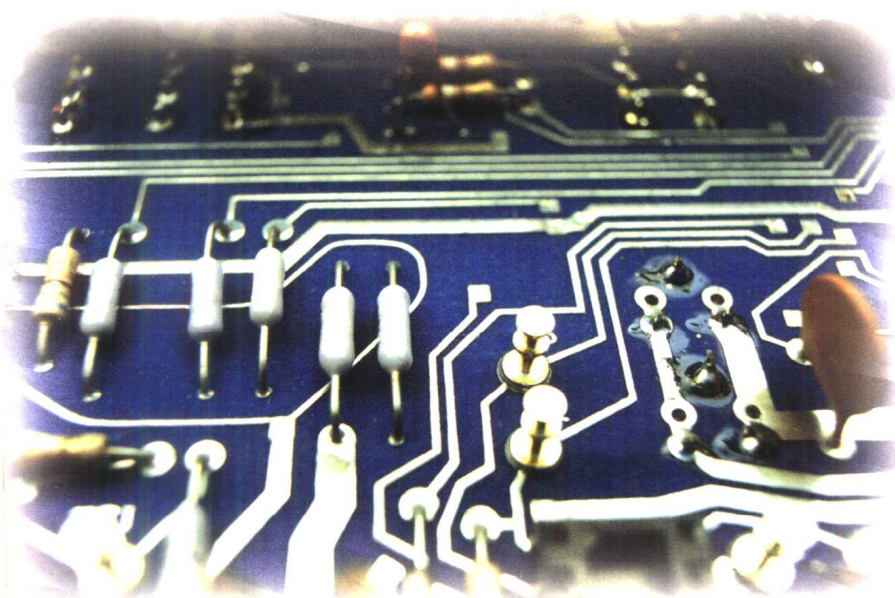


电子技术 习题详解

张宪 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电子技术习题详解

张 宪 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子技术习题详解/张宪主编. —北京:北京理工大学出版社,2002.9

ISBN 7-81045-917-1

I. 电… II. 张… III. 电子技术-高等学校-解
题 IV. TN-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 059137 号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68912824(发行部)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱/chiefedit@bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京房山先锋印刷厂

装 订/天津高村印装厂

开 本/850 毫米×1168 毫米 1/32

印 张/8.875

字 数/223 千字

版 次/2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

印 数/1~4000 册

定 价/13.00 元

责任校对/郑兴玉

责任印制/刘京凤

图书出现印装质量问题,本社负责调换

《电子技术习题详解》编委会

主 编	张 宪			
副主编	张大鹏	何宇斌	郭振武	刘 涛
编 委	李春涛	李长安	于振瑞	曾锐利
	付兰芳	林秀珍	安 居	付少波
	叶金岭	孙 昱	周金球	李慧彤
	张小虹	韩凯鸽	李 萍	王延怀
主 审	李良洪			

前 言

如何正确理解、掌握学习中的要点,提高课程学习水平、解题思路 and 技巧,直到适应课程考试,有很多同学对这个问题没有正确的认识,认为学习电子技术就是要多解题,这种想法至少是片面的。解题是一种手段而不是目的,目的是通过解题来巩固和加深所学的知识,提高解题的熟练程度,训练灵活运用电子技术的应用能力,而不是简单地追求解题数量的多少。如果没有掌握解题方法和技巧,那么再做多少题也是于事无补。相反,如果善于总结解题的规律,解题之后注意琢磨所运用的方法技巧,并在今后遇到类似问题时能够灵活运用,甚至创造性地运用,那就达了解题的真正目的。

该书以国家教委制订的《电子技术》教学大纲为依据,按照提高电子技术基础知识与解题技巧的主线,展开论述,既能巩固和加深学生对电子技术基础重点、难点的理解,又重在为大学生考试评估,高自考学生应试提供有效的指导。是大学生学习知识的捷径,自考生通向成功的阶梯,通过学习要点及习题详解着重引导学生识题、解惑、解题的能力。力求体现素质教育规律,适应学生自学的需要。之所以称其为习题详解,是因为解题步骤详尽,思路清晰、方法多样,对学生易出错处加以点评,以解决教师因“教”不足而造成“学”中的诸多难题,帮助学生达到无师自通的境地。

