

无线电爱好者丛书

红外线与超声波 遥控

苏长赞 编著

本资料由OKXIA视听皮带资源库www.okxia.cn提供



5537/19

无线电爱好者丛书

红外线与超声波遥控

苏长赞 编著



人民邮电出版社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书详细地介绍了红外线发射与接收器件及超声波传感器的基本知识、选用和测试方法、电路的设计技巧,并以较多篇幅,向读者提供了几十个新颖而实用的红外线和超声波遥控电路。

本书通俗易懂、内容翔实,可供广大无线电爱好者阅读,也很适合有关技术人员开发、设计红外线和超声波遥控产品时参考。

无线电爱好者丛书

红外线与超声波遥控

Hongwaixian Yu Chaoshengpo Yaokong

苏长赞 编著

责任编辑 刘文铎

*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

顺义振华胶印厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:787×1092 1/32 1993年12月 第一版

印张:14 1993年12月 北京第1次印刷

字数:319千字 印数:1-6000册

ISBN7-115-05061-9/TN·681

定价:9.60元

中国电子学会
《无线电爱好者丛书》编委会

名誉主编：孟昭英

主 编：牛田佳

副主编：宁云鹤

编 委 （以姓氏笔画为序）：

王尔乾 王明臣 刘 诚

刘宪坤 安永成 孙彦昕

郑人杰 武世鹏 赵连凯

无线电爱好者丛书前言

众所周知,迅速发展着的无线电电子技术,是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识,培养更多的无线电爱好者,适应现代化建设的需要,中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发,按照理论联系实际的指导思想,深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理;介绍各种家用电器、电子设备(如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等)的工作原理、制作技术、使用和维修方法,为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书,使读者通过阅读本丛书和不断动手实践,能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者,对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见,给予帮助。让我们共同努力,为普及无线电电子技术,为实现我国现代化做出贡献。

前 言

随着科学技术的不断发展,遥控技术正在向各个领域渗透,特别是红外线与超声波遥控技术,在工业生产、家用电器、安全保卫以及人们的日常生活中得到了广泛应用。广大无线电电子爱好者及有关工程技术人员对此表现出浓厚的兴趣,他们希望能够设计开发出红外线与超声波遥控方面的产品,或自己动手制作适用的遥控装置。本书若能对读者有所帮助,便是编著者最大的愿望。

本书内容主要包括:红外线遥控的基本概念、红外线发射与接收器件、简单红外线遥控电路、频分制红外线遥控电路、码分制红外线遥控电路、简单红外光通信电路、超声波遥控电路(包括超声传感器)等几部分。

本书力求内容丰富,语言通俗易懂。在阐明各种电路的基本原理之后,均列举一定数量的典型应用电路,供读者参考。读者通过阅读本书,不仅可获得红外线与超声波遥控技术的基本知识及各种单元电路的设计方法,还可获得许多有实用价值的应用参考电路。这样编写的目的旨在使读者阅后能够运用基本原理,根据实际需要,举一反三,设计开发出更加新颖实用的电路。

书中电路以集成器件为主,并尽量采用新型元器件。但为适应不同读者需要,对分立器件电路也作了一定的介绍。

在本书编著过程中,得到了许多同行及各界朋友的支持与合作,邹殿贵、苏长质、方丽等同志作了多方面的工作,在此一并致谢。

由于作者水平和能力所限,书中错误在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第一章 红外线遥控的基本概念	(1)
1.1 红外线遥控及其特点	(1)
1.2 红外线遥控的基本原理	(3)
1.2.1 红外线遥控是怎样进行的	(3)
1.2.2 频分制与码分制红外线遥控	(4)
1.2.3 单通道与多通道红外线遥控	(7)
第二章 红外线发射与接收器件	(9)
2.1 半导体及PN结的基本特性	(9)
2.2 红外发光二极管	(13)
2.2.1 结构原理.....	(13)
2.2.2 特性与参数.....	(15)
2.2.3 基本驱动方式.....	(20)
2.3 光敏二极管	(24)
2.3.1 结构原理.....	(24)
2.3.2 特性参数.....	(26)
2.4 光敏三极管	(29)
2.4.1 结构原理.....	(29)
2.4.2 特性与参数.....	(30)
2.5 红外线发射与接收器件使用注意事项及简易测试	(32)

2.5.1	红外发光二极管使用注意事项及简易测试	.....	(32)
2.5.2	光敏二极管与光敏三极管使用注意事项及简易测试	.....	(33)
第三章	简单红外线光控电路	.....	(37)
3.1	简单红外线光控电路的基本原理	.....	(37)
3.2	简单红外线光控电路应用举例	.....	(38)
3.2.1	红外光与自然光双光控延时节电开关	.....	(38)
3.2.2	印刷机用纸张监控器	.....	(42)
3.2.3	红外线检测长度自动测量仪	.....	(44)
3.2.4	红外线光电密码锁	.....	(51)
3.2.5	红外线检测数字转速测量仪	.....	(54)
3.2.6	听指挥的红外线光控玩具汽车	.....	(62)
第四章	频分制红外线遥控电路	.....	(67)
4.1	发射器	.....	(67)
4.1.1	集成电路指令振荡器	.....	(68)
4.1.2	分立器件指令振荡器	.....	(84)
4.1.3	采用微分电路减小指令脉冲宽度	.....	(88)
4.1.4	发射驱动电路	.....	(90)
4.2	红外线接收光电转换器	.....	(93)
4.3	红外线接收前置放大器	.....	(96)
4.3.1	通用集成电路构成的前置放大器	.....	(96)
4.3.2	专用集成电路前置放大器	.....	(105)
4.3.3	分立器件前置放大器	.....	(109)
4.4	选频放大器	.....	(114)
4.4.1	LC选频放大器	.....	(115)
4.4.2	采用陶瓷滤波器的选频放大器	.....	(116)

4.4.3	RC 选频放大器	(119)
4.4.4	集成电路锁相环作为选频电路	(124)
4.5	脉冲形成及记忆电路	(133)
4.5.1	脉冲形成电路	(133)
4.5.2	记忆电路	(135)
4.6	电源电路	(148)
4.6.1	变压器降压稳压电源	(148)
4.6.2	电容降压稳压电源	(151)
4.7	双音多频(DTMF)信号产生器与接收器	(154)
4.7.1	双音多频(DTMF)信号	(154)
4.7.2	DTMF 信号产生器	(155)
4.7.3	DTMF 信号接收器	(160)
4.8	频分制红外线遥控电路应用举例	(170)
4.8.1	单通道电源遥控开关(A)	(170)
4.8.2	单通道电源遥控开关(B)	(173)
4.8.3	单通道电源遥控开关(C)	(177)
4.8.4	实用电扇遥控器(机内型)	(178)
4.8.5	遥控调光开关	(184)
4.8.6	红外线遥控无级交流调压器	(188)
4.8.7	简单红外线彩电遥控器	(191)
4.8.8	单道红外线音量遥控器	(197)
4.8.9	红外线遥控十/一电阻网络及其应用	(201)
4.8.10	多功能红外线电扇遥控器(机外型)	(208)
4.8.11	一种新颖的频分制多通道红外线遥控器	(214)
4.8.12	多道遥控互锁电子开关	(220)
4.8.13	天线转向遥控器	(223)

4.8.14	远距离红外线警戒无线报警器	(227)
4.8.15	具有同步电路的红外线光电检测器	(232)
4.8.16	一体化红外自动水龙头	(236)
4.8.17	电子活动靶红外线光电打靶游戏器	(239)
第五章 码分制红外线遥控电路		(247)
5.1	通用集成电路构成的脉冲编码器与解码器	(248)
5.1.1	脉冲分配器构成的脉冲编码器	(248)
5.1.2	可预置数计数器构成的脉冲编码器	(260)
5.1.3	数值比较器构成的脉冲编码器	(273)
5.1.4	电话机脉冲拨号器作为脉冲编码器	(280)
5.1.5	脉冲解码器	(285)
5.2	专用集成电路编码器与解码器	(297)
5.2.1	控制数据/加密地址编码与解码器	(299)
5.2.2	地址加密编码与解码器	(308)
5.2.3	控制数编码与解码器	(312)
5.3	调制与解调电路	(319)
5.3.1	调制电路	(320)
5.3.2	解调电路	(321)
5.4	码分制红外线遥控电路应用举例	(325)
5.4.1	红外线遥控互锁开关	(325)
5.4.2	红外线遥控密码锁	(328)
5.4.3	多火吊灯遥控器	(330)
5.4.4	31 通通红外线遥控器	(333)
5.4.5	红外线遥控 6 路电源开关配电板	(335)
5.4.6	多功能红外线电扇遥控器	(340)
5.4.7	采用脉冲拨号器的 9 通道红外线遥控器	(344)
5.4.8	16 通通红外线遥控器	(347)

5.4.9	全频道电视遥控器	(350)
第六章	简单红外线通信电路	(357)
6.1	简单红外线通信的基本原理	(357)
6.2	模拟驱动电路	(361)
6.3	频率调制与解调器	(363)
6.4	简单红外线通信电路应用举例	(366)
6.4.1	简易电视伴音红外线转发器	(366)
6.4.2	微型红外线耳机	(368)
6.4.3	红外线音响传送电路	(370)
6.4.4	LM567 构成的红外线音频信号传送电路	(373)
6.4.5	频率调制红外线通话器	(377)
6.4.6	红外线立体声耳机系统	(380)
第七章	超声波遥控电路	(387)
7.1	超声波遥控的基本原理	(387)
7.1.1	超声波遥控的特点	(387)
7.1.2	超声波遥控电路的基本原理	(389)
7.2	超声波传感器	(390)
7.2.1	超声波传感器的基本原理与结构	(390)
7.2.2	超声波传感器的基本特性	(393)
7.3	超声波遥控电路应用举例	(396)
7.3.1	超声波遥控电灯开关	(396)
7.3.2	超声波遥控电扇变速器	(397)
7.3.3	车辆倒车防撞告警装置	(401)
7.3.4	超声波多普勒效应防盗报警器	(404)
7.3.5	亚超声波遥控开关	(407)
7.3.6	超声波数字测距仪	(408)

7.3.7 码分制4通道超声波遥控器	(413)
附录1 常用红外发光二极管性能参数	(417)
附录2 常用光敏二极管与光敏三极管性能参数	(419)
附录3 常用超声波传感器性能参数	(422)
附录4 常用小型继电器性能参数	(424)
附录5 常用小容量晶闸管特性参数	(428)
附录6 常用集成电路引线排列	(431)

第一章 红外线遥控的基本概念

随着红外光电器件的大量出现,红外线遥控已广泛应用在家用电器、安全保卫、工业控制以及人们的日常生活等许多领域。特别是在家用电器、安全保卫以及人们的日常生活中的应用就更加广泛了。例如,电视机的遥控、音响设备的遥控、录像机的遥控、电风扇的遥控、安全保卫报警器、遥控空调器、自动水龙头、自动门等,均可采用红外遥控技术来实现。

1.1 红外线遥控及其特点

什么是红外线遥控呢?红外线遥控就是指利用红外线(又称红外光)来传递控制信号,实现对控制对象的远距离控制目的。具体来讲,就是由发射器发出红外线指令信号,由接收器接收下来并对信号进行处理,最后实现对控制对象的各种功能的远距离控制。那么,红外线又是什么呢?我们知道,日光通过三棱镜,经过折射,形成彩色光带,这样的光带也叫光谱,依次为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫。这只是我们人的眼睛能看到的可见光部分,其实,日光光谱除可见光外,还有不可见的紫外光(比紫光的波长 $0.38\mu\text{m}$ 还短)和红外光(比红光的波长 $0.76\mu\text{m}$ 还长),如图1.1所示。我们所讲的红外线遥控就是利用波长为 $0.76\mu\text{m}\sim 1.5\mu\text{m}$ 之间的近红外线来传递控制信号的。

目前,红外发射器件(红外发光二极管)发出的是峰值波长

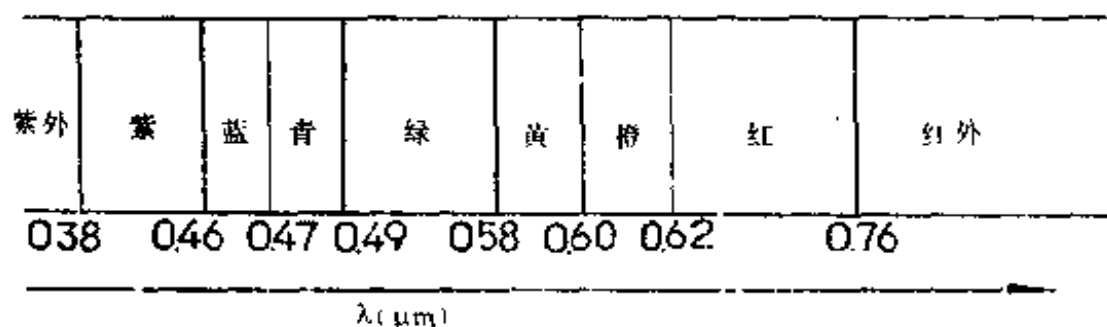


图 1.1 日光光谱

为 $0.88\mu\text{m}\sim 0.94\mu\text{m}$ 之间的近红外光。

为什么要用近红外线作遥控光源呢？这是因为作为光电接收器件的光敏二极管、光敏三极管等的受光峰值波长为 $0.88\mu\text{m}\sim 0.94\mu\text{m}$ 之间，恰好与红外发光二极管的光峰值波长相匹配，这样，可获得较高的传输效率及较好的抗干扰性能。

由于红外线为不可见光线，因此，对环境影响很小。红外线的波长远小于无线电波的波长，所以，红外遥控不会干扰其它家用电器，也不会影响邻近的无线电设备。

另外，波长小于 $1.5\mu\text{m}$ 的近红外线，在透明大气中的传输特性要比可见光好得多。而且由于靠近可见光的红光边缘，它的直线传播、反射、折射和被物质吸收等物理特性与可见光非常相似。它还可以使用与可见光类似的聚焦透镜等光学装置。

红外线遥控不具有象无线电遥控那样穿过遮挡物（非屏蔽）去控制被控对象的能力。正是由于这个特点，工厂设计生产电视机、录像机、电风扇等家用电器的红外线遥控器时，不必象制作锁那样，每套（锁和钥匙）必须有一种新的结构（否则，钥匙就变为通用，锁的作用便会失去）；也不必象无线电遥控那样，每套（发射器与接收器）要有不相同的遥控频率或编码（否则，就会隔墙去控制或干扰邻居的家用电器），所有产品的遥控器可以有相

同的遥控频率或编码,而不会出现遥控信号“串门”的情况。这对于工厂的大批量生产以及在家用电器上普及红外线遥控提供了极大的方便。

红外线为不可见光线,具有很强的隐蔽性和保密性,因此,在防盗、警戒等安全保卫装置中也得到了广泛的应用。

红外线遥控的遥控距离一般为几 m 至几十 m 或更远一点。

红外线遥控具有结构简单,制作方便,成本低廉、抗干扰能力强、工作可靠性高等一系列优点,是近距离遥控,特别是室内遥控的优选遥控方式。

1.2 红外线遥控的基本原理

1.2.1 红外线遥控是怎样进行的

图 1.2 是红外线遥控系统的一般原理框图,它由发射器与接收器两部分构成。发射器由指令键、指令信号产生电路、调制电路、驱动电路及红外线发射器件组成。当指令键被按下时,指令信号产生电路便产生所需要的控制指令信号。这里的控制指令信号是以某些不同的特征来区分的。常用的区分指令信号的特征是频率特征和码组特征,即用不同的频率或不同编码的电信号代表不同的指令。这些不同的指令信号由调制电路进行调制后,最后由驱动电路驱动红外线发射器件,发出红外线遥控指令信号。

接收器由红外线接收器件、前置放大电路、解调电路、指令信号检出电路、记忆及驱动电路、执行电路组成。当红外接收器件收到发射器的红外指令信号时,它将红外光信号变为电信号并送入前置放大器进行放大,再经解调器后,由指令信号检出电

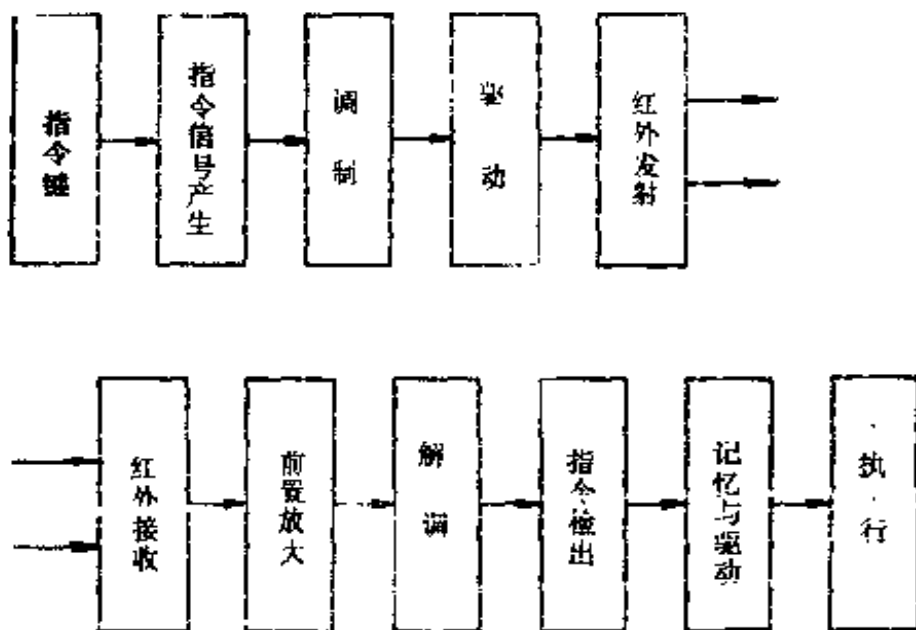


图 1.2 红外线遥控系统一般原理框图

路将指令信号检出,最后由记忆及驱动电路驱动执行电路,实现各种操作。

1.2.2 频分制与码分制红外线遥控

红外线遥控系统按照产生和区分控制指令的方式和特征来分类,常用的有频分制和码分制红外线遥控。

一、频分制红外线遥控

频分制红外线遥控就是指令信号产生电路以不同频率的电信号代表不同的控制指令。对于图 1.2 来讲,当不同的指令键被按下时,指令信号产生电路就产生不同频率的指令信号。接收器中指令信号检出电路就是对应发射器的不同指令信号频率的频率选择电路,简称选频电路。对应每一个指令,就要有一个选频电路。

红外发射、接收器件发射与接收的是波长为 $0.88\mu\text{m} \sim$

0.94 μm 的近红外光,频分制遥控电路中指令信号的频率一般为几百 Hz~几十 kHz,由于采用这种频分制遥控方式时红外光具有较强的抗干扰能力,因此,一般情况下,频分制红外遥控的发射器中不用调制电路,不同频率的指令信号直接加至驱动电路,驱动红外发射器件发射不同频率的近红外光信号。当然,接收器中的解调电路也就不需要了。这样一来,电路得到简化,成本随之降低,其框图如图 1.3 所示。当然,遥控系统的调制与解调电路也可保留,这对于提高电路抗干扰能力有好处,不过电路复杂一些,成本高一些。

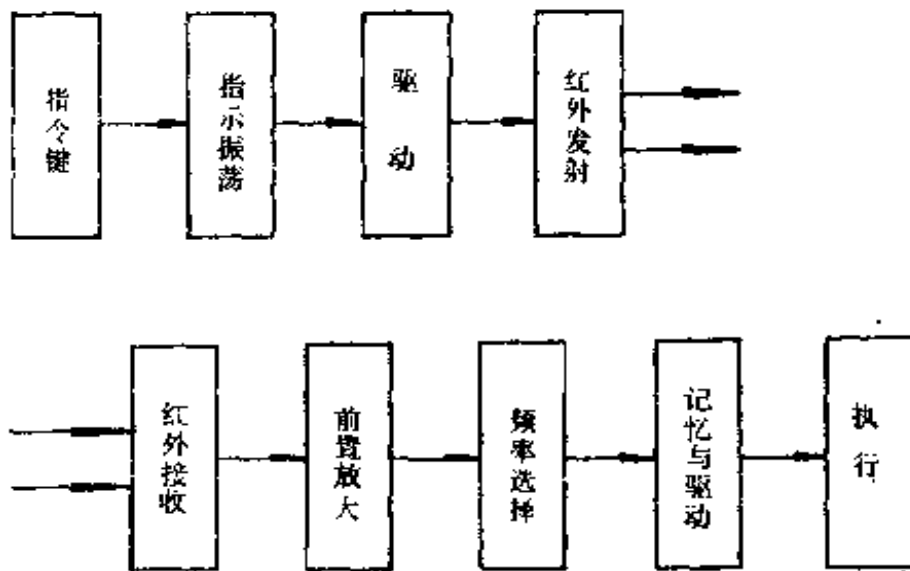


图 1.3 频分制红外线遥控系统框图

频分制红外线遥控电路原理简单,易于组装,是一种应用较广的红外遥控系统。但由于每有一个指令信号,接收电路就要有一个选频电路相对应,当系统的通道数较多时,电路将会变得非常复杂和庞大,且各通道间可能会产生串路干扰,因此,当通道数目较多时,一般采用码分制红外遥控电路。

二、码分制红外线遥控

码分制红外遥控电路就是指令信号产生电路以不同的脉冲编码(不同的脉冲数目及组合)代表不同的指令。对于图 1.2 来讲,当不同的指令键被按下时,指令信号产生电路将产生不同脉冲编码的指令信号,也就是进行编码,然后经调制电路调制,变为编码脉冲调制信号,再由驱动电路驱动红外发射器件发射红外光信号。

接收器接收下来的信号经过前置放大后,送入解调电路,对调制信号进行解调,再经指令信号检出电路检出指令信号。这里的指令信号检出电路就是与发射器中编码电路相对应的译码电路,它将指令信号译出。图 1.4 是码分制红外遥控系统的框图。

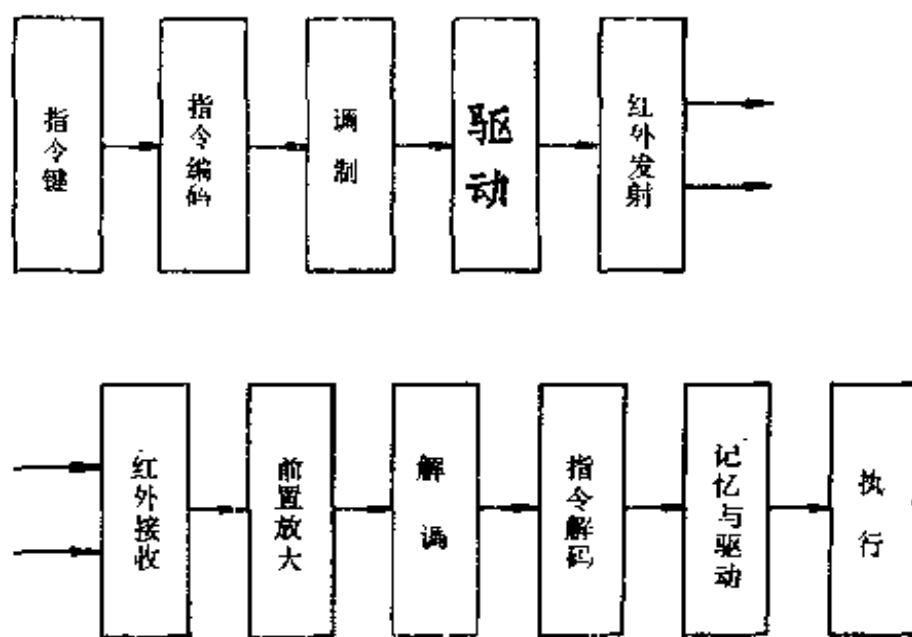


图 1.4 码分制红外线遥控系统框图

由上述可见,红外线遥控系统中的指令信号产生及检出电路,在频分制系统中由多频振荡电路及频率选择电路构成;在码分制系统中则由编码电路及译码电路构成。这是频分制与码分制红外遥控系统的主要区别。另外,在频分制中,调制与解调电

路可以省去,而在码分制中,就不可省去。这是因为码分制系统编码脉冲的频率极低,为超低频,如果不用调制与解调电路,外界突然的光线变化可能会对接收电路造成干扰,产生误动作,系统的抗干扰能力及可靠性就难以保证。

1.2.3 单通道与多通道红外线遥控

红外线遥控系统按照指令信号传送的路径数目来分类,有单通道和多通道红外线遥控。

一、单通道红外线遥控

单通道遥控比较简单,它只有一个指令信号传送通道。一般来说,发射器只有一个指令键,接收器也只有一个执行电路。例如:控制一只灯的开关,电扇的开启与停止等。单通道遥控电路一般采用频分制电路,只不过发射器中的指令信号产生电路只有一个振荡频率,而接收器中只有一个选频电路。通常,指令键是控制整个发射器的电源,按动指令键时,发射器电源接通,发出一定脉动频率的红外光。单通道遥控器一般也不使用调制与解调电路。有时,接收器也不用选频电路。

如果在单通道遥控的接收器中,加入多稳态记忆电路(例如,脉冲分配器),那么,当不断按动发射器指令键时,接收电路中多稳态记忆电路就会一次次改变状态,这种状态的改变是顺序进行的。这样,用一单通道遥控器就可以顺序地控制某一被控对象的多种状态了。如:电风扇的调速变档及彩电的频道切换等。但是,这里的调速变档及频道的切换只能顺序地进行,即只能从1...n档速度或频道一个接一个顺序地变化,而不能任意选择某一风速或某一频道。如果要实现任意控制,就要采用多通道遥控系统。

二、多通道红外线遥控

有两个或两个以上指令信号传送路径的遥控系统称为多通道遥控。多通道遥控可以实现对被控对象的任意的多功能遥控。例如：彩电遥控器可以对电源开关、频道切换、音量的加减调节、色度的加减调节等多种功能实现任意控制。如果对彩电的 8 个频道要进行任意切换，则每个频道就要占一个通道；电源开关占一个通道；音量加减调节各占一个通道；色度加减调节各占一个通道，一共需要 13 个通道。如果要对其中的频道切换以顺序方式进行，则频道切换只需一个通道就可以了，这样，整个彩电遥控器只要 6 个通道就够了。至于选用几个通道及何种控制方式，要根据实际情况（如被控对象、操作要求及成本核算等）来决定。

随着集成电路的发展及新产品的不断出现，特别是红外遥控专用集成电路（如：专用前置放大器、专用编码与译码器等）及通用低功耗集成电路（如：低功耗 CMOS 集成电路等）的广泛应用。为红外线遥控系统性能的提高、体积的减小、成本的降低创造了十分有利条件。因此，目前大部分红外线遥控系统均采用集成电路构成。

第二章 红外线发射与接收器件

红外遥控是利用红外光来传送控制指令信号的。因此,作为红外遥控中的红外发射器件(红外发光管)以及红外接收器件(红外光敏管),便成为红外遥控系统中的重要器件。

红外发光管与红外光敏管均是由半导体 PN 结构成,属半导体器件。要理解它们的结构原理,有必要对半导体及 PN 结的基本特征作一简要的介绍。

2.1 半导体及 PN 结的基本特性

一、半导体的基本特性

在自然界中,半导体材料很多,如锗、硅、砷化稼、硒、硫化镉等。它能够得到广泛应用,主要是由于有下列特点:①在纯净的半导体中加入微量杂质可以在很大范围内改变其导电能力,这是半导体最突出的性质。利用这一特点可以制成各种电子器件;②半导体的导电能力在不同的外界条件下,如受到光和热刺激时,能显著改变其导电性能。利用这一特点可以制成各种敏感元件,如光敏和热敏元件等。

半导体材料是一种单晶体。在晶体中,原子按一定规则紧密排列。且最外层电子轨道又相互重叠,形成共价键结构。原子核外的电子在各层轨道上运行,都具有一定的能量,越靠外层轨道能量越大。每层轨道对应一个特定的能量值,称为能级。每个能

级中电子的能量又有微小的差别,因此,每个能级又分裂成为一连续的能级带,称为能带。如图 2.1 所示。

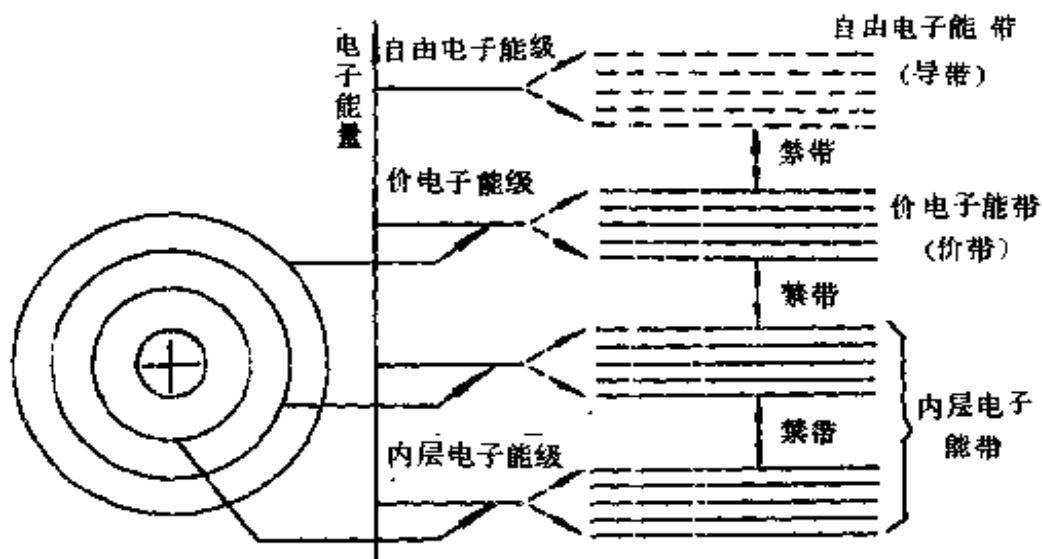


图 2.1 原子的能级和能带

原子最外层对应的是价电子能级,当价电子获得能量挣脱原子束缚成为自由电子时,就应具有更高的能级,这就是图中价电子能级上方用虚线标出的能级,称为自由电子能级。在没有自由电子的情况下这个能级是空的,获得能量而跳到自由电子能带上的电子在外界电场的作用下,就能参与导电,所以自由能带又称为导带。

价电子能级分裂出的能带称为价带。价带中的电子在无外界激发和处于绝对零度时,全部被共价键束缚住,在这种情况下,价带电子是不能参与导电的。

由于原子的各个能级是不连续的,因此,能带之间还存在一段间隙,称为禁带。在禁带中电子不能存在。

由于内层电子受原子核束缚很紧,一般不能参与导电,只有

价电子才有可能参与导电,因此,最有实际意义的还是价电子。故通常只画出价电子以上的能带图。

价带与导带之间的禁带宽度 E_G 是决定物质特性的一个重要量度,不同的材料有不同的禁带宽度。价带中的电子要到导带上去,必须获得 E_G 大小的激发能量;而导带中的电子要到价带上与空穴复合,将释放出 E_G 大小的能量。

二、PN 结及其基本特性

半导体 PN 结是构成红外发光器件、光敏器件及其它半导体器件的核心,下面,我们对 PN 结的形成及特性作一简要的说明。

我们知道,在 P 型半导体中,存在着带正电的空穴和带负电的离子及少量电子。P 型半导体中,空穴是多数载流子,电子是少数载流子,但在整个半导体中正负电荷是相等的,因此呈电中性。在 N 型半导体中,存在着带负电的电子和带正电的离子及少量空穴。N 型半导体中,电子是多数载流子,空穴是少数载流子,整个半导体也呈电中性。

当 P 型半导体和 N 型半导体组合到一起时,由于载流子浓度的差别,N 区的电子向 P 区扩散,在靠近临界面的地方剩下带正电的离子;同时,P 区的空穴也向 N 区扩散,在靠近临界面的地方剩下带负电的离子。临界面处的正负离子是不能移动的。这样就在 PN 结交界面的两侧形成一个空间电荷区,它所形成的电场叫内电场,内电场的方向由 N 区指向 P 区,见图 2.2(a)。

显然,这个内电场的方向是阻止扩散进一步进行的。另一方面,在内电场的作用下,P 区的少数载流子(电子),会被吸向 N 区,N 区的少数载流子(空穴),会被吸向 P 区。这就是少数载流在内电场作用下的漂移运动。当 PN 结刚建立时,扩散运动占优势,随着扩散的进行,PN 结越来越宽,内电场越来越强,漂移运

动也逐渐加强。不难理解,扩散与漂移是同时出现的。当扩散与漂移运动相等时,达到动态平衡,PN 结宽度形成稳定状态。

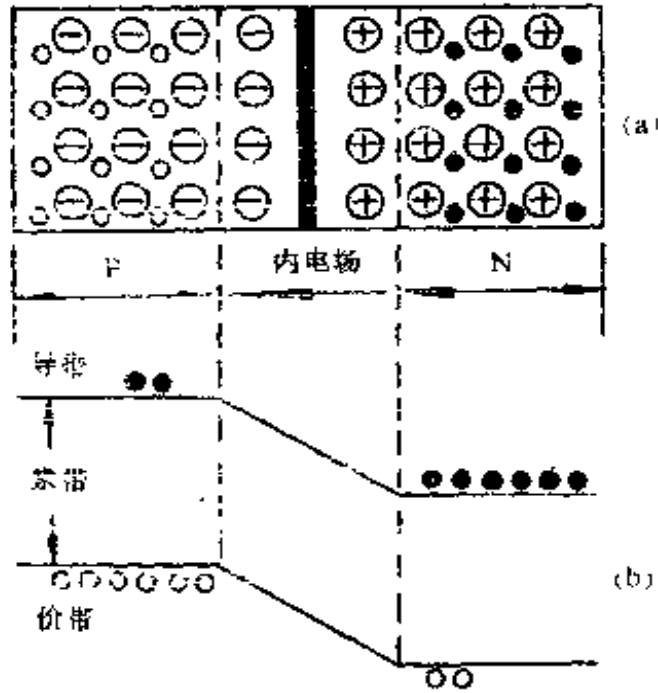


图 2.2 PN 结的形成

图 2.2(b)是 PN 结的能带图。PN 结结区的内电场说明,N 区的电位比 P 区高,而对于电子来讲,电位低的地方电势能就高,故 P 区的能带相对 N 区上移。所以,PN 结的能带在内电场区发生了弯曲。由 PN 结的能带图可以看出,如果 N 区的电子要到 P 区去,则要克服内电场而做功,在能带图上就表示为电子从 N 区到 P 区需要爬上势能的高坡,爬坡需要给出能量。相反,P 区的电子要到 N 区去,不但不需要付出能量,还可以受内电场的加速而获得能量,在能带图上表示为 P 区的电子可以方便地乘势滑下势能的高坡而不受阻碍。

2.2 红外发光二极管

2.2.1 结构原理

红外发光二极管是只有一个PN结的半导体器件,它与普通发光二极管(如:红、绿、黄、发光二极管)结构原理与制作工艺基本相同,只是所用的材料不同。制造红外发光二极管材料有砷化镓、砷铝化镓等,其中应用最多的是砷化镓。

在一块砷化镓半导体中,采用半导体掺杂工艺使其一部分为P型半导体;另一部分为N型半导体。在P型和N型半导体交界面就形成半导体PN结。与上一节介绍的PN结一样,P区多数载流子为空穴,少数载流子为电子;N区多数载流子为电子,少数载流子为空穴,并且具有一定的内电场,其能带结构如图2.3(a)所示。

当给这个PN结加上正向电压时(P区接正电压,N区接负电压),在外加电压的作用下,内电场被抵消。这样,N区的多数载流子(电子)在外电场的作用下注入P区,同时,P区的多数载流子(空穴)在外电场的作用下注入N区。如图2.3(b)所示。

实际上,外加正向电压作用就是加强了多数载流子的扩散运动。这些注入P区的电子和注入N区的空穴,对于注入区来讲都是非平衡少数载流子。这些非平衡少数载流子不断与注入区的多数载流子复合,将原来从外加电场吸收的能量以光子的形式释放,从而发出光来。这种发光过程叫辐射复合。这与导带中的电子到价带上与空穴复合一样,要释放出禁带宽度 E_G 大小的能量,这种能量的释放是以发光的形式来进行的。这就是PN结发光的基本原理。

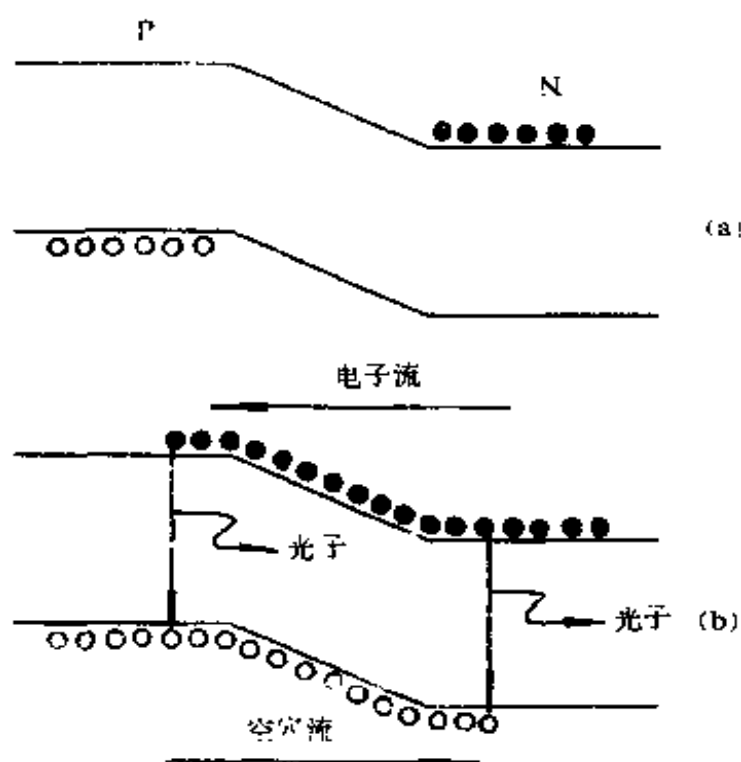


图 2.3 PN 结注入发光能带图

发光二极管发出的光波波长与所用材料禁带宽度 E_G 有关。发光波长 λ 与半导体材料的禁带宽度 E_G 之间的关系为：

$$\lambda = \frac{1.24}{E_G} (\mu\text{m}) \quad (2-1)$$

砷化镓材料的禁带宽度 $E_G \approx 1.43\text{eV}$ ，所以砷化镓红外发光二极管的发光波长 $\lambda \approx 0.89\mu\text{m}$ ，为不可见的近红外光。用砷化镓材料制成的红外发光二极管的发光效率较高，可达 3%，如果输入 100mW 的电功率，可获得 3mW 的红外光输出。另外，采用半导体制作工艺，还可以在一定范围内控制器件的发光波长。

红外发光二极管一般采用环氧树脂、玻璃、塑料等透明材料封装，除白色透明材料封装外，还可见到用蓝色透明材料封装的发光二极管。红外发光二极管按发光功率的大小，可分为小功率

(几 mW)、中功率(几十 mW)、大功率(几百 mW)三种。另外,红外发光二极管除顶面发光型,还有侧面发光型。小功率管一般采用全塑封装,也有部分是采用陶瓷底座,顶端用玻璃或环氧树脂透镜封装的;中大功率管一般采用带螺纹金属底座,以便安装散热片。随着发光功率的提高,相应的管子的体积也增大。图 2.4 列出了几种红外发光二极管的封装形式。

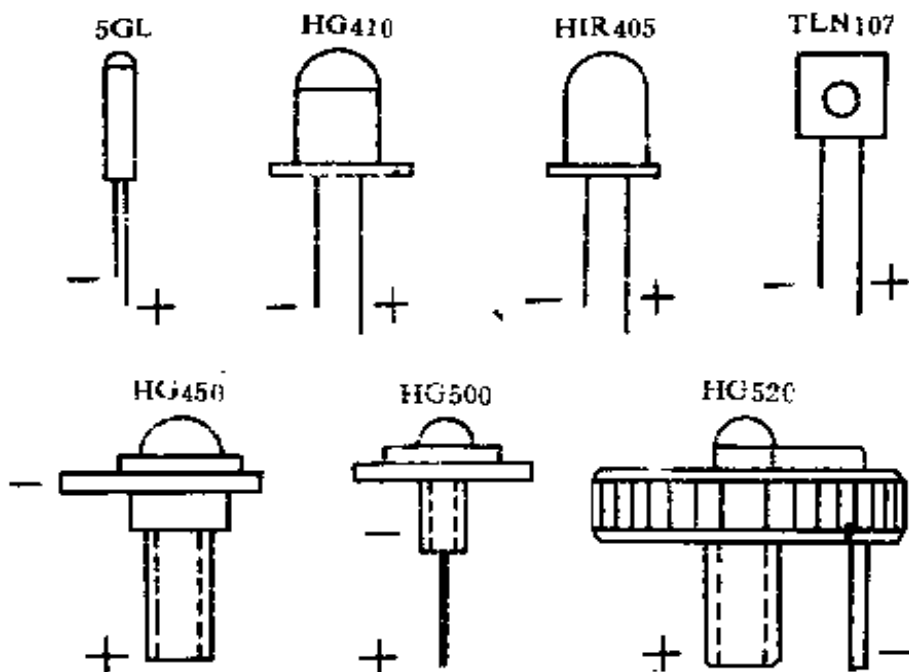


图 2.4 红外发光二极管的几种封装形式

由图 2.4 可以看出,红外发光管的封装有透镜式和平头式,透镜式具有聚光作用,可以使发射光束集中,具有一定的指向性,常见的以透镜封装形式居多。

2.2.2 特性与参数

一、基本特性

1. 伏安特性

红外发光二极管的伏安特性如图 2.5 所示,与普通二极管的伏安特性相似。由图可见,红外发光二极管的正向压降 U_F 与材料及正向电流有关,砷化镓红外发光二极管的 U_F 在 $1\sim 2V$ 之间。小功率管的 $U_F=1\sim 1.3V$;中功率管的 $U_F=1.6\sim 1.8V$;大功率管的 $U_F\leq 2V$ 。在使用时应注意驱动电源电压的数值应大于红外发光二极管的正向电压降 U_F ,否则不能克服死区电压(内电场)产生正向电流 I_F 。

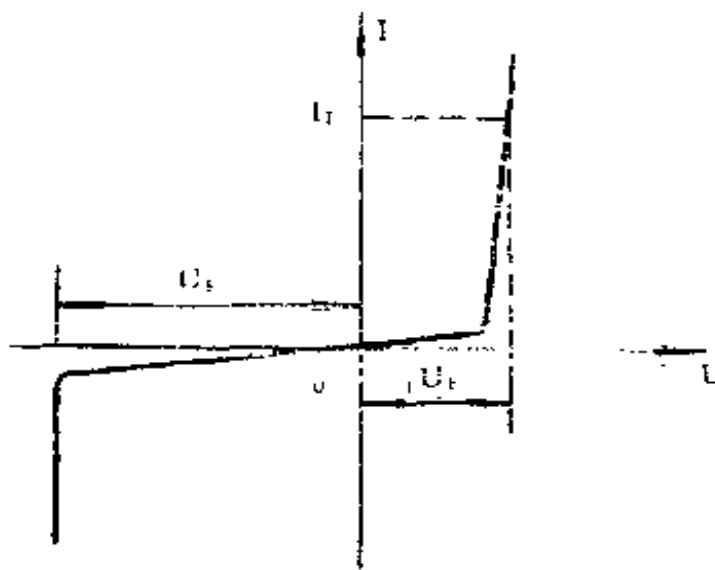


图 2.5 红外发光二极管的伏安特性

红外发光二极管的反向击穿电压 U_R 较低,为 $5\sim 30V$,因此使用中要注意其反向电压不得超过 $5V$,否则器件就会损坏。

2. 输出特性

红外发光二极管的输出特性曲线,就是其输出光功率 P_o 与正向工作电流 I_F 之间的关系曲线,如图 2.6 所示。由图可见,在工作电流 I_F 较小时,输出光功率 P_o 与工作电流 I_F 成线性关系。当工作电流 I_F 较大时,曲线产生了弯曲, P_o 与 I_F 不再成线性关系,出现了非线性区。

在红外线遥控中,红外发光二极管一般工作在开关状态(数

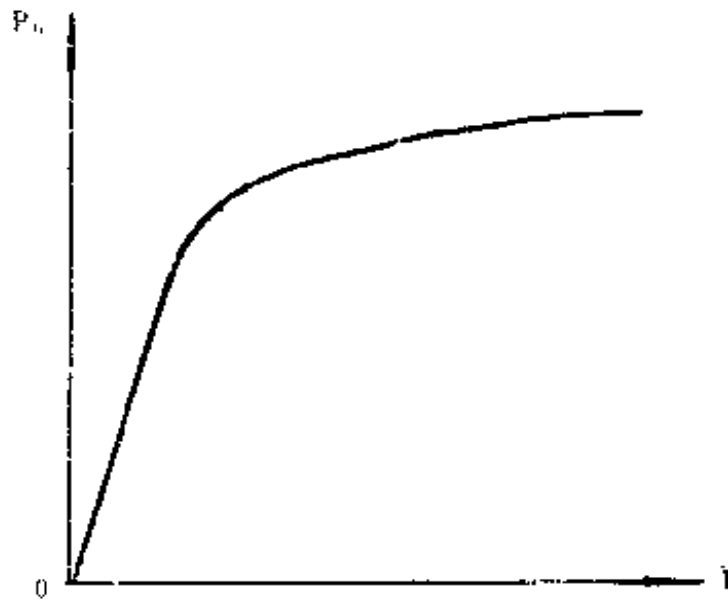


图 2.6 红外发光二极管的输出特性

字调制),因此,对于输出特性曲线的线性没什么要求。

当用于简单的红外光通信时,红外发光二极管工作在幅度调制状态(模拟调制),只要将工作电流限制在线性区就可以了。

3. 辐射光谱

辐射光谱是指红外发光二极管的发射光强 I 与发射光波长 λ 之间的关系曲线,如图 2.7 所示。由于发光二极管发出的是非相干光,因此发光光谱有一定宽度,峰值波长 λ_p 为 $0.88\mu\text{m} \sim 0.94\mu\text{m}$ 。红外发光二极管发出的近红外光中,波长为 λ_p 的光强最大。

4. 指向特性

红外发光二极管的指向特性是指它的发射光强与几何角度的关系,是由封装透镜的形状及管芯与顶端的位置决定的。图 2.8(a)、(b)分别画出了球面透镜封装与平头封装的红外发光二极管的指向特性曲线。

由图可见,球面透镜封装的管子指向角度较小,在偏离直线

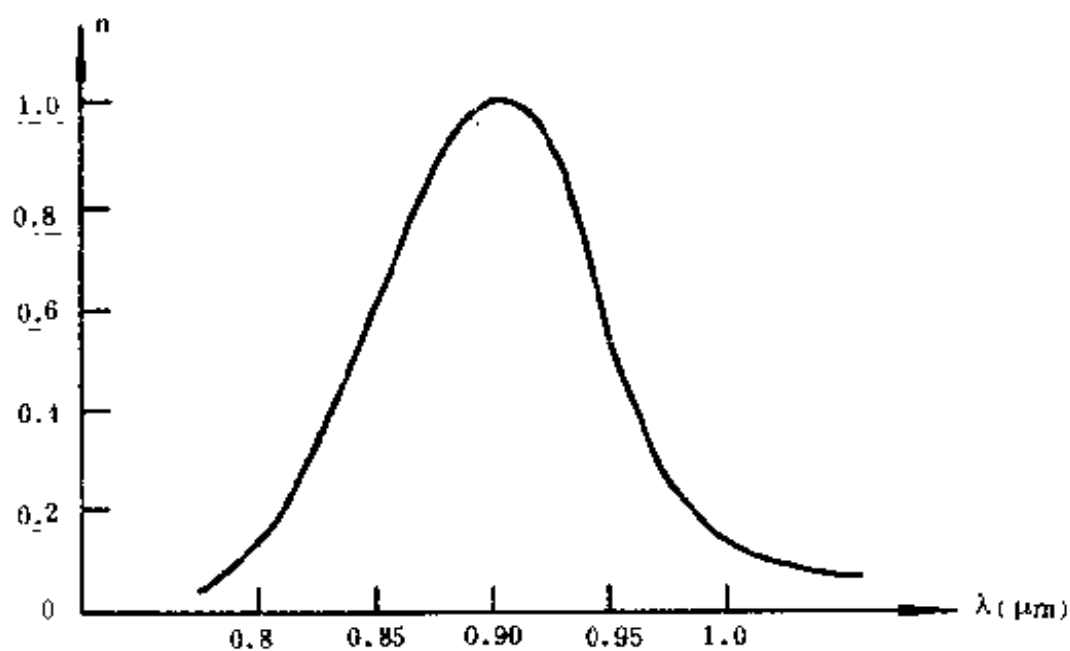


图 2.7 红外发光二极管的辐射光谱

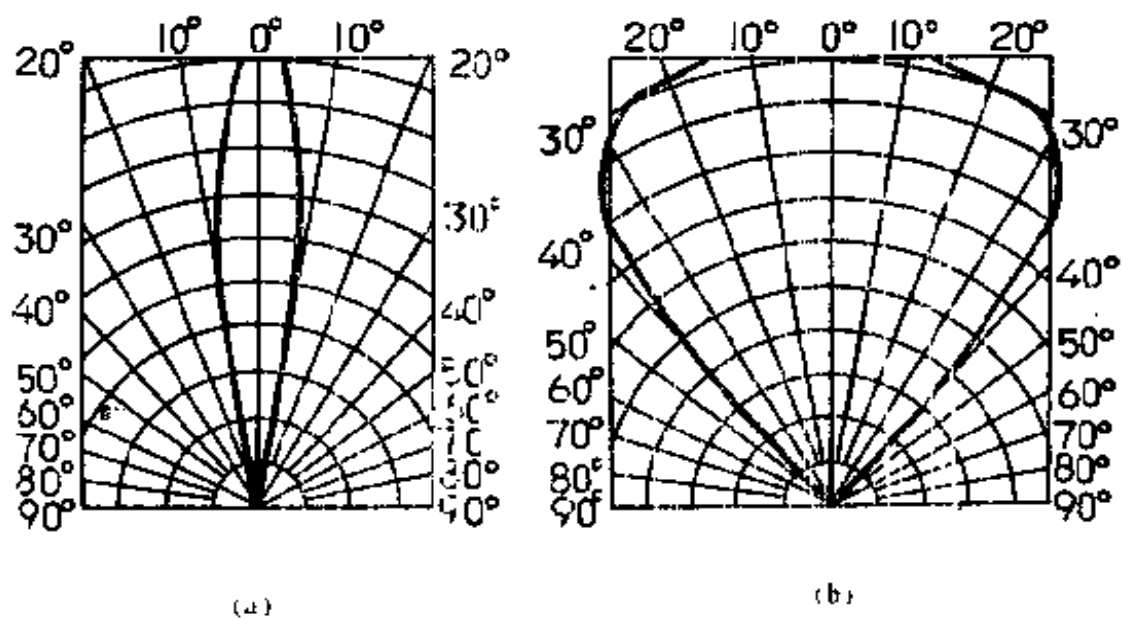


图 2.8 红外发光二极管的指向特性

发射中心线(0°发射角)10°位置上,发射光强只有 0°位置上的

50%，平头封装的管子指向角度大些，在偏离 0° 发射角 40° 时的发射光强为 0° 位置上的50%。采用多只发光管并列安装的方法，可以改善发射光线的指向特性。

由于近红外光具有可见光的反射特性，当红外遥控器在室内使用时，发射管不必面对接收管，靠室内墙壁及家俱对近红外光的反射作用，将红外光反射到接收管，也可以实现遥控。这是红外光的一种重要特性，利用这一特性不仅可以方便控制，而且可以构成反射式红外光电控制器。

二、主要参数

1. 正向工作电流 I_F

是指管子长期工作时，允许通过的最大平均正向电流。因为电流通过PN结要消耗一定的功而引起管子发热，若管子长期超过 I_F 运行，会因过热而烧坏。因此，使用中管子的最大平均正向工作电流不得超过 I_F 。

2. 光功率 P_0

是指输入到发光二极管的电功率转化为光输出功率的那一部分。光功率越大，发射距离越远。

3. 峰值波长 λ_p

是指红外发光二极管所发出近红外光中，光强最大值所对应的发光波长。在选用红外接收管时，其受光峰值波长应尽量靠近 λ_p 。

4. 反向漏电流 I_R

是指管子未被反向击穿时反向电流的大小，希望它越小越好。

5. 响应时间 t_w

由于红外发光二极管PN结电容的存在，影响了它的工作频率。现在，红外发光二极管的响应时间一般为 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ s，最

高工作频率为几十 MHz。

常用红外发光二极管参数见附录 1。

2.2.3 基本驱动方式

红外发光二极管是一种电流驱动器件。基本的驱动方式有恒定直流电流驱动、脉动直流电流驱动和交流电流驱动三种。

一、恒定直流电流驱动方式

驱动电路及驱动原理如图 2.9(a)、(b)所示。

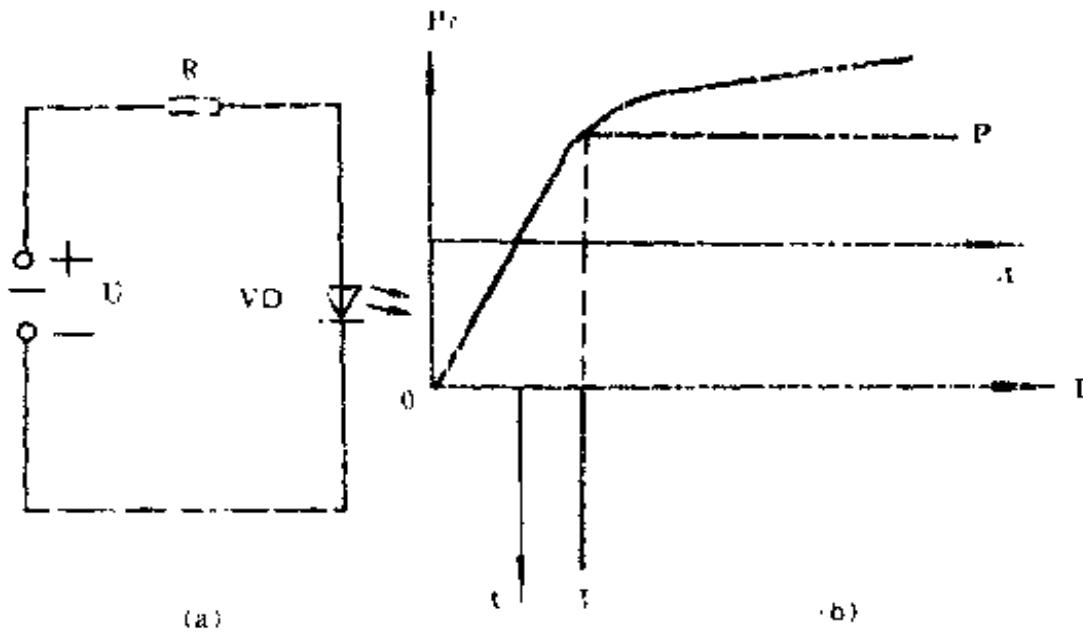


图 2.9 红外发光二极管的恒定直流电流驱动

在图 2.9(a)中, U 为驱动电压, R 为限流电阻, 驱动电流 $I_F = \frac{U - U_F}{R}$, 式中 U_F 是红外发光二极管的正向压降。由于是直流电流驱动, 其驱动电流也就是正向平均工作电流。因此, 实际工作电流不要超过器件参数给出的正向工作电流数值。

由于是恒定直流驱动, 红外发光二极管发出的也是光强恒定的红外光, 如图 2.9(b)所示。这种驱动方式常用于简单红外

光控电路。

二、脉冲直流电流驱动方式

驱动电路及驱动原理如图 2.10(a)(b)所示。在图 2.10(a)中,驱动电压 U 为脉冲电压,所以发光二极管的驱动电流也为脉冲电流。红外光的有效传送距离正比于驱动峰值功率,而峰值功率又与所加驱动峰值电流成正比,所以,为了提高红外光的传送距离,应加大驱动峰值电流。红外发光二极管参数中给出的工作电流是指平均工作电流。当用脉冲电流驱动时,其驱动电流的平均值只要不超过参数给出的工作电流即可。因此,可在保持脉冲电流周期 T_0 不变的情况下,减小脉冲电流的上平顶宽度 T_d 来减小平均工作电流,而采用减小限流电阻 R 的方法,提高峰值工作电流。这样,就可在保持平均工作电流不变的情况下,提高峰值工作电流。

红外发光二极管直流平均工作电流 I_F 与峰值工作电流 I_P 之间有下列关系式:

$$I_P = I_F \sqrt{\frac{T_0}{T_d}} \quad (2-2)$$

式中, T_0/T_d 为脉冲电流的空度比。可见,空度比较大,允许的峰值电流也越大。例如:红外遥控中常用的小功率红外发光二极管的参数中, $I_F = 100\text{mA}$, 若驱动脉冲电流的空度比 $T_0/T_d = 25$, 则峰值驱动电流 $I_P = 100 \times \sqrt{25} = 500\text{mA}$, 达 I_F 的 5 倍。

图 2.10(b)用图示法画出脉冲电流驱动的原理,可见,在脉冲驱动电流的驱动下,红外发光二极管发出是同频率的脉动红外光。

为了减小发射器电源消耗,延长红外发光二极管使用寿命以及提高遥控发射距离,在红外遥控发射器中,红外发光管一般都采用脉冲直流电流驱动方式。

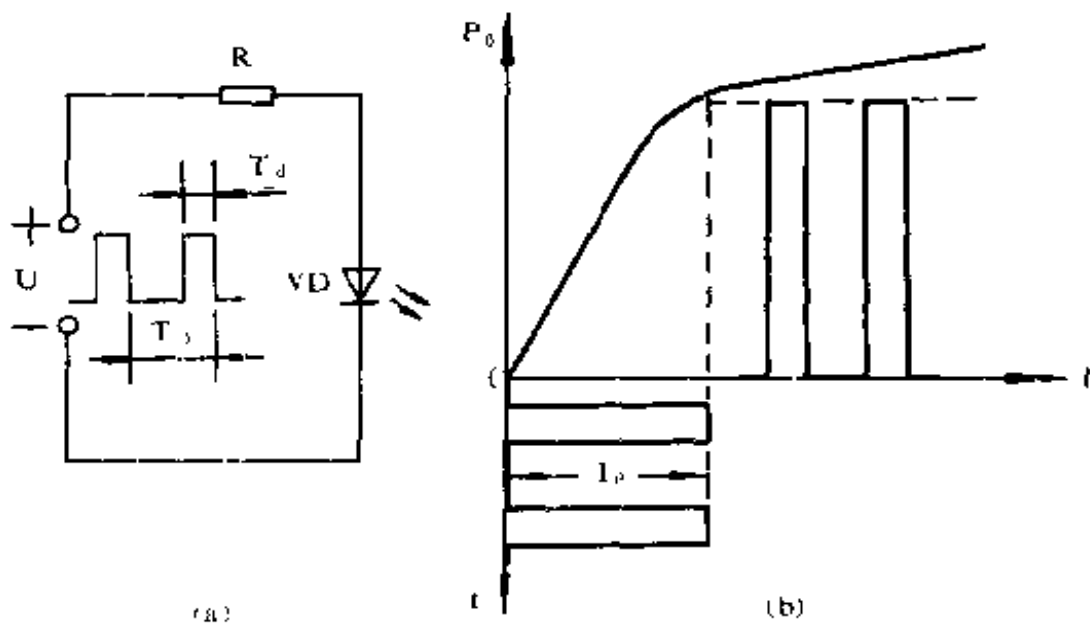


图 2.10 红外发光二极管的脉冲直流电流驱动

那么,遥控电路中脉冲驱动电流的空度比取多大合适,是否越大越好呢?这个问题在设计电路时是要注意到的。由于受红外发光二极管响应时间 t_w 的限制,脉冲电流的上平顶宽度 T_d 不能太窄,否则,红外发光管来不及响应,脉冲电流就消失了。实际电路中, T_d 应大于 t_w 一定数值,可取 $T_d \geq 10t_w = 10 \times 10^{-7} = 1$ (μs)。然后再根据 T_c/T_d 计算出空度比。这里 T_c 是驱动脉冲电流的周期,为发射频率的倒数。

采用脉冲直流驱动还有一个好处,就是提高了红外遥控系统的抗干扰性能。由于发射管发出的是脉动红外光,且具有特定变化频率,而日光、灯光等光线均不是脉动红外光,因此,可以通过接收器中的一些电路使它们与红外光脉冲分离开,将日光、灯光等杂散光干扰滤掉。这样就保证了红外遥控系统在日光、灯光等光线下能够可靠工作。

由以上可见,采用脉冲直流电流驱动有以下优点:一是提高

了作用距离；二是提高了抗干扰性能；三是降低了发射器电源消耗，延长了电池使用时间，这就可以选用较小容量的电池，从而减轻了发射器重量。

三、交流电流驱动方式

驱动电路及原理如图 2.11(a)(b)所示。

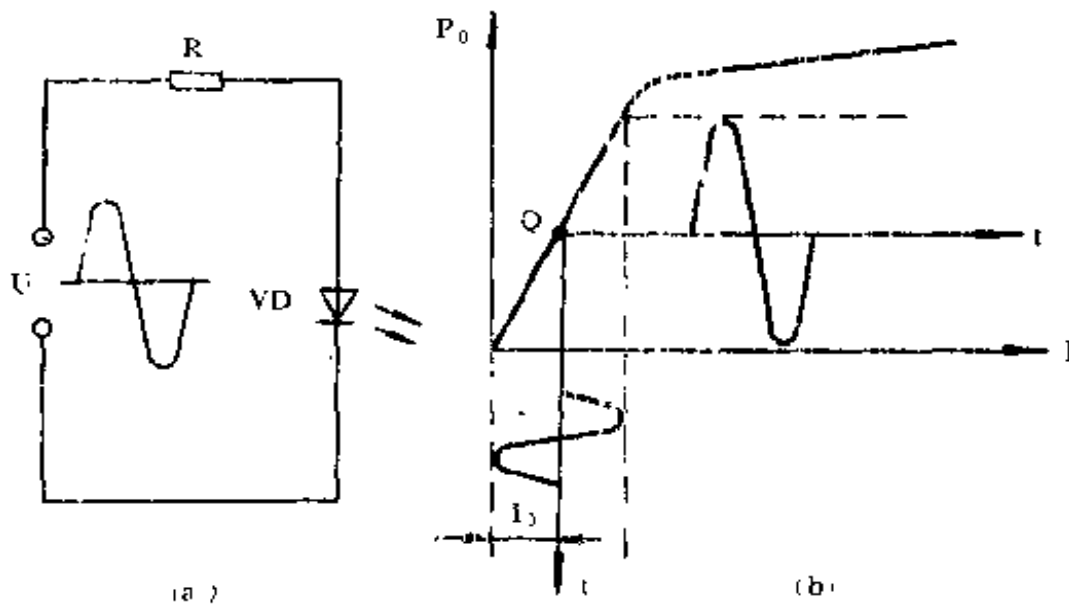


图 2.11 红外发光二极管的交流电流驱动

这种驱动方式主要应用在近距离简单红外光通信电路中，如简单红外线耳机等。在图 2.11(a)中，为了使红外发光二极管工作在输出特性曲线的线性区，预先给它提供了一个偏置电流 I_0 ， I_0 与输出特性曲线的交点 a 为红外发光管的工作点，如图 2.11(b)所示。这样，在交流驱动电流的驱动下，工作点就在输出特性曲线上，上下移动，发光管发出的红外光的幅值和相位按驱动电流的波形而变化。在这种驱动方式中，要控制驱动交流电流的大小，以免发光二极管进入非线性区，产生非线性失真。

2.3 光敏二极管

2.3.1 结构原理

我们知道,在半导体中只有导带中的电子和价带中的空穴才能起导电作用。而用光照射半导体时,可用光子的能量激发价带中的电子到导带上去,产生导带中的非平衡电子和价带中同样数量的非平衡空穴,它们对导电均有贡献,因此,用光照射半导体,可使半导体电阻率发生变化。这就是半导体的光电效应。利用半导体的光电效应可以制成光电二极管。

图 2.12 是一个加有反向电压(N 区接正电源,P 区接负电源)的 PN 结和它的能带图。在无光照射时,PN 结中的反向电流是由 P 区的少数载流子电子流向 N 区和 N 区的空穴(也是少数载流子)流向 P 区形成的。由于是少数载流子导电,因此反向电流很小,一般小于 $1\mu\text{A}$ 。

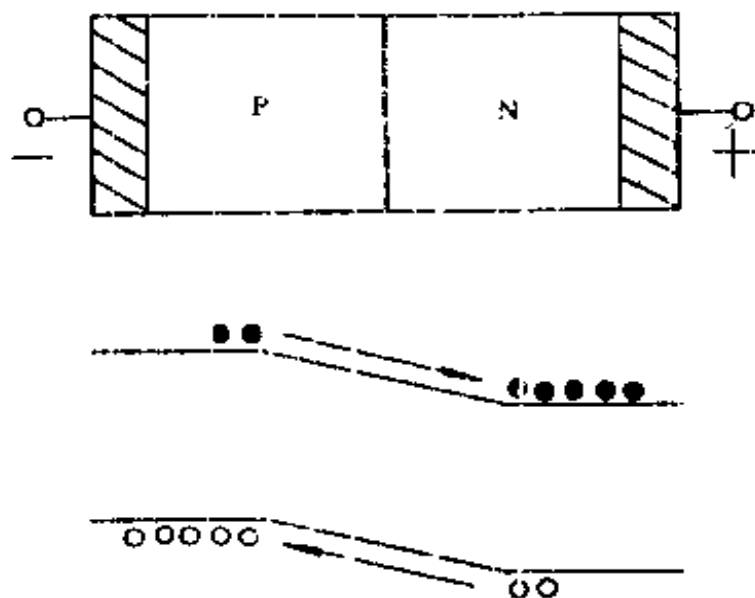


图 2.12 加有反向电压的 PN 结及能带图

当有光照射在PN结上时,情况就不同了。若入射光子的能量大于或等于半导体材料的禁带宽度,那么价带中的电子可以吸收光子的能量而跳到导带上去,结果在导带与价带之间就产生了电子——空穴对,见图 2.13。这些电子——空穴对是在PN结内产生的,在外加反向电压的作用下,电子漂向N区,空穴漂向P区,结果生成光生电流。光生电流基本上与入射光强成正比。这是光敏二极管的工作原理。

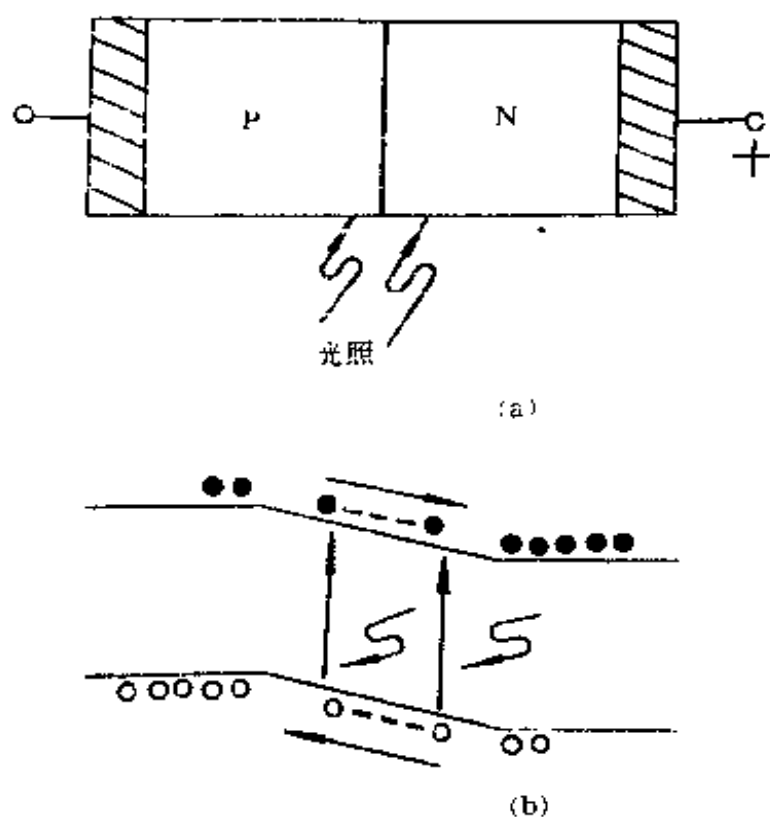


图 2.13 PN 结的光电效应

不同的半导体材料对不同波长的入射光的响应是不同的。为了使电子从价带激发到导带,入射光子的能量应大于材料的禁带宽度,即入射光波波长应小于 λ_0 。

$$\lambda_0 = \frac{1.24}{E_G} \mu\text{m} \quad (2-3)$$

硅材料的禁带宽度 $E_G = 1.15\text{eV}$, 对应的 $\lambda_0 = 1.1\mu\text{m}$, 即只有波长小于 $1.1\mu\text{m}$ 的光才能有显著的光敏作用。

光电二极管有顶面受光和侧面受光两种形式。它也是采用塑料、玻璃、环氧树脂等透光材料封装。图 2.14 画出了几种光电二极管的外型结构。

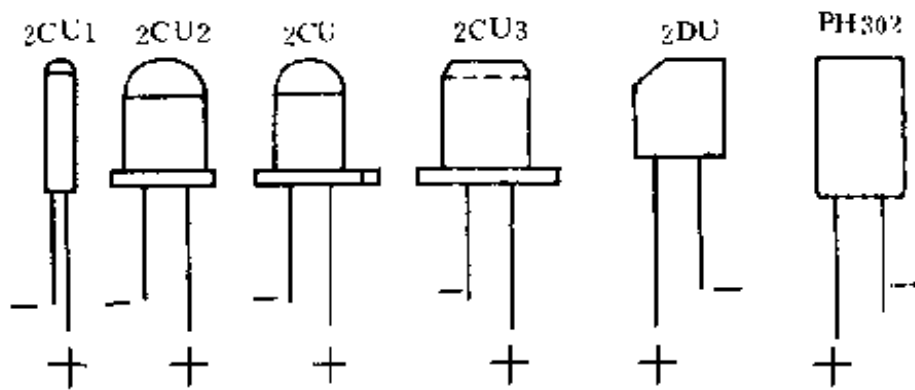


图 2.14 光电二极管外型

2.3.2 特性参数

一、基本特性

1. 伏安特性

图 2.15 是光敏二极管的伏安特性曲线。图中画出了三条特性曲线, 曲线 1 为无光照时的特性; 曲线 2 为中等光照时的特性; 曲线 3 为强光照时的特性。

无光照时, 光敏二极管的特性与普通二极管一样。

有光照时, 光敏二极管的反向电流增大, 特性曲线沿电流轴向下平移, 光照越强, 下移越大, 下移幅度与光照强度成正比。由图还可看出, 在入射光强一定时, 光敏二极管的反向电流是基本不变的, 与反向电压无关, 特性与电压轴平行。

特性在第四象限时, 它呈光电池特性。在 PN 结没有外加电

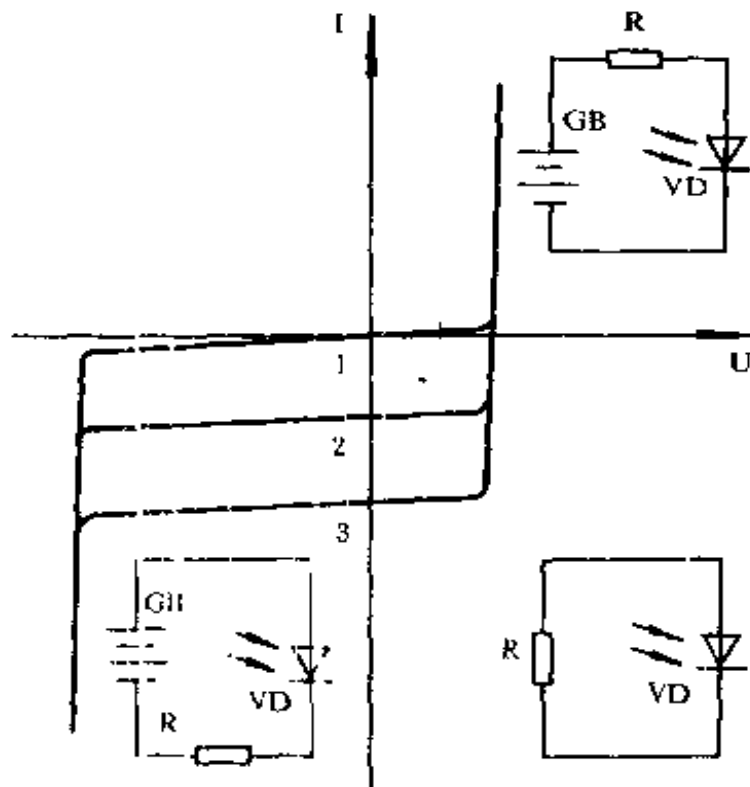


图 2.15 光敏二极管的伏安特性

压时,它是存在内电场的,方向从 N 区指向 P 区,当受到光照时,将产生电子和空穴,在内电场作用下,电子被吸引到 N 区,空穴被吸引到 P 区,如果用导线或外接电阻连结 PN 结,将形成通过外电路的电流。由于它能向外电路提供能量(光能转为电能),故称为光电池。由于其产生电流的方向在 PN 结内部是由 N 区到 P 区的,故在外电路中是由 P 区通过外电路到 N 区的,也是反向电流。

2. 光谱响应特性

前面已提到,不同材料对各种波长的入射光的响应是不同的。即光敏二极管对不同的波长有不同的灵敏度。硅光敏二极管的光谱响应波长为 $0.4 \sim 1.1 \mu\text{m}$, 峰值波长为 $0.88 \sim 0.94 \mu\text{m}$, 如图 2.16 所示。这恰好与砷化镓红外发光二极管的波长相重

合,可得到较高的接收灵敏度。

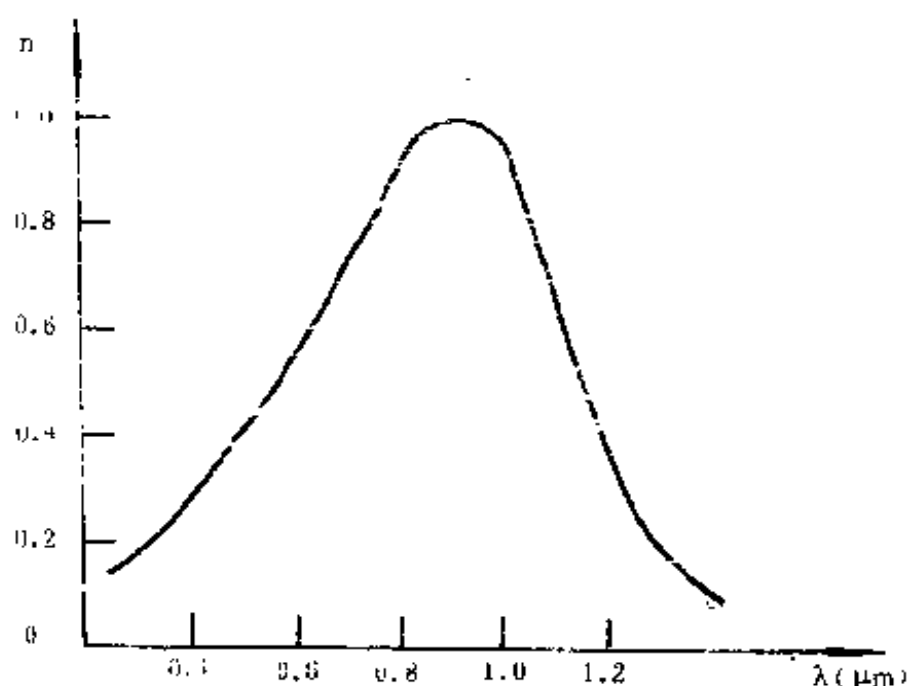


图 2.16 硅光敏二极管的光谱响应曲线

二、主要参数

1. 光电流 I_L

是指在一定反向电压下,入射光强为某一定值时流过管子的(反向)电流。光敏二极管的光电流一般为几十 μA ,并与入射光强度成正比。

2. 暗电流 I_D

是指在一定反向电压下,无光照时流过管子的(反向)电流。一般在 50V 反压下, I_D 小于 $0.1\mu\text{A}$ 。

3. 反向工作电压 U_R

是指在不光照时,光敏二极管反向电流小于 $0.2\sim 0.3\mu\text{A}$ 时,允许的最高反向工作电压,一般在 10V 左右,最高可达几十 V。

4. 峰值波长 λ_p

是指光敏二极管光谱响应最灵敏的波长范围。一般为 $0.88 \sim 0.94\mu\text{m}$ 。

2.4 光敏三极管

光敏二极管的光电流仅为 μA 级,光敏灵敏度还不够高。而光敏三极管的光电流可达 mA 级,且具有较高的灵敏度。

2.4.1 结构原理

图 2.17(a)(b)分别是光敏三极管的内部结构和等效电路。它与普通晶体三极管结构一样具有两个 PN 结,一般基极无引线。它可以等效成一个 bc 结是光敏二极管的三极管,如图 2.17(b)所示。

无光照时,只有很小的集电极-基极漏电流,所以,光敏三极管的暗电流很小。

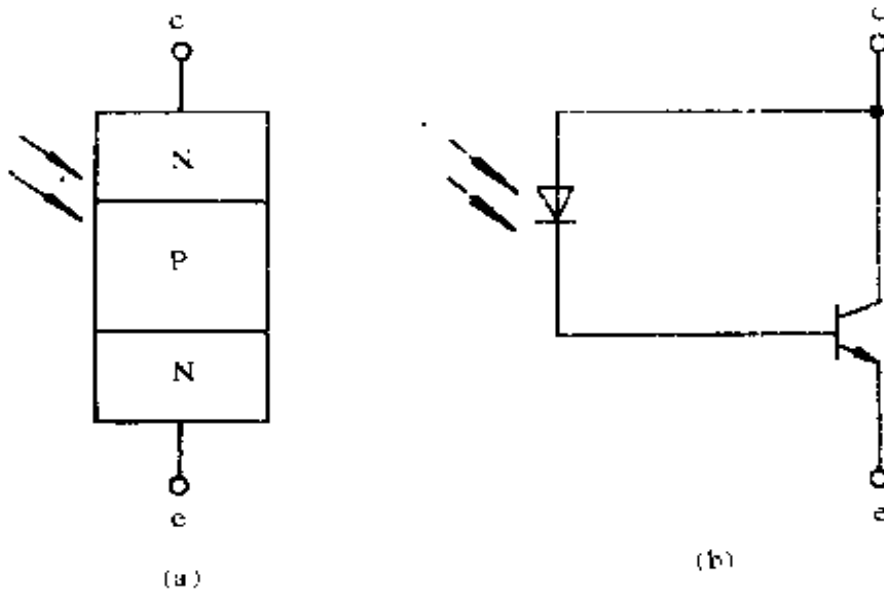


图 2.17 光敏三极管结构

有光照时,集电极-基极的反向电流会因光照增大很多,在三极管的电流放大倍数为 β 时,光敏三极管的光电流要比相应光敏二极管的光电流大 β 倍。

光敏三极管外型如图 2.18 所示。

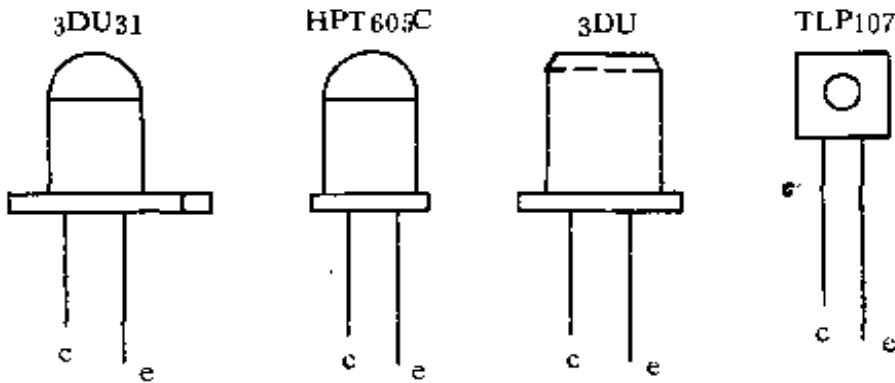


图 2.18 光敏三极管外型

2.4.2 特性与参数

一、基本特性

1. 输出特性

图 2.19 是光敏三极管的输出特性曲线,它与普通三极管的输出特性相同,只不过每条特性不是对应一个基极电流,而是对应一定入射光强。光强增加,光电流基本线性增加。而且对应某一入射光强下的光电流不随光敏三极管集电极与发射极之间电压而变。

特性曲线可分为三个区域,Ⅰ区是截止区,只有很小的无光照时的截止电流(暗电流);Ⅱ区是放大区,随光照强度增加,光电流线性增加;Ⅲ区是饱和区,无论光强如何增加,光电流不再增加,这时的光电流决定于负载电阻。

2. 光谱响应特性

因光敏三极管与光敏二极管使用的半导体材料相同,因此,

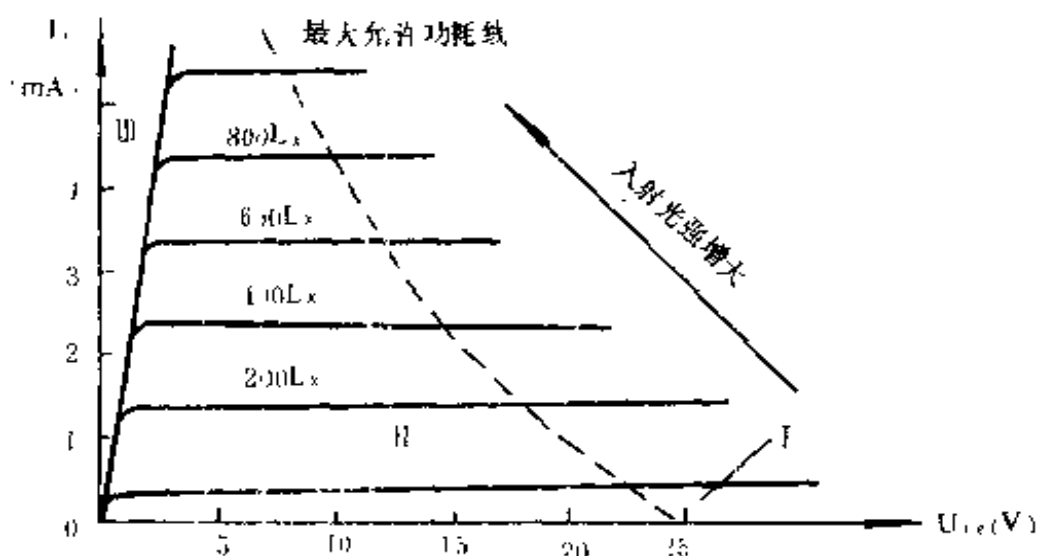


图 2.19 光敏三极管输出特性

光敏三极管的光谱响应特性与光敏二极管的光谱响应特性相同,见图 2.16。

二、主要参数

1. 最大功耗 P_M

是指光敏三极管能够安全工作而不致损坏的最大耗散功率。在图 2.19 中,虚线是管子的最大许可功耗线,正常工作时应在虚线的左方,此区域内,光电流与管子承受的电压的乘积,也就是管子的功耗,不会使管子因过热而损坏。光敏三极管的最大功耗一般为几十 $mW \sim 100mW$ 。

2. 最高工作电压 U_{BRCE}

是指在不光照时,在管子不被击穿前提下集电极与发射极之间的最高工作电压,一般为十~几十 V 。

光电三极管的其它参数,如:光电流 I_L 、暗电流 I_D 等与光敏二极管定义相同。

常用光电二极管与光电三极管的参数见附录 2。

2.5 红外线发射与接收器件使用注意事项及简易测试

2.5.1 红外发光二极管使用注意事项及简易测试

一、正向平均工作电流不要太大

管子的正向平均工作电流不得超过产品参数给出的工作电流 I_F 。

二、考虑加装散热片

对于中、大功率管(如 HG500 和 HG520 系列),工作电流一般较大,为保证管子不致因发热损坏,应根据实际使用电流的大小,考虑加装适当的散热片。

三、防水、防油污、防机械损伤

HG500 及 HG520 系列红外发光二极管在制作时管芯装在管座上,未加管帽封装。使用时要注意防水、防止油污及机械损伤。如作远距离控制,可给它们加装聚光透镜。这样,不仅可以大大提高作用距离,同时,聚光透镜也是管子的一种封装保护。聚光透镜可用直径合适的聚光镜片,并按图 2.20 加工一个外壳,将红外发光管放置在透镜的焦点上。外壳的材料可用塑料、尼龙、有机玻璃等。

加装聚光透镜后,管子发出的是一束平行光,指向角度小。

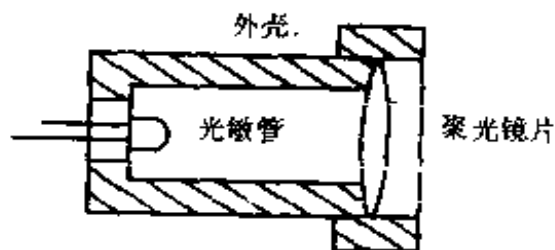


图 2.20 聚光透镜示意图

这样,加聚光透镜后,就不适合在手持遥控发射器上使用,否则,遥控时须将光束对准红外接收管,使用起来非常不便。要增加手握式遥控器的遥控距离,不能采用加

装聚光透镜的方式,而是要采用提高发射峰值功率和接收灵敏度的方法。加装聚光透镜可用于发射器与接收器处于固定位置的情况,由于光线是一束不可见的近红外光,因此,可以构成防盗、警戒“线”,由于光束较“细”,警戒效果较好。

当然,其它小功率红外发光二极管也可加装聚光透镜,以增大直线作用距离。

四、红外发光二极管安装方法

红外发光二极管安装在发射器上时,应有发射窗口,窗口可用红色或白色透明有机玻璃封口,以便能够透过红外线,又能够防尘。当然,红外发光管也可裸露在外。

五、红外发光二极管测试方法

红外发光二极管的测试非常简单,用 $R \times 1k$ 档测量,管子的正向电阻在 $30k\Omega$ 左右、反向电阻在 $200k\Omega$ 以上的管子是好的,反向电阻越大,漏电流越小,质量越好。若反向电阻只有几十 $k\Omega$,说明管子质量不好,但还可用。若管子的正反向电阻都为无穷大或都为零,说明管子是废品,不能使用。

2.5.2 光敏二极管与光敏三极管使用注意事项及简易测试

一、加装滤色片

光敏二极管与光敏三极管的光谱响应曲线,可延伸到可见光区。在有较强光(如靠近功率较大的灯具或在强烈日光下)干扰的环境下,除电路设计时考虑抗干扰环节外,应给光敏二极管和光敏三极管加装滤色片,以滤掉可见光部分,不致使光敏管饱和而失控,使遥控电路工作更加可靠。滤色片可用颜色较深的红色有机玻璃或胶片制成,安装在接收器的接收窗口上即可。

二、管脚引线不要太长

光敏二极管与光敏三极管与电路的引线不能过长,最好是

将管子引线直接焊在电路板上。引线过长会引进干扰。

三、光敏管选择使用方法

光敏二极管的光电流较小,但输出特性线性度好,响应时间快;光敏三极管光电流大,但输出特性线性度差,响应时间慢。在工作频率不高、要求灵敏度高的电路中,可选用光敏三极管,例如,可用于各种遥控电路;在工作频率高,要求光电流与入射光强成线性关系时,则采用光电二极管,例如,可用于采用模拟调制与解调的简单红外光通信电路。当然,光电二极管也可用于各种遥控电路。

四、给光敏三极管加适当偏置电流

当用光敏三极管作红外接收器件时,可以给它以适当的偏置电流,使其稍稍脱离截止区,进入放大区,这可以提高接收灵敏度。由于光敏三极管一般无基极引线(个别产品有基极引线),只能采用光偏置的方法,如图 2.21(a)所示。图中,VD 是发光二极管,可用红色发光二极管或红外发光二极管, R_1 是 VD 的限流电阻,VD 中的电流 $I = \frac{V_{DD} - U_F}{R_1}$ (V_{DD} 为电源电压, U_F 是发光二极管的正向压降),可选 $I \leq 5\text{mA}$,不可太大。实际安装时,发光二极管不要挡住光敏三极管 VT 的受光面,以免影响遥控信号的接收,可按图 2.21(b)安装,发光二极管要选用直径较小的。

如果没有光偏置,当环境较黑,特别是晚间,且遥控距离又较远时,光敏三极管收到的红外信号很弱,此时,光敏三极管工作在截止区,灵敏度很低。增设光偏置后,使光敏三极管工作在放大区,灵敏度较高。实验证明,采用这种方法可以非常有效地提高接收灵敏度,增大遥控距离。

五、管子使用时不要超过极限参数值

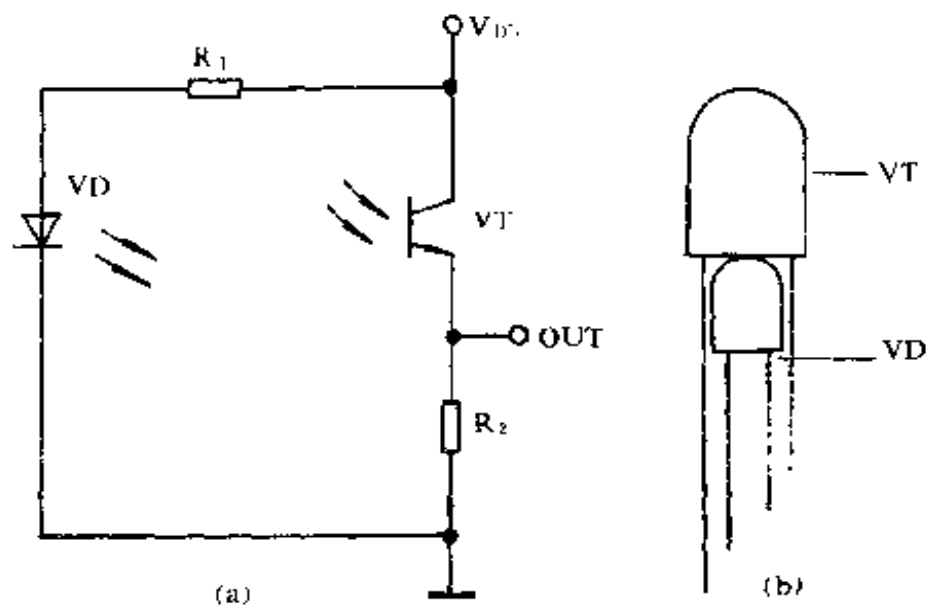


图 2.21 光敏三极管的光偏置

产品参数给出的极限参数不得超限使用,否则不能正常工作或损坏器件。

六、使用聚光透镜

光敏二极管和光敏三极管也可使用如图 2.20 所示的聚光透镜,以增加接收距离。

七、光敏二极管的简单测试

1. 电阻测量法

一般用 $R \times 1k$ 档。光敏二极管的正向电阻较普通二极管大些,约十几 $k\Omega$ 。反向电阻随光照变化。无光照时(用手或其它物体将管挡住,不让光线照射),反向电阻接近无穷大,若不是无穷大,说明漏电流大。管子的反向电阻至少应在 $500k\Omega$ 以上。有光照时(在较强日光下或灯光下),反向电阻越小越好,一般应在 $2k\Omega$ 以下。若有光照时反向电阻为无穷大或为零,说明管子是坏的。光敏二极管的引线较长的一根是正极。

2. 电压测量法

一般用万用表电压档的 0.5V 或 1V 档测量,万用表的“+”、“-”表笔分别与光电二极管的“+”、“-”极相连,在光照下,电压表指示一般可达 0.3~0.4V。说明光敏二极管是好的。

八、光敏三极管的简单测试

1. 电阻测量法

用 $R \times 1$ 档。首先,万用表红表笔接 C 级,黑表笔接 e 极(管子长脚为 e 级,短脚为 c 级),由于这种接法管子所加电压极性(c 为“+”,e 为“-”)不符合正常工作条件,因此,无论是有光照还是无光照,管子两端电阻都应是非常大的,一般应接近无穷大。然后,将红、黑表笔调换,这种接法下管子所加电压符合正常工作条件,当无光照时(用手捏住管子或用其它物体挡住管子,使其不受任何光照),电阻应在无穷大附近,否则,认为漏电流(暗电流)太大。当有光照时(将管子移至较强光线下),电阻从原来的无穷大变为几百 Ω ,至少应在几 $k\Omega$ 以下。否则说明管子灵敏度太低。若电阻仍为无穷大,说明管子是坏的。

2. 电路测量法

方法是将光敏三极管的 c 极与 e 极之间接上 10V 左右的工作电压(c 为“+”,e 为“-”)并在回路里接上电流表,如图 2.22 所示。当无光照时,电流指示为暗电流,小于 $0.3\mu A$ 。当有光照时,电流指示为光电流,一般在 $0.5mA \sim 3mA$ 之间,有的管子可达 $10mA$ (达林顿光敏三极管)。

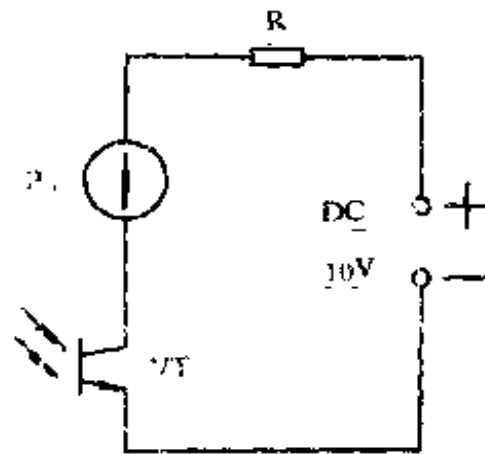


图 2.22 电路法测试光敏三极管

第三章 简单红外线光控电路

红外线遥控系统按指令信号的特征可分为频分制和码分制两大类。在这两类红外遥控系统中,红外发射器件——红外发光二极管均采用脉动直流驱动方式,发射电路须有脉冲振荡器,对应的接收电路要有频率选择或解码电路。这两类电路主要有以下特点:一是能够实现多通道遥控;二是由于采用脉动直流驱动,在同样控制距离下红外发光二极管的工作电流要小得多,电源利用率较高,而且抗干扰能力强,工作可靠性高。但这两类遥控系统均较复杂。

3.1 简单红外线光控电路的基本原理

在一些控制距离不远且不需要多通道控制的场合,如红外线光电检测(产品计数、物体转速及长度测量等)和近距离红外线光控等。这些应用场合一般距离较近,干扰影响不大,发射电路中红外发光二极管可以采用恒定直流驱动。采用恒定直流驱动,发射及接受电路可得到大大简化。这类电路一般不用于较远距离的遥控,通常,发射与接收部分属同一整体电路系统。因此,我们不把这类电路称作红外遥控电路,而称为简单红外线光控电路。

简单红外线光控电路如图 3.1 所示。

可见,简单红外线光控电路结构非常简单,由直流电源直接

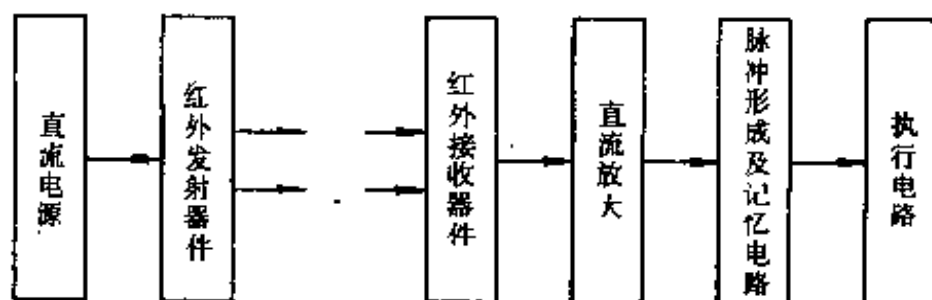


图 3.1 简单红外线光控电路

驱动红外发光二极管发出恒定的红外光,接收电路也不需要选频或解码电路,只有(有时不需要)直流放大器和记忆及执行电路。由于采用恒定直流驱动,电源利用率较低,但可使整个系统结构大大简化,成本大大降低。

简单红外线光控电路虽然简单,但应用较广,尤其在一些光电自动控制及自动检测系统中得到了广泛的应用。

下面,将列举简单红外线光控电路在工业自动控制、自动检测以及日常生活中的应用实例,供读者参考。

3.2 简单红外线光控电路应用举例

3.2.1 红外光与自然光双光控延时节电开关

这种红外线光控开关,可对楼道、走廊等场合的照明灯实现自动控制。还可作为防盗报警以及光控节水开关之用。

当它用于照明灯的自动控制时,在白天,楼道和走廊里不论有人或无人经过,照明灯都不会点亮。而在夜晚,当有人经过时,照明灯会自动点亮,并延时一段时间(可自行设定)后自动熄灭。从而实现了方便生活和节约用电的目的。用于防盗报警和节水开关时,只要将负载换成警笛或水电磁阀即可。

一、工作原理

开关电路原理如图 3.2 所示。时基集成电路 555 与 R_1 、 C_1 等构成单稳态电路，稳态时，555 输出端 3 脚为低电平，当其触发端 2 脚有负脉冲作用或为低电平时，单稳态电路进入暂稳态，其输出脚输出高电平。经过一段时间，电路自动翻回初始稳定状态，其 3 脚又变为低电平，暂稳态结束。555 电路的 3 脚输出高电平的持续时间 T_w 即为暂稳态时间， T_w 可按下式计算： $T_w \approx 1.1R_1C_1$ (s)，式中 R_1 的单位为 $M\Omega$ ， C_1 单位为 μF ，按图中参数计算 $T_w \approx 30s$ 。若在触发单稳态电路后的 30s 之内又有负脉冲作用于 555 的 2 脚，则 555 的 3 脚输出高电平的时间从第二次触发后再过 30s 结束。

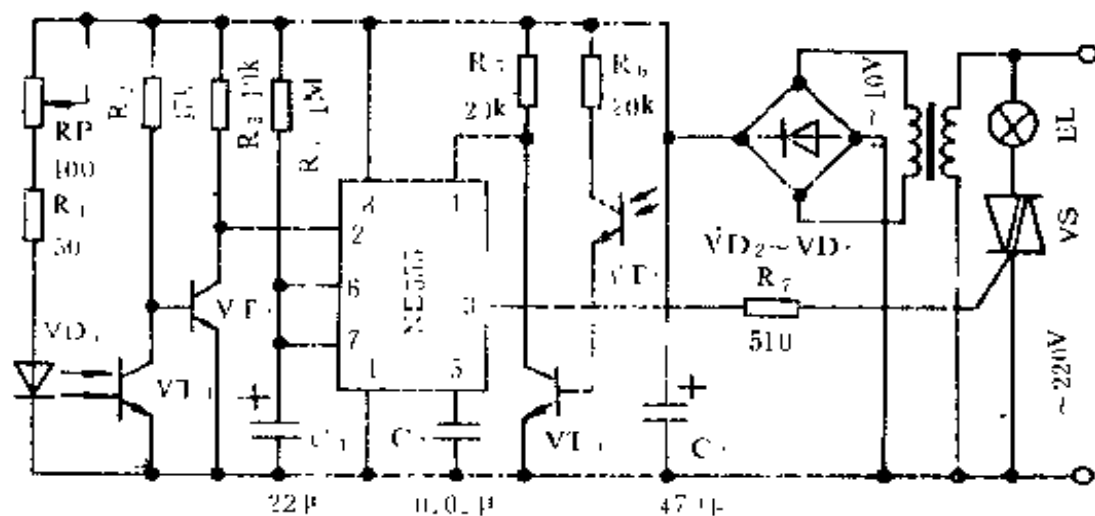


图 3.2 双光控延时节电开关

红外线发光二极管 VD_1 与光敏三极管 VT_1 构成一路光控电路；光敏三极管 VT_2 与自然光构成另一路光控电路。在白天，光照强度较大， VT_2 的 c-e 极间呈现低电阻，在 VT_1 有较大的偏流而导通，其集电极也就是 555 电路的强迫复位端 4 脚为低电平，555 电路处复位状态，其 3 脚被强迫输出低电平，此时，双

向可控硅 VS 的控制极无触发电压处关断状态,灯泡 HL 不亮。

到了夜晚,光照强度明显减弱,VT₃ 的 c-e 极间呈高电阻,使 VT₄ 由导通变为截止,使 555 电路的强迫复位端 4 脚变为高电平,555 电路退出复位状态,其输出端 3 脚可以输出高电平。如果此时 VD₁ 发出的红外光照射在光敏管 VT₁ 上,则 VT₁ 的 c-e 极间呈现低电阻,它与 R₂ 分压后使 VT₂ 的基极为低电平,VT₂ 截止,其集电极也就是时基电路 555 的触发端 2 脚为高电平,由于 2 脚为低电平或负脉冲触发,故 555 电路仍处初始稳定状态,3 脚为低电平,双向可控硅 VS 关断,灯泡 HL 仍不亮。

当有人经过而挡住 VD₁ 与 VT₁ 之间的光路时,VT₁ 因受不到红外光照射,其 c-e 极间呈现高电阻,它与 R₂ 分压后使 VT₂ 基极为高电位,VT₂ 导通,其集电极也就是 555 的 2 脚变为低电平,触发时基电路 555 进入暂稳态,其 3 脚输出高电平,3 脚的高电平通过限流电阻 R₇ 触发双向可控硅 VS,使其由关断变为导通,灯泡 HL 点亮。经过 30s 后,电路暂稳态结束,555 的 3 脚变为低电平,VS 关断,HL 熄灭。暂稳态时间也就是 HL 点亮的时间,可根据不同场合的实际需要,通过改变 R₄ 和 C₁ 的数值自行设定。

变压器 T、二极管 VD₂~VD₃ 以及 C₃ 构成变压器降压桥式整流滤波电源,为整个光控电路提供工作电压。

二、元件选用

VD₁ 采用北京光电器件厂生产的 HG505 型中功率红外线发光二极管,其工作电流 200mA,光辐射功率 50~70mW,最大控制距离可达 10m。也可采用日本产品 GL-5s。若是控制距离在 5m 以下,可选用小功率红外线发光二极管 HG410 系列。若是控制距离要求更大,可选用大功率红外线发光二极管 HG520 系列,其控制距离可达几十 m。光敏三极管 VT₁ 和 VT₃ 用

3DU31 或 3DU5。VT₂ 和 VT₄ 用 CS9014 或 CS9013 等小功率硅管,β 在 100~150 间均可。时基电路 555 用国产 SL555 或 5G1555,也可用进口 NE555 等。VD₂~VD₅ 用 1N4001 等。电源变压器用 3~5W 小型变压器,VS 选用耐压大于 400V 的双向可控硅,额定电流视被控负载的功率而定。其余元件按图注选用即可。

三、安装调试

首先要给 VD₁ 及 VT₁ 加装聚光透镜,这不仅可以大大提高控制距离,而且也是管子的一种保护封装。聚光透镜选用直径 1.5~3cm 的比较合适。我们用的是直径 2.5cm 的小型放大镜代用的。图 3.3 是聚光透镜的安装示意图。VD₁ 和 VT₁ 应处于聚光透镜的焦点上。

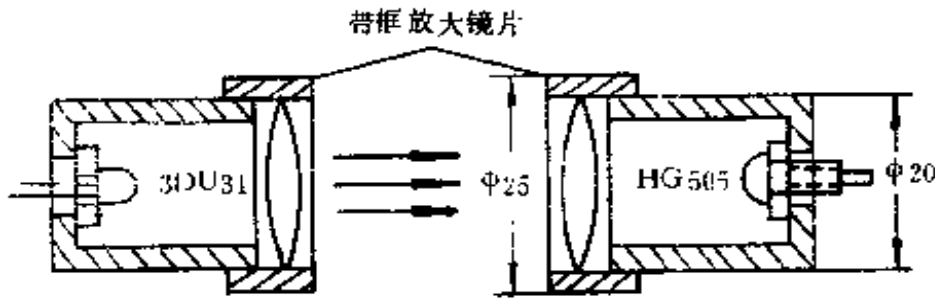


图 3.3 聚光透镜安装示意图

整个电路安装无误后方可通电调试。VT₃ 首先置于室内自然光下,微调 R₀ 使 VT₄ 刚好导通,其集电极电压在 1V 以下,否则可更换 β 值更大的 VT₄,直至达到要求。然后,调节 RP,使 VD₁ 中的电流为 150mA 左右,并将 VD₁ 与 VT₁ 面对面靠近,VT₂ 应截止,其集电极电压接近电源电压。然后再将 VD₁ 与 VT₁ 之间的距离拉开,其距离可根据走廊、楼道宽度而定,并将 VD₁ 与 VT₁ 对正,此时 VT₂ 要保持截止,否则可适当增大 R₂ 的数值或将 VD₁ 中的电流调大一点,但注意不得超过极限值

200mA。此时,555的3脚应为低电平。若用手分别挡住 VT_1 与 VT_3 ,555应立即输出高电平,HL点亮。当一只手移开 VT_1 后,经过30s后,HL熄灭。电路的其它部分一般不用调试即可正常工作。

调适完毕后,将整个电路板装在一塑料盒子中,并安装在电灯HL附近, VD_1 和 VT_1 用导线引出分别安装在走廊两侧,高度距地面50~100cm。光敏管 VT_1 的聚光透镜前贴一红色滤色片,可用一红色有机玻璃片代用。这种电路工作更加可靠。注意, VT_3 一定要置于白天能很好接受自然光,而晚上不受灯泡HL直照的地方。

四、其它应用

当作防盗报警和节水开关使用时, VT_3 不接入电路(断开即可)。由于红外光为非可见光,具有良好的隐蔽性,作防盗报警用非常合适。 VD_1 和 VT_1 分别装在防盗要道两侧,此时可将电路的单稳态时间 T_w 设计得长一些,也就是报警时间长一些,当 $R_1=3M\Omega$ 、 $C_1=2000\mu F$ 时,可达60min。本电路还可作厕所小便池自动冲水控制器,同样, VT_3 也不接入电路。将HL换为水电磁阀, VD_1 和 VT_1 分别装在小便池两侧,当有人时,电磁阀打开,自动冲水,人离开后再冲一段时间停止,实现了节约用水的功效。这种开关若能推广使用,其节水量是相当可观的。

3.2.2 印刷机用纸张监控器

印刷机在印刷书刊时,纸张是一张张地通过印刷机进行印刷的。如果一次通过两张或更多的纸张,不仅造成纸张浪费,而且还影响装订质量。采用人工观察的方法对通过印刷机的纸张进行监察,不仅浪费人力,可靠性也较差。这种纸张监控器,采用红外光电检测原理,自动监测出每次通过印刷机的是否为一张

纸。

一、工作原理

电路如图 3.4 所示,红外发光二极管 VD 和 VT_1 构成红外检测光路,双张纸比单张纸厚一倍,其透光率将小一倍。这里就是利用此原理实现对纸张的监控的。当单张纸通过 VD 和 VT_1 之间时,由于透光率较高,使 VT_1 的光电流较大, RP_2 上的压降较大,A 点电位低于门 D_1 的转换电压, D_1 输出高电平, D_2 输出低电平,由门 D_3 、 D_4 等构成的音频振荡器不能振荡,扬声器 B 不发声。 VT_3 因其基极为低电位而截止,继电器 K 不吸合。

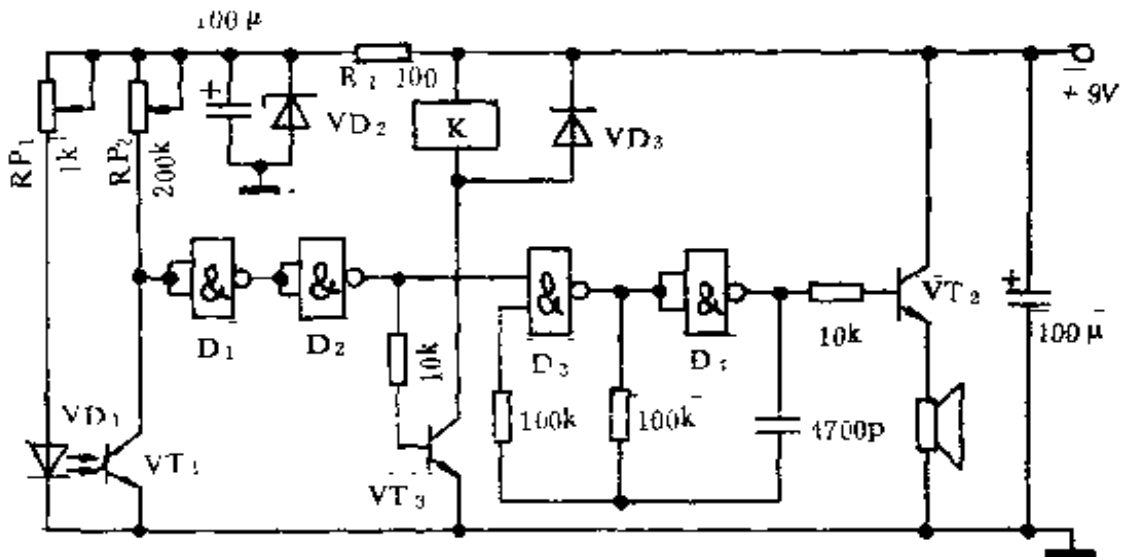


图 3.4 纸张监控器

当双张或多张纸通过 VD 和 VT_1 之间时,由于透光率较低, VT_1 的光电流较小, RP_2 上的压降较小,A 点电位高于门 D_1 的转换电压, D_1 输出低电平, D_2 输出高电平,由门 D_3 、 D_4 等构成音频振荡器产生音频振荡,由晶体管 VT_2 驱动扬声器 B 发出告警声。同时,由于 VT_3 基极为高电位而饱和导通,继电器 K 吸合,其常闭触点可将印刷机停车,待整理好纸张再进行印刷。

二、元件选用

VD_1 用 5GL 系列小功率红外发光二极管。 VT_1 用 3DU5 光敏三极管。 $D_1 \sim D_4$ 用一片 CMOS 双输入端四与非门 CD4011。 K 用 JRX-BF。 VT_2 和 VT_3 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。 VD_2 用 6V 稳压管, 如 2CW14。 VD_3 用 IN4001。

三、调试要点

首先调节 RP_1 , 使 VD_1 的工作电流为 10mA 左右。然后在 VD_1 与 VT_1 之间插入单张纸, 并由小至大调节 RP_2 , 使门 D_2 刚好变为低电平。再在 VD_1 与 VT_1 之间插入两张纸, 观察门 D_2 是否输出高电平, 否则, 应调 RP_1 , 减小 VD_1 的工作电流, 以达到要求。

3.2.3 红外线检测长度自动测量仪

自动测长仪在实际生产中的应用相当广泛。它能自动测量产品(如纺织行业中被卷绕的布匹)的长度, 当布匹向前运动时, 测长仪测出其长度, 由计数器将长度累加记录, 当布匹向相反方向运动时, 测长仪自动将其长度累减记录。长度累加或累减, 结果由数码显示器显示出来。自动测长仪可测量长度在 99999.9m 以下的长度, 误差为 $\pm 0.1m$ 。计满 99999.9m 后, 自动清零并从 00000.0m 开始记录。也可根据需要, 随时进行清零。

一、工作原理

原理框图如图 3.5 所示。它由红外线光电检测电路、计数器

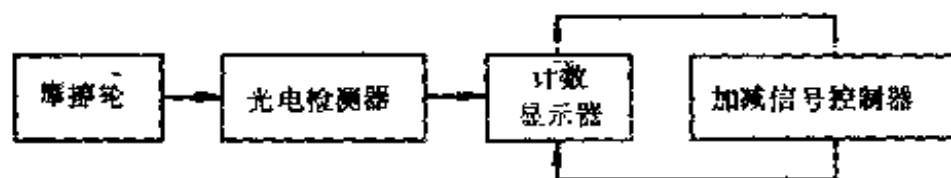


图 3.5 红外线检测自动测长仪框图

加减控制信号电路及计数显示电路构成。

电路如图 3.6 所示。下面分别说明各部分电路的工作原理。

1. 红外线光电检测电路

红外线光电检测器采用如图 3.7 所示的摩擦轮,摩擦轮的外缘和被测物(布匹等)相接触,并用弹簧顶上,调节弹簧的松紧可使接触压力适当。摩擦轮随着被测物的移动而产生转动,摩擦轮与被测物之间不能发生相对滑动。在摩擦轮上装有图 3.6 中的红外发光二极管及光敏三极管 $VD_1(VT_1)$ 和 $VD_2(VT_2)$,并相互对正。摩擦轮上开一透光孔,当摩擦轮随被测物转动时,透光孔不断经过 $VD_1(VT_1)$ 和 $VD_2(VT_2)$ 构成的光电检测器,使光敏三极管 VT_1 和 VT_2 的集电极不断输出负脉冲,经施密特触发器 D_1 和 D_2 整形后变为边沿陡直的矩形正脉冲。

2. 计数器加减信号控制电路

图 3.6 中, $D_3 \sim D_{12}$ 构成加减信号控制电路,下面,结合图 3.8(a) 所示的工作波形说明其工作原理。如果摩擦轮按图标所示的顺时针方向转动,则在光电检测电路中, D_1 首先输出正脉冲, D_2 随后输出正脉冲, D_1 和 D_2 输出的正脉冲 P_1 使触发器(D 端与 \bar{Q} 端相连,构成双稳态计数器) D_3 和 D_4 翻转,各自 Q 端输出高电平,当 D_4 的 Q 端输出高电平时,与非门 D_5 输出负脉冲,而 D_6 输出正脉冲,由与非门 D_7 和 D_8 构成的 RS 触发器被置“1”,使外接计数器作加法计数。同时,与非门 D_9 输出一个正脉冲,此正脉冲使触发器 D_{10} 翻转,其 Q 端变为高电平, \bar{Q} 端变为低电平, Q 端的高电平即是供计数显示电路计数的时钟脉冲,即摩擦轮每转一周 D_{10} 的 Q 端输出一个正脉冲,使计数器加 1。与此同时, D_{10} 的 \bar{Q} 端的负脉冲作用于由 $R_1 C_1$ 构成积分网络。由于原 \bar{Q} 为高电平,故 C_1 两端为等电位,当 \bar{Q} 变为低电平时,由于电容两端电压不能突变, C_1 的右端也变为低电平,接着电源通

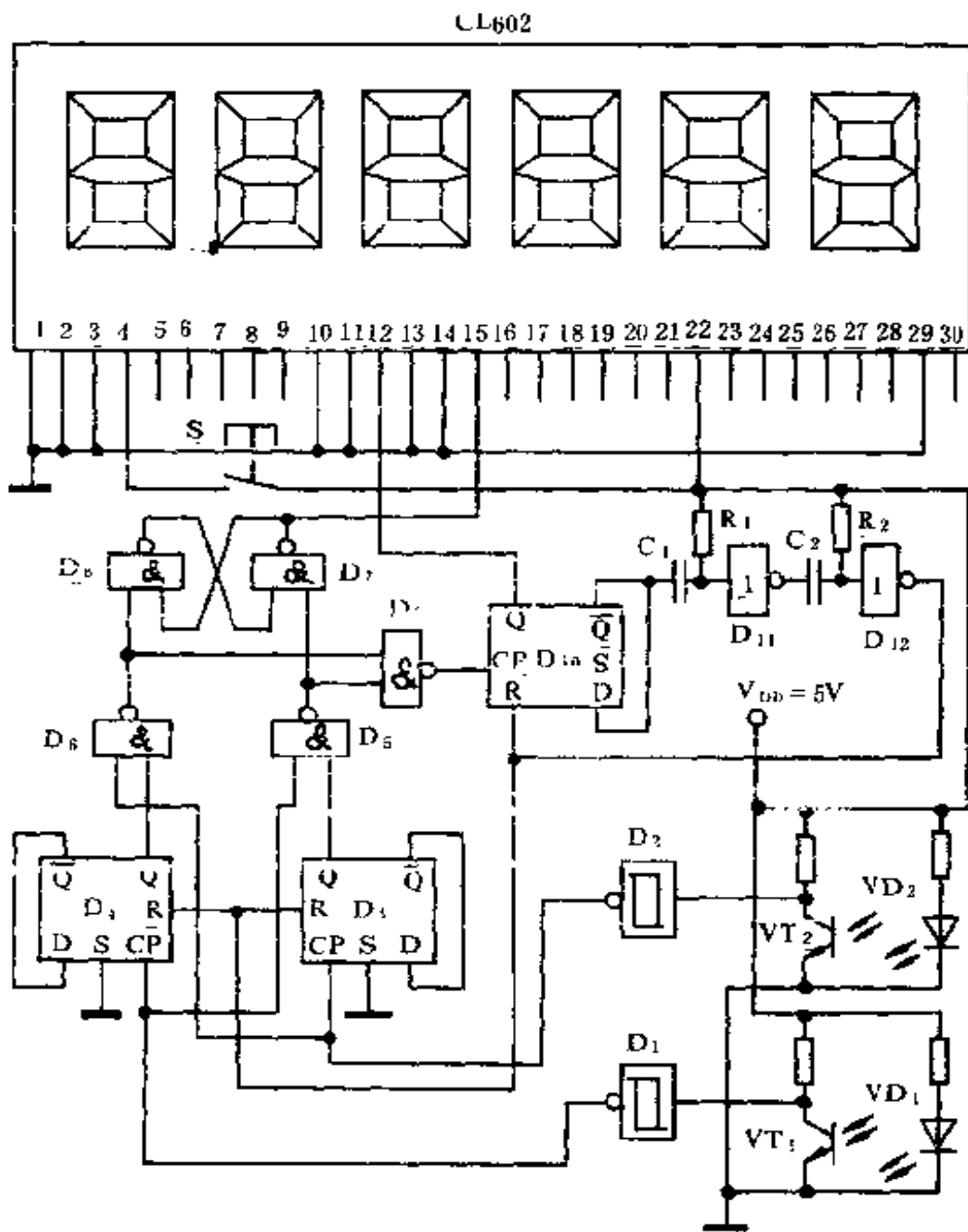


图 3.6 红外线检测自动测长仪电路

过 R_1 向 C_1 充电, 经过 $t_1 = 0.69R_1C_1$ 时间, C_1 右端电位上升到

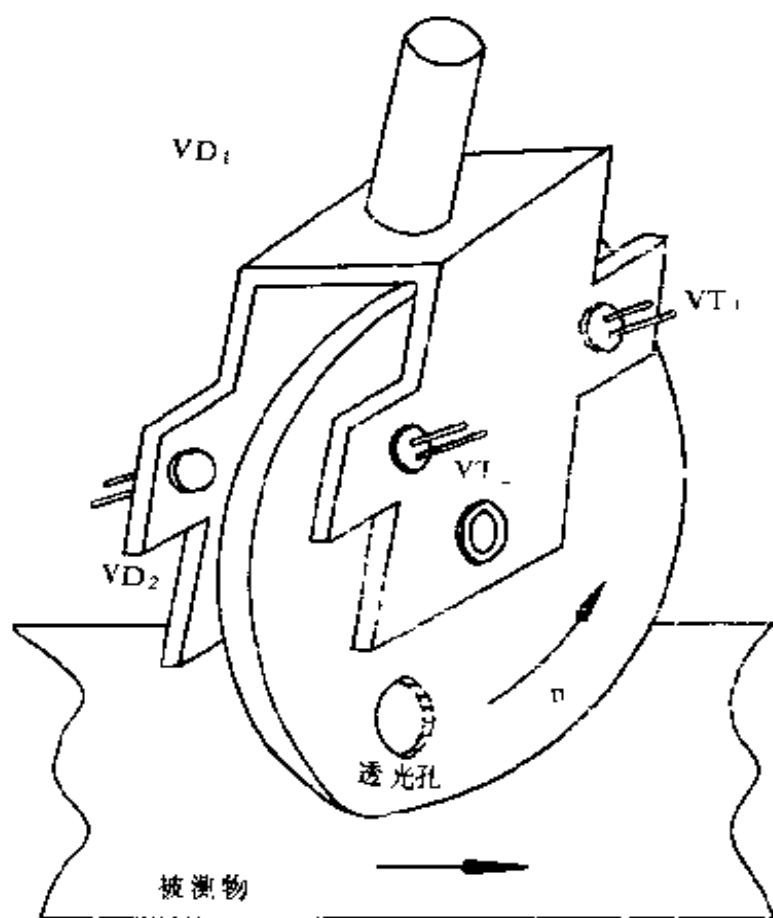


图 3.7 摩擦轮示意图

$\frac{1}{2}$ 电源电压,使非门 D_{11} 输出端由高电平变为低电平, C_2 的右端也变为低电平,非门 D_{12} 输出一个正脉冲,此正脉冲作用于 D 触发器 D_3 、 D_4 、 D_{12} 的清零端 R,同时被置零,为下一次工作(摩擦轮再次使 VD_1 (VT_1) 和 VD_2 (VT_2) 产生检测脉冲)作好准备。清零脉冲的宽度由 R_2C_2 确定,由于 $R_2C_2 < R_1C_1$,故宽度较窄。

当摩擦轮在被测物的带动下按逆时针方向转动时,各点波形如图 3.8(b)所示。读者可自行分析电路的工作过程。此时,与非门 D_7 和 D_8 构成的 RS 触发器的 Q 端为低电平,使外接计数器作减法计数,触发器 D_{13} 的 Q 端仍输出供外接计数器计数的

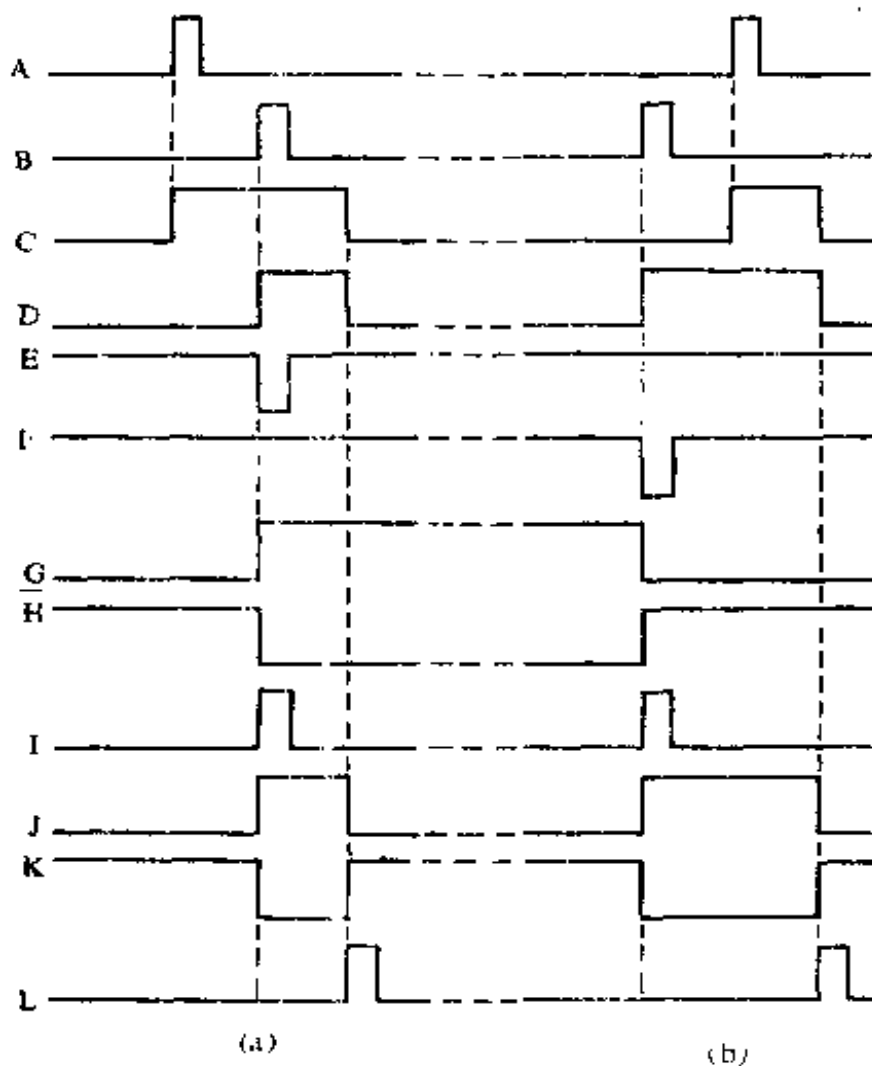


图 3.8 计数器加减信号控制电路工作波形

正时钟脉冲。

3. 计数显示电路

计数显示电路采用一块 CMOS-LED 大规模组合显示器件 CL602。CL602 的内部电路非常复杂,在此不作详细介绍,仅对其特点和引线功能作如下说明。

CL602 为六位十进制加减计数显示器件,计数容量为 999999,最高计数频率为 1MHz,足以满足我们的要求。它采用 0.5 英寸大型 LED 数码显示计数结果,有红、绿两种颜色。

CL602 的工作电压为 3~6V,推荐使用 5V,此时,工作电流约为 50mA。由于 CL602 的各输入端均有上拉或下拉电阻,因此,不用的输入端允许悬空(一般 CMOS 电路不用的输入端是不许悬空的)。由于各位计数器之间的级联以及显示器与计数器的联接均在内部完成,这就大大减少了外部引线,使电路构成更加简单:

CL602 的引线功能如下:

①~②脚:GND。公共地端,接低电平。

③脚:S。锁存选通输入端。为“0”或悬空时,内部计数器的数据可以送到显示器;为“1”时,计数器数据锁存,显示器显示数据不变,计数器仍继续计数。

④脚:CR。清零端。为“1”时,计数器清零;为“0”时,正常计数显示。

⑤脚:SCAN。扫描输入端。当外部信号经 SCAN 输入时,内部扫描电路与外电路同步。

⑥~⑨脚:A、B、C、D。预置数输入端。为 BCD 码输入,由预置数控制端 LDC 控制。

⑩脚:CAR。进位端。

⑪脚:LDC。预置数控制端。为“1”时,将⑥~⑨端的 BCD 码置入计数器;为“0”时或悬空时,不起作用。

⑫脚:LDR。寄存器送数控制端。为“1”时,允许输入的 BCD 码送入寄存器;为“0”或悬空时,不起作用。

⑬脚:CP。计数时钟输入端。上升沿有效。内部有施密特触发器整形,对输入时钟脉冲边沿要求不严。

⑭脚:INH。计数禁止端。为“1”时,停止计数;为“0”或悬空时,计数恢复。

⑮脚:ZER。全零输出端。当计数器计到 000000 时,ZER 输

出“1”。

⑯脚:U/D。加减计数控制端。为“1”时,计数器作加计数;为“0”时,计数器作减计数。

⑰~⑳脚: Q_A 、 Q_B 、 Q_C 、 Q_D 。BCD 码输出端。为 6 位 BCD 码。 Q_A ~ Q_D 输出的数据与扫描信号同步,当扫到某一位时,就输出某一位数据。

㉑脚: EQU。比较输出端。当计数器与寄存器的数据相等时, EQU 输出“1”。

㉒脚: V_{DD} 。电源正端。接 +5V 电源。

㉓~㉖脚: D_1 ~ D_6 。位选输出端。 D_1 ~ D_6 与六位十进制的 1~6 位相对应。

㉗脚: \overline{LZB} 。前灭零控制端。为“0”时,可使显示器有效位前面的 0 灭掉。如数字是 000168 时,将显示 168。 \overline{LZB} 对其它电路无影响。

㉘脚: SET。扫描控制端。为“1”时,扫描进行;为“0”时,无效。

CL602 虽然有 30 条引线,但我们这里用得不多,仅用其电源端 V_{DD} 和 GND、计数时钟输入端 CP、加减计数控制端 U/D 以及清零端 CR,如图所示。

CL602 的 V_{DD} 端接 +5V; CP 端接加减计数控制电路中 D 触发器 D_{10} 的 Q 端; U/D 端接加减计数控制电路的与非门 D_7 的 Q 端。这样,当摩擦轮在被测物带动下顺时针转动时, D_7 的 Q 端为高电平, CL602 对 CP 端 (D_{10} 的 Q 端) 的脉冲作加计数; 当摩擦轮逆时针转动时, D_7 的 Q 端为低电平, CL602 对 CP 端的数据作减计数。从而测量出被测物体的长度。

当需要重新计数时,按动清零开关 S,计数器复零。

二、元件选用与制作

摩擦轮用金属或尼龙材料车制而成。并将 $VD_1(VT_1)$ 和 $VD_2(VT_2)$ 安装在固定架上。其外缘周长 L 为 10cm , 直径 $D = \frac{10}{\pi}\text{cm}$ 。

图 3.6 电路中, VD_1, VD_2 用 $\Phi 3$ 或 $\Phi 5\text{mm}$ 小功率红外发光二极管, 如 5GL、HG410 系列。 VT_1, VT_2 用 3DU31。 D_1, D_2 用 CD40106, D_3, D_4, D_{10} 用 CD4013。 $D_5 \sim D_9, D_{11}, D_{12}$ 用 CD4011。

由摩擦轮每转一周, 被测物走过 10cm , 若计数显示器的显示单位为 m , 则应在最后一位前“点”一小数点, 但 CL602 无小数点位, 可用不干胶纸(颜色与 LED 显示器一致)剪一小圆点贴于最后一位之前。

3.2.4 红外线光电密码锁

密码锁的种类很多, 有按键式、拨盘式等等。这种红外线光电密码锁, 由密码钥匙及密码锁构成。当密码钥匙插入密码锁时, 即可开门, 不需由人们记住密码, 使用十分方便, 当用其它钥匙插入密码锁时, 密码锁会发出报警声, 同时会自行锁定, 不能开锁。由于这种密码锁无任何按键, 抗破坏能力强。另外, 密码锁平时不耗电, 仅在开锁时耗电。

一、工作原理

密码锁电路如图 3.9 所示。 $VD_1 \sim VD_4$ 为红外发光二极管, $VT_1 \sim VT_4$ 为红外光敏三极管, $VD_1(VT_1) \sim VD_4(VT_4)$ 构成四条光路, 为光电编码电路。 R_1 为红外发光二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 的限流电阻, 改变 R_1 可以改变发光强度。由于光路很近 (1m 以内), 故红外发光二极管的工作电流可以小一些, 这里仅为 10mA 。 D_1 为 CMOS 四输入端与非门, 构成密码核对电路, D_3, R_2 和 C_1 构成延时自锁电路。 CW9562 为警笛声响电路。 7809 构

当插入其它钥匙时,其透光孔与本锁密码不同,就不能保证与非门 D_1 的四个输入端全为高电平,因此,不能将锁打开。锁虽未被打开,但密码锁电源已被接通,电源将通过 R_5 向 C_1 充电,经过 5s 钟后, C_1 上的电压达到与非门 D_3 的转换电压, D_3 输出低电平,一方面,由于 D_3 输出低电平,使 VD_6 导通,将 VT_6 的基极电位箝在 0.3V (锗二极管) 以下,使 VT_6 不能导通,锁不能打开,实现自锁。另一方面,由于 D_3 输出低电平,使 VT_5 导通,经 R_7 、 VD_5 稳压后,使警笛声响,电路得到 3V 左右的工作电压,使扬声器发出警笛报警信号。

变压器 T、整流二极管 $VD_7 \sim VD_{10}$ 、三端固定稳压器 7809 等构成直流稳压电源。

二、元件选择与制作

$VD_1 \sim VD_4$ 用 TL104, $VT_1 \sim VT_4$ 用 TLP104。 D_1 用 CD4002, D_2 、 D_3 用 CD4069。 VD_5 用 3V (1/2W) 稳压管。 B 用 0.25W (8 Ω) 电动扬声器。

密码钥匙及钥匙插口要自行制作。图 3.10 为密码钥匙及插口的结构图。钥匙插口用 2mm 厚的铁片制作,插口的厚度为

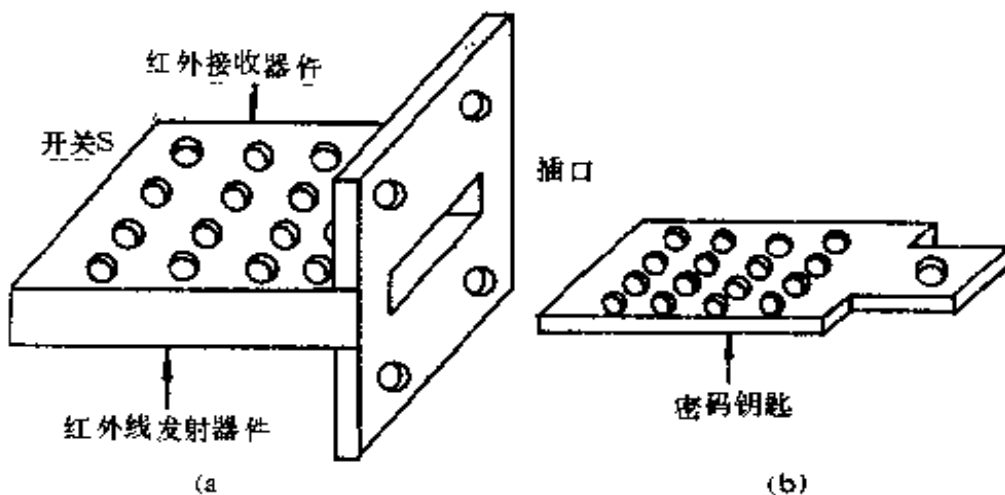


图 3.10 密码锁与密码钥匙结构

5mm,宽度为 20mm,长为 45mm,并按图示在插口的上下两铁片上打 $\Phi 3\text{mm}$ 孔,孔的位置要上下对正,打四排,每排四个孔,共 16 个孔。 $\text{VD}_1 \sim \text{VD}_4$ 安装在上面铁片上, $\text{VT}_1 \sim \text{VT}_4$ 安装在下面铁片上。可以先将管子焊在与孔位置相符的印制板上,再将印制板装在铁片上,各管引线从印制板上引出。微动开关 S 装于插口的顶端,当密码钥匙完全插入时,能够顶动 S。

密码钥匙的宽度、厚度及长度稍小于插口的尺寸,插入插口后不能有较大的松动量。制作时,首先在一片 0.15~0.2mm 铝板或铜板上打上与插口中位置相符的透光孔,注意 $\text{VD}_3(\text{VT}_3)$ 和 $\text{VD}_4(\text{VT}_4)$ 两光路处不要打孔。然后用两片茶色或红色(能透过红外光)的薄有机玻璃将打好孔的铝板或铜板夹在中间并用 502 胶粘住。

由于插口内的光线为不可见的红外光,故本密码锁保密性较好,不易泄露。若要变动密码,只要调换 $\text{VD}_1(\text{VT}_1) \sim \text{VD}_4(\text{VT}_4)$ 的位置即可。不过密码钥匙也要换新的(可多准备几套备用)。

本电路不用调试即可正常工作。

3.2.5 红外线检测数字转速测量仪

在工业生产、科学研究过程中,常常要对某些物体的转速进行测量。下面介绍一个红外线检测数字显示转速测量仪,它结构简单、组装容易、读数直观(显示结果为 r/min)、成本低廉、携带方便。

测量仪采用非接触测量,对被测物体的运动无干扰。

一、工作原理

图 3.11 是红外检测数字转速测量仪的原理框图。

我们知道,用频率计测量测得的结果是每秒钟所输入脉冲



图 3.11 红外检测数字转速测量仪框图

的数量,而物体的转速一般用 r/min 表示,在本测速仪中,红外线光电检测器检测到的是每收到一个脉冲(转一周),再经过 60 倍频,相当于物体每转一周得到 60 个脉冲。这样,后面的频率计测量的结果就是每分钟物体的转速了。

图 3.12 为红外线检测数字转速测量仪的原理图。红外发光二极管 VD_1 、光敏三极管 VT 以及非门 D_1 、 D_2 等构成红外线光电检测器。CMOS 锁相环 CD4046 以及 CMOS 十进制计数和时序译码器 CD4017A、CD4017B 构成 60 倍频电路,CMOS 多功能时间控制器 CH279、4 $\frac{1}{2}$ 位十进制计数、锁存、译码(三合一电路) 5G7225 以及 LED 数码显示器构成 4 $\frac{1}{2}$ 位数字频率计。

下面,分别介绍各部分的工作原理。

1. 红外线光电检测器

转动物体每转一周,光敏三极管 VT 受到一次红外发光二极管 VD 的光照,在 VT 的发射极产生一正脉冲,经非门 D_1 、 D_2 及 R_3 构成的施密特触发器进行整形后,变为边沿陡直的矩形脉冲。

2. 60 倍频电路

60 倍频电路采用 CMOS 锁相环 CD4046 及 CMOS 十进制计数、时序译码器 CD4017。锁相环的基本功能是实现相位同步,如图 3.13 所示。当锁相环相位比较器输入信号的频率为 f_1 ,压控振荡器输出信号的频率为 f_2 时, f_1 与 f_2 在相位比较器内进行比较,产生一个与两信号频率差成正比的误差信号去调

