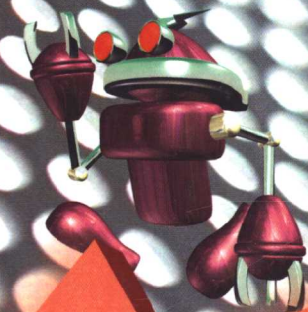


高等学校电工电子系列教材



电子技术

基础学习指导

高 宁 编著

电子技术 基础学习指导

高 宁 编著

山东科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术基础学习指导/高宁编著. —济南: 山东科学技术出版社, 2003

ISBN 7-5331-3378-1

I. 电... II. 高... III. 电子技术—高等学校—自学参考资料 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 005169 号

电子技术基础学习指导

高 宁 编著

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 2065109

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@jn-public.sd.cninfo.net

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 2020432

印刷者: 山东旅科印务有限公司

地址: 济南市九曲路中段 8 号

邮编: 250022 电话: (0531) 2742156

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 12.25

字数: 271 千

版次: 2003 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1-3000

ISBN 7-5331-3378-1

TP·104

定价: 18.00 元

前 言

“电子技术基础”(或称为“电子线路”)是高校电气、电子、计算机及自动化类专业的一门重要的技术基础课,其工程性和实践性都很强。初次接触这类课程,许多人会感到不适应,入门过程比较长。特别是面对习题中与实际密切联系的大量概念和千变万化的电路,经常会束手无策。解题难是电子技术初学者遇到的普遍问题。编写本书的目的,就是期望通过大量习题的解答、讨论,帮助读者理解概念,分析电路,寻找规律,掌握方法,尽快适应电子技术课程的学习。

本书分模拟电子技术基础、数字电子技术基础两部分。模拟部分 10 章,数字部分 10 章。每章内容又包括:基本要求,习题,解答示例,习题答案。书末附有部分高校近年电子技术基础的考研试题和电子技术常用符号对照表。本书的特点是:

1. 习题数量大、涉及面广。全书共有习题近 300 道,涵盖半导体器件、电子电路、电子技术应用等各个方面,并涉及数字可编程逻辑器件及在系统可编程模拟电路的有关内容。

2. 解答示例选题恰当,解答详尽,并以讨论的方式给出解题技巧和方法。在解答示例中,作者根据多年教学中学生集中反映的难点、疑点,有针对性的给出解答,并概括总结出一般的规律、方法,使读者不仅可以就题解题,而且可以在更深的层次上得到指导。

3. 包含部分电子技术考研试题,具有一定的考研辅导作用。

本书是在王济浩主编《模拟电子技术基础》和周常森、范爱平主编《数字电子技术基础》(山东科学技术出版社,2002)两本教材基础上编写的,同时又具有独立的体系,不仅可以与上述两本教材配合使用,也可作为独立的电子技术辅导用书。

本书编写过程中,得到了山东大学控制科学与工程学院电子新技术应用研究所全体老师的热情帮助和支持,在此表示衷心感谢!

由于作者水平所限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

模拟电子技术基础

第一章 半导体器件基础	1
1.1 基本要求	1
1.2 习 题	1
1.3 解答示例	3
1.4 答 案	6
第二章 基本放大电路	9
2.1 基本要求	9
2.2 习 题	9
2.3 解答示例	13
2.4 答 案	17
第三章 场效应管放大器	19
3.1 基本要求	19
3.2 习 题	19
3.3 解答示例	21
3.4 答 案	22
第四章 功率电子电路	24
4.1 基本要求	24
4.2 习 题	24
4.3 解答示例	28
4.4 答 案	30
第五章 集成运算放大器	33
5.1 基本要求	33
5.2 习 题	33
5.3 解答示例	36
5.4 答 案	38
第六章 反馈放大电路	39
6.1 基本要求	39

6.2 习 题.....	39
6.3 解答示例.....	44
6.4 答 案.....	48
第七章 信号的运算与处理电路	50
7.1 基本要求.....	50
7.2 习 题.....	50
7.3 解答示例.....	57
7.4 答 案.....	61
第八章 波形的产生与变换电路	63
8.1 基本要求.....	63
8.2 习 题.....	63
8.3 解答示例.....	69
8.4 答 案.....	73
第九章 直流稳压电源	75
9.1 基本要求.....	75
9.2 习 题.....	75
9.3 解答示例.....	76
9.4 答 案.....	81
第十章 在系统可编程模拟电路	83
10.1 基本要求.....	83
10.2 习 题.....	83
10.3 解答示例.....	83

