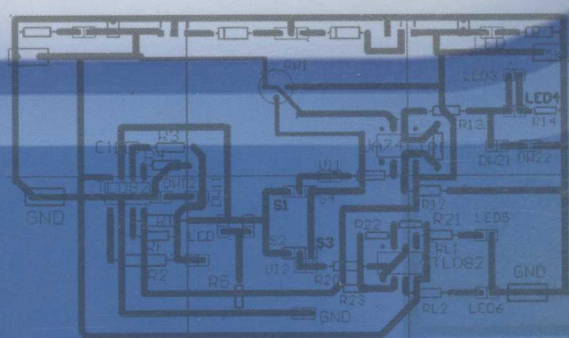


电子技术实验与课程设计 及 创新与竞赛

王喜斌 王凤宇 主编



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

本书是普通高等院校电子类、工科类相关专业教材，可作为高等院校电子类、工科类相关专业教材，也可作为从事电子技术工作的工程技术人员参考。本书共分5章，第1章为绪论，第2章为电路分析基础，第3章为模拟电子技术基础，第4章为数字电子技术基础，第5章为综合设计。本书可作为高等院校电子类、工科类相关专业教材，也可作为从事电子技术工作的工程技术人员参考。

电子技术实验与课程设计 及创新与竞赛

电子技术设计与实现要提交一份经得起推敲的方案，该方案要符合设计任务与要求，方案最佳，性能指标实用，成本尽可能低。本书可作为高等院校电子类、工科类相关专业教材，也可作为从事电子技术工作的工程技术人员参考。

主编 王喜斌 王凤宇

本书共分5章，第1章为绪论，第2章为电路分析基础，第3章为模拟电子技术基础，第4章为数字电子技术基础，第5章为综合设计。本书可作为高等院校电子类、工科类相关专业教材，也可作为从事电子技术工作的工程技术人员参考。

本书由哈尔滨工业大学电子与信息工程系王凤宇教授主编，赵雅芹、尹振东、张南香、李颖参加了本书的编写工作。

哈尔滨工业大学电子与信息工程系吴芝路教授、任广辉教授、李延辉高级工程师审阅了本书，中国703研究所李蕾、张南香进行文字整理工作，在此一并致以诚挚的谢意。

本书中的科技创新与电子设计竞赛的内容安排对于读者是一种新的尝试，疏漏之处在所难免，不足之处恳请读者及时反馈，作者将非常

0000120000 号

字千 335 25

2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷

哈尔滨工业大学出版社

28.00元

(封面设计：张明，插图：张明)

内 容 简 介

本书从基本元器件的性能、应用与检测,电子仪器使用与技巧,电子线路的测量技术入手,给出了自制实验装置资料、课程设计方案和具有参考价值的实用电路图,并对模拟和数字电路实验进行了详细的指导,阐述了电子科技创新立项的策划思路,重点讲述了电子设计竞赛的知识归纳、资料查询方法、如何做好赛前练习和赛题的选择等内容。全书贯穿了培养电子创新,电子线路的设计、调试和解决问题的能力思想。

本书可作为高等院校电子技术实验和课程设计的指导书,也是科技创新与电子设计大赛的参考教材,同时也可供相关专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与课程设计及创新与竞赛/王喜斌,王凤宇主编.

—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2010.2

ISBN 978-7-5603-2989-5

I.①电… II.①王… ②王… III.①电子技术-实验-高等学校-教学参考资料 ②电子技术-课程设计-高等学校-教学参考资料 IV.①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 014730 号

策划编辑 杨 桦

责任编辑 范业婷

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 肇东粮食印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 13.75 字数 322 千字

版 次 2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-2989-5

定 价 28.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

◎ 前言

Preface

电子技术基础作为工科电子与信息专业的一门技术基础课程,实践性很强。为了适应电子技术快速发展的需要和培养创新应用型人才,满足大学生参加电子创新、全国、全省大学生电子设计竞赛各项活动的需要,作者根据 30 多年的教学经验,在总结教学改革成果的基础上编写了本书。

电子技术设计与实现要提交一份经得起推敲的方案,该方案要符合设计任务与要求,方案最佳,性能指标实用,成本尽可能低,器件与参数严谨。按此方案制作出一个完整的,外观结构合理,性能指标达到设计要求且使用检测方便,安全耐用的电子产品实物。

本书的编写思路:力争理论联系实际,从应用角度满足读者朋友们的需要。

第一,针对基础理论的设计应用技能,了解基本元器件的性能,学会其应用与检测,掌握电路的方案设计、电路选择、电路参数的设计与实现。

第二,针对操作技能的实现,夯实电子技术实验操作,提高电子线路的制作安装、检修与调试能力;积累经验与电路图资料,培养安装制作、懂调试、会操作的专业技能的人才。

第三,拓宽实验、课程设计、创新与竞赛方面的归纳工作,为今后的各项电子设计工作打下良好的基础。

本书由哈尔滨工业大学电子与信息工程系高级工程师王喜斌及中国空间技术研究院 501 研究所工程师王凤宇主编。赵雅芹,尹振东,张南香,李曦参加了本书的编写工作。

哈尔滨工业大学电子与信息工程系吴芝路教授、任广辉教授、李延泽高级工程师审阅了全书,中国 703 研究所李蕾、张南香进行文字整理工作,在此一并致以诚挚的谢意。

本书中的科技创新与电子设计竞赛的内容安排对于作者是一种新的尝试,疏漏之处在所难免,不足之处恳请读者及时反馈,作者将非常感谢。

编 者

于哈尔滨工业大学

2009 年 12 月

第 4 章 模拟电子技术实验

4.1 电子仪器的测量	43
4.2 单管放大器工作点的研究	45
4.3 单管放大电路技术指标的研究	52
4.4 集成运算放大器的线性应用	56
4.5 集成运算放大器的非线性应用	64
4.6 集成运算放大器的特殊应用	70