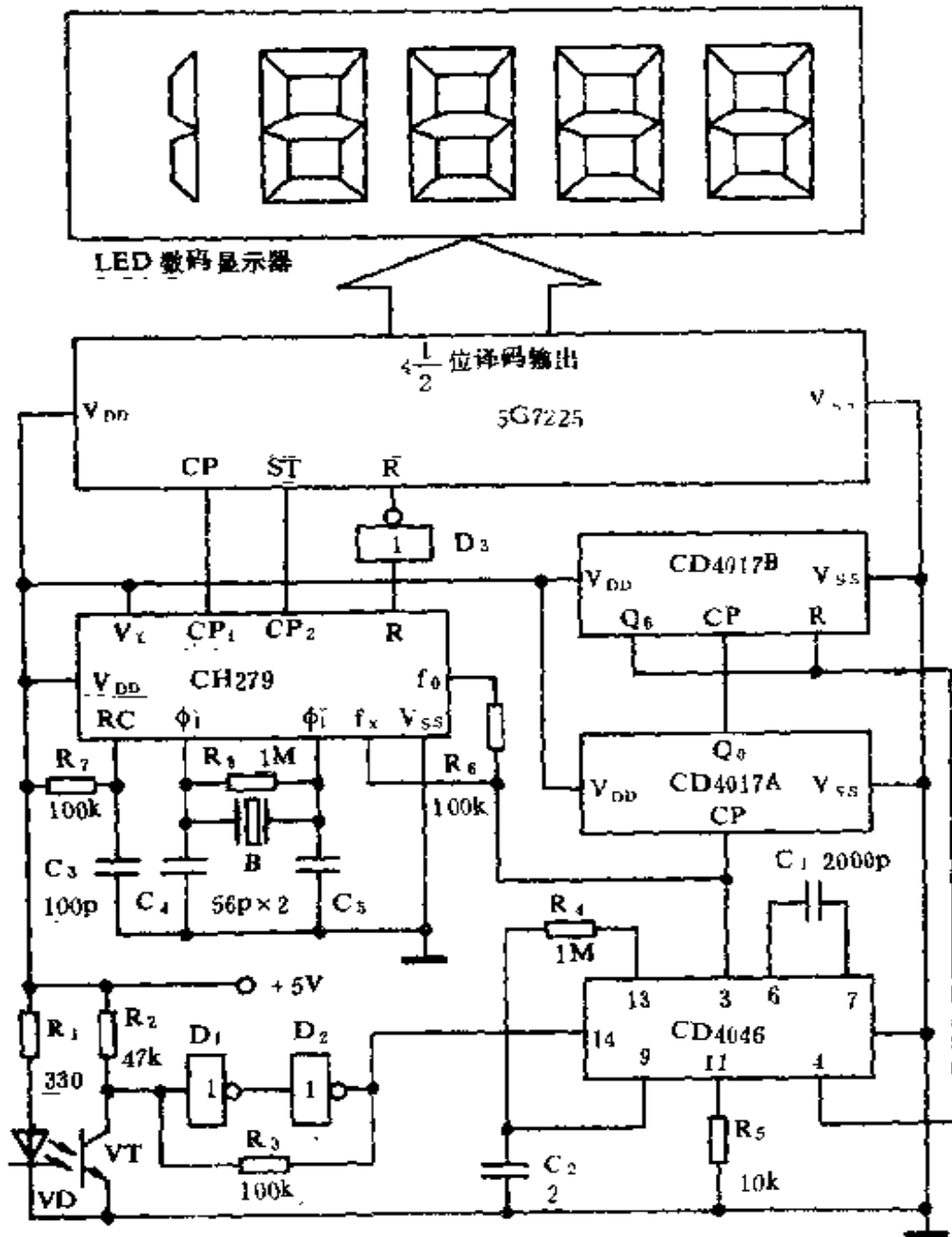


图 3.12 红外线检测数字转速测量仪电路

整压控振荡器的频率 f_2 , 使之向 f_1 靠拢, 直至 $f_2 = f_1$ 。这是锁相环的基本原理。

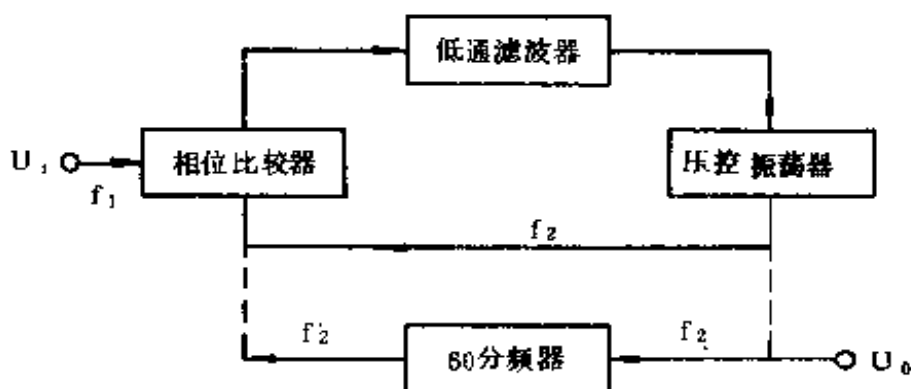


图 3.13 锁相环倍频电路框图

锁相环在实际应用时也非常灵活,在本测速仪中,我们在锁相环的压控振荡器输出与相位比较器输入之间,插入一个 60 分频器,如图 3.13 虚线所示。这样,锁相环压控振荡器输出信号的频率为 f_2 ,经 60 分频后得到的信号频率为 $f_2 = f_2/60$,相位比较器将 f_2 与 f_1 (红外线光电检测器输出信号的频率)进行比较,并输出一个误差电压去调整压控振荡器的频率,使经过 60 分频后的信号 $f_2 = f_1$,由于 $f_2 = f_2/60$,故此时 $f_2 = 60f_2 = 60f_1$,从而实现 60 倍频。

在图 3.12 中,锁相环 CD4046 的信号输入端 14 脚的输入信号为红外线光电检测器的输出信号(即转动物体每转一周产生的一个脉冲信号),其频率相当于 f_1 。CD4046 的压控振荡器的输出端 4 脚(信号频率为 f_2)与相位比较器的输入端 3 脚(信号频率为 f_2)之间插入由 CD4017A 和 CD4017B 构成的 60 分频器。

CD4017A 接成十进制计数器,由 CP 端输入信号, Q_0 为输出信号,当 CP 端有十个脉冲作用时, Q_0 端输出一个正脉冲。CD4017B 接成六进制计数器,CD4017A 的进位端 Q_9 作为 CD4017B 的 CP 信号,另外,输出端 Q_0 与清零端 R 相联,当

CD4017B 的 Q_6 输出高电平时, Q_6 的高电平作用于其清零端 R, 使其清零, 故 CD4017B 构成的是逢六进一的计数, 即六进制计数。CD4017A 和 CD4017B 是串联的, 它们共同构成 60 进制计数器, 完成 60 分频的任务。

CD4017A 和 CD4017B 构成的 60 分频电路接于锁相环 CD4046 的压控振荡器输出端 4 脚与相位比较器的比较输入端 3 脚之间。那么, 从锁相环压控振荡器的输出端 4 脚得到的便是对输入端 14 脚输入信号(频率为 f_1)的 60 倍频的信号了(频率为 f_2)。

3. 4 $\frac{1}{2}$ 位数字频率计

这部分电路由 CMOS 多功能时间控制器 CH279、4 $\frac{1}{2}$ 位十进制计数、锁存、译码电路 5G7225 以及 LED 数码显示器构成。为了更好地理解这部分电路的工作原理, 下面, 首先对 CH279 及 5G7225 作一介绍。

① 5G7225

该电路为上海元件五厂产品。图 3.14 和图 3.15 分别是它的内部框图和引线排列图。其各端功能如下:

\overline{CP} : 计数输入端。内部有施密特整形电路, 下降沿有效。

\overline{CI} : 计数禁止端。 $\overline{CI}=1$ 时, 允许计数, $\overline{CI}=0$ 时, 禁止计数。

\overline{ST} : 锁存器选通端。 $\overline{ST}=0$ 时, 译码输出随计数器内容变化更新; $\overline{ST}=1$ 时, 锁存器锁存, 译码输出不随计数器内容变化, 输出的是 $\overline{ST}=1$ 时计数器的内容, 此时译码输出也不受复位信号 R 的影响。

Q_c : 进位端。当计数器的数据从 9999 变为 0000 时, Q_c 端输出一个下跳脉冲, 作为向高位的进位信号。同时, 使 5G7225 的最高位 D 触发器置 1, 可作为 4 位计数器的溢出标志。

LZI:无效零消隐控制端。LZI=1时,计数显示结果的无效零消隐不显示;LZI=0时,无效零显示。

LZO:零消隐输出端。平时为低电平,只有当LZI=1,四位计数器全为零时,LZO才输出高电平。

\bar{R} :清零端。 $\bar{R}=0$ 时,计数器清零,但对锁存器无效。

BRT:显示亮度控制端。BRT端电位愈高,显示亮度也愈高。

$a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1, g_1 \sim a_4, b_4, c_4, d_4, e_4, f_4, g_4$:四位译码输出,可直接驱动LED数码管。

1/2:1/2位译码输出,可直接驱动LED数码管。

V_{DD} :电源正极。接+5V。

V_{SS} :电源负极。接0V。

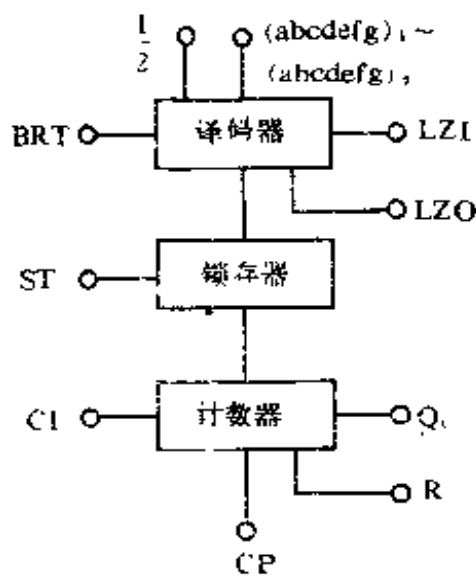


图 3.14 5G7225 内部框图

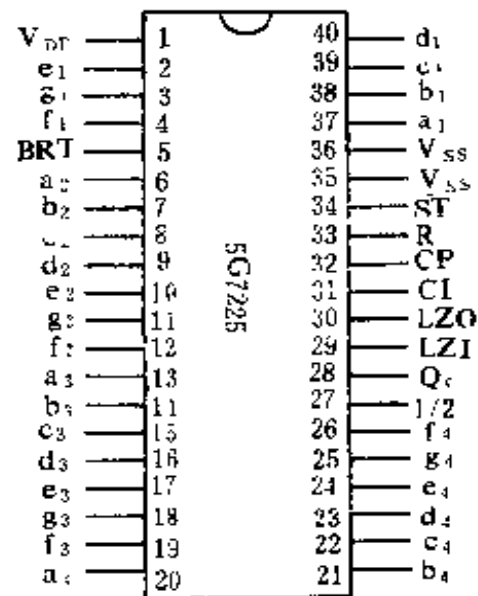


图 3.15 5G7225 引线排列

② CH279

该产品是上海无线电十四厂产品。它在频率的数字化测量方面有着独特的用途。图 3.16 和图 3.17 分别是它的内部框图

和引线排列图。

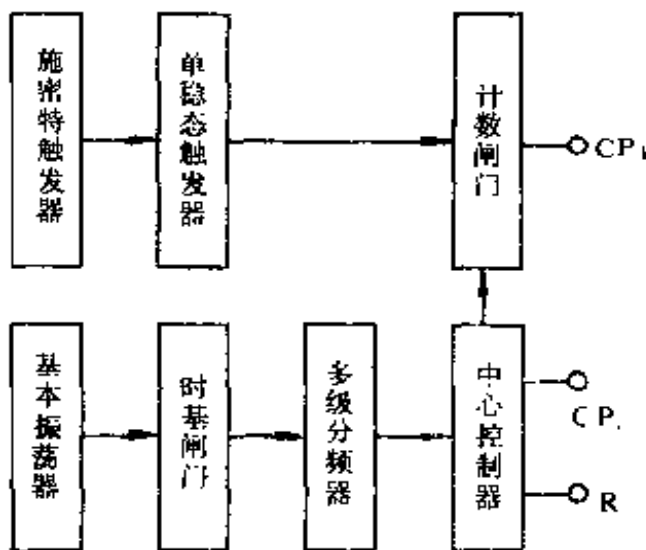


图 3.16 CH279 内部框图

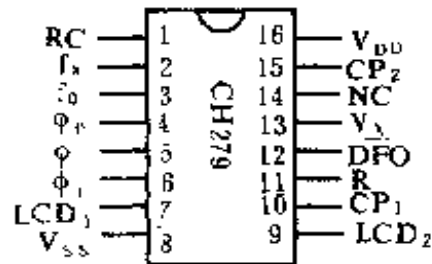


图 3.17 CH279 引线排列

由框图可以看出,CH279 主要包括基准振荡器、时基闸门、计数闸门、多级分频器、中心控制器、施密特触发器、单稳态触发器。基准振荡器产生基准闸门信号及控制信号,多级分频器将基准振荡信号进行分频,产生中心控制所需信号。中心控制器是 CH279 的控制中心,其作用是使各部分电路工作协调。计数闸门产生 1s 钟基准闸门信号,用来控制通过计数闸门信号的时间。施密特触发器和单稳态触发器作用是对外接测量信号进行整形和消抖动,再通过计数闸门(开门时间为 1s)加到外接计数器进行计数,从而得到每秒从施密特触发器输入的脉冲数量。计数闸门关门后,CH279 的 CP_2 端发出一负向窄脉冲,作为外接计数器锁存信号,尔后 R 端发出一正脉冲作为外接计数器的清零信号。然后 CH279 又重复上述工作过程。

CH279 引线功能如下:

f_x : 被测信号输入端。

f_0 : 内部施密特触发器对 f_x 整形后的输出端。

RC: 内部单稳态电路外接定时电阻、电容端。

Φ_1 、 $\overline{\Phi}_1$: 基准振荡器外接晶体、元件端。

Φ_0 : 晶体振荡器输出端。(32768Hz)

CP₁: 被测信号 f_x 经内部施密特触发器及单稳态触发器, 再经计数闸门控制后的输出端。为外接计数器计数输入端。

CP₂: 锁存选通信号输出端。当计数闸门开启 1s 钟后, CP₂ 发出一负窄脉冲, 将外接计数器的内容打入锁存器。

R: 清零信号输出端。CP₂ 发出后, R 端向外接计数器送入清零信号, 但由于锁存器的作用, 显示部分仍显示清零前的内容。

V_{DD}: 电源正极。

V_{SS}: 电源负极。

V_X: 电源电压降落指示输入端。

LCD₂: 电源电压降落指示驱动输出端。

LCD₁: 工作指示驱动端。

V_X、LCD₂、LCD₁ 这三个端在此电路中不用。

在了解 5G7225 及 CH279 的基本原理及引线功能之后, 再分析图 3.12 电路的 $4\frac{1}{2}$ 位频率计部分的工作原理就方便多了。图 3.12 中, CH279 的 CP₁ 与 5G7225 的 CP 端相联, CH279 的 CP₂ 与 5G7225 的 \overline{ST} 相联; CH279 的 R 端串一非门后与 5G7225 的 \overline{R} 端相联。另外, 5G7225 的 BRT 端接高电平, 用来实现无效零消隐。CH279 的 f_x 和 f_0 之间接入电阻 R₆, 使内部两个非门构成施密特触发器。 Φ_1 与 $\overline{\Phi}_1$ 之间接入电阻 R₈、晶体 B (32768Hz) 以及电容 C₄ 和 C₅, 构成(晶体)基准振荡器。

$4\frac{1}{2}$ 位数频率的工作过程大致如下:

当 CH279 中计数闸门开启时, 其 CP₁ 端向 5G7225 的 CP

端送入计数信号,计满 1s 钟后,计数闸门关闭,CH279 的 CP_2 向 5G7225 的 \overline{ST} 端送入一负向窄脉冲,将 5G7225 中计数器中的数据送入锁存器,之后,CH279 的 R 端经反相器又向 5G7225 的 \overline{R} 端送入一负脉冲,5G7225 中的计数器被清零,但锁存器及译码显示仍显示刚才计数的数据。待下次计数周期时,CH279 的 CP_2 再向 5G7225 中的 \overline{ST} 送入负脉冲,显示新的数据,如此循环。从而测量出从 CH279 f_x 端输入信号的频率。

二、安装调试

红外发光二极管 VD 与光敏三极管 VT 构成反射式红外探头,如图 3.18 所示。在转动物体上贴一轻质反光片(用反光较好的水银镜片或锡纸片等)。发光和受光管在同一侧,并夹一个角度在 $10 \sim 20\text{cm}$ 处相交。由于入射角等于反射角,故可使 VD 的红外反射到 VT 上。它利用物体上反光片反射回来的红外光工作,而对非反光片灵敏度极低。测量时只要将红外发光与接收管对准反光片即可。

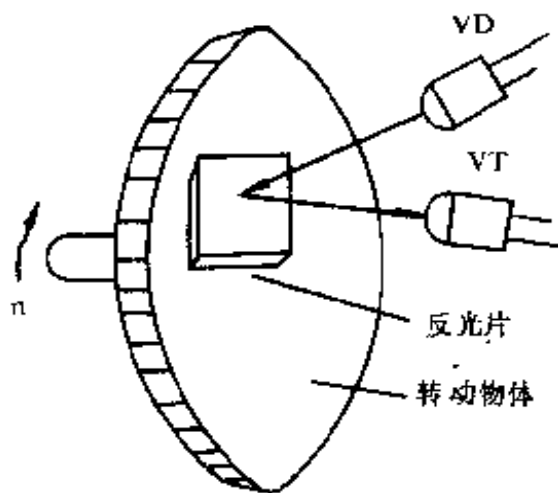


图 3.18 反射式红外探头

除此之外,红外探头还可制成对射式,即红外发光管与接收管对射安装,中间为转动物体,在转动物体上贴一挡光片即可。还可根据不同测量环境的要求,制成其它形式的红外探头。

3.2.6 听指挥的红外线光控玩具汽车

这种儿童玩具汽车,用指挥棒可以指挥它向前、向左、向右

前进。当指挥棒离开时，它便自行停车。

一、工作原理

图 3.19 是指挥棒电路。当按下开关 S 时，红外发光二极管 VD 便发出恒定的红外光。

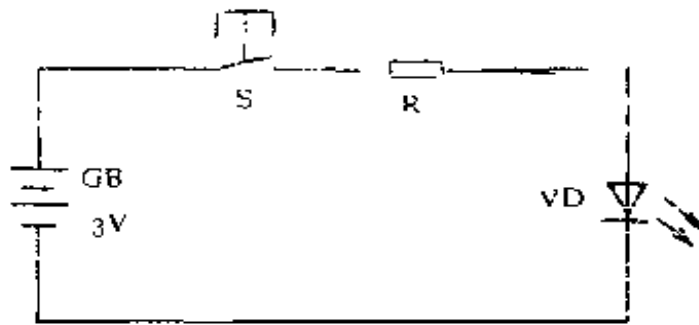


图 3.19 指挥棒电路

图 3.20 是汽车电路。它由两组简单红外线光控电路及闪光电路构成。光敏三极管 VT_1 与 CMOS 非门 D_1 、 D_2 等组成左转弯红外线光控电路；光敏三极管 VT_2 与 CMOS 非门 D_3 、 D_4 等组成右转弯红外线光控电路。CMOS 非门 D_5 、 D_6 以及普通发光二极管 VD_3 、 VD_4 等组成闪光电路。

当指挥棒指向 VT_1 和 VT_2 时， VT_1 和 VT_2 的集电极与发射极呈现低电阻，与可调电阻 RP_1 和 RP_2 分压后，使 CMOS 非门 D_1 和 D_3 的输入端为高电平（高于 CMOS 非门的转换电压，约为 $\frac{1}{2}V_{DD}$ ），非门 D_2 和 D_4 均输出高电平， VT_3 和 VT_4 饱和导通，继电器 K_1 和 K_2 吸合，接点 K_1 、 K_2 闭合，接通电动机 M_1 和 M_2 的电源， M_1 和 M_2 均旋转，带动玩具汽车向前移动。

当指挥棒指向 VT_1 时，仅使继电器 K_1 吸合，接点 K_1 闭合，接通电动机 M_1 的电源， M_1 旋转（ M_2 不转），使玩具汽车向左转弯。

当指挥棒指向 VT_2 时,玩具汽车将向右转弯。

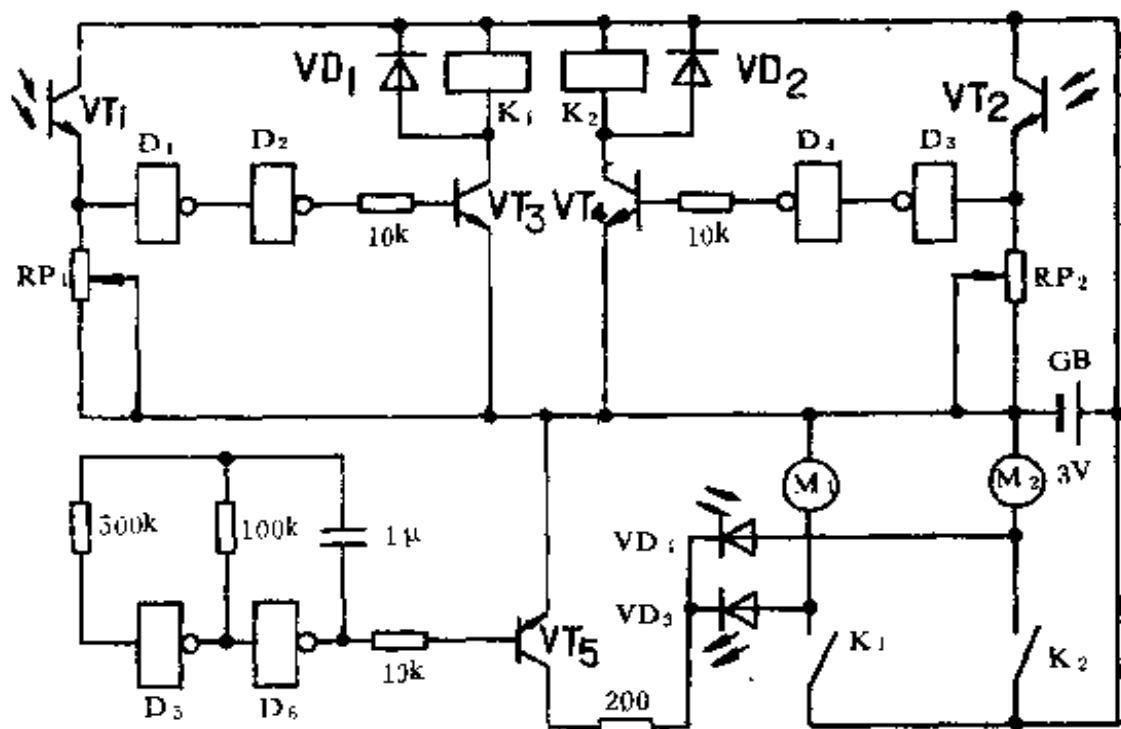


图 3.20 汽车电路

CMOS 非门 D_5 和 D_6 等构成超低频振荡器,振荡频率约为 1Hz , 1Hz 的超低频脉冲作用于 VT_5 的基极,使其工作于开关状态。当继电器 K_1 吸合时,在接通电机 M_1 电源的同时,也将普通发光二极管(颜色任选) VD_3 的正极接正电源,从而使 VD_3 随着 1Hz 的超低频脉冲闪闪发光。当继电器 K_2 吸合时, VD_4 将发出 1Hz 闪光。当继电器 K_1 和 K_2 均吸合时, VD_3 和 VD_4 均闪光。

二、元件选用

图 3.19 电路中, VD 用 $\Phi 5\text{mm}$ 小功率红外发光二极管,如 HG410 系列。GB 用两节 5 号或 2 号干电池。

图 3.20 电路中, VT_1 和 VT_2 用 3DU31。 $VT_3 \sim VT_5$ 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。 VD_1 和 VD_2 用 IN4001。 VD_3 和 VD_4 用 $\Phi 5\text{mm}$ 普通发光二极管。 K_1 和 K_2 用 4098 型小型继电器。 $D_1 \sim D_6$ 用一

片 CMOS 六非门,型号为 74HC04。 M_1 和 M_2 用 1.5V~3V 恒磁直流玩具电动机。GB 用两节 1 号或 2 号干电池。

三、安装调试

指挥棒电路安装在一个微型手电筒内,并将红外发光二极管安装在原手电筒灯泡处。这样,当按下手电筒开关时,指挥棒发出的是一束平行的红外光柱。当按下 S 时,电路工作电流约为 50mA,否则,可改变 R,使之约为 50mA 左右。

汽车电路安装在玩具汽车的空余处。机械部分(电机、轴承、涡轮、涡轮杆等)的安装见图 3.21。光敏三极管 VT_1 和 VT_2 分别安装在玩具汽车的前灯左右两侧。另外还要给玩具汽车增加一个尾轮,尾轮高度要将原两后轮垫起,使其不着地,这样才能方便转弯。这里的涡轮、涡轮杆、选用市售成品。

调试比较简单,改变 RP_1 和 RP_2 即可改变 D_1 和 D_2 的输入

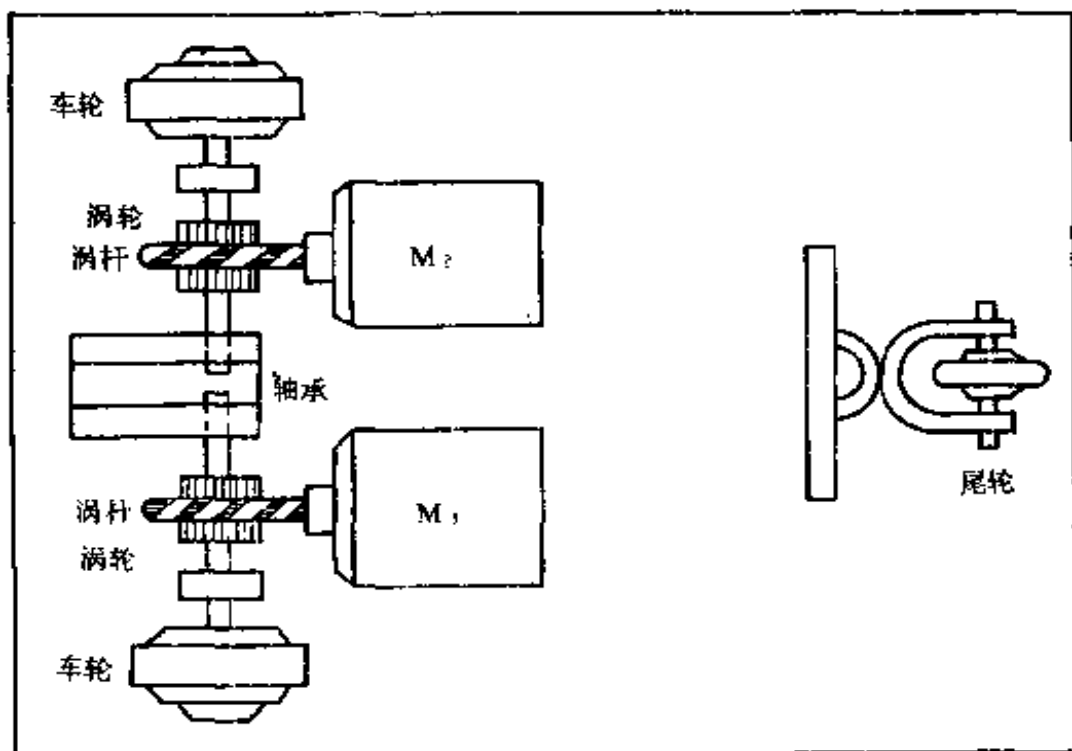


图 3.21 安装示意图

端电位, D_1 和 D_3 输入端电位越靠近 $\frac{1}{2}V_{DD} (< \frac{1}{2}V_{DD})$, 光控灵敏度越高。但灵敏度也不可太高, 否则, 极易受杂散光的干扰。一般来讲, 当指挥棒距汽车 1m 左右时, 能够可靠控制就可以了。

第四章 频分制红外线遥控电路

频分制红外线遥控电路结构比较简单,应用非常广泛。在遥控通道数目不太多的情况下,一般采用频分制电路。本章首先对频分制红外线遥控电路中的发射器、接收电路中的光电转换器、前置放大电路、频率选择电路、脉冲形成及记忆电路、电源电路等单元电路以及双音多频(DTMF)信号产生及接收器作系统介绍,然后列举一定数量的应用实例。

4.1 发射器

在频分制红外遥控电路中,发射器中的指令信号产生电路就是指令振荡器,频率范围可从几百 Hz 至几百 kHz,一般经常使用在几 kHz 至几十 kHz。指令振荡器的振荡频率由指令键控制。每个指令键对应一个振荡频率,有多少通道就有多少频率数目。构成单通道遥控电路时,振荡器只产生一个频率的振荡,此时,指令键一般是控制发射器的电源。指令键按下时,电源接通,振荡器产生一个频率的脉冲信号。常用的指令振荡器有 RC 振荡器、LC 振荡器、晶体振荡器。

RC 振荡器具有较宽的频率(几 Hz 至几百 kHz)调节范围,且频率的调节非常方便。RC 振荡器体积小,成本低,尤其是由 CMOS 集成电路构成的 RC 振荡器,具有功耗低,电源电压范围宽等许多优点,是红外遥控发射器中最常用的振荡器。RC 振荡

器的频率稳定度不太高,一般为 $10^{-2} \sim 10^{-3}$,但能满足一般需要。

LC 振荡器的频率稳定度较高,可达 10^{-4} ,但 LC 振荡器的频率调节(靠改变电容或电感)不太方便。频率较低时,电感的体积较大,成本也偏高,由于 LC 振荡器构成的发射器稳定性较好,在一些遥控器中也有应用。

晶体振荡器频率稳定度更高,可达 10^{-5} ,由于晶体振荡器的频率受晶体固有振荡频率的限制,只能在很小的范围内调节,一般只用在要求较高的单通道红外遥控电路或码分制红外遥控电路的调制振荡中。

由图 1.3 频分制红外遥控系统框图可知,指令振荡器输出不同频率的指令信号送驱动电路驱动红外发射器件发出红外线指令信号。驱动电路非常简单,一般由一只或两只晶体管构成。有些指令振荡器具有一定的驱动能力,就不需加驱动电路了,而由指令振荡器直接驱动红外发射器件。

由于集成电路的应用,使发射器的构成非常简便,且功耗大大降低,故发射器普遍采用了集成电路。但在一些简单的遥控装置中,为降低成本,也常采用分立器件构成发射器。

4.1.1 集成电路指令振荡器

一、CMOS 门电路 RC 振荡器

1. 基本电路

电路如图 4.1(a)所示。其中非门 D_1 和 D_2 可以采用 4000 系列 CMOS 六非门 CD4069,也可采用 74HC 系列 CMOS 六非门 74HC04。前者工作电压为 $3V \sim 18V$,后者工作电压为 $2V \sim 6V$ 。发射器一般均采用两节或三节干电池供电,考虑到电池电压随着使用时间的延长,会不断降低,为保证电路仍能正常工

作,对于采用电源电压 3V 供电的发射器选用 74HC04 为好,只是价格稍高一点。

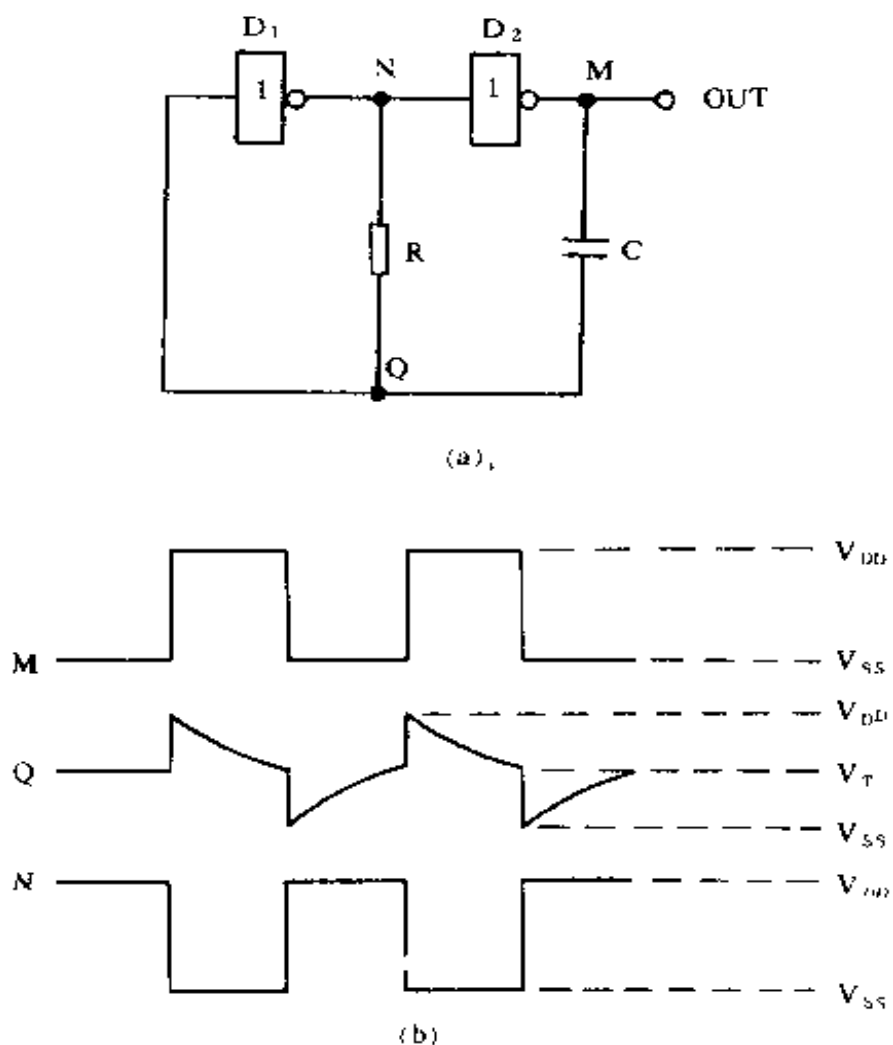


图 4.1 基本电路及工作波形

下面,结合如图 4.1(b)所示的工作波形图说明电路的工作原理。

设某一时刻电路 M 点为高电平,则 N 点必然为低电平。M 点的高电平通过电阻 R 向电容 C 充电,充电路径为 M 点、电容 C、电阻 R 至 N 点。刚开始充电时,由于电容两端电压不能突

变,使得 Q 点电位突跳至高电平,由于 Q 点是接至非门 D_1 的输入端的,故 D_1 维持输出端(N 点)为低电平。但随着充电的进行,充电电流逐渐减小,Q 点电位逐渐降低,当 Q 点电位低于 CMOS 非门的转换电压 V_T 时,非门 D_1 翻转,N 点翻高电平,M 点必然变为低电平。由于电容两端电压不能突变,Q 点也突跳为低电平,从而维持 N 点为高电平。同时,N 点的高电平通过电阻 R 对电容 C 进行反充电,反充电路径为 N 点、电阻 R、电容 C 至 M 点。随着充电的进行,Q 点电位逐渐升高,当 Q 点电位高于 CMOS 非门的转换电压 V_T 时,非门 D_1 翻转,N 点变为低电平,M 点必然变为高电平,M 点的高电平又通过电阻 R 对电容 C 充电,……重复上述过程,形成振荡,在 M 点或 N 点输出脉冲电压。

2. R_s 的作用

CMOS 门电路在制造时,其输入端设有保护二极管 $VD_1 \sim VD_3$,如图 4.2 所示,这对振荡电路将要产生影响,主要是以下两个方面:一是它们对图 4.1(a)中的 Q 点电位有箝位作用。当

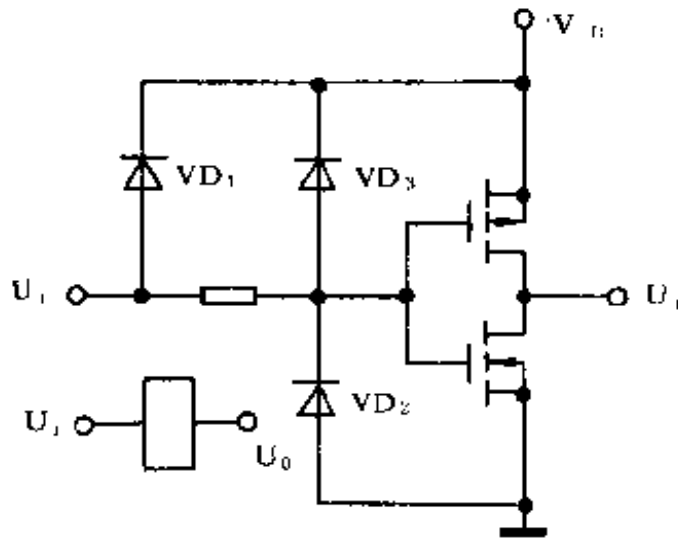


图 4.2 CMOS 门电路的输入保护二极管

M 点跳为高电平时, Q 点电位应为 $V_T + V_{DD}$, (这里 V_T 为 CMOS 门的转换电压, V_{DD} 为 M 点高电平电压), 但由于 CMOS 门保护二极管 VD_1 的箝位作用, Q 点电位只能升到 V_{DD} , 为负值, 但由于 CMOS 门电路保护二极管 VD_2 的箝位作用, Q 点电位只能降到 V_{SS} 。也就是说, Q 点电位最高只能达 V_{DD} , 最小只能到 V_{SS} 。这样, 当电源电压变化时, 箝位电压也就跟着变化, 对电路中振荡电容的充放电时间影响比较大, 对频率的稳定不利。二是 CMOS 门的保护二极管箝位时, 有较大的电流流过它们, 这就使电路工作时动态功耗较大, 对电路稳定工作不利。

3. 改进电路

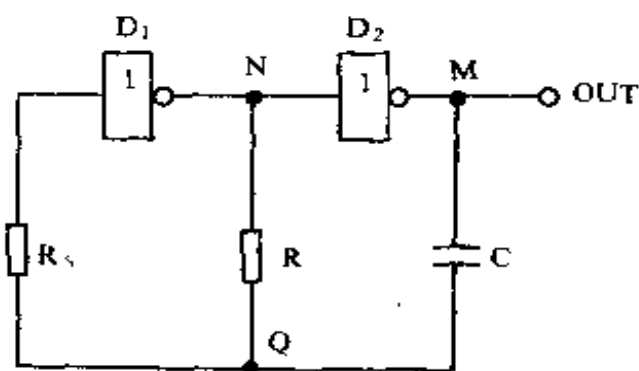
电路的改进非常方便, 如图 4.3(a) 所示, 只增加了一只阻值较大的电阻。由于 R_s 的作用, Q 点的电位不再被箝在 V_{DD} 和 V_{SS} , 而是可以升到 $V_T + V_{DD}$ 和降至 $V_T - V_{DD}$ 。图 4.3(a) 的工作波形如图 4.3(b) 所示。由于 R_s 较大, 流过 CMOS 门的保护二极管的电流就很小了, 从而减小了对电容 C 充放电的影响。可见, 只增加了一只电阻 R_s , 即减小了电源变化对振荡频率的影响, 又降低了电路工作的动态功耗, 使电路工作稳定可靠, 可以说是一举两得。

为了保证图 4.3(a) 中 Q 点电位能够充分上升到 $V_T + V_{DD}$ 和降至 $V_T - V_{DD}$, 减小保护二极管导通时对电容充放电的影响, 应使 $R_s \gg R$, 一般情况下取 $R_s = (5 \sim 10)R$ 。 R_s 大些对提高电路性能有好处。但也不可太大, 否则, R_s 和非门 D 的输入电容所构成的时间常数将影响电路振荡频率的提高。

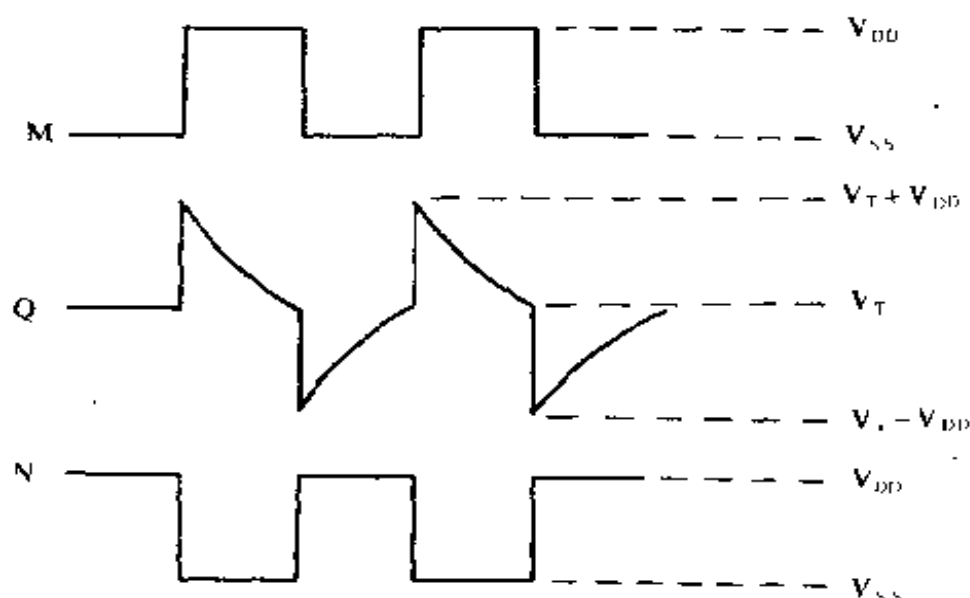
可以证明, 图 4.3(a) 电路的振荡频率

$$f_0 = \frac{1}{2.2RC} \quad (4-1)。$$

振荡周期



(a)



(b)

图 4.3 改进电路

$$T_0 = \frac{1}{f_0} = 2.2RC \quad (4-2)$$

式中, R 单位为 Ω , C 单位为 F , 则频率 f_0 和周期 T_0 的单位分别为 Hz 和 S 。

由上面两式可见, 改变电阻 R 或电容 C 的数值均可改变振荡频率或周期。但受器件的限制, 改变电容不如改变电阻方便,

所以一般都采用改变电阻的方法,改变或得到不同的振荡频率。

如果要构成多通道遥控发射器,可用图 4.4 所示的多通道遥控发射指令键电路代替图 4.3(a)中的电阻 R 。图中, $R_1 \sim R_n$ 为固定电阻, $RP_1 \sim RP_n$ 为可调电阻, $S_1 \sim S_n$ 为按钮开关。每个

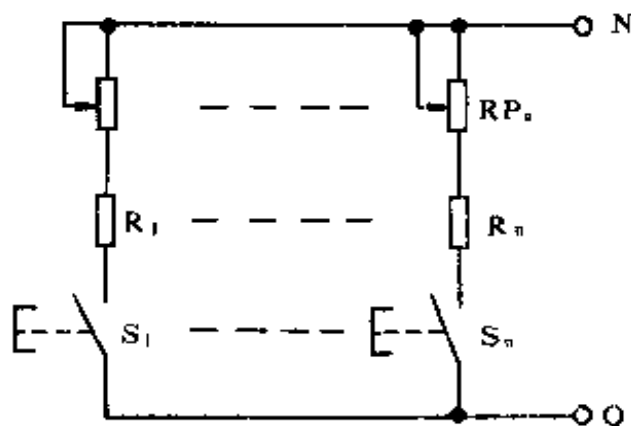


图 4.4 多通道指令键电路

通道的频率主要由定值电阻 $R_1 \sim R_n$ 决定,改变 $RP_1 \sim RP_n$ 可在一定范围内微调各通道的频率。

在进行设计与制作时,首先要根据各通道的频率,计算出各通道频率下对应的电阻,然后用固定电阻和可调电阻串联,使每个通道的电阻能在计算值的基础上有一个可调量,以便能准确地将频率调到要求的数值。

4. 空度比可变的振荡器

上述电路驱动脉冲为方波,脉冲宽度 T_d 为其周期 T_0 的一半,且不可调。为了进一步增大峰值工作电流,还应增大脉冲电压的空度比(占空比),即减小脉冲的上平顶宽度 T_d 。

电路如图 4.5(a)所示。电路引入了二极管 VD,使电容 C 的充电与放电时间常数不再相同,从而改变了输出脉冲的空度比。工作原理大致如下:当 M 点为高电平时,由于 VD 正偏,电容 C

的充电时间常数为 $RP \cdot C$, 当 N 点为高电平时, 由于 VD 反偏, C 的放电时间常数为 $(RP + R)C$, 充电时间常数小于放电时间常数, 故脉冲电压周期中的两个时间 $t_1 < t_2$, 如图 4.5(b) 所示。而 t_1 就是电路 M 点输出脉冲电压的上平顶宽度 T_d , 改变图 4.5(a) 中的 RP 就可改变电容 C 的充电时间, 从而就可改变输出脉冲电压的宽度 T_d 。

由于电容 C 的充电路径与 R 无关, 因此, 改变 R 只改变 C

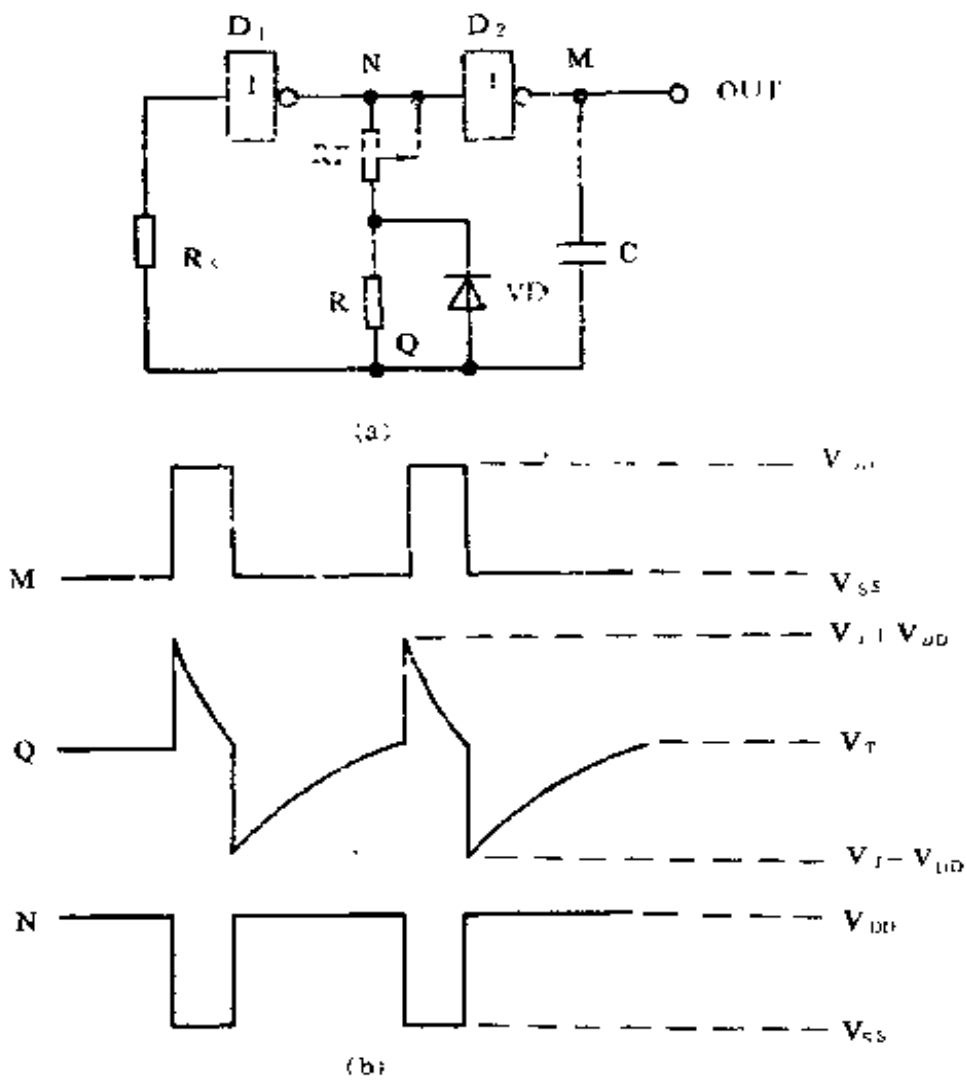


图 4.5 空度比可调的振荡器

的放电时间常数,从而改变电路的整个振荡周期,而不会改变脉冲宽度 T_d 。所以,图 4.5(a)中的 R 可用图 4.4 所示的多通道指令键电路代替,而构成多通道指令振荡器。

可计算出,图 4.5(a)中 M 点输出脉冲宽度

$$T_d = 1.1RPC \quad (4-3)。$$

在实际电路中, T_d 一旦确定下来,就不再变动,计算空度比 T_0/T_d 时, T_0 要取各通道频率中最高频率的最小周期。例如,各通道中最高频率为 10kHz ,则 $T_0 = \frac{1}{10}\text{ms}$,若脉冲宽度 $T_d = \frac{1}{40}\text{ms}$,则空度比 $T_0/T_d = 4$ 。然后再计算峰值工作电流。

二、CMOS 门电路晶体振荡器

我们知道,石英晶体在外加电压的作用下,由于压电效应,晶片就会产生机械振动。当外加电压的频率与晶体固有振荡频率相同时,机械振幅最大,产生的交变电场也就最大,形成压电谐振。石英晶体在其固有串联谐振频率与并联谐振频率之间的范围内呈电感性,由于电感性区域很窄,故用晶体构成的振荡器,频率稳定度很高。

图 4.6 是由 CMOS 门及石英晶体构成的振荡器。电阻 R 接在非门 D_1 的输入与输出端,将 D_1 偏置在线性放大区,构成放大器。石英晶体 B 及电容 C_1 、 C_2 构成 π 型正反馈通道。这种电路中的晶体已作为高 Q 电感器,故其工作原理与电容三点式振荡电路原理相同。图 4.6 中,非门 D_2 的作用是将 D_1 输出的近似正弦波进行整形,变为边沿陡直的方波脉冲电压,实现对红外发光二极管的脉冲直流驱动。

电子手表中时钟振荡器的晶体,体积非常小,其谐振频率为 32.768kHz ,用它与 CMOS 门构成的发射器,体积小,成本低,频率也比较适中。

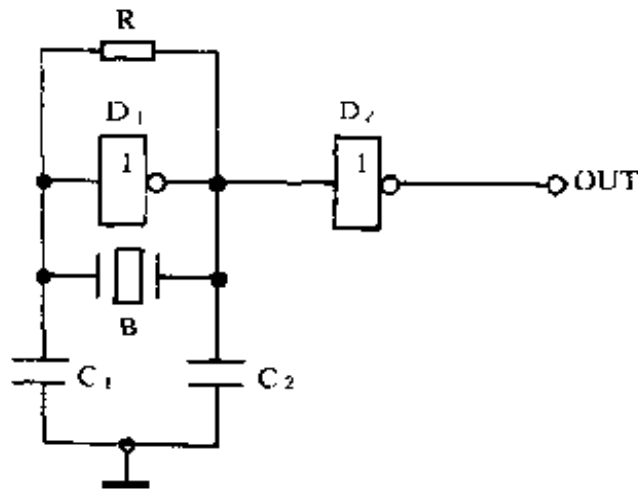


图 4.6 CMOS 晶体振荡器

由于晶体振荡器的频率调节不方便,改变频率要改换晶体或采用分频电路,使电路成本增高,电路变得复杂。因此,它一般用在要求较高的电路中,或在码分制遥控电路中作为调制振荡器。

三、555 时基电路振荡器

555 时基电路是一种应用相当广泛的集成电路,用它可以非常方便地构成指令振荡器。555 时基电路有 CMOS-555 和 TTL-555 两种。两种电路的功能相同,而性能参数有较大的差别。

CMOS-555 的电源电压范围为 $3V \sim 18V$,而 TTL-555 的电源电压范围为 $4.5V \sim 16V$ 。CMOS-555 的静态电流为 $0.12mA$,而 TTL-555 的静态电流达 $10mA$ 。CMOS-555 的驱动电流为 $1mA \sim 5mA$ (随电源电压增高而增大),而 TTL-555 的驱动电流要大得多,达 $200mA$ 。CMOS-555 的突出优点是电源电压范围宽,功耗低;而 TTL-555 的突出优点是驱动能力强。

CMOS - 555 的型号有 7555(单 555)和 7556(双 555);TTL - 555 的型号有 555(单 555)和 556(双 555)。

1. 基本电路

我们以 CMOS - 555 时基电路构成的振荡器为例,说明工作原理。电路如图 4.7(a)所示,虚线框内是 555 时基电路的内部逻辑结构。 A_1 、 A_2 是两个电平比较器,通过三个相同阻值的电阻 R 分压,使上比较器 A_1 的反相输入端电位为 $\frac{2}{3}V_{DD}$,下比较器 A_2 同相输入端的电位为 $\frac{1}{3}V_{DD}$ 。两个或非门 D_2 和 D_3 构成 RS 触发器。 VT 为放电管。555 电路的第 4 脚(\overline{MR})为复位端,低电平有效,作振荡器用时,应接高电平。下面我们结合图 4.7(b)所示的工作波形说明电路的工作原理。

R_1 、 R_2 和 C 是 555 电路构成振荡器的外接定时阻容元件。刚通电时,电容 C 上的电压为零,使得上比较器 A_1 输出“0”,下比较器 A_2 输出“1”,RS 触发器输出“1”经 D_4 、 D_5 两次反相整形后,输出端 OUT 输出“1”。由于 D_4 输出端 $\overline{Q}=0$,故放电管 VT 截止,电容 C 由电源 V_{DD} 经过 $(R_1 + R_2)$ 充电,当充到 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 时, A_1 输出“1”,RS 触发器输出“0”,经 D_4 、 D_5 两次反相后, OUT 输出“0”。同时,由于 D_4 输出端 $\overline{Q}=1$,使放电管 VT 导通,电容 C 通过 VT 及电阻 R_2 放电,当 C 上电压降至 $\frac{1}{3}V_{DD}$ 时, A_1 输出“0”, A_2 输出“1”,RS 触发器输出“1”,经 D_4 、 D_5 后, OUT 输出“1”。同时,由于此时 D_4 输出“0”,放电管 VT 截止,停止放电,电容 C 又通过电阻 $(R_1 + R_2)$ 充电……重复上述过程,形成多谐振荡。振荡频率

$$f_0 = \frac{1.443}{(R_1 + 2R_2)C} \quad (4-4)$$

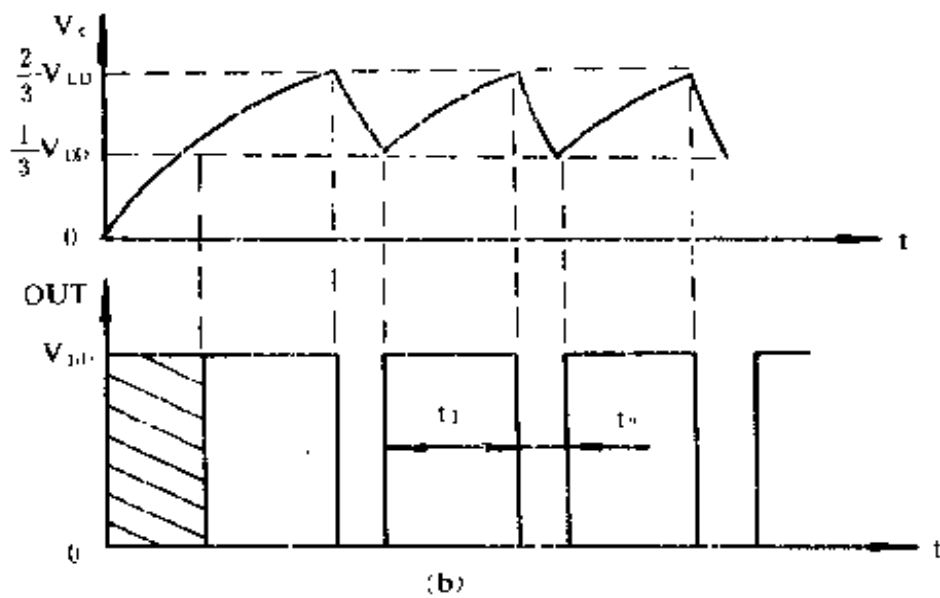
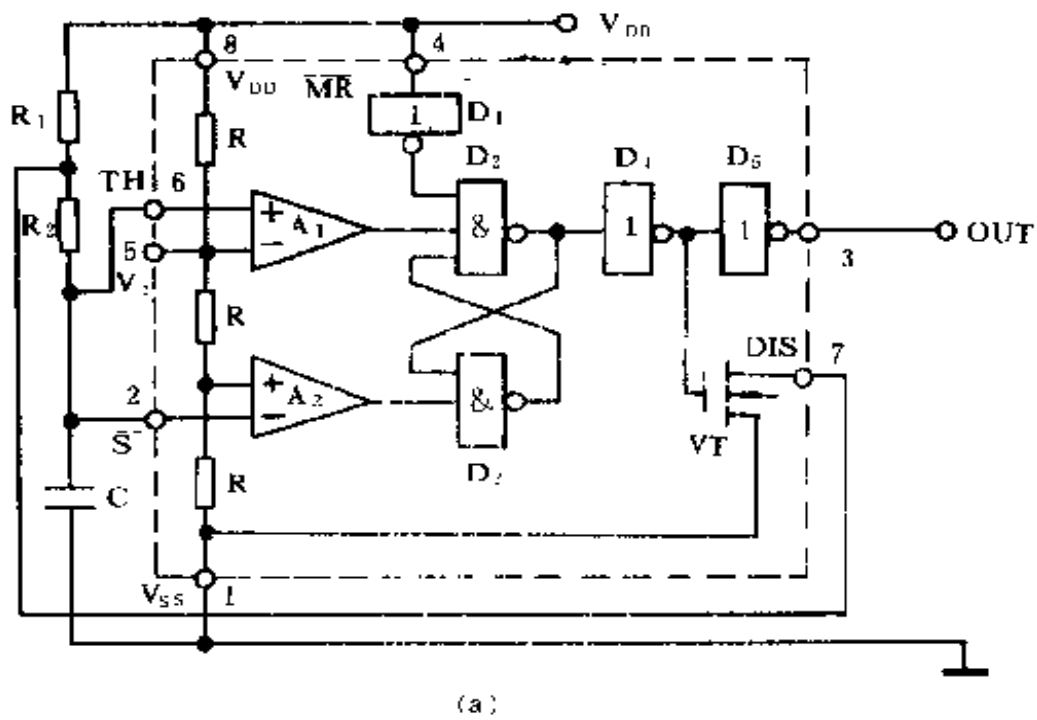


图 4.7 555 时基电路基本振荡器

输出脉冲的空度比

$$\frac{T_o}{T_d} = \frac{R_1 + 2R_2}{R_1 + R_2} \quad (4-5)$$

可见,改变 R_1 、 R_2 和 C 均可改变振荡频率。一般采用改变电阻的方法改变振荡频率。当 RC 时间常数确定后,在保证 $(R_1 + 2R_2)$ 不变的情况下,改变 R_1 与 R_2 的比例,就可得到空度比不同的输出脉冲波形。

由 TTL - 555 时基电路构成的振荡器原理与上述相同,只是 TTL - 555 电路的电源电压范围不如 CMOS - 555 电路宽,但它的驱动能力要比 CMOS - 555 电路强。

2. 空度比可变的振荡器

电路如图 4.8 所示。由图可见,当改变 RP 阻值时,电容 C 的充电与放电时间一个增加,另一个却缩短,这就使得输出脉冲的空度比发生变化,但电路总的时间常数不变,因此,振荡频率也不变,即调节空度比时频率无牵引现象。

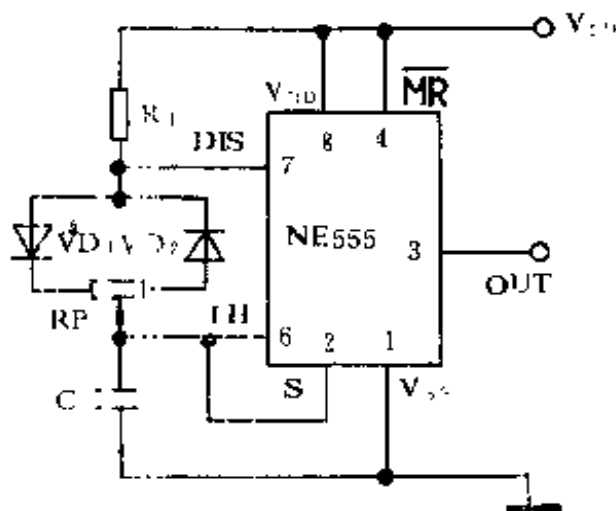


图 4.8 555 电路构成空度比可变振荡器

当 RP 中心触头向左调时, C 的充电时间缩短,而放电时间

加长,使输出脉冲的上平顶宽度减小。由于电路振荡周期不变,故空度比增大。当 RP 中心触头向右调时,情况刚好与上述相反,读者可自行分析,其结果将使空度比减小。

四、CMOS-D 触发器构成的振荡器

图 4.9(a)是由 CMOS-D 触发器构成的振荡器。这里,D 触发器的输出端 Q 与置“0”端 R 以及 \bar{Q} 端与置“1”端接有两个 RC 网络。D 触发器的数据输入端 D 及时钟输入端可接任何电平,对电路工作无影响。下面,结合图 4.9(b)所示的工作波形说明其工作原理。

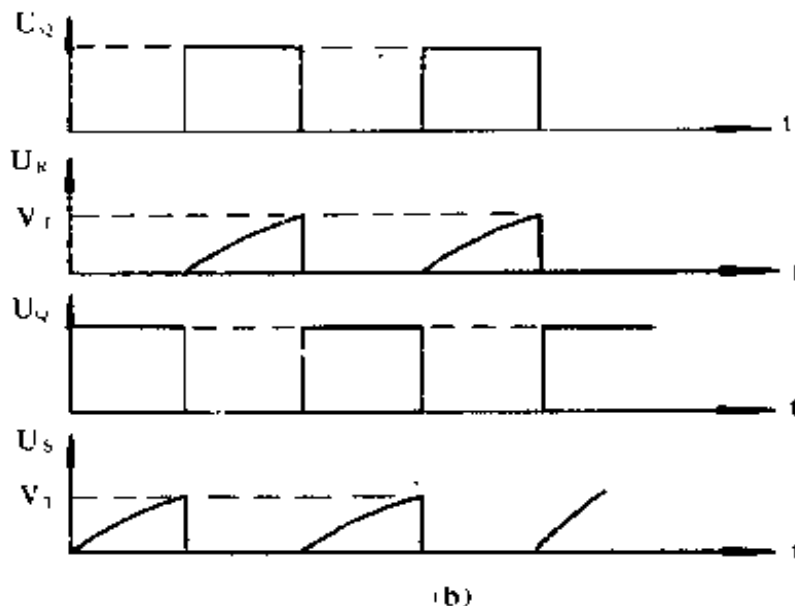
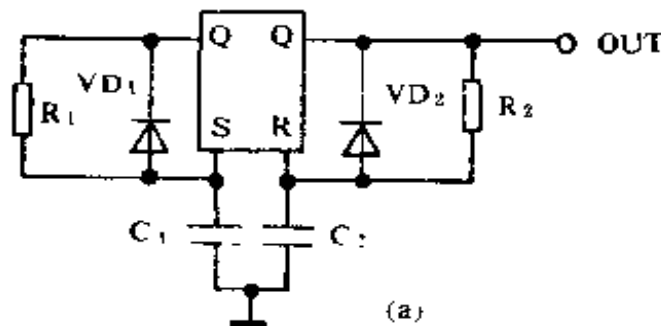


图 4.9 CMOS-D 触发器构成的振荡器

设电路通电后, $Q=0, \bar{Q}=1$ 。则 \bar{Q} 的高电平通过 R_1 向 C_1 充电, 使置“1”端 S 的电位逐渐升高, 当 S 端电位达到 CMOS 电路的转换电压时, D 触发器被置“1”, 即 $Q=1, \bar{Q}=0$, C_1 通过 VD_1 迅速放电, 为下一次充电作好准备。同时, Q 端的高电平通过 R_2 向 C_2 充电, 使置“0”端 R 的电位逐渐升高, 当 R 端电位达到 CMOS 电路的转换电压时, D 触发器被置“0”, 即 $Q=0, \bar{Q}=1$, \bar{Q} 端高电平又通过 R_1 向 C_1 充电, ……形成多谐振荡。振荡周期

$$T_0 = 0.693(R_1C_1 + R_2C_2) \quad (4-6)。$$

振荡频率

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1.443}{R_1C_1 + R_2C_2} \quad (4-7)。$$

若脉冲由 Q 端输出, 则空度比

$$\frac{T_0}{T_d} = \frac{R_1C_1 + R_2C_2}{R_2C_2} \quad (4-8)。$$

若脉冲由 \bar{Q} 端输出, 则空度比

$$\frac{T_0}{T_d} = \frac{R_1C_1 + R_2C_2}{R_1C_1} \quad (4-9)。$$

CMOS-D 触发器用 4000 系列双 D 触发器 CD4013 (电源电压范围 3V~18V), 也可用 74HC 系列双 D 触发器 74HC74 (电源电压范围 2V~6V)。当用 3V 电源电压供电时, 用后者比较合适。

由于这种电路改变频率不太方便, 一般用于单通道或码分制红外线遥控的调制发射器。

五、运算放大器构成的振荡器

1. 基本电路

电路以及工作波形如图 4.10(a)、(b) 所示。电路中, $R_1=R_2$

$= R_3 = R_0$, 运算放大器 A 作比较器用。设通电后, 运算放大器输出端 OUT 为高电平, 相当于在 R_1 两端并入了 R_3 , 运算放大器同相输入端的电位 $V_+ = \frac{R_0}{\frac{R_0}{2} + R_0} V_{DD} = \frac{2V_{DD}}{3}$; 此时 OUT 端的高

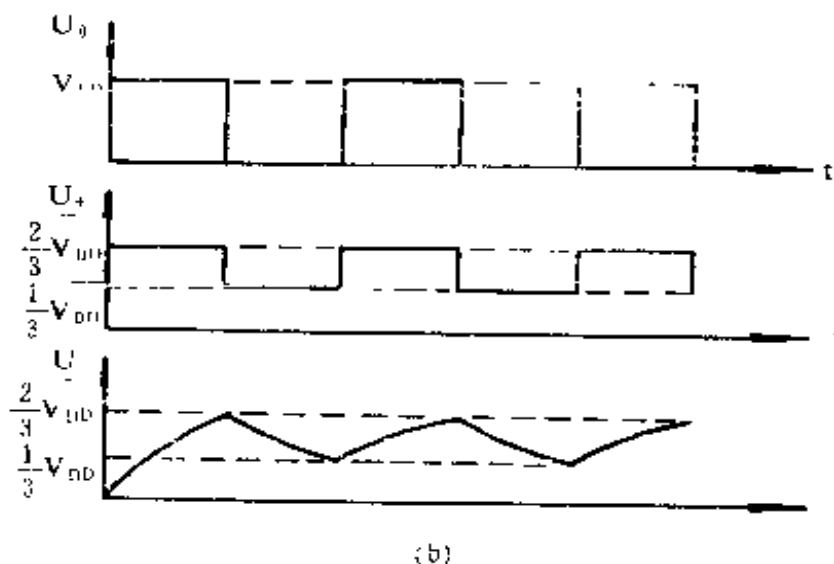
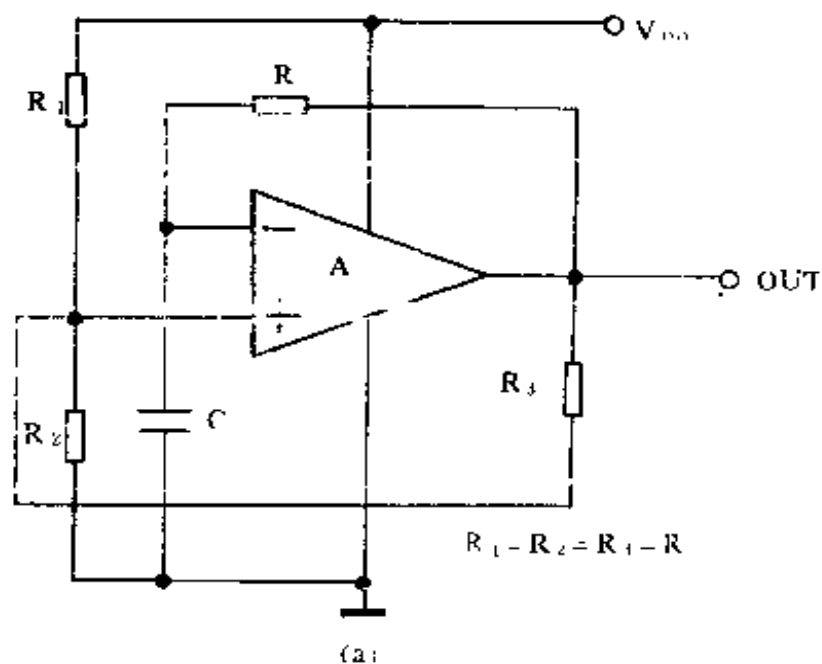


图 4.10 运算放大器构成的振荡器

电平通过电阻 R 向电容 C 充电,运算放大器反相输入端的电位(即电容 C 上的电位) V_- 逐渐升高,当 V_- 达到运算放大器同相输入端电位 $V_+ = \frac{2}{3}V_{DD}$ 时,运放的输出端 OUT 由原高电平翻转为低电平。由于 OUT 为低电平,相当于把电阻 R_3 并接在 R_2 两端,由于 $R_1 = R_2 = R_3 = R_0$,使运放同相输入端的电位 $V_+ = \frac{R_0}{R_0 + \frac{R_0}{2}}V_{DD} = \frac{1}{3}V_{DD}$ 。此时电容 C 将通过电阻 R 放电,运放反相

输入端电位逐渐降低,当降至运放同相输入端电位 $V_+ = \frac{1}{3}V_{DD}$ 时,运放的输出端 OUT 翻转为高电平,……重复上述过程,形成自激多谐振荡。由上述可知,电容 C 的充电目标为 $\frac{2}{3}V_{DD}$,放电目标为 $\frac{1}{3}V_{DD}$,与用 555 时基电路构成的振荡器相似,所以,当 $R_1 = R_2 = R_3 = R_0$ 时,振荡频率

$$f_0 = \frac{1.443}{RC} \quad (4-10)。$$

由于电容 C 的充电与放电时间常数相同,故电路输出端 OUT 输出的是方波信号。

由电路及式(4-10)可见,改变电阻 R (用图 4.4 所示的多通道遥控指令键电路代替),就可非常方便地改变振荡频率,实现多通道指令振荡。

2. 空度比可调的振荡器

电路如图 4.11 所示。由图可见,由于隔离二极管 VD_1 与 VD_2 的作用,使电容 C 的充电电阻为 R_A ,而放电电阻为 R_B 。通过选择不同的 R_A 与 R_B 就可得到不同的充电与放电时间,也可以得到不同空度比的脉冲信号。输出脉冲信号的空度比

$$\frac{T_0}{T_d} = \frac{R_A + R_B}{R_A} \quad (4-11)$$

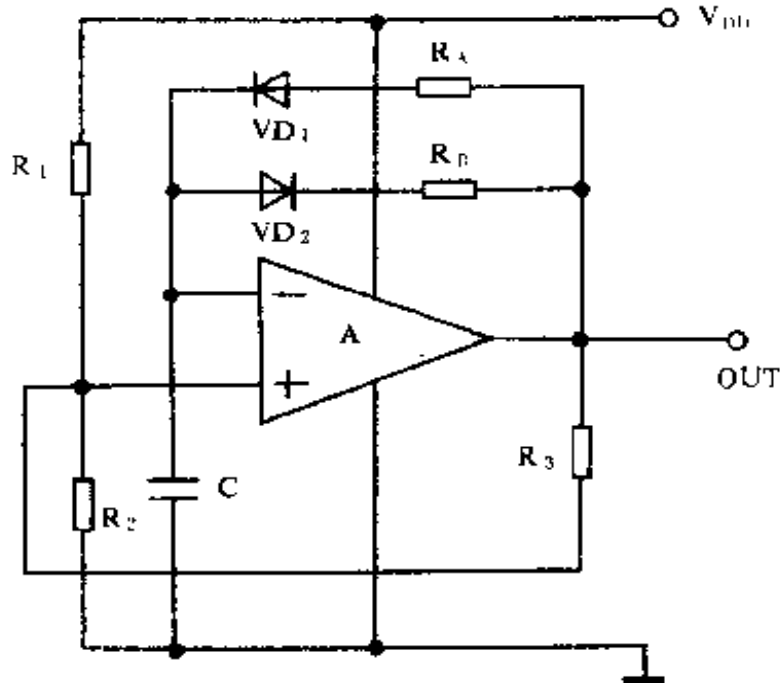


图 4.11 空度比可调振荡器

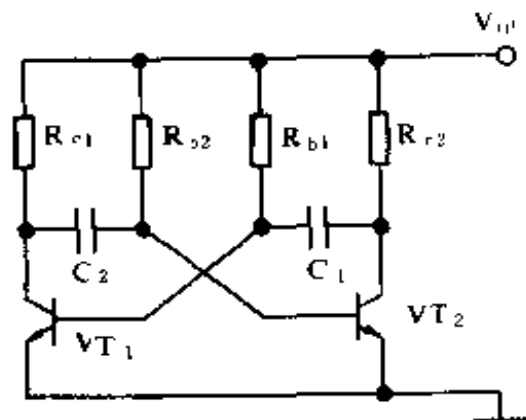
构成指令振荡的运算放大器,最好选用低功耗的,且能在较低电压下工作,如 8FC7、LM324、F14573、F146 等,它们可工作于单电源。

4.1.2 分立器件指令振荡器

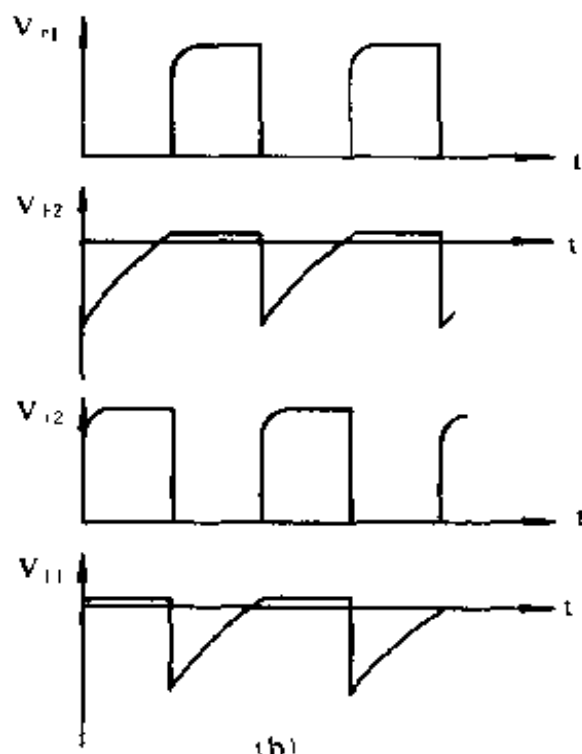
一、RC 多谐振荡

1. 基本电路

电路如图 4.12(a)所示。电路中, $R_{b1} = R_{b2}$, $R_{c1} = R_{c2}$, $C_1 = C_2$, VT_1 与 VT_2 的参数相同。下面,结合图 4.12(b)所示的工作波形,说明电路工作原理。



(a)



(b)

图 4.12 RC 多谐振荡器

此电路虽然是对称的,但不会绝对对称。设某一时刻 VT_1 的基极电位 V_{b1} 稍高于 VT_2 的基极电位 V_{b2} , 电路将产生如下的正反馈过程:

$$V_{b1} \uparrow \rightarrow I_{c1} \uparrow \rightarrow V_{c1} \downarrow \rightarrow V_{b2} \downarrow \rightarrow I_{c2} \downarrow \rightarrow V_{c2} \uparrow$$

↑

使 VT_1 很快完全导通, 而 VT_2 完全截止, 形成一个暂时稳定状态。但这个状态不会永远维持。这是由于 VT_1 已完全导通, 其 V_{c1} 很低, C_2 迅速放电, 同时, 电源 V_{DD} 通过 R_{b2} 向 C_2 充电, 使 V_{b2} 逐渐升高, 当 V_{b2} 超过 VT_2 的导通电位时, VT_2 导通, 引起 I_{c2} 上升, 电路将产生下列正反馈过程:

$$I_{c2} \uparrow \rightarrow V_{c2} \downarrow \rightarrow V_{b1} \downarrow \rightarrow V_{c1} \uparrow \rightarrow V_{b2} \uparrow$$

↑ _____

结果使 VT_1 与 VT_2 迅速翻转过来, 变为 VT_1 截止, VT_2 导通。此时, C_2 迅速被 V_{DD} 通过 R_{c1} 充电到 $V_{c2} = V_{DD}$ 。这个状态同样不能维持。这是由于 V_{DD} 通过 R_{b1} 向 C_1 充电, 使 VT_1 的基极电位 V_{b1} 逐渐上升, 当升到 VT_1 的基极导通电位时, VT_1 导通, VT_2 截止。……重复上述过程, 形成多谐振荡。振荡频率

$$f_0 = \frac{1}{1.4RC} \quad (4-12)$$

式中, $R = R_{b1} = R_{b2}$, $C = C_1 = C_2$ 。

为了方便频率的调节, 电阻 R_{b1} 和 R_{b2} 一般不直接接到 V_{DD} , 而是通过一个可变电阻 RP 再接 V_{DD} , 如图 4.13 所示。这个可变电阻 RP 用图 4.4 所示的指令键电路代替, 就构成了多通道指令振荡器。

2. 空度比和频率可调的多谐振荡器

电路如图 4.14 所示。由图可见, 改变 RP_1 就可改变 C_1 与 C_2 的充电时间常数。例如, 当 RP_1 的中心抽头滑向左边时, C_2 的充电时间变短, 而 C_1 的充电时间变长, 这样, 就改变了输出脉冲的空度比, 而总时间常数不变, 从而使电路的振荡频率基本不变。改变 RP_2 就可改变电路的总时间常数, 从而改变电路的振荡频率。

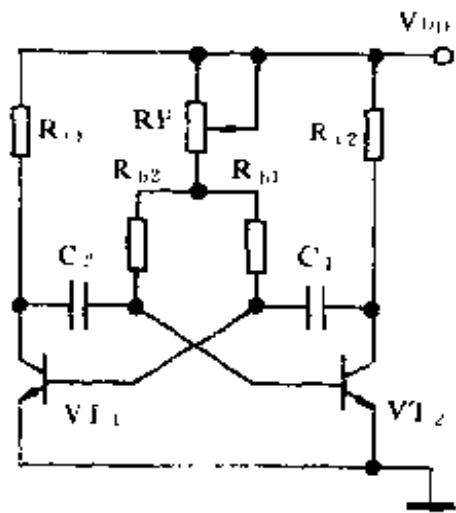


图 4.13 频率可变的的多谐振荡器

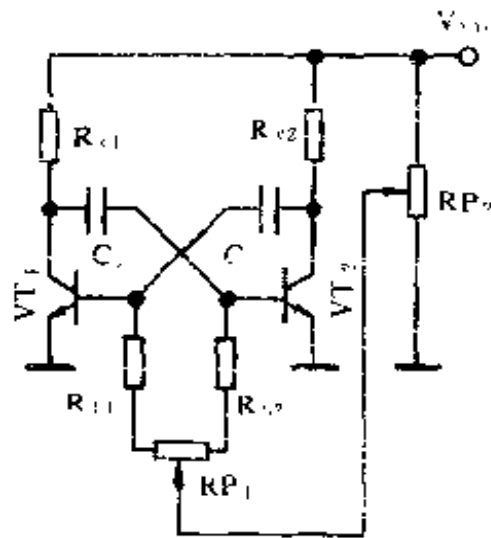


图 4.14 频率和空度比可变的
多谐振荡器

二、LC 振荡器

电路如图 4.15 所示。VT₁ 和 L、C₁ 等构成一个电感三点式振荡器。电路的振幅条件比较容易满足。我们来判别一下电路产生自激振荡的相位条件。设某一时刻，VT₁ 的发射极电流在增加，由于自感电势的方向总是要阻止电感中电流的增加，故 L₂₋₃ 的电压极性为 2 端为正、3 端为负，由于整个电感 L 可视为一个自耦变压器，故电感 L₁₋₂ 的感应电势的方向为 1 端为正，2 端为负。经 C₂ 耦合到 VT₁ 的基极，使 VT₁ 的基极电流增加，发射极电流增加，形成正反馈，满足振荡的相位条件。电路的振荡频率

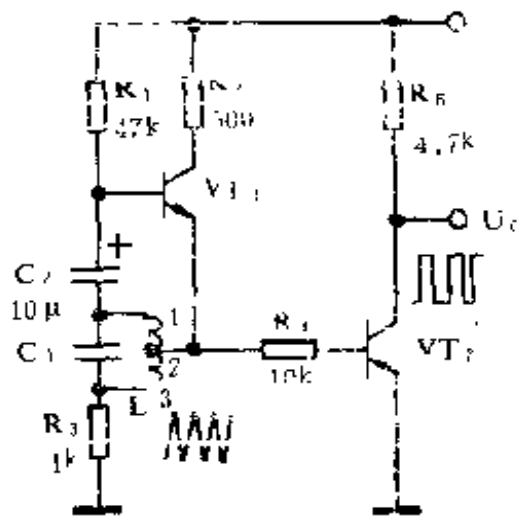


图 4.15 LC 振荡器

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \quad (4-13)。$$

图中, VT_2 工作于开关状态, 将 VT_1 输出的正弦波信号进行双向限幅削波, 变为方波信号。

4.1.3 采用微分电路减小指令脉冲宽度

上面介绍的各种基本指令信号振荡器, 输出信号均为方波。为减小脉冲宽度, 提高信号的空度比, 可以采用以上介绍的空度比可变的振荡器。但脉冲宽度 T_d 一旦确定下来, 就不再变动, 否则, 电路的振荡频率也会改变。

采用微分电路是对已经得到的方波脉冲电压进行加工, 来减小脉冲宽度 T_d 。选取不同的微分电路参数, 就可得到不同的脉冲宽度, 而对电路的振荡频率无影响。

电路如图 4.16(a) 所示。从振荡电路引出的方波脉冲经非门 D_3 隔离后, 加到由 R 和 C 构成的微分电路。由于 M 点为方波信号, 所以经非门 D_3 反相后仍为方波信号。当 F 点的方波信号上升时, 由于电容两端电压不能突变, 在 P 点得到一个正向尖脉冲, 当 F 点方波下降时, 也是由于电容两端电压不能突变, 因 F 点下降了 V_{DD} , 所以 P 点也将下降 V_{DD} , 因此, P 点就会产生一个负向尖脉冲, 如图 4.16(b) 所示。为了在 CMOS 非门 D_4 的输入端不出现负脉冲, 电路设置了 VD_1 将负脉冲短路, 故负脉冲用虚线画出。

当 F 点的方波脉冲为高电平时, P 点立刻响应, 经非门 D_4 和 D_5 两级反相后, K 点也为高电平。同时, C 被充电, 时间常数 $\tau = RC$ 。随着充电的进行, R 上的电压不断降低, 当降到 CMOS 非门的转换电压 V_T 时, 非门 D_4 输出高电平, D_5 输出低电平, 在 K 点得到一个边沿陡直的矩形脉冲。 D_4 和 D_5 在这里具有两个

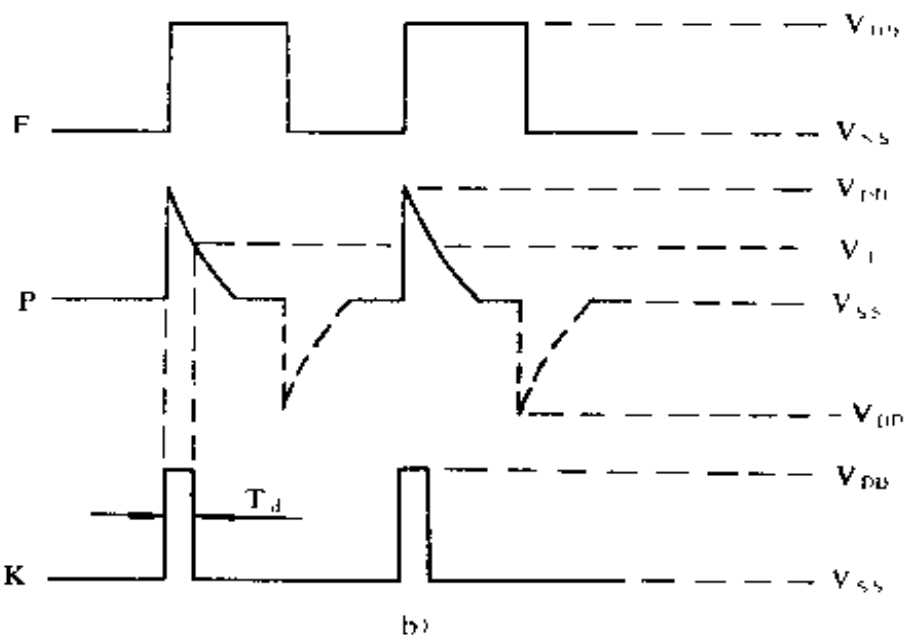
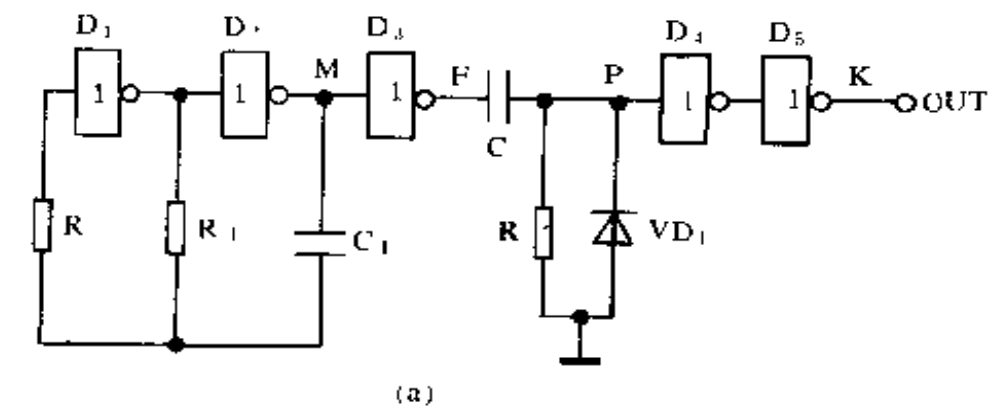


图 4.15 采用微分电路减小脉冲宽度

作用,一是将 P 点的尖脉冲整形为与 F 点方波脉冲方向相同的矩形脉冲;二是将后面要加的驱动电路与微分电路隔离,以免驱动电路的输入电阻影响微分电路时间常数。

在 K 点得到的矩形脉冲的宽度,就是电阻 R 上电压从 V_{DD} 降到 CMOS 门的转换电压 $V_T = \frac{1}{2}V_{DD}$ 所用的时间,也就是电容 C 上电压充到 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 所用的时间

$$\begin{aligned}
 T_d &= 0.693\tau \\
 &= 0.693RC \qquad (4-14)。
 \end{aligned}$$

为了得到比方波脉冲窄的脉冲宽度,微分电路要满足: $T_d = 0.693\tau \leq \frac{T_0}{2}$,这里, T_0 为各通道频率中最高频率对应的最小周期。在实际选择微分电路时间常数时,可根据已确定的脉冲宽度 T_d ,按(4-14)式计算出微分电路时间常数 τ 。由于CMOS门电路输入阻抗很高(可达 $10^8\Omega$),故电阻 R_1 可以取值大一些,可到M Ω 数量级,相应的电容 C_1 就可取值小一些,因为容量小的电容,漏电也小,有利于电路工作的稳定,而且体积也小。

4.1.4 发射驱动电路

指令振荡器输出的指令脉冲信号,要经过发射驱动电路来驱动红外发光二极管,才能发出红外线指令信号。

驱动电路非常简单,一般由一只或两只晶体三极管构成,也可由集成开关器件构成。对于象TTL-555电路构成的指令振荡器,由于它已具备一定的驱动能力,故不用驱动电路,由TTL-555电路的输出端直接驱动红外发光二极管发出红外光指令信号。

图4.17是几种常用的发射驱动电路。其中图(a)是由一只晶体三极管构成的驱动电路。指令信号经 R_1 作用于VT基极,使VT工作于开关状态。VT导通时,VD发光;VT截止时,VD不发光。从而驱动VD发出与指令信号频率及相应波形的红外光信号。

图(b)是由两只NPN晶体三极管构成的驱动电路。由于是两只管复合而成,驱动电路的放大倍数就较大,对驱动电流的要求就较小,但要求脉冲幅度要高于两个PN结压降。

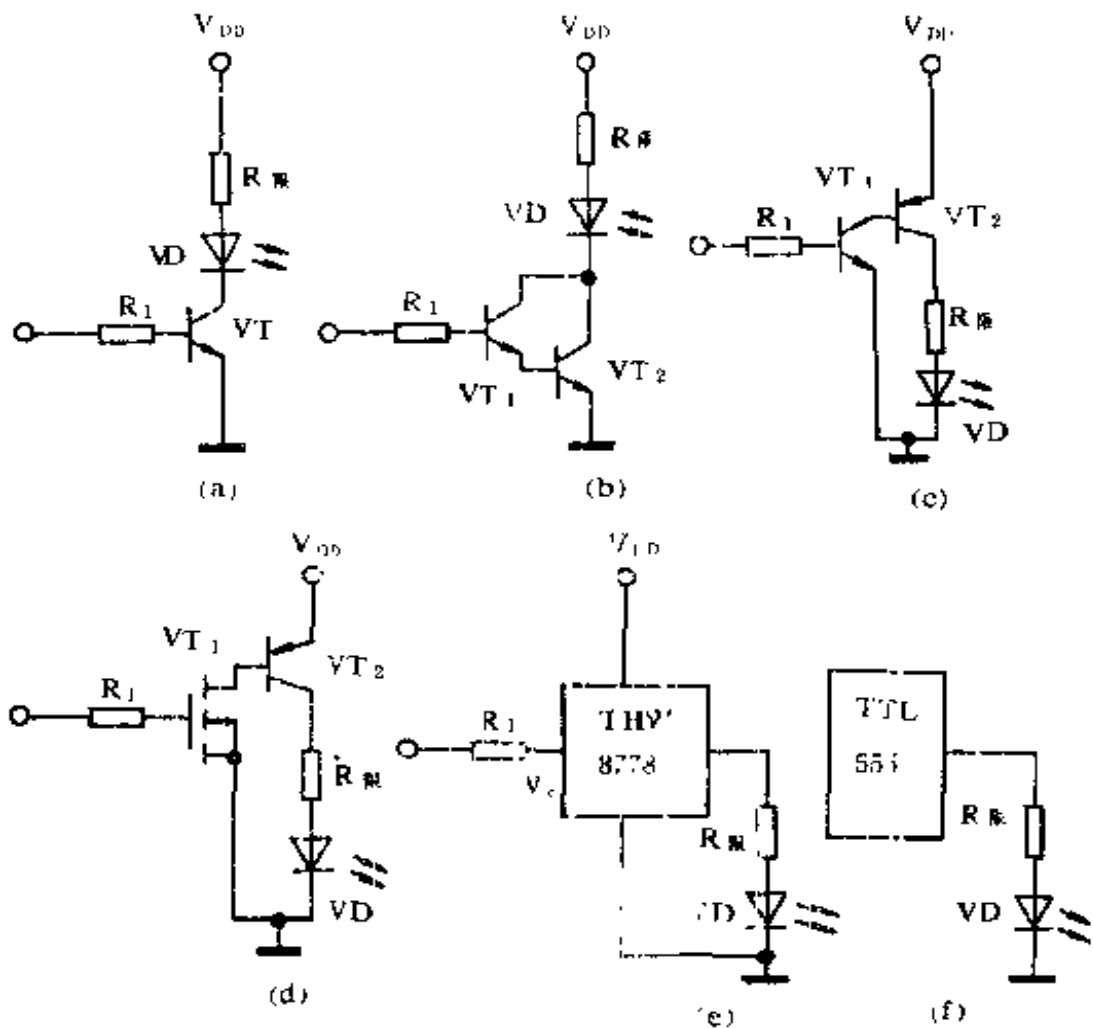


图 4.17 几种常用的发射驱动电路

图(c)是一种由一只 NPN 和一只 PNP 晶体管构成的驱动电路。红外发光二极管 VD 及限流电阻 R_2 仍接在集电极回路中。

图(d)是由一只 N 沟道增强型场效应晶体管和一只双向型晶体三极管复合而成的驱动电路。由于场效应晶体管的输入阻抗很高,属于电压控制器件,因此,这种电路向指令信号源基本上不索取电流,对振荡器影响很小。

图(e)是由集成电路开关 THW8778 构成的驱动电路。当加

在集成开关的控制端的电位 V_C 大于 $1.5V$ 时,集成开关 S 闭合。当指令脉冲信号作用于 V_C 端时, S 按脉冲信号规律闭合或打开,从而驱动 VD 发出红外指令信号。

图(f)是 TTL-555 时基电路直接驱动红外发光二极管的例子。由于 TTL-555 具有 $200mA$ 的驱动能力,因此,在一般情况下,可由 TTL-555 电路直接驱动。

在上述几种驱动电路中,发光二极管 VD 的限流电阻由下式确定

$$R_{限} = \frac{U_{DD} - U_F - U_S}{I_F} \quad (4-15)。$$

式中, U_{DD} 为电源电压; U_F 为红外发光二极管的正向压降; U_S 为晶体管或集成开关器件的导通压降; I_F 为红外发光管的峰值工作电流。

上述电路中,均采用一只红外发光管来发射指令信号,因它具有一定的指向性,作用角度较小。可以采用两只或两只以上的红外发光管串联或并联,并排安装(错开一小距离)来扩展发射

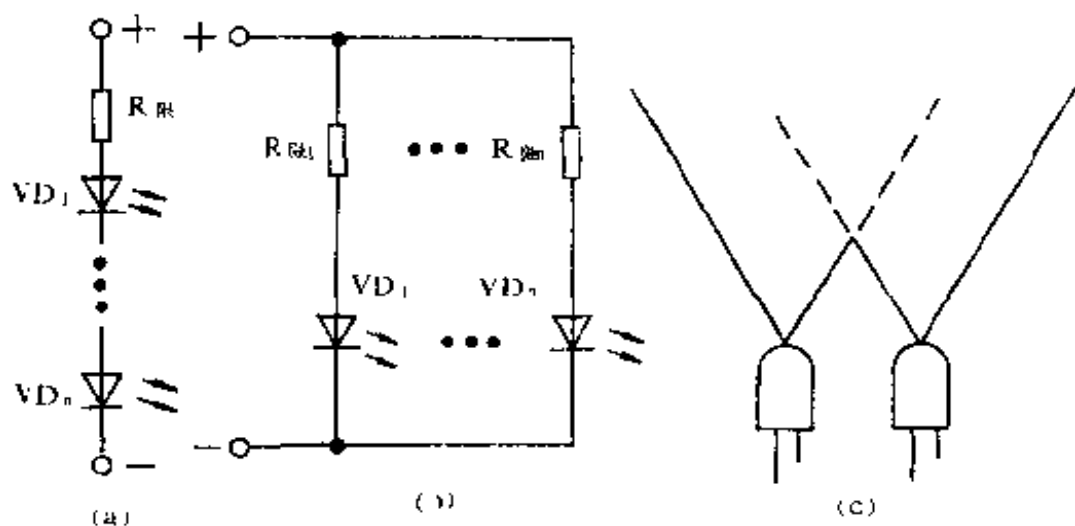


图 4.18 红外发光二极管的串联与并联

角,如图 4.18 所示。

串联时,限流电阻计算式(4-15)中, U_F 一项应乘以红外发光管数目。若 $R_{限}$ 为负值,说明应提高电源电压或减少发光管数目。并联时,每只发光管的限流电阻均用式(4-15)计算。串联时,电源利用率较高,但一般要提高电源电压;并联时,可不提高电源电压,但电源利用率较低,可根据实际情况,酌情选用。有时,也采用串联、并联(混联)方式。

4.2 红外线接收光电转换器

在红外接收器中,光电转换器的作用是,将红外光敏器件接收到的红外光指令信号,转换为相应的电信号。光电转换器是红外线接收的大门,对整个接收电路影响较大。

光电转换器,由光敏器件(光敏二极管或光敏三极管)和少量其它元件构成。图 4.19 给出了几种常用的红外线接收光电转换器。

图(a)是由光敏二极管构成的光电转换器。在光敏二极管构成的光电转换器中,光敏二极管必须反向运用(反偏)。这里,电阻 R 称为光敏二极管 VD 的负载电阻,当有脉动红外光照在 VD 上时, VD 中的反向电流将对应光脉冲作同频率的变化,由于负载电阻 R 的作用,在 A 点就产生了与光脉冲同频率的电压信号,一般要经过耦合电容送至前置放大器。

图(b)电路与图(a)电路原理相同,只是将负载电阻 R 与光敏二极管 VD 的位置作了调换。要注意 VD 仍要保证反偏。

图(c)、(d)中的负载电阻用电感 L 代替,这样,对于频率较高的遥控信号,电感 L 呈现较高的交流阻抗,从 A 点能够输出交流电压信号,而对于频率较低的光干扰信号,电感 L 所呈现

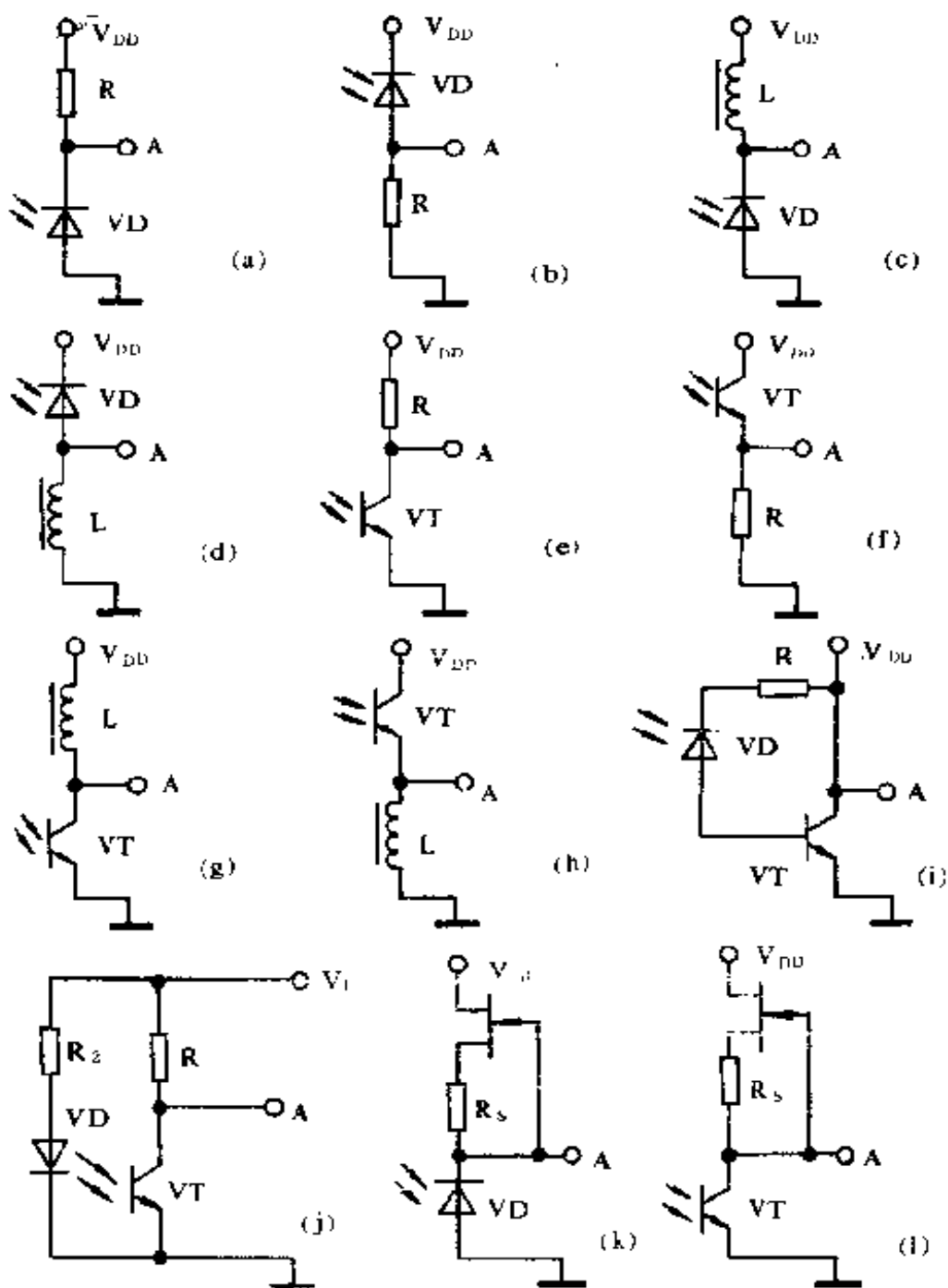


图 4.19 几种光电转换器

的交流阻抗很低,从而可以将干扰信号短路到地,提高了抗干扰性能。但在频分制红外遥控中,电感 L 对不同的频率呈现的阻抗也不相同,此电路常用于单一频率的红外接收的光电转换。

图(e)、(f)、(g)、(h)是由光敏三极管构成的光电转换器。工作原理与用光敏二极管构成的光电转换器相同,由于光敏三极管的光电流比光敏二极管大得多,因此,其光接收灵敏度也较高。要注意的是,光敏三极管的集电极与发射极之间的电压 U_{ce} 要为正向值,也就是集电极电位要高于发射极电位,这一点与普通晶体三极管构成放大器的条件相同。

图(i)是用光敏二极管 VD 和晶体三极管 VT 复合而成的光电转换器。 VT 可以将 VD 的光敏灵敏度提高 β 倍。

图(j)是加有光偏置的光敏三极管构成的光电转换器。 R_2 为偏置光源(发光二极管) VD 的限流电阻,使 VD 的工作电流在 5mA 左右,电流不可过大。采用这种电路可非常有效地提高接收灵敏度。光偏置原理第二章已有论述,这里不再重复。

在上述电路中,当光敏二极管或光敏三极管接收到红外光信号时的光电流为一定值时,与它们串联的负载电阻 R 越大,从 A 点得到的交流电压也就越大。但是,红外接收器一般都是工作在一定环境光线下,在没有接收到红外光指令信号时,在环境光的作用下,光敏器件中已有一定的光电流,如果 R 太大,其直流压降就较大,在电源电压 V_{DD} 一定时,限制了光电转换器中 A 点输出交流电压的动态范围,不能获得较大的光电转换输出。另外,增大 R 后,为维持 VD 的工作电流,就要增加 V_{DD} ,对于光电转换器是不方便或不允许的。因此,负载电阻 R 也不能过大,对于光敏二极管,其负载电阻 R 一般取几十 $\text{k}\Omega \sim$ 几百 $\text{k}\Omega$; 对于光敏三极管, R 一般取几 $\text{k}\Omega \sim$ 几十 $\text{k}\Omega$ 。

有时,采用恒流源代替负载电阻 R ,如图(k)、(l)所示。由于

恒流源的直流电阻较小,能够在较低电压下,向光敏二极管或光敏三极管提供一定的电流,而又不象电阻 R 那样过多地占去电源的直流压降。可是恒流源的动态电阻很大,当其中电流有较小的变化时,其两端电压就可有较大的变化,从而使光电转换器 A 点输出交流电压有较大的动态范围,可获得较大的交流电压输出。这样,设计电路时可以减小后面前置放大器的放大倍数,有利于接收器的稳定工作。

用场效应管可非常方便地构成恒流源,改变其源极与栅极之间的电阻 R_s ,就可改变其栅源偏压,从而可得到不同的恒流数值。在图(k)、(l)中,恒流电流的数值,应调在一般环境光线下光敏二极管或光敏三极管中光电流的数值,一般在微安数量级。恒流电流的数值过大或过小都将影响光电转换灵敏度。

4.3 红外线接收前置放大器

红外线发射器发出的红外线指令信号,首先由红外线接收器件构成的光电转换器,转换为电信号。由于电信号非常微弱,要通过前置放大器放大到一定幅度后,才能送信号处理电路进行处理。

红外线遥控的工作频率不高,前置放大器可以采用低频放大器,但要求放大器要有较高的电压增益(一般要大于 60dB)和良好稳定性。

前置放大器一般采用集成电路构成。分立器件构成前置放大器成本较低,应用也非常多。

4.3.1 通用集成电路构成的前置放大器

一、集成运算放大器构成前置放大器

几乎所有类型的集成运算放大器,都可以非常方便地构成红外线接收前置放大器。通常采用具有较高开环增益的通用型运算放大器。

运算放大器在构成前置放大器时,一般是作为交流放大器使用。常用的就是集成运算放大器的两种基本比例放大形式。

1. 反向交流放大器

电路如图 4.20 所示,这种电路的电压增益 $A = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{R_F}{R_1}$, 输入电阻 $R_i \approx R_1$ 。输出电阻近似为零。

反相交流放大器的缺点是输入阻抗不能太高。因为输入阻抗基本上等于 R_1 ,如果 R_1 取值太大,要保证有一定的闭环电压增益, R_F 必然也要增大。例如,为了减小放大器输入阻抗对光电转换器(相当于一个信号源)的影响,要求放大器的输入阻抗

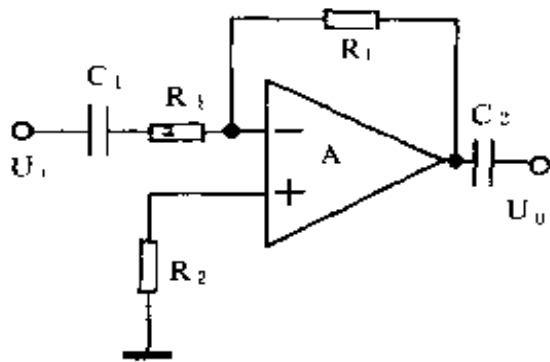


图 4.20 用运放的反相交流放大器

为 $100\text{k}\Omega$ 以上,且又要求放大器具有 40dB 的电压增益, R_F 就达 $10\text{M}\Omega$,这样大的电阻(接近绝缘)不仅精度差、稳定度不好、噪声大,而且使电路的工作频率受到限制。

利用图 4.21 所示的电路可以解决这一矛盾。这种电路的电压增益 $A = -\frac{R_F}{R_1} \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)$,若 $R_1 = R_F$,则 $A = -\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)$, $R_i = R_1$ 这个电路的增益可由 R_3/R_4 调节,而不需要增大 R_F 的数值。

2. 同相交流放大器

电路如图 4.22 所示,此电路的电压增益为 $A = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right)$,

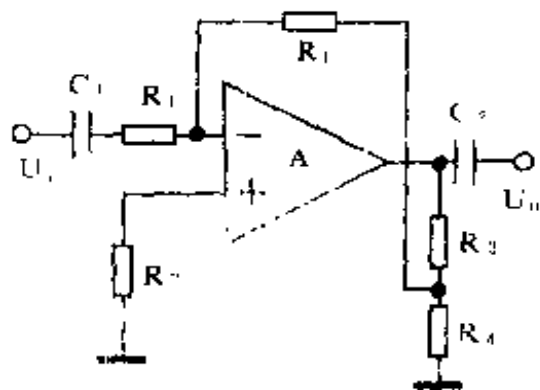


图 4.21 高输入阻抗反相
运放放大器

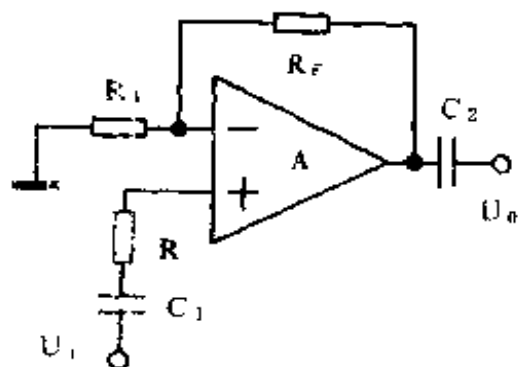


图 4.22 同相交流放大器

输入阻抗非常大(比反向放大器输入阻抗大得多)。

3. 多级放大器及运放的单电源运用

单级运算放大器的闭环电压增益一般不超过 60dB,为了获得更大的电压增益,可采用多级串联的方式构成前置放大器。

另外,运算放大器一般是采用正负双电源供电,而在红外线接收器中,一般是采用单电源供电,为了减少电源种类,简化电源电路,降低成本,应将运算放大器单电源运用。电路如图 4.23 所示,为了保证运算放大器输出电压有较大的动态范围,在静态时,应将输出端电位设置在 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 处。方法是用两只较大阻值的相同电阻对单电源进行 $\frac{1}{2}$ 分压,并将 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 电压引至运算放大器的同相输入端,相当于将运算放大器的输入偏置电压垫高 $\frac{1}{2}V_{DD}$ (相当于双电源时零点电位点),从而使输出电压为 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 。

图 4.23 为两极运算放大器构成的 60dB 的前置放大器。图 (a) 为两极反相放大器串联,同相输入端 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 偏置电压均可从

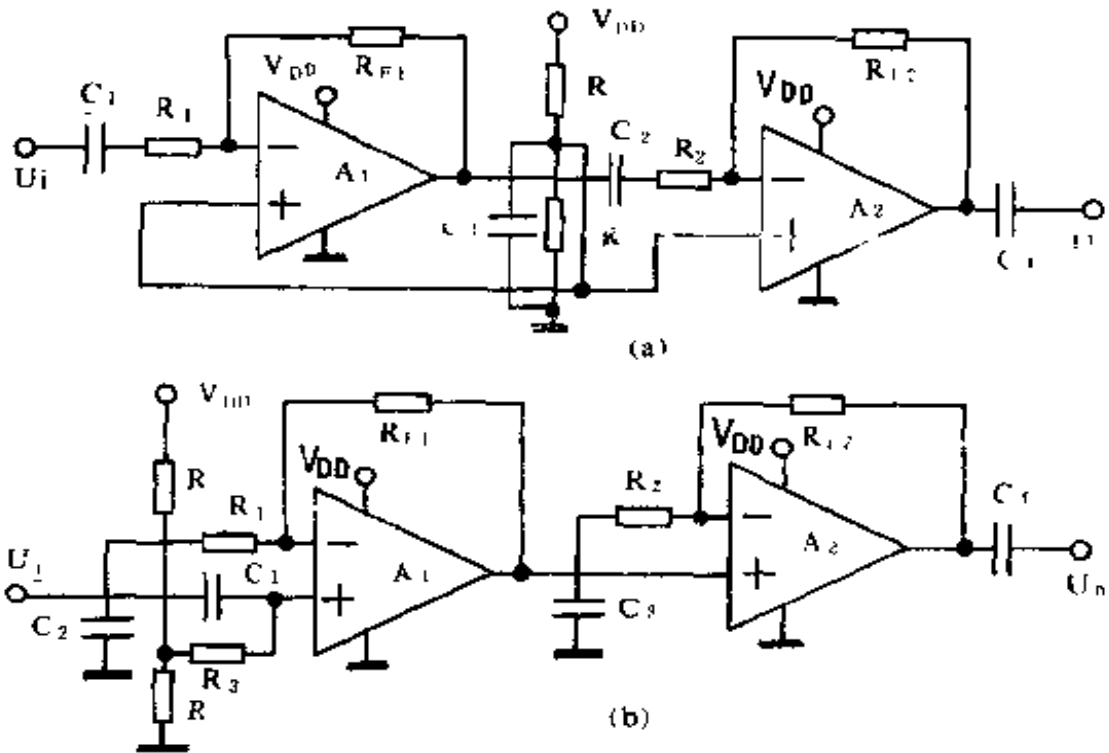


图 4.23 多级运算放大器及单电源运用

一点引入。图(b)为两级同相放大器串联,由于是同相输入,因此,第二级运算放大器的同相端偏置电压直接由第一级运放输出端引入,故采用直接耦合。在这种情况下,同相输入的输入电阻基本上由 R_3 决定。

二、CMOS 非门构成的前置放大器

CMOS 集成电路以其功耗低、电源电压范围宽、抗干扰能力强、输入阻抗高等一系列独特的优点,使它的应用得到了迅速发展。大家都知道 CMOS 集成电路常用于数字电路,下面谈谈它是如何用来构成模拟放大器的。

1. CMOS 集成电路是怎样构成模拟放大器的

图 4.24 是 CMOS 非门的电路结构。它由一个 P 沟道 VT_P 和一个 N 沟道 VT_N 增强型 MOS 晶体管按互补方式联接而成。

两管栅极连在一起作为输入端,漏极连在一起作为输出端, VT_P 的衬底与源极相连的引线作为电源正极 V_{DD} 端, VT_N 的衬底与源极相连的引线作为电源负极 V_{SS} 端。电路在工作时, $V_{DD} \geq |V_{TP}| + |V_{TN}|$, $V_{TP} < 0, V_{TN} > 0$ 。 V_{TP} 和 V_{TN} 分别是 VT_P 和 VT_N 的开启电压。

CMOS 非门的电压转移特性曲线(输入与输出电压之间的关系曲线)见图 4.25。当输入为低电平($V_I \approx 0V$)时, VT_N 的 $V_{GS} \approx 0V$,因低于其开启电压而截止。 VT_P 的 $V_{GS} \approx -V_{DD}$,因其绝对值高于它的开启电压而导通。此时, $V_O \approx V_{DD}$,为高电压。当输入电压 V_I 增加到 $V_{TN} < V_I < V_{DD} - |V_{TP}|$ 时, VT_P 和 VT_N 的栅源

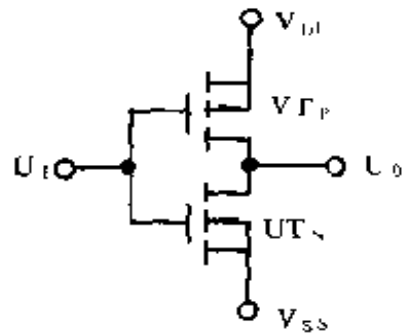


图 4.24 CMOS 非门电路结构

偏压均大于它们各自的开启电压,故 VT_P 和 VT_N 均处于导通状态。在此范围内, V_I 只要有一点微小的增加,就会同时引起 VT_N 导通电阻有较大的减小和 VT_P 导通电阻有较大的增加。此时两管导通电阻比值变化很大,分压结果,使 V_O 大幅度下降,表现在电压转移特性曲线上,就是图 4.25 中 AB 两条虚线范围内的比较陡峭的部分。当输入电压进一步增加时,可使 VT_N 的导通电阻非常小, VT_P 因 $V_{GS} = V_I - V_{DD}$ 小于开启电压的绝对值而截止,结果 $V_O \approx 0V$,为低电平。 V_I 若继续增大,输出端将保持低电平,如虚线 B 右部所示。图中,AB 两虚线所夹的区域称为非门的状态转换区。

电压转移特性曲线的中点所对应的输入电压称为转换电

压,用 V_T 表示,为电源电压的一半,即 $V_T = \frac{1}{2}V_{DD}$ 。在转换区中,曲线比较陡直,只要输入电压有很小的变化,就可引起输出电压很大的变化,所以非门电路在状态转换区具有电压放大作用,故状态转换区又称为线性放大区。线性放大区所对应的输入电压的范围 $\Delta V_I = V_B - V_A$,即输入电压的最大动态范围,它随电源电压的不同而不同,一般在 $200 \sim 300\text{mV}$ 之间。在这个范围内,输出电压 ΔV_O 无明显失真。

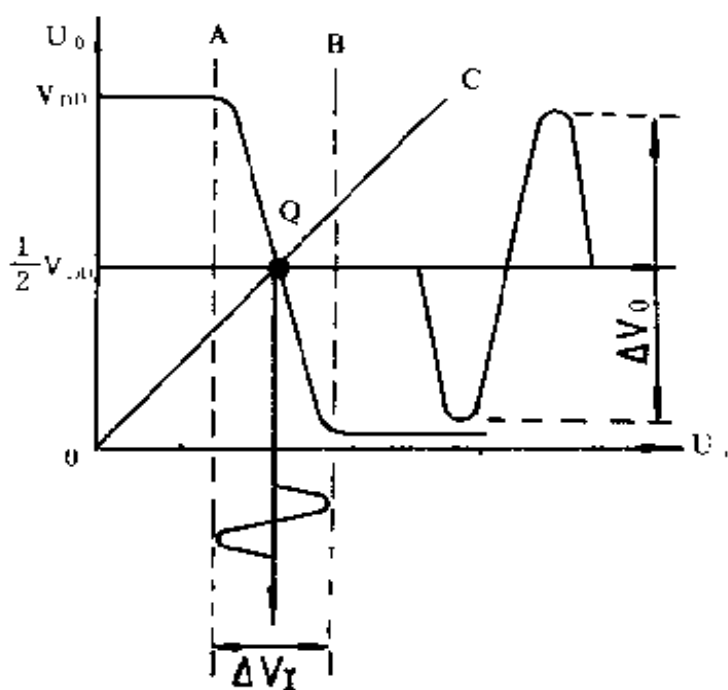


图 4.25 CMOS 非门电压转移特性

状态转换区转移特性曲线的斜率即是非门电路的开环电压放大倍数 A , 即 $|A| = \Delta V_O / \Delta V_I$, A 一般在 $20 \sim 30$ 倍之间。

与通常的放大电路相似,为了不失真地放大输入信号,也需要给门电路以静态偏置。若将非门的输入端偏置在 $V_{DD}/2$ 处,

输入信号的动态范围为最大。

2. 反馈偏置

这种方法的特点是偏置电压稳定可靠,受外界因素影响小,且电路简单。偏置方法是在非门的输入端与输出端之间接一只电阻 R_F ,如图 4.26 所示,即可将非门电路的静态工作点偏置在状态转换区的中点。

偏置原理是这样的:CMOS 门电路的输入阻抗很高,一般在 $10^8\Omega$ 数值级以上,而 R_F 远小于 CMOS 门电路的输入阻抗,故 R_F 上的电压降近似为零,门电路的输入电压与输出电压相等,即 $V_I = V_O$,这只能是转换区的中点。

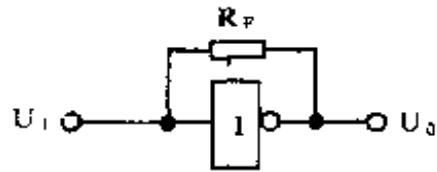


图 4.26 反馈偏置

从几何意义上讲, $V_I = V_O$ 所描绘的是过原点且斜率为 1 的一条直线,见图 4.25 中的直线 OC。直线 OC 与电压转移特性曲线的交点 Q,即为 CMOS 非门的静态工作点,显然是偏置在 $V_{DD}/2$ 上的。从物理意义上讲,电路通电后,无论非门输出高电平还是低电平,通过 R_F 反馈到输入端,使输出电压降低或提高,直至达到动态平衡为止。这时非门中的 V_{TN} 和 V_{TP} 均处于导通状态,且导通电阻相等,分压结果, $V_I = V_O = \frac{V_{DD}}{2}$,偏置在转换区的中点。

应当说明,反馈偏置电阻不可过大,否则静态工作点受温度影响较大,可能会偏离线性区,使放大器输出电压产生非线性失真,甚至无法工作。但 R_F 也不能过小,过小会增加门电路负担。 R_F 一般在几百 $k\Omega$ 至几十 $M\Omega$ 之间选择。

3. 分压偏置

反馈偏压电路简便,但一般难以准确地将输出电压偏置到 $\frac{1}{2}V_{DD}$,往往不是低于它,就是高于它,在要求动态范围不太大的情况下还是可用的。为了准确地将输出电压偏置到 $\frac{1}{2}V_{DD}$,以得到最大的动态范围,可采用分压偏置。

采用反馈偏置后,如输出电压高于 $\frac{1}{2}V_{DD}$,此时非门可采用图 4.27 电路,它实际上是由 R_F 与 R_1 对电源电压与非门输出电压之差($V_{DD}-V_o$)进行分压作为输入偏置电平的,改变 R_1 ,可使输出电阻降至 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 。

采用反馈偏置后,如输出电压低于 $\frac{1}{2}V_{DD}$,此时非门可采用图 4.28 所示电路。它实际上是由 R_F 与 R_1 对输出电压 V_o 进行分压作为输入偏置电平的,改变 R_1 ,可使输出电压升至 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 。

4. 由多级非门构成前置放大器

CMOS 单非门的开环电压增益只有 20~30 倍,而红外线接收前置放大器要求电压增益在 1000 倍以上,必须采用多级门

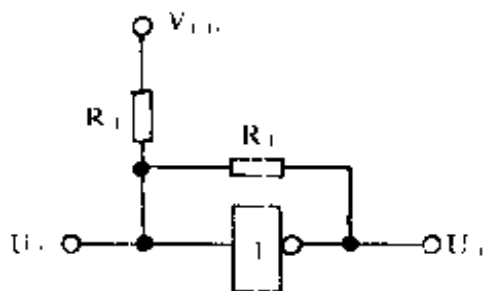


图 4.27 分压偏置(一)

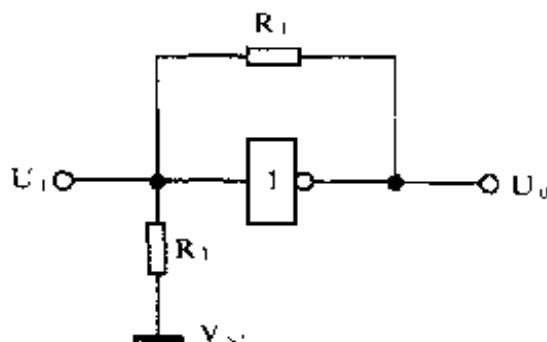


图 4.28 分压偏置(二)

电路构成高增益放大器。图 4.29 给出了由三级非门构成的放大器,三级非门串联后,仍等效为一个非门。图(a)为反馈偏置电路,图(b)和图(c)为分压偏置电路。各电路的输入与输出端均有隔直电容 C_1 和 C_2 。这几种放大器的电压增益 $A = -\frac{R_F}{R_1}$, 输入电阻 $R_i = R_1$, 与反相运算放大器增益计算类似。

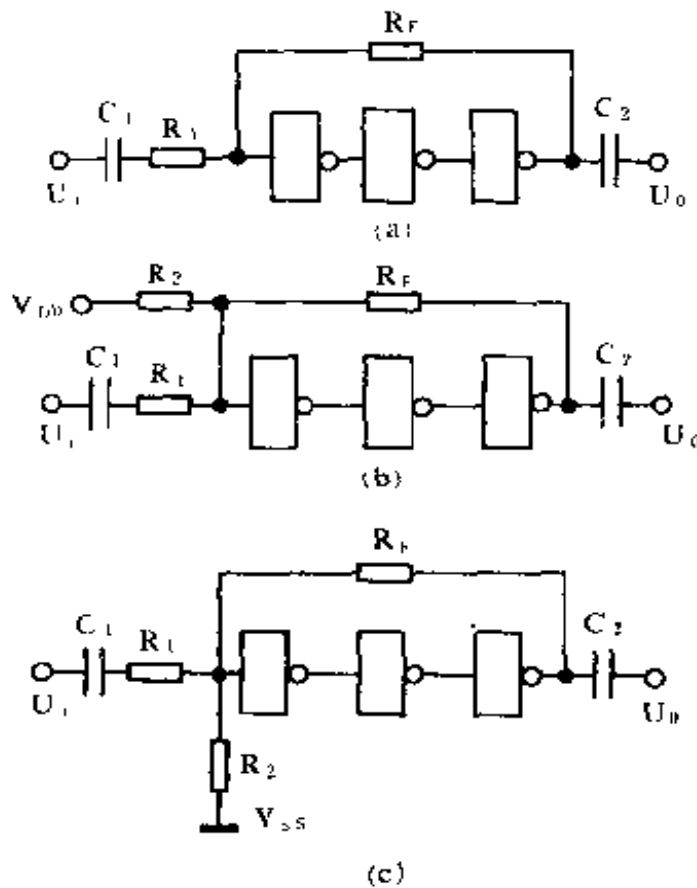


图 4.29 由多级 CMOS 非门构成的前置放大器

用 CMOS 非门构成的前置放大器,具有输入阻抗高,功耗低,成本低等优点。但这种放大器的输出驱动能力较差,在其输出端再加一级晶体管放大,既使电路具有一定的驱动能力,又提高了电压增益,故实际应用时一般采用这种方式。

除了用上述集成电路构成前置放大器外,还可采用音响集成电路中前置放大器构成,在本章应用举例一节中将有介绍。

4.3.2 专用集成电路前置放大器

专用集成电路前置放大器,首先是用于彩色电视机的红外线遥控接收电路中。由于电路功能强、性能优越、成本低,故现已在各种红外线遥控系统中得到广泛的应用。

目前使用的专用红外线前置放大器主要有两类:第一类以CX20106和KA2184为代表,这类电路内部具有滤波电路,使其外围电路更加简单。由于不用外接电感进行选频,故抗干扰能力较强。第二类以 μ PC1373H和LA7224为代表。这类电路内部没有带通滤波器,需外加LC选频网络进行选频。这两种电路功能很强,内部不仅包括前置放大器,还有选频放大器及脉冲形成电路。因此,一块电路就可完成放大、选频、脉冲形成等功能。

下面将分别介绍这两类专用集成前置放大器的原理及应用。

一、CX20106(KA2184)

CX20106是索尼公司产品,KA2184是仿制品,其内部结构如图4.30所示。它由前置放大器、限幅放大器、带通滤波器、检波、积分、整形

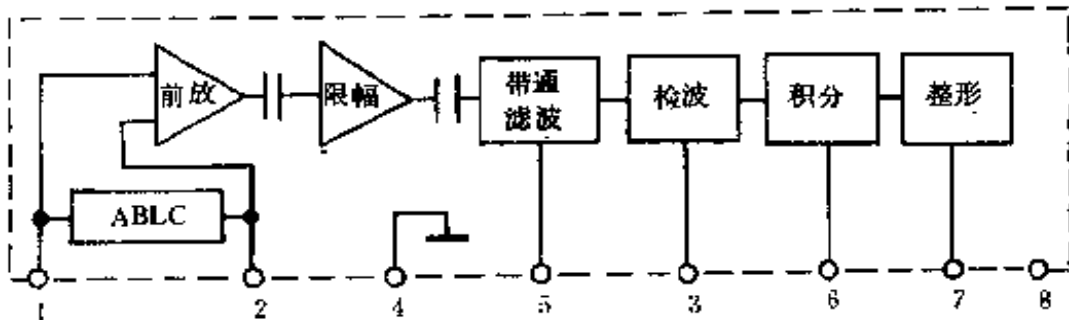


图 4.30 CX20106 的内部结构

波器、积分器及整形电路构成。其中的电平自动控制电路 ABLC 可以保证在输入弱信号时前置放大器有较高增益,在输入强信号时前置放大器不会过载,可以保证在一定遥控距离(约 10m)内工作可靠。其内部设置的滤波器的中心频率 f_0 由其 5 脚外接电阻调节,调节范围可从 30kHz~60kHz。

CX20106(KA2184)的工作流程大致如下:其中的前置放大器将外接红外光敏二极管或三极管产生的脉冲电压进行放大,电压增益约 77~79dB。然后将信号送限幅放大器,使其变为矩形脉冲,再由滤波器进行频率选择,滤除干扰信号,由检波器滤掉载频检出指令信号,再经整形后,由 7 脚输出指令信号。实际上,CX20106 的功能可以简单地用一句话概括:当接收到与 CX20106 滤波器中心频率相符的红外光信号时,其输出端 7 脚就输出低电平。

CX20106 的基本性能如下:①电源电压典型值 5V,最大 17V。②电源电流 1.1~2.5mA(典型值为 1.8mA)。③输出低电平 0.2V。④电压增益 77~79dB。⑤输入阻抗 27k Ω 。⑥滤波器中心频率 f_0 为 30~60kHz。⑦允许功耗 0.6W。

图 4.31 是 CX20106 的应用线路。其中, R_1 为滤波器中心频率调节电阻; R_2 为前置放大器负反馈电阻; R_3 为输出端负载电阻; C_2 为检波电容; C_3 为积分电容;VD 为光敏二极管,也可用光敏三极管,接法是集电极接 CX20106 的 1 脚,发射极接地。

图 4.32 给出了 CX20106 的外型及引脚。

CX20106 的带通滤波器中心频率 f_0 范围较窄,(30kHz~60kHz),所以,用于频分制遥控时,能容纳的通道数较小,一般不超过 3 个通道,每一个遥控通道要对应一个接收电路 CX20106,且通过 R_1 调准接收频率。这种电路一般常用于码分制红外遥控电路中,作为前置放大与解调电路。

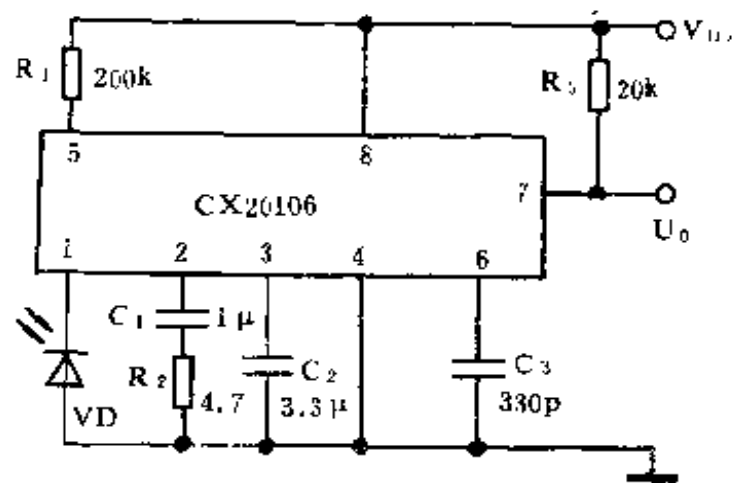


图 4.31 CX20106 的应用线路

二、 μ PC1373H 和 LA7224

μ PC1373H 和 LA7224 的功能、内部主要结构及引脚功能完全相同。 μ PC1373H 是日电 (NEC) 公司产品, LA7224 是三洋公司产品。图 4.33 是它们的内部结构。它们由前置放大器、限幅放大器、峰值检波器、整形器、自

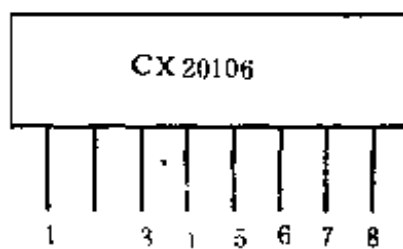


图 4.32 CX20106 的外型及引脚

动偏置控制器及自动增益控制器等部分构成。在前置放大器与限幅放大器之间的引出端 3 脚, 可接 LC 选频回路, 回路参数不同时, 就有不同的选频频率, 即 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 。

μ PC1373H 及 LA7224 的工作过程大致如下: 当它们的输入端 7 脚送入微弱的光电信号后, 由内部的前置放大器进行高倍放大, 增益可达 60dB。在遥控距离太近时, 为了防止光电信号过强而使高灵敏度前置放大器过载, 电路设置了自动亮度电平

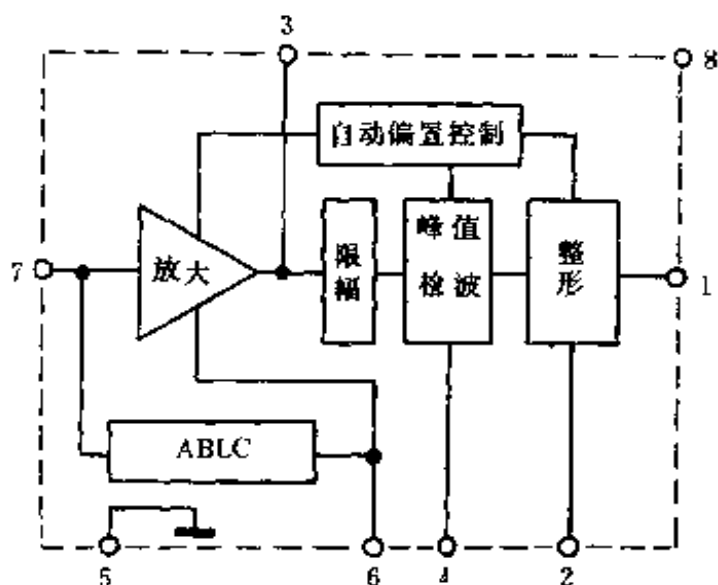


图 4.33 μ PC1373H(LA7224)的内部结构

限制网络 ABLC, 这样即使输入信号发生大幅度变化, 电路仍能正常工作。改变 3 脚上 LC 回路的参数可得到所需的选频频率, 滤掉不需要的干扰信号。放大后的信号送限幅放大器进行限幅放大, 变为矩形脉冲信号, 再经峰值检波器进行检波, 取出其外包络脉冲, 最后由整形器变为边沿整齐的负脉冲。综上所述, μ PC1373H 或 LA7224 的基本功能就是当输入光电信号与其外部 LC 选频回路的选频频率相同时, 其输出端输出低电平。

图 4.34 是 μ PC1373H 和 LA7224 的应用线路。其中, LC 为外接选频网络; C_2 为积分电容; C_4 为峰值保持电容; R_4 为前置放大器负反馈电阻。另外, μ PC1373H 常在 4 脚对地接一只 $150\text{k}\Omega$ 的电阻, 如图虚线所示。

图 4.35 给出了 μ PC1373H 和 LA7224 的引线排列。

μ PC1373H 和 LA7224 功能及结构相同, 但参数有些差别。

μ PC1373H 的主要参数如下: ①电源电压为 $6\sim 14.4\text{V}$ (典型值 8.5V , 最大值 15V), ②电源电流 $1.5\sim 3.5\text{mA}$, ③允许功

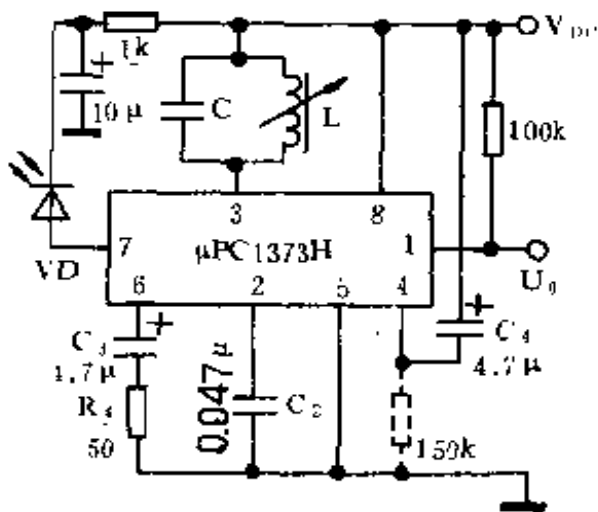


图 4.34 $\mu\text{PC1373H(LA7224)}$
应用线路

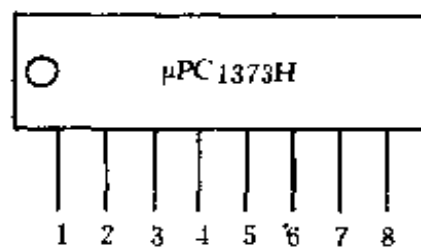


图 4.35 $\mu\text{PC1373H(LA7224)}$ 的
引线排列

耗 0.27W, ④前置放大器增益 60dB, ⑤输入阻抗 60k Ω , ⑥输出低电平 0.5V。

LA7224 主要参数如下: ①电源电压 5V, ②电源电流 2mA, ③允许功耗 0.25W, 其余参数与 $\mu\text{PC1373H}$ 相同。

由于这两种电路都需外接 LC 选频网络进行选频, 电感 L 易受外界电磁场干扰, 且制作不太方便, 体积也较大, 故不如 CX20106(KA2184) 好用。以上介绍的两类集成电路价格相差不多, 可根据实际条件酌情选用。

4.3.3 分立器件前置放大器

采用分立器件构成前置放大器, 一般要两级或三级放大, 才能达到所需增益值。各级之间的耦合方式有阻容耦合、变压器耦合以及直接耦合。由于阻容耦合与直接耦合放大器具有体积小、重量轻、价格便宜且频率响应好等优点, 因此, 获得广泛应用。分立器件前置放大器可由普通晶体管构成, 也可由场效应晶体管

构成,或由它们混合构成。有时,为了改善电路性能,提高电路稳定性,常采用负反馈电路。

一、阻容耦合前置放大器

阻容耦合放大器各级之间的静态工作点互不影响,可分别设计与调整。图 4.36 是由普通晶体三极管构成的两级阻容耦合前置放大器。两个单级放大器均采用工作点稳定的偏置方式。由于这种电路构成简便,调试容易,且可以根据需要非常灵活地增加放大级数(而工作点互不牵连),因此应用较多。

这种放大器的增益可非常容易达到 60dB 以上。在选择晶体管时,其 β 值应选大些的,这对于提高电路的增益有好处。另外,要使每级晶体管均有一个合适的工作电流(一般 $I_c=1\sim 3\text{mA}$),这样可充分发挥每级的放大能力,尽可能减小放大级数(一般在三级以下)。

这种电路的输入阻抗不高,一般只有 $1\text{k}\Omega$ 左右。为了减小对输入信号源(即光电转换器输出)的影响,获得较高的输入信号,可采用射极跟随器或场效应管构成的输入放大级(第一级)。图 4.37 是由射极跟随器作为输入级的前置放大器。射极跟随器

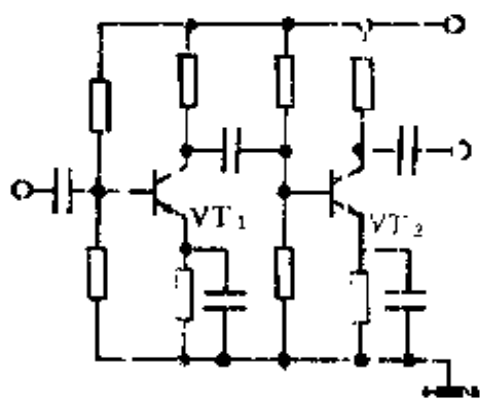


图 4.36 两种阻容耦合放大器

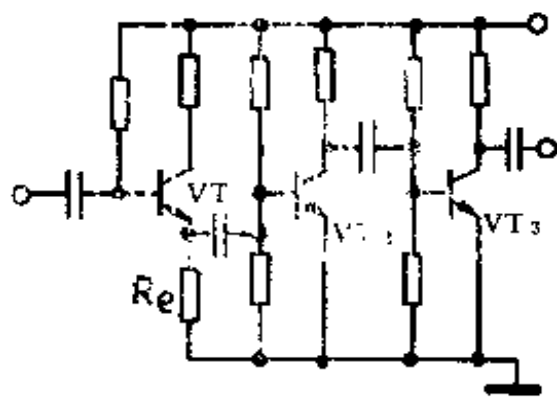


图 4.37 射极跟随器作为输入级

的输入阻抗 $R_i = r_{be} + (1 + \beta)R_e$ (其中 r_{be} 为晶体管 be 结电阻), 一般可达几百 $k\Omega$, 甚至达 $M\Omega$ 数量级。但由于 R_i 与 VT_1 的基极偏置电阻 R_b 并联后, 才是电路的输入阻抗, 因此, 电路的输入阻抗一般为几百 $k\Omega$, 尽管如此这已能和输入信号源(光电转换器输出)相匹配, 可获得较大输入信号。另外由于射极跟随器的输出阻抗很低, VT_1 输出信号几乎可以无损失地加到 VT_2 上。但这种电路使用器件较多, 体积和成本有所增大。

图 4.38 是采用场效应晶体管作为输入级的前置放大器。结型场效应管 VT_1 构成共源放大器。(类似普通三极管的共射放大器), 它利用自给偏压方式, 改变 R_s 即可改变 VT_1 的工作电流。普通三极管 VT_2 仍为工作点稳定的电路形式。电路总的电压增益为两级放大器的乘积。由于场效应晶体管具有很高的输入阻抗, 电路的输入阻抗基本由偏置电阻 R_1 决定, 因此, 这种电路在不增加电路级数(体积也不增加)的情况下, 可获得较高的增益及输入阻抗。

