

● 电子工程类 ●



高等学校『十一五』规划教材

(第2版)

电子技术实验

赵建华 等编

西北工业大学出版社

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

● 电子工业出版社 ●

中国大学教学用书

电子技术实验

第二版

清华大学出版社



电子技术实验

(第2版)

赵建华 郑长风 李 静 编
宋春焕 张荷芳

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是与模拟电子技术基础、数字电子技术基础两门课程紧密配合的实验课教材。主要包括模拟电路基础实验、数字电路基础实验、设计性与综合性实验、Multisim 在电子技术实验中的应用、实验电路的安装与调试、常用仪器设备的简介与使用及电子电路测量技术的基本知识等。此外,书末还附有部分常用数字集成电路功能表、部分常用数字集成电路引脚图及部分常用线性集成电路引脚图等。

本书可作为高等学校电子类及相关专业学生的实验课教材和实验参考书,也适合广大电子爱好者自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验/赵建华,郑长风等编.—2版.—西安:西北工业大学出版社,2009.1
ISBN 978-7-5612-1878-5

I. 电… II. ① 赵… ② 郑… III. 电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 142720 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14.75

字 数:348 千字

版 次:2009 年 1 月第 2 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定 价:24.00 元

教材编委会

主 任：程光伟

委 员：雷志勇 齐 华

雷 斌 郑长风

出版说明

西安工业大学于1955年建校,是一所中央与地方共建,以陕西省管理为主的全日制普通高等学校。经过50多年的建设与发展,已经成为一所办学水平较高、办学规模较大、学科门类齐全的多科性普通高等学校。

在我国高等教育事业实现跨越式发展的同时,扩大规模和提高质量已成为高等教育发展的两大主题。而教材作为教学内容、教学方法和知识传播的有形载体和基本工具,能够适时地将学校办学水平、培养目标、质量标准等信息传递给学生。“十五”期间,学校立足自身定位,坚持教材建设研究,统一规划,加强管理,资助出版了多部特色教材,这些教材从体系到内容都充分体现了学校的办学定位和办学特色。

2006年,为了适应社会和学校教育事业的发展,学校对办学指导思想进行了重新确定,进一步明确了办学定位、培养目标及服务方向。“十一五”期间,学校将在更新教育理念、提高办学水平、实现快速发展的思想指导下,坚持科学的教育发展观,围绕培养定位、培养模式、专业建设、课程改革等方面做大量的研究、探索和实践,并通过加强科学研究带动学科建设。为使这些教学研究改革及学科建设、科研成果及时得以固化并更好推广,我们将在系统调研、认真审阅的基础上,对已形成专著的研究内容规划整理成为适合教学的教材,并将工程实践中已获得应用的先进技术和内容提炼后纳入新编教材中,突出专业特色及学科建设成果,把教材建设目标和人才培养目标统一起来,从总体上提高人才培养质量,促进教学工作上台阶,促进培养目标的实现。

我校“十一五”规划出版的各学科系列教材,将全面系统地融入教学改革和科学研究的优秀成果,为各学科和专业发展奠定坚实的基础。我们衷心希望这些教材能对广大读者在夯实基础、强化素质、提高能力方面起到积极作用。

西安工业大学
教学工作委员会教材工作分会
2006年7月

第2版前言

电子技术是一门实践性很强的专业基础课,实验占有重要地位。经过多年实践教学与不断完善,我们再次修订出版了这本新的电子技术实验教材。该教材减少了验证性实验,在基础性实验的基础上增加了综合性和设计性实验,尤其是引入了计算机虚拟实验。此次修订及时更新了计算机虚拟实验。紧密配合学生当前学习的 Multisim 系列软件。

