



电子技术实践 教程与课程设计

Dianzi Jishu Shijian Jiaocheng yu Kecheng Sheji

主 编 张世英

副主编 付 凯 周丽琛



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电子技术实践教程 与课程设计

主 编：张世英

副主编：付 凯 周丽琛

参 编：陈岚岚 李宗强 刘立军 孟祥扬

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是根据高等学校电工电子实验课程的教学基本要求编写的实践应用教材。在内容安排上不仅注重实验原理的阐述,还注重对学生基础实验技能的训练,以及对实践创新能力的培养。本书分为四部分,主要内容包括模拟电子技术实验、数字电子技术实验、电子技术课程设计和常用电子仪器、仪表使用介绍。本书可根据教学课时和需要灵活选用,满足不同专业、不同学时和不同层次的需要。

本书可作为高等学校电气信息类和其他相关专业的本科、专科教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实践教程与课程设计/张世英主编. —北京:国防工业出版社,2017.3 重印
ISBN 978-7-118-10816-3

I. ①电… II. ①张… III. ①电子技术—课程设计
IV. ①F713.36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 042503 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

※

开本 787×1092 1/16 印张 11 字数 270 千字

2017 年 3 月第 1 版第 2 次印刷 印数 2001—4000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

电子技术是电类专业非常重要的技术基础课。随着社会对人才的需求变化,对学生的专业素质、工程能力都提出了更高要求。加强实践教学环节,提高实际能力,既是顺应时代要求,也是高等教育改革的重点。电子技术基础实验和课程设计在当前飞速发展的电子技术教学中占有重要地位。

本书根据电子技术教学大纲要求,在总结了多年实验教学改革和科研工作的基础上,参阅了大量的电工及电子技术相关实验教材后编写而成的。在实验教学内容和方法上突出能力培养,在开设传统的验证型实验的同时,增加综合应用型及设计型等开放性实验。本书内容丰富、知识面广、实用性强、通用性好,融知识性、实用性、趣味性于一体,力求贯彻素质教育,全面提高学生的实践能力,培养创新意识和创新能力。通过实验与课程设计环节的学习,旨在帮助学生掌握电子技术方面的基本实验知识、实验方法及实验技能,提高学生对电子电路的综合认知能力、分析问题及解决问题的能力,培养学生在电子技术应用中具有一定的创新性和严谨、踏实的工作作风。

本书满足不同层次理工科学生学习电子综合设计的需求,提供了丰富的电子技术综合设计题目。设计题目由浅入深,难易适中,从理论到实践,循序渐进,其目的是将电子技术基础与电子线路设计等课程的理论和实践有机地结合起来,注重加强对理工科学生基本实验技能与综合设计能力的培养,以及提高学生工程设计与实践动手的能力。

本书对学生课程设计的基本要求如下:

- (1) 初步掌握一般电子电路的分析和设计方法。
- (2) 培养学生一定的自学能力和分析、解决问题能力。
- (3) 熟练掌握常用电子仪器的使用方法。

参加本书编写的人员还有陈岚岚、李宗强、刘立军、孟祥扬等同志,在此一并表示感谢!

由于编写时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者给予批评指正。

编 者

2015年7月于武警工程大学

目 录

第一部分 模拟电子技术实验	1
1.1 实验一 二极管特性研究	1
1.2 实验二 共发射极放大电路	6
1.3 实验三 共集电极放大电路	9
1.4 实验四 差动放大电路	11
1.5 实验五 集成运算放大电路(一)	15
1.6 实验六 OCL 功率放大电路	18
1.7 实验七 基本放大电路动态参数测试	20
1.8 实验八 负反馈放大电路	23
1.9 实验九 集成运算放大电路(二)	26
1.10 实验十 比较器、方波—三角波发生器	30
1.11 实验十一 RC 正弦波振荡器	32
1.12 实验十二 LC 正弦波振荡器	35
第二部分 数字电子技术实验	39
2.1 实验一 TTL 与非门参数及特性测试	39
2.2 实验二 组合逻辑电路分析	43
2.3 实验三 全加器与全减器	46
2.4 实验四 集成四位全加器的应用	49
2.5 实验五 译码器	52
2.6 实验六 数据选择器	56
2.7 实验七 触发器	58
2.8 实验八 计数器(一)	61
2.9 实验九 计数器(二)	66
2.10 实验十 移位寄存器	70
2.11 实验十一 555 定时器	75
2.12 实验十二 D/A 转换器	78
第三部分 电子技术课程设计	82
3.1 电子技术课程设计的性质与任务	82
3.2 常用电子电路的设计方法	84
3.3 课程设计一 温度监测及控制电路	91
3.4 课程设计二 用运算放大器组成万用电表的设计与调试	96

