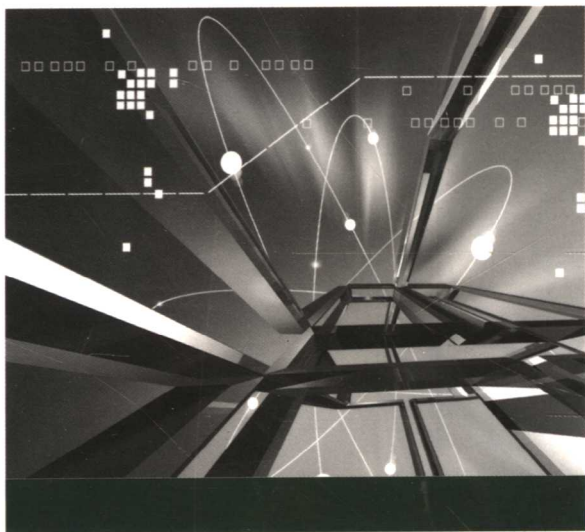


职业技能鉴定培训读本

初级工

电子技术基础

陈宝生 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训读本（初级工）

电子技术基础

陈宝生 主编

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/陈宝生主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 12
职业技能鉴定培训读本(初级工)
ISBN 7-5025-6353-9

I. 电… II. 陈… III. 电子技术-职业技能鉴定-
教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123587 号

职业技能鉴定培训读本(初级工)

电子技术基础

陈宝生 主编

责任编辑: 刘 哲 周国庆

文字编辑: 廉 静

责任校对: 吴桂萍 王 侠

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 7 字数 185 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6353-9/TN·15

定 价: 16.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

随着社会经济的发展，企业对从业人员的要求在发生变化，求职人员的结构也在发生变化，特别是近几年农村劳动力的转移引起了国家高度重视。劳动者需要掌握一技之长，才能谋到合适的工作，为今后的职业生涯打下好的基础。目前国家正在大力推行职业资格证书制度，它是国家劳动就业制度的重要组成部分，对于促进劳动者素质提高，提高就业率有着重要的意义。劳动者通过职业技能鉴定考试，取得国家职业资格证书，一方面，企业录用劳动者的时候，可以根据他们持有的证书判断他们的技术水平；另一方面，在国家职业标准的指导下，劳动者可以根据职业的需要去学习掌握相关的知识和技能，干什么，考什么，学什么，用宝贵的时间学到真正有用的东西。

技术技能型操作人员职业资格等级分为五级，从低到高依次为五级（初级工）、四级（中级工）、三级（高级工）、二级（技师）、一级（高级技师）。本套丛书是为技术技能型操作人员编写的初级职业技能鉴定读本，根据国家职业标准的要求编写，旨在满足农村劳动力进城就业和社会上广大新工人学习和掌握各专业工种的基础理论知识和基本操作技能的需要，尽快提高各类操作人员的技术素质，从而增强企业的竞争力，促进新生劳动力、转岗再就业人员和农村转移劳动力实现就业。

本套丛书包括《机械基础》、《机械制图》、《电工识图》、《电工基础》、《电子技术基础》、《安全技术基础》、《钳工》、《管工》、《铆工》、《焊工》、《锅炉工》、《木工》、《瓦工》、《油漆工》，共14本。

本套丛书力求具有以下特点。

1. 针对性强。本套丛书理论起点低，知识阐述简明扼要，语

言通俗易懂，特别适合文化基础偏低的人员学习阅读。

2. 实践性强。本套丛书从企业生产实际和培训新工人的需要出发，突出介绍了各专业工种的基本技术知识和基本操作技能、操作方法。

3. 在编写过程中充分考虑到企业生产发展和技术更新的需要，介绍了一些新知识、新技术、新工艺、新规范和生产操作案例，为广大技术工人知识更新和技术提高奠定基础。

本书为《电子技术基础》分册，内容包括半导体基础知识、晶体管交流放大器、晶体管直流放大器、正弦波振荡器、直流稳压电源、逻辑代数基础、逻辑门电路、触发器和时序逻辑电路。本书内容浅显，知识面广，特别注重对初学者的实用性和针对性，每章后附有小结和习题。本书可供初级技术工人学习使用。

本书由陈宝生、张文学、高卫东编写，庄绍君、张泽军审核。由于编者水平所限，不足之处恳请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 8 月

内 容 提 要

本书为《职业技能鉴定培训读本》(初级工)之一。

本书为《电子技术基础》分册,内容包括半导体基础知识、晶体管交流放大器、晶体管直流放大器、正弦波振荡器、直流稳压电源、逻辑代数基础、逻辑门电路、触发器和时序逻辑电路。本书内容浅显,每章后附有小结和思考题,突出必须掌握的理论知识和技术知识、从而指导其实际工作,帮助其提高就业能力。

