班级：智机试验2402　学号：24011307　姓名：许钧涵　组别：07

实验一　共射极基本放大电路

预习与思考

1. 为什么实验中要采用测 U_B、U_E，再间接算出U_{BE}的方法？

直接测量可能因电压较小而受到万用表内阻或连接误差的影响，导致读数不准。通过间接测量，可以获得更稳定的值，减少系统误差。

2. 当调节偏置电阻R_w，使放大器输出波形出现饱和或截止失真时，晶体管的管压降u_{CE}怎样变化？

当R_w过小时，进入饱和区，I_C达到饱和，u_{CE}会减小，输出波形底部被压缩。

当R_w过大时进入截止区，I_C接近零，u_{CE}会增大，输出波形顶部被削平。

3. 改变静态工作点对放大器的输入电阻是否有影响？改变外接负载电阻对输出电阻是否有影响？

1° 影响输入电阻 R_i，r_{be}会随I_E变化

2° 不影响输出电阻 R_o。

一、实验目的

1．掌握共射极基本放大电路的特性

2．学会放大电路静态工作点的测量与调试方法

3．学会放大电路电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的测量方法

4．熟悉常用电子仪器及模拟电路实验设备的使用

二、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	单管低频电压放大电路模块		1	
2	直流稳压电源	GPS-3303C	1	产生12V电压
3	万用表	UT803	1	静态工作点
4	低频信号发生器	SG1651A	1	交流输入正弦
5	示波器	GOS6031	1	查看波形
6	交流毫伏表	AS2295A	1	测交流幅值
7	电阻			

三、实验内容

1．调整静态工作点

利用下图 1-1 所示的单管低频电压放大电路实验模块，C_E接入，由集电极经耦合电容C_2输出，构成共射极基本放大电路。接通 + 12V 直流电源，在输入端加入$f = 1kHz$的正弦信号u_i，用示波器监视输出波形，反复调整R_{B1}及信号源的输出幅度，使在示波器上得到一个最大不失真输出波形，然后置$u_i = 0$，测量晶体管各管脚对地的电位，将测得数据记入表 1.1。

在下面整个测试过程中应保持R_{B1}不变（即保持静态工作点不变）。

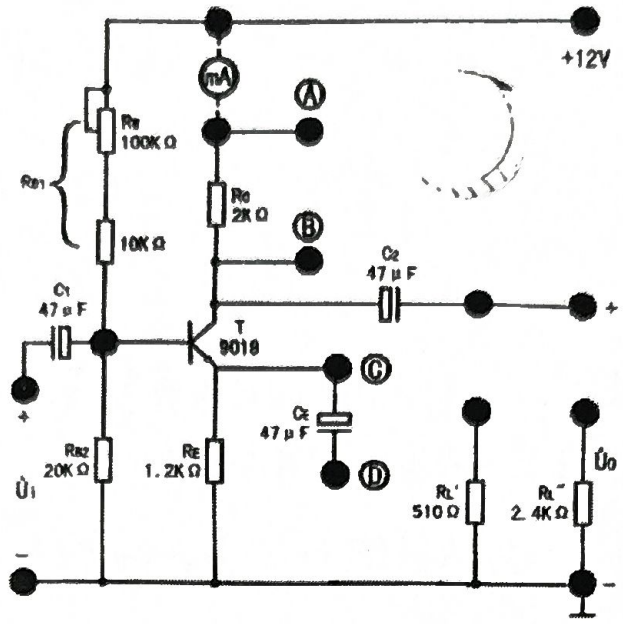


图 1-1 单管低频电压放大电路

表 1.1 共射极基本放大电路静态工作点测试实验数据记录

测量数据			计算数据		
U_B	U_C	U_E	U_{BE}	U_{CE}	I_E
3.724V	6.45V	2.995V	0.729V	3.455V	2.455mA

2．测量电压放大倍数A_u

开启信号发生器电源，C_E接入，$R_L=\infty$、$R_L=510\Omega$和$R_L=2.4k\Omega$的条件下，测量U_i和U_o，将测得数据计入表 1.2。

表 1.2 共射极基本放大电路电压放大倍数测量实验数据记录

测量条件	测量数据		计算数据
	U_i	U_o	A_u
$R_L=\infty$	19.5mV	2.6V	133.3
$R_L=510\Omega$	19.5mV	0.5V	25.6
$R_L=2.4k\Omega$	19.5mV	1.35V	69.2

3．测量输入电阻R_i

将低频信号发生器 1kHz、200mV 的正弦交流信号作为输入信号U_s，串一 5.1kΩ的电阻接到U_i，$R_L=\infty$、$R_L=510\Omega$和$R_L=2.4k\Omega$的条件下，测量 U_s和U_i，计算输入电阻R_i。

表 1.3 共射极基本放大电路输入电阻测量实验数据记录

测量条件	测量数据		计算数据
	U_s	U_i	R_i
$R_L=\infty$	200mV	145mV	13.4kΩ
$R_L=510\Omega$	200mV	98mV	4.9kΩ
$R_L=2.4k\Omega$	200mV	123mV	8.2kΩ

4．测量输出电阻R_o

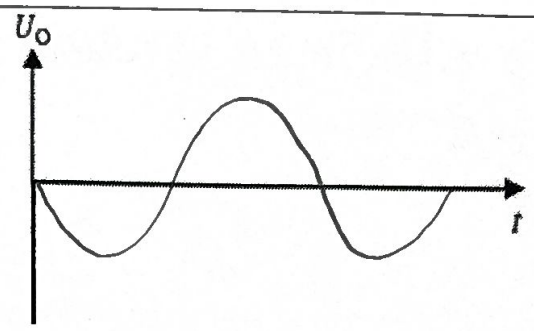
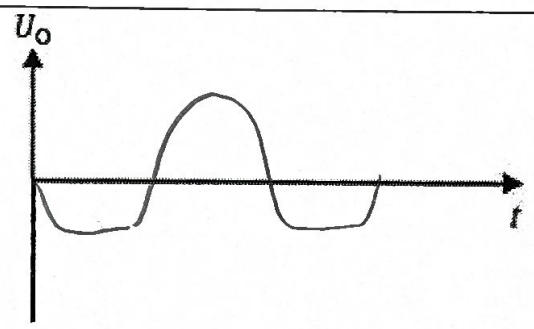
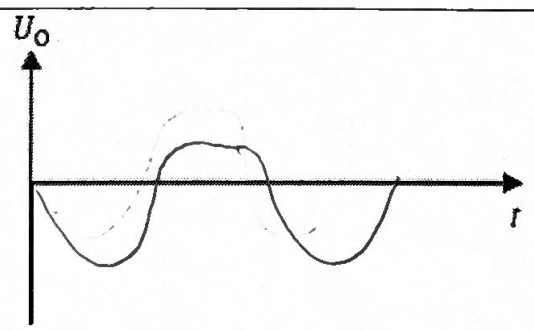
在$R_L=\infty$时，测量输出电压U_o；在 $R_L=510\Omega$时，测量负载电压U_L。计算输出电阻R_o。

U_o =3.76V U_L =1.71V R_o = 67Ω

5．观察输出波形失真情况

逐步加大输入信号，使输出电压u_o足够大但不失真，绘出u_o的波形。然后保持输入信号不变，分别增大和减小R_w，使波形出现失真，绘出u_o的波形，并测出失真情况下的静态工作点I_E和U_{CE}值，记入表1.4 中。

表 1.4 共射极基本放大电路静态工作点变化对输出波形的影响

I_E（mA）	U_{CE}（V）	u_o波形	若出现失真波形，判断失真性质
2.6	3.5		无失真
9.6	8.9		饱和失真
3.9	4.1		截止失真

成绩：_____　　签名：_____　　日期：_____

班级：智机试验2401　学号：24011307　姓名：许钧涵　组别：07

实验二 射极输出器

预习与思考

1. 从电压放大倍数、输入及输出电阻比较射极输出器（共集电极放大电路）和集电极输出电路（共射极放大电路），两种电路各有什么优缺点。

对于共集电路，优点：输入电阻高（对信号源影响小），输出电阻低（负载能力强）缺点：放大倍数

对于共射电路，优点：电压放大倍数高　缺点：输入电阻低，输出电阻较高

2. 射极输出器通常多应用于放大电路的首级和末级，为什么？

首级：利用其高输入电阻，减少对信号源的负载，接收微弱信号

末级：进行阻抗匹配

一、实验目的

1. 掌握射极输出器的特性
2. 掌握放大电路静态工作点的测量与调试方法
3. 掌握放大电路电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的测量方法
4. 熟悉 Multisim 软件的使用

