

新
XIN SAN DAO CONG SHU
三导丛书

- 内容精要
- 知识结构图
- 精典范例
- 常见试题自测
- 习题全解

电工学·电子技术

(第六版)

导教·导学·导考

朱建堃 主编

西北工业大学出版社



电工学 · 电子技术

(第六版)

导教 · 导学 · 导考

朱建堃 主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书由内容精要、知识结构图、精典范例、常见试题自测、习题全解和附录(模拟试题)等部分组成。旨在帮助读者通过自学掌握课程重点,学会分析方法,提高解题能力,扩大工程实际应用知识面。可供使用秦曾煌主编的《电工学》下册《电子技术》(第六版)教材或使用其他《电子技术》教材的学生和青年教师参考,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工学·电子技术导教·导学·导考/朱建堃主编. —西安:西北工业大学出版社,2007.6
(新三导丛书)

ISBN 978-7-5612-2063-4

I. 电… II. 朱… III. ①电工学—高等学校—教学参考资料②电路技术—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 015370 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:20.25

字 数:536 千字

版 次:2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

定 价:25.00 元

前言

为了适应当前高等教育事业发展的需要,特别是高校大量扩招以后所面临的形势的要求,为便于广大读者更自主地学习电工学课程,应广大读者的要求和西北工业大学出版社的约请,我们编写了本书,供学习《电工学》下册《电子技术》课程的读者和初次从事电工学课程教学的教师参考。

本书是以编者 40 余年来使用秦曾煌先生主编的电工学教材从事电工学课程教学工作的经验和体会为基础,全面阅读和研究了秦先生主编的普通高等教育“十五”国家级规划教材,解答了《电工学》下册《电子技术》(第六版)中的课后习题,指出了教材中各章内容的精华要点;并结合编者多年来收集的电工学试题,拟订和列举了部分精选的典型范例,介绍了各种典型的解题方法;为了让读者自行检测学习的效果,提供了部分常见的试题及其简要答案,供读者练习使用;对于教材中涉及的一些内容难点,如负反馈类型的判别等等,提供了编者多年来总结的分析方法,方便、通俗、易于掌握,受到广大学生的欢迎,可供读者参考。考虑到本课程是一门应用性较强的技术基础课,本书所列举的例题较多地考虑了工程应用的特点,也可供工程技术人员参考。书后附录中的三套模拟试题,既考虑了扩招后学生的基础和教师的教学实际水平,又力求保证本课程的教学基本要求,可供各类非电类专业学生参考。

根据原教材的规定,书中带“ Δ ”号的为非共同性基本内容,供不同专业的读者选用。带“*”号的为选学内容,一般难度较大,超过教学基本要求,供学有余力的读者选用。原教材中第 24 章现代通信技术,是供学生课外自学的电工学基本知识,既无习题亦无思考题,故在本书中不再出现。

本书由朱建堃主编,朱虹和夏庆德参加了部分解题工作,朱伟和蒋晓萍参加了校对和绘图工作。

鉴于编者水平有限,对秦先生主编的教材定有理解不到之处,书中若有错误和疏漏,请广大读者批评指正。

编者

2006 年 8 月

于西北工业大学

目 录

第 14 章 二极管和晶体管	1
14.1 内容精要	1
14.1.1 半导体及其导电特性	1
14.1.2 PN 结及其单向导电性	1
14.1.3 二极管及其应用	2
14.1.4 稳压管	4
14.1.5 晶体管	4
14.1.6 光电器件	5
14.2 知识结构图	6
14.3 精典范例	6
14.4 常见试题自测	12
14.4.1 选择与填空	12
14.4.2 分析与计算	13
14.4.3 部分自测题简要答案	14
14.5 习题全解	15
第 15 章 基本放大电路	22
15.1 内容精要	22
15.1.1 基本放大电路的组成	22
15.1.2 放大电路的静态分析	22
15.1.3 放大电路的动态分析	23
15.1.4 影响放大质量的几个因素	25
15.1.5 射极输出器	26
15.1.6 差分放大电路	26
15.1.7 功率放大电路	28
15.1.8 场效应管及其放大电路	30
15.2 知识结构图	34
15.3 精典范例	34
15.4 常见试题自测	48
15.4.1 选择与填空	48
15.4.2 分析与计算	50
15.4.3 部分自测题简要答案	52