数字电子技术基础

第一章 数字电路基础	86
1.1 基本要求.....	86
1.2 习 题.....	87
1.3 解答示例.....	87
1.4 答 案.....	90
第二章 逻辑门电路.....	92
2.1 基本要求.....	92
2.2 习 题.....	92
2.3 解答示例.....	96

2.4 答 案.....	98
第三章 组合逻辑电路的分析与设计.....	102
3.1 基本要求.....	102
3.2 习 题.....	102
3.3 解答示例.....	105
3.4 答 案.....	109
第四章 组合逻辑模块及其应用	112
4.1 基本要求.....	112
4.2 习 题.....	112
4.3 解答示例.....	113
4.4 答 案.....	117
第五章 触发器	121
5.1 基本要求.....	121
5.2 习 题.....	121
5.3 解答示例.....	126
5.4 答 案.....	129
第六章 时序逻辑电路	132
6.1 基本要求.....	132
6.2 习 题.....	132
6.3 解答示例.....	135
6.4 答 案.....	142
第七章 半导体存储器	146
7.1 基本要求.....	146
7.2 习 题.....	146
7.3 解答示例.....	148
7.4 答 案.....	151
第八章 脉冲波形的产生与整形	152
8.1 基本要求.....	152
8.2 习题.....	152
8.3 解答示例.....	156
8.4 答 案.....	158
第九章 数模与模数转换电路	161
9.1 基本要求.....	161
9.2 习 题.....	161

9.3 解答示例.....	164
9.4 答 案.....	166
第十章 可编程逻辑器件应用技术.....	169
10.1 基本要求.....	169
10.2 习 题.....	169
10.3 解答示例.....	170
附录 A 部分高校电子技术硕士研究生入学考试试题选编	173
硕士研究生入学试题（一）	173
硕士研究生入学试题（二）	175
硕士研究生入学试题（三）	179
硕士研究生入学试题（四）	182
附录 B 电子技术常用符号对照表	186
参考文献	188

模拟电子技术基础

第一章 半导体器件基础

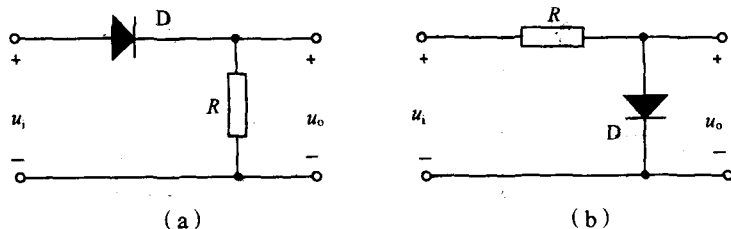
1.1 基本要求

1. 正确理解以下基本概念：二极管的单向导电性，三极管的电流控制作用。
2. 熟练掌握二极管、三极管的外特性 ($V \rightarrow A$ 特性曲线及方程)。
3. 熟练掌握二极管、三极管的常用模型。
4. 熟悉二极管、三极管的主要参数。

1.2 习 题

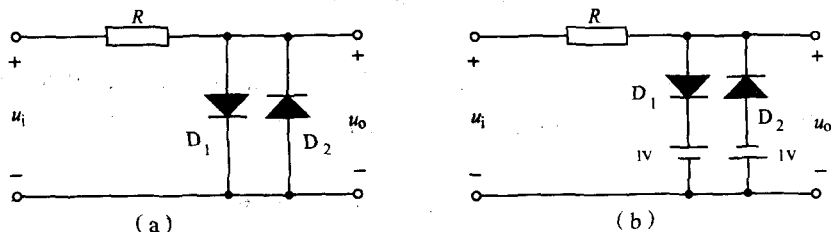
1.1 有两个 PN 结，一个反向饱和电流为 $1\mu\text{A}$ ，另一个反向饱和电流为 1nA 。当它们串联工作时，流过 PN 结的正向电流为 1mA ，两个 PN 结的导通压降分别为多少？

1.2 二极管电路如图题 1.2 所示。已知 $u_i = 20\sin\omega t$ (V)，若忽略二极管的正向压降和反向电流，请分别写出输出电压 u_o 的表达式，画出电压传输曲线 $u_o = f(u_i)$ ，并画出 u_o 相应的波形。



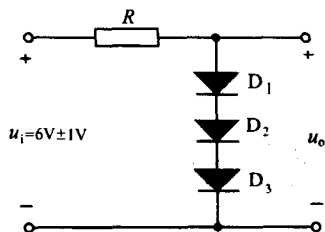
图题 1.2

1.3 在图题 1.3 电路中，已知 $u_i = 6\sin\omega t$ (V)，若二极管的正向导通压降为 0.7V ，请分别写出输出电压 u_o 的表达式，画出电压传输曲线 $u_o = f(u_i)$ ，并画出 u_o 相应的波形。

