

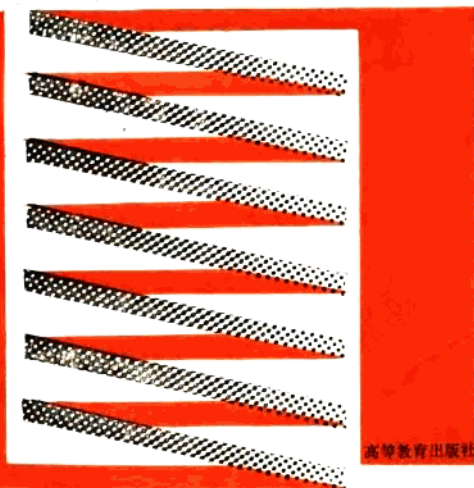
高等学校教学参考书

电子技术

(电工学Ⅱ)

例题习题集

北京化工学院电气工程学科 编 吕砚山 主编



高等教育出版社

内 容 简 介

本书是根据 1987 年由国家教育委员会颁布的《电子技术(电工学 II) 课程教学基本要求》编写的。

内容包含模拟电子电路和数字电子电路两大部分,共分十三章,每章均先以若干例题形式总结了内容要点,继之给出了内容丰富而适量的习题。其中包括概念题、分析题、计算题、应用题以及综合题等,类型比较齐全。全书共有例题 65 道,习题 370 道,各章章末还给出了部分习题答案,以便于读者自学。

本书可作为高等学校非电专业学生学习“电子技术(电工学 II)”课程的辅助教材或参考书,也可供有关工程技术人员参考。

高等学校教学参考书

电子技术(电工学 II)例题习题集

北京化工学院电气工程学科 编

吕砚山 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民邮电出版社印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 8.875 字数 210 000

1990 年 1 月第 1 版 1990 年 2 月第 1 次印刷

印数 0001—2,085

ISBN7-04-002534-5/TN·129

定价 2.15 元

前 言

为了适应教学改革的要求,经高等学校工科电工课程教学指导委员会电工学课程教学领导小组研究并经国家教委批准,高等学校工科非电专业的“电工学”课程,现在已经分设为“电工技术(电工学I)”和“电子技术(电工学II)”两门课程,并于1987年颁布了这两门课程的教学基本要求。本书就是按照《电子技术(电工学II)课程教学基本要求》编写而成的。

编写本书的主要目的是为高等学校非电专业学生学习“电子技术(电工学II)”课程提供一种有助于理论联系实际的参考书或辅助材料。因此,力求与这门课程的通用教材相适应是本书在编写中考虑的原则之一。然而,由于各种教材的内容和体系不尽相同,难于趋一,本书只能取其共性,做到大致“兼容”。

为了使读者在“温故而知新”的基础上,提高分析问题和解决问题的能力,本书各章首先以例题形式总结了内容的要点,随之给出了包含思考题在内的习题,其类型有概念题、分析题、计算题、应用题以及综合题(其中包括读图练习)等,内容较为完整。全书共计十三章,有例题65道,习题370道。章末还给出了部分答案,以便于读者自学。因此,本书也可以作为一本单独的参考书来使用。

参加本书编写的是北京化工学院自动化系电气工程学科吕砚山(一、二、三、四章)、张诚庆(五、六、七章)、武治华(八、九、十章)、梁英民(十一、十二、十三章),并由吕砚山主编。

本书承清华大学电子学教研室主任闫石同志担任主审。主审对本书内容进行了仔细的审阅,并提出了许多宝贵的意见,编者在此谨致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中谬误之处在所难免,敬希读者批评指正。

编 者

1988年6月

目 录

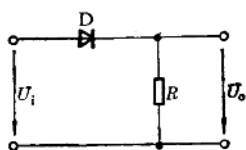
第一章 半导体器件.....	1
例题.....	1
习题.....	9
习题答案.....	16
第二章 放大电路的工作原理与分析方法.....	18
例题.....	18
习题.....	30
习题答案.....	38
第三章 半导体交流放大器.....	39
例题.....	39
习题.....	53
习题答案.....	62
第四章 半导体直流放大器.....	63
例题.....	63
习题.....	73
习题答案.....	79
第五章 集成运算放大器及其应用.....	80
例题.....	80
习题.....	91
习题答案.....	116
第六章 正弦波及非正弦波振荡器.....	119
例题.....	119
习题.....	125
习题答案.....	134
第七章 整流电路及直流稳压电源.....	135
例题.....	135
习题.....	146

