

西安工业学院“十五”规划教材

电子技术 实验

郑长风 赵建华 编

西北工业大学出版社

高等学校教材

电子技术实验

郑长风 赵建华 编

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。主要内容包模拟电路基础实验、数字电路基础实验、设计性与综合性实验、EWB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。此外附录还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。

本书可作为高等院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/郑长风,赵建华编. —西安:西北工业大学出版社,2005.1

ISBN 7-5612-1878-8

I. 电… II. ① 郑… ② 赵… 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:陕西兴平市印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:12.5

字 数:300 千字

版 次:2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

定 价:16.00 元

前 言

电子技术是实践性很强的专业基础课,实验占有重要地位。经过实践与调研,我们撰写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,尤其引入了计算机虚拟实验。

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,学生可任选其中若干自己进行实验,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能力有重要意义。这一系列环节,不仅可以提高学生的实践技能和综合应用能力,同时也对所学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。

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,其具有相对的优越性和先进性。

本教材第1,6,7章由赵建华编写,第2,5章及附录由郑长风编写,第3章由李静编写,第4章由张荷芳编写,郑长风统稿。

在本教材的整理和定稿过程中,西北工业大学电信学院于海勋教授仔细阅读了书稿,指出许多错误和欠妥之处,提出详细修改意见,在此谨致以诚挚的谢意。

由于作者水平有限,教材中不当之处企盼读者批评指正。

编 者

2004年10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	27
1.11 集成运放参数测试	29
1.12 整流、滤波与稳压电路	32
第 2 章 数字电路基础实验	37
2.1 门电路逻辑功能及其应用	37
2.2 编码、译码与显示	41
2.3 译码器和数据选择器	44
2.4 触发器及其应用	47
2.5 计数器及其应用	51
2.6 移位寄存器及其应用	59
2.7 555 定时器及其应用	63
2.8 D/A 和 A/D 转换	71
第 3 章 设计性与综合性实验	75
3.1 集成电路扩音机	75
3.2 声控台灯	76
3.3 程控放大器设计	77
3.4 温度测量、超温报警及控制系统设计	81

3.5	时钟控制器的设计	83
3.6	序列码发生器及序列码检测器的设计	85
3.7	红外遥控报警器	90
3.8	方波、锯齿波产生电路	91
3.9	电流/电压转换电路	93
3.10	电压/频率转换电路	94
3.11	生产线自动装箱设备监控器	95
3.12	硬件优先排队电路	97
3.13	篮球比赛计分显示系统	99
第4章	EWB在电子技术实验中的应用	102
4.1	Electronics Work Bench EDA 软件及其使用方法	102
4.1.1	EWB 软件简介	102
4.1.2	怎样建立实验电路	105
4.2	虚拟实验举例	125
4.2.1	单管放大电路	125
4.2.2	运放运算电路实验	129
4.2.3	集成计数器实验	131
4.2.4	555 定时器及其应用	133
第5章	实验电路的安装与调试	138
5.1	实验电路的安装	138
5.2	电路调试技术	141
5.3	故障检测的一般方法	142
5.4	数字集成电路使用须知	148
第6章	常用仪器设备的简介与使用	150
6.1	TPE—AD 电子技术学习机	150
6.2	C5020(HH4310)双踪示波器	154
6.3	XD2C 与 XD2 型低频信号发生器	157
6.4	NY4510 型交流毫伏表	160
第7章	电子电路测量技术的基本知识	163
7.1	干扰源	163
7.2	误差分析与测量结果的处理	163
7.3	系统增益或衰减的测量	166
7.4	系统频率特性的测量	167
7.5	系统输入、输出电阻的测量	167

附录..... 169

附录 1 部分常用数字集成电路功能表 169

附录 2 部分常用数字集成电路引脚图 186

附录 3 部分常用线性集成电路引脚图 192

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. 学习正弦波信号源、晶体管毫伏表的使用方法(其工作原理参阅6.3节及6.4节)。