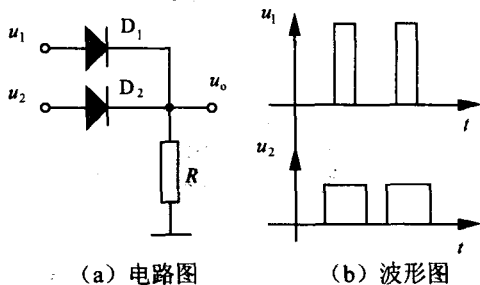


图题 1.3

1.4 二极管电路如图题 1.4 所示, 电阻 $R=1\text{k}\Omega$ 。(1) 利用硅二极管的理想二极管串联电压源模型求流过二极管的电流 i 和输出电压 u_o 。(2) 利用二极管的交流模型求输出电压 u_o 的变化范围。



图题 1.4



(a) 电路图

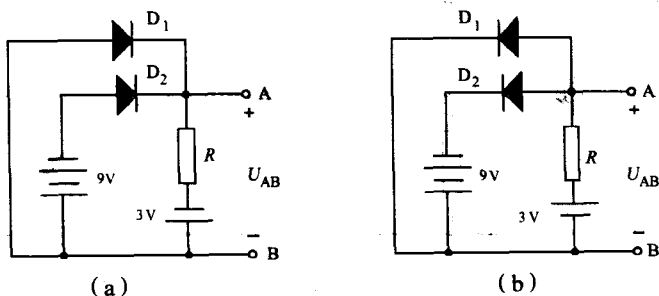
(b) 波形图

图题 1.5

1.5 电路如图题 1.5 (a) 所示, 输入信号 u_1 和 u_2 的波形如图题 1.5 (b) 所示。忽略二极管的管压降, 画出输出电压 u_o 的波形。

1.6 用万用表的电阻挡测量二极管的正反向电阻。万用表内的电池为 1.5V , 黑色表笔接电池正端, 红色表笔接电池负端。(1) 当用黑色表笔测二极管的 A 端, 红色表笔测二极管的 B 端时, 测得二极管的等效电阻为 300Ω ; 用黑色表笔测二极管的 B 端, 红色表笔测二极管的 A 端时, 测得二极管的等效电阻为 $30\text{k}\Omega$ 。试问 A、B 两端哪一端是阳极, 哪一端是阴极? 测得的电阻是直流电阻还是交流电阻? (2) 若万用表的 $R \times 10\Omega$ 挡的内阻为 240Ω , $R \times 100\Omega$ 挡的内阻为 $2.4\text{k}\Omega$ 。分别用这两挡去测二极管的正向电阻, 测得的值是否同样大? 为什么?

1.7 试分析下列电路中的二极管是导通还是截止? 并求出 A、B 两端的电压 U_{AB} 。



(a)

(b)

图题 1.7

1.8 有两个稳压管, 其稳压值 $U_{Z1}=6\text{V}$, $U_{Z2}=7.5\text{V}$, 正向导通压降 $U_D=0.7\text{V}$ 。若两个稳压管串联时, 可以得到哪几种稳压值? 若两个稳压管并联时, 又可以得到哪几种稳压值?

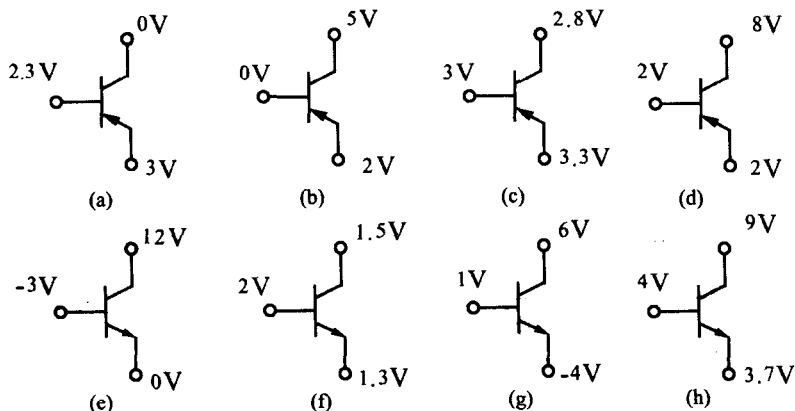
1.9 有一个二端元件, 如何用万用表去判定它到底是二极管、电容器还是电阻器?