本书可供初级技术工人学习使用,可作为职业技能培训教材。

目 录

第 1 章 半导体基本知识	1
1.1 半导体基本知识	1
1.1.1 导体、绝缘体和半导体	1
1.1.2 半导体的导电特性	2
1.1.3 半导体材料的敏感特性	3
1.2 PN 结	6
1.2.1 P 型材料和 N 型材料	6
1.2.2 PN 结	6
1.2.3 PN 结的单向导电性	7
1.2.4 PN 结的其他特性	8
1.3 晶体二极管	10
1.3.1 二极管的结构	10
1.3.2 二极管的伏安特性曲线	12
1.3.3 二极管的主要参数	14
1.3.4 二极管的型号与类型	15
1.3.5 二极管的检测	16
1.4 晶体三极管	17
1.4.1 三极管的结构	17
1.4.2 三极管的放大作用	19
1.4.3 三极管的特性曲线	21
1.4.4 三极管的主要参数	25
1.4.5 三极管的型号与类型	30
1.4.6 三极管的检测	31
1.5 晶体管的使用	36
1.5.1 晶体管的使用	36
1.5.2 晶体管的代换	39
1.6 场效应晶体管	41

1.6.1 场效应晶体管的结构和工作原理	41
1.6.2 场效应晶体管的转移特性	42
1.6.3 场效应晶体管的主要参数	46
1.6.4 场效应晶体管的特点	46
1.6.5 其他型式的场效应晶体管	46
小结	47
习题	49
第2章 晶体管交流放大器	51
2.1 单管交流放大器	51
2.1.1 单管放大器的组成及各元件的作用	52
2.1.2 基本放大电路的工作原理	53
2.1.3 电源的简化	57
2.2 放大电路的基本分析方法	57
2.2.1 图解法	57
2.2.2 等效电路分析法	63
2.3 静态工作点设置与稳定	69
2.3.1 工作点不合理将引起失真	69
2.3.2 温度变化对工作点的影响	70
2.3.3 工作点稳定的电路	70
2.4 多级电压放大器	74
2.4.1 概述	74
2.4.2 多级放大器的级间耦合问题	75
2.4.3 多级放大器各级之间的相互影响问题	77
2.5 功率放大器	79
2.5.1 单管功率放大电路	80
2.5.2 乙类推挽功率放大器	83
2.5.3 大功率晶体管的散热问题	85
2.6 负反馈放大器	85
2.6.1 反馈及其基本形式	86
2.6.2 射极输出器	88
小结	91
习题	95
第3章 晶体管直流放大器	96
3.1 概述	96

3.2 直接耦合放大器	96
3.3 差动式放大器	99
小结	101
习题	102
第4章 正弦波振荡器	103
4.1 振荡的基本知识	103
4.1.1 概述	103
4.1.2 LC 并联谐振回路	104
4.2 LC 自激振荡器	107
4.2.1 电感反馈三点式自激振荡器	107
4.2.2 电容反馈三点式自激振荡器	110
4.3 RC 正弦波振荡器	111
4.3.1 电路说明	112
4.3.2 RC 选频电路的选频作用	113
4.3.3 满足振荡条件及稳幅作用	115
4.3.4 频率及调节频率的方法	115
4.3.5 优点	116
4.4 石英晶体振荡器	116
4.4.1 石英晶体谐振器	116
4.4.2 石英晶体振荡器	118
小结	120
习题	121
第5章 直流稳压电源	122
5.1 整流电路	122
5.1.1 单相不可控整流电路	123
5.1.2 晶闸管单相可控整流电路	126
5.2 滤波电路	133
5.2.1 电容滤波电路	134
5.2.2 电感滤波电路	135
5.2.3 复式滤波电路	136
5.3 稳压电路	138
5.3.1 硅稳压二极管	138
5.3.2 硅稳压管稳压电路	139

