工作电压不同而不同,一般为几十毫安;8脚测试端输入电压小于 1V;最大保护电流可达 200A。

(3) 原理及应用

前面提过,NO-9331B 第 3、5、7 脚三相电流整定输入端可单独(或两个)使用,其余接地即可。这种功能可随心选用电流互感器。三个脚的信号可以是脉动直流信号,也可能是直流或交流信号,不同的输入信号,其反时限特性曲线不同。图 2-119 给出了一种使用两个端子的应用电路。此电路输入信号为脉动直流,输出驱动采用 17 脚的反相驱动功能。NO-9331B 内部不仅过电流具有反时限特性,在缺相(不平衡故障)状态同样具有反时限功能,这是一般电子型保护器所不具备的。这使得用 NO-9331B 组成的保护器与双金属片热继电器具有较好的相容性,它不但能用于异步电动机的保护,而且凡是用热继电器作为保护的场合均可使用。用它可组成一个外围电路简单、调试容易、高性能的电动机保护电路。图 2-120 给出了 NO-9331B 构成自供电型保护电路。

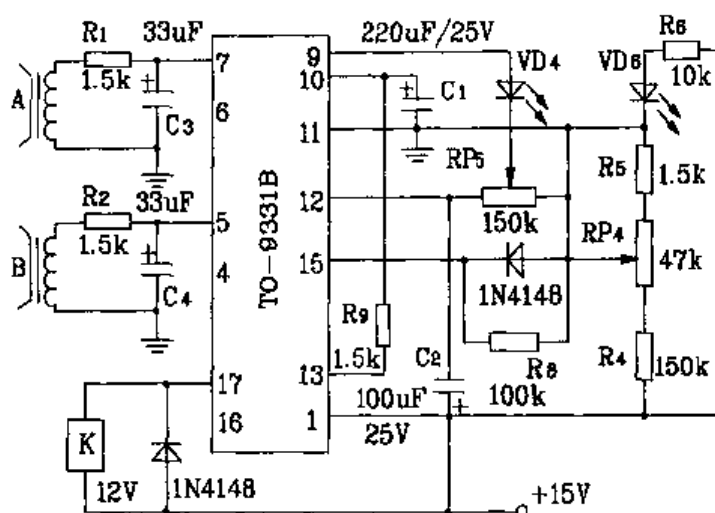


图 2-119 NO-9331B 使用两个端子的应用电路

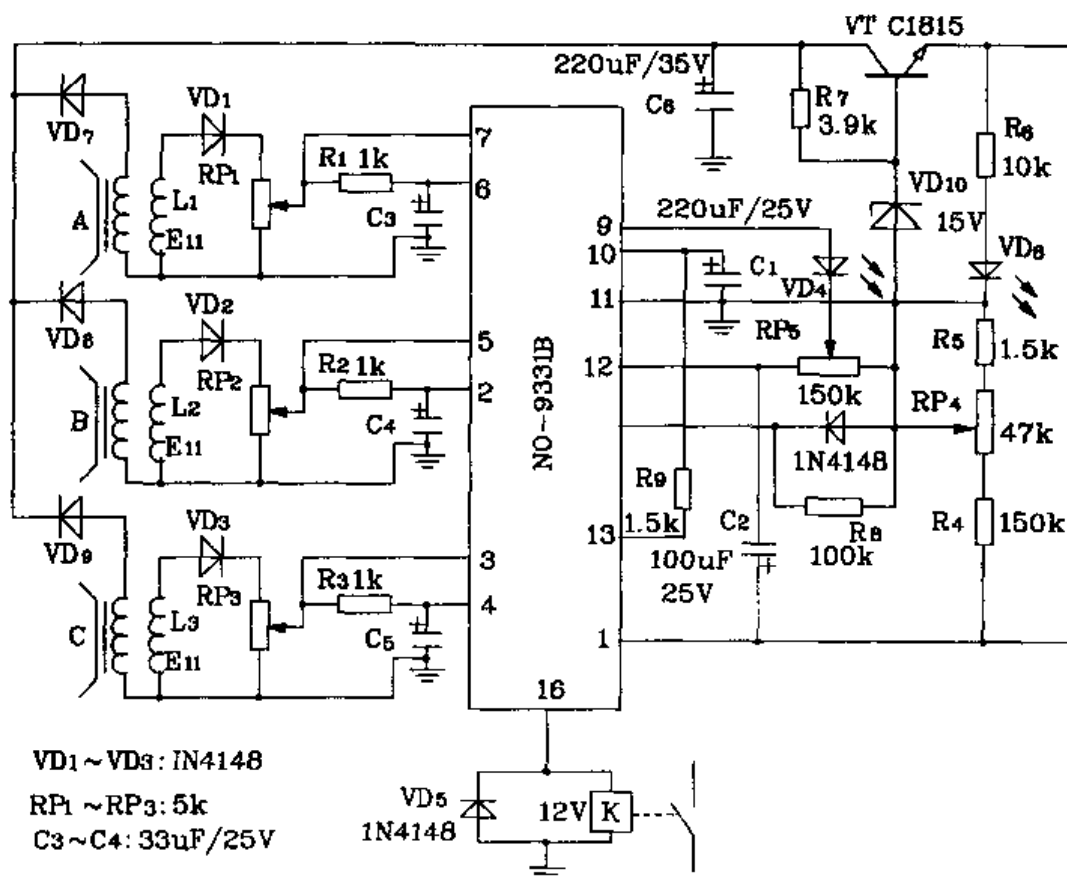


图 2-120 NO-9331B 构成自供电型保护电路

电路调试如下:用+15V接1脚,负端接11脚,则VD₆点亮,继电器不动作,此时静态电流小于15mA,表明电路基本正常。测8脚电压应小于1V,3、5、7脚加小于1V直流电压,将RP₄调小,此时VD₄应点亮,几秒钟后,继电器吸合。然后三个脚同时加电压,VD₄应不亮,表明不平衡故障保护正常。再用一调压器接一大电流变压器,接好电流、电压表,使变压器次级直穿过任何一个电流互感器。此时升压,随电流增加,电压开始上升,VD₆点亮。当电压上升到15V时(本电路电源电压选15V),电流表指示值即为下限值,上限值可达200A。将电流整

定电位器 RP_4 调至最小位置,过载指示 VD_4 可能点亮,调整 R_9 、使 VD_4 完全点亮即可。再将 RP_4 调至最大,调整电流,确定上限值(如上限值定为 100A,调 R_4 ,使 VD_4 熄灭)。

重复上述过程, RP_4 两端就包含了电流的上、下限值,刻度也随之确定,最后换上固定电阻,调试便完成。如要降低电流下限值,可将半波整流改为桥式整流,增加贯通互感器的圈数,此时电流下限值将向下延伸。

5. 直流电机稳速专用 IC 简介

直流电机稳速专用集成电路主要应用于各种录音机、电唱机及 8mm 摄像机等电机转速控制电路。此类专用芯片日本、美国及西欧均有大量生产。特点是构成的电路外围元件少,稳速性能好,工作电压范围宽,电路简单,调整方便。有的还具有反向电压保护功能,应用十分广泛。常见型号见表 2-26,下面分别加以简单介绍。

表 2-26 常见型号

AN6610
AN6651
DG5511、LD5511、SF5511、TB5511、LA5511
D1470H、DG1470H、 μ PC1470H
D5521D、LA5521D
LA5522
LA5524、LA5524M
NJM2605D、NJM2605M
μ PC1447H

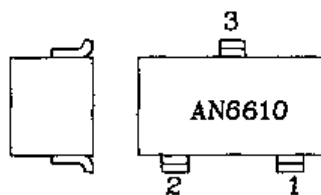


图 2-121 AN6610 外形引脚图

(1) AN6610

AN6610 稳速 IC 由日本松下电气公司生产,外形为 3 脚扁平塑封结构,引脚功能为:1 脚接电机端;2 脚公共端;3 脚控制端。图 2-121 为 AN6610 外形引脚图。内部原理框图见图 2-122。其主要电气参数为:工作电压 4.5~16V,启动电流 64mA,功耗 1.3W。AN6610 构成的稳速电路电压特性和温度特性良好,工作电压范围宽,启动转矩大,体积小,是微型直流电机控制稳速的最佳选择。图 2-123 给出了 AN6610 典型应用电路。

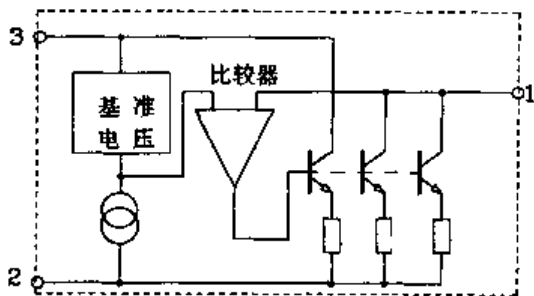


图 2-122 AN6610 内部原理框图

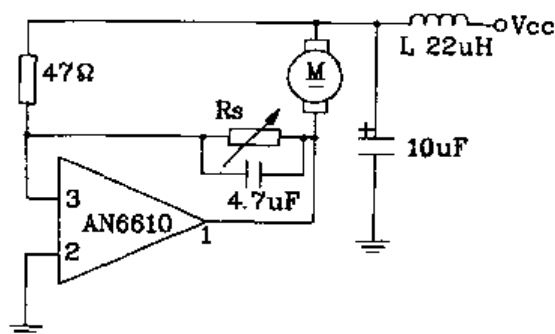


图 2-123 AN6610 典型应用电路

(2) AN6651

AN6651 为日本松下电气公司产品,由 AN6651 构成的稳速电路能完成非连续性的速度变化,并具有线性微调转速的特点。芯片内部含有输出电流限制电路、反向电压保护电路、转矩特性和减压特性良好,适用于低电压供电(如 3V、4.5V、6V)的微型直流电机稳速。

AN6651 外形为 4 脚单列直插塑封形式,引脚排列见图 2-124,图 2-125 为其内部原理框图。其引脚功能为:1 脚电源正端;2 脚控制端;3 脚电源地端;4 脚输出端。其主要电气参数为:工作电压 3.5~14.4V,功耗 1.3W。图 2-126 给出了 AN6651 的典型应用电路。

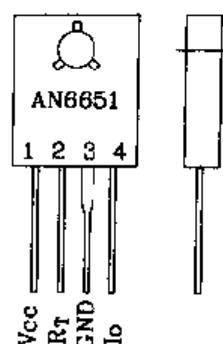


图 2-124 AN6651 外形引脚图

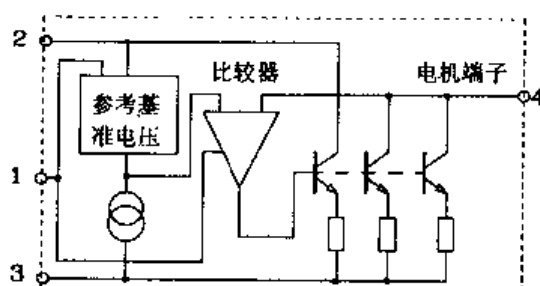


图 2-125 AN6651 内部原理框图

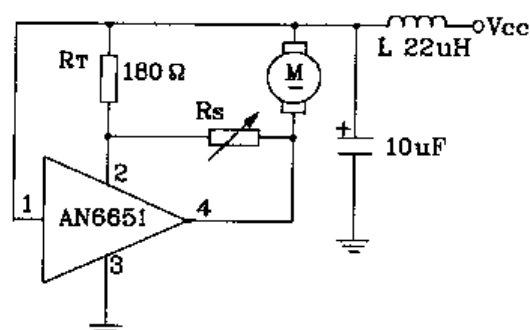


图 2-126 AN6651 典型应用电路

(3) DG5511/LD5511/SF5511/TB5511

DG5511 等 5511 型电机稳速集成电路分别由上海元件五厂、天津半导体厂等厂家仿日本三洋电气公司生产的 LA5511 而生产。此电路芯片启动电流大,基准电压可调,适用于 4.5V、6V、9V、12V 和各类微型直流电机转速控制稳速电路。下面仅以 DG5511 为例加以简单介绍,其它型号与之完全相同。

DG5511 外形为 4 脚单列直插塑料封装,引脚排列见图 2-127。引脚功能为:1 脚电源正端;2 脚电源地端;3 脚输出端;4 脚基准电压调整端。图 2-128 为其内部原理框图。

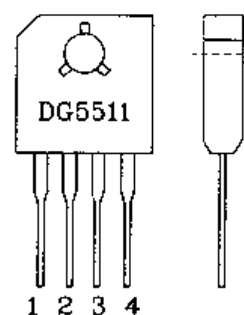


图 2-127 DG5511 外形引脚图

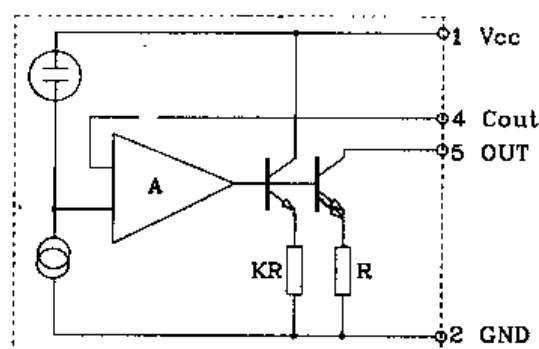


图 2-128 DG5511 内部原理框图

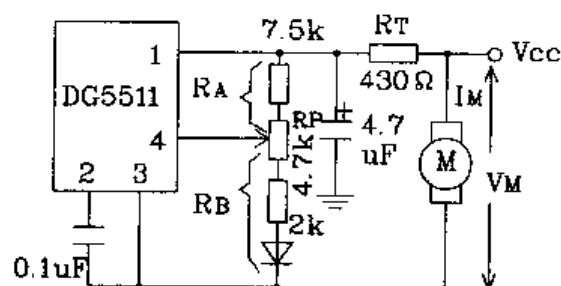


图 2-129 DG5511 典型应用电路

DG5511 主要电气参数为:工作电压力 4~16V,最大启动电流 1A,功耗 0.56W。图 2-129 给出了 DG5511 典型应用电路。

(4) D1470H / DG1470H / MPC1470H

D1470H、DG1470H 为国营 742 厂和 878 厂仿日本日电公司生产的 MPC1470H 而生产的电机稳速专用 IC。三者性能、电气参数、外形均完全相同,可直接互换。此电路稳速性能好,温度性能稳定,具有启动电流大、适应电压范围宽等特点。下面以 DG1470H 为例简单介绍。

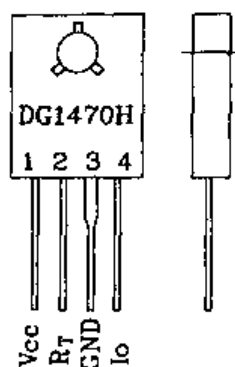


图 2-130 DG1470H 外形引脚图

DG1470H 外形为 4 脚单列直插塑封形式,引脚排列见图 2-130。引脚功能为:1 脚电源正端,2 脚控制端,3 脚电源地端,4 脚输出端。其内部原理框图见图 2-131。

DG1470H 主要电气参数为:工作电源电压范围 3.5~16V,功耗 1.2W,最大启动电流 2A。适应于 6V、12V 供电的微型直流电机。图 2-132 给出了其典型应用电路。

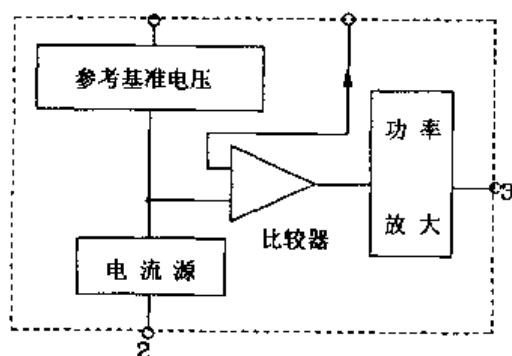


图 2-131 DG1470H 内部原理框图

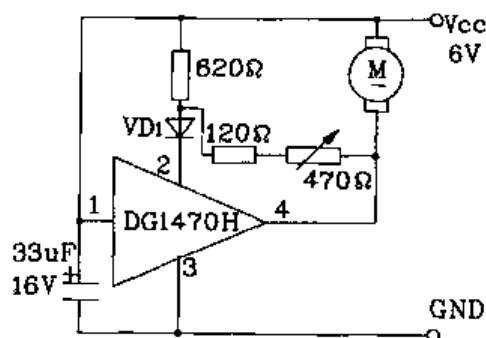


图 2-132 DG1470H 典型应用电路

(5) D5521D / LA5521D

D5521D 是国营 871 厂仿日本三洋公司产品 LA5521D 生产的电机稳速专用 IC。二者完全相同,可直接互换。此电路稳速性能好,温度性能稳定,内部含基准电压、比较和电流镜电路,具有分流比大、效率高等特点并有两种控制速度,适用于低压微型直流电机速度控制稳速电路。

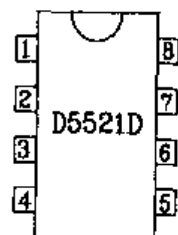


图 2-133 D5521D 外形引脚图

此类 IC 外形为 8 脚双列塑封形式,引脚排列见图 2-133。图 2-134 为其内部原理框图。相应引脚功能为:1、2、7 为空脚,3 脚为电源正端,4 脚输出端,5 脚公共地端,8 脚基准电压端,6 脚为控制端。

主要电气参数为:工作电源电压范围 1.8~8V,功耗 0.6W,适用于 3V、4.5V 低压供电直流电机稳速调整控制电路。图 2-135 给出其典型应用电路。

(6) LA5522

LA5522 同 LA5521D 一样均为日本三洋公司产品。二者内部电路完全相同,LA5522 外形为 5 脚单列直插塑封形式,引脚排列见图 2-136。相应引脚功能为:1 脚电源电压端,2 脚输

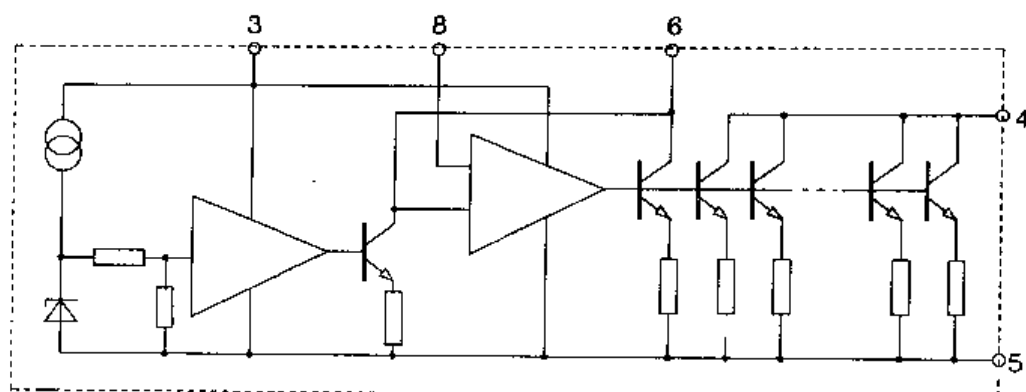


图 2-134 D5521D 内部原理框图

出端,3脚公共地端,4脚控制端,5脚基准电压端。

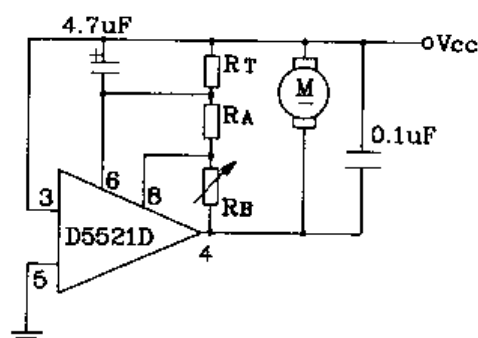


图 2-135 D5521D 典型应用电路

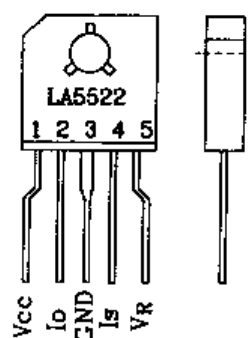


图 2-136 LA5522 外形引脚图

主要电气参数为:电源电压范围 1.8~8V,功耗 1W。应用电路可参看 DG5521D,仅注意引脚号不同即可。

(7) LA5524 / LA5524M

LA5524 /LA5524M 为日本三洋公司产品,LA5524 外形同 LA5521D ,且引脚功能完全相同,所不同仅电气参数略有差异。LA5524 电源电压范围 2.5~10V,功耗 0.6 W。应用时可参考 LA5521D,DG5521D 等芯片,电路完全相同。LA5524M 同 LA5524 内部电路引脚功能及电气参数完全一样,不同之处仅在外形封装。LA5524M 外形为 8 脚双列表面扁平贴装,相应引脚排列见图 2-137。参照 LA5524 应用即可。

(8) NJM2605D / NJM2605M

NJM2605D/ NJM2605M 为日本生产的直流电机稳速专用 IC。此电路稳速特性好,温度性能强,具有分流比大,功耗小等特点,适用于低电压供电直流电机调速稳速。其中 NJM2605D 外形为 8 脚双列直插塑封, NJM2605M 外形为 8 脚双列扁平贴装。相应引脚排列见图 2-138。引脚功能为:3、7 空脚;1 脚输出端;2 脚基准电压端;4、8 脚公共地端;5 脚控制端;6 脚电源电压正端。图 2-139 给出了它的内部原理框图。

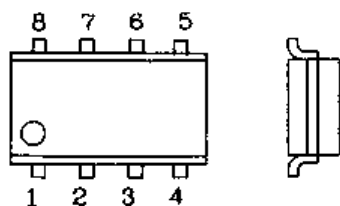


图 2-137 LA5524M 外形引脚图

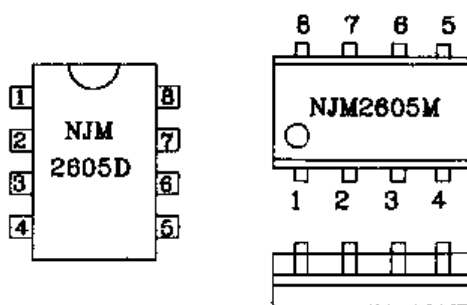


图 2-138 NJM2605D/NJM2605M 外形引脚图

主要电气参数为:电源电压范围为 $1.5 \sim 5V$, NJM2605D 功耗为 $0.5W$, NJM2605M 功耗为 $0.3W$, 适于 $3V$ 或 $4.5V$ 低压供电直流电机稳速调整控制。图 2-140 为其典型应用电路。

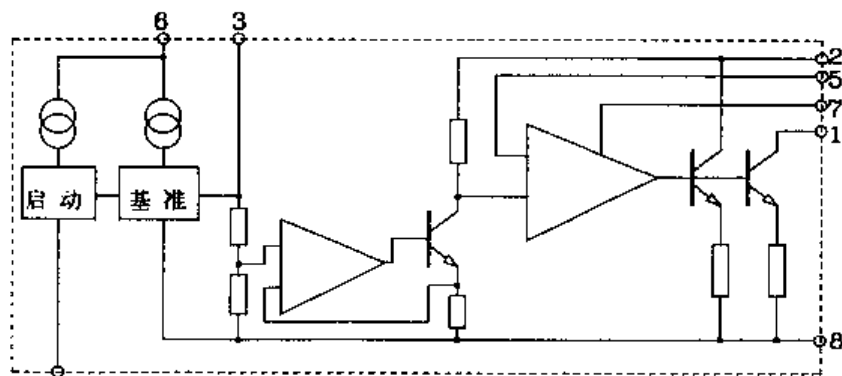


图 2-139 NJM2605M 内部原理框图

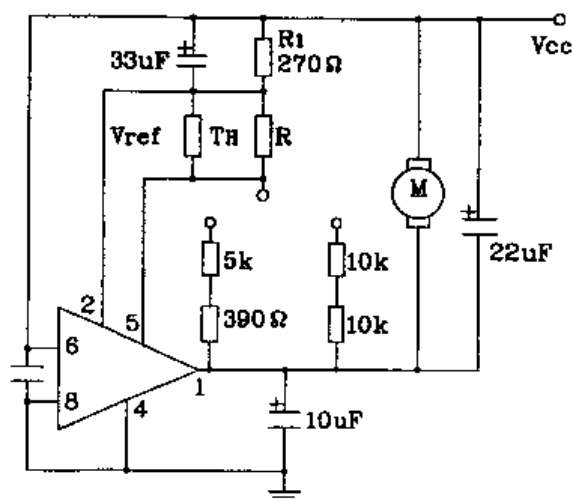


图 2-140 NJM2605D/NJM2605M 典型应用电路

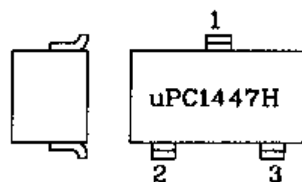


图 2-141 MPC1447H 外形引脚图

(9) MPC1447H

MPC1447H 由日本日电公司生产。电路内部除具有基准电压、比较、电流镜和启动电路外,还具有启动转矩增加电路和在减压时使电机控制稳定的减压补偿电路。因此, MPC1447H 稳速性能好, 温度特性佳, 电源电压范围宽, 适应性广。其外形为 3 脚扁平贴装形式, 引脚排列

见图 2-141。引脚功能为:1 脚电机端,外接转矩控制电阻;2 脚公共端;3 脚控制端。图 2-142 为其内部电路原理框图。主要电气参数:电源电压范围 4~18V,功耗 1.2W,图 2-143 给出了其典型应用电路。

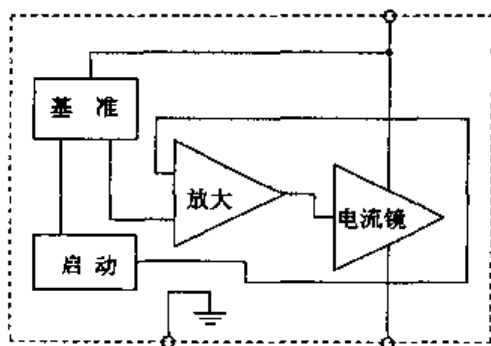


图 2-142 MPC1447H 内部电路原理框图

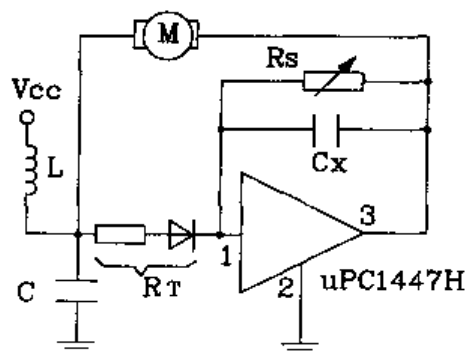


图 2-143 MPC1447H 典型应用电路

6. TDA7272 高精度电机调速集成电路

通常,直流小型电机的速度可通过调节电流,或采用具有转速表传感器或速度传感器的速度反馈回路来控制。电流控制具有快速瞬态响应的特点,但稳定性差;而速度反馈控制方法虽然稳定性好,但瞬态响应较慢。新型的调速集成电路 TDA7272 可集上述两种方法之长,它不但具有电流控制回路,而且还具有速度控制回路,因此既可保证快速瞬态响应,又可保证稳定性。TDA7272 与传统的速度反馈控制器不同,它无需转速传感器或速度传感器,而是通过电机的换相过电压来精确地稳定电机速度。

TDA7272 内部具有瞬态过载保护、输出短路保护和过热保护等电路。它的输出级为 H 型桥式输出。这个输出端能够使电源从两个方向驱动电机,两个逻辑输入选择电机的转动方向,快速制动(此时输出级使电机短路)或使电机处于待用/自由运行状态(在此情况下,电桥中的四只二极管全部截止)。利用外接电阻或控制信号可调节电机的转速,它的稳速是通过反馈回路实现的,从电机中流过的电流通过微分、箝位、积分、比较放大等电路来控制电机的转速稳定性。从电机引出的电流反馈信号同放大器的输出信号相加。此时,电流回路将立即补偿较大的速度变化,而只留下较小的误差给速度回路去修正,以便能够保持精确控制的速度。适当选择外接电阻,可实现在各种场合下瞬态响应和速度精度的最佳平衡。在电机负载和电源电压充分稳定的情况下,也可以不用电流控制回路。TDA7272 另一特点是转子脉冲所提供的转速信号是与 TTL 兼容的,转速信号由 14 脚输出,这个输出可以用来计算电机的转速。

TDA7272 外形为 20 脚双列直插塑封形式,图 2-144 为其内部原理框图。电路工作电压范围为 5~18V,输出端最大输出电流可达 1A。图 2-145 为其典型应用电路。在要求小型直流电机具有高精度($\pm 1/1000$)速度控制时,TDA7272 更能发挥其功能。图 2-146 为 TDA7272 用于自动倒带汽车收音机驱动电路上的应用。此电路中两个控制回路都起作用,以便得到高质量的音色、音质,最大限度地避免抖晃对放音的干扰。

另外,在不需要电机倒转的应用场合,同样能够很好地应用 TDA7272。TDA7272 可以驱

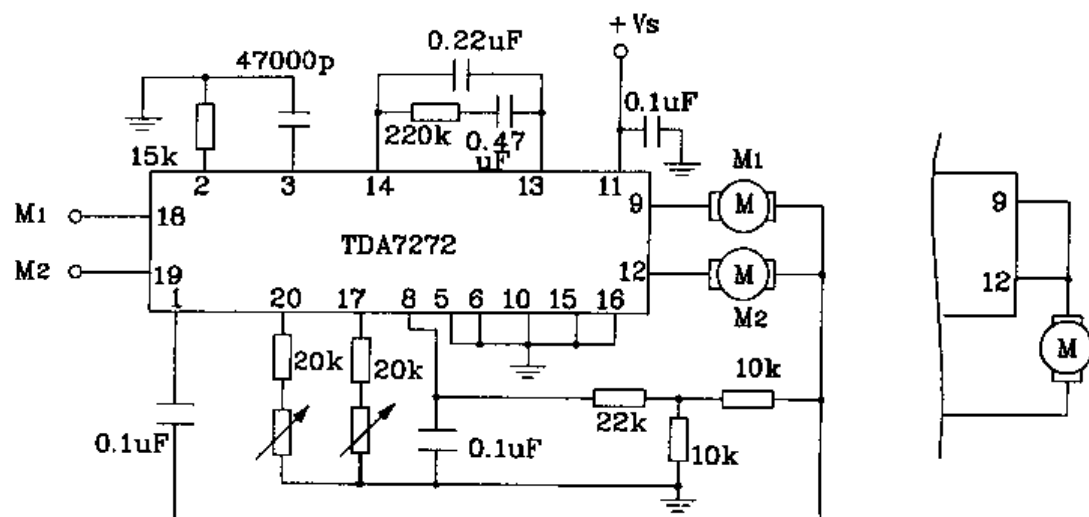


图 2-147 TDA7272 用于驱动两个不同速电机或一个双速电机的应用电路

八、彩灯控制专用集成电路

1. VH5163 彩灯控制集成电路

VH5163 是目前彩灯控制中功能较全的一种专用彩灯控制 IC。它除了具备一般芯片的控制功能外,还具有“渐明”、“渐暗”(又称“调光”)功能以及这两种功能的交叉混合变换功能。VH5163具有4路彩灯输出,6种工作模式和模式触发功能,既可实现单一模式工作,又可6种模式循环工作,外电路简单,性能稳定。同型号有 SR63 等。

(1)外形及引脚功能

VH5163 外形为 20 脚双列直插料封装形式,引脚排列见图 2-148。相应引脚功能为:1 脚同步输出,用于测试;2 脚电源电压端;3~6 脚(L₁~L₄)4 路彩灯输出端;7 脚公共端;8 脚复位端,低电平有效;9 脚触发端;10 脚测试端;11 脚同步输入端;12、13、14 脚为工作模式控制端,15 脚测试端;16 脚调光器振荡输出端,17 脚调光器振荡输入端;18 脚主振荡输入端;19 脚主振荡电阻反馈端;20 脚主振荡电容反馈端。

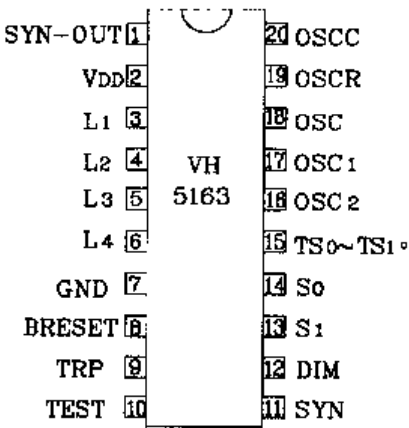


图 2-148 VH5163 外形引脚图

(2)电气参数

表 2-27 和表 2-28 分别给出了 VH5163 的直流电气参数和绝对最大额定值。

表 2-27 直流电气参数

参数名称	符 号	条 件	最 小	典 型	最 大	单 位
工作电压	V_{DD}		3		6	V
静态电流	I_{ST}	$V_{DD} = 6V$			1	μA
工作电流	I_{DD}	空载			500	μA
输出驱动	V_{OH}	$I_{source} = 4mA$	2.5			V
输出驱动	V_{OL}	$I_{sink} = 4mA$			0.5	V

表 2-28 绝对最大额定值

参数名称	符 号	最 小	最 大	单 位
供电电压	$V_{DD} \sim V_{SS}$	3	6	V
输入/输出电压	V_{IO}	$V_{SS} - 0.3$	$V_{DD} + 0.3$	V
工作温度	T_{OPR}	0	+70	$^{\circ}C$
储存温度	T_{STG}	-25	+85	$^{\circ}C$

(3) 原理及应用

当 VH5163 工作时,其 4 路彩灯输入端触发相应可控硅来完成闪光和调光功能。闪光及调光速度均可由外接电阻来调节。闪光工作模式可由用户任意选择,下面简单介绍一下它的几种工作模式。模式 A₁:前进循环;模式 A₂:进退循环,前进 20 步后改为后退,后退 20 步后再改为前进,不断循环;模式 A₃:复杂循环,先以 4 种速度前进,再以 4 种速度后退,速度从高到低;模式 B₁:进退循环调光,4 串灯从暗至全亮再至暗,每 4 次改变循环方向。模式 B₂:复杂循环调光,4 路灯串任意相邻的 2 路从暗变全亮再变暗,并顺序循环,每循环 4 次改变一次循环方向;模式 T:触发模式,芯片依次改变上述 6 种工作模式,每种工作模式持续时间约 20s。用户可利用 9 脚(TRP)来选择工作模式,若将 TRP 接 V_{DD}即固定了当前工作模式,表 2-29 给出了其工作模式控制表。图 2-149 为其典型应用电路。

表 2-29

模式	DIM	S ₁	S ₀
A ₁	0	0	0
A ₂	0	0	1
A ₃	0	1	0
B ₁	1	0	0
B ₂	1	0	1
B ₃	1	1	0
T		1	1

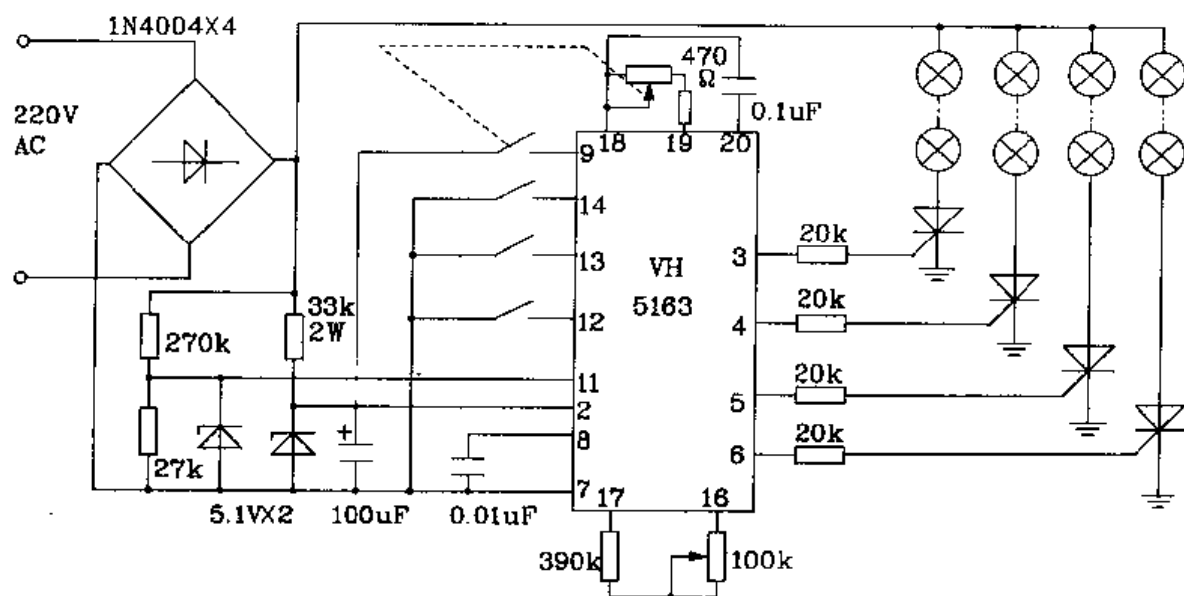


图 2-149 VH5163 典型应用电路

2. LC181 / LC182 音频调制彩灯控制芯片

LC181/LC182 是音频调制彩灯控制专用 IC。其内部分配器频率的高低受音频信号大小的调制,特别适用于声光音响控制场合,可直接驱动众多发光二极管闪光,亦可驱动交流电灯作循环闪光。LC181 为三路驱动输出,LC182 为四路驱动输出。它们的内部均含有信号整流

电路、压控振荡器、脉冲分配器和 3/4 路输出驱动器。其所构成的彩灯控制电路可广泛用于卡拉 OK 舞厅、音乐厅及家庭装饰。电路简单,易于制作。

(1) 外形及引脚功能

LC181/LC182 彩灯控制芯片采用 COMS 工艺制成,外形均为 8 脚双列直插塑料封装,引脚排列见图 2-150。图 2-151 为 LC182 内部原理框图、LC181 与之相似。相应引脚功能为:1 脚第 C 路信号输出端;2 脚第 D 路信号输出端;3 脚为内部压控振荡器外接 RC 元件端;4 脚电源负端;5 脚音频信号调制输入端;6 脚第 A 路信号输出端;7 脚第 B 路信号输出端;8 脚电源正端。

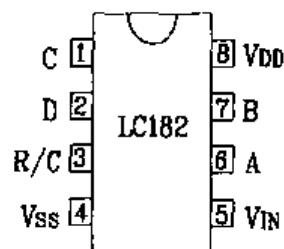


图 2-150 LC181/LC182 外形引脚图

* LC181 第 6 脚为空脚

(2) 主要电气参数

LC181/LC182 电气参数完全相同,电源电压 9~18V,输出驱动电流 $\geq 60\text{mA}$,空载时静态电源电流 3~5mA,振荡频率调制率 1~15 倍,工作环境温度 $-10 \sim +70^\circ\text{C}$ 。A、B、C、D 四路输出时序波形见图 2-152。

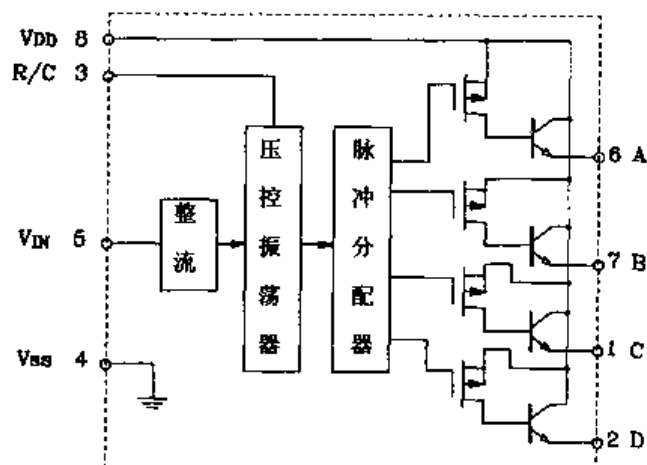


图 2-151 LC182 内部原理框图

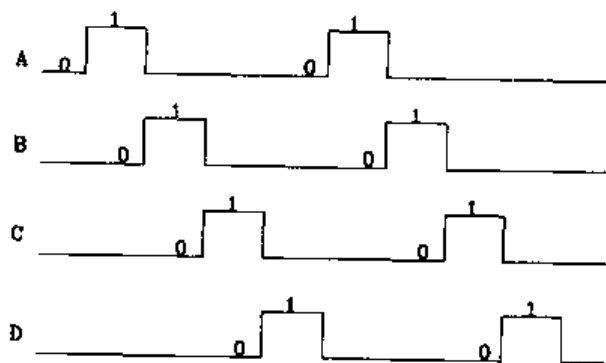


图 2-152 LC181/LC182 输出时序波形图

(3) 原理及应用

LC181/LC182 内部压控振荡器频率受控于前级整流电路,当输入音频信号的幅度增大时,压控振荡器频率增高,从而使分配器分配速度加快,A、B、C、D 各输出端循环周期缩短。这种由音频信号大小调制分配器频率高低的方法可以形成良好的视觉效果。由 LC182 构成的单片直流彩灯控制器电路如图 2-153 所示。合上开关 S 后,IC 内部压控振荡器开始工作,此时 IC 的四路输出依次变为高电平,其循环频率约为 0.5~1 Hz,彩灯(LED)较慢地循环闪光。当音频调制信号接入后,在其作用下,彩灯的循环速度随音频信号的大小而变化,最大调制率可达 15 倍,即由原来 1Hz 频率循环增至 15Hz 频率循环。若改变 RC 的值,可改变无调制信号输入时的循环速度。若调制信号过大,须在输入端串一限流电阻。此电路适用于各种工艺品、花瓶、画屏等装饰闪光。如果要控制大功率的交流彩灯,可如图 2-154 所示构成大功率彩灯控制电路。交流 220V 经 C_1 、 R_1 阻容降压后,经桥式整流,由 12V 稳压管输出 12V 直流电压供

电路工作。在驱动电路中四只交流固态继电器 $SSR_1 \sim SSR_4$ 将强电、弱电隔离分开,从而驱动交流彩灯循环闪光。如果负载为感性,则应在 SSR 的交流端跨接 RC 串联回路或压敏电阻,以防反电动势过高击穿 SSR 内部可控硅。其中 SSR 的耐压应大于 $250V$,通态电流应大于负载电流 2 倍以上。调节图中 RP 可改变静态(无调制信号)彩灯的循环速率。

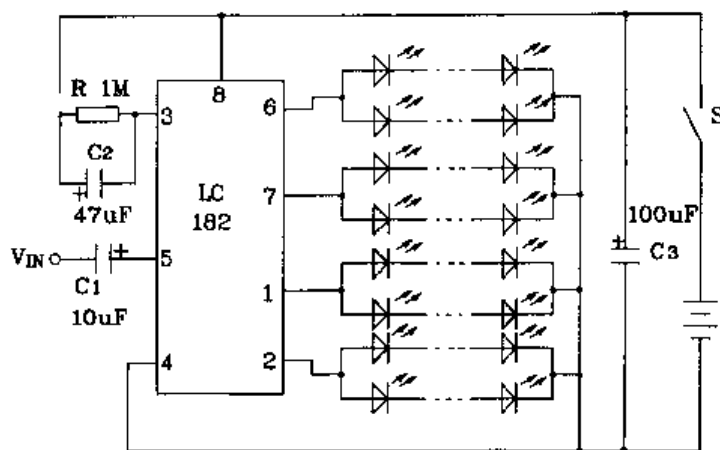


图 2-153 LC182 构成直流彩灯控制电路

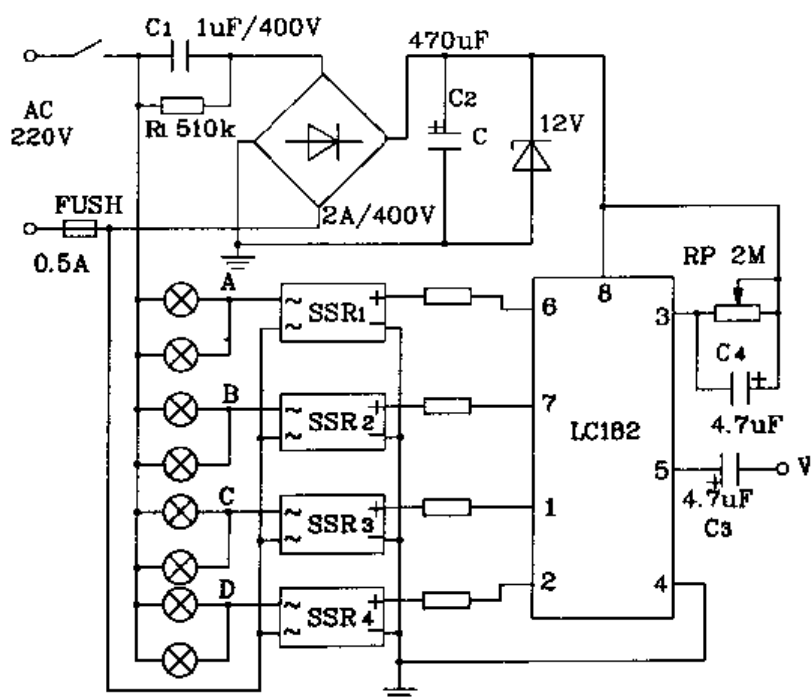


图 2-154 LC182 构成驱动大功率彩灯控制电路

3.SH808 多功能音乐彩灯程控集成电路

SH808 是目前最先进的多功能音乐程控彩灯控制 IC,它采用单片大规模 CMOS 电路工艺制作,外围电简单,体积小,功耗低。SH808 外形为 13 脚软封装形式,引脚排列见图 2-155。其相应引脚功能见表 2-30。SH808 本身具有音乐记忆功能,可产生 16 首歌曲并驱动彩灯串,使之随着音乐节拍而闪烁。另外还可使彩灯串呈跑马跳跃、相互追逐闪烁以及呈波浪翻滚等闪