学习电子技术打好扎实的基本功很重要。有的同学解题时能机动灵活,事半功倍;有人却思路闭塞,束手束脚,就是因为解题思考的基本功扎实程度不同。基本功是在平时的学习和训练中一点

一滴奔实的。有的同学只喜欢钻难题,对课上所学看似容易的例题掉以轻心,感到上课听得懂,课下解题难,这主要是对基本概念,基本知识和基本定律理解不深,运用不熟,所以对有些题目一看就会,一做就错。为此,该书在每章均有基本要求和学习要点供同学们学习时参考,定会指导您的学习和解题。

由于编者学识有限,书中难免存在许多缺点和错误,恳切希望使用本书的读者批评指正。

编 者

2002年5月

目 录

第一章 半导体器件	(1)
一、基本要求.....	(1)
二、学习要点.....	(2)
三、习题详解.....	(6)
第二章 基本放大电路	(19)
一、基本要求	(19)
二、学习要点	(20)
三、习题详解	(25)
第三章 负反馈放大电路	(58)
一、基本要求	(58)
二、学习要点	(58)
三、习题详解	(60)
第四章 集成运算放大器的应用	(69)
一、基本要求	(69)
二、学习要点	(70)
三、习题详解	(73)
第五章 正弦波振荡电路	(104)
一、基本要求.....	(104)
二、学习要点.....	(104)
三、习题详解.....	(109)
第六章 直流稳压电源	(121)
一、基本要求.....	(121)
二、学习要点.....	(122)

三、习题详解	(125)
第七章 晶闸管及其应用	(140)
一、基本要求	(140)
二、学习要点	(141)
三、习题详解	(146)
第八章 逻辑门电路和组合逻辑电路	(155)
一、基本要求	(155)
二、学习要点	(155)
三、习题详解	(162)
第九章 触发器和时序逻辑电路	(196)
一、基本要求	(196)
二、学习要点	(197)
三、习题详解	(201)
第十章 脉冲波形的产生和整形	(231)
一、基本要求	(231)
二、学习要点	(231)
三、习题详解	(233)
第十一章 模拟量与数字量的转换	(247)
一、基本要求	(247)
二、学习要点	(248)
三、习题详解	(249)
第十二章 存储器	(258)
一、基本要求	(258)
二、学习要点	(259)
三、习题详解	(260)
附 全国普通高等学校电工学(电子技术)试题库	
课程评估试卷	(263)
主要参考文献	(275)

第一章 半导体器件

半导体器件是近代电子学的重要组成部分。半导体器件是用半导体材料制成的电子器件,常用的有二极管、三极管、场效应管、光电器件等。这些器件是构成各种电子电路最基本的元器件。由于半导体器件具有体积小、质量轻、使用寿命长、输入功率小和功率转换效率高等优点而得到广泛的应用。随着电子技术的飞速发展,各种新型半导体器件层出不穷。本章主要介绍了半导体的基本知识,讨论了半导体二极管、稳压二极管、三极管、场效应管、光电器件的结构、工作原理、特性曲线和主要参数。这些内容为学习各种电子电路奠定必要的基础。

一、基本要求

- (1) 掌握半导体材料的导电机理及 PN 结具有单向导电性。
- (2) 理解二极管的伏安特性和主要参数,了解二极管的应用范围。
- (3) 理解稳压管的伏安特性和主要参数,了解稳压管的稳压原理。
- (4) 了解三极管的结构,掌握三极管电流分配和电流放大作用,熟练掌握三极管的特性曲线及主要参数。
- (5) 了解场效应管的结构,掌握其工作原理和特性曲线、主要参数。
- (6) 了解光电器件的基本结构和导电机理。