3.5	课程设计三	延时小夜灯	100
3.6	课程设计四	语音放大电路	101
3.7	课程设计五	智力竞赛抢答装置	104
3.8	课程设计六	电子秒表	106
3.9	课程设计七	直流数字电压表	110
3.10	课程设计八	数字频率计	117
3.11	课程设计九	拔河游戏机	123
3.12	课程设计十	数字温度计	127
第四部分 常用电子仪器、仪表使用说明			135
4.1	TKD-1 型模拟电子技术实验箱使用说明		135
4.2	TKM-1 型数字电子技术实验箱使用说明		137
4.3	MCH-305D II 双路直流稳压电源使用说明		140
4.4	VC86 数字万用表使用说明		141
4.5	YT1931 数字全自动毫伏表使用说明		146
4.6	SDG1025 函数信号发生器使用说明		148
4.7	SDS1000CML 数字示波器使用说明		156
附录 芯片引脚及功能介绍			161
参考文献			168

第一部分 模拟电子技术实验

1.1 实验一 二极管特性研究

一、实验说明

半导体二极管的基本性能是“单向导电性”,利用这一特性,可用来进行整流、滤波、限幅等。二极管的伏安特性是非线性的,属于非线性器件,可通过本实验加深对其特性的认识。

二、实验目的

1. 理解二极管的单向导电性。
2. 比较半波整流与桥式整流的特点。
3. 了解稳压电路的组成和稳压作用。

三、实验设备

1. 模拟实验箱
2. 数字万用表
3. 数字示波器
4. 数字信号源

四、实验原理

1. 二极管的伏安特性

二极管由一个 PN 结构成,具有单向导电的作用。加正向电压时,二极管导通,呈现很小的电阻,称为“正向电阻”;二极管截止时,呈现高阻,称为“反向电阻”。

对二极管施加正向偏置电压时,二极管中就有正向电流通过(多数载流子导电),随着正向偏置电压的增加,开始时,电流随电压变化很缓慢;而当正向偏置电压增至接近二极管的导通电压时(锗管为 0.2V 左右,硅管为 0.7V 左右),电流急剧增加;二极管导通后,电压的少许变化,电流的变化都很大。如图 1-1-1 所示。

对上述两种器件施加反向偏置电压时,二极管处于截止状态,其反向电压增至该二极管的击穿电压时,电流猛增,二极管被击穿,在二极管使用过程中应尽量避免出现击穿现象,否则很容易造成二极管的永久性损坏。所以在做二极管反向特性曲线时,应串联限流电阻,以防因电流过大而损坏二极管。

2. 半波整流电路

二极管半波整流电路实际上利用了二极管的单向导电性。

当输入电压处于交流电压的正半周时,二极管导通,输出电压 $u_o = u_i - u_d$;当输入电压处于交流电压的负半周时,二极管截止,输出电压 $u_o = 0$ 。半波整流电路输入电压和输出电压的波形

