

中等职业教育国家规划教材配套用书

电子技术基础 学习指导与习题 (非电类)

孙丽霞 主编



机械工业出版社



中等职业教育国家规划教材配套用书

电子技术基础学习指导与习题

(非 电 类)

主编 孙丽霞

参编 宋嘉玉 陈美红 邓海

主审 陈梓城



机械工业出版社

本书是与陈梓城、孙丽霞主编的由机械工业出版社出版的中等职业教育国家规划教材《电子技术基础》配套的辅助教材。全书总结了电子技术基础中的基本概念、常用电路和各种分析方法。本书按原教材的章节顺序,从学习基本要求和指导、典型例题分析、自测题及思考题与习题等四个方面进行编写,给出了本课程各章的重点和难点;安排了一些典型例题分析;自测题简洁明快、概念性强,便于学生学完各章后进行自我检测;思考题与习题设置了一些工程应用题和综合题,以提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书可供中等职业学校非电类专业教师和学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础学习指导与习题/孙丽霞主编. —北京:机械工业出版社, 2002.6

中等职业教育国家规划教材配套用书. 非电类

ISBN 7-111-10089-1

I. 电… II. 孙… III. 电子技术—专业学校—教学参考资料
IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 018557 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:贡克勒 版式设计:张世琴 责任校对:张晓蓉

封面设计:姚毅 责任印制:付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm $1/16$ ·7.5 印张·179 千字

0 001—4 000 册

定价:11.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是与陈梓城、孙丽霞主编的由机械工业出版社出版的中等职业教育国家规划教材《电子技术基础》配套的辅助教材。

编写本书的目的是为了使學生把握课程的基本要求、各章的重点和难点，以突出基本概念、基本原理和基本方法为宗旨，安排了一些典型例题分析，以提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书按原教材的章节顺序，从四个方面提供了学习辅助资料。

一、学习基本要求和指导

按照中等职业教育“电子技术基础教学大纲”的基本要求，给出了本课程各章的基本要求以及重点和难点，对各章的学习要点和应掌握的内容作了扼要的介绍和总结。

二、典型例题分析

每章均选择了一些典型的例题进行解题分析，介绍解题思路和方法，并进行解题，有助于巩固所学知识，掌握正确的解题思路和解題方法，培养解决问题、分析问题的能力。

三、自测题

自测题紧扣原教材的内容，选择了不同类型的题型，题目的难易程度符合大纲要求，并给出分值，便于学生学完各章后进行自我检测。模拟电子技术基础部分和数字电子技术基础部分均安排有综合测试题 A、B 两套试卷，以方便教师对学生进行综合知识的检测。

四、思考题与习题

课后练习是学生掌握《电子技术基础》这门课程的重要途径，为弥补原教材中习题量的不足，减轻教师的工作强度，选择了一些与原教材内容相吻合的习题供学生补充练习，为培养学生定性分析和工程估算的能力、分析和设计简单电路的能力、基础知识的综合应用能力设置了一些工程应用题和综合题。

本书由九江职业技术学院孙丽霞副教授任主编，宋嘉玉讲师（工程师）、陈美红讲师和江西工业职业技术学院电子信息分院邓海讲师参编，其中邓海编写了第二、五章，陈美红编写了第八、十章，宋嘉玉编写了第三、四、六章和模拟电子技术基础部分综合测试题，孙丽霞编写了第一、七、九、十一章和数字电子技术基础部分综合测试题并对全书进行了统稿工作。

本书由九江职业技术学院陈梓城教授主审，他认真审阅了书稿并提出了许多宝贵意见。在编写过程中得到江西工业职业技术学院电子信息分院领导和九江职业技术学院领导的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误与不妥之处，恳请同行和读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
第一章 半导体二极管及其应用	1
一、学习基本要求与指导	1
二、典型例题分析	2
三、自测题	4
四、思考题与习题	6
第二章 半导体三极管及其放大电路	9
一、学习基本要求与指导	9
二、典型例题分析	10
三、自测题	12
四、思考题与习题	15
第三章 集成运算放大器基础及 反馈电路	18
一、学习基本要求与指导	18
二、典型例题分析	19
三、自测题	22
四、思考题与习题	24
第四章 集成运算放大器的应用	27
一、学习基本要求与指导	27
二、典型例题分析	30
三、自测题	32
四、思考题与习题	35
第五章 功率放大电路	39
一、学习基本要求与指导	39
二、典型例题分析	40
三、自测题	41
四、思考题与习题	43
第六章 直流稳压电源	46
一、学习基本要求与指导	46
二、典型例题分析	47
三、自测题	48
四、思考题与习题	49
第七章 数字电子技术基础	52
一、学习基本要求与指导	52
二、典型例题分析	53
三、自测题	55
四、思考题与习题	57
第八章 逻辑门电路	60
一、学习基本要求与指导	60
二、典型例题分析	61
三、自测题	63
四、思考题与习题	65
第九章 组合逻辑电路	68
一、学习基本要求与指导	68
二、典型例题分析	69
三、自测题	72
四、思考题与习题	75
第十章 触发器	77
一、学习基本要求与指导	77
二、典型例题分析	77
三、自测题	79
四、思考题与习题	82
第十一章 时序逻辑电路	84
一、学习基本要求与指导	84
二、典型例题分析	85
三、自测题	88
四、思考题与习题	90
综合测试题	94
模拟电子技术基础部分综合测试题 A	94
模拟电子技术基础部分综合测试题 B	98
数字电子技术基础部分综合测试题 A	102
数字电子技术基础部分综合测试题 B	107
参考文献	113

