

普通高等教育“十二五”规划教材

电子技术 应用案例

THE APPLICATION CASES OF
ELECTRONIC TECHNOLOGY

主编 刘玉兰
元玉丽
高荣华

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

电子技术应用案例

THE APPLICATION CASES OF ELECTRONIC TECHNOLOGY

主 编 刘玉兰 亓玉丽 高荣华
副主编 李英建 解统颜 邢 哲



内 容 提 要

本书分为两部分。第一部分为模拟电子技术应用,分7章介绍了半导体器件应用、基本放大电路应用、功率放大电路应用、集成运算放大器应用、波形发生电路应用、直流稳压电源应用、模拟电子技术综合应用案例;第二部分为数字电子技术应用案例,分8章介绍了门电路应用、中规模组合逻辑器件应用、触发器应用、时序逻辑电路应用、半导体存储器和可编程逻辑器件应用、脉冲波形的产生和整形、A/D转换器应用、综合应用案例。在介绍每部分案例之前对相应的知识点作了简单的介绍。

本书可作为高等院校电类或非电类专业学生学习电子技术课程时的工程实践应用方面的补充教材,也可作为教师上课的参考书,还可供广大电子爱好者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术应用案例/刘玉兰,亓玉丽,高荣华主编. —天津:
天津大学出版社,2012. 12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5618-4568-4

I. ①电… II. ①刘…②亓…③高… III. ①电子技术—
高等学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第306077号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 河北省昌黎县思锐印刷有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 12

字 数 300千

版 次 2013年2月第1版

印 次 2013年2月第1次

印 数 1-3000

定 价 30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究



前 言

本书是着重考虑应用型本科人才的培养要求而编写的,可作为高等院校电气类、自动化类、机电类专业的模拟电子技术和数字电子技术课程的实践性教材及参考书,也可供有关工程技术人员参考。

本书主要介绍了模拟电子技术、数字电子技术两门电类专业基础课程的基本知识点及针对各基本知识点的实践应用案例。在传统的电子技术教材中,其内容以基础理论为主、应用案例太少;传统的实验教材,其实验多为验证性实验,与当今应用型人才培养模式有一定差距。在知识更新越来越快的今天,培养学生猎取知识、应用知识、转化知识的能力显得更为重要。在实践性教学环节中,通过理论学习,将传统、单一的单元电路理论知识,设计更新为有一定实际意义的具体电路,并且在一定条件下转化为实际产品,更有利于培养学生综合分析实际问题的能力和培养应用型人才。这正是我们编写此书的目的。

本书具有以下特色。

1. 教学适用性。本书的读者主要是高等院校电类专业的学生,因而在内容的组织上注意到了教学适用性。如书中既有实践应用案例,又有案例设计必需的基础知识和必要的设计参考资料。应用案例既有基础型,又有综合型,且其深度不同,以满足教学要求和利于因材施教,同时适应各种层次院校和不同专业的要求。另外,应用案例的编写顺序与课程教学顺序相结合,利于学生在学习过程中了解所学知识的应用领域和应用方法。

2. 实用性。内容实用、贴近实际。本书没有过多的理论知识叙述,而是突出了知识的综合应用,尽量贴近生产实际。力求使学生通过对本书的学习,能够对电子产品的应用实践效果有全新的认识。为便于学生学习,教材中对典型的应用案例作了详细分析,既有电路结构介绍、工作原理分析,又有参数计算方法及应用场合。

3. 全面性及先进性。应用案例的选择,既有针对特定知识点的专门应用案例,又有结合多个知识点的综合应用案例;既有分立电路的应用案例,又有集成器件的应用案例;而且充分考虑了内容的先进性。在模拟电路设计中,广泛地采用模拟集成电路,特别是集成运算放大器作为电路的重要器件;而在数字电路设计

中,则大量地采用中大规模集成电路,这完全体现了当代电子电路的实践应用性要求。

本书模拟电子技术部分由刘玉兰老师编写,数字电子技术部分由亓玉丽老师编写,附录部分由高荣华老师编写,电工电子教研室李英建、祝长生、王巧芝、解统颜、邢哲等老师也参与了本书编写。本书由山东科技大学汤元信教授主审。编写过程中得到山东科技大学各级领导的大力支持,王进野教授对本书的编写方案和出版事宜给予大力关心和支持,在此一并表示感谢。同时感谢天津大学出版社对本书的关心和支持。