习题答案	158
第八章 数字电路的基础知识	160
例题	160
习题	169
习题答案	178
第九章 逻辑门电路	180
例题	180
习题	188
习题答案	196
第十章 组合逻辑电路	197
例题	197
习题	207
第十一章 触发器与自激多谐振荡器	211
例题	211
习题	225
习题答案	245
第十二章 时序逻辑电路	246
例题	246
习题	252
第十三章 模数、数模转换与数字电路综合应用	264
例题	264
习题	270
习题答案	276
本书参考文献	277

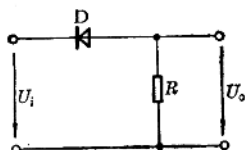
第一章 半导体器件

例 题

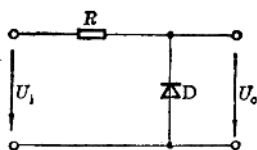
例1-1 图 1-1 表示六种半导体二极管的应用电路。设二极管 D 均为 2CP 10 型, 电阻 $R=3\text{k}\Omega$, 外加输入电压 $U_i=12\text{V}$, 试计算各电路中的输出电压 U_o 。



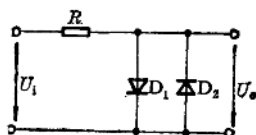
(a)



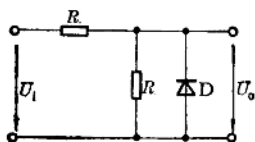
(b)



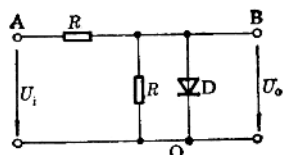
(c)



(d)



(e)



(f)

图 1-1 二极管电路

解 本例题的目的是加深对二极管的单向导电性能以及钳位作用的理解。二极管 2CP 10 型为硅二极管,其正向压降为 0.7 V,反向电流很小(在最高反向电压 25 V、测试温度小于 100°C 时,其值 $\leq 5 \mu\text{A}$),可以忽略,即二极管在反向电压作用下相当于开路。据此,对图 1-1 所示六种电路的输出电压 U_o 。可计算如下。

(a) 二极管 D 因承受正向电压而导通,有压降 0.7 V,故 R 上电压

$$U_o = U_i - 0.7 = 12 - 0.7 = 11.3\text{V}$$

(b) 二极管 D 因承受反向电压而截止,相当于开路,故 R 上的电压

$$U_o = 0$$

(c) 二极管 D 因承受反向电压而截止,相当于开路,但这里二极管并联于输出端,故输出端与输入端电压相等,即

$$U_o = U_i = 12\text{V}$$

(d) 因二极管 D_1 承受正向电压,二极管 D_2 承受反向电压,故 D_1 导通、 D_2 截止。 D_1 导通,其上有 0.7V 压降, D_2 截止相当开路,故 U_o 。由 D_1 的正向压降决定,即

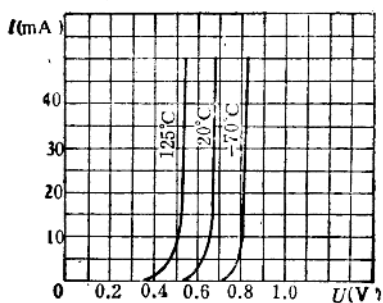
$$U_o = 0.7\text{V}$$

(e) 二极管 D 因承受反向电压而截止,相当于开路,故由 R 电阻分压,使

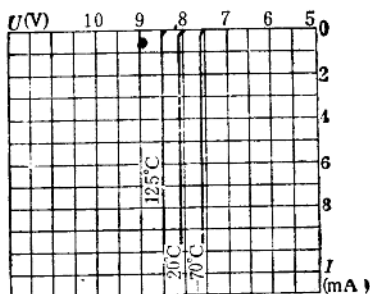
$$U_o = \frac{R}{R+R} U_i = \frac{1}{2} U_i = 6\text{V}$$