第一章 半导体二极管及其应用

一、学习基本要求与指导

1. 基本要求

(1) 了解半导体二极管的单向导电性、结构；熟悉半导体二极管的符号、管脚识别、伏安特性、主要参数及温度对特性的影响。

(2) 了解硅稳压管、变容二极管、光敏二极管、发光二极管的结构、工作原理，熟悉它们的电路符号。

(3) 掌握单相半波、桥式全波整流电路的组成、工作原理；理解电容的滤波作用；了解整流滤波电路输出电压的估算方法。

2. 学习指导

(1) 本章的重点是二极管的伏安特性、单相半波、桥式全波整流电路的组成及工作原理，本章的难点是电容滤波电路的工作原理。

(2) 半导体二极管由 PN 结制成，PN 结是学习半导体器件工作原理的基础。所谓 PN 结是 P 型半导体与 N 型半导体的结合的交界面薄层，PN 结具有单向导电性，当 PN 结外加正向电压（或称正向偏置）时，PN 结处于导通状态，PN 结可等效为一个小电阻或相当于开关闭合；当 PN 结外加反向电压（或称反向偏置）时，PN 结处于截止状态，PN 结可等效为一个很大的电阻或相当于开关断开。

(3) 半导体二极管是在 PN 结两端引出两个电极和外壳封装而成，要熟记半导体二极管的电路符号，阳极（正极）即为 PN 结的 P 端，阴极（负极）即为 PN 结的 N 端，二极管的文字符号用 VD 表示。要记住二极管的伏安特性参数。二极管具有单向导电性，当二极管处于正向导通时，其正向管压降近似为：硅二极管为 0.7V，锗二极管为 0.2V。二极管的导电特性与温度有关，伏安特性随温度变化而变化，温度每升高 1℃，二极管正向压降将减少 2.5mV 左右，温度每升高 10℃，反向电流 I_S 将增加约一倍。

最大整流电流 I_F 和最大反向工作电压 U_{RM} 两个参数是合理选择二极管的主要依据，最大反向工作电压与反向击穿电压是两个不同的概念，最大反向工作电压是确保二极管安全工作的最大反向工作电压值（约为反向击穿电压的一半）。

(4) 学习硅稳压管、发光二极管、光敏二极管、变容二极管时，要熟记这些元器件的电路符号与文字符号，在画电路图时，元器件的电路符号应按照国家标准绘制与标注。

学习稳压二极管特性时，应注意：①利用二极管反向击穿电压基本稳定不变的特性，在电路中实现稳压作用，稳定电压为 U_Z ，使用时必须与限流电阻配合使用，以防 I_Z 过大而损坏。②正常使用时稳压二极管必须反偏。

发光二极管发光时正向电压 U_F 取 1~2V，当外加驱动电压大于 2V 时，必须串接限流电阻 R ， R 值按下式估算：

$$R = \frac{U_C - U_F}{I_F}$$

(5) 整流是将大小和方向都变化的工频交流电转换成单一方向的脉动直流电，滤波是滤除脉动直流电中的交流成分，保留直流成分，使输出波形变得平滑。

单相半波与桥式全波整流电路二极管的装接方向及工作原理要熟记，要记住整流后负载上波形的特点，负载上直流电压、电流与电源变压器二次电压有效值 U_2 关系式如表 1-1 所示。

表 1-1 各种单向整流电路的比较

	单相半波	单相全波	单相桥式
输出直流电压 U_o	$0.45 U_2$	$0.9 U_2$	$0.9 U_2$
输出直流电流 I_o	$0.45 \frac{U_2}{R_L}$	$0.9 \frac{U_2}{R_L}$	$0.9 \frac{U_2}{R_L}$
流过二极管电流 I_D	I_o	$\frac{1}{2} I_o$	$\frac{1}{2} I_o$
二极管最高反向电压 U_{RM}	$\sqrt{2} U_2$	$2 \sqrt{2} U_2$	$\sqrt{2} U_2$

半波整流（桥式全波整流）电容滤波电路中，滤波电容一般采用电解电容，外壳标有正、负极性，使用时正极应该接高电位端，负极应该接低电位端，不能反接，在画图或实验时应予以注意。半波整流电容滤波电路的输出电压 $U_o = (1 \sim 1.1) U_2$ ，桥式全波整流电容滤波电路的输出电压 $U_o = 1.2 U_2$ 。

