

邮电技工学校试用教材

电子电路

王永江 赵鸿钟 编著

人民邮电出版社

邮电技工学校试用教材

电子电路

王永江 赵鸿钟 编著

人民邮电出版社

91/24
内 容 提 要

本书是根据邮电技工学校教学大纲编写的，是电信各专业的基础课教材。

全书共十一章，包括：晶体二极管和三极管；晶体管的基本放大电路；多级放大器；放大器的负反馈；功率放大器和正弦振荡器；直流放大器；整流电源和稳压电路；其它半导体器件及应用电路；电子管及基本电路，最后附有十个实验。每章末都有要点和习题，供读者加深和巩固所学知识。

本书吸收了《实用电子电路》一书的特点，内容比较精炼实用，着重物理概念的叙述，对必要的定量分析也采用了简化算法。根据技工学校的特点，突出了实用知识，并列了大量的例题和习题。

邮电技工学校试用教材

电 子 电 路

王永江 赵鸿钟 编著

责任编辑 刘惠云

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

朝阳展望印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1989年5月第一版

印张：18 4/32 页数：290 1989年5月北京第1次印刷

字数：416千字 印数：1-11 000册

ISBN 7-115-03925-9/TN·215

定价：3.20元

前 言

邮电技工教育是邮电教育体系中的一个重要组成部分。

随着通信业务技术的发展，培养大批有适当基础理论知识和熟练操作技能的通信技术工人和业务人员是邮电技工教育的重要任务，要求邮电技工学校培养出来的通信技术工人和业务人员有良好的职业道德和适应实际生产需要的技术业务能力。在知识和能力上基本上达到中级工水平。

为此我局组织全国邮电技工学校根据劳动人事部关于技工教育的要求和邮电技工教育的特点，研究制订了教学计划和教学大纲，并从邮电技工学校的教师和部分现业单位的业务技术人员中，选出有技工教育实践经验的人员编写邮电技工统编试用教材，并由邮电技工教材编审委员会组织审定，供全国邮电技工学校教学使用，也可供各地通信部门用作中级技术工人和业务人员的培训材料。

这套统编的邮电技工试用教材，密切联系生产实际，力求体现“基础理论教育适当，操作技能训练从严”的方针。但是由于是初次编写，难免有缺点或不当之处，希望各地邮电技工学校在试用过程中，把发现的问题和意见告诉我们，以便研究改进，进一步提高。

邮电部教育局

一九八七年三月五日

编 者 的 话

本书是根据1986年邮电技工学校教学大纲编写的，是电信各专业的基础课教材。

在各类通信设备中几乎都有各式各样的电子电路，学好本课程是为进一步学习通信设备打下基础。既然是几个专业共同的技术基础课教材，本书只能介绍那些最基本的典型电路，并着重从概念上讨论电路是如何工作的，必要的定量分析也采用简化计算方法，力求简明。为了便于教学，在各章都编入该章要点、复习题和习题。

目前仍有不少电子管设备在使用，如果当地电子管设备较多，建议选学第十章，不再学第九章。

电子电路是一门实践性很强的课程，本书不但较多地介绍实用常识，还在最后一章专门介绍实验。在授课中如能增加一些演示，对学生掌握所学内容，会有很大帮助。

本书编写中，吸收了邮电职工教育用书《实用电子电路》的特点。

由于我们水平有限，难免存在缺点和错误，恳切希望批评指正。

作者

1988年1月

目 录

第一章 晶体二极管和三极管

第一节 半导体基本知识	1
一 半导体导电特点	1
二 杂质半导体	6
第二节 PN结	9
一 PN结的形成	9
二 PN结的单向导电性	11
第三节 晶体二极管	13
一 二极管特性	14
二 二极管主要参数	21
三 二极管的分类、型号和结构	25
四 二极管简易测量方法	28
第四节 晶体三极管	31
一 三极管的结构、符号和型号	31
二 三极管的放大作用	36
三 三极管的特性曲线和工作状态	42
四 三极管的主要参数	48
五 三极管的简易测试	53
本章要点	57
复习题和习题	59

