

电工学实验讲义电子技术部分

郑州轻工业学院

电工学实验室编

目 录

实验一 常用电子仪器使用练习	1
实验二 单管交流放大电路	4
实验三 两级阻容耦合放大电路	8
实验四 负反馈放大器	11
实验五 直流差动放大电路	15
实验六 OTL互补对称功率放大电路	18
实验七 RC正弦波振荡电路	22
实验八 直流稳压电源	26
实验九 运算放大器、信号运算电路(一)	31
实验十 运算放大器、信号运算电路(二)	36
实验十一 组合逻辑电路的实验分析	39
实验十二 触发器	43
实验十三 计数器	47
附录一 用万用表测量晶体二极管、三极管	51
附录二 ST-16型小型示波器	54
附录三 XD-7低频信号发生器	57
附录四 DA-16型晶体管毫伏表	59
附录五 WYJ-3A型晶体管直流稳压电源	60

实验一 常用电子仪器使用练习

模拟电子技术基础实验最常用的电子仪器有：示波器、音频信号发生器、晶体管毫伏表、万用表及直流稳压电源等，它们的主要用途及相互关系见图1-1。

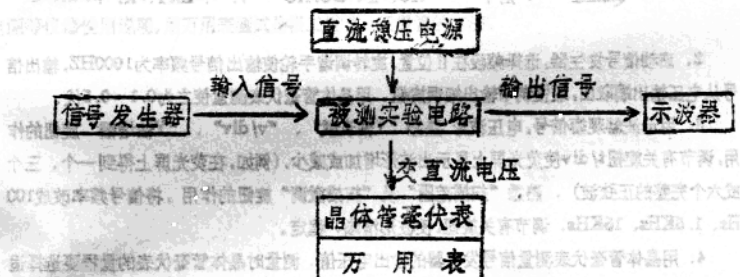


图 1-1 常用电子仪器用途示意图

为了在实验时能够准确地测量数据，观察实验现象，就必须学会正确地使用这些仪器的方法。这是一项重要的实验技能，因此以后每次实验都要反复进行这方面的练习。

一、实验目的：

1. 学习一般电子仪器的作用方法。
2. 学习用万用表辨别二极管和三极管管脚的方法，以及判断它们的好坏。

二、实验内容及步骤

(一)、电子仪器使用练习

1. 将示波器各旋纽位置于正确位置。接通电源1至2分钟后调节有关旋纽，使荧光屏上出现扫描线，熟悉“辉度”、“聚焦”、“X轴移位”、“Y轴移位”及“V/diV”，“Y轴增幅”等旋纽的作用，示波器在启动之前，各旋纽应在如下位置：



: 居中 v/div : 5: INT TV EXT: INT



: 居中 t/div : 0.1ms 电平: 自动(右旋到底听到电位器响声为止)



: 居中



: 居中 AC, $\perp$, DC: AC +, -, EXT, X: +

2. 启动信号发生器, 选择频段在 II 位置, 旋转调谐手轮使输出信号频率为 1000HZ, 输出信号从电压输出端取出, 缓慢调节输出细调旋钮。用晶体管毫伏表测量使之 0.1~0.5 伏。

3. 用示波器观察信号, 电压波形, 熟悉“Y轴衰减”、“ v/div ”、“Y轴增幅”旋钮的作用, 调节有关旋钮 t/div 使荧光屏上显示出波形增加或减少, (例如, 在荧光屏上得到一个、三个或六个完整的正弦波), 熟悉“扫描范围”及“扫描微调”旋钮的作用, 将信号频率改成 100 Hz, 1.5KHz, 16KHz, 调节有关旋钮, 使波形清晰、稳定。

4. 用晶体管毫伏表测量信号发生器的输出电压值。测量时晶体管毫伏表的量程要选择适当, 以便读数准确, 注意不要超过量程从信号发生器功率输出接线柱取输出, 用毫伏表测量输出电压使之 0.5 伏, 然后将信号发生器的输出衰减开关置 0dB、20dB、40dB、60dB、80dB 的位置, 测量其对应的输出电压值。