◎ 目录

Contents

第1章 电子元件与应用	1
1.1 电阻器	1
1.2 电位器	3
1.3 电容器	4
1.4 晶体二极管	6
1.5 晶体三极管	11
1.6 集成运算放大器	12
1.7 数字集成芯片	13
1.8 接插件	20
1.9 元器件的检测	21
第2章 常用电子仪器	24
2.1 DH1715 型双路跟踪直流稳压电源	24
2.2 VC97 数字万用表(自动换量程表)	26
2.3 TDS210 数字示波器	29
2.4 SG1646 多功能函数信号发生器/频率计	33
第3章 电子线路的测量	37
3.1 交流信号的测量	37
3.2 单管放大器静态工作点的测量	38
3.3 放大器放大倍数的测量	38
3.4 放大器输入电阻的测量	39
3.5 放大器输出电阻的测量	40
3.6 放大器通频带的测量	40
3.7 放大器最大不失真输出幅度的测量	41
3.8 功率放大器最大不失真输出功率和效率的测量	42
第4章 模拟电子技术实验	43
4.1 电子仪器的测量	43
4.2 单管放大器工作点的研究	45
4.3 单管放大电路技术指标的研究	52
4.4 集成运算放大器的线性应用	56
4.5 集成运算放大器的非线性应用	64
4.6 集成运算放大器的特殊应用	70

4.7 正弦波振荡器与稳压电源的应用	79
第5章 数字电路实验	81
5.1 数字电路实验的特点	81
5.2 数字电路实验装置	82
5.3 数字电路实验装置的电路组成	83
5.4 实验电路的搭接	85
5.5 实验电路的布线	86
5.6 数字电路的一般调试步骤	86
5.7 门电路的应用	87
5.8 半、全加器与数据选择器的应用	94
5.9 同步触发器应用和计数器的设计	101
5.10 D/A 与 A/D 转换电路的应用	106
5.11 定时器的设计与应用	113
5.12 脉冲分配器及其应用	119
第6章 课程设计	122
6.1 课程设计的意义与要求	122
6.2 查找资料与方案设计	122
6.3 课程设计题目	123
第7章 电子创新与竞赛	135
7.1 电子创新与竞赛	135
7.2 创新与竞赛的准备	137
7.3 赛前的演练	138
7.4 电路设计	140
7.5 实用电路部分	163
7.6 电子技术设计竞赛报告的书写规范	173
第8章 电路的安装、检修与调试	180
8.1 电路的安装	180
8.2 电路的检修	182
8.3 电路的调试	186
附录1 模拟实验装置的元器件表	188
附录2 模拟电子技术实验数据记录表	191
附录3 数字电路实验数据记录表	201
参考文献	211

第1章

电子元器件与应用

未来的电子工程师分为软件设计与硬件制作两类。硬件电路是根本,软件工作必须有硬件电路的支持才能完成。硬件工作主要是设计、使用电子元器件,安装、焊接与调试电路功能。电路就是电流的路径,是由一些电子元器件(如,发电机、电动机、电炉丝、电阻、电感、电容、二极管、三极管、集成电路等)按一定方式连接而成的。因此,掌握常用电子元器件的性能、技术指标,如类型、型号、封装(外观与结构尺寸)及电路应用是关键环节。由于电子元器件种类繁多,电路形式复杂多样,会用电子元器件既是难点,又是做好电路工作的基础。

电子元器件又分为有源器件和无源器件。无源器件主要包括电阻器、电容器、电感器和开关等器件,有源器件主要包括晶体二极管、三极管和集成电路芯片等器件。

1.1 电阻器

1. 电阻器的性质

电阻器是线性的,符合欧姆定律,不受温度变化影响的器件。常用电阻器分为固定和可变两类。实心电阻器有薄膜电阻器(RT,又称碳膜电阻器)、氧化膜电阻器(RY)、金属膜电阻器(RJ)、线绕电阻器、贴片电阻器等。电阻器的主要技术指标有标称电阻值(单位为 Ω)和标称功率值(单位为W)。色环电阻的标称值表示方法见表1.1。

表 1.1 色环阻值的表示方法

颜色	左第一位 数字位	左第二位 数字位	左第三位 数字位	左第四位 倍乘数	左第五位 允许误差/%
棕	1	1	1	10^1	± 1
红	2	2	2	10^2	± 2
橙	3	3	3	10^3	—
黄	4	4	4	10^4	—
绿	5	5	5	10^5	± 0.5
蓝	6	6	6	10^6	± 0.2
紫	7	7	7	10^7	± 0.1
灰	8	8	8	10^8	—

续表 1.1

颜色	左第一位 数字位	左第二位 数字位	左第三位 数字位	左第四位 倍乘数	左第五位 允许误差/%
白	9	9	9	10^0	—
黑	0	0	0	10^0	—
金	—	—	—	10^{-1}	± 5
银	—	—	—	10^{-2}	± 10
无色	—	—	—	—	± 20

