

五年制高等职业教育
教材

电子技术基础

学习指导

江苏科学技术出版社

五年制高等职业教育教材

电子技术基础 学习指导

江苏工业学院图书馆
藏书章

主 编 李 娅
副主编 钱 琦 胡 军
主 审 张 畅

江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础学习指导/李娅主编. —南京:江苏科学技术出版社, 2005. 3

五年制高等职业教育教材

ISBN 7-5345-4328-2

I. 电... II. 李... III. 电子技术—高等学校:技术学校—教学参考资料 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 086853 号

五年制高等职业教育教材

电子技术基础学习指导

主 编 李 娅

责任编辑 王永发

出版发行 江苏科学技术出版社
(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

经 销 江苏省新华书店
照 排 南京水晶山制版有限公司
印 刷 南京紫藤制版印务中心

开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 10.75
字 数 190000
版 次 2005 年 3 月第 1 版
印 次 2005 年 3 月第 1 次印刷
印 数 1—3000 册

标准书号 ISBN 7-5345-4328-2/G·970
定 价 16.50 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

前 言

本学习指导旨在帮助你更好地了解本课程的特点,使你清楚所要学习的主要内容及完成学习后应掌握的基本知识和技能。在学习指导中,对本课程的基本概念、基本理论和基本分析方法进行了梳理、总结和归纳,并着重对主要知识点和难点进行了辅导,通过一些典型例题的分析和解答,启发你解决问题的思路和提高解题技巧。同时,本学习指导还向你介绍了有关本课程的学习方法、学时分配等建议。希望你在本课程的学习中,能够培养学习兴趣,不断构建新的知识。在此,谨祝你学有所成。

本书由李娅担任主编,负责全书统稿,钱琦、胡军担任副主编。参加编写人员有:李娅(江苏广播电视大学):第7、第8、第9、第10章;胡军(宁夏广播电视大学):第1、第2、第6章;钱琦(江苏广播电视大学):第3、第4、第5章;姜春艳(江苏广播电视大学):第11章。

南京工业大学张畅副教授为文字教材主审。他对书稿进行了认真、负责、全面的审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

《电子技术基础》课程编写组

2004年10月

电子技术基础学习指导

本课程的学习宗旨和目标

《电子技术基础》是机电专业一门技术基础课程。通过本课程的学习,使你掌握电子技术的基本概念、基本理论和基本技能,为学习后续专业课程和从事相应的技术工作打下基础。

通过本课程的学习,在基本知识方面,你能:

1. 掌握电子技术的基本概念和基本分析方法。
2. 熟悉常用电子电路的基本原理,熟悉常用的电子电路逻辑符号及逻辑功能。
3. 熟悉常用电子电路及器件的外特性和应用。

在基本能力方面,你能:

1. 正确使用常用的电子仪器和仪表。
2. 进行简单电子电路及其功能测试。
3. 借助电子器件手册和产品说明书、产品目录等资料,查阅电子器件及产品的有关数据、功能和使用方法。
4. 正确运用典型的中、小规模电子集成电路。
5. 判断和处理电子电路的一般故障。

本课程的主要内容及学时分配

本课程由模拟电子技术和数字电子技术两部分组成,总学时为 162 学时。理论教学中基础内容 108 学时(其中模拟电子技术 55 学时,数字电子技术 53 学时);选学内容 12 学时。实验教学为 30 学时。机动 12 学时。

学时分配表

序 号	课 程 内 容	学 时 数	
		基础内容	选学内容
	模拟电子电路		
1	常用半导体器件	11	

续 表

序 号	课 程 内 容	学 时 数	
		基础内容	选学内容
2	基本放大电路	12	
3	负反馈放大电路	8	正弦波振荡电路 6
4	集成运放电路及其应用	10	
5	功率放大电路	6	
6	直流稳压电源	8	可控硅整流电源电路 6
	小 计	55	12
	数字电子电路		
7	数字电路基础知识	12	
8	逻辑门电路	10	
9	组合逻辑电路	12	
10	触发器	9	
11	时序逻辑电路	10	
	小 计	53	
	电子技术实验		
1	常用电子仪器的简介及使用练习	6	
2	晶体管的简单测试	3	
3	共射单管放大电路的调试	3	
4	负反馈对放大器性能的影响	3	
5	集成运放的简易测试及线性应用	3	
6	集成门电路功能测试	3	
7	集成组合逻辑电路测试及应用	3	
8	触发器逻辑功能测试	3	
9	用集成计数器构成 N 进制计数器	3	
	小 计	30	
	机 动	12	
	总 计	162	

