



面向 21 世纪课程教材配套参考书

电子技术

(电工学 II)

(第四版)

学习辅导与习题解答

■ 天津大学电工学教研室 编

■ 刘全忠 刘艳莉 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

014009469

TN01-44
08



面向 21 世纪课程教材配套

电子技术

Dianzi Jishu

(电工学 II)

第四版

学习辅导与习题解答

■ 天津大学电工学教研室 编

■ 刘全忠 刘艳莉 主编



TN01-44/08



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING



北航

C1698132

内容简介

本书以教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会制定的电工学课程教学基本要求为依据,根据天津大学刘全忠、刘艳莉主编的面向21世纪课程教材《电子技术(电工学Ⅱ)》(第四版)的体系和内容编写而成。全书包括半导体器件、基本放大电路、负反馈放大器、集成运算放大器的应用、电力电子技术、逻辑门电路和组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形、模拟量与数字量的转换、存储器共十章。每章由教学基本要求、学习要点和习题解答三部分组成。本书内容简明扼要,重点突出,图形、符号规范,解题详细、准确。

本书与刘全忠、刘艳莉主编的《电子技术(电工学Ⅱ)》(第四版)教材配套使用,也可以单独使用,可作为高等学校工科非电类各专业本科生、专科生的学习参考书,也可供工程技术人员自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术(电工学Ⅱ)(第4版)学习辅导与习题解答/刘全忠,刘艳莉主编;天津大学电工学教研室编.

—北京:高等教育出版社,2013.10

ISBN 978-7-04-038527-4

I. ①电… II. ①刘…②刘…③天… III. ①电子技术-高等学校-教学参考资料②电工技术-高等学校-教学参考资料 IV. ①TN②TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 230682 号

策划编辑 金春英

责任编辑 许海平

封面设计 于文燕

版式设计 王莹

插图绘制 尹莉

责任校对 刘娟娟

责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 北京宏信印刷厂

开本 787mm×960mm 1/16

印张 13.75

字数 250千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landaco.com>

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

版次 2013年10月第1版

印次 2013年10月第1次印刷

定价 22.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 38527-00

前 言

由天津大学电工学教研室编写,刘全忠、刘艳莉主编的《电子技术(电工学II)》(第四版)是教育部面向 21 世纪课程教材,已由高等教育出版社出版。与该教材配套使用的这本《电子技术(电工学II)(第四版)学习辅导与习题解答》也作了相应的修改。

修改的主要依据是教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会制定的电工学课程教学基本要求,在体系、结构和内容上与刘全忠、刘艳莉主编的《电子技术(电工学II)》(第四版)教材保持一致。

本书各章包含教学基本要求、学习要点和习题解答三部分。其中教学基本要求和学习要点是任课教师和学生必须掌握的内容,而学生能够正确解答教材中的习题又是掌握和加深理解教学基本要求和学习要点的重要环节。本书对教材中几百道各种类型的习题作了详细、准确的解答,为学生学好电子技术课程提供了有利的条件。

本书由清华大学王鸿明教授主审,王鸿明教授在百忙中对书稿进行了仔细的审阅,提出许多宝贵的修改意见。编者对王鸿明教授表示衷心的感谢,并根据他提出的意见对本书进行了认真的修改。但由于作者水平和能力有限,修改后的本书一定会有不足或错误之处,敬请专家、读者批评、指正。