注:如何确定第一位,一般来说色环的第四、五位间隔要大一点,找准第四、五环节就可以确定第一环了。

例:红 红 棕 金 表示 $220\ \Omega \pm 5\%$ (四环);

黄 紫 橙 银 表示 $47\ \text{k}\Omega \pm 10\%$ (四环);

棕 紫 绿 金 棕 表示 $17.5\ \Omega \pm 1\%$ (五环)。

线绕电阻的功率等级一般印在电阻上,其他电阻器不标注,电阻器的功率等级见表 1.2。

表 1.2 电阻器的功率等级

名 称	功率等级/W					
	0.25	0.5	1	2	5	15
实心电阻器	0.5	1	2	6	10	15
	25	35	50	75	100	150
薄膜电阻器	0.025	0.05	0.125	0.25	0.5	1
	2	5	10	25	50	100

2. 电阻器的应用

选择电阻器的阻值时,用欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 计算电阻器的阻值。选择电阻器的功率值时,根据 $P = UI = I^2R = \frac{U^2}{R}$ 公式计算电阻器瞬时消耗的功率,长期工作时,一般要留有 10% 的余量。

电阻器的参数值(如阻值、功率)不是连续的,由于电路的散热要求等,使电阻器的并联或串联电路形式得以广泛应用。

光敏电阻必须与限流电阻串联使用方可实现光电转换功能。如有光敏电阻的性能的资料时,可查其最大电流值,再计算串联电阻值。没有资料时,必须首先用万用表测量出光敏电阻的有光、无光照时的电阻值。在面包板上搭接实验电路时,串联电阻值一般应与光敏电阻值相同。在采购元器件时应询问光敏电阻值(一般给出的是最小电阻值)。光敏电阻的应用电路有两种,分别为光敏电阻接地端和不接地端。在串联电阻值的大小设置相同时,应测量出有、无光照时的输出电压值的变化范围。

(1) 并联电阻器的电路

把两个或更多个电阻器连接在两个公共节点之间,组成两个或更多个分支电路,各电阻两端承受同一电压。这样的连接方式叫做电阻的并联,如图 1.1 所示。

并联电阻器电路的等效电阻值的倒数等于各支路电阻的倒数之和。表达式为 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} +$

$\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$ 或 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 。例如, $R_1 = R_2 = 2\ \Omega$ 时, 其并联电阻值 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4}{4} = 1\ (\Omega)$ 。并联电阻器的个数越多, 其等效电阻值就越小。两个阻值相等的电阻器并联后的总阻值等于其中一个电阻器阻值的一半, 并联后总电阻所消耗的功率是并联前一个电阻器功率值的 2 倍。例如, $R_1 = R_2 = 2\ \Omega$ 、 $U = 2\ \text{V}$ 时, $P_{R_1} = P_{R_2} = \frac{U^2}{R_1} = 2\ \text{W}$, $P_{\text{总}} = P_{R_1} + P_{R_2} = 4\ \text{W}$ 。

(2) 串联电阻器的电路

由两个或更多个电阻器头尾连接, 组成一个无分支电路, 各电阻同时通过相同的电流。这样的连接方式叫做电阻器的串联, 如图 1.2 所示。

串联电阻器电路的等效电阻值等于电路所串联电阻器电阻值的和。串联电阻器的个数越多, 其等效电阻值就越大。两个相同阻值的电阻器串联后的总阻值等于串联前电阻器阻值的 2 倍, 即 $R_{\text{总}} = R_1 + R_2$, 总电阻消耗的功率是原电阻器功率值的一半 (当 U_s 不变时, 因为电阻值增大, 引起电流值减小)。

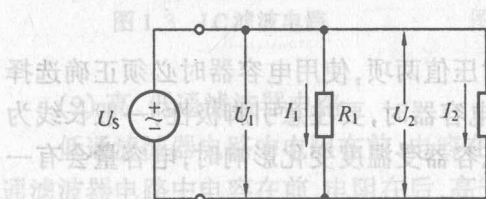


图 1.1 电阻器的并联电路图

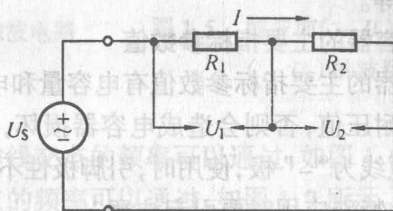


图 1.2 电阻器的串联电路图

1.2 电位器

电位器也叫可变电阻器。单圈电位器有 3 个接线端点, 即两边的 2 个固定端点和中间的 1 个滑动端点。使用时, 将一个固定端点和中间的滑动端点构成可变电阻器, 另一个固定端点可闲置不用。单圈电位器顺时针旋转 360° 时, 其阻值由 0 变化到某一最大值; 逆时针旋转时, 其阻值变化相反, 由大变小。

可变电阻器一般作为分压器使用, 2 个固定端点分别接到电源上和地线上, 中间 1 个滑动端点是输出端。

电位器的种类主要有以下几种:

(1) 双联电位器 (也叫同轴电位器)

4 个固定端点分别独立地摆放, 中间 2 个滑动端点相互绝缘后由转动轴固定在同一金属轴上, 旋转 1 个金属轴的角度, 可同时改变 2 个电阻器的阻值。

(2) 多圈电位器
要旋转很多圈, 才能使电阻值由大到小地变化。电阻值调节缓慢、细腻。

(3) 单圈电位器
电阻值调节快速。

(4) 带开关的单圈电位器 (开关电位器)