二、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	安装有 Multisim 的计算机		1	

三、实验内容与步骤

1. 创建电路，给电路中的全部元器件按图 2-2 要求标识，设置参数，如下图 2-3 所示。

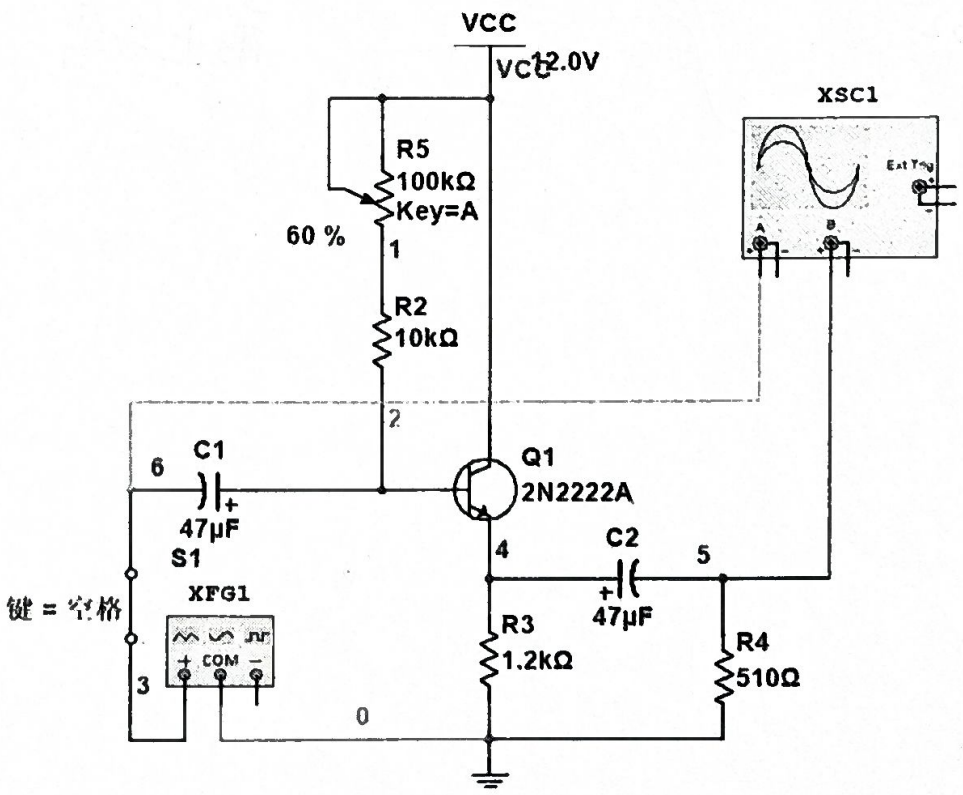


图 2-1 射极输出器仿真电路

2．设置虚拟仪器参数

1）函数发生器

波形：正弦波

Frequency: **1kHz**

Amplitude: **20mV**

Offset:0

2）示波器

Time base：**500us / div**，**"Y / T"**显示方式

Channel A: **10mV/div**

y position：0.00，**"AC"**工作方式

Channel B: **10mV/div**

y position：0.00，**"AC"**工作方式

Trigger：**"Auto"**方式

Channel A：输入线设为绿色，则输入信号波形为绿色。

Channel B：输入线设为红色，则输出信号波形为红色。

3．运行电路，测量相关参数

1）测量静态工作点

接通+12V 电源，不接输入信号，运行电路，调节R_P位置，使三极管工作在放大区。

在菜单栏依次执行"Simulate" / "Analyses and simulation" / "DC Operating Point"命令，将弹出直流工作点分析对话框，如图 2-4 所示，在"Output"选项中选择需要仿真的输出节点，然后单击"Run"，测量各节点电压填入表 2.1，由各节点电压算出静态工作点，分析结果与理论值比较。（或直接串入 DC 电流表并入 DC 电压表测量各静态值，或在各节点各支路用鼠标右键放置电压 / 电流探针）

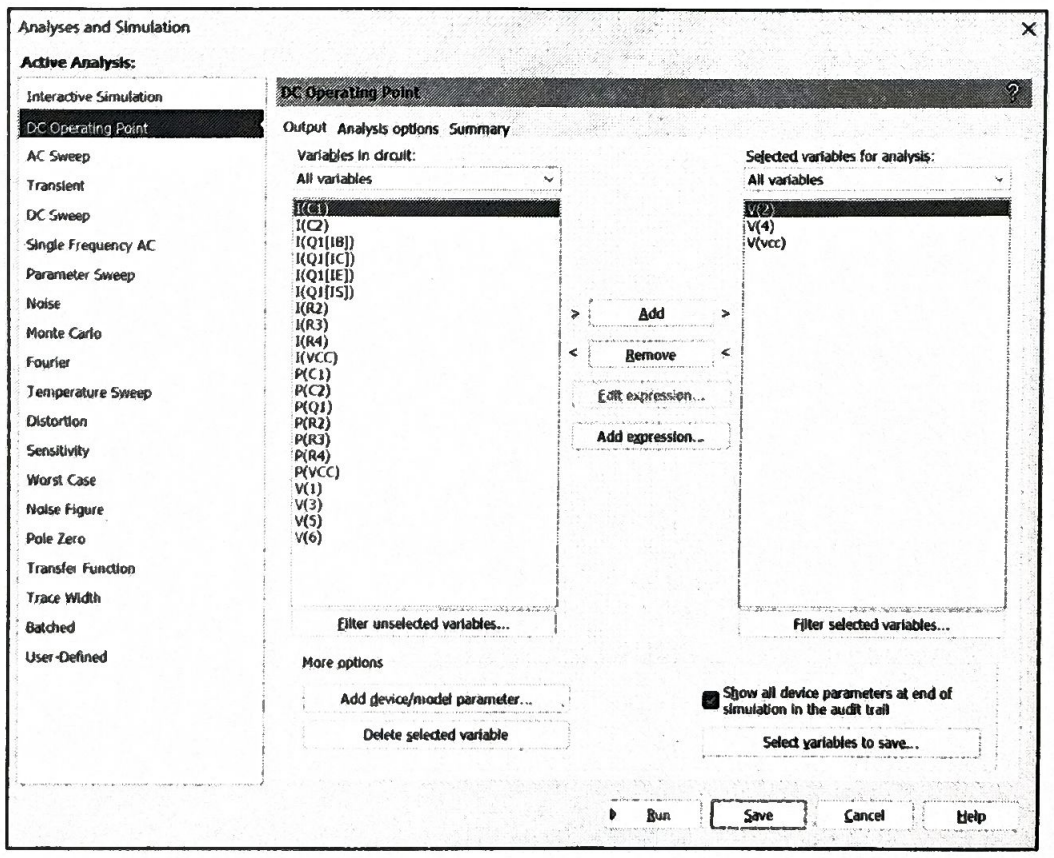


图 2-2 直流工作点分析对话框

表 2.1 射极输出器静态工作点测试实验数据表

测量值			计算值			
U_B（V）	U_E（V）	U_C（V）	U_{BE}（V）	U_{CE}（V）	I_B（mA）	I_C（mA）
8.97	8.28	12.00	0.69	3.72	0.043	6.86

2）测量放大倍数

把输入信号增加为 1V，双击示波器图标，打开示波器面板，观察波形，再单击“Pause”按钮，暂停运行。拖拽读数指针，测得：

$A_V = V_{om}/V_{im} =$ 0.985

3）测量输入电阻

将 1kHz、1V 的正弦交流信号作为输入信号U_s，串一 5.1kΩ的电阻接到U_i，在$R_L = \infty$条件下测量 U_s 和U_i，计算输入电阻R_i。

$U_s =$ 1.84 V，$U_i =$ 1.59 V，$R_i =$ 62.6 kΩ

4）测量输出电阻

在$R_L = \infty$时，测量开路输出电压U_o；在$R_L = 510\Omega$ 时，测量负载电压U_L。计算输出电阻R_o。

$U_o =$ 1.83 V，$U_L =$ 1.73 V，$R_o =$ 26.5 Ω

成绩：_____ 签名：_____ 日期：_____

班级：智机试验2402　学号：24011307　姓名：许钧泓　组别：07

实验三 负反馈放大电路

预习与思考

1. 复习负反馈放大器的工作原理，了解不同反馈方式对放大器放大倍数、输入电阻和输出电阻的影响。

	放大倍数	输入电阻	输出电阻				
电压串联	↓	↑	↓	电流串联	↓	↑	↑
电压并联	↓	↓	↓	电压并联	↓	↓	↑

2. 计算本实验电路在无反馈和有反馈时的放大倍数、反馈系数F、输入电阻和输出电阻(β =100)。

云: $A=(-66.5)\cdot(-39)\approx 2590$　　有 $A_f=\frac{A}{(1+AF)}=\frac{1}{F}$　　$F=\frac{V_f}{V_o}=\frac{R_{e1}}{R_{e1}+R_f}$

$R_i\approx r_{be1}\approx 130\Omega$　　$R_{if}=R_i(1+AF)$

$R_o\approx R_{c2}=120\Omega$　　$R_{of}=R_o/(1+AF)$

一、实验目的

1. 了解电压串联负反馈的原理和性能。
2. 掌握负反馈放大器性能的一般测试方法。

二、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	负反馈放大电路模块		1	
2	电阻	300Ω	1	
3	直流稳压电源	GPS-3303C	1	
4	万用表	UT803	1	
5	低频信号发生器	SG1651A	1	
6	示波器	GOS6031	1	
7	交流毫伏表	AS2295A	1	

三、实验内容及步骤

1．测量静态工作点

电路如图 3-2 所示，接通＋12V 电源 V_{CC}，不接输入信号，接入旁路电容C_{E1}。调节R_W，用万用表直流电压挡测量R_{C1}两端电压，使$U_{R_{C1}}=2.4V$，测量 T1、T2 管的静态工作点，记录在表 3.1 中，并计算相关的电压、电流。

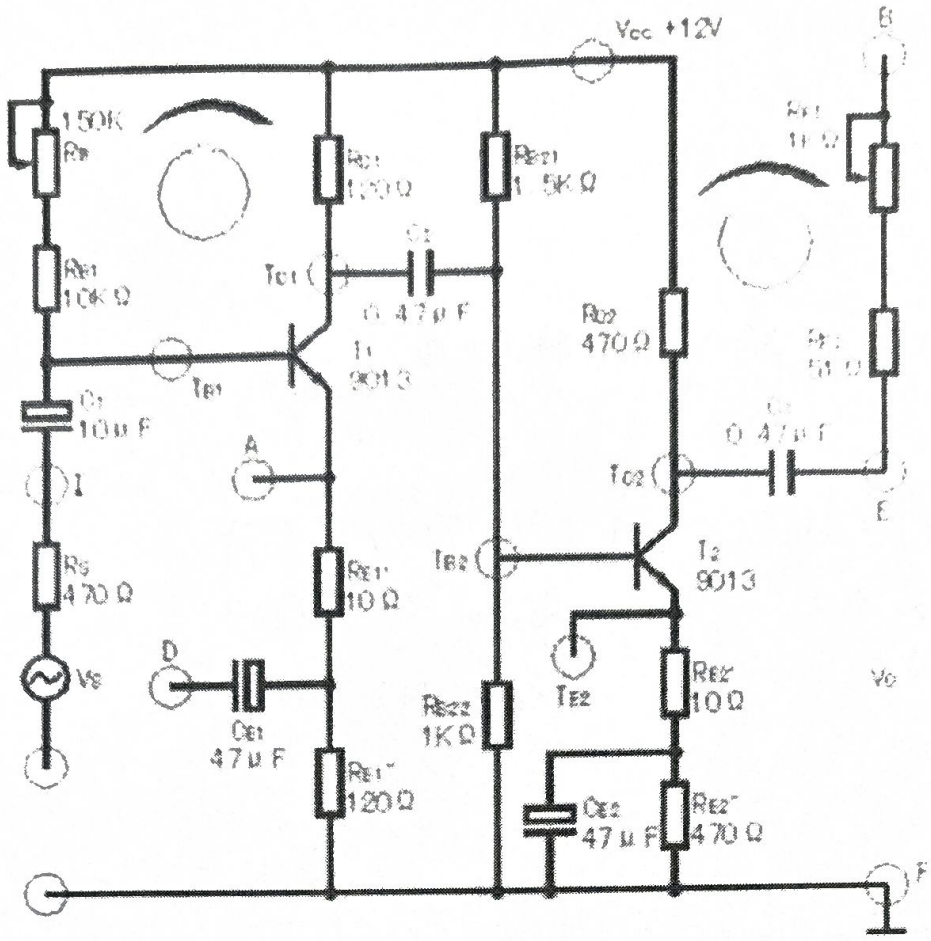


图 3-2 负反馈放大电路

表 3.1 负反馈放大电路静态工作点测试实验数据表

	测量值			计算值	
	V_B（V）	V_C（V）	V_E（V）	I_C（mA）	V_{CE}（V）
T1	2.46	9.48	1.83	20	7.65
T2	4.44	7.45	3.78	9.6	3.67