图 4.39 是由一级场效应管及一级普通三极构成的阻容耦

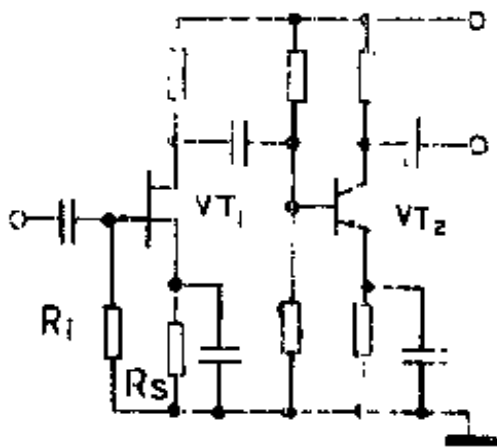


图 4.38 场效应管作为输入级

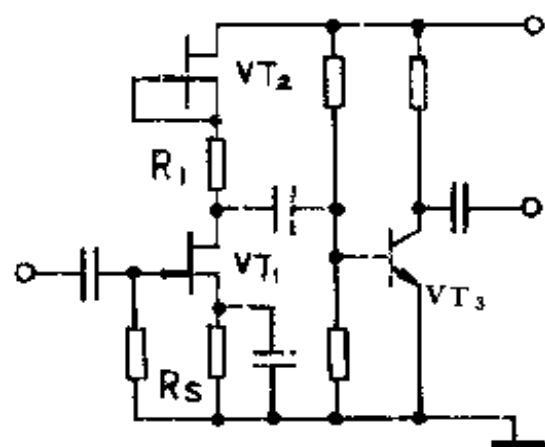


图 4.39 两级场效应管放大器

合前置放大器。其中第一级放大器采用了有源(恒流源)负载。采用有源负载,可以非常有效地提高电压增益,一般可提高2个数量级。改变 R_1 即可改变管子的工作电流。为了不使第一级放大器的负载阻抗下降。这种电路的电压增益可以作到几千倍。可用于远距离遥控。

二、直接耦合前置放大器

直接耦合放大器作为红外线遥控的前置放大器,也是经常应用的一种电路形式。它的特点是电路耦合方式简单,所用元件少,电路体积小,电压增益高。若采用两级直流负反馈直流偏置,工作点非常稳定。

图4.40是一种常用的两级直流负反馈直接耦合放大器。

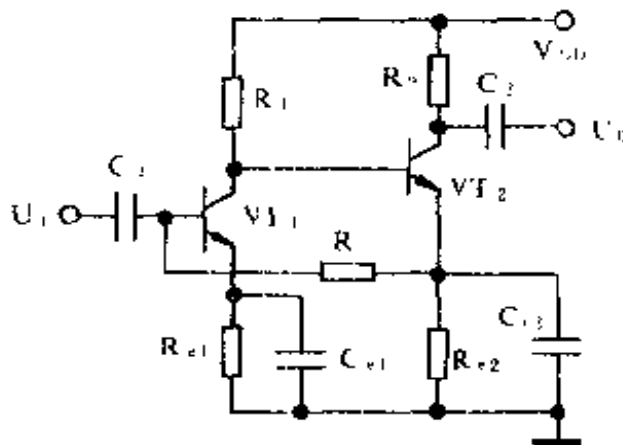


图 4.40 两级直接耦合放大器

由图可见,两级各自的发射极均接有负反馈电阻,以稳定工作点。另外, VT_1 的基极偏流不是取自电源 V_{DD} ,而是通过 R_F 取自第二级的发射极电阻上的压降,这就构成了两级直流负反馈,可使工作点更加稳定。

例如,当第一级集电极电流由于某种原因增加时,将引起下列负反馈过程:

$$\begin{array}{ccccccc}
 I_{C1} \uparrow & \rightarrow & V_{C1} \downarrow & \rightarrow & V_{B2} \downarrow & \rightarrow & I_{C2} \downarrow \\
 & & & & & & \downarrow \\
 & & & & I_{C1} \downarrow & \leftarrow & V_{B1} \downarrow \leftarrow V_{E2} \downarrow
 \end{array}$$

从而使电路工作点趋于不变,这是此直流负反馈直接耦合放大器的一个突出优点。

此直接耦合放大器中,由于没有下一级(VT_2)偏置电阻的分流, VT_1 的集电极电流全部流入 VT_2 的基极,无信号损失,所以,这种放大器能获得较高的电压增益,也可作到几千倍。

这种电路的输入阻抗不高,可根据需要在放大器前插入射极跟随器,以提高输入阻抗。

三、采用负反馈的前置放大器

放大器采用负反馈,可非常有效地改善电路性能,在红外线接收的前置放大器中,一般是采用电压串联负反馈,可使放大器的输入电阻得到提高,而输出电阻得到降低,有利于与信号源(光电转换器输出)及与后级电路的匹配。但放大器采用负反馈后,其增益将下降,因此,为了保证负反馈放大器有一定增益,要求放大器的开环增益要大,且负反馈不要太深。

图 4.41 是一种常用的电压串联负反馈放大器。

这个电路具有交流和直流两种负反馈,第一级的偏置电流是通过 R_{E1} 在第二级发射极电阻 R_{E2} 上取得的,因为 R_{E2} 被 C_{E2} 旁路,故只有直流负反馈,起稳定工作点的作用。由 R_F 和 R_{E1} 构成的是交流负反馈,它是取自输出电压经 R_F 与 R_{E1} 分压后与输入信号相串联,而构成的电压串联负反馈。由于两级之间去掉了耦合电容,采用直接耦合,因此,此电路不易产生自激振荡,工作非常稳定。

图 4.42 是由场效应晶体管构成的两级电压串联负反馈前置放大器。它与图 4.41 反馈原理相同,只是没有两级间直流反馈。

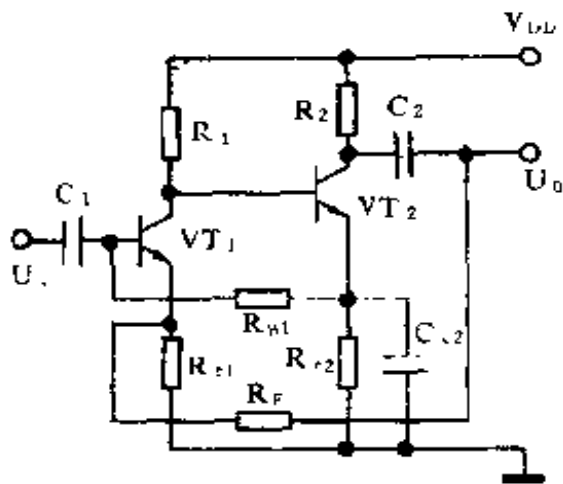


图 4.41 直流负反馈前置放大器(一)

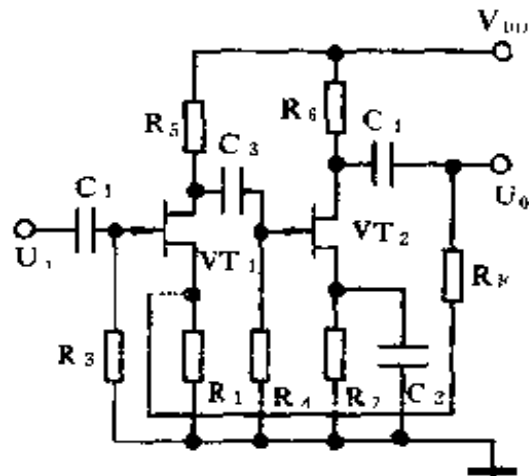


图 4.42 负反馈前置放大器(二)

以上两种负反馈放大器,在晶体管的 β 值及场效应管的 g_m 值足够大的情况下,电压增益分别为 $A_F = \frac{R_F}{R_{E1}}$ (图 4.41)和 $A_F = \frac{R_F}{R_1}$ (图 4.42)。

4.4 选频放大器

选频放大器是频分制红外线遥控器中的指令检出电路,它将发射器传送来的代表不同指令的不同频率信号检出,送到相应的驱动执行电路,最后实现各种功能的控制。

常用的选频放大器有 LC 型和 RC 型两种。LC 型选频放大器选频特性较好,在遥控选频中应用较多,但 LC 选频放大器的电感元件往往体积较大,制作与调节不便,且易受外界电磁场影

响(可通过屏蔽壳解决)。RC 型选频放大器的特性虽然不如 LC 型好,但由于它具有体积小,参数改变方便,成本低等优点,应用越来越多,特别是采用集成电路作为选频放大器的有源器件时,一般是采用 RC 网络选频,其选频特性也可作得比较好。

4.4.1 LC 选频放大器

LC 选频放大器,一般是将 LC 并联谐振回路作为晶体管放大器的集电极负载,如图 4.43(a)所示。LC 并联谐振回路的谐振频率调谐在遥控指令信号的频率上。LC 选频放大器的选频频率由 L 和 C 的数值确定

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \quad (4-16)$$

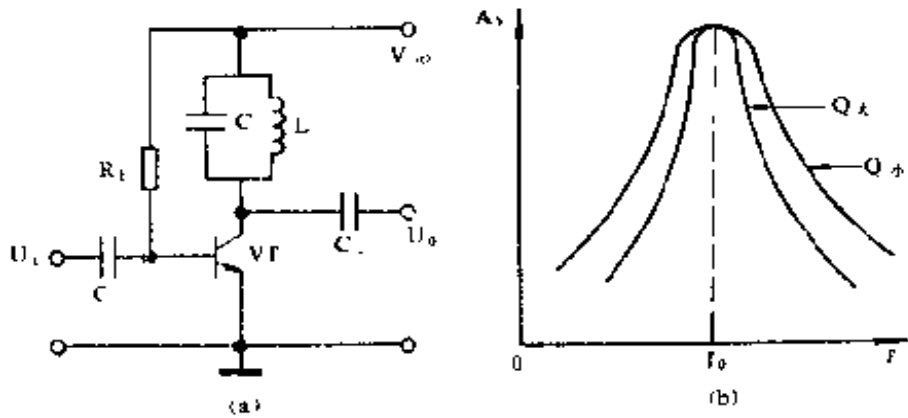


图 4.43 LC 选频放大器

当选频放大器输入信号的频率与 LC 谐振回路的谐振频率 f_0 相同时,回路产生并联谐振,其回路两端的阻抗 Z_a 最大,且为纯阻性。由于谐振时的谐振阻抗最大,从而使晶体管放大器在谐振频率上具有最大的增益,偏离这个频率,谐振回路的阻抗急剧下降,使放大器增益也急剧下降。这样,放大器所能放大的频

带宽度就限于 LC 并联谐振回路的谐振频率附近,从而能选出所需频率的信号进行放大。

图 4.43(b)是 LC 谐振回路的谐振曲线,即谐振频率附近回路的等效阻抗 Z_d 与频率 f 的关系。谐振曲线的变化形状与谐振回路的品质因数 Q 值有密切关系, Q 值愈大,谐振曲线愈尖锐,在谐振频率附近 Z_d 变化愈快。谐振回路的 Q 值与回路元件的 Q 值有关,它是反映回路损耗大小的一个量,通常,电容的损耗远小于电感的损耗(因线圈电阻的存在),故回路的 Q 值主要取决于电感线圈的 Q 值。因此,为了得到尖锐的选频特性,要使电感线圈的电阻小些为好。但选频特性也不能过分尖锐,也就是选频放大器要有一定的频带宽度,以保证发射器的频率发生漂移时,仍能选出所需频率的信号。

不难理解,谐振回路的谐振曲线就是 LC 选频放大器的频率特性曲线,即放大倍数与频率的关系曲线。

另外,在晶体管的发射极接有交流负反馈电阻 R_e ,电路谐振放大时,因 LC 回路呈现高阻抗, R_e 的负反馈作用相对变小,而在非谐振放大时,LC 回路呈现低阻抗, R_e 的负反馈作用相对增大。因此,这个电阻不仅可以起到稳定晶体管工作点的作用,而且还提高了选频放大器的选频特性。

4.4.2 采用陶瓷滤波器的选频放大器

陶瓷滤波器具有体积小、重量轻、品质因数高等特点,它早已广泛地应用在各种通信设备中。目前,已经制成从几 kHz 低频到几十 MHz 高频范围内各个频段的带通陶瓷滤波器。

陶瓷滤波器是利用压电陶瓷材料的压电效应制成的具有选频特性的两端或多端器件。图 4.44(a)、(b)分别是两端陶瓷滤波器的等效电路和图形符号,其中 L 和 C 称为动态电感和动态

电容, R 为等效电阻, C_0 为固有电容。当两电极加有交流电压时, 陶瓷片将产生机械振动。陶瓷片的尺寸一定时, 它本身有一个固有振动频率。当外加交流电压频率与其固有振动频率相同时, 机械振动最强, 并且陶瓷滤波器中的电流最大, 即产生了谐振。实质上, 陶瓷滤波器就相当于一个 LC 串并联谐振回路, 图 4.44(c) 是陶瓷滤波器的阻抗特性曲线。

由图可见, 两端陶瓷滤波器有两个谐振频率; 即串联谐振频率 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, 与并联谐振频率 $f_{\infty} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{CC_0}{C+C_0}L}}$ 。显然, 当 $f = f_0$ 时, 等效阻抗最小, 当 $f = f_{\infty}$ 时, 等效阻抗最大。

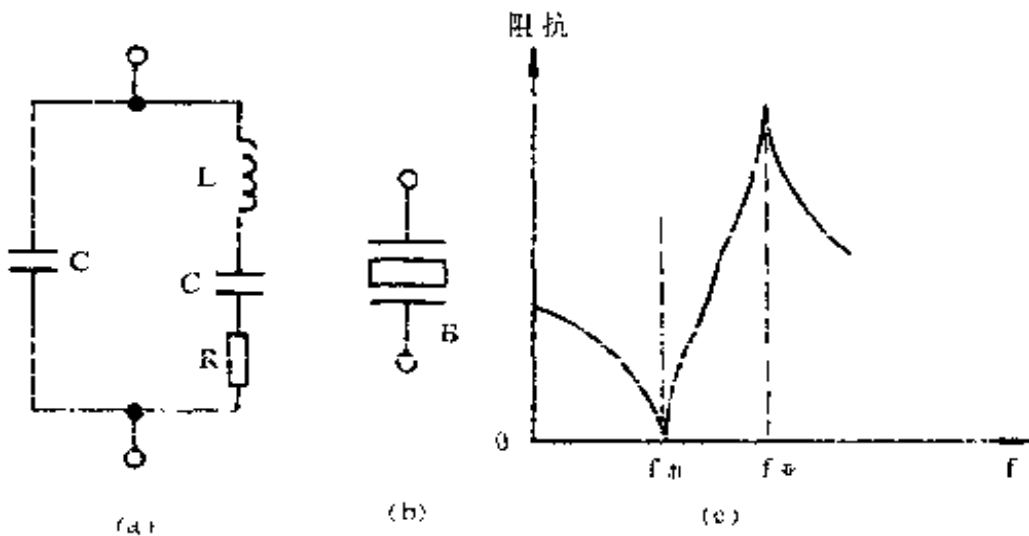


图 4.44 陶瓷滤波器

实际应用时, 一般是工作于串联谐振频率上。图 4.45 是一种采用两端陶瓷滤波器的选频放大器。陶瓷滤波器 B 并接在 V_1 的发射极电阻 R_E 上, 当输入信号频率与 B 的串联谐振频率 f_0

相同时, B 的阻抗最小(仅几十 Ω), 它与 R_E 并联后的等效负反馈阻抗非常小, 交流负反馈很弱, 此时, 电路的电压增益最大。当输入信号频率偏离 f_0 时, B 的等效阻抗变大, 它与 R_E 并联后的等效负反馈阻抗很大, 交流负反馈很强, 电路的电压增益变小, 因此, 电路可选出频率为 f_0 的信号进行放大。

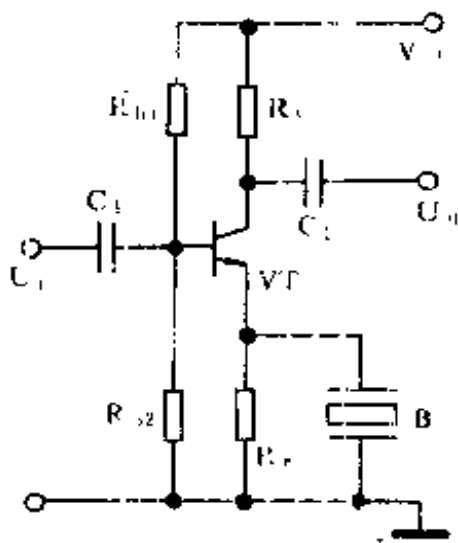


图 4.45 两端陶瓷滤波器构成选频放大器

是通过机械振动的方式, 在输出电极产生压电电压的。这种传送信号的方式可等效成一个变压器 T , 等效变压比一般为 $1:1$ 。

图 4.46(c) 是三端陶瓷滤波器的选频特性, 是接近矩形的频响曲线, 故选择性和通频带均较理想。

图 4.47 是采用二端陶瓷滤波器构成的选频放大器。陶瓷滤波器接在两级放大器之间, 当输入信号频率与陶瓷滤波器谐振频率相同时, 前级的信号可传送到后级进行放大, 从而实现选频

三端陶瓷滤波器图形符号及等效电路如图 4.46 (a)、(b) 所示。其中, L 、 C 、 R 为串联谐振等效元件, C_{01} 和 C_{02} 为固有电容。当在输入端加入输入信号的频率与陶瓷滤波器串联谐振频率相同时, 则输入回路产生串联谐振, 陶瓷片在 f_0 频率上将产生最大的机械振动。由于压电效应, 这个机械振动将在输出端产生同频率的交流电压。可见, 在三端陶瓷滤波器中, 输入回路(串联谐振回路)选出频率为 f_0 的信号,

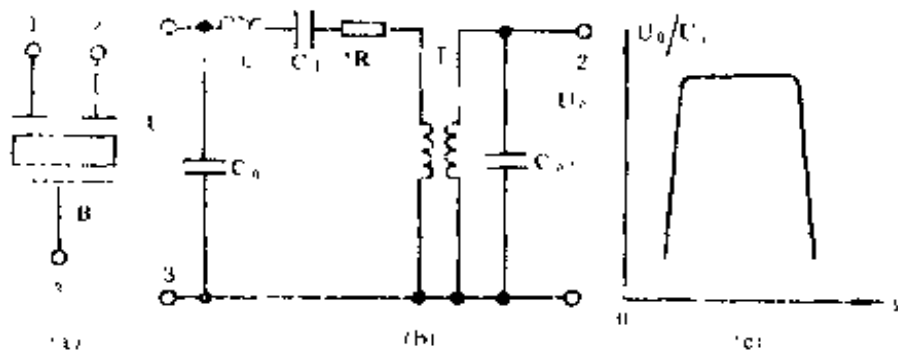


图 4.46 三端陶瓷滤波器

放大。

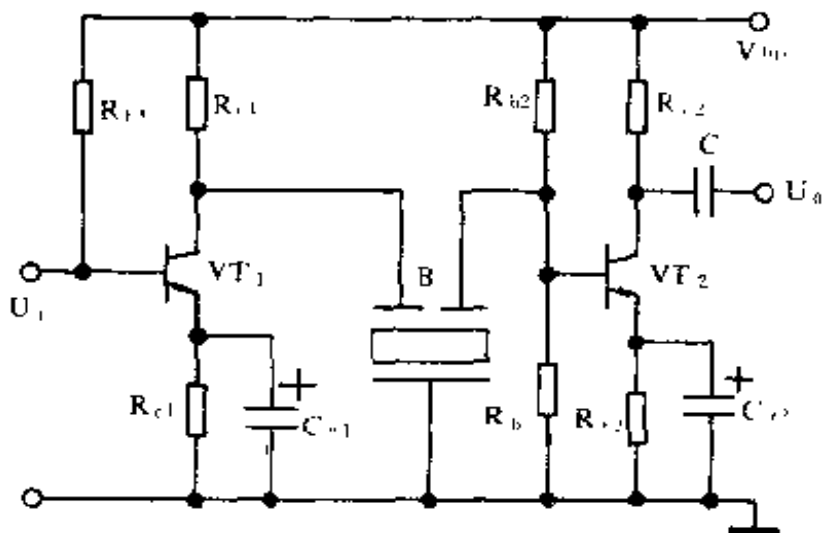


图 4.47 三端陶瓷滤波器构成选频放大器

4.4.3 RC 选频放大器

虽然 LC 选频放大器的选频特性较好,但电感器体积和重量较大,在有些红外线遥控系统中也常采用 RC 型选频放大器。RC 选频放大器的种类很多,下面介绍两种常用的 RC 选频放大

器。

一、采用双 T(RC)网络的选频放大器

我们知道,双 T(RC)网络常用作带阻滤波器,常用的带阻 R、C 双 T 网络及其传输特性如图 4.48(a)、(b)所示。双 T 网络由两个 T 型滤波网络并联而成, R_1 、 R_2 和 C_3 为低通 T 型网络, C_1 、 C_2 和 R_3 为高通 T 型网络。高频和低频信号可分别通过高通与低通网络传输。当信号的频率为某一适中值 f_0 时,通过两个 T 型网络的电流大小相等,方向相反,传输到输出端的电压信号为零(当然是理论值)。可见,此双 T(RC)网络阻止频率为 f_0 的信号通过。

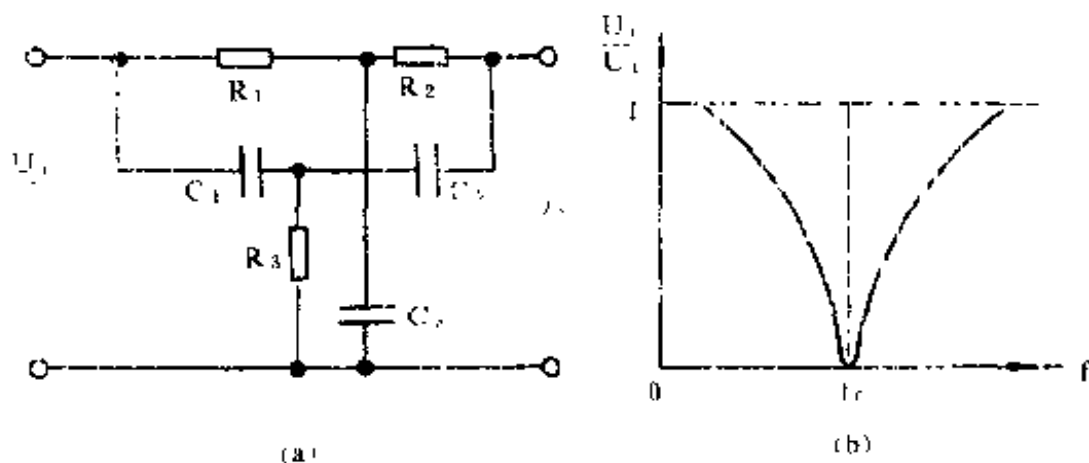


图 4.48 一种带阻双 TRC 网络

图 4.49(a)、(b)是采用双 T(RC)网络构成的双 T 选频放大器。

图(a)是采用运算放大器和双 T 网络构成的选频放大器。双 T 网络接在运算放大器的输出端及反向输入端之间,构成负反馈网络。当输入信号的频率为双 T 网络的阻断频率 f_0 时,双

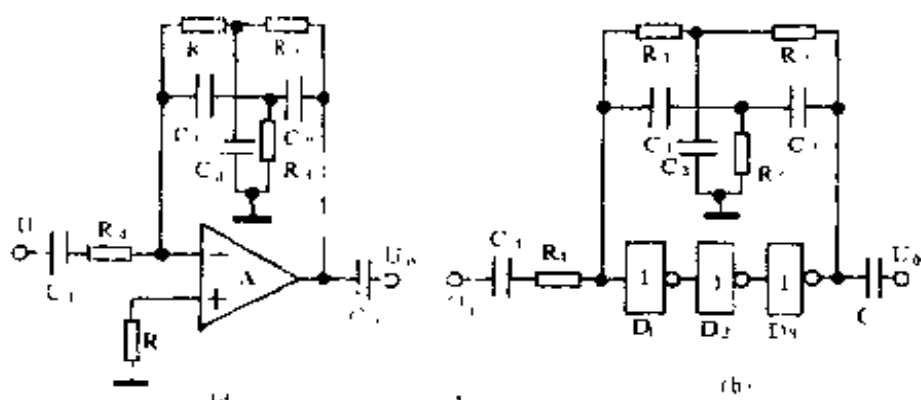


图 4.49 集成器件双 T 选频放大器

T 网络的传输系数 U_o/U_i 最小,也就是交流负反馈最弱,运放闭环增益最大,从而选出频率为 f_0 的信号进行放大。当信号频率偏离 f_0 时,双 T 网络有一定的传输系数,运算放大器负反馈变强,其闭环增益很小,从而滤除了其它频率的信号。

图(b)电路与图(a)电路原理完全相同,也是采用双 T 网络作为交流负反馈通道,只是放大器采用了由三级 CMOS 非门构成的放大器。双 T 网络中的 R_1 、 R_2 既是双 T 网络的选频元件,又是将三级非门构成放大器的反馈偏置电阻, R_1 、 R_2 将三级非门的静态工作点偏置在 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 处。

图 4.50 是由分立器件和双 T 网络构成的选频放大器。放大器由场效应管 VT 担任。VT 采用自给偏压方式, R_4 、 R_3 为偏置电阻, C_0 为隔直电容。由于场效应管的输入阻抗很高,它对双 T 网络的影响较小,可获得较好的选频特性。

应当指出,双 T 选频网络在实际使用时,为获得最好的效果,要使双 T 网络平衡,平衡条件是:

$$n = \frac{C_1 + C_2}{C_3} = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2) R_3} \quad (4-17)$$

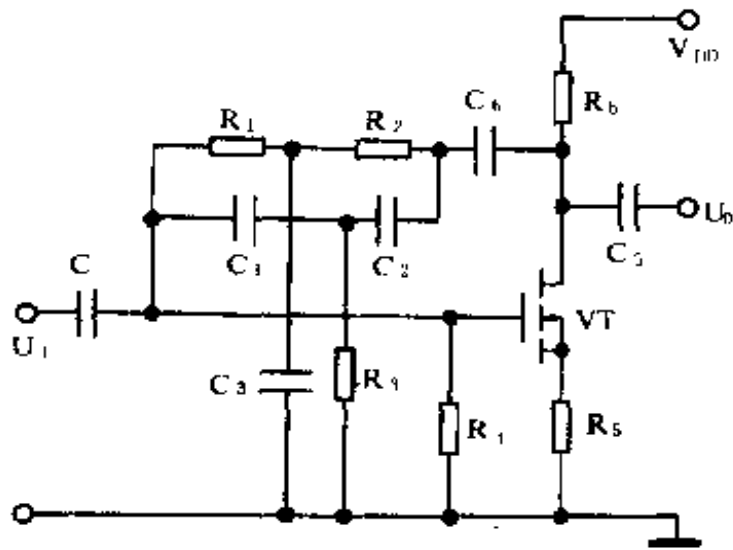


图 4.50 分立器件双 T 选频放大器

一般取 $n=1, C_1=C_2=C, R_1=R_2=R$, 从而得出 $C_3=2C, R_3=\frac{R}{2}$ 。由于元件参数的分散性, 元件选定后, 电路可能达不到平衡, 还要进行调整。电容的调节不便, 一般采取微调电阻 R_3 的方法使电路平衡。双 T 网络平衡后, 频率为 f_0 时的传输系数最小, 它构成的选频放大器才有较好的选频特性。RC 双 T 选频电路的选频频率

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4-18)。$$

二、采用多回路 RC 网络的选频放大器

电路如图 4.51(a)所示, 这种具有多回路 RC 网络的选频放大器, 具有使用元件少, 输出阻抗低, 品质因数高等优点, 故在频分制遥控系统中得到广泛的应用。

图 4.51(a)中, R_1, R_2, R_3, C_1, C_2 等构成多回路 RC 网络, 通

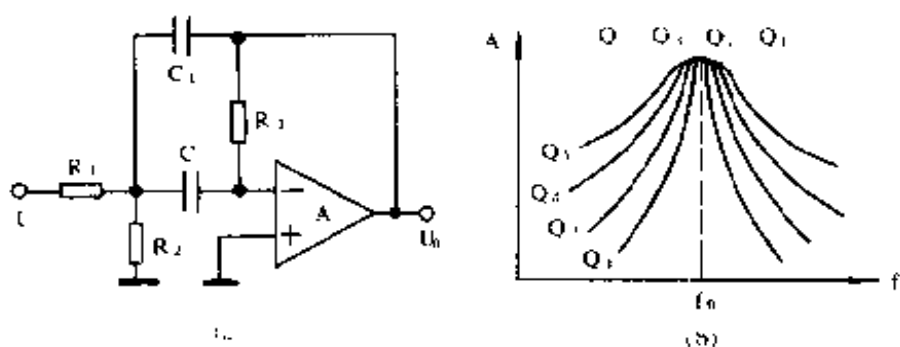


图 4.51 多回路 RC 网络选频放大器

通过对 RC 网络参数的选取,就能确定选频放大器的选频特性及其它特性,一般取 $C_1 = C_2 = C$, 电路的选频中心频率

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{1}{R_3} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)} \quad (4-19)$$

在中心频率 f_0 处的电压增益

$$A = \frac{R_3}{2R_1} \quad (4-20)$$

品质因数

$$Q = \frac{1}{2} \sqrt{R_3 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)} \quad (4-21)$$

也可根据设计需要的 f_0 、 A 、 Q 的数值,去计算 RC 网络的元件数值

$$R_1 = \frac{Q}{2\pi f_0 A C} \quad (4-22)$$

$$R_2 = \frac{Q}{2\pi f_0 C (2Q^2 - A)} \quad (4-23)$$

$$R_3 = \frac{2Q}{2\pi f_0 C} \quad (4-24)$$

这种选频放大器的性能主要取决于中心频率 f_0 和品质因数 Q 。为了调节 f_0 和 Q 值,一般先调整 R_3 以改变 Q 值,再调整 C 改变 f_0 ,选频放大器在 f_0 处的增益一般不便调整,因为调整 A 时, Q 和 f_0 将受到影响。

图 4.51(b)是此电路的幅频特性,所有曲线的 A 值均相同。不难看出, Q 值越大,电路的选频特性越好。但 Q 值也不宜太大,由式(4-23)可见, Q 取值越大, R_3 必然就越小,这时输入信号将受到严重衰减,对选频放大不利,一般 Q 值取 10~20。

4.4.4 集成电路锁相环作为选频电路

锁相环的英文缩写为 PLL,即相位锁定(同步)环路。锁相环在频率合成、频率的调制与解调、频率的变换、遥控与遥测等方面有着广泛的应用。目前,锁相环集成电路,已有 ECL、TTL、CMOS 等工艺制作的适应不同应用条件的产品,这里,我们介绍两种集成电路锁相环,一种是专门用于音频(500kHz 以下)译码的 TTL 锁相环 LM567;另一种是多功能 CMOS 集成锁相环 CD4046。

集成电路锁相环除在频分制红外遥控系统中作为选频电路外,还可在红外通信中作为频率的调制与解调用(见第六章)。

一、锁相环的基本原理

能够完成两个信号相位同步锁定的闭环系统叫锁相环。图 4.52 是锁相环的构成框图,主要由相位比较器、低通滤波器、压控振荡器构成。

相位比较器的一端接输入信号 U_i ,另一端接比较信号(也是输出信号) U_o ,相位比较器将 U_i 与 U_o 进行相位比较,产生一个与两信号的相位差成正比的电压 U_e ,经低通滤波器滤去高频分量,得到一个直流平均电压 U_d , U_d 就是压控(频率)振荡器的

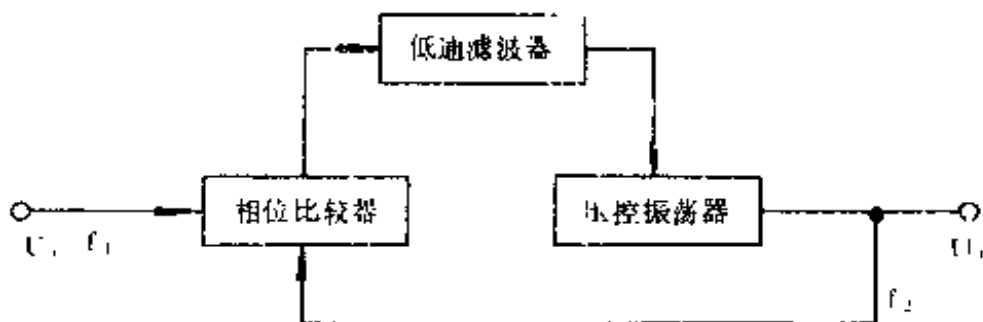


图 4.52 锁相环的基本结构

控制电压,它使压控振荡器的振荡频率 f_2 向输入信号频率 f_1 靠拢,两者频率差迅速减少,直至 $f_2 = f_1$ 。这时两信号相位差保持同步,实现相位锁定。如果输入信号的频率 f_1 再发生变化,锁相环将再次重复上述工作过程,强迫其压控振荡器锁定在 f_1 上。

在了解锁相环的基本原理之后,下面我们来介绍两种锁相环集成电路。

二、TTL 音频锁相环 LM567

LM567 是美国国家半导体公司(NSC)产品。同类产品还有 NE567 和 NJM567 等。

图 4.53 是 LM567 的内部框图,它由相位比较器、压控振荡器、正交相位检波器、逻辑输出放大器等几部分构成。图 4.54 是作选频时的电路。

LM567 的第 5 脚和 6 脚外接定时电阻和电容决定锁相环内部压控振荡器的中心频率

$$f_0 = \frac{1}{1.1RC} \quad (4-25)$$

第 2 脚对地接电容 C_2 为相位比较器输出的低通滤波器。第 2 脚所接电容 C_2 对锁相环的捕捉带宽 B_w 有影响

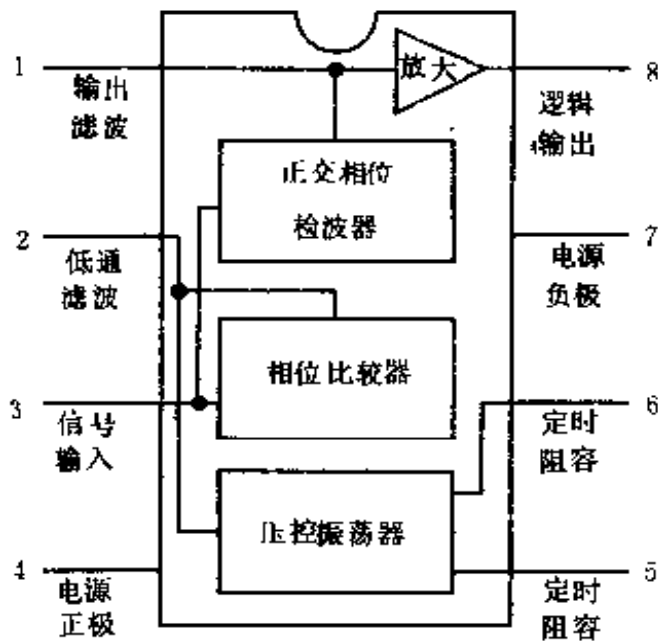


图 4.53 LM567 内部结构

$$B_w = 1070 \sqrt{\frac{U_i}{f_0 C_2}} \quad (4-26)$$

由式 4-26 可见, C_2 及压控振荡器中心频率越大, 捕捉带宽 B_w 越窄。因此, 在输入信号幅度及压控振荡器频率已确定的情况下, 可通过改变低通滤波电容 C_2 来扩展或收缩捕捉带宽。

第一脚对地接一电容 C_1 为正交相位检波器的输出滤波, 其电容值应不小于 2 脚所接电容的两倍, 即 $C_1 \geq 2C_2$ 。

LM567 的内部详细电路及工作原理比较复杂, 这里仅对其外部功能作如下描述:

第 3 脚为信号输入端, 要求输入信号的幅度大于 25mV, 最佳值为 200mV 左右。

① 当 LM567 的输入信号的频率落在其内部压控振荡器中心频率 f_0 附近时, 逻辑输出端 8 脚将由原高电平变为低电平, 输出一个负脉冲。在频分制红外遥控系统中, 正是利用这一功能

来实现对指令信号的选频的。可见,利用 LM567 的 8 脚输出,不仅可以实现选频,而且还有脉冲形成功能,用 8 脚输出的负脉冲去触发记忆电路,最终便可实现某种功能的控制。LM567 作为选频电路,具有电路简单、功能多、体积小等优点,因此,在频分制红外线遥控系统中得到了广泛应用。LM567 作为选频电路时的结构如图 4.54 所示。改变 RP 可非常方便地改变选频频率,由于 8 脚为集电极开路输出,故实际应用时,其 8 脚应接一上拉电阻 R_1 至电源正极 V_{DD} 。

② 如果在 LM567 的 2 脚(实际上是内部压控振荡器的控制端)加入音频信号,则它将使压控振荡器的 5 脚输出受 2 脚信号调制的调频信号。利用这一功能可以实现对信号的频率调制。应当说明,调频信号的中心频率 f_0 是由 5 脚和 6 脚的外接阻容元件确定的。

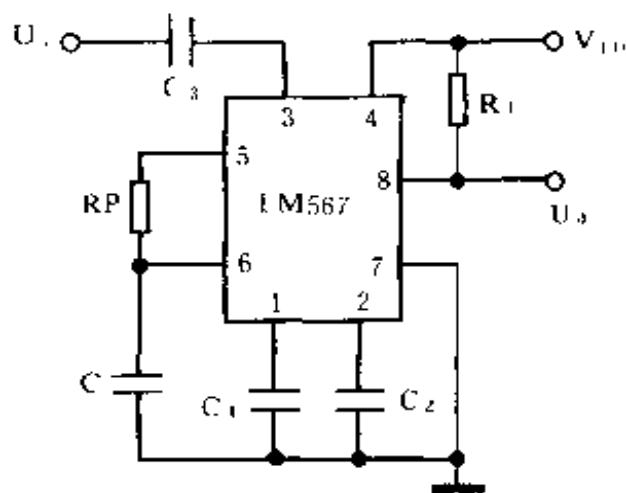


图 4.54 LM567 选频电路

③ 如果在 3 脚输入一用音频信号调制的调频信号,且调频信号的中心频率 f_0 与 LM567 内部压控振荡器中心频率 f_0 相同时,第 2 脚将输出调频信号的解调信号。

对信号的频率调制与解调,在红外光通信电路中有着广泛的应用。频率调制与解调电路如图 4.55(a)、(b)所示。

LM567 的主要参数如下:①电源电压 4.75~9V。②静态工作电流 8mA。③最高工作频率 500kHz。④8 脚最大吸收电流 100mA。

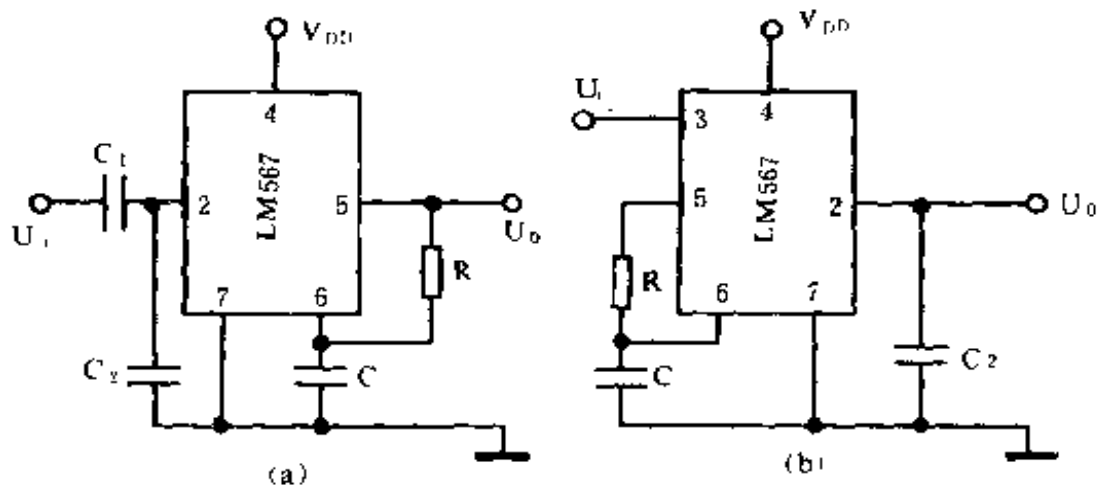


图 4.55 LM567 频率调制与解调电路

三、CMOS 集成锁相环 CD4046

CD4046 是美国 RCA 公司产品,相同的产品有 CC4046、5G14046、MC14046 等。

图 4.56 是 CD4046 的内部框图。它含有两个相位比较器 PC I 和 PC II,PC I 要求输入信号为方波,PC II 则无此要求。另外,还有一个压控(频率)振荡器 VCO。在两个相位比较器的输入端有一个前置放大器,可把 100mV 的微弱信号变为满电平的方波脉冲。 A_2 是低通滤波器输出缓冲放大器。

CD4046 采用 16 线双列直插式封装,各引脚作用简述如下。

16 脚为电源正端,8 脚为电源负端。6 脚和 7 脚外接电容 C_1 ,11 脚外接电阻 R_1 , R_1 和 C_1 决定 VCO 的振荡频率。12 脚接 R_2 , R_2 确定 VCO 的最低振荡频率 f_{min} 。 R_2 小, f_{min} 升高,频率范围收缩。5 脚是 VCO 的禁止端,当 5 脚置“1”时,VCO 停止工作,置“0”时,VCO 工作。14 脚是信号输入端。4 脚是 VCO 的输出端。3 脚是比较输入端。2 脚和 13 脚分别是相位比较器 PC I

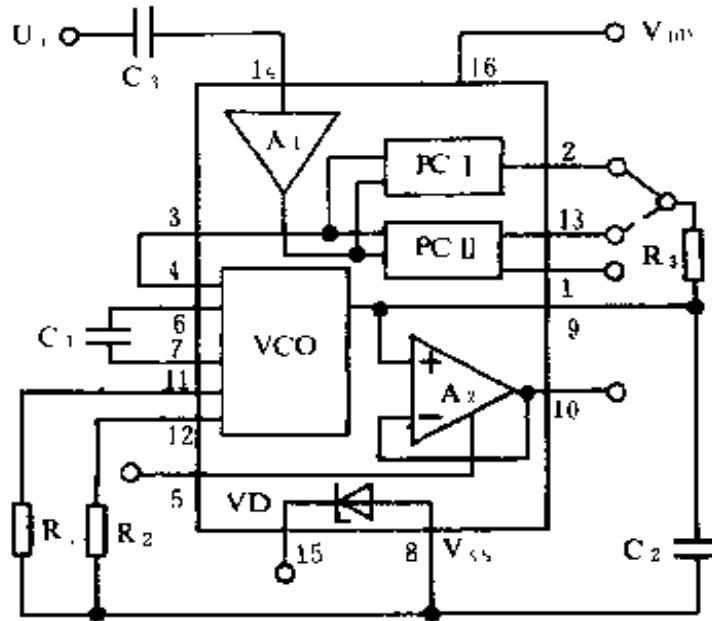


图 4.56 CD4046 内部框图

和 PC II 的输出端,通过它们外接低通滤波器后送入 VCO 的控制端 9 脚。10 脚是低通滤波器经缓冲放大后的输出端。1 脚是 PC II 的锁定指示输出,当电路进入锁定状态时,1 脚输出“1”,失锁时,1 脚输出“0”。15 脚为内部稳压二极管的正电压输出端,使用时需外接限流电阻。

CD4046 的详细工作原理比较复杂,下面,仅对我们所用到的外部使用功能作些描述,并结合图 4.57(VCO 在不同外部参数下的特性曲线)介绍其外围元件参数的设计。

① 当输入端 14 脚输入信号的频率 f_i 与 CD4046 的 VCO 的中心频率 f_0 相同(有一定带宽)时,相位比较器 PC II 的锁定指示输出端 1 脚由低电平变为高电平,输出一个正脉冲。利用这

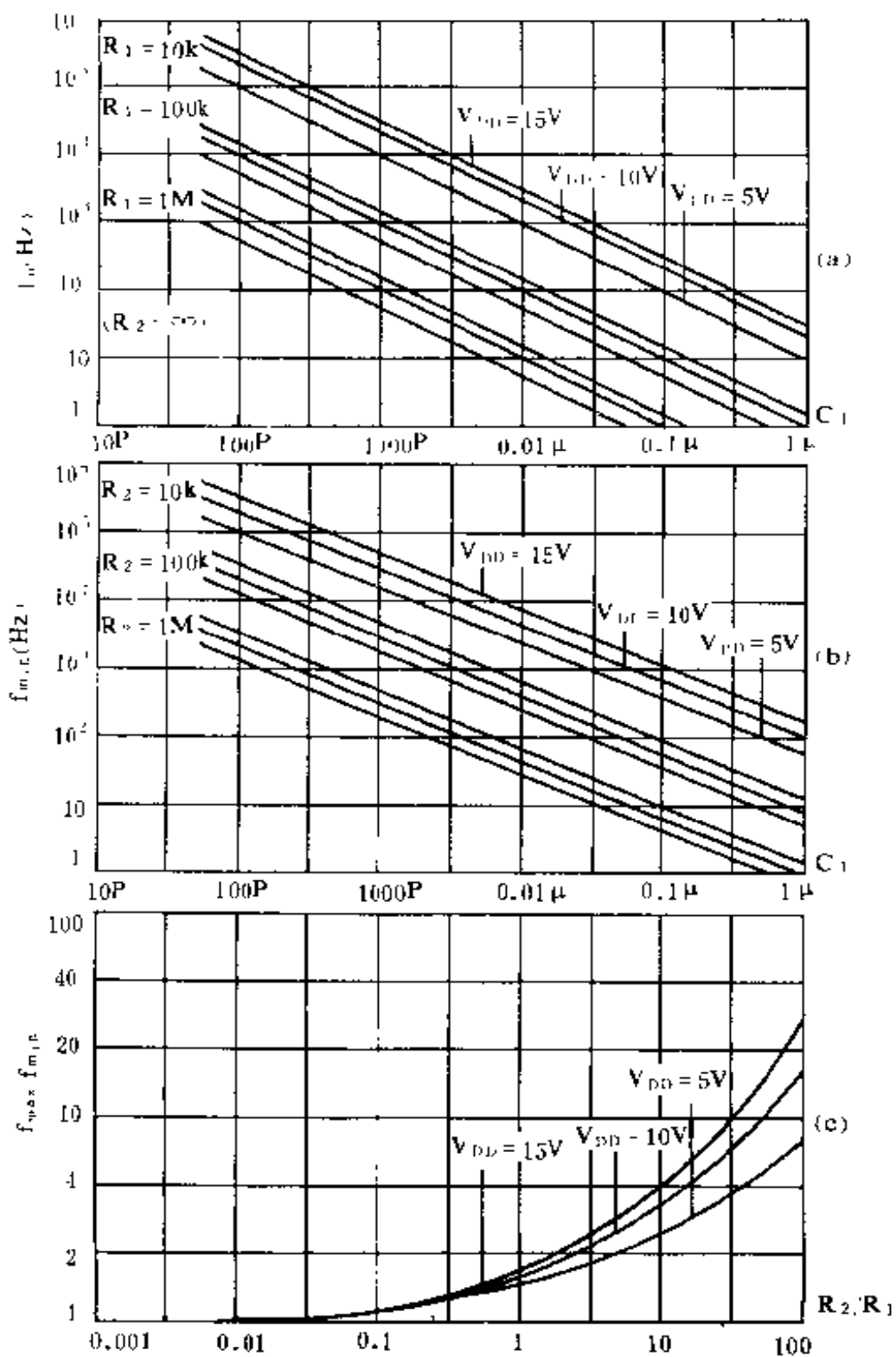


图 4.57 CD4046 的 VCO 在不同外部参数下的特性曲线

功能,在频分制遥控系统中就可实现对频率为 f_0 的信号的选频。与 LM567 一样,也具有脉冲形成功能。

CD4046 用于选频的电路如图 4.58 所示。由于要选择频率为 f_0 的信号,故频带要窄,因此需要外接 R_2 以提高 VCO 的最低工作频率,使频带收缩。另外,由于输入信号一般不是方波,故使用相位比较器 PC I。

外围参数的设计步骤如下:①确定选频频率 f_0 和 f_0 附近的最高频率 f_{max} 和最低频率 f_{min} ,即有一定带宽,以保证当发射频率在一定范围内发生漂移时,CD4046 仍能选出指令信号。根据 f_{min} ,查图 4.57(b),求出 C_1 和 R_2 。②再根据 f_{max}/f_{min} 的比值,查图 4.57(c),求出 R_2/R_1 比值,并根据上步已求得的 R_2 求出 R_1 。这样,当输入信号频率在 $f_{min} \sim f_{max}$ 一个小范围时,

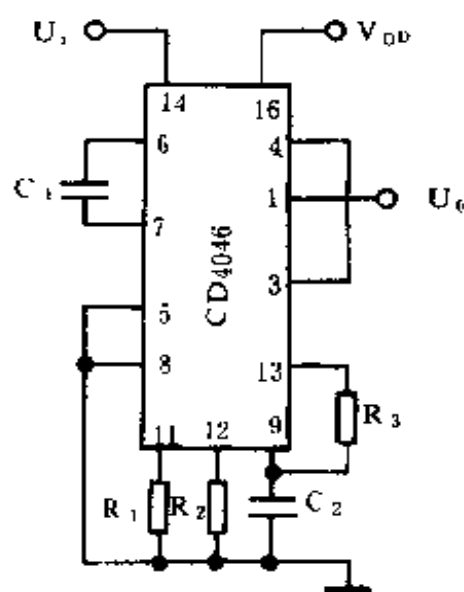


图 4.58 CD4046 选频电路

电路能够入锁,CD4046 的 1 脚就由低电平变为高电平。

②当从 9 脚(实际上是 VCO 的控制端)输入音频信号时,从 VCO 的输出端 4 脚便输出受输入信号调制的调频信号。

CD4046 用于频率调制的电路如图 4.59 所示。由于调频时要求 VCO 有一定的频率范围(频偏),故不用 R_2 收缩频带,即 $R_2 = \infty$,仅用 R_1 和 C_1 确定 VCO 的中心频率 f_0 即可。

设计参数时,只需根据中心频率 f_0 ,查图 4.57(a),求出 C_1 和 R_1 。 R_2 开路即可。

③ 若从 14 脚输入一被音频信号调制的(中心频率与 CD4046 的 VCO 的中心频率相同)调频信号,则相位比较器输出端将输出一个与音频信号具有相同变化频率的包络信号,经低通滤波器滤去载频后,即剩下调频信号解调后的音频信号。

作频率解调使用时,一般使用相位比较器 PC I。仅由 R_1 和 C_1 确定 VCO 与调频信号相同的中心频率 f_0 ,而不用 R_2 ($R_2 = \infty$) 来收缩频率范围。电路如图 4.60 所示。

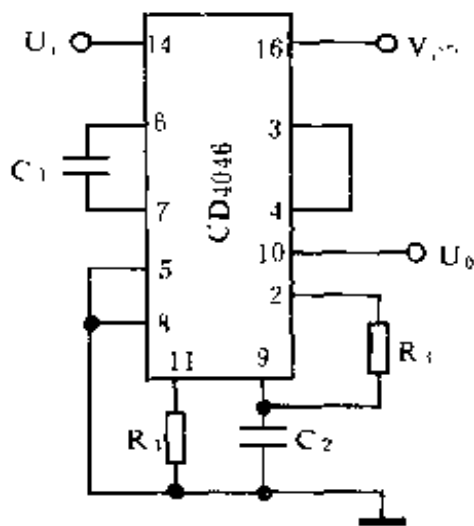


图 4.60 CD4046 调频解调电路

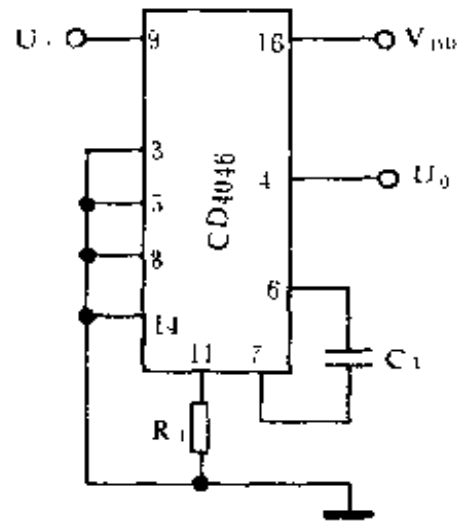


图 4.59 CD4046 调频电路

设计参数时,只需根据中心频率 f_0 ,查图 4.57(a),求出 R_1 和 C_1 即可。这样,当无调频信号输入时,VCO 工作在 f_0 上。

CD4046 的主要参数如下:
① 工作电压 3V~18V。② 静态电流(15 端开路) $>10\mu\text{A}$ 。③ 稳压管稳定电压 4.45~6.15V。④ 最高工作频率 1.2MHz。

以上我们对 LM567 和 CD4046 及其应用作了介绍,不仅介绍了作为选频的电路,还介

绍了用于频率调制与解调的电路,它将在红外光通信电路中得到应用。

集成电路锁相环,除了选频、调制与解调应用之外,还可利用其中的 VCO 构成脉冲发生器,作为频分制遥控的指令振荡器,改变 VCO 外接阻容元件,即可改变振荡频率。具体电路这里不再介绍。

另外,除了上述介绍的几种选频电路,还有用谐振继电器或音叉振荡器,在频分制遥控系统中作为选频器件的,由于应用较少,这里就不介绍了。

4.5 脉冲形成及记忆电路

由红外线光电转换器接收下来的红外线指令信号,经前置放大与选频电路后,还不能用于驱动执行电路执行各种指令,一般还要记忆电路记住指令信号,再按照指令信号去驱动各种执行电路。记忆电路按不同需要有单稳态、双稳态、多稳态记忆电路,而这些记忆电路(触发器或计数器)需用边沿比较陡直的脉冲来触发,故一般要在它们之前设置脉冲形成电路。

4.5.1 脉冲形成电路

脉冲形成电路比较简单,一般是对选频放大后的信号进行整流滤波,然后再进行整形,便可形成边沿比较陡直的脉冲。有些放大与选频电路已具备脉冲形成功能,因此,也就不需脉冲形成电路了。如 CX20106 和 μ PC1373H,它们已具备放大、选频和脉冲形成功能。锁相环 LM567 和 CD4046 也已具备选频和脉冲形成功能。这些电路可直接去触发记忆电路,而不必再设脉冲形成电路。

图 4.61 是几种常用的脉冲形成电路,它们均由整流和整形两部分构成。

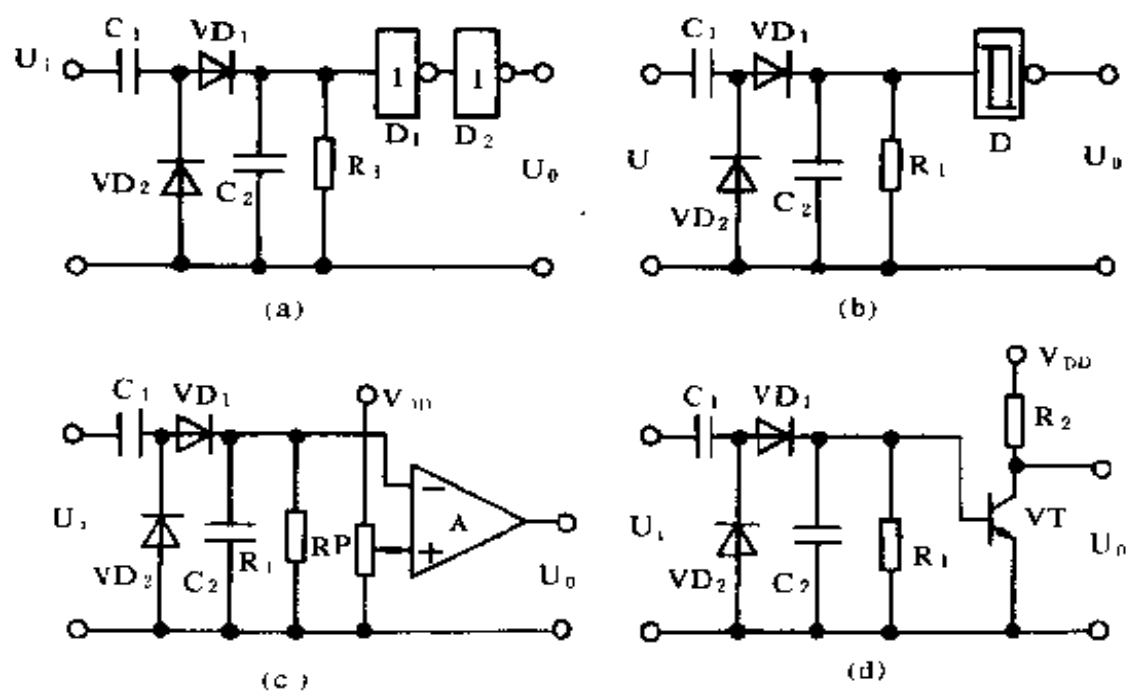


图 4.61 常用脉冲形成电路

图(a)中,由 C_1 耦合过来的已具有一定幅度的电压信号经 VD_1 、 VD_2 进行倍压整流后,变为直流脉动电压,再经滤波电容 C_2 滤波,在非门 D_1 的输入端便得到一个直流电压,当此直流电压的幅度达到非门 D_1 的转换电压时, D_1 输出低电平, D_2 输出高电平,从而在输出端得到一个正脉冲。 R_1 是滤波电容 C_2 的放电电阻。因非门 D_1 的输入阻抗 R_i 较高, C_2 与 R_i 的时间常数很长,无信号输入时, C_2 上电荷不能迅速放掉,当下一次输入信号到来时, C_2 上的电压可能仍为高电平而使 D_1 输出低电平, D_2 输出高电平,这样, D_2 也就不能输出正脉冲了。 R_1 可使 C_2 在无输入信号时迅速放电,为下一次充电作好准备。时间常数 $R_1 C_2$ 小

于输入信号的时间间隔即可。

图(b)中的整流电路与图(a)相同,只是后面的整形电路由施密特触发器担任。施密特触发器具有回差特性,即当输入电压达到正向阈值(启动)电压时,输出变为低电平,降至启动电压后它不翻转,直至降低到释放电压(低于启动电压)才翻转,输出才变为高电平。用施密特触发器作为整形电路,将使脉冲形成电路工作更加可靠。

图(c)中整形电路由电压比较器或运算放大器(接成比较形式)构成。电压比较器A的同相输入端由可调电阻 RP 设置比较电压 U_+ ,当有输入信号时,比较器A的反相输入端的电压 U 超过 U_+ 时,比较器A输出端由高电平变为低电平,输出一个负脉冲。调节 RP 即可调节比较电压的数值,以适应不同幅度输入信号的需要。调节比较电压的数值,也可在一定程度上调节接收灵敏度。此电路也可将比较电压设置在反相输入端。这时,当输入信号到来时,比较器输出正脉冲。

图(d)中的整形电路由一只晶体三极管构成。当输入信号到来时,VT的基极将有一定的直流电压作用,使其饱和导通,集电极便输出一个负脉冲。

这几种脉冲形成电路,有输出正脉冲的,也有输出负脉冲的,可根据后面记忆电路的需要选用,也可在各输出端再加反相器,以获得所需脉冲极性。

4.5.2 记忆电路

一、单稳态记忆电路

单稳态记忆电路主要用于定时。例如在发射器发出指令之后,要求被控对象开始工作,并且,工作一段时间之后自动停止,这就需要采用单稳态电路进行记忆。

单稳态电路的类型很多,图 4.62 是几种常用的单稳态电路。

图(a)是由时基电路 555(内部电路见图 4.7)构成的单稳态电路。当 555 时基电路的 2 脚有负脉冲(低于 $\frac{1}{3}V_{DD}$)作用时,其内部放电管由导通变为截止,电源通过输出端 3 脚变为高电平,电路进入暂稳态。电阻 R 向电容 C 充电,当充到 $\frac{2}{3}V_{DD}$ 时,内部放电管导通,电容 C 迅速放电,输出端由高电平又变为低电平,暂稳态结束。555 电路输出高电平的时间,即暂稳态时间。

$$t_w = 1.1RC \quad (4-27),$$

图(b)是由 CMOS D 触发器构成的单稳态电路。我们知道, D 触发器的基本功能是:当时钟输入端 CP 有正脉冲作用时,其输出端 Q 的状态与数据输入端 D 的状态一致,即 $Q=D$ 。这里 D 端接高电平 V_{DD} ,且在 Q 端与置“0”端 R 之间接有 RC 网络。当 CP 端有正脉冲作用时, $Q=D=1$ 。电路进入暂稳态。同时,Q 端的高电平通过电阻 R 向电容 C 充电,当充到置“0”端 R 端的转换电压(约为 $\frac{1}{2}V_{DD}$)时,D 触发器被置“0”, $Q=0$,暂稳态结束。同时,电容 C 通过二极管 VD 迅速放电,为下次充电作好准备。Q 端输出高电平的时间,即暂稳态时间:

$$t_w = 0.69RC \quad (4-28)。$$

D 触发器用 CMOS 双 D 触发器 CD4013。

图(c)是 CMOS 单稳态触发器 CD4098 的应用线路。CD4098 内部线路比较复杂,在此我们仅介绍其外部功能。CD4098 内部含有两个单稳态触发器。每个单稳态触发器均有两个触发端 TR_+ 和 TR_- ,上升沿触发时,脉冲加至 TR_- ,下降沿触发时,脉冲加至 TR_+ 。用 TR_+ 时, TR_- 应接高电平;用 TR_- 时, TR_+ 应接低电平。另外,每个单稳态触发器均有一个置“0”

端 \bar{R} , 当 \bar{R} 加有负脉冲或低电平时, 单稳态输出端 $Q=0$, 不用置“0”时, \bar{R} 要接高电平。

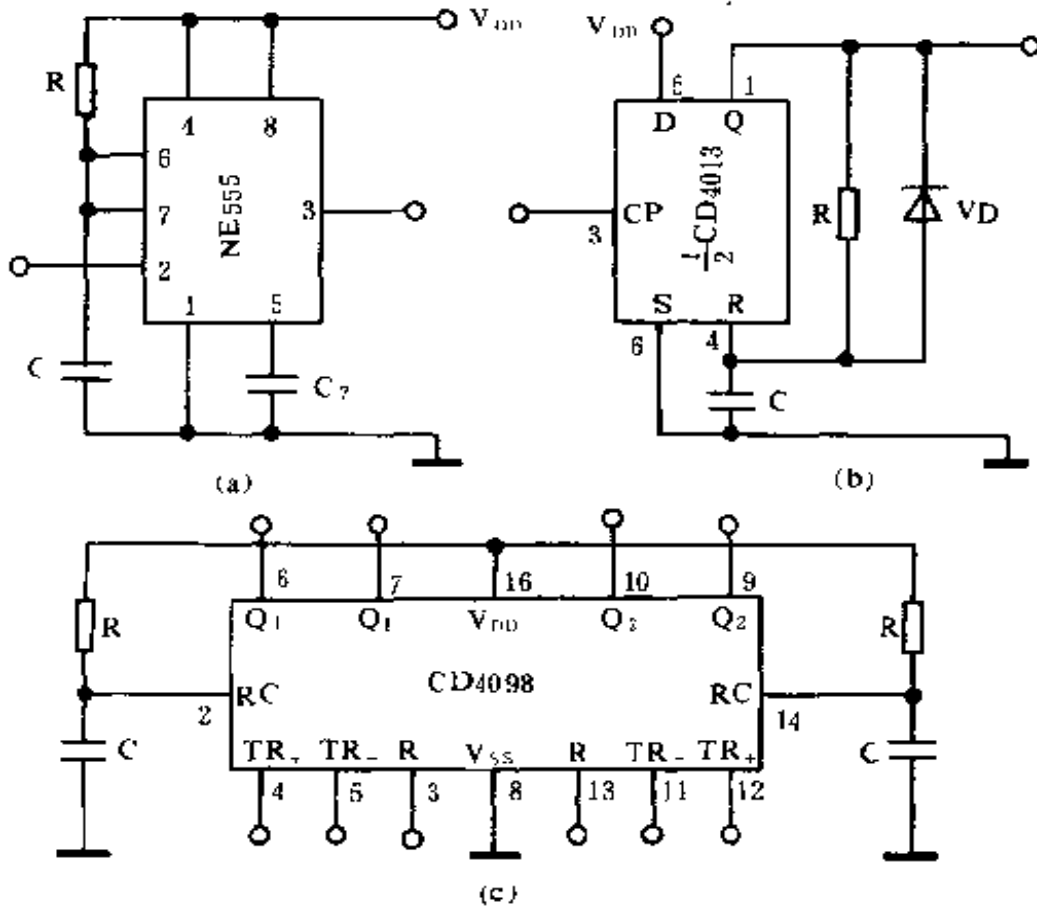


图 4.62 单稳态记忆电路

CD4098 外接的 RC 定时元件如图所示。当 TR_+ 或 TR_- 有脉冲作用时, 其相应的输出端 Q 将输出高电平, \bar{Q} 将输出低电平, Q 端高电平或 \bar{Q} 端低电平的维持时间, 即暂稳态时间为

$$t_w = 0.69RC \quad (4-29)$$

二、双稳态记忆电路

双稳态记忆电路有两个稳定状态, 在外加触发脉冲的作用下, 可从一种稳定状态翻转到另一稳定状态, 并可一直保持下

去,直至下一个触发脉冲到来。双稳态电路主要用于对某一设备或设备某一部分实现开/关动作功能。

双稳态电路的类型也较多,下面我们介绍如图 4.63 所示的几种常用的双稳态电路。

图(a)是由 D 触发器构成的双稳态电路。这里将 D 触发器的 D 端和 \bar{Q} 端相连接,D 触发器功能就变为:在 CP 脉冲的作用下,触发器 Q 端的状态与 D 一致,由于 D 与 \bar{Q} 相接,故 Q 端的状态就与 \bar{Q} 一致,即 $Q = D = \bar{Q}$ 。由于 \bar{Q} 总是与 Q 的状态相反,故在 CP 脉冲的作用下,若 Q 原为“1”则变为“0”(与 \bar{Q} 一致);若 Q 原为“0”则变为“1”。

D 触发器用 CMOS 双 D 触发器 CD4013。

图(b)是由 JK 触发器构成的双稳态触发器。我们知道 JK 触发器的两个数据输入端 J 和 K 均接高电平“1”时,JK 触发器处于计数状态,即每有一个 CP 脉冲作用,触发器的状态就翻转一次,即为双稳态电路。JK 触发器可用 CD4027。

图(c)是一种经常用到的由分立器件构成的双稳态电路。其工作原理大致如下:设初始状态为 VT_1 截止, VT_2 饱和,则 VT_2 集电极电位约为 0V,基极电位约为 0.7V, A_1 点电位约为 0V; VT_1 集电极电位约为 V_{DD} ,基极电位约为 0V, A_2 点电位约为 V_{DD} ,而且为稳定状态。现在触发端 CP 加负脉冲(由高电平 V_{DD} 变为低电平 0V),由于电容两端电压不能突变,则 A_1 点电位将突变到 $-V_{ED}$, A_2 点电位突变到 0V,可见,此时,二极管 VD_2 正偏导通, VD_1 基本为零偏而不能导通。负脉冲通过导通的二极管 VD_2 作用于导通管 VT_2 基极,使 VT_2 由导通变为截止。负脉冲不能加到截止管 VT_1 的基极,但由于 VT_2 变为截止,其集电极变为高电位,通过电阻 R_{b1} 将使 VT_1 由截止变为导通,最后使双稳态电路的状态发生翻转。若再有负脉冲作用于触发端 CP,

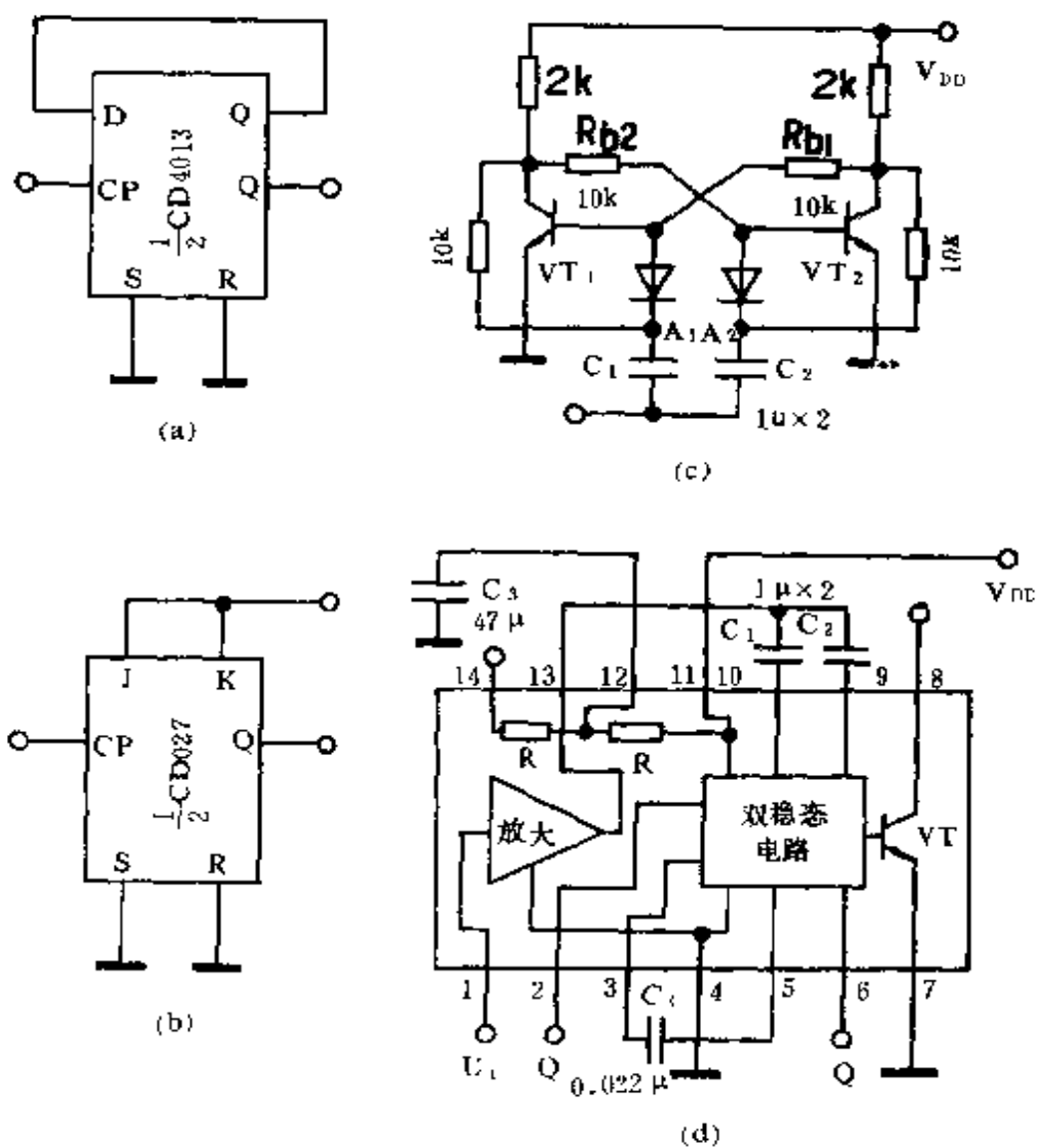


图 4.63 双稳态记忆电路

触发器将又翻为 VT_1 截止, VT_2 导通。

图(d)是 SL517 声控电路的内部框图及应用电路。由图可见,它包含一个放大器和一个与图(c)电路相同的双稳态电路。1脚可以输入交流信号,放大器输出端 13 脚经过两个微分电容

C_1 、 C_2 作用于双稳态电路,使其状态发生翻转。SL517 的 2 脚和 6 脚分别是双稳态电路的输出端 Q 和 \bar{Q} ,每有一次输入信号, Q 和 \bar{Q} 端的状态就翻转一次。另外,SL517 内部还有一个缓冲驱动晶体管 VT,VT 为集电极开路输出,双稳态电路的状态每翻转一次,VT 的状态也改变一次,VT 的集电极(吸收)驱动电流达 100mA,可直接驱动晶闸管及小型继电器。3 脚和 5 脚接电容用以消除自激振荡。11 脚为电源正极,4 脚为电源负极,12 脚对地接电容 C_3 可与内部电阻 R 构成放大器的电源退耦电路。

三、多稳态记忆电路

多稳态记忆电路的作用是对同一指令信号作用的次数进行记忆,并以不同的状态(多稳态)输出。例如:在简单电扇遥控器中,为简化电路降低成本,发射器仅能发出一个频率的指令信号,而接收器也只需一套选频电路,但要求每发射一次指令信号,电扇就变速一档,这就需要多稳态记忆电路。

多稳态记忆电路实质上就是计数器或脉冲分配器。其种类也较多,下面介绍几种在遥控电路中应用较多也较方便的电路。

1. 十进制计数/脉冲分配器 CD4017

图 4.64(a)是 CD4017 的内部框图,它由十进制计数器和时序译码电路两部分构成。十进制计数器有两个计数输入端 CP 和 \overline{EN} ,若用输入脉冲信号的上升沿计数,信号从 CP 端输入, \overline{EN} 端要接低电平“0”,若用输入脉冲信号的下降沿计数,信号从 \overline{EN} 端输入,CP 端要接高电平“1”。

十进制计数器计数的结果由时序译码器进行译码(所谓时序译码就是对输入脉冲信号按照时间顺序进行译码),按照输入信号脉冲的顺序,将脉冲个数分配在 $Q_0 \sim Q_9$ 十个输出端上。当计满十个数后,计数器复零,并在 Q_{c0} 端输出一个正进位脉冲,用以多位级联。

另外,计数器有一个清零端 R,当 R 有高电平或正脉冲作用后,计数器被清零,时序译码输出端 Q_0 为“1”,其余均为“0”。

图 4.64(b)是 CD4017 的工作波形。由图可见, $Q_0 \sim Q_9$ 各输出端的输出脉冲之间无间隙。

CD4017 作为多稳态记忆电路,具有电路简捷,成本低的特点,故应用较多。

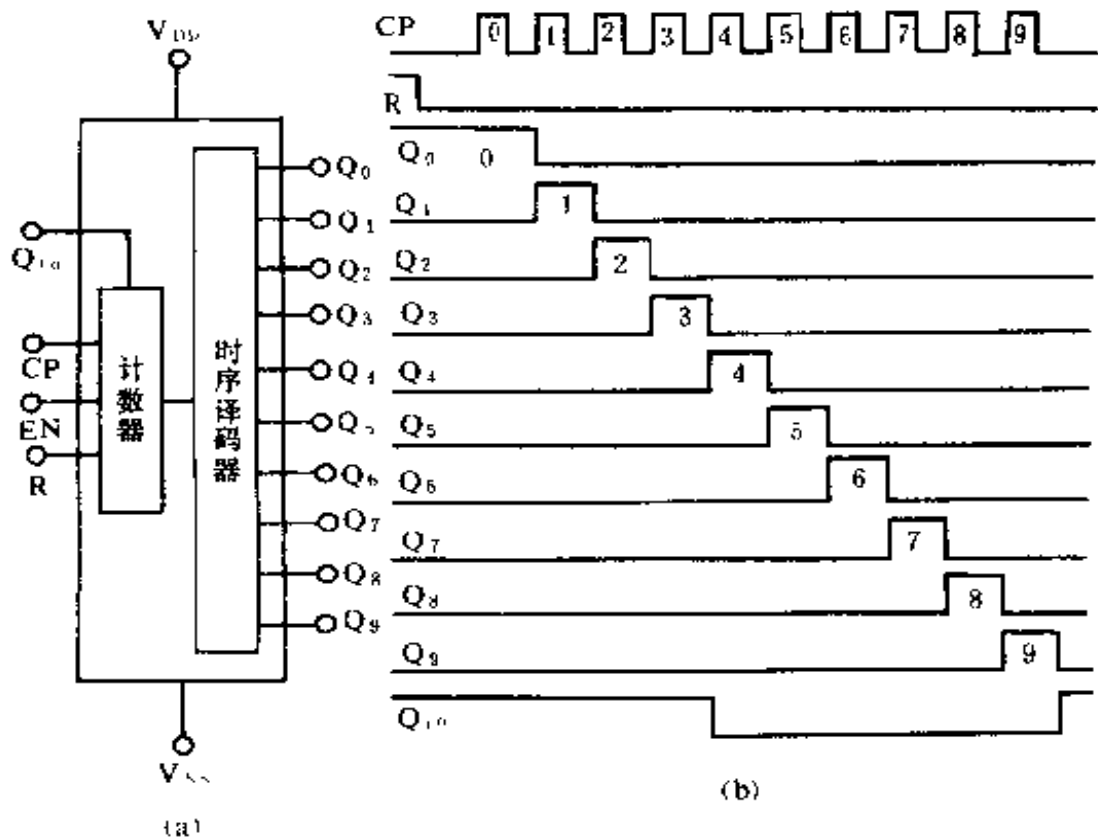


图 4.64 CD4017 内部框图及工作波形

2. 多功能记忆电路 VT304

图 4.65(a)是 VT304 的内部框图结构,它含有两个非门 D_1 和 D_2 ;一个两位二进制计数器及相应的两位二进制码至四线时序译码器(只引出三线)。另外还有一个单稳态电路,它可将输入

脉冲展宽,以保证触发计数可靠,单稳电路的定时电容从第4脚与第5脚接入,其容量在 $0.47\mu\text{F}\sim 1\mu\text{F}$ 之间选译。

图4.65(b)是VT304的工作波形。指令脉冲从第12脚输入,经过单稳电路作用于计数器的时钟输入端,使其作加计数,计数器有“00”、“01”、“10”、“11”四种状态,经时序译码器译码后,第11、9和6脚顺序输出高电平,当计数器为“00”状态时,三个输出端均为低电平,当计数器为“01”状态时,11脚输出高电平;当计数器为“10”状态时,9脚输出高电平;当计数器为“11”状态时,6脚输出高电平。若再有一脉冲输入计数器,则计数器变为“00”状态,三个输出端又复“0”。

D_1 和 D_2 是两个独立的非门,可用于对脉冲信号的整形,或用反馈偏置及分压偏置方法,将它们偏置在放大区,用于对信号的放大,应用非常灵活。

VT304的输出端设有缓冲器,驱动电流达10mA,可直接触发小功率晶闸管,若用来驱动继电器,还需外接晶体管扩展功率。

3. 二—十进制加计数器 CD4518 及 10 线时序译码器 CD4028

CD4518 内含两个二—十进制加计数器,图4.66(a)和(b)分别是CD4518的引线图和工作波形。它采用16线双列直插式封装,国标型号为CC4518。 V_{DD} 为电源正端, V_{SS} 为电源负端。左端和右端分别是第一计数器和第二计数器的功能引出线。CP和EN是计数脉冲输入端,当用脉冲上升沿计数时,脉冲由CP端输入,此时EN要接高电平;当用脉冲下降沿计数时,脉冲由EN端输入,此时CP要接低电平。 Q_4 、 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 为二—十进制计数器的BCD码输出端,共有十个输出状态,即从“0000”~“1001”,分别与十进制数码的“0”~“9”相对应。 C_r 为清“0”

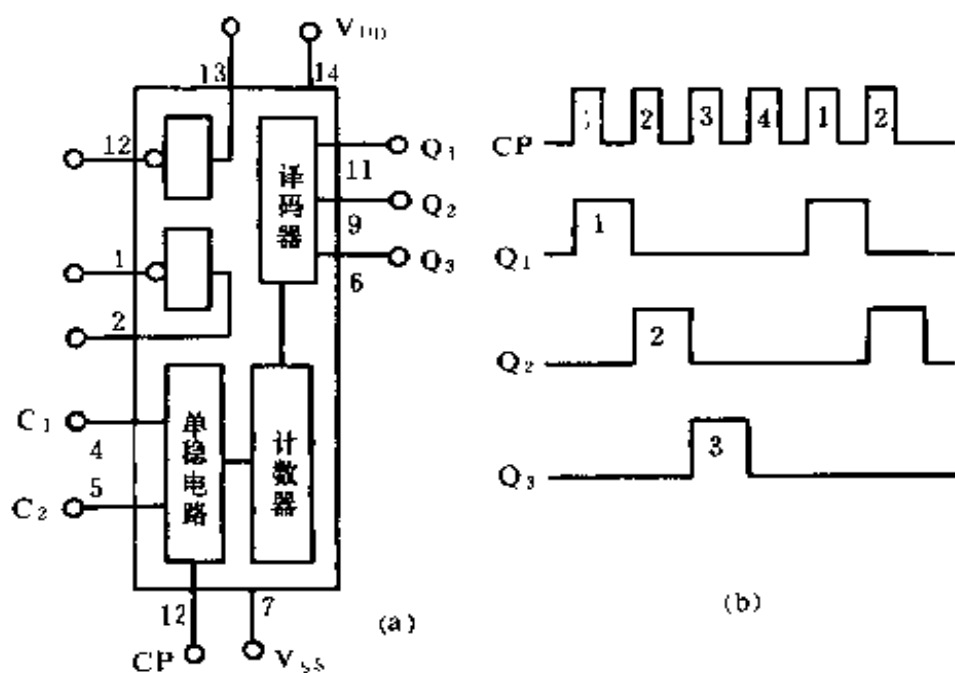


图 4.65 VT304 内部框图及工作波形

端,当 C_1 端有正脉冲或高电平作用时,计数器无论处何状态,将被清零,输出端 $Q_4Q_3Q_2Q_1$ 为“0000”状态。

由工作波形可见,当第十个 CP 输入脉冲的上升沿到来时,计数器的输出端 Q_4 输出一个负脉冲。当需要多位二—十进制计数时,将低位的 Q_4 端与相邻高位的 EN 端相联,就可构成多位二—十进制计数器。级联时,不要将低位 Q_4 端与相邻高位的 CP 端相联,因 CP 端为上升沿有效,由波形图可见,当第八个输入脉冲的上升沿到来时, Q_4 有一正脉冲输出,这样,级联后多位计数器将不是“逢十进一”,而是“逢八进一”。这一点在使用中一定要注意。

CD4518 输出的是 BCD 码,它是一种二进制的有“权”码(也称 8421 码),它是用四位二进制码表示十进制码的 0~9,这种有“权”码的输出方式,有时应用在控制电路中不太方便,还需

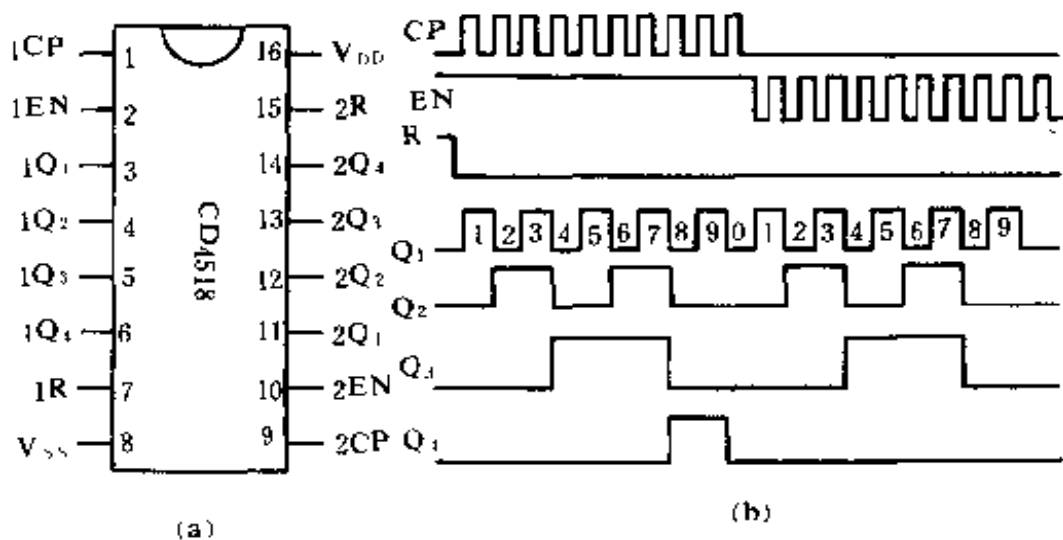


图 4.66 CD4518 引线排列及工作波形

将 BCD 码变为 0~9 时序码。这时可以采用 BCD 码至十进制码译码电路 CD4028。

图 4.67 是 CD4028 的引出端功能图。 V_{DD} 和 V_{SS} 分别为电源正极和负极。DCBA (权分别为 8421) 为四个输入端, 当这四个输入端输入 BCD 码时, 其输出端 $Q_0 \sim Q_9$ 将输出 0~9 时序脉冲。例如, 当输入端 DCBA 为“0000”时, Q_0 为“1”, 其余 $Q_1 \sim Q_9$ 为“0”, 当 DCBA 为“0001”时, Q_1 为“1”, 其余 Q_0 与 $Q_2 \sim Q_9$ 为“0”, 当 DCBA 为“1001”时, Q_9 为“1”, 其余 $Q_0 \sim Q_8$ 为“0”。

另外, CD4028 采用拒伪码逻辑, 当输入代码 DCBA 超过“1001”(十进制数 9) 时, 输出端 $Q_0 \sim Q_9$ 全部为“0”。

4. 可预置数的四位二进制加/减计数器 CD40193 及 16 线时序译码器 CD4514

CD40193 是一种经常用到的计数器, 其功能较强。图 4.68 (a)、(b) 分别是 CD40193 的引线功能图和工作波形。其功能简

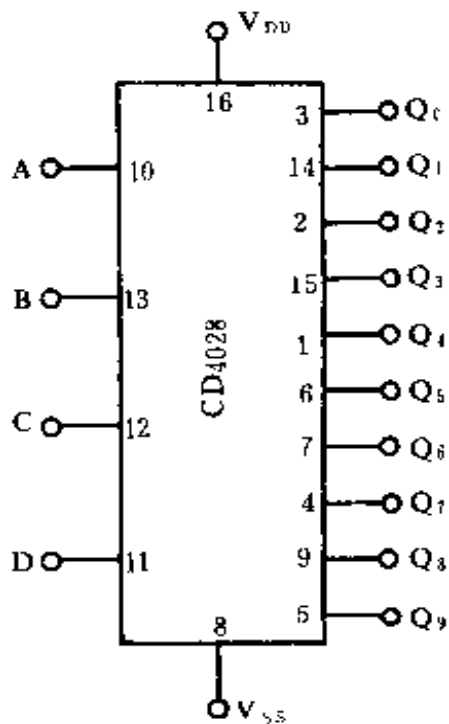


图 4.67 CD4028 引线功能图

述如下： V_{DD} 和 V_{SS} 分别为电源正极和负极。 CP_U 和 CP_D 分别为加计数和减计数脉冲输入端，作加计数时，时钟脉冲由 CP_U 输入，此时 CP_D 要接高电平；作减计数时，时钟脉冲由 CP_D 输入，此时 CP_U 要接高电平。 CP_U 和 CP_D 端均是脉冲上升沿有效。 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 为四位二进制码输出端，其状态可在“0000”至“1111”之间双向变化，即可以递增，也可以递减变化。

C_r 为清“0”端，当 C_r 有高电平或正脉冲作用时，计数器被清“0”， Q_4 、 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 变为“0000”

状态。 D_4 、 D_3 、 D_2 、 D_1 为预置数据输入端，由此输入被预置的四位二进制数码， \overline{PE} 为预置控制端，当 \overline{PE} 端有低电平或负脉冲作用时（此时 C_r 应为低电平，处非清零状态），即可将 D_4 、 D_3 、 D_2 、 D_1 端上的数据预置到计数器中，并传送到输出端 Q_4 、 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 。然后 \overline{PE} 恢复高电平，计数器即可在预置数的基础上进行加/减计数。

另外，CD40193还有进位端 $\overline{Q_{CO}}$ 和借位端 $\overline{Q_{BO}}$ ，用以实现多位级联。级联时，低位的进位端 $\overline{Q_{CO}}$ 与相邻高位的加计数端 CP_U 相联，低位的借位端 $\overline{Q_{BO}}$ 与相邻高位的减计数端 CP_D 相联。这样，当作加计数时，脉冲由低位 CP_U 输入，一旦低位数据增到“1111”时， $\overline{Q_{CO}}$ 就向高位输出一负脉冲，其后沿（上升沿）使高位

加 1,同时本位变为“0000”,继续进行加计数。当作减计数时,脉冲由低位 CP_D 输入,一旦低位数据减到“0000”时, $\overline{Q_{CO}}$ 就向高位输出一负脉冲,其后沿使高位减 1,同时本位变为“1111”,继续进行减计数。

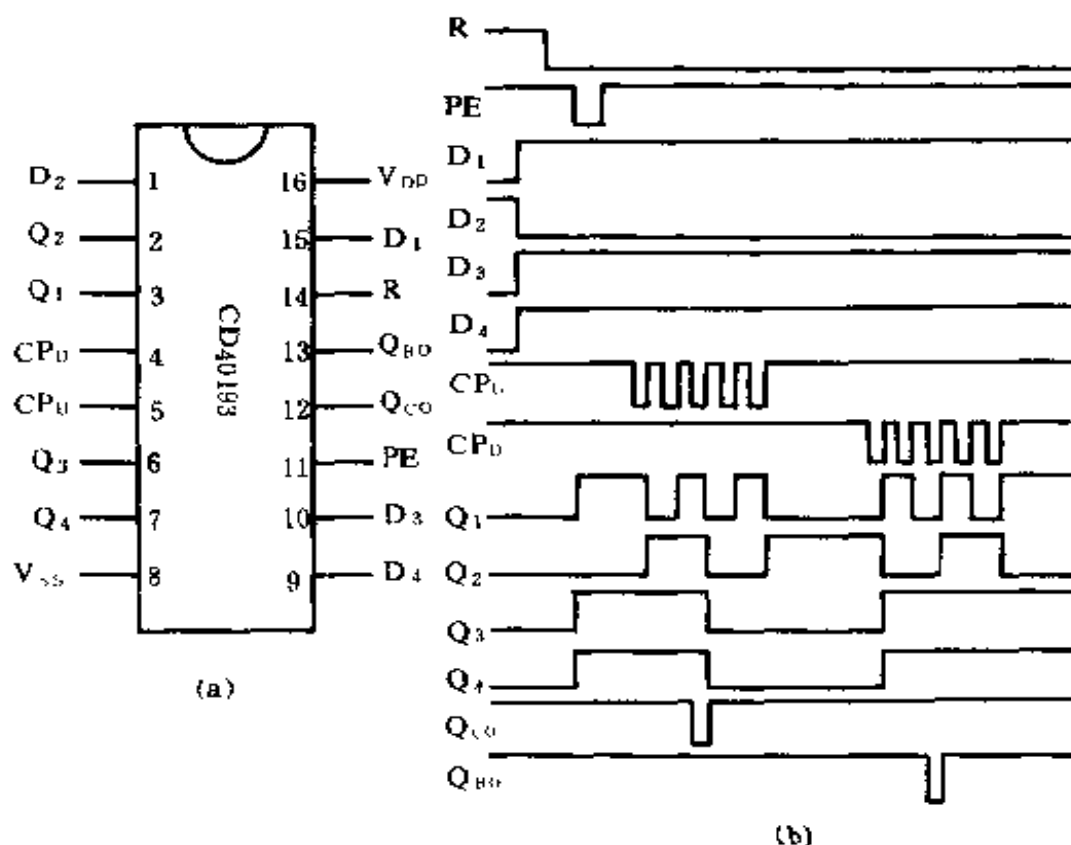


图 4.68 CD40193 引线功能及工作波形

CD40193 输出的是四位二进制码,有时需要 0~15 时序码,可以采用 16 线时序译码器 CD4514。图 4.69 是 CD4514 的引线功能图,DCBA 为四位二进制码输入端,数据首先进入锁存器。ST 为锁存控制端,当 ST 为高电平时,DCBA 的数据可以通过锁存器传送到译码器进行时序译码。当 $ST=0$ 时,DCBA 的数据不能送到译码器,译码器输出端 $Q_0 \sim Q_{15}$ 保持原状态。另外,INH 为禁止输出控制端,当 INH 为低电平时,译码结果可以

输出到 $Q_0 \sim Q_{15}$, 当 INH 为高电平时, 禁止输出, $Q_0 \sim Q_{15}$ 全部为低电平“0”。 V_{DD} 和 V_{SS} 分别为电源正极和负极。

因此, 当 $ST=0$ 、 $INH=0$ 时, $CD4514$ 才能正常译码输出。当输入端 $DCBA$ 为“0000”时, 输出端 Q_0 为“1”, $Q_1 \sim Q_{15}$ 均为“0”; 当 $DCBA$ 为“0001”时, Q_1 为“1”, Q_0 以及 $Q_2 \sim Q_{15}$ 均为“0”, 当 $DCBA$ 为“1111”时, Q_{15} 为“1”, $Q_0 \sim Q_{14}$ 均为“0”。从而将四位二进制码译为 0~15 时序码。

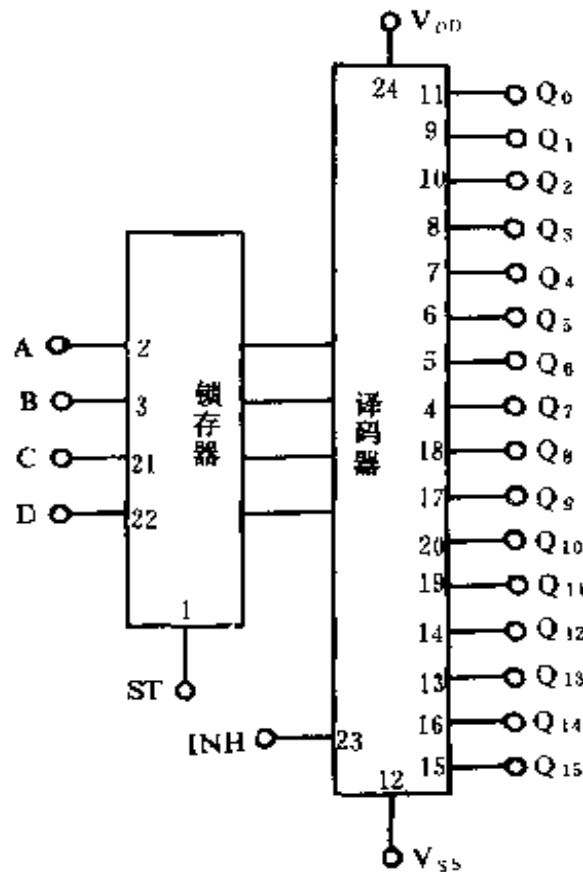


图 4.69 CD4514 引线功能图

以上我们介绍了在红外线遥控系统中几种常用的记忆电路, 其实各种计数器均可作为记忆电路使用, 只要输入要求及输

出状态满足我们的需要即可。

4.6 电源电路

为了保证红外线遥控接收电路工作可靠,一般要采用稳压电源供电。设计电源电路时,主要考虑供电电压及电流两项指标。为了减少供电电压等级,在设计接收电路时应尽量选用工作电压相同或兼容的器件,以及低功耗器件。

在红外线接收电路中,电源电路常采用两种降压方式,即变压器降压和电容降压。采用变压器降压,工作稳定可靠,供电电压与高压部分(市电)有良好的隔离作用,调试和安装电路时比较安全,并且选用较大容量的变压器,可向负载提供较大的工作电流,是一种应用较多的降压电路。变压器降压电路,体积较大,成本也较高。电容降压电路比较简单,省去了电源变压器,电源部分体积较小。由于电容的损耗很小,基本上不发热,只要电容器不击穿,就可长期接于市电网络安全工作。电容降压因电路与市电没有隔离,调试安装时应格外注意,以免发生触电危险。

4.6.1 变压器降压稳压电源

变压器降压稳压电源,一般采用串联稳压方式。目前集成稳压器的大量出现,使得稳压电源构成非常简便,且成本不高。图4.70是几种在遥控电路中常用的电路。

图(a)是采用78系列三端固定集成稳压器构成的稳压电路。220V市电经变压器T降压和桥式整流器进行全波整流后,变为直流电压,由C₁进行滤波,作为78系列集成稳压器的输入电压,经其稳压后就变为非常稳定的直流电压了。

78系列三端固定集成稳压器按输出电压等级,可分为

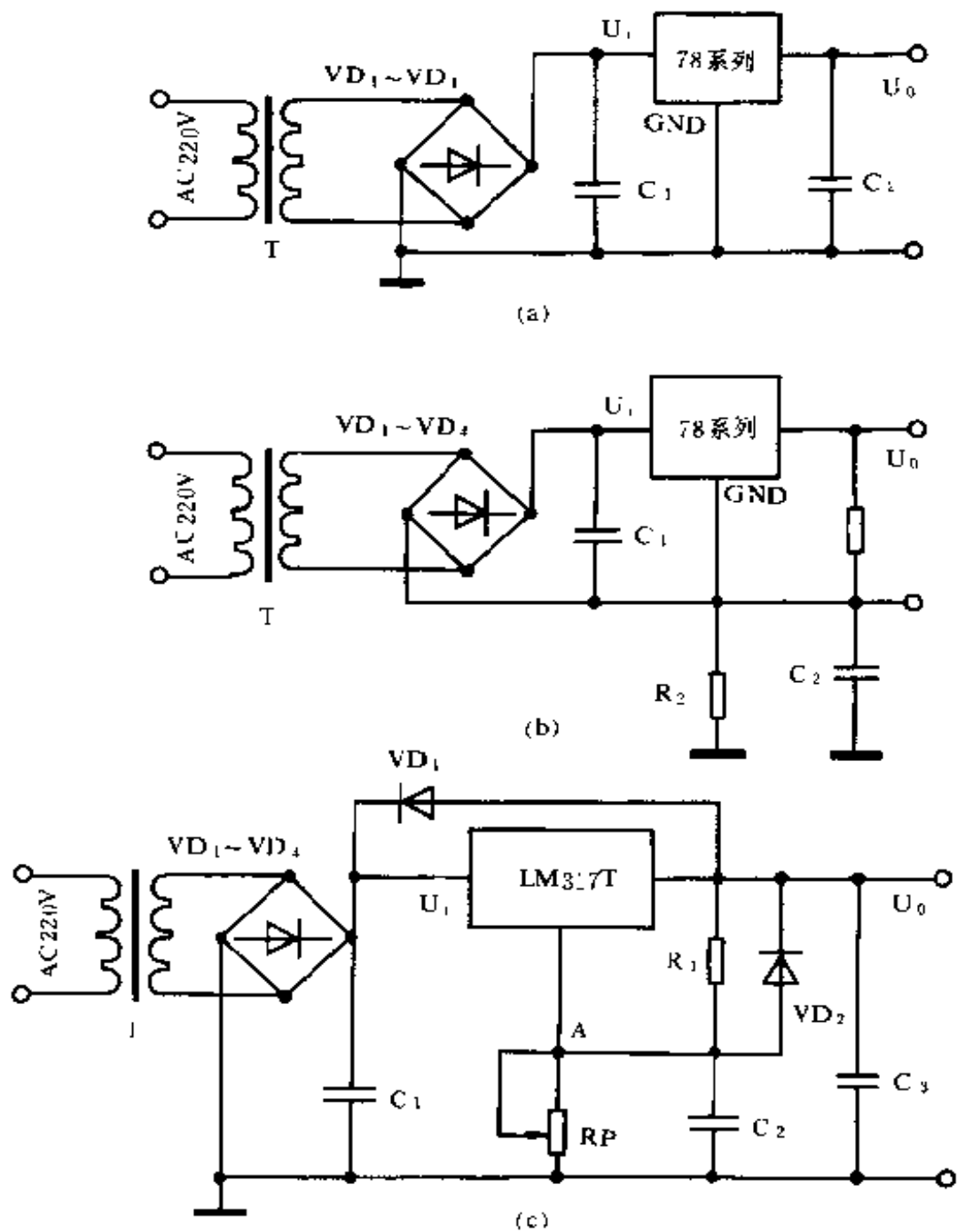


图 4.70 变压器降压电源

7805、7806、7808、7809、7810、7812、7815、7818、7824 九种,78 后面的数字代表该稳压器输出电压的数值,按最大输出电流又可分为三个系列,即 78L 系列、78M 系列、和 78 系列,其中,78L 系列最大输出电流为 100mA;78M 系列最大输出电流为 500mA;78 系列最大输出电流为 1.5A。输出电流大的稳压器体积也较大,在遥控电路中可根据实际情况确定。

使用三端固定集成稳压器时要注意:①输入电压不得超过允许最大输入电压(一般为 40V)。②输入电压要高于输出电压 3V,否则将不起稳压作用,但也不要太高,那样,稳压器功耗将会增大。

如果现有的固定三端稳压器的稳压数值,不能满足需要(低于所要求电压),可用图(b)所示的升压电路。由图可见, R_1 上的电压等于原固定输出电压 U_0 ,而实际的输出电压变为 U' 。

$$U'_0 = U_0 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (4-30)。$$

这种电路 R_2 不能太大,否则稳压精度将变差。

图(c)是由可调三端集成稳压器 LM317T 构成的稳压电源。LM317T 也只有三个端,输入、输出及调整端。改变 RP 的数值,即可调整输出电压,电压可从 1.2V~37V 之间变化。其输出电流达 1.5A。图中, VD_1 、 VD_2 是保护二极管,用来防止当输入端电压为零(短路)时, C_2 、 C_3 放电电流将稳压器损坏。LM317 的最高输入电压也为 40V。

上述几种电路中,变压器功率可按下式选择:

$$P \geq 1.4U_0I_0 \quad (4-31)。$$

(U_0 和 I_0 分别是输出电压和电流)。整流二极管的额定电流 $I \geq \frac{1}{2}I_0$,也可选用整流桥。由于三端集成稳压器仅有三个引线,使

用起来非常方便。

4.6.2 电容降压稳压电源

电容降压是利用电容的容抗进行降压。电容降压稳压电源的整流电路可分为半波和全波两种。

一、电容降压半波整流稳压电源

电路如图 4.71(a)、(b)所示。图(a)电路中, C_1 为降压电容, C_2 为滤波电容。 VD_1 、 VD_2 为整流二极管。 VD_3 为稳压二极管。当输入交流电压 U_i 正半周时, 电源通过 C_1 和 VD_1 向 C_2 充电, 并由 VD_3 稳压。当输入交流电压负半周时, 电源通过 VD_2 向 C_1 反充电, 以保证下一次电源正半周到来时, 电源能够通过 C_1 、 VD_1 向 C_2 充电。图(b)电路中, 省去一个二极管, 而稳压二极管 VD_2 起双重作用, 在电源正半周时起稳压作用, 负半周时, 电源通过 VD_2 (正向) 向 C_1 反充电。可见, 图(b)比图(a)要简单些。

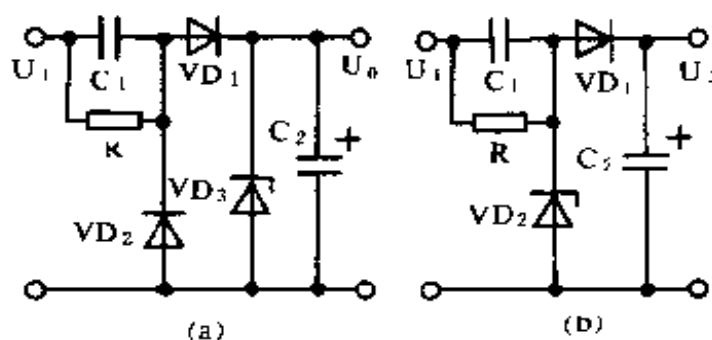


图 4.71 电容降压半波整流稳压电路

电容在 50Hz 电源中的容抗 $X_C = \frac{1}{100\pi C}$, 由于直流输出电压 U_o 相对输入电压 U_i 小得多, 故可忽略不计。电源通过电容 C

所能提供电流为

$$I \approx \frac{U_1}{X_C} = U_1 100\pi C \quad (4-32)。$$

式中 I 单位为 A , U_1 为 V , C 为 F 。当电容为 $1\mu F$ 时, $I=69mA$, 即容量为 $1\mu F$ 的电容能提供 $69mA$ 的电流。当用电电流超过 $69mA$ 时, 电容无法提供, 输出电压将下降, 且不稳定。在图 4.71 两个电路中, 由于采用半波整流, 在半周电流是通过 VD_2 和 C_1 直接反回电源, 故每 $1\mu F$ 的电容只能提供 $34.5mA$ 的电流。 VD_1 、 VD_2 的反向耐压只要大于输出电压 U_0 即可, 其整流电流要大于电容 C 所能提供的电流。

半波整流稳压电路的直流稳定电源输出端与市电具有公共端, 故常用于采用晶闸管来控制交流负载(如电灯、电扇及各种电器的电源开关)的遥控接收电路中。

图 4.71 中 R 的作用是在当电路与电源脱离后, 将 C_1 上的电荷放掉, 以免人体触及时发生触电现象, R 阻值在 $500k\Omega \sim 1M\Omega$ 之间, 不可过小。

二、电容降压全波整流稳压电路

电路如图 4.72 所示。当输入交流电源电压为正半周时, 电源通过 C_1 及 VD_1 和 VD_3 向 C_2 充电, 当输入交流电源为负半周时, 电源通过 VD_2 和 VD_4 向 C_2 反充电。 VD_5 起稳压作用。

由于采用全波整流, 电容所提供电流能够全部供给负载, 故每 $1\mu F$ 电容能提供 $69mA$ 的电流。

在上述电路中, 稳压二极管的稳压值根据电路需要选定, 为保证稳压管在工作过程不致因发热而损坏, 稳压管的耗散功率 $P \geq U_2 I$, U_2 为稳压管的稳定电压, I 为电容所能提供的电流。因为, 当负载不索取电流时, I 将全部流过稳压管, 故上式中耗散功率为 $U_2 I$, 且要留有一定裕量。

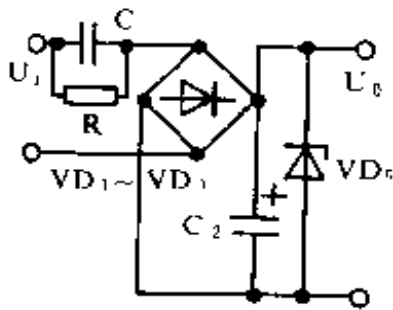


图 4.72 电容降压全波
整流稳压电源

我们知道,稳压二极管所能稳定的电流比较小,一般为几十 mA,若用电电路需要较大的电流,而得不到这么大电流的稳压管时,可以采用图 4.73 所示的电流扩展电路。其电流扩展原理是,当用电电流减小或为零时,输出端电压要升高,由于 VD_2 两端电压是稳定不变的,故电阻 R_2 上的电压要升高,三极管 VT 的基极电位升高,基极电流增大,从而使集电极电流增大,扩展了稳定电

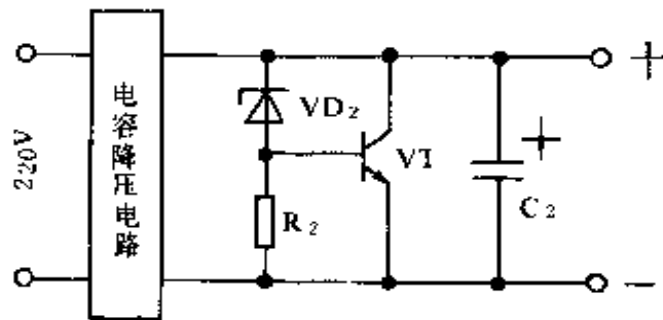


图 4.73 电流扩展电路

流。电路的输出电压为稳压管的稳定电压与三极管的发射结压降之和,即 $U_o = U_z + U_{be} \approx U_z + 0.7V$ 。改变输出电压时,只要更换不同的稳压管即可。

由于电容降压电路中,输入电压 U_i 相对输出电压 U_o 大得多,故电流 $I \approx \frac{U_i}{X_C}$,具有恒流特性。因此,应用电容降压电源时要注意稳压二极管不得开路,否则输出电压将升至很高,用电电路

将会损坏。为保证电路安全,可以采用两支稳压二极管并联方式,提高可靠性,当其中一支管子由于某种原因开路或损坏(断路)时,另一支管子将继续工作。

4.7 双音多频(DTMF)信号产生器与接收器

4.7.1 双音多频(DTMF)信号

DTMF 是英文 Dual Tone Multi-Frequency 的缩写,意为双音多频。DTMF 信号首先用于电子电话的拨号系统,我们将其应用在红外线遥控系统中。在 DTMF 信号中,每一位电话号码均是从多个单音频(多频)中,选取两个单音频率(双音)信号进行组合后来表征的。例如,号码“1”是由 1209Hz 和 697Hz 两个单音频信号的组合来表征的。

表 4-1 列出了键码编号与双音频信号组合的对应关系。

表 4-1 键码编号与双音频信号的组合关系

按 键 号 码 低 频 组 频 率		高 频 组 频 率	高 频 组 (Hz)			
			1209	1336	1447	1633
低 频 组 (Hz)	697		1	2	3	A
	770		4	5	6	B
	852		7	8	9	C
	941		*	0	#	D

可见,组合双音信号的频率有两组,分为高频组(1209Hz~1633Hz)和低频组(697Hz~941Hz)。每个指令键,对应的都是一个高频组的频率和一个低频组的频率的组合,采用的是 8 中取 2 的组合方式。另外,在这八个频率中,任意两个频率都互不成谐波关系,且任意一个频率不等于其它任意两个频率的和或

差,从而保证了信号传输的可靠性。

DTMF 信号产生器发出的 DTMF 信号,由 DTMF 信号接收器接收下来,并进行双音频选频和相应的解调电路解调,将双音频信号解调为对应的逻辑输出。

目前,DTMF 信号的产生与接收电路,一般是使用专用集成电路,已不再采用分立器件。

DTMF 信号虽然专用于电话系统,但它完全可以应用于红外线遥控系统,且具有构成简便(集成电路)、可靠性高(双音指令信号)、遥控通道多等优点。

由于 DTMF 信号是采用不同频率的组合来表征不同指令信号的,因此,我们把采用 DTMF 信号的红外线遥控系统划归为频分制红外线遥控系统。

DTMF 信号为一双音信号,其指令产生与接收与前面介绍的电路不同,下面将分别介绍 DTMF 信号的产生与接收电路。

4.7.2 DTMF 信号产生器

DTMF 信号早期是由分立器件构成的 LC 或 RC 振荡器产生的,每按下一指令键,振荡器产生两个单音频率的组合信号。分立器件构成的 DTMF 信号产生器电路复杂,组装麻烦,且故障率高。目前,DTMF 信号的产生已有专用集成电路,且品种较多。DTMF 信号产生器大多采用 CMOS 工艺制造,具有电源电压范围宽而低、功耗低、可靠性高等许多优点。表 4-2 列出了几种 DTMF 产生器的工作电压、静态工作电流及输出驱动电流。

DTMF 信号产生器是用频率合成的方法来产生 DTMF 信号的,它的基准时基采用晶体振荡器,具有频率稳定和精确度高、体积小、重量轻等特点。

DTMF 信号产生器品种繁多,但工作原理和功能基本相

同,且均可与DTMF信号接收器配套使用。

表 4-2 几种DTMF产生器的工作电压

型 号	工作电压	静态工作电流	输出驱动电流
S2559E/F	2.5~10V	0.4~1.5 μ A	1~10mA
MK5087	3.5~10V	0.3~100 μ A	1~10mA
UM95088	1.8~5V	0.3~100 μ A	1~10mA
HM9187	2.5~5.5V	0.3~100 μ A	1~4mA
UM9169	3~10V	—	4~16mA

下面,我们以美国微系统公司生产的 S2559 为例,说明DTMF信号产生器的结构原理。

图 4.74 是DTMF信号发生器 S2559 的内部框图。它主要由时钟电路、键盘输入逻辑控制电路、可编程分频器、D/A(数/模)转换电路等几部分构成。

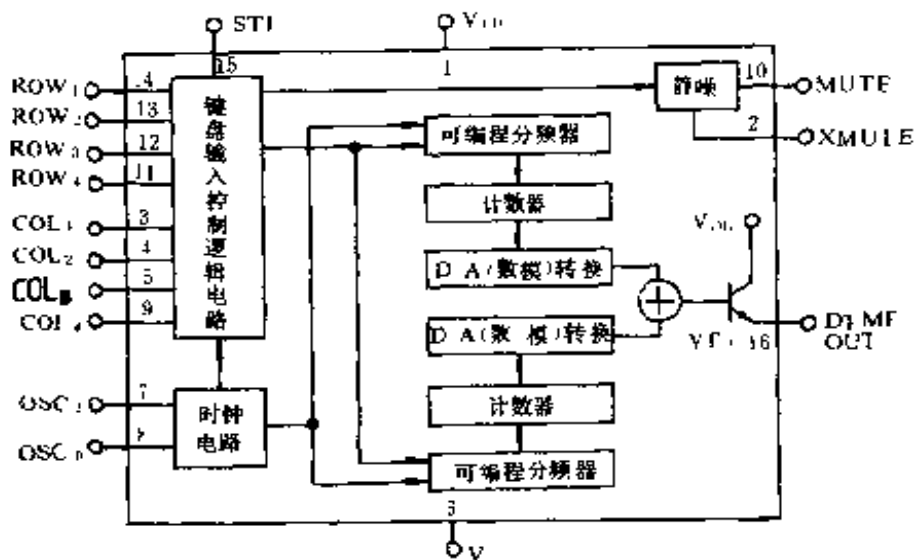


图 4.74 S2559 内部框图

时钟电路由 S2559 内部电路与 (OSC₁ 和 OSC₂) 外接晶体构成。晶体振荡器的频率为 3.579545MHz。在 DTMF 产生器中, 各种时钟频率及时序脉冲均由晶体振荡器的 3.579545MHz 经过分频及一系列变换得到。这里的晶体振荡器原理与 CMOS 反相器构成的晶体振荡器相同。

键盘输入控制逻辑电路可根据不同的按键(指令键)输入, 使 S2559 的输出端(DTMFOUT)输出不同的 DTMF 信号。

键盘输入有四个横(行)输入端 COL₁~COL₄ 和四个纵列输入端 ROW₁~ROW₄。它们分别与外接标准键盘联接。键盘一般采用导电橡胶键盘。键盘排列如图 4.75(a)所示, 为 4×4=16 位键盘。图 4.75(b)是键盘电路。

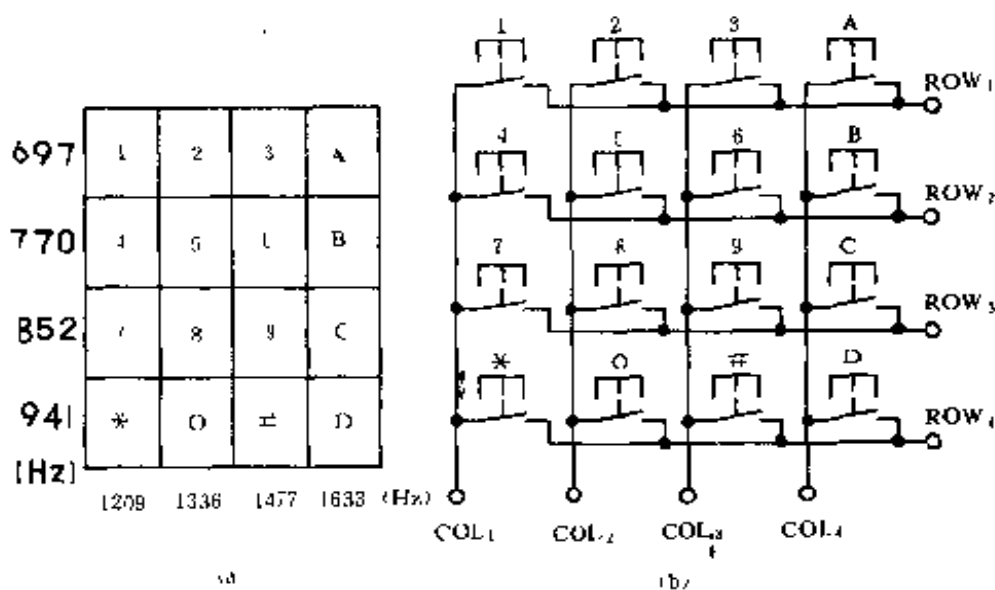


图 4.75 4×4 标准键盘

由图 4.75 (b) 可以看出, 键盘电路是由 4 条纵向导线 ROW₁~ROW₄ 和 4 条横向导线 COL₁~COL₄ 组成的 4×4 矩阵, 矩阵共有 16 个结点。当某个按键按下时, 键盘电路将一横向导线和一纵向导线接通, 实际上是一组动合开关, 每个结点对应

于DTMF信号产生器两个输入端(一个横输入端,一个纵输入端),当这个结点接通时,将DTMF信号产生电路的两个输入端(一个横输入端,一个纵输入端)相连,它将产生以下两个方面的作用:

① 启动时钟振荡器,产生3.579545MHz的时钟信号。

② 同时,由输入控制逻辑电路控制可编程分频器,按照规定的分频系数,对时钟进行分频,以产生与所按下的指令键号相对应频率的方波信号。

方波信号经过D/A(数/模)转换器,就变为近似的正弦波信号了。由方波变为正弦波,是用不同宽度和不同幅度的阶梯波(由分频得到)进行叠加而成的,如图4.76所示,是低频组正弦波的合成情况,它用阶梯波叠加而成。

高频组和低频组合成的正弦波组合在一起,经 VT_1 (集电极已接正电源)发射极,也就是S2559的DTMF信号输出端DTMFOUT输出。输出双音信号的幅度一般为几百mV,不能直接驱动红外发光二极管发出DTMF信号,还需要设置驱动电路将DTMF信号进行幅度和功率放大后,再驱动红外发光二极管向外辐射DTMF红外光信号。另外,由于DTMF信号为阶梯波合成的近似正弦波,可在DTMF OUT端对地加一小电容(一般为几百pF)进行滤波,以降低谐波成份。

S2559的10脚(MUTE)和2脚(XMUTE)为静音输出,当任一键输入时MUTE将变为高电平(平时为低电平),而XMUTE与MUTE输出刚好相反。

S2559的15脚(STI)为单音禁止端,当该脚为低电平时,可禁止单音输出,当该脚开路或接高电平时,双音、单音均可输出。因此,在红外线遥控电路中,我们一般将STI接地,这样可禁止由于几个键同时按下(误操作)时而产生的无效信号输出。

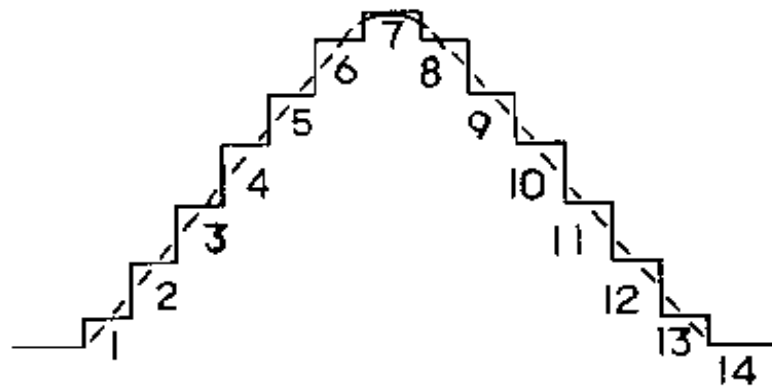


图 4.76 正弦波的叠加

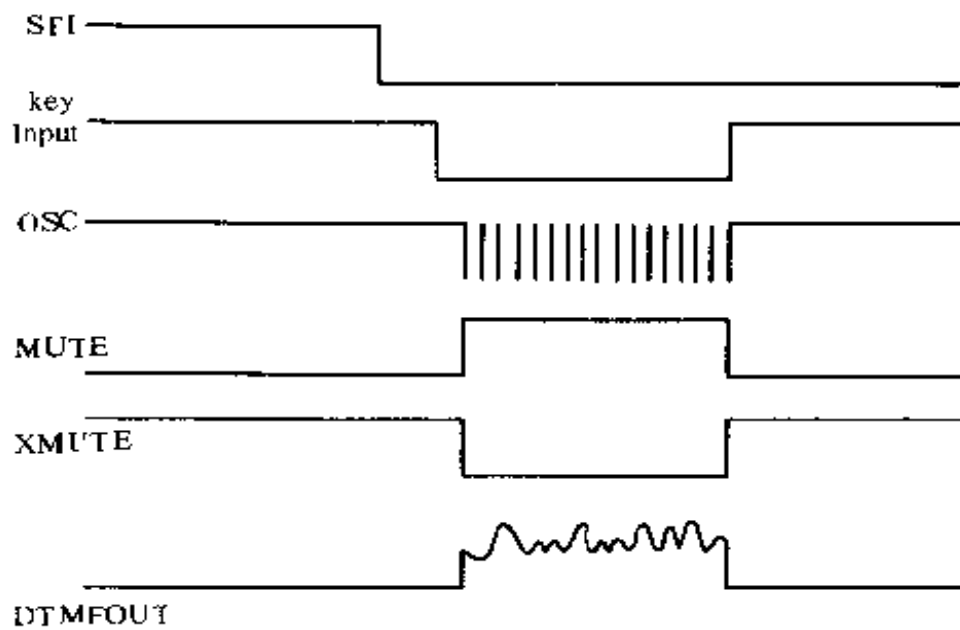


图 4.77 S2559 的工作波形

S2559 的 1 脚(V_{DD})和 6 脚(V_{SS})分别为电源正极和负极。
图 4.77 是 S2559 的工作波形图。

S2559 的引线排列如图 4-78 所示。

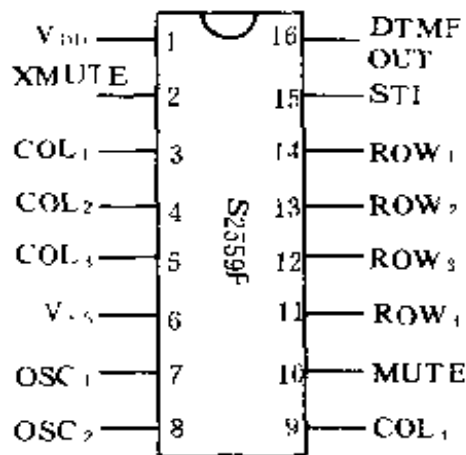


图 4-78 S2559 的引线排列

DTMF 信号产生器典型应用电路如图 4-79 所示。DTMF 信号产生器的横输入端 $ROW_1 \sim ROW_4$ 与纵输入端 $COL_1 \sim COL_4$ 分别与外接 4×4 标准键盘的横线与纵线相连; OSC_1 与 OSC_2 外接 3.579545MHz 晶体(可用 NTSC 制式彩电专用晶体)。为保证发出指令信号的准确,消除误操作带来的影响,一般应将 STI (禁止单音输出端)接地。DTMFOUT 是射极输出,要注意与驱动

电路的接口。

4.7.3 DTMF 信号接收器

DTMF 信号为双音信号,故其接收器要有双音选频电路。另外,还要有指令码解调电路,将用双音表征的指令码,解调为与发射指令键所对应的“0~9”、“A~D”和“#”共 16 个状态,或用四位二进制码表示的这 16 个状态。下面,我们介绍两种 DTMF 信号接收器,第一种是由通用集成器件(单音译码电路和组合门电路)构成的 DTMF 接收器,这种接收器输出的一般为前面所述 16 位指令信号。第二种就是专用 DTMF 信号接收器集成电路。

一、通用集成器件构成的 DTMF 接收器

用两个单音解调器(一般采用锁相环单音解调器)对一个 DTMF 信号进行频率选择,再由组合门电路进行译码,就构成

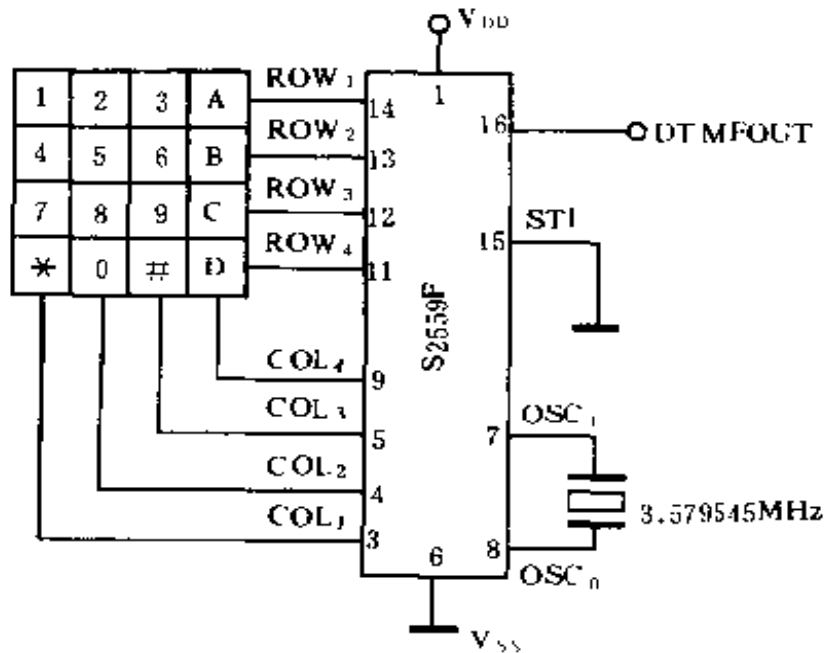


图 4.79 S2559 的典型应用线路

一个(对应“A”号键的 $697\text{Hz}+1633\text{Hz}$)DTMF 信号接收器。电路如图 4.80 所示。

关于锁相环单音解码器 NE567,在 4.4.4 中已作过详细介绍。这里,两片锁相环 N_1 和 N_2 的选频频率分别为 697Hz 和 1633Hz ,当从 U_i 端输入的用 $697\text{Hz}+1633\text{Hz}$ 表征的“A”指令信号输入时, N_1 和 N_2 的逻辑输出端 8 脚均输出低电平,也就是或非门 D 的两个输入端均为低电平,使 D 的输出端为高电平,从而将“A”指令解出。

根据这种电路结构,我们不难理解,若要解出上述 16 个指令码,则需要 8 片 NE567 对高频组和低频组的 8 个单音进行选频,另外,还需 16 个或非门进行解码。电路如图 4.81 所示。

图中, $N_1 \sim N_8$ 为八片单音译码器 NE567,各中心频率分别与 DTMF 信号中的 8 个频率相对应。双输入端或非门 $D_1 \sim D_{16}$ 分别输出与键盘指令键码相对应的指令信号,均为瞬时正脉冲。

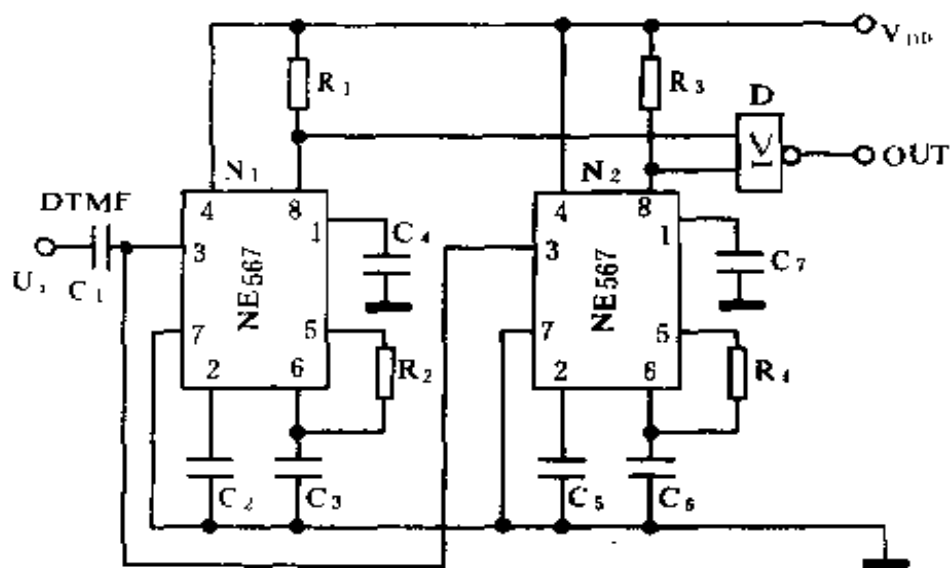


图 4.80 单 DTMF 信号接收器

$D_1 \sim D_{16}$ 可用 4 片四双输入端或非门 CD4001。

在上述两电路中,锁相环单音解码器外围元件的选择原则与 4.4.4 介绍的相同。

上述 DTMF 信号接收电路的输出端为瞬时正脉冲输出,即每按一下 DTMF 信号发射键,在接收电路的对应输出端输出一个正脉冲,此正脉冲可通过各种记忆及执行电路实现对装置的功能控制。

这种 DTMF 信号接收器中的锁相环单音解调器,也可采用 CMOS 锁相环 CD4046,但要注意,当 CD4046 选中某单音信号时,其逻辑输出端输出高电平,这样,后面解码电路中的或非门要改用与门,当 DTMF 信号中的两个频率都被选中时,与门输出一个正脉冲。

此电路原理简单,缺点是所用器件较多,调试也不太方便。

二、专用集成电路 DTMF 信号接收器

专用集成电路 DTMF 信号接收器,将双音频率选频电路与

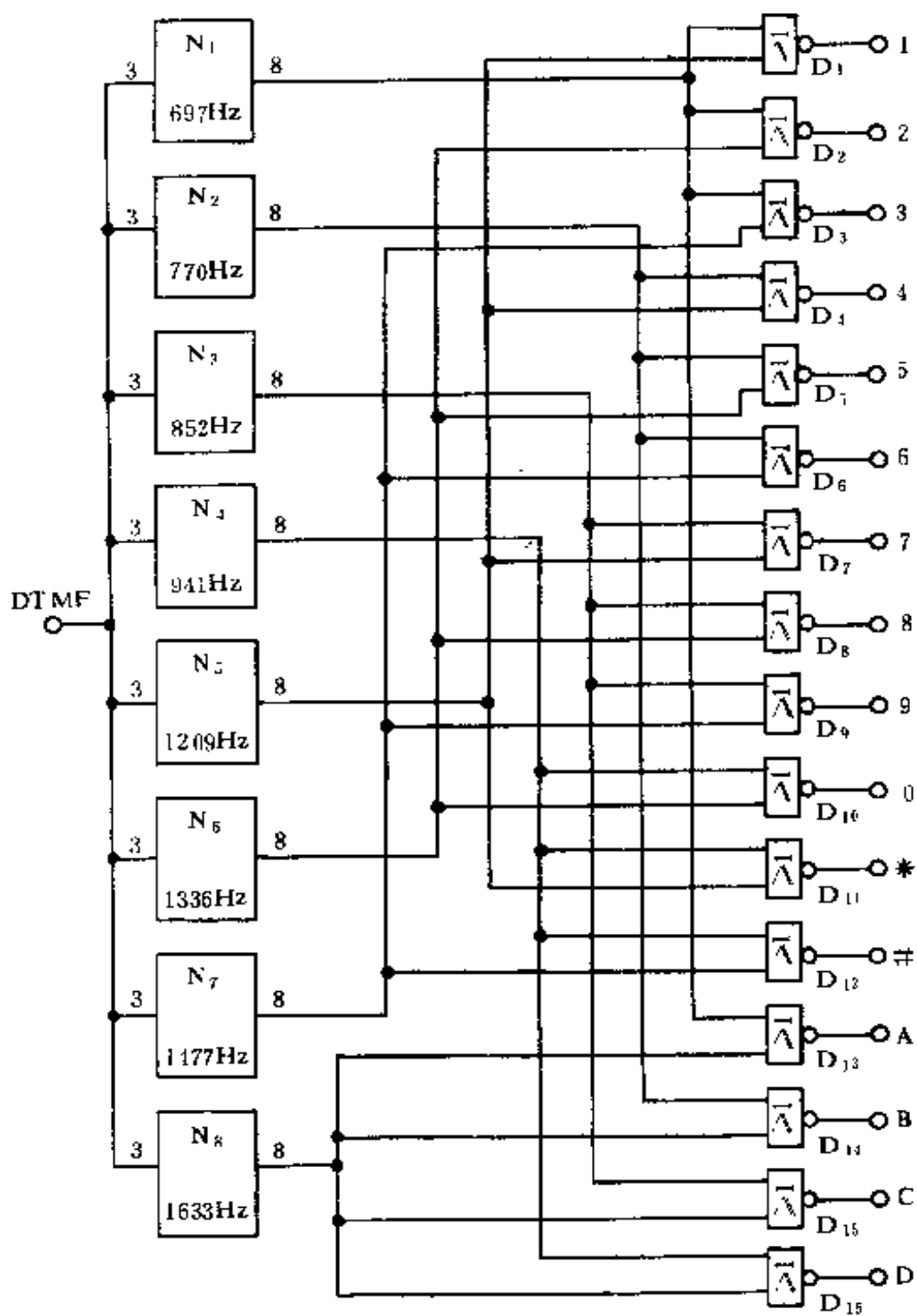


图 4.81 DTMF 信号接收器

指令解调电路集于一体,具有外围支持元件少、功耗低、工作可靠等优点。

常用的专用集成电路 DTMF 信号接收器的型号有 MC145436、TC35034、TC35035、YN9101、MT8870、YN9102、TC35031 等。其中前四种之间以及后三者之间可直接互换。这几种电路的原理及功能基本相同。下面,我们以 MC145436 为例,说明专用集成 DTMF 信号接收器的结构原理。

图 4.82 是 MC145436 的内部结构框图。它主要由拨号音滤波器、前置放大器、高低频组信号分离器、零点交叉检测器、带通滤波器(8 个单音)、电子幅度检测器、输出译码器、基准时钟振荡器等几部分组成。

DTMF 信号由 7 脚(AIN)输入,首先经过拨号音滤波器将 DTMF 信号以外的噪声滤除掉,以提高电路的抗干扰性能。拨号音滤波器输出的 DTMF 信号送前置放大器进行放大。放大后的信号经高、低频组信号分离器分为高频组(697Hz~941Hz)和低频组(1209Hz~1633Hz)。这两组信号通过零点交叉检测器转换为方波信号,然后送至由开关电容滤波器构成的带通滤波器(8 个单音),如果从零交叉检测器检测出来的信号频率落在某一频率的滤波器带通范围内,带通滤波器的输出电位就会高于电平幅度检测器的检测阈值,此时逻辑定时器就可确定前面的电路已检测到有效信号,即 DTMF 信号。此有效信号至少要持续 40ms 才能启动数据有效输出端 DV 输出高电平。同时 $D_0 \sim D_3$ 输出用四位二进制码表示的 16 个指令。 $D_0 \sim D_3$ 输出的指令信号是输出数据译码器对电平幅度检测器输出的信号进行译码得到的。它是采用对 DTMF 信号进行累加计数来确定 DTMF 信号的频率,并且将此频率与标准频率(内部时钟提供)进行比较(比较过程采用数字平均法)后,译出相应的指令信号。另外,

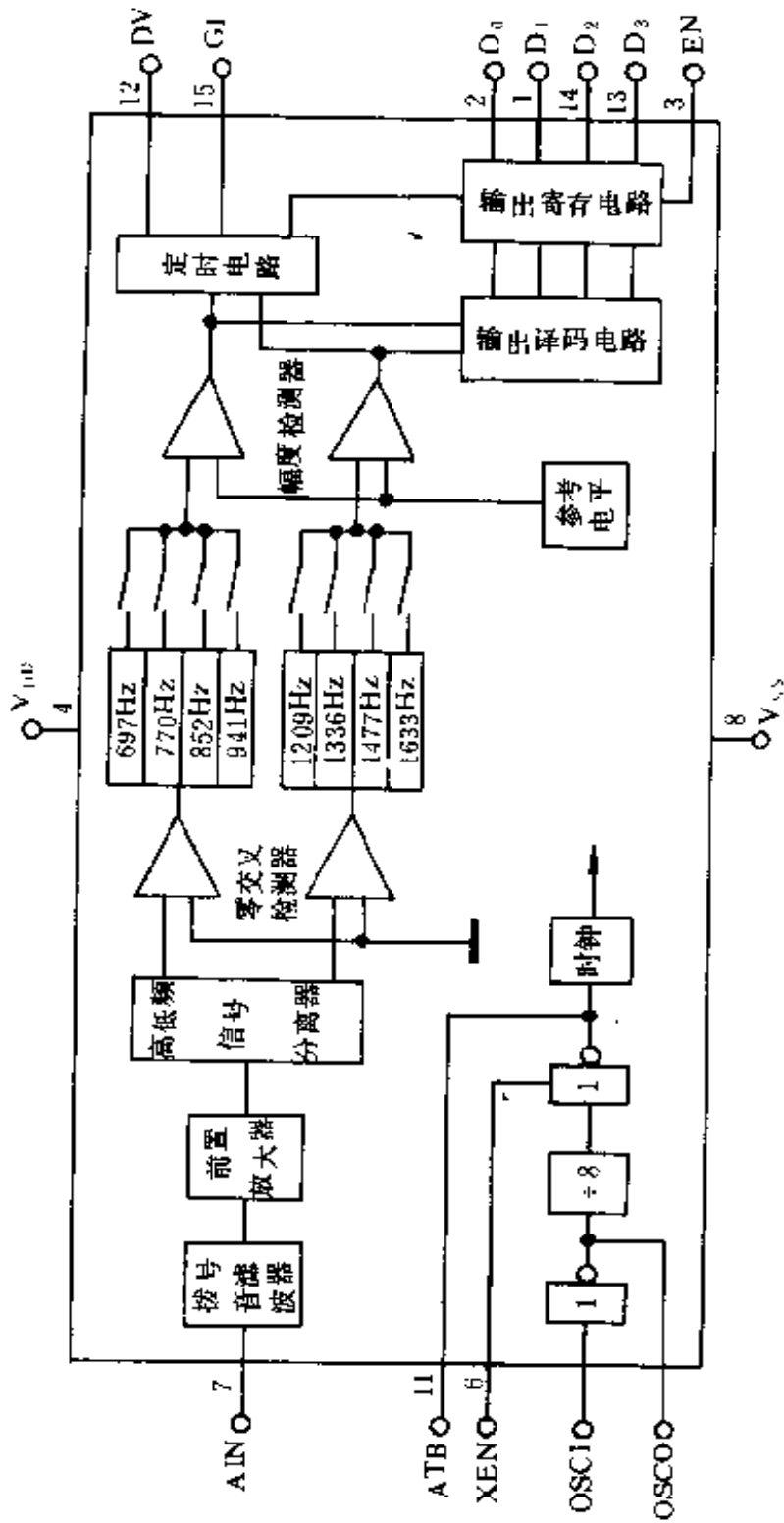


图 4.82 MCI45436 的内部框图

输出指令信号受输出控制端 EN 的控制,只有当 EN 为高电平时, $D_0 \sim D_3$ 才能输出。输出的二进制指令与相应的 DTMF 信号以及发射指令键码的对应关系见表 4-3。

表 4-3 二进制指令与 DTMF 信号及发射指令键码的对应关系

键 码	D_3	D_2	D_1	D_0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0
A	1	1	0	1
B	1	1	1	0
C	1	1	1	1
D	0	0	0	0

MC145436 的 10 脚(OSC_1)和 9 脚(OSC_2)之间并接一石英晶体,晶振频率(与 DTMF 信号产生器中相同)为 3.579454MHz,还要并一电阻(阻值 $500k\Omega \sim 2M\Omega$),它们与内部的反相器构成晶体振荡器,产生本电路所需要的时钟信号。6 脚(XEN)为时钟控制端,高电平有效。11 脚(ATB)为时钟测试端。5 脚(GT)为保持时间输入端。 V_{DD} 和 V_{SS} 分别为电源正极和负极。工作电压为 4.5~5.5V,一般选典型值 5V。

图 4.83 是 MC145436 等的应用电路。图 4.84 是 MT8870 等的应用电路。

由于专用 DTMF 接收器输出的指令码为四位二进制码,应用中有时不太方便,可以采用 4.5.2 中介绍的 16 线时序译码器 CD4514,将其译为与指令键码对应的 16 位代码输出,如图 4.85 所示。