1.10 如何用万用表的电阻挡判定一个 BJT 是 NPN 型还是 PNP 型? 如何确定 BJT 的 b、c、e 三个极?

1.11 有甲、乙两个 BJT, 从电路中可以测得它们各个管脚的对地电压为: 甲管 $U_{X1}=12\text{V}$, $U_{X2}=6\text{V}$, $U_{X3}=6.7\text{V}$; 乙管 $U_{Y1}=-15\text{V}$, $U_{Y2}=-7.8\text{V}$, $U_{Y3}=-7.5\text{V}$ 。试判断它

们是锗管还是硅管?是PNP型还是NPN型?哪个极是基极、发射极和集电极?

1.12 图中给出了八个BJT各个电极的电位,试判定这些BJT是否处于正常工作状态?如果不正常,是短路还是烧断?如果正常,是工作于放大状态、截止状态还是饱和状态?



图题 1.12

1.13 对于BJT,是否可以将其发射极和集电极对换使用?为什么?

1.14 一个BJT,其集电极最大电流 $I_{CM}=120\text{mA}$,集电极最大功耗 $P_{CM}=200\text{mW}$,击穿电压 $V_{(BR)CEO}=40\text{V}$ 。如果它的工作电压 $U_{CE}=10\text{V}$,那么它的工作电流 I_C 不能超过多少?如果BJT的工作电流为 2mA ,则其工作电压的极限值是多少?

1.15 试利用BJT的EM1模型,建立它的截止状态和饱和状态模型。

1.3 解答示例

1.2 解:

根据题意知:当二极管加正偏电压时,可近似视为短路;加反偏电压时,可近似开路。即用二极管的理想模型分析问题,所以有:

(a) 输出电压 u_o 的表达式:

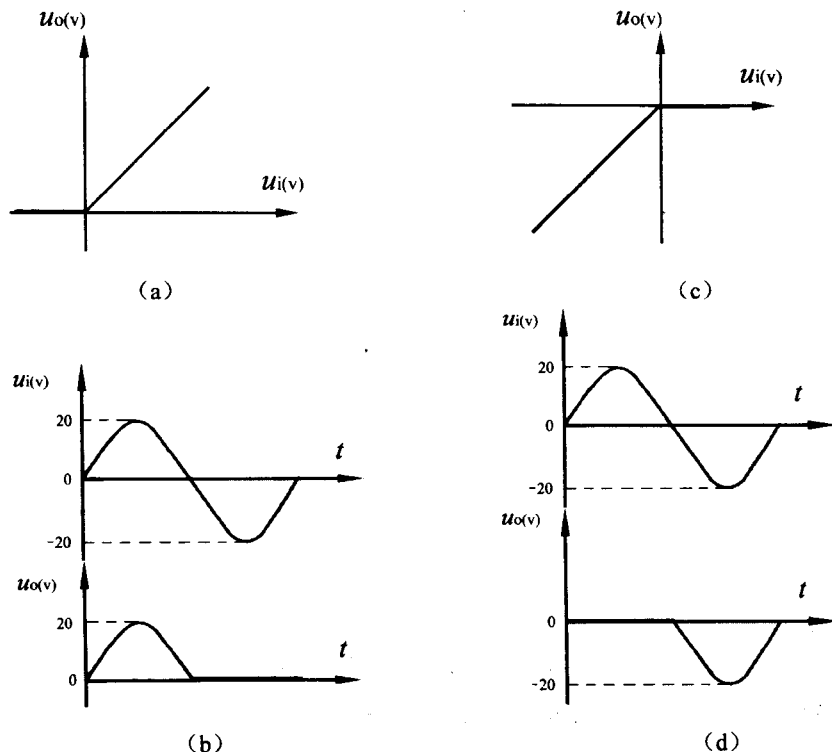
$$\begin{aligned} u_o &= u_i = 20\sin\omega t (\text{V}) & u_i \geq 0 & \text{(二极管 D 导通)} \\ u_o &= 0 & u_i < 0 & \text{(二极管 D 截止)} \end{aligned}$$

电压传输曲线见图解 1.2 (a), u_o 、 u_i 的波形见图解 1.2 (b)。

(b) 输出电压 u_o 的表达式:

$$\begin{aligned} u_o &= 0 & u_i \geq 0 & \text{(二极管 D 导通)} \\ u_o &= u_i = 20\sin\omega t (\text{V}) & u_i < 0 & \text{(二极管 D 截止)} \end{aligned}$$

电压传输曲线见图解 1.2 (c), u_o 、 u_i 的波形见图解 1.2 (d)。



图解 1.2

1.4 解:

(1) 若利用硅二极管的理想串联电压源模型分析, 则二极管的导通压降取 0.7V 。又知直流输入电压为 6V , 大于三个二极管的导通压降, 所以二极管正向导通。

流过二极管的电流:
$$I = \frac{U_i - 3U_D}{R} = \frac{6 - 3 \times 0.7}{1} = 3.9\text{mA}$$

输出电压:
$$U_o = 3U_D = 3 \times 0.7 = 2.1\text{V}$$

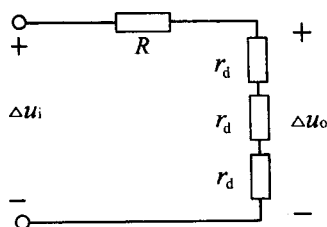
(2) 求二极管的交流等效电阻:
$$r_d = \frac{26\text{mV}}{I} = \frac{26\text{mV}}{3.9\text{mA}} \approx 6.7\Omega$$

图题 1.4 中的三个二极管对于变化量来说可以用三个交流电阻表示, 其交流等效电路如图解 1.4 所示。又知: $u_i = 6\text{V} \pm 1\text{V}$, 可见: $\Delta u_i = 2\text{V}$, 输出电压的变化范围:

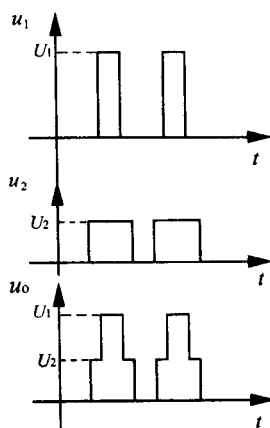
$$\Delta u_o = \frac{3r_d}{R + 3r_d} \cdot \Delta u_i = \frac{3 \times 6.7}{1000 + 3 \times 6.7} \times 2 \approx 39\text{mV}$$

***讨论:** 由于二极管是非线性器件, 使得其电路的分析计算非常困难。二极管的模型是在它的特性的基础上, 经合理近似得到的。利用模型来分析电路, 既简便又实用。并且只要使用得当, 可将误差控制在允许的范围之内。

在以上两题中, 分别用到理想二极管模型、二极管串联电压源模型、二极管的交流小信号模型。前两种适用于直流量的分析。当输入信号较大时, 可用理想二极管模型; 输入信号较小时, 可用二极管串联电压源模型。二极管的交流模型适用于微小变化量的分析, 但应注意, 模型中的交流电阻要由对应的直流电流来确定。



图解 1.4



图解 1.5

1.5 解:

当 $u_1=0$, $u_2=0$ 时, D_1 、 D_2 均截止, $u_o=0$ 。当 $u_1=0$, $u_2=U_2$ 时, D_1 截止、 D_2 导通, $u_o=U_2$ 。当 $u_1=U_1$, $u_2=U_2$ 时, $\because U_1 > U_2$, $\therefore D_1$ 导通、 D_2 截止, $u_o=U_1$ 。输出电压 u_o 的波形如图解 1.5 所示。

1.7 解:

(a) 设二极管 D_1 、 D_2 均截止, 可见将有 3V 的正偏电压加于 D_1 两端, 6V 的反偏电压加于 D_2 两端, 由此可以判定 D_1 导通 (与假设不符); D_2 截止 (与假设一致)。由 D_1 导通支路可以确定输出电压: $U_{AB} = -0.7V$ 。

(b) 设二极管 D_1 、 D_2 均截止, 可见将有 3V 的正偏电压加于 D_1 两端, 12V 的正偏电压加于 D_2 两端, 似乎两个管子都可以导通, 但由于导通二极管的钳位作用, 会使两管相互制约。若 D_1 导通, 则由 D_1 、 D_2 和 9V 电源构成的回路看, 会有 9.7V 的正偏电压加在 D_2 两端, 不会影响 D_2 导通。而一旦 D_2 导通, 则会使 D_1 承受 8.3V 的反偏电压而截止。由此可以判定 D_1 截止, D_2 导通。由 D_2 导通支路可以确定输出电压: $U_{AB} = -9 + 0.7 = -8.3V$ 。

*讨论: 要判别二极管导通与否, 应首先假设它处于某一状态。如在题 1.7 中, 即假设二极管处于截止状态, 此时电阻 R 上将无电流流过, 电压为 0, 在此条件下, 才可直接观察到二极管两端的电压偏置。由偏置再来确定二极管的真正状态。

但有时即使用上述方法也不能最后确定管子的状态, 如题 1.7 (b)。这是因为导通时的二极管有钳位作用, 会相互钳制, 究竟状态如何? 要具体分析。

1.11 解:

甲管: 若 $U_{X1}=U_C=12V$, $U_{X2}=U_E=6V$, $U_{X3}=U_B=6.7V$, 则 BJT 的 $U_{BE}=0.7V$, $U_{CB}=5.3V$ 。由上述分析可以判定此管是 NPN 型硅管, X_1 是 C 极, X_2 是 E 极, X_3 是 B 极。

乙管: 若 $U_{Y1}=U_C=-15V$, $U_{Y2}=U_B=-7.8V$, $U_{Y3}=U_E=-7.5V$, 则 BJT 的 $U_{EB}=0.3V$, $U_{BC}=7.2V$ 。由上述分析可以判定此管是 PNP 型锗管, Y_1 是 C 极, Y_2 是 B 极, Y_3 是 E 极。

*讨论: 已知各端子电压, 要判别工作在放大状态时的 BJT 的管型和电极, 可依据

下列两点:

1. 工作在放大状态时的 BJT, 必须保证发射结正向偏置, 集电结反向偏置, 因而有: NPN 型管的集电极电位最高, 发射极最低, 基极居中, PNP 型管的发射极电位最高, 集电极最低, 基极居中。

2. BJT 的发射结正偏, 会使其正向导通, 所以电压较小且为定值, 硅管大约 0.7V, 锗管 0.3V; 集电结反偏, 其电压一般较大, 且不固定。

1.12 解:

(a) 放大状态; (b) 发射结被烧断; (c) 放大状态; (d) 发射结短路; (e) 截止状态; (f) 饱和状态; (g) 发射结被烧断; (h) 放大状态。

*讨论: 在题 1.12 的解答中, 要注意:

1. BJT 三种工作状态的偏置特点: 放大状态——发射结正偏, 集电结反偏; 饱和状态——发射结正偏, 集电结正偏; 截止状态——发射结反偏, 集电结反偏。

2. 正偏时的发射结, 其电压固定: 硅管 0.7V, 锗管 0.3V。

若违反以上两点, 则考虑管子是否损坏。

1.4 答 案

1.1 当 $I_{S1}=1\mu\text{A}$, $I=1\text{mA}$ 时, $U_{BE1}\approx 0.18\text{V}$; 当 $I_{S2}=1\text{nA}$, $I=1\text{mA}$ 时, $U_{BE2}\approx 0.36\text{V}$ 。

1.3 (a) 输出电压 u_o 的表达式:

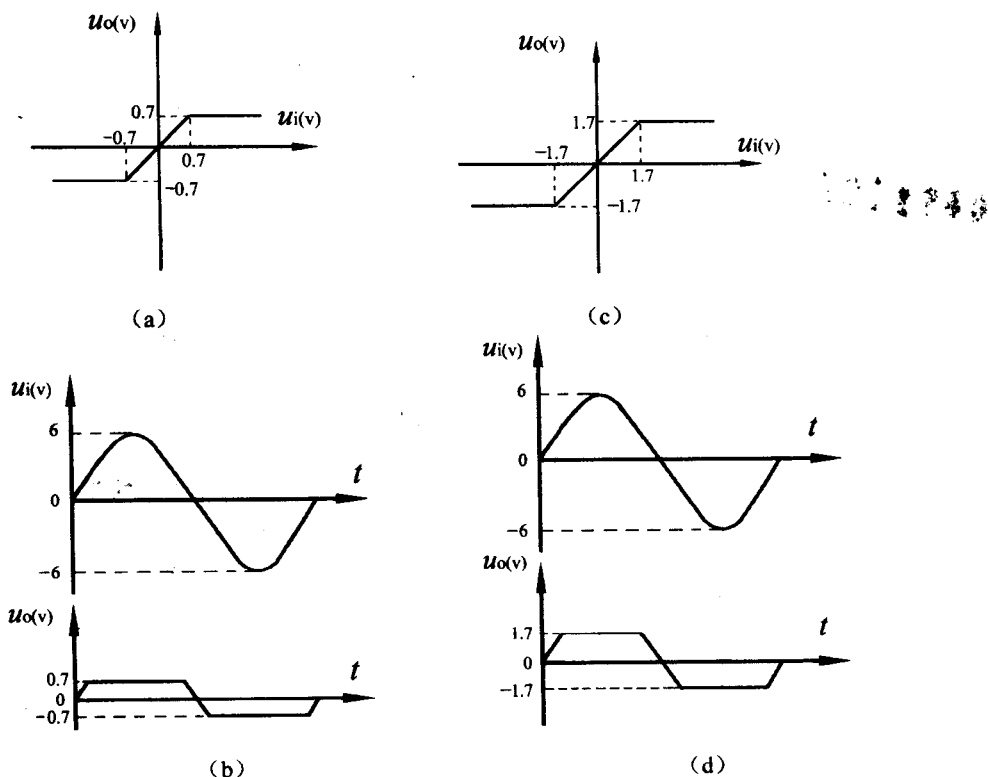
$$\begin{aligned} u_o &= 0.7 & u_i &\geq 0.7 \\ u_o &= u_i = 6\sin\omega t (\text{V}) & -0.7 < u_i < 0.7 \\ u_o &= -0.7 & u_i &\leq -0.7 \end{aligned}$$