2．测定基本放大电路的性能

放大电路输入端U_s接入 1kHz、20mV 的正弦交流信号。且在以下测试中保持不变。用示波器观察输出波形，完成以下实验，将实验数据记录在表 3.2 中，并计算相关实验数据。

1）测定基本放大电路的放大倍数A_u

短路R_s，负载R_L不接（开路），测量此时放大电路输出电压U_o。则有：

$$A_u = \frac{U_o}{U_s}$$

2）测定基本放大电路的输入电阻R_i

接入R_s，负载R_L不接（开路），测量此时放大电路净输入电压U_i。则有：

$$R_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} R_s$$

输入电阻R_i根据上式即可算出。

3）测定基本放大电路的输出电阻R_o

短路R_s，接入负载$R_L = 300\Omega$，测量此时放大电路输出电压U_L。则有：

$$R_o = (\frac{U_o}{U_L} - 1)R_L$$

表 3.2 负反馈放大电路动态参数测量实验数据表（A、B 断开）

测量值				计算值		
U_S（mV）	U_O（mV）	U_i（mV）	U_L（mV）	A_u	R_i（Ω）	R_o（Ω）
20	2350	17	910	117.5	2663	474.7

3．测定反馈放大电路的性能

放大电路输入端U_s接入 1kHz、20mV 的正弦交流信号，且在以下测试中保持不变。连接 A、B 两点，即加入负反馈。用示波器观察输出电压，调节R_{F1}，使负反馈电路达到最深负反馈状态，即此时输出电压达到最小值。完成以下实验，将实验数据记录在表 3.3 中，并计算相关实验数据。

1）测定反馈放大电路放大倍数A_{uf}

短路R_s，负载R_L不接（开路），测量此时反馈放大电路输出电压U_{of}。则有：

$$A_{uf} = \frac{U_{of}}{U_s}$$

2）测定输入电阻R_{if}

接入R_s，负载R_L不接（开路），测量此时放大电路净输入电压U_{if}。则有：

$$R_{if} = \frac{U_{if}}{U_s - U_{if}} R_s$$

输入电阻R_{if}据上式即可算出。

3）测定基本放大电路的输出电阻R_{of}

短路R_s，接入负载 $R_L = 300\Omega$,，测量此时放大器输出电压U_{Lf}，则有：

$$R_{of} = (\frac{U_{of}}{U_{Lf}} - 1)R_L$$

表 3.3 负反馈放大电路动态参数测量实验数据表（A、B 连接）

测量值				计算值		
U_S（mV）	U_{of}（mV）	U_{if}（mV）	U_{Lf}（mV）	A_{uf}	R_{if}（Ω）	R_{of}（Ω）
20	92	18	89	4.6	4230	10.11

4．计算反馈深度

用毫伏表测 A 端和接地端的电压为U_F，则 $F = U_F/U_o$，由此按下式可计算

$$反馈深度 = 1 + AF = \frac{A_u}{A_{uf}} = \frac{117.5}{4.6} = 25.54.$$

四、实验报告思考题

1．总结电压串联负反馈对放大器性能的影响（包括放大倍数、输入电阻、输出电阻）。

A变小 R_i 变大 R_o 变小

2. 如按深度负反馈估算，则闭环电压放大倍数Auf = ？和测量值是否一致？为什么？

$\dot{F} = \frac{\dot{U}_f}{\dot{U}_o} = \frac{R'_{F_1}}{R'_{F_1}+R_{F_2}} = 0.164$ $A_{uf} = \frac{R_L}{R_F R_3} = 3.894$ 和测量值基本一致.

可能由于三极管性能导致了一定误差

成绩： _____ **签名：** _____ **日期：** _____

班级：智机试验2402　学号：24011307　姓名：许钧涵　组别：07

实验四 差动放大器

一、实验目的

1. 了解差模信号和共模信号的区别。
2. 学习掌握差动放大电路对差模和共模信号的放大作用。
3. 熟悉直流稳压电源构成双电源的使用方法。
4. 进一步熟悉常用电子仪器的使用方法。

二、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	晶体管差动放大电路模块		1	
2	直流稳压电源	GPS-3303C	1	
3	万用表	UT803	1	
4	低频信号发生器	SG1651A	1	
5	示波器	GOS6031	1	
6	交流毫伏表	AS2295A	1	

三、实验内容及步骤

1. 在晶体管差动放大电路实验模块上构建成长尾差动放大电路（短接 K 和位置 1）。

正负电源的连接

为了给差动放大电路提供±12V 工作电源，调节双路输出稳压电源，使 E1 和 E2 均为 12V。关掉电源，将稳压电源按图 4-4 接线，E1 的正极端子输出电压＋12V，接在实验板的V_{CC}处。E2 的负极端子输出电压-12V，接在实验板的V_{SS}处。E1 的负极端子和 E2 的正极端子连接后，接在实验板公共接地端。

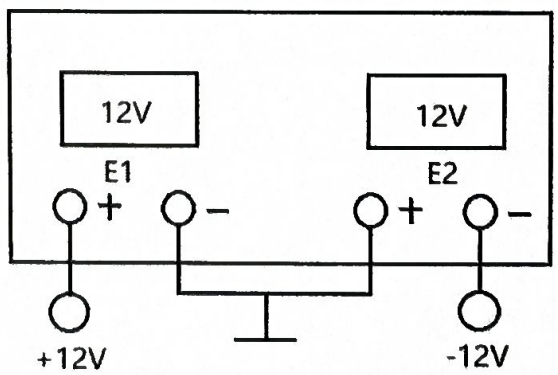


图 4-4 ±12V 工作电源的连接方法

2. 零点调整和静态工作点测量

输入端 A、B 同时接地，接通电源V_{CC}和 V_{SS}，用万用表直流电压档测量双端输出电压U_o，调节电位器R_w，使双端输出电压U_o为零。测量有关电压填入下表，并计算相关的电压、电流。

测量项	U_{B1}	U_{B2}	U_{C1}	U_{C2}	U_{E1}	U_{E2}			U_{R3}

	-0.007V	-0.007V	9.52 V	9.52 V	-0.581 V	-0.581V			-0.711V
计算项	U_{BE1}	U_{BE2}	$I_{R_{b1}}$	$I_{R_{b2}}$	I_{C1}	I_{C2}	β_1	β_2	I_{R3}
	0.574V	0.574V	0.7μA	0.7μA	0.245mA	0.245mA	350	350	375.4μA

3．差模放大倍数测量

输入端 A 接入 1kHz、20mV 的正弦交流信号，输入端 B 接地（单端输入）。分别用示波器观察差动放大管 T1、T2 集电极对地的电压（单端输出）和电阻 R3 两端（1 端与地）的电压波形。可以看出 R3 两端交流分量基本为零，用毫伏表测量也可验证。在输出波形不失真的条件下，用交流毫伏表分别测量 T1、T2 集电极对地的交流电压有效值U_{01}和U_{02}，用万用表直流电压档测量 R3 两端电压 U_{R3}。然后改变输入交流信号为 1KHz、40mV，重复上述测量填入下表并计算差模放大倍数A_{ud}。

U_S	U_{O1}	U_{O2}	U_{R3}	$U_O = U_{O1} + U_{O2}$	$A_{ud} = U_O/U_S$
20	242 mV	240mV	10 mV	482mV	24.1
40	460 mV	461 mV	20mV	921 mV	23.03

［注：用中注意示波器输入端的共地问题］

4．在晶体管差动放大电路实验模块上构建成恒流源差动放大电路（短接 K 和位置 2）。

1）重复步骤 2 和步骤 3，测量数据填入下表并计算。

测量项	U_{B1}	U_{B2}	U_{C1}	U_{C2}	U_{E1}	U_{E2}		U_K
	-6mV	-6mV	9.56V	9.57V	-0.580V	-0.580V		-0.781V
计算项	U_{BE1}	U_{BE2}	$I_{R_{b1}}$	$I_{R_{b2}}$	I_{C1}	I_{C2}	β_1	β_2
	0.574V	0.574V	0.6μA	0.6μA	0.244mA	0.244mA	406.6	405

U_S	U_{O1}	U_{O2}	U_K	$U_O = U_{O1} + U_{O2}$	$A_{ud1} = U_O/U_S$
20 mV	233 mV	234 mV	10 mV	467 mV	23.35

2）共模放大倍数的测量

输入端 A、B 短接点 E（C 与 D 短接），调整R_P使短接点 E 与地之间电压在 1.5V～2V 间作为共模电压U_{IC}，用万用表直流电压档测量U_O，填入下表。

［注：$U_o = U_{C1} - U_{C2}$］

U_{IC}	U_O	$A_{uc} = U_O/U_{IC}$
1.85V	0.016V	0.0086

3）同时有差模和共模信号输入时放大倍数的测量

输入端 A 接 D、输入端 B 接 E，调节R_P，使$U_{ID} = 0.05V$，用万用表直流电压档测量下表中的各电压，并计算出A_{ud}。

U_{IC}	U_{ID}=U_{R_P}	U_{O1}	U_{O2}	U_O	$A_{ud2} = U_O/U_{ID}$	$K_{CMR} = 20\lg(A_{ud}/A_{uc})$
11.95V	0.05V	9.02V	10.12V	1.091V	21.82	68.09

分析：比较忽略了$A_{ud} * U_{ID}$后计算出的A_{ud2}与步骤 1 得到A_{ud1}的误差。

成绩：_____　　签名：_____　　日期：_____

班级：船机2402　　学号：2401307　　姓名：许钧涵　　组别：07

实验五 低频功率放大器-OTL 功放

一、实验目的

1. 理解 OTL 功率放大器的工作原理。
2. 学会 OTL 电路的调试及主要性能指标的测试方法。

二、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	OTL 功率放大电路模块		1	
2	直流稳压电源	GPS-3303C	1	
3	万用表	UT803	1	
4	低频信号发生器	SG1651A	1	
5	示波器	GOS6031	1	
6	交流毫伏表	AS2295A	1	

三、实验内容及步骤

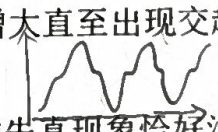
在实验模块上构建 OTL 功率放大器电路。把R_{W1}、R_{W2}都调到最小，接上负载 R_L。