第二章 晶体管基本放大电路

第一节 低频放大器的基本概念	63
一 放大器的方框图	64

二 放大器的基本技术指标	66
第二节 单管放大电路及其工作原理	70
一 电路组成	70
二 工作原理	74
第三节 单管放大电路的分析	80
一 直流通路及静态工作点计算	81
二 交流通路及三极管的交流等效电路	84
三 计算放大倍数、输入电阻和输出电阻	88
四 元件对放大电路影响的讨论	99
第四节 静态工作点的稳定与偏置电路	104
一 静态工作点不稳定的因素及影响	105
二 自动稳定静态工作点的偏置电路	107
三 静态工作点的调测	112
第五节 单管放大电路故障检查方法	116
一 检查故障的思路	116
二 检查直流通路故障方法	117
三 检查交流通路故障方法	119
本章要点	121
复习题和习题	123

第三章 多级放大器

第一节 多级放大器的放大倍数	128
第二节 低频放大器的性能指标	132
一 非线性失真系数	132
二 频率响应	134
三 信号噪声比	138
第三节 放大器的级间耦合	139
一 耦合方式和对耦合电路的要求	139
二 阻容耦合特点	140

三	三极管的频率特性和参数	142
第四节	变压器耦合放大电路	144
一	变压器特性	144
二	变压器耦合放大电路的分析	147
第五节	低频放大器的测试	154
一	测试仪表及连接方法	154
二	测试方法	155
本章要点		161
复习题和习题		162
第四章	放大器中的负反馈	
第一节	反馈的概念	165
一	什么是反馈	165
二	反馈的分类	167
第二节	负反馈放大电路	171
一	电流串联负反馈放大电路	171
二	电压并联负反馈放大电路	181
三	电压串联负反馈放大电路	191
四	电流并联负反馈放大电路	196
第三节	负反馈对放大器特性的影响	197
一	负反馈对放大器性能的改善	198
二	利用负反馈改变放大器特性	202
第四节	射极输出电路	205
一	电路的分析和计算	205
二	射极输出电路的应用	210
三	射极输出电路是共集电极电路	215
本章要点		216
复习题和习题		217
第五章	功率放大器	

第一节	功率放大器的特点和分类	222
一	功率放大器的特点	222
二	功率放大电路的分类	226
第二节	甲类单管功率放大电路	228
一	工作原理	228
二	数量关系	230
三	实用电路	238
第三节	乙类推挽功率放大电路	240
一	工作原理	240
二	数量关系	245
三	交越失真和偏置方法	250
第四节	无输出变压器功率放大电路	254
一	工作原理	254
二	偏置和推动电路	261
三	复合管	266
四	复合互补OTL功率放大器实例	271
第五节	集成功率放大电路	275
一	集成电路简介	275
二	5G37型集成功放组件	276
本章要点		280
复习题和习题		282

第六章 正弦振荡器

第一节	正弦振荡的基本知识	285
一	振荡电路的组成和振荡条件	285
二	振荡的建立和稳定	288
第二节	LC振荡电路	290
一	LC选频网络和选频放大器	290
二	变压器耦合LC振荡电路	293

三	三端式振荡电路	297
第三节	石英晶体振荡电路	301
一	石英晶体特性	301
二	石英晶体振荡电路	304
第四节	RC 振荡电路	
一	移相式RC振荡电路	306
二	RC文氏桥振荡电路	309
第五节	自激与寄生振荡	
一	负反馈环的自激	314
二	寄生振荡	315
本章要点		318
复习题		319
第七章 直流放大器		
第一节	直流放大电路的特点	320
一	什么是直流放大电路	320
二	直流放大基本电路	321
三	直接耦合	325
四	零点漂移	329
第二节	差动放大电路	331
一	差动放大电路的基本形式	331
二	典型差动放大电路	336
三	改进电路	345
第三节	集成运算放大器	348
一	集成运放简介	348
二	F001型集成运放组件	352
三	F007型集成运放组件	355
第四节	集成运放的应用	356
一	简化分析方法	356