5.3.3 串联型晶体管稳压电路	141
小结	143
习题	144
第6章 逻辑代数基础	145
6.1 概述	145
6.1.1 数字信号与模拟信号	145
6.1.2 数制与编码	146
6.2 基本逻辑运算和法则	152
6.2.1 基本逻辑运算	152
6.2.2 逻辑代数的基本法则	154
6.3 逻辑代数的基本定律	155
6.3.1 基本运算公式	155
6.3.2 逻辑代数的基本定律	155
6.4 逻辑代数的表示方法	157
6.4.1 逻辑函数的真值表表示法	157
6.4.2 逻辑函数表达式的表示方法	158
6.4.3 逻辑函数的卡诺图	162
6.5 逻辑函数的化简	164
6.5.1 逻辑函数的公式化简法	164
6.5.2 逻辑函数的卡诺图化简法	166
小结	171
习题	171
第7章 逻辑门电路	173
7.1 基本逻辑门电路	173
7.1.1 二极管与门电路	173
7.1.2 二极管或门电路	174
7.1.3 三极管非门电路	175
7.2 分立元件组合逻辑门电路	176
7.2.1 分立元件与非门电路	176
7.2.2 分立元件或非门电路	176
7.3 TTL集成与非门电路	177
7.3.1 TTL与非门电路的组成	177
7.3.2 TTL与非门电路功能分析	178

7.3.3 TTL 与非门的主要参数	179
7.4 MOS 集成反相器	180
7.4.1 电阻负载 NMOS 反相器	180
7.4.2 有源负载 NMOS 反相器	181
7.4.3 互补型 MOS 反相器 (CMOS 反相器)	181
7.5 MOS 门电路	182
7.5.1 NMOS 门电路	182
7.5.2 CMOS 门电路	183
7.6 使用 TTL 和 MOS 门电路应注意的问题	185
7.6.1 使用 TTL 门电路应注意的问题	185
7.6.2 使用 MOS 门电路应注意的问题	186
小结	186
习题	187
第 8 章 触发器	188
8.1 基本 RS 触发器	188
8.2 钟控 RS 触发器	191
8.3 JK 触发器	193
8.4 D 触发器	195
小结	196
习题	197
第 9 章 时序逻辑电路	198
9.1 计数器	198
9.1.1 二进制计数器	198
9.1.2 十进制计数器	204
9.2 寄存器	206
9.2.1 数码寄存器	206
9.2.2 移位寄存器	208
小结	212
习题	212
参考文献	213

第 1 章 半导体基本知识

半导体器件是近 60 年发展起来的新型电子器件，其中使用最多、最广泛的是晶体二极管与三极管，它们和电阻、电容、电感一样，是构成各种各样电子线路的基本元器件。本章介绍半导体材料的基础知识和半导体敏感元件，二极管、三极管的特性与测试，为以后学习掌握各种电子电路打下基础。

1.1 半导体基本知识

由于二极管、三极管都是用半导体材料制成的，要了解它们的工作原理与特性，就要首先了解半导体的特性。

1.1.1 导体、绝缘体和半导体

我们知道，物质是由分子构成的，分子是由原子构成的，原子中有带正电的原子核和带负电的电子。电流就是电子按一定方向流动形成的。

有的物质，例如金属中的金、银、铜、铝、铁等，以及非金属中的石墨、碳等，它们的原子核对外层电子的吸引力小，大量电子容易脱离原子核的束缚成为能移动的自由电子，因而对电流的阻力很小，电阻率只有约 $10^{-8} \sim 10^{-5} \Omega \cdot m$ 。我们把这类具有良好导电本领的物体称为导体。

另一类物质，如塑料、陶瓷、石蜡等，它们的原子核对电子的吸引力大，电子不容易移动，因此，它们对电流产生的阻力很大。我们把这类没有导电本领或导电本领极弱、电阻率高达 $10^8 \sim 10^{16} \Omega \cdot m$ 的物体称为绝缘体。

此外还有一类物质，例如硅、锗以及许多金属的氧化物或硫化物，它们的导电能力介于导体和绝缘体之间，这类物质就是我们要

研究的半导体。半导体绝大多数是晶体，因而把用半导体材料做成的二极管、三极管统称为晶体管。

1.1.2 半导体的导电特性

半导体既非良导体，又非绝缘体，为什么会引起人们很大的兴趣呢？原因并不在于它的导电能力介于导体和绝缘体之间，而在于半导体具有独特的性质，即在不同条件下，它的导电能力差别极大，一会儿像导体，一会儿又像绝缘体。这是什么原因呢？下面就从半导体导电的机理说起。