1. 静态工作点调整和测量

1）将R_{W2}的阻值调到最小（注：若 R_{W2}的阻值过大，使 T_2、 T_3管的静态电流过大，效率降低，甚至损坏管子）。首先不采用自举电路（即不接入 C2）。检查线路无误后接通电源$V_{CC}(+6V)$。缓慢调节电位器R_{W1}使输出端中点电位 $V_B = 0.5V_{CC} = 3V$，然后测量 T2 管集电极电流I_{C2}。以下保持电位器R_{W1}位置不变。

$7.1\,mA - \frac{(3.947-0.7)V}{510\Omega} = 0.7\,mA$

2）输入 1KHz 的正弦交流信号，逐步调大输入幅度，使输出增大直至出现交越失真，用示波器观察输出波形的交越失真现象。



3）保持输入信号不变，缓慢调节电位器R_{W2}使输出波形的交越失真现象恰好消失。除去输入信号，测量 T2 管集电极电流I_{C2}，此即为最佳静态工作点。　$7.63\,mA - \frac{(3.925-0.7)V}{510\Omega} = 1.31\,mA$

2. 最大输出功率和效率的测定

1）输入 1KHz 的正弦交流，缓慢增大调整输入信号电压幅度，用示波器观察输出波形，在输出波形即将失真时，用交流毫伏表测量R_L上的电压U_{Omax}（0.42V），计算最大输出功率P_{Omax}。　0.44V

$$P_{Omax} = U_{Omax}^2/R_L$$

2）测出此时直流电源输出的平均电流I_{DC}（>9.22mA），求得电源输出功率 P_E，进而求出效率η。　33.36

$$P_E = V_{CC} * I_{DC} \qquad \eta = P_{Omax}/P_E$$

3. 采用自举电路（即接入 C2），重复以上各实验步骤。并观察采用自举电路前后输出正负半周的幅度变化情况。

	I_{C2}	I_{C2}最佳	U_{Omax}	P_{Omax}	I_{DC}	P_E	η

$7.12\,mA - \frac{(3.952-0.7)}{510\Omega}$

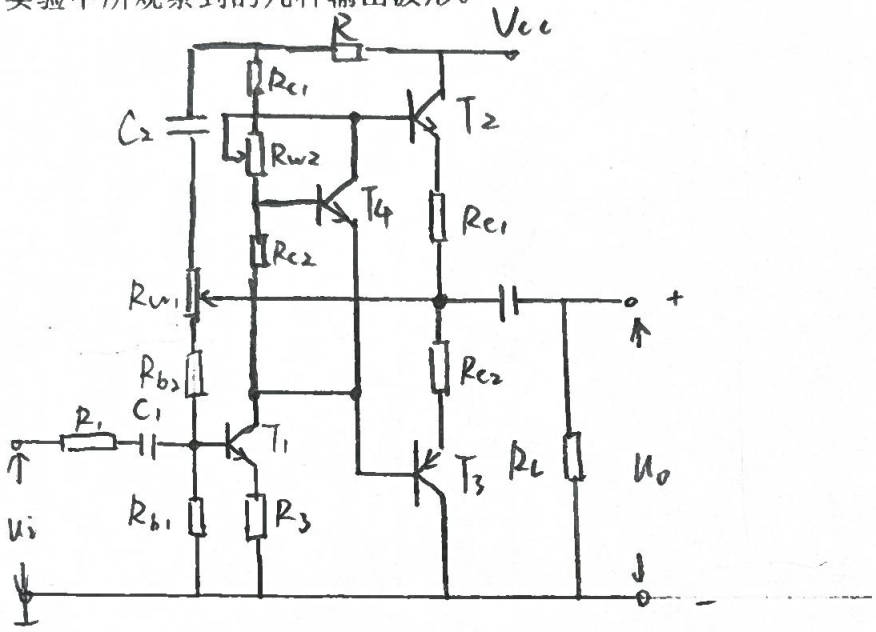
$33.39\,mA - \frac{(3.973-0.7)}{510\Omega}$

无自举	0.7mA	1.31mA	0.42V	0.0227 W	29.22mA	0.175 W	12.6%
有自举	0.743mA	26.97mA	0.44V	0.0242 W	33.36mA	0.2001 W	12.09%

四、实验报告要求

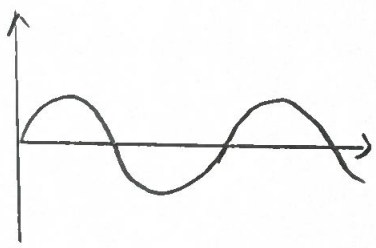
1. 画出实验电路图。
2. 根据实验所得数据，计算电路的静态工作点。
3. 画出实验中所观察到的几种输出波形。

1.

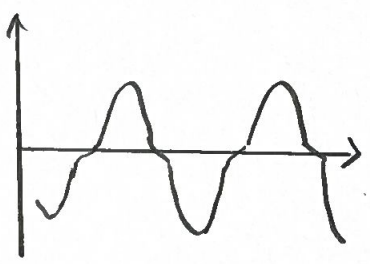


2. 由实验点 I_{C2}最佳 = 1.31 mA.

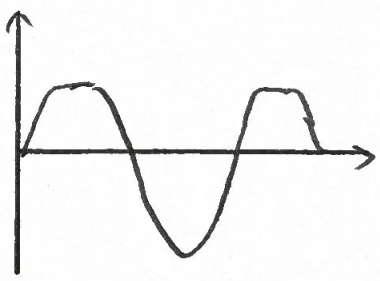
3. ① 当Rw2阻值较大时，



② 当Rw2阻值较小时，产生交越失真



③ 当Rw1阻值较大时



成绩：_____ 签名：_____ 日期：_____

班级：船机2402　　学号：2401307　　姓名：许钧涵　　组别：07

实验六 集成运算放大器的线性应用

预习与思考

1. 运算放大器为什么要调零？如何进行调零？

温度变化会导致输入偏置电流等产生变化，影响输出的稳定性；并且调零可以确保运算放大器在输入为零时输出为零，消除误差，提升精度。

将输入端接地，测量输出端电压。调节放大器上旋钮使输出电压为零。

2. 熟悉实验电路，列出图 6-3 和图 6-5 所示电路输入输出之间的关系方程式，并按电路参数计算出输出的理论值。

$U_N = U_P$

1)同相比例

$$\begin{cases} \frac{U_N}{10k} = \frac{U_o - U_N}{100k} \\ U_P = U_s \end{cases}$$

$U_o = 11U_s$

2)反相比例

$\frac{U_s}{10k} = \frac{-U_o}{100k}$

$U_o = -10U_s$

3)差动放大

$$\begin{cases} \frac{U_{s2} - U_P}{10k} = \frac{U_P}{100k} \\ \frac{U_{s1} - U_N}{10k} = \frac{U_N - U_o}{100k} \end{cases}$$

$U_o = 10(U_{s2} - U_{s1}$

4)反相求和

$\frac{U_{s1}}{10k} + \frac{U_{s2}}{10k} = \frac{-U_o}{100k}$

$U_o = -10(U_{s1} + U_{s2})$

理论值见后表.

5) V-I

$I_C = \frac{U_i}{1k} = \frac{U_s}{1k}$

一、实验目的

1. 学习集成运算放大器的基本使用。
2. 掌握集成运算放大器的线性应用电路分析方法。

二、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	LM741 模块		1	
2	四路 DC 信号源模块		1	
3	直流稳压电源	GPS-3303C	1	
4	万用表	UT803	1	
5	低频信号发生器	SG1651A	1	
6	示波器	GOS6031	1	
7	交流毫伏表	AS2295A	1	
8	电阻	1kΩ、10kΩ、100kΩ		
9	电位器	470Ω、10kΩ		

三、实验内容

1. 观察 LM741 运算放大器的外型与管脚

实验模块上采用的集成运放型号是 LM741，一片器件上含有一个运放电路。引脚封装采用双列直插，体积小，集成度高，价格低廉，使用方便。本实验中采用电源$V_{CC} = +12V, V_{EE} = -12V$。LM741 的管脚排列图详见图 6-1。

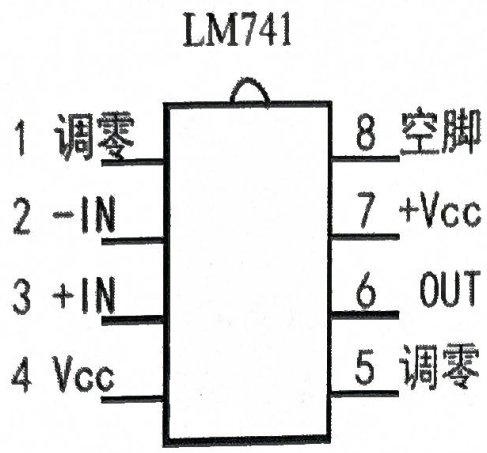


图 6-1 双列直插式 LM741

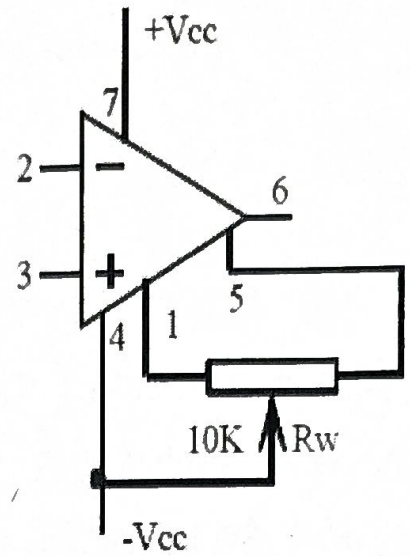


图 6-2 调零电位器连接示意图

2．放大器调零

图 6-2 是调零电位器连接示意图，使用时必须正确使用引脚才能确保电路正常工作。所谓调零并不是对独立运放进行调零，而是对运放的应用电路调零。即将运放应用电路输入端接地（即输入U_S为零），调节调零电位器，使输出电压等于零。

