



高等学校教材经典同步辅导丛书电学类(一)

配高教社《模拟电子技术基础》清华第四版 华成英 童诗白 主编

模拟电子技术基础

清华 第四版

同步辅导及习题全解

华腾教育教学与研究中心

唐亚楠 主编

◆紧扣教材 ◆知识精讲 ◆习题全解
◆应试必备 ◆联系考研 ◆网络增值

中国矿业大学出版社

高等学校教材经典同步辅导丛书

模拟电子技术基础

同步辅导及习题全解

华腾教育教学与研究中心

唐亚楠 主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是高等教育出版社出版,华成英、童诗白主编的《模拟电子技术基础》(第四版)教材的配套辅导书。全书由课程学习指南、知识点归纳、典型例题与解题技巧、历年考研真题评析、课后习题全解及考研考试指导等部分组成,旨在帮助读者掌握知识要点,学会分析问题和解决问题的方法技巧,并且提高学习能力及应试能力。

本书可供高等院校模拟电子技术基础课程的同步辅导使用,也可作为研究生入学考试的复习资料,同时可供本专业教师及相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础同步辅导及习题全解/唐亚楠主编.

徐州:中国矿业大学出版社,2006.8(2008.12重印)

(高等学校教材经典同步辅导丛书)

ISBN 978 - 7 - 81107 - 398 - 0

I. 模… II. 唐… III. 模拟电路—电子技术—高等学校—教学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 086938 号

书 名 模拟电子技术基础同步辅导及习题全解
主 编 唐亚楠
责任编辑 罗 浩
选题策划 孙怀东
特约编辑 王丽娜
出版发行 中国矿业大学出版社
印 刷 北京市昌平百善印刷厂
经 销 新华书店
开 本 720×960 1/16 本册印张 19.5 本册字数 461 千字
印 次 2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
总 定 价 251.60 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



高等学校教材

经典同步辅导丛书编委会

主 任：王 飞

副主任：夏应龙 倪铭辰 李瑞华

编 委 (按姓氏笔画排序):

于志慧	王海军	王 焯	韦爱荣
甘 露	丛 维	师文玉	吕现杰
朱凤琴	朵庆春	刘胜志	刘淑红
严奇荣	李 丰	李凤军	李 冰
李 波	李炳颖	李 娜	李晓光
李晓炜	李雅平	李燕平	何联毅
邹绍荣	宋 波	张旭东	张守臣
张鹏林	张 慧	陈晓东	陈瑞琴
范亮宇	孟庆芬	高 锐	

《模拟电子技术基础》是通信、电力、电子、自动化等专业重要的课程之一,也是报考上述专业硕士研究生的考试课程。

华成英、童诗白主编的《模拟电子技术基础》(第四版)以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。

为了帮助读者更好地学习这门课程,掌握更多的知识,我们根据多年的教学经验编写了这本与此教材配套的《模拟电子技术基础同步辅导及习题全解》(第四版)。本书旨在使广大读者理解基本概念,掌握基本知识,学会基本解题方法与解题技巧,进而提高应试能力。本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性的特点。

考虑到《模拟电子技术基础》这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

1. 课程学习指南 从该课程的知识体系出发,对各个章节在全书中的位置,以及与其他章节的联系作了简明扼要的阐述,使学习更有重点。

2. 知识点归纳 串讲概念,总结性质和定理,使知识全面系统,便于掌握。

3. 典型例题与解题技巧 精选各类题型,涵盖本章所有重要知识点,对题目进行深入、详细地讨论和分析,并引导学生思考问题,能够举一反三、拓展思路。

4. 历年考研真题评析 精选历年名校考研真题并进行深入地讲解。

5. 课后习题全解 给出了华成英、童诗白主编的《模拟电子技术基础》(第四版)各章习题的答案。我们不仅给出了详细的解题过程,而且对有难度或综合性较强的习题做了分析和小结,从而更好地帮助学

生理解掌握每一知识点。

6. 考研考试指导 首先归纳了本课程的考研考点,然后精选了清华大学等名校的最新考研考试试题并给出了参考答案,以帮助学生顺利通过相关考试。

本书在编写时参考了大量的优秀教材和权威考题。在此,谨向有关作者和所选考试、考研试题的命题人以及对本书的出版给予帮助和指导的所有老师、同仁表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,本书难免出现不妥之处,恳请广大读者批评指正。

联系我们

华腾教育网:

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

电子邮件:

huateng@huatengedu.com

华腾教育教学与研究中心

目 录

CONTENTS

课程学习指南	1
第一章 常用半导体器件	3
知识点归纳	3
典型例题与解题技巧	8
历年考研真题评析	10
课后习题全解	12
第二章 基本放大电路	25
知识点归纳	25
典型例题与解题技巧	30
历年考研真题评析	34
课后习题全解	37
第三章 多级放大电路	61
知识点归纳	61
典型例题与解题技巧	64
历年考研真题评析	67
课后习题全解	70
第四章 集成运算放大电路	81
知识点归纳	81
典型例题与解题技巧	84
历年考研真题评析	88
课后习题全解	91
第五章 放大电路的频率响应	104
知识点归纳	104

典型例题与解题技巧	109
历年考研真题评析	112
课后习题全解	115
第六章 放大电路中的反馈	126
知识点归纳	126
典型例题与解题技巧	133
历年考研真题评析	137
课后习题全解	139
第七章 信号的运算和处理	154
知识点归纳	154
典型例题与解题技巧	161
历年考研真题评析	165
课后习题全解	166
第八章 波形的发生和信号的转换	184
知识点归纳	184
典型例题与解题技巧	190
历年考研真题评析	193
课后习题全解	195
第九章 功率放大电路	219
知识点归纳	219
典型例题与解题技巧	223
历年考研真题评析	228
课后习题全解	231
第十章 直流电源	245
知识点归纳	245
典型例题与解题技巧	250
历年考研真题评析	254
课后习题全解	257
第十一章 模拟电子电路读图	275
知识点归纳	275

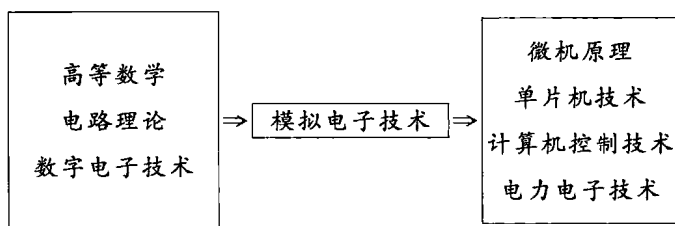
课后习题全解	276
考研考试指导	282
考研考点归纳	282
清华大学 2007 年考研试题	282
参考答案	285
清华大学 2006 年期末试题	289
参考答案	291

课程学习指南

模拟电子技术是电子类各专业必修的一门电子技术方面入门性质的技术基础课,又是学习后续技术基础课和专业课程的重要基础,也是电子类各专业研究生入学考试的必考科目。

学习模拟电子技术课程的目的是要掌握模拟电子技术的基本概念、基本电路和基本方法,为深入学习模拟电子技术及其在专业中的应用打下基础。

模拟电子技术是一门工程和实践应用非常广泛的基础课程,所讲述的是模拟电子技术的基本原理。并且,这门课程不同于其他技术基础课的特点是工程实践性很强。在修读本课程之前,应熟练掌握高等数学、电路理论、数字电子技术等课程的相关知识。同时,模拟电子技术课程是微机原理、单片机技术、计算机控制技术、电力电子技术等课程最重要的先修课程。



模拟电子技术课程主要讲述的有常用半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、放大电路的频率响应、放大电路中的反馈、信号的运算和处理、波形的产生和信号的转换、功率放大电路和直流电源。

模拟电子技术已经深入而广泛地应用于电子、通信、电力、控制等领域。为了学好这门专业基础课程,建议在学习过程中应按以下方法学习:

1. 重点掌握基本概念、基本电路、基本分析方法。
2. 学会全面、辩证地分析模拟电子电路中的问题。
3. 注意电路的基本定理、定律在模拟电子电路分析中的应用。

此外,为了帮助学生在期末、考研等考试中取得好成绩,我们提出以下建议:

1. 勤观察、做实验。将理论与实践相结合,培养分析问题、解决问题以及动手能力。
2. 多做题、善总结。通过多做题,巩固所学的知识,掌握解题思路和常用解题方法。

第一章

常用半导体器件

III 知识点归纳

一、半导体基本知识

1. 本征半导体的导电特性

纯净的具有晶体结构的半导体,称为本征半导体。其导电特点是:

(1)在热力学温度为 0K 时,半导体不能导电,如同绝缘体一样。

(2)半导体中,存在着两种载流子——自由电子和空穴。在本征激发下,自由电子和空穴总是成对出现,称为电子空穴对。因此, $n_i = p_i$ 。式中: n_i 为自由电子浓度; p_i 为空穴的浓度。