编者

2013 年 9 月于天津大学

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第 1 章 半导体器件	1
教学基本要求	1
学习要点	1
§ 1.1 半导体的基本知识和 PN 结	1
§ 1.2 二极管	1
§ 1.3 稳压二极管	2
§ 1.4 双极结型晶体管	3
§ 1.5 场效晶体管	4
§ 1.6 光电器件	5
习题解答	5
第 2 章 基本放大电路	17
教学基本要求	17
学习要点	17
§ 2.1 放大器概述	17
§ 2.2 单管放大电路静态分析	17
§ 2.3 单管放大电路动态分析	19
§ 2.4 工作点稳定的放大电路	20
§ 2.5 射极跟随器	21
§ 2.6 场效晶体管放大电路	22
§ 2.7 多级放大电路	23
§ 2.8 差分放大器	23
§ 2.9 功率放大器	24
§ 2.10 集成运算放大器	26
习题解答	27
第 3 章 负反馈放大器	51
教学基本要求	51
学习要点	51
§ 3.1 反馈的基本概念	51
§ 3.2 负反馈对放大器性能的影响	52
习题解答	53

第4章 集成运算放大器的应用	59
教学基本要求	59
学习要点	59
§ 4.1 模拟运算电路	59
§ 4.2 测量放大器	61
§ 4.3 信号处理电路	61
§ 4.4 正弦波振荡器	64
习题解答	65
第5章 电力电子技术	91
教学基本要求	91
学习要点	91
§ 5.1 电力电子器件	91
§ 5.2 整流电路	93
§ 5.3 直流稳压电源	94
§ 5.4 逆变电路	96
习题解答	97
第6章 逻辑门电路和组合逻辑电路	113
教学基本要求	113
学习要点	113
§ 6.1 基本逻辑关系和逻辑门电路	113
§ 6.2 集成门电路	116
§ 6.3 逻辑函数的表示和化简	117
§ 6.4 组合逻辑电路的分析和设计	119
§ 6.5 组合逻辑部件	119
§ 6.6 可编程逻辑器件	122
习题解答	123
第7章 时序逻辑电路	156
教学基本要求	156
学习要点	156
§ 7.1 双稳态触发器	156
§ 7.2 寄存器	159
§ 7.3 计数器	160
习题解答	162
第8章 脉冲波形的产生和整形	185
教学基本要求	185

学习要点	185
§ 8.1 无稳态触发器(多谐振荡器)	185
§ 8.2 单稳态触发器	186
§ 8.3 集成定时器 555 的原理和应用	186
习题解答	187
第 9 章 模拟量与数字量的转换	202
教学基本要求	202
学习要点	202
§ 9.1 数/模转换器(DAC)	202
§ 9.2 模/数转换器(ADC)	202
§ 9.3 数据采集系统	203
习题解答	203
第 10 章 存储器	209
教学基本要求	209
学习要点	209
§ 10.1 磁盘存储器	209
§ 10.2 光盘存储器	209
§ 10.3 半导体存储器	209
参考书目	210

第1章 半导体器件

[教学基本要求]

- (1) 了解半导体二极管的导通、截止条件,伏安特性和主要参数。
- (2) 了解稳压二极管的稳压原理和主要参数,以及稳压二极管稳压电路的工作原理。
- (3) 了解晶体管的类型,了解电流分配,主要参数,特性曲线和放大、饱和、截止三种工作状态以及小信号模型电路。
- (4) 了解 MOS 场效晶体管(增强型绝缘栅场效晶体管和耗尽型绝缘栅场效晶体管)的工作原理、特性曲线、主要参数以及小信号模型电路。
- (5) 了解半导体光电器件的种类和特点。

[学习要点]

§ 1.1 半导体的基本知识和 PN 结

一、半导体基本知识

纯净的半导体(如硅和锗)为四价元素,并具有共价键结构。由于热激发产生“电子”和“空穴”,它们成对出现,其数量受温度的影响。在纯净半导体中掺入五价元素形成 N 型半导体,具有大量的“电子”,电子为多数载流子,空穴为少数载流子。在纯净半导体中掺入三价元素形成 P 型半导体,具有大量的“空穴”,空穴为多数载流子,电子为少数载流子。

二、PN 结及其性质

采取适当工艺将 P 型半导体和 N 型半导体紧密封合可形成 PN 结,PN 结具有单向导电性,加正向电压(正偏)时 PN 结导通,加反向电压(反偏)时 PN 结截止。