烁效果。这些功能具体分成 8 个程序状态：

- ①灯串全亮无音乐。
- ②灯串随音乐闪烁(歌曲 1~16 首重复)。
- ③灯串随音乐闪烁(歌曲 1~4 首重复)。
- ④灯串随音乐闪烁(歌曲 5~8 首重复)。
- ⑤灯串随音乐闪烁(歌曲 9~12 首重复)。
- ⑥灯串随音乐闪烁(歌曲 13~16 首重复)。
- ⑦灯串呈跑马跳跃、追逐闪烁,无音乐。
- ⑧灯串呈波浪翻滚,无音乐。

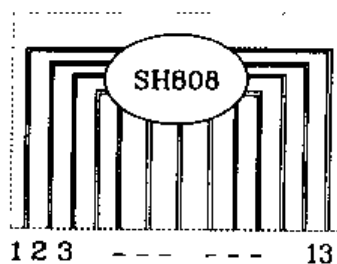


图 2-155 SH808 外形引脚图

这 8 个状态变化程序由两只导电橡胶开关 K_1 、 K_2 来控制,其中 K_1 为程序变换控制, K_2 为音量及速度控制。按动 K_1 一次,程序转换一个,顺序从 1~8 循环。当程序处于 2~6 时,此时为音量控制,按 K_2 一次,音量变化一次,顺序按大、中、小、无四级变化。当程序处于 7、8 时, K_2 为速度控制,按 K_2 一次,跑马跳跃和波浪翻滚的速度开始变化,变化有“快速”“慢速”两种状态。

表 2-30 引脚功能

管脚号	符号	功 能	7	SP	高频滤波
1	V_{DD}	电源正端	8	TG_1	音乐输出 1,触发 SCR_1
2	OSC_O	振荡输出	9	TG_2	音乐输出 2,触发 SCR_2
3	OSC_I	振荡输入	10	TG_3	音乐输出 3,触发 SCR_3
4	BZ	音乐信号输出	11	TG_4	音乐输出 4,触发 SCR_4
5	MDE	程序状态控制端	12	ZC	电源相角输入端
6	VOL	音量或速度控制端	13	V_{DI}	电源地端

图 2-156 为 SH808 构成的彩灯控制器电路图。它具有四路输出。也可任意减少输出数。每路输出功率为 100W,如不够还可通过更换二极管及可控硅来增加输出功率。SH808 功耗极低,工作电源电压 2~5V,除用于控制彩灯外,还可应用于各种玩具电路中。

4. TWH9104 新型彩灯控制集成电路

TWH9104 是世界上最先进的一种多功能彩灯控制芯片,它是直接封装在配套的外围线路板上的软封装电路。它的特点是体积小,外围电路简单、元件少,可靠性高,性价比低,节目变化多样化。TWH9104 除具备普通彩灯控制芯片的向前、向后追逐功能外,还有调光控制、追逐及调光多种速度自动变化、调光与追逐混合变化等功能。这种变化多端的控制逻辑,能使普通的彩灯大显光彩。图 2-157 给出了 TWH9104 外形、引脚图。

电路板上编号 1、2、3 接点及电源正、负极的位置是为某些用户锁定特有功能而设的。接线锁定功能如下：

- ①当 1、2、3 接负极时,彩灯串只执行向前追逐。
- ②当 1 接正极,2、3 接负极时,彩灯串即向前又向后追逐,每 20s 改变追逐方向一次。

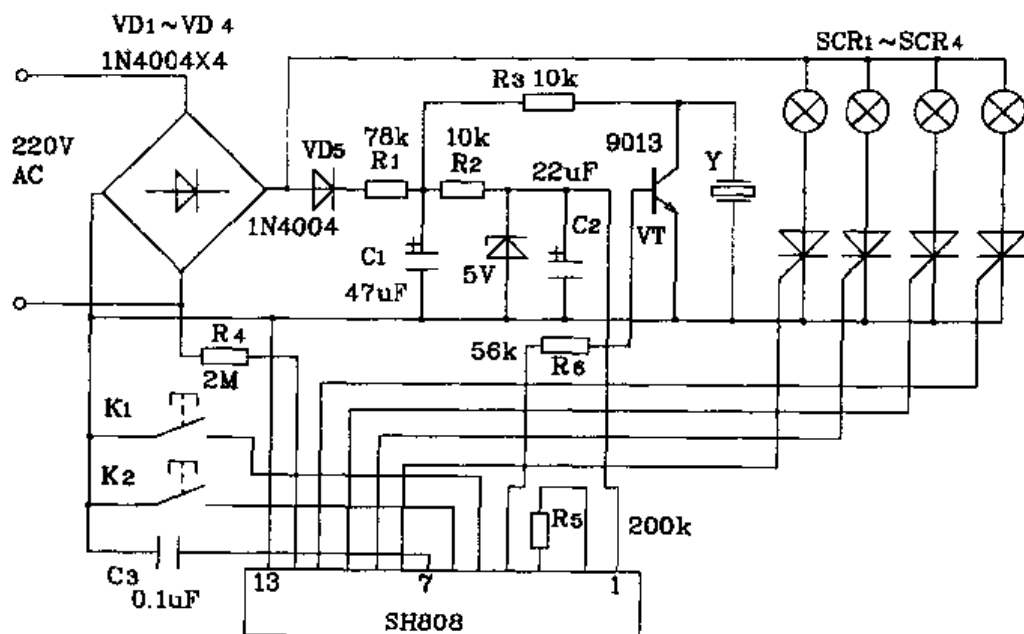


图 2-156 SH808 构成的彩灯控制电路

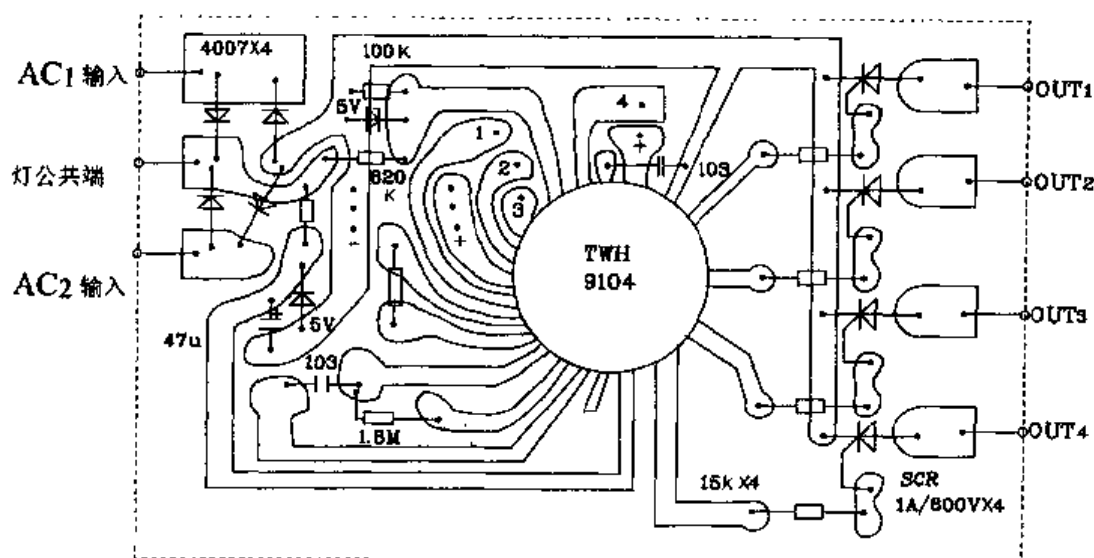


图 2-157 TWH9104 外形引脚图

③当 1、3 接负极, 2 接正极时, 彩灯串将以多种不同速度调制向前和向后追逐。

④当 1、2 接负极, 3 接正极时, 所有彩灯将实现从亮到暗, 又从暗到亮的调光方式。

⑤当 1、3 接正极, 2 接负极时, 彩灯串为向前又向后的波浪式调光。

⑥当 1 接负极, 2、3 接正极时, 彩灯串鸳鸯式步进调光, 不论向前和向后步进, 相近的两

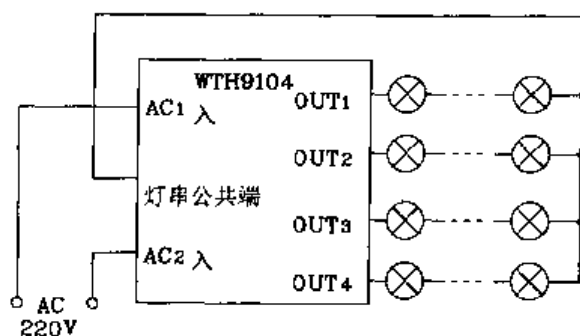


图 2-158 TWH9104 应用电路

路始终同时调光。

⑦如果 1、2、3 悬空,电路将处于全自动复合循环变化,由于逻辑上已具备多种功能,再加上时间、速度上的复合,显得彩灯串节目变化无穷。

⑧电路板上 4 端与正极只用于演示电路功能时使用,实际应用意义不大。

图 2-158 为 TWH9104 实际应用电路图。整流二极管和可控硅应使用耐压 600V 的器件。当每路负载功率超过 100W 时,应跟据实际功率,更换二极管和可控硅即可。

5. LT156 单片 4 路彩灯控制集成电路

LT156 是一块彩灯控制专用集成电路。其内部包含信号整形电路、脉冲计数、译码时序输出和低频振荡电路,因此不需外加振荡电路即可正常工作。由 LT156 构成的彩灯控制电路外围元件少,组装简单,成本低廉,可广泛应用于花瓶,镜框画及各种电子玩具的装饰与点缀。

LT156 外形有 14 脚双列直插塑封和 14 脚双列扁平陶瓷封装两种形式。图 2-159 给出了其典型应用电路。LT156 有 4 路控制输出,可驱动 4 串彩灯,由于 IC 内部驱动管采用拉入式电流方式,因此常态截止时输出端呈高电平,导通时变为低电平。LT156 第 10 脚为内部振荡器的输出端,第 12 脚为计数器输入端。使用时若将二者短接,则 LT156 在内部振荡器的作用下,将自动变换时序电平,从而使 4 路输出端依次由高电平变为低电平,驱动外负载工作。它的输入脉冲个数与输出端之间的电平变化对应关系见表 2-31。图 2-159 中 LT156 内部振荡器的工作频率由外接阻容元件 R_P 和 C_2 的数值决定。增大 R_P 或 C_2 的数值,振荡频率减慢,

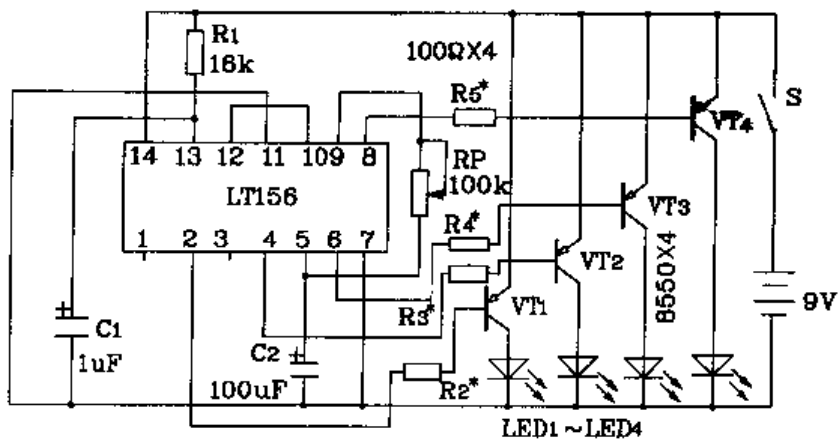


图 2-159 LT156 典型应用电路

表 2-31 对应关系

脉冲输入个数	2 脚	4 脚	6 脚	8 脚
0	1	1	1	1
1	0	1	1	1
2	1	0	1	1
3	1	1	0	1
4	1	1	1	0

反之则加快。LT156 工作电压范围为 $7.5 \sim 12.5\text{V}$, 电源电流最大为 20mA 。4 路输出顺序为 2 脚 $\rightarrow$ 4 脚 $\rightarrow$ 6 脚 $\rightarrow$ 8 脚, 然后再重复进行。改变 RP 可调节输出频率, 改变 $R_2^* \sim R_5^*$ 的值可控制 $VT_1 \sim VT_4$ 的饱和导通程度。

6.5G167/5G052 音响同步彩灯控制集成电路

近年来, 很多收录机、音响的面板上都安装了装饰彩灯, 随着声音的大小而闪光, 声音大则闪速快, 声音小则闪速慢。本文要介绍的 5G167/5G052 均属此类专用集成电路。

(1) 5G167

5G167 采用 PMOS 工艺制成, 有三路驱动输出, 内部电路由放大整流、压控振荡 (VCO)、三位可逆时序计数及三路 P 型开漏极驱动输出级组成。其外形为 8 脚双列直插塑封形式, 引脚排列见图 2-160, 图 2-161 为其内部原理框图。相应引脚功能为: 1、2、7 脚为 A、B、C 三路输出端; 3 脚外接 RC, 决定 VCO 起始频率; 4 脚

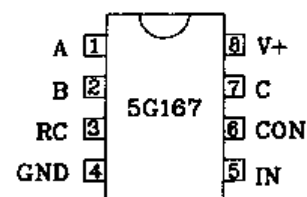


图 2-160 5G167 外形引脚图

电源地, 5 脚音频输入端, 6 脚控制计数方式端, 5G167 三位循环计数器可正向或反向计数; 8 脚电源电压正端。表 2-32 给出了 5G167 典型电气参数和极限工作参数值。图 2-162 为 5G167 典型应用电路。

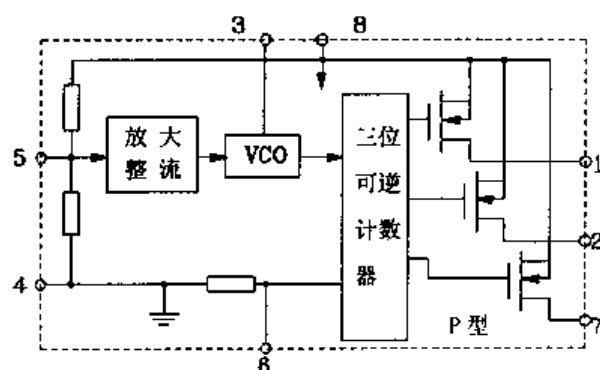


图 2-161 5G167 内部原理框图

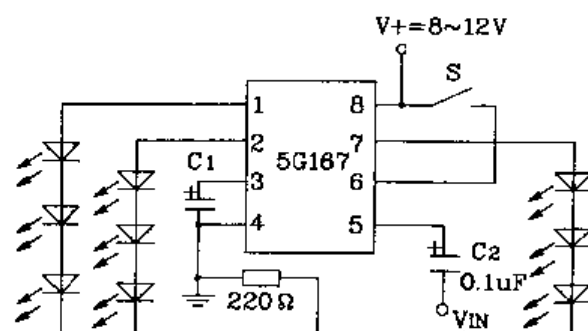


图 2-162 5G167 典型应用电路

表 2-32 电气参数

	参数名称	条 件	5G167	单 位
极限参数	电源电压		25	V
	输入电压		(25)V ₊	V
	输出电流		60	mA
	允许功耗		500	mW
	工作环境温度		+10 ~ +70	℃
	储存温度		-65 ~ +150	℃

续表

	参数名称	条 件	5G167	单 位
典型电气参数	电源电压		10~20	V
	电源电流	空 载	≤ 2	mA
	输入电压		0~3	V _{rms}
	输出电流	内压降 1V	20	mA
		内压降 2V	50	mA
	控制电平	CON 端电平	$V_{OH} \geq V_+ - 1$	V
			$V_{OL} \leq V_+ - 3$	V

下面简单介绍其工作原理:

由 5 脚输入的音频信号经内部放大整流变成直流信号后去控制 VCO 的振荡频率。VCO 的起始频率由外接 R、C 决定。当 V_{IN} 大时, VCO 频率高, V_{IN} 小, VCO 频率低。VCO 产生的脉冲供给三位循环计数单元。通过控制 6 脚(CON)的电压可控制 5G167 内部计数单元的计数方式(正向或反向), 计数内容通过 3 路 P 型 MOSFET 输出。CON 端开路或处于低电平状态时, 正向计数, 此时 A、B、C 3 路输出依次循环输出高电平; CON 端加高电平时, 反向计数, 此时计数按 C、B、A 顺序输出高电平。图 2-162 中, 开关 S 为计数方式控制开关, 它也可用 CMOS 逻辑电路输出电平来控制, 以实现自动变换发光顺序。R 为发光管的限流电阻。C₁ 决定频率(速率)范围, C₁ 值大, 频率低, LED 闪动速度慢; 反之, C₁ 值小, 频率高, LED 闪动速度快。在 C₁ 上并联电阻可提高闪动速度。当限流电阻 $R=200\Omega$ 时, $V_+=8\sim 12V$, 此时每路至少可用 3 只 LED 串联。若 V_+ 高于 20V, 而 LED 串联数不变时, 应加大 R 值。一般控制流过每路 LED 的电流在 10mA 左右即可。如果想增加 LED, 可按 V_+ 每升高 2V, 各路 LED 增加一只来计算。

(2) 5G052

5G052 采用 CMOS 工艺制成, 具有 4 路驱动输出, 外形为 8 脚双列直插塑料封装, 引脚排列见图 2-163。引脚功能为: 1、2、6、7 脚为 A、B、C、D 4 路输出; 3 脚为外接振荡电容端; 4 脚公共地端; 5 脚输入音频信号端; 8 脚电源。内部电路与 5G167 基本相似, 不同之处其一是 5G052 内部加有一稳压 7V 的稳压二极管, 因此 V_{DD} 端不能直接加 7V 以上电压, 若必须加时, 须串接限流电阻。其二是内部计数单元为 4 位循环不可逆计数方式, 另外, 4 路输出为 N 沟道开漏极驱动输出, 导通时输出低电平。图 2-164 为其内部原理框图。表 2-33 给出了 5G052 极限工作参数和典型工作参数值。典型应用电路见图 2-165。

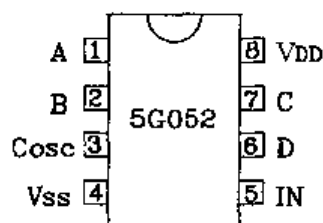


图 2-163 5G052 外形引脚图

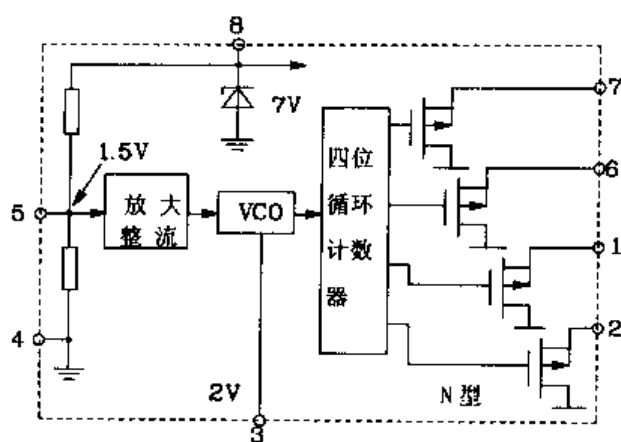


图 2-164 5G052 内部原理框图

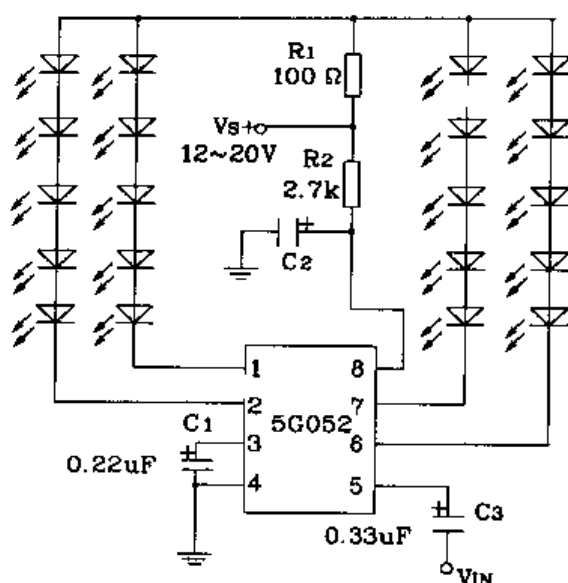


图 2-165 5G052 典型应用电路

表 2-33 电气参数

	参数名称	条 件	5G052	单 位
极限参数	电源电压		22	V
	输入电压		7	V
	输出电流		80	mA
	允许功耗		500	mW
	工作环境温度		-20~+85	℃
	储存温度		-65~+150	℃
典型参数	电源电压		5~20	V
	电源电流	空 载	0.1	mA
	输入电压		0~2	V _{rms}
	输出电流	内压降 1V	30	mA
		内压降 2V	60	mA

5G052 四路输出顺序为 A、B、C、D，工作电压 V_{DD} 可低至 5V，但随 V_{DD} 降低，LED 发光变化速率会随之升高，即振荡频率 f_{osc} 相对电源电压来说不稳定。图 2-165 中 C_1 决定振荡频率范围，即发光速率变化范围。 C_1 值增大，速率降低。 C_1 上并接电阻会使速率提高。 C_2 是电源去耦电容。 R_1 是 LED 限流电阻。 R_2 是电源限流电阻。当输入音频信号 V_{IN} 增大时，闪动变化速率将加快。

(3) 5G167/5G052 扩展应用

5G167/5G052 各路输出驱动电流可达 30~50mA。通常 LED 所需工作电流小于 10mA。这样，每路输出均可并接 LED 支路。下面以 5G052 为例说明多路 LED 的用法。具体电路见图 2-166。图中 5G052 每路驱动两条 LED 支路，每路由 2 只 LED 串成，电源电压可低至 5V。若电源电压为 5~7V，可不用 C_2 、 R_3 。 R_1 、 R_2 为 LED 限流电阻。

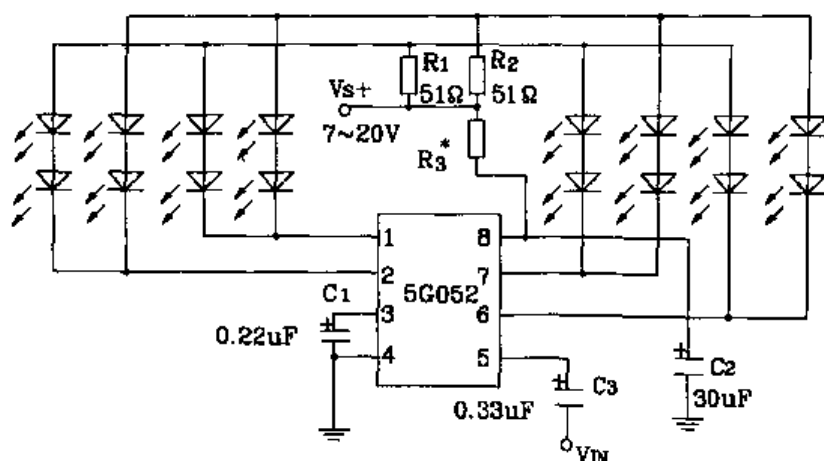


图 2-166 5G052 扩展应用电路

7. SIC24P/16P/12P 程控闪光 BiCMOS 集成电路

BiCMOS 集成电路是一种新型彩灯控制专用 IC。其内部包含花样控制器、译码器、ROM 存储器、振荡器/分频器、功耗开关、触摸开关以及输出驱动电路。此类 IC 具有低功耗、强驱动能力等优点,所构成的电路外围元件少、使用方便,可广泛用于广告、舞台布置、胸花和室内装饰等方面。另外,此电路设有高、低功耗控制开关。在使用 3V 钮扣电池时,可使电路工作于低功耗状态,这样能保证电池有较长寿命;在使用一般电源时(3~8V),可使电路工作在高功耗状态,以便有足够的输出驱动电流。

(1) 电路工作原理及参数

程控闪光 BiCMOS 电路内部原理框图见图 2-167。其工作过程如下:RC 环形振荡器产生时钟脉冲,经分频电路产生三分频信号,此信号与花样程控端信号一起产生花样控制信号,送入译码器译码后,将 ROM 存储器中的 6 个花样单元的内容读出,读出的信号经驱动电路输出。

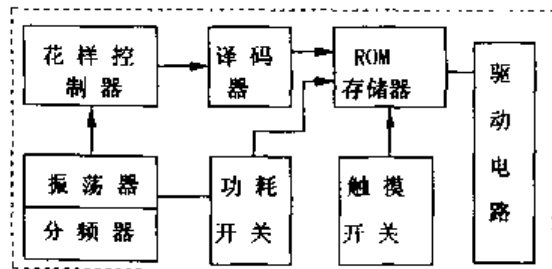


图 2-167 BiCMOS 电路内部原理框图

电路处于低功耗工作时,时序脉冲产生一个低功耗控制脉冲信号,ROM 输出信号经低功耗控制脉冲信号调制后,形成一个脉宽为原 ROM 输出信号八分之一的窄脉冲,这个脉冲信号来控制驱动电路。使输出的平均功耗大大降低。为了使用方便,电路中设置了单端触摸开关,每触摸一次,触摸信号输出“0”、“1”,电平翻转一次,只有触摸输出为“0”电平时,才有闪光输出,否则电路关闭。表 2-34 给出了 BiCMOS 电路的主要电气参数。

具体型号的应用下面分别介绍。

表 2-34 电气参数

参数名称	符号	测试条件	典型值	单位
电源电压	V_{DD}		5	V
低功耗静态电流	I_{DD}	$V_{DD}=3V$ 输出开路	<0.1	mA
高功耗静态电流	I_{DD}	$V_{DD}=5V$ 输出开路	0.2	mA
低功耗驱动电流	I_O	$V_{DD}=3V, V_O=1.9V$	2.2	mA
高功耗驱动电流	I_O	$V_{DD}=5V, V_O=1.9V$	11	mA
	I_O	$V_{DD}=5V, V_O=3V$	6.0	mA
花样控制端输入电流	I_{in}	$V_{DD}=3\sim 5V$	<0.1	μA

(2) 电路功能及应用

① SIC24P

SIC24P 程控闪光 BiCMOS 电路外形为 24 脚双列直插塑料装, 引脚排列见图 2-168。相应引脚功能见表 2-35。其中 B_1 、 B_2 、 B_3 为花样控制端, B_4 为引自系统内部的一个长方波端, 当 R_S 、 V_D 为“1”时, B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 状态及其输出花样如表 2-36 所示。其中 V_D 、 V_C 、 R_S 是功耗和触摸开关控制端, V_D = “1”时为高功耗, R_S 不起作用; V_D = “0”时 R_S 起作用, V_C = “0”为高功耗, V_C = “1”为低功耗。

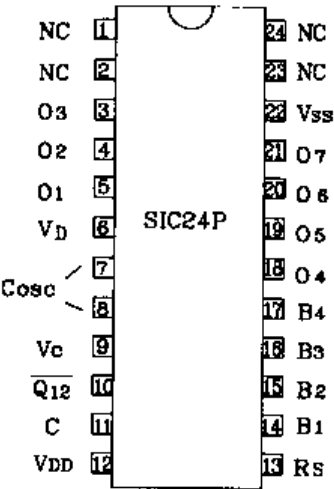


图 2-168 SIC24P 外形引脚图

表 2-35 引脚功能

引脚号	符 号	功 能	引脚号	符 号	功 能
1	NC	空脚	13	R_S	触摸开关触摸端
2	NC	空脚	14	B_1	花控制端
3	O_3	输出驱动	15	B_2	花控制端
4	O_2	输出驱动	16	B_3	花控制端
5	O_1	输出驱动	17	B_4	花控制端
6	V_D	对 V_C 、 R_S 进行控制	18	O_4	输出驱动
7	C_{osc}	外接振荡器电容	19	O_5	输出驱动
8	C_{osc}	外接振荡器电容	20	O_6	输出驱动
9	V_C	高、低功耗控制端	21	O_7	输出驱动
10	—	(不外接)	22	V_{SS}	电源负端
11	C	触摸开关电容	23	NC	空脚
12	V_{DD}	电源正端	24	NC	空脚

表 2-36 输出花样

B_1	B_2	B_3	B_4	电 路 功 能
0	0	0		(第 1 种)多点闪光
0	0	1		(第 2 种)间隔闪光
0	1	0		(第 3 种)单点右旋闪光
0	1	1		(第 4 种)单点左旋闪光
1	0	0		(第 5 种)依次亮、同时灭
1	0	1		(第 6 种)同时亮、依次灭
1	1	0		上面 6 种花样自动转换
1	1	1		上面 6 种花样自动转换
0	0	B_4	B_3	第 1,2 种花样自动转换
0	1	B_4	B_3	第 3,4 种花样自动转换
1	0	B_4	B_3	第 5,6 种花样自动转换
1	1	B_4	B_3	上面 6 种花样自动转换

表 2-37 引脚功能

引脚号	符 号	功 能
1	NC	空脚
2	O_7	输出驱动
3	O_6	输出驱动
4	O_5	输出驱动
5	O_4	输出驱动
6	V_{SS}	电源地
7	O_3	输出驱动
8	O_2	输出驱动
9	O_1	输出驱动
10	V_D	控制 V_C 、 V_S 端
11	C	触摸开关电容端
12	C	触摸开关电容端
13	V_C	高、低功耗控制端
14	V_{DD}	电源正端
15	B_1	花样控制端
16	B_2	花样控制端

SIC24P 较适用于固定场所使用,例如广告牌、舞厅、舞台布置等。应用时它的输出端可以外接可控硅直接使用交流 220V 电源来控制彩灯,如图 2-169。也可直接驱动发光二极管,电路见图 2-170。

②SIC16P

SIC16P 外形采用 16 脚双列直插塑料封装,外形引脚排列见图 2-171。相应引脚功能见表

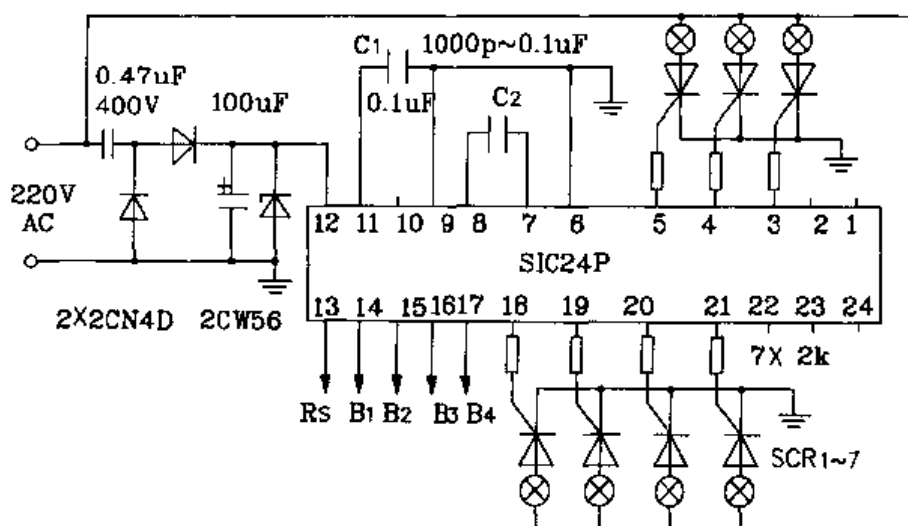


图 2-169 SIC24P 用于控制交流彩灯应用电路

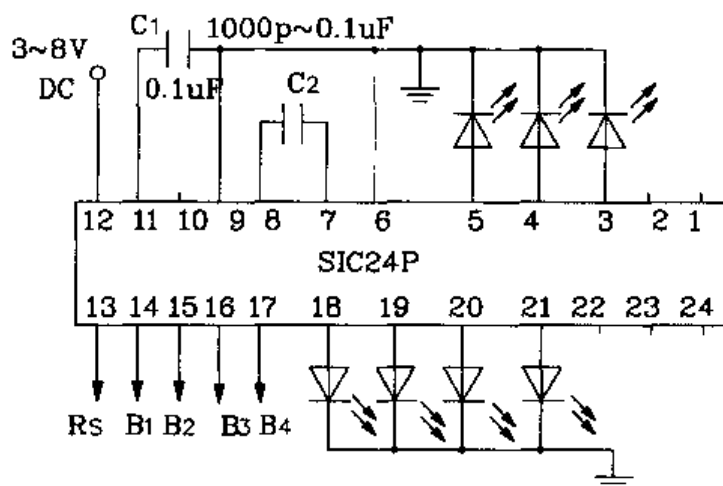


图 2-170 SIC24P 用于驱动直流 LED 应用电路

2-37。其中 B_1 、 B_2 为花样控制端，当 $V_D = "1"$ 时， B_1 、 B_2 的控制端及其输出的花样如表 2-38 所示。 V_D 、 V_C 是功耗控制端， $V_D = "1"$ 为高功耗； $V_D = "0"$ 、 $V_C = "0"$ 为低功耗； $V_C = "1"$ 为低功耗。SIC16P 应用可参考 SIC24P 的应用电路，此处不再赘述。

表 2-38 输出花样

B_1	B_2	电路功能
0	0	SIC24P 的第 1、2 两种功能自动转换
0	1	SIC24P 的第 3、4 两种功能自动转换
1	0	SIC24P 的第 5、6 两种功能自动转换
1	1	SIC24P 的第 1、6 两种功能自动转换

③ SIC12P

SIC12P 外形采用具有 12 个引出脚的软封装形式，引脚排列及外形见图 2-172。它使用

3V钮扣电池,电路工作于低功耗状态,并具有触摸开关触摸端 R_S 。整个电路及其外围电路组装在 $\phi 10 \sim 12\text{mm}$ 的印刷板内,可做胸花、首饰等装饰用。它的引脚功能及应用电路可参照 SIC24P,此略。

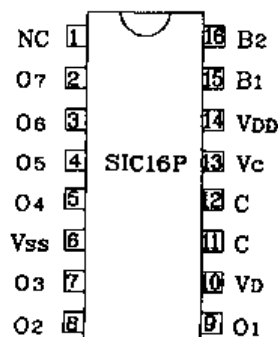


图 2-171 SIC16P 外形引脚图

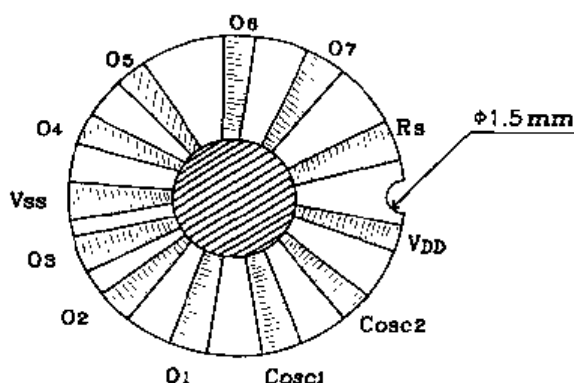


图 2-172 SIC12P 外形引脚图

8. 音响彩灯控制集成电路

音响彩灯控制专用集成电路目前发展很快。主要用于收录机、卡拉 OK 伴唱机、节目彩灯、工艺品及贺卡等的旋转闪烁灯光控制。此类专用 IC 常见型号有 EC189、HFC55、5G169 以及 HFC68 等。这些集成电路具有价格低、功耗小、外围电路简单等特点,适合于广大爱好者开发新奇工艺品、玩具、装饰品等。下面分别加以简单介绍。

(1) EC189

EC189 为 4×4 点阵声光控制集成电路。其内部包含放大/整流单元、压控振荡器 (VCO)、计数/译码器、驱动器和电源稳压器。其外形为 14 脚双列直插塑料封装,引脚排列见图 2-173。相应引脚功能为:1、2、3、4 脚为 4 路列输出端,低电平有效;5 脚复位端,低电平有效;6 脚外接 R、C 端;7 脚公共端;8 脚音频信号输入端;10、11、12 脚为行输出端,高电平有效;14 脚电源电压端;8、13 脚为空脚。图 2-174 为其内部原理框图。EC189 主要电气参数为:电源电压 $6 \sim 12\text{V}$,各路输出驱动电流 $\geq 30\text{mA}$,静态(空载)电源电流 $\leq 2\text{mA}$,振荡频率调制率为 $1 \sim 10$ 倍,工作环境温度为 $-10 \sim +70^\circ\text{C}$ 。

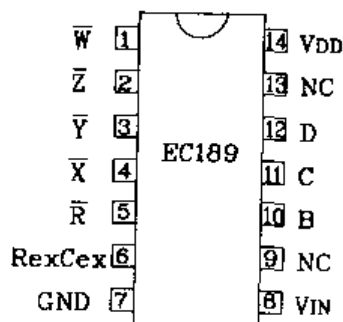


图 2-173 EC189 外形引脚图

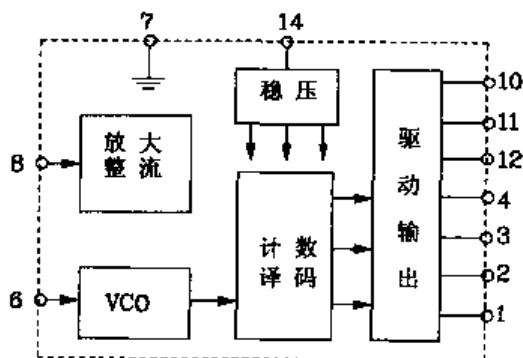


图 2-174 EC189 内部原理框图

工作原理如下:压控振荡器产生的脉冲信号经计数(分频)和译码后,产生控制脉冲,送入输出驱动单元,使驱动输出按图 2-175 所示的时序规律输出相应控制电平。具体说,EC189 共有 A、B、C、D 4 路行输出和 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$ 、 $\bar{W}$ 4 路列输出。在行、列之间接入发光二极管,则将会按上述时序规律发出相应闪光。将多种颜色的发光管按一定的方式进行组合排列,就可得到多种如:旋转、扩散、流水、循环、条状及放射状的彩色闪光效果。图 2-176 给出了 EC189 典型应用电路。图中 R_1 、 C_2 决定压控振荡器的振荡频率范围。 R_1 、 C_2 增大,则闪光变化速率变慢,反之变快。音频信号经内部放大整流变成直流电平,去调制压控振荡器,使闪光频率随其强度不同而同步变化,从而可获最佳的声光闪烁效果。图中发光管矩阵发光规律为:首先按 $\bar{X} \rightarrow \bar{Y} \rightarrow \bar{Z} \rightarrow \bar{W}$ 顺序点亮每列并保持,然后再按 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ 顺序点亮每行并保持。当全部点亮后,熄灭,再进行下一周期。另外,由于每路输出驱动电流 $\geq 30\text{mA}$,而每只发光二极管工作电流 $5 \sim 10\text{mA}$,所以每路输出可并联 $2 \sim 4$ 只发光管。另外每路又可根据 V_{DD} 不同而串联若干个发光管($R_2^* \sim R_9^*$ 相应变化或不用)。因此使发光管排列组合更加灵活多样。

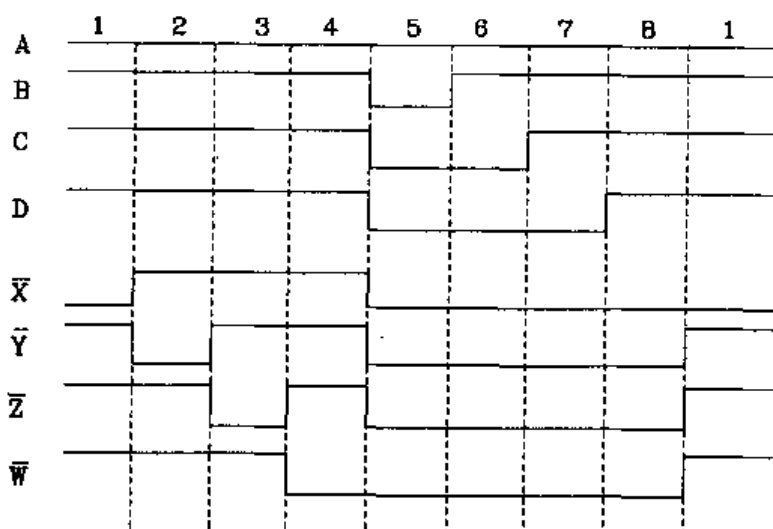


图 2-175 EC189 输出控制时序图

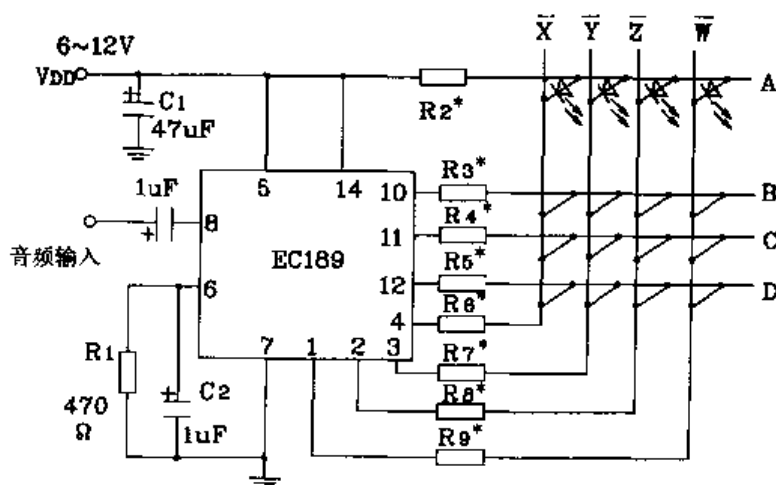
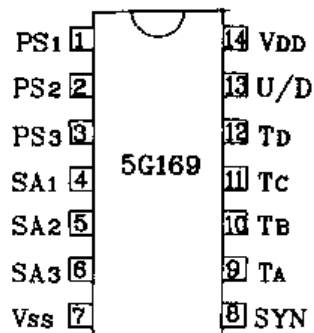


图 2-176 EC189 典型应用电路

* : $V_{DD} = 12\text{V}$ 时, $R_2 \sim R_9 = 200\Omega$ $V_{DD} = 6\text{V}$ 时, $R_2 \sim R_9 = 100\Omega$

(2) 5G169

5G169 为亮度可缓变的 4 路彩灯控制 IC。它采用 NMOS 工艺制成,外形为 14 脚双列直插塑料封装形式,引脚排列见图 2-177。引脚功能为:1、2、3 脚调亮度振荡器外接 RC 端;4、5、6 脚为调灯光变换速度振荡器外接 RC 端;7 脚公共地端;8 脚同步信号输入端(50Hz 或 100Hz);9、10、11、12 脚为 A、B、C、D 4 路输出端;13 脚彩灯串正/反循环点亮方向控制端。高电平时,顺序为 A→B→C→D。低电平时为 D→C→B→A;14 脚电源电压端。5G169 工作电压典型值为 6V,它采用全数字控制方式,通过调整可控硅导通程度来实现彩灯亮度的连续变化(缓变)。彩灯亮度变化可分为 64 个等级,由亮度分级振荡器外引脚 PS₁~PS₃ 外接的 RC 元件控制。SA₁~SA₃ 外接 RC 可控制彩灯亮、灭转换速率,RC 大,变化慢;反之变化快,可调范围在 0.1~5s 之间。5G169 典型应用电路见图 2-178。220 V 市电经桥式整流后,经 R₁、R₅ 分压由稳压管直接给电路提供 +6V 电压,同时经 R₁、R₂ 分压后,通过 R₃ 向 8 脚提供交流同步信号。开关 S 为彩灯串循环点亮方式(正/反)选择开关,打开时为正向循环,闭合时为反向循环,RP₁、RP₂ 用来改变 PS₁~PS₃ 和 SA₁~SA₃ 外接 RC 值。由于 5G169 无音频信号同步控制功能,故一般适用于密度饰灯、广告彩灯、舞厅灯光等方面,只是声光不能同步。若需同步、可将音频信号通过整流、耦合放大后再送入 5G169 第 1、2 脚或 4、5 脚即可。



2-177 5G169 外形引脚排列图

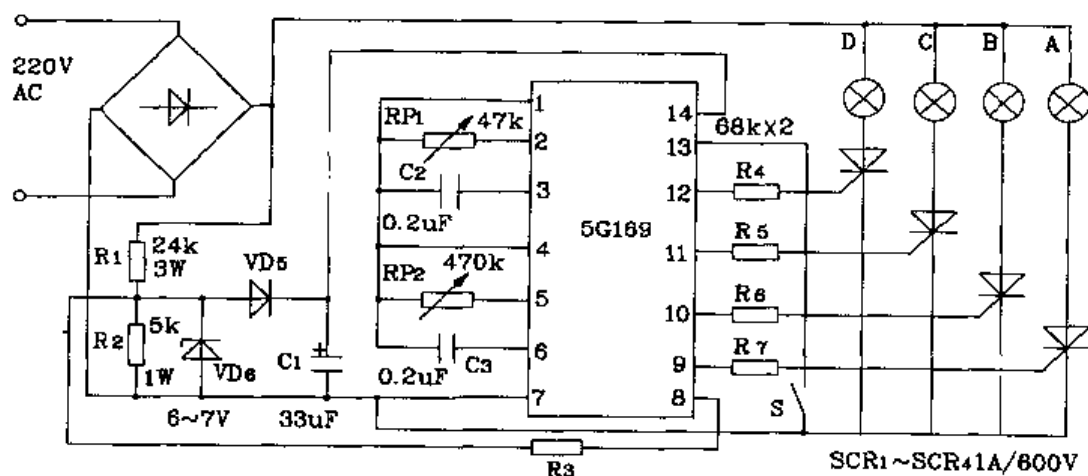


图 2-178 5G169 典型应用电路

(3) HFC55

HFC55 是一种 8 路彩灯控制 IC。它采用 CMOS 工艺制造,内部包含振荡器、分频/译码器、输出驱动及停启控制器等单元。HFC55 外形采用黑胶软封装形式,工作电压 3V,静态电流 $\leq 1\mu\text{A}$,每路输出能力 $\geq 20\text{mA}$ 。图 2-179 给出其内部原理框图。此电路工作过程如下:振荡器产生的脉冲信号经分频和译码后,送出控制脉冲,依次使 8 路输出级输出导通,导通时输出端由高电平变成低电平,外接 LED 相应闪光。此器件所带启停控制端 S 内接高电平,外接一对地开关 K。每按一次,电路完成启动或停止转换。图 2-180 给出了 HFC55 典型应用电路。