如图 1-1-2 所示。

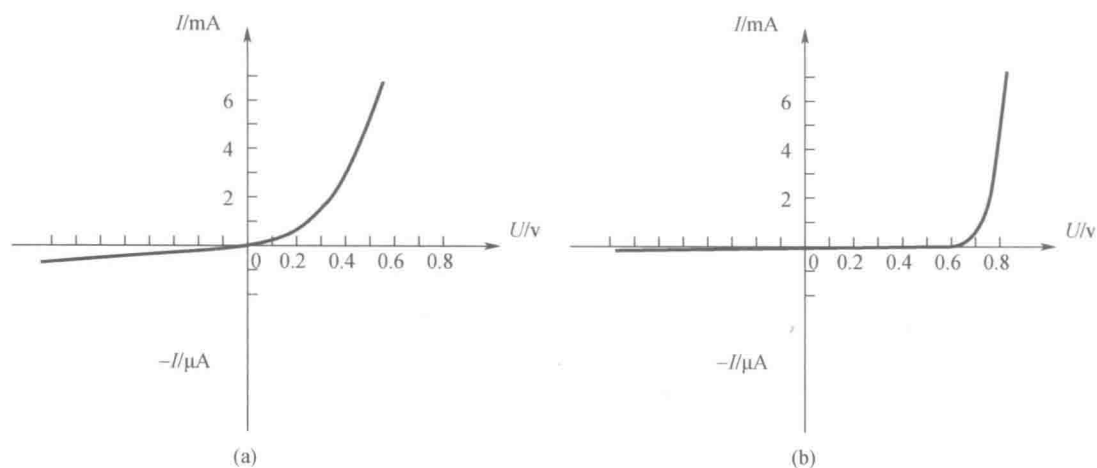


图 1-1-1 锗管、硅管伏安特性图

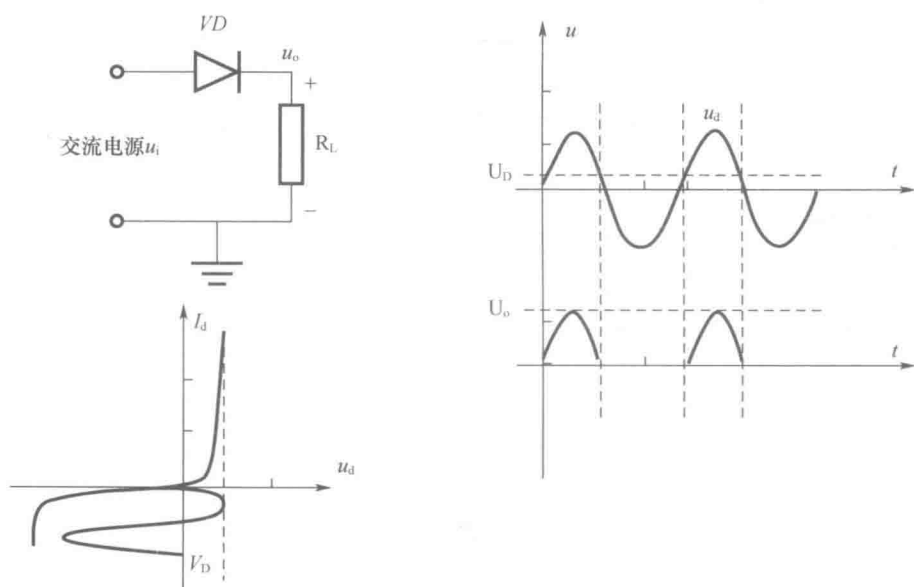


图 1-1-2 半波整流电路波形图

对于使用直流电源的电动机等功率型的电气设备,半波整流输出的脉动电压就足够了。但对于电子电路,这种电压则不能直接作为半导体器件的电源,还必须经过平滑(滤波)处理。平滑处理电路实际上就是在半波整流电路的输出端接一个电容,在交流电压正半周时,交流电源在通过二极管向负载提供电源的同时对电容充电;在交流电压负半周时,电容通过负载电阻放电。

3. 桥式整流电路

桥式整流电路是使用最多的一种整流电路,是用二极管组成一个整流电桥。

当输入电压处于交流电压的正半周时,二极管 VD_1 、负载电阻 R_L 、 VD_3 构成一个回路(图 1-1-3 中虚线所示),输出电压 $u_o = u_i - u_{D1} - u_{D3}$ 。当输入电压处于交流电压的负半周时,二极