15.5 习题全解	52
第16章 集成运算放大器	68
16.1 内容精要	68
16.1.1 集成运算放大器的结构特点与分析方法	68
16.1.2 运算放大器在信号运算方面的应用	69
16.1.3 运算放大器在信号处理方面的应用	71
16.2 知识结构图	73
16.3 精典范例	74
16.4 常见试题自测	82
16.4.1 选择与填空	82
16.4.2 分析与计算	85
16.4.3 部分自测题简要答案	87
16.5 习题全解	88
第17章 电子电路中的反馈	101
17.1 内容精要	101
17.1.1 基本概念	101
17.1.2 反馈电路类型及判别方法	101
17.1.3 负反馈对放大器性能的影响	103
17.1.4 典型负反馈放大电路分析举例	104
17.1.5 正反馈与振荡电路	106
17.2 知识结构图	107
17.3 精典范例	107
17.4 常见试题自测	114
17.4.1 选择与填空	114
17.4.2 分析与计算	115
17.4.3 部分自测题简要答案	118
17.5 习题全解	118
第18章 直流稳压电源	126
18.1 内容精要	126
18.1.1 整流电路	126
18.1.2 滤波器	127
18.1.3 直流稳压电路	128
18.2 知识结构图	130
18.3 精典范例	130
18.4 常见试题自测	135
18.4.1 选择与填空	135
18.4.2 分析与计算	136

18.4.3 部分自测题简要答案	137
18.5 习题全解	137
△第 19 章 电力电子技术	150
19.1 内容精要	150
19.1.1 电力电子器件	150
19.1.2 可控整流电路	153
19.1.3 单结晶体管触发电路	154
19.1.4 逆变电路	156
19.1.5 直流斩波电路与交流调压电路	156
19.2 知识结构图	157
19.3 精典范例	157
19.4 常见试题自测	162
19.4.1 选择与填空	162
19.4.2 分析与计算	163
19.4.3 部分自测题简要答案	164
19.5 习题全解	165
第 20 章 门电路和组合逻辑电路	169
20.1 内容精要	169
20.1.1 几个基本概念	169
20.1.2 逻辑代数的基本知识	170
20.1.3 集成逻辑门电路	175
20.1.4 常用组合逻辑电路	178
20.2 知识结构图	181
20.3 精典范例	182
20.4 常见试题自测	193
20.4.1 选择与填空	193
20.4.2 分析与设计	194
20.4.3 部分自测题简要答案	195
20.5 习题全解	196
第 21 章 触发器和时序逻辑电路	215
21.1 内容精要	215
21.1.1 常用时序逻辑元件	215
21.1.2 常用时序逻辑电路的分析方法	218
21.1.3 常用时序逻辑电路	221
21.2 知识结构图	228
21.3 精典范例	229
21.4 常见试题自测	241



21.4.1	选择与填空	241
21.4.2	分析与应用	242
21.4.3	部分自测题简要答案	246
21.5	习题全解	246
第 22 章	存储器与可编程逻辑器件	263
22.1	内容精要	263
22.1.1	只读存储器(ROM)	263
22.1.2	随机存取存储器(RAM)	265
22.1.3	可编程逻辑器件(PLD)	265
22.2	知识结构图	268
22.3	精典范例	269
22.4	常见试题自测	276
22.4.1	选择与填空	276
22.4.2	分析与应用	277
22.4.3	部分自测题简要答案	278
22.5	习题全解	279
第 23 章	模拟量和数字量的转换	288
23.1	内容精要	288
23.1.1	数—模转换器	288
23.1.2	模—数转换器	289
23.2	精典范例	291
23.3	常见试题自测	293
23.3.1	试题	293
23.3.2	部分自测题简要答案	293
23.4	习题全解	294
附录 A	模拟试题	296
	模拟试题 I (机电类专业)	296
	模拟试题 II (机械设计与制造类专业)	302
	模拟试题 III (其他非电类专业)	308
附录 B	模拟试题简要答案	312
	模拟试题 I	312
	模拟试题 II	313
	模拟试题 III	313
	参考文献	315

第14章 二极管和晶体管

14.1 内容摘要

14.1.1 半导体及其导电特性

1. 半导体

半导体是指导电能力介于导体和绝缘体之间的一类物质,如四价元素硅、锗、硒和大多数金属氧化物、硫化物等。在外界温度升高、光照或掺入适量杂质时,它们的导电能力大大增强,因此被用来制成热敏器件、光敏器件和半导体二极管、三极管等电子元件。

2. 本征半导体

纯净的四价元素硅和锗等以共价键形式构成结晶结构,称为晶体。本征半导体就是完全纯净的具有晶体结构的半导体。

本征半导体在环境温度升高或受到光照时产生本征激发,形成自由电子和空穴。电子带负电,空穴带正电,在外电场作用下自由电子移动,相邻的价电子填补空穴而形成空穴移动,它们都能导电,称为载流子。本征激发产生的自由电子和空穴成对出现,数量取决于环境温度高低,所以本征半导体器件的性能受温度影响。

3. 杂质半导体——P型半导体和N型半导体

(1) P型半导体:在纯净半导体中掺入适量三价元素,形成空穴型(P型)半导体。它的导电能力大大高于本征半导体。其中空穴为多数载流子(简称“多子”),自由电子为少数载流子(简称“少子”)。

