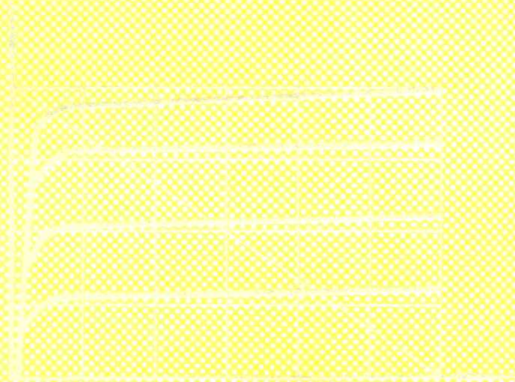


电子技术基础 题解与复习指导

王成珍 主编



44

兵器工业出版社

高等学校电子技术基础参考教材

电子技术基础题解与复习指导

王成珍 主编

李春华 刘盾 副主编

兵器工业出版社

(京)新登字 049 号

内容简介

本书是根据全国高等工科院校电子技术基础教学“基本要求”编写的教学参考书。本书保持了多数教材的系统顺序,因此可与目前国内各种版本的电子技术基础教材配合使用。

本书包括模拟与数字两部分。题源丰富,覆盖面较宽,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性。

本书可作为高等学校电子类、电气及自动化类专业电子技术基础课程配套教材,也可供电大、职大、函大和自学者使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础题解与复习指导/王成珍主编. —北京:

兵器工业出版社, 1995. 11

ISBN 7-80038-909-X

I. 电… II. 王… III. 电子技术—解题 IV. TN-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 16071 号

兵器工业出版社出版

(北京市海淀区车道沟10号)

新华书店总店科技发行所发行

各地新华书店经销

华燕印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 12 字数: 268 千字

1995 年 9 月第 1 版

1995 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—3000

定价: 11.30 元

前 言

本书是根据国家教委关于全国高等工科院校电子技术基础课程教学“基本要求”而编写的教学参考书,内容包括《模拟电子技术》和《数字电子技术》两部分,可与目前国内各种版本的电子技术基础教材配合使用。

作为一本辅导性质的教材,该书具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性等特点。电子技术基础课是一门理论性、实践性较强的技术基础课,针对《模拟电子技术》有一个“入门难”,而《数字电子技术》有逻辑抽象性强、发展快、内容新等特点,为了帮助学生加深对所学基本内容的理解,切实掌握基本概念、基本原理和分析方法,扩展知识的深度和广度,编著者根据多年来的教学实践过程中所遇到的多方面疑难问题,并考虑到读者的不同特点,在内容上做了以下安排:

1. 内容摘要。对各章基本教学内容、教学重点,进行了系统的归纳、分析比较和扼要的小结,便于掌握重点,从各章内容之间的有机联系上把握知识的系统性、完整性和实用性。

2. 难点释疑。本书各章都选编了具有一定代表性的疑难问题,以及容易产生错误或混淆不清的概念,对此进行了深入、详细的讨论与分析,引导学生思考问题、澄清模糊概念、深刻领会重要概念的实质,以开拓思路。

3. 例题分析。对于各章基本题型,不仅给出例题,而且介绍解题要领、分析问题和解决问题的方法及技巧,注意揭示其中的规律,以培养学生分析问题、解决问题的能力,并做到理

论联系实际,运用所学知识解决实际问题。

4. 复习思考题及检查题。本书选编或改编了国内外有关书刊和多年来积累的优秀试题和练习题 420 个,采用了标准化命题方式作为每章自我检查题,并附有答案与提示。选题类型多,范围广,覆盖面宽,重点突出,难易并举,图文并茂。

该书不仅适用于大专院校理工科电类专业师生使用,而且也适用于电大、职大、函大等有关专业师生使用,以及中等专科学校教师教学参考,对非电专业自学电子技术的科技人员,该书也是一本有价值的参考书。

本书以讲义的形式使用过数届,学生反映良好,后经天津大学自动化系赵玉山教授审阅,对本书基本内容提示了许多宝贵意见。在充分肯定成绩和特色的基础上,根据“保证基础,突出重点,分析难点,扩展知识,开拓思路,少而精”的编写原则,在广泛听取意见的基础上,对原书进行了认真的修改、充实、完善和定稿。

本书《模拟电子技术》的全部内容 by 王成珍同志编写。《数字电子技术》部分第一章至第三章由李春华同志编写,第四章至第八章由刘盾同志编写。本书由王成珍同志任主编。在成书过程中,天津技术师范学院饶孝枢副教授、高玉奎副教授给予了我们热情的指导与帮助;院、系领导给予了大力支持;在抄写书稿过程中,还得到张剑、刘涌、徐斌、张娜等同志的帮助,并绘制了大量的插图。在此一并表示感谢!