§ 1.2 二极管

一、二极管结构

二极管由一个 PN 结组成,P 型材料一端为阳极,N 型材料一端为阴极。PN 结具有单向导电性,因而二极管也具有单向导电性,即对其加正向电压(阳极高电

位,阴极低电位)二极管导通;加反向电压(阳极低电位,阴极高电位)二极管截止。

二、伏安特性

二极管的伏安特性如图 1.2.1 所示。

正向特性:加正向电压(称为正偏),二极管导通,电流很快上升。正常工作时,硅管电压降约为 0.7 V,锗管电压降约为 0.3 V,呈现正向电阻很小。

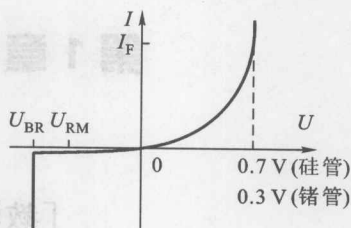


图 1.2.1

反向特性:加反向电压(称为反偏),二极管截止,只有很小的反向电流,呈现反向电阻很大。但反向电压达到反向击穿电压 U_{BR} 时,二极管被击穿损坏。

三、二极管的主要参数

最大整流电流 I_F :允许通过的最大平均电流。

最高反向工作电压 U_{RM} :允许加的最大反向电压,一般 $U_{RM} = (\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}) U_{BR}$ 。

§ 1.3 稳压二极管

一、稳压二极管的结构和稳压原理

稳压二极管的结构与二极管相同,也由一个 PN 结组成,其伏安特性如图 1.3.1 所示,与二极管基本相同,但可以工作在反向击穿状态,击穿电压为 U_Z 。

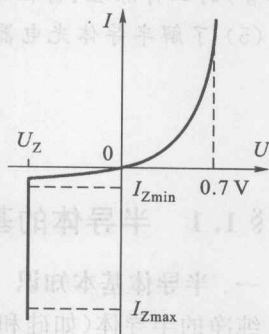


图 1.3.1

击穿电流 I_Z 在 I_{Zmin} 和 I_{Zmax} 范围内变化时,稳压二极管两端电压基本不变,均等于 U_Z ,该电压称为稳定电压。 I_{Zmax} 为最大稳定电流, I_{Zmin} 为最小稳定电流,若 $I_Z > I_{Zmax}$,稳压二极管将过热损坏,若 $I_Z < I_{Zmin}$ 则起不到稳压作用。

二、稳压二极管稳压电路

稳压二极管稳压电路如图 1.3.2 所示,由稳压二极管和调节(限流)电阻 R 组成,稳压二极管工作在反向击穿状态,电路满足下列方程

$$\begin{aligned} U_1 &= R I_R + U_Z & U_O &= U_Z \\ I_O &= \frac{U_O}{R_L} = \frac{U_Z}{R_L} & I_R &= I_Z + I_O \end{aligned}$$

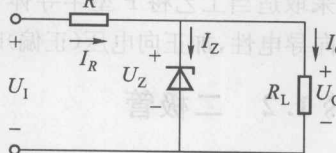
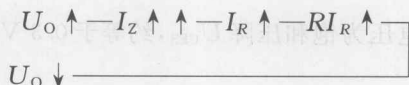


图 1.3.2

稳定输出电压的调节过程如下:如输入电压 U_1 不变,输出电压 U_O 向上波动,则:



使 U_O 基本保持不变。

§ 1.4 双极结型晶体管

一、晶体管类型

双极结型晶体管(下称晶体管)具有 NPN 型和 PNP 型两种结构,它们的工作原理相同,只是电源极性相反而已。在放大状态,发射结均为正偏(电压降与半导体材料有关:硅约为 0.7 V,锗约为 0.3 V),集电结均为反偏。

二、电流放大作用

晶体管具有电流放大作用,由实验测得数据可知:

① $I_C = \beta I_B$, I_C 电流的大小受 I_B 电流控制, β 称为电流放大系数,即 I_C 电流是 I_B 电流的 β 倍,这一特性称为晶体管的电流放大作用。

② $I_E = I_B + I_C = I_B + \beta I_B = (1 + \beta) I_B$ 。当 β 足够大时, $I_C \gg I_B$, $I_E \approx I_C$ 。

三、特性曲线

1. 输入特性曲线

在电压 U_{CE} 等于常数的情况下,电流 I_B 随电压 U_{BE} 变化的特性曲线,即

$I_B = f(U_{BE}) \Big|_{U_{CE}=\text{常数}}$, 是一组重叠的曲线,与二极管的伏安特性相同。

2. 输出特性曲线

在电流 I_B 等于常数的情况下,电流 I_C 随电压 U_{CE} 变化的特性曲线,即

$I_C = f(U_{CE}) \Big|_{I_B=\text{常数}}$, 如图 1.4.1 所示,

可划分为三个区域。

(1) 放大区(中间部分)

特点: I_C 电流与 U_{CE} 电压无关; I_C

电流只受 I_B 电流控制,即 $I_C = \beta I_B$; U_{CE}

电压大于 U_{CES} (晶体管饱和压降),小于电源电压 V_{CC} 。

(2) 截止区(下部分)

特点: I_C 电流近似为零; I_B 电流为零; U_{CE} 电压等于电源电压 V_{CC} 。

(3) 饱和区(左边曲线上升部分)

随着 I_B 电流增大, I_C 电流也增大,当 I_C 电流达到最大值时,再增大 I_B 电流, I_C 电流不会增大,晶体管进入饱和区, I_C 电流的最大值称为饱和电流 I_{CS} 。

特点: I_C 电流不受 I_B 电流控制,即 $I_C = I_{CS} = \frac{V_{CC}}{R_C}$ 。

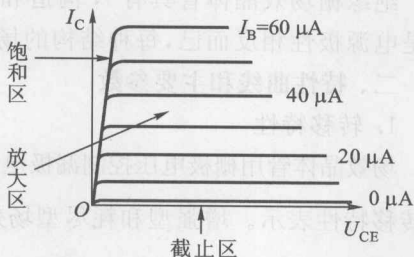


图 1.4.1

$I_B \geq I_{BS} = \frac{I_{CS}}{\beta}$; U_{CE} 电压为饱和压降 U_{CES} , 约等于 0.3 V, 近似为零。

四、复合晶体管

复合晶体管是由两个晶体管组成, 如图 1.4.2 所示, 可等效为一个晶体管, 其中, T_1 为推动管, T_2 为功率管, 等效晶体管的类型与推动管相同, 而允许通过复合管的功率由功率管决定。等效晶体管的电流放大系数近似等于两管电流放大系数的乘积: $\beta \approx \beta_1 \beta_2$ 。