基础性实验的主要任务是验证课堂理论知识,掌握各种电子仪器的正确使用方法和基本实验技能。

对于综合性和设计性实验,学生可选择书中的若干实验内容进行实验,也可经教师批准自拟实验项目,由学生独立拟定实验方案、分析实验原理、确定实验步骤、安装调试、排除故障、撰写实验报告,并在限定的时间内完成。这就要求学生必须认真预习、充分准备才能完成。该类实验对培养学生的综合分析与解决问题的能力有重要意义。本书对学生完成综合性和设计性实验具有很好的参考价值。学生通过这一系列实践环节由浅入深地学习与探索,不仅可以提高实验技能和综合应用能力,同时也能对电子技术理论进行全面系统的复习,加深对基础理论的理解,巩固对理论知识的掌握。

计算机仿真实验是近年发展起来的新型虚拟实验方法,与传统实验方法相比,计算机仿真实验具有速度快、容量大、硬件投资少且分析设计全面的特点。其具有相对的优越性和先进性。

本书由赵建华、郑长风、李静、宋春焕和张荷芳共同编写,其中赵建华负责全书的修订整理工作,并编写了第1,6,7章以及修订时第2章增加部分的内容;郑长风编写了第2,5章;李静编写了第3章;宋春焕、张荷芳编写了第4章。在本书初版的整理和定稿过程中,西北工业大学电子信息学院于海勋教授仔细审阅了书稿,指出书中欠妥之处,提出了详细的修改意见,在此谨致以诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中不妥之处企盼读者批评指正。

编 者

2008年11月

目 录

第 1 章 模拟电路基础实验	1
1.1 常用仪器的使用及二极管、三极管的测试	1
1.2 单管放大电路	6
1.3 多级放大电路	9
1.4 负反馈放大电路	11
1.5 差动放大电路	14
1.6 比例、求和运算电路	17
1.7 积分与微分运算电路	21
1.8 电压比较器	23
1.9 集成运放 RC 正弦波振荡器	25
1.10 LC 振荡器及选频放大器	28
1.11 集成运放参数测量	30
1.12 整流、滤波与稳压电路	33
第 2 章 数字电路基础实验	38
2.1 门电路逻辑功能及其应用	38
2.2 组合电路研究	42
2.3 编码、译码与显示电路研究	45
2.4 译码器和数据选择器	47
2.5 触发器功能测量	51
2.6 触发器及其应用	54
2.7 计数器及其应用	58
2.8 计数、译码与显示电路	66
2.9 寄存器功能测量及其应用	68
2.10 移位寄存器及其应用	70
2.11 555 定时器及其应用	75
2.12 D/A 和 A/D 转换	82
第 3 章 设计性与综合性实验	86
3.1 集成电路扩音机	86

3.2	声控台灯	87
3.3	程控放大器设计	88
3.4	温度测量、超温报警及控制系统设计	92
3.5	时钟控制器设计	94
3.6	序列码发生器及序列码检测器设计	96
3.7	红外发射与接收报警器设计	101
3.8	方波、锯齿波产生电路	102
3.9	电流/电压转换电路	104
3.10	电压/频率转换电路	105
3.11	生产线自动装箱设备监控器	106
3.12	硬件优先排队电路	108
3.13	篮球比赛计分显示系统	110
第4章	Multisim 在电子技术实验中的应用	113
4.1	Multisim 的使用方法	113
4.1.1	Multisim 简介	113
4.1.2	建立实验电路	136
4.2	虚拟实验举例	153
4.2.1	单管放大电路实验	153
4.2.2	运算电路实验	156
4.2.3	集成计数器实验	157
4.2.4	555 定时器及其应用	160
第5章	实验电路的安装与调试	163
5.1	实验电路的安装	163
5.2	电路调试技术	166
5.3	故障检测的一般方法	167
5.4	数字集成电路使用须知	173
第6章	常用仪器设备的简介与使用	175
6.1	TPE—AD 电子技术学习机	175
6.2	C5020(HH4310)双踪示波器	179
6.3	MOS—620 系列双踪示波器	182
6.4	XD2C 与 XD2 型低频信号发生器	186
6.5	SP1641D 型函数信号发生器/计数器	189
6.6	NY4510 型交流电压表	191
第7章	电子电路测量技术的基本知识	194
7.1	干扰源	194