把开关和电位器组合为一体,有5个接线端点,分别独立地摆放,电位器是单圈的,顺时针旋转时先闭合开关,再调节改变电阻值;逆时针旋转时则相反。使用时连体操作,减少控制操作,多用于老式收音机,一个旋钮既可以控制电源开关,又可以进行音量调节。

(5) 直线式电位器

有3个接线端点,推拉式操作时,通过直线位移就可改变电阻值的大小,直观效果好。多应用于音响调音台调整音量。

1.3 电 容 器

1. 电容器的性质

电容器是非线性、无源、储能器件。

2. 电容器的类型

电容器包括电解电容器(漏电流较大),云母电容器,瓷介电容器,钽电容器(无漏电流),贴片电容器等。

3. 电容器的主要指标参数值

电容器的主要指标参数值有电容量和电容器的耐压值两项,使用电容器时必须正确选择电容器的耐压值,否则会造成电容器损坏,使用电解电容器时,要注意引脚极性,一般长线为“+”极,短线为“-”极,使用时,引脚极性不要接错。电容器受温度变化影响时,电容量会有一定的变化,特殊应用时要引起注意。

4. 电容标称值的表示方法

国际电工委员会推荐的电容单位为 pF、nF、 μ F、F。其换算关系为 $1\text{ F} = 10^6\text{ }\mu\text{F} = 10^9\text{ nF} = 10^{12}\text{ pF}$ 。电容量有3种表示方法。

(1) 用数码表示

数码一般为三位数,前两位是电容的有效数字,第三位是倍乘数,但第三位倍乘数是1时,表示乘10。例如,102表示 $10 \times 10^2 = 1\,000\text{ pF}$;105表示 $10 \times 10^5 = 1\,000\,000\text{ pF} = 1\text{ }\mu\text{F}$;223表示 $22 \times 10^3 = 22\,000\text{ pF} = 22\text{ nF} = 0.022\text{ }\mu\text{F}$;474表示 $47 \times 10^4 = 470\text{ nF} = 0.47\text{ }\mu\text{F}$ 。

(2) 色标法

电容器色标法原则上与电阻器色标法相同,标志的颜色符号与电阻器采用的相同,其单位是皮法(pF)。电解电容器的工作电压有时也采用颜色标志:6.3 V用棕色,10 V用红色,16 V用灰色。色点定标在电容器的正极。

5. 电容器的特性

电容器的特性有:①通交流;②阻直流;③电容器上两端电压不能跳变;④受温度变化影响时电容值有一定的改变。

电容器在相位上电流超前于电压(由电容器的特性曲线得知)。当电容量一定时,容抗的大小随频率而变,频率越高,容抗越小,因而电流越大。因为频率越高,电容元件充电与放电的速度越快,单位时间内电荷的移动量就越多,所以电容元件对高频电流呈现的容抗小,对低频电流呈现的容抗大,而对直流,容抗为无穷大,可以看做开路。

6. 电容器的选择与使用

电容器的最大承受工作电压值应大于工作电路电压值的2倍,因电路刚一通电时会有浪

涌电压,充电电流特别大,易损坏器件。计算电容器的电容量值,要根据不同电路的具体公式确定。

7. 电容器的应用电路

(1) Π 形滤波电路

Π 形滤波电路是电源中常用电路,一般有 RC、LC 两种电路形式。从滤波效果看 LC 滤波电路特性好于 RC 滤波电路,这是因为电感自身的直流电阻值小,充电速度快。LC 滤波电路如图 1.3 所示,RC 滤波电路如图 1.4 所示,图 1.5 为滤波前($\sim U_i$)、后($\sim U_o$)的波形。注意:电容器的耐压值一定要大于工作电压 1.5 倍的输入电压值,电容量大于 $300\ \mu\text{F}$ 以上。尤其是在电源中有发射、接收电路时,必须要给接收电路的前级放大器配备电源滤波电路,用以去除电源的纹波。

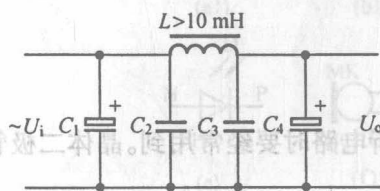


图 1.3 LC 滤波电路

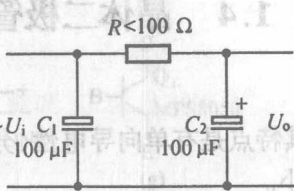


图 1.4 RC 滤波电路

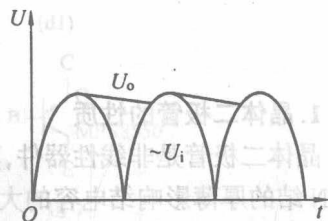


图 1.5 滤波前($\sim U_i$)、后($\sim U_o$)的波形

(2) 高、低通滤波器电路

低通滤波器电路中电阻在前、电容在后,低于虚线交点的频率可以通过,如图 1.6 所示。高通滤波器电路中电容在前、电阻在后,高于虚线交点的频率可以通过,如图 1.7 所示。