以上我们对 DTMF 信号产生与接收器作了较详细的介绍,它们在构成红外线遥控系统时,如发

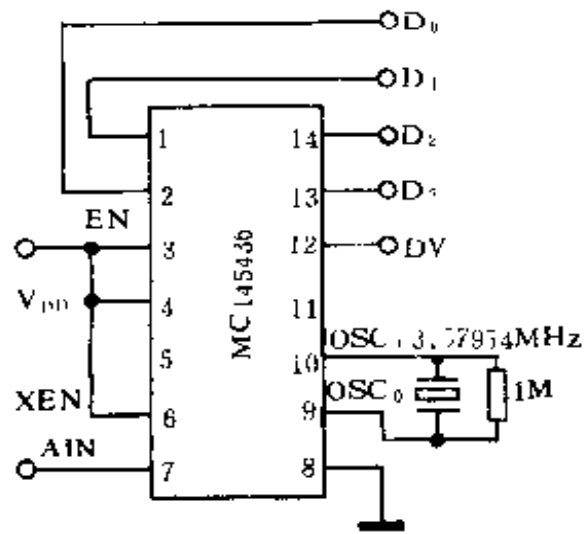


图 4.83 MC145436 的应用电路

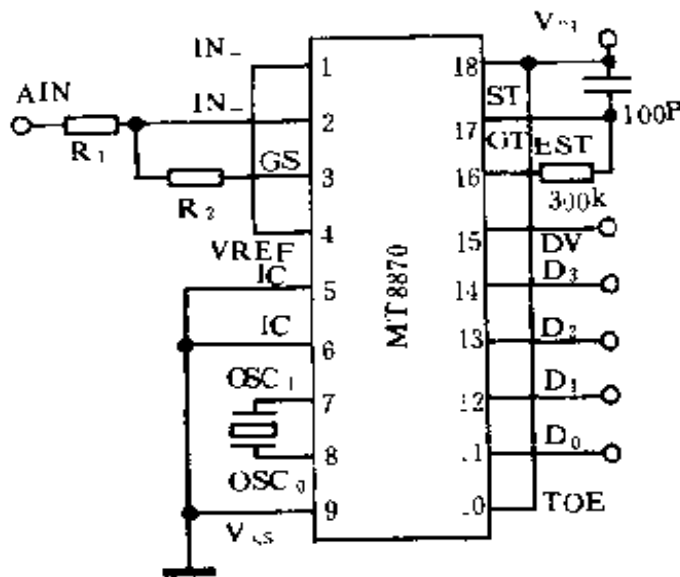


图 4.84 MT8870 的应用电路

射器中的红外发光管驱动电路;接收器中的前置放大器等。由于 DTMF 信号是一种模拟信号,故在设计其驱动与接收放大器时,与前面所介绍的电路也有所不同。

下面,以 DTMF 信号产生与接收器构成的 16 通道红外遥控系统为例,说明其应用。

图 4.86 是发射电

路。

发射指令键采用 4×4 导电橡胶标准键盘,当每一键按下

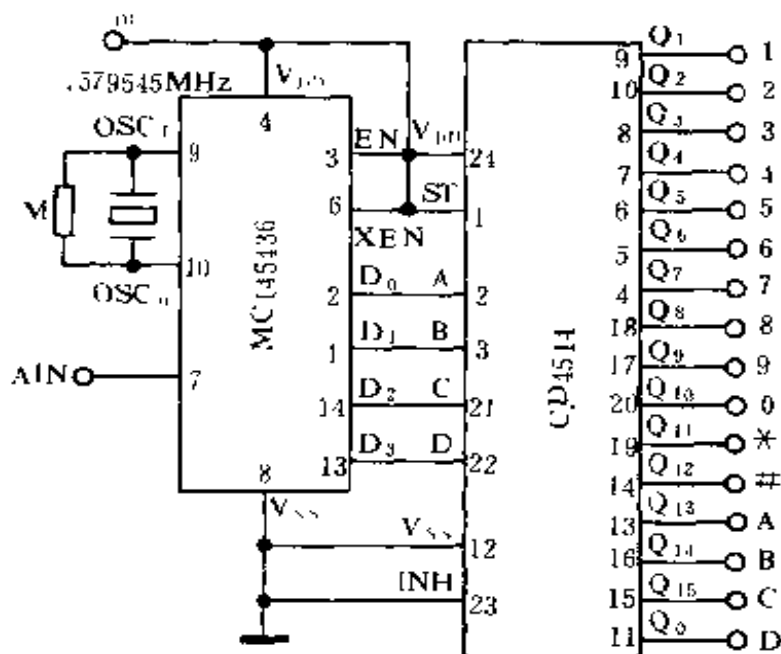


图 4.85 8421 码——16 位指令码译码电路

时, MK5087N 的输出端 DTMFOUT 便输出一对对应的双音信号, 由于此信号的幅度较低, 一般不能驱动红外发光管(驱动电流很小, 遥控距离受到限制), 须加驱动电路。为减小 DTMF 信号的失真, 增加发射功率, 驱动晶体管要有一静态偏置电流, 以克服其发射结死区, 显然, 这一静态偏置电流在无 DTMF 信号发射时, 也是存在的, 从而造成电源浪费。但从 DTMF 信号产生器的功能中发现, 电路的静音输出端 10 脚(MUTE)平时为低电平, 而当任何一键输入时, MUTE 就变为高电平, 可以利用键入时 MUTE 的高电平向驱动管提供一基极偏置, 从而巧妙地解决了上述问题。图 4.86 中, R_1 为 VT 的偏置电阻, 为防止偏置电流对 DTMFOUT 端的影响, 设置了隔直耦合电容 C_1 , 以防止直流灌入 DTMFOUT 端。当然也可利用 2 脚

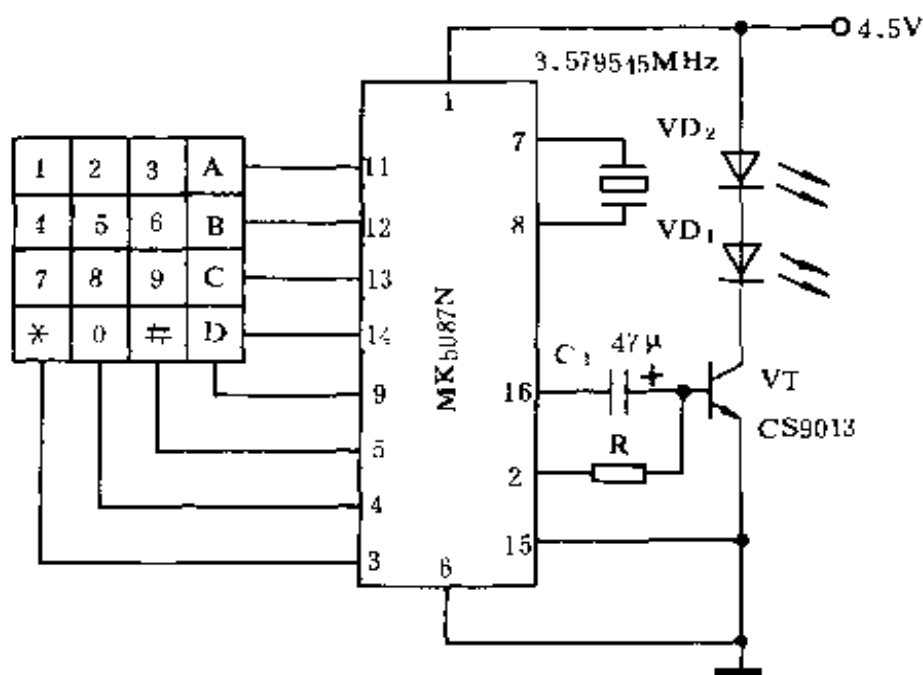


图 4.86 DTMF 发射电路

(XMUTE)来提供偏置电流,由于信号极性与上述相反,其驱动电路也要作相应变动。

MK5087N 的 7 脚 (OSC_1) 和 8 脚 (OSC_2) 之间接一 3.58MHz 晶体。15 脚 (STI) 接地,提高发射 DTMF 信号的可靠性。

图 4.87 是接收电路。由于 DTMF 信号接收器 MF8870 内部已具备前置放大器,故只用了一级前置放大器。 $D_0 \sim D_3$ 输出的四位二进制码由 CD4514 译为 16 位指令码,可对 16 种功能实现控制。

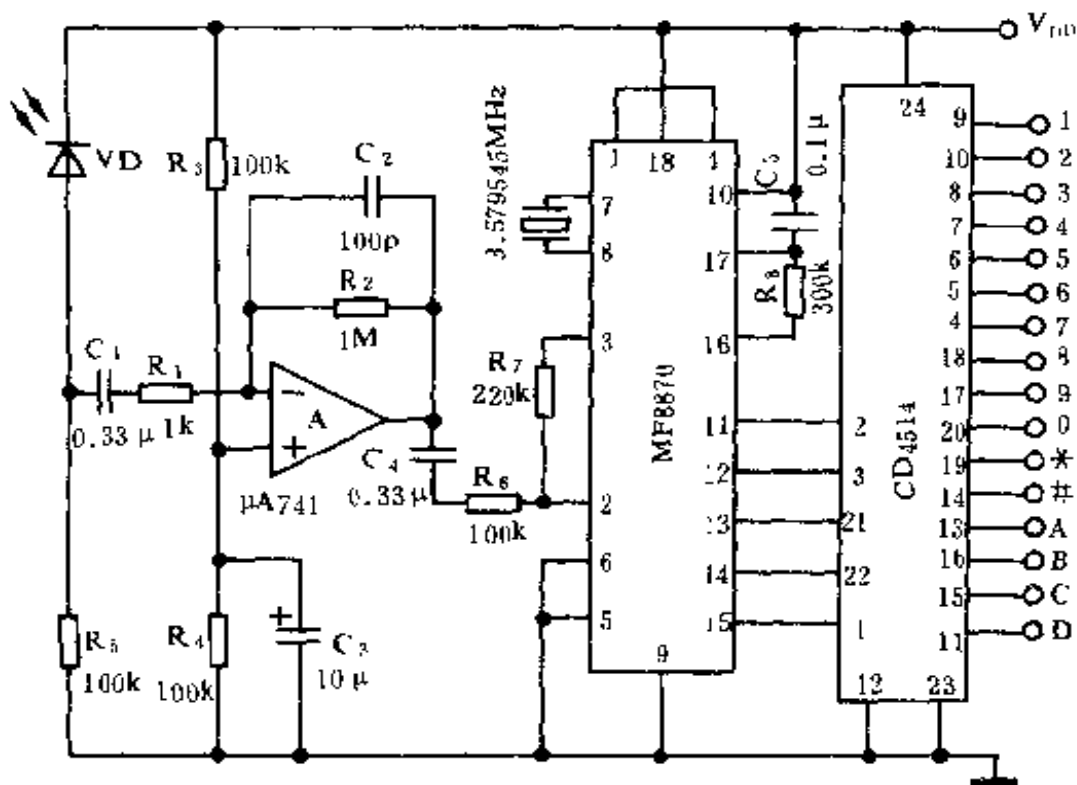


图 4.87 DTMF 接收电路

4.8 频分制红外线遥控电路应用举例

频分制红外线遥控电路可应用于许多场合,下面介绍一些典型应用实例

4.8.1 单通道电源遥控开关(A)

一、工作原理

遥控开关由遥控发射电路(图 4.88)和接收及开关电路(图 4.89)两部分组成。发射电路中晶体管 VT_1 和 VT_2 等组成自激多谐振荡器,振荡频率约为 5kHz。当按下按钮 S 时,电路起振,串在 VT_2 集电极回路里红外发光管 VD_1 、 VD_2 向外辐射频率为

5kHz、空度比为 10 的红外光脉冲信号。光脉冲的空度比较大，可使红外发光二极管在相同的平均工作电流下具有较大的峰值工作电流（改变限流电阻 R_4 可改变峰值工作电流），增大了发射功率，从而使正比于发光管峰值工作电流的红外光有效发射距离增大。

接收电路中 VT_1 为硅光敏三极管，它对红外光最敏感。当 VT_1 的受光面接收到红外光脉冲信号时，在其发射极电感 L 上便输出与光脉冲相对应的电信号，经电容 C_1 送 VT_2 和 VT_3 构成的两级放大器进行放大。由于发射极采用电感元件，它对变化缓慢的信号呈低阻抗，而对于接收到的高频脉冲信号呈高阻抗，故可以有效

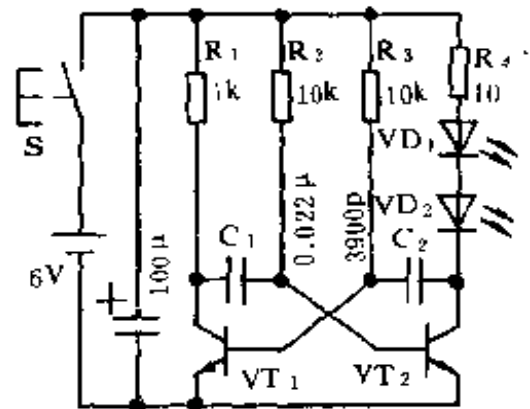


图 4.88 发射电路

地排除其它低频杂散光的干扰，提高了电路工作的可靠性。 VT_2 和 VT_3 放大后的信号经二极管 VD_1 和 VD_2 整流，在电容 C_4 上获得具有一定幅度的直流电压，使 VT_4 饱和导通，其集电极输出一个负脉冲。此负脉冲作用于由 VT_5 和 VT_6 构成的双稳态电路的脉冲导引门上，使其状态发生变化。可见，每按动一下发射器中的 S ，接收电路中 VT_4 集电极就输出一个负脉冲，使双稳态电路的状态改变一次。 VT_6 控制双向晶闸管（可控硅） VS 的门极，使其导通或关断。

图 4.89 中 R_{11} 、 C_9 组成吸收网络对 VS 起保护作用。 C_8 、 VD_5 、 VD_6 构成电容降压式半波整流电路， VD_7 和 C_7 构成简易稳压滤波电路，使整个接收电路有稳定的工作电源。

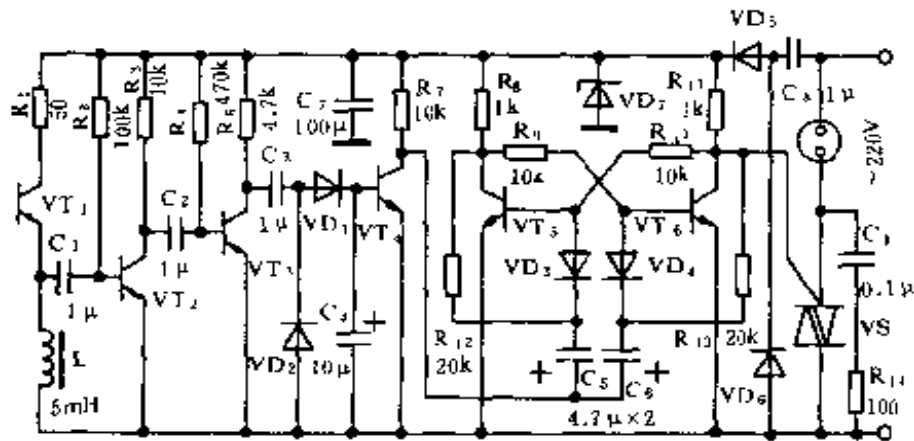


图 4.89 接收电路

二、元件选择

发射电路中, VT_1 和 VT_2 选用 CS9013 或 3DK4 等中功率硅管, $\beta \geq 100$ 。 VD_1 、 VD_2 用 HG500 系列红外发光二极管, 其正向平均工作电流为 200mA。也可用 SE303 等。电源 E 采用三节五号电池。按钮 S 选用市售小按钮成品。

为使接收电路与发射电路很好配合, 光敏管的响应波长应与发光管的发射波长相吻合, 接收电路中 VT_1 可选用波长为 $(5 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4})$ cm 的 3DU5 或 3DU2 等型号的硅管。电感 L 采用 5mH 色码小电流电感。该电感也可自制, 方法是: 用直径 0.08mm 的高强度漆包线在小型晶体管收音机中频变压器骨架上密绕, 匝数为 300 匝, 旋入磁芯, 其电感量约为 5mH。 VD_1 、 VD_2 用 2AK 型开关二极管; VD_3 、 VD_4 用 2CK 或 2CP 型二极管, VD_5 要用耐压大于 400V、整流电流大于 300mA 的整流二极管, 如 IN4004、IN4005 等。 VD_7 用稳压值为 9V 的稳压二极管, 如 2CW21E 等。电容 C_9 、 C_8 的耐压要大于 400V。 VS 选用耐压大于 400 伏的双向晶闸管(可控硅), 额定电流视所控负载的

功率而定。若选用 1A 的晶闸管,则所控负载的功率应在 200W 以下。

三、安装与使用

发射器安装在一个用有机玻璃制成的小盒中,S 及 VD_1 、 VD_2 要露出面板。

接收器可装在一个盒子里,在盒子上装上电源插座,用来控制电风扇,电视机等家用电器。如果用来控制吊扇、吊灯,则可将接收电路装于用电器内部的空余处。应注意,光敏三极管要露在外边。遥控距离可在 5m 以上。

此遥控开关电路比较简单,但接收部分无选频电路,故一般只用在要求不高的场合。

4.8.2 单通道电源遥控开关(B)

这种单通道电源遥控开关,其主要性能如下:

1. 遥控频率:25kHz
2. 发射机电源:4.5V
3. 发射机耗电:100mA
4. 接收机耗电:1W
5. 遥控距离: $\geq 5m$

一、工作原理

图 4.90 是红外线发射电路。非门 D_1 和 D_2 以及电阻 R、电容 C 组成 25kHz 脉冲振荡电路。N 点输出的方波脉冲经 D_3 缓冲后(加 D_3 的目的是为了使后面的发射驱动电路不影响振荡器工作)、由晶体管 VT 驱动红外发光二极管 VD_1 、 VD_2 向外辐射红外光脉冲。 D_1 、 D_2 的工作电流约为 100mA。

当图 4.91 红外接收二极管 VD_1 收到红外光脉冲时,其两电极间电阻作相应频率的变化,从而使 C_1 左端电位也相应产生

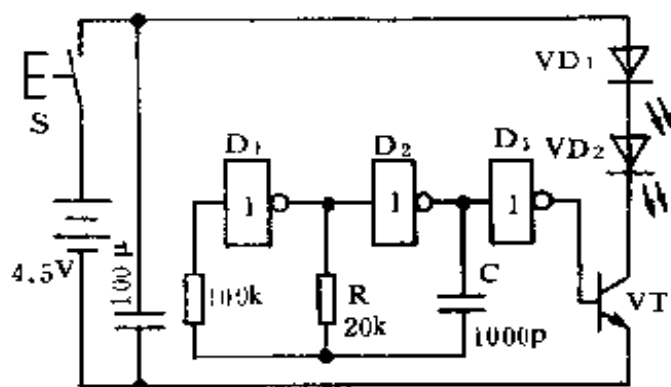


图 4.90 发射电路

变化,即产生较小的光电信号。经 C_1 耦合给非门 D_1 、 D_2 、 D_3 以及反馈偏置电阻构成三级交流放大器进行放大。三级的放大增益可达 10^3 数量级。

放大后的信号由 C_2 耦合给锁相环音频译码器 LM567 进行译码及逻辑输出,频率为 f_0 。附近的光电信号经放大后加到 LM567 的 3 脚时,其 8 脚由原来高电平变为低电平,LM567 在这里起着选频的功能,而这种选频没有电感、磁芯元件,可消除电磁干扰。如果有频率不在 f_0 附近的信号进入电路,LM567 的 8 脚将不作响应,从而消除了其它杂散光的干扰,提高了工作可靠性。

由图 4.91 可见,LM567 的 8 脚的负脉冲,经非门 D_4 反相后变为正脉冲,作用于 D 触发器 CD4013 的 CP 端。Q 端的状态作用于后面的晶体管 VT 使其导通或截止,使继电器吸合或释放。每按一次发射电路中按钮 S, VD_1 、 VD_2 就发射一串红外光脉冲,接收电路中 LM567 的 8 脚就输出一低电平,经反相后使 D 触发器状态翻转一次,继电器的状态也就改变一次。其触

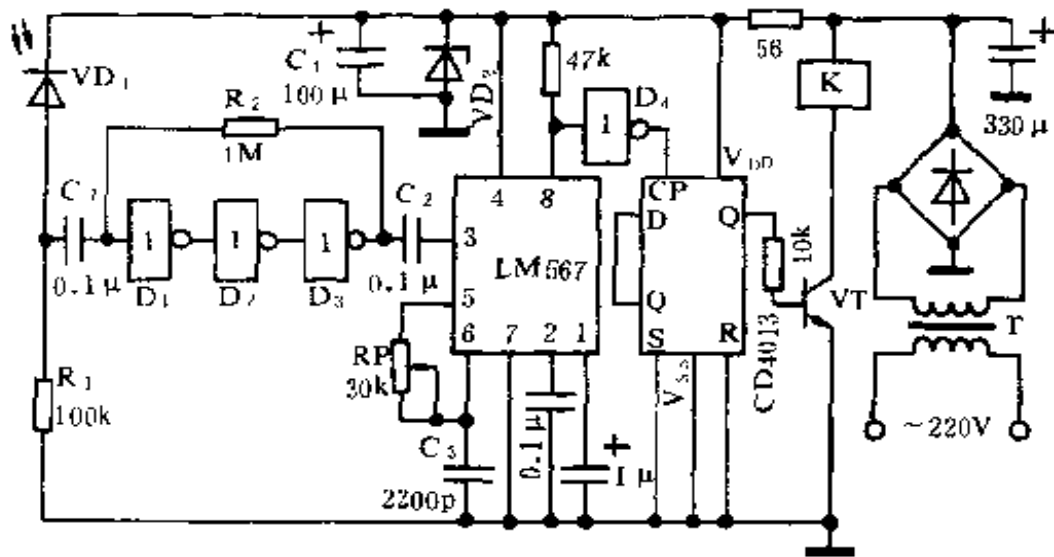


图 4.91 接收电路

点控制负载接通或断开电源。

继电器回路使用整流滤波电源。非门 $D_1 \sim D_3$ 、LM567、D 触发器 CD4013 使用经 VD_2 稳压后的稳压电源。

二、元件选用

发射电路： D_1 、 D_2 、 D_3 用一片 CMOS 六非门 CD4069，仅用其中三个门。 VD_1 、 VD_2 用 HG4100 系列红外发光二极管或进口价廉的 SE303A。 VT 用 CS9013， $\beta \geq 100$ 。 S 用市售小型轻触按钮，也可自制。电源用三节 5 号电池。

接收电路： $D_1 \sim D_4$ 用六非门 CD4069 中的四个门。红外接收二极管 VD_1 用 PH302 或红外发射接收配对管，也可用 3DU31 等光敏三极管，接入电路时，集电极和发射极分别接 VD_1 的负极和正极。D 触发器用 CD4013，仅用其中一个 D 触发

器。RP 用小型罐形可调电阻。VT 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。继电器 KP 用 JRF-13 型 12V 继电器。VD₂ 可用 6~8V 之间的稳压管, 如 2CW14 等。电源变压器用 3W/9V 录音机电源变压器。

三、调试与使用

用万用表(直流电流档)两表笔跨接在 S 开关两端(S 不按下), 表的读数如在 100mA 左右, 表明发射电路工作正常。然后将发射电路中 VD₁、VD₂ 靠近接收电路, 按下 S, 并调接收机的电位器 RP, 使 LM567 的 8 脚电位由 8V 左右(取决于 VD₂ 的稳压值)降至 0.1V 左右。然后进一步拉开发射与接收电路距离, 可能 LM567 的 8 脚电位又不为上述数据, 再调 RP, 使 8 脚电位满足上述要求。就这样, 逐步拉开距离, 调好后, 一般可达 5m 以上。

电路其它部分无需调整即可正常工作。如果发现有火花干扰使电路误动作, 可在 LM567 的 8 脚与地之间接一只 0.1~0.22 μ F 的电容, 即可解决。所谓火花干扰就是其它电器在启动或关闭时, 开关所产生的火花, 时间极短, 加了电容以后, 可以吸收掉短时脉冲。

调试完毕后, 发射电路装在一个用有机玻璃自制的小盒中, VD₁、VD₂ 错开 10~20mm 并排安装, 且要露出发射盒, 或者在 VD₁、VD₂ 前面用能透过红外光的透明或红色有机玻璃封装。S 露出面板, 便于按动。接收电路安装于被控负载的空余处或另盒安装, VD₁ 需要能透过红外光或露出。经上述调装后就可投入使用了。

使用时, 将发射盒 VD₁、VD₂ 面对接收电路中 VD₁ 就可实现控制了。由于用了两只红外发光管, 发射红外光的面积较大, 发射、接收电路不一定要对得很正就能进行控制。另外, 由于室内家俱、墙壁的反射作用, 利用接收到的反射光也可实现控制。

本遥控开关可对电视机、电风扇、照明灯俱等家用电器及一些工业负载实现遥控。实用时要注意继电器触点容量,当负载功率较大时,此电路中的 KP 可作为中间继电器,再使大容量继电器动作,控制大功率负载。

4.8.3 单通道电源遥控开关(C)

一、工作原理

发射电路如图 4.92 所示,与非门 D_1 和 D_2 构成自激多谐振荡器,振荡频率约为 20kHz 。这里, D_1 和 D_2 各自的两个输入端均联在一起,作非门使用。 20kHz 的方波脉冲作用于 VT 的基极,使 VT 工作于开关状态,驱动红外发光二极管 VD_1 和 VD_2 、向外发射 20kHz 的红外光指令信号。

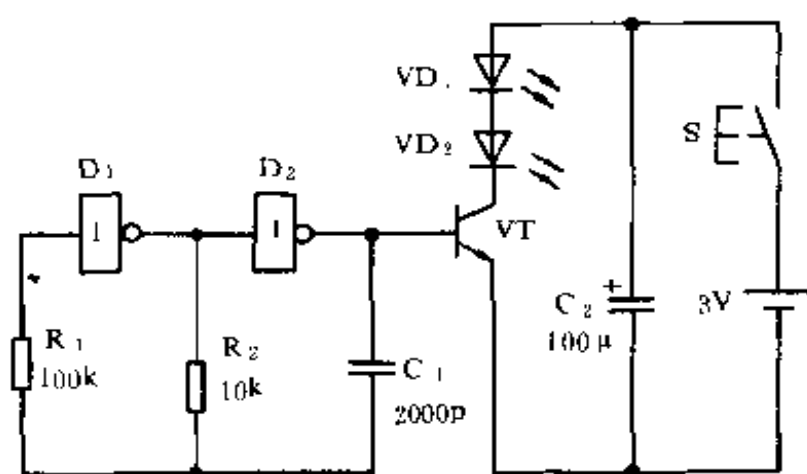


图 4.92 发射电路

接收及控制电路如图 4.93 所示。VT 为光敏三极管,它将接收到的红外指令信号变为电信号,由 C_1 耦合给运算放大器 A 及电阻 $R_1 \sim R_4$ 等构成的前置放大器进行一级放大(这里 A 是单电源运用)。然后由 C_2 送多功能电路 SL517A,由其内部放大

器进一步放大后,去触发内部双稳态触发器,使其翻转,原为高电平,变为低电平;原为低电平,变为高电平。当 SL517A 的双稳态输出端 8 脚为低电平时,双向晶闸管(可控硅)VS 导通,用电器得电工作;当 SL517A 的 8 脚为高电平时,VS 截止,用电器停止工作。发光二极管将指示出电路的状态。

VD₁、VD₂、VD₃、C₇ 等构成电容降压半波整流电路,向接收及控制电路供电。

二、元件选择

发射电路中,D₁、D₂ 用 CD4011,仅用其中两门。VT 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。VD 用 HG4100 系列小功率红外发光二极管。电源采用两节 5 号电池。S 用 5×5mm 或 6×6mm 轻触开关。

接收电路中,VT 用 3DU5 或 3DU31 等光敏三极管。运算放大器用 LM741 或 LM324 等通用型运放器。VS 用 TLC336 双向晶闸管。VD₁、VD₂ 用 IN4007。VD₃ 用 5V/1W 硅稳压管。C₇ 耐压要大于 400V。

三、调试要点

电路调试非常简单,将发射器面对接收器调整发射器中 RP,使接收电路中 SL517A 的 8 脚翻转即可。

由于电路采用电容降压,电路中有市电,调试时人体不得接触带电线路,并注意本电路与用电器壳体的绝缘。

4.8.4 实用电扇遥控器(机内型)

这种实用电扇遥控器具有遥控(强、中、弱)三档变速及遥控模拟自然风功能。其主要性能如下:

1. 遥控距离: $\geq 8\text{m}$,
2. 发射器工作电流: $\leq 60\text{mA}$,
3. 接收机功耗: $\leq 1\text{W}$,

4. 接收机控制功率:100W,
5. 模拟自然风开停比:5S/5S。

一、工作原理

发射电路如图 4.94 所示。CMOS 非门 D_1 、 D_2 以及 R_1 、 R_P 、 C_1 构成自激多谐振荡器,振荡频率约为 20kHz。20kHz 的高频信号经非门 D_3 缓冲后作用于晶体三极管 VT 基极,由 VT 进行功率放大后驱动红外发光二极管 VD_1 和 VD_2 向外发射红外光脉冲。

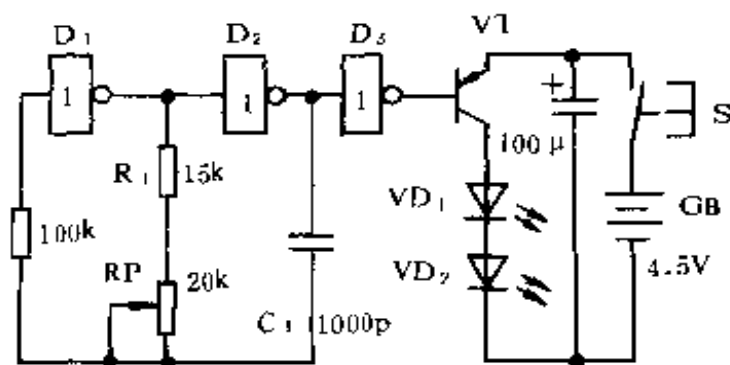


图 4.94 发射电路

接收及控制电路如图 4.95 所示。 VD_1 是红外光敏二极管,当它接收到发射电路发出红外光脉冲时,便在晶体三极管 VT_1 的基极产生一微小的电信号,经 VT_1 和 VT_2 构成的两级放大器进行(60dB)高增益放大后,送入 LM567 的输入端 3 脚。当其 3 脚输入信号的频率与内部压控振荡器中心频率相同时,LM567 逻辑输出端 8 脚电位由高电平变为低电平,输出一个负脉冲。LM567 内部压控振荡器的中心频率 $f_0 = 1/1.1R_{10}C_8$,与发射频率设计为一致。这样,每按动一下发射键 S,接收电路中

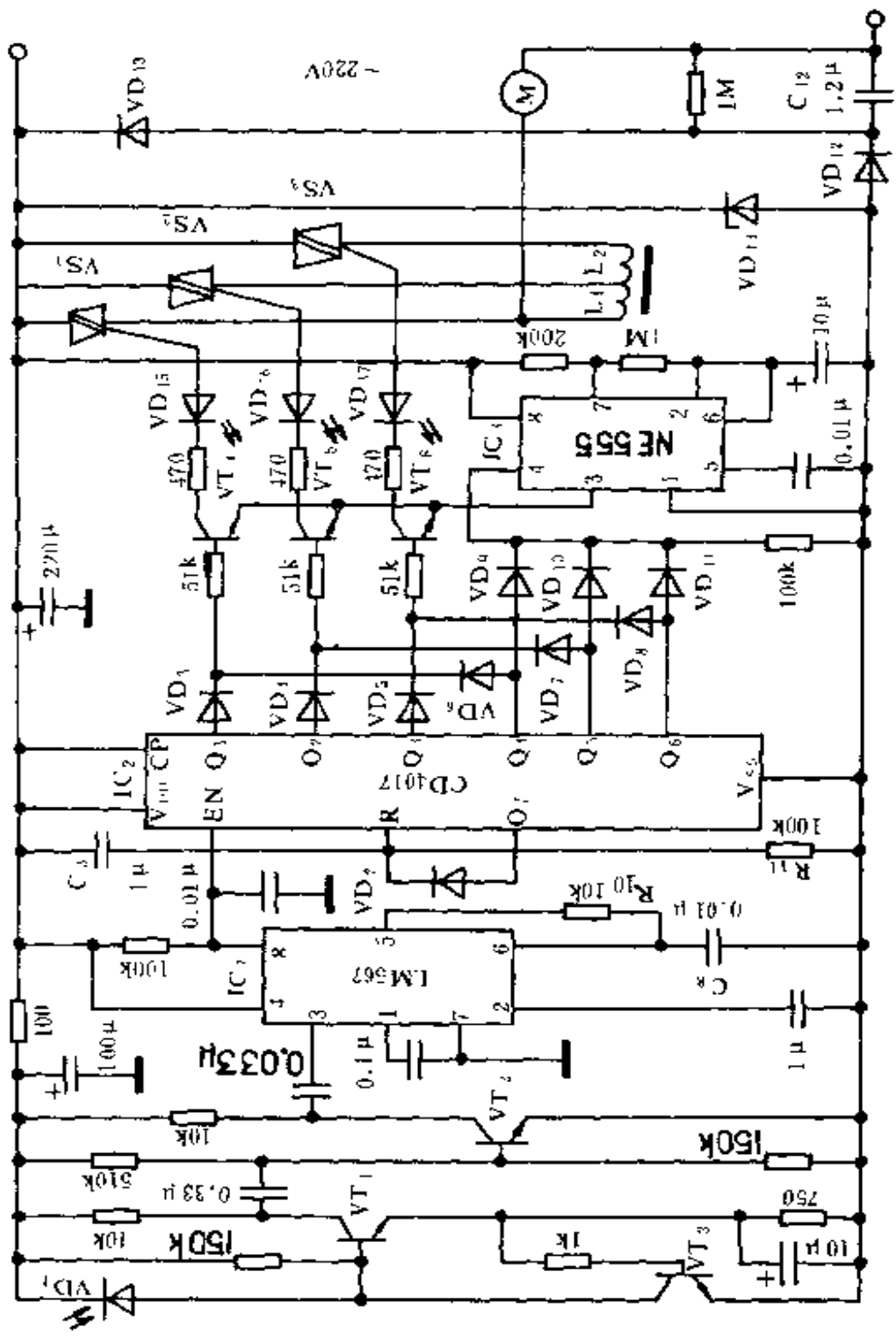


图 4.95 接收电路

LM567 的逻辑输出端 8 脚就输出一个负脉冲作用于 CD4017 的时钟输入端 \overline{EN} 。在电路刚刚通电的瞬时,有一经 C_3 、 R_{11} 微分后的正脉冲作用于 CD4017 的清零端 R,使其清零,输出端 Q_0 为高电平“1”,其余 $Q_1 \sim Q_9$ 为低电平“0”。由于 Q_0 空着未用,故可以保证电路在任何时候断电又通电时,自动处于清零状态,不会开启电风扇。

当按动一下发射键 S 时,接收电路中 LM567 的 8 脚就输出一个负脉冲,作用于 CD4017 的 \overline{EN} 端,使其 Q_1 为高电平“1”,晶体管 VT_4 导通,双向晶闸管 VS_1 被触发导通,220V 电源直接加在电扇电机 M 两端,电扇此时为最高转速,同时,发光二极管 VD_{15} 也随 VS_1 的导通而发光,指示此时电扇处强风档。

若再按动一下发射键 S,接收电路中 LM567 的 8 脚又输出一个负脉冲,作用于 CD4017 的 \overline{EN} 端,使其 Q_2 为高电平“1”,晶体管 VT_5 导通,双向晶闸管 VS_2 被触发导通,电源通过电抗器 L_1 加在电机 M 上,使电扇为中等转速,同时,发光二极管 VD_{16} 也指示出此时电扇处中风档。

若再按动一下发射键 S,电扇处弱风档。

在上述情况下, $Q_1 \sim Q_3$ 输出高电平时, $Q_4 \sim Q_9$ 始终为低电平,即 555 时基电路强复位端 4 脚为低电平,使 555 电路处于复位状态,其输出端 3 脚为低电平,故 $VT_4 \sim VT_6$ 可以随 CD4017 的 $Q_1 \sim Q_3$ 的高电平而导通,使电扇获得三档恒定风速。

当再按动一下发射键 S 时,接收电路中 LM567 的 8 脚又输出一个负脉冲,作用于 CD4017 的 \overline{EN} 端,使其 Q_4 端输出高电平。一方面, Q_4 的高电平作用于 VT_4 的基极,为其导通作好准备;另一方面, Q_4 的高电平作用于 555 电路的复位端 4 脚,使其退出复位状态,并产生周期为 10S、占空比为 50% 的方波超低频脉冲。当 555 电路的 3 脚输出的方波脉冲为低电平时, VT_4 将通

导, VS_1 导通, 电扇为最高速; 当 555 电路 3 脚方波脉冲为高电平时, VT_1 截止, 电扇电机断电, 减速, 当 555 的 3 脚又输出低电平时, 电扇通电, 增速, ……如此循环, 便获得模拟自然风效果。这是强模拟自然风。

当再按动发射键 S 时, 接收电路中 CD4017 的 Q_5 输出高电平; 再按动发射键 S 时, Q_6 输出高电平, 便可获得中、弱模拟自然风。

当需要关掉电扇时, 只要再按动一下发射键 S, 则接收电路中 CD4017 的 Q_7 输出高电平, 通过 VD_2 作用于清零端 R, 使 CD4017 清零, Q_0 输出高电平, 由于 Q_0 未用, 故电扇被关掉。

VD_{12} 、 VD_{13} 、 VD_{14} 及 C_{12} 构成电容降压半波整流稳压电路。

二、元件选用

发射电路中, 门电路用 74HC04 或 CD4069。VT 用 CS9013 或 8050, $\beta \geq 100$ 。 VD_1 、 VD_2 用 SE303。

接收及控制电路中, VD_1 用 PH302 或 HPT605C Φ 5mm 圆形光敏管, 圆形较方形灵敏度高。 $VT_1 \sim VT_6$ 用 9013 或 9014, $\beta \geq 100$ 。 $VD_2 \sim VD_{11}$ 用 1N4148。 VD_{12} 、 VD_{13} 用 1N4004 或 1N4007。 VD_{14} 用 6~7.5V/1W 稳压管。 $VS_1 \sim VS_3$ 用 TLC226 或 TLC336 双向晶闸管。 $VD_{15} \sim VD_{17}$ 用普通发光二极管, 颜色任选。 L_1 和 L_2 为电扇原调速电抗器。 C_{12} 用电扇电容或涤纶电容, 耐压必须 400V 以上。

三、安装调试

电路调试非常简单, 首先, 按动发射器按键 S, 测量总电流在 40~60mA 为正常, 否则, 检查电路器件及接线是否正确, 直至达到要求。

然后, 将发射器面对接收机, 按动 S, 并微调发射器中 RP, 当接收电路中 LM567 的 8 脚为低电平时, 停止调节 RP。然后,

拉开发射及接收机距离,重复上述步骤。电路其它部分一般不用调试即可正常工作。

由于电路采用电容降压,线路带有市电,调试时,人身不得触及线路,以免发生危险。

调试完毕后,将发射器装在自制的发射盒中。 VD_1 和 VD_2 要露出或用红色透明有机玻璃制成发射窗。接收电路装在原电扇控制盒内空余处,并将 VD_1 露出或用红色有机玻璃制成接收窗。注意电路要与其它部件及控制盒体绝缘。

4.8.5 遥控调光开关

红外线遥控调光开关电路可对吊灯、壁灯等灯具实现遥控调光及开关。遥控距离 8m 左右。它由红外发射电路及接收控制电路构成。

一、工作原理

图 4.96 是红外发射电路。CMOS 六非门 CD4069 中门 $D_1 \sim D_3$ 及 R_1 、 C_1 等组成自激多谐振荡器,振荡频率约为 40kHz。40kHz 的高频信号作用于晶体管 VT 的基极,经 VT 放大后驱动红外发光二极管 VD_1 和 VD_2 向外辐射 40kHz 的红外光脉冲。

接收及控制电路如图 4.97 所示。它由红外线前置放大器、计数器、晶闸管触发电路、电源电路等几部分组成。

VD_1 为红外接收二极管,它与发射电路中红外发射管 VD_1 、 VD_2 的峰值波长相同,故它的红外感光灵敏度很高。当 VD_1 收到红外光脉冲,其两极间的电阻作同频率的变化,通过电源正极向 $\mu PC1373H$ 的输入端 7 脚注入一微小的 40kHz 的电流。

$\mu PC1373H$ 作为选频前置放大器,它具有灵敏度高、抗干扰

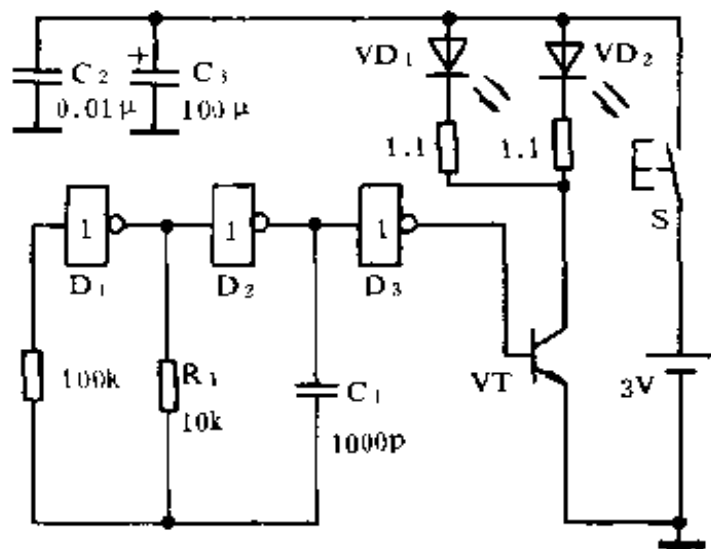


图 4.96 发射电路

能力强、外围元件少等优点。其中放大器的电压增益可达 60dB。在 $\mu\text{PC1373H}$ 的 3 脚接有一个 LC_1 组成的调谐回路, 调节电感 L 的磁芯位置, 可使调谐回路调谐于 40kHz, 使其对 40kHz 的信号增益最大, 可排除其它杂波干扰。当其 7 脚有微小电流输入时, 经过放大、选频、检波整形, 在其输出端 1 脚输出低电平 (1 脚平时为高电平), 即负脉冲, 作用于后面的集成电路 CD4017B 的 $\overline{\text{EN}}$ 端。

接在 CD4017 的 C_r 端 (清零端) 的 C_2R_2 微分电路, 在电路通电瞬间有一正脉冲经 C_2 作用于 C_r 端, 使 CD4017 清零, 其 Q_0 端为高电平, 其余 $Q_1 \sim Q_3$ 均为低电平。由于 Q_0 经 VD_3 接 VT 基极, VT 截止, 单结管 VD_2 无触发脉冲, 双向晶闸管 VS 处关断状态。

当接收到红外线信号时, $\mu\text{PC1317H}$ 的 1 脚输出的负脉冲作用于 CD4017 的 $\overline{\text{EN}}$ 端, 使其加 1, 在 Q_1 端输出高电平。电阻 $r_1 \sim r_3$ 与 R_3 构成晶体管 VT 的基极偏置电路。当 Q_1 为高电平时, r_1 与 R_3 分压组成一个基极电压。VT 的集电极电流即是电容 C_1

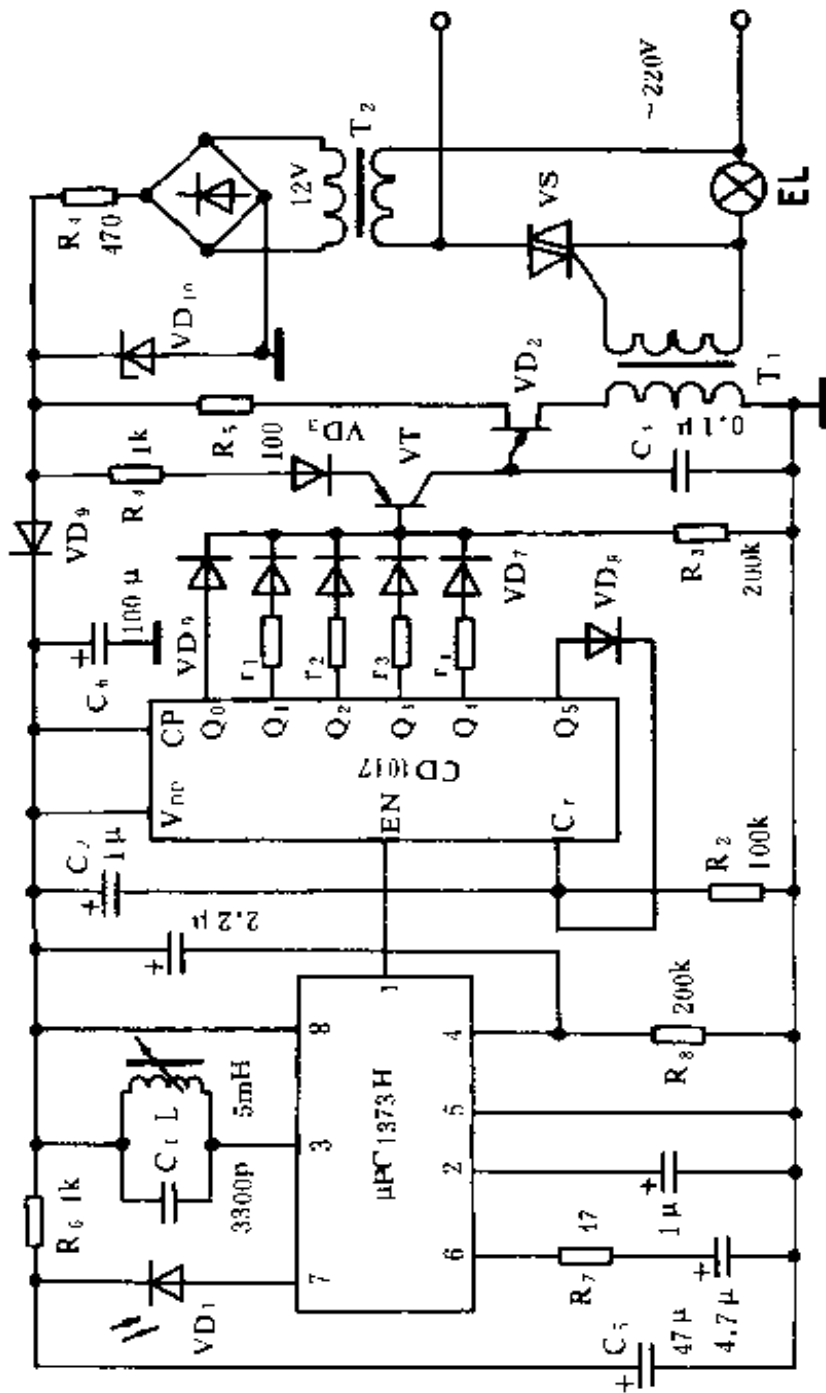


图 4.97 接收电路

的充电电流,当 C_4 上的电压达到单结晶体管 VD_2 的峰点电压时, VD_2 突然导通, C_4 通过脉冲变压器 T_1 初级迅速放电, T_1 次级输出一个脉冲,触发双向晶闸管 VS 导通,白炽灯 EL 点亮,其灯光亮度由晶闸管导通角确定。

VT 在此相当于一个可变电流源,改变其基极电流,就可改变这个电源的电流数值,也就改变了 C_4 的充电电流,从而改变触发脉冲出现的时刻,使晶闸管导通角发生变化,灯光亮度也就随之改变。

当连续按动发射按钮 S 时,接收电路中 $CD4017$ 的 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 依次输出高电平。如果我们使 $r_1 \sim r_4$ 的阻值依次增大,这样, VT 的基极电位就依次降低, VT 的集电极电流也就依次增大,最后使晶闸管导通角依次增大,灯光亮度也就依次增大。图中 $VD_4 \sim VD_7$ 为隔离二极管,其作用是使 $r_1 \sim r_4$ 各自单独与 R_3 分压,便于单独调整 VT 的基极电位。

当 Q_4 为高电平时,再按 S , $CD4017$ 加 1, Q_5 变为高电平,此高电平经 VD_8 反馈至 $CD4017$ 的清零端 C_1 ,使其清零, Q_0 输出高电平。由于 Q_0 经 VD_8 接至晶体管 VT 的基极,使 VT 截止, C_4 无充电电流, VS 关断,灯泡 EL 不亮。另外,在 Cr 端设有自动清零电路,可在电源停电又通电后,自动使 Q_0 输出高电平,以保证晶闸管关断,灯泡 EL 不亮。

双向晶闸管的触发电路同步电源由变压器 T_2 降压, R_4 、 VD_{10} (硅稳压二极管)消波,得到每隔 180° 过零一次的梯形波同步电压。 $\mu PC1373H$ 及 $CD4017B$ 的工作电源由 C_5 将梯形波西经 VD_9 、 C_6 滤波后得到。为了保证 C_5 滤波后不影响触发电路的同步电压,电路设置了隔离二极管 VD_9 ,将前面的工作电压与触发同步电压隔离,从而保证了触发电路工作稳定可靠。

二、元件选用

发射电路中,非门 CD4069 也可用 74HC04。 VD_1 和 VD_2 用 HG4100 系列。由于采用两节电池供电(3V),故 VD_1 和 VD_2 采用并联方式。S 用轻触按钮开关。

接收电路中, VD_1 用 PH3020, $VD_3 \sim VD_6$ 用 1N4148, VD_7 用 1N4001, VD_{10} 用 6~9V/1W 稳压管。VS 用 TLC226 双向晶闸管。电感 L 需自制,方法是在工字型中周骨架上,用 $\Phi 0.06\text{mm}$ 漆包线绕 400 匝,加磁帽和屏蔽罩后即可使用。

三、调试要点

主要是调整 $r_1 \sim r_4$,使 EL 各档的亮度符合要求,方法是依次使 CD4017 的 $Q_1 \sim Q_4$ 为高电平,对应调节 $r_1 \sim r_4$,使 EL 各档亮度符合要求即可。

4.8.6 红外线遥控无级交流调压器

这是一种由三片集成电路构成的红外遥控无级交流调压器。它具有结构简单、装调容易、成本低廉、工作可靠等优点。可用于对灯具进行调光、电风扇调速等需要遥控交流电压的场合,控制距离可达 8m。非常适合家庭使用。

一、工作原理

图 4.98 是红外线发射电路。555 时基集成电路与 R_1 、 R_2 、 C_1 等构成自激多谐振荡器,振荡频率 $f_0 \approx 40\text{kHz}$ 。40kHz 的高频信号由 555 电路的 3 脚输出,经晶体管 VT 驱动红外发光二极管 SE303 向外辐射红外光脉冲。

图 4.99 是红外线接收及交流无级自动调压电路。 $\mu\text{PC1373H}$ 作为前置放大及脉冲形成电路。光敏二极管 PH302 接收到红外光脉冲时,在 μPC1373 的 7 脚便产生与红外光脉冲同频率的微弱电信号,经过 μPC1373 进行多级放大及选频后,在其 1 脚输出低电平。

图 4.99 中, LS7232 是一块 PMOS 触摸集成调光器, 工作时首先由其内部锁相环将内振荡器的振荡频率准确地锁定于电网频率, 为移相触发脉冲提供准确的定时时间。移相角的产生受逻辑电路控制, 在交流每一周期的特定时刻发出一触发脉冲在 8 脚输出, 去控制外接双向晶闸管的导通角。当

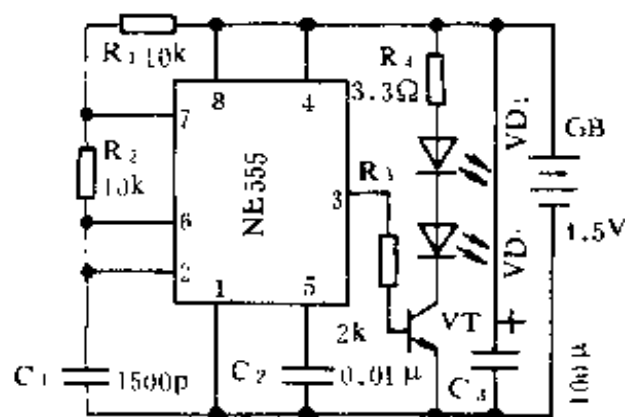


图 4.98 发射电路

LS7232 的输入控制端 5 脚为低电平时, 其 8 脚输出触发脉冲的移相范围在 $41^{\circ} \sim 159^{\circ}$ 之间周期性自动变化。从而使负载上的交流电压周期性自动变化。当 5 脚变为高电平时, 电路停止调节, 其输出触发脉冲的移相角锁定在此时所处的数值, 从而使负载上的交流电压也锁定在目前数值。这是 LS7232 的基本功能。

由以上可见, 当发射器发生一连串的红外光脉冲时, μPC1373 的 1 脚便变为低电平, 使 LS7232 的 8 脚输出移相角在 $41^{\circ} \sim 159^{\circ}$ 之间周期性自动变化的触发脉冲, 从而实现遥控无级交流调压的功能。当松开发射按钮 S 时, μPC1373 的 1 脚变为高电平, LS7232 自行锁定目前所处状态。

另外, C_8 、 R_8 、 VD_1 、 VD_2 以及 C_7 等构成电容降压式直流稳压电源, 供 μPC1373 及 LS7232 使用。从而减轻了接收电路的重量并减小了体积。

二、元件选用与制作

图 4.98 中 555 电路可用国产 SL555、5G1555、FX555 或进

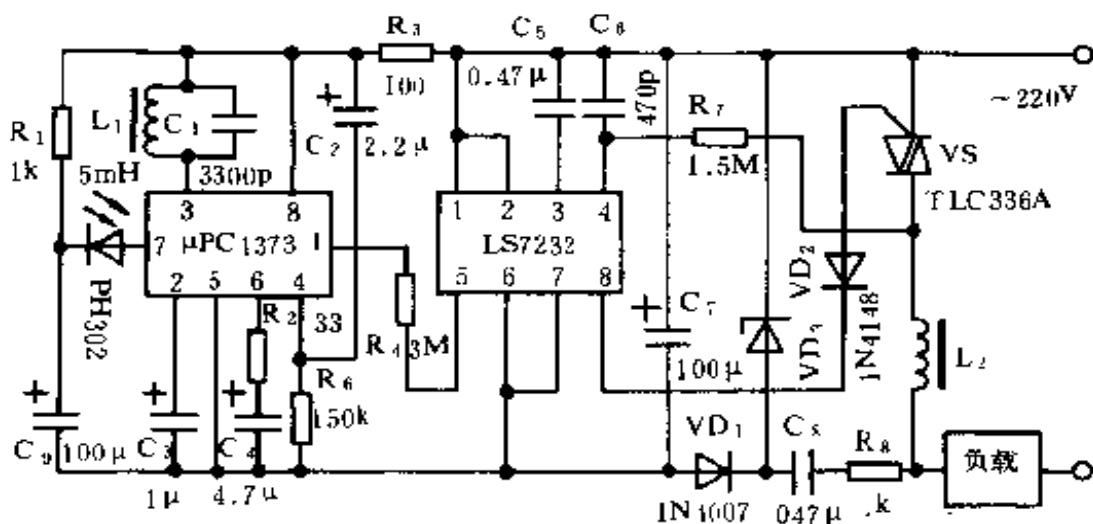


图 4.99 接收电路

口 $\mu\text{A}555$ 、 $\text{NE}555$ 等。红外发光二极管也可用 HG500 系列红外发光二极管代用。S 用磷铜片自制,或用 $12 \times 12\text{mm}$ 轻触开关。

接收电路中, L_1 的制作方法是,在小型晶体管收音机中频变压器骨架上,用 $\Phi 0.06\text{mm}$ 高强漆包线密绕 400 匝,并旋入磁芯,调节磁芯位置就可改变其电感量。 C_8 、 VD_1 、 C_2 以及 VS 的耐压要大于 400V。 VD_2 用双向触发二极管, VD_3 用 1W/12V 硅稳压二极管,如 2CW21 等。 L_2 可在 $\Phi 6 \times 40\text{mm}$ 短磁棒上用 $\Phi 0.51\text{mm}$ 漆包线平绕 80 匝而成,电感量约 $200\mu\text{H}$ 。为保证工作安全可靠,应给双向晶闸管加装 $2 \times 20 \times 30\text{mm}$ 的铝散热片。

三、调试与使用

发射电路只要接线正确、元件完好,不用调试就可正常工作。调试接收电路时,用万用表直流电压档测量集成块 $\mu\text{PC}1373$ 的输出端 1 脚与 5 脚之间电压,将发射机中红外发光二极管面对(靠近些)接收电路中光敏二极管,并按下发射按钮,电压档指

示为 0.5V 左右。松开发射按钮后,指示应在 6V 以上。否则,应调节接收机中 L_1 (与 C_1 构成选频网络)磁芯,使选频中心频率与发射频率调谐,即可达到上述数值。然后拉开距离,按动 S 或松开 S,观察 1 脚电压变化应还在 0.5~6V 以上之间变化,否则进一步调整 L_1 直至达到要求。实际使用时, L_2 也可不装,它的作用是减小对调幅收音机的射频干扰。负载可以是白炽灯,也可以是电风扇等。按下 S 时,负载上的电压能在 25V~210V 之间变化。

应当注意,此电路为电容降压电路,调试时一定要注意安全。另外,红外线发射及接收管安装时应露在机壳外面。可在接收管的前面加装红色有机玻璃或胶片作滤色片,可使电路工作更加可靠。当发光管或接收管表面尘土太多时,电路会工作不灵,应注意管子表面经常保持清洁。实际使用时,由于室内墙壁或家俱的反射作用,不一定要发射机对准接收机,甚至背对接收机也可实现控制。使用极为方便。

发射器装在一个用有机玻璃制成的精巧的小盒中,接收器安放在被控负载的空余处,就可使用了。

4.8.7 简单红外线彩电遥控器

这是一种红外线彩电遥控装置,它具有遥控开机、遥控选台、遥控关机等功能。虽然比不上成品彩电遥控器的功能多,但已能满足基本需要。本装置电路简单、改装方便、工作可靠、成本低廉。遥控距离 7~10m。

一、工作原理

遥控装置由发射器及接收控制器两部分构成。

图 4.100 是发射电路。555 时基电路与 R_1 、 R_2 、 C_1 等构成自激多谐振荡器,振荡频率 40kHz。信号由 555 电路 3 脚输出至

VT 基极,经 VT 功率放大后驱动红外发光二极管 SE303,从而发射 40kHz 的红外光脉冲。

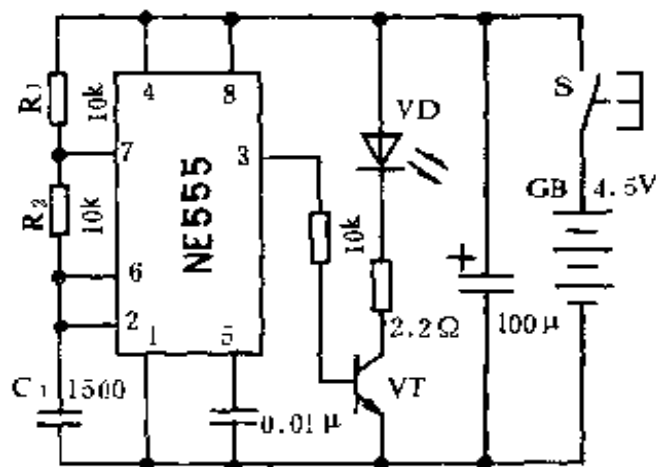


图 4.100 发射电路

图 4.101 是接收控制电路。当红外光脉冲照射到红外接收二极管 PH302 时,红外二极管的两极阻值随光脉冲作同频率变化。 $\mu\text{PC1373H}$ 为彩电遥控专用前置放大及脉冲形成集成电路。它具有灵敏度高、抗干扰能力强、外接元件少等优点。接在其 3 脚的 L_1C_1 构成 LC 选频网络,中心频率 40kHz,使 $\mu\text{PC1373H}$ 只对频率为 40kHz 的信号进行放大,对其他频率的信号不予放大,因此接收电路具有较高的抗干扰能力。当 PH302 接收到发射器的红外光脉冲时,便在 $\mu\text{PC1373H}$ 的输入端 7 脚有一微弱的信号输入,经过放大、选频及脉冲形成电路后,其输出端 1 脚便输出低电平(平时为高电平),即负脉冲,作用于后面的集成电路 CD4017 的 $\overline{\text{EN}}$ 端。

接在 CD4017 的清零端的 C_2 、 R_1 为通电自动清零电路。本电路刚接通电源的瞬间,有一经 C_2R_1 微分后的很窄的正脉冲作

用于 CD4017 的 Cr 端,使其为“0”态, Q_0 为高电平(其余 $Q_1 \sim Q_4$ 为低电平),接在 Q_0 端的 PNP 管 VT_5 截止, C_3 上无电压, VT_6 、 VT_7 无基流也截止,继电器 KP 不吸合。这里 KP 是控制电视机电源通断的,故本电路通电后,被控电视机并不通电。

当接收到发射器的红外线信号时, $\mu PC1373$ 输出的负脉冲使 CD4017 加 1, Q_1 变为高电平, Q_0 变为低电平。这样, VT_5 的 be 结正偏导通, C_3 被迅速充电,使 VT_5 、 VT_6 、 VT_7 导通, KP 吸合,被控电视机接通电源。同时,由于 Q_1 变为高电平,使 VT_1 导通,微型干簧继电器 K_1 吸合,接通电视机的第一频道预选器的预选开关。

当断续地按动发射器按钮 S 时,接收电路中 CD4017 的 $Q_2 \sim Q_4$ 将依次输出高电平,分别依次使 $K_2 \sim K_4$ 吸合,分别选择第二、第三、第四预选器节目。当选择第四频道预选器节目后,再想选择其它预选器节目时,可再按动 S,这样, CD4017 的 Q_5 将输出高电平,而 Q_5 是直接反馈至清零端 C_r 的,故当 Q_5 为高电平时, CD4017 被清零 Q_0 输出高电平, VT_5 截止。但此时由于 C_3 上已充满电荷, C_3 、 R_2 及 VT_6 、 VT_7 的 be 结有一定的时间常数,故 VT_6 、 VT_7 不会立刻截止, KP 仍然吸合。若继续再按动 S, Q_1 将输出高电平, Q_0 输出低电平, VT_5 导通又给 C_3 补充电荷, KP 继续吸合。同时,由于 Q_1 为高电平,电视机选择第一频道电视节目,电路重新开始又一循环。

若所在地区电视台超过四个,如有 5 个,可在 Q_5 端再接一晶体管及继电器 K_5 ,不过应将 Q_6 接至 C_r 端,以此类推。

变压器 T、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 、电容器 $C_4 \sim C_5$ 等构成变压器降压整流滤波电路,再经三端固定稳压器 CW7812 稳压后,向整个接收电路提供工作电源。由于采用了集成稳压器,其体积小,外围元件少,使本装置电源部分大大简化。

二、元件选用

图 4.100 中,555 电路可用国产 SL555、5G1555,也可用进口 NE555、 μ A555 等。红外发光二极管 SE303 可用国产 HG500 系列红外发光二极管代用,VT 用 3DG12 或 CS09013, $\beta \geq 100$ 。S 用市售微型按钮开关。

图 4.101 中,PH302 也可用 3DU31 等国产光敏三极管代用,接入时,集电极和发射极分别接原 PH302 处的负极和正极。 L_1 需自行制作,方法是在收音机中频变压器骨架上用 $\Phi 0.06\text{mm}$ 高强度漆包线密绕 400 匝,然后旋入磁芯,调节磁芯旋入深度就可改变其电感量,VT₁~VT₄、VT₆ 可用 CS9014 或 3DG201 等小功率硅管, $\beta \geq 100$ 。VT₅ 可用 CS9012、CS9013 等硅 PNP 型管, $\beta \geq 100$ 。VT₇ 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。K₁~K₄ 用双常开触点微型下簧继电器,型号 2BH/12V,也可用微型电磁式继电器代用,体积越小越好。KP 用 JRX-13F 型电磁继电器,C₄、C₅ 耐压选用 25V 的。其余耐压为 16V 即可。电阻全部采用 1/8W。

三、调试、改装与使用

调试时,按动 S,并将 SE303 面对 PH302(靠近些),这时接收电路中 μ PC1373 的输出端 1 脚电位应在 0.5V 以下,否则应调节 L_1 中磁芯位置,可使 1 脚电位降至 0.5V。然后拉开距离,可能 μ PC1373 的 1 脚电位又会上升,可再调 L_1 的磁芯位置,使 1 脚电位满足上述要求,这样,逐步拉开距离,一般可达 7m 以上。

然后断开电源片刻,再接通,使 CD4017 的 Q₀ 输出高电平,KP 不吸合。继续按动 S,使 K₁~K₄ 依次吸合,当 CD4017 中 Q₀ 输出高电平时,VT₅ 截止,观察 KP 是否能延迟一段时间再释放(否则,来不及再按 S,KP 便释放,电视机断电)。若时间太短,可

适当增加 C_3 的容量。电路的其他部分一般不用调试即可正常工作。

下面,我们以牡丹 TC-483P37cm 彩色电视机为例说明改装方法。图 4.102(a)是预选器的预选开关板,8 个频道预选开关全部画出。每一个预选开关均有两个常开触点。 V_Z 为彩电调谐器的调谐电压。 $+B$ 为调谐器的工作电压,每一预选开关的两组常开触点同时接通,将 V_Z 和 $+B$ 同时送入调谐器。图 4.102(b)为本装置中继继电器 $K_1 \sim K_8$ 的常开触点与彩电预选开关板的接线图。 $K_{11}、K_{12} \dots K_{41}、K_{42}$ 分别取代开关板中的 $S_1 \sim S_8, V_Z$ 和 $+B'$ 与 V_Z 和 $+B$ 相连。由于只是 $K_1 \sim K_8$ 的触点与原电视机相连,无直接电联系,改装极为方便。注意改装时要断开彩电的电

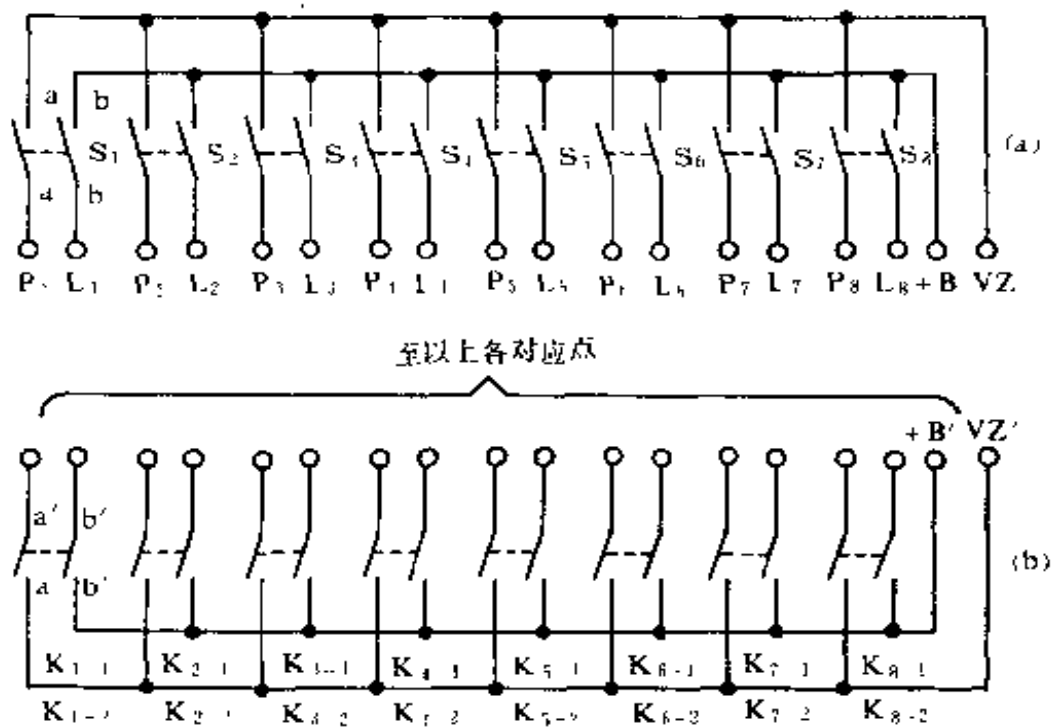


图 4.102 彩电改装示意图

源。

调试及改装完毕后,将发射器装在一个用彩色有机玻璃自制的小盒中,不过 SE303 前面要用能够透过红外光的有机玻璃(红色或白色)。接收电路可以装在原电视机机壳内的空闲处,PH302 应露在外面,可在 PH302 表面加装一片红色有机玻璃或胶片作滤色片,这样可以防止日光灯等强光干扰又不会影响红外光接收。经过上述调装后,遥控器就可投入使用了。

使用时,首先利用原电视机预选器的按键开关及频率调节旋钮将本地电视台节目全部调出,并将所有 8 个预选开关全部复位。按动发射按钮 S 就可实现遥控了。另外,当选至最后一频道后又想选其它频道时,按动 S 后,接收电路中 CD4017 的 Q_0 为高电平,这一档电视机不接通任何频道,出现满屏幕雪花,使用时应注意这一档停留时间不要过长,否则超过 C_3R_2 的延长时间,电路将切断电视机电源。当需要关机时,按到这一档以后就不必再按 S 了,过一会儿便自动关机。

本装置具有通电自动清零电路,即接通电源瞬间,由于 C_2R_1 的作用,使 CD4017 自动处于 Q_0 为高电平状态,K 不吸合,故不必担心在市电断电又通电后,电视机会自动开机。

4.8.8 单通道红外线音量遥控器

红外线音量遥控器可对扩音机等音响设备的音量进行遥控,控制距离约 7~10m。

一、工作原理

图 4.103 为发射电路。CMOS 非门 D_1 、 D_2 及阻容元件 R_1 、 R_2 、 C_1 等构成 40kHz 指令振荡器。由 VT 驱动红外发光二极管 VD_1 、 VD_2 向外发射红外光脉冲。

图 4.104 为红外线接收及音量控制电路。前置放大选频及

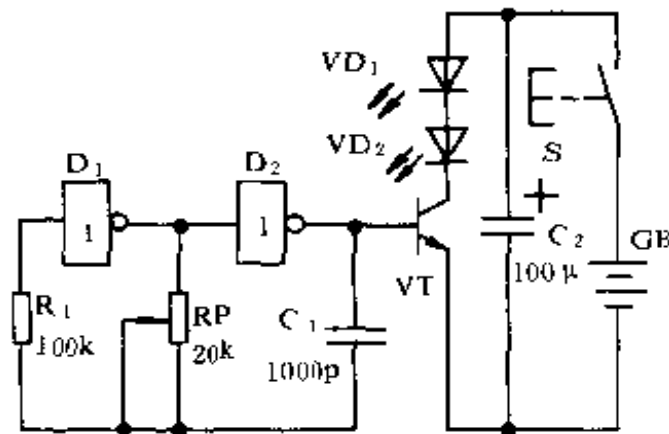


图 4.103 发射电路

脉冲形成由 CX20160 担任。每按一次发射按钮 S, CX20160 的输出端 7 脚就输出一次低电平。

R_{10} 与场效应管 VT 的漏源电阻 R_{DS} 构成音量分压衰减器。我们知道,场效应管在其漏源电压较低时,是工作在可变电阻区的。在可变电阻区,场效应管的漏源电阻 R_{DS} 可以看成是受其栅源偏压 U_{GS} 控制的压控电阻。图 4.105 是由实验测得的 N 沟道结型场效应管 3DJ7F 的压控电阻特性曲线。由图可见,场效应管的 R_{DS} 是随其栅源偏压的负向增大而增大的。由于 N 沟道结型场效应管的栅源偏压只能在小于零的范围内变化(即只能在负向变化),故图 4.104 中, R_4 与稳压管 VD_7 将场效应管 VT 的源极电位垫高到 3V。这样,当 VT 的栅极电位在小于或等于 3V 范围内变化时,其栅源偏压就可在 0V 至负向变化了。电容 C_3 为 VT 的源极交流旁路电容。 R_4 (或 R_5 、 R_6 、 R_7) 与 R_8 形成 VT 栅源偏压分压器,选择 R_4 、 R_5 、 R_6 、 R_7 即可达到调节 VT 的 R_{DS} 的目的。

在接通电源的瞬间,有一经 C_2 、 R_3 微分后的脉冲作用于四位二进制计数器 CD4520 的清零端 R,使其清零,输出端 $Q_1 \sim$

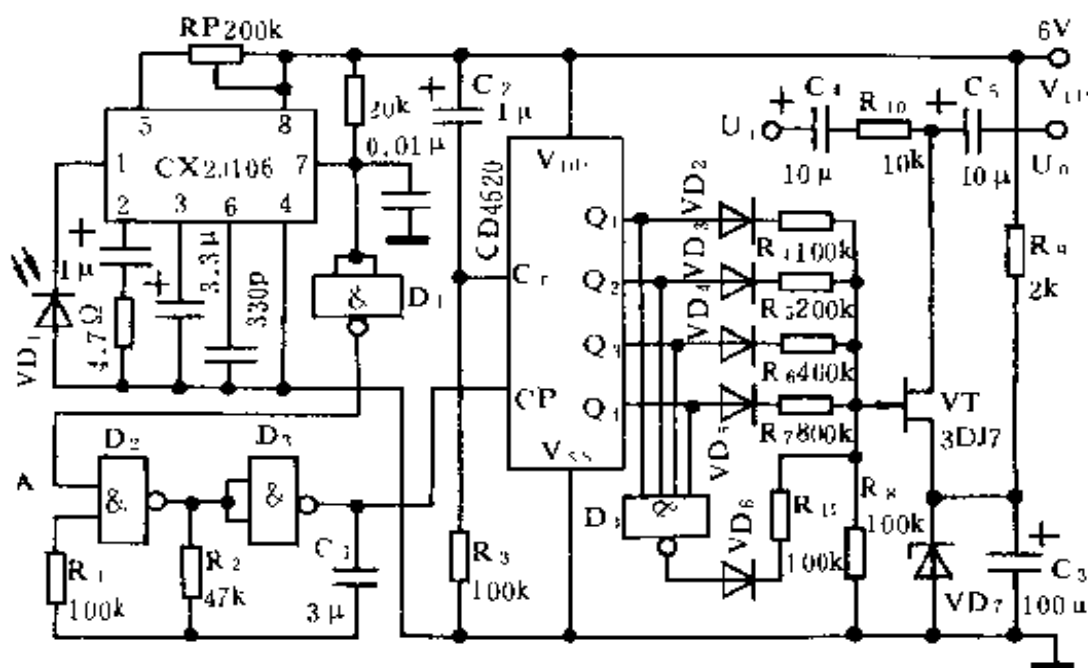


图 4.104 接收电路

Q_1 为“0000”状态。 $R_1 \sim R_7$ 与 R_8 构成场效应管的栅极偏置(分压)电阻,当 $Q_1 \sim Q_4$ 均为“0”时, $VD_2 \sim VD_5$ 不导通, $R_1 \sim R_7$ 不起偏置作用。此时,由于或非门 D_4 的四个输入端均为零,故 D_4 输出“1”,此高电平通过 $VD_6 R_{11}$ 与 R_8 构成 VT 的栅极偏置,我们可以选择 R_{11} 的数值,使其与 R_8 分压后,在 VT 栅极的电位为 $3V$ (与源极电位相等),这样,当刚刚通电时,场效应管 VT 的栅源偏压 $U_{GS} = 0$, VT 的导通电阻 R_{DS} 最小。输入信号 U_i 由 R_{10} 与 R_{DS} 分压后到达输出端的信号最小,接近为零。因此,通电后,可以保证被控音量最小。

当按下发射键 S 时,接收电路中 $CX20106$ 的 7 脚变为低电平,经 D_1 反相后, D_2 的 A 输入端为高电平, D_2 与 D_3 、 R_1 、 R_2 、 C_1 构成的低频(约 $5Hz$)振荡器起振,向四位二进制计数器 $CD4520$ 送入计数脉冲,使其作加法计数,输出端 $Q_1 \sim Q_4$ 的状态可以从

“0000”~“1111”之间变化。当 $Q_1 \sim Q_4$ 在“0000”~“1111”之间变化时, $R_4 \sim R_7$ 的组合阻值在 $10k\Omega \sim 150k\Omega$ 之间变化, 每档变化 $10k\Omega$, 它们与 R_8 分压后, 就可使 VT 栅极电位在 $0 \sim 3V$ 之间变化, 使 VT 的漏源电阻 R_{DS} 有较大的变化范围, 与 R_{10} 分压结果, 可对输入信号有较大的调节范围。

当音量达到所需数值时, 松开发射键, 接收电路中 CX20106 的 7 脚变为高电平, 经 D_1 反相后, D_2 的 A 输入端为低电平, D_2 与 D_3 等构成的低频振荡器停振, CD4520 失去计数脉冲而保持此刻状态, 音量也就保此刻数值。

另外, 当 CD4520 的 $Q_1 \sim Q_4$ 只要有一端为“1”时, 或非门 D_4 就输出“0”, VD_7 截止, R_{11} 不起作用。而当 $Q_1 \sim Q_4$ 均为“0”时, D_4 输出“1”, R_{11} 与 R_9 分压结果可以保证音量为最小。

$VD_2 \sim VD_6$ 为隔离二极管。接收电路的电源可从被控音响设备中接取。

二、元件选用

发射电路中, 门电路用 74HC04 或 CD4069。VT 用 CS9013, VD_1 、 VD_2 用 SE303 等。S 用轻触开关, 电源用三节 5 号电池。

接收电路中, CX20106 也可用 KA2184。 VD_1 用 PH302。 $D_2 \sim D_3$ 用 CD4011, D_4 用 CD4002。计数器 CD4520 为双四位二进制计数器。仅用其中一个计数器。VT 可用 3DJ6。

三、调试

首先, 按下发射键 S, 调节接收电路中 CX20106 的 5 脚电阻 RP, 使其 7 脚刚好输出低电平, 然后拉开发射与接收电路距离, 使其保持在 $7 \sim 10m$, 观察 CX20106 在发射键按下时, 其 7 脚是否还为低电平, 否则, 再调 RP, 使之满足要求。

另外, 在计数器 CD4520 的 $Q_1 \sim Q_4$ 为“0000”状态时, 调节

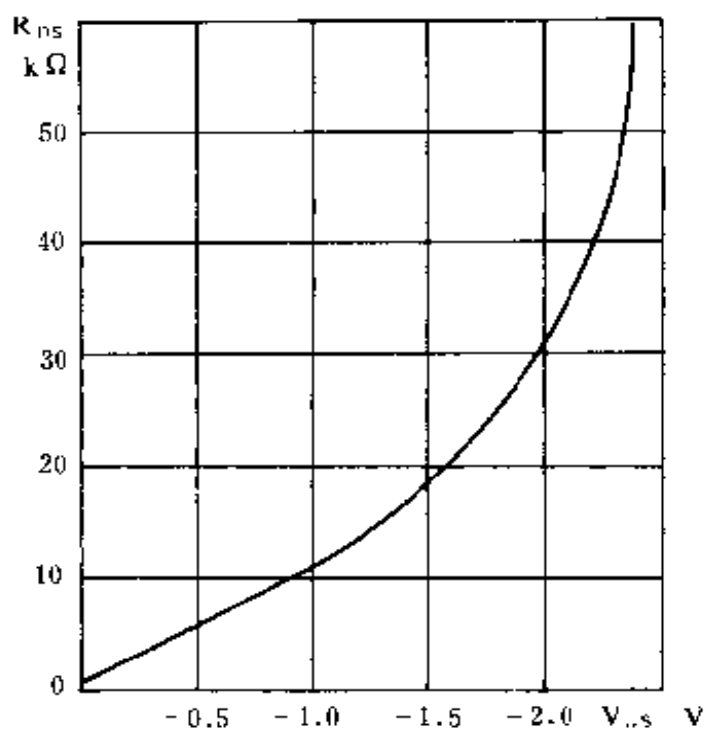


图 4.105 场效应管 R_{DS} 与 V_{GS} 关系

R_{11} ，使 VT 的栅极与源极电位相等。即栅源偏压 $U_{GS}=0$ 。电路其它部分不需调整即可正常工作。

若构成双通道音量遥控，只要增加一只场效应管及相应的输入、输出电路即可。

4.8.9 红外线遥控+/-电阻网络及其应用

大家知道，许多电量的调节都是通过调节电阻来实现的。这里介绍一种红外线遥控+/-（加/减）电阻网络，电阻值按四位二进制权位选择，共有 16 个档次的变化。可用于音响电路的音量遥控、交流调压的遥控等方面。遥控距离在 8m 左右。

一、工作原理

图 4.106 为红外线发射电路。CMOS 非门 D_1 和 D_2 及电容 1000pF 、电阻 $10\text{k}\Omega$ ($20\text{k}\Omega$) 及 $100\text{k}\Omega$ 构成常见的自激多谐振荡器。当按下 SB_1 时, $20\text{k}\Omega$ 电阻接入电路, 振荡频率约为 20kHz ; 当按下 SB_2 时, $10\text{k}\Omega$ 电阻接入电路, 振荡频率约为 40kHz 。信号经非门 D_3 缓冲后, 由 $1\mu\text{F}$ 电容耦合至 VT 基极, 由 VT 驱动红外发光二极管 VD_1 、 VD_2 发射红外光脉冲。 VD_3 的作用是将 $1\mu\text{F}$ 电容耦合过来的负脉冲短路, 使 VT 只受正脉冲作用。

由于 CMOS 电路耦电甚微, 故发射电路未设电源开关。这里 $1\mu\text{F}$ 电容不可省略, 否则, 由于振荡电路中, SB_1 或 SB_2 未按下时门电路的状态不能确定, 可能门 D_3 会输出高电平, 使 VT 在未按下开关时也导通, 使 VD_1 、 VD_2 发出不需要的恒定红外光, 造成电池浪费和降低器件寿命。

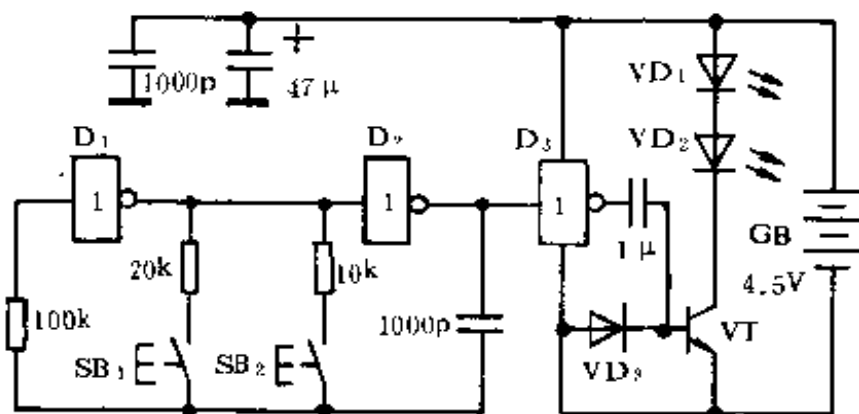


图 4.106 发射电路

接收电路如图 4.107。它由红外光前置放大、锁相环选频、四位二进制十/一计数器、模拟开关及电阻网络构成。

当接收电路中红外接收三极管 VT 收到红外光脉冲时,在 G 点便产生一微小的光电信号,经 C_1 耦合给由运算放大器 A 等组成的反相比例放大器进行放大,电压增益约为 60dB。放大后的信号经 C_2 耦合至 H 点,分为两路,分别送至两个 CMOS 锁相环 N_1 和 N_2 的输入端。锁相环输入信号的频率与其内部压控振荡器的中心频率相同时,其输出端 1 脚由低电平变为高电平。

锁相环内部压控振荡器的中心频率由外接 RC (N_1 中为 R_5 、 C_3 , N_2 中为 R_6 、 C_4) 确定。在这里,我们将 N_1 的中心频率 f_{o1} 设在 20kHz;将 N_2 的中心频率 f_{o2} 设在 40kHz,与发射电路中的两个发射频率相对应。

CD40193 为 4 位 2 进制(双时钟)加/减计数器。当信号从 CP_+ 输入时(CP_- 接高电平),它作加法计数;当信号从 CP_- 输入时(CP_+ 接高电平),它作减法计数。输出端 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 、 Q_0 为 4 位 2 进制代码,共有 0000~1111 共 16 种组态。

另外,在 CP_+ 与 CP_- 两个输入端上设置了计数闸门 D_1 和 D_2 。平时,锁相环 N_1 和 N_2 未收到遥控信号时, N_1 和 N_2 的 1 脚均为低电平“0”,使门 D_1 和 D_2 恒输出高电平“1”,门 D_1 和 D_2 是关闭的。由门 D_3 和 D_4 及 R_4 、 C_1 组成的低频振荡器的低频(0.5Hz~1Hz)脉冲不能通过门 D_1 和门 D_2 作用于 CD40193。

当发射电路中 SB_1 按下时,发射频率为 20kHz,经红外线接收电路接收放大后作用于锁相环 N_1 和 N_2 。此频率落在 N_1 的工作带宽范围内, N_1 的 1 脚由“0”变为“1”,计数闸门 D_1 打开,低频振荡器的低频脉冲通过门 D_1 作用于 CD40193 的 CP_+ ,使其作加法计数。此时, N_2 的 1 脚为低电平,使门 D_2 输出高电平,即 CD40193 的 CP_- 为高电平,恰好满足计数条件。

当发射电路中 SB_2 按下时,读者可自行分析,此时 CD40193 作减法计数。

CD4066 为 4 双向模拟开关, 内部有 4 个双向开关 $S_1 \sim S_4$ 。四个开关的控制端分别与前面的计数器的输出端 $Q_1 \sim Q_4$ 相接, 当 $S_1 \sim S_4$ 的控制端为高电平时, 开关闭合, 为低电平时, 开关打开。闭合时将后面电阻网络中 $r_1 \sim r_4$ 相对应的短路。 $r_1 \sim r_4$ 的阻值按 8421 权位设计。当前面计数器的输出 $Q_4 Q_3 Q_2 Q_1 = 0000$ 时, 与 $S_1 \sim S_4$ 均打开, 电阻网络的 (A、B 间) 电阻值为 $r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = 15\text{k}\Omega$; $Q_4 \sim Q_1 = 0001$ 时, S_1 闭合, $S_2 \sim S_4$ 打开, 阻值为 $r_2 + r_3 + r_4 = 14\text{k}\Omega \dots$; 当 $Q_4 \sim Q_1 = 1111$ 时, $S_1 \sim S_4$ 均闭合, 将所有电阻短路, A、B 间阻值为零。当然每一位的阻值根据不同需要, 可选择不同的数值。

遥控电阻网络中的电源可从被控对象中取得, 电压可从 $5\text{V} \sim 15\text{V}$ 之间选择。

二、元件选择

发射电路中, 非门 $D_1 \sim D_3$ 用一片 CD1069, 仅用其中 3 个门。VT 用 9C14 或 9C13, $\beta \geq 100$ 。红外发光二极管 VD_1 、 VD_2 用 SE303 或 LM66R 等。SB₁、SB₂ 用市售成品或用磷铜片自制。电池用 3 节 5 号电池。

接收电路中, 红外接收三极管用 3DU31 等。运放 A 可用 $\mu\text{A}741$ 。锁相环 N_1 和 N_2 CD4046 国标型号为 CC4046 (或 J691)。CD40193 可用 C184 代用。CD4066 也可用 C544 代用。

三、调试要点

将发射电路中 SB₁ 短接, 用万用表测电源回路总电流, 读数如在 $60 \sim 80\text{mA}$, 表明电路工作正常。然后将发射机中 VD_1 、 VD_2 靠近 (2m 以内) 接收机中 VT, 用万用表测量 N_1 中 1 脚电位, 应为高电平 (接近电源电压), 否则调节电阻 R_5 , 使其升为高电平。然后拉开两机距离, 看 N_1 中 1 脚电位是否还为高电平, 否则再调 R_5 , 使之满足要求。

然后,将发射机中 SB_2 短接(SB_1 开路),仍用上述方法将 N_2 中1脚电位调至高电平。

改变 R_0 的数值,使低频脉冲发生器的工作频率为 $0.5\text{Hz}\sim 1\text{Hz}$,即每2S发1个脉冲或每1S发1个脉冲。

四、应用举例

1. 红外线+/-音量遥控器

电路如图4.108所示。来自前置级的音频信号经 C_1 由 R_0 与电阻网络构成分压电路, $U_0 = U_i \frac{r}{R_0 + r}$, r 为电阻网络的阻值,若它仍取图4.107数值,音量调节范围为 $5\%\sim 75\%$ 。

2. 红外线遥控+/-调光器

电路如图4.109所示。电阻网络与电容 C_1 、单结晶体管BT33等构成可控硅触发电路,当电阻网络有不同阻值时, C_1 就有不同的充电电流,从而使双向晶闸管有不同的导通角,最终使灯泡EL有不同的发光强度。

晶闸管触发电路的同步电源由变压器 T_1 降压,桥路整流,再经 R_1 、 VD_4 削波后,变为每隔 180° 角过零一次的梯形波,即为同步电源。遥控电路的电源可将梯形波电压经电容(C)滤波后供给,为了使前级工作电源加滤波电容C后,不影响梯形波同步电源,电路设置了隔离二极管 VD_5 ,将两部分隔离。

发射电路可装于用红色或茶色有机玻璃制成的小盒中,故 VD_1 、 VD_2 (见图4.106)不必露出,因这两种有机玻璃可透过红外线。 SB_1 、 SB_2 装在面板上。若用于音量控制, SB_1 应标(-)号, SB_2 应标(+)号,这是因为 SB_1 按下时,接收电路中CD40193作加法计数,电阻网络的阻值是递减的,此时经与图4.108中 R_0 分压后音量递减。故 SB_1 标(-)号,同理 SB_2 应标(+)号。若用于调光电路,则 SB_1 标(+)号, SB_2 标(-)号,因为按下 SB_1 时,

电阻网络阻值减小 VS 导通角增大, EL 光强增大, 故此时 SB_1 标(+), SB_2 标(-)。接收电路装于被控对象的机壳空余处, 红外接收管 VT 的受光面要面对遥控方向。

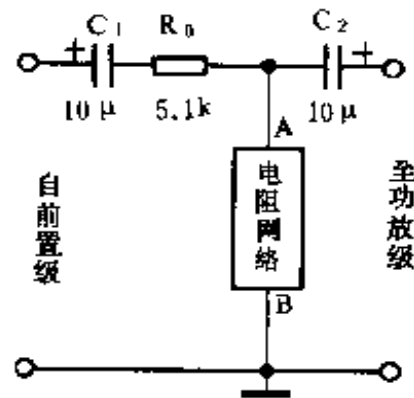


图 4.108 +/—电阻网络用于音量的+/-遥控

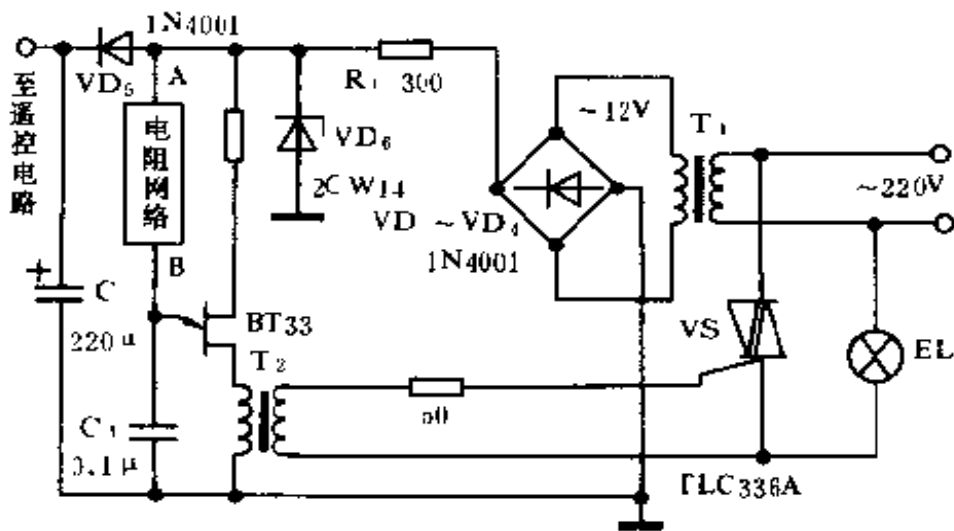


图 4.109 +/—电阻网络用于+/-调光遥控

4.8.10 多功能红外线电扇遥控器(机外型)

多功能红外线电扇遥控器有四种功能:即遥控开关、遥控调速、遥控定时、遥控模拟自然风。使用本遥控器不需对原电扇作任何改动,是一种机外型电扇遥控器。其主要性能如下:

遥控距离 $\geq 8\text{m}$;发射器静态工作电流 $\leq 1\mu\text{A}$;接收机功耗 $\leq 0.8\text{mW}$;接收机控制功率 $\leq 150\text{W}$;调速档次分3档;定时时间 $10\sim 45\text{min}$;模拟自然风通断比 $5\text{S}/5\text{S}$ 。

一、工作原理

1. 发射电路

电路见图4.110。非门 D_1 、 D_2 以及 $R_1\sim R_4$ 、 $RP_1\sim RP_3$ 、 C_1 构成自激多谐振荡器,当分别按下 $S_1\sim S_3$ 时,电路产生三种不同的振荡频率。振荡信号经门 D_3 及门 $D_4\sim D_6$ 送至VT,由VT进行功率放大后驱动红外发光二极管 VD_1 和 VD_2 向外发射红

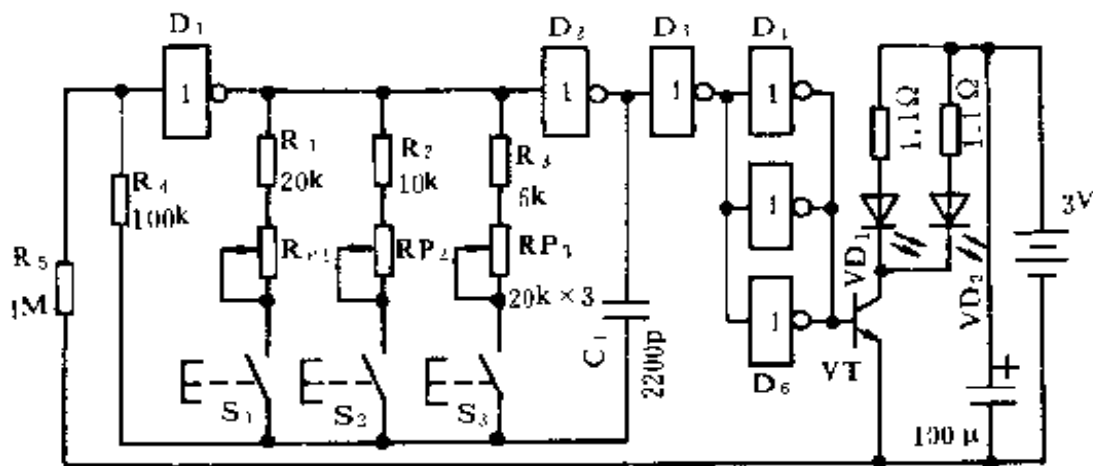


图 4.110 发射电路

外光脉冲。使用两只红外发光二极管的目的是为了增大发射功率及发射光脉冲的作用面积。门 $D_4 \sim$ 门 D_6 并联是为了提高门电路的驱动能力。这里门电路采用 74 系列 CMOS 六非门 74HC04, 其工作电压为 $2 \sim 6V$, 发射器电源电压选 $3V$ 。如果采用 4000 系列 CMOS 六非门 CD4069, 其工作电压 $3 \sim 18V$, 在新电池情况下, 发射器电源电压选 $4.5V$ 较合适。由于 R_5 的作用, 平时使门 1 的输入端为低电平(由 R_5 保证), 经四级非门反相后, 门 $4 \sim 6$ 仍输出低电平, 故平时未按 $S_1 \sim S_3$ 时, VT_1 是截止的, 整个发射电路的静态工作电流小于 $1\mu A$, 故发射器省去了电源开关, 仅设置三个功能控制按钮 $S_1 \sim S_3$ 。

2. 接收电路

接收电路如图 4.111 所示。它由前置放大器、锁相环音频译码器、三档交流调压器、定时器、模拟自然风控制器及电容降压的稳压电源等几部分构成。

VT_1 及 IC_1 等组成前置放大器。当红外接收管 VD_1 收到发射器的红外光脉冲时, 在 C_1 的左边便产生与光脉冲同频率的微弱电压信号, 经 C_1 送入 VT_1 及 IC_1 构成的两极放大器进行放大。

放大后的信号经 C_4 后分为三路, 分别送至集成锁相环音频译码器 IC_2 、 IC_4 、 IC_6 的 3 脚。当 3 脚输入信号的频率与其压控振荡器的中心频率 f_0 相符时, 其逻辑输出端 8 脚由高电平变为低电平, 输出一个负逻辑脉冲。本电路就是利用这一功能实现对遥控信号的选频。

IC_2 、 IC_4 、 IC_6 中压控振荡器的中心频率分别与发射电路中 S_1 、 S_2 、 S_3 按下时的发射频率一致。

当按动发射器的 S_1 时, IC_2 的 8 脚输出一个负脉冲, 经 VT_2 反相后变为正脉冲, 作用于 IC_3 (双 D 触发器) 的 CP_1 端。计数器

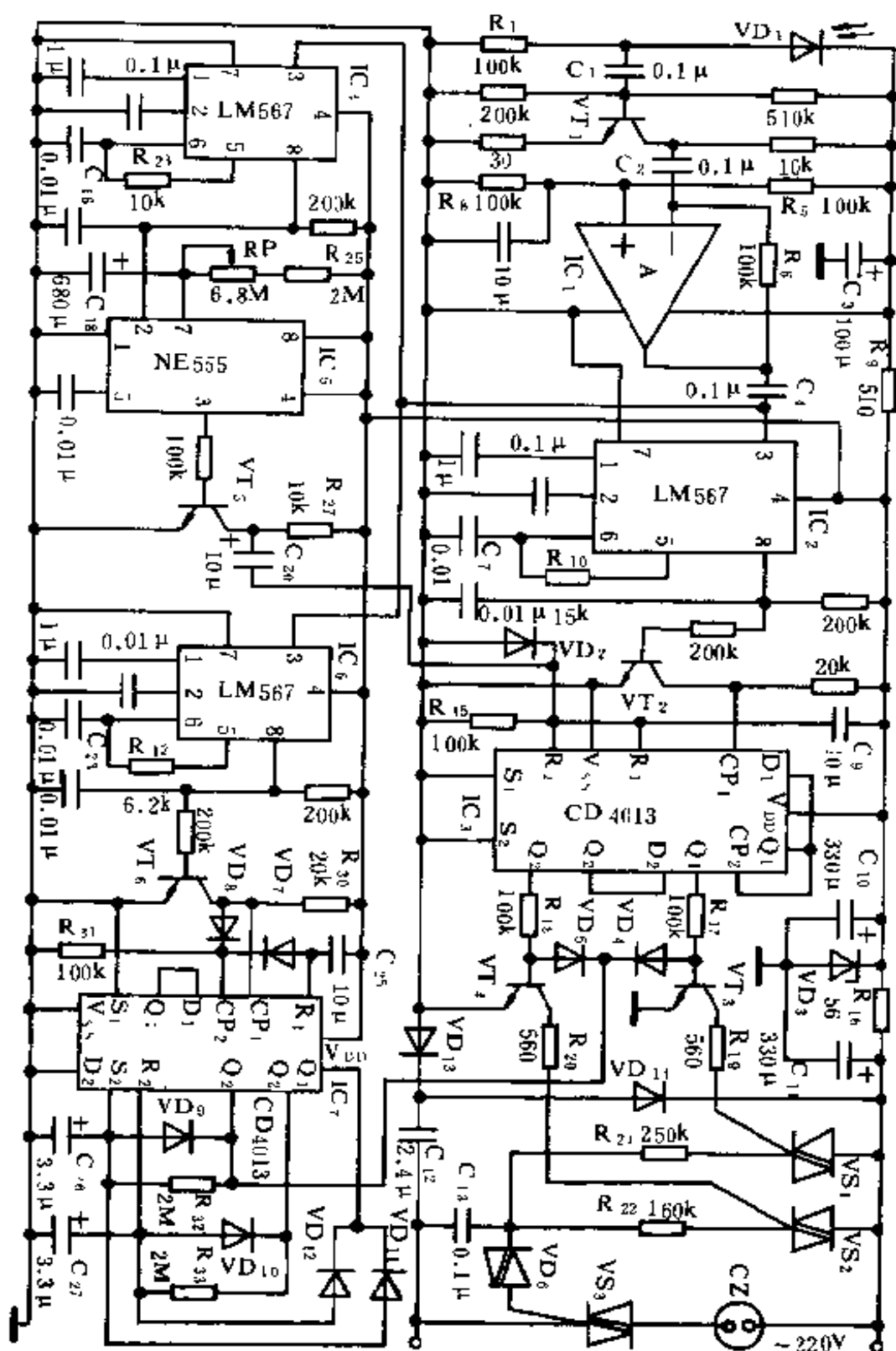


图 4.111 接收电路

为“00”态, VT_3 和 VT_4 均截止, 双向晶闸管 VS_1 、 VS_2 截止, C_{13} 无充电电流无电压, 双向触发二极管 VD_5 截止, VS_3 也截止, CZ 插孔内无电压, 电扇处断电状态。可见, 本电路具有通电自动置“0”功能。可以保证在电网停电又送电时电扇处断电状态。当 IC_3 的 CP_1 接到 VT_2 送来的正脉冲作用时, Q_1 变为“1”, VT_3 导通, VS_1 导通, C_{13} 的充电电阻为 R_{21} , 通过 VD_6 , 使 VS_3 以某一导通角导通, 电扇为较低转速。若再按下发射按钮 S_1 , IC_3 的 CP_1 又得到一正脉冲作用, 于是 Q_2 输出正电平, VT_4 导通。由于 VS_2 导通, C_{13} 的充电电阻为 $R_{22} (< R_{21})$, 故 VS_3 导通角较 VS_1 导通时增大一些, 电扇为中等转速。同理, 若再按动发射按钮 S_1 , 则 IC_3 中的 CP_1 又得到一正脉冲, 此时, VS_3 导通角最大, 电扇转速最高。若再按动一次发射按钮 S_1 , 则 IC_3 的 Q_1 、 Q_2 均变为零, VS_3 截止, 电扇关掉。适当选择 R_{21} 与 R_{22} 阻值, 可得到三档满意的电扇转速。

这里, CD4013 中的两个 D 触发器均接成 T 型触发器, $\overline{Q_1}$ 与 CP_2 相连, 使 CD4013 构成两位二进制计数器, 共有“00”, “01”, “10”, “11”四种状态。故可得到除关断外的三档转速。

当按动发射器中 S_2 时, IC_4 的 8 脚输出一负脉冲, 作用于由 IC_5 (NE555) 构成的单稳态定时电路的 2 脚, 使其进入暂稳态。单稳时间即定时时间 $T \approx 1.1RC$ (R 为 $R_{25} + RP$, C 为 C_{18}), 在 10min~45min 之间可调。进入暂稳态时, IC_5 的 3 脚由低电平变为高电平, VT_5 导通, 其集电极输出一负脉冲引至 IC_3 (两个 D 触发器) 的清零端 R_1 和 R_2 端, 为防止对 IC_3 损坏, 电路设置了二极管 VD_2 将负脉冲短路掉。当 IC_5 的暂稳态结束时, 也就是定时时间到时, IC_5 的 3 脚由高电平变为低电平, VT_5 截止, 集电极输出一正脉冲, 经 C_{20} 引至 IC_3 的清零端 R_1 和 R_2 端, 使 IC_3 中的两个触发器均被置“0”, 即无论原来 IC_3 处何种状态, 只要

清零端有正脉冲作用,就会使 IC₃ 的 $Q_1 = Q_2 = 0$ 。这样当 IC₃ 的定时时间一到,电扇无论处何档转速均被关掉。

这里需指出,若不按发射器 S₂(定时按钮),只按 S₁(开关与调速按钮),仍可遥控调速与开关。定时控制可随时加入,如某一时刻按动 S₂ 后,那么经过设定时间,电扇自行关掉。

当按动发射器 S₃ 时,IC₅ 的 8 脚输出一个负脉冲,经 VT₆ 反相后变为正脉冲,作用于 IC₇ 的 CP₁ 端。

这里需要说明,在刚刚通电的瞬间,有一经 C₂₅ 与 R₃₁ 微分的正脉冲作用于 IC₇ 的 R₁ 端,使 Q₁ = 0,VD₁₁ 与 VD₁₂ 导通,将第二触发器的置“0”端 R₂、置“1”端 S₂ 的电位箝在 0.6V,方波振荡器不能起振。另外,第二触发器的 CP₂ 端与 R₁ 端同时受 C₂₅ 与 R₃₁ 微分脉冲的作用,又因数据输入端 D₂ 接于低电平“0”上,故使 Q₂ = D₂ = 0, $\bar{Q}_2 = 1$ 。由于 \bar{Q}_2 与 VD₄、VD₅ 的负极相联,此时 VD₄ 和 VD₅ 均截止,不影响 VT₃ 和 VT₄ 的基极电位,电扇恒速运转。

当 IC₇ 中第一触发器的 CP₁ 受到 VT₆ 送来的正脉冲作用时, Q₁ 由“0”变为“1”,VD₁₁ 和 VD₁₂ 截止,不再影响第二触发器的 R₂ 与 S₂ 端电位,方波振荡器起振。由于起振前 $\bar{Q}_2 = 1$,此时 \bar{Q}_2 通过 R₃₂ 向 C₂₆ 充电, S₂ 端电位逐渐上升,经过 $t = 0.69R_{32}C_{26}$ 时间, S₂ 端电位升至其翻转电压,第二触发器被置“1”, Q₂ = 1, $\bar{Q}_2 = 0$ 。C₂₆ 通过 VD₉ 及 \bar{Q}_2 端迅速放电,为下次充电做好准备。同时 Q₂ 端的高电平通过 R₃₃ 向 C₂₇ 充电, R₂ 端电位逐渐上升,经过 $t_2 = 0.69R_{33}C_{27}$ 时间, R₂ 端电位上升至其翻转电压,第二触发器被置“0”, Q₂ = 0, $\bar{Q}_2 = 1$ 。然后,重复上述过程,形成振荡。振荡周期 $T = t_1 + t_2 = 5S + 5S$ 。当 IC₇ 的 \bar{Q}_2 为高电平时,VD₄ 和 VD₅ 截止,不影响 VT₃、VT₄ 基极电位,电扇按原转速正常运转。当

IC₇ 的 \overline{Q}_2 为低电平时, VD₄ 和 VD₅ 导通, 将 VT₃、VT₄ 的基极电位箝在 0.3V 左右, 使其截止, 电扇断电停转。但由于惯性, 不是马上停转, 而是逐渐减速。当 \overline{Q}_2 又为高电平时, 电扇通电, 开始加速。这样, 电扇通电 5S, 断电 5S, 从而模拟了自然风的效果。

当不需要自然风效果时, 只要再按一下发射按钮 S₃ 即可。另外, 由于 CP₂ 与 CP₁ 同时受到正脉冲作用, 故 Q₂=D₂=0, 从而保证了停振后 $\overline{Q}_2=1$, VD₄、VD₅ 截止, 电扇按原转速正常运转。VD₇、VD₈ 在此起隔离作用。

C₁₂、VD₁₃、VD₁₄、VD₃ 构成电容降压半波整流稳压电路, 向接收及控制电路供电。R₁₆ 和 C₁₆ 及 R₄ 和 C₃ 分别构成控制电路及前置放大器电源的退耦电路, 以保证各部分电路工作稳定。

二、元件选用

发射电路中, VT 用 CS9013, 或 3DG130, 要求 $\beta \geq 100$ 。VD₁、VD₂ 用 SE303、HIR405B、HIR305B Φ 5mm 圆形红外发光二极管。S₁~S₃ 用 5×5 或 6×6mm 微型轻触开关, 也可选用导电橡胶开关。RP₁~RP₃ 用微型半可调电阻。电源用两节 5 号干电池或蓄电池。

接收电路中, VD₁ 用 PH302 方形或 HPT605C 等圆形光敏管, Φ 5mm 圆形较方形灵敏度高。IC₂、IC₄、IC₆ 也可用 NE567。三极管全部用 9013, $\beta \geq 100$ 。VD₄、VD₅ 用 2AK 或 2AP 型锗二极管。VD₁₃、VD₁₄ 用 1N4004 或 1N4007。VD₃ 用 7.5V/1W 的稳压二极管。其余二极管全部 1N4148。C₁₂ 的耐压要大于 400V, 可选用容量相等的电扇电容, 也可用涤纶电容。VS₁、VS₂ 用 1A/600V 双向晶闸管。VS₃ 用 3A/600V 双向晶闸管, 如 TLC336、TLC386 等。VD₆ 用 2CTS 型双向触发二极管。C₁₃ 耐压要大于 160V。R₁₆ 用 1/2W 的, 其余电阻用 1/8W 的。

三、调试要点

发射机调试:分别按动 $S_1 \sim S_3$, 测量电路总电流在 $60\text{mA} \sim 80\text{mA}$, 表明发射电路工作基本正常。

接收机调试:首先测量 VD_3 两端电压, 应在 $7 \sim 9\text{V}$ 之间, 若超出此值应更换 VD_3 , 过大或过小均会造成锁相环 LM567 工作不正常。还要注意, VD_3 焊接一定要可靠, 不可出现开路现象, 否则, 电路会出现较高电压损坏器件。然后测量 IC_2 、 IC_4 、 IC_3 的 8 脚电位, 均应在 $3.5 \sim 4\text{V}$ 左右, 否则应检查 IC 及有关器件是否完好。

然后, 让电扇处于某一转速, 短路一下 C_{17} , 观察是否经过 45min 自行关掉 (RP 旋至最大)。若不满足要求, 可改变 R_{25} 、RP、 C_{18} 来调整。

必须注意, 调试接收机时, 人体不得触及电路, 以免发生危险。

发射机与接收机联调:将发射机发射管面对接收机接收管 (不必正对), 相距 $8 \sim 10\text{m}$ 远, 按下 S_1 , 调节 RP_1 , 使接收机中的 IC_2 的 8 脚变为低电平, 停止调节。因距离较远, 仪表指示不易看清, 在 IC_2 的 8 脚与正电源之间接一由发光二极管与电阻 ($1\text{k}\Omega$ 左右) 串联的指示电路, 当发光二极管发光时, 表明 IC_2 的 8 脚为低电平。

当按下发射器 S_2 或 S_3 键时, 调节 RP_2 或 RP_3 , 使接收机中的 IC_4 或 IC_3 的 8 脚为低电平。调试方法与上述相同。

4.8.11 一种新颖的频分制多通道红外线遥控器

频分制多通道遥控器, 一般是采用多个选频单元电路进行频率选择。当遥控通道数较多时, 电路将变得非常复杂。这种新颖频分制多通道红外线遥控器, 仅由一片音频锁相环 (作选频电路) 及一些外围支持电路组成, 构成简单, 成本低廉, 可应用于家

用电器、工业控制等方面。

一、工作原理

1. 红外线发射电路：电路如图 4.112 所示。由 74HC 系列 CMOS 六非门 74HC04 构成，其特点是可在较低电压（2V~6V）下工作，发射器电源可用 3V（两节 5 号电池），较用 4000 系列 CMOS 六非门 CD4069 工作更加可靠。 D_1D_2 等构成自激多谐振荡器，振荡频率由 $RP_0 \sim RP_{15}$ 及 C_1 确定： $f = 1/2.2RC$ 。当发射键 $S_0 \sim S_{15}$ 分别按下时，电路振荡频率分别为 $f_0 \sim f_{15}$ 。

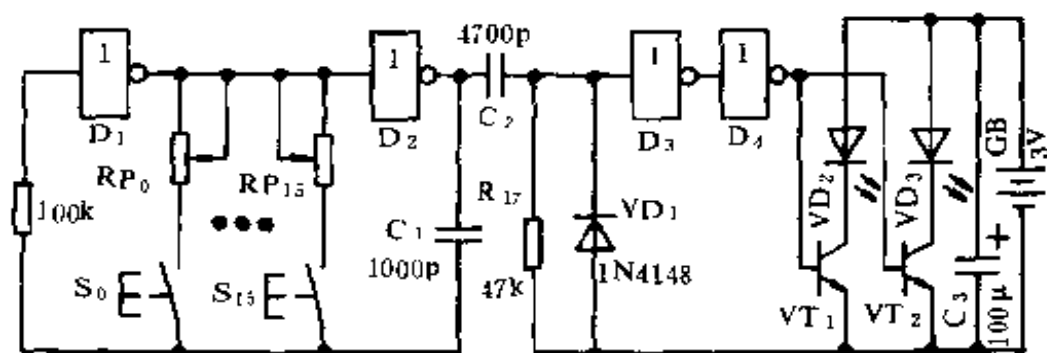


图 4.112 发射电路

红外光的作用距离与红外发光管的峰值驱动电流成正比，为了减小发射管的平均工作电流（延长红外管及电池使用寿命），而不降低峰值工作电流， D_2 输出的方波信号经 C_2 、 R_{17} 微分后变为尖脉冲，再经 D_3 、 D_4 整形后变为占空比较小的矩形窄脉冲，作用于 VT_1 和 VT_2 基极，进行功率放大后驱动红外发光二极管 VD_2 和 VD_3 向外辐射红外光脉冲。 VD_1 的作用是将 D_3 输入端的负向尖脉冲短路掉。

另外，当 $S_0 \sim S_{15}$ 均不按下时，电路不振荡，这时， R_{17} 将 D_3 输入端接低电平，经 D_3 和 D_4 两级反相后仍输出低电平，故 VT_1 和 VT_2 截止。电路在静态时，工作电流小于 $1\mu A$ ，故发射器不设电源开关。

2. 接收选频及控制电路:电路如图 4.113。VD₁₈是红外光敏二极管,当它接收到发射器的红外光脉冲时,其内阻作相应频率变化,与 R₁ 分压后产生一微小的电信号,经 C₁ 耦合给运算放大器 A₁ 和 A₂ 进行放大。A₁ 和 A₂(LM358N)均接成同相放大器。由于是单电源运用。由 R₂ 和 R₃ 分压构成偏置电路,将 A₁ 静态时的同相输入端电位垫高到 1/2 电源电压。由于 A₁ 和 A₂ 是直接耦合,故 A₂ 的同相输入端也被偏置在 1/2V_{DD} 电源电压。两级放大器总增益为 $1+R_5/R_4$ 与 $1+R_6/R_7$ 的乘积,可达 60dB,与图 4.112 发射电路配合使用,遥控距离不小于 8m。

被放大的信号经 C₄ 送入锁相环音频译码器 LM567 的输入端 3 脚。LM567 在此基本功能是,当 3 脚输入信号与其内部压控振荡器的频率相同时,其逻辑输出端 8 脚由原高电平变为低电平。内部压控振荡器的频率由其 5 脚及 6 脚外接阻容元件确定: $f=1/1.1RC$ 。本电路就是利用 LM567 的这一功能实现对信号的频率选择的。R₁₂~R₂₇ 与 C₈ 构成与发射频率 f_0 ~ f_{15} 一一对应的 16 种选频频率。

由图 4.113 可见,当接收电路未收到发射器的红外线信号时,LM567 的 8 脚为高电平,由与非门 D₁₇ 及 D₁₈ 构成的可控脉冲振荡器处于振荡状态,D₁₈ 输出的约 4kHz 的脉冲信号作用于四位二进制加法计数器 IC₄(CD4520)的时钟输入端 CP,使其作加法计数,其数据输出端 Q₀~Q₃ 输出的四位二进制码在 0000~1111 之间变化,且不断循环。一方面,CD4520 的 Q₀~Q₃ 的数据作用于单 16 通道模拟开关 IC₃(CD4067)的四位地址线 A₀~A₃,使 CD4067 的公共输入/输出端 I/O 与 0~15 这 16 个通道顺序接通,且不断循环,使 LM567 外接选频电阻 R₁₂~R₂₇ 顺序地接入电路,也就是不断地改变 LM567 的选频频率。在无输入信号时,LM567 的 8 脚始终输出高电平,由 D₁₇ 及 D₁₈ 构成的可

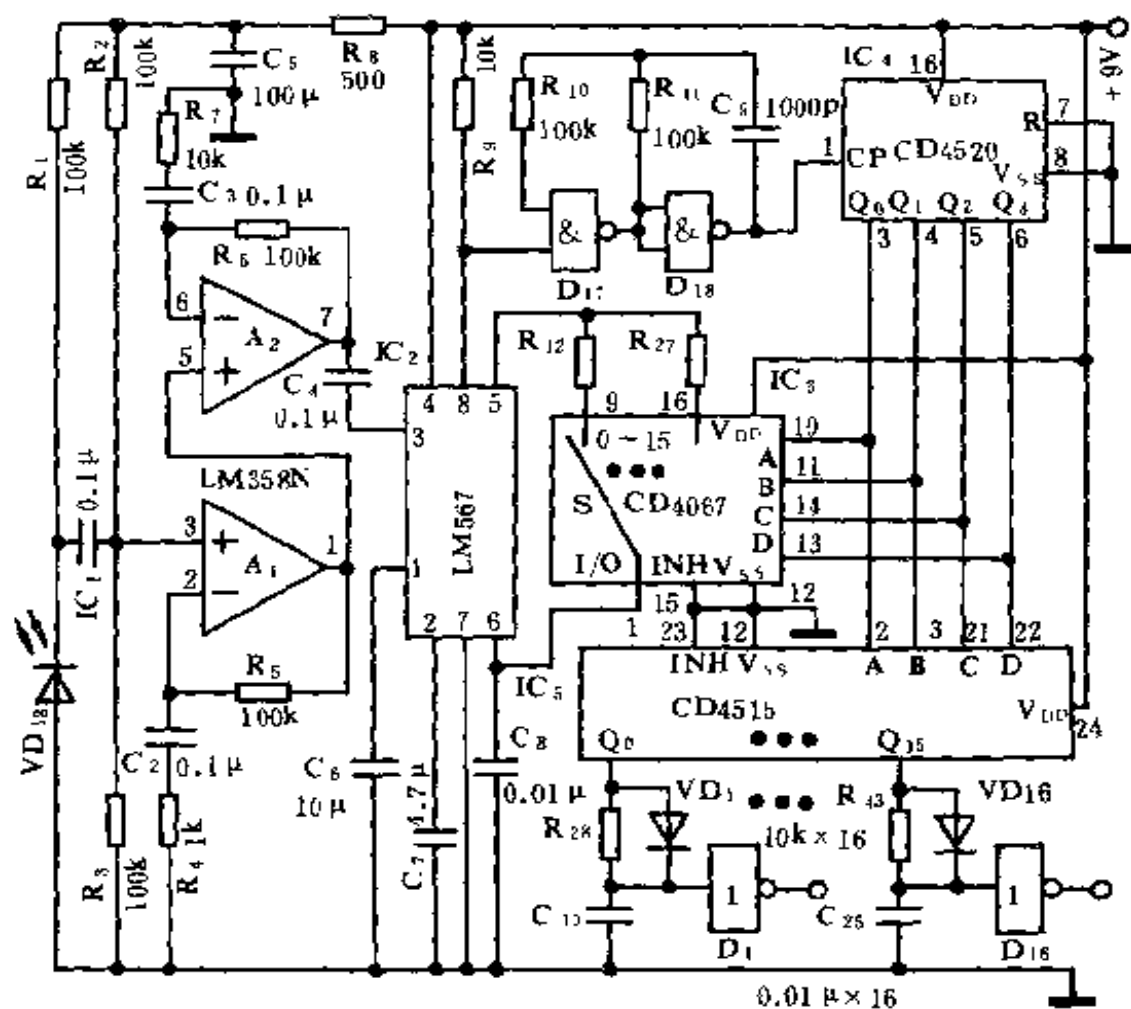


图 4.113 接收电路

控振荡器维持振荡。另一方面, CD4520 的 $Q_0 \sim Q_3$ 的数据作用于 4-16 线时序译码器 CD4515 (与 CD4514 功能相同, 但输出端为低电平有效) 的输入端 A、B、C、D, 经其译码后, 在 $Q_0 \sim Q_{15}$ 这 16 个输出端顺序地输出低电平 (任何时候, 只有一个输出端为低电平, 其余均为高电平)。电阻 $R_{28} \sim R_{43}$ 及电容 $C_{10} \sim C_{25}$ 构成积分网络, 由于 $C_{10} \sim C_{25}$ 原已充有高电平, 在 CD4515 的 $Q_0 \sim Q_{15}$ 顺序输出低电平不断扫描各积分网络时, 对于 $C_{10} \sim C_{25}$ 中每

个积分电容的充电时间为放电时间的 16 倍, 又因 $VD_1 \sim VD_{16}$ 二极管的作用, 充电电阻(二极管的正向电阻)很小, 故 $C_{10} \sim C_{25}$ 始终保持高电平, 非门 $D_1 \sim D_{16}$ 始终为低电平。

当按下发射键 S_0 时, 发射频率为 f_0 , 与接收电路中 R_{12} 接入 LM567 时的选频频率相同, 当 CD4520 的 $Q_0 \sim Q_3$ 为“0000”状态时, 一方面, 使 CD4067 的 I/O 端与第 0 通道接通, R_{12} 接入 LM567, 此时, LM567 的选频频率与发射频率相同, 其 8 脚由高电平变为低电平。 D_{17} 与 D_{18} 构成的可控振荡器停振, CD4520 因失去计数脉冲而保持此刻的“0000”状态。另一方面, CD4520 的“0000”状态, 经 CD4515 译码后, 其输出端 Q_0 输出低电平, 由于按下发射键 S_0 的时间远大于 CD4515 的 $Q_0 \sim Q_{15}$ 输出的低电平自动扫描积分网络的时间, 电容 C_0 将通过 R_{28} 放电, 当放至小于门电路转换电压 ($1/2V_{DD}$ 时) 非门 D_1 由低电平输出高电平。当松开发射键 S_0 时, 接收电路中 LM567 的 8 脚由低电平又变回高电平, 由 D_{17} 及 D_{18} 构成的可控振荡器起振, CD4520 的 CP 端又有计数脉冲输入, 其输出端 $Q_0 \sim Q_3$ 的状态又从 0000~1111 之间循环变化, 使 CD4515 的 $Q_0 \sim Q_{15}$ 这 16 个输出端以高电平时间为 16 倍的低电平时间, 又对各积分网络进行扫描, $C_{10} \sim C_{25}$ 通过 $VD_1 \sim VD_{16}$ 迅速充到高电平, 故非门 D_1 输出由高电平变为原低电平。

可见, 每按动一下发射键 S_0 , 接收电路中非门 D_1 就输出一个正脉冲, 脉冲宽度约为按下 S_0 的时间。

读者可自行分析, 按下其它发射键 $S_1 \sim S_{15}$ 时, 电路的工作情况。最后的结论是: 每按动一下 $S_0 \sim S_{15}$ 这 16 个键中的任何一个, 接收电路中对应的非门 $D_1 \sim D_{16}$ 输出一个正脉冲, 即按动 S_0 时, D_1 输出正脉冲; 按动 S_1 时, D_2 输出正脉冲; ……按动 S_{15} 时, D_{16} 输出正脉冲。这些脉冲信号去触发各种触发器或计数器, 最

终驱动各种执行电路。

二、元器件的选用

发射电路中, $D_1 \sim D_4$ 用 74HC04, 若用 CD4069, 建议将电源电压提高到 4.5V。VD₂、VD₃ 用 SE303A、HIR405 等 $\Phi 5\text{mm}$ 红外发光二极管。S₀~S₁₅ 用导电橡胶键盘或 5×5mm 微型轻触开关。VT₁、VT₂ 用 CS9013 或 CS8050, $\beta \geq 100$ 。

接收电路中, VD₁₈ 用 HPT605 等圆形红外接收二极管, 也可用方形 PH302。A₁、A₂ 用一片 LM358N。LM567 也可用 NE567。D₁₇、D₁₈ 用 CD4011, 仅用 1/2。VD₁~VD₁₆ 用 1N4148。非门 D₁~D₁₆ 用 CD4069, 要用三片。电源电压在 6V~9V 之间选择, 要求电源能提供 20mA 以上的电流。

三、调试要点

1. 发射电路

首先, 确定 16 个遥控频率, $f_0 \sim f_{15}$, 可从几 kHz 到 100kHz 之间选择。然后, 根据发射电路振荡频率公式 $f = 1/2 \cdot 2RC$, 计算出每一频率对应的电阻值, 并用稍大于计算值的微调电阻焊于发射电路中 RP₀~RP₁₅ 位置。分别按动 S₀~S₁₅, 测量发射电路总电流, 如在 40mA~60mA, 表明电路工作正常, 若明显超过此值, 可适当减小 C₂ 的容量。

2. 接收电路

根据已确定的 16 个遥控频率, 按接收电路中 LM567 的内部压控振荡频率的计算公式 $f = 1/1.1RC$, 计算出每一频率所对应的电阻, 并用相近的标称电阻焊于接收电路中 R₁₂~R₂₇ 位置上, 若计算值与标称值相差较多, 可采用串并联的方法。

3. 发射与接收电路联调

将发射器面对接收器, 按动 S₀, 接收电路中 LM567 的 8 脚应变为低电平, 否则, 调节发射电路中 RP₀, 使之达到要求。这

时,接收电路中非门 D_1 输出高电平,第0通道就调试完毕。然后用同样方法调整第1~第15通道。若发现相邻通道间有串扰,可将频率稍错开一些。

4.8.12 多通道遥控互锁电子开关

在许多仪器设备及家用电器中,要用到互锁开关。使用电子互锁开关不仅可以减小体积,而且操作舒适。这里介绍一个八通道遥控互锁电子开关,电路十分简单,虽然只有八位,但可方便地扩展为更多位。

一、工作原理

图4.114为发射电路。CMOS非门 D_1 、 D_2 及电阻 $RP_0 \sim RP_7$ 、 $R_0 \sim R_7$ 、电容 C_1 等构成指令振荡器。当分别按下指令键 $S_0 \sim S_7$ 时,电路产生八个频率 $f_1 \sim f_8$ 的指令信号,指令信号经非门 D_3 、 D_4 缓冲后作用于晶体管VT的基极,由VT驱动红外发光二极管 VD_1 、 VD_2 辐射红外指令信号。当未按 $S_0 \sim S_7$ 时,由于 R_8 将非门 D_1 的输入端接低电平,经 $D_1 \sim D_4$ 反相后仍为低电平,VT截止, VD_1 、 VD_2 不发光,整个发射电路静态工作电流仅 $1\mu\text{A}$,故无须设电源开关。

接收电路见图4.115,它由前置放大电路,选频电路及八D触发器构成。放大及选频电路我们已比较熟悉。下面首先对八D触发器作一简介。

八D触发器用型号为74HC374的,属74HC系列CMOS电路,也可使用74LS系列TTL电路,但功耗较大。图4.116是74HC374的内部结构及功能引线图。

74HC374内部有八个D触发器,它们共用同一时钟CP,且时钟输入端经施密特触发器作用于各个D触发的时钟端,这不仅使触发可靠,而且简化了外围电路的设计。当八D触发的时

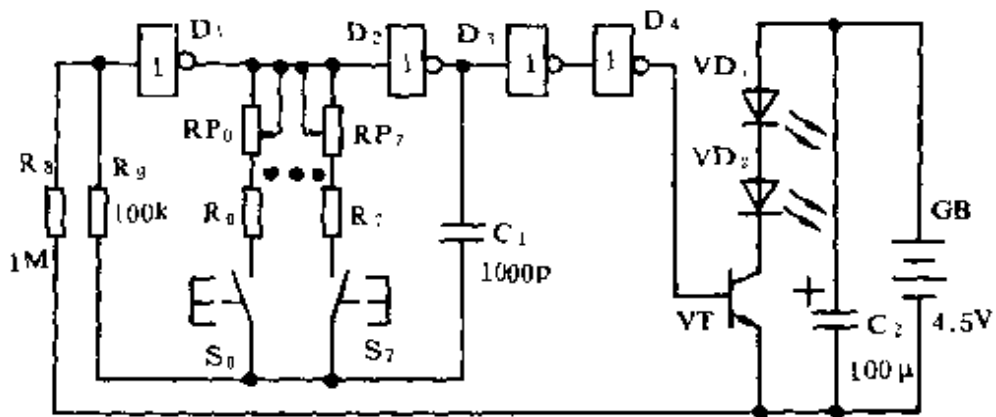


图 4.114 发射电路

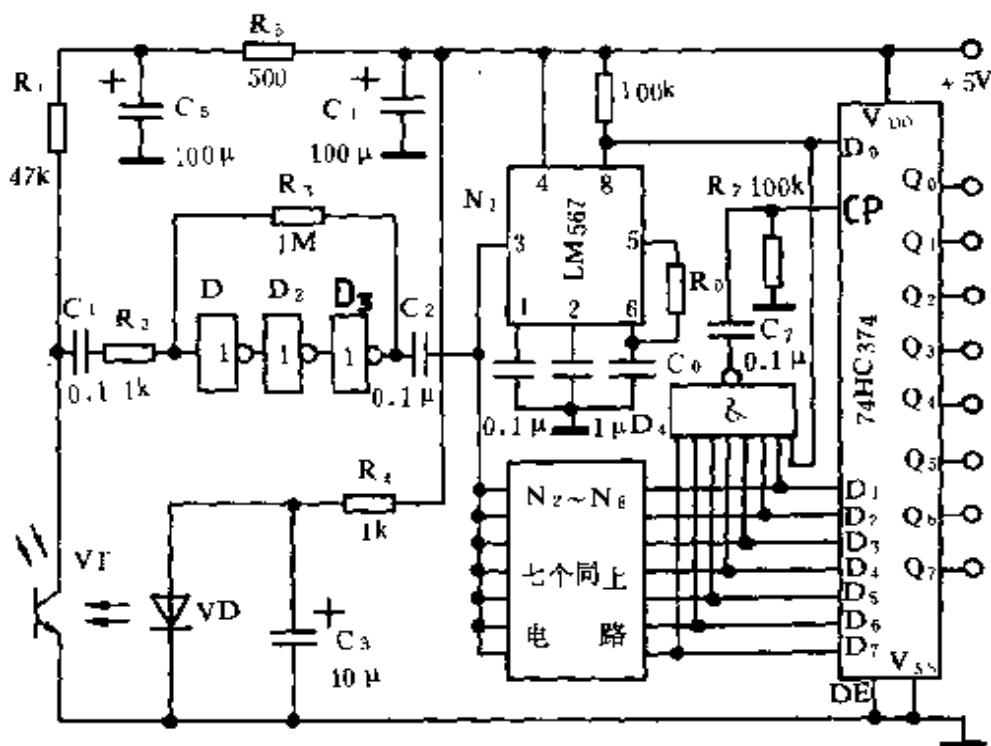


图 4.115 接收电路

钟端有正脉冲作用后,各触发器的数据输入端 $D_0 \sim Q_7$ 的数据将打入 D 触发器并由 $Q_0 \sim Q_7$ 输出。当时钟脉冲消失后,将保持打入的数据。

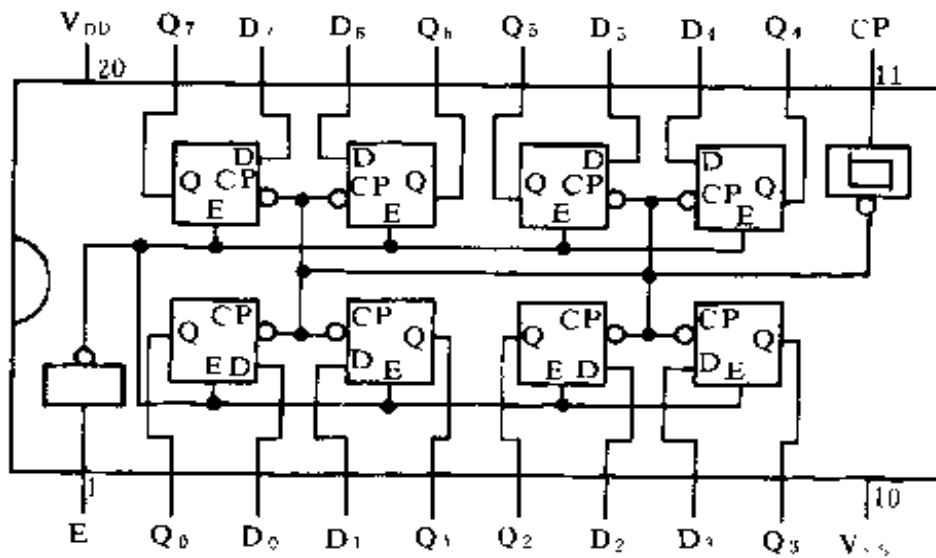


图 4.116 八 D 触发器 74HC374 结构及引线

在了解八 D 触发器的基本功能之后,再来分析图 4.115 所示的接收电路就方便多了。VT 与 R_1 构成红外线光电转换器,VT 为光敏三极管, R_1 为其负载电阻。另外,为了提高 VT 在光线较暗环境下光敏灵敏度,由普通红色发光二极管 VD 构成 VT 的光偏置,电容 C_3 可滤去电源的干扰。

由 D_1 、 D_2 、 D_3 放大后的指令信号由 C_2 耦合给后面 $N_1 \sim N_8$ (LM567) 构成的锁相环选频电路。 $N_1 \sim N_8$ 的选频中心频率 $f_{01} \sim f_{08}$ 分别与发射器发出的指令信号的频率 $f_1 \sim f_8$ 相同。当发射器的指令键 S_i 被按下时,接收电路中锁相环 N_1 的 8 脚由高电平变为低电平(平时 74HC374 的 $D_0 \sim D_7$ 均为高电平),同时,与非门 D_4 其中的一个输入端由高电平变为低电平, D_4 输出端由

低电平变为高电平,经 C_7 和 R_7 微分后,在八 D 触发器 74HC374 的时钟输入端出现一个脉冲上升沿,将其数据输入端 D_0 的数据打入内部触发器,并由 Q_0 端输出。当松开发射键 S_0 时,接收电路中锁相环 N_1 的 8 脚变为高电平,但由于与非门 D_1 输出端设有 C_7 和 R_7 构成的微分电路,八 D 触发器 CP 端早已无高电平存在。八 D 触发器的数据输入端 D_0 虽然变为高电平,也不能打入内部触发器,也就不能使 Q_0 输出高电平,而是保持低电平状态。可见,设置 C_7 和 R_7 微分电路有效地提高了触发的可靠性。

当按下其它发射指令键时,工作过程与上述相同,八 D 触发器原来的数据将被新数据取代,从而实现输出的互锁功能。

应当指出,八 D 触发器的输出端 $Q_0 \sim Q_7$ 平时是输出高电平的,当按下任何一个发射指令键时,对应的输出端变为低电平(即低电平有效)。这一点在使用中应注意。若需要高电平(有效)输出,可在 $Q_0 \sim Q_7$ 端加反相器后输出,也可在输入端 $D_0 \sim D_7$ 前加反相器。

接收电路采用 5V 电源供电, R_5 和 C_5 构成放大及光电转换级的电源退耦电路。

二、元件选用

发射电路中, $D_1 \sim D_4$ 用 74HC04。 $VD_1 \sim VD_2$ 用 HIR405B。 $S_0 \sim S_7$ 用导电橡胶按键或 $5 \times 5\text{mm}$ 轻触开关,也可用薄膜开关。

接收电路中,VT 用 3DU31 等硅光敏三极管。VD 用 $\Phi 3\text{mm}$ 普通红色发光二极管。 $D_1 \sim D_3$ 用 74HC04。 $N_1 \sim N_8$ 用 LM567 或 NE567。 D_4 用八输入端与非门 74HC30。

4.8.13 天线转向遥控器

采用微型直流电动机,可以将天线制成可以电动转向的天

线,再配上这种天线转向遥控器,就可以构成遥控转向天线。

一、工作原理

发射电路如图 4.117 所示。当分别按下发射键 S_1 及 S_2 时,电路发射两种频率的红外线指令信号。

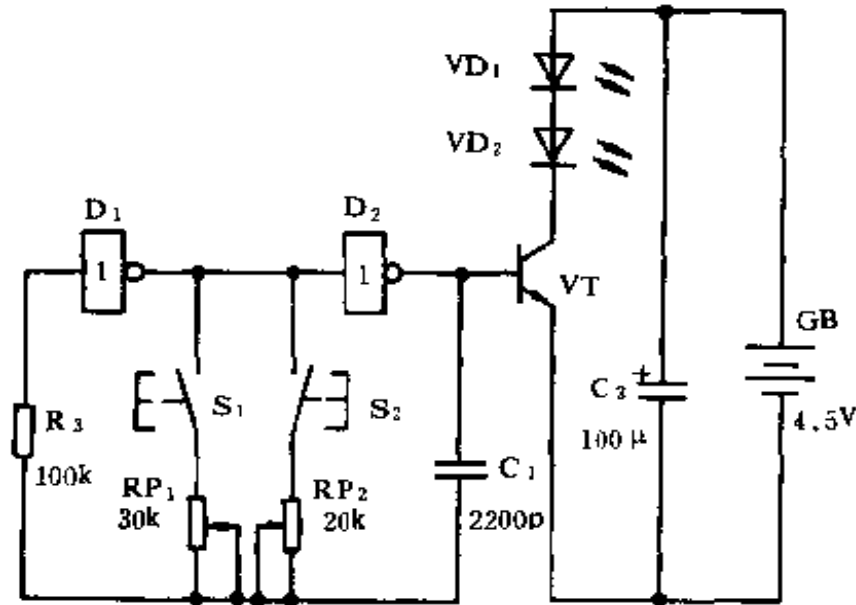


图 4-117 发射电路

图 4.118 是接收电路。 VT_1 与 R_1 构成光电转换器,将接收到的红外线指令信号转换为相应的电信号,由 C_1 耦合给由运算放大器 A_1 和 A_2 构成的两级同相放大器进行放大。由于是单电源运用,故用 R_2 和 R_3 进行分压,将 A_1 的同相输入端电位垫高到 $\frac{1}{2}$ 电源电压。由于 A_2 与 A_1 是直接耦合,故 A_2 的同相输入端也为 $\frac{1}{2}$ 电源电压。两级放大器的电压放大倍数可达 500 倍以上。然后信号经 C_2 耦合给运算放大器 A_3 、 A_4 ,构成如图 4.51(a)所

示的多回路选频放大器进行选频放大。 A_3 和 A_4 的选频中心频率与发射电路的指令信号频率相同。 A_3 、 A_4 也是单电源应用，它们的同相输入端电位由 R_{10} 与 R_{11} 偏置在 $\frac{1}{2}$ 电源电压， C_9 为交流旁路电容。