(2) N型半导体:在纯净半导体中掺入适量五价元素,形成自由电子型(N型)半导体。其中自由电子为“多子”,空穴为“少子”。

在两种杂质半导体中,多子是主要导电媒介,数量取决于杂质含量;少子是本征激发产生的,数量取决于环境温度。虽然含有数量不同的两种载流子,但整体上电量平衡,对外不显电性(不带静电)。

14.1.2 PN结及其单向导电性

1. PN结

用一定的工艺方法将两种杂质半导体结合在一起,由于界面两侧载流子浓度不同而产生载流子扩散运动。P型区空穴向N型区扩散,N型区自由电子向P型区扩散。在边界两侧两种载流子产生复合,形成带正电和负电的离子。它们不能移动,而在边界两侧形成空间电荷区,称为PN结。

空间电荷区的特性:

(1) 区内正、负离子带电而不能移动,载流子因复合而数量很少,因此电阻率很高,故称耗尽层;

(2) 正、负离子形成的内电场阻止多子继续扩散,故又称阻挡层;



(3) 内电场对少子有吸引作用,形成少子的逆向运动,称为漂移;

(4) 在没有外电场作用时,当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时,两侧间没有电流,空间电荷区厚度一定。

2. 单向导电性

(1) 正向:将 P 型区接电源正极, N 型区接电源负极,则外电场削弱了内电场。扩散运动加强,漂移运动减弱,扩散大于漂移,形成正向电流 I_a 。结电压很低,显示正向电阻很小,称为正向导通。

(2) 反向:将 P 型区接电源负极, N 型区接电源正极,则外电场加强了内电场。扩散运动减弱,漂移运动增强,漂移大于扩散,形成反向电流 I_R 。由于漂移运动是由少子形成,数量很少,所以 I_R 很小,可以忽略不计,但 I_R 受温度影响较大。结电压近似等于电源电压,显示反向电阻很大,称为反向截止。

PN 结正向导通,反向截止,即为单向导电性。

14.1.3 二极管及其应用

1. 基本结构、符号、伏安特性及参数

(1) 结构:将 PN 结两边各引出一个电极便构成一个二极管。其中 P 型区引出阳极 A(+), N 型区引出阴极 K(-)。实际结构有点接触式和面接触式两种。前者电流小,用于高频小功率工作;后者电流大,用于低频大功率工作。符号: A — K。

(2) 伏安特性及参数:伏安特性如图解 14.1 所示。

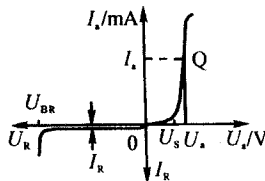
正向 $I_a = f(U_a)$; U_s 为死区电压(硅管为 0.5 V, 锗管为 0.2 V)。 U_a 为管压降,随 I_a 而变化很小,可近似取 $U_a = 0.7$ V(硅管), 0.3 V(锗管)。

反向 $I_R = f(U_R)$; I_R 基本不变,称反向饱和电流。 U_{BR} 为反向击穿电压,若外加电压超过 U_{BR} ,则 I_R 增大,失去单向导电性,损坏。

参数:(I) 最大整流平均电流 I_{OM} :长期工作允许通过的最大正向平均电流。

(II) 反向工作峰值电压 U_{RWM} : $U_{RWM} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}\right) U_{BR}$ 。

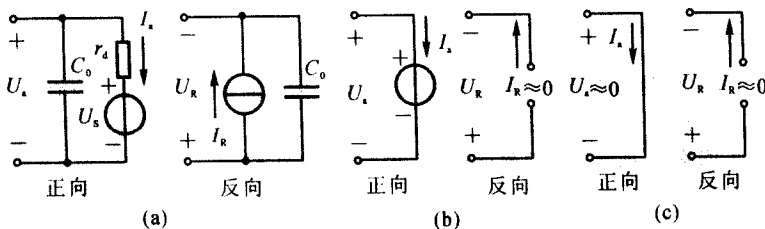
(III) 反向峰值电流 I_{RM} : $U_R = U_{RWM}$ 时的反向电流。



图解 14.1

2. 二极管的应用

二极管的单向导电性在电子工程中获得广泛应用,二极管的等效电路模型是分析二极管电路的基础,如图解 14.2 所示。图解 14.2(a) 所示是精确模型,其中 U_s 是死区电压, r_d 是动态电阻, C_0 是极间电容, I_R 是反向饱和电流,适用于高频电路分析。图解 14.2(b) 所示是考虑管压降的简化模型,理想电压源 U_a 是管压降。图解 14.2(c) 所示是近似模型,忽略 U_a , I_R , r_d 及 C_0 ,将二极管视做理想元件,常用做分析依据。二极管应用很广,仅举下列几例。