二、实验原理

本实验使用的信号源为 XD2C 正弦波信号发生器,示波器为 C5020 或 YB4320A 型双踪示波器,测量仪表为 SX2172 型晶体管交流毫伏表。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毫伏表测出。

示波器是可以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 C5020 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。

SX2172 毫伏表用于测量交流信号,适合于测量 XD2C 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 型信号发生器的使用方法。

(1) 信号频率的调节。信号源面板左下方有一“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,可获得该具体信号频率值。例如:要想信号源输出信号频率为 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,

则信号源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. C5020 或 YB4320A 示波器的使用方法(参考 6.2 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,屏幕上应显示一个细而清晰的扫描基线,如看不到再调节“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,如果波形不稳定应调整“电平”旋钮,便可获得理想稳定的波形。

3. 用示波器测一信号电压有效值。

(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“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)”(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)”粗调钮使屏幕上显示完整正弦波,根据显示波形高度所占的格数乘以“V/div(cm)”旋钮位置指示的值,即为读出幅值(峰-峰值)电压,然后再换算成有效值。

(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
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				
SX2172 毫伏表测量电压值 V				

4. 用示波器测量信号周期。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/div(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/div(cm)”粗调钮使屏幕上显示 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/div(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”开关位置				
信号发生器“频率调节”开关位置	×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				

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

6. 用晶体管测试仪测量二极管、三极管的特性,并记录波形。

7. 用万用表测试二极管、三极管的好坏;判别二极管的阴、阳极,正、反向电阻;三极管的三个极和 NPN 或 PNP 类型,画出二极管、三极管原理图。

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. 晶体管毫伏表 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、正弦波信号源、晶体管毫伏表的工作原理。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)波形的个数为两三个。

2. 若示波器显示如图 1.1.1 波形,是哪些旋钮调整不对?应如何调节?

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. XD2C 信号发生器表头指示在满刻度(5V),“输出衰减”置于 20 dB 或 50 dB 时,它们输出电压幅值分别为多少 V?

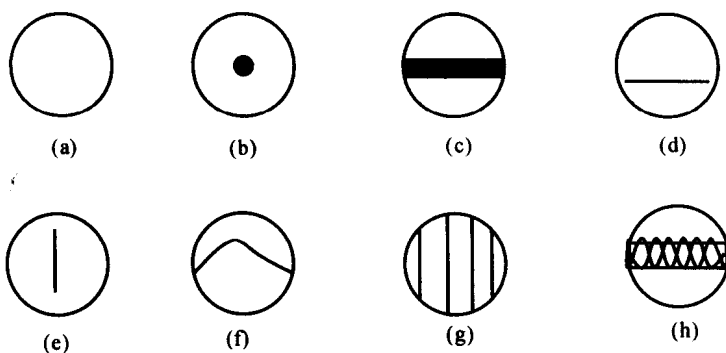


图 1.1.1

六、实验报告要求

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

附:用万用表测试二极管和三极管的方法

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 1.1.2 所示。其中 r 为等效电阻, E 为表内电源电压。当万用表处于 $R \times 1$, $R \times 10$, $R \times 100$, $R \times 1 \text{ k}$ 档时,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 1.1.3)。值得注意的是:切忌用 $R \times 1$ 或 $R \times 10 \text{ k}$ 档来判断二极管。

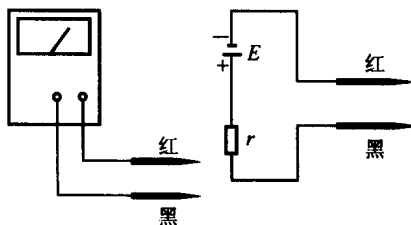


图 1.1.2

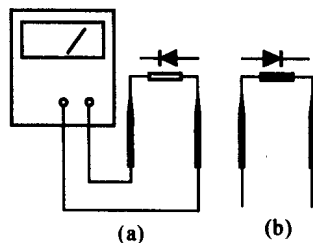


图 1.1.3

(a) 电阻小; (b) 电阻大

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二个背靠背的 PN 结,如图 1.1.4 所示。对 NPN 管来说,基极是二个结的公共阳极,如图 1.1.4(a) 所示;对 PNP 管来说,基极是二个结的公共阴极,如图 1.1.4(b) 所示,则可判断出该管是 NPN 型还是 PNP 型。