7.2 误差分析与测量结果的处理	194
7.3 系统增益或衰减的测量	197
7.4 系统频率特性的测量	198
7.5 系统输入、输出电阻的测量	198
附录	200
附录 1 部分常用数字集成电路功能表	200
附录 2 部分常用数字集成电路引脚图	217
附录 3 部分常用线性集成电路引脚图	223

第1章 模拟电路基础实验

1.1 常用仪器的使用及二极管、三极管的测试

一、实验目的

(1)初步掌握用示波器观察正弦波信号及测量其参数的方法(示波器工作原理参阅6.2节)。

(2)学习用万用表测试晶体管的方法。

(3)学习信号发生器、晶体管电压表的使用方法(其工作原理参阅6.4~6.6节)。

二、实验原理

本实验使用的信号源为 XD2C 信号发生器或 SP1641D 函数信号发生器/计数器,示波器为 C5020 或 MOS—620 双踪示波器,测量仪表为 DY4510(或 SX2172)晶体管交流电压表。正弦波信号源输出信号的波形、幅度及周期通常用示波器测量,非常直观、方便。信号源输出的信号电压有效值也可用交流电压表测出。

示波器是用来测量各种周期电压(或电流)波形的电子仪器,能观察到的最高信号频率主要取决于示波器 y 轴通道的频带宽度。本实验所使用双踪示波器观察信号频率范围为 0~20 MHz。为了减小示波器的输入阻抗对被测信号的影响,被测信号通常经过 10:1 衰减探头输入到示波器。

DY4510(或 SX2172)交流电压表用于测量交流信号,适合于测量 XD2C 与 SP1641D 输出的正弦波信号电压。它具有灵敏度高,测量范围宽(小到毫伏级以下,大到 300V 都能测量)等特点,因此在电工、电子技术中,凡涉及交流信号电压都应用此表进行测量。

三、实验内容

1. XD2C 信号发生器的使用方法

(1) 信号频率的调节。信号发生器面板左下方有一“频率范围”旋钮,它把 1 Hz~1 MHz 频率划分为若干个频率段(范围)。要想获得某一频段内的某一个具体信号频率,除了置上述旋钮到该频段内,还要调节“频率调节” $\times 1$, $\times 0.1$, $\times 0.01$ 旋钮,按十进制原则细调,可获得该具体信号的频率值。例如:要使信号发生器输出信号频率为 5 650 Hz,首先置“频率范围”旋钮在 1~10 kHz 频段内,然后置“频率调节”旋钮“ $\times 1$ ”在 5 位置,“ $\times 0.1$ ”在 6 位置,“ $\times 0.01$ ”在 5 位置,则信号发生器此时输出信号频率为 5.65 kHz。

(2) 信号输出幅度的调节。面板左上方有表头指示,其满刻度为 5 V。面板右下方有两个旋钮,一个是“输出细调”旋钮,用于连续调节输出电压大小,并使表头指示某一数值电压;另一

个是“输出衰减”旋钮,调此旋钮,输出电压按 dB(分贝)衰减,即表头指示值除以分贝衰减值才是输出信号的实际电压。例如:当“输出衰减”旋钮置于 0 dB 时,表头指示值即为输出信号实际电压的有效值,当“输出衰减”旋钮置于 10 dB 时,输出信号实际电压值为表头指示值除以 3.16。“输出衰减”最大可达 90 dB。

2. SP1641D 信号发生器的使用方法

接通电源,信号通过 50 端口用屏蔽电缆引出,红线为信号输出端,黑线为信号地端。

(1)信号频率调节:例如进行 1.5 kHz 的调节。按“倍率选择”按钮到 1 kHz 频段,然后调节“频率微调”旋钮使信号频率为 1.5 kHz(见频率显示屏)。

