

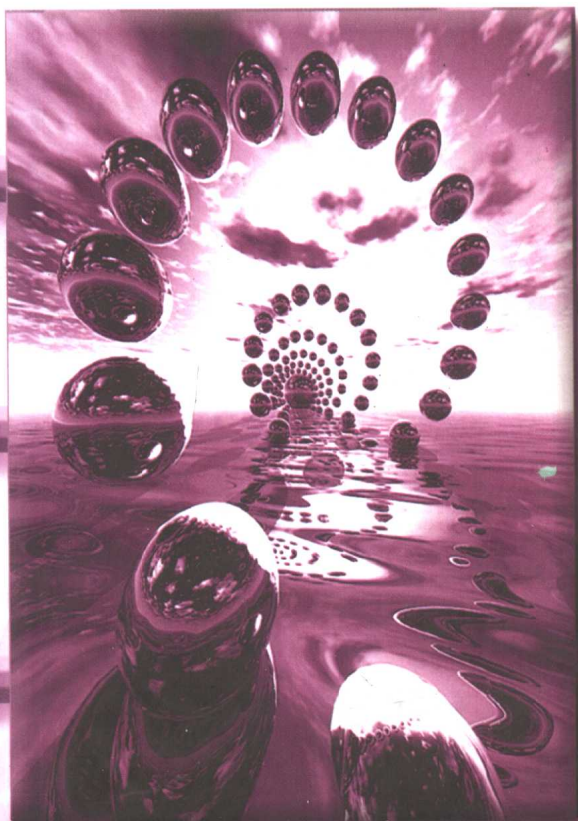
经典教材辅导用书



新编电工学(电子技术)题解(下册)

《电工学·第五版》电子技术(秦曾煌主编)学习指导
习题选解·思考题选解·综合题

李 承 徐安静 主编



华中科技大学出版社

新编电工学(电子技术)题解

(下册)

李 承 徐安静 主编

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编电工学(电子技术)题解(下册)/李承 徐安静 主编
武汉:华中科技大学出版社, 2003年6月
ISBN 7-5609-2943-5

I. 新…

II. ①李… ②徐…

III. 电工学-高等学校-题解

IV. TM1-44

新编电工学
(电子技术)题解(下册)

李承 徐安静 主编

策划编辑:李 德

责任编辑:吴锐涛

责任校对:陈元玉

封面设计:潘 群

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:湖北省通山县印刷厂

开本:850×1168 1/32

印张:14.75

字数:356 000

版次:2003年6月第1版

印次:2003年6月第1次印刷

印数:1-5 000

ISBN 7-5609-2943-5/TM·91

定价:18.00元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书以秦曾煌主编、高等教育出版社出版的《电工学》(下册、电子技术)(第五版)的内容为主线,对电子技术的内容进行了概括性总结,对学习方法、解题方法以及如何学好电子技术课程作了详细的讨论。全书共分为10章,每章均由以下四部分组成:内容提要,习题选解,选择题题解,综合题题解。各章节的顺序及章节号均与教材一致,以方便学习时对照参考。

本书是为大学理工科非电类专业学生学习“电子技术”课程编写的一本教学辅导书,电类学生在学习相关课程时也有参考价值,同时,也可供自学电子技术的有关人员参考。

前 言

“电子技术”课程是理工科大学非电类专业的一门技术基础课。学好这门课程,对于学习其他相关的专业课、拓宽专业知识面等有至关重要的影响。特别是在电子技术已经渗透到各个专业,广泛应用到各个领域的今天,学好电子技术课程就显得更为重要。然而,电子技术内容多、概念多、分析方法繁杂,这使得许多学习者感到困难,对所学内容常常有零乱的感觉。为帮助学生能更好地学好电子技术课程,我们编写了本书。

本书以秦曾煌主编、高等教育出版社出版的《电工学》(下册,电子技术)(第五版)(下面简称为教材)的内容为主线,对电子技术的内容进行了概括性总结,对学习方法、解题方法以及如何学好电子技术课程作了详细的讨论。全书共分为10章,各章节的顺序及章节号均与教材一致,以方便学习时对照参考。

本书的每章均由四部分组成:

第一部分为“内容提要”。叙述总结本章的主要内容,以使学生对相应章节内容有一个总体的了解和认识。

第二部分为“习题选解”。对教材上“练习与思考”和“习题”的大部分题目进行了详细的分析,给出了解题思路和解题过程。各习题编号也与教材一致。

第三部分为“选择题题解”。给出了一些选择题形式的练习,解题中不仅给出了正确答案,而且讨论了选择该正确答案的理由以及错误答案的错误之处。进一步巩固了所学概念和方法。