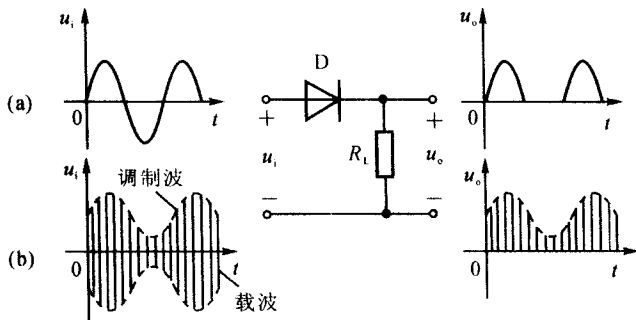


图解 14.2

(1) 整流与检波电路:电路如图解 14.3 所示。

(i) 整流:利用二极管单向导电性,将交流电变换成单方向脉动的直流电,如图解 14.3(a) 所示,在第 18 章专文详述。

(ii) 检波:将幅值被音频信号调制的高频无线电信号,变成单方向脉动信号,再滤去高频载波便可得音频信号,如图解 14.3(b) 所示。用于无线电接收机。



图解 14.3

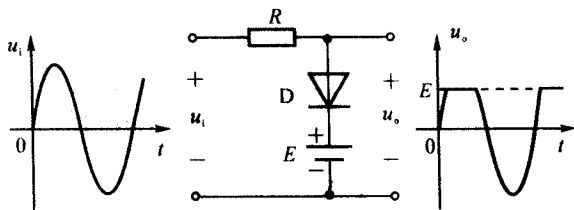
(a) 整流; (b) 检波

(2) 限幅电路:有单向限幅和双向限幅两种,仅以单向限幅为例,电路如图解 14.4 所示,输入 u_i 为正弦波,输出正半周幅值被限制为 E ,称为正向限幅。分析: $u_i < E$,二极管 D 截止, $u_o = u_i$; $u_i > E$,二极管 D 导通, $u_o \approx E$ 。

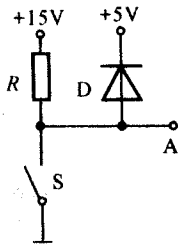
(3) 钳位电路:有多种形式,仅举一例,电路如图解 14.5 所示。原电路无二极管部分,当开关 S 闭合和断开时, A 点电位在 $0 \sim 15\text{ V}$ 间变化。接入二极管部分后,当开关 S 闭合和断开时, A 点电位被钳制在 $0 \sim 5\text{ V}$ 间变化。

(4) 续流电路:电路如图解 14.6 所示。当开关 S 闭合时,二极管 D 截止,线圈中流过电流 I 。在开关 S 断开瞬间,电流不能突变,二极管为其提供继续流动的通路,故称续流二极管。若无此二极管,则线圈的自感电动势将可能使开关被击穿而损坏。

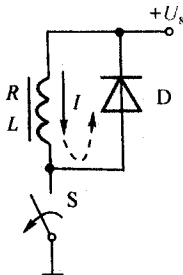
二极管还可实现峰值采样、隔离和削波等应用,不一一列举。



图解 14.4



图解 14.5



图解 14.6



14.1.4 稳压管

稳压管是一种特殊的面接触型硅二极管,其伏安特性及符号如图解14.7所示。正向为二极管,反向工作在击穿状态,管压降 U_Z 几乎不随电流 I_Z 而变化,故能起稳压作用。

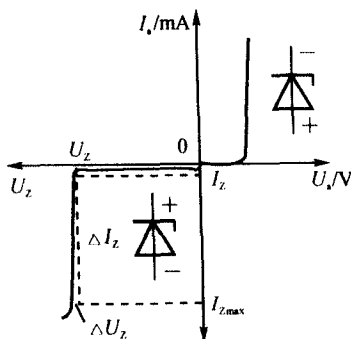
1. 主要参数

稳定电压 U_Z 、稳定电流 I_Z 、最大稳定电流 I_{ZM} 或最大允许功耗 $P_Z(=U_Z I_{ZM})$ 、动态电阻 $r_Z(=\Delta U_Z/\Delta I_Z)$,见图解14.7)和电压温度系数 α_U 等等。

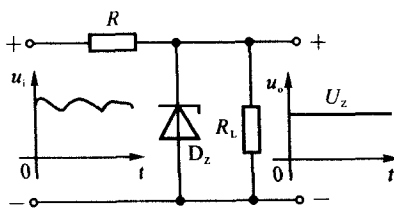
2. 稳压管的应用

(1) 实现简单稳压:利用稳压管的伏安特性,当负载 R_L 两端电压略有变化时,稳压管中电流将剧烈变化,从而在限流电阻 R 上的电压降迅速发生变化,而维持负载电压 u_o 几乎不变。电路如图解14.8所示。