5. 接通稳压电源, 选择适当的挡级, 调节输出细调。用万用表直流电压挡测取稳压电源使之 1.25 伏、2.95 伏、4.55 伏、14.8 伏电压值, 测量时注意输出电压端及正负极性。

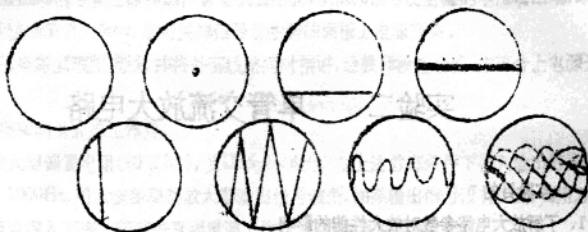
(二) 用万用表辨别二极管的正负及其好坏, 辨别三极管集电极(c)基极(b)发射极(e)管子的类型(PNP或NPN)及其好坏, (具体方法请参考附录(一))。

三、实验报告要求:

1. 说明使用示波器观察波形时, 为了达到下列要求, 应调节哪些旋钮。

- (1)、波形清晰、且亮度适中。
- (2)、波形在荧光屏中央且大小适中。
- (3)、波形完整。
- (4)、波形稳定。

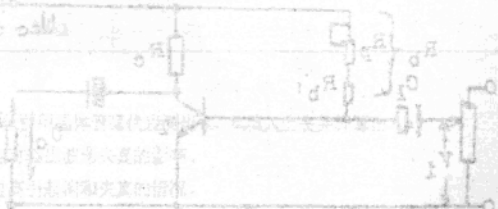
2. 说明用示波器观察正弦电压时, 若荧光屏上分别出现如下的波形, 是哪些旋钮位置不对, 应如何调节?



3. 将给定的三极管、二极管判断出的极性和类型填在实验报告中，

四、预习要求:

预习附录中关于示波器(SY - 16)、音频信号发生器XD - 7、交流毫伏表DA - 16、稳压电源等仪器使用说明,用万用表测试晶二极管、三极管的方法。



实验二 单管交流放大电路

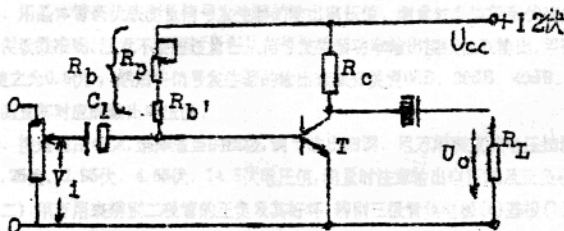
一、实验目的

1. 了解放大电路参数对放大性能的影响。
2. 学习低频信号发生器, 单踪示波器和晶体管毫伏表的使用方法。
3. 识别电子元件, 熟悉电子线路原理图。

二、实验仪器

1. 晶体管毫伏表1台。
2. ST-16单踪示波器1台。
3. 直流稳压电源1台。
4. 低频信号发生器1台。
5. 万用表一块。
6. 实验板一块。

三、实验电路原理图



电路参数: $U_{cc} = 12\text{V}$ $R_p = 1\text{M}\Omega$ $R_{b'} = 100\text{K}\Omega$ $R_b = R_p + R_{b'}$ $R_c = 2\text{K}\Omega$

Ω

$R_L = 2.7\text{K}\Omega$

$C_1 = C_2 = 10\mu\text{F}/15\text{V}$ $T = 3\text{DC}$ $\beta = 30 \sim 50$

四、实验内容及步骤:

1. 用万用表电压挡校准直流稳压电源输出使之12伏, 然后关掉电源。

2. 接通低频信号发生器和晶体管毫伏表电源,从低频信号发生器的电压输出端,取输出用晶体管毫伏表校准使其为 5mV ,然后关掉信号发生器的面板上电源开关。

3. 按照电路原理图接线,并将外部线路同时接好,经教师检查合格,方可合上电源开关(先不接 R_L)。

4. 调整和测量静态工作点:

调节放大器偏置电阻(调节 R_P),使 U_C 为 $4\sim 6\text{V}$ 。在上述静态条件下接入输出信号 U_i 为 5mV 左右, $f = 1000\text{Hz}$,用示波器观察放大器输出信号波形,如果输出信号没有失真,则用万用表测量静态工作点填入下表。若有失真再重调工作点,消除失真后再测工作点。

