

全国中等职业技术学校电子类专业

电子电路基础课

教学参考书

与《电子电路基础》（第三版）配套



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校电子类专业

电子电路基础课教学参考书

与《电子电路基础》(第三版)配套

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子电路基础课教学参考书/邵展图编. — 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2003

ISBN 7-5045-4194-X

I. 电… II. 邵… III. 电子电路—专业学校—教学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 097656 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 32 开本 3.625 印张 80 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷

印数: 3000 册

定价: 7.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

简介

本书是全国中等职业技术学校电子类专业通用教材《电子电路基础》(第三版)的配套用书。本书根据教材的结构顺序编写,各章按照教学目的和要求、学时分配、教材分析、教学建议、参考资料、教材习题选解等内容进行叙述,对教师进行教学有一定的指导和帮助作用。

本书由邵展图、孙正凤编写,邵展图主编;凌翔、缪璆审稿,凌翔主审。

目 录

第一章 常用半导体器件	(1)
一、教学目的和要求.....	(1)
二、学时分配.....	(1)
三、教材分析.....	(2)
四、教学建议.....	(3)
五、参考资料.....	(9)
六、教材习题选解.....	(11)
第二章 放大器基础	(14)
一、教学目的和要求.....	(14)
二、学时分配.....	(15)
三、教材分析.....	(15)
四、教学建议.....	(17)
五、教材习题选解.....	(25)
第三章 放大器中的负反馈	(30)
一、教学目的和要求.....	(30)
二、学时分配.....	(30)
三、教材分析.....	(31)
四、教学建议.....	(31)

五、参考资料	(37)
六、教材习题选解	(38)
第四章 集成运算放大器的应用	(40)
一、教学目的和要求	(40)
二、学时分配	(41)
三、教材分析	(41)
四、教学建议	(42)
五、教材习题选解	(50)
第五章 调谐放大器和正弦波振荡器	(53)
一、教学目的和要求	(53)
二、学时分配	(53)
三、教材分析	(54)
四、教学建议	(54)
五、教材习题选解	(62)
第六章 功率放大器	(65)
一、教学目的和要求	(65)
二、学时分配	(65)
三、教材分析	(66)
四、教学建议	(66)
五、参考资料	(74)
六、教材习题选解	(75)
第七章 直流稳压电源	(78)
一、教学目的和要求	(78)
二、学时分配	(78)

三、教材分析	(79)
四、教学建议	(79)
五、参考资料	(88)
六、教材习题选解	(89)
第八章 晶闸管及其应用	(92)
一、教学目的和要求	(92)
二、学时分配	(92)
三、教材分析	(93)
四、教学建议	(93)
五、参考资料	(104)
六、教材习题选解	(107)

第一章

常用半导体器件

一、教学目的和要求

1. 熟悉 PN 结单向导电特性。

2. 熟悉二极管的分类、型号和主要参数；理解二极管的伏安特性，掌握二极管的简易测试。了解常用的几种特殊二极管的功能和使用常识。

3. 了解三极管的结构，熟悉三极管的分类和型号；掌握三极管的电流分配和放大作用；理解三极管的输入、输出特性曲线（共射接法）及其三个工作区域的划分；理解三极管的主要参数；并掌握三极管的简易测试。

4. 掌握绝缘栅场效应管和结型场效应管的工作原理和特性曲线；理解场效应管与普通三极管在性能上的异同点；掌握场效应管的存放、取用和焊接的注意事项。

5. 学会使用半导体器件手册，能按要求选管。

二、学时分配

总学时	13
§ 1-1 晶体二极管	3
§ 1-2 晶体三极管	3
§ 1-3 场效应管	3
实验一 常用电子仪器的使用	2
机动	2

三、教材分析

本章介绍常用半导体器件，这不但是学习模拟电子技术的基础，也是学习数字电子技术和相关专业课的基础。

第1节介绍晶体二极管。教材从引入半导体材料的一般概念开始，介绍了杂质半导体的特性，进而说明了PN结的形成和它的单向导电性。PN结的单向导电性是分析晶体管工作原理的基本依据，也是理解晶体管特性曲线及其主要参数的基础。因此，应把PN结的单向导电性作为本章的重点。二极管实质上就是一个PN结。它虽然简单，却是电子电路中一个最基本的元件。本节讨论了二极管的性能、特性曲线及主要参数，并介绍了二极管的简易测试方法。后面在介绍晶体三极管和场效应管时，在内容安排上基本都沿用了这一结构形式。

第2节介绍晶体三极管。三极管在结构上比二极管复杂，它由两个PN结构成；反映各极电流与各极间电压关系的伏安特性曲线也更为复杂（尤其是输出特性曲线），通过三极管的伏安特性曲线可以很直观地分析三极管的工作状态，这是本节的重点和难点。