由于能力有限,书中不足和错误之处在所难免,望各位读者批评指正。

编 者

2012年10月

目 录

第 1 篇 模拟电子技术应用案例

1 半导体器件应用	(1)
1.1 普通二极管	(1)
1.2 稳压二极管	(4)
1.3 光电二极管和发光二极管	(5)
1.4 三极管	(8)
1.5 场效应管	(11)
2 基本放大电路应用	(17)
2.1 双极型三极管单管放大电路	(17)
2.2 多级放大电路	(20)
3 功率放大电路应用	(24)
3.1 分立元件功率放大电路	(24)
3.2 集成功率放大器	(28)
4 集成运算放大器应用	(41)
4.1 集成运算放大器线性应用	(41)
4.2 集成运算放大器非线性应用	(46)
5 波形发生电路应用	(55)
5.1 波形发生电路基本知识	(55)
5.2 波形发生电路应用案例	(55)
6 直流稳压电源应用	(58)
6.1 分立元件直流稳压电源	(58)
6.2 集成稳压器	(60)
7 模拟电子技术综合应用案例	(69)

第 2 篇 数字电子技术应用案例

1 门电路应用	(76)
1.1 非门逻辑功能及应用案例	(76)
1.2 与非门逻辑功能及应用案例	(84)
1.3 或非门逻辑功能及应用案例	(87)
1.4 异或门逻辑功能及应用案例	(88)
1.5 门电路综合应用案例	(89)
2 中规模组合逻辑器件应用	(95)
2.1 编码器逻辑功能及应用案例	(95)

2	电子技术应用案例	
2.2	译码器逻辑功能及应用案例	(99)
2.3	数据选择器逻辑功能及应用案例	(104)
2.4	加法器逻辑功能及应用案例	(107)
2.5	数值比较器逻辑功能及应用案例	(108)
2.6	中规模组合逻辑器件综合应用案例	(109)
3	触发器应用	(112)
3.1	RS 触发器逻辑功能及应用案例	(112)
3.2	D 触发器逻辑功能及应用案例	(113)
3.3	JK 触发器逻辑功能及应用案例	(118)
4	时序逻辑电路应用	(120)
4.1	寄存器逻辑功能及应用案例	(120)
4.2	计数器的逻辑功能及应用案例	(124)
5	半导体存储器和可编程逻辑器件应用	(130)
5.1	ROM 逻辑功能及应用案例	(130)
5.2	RAM 逻辑功能及应用案例	(131)
6	脉冲波形的产生和整形	(133)
6.1	施密特触发器逻辑功能及应用案例	(133)
6.2	单稳态触发器逻辑功能及应用案例	(135)
6.3	555 定时器逻辑功能及应用案例	(136)
7	A/D 转换器应用	(148)
7.1	A/D 转换器逻辑功能	(148)
7.2	A/D 转换器应用案例	(148)
8	综合应用案例	(151)
8.1	数字电路系统综合应用案例	(151)
8.2	电子系统综合应用案例	(160)
附录	电子工艺基础实训指导书	(166)
	参考文献	(185)

第 1 篇 模拟电子技术应用案例

1 半导体器件应用

用来制作半导体器件的半导体材料主要是硅(Si),此外还有锗(Ge)、砷化镓(GaAs)等。半导体分为本征半导体和杂质半导体,杂质半导体根据掺入杂质的不同分为P型半导体和N型半导体。P型半导体和N型半导体接触形成PN结,由PN结又做成了各种各样的半导体器件。

本章重点讲解常规半导体器件(包括普通二极管、特殊二极管、晶体双极型三极管和场效应三极管)的应用案例。

1.1 普通二极管

1.1.1 普通二极管基本知识

1. 普通二极管的分类

普通二极管按应用可分为检波二极管、整流二极管、限幅二极管、调制二极管、混频二极管、开关二极管、变容二极管等。

2. 二极管的导电特性

二极管最重要的特性就是单向导电性。

3. 测试二极管的好坏

可以使用万用表测试二极管性能的好坏。测试前先把万用表的转换开关拨到欧姆挡的“ $R \times 1k$ ”挡位(注意不要使用“ $R \times 1$ ”挡,以免电流过大烧坏二极管),再将红、黑两根表笔短路,进行欧姆调零。

1) 正向特性测试

把万用表的黑表笔(表内正极)搭触二极管的正极,红表笔(表内负极)搭触二极管的负极。若表针不摆到0值而是停在标度盘的中间某位置,这时的阻值就是二极管的正向电阻,一般正向电阻越小越好。若正向电阻为0值,说明管芯短路损坏;若正向电阻接近无穷大值,说明管芯断路。短路和断路的管子都不能使用。

2) 反向特性测试

把万用表的红表笔搭触二极管的正极,黑表笔搭触二极管的负极,若表针指在无穷大值或接近无穷大值,管子就是合格的。

1.1.2 普通二极管应用案例

1. 巧用二极管节能电路

广泛应用在电子电器设备中的整流二极管,是一种单向导电特性的电子元件,如果充分利用这一特性,将二极管串接于各电子电路中,比如一些电器及日常照明灯具的电路中,即可达

到节能及延长使用寿命的效果,既方便又实用。

1) 延长白炽灯使用寿命

众多的高层住宅楼道,一般均采用白炽灯照明。在电源电压不稳定的状态下,白炽灯长时间工作很容易造成灯泡损坏。如果在楼道灯泡回路中串接整流二极管,不仅能将灯泡的实际使用寿命延长十几倍,保证正常楼道照明,还可减少经常维修更换灯泡的麻烦。电路元件接线如图 1.1.1 所示。