二、典型例题分析

例 1-1 如果把二极管的阳极接到1.6V电源的正极，把阴极接到电源的负极，二极管是能否正常工作？

解 根据二极管的正向伏安特性曲线可知，若按此接法，由于电源本身内阻很小，1.6V 电压几乎全加在二极管两端，通过二极管的电流将会很大，容易烧坏二极管，电源也会因过热而损坏，所以不允许把二极管按此方法连接。

例 1-2 用万用表 $R \times 10$ 和 $R \times 100$ 档来测试同一个二极管的正向电阻时，为什么测得的电阻值会不相同？用高阻挡测得的电阻值为什么比低阻挡测得的大？

解 万用表测电阻时，其内部电路的等效电路如图 1-1 所示。 R_n 为等效电阻，它包括电流表内阻在内的万用表内阻。当被测内阻 $R_x = 0$ ，即万用表“+”、“-”两个测试端短路时，回路电流最大，电流表指针满刻度偏转，读数为零欧姆；当 $R_x = R_n$ 时，回路电流减小到电流表满偏转电流的一半，指针偏转至中间位置，读数为 R_n ，万用表 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 等档的 R_n 值因此各不相同。低阻挡的 R_n 小，高阻挡的 R_n 大，因而测同一电阻时，选用低阻挡，流过被测电阻的电流大。由于二极管具有非线性的伏安特性，正向偏置时流过二极管的电流越小，其等效电阻越大。用 $R \times 10$ 和 $R \times 100$ 档来测同一个二极管的正向电阻，选用 $R \times 10$ 档时的测试电流大，所以测得的二极管正向电阻就小。

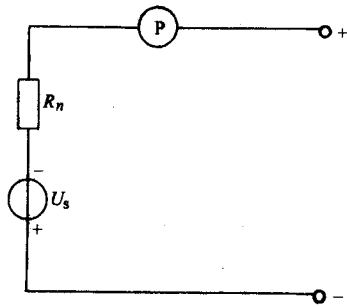


图 1-1 例 1-2 图

例 1-3 图1-2所示电路 VD_1 、 VD_2 为理想二极管，正偏导通时 $U_D = 0$ ，反偏时可靠截止， $I_S = 0$ ，计算各回路中的 U_{AB} 和 U_{CO} 。

分析：首先要根据二极管的单向导电性，判断电路中二极管 VD 的工作状态是导通还是截止。

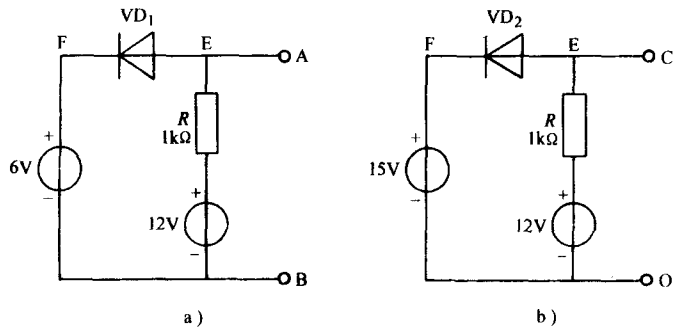


图 1-2 例 1-3 图

解 图 a：假设断开二极管 VD_1 ，计算二极管两端处的电压 U_{EB} 和 U_{FB} ，此时， $U_{EB} = 12V$ ， $U_{FB} = 6V$ 。接入二极管 VD_1 后，其阳极电位高于阴极电位，二极管 VD_1 正偏， VD_1 导通， $U_D = 0$ ，所以 $U_{AB} = U_{FB} = 6V$ 。

图 b：假设断开二极管 VD_2 ，此时， $U_{EO} = 12V$ ， $U_{FO} = 15V$ 。接入二极管 VD_2 后，其阳极电位低于阴极电位，二极管 VD_2 反偏， VD_2 截止， $I_S = 0$ ，故 $U_{CO} = U_{EO} = 12V$ 。

例 1-4 要使稳压性能好，稳压管的稳压值时大一些好，还是小一些好？工作电流是大一些好，还是小一些好？温度系数是大一些好，还是小一些好？

解 稳压二极管的主要参数是稳定电压 U_Z ，动态内阻 r_Z ，稳定电流 I_Z 和稳定电压的温度系数 α_T 。稳压值要根据所需要的稳压范围来选定。要使稳压二极管的稳压性能好，动态电阻要小一些好，工作电流大一些好，参数 I_Z 为稳定电流，它是使稳压管正常稳压的最小电流，小于此值稳压管不能稳压，但过大之后温度上升，将影响稳压值，甚至过电流损坏器件。由于稳压值受温度影响，所以温度系数小一些好。