(2) 发射极 e 和集电极 c 的判别。如图 1.1.5 所示,把已判定的三极管基极 b 接到 b 端,另外两个极 e 和 c 接到红、黑表棒上,即构成基本放大电路。

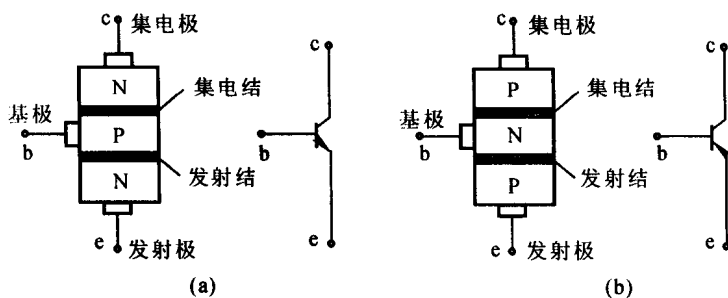


图 1. 1. 4

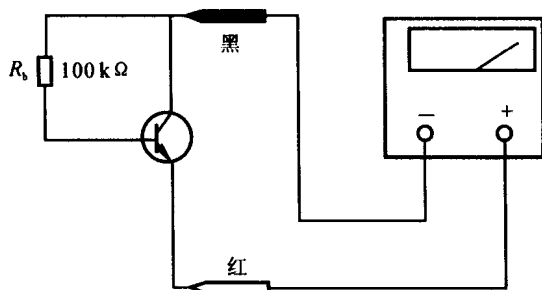


图 1. 1. 5 三极管判别电路

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. 5 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. 5 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. 6 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. 6 中,流过管子的电流就是 I_{CEO} ,欧姆表中指针偏转越小,说明 I_{CEO} 越小,管子性能越好。

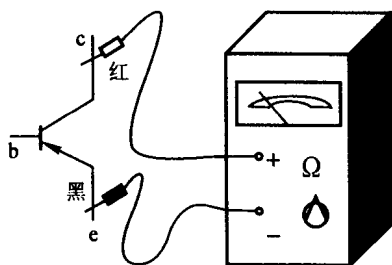


图 1.1.6 穿透电流测试电路

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 $30 \sim 100$ 。

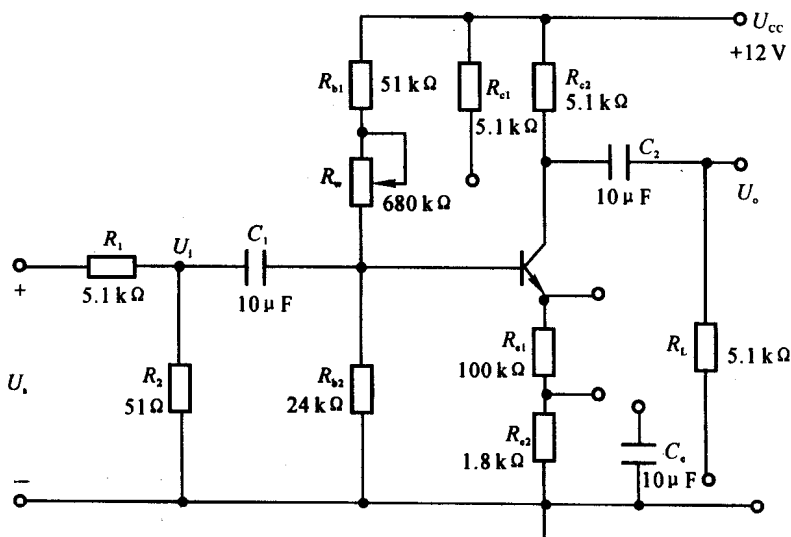


图 1.2.1 单管放大电路

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

(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 $R_L = \infty$ 时测量值, U_{oL} 是 $R_L = 5.1 \text{ k}\Omega$ 时测量值。