电压传输曲线见图解 1.3 (a), u_o 、 u_i 的波形见图解 1.3 (b)。

(b) 输出电压 u_o 的表达式:

$$\begin{aligned} u_o &= 1.7 & u_i &\geq 1.7 \\ u_o &= u_i = 6\sin\omega t (\text{V}) & -1.7 < u_i < 1.7 \\ u_o &= -1.7 & u_i &\leq -1.7 \end{aligned}$$

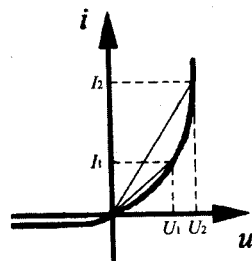
电压传输曲线见图解 1.3 (c), u_o 、 u_i 的波形见图解 1.3 (d)。



图解 1.3

1.6 (1) A 端是二极管的阳极, B 端为阴极。测得的电阻是直流电阻。(2) 不一样大。用 $R \times 10\Omega$ 挡测得的二极管的正向电阻较小。这是因为二极管的正向伏安特性是非线性的 (见图解 1.6)。由图可见, 流过二极管的电流越大, 等效的直流电阻越小 ($R_2 = \frac{U_2}{I_2}$ 小于 $R_1 = \frac{U_1}{I_1}$)。万用表的 $R \times 10\Omega$ 挡对应的内阻较小, 与二极管串联后, 使得流过二极管的电流较大, 所以测得的二极管的正向电阻较小。

1.8 串联时可以得到下列四种稳压值: $6V+7.5V=13.5V$, $6V+0.7V=6.7V$, $7.5V+0.7V=8.2V$, $0.7V+0.7V=1.4V$ 。并联时可以得到下列两种稳压值: $6V$, $0.7V$ 。



图解 1.6

1.9 可以用万用表的电阻挡测元件两端的电阻。黑、红表笔分别接元件两端测一次, 两表笔交换位置再测一次。若两次测得的电阻值是稳定的, 且阻值相同, 则可以断定此元件是电阻器; 若两次测得的阻值是稳定的, 但阻值不同, 则是二极管; 若在两次测电阻的过程中, 其电阻值均是先小后大变化的, 则是电容器。

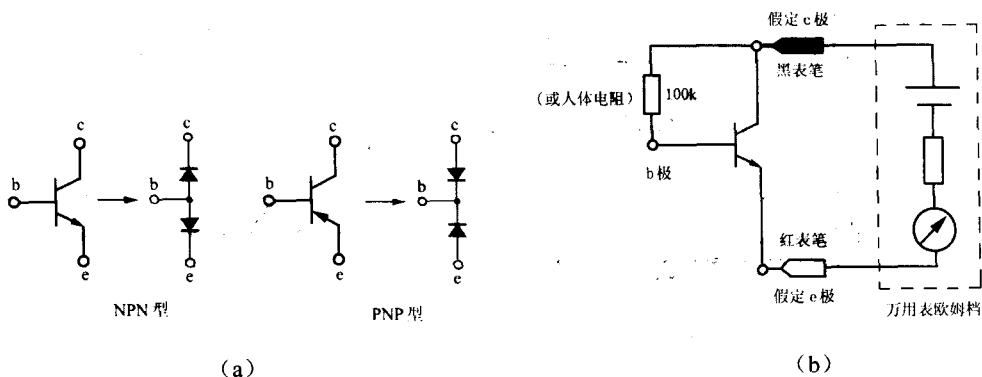
1.10 (1) 可先确定基极 b 和管型。可以把 BJT 的结构看做是两个串接的二极管, 如图解 1.10 (a) 所示。由图可见, 若分别测试 be、bc、ce 之间的正反向电阻, 只有 ce 之间的正反向电阻值均很大 (ce 之间始终有一个反偏的 PN 结), 由此即可确定 c、e 两个电极之外的电极是基极 b。然后将万用表的黑表笔接基极, 红表笔依次接另外两个电