例 1-5 单相桥式整流电路如图1-3所示，电路中 $f = 50Hz$ ， $u_2 = 24\sqrt{2}\sin\omega t$ (V)。试问：

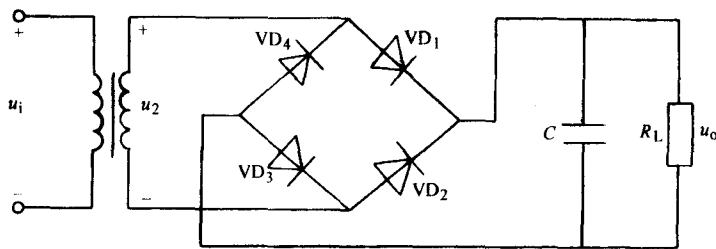


图 1-3 例 1-5 图

(1) 估算输出电压 U_o ，标出电容 C 上的电压极性。

(2) 当 R_L 开路时，对输出电压 U_o 的影响。

- (3) 当滤波电容 C 开路时, 对输出电压 U_o 的影响。
- (4) 若有一个二极管 VD 开路或者短路时, 对输出电压 U_o 的影响。
- (5) 电路中有一个二极管的正、负极性接反, 将产生什么后果?

解 该电路为桥式整流电容滤波电路。

- (1) 电路正常情况下整流器输出电压为

$$U_o = 1.2 U_2 = 1.2 \times 24V = 28.8V$$

- (2) R_L 开路时, 滤波电容 C 被充电至二次侧电压的峰值电压为

$$U_o = 1.414 U_2 = 1.414 \times 24V \approx 33.9V$$

- (3) 当滤波电容 C 开路时, 输出电压等于单相桥式整流输出电压, 则

$$U_o = 0.9 U_2 = 0.9 \times 24V = 21.6V$$

- (4) 当电路中有任一个二极管 VD 开路时, 都将变成半波整流电路, 若电容开路, 则

$$U_o = 0.45 U_2 = 0.45 \times 24V = 10.8V$$

若电容不断开, $U_o = U_2 = 24V$ 。

- (5) 当电路中有任一个二极管 VD 接反时, 都会造成与变压器二次绕组和另一个二极管串联形成短路状态, 使变压器烧坏, 相串联的二极管也烧坏。

三、自测题

- (一) 填空题 (每题 3 分, 共 15 分)

1. 二极管的主要特性是_____。
2. 2AP 系列二极管是_____半导体材料制成的, 2CP、2CZ 系列二极管是_____半导体材料制成的。
3. 发光二极管的功能是_____; 光电二极管的功能是_____。
4. 半波整流与桥式整流相比, 输出电压较小的是_____电路。
5. 滤波电路的功能是_____。

- (二) 判断题 (每题 3 分, 共 15 分)

1. 二极管导通时, 电流是从负极流出, 从正极流入。 ()
2. 二极管的反向漏电流越小, 其单向导电性能就越好。 ()
3. 稳压二极管正常工作时, 应使其工作于反向击穿状态。 ()
4. 光电二极管在使用时, 必须反向偏置。 ()
5. 整流输出电压加电容滤波后, 电压波动性减小, 故输出电压也下降。 ()

- (三) 选择题 (每题 3 分, 共 15 分)

1. 半导体二极管阳极的电位为 8V, 阴极电位为 10V, 则该管处于 ()。
A、反偏 B、正偏 C、零偏
2. 用万用表 $R \times 1k\Omega$ 档测二极管, 若红表笔接正极, 黑表笔接负极时, 读数为 $50k\Omega$; 换用黑表笔接正极, 红表笔接负极时读数为 $1k\Omega$, 则这只二极管的情况是 ()
A、内部已断路不能用 B、内部已短路不能用
C、没有坏, 但性能不好 D、性能良好
3. 在图 1-4 电路的 A、B、C、D 各图中, 小指示灯不会亮的是 ()。

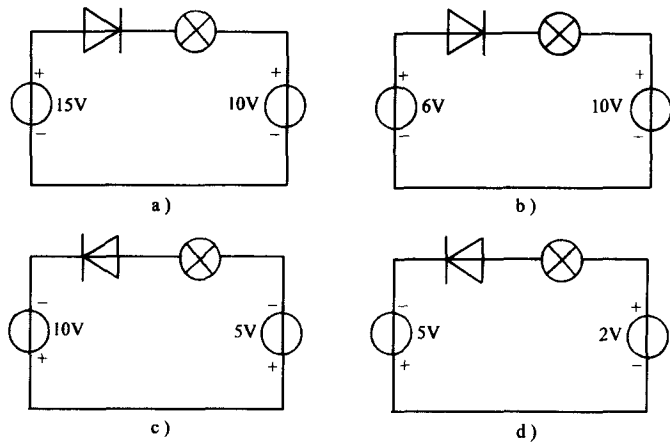


图 1-4 自测题 (三)、3 图

4. 在半波整流电容滤波电路中, 若负载两端的平均电压为 4.5V , 则二极管的最高反向电压为 ()。

- A、 6.36V B、 12.73V C、 4.5V D、 9V

5. 在桥式整流电容滤波电路中, 若有一只二极管断路, 则负载两端的直流电压将会 ()。

- A、下降 B、升高 C、变为零 D、保持不变

(四) 如图 1-5 为单相桥式整流电容滤波电路, 请检查电路错在哪里? (25 分)