由 HFC55 构成的控制电路外围元件极少,无需调试。通常适合于制作新奇玩具、彩光贺卡、工艺品及各种饰品等。此电路无音频信号同步输入控制功能。改变振荡电阻 R ,可改变振荡频率,从而改变 8 个输出端依次输出的变化速率,也即 LED 闪动速率。

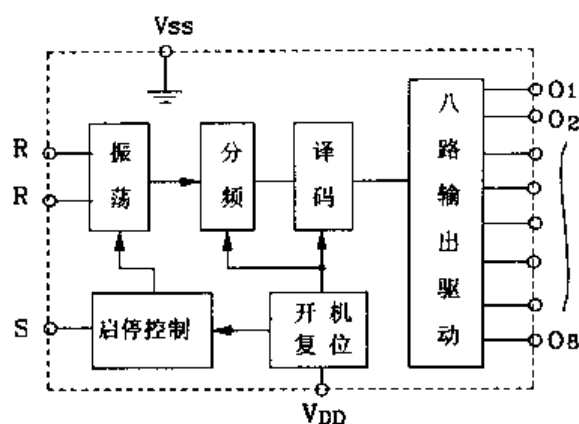


图 2-179 HFC55 内部原理框图

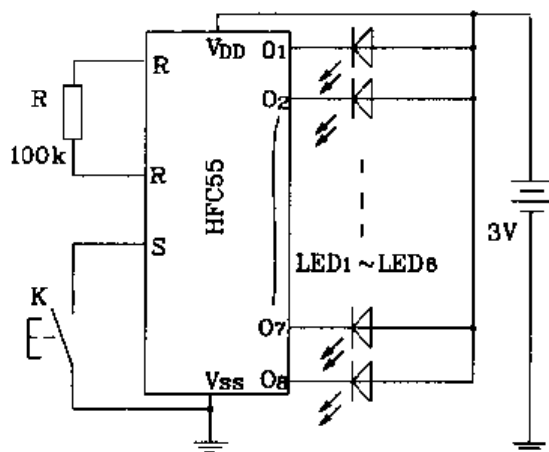
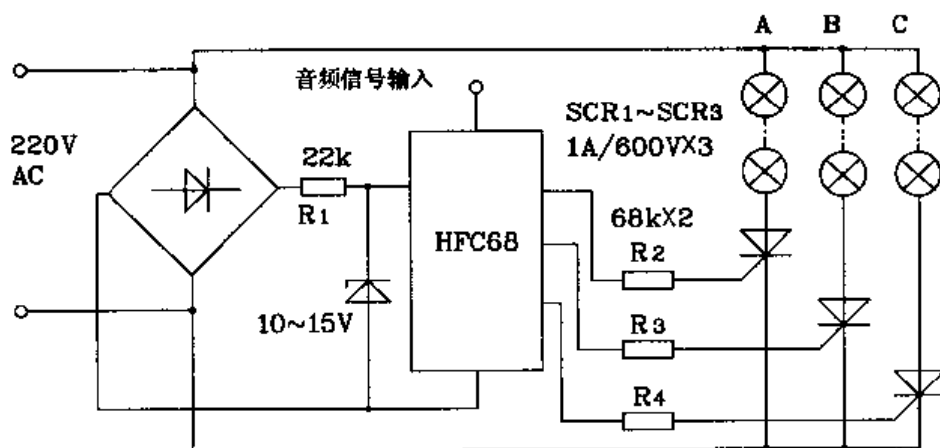


图 2-180 HFC55 典型应用电路

(4) HFC68

HFC68 是一种声光同步彩灯控制专用 IC。此芯片除不具有亮度缓变和正/反向循环控制功能外,其余功能同 5G169IC 基本相同。它的外形采用软封装形式。具有三路输出功能,它也是由 220V 市电直接降压(整流、稳压)后,给 IC 提供 10~15V 的工作电压。输入音频信号的大小与所控制彩灯的跳变速度同步变化。主要适用于音响旋转、追逐、舞会彩灯、卡拉 OK 变幻彩灯以及圣诞树声光控制方面。图 2-181 给出了 HFC68 的典型应用电路图。其它可参考 5G169IC。此处不再详细介绍。



路。它既可直接驱动发光二极管,又可通过控制可控硅实现交流 220V 彩灯控制,可实现 7 路输出,6 种花样控制功能。

(1) 外形及引脚功能

CD71017 外形有两种封装形式:16 脚双列直插塑封和 12 脚黑膏软封装,外形及引脚排列见图 2-182。相应引脚功能见表 2-39 和表 2-40。

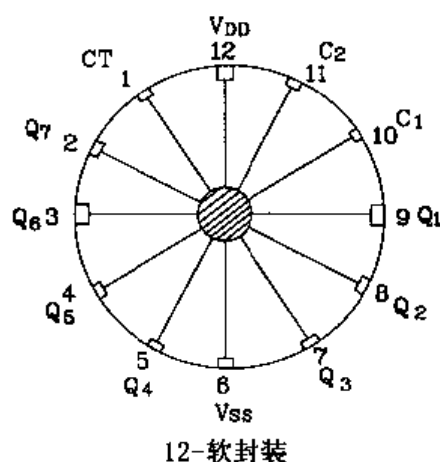


图 2-182 CD71017 外形引脚图

表 2-39 CD71017 引脚功能

脚 号	符 号	CD71017 引脚功能(DIP 封装)
16	B_2	花样控制端,根据其电平情况可产生不同的闪光效果
15	B_1	
1	B_3	
2~5	$Q_7 \sim Q_4$	7 个输出端,可直接驱动发光管或触发可控硅
7~9	$Q_3 \sim Q_1$	
6	V_{SS}	公共地端
10	V_D, V_S	功耗控制端。 $V_D=0, V_S=1$ 为低功耗; $V_D=1, V_S=0$ 为高功耗
13		
11	C_1, C_2	外接振荡电容端,适其容量大小可改变闪光频率
12		
14	V_{DD}	电源电压端

表 2-40 CD71017 引脚功能

脚 号	符 号	CD71017 引脚功能(软封装)
1	CT	触摸控制端
2~5	$Q_7 \sim Q_4$	7 个输出端,可直接驱动发光管
7~9	$Q_3 \sim Q_1$	
6	V_{SS}	公共地端

表 2-41 控制端电平与闪光花样对应关系

控制电平			花 样 名 称	控制电平			花 样 名 称
B ₁	B ₂	B ₃		B ₁	B ₂	B ₃	
0	0	0	多点闪光	1	1		6 种花样自动转换
0	0	1	交替闪光	1	0		依次亮、同时灭 + 同时亮、依次灭
0	1	0	单点右旋	0	0		多点闪光 + 交替闪光
0	1	1	单点左旋	B ₃	0	B ₁	单点闪光, 间隔 6min 转换
0	1		单点左、右旋	1	B ₃	B ₂	依次亮, 间隔 6min 转换
1	0	0	依次亮、同时灭	0	B ₃	B ₃	多点闪光 + 单点闪光
1	0	1	同时亮、依次灭	B ₃	0	B ₁	多点闪光 + 同时亮、依次灭

10. CD71061 多功能程控闪光集成电路

CD71061 是 CD71017 的改进产品, 其功能比 CD71017 更强。主要改进为:

- ①将原 7 路输出增加为 8 路输出, 可消除单点闪光中的停顿现象;
- ②输出驱动能力比原来增加了三分之一;
- ③6 种花样循环次数可控, 正常时为原来的一半, 通过控制端接地可与原来一样;
- ④单点闪动改为追踪闪光;
- ⑤间隔闪光花样可变;
- ⑥振荡电路改为施密特触发器, 其外接端子只有一个, 且振荡频率可调;
- ⑦取消了触发触摸开关电路和低功耗电路。

CD71061 内部包含了花样控制器、时序脉冲产生器、振荡器、译码器、扩展开关、花样存储器 and 输出驱动电路。它有 8 路输出, 3 个花样选择端, 6 种基本花样, 通过扩展可达 20 多种花样控制, 其电气参数与 CD71017 相同。

(1) 外形及引脚功能

CD71061 外形为 16 脚双列直插塑料封装, 其引脚排列见图 2-185。图 2-186 为其内部原理框图。相应引脚功能见表 2-42。

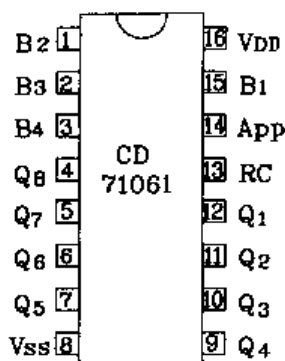


图 2-185 CD71061 外形引脚图

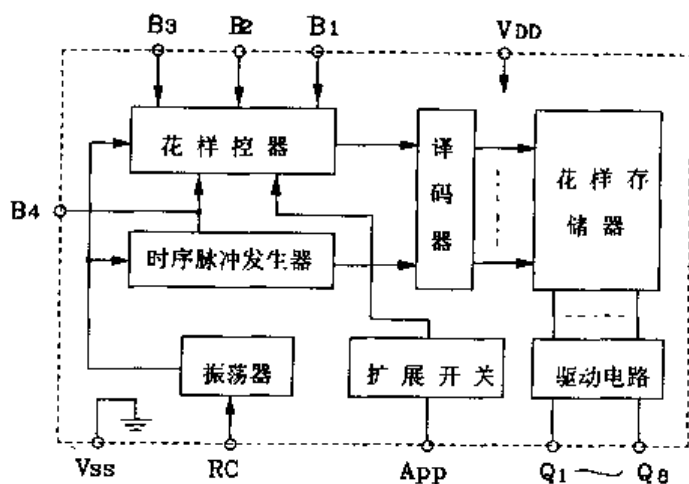


图 2-186 CD71061 内部原理框图

表 2-42 引脚功能

引脚号	1	2	3	4,5,6,7,9,10,11,12	
功 能	花样选择 B_2	花样选择 B_3	花样选择 B_4	输出 $Q_8 \sim Q_1$	
引脚号	8	13	14	15	16
功 能	电源地 V_{SS}	阻容端 RC	扩展端 APP	花样选择 B_1	电源正端 V_{DD}

(2) 原理及应用

CD71061 应用时,外接的阻容元件 R、C 使内部振荡器起振产生所需要的时钟脉冲频率,一个八进制计数和外接的 3 个花样控制端 B_1 、 B_2 、 B_3 ,其不同的外接电平状态可选择不同的花样。从花样控制电路的 6 根控制线译码后决定选择何种花样,而由时序译码器产生的时序选择每种花样来控制各组单元的读出,被选中的 ROM 单元中的信号经驱动电路放大后由输出端 $Q_1 \sim Q_8$ 输出,可直接驱动 LED 或通过触发可控硅控制交流彩灯,按我们所选定的花样闪亮。

CD71061 的 6 种基本花样为:弹性涨缩、全亮间隔闪光、向左倒流水、向右正流水、向右依次亮同时灭、同时亮向左依次灭。它们由 $B_1 \sim B_3$ 端所接电平高低来选择。 B_4 取自系统内部一个方波信号,当 B_4 端与 $B_1 \sim B_3$ 端进行不同连接时,可对基本花样进行不同排列组合。

表 2-43 给出了 17 种主要花样的控制方式,读者根据此组合规律,还可以构成多种花样变化。图 2-187 给出 CD71061 典型应用电路。图中交流 220V 经整流和电阻 R(2W/47k Ω)降压限流后,由 5.1V 稳压管提供 IC 工作电压。IC 的 8 个输出端分别触发 8 个可控硅从而控制 $H_1 \sim H_8$ 彩灯。改变 1、2、3 脚和第 15 脚的连接方式,即可获所需闪烁方案。

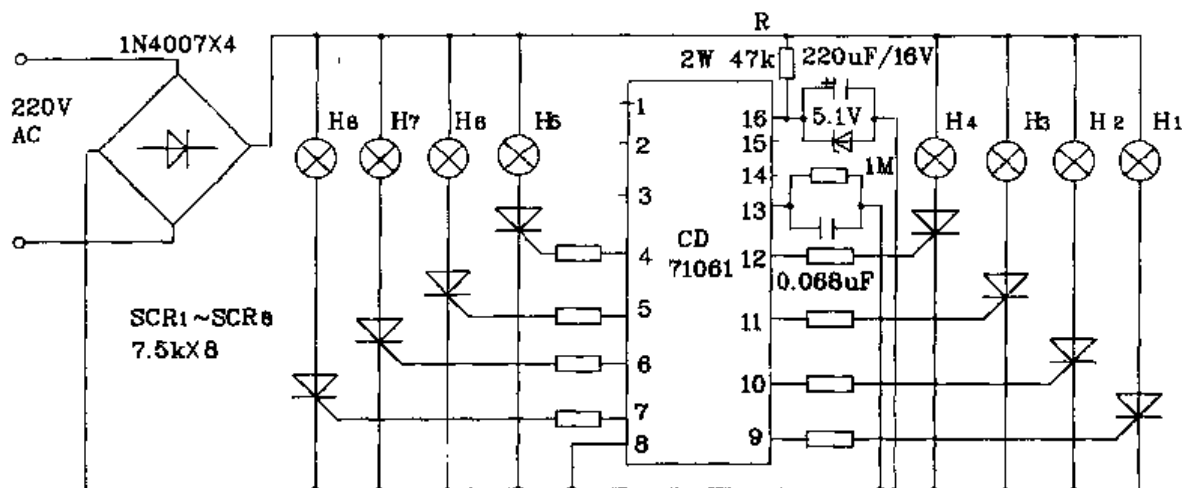


图 2-187 CD71061 典型应用电路

表 2-43 主要花样控制方式

B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	花 样	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	花 样
0	0	0		弹性张缩(第 1 种)	0	0	B ₄	B ₂	1,2 种花样循环
0	0	1		全亮间隔闪光(第 2 种)	0	B ₄	0	B ₂	1,3 种花样循环
0	1	0		向左倒流水(第 3 种)	1	B ₄	0	B ₂	1,5 种为主 6 种花样循环
0	1	1		向右正流水(第 4 种)	0	B ₄	1	B ₂	2,4 种花样循环
1	0	0		向右依次亮同时灭(第 5 种)	1	B ₄	1	B ₂	第 6 种花样为主,6 种花样循环
1	0	1		同时亮向左依次灭(第 6 种)	B ₄	0	0	B ₁	1,5 种花样循环
1	1	1		6 种花样自动转换	B ₄	1	0	B ₁	1,2,3 种花样循环,穿插花样 5,6
0	1	B ₄	B ₂	3,4 种花样循环					
1	0	B ₄	B ₃	5,6 种花样循环	B ₄	1	1	B ₁	1,3 种花样为主,穿插花样 4

11.5GM168 节日彩灯控制集成电路

5GM168 是专门为圣诞树彩灯而设计开发的专用集成电路。它具有 3 或 4 路输出,并具音频信号输入功能。由它构成的彩灯电路成本低、体积小、电路简单,可直接驱动 LED 或通过触发可控硅来控制交流彩灯。

(1) 外形及引脚功能

5GM168 采用 PMOS 工艺制造,外形为 10 脚黑膏软体封装,其引脚排列见图 2-188。图 2-189 为其内部电路原理框图。相应引脚功能为:1 脚电源电压端;2~5 脚为 4 路开漏极输出;6 脚为振荡器外接 RC 端;7 脚电源地;8 脚音频信号输入端;9、10 脚为 3 路或 4 路输出选择端,悬空开路为 4 路输出,短接为 3 路输出。

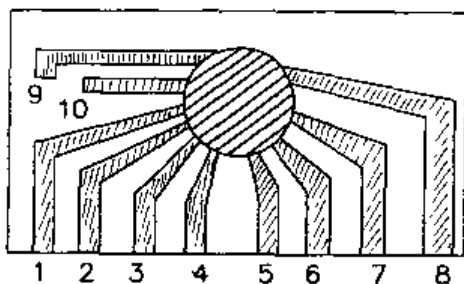


图 2-188 5GM168 外形引脚图

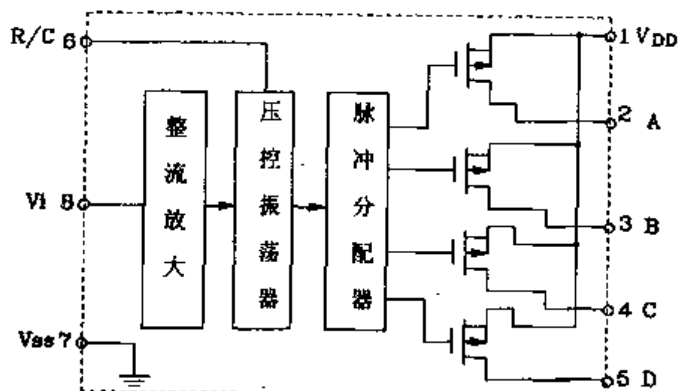


图 2-189 5GM168 内部电路原理框图

(2) 应用

5GM168 工作电源电压范围 12~15V,每路输出驱动电流 $\geq 15\text{mA}$ 。内部时序信号循环速率受控于音频输入信号的强弱。其输出时序变化见表 2-44。从表上可看出,5GM168 驱动特点是两组两组彩灯闪亮,我们称之为“鸳鸯”式跳跃。图 2-190 为 5GM168 典型应用电路。电路中,9、10 脚悬空所以此电路可驱动 4 路彩灯作“鸳鸯”式跳跃。改变 6 脚外接 R、C 的大小,

可改变彩灯闪亮频率。如在 8 脚输入音频信号,则彩灯循环频率还会随音频交流信号的强弱而变化。

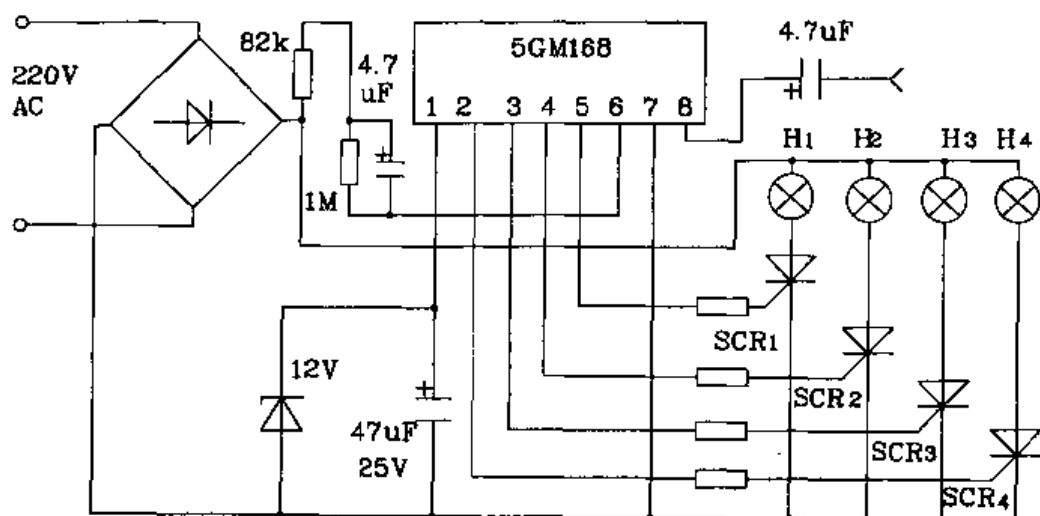


图 2-190 5GM168 典型应用电路

表 2-44 输出时序变化表

输出端	A	B	C	D	输出端	A	B	C	D
9、10 脚悬空,4 路输出	1	1	0	0	9、10 脚短路,3 路输出	1	1	0	悬空
	0	1	1	0		0	1	1	悬空
	0	0	1	1		1	0	1	悬空
	1	0	0	1					

12. HJ94015 圣诞彩灯串控制集成电路

HJ94015 是为圣诞彩灯而设计开发的带音乐的专用控制芯片。内部存有 16 道电子乐曲,彩灯有跑马、波浪和全亮(用于检查灯串电珠)等数种工作模式,并能使灯串随电子乐曲节奏而闪烁,乐曲音量和灯串闪烁速度均可调节。此电路共有 4 路输出,8 种工作模式。电源电压 2~5V,其外形为 16 脚双列直插塑料封装,引脚排列见图 2-191。各引脚功能如下:1 脚为测试端,平时悬空;2 脚振荡输出端;3 脚振荡输入端,二者间外接振荡电阻;4 脚音频输出端,外接功放管可驱动压电陶瓷片发声;5 脚功能选择端,可选 8 种工作模式,低电平有效;6 脚音量/模式选择端,当有音乐演奏时,此端有 4 种音量选择。当跑马或波浪输出时,此端有两种速度选择。它们均为低电平有效;7 脚外接滤波电容端;8 脚空脚;9 脚复位端,不用悬空;10~13 脚 4 路驱动输出端;14 脚交流同步信号输入端;15 脚电源地;16 脚电源正端。

HJ94015 8 种工作模式为:

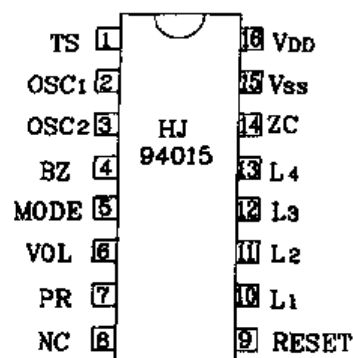


图 2-191 HJ94015 外形引脚图

- ①灯串全亮;
- ②内存 1~16 首乐曲连续唱;
- ③内存 1~4 首乐曲连续唱;
- ④内存 5~8 首乐曲连续唱;
- ⑤内存 9~12 首乐曲连续唱;
- ⑥内存 13~16 首乐曲连续唱;
- ⑦灯串跑马、无音乐;
- ⑧灯串波浪、无音乐。

图 2-192 为 HJ94015 典型应用电路。图中 SB₁ 为工作模式选择按键, SB₂ 用来选择压电陶瓷片 B 发声音量大小及灯串循环速度。

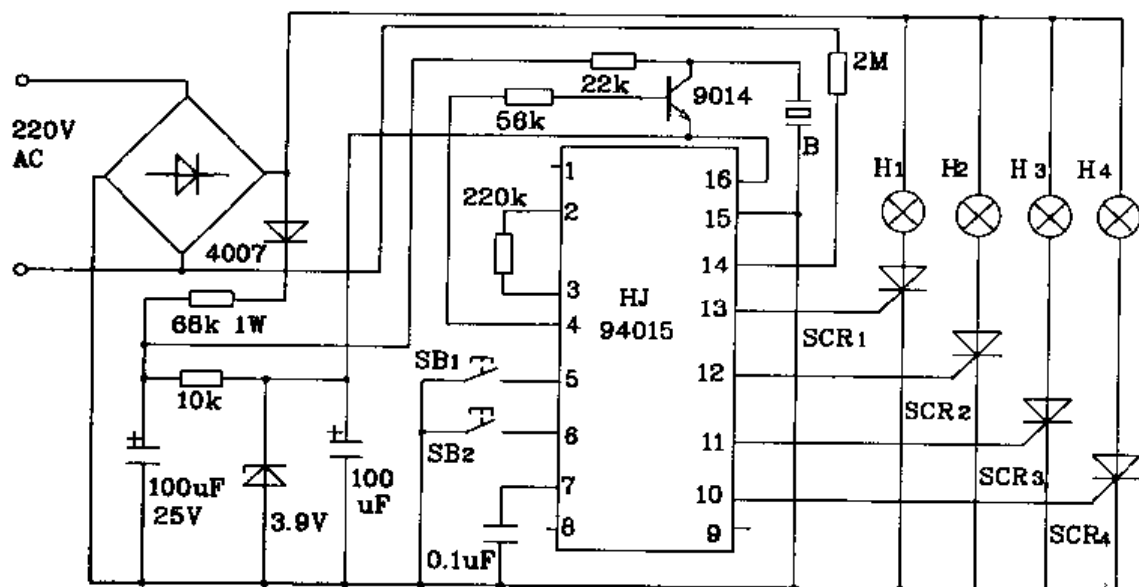


图 2-192 HJ94015 典型应用电路

13. HJ94030 多功能灯串控制集成电路

HJ94030 是一种多功能灯串控制专用集成电路。它具有 4 路输出、一个按键控制即可选择 7 种不同变化花样, 适用于家庭、宾馆、餐厅、商店及各种娱乐场所使用。

(1) 外形及引脚功能

HJ94030 专用 IC 外形为 10 脚黑膏软封装形式, 图 2-193 为芯片压点分布图。其引脚功能为: 1 脚电源负端; 2~5 脚 4 路输出端, 可触发可控硅驱动交流彩灯闪亮; 6、7 脚振荡输出、输入端, 外接一振荡电阻; 8 脚花样控制端, 低电平有效。共 7 种花样, 具体见表 2-45; 9 脚电源正端; 10 脚交流同步信号输入端。

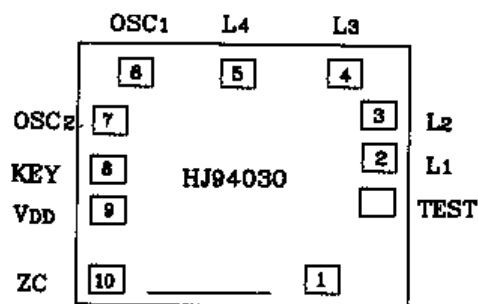


图 2-193 HJ94030 芯片外形压点分布图

表 2-45 显示花样

序号	1	2	3	4	5	6	7
花样种类	全亮	全部渐亮、 渐暗	45°差渐亮、 渐暗	两个灯跑马	波浪前进、 后退	第 2~5 种花 样循环	全灭

(2) 电气参数

HJ94030 主要电气参数为:电源电压范围 3~5V,典型值 4.5V。输出驱动电流 0.2mA,芯片振荡频率 150kHz。

(3) 应用

HJ94030 典型应用电路见图 2-194。图中按钮 SB 用来选择彩灯串 $H_1 \sim H_4$ 闪亮方式,每按动一次,变化一种花样。芯片电源由交流 220V 整流后通过电阻和稳压管来提供。电路简单,无需调试。

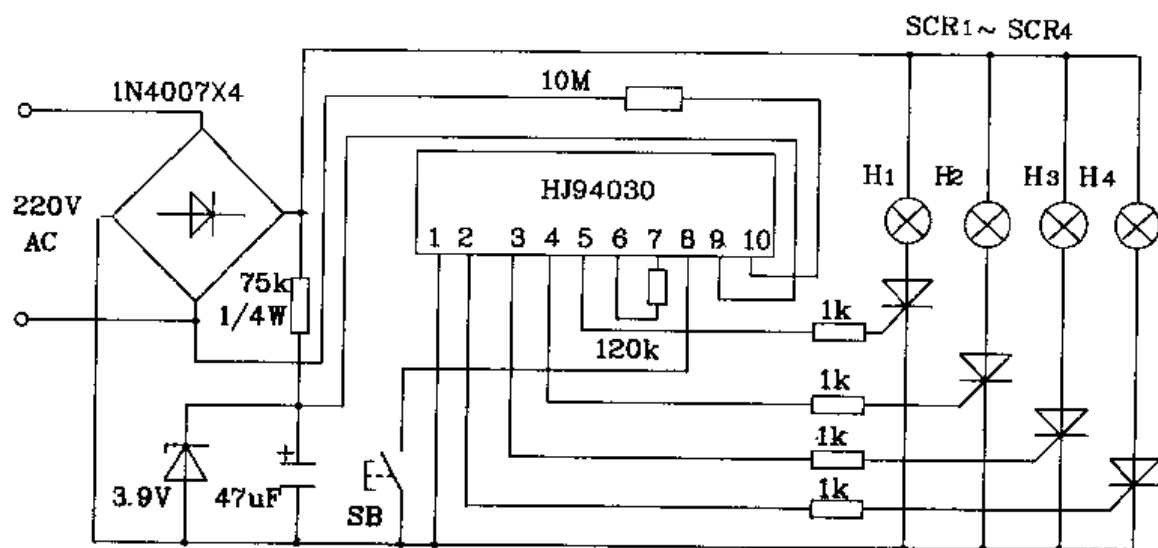


图 2-194 HJ94030 典型应用电路

九、LED 显示驱动专用集成电路

1. BA6104/6124 五位 LED 电平表驱动集成电路

BA6104/6124 为日本东洋电具(ROHM)公司生产的 5 位 LED 电平表驱动集成电路。它主要用于音响设备中的电平或音量显示。其中 BA6104 为线性显示输入电平,BA6124 为对数显示输入电平。它们构成的显示电路外围元件少,工作电压宽,调试简单。国内同型号产品为 XG6104。

(1) 外形及引脚功能

BA6014/6124 外形均采用 9 脚单列直插式塑料封装,其引脚排列见图 2-195。引脚功能如下:1~4、6 脚($L_1 \sim L_5$)为 5 位 LED 输出连接端;5 脚(GND)为电源地端;7(REF)脚基准电压端;8 脚(V_i)电平输入端;9 脚

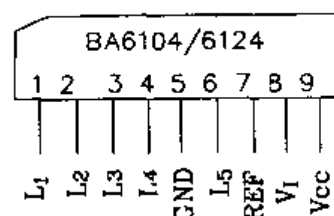


图 2-195 BA6104/6124 外形引脚图

(V_{CC})为电源电压正端。图 2-196 给出了 BA6124 内部原理框图,BA6104 与 BA6124 区别仅为 BA6124 内部增加了整流放大单元,可直接接入直流或交流电源;输出部分内设恒流源电路,使 LED 无需外接限流电阻。

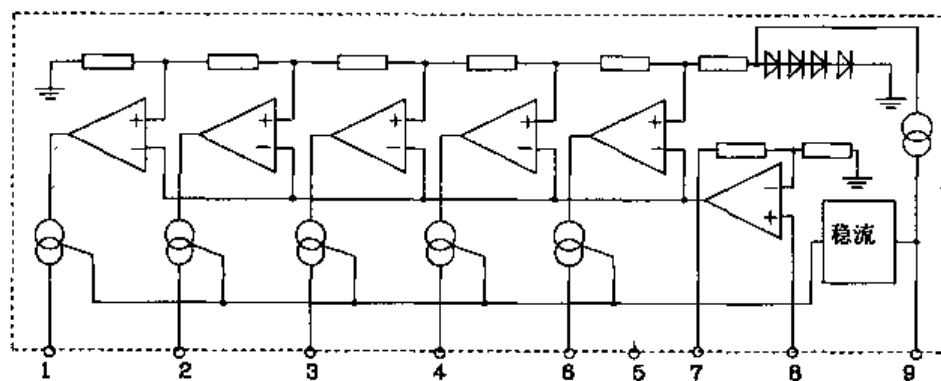


图 2-196 BA6124 内部原理框图

(2) 电气参数

表 2-46、表 2-47、表 2-48、表 2-49 分别给出了 BA6104/6124 主要典型电气参数和极限工作参数。

(3) 应用

由于 BA6104/6124 为单列直插封装,体积小,印刷板布线方便,且电源电压范围宽,因此应用广泛。特别是 BA6104 内部基准电压 V_{REF} 可通过 7 脚外接电阻任意设定,且可根据需要设置显示比较电平。而 BA6124 内部设有整流稳压和恒流电路,可直接输入交流电压,接 LED

时无需另加限流电阻。这样大大减少了外围元件数,使应用更方便,简单。

下面分别介绍一下 BA6104 和 BA6124 的典型应用电路。

表 2-46 (BA6104, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 12\text{V}$)

参数名称	符 号	单 位	最 小	典 型	最 大
电源电压	V_{CC}	V	9	12	15
电源电流	I_{CC}	mA		3	6
比较电平 1	V_{c1}	mV		200	
比较电平 2	V_{c2}	mV		400	
比较电平 3	V_{c3}	mV		600	
比较电平 4	V_{c4}	mV		800	
全显示电平范围	V_{c5}	V	0.5	1.0	3.0
LED 驱动电流	I_L	mA			15

表 2-47 (BA6104, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

参数名称	额定值
电源电压 $V_{omax}(V)$	18
允许功耗 $P_d(mW)$	500 *
最大输入电压 $V_{imax}(V)$	4.5
LED 最大驱动电流 $I_{Lmax}(mA)$	20
工作环境温度 $T_A(^{\circ}\text{C})$	$-20 \sim +75$
储存温度 $T_{stg}(^{\circ}\text{C})$	$-55 \sim +125$
* 当 $T_A > 25^\circ\text{C}$ 时, P_d 按 $5\text{mW}/^{\circ}\text{C}$ 减少	

表 2-48 (BA6124, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 6\text{V}$, $f = 1\text{kHz}$)

参数名称	符号	单位	最小	典型	最大
电源电压	V_{CC}	V	3.5	6	16
电源电流($V_I = 0$)	I_{CC}	mA		5	8
比较电平 1	V_{c1}	dB	-11.5	-10	-8.5
比较电平 2	V_{c2}	dB	-6	-5	-4
比较电平 3	V_{c3}			0	
比较电平 4	V_{c4}	dB	+2.5	+3	+3.5
比较电平 5	V_{c5}	dB	+5	+6	+7
灵敏度($V_{c3} = 6\text{dB}$)	V_I	mV	74	85	96
输入偏置电流	I_{IB}	μA		0.3	1.0
LED 电流	I_L	mA	11	15	18.5

表 2-49 (BA6124, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

参数名称	额定值
电源电压 V_{CCmax} (V)	18
允许功耗 P_d (mW)	1 100 *
结温 T_j ($^\circ\text{C}$)	+150
工作环境温度 T_A ($^\circ\text{C}$)	-29 ~ +60
储存温度 T_{stg} ($^\circ\text{C}$)	-55 ~ +125
* 当 $T_A > 25^\circ\text{C}$ 时, P_d 按 11mW/ $^\circ\text{C}$ 减少	

①BA6104 应用电路

图 2-197 为 BA6104 基本应用电路。BA6104 由于输入级采用了 PNP 复合晶体管基极输入方式, 因此其输入阻抗很高。输出级采用射极跟随器形式, 调整图中 LED 外接电阻 R_L , 可改变 LED 驱动电流。7 脚外接一电阻可改变 V_{ref} , 当 7 脚开路时, 基准电压 V_{ref} 由 IC 内部控制, 其值近似为 1V。若要求 LED 显示电平低于 1V 时, 只需在 7 脚与地之间接一电阻 R_D , 则可降低 V_{ref} , 如图中; 若要求显示电平高于 1V, 只须在 7 脚与电源 V_{CC} 之间接一电阻 R , 则 V_{ref} 会升高, 其关系式为: $V_{ref} = [V_{CC} + 0.75R(\text{k}\Omega)] / [0.75R(\text{k}\Omega) + 1]$ 。由两块 BA6104 构成的 10 点 LED 电平显示电路见图 2-198。调节

IC_1 第 7 脚的 V_{ref} , 使 IC_1 中 $L_1 \sim L_5$ 5 只 LED 全亮; 调节 IC_2 第 7 脚的 V_{ref} 使 IC_2 的 $L_1 \sim L_5$ 5 只 LED 全亮, 此亮灯电压是 IC_1 的 2 倍, 发光顺序为 IC_1 的 $L_1 \sim L_5$ 到 IC_2 的 $L_1 \sim L_5$ 。

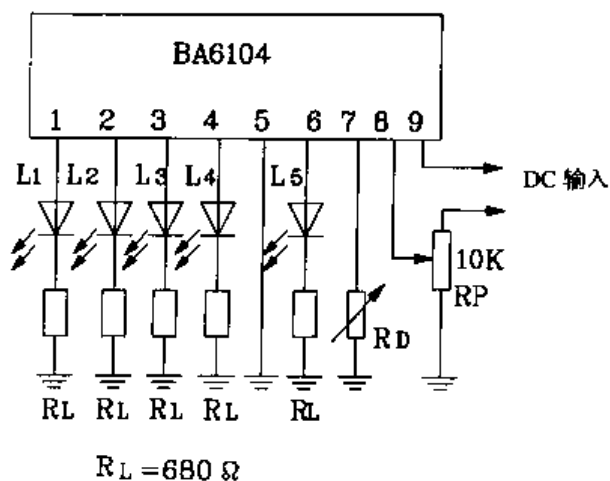


图 2-197 BA6104 基本应用电路

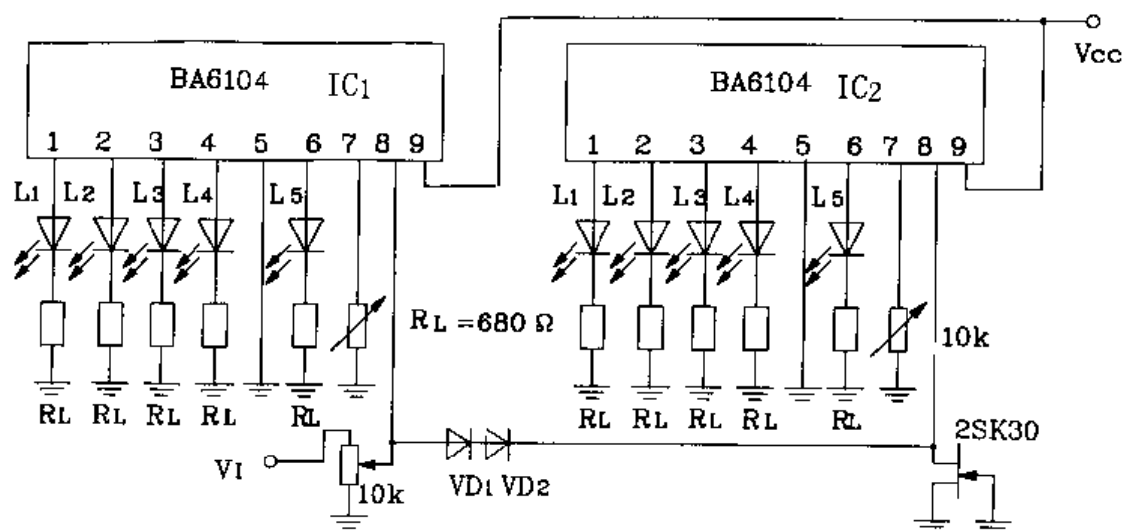


图 2-198 2 块 BA6104 构成的 10 点 LED 电平显示电路

②BA6124 应用电路

图 2-199 为 BL6124 基本应用电路。图中输入电平由 RP 调节,通过调整 V_R ,可使任何输入电平为 0dB。为了限制 LED 电流可在 LED 旁并联一电阻或串联一电阻,如图 2-200(a)、(b)。当工作电压高于 9V 时,在 LED 电流端应加一电阻分流,具体 V_{CC} 值不同的电路见图 2-201。或者加一散热器使器件功耗不超过最大允许功耗值。

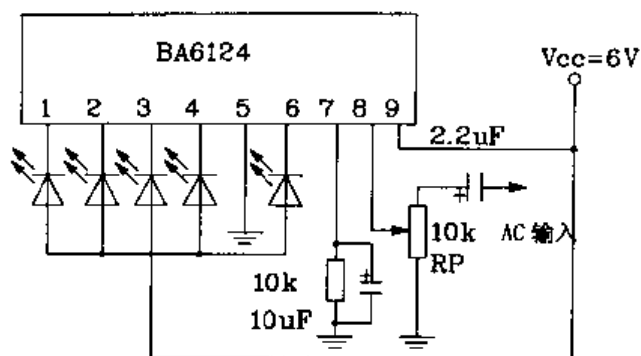


图 2-199 BL6124 基本应用电路

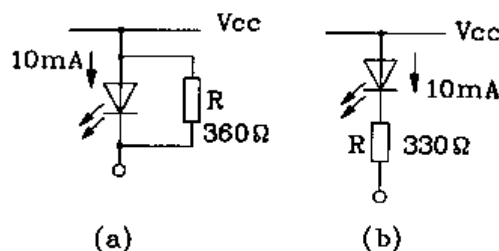


图 2-200 LED 限流电路

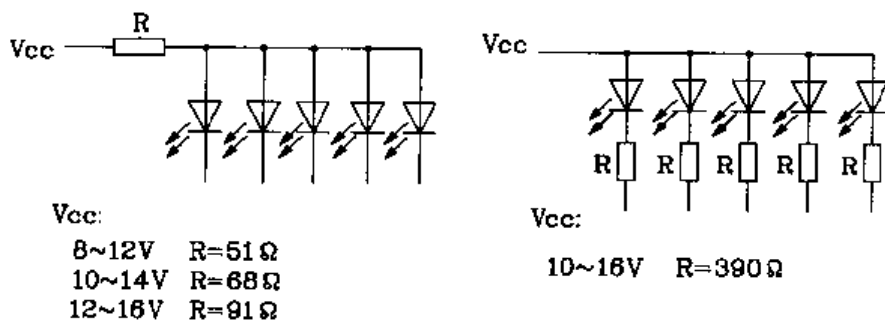


图 2-201 较高工作电压时 LED 限流电路及器件对应数值

2.LB1405 五位 LED 电平指示驱动集成电路

LB1405 电平指示驱动电路系日本三洋公司产品,它广泛应用于录音机和收录机做电平指示用。其外形采用 16 脚双列直插塑料封装,内部包含放大器、基准电压电路和 5 个相同结构,但参考电平不同的电平比较器。此电路具有如下特点:

- ①内部放大器输入阻抗高(5MΩ 以上);
- ②工作电源电压范围宽(4.4~12V);
- ③内部放大器即对直流起放大作用,又能对交流起放大和检波作用;
- ④电路内部采用恒流输出器直接驱动 LED。

图 2-202 给出了其内部原理框图。相应引脚功能为:1 脚外接电容补偿端;2 脚偏置端;3 脚输入端;4 脚电源电压正端;5 脚外接分压电阻端;6 脚基准电压端;7 脚外接分压电阻端;8 脚公共地端;9 脚空脚;10、11、12、13、14 脚为 5 位 LED 指示输出端;15 脚外接负载端;16 脚外接电容补偿端。

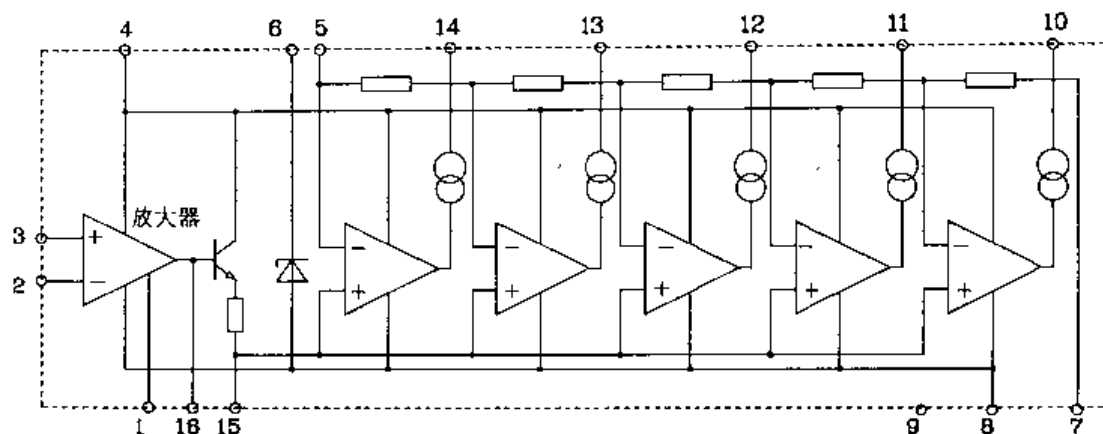


图 2-202 LB1405 内部原理框图

图 2-203 为 LB1405 典型应用电路。图中音频信号由 LB1405 第 3 脚输入,经放大并检波成正比于外加音频信号大小的直流电压。此电压同时送往按对数排列的 5 个比较器的同相输入端,与各比较器反相输入端的参考电平进行比较。当输入信号电平高于某级或几级比较器反相输入端的参考电平时,该级或几级比较器输出端自动翻转成低电平,并恒流输出驱动 LED 的电流,点亮所接相应的 LED,以示输入音频信号的大小。此外 LB1405 还可作为调谐指示和电池电压检测器等应用。目前国内同类型号产品有:SF1405、SL1405、XG1405 和 TB1405 等,它们与 LB1405 完全相同,均可互换使用。

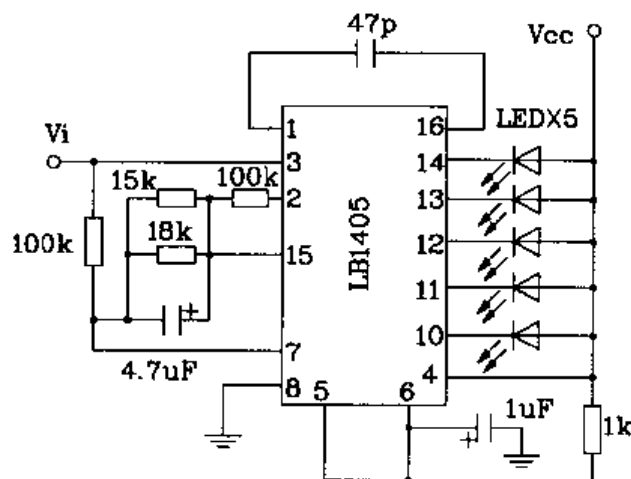


图 2-203 LB1405 典型应用电路

3. 新型 LED 图形(点、线)显示驱动集成电路

通常,用多个 LED 构成的指示器我们称之为模拟值显示器,又称为图形显示器。它是由一条直线排列的 LED 链组成,它既可以点亮链中某一点 LED,也可以点亮一个线段上的几个 LED,来显示某个物理值(电压、温度、音频功率等)。因此相应产生了多种专门用来驱动模拟显示器的集成电路。目前常见的有 V237 系列、LM3914 系列等,具体每种型号的主要性能及适用范围见表 2-50。其中 V237 系列只能以线图方式驱动 LED,而 LM3914 系列既能以线图方式又能以点图方式驱动 LED。用 IC 驱动 LED 模拟显示器反应速度快,线性好,可消除阻尼现象,且不受振动和受力姿态的影响,显示标度尺可以做成任意形状。配以不同颜色的 LED 可强调某量程、超量报警或整个显示闪烁。典型精度可达 0.5%,标度的定义取决于 LED 数量。下面分别给予简单介绍。