2) 电热器限流恒温

日常使用的电烙铁、电熨斗等一些电热器,由于使用时长时间通电工作,不仅白白消耗大量电能,而且经常烧坏电热芯。如果在电器电路中串接二极管,当电器间歇停止工作时,供电电源即由二极管半波整流供电,从而限制了电流,使加在电器上的电压下降至正常工作电压 50% 上下,电器处于预热状态,一旦闭合图 1.1.2 中的开关 S,电器转入满负荷正常供电工作。该电路仅能用于纯电阻负载。

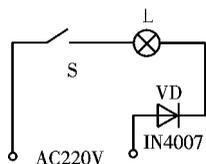


图 1.1.1 延长白炽灯使用寿命电路

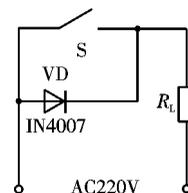


图 1.1.2 电热器限流恒温电路

2. 二极管组成单相桥式整流电路

单相桥式整流电路是最基本的将交流转换为直流的电路,如图 1.1.3 所示。

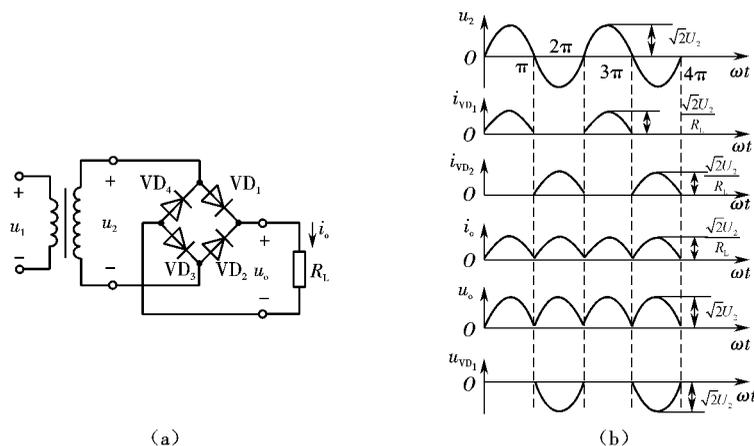


图 1.3.3 单相桥式整流电路

(a) 整流电路 (b) 波形图

在分析整流电路工作原理时,整流电路中的二极管是作为开关使用的,具有单向导电性。根据图 1.1.3(a) 的电路图可知:

- (1) 电流正半周时,二极管 VD_1 、 VD_3 导通,在负载电阻上得到正弦波的正半周;
- (2) 电流负半周时,二极管 VD_2 、 VD_4 导通,在负载电阻上得到正弦波的负半周。

在负载电阻上正负半周经过合成,得到的是同一个方向的单向脉动电压,如图 1.1.3(b)所示。

3. 二极管门电路

利用二极管、双极性三极管、场效应三极管的开关特性与适当的电阻相配合,可以连接成与门、或门、非门、与非门、或非门等门电路,这也是二极管、三极管的典型应用案例。(此知识在数字电子技术课程中已有详细介绍,这里不再赘述。)

4. 钳位电路

利用二极管正向导通时压降很小的特性,可组成钳位电路。图 1.1.4 中,F 点的电位被钳制在 A 点电位左右,即 $u_F \approx 0$ 。

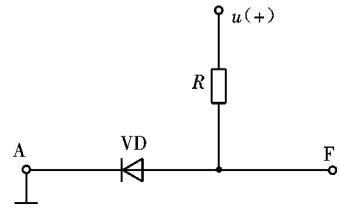


图 1.1.4 二极管钳位电路

5. 限幅电路

利用二极管正向导通后其两端电压很小且基本不变的特性,可以构成各种限幅电路,使输出电压幅度限制在某一电压值范围以内。图 1.1.5(a) 为一双向限幅电路,设输入电压 $u_i = 10\sin \omega t(\text{V})$, $U_{S1} = U_{S2} = 5 \text{ V}$ 。

当 $-U_{S2} < u_i < U_{S1}$ 时, VD_1 、 VD_2 都处于反向偏置而截止,因此 $i = 0$, $u_o = u_i$ 。

当 $u_i > U_{S1}$ 时, VD_1 处于正向偏置而导通,使输出电压保持在 U_{S1} 。

当 $u_i < -U_{S2}$ 时, VD_2 处于正向偏置而导通,使输出电压保持在 $-U_{S2}$ 。

由于输出电压 u_o 被限制在 $+U_{S1}$ 与 $-U_{S2}$ 之间,即 $|u_o| \leq 5 \text{ V}$,好像将输入信号的高峰和低谷部分削掉一样,因此这种电路又称为削波电路。输入、输出波形如图 1.1.5(b) 所示。