第3节介绍场效应管。原教材把场效应管及其放大电路作为单独一章，新教材则是紧接在三极管之后即介绍场效应管。这样便于将场效应管和晶体三极管进行比较，也便于在后续各章中用场效应管构成各种功能电路。场效应管种类繁多，较难掌握，在教学中应予以注意。

本章重点是晶体二极管和三极管；难点是场效应管。本章主要内容及相互关系如图1—1所示。

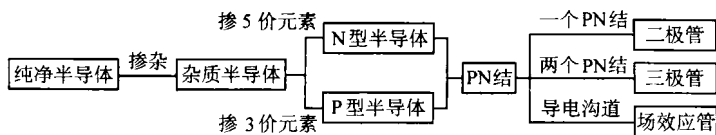


图 1—1

四、教学建议

1. 晶体二极管

本节重点是二极管的单向导电性。介绍半导体的基础知识是为引入二极管服务的，讲述应尽量简洁，应通过演示实验直观形象地说明二极管的单向导电性。可以在讲述之后用实验验证结论，也可以直接用实验引入新课，以激发起学生的学习兴趣。

讨论二极管的伏安特性时，应利用晶体管特性图示仪显示出二极管的伏安特性曲线，并结合实验电路进行讲解。讲清以下几个问题：

(1) 死区 正向高阻区，正向电流近似为零。使二极管开始导通的临界电压称为开启电压，用 U_{on} 表示。这里采用开启电压的概念，以后在讲解增强型 MOS 管的开启电压时，可将二者进行比较。

(2) 正向导通区 当外加正向电压超过开启电压后，电流随电压的上升迅速增大，而二极管的正向压降几乎不变。导通区曲线形状较陡直，所以称为线性区。注意外加电压过大会使电流过大，导致 PN 结严重发热，甚至烧坏。

(3) 反向截止区 当外加反向电压足够大时，会有很小的反向电流。截止区的反向电流有两个特点：一是它随温度的上升增长很快；二是当温度一定，且外加反向电压在一定

范围内时，反向电流基本上维持一定大小，所以又称反向饱和电流。

通常正向电流是以 mA 作单位，而反向电流是以 μA 作单位。

(4) 反向击穿区 当反向电压超过一定数值以后，反向电流急剧增加，这种现象称为反向击穿（注意不要把反向击穿称为反向导通），二极管呈破坏性低阻状态，除稳压管外，一般二极管不允许在反向击穿区工作。

硅、锗两种材料二极管的比较见表 1—1。

表 1—1 两种材料二极管比较

材料	开启电压 U_{on} (V)	导通电压 U_F (V)	反向饱和电流 I_R (μA)
硅 (Si)	≈ 0.5	0.6~0.8	< 0.1
锗 (Ge)	≈ 0.1	0.1~0.3	几十

在讨论二极管时，要把二极管作为一个 PN 结来看待。实际上，由于二极管存在接触电阻和引线电阻，所以当外加正向电压时，在电流相同的情况下，二极管的端电压会大于 PN 结的压降，在大电流情况下，这一影响更为明显。另外，由于二极管表面漏电流的存在，使外加反向电压时的反向电流增大。当然，在近似分析时不必考虑这些因素的影响。

讲二极管的简易测试时，先要说明：指针式万用表测电阻时，黑表笔接表内电池正端（电流流出端），红表笔接表内电池负端（电流流入端）。测量小功率二极管时，一般用 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1 \text{ k}$ 挡并将两表笔短接调零。因为 $R \times 1$ 挡电流较大， $R \times 10 \text{ k}$ 挡电压较高，都可能损坏二极管。目前数字式万用表应用较广，测试二极管更为简便，在教学中可

分别使用指针式和数字式两种万用表进行比较测量。

如何从正反向电阻的测试结果判断二极管好坏，可参考表 1—2。

表 1—2 二极管质量的简单判断

测量结果		判断结果
正向电阻	反向电阻	
几十到几百欧	200 k Ω 以上	质量较好
无穷大	无穷大	内部断路
很小	很小	内部短路
几十到几百欧	接近正向电阻	质量较差

讲常用二极管时，应结合实物讲授，并用万用表进行简易检测。可设计一些简单的演示实验，帮助学生理解器件的性能。整流电路是二极管单向导电性的典型应用。要讲清单相半波整流和单相全波整流电路的工作原理和简单计算，为第七章讲直流稳压电源打好基础。

光电耦合器的应用日益广泛，故新教材增加了这一内容。

2. 晶体三极管

晶体三极管是有三个电极、两个 PN 结和两种结构形式的半导体器件。在讲解时，应将其结构、图形符号和实物三方面紧密结合，向学生展示各种类型的三极管。从三极管的体积大小和外部封装形式可以大致判断其功率的大小。小功率管采用陶瓷环氧封装，中小功率管多用金属外壳，管壁较薄，大功率管也多用金属外壳，管座较厚，且底面平滑，以便与散热器紧密地接触。目前硅酮封装在小、中功率三极管中更为多见。此外，微型片状三极管的应用也很广泛。由于