由于我们水平有限,时间仓促,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正!

编者

1995 年 5 月

目 录

第一篇 模拟电子技术

第一章 半导体二极管和三极管	(1)
一、内容摘要	(1)
二、难点释疑	(7)
三、例题分析	(11)
复习与思考题	(16)
自我检查题	(19)
自我检查题答案和提示	(23)
第二章 基本放大电路	(26)
一、内容摘要	(26)
二、难点释疑	(31)
三、例题分析	(36)
复习与思考题	(46)
自我检查题	(49)
自我检查题答案和提示	(58)
第三章 场效应管放大电路	(61)
一、内容摘要	(61)
二、难点释疑	(63)
三、例题分析	(69)

复习与思考题	(76)
自我检查题	(78)
自我检查题答案和提示	(83)
第四章 功率放大电路	(84)
一、内容摘要	(84)
二、难点释疑	(86)
三、例题分析	(89)
复习与思考题	(96)
自我检查题	(98)
复习与思考题部分答案	(102)
自我检查题答案和提示	(102)
第五章 模拟集成电路	(104)
一、内容摘要	(104)
二、难点释疑	(108)
三、例题分析	(113)
复习与思考题	(120)
自我检查题	(121)
自我检查题答案和提示	(126)
第六章 反馈放大器	(128)
一、内容摘要	(128)
二、难点释疑	(130)
三、例题分析	(139)
复习与思考题	(144)
自我检查题	(146)
自我检查题答案和提示	(151)
第七章 信号的运算与处理电路	(153)

一、内容摘要	(153)
二、难点释疑	(162)
三、例题分析	(165)
复习与思考题	(174)
自我检查题	(174)
自我检查题答案和提示	(179)
第八章 正弦波振荡电路	(181)
一、内容摘要	(181)
二、难点释疑	(182)
三、例题分析	(186)
复习与思考题	(193)
自我检查题	(194)
复习与思考题答案和提示	(199)
自我检查题答案和提示	(199)
第九章 直流电源	(201)
一、内容摘要	(201)
二、难点释疑	(207)
三、例题分析	(210)
自我检查题	(212)
自我检查题答案和提示	(217)

第二篇 数字电子技术

第一章 数字逻辑基础	(218)
一、内容摘要	(218)
二、难点释疑	(224)

三、例题分析	(231)
自我检查题	(237)
自我检查题答案和提示	(238)
第二章 逻辑门电路	(240)
一、内容摘要	(240)
二、难点释疑	(249)
三、例题分析	(261)
自我检查题	(273)
自我检查题答案和提示	(276)
第三章 组合逻辑电路	(278)
一、内容摘要	(278)
二、难点释疑	(284)
三、例题分析	(292)
自我检查题	(298)
自我检查题答案和提示	(299)
第四章 时序逻辑电路	(301)
一、内容摘要	(301)
二、难点释疑	(308)
三、例题分析	(318)
复习与思考题	(327)
自我检查题	(332)
复习与思考题答案和提示	(334)
自我检查题答案和提示	(334)
第五章 半导体存储器	(335)
一、内容摘要	(335)
二、难点释疑	(338)

复习与思考题.....	(342)
复习与思考题答案和提示.....	(344)
第六章 脉冲信号的产生与整形.....	(345)
一、内容摘要.....	(345)
二、难点释疑.....	(347)
三、例题分析.....	(351)
复习与思考题.....	(356)
复习与思考题答案和提示.....	(358)
第七章 A/D 与 D/A 转换器	(359)
一、内容摘要.....	(359)
二、例题分析.....	(360)
复习与思考题.....	(362)
复习与思考题答案和提示.....	(364)
第八章 专用集成电路(ASIC)	(366)
内容摘要.....	(366)
参考文献.....	(371)