本课程的学习资源

本课程为你提供以下学习资源：

主教材《电子技术基础》

辅导教材《电子技术基础学习指导》

辅导教材《电子技术基础实验指导》

CAI 课件《仿真实验导学课件》

本课程学习方法建议

1. 在学习过程中要主动与教师和同学进行交流。教材各章安排的思考题有助于你理清一些基本概念,你应先完成该思考活动后再继续往下学习。对各章后面的练习题,你尽可能自己完成,不要急于参考学习指导的解答。

2. 本课程是一门实践性和应用性较强的课程,在学习中不可忽略实验环节。本课程配置了仿真实验导学课件,可帮助你学习常用电子仪器的使用,并利用虚拟实验室完成相应的实验操作。

3. 在学习每一章前,你可先阅读学习指导书中的学习目标,对本章要学的内容和要求有一个大概的了解。学习完一个单元后,你应回顾一下该单元的目标,看看自己是否已达到要求。

目 录

前言	i
第 1 章 常用半导体器件	1
内容概要	1
学时分配	1
学习目标	1
知识要点	2
分析与解答	6
第 2 章 基本放大电路	11
内容概要	11
学时分配	11
学习目标	11
知识要点	12
分析与解答	22
第 3 章 负反馈放大电路	29
内容概要	29
学时分配	29
学习目标	29
知识要点	29
分析与解答	34
第 4 章 集成运算放大电路及其应用	38
内容概要	38
学时分配	38
学习目标	38
知识要点	39
分析与解答	44
第 5 章 功率放大电路	49
内容概要	49
学时分配	49
学习目标	49

知识要点	50
分析与解答	53
第6章 直流稳压电源	56
内容概要	56
学时分配	56
学习目标	56
知识要点	57
分析与解答	63
第7章 数字电路基础知识	68
内容概要	68
学时分配	68
学习目标	69
知识要点	69
分析与解答	78
第8章 逻辑门电路	82
内容概要	82
学时分配	82
学习目标	83
知识要点	83
分析与解答	96
第9章 组合逻辑电路	101
内容概要	101
学时分配	101
学习目标	101
知识要点	101
分析与解答	110
第10章 触发器	117
内容概要	117
学时分配	118
学习目标	118
知识要点	118
分析与解答	123
第11章 时序逻辑电路	129
内容概要	129

学时分配	129
学习目标	129
知识要点	130
分析与解答	139
模拟试卷(A)	145
模拟试卷(B)	148
模拟试卷(C)	152
模拟试卷(D)	155
模拟试卷参考答案	159

第 1 章 常用半导体器件

内容概要

各种电子电路,包括模拟电路和数字电路、集成电路和分立元件电路都是由半导体器件组成的。本章介绍了常用的半导体器件及其特性,为电子电路的学习打下基础。本章主要内容包括:

半导体基础知识,着重阐述了半导体的导电性能;PN 结的形成及其单向导电特性。

半导体二极管、三极管基本结构、工作原理、特性及参数。按照“管用路用”的原则,半导体器件的重点是了解它们的外特性、功能和参数。

其他半导体器件,硅稳压二极管和场效应管简介。



学时分配 (共 10 学时)

1.1	半导体基本知识	3 学时
1.2	半导体二极管	2 学时
1.3	硅稳压二极管	1 学时
1.4	半导体三极管	2 学时
1.5	场效应管	2 学时



学习目标

学完本章后,你能:

1. 说明本征半导体、N 型半导体、P 型半导体的导电特点及 PN 结的单向导电特性。
2. 说明二极管的伏安特性及主要参数 I_F 和 U_{RM} 的含义。
3. 说明稳压二极管工作特性。
4. 叙述三极管电流放大作用及电流分配关系;根据三极管的输入、输出特性曲线,描述三极管截止、放大、饱和三种工作状态的条件和特点。
5. 说明三极管参数 β 、 I_{CBO} 和 I_{CEO} 对三极管性能的影响。
6. 说明场效应管的导电特性。



知识要点

一、半导体基础知识

1. 什么是半导体

自然界的各种物质,根据其导电能力的差别,可以分为导体(如铜、银等金属)、绝缘体(如塑料、橡胶等)和半导体。半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的一些物质,主要材料是硅和锗。

2. 半导体的导电特性

本征半导体 纯净的、不含杂质的半导体称为本征半导体。本征半导体在热激发下,形成电子——空穴对,所以半导体中有两种载流子参与导电,其导电能力较低。

杂质半导体 在本征半导体中掺入微量元素,形成杂质半导体,使其导电能力发生显著变化。杂质半导体有 N 型和 P 型两类。

N 型半导体(掺入五价元素) $\left\{ \begin{array}{l} \text{多子——自由电子} \\ \text{少子——空穴} \end{array} \right.$

