

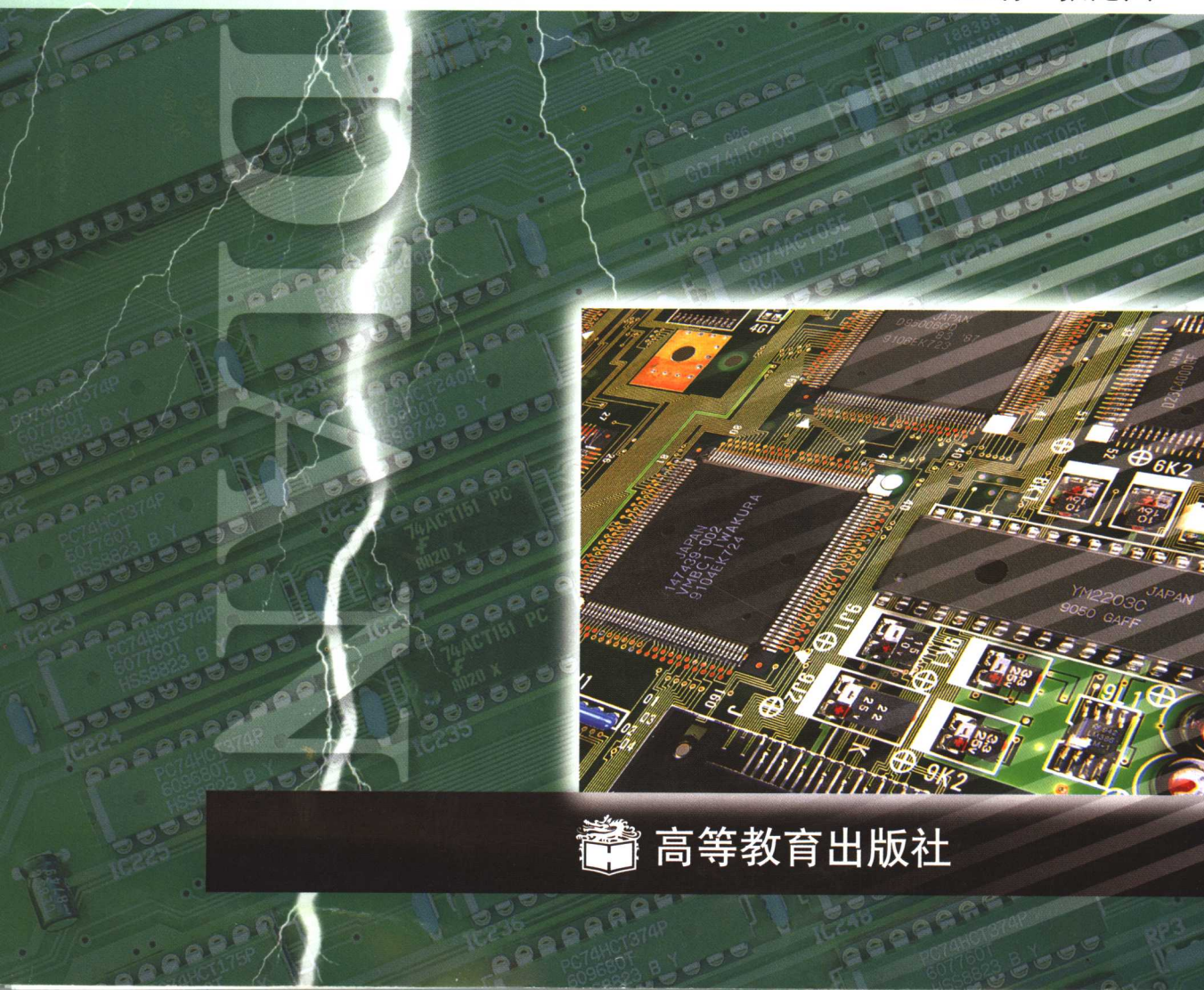


中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电子技术基础

第2版

主编 张龙兴



高等教育出版社

内容提要

本书是中等职业教育国家规划教材,全书分两篇。

第一篇模拟电子技术,包括半导体器件的基础知识、二极管应用电路、三极管基本放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大器、功率放大电路、晶闸管及应用电路等。

第二篇数字电子技术,包括逻辑门电路、数字逻辑基础、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形电路、数模和模数转换器、大规模集成电路等。

本书概念严密、思路清晰,内容浅显、体系合理、文字通顺,可供中等职业学校电类专业使用,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/张龙兴主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2006.6

