

电工技术 (下册) 与电子技术

习题解答 唐庆玉 编著

TM/99A

:2

2008

电工技术 (下册) 与电子技术 习题解答

唐庆玉 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

《电工技术与电子技术习题解答》分上、下两册。上册对《电工技术与电子技术(上册)》(唐庆玉编著,清华大学出版社,2007年出版)第1章~第9章的全部习题及第10章的部分习题进行了详细解答,习题内容有:电路理论及分析方法、正弦交流电路、三相电路、周期性非正弦波形、电路的暂态分析、磁路与变压器、电动机、继电器控制、可编程控制器(西门子S7-200型PLC)、Multisim电路仿真。下册对《电工技术与电子技术(下册)》(唐庆玉编著,清华大学出版社,2007年出版)的第11章~第23章的全部习题及第24章的部分习题进行了详细解答,习题内容有:半导体器件、晶体管交流放大电路、集成运算放大器及其应用、功率放大电路、直流稳压电源、晶闸管及其应用、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、多谐振荡器和单稳态触发器、A/D转换器和D/A转换器、半导体存储器、可编程逻辑器件(PLD)、模拟电路和数字电路的Multisim仿真。此外,还选编了清华大学非电类专业各类电工学课程的期末考试题及解答。

本书可作为高等学校非电类专业学生的电工学课程辅导用书,也可作为从事电工学教学教师的教学资源。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工技术与电子技术(下册)习题解答/唐庆玉编著. —北京:清华大学出版社,2008.5
ISBN 978-7-302-17446-2

I. 电… II. 唐… III. ①电工技术—高等学校—解题 ②电子技术—高等学校—解题
IV. TM-44 TN-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第056326号

责任编辑:张占奎

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:13 字 数:307千字

版 次:2008年5月第1版 印 次:2008年5月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:24.00元

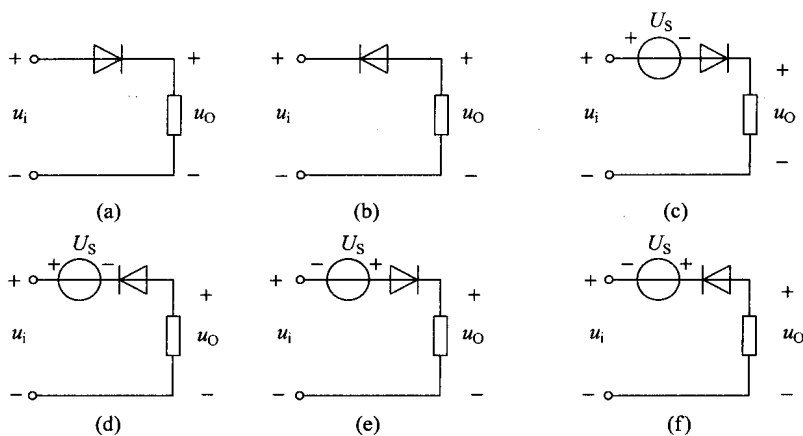
本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:029240-01

目 录

第 11 章	半导体器件习题解答	1
第 12 章	晶体管交流放大电路习题解答	15
第 13 章	集成运算放大器及其应用习题解答	36
第 14 章	功率放大电路习题解答	72
第 15 章	直流稳压电源习题解答	80
第 16 章	晶闸管及其应用习题解答	87
第 17 章	数字电路基础习题解答	94
第 18 章	组合逻辑电路习题解答	104
第 19 章	时序逻辑电路习题解答	124
第 20 章	多谐振荡器和单稳态触发器习题解答	147
第 21 章	A/D 转换器和 D/A 转换器习题解答	156
第 22 章	半导体存储器习题解答	164
第 23 章	可编程逻辑器件习题解答	171
第 24 章	模拟电路和数字电路的 Multisim 仿真 部分习题解答	179
	电子技术课程试题	187
	电子技术课程试题解答	189
	电工电子技术课程试题	192
	电工电子技术课程试题解答	194
	电工技术与电子技术(2)课程试题	197
	电工技术与电子技术(2)课程试题解答	200

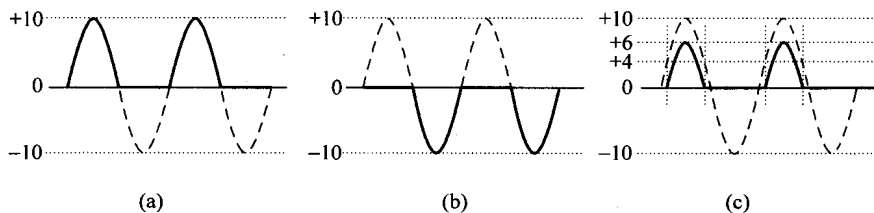
半导体器件习题解答

11.1 如图题 11.1 所示各电路,输入电压 $u_i = 10\sin\omega t$ (V), $U_s = 4$ V。画出输出电压 u_o 的波形。二极管为理想二极管。

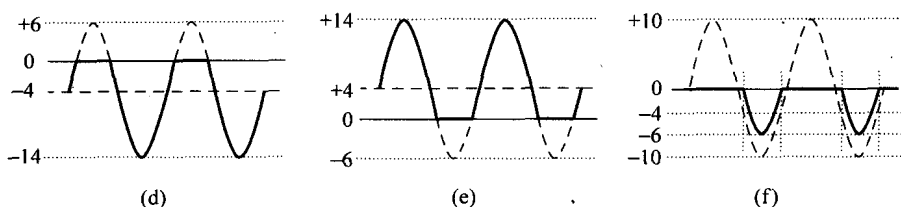


图题 11.1

解 图题 11.1(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f) 各电路的输出电压 u_o 的波形分别如图解 11.1(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f) 所示,其中虚线为输入电压 u_i 的波形,实线为输出电压 u_o 的波形,图中电压单位为 V。