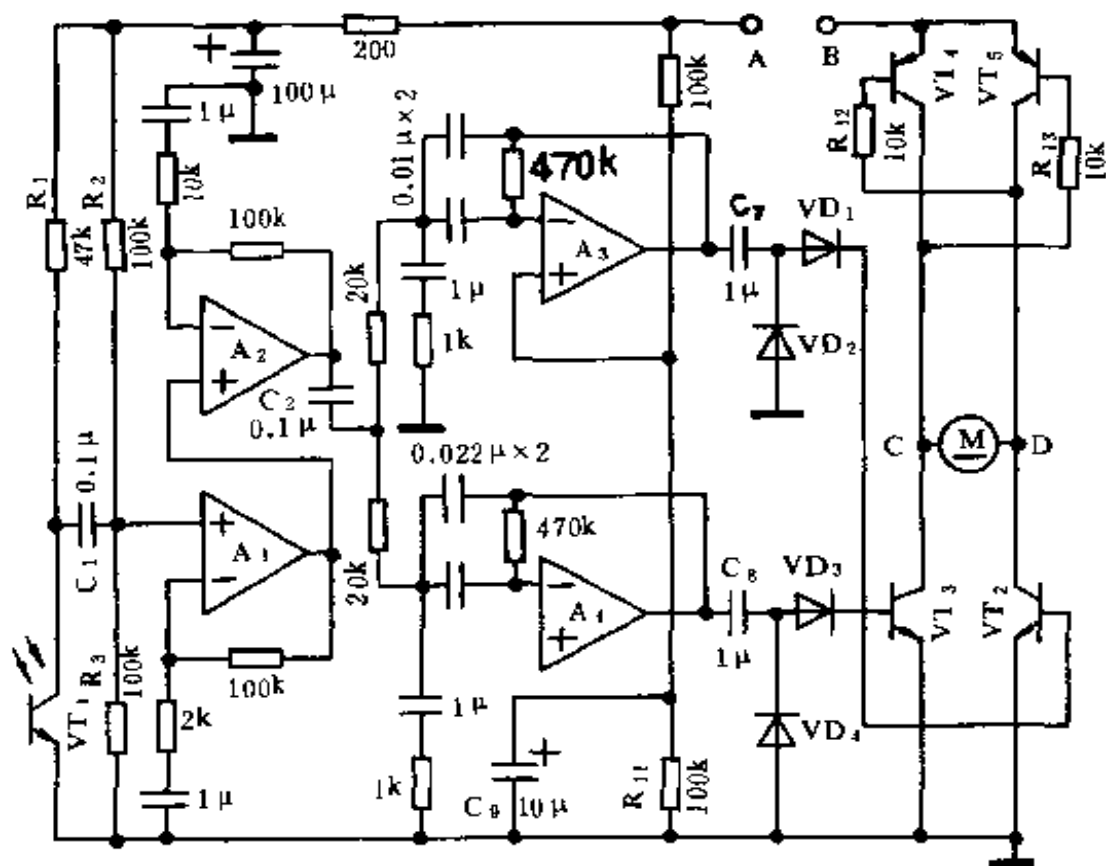


图 4.118 接收电路

当按下发射键 S_1 时，发射频率与接收电路 A_3 的选频频率相同，信号由 A_3 选频放大后经 C_7 输出，并由 VD_1 进行半波整流 (VD_2 为 C_7 反向充电提供回路) 后，变为直流电压作用于 VT_2 的基极，使 VT_2 导通， VT_2 集电极变为低电位，通过 R_{13} 向 VT_5

提供足够大的基极电流,使 VT_5 饱和导通。这样,当按下发射键 S_1 时,接收电路中 VT_2 与 VT_5 导通, VT_3 与 VT_4 截止,这就使得直流电动机 M 的 C 端接地,D 端接正电源,电动机正转。

同理,当按下发射键 S_2 时,接收电路中 VT_3 与 VT_4 导通, VT_2 与 VT_5 截止,直流电动机 M 的 D 端接地,C 端接正电源,电动机反转。

当需要调整天线方向时,只要按动 S_1 或 S_2 ,使电机正转或反转,带动天线转向,即可达到最佳收看效果。当达到要求时,松开 S_1 或 S_2 即可。

电源电路如图 4.119 所示,接收机电源通过 7809 稳压供给,以防电机工作时,电源波动较大,影响接收电路正常工作。直流电机采用 A 点电源,它只进行整流滤波,未进行稳压;接收电路由 B 点供电,为保证电路工作可靠,由三端固定稳压器 7809 进行稳压。

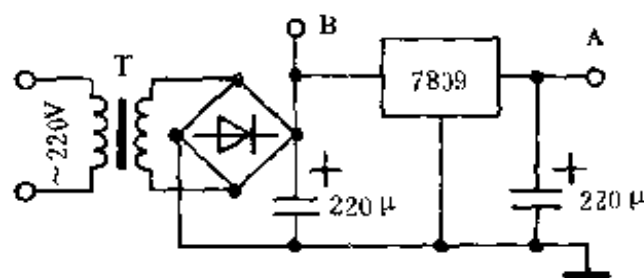


图 4.119 电源电路

二、元件选用

发射电路中,门电路用 74HC04 或 74HTC04,也可用 CD4069。 VD_1 、 VD_2 用 HG410 系列红外发光二极管。 S_1 和 S_2 用 $5 \times 5\text{mm}$ 轻触开关。

接收电路中, VT_1 用 3DU5 或 3DU31。运算放大器 $A_1 \sim A_4$ 用一片通用型四运放集成电路 LM324,片内的 4 个运放电路全部得到利用,可以降低成本,减小体积。 $VD_1 \sim VD_4$ 用 1N4148。 VT_2 和 VT_3 用 CS8050, VT_4 和 VT_5 用 CS8550, $\beta \geq 100$ 。

三、安装调试

此控制器既可以控制室内天线,也可以用来控制室外天线。当用于控制室外天线时,只将电机 M 与天线进行机械联接,接收电路全部在室内,可就近放在电视机旁,并将接收电路的 C、D 两点引线,与电机相接。室外电机要注意防雨。

调试比较简单,当按下发射键 S_1 时,调整发射电路 RP_1 ,使接收电路中相应的 VT_2 与 VT_5 导通;当按下发射键 S_2 时,调 RP_2 ,使接收电路中 VT_3 与 VT_4 导通即可。

4.8.14 远距离红外线警戒无线报警器

采用红外线作为警戒线,具有很强的隐蔽性,常用于对某一要道的警戒。当有人或物通过警戒线时,可通过无线电遥控方式,遥控值班室的报警装置进行报警。

一、工作原理

这种报警器由红外警戒无线发射电路和无线接收报警电路构成,另外还有光学系统,以增大警戒范围。

图 4.120 是红外线警戒无线发射电路。它由红外线发射电路、接收电路及无线发射电路三部分构成。图 4.121 是无线接收及报警电路

红外线发射电路由 CMOS 非门 D_1 和 D_2 等构成。为了减小红外发光二极管的驱动脉冲电流宽度,提高峰值工作电流,振荡器采用 VD_1 来改变电容 C_1 的充放电时间,以获得较大的空度比。发射频率约为 40kHz。

红外线接收电路中, VD_3 为红外接收二极管,它将收到的红外光脉冲转换为相应的电信号,由 C_2 耦合给运算放大器 A_1 和 A_2 构成的两级放大器进行放大。两级放大器均是单电源运用,由 R_3 和 R_4 构成分压偏置电路,向 A_1 的同相输入端提供 $\frac{1}{2}$

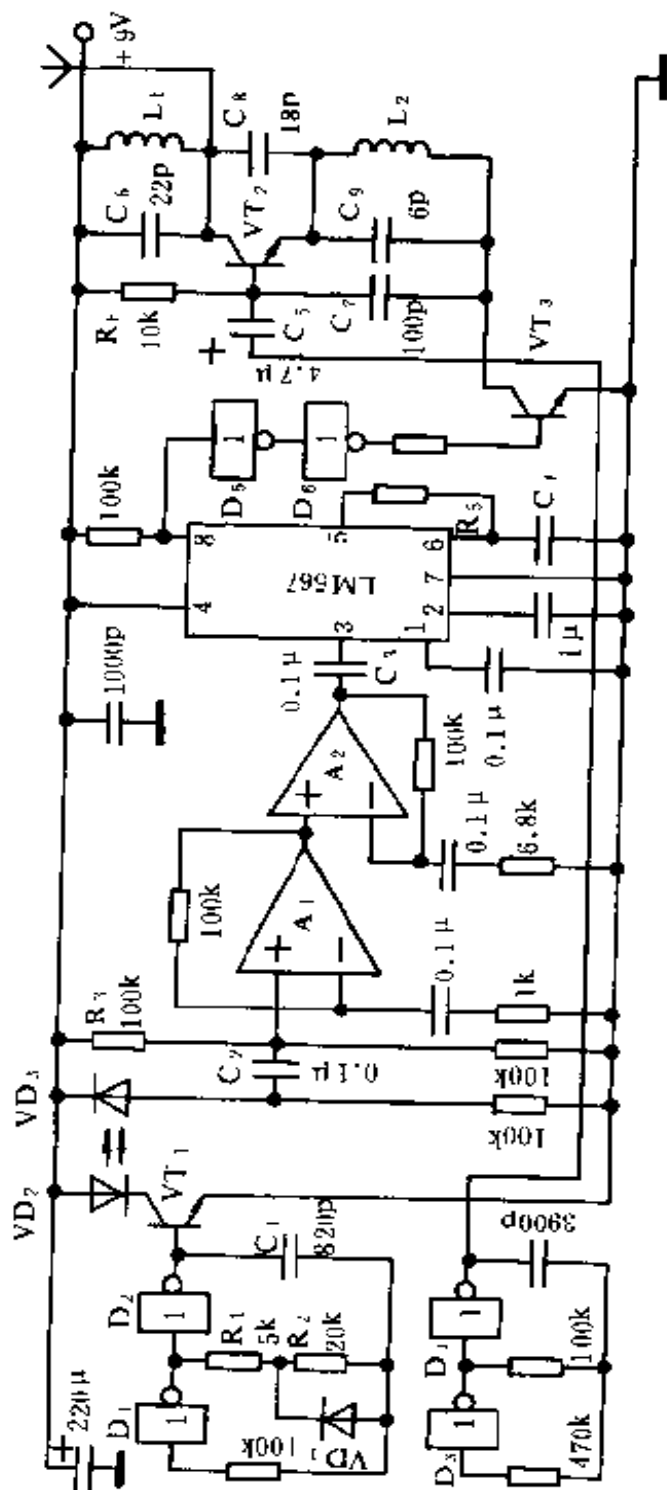


图 4.120 红外警戒无线报警电路

电源电压偏置,由于 A_2 与 A_1 是直接耦合,故 A_2 的同相输入端也被偏置在 $\frac{1}{2}$ 电源电压上。两级放大器的总电压放大倍数可达 1500 倍以上。

放大后的信号由 C_3 送至音频锁相环 LM567 进行选频,选频频率由 R_5 和 C_4 确定。当接收到的红外光信号的频率与选频频率相同时,LM567 的 8 脚为低电平,非门 D_6 输出低电平, VT_3 截止,由 VT_2 等构成的调频发射电路不能得到电源,故不能发射调频信号。

当有人或物体通过由 VD_2 与 VD_3 构成的警戒线时,挡住红外线,使 VD_3 失去红外线信号的照射,LM567 的 8 脚由低电平变为高电平, D_6 输出高电平, VT_3 导通,由 VT_2 构成的调频发射电路向空中发射由非门 D_3 和 D_4 等构成的音频振荡器所调制的调频信号。

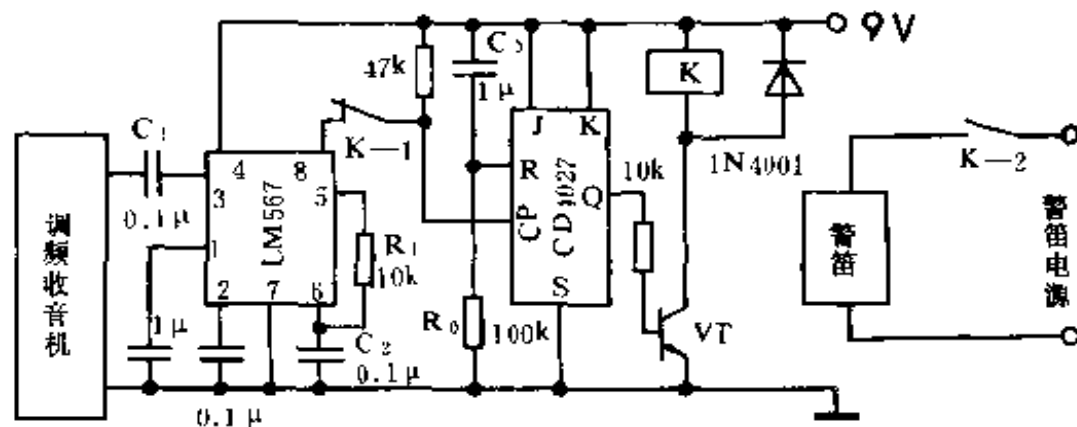


图 4.121 无线接收及报警电路

无线接收采用成品调频收音机(频率范围为 88 ~ 108MHz),调频收音机输出的信号是经频率解调的音频信号,由 C_1 送至音频锁相环 LM567 的输入端,其选频频率由 R_1 和

C_2 确定,与发射电路中 D_3 和 D_4 等构成的音频振荡器的频率相同。当调频收音机收到发射电路的无线调频信号时,LM567 的 8 脚由高电平变为低电平,输出一个负脉冲。此负脉冲作用于后面的 JK 触发器,使其翻转,输出端 Q 由低电平(在通电瞬间,有一经 C_0 和 R_0 微分后的正脉冲作用于 JK 触发器的清零端 R,使其清零,Q 端为低电平)翻转为高电平,晶体管 VT 导通,继电器 K 吸合,其常开触点闭合,使警笛报警。同时,其常闭触点打开,使 LM567 的 8 脚与 JK 触发器脱离,以免多人或物体通过警戒线时,JK 触发器被重复触发。

二、元件选用

图 4.120 中, $D_1 \sim D_5$ 用一片 CD4069。 A_1 和 A_2 用一片 LM358。 VT_1 和 VT_3 用 CS9013。 VT_2 用 D-40 型发射管,其 $f_T \geq 1000\text{MHz}$; $\beta \geq 150$ 。 C_6 、 C_7 、 C_8 、 C_9 要用瓷片电容。 L_1 线圈为 5 匝, L_2 线圈为 10 匝。 VD_1 用 1N4148。 VD_2 用 LM66R, VD_3 用 HP712。天线用 1m 以上的拉杆天线。

图 4.121 电路中,调频收音机可用任何型号的成品收音机,应有 1m 以上的拉杆天线。JK 触发器用 CD4014。继电器 K 用 4098 小型继电器。警笛任选。

三、安装调试

首先,要给发射与接收管加装光学透镜系统,见图 4.122。镜片选用两片焦点为 100mm 左右、直径 30~40mm 的凸透镜,并车制两个镜筒,材料可用塑料或有机玻璃。发射与接收管要安装在透镜焦点上,焦点可在阳光或灯光下测定。将镜片置于光线下方,下方放一张白纸,白纸上就出现一光点,移动镜片与白纸之间距离,使光点最小,此时测下透镜与白纸之间的距离,即是透镜焦距,发射与接收管安装在焦点上。两个镜筒要有固定支架,以便安装固定。将它们拉开一定距离(10~20m),并对正。

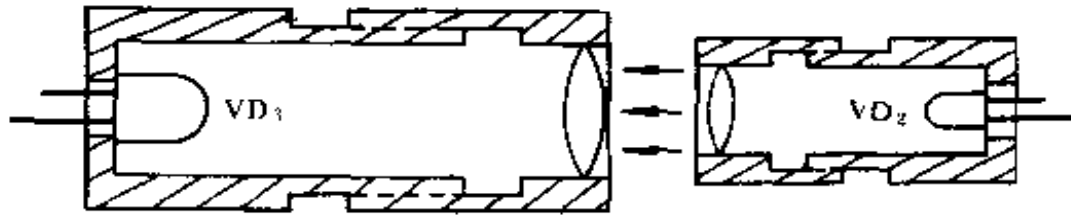


图 4.122 光学系统

然后给红外警戒无线发射电路通电,调 R_5 ,使 LM567 的 8 脚为低电平,进一步拉开两镜筒之间的距离至 50m,并要对正(可拉一根绳作为基准),观察 LM567 的 8 脚是否还为低电平,否则再调 R_5 ,使之达到要求。

接着,再调试调频发射电路,方法是将调频收音机调谐到无广播频率上(尽量错开远一些),用小于 22pF(1~22pF)的瓷片电容代换 C_6 ,可使发射频率在 88~108MHz 之间变化,如需微调频率,可调整 L_1 的匝距。直至调频收音机扬声器发出 1kHz 音频声响。

最后,调整图 4.121 电路中 LM567 的 5 脚与 6 脚之间的电阻,使 LM567 的 8 脚为低电平,调试即告结束。

四、使用

实际使用时,红外线警戒电路的红外线发射电路与红外线接收电路要通过两根电源线拉开距离,不要通过发射管引线,更不能通过接收管引线拉开距离,否则电路易受干扰,不能可靠工作。

另外,红外接收管的镜筒上方,最好遮一挡板,不让强烈阳光直接照射,以免接收管接收灵敏度下降。红外线发射与接收电路可均安放在室内,若这样不能构成红外警戒线,也可安放在室

外,但要注意防雨及隐蔽。

若需要多路警戒报警,可按图 4.120 制作多个红外警戒无线发射电路,发射频率均相同。但调制音频信号的频率应相互错开。这样,可以使用同一调频收音机进行无线接收。调频收音后面只要增加相应数目的锁相环音频解码器 LM567 即可。当不同地点有人或物体通过警戒线时,可使不同的报警器报警。

4.8.15 具有同步电路的红外线光电检测器

这里介绍两种具有同步电路的红外线光电检测器,可用于测量及自动控制系统的光电检测。这两种电路的特点是工作稳定可靠,抗干扰能力强,既可以构成对射式光电检测,也可构成反射式光电检测。

一、采用锁相环同步的红外线光电检测器

电路如图 4.123 所示,音频锁相环 LM567 锁相中心频率由其 5 脚与 6 脚外接阻容元件确定: $f_0 = 1/1.1RC$,当 LM567 工作时,其 5 脚输出频率为 f_0 的方波信号。此方波信号通过非门 D_4 缓冲后,作用于由 C_4 和 R_4 构成的微分电路,使方波信号变为正、负双向尖脉冲,而 VD_3 的作用是将负向尖脉冲短路掉。正向尖脉冲经非门 D_5 和 D_6 整形后,变为具有较大空度比的矩形脉冲,使 VT 工作于开关状态,驱动红外发光二极管 VD_1 发出红外光脉冲。

VD_2 为光电二极管,它将 VD_1 发出的红外光脉冲变为电脉冲,经 C_1 耦合给由 CMOS 非门 $D_1 \sim D_3$ 构成的三级放大器进行放大,并由 C_2 送至音频锁相环 LM567 的输入端 3 脚。当输入信号的频率与内部压控振荡器中心频率相同时,则 8 脚由高电平变为低电平,输出检测(结果)脉冲,同时使发光二极管 VD_4 发光,指示输出状态。图 4.124 是电路工作波形图。

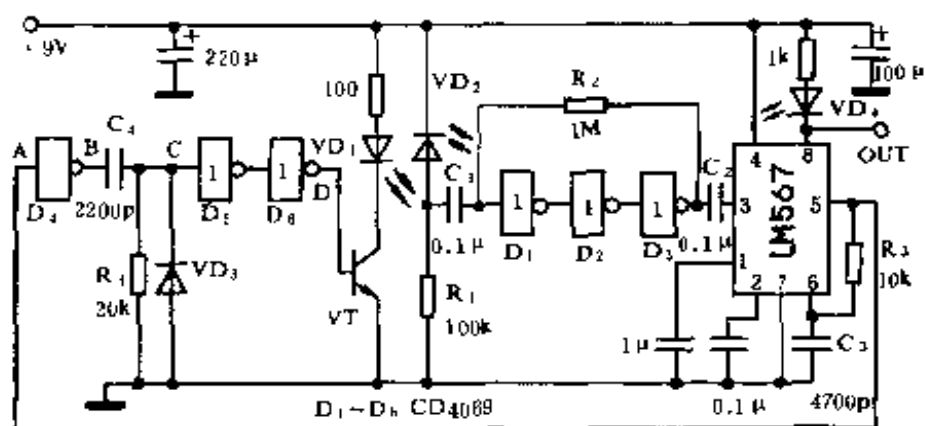


图 4.123 采用锁相环同步的红外线光电检测器

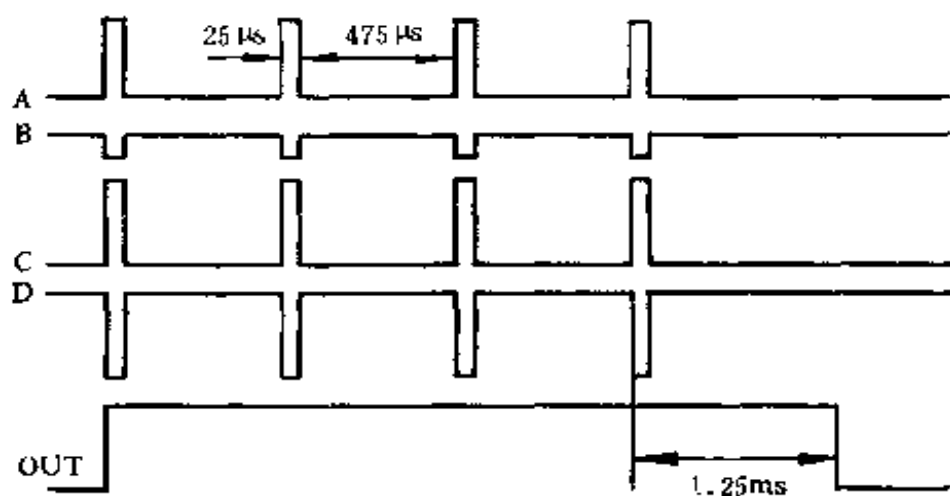


图 4.124 图 4.123 的工作波形

当锁相环 LM567 的锁相中心频率因某种情况发生变化后,经非门 D_4 作用于微分电路的脉冲频率也同时发生变化,从而使红外发光二极管所发射的红外光脉冲的频率也跟随变化。

这样,就实现了红外发射与接收电路频率的自动跟踪。从而使光电检测电路工作稳定可靠。

二、采用与非门同步的红外光线电检测器

电路如图 4.125 所示。 IC_1 (555 时基电路) 与 R_1 、 R_2 、 C_1 等构成自激振荡器, 振荡频率约 2kHz, 空度比为 20:1, 此信号由 555 电路的 3 脚输出, 并通过 R_3 直接驱动红外发光二极管 VD_1 发射红外光脉冲。这里, 驱动脉冲电流的宽度很窄, R_3 阻值较小, VD_1 可有较大的峰值工作电流, 用小功率红外发光管可获得较大的辐射功率。

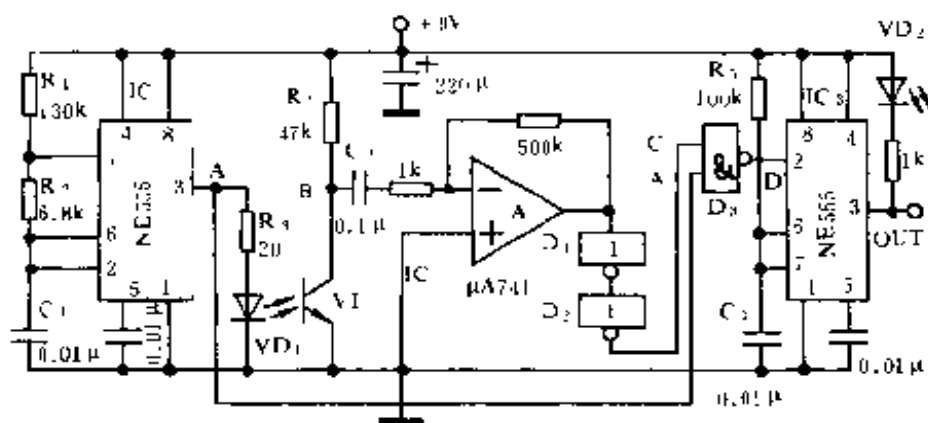


图 4.125 采用与非门同步的红外光电检测器

光敏三极管 VT 将 VD_1 辐射的红外光脉冲变为电信号, 由 C_2 送至运算放大器 A 等构成的反相放大器进行放大, 放大后的信号再由非门 D_1 和 D_2 整形, 变为边沿比较陡直的矩形脉冲。由图 4.126 所示的工作波形可以看出, 此脉冲与 IC_1 (555 电路) 的 3 脚输出的脉冲相位相同, 即在与非门 D_2 的两个输入端的两个输入信号同相, 此时, D_2 输出与 IC_1 3 脚输出脉冲宽度相同的负脉冲, 此负脉冲作用于后面 IC_2 (555 电路) 与 R_5 和 C_3 构成的单

稳态电路,使其进入暂稳态,单稳态时间 $t_w = 1.1R_5C_3 \approx 1.25\text{ms}$,约为触发脉冲周期的 2.5 倍,故当 VT 受到红外光脉冲照射时, IC_2 的 2 脚不断出负脉冲,其 3 脚输出被展宽的正脉冲。只要光敏管 VT 受到红外光脉冲照射,且间隔时间不大于 1.25ms , IC_2 的 3 脚就一直输出高电平,直到最后一个负脉冲作用后,再经过 1.25ms 变为低电平。

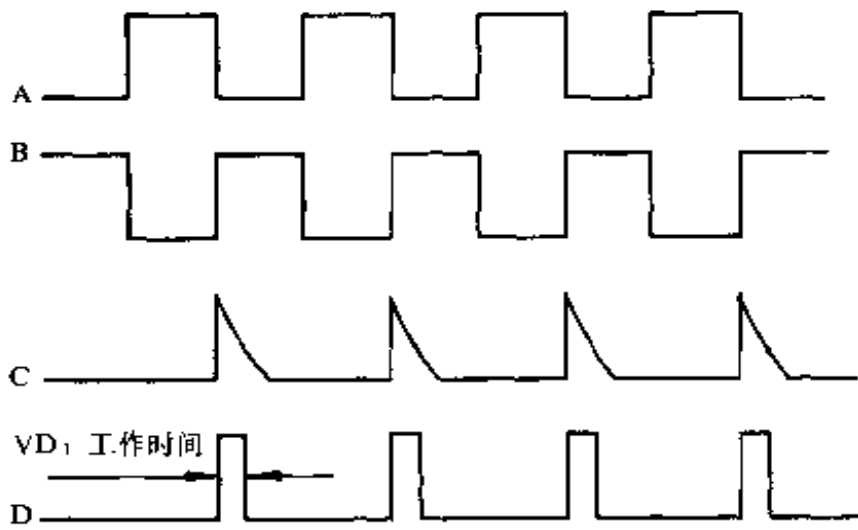


图 4.126 图 4.125 的工作波形

当 VT 未收到红外线脉冲时,与非门 D_3 的上边一个输入端为低电平(即 D_2 输出端低电平),尽管下边一个输入端有 IC_1 的 3 脚送来的脉冲信号,但由于上边一个输入端为低电平,从而使 D_3 恒输出高电平,不会触发 IC_2 , IC_2 的 3 脚保持低电平。由此可见,与非门 D_3 的两个输入端必须同步出现正脉冲,才会输出负触发脉冲。与非门 D_3 在此称为同步门,采用这种电路,使光电检测器具有良好抗干扰性能。

4.8.16 一体化红外自动水龙头

一体化红外自动水龙头,结构简单,成本低廉,便于普及,非常适合医院、宾馆、饭店及家庭使用。

一、工作原理

电路如图 4.127 所示。它由红外线发射电路、红外线接收电路、选频放大电路、驱动电路、电源及执行电路等几部分组成。

CMOS 非门 D_1 、 D_2 以及 R_1 、 RP_1 、 C_1 等构成发射脉冲振荡器,振荡频率 $f_0 = 1/2.2(R_1 + RP_1)C_1$ 约为 5kHz。 D_2 输出的 5kHz 脉冲信号经非门 D_3 缓冲后作用于晶体三极管 VT_1 的基极,经 VT_1 进行功率放大后,驱动红外发光二极管 VD_1 发出红外光脉冲。

VD_2 是红外光敏二极管,当它受到红外光脉冲照射时,其内阻作同频率的变化, VD_2 变化的电阻与 R_2 分压后,便在 C_2 左端产生一微小的同频率的交流电信号,经 C_2 耦合给由 CMOS 非门 D_4 、 D_5 、 D_6 及 R_3 、 R_4 、 R_5 、 R_6 、 C_3 、 C_4 、 C_5 构成 RC 双 T 选频放大器。 R_4 、 R_5 既是 RC 双 T 选频网络的元件,又是将 $D_4 \sim D_6$ 偏置在线性工作区的负反馈偏置电阻。双 T 选频网络在此为放大器的交流负反馈通道,当输入信号频率满足 $f_0 = 1/2\pi RC$ ($R = R_4 = R_5$, $R_6 = R/2$, $C = C_3 = C_4$, $C_5 = 2C$) 时,反馈通道的交流阻抗最大,也就是交流负反馈系数最小,放大器放大倍数最大,故电路将选出频率为 f_0 的信号进行放大。选出的信号再经 C_6 耦合至由 VT_2 等构成的交流放大器进一步放大,以达到一定幅值。

VD_3 、 VD_4 、 C_7 将 C_6 送来的具有一定幅值的交流信号进行倍压整流和滤波,变为直流电压作用于 VT_3 基极, VT_3 导通,通过 VD_5 驱动可控硅 VS 导通,水电磁阀 YV 通电开通。同时,发光二极管 VD_5 也发光,指示出此刻的电路状态。

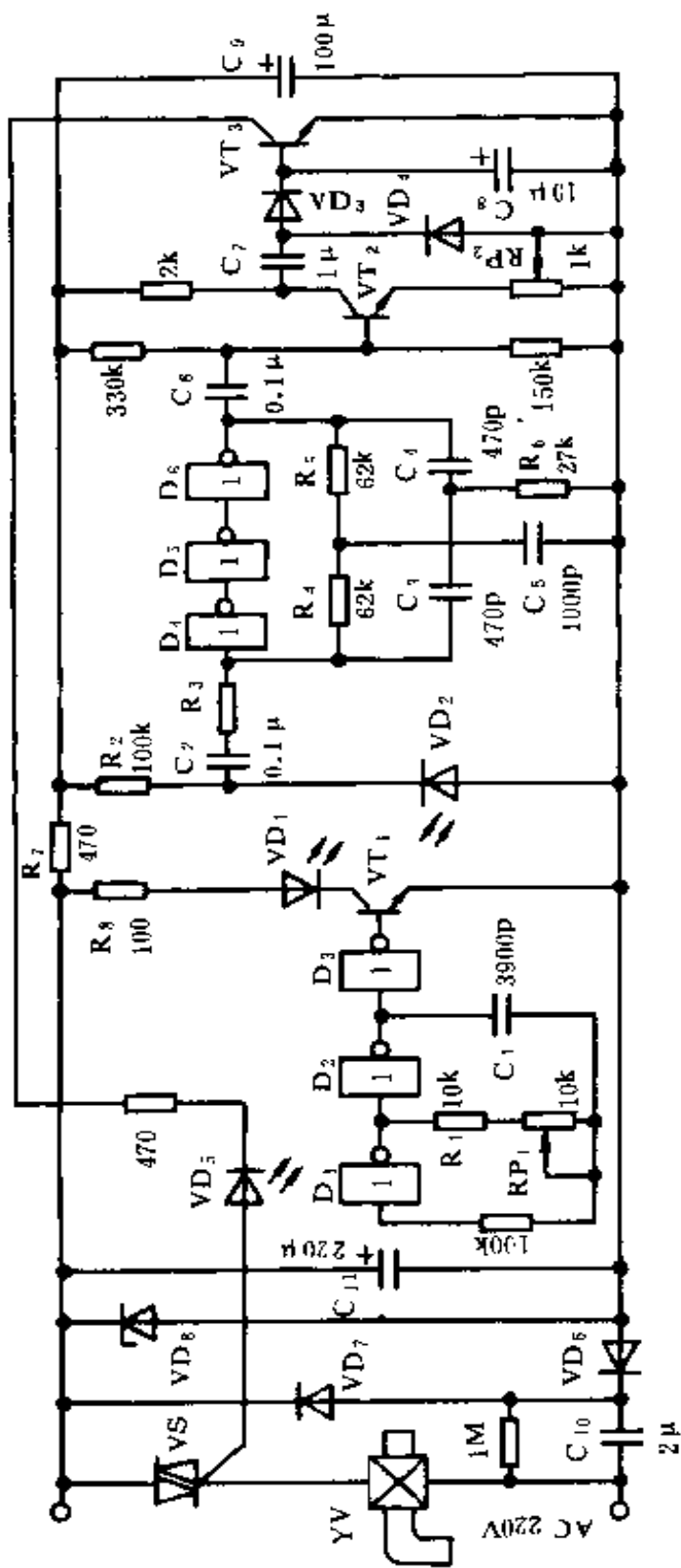


图 4.127 一体化红外自动水龙头

$VD_6 \sim VD_8$ 以及 C_{10} 构成电容降压半波整流稳压电路。

二、元件选用

$D_1 \sim D_6$ 用一片 4000 系列 CMOS 六非门 CD4069 或 74HC 系列六非门 74HC04。 VD_1 用 HG411 系列红外发光二极管。 VD_2 用 HPT605C 光电二极管。 VD_3 、 VD_4 用 1N4148。 VD_5 、 VD_7 用 1N4007。 VD_8 用 6V~9V、1W 硅稳压管。VS 用 TLC336A。YV 用 DF-1 型水电磁阀。 $VT_1 \sim VT_3$ 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。 C_{10} 用 2μ 电扇电容, 耐压要大于 400V。电阻 R_8 用 1W 金属膜电阻。

三、调试安装

首先, 将 VD_1 与 VD_2 靠近, 并将 RP_2 调至最小, 调节 RP_1 , 使发射与接收频率相同, VT_3 导通, VD_5 发光。然后, 拉开 VD_1 与 VD_2 的距离, 约 3m 左右, 并将 VD_1 与 VD_2 发光面与受光面相对, 观察 VT_3 是否导通, 否则, 再微调 RP_1 来达到要求。这样初调之后, 将 VD_1 与 VD_2 装入如图 4.128 所示的反射式发射—接收装置中(壳体用不透光的塑料或其它材料加工而成, 发射与接收窗口用红色透光有机玻璃)。当有人体或有物体靠近发射与接收窗口时, VD_1 发出的光脉冲反射到 VD_2 , 使电路动作。反射距离可通过 RP_2 来调整, 方法是将手或物体移至发射与接收窗口, 距离约 30cm 左右(也可视具体情况而定), 调整 RP_2 使 VT_3 处于临界导通状态即可。

调整完毕后, 将电路板及图 4.128 所示的反射式装置安装在一体, 并装在水龙头上方, 见图 4.129。当有人洗手或用水时, 水龙头便自动出水, 离开时自动断水。

四、注意事项

① 由于电路采用电容降压, 电路板可能带有市电, 调试安装时, 人身不得触及带电线路, 以免发生危险。

② 电路要用绝缘材料封闭好, 防止进水, 也防止人们触及

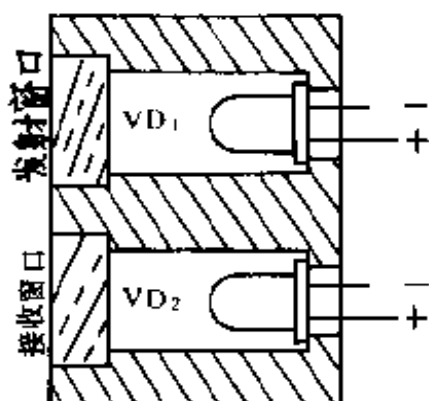


图 4.128 一体化发射—接收器件

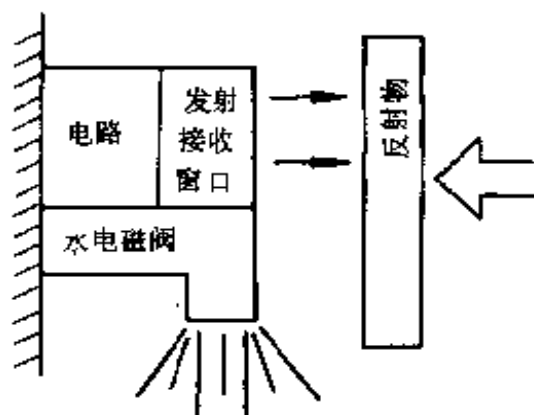


图 4.129 安装示意图

电路。

③ 也可将红外线发射与接收窗口方向朝下，与出水方向一致，当有人洗手或用水时，就会使光控电路动作，自动出水，移开时，自动断水。

4.8.17 电子活动靶红外线光电打靶游戏器

红外线光电打靶游戏器，采用电子活动靶，用普通发光二极管发光指示“目标”位置，而且“目标”位置还以一定的时间间隔无规则地变动，紧靠每个普通发光二极管旁边均有一红外光敏三极管，当用红外光电枪对准“目标”（正在发光的位置）进行“射击”时，“射击”有效，记分器记一分，否则无效不计分。这样，在规定时间内，谁得分最多，谁就获胜。由于“目标”以一定的时间间隔无规则地变动，这就增加了游戏的难度。

本游戏打靶距离可达 7~10m。

一、工作原理

电子活动靶红外线光电打靶游戏器由红外光电枪、电子活动靶、记分器三部分构成。

1. 红外光电枪

电路如图 4.130 所示。工作过程如下：当扣动板机开关 S 时，整个电路通电，在通电瞬间，有一个经 C_1 和 R_1 微分的正向尖脉冲作用于非门 D_1 的输入端，经非门 D_1 和 D_2 整形后，在 D_2 的输出端输出宽度为 100ms 的正向矩形脉冲。在 100ms 期间，由与非门 D_3 和 D_4 等构成的振荡器起振，振荡频率约为 38kHz。38kHz 的高频脉冲作用于晶体管 VT_2 的基极，使 VT_2 工作于开关状态，驱动红外发光二极管 VD_3 发出时间约为 100ms 频率为 38kHz 的红外光信号。与此同时，机枪声模拟集成电路 CW9651 得电，发出具有子弹与空气摩擦声的机枪声信号，经 VT_3 和 VT_4 构成的互补放大器进行功率放大后由扬声器发出机枪声。

由于经 C_1 和 R_1 构成的时间常数是固定的，故无论扣动板机开关 S 的时间多长， VD_3 发出红外光的时间均为 100ms 左右。

另外，在扣动板机开关 S 时， VT_1 的发射极电位与基极电位相同（甚至还低 0.3V 左右）， VT_1 发射结反偏，故 VT_1 截止，不影响 C_1 的充电。当松开开关 S 时，二极管 VD_1 被 C_1 所反偏，此时由于电容 C_1 的正极充有正电， VT_1 的基极通过电阻 R_3 产生一基极电流，使 VT_1 导通，将电容 C_1 的两极短路， C_1 上的电荷迅速放电，为下一次充电作好准备，以便能连续扣动板机开关 S。

整个红外光电枪电路安装在塑料手枪壳中，红外发光二极管 VD_3 装在枪管中，枪管头部有一聚光透镜，从而使红外光电枪发出的是一束平行的红外光信号。

2. 电子活动靶

电路如图 4.131 所示。非门 D_1 和 D_2 等构成“目标”位置变动移位脉冲振荡器，振荡周期约为 4S，即输出脉冲宽度为 2S 的

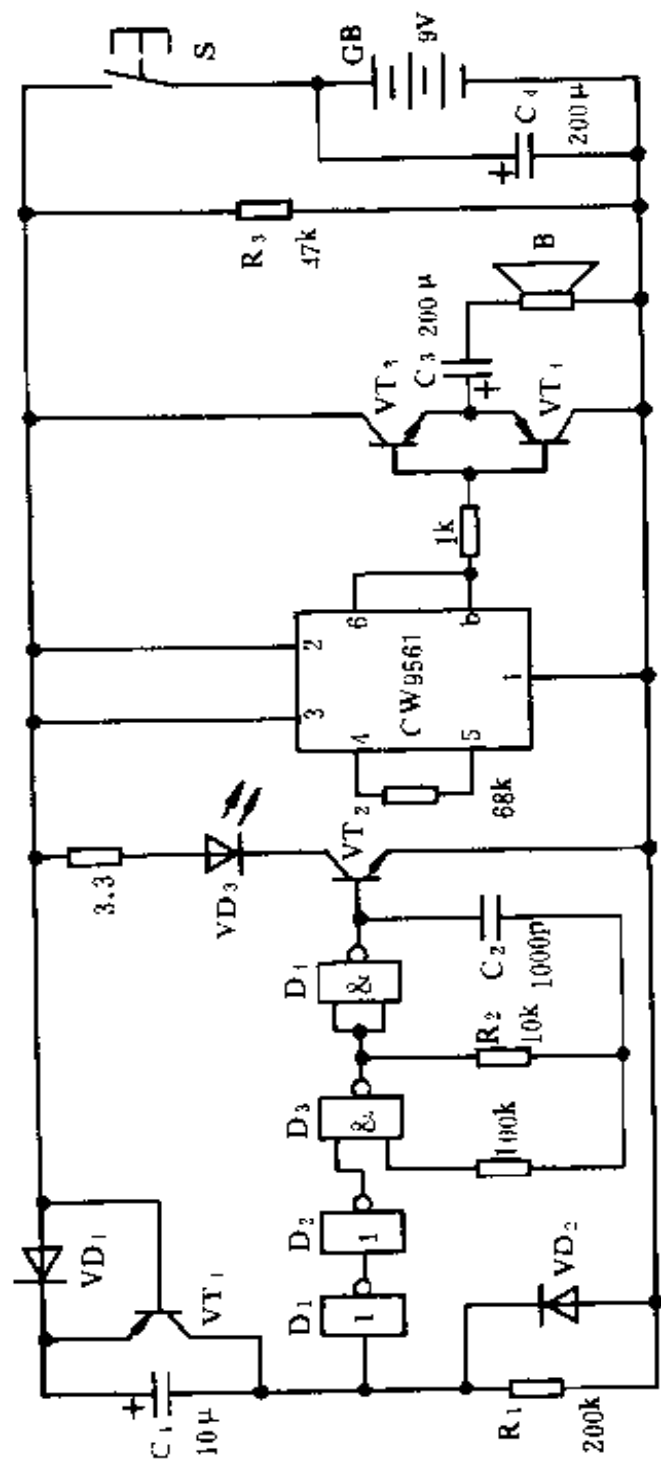


图 4.130 红外线光电枪电路

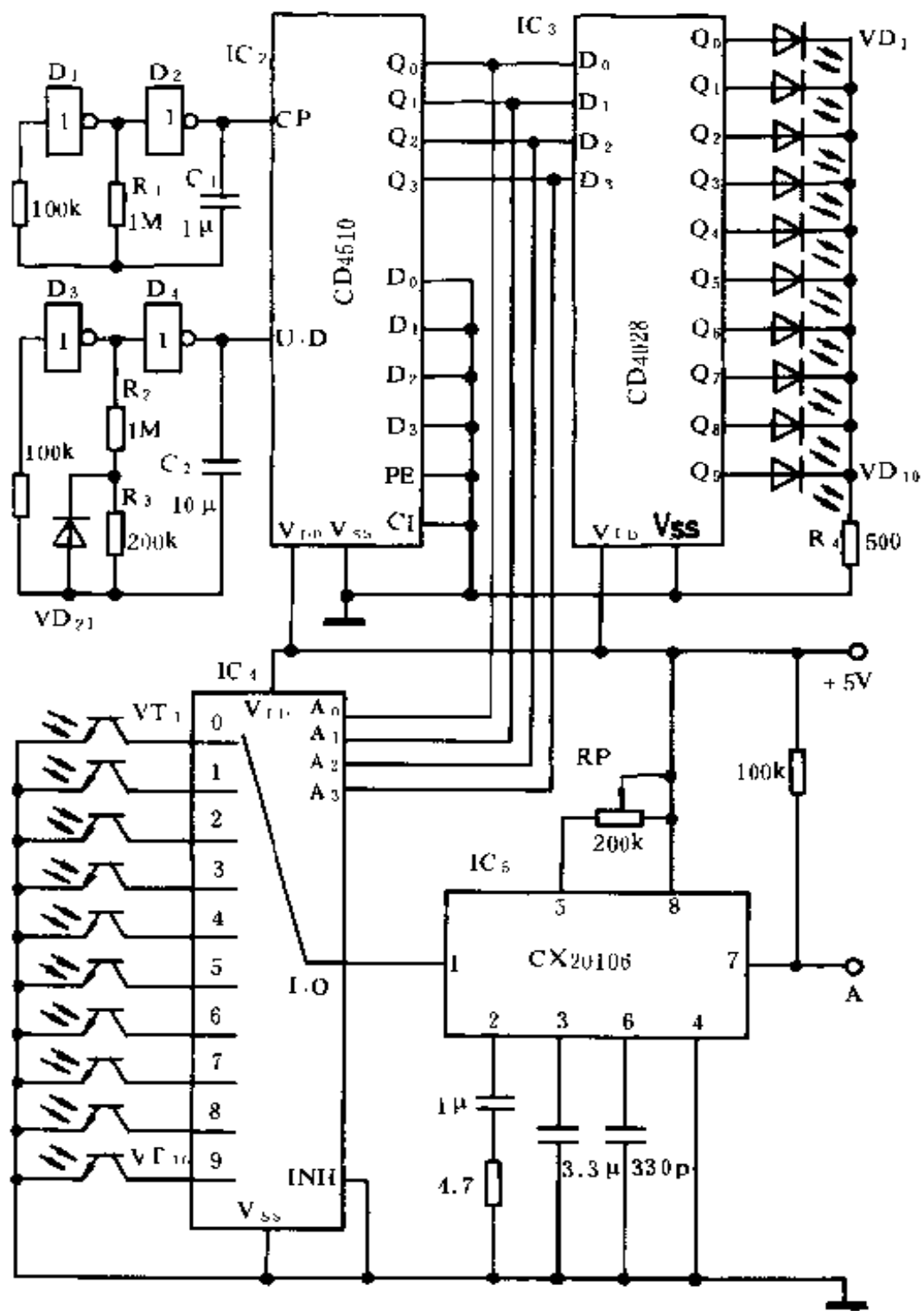


图 4.131 电子活动靶电路

方波脉冲作用于二——十进制加减可逆计数器 CD4510 的时钟输入端 CP,使 CD4510 的输出端 $Q_0 \sim Q_3$ 输出 0000~1001 十个 BCD 码.读 BCD 码有两个方面的作用:一方面,CD4510 的 $Q_0 \sim Q_3$ 将十个 BCD 码加至十进制码 4——10 线译码器的输入端 $D_0 \sim D_3$ 端,使 CD4028 的十个输出端从 $Q_0 \sim Q_9$ 顺序地输出高电平,顺序地将普通发光二极管 $VD_1 \sim VD_{10}$ 点亮,由于任一时间只有一只发光二极管是点亮的,故电路仅用一只限流电阻 R_4 ;另一方面,CD4510 的 $Q_0 \sim Q_3$ 作用于单 16 路模拟开关 CD4067 的四位地址线 $A_0 \sim A_3$ 上,使其公共输入/输出端 I/O 与 0~9 这十路输入/输出端接通,从而使 $VT_1 \sim VT_{10}$ 这十只光敏三极管按照输入地址线的 BCD 码的顺序,分别与红外接收专用前置放大器 CX20106 的输入端相接,其接通的顺序与普通发光二极管 $VD_1 \sim VD_{10}$ 点亮的顺序相同,即 VD_1 发光时, VT_1 与 CX20106 接通, VD_2 发光时, VT_2 与 CX20106 接通,……依此类推。

当红外光电枪在某一时间“击中”正在与前置放大器 CX20106 接通的光敏三极管时,红外光信号经其选频放大后,在它的 1 脚输出一个负脉冲,脉冲宽度 T_w 与红外光照射光敏三极管的时间相同, $T_w \leq 2S$ 。

另外,非门 D_3 和 D_4 等构成另一脉冲振荡器,振荡周期较长(大于 40S),由于 VD_{20} 的作用,其输出脉冲的宽度比较宽。此脉冲作用于二——十进制加/减可逆计数器 CD4510 的加/减控制端 U/D 端。当 U/D 为高电平时, IC_2 作加法计数;当 U/D 为低电平时, IC_2 作减法计数。可见,CD4510 一会儿作加计数;一会作减计数,由于 U/D 端的脉冲空度比较大,它作加计数与作减计数时间是不同的。

在光电靶子上,光敏三极管 $VT_1 \sim VT_{10}$ 均安装在普通发光

二极管 $VD_1 \sim VD_{10}$ 的旁边,当发光二极管点亮时,对准射击才有效。在安排“目标”位置时,可使 $VD_1(VT_1) \sim VD_{10}(VT_{10})$ 杂乱无章地排列,再加 CD4510 一会儿作加计数,一会儿作减计数,就使瞄准“目标”比较困难,增加了游戏难度。

3. 计分器

计分器是用来累计击中“目标”的次数的,电路如图 4.132 所示。计分器采用一块三位十进制计数器 LCL311,它将计数——译码、显示于一体,使用非常方便。三位十进制计数器的级间联接在其内部完成,外部引线很少。其 CP 和 \overline{EN} 端为计数脉冲输入端,CP 为正脉冲有效; \overline{EN} 为负脉冲有效。

由于图 4.131 中的 CX20106 的 1 脚(即 A 点)输出的是负脉冲,故我们利用 LCL311 的 \overline{EN} 进行计数,将图 4.132 与图 4.131 中的 A 点相联,就可进行计分了,每击中“目标”一次,加一分。

如需要大型计分显示器可参阅有关资料自行设计制作。

二、元件选用

图 4.130 中, $D_1 \sim D_4$ 用 CMOS 与非门 CD4011。 VT_1 和 VT_4 用 CS8550, VT_2 和 VT_3 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。 VD_1 和 VD_2 用 1N4001, VD_3 用 THP605C。B 用小型电动扬声器。S 用市售按钮开关。

图 4.131 中, $D_1 \sim D_4$ 用 CD4069。 $VD_1 \sim VD_{10}$ 用 $\Phi 5\text{mm}$ 红色普通发光二极管。 $VT_1 \sim VT_{10}$ 用 3DU5 或 3DU31 光敏三极管。 VD_{21} 用 1N4148。

三、安装调试

红外线光电枪电路安装在一个用塑料制成的枪壳内,大小可自行确定。开关 S 装于板机处。红外发光二极管 VD_3 置于枪筒顶部聚光透镜的焦点上,从而保证发射的红外光为一束平行

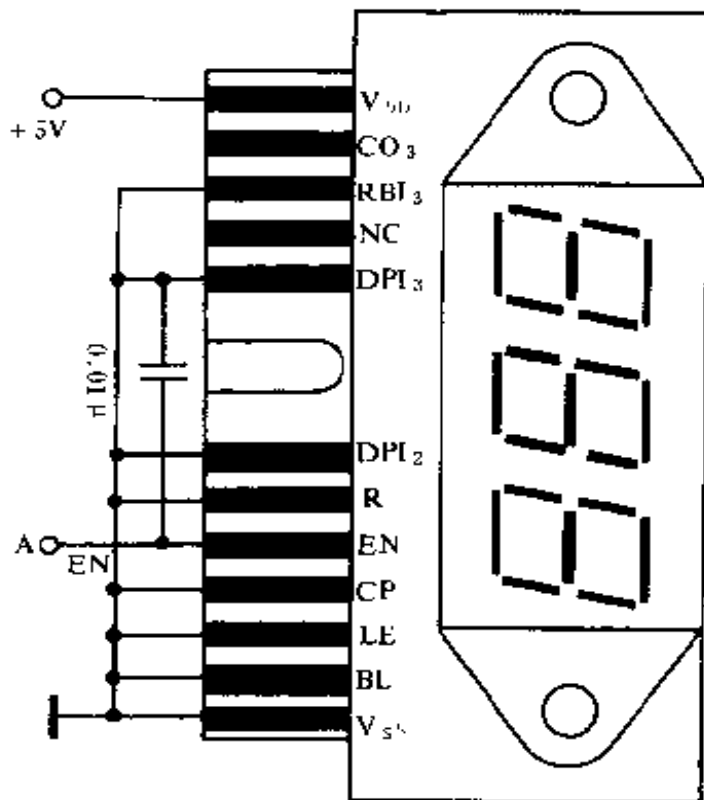


图 4.132 计分器电路

光柱。

电子活动靶电路不用调试即可正常工作。安装时, VD_1 (VT_1)~ VD_{10} (VT_{10})之间的间隔(各方位)要大于 20cm, 将它们安装在一张大板子上, 可在上面画上十架小飞机, 将 VD_1 (VT_1)~ VD_{10} (VT_{10})置于飞机某部位。

红外线光电枪与电子活动靶联调时, 首先将电子活动靶电路的 D_1 和 D_2 构成的振荡器与计数器 CD4510 的 CP 端断开, 这样, 计数器就停在某一状态, VD_1 ~ VD_{10} 就固定在某一位置上, 然后, 将红外光电枪中 C_1 短路, 按下 S 钮, 并将枪筒对准正在发光的位置(相距 7~10m), 调整活动电子靶电路中的 RP, 改变 CX20106 的选频频率, 使之与发射频率相同, 其输出端 1 脚为低电平, 联调即告结束。

最后,将电子活动靶电路中 A 点与计分器电路 A 点联在一起,即可进行打靶游戏了,计分容量为 999 分。

第五章 码分制红外线遥控电路

当遥控通道数较多时,采用码分制电路一般要比频分制电路简单、方便。由于码分制电路容易实现集成化,因此,采用集成电路构成的码分制红外线遥控电路得到了广泛的应用。

目前,除采用通用集成电路设计的码分制遥控电路外,已有专门为码分制遥控电路设计制造的用于编码与解码的专用集成电路。使得码分制红外线遥控电路具有简单可靠、体积小、功耗低、调试简便等诸多优点。

由图 1.4 可知,码分制红外线遥控发射器的指令信号产生电路为脉冲编码器,它产生不同的脉冲编码。在红外线遥控电路中,常用的是以不同的脉冲数目或脉冲宽度代表不同的指令。在码分制遥控的接收电路中,要有与编码器相对应的解码器,将指令信号解出。

码分制遥控电路的其它部分,如发射器的驱动电路及红外线发射器;接收器的光电转换器、前置放大器、脉冲形成及记忆电路、电源电路等,均与频分制遥控电路相应部分相同。

应当指出,在频分制红外线遥控电路中,调制与解调电路可以省去,而在码分制红外线遥控电路中就不能省去。否则,遥控系统的抗干扰能力及可靠性就难以保证。

本章将介绍码分制红外线遥控电路中的编码器与解码器(包括通用集成器件构成的编码与解码器和专用集成编码与解码器)、调制与解调器以及码分制红外遥控电路应用实例。

5.1 通用集成电路构成的脉冲编码器与解码器

由通用集成电路构成的脉冲编码与解码器,器件选用灵活方便、价格低廉,是设计和制作码分制红外遥控系统时经常采用的方案。

由于 CMOS 集成电路具有电源电压范围宽(电源兼容性强)、功耗低、抗干扰能力强等一系列独特的优点,故在设计与制作码分制红外线遥控电路时,CMOS 集成电路被广泛应用。

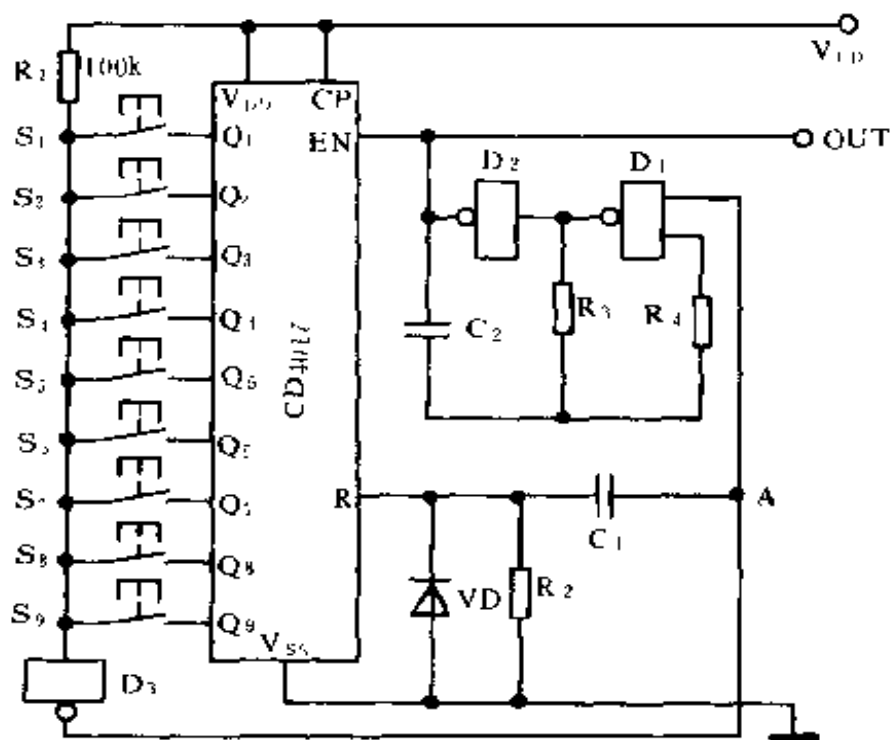
5.1.1 脉冲分配器构成的脉冲编码器

脉冲分配器也称计数/时序译码器。脉冲分配器有单片集成脉冲分配器,如十线脉冲分配器 CD4017。也可由计数器和时序译码器两片集成电路组合而成,如十进制计数器 CD4518 与 BCD 码至十进制码译码器 CD4028 可以组合成十线脉冲分配器。又如,四位二进制计数器 CD4520 与四位二进制码至 16 进制码译码器 CD4514 或 CD4515(输出低电平有效)组合而成十六线脉冲分配器。以上几种脉冲分配器已在本书 4.5.2 中作过详细介绍。下面介绍几种由脉冲分配器构成的脉冲编码器。

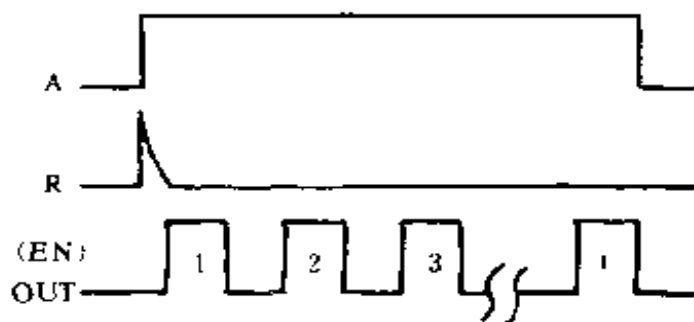
一、CD4017 构成 9 通道脉冲编码器

CD4017 为 CMOS 十进制计数/时序译码器,也称十线脉冲分配器。由它构成的脉冲编码器如图 5.1(a)所示。这种电路可直接输出串行编码脉冲。

图中,与非门 D_1 和 D_2 等构成脉冲发生器,编码脉冲由 D_2 输出。编码脉冲以不同的脉冲数目表征不同的指令。例如,当按下指令键 S_1 时,输出一个脉冲;当按下 S_2 时,输出两个脉冲;……当按下 S_9 时,输出九个脉冲。输出的编码脉冲速率一般设



(a)



(b)

图 5-1 CD4017 构成 9 通道脉冲编码器(…)

计为每秒几个到几千个。本电路中,脉冲速率也就是脉冲振荡器的振荡频率,可由式(4-1)计算。这里的脉冲振荡器是一个可控振荡器,振荡与否受非门 D_3 输出电平的控制。 D_3 输出低电平时,与非门 D_1 恒输出高电平, D_2 恒输出低电平,电路停振,无脉冲输出; D_3 输出高电平时,与非门 D_1 的 A 输入端为高电平,为逻辑“1”,不影响 B 输入端的状态变化,电路可以起振,输出脉

冲。

平时,当指令键 $S_1 \sim S_9$ 均未按下时,非门 D_3 的输入端被 V_{DD} 与 R_1 偏置为高电平,输出低电平,脉冲振荡器处停振状态。

当按任一指令键 $S_i (i=1,2,3,\dots,9)$ 时,电路中 D_3 的输入端与脉冲分配器 CD4017 的 $Q_i (i=1,2,3,\dots,9)$ 相联,从而使 D_3 的输入端由高电平变为低电平(因在原始状态时 Q_i 为低电平), D_3 输出高电平。此高电平有以下两个方面的作用:

一是通过 C_1 和 R_2 在 CD4017 的清零端 R 加上一个正脉冲,使 CD4017 清零, $Q_0=1$, 其余 $Q_1 \sim Q_9=0$ 。此尖脉冲的有效宽度 $T=0.693R_2C_1$, 其值小于脉冲振荡器输出方波脉冲的宽度。

二是由于与非门 D_1 的 A 输入端变为高电平, D_1 、 D_2 构成的脉冲振荡器起振, D_2 输出方波脉冲。脉冲的速率为 100 个/s, 周期为 10ms, 宽度为 5ms。 D_2 输出的第一个方波脉冲的下降沿作用于 CD4017 的 \overline{EN} 端, 使其加 1, $Q_1=1$, D_2 输出的第二个方波脉冲的下降沿使 CD4017 又加 1, $Q_2=1$, \dots 直到 $Q_i=1$ 。由于 S_i 按下, 故 Q_i 与 S_i 键相连, 故 D_3 输入端由低电平变为高电平, 输出低电平, 使 D_1 、 D_2 构成的脉冲振荡器停振, CD4017 的 \overline{EN} 端因失去计数脉冲而保持此刻 Q_i 为高电平的状态。可见, 由按下指令键 S_i 至 Q_i 变为高电平, CD4017 的 \overline{EN} 端共有 i 个脉冲作用, 即脉冲振荡器输出 i 个编码脉冲, 其脉冲数目与指令键号码相对应。

另外, 当 CD4017 的 Q 变为高电平后, D_3 输出的低电平, 使 C_1 迅速放电, 为下一次指令编码作好准备。VD 的作用是将当 C_1 放电时在 R_2 上产生的负脉冲短路掉, 以防损坏 CD4017 的 R 端。

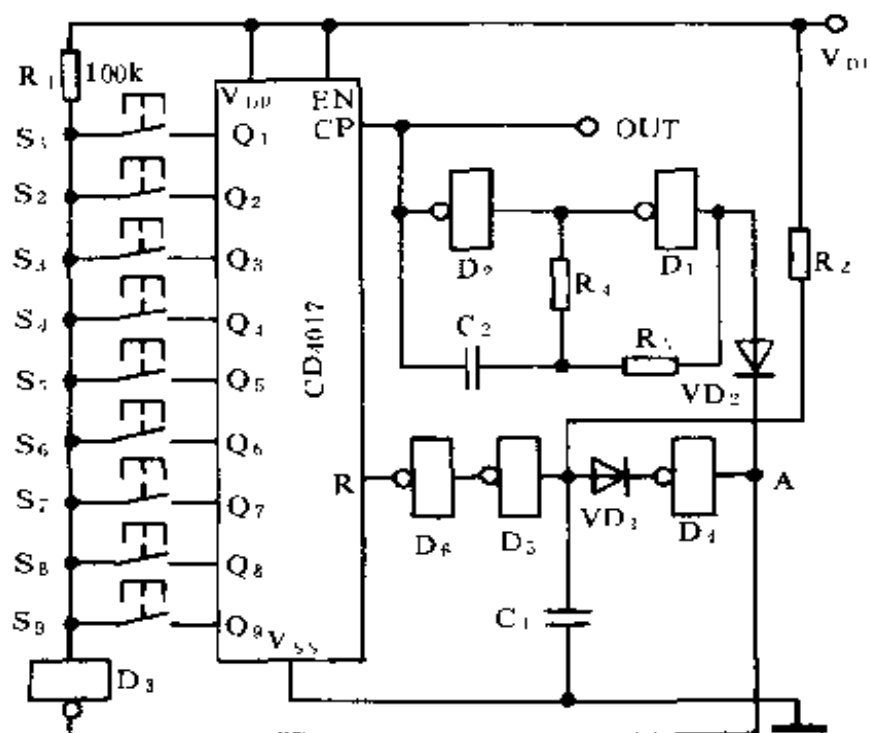
图 5.1(b)给出了脉冲编码电路的工作波形。

上述电路中,每当按下任一指令键 S_i 时,首先 CD4017 被清零,然后输出 i 个脉冲,但此后 CD4017 的状态就停留在 $Q_i=1$,若需要再次发出 i 个脉冲,即再按动 S_i 键,由于 $Q_i=1$,电路不会作任何响应。可见,这种电路只适用于互锁控制的场合,而不能重复发出某一指令,使它的应用受到一定限制。

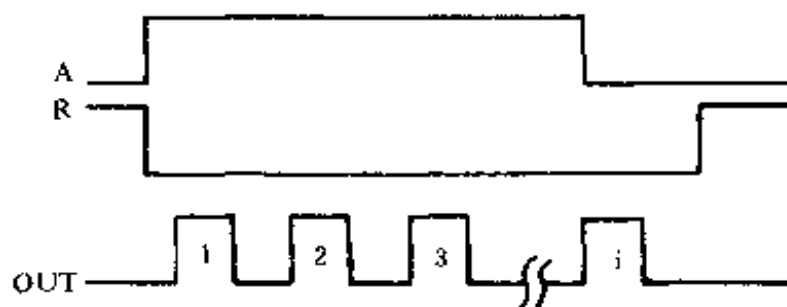
图 5.2 是一种改进电路。它也是直接输出串行编码脉冲,只不过脉冲分配器 CD4017 的清零脉冲不是在按下指令键 S_i 时产生的,而是在已经输出 i 个编码脉冲之后延时产生。

平时,由 V_{DD} 及 R_1 将非门 D_3 的输入端偏置在高电平,使 D_3 输出低电平,通过二极管 VD_2 将非门 D_1 的输入端电位箝在低电平, D_1 、 D_2 构成的脉冲振荡器处停振状态。另外,由于 D_3 输出低电平,使 D_4 输出高电平,二极管 VD_1 截止, V_{DD} 通过 R_2 向 C_1 充电,当 C_1 上电位达到 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 时, D_5 输出低电平, D_6 输出高电平并作用于 CD4017 的清零端 R,使其清零, $Q_0=1$,其余 $Q_1 \sim Q_9=0$ 。

当按下任何一指令键 S_i 时, D_3 输出高电平。一方面, D_3 输出的高电平使 D_4 输出低电平, VD_1 导通, C_1 通过 VD_1 迅速放电, D_6 立刻输出低电平,使 CD4017 退出清零状态。另一方面, D_3 输出的高电平使 VD_2 截止,不再箝制 D_1 输入端电位,脉冲振荡器起振,输出的方波脉冲使 CD4017 的 $Q_1 \sim Q_9$ 依次输出高电平,当 Q_i 为高电平时, D_3 输出低电平。一方面,脉冲振荡器停振,不再输出脉冲;另一方面, D_4 输出高电平, VD_1 截止, V_{DD} 通过 R_2 向 C_1 充电,经过一段时间, D_6 输出高电平,作用于 CD4017 的 R 端,使其清零。从 D_3 输出由高电平变为低电平至 D_6 输出高电平使 CD4017 清零的延时时间 $t=0.693R_2C_1$,一般



(a)



(b)

图 5.2 CD4017 构成 9 通道脉冲编码器(改进)

设计得较长。不可太短,否则,可能由于按动指令键的手还未移开,CD4017 已清零,会造成同一指令的重复发出。但也不要太长,否则影响指令键的操作速度。

图 5.2(b)是改进电路的工作波形。

改进电路中,CD4017 是在完成上一次指令编码之后就被清零,可再次按动同一指令键,重复发出同一指令,克服了图 5.1(a)电路的不足。

二、CD4518+CD4028 构成的 9 通道脉冲编码器

CD4518 为十进制计数器,输出的是 BCD 码,CD4028 为 BCD 码至 10 线时序译码器。将它们组合起来就构成 10 线脉冲分配器,其功能与 CD4017 相同。由它们构成的脉冲编码器如图 5.3 所示。

图中,虚线框内(CD4518+CD4028)相当于一块 CD4017,CD4028 将 CD4518 输出的 BCD 码译为 10 线时序输出。本电路的工作原理及各点波形与图 5.1 电路完全相同。

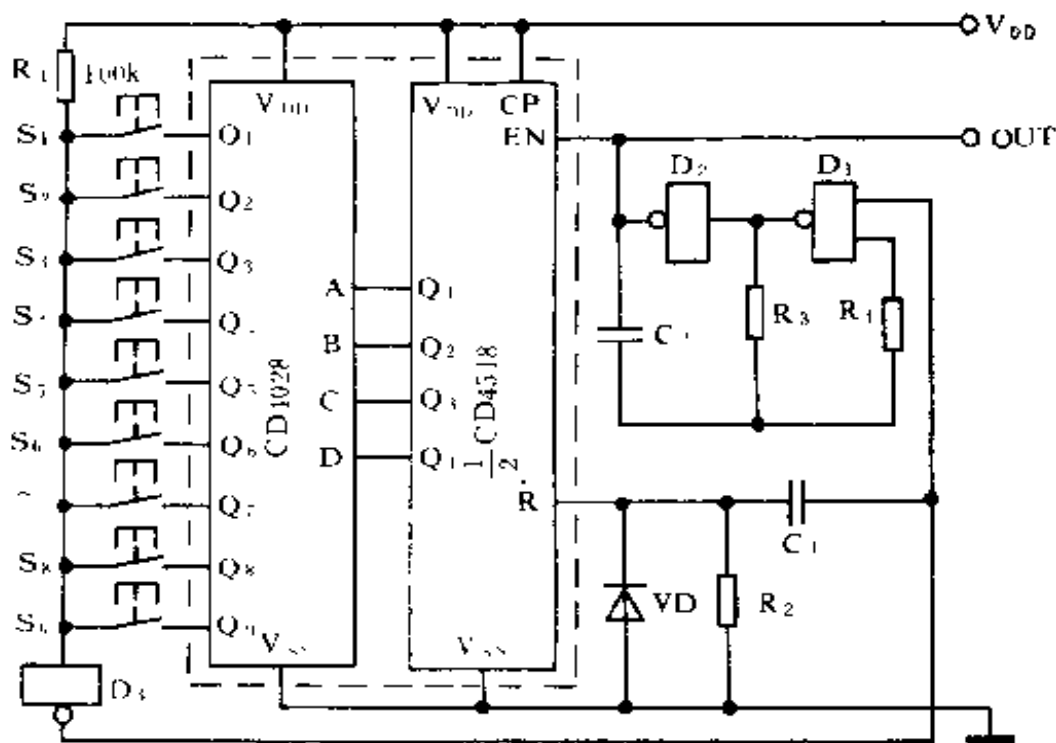


图 5.3 CD4518+CD4028 构成 9 通道脉冲编码器

在图 5.3 电路中,当按动指令键时,在 CD4518 的清零端 R 产生一正向尖脉冲,将计数器清零,完成编码后计数器仍保持此刻状态,不能重复发出同一指令。为了能够重复发出同一指令,可根据图 5.2 电路原理,将本电路改为编码后延时清零的电路,改动部分与图 5.2 相同。

三、CD4520+CD4514 构成的 15 通道脉冲编码器

CD4520 为四位二进制加法计数器, 当其时钟输入端 CP (或 \overline{EN}) 有时钟脉冲作用时, 输出端输出 0000~1111 二进制码。CD4514 为二进制码至 16 线时序译码器, 可将二进制码译为 16 线时序输出。由它们构成的 15 通道脉冲编码器如图 5.4 所示。

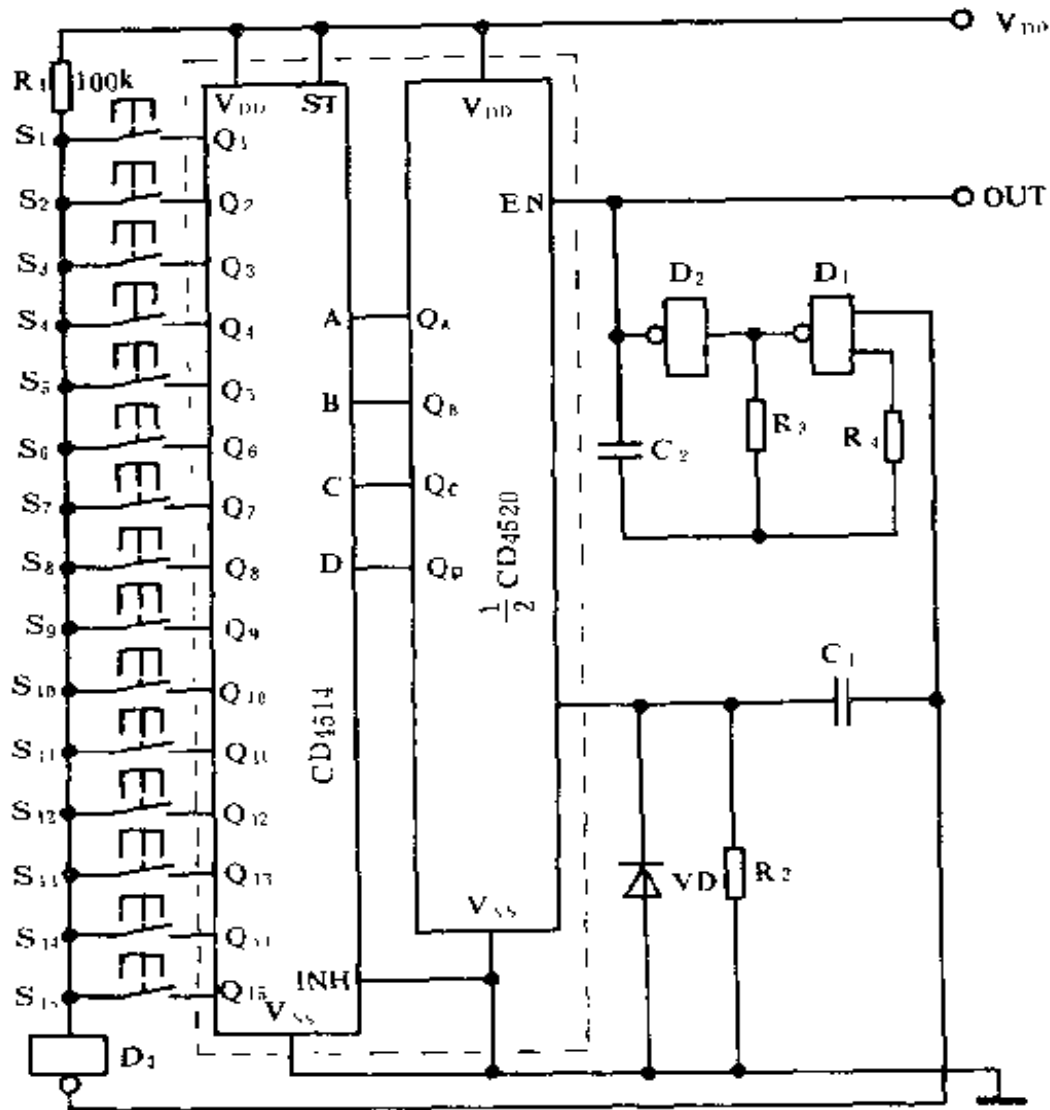


图 5.4 CD4520+CD4514 构成 15 通道脉冲编码器

图中, 当 CD4520 输出的四位二进制码在 0001~1111 之间

变化时,CD4514 的 $Q_1 \sim Q_{15}$ 依次输出高电平。

此电路的工作原理与图 5.1 电路相同,只不过为 15 通道脉冲编码器。

同样,也可根据图 5.2 电路原理,将此电路改为编码后延时清零电路,从而能够重复发出同一指令。

四、CD4520 + CD4514 构成的 31 通道脉冲编码器

由本书第四章 4.4 中知道,CD4520 为双四位二进制加法计数器,如果将其中两个四位二进制加计数器进行级联使用,便可得到八位二进制计数器,共有八个数据输出端 Q_{1A} 、 Q_{1B} 、 Q_{1C} 、 Q_{1D} 、 Q_{2A} 、 Q_{2B} 、 Q_{2C} 、 Q_{2D} ,输出的四位二进制码从 00000000 ~ 11111111,共有 256 个状态。若构成 31 通道脉冲编码器,只需要 32 个状态就够了(零状态不用),因此,也就只需要五位二进制计数器。在将 CD4520 中的两个四位二进制计数器级联后,只要将第一个计数器的数据输出端 Q_{1A} 、 Q_{1B} 、 Q_{1C} 、 Q_{1D} 以及第二个计数器的数据输出端 Q_{2A} 引出即可,其余的 Q_{2B} 、 Q_{2C} 、 Q_{2D} 不用。这样, Q_{1A} 、 Q_{1B} 、 Q_{1C} 、 Q_{1D} 、 Q_{2A} 输出的五位二进制码将从 00000 ~ 11111,共 32 个状态。这 32 个状态再经 5 线(五位二进制码)至 32 线(32 线时序码)译码器进行译码,便构成 32 线脉冲分配器。由 CD4520 + CD4514 构成的 31 通道脉冲编码器如图 5.5 所示。

图中,CD4520 中第一个四位二进制计数器的第四位数据输出端 Q_{1D} 与第二个四位二进制计数器的时钟输入端 EN_2 (下降沿有效)端相连,即 Q_{1D} 作为进位端,当第一个四位二进制计数器计到 1111 时, Q_{1D} 便向第二个四位二进制计数器的时钟输入端 EN_2 进 1,从而实现逢 16 进 1 的功能。第一个四位二进制计数器的四位与第二个四位二进制计数器的第一位构成五位二进制计数器。

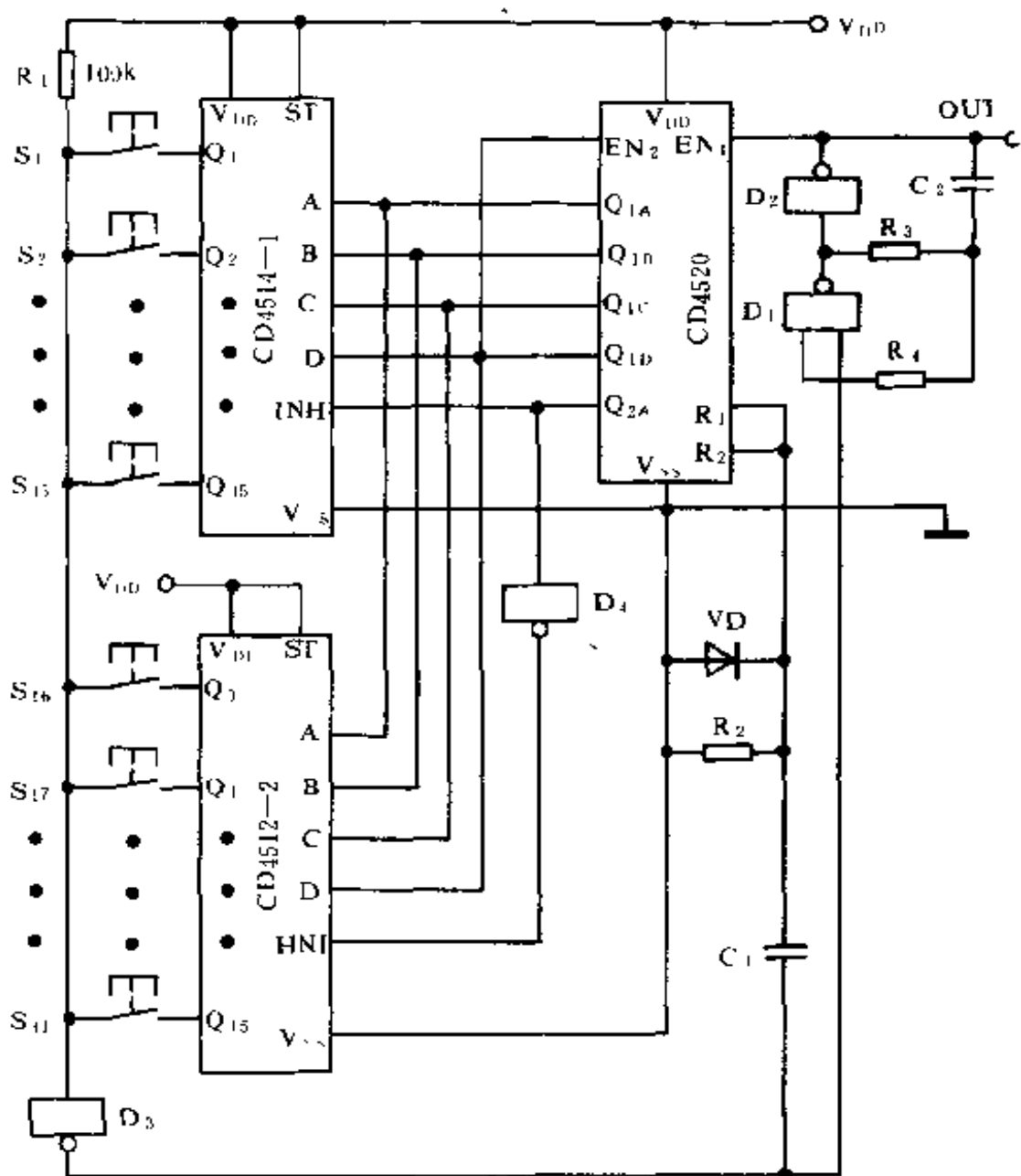


图 5.5 CD4520+CD4514 构成 31 通道脉冲编码器

图 5.5 中, CD4514-1 和 CD4514-2 以及非门 D_4 构成五位二进制码至 32 线时序译码器。CD4514-1 的输出端 $Q_1 \sim Q_{15}$ 为 1~15 时序输出端, CD4514-2 的输出端 $Q_1 \sim Q_{15}$ 为 16~31 时序输出端。CD4520 输出的五位二进制数据中的低四位数据

端 Q_{1A} 、 Q_{1B} 、 Q_{1C} 、 Q_{1D} 分别与 CD4514 - 1 和 CD4514 - 2 的四位数据输入端 A_1 、 B_1 、 C_1 、 D_1 和 A_2 、 B_2 、 C_2 、 D_2 相联,五位二进制数据中的最高位(第五位) Q_{2A} 与 CD4514 - 2 的选通控制端 INH 相联,并通过一反相器 D_4 与 CD4514 - 1 的选通控制端 INH 相联。

当五位二进制数据 $Q_{2A}Q_{1D}Q_{1C}Q_{1B}Q_{1A}$ 从 00000~01111 之间变化时,最高位 Q_{2A} 始终保持“0”,通过 D_4 使 CD4514 - 2 的 INH 端为高电平。故在此期间 CD4514 - 2 处于禁止输出状态,尽管低四位的数据同时也输入到 CD4514 - 2 的 A、B、C、D 端,但由于其 INH 为高电平,CD4514 - 2 的 $Q_0 \sim Q_{15}$ 均为低电平。而在此期间,由于 Q_{2A} 保持“0”,CD4514 - 1 的选通控制端 INH 也为低电平,故 Q_{1A} 、 Q_{1B} 、 Q_{1C} 、 Q_{1D} 输入到 CD4514 - 1 的 A、B、C、D 端的四位二进制数据被译为时序输出, $Q_1 \sim Q_{15}$ 依次输出高电平。

当 $Q_{2A}Q_{1D}Q_{1C}Q_{1B}Q_{1A}$ 从 10000~11111 之间变化时,最高位 Q_{2A} 始终保持“1”,作用于 CD4514 - 1 的选通控制端 INH,从而使 CD4514 - 1 处于禁止输出状态, $Q_1 \sim Q_{15}$ 均为低电平,不随输入的数据变化。而 Q_{2A} 的高电平通过 D_4 变为低电平后作用于 CD4514 - 2 的选通控制端 INH,使其退出禁止输出状态。CD4514 - 2 从五位二进制数据为 10000 时开始退出禁止输出状态,而此时其输入端 A、B、C、D 输入的数据恰好为 0000,故当数据为 10000 时,CD4514 - 2 的 Q_0 输出高电平,并且从此开始其 $Q_0 \sim Q_{15}$ 依次输出高电平。

从下一个输入(到计数器 CD4520 的)脉冲开始,CD4514 - 1 退出禁止输出状态,而 CD4514 - 2 又进入禁止输出状态,重复上述过程。

由以上分析可知,当五位二进制数据在 00000~11111 之间

变化时,从 CD4514-1 和 CD4514-2 的时序输出端便得到 31 个时序脉冲。可见,CD4520 与两片 CD4514 等构成的是 31 线脉冲分配器。

在分析了 31 线脉冲分配器之后,就不难理解图 5.5 电路的脉冲编码原理了。电路的其它部分与前面介绍的电路相同,工作波形与图 5.1(b)相同。

也可根据图 5.2 电路原理,将此电路改为编码后延时清零方式。

五、CD4520+CD4514 构成 63 通道脉冲编码器

如果我们能够组成更多线数脉冲分配器,也就可非常方便地构成更多通道数的脉冲编码器了。图 5.6 是由 CD4520+CD4514 构成的 63 通道脉冲编码器。

图 5.6 中,出现了一个新的器件 CD4556,它是 2 线至 4 线译码器,可将 A、B 端输入的二进制码译为 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 的时序码。当 A、B 端输入的数据分别为 00、01、10、11 时, Q_0 、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 依次输出低电平(其余为高电平)。这里,CD4556 作为片选译码器用,用来选择 4~16 线译码器 CD4514-1~CD4514-4 中哪一片能够有时序译码输出。

CD4520 中的 Q_{1D} 与 EN_2 相连,第一计数器与第二计数器实现级联。其输出端 Q_{1A} 、 Q_{1B} 、 Q_{1C} 、 Q_{1D} 、 Q_{2A} 、 Q_{2B} 为六位二进制码,其数据可从 000000~111111 变化,共有 64 个状态。这 64 个状态经过 6 线至 64 线时序译码器就得到 64 线时序脉冲。

时序译码器仍采用 CD4514,由于它只有 16 线输出,故采用 4 片 CD4514。

当 $Q_{1A}Q_{1B}Q_{1C}Q_{1D}Q_{2A}Q_{2B}$ 的数据从 000000~111100 之间变化时, $Q_{2A}Q_{2B}$ 保持 00,片选译码器 CD4556 的 Q_0 输出低电平,其余 Q_1 ~ Q_3 输出高电平。在此期间,只有 CD4514-1 的选通端

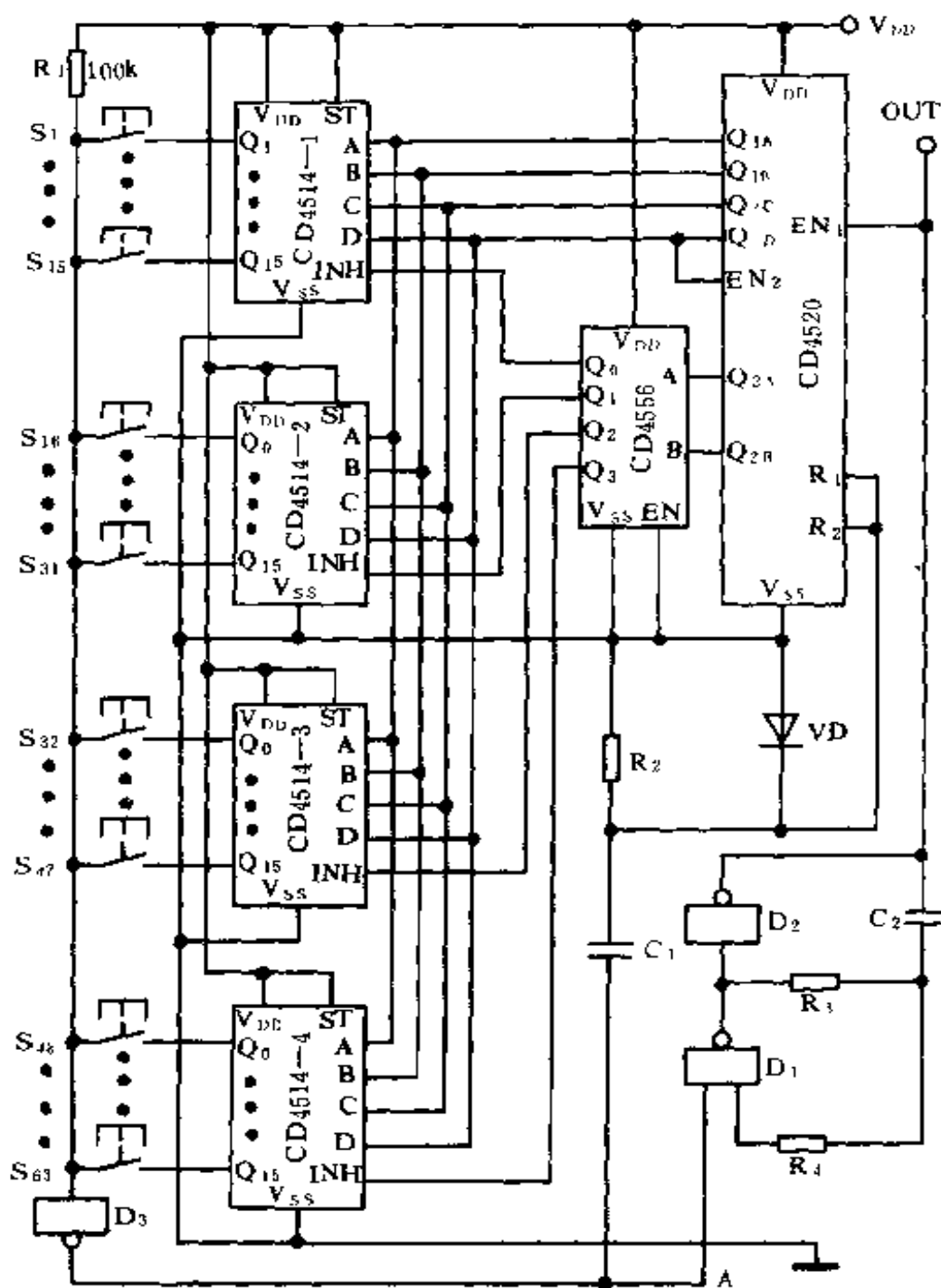


图 5.6 CD4520+CD4514 构成 63 通道脉冲编码器

INH 为低电平,能够有译码输出。而 CD4514-2~CD4514-4 的 INH 端为高电平,均处禁止输出状态。CD4514-1 的 $Q_1 \sim$

Q_{15} 依次输出高电平,即第 1~15 个时序脉冲。

当 $Q_{1A}Q_{1B}Q_{1C}Q_{1D}Q_{2A}Q_{2B}$ 从 000010~111110 之间变化时, $Q_{2A}Q_{2B}$ 为 10 状态,片选译码器 CD4556 的 Q_1 为低电平,其余 Q_0, Q_2, Q_3 均为高电平,CD4514-2 的选通控制端 INH 为低电平,能够有译码输出,而 CD4514-1、CD4554-3、CD4514-4 均处禁止输出状态。CD4514-2 的 $Q_0\sim Q_{15}$ 依次输出高电平,即 16~31 个时序脉冲。

当 $Q_{1A}Q_{1B}Q_{1C}Q_{1D}Q_{2A}Q_{2B}$ 从 000001~111101 之间变化时,片选译码器 CD4556 的 Q_2 输出低电平,其余 Q_0, Q_1, Q_3 为高电平,CD4514-3 的选通控制端 INH 为低电平,能够有译码输出。而 CD4514-1、CD4514-2、CD4514-4 均处禁止输出状态,CD4514-3 的 $Q_0\sim Q_{15}$ 依次输出高电平,即第 32~47 个时序脉冲。

当 $Q_{1A}Q_{1B}Q_{1C}Q_{1D}Q_{2A}Q_{2B}$ 从 000011~111111 之间变化时, $Q_{2A}Q_{2B}$ 保持 11,片选译码器 CD4556 的 Q_3 输出低电平,其余 Q_0, Q_1, Q_2 均输出高电平,CD4514-4 的选通控制端 INH 为低电平,能够有译码输出,而 CD4514-1、CD4514-2、CD4514-3 均处禁止输出状态。CD4514-4 的 $Q_0\sim Q_{15}$ 依次输出高电平,即第 48~63 个时序脉冲。

图 5.6 电路的其它部分原理及工作波形与图 5.1 相同。

同样,也可根据图 5.2 电路原理,将此电路改为编码后延时清零的方式。

根据图 5.6 电路中译码器 CD4514 扩展原理,读者可自行设计出通道数更多的脉冲编码器。

5.1.2 可预置数计数器构成的脉冲编码器

可预置数计数器构成脉冲编码器的基本原理是:指令键键

入的指令码即为计数器的预置数据,而计数器的“平衡”状态是内容为零或满容量状态,当键入不同的指令时(即预置不同的数据),计数器就失去“平衡”,它将自动进行减计数或加计数,直至达到“平衡”状态,计数器停止计数。从失去“平衡”到达到“平衡”状态,计数器输入的减计数或加计数脉冲即为编码脉冲。这种编码器也是以不同的脉冲数目来表征不同的指令。

由可预置计数器构成的脉冲编码器,具有结构清晰,可靠性高等优点。

一、CD40192+CD40147 构成的 9 通道脉冲编码器

为更好地理解这种编码器的工作原理,首先对所用集成电路 CD40192 和 CD40147 作一介绍。

CD40192 是二——十进制可预置数加/减计数器(双时钟),它与第四章曾介绍的 CD40193 原理基本相同,只不过

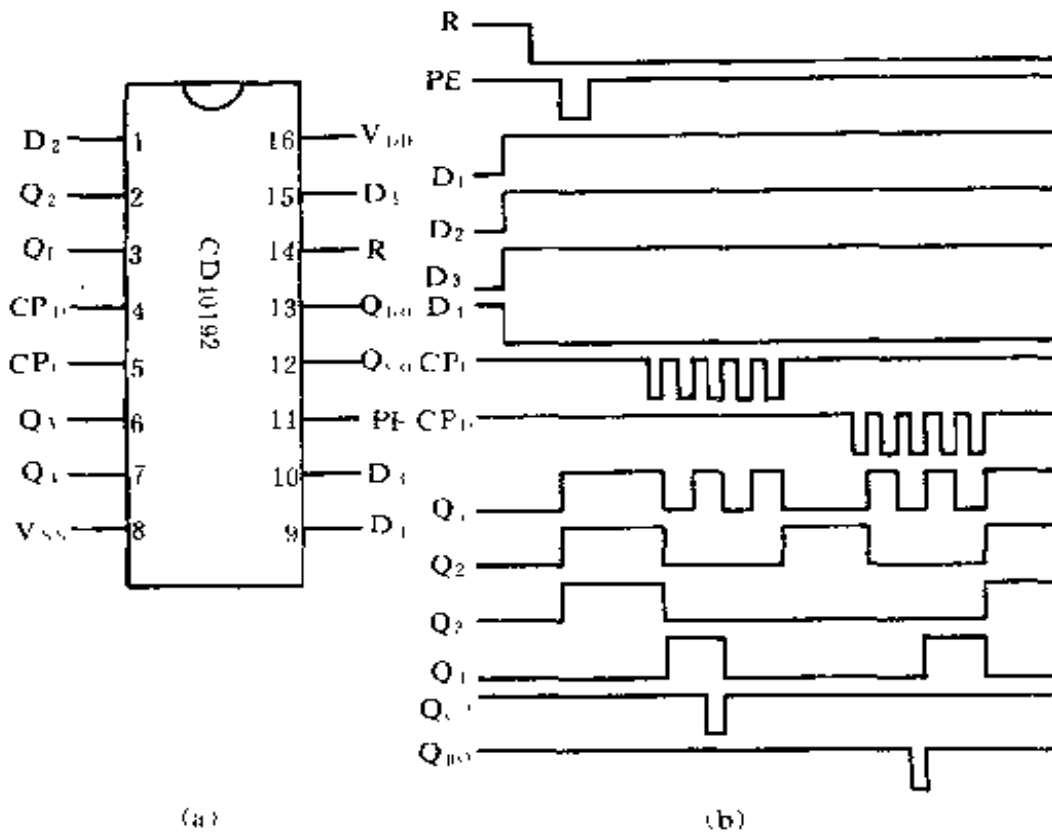


图 5.7 CD40192 引线功能及工作波形

CD40193 为四位二进制码输出,而 CD40192 为 BCD 码输出。图 5.7 是 CD40192 的引线排列及工作波形图。

CD40192 有两个计数输入端 CP_U 和 CP_D ,做加法计数时,计数脉冲由 CP_U 端输入,此时, CP_D 应接高电平;作减法计数时,计数脉冲由 CP_D 端输入,此时 CP_U 应接高电平。它们均是在计数脉冲的上升沿作用下进行加/减计数。

A、B、C、D 为 CD40192 的预置数数据输入端,应为 BCD 码。当预置数控制端 \overline{PE} 有负脉冲或低电平(此时清零端 R 也要为低电平)作用时,A、B、C、D 端数据便置入计数器的各计数单元,并传送到计数器的输出端 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 。

R 为 CD40192 的清零端,当有正脉冲或高电平作用于 R 端时,计数器被清零,其输出端 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 均为“0”。

$\overline{Q_{Cn}}$ 和 $\overline{Q_{B0}}$ 端分别为 CD40192 的进位端和借位端,进行多片级联时,分别与相邻高位的 CP_U 和 CP_D 相联。

CD40147 为十进制码至 BCD 码编码器,它可将输入的十进制码编为输出的 BCD 码。图 5.8 是 CD40147 的内部逻辑图及引线排列图。

CD40147 有 9 个输入端 $IN_1 \sim IN_9$,输入的是十进制码(高电平有效),四个输出端 A、B、C、D 输出的是 BCD 码,其中,A 为 2^0 位、B 为 2^1 位、C 为 2^2 位、D 为 2^3 位。表 5-1 是 CD40147 的真值表。

表 5-1 CD40147 真值表

IN_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
IN_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
IN_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
IN_4	0	0	0	1	0	0	0	0	0

续表

IN_5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
IN_6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
IN_7	0	0	0	0	0	0	1	0	0
IN_8	0	0	0	0	0	0	0	1	0
IN_9	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A	1	0	1	0	1	0	1	0	1
B	0	1	1	0	0	1	1	0	0
C	0	0	0	1	1	1	1	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	1	1

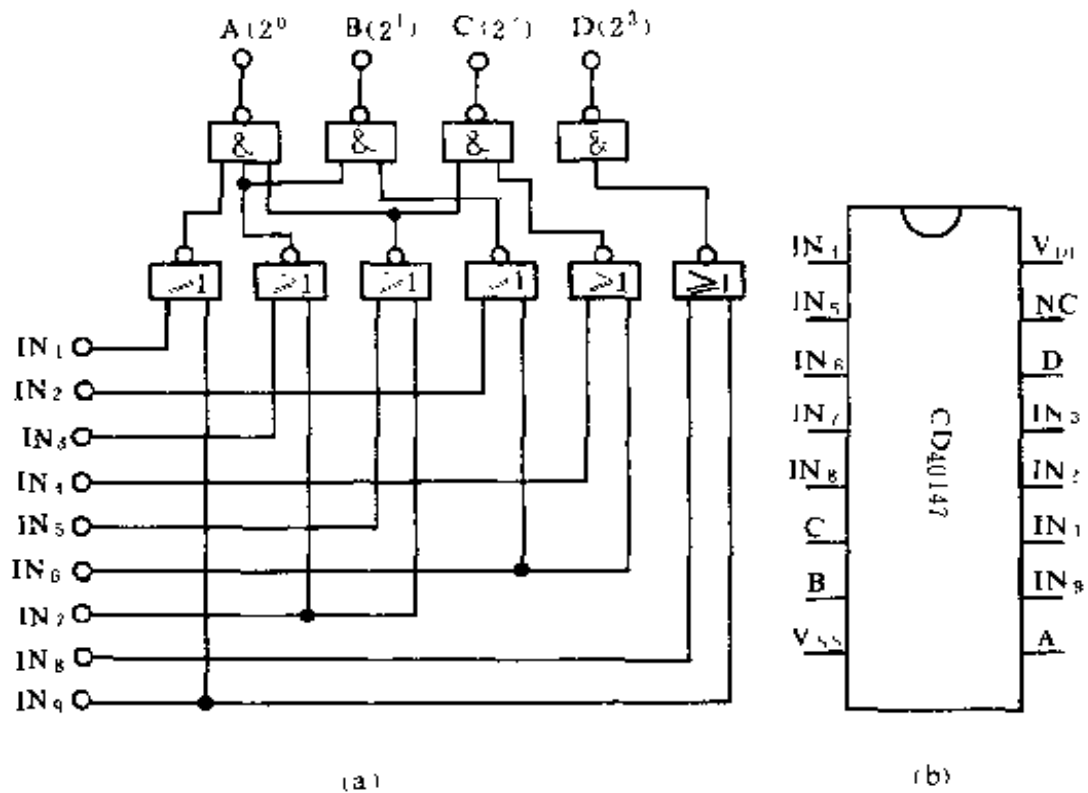


图 5.8 CD40147 内部逻辑图及引线功能

图 5.9(a)是 CD40192+CD40147 构成的 9 通道脉冲编码

器,图 5.9(b)是其工作波形。

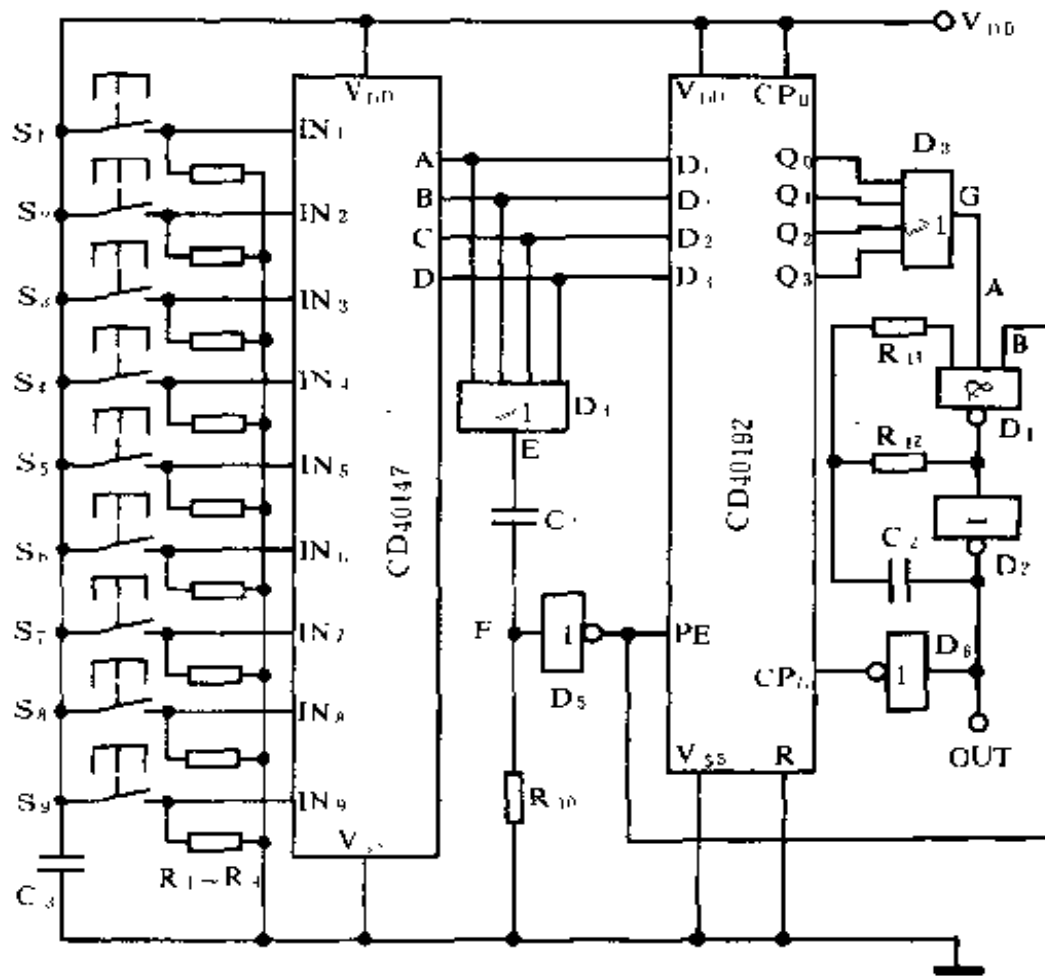


图 5.9(a) CD40192 + CD40147 构成 9 通道脉冲编码器

它主要由指令键、十进制码至 BCD 码编码器、可预置数计数器、脉冲振荡器等几部分组成。其中,可预置数加/减计数器 CD40192 的加计数端 CP_u 接高电平,计数脉冲由减计数端 CP_d 输入,构成可预置数减计数器。脉冲振荡器由 D_1 和 D_2 等构成。

平时未按指令键时,CD40147 的 $IN_1 \sim IN_9$ 均为低电平,或非门 D_4 输出低电平,非门 D_5 输出高电平,即 CD40192 的 \overline{PE} 端为高电平,处于非置数情况。计数器 CD40192 的 $Q_0 \sim Q_3$ 均为零状态(若是不为零,电路将自动进行减计数,直至达到零状态),

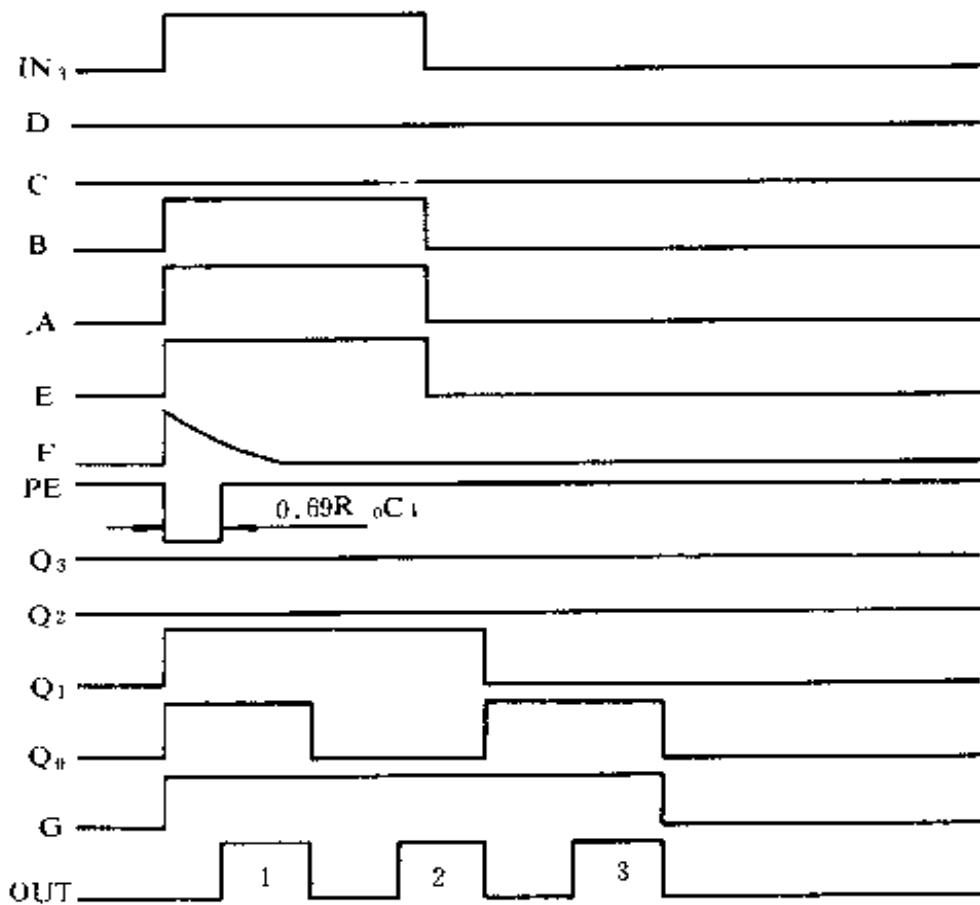


图 5.9(b) 工作波形

或非门 D_3 的输出端 Q 为低电平, 由 D_1 和 D_2 构成的脉冲振荡器处停振状态, 无编码脉冲输出。

当按下任一指令键时, 例如, 按下 S_9 时, $CD40147$ 的 IN_9 为高电平, 其输出端 $DCBA = 1001$, 或门 D_4 输出高电平, 此高电平经 C_1 和 R_{10} 微分后变为正向尖脉冲, 经非门 D_5 反相及整形后变为矩形负脉冲, 其余脉冲的宽度 $T \approx 0.69R_{10}C_1$, 一般设计为几 μs 。此矩形负脉冲作用于 $CD40192$ 的 \overline{PE} 端, 使其置数, 将 D_0 、 D_1 、 D_2 、 $D_3 (=A、B、C、D)$ 的数据置入计数单元并传送到 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 端, 即 $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 1001$, 使或门 D_3 输出高电平, 即构成脉冲振荡器的与非门 D_1 的 A 输入端为高电平, 脉冲振荡器是

否可以起振现在仅取决于 D_1 的 B 输入端。B 输入端输入的即是置数负脉冲, 当此负脉冲处低电平时, 脉冲振荡器不能起振, 要经过 $T = 0.69R_{10}C_1$ 时间后, 此负脉冲消失, 脉冲振荡器起振, 产生编码脉冲。

编码脉冲由非门 D_2 输出, 经 D_5 作用于 CD40192 的减计数输入端 CP_D , 使其作减法计数。由于 CD40192 被预置的数据为 9, 故其 CP_D 端有 9 个减脉冲作用后, 计数器的内容将变为零, $Q_0Q_1Q_2Q_3 = 0000$, D_2 输出低电平, D_1 和 D_2 构成的脉冲振荡器停振, 不再产生编码脉冲。

由以上分析可见, 可预置数计数器被预置的数据与电路产生的编码脉冲的数目是完全相同的, 即编码脉冲的数目与所按指令键的号码一一对应。

这里计数器的“平衡”状态为零, 当按动指令键置入数据后, 计数器失去“平衡”, 脉冲振荡器产生编码脉冲并作用于计数器, 直至使其达到“平衡”状态为止。

由于由 C_1 和 R_{10} 以及 D_5 产生的置数脉冲宽度很窄, 且与按键时间无关, 故当松开指令键之后, 虽然 CD40147 的 ABCD = 0000, 即 CD40192 的置数数据输入端 $D_0D_1D_2D_3 = 0000$, 但是此时 \overline{PE} 端的置数脉冲早已消失, 不会将零状态置入计数器, 从而保证了脉冲编码的准确可靠。

另外, 由于每次进行编码后, 计数器都处零“平衡”状态, 因此, 不必象脉冲分配器构成的脉冲编码器那样, 设置清零电路。

二、CD40193+CD4078 构成 15 通道脉冲编码器

CD40193 为可预置数四位二进制加/减(双时钟)计数器。根据可预置数计数器构成脉冲编码器的基本原理, 若要构成 15 通道脉冲编码器, 还需 15 线(十进制码)至 4 线(二进制码)编码器。而目前尚未见到单片 15 线至 4 线编码器集成电路。编码器

属组合逻辑电路,由各种门电路组合而成。组成编码器的电路比较简单,这里我们由或门/或非门 CD4078 构成 15 线至 4 线编码器,电路如图 5.10 所示。

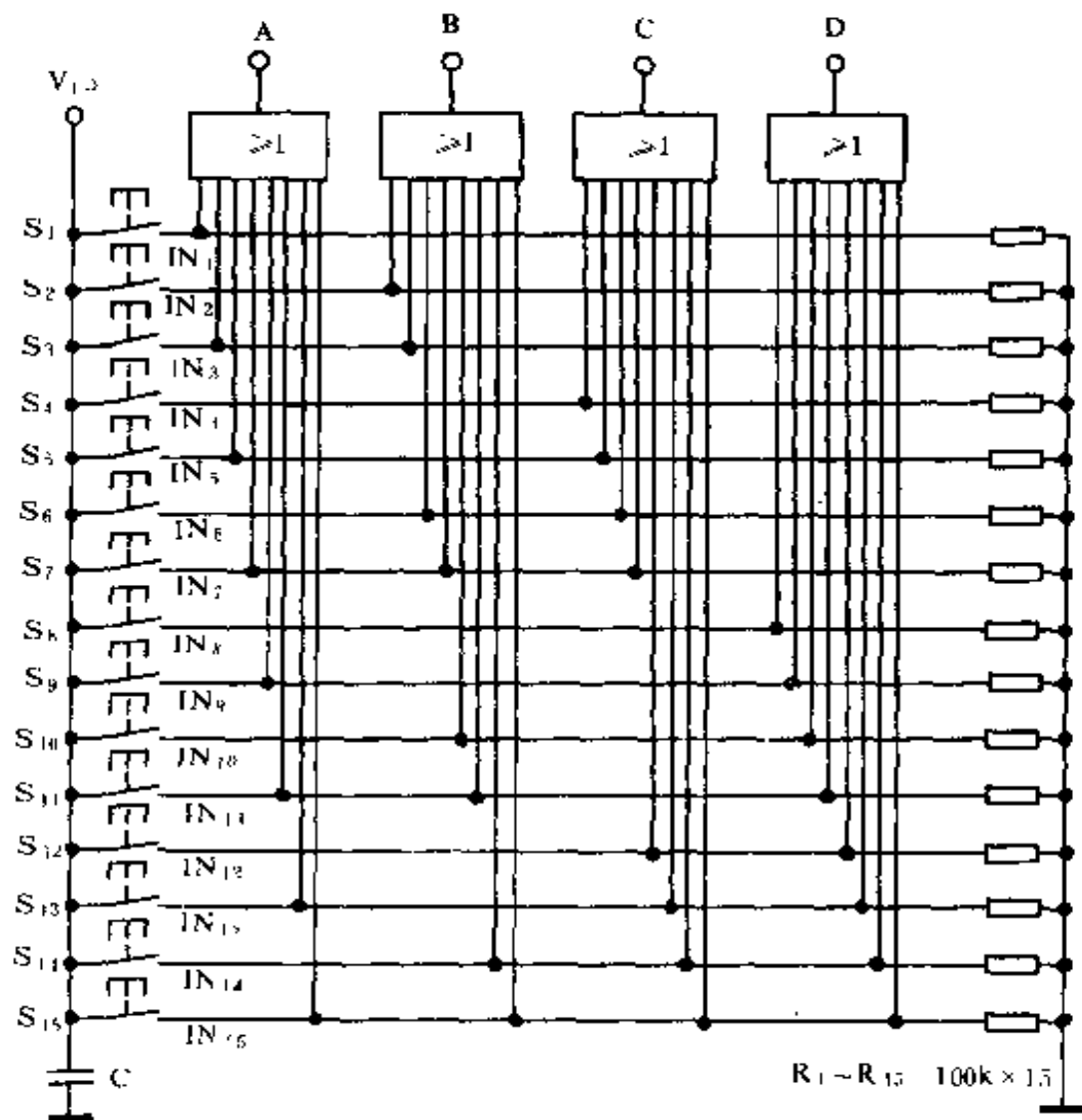


图 5.10 CD4078 构成 15 线至 4 线编码器

电路采用了四片八输入端或门/或非门 CD4078。CD4078 的引线功能如图 5.11 所示。在此,作或门使用。每片或门的输入端与 15 个编码输入端中相应的八个端相联;每片或门的输出端作为一位编码输出端,共有 A、B、C、D 四位,分别代表 2^0 、 2^1 、

2^2 、 2^3 权位。

各输出端的逻辑表达式为：

$$A = 1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 + 15,$$

$$B = 2 + 3 + 6 + 7 + 10 + 11 + 14 + 15,$$

$$C = 4 + 5 + 6 + 7 + 12 + 13 + 14 + 15,$$

$$D = 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 + 14 + 15。$$

图 5.10 就是按这些逻辑表达式画出的 15 线至 4 线编码器的逻辑图。

例如,对十进制数码“15”进行二进制编码时,指令键 S_{15} 按下,使 15 线端为高电平,其余各线均为低电平(通过 $R_1 \sim R_{15}$ 接地),即 15 线端置 1,其余端均置 0,这时输出端状态为

$$A = 1,$$

$$B = 1,$$

$$C = 1,$$

$$D = 1。$$

所以, $DCBA = 1111$,也就是将十进制数“15”编成了二进制数 1111。

为了更清楚地了解 15 线十进制码至 4 线二进制编码器的编码情况,表 5-2 列出了 15 线至 4 线编码表。

表 5-2 15 线至 4 线编码表

IN_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IN_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

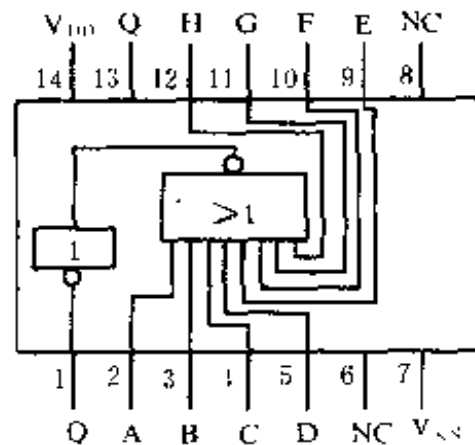


图 5.11 CD4078 引线功能

续表

IN ₃	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IN ₄	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IN ₅	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IN ₆	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
IN ₇	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
IN ₈	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
IN ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
IN ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
IN ₁₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
IN ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
IN ₁₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
IN ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
IN ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
B	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
C	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
D	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

采用上述 15 线至 4 线编码器,就可与四位二进制可预置数计数器 CD40193 构成 15 通道脉冲编码器,电路如图 5.12 所示。

电路中,虚线框内即是图 5.10 所示的编码器(未画出详细电路)。CD40193 的 CP_U 接高电平,CP_D 输入由 D₁ 和 D₂ 等产生的编码脉冲。电路其它部分的工作原理与图 5.9 电路完全相同,只是图 5.12 最多可以产生 15 个编码脉冲。

在图 5.12 中,计数器 CD40193 的“平衡”状态为零,采用减

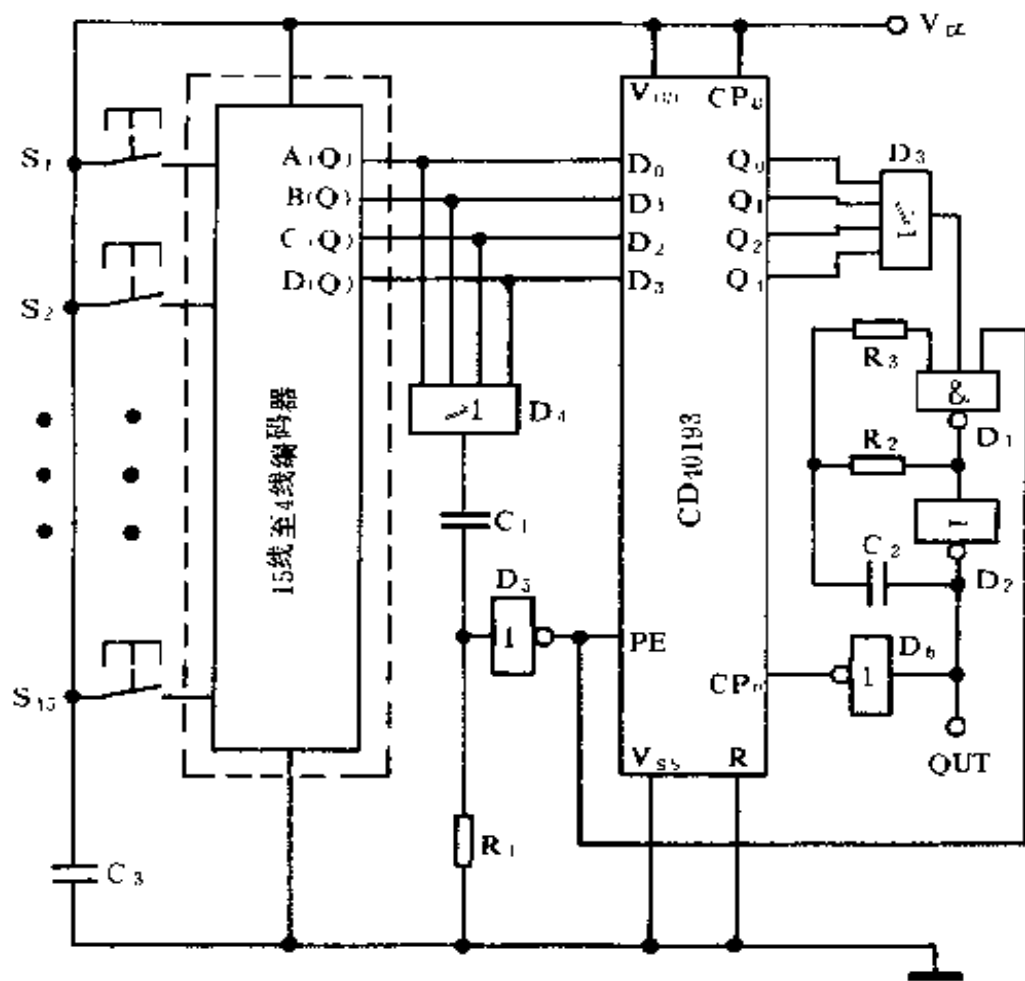


图 5-12 CD40193+CD4078 构成 15 通道脉冲编码器(一)

法计数的方式使其达到“平衡”。

其实,计数器的“平衡”状态也可是满容量,当键入不同的指令时,计数器失去“平衡”,并采用加计数的方式使其达到“平衡”。这样,电路就变为图 5.13 所示的结构。

图中,编码器仍采用图 5.10 电路,不过各位编码输出由 CD4078 的 \bar{Q} 端引出,作为或非门使用。这样,各端的逻辑表达式就变为:

$$A = \overline{1+3+5+7+9+11+13+15},$$

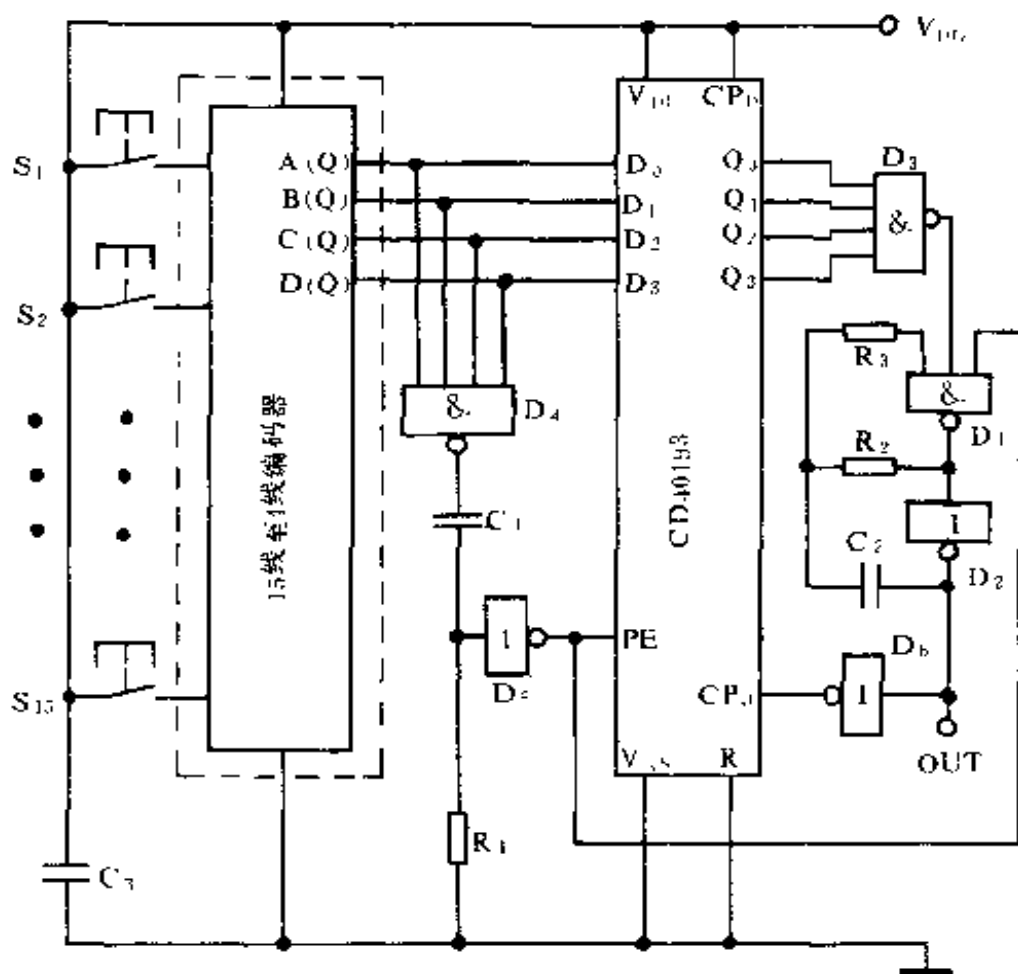


图 5.13 CD40193+CD4078 构成 15 通道脉冲编码器(二)

$$B = \overline{2 + 3 + 6 + 7 + 10 + 11 + 13 + 15},$$

$$C = \overline{4 + 5 + 6 + 7 + 10 + 11 + 14 + 15},$$

$$D = \overline{8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 + 14 + 15}.$$

编码后的状态均为图 5.10 中的反码,如表 5-3 所示。

表 5-3 经过编码后的状态

IN_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IN_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IN_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

续表

IN ₄	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IN ₅	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IN ₆	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
IN ₇	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
IN ₈	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
IN ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
IN ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
IN ₁₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
IN ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
IN ₁₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
IN ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
IN ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
B	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
C	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
D	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

图 5.13 与图 5.12 电路另一不同之处是,或门 D₃ 和 D₄ 均改用与非门。电路的工作过程与上述电路相似。

例如,当按下指令键 S₁₅时,编码器输出状态 DCBA=0000,与非门 D₄ 输出高电平,经 C₁ 和 R₁₆微分后变为正向尖脉冲,再经 D₅ 整形变为负向矩形脉冲,作用于 CD40193 的置数控制端 \overline{PE} ,使编码器输出的 DCBA=0000 置入计数器并传送到各输出端 Q₃Q₂Q₁Q₀=0000,与非门 D₃ 输出高电平,由 D₁ 和 D₂ 构成的脉冲振荡器起振,输出编码脉冲。当 CD40193 的加计数端 CP_U 有 15 个脉冲作用后,计数器加到满容量 Q₃Q₂Q₁Q₀=1111,与

非门 D_3 输出低电平,脉冲振荡器停振。

若要构成通道数更多的脉冲编码器,只要用门电路组合成相应的编码器以及采用多位可预置数计数器即可。读者可根据可预置数计数器构成脉冲编码器的基本原理,自行设计。

5.1.3 数值比较器构成的脉冲编码器

采用数值比较器构成脉冲编码器的基本原理是:用数值比较器对键入的指令码与计数器的数码进行比较,当键入的指令码大于计数器的数码(比较前为零)时,数值比较器的输出使脉冲振荡器起振,向计数器送入计数脉冲,计数器作加法计数,直至计数器的数码与键入的指令码相等,数值比较器的输出使脉冲振荡器停振。由于计数器的计数结果与指令键键入的数值相等,所以脉冲振荡器产生的编码脉冲数目与指令键号码相同,从而实现脉冲编码。

下面首先对数值比较器作一介绍。数值比较器就是对两组数值进行比较,以判断它们的大小或相等。判断的结果在相应的输出端,以不同的输出状态表示出来。

CD14585 是 CMOS 四位数值比较器,它可以比较两组四位(二进制码)数的大小或相等。图 5.14(a)、(b)分别给出了它的内部逻辑电路及引线功能图。

CD14585 有 A、B 两组(比较)数值输入端,其中 A 组有四位 A_3 、 A_2 、 A_1 、 A_0 ,B 组有四位 B_3 、 B_2 、 B_1 、 B_0 。有三个级联输入端 $(A > B)IN$ 、 $(A = B)IN$ 、 $(A < B)IN$ 以及三个比较结果输出端 $(A > B)OUT$ 、 $(A = B)OUT$ 、 $(A < B)OUT$ 。

若 $A(A_3、A_2、A_1、A_0) > B(B_3、B_2、B_1、B_0)$,则输出端 $(A > B)OUT = 1$,其它两个输出端 $(A < B)OUT = 0$, $(A = B)OUT = 0$ 。

若 $A = B$,则输出端 $(A = B)OUT = 1$,其它两个输出端 $(A$

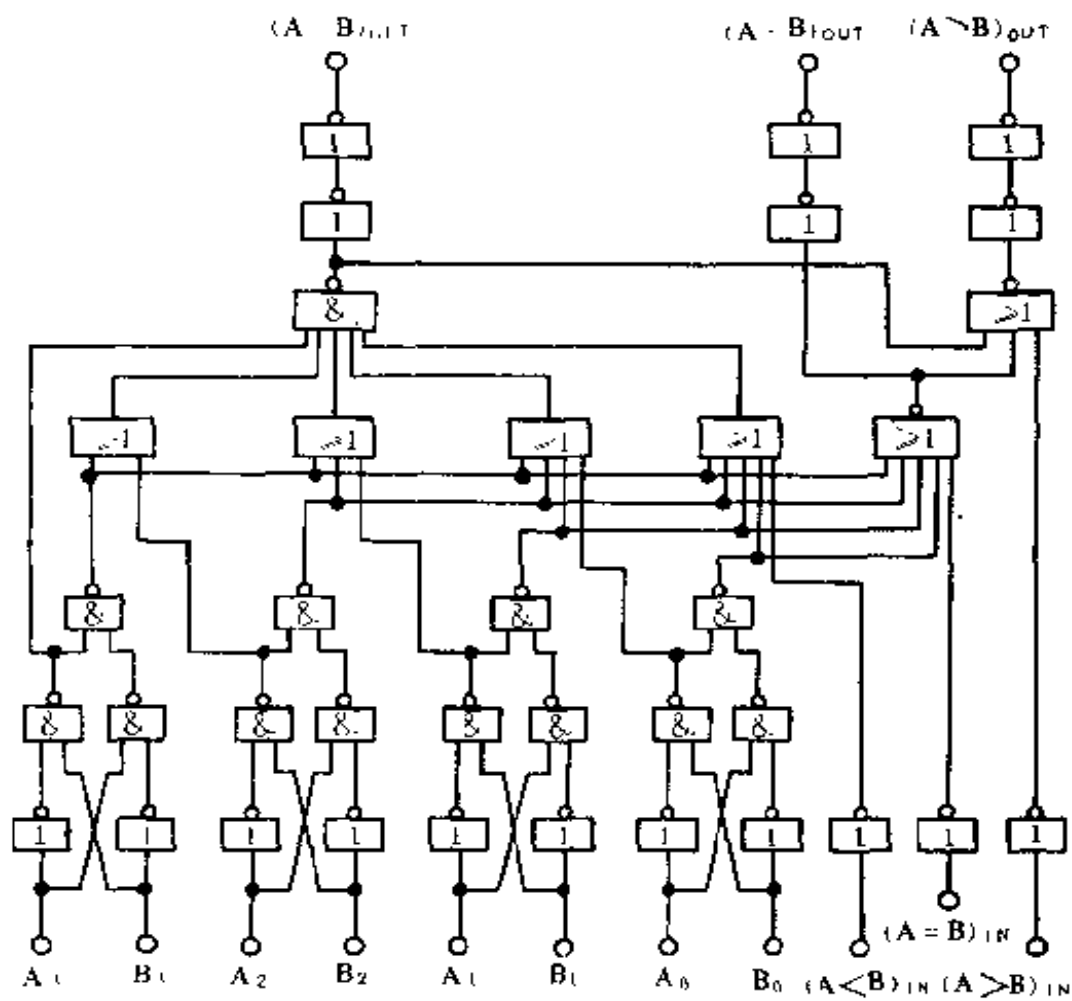


图 5.14(a) CD14585 内部逻辑图

$(A > B)_{OUT} = 0, (A < B)_{OUT} = 0$ 。

若 $A < B$, 则输出端 $(A < B)_{OUT} = 1$, 其它两个输出端 $(A = B)_{OUT} = 0, (A > B)_{OUT} = 0$ 。

三个级联输入端 $(A > B)_{IN}, (A = B)_{IN}, (A < B)_{IN}$ 是供比较器进行级联使用的。当比较的数码超过四位时, 可以用多片四位数比较器 CD14585 级联使用。这时, 可将低位比较器的三个输出端 $(A > B)_{OUT}, (A = B)_{OUT}, (A < B)_{OUT}$ 分别与相邻高位比较器的 $(A > B)_{IN}, (A = B)_{IN}, (A < B)_{IN}$ 三个输入端相联。级联非常方便。从图 5.14(a) 逻辑图可以看出, 当本位输入

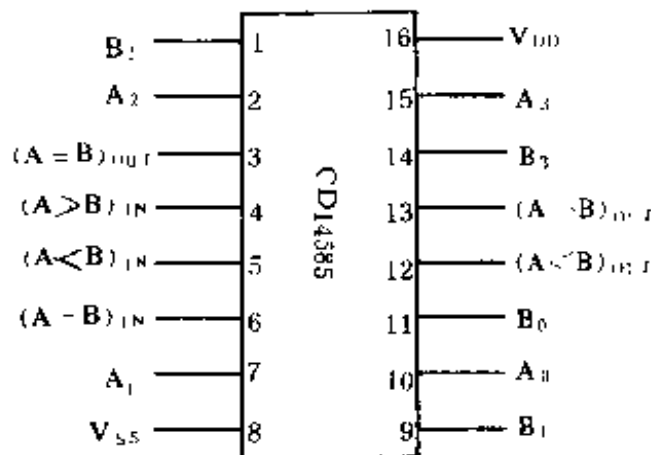


图 5.14(b) CD14585 引线功能

的两组数码相等时,低位输出的比较结果将决定总的比较结果。如果只比较本位输入的 A、B 两组数的四位数码时,应将本位的比较输入端 $(A=B)_{IN}$ 接高电平,即 $(A=B)_{IN}=1$,而 $(A>B)_{IN}=0$, $(A<B)_{IN}=0$ 。这样,当 $A=B$ 时,本位的比较输出端 $(A=B)_{OUT}=1$,其余输出端均为“0”。

表 5-4 为 CD14585 的真值表。

表 5-4 CD14585 的真值表

输入							输出		
比较				级联					
A_3, B_3	A_2, B_2	A_1, B_1	A_0, B_0	$A<B$	$A=B$	$A>B$	$A<B$	$A=B$	$A>B$
$A_3>B_3$	×	×	×	×	×	1	0	0	1
$A_3=B_3$	$A_2>B_2$	×	×	×	×	1	0	0	1
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1>B_1$	×	×	×	1	0	0	1
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0>B_0$	×	×	1	0	0	1
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	0	0	1	0	0	1
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	0	1	0	0	1	0
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	1	0	0	1	0	0

续表

输入							输出		
比较				级联					
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0 < B_0$	×	×	×	1	0	0
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1 < B_1$	×	×	×	×	1	0	0
$A_3 < B_3$	$A_2 < B_2$	×	×	×	×	×	1	0	0
$A_1 < B_3$	×	×	×	×	×	×	1	0	0

注：×为任意状态

下面介绍两种由数值比较器构成的脉冲编码器。

一、CD14585+CD40147+CD4518 构成 9 通道脉冲编码器

电路如图 5.15(a)所示,图 5.15(b)为其工作波形图。

CD40147 将指令键键入的十进制码编为 BCD 码,并输入到四位数值比较器 CD14585 的 A 组比较数值输入端 $A_3A_2A_1A_0$,二——十进制计数器 CD4518 的时钟输入端 CP,输入的是由 D_1 和 D_2 等构成的脉冲振荡器的脉冲信号,其输出端 $Q_3Q_2Q_1Q_0$ 接四位数值比较器 CD14585 的 B 组比较数值输入端 $B_3B_2B_1B_0$ 。电路的工作过程如下:

当按下任一指令键时,例如按下 S_9 时,CD40147 的输出端 DCBA=1001,并输入到 CD14585 的 A_3 、 A_2 、 A_1 、 A_0 ,同时,或非门 D_3 输出端由高电平变为低电平,即使 CD4518 退出清零状态,允许进行计数。由于此时 CD14585 的 A 组数值为“1001”,而 B 组数值为“0000”,故其比较输出端(A=B)OUT=0,经 D_4 反相后变为高电平,由 D_1 和 D_2 等构成的脉冲振荡器起振,产生编码脉冲,并作用于 CD4518 的 CP 端,使其作加法计数。当 CD4518 的 CP 端有 9 个脉冲作用后,其输出端 $Q_3Q_2Q_1Q_0$ 的状态为“1001”,恰好与指令键键入的数值相等。四位数值比较器

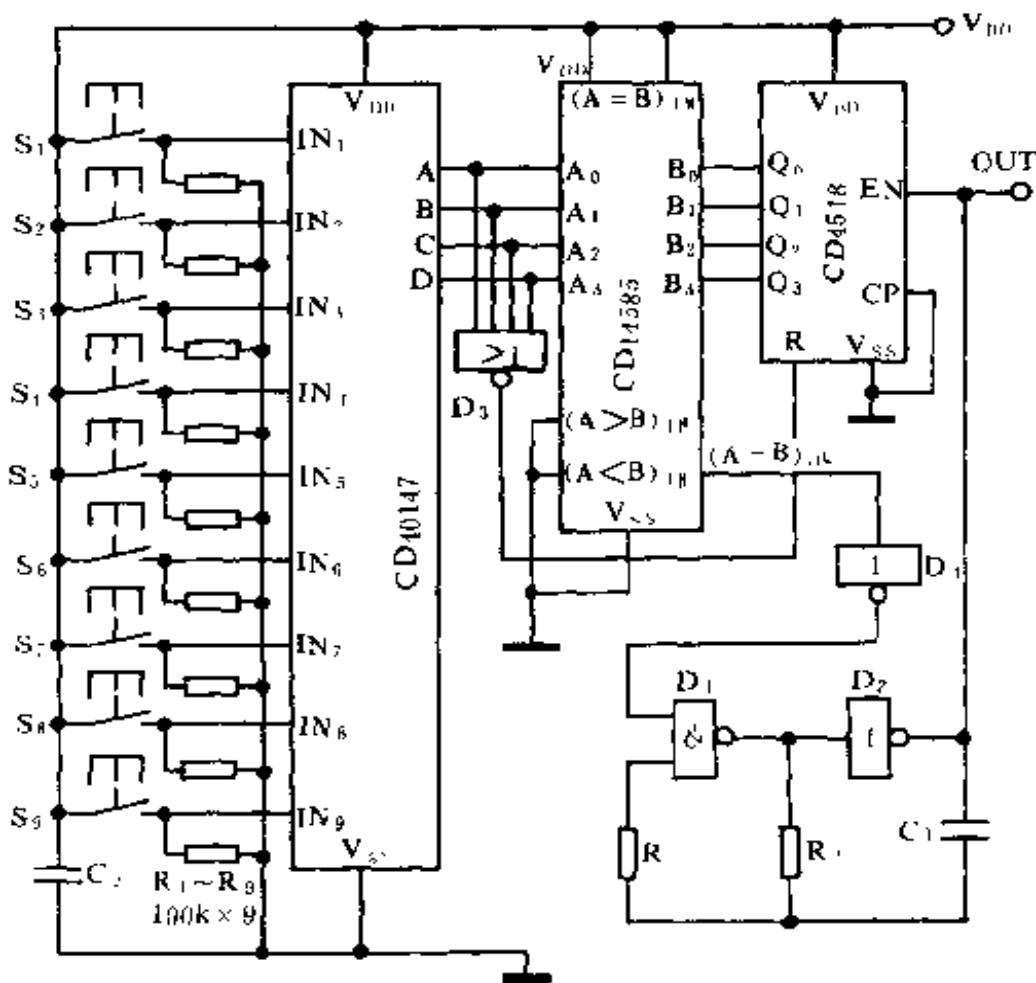


图 5.15(a) CD14585+CD40147+CD4518 构成 9 通道脉冲编码器

CD14585 的输出端 $(A=B)_{OUT}=1$, 经 D_3 反相后变为“0”, 使 D_1 和 D_2 构成的脉冲振荡器停振。

当松开指令键 S_9 时, CD40147 的输出 $ABCD=0000$, 或非门 D_3 输出高电平, 并作用于计数器 CD4518 的清零端 R , 使其清零, 即 $Q_3Q_2Q_1Q_0=0000$, 从而保持四位数值比较器 CD14585 的 A 、 B 两组数值相等, $(A=B)_{OUT}=1$, 也就保持了 D_1 和 D_2 构成的脉冲振荡器仍处停振状态。