第一篇 模拟电子技术

第一章 半导体二极管和三极管

一、内容摘要

(一) 半导体基本知识

1. 本征半导体的导电特性

纯净的单晶半导体,既不含任何杂质,也没有结构上的缺陷,称为本征半导体。其导电特点:

(1) 在 0 K 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, $n_i = p_i$ 。 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 $n_i=p_i\approx 2.5\times 10^{13}\text{ cm}^{-3}$ 。

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 $8\text{ }^{\circ}\text{C}$,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 $12\text{ }^{\circ}\text{C}$,增加一倍。平均每升高 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,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 ↗ 多子——电子(主要由掺杂形成)
 ↘ 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 ↗ 多子——空穴(主要由掺杂形成)
 ↘ 少子——电子(本征激发形成)

杂质半导体是电中性,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) 半导体中的电流

半导体中载流子的定向电流有两种。

1. 扩散电流。由于载流子浓度不均匀产生的扩散运动而

形成的电流。

2. 漂移电流。在电场作用下,半导体中的载流子沿电场力方向运动而形成的电流。

(三) PN 结及其单向导电性

在 PN 结没有外加电压时,PN 结中载流子的扩散运动和漂移运动达到动态平衡,所以通过 PN 结的总电流为零。

PN 结加正向电压→阻挡层变薄,内电场减弱→扩散力大于电场力→扩散大于漂移→扩散形成较大的正向电流。而且外加正向电压对正向电流有很强的控制作用。

PN 结加反向电压→阻挡层变厚,内电场增强→电场力大于扩散力→漂移大于扩散→漂移形成一个较小的反向电流。而且反向电流基本上不随外加电压而变化,但随温度变化大。

(四) PN 结(二极管)的伏安特性

二极管的伏安特性一般分为正向特性、反向特性和击穿特性三部分。

锗二极管的门坎电压为 0.1 V ,正向压降一般在 $0.2\sim 0.3\text{ V}$;硅二极管的门坎电压约为 0.5 V ,正向压降一般在 $0.6\sim 0.8\text{ V}$ 。

硅二极管的反向电流一般要比锗二极管的小得多。

(五) 二极管的参数

二极管最重要的参数有:最大整流电流 I_F 和最高反向工作电压 U_{BR} 。除此极限参数外,还有一些其他参数。

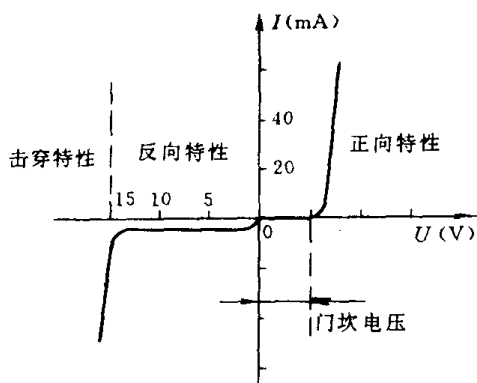


图 1.1 二极管伏安特性

(六) 稳压管

稳压管也是一种二极管,与一般二极管不同的是它正常工作在反向击穿区。

(七) 半导体三极管

1. 三极管的重要特性是具有电流放大作用。

2. 三极管具有放大作用的外部条件是:发射结正偏,集电结反偏。对 NPN 管,应满足 $U_E < U_B < U_C$; PNP 管,应满足 $U_E > U_B > U_C$ 。

3. 重要电流方程式: $I_C = \beta I_B + I_{CEO}$; $I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO}$

4. 三种工作状态。晶体三极管有截止、放大、饱和三种状态,各种状态其主要特点见表 1.1。

表 1.1 三极管三种工作状态的特点

三极管 的状态	PN 结的偏置		电流、电压的 变化特征	电流、电压的 数量特征	放大 能力
	发射结	集电结			
截止	① 反偏; ② 正偏, 但正向电压小于门坎电压	反偏	电压变化, 电流基本不变	电流极小	无
放大	正偏, 且正向电压大于门坎电压	反偏	① U_{CE} 变化, I_C 基本不变; ② I_B 小变, I_C 大变	不定	强
饱和	正偏, 且正向电压大于门坎电压	正偏	I_B 变, I_C 基本不变	电压很小 (U_{CE})	弱或无

5. 三极管的放大原理

利用电子(指 NPN 型, PNP 型就是空穴)在基区的扩散(形成集电极电流)大大超过复合(形成基极电流), 产生放大作用。在线性区, I_C 和 I_B 两者的比例基本一定, 所以可通过改变 I_B 的大小来达到控制 I_C 的目的。