(f) 二极管 D 因承受正向电压而导通,故 $U_o = 0.7\text{V}$, 这里二极管 D 起到一种“钳制”作用,即如以 O 点为参考点,则 B 点电位被二极管 D 钳制在 0.7 V。如果二极管 D 是理想二极管,则 B 点电位被钳制在 0V。

例1-2 稳压管 2CW 15 的正向与反向特性分别如图 1-2(a)、



(a) 正向特性



(b) 反向特性

图 1-2 稳压管 2CW15 的伏安特性

(b)所示。今设有两个 2CW15 型稳压管，由于制造工艺造成的分散性等原因，使得一个管子的稳压值是 8.1 V，另一管子的稳压值为 7.5V。试问若把这两个稳压管串联或并联使用时，其稳压值各为多少？

解 将两管串联或并联使用时，各有四种连接方式，分别如图 1-3(a)、(b)、(c)、(d)与(e)、(f)、(g)、(h)所示。

设稳压管在工作温度下正向压降为 0.75 V，则两管串联后对应图 1-3(a)、(b)、(c)、(d)四种情况可分别获得稳压值为 15.6 V，8.85 V，8.25 V，1.5 V，如图中所注。

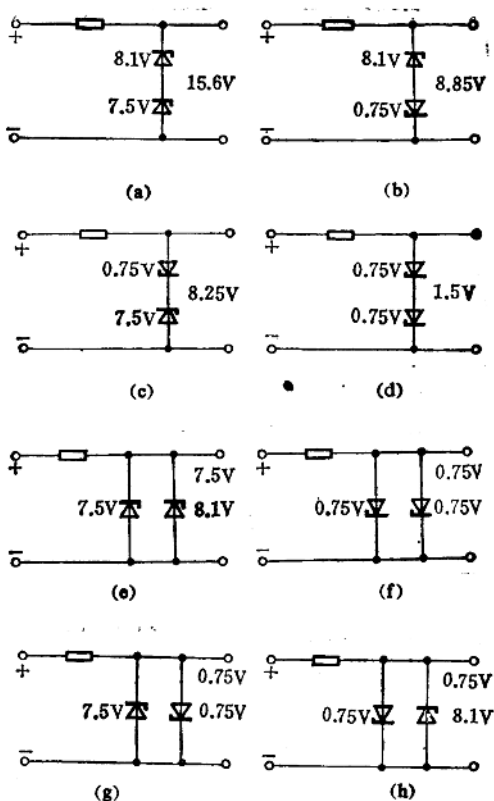


图 1-3 稳压管的串联与并联

当两管并联时,根据稳压管的特性,稳压值由两管中稳压最低者决定。由此,对应图1-3(e)、(f)、(g)、(h)四种情况,可分别获得稳压值为7.5 V, 0.75 V, 0.75 V, 0.75 V, 即只有两种稳压值(7.5 V, 0.75 V),如图中所注。由于稳压管并联时,通常仅有一只管子起作用,故一般不将稳压管并联使用。

例1-3 一只NPN型晶体管各极间的电流分配如图1-4所

示。其中 I_{CBO} 是集电区的少数载流子(空穴)和基区的少数载流子(电子)由于受集电结的反向电压作用而形成的反向饱和电流; I'_B 是发射区注入基区的电子中一小部分与基区空穴复合而形成的电流; I'_C 是发射区注入基区的电子中大部分扩散到集电结被结电场拉入集电区而形成的电流; I_E 、 I_B 、 I_C 则分别是发射极电流、基极电流和集电极电流。

今由实验测得各极电流如表 1-1 所示。试求: (1) 当 $I_E=0$ 时, $I_B=?$ (2) 该管作共基极连接时, 静态和动态电流放大系数 $\bar{\alpha}$ 、 $\alpha=?$ (3) 若该管作共发射极连接时, 设各极电流分配关系仍如表 1-1 所示, 其静态和动态电流放大系数 $\bar{\beta}$ 、 $\beta=?$