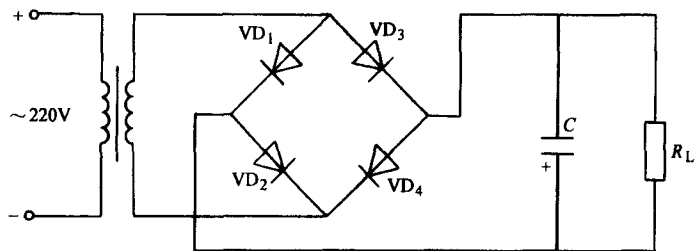


图 1-5 自测题 (四) 图

(五) 半波整流电容滤波电路如图 1-6a 所示, 按图中所给条件: (30 分)

(1) 求出 U_o 的大小;

(2) 计算流过二极管的平均电流 I_D 和二极管承受的最大反向电压;

(3) 在 1-6b 所给的座标图上画出 U_o 的波形。

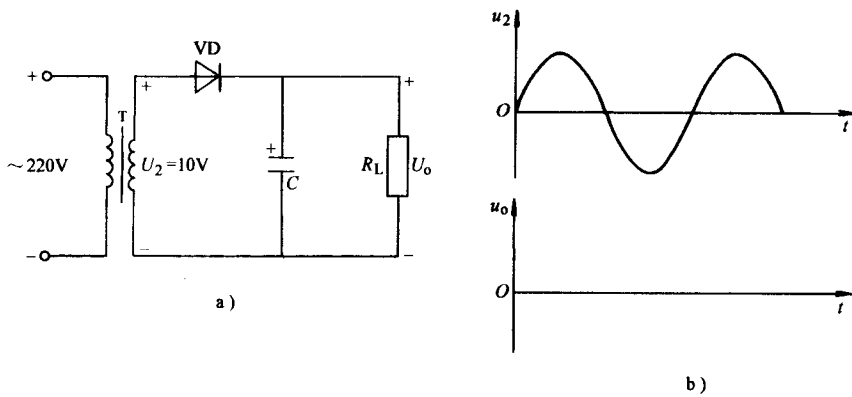


图 1-6 自测题 (五) 图

a) 电路图 b) 波形图

四、思考题与习题

1-1 如何用万用表判别二极管的正、负极性和它的好坏？

1-2 通常小功率二极管的正向压降是多少？小功率二极管允许偏置的最大反向电压是多少？

1-3 发光二极管和光电二极管有何区别？分别画出它们的电路符号。

1-4 某二极管的反向击穿电压为 300V，当用它直接对 220V 正弦交流电进行半波整流时，试分析二极管的工作状态。

1-5 图 1-7a、b 所示电路，试判别图中二极管是导通还是截止，并求出 A、O 两端的电压 U_{AO} （设二极管的正向压降 $U_D=0$ ，反向电流 $I_S=0$ ）

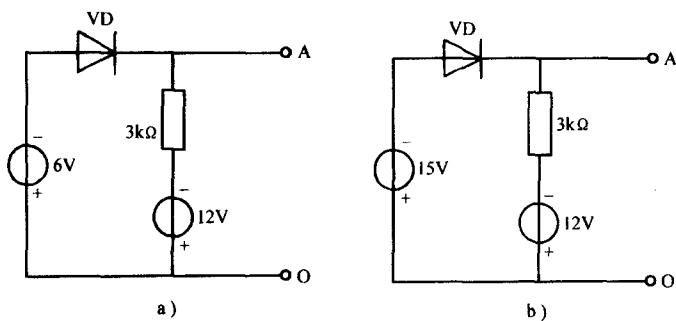


图 1-7 习题 1-5 图

1-6 型号为 BT201A 的发光二极管，采用直流电源供电，计算选择合适的限流电阻 R ($I_F=20\text{mA}$, $V_C=12\text{V}$)。

1-7 单相桥式整流电容滤波电路如图 1-8 所示, 已知 $R_L = 50\Omega$, $C = 100\mu\text{F}$, 用交流表测得 $U_2 = 20\text{V}$, 用直流表分别测得 R_L 两端的电压 U_o 为: (1) $U_o = 28\text{V}$; (2) $U_o = 18\text{V}$; (3) $U_o = 24\text{V}$; (4) $U_o = 9\text{V}$ 。试分析以上数据是该电路各处于何种情况下测得的。