$u_B(\text{伏})$	$u_C(\text{伏})$	$u_E(\text{伏})$

5. 测量放大器电压放大倍数:

条 件	$u_i(\text{mV})$	$u_o(\text{mV})$	$A_u = \frac{u_o}{u_i}$
放大器空载 $R_C = 2\text{K}\Omega$			
$R_L = 2.7\text{K}\Omega$ $R_C = 2\text{K}\Omega$			

在空载和接入 R_L 后分别用晶体管毫伏表测出 u_i 、 u_o 填入上表并计算出 A_u 。

6. 观察静态工作点对输出波形失真的影响。

(1) 观察工作点过高引起饱和失真的情况。

调节 R_P ,减小偏置电阻,直到示波器观察的输出波形产生失真为止,将此时的波形画在下表中。

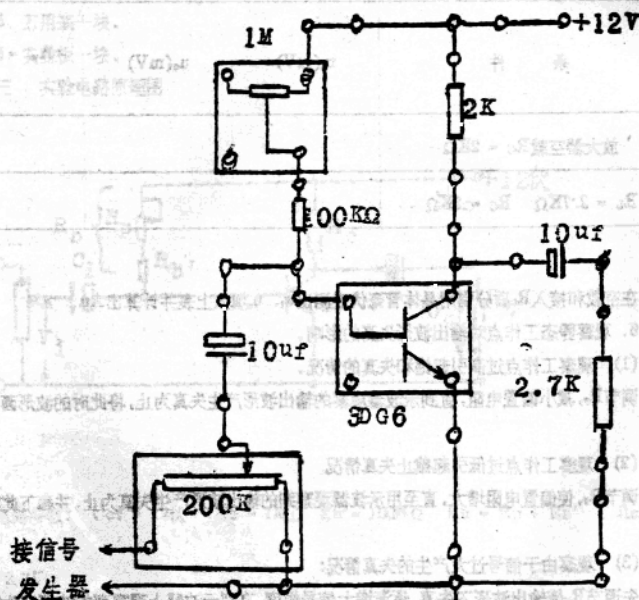
(2) 观察工作点过低引起截止失真情况

调节 R_P ,使偏置电阻增大,直至用示波器观察到的输出波形产生失真为止,并画下此时的波形。

(3) 观察由于信号过大产生的失真情况:

先调节 R_P 使输出波形不失真,逐渐增大信号幅度,直到示波器上观察到的波形产生饱和与截止失真为止,并绘下此时波形,注意信号不可加得过大,建议不大于 0.05V ,且不可停留时间过长,毫伏表可打在 0.1V 档,示波器 V/div 打在 2格 。

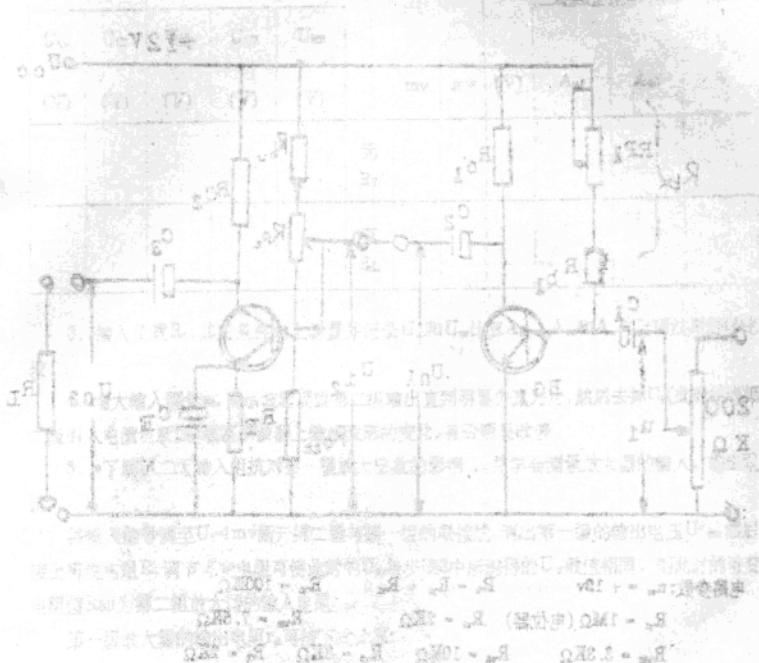
条 关于调整土质固结条件 调R_p前使$u_1 = 20\text{mV}$ 右旋R_p过小, Q点过高调式中观察u_1的变化。 30mV档	输出波形
左旋R_p过大, Q点偏低	
u_1过大 R_p合适, $u_1 < 0.05$ 伏 0.1V 档	