二、学习要点

本章的重点是:PN 结的单向导电性、二极管的伏安特性、以及三极管的特性曲线和放大作用。

本章的难点是:PN 结形成过程中载流子运动的分析、二极管导通“箝位”的概念以及半导体元器件具有非线性特性的概念。

1. 半导体的基本知识

半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物体。常用的半导体材料有硅和锗等,它们都是四价元素。半导体中有电子和空穴两种载流子参与导电,半导体易受外界的影响而改变导电性能,主要有:

(1) 环境温度对半导体导电能力的影响,基于这种热敏特性,可制成温度敏感器件,如热敏电阻。

(2) 光照对半导体导电能力的影响,利用这种特性可制成光敏器件,如光敏二、三极管。

(3) 掺入微量杂质对半导体导电能力的影响,从而形成 P 型半导体(掺入三价元素)和 N 型半导体(掺入五价元素)。

当 P 型半导体和 N 型半导体采用一定工艺技术结合在一起时,在两者的交界面上形成了 PN 结。PN 结具有单向导电性,加正向电压时 PN 结导通,加反向电压时 PN 结截止。

2. 半导体二极管

在 PN 结两端分别引出电极引线,其正极由 P 区引出,负极由 N 区引出,用管壳封装后就制成二极管。二极管同样具有单向导电性。

二极管按材料分,有硅二极管和锗二极管。按结构分,二极管有点接触型和面接触型两类。

二极管的伏安特性呈非线性特性,由伏安特性曲线可分析二极管在不同工作区的特点。

(1) 死区为正向高阻区。即当正向电压小于死区电压时,正向电流近似为零。对死区电压范围应具有数值概念。即锗管为 0.2 V 以下,硅管为 0.5 V 以下。

(2) 正向导通区呈低阻状态。正向导通时,二极管具有基本恒定的管压降。锗二极管约为 0.2~0.3 V,硅管约为 0.6~0.7 V。

(3) 反向截止区呈高阻状态。此时反向电流近似为零。

(4) 反向击穿区呈破坏性低阻状态。反向电压加到一定值时,反向电流会激增,此时的反向电压称为反向击穿电压,造成二极管反向击穿,导致管子损坏。

3. 稳压二极管

稳压二极管是一种特殊的面接触型半导体硅二极管。

稳压二极管必须工作在反向击穿区,这和普通二极管不同,它能在反向击穿后不损坏,而且能在电流变化范围很大的情况下保持其端电压的恒定。如果工作电压低于反向击穿电压,稳压管就不能起稳压作用。

稳压管的工作电流必须限制在安全值以内,否则管子会过热损坏。

通常用稳压管的动态电阻 $r_z = \Delta U_z / \Delta I_z$ 来反映稳压管对电压的敏感程度。 r_z 值越小时,说明只要有微小的电压变化,就能引起稳压管电流有较大幅度的变化以起调节作用,这样其稳压特性就越好。

利用稳压二极管的这种稳压特性,与调整管 R 相配合,就可以组成稳压管稳压电路。

4. 半导体三极管

半导体三极管是一种电流控制器件,即用一个小的基极电流信号去控制集电极的大电流信号。所谓放大作用,实质上是一种控制作用,而绝非能量的放大。大信号的能量必须另有电源提供,否则不能实现电流的放大。

(1) 三极管的放大原理

三极管处于放大工作状态时,发射结正向偏置,使发射结导通。以便接收输入信号,控制发射区载流子的发射。集电结反向偏置,使集电极具有吸收载流子的能力,形成集电极电流。以 NPN 型硅管为例,如果 $U_{BE} \leq 0$,使 $I_B = 0$,即发射区不发射载流子,此时集电极就不可能吸收到载流子而形成电流,故 $I_C = 0$ 。另外,若集电极没有反偏电压的作用,集电区吸收载流子的能力就很低,同样也不能形成集电极电流,因此也就没有电流放大的能力。

(2) 三极管中各电流间的关系

根据基尔霍夫电流定律,三极管中的电流关系可表述如下:

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = I_B + I_C = (1 + \beta) I_B$$

在三极管具备放大工作条件时,集电极电流 I_C 受控于基极电流 I_B 。式中 I_E 为发射极电流。

(3) 三极管的输入输出特性

三极管的输入特性曲线,具有类似二极管的非线性伏安特性。因此,三极管的基极和发射极之间的电压 U_{BE} 也满足下列关系:

$$\begin{array}{l} \text{NPN 型硅管} \left\{ \begin{array}{l} \text{正常工作电压 } U_{BE} = 0.6 \sim 0.7 \text{ V} \\ \text{死区电压 } U_{BE} = 0.5 \text{ V 以下} \end{array} \right. \\ \text{PNP 型锗管} \left\{ \begin{array}{l} \text{正常工作电压 } U_{BE} = -0.2 \sim -0.3 \text{ V} \\ \text{死区电压 } U_{BE} = -0.2 \text{ V 以上} \end{array} \right. \end{array}$$

由三极管的输出特性可知,当 I_B 一定时,三极管的输出端具有恒流特性。集电极电流 I_C 受基极电流 I_B 控制。当三极管不具备放大条件时, I_C 不再受 I_B 的控制。

(4) 三极管的工作区域

三极管工作在放大区时,具有电流放大特性。三极管进入饱和区和截止区时,处于开关工作状态,它在数字电路中有广泛的应用。

放大区:发射结正偏、集电结反偏。其特点是具有 $I_C = \beta I_B$ 的线性放大特性,此时 $U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C$ 。

截止区:发射结反偏、集电结反偏。此时 $I_B = 0$, $I_C = 0$, $U_{CE} =$

U_{CC} ,集电极回路呈高阻状态。

饱和区:发射结正偏、集电结正偏。此时 I_B 对 I_C 失去控制能力, $U_{CE} \approx 0$, $I_C = \frac{U_{CC}}{R_C} < \beta I_B$,集电极与发射极间呈短路状态。一般认为在饱和时 $U_{CE} = 0.3 \text{ V}$ 。

5. 场效应晶体管

场效应管是另一种常用的半导体器件。场效应管有 P 沟道和 N 沟道两大类,但无论哪种型式,只有一种载流子导电,称为单极型器件。场效应管和晶体管虽然控制原理不同,但电路组成型式极其相似,都可用来放大信号、产生振荡、或在电路中起开关作用。现比较它们的特点如下:

(1) 双极型晶体管是电流控制器件,而场效应管是电压控制器件。相对于双极型管子而言,场效应管是低跨导器件,但其允许的输入信号动态范围大。

(2) 场效应管有很高的输入电阻,而双极型晶体管的输入电阻则低得多。MOS 管有耗尽型和增强型之分,而双极型晶体管没有相应的类别。

(3) 场效应管具有较好的温度稳定性、抗辐射特性和低噪声性能。而双极型晶体管受外部的放射性辐射和温度的影响较大。

(4) 双极型晶体管有硅管和锗管之分,而场效应管都是用硅材料制成的。场效应管制造工艺简单,占用芯片面积小,仅为双极型晶体管的 15%,因此适用于大规模集成电路。

(5) 场效应管源极和漏极的结构对称,使用时两极可以互换(但有的产品不能对调),增加了灵活性。双极型晶体管由于结构上的原因,集电极和发射极不能互换使用。

(6) 场效应管的极间电容影响其高频性能,使上限频率降低,增益带宽积较差。

(7) 在焊接场效应管时,最好将三根电极用裸导线捆绕短接,并按源、漏、栅的次序焊入电路。电烙铁必须可靠接地,以便屏蔽

交流电场,防止损坏管子。特别是焊接绝缘栅场效应管时,最好断电后再焊接。

6. 光电器件

(1) 显示器件

显示器件的种类较多,按其材料及生产工艺不同可以分为:发光二极管(LED)、真空荧光管(VFD)、阴极射线管(CRT)、等离子显示器件(PDP)和电致发光显示器件(ELD)等。此外,还有液晶显示器件(LCD)和电致变色显示器件(ECD)等。