管 VD_2 、负载电阻 R_L 、 VD_4 构成一个回路,输出电压 $u_o = u_i - u_{D2} - u_{D4}$ 。

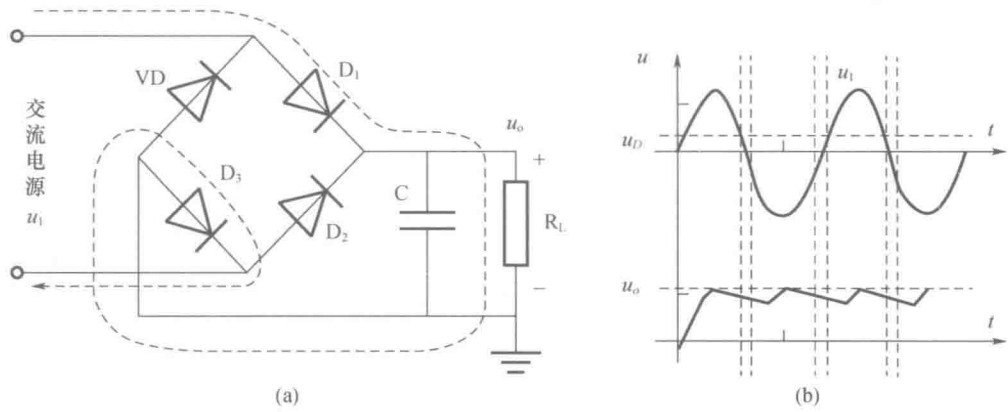


图 1-1-3 桥式整流电路及其波形图

由上述分析可知,二极管桥式整流电路输出的也是一个方向不变的脉动电压,但脉动频率是半波整流电路输出的 2 倍。

五、实验内容

1. 半波整流电路

(1) 按图 1-1-4 连接电路。

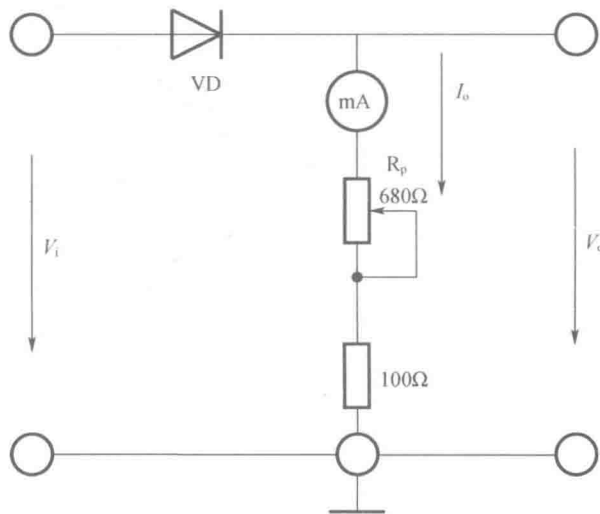


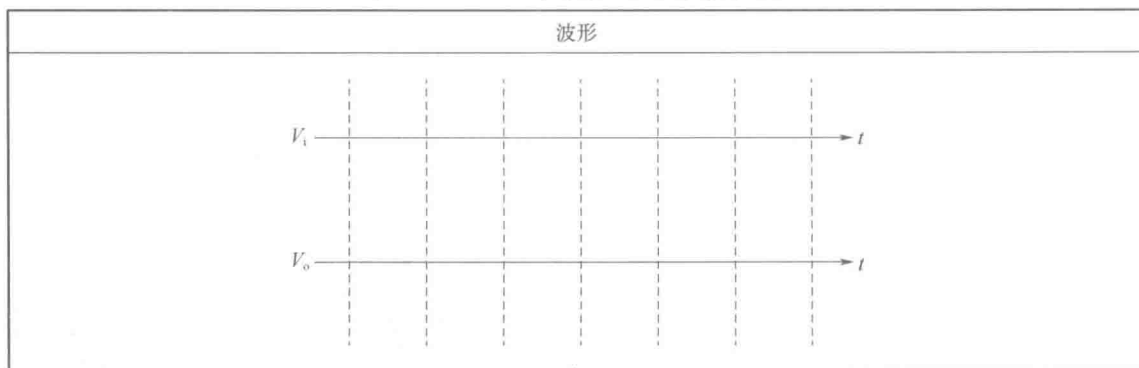
图 1-1-4 半波整流电路实验图

(2) 在输入端接入 14V 交流电压,调节电位器 R_p 使 $I_o = 50\text{mA}$ 时,用数字万用表测出 V_o ,记入表 1-1-1;同时,用示波器的 DC 挡观察输出波形,绘制入表 1-1-2。

表 1-1-1 实验数据记录表

待测量 电路类型	V_i/V	V_o/V	I_o/mA
半波整流电路			
桥式整流电路			

表 1-1-2 半波整流电路波形图



2. 桥式整流电路

(1) 按图 1-1-5 连接电路。

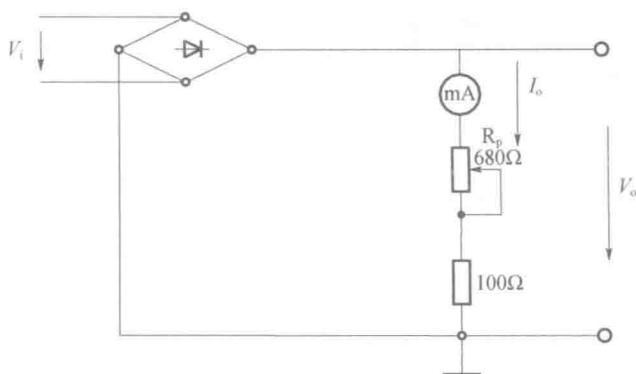
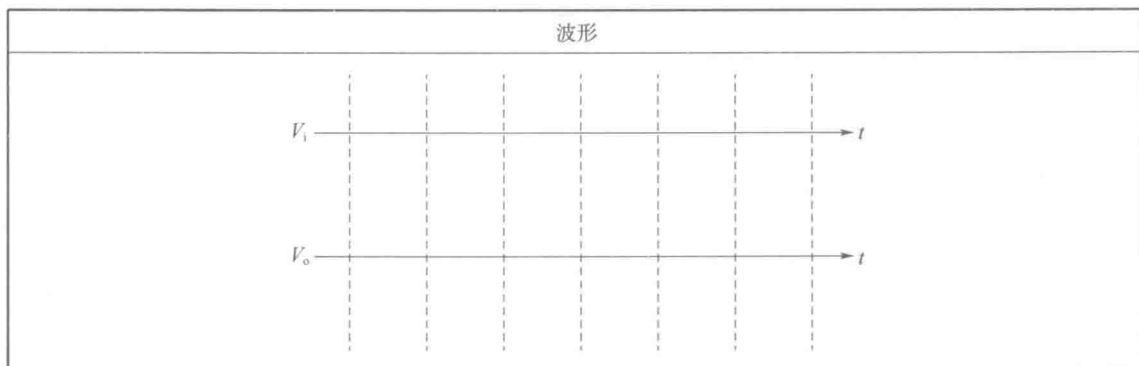