(3)由于热激发,半导体中的电子空穴对不断地产生,同时,当它们相遇时又因为复合而使电子空穴对消失。在一定温度下,上述产生和复合两种运动达到平衡,使电子空穴对的浓度达到定值。可以证明,本征半导体中载流子的浓度,除与半导体材料本身的性质有关以外,还与温度密切相关。当 $T=300\text{K}$ 时,硅材料的 $n_i = p_i \approx 1.4 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$,锗材料的 $n_i = p_i \approx 2.4 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ 。

本征载流子对温度十分敏感。它们的浓度随温度的升高基本上按指数规律增加。如硅材料,大约温度每升高 8°C ,本征载流子的浓度 n_i 增加一倍;对于锗材料,大约温度每升高 12°C , n_i 增加一倍。这样,两种材料平均每升高 10°C , n_i 增加一倍。

2. 杂质半导体的导电特性

杂质半导体的电导率较高。在硅或锗中掺入五价元素如磷、砷、锑,形成 N 型半导体。

产生 $\nearrow$ 多子 —— 电子(主要由掺杂形成)
 $\searrow$ 少子 —— 空穴(本征激发形成)

在硅或锗中掺入三价元素如硼、铝、镓等,形成 P 型半导体。

产生 $\nearrow$ 多子 —— 空穴(主要由掺杂形成)
 $\searrow$ 少子 —— 电子(本征激发形成)

杂质半导体呈电中性,即任一空间内的正、负电荷数目相等。

N 型半导体:自由电子数目=空穴数目+正离子数目。

P 型半导体:空穴数目=自由电子数目+负离子数目。

二、半导体二极管

1. 二极管的伏安特性

如图 1-1 所示。

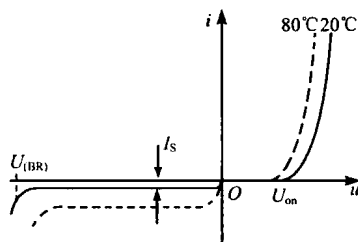


图 1-1 二极管的伏安特性

2. 二极管基本电路及其分析方法

二极管是一种非线性器件,因此分析二极管电路时采用的是非线性电路的分析方法。实践中主要采用模型分析法,在静态情况时,根据输入信号的大小,选用不同的模型,只有当信号很微小时,才采用小信号模型。二极管的正向 $U-I$ 特性模型有以下几类:

(1)理想模型:正向偏置时,其管压降为 0,反偏时它的电阻为无穷大,电流为 0。通常当电源电压远比二极管的管压降大时,用此模型分析。

(2)恒压降模型:二极管导通后,其管压降是恒定的,且不随电流而变,典型值是 0.7V。通常当二极管的电流近似或大于 1mA 时是正确的。

(3)折线模型:二极管导通后,其管压降随着通过二极管电流的增加而增加成线性变化。

(4)小信号模型:在二极管发 $U-I$ 特性的某一小范围内把 $U-I$ 特性看成一条直线,其斜率的倒数就是所求的微变电阻 r_d ,其中

$$r_d = \frac{U_T}{I_D} = \frac{26\text{mV}}{I_D}$$

3. 二极管的基本应用电路

整流电路、限幅电路、开关电路、低压稳压电路。

4. 稳压管(齐纳二极管)

利用 PN 结的反向击穿特性,工作于反偏状态。稳压管正向压降与普通二极管相近。

三、晶体三极管

晶体三极管也称双极型晶体管或半导体三极管,简称晶体管,内部有两种载流子参与导电。

1. 结构

(1)有三个区(发射区、集电区、基区)、两个结(发射结、集电结)和三个极(发射极 e、集电

极 c、基极 b)。

(2)从结构上分为两种类型:NPN 和 PNP。

(3)结构和符号如图 1-2 所示,以后以 NPN 为例进行分析。

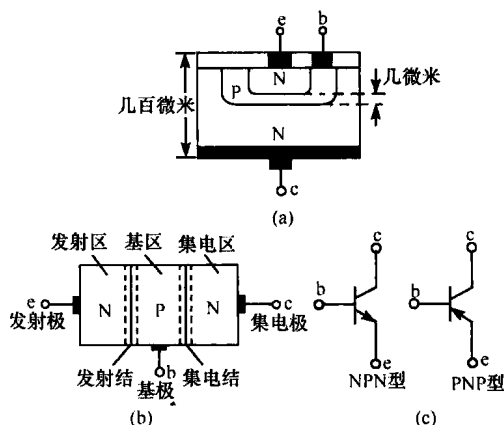


图 1-2 晶体管的结构和符号

(a)NPN 型硅管的结构;(b)NPN 型管的结构示意图;