ISBN 7-04-018719-1

I. 电... II. 张... III. 电子技术-专业学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 004189 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李宇峰	封面设计	李卫青
责任绘图	吴文信	版式设计	范晓红	责任校对	康晓燕
				责任印制	朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京鑫海金澳胶印有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 21.75
字 数 520 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2001 年 7 月第 1 版
2006 年 6 月第 2 版
印 次 2006 年 6 月第 1 次印刷
定 价 24.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18719-00

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为学校选用教材提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件学校的教学需要。

希望各地、各部门积极推广并选用国家规划教材,在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年五月

目 录

概述	1
----------	---

第一篇 模拟电子技术

第一章 半导体器件的基础知识	7	第五章 集成运算放大器	89
1.1 半导体二极管	7	5.1 直流放大器	89
1.2 半导体三极管	10	5.2 差分放大电路	92
1.3 场效晶体管	19	5.3 集成运算放大器	94
本章学习指导	21	本章学习指导	105
习题一	22	习题五	106
第二章 二极管应用电路	24	第六章 功率放大电路	109
2.1 单相整流电路	24	6.1 功率放大概念	109
2.2 其他二极管及其应用电路	32	6.2 OTL电路组成特点及工作原理	110
本章学习指导	37	6.3 集成功放器件及应用	115
习题二	38	本章学习指导	118
第三章 三极管基本放大电路	41	习题六	119
3.1 放大器概述	41	第七章 直流稳压电源	120
3.2 三极管基本放大电路	42	7.1 晶体管稳压电源	120
3.3 具有稳定工作点的放大电路	50	7.2 集成稳压器及应用电路	128
3.4 共射电路图解法	53	7.3 开关稳压电源简介	132
3.5 共集电极放大电路	58	本章学习指导	134
本章学习指导	60	习题七	135
习题三	61	第八章 晶闸管及应用电路	137
第四章 负反馈放大电路	64	8.1 晶闸管	137
4.1 反馈的基本概念	64	8.2 晶闸管触发电路	140
4.2 负反馈对放大器性能的影响	70	8.3 晶闸管应用电路	142
4.3 振荡的基本概念与原理	72	本章学习指导	146
本章学习指导	84	习题八	147
习题四	86		

第二篇 数字电子技术

第九章 逻辑门电路	151	9.3 逻辑门电路	157
9.1 数字电路的特点及分析方法	151	9.4 TTL集成逻辑门	164
9.2 晶体管的开关特性	151	9.5 CMOS集成逻辑门	167

本章学习指导	171	第十三章 时序逻辑电路	219
习题九	173	13.1 寄存器	219
第十章 数字逻辑基础	176	13.2 二进制计数器	222
10.1 数制	176	13.3 十进制计数器	227
10.2 逻辑代数基本公式	179	13.4 时序逻辑电路的应用	231
10.3 逻辑函数的化简	181	本章学习指导	233
10.4 逻辑电路图、真值表与逻辑函数间 的关系	183	习题十三	234
本章学习指导	186	*第十四章 脉冲波形的产生和整形 电路	236
习题十	187	14.1 脉冲的基本概念	236
第十一章 组合逻辑电路	189	14.2 RC 波形变换电路	238
11.1 组合逻辑电路的基础知识	189	14.3 多谐振荡器	242
11.2 编码器	193	14.4 单稳态触发器	245
11.3 译码器	195	14.5 施密特触发器	249
11.4 显示器	198	14.6 555 集成定时器	253
本章学习指导	201	本章学习指导	257
习题十一	201	习题十四	257
第十二章 集成触发器	204	*第十五章 数模和模数转换器	259
12.1 基本 RS 触发器	204	15.1 数模转换器(DAC)	259
12.2 同步 RS 触发器	205	15.2 模数转换器(ADC)	263
12.3 触发器的触发方式	207	本章学习指导	267
12.4 JK 触发器	210	习题十五	267
12.5 D 触发器	211	*第十六章 大规模数字集成电路	268
12.6 T 触发器和 T'触发器	212	16.1 半导体只读存储器(ROM)	268
12.7 集成触发器的应用	213	16.2 可编程逻辑阵列 PLA	273
本章学习指导	216	本章学习指导	274
习题十二	217	习题十六	274