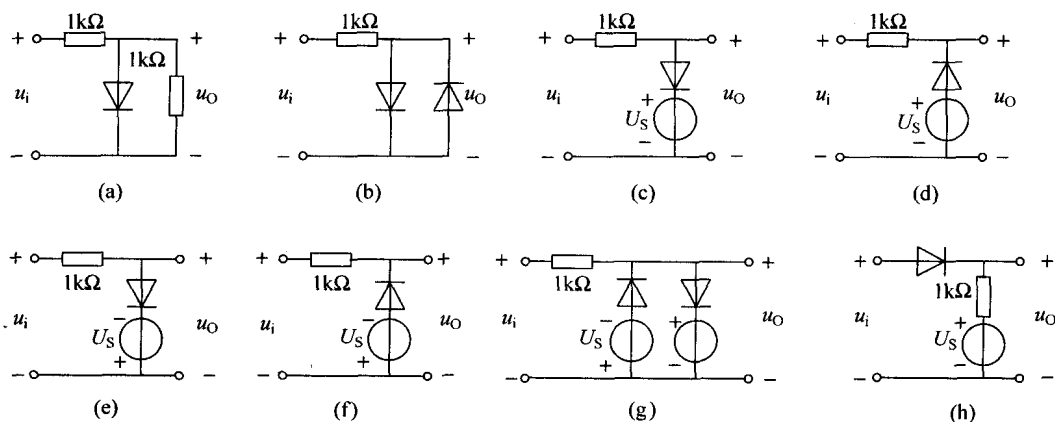


图解 11.1



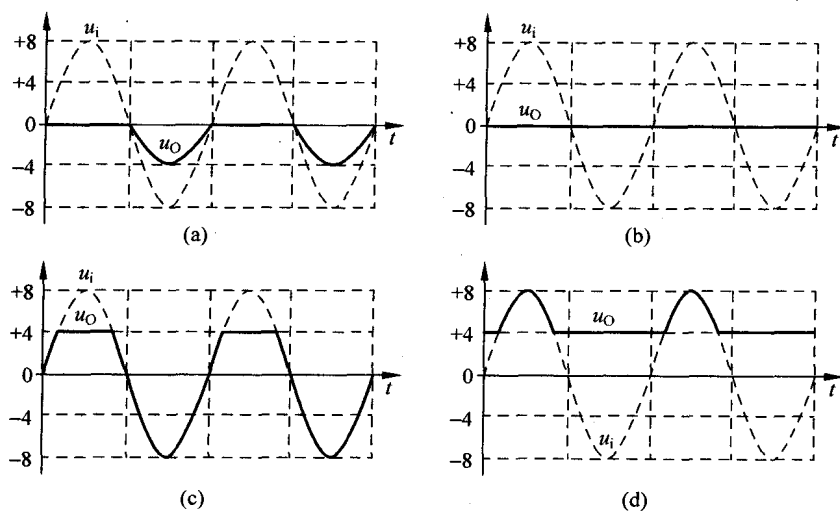
图解 11.1(续)

11.2 如图题 11.2 所示各电路,输入电压 $u_i = 8\sin\omega t$ V, $U_S = 4$ V。画出输出电压 u_O 的波形。二极管为理想二极管。

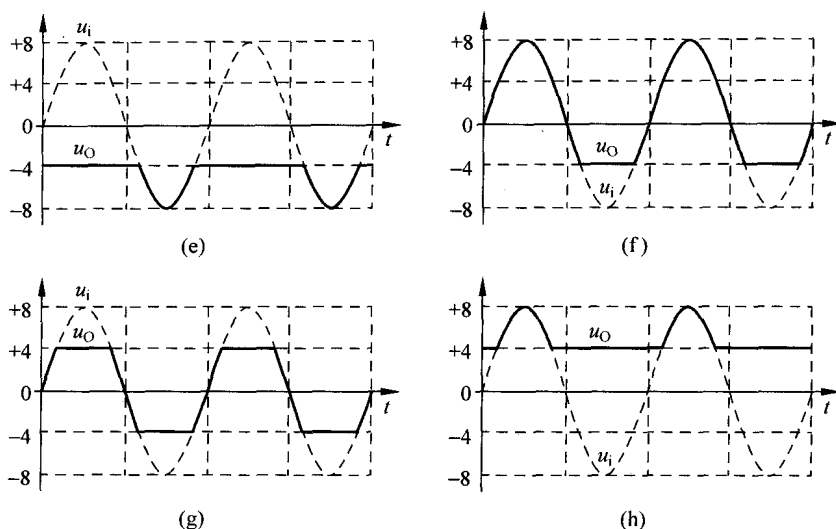


图题 11.2

解 图题 11.2(a)~(h)各电路输出电压 u_O 的波形分别如图解 11.2(a)~(h)所示,图中电压单位为 V。

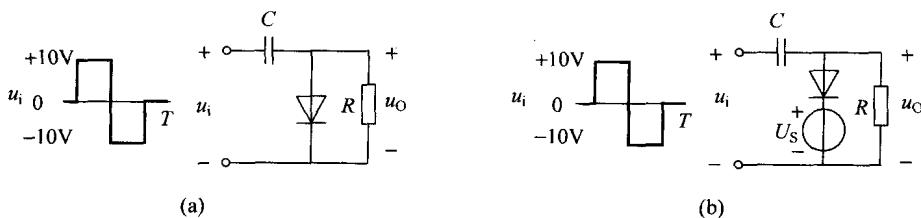


图解 11.2



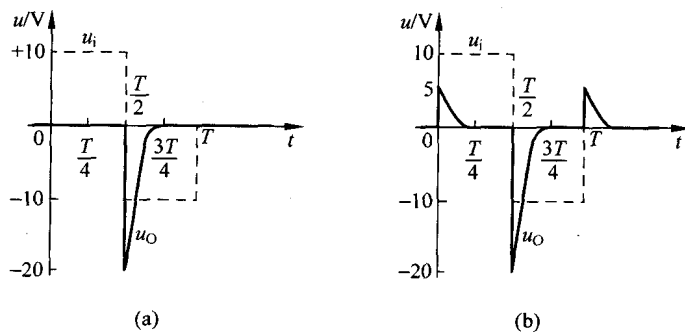
图解 11.2(续)

11.3 如图题 11.3 所示各电路,输入电压 u_i 如图所示(注意: u_i 不是周期性波形), $U_S = 5V$, $T = 20RC$ 。画出输出电压 u_O 的波形。二极管为理想二极管。