单管交流放大电路接线图

四、报告要求

1. 根据实验数据,说明 R_e 接入对放大倍数的影响。
2. 根据实验结果,说明放大器静态工作点位置对放大器输出波形失真的影响,并说明避免失真的措施。



实验三 两级阻容耦合放大电路

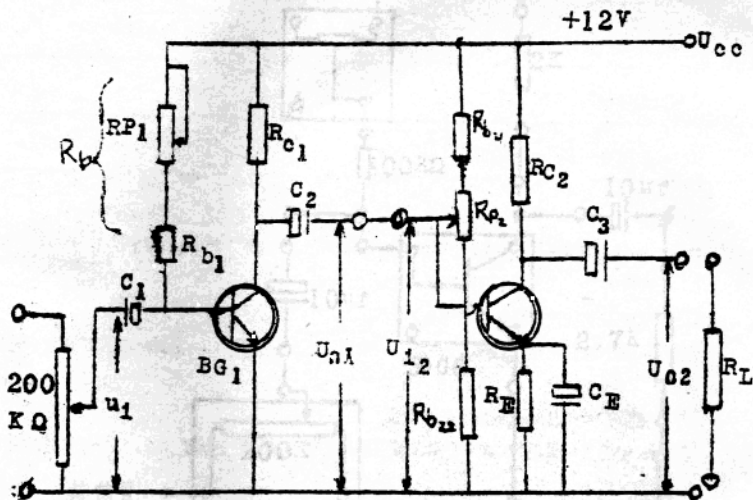
一、实验目的:

1. 学习两级阻容耦合放大电路静态工作点的调整方法。
2. 学习两级阻容耦合放大电路电压放大倍数的调整方法。
3. 了解两级阻容耦合放大器中第二级输入阻抗对第一级放大倍数的影响。
4. 观察加入负反馈电路后对阻容耦合放大器失真的改善。

二、实验设备及仪器

1. 示波器一台
2. 音频信号发生器一台
3. 直流稳压电源一台
4. 晶体管毫伏表一个
5. 万用表一个
6. 两级电压放大实验及元件一套

三、实验电路原理图:



电路参数: $u_{cc} = +12V$ $R_b = R_{b1} + R_{b2}$ $R_{b1} = 100K\Omega$
 $R_{b2} = 1M\Omega$ (电位器) $R_{b3} = 2K\Omega$ $R_{b4} = 7.5K\Omega$
 $R_{e1} = 3.3K\Omega$ $R_{e2} = 10K\Omega$ $R_{c1} = 3K\Omega$ $R_{c2} = 2K\Omega$

$$R_1 = 2.7K\Omega \quad C_1 = C_2 = C_3 = 10\mu f \quad C_4 = 50\mu f$$

三极管: 3DG6C - BG₁ BG₂ - 3DX₁

四、实验内容及步骤

1、按电路原理图接线,并将外部线路同时接好,经教师检查无误方可合上电源开关。

2、调整静态工作点

接通稳压电源,调节 R_{B1} 使 $U_{B1} \approx 10V$ 左右,确定第一级静态工作点 Q_1 ,调节 R_{B2} 使第二级静态工作点 Q_2 大致在交流负载线的中点(注:本线路 U_{CE} 大约为 $8 \sim 8.5V$ 左右)。