实验部分

课堂演示实验(参考资料)	277	实验7 集成逻辑门电路逻辑功能的 测试	307
基本实验	291	实验8 组合逻辑电路的测试	311
实验1 常用电子仪器的使用	291	实验9 异步二进制计数器	314
实验2 晶体管的简单测试	294	实验10 计数、译码、显示综合应用	317
实验3 放大电路的测试与调整	297	*实验11 晶闸管的工作原理与应用	319
实验4 集成运算放大器的应用	299	*实验12 集成触发器逻辑功能的 测试	322
实验5 集成功率放大器的应用	302		
实验6 集成稳压电源的测试	304		

附录 I 国家教育委员会关于颁发中等职业学校部分专业教学计划、专业教学器材配备 目录(摘录)	324
---	-----

附录 II	半导体器件型号命名方法	326
附录 III	半导体集成电路型号命名方法	328
附录 IV	部分集成运算放大器技术指标	330
附录 V	部分常用 TTL 门电路的外引线排列图	331
附录 VI	部分常用 CMOS 门电路的外引线排列图	333
参考文献		336

概 述

人类社会进入 21 世纪以来,科学技术空前发展。当今,由于电子计算机技术、现代通信技术的进步,使人们在空间和时间上的距离都大大地缩短了,坐在家里便可以了解发生在世界各地的事情,通过电视屏幕就可以看到大洋彼岸进行的国际体育比赛,或与千里之外的亲人“面对面”交谈。查阅资料可以不去图书馆,订票、购物都可以在家里进行。无纸办公、在家上班也变得轻而易举。从琳琅满目、功能纷呈的家用电器到工厂自动化生产过程,从宇宙航行到水下机器人作业,从电报电话到移动通信,所有这一切都向人们显示了信息时代繁花似锦的动人景象。

科学技术的高度发展,使得人类的生产、生活方式乃至社会结构都随之发生变化。而支撑现代科学技术大厦的重要基石之一就是电子技术。电子技术是极富生命力的技术领域,它的快速发展,对国民经济各个领域及人们的生活质量都有着巨大影响。可以说,没有电子技术就不可能有当今高度发展的物质文明和精神文明。本书所讲述的是电子技术的基础知识。

一 模拟信号和数字信号

电子技术最早应用在通信方面,以后随着它的发展,应用范围已经扩展到科学技术的各个领域。

在实际应用中,电子技术被大量用来传输或处理信号(包括信号的放大、比较、变换、运算等)。例如:

电报是将传送的电文译成电码,使其成为代表数字或字母的一系列电流脉冲,即电信号,再把这些电信号传送到接收端,最后在接收端将信号译成电文。

电话是将传送的语言转换成与之相应的电流或电压信号,将它送到接收端后,利用耳机或扬声器将信号还原成声音。

传真和电视传送的是图像,前者传送的是固定图像,如资料、照片、图表、手稿等;后者传送的是活动图像,如舞台上的表演、运动场上的赛况、生产现场的运行实况等。发送设备按一定规律将画面变换成相应的电信号,该信号在接收设备中再按一定的规律转换为光,显影在传真机的感光纸或电视机的荧光屏上。

在电子技术中所说的“信号”是指变化的电压或电流——电信号。电信号可分为两大类:一类信号的振幅随时间呈连续变化,称为模拟信号。图 0-1 所示的电压波形就是模拟信号。例如模拟声音的音频信号,模拟图像的视频信号,模拟温度、压力等物理量变化的信号等。与模拟信号相对应的是数字信号,它只是在某些不连续的瞬时给出的离散数值,即时间和幅值都是离散的,如图 0-2 所示。例如在手电筒的简单电路中,开关的“合”和“断”就是一种数字信号。这种输入信号不是“闭合”就是“断开”,这时的输出信号也仅有两个状态,暗和亮。当然这只是最简单的例子,实际电路要复杂得多。也可将模拟信号转换为数字信号,经数字信号处理后再转换为模拟信号。