图 1-1-5 桥式整流电路实验图

(2) 在输入端接入 14V 交流电压, 调节电位器 R_p 使 $I_o = 50\text{mA}$ 时, 用数字万用表测出 V_o , 记入表 1-1-1; 同时, 用示波器的 DC 挡观察输出波形, 绘制入表 1-1-3。

表 1-1-3 桥式整流电路波形图



3. 加电容滤波电路

保持上述桥式整流实验电路不动, 在其后加电容滤波, 如图 1-1-6 所示, 比较并测量接电容 C 与不接电容 C 两种情况下的输出电压 V_o 及输出电流 I_o , 记入表 1-1-4; 并用示波器的 DC 挡观测接电容 C 时电路的输出波形, 绘制入表 1-1-5。

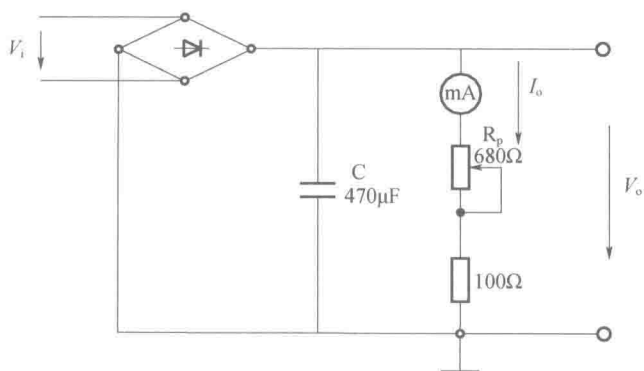
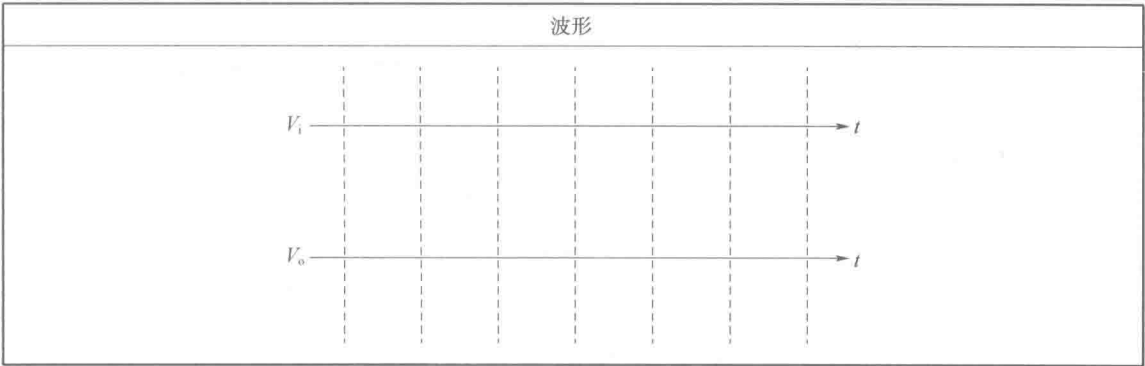