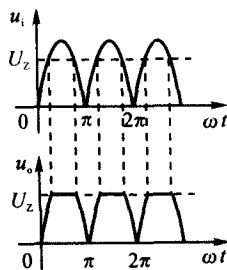
(2) 削波电路:电路与图解14.8所示相同,输入与输出波形如图解14.9所示。波顶被削去,获得梯形波,故称削波电路。



图解 14.7



图解 14.8



图解 14.9

14.1.5 晶体管

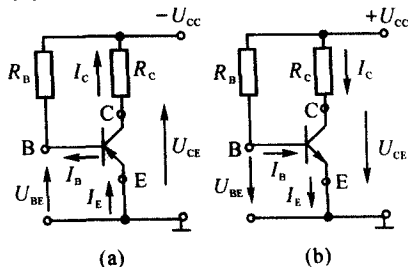
1. 结构与基本原理

晶体管有三个电极(E,B,C)(因此通称三极管),两个PN结(发射结和集电结),有NPN和PNP两种结构形式。根据实现电流放大作用的要求,供电电源接法应保证,发射结为正向偏置,集电结为反向偏置(这是实现放大的外部条件)。两种结构形式的共射极接法电路如图解14.10所示。

三极管的构造特点如下:

- (1) 发射区面积小,掺杂浓度高,多子数量多;
- (2) 基区极薄,掺杂浓度很低,多子数量很少;
- (3) 集电区面积大,掺杂浓度次于发射区而高于基区。

基于上述结构特点(这是实现放大的内部条件),基极电流 I_B 远小于发射极电流 I_E 和集电极电流 I_C 。只要发射结电压 U_{BE} 有微小变化,造成基极电流 I_B 有微小变化,就能引起发射极电流 I_E 和集电极电流 I_C 很大的变化,这就是三极管的电流放大作用。若在集电极电路中串入大电阻 R_C ,则将产生比发射结电压



图解 14.10

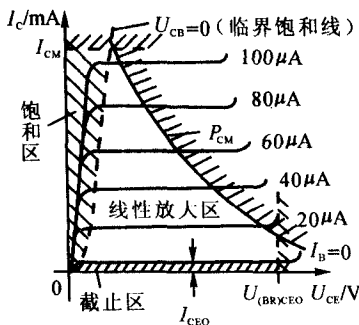


U_{BE} 变化大得多的集电极电压 U_{CE} 变化, 实现电压放大作用。

2. 特性曲线

三极管的输入特性 $I_B = f(U_{BE})$ 曲线形状与二极管相同(图略), 也有同样的死区电压和管压降范围。但三极管输入特性还受集电极电压 U_{CE} 影响, U_{BE} 一定, U_{CE} 增大则 I_B 减小。但当 $U_{CE} \geq 1\text{ V}$ 以后, 这种影响可忽略不计, 通常将 $U_{CE} \geq 1\text{ V}$ 的输入特性用一根曲线代表, 作为分析电路的依据。

三极管的输出特性 $I_C = f(U_{CE}) |_{I_B=\text{常数}}$ 是一个曲线簇, 如图解 14.11 所示。应掌握下列几点。



图解 14.11

(1) 由 $U_{CE} \geq 1\text{ V}$ 到集电结击穿之前具有恒流特性, 且 $I_C = \beta I_B$, β 近似为常数, 称为线性放大区。此时发射结为正偏, 集电结为反偏。

(2) 当 $I_B \leq 0$ 时, $I_C \leq I_{CEO}$, 称为截止区。此时两个 PN 结均为反偏。

(3) 当 $U_{BC} \geq 0$ (或 $U_{CE} \leq U_{BE}$) 时, $I_C \propto U_{CE}$, I_C 与 I_B 无线性关系 ($I_C \leq \beta I_B$), 称为饱和区。此时两个 PN 结均为正偏。

(4) 三极管用于放大电路时工作在线性放大区, 用于数字(或开关)电路时则工作在饱和区(导通)和截止区(断开)。

3. 主要参数

(1) 电流放大系数(β 和 $\bar{\beta}$):

$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$ ——直流(静态)电流放大系数; $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ ——交流(动态)电流放大系数。

小功率三极管 $\beta \approx \bar{\beta} = 20 \sim 200$, 大功率三极管 $\beta \approx \bar{\beta} = 10 \sim 100$, β 分成若干等级, 用不同颜色标记在管壳上。 β 过小无用, β 过大受温度影响工作稳定性差。小功率三极管的 β 值一般在 $40 \sim 150$ 间选用。

(2) 反向饱和电流 I_{CBO} 和穿透电流 I_{CEO} : 二者间的关系为 $I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO}$ 。随温度升高而增大, 影响电路工作稳定性。