第四部分为“综合题题解”。选解了一些较为综合,解题过程较复杂的题目,目的是训练学习者对本章所学内容的综合运用能力。

本书是为理工科大学非电类专业学生学习“电子技术”课程编

写的一本教学辅导书,对电类专业学生在学习相关课程时也有参考价值,同时,也可供自学电子技术的有关人员参考。

本书由李承副教授和徐安静副教授合作完成。全书共分为 10 章(章节号与教材一致),其中第 15~19 章由李承编写,第 20~24 章由徐安静编写。本书的出版得到了华中科技大学出版社的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于本书编写时间仓促,加之作者水平所限,遗漏和不妥之处实属难免,恳请有关专家和读者批评指正。

编 者

2003 年元月于华中科技大学

目 录

第15章 半导体二极管和三极管	(1)
一、本章要点	(1)
二、习题选解	(3)
三、选择题题解	(18)
四、综合题题解	(21)
第16章 基本放大电路	(24)
一、本章要点	(24)
二、习题选解	(38)
三、选择题题解	(98)
四、综合题题解	(103)
第17章 集成运算放大器	(117)
一、本章要点	(117)
二、习题选解	(122)
三、选择题题解	(162)
四、综合题题解	(164)
第18章 正弦波振荡电路	(176)
一、本章要点	(176)
二、习题选解	(180)
三、选择题题解	(191)
四、综合题题解	(194)
第19章 直流稳压电源	(198)
一、本章要点	(198)
二、习题选解	(199)
三、选择题题解	(215)

四、综合题题解	(217)
第20章 晶闸管及其应用	(221)
一、本章要点	(221)
二、习题选解	(224)
三、选择题题解	(239)
四、综合题题解	(247)
第21章 门电路和组合逻辑电路	(255)
一、本章要点	(255)
二、习题选解	(261)
三、选择题题解	(308)
四、综合题题解	(319)
第22章 触发器和时序逻辑电路	(329)
一、本章要点	(329)
二、习题选解	(337)
三、选择题题解	(375)
四、综合题题解	(386)
第23章 存储器和可编程逻辑器件	(398)
一、本章要点	(398)
二、习题选解	(401)
三、选择题题解	(419)
四、综合题题解	(426)
第24章 模拟量和数字量的转换	(436)
一、本章要点	(436)
二、习题选解	(438)
三、选择题题解	(442)
四、综合题题解	(453)

第 15 章 半导体二极管和三极管

一、本章要点

电子电路是由电子器件构成的,所以无论是学习模拟电路还是学习数字电路,都必须对半导体器件(半导体二极管、稳压管、双极性三极管、场效应管等)有一定的了解。本章内容是电子技术的基础,主要讨论了半导体材料的特性、导电机理、半导体器件的结构、工作原理、特性曲线和重要参数。在学习中,应该把半导体器件的特性及其工作原理结合起来理解,以达到融会贯通的目的。

1. 基础知识

(1)半导体的导电方式——两种载流子,即电子和空穴。

电子:在半导体中带负电荷参与导电的载流子。

空穴:在半导体中带正电荷参与导电的载流子。

(2)本征半导体的特点——导电率低。

本征半导体中参与导电的载流子是本征激发产生的,它们的数量相等,形成的是电子空穴对。

(3)杂质半导体的特点——导电率高。

杂质半导体有 P 型和 N 型两种。

P 型半导体中,空穴为多数载流子,电子为少数载流子。

N 型半导体中,电子为多数载流子,空穴为少数载流子。

多数载流子是由掺杂形成的,少数载流子是由本征激发产生的。

(4)PN 结的特点——单向导电性。

1) PN 结的形成过程为:

载流子浓度不同 $\longrightarrow$ 多数载流子扩散 $\longrightarrow$ 少数载流子漂移
(当扩散 = 漂移时) $\longrightarrow$ 交界面处形成耗尽层

2) PN 结单向导电原理:

当 PN 结外加正向电压时, 内电场被削弱, 耗尽层变窄, 扩散运动大于漂移运动, I 较大。

当 PN 结外加反向电压时, 内电场被加强, 耗尽层变宽, 扩散运动小于漂移运动, $I \approx 0$ 。

基础部分的思路是

本征半导体 (电导率高) $\xrightarrow{\text{掺杂}}$ 杂质半导体 (电导率低) $\longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{P 型半导体} \\ \text{N 型半导体} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{结合}} \text{PN 结 (单向导电)}$