图 1-1-6 加滤波电容的桥式整流电路

表 1-1-4 实验数据记录表

待测量 电路类型	V_i/V	V_o/V	I_o/mA
有电容 C			
无电容 C			

表 1-1-5 加电容 C 桥式整流电路波形图



4. 加稳压二极管的并联稳压电路*

保持加滤波电容的桥式整流电路不动,在电容后面增加稳压二极管电路(510Ω 、 VD_z),如图 1-1-7 所示。

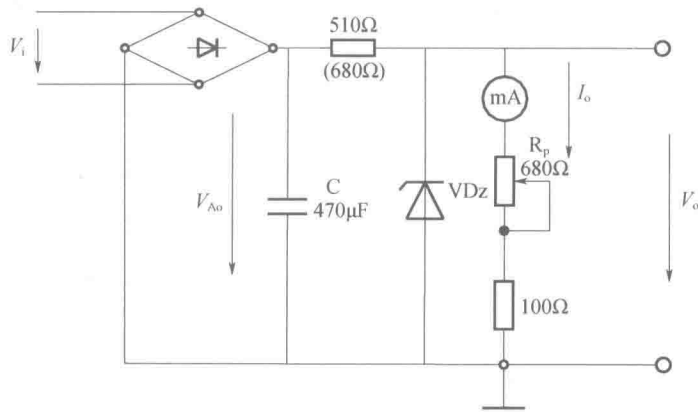


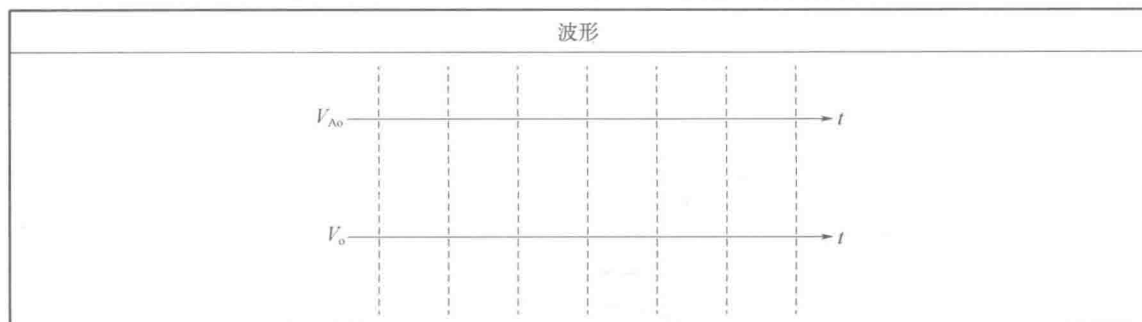
图 1-1-7 加稳压二极管的桥式整流电路

在接通交流 14V 电源后,调整 R_p 使输出电流分别为 10mA、15mA、20mA 时,测出 V_{Ao} 、 V_o ,记入表 1-1-6;用示波器的 DC 挡观测波形,并绘制出输出电流为 15mA 时的波形记入表 1-1-7。

表 1-1-6 实验数据记录表

I_o/mA	V_i/V	V_{Ao}/V	V_o/V
10			
15			
20			

表 1-1-7 加稳压二极管桥式整流电路波形图

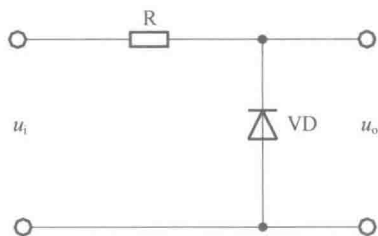
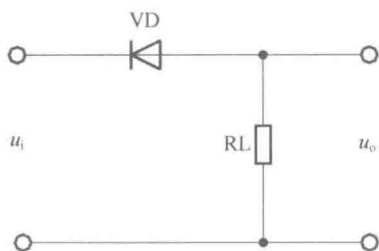


六、实验报告要求

1. 比较半波整流电路与桥式整流电路的特点。
2. 说明滤波电容 C 的作用。
3. 说明稳压二极管的稳压作用。

七、思考题

1. 用万用表如何判定二极管的阴极与阳极?
2. 当 u_i 为正弦交流信号时,分析如下两图中,输出电压的波形。



3. 桥式整流电路加上滤波电容后输出电压的波形有什么变化? 电容 C_1 和电阻 R_1 的数值大小对输出电压的波形有什么影响?

1.2 实验二 共发射极放大电路

一、实验说明

放大器是低频电路中常用的器件。虽然我们在使用中倾向于采用集成电路,但分立元件电

路是基础,仍应给予足够重视。合理地设置放大电路的静态工作点,是使放大电路正常工作的前提。了解放大器重要性能指标的定义和意义,是正确使用放大器的基础。

二、实验目的

1. 学习晶体管放大电路静态工作点的测试方法,理解电路元件参数对静态工作点的影响以及调整静态工作点的方法。
2. 学习放大电路的动态性能。
3. 掌握共发射极放大电路的特性。

三、实验设备

1. 模拟实验箱
2. 数字万用表
3. 数字示波器
4. 信号发生器

四、实验原理

单管共发射极放大器实验电路,如图 1-2-1 所示。图中,偏置电阻 R_{b1} 、 R_{b2} 组成分压电路,并在发射极中接有电阻 R_E ,以稳定放大器的静态工作点。当在放大器的输入端加入输入信号后,在放大器的输出端便可得到一个与输入信号相位相反、幅值被放大的输出信号,从而实现了电压放大。

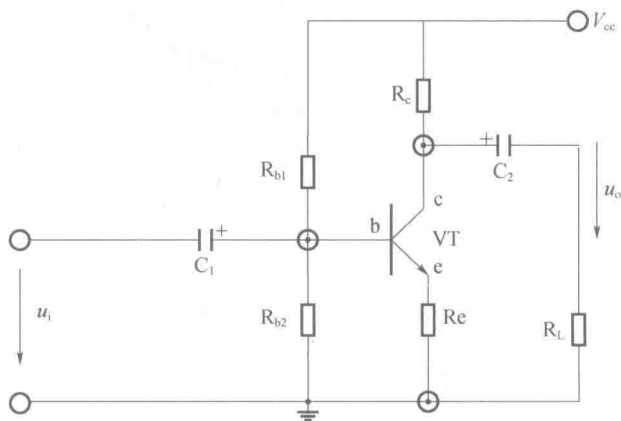


图 1-2-1 共发射极放大器电路

五、实验内容

1. 用万用表的三极管挡测量晶体管的电流放大倍数 β 值。
2. 测量并计算静态工作点。
 - (1) 按图 1-2-2 所示接线(此时, $R_e' = 2k\Omega$)。
 - (2) 将输入端接地,令输入信号为零,调节电位器 R_{p2} ,使 $V_c \approx V_{cc}/2$ (取 $6 \sim 7V$),用万用表测量静态工作点 V_c 、 V_e 、 V_b 及 V_{b1} 的数值,记入表 1-2-1 中。