(3) 集电极最大允许电流 I_{CM} : 集电极电流超过此值则 β 下降 $\frac{1}{3}$ 。

(4) 反向击穿电压 $U_{(BR)CEO}$, $U_{(BR)CBO}$, $U_{(BR)EBO}$: 根据 $U_{(BR)CEO}$ 选择供电电源电压 U_{CC} , 或由供电电源电压 U_{CC} 选择三极管的依据, 一般取 $U_{CC} \leq \frac{1}{2} U_{(BR)CEO}$, $U_{(BR)EBO} \leq 4\text{ V}$, 它限制了基极与发射极间信号负半周的幅值, 超过此值则三极管损坏。

(5) 集电极最大允许耗散功率 P_{CM} : $P_{CM} = I_C U_{CE}$, 它和 I_{CM} , $U_{(BR)CEO}$ 三者决定了三极管的安全工作区, 如图解 14.11 所示。

14.1.6 光电器件

光电器件分两大类: 一类是发光器件, 如发光二极管(LED); 一类是光敏器件, 如光敏二极管和光敏晶体管。

(1) 发光二极管当加正向电压时因导通而发光, 用于显示器件。符号

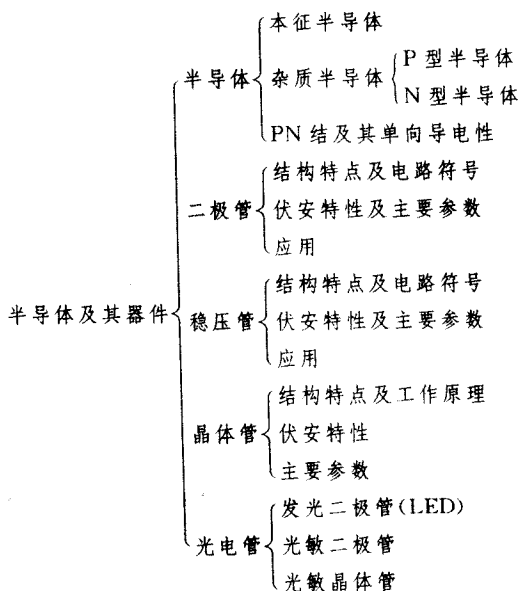
(2) 光敏二极管在有光照时反向电流增大, 称为光电流; 无光照时反向电流很小, 称为暗电流。符号



光敏晶体管也有 PNP 和 NPN 两类,基极无管脚,用光照。无光照时集电极电流 $I_C = I_{CEO}$ 很小,称为暗电流。有光照时 $I_C \propto E$, E 为照度, I_C 称为光电流。符号

光敏器件广泛应用于各种光电控制系统和通信系统,如光纤通信系统的接收光端机等。

14.2 知识结构图



14.3 精典范例

例 14.1 在图解 14.12 所示电路中,二极管 D 为理想元件, $u_i = 10 \sin \omega t$ V, $E = 5$ V, 试画出 u_o , u_R 及 u_D 的波形图。

解 根据二极管 D 的单向导电性和基尔霍夫电压定律可得

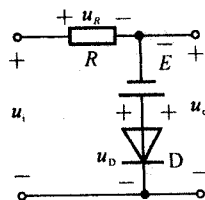
$$u_o = u_i - u_R = u_D - E$$

当 $u_i \geq -E$ 时,二极管 D 导通; $u_i \leq -E$ 时,二极管截止。

二极管导通时, $u_o = -E$, $u_R = u_i + E$, $u_D \approx 0$ (或 0.7 V)。

二极管截止时, $u_o = u_i$, $u_R = 0$, $u_D = u_i + E$ 。

由此可画出波形图如图解 14.13 所示。



图解 14.12

例 14.2 图解 14.14(a) 所示电路中,二极管 D 为理想元件,已知 $u = 20 \sin \omega t$ V, $E = 10$ V。试画出 u_o 的波形图。

解 该电路有两只二极管,其中 D_1 利用单向导电性作整流用,将交流电压 u (见图解 14.14(b)) 变成单方向脉动电压 u_{R_1} (见图解 14.14(c))。 D_2 则组成单向限幅电路,根据基尔霍夫电压定律可知:

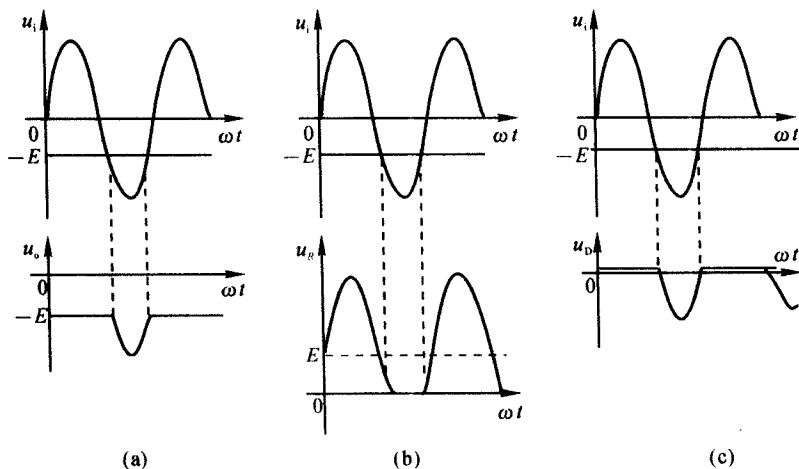


$$u_o = u_{R_1} - u_{R_2} = u_{D_2} + E$$

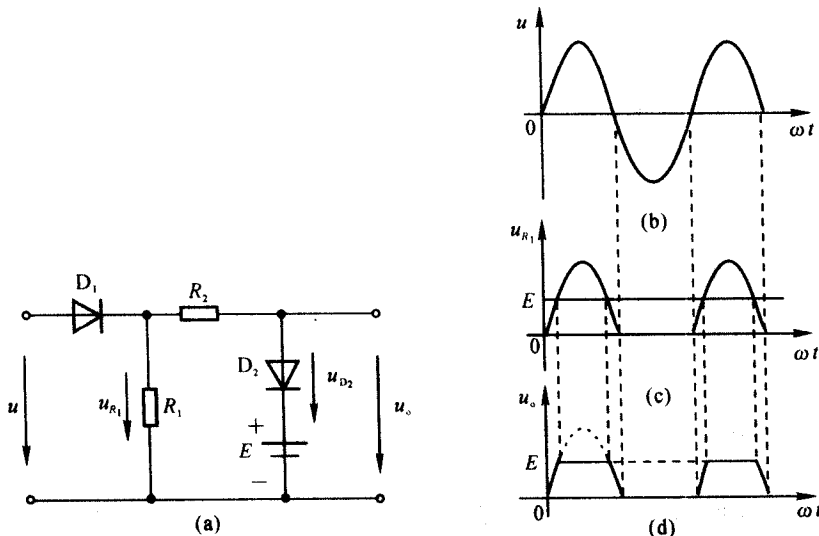
当 $u_{R_1} < E$ 时, $u_{D_2} < 0$, D_2 截止, $u_o = u_{R_1}$;

当 $u_{R_1} > E$ 时, $u_{D_2} > 0$, D_2 导通, $u_o = E$ 。

于是可画出 u_o 的波形如图解 14.14(d) 所示。



图解 14.13



图解 14.14

例 14.3 楼道中的路灯常常通宵长明,灯泡使用寿命很短,工人师傅在电路中串联一只二极管 D ,如图解 14.15 所示。若灯泡额定值为 $220\text{ V}/100\text{ W}$,试问:(1)在此情况下灯泡上电压有效值及消耗功率各为多少?(2)二极管的最大整流平均电流 I_{OM} 和最高反向电压应选多大?

解 电路是半波整流电路,灯泡上只有半个周期有电压,故有

(1) 电压有效值

$$U_L = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (U_m \sin \omega t)^2 d(\omega t)} = \frac{U_m}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 220 \approx 156 \text{ V}$$

灯泡额定电阻 $R_{L,N} = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{220^2}{100} = 484 \ \Omega$

消耗功率 $P_L \approx \frac{U_L^2}{R_{L,N}} = \frac{156^2}{484} \approx 50 \text{ W}$

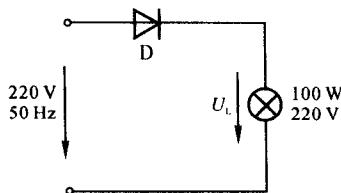
(注:此处功率用近似公式是因为灯泡是非线性电阻, R_L 随电压 U_L 或 I_L 大小变化,不是常数。)

(2) 二极管流过的平均电流

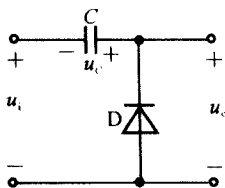
$$I_D = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \frac{u}{R_L} d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \frac{U_m}{R_L} \sin \omega t d(\omega t) = \frac{U_m}{\pi R_L} \approx \frac{\sqrt{2}}{\pi} \frac{220}{484} \approx 205 \text{ mA}$$

二极管承受的最大反向电压 $U_{Rm} = U_m = \sqrt{2} \times 220 \approx 311 \text{ V}$ 。据此可选用 2CZ11D 型二极管, $I_{OM} = 1 \text{ A}$, $U_{RWM} = 400 \text{ V}$ 。