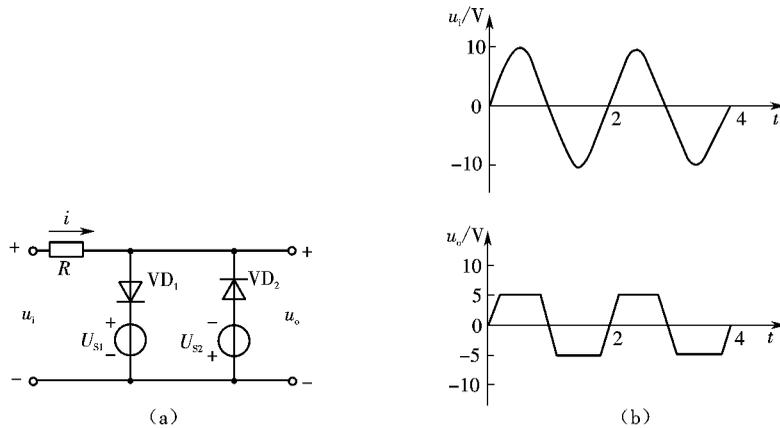


图 1.1.5 二极管限幅电路

(a) 双向限幅电路 (b) 波形图

6. 元器件保护电路

图 1.1.6 所示电路中, L 和 R 是线圈的电感和电阻。

在开关 S 接通时,电源 U 给线圈供电, L 中有电流流过, 储存了磁场能量。

在开关 S 突然断开时, L 中将产生一个高于电源电压很多倍的自感电动势 E_L , E_L 与 U 叠加作用在开关 S 的端子上,在开关 S 的端子上产生电火花放电, 这将影响设备的正常工作,使

开关 S 使用寿命缩短。

接入二极管 VD 后, E_L 通过二极管 VD 放电, 使 L 中储存的能量不经过开关 S 放掉, 从而保护了开关 S。

1.2 稳压二极管

1.2.1 稳压二极管基本知识

稳压二极管是一种硅材料制成的面接触型晶体二极管, 简称稳压管。此二极管是一种直到临界反向击穿电压前都具有很高反向电阻的半导体器件。稳压管在反向击穿时, 在一定的电流范围内(或者说在一定功率损耗范围内), 端电压几乎不变, 表现出稳压特性, 因而广泛应用于稳压电源与限幅电路之中。

1. 稳压二极管的伏安特性

稳压二极管的符号及伏安特性曲线如图 1.1.7 所示。

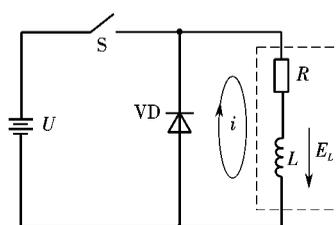


图 1.1.6 二极管保护电路

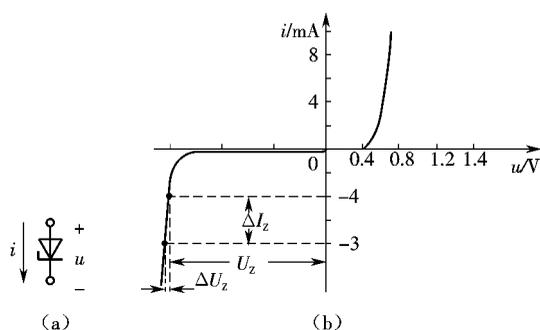


图 1.1.7 稳压二极管

(a) 符号 (b) 伏安特性曲线

2. 稳压二极管的故障分析

稳压二极管的故障主要表现为开路、短路和稳压值不稳定。在这 3 种故障中, 前一种故障表现出电源电压升高; 后两种故障表现为电源电压降低到 0 V 或输出不稳定。

3. 使用稳压管的注意事项

外加电源正极接 N 区, 负极接 P 区; 稳压管应与负载电阻 R_L 并联; 应采取限流措施, 以防热击穿。

1.2.2 稳压二极管应用案例

1. 浪涌保护电路

浪涌保护电路如图 1.1.8 所示。稳压管在准确的电压下击穿, 这就使得它可作为限制或保护元件来使用, 因为各种电压的稳压二极管都可以得到, 故对于这种应用特别适宜。图 1.1.8 中的稳压二极管 VD_Z 是作为过压保护器件使用的, 只要电源电压 U_S 超过二极管的稳压值, VD_Z 就导通, 使继电器 K 吸合, 常用触点 K 断开, 负载 R_L 就与电源分开。

2. 电视机里的过压保护电路

电视机里的过压保护电路如图 1.1.9 所示。 U_C 是电视机主供电电压, 当 U_C 电压过高时, VD_Z 导通, 三极管 VT 导通, 其集电极电位将由原来的高电平(5 V) 变为低电平, 通过待机控制