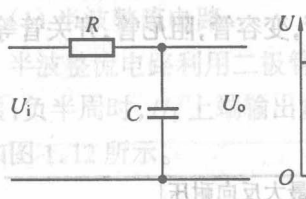


图 1.6 低通滤波器电路与幅频特性(扫频)曲线

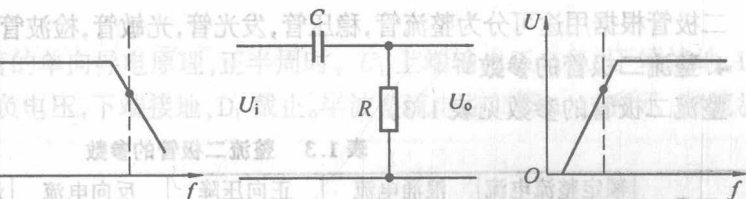


图 1.7 高通滤波器电路与幅频特性曲线

带通滤波器电路由低通和高通滤波器电路组合而成,它使虚线交点中间宽度的频率可以通过,阻断两侧的频率通过,如图 1.8 所示。

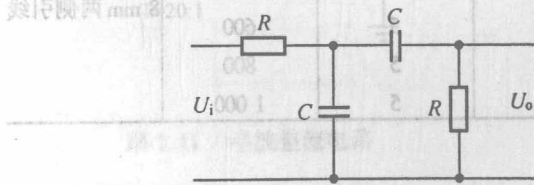
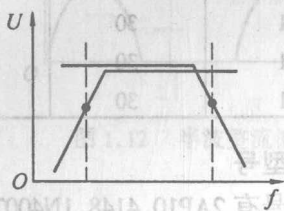
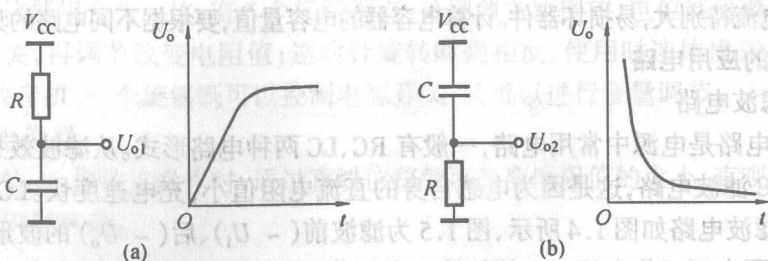


图 1.8 带通滤波器电路与幅频特性曲线



(3) 自动复位电路

自动复位电路应用于延时启动,如单片机软件自启动电路等,主要利用电容器充电实现 U_{o1} 点的电压值,由低电平变高电平; U_{o2} 点的电压值,由高电平变为低电平的过程,如图 1.9 所示。

图 1.9 两种自动复位电路及 U_o 点的波形图

1.4 晶体二极管

1. 晶体二极管的性质

晶体二极管是非线性器件,其特点是有单向导电性,分析电路时要经常用到。晶体二极管中 PN 结的厚薄影响结电容的大小。

2. 二极管主要指标参数值

I_F 为额定整流电流, U_{RM} 为最大反向耐压, I_R 为反向电流。

3. 二极管类型

(1) 根据材料分类

二极管根据材料可分为硅管(N型)和锗管(P型)。

(2) 根据用途分类

二极管根据用途可分为整流管,稳压管,发光管,光敏管,检波管,变容管,阻尼管,开关管等。

4. 整流二极管的参数

整流二极管的参数见表 1.3。

表 1.3 整流二极管的参数

型号	额定整流电流 I_F/A	浪涌电流 I_{FSM}/A	正向压降 U_F/V	反向电流 $I_R/\mu A$	最大反向耐压 U_{RM}/V	外形
1N4001	1	30	1.1	5	50	约 $\phi 3\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ 两侧引线
1N4002	1	30	1.1	5	100	
1N4003	1	30	1.1	5	200	
1N4004	1	30	1.1	5	400	
1N4005	1	30	1.1	5	600	
1N4006	1	30	1.1	5	800	
1N4007	1	30	1.1	5	1 000	

5. 二极管常用型号

二极管常用型号有 2AP10、4148、1N4007,封装号为 DIODE。

6. 晶体二极管引脚识别方法

观察一般整流塑封二极管的外观,一侧有白线标记,为 P 极,另一侧无标记,为 N 极。使用数字与指针万用表测量,方法不同:用数字万用表的二极管挡测量整流二极管,测得 0.478 V 时,万用表红表笔端为 N 区,黑表笔端为 P 区。一般 1N4148 是玻璃封装的二极管,外观有黑色标记一侧为 P 区。