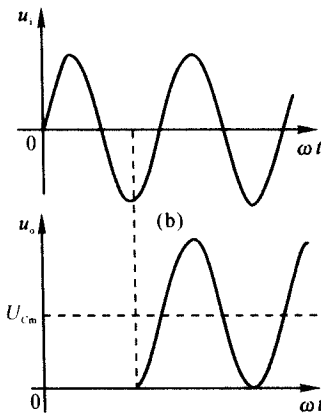
例 14.4 图解 14.16(a) 所示电路中, $u_i = U_m \sin \omega t \text{ V}$, 二极管 D 为理想二极管。试画出 u_o 的波形图, 并说明电路的功能。



图解 14.15



(a)



(c)

图解 14.16

解 输入正弦波电压 u_i 的波形如图解 14.16(b) 所示。由基尔霍夫电压定律有

$$u_o = u_i + u_c$$

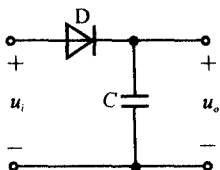
当 u_i 的第一个正半周时, 二极管截止, 电容器无充电路径, $u_o = 0$; 当 u_i 进入负半周时, 二极管 D 导通, 给电容器充电, 而二极管管压降近似为 0, 故 $u_o = 0$, 电容电压 u_c 极性如图解 14.16(a) 所示。当 $u_i = -U_m$ 时, $u_c = U_m$ 。此后 $|u_i| < U_c = U_m$, 二极管截止, $u_o = u_c + u_i = U_m + u_i$ 。以后二极管无论电源电压 u_i 为何值, 均不能导通。故 $u_o = u_i + u_c$ 也不再变化, 结果

$$u_o = u_i + u_c = U_m \sin \omega t + U_m$$

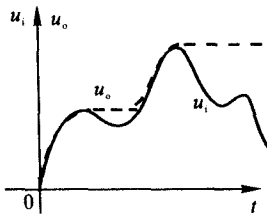
波形图如图解 14.16(c) 所示。由图可见输入电压 u_i 被向上提高了 U_m 距离, 属于钳位作用。

例 14.5 图解 14.17(a) 所示电路中,二极管 D 为理想元件,输入电压 u_i 波形如图解 14.17(b) 中实线所示任意波形电压。试画出输出电压 u_o 的波形,并说明电路的功能。

解 由二极管单向导电性知,当 $u_i > u_o$ 时 D 导通,电容器 C 充电; $u_i < u_o$ 时 D 截止,电容器 C 无放电通路,保持 u_o 不变。由此可画出 u_o 波形如图解 14.17(b) 中虚线所示。 u_o 达到 u_i 的峰值(最大值)后保持不变,故称该电路为峰值采样电路。

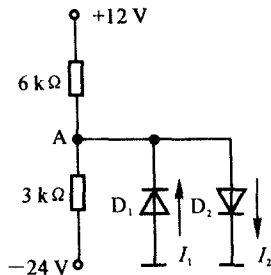


(a)



(b)

图解 14.17



图解 14.18

例 14.6 图解 14.18 所示电路中,二极管 D_1 和 D_2 为理想元件,试求电流 I_1 和 I_2 。

解 首先利用戴维宁定理求出 A 点对参考点 O 的等值电压源参数。AO 间二端网络如图解 14.19(a) 所示。

$$U_o = 12 - \frac{12 + 24}{6 + 3} \times 6 = -12 \text{ V}$$

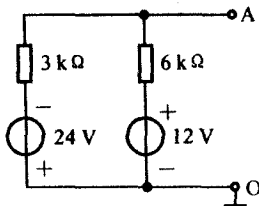
$$R_o = 3 // 6 = 2 \text{ k}\Omega$$

将等值电压源代入原电路,得等值电路如图解 14.19(b) 所示。因为 $U_o = -12 \text{ V} < 0$, 故 D_1 导通, D_2 截止。即

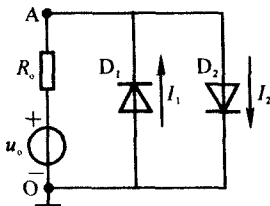
$$I_2 = 0$$

而

$$I_1 = -\frac{U_o}{R_o} = \frac{12}{2} = 6 \text{ mA}$$

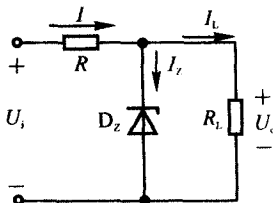


(a)



(b)

图解 14.19



图解 14.20

例 14.7 图解 14.20 所示电路中, $U_i = 12 \text{ V}$, 稳压管稳定电压 $U_z = 6 \text{ V}$, 稳定电流 $I_z = 10 \text{ mA}$, 电阻 $R = 100 \Omega$, $R_L = 150 \Omega$ 。

(1) 求 U_o , I , I_L , 稳压管实际工作电流 I_z ;

(2) 若稳压管最大稳定电流 $I_{z\max} = 50 \text{ mA}$ 。试问 U_i 波动范围允许正、负幅值分别为多少?