发光二极管是常用的半导体显示器件,它也是由一个PN结构成,多采用磷砷化镓制作PN结,可发出红、橙、黄、绿等颜色。它的死区电压为 $0.9 \sim 1.1 \text{ V}$,正向工作电压为 $1.5 \sim 2.5 \text{ V}$,工作电流为 $5 \sim 15 \text{ mA}$,反向击穿电压一般小于 10 V 。

(2) 光敏器件

利用PN结的光敏特性,可以制成光敏二极管、光敏三极管。在使用光敏晶体管时,要注意光电流、极间偏压、耗散功率等不应超过手册中规定的极限值。为保证光照效应不变,应保持光的入射方向不变。

(3) 光电耦合器件

光电耦合器件是一种将发光管和光敏管封装在一起的器件。光电耦合器件具有体积小、抗干扰性与隔离性好,响应速度快以及频带宽等优点,它的用途日益广泛,常用于信号隔离转换、脉冲系统的电平匹配、微机控制系统的输入、输出回路等。

三、习题详解

1.1 怎样用万用表检测二极管的好坏及正负极性?

答:利用万用表的欧姆挡可以简易地判别二极管的极性和判定管子质量的好坏。欧姆表,简化地来看,就是一个表头串联一个电池。由于电池的正极应接表头的正端,所以万用表上接正端的

表棒(一般是红棒)接在电池的负极上,万用表上接负端的表棒(一般是黑棒)通过表头接电池的正极。

用万用表测量二极管时,将万用表置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡(对于面接触型的大电流整流管可用 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡),黑表棒接二极管正极,红表棒接二极管负极。这时正向电阻的阻值一般应在几十欧到几百欧之间。当红、黑表棒对调后,反向电阻的阻值应在几百千欧以上。测量结果如符合上述情况,则可初步判定该被测二极管是好的。

如果测量结果阻值均很小,接近零欧姆时,说明该被测管内部PN结击穿或已短路。反之,如阻值均很大(接近 ∞),则该管子内部已断路。以上两种情况均说明该被测管已损坏,不能再使用。

如果不知道二极管的极性(正、负极),可用下述方法判断。当阻值小时,即为二极管的正向电阻,和黑表棒相接的一端即为正极,另一端为负极。当阻值大时,即为二极管的反向电阻,和黑表棒相接的一端即为负极,而另一端为正极。

必须指出:用万用表测量二极管时不能用 $R \times 10k$ 挡,因为,在高阻挡中,使用的电池电压比较高(有的表中用 22.5 V 的电池),这个电压超过了某些检波二极管的最大反向电压,会将二极管击穿。测量时一般也不用 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡,因为使用 $R \times 1$ 挡时,欧姆表的内阻只有 $12 \sim 24 \Omega$ 左右,若二极管正向连接时,电流很大,容易把二极管烧坏。故测量二极管时最好使用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡。

1.2 在图1-1所示的各电路中,已知 $E = 5 \text{ V}$, $u_i = 10\sin \omega t (\text{V})$,二极管的正向压降可忽略不计,试分别画出输出电压 u_o 的波形。

解 各电路波形如图 1-1-1 所示。

点评 做此类习题时,一定把握二极管正向导通时压降可忽略不计,即此时二极管相当于一段短路线。在图 1-1(a)中,如 $u_i > E$,二极管导通时可等效为图 1-1-2(a)所示。 $u_i < E$,二极管截止时,相当于开路,等效为图 1-1-2(b)所示。