二、CD14585+CD4078+CD4520 构成 15 通道脉冲编码器

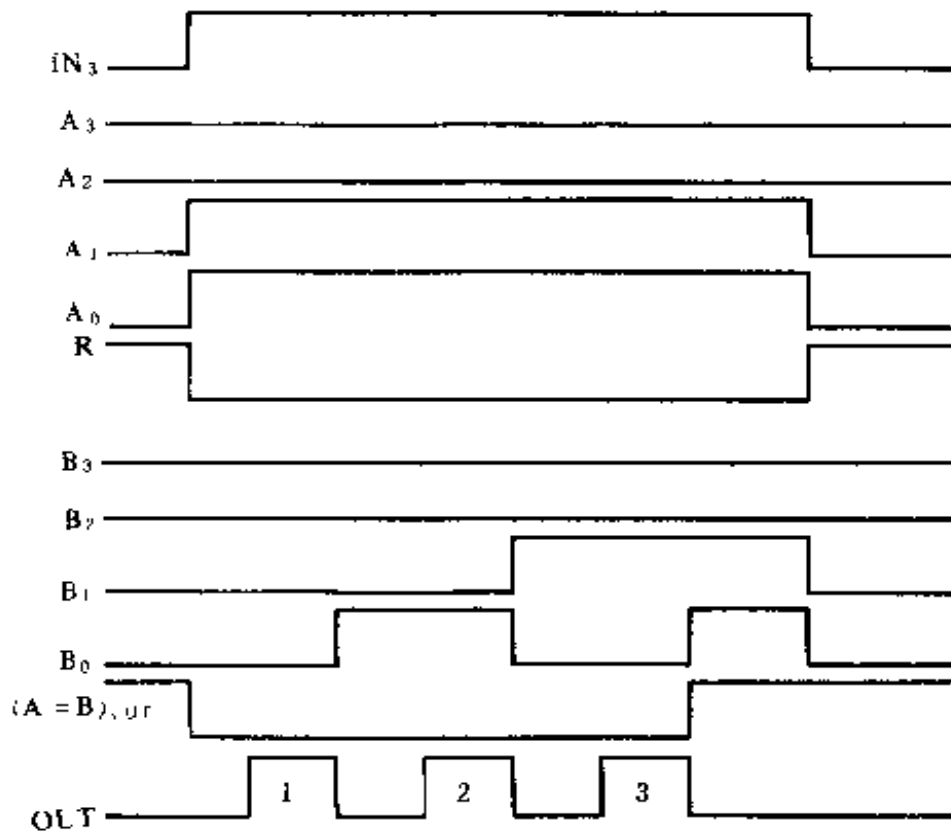


图 5.15(b) 工作波形

电路如图 5.16 所示。

图中,虚线框内是由四片 CD4078 构成的 15 线(十进制码)至 4 线(二进制码)编码器,即图 5.10 电路。计数器采用四位二进制计数器 CD4520。

电路的其它部分与图 5.15 完全相同。

在图 5.15 和图 5.16 电路中,四位数值比较器 CD14585 仅使用了其相同比较功能。为降低成本,也可采用如图 5.17 所示的由异或门等构成的同比较器。

异或门输出端的逻辑表达式为

$$Q = A \bar{B} + \bar{A} B。$$

A、B 为两个输入端,Q 为输出端。异或门的功能可以用文字叙述为:输入相同,输出为“0”;输入不同,输出为“1”。

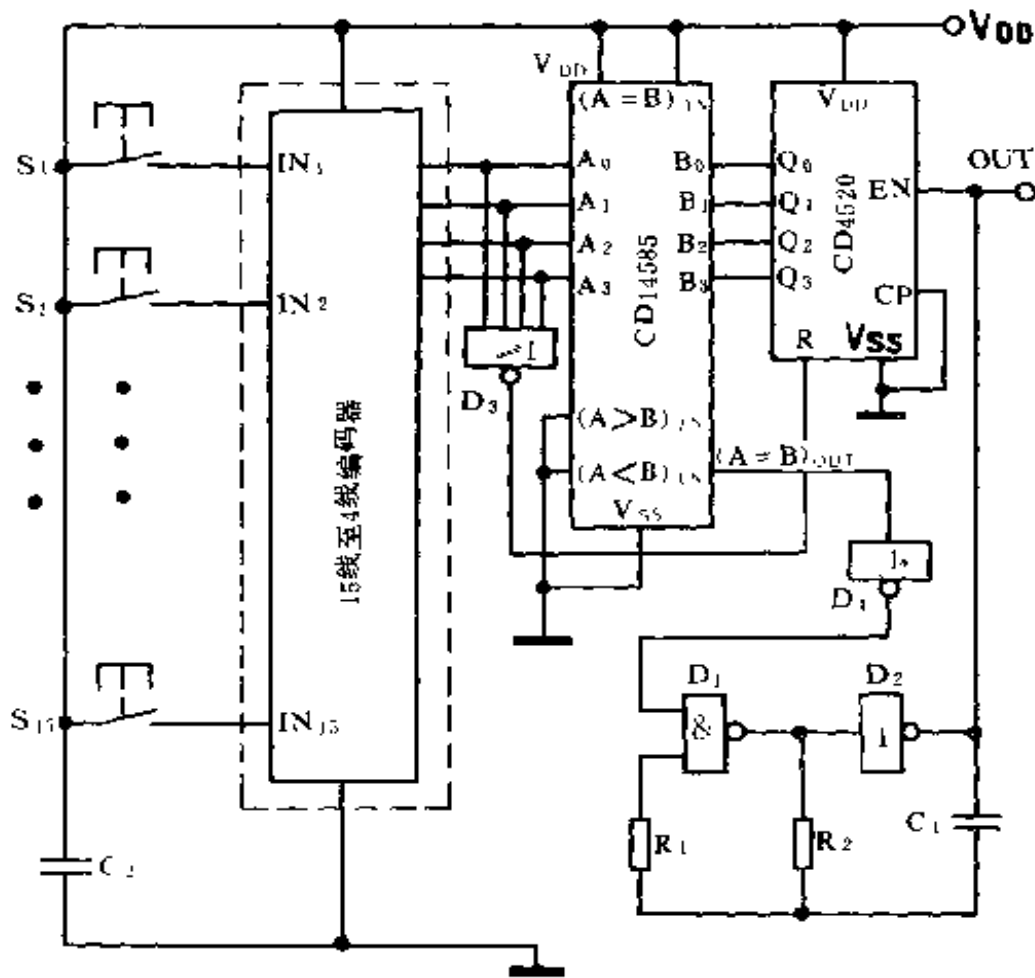


图 5.16 CD14585+CD4078+CD4520 构成 15 通道脉冲编码器

在图 5.17 中, A_3 、 A_2 、 A_1 、 A_0 为 A 组数值输入端, B_3 、 B_2 、 B_1 、 B_0 为 B 组数值输入端, $(A=B)OUT$ 为比较结果输出端。

当 A 组数与 B 组数相等, 即 $A_3=B_3$ 、 $A_2=B_2$ 、 $A_1=B_1$ 、 $A_0=B_0$ 时, $Q_0 \sim Q_3 = 0$, 从而使或门 D_5 输出“0”, 即 $(A=B)OUT = 0$ 。

当 A 组数与 B 组数不等时, $Q_0 \sim Q_3$ 中一定有“1”存在, 从而使或门 D_5 输出“1”, 即 $(A=B)OUT = 1$ 。

照此原理, 也可用异或门构成更多位的数值同比较器。

用图 5.17 电路完全可以代替图 5.15 和图 5.16 中的四位

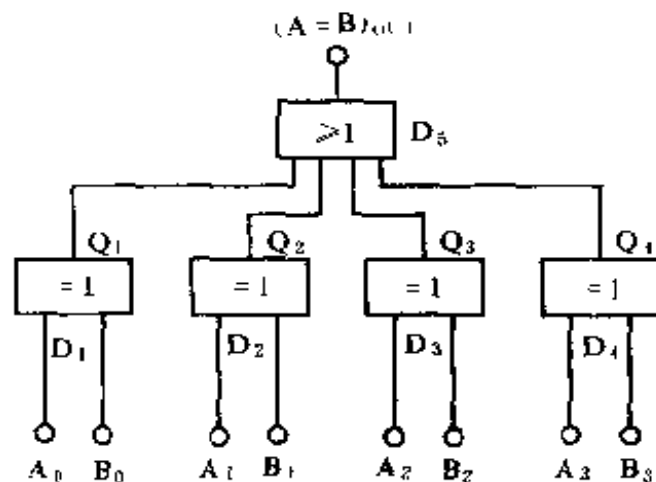


图 5.17 异或门构成同比较器

数值比较器 CD14585, 且可以省去其中的非门 D_4 。

5.1.4 电话机脉冲拨号器作为脉冲编码器

电子电话机中的脉冲拨号器是以不同的脉冲数目来表征不同的拨号号码的, 且脉冲数目与所拨号码一一对应。

脉冲拨号器集成电路, 大多采用 CMOS 工艺制作, 其工作电压较低, 工作电压范围较宽 (一般为 2.5V 至 10V), 静态电流也很小 (一般在微安数量级)。因此, 非常适合在码分制红外线遥控电路中应用。

电话机脉冲拨号器集成电路种类繁多, 但工作原理大同小异, 下面以 UM9151 为例说明脉冲拨号器的基本原理。

UM9151 是台湾产品, 是采用 CMOS 工艺制成的单片脉冲拨号器。它的功耗很低, 抗干扰能力强。其基本功能是将键盘的输入变为相应的一串拨号脉冲。

UM9151 的工作电压为 2V~5.5V, 静态工作电流仅 $1\mu\text{A}$, 工作电流为 $30\mu\text{A}$ 。

图 5.18 和图 5.19 分别给出了 UM9151 的内部逻辑框图

及工作波形。

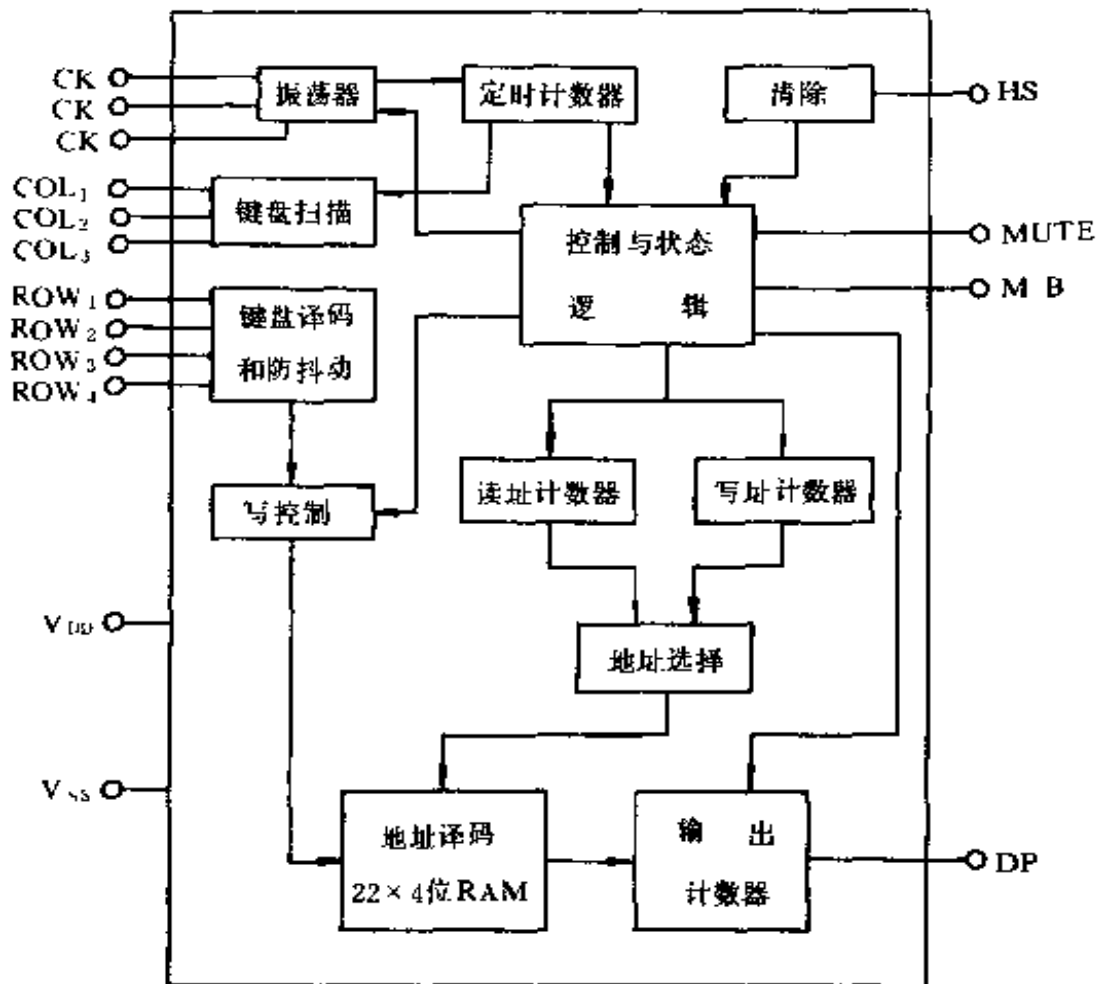


图 5.18 UM9151 内部逻辑框图

在图 5.18 中,HS 为启动端,低电平有效。当电话机处于挂机状态时,HS 为高电平;当电话机为摘机状态时,HS 为低电平。作为脉冲编码器使用时,可直接接低电平(即 V_{SS} 端)。当 HS 为低电平时,时钟振荡器处于振荡状态,输出计数器中的寄存器也被启动,此时,UM9151 处于等待键盘输入状态。

$ROW_1 \sim ROW_4$ 为键盘横输入端, $COL_1 \sim COL_3$ 为键盘纵输入端。当键入某一号码时,一个横输入端和一个纵输入端相

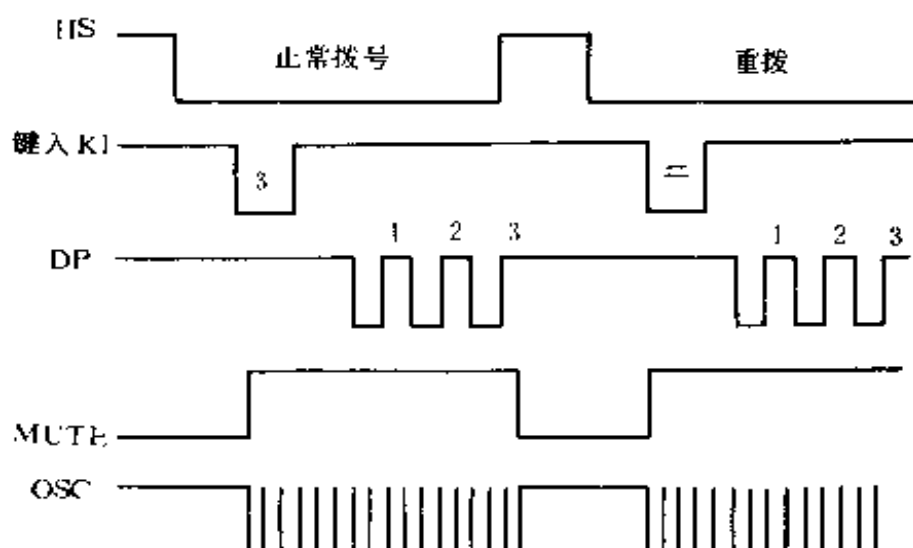


图 5.19 UM9151 工作波形

联,随着按键并经过 6.7ms 防抖动时间,键入数据进入随机存储器 RAM。要注意的是键入的时间不得小于防抖动时间,否则输入无效。当然,在第二键按下能够被识别以前,第一个键必须恢复并且完成全部防抖动时间,第二个键入才有效。如果在同一时间内有两个以上的键被按下,UM9151 不能接受数据。

从波形图中可以看出,当有效键输入开始后,静音输出端 MUTE 立即呈现高电平,控制开关电路,以减少随后的发号在受话器中产生的噪声。MUTE 端在码分红外线遥控电路中一般不用。

当有效键输入的不是重拨键“#”,波形图中键入号码“3”,则原先存在 UM9151 内部供重拨用的号码将被清除掉,即写址计数器复位,而键入的第一位数码被键盘译码器译成 4 位键码,并存入内部随机存取存储器 RAM 中,随后,写址计数器进位以选择第二个 RAM 存储单元,这个存储单元是准备存第二个数字的。由于每一位键码都要先写入 RAM 中,再从 RAM 中读出,因此,读址计数器也要进位,选择 RAM 中下一存储单元。

RAM 中的数码由控制与状态逻辑电路控制,输入到输出计数器中,由输出计数器根据数码变为相应的脉冲信号,脉冲的数目与键入的数码相对应。

若键入的是重拨键“#”,则 RAM 中原先存在 RAM 中的数据将依次输入到输出计数器,并转换为相应的脉冲信号在 DP 端输出。在红外线遥控系统中,这一功能一般不用,因此关于重拨过程及原理不作过多的介绍。

在 UM9151 中,时钟振荡器采用廉价的 RC 振荡器,RC 元件要外接,其工作原理与 CMOS 门电路构成的 RC 多谐振荡器相同。

• UM9151 输出端 DP 输出拨号脉冲的速率,由时钟振荡器的振荡频率确定。当时钟频率为 18kHz 时,脉冲速率为 10pps (每秒十个脉冲);当时钟频率为 36kHz 时,脉冲频率为 20pps。脉冲速率较低,可通过适当提高时钟频率(改变外接 RC 数值)方法来提高脉冲速率。

UM9151 的 M/B 为通断比选择输入端,在通常情况下,当 M/B 接 V_{DD} 时,脉冲的通断比(即输出脉冲的高电平宽度与低电平宽度之比)为 1:2,当 M/B 接 V_{SS} 时,脉冲通断比为 2:3;当 M/B 接时钟输出端 CK 时,则使 UM9151 进入测试方式,产生高速脉冲拨号,拨号速率为 600pps。因此,在红外线遥控系统中应用脉冲拨号器时,可根据实际需要来选择不同脉冲速率。

另外,由 UM9151 工作波形可以看出,脉冲输出端 DP,在无脉冲输出时,为高电平,在设计驱动电路时应注意其接口,否则会使红外发光管静态时处发光状态,造成不必要的电能浪费及降低器件寿命。

UM9151 的 HS 端为电话机挂钩开关输入端,此端用来检测电话机手柄是处于挂机状态还是处于摘机状态。当挂机时,

HS = V_{DD} , 当摘机时, HS = V_{SS} 。在红外线遥控系统中应用时, HS 端可直接与 V_{SS} 端联接。

图 5.20 是 UM9151 作为脉冲编码器的应用电路。

图中, ROW₁ ~ ROW₄ 以及 COL₁ ~ COL₃ 分别与 3 × 4 = 12 标准键盘相联, CK₁、CK 以及 \overline{CK} 与外接 RC 元件相联, 与内部 CMOS 非门构成时钟振荡器, 如图 5.21 所示。振荡频率 $f = 1/2 \cdot 2RC$, 按图中参数 $f = 36\text{kHz}$, DP 端脉冲速率为 20pps。HS 端直接接 V_{SS} , 只要按动编码键, 即可启动 UM9151, 使 DP 端发出相应的编码脉冲。

脉冲拨号器种类很多, 表 5-5 给出了几种型号电路的工作电压、静态工作电流及 DP 端驱动电流的数值, 供读者在设计电路时参考。

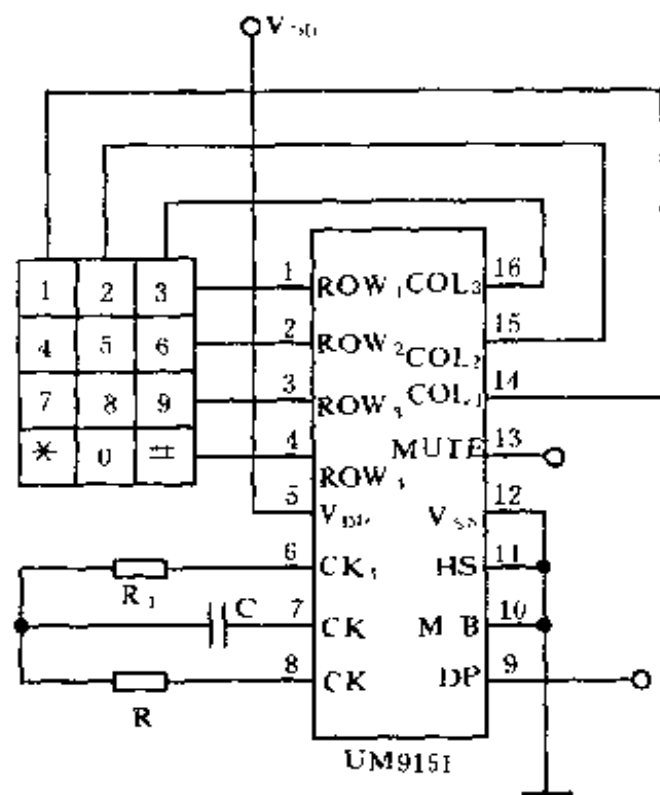


图 5.20 UM9151 作为脉冲编码器

表 5-5 几种脉冲拨号器的参数

型号	工作电压	静态电流	驱动电流
UM9151	2.5~5V	1 μ A	500 μ A
UM91611	1.5~5.5V	0.5 μ A	120 μ A
S2560G	2~3.5V	2 μ A	200 μ A
S2569	2.5~10V	1 μ A	—
S25610	2.5~3.5V	2 μ A	125 μ A
HM9100	2~2.5V	—	—
TP5081N	2.5~6V	2 μ A	—

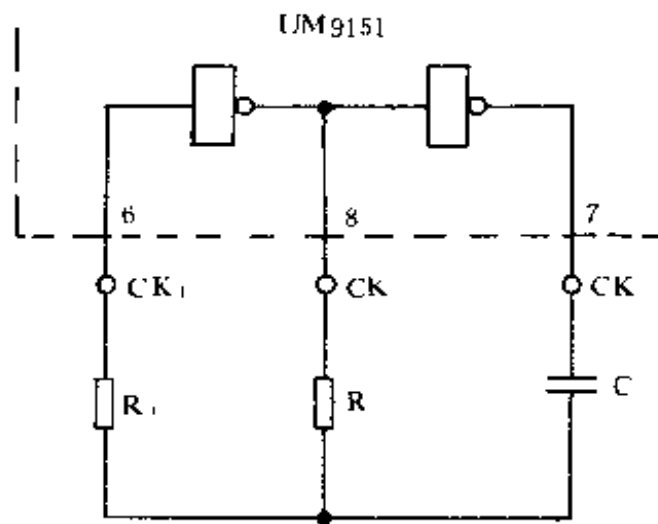


图 5.21 UM9151 的 RC 时钟振荡器

以上我们对几种脉冲编码器作了介绍,它们均是以不同的脉冲数目表征不同的指令。下面将介绍与此相对应的脉冲解码器。

5.1.5 脉冲解码器

一、基本原理

脉冲解码器的作用是将指令信号从已编码的数码中解调出来。具体来讲,脉冲解码器可以按照(通过编码后的)指令信号的脉冲数目,将指令信号传送到对应的输出端,从而实现相应通道的控制。

脉冲解码器是由脉冲分配器构成的,脉冲分配器有单片脉冲分配器,或由计数器加时序译码器构成。关于脉冲分配器,我们在脉冲分配器构成脉冲编码器(5.1.1)中已作过详细介绍。图5.22是由脉冲分配器构成的脉冲解码器的原理框图。

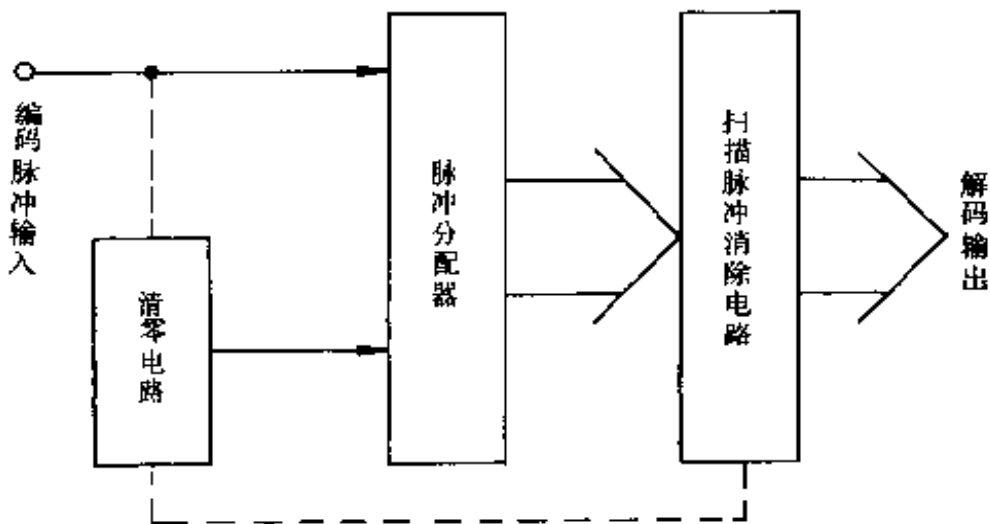


图 5.22 脉冲分配器构成脉冲解码器原理框图

在图 5.22 中,编码脉冲作用于脉冲分配器的时钟输入端,使脉冲分配器按照输入脉冲的个数,将脉冲分配到相应的输出端。即:输入 1 个脉冲,1 端有输出;输入 2 个脉冲,2 端有输出,……输入 n 个脉冲, n 端有输出,从而实现脉冲解码。

为了保证解码的准确无误,要求每次解码时,脉冲分配器均处于零状态,电路设置了清零电路。清零方式有两种:一种是利用第一个编码脉冲的上升沿清零;另一种是完成一个解码周期后延时清零。这两种清零方式对应于脉冲解码器的两种输出方

式:对于第一种清零方式,由于一次解码后,脉冲分配器始终保持输出状态不变,直至下一次解码后,输出状态保持在另一解码输出上。所以,对于第一种清零方式,解码器为互锁输出。对于第二种清零方式,由于每次解码后,脉冲分配器输出状态不能保持,延时一段时间被清零,这样在对应输出端便产生一个脉冲。因此,对于第二种清零方式,解码器为脉冲输出。适合于后接对脉冲敏感的触发器及计数器的控制电路。

另外,由于脉冲分配器在解码过程中有脉冲扫过解码输出端。例如对 n 通道解码时,则对应 $1 \sim (n-1)$ 通道输出端将依次有脉冲扫过。这对于解码器的脉冲输出方式(一般后接触发器及计数器等记忆电路)以及要求较高的互锁输出方式的控制电路来讲,将会产生误动作,这是不允许的。

由于脉冲的速率较高,因此扫描脉冲作用时间较短(与解码脉冲宽度相比),利用扫描脉冲的这一特点,在脉冲解码器各输出端接上 RC 积分网络,用以吸收短时的扫描脉冲,这样解码输出脉冲的边沿可能会变坏,对触发不利,但可通过整形器解决。也可采用锁存器消除扫描脉冲。下面分别介绍互锁输出和脉冲输出两种类型的脉冲解码器。

二、互锁输出型脉冲解码器

互锁输出脉冲解码器电路如图 5.23 所示。虚线框内为各种脉冲分配器,CP 和 EN 端为脉冲输入端,CP 为上升沿有效;EN 为下降沿有效。R 为清零端,高电平有效。VD、 R_1 、C 以及 R_2 构成清零电路。 $1 \sim n$ 为解码输出端。

其工作过程如下:

当有 $i(i=1,2 \cdots n)$ 个编码脉冲输入时,第一个脉冲的上升沿通过二极管 VD 作用于 R_1 上, R_1 上的正脉冲经过 C 和 R_2 微分后,变为正向尖脉冲作用于脉冲分配器的清零端 R,将脉冲分

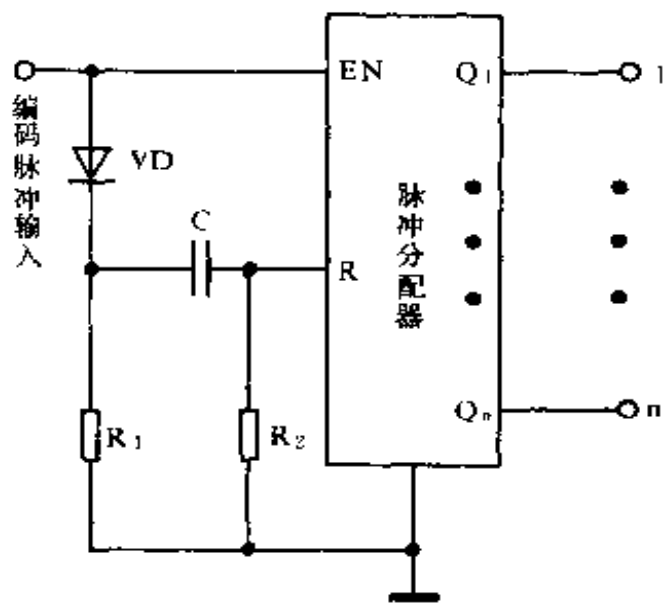


图 5.23 互锁输出脉冲解码器

配器清零, 无论原来为何状态, 都将使脉冲分配器的 Q_0 输出高电平 (Q_0 不用)。R 端清零尖脉冲有效作用时间为 $t_1 = 0.69R_2C$, 要求 t_1 必须小于输入编码脉冲的上平顶宽度 T_d 。

第一个编码脉冲以及之后的 $i-1$ 个编码脉冲的下降沿作用于脉冲分配器的时钟输入端 EN, 使脉冲分配器的

$Q_1 \sim Q_i$ 依次输出高电平, 最后, Q_i 保持住高电平输出, 即解码输出。由此可见, 解码器输出端位 Q_i 与输入编码脉冲的个数是一一对应的。

在第一个编码脉冲的上升沿作用于清零电路后, 其后的 $i-1$ 个脉冲的上升沿也同样作用于清零电路。但由于二极管 VD 的作用, C 的放电要通过 R_1 进行, R_1 数值较大, C 的放电时间较长。使脉冲分配器的清零端 R 重复被触发的时间为 $t_2 = 0.69R_1C$ 。要求 t_2 必须大于该解码器的最长解码时间, 即 $t_2 > nT$, n 为解码器的通道数, T 为编码脉冲的周期。这样, 才能保证在每个解码过程中, 脉冲分配器的 R 端不会被重复触发, 从而才能保证解码的正确。但 t_2 也不可太长, 否则将影响下一次的正确解码, 即两次解码之间的时间间隔加长。一般取 $t_2 \leq 1s$ 。

以上我们对互锁输出脉冲解码器的原理作了说明。它适用于任意通道 (n) 数的脉冲解码器。当需要 n 道道解码器时, 应该

选用 n 线脉冲分配器来构成。

图 5.24 是由脉冲分配器 CD4520—CD4514 构成的 15 通道脉冲解码器的例子。图中,CD4520+CD4514 构成 15 线脉冲分配器。 C_{16} 、 R_{16} 、 R_{17} 以及 VD 构成清零电路。 $C_1 \sim C_{15}$ 以及 $R_1 \sim R_{15}$ 构成积分网络,用以吸收短时扫描脉冲。非门 $D_1 \sim D_{30}$ 构成整形电路,对于互锁输出方式,解码输出后一般不接触发器或计数器。因此,整形电路可根据需要舍取。

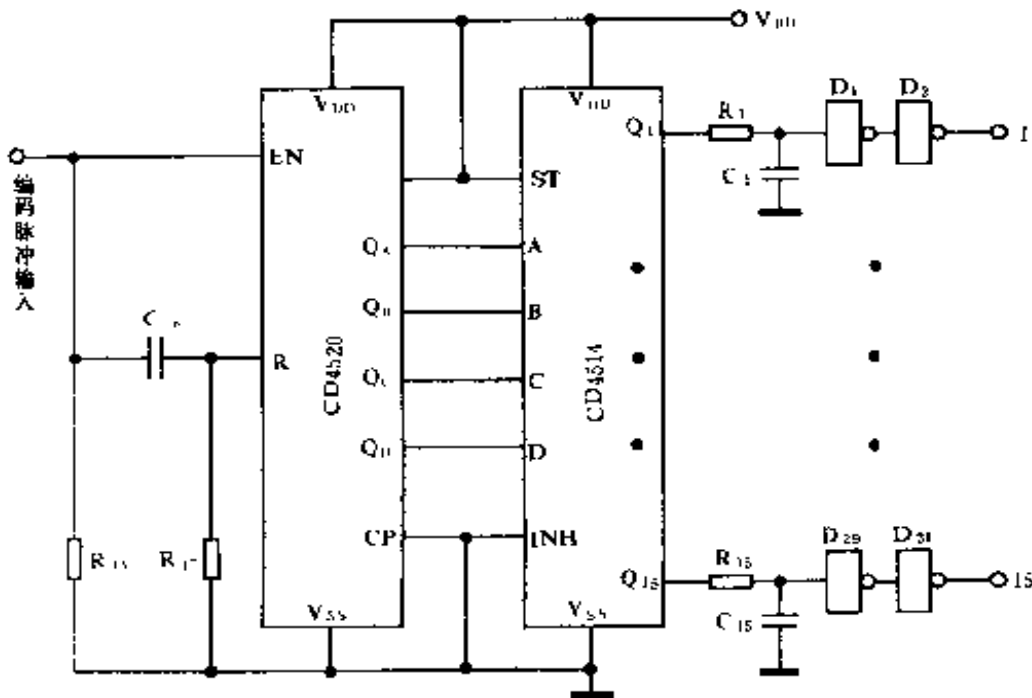


图 5.24 CD4520+CD4514 构成 15 通道脉冲解码器

在图 5.24 中,每个积分网络的时间常数由下式确定: $0.69RC > T$,即 $RC > T/0.69$ 。 T 为输入编码脉冲的周期。实际电路中 RC 可按下式选取

$$1.45T < RC \leq 3T \quad (5-1)$$

这样才能保证后面的整形门电路来不及响应,扫描脉冲就已消失,从而在整形电路的输出端无扫描脉冲输出。而对于解码输出端 Q_i ,由于其保持住高电平,经过 $0.69RC$, C_i 上的电位上升到

后面门电路的转换电位,最终得到相应的解码输出(高电平)。

除了采用积分网络来消除在解码过程中,出现在输出端的扫描脉冲之外,还可采用在解码输出端串接数据锁存器的方法来消除扫描脉冲。其原理如图 5.25 所示。

数据锁存器的基本功能是:当锁存器锁存控制端 CP 为低电平时,锁存器输出状态不随输入状态而变化,即锁存了前一次传送的数据。当锁存控制端 CP 为高电平时,锁存器输出状态由此刻的输入状态刷新。

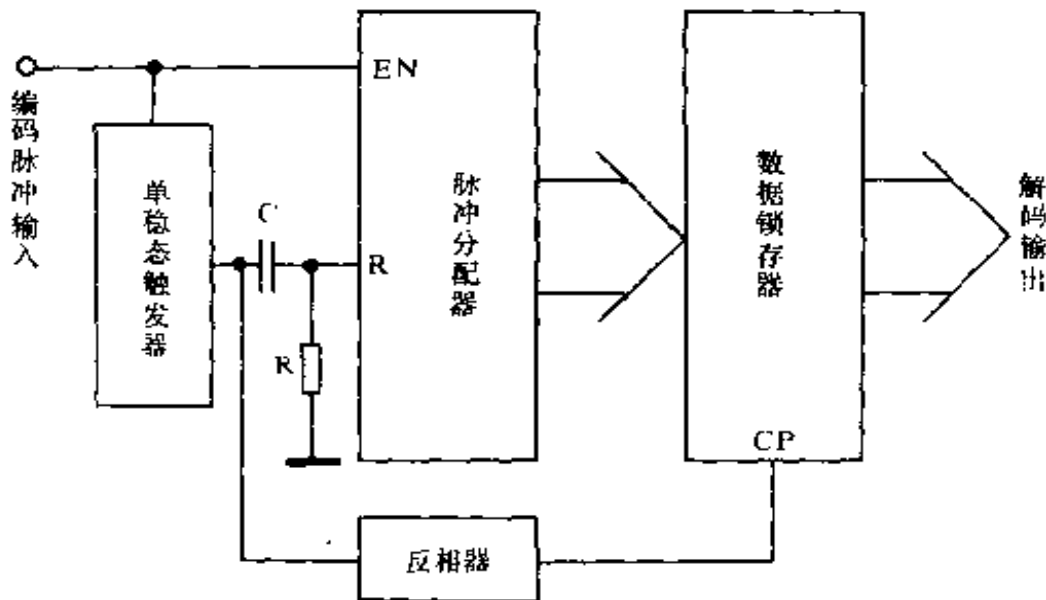


图 5.25 采用锁存器消除扫描脉冲

在图 5.25 中,脉冲分配器的时钟端仍采用输入编码脉冲的下降沿触发。当第一个输入的编码脉冲到来时,其上升沿作用于单稳态触发器的触发端,使其进入暂稳态。在单稳态进入暂稳态的瞬间,单稳态触发器输出端向清零电路输入一正脉冲,经 C 、 R 微分后作用于脉冲分配器的清零端 R ,使其清零。同时,单稳态的输出信号经反相器作用于锁存器的锁存控制端 CP ,使锁存器处锁存状态,由于此刻脉冲分配器的 Q_0 为高电平,且 Q_0 为

用,故锁存器各输出端均为低电平。因此,当解码开始的第一个脉冲上升沿作用后,解码输出为零。

我们可以设计单稳态触发器的参数,使暂稳态时间 t_w 大于输入脉冲的周期 T 与解码器最高通道数 n 的乘积,这样,在整个解码过程中,单稳态触发器将始终输出高电平,一方面,可以保证清零电路在整个解码过程中,不会重复触发脉冲分配器的清零端 R;另一方面,在整个解码过程中,锁存器的锁存控制端始终保持低电平,处锁存状态,锁存器输出上一次传送的数据,从而保证了无扫描脉冲扫过解码输出端。这里,单稳态触发器的暂稳态时间 t_w 可按下式选取:

$$t_w \geq 5nT \quad (5-2)。$$

当编码脉冲输入完毕,经过一段 $(4nT)$ 时间,单稳态触发器输出由高电平变为低电平。一方面,使电容 C 迅速放电,为下次充电作好准备。另一方面,使锁存器的锁存控制端变为高电平,将脉冲分配器的解码输出打入锁存器并传送到输出端。

锁存器一般由 D 触发器组成。常用的锁存器有四 D 锁存器 CD40175 (CMOS)、74HC175 (HC - CMOS)、74LS175 (TTL),六 D 锁存器 CD40174 (CMOS)、74HC174 (HC - CMOS)、74LS174 (TTL),八 D 锁存器 74HC374 (HC - CMOS)、74LS374 (TTL) 等许多种。其中,74HC374 在第四章 4.8 中已有介绍。

图 5.26 是利用锁存器消除扫描脉冲的例子。它是由 CD4017+74HC374 构成的八通道脉冲解码器。

图 5.26 中,单稳态触发器由 NE555 构成。其暂稳态时间 $t_w = 1.1R_1C_1$ 。由于 NE555 电路为负脉冲触发,故设置了反相器 D_1 。电路使用了单片八 D 锁存器 74HC374,当输入的第一个脉冲上升沿到来时,NE555 便进入暂稳态,输出高电平,一方面经 C_2R_2 微分后将 CD4017 清零;另一方面,经 D_2 反相后变为低电

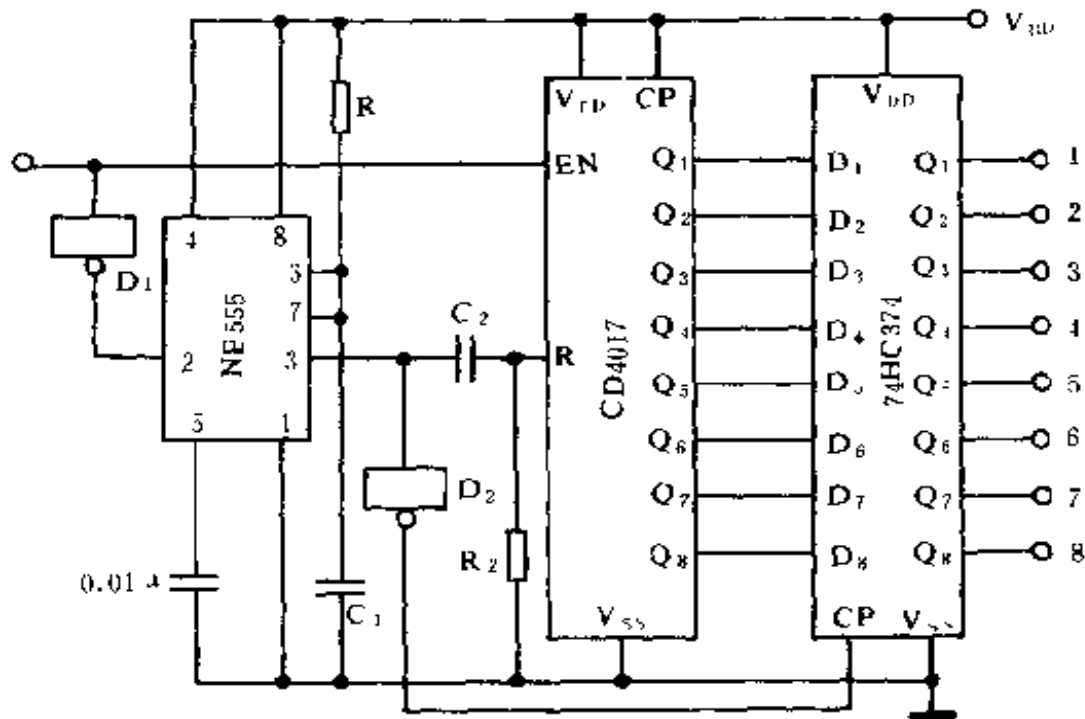


图 5.26 CD4017 + 74HC374 构成 8 通道脉冲解码器

平作用于 74HC374 的 CP 端,使 74HC374 处锁存状态,锁存器输出端输出上一次锁存的数据,且不随 $D_1 \sim D_8$ 输入数据的变化而变化。当解码完毕,经过一段时间,单稳态触发器翻回稳态,输出低电平,经 D_2 反相后变为高电平,作用于 74HC374 的 CP 端,将 CD4017 输出的数据打入锁存器并传送到输出端。

若将多片锁存器并联使用,就可实现多位锁存,只要将它们的锁存控制端联在一起统一控制即可。

为了降低成本,对于采用由计数器加时序译码器构成的脉冲分配器来讲,锁存器可插在计数器输出与时序译码器输入端之间。由于计数器输出的是二进制码,故数据线数大大减少,从而可减少所用锁存器的位数。例如,对 63 通道脉冲解码器,使用六位锁存器即可。

图 5.27 是由 CD4518 + CD4028 构成的 9 通道脉冲解码

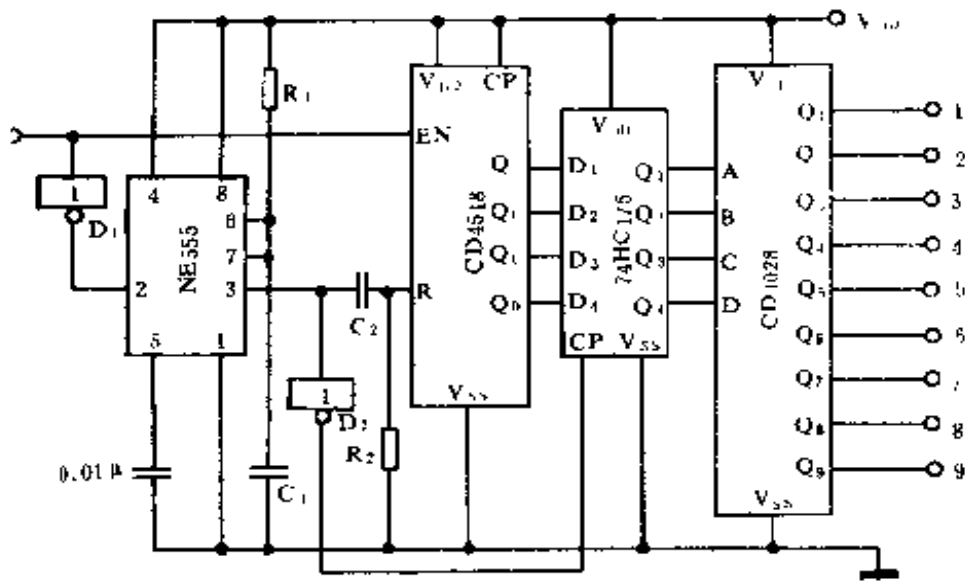


图 5-27 CD4518+74HC175+CD4028 构成 9 通道脉冲解码器

器。四 D 锁存器 74HC175 插在计数器 CD4518 的输出与 4 线至 9 线时序译码器 CD4028 的输入之间。单稳态触发器采用时基电路 NE555 构成。对于 16 通道以内的脉冲解码器,均可采用四 D 锁存器 74HC175 进行数据锁存。

另外,有的译码器已带有锁存功能,就可直接利用其锁存功能来消除解码过程中产生的扫描脉冲。图 5.28 是 CD4520+CD4514 构成的 15 通道脉冲解码器。由第四章 4.5.2 可知,4 线至 16 线时序译码器是由数据锁存器和译码器构成的,当其锁存控制端 $ST=0$ 时,数据锁存,输入数据的变化不能被译码,译码输出保持 $ST=0$ 前的数据。当 $ST=1$ 时,输入的数据能够被译码,并传送到输出端。单稳态触发器由 D 触发器构成(其原理在第四章中已有介绍),单稳态电路有两个输出端 Q 和 \bar{Q} , Q 端作用于 C_2 、 R_2 构成的清零电路; \bar{Q} 端作用于 4 线至 15 线时序译码器 CD4514 的锁存控制端 ST ,当暂稳态结束时, \bar{Q} 端的低电平变为高电平作用于 CD4514 的 ST 端,将输入的数据译码并传

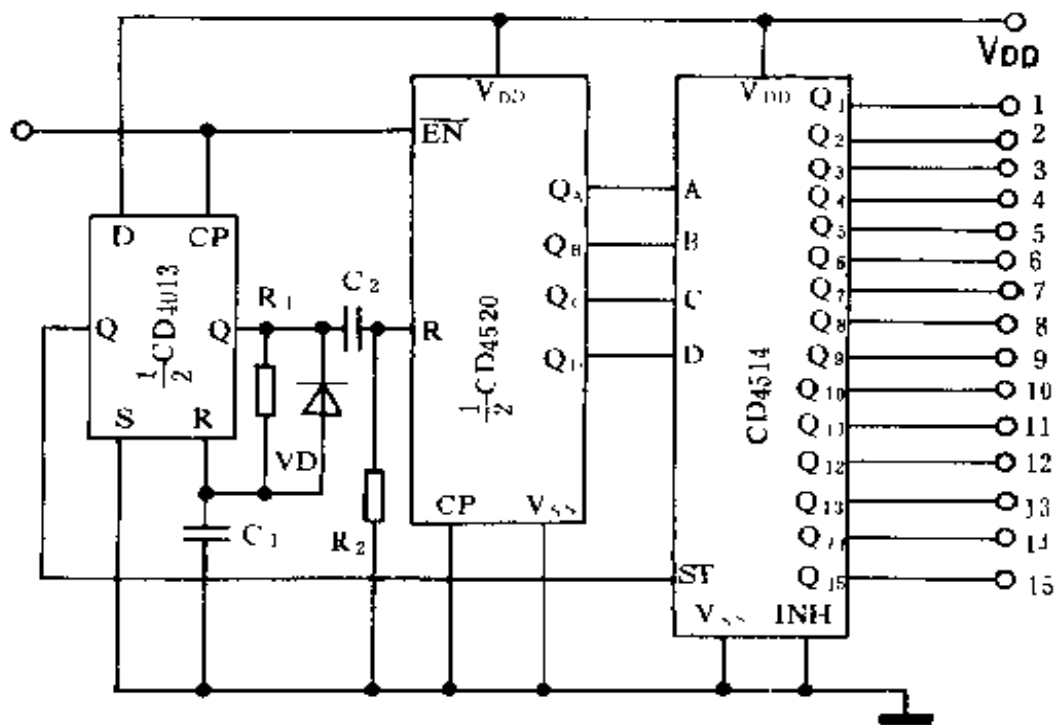


图 5.28 CD4520+CD4514 构成 15 通道脉冲解码器

送到输出端。

三、脉冲输出型脉冲解码器

脉冲输出的脉冲解码器如图 5.29 所示。它由脉冲分配器、单稳态触发器及反相器构成。脉冲分配器可用上升沿触发,也可由下降沿触发。单稳态触发器稳态时输出低电平,经反相器后有高电平作用于脉冲分配器的清零端 R,故稳态时,脉冲分配器处零状态。

当第一个编码脉冲到来时,其上升沿触发单稳态触发器,使其进入暂稳态,输出端为高电平,经反相器反相后变为低电平,使脉冲分配器退出清零状态。并开始接受输入脉冲。当解码完毕后,单稳态触发器翻转到稳态,在解码输出端得到一个解码脉冲。

应指出,在解码过程中,此电路也有扫描脉冲扫过各解码输

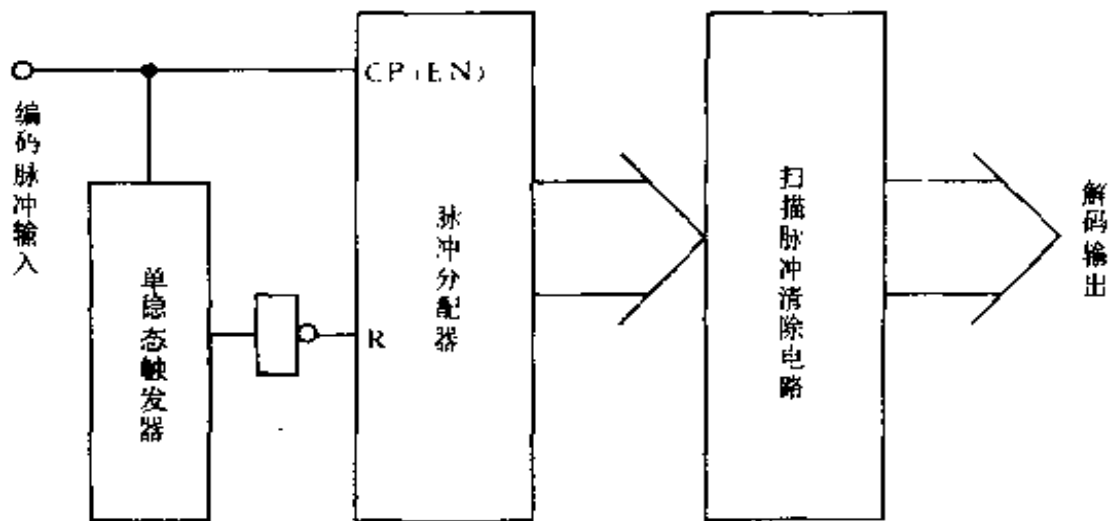


图 5.29 脉冲输出脉冲解码器

出端,如前所述,采用 RC 积分网络即可将短时扫描脉冲吸收。为了保证解码脉冲不被吸收掉,要求单稳态触发器的暂稳态时间必须延长到解码结束后几个输入脉冲的周期。为保证工作可靠,单稳态的暂稳态时间 t_w 可按下式选取:

$$t_w \geq 5nT \quad (5-3)$$

式中, n 为解码器最高通道数, T 为输入编码脉冲的周期。

图 5.30 是脉冲输出脉冲解码器的一个实例。它由 CD4520 + CD4515 构成。其中单稳态电路由 CMOS 门电路 D_{16} 、 D_{17} 以及 C_{16} 、 R_{16} 构成。稳态时, D_{17} 输出低电平, D_{16} 的两个输入端均为低电平, D_{16} 输出高电平。CD4520 处清零状态。

当第一个编码脉冲上升沿到来时,或非门 D_{16} 输出低电平,由于电容两端电压不能突变,使 D_{17} 的输入端也为低电平, D_{17} 输出高电平,从而进一步保证 D_{16} 输出低电平,电路进入暂稳态。由于回路接成闭环正反馈,因此,单稳电路一经触发而发生状态转换,即使取消输入脉冲,电路仍将保持并记忆这一瞬间的状态,维持电容 C_{16} 、电阻 R_{16} 的充电过程。经过 $t_w = 0.69R_{16}C_{16}$ 时

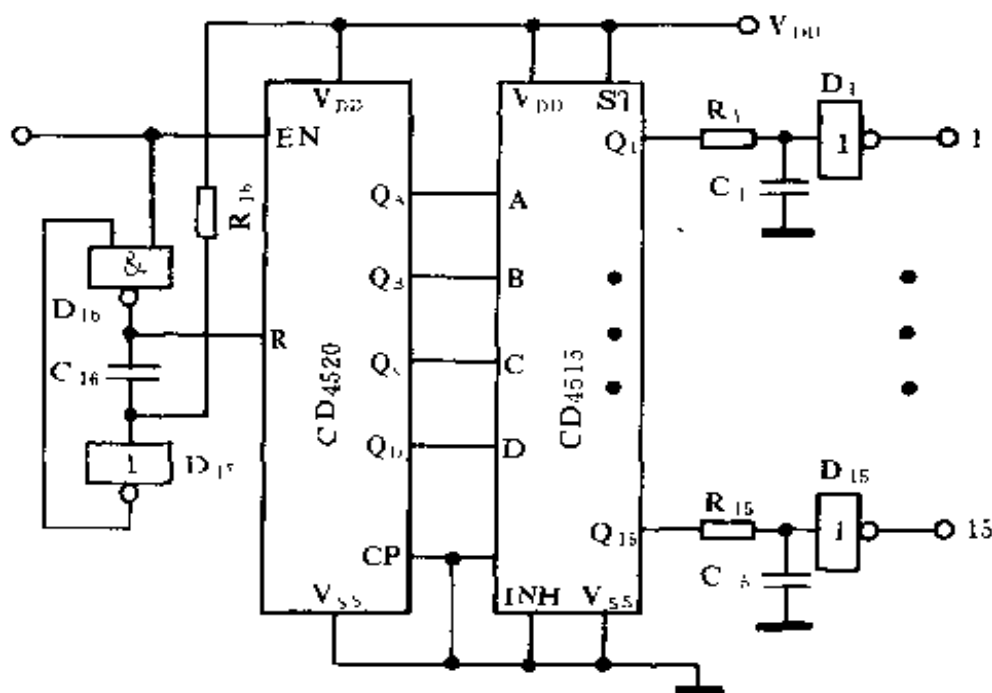


图 5.30 CD4520+CD4515 构成 15 通道脉冲解码器

间, 电容 C_{16} 上的电压达到 CMOS 门电路的翻转电压, 非门 D_{17} 翻转, 输出端由高电平变为低电平, 由于此时输入的编码脉冲早已消失 (t_w 的设计值为: $t_w \geq 5nT$), 此时或非门 D_{16} 两个输入端均为低电平, 故 D_{16} 输出高电平, 使 CD4500 清零。

在 t_w 时间, 输入的编码脉冲作用于 CD4520 的时钟输入端, 使其作加法计数, 经 4 线至 15 线时序译码器 CD4515 得到脉冲解码输出。

在解码过程中, 有扫描脉冲扫过各输出端, 故设置了积分网络 (由 $R_1C_1 \sim R_{15}C_{15}$ 构成), 将短时扫描脉冲吸收。但对于应当输出的解码脉冲, 由于其输出脉冲宽度至少为 $5T$ (对一个脉冲解码时), 故对应的积分电容上的电压能够达到后面整形门电路的转换电压, 从而该端有解码输出。

5.2 专用集成电路编码器与解码器

除了上一节介绍的由通用集成电路构成的编码器与解码器之外,已有专门为遥控系统设计制造的编码与解码器专用集成电路。近年来已在国内推广应用。由专用集成编码与解码器构成的红外线遥控系统,电路更加简单,可靠性更高,且具有较好的性能价格比。

专用集成电路编码与解码器,编码与解码一般配对设计与制造,按其编码与解码功能可分为以下三类:

第一类:控制数据/地址加密编码与解码器。这类电路的特点是,在进行地址加密编解码的同时,还可进行控制数据的编解码。当解码器设定的加密地址码与编码器设定的加密地址码相同时,解码器则有相应输出(一个输出端),表示接收正确。同时,解码器将编码器设定的控制数据码在相应的端口输出,以实现控制。一般来讲,加密地址码为5~8位(三态或四态)编码,控制数据为4位二进制码(两态)。这类电路编码容量大,保密性好,且扩展方便,单对编解码器即可实现 $2^4=16$ 路控制,故在红外线遥控系统中应用最为广泛。

第二类:地址加密编码与解码器。这类电路无控制数据编解码,仅有加密地址编解码功能。其特点是编码容量大,保密性好。

第三类:控制数据编码与解码器。这类电路无加密地址编解码,仅有控制数据编解码,类似于5.1节中介绍的编解码电路。这类电路具有集成度高,成本低等优点,故在红外线遥控系统中也得到广泛应用。

专用集成编码与解码器的型号较多,表5-6列出了几种编码与解码器的类别、型号、编解码数、配对、功能、工作电压及静

态工作电流。便于读者进行比较,供在选用与设计电路时参考

表 5-6 几种编码与解码器的功能与参数

类别	型号	功能	编解码数	配对	工作电压	静态电流
数据 / 加密地址编解码	MC145026	编码	19683	MC145027	3~18V	—
	MC145027	解码	243	MC145026	3~18V	—
	YYH26	编码	4194304	YYH27	2~6V	1~10 μ A
	YYH27	解码	16384	YYH26	2~6V	1~10 μ A
	VD5026	编码	4194304	VD5027	2~6V	1~10 μ A
	VD5027	解码	16384	VD5026	2~6V	1~10 μ A
	ED5026	编码	4194304	ED5027	2~6V	1~10 μ A
	ED5027	解码	16384	ED5026	2~6V	1~10 μ A
	HT12E	编码	4096	HT12E	2.5~12V	—
	HT12D	解码	256	HT12D	2.5~12V	—
	KD12E	编码	4096	KD12D	2~15V	0.1~1 μ A
	KD12D	解码	256	KD12E	2~15V	0.1~1 μ A
	LF801	编码	4096	LJ801	—	—
	LJ801	解码	256	LF801	—	—
加密地址编解码	MC145028	解码	19683	MC145026	3~18V	—
	YYH28	解码	4194034	YYH26	2~6V	—
	VD5028	解码	4194304	VD5026	2~6V	1~10 μ A
	ED5028	解码	4194304	ED5026	2~6V	1~10 μ A
	HT12F	解码	4096	HT12E	2.5~12V	1~10 μ A
	KD12F	解码	4096	KD12E	2~15V	—
	ZH8901	编解码	4096	ZH8901	3~11V	—
	UM3750	编解码	4096	UM3750	3~11V	—
	MC14530	编解码	512	MC14530	2~6V	—

续表

类别	型号	功能	编解码数	配对	工作电压	静态电流
数据编解码	LC219	编码	6	LC220A	2.5~6V	$\leq 5\mu\text{A}$
	LC220A	解码	6	LC219	4.5~9V	$\leq 5\mu\text{A}$
	TM703	编码	9	TM702	2.5~5V	1~10 μA
	TM702	解码	9	TM703	2.5~5V	1~10 μA

5.2.1 控制数据/加密地址编码与解码器

一、MC145026 与 MC145027

1. MC145026

图 5.31 和图 5.32 分别是 MC145026 的原理框图和引线排列图。

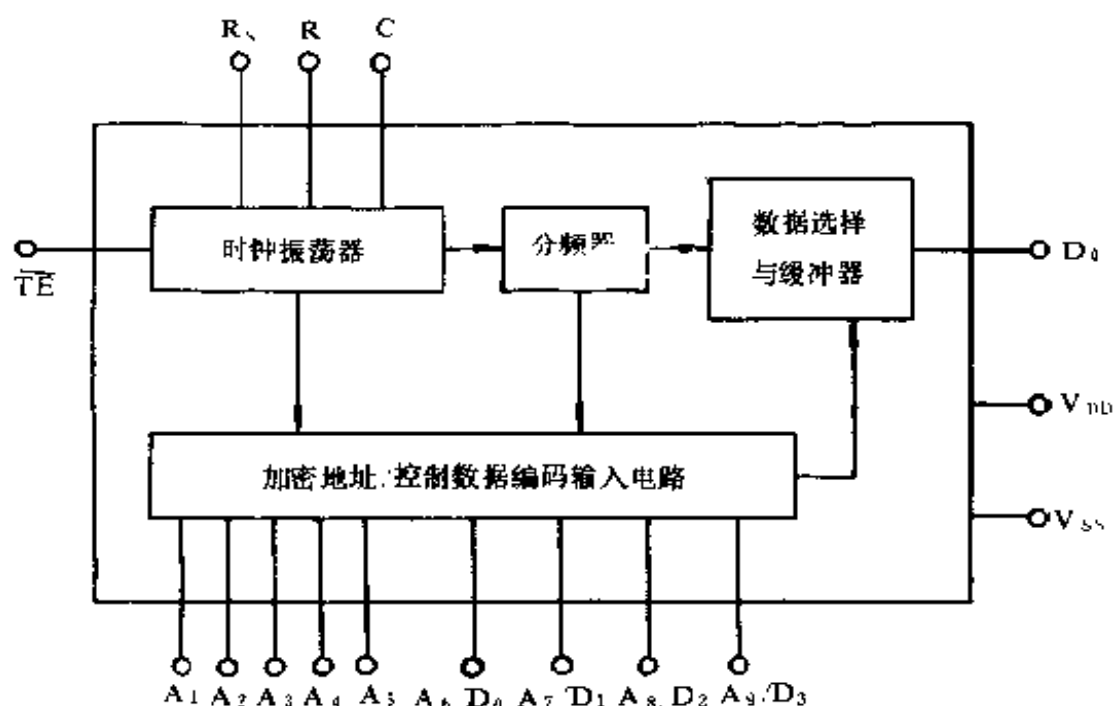


图 5.31 MC145026 内部框图

MC145026 为编码器,它由时钟振荡器、分频器、地址编码/数据编码输入电路以及数据选择与缓冲器等几部分构成。时钟振荡器及分频器向整个编码器提供基准时钟,以协调各部分的工作。地址编码/数据编码输入电路将输入的不同地址及数据变为相应的编码信号,它是以不同脉冲宽度及数目来表征不同指令的。数据选择与缓冲电路将编码电路的并行码变为串行码并输出。

MC145026 为双列 16 条引线。各引线端功能如下:

$A_1 \sim A_5$: 加密地址输入端。 $A_1 \sim A_5$ 中的每一位可由外部设定为高电平“1”、低电平“0”以及“开路”三种状态。故利用 $A_1 \sim A_5$ 进行地址编码,MC145026 可有 $3^5 = 243$ 种不重复地址密码。

$A_6/D_0 \sim A_9/D_3$: 加密地址/控制数据输入端。这四个输入端具有双重功能,即可

可以作为加密地址输入端,也可以作为控制数据输入端。当 $A_6/D_0 \sim A_9/D_3$ 作为加密地址输入时, $A_6 \sim A_9$ 与 $A_1 \sim A_5$ 五位地址输入端加在一起共九位地址输入端,这样,加密地址编码最高为 $3^9 = 19683$ 种;当 $A_6/D_0 \sim A_9/D_3$ 作为控制数据输入时, $D_0 \sim D_3$ 的状态可由外部设定为高电平“1”和低电平“0”两种状态,共有 $2^4 = 16$ 种不同的控制数码,可实现 16 路控制。

R, C, R_s : 内部时钟振荡器外接阻容元件端。它们确定时钟振荡器的振荡频率 f 。

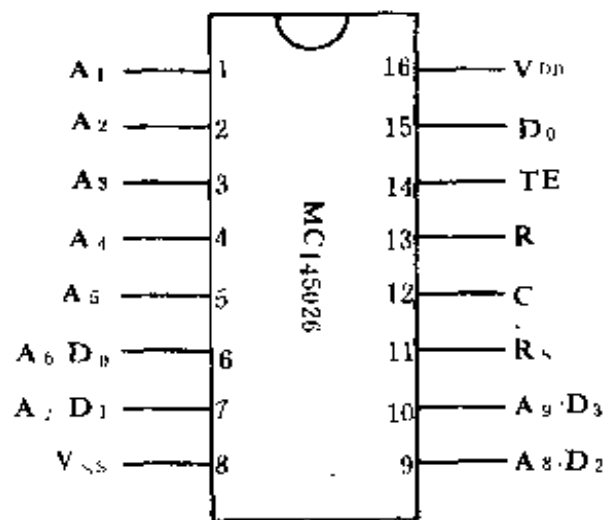


图 5.32 MC145026 引线排列

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot 2RC} \quad (5-4)$$

其中, $R_s = (2 \sim 5)R$ 。时钟振荡器的最高工作频率可达 1MHz, 实际应用时, 一般工作在几至几百 kHz。

D_0 : 编码脉冲输出端。加密地址码及控制数据码均由 D_0 端串行输出。 D_0 端串行输出编码脉冲的顺序为 $A_1 \sim A_5, A_5/D_0 \sim A_9/D_3$ 。每发送一次, D_0 端自动地送出两串完全相同的加密地址、控制数据的编码脉冲串。

\overline{TE} : 编码脉冲发送启动端, 低电平有效。当 \overline{TE} 为低电平时, D_0 端将编码脉冲串行输出; 当 \overline{TE} 为高电平时, D_0 端无编码脉冲输出。

V_{DD} 、 V_{SS} : 分别为电源正极和负极。

为了便于理解 MC145026 的工作过程, 图 5.33 给出了其工作波形。

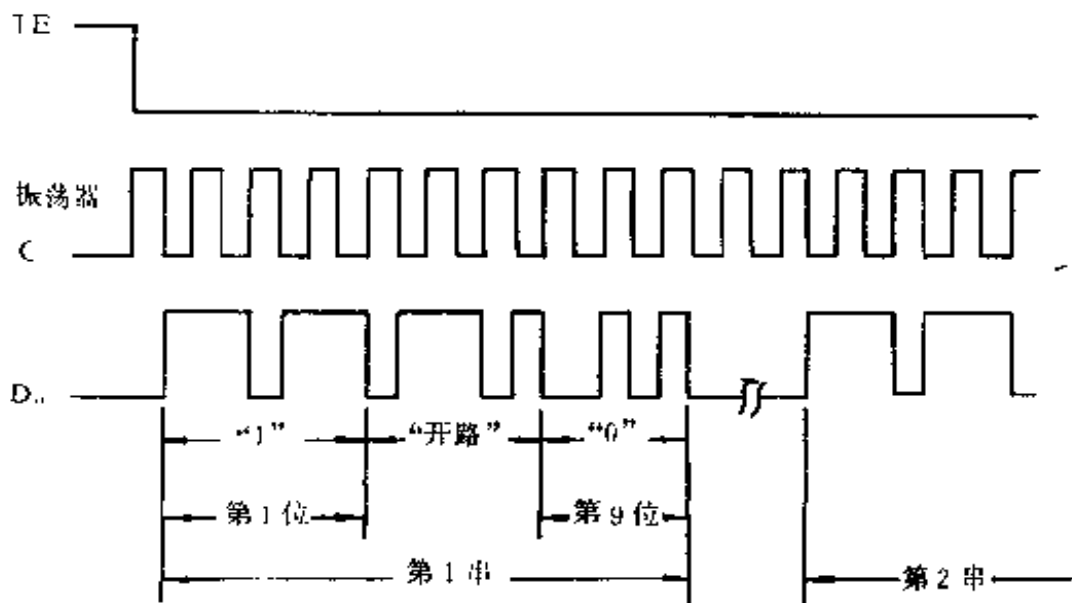


图 5.33 MC145026 编码波形

由图 5.33 可见,当 MC145026 的 \overline{TE} 端变为低电平时,时钟振荡器被启动,开始振荡,并将 $A_1 \sim A_5$ 以及 $A_6/D_0 \sim A_9/D_3$ 输入的数据进行编码,并由 D_0 端串行输出。由图可见,每位数据由两个脉冲表征:编码“1”由两个连续的宽脉冲表征,编码“0”由两个连续的窄脉冲表征,编码“开路”由一宽一窄脉冲表征。

2. MC145027

MC145027 是与 MC145026 配对的解码器。图 5.34 是它的

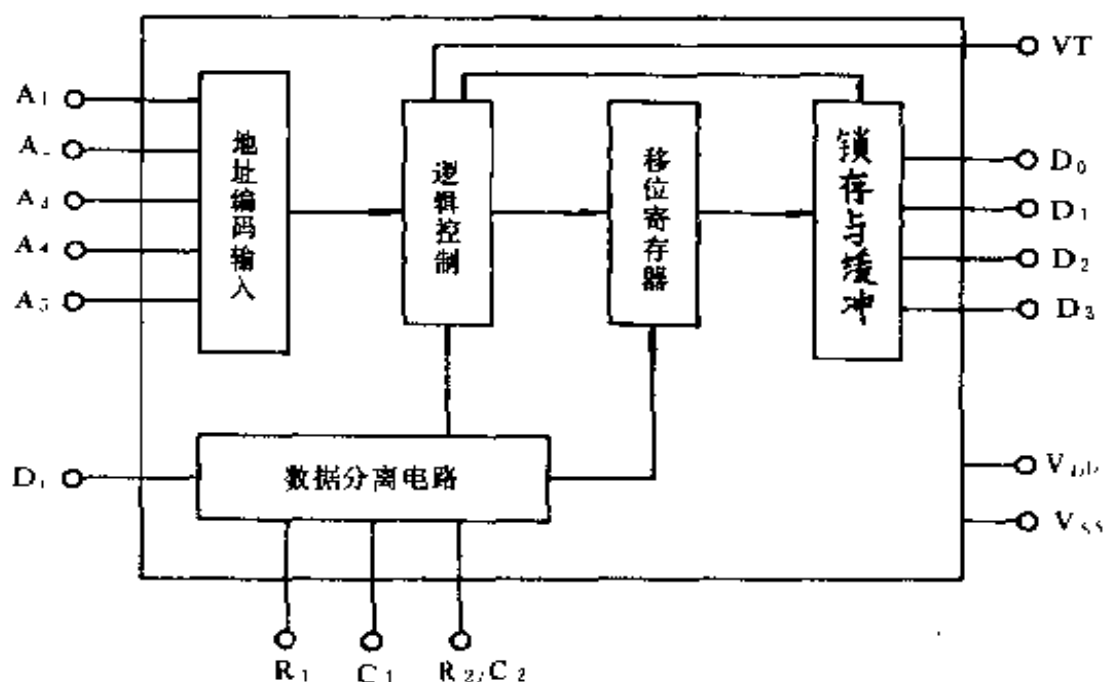


图 5.34 MC145027 内部框图

内部框图。它由地址编码输入电路、数据分离电路、逻辑控制电路、4 位移位寄存器以及数据锁存与缓冲器等几部分构成。编码信号由 D_0 端输入,经数据分离器将地址密码与数据编码分离。当 MC145027 接收到 MC145026 发送的第一串编码脉冲信号时,若 MC145027 的 $A_1 \sim A_5$ 五位地址与 MC145026 的 $A_1 \sim A_5$ 五位地址码完全一致,则将传送来的 $D_0 \sim D_3$ 四位数据码送入寄存器(并由串行码变为并行码)。当第二串相同的编码脉冲信号

到来时,再次经过核对,若地址密码无误,控制数据与第一次核对时相符,则 MC145027 中的逻辑控制电路发出一控制信号将寄存器的控制数据打入锁存器并输出到 $D_0 \sim D_3$ 端。同时,VT 端由低电平变为高电平,表示解码有效。

图 5.35 是 MC145027 的引线排列图,其各引出端功能如下:

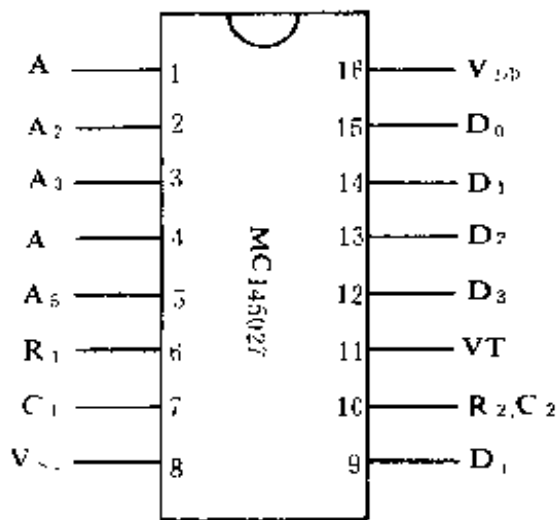


图 5.35 MC145027 引线排列

$A_1 \sim A_5$: 地址编码输入端。每一位可设定为“1”、“0”或“开路”,设定时要与编码器 MC145026 的加密地址编码完全相同。

$D_0 \sim D_3$: 控制数据输出端,为锁存输出。

VT: 解码指示端。当解码有效时,VT 由低电平变为高电平,此高电平的宽度为 $1.1R_2C_2$ 。

R_1 、 C_1 : 外接电阻、电容端。其数值由编码器中 R 、 C 的数值确定

$$R_1C_1 \approx 3.95RC \quad (5-5)$$

R_2/C_2 : 外接电阻、电容端。其数值也由编码器中 R 、 C 的数值确定

$$R_2C_2 \approx 77RC \quad (5-6)$$

D_4 : 编码信号输入端。要求输入的是编码器 D_0 输出的编码信号。

V_{DD} 、 V_{SS} : 分别为电源正极和负极。

图 5.36 是 MC145027 的工作波形。

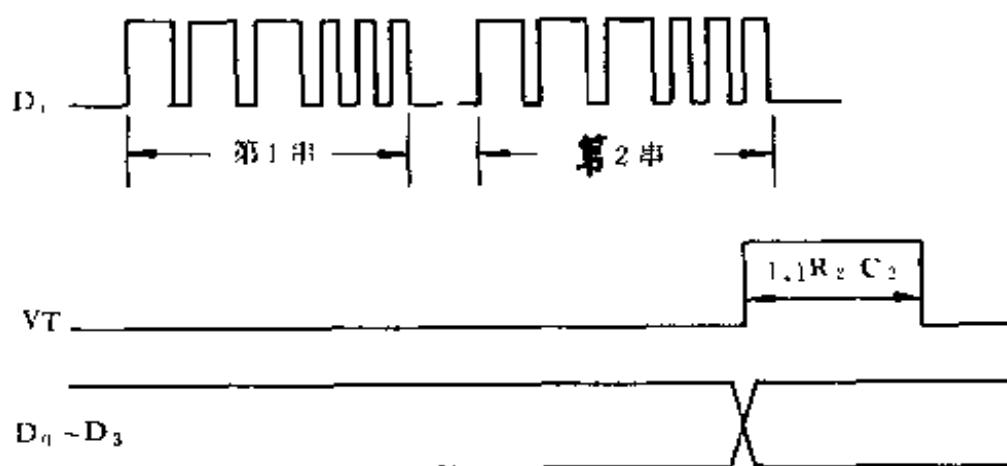


图 5.36 MC145027 解码波形

下面将要介绍的编码与解码器的基本原理与上述电路相同,因此仅对它们的外部功能进行介绍。

二、YYH26 和 YYH27

1. YYH26

图 5.37 是 YYH26 的引线排列图。各端功能如下:

4TH/A₀~A₇:加密地址编码输入端。每端可编为“1”、“0”、“开路”三种状态,共有 $3^8=6561$ 种不重复编码。若需要更多的编码,可将输入端改为四态编码,除以上三态联接外,可将 A₁~A₇ 七根地址线与 4TH/A₀。(也称四态扩展端)相联,作为第四状态。这样,A₁~A₇ 均可有四种状态,编码种数为 $4^7=16384$ 。

A₈~/D₀~A₁₁/D₃:加密地址/控制数据编码输入端。这四个输入端具有双重功能,既可以作为加密地址编码输入端,又可作为控制数据编码输入端。当 A₈/D₀~A₁₁/D₃ 作为加密地址编码输入端时,它们与 4TH/(A₀~A₇)联合起来组成 12 位(4TH/A₀ 为四态扩展端)地址编码线,从而使编码数增为 $4^{11}=4194304$ 种。当 A₈/D₀~A₁₁/D₃ 作为控制数据编码输入时,只可

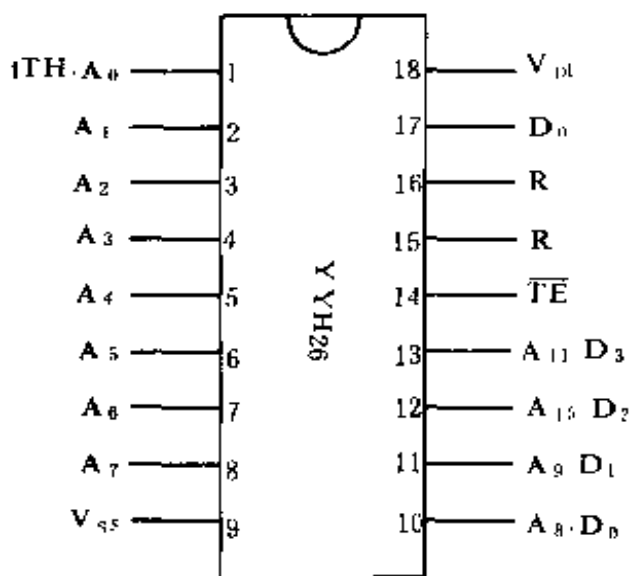


图 5.37 YY26 引线排列

接“1”或“0”两种状态,故可编为 $2^4 = 16$ 种控制指令。

\overline{TE} : 编码脉冲发送启动端,低电平有效。

D_0 : 编码脉冲发送端。当 \overline{TE} 端为低电平时, D_0 端输出加密地址及数据编码的串行脉冲。也是以不同的脉冲数目及宽度的不同,来表征不同的编码。

R, R : 外接振荡电阻端。 R, R 端外接一支电阻

R 即可与内部电路构成时钟振荡器,向整个编码器提供时钟脉冲。振荡频率 f_0 由下式确定,

$$f_0 \approx \frac{1.6 \times 10^6}{R} \quad (5-7)。$$

式中, R 的取值范围为几十至几百 $k\Omega$ 。

V_{DD}, V_{SS} : 分别为电源正极和负极。

2. YYH27

YYH27 是与 YYH26 配对的解码器,其引线排列如图 5.38 所示。各引线端功能如下:

$4TH/A_0 \sim A_7$: 加密地址码输入端。与 YYH26 中的 $4TH/A_0 \sim A_7$ 功能相同。要与 YYH26 设定地址码一致。

$D_0 \sim D_3$: 控制数据输出端。为锁存输出。

VT : 解码指示端。当解码有效时, VT 由低电平变为高电平。

R_1, R_2 : 外接振荡电阻端。要求外接电阻 R 与 YYH26 的外接电阻相同。

D_1 : 编码脉冲输入端。待解码信号由 D_1 输入。

V_{DD}, V_{SS} : 分别为电源正极和负极。

三、VD5026 和 VD5027 以及 ED5026 和 ED5027

它们的原理、功能、引线排列与 YYH26 和 YYH27 完全相同, 只是生产厂家不同。

四、KD-12E 和 KD-12D

1. KD-12E

图 5.39 是编码器 KD-12E 的引线排列图。各引线端功能如下:

$A_0 \sim A_7$: 为加密地址编码输入端。每位可以设定为“1”和“0”两种状态。可有 $2^8 = 256$ 种不重复编码。

$A_8/D_0 \sim A_{11}/D_3$: 为加密地址/控制数据编码输入端。它们有双重编码功能。当 $A_8/D_0 \sim A_{11}/D_3$ 作为加密地址编码输入时, 与 $A_0 \sim A_7$ 联合在一起, 共有 $2^{12} = 4096$ 种不重复编码; 当 $A_8/D_0 \sim A_{11}/D_3$ 作为控制数据编码时, 可有 $2^4 = 16$ 种不同控制指令。

\overline{TE} : 编码发送启动端。低电平有效。

D_0 : 编码脉冲输出端。当 \overline{TE} 端为低电平时编码脉冲从 D_0 端串行输出。

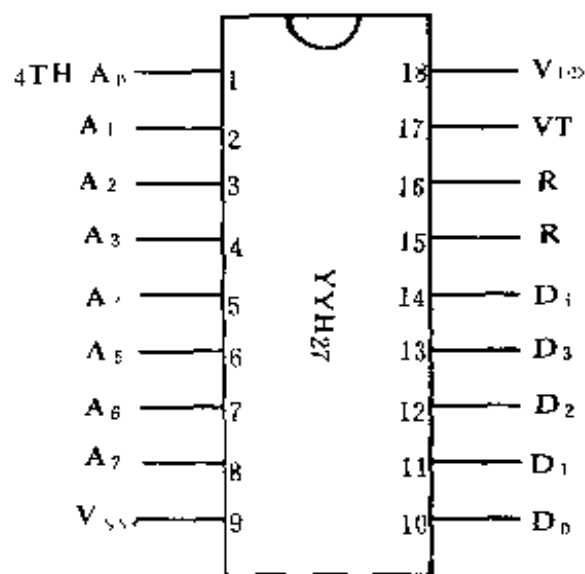


图 5.38 YY27 引线排列

R, R : 时钟振荡器外接电阻端。 R 的选择与 YYH26 相同。
 V_{DD}, V_{SS} : 分别为电源正极和负极。

2. KD-12D

KD-12D 是与 KD-12E 配对的解码器, 其引线排列如图 5.40 所示。各引线端功能如下:

$A_0 \sim A_7$: 加密地址编码输入端。每位可以设定为“1”和“0”两种状态。共有 $2^8 = 256$ 种编码, 要求与 KD-12E 中 $A_0 \sim A_7$ 设定的编码相同。

$D_0 \sim D_3$: 控制数据输出端。锁存输出。

VT: 解码指示端。当解码有效时, VT 由低电平变为高电平。

R, R : 时钟振荡器外接电阻端。 R 的选择与 YYH27 相同。

D_i : 编码脉冲输入端。待解码脉冲由 D_i 输入。

V_{DD}, V_{SS} : 分别为电源正极和负极。

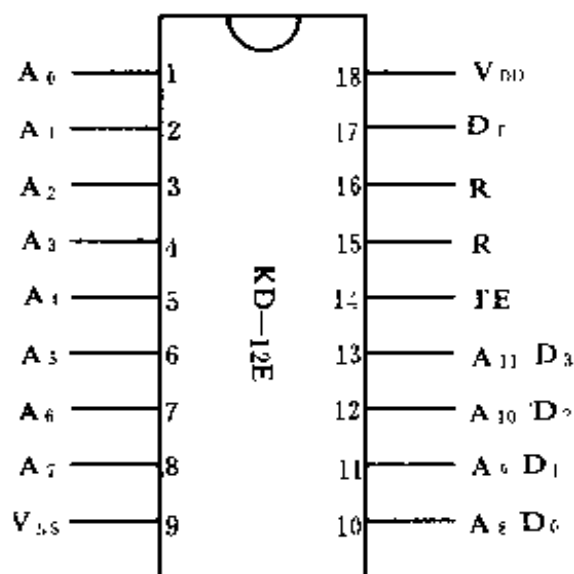


图 5.39 KD-12E 引线排列

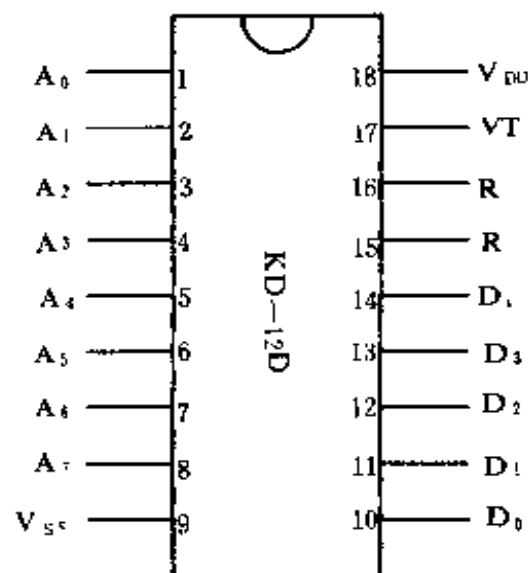


图 5.40 KD-12D 引线排列

五、HT12E 和 HT12D 以及 LF801 和 LJ801

它们与 KD-12E 和 KD-12D 的原理、功能、引线排列完全相同。

5.2.2 地址加密编码与解码器

一、MC145028

MC145028 是与 MC145026 配对的加密地址解码器。其引线排列如图 5.41 所示,各引线端功能如下:

$A_1 \sim A_9$: 加密地址编码输入端。每位可设定为“1”、“0”或“开路”三种状态,故共有 $3^9 = 19683$ 种不重复编码。当 MC145026 中的 $A_1 \sim A_5$ 和 $A_6/D_0 \sim A_9/D_3$ 均作为加密地址编码时,可与其配套使用。

VT: 解码指示端。当解码有效时,VT 由低电平变为高电平。

R_1, C_1 : 外接电阻、电容端。按式(5-5)选择。

R_2/C_2 : 外接电阻、电容端。按式(5-6)选择。

D_1 : 编码信号输入端。

V_{DD}, V_{SS} : 分别为电源正极和负极。

二、YYH28

YYH28 是与 YYH26 配对的加密地址解码器。其引线排列如图 5.42 所示。各引线端功能如下:

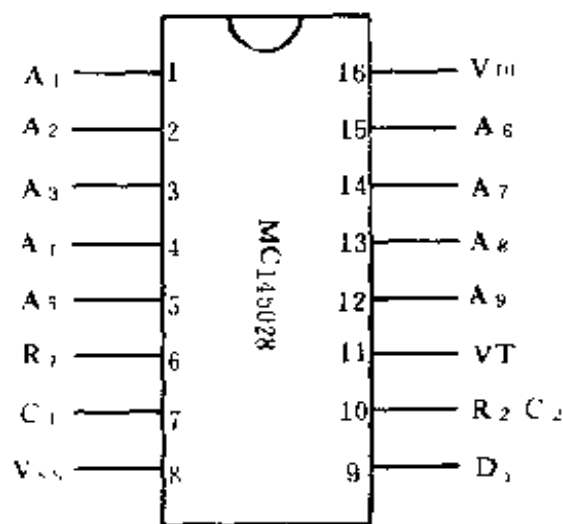


图 5.41 MC145028 引线排列

4TH/A₀ ~ A₁₁: 加密地址编码输入端。除 4TH/A₀ 只可编为三态外, 其余 A₁ ~ A₁₁ 均可编为四态 (与 4TH/A₀ 相联)。当编为三态时, 可有 $3^{12} = 531000$ 种不重复编码; 当编为四态时, 可有 $4^{11} = 4194304$ 种不重复编码。在 YYH26 的 4TH/A₀ ~ A₇、A₈/D₀ ~ A₁₁/D₃ 均作加密地址编码时, 可与 YYH28 配套使用。

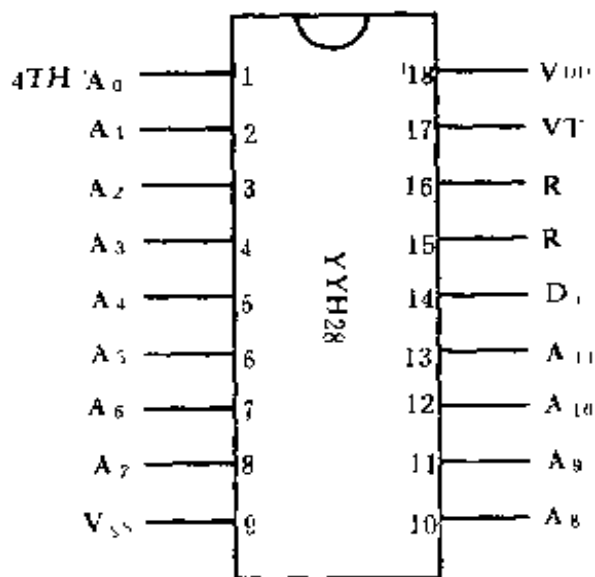


图 5.42 YYH28 引线排列

VT: 解码指示端。当解码有效时, VT 由低电平变为高电平。

R、R: 外接电阻端。R 的选择与 YYH27 相同。

D₀: 编码脉冲输入端。待解码脉冲由 D₀ 输入。

V_{DD}、V_{SS}: 分别为电源正极和负极。

三、VD5028 以及 ED5028

它们的原理、功能及引线排列与 YYH28 完全相同。

四、KD - 12F

KD - 12F 是与 KD - 12E 配对的加密地址解码器。图 5.43 是它的引线排列图, 各引出端功能如下:

A₀ ~ A₁₁: 加密地址编码输入端。均可编为“1”和“0”两种状态。当 KD - 12E 的 A₀ ~ A₇、A₈/D₀ ~ A₁₁/D₃ 均作加密地址编码输入时, 可与其配套使用。

VT: 解码指示端。当解码有效时, VT 由低电平变为高电

平。

D_1 : 编码脉冲输入端。待解码脉冲由 D_1 输入。

V_{DD} 、 V_{SS} : 分别为电源正极和负极。

五、HT12F

HT12F 与 KD-12F 完全相同。均可与 KD-12E 和 HT12E 配对使用。

六、UM3750

UM3750 是单片编码/解码电路, 具有编码与解码双重功能。其引线排列如图 5.44 所示, 各引出端功能如下:

$A_1 \sim A_{12}$: 加密地址编码输入端。每位可编为“1”和“0”两种状态。共有 $2^{12} = 4096$ 种不重复编码。

RC: 时钟振荡器外接阻容元件端。

M: 编码与解码使能端。当 $M=1$ 时, UM3750 工作于编码状态; 当 $M=0$ 时, UM3750 工作于解码状态。

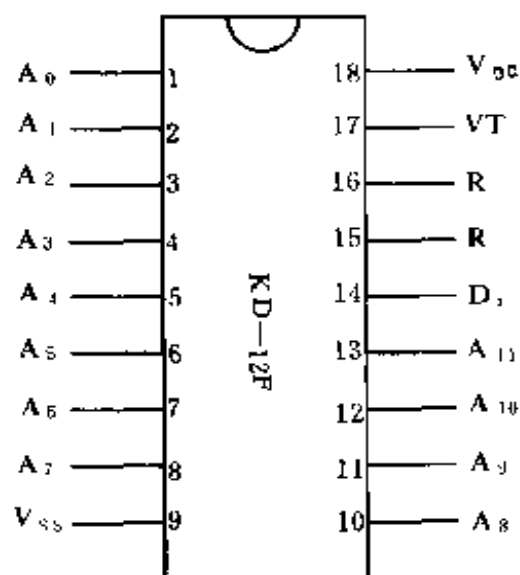


图 5.43 KD-12F 引线排列

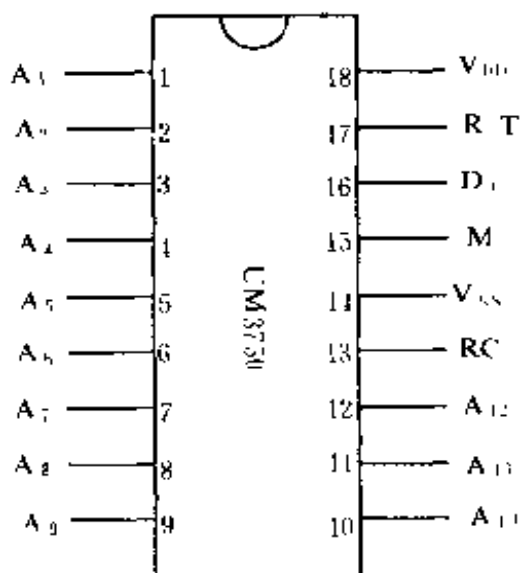


图 5.44 UM3750 引线排列

T/R: 编码与解码输出端。当 UM3750 工作于编码状态时, 编码脉冲由 T/R 串行输出; 当 UM3750 工作于解码状态时, 且与编码器设定的加密地址相同时, T/R 端的电位由高电平“1”变为低电平“0”。

D_i : 编码信号输入端, 待解码信号由 D_i 输入。

V_{DD} 、 V_{SS} : 分别为电源正极和负极。

七、ZH8901

ZH8901 与 UM3750 功能、原理及引线排列完全相同。

八、MC145030

MC145030 也是单片编码/解码器, 具有编码与解码双重功能。其引线排列如图 5.45 所示, 各引线端功能如下:

$A_0 \sim A_8$: 加密地址编码输入端。每位可以设定为“1”和“0”两种状态。可以编成 $2^9 = 512$ 种不重复编码。

D_c : 编码输出端, 串行输出。

M: 编码使能端, 高电平有效。当 M 端为高电平时, D_c 端便发送编码脉冲, 与 MC145026 一样, 连续发送两串相同的编码脉冲。当 M 端为低电平时, MC145030 工作在解码状态。

ST: 编码/解码指示端。当 MC145030 编码时, ST 输出高电平; 当 MC145030 解码时, ST 输出低电平。

D_i : 编码脉冲输入端。待解码信号由 D_i 输入。

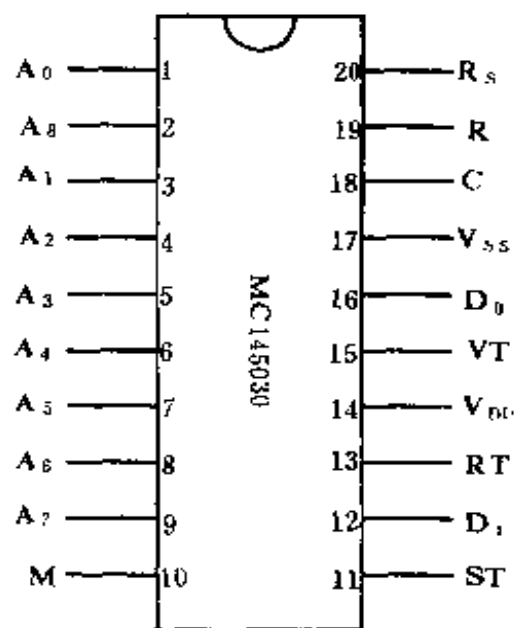


图 5.45 MC145030 引线排列

VT:解码指示端。双稳态输出,当解码有效时,改变状态(通电时 VT 输出低电平)。

RT:解码复位端。当 R 为高电平时,解码输出端 VT 被强迫复位,无论原为何状态,均被清零,输出低电平。

R_s 、 R 、 C :时钟振荡器外接阻容元件端。由它们确定时钟振荡器的频率:

$$f_c = \frac{1}{2.2RC} \quad (5-8)。$$

要求 MC145030 作编码与解码时的 R_s 、 R 、 C 相同。

V_{DD} 、 V_{SS} :分别为电源正极和负极。

5.2.3 控制数编码与解码器

一、LC219 和 LC220A

1. LC219

LC219 是控制数据编码器,它可以对六种控制数据进行脉冲编码,图 5.46 是 LC219 的内部逻辑框图。

由图可见,它由编码输入电路、重复定时器、调制振荡器、脉冲振荡器以及输出驱动电路构成。编码输入电路将 $S_1 \sim S_6$ 任何一指令键的输入编为相应的脉冲串经输出驱动电路由 D_0 输出。脉冲振荡器的振荡频率决定输出脉冲的速率,脉冲速率由外接 R_1 和 C_3 确定,一般为几百 Hz 至几 kHz。当 $C = 5600\text{pF}$, $R_1 = 100\text{k}\Omega$ 时,脉冲速度约为 1kHz。 D_0 端输出的编码脉冲是连续的多串脉冲,每串的内容相同。且每串之间有一定间隔,间隔时间由定时电容 C_1 确定,当 $C_1 = 0.022\mu\text{F}$ 时,间隔为 2~3Hz。由于编码脉冲的速率较低,不便发射和抗干扰,故电路设置了调制振荡器,对已编码脉冲进行调制。调制频率由 R_2 、 C_4 确定,一般为几十 kHz,当 $R_2 = 68\text{k}\Omega$ 、 $C_4 = 390\text{pF}$ 时,调制频率约为 38kHz。

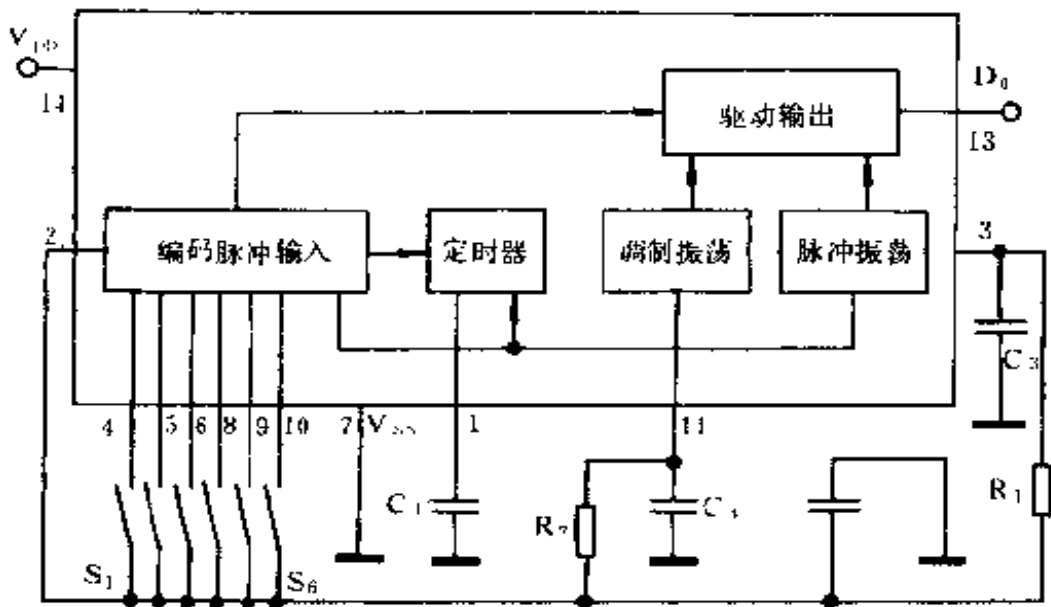


图 5.16 LC219 内部框图

这样,LC219 在应用时就不必再设调制电路了,只要有驱动电路驱动红外发光二极管发出调制红外光脉冲。

LC219 有两种封装形式、双列直插式和印制板软封式。图 5.47(a)、(b)分别是 LC219 的两种封装形式。印制板采用软封形式,是为方便指令键的安装,已印制了供导电橡胶按键及轻触按键安装的印制线路。

2. LC220A

LC220A 是与 LC219 配对使用的控制数据解码器。图 5.48 是 LC220A 的内部框图。

由图可见,它由输入缓冲器、脉冲解码器、输出驱动器以及定时器构成。待解码脉冲由 D₀ 输入,经输入缓冲器送脉冲解码器解码,解码后的信号经输出驱动电路在 A~F 端输出。这六路输出 A~F 分别与编码器的 S₁~S₆ 是一一对应的关系。

应当指出,六路输出 A~F,有两种输出方式:即互锁输出和自锁输出,它由输出方式控制端 M 来控制;当 M = V_{DD}(电源

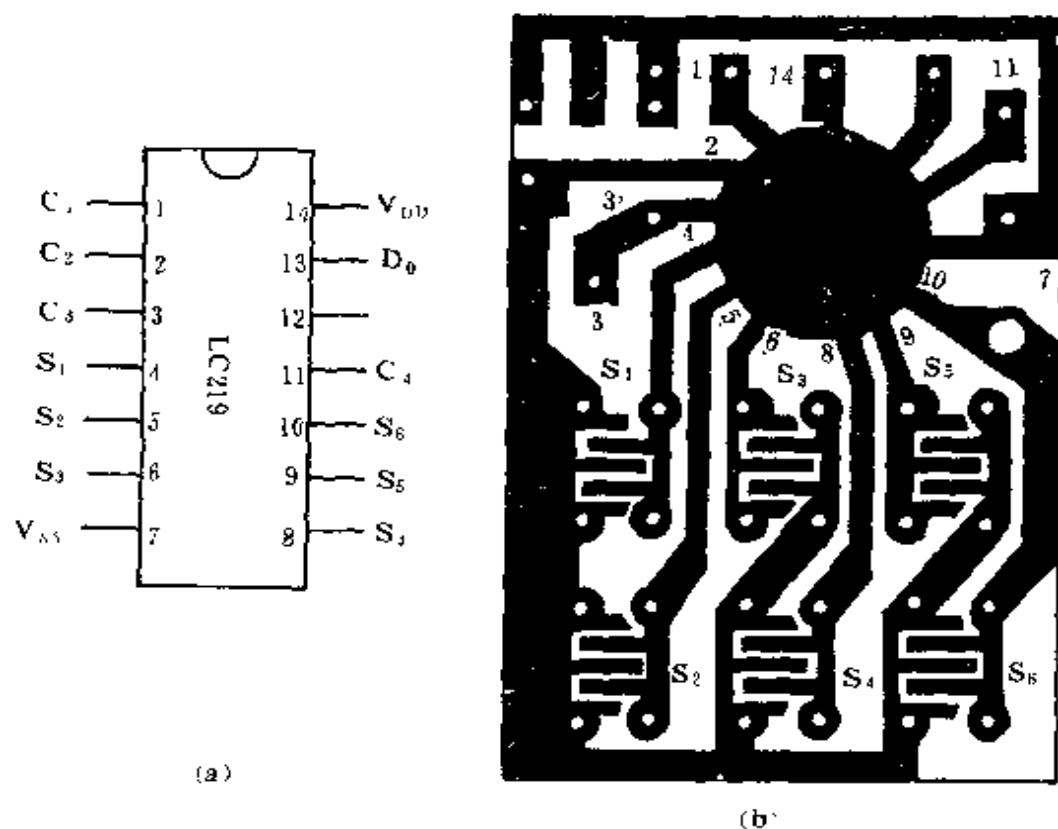


图 5.47 LC219 引线排列

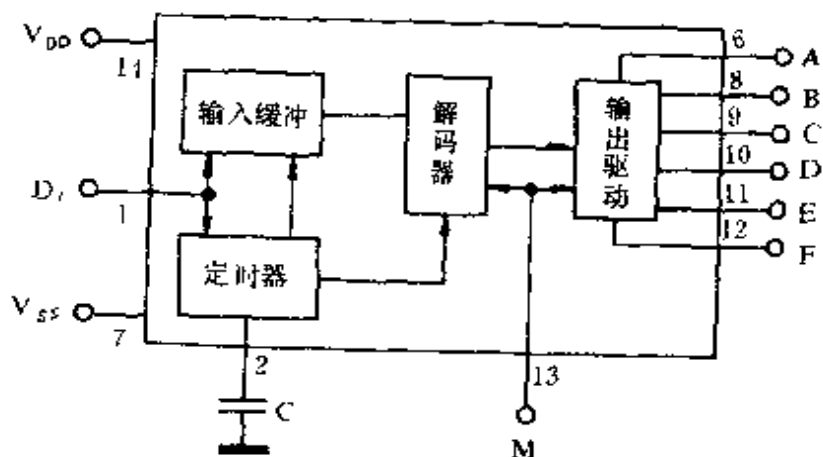


图 5.48 LC220A 内部框图

电压)时, A~F 为互锁输出, 即 A~F 中, 任何时候仅有一端有

输出(高电平),其余无输出(低电平);当 $M = \frac{1}{2}V_{DD}$ 时, A~F 为自锁输出,即 A~F 中各路输出互不影响,且为双稳态输出,每接收到一次相同的编码脉冲,输出状态就改变一次。

要注意的是,在 LC220A 的 M 端已有一支 $30k\Omega$ 的电阻在其内部与 V_{SS} 端相联,因此,当要求自锁输出方式时,只要将一支 $30k\Omega$ 的电阻从 M 端接至 V_{DD} 端即可,这样 M 端的电位由两支阻值相同的电阻对电源电压 V_{DD} 分压,即是 $\frac{1}{2}V_{DD}$ 。若由外部电阻分压,两分压电阻 $R \ll 30k\Omega$ 。

图 5.49(a)(b)分别给出了 LC220A 的自锁与互锁两种方式的波形图。

由图 5.49(a)自锁工作波形图可见,每按一下发射指令键,LC220A 中对应的输出端状态就改变一次。若是按键时间超过 $0.5 \sim 0.33s$,编码器将再次发送编码信号,使 LC220A 中对应输出端的状态再次改变。这一点在使用中一定要注意。如果对应的输出端接有计数器对某些控制对象进行搜索控制,可按住对应的指令键,当搜索到需要的目标时,松开相应的指令键即可。

LC220A 也有两种封装形式:印制板软封和双列直插式封装。图 5.50(a)、(b)分别给出了这两种封装形式。

二、TM703 和 TM702

1. TM703

TM703 为控制数据编码器,共有九种控制指令编码,图 5.51 是 TM703 的内部框图。

它由编码输入电路、编码电路、调制电路、输出缓冲器及时钟电路构成。时钟电路产生编码器所需的时钟信号,以协调各部分工作。编码输入电路将输入的控制指令进行判读后送入编码电路,编码电路按时钟顺序对控制指令进行编码,并由调制电

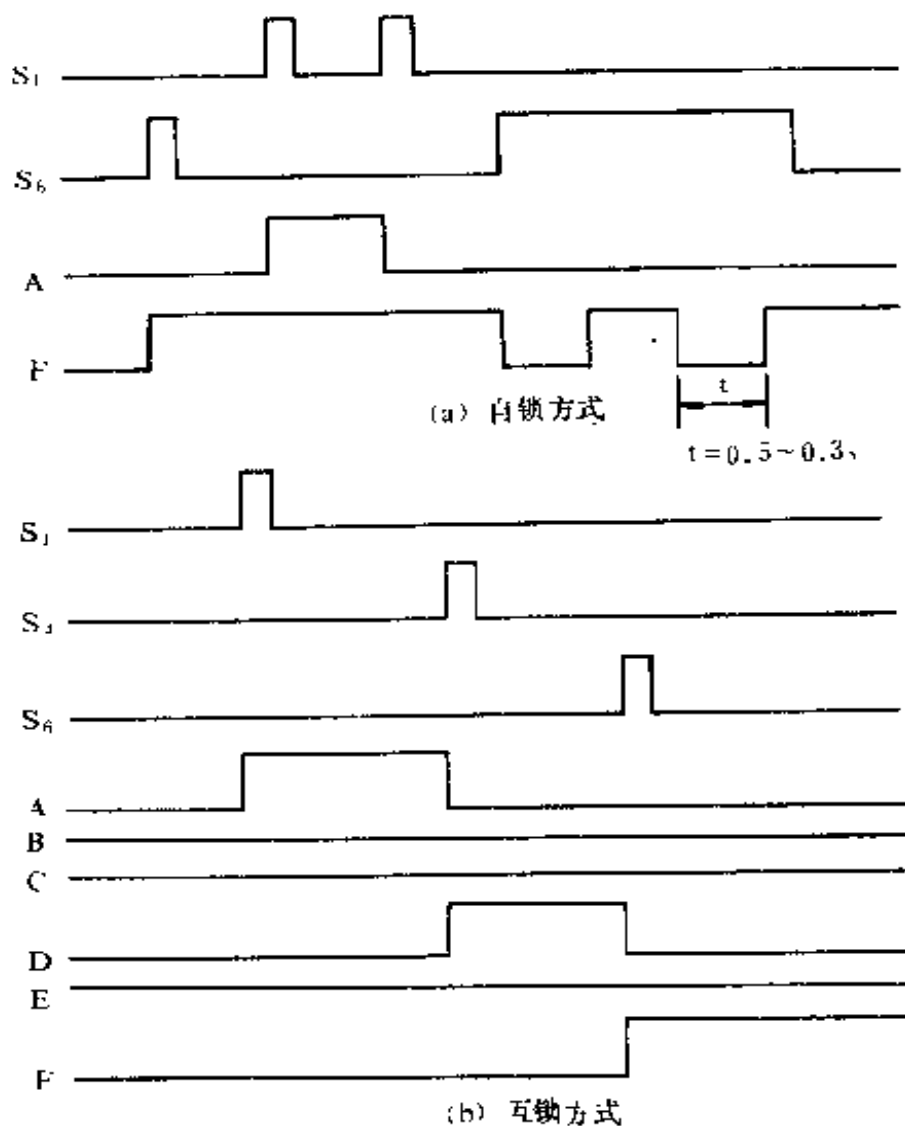


图 5.49 LC220A 工作波形

路对编码进行调制,由输出缓冲器输出。

TM703 的引线排列如图 5.52,采用双列直插式 16 线封装,各引出端功能如下:

$S_0 \sim S_8$:控制数据编码输入端。每一位仅可输入一种状态“0”。

D_0 :编码脉冲输出端。当 $S_0 \sim S_8$ 任一端有输入时, D_0 便输出一串对应的编码脉冲。

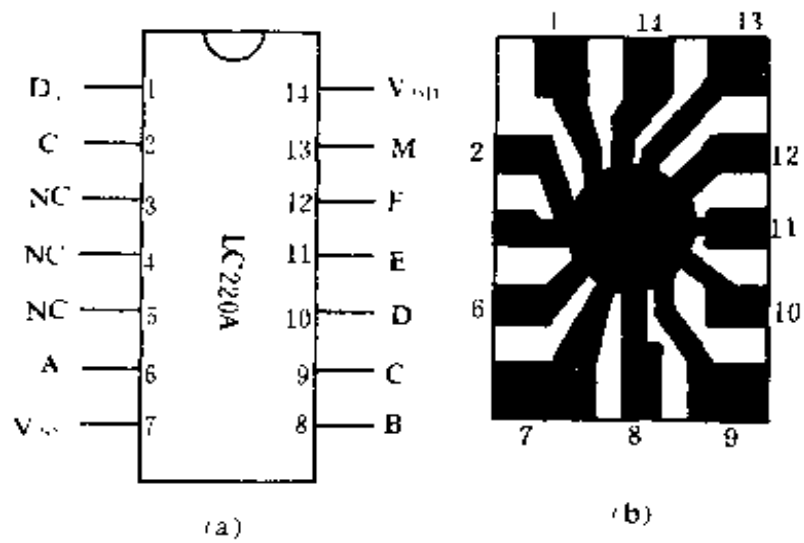


图 5.50 LC220A 引线排列

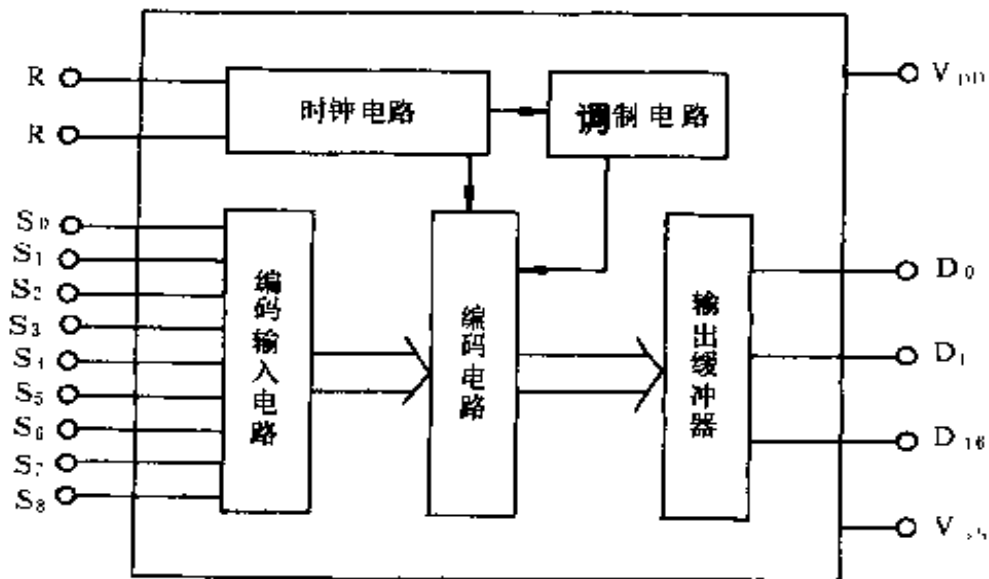


图 5.51 TM703 内部框图

D_L : 编码指示端。当 $S_0 \sim S_8$ 任何一端有输入时, D_L 输出高电平。

D_{16} : 低频信号输出端。当 $S_0 \sim S_8$ 任何端有输入时, D_{16} 输出 16Hz 低频信号。一般不用。

R, R : 时钟振荡器外接电阻端。由它确定内部时钟振荡器的

频率。一般选在几十 kHz。

V_{DD} 、 V_{SS} ：分别为电源正极和负极。

2. TM702

TM702 是与 TM703 配对的解码器，其内部结构如图 5.53 所示。它由时钟电路、逻辑控制电路、解码电路、输出缓冲器等几部分构成。

时钟电路产生芯片所需的时序脉冲，以协调各部分工作。

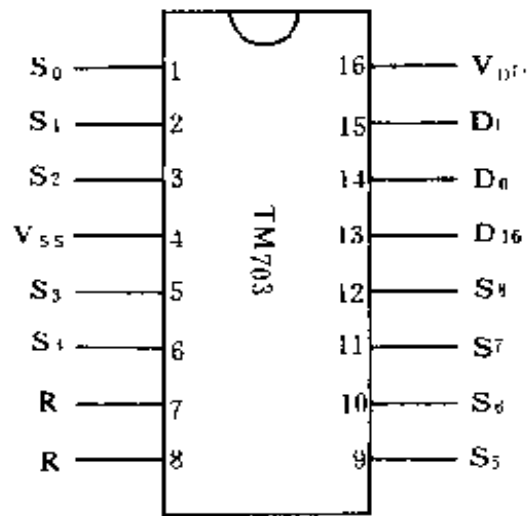


图 5.52 TM703 引线排列

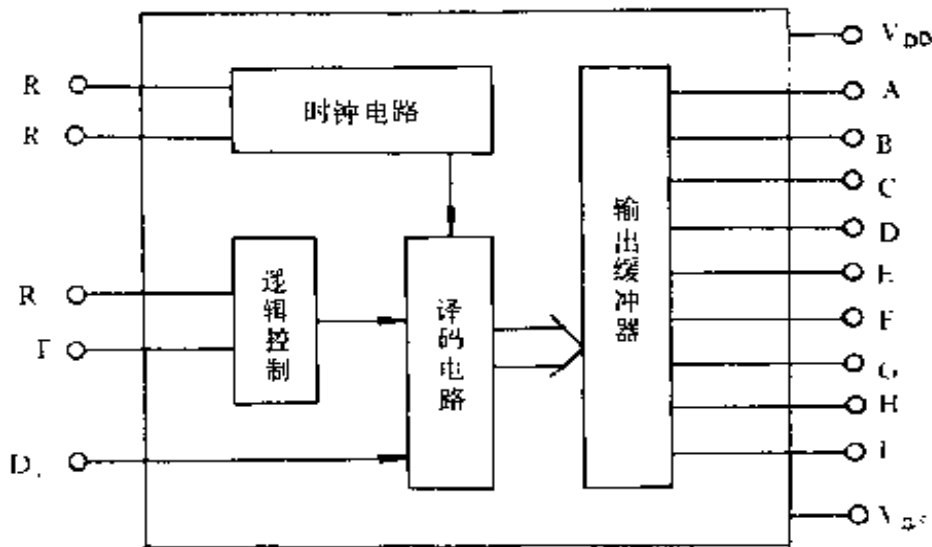


图 5.53 TM702 内部框图

解码电路将输入的已经解调的编码脉冲进行编码。并由输出缓冲器输出到 A~I 这几个输出端，分别与编码器的 $S_0 \sim S_8$ 一一对应。A~I 为互锁输出，且为低电平有效。

图 5.54 为 TM702 的引线排列，各引出端功能如下：

D_1 ：编码脉冲输入端。待解码脉冲由 D_1 输入。

A~I: 解码输出端。它们对编码器发送指令的响应如下:

↓ S_1 , B=0, C=1;

↓ S_2 , C=0, B=1;

↓ S_3 , D=0, E=1;

↓ S_4 , E=0, D=1;

↓ S_5 , F=0;

↓ S_6 , G=0;

↓ S_7 , H=0;

↓ S_8 , I=0;

↓ S_9 , A=0;

↓ $(S_0 + S_1)$, A=1。

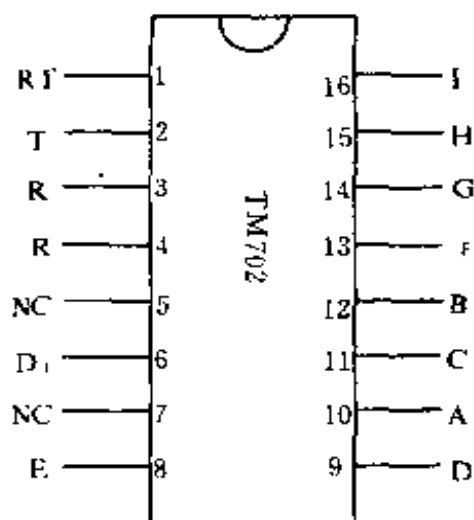


图 5.54 TM702 引线排列

(注: ↓ 表示键入某指令, $S_0 + S_i$ 表示 S_0 键加 $S_1 \sim S_8$ 中任一键)

R, R_1 : 时钟振荡外接电阻端, 要求 R 与 TM703 中的 R 相同。

R_T : 电源通电置位输入端, R_T 与 V_{DD} 之间接一支电容 C , 容量可从 $0.01\mu F \sim 1\mu F$ 。在电源通电瞬间, 有一正脉冲作用于 R_T , 使 TM702 各输出端置位, A~I 均为高电平。

T: 测试端, 一般不用。

V_{DD} : 电源正极。

V_{SS} : 电源负极。

5.3 调制与解调电路

在码分制红外线遥控系统中, 由于编码器产生的编码脉冲频率较低, 不便于发射, 抗干扰能力也较差。因此, 一般将编码脉冲“载”在频率较高的载波信号上。将指令编码脉冲“载”到载波上的过程称为调制。经过调制电路调制后的指令信号, 再由驱动

电路驱动红外发光二极管发出红外光脉冲。

红外接收电路将调制信号进行接收、放大后,要有与调制器相对应解调器,将指令编码脉冲从载波上“搬”下来。将指令信号从载波上“搬”下来的过程称为解调。解调后的信号已还原为编码脉冲。再送解码器将指令信号解出,输出各种控制指令。

5.3.1 调制电路

在码分制红外线遥控系统的编码与解码电路中,指令信号是脉冲信号,其摆幅在电源电压 $V_{DD}-V_{SS}$ 之间变化,是具有“1”和“0”两种电平的脉冲信号。对脉冲信号的调制,采用的是一种特殊的调幅方式,即幅度键控。

图 5.55 是幅度键控调制的示意图。由图可见,当编码脉冲

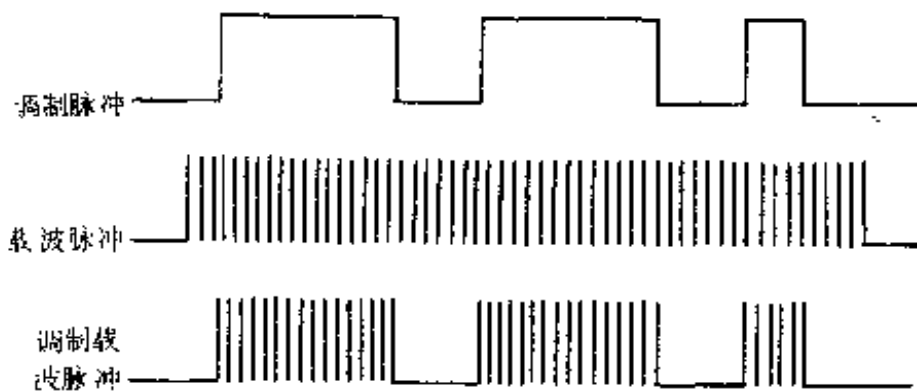


图 5.55 幅度键控调制示意图

为高电平“1”时,载波信号有输出;当编码脉冲为低电平“0”时,载波信号无输出。被调载波是断续的等幅高频信号。

调制电路中,载波脉冲信号的频率 f_1 要远远大于调制脉冲信号的频率 f_2 。在红外线遥控系统中,一般 f_1 要为 f_2 的几十~几百倍。

图 5.56 是几种常用的调制电路。图中, D_i 为编码脉冲(即调制脉冲)输入, D_o 为被调载波输出。调制电路中都包含载波振

荡器。

图(a)电路中, S 为模拟开关, 它受调制信号 D_i 的控制, 当 D_i 为高电平时, S 闭合, 载波振荡器通电, 发出高频信号; 当 D_i 为低电平时, S 打开, 载波振荡器断电, 无信号输出。在这个电路中, 模拟开关 S 的通断电流能力要大于载波振荡器的工作电流, 可由晶体管构成, 也可采用集成电路模拟开关, 如 TWH8775、TWH8778 等。载波振荡器可以是任何形式的脉冲振荡器。

图(b)电路中, D_1 和 D_2 等构成载波振荡器, 与门 D_3 在此称为“闸门”, “闸门”的开关受调制信号 D_i 的控制, 当 D_i 为高电平“1”时, D_3 的输出信号 $D_0 = AB$, 由于此时 $B = D_i = 1$, 故 $D_0 = A$, 即等于载波振荡器的输出信号。当 D_i 为低电平“0”时, D_3 的输出信号 $D_0 = AB$, 由于此时, $B = D_i = 0$, 故 $D_0 = 0$, 即无输出信号, 从而实现编码脉冲对载波的调制。

图(c)电路更加简单实用, 是一种应用最为广泛的调制电路。图中, D_1 和 D_2 构成可控载波振荡器, 振荡器的起振、停振受调制信号 D_i 的控制。当 D_i 为高电平“1”时, 振荡器起振, D_0 输出载波信号, 当 D_i 为低电平“0”时, 与非门 D_1 输出为高电平“1”, 而 D_2 输出低电平“0”, 即无信号输出。

图(d)电路采用 555 时基电路构成。555 时基电路等构成载波振荡器, 载波信号由 555 时基电路的 3 脚 (OUT) 输出, 调制信号 D_i 加在其强迫复位端 4 脚 (\overline{MR}), 当 D_i 为低电平“0”时, 555 时基电路被强迫复位, 其 3 脚输出为低电平“0”, 即无信号输出, 当 D_i 为高电平“1”时, 555 时基电路退出复位状态, 与 R_1 、 R_2 、 C_1 等构成的载波振荡器起振, 其 3 脚输出载波信号。这也是应用较多的一种电路。

5.3.2 解调电路

解调电路与调制电路的功能相反, 解调电路的作用是将调

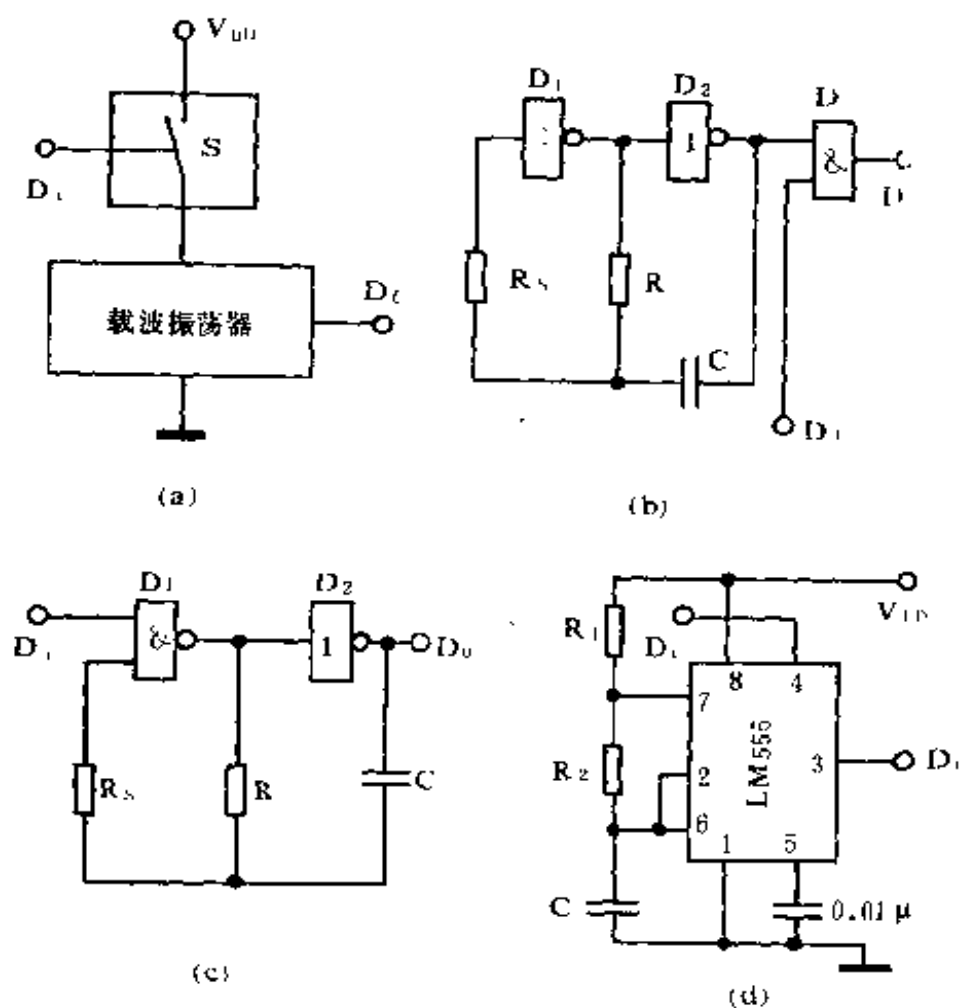


图 5.56 几种常用的调制电路

制载波还原为调制信号,即编码脉冲信号。再送解码器进行解码。解调电路的基本原理是对调制载波的包络进行检波。图 5.57 是解调电路的工作波形。

由图可见,当解调电路输入端有载波信号时,输出端就出现一个包络脉冲。

图 5.58 是几种常用的解调电路。图中, D_i 为调制载波输入, D_o 为解调后的调制信号(即编码脉冲信号)输出。

图(a)电路中,当输入信号 D_i 为零时,非门 D_1 输出“1”电

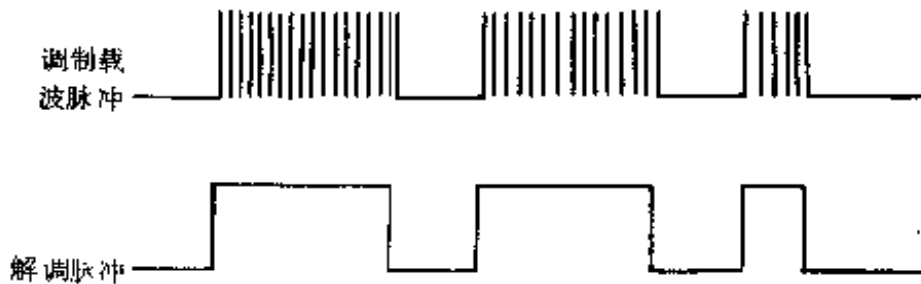


图 5.57 解调电路工作波形

平, V_D 截止, 电容 C 两端电压为零。非门 D_2 输入端被 R 偏置为高电平, 故 D_2 输出低电平。当 D_1 输入端出现第一个载波脉冲时, D_1 立即响应, 输出低电平, V_D 导通, 电容 C 被正电源 V_{DD} 通过 V_D 及 D_1 迅速充电。这个充电过程的时间常数远小于每一个载波脉冲的高电平持续时间, 从而保证在每一个载波脉冲作用于 D_1 输入端时, C 能迅速充电完毕, D_2 输入端迅速变为低电平, 而输出高电平。当第一个载波脉冲结束, 而第二个脉冲尚未到来时, D_1 输出端为高电平, V_D 截止, C 通过 R 放电, 放电时间常数远大于每个载波脉冲的周期, 从而能够保证 D_2 输入端仍能维持低电平。这样, 在整个调制脉冲持续时间内, D_2 输入端的电位不会上升到转换电压, 使其输出保持高电平, 一直到一个调制脉冲结束。从而将调制脉冲包络检出, 得到解调脉冲。

图 (b) 是采用音频锁相环 LM567 (NE567) 的解调电路。LM567 的内部压控振荡器的中心频率要与载波频率一致, 当 LM567 的 3 脚输入经调制的载波调制信号时, 其 8 脚输出低电平, 当无调制载波信号输入时, 其 8 脚为高电平。也可在 LM567 的 8 脚接一反相器, 得到正脉冲输出。从而将调制信号解出。这种电路已在第四章作过详细介绍。

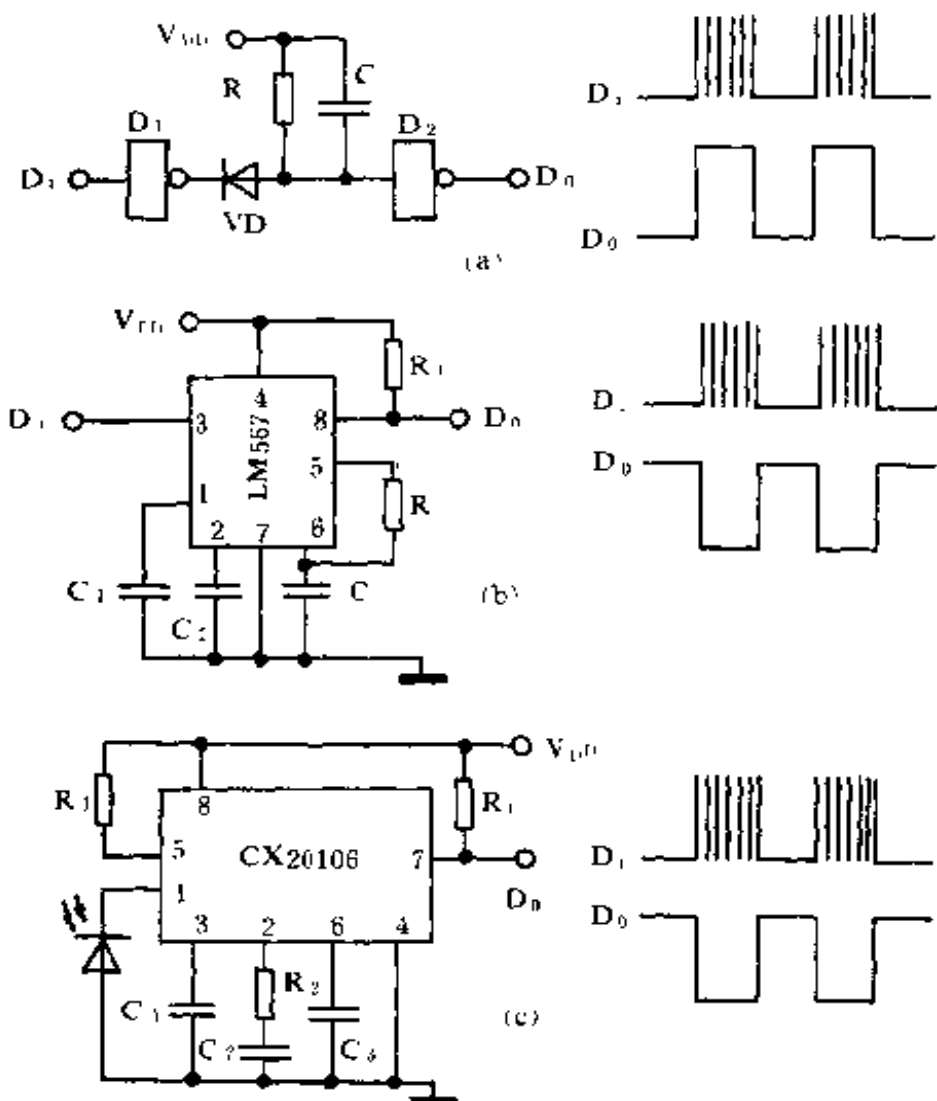


图 5.58 几种常用的解调电路

图(c)是采用专用前置放大器 CX20106 的解调电路。这种电路包含了前置放大、频率(载波频率)选择、脉冲形成,即脉冲解调电路。当调制载波光脉冲作用于红外光敏二极管时,在 CX20106 的输出端便得到解调信号。当然也可采用 $\mu\text{PC1373H}$ 构成解调电路,请参阅第四章有关内容。

成脉冲编码器。门电路 D_1 、 D_2 等构成脉冲振荡器,振荡频率约为 1kHz,即编码脉冲的速率为 1000pps。 C_1R_2 构成按键清零电路,当按下 $s_1 \sim s_9$ 任何一键时, D_3 输出高电平,其上升沿经 C_1R_1 微分后作用于 CD4017 的 R 端使其清零。清零脉冲的有效宽度 $t_w = 0.69R_1C_1 \approx 0.14 \times 10^{-3}s$,小于脉冲发生器的正脉冲宽度。当按下某一指令键时, D_1 、 D_2 构成的振荡器开始振荡,其输出脉冲的下降沿作用于 CD4017 的 \overline{EN} 端,使其计数。当升到对应的指令键号数时, D_3 输出低电平, D_1 和 D_2 构成的振荡器停止振荡。发出一串脉冲数目编码脉冲。 D_4 、 D_5 等构成载波振荡器,振荡频率约为 40kHz,约为编码脉冲频率的 40 倍。编码脉冲除作用于 CD4017 的 \overline{EN} 端外,同时作用于载波振荡器中 D_1 的一个输入端,对载波进行调制,故 D_5 输出的是调制载波信号。调制载波信号作用于三极管 VT 的基极,由 VT 驱动红外发光二极管 VD_2 、 VD_3 发出调制载波红外线脉冲。

接收电路如图 5.60 所示。由 CX20106 完成前置放大、载波选频、脉冲解调等工作。由于当红外接收管 VD_1 收到红外光脉冲时,CX20106 的 7 脚输出低电平,解调脉冲与编码脉冲相位相反,故由反相器 D_1 进行反相后,再作用于脉冲解码器的输入端。脉冲解码器由脉冲分配器 CD4017 等构成。当第一脉冲到来时,其上升沿通过 VD_2 并经 C_1R_2 微分后作用于 CD4017 的清零端 R,使其清零。清零脉冲的有效宽度与发射器中清零脉冲的有效宽度相同。第一个及以后的脉冲下降沿将使 CD4017 计数并在相应输出端输出控制指令。且输出端状态一直保持到下一次指令的到来。可见,此电路为互锁输出。

CD4017 在解码过程中,有扫描脉冲扫过各输出端,但由于各输出端所接的是继电器而不是触发器或计数器,又因扫描脉冲的频率较高,继电器来不及响应,扫描脉冲就已消失,故不需

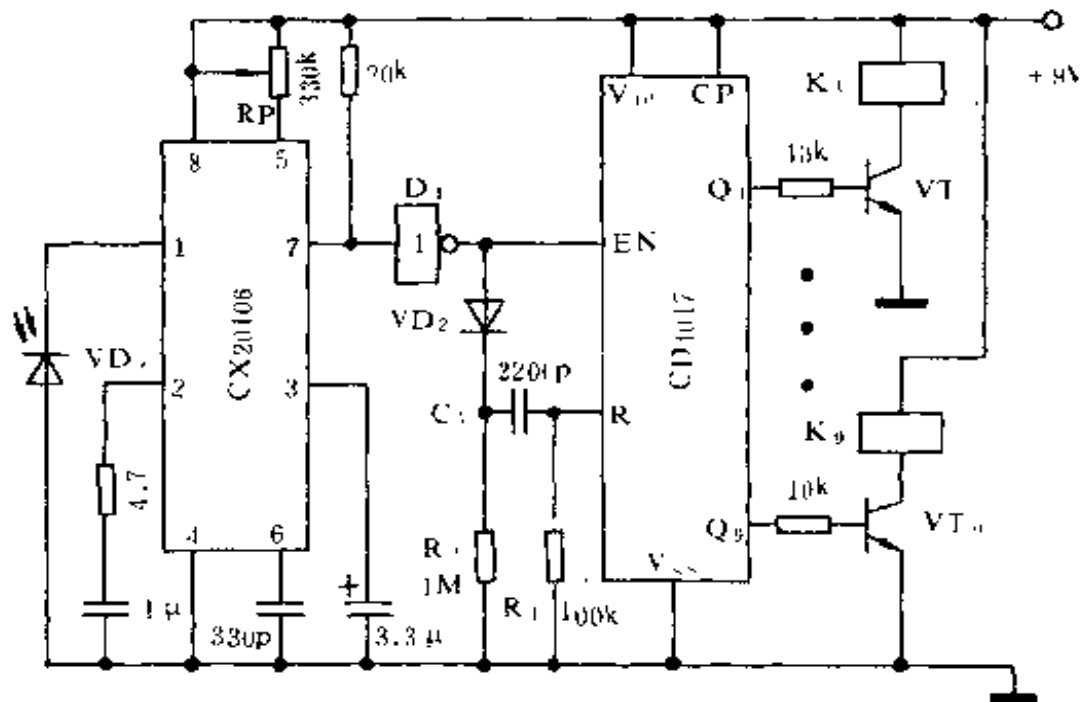


图 5.60 接收电路

要积分网络来吸收扫描脉冲。

二、元件选用

发射电路中, $S_1 \sim S_9$ 用 $5 \times 5\text{mm}$ 轻触开关。非门选用 CD4069, 与非门用 CD4011。VT 用 CS9013 或 8050, $\beta \geq 100$ 。VD₁ 用 IN4148。VD₂, VD₃ 用 HIR305B, 其发射光功率为 9mW, 与接收电路中 CX20106 配合使用, 可使遥控距离达 8~10m。电源 GB 用三节 5 号干电池。

接收电路中, VD₁ 用 HPT712 或 PH302 等。VD₂ 用 IN41148。RP 用微型可变电阻。VT₁~VT₉ 用 CS9013 或 CS8050 等, $\beta \geq 100$ 。继电器 K₁~K₉ 可根据控制对象的需要选用。

三、调试

调试非常简单, 按动发射器中 $S_1 \sim S_9$ 任何一键, 并面对接收电路, 调整接收电路中的 RP 使接收电路中对应的继电器吸合, 然后拉开遥控距离至 8~10m, 再重复上述调试。电路其它部

分不用调试即可正常工作。

5.4.2 红外线遥控密码锁

采用地址加密编码器 YYH26 和 YYH28 构成的红外线遥控密码锁,最多可有 $4^{11} = 4194304$ 种密码,即使熟悉编码集成电路的原理,也无法破译如此之多的密码。

一、工作原理

图 5.61 是遥控密码锁的发射电路。只有一个发射指令键 S,当 S 被按下时,YYH26 的编码启动端 \overline{TE} 被接低电平 V_{SS} ,其编码输出端 D_0 输出两串相同的编码脉冲。地址密码可随意设置,在这里,我们将 $A_0 \sim A_7$ 接高电平 V_{DD} ,而将 $A_8 \sim A_{11}$ 接低电平 V_{SS} 。