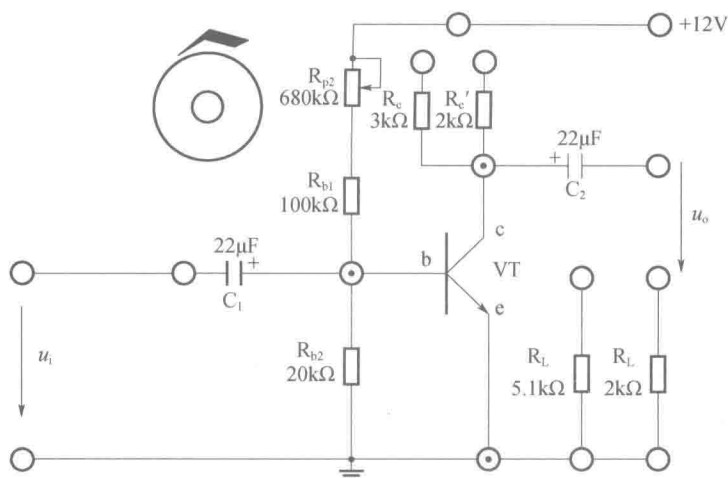


图 1-2-2 共发射极放大器实验电路

表 1-2-1 实验数据记录表

测 量 值				计 算 值	
V_c/V	V_e/V	V_b/V	V_{b1}/V	I_c/mA	I_b/A

(3) 按下式计算 I_b 、 I_c ，并记入表 1-2-1。

$$I_b = \frac{V_{b1} - V_b}{100k\Omega} - \frac{V_b}{20k\Omega} \quad I_c = \frac{V_{cc} - V_c}{R_c}$$

3. 测量电压放大倍数及观察输入电压、输出电压的相位关系。

如图 1-2-2 所示，输入端接入用信号发生器产生的 $f=1kHz$ 、 $V_i=5mV$ 的正弦信号，负载电阻分别为 $R_L=2k\Omega$ 和 $R_L=\infty$ ，用交流毫伏表测量输出电压值，并用示波器观察输入电压和输出电压的波形和相位关系，绘制入表 1-2-3。在不失真的情况下，计算电压放大倍数 ($A_v = V_o/V_i$)，完成表 1-2-2。

表 1-2-2 实验数据记录表

R_L	V_i/mV	V_o/V	A_v
2kΩ			
∞			

表 1-2-3 实验数据记录表

波 形	

4. 观察 R_c 对放大倍数的影响。

在实验步骤 2 的基础上,保持 $R_L = 2\text{k}\Omega$ 值不变,把 R_c 换成 $3\text{k}\Omega$,重新测定放大倍数,将数据填入表 1-2-4。

表 1-2-4 实验数据记录表

R_c	V_i/mV	V_o/V	A_v
$2\text{k}\Omega$			
$3\text{k}\Omega$			

5. 观察负载电阻对放大倍数的影响。

在实验步骤 2 的基础上,保持 $R_c = 2\text{k}\Omega$ 不变,将负载电阻 $2\text{k}\Omega$ 换成 $5.1\text{k}\Omega$,重新测定放大倍数,完成表 1-2-5。

表 1-2-5 实验数据记录表

R_L/Ω	V_i/mV	V_o/V	A_v
$5.1\text{k}\Omega$			

六、实验报告要求

- 1. 整理实验数据,按要求进行计算。
- 2. 根据表 1-2-4 中实验数据,总结参数 R_c 的变化对电压放大倍数的影响。

七、思考题

- 1. 实验电路中的参数 R_c 、 R_L 、 V_{cc} 变化时,对输出信号的动态范围有什么影响? 如果加大输入信号,输出信号的波形将产生什么失真?
- 2. 能否用万用表的交流挡测量放大器的输出? 为什么?
- 3. 当晶体管的值发生变化时,分压式偏置电路的静态工作点能否稳定?