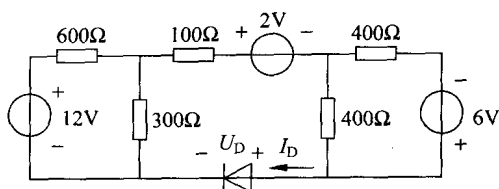
图题 11.3

解 图题 11.3(a)、(b)电路输出电压 u_O 的波形图分别如图解 11.3(a)、(b)所示。



图解 11.3

11.4 图题 11.4 所示电路中,硅二极管 D 导通时的正向压降 $U_D \approx 0.7V$ 。求二极管的静态电流 I_D 和静态电阻 R_D 。

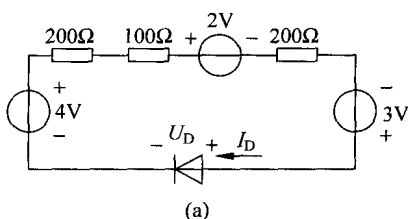


图题 11.4

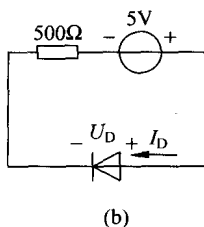
解 将图题 11.4 电路用戴维宁定理变换为图解 11.4(a) 电路, 再进一步变换为图解 11.4(b) 电路, 则可得

$$I_D = \frac{5 - 0.7}{500} = 0.0086(\text{A}) = 8.6(\text{mA})$$

$$R_D = \frac{U_D}{I_D} = \frac{0.7}{0.0086} \approx 81(\Omega)$$



(a)



(b)

图解 11.4

11.5 图题 11.5 所示电路, $U_1 = 6\text{V}$, $u_2 = 0.1\sin 100\pi t(\text{V})$, $R = 820\Omega$ 。求硅二极管的电流 i_D 和电压 u_D 。

解 对于直流, 设二极管正向管压降 $U_D \approx 0.7\text{V}$, 则

$$I_D = \frac{U_1 - U_D}{R} = \frac{6 - 0.7}{820} \approx 0.0065(\text{A}) = 6.5(\text{mA})$$

二极管动态电阻

$$r_D = \frac{26}{I_D} = \frac{26}{6.5} \approx 4(\Omega)$$

对于交流情况, 有

$$u_d = -u_2 \frac{r_D}{r_D + R} = -(0.1\sin 1000\pi t) \times \frac{4}{4 + 820} \approx -4.9 \times 10^{-4} \sin 1000\pi t(\text{V})$$

$$i_d = -\frac{u_2 - u_d}{R} = -\frac{0.1\sin 1000\pi t - 4.9 \times 10^{-4} \sin 1000\pi t}{820}$$

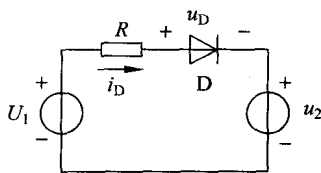
$$\approx -1.2 \times 10^{-4} \sin 1000\pi t(\text{A}) = -0.12 \sin 1000\pi t(\text{mA})$$

根据小信号叠加原理, 有

$$u_D = U_D + u_d = 0.7 - 4.9 \times 10^{-4} \sin 1000\pi t(\text{V})$$

$$i_D = I_D + i_d = 6.5 - 0.12 \sin 1000\pi t(\text{mA})$$

11.6 图题 11.6 所示电路, 忽略二极管导通时的正向压降, 求下列几种情况下输出



图题 11.5

电压 V_O 的值:

(1) $V_A = V_B = 0.3V$;

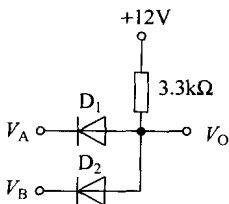
(2) $V_A = 0.3V, V_B = 3V$;

(3) $V_A = V_B = 3V$ 。

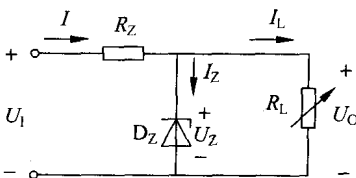
解 (1) 当 $V_A = V_B = 0.3V$ 时, 两二极管都导通, 因此 $V_O = 0.3V$ 。

(2) 当 $V_A = 0.3V, V_B = 3V$ 时, D_1 导通, 使 D_2 承受反向电压而截止, 因此 $V_O = 0.3V$ 。

(3) 当 $V_A = V_B = 3V$ 时, 两二极管都导通, 因此 $V_O = 3V$ 。



图题 11.6



图题 11.7

11.7 图题 11.7 所示电路中, D_Z 为理想稳压二极管, 稳定电压为 $U_Z = 6V$, 稳定电流为 $I_{Zmin} = 2mA$ 和 $I_{Zmax} = 12mA$ 。输入电压 $U_1 = 10V$, 限流电阻 $R_Z = 200\Omega$ 。若使输出电压保持 $U_O = U_Z$, 求负载电阻的允许变化范围。

解 $I = \frac{U_1 - U_Z}{R_Z} = \frac{10 - 6}{200} = 0.02(A) = 20(mA)$ 。

当 $I_Z = I_{Zmin} = 2mA$ 时, 负载电流最大, 即

$$I_{Lmax} = I - I_{Zmin} = 20 - 2 = 18(mA)$$

因此, 负载电阻的最小值为

$$R_{Lmin} = \frac{U_O}{I_{Lmax}} = \frac{6}{18} \approx 0.333(k\Omega) = 333(\Omega)$$