2. 半导体二极管

(1) 二极管就是利用一个 PN 结, 加上引出电极和外壳而制成的半导体器件。

(2) 二极管具有单向导电性。正向导通后正向电压很小, 一般情况下硅管的正向电压约 0.7 V, 锗管的正向电压约 0.2 V。反向截止时, 电阻很大, 反向电流近似为零。

(3) 二极管的主要参数有:

1) 正向——最大平均整流电流 I_{OM} 。

2) 反向——反向工作峰值电压 U_{RWM} 。

(4) 普通二极管不允许反向击穿, 因为反向击穿会造成二极管损坏。而稳压管则是利用反向击穿时的稳压特性进行稳压的。稳压特性是指: 很小的电压变化 ΔU , 会引起很大的电流变化 ΔI ; 或反过来说, 在很大 ΔI 时, ΔU 很小。

(5) 半导体二极管的主要应用有钳位、隔离和检波等。这里应该明确, 钳位是二极管导通时的特性, 即当二极管导通时, 它的正极和负极之间几乎是等电位。隔离作用是指二极管截止时的特性,

即当二极管截止时,其正极与负极之间如同断开一样。检波就是利用二极管除去波形中不必要的部分,而留下有用的部分。

3. 半导体三极管

(1) 半导体三极管有两种类型,即 NPN 型和 PNP 型。无论哪一种类型,其内部均有两个 PN 结:发射结和集电结;三个区域:发射区、基区、集电区;三个电极:发射极、基极、集电极。

(2) 三极管实现放大必须具备两个条件,一是内部条件,二是外部条件。内部条件是三极管制造时决定的;实现放大作用的外部条件是:外加电源极性应保证三极管发射结正向偏置,集电极反向偏置,即

对于 NPN 管应有: $U_C > U_B > U_E$

对于 PNP 管应有: $U_C < U_B < U_E$

(3) 描述三极管放大作用的重要参数是共射电流放大系数 β 和共基电流放大系数 α , 即

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}; \quad \alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$$

(4) 三极管的特性可以用它的输入特性曲线和输出特性曲线来描述。三极管的共射输出特性可以划分为三个区域:截止区、放大区和饱和区。要使三极管对输入的信号进行线性放大,就应使三极管工作在放大区内。

二、习 题 选 解

[练习与思考题]

15.1.1 电子导电和空穴导电有什么区别? 空穴电流是不是由自由电子递补空穴所形成的?

解:本题旨在考察学生对于半导体导电机理的理解。

半导体导电过程中,有两种载流子,即电子和空穴参与导电。然而,两种载流子的导电机理不同。电子导电是半导体中的自由电子,在电场力的作用下作定向运动形成的;空穴导电不是半导体中的自由电子递补空穴形成的,而是由仍受原子核束缚的价电子递补空穴形成的。所以,电子电流是自由电子形成的,空穴电流则是价电子递补空穴形成的。

15.1.2 杂质半导体中的多数载流子和少数载流子是怎样产生的?为什么杂质半导体中少数载流子的浓度比本征载流子的浓度小?

解:本题的目的是考核学生对于杂质半导体中载流子产生过程的理解。

本征半导体中掺入适量的特定杂质,会对半导体中载流子的产生和载流子浓度产生很大的影响。杂质半导体中的载流子的形成有两个原因,一是由掺杂产生的,二是由本征激发产生的,其中多数载流子由掺杂形成,少数载流子由本征激发产生。半导体掺杂后,一方面,可以产生大量自由电荷即多数载流子;另一方面,很多半导体原子与杂质原子形成较为稳定的共价键结构,要使得共价键结构中的电子产生本征激发,就需要更多的能量,所以,本征激发产生的少数载流子要比没有掺杂时少。

15.1.3 N型半导体中的自由电子多于空穴,而P型半导体中的空穴多于自由电子,是否N型半导体带负电,而P型半导体带正电?

解:本题的目的是考核学生对于杂质半导体特性的理解。

杂质半导体掺杂以前是电中性的,掺入的杂质也是电中性的。所以,掺杂只是对半导体中分子结构和分子排列产生一定的影响,而对于整个半导体材料的带电特性不会有任何影响。因此,从半导体整体来看,不论是N型半导体还是P型半导体,它们都不带电,即两种半导体都是电中性的。

15.2.1 为什么空间电荷区靠N区的一侧带正电,而靠P区

的一侧带负电？

解：本题的目的是考核学生对于 PN 结结构和特点的理解。

PN 结的形成是一种动态平衡的结果，即在 P 型半导体和 N 型半导体交界面上，扩散和漂移运动达到动态平衡时，在交界面上形成一个稳定的区域，该稳定区域就是 PN 结。该区域的特点是：(1)厚度基本稳定；(2)载流子很少，基本由不能移动的带电粒子组成，故称为耗尽层或空间电荷区；(3)对进一步的漂移和扩散运动有影响，因此又称为阻挡层。