线的控制使电视机进入待机保护状态。

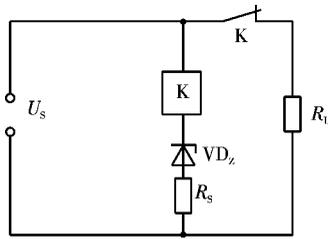


图 1.1.8 浪涌保护电路

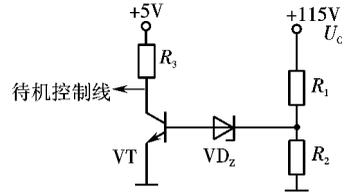


图 1.1.9 电视机里的过压保护电路

3. 串联型稳压电路

串联型稳压电路如图 1.1.10 所示。在此电路中，串联稳压二极管 VD_z ，三极管 VT 的基极被稳压二极管 VD_z 钳定在 13 V，那么其发射极就输出恒定的 12 V 电压。这个电路在很多场合下都有应用。

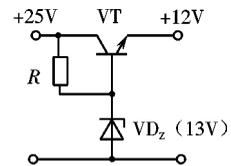


图 1.1.10 串联型稳压电路

1.3 光电二极管和发光二极管

1.3.1 光电二极管和发光二极管基本知识

光电二极管必须工作在反向电压下，在没有光照的条件下，它和普通二极管一样，其反向电流很小，这时的电流称为暗电流；当有光照时，导电能力加强，反向电流增大，并且在一定的反向电压范围内反向电流与光照度成正比。光电二极管可以用做光的检测，当 PN 结的面积较大时，可以做成光电池。其符号如图 1.1.11 所示。



图 1.1.11 光电二极管符号



图 1.1.12 发光二极管符号

发光二极管简称 LED，其内部的基本单元仍然是一个 PN 结。当外加正向电压时，P 区和 N 区多数载流子扩散到对方，与对方多数载流子复合，在复合过程中，有一部分能量以光的形式发出，使二极管发光。发光二极管主要用做显示器件，除单独使用外，还可以做成数码管或阵列显示器。其符号如图 1.1.12 所示。

1.3.2 光电二极管和发光二极管应用案例

1. 二极管型光电耦合器

光电耦合器以光为媒介进行电信号的传递，如图 1.1.13 所示。它可用来传递模拟信号，也可作开关器件使用，并且发光器件和光敏器件间电绝缘，所以常用在信号单方向传输且需要电路间电气绝缘场合的信号耦合，主要用于一些常见的数字控制系统中。

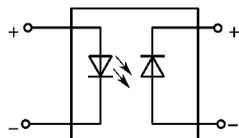


图 1.1.13 光电耦合器

2. 新颖的鱼缸

鱼缸假山及水草丛中的小灯循环变化闪亮,同时还能播放清脆悦耳的电子乐曲声。

1) 电路工作原理

鱼缸电路如图 1.1.14 所示。

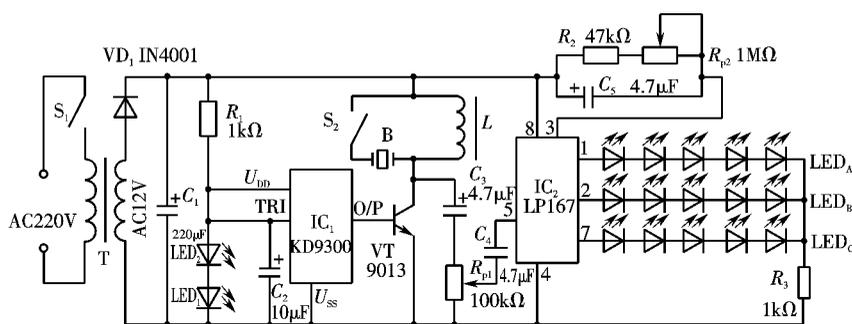


图 1.1.14 鱼缸电路原理图

电路主要由两块集成电路 IC₁ 与 IC₂ 组成,220 V 交流电经 T 降压、VD₁ 整流与 C₁ 滤波后供集成块 IC₂ 用电。LED₁、LED₂ 有两种功能,一是为本机电源的工作指示灯,二是可输出稳定的 3.2 V 左右的直流电压供集成块 IC₁ 用电。

IC₁ 为通用音乐集成电路 KD9300,其输出端 O/P 输出的乐曲信号经三极管 VT 放大后,由 C₃、R_{p1}、C₄ 加到 IC₂ 的整流放大器输入端 5 脚去控制 IC₂ 的压控振荡频率,因而使彩灯组 LED_A、LED_B、LED_C 跟随音乐信号强弱而循环变化。调节 R_{p1} 的阻值可改变音乐信号对彩灯循环频率变化的控制程度。S₂ 为音乐开关,合上 S₂ 可使压电陶瓷片 B 发出清脆悦耳的电子音乐声,若不需要音乐声,可断开 S₂。发声元件不用喇叭而用压电陶瓷片,是因为鱼缸的音乐声宜小、宜静,不宜太大、太吵。