片状三极管体积很小，不便观察，可选择接有片状三极管的电路板向学生展示。

注意复合双三极管与复合三极管的区别。复合双三极管是把两个三极管封装在一个外壳内，复合三极管则是把两个以上三极管连接起来作为一个三极管使用。

讲三极管的工作电压，以 NPN 型三极管为例。应先标出 I_B 、 I_E 、 I_C 三个电流的正方向，然后讨论相应的电压关系： $U_C > U_B > U_E$ ，即发射结正偏，集电结反偏。这一结论可直接从分析电路得出，不必用载流子的运动去推导。对于 PNP 型管，可采用同样方法作简要说明。

实验电路采用的是共发射极接法，根据三极管输入、输出信号的公共点不同，还有共集电极接法和共基极接法，但共发射极接法应用最广。实验中，注意测试基极电流应采用微安表，测试集电极电流应采用毫安表。根据实验所测数据，引导学生进行分析讨论。如：三极管三个极的电流中哪一个最大？哪一个最小？哪两个相近？经过充分的分析讨论后，归纳出结论： $I_E = I_C + I_B$ 。还可以利用基尔霍夫第一定律（节点电流定律）对关系式作进一步的说明。

讲清直流电流放大系数 $\bar{\beta}$ 与交流电流放大系数 β 的区别。强调电流放大的实质是 I_B 对 I_C 的控制作用，即：当 I_B 有一个微小变化，就能引起 I_C 的较大变化。三极管是一种电流控制器件。

三极管的特性曲线是本节的重点和难点。要采用晶体管特性图示仪显示特性曲线，并结合实验电路进行讲解。这对于前面所讲三极管的电流放大原理，也可以起到复习和加深的作用。

输入特性曲线反映了三极管输入回路中电压和电流之间的关系。 U_{CE} 的大小对输入特性曲线是有影响的，但不需详细讨论。

输出特性曲线反映三极管输出回路中电压与电流之间的关系。对应于一个 I_B 值，可以得到一条 $I_C - U_{CE}$ 曲线，给出不同的 I_B 值，就可以得到许多条曲线，从而构成一个曲线族。这进一步说明，发射结正向电压决定了基极电流 I_B 的同时，也决定了集电极电流 I_C 的大小。每条曲线都可分为上升、弯曲、平坦三部分。在平坦段，随着 U_{CE} 的增加，实际曲线略有上翘。

对输出特性曲线的三个区，先讲截止区。其特点是发射结反偏或零偏，即 $U_{BE} \leq 0$ ，这时 $I_B = 0$ ， $I_C \approx 0$ 。实际上，即使发射结正偏，但只要发射结电压小于开启电压，都认为三极管处于截止状态。如果在发射结反偏的同时集电结正偏，该如何解释呢？这其实是在放大电路中将三极管的 c、e 极反置了，是一种特殊情况。因此，在讨论截止区特点时，往往是说发射结和集电结都处于反偏，这样就把上述 c、e 反置的特殊情况排除了。

讲放大区时，应结合前面所讲三极管电流放大作用的相关内容，加以深化和提高。必须强调，只有在放大区，三极管才会有电流放大作用。同时，还要说明三极管的恒流特性，因为下一章将要介绍的有源负载正是三极管恒流特性的应用。

应从分析放大区的特点，过渡到饱和区。可以利用关系式 $I_C \approx \beta I_B$ 和 $U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$ 进行讨论，当 I_B 增大， I_C 随之增大， U_{CE} 则减小，当 U_{CE} 减小到小于 U_{BE} 时， I_C 不再受 I_B 控制，即使再增加 I_B ， I_C 也不能增加很多，这就是

所谓的饱和。必须注意，这里所说的饱和，是就 ΔI_C 和 ΔI_B 的关系而言，与放大区 I_C 不随 U_{CE} 的增大而上升的恒流特性是不同的。在模拟电路中三极管主要用于放大，但放大并不是三极管唯一的工作状态，在脉冲数字电路中，三极管常工作于开关状态，即在饱和与截止两种状态之间转换，放大只是一个短暂的过渡状态。

三极管的主要参数应结合特性曲线讲解，利用教材表 1—5 了解几个主要参数值的一般范围。各参数之间关系密切，是相互影响的，选用三极管必须综合考虑这些参数，见表 1—3。