(c)NPN 型和 PNP 型管的符号

2. 放大作用

(1)晶体管内部载流子的运动如图 1-3 所示。

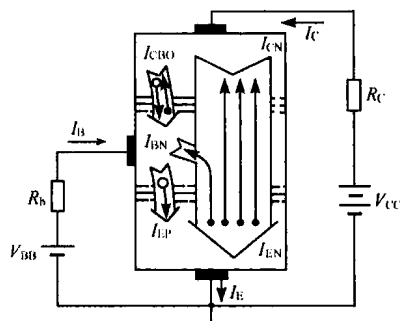


图 1-3 晶体管内部载流子运动与外部电流

①发射结加正向电压,扩散运动形成发射极电流 I_E 。

因为发射结加正向电压,又因为发射区杂质浓度高,所以大量自由电子因扩散运动越过发射结到达基区。与此同时,空穴也从基区向发射区扩散,但由于基区杂质浓度低,所以空穴形成的电流非常小,近似分析时可忽略不计。可见,扩散运动形成了发射极电流 I_E 。

②扩散到基区的自由电子与空穴的复合运动形成基极电流 I_B 。

由于基区很薄,杂质浓度很低,集电结又加了反向电压,所以扩散到基区的电子中只有极少部分与空穴复合,其余部分均作为基区的非平衡少数子达到集电结。又由于电源 V_{BE} 的作用,

电子与空穴的复合运动将源源不断地进行,形成基极电流 I_B 。

③集电结反向电压,漂移运动形成集电极电流 I_C 。

由于集电结加反向电压且其结面积较大,基区的非平衡少子在外电场作用下越过集电结到达集电区,形成漂移电流。与此同时,集电区与基区的平衡少子也参与漂移运动,但它的数量很小,近似分析中可忽略不计。可见,在集电极电源 V_{CC} 的作用下,漂移运动形成集电极电流 I_C 。

(2)晶体管的电流分配关系

设由发射区向基区扩散所形成的电子电流为 I_{EN} ,基区向发射区扩散形成的空穴电流为 I_{EP} ,基区内复合运动所形成的电流为 I_{BN} ,基区内非平衡少子(即发射区扩散到基区但未被复合的自由电子)漂移至集电区所形成的电流为 I_{CN} ,平衡少子在集电区与基区之间的漂移运动所形成的电流为 I_{CBO} ,由图 1-3 可得晶体管的电流分配关系为

$$I_E = I_{EN} + I_{EP} = I_{CN} + I_{BN} + I_{EP}$$

$$I_C = I_{CN} + I_{CBO}$$

$$I_B = I_{BN} + I_{EP} - I_{CBO} = I'_B - I_{CBO}$$

从外部看

$$I_E = I_B + I_C$$

(3)晶体管的共射电流放大系数

基本共射极放大电路如图 1-4 所示。

为了表示发射极电流转化为受控集电极电流 I_C 的能力,引入参数 $\bar{\alpha}$,称为共基直流电流放大系数,其定义为: $\bar{\alpha} = I_{CN} / I_E$ 。

令 $\beta = \frac{\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$ 称为共射极直流电流放大系数。

(4)晶体管的共射特性曲线

①输入特性曲线:输入特性曲线描述了在管压降 U_{CE} 一定的情况下,基极电流 i_B 与发射结压降 u_{BE} 之间的函数关系,即 $i_B = f(u_{BE})|_{U_{CE}=\text{常数}}$,如图 1-5(a)所示。

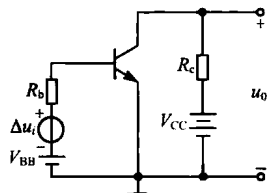


图 1-4 基本共射极放大电路

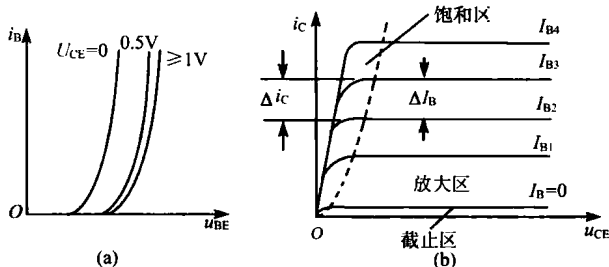


图 1-5 晶体管的特性曲线

(a)晶体管的输入特性曲线;(b)晶体管的输出特性曲线

②输出特性曲线:输出特性曲线描述基极电流 I_B 为一常量时, i_c 与 u_{CE} 之间的关系,即: $i_c = f(u_{CE})|_{I_B=\text{常数}}$, 曲线如图 1-5(b)所示。