在放大电路中, 通过 ΔU_{BE} 改变 I_B , 由 ΔI_B 使 I_C 发生相应的变化 ($\Delta I_C = \beta \Delta I_B$), 再通过集电极负载电阻 R_C , 将此电流放大作用转化为电压放大, 即产生 $\Delta I_C R_C$ (ΔU) 传递出去。

6. 输出特性曲线的三个区域

NPN 管输出特性曲线如图 1.2 所示。

(1) 截止区

一般将 $I_B \leq 0$ 的区域称为截止区。在 $I_B = 0$ 的曲线以下的部分, 由于此时 I_C 也近似为零, 所以三极管没有放大作用。

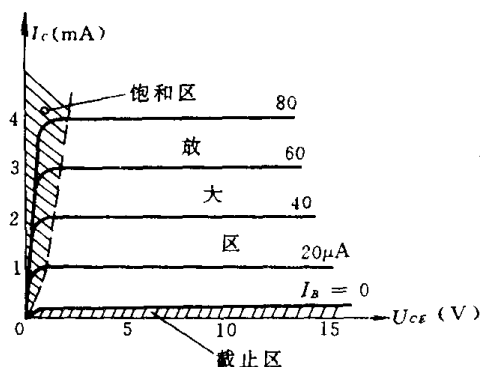


图 1.2 NPN 管输出特性曲线

截止区特点是三极管的发射结和集电结都处于反向偏置状态。对于 NPN 三极管来说, $U_{BE} \leq 0$ (零偏或反偏); $U_{BC} < 0$ (反偏)。

(2) 放大区

① 各输出特性曲线比较平坦, 近似为水平的直线。当 I_B 一定时, I_C 的值基本上不随 U_{CE} 而变化。

② 当基极电流有一个微小的变化量 ΔI_B 时, 相应的集电极电流将产生较大的变化量 ΔI_C , 比 ΔI_B 放大 β 倍, 即 $\Delta I_C = \beta \Delta I_B$, 这个表达式体现了三极管的电流放大作用。

放大区特点: 三极管的发射结正向偏置, 集电结反向偏置。对于 NPN 三极管来说, $U_{BE} > 0$ 而 $U_{BC} < 0$ 。

(3) 饱和区

图 1.2 中靠近纵坐标的附近, 各条输出特性曲线的上升部分均处于三极管的饱和区。在这个区域, 不同 I_B 值的各条曲线几乎重叠在一起, 十分密集, 也就是说, 当 U_{CE} 较小时, 管

子的集电极电流 I_C 基本上不随基极电流 I_B 而变化,这种现象称为饱和。在饱和区,三极管失去了放大作用。

一般认为,当 $U_{CE}=U_{BE}$,即 $U_{CB}=0$ 时,三极管达到临界饱和状态,当 $U_{CE}<U_{BE}$ 时,称为过饱和。三极管饱和时的管压降用 U_{CES} 表示,一般小功率三极管的饱和压降 $U_{CES}<0.4\text{ V}$ 。

三极管工作在饱和区时,发射结和集电结都处于正向偏置状态。对于 NPN 三极管来说, $U_{BE}>0, U_{BC}>0$ 。

7. 三极管的主要参数

(1) β 的 $\bar{\beta}$ 都是反映电流放大能力的重要参数。在数量上,对于理想晶体管,输出特性曲线等间隔, β 和 $\bar{\beta}$ 相等,所以在计算中,二者可互相代替,即 $\bar{\beta}\approx\beta$ 。

(2) I_{CBO} 和 I_{CEO} 晶体管的反向饱和电流影响直流工作状态的稳定性,要求越小越好。

(3) 极限参数 I_{CM} 、 P_{CM} 、 $U_{(BR)CEO}$ 。

二、难点释疑

(一) 二极管的直流电阻 R_D 和交流电阻 r_D 的概念、区别和关系

直流电阻和交流电阻都是用来表征二极管导电能力大小的,它们都与工作点密切相关。从单向导电特性考虑,无论直流电阻和交流电阻,正向电阻值越小越好,反向电阻值越大越好。

r_D 涉及的电压、电流都是变化量(包括交流量),而 R_D 涉及的仅是电压、电流本身。即