而靠 N 区一侧空间电荷区形成的原因，是该区域中带负电荷的多数载流子——电子被复合掉了(耗尽了)，剩下的只是带正电的固定粒子，所以总体上靠 N 区一侧带正电。反之，靠 P 区一侧空间电荷区形成的原因，是该区域中带正电荷的多数载流子——空穴被复合掉，而剩下的就是带负电的固定粒子，所以总体上靠 P 区的一侧带负电。

15.2.2 空间电荷区既然是由带电的正负离子形成的，为什么它的电阻率很高？

解：本题的目的是考核学生对于 PN 结结构和特点的理解。

从 PN 结的形成过程可以知道，空间电荷区中的电荷是固定、不能移动的带电粒子，这些带电粒子不是自由电荷，不能在电场的作用下自由移动而形成电流，因此表现出很高的电阻率。

15.3.1 二极管的伏安特性上有一个死区电压。什么是死区电压？为什么会出现死区电压？硅管和锗管的死区电压的典型值约为多少？

解：本题的目的在于考核学生对于二极管正向特性的理解。

二极管的死区电压，是指二极管正向特性上对应电流近似为零的一段曲线的最大电压值，即在这段曲线上，电压不为零时电流为零。这表明，加在二极管上的电压值在这个范围内时，二极管中没有电流通过，因此，称它为二极管的死区，该死区对应的电压最大值就是死区电压。

死区电压的出现,是由PN结的特性决定的。当加在二极管上的正向电压较小时,它不足以使PN结中的内电场有较大的削弱,而内电场对多子的扩散运动有阻碍作用(这就是PN结又称为阻挡层的原因),这就使得多子的扩散运动没有得到加强,所以,通过二极管(PN结)的电流较小(近似为零)。

硅管死区电压的典型值为 0.5 V ,锗管死区电压的典型值为 0.1 V 。

15.3.2 为什么二极管的反向饱和电流与外加反向电压基本无关,而当环境温度升高时,又明显增大?

解:本题的目的是使学生加深温度对于二极管反向特性影响的认识。

我们知道,二极管中的反向饱和电流,是二极管中的少数载流子在外加反向电压作用下形成的。所以,在一定的电压(电压小于击穿电压)范围内,电压的变化对少数载流子的数量没有影响,因此,对电流的大小也基本没有影响。

而少数载流子是由本征激发产生的,因此,它会受到温度较大的影响,当温度升高时,会激发出更多的少数载流子。所以,二极管中由少数载流子形成的反向饱和电流,会随温度的升高而有明显的增加。

15.3.3 用万用电表测量二极管的正向电阻时,用 $R \times 100\ \Omega$ 挡测出的电阻值小,而用 $R \times 1\text{ k}\Omega$ 挡测出的大,这是为什么?

解:本题的目的是使学生加深对于二极管非线性特性的认识。

二极管的正向特性是非线性的,也就是说,加在二极管上的正向电压,与通过二极管的正向电流不是线性变化关系。因此,当加在二极管上的电压增加时,二极管中的电流并不会成比例增加。所以,用万用表不同的挡测出的电阻不同。

15.3.6 在某电路中,要求通过二极管的正向平均电流为 80 mA ,加在上面的最高反向电压为 110 V ,试从教材的附录B中选用一合适的二极管。

解:本题的目的是使学生加深对二极管参数的理解和认识。

在低频应用的情况下,二极管有两个重要参数是使用中必须考虑的,这就是最大整流电流 I_{OM} 和反向工作峰值电压 U_{RWM} 。其中 I_{OM} 是保证二极管不会过流而烧毁的主要参数, U_{RWM} 是保证二极管不被反向击穿的主要参数(注意 U_{RWM} 并不是反向击穿电压 U_{BR})。选择这两个参数应该满足下面的关系:

二极管中实际通过的直流电流 $< I_{OM}$

二极管上实际所加的反向电压(峰值) $< U_{RWM}$

因此,查教材上附录 B 知,选用 2CP13、2CP14、2CP15 均可。

15.4.1 为什么稳压管的动态电阻愈小,则稳压愈好?