极,测得两个电阻值,若两个电阻值均很小(PN结的正偏电阻),说明是NPN管;若两个电阻值均很大(PN结的反偏电阻),说明是PNP管。

(2) 判别发射极e和集电极c。利用BJT正向电流放大系数比反向电流放大系数大的特点,可以确定e极和c极。

如图解 1.10 (b) 所示,将万用表置欧姆挡。若是NPN管,则黑表笔接假定的c极,红表笔接假定的e极,在b极和假定的c极之间接一个 $100\text{k}\Omega$ 的电阻(亦可用人体电阻代替),读出此时万用表上的电阻值,然后做相反的假设,再按图解 1.10 (b) 接好,重读电阻值。两组值中阻值小的一次对应的集电极电流较大,电流放大系数较大,说明BJT处于正向放大状态,该次的假设是正确的。

对于PNP管,应将红表笔接假定的c极,黑表笔接假定的e极,其他步骤相同。

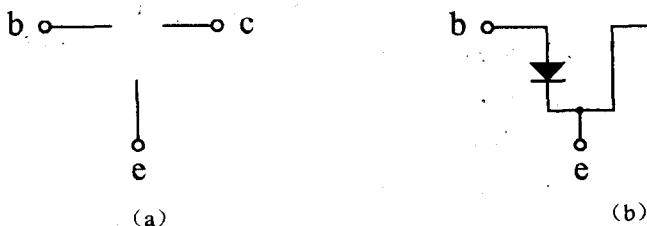


图解 1.10

1.13 不可以。因为BJT的发射区和集电区虽然采用相同类型的半导体材料,但它们的结构特点却不同,发射区体积小,掺杂浓度高,有利于发射载流子。而集电区体积大,掺杂浓度低,有利于收集载流子。只有正确连接两极才可以发挥两个区域的作用。

1.14 若 $U_{CE}=10\text{V}$, 工作电流 I_C 不能超过 20mA 。若 $I_C=2\text{mA}$, 则其工作电压的极限值是 40V 。

1.15 截止状态模型如图解 1.15 (a) 所示,饱和状态模型如图解 1.15 (b) 所示。



图解 1.15

第二章 基本放大电路

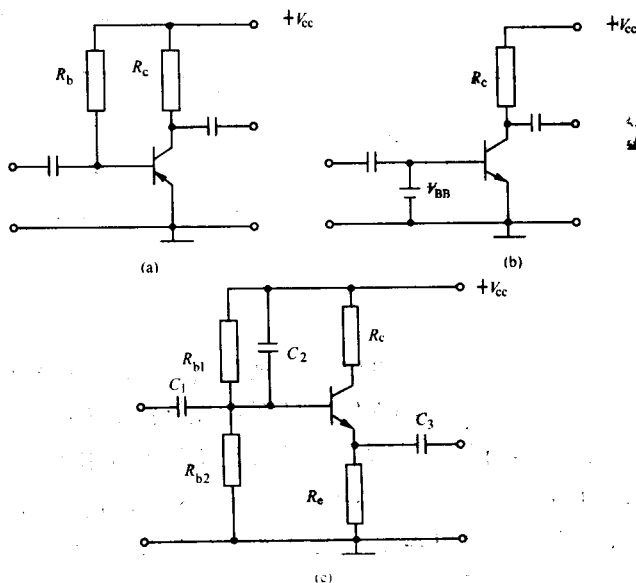
2.1 基本要求

1. 熟练掌握共射、共集、共基三种组态的 BJT 基本放大电路的构成、工作原理；熟练估算其直流工作点、交流指标。
2. 熟悉三种组态的 BJT 基本放大电路的性能差异。
3. 熟练掌握 BJT 放大电路的模型分析法：会根据 BJT 的直流模型作静态分析；根据交流小信号模型作动态分析。熟悉图解法。
4. 了解射极偏置电路稳定工作点的原理、作电流源的原理以及电流源的应用。
5. 熟悉多级放大器的耦合方式、直流工作点及交流指标的计算。
6. 熟悉单级放大器的频率响应。

2.2 习题

2.1 有两个电压放大倍数相同的放大器 A 和 B，它们的输入电阻不同。若在它们的输入端分别加同一个具有内阻的信号源，在负载开路的条件下测得 A 的输出电压小，这说明什么？为什么会出现这样的情况？

2.2 图题 2.2 中各电路能否不失真地放大信号。如不能放大，请说明原因。并加以改正，使它能够起到放大作用。



图题 2.2