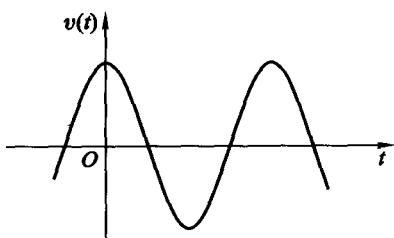


图 0-1 模拟信号波形举例

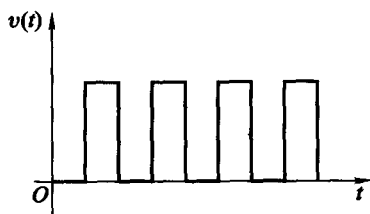


图 0-2 数字信号波形举例

由上述可以分别给模拟电子电路和数字电子电路一个简明的定义：

产生和处理模拟信号的电路称为模拟电子电路。

产生和处理数字信号的电路称为数字电子电路。

二 信号的处理和转换

在实际应用中,信号经常需要经过适当的处理和转换。

例如扩音机是用来放大声音的。它需要通过话筒,先将声音变成电信号,并将该信号放大,然后由扬声器再将电信号还原成声音,经这样处理后,就得到了放大的声音。

再如,商店里的电子收款机对顾客的购物款进行处理并求其总和,就是借助于开关,将各种收款数转换成电压,利用电子技术将这些电压存储并相加,由此产生出包含有总和的信号。这一信号又被转换成可读数字亦即由数码管以光的形式显示出来。

在电子技术中,向信号(或数据)处理系统送入的信号称为输入信号,处理后得到的信号称为输出信号。

非电输入信号(如光、声、温度等信号)在进行电子处理之前,必须通过各种换能器将其转换成电信号。在多数情况下,输出的电信号又必须再通过各种换能器转换成非电信号,才能为人们利用。

电子信号的处理有模拟信号处理和数字信号处理两种方式。在实际运用中,是采用模拟处理方式还是采用数字处理方式,应视具体情况而定。

- 对精确度的要求较高时,可使用数字处理方式。

- 从输入信号与输出信号的形式来看,如果输入和输出是相同形式的信号,可使用相应的模拟系统或数字系统完成处理工作;若输入和输出是不同形式的信号,则常采用模数转换或数模转换。若输入和输出均为模拟信号,也可用数字系统进行处理,输入和输出端分别增加模数转换和数模转换环节。

- 从信号的传输要求来看,如果信号需传输到很远的地方,并且要求保持很高的可靠性及精确性,则要选择数字处理。因为模拟信号远距离传送时,将产生衰减,也很容易受到各种干扰。

三 电子信号处理电路的组成

电子信号处理电路又称电子电路,它是由下列各种元器件构成的(这些元器件,将在后面几章中学习)。

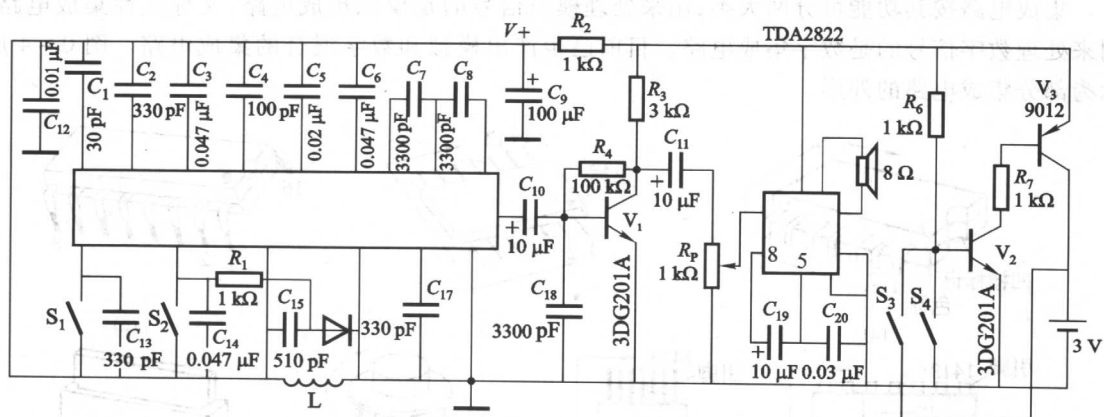
(1) 电子元件:电阻器、电容器、电感器和变压器等。

(2) 半导体器件:二极管、三极管、场效应晶体管、金属氧化物晶体管、晶闸管等。

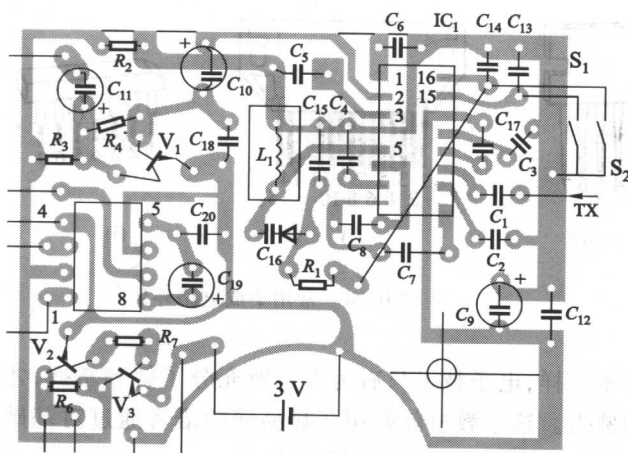
(3) 连接件:如同轴电缆等。

组成电路的目的,是为了对信号进行传输、处理,或产生某些信号,也就是说,电路必须具备某种功能。

组成一个实际电路,通常先设计电原理图,然后将元器件按一定的工艺要求焊接在一块“印制线路板”上。图 0-3 所示为一种收音机的电原理图及对应的印制电路板图。



(a)