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 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、计算并填入表 1.2.1 中。

表 1.2.1

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: $R_C = 5.1 \text{ k}\Omega$, $R_L = \infty$)。

(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_i 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

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, 在改变给定参数情况下测量, 并将测量及计算结果填入表 1.2.3 中。

表 1.2.3

给定参数		实 测		实测计算	估 算
R_C	R_L	U_i/mV	U_o/V	A_u	A_u
2.5 k Ω	∞				
2.5 k Ω	5.1 k Ω				
5.1 k Ω	5.1 k Ω				
5.1 k Ω	∞				

(4) 调 $U_i = 10 \text{ mV}$ 左右, $R_L = \infty$, 增大或减小 R_w , 观察静态工作及 u_o 波形的变化情况, 测量并填入表 1.2.4 中。

表 1.2.4

R_w 值	U_B/V	U_E/V	U_C/V	u_o 输出波形情况
最 大				
合 适				
最 小				

注意: 若观察失真不明显, 可增大 u_i 幅值重测。

4. 测量放大器输入、输出电阻。

(1) 测量输入电阻。在输入端串接一个 5.1 k Ω 电阻, 如图 1.2.1 所示, 但应断开 R_2 , 测量 U_s 与 U_i , 即可计算 r_i 。

(2) 测量输出电阻。在输出端接入可调电阻作为负载, 选择合适的 R_L 值使放大器输出不失真(接示波器监视), 测量有负载和空载时的 U_o , U_{oL} 即可计算 r_o 。

将上述测量及计算结果填入表 1.2.5 中。

表 1.2.5

测输入电阻				测输出电阻			
实测		测算	估算	实测		测算	估算
$\frac{U_s}{\text{mV}}$	$\frac{U_i}{\text{mV}}$	$\frac{r_i}{\text{k}\Omega}$	$\frac{r_i}{\text{k}\Omega}$	$\frac{U_o}{\text{V}}$	$\frac{U_{oL}}{\text{V}}$	$\frac{r_o}{\text{k}\Omega}$	$\frac{r_o}{\text{k}\Omega}$

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. 晶体管毫伏表 1 台。

五、预习要求

1. 熟悉三极管及单管放大器工作原理。
2. 掌握放大器动态及静态测量方法。

六、实验报告要求

1. 注明所完成的实验内容和思考题,分析表 1.2.3 和表 1.2.4 的实验结果,当有关参数改变时,从所得结果给出相应的基本结论。
2. 选择实验中感受最深的一个实验内容,写出较详细的报告。要求能够使懂得电子电路原理但没有看过本实验指导书的人可以看懂你的实验报告,并相信你实验中得出的基本结论。
3. 做定量的误差分析,并定性分析误差原因。

1.3 多级放大电路

一、实验目的

1. 掌握合理设置静态工作点的方法。
2. 学会测试放大器频率特性的方法。
3. 了解放大器的失真及消除方法。

二、实验原理

实验电路如图 1.3.1 所示,总的电压放大倍数为

$$A_u = \frac{U_{o2}}{U_i} = \frac{U_{o1}}{U_i} \cdot \frac{U_{o2}}{U_{o1}} = A_{u1} \cdot A_{u2}$$

实验电路输入端加入了一个 $R_2/(R_1 + R_2) = 51/(5.1 \times 10^3 + 51) \approx 1/100$ 的分压器,其作用是对信号源 U_s 进行衰减,以便调节 U_i 的大小。