(1) 加输出信号 $1mV$ 左右, $f = 1000Hz$, R_L 不接入,用示波器观察第一、二级的输出电压波形有无失真?若有失真则应再次微量调整 R_{B1} 与 R_{B2} 使波形不失真为止。(注:若输出波形有寄生振荡时可在BG₂的b、c极间加一个小电容。(几个或几千pF)进行消振。

(2) 在输出不失真的情况下,测量并记录第一、二级输出电压 U_{B1} 、 U_{B2} 计算 A_{u1} 、 A_{u2} 和 A_{u3} ,测量并记录第一、二级的静态工作点 Q_1 、 Q_2 将数据填入下表。

静态工作点					输入输出电压			电压放大倍数		
第一级		第二级			U_i	U_{B1}	U_{B2}	第一级	第二级	两级
U_{B1}	U_{C1}	U_{B2}	U_{C2}	U_{B3}						
(V)	(V)	(V)	(V)	(V)	mv	mv	(V)	A_{u1}	A_{u2}	A_{u3}
					无 R_L					
					有 R_L					

3、接入负载 R_L ,其它条件同上测量并记录 U_{B1} 和 U_{B2} 计算 A_{u1} 、 A_{u2} 和 A_{u3} 与上项结果进行比较。

4、增大输入部分 u_i 用示波器观察第二级输出直到明显失真为止,然后去掉 C_3 (此时相当第二级引入电流负反馈)观察示波器上输出波形的变化,有否明显改善。

5、了解第二级输入阻抗对第一级放大倍数的影响,并学会测量放大器的输入、输出阻抗。

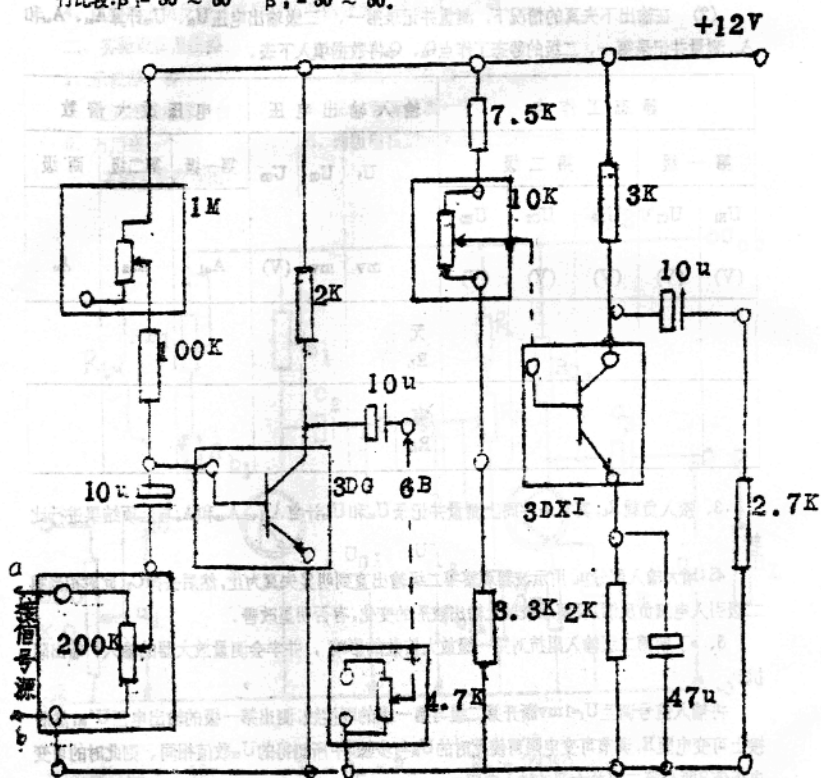
将输入信号调至 $U_i \approx 1mV$ 断开第二级与第一级的联接线,测出第一级的输出电压 U'_{B1} ,然后接上可变电阻 R ,调节可变电阻可使此时的 U_{B1} 与步骤3中所测得的 U_{B1} 数值相同,则此时的可变电阻值 R 即为第二级放大器的输入电阻 r_{B2} 。

第一级放大器的输出电阻 r_{B1} 可按下式计算:

$$r_{in} = \left(\frac{U_{in}}{U_{out}} - 1 \right) R_{out}$$

五、报告要求:

1. 总结两级放大电路级与级间联结前后的相互影响。
2. 总结各级静态工作点应如何选择? 级与级之间静态工作点有无影响?
3. 根据电路参数(有 C_e)用所学理论第二级放大电路的电压放大倍数 A_u 并与实验结果进行比较: $\beta_1 = 30 \sim 50$ $\beta_2 = 30 \sim 50$.