7. 二极管的应用

二极管的电路符号图如图 1.10(a) 所示,实物外形极性封装图如图 1.10(a1) 所示。

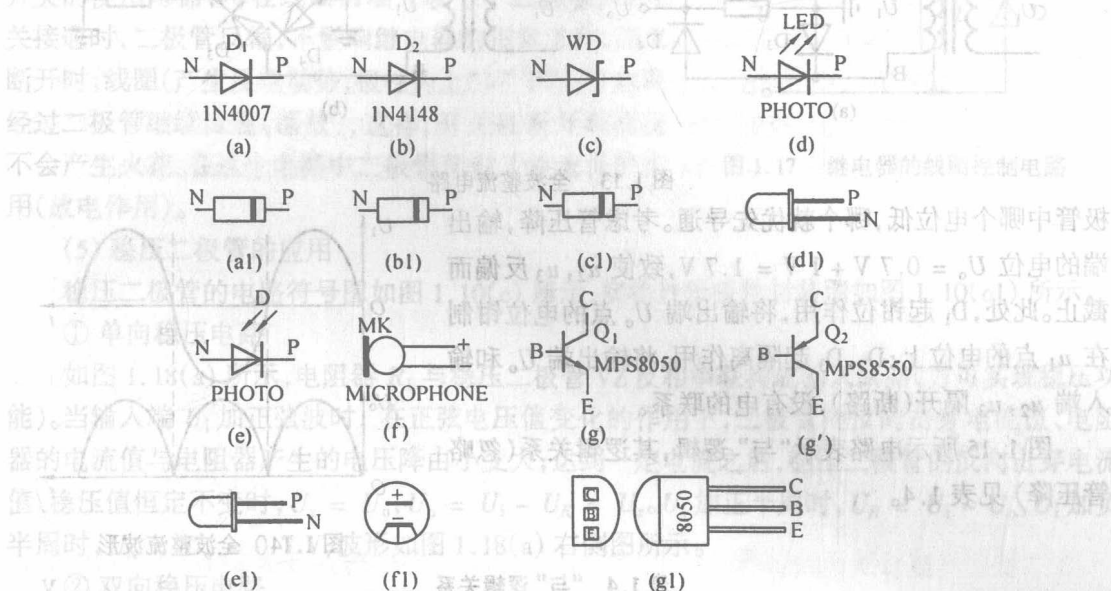


图 1.10 半导体器件的电路符号与封装图

(1) 半波整流电路

半波整流电路利用二极管的单向导电原理,正半周时, U_1 上端输出正电压,下端接地, D_1 导通;负半周时, U_1 上端输出负电压,下端接地, D_1 截止。半波整流电路如图 1.11 所示,整流波形如图 1.12 所示。

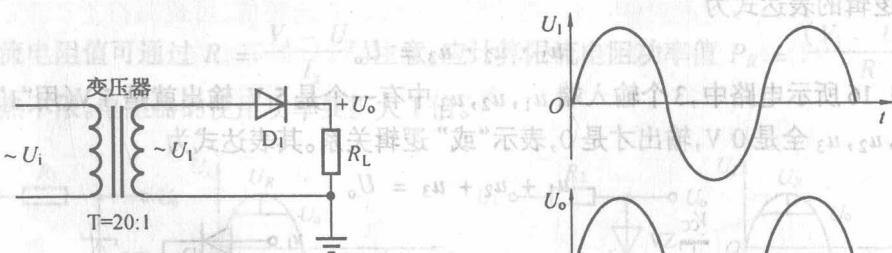


图 1.11 半波整流电路

图 1.12 半波整流波形

(2) 全波整流电路

图 1.13 为全波整流电路(同一电路的两种画法),整流波形如图 1.14 所示。

(3) 二极管的钳位与隔离作用

二极管的电路符号图如图 1.10(b) 所示,实物外形极性封装图如图 1.10(b1) 所示。

在图 1.15 所示电路中, u_1, u_2, u_3 是输入端, U_o 是输出端。设 $u_1 = 1\text{V}, u_2 = 2\text{V}, u_3 = 3\text{V}$, 3 个二极管的阳极接在一起(共阳极接法,阳极电位相同)通过电阻 R_1 接电源正极,因此 3 个二

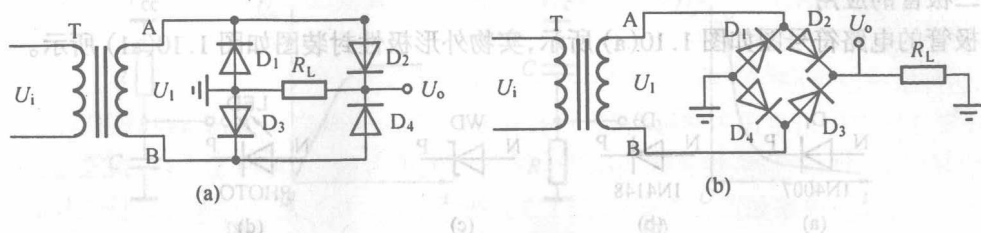


图 1.13 全波整流电路

极管中哪个电位低,哪个就优先导通。考虑管压降,输出端的电位 $U_o = 0.7\text{ V} + 1\text{ V} = 1.7\text{ V}$,致使 u_2, u_3 反偏而截止。此处, D_1 起钳位作用,将输出端 U_o 点的电位钳制在 u_1 点的电位上; D_2, D_3 起隔离作用,将输出端 U_o 和输入端 u_2, u_3 隔开(断路),没有电的联系。

图 1.15 所示电路表示“与”逻辑,其逻辑关系(忽略管压降)见表 1.4。

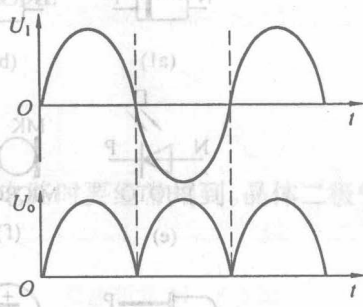


图 1.14 全波整流波形

表 1.4 “与”逻辑关系

u_1	u_2	u_3	U_o
0	0	0	0
5	5	5	5
0	5	5	0
0	0	5	0

“与”逻辑的表达式为

$$u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 = U_o$$

在图 1.16 所示电路中,3 个输入端 u_1, u_2, u_3 中有一个是 5 V,输出就是 5 V(用“1”表示),输入端 u_1, u_2, u_3 全是 0 V,输出才是 0,表示“或”逻辑关系。其表达式为

$$u_1 + u_2 + u_3 = U_o$$

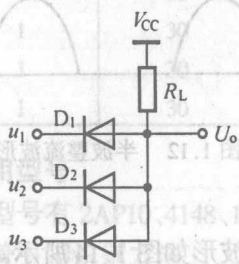


图 1.15 “与”逻辑

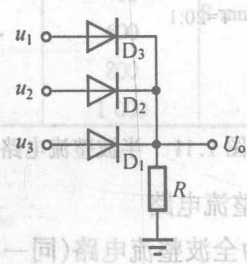


图 1.16 “或”逻辑

(4) 二极管的电路保护作用

图 1.17 中为一个继电器的线圈控制电路,当线圈断电时,电流将急剧下降,其变化率很大,致使线圈产生很大的反电动势, L 的极性为上“-”下“+”(L 力图阻止电流的减小),它和电