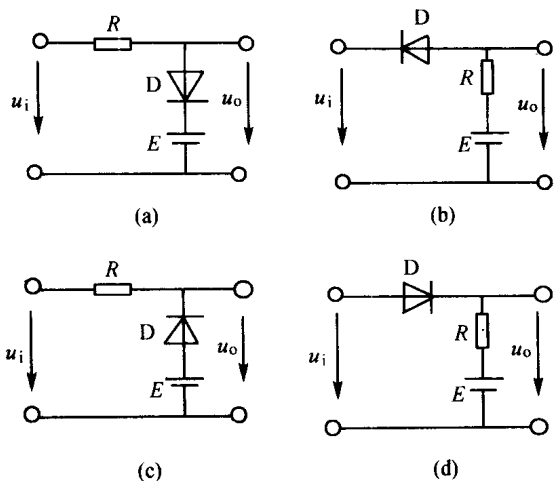


图 1-1 习题 1.2 的电路图

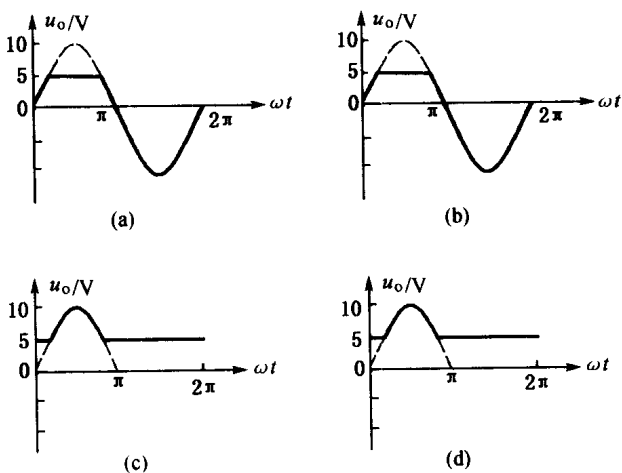


图 1-1-1 习题 1.2 的波形图

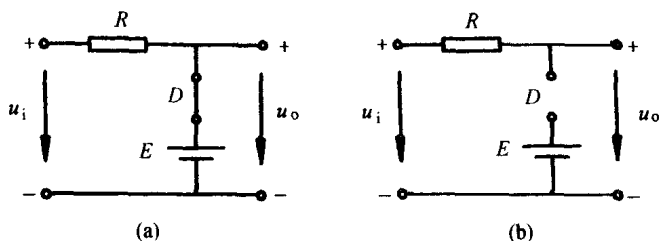


图 1-1-2 图 1-1(a)二极管导通与截止的等效电路

1.3 在图1-2中,试求下列几种情况下输出端 F 的电位 V_F 及各元件 (R 、 D_A 、 D_B)中通过的电流。(1) $V_A = V_B = 0$ V; (2) $V_A = +3$ V, $V_B = 0$ V; (3) $V_A = V_B = +3$ V。二极管的正向压降可忽略不计。

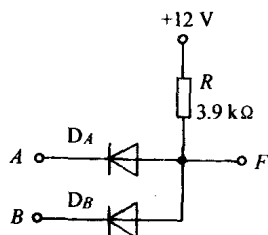


图 1-2 习题 1.3 的电路图

解 (1) $V_A = V_B = 0$ V 时, D_A 、 D_B 均导通, 所以 $V_F = 0$ V

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{12}{3.9} = 3.08 \text{ mA}$$

$$I_A = I_B = I_R/2 = 1.54 \text{ mA}$$

(2) $V_A = +3$ V, $V_B = 0$ V 时, D_A 截止, D_B 导通, 所以 $V_F = 0$ V

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{12}{3.9} = 3.08 \text{ mA}, I_A = 0, I_B = I_R = 3.08 \text{ mA}$$

(3) $V_A = V_B = +3$ V 时, D_A 、 D_B 均导通, 所以 $V_F = +3$ V

$$I_R = \frac{U - V_F}{R} = \frac{12 - 3}{3.9} = 2.3 \text{ mA}$$

$$I_A = I_B = I_R/2 = 1.15 \text{ mA}$$

1.4 在图1-3中,试确定二极管的工作状态,并分别求出输出端电压 U_{ao} 和 U_{bo} 。二极管为理想元件。