(2)信号幅度调节:例如进行 14.1 V 电压的调节。按“波形选择”按钮为正弦波,“信号衰减”按钮 20 dB,40 dB 均不按下,微调“幅度”旋钮使电压显示为 14.1 V。

(3)本信号发生器幅度变化,用示波器测量。按表 1.1.1 要求设定衰减信号分别为 0 dB, 20 dB,40 dB,60 dB,测量幅值电压。

(4)本信号发生器频率变化,用示波器测量。按表 1.1.2 要求测量,选择合适的“倍频选择”按钮,然后调节“频率微调”旋钮到表中要求的频率值,用示波器显示其频率来对周期进行测量。

3. C5020 或 MOS—620 示波器的使用方法(参考 6.2 节和 6.3 节)

(1)接通电源,在加入被测信号之前,首先应调节“辉度”、“聚焦”旋钮,屏幕上应显示一条细而清晰的扫描基线,如果看不到则再调节“x 轴位移”和“y 轴位移”旋钮使基线出现并调于屏幕中央。

(2)将被测信号从示波器 y 轴输入,调节“扫描速率”、“灵敏度”旋钮,就能控制显示正弦波的个数和大小。如果波形不稳定,则调节“电平”旋钮便可获得理想稳定的波形。

4. 用示波器测信号电压有效值

(1)调整信号发生器输出信号的频率为 1 kHz,“输出衰减”旋钮置于 0 dB,调节“输出细调”旋钮,使表头指示为 4 V,将示波器“灵敏度”选择开关“V/div(cm)”旋钮(微调钮)置于“校准”位置,将被测信号从示波器 y 轴输入,再适当调整“V/div(cm)”(波段开关)使屏幕上显示完整正弦波,将波形高度所占的格数乘以“V/div(cm)”旋钮位置指示的值,其结果即为幅值(峰-峰值)电压,然后换算成有效值。

(2)将信号发生器“输出衰减”旋钮分别置于 0 dB,10 dB,20 dB,30 dB……位置,并从示波器读出其幅值记入表 1.1.1 中。

表 1.1.1

信号发生器“输出衰减” dB	0	10	20	30	40	60
灵敏度选择开关位置 V/div						
显示峰-峰波形高度 cm						
峰-峰幅值 V_{pp} V						
电压有效值 V						
测量电压值 V						

5. 用示波器测量 XD2C 信号周期

将信号发生器输出信号固定为 4 V,并将示波器扫描开关“ $t/\text{div}(\text{cm})$ ”旋钮(微调钮,即面板图的 UARIBLE)置于“校准”位置(顺时针旋到底),把信号从 y 轴输入,适当调整扫描开关“ $t/\text{div}(\text{cm})$ ”(波段开关)使屏幕上显示 2~3 个完整正弦波,这样根据示波器屏幕上所显示的一个周期的波形在水平方向上所占的格数乘以扫描开关“ $t/\text{div}(\text{cm})$ ”旋钮所处位置指示的值,即为该信号的周期。被测信号的频率分别取 0.8 kHz,1.5 kHz,25.0 kHz,按表 1.1.2 要求记录数值。

表 1.1.2

被测信号频率 kHz		0.8	1.5	25.0
信号发生器“频率范围”选择				
信号发生器“频率调节”开关位置 (SP1641D 不用填值)	×1			
	×0.1			
	×0.01			
示波器“扫描速率”开关位置 t/div				
示波器上一周期所占水平格 cm				
被测信号周期 ms				

6. 改变信号发生器设置,重新实验

将信号发生器输出信号调到 5 V, $f=2\text{ kHz}$,重复表 1.1.1,1.1.2 实验。

7. 使用晶体管特性图示仪

用晶体管特性图示仪测量二极管、三极管的特性,并记录波形。

8. 用万用表测试二极管和三极管

(1)判断二极管极性。用万用表测量电阻时,它的等效电路如图 1.1.1 所示。其中 r 为等效电阻, E 为表内电源电压。当万用表处于 $R\times 1,R\times 10,R\times 100,R\times 1\text{ k}$ 挡时,一般 $E=1.5\text{ V}$ 。若将黑表棒接到二极管的阳极,红表棒接到二极管的阴极,则二极管处于正向偏置,呈现低阻;反之,则二极管处于反向偏置,呈现高阻,表针偏转小。根据两次测得的阻值大小,就可以区别出二极管的极性(见图 1.1.2)。值得注意的是:切忌用 $R\times 1$ 或 $R\times 10\text{ k}$ 挡来判断二极管。