源电压 U 相加后足以击穿开关 K 之间的空气间隙,产生火花,会烧坏开关。为避免反电动势和火花的产生,延长开关的使用寿命,可在线圈两端并联一个二极管,在开关接通时,二极管反偏,不影响继电器的正常工作。当 K 断开时,线圈(产生反电动势,极性为上“-”下“+”)电流经过二极管继续流通(泄放),这样,开关在断开瞬间就不会产生火花。在这个电路中二极管起到了续流保护作用(放电作用)。



图 1.17 继电器的线圈控制电路

(5) 稳压二极管的应用

稳压二极管的电路符号图如图 1.10(c) 所示,实物外形极性封装图如图 1.10(c1) 所示。

① 单向稳压电路

如图 1.18(a) 所示,电阻器 R_1 与稳压二极管 VZ 反相串联构成输入回路(方可实现稳压功能)。当输入端 U_i 加正弦波时,在正弦电压值变化的作用下,二极管的反向击穿电流值、电阻器的电流值与电阻器产生的电压降由小变大;达到一定电流之后,稳压二极管的反向击穿电流值、稳压值恒定不变时, $U_z = U_o$, $U_o = U_i - U_R = U_z$ 。 U_i 加正半周时, $U_R = U_i - U_o$, U_i 加负半周时, $U_R = U_o = 0.7 \text{ V}$,波形如图 1.18(a) 右侧图所示。

② 双向稳压电路

如图 1.18(b) 所示,当输入电压 U_i 是正弦波时,其输入与输出的波形图如图 1.18(b) 右侧图所示。输入信号为正半周时, VZ_1 二极管导通, VZ_2 稳压二极管截止。它们的关系式为 $U_o = U_i - U_{R_2} = U_{z_1} + U_{z_2}$ 。

总之,稳压二极管在电路中起到了限制输出幅度和稳压输出的作用,电路中必须反相使用稳压二极管,必须配备经过计算的限流电阻器。稳压二极管的选择要查资料手册,获知稳压二极管的稳定电压值 U_z 、最大反相电流值 I_z 和功率值 P_z 。使用时,也可通过计算求出: $I_z = \frac{P_z}{U_z}$ 。计算限流电阻值可通过 $R = \frac{U_i - U_z}{I_z}$ 。注意,应计算限流电阻功率值 $P_R = \frac{(U_i - U_z)^2}{R}$,避免电阻器散热不限。电阻器的使用功率要扩大 1 倍。

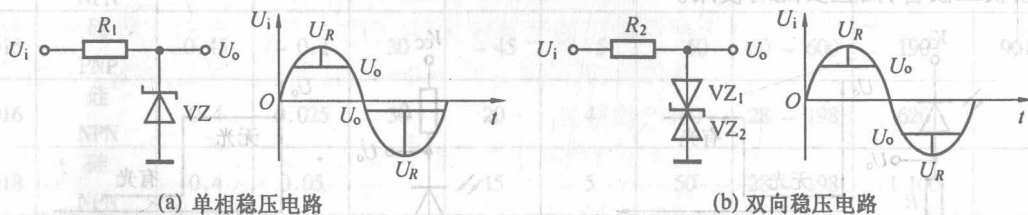


图 1.18 稳压二极管的应用电路

(6) 发光二极管的应用

发光二极管的电路符号图如图 1.10(d) 所示,实物外形极性封装图如图 1.10(d1) 所示。

① 发光二极管并联使用如图 1.19 所示。查阅器件参考资料,必须选择同一型号,同一批次的器件。通电检查发光亮度,要接限流电阻器降压和保护发光二极管。要通电实验测出发光时最大承受电压和最大工作电流值,使用时要区分器件的极性,接错极性会损坏发光二极管,要

确保供电电压稳定性良好。计算限流电阻器的阻值和功率值,并留有余地。不同的发光二极管的发光电压值是不同的,普通发光二极管发光时的正向管压降一般为 2.2 V,工作电流有 1 mA,5 mA,而高亮发光二极管发光时的正向管压降一般为 3 V,工作电流有 3 mA,10 mA;还有汽车灯专用发光管,其正向管压降一般为 3 V,功率有 1 W,3 W,5 W 等。

② 发光二极管串联使用如图 1.20 所示,根据它们的函数关系式计算出电阻器的阻值。首先,设定 V_{CC} 的实际电压值,查资料或实验出 LED₄,LED₅ 的实际电压值,计算出电阻器的压降值,查资料或实验测出 LED₄,LED₅ 的实际最大电流值,再通过欧姆定律求出电阻器的阻值 $R = \frac{U_R}{I_R}$ 。