1.3 实验三 共集电极放大电路

一、实验说明

共集电极放大电路也叫“射极输出器”,是放大电路的另一种形式,它是将输入信号接在基极与公共端“地”之间,从发射极与“地”之间输出信号的电路。

二、实验目的

- 1. 熟悉共集电极放大电路的特点。
- 2. 进一步熟悉放大电路的输入电阻、输出电阻和电压增益的测试方法。

三、实验设备

- 1. 模拟实验台
- 2. 数字示波器

3. 交流毫伏表

4. 数字万用表

四、实验原理

共集电极放大电路如图 1-3-1 所示。共集电极放大电路具有输入电阻高、输出电阻低、电压放大倍数接近于 1、输出动态范围大的特点。与共发射极放大电路不同,共集电极放大电路从发射极输出(因而称为射极跟随器)。

注意:如果实验中发现寄生振荡,可在 VT 管的电极 c、b 间接上 30pF 的电容。

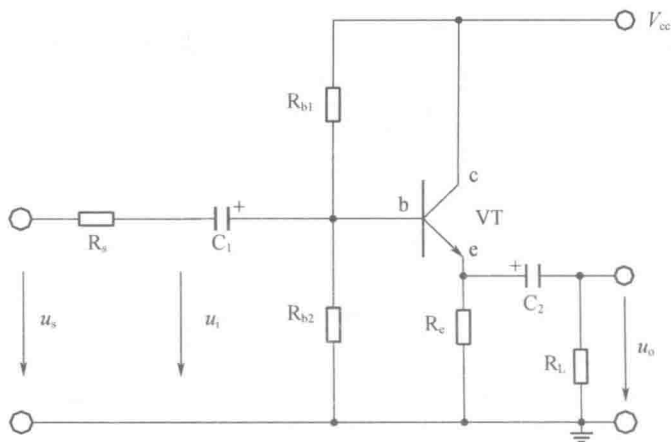


图 1-3-1 共集电极放大电路

五、实验内容及步骤

1. 测试静态工作点

(1) 按图 1-3-2 所示连线。

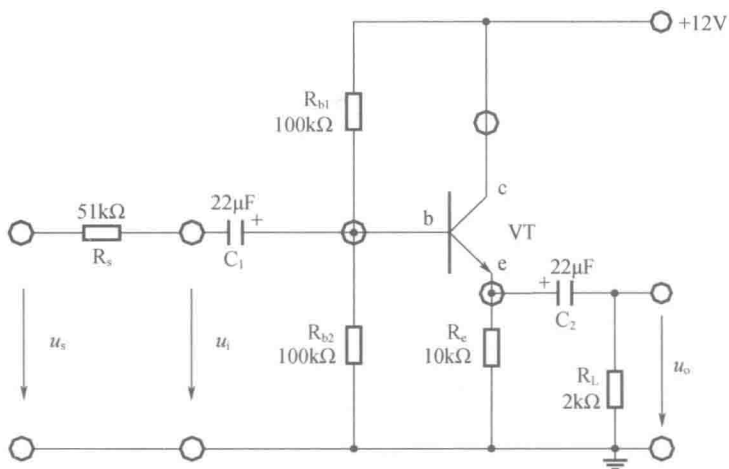


图 1-3-2 共集电极放大电路实验图

(2) 将输入端接地,令输入信号为零,用万用表测量静态工作点 U_c 、 U_e 、 U_b 的数值,记入表 1-3-1。

表 1-3-1 实验数据记录表

待测量	U_b/V	U_c/V	U_e/V
理论值			
实测值			

2. 测量电压放大倍数

实验电路中的 R_s 代替信号源内阻,输入信号的频率为 1kHz,输入信号的幅度选择应使电路输出在整个测量过程中不产生波形失真,在不接负载电阻($R_L = \infty$)和接上负载电阻 $R_L = 2k\Omega$ 两种情况下将测量结果填入表 1-3-2。

表 1-3-2 实验数据记录表

待测参数	$R_L = \infty$	$R_L = 2k\Omega$				
	u_{∞}/V	u_i/V	u_o/V	u_s/V	$A_u = u_o/u_i$	$A_{VS} = u_o/u_s$
理论值						
实测值						

3. 测量放大器的输入电阻。

输入电阻(R_i)表示放大电路从信号源或前级放大电路获取电流的多少。输入电阻越大,索取前级电流越小,对前级的影响越小。用交流毫伏表分别测出 u_s 和 u_i ,则输入电阻为

$$R_i = \frac{u_i}{u_s - u_i} R_s$$

将测量结果填入表 1-3-3。

4. 测量放大器的输出电阻。

输出电阻(R_o)表示电路带负载的能力。输出电阻越小,带负载能力越强。用交流毫伏表分别测量放大器在空载状态下的输出电压 u_o 以及有载状态下(负载电阻 $R_L = 2k\Omega$)的输出电压 u_{ol} ,则输出电阻为

$$R_o = \frac{u_o - u_{ol}}{u_{ol}} R_L$$

将测量结果填入表 1-3-3。

表 1-3-3 实验数据记录表

待测量	R_i/Ω	R_o/Ω
实测值		

六、实验报告要求

1. 理论计算图 1-3-1 的静态工作点,并与实测值进行比较。
2. 整理实验结果,说明射极输出器的特点。

1.4 实验四 差动放大电路

一、实验说明

差动放大电路是一种直接耦合放大电路。理想的差动放大电路只放大差动信号(差模),