(b)

图 0-3 原理图与对应的印制线路

(a) 原理图 (b) 印制线路图

由于半导体技术日臻完善,20 世纪 60 年代出现了集成电路(IC),它标志着电子技术的发展进入到一个新阶段。集成电路又叫固体电路,它是把大量的元器件,如电阻、二极管、三极管及它们之间的连线,全部集中制作在一小块半导体硅片上而构成的电路或系统。 1 mm^2 的面积上,可容纳几十到几百万个元器件,到 20 世纪 90 年代末期,在一块集成电路的芯片上,可容纳的晶体管已达一千万个。

集成电路不仅体积小、重量轻、成本低、耗能小,而且工作的可靠性很高,组装和调试也很方便,它已广泛应用在电子计算机、电子设备和家用电器等各种领域。

集成电路按其功能可分两大类,用来处理模拟信号的是模拟集成电路,又称线性集成电路;用来处理数字信号的是数字集成电路。目前已生产出模拟和数字混合的集成电路。图 0-4 所示为部分集成电路的外形。

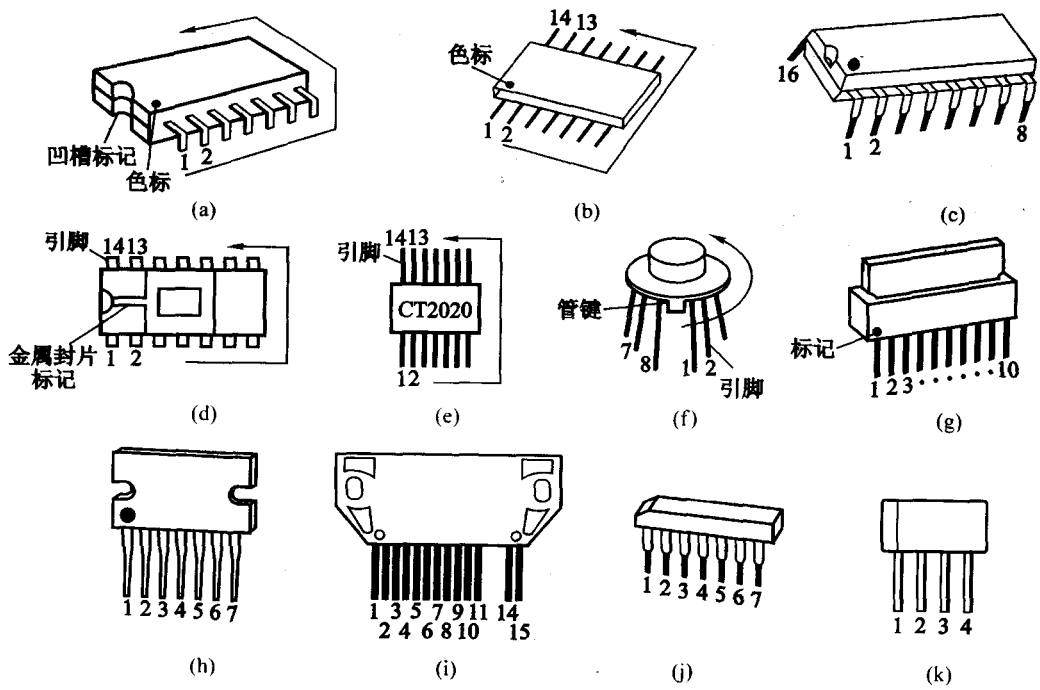


图 0-4 常用集成电路外形

同其他科学技术一样,电子技术只有为人们所充分了解和掌握,才会得到合理有效的运用,才能发挥它无穷的威力。这本教材就是用浅显易懂的语言通过对基础知识的讲解,帮助你叩开“电子王国”的大门,步入五彩缤纷的电子世界中去。