纯净的半导体材料，当温度低到绝对零度时，电子被原子核牢牢吸引，其特性相当于绝缘体，不能导电。但随着温度升高，会有少数电子受热或光激发获得足够的能量，挣脱束缚成为自由电子。每当一个电子挣脱了束缚而成为自由电子以后，同时它在它原来的位置上就留下一个空位，称为“空穴”。空穴由于失掉一个电子而带正电。有了这样一个空穴，由于正负电荷相互吸引，附近的电子就会来进行填补，于是又会出现新的空穴，又有邻近的电子来填补……，从而形成电子的运动。这种情况也可以看作是空穴在进行与未填补的电子流动方向相反的运动，即正电荷的移动。为了区别于自由电子的运动，就把这种正电荷的移动叫做“空穴”运动，实质上是电子填充空穴所产生的运动。这种情况很像是大家在剧场里看戏，前排走掉一个人，出现了一个空位子，后面的观众填补空位依次换到前排坐，看起来似乎空位子在向后排运动一样，实际上椅子本身并没有移动。

由此可见，在外加电压的作用下，自由电子将移向正极，而空

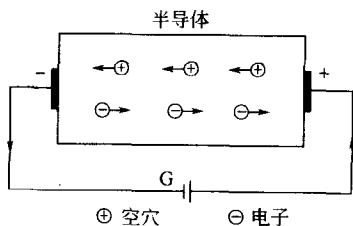


图 1-1 载流子运动方向

穴将移向负极，于是在电路中就形成了电流，如图 1-1 所示。电路中形成的电流由两部分组成，即自由电子的移动和空穴的移动。也就是说，由于自由电子和空穴都是载运电流的带电粒子，因此把它们称为“载流子”。在半导体

中，不仅有电子载流子，还有空穴载流子，这是半导体导电区别于其他导体导电的一个重要特征。

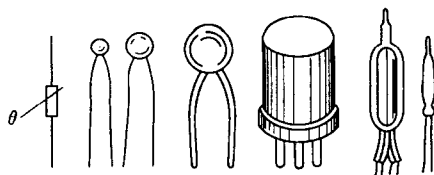
由于纯净半导体中两种载流子都不多，所以半导体在常温下导电能力很差，它的电阻率介于导体与绝缘体之间。

1.1.3 半导体材料的敏感特性

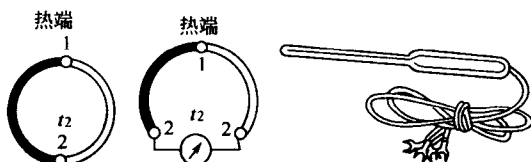
半导体材料的导电能力，受外界条件的影响（如温度、亮度等）会发生很大的变化。利用这一特点，人们制成了各种敏感元器件，广泛应用在电子技术各个领域。

（1）热敏特性 外界环境温度的变化对半导体材料的电阻有显著影响，温度升高，会使半导体材料中的电子获得更多能量，更容易摆脱原子核的束缚，导致自由电子和空穴数量随之发生变化，从而使材料导电能力改变，这就是半导体的热敏特性。使用热敏特性好的半导体材料，如氧化铜、氧化锌、五氧化二铝等，可制成对温度非常敏感的热敏电阻器。热敏电阻种类繁多，一般按阻值温度系数来分，有随温度升高而阻值减小的负温度系数热敏电阻与阻值随温度升高而增大的正温度系数热敏电阻两类。按阻值随温度变化的速度和大小来分，有缓变型和突变型两类；按受热方式来分，有直热式和旁热式两类，其外形有棒状、片状、珠状、线管状、薄膜和厚膜等。图 1-2（a）是热敏电阻的符号和部分产品的外形封装，符号中表示温度变化的 θ 也可以标作 t° 。热敏电阻具有对温度灵敏度高、热惰性小、体积小的优点，在生产、生活与科研中应用非常广泛。例如，将热敏电阻放进电机绕组中，可以监测电机温升，判断是否缺相、断相；装进恒温箱或恒温电炉，可以监测内部温度变化，缝进家用电热毯可以调节温度等。

有的半导体材料受热能产生电动势。例如把导体与半导体或两种半导体材料两端互焊成回路，两端焊头分别处于不同温度（温度高的一端叫做热端、工作端；温度低的一端叫做冷端、自由端），回路中就产生电动势，这种现象叫做热电现象，这样的组合叫做热电偶。把仪表接入回路中，测量电动势就知道热电偶两端的温差，



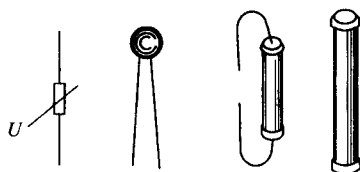
(a) 热敏电阻符号和外形



(b) 热电回路与热电偶外形



(c) 光敏电阻符号和外形



(d) 压敏电阻符号和外形

图 1-2 电工设备中常用的敏感元件的符号与外形

其测量范围可达 $-180\sim 2000^{\circ}\text{C}$ 之间。热电偶广泛应用于工业测温中，目前生产和使用的电热炉温度指示仪表和温度调节仪表大多使用热电偶作感温元件来进行远距离测量、记录、指示和自动控制。热电偶外形很多，图 1-2 (b) 是其中一种。利用半导体材料的热电现象，还可以制成各种温差发电装置。