图 1.4.2

五、判断晶体管工作状态

1. 用电压 U_{CE} 判断

① 集电极、发射极电压 U_{CE} 等于电源电压, 为截止状态。

② 集电极、发射极电压 U_{CE} 近似等于零, 为饱和状态。

③ 集电极、发射极电压 U_{CE} 在电源电压和零之间, 为放大状态。

2. 用 I_B 电流判断

$I_B \leq 0$, 为截止状态; $I_B \geq I_{BS}$, 为饱和状态; $0 < I_B < I_{BS}$, 为放大状态。

§ 1.5 场效晶体管

一、绝缘栅场效晶体管的结构和分类

绝缘栅场效晶体管具有 N 沟道和 P 沟道两种结构, 它们的工作原理相同, 只是电源极性相反而已, 每种结构的场效晶体管又分为增强型和耗尽型两类。

二、特性曲线和主要参数

1. 转移特性

场效晶体管用栅极电压控制漏极电流, 因而是电压控制元件, 两者之间的关系用转移特性表示。增强型和耗尽型场效晶体管的转移特性 $I_D = f(U_{GS}) \Big|_{U_{DS}=\text{常数}}$ 分别如图 1.5.1(a)、(b) 所示。其中 $U_{GS(th)}$ 为增强型场效晶体管的开启电压, 当 $U_{GS} > U_{GS(th)}$ 时, 场效晶体管导通, 出现漏极电流; $U_{GS(off)}$ 为耗尽型场效晶体管的夹断电压, 当 $U_{GS} < U_{GS(off)}$ 时, 场效晶体管关断。两者的区别在于: 当 $U_{GS} = 0$ 时, 增强型场效晶体管的漏极电流为零, 而耗尽型场效晶体管的漏极电流不为零。

转移特性上工作点的切线斜率为场效晶体管的跨导, 即 $g_m =$

$\frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} \Big|_{U_{DS}=\text{常数}}$, 它表示 U_{GS} 对 I_D 的控制能力, g_m 越大, 表示控制能力越强。

2. 输出特性

场效晶体管的输出特性与晶体管类似, 即, $I_D = f(U_{DS}) \Big|_{U_{GS}=\text{常数}}$, 与晶体管

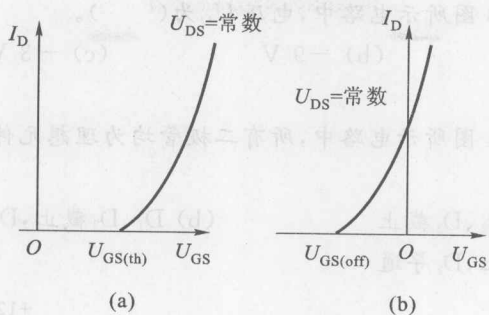


图 1.5.1

相同,也划分为三个区域:可调电阻区、放大区和截止区。在放大区, I_D 基本与 U_{DS} 无关,而只受 U_{GS} 控制。

§ 1.6 光电器件

光电器件主要有光敏电阻、发光二极管、光电二极管、光电晶体管、光电耦合器和光电池等,其特点如下:

光敏电阻是一种电导率随吸收的光量子多少而变化的电子元件。

发光二极管与普通二极管一样,都具有单向导电性,而不同之处在于,发光二极管正向导通时可以发出可见光。

光电二极管的反向电流随光线强度的增加而增加。

光电晶体管由光电二极管和晶体管组合而成,其集电极电流随光线强度的增加而增加。

光电耦合器由发光二极管和光电晶体管组装而成,具有良好的隔离作用。

光电池是通过光电转换原理直接将太阳能转换成电能的一种半导体器件。

[习题解答]

一、选择题

1.1 由于热激发,一些价电子获得一定能量后会挣脱束缚成为自由电子,产生()。

- (a) 正离子 (b) 空穴 (c) 电子—空穴对

答:(c)

1.2 当PN结反向电压增大时,空间电荷区()。

- (a) 基本不变 (b) 变大 (c) 变小

答:(b)

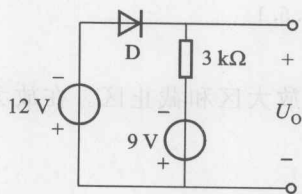
1.3 在题 1.3 图所示电路中,电压 U_0 为()。

- (a) -12 V (b) -9 V (c) -3 V

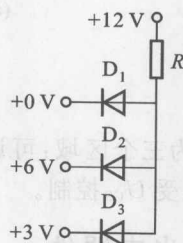
答:(b)

1.4 在题 1.4 图所示电路中,所有二极管均为理想元件,则 D_1 、 D_2 、 D_3 的工作状态为()。

- (a) D_1 导通, D_2 、 D_3 截止 (b) D_1 、 D_2 截止, D_3 导通
(c) D_1 、 D_3 截止, D_2 导通



题 1.3 图



题 1.4 图

答:(a)