第一篇 模拟电子技术

第一章 半导体器件的基础知识

半导体器件是 20 世纪中叶才发展起来的新型电子器件,包括半导体二极管、半导体三极管、场效晶体管和集成电路等。

1.1 半导体二极管

1.1.1 什么是半导体

自然界中的物质,按导电能力的不同,可分为导体和绝缘体。人们又发现还有一类物质,如硅、锗等,它们的导电能力介于导体和绝缘体之间,且其导电性能非常奇特,它的导电能力随着掺入杂质、输入电压(电流)、温度和光照条件的不同而发生很大变化,人们把这一类物质称为半导体。

半导体是制作半导体器件的关键材料。

研究发现,在半导体里,通常有两种导电的“粒子”,一种带负电荷,即自由电子,还有一种带正电荷,称为“空穴”。它们都携带电荷参与导电,所以统称为“载流子”。在外电场的作用下,两种载流子都可以做定向移动,形成电流。由于制作工艺条件的不同,可以形成导电情况完全相反的两类半导体。

主要靠电子导电的半导体称为电子型半导体或 N 型半导体。这类半导体中,电子是多数载流子(简称多子),空穴是少数载流子(简称少子)。

主要靠空穴导电的半导体称为空穴型半导体或 P 型半导体。这类半导体中,空穴是多数载流子,电子是少数载流子。

1.1.2 PN 结

经过特殊的工艺加工,将 P 型半导体和 N 型半导体紧密地结合在一起,则在两种半导体的交界处就会出现一个特殊的接触面,称为 PN 结。

PN 结有什么特性呢? 来看下面的一个实验,如图 1-1 所示。

在 PN 结两侧外加一个电源,正极接 P 型半导体,负极接 N 型半导体。此时电流表指针偏转较大,说明 PN 结内外电路形成正向电流。这种现象称为 PN 结的正向导通。如将电源的正负极反过来,即电源正极接 N 区,负极接 P 区,此时电流表指针几乎无偏转,说明 PN 结内外电路只能形成极小的反向电流,这种现象称为 PN 结的反向截止。

由以上实验可以知道:

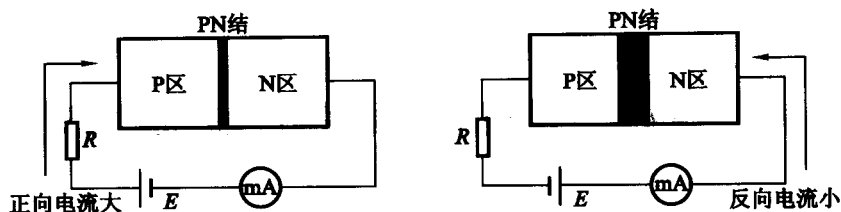


图 1-1 PN 结的单向导电性

PN 结加正向电压时导通,加反向电压时截止,这种特性称为 PN 结的单向导电性。

PN 结两端外加的反向电压增加到一定值时,反向电流急剧增大,称为 PN 结的反向击穿。如果反向电流未超过允许值,当反向电压撤除后,PN 结仍能恢复单向导电性。若反向电流增大并超过允许值,会使 PN 结烧坏,称为热击穿。

PN 结存在着电容,该电容称为 PN 结的结电容。

1.1.3 半导体二极管

1. 半导体二极管的结构和符号

利用 PN 结的单向导电性,可以用来制造一种半导体器件——半导体二极管。

半导体二极管又称晶体二极管。它是由管芯(主要是 PN 结)、从 P 区和 N 区分别焊出的两根金属引线——正、负极以及将它们封装起来的外壳组成。

由于管芯结构的不同,二极管又分为点接触型、面接触型和平面型几种。其结构和电路符号如图 1-2 所示。其中点接触型二极管 PN 结接触面小,适宜在小电流状态下使用,面接触型和平面型二极管 PN 结接触面大,载流量大,适合于大电流场合中使用。在图 1-2(d)所示电路符号中,箭头表示正向导通电流的方向。