表 2-50 主要性能及适用范围

系列型号及特点	型 号	主 要 性 能 及 用 途
V237 系列线图形驱动 IC, 8 脚 DIP 封装外形, 每片可驱动 5 只 LED	V237B	可产生一种线性比例显示, 可两只作为一对使用驱动 10 只 LED
	V247B	可产生一种对数比例显示, 可两只作为一对使用驱动 10 只 LED
	V257B	可产生一种对数比例显示, 可两只作为一对使用驱动 10 只 LED
	V267B	可构成线图形电压表(台阶式); 构成线性标度电压计(如: 0~1V 或 0~15V); 构成音频电平表或利用传感器、换能器构成某一物理量指示的指示电路
LM3914 系列点/线图形驱动 IC。18 脚 DIP 封装, 每片可驱动 5 只 LED。既可是点模式也可是线模式	LM3914	线性标度输出, 适合作电压计
	LM3915	对数标度输出, 范围为 0~27dB 并有 10 级 -3dB 的步进台阶, 适合作为功率计仪表
	LM3916	半对数标度输出, 专门用于音量计类仪表
RY927	RY927	①设有高端基准电压和低端基准电压 ②LED 亮度可调, 各个 LED 不需外接限流电阻, 便于使用不同颜色、不同型号的 LED ③外形为 18 脚双列直插封装, 工作电压 10~18V ④最多允许 7 只 LED, 联级后可驱动 84 只 LED ⑤可实现自动调光
TA76××系列	TA7654P	对数刻度指示, 一条 5 点
	TA7655P	线性刻度指示, 一条 5 点
	TA7666P	对数刻度指示, 一条 5 点
	TA7667P	线性刻度指示, 一条 5 点
	TA7612AP	模拟电压输入, 对数刻度显示, 一条 10 点, 共阳极型点条显示
UAA180	UAA180	对数刻度指示, 一条 5 点, 共阳极型点条显示

(1) V237 系列线图形 LED 显示驱动器集成电路

V237 系列线图形 LED 显示驱动集成电路有 4 种型号, 它们的不同之处仅在于它们的台阶电压不同, 而台阶电压仅取决于内部电路中 $R_1 \sim R_6$ 所构成的电位分压器的数值。表 2-51 给出了 V237 系列 IC 的台阶电压值。V237 系列 IC 外形均为 8 脚双列直插封装形式, 相应引脚功能为: 1 脚公共端; 2、3、4、5、6 脚为 5 个 LED 显示输出端; 7 脚输入端; 8 脚电源电压端。其内部原理框图见图 2-204。表 2-52 为其主要电气参数。

表 2-51 台阶电压值

器件型号	1 阶	2 阶	3 阶	4 阶	5 阶
V237B	200mV	400mV	600mV	800mV	1.00V
V247B	100mV	300mV	500mV	700mV	900mV
V257B	0.18V/-15dB	0.53V/-6dB	0.84V/-1.5dB	1.19V/+1.5dB	2.0V/+6dB
V267B	0.1V/-20dB	0.32V/-10dB	0.71V/-3dB	1.0V/0dB	1.41V/+3dB

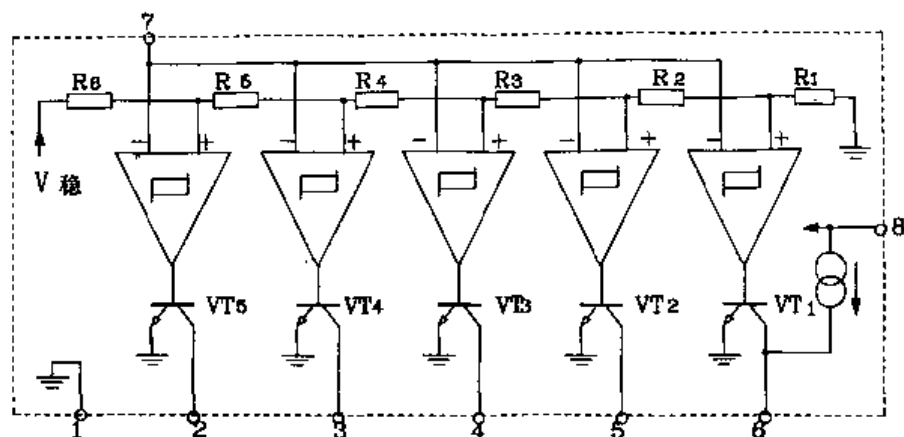


图 2-204 V237 系列 LED 驱动 IC 内部原理框图

表 2-52 电气参数

参数名称	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	8	12	25	V
输入电压			5	V
输入电流			0.5	mA
最大电源电流		25	30	mA
电源功率			690	mW
台阶电压误差	-30		+30	mV
台阶电压滞后		5	10	mV
输入电阻		100		kΩ
输出饱和电压			1.0	V

V237 系列 IC 应用很简单,图 2-205 给出了它的基本应用电路。每块 IC 可直接驱动 5 只 LED,当把两块作为一块使用时,可驱动 10 只 LED。

(2) LM3914 系列点/线图形 LED 显示驱动集成电路

LM3914 系列 LED 显示驱动 IC 是以检测模拟电平来驱动 10 只 LED 进行线性或对数模拟显示的单片集成电路。它可方便地实现电压指示、展宽刻度、零位指示、可视报警、时序发生等多种功能。并可联级使用形成 20~100 段的模拟显示。此类电路最大特点是:

- 可直接驱动 LED, LCD 或真空荧光管;
- 可由外部选择线或点模式显示,且可扩展到 100 级显示;
- 内部基准电压从 1.2~12V 可调,工作电压范围 3~20V;
- 输入可承受 +35V 电压;最低输入可到地电平;输出电流 2~30mA 可调;
- 输出采取电流调整的集电极开路形式;可与 TTL 或 COMS 逻辑电路接口;
- 10 级分压器浮动,可联接很宽的电压范围。

①外形、引脚功能及原理框图

LM3914 系列 IC 外形为 18 脚双列直插封装形式,其外形及引脚功能见图 2-206。图 2-207 为其内部原理框图。

②电气参数

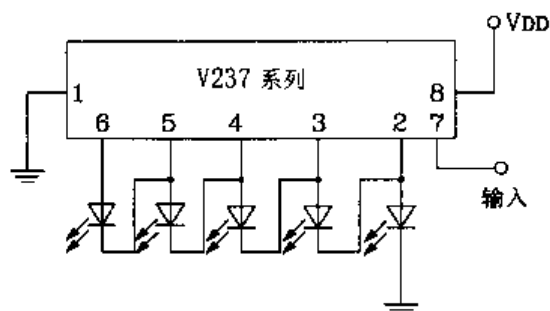


图 2-205 V237 系列 LED 驱动 IC 基本应用电路

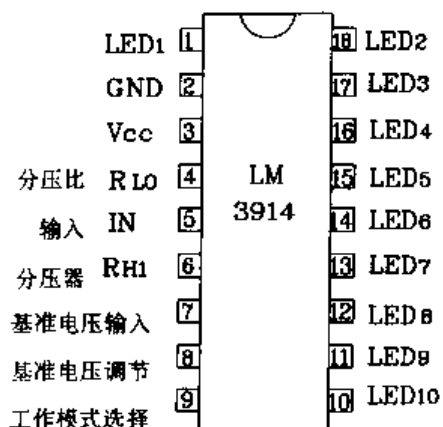


图 2-206 LM3914 系列 IC 外形引脚图

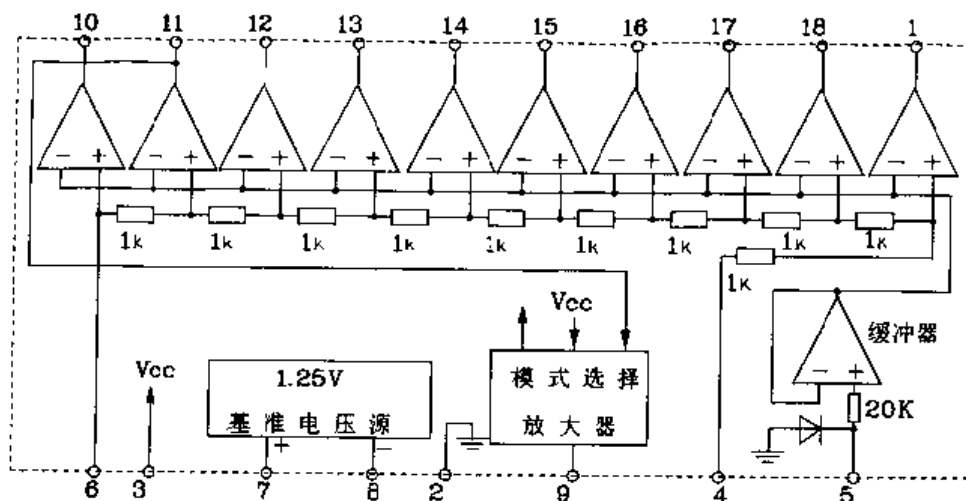


图 2-207 LM3914 系列 IC 内部原理框图

表 2-53 和表 2-54 给出了 LM3914 系列 IC 极限工作条件和主要电气参数。

表 2-53 极限工作条件

参数名称		符 号	单 位	极限值
电源电压		V_{CC}	V	25
功耗	陶瓷双列直插	P_L	mW	1 000
	塑料双列直插	P_D	mW	625
输入信号最高电压		V_{IN}	V	± 35
输出驱动器输出最高电压		V_{LED}	V	25
分压器电压		V_R	V	$-0.1 \sim +V_{CC}$
基准负载电流		$I_{L(REF)}$	mA	10
储存温度		T_s	℃	$-55 \sim +150$

表 2-54 电气参数

参数名称		符号	测试条件	最小	典型	最大	单位
比较器	失调电压	V_{IO}	$0 \leq V_{PLO} = V_{RHI} \leq 12V$, $I_{LED} = 1mA$		3	15	mV
	增益	$\Delta I_{LED} / \Delta V_{IN}$	$I_{L(REF)} = 2mA$, $I_{LED} = 10mA$	3	8		mA/mV
	5 脚输入偏置电流	I_{IBS}	$0 \leq V_{IN} \leq V_{CC} - 1.5V$		10	50	nA
	输入信号过电压	V_{IN}	显示无变化(见注 3)	-35		35	V
分压器	分压器电阻	$R_{6 \sim 4}$	总计, 6~4 脚	6.5	10	15	k Ω
	精度	A	见注 2		0.5	2	%
基准电压	输出电压	V_{REF}	$0.1mA \leq I_{L(REF)} \leq 4mA$, $V_{CC} = V_{LED} = 5V$	1.2	1.28	1.34	V
	电压调整率	S_V	$3V \leq V_{CC} \leq 18V$		0.01	0.03	%/V
	负载调整率	S_I	$0.1mA \leq I_{L(REF)} \leq 4mA$, $V_{CC} = V_{LED} = 5V$		0.4	2	%
	温度稳定性	ΔT	$0 \leq T_A \leq 70$, $I_{L(REF)} = 1mA$, $V_{CC} = 5V$		1		%
	调节端电流	I_A			75	120	mA
	LED 电流	I_{LED}	$V_{CC} = V_{LED} = 5V$, $I_{L(REF)} = 1mA$	7	10	13	mA
	LED 电流调整	I_{VLED}	$2V \leq V_{LED} \leq 14V$, $I_{LED} = 20mA$ $2V \leq V_{LED} \leq 17V$, $I_{LED} = 2mA$		0.1 1	0.25 3	mA mA
	LED 电流差 (最大与最小的 LED 电流差)	ΔI_{LED}	$V_{LED} = 5V$, $I_{LED} = 2mA$ $V_{LED} = 5V$, $I_{LED} = 20mA$		1.2 0.12	3 0.4	mA mA
	下降电压	V_L	$I_{LED} = 20mA$, $V_{LED} = 5V$, $\Delta I_{LED} = 2mA$			1.5	V
	饱和电压	V_{osat}	$I_{LED} = 2mA$, $I_{L(REF)} = 0.4mA$		0.15	0.4	V
	输出漏电流 (每一个集电极)	I_{OH}	线模式 见注 4		0.1	10	μA
	输出漏 电流	10~18 脚 $I_{OH10 \sim 18}$	点模式 见注 4		0.1	10	μA
		1 脚 I_{OH1}		60	150	450	μA
	静态电流(输出 全部关闭)	I_{CC}	$V_{CC} = 5V$, $I_{L(REF)} = 0.2mA$ $V_{CC} = 20V$, $I_{L(REF)} = 1mA$		2.4 6	4.2 9.2	μA μA

注 1: 除另有说明外, 所有规范适用下列条件:

$3V \leq V_{CC} \leq 20V$, V_{REF} , V_{RHI} , $V_{RLO} \leq (V_{CC} - 1.5)V$

$3V \leq V_{LED} \leq V_{CC}$, $0V \leq V_{IN} \leq (V_{CC} - 1.5)V$

$-0.015V \leq R_{IL} \leq 12V$, $T_A = 25^\circ C$, $I_{L(REF)} = 0.2mA$, $V_{LED} = 3V$

$-0.015V \leq R_{HI} \leq 12V$, 9 脚接到 3 脚上(线模式)

注 2: 精度的测量是在 4 脚电压为 0V 时, 相应 6 脚为 +10V 时进行的。满刻度电压较低时, 缓冲器和比较器的失调电压会增加很大的误差。

注 3: 5 脚的输入电流必须限制在 $\pm 3mA$ 。

注 4: 当 9 脚与 V_{CC} 之差在 20mV 之内时为线模式工作。

当 9 脚比 V_{CC} 低 200mV 以上或开路时为点模式工作。

如 9 脚比 V_{LED} 低 0.9V 以上时, LED_{10} (10 脚输出电流) 被禁止。

③应用

LM3914 系列 LED 显示驱动 IC 应用十分广泛,通过外接元件和线路的变化,可构成多种显示及报警电路,联级使用可构成多点 LED 显示。下面给出几种具体应用电路。由 LM3914 构成的 0~5V 线图指示器电路见图 2-208。图中 LED 单独设置一个电源,电源电压 6.8~18V,7 脚基准电压输出 $V = 1.25(1 + R_2/R_1)$, $I_{LED} = 12.5/R_1$ 。将电路适当修改,我们又可得到如图 2-209 所示的带有闪光报警的 LED 显示器电路。此电路满刻度时,会使全部 LED 线显示闪动,若将 R 和 C_1 接点连至不同的 LED 阴极,则当该 LED 发光时,若相应输入信号过大,此 LED 会闪动显示。

图 2-210 给出了一种点显示正常值、线显示溢出的 LED 指示器电路。此电路无溢出时为点显示工作模式。当满刻度溢出时,LED 变为线显示工作模式,从而指示已发生溢出。图中点、线转换的输入信号也可从其它 LED 的阴极取得。 R_3 、 R_4 、 VT_1 、 R_6 、 VD_1 、 R_5 构成点/线转换电路。

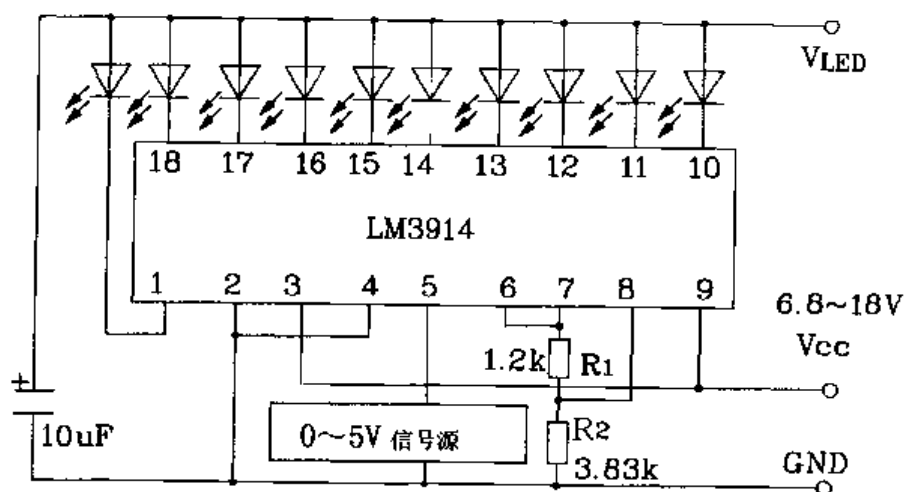


图 2-208 LM3914 构成的 0~5V 线图指示器电路

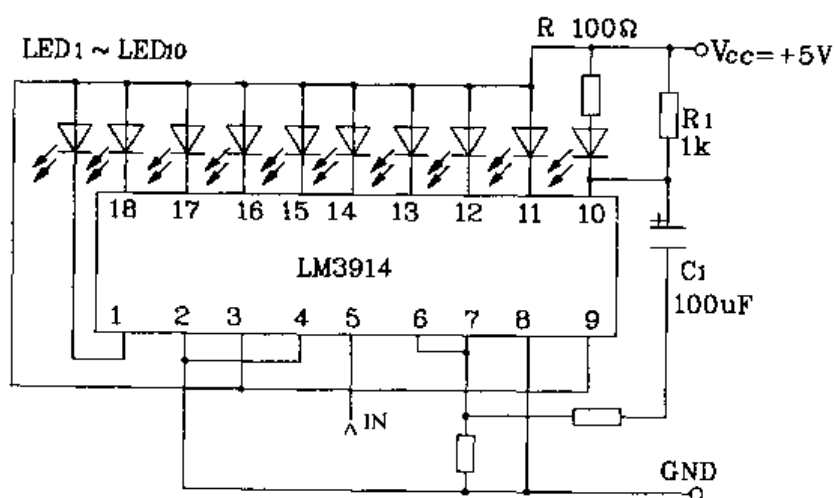


图 2-209 LM3914 构成的带有闪光报警的 LED 显示器电路

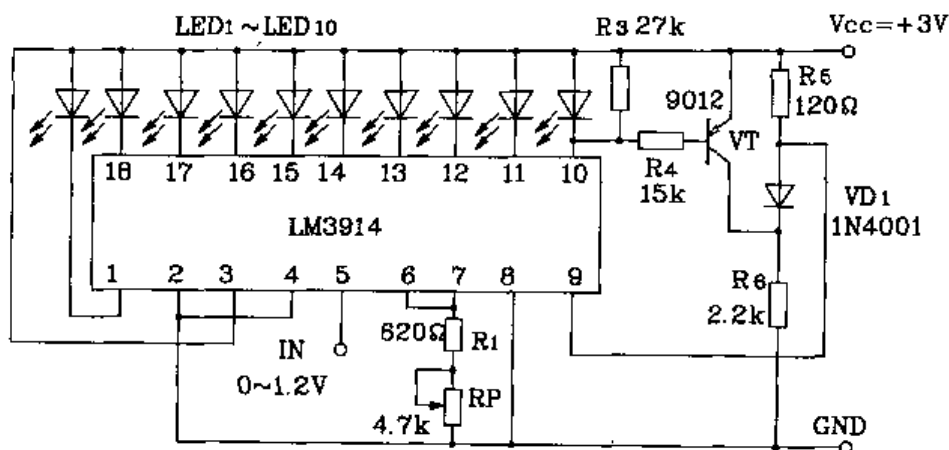


图 2-210 LM3914 构成点显示、线溢出的 LED 显示电路

LM3914 系列 IC 的联级使用也很简单,图 2-211 为两块 LM3914 构成的 20 位 LED 点/线转换电压指示器电路。图中开关 S 作为点/线工作模式转换开关,工作电压 +5V,输入电压 0~2.4V,两块 LM3914 的输出端并接在一起,使电路中 IC₁ 读取 0~1.2V 电压,而 IC₂ 读取 1.2~2.4V 的电压。此时 IC₁ 基准电压为 1.2V 而 IC₂ 的电位分压器低端被耦合到 IC₁ 的 1.2V 基准源上,其高端接于 IC₂ 的 1.2V 基准源上,这样 IC₂ 基准源相对于 IC₁ 来讲提高了 1.2V。点工作模式时,IC₁ 的 9 脚接于 IC₂ 的 1 脚上,而 IC₂ 的 9 脚接本身 11 脚。另外必须在 IC₁ 的 11 脚与 V_{CC} 之间接一只 22kΩ 电阻。线工作模式除每片 IC 的 9 脚接 V_{CC} 外,其余均同点工作模式,若想减少 IC 的功率损耗,可在每只 LED 上串一只几百欧姆的电阻限流即可。

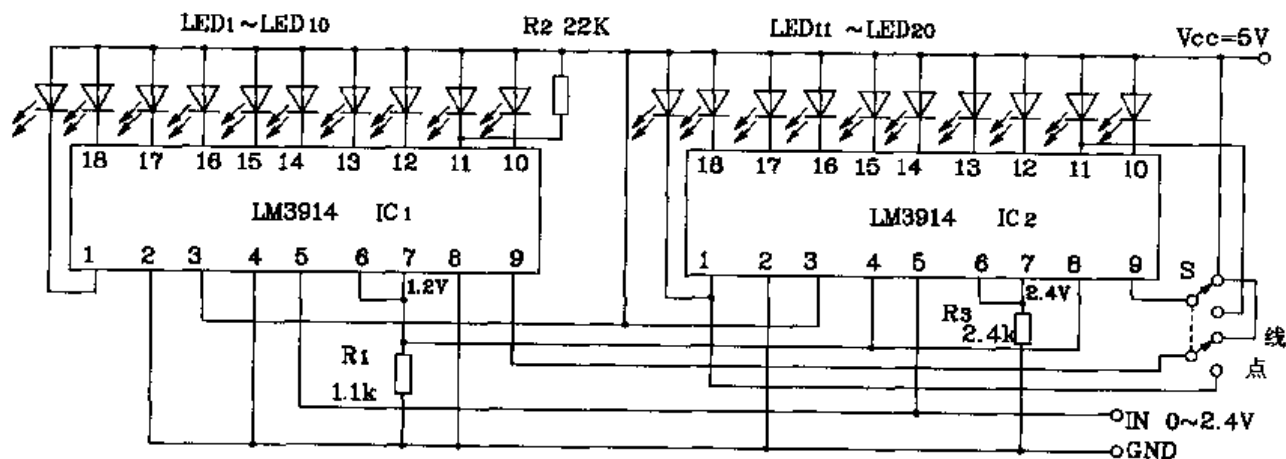


图 2-211 两块 LM3914 构成的 20 位 LED 点/线转换显示电路

对数型 LM3915 和半对数型 LM3916 的基本应用同 LM3914 是一样的,在实际应用中,可直接代换前面所给出的电路中的 LM3914。然而,LM3915/LM3916 更适宜做一种指示交流(AC)输入信号幅值的电压计。最简单方法就是将 AC 信号直接送入 IC 的输入端。IC 所响应的仅仅是这种交流输入信号的正半周,而且点亮 LED 的数目正比于输入信号的即时峰值。此电路必须工作于点模式状态并设置为输出 30mA 的 LED 驱动电流,图 2-212 为 LM3915 构成的简单音频功率计电路。图中 9 脚悬空以保证工作于点模式状态, R_1 取 390Ω

以给出约 30mA 的单只 LED 驱动电流。此电路可在 200mW~100W 范围内给出功率指示。对应关系见表 2-55。利用此类 IC 来显示 AC 输入信号幅值的一种更为完善的方法就是用半波变换器将 AC 信号改变为 DC 信号,然后将 DC 信号再馈送到 IC 的输入端。图 2-213 给出了用 LM3916 构成的此类电路-VU 计电路。图中输入信号经过 VD_1 、 R_1 、 R_2 、 C_1 所构成的简单网络变换成 DC 信号。整流管 VD_2 用来补偿 VD_1 的正向管压降。此电路工作于线模式状态,且电源采用两组分别对 IC 和 LED 供电。IC 的 7 脚基准电压设定为 10V。

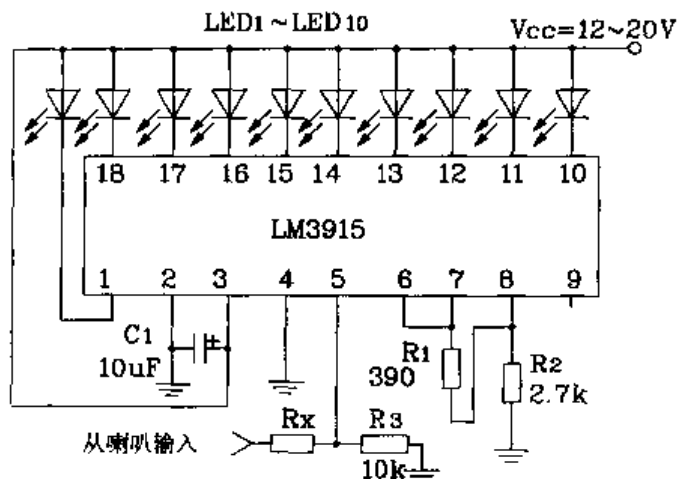


图 2-212 LM3915 构成简单音频功率计电路

注意:若喇叭内阻为 4Ω 时, R_x 取 $10k\Omega$

若喇叭内阻为 8Ω 时, R_x 取 $18k\Omega$

若喇叭内阻为 16Ω 时, R_x 取 $30k\Omega$

表 2-55 对应关系

LED 显示	对应功率	LED 显示	对应功率	LED 显示	对应功率	LED 显示	对应功率
LED ₁	0.2W	LED ₄	1.6W	LED ₇	13W	LED ₁₀	100W
LED ₂	0.4W	LED ₅	3W	LED ₈	25W		
LED ₃	0.8W	LED ₆	6W	LED ₉	50W		

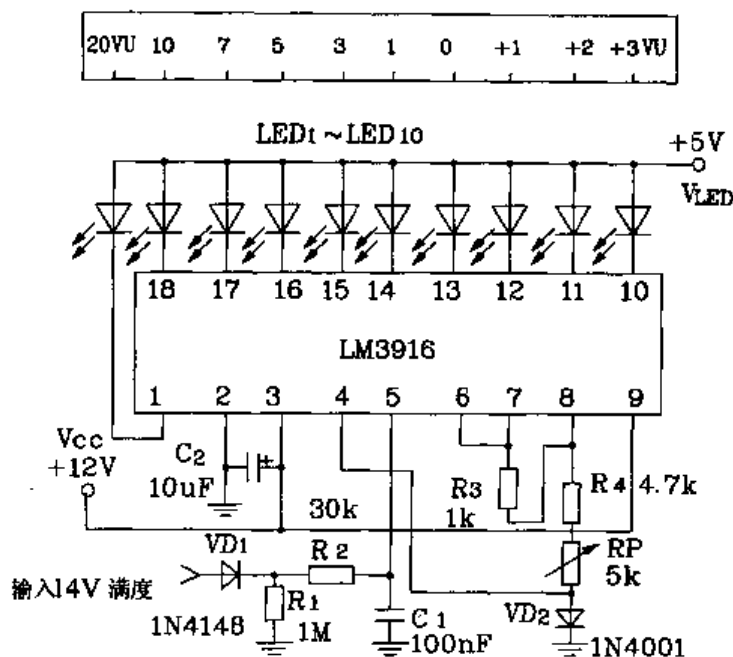


图 2-213 LM3916 构成 VU 计电路

(3) RY927 多段 LED 驱动线性显示器

RY927 多段线性显示器属直线型,即驱动器输出量(LED 点亮的数量)与输入量(输入电压)成线性关系,RY927 共能驱动 12 只 LED 组成的光柱,以增长的方式来显示输入量。具有显示清晰、直观、外围电路简单、功耗小等优点,可广泛应用于测量、自控等领域。与其它常见的 LED 显示驱动器相比,RY927 具有两个突出优点:一是设有可调的基准电压高端 V_{REFH} (3 脚)和基准电压低端 V_{REFL} (16 脚)。对于一般的 LED 驱动电路,一旦输入信号的动态范围较小,往往只能点亮少数几个 LED,而输入信号过大,又会使 LED 全亮不灭,使显示效果不好。对 RY927 来说这种弊病则不存在。对于不同动态范围的输入信号,只要适当调整 V_{REFH} 、

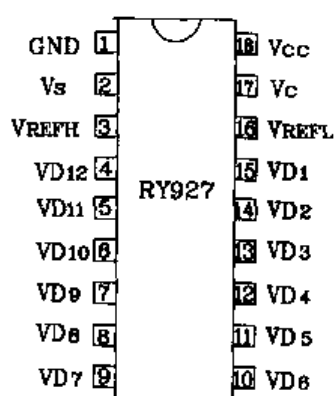


图 2-214 RY927 外形引脚图

V_{REFL} , 都能达到小信号时 LED 全灭,大信号时 LED 全亮(对于过大或过小的信号应予以分压和放大)。这样使显示有效部分长,闪烁幅度大,便于标记和识读。二是 LED 的亮度可调节,方法是调整 V_s 端外接电阻即可调节流过 LED 的电流,使于使用不同颜色、不同型号的 LED。

RY927 外形采用 18 脚双列直插塑料封装形式,其内部由控制电路、矩阵电路、输出电路等部分构成,被驱动的 LED 分

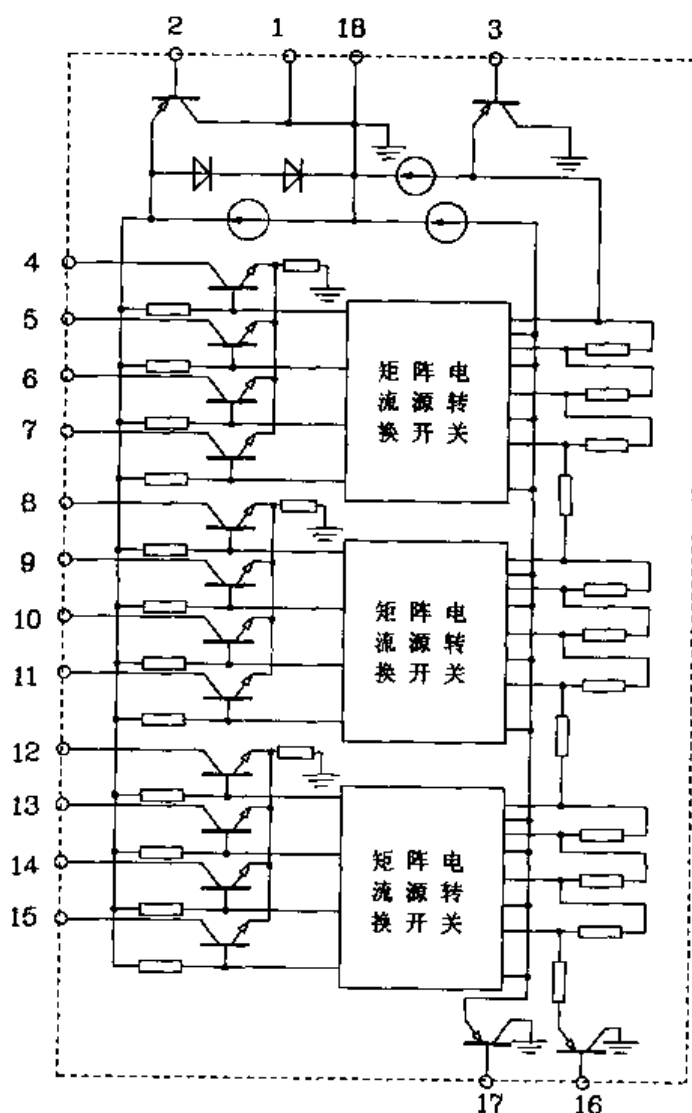


图 2-215 RY927 内部原理框图

成三组,每组 4 只串联在一起,以减少回路的电流强度、降低集成片的功耗,图 2-214 为其外形、引脚排列图,内部原理框图见图 2-215。表 2-56 给出了相应引脚功能。

表 2-56 引脚功能

引脚号	符号	功能说明	引脚号	符号	功能说明
1	GND	接地端	4~15	$VD_{12} \sim VD_1$	第 12 段电平输出端到第 1 段电平输出端
2	V_S	LED 亮度调节端	17	V_C	控制电压输入端
3	V_{REFH}	基准电压高端	18	V_{CC}	正电源端
16	V_{REFL}	基准电压低端			

RY927 工作电源电压范围为 $10 \sim 18V$, V_{REFH} 、 V_{REFL} 、 V_C 三脚最大输入电压为 $6V$ 。图 2-216 为其典型应用电路。一般情况下,图中 RY927 第 16 脚可直接接地, R_1 、 RP_1 、 R_2 也可省略,此时流过各个 LED 的电流约为 $10mA$,这样使电路更加简单,且可满足大多场合的需要。如把它接在录放设备或功放设备的输出级,就能作为 UV 表或功率输出指示器使用。做 VU 表时,先自己定义出 $0dB$,然后用绿色 LED 表示 $-dB$,用红色 LED 表示 $+dB$ 。RY927 联级使用时,只需将相关的输入端按图 2-217 连接即可。多于两级时也可如法炮制。但须注意,RY927 最多允许 7 只联级,也即最多可驱动 84 只 LED。

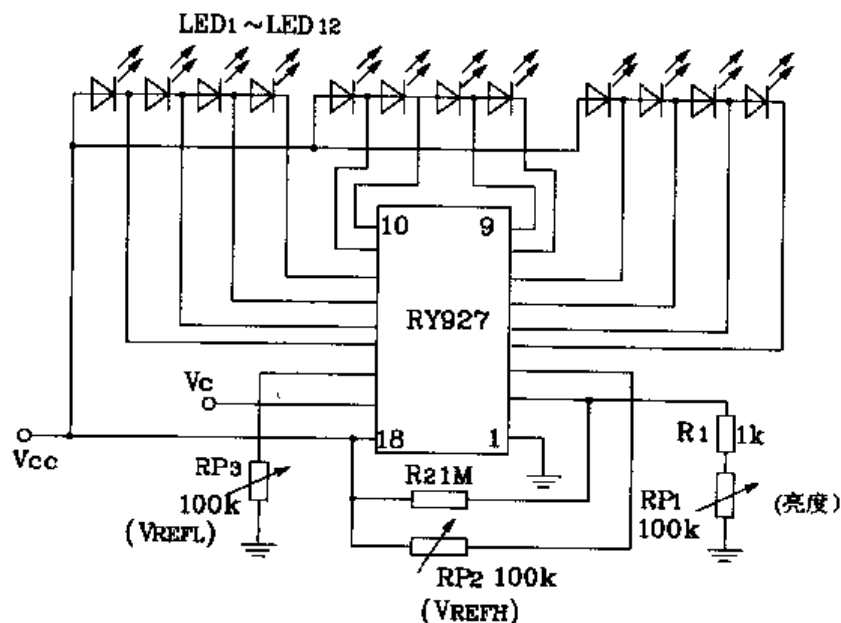


图 2-216 RY927 典型应用电路

综上所述,RY927 除了上述应用外,还可构成自动调光、测速表等电路。如果精度要求不高,则还可用于电压指示,场强指示等电路中。

(4) TA76xx 系列显示驱动集成电路

TA76xx 系列显示驱动器主要用于驱动条点显示器。条点显示器以其具有分辨率高、色彩鲜艳、功耗低、速度快等特点,可取代针点状显示器用于电压、电流、温度、湿度及音频信号的电平测量与显示。下面具体给出几种应用电路,供读者参考。

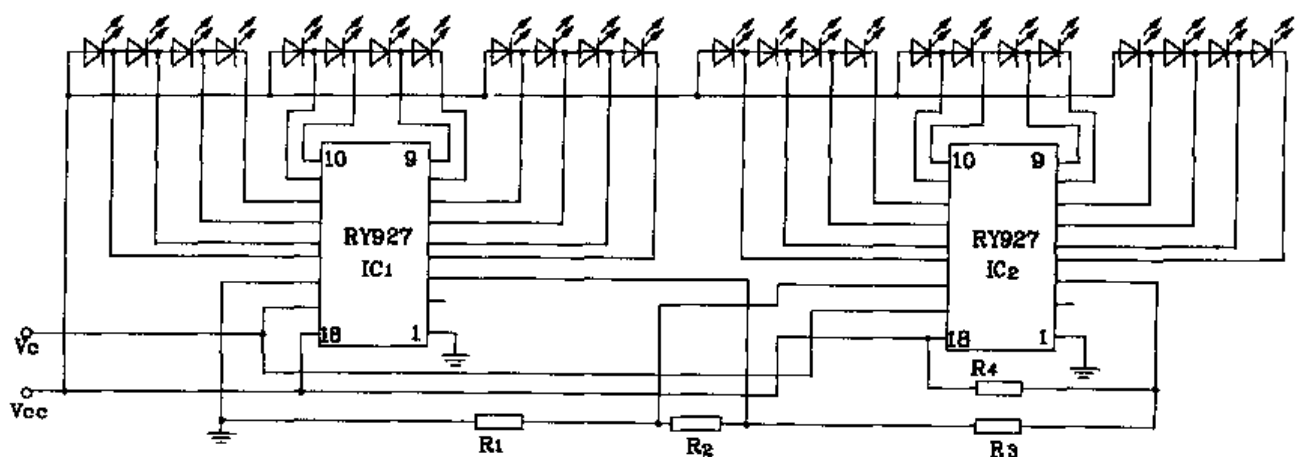


图 2-217 两只 RY927 联级应用电路

图 2-218 为一条 5 点 LED 显示器应用电路。其中驱动 IC TA7654P 适用于对数刻度指示。TA7655P 适用于线性刻度指示。共阳极型条点状显示器型号见图中标注。

图 2-219 为 TA7666P/TA7667P 构成的两条 5 点一条点状显示驱动电路。同样 TA7666P 适用于对数刻度指示；TA7667P 适用于线性刻度指示。条点状 LED 显示器型号同图 2-218。

图 2-220 为 TA7612AP 构成的一条 10 点共阳极型条点状显示驱动电路。此电路输入信号为模拟电压输入，对数刻度显示。一条 10 点显示器型号为 TLR8101 或 TLG8101 均可。

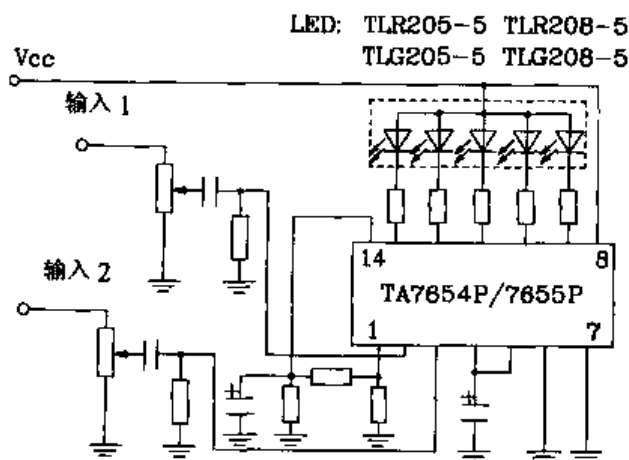


图 2-218 TA7654P/TA7655P 构成 5 点一条 LED 显示驱动电路

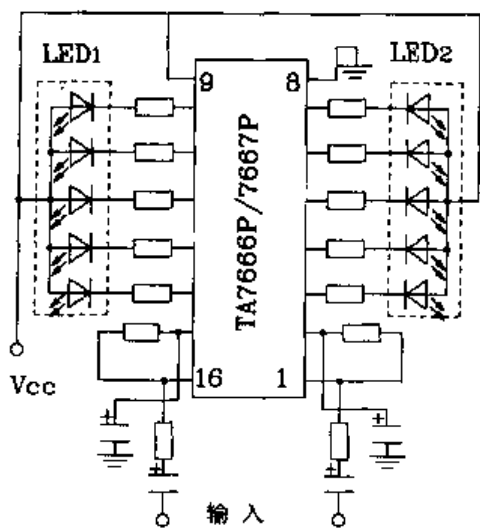


图 2-219 TA7666P/TA7667P 构成两条 5 点 LED 显示驱动电路

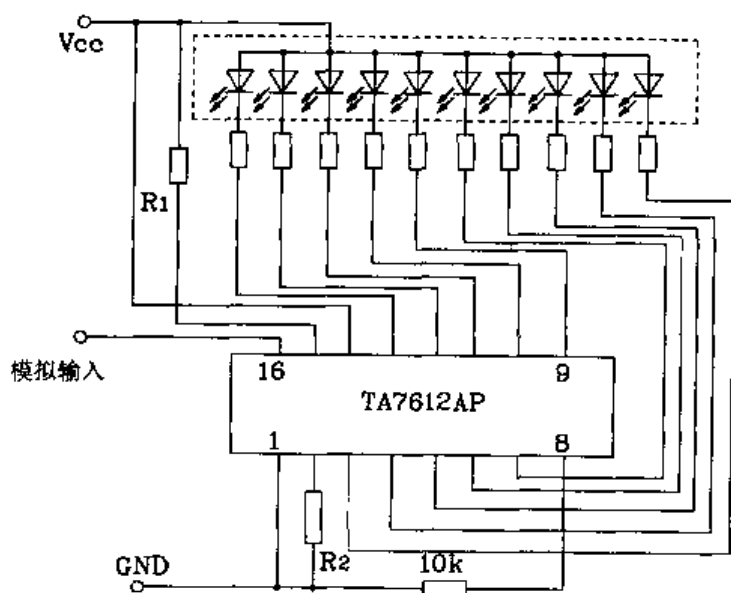


图 2-220 TA7612AP 构成一条 10 点共阳极型对数显示驱动电路

(5) 对数刻度显示驱动集成电路 UAA180

UAA180 显示驱动集成电路外形为 18 脚双列直插封装, 每片可驱动 12 只 LED。被驱动的 12 只 LED 分为三组, 每组 4 只, IC 的 1、18 脚为电源地和正输入端。17 脚为信号输入端, 4~15 脚为驱动输出端。其典型应用电路同 RY927 驱动 IC, 读者应用时可参考 RY927 具体使用, 此处不再赘述。

4. MAX7219 串行接口 8 位 LED 显示驱动集成电路

七段 LED 显示器以其功耗小、可靠性高、价格低等优点, 被广泛应用于各类单片机控制的智能仪器仪表中。传统的 LED 驱动电路需要采用锁存器及 BCD 七段译码器/驱动器来构成, 且还须在软件控制下不断扫描以更新显示内容。这不仅会增加系统的功耗和体积, 还要占用 CPU 的时间。由 MAXIM 公司生产的 MAX7219 串行接口 8 位 LED 驱动集成电路则可解决上述问题, 其具有如下特点: 上电时所有 LED 熄灭, 亮度能用数字和模拟两种方法控制。具有省电的关断方式, 此时功耗 $150\mu\text{A}$, 数据可保留。能对各段进行单独控制, 并能对数字段进行译码和不译码控制。串行数据传送速率高达 10MHz , 且可联级使用。用它设计的驱动电路具有电路简单、功耗低、软件开销少、只占用少量 I/O 线、功能强、控制灵活等特点, 适用于七段 LED 驱动以及条形码、面板表、LED 阵列等场合, 是设计低功耗便携式智能仪器仪表的理想器件。

(1) 外形及引脚功能

MAX7219 外形为 24 脚双列直插封装, 其引脚功能如下: SEG A~F 及 SEG DP 是七段码和小数点驱动; $\text{DIG}_{0\sim7}$ 选择 8 个数位, 可同时驱动 8 个共阴极 LED; DIN、CLK 及 LOAD 端为 3 个串行输入脚, 它们可从单片机输出端口中的任意 3 位接受数据、时钟和打入脉冲; V_+ 为 +5V 电源端, GND 为地端; I_{SET} 端为提供给 LED 峰值电流的调节端。图 2-221 为 MAX7219 的引脚示意图。

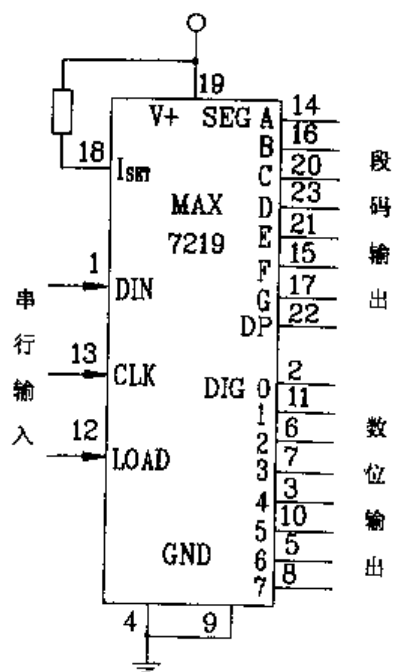


图 2-221 MAX7219 引脚示意图

(2) 工作原理

① 串行数据的传送

加在 DIN 脚上的串行数据, 必须在 LOAD 为高电平的前提下, 以每两个字节为一个数据包, 在 CLK 的上升沿移入 16 位移位寄存器, 然后在 LOAD 命令上升沿之前升高, 否则数据将丢失。DIN 脚上的数据在 16.5 个 CLK 后出现在 D_{OUT} 脚上, 以便在联级应用时传到下一个 7219。图 2-222 为简化的串行数据定时图。

发送的 16 位数据格式如表 2-57。D₁₅ 在先; D₁₅~D₁₂ 位为任意值 ×, 编程时可取 0; D₁₁~D₈ 指定 14 个内部寄存器地址; D₇~D₀ 为送入指定寄存器的数据。