IC₂ 是一块新颖的彩灯专用集成电路 LP167,其内部集成了整流放大器、压控振荡器、二位环形时序计数分配器及两个开漏极输出器等。LP167 各引脚主要功能是:1、2、7 脚为 3 个开漏输出端 A、B、C,它受内部压控振荡器和环形时序计数分配器控制,可依次出现高电平,能直接驱动发光二极管闪亮;6 脚为循环方式控制端 CON,当 6 脚悬空或接低电平时,为正向时序,即 A、B、C 输出高电平的时序为 A→B→C→A……6 脚接高电平时,为逆向时序,即 A、B、C 端输出高电平的时序为 A→C→B→A……本电路 6 脚悬空未接,所以为正向时序,通电后发光二极管组按 LED_A→LED_B→LED_C……次序循环发光;4 脚为电源负端,即接地端 GND;8 脚为电源正端。

2) 元器件选择

IC₁ 为通用音乐集成电路 KD9300, IC₂ 是一块新颖的彩灯专用集成电路 LP167。LED₁、LED₂ 可用普通红色发光管,若不需要鱼缸灯指示工作,可用一只 3 V 左右的稳压二极管来取代 LED₁ 与 LED₂。LED_A、LED_B、LED_C 可分别采用红、绿、黄 3 种颜色的发光二极管,注意其引线应剪短,连接线应采用柔软的双股细导线,最后用环氧树脂玻璃胶将焊接点封固,这样发光二极管就不怕水浸润了。电感 L 可采用收音机的小型输入或输出变压器的初级绕组。T 为 220 V/12 V 的 SVA 小型电源变压器。其他元器件均无特殊要求。

3) 制作与调试方法

使用时,可将红、绿、黄3组发光二极管,根据个人的爱好布置在鱼缸的假山或底部沙丘,调节电位器 R_{p2} 可以改变3组彩灯循环闪烁的频率,调节 R_{p1} 则可改变循环频率受音乐控制的程度,更改 R_3 的大小可以改变彩灯的发光亮度。

3. 自动应急灯电路

本例介绍的自动应急灯,在白天或夜晚有灯光时不工作,当夜晚关灯后或停电时能自动点亮,延时一段时间后能自动熄灭。

1) 电路工作原理

自动应急灯电路如图 1.1.15 所示。

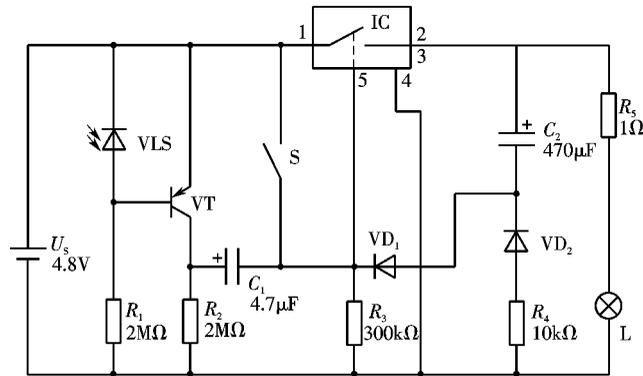


图 1.1.15 自动应急灯电路图

该自动应急灯电路由光控灯电路、电子开关电路和延时照明电路组成。在白天或晚上有灯光时,光电二极管 VLS 受光照射而呈低阻状态,VT 截止,IC 内部的电子开关因 5 脚电压为 0 V 而处于关断状态,L 不亮。此时整机的耗电极低。当夜晚光线由强逐渐变弱时,VLS 的内阻也开始缓慢地增大,VT 由截止转入导通状态, R_2 上的电压也逐渐增大,但由于 C_1 的隔直流作用,此缓慢变化的电压仍不能使 IC 的 5 脚电压高于 1.6 V,故 L 仍不会点亮。

若晚上关灯或停电时,光线突然变得很弱,则 VLS 呈高阻状态,VT 迅速饱和导通,在 R_2 上产生较大的电压降。由于 C_1 上电压不能突变,故在 IC 的 5 脚上产生一个大于 1.6 V 的触发电压,使 IC 内部的电子开关接通,L 通电点亮。与此同时,4.8 V 电压通过 R_3 、 VD_1 和 IC 对 C_2 充电,以保证即使 VT 截止,IC 的 5 脚仍会有 1.6 V 以上的电压,IC 内部的电子开关仍维持接通状态,L 仍维持点亮。随着 C_2 的充电,IC 5 脚的电压逐渐降低,当该电压低于 1.6 V 时,IC 内部的电子开关关断,L 熄灭, C_2 通过 R_5 、L、 R_4 和 VD_2 放电,为下次工作做准备。若将 S 接通,该应急灯可用于停电时的连续照明。