当 $I_Z = I_{Zmax} = 12mA$ 时, 负载电流最小, 即

$$I_{Lmin} = I - I_{Zmax} = 20 - 12 = 8(mA)$$

因此, 负载电阻的最大值为

$$R_{Lmax} = \frac{U_O}{I_{Lmin}} = \frac{6}{8} = 0.75(k\Omega) = 750(\Omega)$$

于是得到负载电阻的允许变化范围是 $333 \sim 750\Omega$ 。

11.8 图题 11.7 所示的电路中, D_Z 为理想稳压二极管, 稳定电压为 $U_Z = 6V$, 稳定电流为 $I_{Zmin} = 2mA$ 和 $I_{Zmax} = 12mA$ 。输入电压 $U_1 = 10V$, 负载电阻 $R_L = 2k\Omega$ 。若使输出电压保持 $U_O = U_Z$, 求限流电阻 R_Z (计算出 R_Z 的最大值和最小值, 然后取一个中间值), R_Z 应该选用多大额定功率的金属膜电阻 (金属膜电阻的额定功率标称值为 $\frac{1}{8}W, \frac{1}{4}W, \frac{1}{2}W, 1W$ 等)。

解

$$I_L = \frac{U_O}{R_L} = \frac{6}{2} = 3(mA)$$

$$I_{max} = I_{Zmax} + I_L = 12 + 3 = 15(mA)$$

$$I_{min} = I_{Zmin} + I_L = 2 + 3 = 5(mA)$$

所以限流电阻的最小值为

$$R_{Z\min} = \frac{U_1 - U_Z}{I_{\max}} = \frac{10 - 6}{15} \approx 0.267(\text{k}\Omega) = 267(\Omega)$$

限流电阻的最大值为

$$R_{Z\max} = \frac{U_1 - U_Z}{I_{\min}} = \frac{10 - 6}{5} = 0.8(\text{k}\Omega) = 800(\Omega)$$

当 $R_Z = 500\Omega$ 时, R_Z 所消耗的功率为

$$P_{R_Z} = \frac{(U_1 - U_Z)^2}{R_Z} = \frac{(10 - 6)^2}{500} = 0.032(\text{W})$$

所以, R_Z 选用 500Ω 、 $\frac{1}{8}\text{W}$ 的金属膜电阻。

11.9 图题 11.7 所示的电路中, D_Z 为理想稳压二极管, 稳定电压为 $U_Z = 6\text{V}$, 稳定电流为 $I_{Z\min} = 2\text{mA}$ 和 $I_{Z\max} = 12\text{mA}$ 。限流电阻 $R_Z = 500\Omega$, 负载电阻 $R_L = 2\text{k}\Omega$ 。若使输出电压保持 $U_O = U_Z$, 求输入电压 U_1 的允许变化范围。

解 因 $I_L = \frac{U_O}{R_L} = \frac{6}{2} = 3(\text{mA})$, 故

$$I_{\max} = I_{Z\max} + I_L = 12 + 3 = 15(\text{mA})$$

$$I_{\min} = I_{Z\min} + I_L = 2 + 3 = 5(\text{mA})$$

所以输入电压 U_1 的最大值为

$$U_{1\max} = I_{\max} R_Z + U_Z = 15 \times 0.5 + 6 = 13.5(\text{V})$$

输入电压 U_1 的最小值为

$$U_{1\min} = I_{\min} R_Z + U_Z = 5 \times 0.5 + 6 = 8.5(\text{V})$$

因此, 输入电压 U_1 的允许变化范围为 $8.5 \sim 13.5\text{V}$ 。

11.10 图题 11.7 所示的电路中, $U_1 = 8\text{V}$, $R_Z = 20\Omega$, D_Z 不是理想稳压二极管, 其工作电流为 $I_{Z\min} = 1\text{mA}$ 和 $I_{Z\max} = 60\text{mA}$, $r_Z = 10\Omega$, 当 $I_Z = 30\text{mA}$ 时, $U_Z = 5\text{V}$ 。求负载电流可能的最大值和最小值。

解 因为

$$r_Z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} = \frac{U_Z - U_{Z\min}}{I_Z - I_{Z\min}} = \frac{U_Z - U_{Z\max}}{I_Z - I_{Z\max}}$$

当稳压管工作电流为 $I_{Z\min}$ 时, 稳压管稳压值最小, 即

$$U_{Z\min} = U_Z - (I_Z - I_{Z\min}) r_Z = 5 - (30 - 1) \times 0.01 = 4.71(\text{V})$$

当稳压管工作电流为 $I_{Z\max}$ 时, 稳压管稳压值最大, 即

$$U_{Z\max} = U_Z - (I_Z - I_{Z\max}) r_Z = 5 - (30 - 60) \times 0.01 = 5.3(\text{V})$$

当稳压管工作电流为 $I_{Z\min}$ 时, 负载电流 I_L 有最大值, 这个最大值为

$$I_{L\max} = \frac{U_1 - U_{Z\min}}{R_Z} - I_{Z\min} = \frac{8 - 4.71}{0.02} - 1 = 163.5(\text{mA})$$

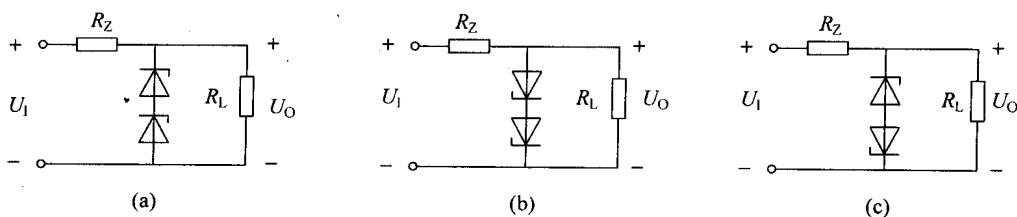
当稳压管工作电流为 $I_{Z\max}$ 时, 负载电流 I_L 有最小值, 这个最小值为

$$I_{L\min} = \frac{U_1 - U_{Z\max}}{R_Z} - I_{Z\max} = \frac{8 - 5.3}{0.02} - 60 = 75(\text{mA})$$

11.11 图题 11.11 所示各电路中, $U_1 = 15\text{V}$ 。设稳压二极管的稳压值为 $U_Z = 6\text{V}$, 其正向导通时相当于一个二极管, 正向压降 $U_F \approx 0.7\text{V}$ 。求各电路的 U_O 值。

解 (a) $U_O = 2U_Z = 2 \times 6 = 12(\text{V})$;