3．运算电路

图 6-3 是集成运放组成的运算电路，包括同相比例运算、反相比例运算、差动放大运算和反相求和运算。

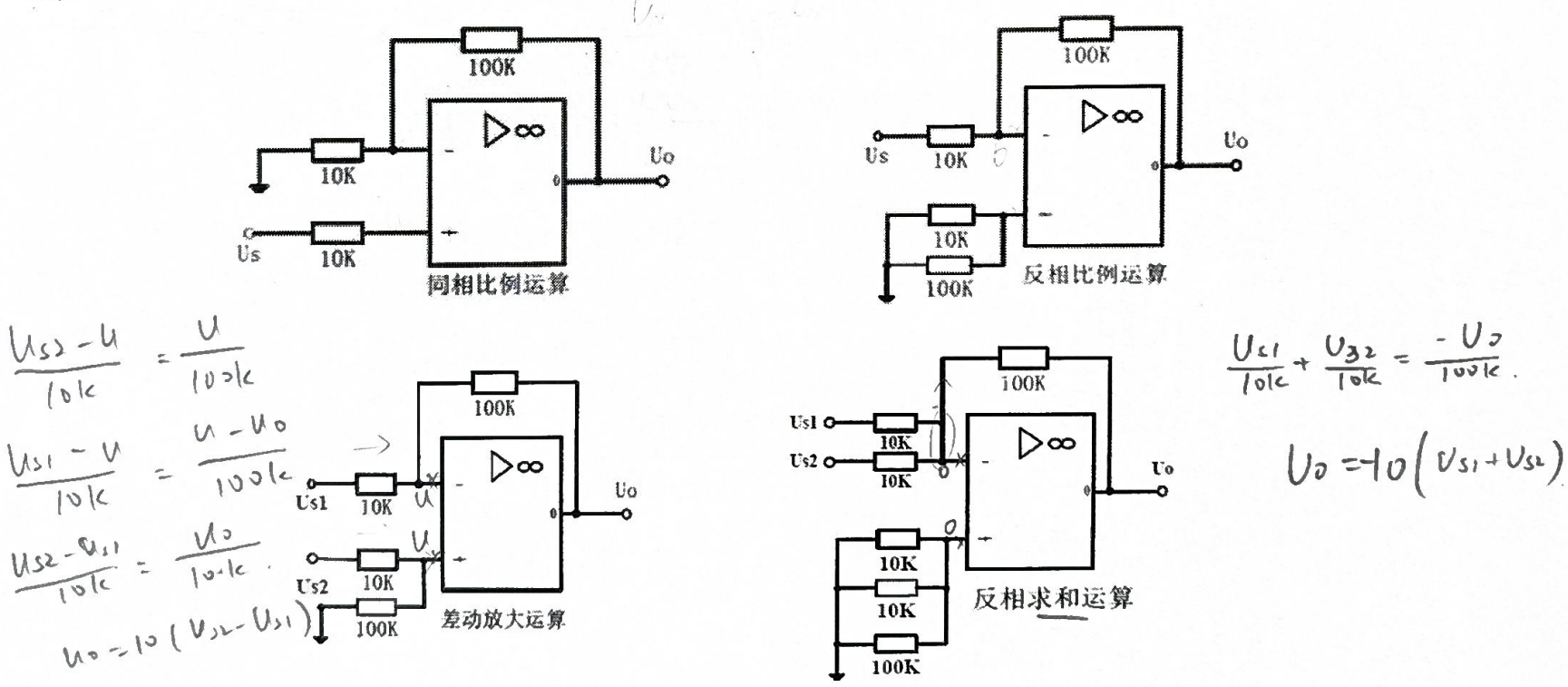


图 6-3 集成运放组成的运算电路

1）分别按原理图接线，仔细检查。

2）每一实验电路在测试前都要调零，调试方法是将所有的输入端接地，调整调零电位器使输出电压为零（输出电压用万用表的直流毫伏档量程测量）。

3）按要求调整好输入信号（直流电压用 DC 信号源输出；交流电压用低频信号发生器输出），然后接通电源，输入信号。

DC 信号源产生电路如图 6-4 所示。在图 6-4 中，U_{AO}, U_{BO} 提供正电压，U_{CO}, U_{DO}提供负电压。改变R_{W1}箭头位置，U_{AO}可以从 0V 变到 4.5V 左右；改变R_{w3} 箭头位置，U_{BO}可以从 0V 变到 1V 左右。改

变R_{w2}箭头位置，U_{CO}可以从 0V 变到-1V 左右；改变R_{w4}箭头位置，U_{DO}可以从 0V 变到-1.5V 左右：U_{AO}、U_{BO}、U_{CO}、U_{DO}就是需要的输入信号。可以由万用表直流电压档测量。

注意，在使用时，DC 信号源产生电路板上的地必须与集成运算放大电路板上的地连接。

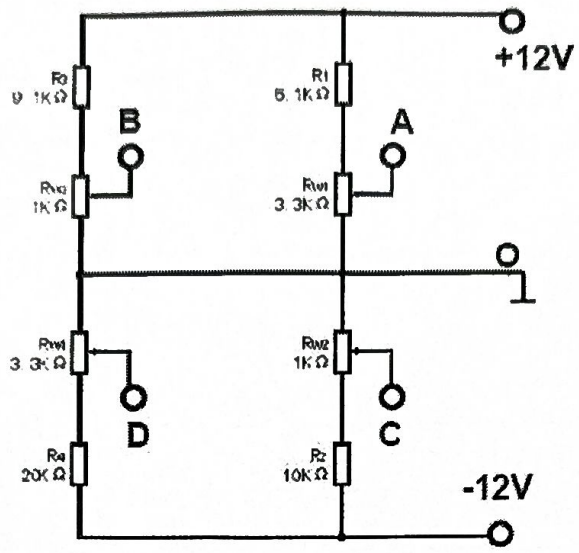


图 6-4 四路 DC 信号源

4）直流输入时，用万用表测量直流电压档测量输出电压。

5）交流输入用示波器观察输出信号，并用交流毫伏表测量输出电压。

6）各实验数据记录下表。

表 6.1 运算电路实验数据表

	输入信号U_X（注：AC 为函数信号发生器提供 1kHz 的正弦信号，DC 为四路 DC 模块提供直流信号）			输出电压U_o	
				实测值	理论值
同相比例	1	AC	0.01V	0.11 V	0.11V
	2	AC	0.1V	1.08V	1.1V
	3	DC	0.5V	5.542	5.5V
反相比例	1	AC	0.01V	0.1V	0.1V
	2	AC	0.1V	1.15V	1V
	3	DC	0.5V	-4.84V	-5V
差动放大	1	DC	0.3V 和 0.5V	-1.942V	2V
	2	DC	0.5V 和 0.1V	-3.831V	-4V
反相求和	1	DC	0.3V 和 0.5V	-7.75V	-8V
	2	DC	0.5V 和-1V	4.407V	5V

4．V-I 转换器

1）用运放 LM741 按原理图 6-5 搭接好实验线路。

2）将运放的输出调零。

3）负载R_L为 470Ω可变电阻器。调整$R_L = 200\Omega$，调节 10K 电位器使分压器输出电压V_S在 0～10V 内变化，同时测量对应的负载电流I_L的值填入表 6.2。

4）令输入电压 $V_S = 2V$，改变负载电阻值，同时测量负载电流I_L的值填入表 6.3。

5）令输入电压 $V_S = 5V$，改变负载电阻值，同时测量负载电流I_L的值填入表 6.3。

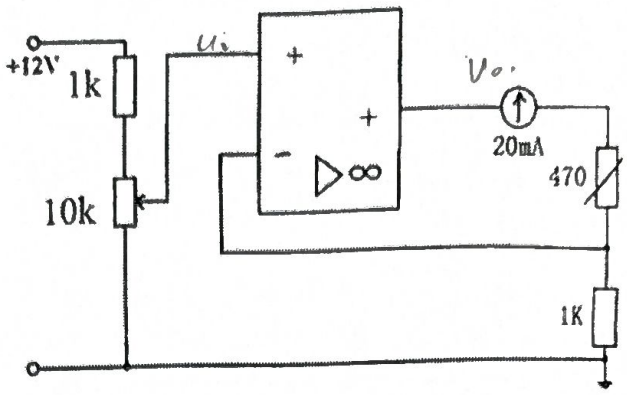


图 6-5 V-I 转换器原理图

表 6.2 V-I 转换器实验数据表（$R_L = 200\Omega$）

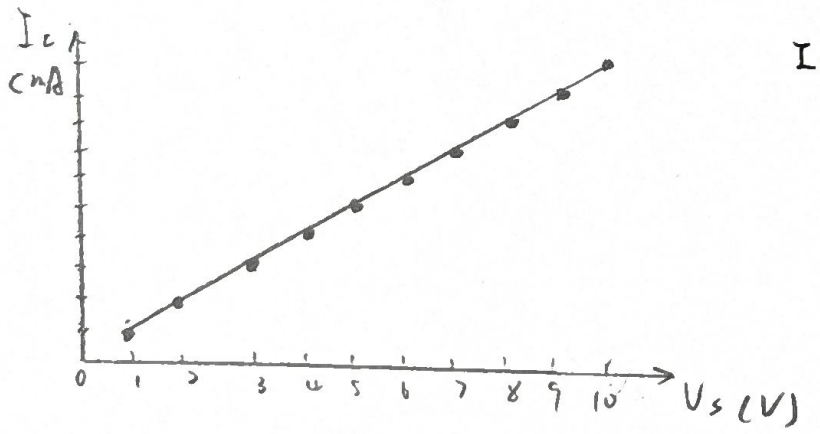
V_S(V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I_L (mA)	0	1.01	2.01	3.01	4.01	5.04	6.05	7.06	8.08	8.94	8.94

表 6.3 V-I 转换器实验数据表（$V_S = 2V$ 与 $V_S = 5V$）

$R_L(\Omega)$	10	50	100	200	300	400
I_L (mA)($V_S = 2V$)	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
I_L (mA) ($V_S = 5V$)	5.03	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04

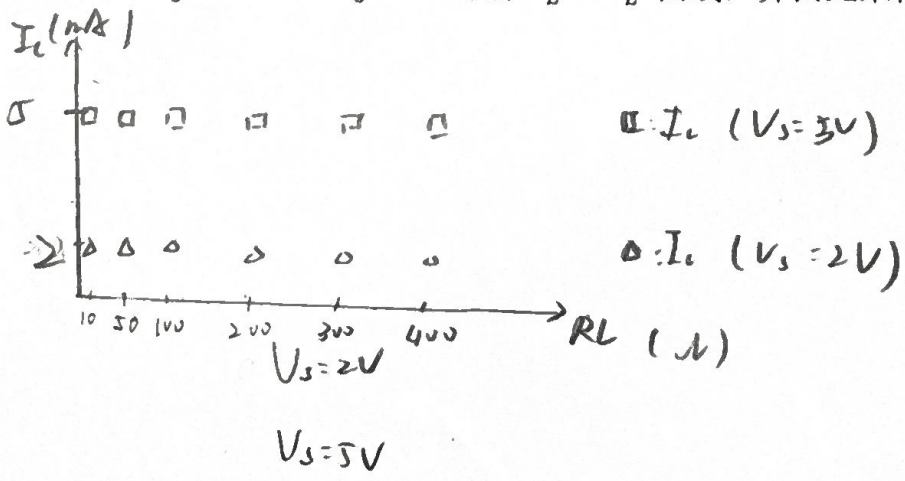
四、实验报告要求

1．作出$R_L = 200\Omega$时的$I_L \sim V_S$曲线，并由此来得到相应结论。

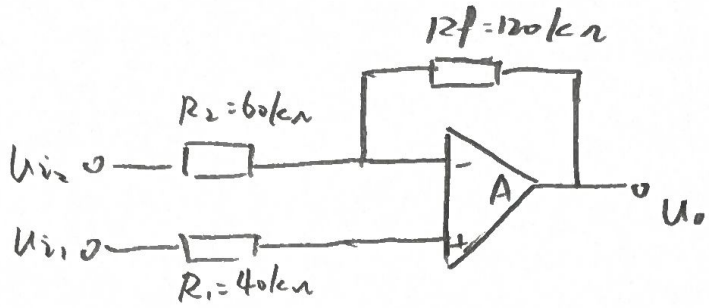


$I_L = \frac{V_S}{1k}$.