(2)晶体三极管管脚的判别。

1)管型和基极 b 的判别。可以把三极管的结构看成是两个背靠背的 PN 结,如图 1.1.3 所示。对 NPN 管来说,基极是两个结的公共阳极,如图 1.1.3(a)所示;对 PNP 管来说,基极是两个结的公共阴极,如图 1.1.3(b)所示,则可判断出该管是 NPN 型还是 PNP 型。

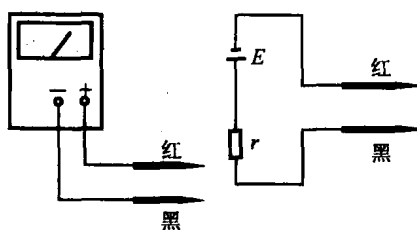


图 1.1.1 等效电路

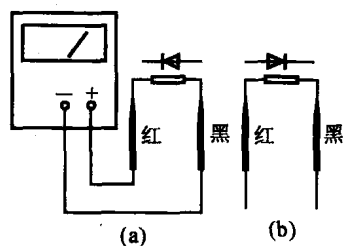


图 1.1.2 二极管极性判断电路

(a)电阻小；(b)电阻大

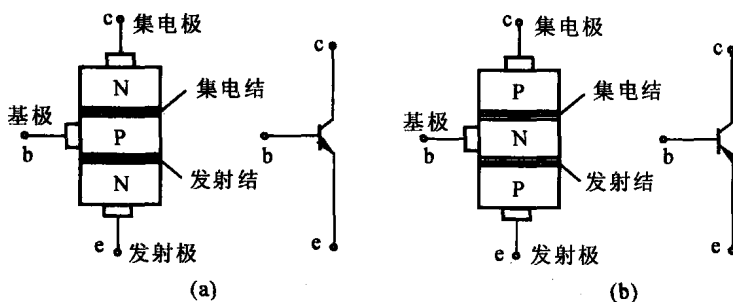


图 1.1.3 三极管结构图

(a)NPN 型；(b)PNP 型

2) 发射极 e 和集电极 c 的判别。如图 1.1.4 所示，把已判定的三极管基极 b 接到 b 端，另两个极 e 和 c 接到红、黑表棒上，即构成基本放大电路。