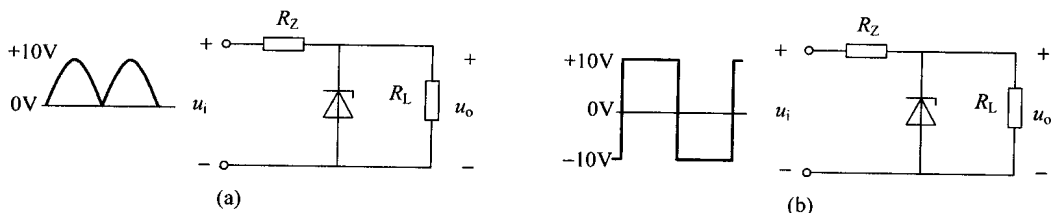
(b) $U_O = 2U_F = 2 \times 0.7 = 1.4(\text{V})$;



图题 11.11

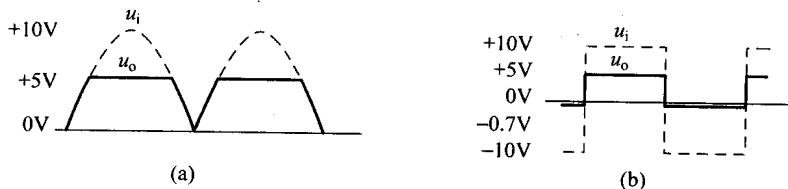
(c) $U_O = U_Z + U_F = 6 + 0.7 = 6.7(\text{V})$ 。

11.12 图题 11.12 所示各电路, 设稳压二极管的稳压值为 $U_Z = 5\text{V}$, 其正向导通时的压降为 $U_F \approx 0.7\text{V}$ 。输入电压 u_i 的波形如图中所示, 画出输出电压 u_o 的波形。



图题 11.12

解 两电路输出电压 u_o 的波形分别如图解 11.12(a)、(b) 所示。



图解 11.12

11.13 一个晶体管放大电路, 晶体管的输入特性曲线和输出特性曲线分别如图题 11.13(a)、(b) 所示, 静态工作点测量结果为 $U_{BE} = 0.67\text{V}$, $U_{CE} = 6\text{V}$ 。在输入、输出特性曲线上求静态工作点附近的动态电阻 r_{be} 、静态电流放大系数 $\bar{\beta}$ 和动态电流放大系数 $\tilde{\beta}$ 。

解 静态工作点为 Q, 如图题 11.13(a)、(b) 所示。

在输入特性曲线上, 测得 Q 点的坐标是

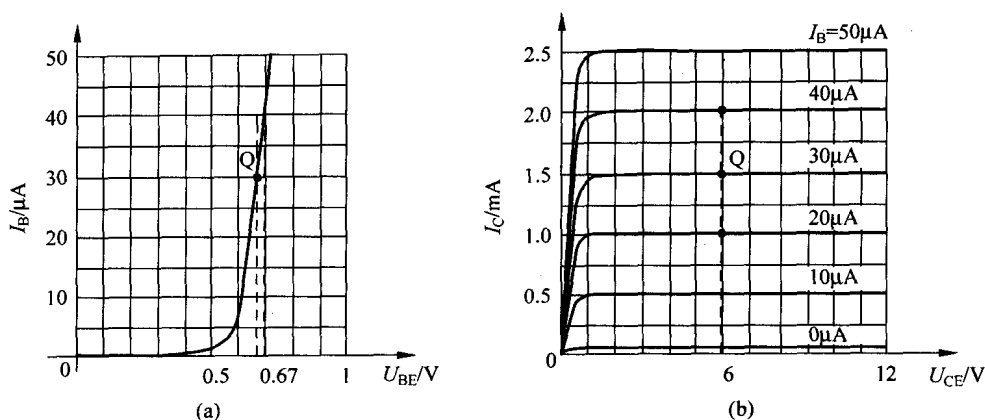
$$U_{BE} = 0.67\text{V}, \quad I_B = 30\mu\text{A}$$

在输出特性曲线上, 测得 Q 点的坐标是

$$U_{CE} = 6\text{V}, \quad I_C = 1.5\text{mA}$$

因此可以计算出静态电流放大系数 $\bar{\beta}$ 为

$$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1.5}{0.03} = 50$$



图题 11.13

在输入特性曲线上, I_B 从 $30\mu\text{A}$ 增加到 $40\mu\text{A}$ 时, U_{BE} 从 0.67V 增加到 0.69V 。因此求得动态电阻为

$$r_{be} = \frac{0.69 - 0.67}{0.04 - 0.03} = 2(\text{k}\Omega)$$

在输出特性曲线上, $U_{CE} = 6\text{V}$ 不变, I_B 从 $30\mu\text{A}$ 增加到 $40\mu\text{A}$ 时, I_C 从 1.5mA 增加到 2mA , 因此动态电流放大系数 $\tilde{\beta}$ 为

$$\tilde{\beta} = \frac{2 - 1.5}{0.04 - 0.03} = 50$$

11.14 图题 11.14 所示电路中所用晶体管为 NPN 型硅晶体管, $\beta = 100$ 。 $U_C = 12\text{V}$, $R_B = 50\text{k}\Omega$, $R_C = 5\text{k}\Omega$ 。设晶体管发射结正向电压 $U_{BE} = 0.7\text{V}$ 。当 $U_B = 0\text{V}$, 1.4V 和 2.4V 时, 求晶体管的 I_B 、 I_C 和 U_{CE} 。判断此时晶体管的工作状态(截止、放大和饱和)。设晶体管饱和电压 $U_{CES} = 0\text{V}$ 。

解 已知饱和电压 $U_{CES} = 0\text{V}$, 则集电极饱和电流为

$$I_{CS} = \frac{U_C - U_{CES}}{R_C} = \frac{12 - 0}{5} = 2.4(\text{mA})$$

(1) 当 $U_B = 0\text{V}$ 时, 因为 U_B 小于死区电压 0.5V , 所以

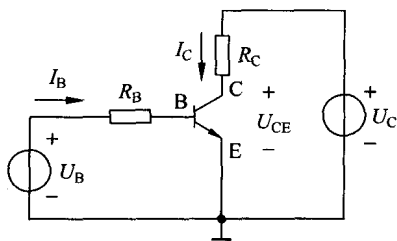
$$I_B = 0, \quad I_C = 0, \quad U_{CE} = U_C = 12\text{V}$$