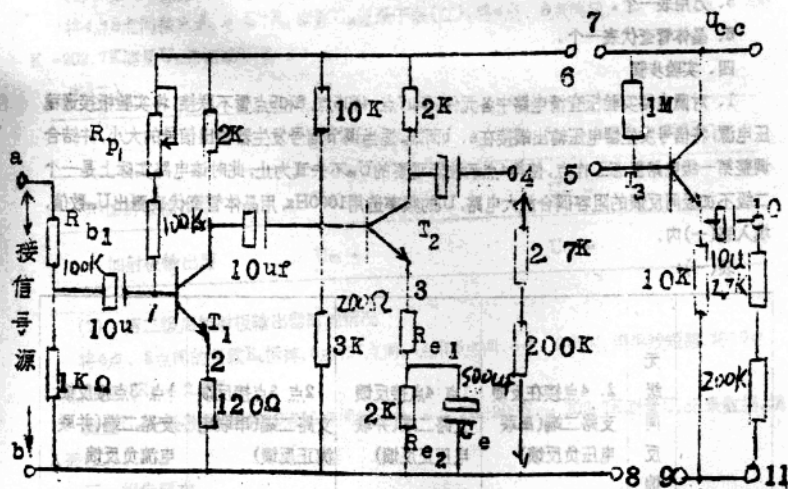
两级阻容耦合放大电路接线图

实验四 负反馈放大器

一、实验目的

1. 研究负反馈对放大器性能改善的作用。
2. 研究输出级采用射极输出器对提高带负载能力的作用。

二、实验线路



电路参数: $U_{cc} = +12V$ $R_{b1} = R_{b2} + R_{b3}$ $R_{b1} = 100K$

$R_{b4} = 1M$ $R_{b5} = 2K$ $R_{b6} = R_{b5} + R_{b7}$

$R_{c1} = 10K$ $R_{c2} = 3K$ $R_{e1} = 2K$

$R_{e2} = 200\Omega$ $R_{e3} = 2K$ $C_e = 500\mu F/10V$

$C_1 = C_2 = C_3 = 10\mu F$

三极管 $T_1 = T_2 = 3DG6$ $T_3 = 3DX1$



三、实验设备及仪器

1. 负反馈放大器实验板及元件一套。
2. 示波器一台。
3. 音频信号发生器一台。
4. 直流稳压电源一台。
5. 万用表一个。
6. 晶体管毫伏表一个。

四、实验步骤

1. 对照电路实验板查清电路中各元件, 6和7点, 4和5点, 8和9点暂不联接, 将实验板接通稳压电源, 将信号发生器电压输出端接在a、b两端, 适当调节信号发生器输出信号的大小, 并结合调整第一级电路静态工作点, 使得4点示波器观察的 U_o 不失真为止, 此时该电路实际上是一个二级不加级间反馈的阻容耦合放大电路, U_o 的频率选用1000Hz, 用晶体管毫伏表测出 U_o 数值, 填入表(一)内。

表(一):

	无级间反馈	2、4点接在反馈支路两端(串联电压负反馈)	1点 4点接反馈支路两端(并联电压正反馈)	2点 3点接反馈支路两端(串联电流正反馈)	1点 3点接反馈支路两端(并联电流负反馈)
U_o			不测	不测	
波形					

2. 用导线将反馈支路两端分别接在2点、4点, 此时极间接入串联电压负反馈, 用示波器观察 U_o 波形, 并测量此时 U_o 值, 记入表(一), (反馈电阻 R_F 用2.7K的电阻)。

3. 将导线从反馈电路上拆除, 再用导线将1点、4点接在反馈支路两端, 此时极间相当于接入并联电压正反馈, 用示波器观察 U_o 波形变化情况, 填入表(一), (R_F 选用39K的电阻)。