P 型半导体(掺入三价元素) $\left\{ \begin{array}{l} \text{多子——空穴} \\ \text{少子——自由电子} \end{array} \right.$

需注意 对于杂质半导体,无论是 N 型和 P 型半导体,其中正负电荷数量相等,从总体上仍保持电中性。

3. PN 结的单向导电性

PN 结是构成半导体器件的基础。PN 结最重要特性是具有单向导电性。

PN 结正偏(P 区接电源正极,N 区接电源负极)时,空间电荷区变窄,有利于多子的扩散,PN 结电阻很低,回路中将产生较大的正向电流,PN 结处于导通状态。

PN 结反偏(P 区接电源负极,N 区接电源正极)时,空间电荷区变宽,阻止多子的扩散,有利于少子漂移,PN 结呈现很大的反向电阻,回路中反向电流很小,近似为零,PN 结处于截止状态。

二、半导体二极管

1. 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性直观地反映了其单向导电性能,如图 1.1 所示。

(1) 正向特性

当正向电压 $u < U_{\text{ON}}$ (U_{ON} 称为死区电压, 硅管 $U_{\text{ON}} = 0.5 \text{ V}$, 锗管 $U_{\text{ON}} = 0.1 \text{ V}$) 时, 电流 $i \approx 0$; 当 $u \geq U_{\text{ON}}$ 后, 正向电流 i 随 U 按指数规律上升, 二极管呈导通状态且管压降 ($U_{\text{D}} = 0.7 \text{ V}$)。基本不变。

(2) 反向特性

二极管两端加反向电压时, 其反向饱和电流 I_{S} 很小, 二极管呈截止状态。

(3) 击穿特性

当二极管反向电压增大到一定值 U_{BR} 时, 二极管会发生反向击穿。

由此可见, 二极管的伏安特性是非线性的, 其正、反向导电性能有很大差别。而且在不同电压下, 管子的等效电阻不同, 二极管是非线性元件。

例 1.1 判断图 1.2 所示电路中的二极管工作在导通状态, 还是截止状态, 并确定输出电压 U_{o} , 设二极管正向导通时压降为 0.7 V 。

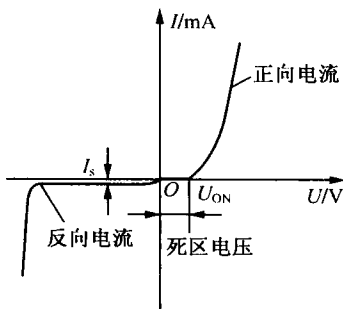


图 1.1 二极管伏安特性曲线

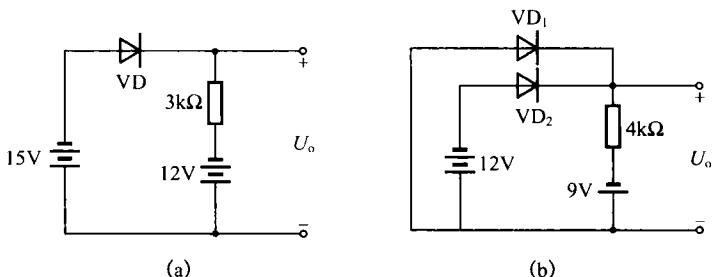


图 1.2 例 1.1 电路

解 本例练习二极管单向导电的重要概念。在解题时, 首先要确定二极管两端的电位或电位差, 从而确定二极管是正偏还是反偏, 如正偏, 则二极管导通, 否则二极管截止。

图(a)中二极管阳极电位为 -15 V , 阴极电位为 -12 V , 故二极管处于反偏, 截止, 输出电压 $U_{\text{o}} = -12 \text{ V}$ 。

图(b)中二极管 VD_1 正偏, 导通; VD_2 反偏, 截止, 输出电压 $U_{\text{o}} = -0.7 \text{ V}$ 。

2. 二极管的主要参数

二极管的主要参数有最大整流电流 I_{FM} , 最高反向工作电压 U_{RM} , 反向电流 I_{R} 。

在选择和应用二极管时, 应保证流过二极管的平均电流不能超过 I_{FM} ; 管子工作时所加的最高反向电压不得大于 U_{RM} 。

I_R 是指二极管未被击穿时的反向电流值。 I_R 越小,说明二极管的单向导电性能越好。

3. 稳压二极管

稳压管的工作特性 稳压管是一种特殊的半导体二极管。稳压管的正向伏安特性与一般二极管相似,但反向击穿区的曲线更为陡峭。稳压管正常工作在反向击穿区,利用反向击穿区内 ΔI_Z 变化较大而 ΔU_Z 变化很小的特性进行稳压。