表 1—3 晶体三极管主要参数及其应用

参数类别	质量指标				限制指标		
	$\bar{\beta}$	β	I_{CBO}	I_{CEO}	I_{CM}	P_{CM}	$U_{(BR)CEO}$
作用	反映三极管 电流放大能力		反映三极管 质量好坏		表示三极管工作时， 不允许超过的极限值		
参数间关系	$\bar{\beta} \approx \beta$ $I_{CEO} = (1 + \bar{\beta}) I_{CBO}$				三个参数决定了三极 管的安全工作区		
使用要求	β 在 20~100 之间， I_{CBO} 和 I_{CEO} 应 尽可能小				$I_C \leq I_{CM}$ $U_{CE} \leq U_{(BR)CEO}$ $I_C U_{CE} = P_C \leq P_{CM}$		

三极管的简易测试应边讲边练，第一步是确定基极和管型，实际是用万用表的欧姆挡测三极管的 PN 结电阻，即：

NPN 型管基极	}	接黑表笔，红表笔接其余两极，都为低阻值
		接红表笔，黑表笔接其余两极，都为高阻值
PNP 型管基极	}	接黑表笔，红表笔接其余两极，都为高阻值
		接红表笔，黑表笔接其余两极，都为低阻值

确定发射极和集电极，实际是用万用表的欧姆挡测三极管的电流放大系数 β 。以 NPN 型管为例，按教材所介绍方

法，测得低阻值的那一次实际所反映的是三极管较为正常的 β 值，据此可判断黑表笔所接为集电极。测得高阻值的那一次说明三极管是处于c、e倒置的放大状态，所以相应的 β 值小。

3. 场效应管

这一部分改变了原教材的顺序，把绝缘栅场效应管（MOS管）移到了结型场效应管之前。做这样的调整主要是考虑MOS管分增强型和耗尽型，而结型场效应管属耗尽型。MOS管由于其制造工艺简单、便于实现集成化，应用也更为广泛。由于场效应管种类较多，符号易于混淆，初学者较难掌握。可采取由点到面的方法，首先讲清N沟道增强型MOS管的结构、符号、工作原理和特性曲线，然后采用类比的方法，进一步扩展延伸。利用教材表1—6对各种场效应管进行比较，进一步熟悉各种场效应管的名称与符号。通过场效应管与三极管的比较，加深对场效应管及三极管工作原理的理解。

本章介绍常用半导体器件，是学习电子技术入门篇。学生从课程一开始就要接触二极管、三极管、场效应管这些半导体器件，一下子较难接受。一定要充分展示实物，运用晶体管特性图示仪以及多媒体教学课件等先进的教学手段，变抽象为具体，变无形为有形，帮助学生理解，提高教学效果。本章的三节内容，看似分散，实际上逻辑关系较为密切。要以“PN结的单向导电性”作为主线，贯穿全章，使学生建立起有关半导体器件工作特性的一些基本概念。

五、参考资料

1. 复合二极管

复合二极管常采用图 1—2 所示封装形式，在一个封装内包含有两个以上的二极管，以满足不同的电路要求，同时可减小元器件的数量和体积。复合二极管的组合形式有共阴式、共阳式、串联式和独立式等类型。

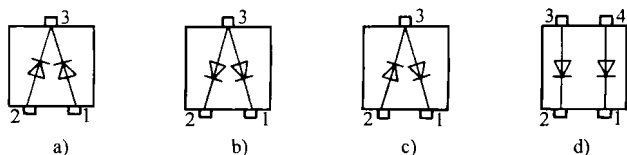


图 1—2 复合二极管的组合形式

a) 共阴式 b) 共阳式 c) 串联式 d) 独立式

2. 光电耦合器应用举例

如图 1—3 所示为带光电耦合器的输入电路。由于采用了光电耦合器，对外围设备及其电路进行了电气隔离，提高了系统的抗干扰能力，同时又解决了电平转换问题。如图 1—4 所示为带光电耦合器的输出电路，其功能是将 CPU 输出的数字量经隔离、放大后驱动继电器动作。

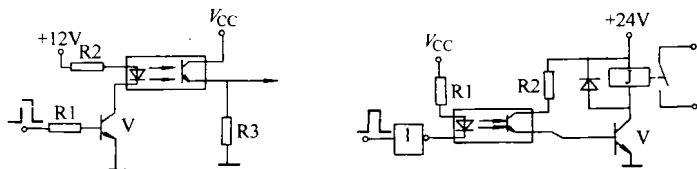


图 1—3 带光电耦合器的输入电路 图 1—4 带光电耦合器的输出电路

3. PN 结的结电容

PN 结具有一定的电容效应。这是由于当 PN 结外加电压变化时，PN 结的宽度及电荷量都会发生变化，这就构成了一个等效电容，与平板电容器原理相似。PN 结的结电容可以看作与二极管并联，其数值较小，一般在低频电路中可