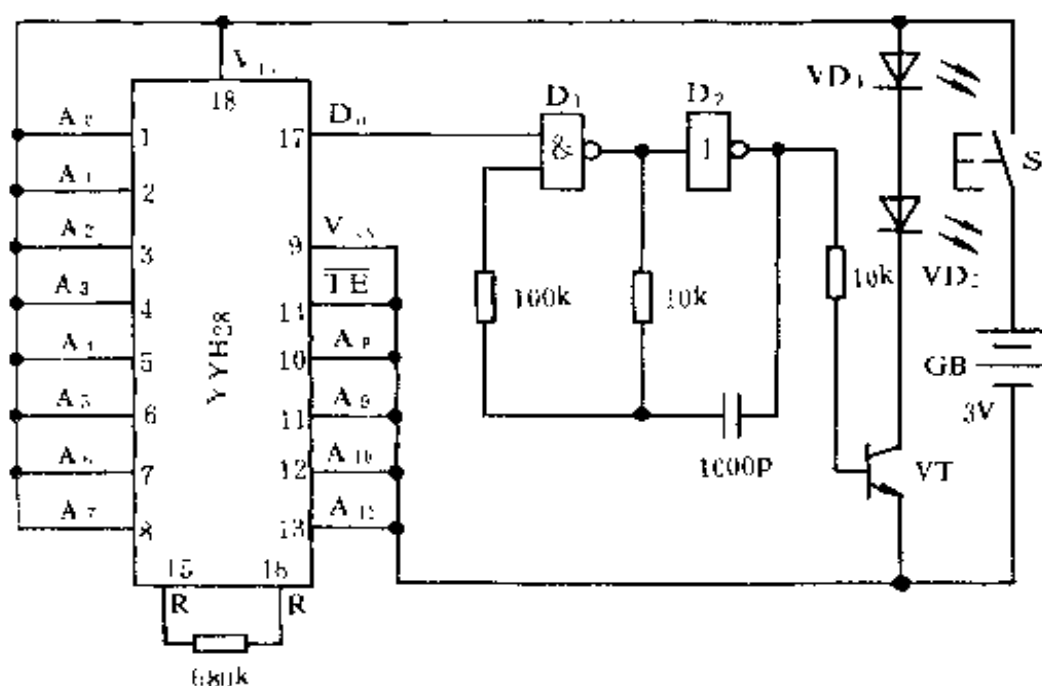


图 5.61 发射电路

YYH26 的 D_0 端发出的编码脉冲作用于由门电路 D_1 和 D_2 等构成载波振荡器,对载波进行幅度键控调制。载波频率约为 40kHz。

图 5.62 是遥控密码锁的接收及控制电路。非门 $D_1 \sim D_3$ 由 R_2 偏置为线性放大器,对红外接收二极管接收的调制载波进行放大,放大倍数可达 800~1000 倍。音频锁相环 LM567 等构成脉冲解调电路。解调后的信号经反相器 D_4 反相后送至解码器 YYH28 的 D_i 端。YYH28 的加密地址编码与发射器中 YYH26 的加密地址编码完全相同。当接收电路收到发射器的遥控信号时,YYH28 的解码指示端 VT 输出高电平,使三极管 VT 导通,继电器 K 吸合,带动机械装置使锁开启。

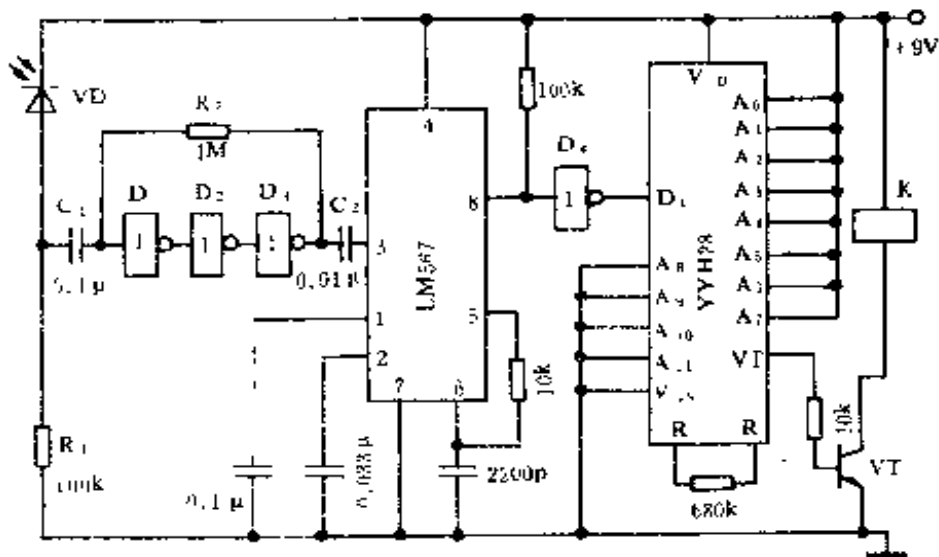


图 5.62 接收电路

二、元件选用

发射电路中,与非门 D_1 和 D_2 用 CD4011。VT 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。VD₁、VD₂ 可用任何型号的红外发光二极管。电源 GB 用两节 5 号干电池。

接收电路中,非门 $D_1 \sim D_4$ 用 CD4069 或 74HC04。VT 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。继电器 K 用 JRX-13F。接收电路的电源部分可以自行设计。

5.4.3 多火吊灯遥控器

这种吊灯遥控器可以随意选择灯光亮度,并可产生流水灯效果,在节日使用比较合适。

一、工作原理

图 5.63 是发射电路。其原理与图 5.59 相同,只是仅有 $S_1 \sim S_6$ 六个指令键。

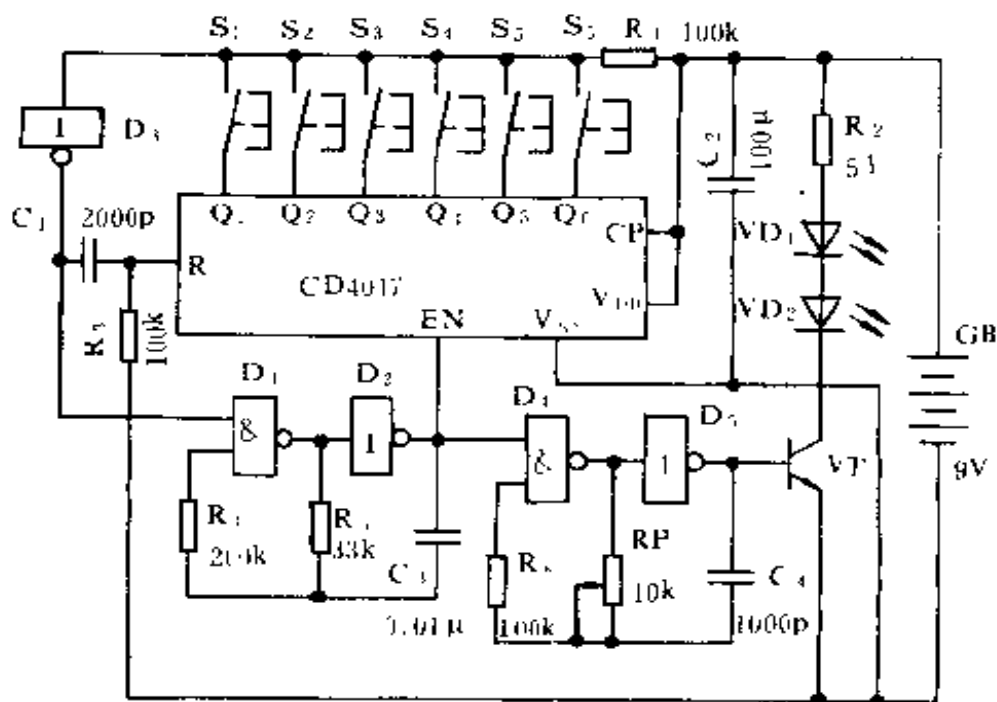


图 5.63 发射电路

接收及控制电路如图 5.64 所示。 VD_1 为红外接收二极管。 $VT_1 \sim VT_3$ 构成两级前置放大器, VT_3 起稳定工作点的作用。放大后的信号经 C_3 耦合至锁相环 LM567 的输入端。LM567 在此构成脉冲解调电路,对调制载波进行解调。由于 LM567 解调后的脉冲与实际的编码脉冲相位相反,故设置了反相器 D_1 进行反相后再送解码电路。

解码电路由 CD4017-1 等构成。 VD_2 、 R_{10} 、 C_3 构成第一脉

冲前沿清零电路,当第一个脉冲到来时,其前沿将 CD4017-1 清零,后沿使其作加法计数。

当分别按动发射电路中 $S_1 \sim S_4$ 时,接收电路中 CD4017-1 的 $Q_1 \sim Q_4$ 分别输出高电平,经隔离二极管 $VD_3 \sim VD_6$ 及电阻 $R_{17} \sim R_{20}$ 作用于 $VT_4 \sim VT_7$ 的基极,使 $VT_4 \sim VT_7$ 导通,双向晶闸管 $VS_1 \sim VS_4$ 的控制极有负向触发电流,使它们分别导通,灯泡 $EL_1 \sim EL_4$ 分别通电被点亮,从而得到不同照明亮度,以满足不同需要。

另外,当按动发射电路中 S_5 时,接收电路中 CD4017-1 的 Q_5 输出高电平,使与非门 D_2 和 D_3 等构成的超低频脉冲振荡器起振,产生超低频脉冲作用于 CD4017-2 的 CP 端,使其 $Q_5 \sim Q_9$ 顺序输出高电平(因 $Q_0, Q_6 \sim Q_9$ 端未用,所以图中未画出),但是当 Q_5 输出高电平时, Q_5 的高电平通过 $C_0 R_0$ 微分有一正向尖脉冲作用于 CD4017-2 的清零端 R,使其清零,转为 Q_0 输出高电平,从 CP 端的下一个输入脉冲开始,CD4017-2 的 $Q_1 \sim Q_4$ 又依次输出高电平, $Q_1 \sim Q_4$ 依次输出的高电平,依次通过隔离二极管 $VD_7 \sim VD_{10}$ 、 $R_{17} \sim R_{20}$ 以及 $VT_4 \sim VT_7$ 作用于双向晶闸管 $VS_1 \sim VS_4$ 的控制极,使其依次循环导通, $EL_1 \sim EL_4$ 依次循环点亮,实现流水灯效果。

当需要关掉吊灯时,只要按动发射电路中 S_6 ;就使接收电路中 CD4017-1 的 Q_6 输出高电平,由于 Q_6 未用(图 5.64 中未画出),故可将处任何状态的吊灯关掉。

$C, VD_{11} \sim VD_{13}$ 等构成电容降压整流滤波稳压电源。 R_{15}, C 构成解码电路等电源退耦电路。 R_{16}, C 构成前置放大、脉冲解调电路的电源退耦电路。以保证整个接收电路的工作稳定。

二、元件选用

发射电路中元件可按图 5.59 电路选用。

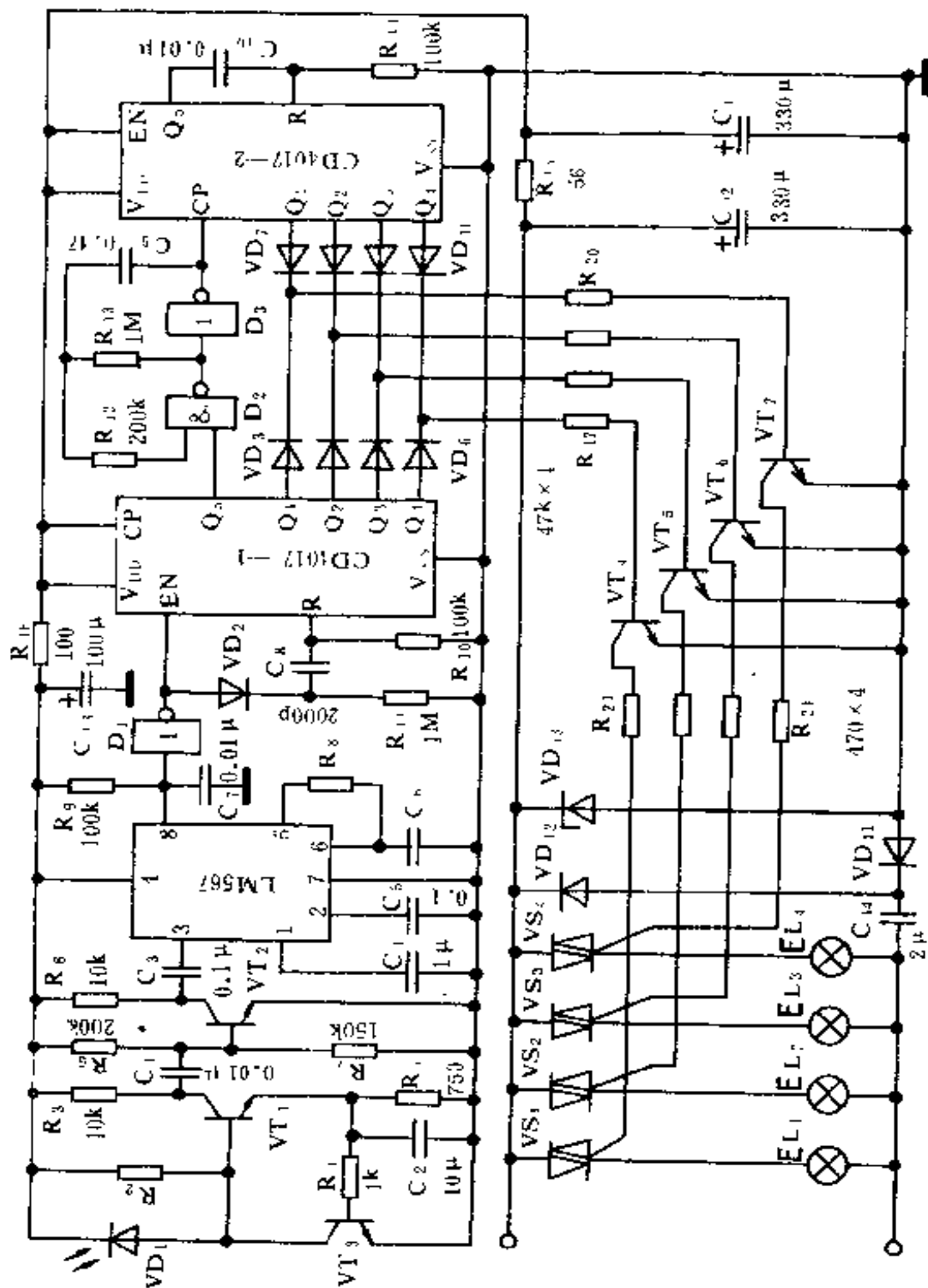


图 5.64 接收及控制电路

接收电路中, $VT_1 \sim VT_7$ 用 CS9014, $\beta = 100 \sim 200$ 。 $VT_4 \sim VT_7$ 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。 VD_1 用任何型号的红外光敏二极管。 $VD_2 \sim VD_{10}$ 用 IN4148。 VD_{11} 、 VD_{12} 用 IN4004~IN4007。 VD_{13} 用 6V/1W 硅稳压管。 C 用耐压大于 400V 的电扇电容或涤纶电容。 $VS_1 \sim VS_4$ 用型号为 97A6 的双向晶闸管。

三、调试要点

调试比较简单, 按动发射电路中 $S_1 \sim S_4$ 任何一键, 调 RP, 使接收电路中对应的灯泡点亮即可。流水灯的速率可通过改变接收电路中 RP 的阻值来调节。

由于采用电容降压, 线路中带有市电, 调试时人体不得触及带电线路, 以免发生危险。

调试完毕后, 接收电路装于吊灯的空余处或另装控制盒中, 接收管要外露。

5.4.4 31 通道红外线遥控器

发射电路如图 5.65 所示。双四位二进制计数器 CD4520 以及 4 线至 16 线时序译码器 CD4514-1 和 CD4514-2 等构成 31 线脉冲分配器。其中 CD4520 中第一计数器的 Q_{1D} 与第二计数器的 EN_2 相联, 构成八位二进制计数器, 这里仅用五位, 即 Q_{1A} 、 Q_{1B} 、 Q_{1C} 、 Q_{1D} 、 Q_{2A} 。门电路 D_1 和 D_2 等构成编码脉冲发生器, 向计数器提供时钟脉冲, 同时也向 D_5 和 D_6 等构成的载波振荡器提供调制脉冲。 D_6 输出的调制载波脉冲作用于晶体管 VT 的基极, VT 驱动红外发光二极管 $VD_2 \sim VD_5$ 发出红外光指令信号。采用四只发光二极管的目的是为了增加辐射强度和作用范围。

接收电路如图 5.66 所示。CX2016 构成前置放大、载波选频及脉冲解调电路。调节 RP 可以改变选频频率。由于解调后的脉冲信号与发射器所发脉冲信号相位刚好相反, 故由 D_1 反相后

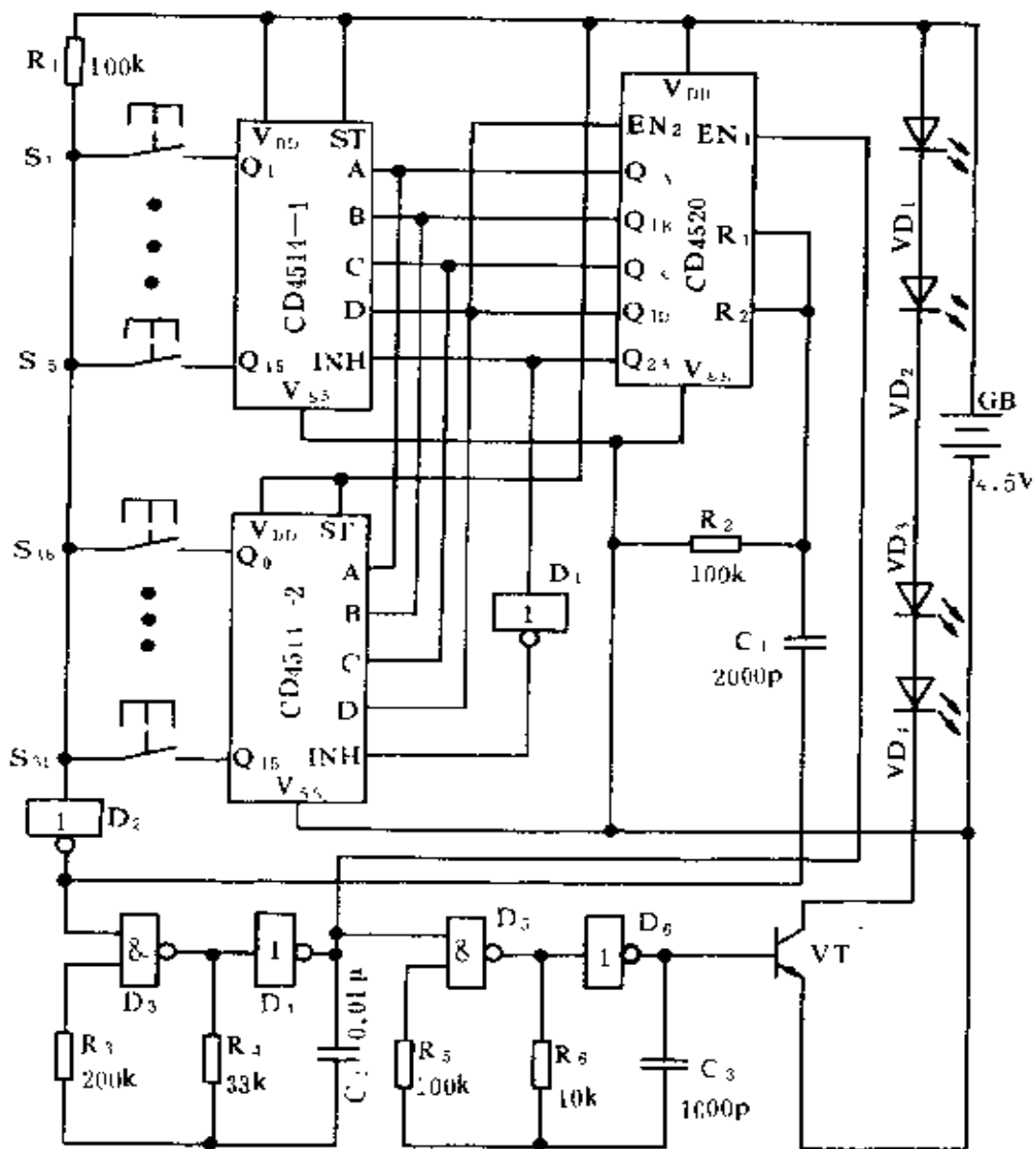


图 5.65 发射电路

再送解码电路。

解码电路由脉冲分配器构成。与发射器中脉冲分配器一样，也由计数器 CD4520、时序译码器 CD4514-1 和 CD4514-2 构成。

1~31 通道输出为互锁输出。读者可根据本章 5.1 节中的

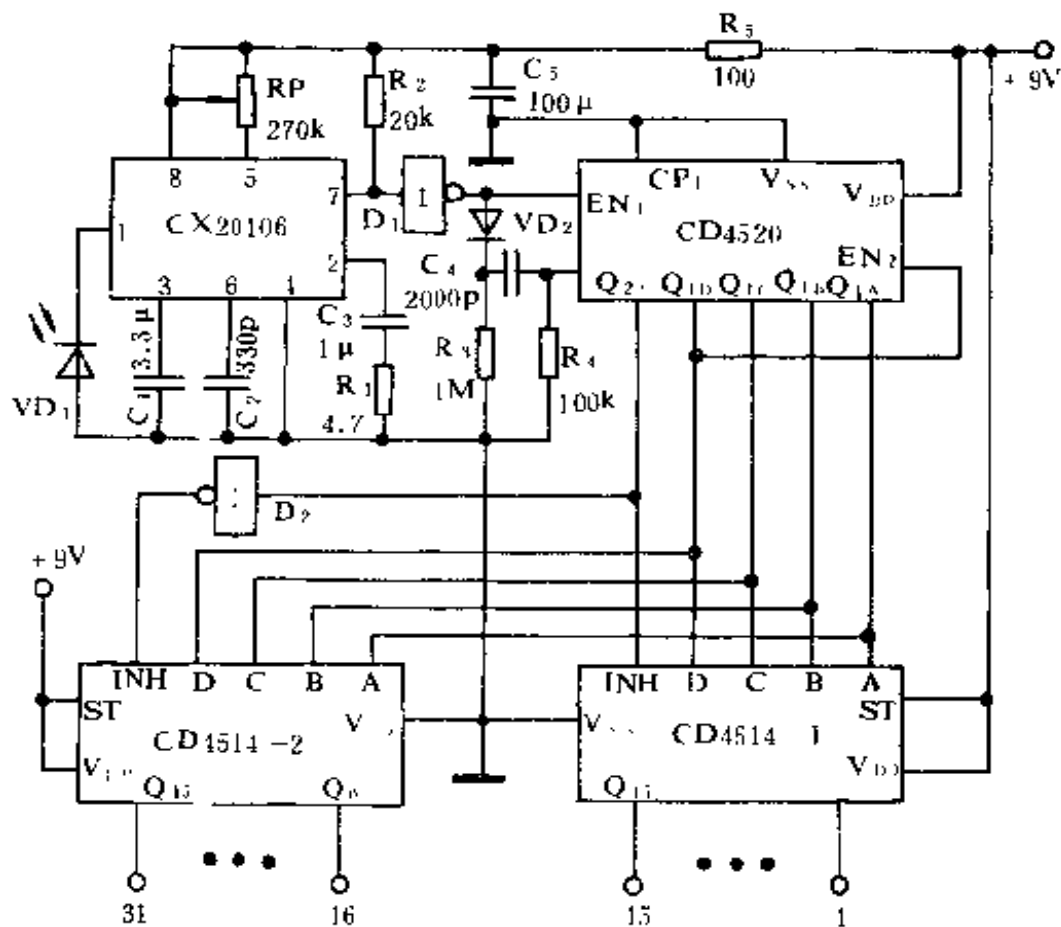


图 5.66 接收电路

有关原理,将此电路改为脉冲输出,以适合不同需要。

本电路一般不需调试,即可正常工作。

5.4.5 红外线遥控 6 路电源开关配电板

本电路采用新型通用遥控集成电路 LC219/LC220A 以及红外线接收专用前置放大器 CX20106A,非常简便地构成了红外线遥控 6 路电源开关配电板。它具有较好的性能价格比。适于在家庭、办公室、会议室等场合应用。

一、工作原理

发射电路如图 5.67。LC219 是脉冲编码遥控发射集成电

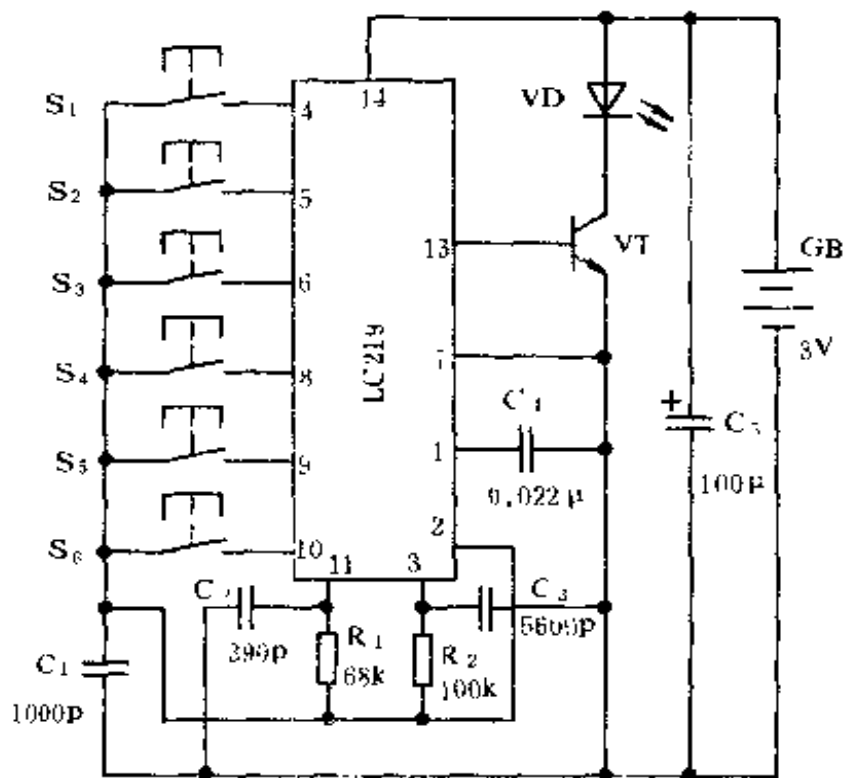


图 5.67 发射电路

路,当按下发射指令键 $S_1 \sim S_6$ 中任何一键时,其输出端 13 脚便输出一对应的脉冲串,此脉冲串对 LC219 内部载频振荡器进行调制。载频频率为 38kHz,此频率由 R_1 、 C_2 确定。可见,发射器仅用一片电路就实现了脉冲编码及载频振荡功能。

LC219 的工作电压为 2.5V~6V;输出驱动电流 $\geq 2\text{mA}$;总静态电流 $< 5\mu\text{A}$ 。由于静态电流很小,因此发射器不必设电源开关。

LC219 发出的脉冲指令信号,由晶体管 VT 进行放大后,驱动红外发光管 VD 向外辐射红外线脉冲。

图 5.68 为红外线接收及开关电路。 IC_1 为红外线接收专用前置放大器 CX20106A,由于该电路采用 RC 有源带通滤波器,不需外接电感,可避免外界磁场的干扰,其可靠性优于

μ PC1373。改变其 5 脚外接电阻 R_P ，可使带通滤波器的中心频率在 $30\text{kHz}\sim 60\text{kHz}$ 之间调节。由红外接收管收到的红外线脉冲指令信号，经 IC_1 放大、选频后，最终由其 7 脚将编码脉冲检出，送到后面的脉冲译码电路。

由图 5.68 可见， VD_8 等构成红外接收管 VD_1 的光偏置电路，用以克服 VD_1 在无任何光照情况下的死区。实验证明，增设光偏置，对于提高无任何光照（黑夜）情况下的遥控距离是非常有效的。

脉冲译码由 IC_2 (LC220A) 担任。当其输入端 1 脚有脉冲信号输入时，经其译码后，分为 6 路，再经内部输出驱动电路，分别由其 6、8、9、10、11、12 脚输出，高电平有效。这 6 路输出分别与发射指令键 $S_1\sim S_6$ 按下时所产生的指令信号成对应关系。

在本装置中，我们将 LC220A 的 13 脚接到 $V_{DD}/2$ （通过 $30\text{k}\Omega$ 电阻接到 V_{DD} ），使其工作在互锁输出方式。6 路输出经晶体管 $VT_1\sim VT_6$ 进行功率放大后，驱动双向晶闸管 $VS_1\sim VS_6$ ，使其导通或关断。 $R_{11}\sim R_{16}$ 为触发限流电阻。发光二极管 $VD_2\sim VD_7$ 串在触发回路中，流过触发电流，可非常方便地指示出 $VS_1\sim VS_6$ 的工作状态。

图 5.68 中 1~6 号接线端为受控的电源接线端，可根据需要去接吊灯、壁灯、电风扇、空调器等电路。

VD_9 、 VD_{10} 、 VD_{11} 、 C_1 构成电容降压、半波整流稳压电路，由于电容基本上不发热，故可长期安全地接于电网工作，且体积小重量轻，便于安装。 C_7 、 R_{17} 、 C_8 为译码集成电路 IC_2 的 π 型滤波电路。它们使系统工作稳定。

二、元器件选用

发射电路中， VD 用 SE303A Φ 5mm 圆型红外发射管。 VT 用 CS9013， $\beta\geq 100$ 。 $S_1\sim S_6$ 用导电橡胶键盘，也可用 $5\times 5\text{mm}$

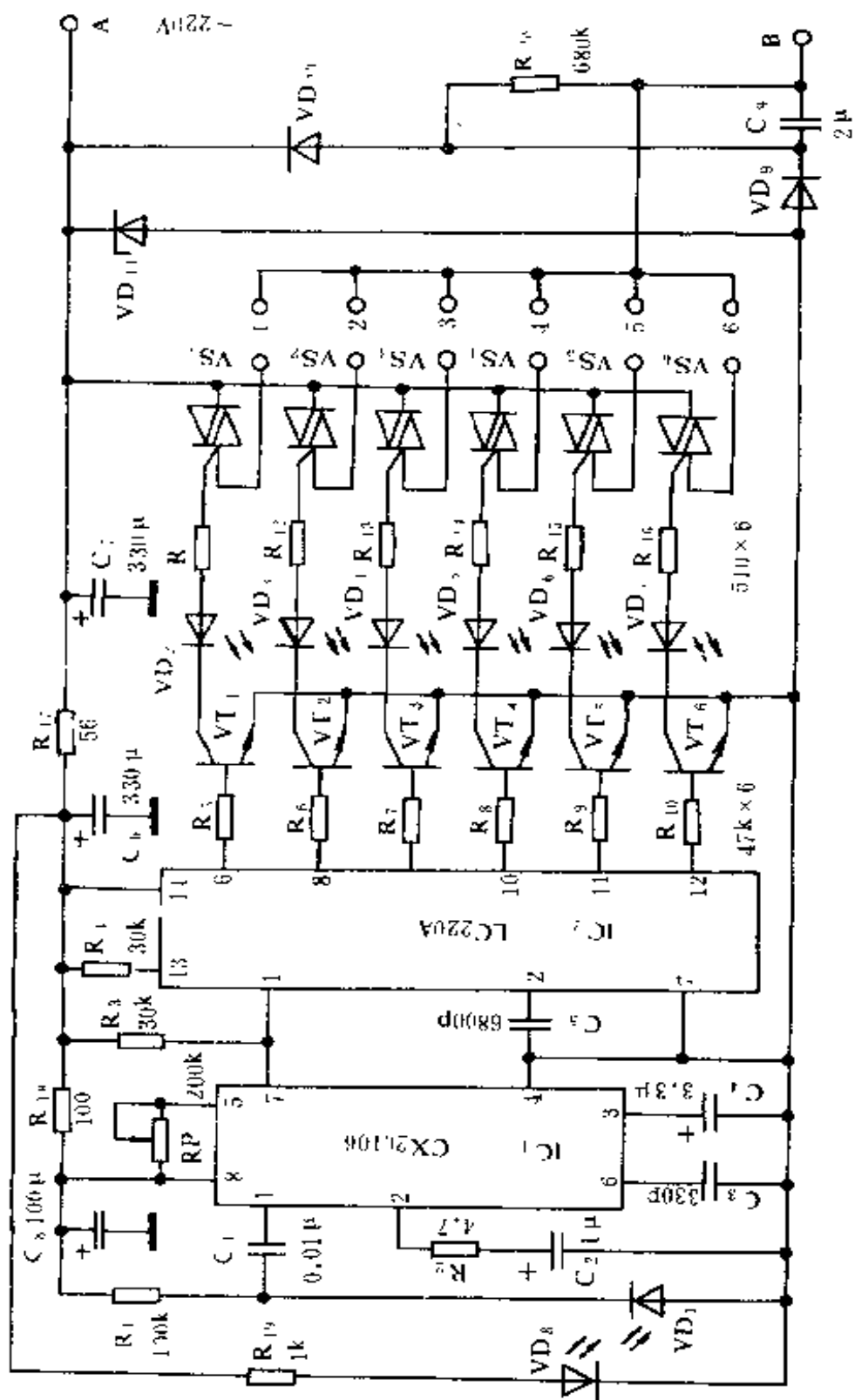


图 5.68 接收及开关电路

或 $6 \times 6\text{mm}$ 微型轻触开关。GB 用两节 5 号电池。

接收电路中, VD_1 用 PH302 方型或 $\Phi 5\text{mm}$ 圆型红外接收管, 圆型较方型灵敏度高些。 IC_1 可用 KA2184 代用, $\text{VT}_1 \sim \text{VT}_6$ 用 CS9013 或 CS9014, $\beta \geq 100$ 。 $\text{VD}_2 \sim \text{VD}_7$ 用 $\Phi 5\text{mm}$ 发光二极管, 颜色任选。 VD_8 用 $\Phi 3\text{mm}$ 发光二极管, 要用红色的。 $\text{VS}_1 \sim \text{VS}_6$ 用 TLC226、TLC336 等 3A/400V 或 3A/600V 的双向晶闸管, 可控制 400W 以下的负载。当然可根据需要选用额定电流不同的晶闸管。 VD_9 、 VD_{10} 用 IN4004 或 IN4007。 VD_{11} 用 6V ~ 7.5V/1W 硅稳压管。 C_9 用 $1.8\mu\text{F} \sim 2.2\mu\text{F}$ 电扇电容或涤纶电容, 峰值耐压要大于 400V。

三、调试与安装

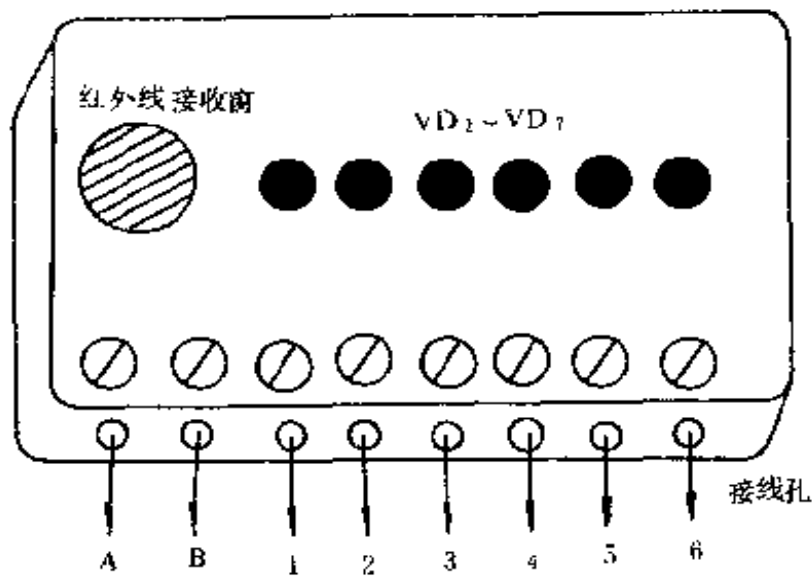
电路调试较简单, 按动发射器任何一键, 接收电路中对应的晶闸管应导通, 并由对应的发光管指示。若发现不动作或遥控距离太近, 可微调发射器中 R_1 , 使发射与接收频率一致。必要时也可调节接收电路中 IC_1 的 5 脚可变电阻 RP, 使遥控距离最远, 一般可达 7m 以上。

若发现电路工作时对收音机有干扰, 这是由于晶闸管导通不完全所致, 可适当减小对应的 $\text{R}_{11} \sim \text{R}_{16}$ 阻值, 使晶闸管完全导通, 即使 1~6 号各端子受控电压与 A、B 端进线电压相等。但 $\text{R}_{11} \sim \text{R}_{16}$ 阻值不宜过小, 使晶闸管全导通即可。

另外还需注意, 由于电路采用电容降压, 调试时一定要小心, 人体不得触及带电线路, 测试时, 仪表表笔绝缘一定要可靠, 以免发生危险。 VD_{11} 一定要焊牢不得开路, 以免电路供电电压升高, 损坏器件。

遥控电源开关配电板外形如图 5.69 所示。用塑料、有机玻璃等绝缘材料制成, 面板用乳白色有机玻璃较好。6 只发光二极管安装在面板上, 红外接收管处要开一窗口, 并贴上一红色有机

玻璃。



A、B 及 1~6 号接线端子可用成品卡式接线卡或接线排。

配电板安装时，面板前不要有较大的遮挡物，可安装得稍高一点，以方便遥控。

5.4.6 多功能红外线电扇遥控器

采用电脑的红外線电扇遥控器，电路结构简单，功能比较完善。它具有风速控制（弱、中、强 3 档）、风类选择（常风、模拟自然风两档）、定时选择（30、60、120、240min 4 档）及停止 4 种遥控功能。4 种功能由发射器的 4 位指令键进行遥控，遥控距离不少于 7m，且操作简便。

一、电路原理

1. 发射器

发射器的电路见图 5.70。用一块集成电路 LC219 完成脉冲编码及调制载频振荡。当按动 $S_1 \sim S_4$ 中任何一只发射指令键时，LC219 的输出端 13 脚便发出一对应的脉冲串，此脉冲串已

由内部载频振荡器调制,其调制频率由外接的 R_1 、 C_2 决定,一般选为 38kHz,通过改变 R_1 可使载频振荡器的频率准确振荡于所要求的数值。LC219 输出的经 38kHz 载频调制的编码脉冲串,经三极管 VT 进行功率放大后,驱动红外发光二极管 VD_1 和 VD_2 向外辐射光脉冲指令信号。

LC219 的工作电压为 2.5~6V,输出驱动电流 $\geq 2\text{mA}$,静态工作电流 $< 5\mu\text{A}$ 。由于发射器的静态工作电流甚小,因此发射器不必设置电源开关,仅设 4 个指令键。

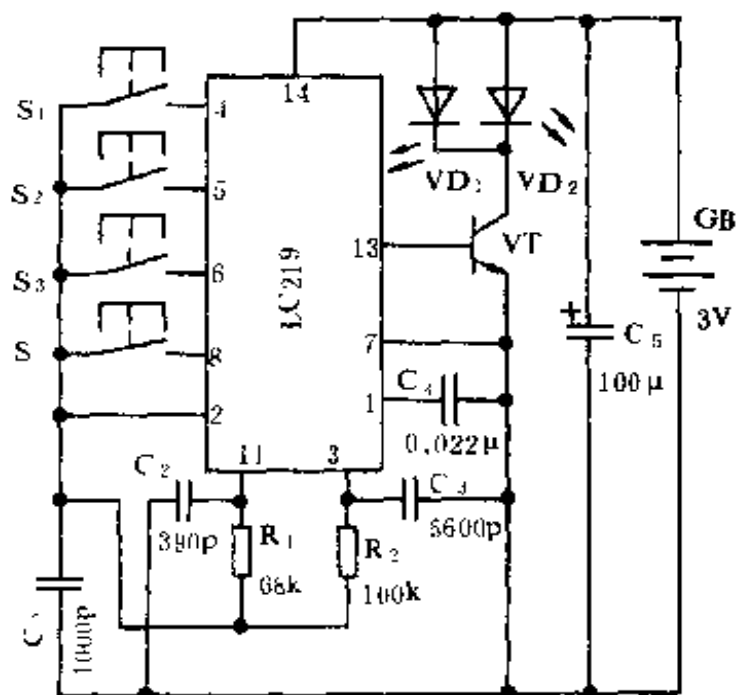


图 5.70 发射电路

2. 接收及控制器

电路如图 5.71。当红外接收管收到编码红外线脉冲指令信号后,在红外信号前置放大器 CX20106 的输入端 1 脚便得到一微小的电信号,经其内部的 RC 选频、放大、整形等环节,便在其输出端 7 脚检出编码脉冲。改变 R_1 的阻值,可使选频频率在 30~60kHz 之间调节。

CX20106 检出的编码脉冲,经 LC220A 脉冲译码电路译码、驱动,分别由 6、8、9、10 脚输出(高电平)。这 4 路输出分别与发射器指令键按下时所发射的指令信号一一对应。

LC220A 有两种输出方式——自锁与互锁方式,并由其 13 脚电平决定。当 13 脚接电源电压时,其输出为互锁方式,即任何时候只有一路输出为高电平,其余均为低电平。当 13 脚接 $1/2$ 电源电压时,其输出为自锁方式。在自锁时,每一路输出在任何时候都可以是高电平,也可以是低电平,且每按动一次发射指令键,对应的输出状态就翻转一次。本电路的 13 脚接电源电压,其输出端工作于互锁方式,每按一次发射指令键,LC220A 对应的输出端就输出一个正脉冲。

LC901 是一种新型的多功能电扇控制电路。其 1 脚为风速控制端,15 脚为风类选择端,14 脚为定时选择端,5 脚为停止控制端。以上 4 个控制输出端均为低电平有效。11 脚为强风输出端;12 脚为中风输出端;13 脚为弱风控制端;7~10 脚为定时输出指示端,分别指示 30、60、120、240min 定时时间;2 脚为风类指示输出端;3 脚为内部基准振荡器外接 RC 端;4 脚为电源正端;16 脚为电源负端。

二、遥控操作过程

① 当按动发射指令键 S_1 时,接收电路中 LC220A 的 6 脚输出一正脉冲,经反相变为负脉冲作用于 LC901 的 1 脚,其输出端 11、12、13 脚循环输出低电平,触发双向晶闸管 $VS_1 \sim VS_3$ 循环导通,使电风扇的风速随 S_1 的按动,按强风、中风、弱风、强风……循环变化。同时,对应的 VD_3 、 VD_4 、 VD_5 也循环发光,指示出相应的风速档。

② 当按动 S_2 时,接收电路中 LC220A 的 8 脚输出一正脉冲,经反相变为负脉冲作用于 LC901 的 15 脚,使电扇由常风变

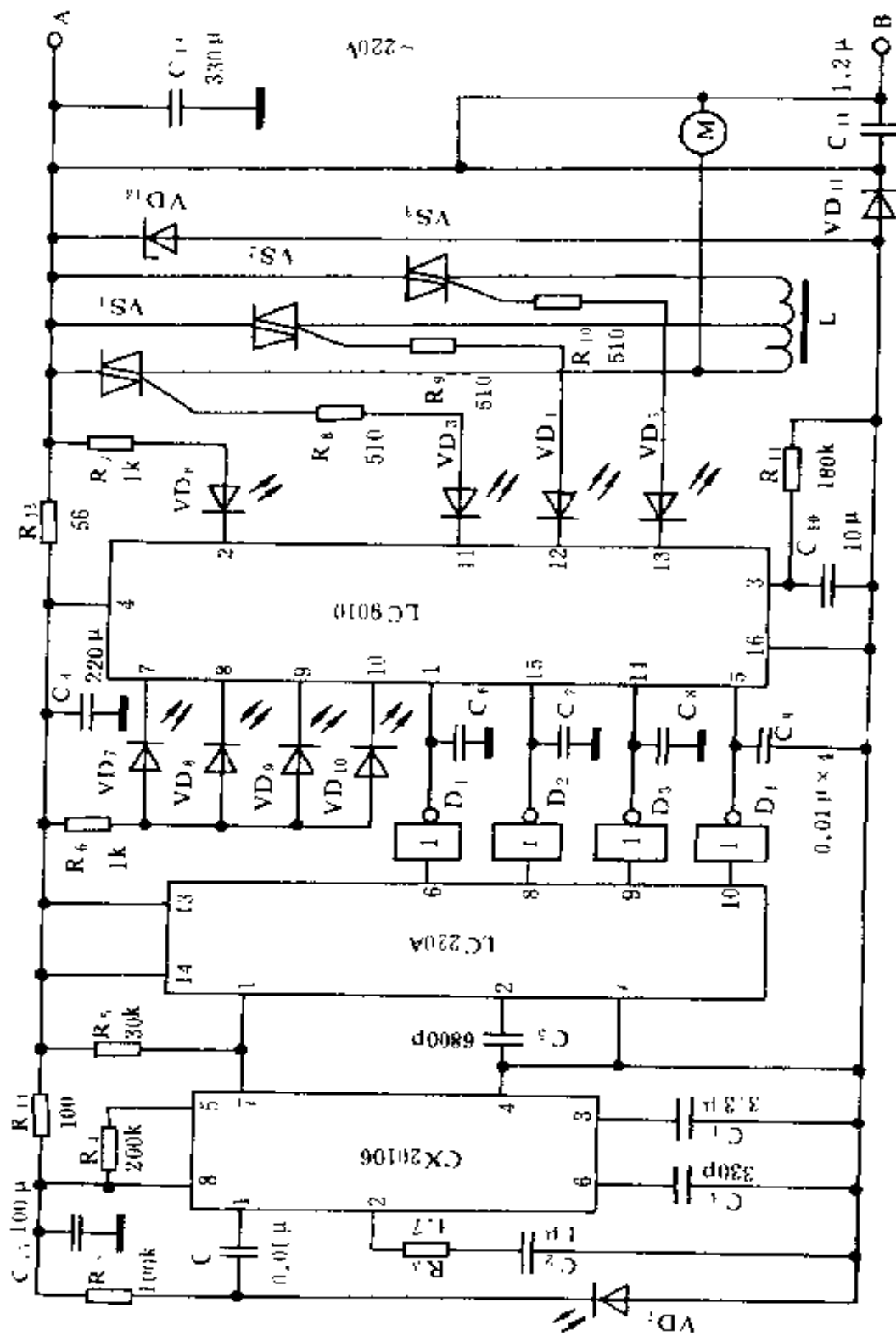


图 5.71 接收电路

为模拟风。同时,LC901的2脚输出低频脉冲,使VD₆闪烁,以表示此时为自然风。若再按动一次S₂,电扇恢复常风,常风时VD₆无指示。应当指出,无论风速处在哪一档,均可得到模拟自然风的效果,特别是弱风档的模拟自然风相当于微风,非常适合老人和儿童。

③ 当按动S₃时,接收电路中LC220A的9脚输出一正脉冲,经反相变为负脉冲作用于LC901的14脚,使其工作在定时状态,共有4档。按一次S₃,改变一档。定时时间依次为30、60、120、240、30min……,如此循环。选择某一档定时时,该档指示灯点亮,并开始计时,当定时时间一到,则切断电扇电源,同时全部指示灯熄灭。定时时间指示灯VD₇~VD₁₀分别指示上述4档定时时间。

④ 当按S₄时,接收电路中LC220A的10脚输出一正脉冲,经反相变为负脉冲作用于LC901的5脚,切断电扇电源。此时无论电扇运行于哪一种状态,指示灯全部熄灭。

VD₁₁~VD₁₃、C₁₁构成电容降压半波整流稳压电路,给整个接收机供电。采用电容降压,使接收机变得轻小,易于安装。由于电容发热甚小,故可长时间接于电网而安全工作。应注意:采用电容降压时,调试时要注意安全。

采用电脑的红外线电扇遥控器的接收机可装于电风扇控制盒的空余处。发射器可装在有机玻璃制成的盒子中,其外形见图5.72。

5.4.7 采用脉冲拨号器的9通道红外线遥控器

一、工作原理

发射电路如图5.73所示。采用电话机脉冲拨号器LM9151构成脉冲编码器。编码脉冲的数目与按键号码一一对应。R₁、C₁、

R_2 与 LM9151 内部门电路构成时钟振荡器,向 LM9151 芯片提供所需时钟信号。与非门 D_1 和 D_2 等构成载波振荡器,载波频率为 40kHz 左右,调制载波信号作用于 VT,由 VT 驱动 VD_1 、 VD_2 发出红外线指令信号。由于采用了电话机拨号集成电路,使得发射电路更加简捷。

接收电路如图 5.74 所示。CX20106 作为前置放大、载波选频、脉冲解调器。时基电路 NE555 等构成单稳态触发器,在 CX20106 的 1 脚输出的第一个脉冲下降沿的作用下,NE555 进入暂稳态,暂稳态时间 $t_w = 1.1R_3C_5$ 。在 t_w 时间内,NE555 的输出端 3 脚保持高电平。经反相器 D_1 反相后变为低电平,作用于 CD4017 的清零端 R,使

CD4017 退出清零状态,并从 CX20106 的 1 脚输入到 \overline{EN} 端的第一个脉冲的下降沿开始,进行加法计数,使 $Q_1 \sim Q_9$ 对应的输出端输出高电平。经过一段时间,NE555 翻回稳态,其 3 脚由高电平变为低电平,经 D_1 反相后变为高电平作用于 CD4017 的清零端 R,将其清零,从而使相应的输出端输出一个正脉冲。 $R_4 \sim R_{12}$ 以及 $C_7 \sim C_{15}$ 构成积分网络,将解码过程中在各输出端的扫描脉冲吸收掉。

二、元件选用

发射电路中,脉冲拨号器可选用任何型号的脉冲拨号器。

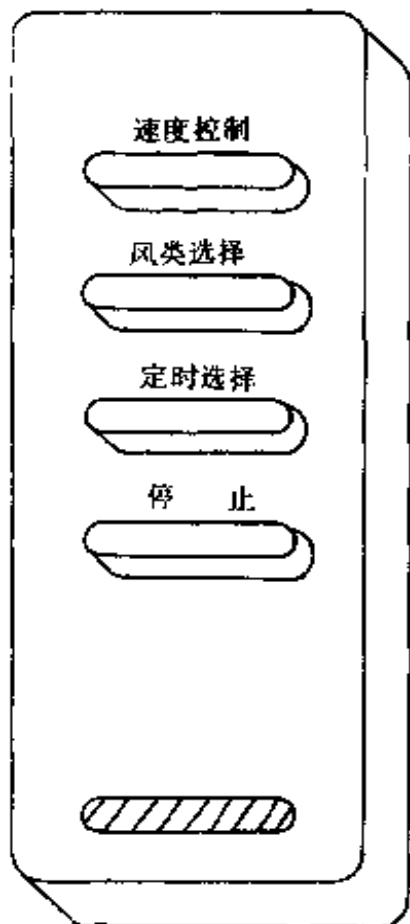


图 5.72 发射器外壳示意图

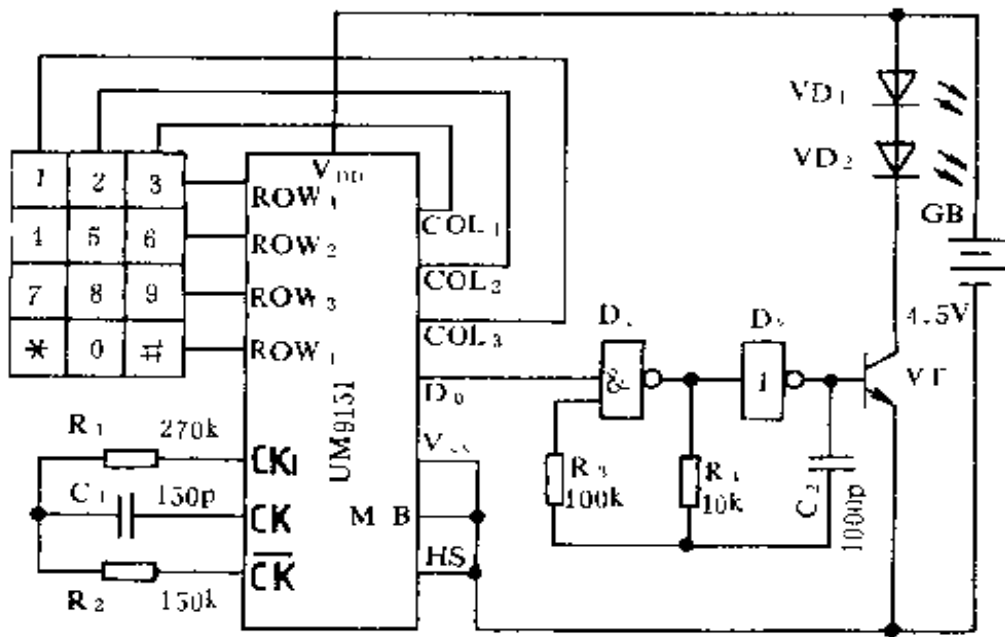


图 5.73 发射电路

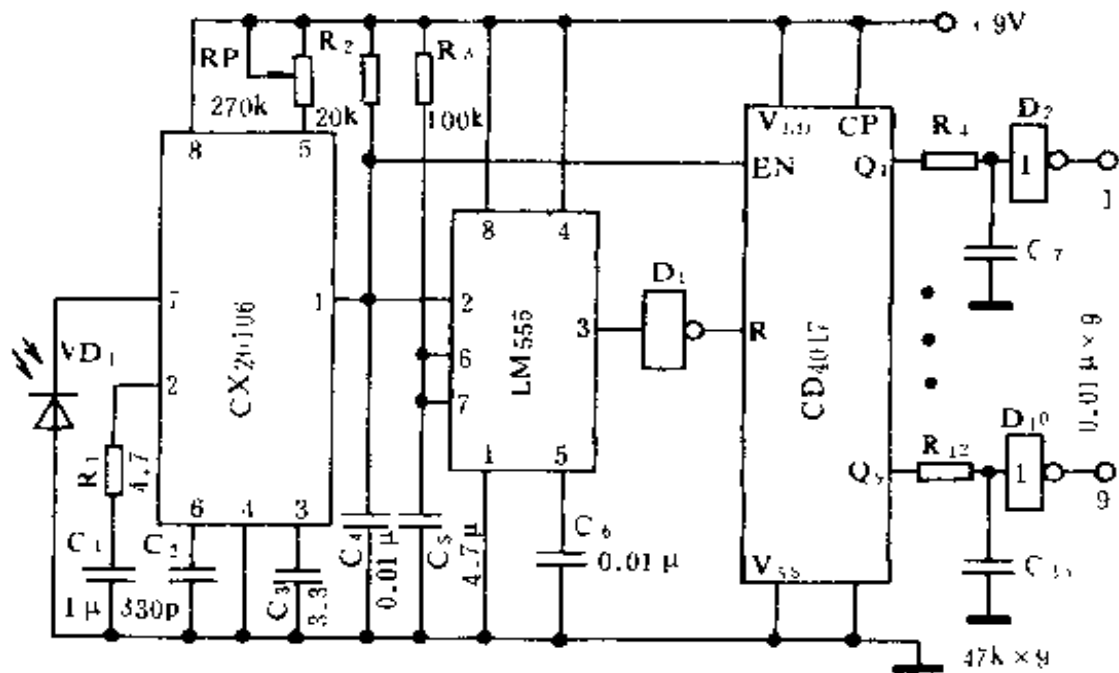


图 5.74 接收电路

D_1 、 D_2 用 CD4011。VT 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。VD₁、VD₂ 用 SE303。

GB 用三节 5 号电池。

接收电路中, VD_1 用 PH302。 $D_1 \sim D_{16}$ 用两片 CD4069 或 74HC04。

三、调试

调试时只需调整接收电路中 RP, 使 CX20106 的选频频率与发射电路的载波频率一致即可。

5.4.8 16 通道红外线遥控器

本机采用新型编解码电路 YYH26 和 YYH27 构成, 具有电路简单、操作方便、遥控通道多、可靠性高等优点。

一、工作原理

发射电路如图 5.75 所示。它由 15 线至 4 线数据编码器、控制数据/加密地址编码器、载波振荡器等几部分构成。

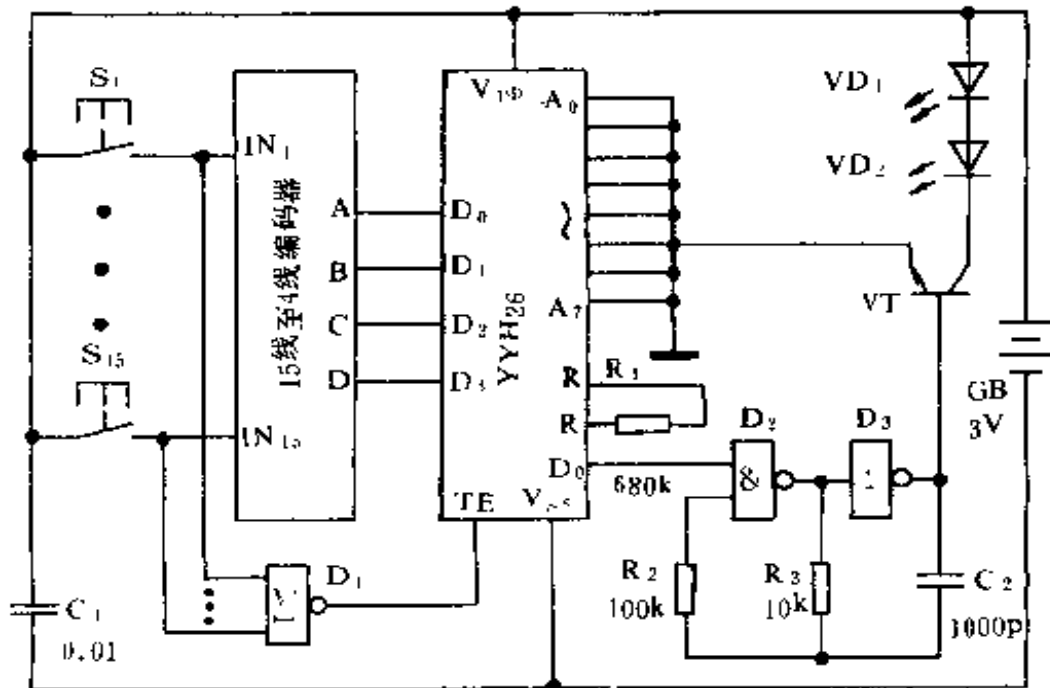


图 5.75 发射电路

15~4 线数据编码器采用图 5.10 所示的电路。它将 $S_1 \sim S_{15}$

在 $IN_1 \sim IN_{15}$ 输入的十进制码变为四位并行的 8421 码, 并加到控制数据/加密地址编码器 YYH26 的控制数据输入端 $A_0/D_0 \sim A_{11}/D_3$, 再次进行脉冲编码, 从 YYH26 的 D_0 端输出串行脉冲码。与非门 D_2 和 D_3 等构成载波振荡器, 振荡频率约为 40kHz。经调制后的载波由 VT 进行功率放大后, 驱动红外发光二极管 VD_1 、 VD_2 发出红外指令信号。

另外, 在发射电路中, 当按下 $S_1 \sim S_{15}$ 中任何一键时, 均使或非门 D_1 输出低电平, 并作用于编码器 YYH26 的启动端 \overline{TE} , 使 YYH26 输出串行脉冲。当未按下指令键时, D_1 输出高电平, 由于 YYH26 的 \overline{TE} 为高电平, 其 D_0 无信号输出, 且为低电平, D_2 、 D_3 构成的载波振荡器处于停振状态, VT 截止。此时整个发射电路耗电甚微, 仅几 μA 。故发射电路未设电源开关, 仅设有 $S_1 \sim S_{15}$ 指令键。

接收电路如图 5.76 所示。CX20106 构成前置放大、载波选频、脉冲解调电路。它将红外线接收二极管 VD_1 接收到的红外线信号进行一系列处理后, 在其输出端 7 脚输出经过解调处理后的串行脉冲, 送控制数据/加密地址解码器 YYH27 的信号输入端 D_0 。

YYH27 将输入的信号进行两次核对, 如果本地地址与发射电路的地址编码一致, 便在解码指示端 VT 输出一高电平, 使发光二极管 VD_2 发光。同时, 将发射电路中 YYH26 的数据输入端 $D_0 \sim D_3$ 的数据, 并行地输出在 YYH27 的 $D_0 \sim D_3$ 端。

由于 $D_0 \sim D_3$ 端的数据为 8421 码, 故在其后设置了由 4 线至 16 线时序译码器 CD4514 构成译码电路, 将四位二进制码译为 10 进制码。可以实现 15 路控制。

二、元件选用

发射电路中, 15 线至 4 线数据编码器由四片 CD4078 构成。

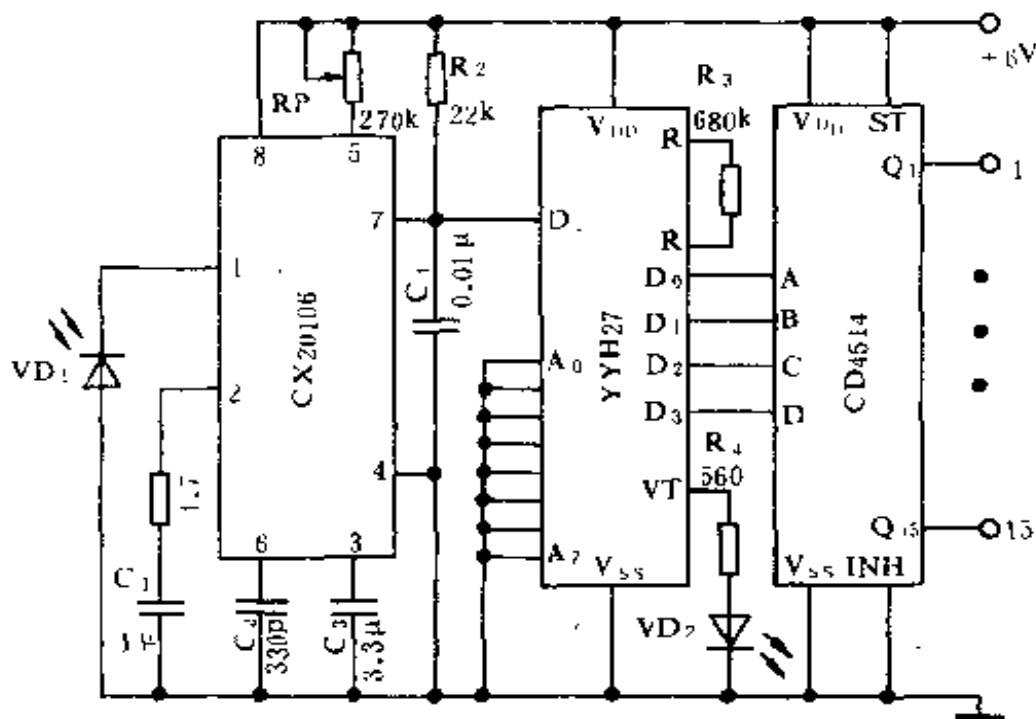


图 5.76 接收电路

YYH26 也可用 ED5026、VD5026 等。或非门 D_1 用 CD4078。与非门 D_2 、 D_3 用 CD4011。VT 用 CS9013 或 CS8050, $\beta \geq 100$ 。VD₁、VD₂ 用 SE303 等红外发光二极管。S₁~S₁₅ 用 5×5mm 轻触开关或导电橡胶按键。GB 用两节 5 号电池。

接收电路中, VD₁ 用 PH302 等红外接收二极管。CX20106 可由 KA2184 直接代用。YYH27 也可用 ED5027 或 VD5027。CD4514 也可用 C300 代用。VD₂ 用任何型号的发光二极管。接收电路的电源电压要求稳定, 可用三端稳压器 78L05 构成集成稳压器供给, 电路在此从略。

三、调试

调试比较简单。首先调接收电路中 RP, 使 CX20106 的选频频率与发射机载波频率一致。按动发射机中任何一键, 接收机中 VD₂ 应发光, 否则选频频率未调好, 应再调, 直至相距 7~10m 范围内遥控有效。另外还应注意, 编码器 YYH26 与解码器

YYH27 中的振荡电阻阻值要相同,误差不要超过 2%。

5.4.9 全频道电视遥控器

这种全频道彩电遥控器,适用于任何彩色或黑白电视机,并可使非全频道电视机可接收全频道电视节目。本遥控器具有电源开关遥控、音量加/减遥控、频道切换遥控多种功能。遥控距离在 8m 左右。

一、工作原理

发射电路如图 5.77 所示。电路采用编码集成电路 ED5026 及 555 时基电路构成。

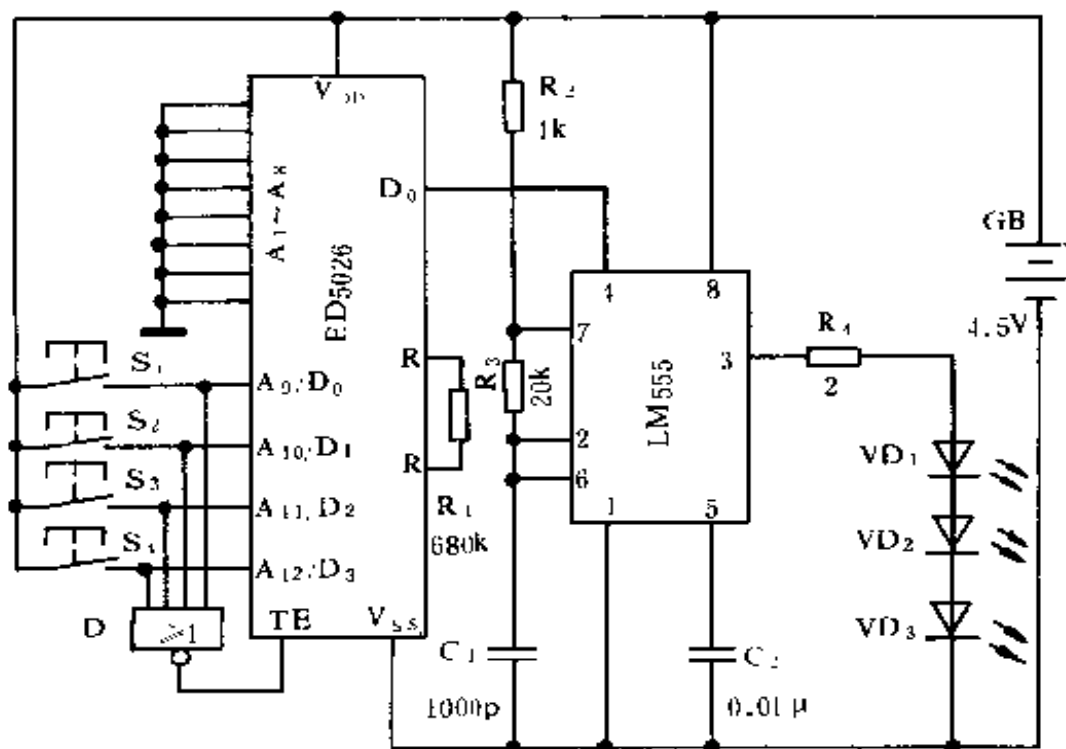


图 5.77 发射电路

当按下 $S_1 \sim S_4$ 中任何一指令键时,ED5026 相应的控制数据输入端就出现高电平,同时,或非门 D 输出低电平,作用于

ED5026 的启动端 \overline{TE} ,使其编码输出端 D_0 输出串行编码脉冲。ED5026 的加密地址编码端 $A_1 \sim A_3$ 可随意设定,这里均编为低电平。

ED5026 的 D_0 端输出的串行编码脉冲,作用于 555 时基电路的复位端 4 脚。555 时基电路构成 38kHz 载频振荡器,其 4 脚受编码脉冲的调制。调制后的载波信号由 3 脚直接驱动红外发光二极管 $VD_1 \sim VD_3$ 。

图 5.78 为接收电路。 $\mu PC1373H$ 构成前置放大、选频、脉冲解调电路,在其 1 脚输出经解调后的除去载波的编码脉冲,然后再由解码集成电路 ED5027 将指令信号解出,并由数据输出端 $D_0 \sim D_3$ 输出与发射器中 ED5026 的 $A_9/D_0 \sim A_{12}/D_3$ 相同的指令信号。这里,ED5027 的本地地址与 ED5026 的地址的设定要相同。

ED5027 的 $D_0 \sim D_3$ 四位数据,分别去控制电视机的电源开关、音量的加/减调节、频道的选择切换等电路,下面分别作一介绍。

图 5.79 为电视机电源开关控制电路。由 D 触发器构成双稳态电路。触发脉冲来自接收电路中 ED5027 的 D_0 端。CD4013 的 CP 端每有一正脉冲作用,其状态就翻转一次,从而使继电器 K 吸合或释放,接通或断开电视机电源。

图 7.80 为音量调节电路。电视机音量电位器引出的伴音信号,由 U_i 端输入,经分压电阻 R_{11} 和隔直电容 C_2 加到由 $R_1 \sim R_{10}$ 构成的加/减电阻网络。经 R_{11} 与 $R_1 \sim R_{10}$ 分压调节后的音频信号经 C_3 由 U_o 端输出,再送音频功率放大器进行放大。

图中,CD40192 为十进制加/减法计数器,非门 D_1 和 D_2 等构成超低频振荡器,与非门 D_3 和 D_4 分别为 CD40192 加计数端 CP_U 和减计数端 CP_D 的计数闸门。

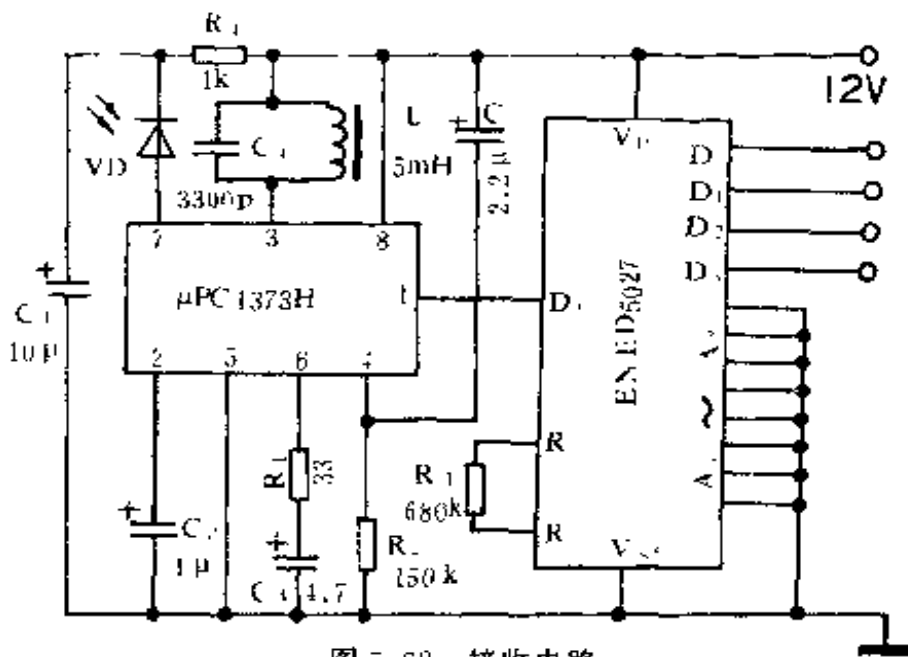


图 5.78 接收电路

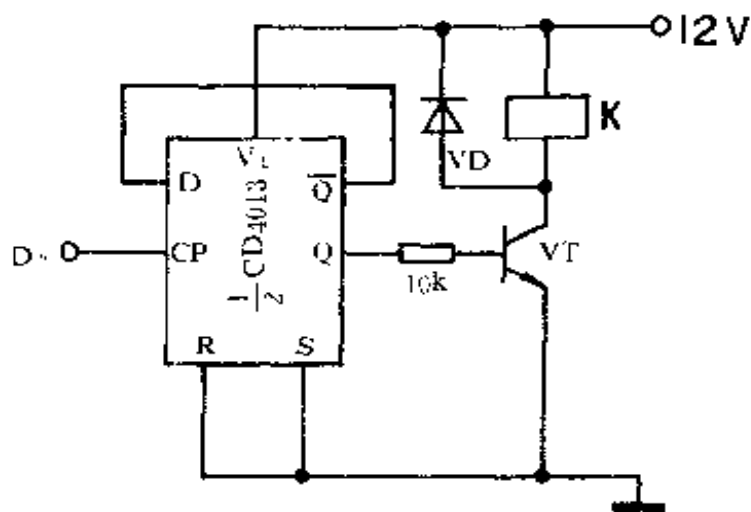


图 5.79 电源开关控制电路

当来自接收电路中 ED5027 的 D_1 端为高电平时, 闸门 D_2 开通, 超低频脉冲通过 D_3 加到 CD40192 的 CP_U , 使其作加法计数, 输出端 $Q_0 \sim Q_3$ 数据增大, 使单 16 路模拟开关的刀向高位转换, 顺序接通 $R_1 \sim R_{10}$, 接通的电阻值增大, 经与 R_{11} 分压后,

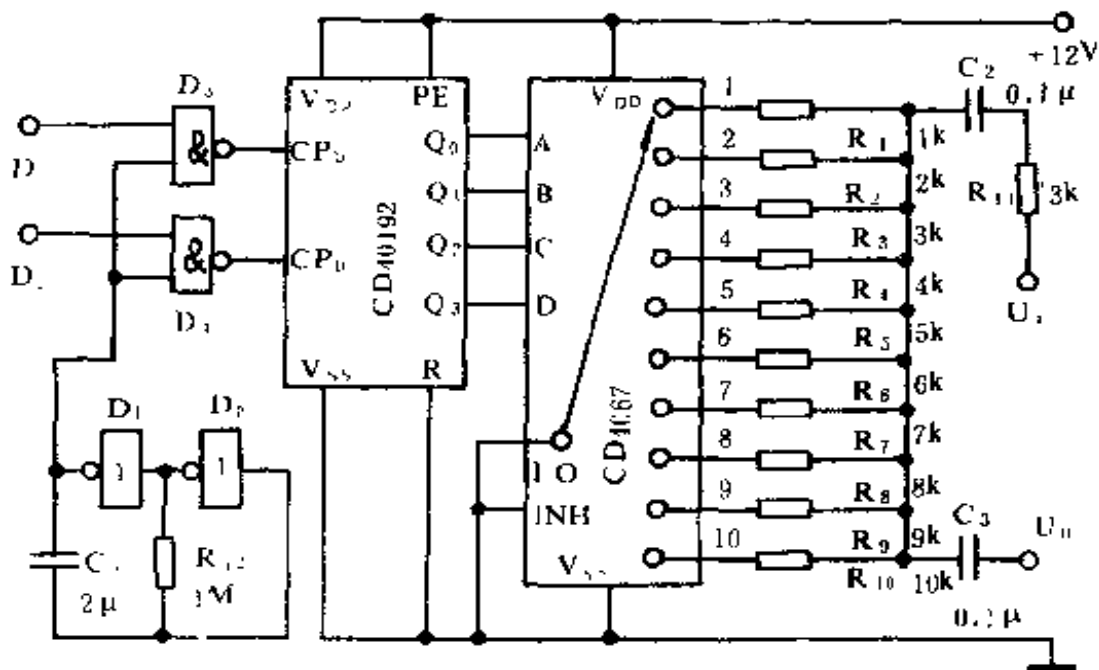


图 5.80 音量调节电路

使输出音频信号 U_o 增大。

当来自接收电路中 ED5027 的 D_2 端为高电平时, 闸门 D_4 开通, 超低频脉冲通过 D_4 加到 CD40192 的减计数端 CP_D , 使其作减法计数……最后使 U_o 端输出的音频信号减小。 U_o 端输出的音频信号, 送音频功率放大器。

频道切换电路如图 5.81 所示。它由频道切换控制计数器、电调谐全频道高频头、射频调制器等几部分构成。

当来自接收电路 ED5027 的 D_3 端为高电平时, 十进制脉冲分配器 CD4017 作加计数, 其 $Q_1 \sim Q_8$ 依次输出高电平, 使 $VT_1 \sim VT_8$ 以及 $VT_9 \sim VT_{16}$ 中对应的管子导通。例如, 当 CD4017 的 Q_8 输出高电平时, VT_8 和 VT_{16} 导通, 将 +12V 开关电压和 30V 调谐电压分别加到电调谐高频头 TDQ-3B4 的 BL、BH、BU 和 BT 端子上, 此时高频头工作在第 8 预选频道上。同时, 电调谐高频头 TDQ-3B4 将接收到的全电视信号进行调谐后输出—

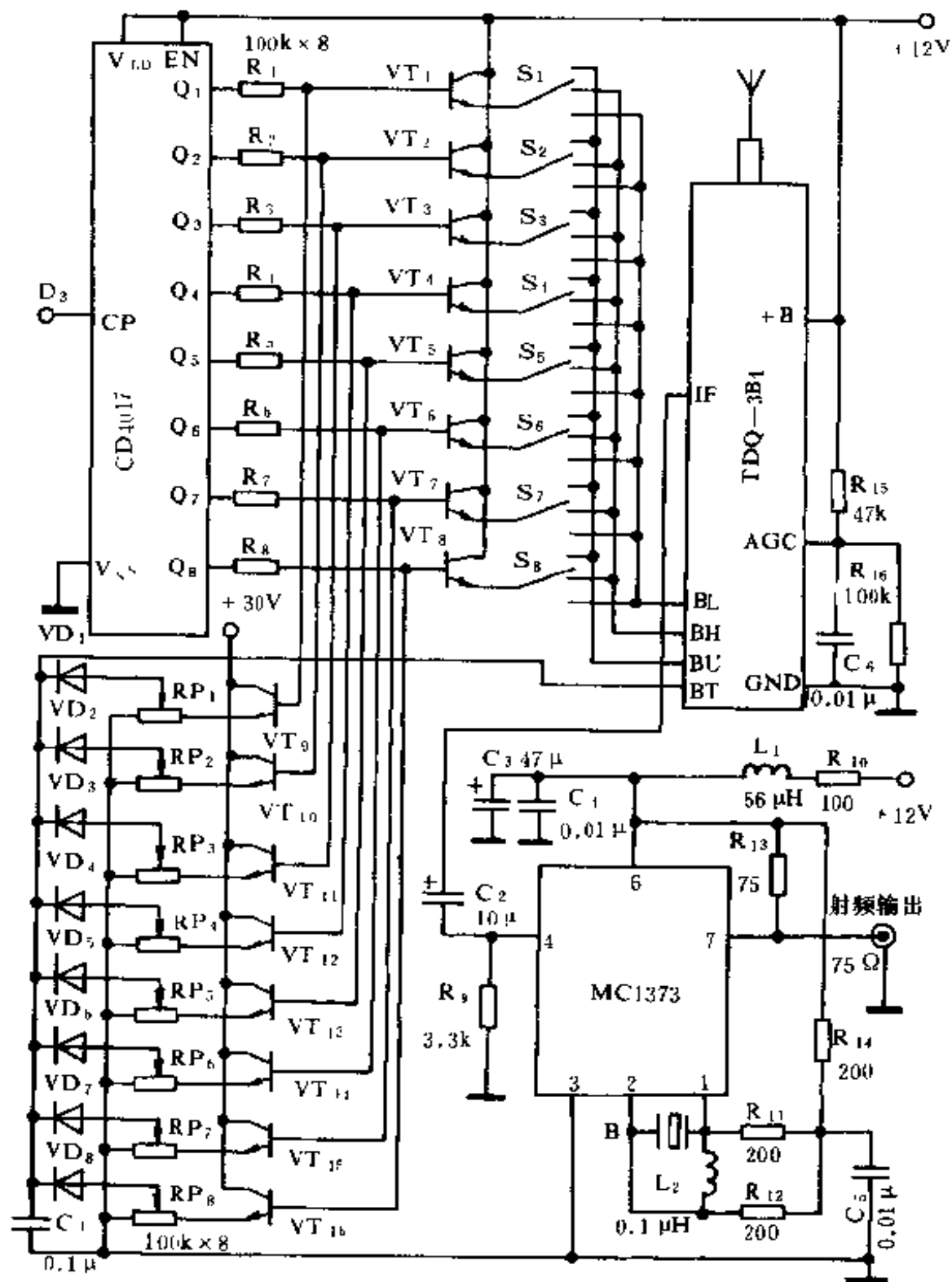


图 5.81 频道切换电路

中频电视信号,此信号经电容 C_2 送入射频调制集成电路 MC1373 进行调制,调制后的全电视射频信号即可与任何电视机的天线插口配接。

这种频道切换电路不能任意选择,只能顺序切换。

图 5.82 为电源电路。在三端集成稳压器 7824 的接地端串一支 6V 的稳压管,将输出电平抬高到所需的 30V 的调谐电压。30V 电压再经 7812 稳压管变为 12V 直流电压向各电路供电。

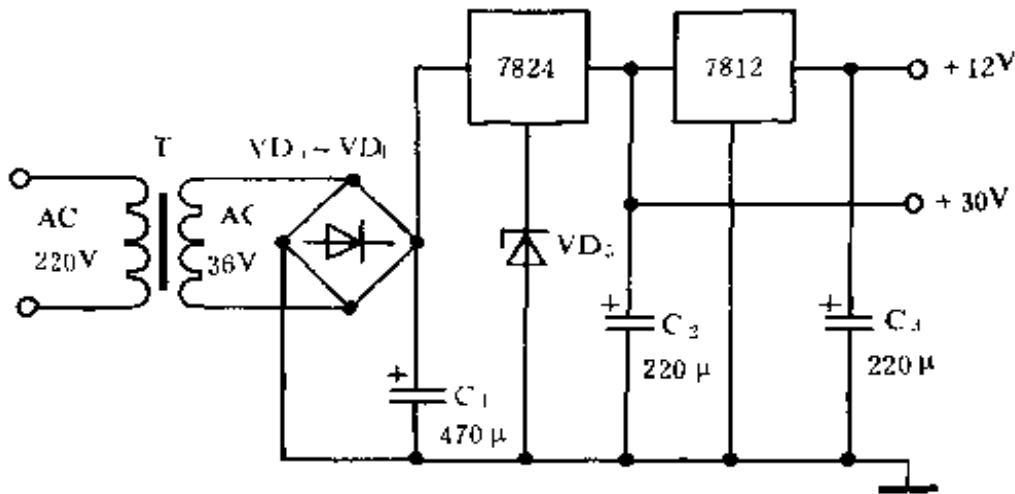


图 5.82 电源电路

二、元件选用

图 5.77 中, $S_1 \sim S_4$ 用 $5 \times 5\text{mm}$ 或 $12 \times 12\text{mm}$ 轻触开关。 $VD_1 \sim VD_3$ 用 SE303。电源采用三节五号电池。

图 5.79 中, D 触发器用一片 CMOS 双 D 触发器 CD4013。K 用 JRX-13F, VT 用 CS8050, $\beta \geq 50$ 。VD 用 IN4001。

图 5.80 中, $D_1 \sim D_4$ 用一片 CD4011。模拟开关 CD4067 仅用其 8 位。

图 5.81 中, $VT_1 \sim VT_{16}$ 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。 $VD_1 \sim VD_8$ 用 IN4148。 $S_1 \sim S_8$ 以及 $RP_1 \sim RP_8$ 封在电调谐预选器内, 可选用一成品 8 位预选器。高频头也可选用其它型号的全频道电调高频头。

三、调试

射频调制器 MC1373 在 1~5 频道范围内选择,本电路选在 3 频道上。若要改变频道,只要更换相应频道频率的石英晶体 B 即可。也可用一支容量为 56pF 的电容代替 B,电路变为 LC 并联振荡调制电路,此时,调节 L_2 线圈的疏密即可改变振荡频率。当频道选定后,即可进行电视节目的预置调试。

将 MC1373 的 7 脚输出用电缆与电视机天线插口相联,电视机调至 3 频道上。按动发射器 S_4 ,使频道切换电路中 CD4017 的 Q_1 输出高电平,将预选开关 S_1 置于所需频段,调 RP_1 使电视机收到电视节目即可。其它频道节目的调试方法与此相同。

电路的其它部分的调试比较简单,这里不再介绍了。

第六章 简单红外线通信电路

红外线通信,通常又叫红外光通信,是利用红外线来传送信息的一种通信方式。红外线通信分为以光缆为传输介质的有线光通信和用无线电波来传输的无线光通信。红外线通信所传输的内容是多样的,可以是音频信号,也可以是视频信号;可以是模拟信号,也可以是数字信号。本章将要介绍的是红外线通信的一种应用形式——利用红外线来传送音频信号,这是一种红外线无线光通信电路。目前,这种通信方式主要应用于室内,如构成无绳电话及无绳耳机系统等。红外线的传输距离虽然不远,但应用于办公室和家庭已绰绰有余。由于可免去布线的麻烦,故它具有有线光通信无法比拟的优点。

6.1 简单红外线通信的基本原理

简单红外线通信电路,一般由通用器件构成,构成原理比较简单。按红外线信号的调制方式可分为幅度调制红外线通信和频率调制红外线通信两种方式。下面,将分别介绍这两种通信电路的基本构成原理。

一、幅度调制红外线通信的基本原理

图 6.1 为幅度调制红外线通信的原理框图。

图 6.1(a)为发射机原理框图。红外线采用幅度调制是一种最简单的调制方式,通常是将音频信号不经任何调制而直接去

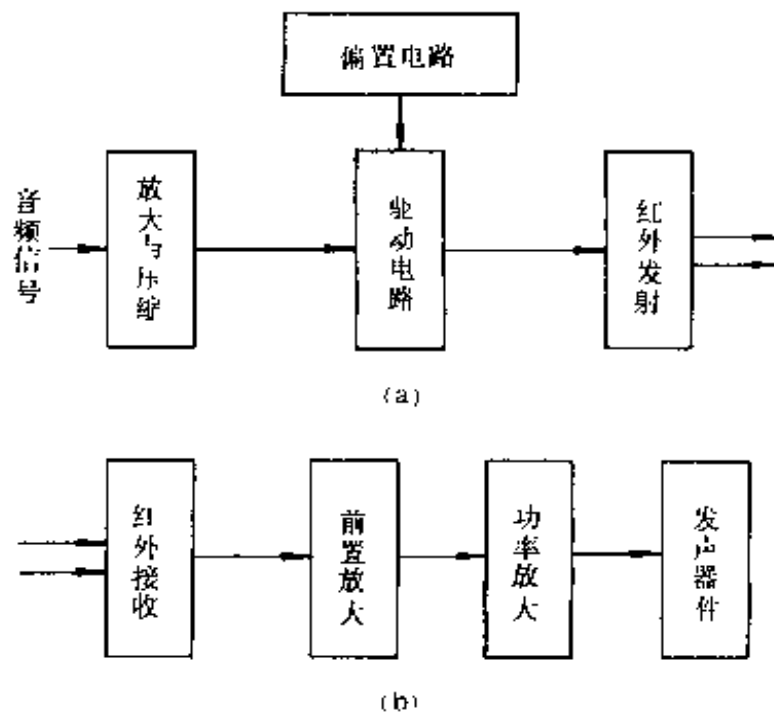


图 6.1 幅度调制红外线通信的原理框图

调制红外光源,使红外线信号的强度随音频信号而变化。例如将音频信号经过放大或压缩处理后直接作用于驱动电路,由驱动电路驱动红外发光二极管辐射出红外线信号。幅度调制原理如图 6.2 所示。

在这种调制方式中,红外发光二极管要由偏置电路提供一定的静态工作点。由于红外发光二极管的光输出功率与注入的电流成正比,故当输入的音

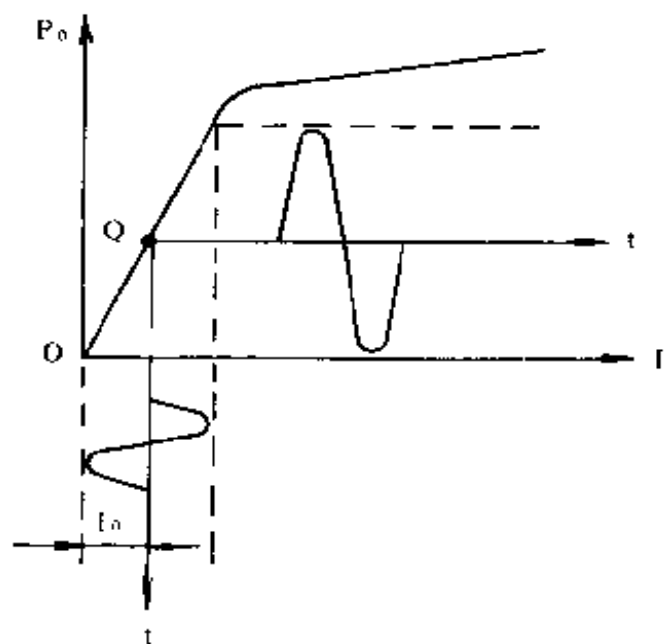


图 6.2 光源的幅度调制

频信号在工作点的基础上以一定的幅度摆动时,红外发光二极管的光输出功率将随输入的音频信号作线性变化。从而实现幅度调制。放大与压缩电路的作用是控制输入信号的幅度,使红外发光二极管的驱动电流在线性范围变化,而不会产生非线性失真,又有较大的光输出功率。

图 6.1(b)是接收电路。红外线接收器件将接收到的红外线信号进行前置放大后送到功率放大器,由功率放大器将信号放大到一定功率后,驱动发声器件发出音频。

幅度调制红外线通信电路的缺点是,信号在传输过程中容易受外界的光(如灯光等)干扰而产生噪声,故传输距离较近。但由于其结构简单,成本低廉,在一些要求不高的场合应用的也较多,如电视伴音及音响信号的红外线传送。

二、频率调制红外线通信的基本原理

图 6.3 为频率调制红外线通信的原理框图。

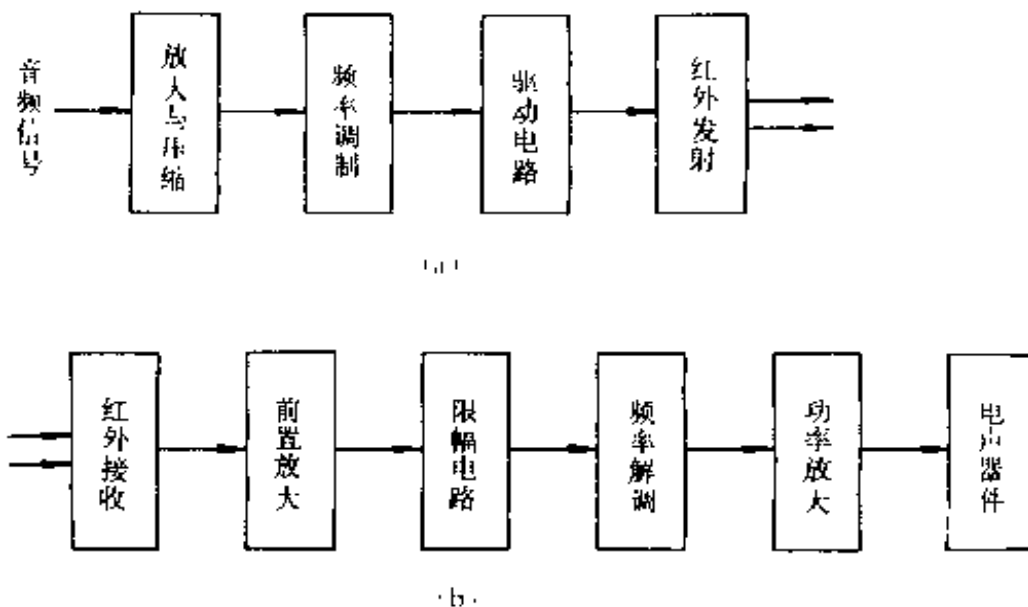


图 6.3 频率调制红外线通信的原理框图

图 6.3(a)为发射机原理框图。在这种调制方式中,音频信号首先对某一适当频率的副载波进行频率调制,再用这个被调频的信号对光源进行调制。

在频率调制中,输出光信号的幅度不变,而输出光信号的频率随着输入音频信号的幅度而变化,即输出光信号为调频光脉冲。调频原理如图 6.4 所示。

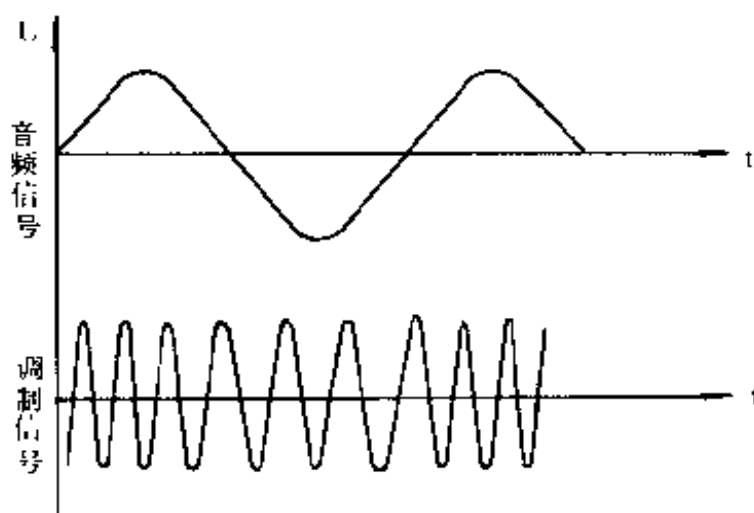


图 6.4 音频信号的调频

在频率调制红外线通信中,调频脉冲对光源的调制为脉冲调制,其调制原理如图 6.5。

在这种调制方式中,作用于红外发光二极管的驱动电流为脉冲电流,故输出的光信号为光脉冲,而频率在不断地变化。放大与压缩电路的作用是控制加到频率调制电路音频信号的幅度,以免产生调制失真。

图 6.3(b)为接收机原理框图。前置放大器将红外接收二极管收到的调频红外线脉冲进行足够的放大,然后进行限幅。限幅后的调频信号送频率解调电路,将音频信号解出。最后由功率放大器推动发声器件。

在频率调制红外线通信电路中,所传送的红外线信号幅度不变,不会受外界光的干扰,因此,这种通信方式较幅度调制通信方式有较高的信噪比。这就意味着传输距离可以延伸。

在频率调制红外线通信中,频率调制与解调电路的中心频率一般为几十 kHz~几百 kHz。

6.2 模拟驱动电路

在幅度调制与频率调制两种红外线通信电路中,红外发光二极管的驱动电路也不同。对于频率调制红外线通信电路,其驱动信号为调频脉冲,红外发光二极管不需设置静态偏置电流,故可采用第四章 4.1.4 中所介绍的驱动电路,这里不再重复。而对于幅度调制红外线通信电路,其驱动信号为音频模拟信号,红外发光二极管要设置静态偏置电流,其驱动电路与上述不同。图 6.6 是幅度调制中常用的几种模拟驱动电路。

图(a)是两级直接耦合共射极驱动电路。它基本上是晶体管甲类放大电路,晶体管及红外发光二极管都偏置在它们的线性工作区。红外发光二极管 VD 在此为晶体管 VT_2 的集电极负载, VT_2 的集电极静态电流即是红外发光二极管的静态工作电流。改变 RP 即可改变 VT_1 的基极电位,由于 VT_1 与

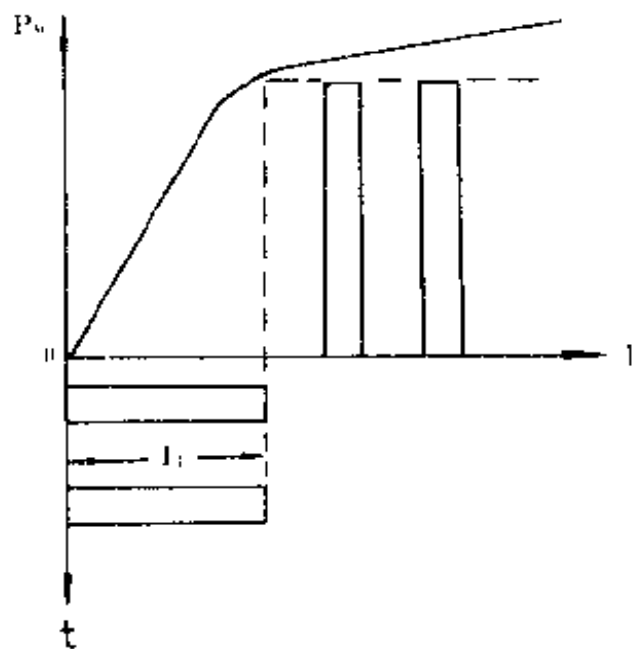


图 6.5 光源的脉冲调制

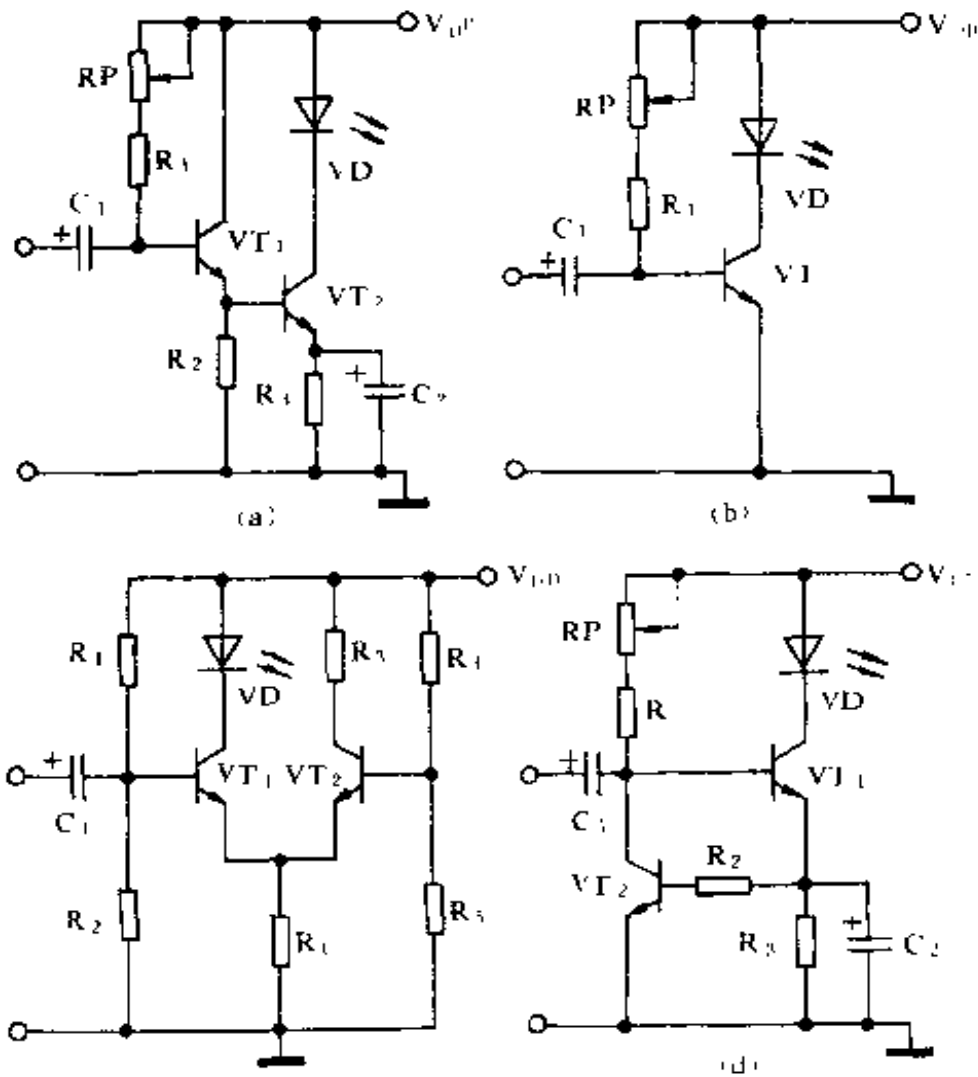


图 6.6 几种常用模拟驱动电路

VT_2 作直耦, 故改变 RP 也就改变了 VT_2 及 VD 的静态工作电流。为了防止 VT_1 基极的直流电位灌入音频信号源, 电路设置了隔直耦合电容 C_1 。另外, 在 VT_2 的发射极由 R_3 引入直流负反馈, 以稳定偏置电流。

图(b)是一种更加简单的电路, 仅用了一只三极管, 改变 RP 即可改变 VT 及红外发光二极管的静态工作电流。

图(c)是采用直流差动放大器的模拟驱动电路。差动放大器的特点是静态工作点及放大倍数非常稳定。改变 R_1 即可改变

红外发光二极管的静态工作点。由于两只晶体管是对称的,红外发光二极管置于 VT_1 或 VT_2 的集电极均可。

图(d)也是一种工作点比较稳定的驱动电路。 VT_2 的基极电位取自 VT_1 的发射极,当 VT_1 电流增加时, VT_2 的基极电位也增加,其集电极电流增加,从而使 VT_1 的基极电位下降,使 VT_1 的集电极电流减小,保证了工作点的稳定。 C_2 为 VT_1 射极旁路电容,可使本电路对交流信号无反馈。

6.3 频率调制与解调器

在频率调制红外线通信系统中,频率调制与解调器便是这种通信系统的关键电路。

一、频率调制器

频率调制器实际上是一种压控振荡器,它的振荡频率随输入的控制电压(即音频信号)的大小而变化,即将所要传输的音频信号反映在压控振荡器的频率变化上。而这种频率的变化是以某一中心频率(即载波频率)为基准的。这就要求载波频率有一定的稳定度。否则,会造成通信信号的严重失真,甚至使通信无法进行。另外,还要求频率调制器的频率偏移应与音频信号的大小成正比,即线性调频。

下面介绍几种在红外线通信中常用的频率调制器。

1. 555 时基电路构成频率调制器

在第四章 4.1 中我们已经知道,时基电路 555 的控制端 V_C (即第 5 脚)电位的变化,将使 555 中上、下两比较器的阈值电平发生变化,如果令 555 时基电路构成方波振荡器,其 V_C 端不悬空,而是输入一音频信号,这就构成了频率调制器。电路如图 6.7 所示。

与通常的多谐振荡器一样,电源通过 R_A 和 R_P 对 C 充电, C 上的电位逐渐上升,当上升到 V_c 端所加控制电压 V_c 值时,电容开始放电,当电容放电到 $\frac{1}{2}V_c$ 时,输出状态发生翻转,电容开始充电……周而复始,形成振荡。可见,电容 C 的充放电时间是与控制电压 V_c

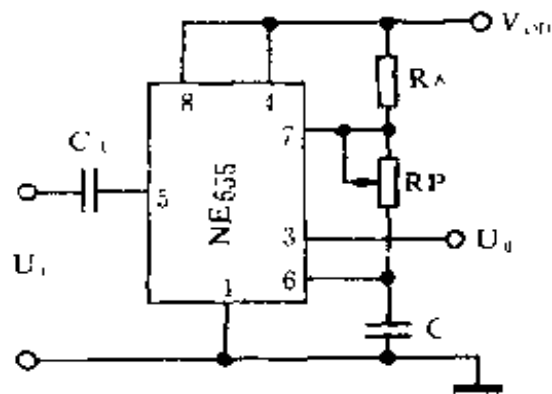


图 6.7 555 电路构成频率调制器

有关的,从而实现了 V_c 对振荡频率的调制。

输入信号为零时的载波中心频率可由 R_P 来调整。改变 R_P 也就改变了时基电路 555 的 V_c 的静态电压,从而就可改变振荡频率。当然也可通过改变 R_A 或 C 的数值来改变中心频率。

采用 555 时基电路构成的频率调制器,电路比较简单,若用 NE555、LM555 等 TTL 型时基电路,还可直接驱动红外发光器件。

2. CMOS 门电路构成频率调制器

由 CMOS 非门可非常方便地构成一个简单的频率调制器,如图 6.8 所示。

在 R_2 两端并上一个 N 沟道 MOS 管,音频信号加在它的栅极上,当音频信号变化时,MOS 管的沟道电阻也随之变化,从而使振荡频率随输入音频信号而变化。从而实现频率调制。

3. 锁相环构成频率调制器

采用锁相环路实现频率调制,在红外线通信中应用很广。它具有中心频率稳定度高,调制指数大等优点。关于锁相环,我们在第四章中已作过介绍。

锁相环构成频率调制器的原理可由图 6.9 来说明。

频率调制是将音频信号加在压控振荡器的控制输入端,利用压控振荡器的中心频率跟踪输入信号的变化而实现。在压控振荡器的输出端得到的便是调频信号。

在本书第四章 4.4.4 中,我们已对锁相环 LM567 和 CD4046 构成的频率调制器作过介绍,这里不再重复。

二、频率解调器

频率解调器的作用是将调频信号还原出音频信号。

在红外线通信系统中,频率解调器大多采用锁相环构成。由锁相环路构成的频率解调器的原理可由图 6.10 来说明。

当已调频的信号作用于环路的输入端时,为了维持环路的锁定,必须使压控振荡器的频率要精确地跟踪输入信号的频率。我们已知道,压控振荡器的频率与其控制电压成正比,因此,控制电压就是原音频信号,这样,输入的调频波解调信号,就可以从压控振荡器的控制端取出。这就是锁相环频率解调器的原理。

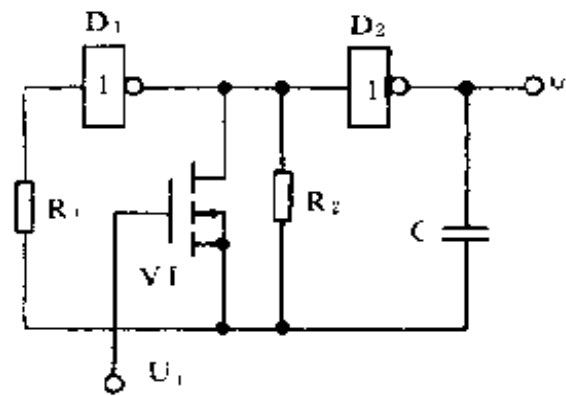


图 6.8 CMOS 非门构成频率调制器

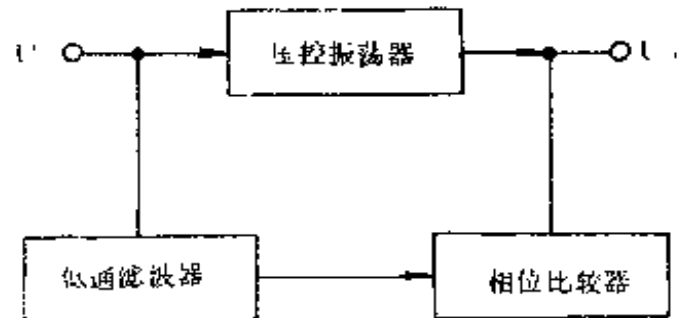


图 6.9 锁相环频率调制器原理框图

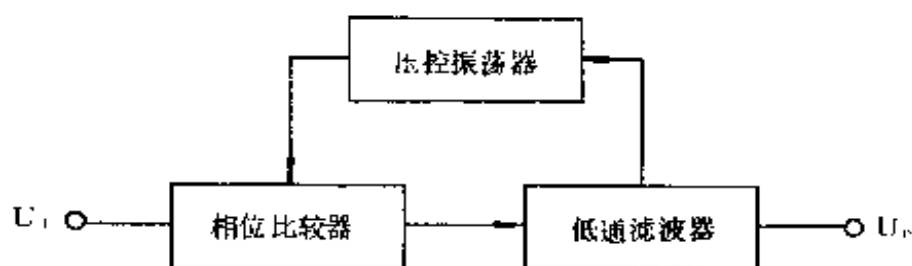


图 6.10 锁相环频率解调器原理框图

6.4 简单红外线通信电路应用举例

6.4.1 简易电视伴音红外线转发器

尽管电视机有外接耳机,但在使用中收听者及其他人的移动受到一定限制,感到非常不便。这里介绍的简易电视伴音红外线转发器结构简单,易于制作。收看电视时不影响其他人的工作和学习,且可以在一定范围内走动,而不影响收听。

一、工作原理

图 6.11 为转发器发射机电路。经鉴频后的电视伴音音频信号由 A 端输入,经 C_1 耦合给由 VT_1 构成射极跟随器, VT_1 将信号直接耦合给由 VT_2 构成的共射放大器,由 VT_2 驱动红外发光二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 发出幅度调制红外线。为了防止失真,三极管及红外发光二极管要设置一定的静态偏置电流,调节 RP_2 即可改变 VT_1 发射极电位,从而也就改变了 VT_2 及 $VD_1 \sim VD_4$ 的工作电流, R_3 为直流负反馈电阻,其作用是稳定静态工作点, C_2 为交流旁路电容。

图 6.12 为转发器接收电路。它由三级交流放大器及一级射极跟随器构成。红外接收二极管 VD_1 和 VD_2 接收到的红外线信

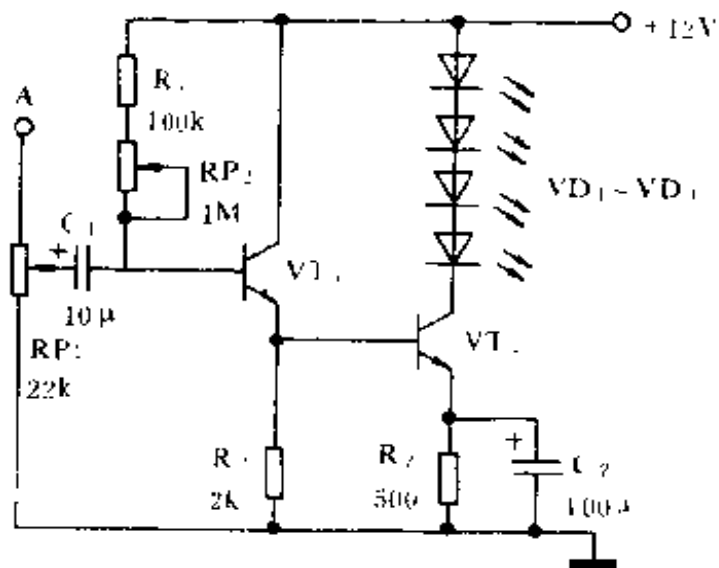


图 6.11 发射电路

号直接送入 VT_1 的基极, 经 VT_1 放大后送 VT_2 , 构成两级放大器, 进一步放大。 VT_2 的作用是稳定 VT_1 的工作点。 VT_3 为射极输出器, 其发射极可串接 $8 \sim 32\Omega$ 的耳机。

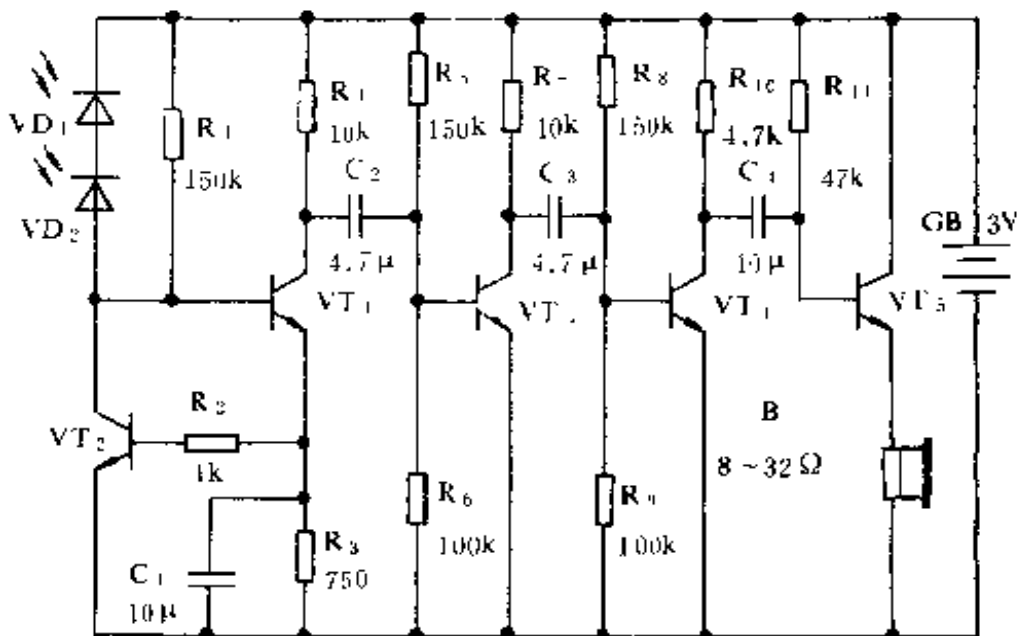


图 6.12 接收电路

二、元件选用

发射电路中, VT_1 、 VT_2 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。 $VD_1 \sim VD_4$ 用 $\Phi 5\text{mm}$ 红外发光二极管, 型号任选, 但应与接收的红外接收管配合, 发射电路电源从电视机中接取, 也可另加稳压电源。

接收电路中, $VT_1 \sim VT_5$ 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。 VD_1 、 VD_2 用 PH302。 电源采用两节 5 号或 7 号电池。

三、调试按装

发射电路: 首先, 调 RP_2 , 使 VT_2 及 $VD_1 \sim VD_4$ 的静态工作电流为 $25 \sim 35\text{mA}$ 。 然后, 从 A 点加入频率为 1kHz 、幅度为 30mV 左右的正弦波信号, 并用示波器观察 VT_2 集电极电压波形, 应无失真, 否则, 可微调 RP_2 , 以克服失真。 若仍有失真, 可调 RP_1 , 减小输入信号的幅度。

接收电路: 通电后耳机内应无叫声, 否则电路存在自激振荡, 应仔细检查自激振荡发生在哪一级, 并设法消除。 一般不用调试即可正常工作。

发射电路可安装在电视机内, $VD_1 \sim VD_4$ 应能向外辐射红外光。 也可将发射电路安装在一个小盒中, 在 A 点接一耳机插头, 插入电视机耳机插孔。 当然电源也应外接。

接收电路安装在一个小型有机玻璃盒中, 使用时将其别在上衣口袋上。 用小型耳塞式耳机收听。 也可将接收电路安装在头戴式耳机上, 耳机再与接收机相连。

6.4.2 微型红外线耳机

一、工作原理

图 6.13 为发射电路。 插头 X 插入电视耳机插孔, 信号经 RP 调节后加入由 VT 构成的简单驱动电路。 改变 R 的数值, 可以改变 VT 及 VD_1 、 VD_2 的静态工作电流。

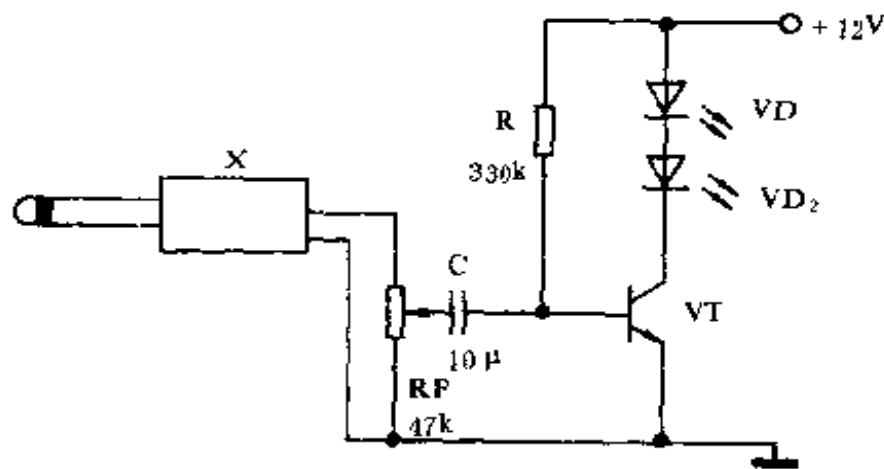


图 6.13 发射电路

图 6.14 为接收电路。它的核心是一片助听器专用放大器 TB505, TB505 采用标准双列直插 8 脚封装, 内电路由一个低噪声、高稳定、高增益的运算放大器和一只超 β 晶体三极管组成。TB505 的工作电源电压为 $1.5V + 0.1V - 0.5V$; 允许功耗 $\leq 25mW$; 输入阻抗约为 $8k\Omega$; 最大增益为 $72dB$; 谐波失真 $\leq 2\%$ 。

红外接收二极管 VD 收到的红外线信号经 C_1 耦合给

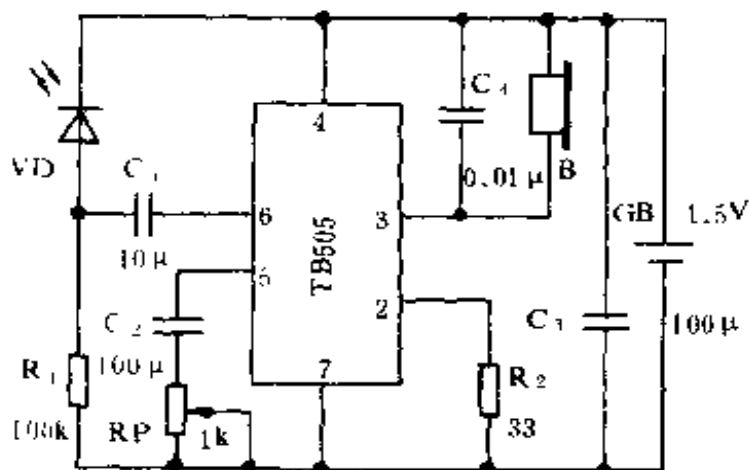


图 6.14 接收电路

TB505,经 TB505 放大后,其输出端 3 脚驱动耳机发声。调节 RP ,可以调节音量大小。

二、元件选用

发射电路中,VT 用 CS8050, $\beta \geq 150$ 。VD₁、VD₂ 用 HG501~HG505 国产中功率红外发光二极管,电源采用市售稳压电源。

接收电路中,VD 用 $\Phi 5\text{mm}$ 红外接收二极管,型号任选。电源用一节七号电池,或用容量较大的扣式电池。

6.4.3 红外线音响传送电路

一、工作原理

图 6.15 为发射电路,从 A 点输入的信号经 RP 调节后送到运算放大器 A 构成的同相放大器进行放大,为了保证放大器输出信号的幅度基本稳定,电路设置了由 MOS 管等构成的自动增益控制(AGC)电路。运算放大器 A 输出的信号经 C_2 和 VD₁ 整流后,在 MOS 管的栅极产生负电压,使其沟道电阻 R_{DS} 增大,与 R_4 并联后总等效电阻增大,使运算放大器的增益 $A_V = 1 + \frac{R_6}{R_4 // R_{DS}}$ 减小,从而使输出电压幅度减小,使之保持在某一幅度上。这样,再进行幅度调制就不会出现失真。 C_5 的作用是将 MOS 管与运放的输入端进行直流隔离,不影响运放的直流偏置。驱动电路由 VT₂、VT₃ 构成,改变 R_7 可以改变 VT₃ 和 VD₂~VD₅ 的静态工作电流。

图 6.16 为接收电路。

接收电路采用了一片带晶体管阵列的低压音频功放集成电路 LM389,它采用 18 脚双列直插式塑封,其内部电路如图 6.17 所示。

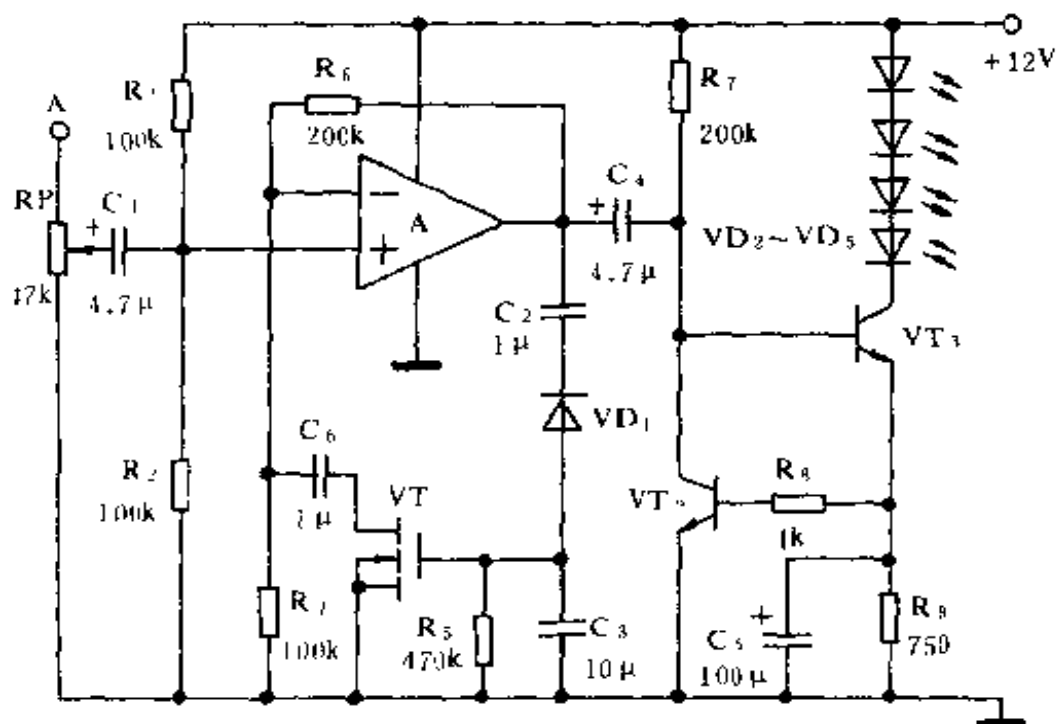


图 6.15 发射电路

LM389 内部有三个独立的 NPN 型晶体管, β 值可达 200 以上。另外还有一个由许多晶体管及电阻构成的功率放大器, 最大输出功率可达 500mW。

在图 6.16 所示的接收电路中, $VT_1 \sim VT_3$ 采用 LM389 中的三个独立的晶体管。功率放大器 A 用 LM389 中的功率放大器。从而使得接收电路结构简单、体积小。改变 RP 即可改变音量大小。

二、元件选用

发射电路中, 运算放大器用 $\mu A741$ 或 8FC7 等。 VT_1 用 3DC6 或 3D02 等。 VD_1 用 IN4148。 $VT_2 \sim VT_3$ 用 CS8050, $\beta \geq 100$ 。 $VD_2 \sim VD_5$ 用 HIR405B 等 $\Phi 5\text{mm}$ 红外发光二极管。

接收电路中, VD 用 HPT605C 等 $\Phi 5\text{mm}$ 红外接收二极管。三极管及功放电路用一片 LM389。也可选用一片 LM386 和三

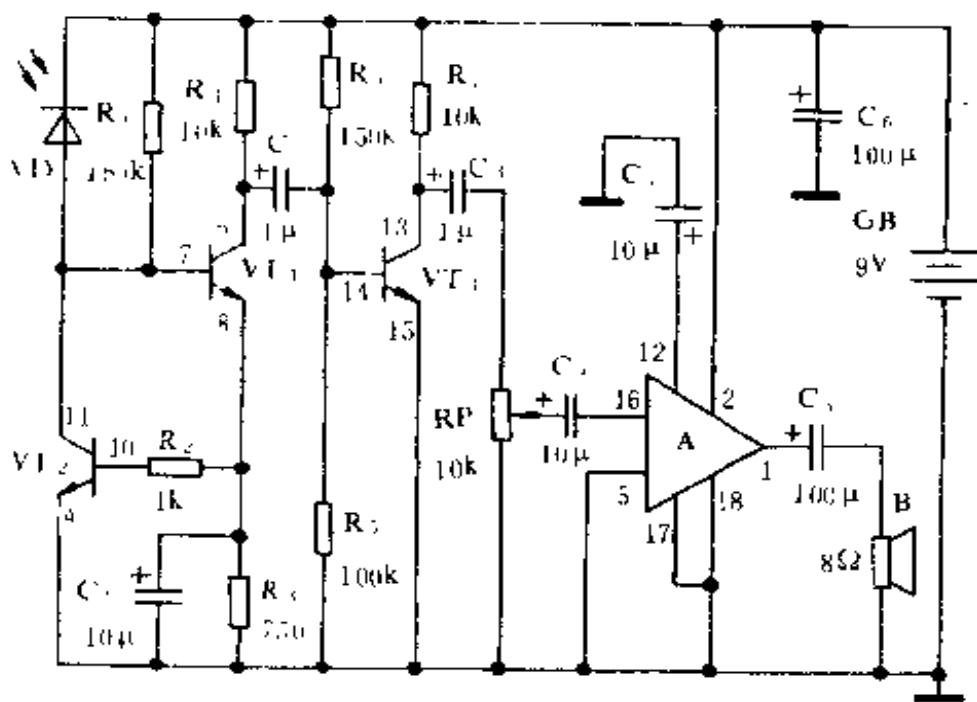


图 6.16 接收电路

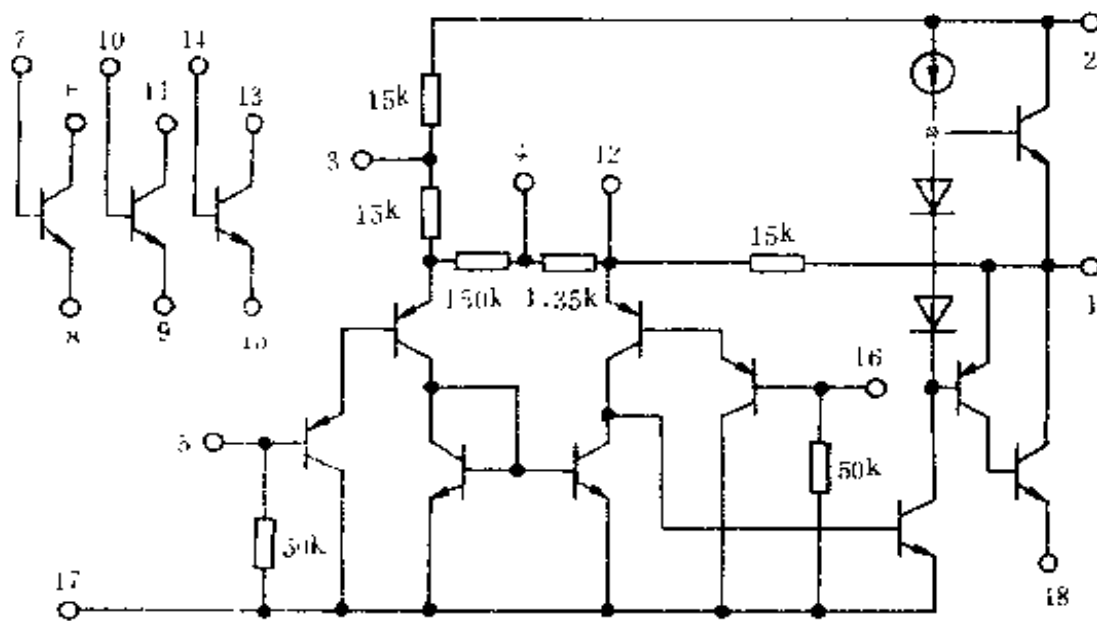


图 6.17 LM589 内部电路

只 CS9014 三极管代替 LM389。

三、调试

发射电路:调 R_7 使 VT_3 集电极和 $VD_2 \sim VD_5$ 中的电流为 $25\text{mA} \sim 30\text{mA}$ 。

接收电路:调 R_1 使 VT_1 静态集电极电流为 $0.5 \sim 1\text{mA}$;调 R_6 使 VT_3 的集电极电流为 1mA 。其它部分不用调试。

6.4.4 LM567 构成的红外线音频信号传送电路

LM567 为 TTL 音频锁相环,其工作频率为 $1 \sim 500\text{kHz}$ 。用它构成的红外线音频信号传送电路,具有构成简便、工作可靠等优点。

一、工作原理

图 6.18 为传送发射电路。它由自动增益控制(AGC)放大器、频率调制器及驱动电路构成。

音频信号从 A 点输入,经 RP 调节后由 C_1 耦合给由 VT_1 构成的负反馈放大器。 VT_1 的交流负反馈电阻为 R_3 和结型场效应管 VT_3 的沟道电阻。而 VT_3 的沟道电阻受其栅极负偏压的控制。经 VT_1 放大后的信号,一方面经 VT_2 进一步放大,再经 VD_1 整流,在 VT_3 的栅极产生负偏压,信号幅度越大, VT_3 栅极的负偏压越大,使 VT_3 的沟道电阻 R_{DS} 增大, R_{DS} 与 R_3 并联值为 VT_1 的射极负反馈电阻,故 VT_1 和负反馈增强,放大倍数下降,从而使 VT_1 集电极输出的信号幅度在一定范围内保持稳定。 VT_1 输出的信号另一方而就是输出到锁相环 LM567 的 2 脚。

LM567 在此接成频率调制器(实际上就是压控频率振荡器),其中心频率 f_0 由 5 脚与 6 脚外接阻容元件确定: $f_0 = 1/1.1R_5C_3$, f_0 设定在 100kHz 。音频信号由 LM567 的 2 脚(即压控振荡器的控制输入端)输入,其 5 脚(即压控振荡器的外接阻

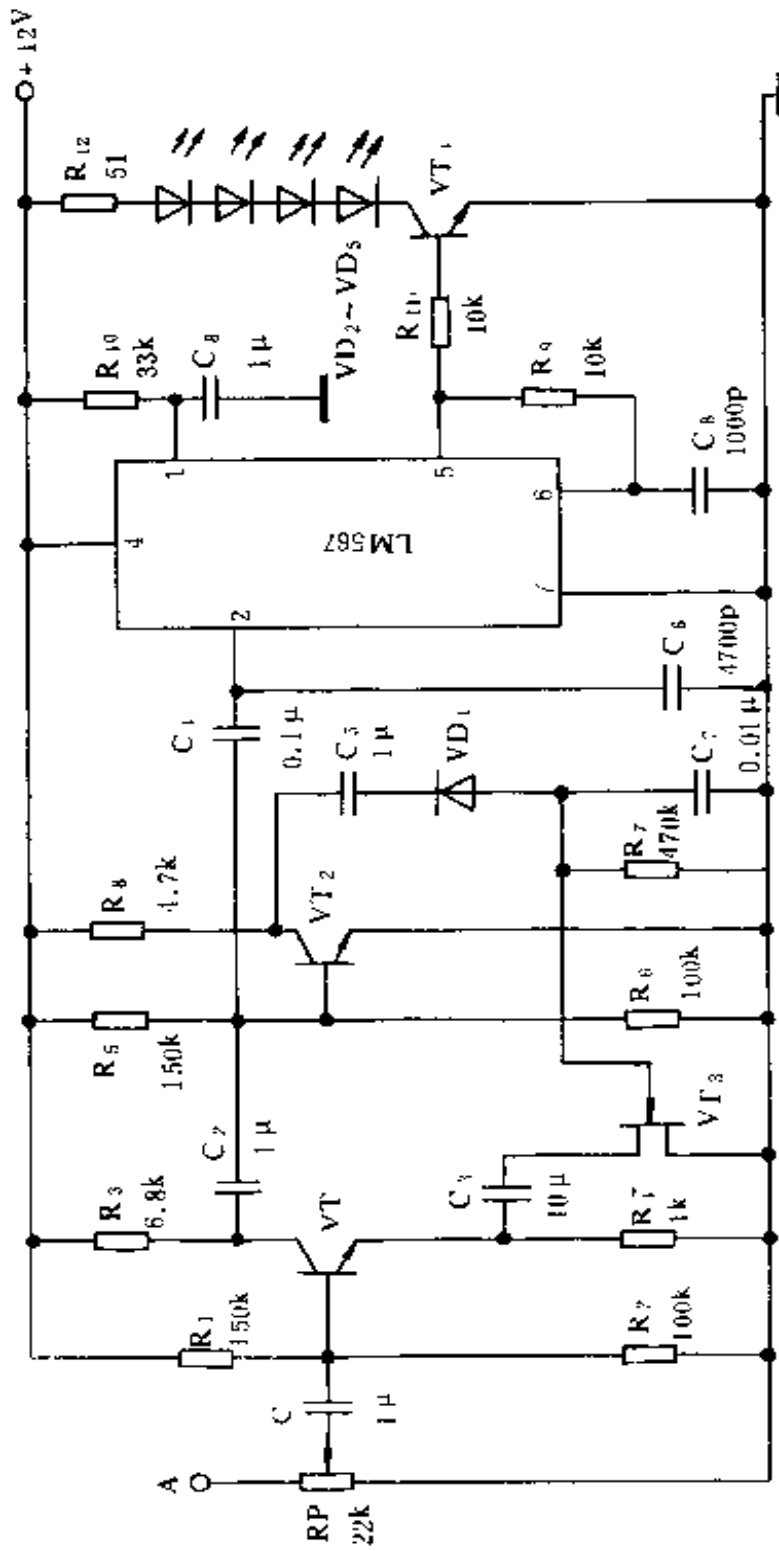


图 6.18 发射电路

容端)输出受2脚音频信号调制的调频信号。音频信号处于增大段时,调频信号在 f_0 基础上增加;当音频信号处于降低段时,调频信号在 f_0 基础上降低。从而实现频率调制。由于采用了锁相环的压控振荡器,故具有较好的调制线性。

接收电路如图6.19所示。它由前置放大器、限幅电路、频率解调电路及功率放大电路构成。

VD_1 为红外光敏二极管,它与 R_1 构成光电转换器。当 VD_1 收到红外线调制信号时,由 C_1 将微弱电信号送由CMOS非门构成的前置放大器进行放大。 R_2 将 $D_1 \sim D_3$ 偏置在线性放大区,放大倍数可达 10^3 以上。 D_3 输出的信号由 D_4 、 D_5 进一步放大,再由 R_3 和 VD_2 、 VD_3 进行限幅,将调频信号的幅值限定在500mV左右。

限幅后的信号送由到锁相环LM567构成频率解调器,将音频信号解调出来。调频信号由LM567的3脚输入,其2脚输出的就是解调后的音频信号。LM567的2脚就是内部压控振荡的控制端,在使内部压控振荡频率跟踪3脚输入信号频率的过程中,其2脚便输出跟踪输入信号频率的低频控制信号,即解调信号。这里锁相环的中心频率应与发射电路中心频率一致,为100kHz。

VT构成射极跟随器,对解调后的音频信号进行功率放大,驱动发声器件B发声。

二、元件选用

发射电路中, VT_1 、 VT_2 用CS9014, VT_4 用CS9013或CS8050, $\beta \geq 100$ 。 VT_3 用3DJ6或3DJ7。 VD_1 用IN4148。 $VD_2 \sim VD_5$ 用HIR405B等 $\Phi 5\text{mm}$ 红外发光二极管。LM567也可用NE567直接代用。发射电路电源请读者自行选用或自行设计。

接收电路中, $D_1 \sim D_5$ 用CD4069。 VD_1 用PH302。 VD_2 、 VD_3

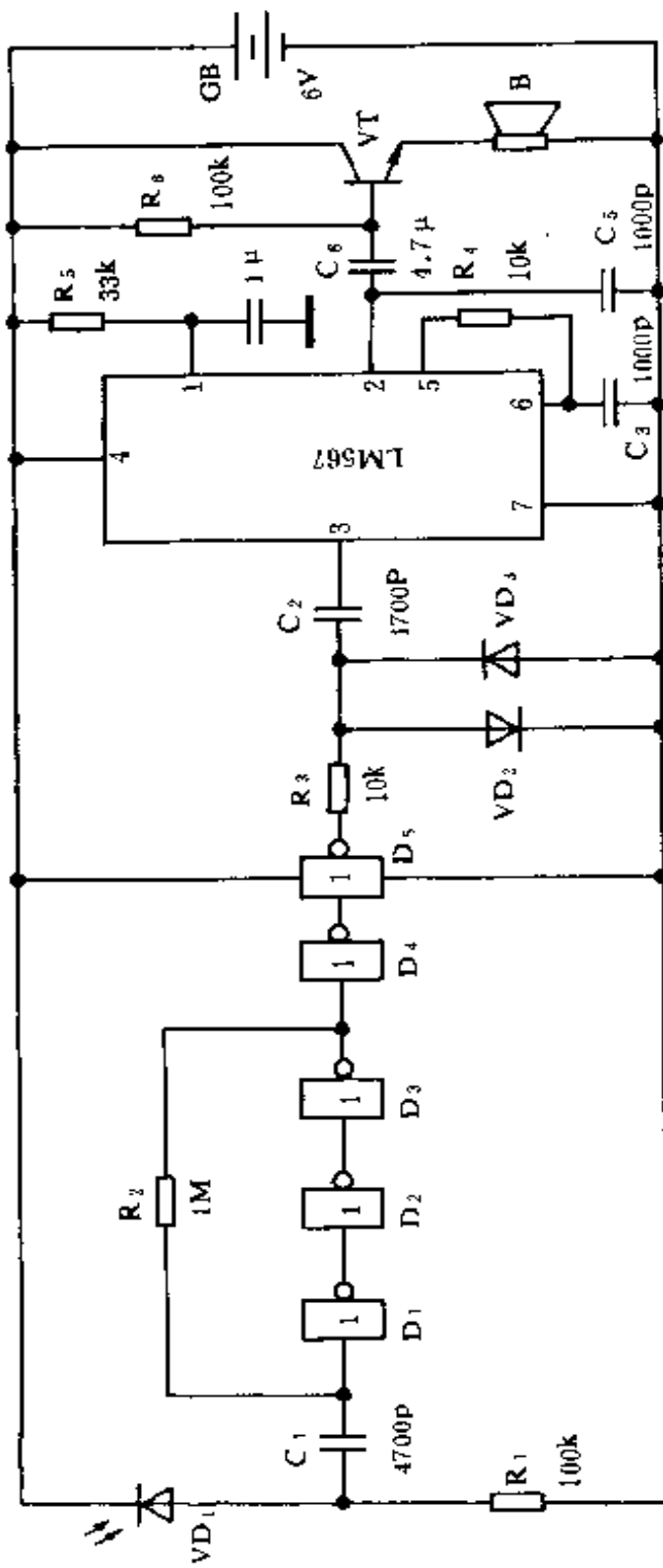


图 6.19 接收电路

用 IN4148, VT 用 CS9013, $\beta \geq 50$ 。LM567 也可用 NE567。B 可用 8~32 Ω 耳机。电源采用一片叠层电池。

三、调试

1. 发射电路

在无输入音频信号情况下,调 R_9 ,使 LM567 的 5 脚输出的脉冲频率为 100kHz。若无频率计,也可不进行这一步调试。只要按图中参数选择 R_9 、 C_8 的数值即可。然后,从 A 点加入频率为 1kHz 的正弦信号,当信号的幅度在 10~100mV 之间变化时,VT₁ 集电极输出信号应基本保持在一个恒定的数值上(大约 500mV),否则应检查 VT₂ 是否工作正常,若 VT₁ 输出信号小于 500mV 过多,可适当减小 R_3 的数值。

2. 接收电路

在无输入信号的情况下,调 R_4 使 LM567 内部压控振荡器的中心频率为 100kHz。若无频率计这一步也可不进行。调 R_6 使 VT 的集电极电流为 10mA 左右。其它部分不用调试,即可正常工作。