1.5 在题 1.5 图所示电路中,所有二极管均为理想元件,则 D_1 、 D_2 的工作状态为()。

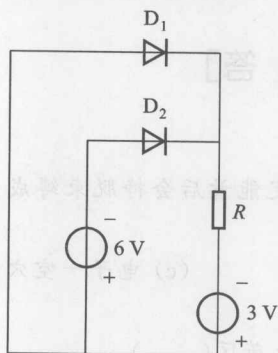
- (a) D_1 导通, D_2 截止 (b) D_1 、 D_2 均导通
(c) D_1 截止, D_2 导通

答:(a)

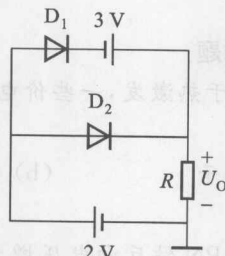
1.6 在题 1.6 图所示电路中, D_1 、 D_2 为理想二极管,则电压 U_0 为()。

- (a) 3 V (b) 5 V (c) 2 V

答:(b)



题 1.5 图



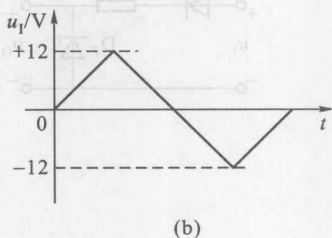
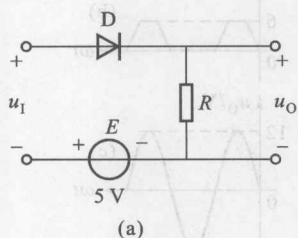
题 1.6 图

1.7 电路如题 1.7 图(a)所示,二极管 D 为理想元件,输入信号 u_1 为如图(b)所示的三角波,则输出电压 u_O 的最大值为()。

(a) 5 V

(b) 17 V

(c) 7 V



题 1.7 图

答:(b)

1.8 在题 1.8 图所示电路中,二极管为理想元件, $u_A = 3\text{ V}$, $u_B = 2\sin \omega t\text{ V}$, $R = 4\text{ k}\Omega$,则 u_F 等于()。

(a) 3 V

(b) $2\sin \omega t\text{ V}$

(c) $3 + 2\sin \omega t\text{ V}$

答:(b)

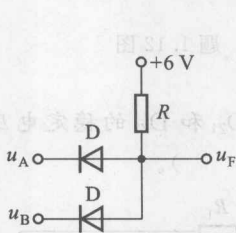
1.9 在题 1.9 图所示电路中,二极管均为理想元件,则输出电压 U_O 为()。

(a) 3 V

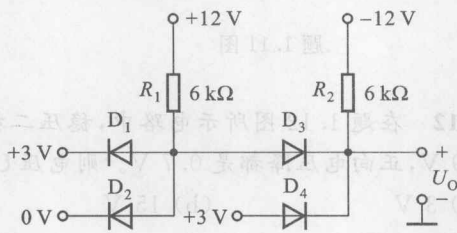
(b) 0 V

(c) -12 V

答:(a)



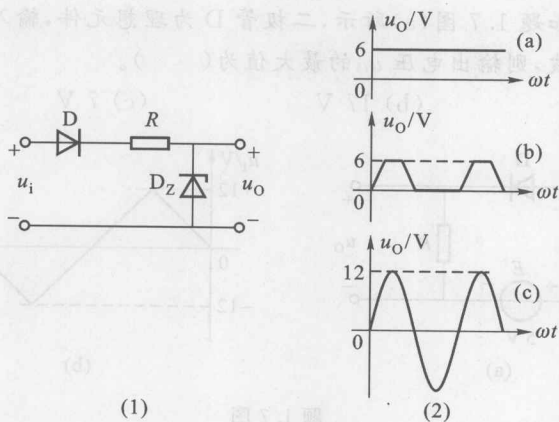
题 1.8 图



题 1.9 图

1.10 在题 1.10 图(1)所示电路中,二极管 D 为理想元件,设 $u_i = 12\sin \omega t\text{ V}$,稳压二极管 D_Z 的稳定电压为 6 V,正向压降不计,则输出电压 u_O 的波形为图(2)中的波形()。