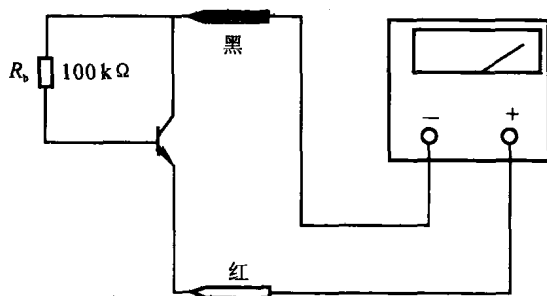


图 1.1.4 三极管判别电路

若集、射间所加为正常放大的极性电源电压，例如 NPN 型三极管 c 极接电源正，e 极为负，则集电极电流为

$$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$$

反之，c 极接电源负，e 极为正，则集电极电流为

$$I_{Cr} = \beta_r I_B + I_{CEOr}$$

式中， β_r 为三极管反向电流放大系数或倒置运用时的电流放大系数。一般 $\beta > \beta_r$ ，显然 $I_C \gg I_{Cr}$ 。

在图 1.1.4 中，若万用表红表棒接 c 端，黑表棒接 e 端，测得的电阻大（即 I_C 小）。若红、



黑表棒互换,测得的电阻小(即 I_C 大),则黑表棒在此条件下所接 c 端为三极管集电极 c,红表棒所接 e 端为三极管的发射极 e。

对于 PNP 管,与上述情况正好相反。

在图 1.1.4 中 $R_b = 100\text{ k}\Omega$,也可用人体电阻代替,即用两只手分别捏住 b, c 端。

(3)检查电流放大系数 β 和穿透电流 I_{CEO} 的大小。

1)如图 1.1.5 所示, b 极开路,测量 c, e 间的电阻值,若接入 $100\text{ k}\Omega$ 电阻前后两次测得的电阻值相差较大,则说明 β 愈大,此方法一般适用于检查小功率管的 β 值。

2)图 1.1.5 中,流过管子的电流就是 I_{CEO} ,电阻表中指针偏转越小,说明 I_{CEO} 越小,管子性能越好。

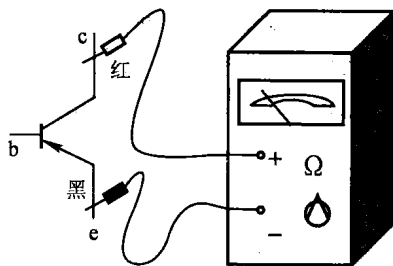


图 1.1.5 穿透电流测试电路

四、实验仪器

- (1)双踪示波器 1 台。
- (2)信号发生器 1 台。
- (3)数字万用表 1 只。
- (4)晶体管电压表 1 台。
- (5)晶体管特性图示仪 1 台。

五、预习要求

复习有关示波器、正弦波信号发生器、晶体管电压表的工作原理。回答下列问题:

(1)要求示波器屏幕显示波形达到如下要求,应该调节哪些旋钮?

①波形清晰;②位置适中;③波形的个数为 2~3 个。

(2)若示波器显示如图 1.1.6 所示波形,是哪些旋钮调整不对? 应如何调节?

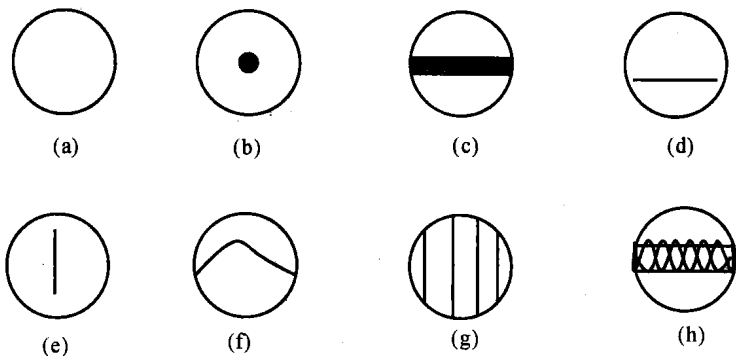


图 1.1.6 示波器显示波形

(3)要使 XD2C 信号发生器输出信号为 125 kHz ,则与调节频率有关的四个旋钮应置于什么位置?

(4)当 SP1641D 信号发生器电压显示窗分别显示 20 V , 2 V , 200 mV 时,“衰减”按钮应分别置于多少 dB? 电压有效值又各为多少?



六、实验报告要求

- (1) 根据记录值,列表整理,分析实验数据。
- (2) 进行定性与定量的误差分析。
- (3) 回答预习要求中提出的问题。

1.2 单管放大电路

一、实验目的

- (1) 熟悉电子元件和模拟电路实验箱。
- (2) 掌握放大器静态工作点的调试方法及其对放大器性能的影响。
- (3) 学习测量放大器静态工作点 Q 及 A_u, R_i, R_o 的方法,了解共射放大电路的特性。
- (4) 掌握放大器的动态性能。