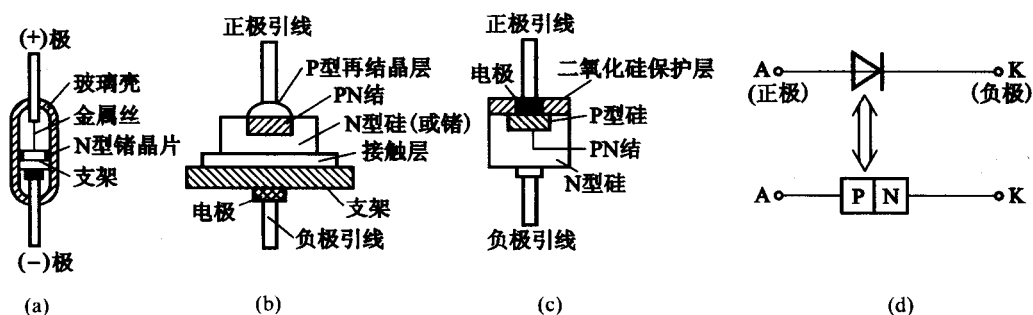


图 1-2 二极管的结构类型及符号

(a) 点接触型 (b) 面接触型 (c) 平面型 (d) 符号

2. 二极管的特性

二极管的核心部分是 PN 结,PN 结具有单向导电性,这也是二极管的主要特性。

二极管的导电性能由加在二极管两端的电压和流过二极管的电流来决定,这两者之间的关系称为二极管的伏安特性。用于定量描述这两者关系的曲线称为伏安特性曲线,如图 1-3 所示。由图可见,二极管的导电特性可分为正向特性和反向特性两部分。

(1) 正向特性

当二极管两端所加的正向电压由零开始增大时,开始时,正向电流很小,几乎为零,二极管呈现很大的电阻。如图 1-3 中 OA 段,通常把这个范围称为死区,相应的电压称为死区电压。硅二极管的死区电压约为 0.5 V 左右,锗二极管的死区电压约为 $0.1\text{ V} \sim 0.2\text{ V}$ 。外加电压超过死区电压以后,正向电流开始出现,直到等于导通电压,正向电流迅速增加,这时二极管处于正向导通状态。如图中 BC 段,硅管的导通电压约 $0.6\text{ V} \sim 0.7\text{ V}$,锗管约 $0.2\text{ V} \sim 0.3\text{ V}$ 。

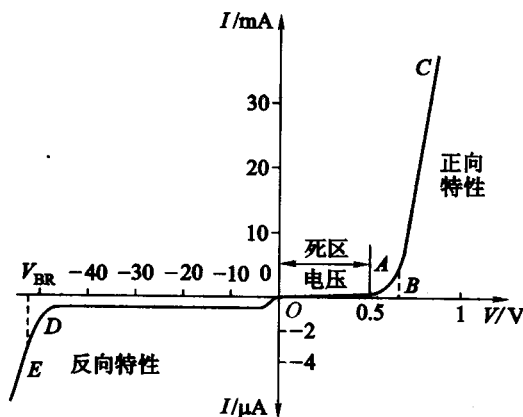


图 1-3 硅二极管的伏安特性曲线

(2) 反向特性

当给二极管加反向电压时,形成的反向电流是很小的,而且在很大范围内基本不随反向电压的变化而变化,故称为反向饱和电流,如图 1-3 中 OD 段。

若反向电压不断增大,当大到一定数值时,反向电流会突然增大,如图 1-3 中 DE 段,这种现象称为反向击穿,相应的电压称为反向击穿电压。普通二极管正常使用时,是不允许出现这种现象的。

不同材料、不同结构和不同工艺制成的二极管,其伏安特性有一定差别,但伏安特性曲线的形状基本相似。

从二极管伏安特性曲线可以看出,二极管的电压与电流变化不呈线性关系,其内阻不是常数,所以二极管属于非线性器件。

3. 半导体二极管的主要参数

(1) 最大整流电流 I_F

指二极管长时间工作时允许通过的最大直流电流。使用二极管时,应注意流过二极管的正向最大电流不能大于这个数值(它是二极管极限参数),否则可能损坏二极管。

(2) 最高反向工作电压 V_{RM}

指二极管正常使用时所允许加的最高反向电压。使用中如果超过此值,二极管将有被击穿的危险。

1.2 半导体三极管

在半导体器件中,有一种广泛应用于各种电子电路的重要器件,那就是半导体三极管通常也称为晶体管。本节将着重讨论三极管的构造、原理及其工作特性。

1.2.1 半导体三极管的基本结构与分类

半导体三极管的核心是两个紧靠着的 PN 结。两个 PN 结将半导体基片分成三个区域:发射区、基区和集电区,如图 1-4 所示。其中基区相对较薄。由这三个区各引出一个电极,分别称为发射极、基极和集电极。用字母 E、B、C 表示。通常将发射极与基极之间的 PN 结称为发射结;集电极与基极之间的 PN 结称为集电结。