2) 元器件选择及调试

IC 选用 TWH8778 型电子开关集成电路,VT 选用 9015 或 8550 型硅 PNP 晶体管;VLS 选用 2DU 系列的光电二极管; VD_1 和 VD_2 均选用 IN4007 或 IN4148 型整流二极管。 C_1 和 C_2 选用耐压 10 V 以上铝电解电容, R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 选用普通 1/8 W 或 1/4 W 金属膜电阻, R_5 选用 1 W 的金属膜电阻,L 选用 3.8 V、0.3 A 的手电筒用小灯泡,S 选用小型拨动式开关, U_s 选用电池供电。全部电路按图安装完毕后即可正常工作,无须调试。

1.4 三极管

1.4.1 三极管基本知识

1. 三极管的分类及应用

三极管有两种类型: NPN 型和 PNP 型。三极管体积小、重量轻、耗电少、寿命长、可靠性高,已广泛用于广播、电视、通信、雷达、计算机、家用电器等领域,起放大、振荡、开关等作用。

2. 三极管的工作状态

1) 截止区

发射结和集电结均为反向偏置。此时,三极管失去放大能力。如果把三极管当做一个开关,这个状态相当于断开状态。

2) 放大区

发射结正偏,集电结反偏。放大区的特点是 i_C 受 i_B 的控制,且与 u_{CE} 的大小几乎无关。因此,三极管是一个受电流 i_B 控制的电流源。

3) 饱和区

发射结和集电结均为正向偏置。在饱和区 i_C 不受 i_B 的控制,三极管失去放大作用。如果把三极管当做一个开关,这时开关处于闭合状态。

3. 三极管放大电路

三极管放大电路如图 1.1.16 所示。

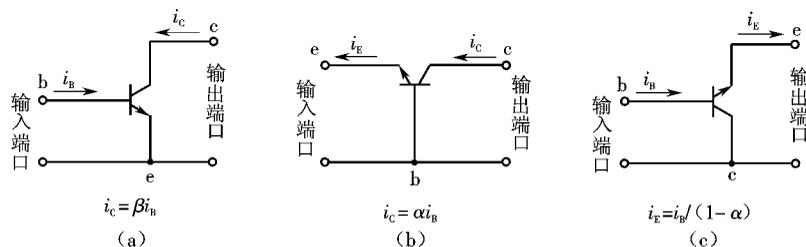


图 1.1.16 三极管放大电路

(a) 共发射极 (b) 共基极 (c) 共集电极

(1) 共发射极接法,发射极作为公共电极。

(2) 共基极接法,基极作为公共电极。

(3) 共集电极接法,集电极作为公共电极。

4. 使用三极管的注意事项

(1) 使用三极管时,不得有两项以上的参数同时达到极限值。

(2) 焊接时,应使用低熔点焊锡。管脚引线不应短于 10 mm,焊接动作要快,每根引脚焊接时间不应超过 2 s。

(3) 三极管在焊入电路时,应先接入基极,再接入发射极,最后接入集电极。拆下时,应按相反次序,以免烧坏三极管。在电路通电的情况下,不得断开基极引线,以免损坏三极管。

(4) 使用三极管时,要固定好,以免因振动而发生短路或接触不良,并且不应靠近发热元件。

(5) 功率三极管应加装足够大的散热器。

1.4.2 三极管应用案例

1. 三极管开关电路在电动玩具中的应用

电动玩具中的三极管开关电路由三极管 VT、玩具电动机 M、控制开关 S、基极限流电阻器 R 和电源 U_S 组成,如图 1.1.17 所示。VT 采用 NPN 型小功率硅管 8050,其集电极最大允许电流 i_{CM} 可达 1.5 A,以满足电机启动电流的要求。M 选用工作电压为 3 V 的小型直流电机,对应电源 U_S 亦为 3 V。

VT 基极限流电阻 R 的确定:可根据三极管的电流放大倍数 β 、集电极最大允许电流 i_{cm} 计算出三极管饱和导通时所需的基极电流的最小值。然后根据欧姆定律可求出为使三极管充分饱和导通的电阻 R 的阻值,本案例中电阻 R 取值 100 Ω 。

电路工作原理:当按下开关 S 时,三极管 VT 饱和导通,电机能自行启动,转动起来。松开开关后,三极管 VT 可靠截止,电机停止转动。

2. 三极管开关电路在自动停车磁力自动控制电路中的应用

自动停车磁力自动控制电路中的三极管开关电路如图 1.1.18 所示。开启电源开关 S,玩具车启动,行驶到接进磁铁时,安装在 VT 基极与发射极之间的干簧管继电器 K 闭合,将基极偏置电流短路,VT 截止,电机停止转动,这样保护了电机并避免大电流放电。

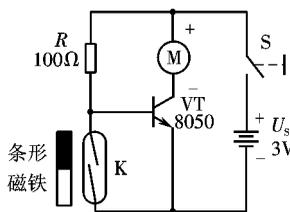
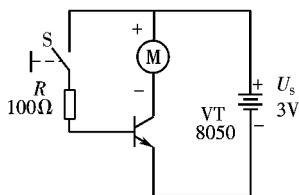