解:本题的目的是使学生加深对稳压管稳压原理的理解和认识。

稳压管的稳压原理是其电压有偏差后,对电压偏差进行调整的过程。图 15-1 所示的是最基本的稳压管稳压电路。它的稳压过程是

$$U_1 \uparrow \rightarrow U_Z \uparrow \rightarrow I_Z \uparrow \rightarrow I_R R \uparrow = U_R \uparrow \rightarrow (U_1 - U_R) \downarrow = U_Z \downarrow$$

由此可见,稳压是利用一个较小的 ΔU_Z 会产生一个较大的 ΔI_Z 而调整的过程。而且,在相同的 ΔU_Z 时,产生的 ΔI_Z 越大,调整效果也就越好,即稳压效果也越好。根据稳压管的动态电阻的定义: $r_z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$ 可以看到, r_z 小,就是在 ΔU_Z 一定时,有较大的 ΔI_Z ,当然稳压效果好。

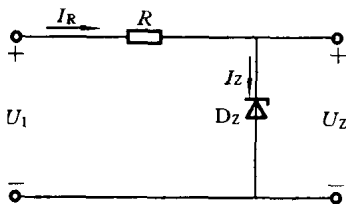


图 15-1 练习与思考题 15.4.1 的图

15.4.2 利用稳压管或普通二极管的正向压降,是否也可以稳压?

解:本题的目的是使学生对稳压原理有一个明确的认识。

根据 15.4.1 题对稳压原理的讨论可知,任何一个二端元件,只要其端电压有一个小变化时,其中流过的电流有一个较大变化,该二端元件就可以被用做稳压元件。显然,稳压管和普通二极管的正向特性满足这一要求。因此,利用它们正向压降可以稳压。

15.5.1 晶体管的发射极和集电极是否可以调换使用,为什么?

解:本题的目的是说明晶体三极管的内部结构特点。

要使晶体三极管有较好的放大能力,在制造过程中,必须使发射区、基区和集电区满足一定的要求,即:(1)发射区多数载流子浓度很高;(2)基区的多数载流子浓度很低,且基区很薄。显然,对于集电区则没有这些特别要求,所以,使用时发射极和集电极不能互换。

15.5.2 晶体管在输出特性曲线的饱和区工作时,其电流放大系数和在放大区工作时是否一样大?

解:本题的目的是考核学生对晶体三极管输出特性的理解。

我们知道,晶体管的电流放大系数,体现了晶体管正常放大时其内部载流子运动的分配关系。当晶体管处于饱和状态时,载流子运动的分配关系就发生了变化,因此,晶体管在输出特性曲线的饱和区工作时,其电流放大系数和在放大区工作时不一样。

15.5.4 为什么晶体管基区掺杂浓度小而且做得很薄?

解:本题的目的是使学生明确晶体三极管的内部结构对其放大作用有影响。

从晶体管中载流子分配关系可以知道,发射区发射的载流子在基区被复合掉的部分构成基极电流的主体,而到达集电区的部分构成集电极电流的主体,因此,发射区发射的载流子在基区被复

合掉的部分和到达集电区的部分的比例,基本上决定了基极电流和集电极电流的比例关系。

要使晶体管有一定的电流放大能力,则发射区发射的载流子在基区被复合掉的部分应该少,而到达集电区的载流子应该多。这就要求载流子在基区被复合掉的机会应该小,所以,基区应该做的薄,而且载流子浓度应该小(即掺杂浓度小)。

15.5.5 将一 PNP 型晶体管接成共发射极电路,要使它具有电流放大作用, E_C 和 E_B 的正、负极应如何连接,为什么? 画出电路。

解:本题的目的是使学生明确晶体三极管放大的条件。

要晶体管有电流放大作用,有两个条件:(1)内部条件,见题 15.5.1;(2)外部条件,发射结应该是正向偏置电压,集电结应该是反向偏置电压。由晶体管放大的外部条件可得图 15-2 所示的电路。

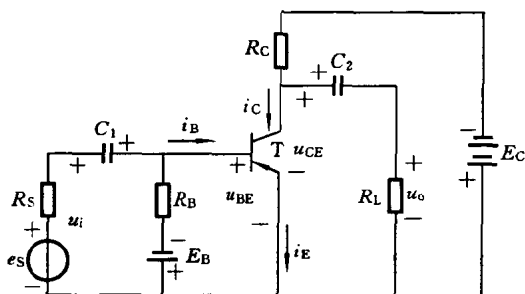


图 15-2 练习与思考题 15.5.5 的解

15.5.6 有两个晶体管,一个管子 $\bar{\beta}=50$, $I_{CBO}=0.5\text{ }\mu\text{A}$; 另一个管子 $\bar{\beta}=150$, $I_{CBO}=2\text{ }\mu\text{A}$ 。如果其他参数一样,选用哪个管子较好? 为什么?

解:本题的目的在于考核学生对晶体管的失控情况的理解。

我们知道,当晶体管处于放大状态时, I_C 和 I_B 应该基本呈线