晶体管处于截止状态。

(2) 当 $U_B = 1.4\text{V}$ 时

$$I_B = \frac{U_B - 0.7}{R_B} = \frac{1.4 - 0.7}{50} = 0.014(\text{mA})$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 0.014 = 1.4(\text{mA}) < I_{CS} = 2.4(\text{mA})$$



图题 11.14

所以晶体管处于放大状态。

$$U_{CE} = U_C - I_C R_C = 12 - 1.4 \times 5 = 5(\text{V})$$

(3) 当 $U_B = 2.4\text{V}$ 时

$$I_B = \frac{U_B - 0.7}{R_B} = \frac{2.4 - 0.7}{50} = 0.034(\text{mA})$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 0.034 = 3.4(\text{mA}) > I_{CS} = 2.4(\text{mA})$$

所以晶体管处于饱和状态。

实际上, I_C 达不到 3.4mA , 最大到 $I_{CS} = 2.4\text{mA}$, 此时 $U_{CE} \approx 0\text{V}$ 。

11.15 图题 11.14 所示的电路中, 若 $U_C = 18\text{V}$, $R_B = 30\text{k}\Omega$, $R_C = 2\text{k}\Omega$, $U_B = 2\text{V}$, $\beta = 80$, 判断此时晶体管处于什么工作状态。若增大集电极电阻 R_C , R_C 为多少时晶体管由放大状态进入饱和状态。设晶体管 BE 结导通时的压降 $U_{BE} = 0.7\text{V}$ 。

解

$$I_B = \frac{U_B - 0.7}{R_B} = \frac{2 - 0.7}{30} = 0.043(\text{mA})$$

$$I_C = \beta I_B = 80 \times 0.043 = 3.44(\text{mA})$$

$$U_{CE} = U_C - I_C R_C = 18 - 3.44 \times 2 = 11.12(\text{V})$$

此时, 晶体管的 $U_{CE} > U_{BE} = 0.7\text{V}$, 即集电结反偏, 晶体管处于放大状态。

当 $U_{CE} < U_{BE} = 0.7\text{V}$ 时, 集电结正偏, 晶体管处于饱和状态, 所以 R_C 的上限值应为

$$R_C = \frac{U_C - U_{CE}}{I_C} = \frac{18 - 0.7}{3.44} \approx 5.03(\text{k}\Omega)$$

11.16 图题 11.14 所示的电路中, $U_C = 24\text{V}$, $U_B = 2\text{V}$, $R_B = 20\text{k}\Omega$, $\beta = 80$, $P_{CM} = 100\text{mW}$, $I_{CM} = 30\text{mA}$ 。

(1) 若 $R_C = 1.5\text{k}\Omega$, 判断晶体管集电极电流 I_C 和耗散功率 P_C 是否超过允许值;

(2) 集电极电阻 R_C 的值不允许小于多少?

解 (1) 由已知条件得

$$I_B = \frac{U_B - 0.7}{R_B} = \frac{2 - 0.7}{20} = 0.065(\text{mA})$$

$$I_C = \beta I_B = 80 \times 0.065 = 5.2(\text{mA}) < I_{CM} = 30(\text{mA})$$

$$U_{CE} = U_C - I_C R_C = 24 - 5.2 \times 1.5 = 16.2(\text{V})$$

$$P_C = U_{CE} I_C = 16.2 \times 5.2 = 84.24(\text{mW}) < P_{CM} = 100(\text{mW})$$

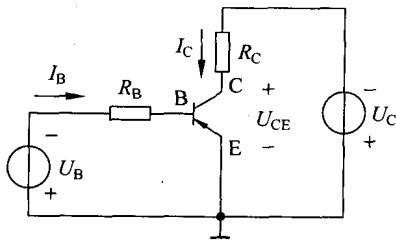
(2) 当 $R_B = 20\text{k}\Omega$ 时, $I_C = 5.2\text{mA}$ 。 R_C 越小, U_{RC} 越小, U_{CE} 越大, $U_{CE} I_C$ 有可能超过 P_{CM} 。要使 $P_C = U_{CE} I_C < P_{CM}$, 应有 $U_{CE} < \frac{P_{CM}}{I_C} = \frac{100}{5.2} \approx 19.23(\text{V})$, 所以

$$U_{RC} > U_C - U_{CE} = 24 - 19.23 = 4.77(\text{V})$$

所以 R_C 的最小值为

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_C} = \frac{4.77}{5.2} \approx 0.92(\text{k}\Omega)$$

11.17 图题 11.17 所示电路中所用晶体管为 PNP 型锗晶体管, $\beta = 60$ 。 $U_C = 12\text{V}$, $R_B = 50\text{k}\Omega$, $R_C = 5\text{k}\Omega$ 。设晶体管发射结压降 $U_{BE} = -0.3\text{V}$ 。当



图题 11.17

$U_B = 1V$ 时,求晶体管的 I_B 、 I_C 和 U_{CE} 。

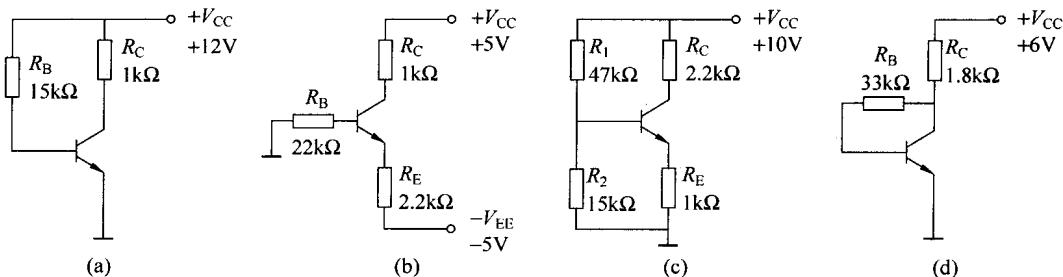
解 由已知条件得

$$I_B = \frac{(-U_B) - U_{BE}}{R_B} = \frac{(-1) - (-0.3)}{50} = -0.014(\text{mA})$$

$$I_C = \beta I_B = 60 \times (-0.014) = -0.84(\text{mA})$$

$$U_{CE} = (-U_C) - I_C R_C = -12 - (-0.84) \times 5 = -7.8(\text{V})$$

11.18 图题 11.18 所示各电路中所用晶体管为 NPN 型硅晶体管, $\beta = 100$ 。判断晶体管处于什么状态。设 $U_{CES} = 0V$ 。