稳压管的主要参数有 稳定电压 U_Z 稳压管工作在反向击穿区时的稳定工作电压,可从手册上查得。它是挑选稳压管的主要依据之一。

稳定电流 I_Z 稳压管正常工作的参考电流,若工作电流低于 I_Z ,则稳定性能变差。

耗散功率 P_{ZM} 管子不致发生热击穿的最大允许耗散功率。

三、半导体三极管

1. 三极管的结构

三个电极:b——基极 e——发射极 c——集电极

三个区:基区 发射区 集电区

两个结:发射结 集电结

2. 三极管的电流放大作用

(1) 三极管实现电流放大的条件

内部条件:发射区掺杂浓度高;基区很薄且掺杂浓度低;集电区面积大掺杂浓度低于发射区。

外部条件:发射结正偏;集电结反偏。对于 NPN 型管,则有 $U_{BE} \geq U_o$, $U_{CE} \geq U_{BE}$ 。

(2) 三极管工作在放大状态的电流分配关系:

$$\begin{aligned}\Delta I_C &= \beta \Delta I_B + I_{CEO} \approx \beta \Delta I_B \\ \Delta I_E &= (1 + \beta) \Delta I_B = \Delta I_B + \Delta I_C\end{aligned}$$

此关系式表明,三极管是一种电流控制器件,它利用基极回路较小的电流变化量 ΔI_B ,实现对集电极电流 ΔI_C (或发射极电流 ΔI_E)的控制,即体现了“以弱控强”的电流放大作用。

例 1.2 将一个 PNP 型三极管接成共射极电路,要使它具有电流放大作用,外电源 U_{CC} 、 U_{BB} 的极性应该怎样接法? 画出相应的电路。如管子的 $\beta = 49$,若要得到 10 mA 的集电极电流,问基极电流应等于多少?

解 本题练习三极管处于放大状态外部条件的设置及定量计算电流放大

关系。

PNP 共射放大电路如图 1.3 所示。由近似关系式 $I_C = \beta I_B$, 可得

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{10}{49} \approx 0.2 \text{ mA}$$

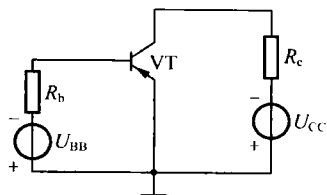


图 1.3 例 1.2 电路

3. 三极管共射极输出特性

由硅三极管共发射极的输出特性可以得出三极管的以下特性:

(1) 当 $U_{BE} < 0.5 \text{ V}$ 时, $I_B \leq 0$, 三极管处于截止状态。此时 $I_C \approx 0$, $U_{CE} \approx U_{CC}$ 。集电极与发射极间如同开路。

(2) 当 $U_{BE} > 0.5 \text{ V}$, $U_{BC} < 0 \text{ V}$ 时, 三极管工作在放大区, 集电极电流只受基极电流控制。此时有 $I_C \approx \beta I_B$, $I_E = I_B + I_C \approx I_C$ 。

(3) 当 $U_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$, $U_{BC} > 0 \text{ V}$ 时, 三极管进入饱和状态, 集电极电流 I_C 不再受基极电流控制。三极管饱和时, $U_{CE} \approx 0.3 \text{ V}$, I_C 主要由外电路决定, 集电极与发射极间如同短路。

4. 三极管的主要参数及选择

三极管的参数分为特性参数(主要有 β , I_{CBO} , I_{CEO})和极限参数(主要有 I_{CM} , U_{CEO} , P_{CM})。这些参数是选择三极管和保证三极管安全运行的依据。

例 1.3 有两个三极管, 一个管子的 $\beta = 150$, $I_{CEO} = 200 \mu\text{A}$, 另一个管子 $\beta = 50$, $I_{CEO} = 10 \mu\text{A}$, 其他参数一样, 选择哪个管子较好, 为什么?