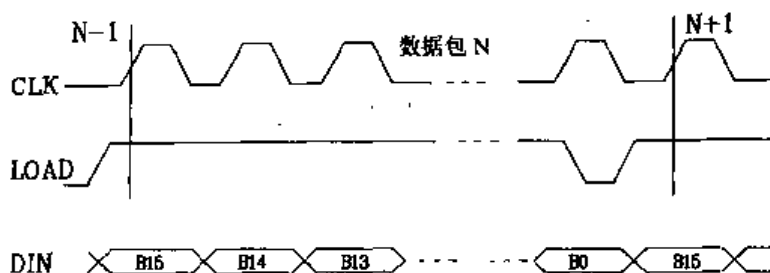


图 2-222 简化串行数据定时图

表 2-57 串行数据格式

D ₁₅	D ₁₄	D ₁₃	D ₁₂	D ₁₁	D ₁₀	D ₉	D ₈
×	×	×	×	寄存器地址			
D ₇	D ₈	D ₅	D ₄	D ₉	D ₂	D ₁	D ₀
寄存器数据							

②寄存器功能及使用

MAX7219 内部有 14 个寄存器,其地址如表 2-58,用户通过对它们的正确编程来实现 7219 的各种功能与特点。下面结合对寄存器的介绍,简单介绍 7219 的使用方法。

a. 上电时初始化,控制寄存器均被复位,显示器熄灭,进入关断方式。这时只扫描一个位数,不对数据寄存器中的数据进行译码,亮度寄存器被置成最小值。只有对它编程后才能进入希望的工作方式。

b. 将关断寄存器 D₀ 位清 0,即自 DIN 脚送入数据 0C00H,进入关断方式。扫描振荡器暂停,显示器熄灭,各寄存器中的数据不变。这时总电流小于 250 μ A,但此时仍能编程。可在暂不要显示时节省电能,也可用在仪器的参数限报警方式下,按一定周期(如 0.5s)闪烁显示器。进入此方式后至少要经 250 μ s 才可退出,将 D₀ 位置 1(写入 0C00H)回到正常方式。

表 2-58 内部寄存器

寄存器	D ₁₅ ~D ₈	寄存器	D ₁₅ ~D ₈
无操作	×0	译码方式	×9
位数 0	×1	亮度	×A
位数 1	×2	扫描限	×B
—	—	关断	×C
位数 7	×8	测试	×F

c. 8 个数位寄存器由一个能直接寻址的 8 $\times$ 8 双端口 SRAM 构成,因而各数位能单独更新。只要 V₊ > 2V,其中的数据就能保持住。

d. 各数位均能设置成对数据进行 BCD-7 段码译码的代码 B 方式。译码方式适用于驱动 LED 显示器,不译码方式适用于驱动条形显示器(BAR)等,因而能由同一片 MAX7219 驱动不同类型的显示器,从而简化电路。译码方式寄存器的每位对应一个位数,1 为代码 B 方式,0 则不译码。例如,对数位 7~0 均译码:D₇~D₀ = FFH,即写入 09FFH;只对数位 3~0 译码:D₇

$\sim D_0 = 0FH$, 写入 $090FH$ 。设置译码方式可在初始化程序中一次完成, 即指定哪几个数位工作在译码方式, 以后不必再设定。此后要在指定数位上显示字符, 只要按表 2-59 将字符代码写入相应的位数寄存器, 其中 D_7 位控制小数点, 1 时点燃。例如, 要在数位 2 显示代小数点的“9.”, 只要将数据 $0389H$ 写入即可。

表 2-59 代码 B 字符表

字符	$D_6 \sim D_0$	字符	$D_6 \sim D_0$
0	$\times 0$	E	$\times B$
1	$\times 1$	H	$\times C$
—	—	L	$\times D$
9	$\times 9$	P	$\times E$
—	$\times A$	空白	$\times F$

注: D_7 位控制小数点, $D_7 = 1$ 时显示“.”。

图 2-223 中, 用一个 10 段 BAR 的低 8 位来指示脉搏强度的变化, 分别接到 DP 和 A~G 输出, 用数位 7 控制各段的阴极。初始化时将数位 7 置成不译码方式。显示强度时, 先将它换算成 0~8 之间的数值, 例如 4。此时应点亮底部 4 段 BAR, 1 为点燃, 因此可写入 16 位值 $080FH$ 。实际应用中可建立一个数值 0~8 与点亮 BAR 对应的表格, 通过查表得到要写入数位 7 的值。

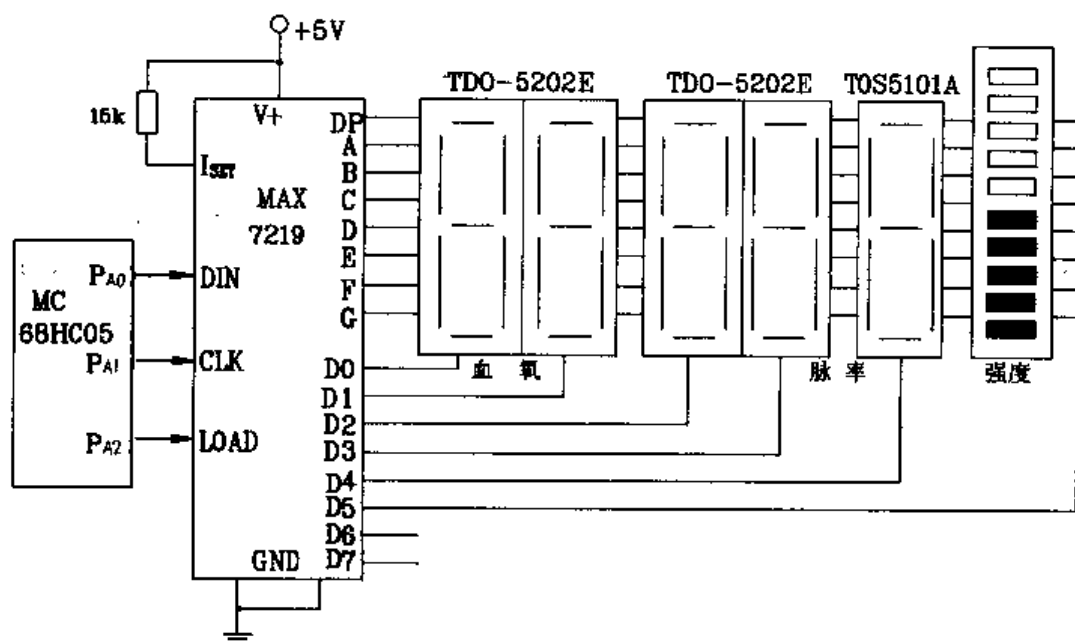


图 2-223 MAX7219 与 68HC05 单片机接口电路

e. 亮度控制有两种方法: 一种为模拟控制, 在引脚 I_{SET} 和 V_+ 间接一电阻 R_{SET} , 各段强度峰值电流约为 R_{SET} 中电流的 100 倍。 R_{SET} 最小值为 $9.53k\Omega$, 这时段电流为 $37mA$, 对应于最亮状态。 R_{SET} 可用电位器, 放到面板上调节 LED 的亮度。另一种为数字控制, IC 内部有一受亮度寄存器低 4 位控制的脉宽调制 D/A, 它能按 16 个等级控制亮度。数值 $00H$ 对应于电流

$1/32I_{SET}$ (最暗), $0FH$ 对应于 $31/32I_{SET}$ (最亮), 此值加 1, 电流增大 $1/16$ 。例如, 写入 $0A08H$ 将把峰值电流置成 $17/32I_{SET}$ 。

f. 扫描限寄存器设定多少个数位处于显示状态。各数位按 $1\ 300Hz$ 扫描频率被分路驱动, 轮流点燃 8 个显示器。如果驱动的显示器数少, 可降低扫描限, 以提高扫描速度和亮度。该寄存器的低 3 位指定要扫描的数位, 即 $00\sim 07H$ 分别对应于 $1\sim 8$ 个数位, 从数 0 开始计。但此值最好不要小于 4, 否则需要改变 R_{SET} 的值。例如系统中只有 4 个 LED, 则应接在数位 $0\sim 3$, 并写入 $0B03H$, 使扫描提高一倍。

g. 向测试寄存器送入 $01H$ 便进入了测试方式, 所有 LED 显示 8 加小数点, 电流占空比为 $31/32$ 。即使在关断方式下也能进入此方式, 直到送入 $00H$ 设成正常方式为止。

h. 编程无操作(NO-OP)寄存器, 即写入 $0000H$, 可允许数据通过而不对当前 7219 产生影响, 用于两个 7219 联级, 这样只要 3 根输出线就能驱动 16 个 LED。用于更多的 7219 联级时, 只要把待编程的 7219 之前的那些 7219 设置成无操作即可。

(3)应用

①接口电路

7219 在单片机系统中使用时, 其接口电路非常简单。图 2-223 给出了采用 MC68HC05 单片机及一片 7219 构成的脉搏血氧饱和度仪的接口电路。电路说明如下, A 口的 PA_0 、 PA_1 和 PA_2 被设置成输出方式, 分别接到 7219 的 DIN、CLK 和 LOAD 脚, 图中共有 5 个 LED、2 个显示血氧值(01 表示 99%, 00 表示 100%)及 3 个小数脉率。用一个 10 段 BAR 显示器中的 8 段显示脉搏强度。用数位 $0\sim 5$ 控制它们。5 个 LED 中 TOD-5202E 是双 LED, 有两个共阴极端, TOS-5101A 为单 LED。8 个 BAR LED 的阴极连在一起, 由 5 驱动。若再用一个数位驱动余下的 2 个 BAR LED, 则可构成 10 段显示器。

②初始化

通电后 7219 进入关断方式, 至少经过 $250\mu s$ 才退出。因此必须对它们进行必要的初始化后才能正常工作。包括退出关断方式、指定译码方式和被译码的数位、设定亮度和扫描限等。考虑到程序可能在热启动运行, 因此在初始化程序开始也可先进入关断方式, 即完成如下操作:

- 写入 $0000H$, 关断 7219
- 延时至少 $250\mu s$
- 写入 $0001H$, 退出关断方式
- 写入 $091FH$, 数位 $0\sim 4$ 为译码方式
- 写入 $0A0FH$, 置为最亮状态
- 写入 $0B05H$, 设扫描限为数位 $0\sim 5$ 显示
- 写入 $0F01H$, 进测试方式, 各段全显示
- 延时 $5s$
- 写入 $0F00H$, 退出测试, 进入正常方式

③显示驱动程序

可用 HI_BYTE 和 LO_BYTE 单元存放待写入 7219 的地址和数据, 由显示驱动子程序

TO-7219 负责将这 16 位值移位,并在 68HC05 的 PA_1 线上形成时钟脉冲和从 PA_0 线上逐位输出移位后的值。此过程中 PA_2 (LOAD) 要保持高,16 位送完后才清为零,然后再形成一个上升沿锁存数据,最后返回低电平,准备下个数据的编程。程序用 X 寄存器件 16 位计数器,用两条经进位位 CY 循环左移指令 ROL,实现 16 位值的循环左移,从最高位 B_{15} 起逐位移入 CY,以判断其值,决定向 DIN 脚输入 0 或 1。该子程序如下:

```

;入口参数:HI_BYTE=寄存器地址
;          LO_BYTE=写入寄存器的内容
TO_7219
    BSET    2,PROTA                ;LOAD=1
    LDX     # $10                  ;X=16
    BCLR    1,PROTA                ;CLK=0
SEND_BIT                                ;从  $B_{15}$  起输出一位
    ROL     LO_BYTE                ;低 8 位左移
    ROL     HI_BYTE                ;高 8 位左移
    BCC     BIT_0                  ;当前位是 0,转
    BSET    0,PORTA                ;是 1,DIN=1
    BRA     NEXT_BIT              ;处理下一位
BIT_0                                ;当前位是 0
                                ;DIN=0
    BCLR    0,PORTA
NEXT_BIT                                ;形成时钟,计数器减 1
    BSET    1,PORTA                ;CLK=1
    BCLR    1,PORTA                ;CLK=0
    DECX                                ;X=X-1
    TXA                                ;X→A
    CMP     # $00                  ;X=0?
    BNE     SEND_BIT              ;X 不等于 0,继续
                                ;X=0,形成打入脉冲
    BCLR    2,PORTA                ;LOAD=0
    BSET    2,PORTA                ;LOAD=1
    BCLR    2,PORTA                ;LOAD=0
    RTS                                ;返回
    
```

5.SAA1064 串行 I²C 总线 LED 显示驱动集成电路

SAA1064 是 I²C 总线系统中典型的 LED 驱动控制集成电路。它属于双极型器件,有 2×8 位输出驱动接口,可静态驱动 2 位 8 段 LED 显示器或动态驱动 4 位 8 段 LED 显示器。SAA1064 的地址为 0111,其引脚地址端 ADR 按电平大小将 A_1A_0 编程为 4 个不同的地址,所

以在一个I²C总线系统中最多可以挂接4片SAA1064,从而实现16位LED显示驱动。SAA1064具有良好的LED驱动控制能力,且可以编程控制LED的驱动电流,控制范围为8级(0~21mA);调试时可使用其测试功能使LED的所有段同时点亮或选择某些位熄灭;电源电压4.5~15V,典型值为5V;所有输出端口断开时,电源电流为9.5mA;具有一根模拟引脚地址端ADR,两位可编程地址位;输出端口的吸收电流可由软件控制,最大为21mA。

(1) 外形及引脚功能

SAA1064 外形为 24 脚双列直插塑封 (Philips STO-101B 标准), 见图 2-224, 其引脚功能如下: ADR 为模拟引脚地址端, 模拟电平输入, 对应 2 位引脚地址; C_{EXT} 为时钟振荡器外接电容端, 典型值为 2.7μF; P₁~P₈ 为端驱动输出端口 1, P₁ 为最低位, P₁₆ 为最高位; MX₁、MX₂ 为动态显示方式的公共极驱动信号输出端 1、2; SDA、SCL 为 I²C 总线的数据线和时钟线; V_{CC}、V_{EE} 电源正、负端。图 2-225 为其内部结构框图。

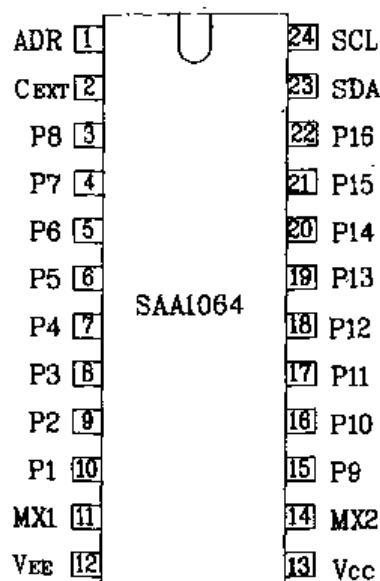


图 2-224 SAA1064 外形引脚图

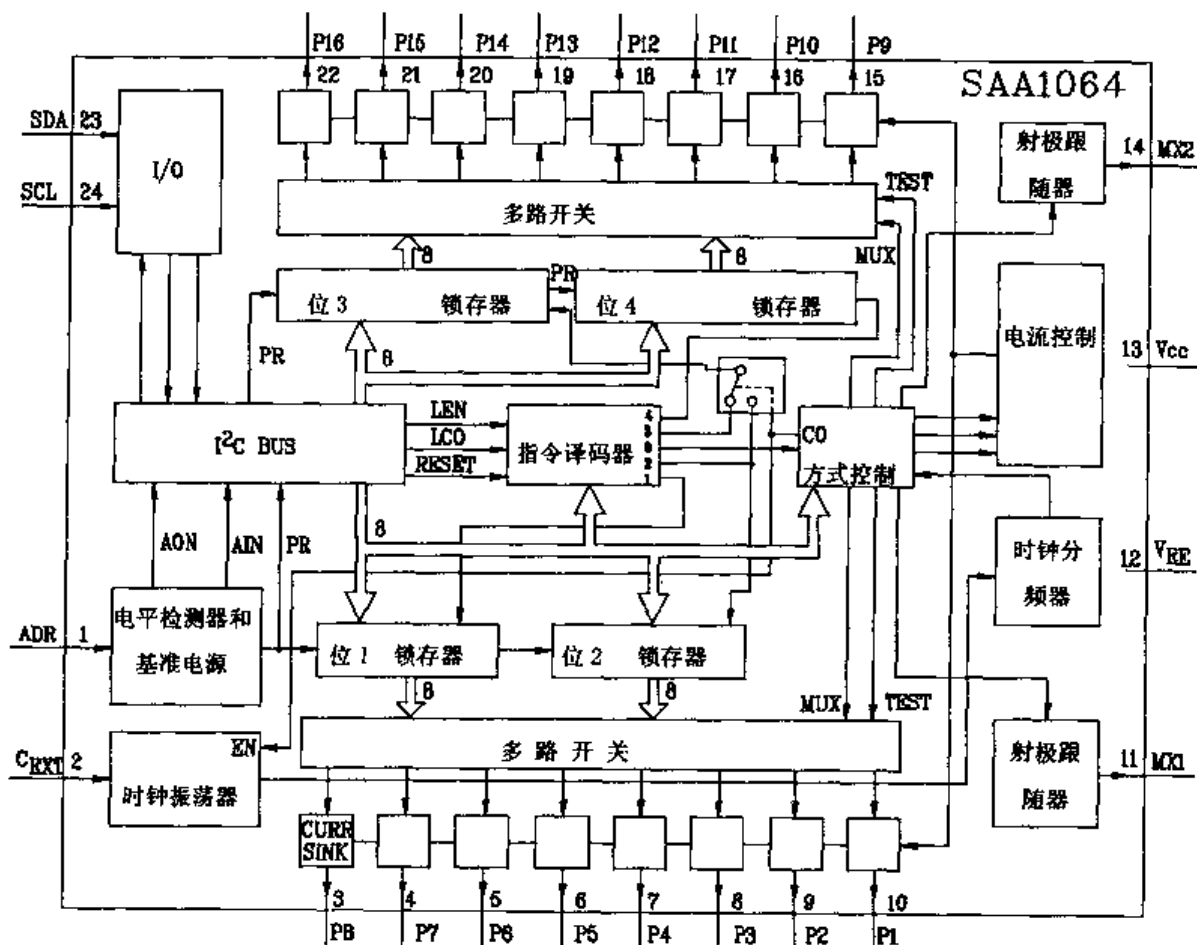


图 2-225 SAA1064 内部原理框图

(2) 特性参数

表 2-60 和表 2-61 给出了 SAA1064 的极限参数及典型工作参数。

表 2-60 极限参数

参 数	条 件	符 号	最小	最大	单 位
电源电压(13 脚)		V_{CC}	-0.5	18	V
电源电流(13 脚)		I_{CC}	-50	200	mA
总功耗(SOT-101 24 脚 DIL 封装)		P_{tot}		1 000	mW
SDA、SCL 电压		V_{23}, V_{24}	-0.5	$V_{CC}+0.5$	V
ADR~MX ₁ , MX ₂ ~P ₁₆ 电压		V_{1-11}, V_{14-22}	-0.5	$V_{CC}+0.5$	V
引脚输入/输出电流	输出断开	$\pm I$	—	10	mA
工作环境温度范围		T_{amb}	-20	+70	℃
储存温度范围		T_{stg}	-65	+125	℃

表 2-61 工作参数

 $V_{CC}=5V, T_{amb}=25^{\circ}C$, 电压以地为基准 ($V_{EE}=0V$) (除非特殊指定)

参 数	条 件	符 号	最小	典型	最大	单 位
电源:						
电源电压		V_{CC}	4.5	5.0	15	V
电源电流	全部输出断开, $V_{CC}=5V$	I_{CC}	7.0	9.5	14.0	mA
功耗	全部输出断开	P_d	—	50	0	mW
SDA, SCL (23, 24 脚)						
输入电压:		$V_{23, 24}$	—	—	5.5	V
逻辑输入电压 LOW		$V_{IL(L)}$	—	—	1.5	V
逻辑输入电压 HIGH		$V_{IH(L)}$	3.0	—	—	V
输入电流 LOW	$V_{23, 24} = V_{EE}$	I_{IL}	—	—	-10	μA
输入电流 HIGH	$V_{23, 24} = V_{CC}$	I_{IH}	—	—	—	μA
SDA:						
逻辑输出电压 LOW	$I_0 = 3mA$	$V_{OL(L)}$	—	—	0.4	V
输出吸收电流		I_0	3	—	—	mA
地址输入(1 脚)输入电压:						
可编程地址位						
$A_0=0, A_1=0$		V_1	V_{EE}	—	$3/16V_{CC}$	V
$A_0=1, A_1=0$		V_1	$5/16V_{CC}$	$3/8V_{CC}$	$7/16V_{CC}$	V
$A_0=0, A_1=1$		V_1	$9/16V_{CC}$	$5/8V_{CC}$	$11/16V_{CC}$	V
$A_0=1, A_1=1$		V_1	$13/16V_{CC}$	—	V_{CC}	V
输入电流 LOW	$V_1 = V_{EE}$	I_1	—	—	-10	μA
输入电流 HIGH	$V_1 = V_{CC}$	I_1	—	—	10	μA

续表

 $V_{CC}=5V$, $T_{amb}=25^{\circ}C$, 电压以地为基准 ($V_{EE}=0V$) (除非特殊指定)

参 数	条 件	符号	最小	典型	最大	单位
C_{EXT} 开关电平输入:						
输入电压 LOW		V_{IL}	—	—	$V_{CC}-2.5$	V
输入电压 HIGH		V_{IH}	$V_{CC}-1.5$	—	—	V
输入电流	$V_2=2V$	I_2	-140	-160	-180	μA
	$V_2=4V$	I_2	140	160	180	μA
段码输出 $P_8 \sim P_1, P_9 \sim P_{16}$:						
输出电压	$I_0=15mA$	V_O	—	—	0.5	V
输出电流 HIGH	$V_O=V_{CC}=15V$	I_O	—	—	± 10	μA
输出电流 LOW						
控制位 $C_4 C_5 C_6$ 全高	$V_O=5V$	I_O	17.85	21	25	mA
控制位 C_4 高		I_O	2.55	3.0	4.0	mA
控制位 C_5 高		I_O	5.1	6.0	7.0	mA
控制位 C_6 高		I_O	10.2	12.0	14.0	mA
段输出精度:						
$I_3 \sim I_{10}, I_{15} \sim I_{22}$ 为 3mA 时		ΔI_O	—	—	5	%
$I_3 \sim I_{10}, I_{15} \sim I_{22}$ 为 21mA 时		ΔI_O	—	—	7	%
MUX_1, MUX_2 :						
输出电压(接通时)	$I_O=50mA$	V_O	$V_{CC}-1.5$	—	—	V
输出电流 HIGH(接通时)	$V_O=2V$	$I_{I1}; I_{I4}$	50	—	*	mA
输出电流 LOW(断开时)	$V_O=2V$	$-I_{I1}; -I_{I4}$	50	70	100	mA
输出周期	$C_{2-12}=2.7nF$	T_{mpx}	5	—	10	ms
	$C_{2-12}=820pF$	T_{mpx}	—	1.25	—	μs
	$C_{2-12}=390pF$	T_{mpx}	—	666	—	μs
输出占空比			48.4	—	—	%

(3) 数据操作格式

SAA1064 除了与 LED 驱动控制相关的写操作外, 还有能反映系统上电标志的读操作。下面简单介绍如下:

① 数据的读出操作

SAA1064 的读操作为状态字节的读出操作, 其数据操作格式为

S	SLAR	A	STA DATA	$\bar{A}$	P
---	------	---	----------	-----------	---

其中 SLAR 为 01110A1A01, STADATA 为状态数据字节。

而其状态字节中只有最高位有效,其格式如下:

D ₇					D ₀		
PR	0	0	0	0	0	0	0

PR 为上电复位标志位,上电后 PR 为“1”,在对其进行读状态字节操作后清零。因此 PR=1 表示从上次读状态后出现过掉电和加电。利用这一功能,在系统中可作为冷热启动标志用。

②数据的输入操作

SAA1064 的显示驱动控制只需要 I²C 总线对其进行写入操作,即按照子地址(SUBADR)写入控制命令字节及显示器的段选码数据。其数据操作格式如下:

S	SLAW	A	SUBADR	A	COM	A	data1	A	data2	A	data3	A	data4	A	P
---	------	---	--------	---	-----	---	-------	---	-------	---	-------	---	-------	---	---

其中 SUBADR 为 SAA1064 片内地址单元首地址;COM 为 SAA1064 的控制命令;data1~data4 为动态显示方式的 4 个 LED 显示块的共阴极段选码。

③子地址单元

SAA1064 片内有 5 个地址单元,它占用了 3 位地址(SC、SB、SA),分别用于装入控制字节和 4 个显示段码,其具体地址分配见表 2-62。由于 SA1064 写操作也具有地址自动加 1 功能,故在数据操作格式中的写入顺序中,SUBADR 应为 00H。

表 2-62 地址分配表

0	0	0	0	0	SC	SB	SA	单元地址	功能
0	0	0	0	0	0	0	0	00H	控寄存器
0	0	0	0	0	0	0	1	01H	数字位 1
0	0	0	0	0	0	1	0	02H	数字位 2
0	0	0	0	0	0	1	1	03H	数字位 3
0	0	0	0	0	1	0	0	04H	数字位 4
0	0	0	0	0	1	0	1	05H	保留不用
0	0	0	0	0	1	1	0	06H	保留不用
0	0	0	0	0	1	1	1	07H	保留不用

(4)控制命令 COM 格式

SAA1064 具有较强的控制功能,它能实现亮度控制;显示器测试;动、静态及位亮、暗显示。这些命令集中设置在控制寄存器中。控制命令(COM)格式如下:

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
—	C ₆	C ₅	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁	C ₀

其中 C₀ 为动态静态显示选择,C₀=1 时为动态显示;C₁ 为数字位 1、3 亮暗选择,C₁=1 时为选择亮;C₂ 为数字位 2、4 亮暗选择,C₂=1 时为选择亮;C₄、C₅、C₆ 为输出电流控制位,它们

均为 1 时输出电流最大为 21mA。

(5) 寻址字节 SLAR/W

SAA1064 的器件地址为 0111, 其引脚地址与一般 I²C 总线器件的数字引脚地址不同, 为模拟引脚地址, 它只有一个引脚地址输入端 ADR, 根据 ADR 上输入的模拟电压通过电平检测器实现 2 位 A/D 转换后形成 A₁、A₀ 2 位引脚地址, 其地址与 ADR 引脚电平关系见表 2-63。通常 I²C 总线系统中 SAA1064 不多于两片时, ADR 常接于 V_{CC} 或 V_{EE}, 以简化硬件电路。

表 2-63 ADR 引脚电平与寻址字节

引脚地址位	ADR 引脚电平范围			寻址字节 SLAR/W
0 A ₁ A ₀	最小值	典型值	最大值	0 1 1 1 0 A ₁ A ₀ R/W
0 0 0	V _{EE}	(V _{EE})	3/16V _{CC}	70H/71H
0 0 1	5/16V _{CC}	3/8V _{CC}	7/16V _{CC}	72H/73H
0 1 0	9/16V _{CC}	5/8V _{CC}	11/16V _{CC}	74H/75H
0 1 1	13/16V _{CC}	(V _{CC})	V _{CC}	76H/77H

(6) 应用

SAA1064 器件可用于静态或动态工作方式的 LED 接口电路, 其外围电路各不相同。下面分别简单介绍。

① 静态工作方式

静态工作方式为 2 位 LED 显示, 其典型接口电路见图 2-226。在静态工作方式下, LED 不须加外部驱动而直接用两个 8 位输出口驱动。由于静态驱动不须时钟来切换扫描电路, 所以图 2-226 中外接电容端 C_{EXT} 直接接地或接 V_{CC}。V_{CC} 与 V_{EE} 端加去耦电容, 一般取值为 0.01μF。

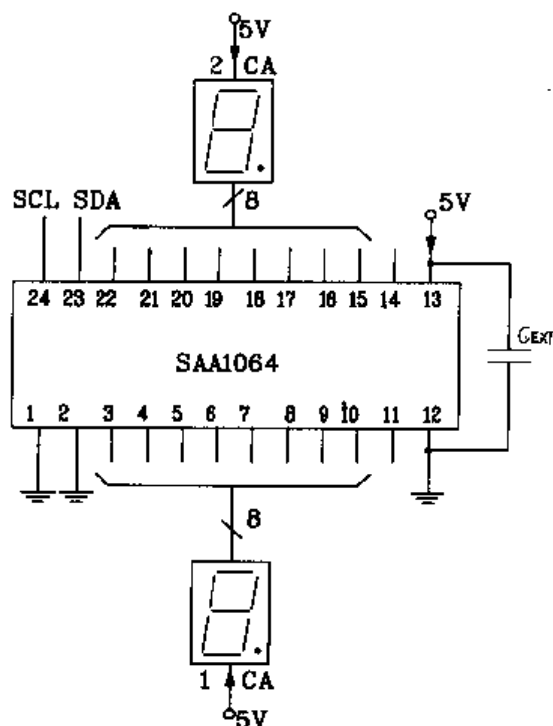


图 2-226 SAA1064 静态驱动接口电路

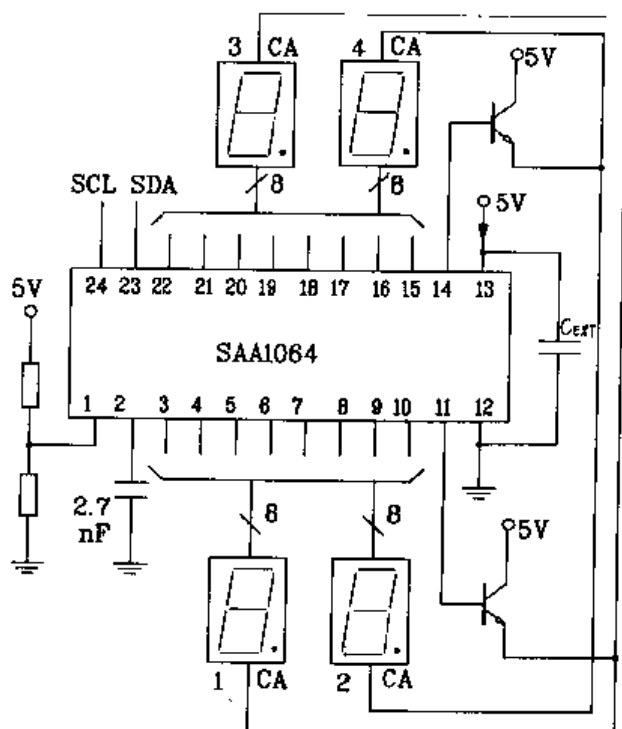


图 2-227 SAA1064 动态驱动接口电路

②动态工作方式

动态工作方式为 4 位 LED 显示,其接口电路见图 2-227。由于 SAA1064 的动态扫描显示是依靠片内的多路开关、数据锁存器及时钟控制电路,所以主器件不必介入,因此使用动态工作方式最能发挥 SAA1064 的功能潜力,是最常用的工作方式。图中 LED 的位号与数据操作格式中的段选数据顺序对应。 C_{EX} 为时钟振荡电容,它保证动态驱动用的工作信号。 MX_1 、 MX_2 为显示器公共极驱动信号输出端。动态扫描时 MX_1 、 MX_2 的定时波形见图 2-228。

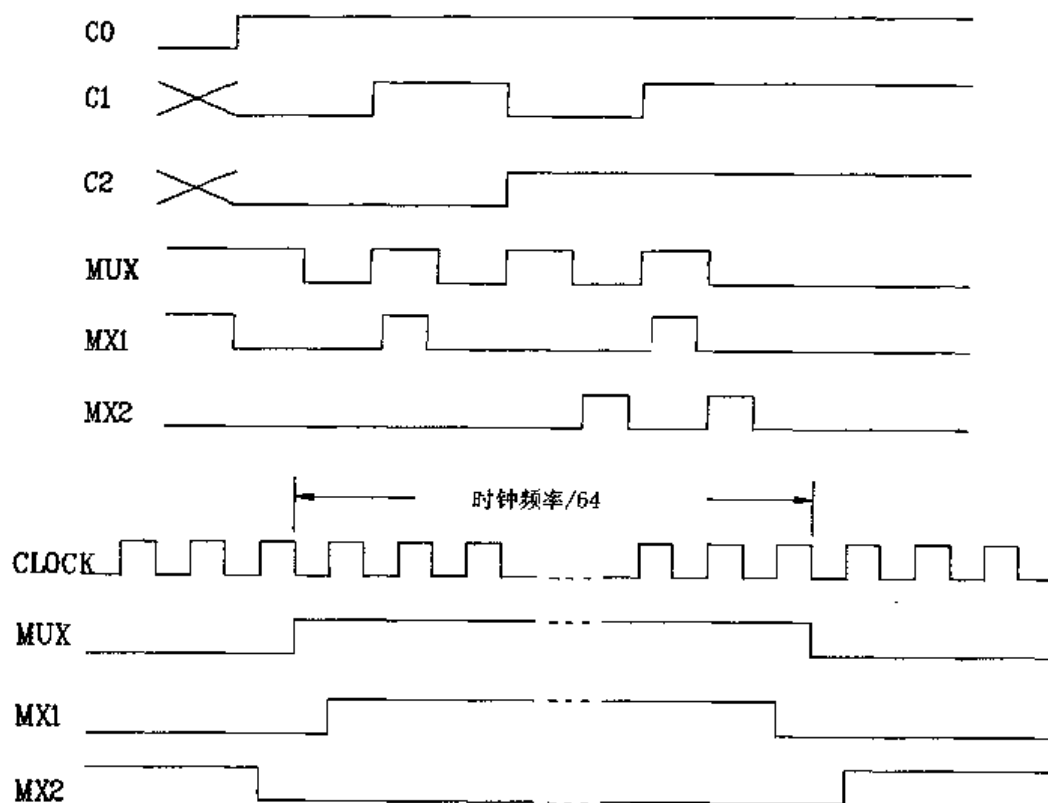


图 2-228 SAA1064 动态显示定时波形

③使用注意事项

- 在数据操作格式的显示数据为 1 时对应的段点亮,按图 2-226 和图 2-227 中的 LED 的共阳极连接,口驱动电流为吸收电流,故显示数据应为共阴极段选码。
- SAA1064 的上电复位信号是由内部复位电路产生的,此信号使内部各个寄存器清零,显示器熄灭,掉电标志 PR 为“1”。

6. ICM7212 系列 CMOS 4 位并行显示/译码/驱动器(硬件译码)

ICM7212 系列显示/译码/驱动器是 INTERSIL 公司的产品,它属于硬件译码器件,能直接驱动 4 位共阳极 LED 显示器。其主要电器参数为:段驱动电流大于 5mA,典型值为 8mA。该系列器件共有 ICM7212、ICM7212A、ICM7212M、ICM7212AM 4 种型号,主要区别为接口输入电路和 BCD 译码方式不同。其接口输入电路有 2 种:后缀带 M 的为能与 CPU 直接接口,CPU 能对其进行写操作;后缀不带 M 的可提供 4 个 BIT 位输入和 4 个显示位选择。BCD 译码也有 2 种方式:后缀带 A 的为“B 码”译码;不带 A 的为全十六进制译码,译码方式见表

2-64。

表 2-64 译码方式

十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全十六进制译码	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	b	c	d	E	F
B 码译码	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-	E	H	L	P	“灭”

(1) 外形、引脚功能及内部结构框图

ICM7212(A)和 ICM7212(A)M 外形为 40 脚双列直插 DIP 塑封结构,外形引脚图见图 2-229。其引脚功能为: $B_0 \sim B_3$ 为 BCD 码或全十六进制数输入端; $D_1 \sim D_4$ 为位选输入端,可多位同时有效,此时这些位显示相同信息; $\overline{CS}_1 \sim \overline{CS}_2$ 为片选输入端,全部为低电平时选中该芯片; $DS_1 \sim DS_2$ 为位选输入端,两组组合分别对应 4 位显示; BRT 端一功能是通过改变 BRT 端的电位来改变 LED 的亮度,电路见图 2-230。其电位升高,LED 亮度增大,反之变暗。另一功能可作为显示允许端使用,低电平时 LED 熄灭,高电平时 LED 显示; $A_n \sim F_n$ 为 7 段驱动端,它输出 LED 字型码, $n=1 \sim 4$ 。图 2-231 和图 2-232 给出其相应内部结构框图。

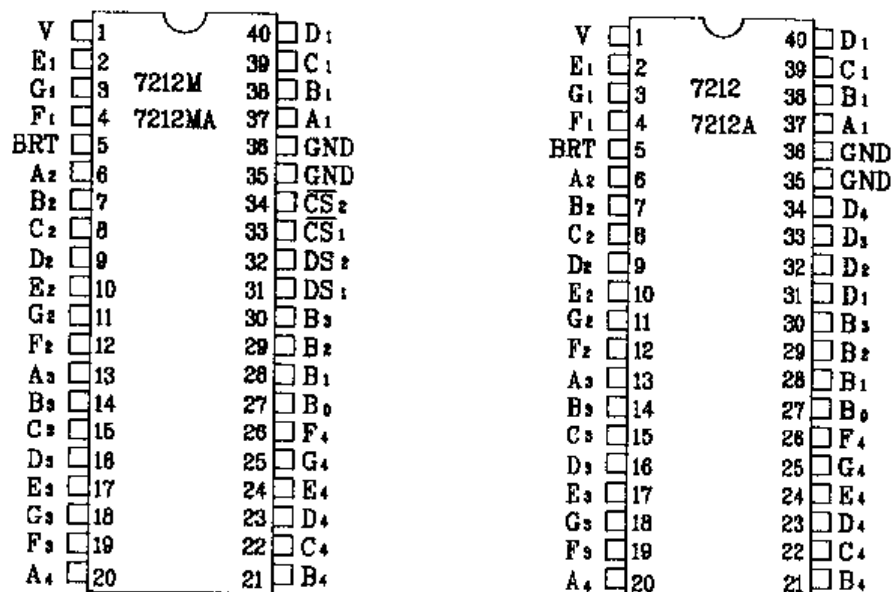


图 2-229 ICM7212 系列芯片外形引脚图

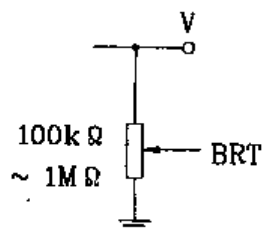


图 2-230 调整 BRT 电位图

(2) 工作原理及应用电路

7212 系列芯片接口所形成的 LED 显示器是静态显示器。其工作时序见图 2-233。下面以 ICM7212AM 为例来具体说明它与 8031 的接口电路。此芯片以“B 码”(即 BCD 码)译码方式工作,能与 8031 直接接口,且能被 8031 直接寻址进行写操作。电路采用两片 ICM7212AM 组成 8 位静态 LED 显示器,LED 采用共阳极显示块 D303PA,具体电路见图 2-234。

从图中可知,输入 ICM7212AM 的数据字节中低 4 位(即 $D_0 \sim D_3$)是 BCD 数据,而 D_4 和 D_5 2 位是位选数据,它们分别与 ICM7212AM 的 $B_0 \sim B_3$ 和 DS_1 、 DS_2 相对应。图中的片选信号 $\overline{CS}_2$ 均与 $\overline{WR}$ 相连,而 $\overline{CS}_1$ 则分别与 P2.6 和 P2.7 相连。 $\overline{CS}_1$ 与 $\overline{CS}_2$ 都有效时,芯片被选中。因

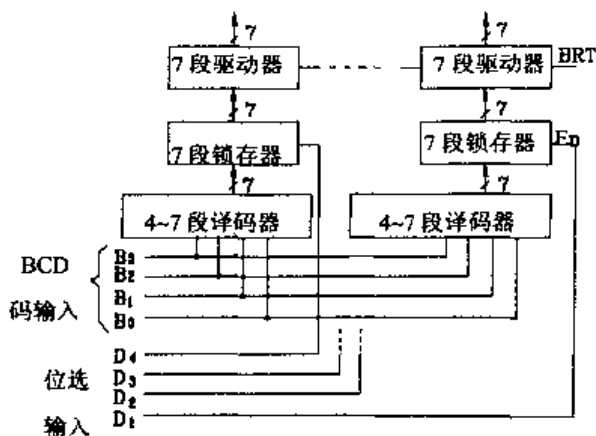


图 2-231 ICM7212(A) 结构框图

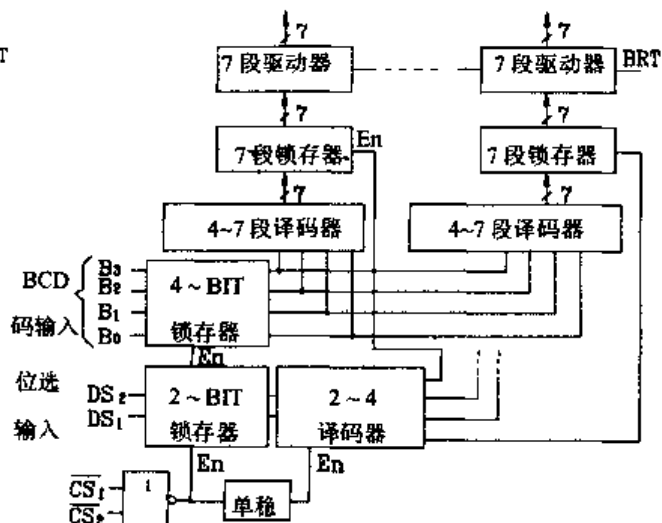


图 2-232 ICM7212(M) 结构框图

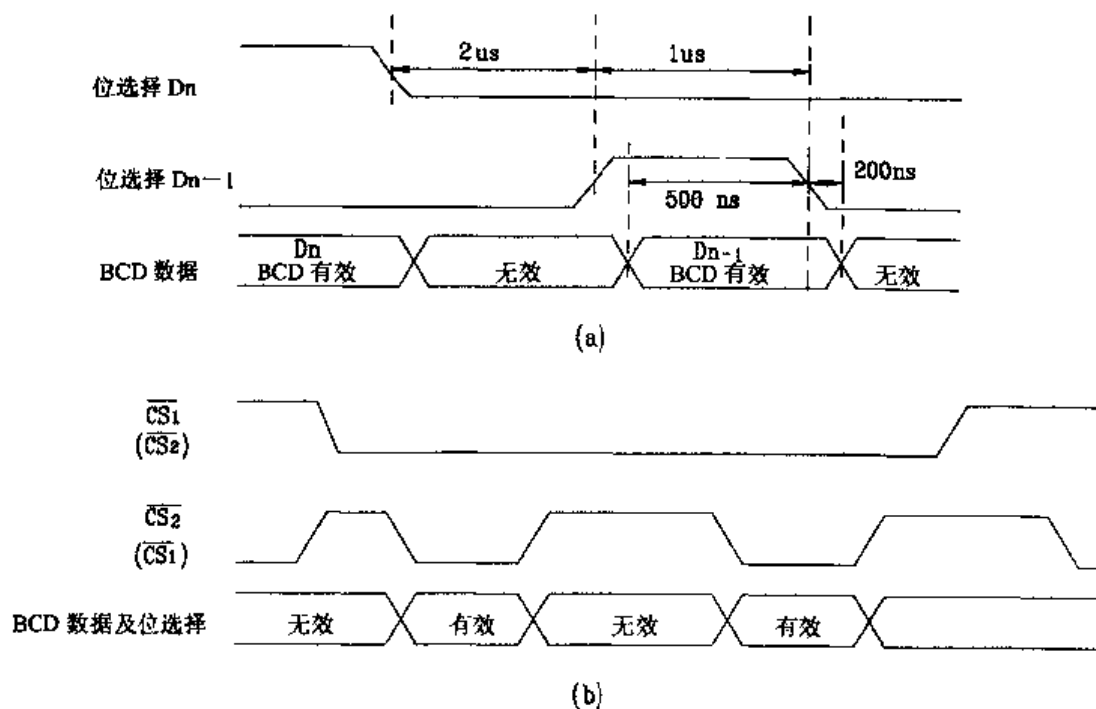


图 2-233 工作时序图

此可得出,只有向芯片中写数据时,芯片才可能被选中。 U_1 的地址可定为 8000H, U_2 的地址可定为 7FFFH (实际应用中应具体进行地址译码,此处略)。只有向这 2 个地址单元中写入数据时,这些数据才能被写入 ICM7212AM 芯片中。下面给出显示器显示“HELLO-98”8 个字符的编程程序清单。程序中设这 8 个字符存于表 TAB 开始的字节单元中, R_7 存放计数数据, R_6 暂存数据。

```
TEST: MOV R7, #04H      ;计数数据为 4
      MOV A, #0FH        ;BCD 码 0FH, 显示“空”
CLEAR: MOV DPTR, #8000H ;让各位熄灭
```