二	放大电路的两种基本形式	356
三	应用电路举例	360
	本章要点	364
	复习题和习题	366
第八章 整流与稳压		
第一节	整流电源的组成	370
一	整流电源方框图	370
二	直流电源的技术指标	372
第二节	整流电路	374
一	半波整流电路	374
二	全波整流电路	379
三	桥式整流电路	382
第三节	滤波电路	385
一	电容滤波	385
二	其它滤波电路	391
第四节	倍压整流电路	394
一	倍压整流电路工作原理	394
二	倍压整流电路的特点和应用	397
第五节	稳压管稳压电路	399
一	稳压二极管	399
二	电路工作原理及稳压特性	402
三	电路优缺点及变化电路	406
第六节	串联型稳压电路	408
一	简单的串联型稳压电路	408
二	具有放大电路的串联型稳压电路	410
三	改进电路	418
第七节	集成稳压组件及电路	423
第八节	整流电源故障检查方法	425

一	整流器故障检查方法	425
二	稳压电路故障检查方法	428
	本章要点	430
	复习题和习题	432
第九章 其它半导体器件及应用电路		
第一节	发光二极管	437
第二节	可控硅	439
一	可控硅的结构和特性	439
二	可控整流电路	443
第三节	单结晶体管	447
一	单结晶体管的特性	447
二	自激多谐振荡电路	449
三	移相脉冲发生器	452
第四节	结型场效应管	455
一	结型场效应管的结构和特性	455
二	结型场效应管的放大电路	459
三	结型场效应管和三极管对比	462
	本章要点	464
	复习题	465
第十章 电子管及基本电路		
第一节	二极管	467
一	二极管工作原理和特性	467
二	整流电路	471
第二节	三极管	472
一	三极管工作原理	472
二	特性和参数	474
三	放大电路	477
第三节	多栅管	483

一	四极管	483
二	五极管	487
三	束射四极管	491
第四节	电子管使用常识	492
一	有关电子管的几个问题	493
二	分析电子管电路方法	501
第五节	示波管	506
一	结构和工作原理	506
二	示波管基本电路	510
	本章要点	516
	复习题和习题	517
第十一章 实验		
实验一	示波器的使用	528
实验二	用万用表测试晶体管	530
实验三	单管放大电路	532
实验四	放大器的测试	536
实验五	放大器中的负反馈	542
实验六	乙类推挽功率放大电路	548
实验七	LC振荡电路	554
实验八	运算放大器	558
实验九	可控整流电路	562
实验十	测试电子管特性曲线	565

第一章 晶体二极管和三极管

内 容 提 要

电子电路是指包含有电子器件的电路。常用的电子器件有晶体管、电子管等。在电子电路中电子器件占有很重要的地位，一个电路性能如何，在相当大的程度上取决于电子器件本身的性能及其工作状态的选择。为了正确和有效地运用电子器件，必须对它们的工作原理和性能有一个基本了解。为此，本章主要介绍晶体二、三极管的结构、特性、参数和使用常识，为学习晶体管电路打下基础。

第一节 半导体基本知识

一、半导体导电特点

晶体管是由半导体材料做成的，为了讨论晶体管的工作原理和特性，先介绍半导体导电的一些特点。通过《物理》、《电工》课的学习，我们知道物质按其导电性能来分，基本上有两大类。一类是导电能力很强的物质，称为导体，例如大多数的金属：铜、铝、铁等，经常用做导电材料，象导线、开关、印刷电路板的铜皮等等。另一类导电能力极差，基本不能导电的材料，称为绝缘体，例如用作导线绝缘外皮的塑料、橡胶，用作电容

3910287

· 1 ·

器介质的云母、陶瓷、纸等。这两类材料我们比较熟悉。其实，在这两类之间还存在着一类，它的导电性能介于导体和绝缘体之间，这就是本节要介绍的半导体。半导体材料的种类，比起导体、绝缘体来，少得多，主要有硅和锗两种。此外还有砷化镓等几种。

半导体导电能力比导体低得多，而且很容易受外界环境的影响而变化，这一点和导体大不一样。例如环境温度升高一些，对于导体铜来说，影响甚微，只使其导电能力微微变差一点；而对半导体，则能使其导电能力成倍地提高。又如，用光照射铜，几乎不影响导电性能；而用光照射半导体，却能提高它的导电能力。还有很多特点，这里就不一一介绍了。这些特点表明半导体的导电原理和导体有所不同。也正是因为具有这些特点，才能用半导体做成晶体管、集成电路等电子器件，在电子技术中获得广泛应用。