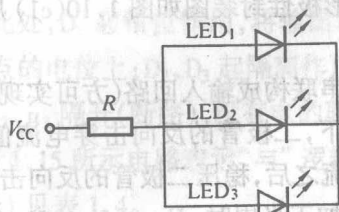


图 1.19 并联电路

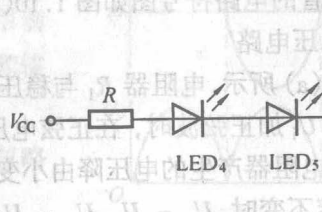


图 1.20 串联电路

(7) 光敏二极管的使用

光敏二极管如图 1.10(e) 所示,实物外形极性封装图如图 1.10(e1) 所示。光敏二极管必须(与供电极性)反相与限流电阻串联使用方可实现光电转换功能(利用其反相电阻变化范围大的特点)。如有资料可查其最大电流值,再计算串联电阻值。一般可设置串联电阻值为 1 kΩ,使其输出电压动态范围大些,图 1.21、图 1.22 所示电路是有光照、无光照时的电路图及输出波形图。没有资料可查时,必须首先用万用表测量出光敏二极管的正、反相电阻值。在面包板上搭接实验电路,测量出有、无光照时的输出电压变化范围。在光照较强的场合使用光敏二极管要加装茶色滤光片。做接收、发射配对使用时,要设定一个固定的选频值,可提高抗干扰能力。光敏二极管常用于光电转换,打印机纸张检测,小车循迹,出入计数器等电路。

红外发射与接收二极管的使用与光敏二极管的使用相同,区别在于前者必须是红外线发射与接收二极管,而且要配对使用。

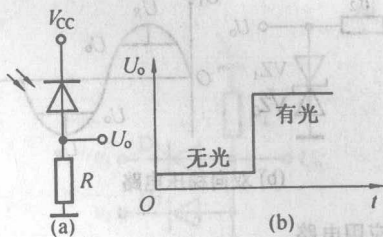


图 1.21 光敏二极管应用电路与输出波形(1)

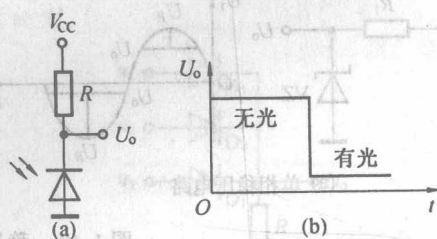


图 1.22 光敏二极管应用电路与输出波形(2)

(8) 声电转换器(驻极体麦克风)的应用

声电转换器如图 1.10(f) 所示,实物封装符号图如图 1.10(f1) 所示。应用声电转换器时必须与限流电阻串联使用方可实现声电转换器功能。电路连接形式与图 1.21 相同,区别在于把光敏二极管换成声电转换器。安装时注意声电转换器引脚是有极性的,把引脚与话筒外壳相接

的引脚接地即可。串联电阻器一般选用 20 kΩ。也可用面包板搭接图 1.22 所示的电路,串联电阻器也可用变阻器接通电源,用万用表测量 U_+ 端的直流电压值等于供电电源的一半。另外,声电转换器电路的输出必须通过电容耦合输出给放大器进行信号处理才能得到理想的音频信号。

(9) 温度传感器

温度传感器的型号类型较多(如 LM35、18B20 等),价格也比较高,必须查阅、参照相关的典型应用电路图使用。

1.5 晶体三极管

1. 晶体三极管的性质

晶体三极管是非线性的电流控制器件(双极型)。

2. 晶体三极管的类型

由于晶体三极管的制作材料、掺入的杂质和制作工艺的不同,因此型号众多。主要分为硅材料型和锗材料型。主要指标参数值有:集电极最大允许电流 I_{CM} ,集电极最大允许功率损耗 P_{CM} ,反向击穿电压 U_{CBO} 、 U_{CEO} 、 U_{BE0} ,电流放大系数 β ,特征频率 f_T 等。

3. 晶体三极管的参数

因为 $I_C = \beta I_B$,所以电流放大系数 β 的不同, I_B 控制 I_C 的数值也不同。

晶体三极管的相关参数见表 1.5。

表 1.5 晶体三极管的相关参数

型号	材料与极性	极限参数					直流参数		特征频率	互补对称管
		P_{CM} /W	I_{CM} /A	U_{CBO} /V	U_{CEO} /V	U_{BE0} /V	I_{CBO} /nA	h_{FE}	f_T	
9011	硅 NPN	0.4	0.03	50	30	5	100	28 ~ 198	370	
9012	硅 PNP	0.625	- 0.5	- 40	- 20	- 5	- 100	64 ~ 202		9013
9013	硅 NPN	0.625	0.5	40	20	5	100	64 ~ 202		9012
9014	硅 NPN	0.625	0.1	50	45	5	50	60 ~ 1 000	270	9015
9015	硅 PNP	0.45	- 0.1	30	- 45	- 5	- 50	60 ~ 600	190	9014
9016	硅 NPN	0.4	0.025	30	20	4	100	28 ~ 198	620	
9018	硅 NPN	0.4	0.05		15	5	50	28 ~ 198	1-100	
8050	硅 NPN	1	1.5	40	25	6	100	85 ~ 300	190	8550
8550	硅 PNP	1	- 1.5	- 40	- 25	- 6	- 100	60 ~ 300	200	8050

图 1.10(g1) 为表 1.5 中所列型号的外形极性封装图。

4. 晶体三极管的应用

晶体管的型号特别多,工作电压范围广泛,应用电路适应性宽,可以满足不同电压、不同功