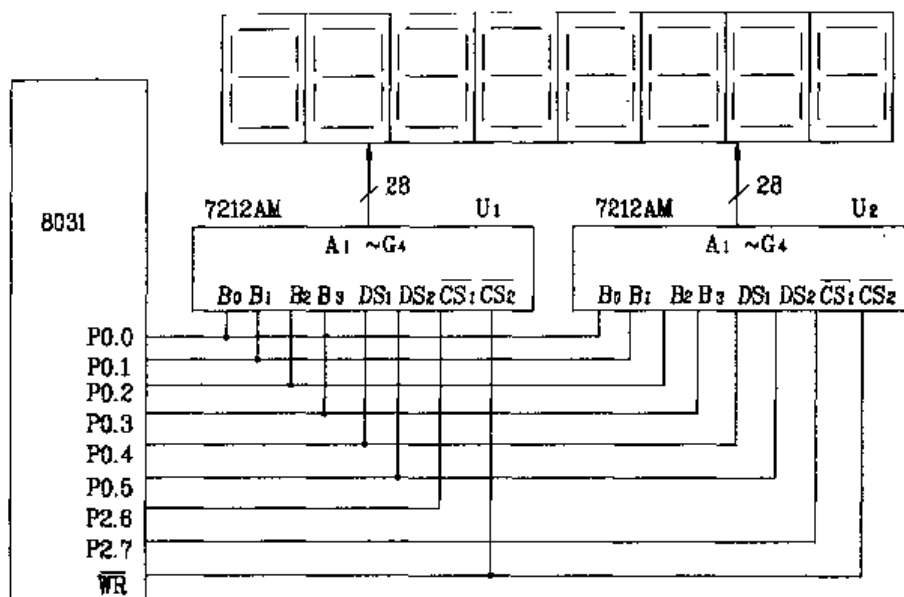


图 2-234 ICM7212AM 构成的 8 位静态 LED 显示器电路

```

MOVX    @DPTR,A
MOV     DPTR, #7FFFH
MOVX    @DPTR,A
SWAP    A                      ;调整 DS1 和 DS2 位,以指向下一显示位
INC     A
SWAP    A
DJNZ    R7, CLEAR
MOV     R7, #04H
MOV     DOTR, #TAB
MOV     R6, #00H
HIGH4:  PUSH    DPH              ;保护 DPTR
        PUSH    DPL
        MOV     A, R6
        MOVC    A, @A+DPTR      ;取出 BCD 码存于 A 中
        SWAP    A              ;调整 A 即 DS1 和 DS2,使位选对应
        ADD     A, R6
        MOV     DPTR, #8000H    ;指向 U1,即高 4 位 LED
        MOVX    @DPTR,A        ;显示相应位
        INC     R6            ;指向下一位
        POP     DPL            ;恢复 DPTR
        POP     DPH
        DJNZ    R7, HIGH4      ;未完继续
        INC     DPTR            ;调整 DPTR,使指向 TAB 表的下四位的首地址

```

```

INC    DPTR
INC    DPTR
INC    DPTR
MOV     R7, #04H
MOV     R6, #00H
LOW4:  PUSH    DPL
        PUSH    DPH
        MOV     A, R6
        MOVC    A, @A+DPTR
        SWAP    A
        ADD     A, R6
        MOV     DPTR, #7FFFH
        MOVX    @DPTR, A
        INC     R6
        POP     DPL
        POP     DPH
        DJNZ    R7, LOW4
        :

```

TAB:DB 0CH,0BH,0DH,00H,0AH,09H,03H ;显示:HELLO-93

7. ICM7218 系列 CMOS 8 位并行显示/译码/驱动器

ICM7218 系列显示/译码/驱动器是 INTERSIL 公司的产品,此芯片既具有硬件译码功能又具有软件译码功能,具有 8 位的驱动能力。ICM7218 系列具有 A~E 5 种型号,其中 ICM7218A 适于驱动共阳极 LED。下面将以 ICM7218A 为例进行简单介绍。

ICM7218A 是 CMOS 8 位 LED 驱动器,具有如下特点:

- 内含 8×8 位静态 RAM,用于存放显示数据
- 具有 2 种 7 段译码器,即全十六制译码器和 BCD 码(简称 B 码)译码器
- 具有多位扫描电路,扫描频率为 250Hz
- 有较强的位段驱动能力,8 位驱动能力大于 170mA,段驱动能力大于 20mA

(1) 外形、引脚功能及逻辑框图

ICM7218A 外形为 28 脚双列直插塑料封装,见图 2-235,内部逻辑框图见图 2-236。其相应引脚功能为:WR 端低电平有效,将数据写入 RAM 中;MODE 端高电平输入控制字,低电平输入数据;ID₄ 端为 SHUTDOWN 信号,低电平时将关闭晶振、译码器和显示,高电平则正常操作;ID₅ 为译码/不译码信号控制端,高电平时不译码,应由软件译码。低电平时由 ICM7218A 内部译码器进行硬件译码,有全十六进制译码和 BCD 码译码 2 种方式。软件译码时输入的 8 位数据直接控制 8 个段的显示,格式如下:

ID ₇	ID ₆	ID ₅	ID ₄	ID ₃	ID ₂	ID ₁	ID ₀
D.P	a	b	c	e	g	f	d

某位置 1, 则相应此位的段被点亮, 但 D.P 不同, 当此位置 0 时, D.P 即小数点被点亮; ID₆ 端决定硬件译码方式, 高电平时进行全十六进制译码。低电平时进行 BCD 码译码; ID₇ 端为高电平时表示后面输入数据, 为低电平时表示后面不输入数据; 上述 ID₄~ID₆ 是在 MODE 端为高电平时的功能, 即控制字所实现的功能, 此时 ID₀~ID₃ 无效。如果进行硬件译码, 则写数据即 MODE 为低电平时, ID₄~ID₇ 无效, 而 ID₀~ID₃ 为 BCD 码输入或十六进制输入。相应的 BCD 码译码和全十六进制译码见表 2-65。另外, 在关闭模式下, 供电电压降到 2V 时, 片中的 RAM 不会丢失数据, 但低于 4V 时, RAM 中写不进数据, 如果为 5V, 数据只能写入 RAM 中, 但不能显示。当取消关闭, 则这些写入 RAM 中的数据就会显示出来。

表 2-65 BCD 码译码和全十六进制译码

ID ₀ ~ID ₃ 二进制	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
十六进制译码	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
B 码译码	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	E	H	L	P	“灭”

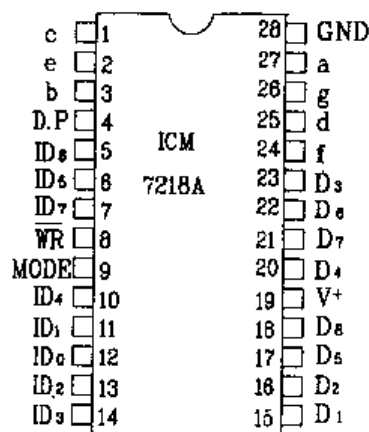


图 2-235 ICM7218A 外形引脚图

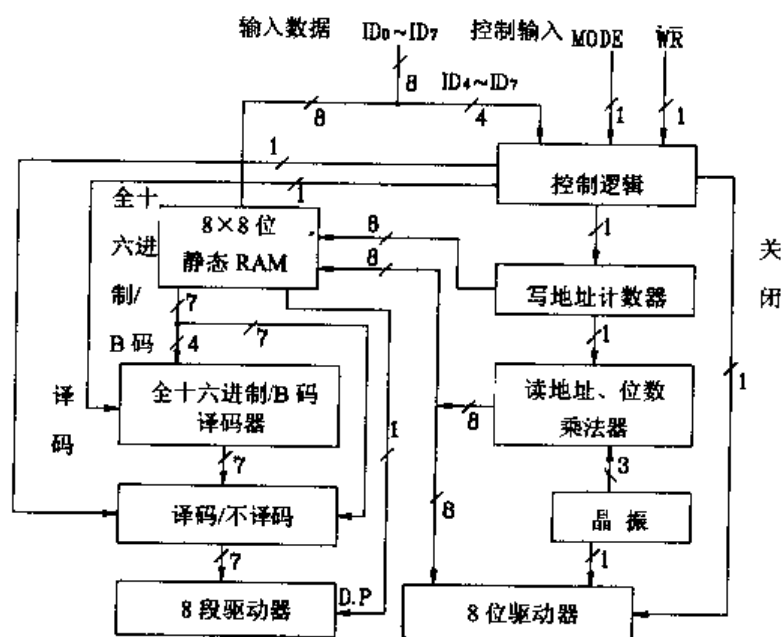


图 2-236 ICM7218A 内部逻辑框图

(2) 工作原理及应用

① 工作原理

ICM7218A 适用于驱动共阳极 LED, 其驱动能力很强, 位输出电流约为 200mA, 是占空比为 12% 的矩形波。如每位只点亮 5 段, 则相当于每段具有 40mA 的峰值驱动电流或 5mA 的平均值驱动电流。如果需要更大的段驱动电流, 可将一对段驱动器输出并联使用, 也可另接驱动器。ICM7218A 的工作时序图见图 2-237, 图 2-238 为与 8031 的接口应用电路。根据时序我

们可对 ICM7218A 进行编程。编程时首先必须写入控制字,然后才能写入数据,而且数据必须写完所有的 8 位。由于 ICM7218A 内部的 8×8 位 RAM 不能寻址,所以要更新某一位显示数据,则必须同时更新所有的 8 位数据。写完 8 位数据后,其它的写数据将无效,即只有每个控制字后的 8 位数据才是有效的。

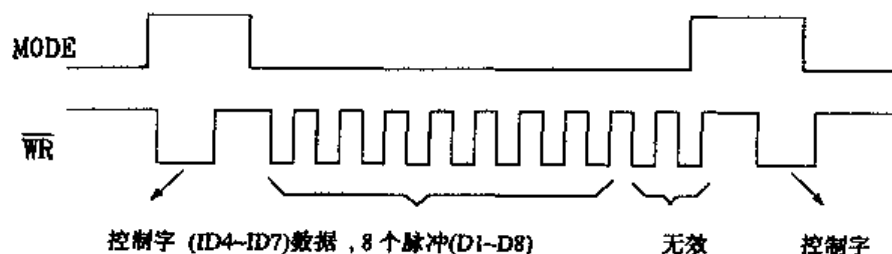


图 2-237 工作时序图

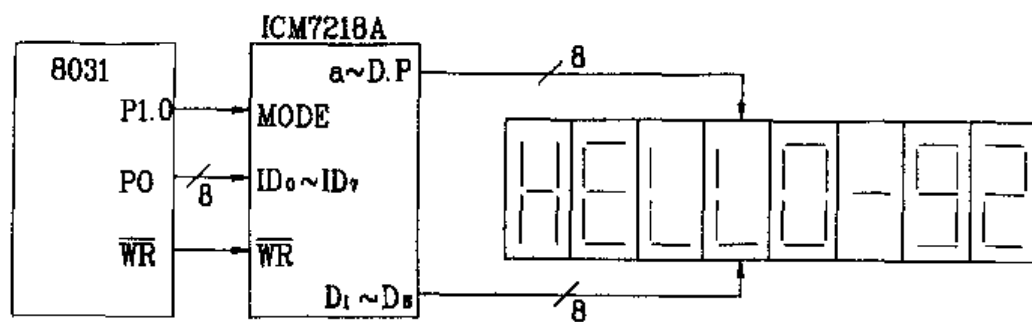


图 2-238 ICM7218A 构成的 8 位 LED 动态显示电路

②应用

图 2-238 为 8031 与 ICM7218A 接口组成的 8 位 LED 硬件扫描动态显示器电路。由于 ICM7218A 兼有软件译码和硬件译码功能,因此可用软件译码和硬件译码两种方法使显示器显示出“HELLO-92”,下面分别介绍。

a. 软件译码编程

根据要显示的内容先找出各字符的编码。由 a、b、c、d、e、f、g 各段与数据位的对应关系可得出:H 中 a、d 段为 0,其余为 1,即 10111110 或 BEH。同样 E、L、O、—、9、2 的编码分别为:CFH、8BH、FBH、84H、F7H、EDH。如下所示,将 HELLO-92 字符编码分别存入 8031 片内 RAM 50H 单元为首地址的 8 个字节单元中:

50H				57H			
BE	CF	8B	8B	FB	84	F7	ED

控制字决定如下:

ID₇ 为 1,后跟数据

ID₆ 为 ×,因不译码,故此位无效

ID₅ 为 1,不译码

ID₄ 为 1, 不关闭

即:

1	×	1	1	×	×	×	×
---	---	---	---	---	---	---	---

其中×为任意, 可为 0, 也可为 1。现在设定为 0, 则控制字为: B0H。显示器最右边一位为第一位, R₀ 为显示数据单元地址, 起始为 57H, R₂ 为显示位数, 共有 8 位。程序清单如下:

```
DIS_MAIN: SETB    P1.0           ;置 MODE 为高, 准备写控制字
           MOV     A, #0B0H       ;控制字 B0H
           MOV     DPTR, #0100H   ;7218A 工作地址
           MOVX    @DPTR, A       ;输出控制字
           CLR     P1.0           ;置 MODE 为低, 准备写数据
           ACALL   DISPLAY8       ;显示 8 位数据
           RET

DISPLAY8:  MOV     R0, #57H        ;显示数据首地址
           MOV     R2, #08H       ;共显示 8 位
           MOV     DPTR, #0100H
AGAIN:    MOV     A, @R0          ;取出显示数据
           MOVX    @DPTR, A       ;输出数据
           DEC     R0             ;指向下一位
           DJNZ    R2, AGAIN      ;8 位未完, 继续
           RET                   ;子程序返回
```

由于 ICM7218A 本身没有工作地址, 其选通是由 MODE 与 $\overline{WR}$ 共同完成的, 所以只须用 MOVX @DPTR, A 指令就可向 ICM7218A 中写数据和命令, 而与 DPTR 的值无关。但为了安全起见, DPTR 中应指定某一具体地址单元, 以免与其它工作单元发生冲突而改写这些单元中的数据。

b. 硬件译码编程

若要显示“HELLO-92”字符串, 可采用 B 码译码方式。其数据格式为:

×	×	×	$\overline{D.P}$	ID ₃	ID ₂	ID ₁	ID ₀
---	---	---	------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

高三位无效, 取值任意。现取 000; $\overline{D.P}$ 不显示取为 1; ID₀~ID₃ 为 4 位编码, 对应 HELLO-92 分别为: C、B、D、D、0、A、9、2。8 个数据字节存于 50H 开始的单元中:

50H				57H			
1C	1B	1D	1D	10	1A	19	12

控制字决定如下:

ID₇ 为 1, 后跟数据

ID₆ 为 1, 取 B 码译码

ID₅ 为 0, 译码

ID₄ 为 1, 不关闭

控制字为:

1	1	0	1	×	×	×	×
---	---	---	---	---	---	---	---

现定为 D0H, 则程序清单如下:

```
DIS_PLAY: SETB    P1.0
            MOV     A, #0D0H
            MOV     DPTR, #0100H
            MOVX    @DPTR, A
            CLR     P1.0
            ACALL   DISPLAY8
            RET
```

十、报警电路

随着电子技术的不断发展,各种检测报警电路应用越来越广泛。进而推动了报警电路本身的性能在不断提高和改进。因此相继产生了适用于各种场合检测报警的专用集成电路。但由于此类电路品种较多,不能一一列举,下面仅简单介绍几种常见专用报警电路,以便读者参考、选用。

1. CH217 单片瓦斯、煤气检测报警集成电路

CH217 是上海无线电 14 厂根据瓦斯报警的特定功能和技术要求新近开发研制的一种单片低压、低功耗、微小信号检测报警专用电路。它适合于煤矿开采过程中的瓦斯检测与报警。其内部设有两个报警通道,可发出预报和危险两种报警信号,报警信号分为视觉和听觉信号两种,而以听觉信号的不同来代表预报(低浓度)和危险(高浓度)两种报警。芯片内部由小信号放大器 AV,两个信号比较器 VC_1 、 VC_2 ,两组振荡器,逻辑编码控制器以及驱动器组成。使用电路简单,易于调试,体积小,安装方便。

(1) 电路特点

CH217 采用全 CMOS 工艺制造,具有输入阻抗高,功耗低的特点。又由于它采用了最新低压 COMS 线性电路设计技术,并巧妙地将线性电路与逻辑电路组合成完整的功能系统,因而使器件工作电源低,满足了井下工作环境的要求。

(2) 外形及引脚功能

CH217 外形为 20 脚双列直插塑料封装,引脚排列见图 2-239。图 2-240 给出了其内部原理框图。相应引脚功能见表 2-66。

表 2-66 引脚功能

引脚号	符号	功 能	引脚号	符号	功 能
1	IS	运放、比较器公用偏置端	13	VC_{IH1}	低浓度比较器输入高端
2	LAC	灯控制信号输出端	14	SE	高浓度比较器输出端
3	LIC	鸣叫(声音)控制输出端	15	VC_{IL2}	高浓度比较器输入低端
4~9	$OSC_{11\sim13}$ $OSC_{21\sim23}$	高频振荡器端,外接 RC	16	VC_{IH2}	高浓度比较器输入高端
			17	AV_{IH}	运放输入高端
10	V_{SS}	电源低电位端	18	AV_{IL}	运放输入低端
11	FI	低浓度比较器输出端	19	AV_O	运放输出端
12	VC_{IL1}	低浓度比较器输入低端	20	V_{DD}	电源高电位端

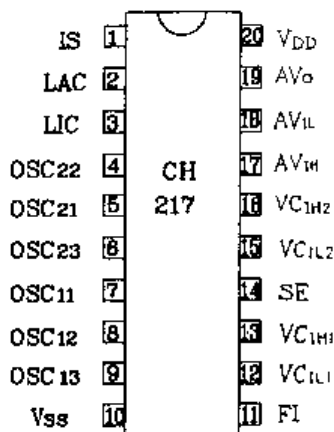


图 2-239 CH217 外形引脚图

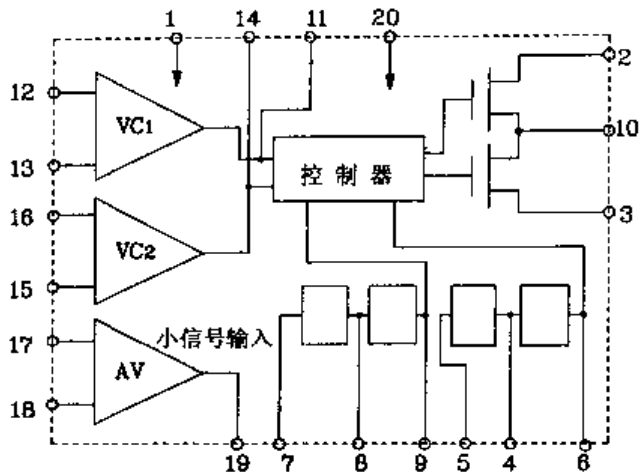


图 2-240 CH217 内部原理框图

(3) 电气参数

CH217 采用单电源供电方式。 V_{SS} 接 0V 时作为参考零电位。它的极限参数为:最大电源电压 $V_{DD}=6V$,典型工作电压 3V,最大输入电压 $V_I=V_{DD}$,最大输入电流 $I_{I_{max}}=10mA$,最大输出电流 $I_{omax}=30mA$,最大功耗 $P=50mW$ 。表 2-67 给出了在 $V_{DD}=3V$ $T=25^{\circ}C$ $R_{set}=100k\Omega$ 条件下的主要电气参数。

表 2-67 电气参数

参数名称	符号	测试条件	标称值	单位
电源电压	V_{DD}		2.5~5	V
电源电流	I_{DD}	$R_L=\infty$	2	mA
输入阻抗	R_i		10^9	Ω
LAC, LIC 电流	I_{OL}	$V_{IS}=0.5V$	10	mA
失调电压	V_{OS}		10	mV
电压增益	A_{VOL}	开环	50	dB
共模范围	CMVR		0.5~2.2	V
运放摆幅	V_{OR}	$R_L=100k\Omega$	0.5~2.2	V

(4) 应用

用 CH217 组装的瓦斯报警装置,线路简单,只要将瓦斯传感器的输出信号馈入 AV 的差分输入端,将 AV 的输出信号同时送到两个比较器的 VC_{IH} 端,比较器的另一端 VC_{IL} 接相应的预报和危险基准信号, LIC 端与 V_{DD} 端之间接上喇叭, LAC 的信号可直接驱动 LED 或经功率放大来驱动其它显示负载。图 2-241 给出了由 CH217 构成的一种瓦斯检测报警电路。电路中 R_i 为瓦斯传感探头,其阻值随瓦斯浓度增加而线性减少, RP_3 用来调整放大器的输出电平, R_6 、 R_7 提取预报和危险两种基准信号电压。为了使电路工作稳定,传感器与 CH217 的工作电压(3V)要求稳定性较高。由于指示灯和喇叭相对较大,故宜将其接在另外一组电源上。

三极管基极端;5 脚上限检测信号输出端;6 脚下限检测信号输出端;7 脚外接 R_x 、 R_o 的电源端;8 脚公共地端;9 脚报警输入及外接振荡电容 C_x 端;10 脚外接振荡电容 C_x 另一端及外接扬声器一端;11 脚控制信号输入端;12 脚低电平功率输出或高阻态端;13 脚高电平功率输出或高阻态端;14 脚直流电池正输入端;15 脚交流停电报警检测信号输出端;16 脚交流稳压或整流后电源正输入端。

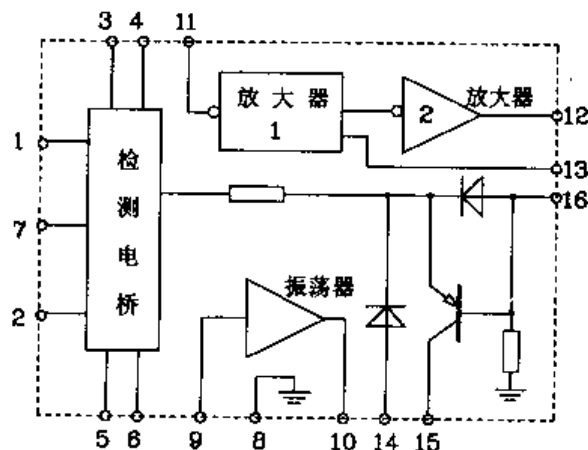


图 2-242 ZKB8711 内部原理框图

(3) 应用

ZKB8711 可用于温控、光控、湿控等许多领域,下面图 2-243 给出一种用于恒温控制的自动控制报警电路。

图中 R_x 为负温度系数热敏电阻, R_o 为 R_x 的桥臂对称调整电阻。若 R_o 采用正温度系数电阻,则可有效提高控温精度。调试时首先将 R_x 放入所需恒温温度下,调节 R_o 使 3、4 脚间电压为零伏。然后将 R_x 放回测温环境中(低于恒温温度),经过一段时间温度平衡后,通电工作,此时 R_x 值大于 R_o , IC 的 3 脚电压大于 4 脚电压, V_{To} 集电极有信号输出给第 11 脚。12 脚输出低电平,继电器 K 吸合,控制加热机构工作。加热初期由于 R_x 不能立即变小,所以 V_{To} 维持导通,在内部下限检测电阻上产生 $\geq 0.5V$ 的压降,使下限报警检测管导通,此时有电流流入 9 脚从而使振荡器起振,扬声器发声。

随温度不断升高,下限检测电阻上压降逐渐减少,下限检测管截止,报警声逐步减少致消失。当温度达设定值时,3、4 脚间电压为零,继电器 K 失电释放,加热停止。经过一段时间,温度约下降 $0.5^{\circ}C$ 时, R_x 增大,3 脚电压高于 4 脚, V_{To} 又导通,继电器 K 又得电吸合,加热又开始。如此循环,使温度保持在设定值。若发生停电故障,14 脚外接直流电池自动投入工作,15 脚有一电流送入 9 脚,振荡器起振使扬声器发出报警声。

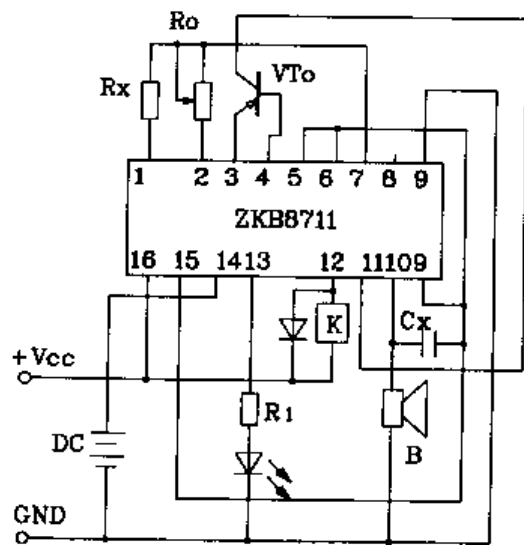


图 2-243 ZKB8711 用于恒温控制报警电路

3. SGZ07 声、光报警集成电路

SGZ07 报警电路是一种用途广泛、功耗小、外接元件少、使用简单、方便的报警集成电路。它能直接驱动扬声器和发光管。它不仅可用来制作温度、压力、防盗报警器,还可用于制作警笛、汽车闪光灯、航标灯等电子产品,此外 SGZ07 也可用于电子玩具中模拟各种声音及动物叫声。

SGZ07 外形为 14 脚双列直插封装,外形及引脚排列见图 2-244。图 2-245 为其内部原理框图。相应引脚功能为:1、2 脚为控制输入端;3、4 脚为调制振荡外接电容端;5、6 脚为音频振荡外接电容端;7 脚公共端;8 脚稳压监测端;10、11 脚内部扬声器输出驱动三极管发射极和集电极端;12、13 脚内部闪光输出驱动三极管发射极和集电极端;14 脚电源正端;9 脚为空脚。

SGZ07 工作电源电压范围 3~12V,通常取 3V,静态功耗小于 2.5 mA。扬声器输出电流最大值为 50~100mA,闪光输出电流 5~10mA,音频、调制振荡频率取决于外接相应电容容量。当 SGZ07 的 1 脚为低电位、2 脚为高电位时,调制及音频振荡器起振,通过混频放大器放大、整形后由 10、11、12、13 脚输出驱动扬声器和发光器件。下面介绍几种 SGZ07 的具体应用电路。

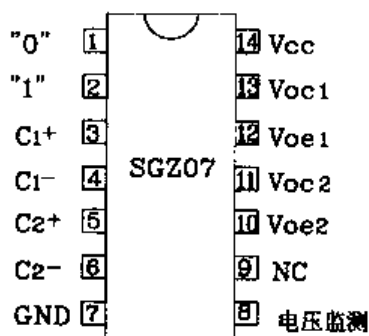


图 2-244 SGZ07 外形及引脚图

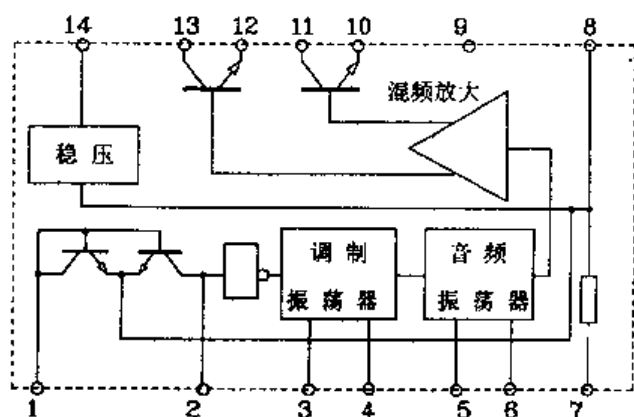


图 2-245 SGZ07 内部原理框图

(1) 单频率声、光信号源

图 2-246 为 SGZ07 构成单频率声、光信号源电路。此电路 5、6 脚悬空不用,2 脚通过 R_1 获高电平,1 脚悬空相当于低电平,此时 IC 内部调制振荡器起振,而音频振荡器不振,输出端产生单一频率,并通过扬声器和 LED 发声、发光。声、光频率决定于 3、4 脚外接电容 C_1 的容量, C_1 与输出信号特征关系见表 2-68。

表 2-68 C_1 与输出信号特征关系

C_1 容量(μF)	输出信号特征
0.047~0.1	蜂鸣声, 闪光近似连续
0.1~0.22	汽车喇叭声, 闪光近似连续
0.33~0.47	汽艇或摩托声, 闪光快
0.01~0.47	电子琴声, 每隔 $0.02\mu\text{F}$ 为一个音阶
10~220	打击声, 闪光慢, 可做各种闪光器
0.001~0.01	超声波, 可做驱鼠器

(2) 双频率声、光信号源

双频率声、光信号源与单频率信号源工作原理完全相同。图 2-247 给出其电路图, 表 2-69 给出了外接振荡电容 C_1 、 C_2 与输出信号特征的对应关系。

 表 2-69 C_1 、 C_2 与输出信号对应关系

C_1 (μF)	C_2 (μF)	输出信号特征
4.7	0.47~1	机枪声, 闪光快
10~33	0.1~1	报警声, 闪光快, 适于做报警器、汽车闪光器
22~33	0.47~1.5	孔雀叫声, 闪光较快
33~50	0.1~0.47	鸟、鸡叫声, 闪光较慢
100~220	4.7	牛、熊叫声, 闪光慢

(3) 控制报警电路

图 2-248 为控制报警电路图。图中通过控制 K_1 、 K_2 的通、断可使电路工作于双频声、光报警电路。读者可根据前面给出的双频工作原理自行分析电路工作过程, 此处不再赘述。此电路若将 R_1 、 R_2 换成相应热敏电阻(实测值), 则可实现温度控制报警电路。

此外, SGZ07 构成的报警、闪光电路可通过外接功率扩展电路来实现输出驱动大功率扬声器及闪光显示器件。最简单的方法就是在相应输出端加一只 NPN 或 PNP 功率三极管。但需注意, 外接功率扩展电路时, 电源电压和功率也要相应提高。且应在 7 脚与地之间加入一电阻。使 7 脚静态电流为 $2.5\sim 3\text{mA}$ 。

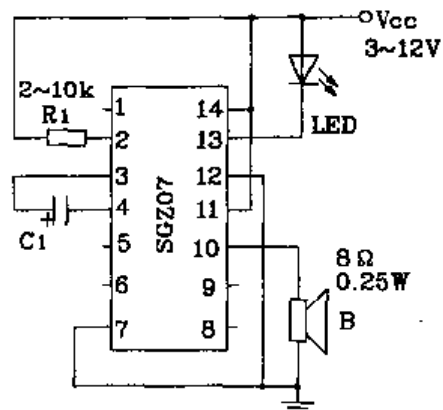


图 2-246 SGZ07 构成单频率声、光信号源电路

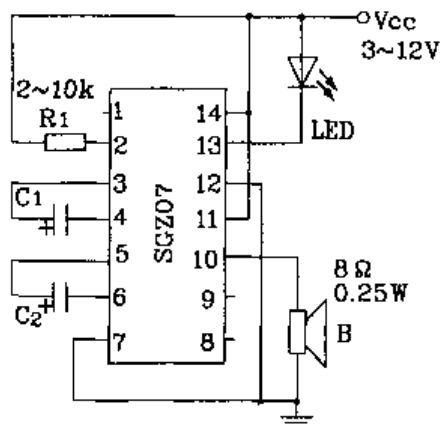


图 2-247 SGZ07 构成双频率声、光信号源电路

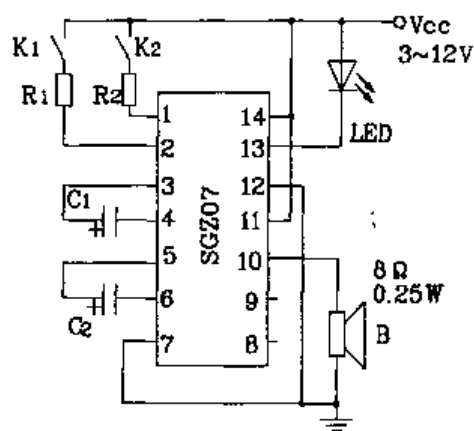


图 2-248 SGZ07 构成控制报警电路

4. LD7208 汽车转弯报警专用集成电路

目前,国内外原用的机电式汽车转弯闪光器逐渐被专用集成电路取代。国产 LD7208 为最常见的一种。此电路功能齐全,功耗低、精度高、电路外围元件少,无需调试,其内部由输入检测器、电压检测器、振荡器和输出级四部分构成。主要功能为:当正常运行时,车灯完好,车灯与驾驶台的监视灯同时闪光,闪光频率为 80 次/min。一旦车灯损坏,则监视灯的闪光频率加快一倍,以示报警。

LD7208 外形为 8 脚双列直插塑封形式,图 2-249 为其引脚排列图。其引脚功能为 1 脚公共地端;2 脚输出级工作电压端;3 脚输出级输出端;4 脚内部振荡器外接电容端;5 脚内部振荡器外接电阻端;6 脚电源电压端;7 脚电压检测输入端;8 脚输入检测器输入端。图 2-250 给出其内部原理框图。国外同类型号为日本东芝公司的 TA8027P,二者可直接互换使用。

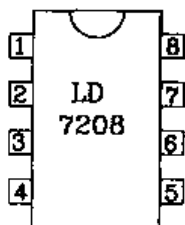


图 2-249 LD7208 外形引脚图

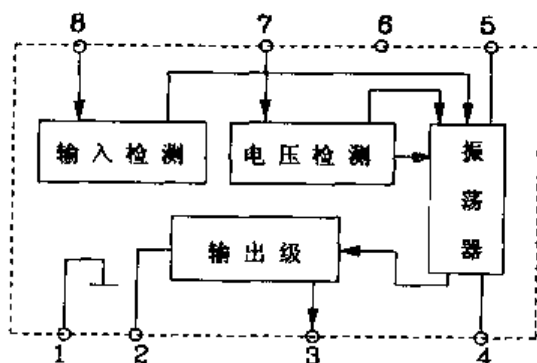


图 2-250 LD7208 内部原理框图

LD7208 标称工作电压为 12V,实际应用时范围可扩充至 9~18V。输出级最大输出电流达 300mA。图 2-251 为 LD7208 典型应用电路。其工作原理简述如下:LD7208 输入检测器是一个电压比较器,其作用是检测输入端电压的高低,其输出端电平控制振荡器的工作状态,即充电或放电状态。振荡器由一个电压比较器和外接 R、C 构成,电路内部给比较器的一端提供一个参考电压,其值的高低由电压检测器控制。比较器另一端则由外接 R、C 提供一个变化的电压,从而形成电路的振荡。电压检测器是用来识别取样电阻 R_S 上的压降大小(R_S 为几十毫欧的电阻丝)。当车灯完好时,流过 R_S 上电流较大,压降也大;若车灯损坏,则 R_S 上电流减小,压降也减少。这个 R_S 上压降相对于某一阈值电压的变化,由电压检测器来识别,其输出控制振荡器中的电压比较器的参考电压,从而改变振荡幅度,即改变振荡(闪光)频率。由于此电路输出级由功率复合管构成,所以输出驱动能力较强,图中 R_1 为反馈电阻,起稳定电路工作的作用。

此外,目前又推出一种 LD7208 的改进型产品 LZ1041 汽车转弯报警专用 IC。LZ1041 除具备 LD7208 的全部功能外,又增加了过压过流保护功能。此电路外形也为 8 脚 DIP 封装,标称工作电压 12V,其典型应用电路见图 2-252。使用时若不需过流保护、则将 6 脚与电源(2 脚)短接即可。

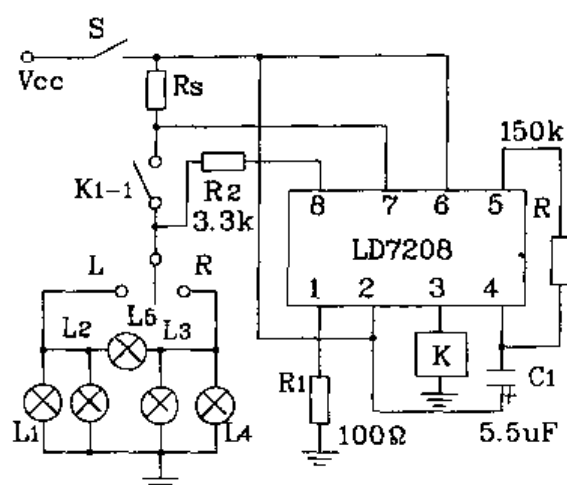


图 2-251 LD7208 典型应用电路

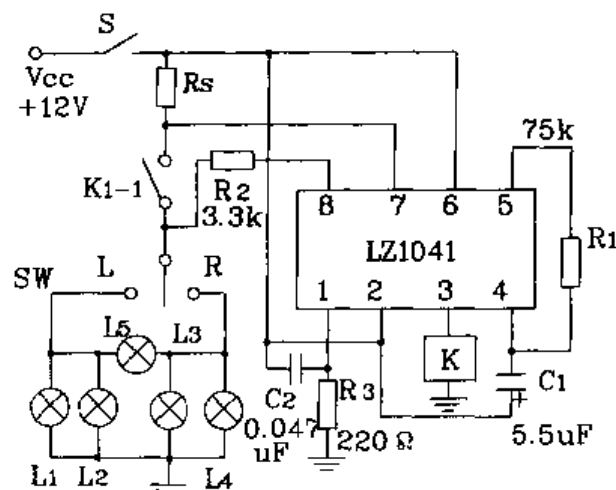


图 2-252 LZ1041 典型应用电路

5. CW168 新颖闪光报警集成电路

CW168 是一种单片报警闪光专用 COMS 大规模集成电路。它能发出警车声,救护车声并能驱动两只 LED 发光管轮流闪光。内部包括振荡器、波形存储器、逻辑电路、逻辑控制电路、循环控制器及音调发生器等几部分。芯片内部电路虽然复杂,但其外围应用电路却非常简单,可广泛应用于电子玩具、游戏机和各种报警器等方面。

(1) 外形及引脚功能

CW168 芯片外形有两种封装形式,一种是 16 脚双列直插塑封;另一种是为降低成本而设计的软封装,且其封装外形可根据用户要求而做成各种形状。图 2-253 给出了 16-DIP 封装的芯片引脚排列图。内部原理框图见图 2-254。对应引脚功能见表 2-70。

表 2-70 引脚功能

引脚号	符号	功能	引脚号	符号	功能
1	TESTB	测试端	9	S	音调选择端
2	L ₂	输出驱动 LED 端	12	OSC ₁	外接振荡电阻端
3	L ₁	输出驱动 LED 端	13	OSC ₂	外接振荡电阻端
4	V _{SS}	电源负端	14	V _{DD}	电源正端
5	BD	外接压电陶瓷片端	15	MODE	功能选择端
6	BDB	外接压电陶瓷片端	16	STRATB	启动触发端

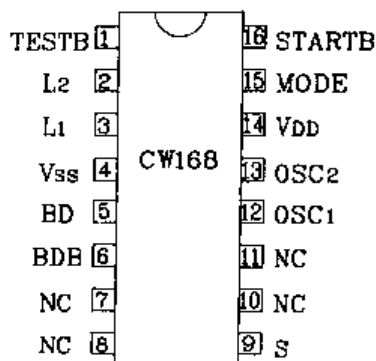
注:7,8,10,11 脚均为空脚。

(2) 电气参数

CW168 主要电气参数为:工作电压范围 2.2~3.5V,典型值为 3V;工作电流最大值为 200μA;静态电流典型值为 2μA,最大值为 5μA;压电陶瓷片上输出电流最小值为 2mA;发光二极管上电流最小值为 5mA。

(3) 原理及应用

CW168 具有音调选择 S 和功能选择 MODE 两个功能端。当 S 悬空时,IC 发出警车声,两



泛。

5G0602 外形有两种封装形式,一种是 8 脚双列直插塑料封装;另一种是印刷板式软封装。其外形引脚排列见图 2-257。图 2-258 为其内部原理框图。相应引脚功能为:1、8 脚为空脚;2、3 脚为外接振荡电阻端;4 脚电源负端;5 脚电源电压端;6 脚音频输出端;7 脚触发控制端。

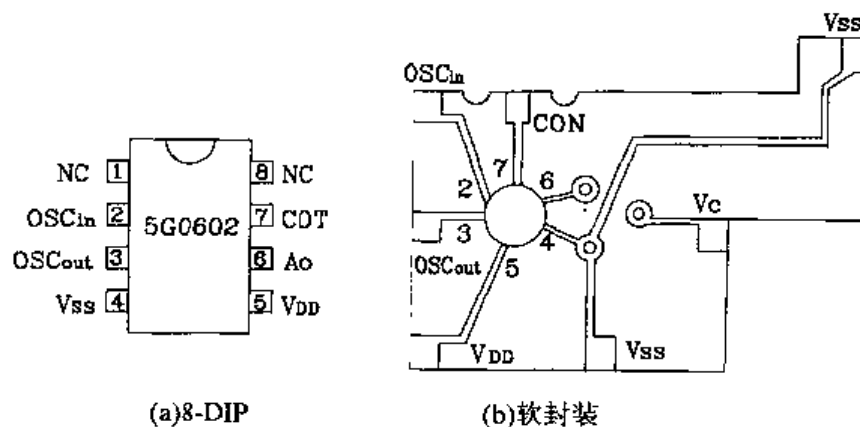


图 2-257 5G0602 外形引脚图

5G0602 工作电源电压为 3V,静态功耗仅为 $3\mu\text{A}$,报警时消耗电流也只有 $10\mu\text{A}$ 。因此功耗极低,适用于长期监视报警电路。图 2-259 为 5G0602 典型应用电路。图中 R_o 为外接振荡电阻,它与 5G0602 内部的 CMOS 反相放大电路及其反馈电容组成 RC 振荡电路,增大 R_o , f_o 降低,报警声调也低。通常 R_o 取 $1.5\sim 2.7\text{M}\Omega$ 范围内为最佳。时钟脉冲经分频后送到组合逻辑电路,变换成按三种频率重复变化的脉冲信号从第 6 脚输出。 C_1 为电源去耦电容,当用电池供电时可不用。 C_2 是触发报警后的延时电容,它可使报警声持续响数秒。发声器选用压电陶瓷片时,应在其两端并接一只 100mH 的小电感 L , L 与压电片的电容构成 LC 并联谐振回路。工作波形见图 2-260。图 2-259 中的传感器为光敏管,把它换成热敏电阻,电路即为温度报警电路。依照此法,5G0602 可构成各种各样的报警器。

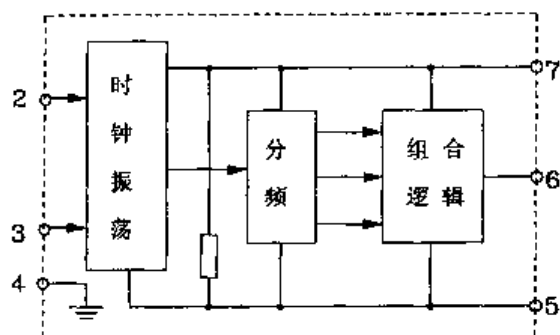


图 2-258 5G0602 内部原理框图

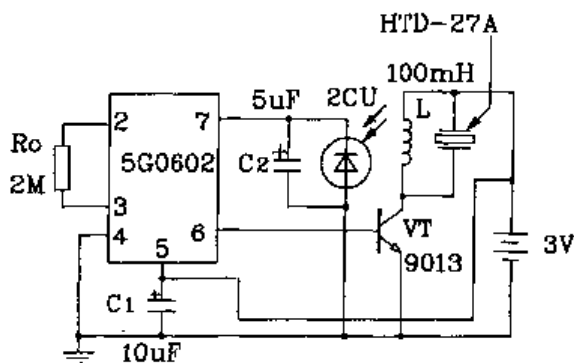


图 2-259 5G0602 典型应用电路

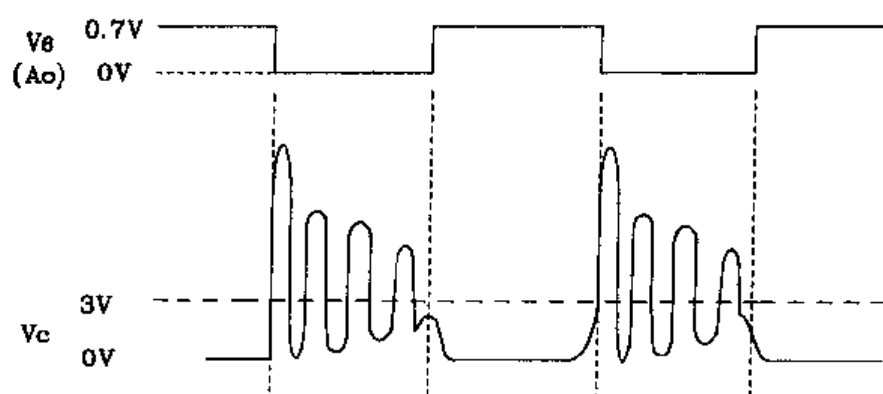


图 2-260 SG0602 工作波形图

十一、光敏控制电路

1. TC-3330 单片集成光电开关

TC-3330 是一种新颖的单片驱动集成光电开关。它是将光敏二极管、低电平放大器、电平探测器、输出功率驱动器及稳压电路集成在一块 $1\text{mm} \times 1.8\text{mm}$ 的硅片上而形成一种具有驱动能力的光敏功率器件。它可以应用在一切实用光敏器件的场合,并使光敏器件应用变得简单、可靠。国外同类产品有美国的 ULN-3330,二者可直接互换。

(1) 外形及引脚功能

TC-3330 外形为带玻璃窗的圆形金属封装,其引脚排列及外形尺寸见图 2-261。其中 1 脚为输出端,属集电极开路输出形式;2 脚公共地端;3 脚工作电源电压端。图 2-262 给出了 TC-3330 内部原理框图。

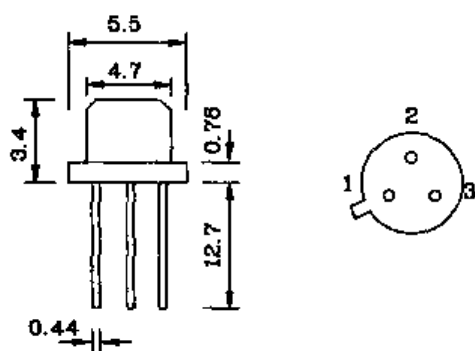


图 2-261 TC-3330 外形引脚图

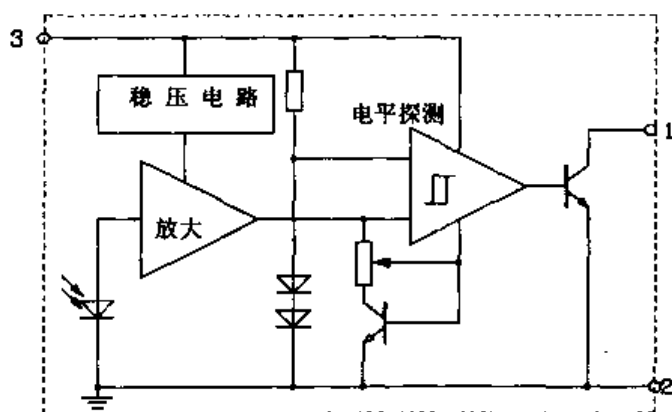


图 2-262 TC-3330 内部原理框图

(2) 电气参数

TC-3330 内部光敏二极管受到峰值波长为 $920\mu\text{m}$ 左右的光照射时,便可产生电流。表 2-71 给出了当 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 6\text{V}$ 时的主要电气参数。