图题 11.18

解 (a) 由已知条件得

$$I_{CS} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{R_C} = \frac{12 - 0}{1} = 12(\text{mA})$$

I_B 的最大值不应超过

$$I_{Bmax} = \frac{I_{CS}}{\beta} = \frac{12}{100} = 0.12(\text{mA})$$

否则晶体管将饱和,实际上

$$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B} = \frac{12 - 0.7}{15} = 0.75(\text{mA}) > I_{Bmax}$$

所以,晶体管处于饱和状态。

(b) 由已知条件得

$$I_{CS} \approx \frac{V_{CC} - (-V_{EE}) - U_{CES}}{R_C + R_E} = \frac{12 - (-5) - 0}{1 + 2.2} \approx 5.31(\text{mA})$$

I_B 的最大值不应超过

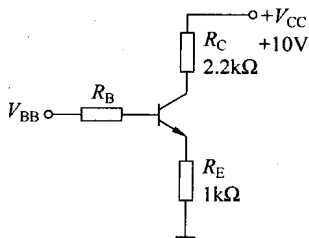
$$I_{Bmax} = \frac{I_{CS}}{\beta} = \frac{5.31}{100} = 0.0531(\text{mA})$$

否则晶体管将饱和,实际上

$$I_B = \frac{0 - (-V_{EE}) - 0.7}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{0 - (-5) - 0.7}{22 + (100 + 1) \times 2.2} \approx 0.0176(\text{mA}) < I_{Bmax}$$

所以,晶体管处于放大状态。

(c) 用戴维宁定理将图题 11.18(c)等效为图解 11.18,



图解 11.18

其中

$$V_{BB} = \frac{V_{CC}R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 15}{47 + 15} \approx 2.42(\text{V})$$

$$R_B = R_1 // R_2 = 47 // 15 \approx 11.4(\text{k}\Omega)$$

$$I_{CS} \approx \frac{V_{CC} - U_{CES}}{R_C + R_E} = \frac{10 - 0}{2.2 + 1} \approx 3.13(\text{mA})$$

I_B 的最大值不应超过

$$I_{B\max} = \frac{I_{CS}}{\beta} = \frac{3.13}{100} = 0.0313(\text{mA})$$

否则晶体管将饱和,实际上

$$I_B = \frac{V_{BB} - 0.7}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{2.42 - 0.7}{11.4 + (100 + 1) \times 1} \approx 0.0153(\text{mA}) < I_{B\max}$$

所以,晶体管处于放大状态。

(d) 由已知条件得

$$I_{CS} \approx \frac{V_{CC} - U_{CES}}{R_C} = \frac{6 - 0}{1.8} \approx 3.33(\text{mA})$$

I_B 的最大值不应超过

$$I_{B\max} = \frac{I_{CS}}{\beta} = \frac{3.33}{100} = 0.0333(\text{mA})$$

否则晶体管将饱和。因为

$$V_{CC} = I_C R_C + I_B R_B + U_{BE} = (\beta I_B) R_C + I_B R_B + U_{BE}$$

所以

$$I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_B + \beta R_C} = \frac{6 - 0.7}{33 + 100 \times 1.8} \approx 0.0248(\text{mA}) < I_{B\max}$$

故晶体管处于放大状态。

11.19 图题 11.19 所示电路中,N 沟道结型场效应管的 $I_{DSS}=5\text{mA}$, $U_{GS(\text{off})}=-4\text{V}$ 。求场效应管的静态工作点 U_{GS} 、 U_{DS} 和 I_D 。

解 由电路图可知

$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = \frac{2}{26 + 2} \times 9 \approx 1.3(\text{V})$$

由电路可列方程

$$U_{GS} = V_G - R_S I_D = 1.3 - 3.3 I_D$$

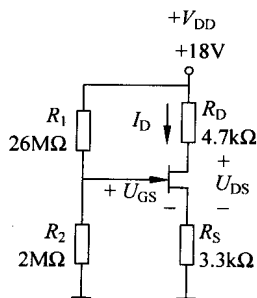
根据 $I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(\text{off})}}\right)^2$ 可列方程

$$I_D = 4 \times \left(1 - \frac{U_{GS}}{-4}\right)^2$$

将以上两式联立求解,得

$$I_D = 1\text{mA}, \quad U_{GS} = -2\text{V}$$

所以



图题 11.19

$$U_{DS} = V_{DD} - (R_D + R_S)I_D = 18 - (4.7 + 3.3) \times 1 = 10(\text{V})$$

11.20 有一 N 沟道耗尽型 MOS 管, 已知 $U_{GS(\text{off})} = -10\text{V}$, 当 $U_{GS} = -2\text{V}$ 时, $I_D = 3\text{mA}$ 。求 I_{DSS} 。

解 根据场效应管的电流方程 $I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(\text{off})}}\right)^2$, 得

$$I_{DSS} = \frac{I_D}{\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(\text{off})}}\right)^2} = \frac{3}{\left(1 - \frac{-2}{-10}\right)^2} \approx 4.69(\text{mA})$$

11.21 有一 P 沟道增强型 MOS 管, 已知 $U_{GS(\text{th})} = -3\text{V}$, 当 $U_{GS} = -12\text{V}$ 时, $I_D = 10\text{mA}$ 。用场效应管的电流方程估算当 $U_{GS} = -5.5\text{V}$ 时的 I_D 。(注: 场效应管电流方程中的 I_D 方向是实际方向)