3. 发射——接收电路联调

将发射机和接收机分别接通电源。在发射机 A 点输入音频信号,如电视机伴音信号,调 RP 在中间位置。发射与接收机相距(面对)5~8m,微调接收电路中的 R_4 ,使扬声器发出悦耳的音乐声。

在面积不太大的室内,由于墙壁及家具的反射作用,接收电路不一定对正发射电路,也能收到红外线信号,实现传送。

6.4.5 频率调制红外线通话器

一、工作原理

图 6.20 为发射电路。话筒 MIC 发出的微弱信号,经 C_1 耦

合到运算放大器 $\mu A741$ 构成反相放大器进行放大。 $\mu A741$ 为单电源运用, R_1 和 R_2 将 $\mu A741$ 的同相输入端偏置在 $1/2$ 电源电压, 从而使其输出端也为 $1/2$ 电源电压, 这样, 放大器就有较大的动态范围。

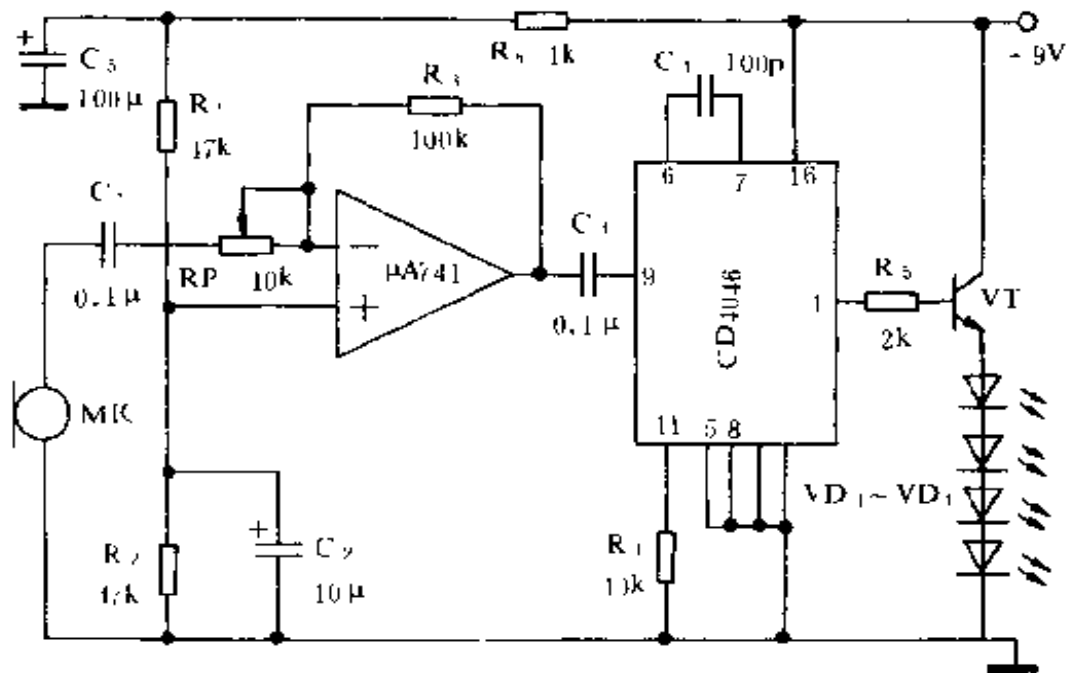


图 6.20 发射电路

放大后的音频信号经 C_3 耦合到 CMOS 锁相环 CD4060 内部压控振荡器的控制端 9 脚, 其压控振荡器的输出端 4 脚便输出受 9 脚音频信号调制的调频信号。CD4046 的中心频率由 R_4 和 C_4 确定, 约为 100kHz 。在设计 R_4 和 C_4 的参数时, 首先选定中心频率 f_0 , 然后根据 f_0 查图 4.57(a), 得到 R_4 和 C_4 的数值。在无音频信号时, 锁相环工作在中心频率 f_0 上。使用 CMOS 锁相环, 具有频率调制线性度好, 调制指数大, 功耗低等优点。

调频信号经 VT 驱动红外发光二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 向外辐射红外线脉冲。

图 6.21 为接收电路。VT 为光敏三极管, 它直接接在运算

放大器 $\mu A741$ 的反相输入端, $\mu A741$ 也为单电源运用。放大后的调频信号经 C_1 耦合到 CMOS 锁相环 CD4046 的相位比较器的输入端 14 脚。

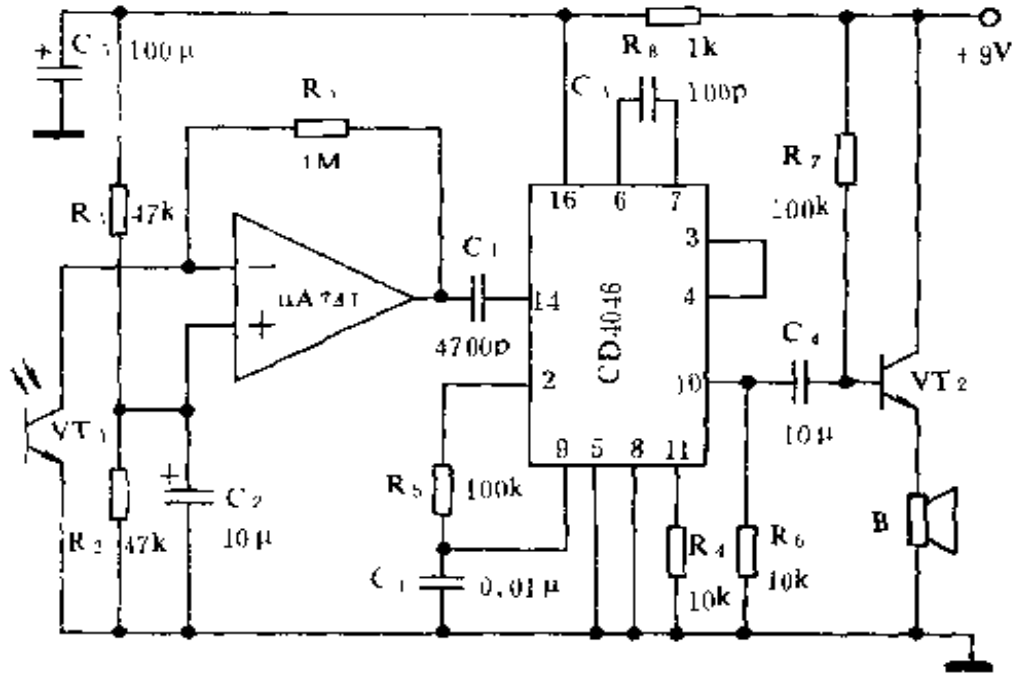


图 6.21 接收电路

锁相环 CD4046 接成频率解调电路。其中心频率 f_s 与发射电路中锁相环的中心频率一致, 也为 100kHz。故 C_3 和 R_4 分别与发射电路中的 C_1 和 R_4 相同。CD4046 的 9 脚为压控振荡器的控制端, 即解调信号输出端, 2 脚为相位比较器的输出端, 比较信号经 R_5 和 C_4 构成低通滤波器滤波后再接 9 脚。9 脚的解调信号经 CD4046 内部运算放大器构成的跟随器缓冲后由 10 脚输出。CD4046 的 4 脚为压控振荡器的输出端, 3 脚为相位比较器的比较输入端, 它们应联在一起。CD4046 输出的解调音频信号经 C_4 耦合到 VT_2 , 由 VT_2 驱动扬声器发声。

二、元件选用

发射电路中, MIC 用动圈话筒。 $\mu A741$ 也可用 5G28、8FC7

等运放代用。VT 用 CS9013 或 CS8050, $\beta \geq 100$ 。VD₁~VD₄ 用 HIR405B 红外发光二极管。

接收电路中, VT₁ 用 3U31 或 3DU5 等光敏三极管。VT₂ 用 CS8050, $\beta \geq 100$ 。

6.4.6 红外线立体声耳机系统

红外线耳机是 70 年代末在国外发展起来的产品, 近几年国内也有研制和生产红外线耳机的报道。它是利用红外技术进行无线传送的新型音响辅助设备。它可以使你不必使用零乱而麻烦的电线, 就能获得高音质放音。红外线耳机系统的发射部分可很容易地与电视机以及各种音响装置相联。接收部分很轻巧, 可装在头戴式耳机上, 使你能够随意地欣赏自己喜欢的节目, 而不会影响他人的工作和学习。

另外, 无论有多少个接收机均可使用同一发射器, 只要各接收器调谐在相同的频率上即可。

一、工作原理

图 6.22(a)和图 6.22(b)分别为发射机和接收机的原理框图。

发射电路由 AGC 放大器、频率调制器、驱动电路及红外线发射电路组成。接收电路由前置放大、选频电路、频率解调电路、功放电路及耳机组成。

图 6.23 为发射电路。电路的上下两部分是对称的, 我们以上面部分电路为例, 说明此电路的工作原理。

来自音响设备 R 声道的音频信号, 经 R_1 和 R_2 分压后送入由 VT 构成的放大器。 C_1 和 R_3 组成预加重电路, 将音频信号的高频成份进行提升。然后由 VT₁ 进行放大, 放大后的信号经 RP 调节后加到锁相环 LM567-1 内部压控振荡器的输入端 2 脚。

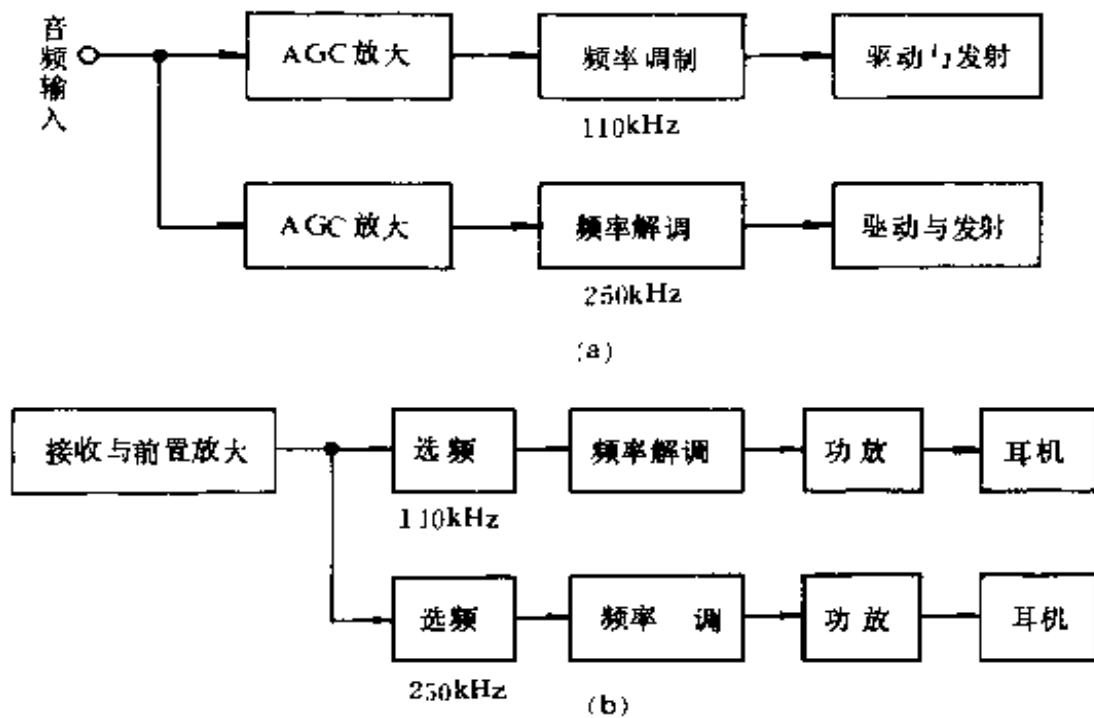


图 6.22 红外线立体声耳机原理框图

另外,经 VT_1 放大后的信号由 VT_2 进一步放大后,再经 VD_1 、 C_6 构成的半波整流电路整流,在结型场效应管 VT_3 的栅极产生负压,信号愈强,负压愈大, VT_3 的漏源电阻 R_{DS} 愈大, VT_1 射极负反馈电阻愈大, VT_1 的电压增益减小,使输出电压降低,从而使输出电压稳定在一定范围内,以免产生调制失真。

LM567-1 的 5 脚输出受 2 脚音频信号调制的调频信号,其中心频率设定在 110kHz。中心频率由 LM567-1 的外接阻容元件 R_{11} 和 C_9 确定。调节电位器 RP 就可改变输入到 LM567-1 的信号电平,实际上就是对发射频率的频偏控制。如果输入信号过强,将会引起过度偏离,导致接收机的失真;如果输入信号过弱,频偏过小,导致接收机信号噪声过大,甚至无法接受。通过调节 RP ,可使锁相环输入的音频信号符合要求,且由自动增益控制(AGC)电路将信号维持在一定幅度。

调频信号经 VT_4 驱动红外发光二极管 $VD_2 \sim VD_6$ 发出红

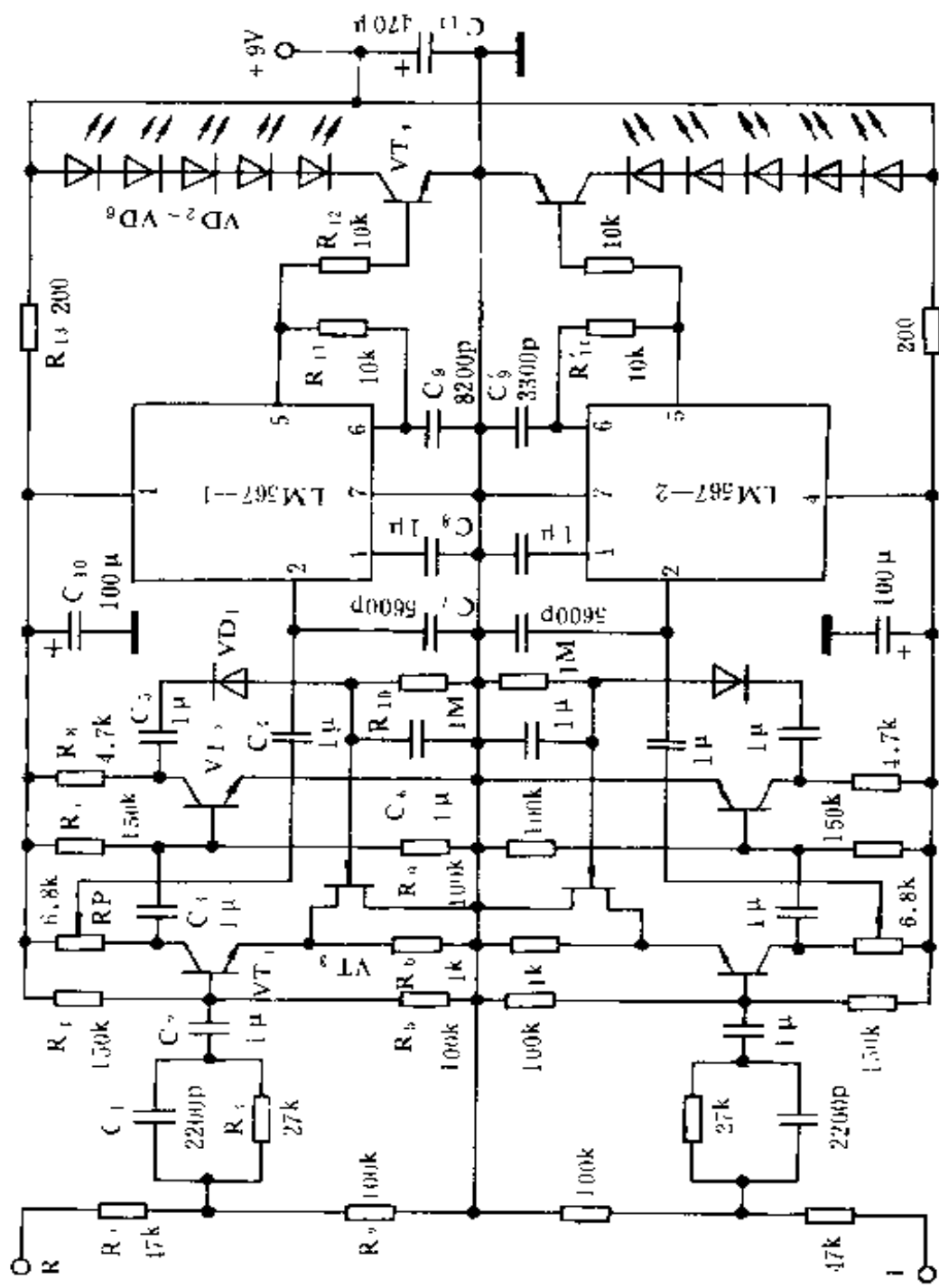


图 6.23 发射电路

外线调频信号。采用多只红外发光二极管是为了增大辐射面积。

L 声道的频率调制与发射电路和 R 声道完全相同,只是锁相环 LM567-2 的中心频率设定在 250kHz。

发射电路采用稳压电源供电,电源电路如图 6.24 所示。

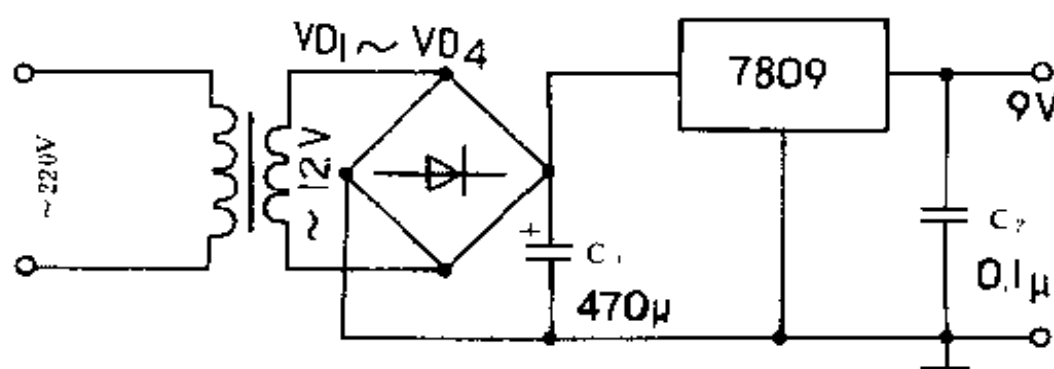


图 6.24 发射电路稳压电源

图 6.25 为接收电路。 VD_1 和 VD_2 为红外光敏二极管,它们与 R_3 构成光电转换器。光电信号经 C_1 耦合到由 CMOS 非门 D_1 以及 R_1 、 R_2 构成线性放大器,放大后的信号分为两路,分别送 R、L 声道的选频、频率解调、功放电路。 VT_1 与 L_1 、 C_3 等构成中心频率为 110kHz 选频放大器,将 R 声道的调频信号分离出来,并加以放大。选出的中心频率为 110kHz 的调频信号再经 CMOS 非门 D_2 和 R_6 构成放大器放大后送 CMOS 锁相环 CD4046-1 的信号输入端 14 脚。CD4046-1 接成频率解调电路,中心频率由 C_7 和 R_8 确定为 110kHz。CD4046-1 的 10 脚输出的解调信号,经 C_8 和 RP_1 送双声小功率放大器 NJM2073 的 A_1 放大,并推动 R 声道耳机 B_1 。调节 RP_1 可以调节音量。

L 声道的选频、频率解调以及功放电路与 R 声道完全相同,只是选频频率为 250kHz,而构成频率解调器的 CD4046-2 的中心频率也为 250kHz。

由于接收电路采用了 CMOS 锁相环,故整机功耗很低,因

此,可以采用低容量电池,以减小接收机体积和重量,便于佩戴。

二、元件选用

发射电路中, VT_1 、 VT_2 用 CS9014, $\beta \geq 100$ 。 VT_3 用 3DJ6 或 3DJ7。 VT_4 用 CS9013 或 CS8050, $\beta \geq 100$ 。 VD_1 用 IN4148。 $VD_2 \sim VD_6$ 用 HIR4053。其它元件按图注选择即可。

接收电路中, VD_1 和 VD_2 用 HPT605C 等 $\Phi 5\text{mm}$ 红外光敏二极管。 $D_1 \sim D_3$ 用 CD4069。 VT_1 、 VT_2 用 CS9014, $\beta \geq 150$ 。 L_1 、 L_2 线圈的制作方法是在收音机中周骨架上用 $\Phi 0.06\text{mm}$ 漆包线密绕 80 匝。然后装入磁芯,调节磁芯位置,即可改变电感量。耳机用 $8 \sim 32\Omega$ 头戴式耳机。

三、调试

首先,用频率计或示波器调整 LM567 - 1 和 LM567 - 2 的两个中心频率。方法是将频率计或示波器接于 LM567 的 5 脚,调 R_{11} 使 LM567 - 1 的 5 脚输出信号的频率为 $110\text{kHz}(9\mu\text{s})$; 调 R'_{11} 使 LM567 - 2 的 5 脚输出信号的频率为 $250\text{kHz}(3.8\mu\text{s})$ 。

然后,从发射机 R、L 声道输入音频信号,接通接收机电源,调 R_8 和 R'_8 , 使接收机中锁相环 CD4046 - 1 和 CD4046 - 2 刚好分别锁定于 110kHz 和 250kHz 上,耳机中可以听到清晰的音频声。

四、安装使用

发射器中的两组红外发光二极管中,每个相距 $20 \sim 30\text{mm}$ 并排安装。整个发射电路装在一个能透过红外线的有机玻璃盒中。接收器也安装在一个有机玻璃盒中,并固定在头戴式耳机上, VD_1 、 VD_2 朝前。

实际使用时,发射器中的 R、L 声道音频输入端通过三芯插头与声源相联,非常方便。

只要接收器不是远离发射器或方向偏离太大,室内人造光

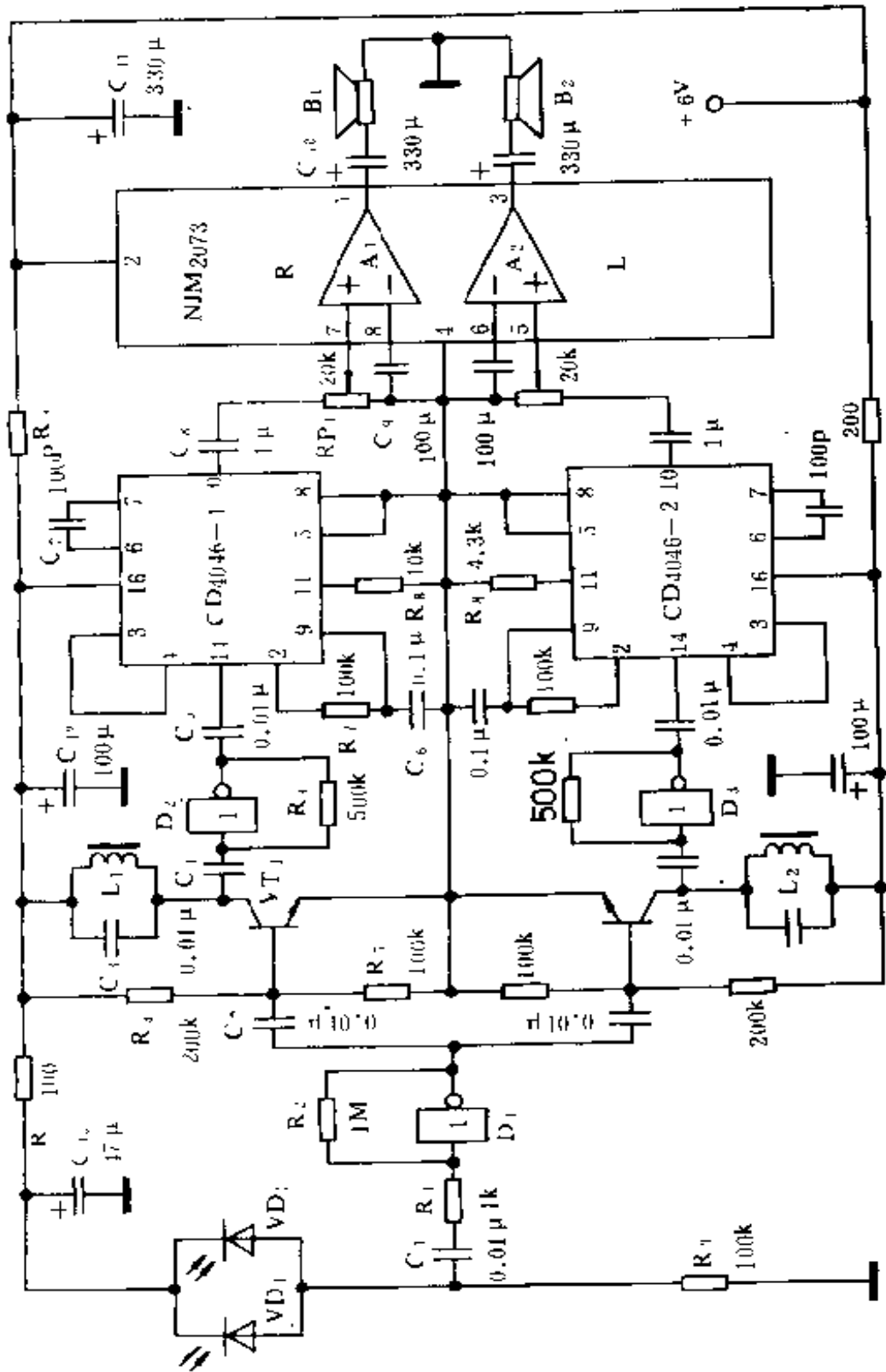


图 6.25 接收电路

源(如日光灯等)的干扰是非常小的。并可通过给 VD_1 和 VD_2 加滤色片的方法来解决。滤色片可用红色有机玻璃来制作。

另外,要注意发射器应置于室内适当高度,其前面不得有较大的遮挡物。接收器中 VD_1 和 VD_2 要错开 30mm 左右并排安装,以获得较大的“视野”。

第七章 超声波遥控电路

除红外线遥控之外,超声波遥控又是一种应用比较广泛的遥控方式。本章将介绍超声波遥控的基本原理、超声波发射与接收器件及超声波遥控电路应用举例。

7.1 超声波遥控的基本原理

7.1.1 超声波遥控的特点

一、超声波

人的耳朵能够听到的声音的频率为 $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$, 低于 20Hz 和高于 20kHz 的声音, 我们都听不见。频率高于 20kHz 的声波, 称为超声波。超声波虽然听不到, 但在自然界中它是存在的。例如, 有些动物(蝙蝠、蟋蟀等)的器官就能够发出超声波; 在风声和海浪声中, 除了我们能够听到的声波以外, 也含有我们听觉范围以外的超声波。

二、超声波的特性

与红外光波不同, 超声波是一种机械波, 它可以在气体、液体和固体中传播。我们知道, 电磁波的传播速度为 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。而超声波在空气中的传播速度为 340m/s , 其速度相对电磁波是非常慢的。超声波具有以下特性:

① 超声波的频率很高, 波长较短, 可以象光线那样沿着一

定方向传播,其传播的能量较为集中,可只向某一方向发射超声波。

② 超声波的振幅很小,加速度非常大,因而可以产生较大的力量。

③ 在两种不同的媒质界面上,超声波的大部分能量会被反射。

超声波的这些特性,使其在遥控、遥测以及其它领域得到了广泛的应用。

三、超声波遥控的特点

在超声波遥控系统中,使用的频率为 20kHz~100kHz,目前常见的超声发射与接收器件的标称频率,一般为 40kHz。频率取得太低,外界杂音干扰较多;频率取得太高,在传播过程中衰减较大。故在超声遥控中,常使用 40kHz 的超声波。

因为超声波传播具有一定的方向性,故超声波遥控也具有方向性。又由于超声波传播的反射特性,使超声波遥控系统也可通过反射实现控制。这些特点与红外线遥控系统相同。

另外,利用超声波在不同界面时的反射特性,还可用来探测距离、水深等。利用超声波引起媒质的强烈振动,可以制成超声波水雾化器,用来对空气加湿,以使空气清新。

目前超声波遥控的距离一般为几 m 至几十 m,是一种适合室内控制的遥控方式。

由于超声波发射与接收器件所具有的固有频率特性,使超声波遥控系统可不用选频电路,具有很高的抗干扰性能。但由于这个特性,使频分制超声波多通道遥控系统,实现起来不太方便。在多通道超声波遥控系统中,一般采用码分制。

7.1.2 超声波遥控电路的基本原理

超声波遥控电路与红外线遥控电路相比,除能量转换方式不同外,其它方面基本相似。超声波遥控按遥控通道来分,可分为单通道与多通道遥控。

一、单通道超声波遥控电路

单通道超声波遥控电路比较简单,其原理框图如图 7.1 所示。

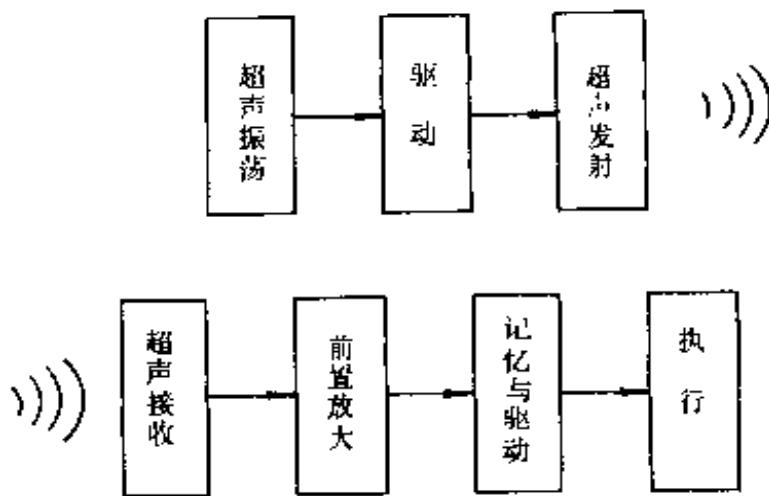


图 7.1 单通道超声波遥控系统原理框图

单通道超声波遥控电路的发射器一般由超声波信号振荡器(其振荡频率要与超声波发射器的固有振荡频率一致)、驱动电路、超声发射器件构成;接收电路一般由超声波接收器件(其固有振荡频率要与发射器件的固有振荡频率一致)、前置放大器、记忆与驱动电路、执行电路构成。

二、多通道超声波遥控电路

超声波多通道遥控电路一般采用码分制,图 7.2 是码分制超声波遥控电路的原理框图。

由图 7.2 可见,码分制超声波遥控电路与码分制红外线遥

控电路的结构基本相同,只不过发射与接收器件不同。

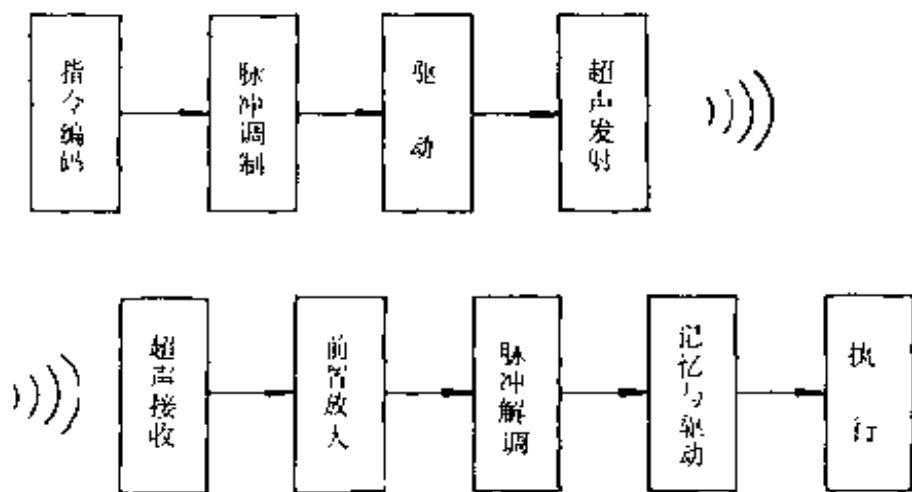


图 7.2 码分制超声波遥控系统原理框图

7.2 超声波传感器

超声波传感器是超声波遥控系统中的重要器件。它可以将加在其上面的电信号,转换为超声机械波向外辐射;也可以将作用在其上面的超声机械波,转换为相应的电信号,起着能量转换的作用。

7.2.1 超声波传感器的基本原理与结构

一、基本原理

超声波传感器一般采用双压电陶瓷晶片制成。这种超声传感器需用的压电材料较少,价格低廉,且非常适用于气体和液体介质中。我们知道,在压电陶瓷片上加有大小和方向不断变化的交流电压时,根据压电效应,就会使压电陶瓷晶片产生机械变形,这种机械变形的大小和方向,是与外加电压的大小和方向成正比的。也就是说,在压电陶瓷晶片上加有频率为 f_0 的交流电

压,它就会产生同频率的机械振动,这种机械振动推动空气等媒质,便会发出声波。如果在压电陶瓷晶片上有超声机械波作用,这将会使其产生机械变形,这种机械变形是与超声机械波一致的,机械变形使压电陶瓷晶片产生频率与超声机械波相同的电信号。

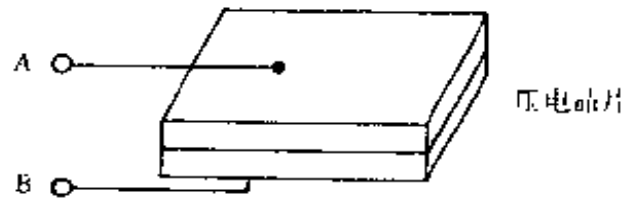


图 7.3 双压电晶片示意图

图 7.3 是双压电晶片示意图,当在 AB 间施加交流电压时,若上片的电场方向与极化方向相同,则下面的方向相反,因此,上下一伸一缩,形成超声波振动。

图 7.4 是双压电晶片的等效电路。 C_0 为静电电容, R 为陶瓷材料介电损耗并联电阻, C_m 和 L_m 为机械共振回路的电容和电感。 R_m 为损耗串联电阻。

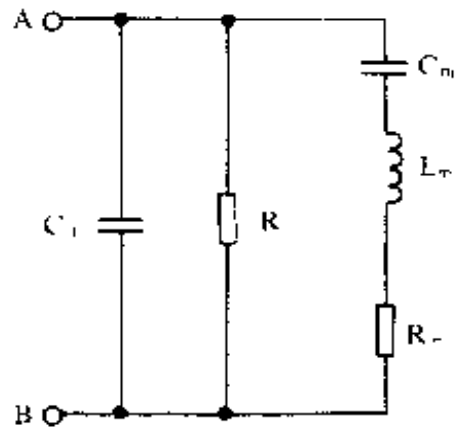


图 7.4 双压电晶片等效电路

压电陶瓷晶片有一个固有的谐振频率,即中心频率 f_0 ,发射超声波时,加在其上面的交变电压的频率要与它的固有谐振频率 f_0 一致;接收超声波时,作用在其上面的超声机械波的频率也要与它的固有谐振频率一致。这样,超声传感器才有较高灵敏度。

当所用压电材料不变时,改变压电陶瓷晶片的几何尺寸,就可非常方便地改变其固有谐振频率。利用这一特性可制成各种频率的超声传感器。用于遥控的超声传感器的中心频率一般为

40kHz。

二、基本结构

超声波传感器的外形及电路符号如图 7.5(a)、(b)所示。

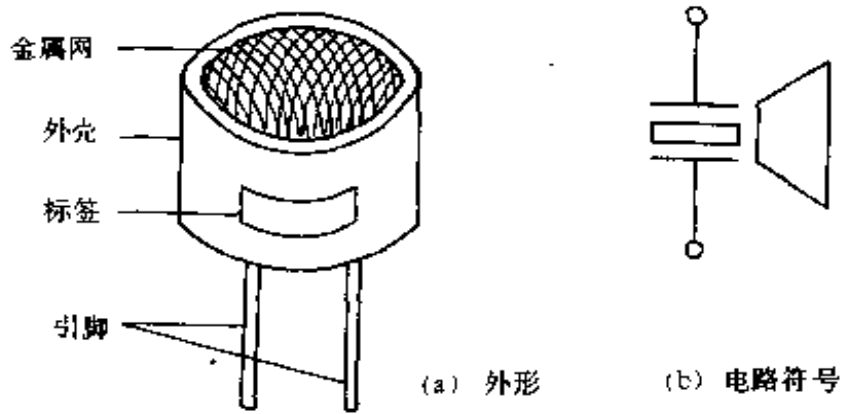


图 7.5 超声波传感器外形及电路符号

超声波传感器的内部结构见图 7.6。

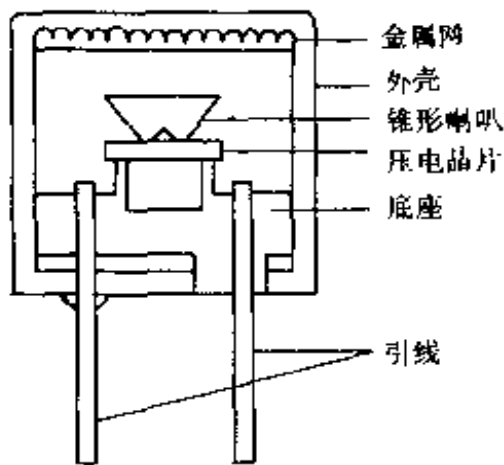


图 7.6 超声波传感器内部结构

由图 7.6 可见,超声波传感器是由压电陶瓷晶片、锥形辐射喇叭、底座、引线、金属壳及金属网构成。其中,压电陶瓷晶片是传感器的核心,锥形辐射喇叭使发射和接收超声波的能量集中,并使传感器有一定的指向角。金属壳可防止外界力量对压电陶瓷晶片及锥形辐射喇叭的损害,金属网也是起保护作用的,但不影响发射与接收超声波。

作用的,但不影响发射与接收超声波。

7.2.2 超声波传感器的基本特性

超声波传感器的基本特性有频率特性和指向特性。

一、频率特性

图 7.7 是超声波发射器的频率特性曲线。

图中, f_0 为超声发射器的中心频率, 在 f_0 处, 超声发射器所产生的超声机械波最强, 也就是说在 f_0 处所产生的超声声压能级最高。而在 f_0 两侧, 声压能级迅速衰减。因此, 超声波发射器一定要使用非常接近中心频率 f_0 的交流电压来激励(或称驱动)。

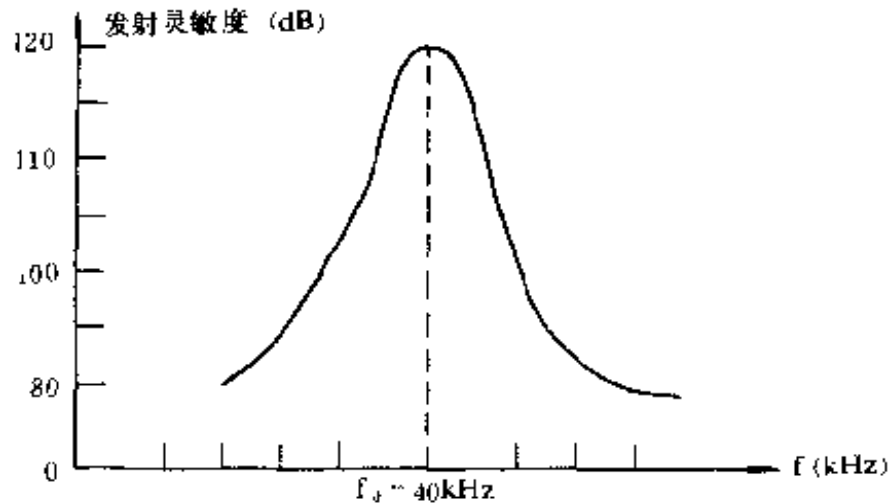


图 7.7 超声波发射器的频率特性

图 7.8 是超声波接收器的频率特性。

图中, f_0 也为中心频率。曲线在 f_0 处最尖锐, 输出电信号的幅度最大, 即在 f_0 处接收灵敏度最高。因此, 超声波接收器具有很好的频率选择特性, 在构成遥控系统时一般不再设置选频电路。

另外, 超声接收器的频率特性曲线和输出端外接电阻 R 有

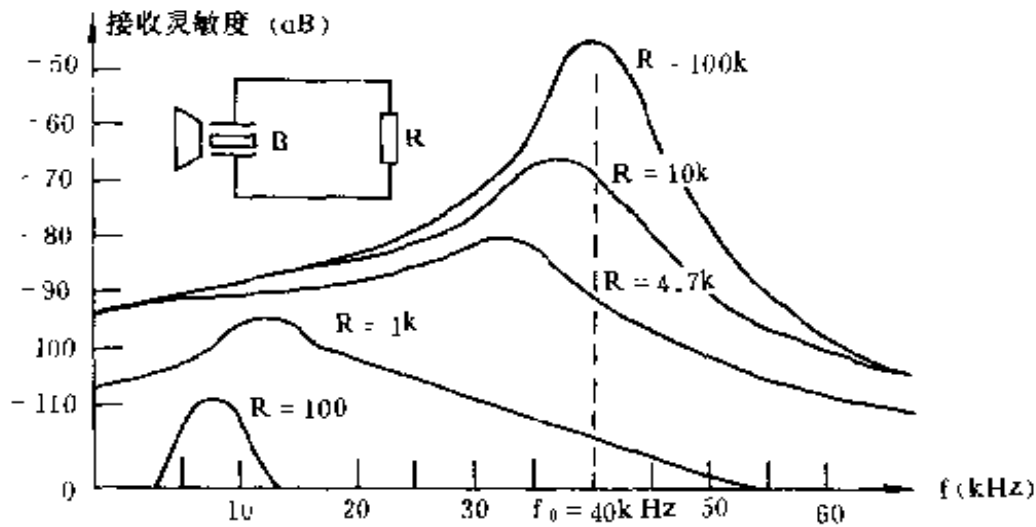


图 7.8 超声波接收器的频率特性

很大关系,如果 R 很大(如大于 $100\text{k}\Omega$),频率特性是尖锐共振的,并且在这个共振频率上灵敏度很高。如果 R 较小(如小于 $10\text{k}\Omega$),频率特性曲线变得平滑而具有较宽的带宽,同时灵敏度也随之降低。并且最大灵敏度向稍低的频率移动。因此,超声接收器应与输入阻抗高的前置放大器配合使用,才能有较高的接收灵敏度。

二、指向特性

实际的超声波传感器中的压电晶片是一个小圆片,可以把表面上每个点看成一个振荡源,辐射出一个半球面波(子波),这些子波没有指向性。但离开超声传感器的空间某一点的声压是这些子波迭加的结果(衍射),却有指向性。指向特性用指向图表示。图 7.9 是超声传感器的指向图。

超声传感器的指向图是由一个主瓣和几个副瓣构成,其物理意义是 $\theta=0^\circ$ 时声压最大,角度逐渐增大时,声压减小。超声传感器的指向角一般为 $40^\circ\sim 80^\circ$ 。

附录 3 列出了常用超声波传感器的特性,供选用时参考。

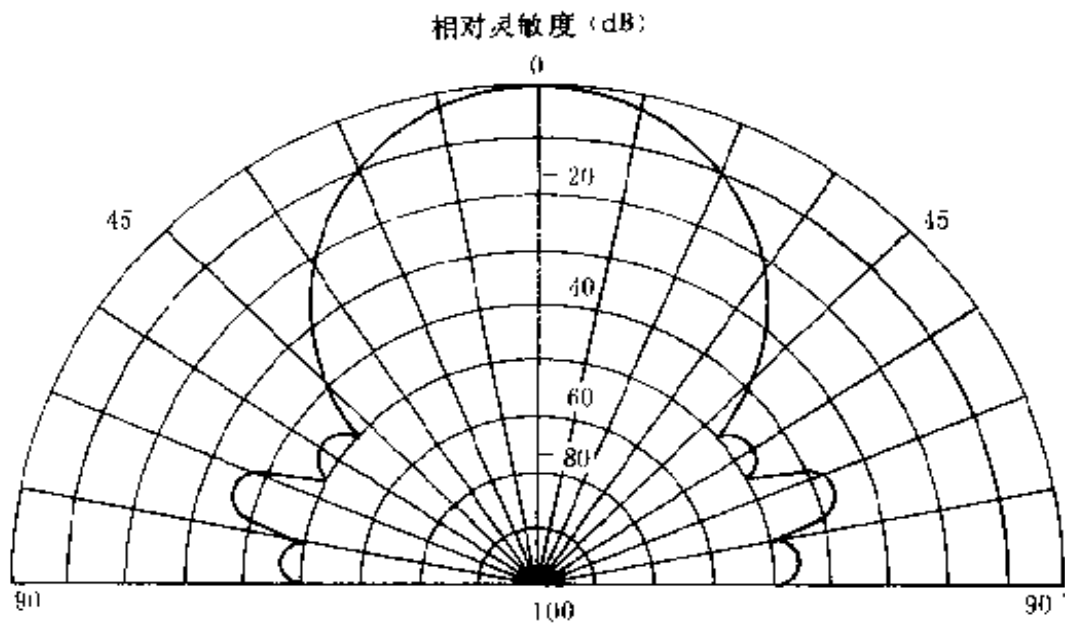


图 7.9 超声波传感器的指向特性

以上我们对超声波遥控的基本原理及超声波传感器作了介绍。关于超声波的发射电路、接收前置放大、脉冲形成与记忆电路、电源电路,以及码分制超声波遥控电路中的编码与解码电路、脉冲调制与解调电路,均与红外线遥控电路中相应部分相同。这里不再重复。

在设计超声波遥控电路时应注意以下几点:

① 超声波传感器为谐振器件,驱动时所需电流较小,一般仅为几 mA 至十几 mA。但要有一定幅度的驱动电压,驱动电路不加限流电阻。

② 发射器驱动电压的频率一定要接近传感器的中心频率,设计时元件参数要经过比较准确的计算。调试时要注意通过频率计来监测频率。

③ 要选用输入阻抗高的前置放大器,以获得较高的接收灵敏度和选择性。

7.3 超声波遥控电路应用举例

7.3.1 超声波遥控电灯开关

这种遥控开关,电路简单,且免调试,非常适合初学者制作。

一、工作原理

图 7.10 为发射电路。电路采用分立器件构成, VT_1 和 VT_2 以及 $R_1 \sim R_4$ 、 C_1 、 C_2 构成自激多谐振荡器,超声发射器件 B 被联接在 VT_1 和 VT_2 的集电极回路中,以推挽形式工作,回路时间常数由 R_1 、 C_1 和 R_4 、 C_2 确定。超声发射器件 B 的共振频率使多谐振荡电路触发。因此,本电路可工作在最佳频率上。

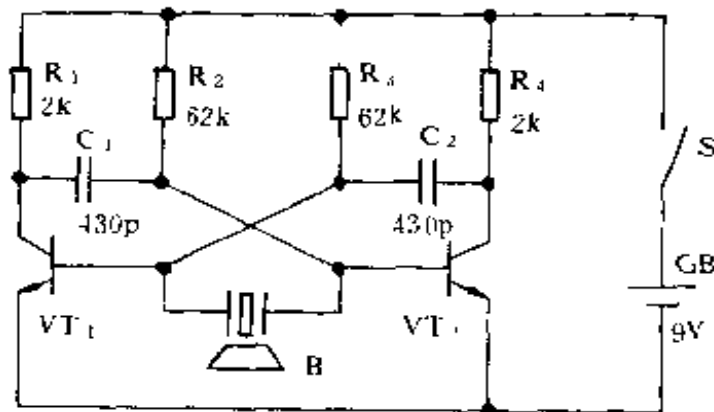


图 7.10 发射电路

图 7.11 为接收电路,结型场效应管 VT_1 构成高输入阻抗放大器,能够很好地与超声接收器件 B 相匹配,可获得较高的接收灵敏度及选频特性。 VT_1 采用自给偏压方式,改变 R_3 即可改变 VT_1 的静态工作点。超声接收器件 B 将接收到的超声波转换为相应的电信号,经 VT_1 和 VT_2 两级放大后,再经 VD_1 和 VD_2 进行半波整流变为直流信号,由 C_3 积分后作用于 VT_3 的

基极,使 VT_3 由截止变为导通,其集电极输出负脉冲,触发器 JK 触发 D,使其翻转。JK 触发器 Q 端的电平直接驱动继电器 K,使 K 吸合或释放。由继电器 K 的触点控制电路的开关。

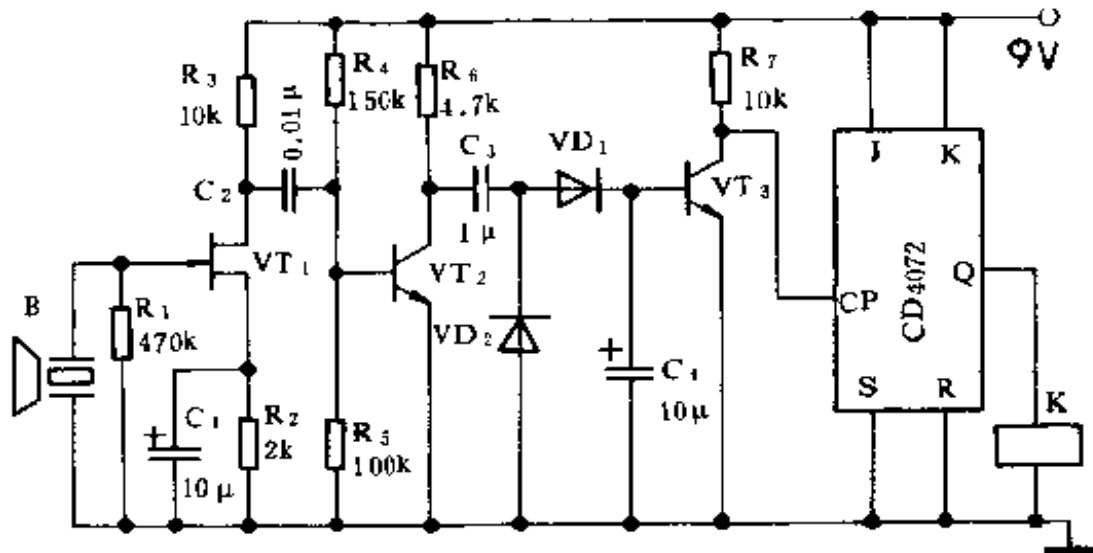


图 7.11 接收电路

二、元件选用

发射电路中, VT_1 和 VT_2 用 CS9013 或 CS9014 等小功率晶体管, $\beta \geq 100$ 。超声发射器件用 SE05-40T。电源 GB 采用一块 9V 叠层电池,以减小发射器体积和重量。

接收电路中, VT_1 用 3DJ6 或 3DJ7 等小功率结型场效应晶体管。 $VT_2 \sim VT_3$ 用 CS9013, $\beta \geq 100$ 。 VD_1 和 VD_2 用 IN4148。 JK 触发器用 TTL 型 JK 触发器 263B。超声接收器件用 SE05-40R,与 SE05-40T 配对使用。继电器 K 用 HG4310 型。

7.3.2 超声波遥控电扇变速器

一、工作原理

图 7.12 为发射电路。它采用的是国产蝙蝠牌 FS-A5A 型电风扇的遥控发射器。这种发射器具有体积小、耗电省、工作可

靠、电路简单等特点。在使用时,每按一下发射键,发射器发出约为 500ms 的 40kHz 的超声波。发射电路的工作原理如下。

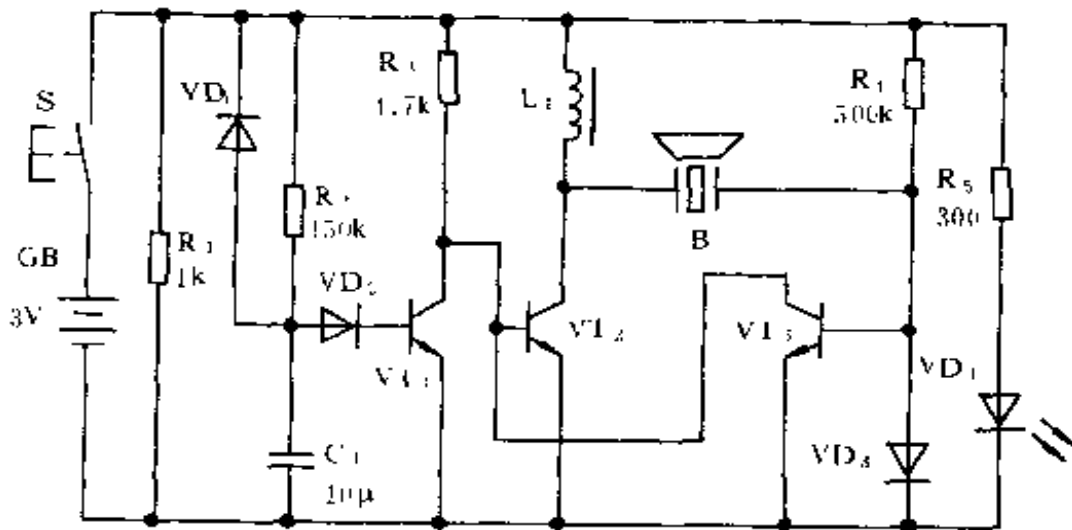


图 7.12 发射电路

VT_2 和 VT_3 构成直接耦合正反馈振荡电路, B 为 40kHz 超声发射器件, 并兼振荡电路反馈选频元件。因此, 此电路可准确地振荡于超声发射器件的中心频率 40kHz。 VT_1 和 R_2 、 C_1 组成 500ms 延时电路。 R_1 、 VD_1 是 C_1 的放电通路, 当按下发射键 S 时, VT_2 和 VT_3 构成的振荡电路工作, 发出超声波, 同时, 电源通过 R_2 向 C_1 充电, 当 C_1 上的电位充到 1.4V 时 (约经过 500ms), VT_1 导通, VT_2 基极以及 VT_3 集电极电位下降为 0.3V 左右, 振荡器停止工作。当松开发射键 S 时, C_1 通过 VD_1 和 R_1 迅速放电, 为下一次发射作好准备。 VD_3 和 R_4 构成发射指示电路, 当按发射键时, VD_3 发光。

图 7.13 为接收电路。CMOS 非门 $D_1 \sim D_3$ 由 R_1 偏置为线性放大器, 总增益可达 60dB 以上。由于 CMOS 电路的输入阻抗较高, 故能够很好与超声接收器件相匹配。放大后的信号由 C_1 耦合给锁相环译码器 LM567 的输入端 3 脚。当输入信号的频率落在其中心频率上时, LM567 的逻辑输出端 8 脚由高电平变为

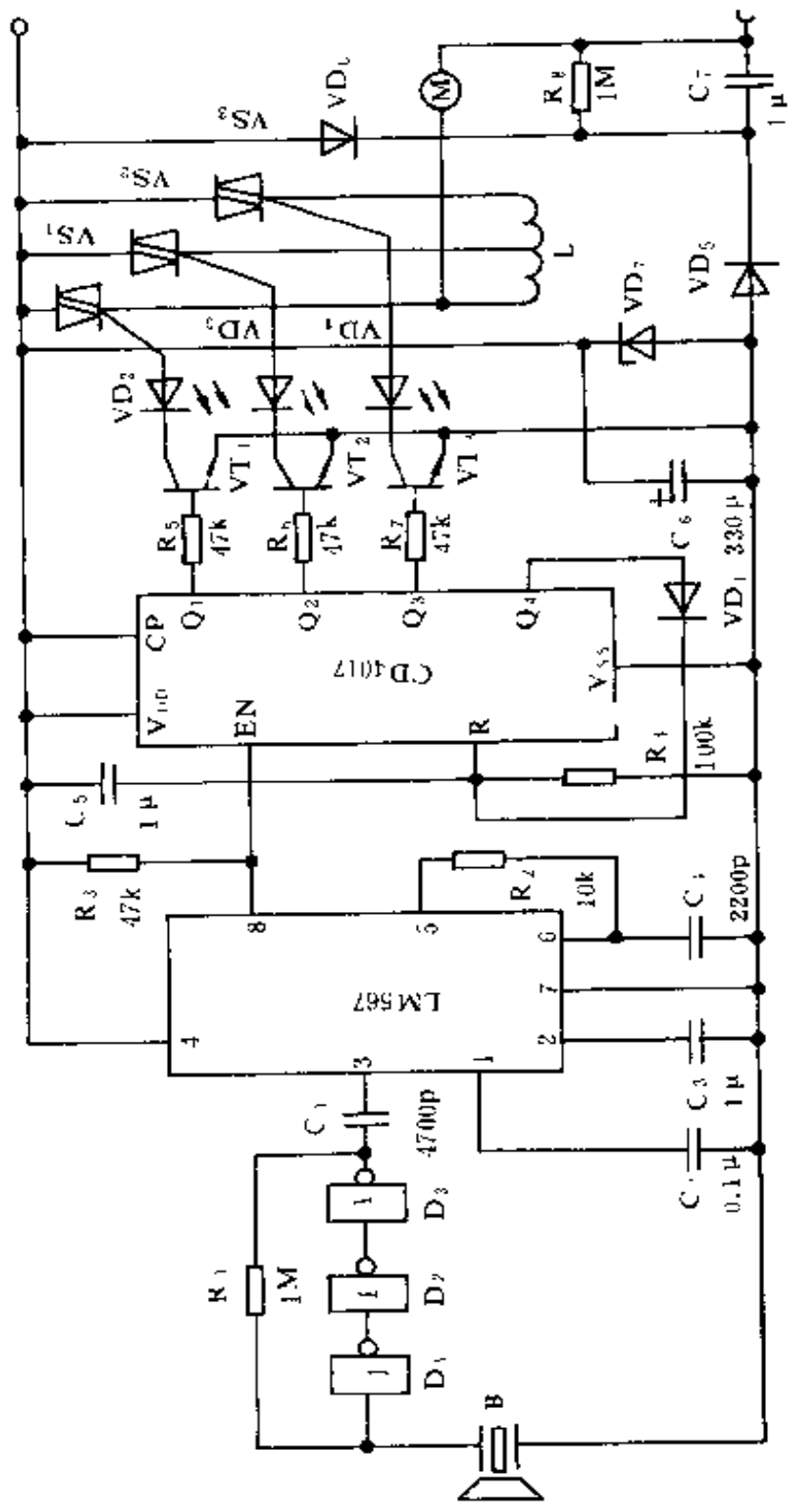


图 7-13 接收电路

低电平,输出一个负脉冲。每按一下发射键,接收电路中 LM567 的 8 脚就输出一个负脉冲。

LM567 在此主要作用是脉冲形成,同时还兼有选频作用,可增加电路的可靠性。

CD4017 的 \overline{EN} 端在 LM567 的 8 脚负脉冲的作用下,其 $Q_0 \sim Q_5$ 顺序输出高电平。 $Q_1 \sim Q_3$ 通过 $R_5 \sim R_7$ 使 $VT_1 \sim VT_3$ 导通,从而控制双向晶闸管的导通,使电扇变速。这部分电路在前面曾作过较详细介绍,在此不再多重复。当电扇处于 3 速时(即 CD4017 的 Q_3 为高电平时),若再按一下发射键,CD4017 的 Q_4 输出高电平, Q_4 的高电平经 VD_1 反馈至其清零端 R,使其清零,将电扇关掉。

二、元件选用

发射电路中, $VT_1 \sim VT_3$ 用 CS9013 或 CS9014, $\beta \geq 100$ 。 VD_1 、 VD_2 用 IN4148。 VD_3 用 BT201 等红色普通发光二极管。 L_1 用 5mH 电感成品。电源采用两节 7 号电池。B 用 UCM-40T 超声发射器。

接收电路中,B 用 UCM-40R 超声接收器。 $D_1 \sim D_3$ 用 CD4069。 $VT_1 \sim VT_3$ 用 CS9013, $\beta \geq 50$ 。 VD_1 用 IN4148, $VD_2 \sim VD_4$ 用 $\Phi 5\text{mm}$ 发光二极管,颜色任选。 $VS_1 \sim VS_3$ 用 3CTSI 型双向晶闸管。电感 L 用原电扇中的变速电感器。 VD_5 、 VD_6 用 IN4001。 VD_7 用 6V/1W 稳压二极管。

三、调试

发射电路不用任何调整即可正常工作。改变 R_2 或 C_1 参数可以改变发射超声波的时间。

接收电路的调试也非常简单,按动发射键,调节接收电路中的 R_2 ,使 LM567 的选频频率为 40kHz,这样,遥控距离最远。

由于采用电容降压,调试时,人体不得触及带电线路。

7.3.3 车辆倒车防撞告警装置

本装置安装在车辆尾部,利用反射的超声波来进行检测报警,提醒司机注意,以保证安全。

一、工作原理

图 7.14 是车辆倒车防撞报警装置的原理框图。这是一体的超声发射与接收装置,发射电路包括超声振荡器、RS 触发器、低频振荡器、计数器等四部分;接收电路包括前置放大与整形、计数器、RS 触发器、报警电路等四个部分。电路不同于一般的超声波发射与接收电路,它采用计数器保证了电路的工作可靠,具有较强的抗干扰性能。

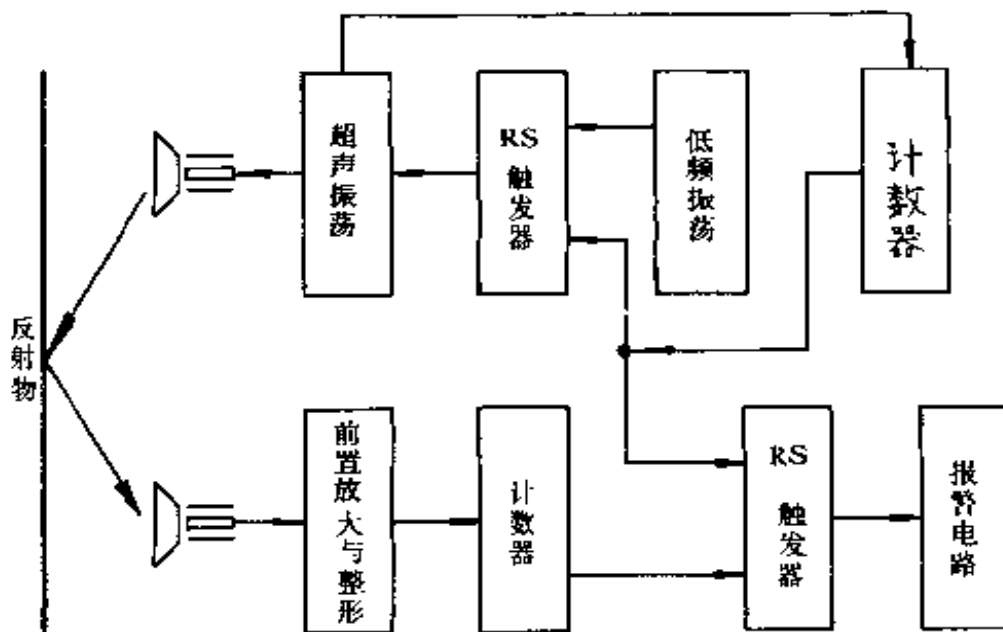


图 7.14 车辆倒车防撞装置框图

图 7.15 是本装置的电原理图。其工作原理大致如下:

D_5 和 D_6 以及 R_3 、 R_4 、 C_2 构成低频脉冲振荡器,输出的正脉冲作用于 RS 触发器的 S 端,将 RS 触发器(由 $\frac{1}{2}$ CD4013 构成,

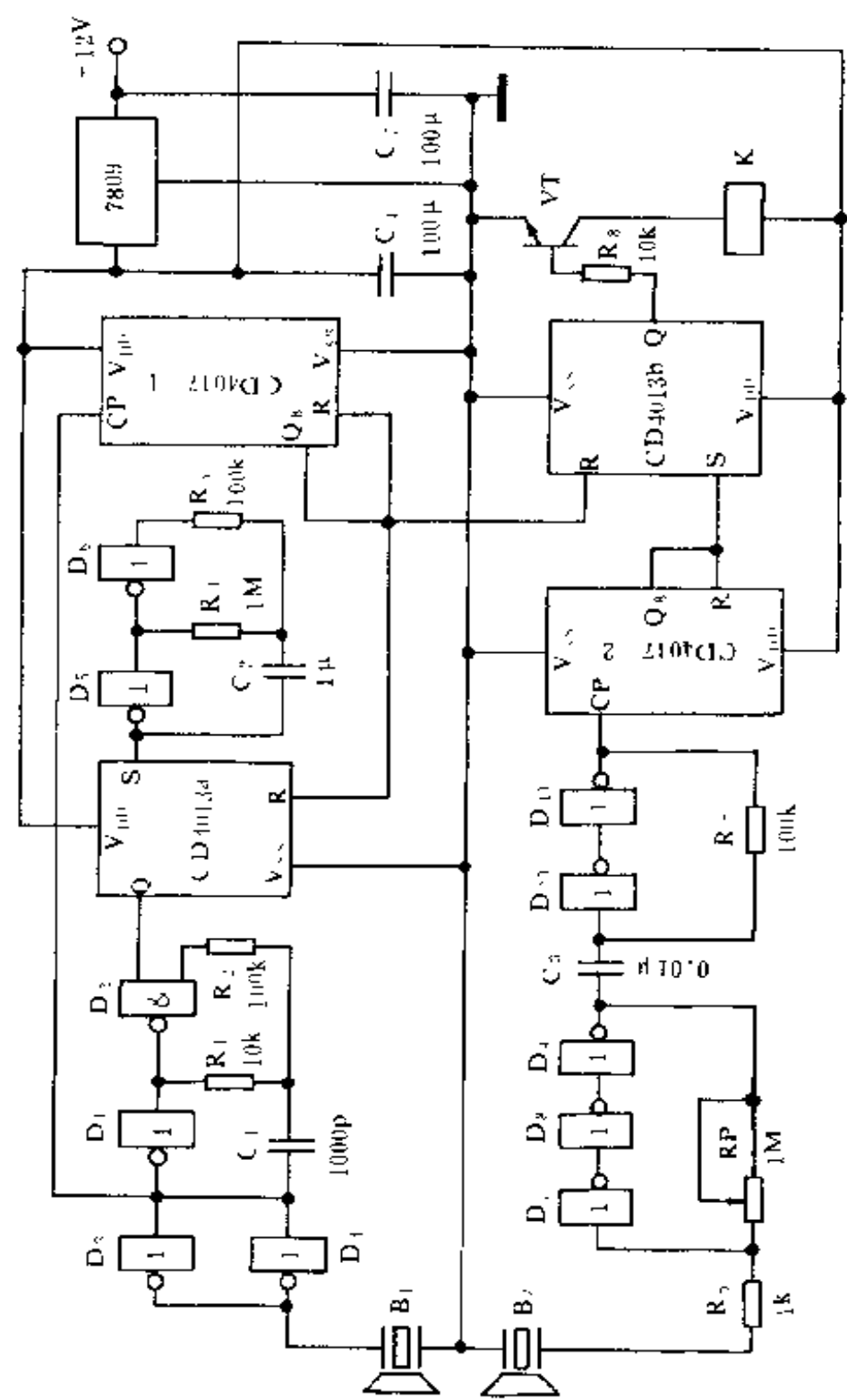


图 7.15 车辆倒车防撞告警装置电路

利用其直接置位与复位端,构成 RS 触发器)置位,Q 端输出高电平。由 D_1 和 D_2 以及 R_1 、 R_2 、 C_1 构成的超声波信号振荡器起振,振荡频率为 40kHz。40kHz 的信号一方面通过非门 D_3 、 D_4 缓冲后驱动超声发射器件 B_1 发出超声波;另一方面作用于十进制脉冲分配器 CD4017-1 的 CP 端,使其作加计数,其输出端 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出高电平,当 Q_8 输出高电平时,CD4017-1 自行清零,同时, Q_8 端输出一个正向窄脉冲,作用于 RS 触发器的 R 端,使 CD4013a 复位,Q 端变为低电平, D_1 和 D_2 等构成的超声振荡器停振。另外,CD4017-1 的 Q_8 端的正向窄脉冲,也同时作用于接收电路中由 CD4013b 构成的 RS 触发器的复位端 R,使其复位。发射电路发出一组八个脉冲的超声波,完成一个发射周期,其实,此过程极短。

超声接收器件 B_2 收到超声信号后(有反射物时),将其转换为电信号并通过由 CMOS 非门 $D_7 \sim D_9$ 以及 R_5 、 R_6 构成线性放大器进行放大,放大倍数 $A_v \approx -\frac{R_6}{R_5}$,改变 R_6 阻值,即可调节放大倍数,也就可以调节接收灵敏度,从而可以调节反射距离。放大后的信号经 C_3 耦合给 D_{10} 和 D_1 以及 R_7 构成施密特触发器进行整形,将信号变为边沿比较陡直的逻辑脉冲。整形后的脉冲作用于十进制脉冲分配器 CD4017-2 的 CP 端,使其作加计数,当接收到发射电路发来的一组八个脉冲后,CD4017-2 的 Q_8 输出高电平。一方面,由于 Q_8 与其自身的清零端 R 相连,将 CD4017-2 清零;另一方面, Q_8 输出一个正向窄脉冲,作用于 CD4013b 构成的 RS 触发器的置位端 S,使其 Q 端输出高电平,经 R_8 和 C_4 积分后使 VT 导通,继电器 K 吸合,使报警器报警。之后整个电路重复上述工作过程。

如果无反射物,则超声接收电路中的计数器 CD4017-2 无

计数脉冲,其 Q_2 也不会输出正脉冲,CD4013b 构成 RS 触发器的 S 端无置位脉冲,而只有 CD4017-1 送到 R 端的复位脉冲,因此,CD4013b 的 Q 端输出低电平,不报警。

由于电路采用了计数器来检测超声波信号,从而大大提高了抗干扰能力,具有较好的可靠性。

电源采用车辆电瓶的 12V 电源,经集成三端稳压器稳压后向本装置供电。

二、元件选用

$D_1 \sim D_{11}$ 用两片 CMOS 六非门 CD4069 或 74HC04。RS 触发器用一片 CMOS 双 D 触发器 CD4013,发射与接收部分各用一半。计数器用 CMOS 十进制脉冲分配器 CD4017。VT 用 CS9013, $\beta \geq 50$ 。K 用 HG4300 系列继电器。超声发射器件用 PKMJ-40S,超声接收器件用 PKMJ-40R,为密封型,非常适合用于车辆。

三、安装调试

本装置安装于车辆尾部, B_1 和 B_2 相距 30~50mm,并排安装,面向车尾外部,安装高度视车辆而定。

调试比较简单,在 B_1 和 B_2 前用一挡板作反射物,距离 2m 左右,调 R_2 使继电器刚好吸合即可。

7.3.4 超声波多普勒效应防盗报警器

当超声波声源与接收器和传播媒质之间有相对运动时,接收器接收到的超声波的频率会与声源所发出的超声频率有所不同,这一现象称为多普勒效应。相对运动速度愈大,频率变化也愈大。多普勒效应广泛应用于超声波测量与超声波控制,如运动目标的探测、流量的测试等。这种防盗报警器能对运动目标进行探测,尽管声源与接收器之间无相对运动,但是,当有人或物体

运动时,反射到接收器的超声波频率将会发生变化,接收器将这种频率的变化检测出来,实现报警。

一、电路工作原理

图 7.16 为报警器电路。由发射及接收两部分构成。

发射电路由 VT_1 和 VT_2 等构成。 VT_1 和 VT_2 与超声波发射器 B_1 构成强反馈稳频振荡电路。这种电路非常简单,且容易起振。超声波发射器 B_1 既是反馈选频器件又是发射换能器件。振荡器能够非常稳定地工作于 B_1 的中心频率 f_0 上。

如果所发射的 40kHz 的超声波遇到移动的人体,由于多普勒效应,人体反射回来的超声波的频率将发生偏移。这样,接收器接收到的是 40kHz 和偏移频率两个信号的差频——拍频。当超声接收器件收到 40kHz 和因多普勒效应而产生的偏移频率的信号时,经运算放大器 $\mu A741-1$ 进行高增益放大后,由二极管 VD_2 和电容 C_4 进行整流滤波,将 40kHz 信号滤掉,而将多普勒信号(拍频信号)检出。拍频信号的频率一般较低。拍频信号直接耦合到 $\mu A741-2$ 进行放大。 $\mu A741-1$ 和 $\mu A741-2$ 均为单电源运用, R_5 和 R_6 构成偏置分压器,向 $\mu A741-1$ 的同相输入端提供 1/2 电源电压的偏置,由于 $\mu A741-2$ 与它是直接耦合,故也被偏置在 1/2 电源电压。经 $\mu A741-2$ 放大后的信号,由 VD_3 和 VD_4 进行半波整流,变为直流电压,作用于 $\mu A741-3$ 构成电压比较器。比较电压由 RP 设定,调节 RP 即可改变比较电压,也就可以改变接收灵敏度。当 $\mu A741-3$ 的同相输入端信号大于反相输入端设定的电压时,它输出高电平,此高电平作用于 D 触发器 CD4013 的 CP 端,CD4013 构成单稳态触发器,时间约 1min。当 Q 端输出高电平时,由 D_1 和 D_2 等构成的音频振荡器起振,产生约 2.2kHz 的音频信号,由非门 D_3 、 D_4 推挽驱动压电蜂鸣器 B_3 发出报警声。

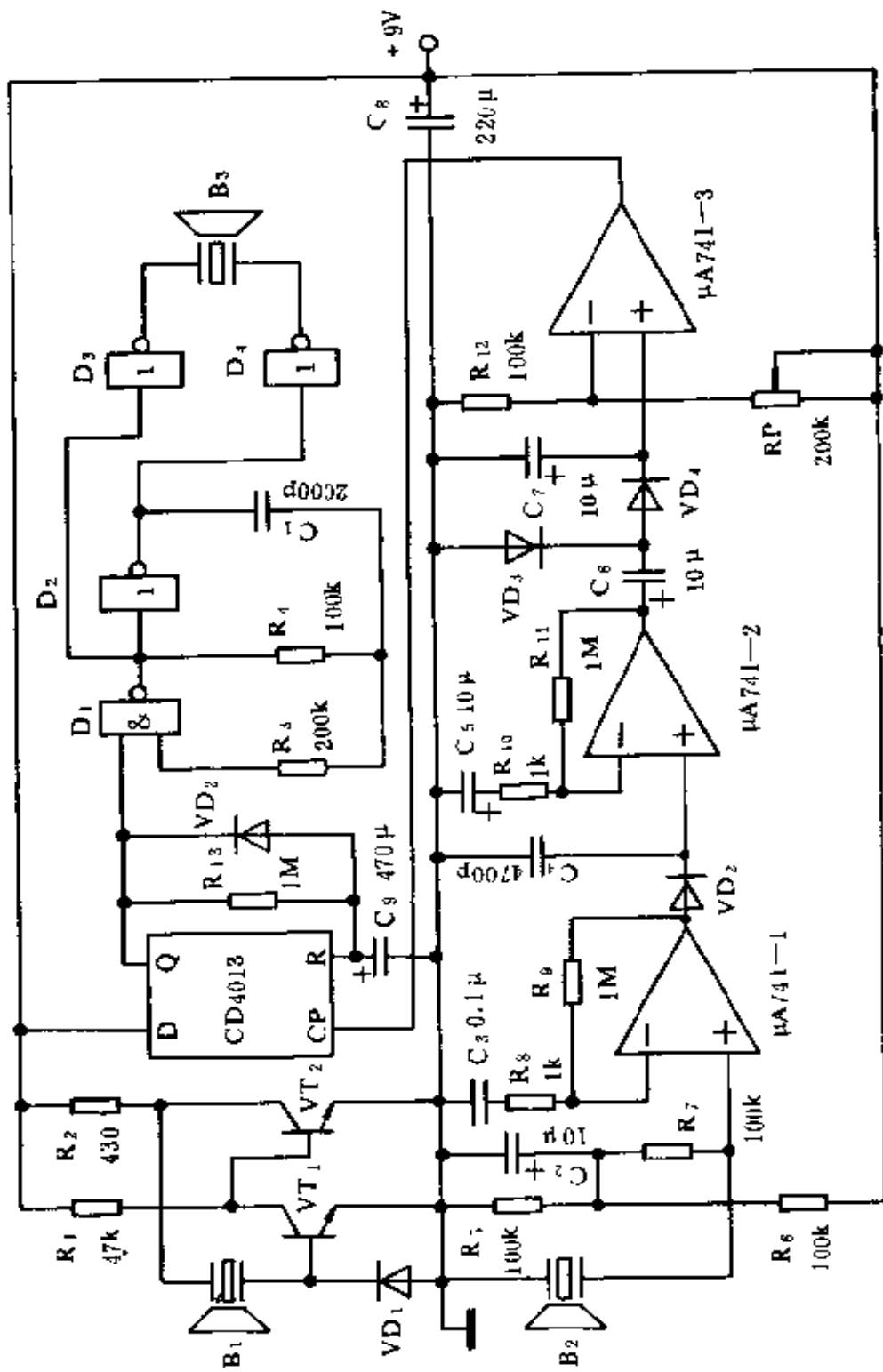


图 7.16 超声波多普勒效应防盗报警器

二、元件选用

B_1 和 B_2 用 MA40L 系列超声传感器。 B_3 用 FT-41-22TA 型压电蜂鸣器。 VT_1 和 VT_2 用 CS9014, $\beta \geq 100$ 。运算放大器也可用一片四运放 LM324 代用。门电路用一片 CD4011。

三、调试

调试时,用一挡板在报警器前来回移动一下,调节 RP,使 $\mu A741-3$ 输出高电平即可。监测距离一般可达 3m 以上。

本装置为一体化电路,可将其安装在房间的适当位置,并要求超声波收发器件朝外。

7.3.5 亚超声波遥控开关

超声气笛发出的声波频率约为 18kHz 亚超声波。利用它构成的遥控器,发射器非常简单,且不用电池。

一、工作原理

图 7.17 为超声气笛的结构示意图。它由超声笛和气囊两部分构成。当用手捏一下橡皮气囊时,具有一定压力的脉冲气流,通过气口送入超声笛,再通过狭缝时被加速冲出气笛,冲击刀口产生空腔谐振。于是从楔形口中辐射出频率为 18kHz 左右的超声波。

图 7.18 为接收电路。 B 为压电陶瓷片,其谐振频率为 $20 \pm 1.5\text{kHz}$ 。与超声气笛发出的亚超声波频率非常接近。结型场效应管 VT_1 及 L 、 C_1 等构成 18kHz 选频放大器。放大后的信号再经 VT_2 等进一步放大,再由 VD_1 、

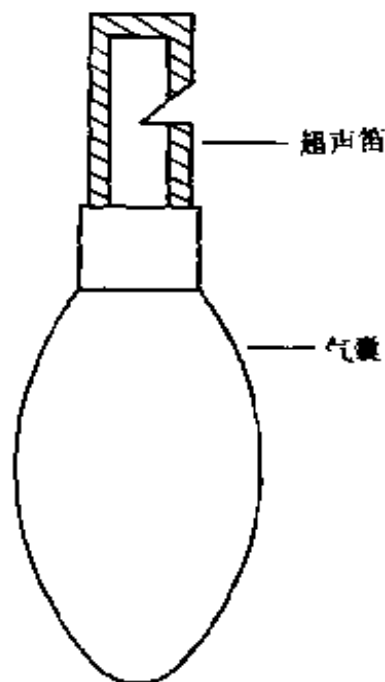


图 7.17 超声气笛示意图

VD₂ 进行半波整流,变为直流电压,作用于 VT₃ 的基极,使其导通,VT₃ 集电极输出一个负脉冲。此负脉冲触发由 VT₄ 和 VT₅ 等构成的双稳态触发器,使其翻转,最终实现开关控制。接收电路的电源,读者可自行设计。

二、元件选用

接收电路中,VT₁ 和 VT₂ 用 3DJ6 或 3DJ7。VT₃~VT₅ 用 CS9013,β≥100。L 选用 2.5mH 电感。VD₁~VD₄ 用 IN4148。继电器 K 用 HG4123 系列小功率继电器。

7.3.6 超声波数字测距仪

这种超声波数字测距仪,能够测量 0.2~5m 的距离,并由数码显示器显示出来。测量精度为 2%。

一、工作原理

超声波数字测距仪的原理如图 7.19 所示。它由时钟电路、微分及整形电路、超声波发射电路、超声波接收放大电路、RS 触

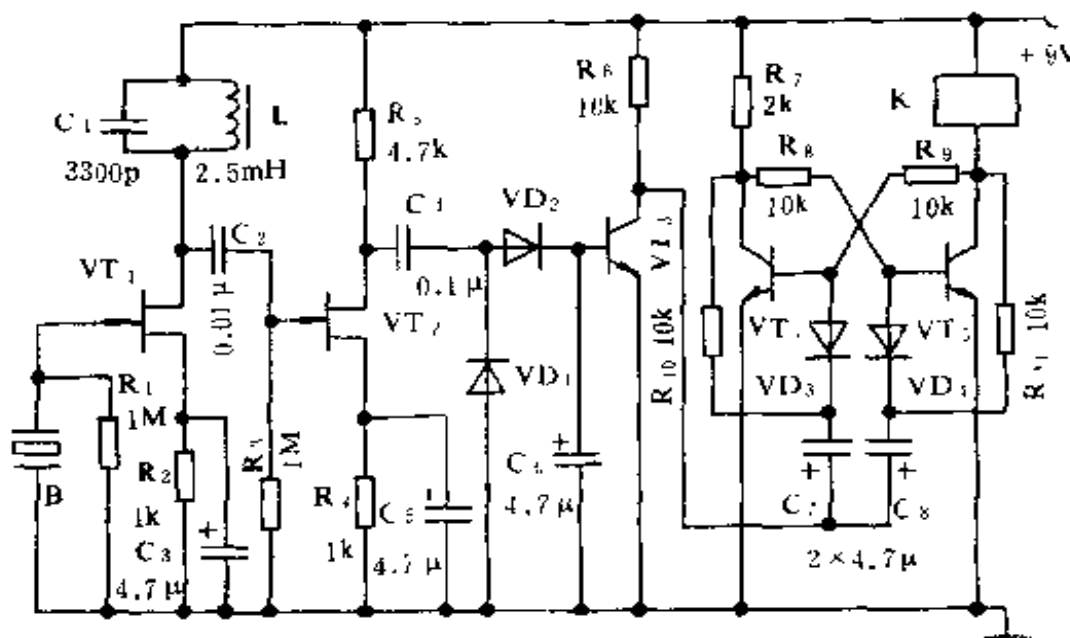


图 7.18 接收电路

发器以及计数与显示电路组成。时钟电路向整个测距仪提供基准时钟,协调各部分工作。超声波发射电路发射频率为 40kHz 的超声波,每次发射包含 10 个脉冲。当发第一个超声波脉冲时,RS 解发器置位,RS 触发器使计数显示电路开始计数,在检测到第一个反回脉冲的瞬间,RS 触发器复位,使计数显示电路停止计数,并将计数器所计脉冲换算为长度由显示器显示出来。

图 7.20 为超声数字测距仪的电原理图。

测距仪的时钟电路由 CD4060 构成。它是 14 位二进制计数/分频器,图 7.21 是 CD4060 的内部逻辑电路。它由两部分构成,一部分是分频器,另一部分是振荡器。分频器是由 T 型触发器组成的 14 级二分频器。其中 $Q_1 \sim Q_{10}$ 以及 $Q_{12} \sim Q_{14}$ 分别引出了各分频器的输出端, Q_1 端为 2^1 分频; Q_5 端为 2^5 分频……。振荡器由内部门电路 D_1 和 D_2 及外接阻容元件构成。R 为清零端,当 R 端有正脉冲或高电平作用时,各输出端均为“0”,同时迫使振荡器停振。

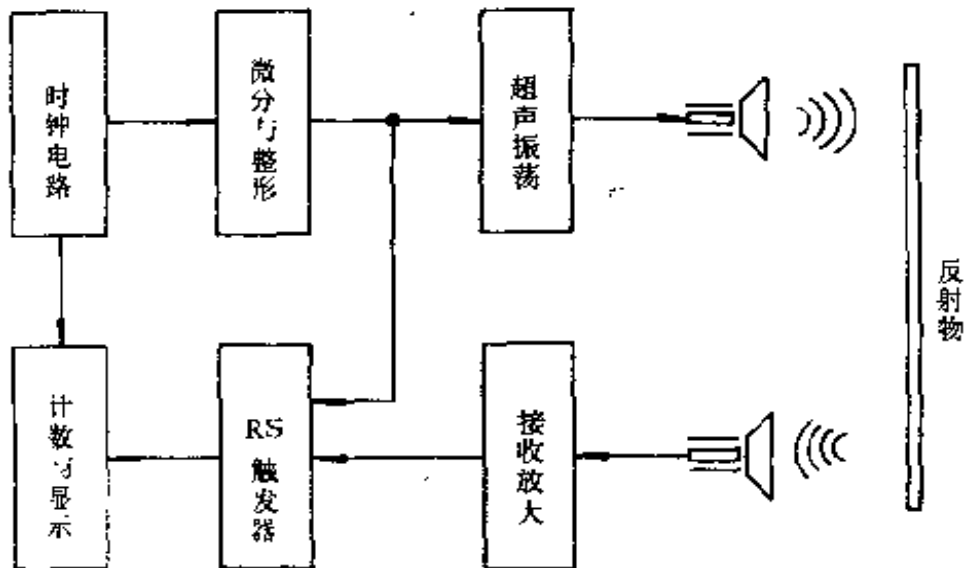


图 7.19 超声测距仪原理框图

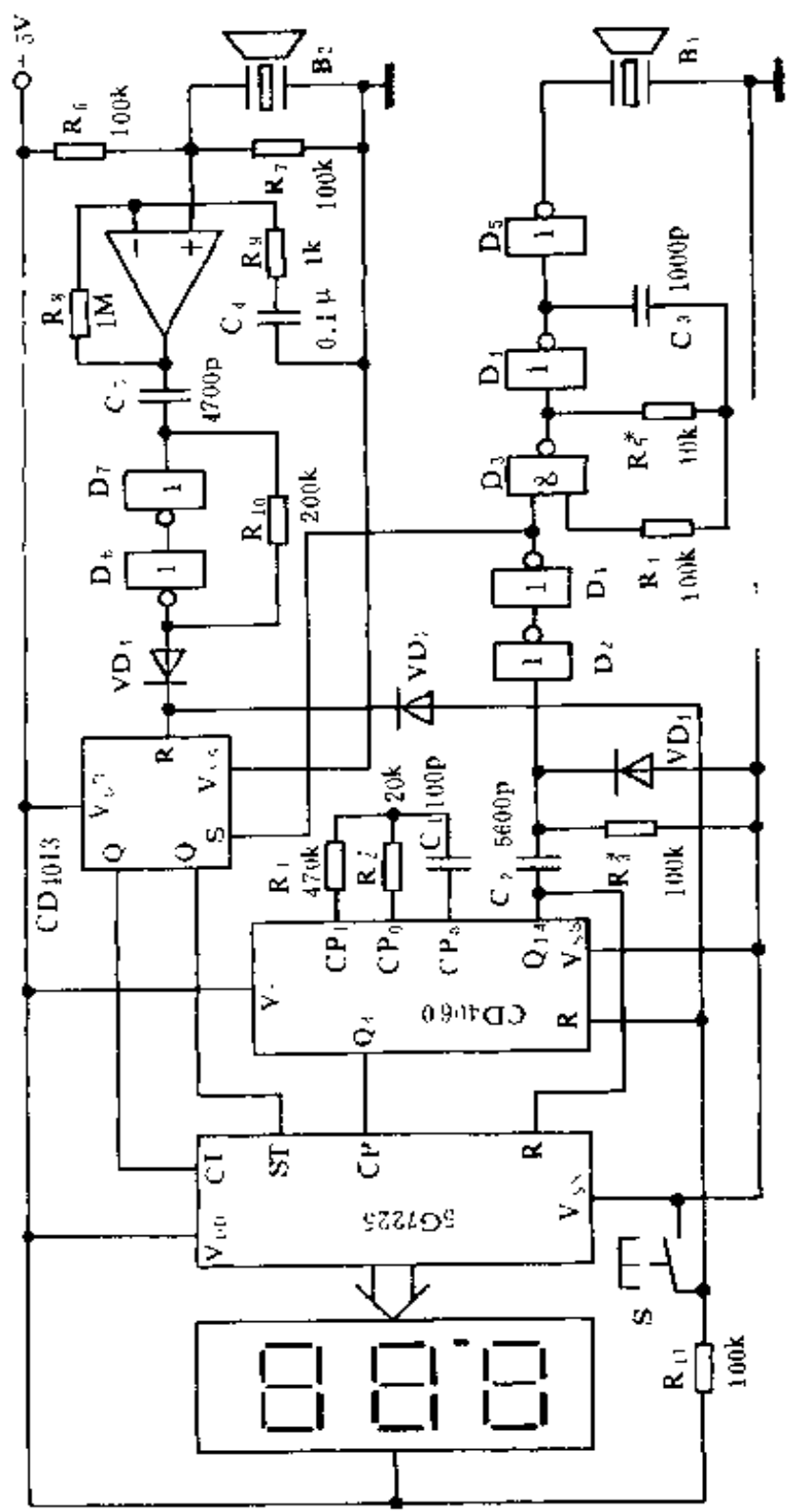


图 7.20 超声数字测距仪电原理图

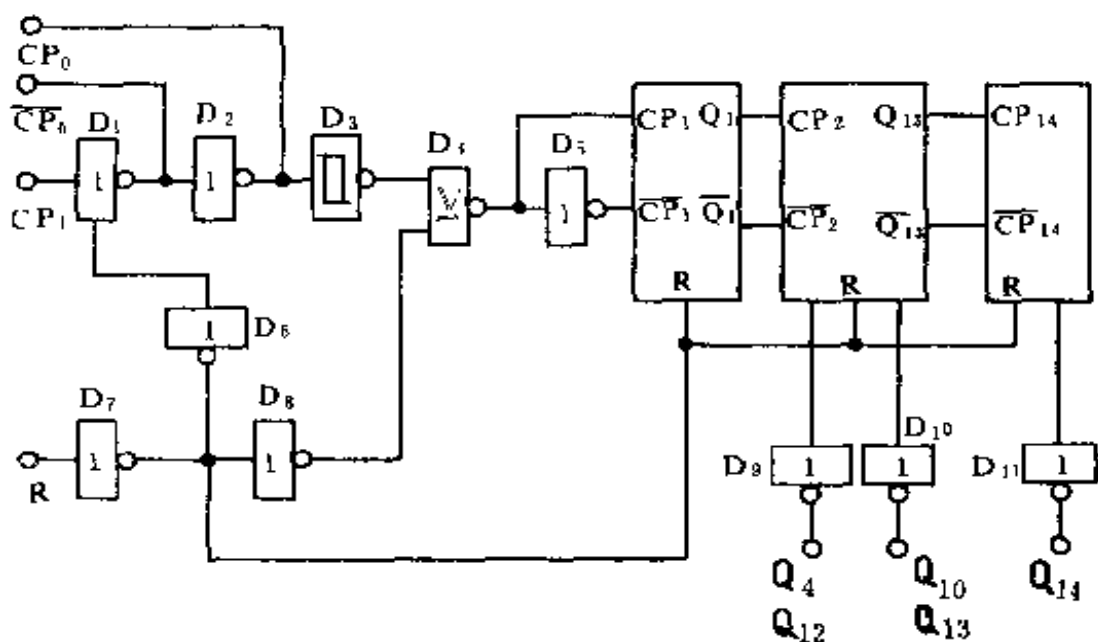


图 7.21 CD4060 内部逻辑电路

由 CD4060 的 D_1 和 D_2 构成的时钟振荡器的频率为 272.8kHz。经内部 2^4 分频，在 Q_4 端便得到 $272.8 \div 2^4 = 17.05\text{kHz}$ 的脉冲信号，此脉冲信号即是供 $4\frac{1}{2}$ 位计数译码器 5G7225 计数的时钟脉冲（关于 5G7225 本书第三章曾有介绍）。

由于时钟脉冲的频率为 17.05kHz，而声波在正常大气情况下的传播速度为 341m/s，因此，一个时钟周期超声波所传播的距离为：

$$d = 341 \times \frac{1}{17.05 \times 10^3} \approx 0.02\text{m}.$$

但声波传送到反射物，又从反射物反射到接收器，所传播的距离为 2 倍的测量距离，因此，一个时钟周期所测距离为 0.01m。这就是说，当超声波发射器开始发射脉冲到接收器接收到脉冲所经历的这段时间内，计数所计脉冲即是发射器与反射物之间的距离。

从 CD4060 的 Q₁₄ 端输出时钟脉冲的频率约为 16Hz, 其高电平宽度约为 35ms, 经 C₁ 和 R₅ 微分变为正向尖脉冲, 再由 D₁ 和 D₂ 整形, 变为高电平宽度为 0.25ms 的脉冲信号。一方面, 使由 D₃ 和 D₄ 构成的超声振荡器产生 0.25ms 的振荡。这样经 D₅ 驱动超声发射器发出的超声波, 含有 $0.25 \times 40 = 10$ 个脉冲。另一方面, 使由 CD4013 构成的 RS 触发器置位, 其 Q 端输出高电平“1”, 作用于计数译码器 5G7225 的计数禁止端 \overline{CI} , 使其开始计数, 5G7225 的时钟输入端 \overline{CP} 开始接受 CD4060 的 Q₄ 端的 17.05kHz 的脉冲信号。

当超声波由反射物反射回来时, 由超声波接收器 B₂ 转换为电信号, 经 $\mu A741$ 构成的放大器进行放大后, 再由 D₆ 和 D₇ 等构成的施密特整形器整形变为边沿陡直的矩形脉冲, 第一个脉冲即将 CD4013 置位(此时其 S 端已为零电平), 其 Q 端变为低电平, 使 5G7225 禁止计数, 同时 CD4013 的 \overline{Q} 端输出高电平, 作用于 5G7225 的锁存控制端 \overline{ST} , 将计数结果锁存, 随后, CD4060 的 Q₁₄ 端变为低电平, 将 5G7225 计数器清零, 完成一个测量周期。5G7225 计数器清零后, 对锁存器内容无影响, 故显示器仍显示上一次测量的结果。

当 CD4060 的 Q₁₄ 变为高电平时, 5G7225 退出清零状态, RS 触发器置位, 电路重复上述工作过程。

S 为测量按钮, 平时不按 S 时, CD4060 的清零端 R 通过 R₁₁ 接高电平, 其各输出端均为零, 振荡器也被迫停振, 由于 CD4060 的 Q₁₄ 输出零, 故将 5G7225 计数器清零, 又因高电平通过 R₁₁ 和 VD₂ 作用于 CD4013 的 R 端, 其 $Q = 0, \overline{Q} = 1$, Q 端使 5G7225 禁止计数, 而 \overline{Q} 端使其锁存器处非锁存状态, 故显示器显示“0”。VD₂ 和 VD₃ 为隔离二极管。

当对准测量目标后, 按下 S 即可读出测量距离。

二、元件选用

D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_6 、 D_7 用一片 CD4069。 D_4 、 D_5 用一片 CD4011。RS 触发器用一片 CD4013, 仅用一半。数码显示器用共阳极 LED 数码管, 在百位和十位之间“点”一小数点, 这样显示结果是以“m”为单位的。 B_1 和 B_2 分别用 MA40LIR 和 MA40LIS。

三、调试

首先, 校正超声振荡器的 40kHz 频率。调 R_5 , 使 D_1 输出信号频率为 40kHz。若无频率计, 可将一块电流表串在电源回路中, 调 R_5 , 使电流最大, 约为 10mA, 此时认为振荡频率与 B_1 的中心频率相符。

然后, 校正时钟频率。调节 R_2 , 使 CD4060 的 CP_0 端输出脉冲的频率为 272.8kHz, 或使其 Q_4 端输出脉冲频率为 17.05kHz。也可进行现场调试, 即将本测距仪固定在一个与反射面之间的距离为已知的位置上, 按下 S, 调 R_2 , 使显示器显示该距离数值即可。

7.3.7 码分制 4 通道超声波遥控器

码分制超声波遥控中的编解码电路, 完全可以采用第五章所介绍的各种编解码器。本例就说明了这一点。

一、工作原理

图 7.22 为发射电路。MC145026 为控制数据/加密地址编码器。地址编码线 $A_1 \sim A_5$ 可以随意设定。 $A_5/D_0 \sim A_9/D_3$ 输入四路控制数据。其工作过程如下:

当按动 $S_1 \sim S_4$ 中任何一键时, $A_5/D_0 \sim A_9/D_3$ 中对应的输入端有高电平输入; 同时, 或非门 D_5 输出低电平并作用于 MC145026 的启动端 \overline{TE} , 使其编码输出端 D_0 输出控制数据及加密地址编码脉冲。此编码脉冲作用于由 D_1 和 D_2 等构成的可

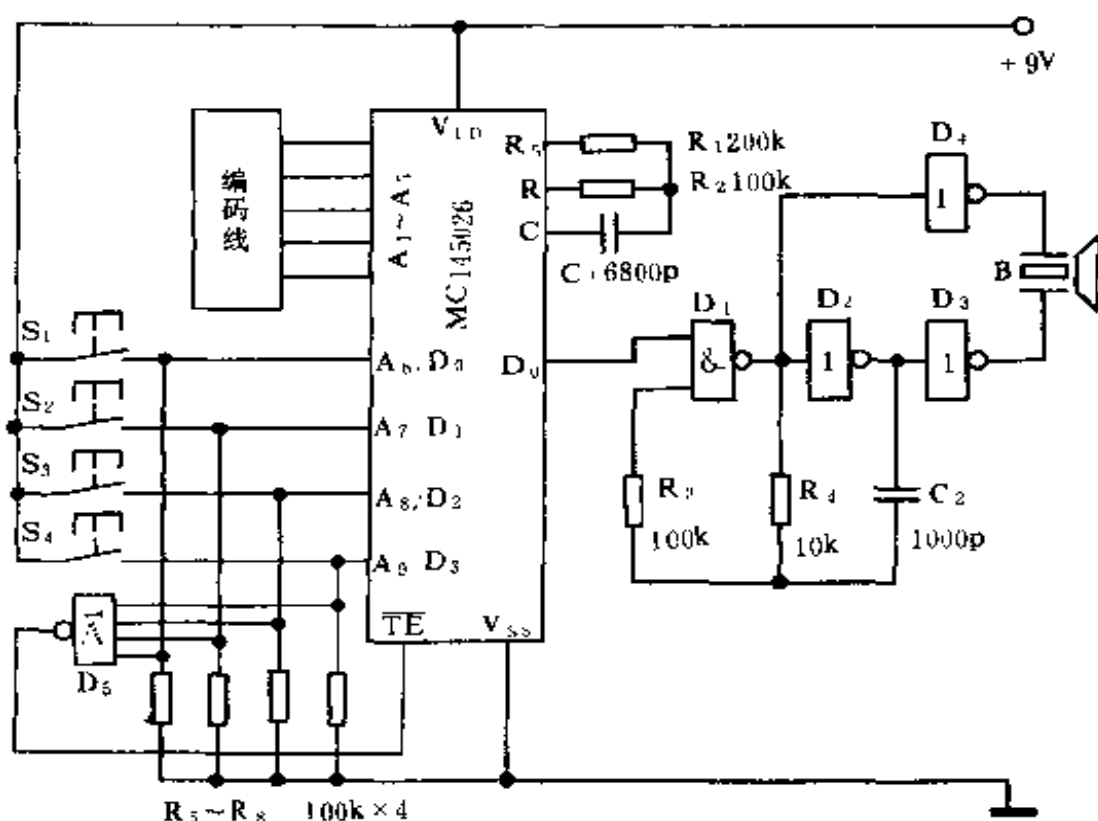


图 7.22 发射电路

控振荡器的控制端(即与非门 D_1 的 A 输入端),使振荡器产生由编码脉冲调制的 40kHz 的编码调制脉冲。编码调制脉冲经非门 D_3 和 D_4 推挽驱动超声发射器件 B,发出超声信号。

图 7.23 为接收电路。超声接收器 B 收到的超声信号,经 $\mu\text{A}741$ 构成的同相放大器放大后,送入锁相环译码器 LM567 的输入端 3 脚。LM567 在此的作用是脉冲解调,将编码器发出调制编码脉冲还原为编码脉冲。LM567 的 8 脚输出的编码脉冲,加到控制数据/加密地址解码器 MC145027 的 D_1 端。

MC145027 的加密地址编码端 $A_0 \sim A_5$ 与发射电路中 MC145026 的 $A_0 \sim A_5$ 所设定的状态一致。当接收电路收到超声编码信号时,MC145027 的控制数据输出端 $D_0 \sim D_3$ 将输出与 MC145026 中 $A_6/D_0 \sim A_9/D_3$ 输入的数据相同的控制数据。

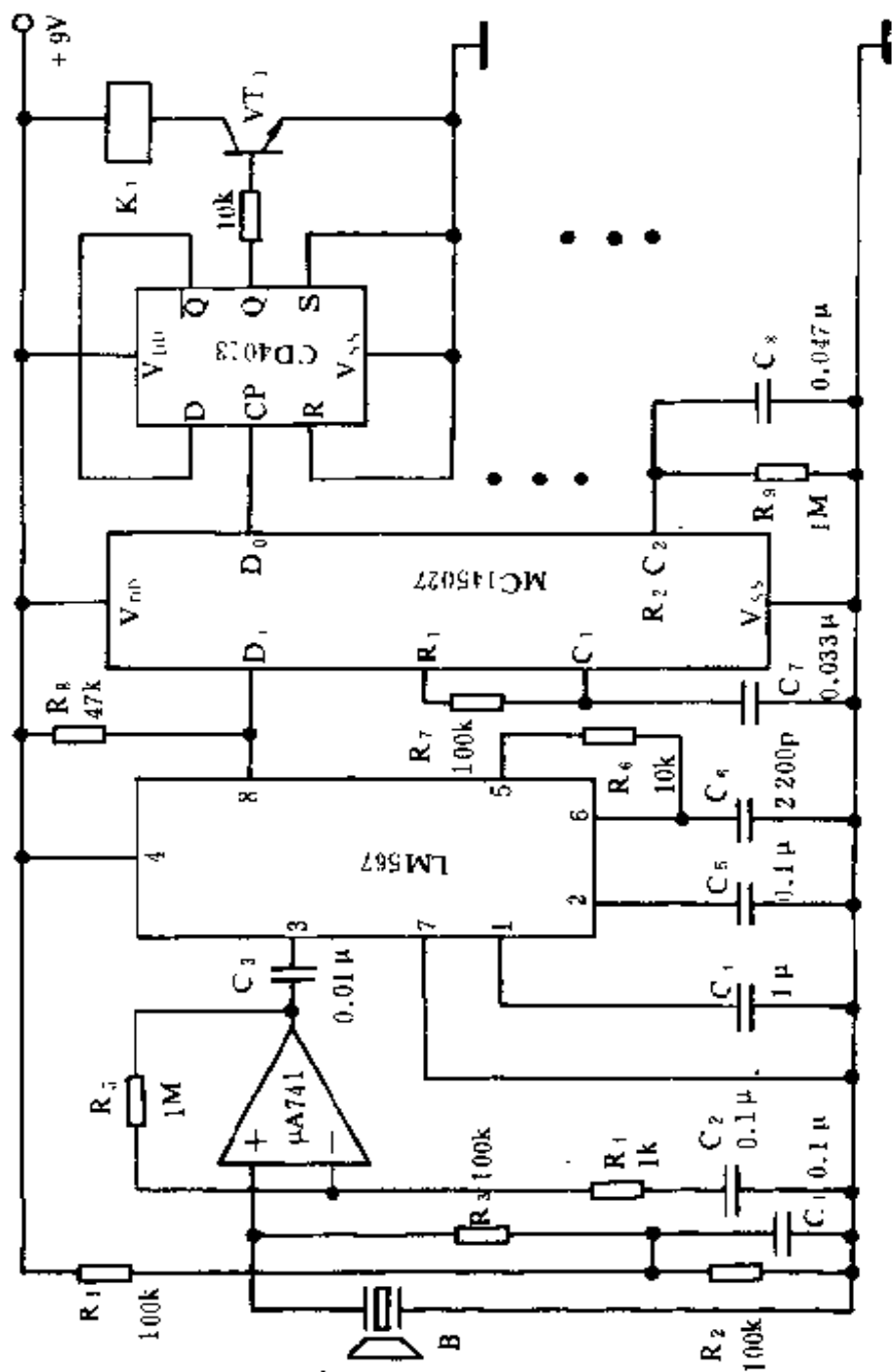


图 7.23 接收电路

MC145027 输出的控制数据作用于由 D 触发器构成的双稳态电路,使其翻转,最后由继电器来执行各种控制指令。

图中仅画出了一路双稳态及执行电路,其余三路与此相同。

二、元件选用

发射电路中, $D_1 \sim D_4$ 用 CD4011。 D_5 用 CD4002。 $S_1 \sim S_4$ 用 $5 \times 5\text{mm}$ 轻触开关,也可用导电橡胶按动开关。B 用 SE05B-40T 型超声发射器。发射器采用一块 9V 叠层电池。

接收电路中,B 用 SE05B-40R 超声接收器。构成双稳态电路的 D 触发器用两片 CD4013 双 D 触发器。继电器 $K_1 \sim K_4$ 用 JZC22-FA 系列小型继电器。

三、调试

首先,调试发射电路。将 D_1 的 A 输入端与 MC145026 脱离,并接高电平,调 R_1 ,使 D_1 和 D_2 构成的振荡器频率为 40kHz。若无频率计可按 7.3.6 中的调试方法进行调试。然后,将发射器与接收器相距 5~7m,调接收电路中的 R_6 ,使 LM567 的 8 脚变为低电平即可。

电路其它部分不用调试即可正常工作。

附录 1 常用红外发光二极管性能参数

附表 1-1 HG410 系列红外发光二极管

参数 型号	正向工作电流 $I_F(\text{mA})$	反向漏电流 $I_R(\mu\text{A})$	反向耐压 $U_R(\text{V})$	发射功率 $P_0(\text{mW})$	正向压降 $U_F(\text{V})$
HG411(5GL)	30	≤ 50	≥ 5	1~1.5	≤ 1.5
HG412	30	≤ 50	≥ 5	1.5~2	≤ 1.5
HG413	30	≤ 50	≥ 5	2~2.5	≤ 1.5

附表 1-2 HG500 系列红外发光二极管

参数 型号	正向工作电流 $I_F(\text{mA})$	发射功率 $P_0(\text{mW})$	正向压降 $U_F(\text{V})$	发光波长 $\lambda_0(\mu\text{m})$	带宽 $\Delta\lambda(\mu\text{m})$
HG501	200	10~20	1.6~1.8	0.93	< 0.04
HG502	200	20~30	1.6~1.8	0.93	< 0.04
HG503	200	30~40	1.6~1.8	0.93	< 0.04
HG504	200	40~50	1.6~1.8	0.93	< 0.04
HG505	200	50~70	1.6~1.8	0.93	< 0.04
HG506	200	70~100	1.6~1.8	0.93	< 0.04

附表 1-3 HG520 系列红外发光二极管

参数 型号	正向工作电流 $I_F(\text{A})$	发射功率 $P_0(\text{mW})$	正向压降 $U_F(\text{V})$	发光波长 $\lambda_0(\mu\text{m})$	带宽 $\Delta\lambda(\mu\text{m})$
HG521	3	100~150	≤ 2.0	0.93	< 0.04
HG522	3	150~200	≤ 2.0	0.93	< 0.04
HG523	3	200~250	≤ 2.0	0.93	< 0.04
HG524	3	250~300	≤ 2.0	0.93	< 0.04

续表

参数 型号	正向工作电流 I_F (A)	发射功率 P_0 (mW)	正向压降 U_F (V)	发光波长 λ_p (μm)	带宽 $\Delta\lambda$ (μm)
HG525	3	300~400	≤ 2.0	0.93	< 0.04
HG526	3	400~500	≤ 2.0	0.93	< 0.04
HG527	3	500~550	≤ 2.0	0.93	< 0.04
HG528	3	550~600	≤ 2.0	0.93	< 0.04
HG529	3	600~650	≤ 2.0	0.93	< 0.04

附表 1-4 HIR 系列红外发光二极管

参数 型号	正向压降 U_F (V)	反向漏电流 I_R (μA)	发射功率 P_0 (mW)	发光波长 λ_p (μm)	带宽 $\Delta\lambda$ (μm)
HIR405B	≤ 1.5	≤ 10	≥ 6.0	0.94	0.05
HIR305B	≤ 1.5	≤ 10	≥ 9.0	0.88	0.08
HIR405C	≤ 1.5	≤ 10	≥ 6.0	0.94	0.05
HIR305C	≤ 1.5	≤ 10	≥ 9.0	0.88	0.08
HIR403B	≤ 1.5	≤ 10	≥ 3.0	0.94	0.05
HIR303B	≤ 1.5	≤ 10	≥ 5.0	0.88	0.08
HIR403C	≤ 1.5	≤ 10	≥ 3.0	0.94	0.05
HIR303C	≤ 1.5	≤ 10	≥ 5.0	0.88	0.08

附表 1-5 TLN 系列红外发光二极管

参数 型号	正向工作电流 I_F (mA)	正向压降 U_F (V)	发射功率 P_0 (mW)	发光波长 λ_p (μm)	反向漏电流 I_R (μA)
TLN104	60	1.5	> 2.5	0.94	< 10
TLN107	50	1.5	> 1.5	0.94	< 10

附表 1-6

LN 系列红外发光二极管

型号 \ 参数	正向工作电流 I_F (mA)	发射功率 P_0 (mW)	正向压降 U_F (V)	发光波长 λ_p (μm)
LN51L	100	3	1.5	0.95
LN51F	100	3	1.5	0.95
LN52	100	3.5	1.6	0.95
LN55	50	1.8	1.5	0.95
LN57	50	3	1.5	0.95
LN58	50	1.8	1.5	0.95
LN51C	100	3	1.6	0.95
LN62S	50	1.5	1.5	0.95
LN65	100	4.3	1.6	0.95
LN66	100	3	1.6	0.95
LN70	75	0.6	1.5	0.91
LN71	75	0.3	1.5	0.91

附录 2 常用光敏二极管与光敏三极管 性能参数

附表 2-1

HPD 系列光敏二极管

型号 \ 参数	反向击穿电压 U_{BR} (V)	暗电流 I_D (nA)	光电流 I_L (μA)	响应波长 λ_p (μm)
HPD711	≥ 30	≤ 30	≥ 50	0.94
HPD712	≥ 30	≤ 30	≥ 50	0.94

附表 2-2

2CU 系列光敏二极管

参数 型号	反向击穿电压 $U_{BR}(V)$	暗电流 $I_D(\mu A)$	光电流 $I_L(\mu A)$	响应波长 $\lambda_p(\mu m)$
2CU1A	10	≤ 0.2	≥ 80	0.88
2CU1B	20	≤ 0.2	≥ 80	0.88
2CU1C	30	≤ 0.2	≥ 80	0.88
2CU1D	40	≤ 0.2	≥ 80	0.88
2CU2A	10	≤ 0.1	≥ 50	0.88
2CU2B	20	≤ 0.1	≥ 30	0.88
2CU2C	30	≤ 0.1	≥ 30	0.88
2CU2D	40	≤ 0.1	≥ 30	0.88

附表 2-3

PN 系列光敏二极管

参数 型号	反向击穿电压 $U_{BR}(V)$	暗电流 $I_D(nA)$	光电流 $I_L(\mu A)$	响应波长 $\lambda_p(\mu m)$
PN300	50	10	30	0.80
PN300F	50	10	5	0.80
PN302C	30	20	10	0.90
PN303	30	50	50	0.90
PN304	50	10	8	0.80
PN313	30	50	35	0.90

附表 2-4

NJ6143A 光敏二极管

参数 型号	暗电流 $I_D(\mu A)$	光电流 $I_L(\mu A)$	耦合电容 $C(pF)$	响应波长 $\lambda_p(\mu m)$
NJ6143A	0.05	40	70	0.94

附表 2-5

HPT 系列光敏三极管

参数 型号	反向击穿电压 $U_{BR}(V)$	暗电流 $I_D(nA)$	光电流 $I_L(\mu A)$	响应波长 $\lambda_p(\mu m)$
HPT605C	≥ 30	≤ 100	≥ 600	0.94
HPT665C	≥ 30	≤ 100	≥ 600	0.94

附表 2-6

PN 系列光敏三极管

参数 型号	反向击穿电压 $U_{BR}(V)$	暗电流 $I_D(nA)$	光电流 $I_L(mA)$	饱和压降 $U_{CES}(V)$
PN101	30	300	1.5	0.4
PN107	20	2000	5	0.6
PN108CL	20	2000	3.5	0.6
PN110	20	2000	0.8	0.6
PN115	20	2000	2	0.6
PN150	20	1000	1	0.5
PN205	20	500	0.2	1.5
PN208	20	500	0.2	1.5

附表 2-7

TLP 系列光敏三极管

参数 型号	反向击穿电压 $U_{BR}(V)$	暗电流 $I_D(\mu A)$	光电流 $I_L(mA)$	饱和压降 $U_{CES}(V)$
TPL104	> 25	< 10	150	< 0.8
TPL107	> 25	< 10	100	< 1

附表 2-8

3DU 系列光敏三极管

参数 型号	反向击穿电压 $U_{BR}(V)$	暗电流 $I_D(\mu A)$	光电流 $I_L(mA)$	响应波长 $\lambda_p(\mu m)$
3DU31	≥ 15	≤ 0.3	≥ 2	0.88

续表

参数 型号	反向击穿电压 $U_{BR}(V)$	暗电流 $I_D(\mu A)$	光电流 $I_L(mA)$	响应波长 $\lambda_p(\mu m)$
3DU32	≥ 45	≤ 0.3	≥ 2	0.88
3DU51	≥ 15	≤ 0.2	≥ 0.5	0.88
3DU52	≥ 45	≤ 0.2	≥ 0.5	0.88
3DU11	≥ 15	≤ 0.3	0.5~1	0.88
3DU21	≥ 15	≤ 0.3	1~2	0.88
3DU34	≥ 30	≤ 0.2	4~6	0.88
3DU5	≥ 30	≤ 0.2	0.5~1	0.88

附录 3 常用超声波传感器性能参数

附表 3-1 MA40LIR/S 型超声传感器

参数 型号	用途	中心频率 (kHz)	灵敏度 (dB/V/Vb)	指向角 (°)
MA40LIR	接收	40	-65	60
MA40LIS	发射	40	96	60

附表 3-2 UCM40R/T 超声传感器

参数 型号	用途	灵敏度 (dB/V/Vb)	中心频率 (kHz)	电容量 (pF)	绝缘电阻 (MΩ)
UCM40R	接收	-65	40	1700	>100
UCM40T	发射	110	40	1700	>100

附表 3-3 EFR-RSB40K 型超声波传感器

参数 型号	用途	中心频率 (kHz)	灵敏度 (dB/V/Vb)	输出声压 (dB)	指向角 (°)
EFR-RSB40K2	发射或接收	40	-60	118	80
EFR-RSB40K3	发射或接收	40	-67	113	75

附表 3-4 EAC-2M 型超声传感器

参数 型号	用途	频率特性 (kHz)	灵敏度 (dB)	阻抗 (kΩ)	电容 (pF)
EAC-2M01A	发射	40~60	106	4	800
EAC-2M02A	接收	40~57	-70	18	180

附表 3-5 T/R 系列超声波传感器

参数 型号	用途	中心频率 (kHz)	灵敏度 (dB)	输出声压 (dB)	电容 (pF)
T/R40-24	T 为发射	40±1	-64	115	2400
T/R40-18	R 为接收	40±1	-64	115	2400
T/R40-16	末尾数字	40±1	-64	115	2400
T/R40-12	代表直径	40±1	-67	112	2500

附表 3-6 SE05B 型超声传感器

参数 型号	用途	中心频率 (kHz)	灵敏度 (dB)	指向角 (°)	电容 (pF)
SE05B-40T	发射	40±1	17±6	40	1400±20%
SE05B-40R	接收	40±1	-56±6	40	1400±20%

附表 3-7

MA 系列超声传感器

参数 型号	用途	中心频率 (kHz)	灵敏度 (dB)	频带宽度 (kHz)	方向性 (°)
MA40LIR	接收	40	-65	±2	50
MA40LIS	发射	40	>110	±2	50
MA40LIA	接收	40	-73	±5	40
MA23LS	接收	23	-70	±3	60

附表 3-8

PKMJ40R/S 型超声传感器

参数 型号	用途	中心频率 (kHz)	灵敏度 (dB)	频带宽度 (kHz)	方向性 (°)
PKMJ40R/S	发射或接收	40	>1	±0.75	70

附录 4 常用小型继电器性能参数

附表 4-1

JRC 系列小型继电器

型号规格	线圈电阻 $\Omega \pm 10\%$	电参数			触点负荷	外形尺寸
		额定电压 V(DC)	吸合电压 V(DC)	释放电压 V(DC)		
JRC-21F (HG4100)						
003	25	3	2.25	0.3	24V(DC)	15×10.2×10mm
006	100	6	4.5	0.6	1A	
009	220	9	6.75	0.9		
012	400	12	9	1.2		
024	1600	24	18	2.4		

续表

型号规格	线圈电阻 $\Omega \pm 10\%$	电参数			触点负荷	外形尺寸
		额定电压 V(DC)	吸合电压 V(DC)	释放电压 V(DC)		
JRC - 22F (HG4102)						
002	5	1.5	1.05		24V(DC)、1A	15.6×10.6× 19.5mm
003	20	3	2.1		110V(AC)、 0.5A	
005	56	5	3.5		或	
006	80	6	4.2		低电平	
009	180	9	6.3		30mV(DC)	
012	320	12	8.4		10mA	
024	1280	24	16.8			

附表 4-2

JZC 系列小型继电器

型号规格	线圈电阻 $\Omega \pm 10\%$	电参数			触点负荷	外形尺寸
		额定电压 V(DC)	吸合电压 V(DC)	释放电压 V(DC)		
JZC - 22FA (HG4123)						
005	70	5	4	0.5	28V(DC)、 10A	22.5×16.5× 16.5mm
006	100	6	4.8	0.6	220V(AC)、 3A	
009	220	9	7.2	0.9		
012	400	12	9.6	1.2		
024	1600	24	19.2	2.4		

续表

型号规格	线圈电阻 $\Omega \pm 10\%$	电参数			触点负荷	外形尺寸
		额定电压 V(DC)	吸合电压 V(DC)	释放电压 V(DC)		
JZC-21FE (HG4130)						
003	25	3	2.25	0.36	28V(DC)	23×17×24.5mm
005	70	5	3.75	0.6	10A	
006	100	6	4.5	0.72	220V(AC)	
009	225	9	6.75	1.08	3A	
012	400	12	9	1.44		
024	1600	24	18	2.88		
048	6400	48	36	5.76		

常用干簧继电器性能参数

附表 4 3

型号规格	接触电阻 (Ω)		额定电压 或电流	吸合电流 (mA)	吸合电流 (mA)	吸合时间 (ms)		释放时间 (ms)		环境温度	触点负荷 (阻性)		寿命 (次)		装 丁 簧 管	
	H	Z				H	Z	H	Z		H	Z				
JAG-2-3 $\frac{H}{Z}$ A			6V	≤ 48		≤ 3.5	≤ 4.5			-10 $^{\circ}$ ~ +55 $^{\circ}$ C	H	24V \times 0.2A(直流)	H	10^7	3	
JAG 2-3 $\frac{H}{Z}$ B			12V	≤ 25		≤ 3.5	≤ 0.5				Z	24V \times 0.1A(直流)	Z	10^6		
JAG-2-3 $\frac{H}{Z}$ C			24V	≤ 15												
JAG-2-4 $\frac{H}{Z}$ A		0.07	6V	≤ 48				≤ 0.1								
JAG-2-4 $\frac{H}{Z}$ B			12V	≤ 25		≤ 4.5	≤ 5.0	≤ 0.8								
JAG-2-4 $\frac{H}{Z}$ C			24V	≤ 15												4

附录 5 常用小容量晶闸管特性参数

附表 5 1 单向晶闸管特性参数

型号	极限值						性能参数						生产厂 或公司	可代用 型号
	$V_{RRM} V_{DRM}$ (V)	$f_{T(AV)}$ (A)	I_{TSM} (A)	P_{GM} (W)	V_{FGM} (V)	I_{FGM} (A)	$I_{RRM} I_{DRM}$ (mA)	V_{TM} (V)	V_{GT} (V)	I_{GT} (mA)	I_H (mA)			
SFOR1	100~400	0.1	4	0.1	5	0.125	0.1	2.5	0.8	0.2	3	东芝	3CT021	
CW12	100~200	0.2	8	0.1	6	0.1	0.01	1.4	0.3	1	3	日立	3CT031	
M21C	200~400	0.2	8	0.1		0.1	0.05	1.6	0.3	1	3	松下		
SFOR3	100~600	0.3	9	0.1	5	0.125	0.1	2	0.3	0.2	4	东芝	3CT041	
CR02AM	50~300	0.3	10	0.1	6	0.1	0.1	1.6	0.3	0.1	3	三菱		
CR03AM	50~600	0.3	20	0.5	6	0.3	0.1	1.8	0.3	0.1	3			
2N6564	300	0.5	6	1	6	1	0.1	1.7	0.8	0.2	5	UNI	3CT051	
2N6365	400													
MCR100	100~600	0.5	10	0.1	5	1	0.1	1.7	0.8	0.2	5	莫托洛拉		

续表

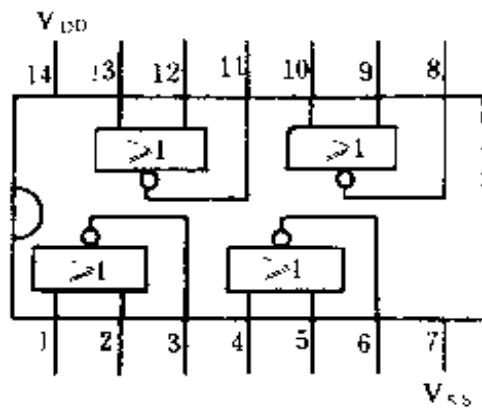
型号	极限值							性能参数							生产厂或公司	可代用型号
	$V_{RRM}V_{DRM}$ (V)	$I_{T(AV)}$ (A)	I_{TSM} (A)	P_{GM} (W)	V_{FGM} (V)	I_{FGM} (A)	$I_{RRM}I_{DRM}$ (mA)	V_{TM} (V)	V_{GT} (V)	I_{GT} (mA)	I_H (mA)					
CR2AM	50~600	2	20	0.5	6	0.3	0.1	1.8	0.8	0.1		三菱	3CT102			
M23C	200~400	2	20	0.5		0.2	0.1	2.2	0.8	1	2	松下				
SF2	100~600	2	20	0.1	5	0.1	0.2	2	0.8	0.2	3	东芝				
CSM2B	200~400	2	20	0.5	6	2	0.01	1.8	0.8	1	1.5	日立				
SF3	100~600	3	60	5	5	3	0.5	1.6	1.5	40	60	东芝				
CSM3B	200~400	3	60	0.5	6	0.2	0.02	2	0.8	1	1.5	日立				
CR3CM	50~600	3	90	0.5	6	0.3	1	1.6	0.2	0.2		三菱				
CR3FM	50~600	3	70	2	6	1	2	1.6	1.5	30	45					
SF5	100~600	5	80	5	5	2	2	1.6	1.5	40	60	东芝				
CSM5B	200~400	5	85	5	6	2	0.1	1.3	1.5	30	25	日立				

附表 5 2

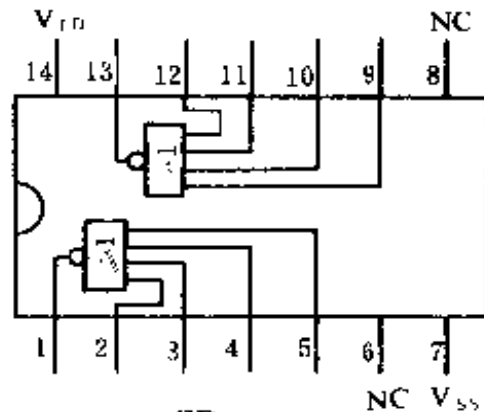
双向晶闸管特性参数

型号	极限值										性能参数										生产 厂或 公司	可代用 型号
	V_{DRM} (V)	$I_{T(RMS)}$ (A)	I_{TSM} (A)	I^2t (A ² S)	P_{GM} (W)	V_{GM} (V)	I_{GM} (A)	I_{DRM} (mA)	V_{IM} (V)	V_{GT} (V)				I_{GT} (mA)				I_H (mA)				
										I	II	IV	I	I	I	II	IV		I	I			II	IV
SMOR5	100~500	0.5	6	0.18	1	6	0.5	0.1	2	2.3	2.3	2.3	2.3	15	30	15	25	25	东芝	3CTS05		
BCR1AM	200~600	1	10	0.4	1	6	1	1	1.6	2	2	2	2	5	10	5	5	5	三菱	3CTS1		
AC03	200~600	3	30	4	3		0.5	1	1.8	1.5	2	1.5	1.5	15	45	15	10	10	日电			
SM3	100~600	3	30	3.6	3	10	2	1	1.5	2		2	2	30		30	25	25	东芝	3CTS3		
FSM3B	200~400	3	30	3.6	1	6	1	0.01	1.85	2		2	2	30		30	20	20	日立			
BCR3AM	200~600	3	30	3.7	3	6	0.5	1	1.5	1.5		1.5	1.5	30		30						
BCR6AM	200~600	6	60	15	5	10	2	2	1.7	1.5		1.5	1.5	30		30			三菱			
FSM6B	200~400	6	74	12	5	10	2	0.1	1.7	1.5		1.5	1.5	30		30	20	20	日立			
BTA06	200~700	6	85	36				0.5	1.5					25	25	25	25	25	汤姆逊			
BTA08	200~700	8	85	36				0.5	1.6					25	25	25	25	25	汤姆逊			
SM8	200~600	8	70	24	5	10	2	2	1.7	3		3	3	50		50	50	50	东芝	3CTS10		
AC08	200~600	8	80	28	5		3	2	1.6	1.5	2	1.5	1.5	30	80	30	30	30	日电			
AC10	200~600	10	80	28	5		3	2	1.4	1.5	2	1.5	1.5	30	80	30	30	30	日电			
FSM10	400	10	95	23	5	10	2	0.1	1.7	1.5		1.5	1.5	30		30	20	20	日立			
BTA10	200~700	10	115	66				0.5	1.45					25	25	25	25	25	汤姆逊			

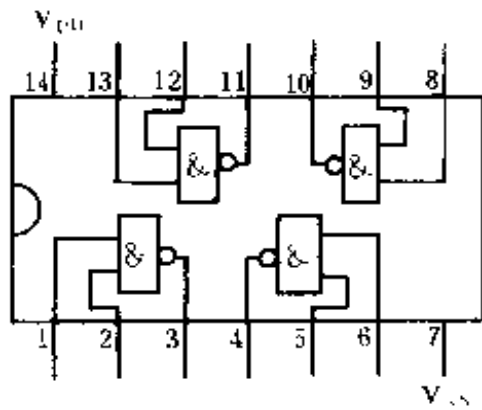
附录6 常用集成电路引线排列



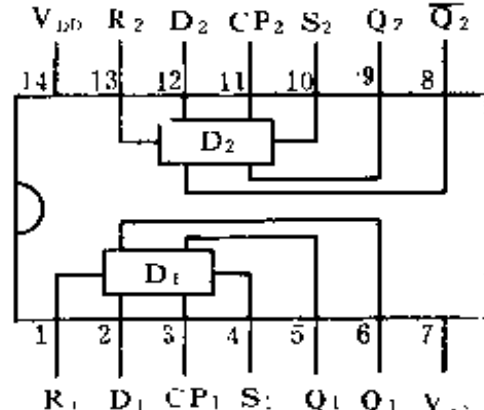
CD4001



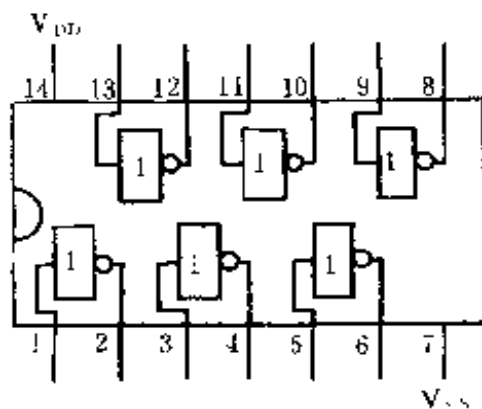
CD4002



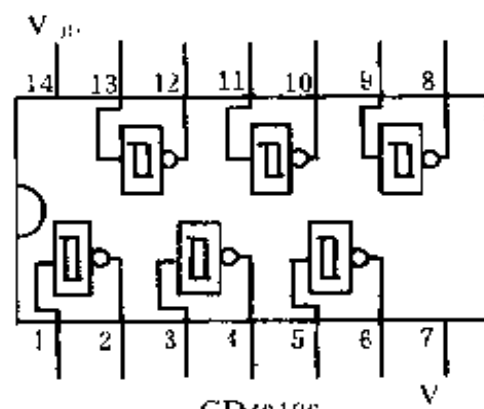
CD4011



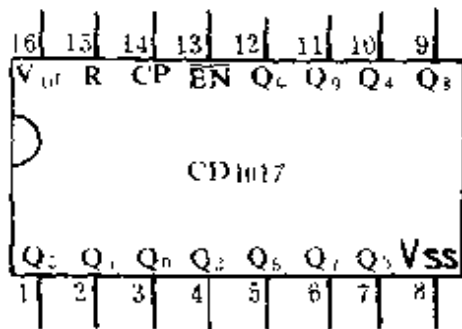
CD4013



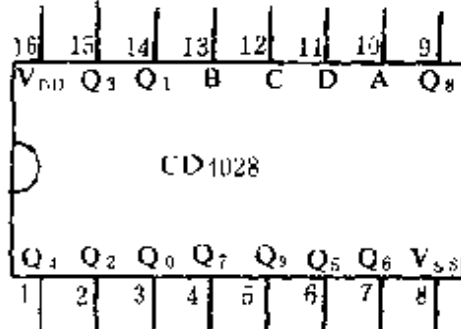
CD4069



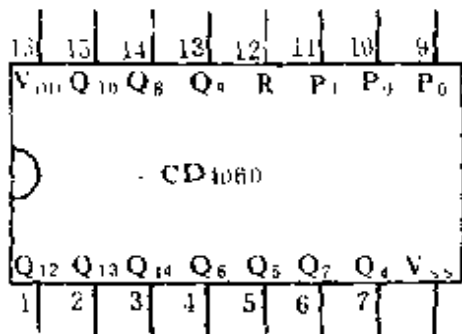
CD40106



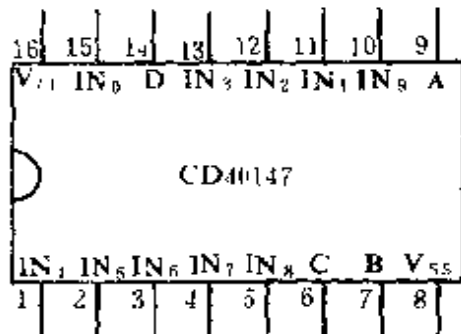
CD4017



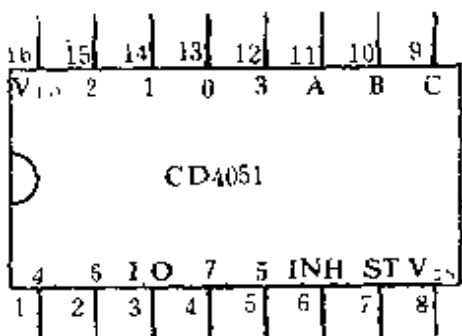
CD4028



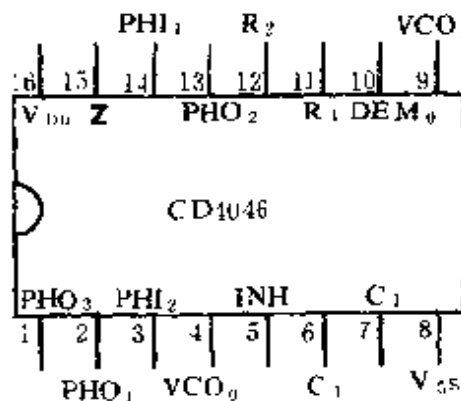
CD4060



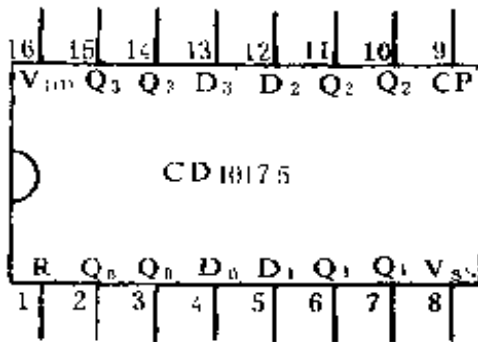
CD40147



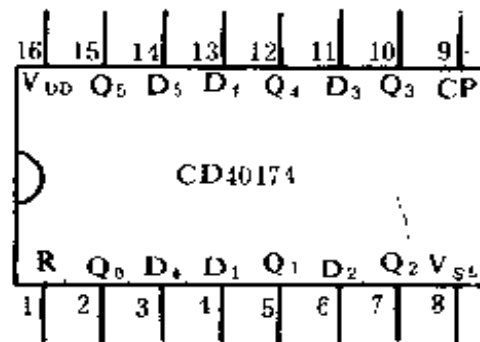
CD4051



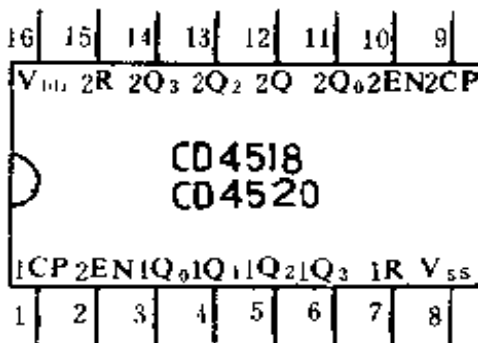
CD4046



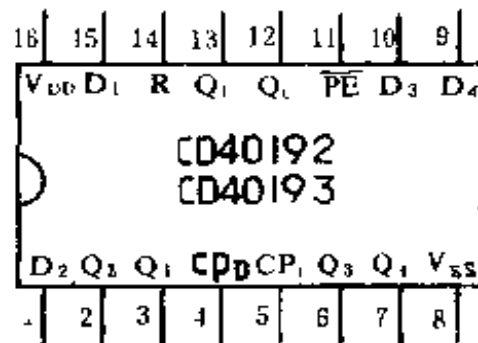
CD40175



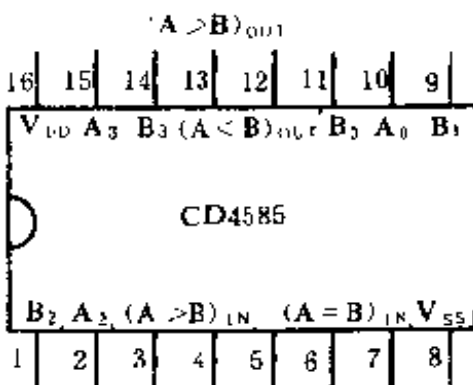
CD40174



CD4518
CD4520

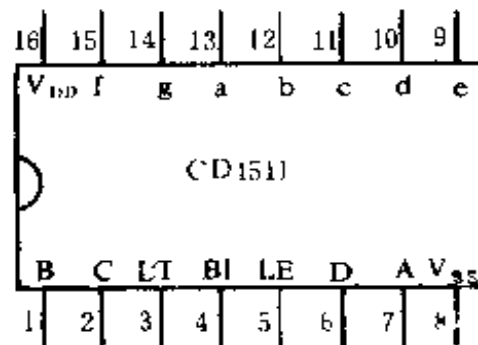


CD40192
CD40193

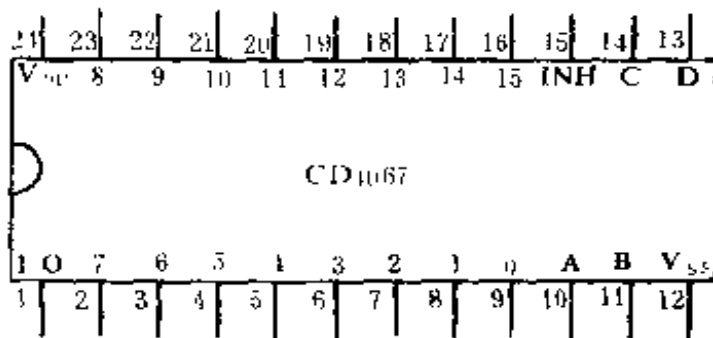


(A = B)_{OUT} (A > B)_{IN} A₁

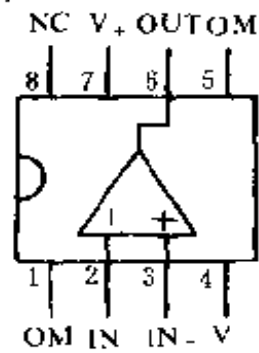
CD4585



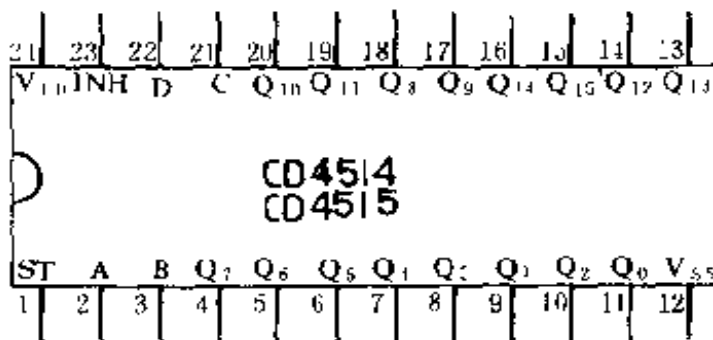
CD1511



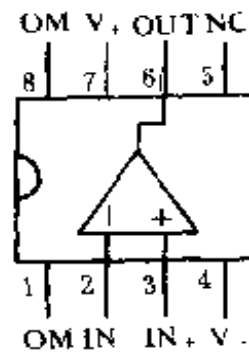
CD1067



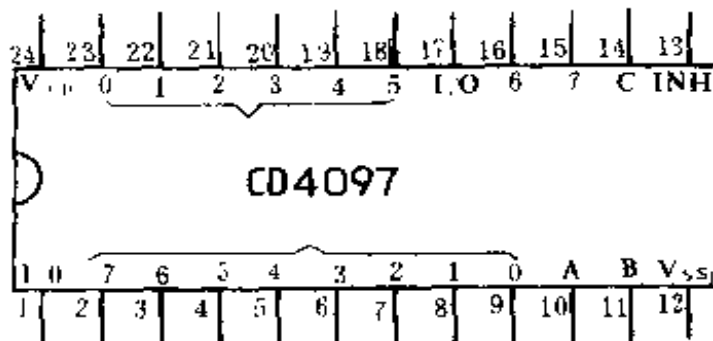
LM741(µA741)



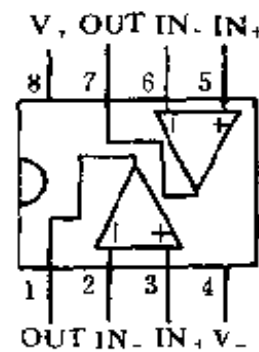
CD4514
CD4515



LM726



CD4097.



LM358