图 1.1.17 电动玩具中的三极管开关电路 图 1.1.18 自动停车磁力自动控制电路中的三极管开关电路

3. 三极管开关电路在光电自动控制电路中的应用

光电自动控制电路中的三极管开关电路如图 1.1.19 所示。VT₁ 和 VT₂ 接成类似复合管电路形式,VT₁ 的发射极电流也是 VT₂ 的基极电流,R₂ 既是 VT₁ 的负载电阻又是 VT₂ 的基极限流电阻。因此,当 VT₁ 基极输入微弱的电流(0.1 mA)时,可以控制末级 VT₂ 较强电流——驱动电机运转电流(500 mA)的变化。VT₁ 选用小功率 NPN 型硅管 9013, $\beta \approx 200$ 。同三极管应用案例 1 的计算方法,维持两管同时饱和导通时,VT₁ 基极偏置电阻 R₁ 约为 3.3 k Ω ,减去光敏电阻 R_C 亮阻 2 k Ω ,限流电阻 R₁ 实取 1 k Ω 。光敏传感器也可以采用光敏二极管,使用时要注意极性,光敏二极管的负极接供电电源正极。光敏二极管对控制光线有方向性选择,且灵敏度较高,也不会产生强光照射后的疲劳现象。

4. 自动关灯电路

1) 电路工作原理

用于走廊或楼道照明的自动关灯电路如图 1.1.20 所示。

当将按钮 SB 按一下后,三极管 VT 饱和导通,继电器 K 线圈通电,同时电源给电容充电,继电器常开触点闭合,照明灯 L 被点亮。SB 断开后,电容 C 通过 5 k Ω 的电阻 R 和三极管发射结放电,继电器继续通电,照明灯亮。电容放电完后,三极管截止,继电器线圈没有电流,常

开触点断开,照明灯灭。

2) 电路调试和故障排除

按钮 SB 放开后,灯亮的时间取决于电容 C 的放电时间长短,可通过调节电容 C 及电阻 R 的值来调节灯亮时间。图 1.1.20 中二极管 VD 可起到保护继电器 K 的作用。

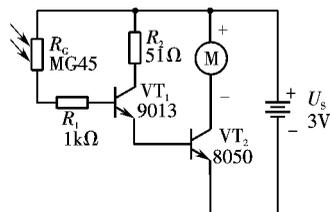


图 1.1.19 光电自动控制电路中的三极管开关电路

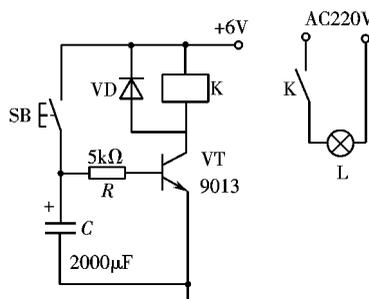


图 1.1.20 自动关灯电路

5. 声光报警电路

简易声光报警电路如图 1.1.21 所示。

在正常情况下,B 端电位为 0 V,三极管 VT 截止,灯不亮,蜂鸣器 BL 不发声;当前接装置发生故障时,B 端电位上升到 5 V,三极管饱和导通,灯亮,蜂鸣器发出报警声。

6. 语音报警电路

语音报警电路如图 1.1.22 所示。电路中主要用到集成电路 HFC5210 及其外围电路。HFC5210 是 CMOS 大规模集成电路,它能播放出“倒车,请注意”的警告语句。该集成电路性能良好,发声清晰,外围电路简单,是国内应用最多的倒车用语集成电路。

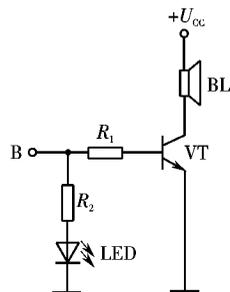


图 1.1.21 简易声光报警电路

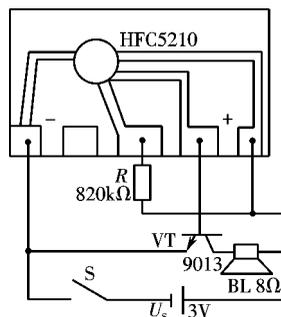


图 1.1.22 语音报警电路

HFC5210 语音集成电路提供语音信号加到三极管 VT 的基极,三极管起到放大信号的作用,喇叭连在三极管的集电极把声音放出来。3 V 电源给电路供电。

7. 镍镉电池自动充电器

1) 电路工作原理

此镍镉电池自动充电器具有状态指示功能,电路如图 1.1.23 所示。充电时,发光二极管发绿光;充满后,保护电路动作,发光二极管发红光,指示电池已充满。当电池充满后,保护电路自动切断充电电流,防止过充电。