(2) 光敏特性 半导体材料受光照后，载流子数量会增加，光线强弱变化，材料的电阻值随之升降。使用光敏特性好的材料，如

硫化镉、硫化铅等可以制成具有各种光谱特性的紫外光敏、红外光敏和可见光敏电阻器，光敏电阻符号与部分产品外形封装如图 1-2 (c) 所示。光敏电阻应用也十分广泛，如路灯的自动启闭，冲床、切纸机的光电制动保护装置，红外光警报器等各种光电自动控制系统，还有科研、国防、医疗及家用电器、电子玩具等许多方面都用到了光敏电阻。

(3) 压敏特性 有的半导体材料如碳化硅等，在所承受的电压升高到某一特定值时，其电阻值会急剧下降，可用来制作压敏电阻。压敏电阻品种也很多，按结构和制造过程大致分为体型、结型、单颗粒状和薄膜状几种。它们的共同特点是：具有承受电压范围宽、过压时允许通过电流大、电压温度系数小、寿命长、体积小等优点，在电子线路中用于稳压和过压保护。压敏电阻的符号和部分产品的外形封装如图 1-2 (d) 所示，符号中表示电压变化的 V 也可以标作 U 。

(4) 磁敏特性 有的半导体材料对磁场的变化较敏感，其阻值随穿过它的磁通密度增大而增大，可以用来制成磁敏电阻器。磁敏电阻在测量技术、自动控制和信息处理方面有广泛的用途。例如测量磁场强度、频率、功率，制作受磁场变化控制的可变电阻器、无触点电位器、无触点开关等元器件。

(5) 其他敏感特性及元件 利用某些半导体材料承受压力时电阻变化的力阻效应，可以制成各种力敏电阻，用来测定大电机工作中定子的振动位移，制作各种力-电信号转换装置。利用吸附气体后发生氧化或还原反应使导电率变化的半导体材料，可以制成气敏电阻，用来监测电气设备过热、起火等事故。此外还有湿敏、嗅敏、味敏等许多半导体敏感特性和相应元件就不一一介绍了。

有趣的是，还有一些特殊半导体材料，它们的上述某些特性还能逆转。例如有的材料通过电流后，能发生冷热变化，这就是半导体冰箱的制冷原理；有的半导体材料通电能激发出不同亮度、色度的光，这就是半导体激光器的原理。

1.2 PN 结

1.2.1 P 型材料和 N 型材料

纯净的半导体导电能力很差，但是如果有选择地加入某些其他元素（称为杂质），就可能使它的导电能力大大增加。人们利用掺杂质的方法，制造了许多不同性质、不同用途的半导体器件。

若是在半导体硅、锗中掺入锑、铝、硼等元素，将会产生大量空穴，这类半导体的导电作用主要靠空穴，故称为空穴型半导体，或称 P 型半导体、P 型材料。

若是在半导体硅、锗中掺入锑、磷、砷等元素，会增加大量自由电子，使半导体主要靠电子导电，故称为电子型半导体，或称 N 型半导体、N 型材料。

在掺杂时，如果控制杂质的数量，就能控制 P 型材料和 N 型材料中的载流子数量，相应地就控制了它的导电能力。

N 型和 P 型半导体，都是电中性的，对外不显电性。这主要是由于半导体和掺入的杂质都是电中性的，而且掺杂过程中既不丧失电荷也不从外界得到电荷，只是在半导体中出现了大量可以运动的电子或空穴，并没有破坏整个半导体内正负电荷的平衡状态。

1.2.2 PN 结

P 型半导体和 N 型半导体结合在一起，它们的交界面就形成一个 PN 结。PN 结是晶体管中最基本的结构，是一切半导体器件的共同基础。晶体管具有许多重要的特性，关键正是由于存在 PN 结，因此掌握 PN 结的原理十分重要。

我们知道气体会充满整个空间，一滴蓝墨水滴进清水中会把整杯清水染成淡蓝色，这种现象称为扩散。扩散的规律总是从浓度大的地方扩散到浓度小的地方。我们在一块硅或锗的晶体两边分别掺入不同的杂质，一边成为 N 型，一边成为 P 型。由于 N 型半导体中有大量电子，P 型半导体中有大量空穴，它们都要向对方扩散。在交界处，有的电子与空穴碰在一起，复合之后不带电了，有的越