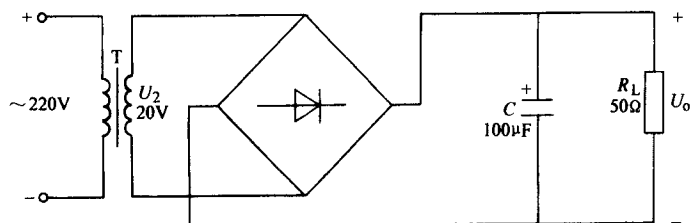


图 1-8 习题 1-7 图

第二章 半导体三极管及其放大电路

一、学习基本要求与指导

1. 基本要求

(1) 了解三极管的结构、符号、电流放大作用、特性曲线、管脚识别、主要参数及温度对特性的影响。

(2) 掌握共射放大电路的基本电路组成、工作原理、直流通路与交流通路；了解共射电路图解分析法；理解静态工作点对输出波形失真的影响，了解温度对静态工作点的影响，理解分压式工作点稳定电路的原理、静态工作点估算方法；了解用公式估算输入电阻、输出电阻和电压放大倍数的方法。

(3) 了解共集电路的性能特点及其电路。

(4) 了解多级放大器的级间耦合方式，阻容耦合多级放大电路的电压放大倍数、输入输出电阻估算方法。

(5) 了解三极管的频率参数，放大电路的频率特性，耦合电容及旁路电容的选择原则。

2. 学习指导

(1) 本章学习的重点是共射放大电路的基本电路组成与工作原理，电路的直流通路与交流通路的画法，静态工作点对输出波形失真的影响，分压式工作点稳定电路的原理，静态工作点估算方法。

(2) 共射基本放大电路是按照放大电路的基本要求，以具有放大作用的三极管为核心构成的电路。静态时，在直流电源 V_{CC} 作用下，三极管各极的电流和各极间的电压都是固定的直流量。要使三极管处于放大状态，必须保证发射结正偏，集电结反偏。动态时，三极管上各极的电流和各极间的电压都是在直流量的基础上叠加一个随输入信号变化的交流量，放大电路处于交直流并存的状态。信号放大的能量由直流电源提供，三极管起控制作用。

(3) 电路在输入信号为零时所形成的电流通路，称为直流通路；电路只考虑交流信号时所形成的电流通路，称为交流通路。直流通路与交流通路的画法：画直流通路时，将电容视为开路，其它不变。画交流通路时，电容视为短路，直流电源也视为对地短路，其他不变。

静态分析的任务就是求出 U_{BE} 、 I_B 、 I_C 和 U_{CE} 的值，这些参数反映在特性曲线上为一点，称为静态工作点；可用近似估算法和图解法分析。估算静态工作点时，必须在直流通路上进行分析。动态分析的任务是分析各变量之间的关系，得出放大电路的动态性能指标，例如电压放大倍数、输入电阻和输出电阻等。图解法和微变等效电路法是动态分析的两种基本方法。估算电压放大倍数、输入电阻和输出电阻时，必须按交流通路来考虑。

(4) 正确设置静态工作点是非常重要的，它决定了三极管的工作状态。静态工作点设置不当，输入信号幅度又较大时，放大电路的输出波形将出现非线性失真。静态工作点设置偏高，可能产生饱和失真，设置偏低可能产生截止失真，显然静态工作点设置在交流负载线中点时，能得到最大不失真输出电压。

(5) 要使放大电路能正常工作，除有合适的工作点外，还要能将信号输入，能将信号输

出。

(6) 温度变化将使共射基本放大电路的静态工作点发生变动, 影响电路的正常工作, 分压式工作点稳定电路具有稳定工作点的作用。它用电阻分压器固定三极管基极电压 U_B , 同时接入发射极电阻 R_e , 当温度变化造成集电极电流 I_C 变化时, 电路能使 I_C 朝着相反的方向变化, 从而具有自动稳定工作点的功能。

(7) 静态工作点可以由放大电路的直流通路采用列出回路中的电压或电流方程进行估算。估算静态工作点的顺序: 共射基本放大电路是先算 I_B , 再算 I_C , 最后算 U_{CE} 。分压式工作点稳定电路是先算 U_B , 再算 I_C , 最后算 I_B 和 U_{CE} 。

(8) 放大电路的电压放大倍数、输入电阻和输出电阻也可用估算法求出, 三种放大电路的估算公式如表 2-1 所示。

表 2-1 三种放大电路的 A_u 、 R_i 、 R_o 估算公式的比较

	共射基本电路	共集电路	共基电路
A_u	$-\frac{\beta R'_L}{r_{be}}$ (高)	$\frac{(1+\beta) R'_L}{r_{be} + (1+\beta) R'_L} \approx 1$ (低)	$\frac{\beta R'_L}{r_{be}}$ (高)
R_i	$R_b // r_{be}$ (中)	$R_b // [r_{be} + (1+\beta) R'_L]$ (高)	$R_e // \frac{r_{be}}{1+\beta}$ (低)
R_o	R_c (高)	$R_e // \frac{r_{be} + R'_S}{1+\beta}$ (低) ($R'_S = R_S // R_b$)	R_c (高)