解 三极管的电流放大系数 β 值反映了管子的放大作用, 反向穿透电流 I_{CEO} , 反映了管子的稳定性能, I_{CEO} 大, 表明管子的稳定性差。由于 $I_{CEO} \approx \beta I_{CBO}$, 而反向饱和电流 I_{CBO} 受温度影响很大, 因此, 在选择管子时, 应尽可能选取 I_{CEO} 较小的管子。

对于小功率三极管, 目前国内外生产的产品, 其 β 值可达到 100 左右, 而 I_{CEO} , I_{CBO} 值很小, 因而管子性能很稳定; 对于大功率三极管, 通常 $I_C > 1 \text{ A}$, 管子的 β 值不大, 可采取增加放大级数或采用复合管等方法提高放大倍数。

四、场效应管

场效应管是利用电场效应来控制半导体中多数载流子运动的半导体器件。

场效应管的外形与半导体三极管相似, 但两者的控制特性却截然不同。现将半导体三极管与场效应管的比较列于表 1.1 中。

表 1.1 半导体三极管与场效应管的比较

项目 \ 器件	晶 体 三 极 管	场 效 应 管
导电机构	两种不同类型的载流子(电子和空穴)同时参与导电,故又称为双极型晶体管	只有一种极性的多子(电子或空穴)导电,故又称为单极型晶体管
导电方式	载流子的扩散及漂移	载流子的漂移
控制方式	电流控制电流 CCCS 又称电流控制器件	电压控制电流 VCCS 又称电压控制器件
对应电极	基极 B, 发射极 E, 集电极 C	栅极 G, 源极 S, 漏极 D
类 型	NPN 型和 PNP 型	N 沟道和 P 沟道



分析与解答

一、判断题

1.1 判断下面叙述中的正误

(1) 金属导体只有自由电子参与导电,半导体中除自由电子外,还有空穴参与导电。 ()

(2) 常温下,导体与半导体的导电能力一样强。 ()

(3) 在常温下,温度越高,导体导电能力越差,而半导体的导电能力越强。 ()

(4) 掺杂半导体的导电特性与掺入的杂质元素及其浓度有关。 ()

答:(1) ✓ (2) × (3) ✓ (4) ✓

二、填空题

1.2 稳压管是_____管,它工作在_____状态。

答:是特殊的二极管 反向击穿

1.3 三极管的电流放大作用是用较小的_____电流控制较大的_____电流。

答:基极 集电极

1.4 三极管截止区的特点是 $I_B =$ _____, $U_{CE} =$ _____, 工作条件是发射结 _____ 或 _____, 饱和区的特点是 _____ 不受 _____ 控制, _____ 很小,一般硅管为 _____ V, 锗管为 _____ V, 工作条件是发射结 _____, 集电结 _____。在开关电路中,三极管工作在 _____ 和 _____ 状态。

答:0 U_{CC} 反偏 0 偏 I_C I_B U_{CE} 0.3 0.1 正偏 正偏 截止
饱和

1.5 当温度升高后,半导体三极管的 β 将_____,穿透电流 I_{CEO} _____,
 U_{BE} _____。

答:变大 变大 变小

1.6 在图 T1.1 中,有三极管各极对的电位值,判明其工作状态。

(a) VT_1 _____, 因为发射结 _____, 集电结 _____;

(b) VT_2 _____, 因为发射结 _____, 集电结 _____;

(c) VT_3 _____, 因为发射结 _____, 集电结 _____;

(d) VT_4 _____, 因为发射结 _____, 集电结 _____;

(e) VT_5 _____, 因为发射结 _____, 集电结 _____。

答:(a) 截止 0 偏 反偏; (b) 放大 正偏 反偏; (c) 饱和 正偏
正偏; (d) 放大 正偏 反偏; (e) 截止 反偏 反偏

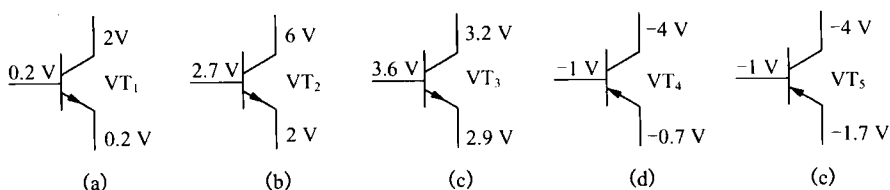


图 T1.1 题 1.6 图

1.7 场效应管是通过_____电压来改变漏极电流的,它是一个_____控制元件。

答:栅源 电压

1.8 晶体三极管从结构上可以分成_____和_____两种类型,它们工作时_____,和_____两种载流子参与导电。场效应管从结构上分成_____和_____两个类型,它们的导电过程仅仅取决于_____载流子的运动。

答:NPN PNP 多子 少子 结型 绝缘栅型 多数

三、选择题

1.9 N 型半导体,P 型半导体()。

A. 带正电

B. 带负电

C. 呈中性

答:C

1.10 用万用表欧姆挡测量二极管极性时,当测得电阻较小时,红表笔接触的是该二极管的()。

A. 阳极(正极)

B. 阴极(负极)