(3) 原理及应用

TC-3330 接受波长为 $920\mu\text{m}$ 左右光照射后,产生微安级的光电流,经过低电平放大器(低噪声小电流放大器)放大、电平移位,输出可供电平探测器进行鉴别的电平。电平探测器是由施密特电路构成的,它具有约 20% 的“滞后”特性。输出驱动电路为一只 NPN 中功率管,属集电极开路形式,输出驱动电流可达 100mA。稳压电路可保证电源电压在 4~5V 范围内变化时,电路能稳定工作。TC-3330 接上电源及负载后,不需其它元件即可工作。当其顶部窗口受到大于 50 勒光照时,就输出高电平;光照不足 45 勒时,器件输出低电平。图 2-263 给出了几

种 TC-3330 驱动不同负载时的应用电路。此器件最大输出电流 100mA, 外接电感负载时不必另接保护二极管。此外, TC-3330 还可用于条形码识别、张力感测、光缆隔离器、纸张或物体检测、计数、转速测量等诸多领域。用它制成的光电耦合器(二极管输出型、三极管输出型、达林顿型), 性能优良, 可靠性高, 应用极为广泛。

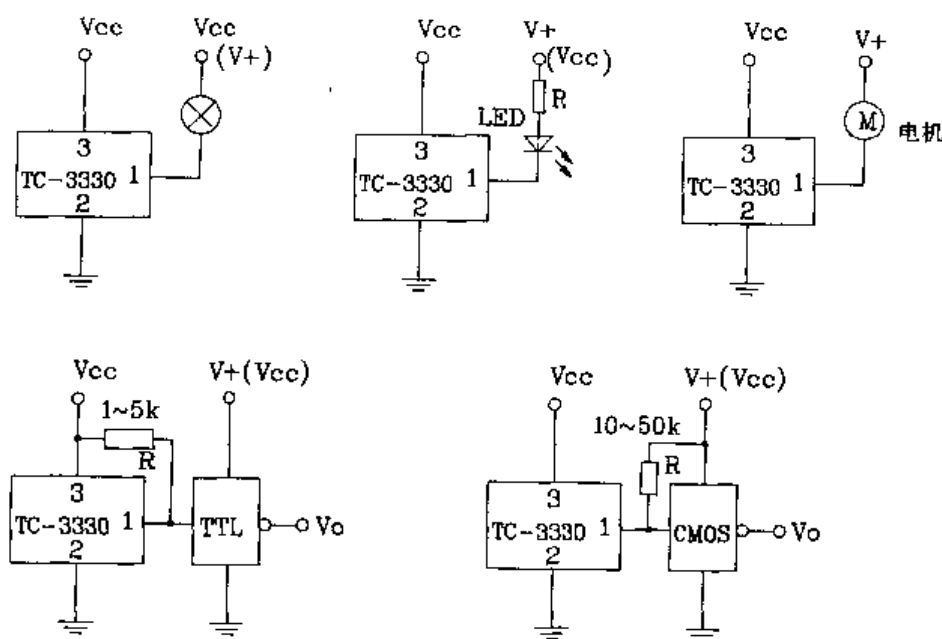


图 2-263 TC-3330 驱动不同负载时的应用电路

表 2-71 电气参数

参数名称	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	V_{cc}		4.0	6.0	15	V
电源电流	I_{cc}			4.0	8.0	mA
光临界阈值	E_{on}	输出接通(ON)	45	53	61	L_x
	E_{off}	输出断开(OFF)		63		L_x
滞 后	ΔE	$(E_{off} - E_{on}) / E_{off}$	16	18	20	%
“ON”态输出电压	V_{out}	$I_{out} = 15mA$		300	500	mV
		$I_{out} = 25mA$		500	800	mV
“OFF”态输出电流	I_{out}	$V_{out} = 15V$			1.0	μA
输出下降时间	t_f	90% ~ 10%		200	500	ns
输出上升时间	t_r	10% ~ 90%		200	500	ns

注: L_x : 勒克斯

2. 达林顿型光敏三极管

达林顿型光敏三极管实际上就是将光敏三极管和普通双极型三极管组合在一起而构成的复合型光敏管。其外形一般同 $\phi 5mm$ 发光二极管外形, 图 2-264 为其引脚、外形图。内部电路见图 2-265。图 2-266 为其电路符号图。

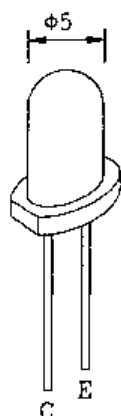


图 2-264 外形引脚图

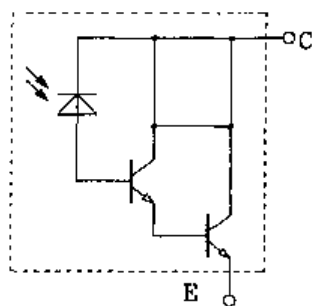


图 2-265 内部电路图

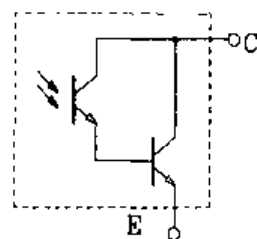


图 2-266 电路符号图

(1) 型号及对应电气参数

常用普通型光敏三极管和达林顿光敏三极管型号及参数见表 2-72。读者可通过比较两类光敏三极管电气参数来了解此两类光敏三极管的特点。表中光电流 I_L 是指在一定的光照下,产生的集电极电流;暗电流 I_{CEO} 是指无光照情况下,流过三极管的穿透电流。

表 2-72 常用普通型和达林顿型光敏三极管型号及参数

参数名称	达林顿型			普通型		单位
	3DU511D	3DU512D	3DU513D	3DU11	3DU33	
击穿电压 $V_{(BR)CE}$	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 10	≥ 50	V
暗电流 I_{CEO}	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.3	μA
光电流 I_L	≥ 10	≥ 15	≥ 20	≥ 0.5	≥ 2	mA
饱和压降 $V_{CE(sat)}$	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 0.3	≤ 0.3	V
响应时间	t_r	≤ 100	≤ 100	≤ 3	≤ 3	μs
	t_f	≤ 100	≤ 100	≤ 3	≤ 3	μs
峰值波长 λ_p	880	880	880	880	880	nm
光谱范围	0.4~1.1	0.4~1.1	0.4~1.1	0.4~1.1	0.4~1.1	μm

(2) 原理及应用

当达林顿型光敏三极管受光照时,内部等效光敏二极管将光信号转变成电信号,此信号被两级三极管放大,因此总放大倍数相当于两只三极管放大倍数的乘积,所以灵敏度比普通光敏三极管要高的多,通常光电流可达十几毫安以上。但达林顿型光敏管对信号的响应速度较慢。下面简单给出几种达林顿型光敏三极管的典型应用电路供读者参考。

① 灵敏光控开关

图 2-267 由于采用了达林顿型光敏三极管做敏感元件,所以对弱光较敏感,适用于对反射光信号的检测。电路中达林顿型光敏三极管受光照后,其内阻减少,2 脚电位下降,当降为 $1/3 V_{CC}$ 时,3 脚输出高电平,此时继电器释放。

② 光触发开关

图 2-268 为光触发开关应用电路。电路中由于采用了达林顿型光敏三极管和运放,所以

很微弱的光线即可使电路翻转。当把 R_1 和光敏管的位置对调,或者将运算放大器的反相和同相输入端对调位置,就可以把该电路修改为暗触发开关。

③带自锁功能的光控继电器

如图 2-269 电路,由于使用了达林顿型光敏三极管,从而简化了放大电路,仅用一只 3DG 型中功率晶体管即可驱动继电器。

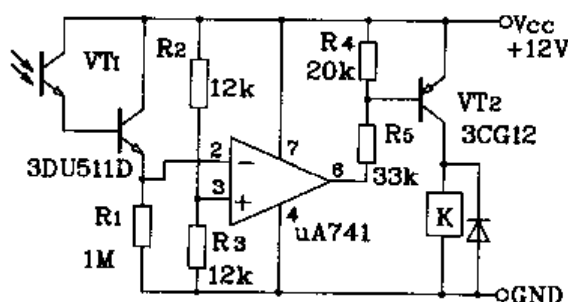


图 2-268 光触发开关应用电路

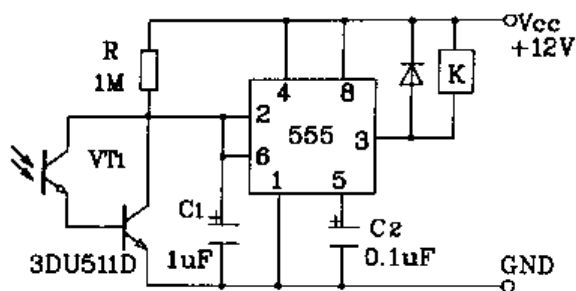


图 2-267 灵敏光控开关应用电路

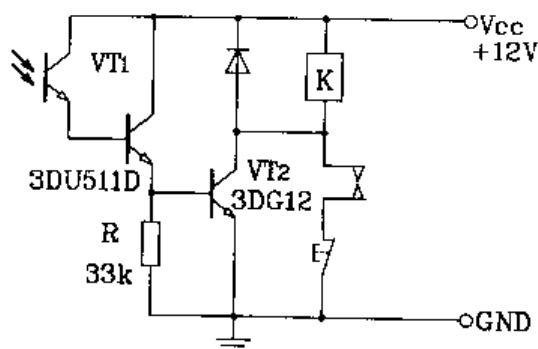


图 2-269 带自锁功能的光电控制继电器

3. 交流功率光电耦合器

交流功率光电耦合器是一种特殊的光电半导体器件。它是将普通光电耦合器技术与双向可控硅技术集成于一体,构成交流功率型光电耦合器。由于它具有体积小、质量轻、成本低、寿命长、可靠性高且无噪声、开关关闭时不产生火花、输入输出完全隔离,输出可直接控制交流大功率负载等一系列特点,因此已得到广泛应用。

(1) 工作原理

交流功率光电耦合器内部组成电路见图 2-270。其输入部分是一个砷化镓红外发光二极管,输出部分由二级组成:前级为光电双向可控硅开关,它接收并转换来自输入红外发光二极管的光信号。第二级是一个双向可控硅主开关,它由前级光电双向可控硅触发,输出直接控制交流大功率负载。这些负载包括:电风扇电机、

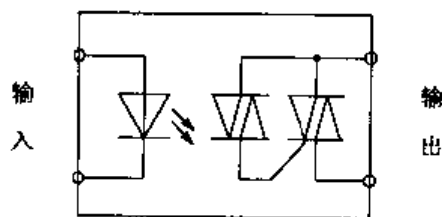


图 2-270 交流功率光电耦合器内部电路

电灯、交流继电器等,如果交流负载太大(几百瓦或 1kW)则可将双向可控硅主开关不做在内部,只将发光二极管和光电双向可控硅开关做在一起,然后外接一个大功率的双向可控硅。

(2) 分类及特性

交流功率光电耦合器按内部结构方式可分为二类:一是将输入部分以及输出部分(包括两级)全部做在一起;二是只将输入部分和输出级的前级做在一起,应用时外接主双向可控硅开关。如果按工作电压方式可分为二类:一是输出级工作于 100~120V 交流电压;二是输出级工作于 220~240V 交流电压。按驱动交流负载能力分类,则对应一定的输出电压,有不同

档次的负载电流。例如:负载电压为 100V 时,负载能力分为 0.5A、1A、2A 等档次;如按是否包含零电压检出电路(简称 ZC,零交叉开关),可分为包含 ZC 和不包含 ZC 两类。

交流功率光电耦合器输入、输出完全隔离,隔离电压达 2 500V。其驱动电流小,输入级红外发光二极管触发电压小于 10mA,国外同类产品已降至 5mA。

(3) 应用

交流功率光电耦合器应用范围极其广泛,一般用于可编程的控制器、工业自动化设备、空调机、自动洗衣机、电冰箱、微波炉、鼓风加热器等家电、办公设备中。由于其输入驱动电流小,因此可和微处理机的输出通道直接相连,而应用于微机控制各类负载电路中。

4. 四象限光电器件

四象限光电器件是由 4 个光敏元面积相同、图形对称的硅光电二极管所构成的陈列型光电探测器。由于其 4 个二极管分布在直角坐标的四个象限中,故称之为四象限器件。这种新型的二维位置光电探测器不仅具有光电测量线性好、灵敏度高、稳定性好、噪声低等优点,而且从近红外到紫外的整个可见光谱范围内都有很好的电流响应度,目前已被应用于光电位置检测、激光数字唱机、激光瞄准、导弹制导与跟踪、卫星姿态控制及天文导星等领域中。

四象限光电器件本质上是一个反向偏置的 4 个 PIN 型硅二极管组成的陈列。通常采用高阻 N 型硅片,用 PN 结隔离,经过四象限化光刻工艺制成,与普通 PN 型二极管不同之处在于其在 P 层和 N 层之间夹有一层由本征材料构成的夹心层,采用这种结构有利于提高器件的灵敏度和响应速度。工作在反偏压条件下的四象限器件工作原理图见图 2-271,其中一个 PIN 光电二极管和等效电路见图 2-272。工作时,整个器件可以加上反向直流偏压。因为耗尽层厚度随外加反向偏压的增加而变厚。此时结电容 C_p 变小,二极管可以得到很快的响应。为获得大的带宽, C_p 必须尽可能地小,典型的 C_p 值在 1~1 000 微微法之间取值。但在微光条件下应用时常不加偏压,这种零偏压工作状态通常称为光电二极管的光生伏打工作状态,其主要优点是暗电流等于零,器件本身噪声变小,可以探测很弱的光信号,其缺点是结电容 C_p 增大,限制了带宽和响应速度。

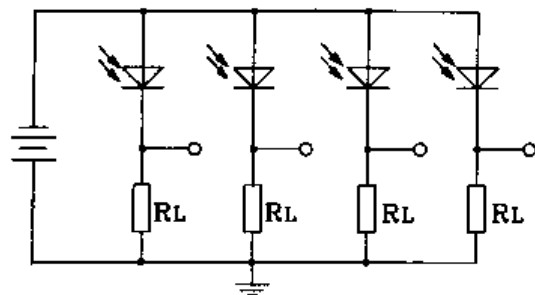


图 2-271 反偏压四象限器件工作原理图

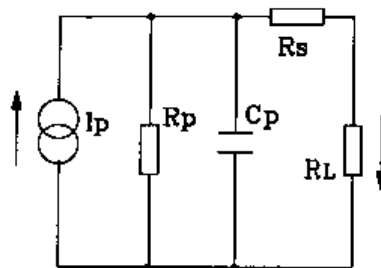


图 2-272 PIN 光电二极管及等效电路

表征四象限器件性能的参数很多,主要参数有:灵敏度 R_0 (亦称电流响应率)、响应时间 T_r (亦称频率响应率)、等效噪声功率 NEP、暗电流 I_0 等。表 2-73 给出了国产四象限器件 GT111 和日本滨松公司生产的 S994-13 四象限器件的主要参数。

表 2-73 主要参数

参数名称		GT111	S994-13	单位
光敏元	尺寸	φ3/φ6	1.45×1.45	mm
	面积	12.26/28.26	2.1	mm ²
光谱响应	范围	0.4/1.1	0.43/1.06	μm
	峰值	0.9	0.85	μm
峰值灵敏度等效噪声功率 NEP		0.5	0.45	A/W
			7×10^{-12}	W/√f
暗电流 I _D		10 ⁻⁸	25×10 ⁻¹²	A
响应时间 Tr		3(V _R =-4V)	300(V _R =0)	ns
工作电压 V _R		-40	-10	V

5. 光敏电阻

光敏电阻是利用半导体的光敏导电特性制成的器件。在受光时,半导体受光照产生空穴和电子(光生载流子),在复合前就由一电极到达另一电极,有效地参与导电,从而使光电半导体的电阻率发生变化。光照强度越强,电阻越小。目前生产的光敏电阻主要是硫化镉(Cds)光敏电阻,它对可见光敏感。

光敏电阻有两种结构:一种为金属外壳;另一种不带金属外壳,如图 2-273。其管芯是在陶瓷基片上涂上光导电体经烧结而成。由于管芯怕潮湿,所以采用密封结构或在其表面涂防潮树脂。一般管芯中光导电体的膜越长,面积越大,受光照后其阻值变化越大,因此,一般都把光导电体膜做成了弓字形。

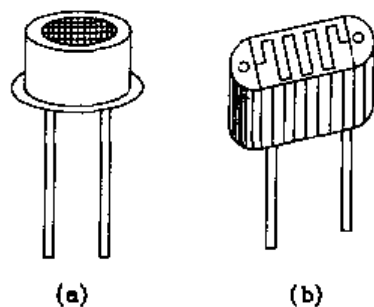


图 2-273 光敏电阻外形结构图

光敏电阻一般分为 MG 型、RG 型及 JN 型三种。其光谱特性与人的视觉特性十分相似。表 2-74 给出了几种 RG 及 JN 型光敏电阻的型号及电气参数值。通常,亮阻是指在一定光照度下的电阻值,MG 和 RG 型是在 100 勒条件下测得,JN 型是在 10 勒条件下测得,对应关系见表 2-75。暗电阻指定全黑暗下的电阻值,一般可达几兆欧到几百兆欧。时间常数指响应时间,一般指上升沿时间,而实际下降沿时间比上升时间大一些。当在光敏电阻上加电压时,就有电流产生,而且其电流与照度有关,照度越大,则电流越大,使用时应注意其耗散功率和最大工作电压。硫化镉光敏电阻体积小、灵敏度高、性能稳定、寿命长、价格低。因此在自动控制、家用电器方面得到广泛应用,例如:照相机自动曝光、电视机亮度自动调整、自动路灯、防盗报警装置等。下面简单介绍两种应用电路。

表 2-74 几种 RG 及 JN 型光敏电阻的型号及电气参数

型号	亮阻 (k Ω)	暗阻 (k Ω)	峰值波长 (nm)	时间常数 (ms)	极限电压 (V)	温度系数 (%/°C)	工作温度 (°C)	材料	耗散功率 (mW)
RG-CdS-A	<50	>100	520	<50	100	<1	-40~80	CdS	<100
RG-CdS-B	<100	>100	520	<50	150	<0.5	-40~80	CdS	<100
RG-CdS-C	<500	>100	520	<50	150	<0.5	-40~80	CdS	<100
JN54C384	3~20	≥ 0.5			>100		-30~60	CdS	30
JN54C69	50~100	≥ 0.5			>100		-30~60	CdS	60

表 2-75 对应关系(k Ω)

100Lx	3~20	40~60	50~100	100~150
10Lx	2~7	5~8	8~13	13~16

(1) 自动照明灯电路

如图 2-274, 此电路适用于医院、学生宿舍楼道及公共场所。它在白天灭而晚上自动亮。图中触发二极管触发电压 30V、白天 A 点电压低于 30V, 触发管截止, 双向可控硅截止。天黑后, GR 阻值变大, A 点电位高于 30V, 触发二极管导通, 可控硅随之导通, 电灯亮。其中 R_1 、 C_1 为可控硅保护吸收回路。

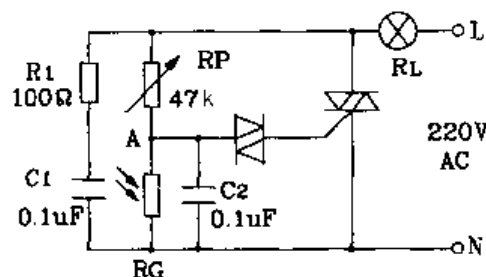


图 2-274 自动照明灯电路

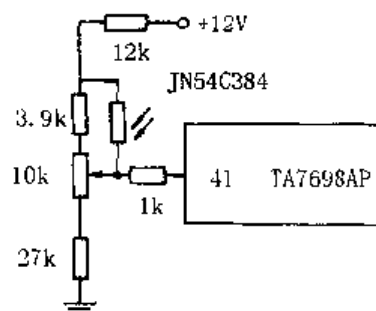


图 2-275 电视机自动亮度调节电路

(2) 电视机自动亮度调节电路

如图 2-275 光敏电阻与对比度电位器中间头相连。利用光敏电阻随光线强度不同而阻值变化的特性, 使电位器中间头电位随光线强度不同而变化, 再通过解码电路 TA7698AP 的控制, 使电视机亮度、对比度、饱和度相应变化。光线亮度大, GR 阻值小, 电位器中间头电位升高, 亮度、对比度、饱和度均增大, 反之减少。光敏电阻可采用 JN54C384 型。

6. 常用 MG 型光敏电阻型号及参数

前面光敏电阻及应用中曾提到, MG 型光敏电阻为三大类光敏电阻中的一类, 下面表 2-76 ~ 表 2-79 给出了常见 MG 型光敏电阻的型号、主要电气参数及外形。其中 MG41 系列适用于波长为 0.4~0.76 μ m 的可见光, 其响应波长峰值为: 0.62~0.63 μ m, 使用环境温度为 -40~+70°C, 可采用直流或交流两种供电方式。MG41-2 $\times$ 10B, 表示两个 10mW 光敏电阻共同装

于一个外壳中,其中A为公共端,如图2-276。MG42系列适用于波长为 $0.45\sim 0.76\mu\text{m}$ 的可见光,其响应波长峰值为 $0.52\sim 0.59\mu\text{m}$,使用环境温度为 $-25\sim +55^{\circ}\text{C}$ 。MG42-5型上升时间小于50ms;MG42-10型上升时间小于20ms。MG43系列适用于波长为 $0.4\sim 0.76\mu\text{m}$ 的可见光,其响应波长峰值为 $0.57\sim 0.58\mu\text{m}$,使用环境温度为 $-40\sim +70^{\circ}\text{C}$,电阻器上升时间常数为20ms。MG45系列适用于波长为 $0.4\sim 0.76\mu\text{m}$ 的可见光,响应波长峰值为 $0.56\sim 0.58\mu\text{m}$,使用环境温度为 $-40\sim +70^{\circ}\text{C}$,电阻器上升时间常数小于20ms。

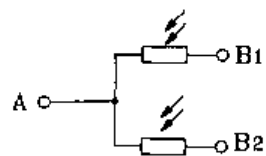


图 2-276 MG41-2×10B 型光敏电阻的内部电路图

表 2-76 MG41 型密封 CdS 光敏电阻器

参 数 型 号	额定功率 (mW)	测试电压 (V)	亮阻 (kΩ)	暗阻 (MΩ)	厂 家	外 形
MG41-20A	20	2	≤ 1	≥ 0.1	国营 华北第 二无线 电器材 厂	
MG41-20B	20	2	≤ 2	≥ 1		
MG41-20C	20	2	≤ 5	≥ 5		
MG41-20D	20	2	≤ 10	≥ 10		
MG41-100A	100	50	≤ 100	≥ 50		
MG41-100B	100	50	≤ 200	≥ 100		
MG41-2×10B	2×10	2	≤ 2	≥ 1		
MG41-2×10C	2×10	5	≤ 5	≥ 5		

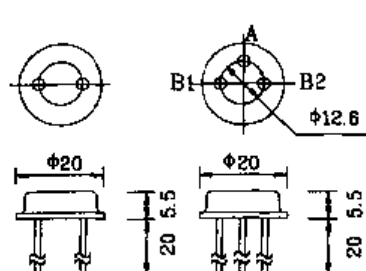
表 2-77 MG45 型非密封光敏电阻器

参 数 型 号	最高工 作电压 (V)	测试 电压 (V)	亮阻 100Lx (kΩ)	暗阻 (MΩ)	厂 家	外 形
MG45-32	20	2	≤ 1	≥ 0.1	国营华北第二 无线电器材厂	
MG45-33	20	2	≤ 2	≥ 1		
MG45-34	20	2	≤ 5	≥ 5		

表 2-78 MG42 型密封 CdS 光敏电阻器

参 数 型 号	额定功 率(mW)	测试电 压(V)	亮阻 (kΩ)	暗阻 (MΩ)	最高工作 电压(V)	照度指数 (10~100Lax)	厂 家	外 形
MG42-5A	5	2	≤ 2	≥ 0.1	20	0.6~0.9	华北 第二 无线 电器 材厂	
MG42-5B	5	2	≤ 5	≥ 0.5	20	0.6~0.9		
MG42-5D	5	5	≤ 10	≥ 1	20	0.7~1		
MG42-10A	10	10	≤ 50	≥ 10	50	0.7~1		
MG42-10B	10	10	≤ 100	≥ 20	50	0.7~1		

表 2-79 MG43 型密封光敏电阻器

参数 型号	额定功率 (mW)	测试电压 (V)	亮阻 (kΩ)	暗阻 (MΩ)	厂家	外形
MG43-52	200	2	≤ 2	≥ 1	华北第二 无线电器 材厂 广东潮州 无线电元 件一厂	
MG43-53	200	5	≤ 5	≥ 5		
MG43-54	200	5	≤ 10	≥ 10		
MG43-2×42	2×100	2	≤ 2	≥ 1		
MG43-2×43	2×100	5	≤ 5	≥ 5		

7. 几种常用国产光电控制器件

目前,光电器件应用十分广泛,其型号也较多,下面简单给出几种国产常用光电器件主要电气参数,供读者应用时参考。

(1)带施密特电路的光电传感器

常见带施密特电路的光电传感器为 GK985 系列,它主要应用于各种自动控制设备中,用作定位开关、光电脉冲发生器及报警开关等方面。此系列光电传感器包括:GK985H、GK985L、GK985LR 三种。图 2-277 为其相应内部电路框图,表 2-80 给出了它们的主要电气参数。

表 2-80 电气参数

参数 型号	电源 电压	驱动 电压	驱动 电流	输出允 许功率	光路选择				遮光输 出电平	引出脚结 构形式
					开 态		关 态			
	Vcc (V)	Vout (V)	Iout (mA)	Pout (mW)	功耗电流 Icc (mA)	ON 电压 Vout (V)	功耗电流 Icc (mA)	OFF 电压 Vout (Vcc)		
GK985H	5	28	16	250	≤40	≤0.3	≤40	≥0.9	高电平	凹形插脚
GK985L	5	28	16	250	≤40	≤0.3	≤40	≥0.9	高电平	凸形插脚
GK985R	5	28	16	250	≤40	≤0.3	≤40	≥0.9	高电平	凹形插脚
生产厂家:苏州半导体总厂										

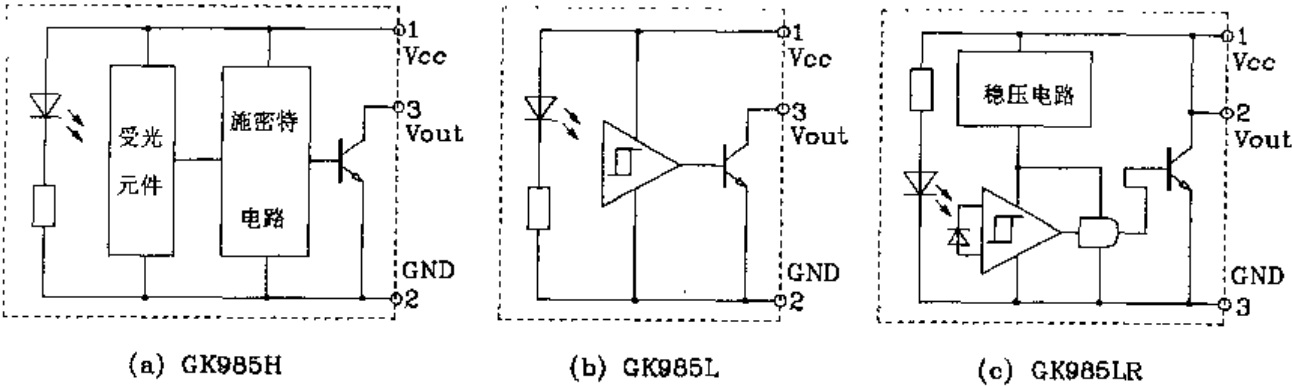


图 2-277 带施密特电路的光电传感器内部电路框图

(2) 光电耦合器

光电耦合器主要用于稳压电源、光电开关、光削波器、功率计、限幅器及线性隔离等方面。主要型号有上海半导体器件八厂生产的 GD1× 系列、GD2× 系列以及 GD31、GD41、GH 系列等。GD 系列外形一般为 4 脚金属圆壳封装形式, GH 系列为双列直插封装形式, 表 2-81 给出三类型号光电耦合器的型号及主要电气参数。

(3) 光敏管输出型光电耦合器

光敏管输出型光电耦合器的作用同上面介绍过的光电耦合器, 应用也十分广泛, 表 2-82 给出了常用光敏管输出型光电耦合器的主要电气参数、型号及国内外代换型号。图 2-278 为相应外形封装形式和内部原理图。

表 2-81 光电耦合器的型号及主要电气参数

类型	参数 型号	输入部分			输出部分				传输	隔离	厂家
		V _F (V)	I _R (μA)	I _{FM} (mA)	I _{ceo} (μA)	BV _{ceo} (V)	V _{ces} (V)	P _{OM} (mW)	CTR (%)	V _{iso} (kV)	
硅光敏 三极管	GD11	≤1.3	≤10	40	≤0.1	≥30	≤0.4	75	10~30	≥0.5	上海 半导体 器件八 厂
	GD12								30~60		
	GD13								60~100		
	GD14								>100		
高压型 硅光敏 三极管	GD15	≤1.3	≤10	40	≤0.1	≥30	≤0.4	100	10~30	≥5	
	GD16								30~60		
	GD17								≥60		
	GD18								10~30	≥10	
	GD19								≥30		
硅达林 顿型	GD21	≤1.3	≤10	40	≤1	≥30	≤1.5	75	100~200	≥0.5	
	GD22								200~500		
	GD23								≥500		
硅达林 顿高压 型	GD24	≤1.3	≤10	40	≤1	≥50	≤1.5	75	100~500	≥10	
	GD25								500		
	GD26								100~500		
	GD27								≥500		
硅光敏 三极管 型	GH303A	≤1.3	≤20	50	≤0.1	≥50	≤0.4	50	10~30	1	
	GH303B							75	30~60		
	GH303C								60~100		
	GH303D								100~150		
	GH303E								>150		
硅达林 顿型	GH332A	1.3	≤10	40	≤1	≥30	≤1.5	75	100~200	1	
	GH332B								200~500		
	GH332C								≥500		

表 2-82 常用光敏管输出型光电耦合器电气参数、型号及国内外代换型号

参数 型号	输 入		输 出			传 输			隔离	外形 管脚
	正向电压 (V)	反向击穿 电压(V)	反向击穿 电压(V)	反向截止 电流(μA)	饱和压降 (V)	电流传输比 (%)	上升时间 (μs)	下降时间 (μs)	绝缘电压 (kV)	
	V _F	V _{BR}	V _{(BR)ceo}	I _{ceo}	V _{ce(sat)}	CTR	t _r	t _f	V _{ISO}	
GD-10A	≤1.3	≥6	≥30	≤0.1	≤0.3	≥20	≤3	≤3	1	(a)
GD-10B						≥30				
GD-10C						≥60				
GD2311	≤1.3	≥6	≥30	≤0.1	≤0.3	≥20	≤3	≤3	2.5	(b)
GD2314						≥30				
GD2312										
GD2315										
GD2313										
GD2316										
GD-S611	≤1.3	≥6	≥30	≤0.1	≤0.3	≥20	≤3	≤3	2.5	(c)
GD-S612						≥30				
GD-S613						≥60				
GD-MA	≤1.5	≥6	≥30	≤0.1		≥0.05	≤0.5	≤0.5	1	(a)
GD-MB	I _F = 500mA					≥0.1				
GD2203	≤1.3	≥6	≥30	暗电流 I _D	输出电流	输出电流比	线性率 δ _F		2.5	(d)
				4.9mA	≥50μA	0.7~1.3				
测试 条件	I _F = 10mA	I _R = 100μA	I _{CE} = 10V	V _{CE} = 10V	I _F = 20mA I _C ÷ 1mA	V _{CE} = 10V I _F = 10mA	V _{CE} = 10V I _F = 25mA R _L = 50Ω	S = 50% f = 100Hz	交流 50Hz 峰值, 1min 或直流	

注:(1)GD2203 为双路输出线性光耦合器,其输出电流 I_{L1} 、 I_{L2} 均符合表中数值,表中输出电流比为 I_{L1}/I_{L2} 。

(2)可代用国内、外型号为:

①GD-10A~C 对应 GD11~14, GD101~103, GD401 和 GD402 等。

②GD2311~2313 和 GD2314~2316 对应 PC801~802, PC817~818, PC617 和 TLP521-1 等。

③GD-S611~S613 对应 TIL114~117, 4N25~28, PC613~614, TLP531~532 和 4N35~37 等。

④GD2203 对应 PC-02 等。

{4} 硅光敏三极管

硅光敏三极管主要用于可见光,近红外光的接收及光电转换的自动控制器、触发器特征识别、纸带与卡片读出器、速度指示器、编码器等。分为普通光敏三极管和达林顿型光敏三极管两大类。普通光敏三极管圆形封装,有两脚、三脚两种外形,三脚封装的带基极引线;达林顿型光敏三极管外形有 $\phi 2$ 环氧陶瓷封装、 $\phi 3$ 环氧陶瓷封装以及 GD1-2 型(金属壳封装)三种封装形式。两类硅光敏三极管主要电气参数见表 2-83 和表 2-84。

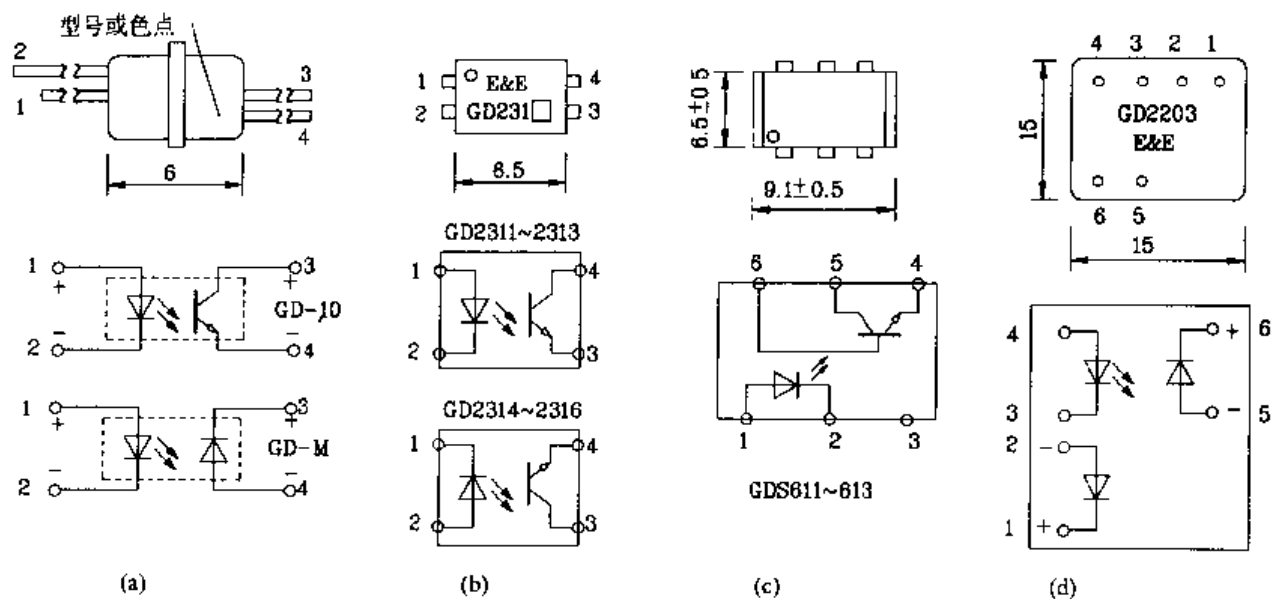


图 2-278 光敏管输出型光电耦合器外形封装形式和内部原理图

表 2-83 电气参数

参数 型号	击穿电压 (V)	最高工作 电压(V)	暗电流 (μA)	光电流 (mA)	开关时间 (μs)				峰值波长 ($\text{\AA}$)	最大功耗 (mW)	厂家
	$V_{(\text{BR})\text{CE}}$	$V_{(\text{RM})\text{CE}}$	I_{D}	I_{L}	t_{r}	t_{d}	t_{f}	t_{s}	λ_{p}	P_{M}	
3DU11	≥ 15	≥ 10	≤ 0.3	0.5~1	3	2	3	1	8 800	70	上海半导体器件八厂
3DU21				1~2						30	
* 3DE21B				1~2						30	
3DE31				≥ 2						30	
* 3DU31B				≥ 2						30	
3DU20				≥ 0.6						75	
3DE30				≥ 0.6						75	
测试条件	$I_{\text{CE}} = 0.5\mu\text{A}$	$I_{\text{CE}} = I_{\text{CD}}$	$V = V_{(\text{RM})\text{CE}}$	$E = 100\text{Lx}$ $V_{\text{CE}} = 10\text{V}$	$R_{\text{L}} = 50\Omega, V_{\text{CE}} = 10\text{V}$ 脉冲 电流幅度为 $1\mu\text{A}$						
注: * 表示此型号带基极引线											

注：* 表示此型号带基极引线

表 2-84 电气参数

参数 型号	击穿电压 (V)	暗电流 (μA)	光电流 (mA)	开关时间 (μs)		峰值 波长 ($\text{\AA}$)	最大 功耗 (mW)	外形封装	厂家
	$V_{(\text{BR})\text{CE}}$	I_{D}	I_{L}	t_{r}	t_{v}	λ_{p}	P_{M}		上海 半导体器件八厂
3DU20D	≥ 45	≤ 1.0	≥ 4	≤ 60	≤ 60	8800	50	$\phi 2$ 环氧陶瓷	
3DU30D			≥ 4					$\phi 3$ 环氧陶瓷	
3DU42			≥ 4					GDI-2 型 (金属壳)	
3DU62			≥ 6						
3DU82			≥ 8						
测试条件	$I_{\text{CE}} = 0.5\mu\text{A}$	$V_{\text{CE}} = 30\text{V}$ $E = 0$	$E = 100\text{Lx}$ $V_{\text{CE}} = 10\text{V}$	$R_{\text{L}} = 50\Omega, V_{\text{CE}} = 10\text{V}$ 脉 冲电流幅度为 $1\mu\text{A}$					

(5) 光电三极管 3DU10~36 和 3DU10B~36B

此类光电三极管主要用于光电计数、自动控制、转速测定、自动报警以及近红外通讯与测量等装置。此外还可用于计算机文字读取等输入电路、光耦合线路及光符号传感器等方面。其中 3DU10B~36B 与 3DU10~36 参数完全相同,区别仅为 3DU10B~36B 带基数引出线,可预置偏流,使响应时间缩短。仅用 C、B 两脚时,即成为光电二极管。表 2-85 给出其主要电气参数。

表 2-85 电气参数

参数 型号	最高工作 电压(V)	暗电流 (μA)	光电流 (mA)	光电响应 时间(sec)	最大电流 (mA)	最大耗散 功率(mW)	最高结温 ($^{\circ}\text{C}$)	厂家
	V_{max}	I_D	I_L	t_r	I_{CM}	P_{CM}	T_{jm}	
3DU10	10	≤ 1.0	≥ 0.5	$10^{-4} \sim 10^{-5}$	20	200	150	武汉大学半导体厂
3DU11	10	≤ 0.3	0.5~1					
3DU12	30	≤ 0.3	0.5~1					
3DU13	50	≤ 0.1	0.5~1					
3DU14	100	≤ 0.2	0.5~1					
3DU21	10	≤ 0.3	1~2					
3DU22	30	≤ 0.3	1~2					
3DU23	50	≤ 0.1	1~2					
3DU24	100	≤ 0.2	1~2					
3DU31	10	≤ 0.3	≥ 2					
3DU32	30	≤ 0.3	≥ 2					
3DU33	50	≤ 0.1	≥ 2					
3DU34	30	≤ 1.0	≥ 4					
3DU35	30	≤ 1.0	≥ 6					
3DU36	30	≤ 1.0	≥ 8					

(6) 高灵敏度光电三极管 3DU80 系列

3DU80 系列高灵敏度光电三极管除具备普通光电三极管的特性外,其灵敏度高,达到了达林顿结构的组件水平,灵敏度典型值为 $20 \sim 50 \mu\text{A}/\text{Lx}$, (Lx :勒)。此外,其饱和压降小,动态范围宽,光电流与光强的线性范围较宽。产品性能与国外最灵敏光电三极管相当,例如日本松下公司的 PN101, PN102; 前联邦德国的 BPW29 等。是国内首先推出的最灵敏品种。型号中的“Q”表示石英平头窗,主要电气参数见表 2-86。

表 2-86 电气参数

参数 型号	最高击穿电 压 V_{BR0} (V)	暗电流 (μA) $V_{\text{CE}} = 10\text{V}$	光电流 (mA) $100\text{Lx}, 10\text{V}$	最大功耗 P_{CM} (mW)	工作波段 (μm)	厂 家
3DU80	≥ 12	≤ 0.1	≥ 1.0	150	0.35~1.1	武汉大学半导体厂
3DU80A		≤ 0.01	≥ 1.5		0.35~1.1	
3DU80B		≤ 0.3	≥ 1.5		0.35~1.1	
3DU80Q	≥ 12	≤ 0.1	≥ 1.5	150	0.35~1.1	
3DU80AQ		≤ 0.01	≥ 2.0		0.35~1.1	
3DU80BQ		≤ 0.3	≥ 2.0		0.35~1.1	

(7) 微弱光灵敏光电三极管 3DU85 系列

3DU85 系列微弱光灵敏光电三极管具有很高的灵敏度,适于微弱光的探测,对 GaAs 发光二极管的红外辐射极灵敏,可用于弱光下工业检测、过程控制及逻辑电路,可用光纤耦合与之联合应用。主要电气参数见表 2-87。

表 2-87 电气参数

参数 型号	光电流 (mA) 20Lx (钨灯)	暗电流 (μA) $V_{\text{CE}} = 10\text{V}$	V_{CEmax} (V) $V_{\text{CEO}} = 10\text{V}$	厂 家
3DU85	≥ 1	≤ 1	≥ 15	武汉大学半导体厂
3DU85A	≥ 1.5	≤ 0.5	≥ 30	
3DU85B	≥ 1.5	≤ 0.1	≥ 30	

(8) 高速光电三极管 3DU-GS 系列

3DU-GS 系列高速光电三极管系专利产品,具有新颖合理的管芯设计,响应速度快。可用于各类高速化学测量及控制系统,也可用于制造高速光电耦合器。其型号及主要电气参数见表 2-88。

表 2-88 电气参数

参 数 型 号	光电流 (mA)	暗电流 (μ A)	响应时间 (μ s)	击穿电压 (V)	厂 家
3DU-GS-1A	≥ 0.5	≤ 1	≤ 2.5	≥ 6	武汉 大学 半导 体厂
3DU-GS-1B	≥ 0.5	≤ 1	≤ 1.5	≥ 6	
3DU-GS-1C	≥ 0.5	≤ 1	≤ 1	≥ 6	
3DU-GS-2	≥ 0.5	≤ 1	≤ 0.7	≥ 6	
测试条件	100Lx $V_{CE} = 5V$	$V_{CE} = 5V$ 无光照	$V_{CE} = 5V, I_L = 1mA$ $I_b = 0, R_L = 50\Omega$	图示仪观 察硬特性	

(9) 光电二极管 2CU 系列

2CU 系列光电二极管可测量 10^{-3} 勒的微弱光, 光谱范围宽, 光电流随光强线性变化范围宽, 达 5 个数量级。可用于多波段亮度计, 地物光谱仪, 三基色(红、绿、蓝)测量以及微弱光探测。也可用做光度与色度测量仪器的探头。型号与电气参数见表 2-89。

表 2-89 主要型号与电气参数

参数 型号	光电流 100Lx (10V)	暗电流 (2V)	工作波段 (μm)	结电容 (15V)	最高工 作电压 V _{max}	开路电压 (1 000Lx) V _{cc}	响 应 率 (0.85 μm)
2CU79	$\geq 20\mu\text{A}$	$\leq 1 \times 10^{-8}\text{A}$	0.35~1.05	$< 30\text{pF}$	30V	$\geq 400\text{mV}$	0.45 $\mu\text{A}/\mu\text{W}$
2CU79A	$\geq 20\mu\text{A}$	$\leq 1 \times 10^{-9}\text{A}$	0.35~1.05	$< 30\text{pF}$	30V	$\geq 400\text{mV}$	0.45 $\mu\text{A}/\mu\text{W}$
2CU79B	$\geq 20\mu\text{A}$	$\leq 1 \times 10^{-10}\text{A}$	0.35~1.05	$< 30\text{pF}$	30V	$\geq 400\text{mV}$	0.45 $\mu\text{A}/\mu\text{W}$
2CU80	$\geq 3.5\mu\text{A}$	$\leq 5 \times 10^{-8}\text{A}$	0.3~1.05	$< 30\text{pF}$	30V		0.45 $\mu\text{A}/\mu\text{W}$
2CU80A	$\geq 3.5\mu\text{A}$	$\leq 5 \times 10^{-9}\text{A}$	0.3~1.05	$< 30\text{pF}$	30V		0.45 $\mu\text{A}/\mu\text{W}$
2CU80B	$\geq 3.5\mu\text{A}$	$\leq 5 \times 10^{-10}\text{A}$	0.3~1.05	$< 30\text{pF}$	30V		0.45 $\mu\text{A}/\mu\text{W}$