二、实验原理

1. 实验电路

如图 1.2.1 所示,晶体管为 3DG6 型, β 为 $30 \sim 100$ 。

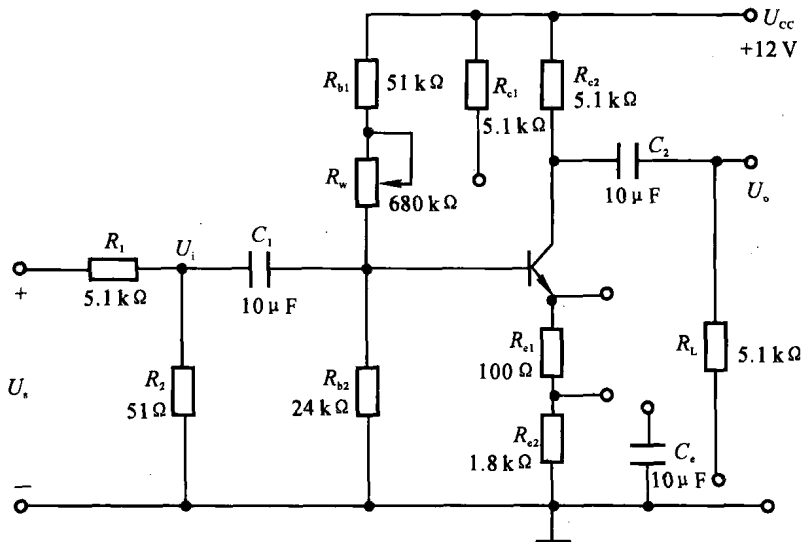


图 1.2.1 单管放大电路

2. 工作原理

(1) 静态工作点:

$$U_{CEQ} \approx U_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_{e1} + R_{e2})$$

(2) 动态参数:电压放大倍数为

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{-\beta R'_L}{r_{be}}$$



其中

$$r_{be} = 300 + (1 + \beta)26/I_{EQ}, \quad R_L' = R_C // R_L$$

(3) 输入电阻:理论上

$$R_i = R_b // r_{be}$$

实验中,断开 R_2 ,则

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{\frac{U_s - U_i}{R_1}} = \frac{U_i}{U_s - U_i} R_1$$

(4) 输出电阻:理论上 $R_o \approx R_C$; 实验中, $R_o = \left(\frac{U_o}{U_{ol}} - 1\right) R_L$ 。

注意: U_o 是 $R_L \rightarrow \infty$ 时的测量值, U_{ol} 是 $R_L = 5.1 \text{ k}\Omega$ 时的测量值。

三、实验内容

1. 连接电路

(1) 用万用表判断实验箱上三极管的极性及好坏, β 值以及电解电容 C 的极性和好坏。

(2) 按图 1.2.1 连接电路(注意接线前先测量 $+12 \text{ V}$ 电源,断开电源后再接线),将 R_w 调到电阻最大位置。

(3) 接线后仔细检查,确认无误后再接通电源。

2. 静态调整

调整 R_w 使 $U_E = 2.2 \text{ V}$, 测量、计算并填写表 1.2.1。

表 1.2.1 直流流量测量

实 测				计 算		
U_B/V	U_E/V	U_C/V	R_w (断电测量)	$I_B/\mu\text{A}$	I_C/mA	β

3. 动态研究(测试条件: $R_C = 5.1 \text{ k}\Omega$, $R_L \rightarrow \infty$)

(1) 将信号发生器输出调到 $f = 1 \text{ kHz}$, 电压为 10 mV , 接到放大器的输入端 U_i , 不接负载电阻 R_L , 观察 U_s 和 U_o 波形, 并比较相位, 记录之。

(2) 调 R_w 为合适值, 信号源频率不变, 逐渐加大幅度, 观察 U_o 。不失真时的最大值并填入表 1.2.2 中。

表 1.2.2 交流电压增益测量

实 测		实测计算	估 算
U_i/mV	U_o/V	A_u	A_u

(3) $U_i = 10 \text{ mV}$ 不变, 在改变给定参数的情况下测量, 并将测量及计算结果填入表 1.2.3 中。