答:(b)

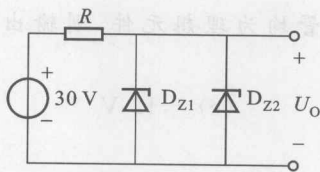


题 1.10 图

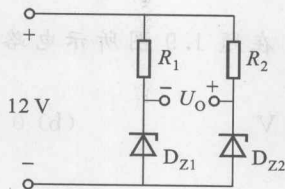
1.11 在题 1.11 图所示电路中,稳压二极管 D_{Z1} 的稳定电压为 6 V, D_{Z2} 的稳定电压为 12 V, 则输出电压 U_O 等于()。

- (a) 12 V (b) 6 V (c) 18 V

答:(b)



题 1.11 图



题 1.12 图

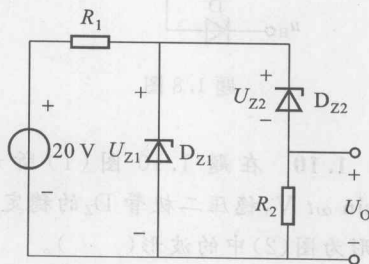
1.12 在题 1.12 图所示电路中,稳压二极管 D_{Z1} 和 D_{Z2} 的稳定电压分别为 6 V 和 9 V, 正向电压降都是 0.7 V。则电压 U_O 为()。

- (a) 3 V (b) 15 V
(c) -3 V

答:(a)

1.13 在题 1.13 图所示电路中,稳压二极管 D_{Z1} 的稳定电压 $U_{Z1}=12$ V, D_{Z2} 的稳定电压 $U_{Z2}=6$ V, 则电压 U_O 等于()。

- (a) 12 V (b) 20 V
(c) 6 V



题 1.13 图

答:(c)

1.14 已知某晶体管处于放大状态,测得其三个极的电位分别为 6 V、9 V 和 6.3 V,则 6 V 所对应的电极为()。

- (a) 发射极 (b) 集电极 (c) 基极

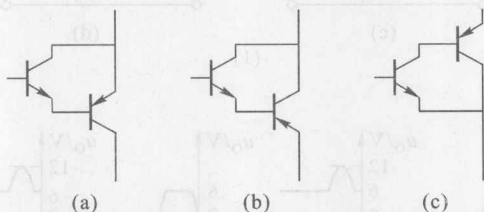
答:(a)

1.15 晶体管的工作特点是()。

- (a) 输入电流控制输出电流 (b) 输入电流控制输出电压
(c) 输入电压控制输出电压

答:(a)

1.16 复合管电路如题 1.16 图所示,其中可正确地等效为 NPN 型管的是()。



题 1.16 图

答:(c)

1.17 场效晶体管的工作特点是()。

- (a) 输入电流控制输出电流 (b) 输入电压控制输出电压
(c) 输入电压控制输出电流

答:(c)

1.18 某场效晶体管,在漏、源电压保持不变的情况下,栅、源电压 U_{GS} 变化 2 V 时,相应的漏极电流变化 4 mA,该管的跨导是()。

- (a) 2 mA/V (b) 0.5 V/mA (c) 无法确定

答:(a)

二、解答题

1.19 在题 1.19 图(1)所示各电路中, $u_i = 12\sin \omega t$ V, $U_S = 6$ 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: u_O 的波形分别如题 1.19 图(2)所示。

1.20 在题 1.20 图(a)所示电路中, D_1 和 D_2 为理想二极管, $U_1 = U_2 = 1$ V, $u_i = 2\sin \omega t$ V。试画出输出电压 u_O 的波形。

解: u_O 的波形如图(b)所示。