注意:在测量 A_{u1} 时,应把第二级的输入作为第一级的负载。测量放大器输入电阻 R_i 时,应接入 R_1 断开 R_2 。接入 R_L 是为了测量放大器输出电阻。具体测量方法见实验内容。

必须指出,当改变信号发生器的频率时,其输出电压的大小略有变化,测量放大器幅频特性时,应予以注意。

三、实验内容

1. 调整静态工作点。

(1) 按图 1.3.1 接线,注意连接线应尽可能短。

(2) 静态工作点设置要求第二级在输出波形不失真的前提下放大的幅值尽可能地大,为了提高信噪比,第一级的静态工作点应尽可能地低。

2. 加交流输入信号。加在第一级基极输入端的频率为 1 kHz, 电压为 1 mV 的交流信号 (在实验箱上经 100 : 1 衰减电阻降至 1 mV, 即信号源输出为 100 mV, 加在输入端为 1 mV)。

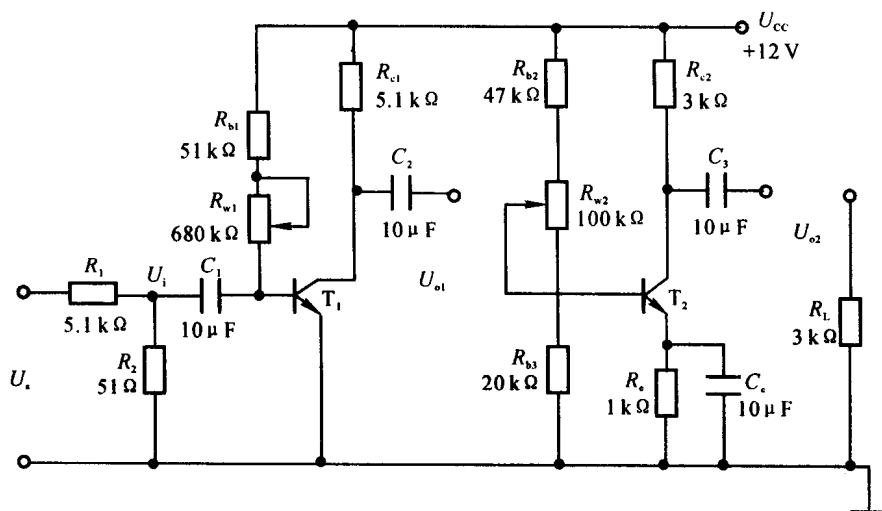


图 1.3.1 两级交流放大电路

注意: 如发现干扰, 例如寄生振荡等可采用以下措施消除:

- (1) 重新接线, 走线应尽可能短。
- (2) 可在三极管 c, b 间加几 pF 到几百 pF 的电容。
- (3) 信号源与放大器用屏蔽线连接。

3. 按表 1.3.1 要求测量并计算, 注意测静态工作点时, 应断开输入信号。

表 1.3.1

	静态工作点						输入 / 输出			电压放大倍数		
	第 1 级			第 2 级			电压 (mV)			第 1 级	第 2 级	整体
	U_{C1}/V	U_{B1}/V	U_{E1}/V	U_{C2}/V	U_{B2}/V	U_{E2}/V	U_i	U_{o1}	U_{o2}	A_{u1}	A_{u2}	A_u
空载 U_o												
负载 U_{ol}												

4. 接入负载 $R_L = 3 \text{ k}\Omega$, 按表 1.3.1 测量并计算, 比较实验内容 2, 3 的结果。

5. 用双踪示波器测量第一级 U_i , U_{o1} 和第二级 U_{o2} 的输出波形, 测出它们的幅度和相位差之间的关系, 并画在坐标纸上。

6. 测量两级放大器的频率特性。

(1) 断开放大器的负载, 先将输入信号频率调到 1 kHz, 幅度调到使输出幅度最大且不失真。

(2) 保持输入信号幅度不变, 改变信号源频率 (以 1 kHz 为中心频率向低或向高改变) 并