2．作出 $V_s = 2V$ 和 $V_s = 5V$时的 $I_L \sim R_L$ 曲线，并由此来得到相应结论。



3．设计一个运算电路，实现$u_o = 3u_{i1} - 2u_{i2}$（电阻用 kΩ级）。



$U_P = u_{i1}$

$$\frac{U_N - u_{i2}}{60k\Omega} = \frac{u_o - U_N}{120k\Omega}$$

$3U_N - 2u_{i2} = u_o$

即 $u_o = 3u_{i1} - 2u_{i2}$

成绩：_____　　签名：_____　　日期：_____

班级：智机试验2401　学号：24011307　姓名：许钧涵　组别：07.

实验七 集成运放限幅器和比较器

预习与思考

1. 推导限幅器的V_o-V_s关系，求出使V_o=0的范围（取二极管的正向压降为0.5V，内阻为0计算）。

当 $V_s < V_R - 0.5V$ 时　$V_o = V_s$

当 $V_s \geq V_R - 0.5V$ 时　$V_o = V_R + 0.5V$

使 $V_o = 0$ 的范围为 $V_s = 0$ 且 $V_R > 0.5V$.

2. 推导出比较器的上、下限参考电压。

$$V_{TL} = \frac{R_1}{R_1+R_2} V_{OH} + \frac{R_2}{R_1+R_2} V_R$$

$$V_{TH} = \frac{R_1}{R_1+R_2} V_{OL} + \frac{R_2}{R_1+R_2} V_R.$$

一、实验目的

1. 掌握限幅器和比较器的工作原理。
2. 掌握集成运算放大器的非线性应用电路分析方法。

二、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	LM741 模块		1	
2	四路 DC 信号源模块		1	
3	直流稳压电源	GPS-3303C	1	
4	万用表	UT803	1	
5	低频信号发生器	SG1651A	1	
6	示波器	GOS6031	1	
7	交流毫伏表	AS2295A	1	
8	电阻			
9	电位器			
10	二极管			

三、实验内容及步骤

1. 限幅器

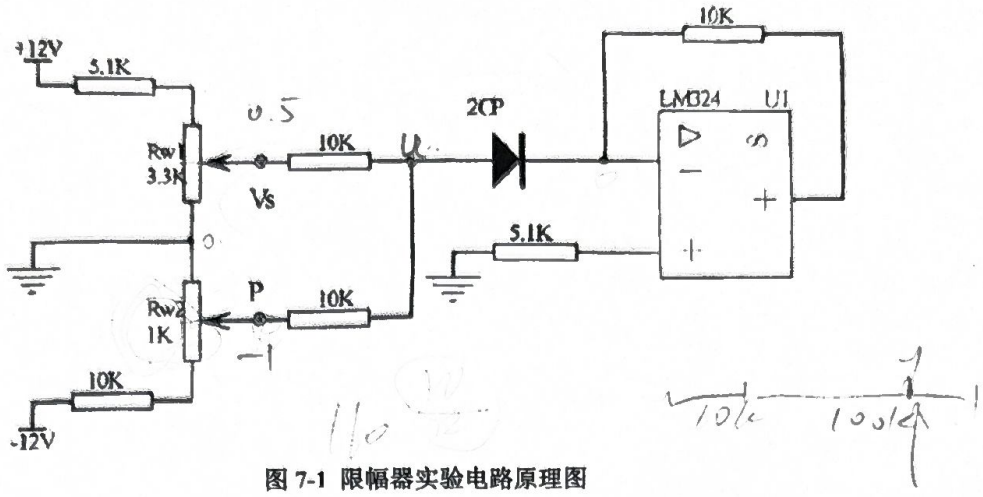


图 7-1 限幅器实验电路原理图

1）在实验箱上按图 7-1 搭接好实验线路。电源$V_{CC}=+12V$，$V_{EE}=-12V$。

2）调节电位器R_{w2}使 P 点电位为$-1V$。

3）调节电位器R_{w1}使输入电压V_s在 0~4V间变化，同时测出对应的输出电压V_o值，填入表 7.1。

表 7.1 限幅器实验数据表

V_s(V)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
V_o(V)	0.001	0.000	-0.141	-0.556	-1.023	-1.496	-1.974	-2.466

2．比较器

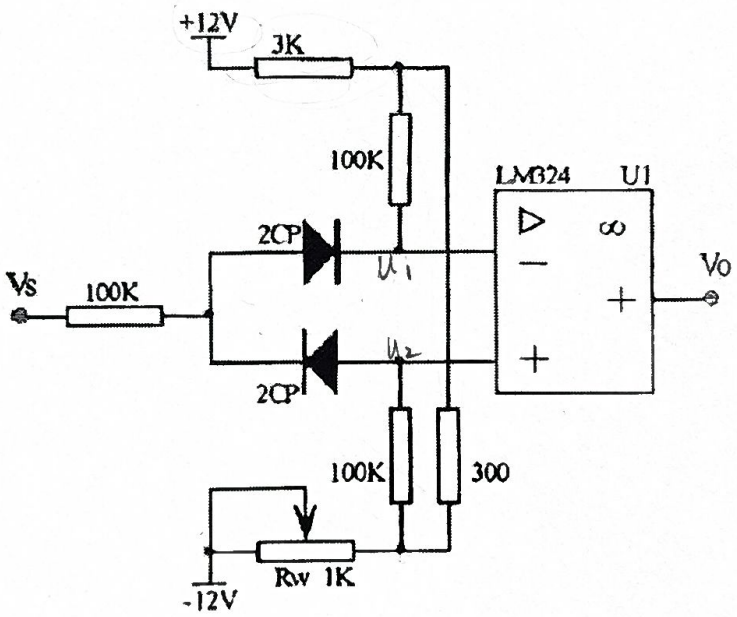


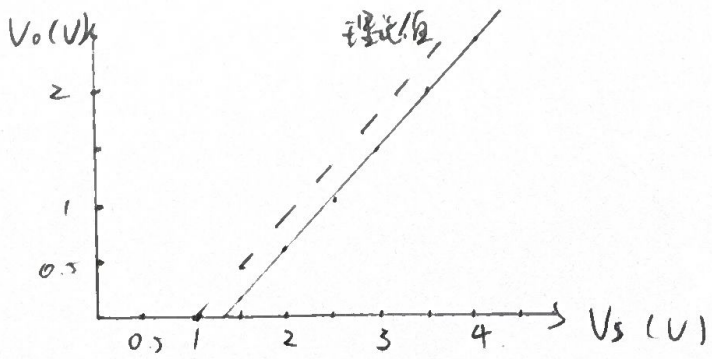
图 7-2 比较器实验电路原理图

1）在实验模块上按图 7-2 搭接好实验线路。电源$V_{CC}=+12V$，$V_{EE}=-12V$。

2）将信号发生器衰减开关打到最小，然后将其输出接到比较器的输入端。逐步增大输入信号的幅度，用示波器跟踪观察输出波形。调节电位器R_w，观察输出波形有何变化。用图形和文字进行描述说明。

四、实验报告要求

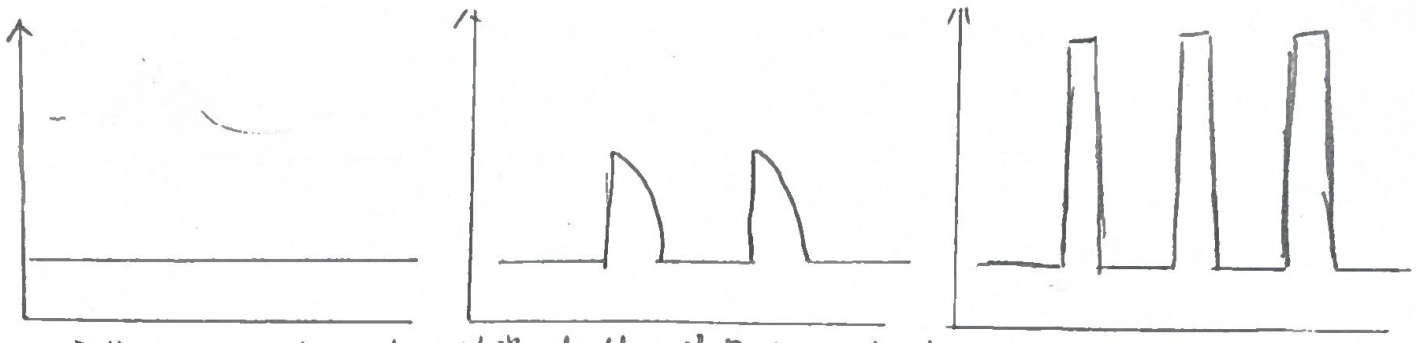
1．作出限幅器V_o-V_s曲线(V_s: 0~4V)，并将实测的V_o值与理论值相比较，分析误差产生的原因。



偏差 = -0.5 V

未考虑二极管压降.