从输出特性曲线上可看出,晶体管有三个工作区域:截止区、放大区和饱和区。

在模拟电路中,绝大多数情况下,应保证晶体管工作在放大状态。

四、场效应管

场效应管工作时内部只有一种载流子,又称为单极型晶体管,分为结型和绝缘栅型,每种类型有 N 沟道和 P 沟道之分。其中绝缘栅又有增强型和耗尽型两种。优点是:输入阻抗高(可达 $10^7 \sim 10^{12} \Omega$)、噪声低、温度稳定性好、易集成等。

1. 转移特性和输出特性

场效应管的 i_D 可以看成由 u_{GS} 控制的,所以用转移特性曲线来描述。所有种类的场效应管的符号、特性曲线如表 1-1 所示。

表 1-1 场效应管的符号及特性曲线

种类	结构类型	工作方式	电源极性		符号及电 流方向	转移特性	输出特性
			U_{DS}	U_{GS}		$i_D = f(u_{GS}) _{u_{DS}=C}$	$i_D = f(u_{DS}) _{u_{GS}=C}$
绝缘栅型	N 沟道	耗尽型	+	-			
		增强型	+	+			
	P 沟道	耗尽型	-	+			
		增强型	-	-			
结型	N 沟道	/	+	-			
	P 沟道	/	-	+			

(1) 结型及绝缘栅耗尽型场效应管:

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2$$

$$g_m = -\frac{2I_{DSS}}{U_{GS(off)}} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}} \right) = \frac{2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DSS} i_D}$$

(2) 绝缘栅增强型场效应管:

$$i_D = K(u_{GS} - U_{GS(th)})^2$$

$$g_m = 2K(u_{GS} - U_{GS(th)}) = 2\sqrt{Ki_D}$$

2. 场效应管类型的差别和电压极性的规律

场效应管的类型很多,为了保证它们工作在放大区,由 U_{GS} 和 U_{DS} 相应的极性可知,其规律如下:

- (1) 结型管中, U_{GS} 和 U_{DS} 反极性。
- (2) 增强型 MOS 管中, U_{GS} 和 U_{DS} 同极性。
- (3) 耗尽型 MOS 管中,有两种可能,视沟道是加宽还是减小而定。

3. 场效应管主要参数

- (1) 直流参数:开启电压 $U_{GS(th)}$ 、夹断电压 $U_{GS(off)}$ 、饱和漏电流 I_{DSS} 、直流输入电阻 $R_{GS(DC)}$ 。
- (2) 交流参数:低频跨导 g_m 、极间电容 C_{gs} 、 C_{gd} 、 C_{ds} 。
- (3) 极限参数:最大漏电流 I_{DM} 、击穿电压 $U_{(BR)DS}$ 、最大耗散功率 P_{DM} 。

典型例题与解题技巧

例 1 判断题:双极型晶体管(BJT)和场效应管(MOSFET)比较,有下述说法,请在正确的说法后画“√”,错误的说法后画“×”。

- (1) BJT 有两种载流子参与导电, MOSFET 只有一种。()
- (2) BJT 属电压控制型器件, MOSFET 属电流控制型。()
- (3) BJT 的热稳定性好于 MOS 的热稳定性。()
- (4) 两者在开关过程中都需要时间,在同样的工作电流下, BJT 的开关速度快于 MOS。()

【分析】 深入理解双极型晶体管(BJT)和场效应管的各种特性,区别二者的不同之处。

【解】 (1)√ BJT 有电子和空穴参与导电, MOS 只有电子或空穴参与导电。

(2)× BJT 为电流控制型器件, MOS 为电压控制型器件。

(3)× MOS 管的热稳定性好。

(4)× BJT 存在过量少子的存储效应,开关速度慢。

例 2 试简述三极管安全工作区域。设某三极管的极限参数 $P_{CM}=150\text{mW}$, $I_{CM}=100\text{mA}$, $U_{(BR)CEO}=30\text{V}$ 。试问:

(1) 若它的工作电压 $U_{CE}=10\text{V}$, 则工作电流 I_C 最大不得超过多少?

(3) 若工作电压 $U_{CE}=1\text{V}$, 则工作电压最大不得超过多少?