4. 将反馈支路从1点、4点间拆除。再用导线将2点、3点接在反馈支路两端, 此时极间相

当于接入串联电流正反馈，用示波器观察 U_{ce} 波形变化情况。填入表(一)，(R_F 选用 100Ω 的电阻)。

5. 将反馈支路从1点、4点间拆除，再用导线将1点、3点接反馈支路两端，此时电路极间相当于接入并联电流负反馈，用示波器观察 U_{ce} 波形，并测量 U_{ce} 填入表(一)，(R_F 选用 $2.7K$ 的电阻)。

6. 观察负反馈对改善波形失真的作用(以串联电压负反馈为例)。

仍接上实验将所有短路线去掉，使电路仍成为二级不加级间反馈的电路。然后加大 U_i ，用示波器观察 U_{ce} 波形使之出现失真。记下 U_{ce} 波形，后将2点、4点之间接上反馈支路，观察 U_{ce} 波形失真程度是否改善。

7. 研究输出级采用射极输出器对提高负载能力的作用。

(1) 第二级直接带负载时的情况：

将4点8点间接入 $R_L = 2.7K$ ，测量 U_{ce} 记录于表(二)，将4点、8点间接入 $R_L = 2.7K + 200K - 202.7K$ 测量 U_{ce} 并记录于表(二)。

表(二)

	$R_L = 2.7K\Omega$	$R_L = 2.7K + 200K\Omega$
不加射极输出器	$U_{ce} =$	$U_{ce} =$
加射极输出器	$U_{ce} =$	$U_{ce} =$

(2) 第二级后接射极输出器时的情况

将4点、8点间的负载 R_L 拆掉，6点和7点间，4点和5点间，8点、9点间，用导线短路，将10点、11点间接入 $R_L = 2.7K$ 。

测量 U_{ce} 记录数据，再将10点11点间接入 $R_L = 2.7K + 200K = 202.7K$ 测量 U_{ce} 记录数据，填入表(二)。

五、报告要求

1. 根据表(一)数据，以串联电压负反馈为例回答负反馈为什么能改善波形失真，引入负反馈后，放大倍数有何变化？

2. 根据表(二)数据，回答多级电压放大器最后一级采用射极输出器的好处是什么？

实验五 直流差动放大电路

一、实验目的

(一) 加深对差动放大电路工作原理及特点的理解, 了解零漂产生的原因与抑制另漂的方法。

(二) 学习差动放大电路的测试方法。

二、实验电路原理图:

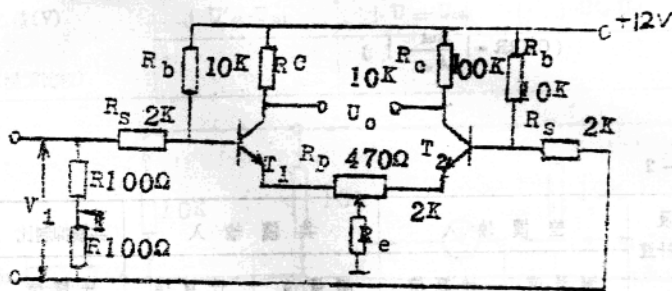


图 5-1

电路参数: $R_1 = 10K\Omega$ $R_2 = 10K\Omega$ $R_c = 2K\Omega$ $R_e = 2K\Omega$

$R_1 = 470\Omega$ $R_2 = 100\Omega$ $U_{cc} = +12V$

三极管: 3DG6 - T_1, T_2

三、实验内容及步骤:

(一) 对照电路原理图熟悉元件位置, 检查实验板元件, 接线及外部电路无误后, 方可闭合电源开关, 实验板接线见图5-2。

(二) 测量静态工作点

将输入端短路并接地, 接通直流电源 U_{cc} , 调节电位器 R_1 (调另电位器) 使双端输出电压 $U_o = 0$, 分别测量两管各电极对地电压, 并将测量结果记入表5-1。

表5-1

对地电压	U_{c1}	U_{c2}	U_{e1}	U_{e2}	U_{e3}	U_{e4}
测量值(V)						