表 1-1 各极电流分配

I_E (mA)	0	3	4
I_C (mA)	0.1×10^{-3}	2.93	3.91
I_B (mA)		0.07	0.09

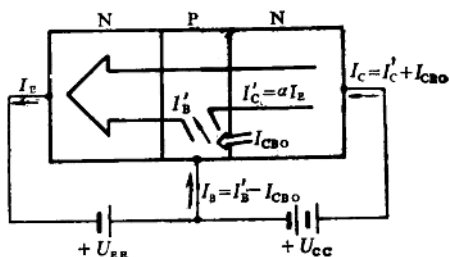


图 1-4 NPN 型晶体管电流分配关系

解 本题的目的是为认清晶体管各极间的电流分配以及电流放大系数 α 与 β 的意义。

(1) 由图 1-4 可以清楚地看出, 当 $I_E = 0$ 即发射极开路时, 由于由发射区注入基区的电子为零, 故 $I'_B = 0$, $I'_C = 0$, 而 $I_C = I_{CBO} = 0.1 \mu A$, $I_B = -I_{CBO} = -0.1 \mu A$ 。

(2) 共基极连接时的电流放大系数:

$$\bar{\alpha} = \frac{I'_C}{I'_E} = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_E} = \frac{2.93 - 0.0001}{3} = 0.977$$

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{3.91 - 2.93}{4 - 3} = 0.98$$

(3) 共发射极连接时的电流放大系数:

$$\bar{\beta} = \frac{I'_C}{I'_B} = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_B + I_{CBO}} = \frac{2.93 - 0.0001}{0.07 + 0.0001} = 42$$

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{3.91 - 2.93}{0.09 - 0.07} = 49$$

例1-4 一只如图 1-5 所示共射极接法的晶体管, 从电路上可看作一个二端口网络。其中点划线框内的晶体管为非线性元件, 但在小信号范围内运用时, 可近似看作线性元件。试根据电路理论导出其输入量 I_b 、 $\dot{U}_b$ 与输出量 I_c 、 $\dot{U}_c$ ① 以及管子参数之间的关系, 并导出微变等效电路。

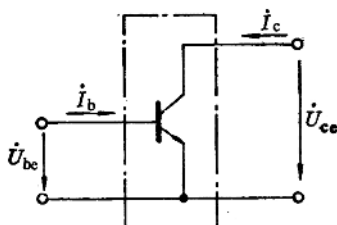


图 1-5 晶体管共射极电路

解 据题意晶体管在工作点附近的小信号范围内工作, 故图

① 这里输入量和输出量均为交变成分且为同频正弦量, 故均以相量表示, 并以英小写字母表示下标。

1-5 所示电路相当一线性二端口网络。由二端口网络的 h 参数方程^[3], 可写出

$$\begin{cases} \dot{U}_{be} = h_{11} \dot{I}_b + h_{12} \dot{U}_{ce} \\ \dot{I}_c = h_{21} \dot{I}_b + h_{22} \dot{U}_{ce} \end{cases}$$

式中 $h_{11} = \left. \frac{\dot{U}_{be}}{\dot{I}_b} \right|_{\dot{U}_{ce}=0}$ 为输出端短路时的输入电压与输入电流之比, 称为晶体管的输入电阻 r_{be} 。 $h_{12} = \left. \frac{\dot{U}_{be}}{\dot{U}_{ce}} \right|_{\dot{I}_b=0}$ 是输入端开路时的输入电压与输出电压之比, 反映了晶体管输出回路对输入回路的反馈作用, 称为晶体管的内反馈系数。 $h_{21} = \left. \frac{\dot{I}_c}{\dot{I}_b} \right|_{\dot{U}_{ce}=0}$ 为输出端短路时, 输出电流与输入电流之比, 称为晶体管的电流放大系数 β 。 $h_{22} = \left. \frac{\dot{I}_c}{\dot{U}_{ce}} \right|_{\dot{I}_b=0}$ 为输入端开路时, 输出电流与输出电压之比, 称为晶体管的输出电导。

根据上述公式可以作出图1-6 所示的电路, 即为图1-5 所示电路的微变等效电路。输入回路中与 r_{be} 串联的电压源 $h_{12} \dot{U}_{ce}$, 其电压受输出电压 $\dot{U}_{ce}$ 的控制, 称为电压控制电压源 (VCVS)。输出回路中与 h_{22} 并联的电流源, 其电流受输入电流 $\dot{I}_b$ 的控制, 称为电流控制电流源 (CCCS)。所以, 图 1-6 表示的是一种含受控源的电路。