三极管共射输入电阻 r_{be} 估算公式:

$$r_{be} = r_{bb'} + \frac{26\text{mV}}{I_{B\text{mA}}} \approx 300\Omega + \frac{26\text{mV}}{I_{B\text{mA}}}$$

(9) 放大电路对不同频率信号的放大特性是不同的, 电压放大倍数也不是常数, 而与频率 f 有关。在中间一段频率范围内, 放大倍数几乎不随频率变化, 这一段频率范围为中频段, 此时的放大倍数称为中频放大倍数。随着频率减小或增大, 放大倍数都将下降。当放大倍数下降到中频放大倍数的 0.707 时, 相应的低频频率和高频频率分别称为下限截止频率 f_L 和上限截止频率 f_H , 中频段的频率范围 $f_{BW} = f_H - f_L$, 称为通频带。

二、典型例题分析

例 2-1 测得放大电路中的 2 个三极管的 3 个电极对地电位 U_1 、 U_2 、 U_3 分别为下述数值, 试判断它们是硅管还是锗管, 是 NPN 型还是 PNP 型? 并确定 e、b、c 极。

(1) $U_1 = 2.5\text{V}$, $U_2 = 6\text{V}$, $U_3 = 1.8\text{V}$

(2) $U_1 = -6\text{V}$, $U_2 = -3\text{V}$, $U_3 = -2.8\text{V}$

解 (1) 由于 1、3 脚间的电位差 $U_{13} = U_1 - U_3 = 0.7\text{V}$, 故 1、3 脚间为发射结, 2 脚则为 c 极, 该管为硅管, 又 $U_2 > U_1 > U_3$, 故该管为 NPN 型, 且 1 脚为 b 极, 3 脚为 e 极, 所以, 该管为 NPN 型硅管, 3 脚为 e 极, 1 脚为 b 极, 2 脚为 c 极。

(2) 由于 $|U_{23}| = 0.2\text{V}$, 故 2、3 脚间为发射结, 1 脚为 c 极, 该管为锗管, 又 $U_1 < U_2 < U_3$, 故该管为 PNP 型, 且 2 脚为 b 极, 3 脚为 e 极。所以, 该管为 PNP 型锗管, 3 脚为 e 极, 2 脚为 b 极, 1 脚为 c 极。

例 2-2 当输入电压 u_i 为正弦波时, 图 2-1 所示放大电路有无电压放大作用? 为什么?

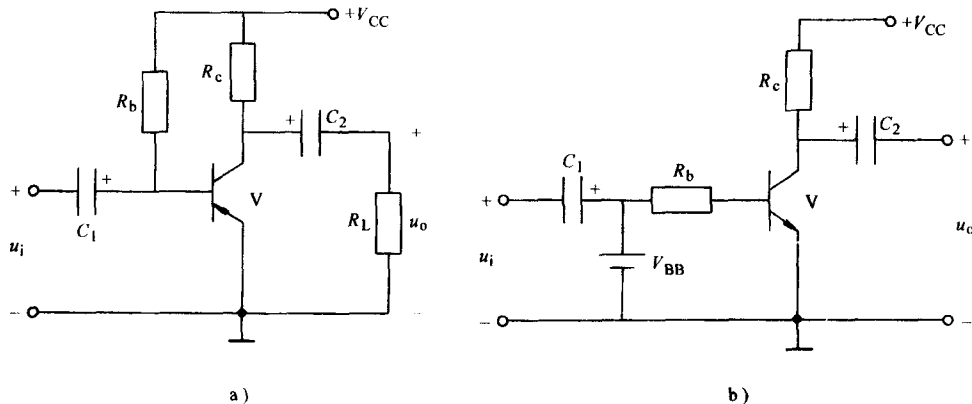


图 2-1 例 2-2 图

解 (1) 图中三极管 V 为 PNP 管, 电源的极性接反, 使发射结处于反向偏置, 电路无放大作用。在将电源极性换接后, 电解电容极性也应改成: C_1 左正右负, C_2 左负右正。