为了说明半导体如何导电，先回顾一下，导体是如何导电的，绝缘体为什么不导电。大家知道，各种物质都是由原子构成的，原子内部有带正电的原子核，原子核外有带负电的电子围绕旋转。由于旋转有离心力，同时原子核和电子分别带有正、负电，又互相吸引，有向心力，二力均衡，电子既不会被吸引到原子核中心去，也不能挣脱原子核的束缚而跑出来。最外层的电子是价电子，相对而言，受原子核的引力束缚弱一些。对于铜、铝、铁这一类导电的金属，原子核对价电子束缚得比较松，价电子在整个物体中活动自如，而不是被某一个原子所独有，这些电子称为“自由电子”。如果不接电源，自由电子的运动杂乱无章，没有统一的方向，不能形成电流。如果在导体两端接上电源，内部形成电场，自由电子受到电场力的作用，逆着电场方向向电源正端运动，如图1·1·1所示。这种定向运动形

成的电流，按照规定，电流正方向是带负电的电子运动的反方向。由于导体中含有很多自由电子，能形成较大电流，表明它的导电能力很强。

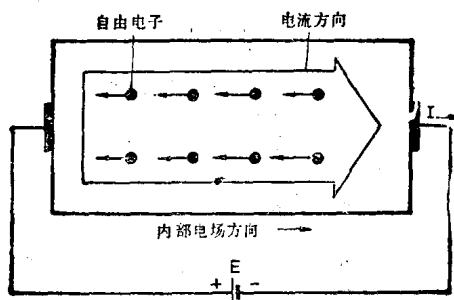


图1·1·1 导体中的电流示意图

从图1·1·1中可以看出，参与导电的仅仅是自由电子。虽然导体中，原子核是带正电的粒子，被原子核束缚着的电子是带负电的粒子，但是它们不能在电场作用下定向运动形成电流，不参与导电过程。通常把可以形成电流的带电粒子称为载流子。在金属导体内就是一种载流子，即自由电子。

对于绝缘体来说，原子核对外层电子的引力很大，束缚得十分牢固。一般情况下，外层电子无力挣脱束缚，形不成自由电子，即使在绝缘体两端接上电源，也因无载流子而不能产生电流。

综上所述，物体的导电能力由载流子的多少来决定，载流子多导电能力强，载流子少导电能力弱，没有载流子是不导电的绝缘体。载流子基本特征有两点，其一要带电，其二它不被某一个原子所独有，可以在整个物体中自由运动。

半导体材料是非常纯净的，而且每个原子都按一定的规律

整齐的排列在一起，形成非常好的结晶。习惯上称半导体管为晶体管，正是由此而来。材料的纯净和结晶的完整，是获得半导体特性所必须具备的条件。

半导体材料硅和锗都是有四个价电子的四价元素，在晶体中每个原子都和另外四个原子相邻，结构非常紧密。这两种材料原子核对价电子的束缚，比金属导体紧得多，而比绝缘体又松得多。当温度极低、半导体具有的热能极小时，所有的价电子都被原子核束缚，因此体内无载流子，于是不导电。随着温度升高，半导体内热能增加，会有个别原子的价电子，从中吸取了能量，从而挣脱原子核的束缚，变成自由电子，这一过程叫“激发”。半导体晶体不仅每个原子有确定位置，而且每个原子的价电子也有确定的轨道，激发使一个价电子脱离原轨道变为自由电子的同时，在原来轨道上留下一个空位子。邻近原子的价电子就会跑来填补，这样在它的原址又会留下新的空位，再有其它原子的价电子来填补，空位就移到第三个原子处，如此递补，空位不断转移，看来好象是空位在运动。激发和空位运动示意图如图1·1·2所示。

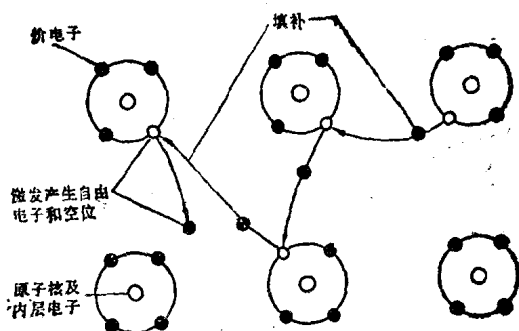


图1·1·2 激发和空位运动示意图