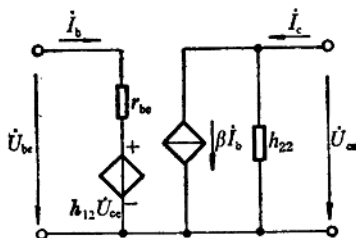


图 1-6 晶体管微变等效电路

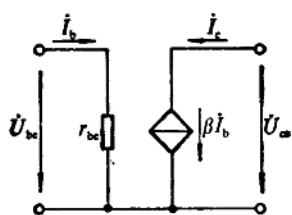


图 1-7 晶体管简化微变等效电路

应当指出, 通常由于晶体管的 h_{12} 与 h_{22} 均很小, 可忽略不计,

故可将图 1-6 所示电路简化为图 1-7 所示, 即为晶体管的简化微变等效电路。

例 1-5 图 1-8 表示一共源极接法的 N 型沟道绝缘栅型场效应管, 试根据其电流电压关系推导出在小信号范围内工作时的微变等效电路。

解 场效应管的微变等效电路, 可根据其漏极电流 i_D 与栅源电压 u_{GS} 、漏源电压 u_{DS} 之间的函数关系导出, 即

$$i_D = f(u_{GS}, u_{DS})$$

考虑其全微分关系, 则有

$$di_D = \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} du_{GS} + \frac{\partial i_D}{\partial u_{DS}} du_{DS}$$

由于在小信号情况下工作, 上述电流、电压的变化均在场效应管特性曲线的线性范围内, 故可以用交流分量表示为

$$i_d = g_m u_{gs} + \frac{1}{r_d} u_{ds}$$

式中 $g_m = \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}}$, $r_d = \frac{\partial u_{DS}}{\partial i_D}$, 分别是场效应管的跨导和输出电阻。

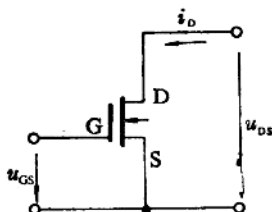


图 1-8 场效应管的共源极接法

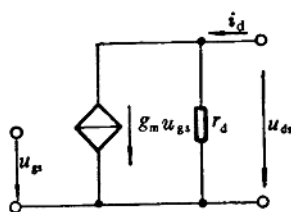


图 1-9 场效应管的微变等效电路

根据上述推得的公式, 可画出场效应管的微变等效电路如图 1-9 所示。显然, 它相当于一个电压控制电流源 (VCCS)。通常 r_d 的数值达几百千欧, 因此当负载电阻远小于 r_d 时, 可忽略并联支路 r_d (将其开路), 从而可以得到其简化的微变等效电路。

习 题

1-1 什么是P型半导体和N型半导体？这两种半导体中的多数载流子和少数载流子各是什么？什么是电子导电和空穴导电？能否说P型半导体带正电，N型半导体带负电？

1-2 半导体和金属导体的导电机理有何不同？

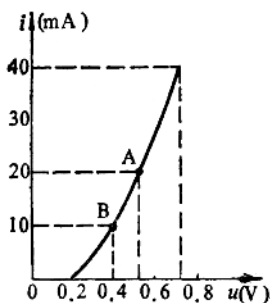
1-3 什么是PN结及其单向导电性？为使PN结的单向导电性不受破坏，应注意哪些事项？

1-4 如果把一个PN结(可用一个刮去外面黑漆的玻璃管壳的二极管替代)两端接一微安表，中间不接任何电源，微安表中是否有读数？如以光线照射此PN结时，微安表是否有读数？为什么？