2. 作出比较器中调节电位器R_w时输出波形的变化，并分析说明。



调节R_w降低V_P，使比较器在输入信号的更低电平处能发翻转，

成绩：_____ 签名：_____ 日期：_____

班级：智机试验2402　学号：24011307　姓名：许钧涵　组别：07

实验八 RC 振荡电路

预习与思考

1. 复习教材有关 RC 振荡器的结构与工作原理。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$\varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$$

2. 如何用示波器来测量振荡电路的振荡频率？

测量5个周期的时间 T_5，可得 $f = \frac{5}{T_5} \approx 1567\ Hz$

一、实验目的

1. 掌握桥式 RC 正弦波振荡器的电路构成及工作原理。
2. 熟悉正弦波振荡器的调整、测试方法。
3. 观察 RC 参数对振荡频率的影响，学习振荡频率的测定方法。

二、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	安装有 Multisim 的计算机		1	

图 8-1 RC 串联网络振荡器原理图

三、实验内容

按图 8-2 在 Multisim 中搭建线路。

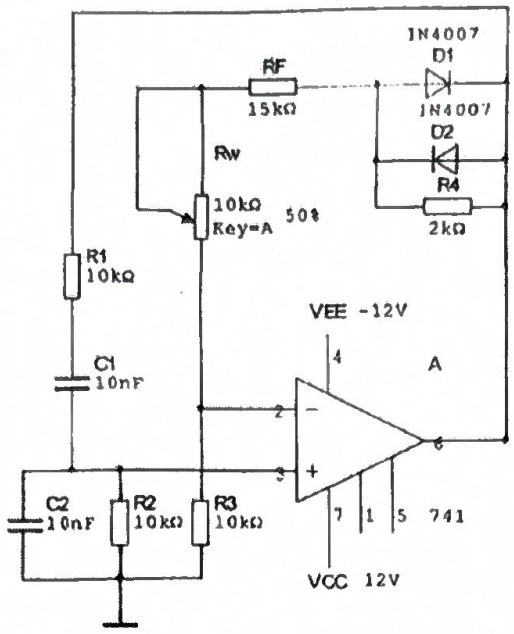


图 8-2 RC 串联网络振荡器实验电路

1）接通±12V 电源，调节电位器R_w，使输出波形从无到有，直至正弦波出现失真。记下临界起振、正弦波输出及失真情况下的R_w值，分析负反馈强弱对起振条件及输出波形的影响。 $R_w = 320\Omega$

2）调节电位器R_w使输出电压U_o幅值最大且不失真，用交流毫伏表分别测量输出电压U_o，反馈电压U_+和U_-，分析振幅平衡条件。 $V_o = 7.9V$ $V_+ = 2.7V$ $V_- = 2.63V$

3）用示波器测量振荡频率f_0，并与理论值进行比较。 $f_0 = 1567Hz$ $f_{18} = \frac{1}{2\pi RC} = 1592Hz$

4）调节电位器R_w使输出为正弦波，并记下此时的输出幅度。断开正反馈网络与同相输入端的连接点。从运放同相输入端输入频率为振荡频率f_0。的正弦信号（从函数信号发生器得到），并调节信号的大小使放大器输出幅度为原振荡时的输出幅度，用毫伏表测量放大器的输入电压U_i，输出电压U_o，正、负反馈电压U_{F+}与U_{F-}，计算增益A_v及反馈系数F_+，验证公式

$$A_v = \frac{1}{F_+} = 3$$

5）改变 RC 串并联网络中 R 或 C 值，观察振荡频率变化情况。

$R\uparrow$ $f\downarrow$

四、实验报告要求

1．由给定电路参数计算振荡频率，并与实测值比较，分析误差产生的原因。

误差为 -1.57%　理论值f_0是基于理想运放推导的，而实际的电路过程存在相位延迟，为了满足振荡的相位条件，RC选频网络必须提供一个轻微的相位超前，这发生在略低于理论值f_0的频率点上。

2．总结 RC 振荡器的特点。

产生低频正弦波，结构简单成本低，但频率稳定性差，易受RC元件影响，适用于音频、测试仪器等低频场景

成绩：_____　　签名：_____　　日期：_____

班级：智机试验2412 学号：24011307 姓名：许钧涵 组别：____

实验九 整流、滤波及稳压电源

预习与思考

1. 复习整流、滤波、稳压电路原理，画出整流（全波、半波）、滤波的波形。

2. 使用电解电容器要注意什么？

极性不可接反.

工作电压需留足余量.

避免高温环境.

3. 查找集成稳压器件 7812 的数据手册，熟悉使用方法。

一、实验目的

1. 观察整流、滤波、稳压电路的输入、输出波形，熟悉电容器的作用及稳压管的稳压特性。
2. 测量电路外特性。
3. 熟悉和掌握线性集成稳压电路的工作原理和使用方法。

二、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	整流、稳压与滤波电路模块		1	
2	三端稳压器	LM7812	1	
3	电容	0.1uF	1	
4	电容	0.33uF	1	
5	万用表	UT803	2	
6	示波器	GOS6031	1	

三、实验内容

1. 二极管极性判别

二极管的极性可以用万用表的欧姆档来判别。同样的方法可判别稳压管的好坏。

2. 电路如图 1-2 所示。按图连接电路，桥式整流输入电压 接 15V 低压交流电源。负载支路接入直

流电流表，观察电流表是否有读数。

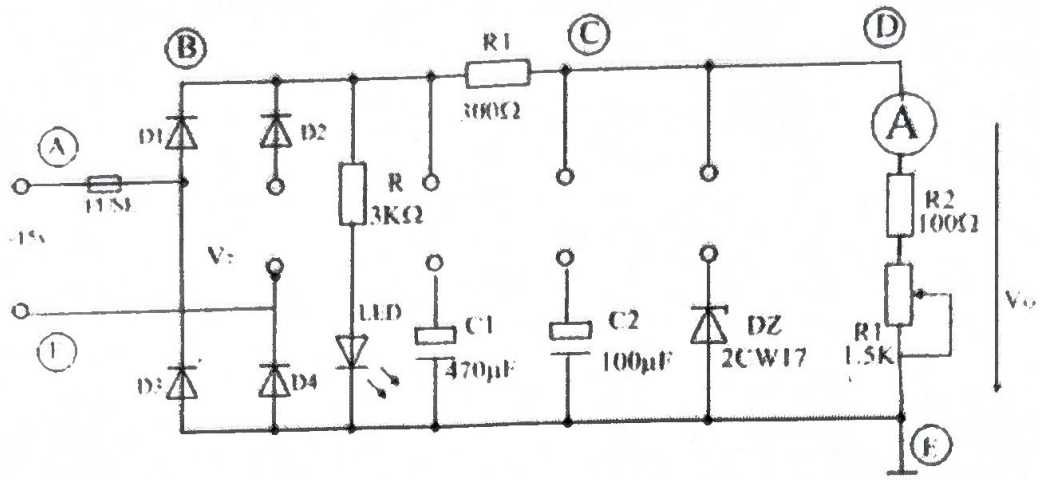


图 9-2 整流、滤波和稳压电路

3．用示波器观测和万用表测量表 9.1 所列各项内容

画波形时注意：

1）各波形的对应点。

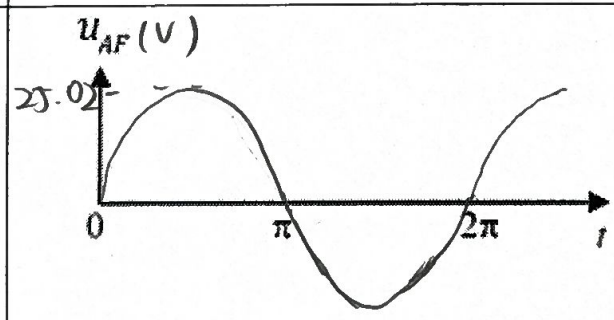
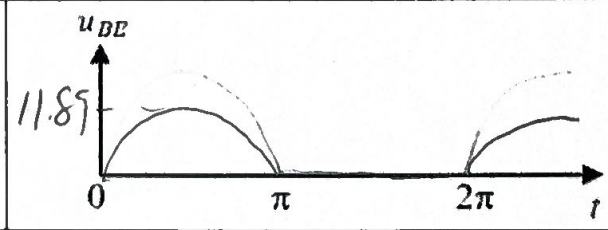
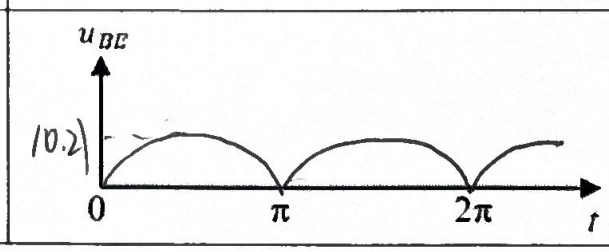
2）“Y 轴灵敏度”旋钮位置调好以后，不要再变动，否则将无法比较各波形的脉动情况。

4．测量整流、电容滤波电源的外特性，完成表 9.2 数据测试。

电源的外特性是指输出电压与输入电压之间的关系。本实验的目的是用实验数据来说明外特性曲线[$[U_O = f(I)]$

5．测量整流、CRC 滤波、稳压电源的外特性，完成表 9.3 数据测试。

表 9.1 整流、滤波、稳压输出波形

名称	测试点	波形	数值
变压器输出电压	A、F		$U_{AF}=17.69V$
整流输出（不接 C_1、C_2 和 D_Z）	B、E		$U_{BE}=8.41V$
	B、E（D_2 与 D_4 间连接，构成全波整流）		$U_{BE}=7.22V$

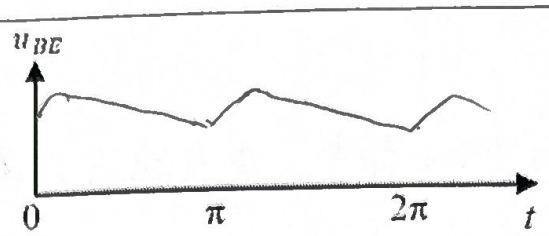
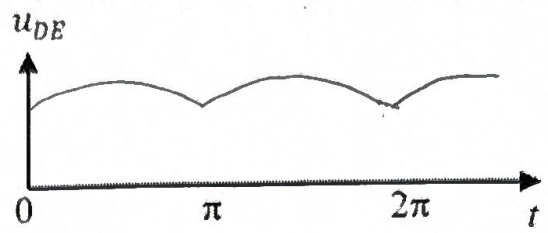
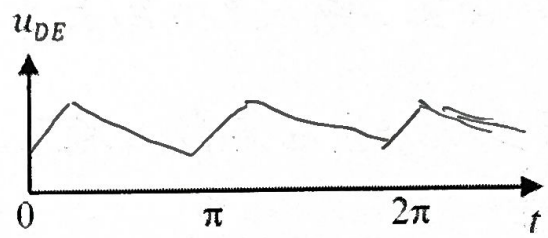
整流+滤波输出（接 C_1、C_2，不接 D_z）	B、E		U_{BE} =23.15
	D、E		U_{DE} =23.05
整流+滤波+稳压输出（接 C_1、C_2，D_z）	D、E		U_{DE} = 10.26

表 9.2 整流、滤波电源的外特性（接 C_1，不接 C_2、D_z）

I_o (mA)	0（负载开路）	15	20	25	30	40	50
U_o (V)	23.09	17.13	15.13	13.38	11.35	7.51	5.03

表 9.3 整流、滤波、稳压电源的外特性（接 C_1、C_2、D_z）

I_o (mA)	0（负载开路）	15	20	25	30	40	50
U_o (V)	10.21	10.19	10.15	10.10	10.02	7.84	5.04