由于半导体基片材料不同,三极管可分为 PNP 型和 NPN 型两大类。图 1-4(a)所示为 PNP 型三极管结构及电路符号;图 1-4(b)所示为 NPN 型三极管结构及电路符号。由图可见,两种符号的区别在于发射极的箭头方向不同。实际上发射极箭头方向就是发射极正向电流的方向。

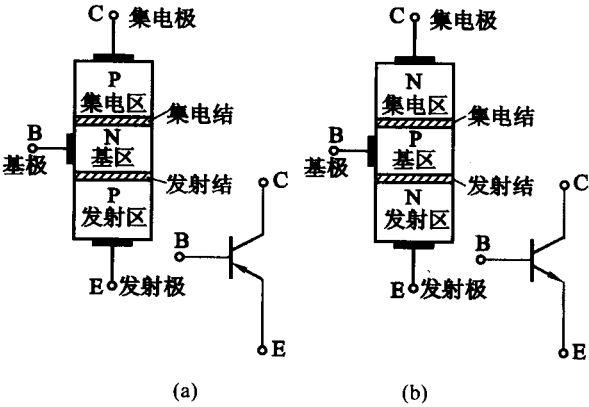


图 1-4 三极管的内部结构及符号

(a) PNP 型 (b) NPN 型

由于三极管的功率大小不同,它们的体积和封装形式也不一样。三极管常采用金属、玻璃或塑料封装。常用三极管的外形及封装形式如图 1-5 所示。

三极管种类很多。按功率分,有小功率管和大功率管;按工作频率分,有低频管和高频管;按管芯所用半导体材料分,有硅管和锗管;按结构工艺分,主要有合金管和平面管;按用途分,有放大管和开关管等。

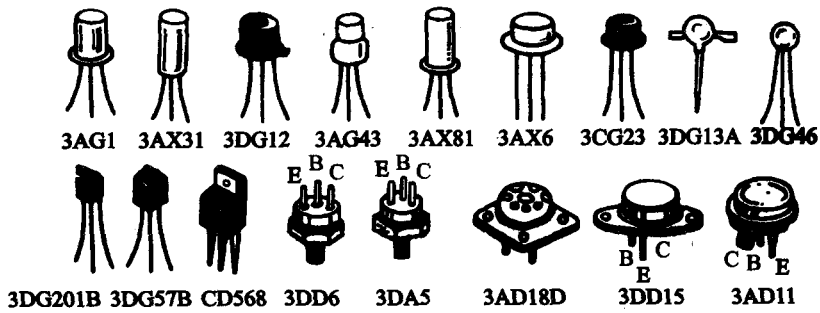


图 1-5 三极管外形及封装形式

1.2.2 三极管的电流放大作用

三极管的主要功能是放大电信号。下面介绍三极管是如何放大电信号的。

1. 三极管各电极上的电流分配

现以 NPN 型三极管为例搭成如图 1-6 的实验电路。图中 V_{BB} 为基极电源,通过基极电阻 R_b 和电位器 R_p 将正向电压加到基极和发射极之间(发射结),集电极电源 V_{CC} 通过集电极电阻 R_c 将电压加到集电极与发射极之间以提供电压 V_{CE} 。实验电路中, V_{CC} 电压应高于 V_{BB} 电压,保证发射结加正向偏置电压(简称正偏),集电结加反向偏置电压(简称反偏)。

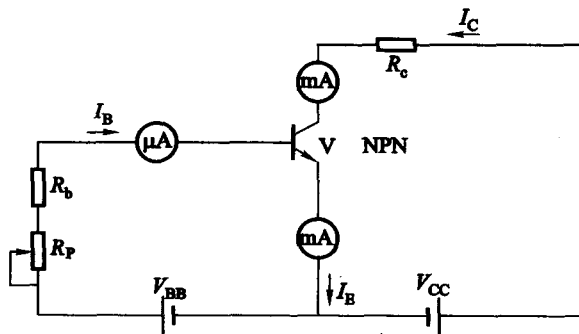


图 1-6 三极管电流分配实验电路

电路接通后,在电路中就有三支电流通过三极管,即流入基极的基极电流 I_B 、流入集电极的集电极电流 I_C 和流出发射极的发射极电流 I_E 。

调节电位器 R_p 的阻值,可以改变基极的偏压,用来调节基极电流 I_B 的大小。每取一个 I_B 的确定值,再从毫安表上读取集电极电流 I_C 和发射极电流 I_E 的相应值。实验数据见表 1-1。