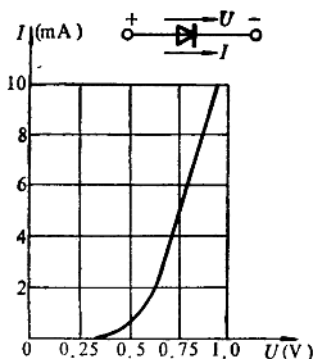
1-5 选择和使用二极管时应注意哪些主要技术指标？

1-6 怎样利用万用表来检查二极管的极性与好坏？怎样利用万用表来挑选两个伏安特性一致的二极管？

1-7 有一只二极管的伏安特性如图所示。试求A点和B点的直流电阻(静态电阻)和交流电阻(动态电阻)的数值。



题 1-7 图

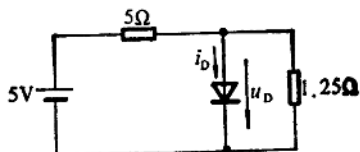


题 1-8 图

1-8 已知半导体二极管的伏安特性如图所示。求此二极管

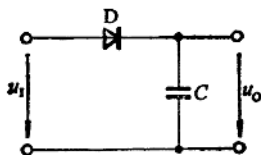
工作在 $U=0.75\text{V}$ 时的静态电阻和动态电阻。

1-9 已知一只二极管的伏安特性为 $i_D = (e^{40u_D} - 1)\mu\text{A}$ 。现将此二极管与一只 5Ω 的电阻和 5V 的电源相串联。此外，在二极管的两端还并联了一只 1.25Ω 的电阻，如图所示。试求流过此二极管的电流及二极管两端的电压。

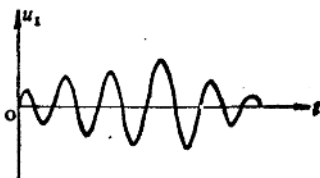


题 1-9 图

1-10 题 1-10(a)图表示利用二极管 D 和电容 C 构成的峰值保持电路的原理图。设 D 为理想二极管，当输入电压 u_i 为图(b)所示波形时，试分析并画出输出电压 u_o 的波形。



(a)

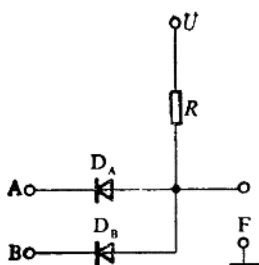


(b)

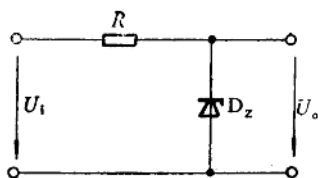
题 1-10 图

1-11 在题 1-11 图所示电路中， $U=12\text{V}$ ， $R=3.9\text{k}\Omega$ 。当不计二极管 D_A 、 D_B 的正向压降时，试求下列三种情况下，输出端 F 的电位 U_F 及在 R 、 D_A 、 D_B 中流过的电流 I_R 、 I_{D_A} 、 I_{D_B} ：

- (1) $U_A=U_B=0$;
- (2) $U_A=3\text{V}$ ， $U_B=0$;
- (3) $U_A=U_B=3\text{V}$ 。



题 1-11 图



题 1-12 图

1-12 稳压管为什么具有稳压作用？为什么在利用稳压管构成的稳压电路(如图所示)中要串接附加电阻 R ？如果在这种稳压电路中的 $R=0$ ，还能否有稳压作用？稳压管 D_Z 及电阻 R 各起什么作用？

1-13 利用半导体二极管和稳压管的正向压降，是否也可以进行稳压？为什么？

1-14 为使稳压性能好，应如何根据稳定电压、稳定电流、动态电阻和电压温度系数来选择稳压管？

1-15 如何利用万用表对稳压管进行下列测试：(1) 管子的好坏与极性；(2) 区别是二极管抑或稳压管。

1-16 有两只稳压管，其稳定电压分别为 5.5 V 和 8.5 V ，正向压降均为 0.5 V ，稳定电流亦相同。问利用此两只管子怎样连接，才能获得 3 V 、 6 V 、 9 V 、 14 V 的稳定电压？

1-17 如果要制作一个输出 6 V 、 30 mA 的直流稳压电源，有人打算用三只 $2\text{ DW } 7\text{ B}$ 型稳压管(稳定电压 $5.8\sim 6.6\text{ V}$ ，稳定电流 10 mA)并联作为稳压元件，你认为是否可以？为什么？

1-18 图示为一种直流电压表的电路。其中电流表的满刻度量限电流 $I_G=200\text{ }\mu\text{A}$ ，内阻 $R_0=560\text{ }\Omega$ 。 D_Z 是防止表头过载用