6. 由 7812 组成的直流稳压电路

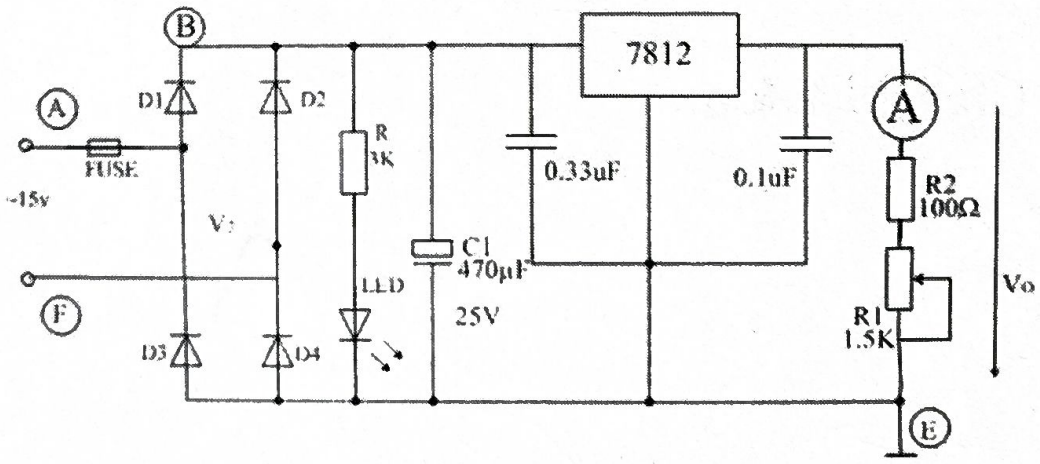


图 9-3 集成稳压电路

1）按图 9-3 连接电路，注意必须断开实验模块的 D 点和安培表的连接，由 7812 的输出直接接到安培表。用示波器观察 7812 输入端和输出端U_o的波形。

2）测量 7812 稳压电源的外特性，完成表 9.4 数据测试。

表 9.4 7812 稳压电源的外特性

I_o (mA)	0（负载开路）	10	15	20	25	30	40
U_o(V)	11.93	11.93	11.93	11.93	11.93	11.93	11.93

四、实验报告思考题

1．稳压管 2CW17 的极性如果接反了，会产生什么结果？

稳压管将变为正向偏置，失去稳压作用，输出电压 V_{OE} 将降低至二极管的正向导通电压，无法实现稳压.

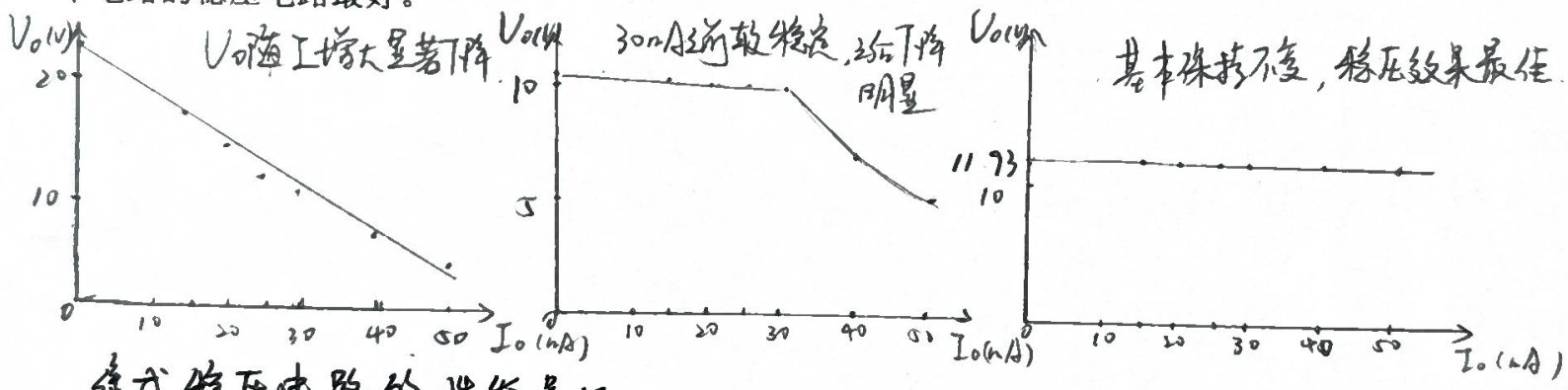
2．稳压二极管起稳压作用的条件是什么？由表 9.3 得出稳压管稳压的电流范围为多少？

稳压管需反向偏置. 输入电压需高于稳压管的稳压值 U_Z.

流过稳压管的电流必须在其最小稳压电流和最大允许电流之间.

$0 \le I_0 \le 30$ (mA)

3．根据实验步骤 4、5、6 的测量结果，画出外特性曲线［$[U_O = f(I)]$］，比较三条曲线的异同，说明哪个电路的稳压电路最好。



集成稳压电路的性能最好.

成绩：_____ 签名：_____ 日期：_____

班级：船机试验2402　　学号：24011307　　姓名：许钧弼　　组别：D7.

实验十 数字式温度表的设计

一、实验目的

1. 了解数字式温度表的基本构成。
2. 熟悉数字式温度表的工作原理。
3. 掌握电阻/电压转换电路、电压放大电路的设计方法。
4. 学会电子系统测量和调试技术。

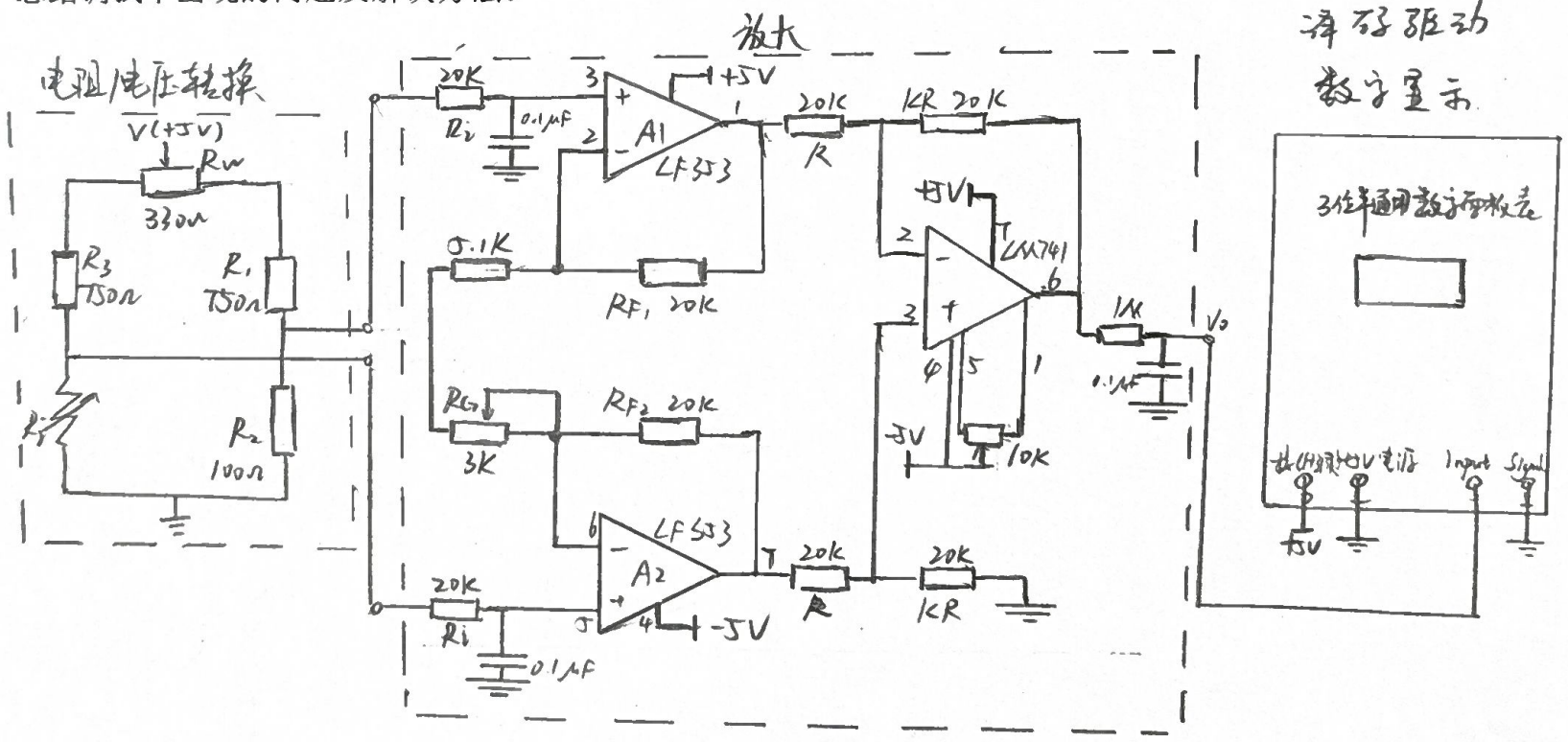
二、实验内容与要求

利用实验室已有的电路模块，设计一个数字式温度表。用标准电阻箱代替铂电阻 Pt100，通过改变电阻箱的电阻值模拟检测温度的变化，并通过三位半数字表显示出来。

三、实验报告要求

1. 确定温度表的总体设计方案，画出模块接线图。
2. 分析电阻/电压转换电路、电压放大电路和 A/D 转换、译码驱动和数字显示等模块的工作原理。
3. 设计实验步骤，完成各单元电路的连线调试。
4. 总结调试中出现的问题及解决方法。

1.



2.

3.

温度	电阻值	显示温度	误差	温度	电阻值	显示温度	误差
0	100	0	0	100	138.50	104.9	4.9
10	103.90	11.0	1.0	110	142.29	114.9	4.9
20	107.79	21.8	1.8	120	146.06	124.7	4.7
30	111.67	32.5	2.5	130	149.82	134.3	4.3
40	115.54	43.0	3.0	140	153.58	144.2	4.2
50	119.40	53.6	3.6	150	157.31	153.5	3.5
60	123.24	64.1	4.1	160	161.04	163.0	3.0
70	127.07	74.6	4.6	170	164.76	172.5	2.5
80	130.89	84.9	4.9	180	168.46	181.7	1.7
90	134.70	94.9	4.9	190	172.16	190.8	0.8
				200	175.84	199.9	-0.1

4. 调试过程需注意将温度为0,与200处的显示温度调到理想状态，调试过程需来回反复调节确保调准.

成绩：_____ 签名：_____ 日期：_____