解 根据场效应管的电流方程 $I_D = I_{DO} \left(\frac{U_{GS}}{U_{GS(\text{th})}} - 1\right)^2$, 得

$$I_{DO} = \frac{I_D}{\left(\frac{U_{GS}}{U_{GS(\text{th})}} - 1\right)^2} = \frac{10}{\left(\frac{-12}{-3} - 1\right)^2} \approx 1.11(\text{mA})$$

所以当 $U_{GS} = -5.5\text{V}$ 时,

$$I_D = 1.11 \times \left(\frac{-5.5}{-3} - 1\right)^2 \approx 0.96(\text{mA})$$

第 11 章英文习题解答

11.22 Determine the voltage with respect to ground at each point in Figure 11.22. (The diodes are silicon.)

解 $V_A = 24\text{V}, V_D = 6\text{V}$

$$V_B = V_A - 0.7 = 24 - 0.7 = 23.3(\text{V})$$

$$V_C = V_D + 0.7 = 6 + 0.7 = 6.7(\text{V})$$

11.23 Determine the minimum input voltage required for regulation to be established in Figure 11.23. Assume an Zener diode with $I_{Z\text{min}} = 1.5\text{mA}$, $r_z = 10\Omega$, and $V_Z = 15\text{V}$ at $I_Z = 30\text{mA}$.

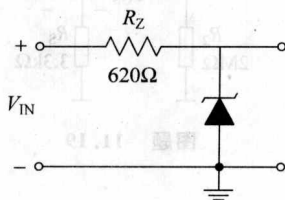


Figure 11.23

解 根据 $r_z = \frac{V_Z - V_{Z\text{min}}}{I_Z - I_{Z\text{min}}}$, 得

$$V_{Z\text{min}} = V_Z - r_z(I_Z - I_{Z\text{min}}) = 15 - 0.01 \times (30 - 1.5) \approx 14.72(\text{V})$$

当稳压管工作电流为 $I_{Z\text{min}}$ 时, 输入电压可以最小, 这个最小输入电压为

$$V_{I\text{Nmin}} = I_{Z\text{min}}R_Z + V_{Z\text{min}} = 1.5 \times 0.62 + 14.72 = 15.65(\text{V})$$

11.24 To what value must R_Z be adjusted in Figure 11.24 to make $I_Z = 40\text{mA}$? Assume $V_Z = 12\text{V}$ at 30mA and $r_z = 25\Omega$.

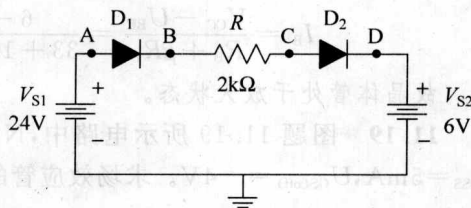


Figure 11.22

解 根据 $r_z = \frac{V_z - V'_z}{I_z - I'_z}$, 得

$$\begin{aligned} V'_z &= V_z - r_z(I_z - I'_z) \\ &= 12 - 0.025 \times (30 - 40) = 12.25(\text{V}) \end{aligned}$$

所以

$$R_z = \frac{V_{IN} - V'_z}{I'_z} = \frac{16 - 12.25}{40} \approx 0.094\text{k}\Omega = 94(\Omega)$$

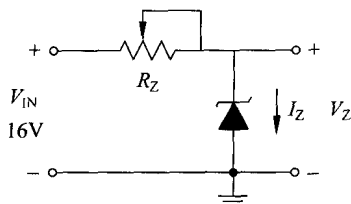


Figure 11.24

11.25 The silicon transistor in Figure 11.25 has a β_{DC} of 60. (1) Determine the value of R_B required to ensure saturation when V_{IN} is 4V. Assume $V_{CE(sat)} = 0.3\text{V}$. (2) What minimum value of V_{IN} is necessary for saturation when R_B is $100\text{k}\Omega$?

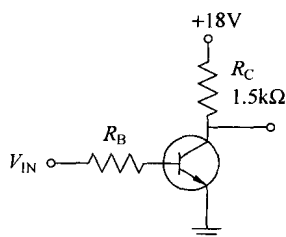


Figure 11.25

解 (1) 由已知条件得

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C} = \frac{18 - 0.3}{1.5} = 11.8(\text{mA})$$

使集电极电流为 $I_{C(sat)}$ 的基极电流为

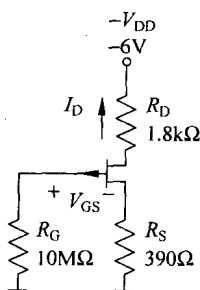
$$I_{B(sat)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{DC}} = \frac{11.8}{60} \approx 0.197(\text{mA})$$

所以

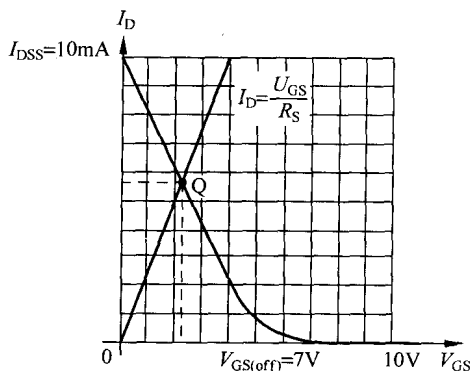
$$R_B = \frac{V_{IN} - 0.7}{I_{B(sat)}} = \frac{4 - 0.7}{0.197} \approx 16.8(\text{k}\Omega)$$

$$(2) V_{INmin} = I_{B(sat)} R_B + 0.7 = 0.197 \times 100 + 0.7 = 20.4(\text{V}).$$

11.26 Graphically determine the Q-point (U_{GS} , I_D) for the p-channel JFET circuit in Figure 11.26(a) using the transfer characteristic curve in Figure 11.26(b).



(a)



(b)

Figure 11.26

解 从电路图可得 $V_{GS} = V_G - V_S = 0 - (-I_D R_S) = I_D R_S$, 即

$$I_D = \frac{V_{GS}}{R_S} = \frac{V_{GS}}{0.39}$$

在转移特性曲线上做出 $I_D = \frac{U_{GS}}{0.39}$ 的曲线, 两条曲线的交点为 Q, Q 点的坐标为