(2) 由于基极电源 V_{BE} 为恒定值, 对交流量相当于短路, u_i 不能产生 i_b , 电路无放大作用。

例 2-3 电路如图 2-2a 所示, 三极管的 $U_{BE} = 0.7V$, $\beta = 50$, 试估算静态工作点。

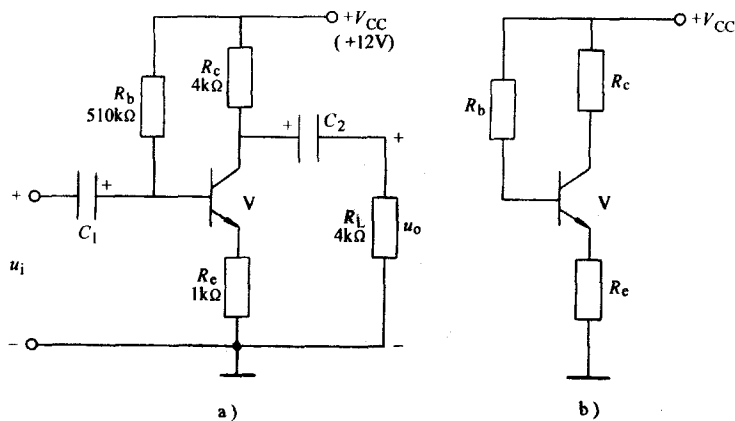


图 2-2 例 2-3 图

解 画出直流通路, 如图 2-2b 所示, 直流的基极回路方程为

$$I_B R_b + U_{BE} + I_E R_e = V_{CC}$$

利用 $I_E = (1 + \beta) I_B$, 代入上式可得

$$I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_b + (1 + \beta) R_e} = \frac{12 - 0.7}{510 + 51 \times 1} \text{mA} = 20 \times 10^{-3} \text{mA} = 20 \mu\text{A}$$

故

$$I_C = \beta I_B = 50 \times 20 \mu\text{A} = 1 \text{mA}$$

直流的集电极回路方程为

$$I_C R_c + U_{CE} + I_E R_e = V_{CC}$$

由于 $I_E \approx I_C$, 故得

$$U_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_c + R_e) = [12 - 1 \times (4 + 1)] \text{V} = 7 \text{V}$$

例 2-4 电路如图2-3a所示, 三极管的 $U_{BE}=0.7V$, $\beta=50$, 试估算: (1) 静态工作点: (2) 电压放大倍数、输入电阻和输出电阻。

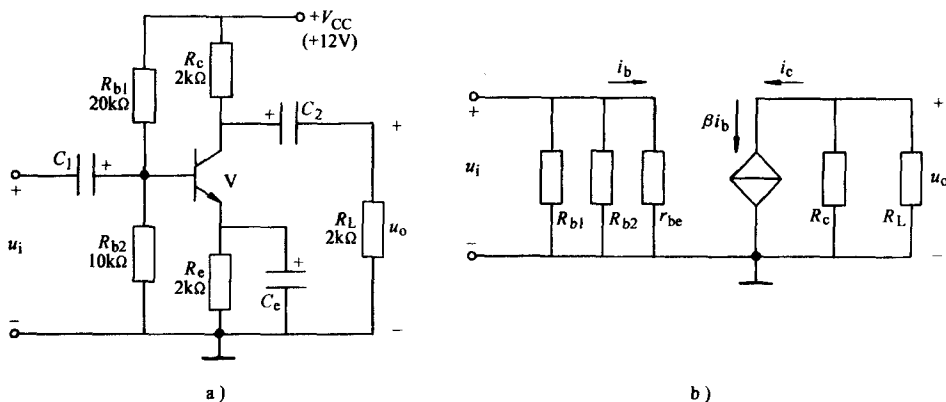


图 2-3 例 2-4 图

解 (1) 估算静态工作点

$$U_B = \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} V_{CC} = \frac{10}{20 + 10} \times 12V = 4V$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = 4V - 0.7V = 3.3V$$

$$I_C \approx I_E = \frac{U_E}{R_e} = \frac{3.3}{2} \text{mA} = 1.65\text{mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1.65}{50} \text{mA} = 0.033\text{mA} = 33\mu\text{A}$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C(R_c + R_e) = 12V - 1.65 \times (2 + 2)V = 5.4V$$

(2) 估算电压放大倍数 A_u 、输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 。

$$r_{be} = 300\Omega + (1 + \beta) \frac{26}{I_E} V = 300\Omega + 51 \times \frac{26}{1.65} \Omega \approx 1.1\text{k}\Omega$$

$$R'_L = R_c // R_L = \frac{R_c R_L}{R_c + R_L} = \frac{2 \times 2}{2 + 2} \text{k}\Omega = 1\text{k}\Omega$$

该电路的微变等效电路如图 2-3b 所示

$$A_u = - \frac{\beta R'_L}{r_{be}} = - \frac{50 \times 1}{1.1} \approx -45.5$$

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be} = 20 // 10 // 1.1 \text{k}\Omega \approx 0.94\text{k}\Omega$$

$$R_o = R_c = 2\text{k}\Omega$$

三、自测题

(一) 填空题 (每空 2 分, 共 36 分)

1. 三极管按其结构分为_____和_____两类, 其中有_____个 PN 结, 三个电极分别称为_____、_____和_____。

2. NPN 管工作于放大区时, U_C _____ U_B _____ U_E , 工作于饱和区时, U_B _____ U_C _____ U_E 。PNP 管工作于放大区时, U_C _____ U_B _____ U_E 。