厂家:武汉大学半导体厂

(10) PN 结型硅光电二极管

表 2-90 给出了几种北京光电器件厂和南通光电器件厂生产的 PN 结型硅光电二极管的型号及电气参数,图 2-279 为其相应外形封装及外形尺寸图。

表 2-90 PN 结型硅光电二极管的型号及电气参数

参数	击穿电压	峰值波长	光电流	暗电流	响应时间	结电容	外形
型号	V_{RM}	λ_p	I_L	I_D	T	C _J	
	(V)	(μm)	(μA)	(μA)	(ns)	(pF)	
2CU1A	10	0.88	≥ 80	≤ 0.2	<100	≤ 5	(a)
2CU1B	20						
2CU1C	30						
2CU1D	40						
2CU1E	50						

续表

参数 型号	击穿电压 V_{RM} (V)	峰值波长 λ_p (μm)	光电流 I_L (μA)	暗电流 I_D (μA)	响应时间 T (ns)	结电容 C_j (pF)	外形
2CU2A	10	0.88	≥ 30	≤ 0.1	<100	≤ 5	(b)
2CU2B	20						
2CU2C	30						
2CU2D	40						
2CU2E	50						
2CU3A	10	0.88	≥ 15	≤ 0.5	<100	≤ 3	(c)
2CU3B	20						
2CU3C	30						
2CU5A	10	0.88	≥ 10	≤ 0.1	<100	≤ 3	(d)
2CU5B	20						
2CU5C	30						

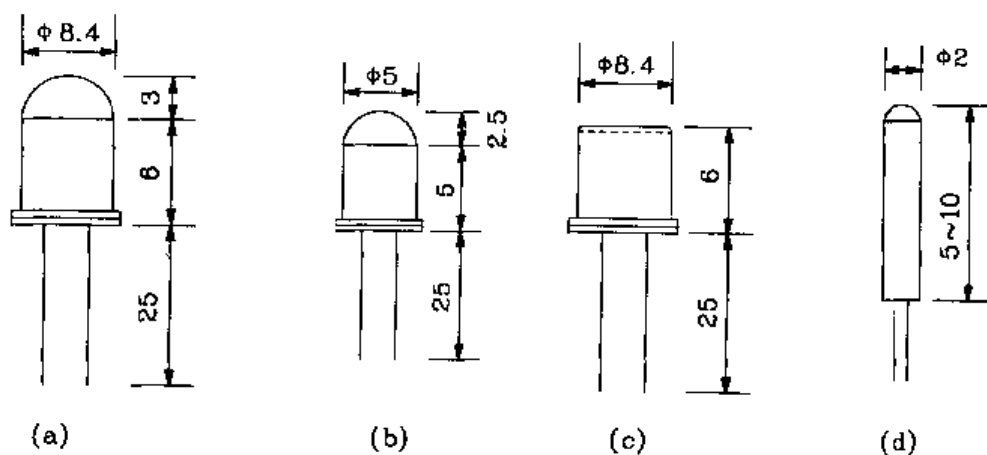


图 2-279 PN 结型硅光电二极管外形封装及外形尺寸图

(11) PIN 型硅光电二极管

PIN 型硅光电二极管与 PN 结型硅光电二极管不同之处在于 PN 结型硅光电二极管只是由一个 PN 结构成,而 PIN 型是在 P 层与 N 层之间夹有一层由本征材料构成的夹心层,采用这种结构有利于提高器件的灵敏度和响应速度。表 2-91 给出几种常见 PIN 型硅光电二极管型号及电气参数。图 2-280 为对应型号外形封装及外形尺寸图。

表 2-91 PIN 型硅光电二极管型号及电气参数

参数 型号	击穿电压 (V)	波长范围 (μm)	灵敏度 ($\mu\text{A}/\mu\text{W}$)	响应时间 (ns)	暗电流 (μA)	结电容 (pF)	光敏区		外形
							面积 mm^2	直径 mm	
2CU101A	15	0.5~1.1	≥ 0.6	<5	<0.01	≤ 3	0.06	0.28	(a)
2CU101B							0.20	0.6	
2CU101C							0.78	1.0	(b)
2CU101D							3.14	2.0	
2CU201A	50	0.5~1.1	0.35	<10	5	≤ 3	0.19	0.5	(a)
2CU201B					10		0.78	1.0	
2CU201C					20		3.14	2.0	(b)
2CU201D					40		12.6	4.0	
PIN09A	≥ 25	0.5~1.1	≥ 0.6	≤ 2	≤ 0.05	≤ 0.9	0.03	0.2	(c)
PIN09B			≥ 0.4	≤ 2	≤ 0.05	≤ 1.3	0.2	0.5	(d)
PIN09C			≥ 0.3	≤ 5	≤ 0.03	≤ 2.7	0.78	1.0	
PIN09D			≥ 0.3	≤ 5	≤ 0.3	≤ 5	3.14	2.0	
PIN09E			≥ 0.4	≤ 2	≤ 0.05	≤ 5	0.03	0.2	
PIN106A	≥ 60	0.5~1.1	≥ 0.4	≤ 10	≤ 0.05	≤ 12	0.2	0.5	(d)
PIN106B			≥ 0.2	≤ 10	≤ 0.3	≤ 2.5	0.78	1.0	
PIN106C			≥ 0.2	≤ 10	≤ 0.3	≤ 5	3.14	2.0	

注:表中 2CU 系列光电二极管由北京光电器件厂生产, PIN 系列光电二极管由国营江南材料厂生产。

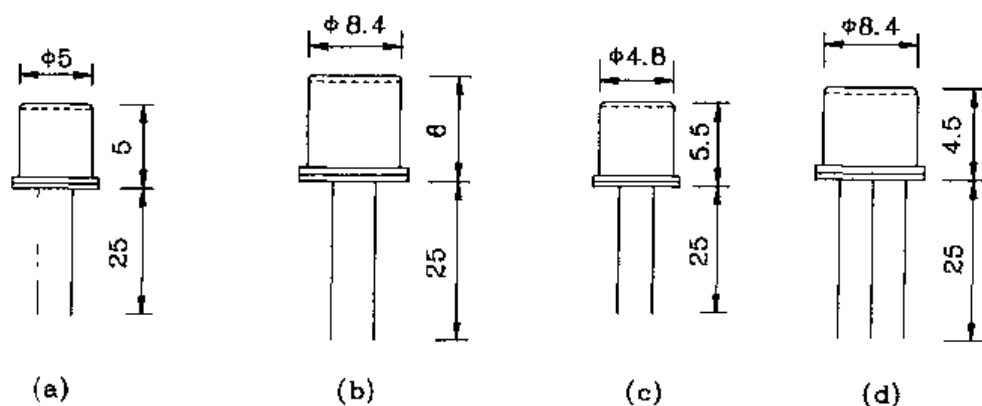


图 2-280 PIN 型硅光电二极管外形封装及外形尺寸图

(12) 硅光伏测量电池 TCC 系列

光电池在一定强度的光照下, 电池两极产生具有一定的能量的电位差。此电位差可用于驱动、控制某些相应电路, 或作为某些电路的电源使用, 例如太阳能计算器、太阳能灯等等。TCC 系列硅光伏测量电池主要用于光学测量及光电探测等场合。表 2-92 中给出了几种硅光伏测量电池的型号及电气参数。

表 2-92 几种硅光伏测量电池的型号及电气参数

参数 型号	短路电流 (μA)	开路电压 (mV)	光谱响应			暗电流 (nA)	反向阻抗 (k Ω)	芯片尺寸 (mm)
			λ_1	λ_0	λ_2			
TCC11A	≥ 3	≥ 260	0.4	0.84	1.06	≤ 100	$\geq 1 \times 10^2$	1.5×5
TCC11B						≤ 50	$\geq 2 \times 10^2$	
TCC11C						≤ 20	$\geq 5 \times 10^2$	
TCC11D						≤ 10	$\geq 1 \times 10^3$	
TCC11E						≤ 1	$\geq 1 \times 10^4$	
TCC11F						≤ 0.1	$\geq 1 \times 10^5$	
TCC12A	≥ 8	≥ 300	0.4	0.9	1.06	≤ 200	$\geq 5 \times 10^1$	3×5
TCC12B						≤ 100	$\geq 1 \times 10^2$	
TCC12C						≤ 50	$\geq 2 \times 10^2$	
TCC12D						≤ 20	$\geq 5 \times 10^2$	
TCC12E						≤ 10	$\geq 1 \times 10^3$	
TCC12F						≤ 1	$\geq 1 \times 10^4$	
TCC13A	≥ 60	≥ 300	0.4	0.84	1.06	≤ 200	$\geq 5 \times 10^1$	13×13
TCC13B						≤ 100	$\geq 5 \times 10^1$	
TCC13C						≤ 50	$\geq 1 \times 10^2$	
TCC13D						≤ 20	$\geq 2 \times 10^2$	
TCC13E						≤ 10	$\geq 5 \times 10^2$	
TCC13F						≤ 5	$\geq 1 \times 10^3$	
TCC14A	≥ 8	≥ 300	0.4	0.9	1.06	≤ 200	$\geq 5 \times 10^1$	4×4
TCC14B						≤ 100	$\geq 1 \times 10^2$	
TCC14C						≤ 50	$\geq 2 \times 10^2$	
TCC14D						≤ 20	$\geq 5 \times 10^2$	
TCC14E						≤ 10	$\geq 1 \times 10^3$	
TCC14F						≤ 1	$\geq 1 \times 10^4$	
TCC15A	≥ 0.5	≥ 260	0.4	0.64	1.06	≤ 50	$\geq 2 \times 10^2$	1.5×1.5
TCC15B						≤ 20	$\geq 5 \times 10^2$	
TCC15C						≤ 10	$\geq 1 \times 10^3$	
TCC15D						≤ 1	$\geq 1 \times 10^4$	
TCC15E						≤ 0.1	$\geq 1 \times 10^5$	
TCC15F						≤ 0.01	$\geq 1 \times 10^6$	

十二、湿敏控制电路

湿敏控制顾名思义即是对湿度进行检测与控制。随着现代化技术的发展及对生活、工作环境要求的提高,湿敏控制的应用越来越广泛,成为生产和生活中必不可少的手段。例如:半导体元器件生产车间,当相对湿度低于 30% 时,容易产生静电;粉尘大的车间,当湿度小且产生静电时易发生爆炸;编织行业为减少棉纺断头,其车间要求相对湿度应达 65% ~ 70% RH;存放烟草、茶叶、药材的仓库,在湿度过大时,易发生霉变和变质以及农业上的育苗、蔬菜、水果的保鲜等等。这些方面都必须对环境湿度进行检测或控制,但是,湿度控制比温度控制要困难的多,这不仅因为空气中水蒸气的含量少,而且还受热平衡以及水蒸气压力平衡、湿敏元件的物理化学特性及被测环境的影响。一般工业上均使用电子式的水分子亲合型湿敏元件,即湿度的变化产生电参数(阻抗或电容)的变化。此类湿敏元件可分为阻抗式及电容式两大类,每一类又因所用材料、结构及制造工艺不同而有若干种类。下面将简单介绍几种常见湿敏元件及控制电路。

1. 阻抗式湿敏元件

阻抗式湿敏元件是利用其阻抗随湿度变化的特性来测试湿度的。常见的阻抗式湿敏元件有:氯化锂(LiCl)湿敏元件、金属氧化物陶瓷湿敏元件、厚膜湿敏元件和薄膜湿敏元件。

(1) 氯化锂湿敏元件

氯化锂湿敏元件已有几十年的历史,经不断改进,在性能上已有较大提高。它采用真空镀膜工艺,在玻璃基片上镀上一层梳状金电极,然后再在其上涂一层氯化锂和聚乙烯醇等配制的感湿胶膜。聚乙烯醇是一种粘性很强的多孔性物质,它与氯化锂结合后,水分子很容易在其薄膜中吸附与释放,从而使元件的阻抗发生迅速变化。为提高它的抗污染能力,还在其表面涂有一层多孔性的保护膜。每一片氯化锂湿敏元件只能测一定的湿度范围,若要求测量范围大时,可将几片组合使用即可达要求,这种湿敏元件特点是长期稳定性极好,制成的湿度仪有较高的精度($\pm 2\%$ RH),响应速度快。缺点是尺寸较大,结露时易失效。它最适用于空调系统。表 2-93 给出了 DWS-P 型氯化锂湿敏元件的基本电气参数。图 2-281 为其结构、外形尺寸图。

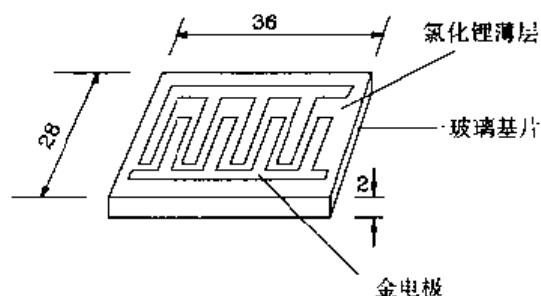


图 2-281 DWS-P 型氯化锂湿敏元件
结构、外形尺寸图

表 2-93 DWS-P 型氯化锂湿敏元件电气参数

参数	测量范围	工作温度	精度*	湿滞**	响应时间	工作频率	工作电压	稳定性***	感湿成分结构	主要成分
型号	%RH	℃	%RH	%RH	s	Hz	(AC)V	%RH/年		
DWS-P	15~95	5~50	±2	1	10	50	<6	2	薄膜	氯化锂
生产厂家		北京建研院空调所								
备 注		* 一般指做成湿度仪的精度 ** 目前无统一测试方法 *** 测定方法不统一								

(2) 金属氧化物陶瓷湿敏元件

金属氧化物陶瓷湿敏元件由金属氧化物(NiO 、 MgO 、 ZnCr_2O_3)多孔性陶瓷经烧结而成。烧结体有微细孔,使湿敏层吸附或释放水分子而改变其阻抗值。此类元件特点是:在测量范围内,其阻抗变化甚大,在低湿时,阻抗可达 $10^6 \sim 10^7 \Omega$,在高湿时为 $10^3 \Omega$ 。此外它们的阻抗与湿度的曲线呈非线性关系(阻抗对数值与湿度呈线性关系),并有一定的温度系数。常见型号为 UD-08 型。UD-08 型湿敏元件是一种由氧化镍(NiO)经烧结而成的多孔性陶瓷体。其结构及外形见图 2-282,表 2-94 为其基本电气参数。此种湿敏元件特点是工作稳定性好,工作寿命长,对丙酮、苯等蒸气有抗污染能力。另外它在低湿时阻抗较小(仅几兆欧),在电路上好处理。在结构上增加了过滤层,所以响应时间较长,适合在空调系统中作测湿元件。

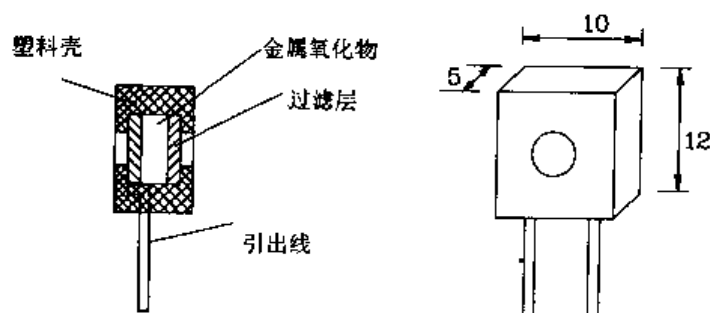


图 2-282 UD-08 型湿敏元件结构及外形图

表 2-94 电气参数

参数	测量范围	工作温度	精度*	湿滞**	响应时间	工作频率	工作电压	稳定性***	感湿成分结构	主要成分
型号	%RH	℃	%RH	%RH	分钟	Hz	(AC)V	%RH/年		
UD-08	5~90	0~60	±3	<3	<3	50~100	1	1~2	烧结体	NiO
备 注		精度、湿滞、稳定性同表 2-93 中“备注”								

(3) 厚膜及薄膜湿敏元件

厚膜及薄膜湿敏元件也是以金属氧化物为材料,采用烧结法或凝胶法制成的。常见型号 BTS-208 为厚膜型,CMS-A 为薄膜型。图 2-283 给出了 BTS-208、CMS-A 湿敏元件的外形、结构。表 2-95 为其相应基本电气参数。

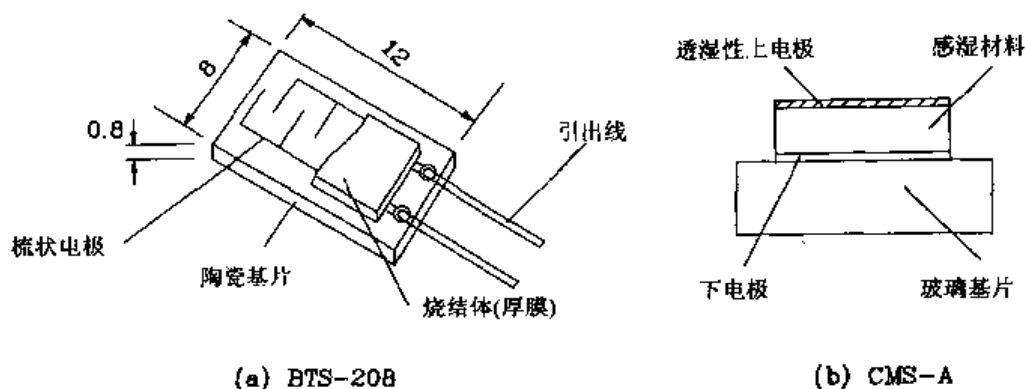


图 2-283 BTS-208 和 CMS-A 湿敏元件的外形结构图

BTS-208 型湿敏元件是以 96 瓷片为基片,做出梳状钯银电极后,再用丝网印刷印上一层多孔性金属氧化物,再经烧结而成。它具有很高的机械强度,稳定性好,工作寿命长,测湿范围宽,特别适用于温度较高,湿度较大的场合。

CMS-A 型湿敏元件所用薄膜由硅镁复合氧化物组成,它的特点是响应速度快。元件阻抗的对数与湿度呈线性关系,使用寿命在 2 年以上(与环境条件有关)。

表 2-95 电气参数

参数 型号	测量 范围 %RH	工作 温度 ℃	精度 * %RH	湿滞 ** %RH	响应 时间 s	工作 频率 kHz	工作 电压 (AC)V	稳定性 *** %RH/年	感湿成 分结构	主要 成分
BTS-208	0~100	-30~150	±4	2~3	<60	0.1~0.2	<20	<4	厚膜	氧化镁 氧化铬
CMS-A	10~98	-35~100	<±2	1	≤10	0.04~1	1~5	<(1~2)	薄膜	硅镁复 合氧化物
备注	精度、湿滞、稳定性同表 2-93 中“备注”									

(4) 阻抗式湿敏元件应用电路

阻抗式湿敏元件有几个共同缺点:互换性差;阻抗与相对湿度特性不是线性关系(阻抗对数值与相对湿度呈线性关系);有一定的温度系数。因此,在电路设计上要增加线性化处理电路及温度补偿电路。阻抗式湿敏元件必须在交流电压(对频率及幅值有要求)下工作,电路中要设计低频振荡电路。因此电路设计及调试有一定困难。图 2-284 给出了其典型应用方框图。图 2-285 为其简单应用电路。图中 A_1 为输出 900Hz、1.3V 正弦波的低频振荡器。反馈回路中串联两个并接的 LED,以提高它的振幅稳定性。 A_2 是利用硅二极管正向电压—电流成对数特性的对数压缩电路,用来补偿湿敏元件的非线性。由于湿敏元件在低湿时阻抗在 100MΩ 以上,所以 A_2 应采用输入阻抗高的运算放大器,且其反相输入端应选回具有高绝缘性能的输入端子。对数压缩电路采用的硅二极管,应具有 $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$ 的温度特性,所以能对湿敏元件起温度补偿作用。但此温度补偿可能不准确。故电路中又增加了 VD_6 、 RP_1 ,调整 RP_1 以获得最佳温度补偿。 A_3 为半波整流电路,其直流电压经 A_4 放大后输出。

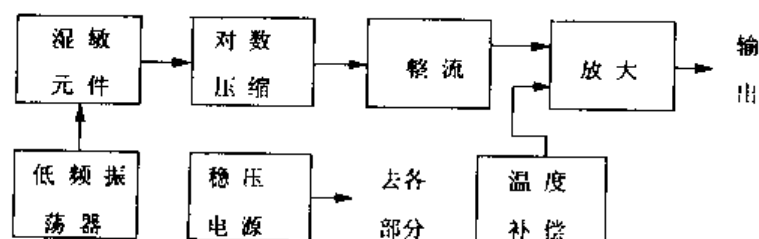


图 2-284 阻抗式湿敏元件典型应用方框图

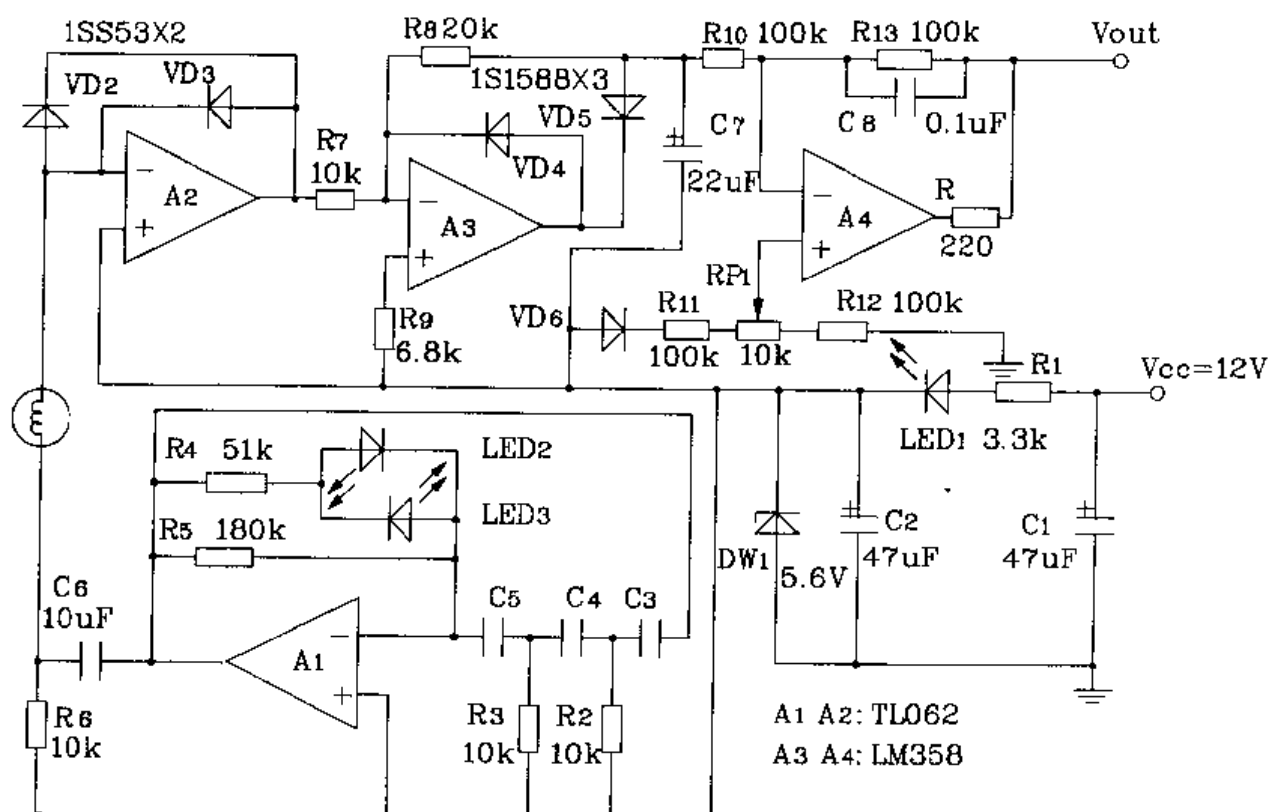


图 2-285 阻抗式湿敏元件简单应用电路

2. 电容式湿敏元件

(1) 简介

电容式湿敏元件是在玻璃基片上做一个电极，再在其上薄薄地涂一层聚合物($1\mu\text{m}$)，第二个电极为一层可透气的金属薄膜($100\text{\AA}$ 左右， $1\text{\AA}=10^{-10}\text{米}$)，相对湿度变化影响到复合物的介电常数，从而改变了元件的电容值。这种湿敏元件最大特点是尺寸小、响应快、线性度好、温度系数小，并有较好的稳定性。表 2-96 给出了 RHS 型和 MC-2 型电容性湿敏元件的基本电气参数。图 2-286 为 MC-2 型湿敏元件的特性曲线和响应曲线。

表 2-96 RHS 型和 MC-2 型电容性湿敏元件电气参数

参数	测量范围	工作温度	线性度	湿滞	响应时间	工作频率	工作电压	稳定性	温度系数
型号	%RH	℃	%	%RH	s	kHz	(AC)V	%RH/年	%RH/℃
MC-2	5~95	-20~180	±1	1	<60	10~200	1	2	0.2
RHS	0~100	-10~70	±2	1	<2	50~300	<12		

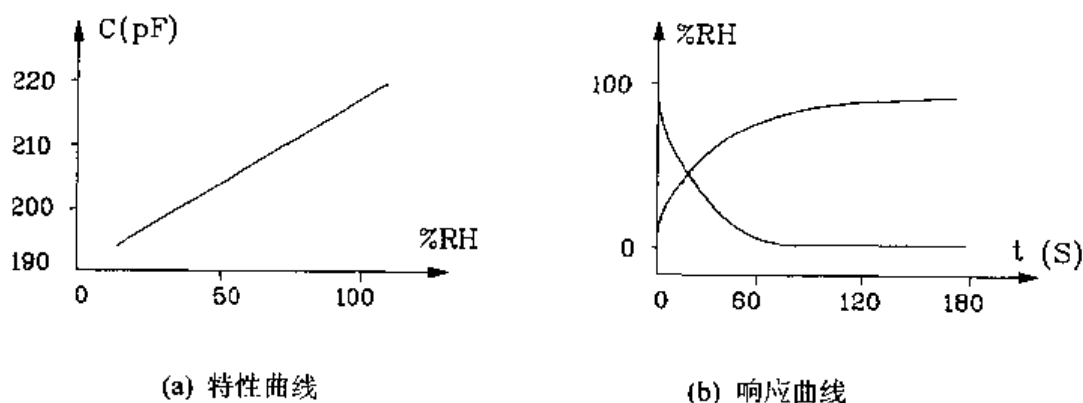


图 2-286 MC-2 型湿敏元件的特性曲线和响应曲线图

(2) 应用

电容式湿敏元件一般是作为一个电容器置于 RC 多谐振荡器电路中使用的。当湿度变化时,电容值发生改变,从而振荡器输出的频率发生变化,再经 f/V 变换成直流电压输出。图 2-287 为 MC-2 型湿敏元件应用电路。电路由两个时基电路组成。第一个为多谐振荡器,由 R_1 、 R_2 、 C_1 提供 20ms 的脉冲来触发第二个时基电路。第二个时基电路为一个可变脉宽发生器,其脉宽取决于湿敏元件的电容值大小。电源电压采用 2.5V,以保证 MC-2 湿敏元件工作电压不超过 1.0V,脉冲调宽信号由 9 脚输出,或经 R_5 、 C_3 滤波后成为直流输出,其灵敏度为 20mV/%RH。

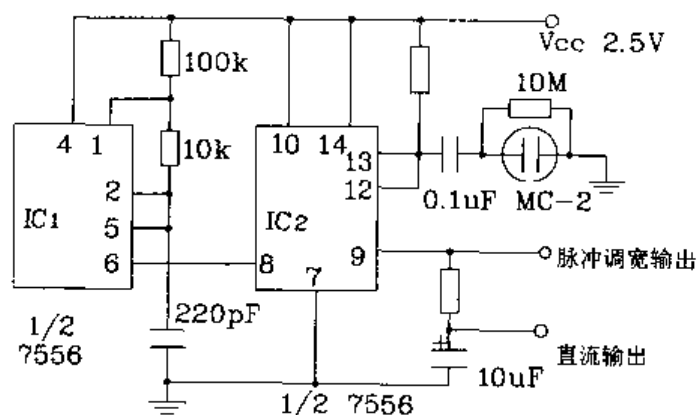


图 2-287 MC-2 型湿敏元件应用电路

3.SM-1 湿敏半导体器件

SM-1 湿敏半导体器件是用金属氧化物半导体材料氧化铬-氧化镁复合氧化物-二氧化钛 ($\text{MgCr}_2\text{O}_4\text{-TiO}_2$) 制成的多孔陶瓷型“湿-电”转换器件,此器件具有使用湿度范围大,检测湿度范围宽,响应速度快,电导率变化范围大等特点,尤其是由于采用了加热清洗技术,解决了长期使用由于污染引起的精度下降问题。特别适用于湿度测量、监测监控仪表设备中做传感器件使用。可广泛应用于电子产品,精密机械,纺织,军火生产,食品加工,种子、粮食、烟草贮存,蔬菜水果保鲜,空气调节及环境监测等领域中。SM-1 型属于阻抗式湿敏元件,表 2-97 给出了其基本电气参数、最佳工作状态参数及生产厂家。

表 2-97 电气参数、最佳工作状态参数及生产厂家

参数名称	参 数 值	厂 家
工作温度	$1 \sim 150^\circ\text{C}$	哈尔滨通江晶体管厂
测湿范围	$1\% \sim 100\% \text{RH}$	
误差	$\pm 4\% \text{RH}$	
灵敏度 $T = 20^\circ\text{C}$	$R_{12.4\% \text{RH}} = N \times 10^7 \Omega$, ($1 < N < 10$), 典型值 $70 \text{M}\Omega$	
	$R_{12.4\% \text{RH}}/R_{97.2\% \text{RH}} > 10^3$, 典型值 2000Ω	
响应时间	$90\% \text{RH} \rightarrow 50\% \text{RH} < 10 \text{sec.}$	
	$15\% \text{RH} \rightarrow 55\% \text{RH} < 10 \text{sec.}$	
参数名称	最佳工作状态值	
清洗电压	$9\text{V} \pm 0.2\text{V}$	
清洗功率	$\leq 10\text{W}$	
清洗定时	10sec.	
清洗后延时	240sec.	
工作频率范围	$20 \sim 1000 \text{Hz}$	
额定电压(交流)	$\leq 7\text{V}$	

4. 几种国产湿度传感器简介

目前,国内生产的湿度传感器种类不很多。表 2-98 给出了几种常见湿度传感器型号及主要电气参数,并附有相应生产厂家。

表 2-98 常见湿度传感器型号、主要电气参数及生产厂家

参数 型号	测量 范围	工作 温度	输出	精度	响应 时间	电源 电压	稳定性	厂 家
	% RH	$^\circ\text{C}$	mV	%	s	V	%RH/年	
DCM-2 湿度传感器	0~99	-40~70	0~100		<10			齐齐哈尔北方无线电厂

续表

参数 型号	测量 范围	工作 温度	输出	精度	响应 时间	电源 电压	稳定性	厂 家
	%RH	℃	mV	%	s	V	%RH/年	
MSR 湿度传感器	15~100			5	<40	5	1~2	江苏无线电研 究所
TiO ₂ -V ₂ O ₅ 湿度传感器	10~98	0~100		4	120			成都电讯工程 学院
JSD-4 电子湿度计	1~100	1~40		4	10	220V (AC)		北京传感器仪 表销售中心
MSK 湿敏电阻	0~90	-20~50			30			成都市无线电 四厂
MSC-2 湿敏电阻	5~100	20~40						上海无线电二 十三厂
陶瓷湿敏 元件	1~100	20~250		3	<20			上海长江无线 电元件二厂
MCS1 陶瓷 湿敏元件	0~98			4	20~40	≤10		华中理工大学

5. RSD-2 湿度传感器

RSD-2 湿度传感器主要用于测量环境的相对湿度,其感湿元件是高分子薄膜式湿敏电容,它的电容容量相对湿度呈线性关系,经过 C/V 转换后,输出的直流电压就与被测环境的相对湿度成线性关系。因此,RSD-2 湿度传感器使用方便,应用电路简单。

(1) 结构

RSD-2 湿敏传感器采用 RSM-1 型湿敏电容作为感湿元件,采用半导体平面工艺制成,具有良好的线性和一致性,易于互换。图 2-288 给出 RSM-1 结构示意图。它的上电极为一网状多孔金属电极,下电极是一梳状金属电极,上、下电极间是亲水性高分子介质膜。RSM-1 型湿敏电容是由二个梳状下电极、高分子薄膜和上电极构成两个并立电容器串联而成的。当环境相对湿度改变时,高分子薄膜通过网状上电极吸收或放出水分。由于小分子的高极化性。使薄膜介电常数发生变化,导致元件静电电容改变。因此湿敏电容的性能主要取决于感湿材料的选择。

(2) 基本原理

RSD-2 湿敏传感器主要由湿敏电容和 C/V 转换电路两部分组成。C/V 转换电路是一个 1.5MHz 的多谐振荡器,其中湿敏电容作为多谐振荡器的一个时基电容,其容量随环境相对湿度的改变而变化,这就导致振荡器输出波形的频宽比发生相应变化,测量频宽比的方法是用低通滤波器获得多谐振荡器波形的平均值。两个信号差值对应于湿度传感器的电压-湿度特性。RSD-2 内部电原理图见图 2-289。

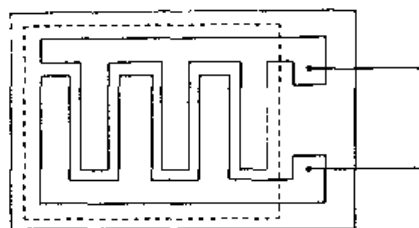


图 2-288 RSM-1 内部结构示意图

(3) 性能参数

RSD-2 湿敏传感器以直流电压输出,其输出电压(mV)与相对湿度的线性关系曲线见图 2-290。其技术参数为:测量范围 0%~99% RH;测量误差在 0%~80% RH 时 $\leq \pm 2\%$,在 80%~99% RH 时 $\leq \pm 4\%$;使用温度范围 $-20 \sim 60^{\circ}\text{C}$,不加保护时响应时间小于 10s,加保护时小于 30s;温度系数 $\leq \pm 0.2\% \text{ RH}/^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 使用注意事项

① 不能用手触摸湿敏电容的敏感表面。
② 避免在腐蚀性环境中使用,若在含 SO_2 或尘埃较多的环境中使用时应戴上铜滤芯保护罩。

③ 不能直接浸入水中。

④ 为保证测量精度,在正常使用时,传感器应每年重新标定一次。

6. 低湿度检测电路

电路检测元件采用 CGS-H 型陶瓷湿度传感器。此传感器高温性能良好,被普遍应用于高温环境中检测湿度。一般情况下,在大气温度超过 100°C 的干燥环境下,相对湿度相当低,此时传感器本身的阻抗很高,难以精确地检测湿度。若采用本文介绍的电路,则对在相对湿度在 10% 以下的大气湿度中也可进行高精度测量。

电路如图 2-291 所示,运算放大器 A_1 、 A_2 、 A_3 为传感器信号的初级放大和差动放大电路,它不受运算放大器偏置导致的温度漂移和工频噪声的影响,可稳定地检测传感器的输出信号。 A_4 、 A_5 、 A_6 为信号线性提升电路和采用热敏电阻的温度补偿电路。通常在湿度传感器 CGS-1-1 的温度系数与热敏电阻温度系数一致时,便可简单取出与温度无关的信号。

电路中除 $R_1 \sim R_8$ 电阻以外,其它元件数值可在运算放大器输出不饱合的情况下适当选择。而 $R_1 \sim R_8$ 电阻值的选取将直接影响输出是否受温度影响。假定 CGS-H 的温度系数常数微小变化的第一点用 $R_3 \sim R_5$ 表示,第二点用 R_7 表示,它们与热敏电阻相对应的等效电阻串

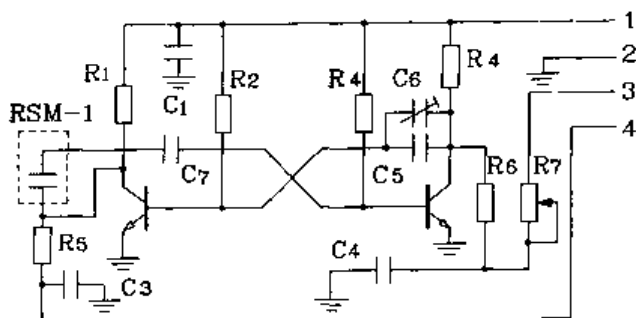


图 2-289 RSD-2 内部电原理图

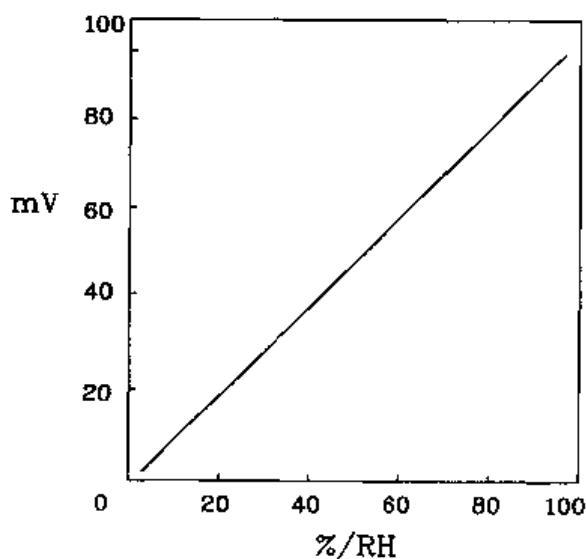


图 2-290 RSD-2 输出特性曲线

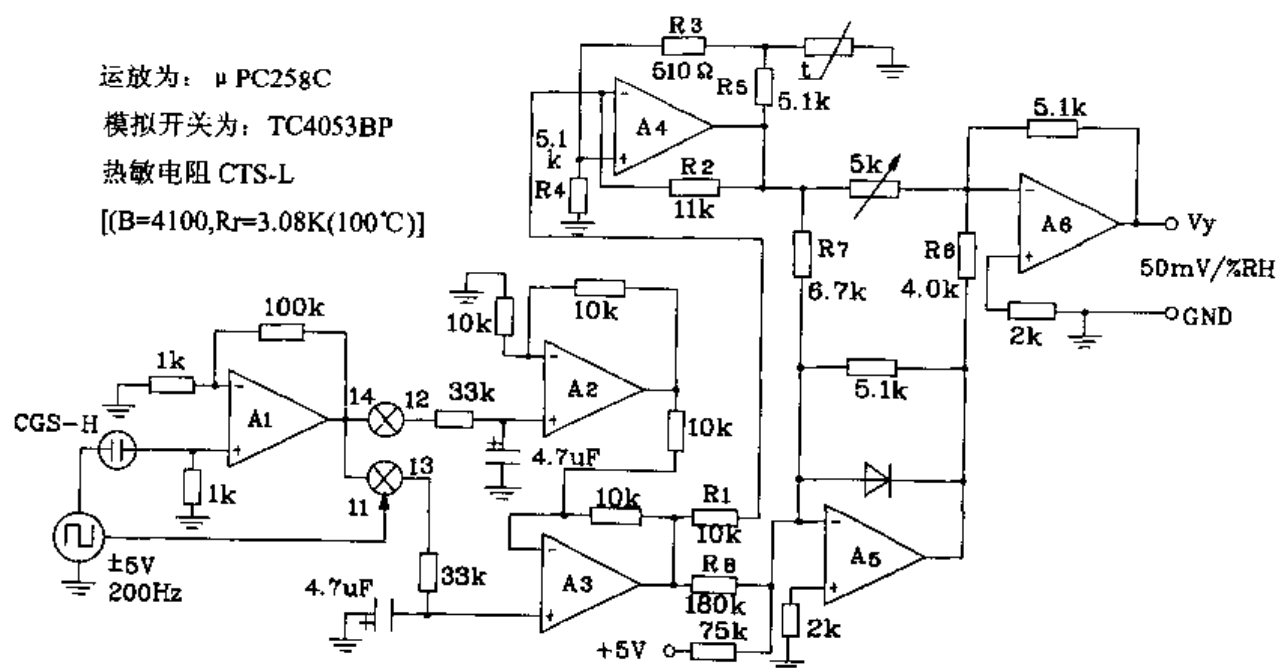


图 2-291 低湿度检测电路图

联连接,从而补偿温度系数常数。 $R_1 \sim R_8$ 计算方法如下: R_1 、 R_2 取固定值 $10k\Omega$ 、 $11k\Omega$ 即可。 R_3 、 R_4 、 R_5 组合串并联后应等于热敏电阻的串联等效电阻 R_S , 其中 $R_S = (R_{T1} \cdot X_C - R_{T2} \cdot X_D) / (X_D - X_C)$, 式中 $R_{T1} = 11.5k\Omega$, $R_{T2} = 3.08k\Omega$ (R_{T1} 、 R_{T2} 为 $60^\circ C$ 、 $100^\circ C$ 时热敏电阻的阻值), $X_C = 0.157V$, $X_D = 0.39V$ (连线与 X 轴平行的 C、D 两点的 V_X 值)。图 2-292 为 CGS-H 的温度-湿度特性曲线。由此图可求出电阻的常数, 设 Y 轴表示相对湿度(V_Y), X 轴表示传感器输出电压(V_X)。图 2-293 为 $60^\circ C$ 和 $100^\circ C$ 的温度-湿度特性曲线及相关曲线。 L_1 、 H_1 为 $60^\circ C$ 时的直线, L_2 、 H_2 为 $100^\circ C$ 时的直线。直线交点 A、B 的连线与 Y 轴平行(也可能不平行)。直线 L_1 、 L_2 的温度性能由热敏电阻进行温度补偿。这样由图 2-292 和图 2-293 可知 $R_S = 2.67k\Omega$ 。则 R_3 、 R_4 、 R_5 有一组取值, 图中我们取 $R_3 = 510\Omega$, $R_4 = R_5 = 5.1k\Omega$ 。

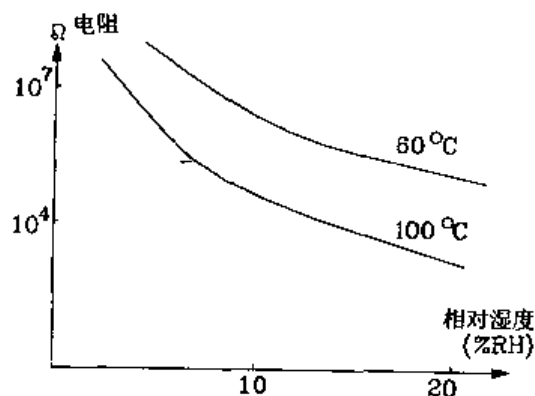


图 2-292 CGS-H 的湿度-湿度特性曲线图

又直线 L_1 的输入-输出特性为 $V_Y = [(R_{T1} + R_S) / 2.43] \cdot V_X \cdot (5.1 / R_6)$, 其中 V_X 、 V_Y 为图中 C 点坐标, 所以 $R_6 = 4.68k\Omega$ 。直线 H_1 、 H_2 的输入-输出特性为 $V_Y = \{ [1 / R_8] \cdot [R_T + R_S] \cdot [(1 / R_6) - (1 / R_7)] \} + 0.34V$ 。

从图中曲线得出 $60^\circ C$ 时 H_1 , $100^\circ C$ 时 H_2 各自的 V_X 、 V_Y (点 E、F 坐标) 以及 R_T ($60^\circ C$ 、 $100^\circ C$ 的电阻值) 代入上式, 解联立方程, 可求出 $R_7 = 6.7k\Omega$, $R_8 = 180k\Omega$ 。当然, 根据实际情况, R_3 、 R_4 、 R_5 也可选其它的值, 但必须满足 $R_S = (R_3 + R_4) / R_5$ 。同时当选用不同热敏电阻时, 其特性曲线也不同, $R_3 \sim R_8$ 值也将不同, 读者在使用时应予以注意。

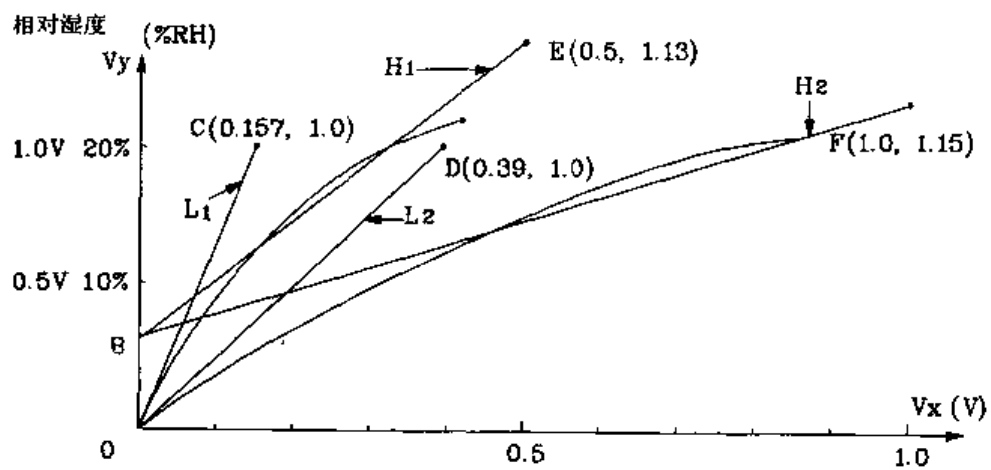


图 2-293 60°C 和 100°C 的温度-湿度特性曲线及相关曲线图