



南京理工大学
NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

电子线路综合实验 实验报告

学 院： 计算机科学与工程学院
班 号： 9191062302
姓 名： 况宇
学 号： 91910782????
实验编号：
指导老师： 付文红

年 月

实验一 常用仪器的使用

一、实验目的

1. 学习示波器，信号源，直流稳压源，交流毫伏表，万用表的使用方法。
2. 通过实验基本掌握常用仪器的使用及信号定量测量。

二、预习要求

1. 认真阅读本实验指导书常用仪器介绍，初步了解仪器面板主要旋钮功能及其主要用途。
2. 明确实验内容与实验步骤

三、实验原理

在电子技术实验中，常用仪器常用来定性定量地测量和分析电信号的波形和信号值，从中掌握电路的性能及工作情况，它们在测试电路中的相互关系如图 1.1 所示。接线时应注意，因大多数电子仪器的两个测量端点是不对称的，为了防止外界干扰，各仪器的公共地端应连接在一起，称为“共地”。

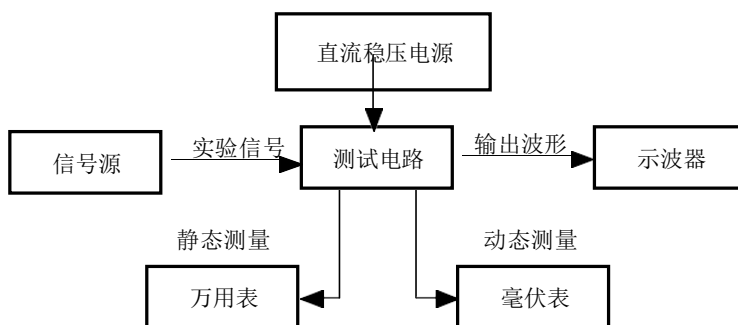


图 1.1 常用电子仪器在实验电路中的互相关系

仪器的主要用途：

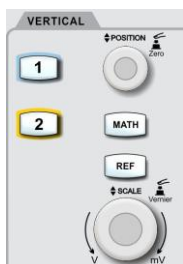
- 1) 直流稳压电源：为测试电路提供能源；
- 2) 信号源：为测试电路提供各种频率与幅度的输入信号；
- 3) 示波器：测试、观察电路各点的波形，监视电路的工作状态，定量测定波形的周期、幅值、相位等；
- 4) 毫伏表：用来测定电路输入、输出等处正弦信号有效值；
- 5) 万用表：用来测量电路静态工作点及直流信号的值，还可用来测量电子元器件的好坏、电阻值和电路及导线的通断等。

四、实验仪器

- | | |
|---------------------|-----|
| 1. 数字存储示波器 UPO8152Z | 1 台 |
| 2. 低频信号源 AG1022F | 1 台 |
| 3. 交流毫伏表 EE1913 | 1 台 |
| 4. 直流稳压电源 IPS3000 | 1 台 |
| 5. 数字万用表 | 1 块 |

五、实验内容及步骤

1. 示波器操作
- 1) 垂直控制

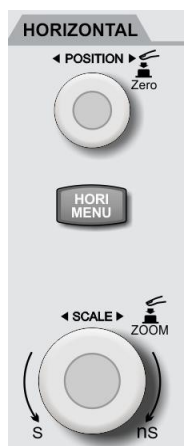


①. **1**、**2**：模拟通道设置键，分别表示 CH1、CH2，四个通道标签用不同颜色标识，并且屏幕中的波形和通道输入连接器的颜色也与之对应。按下任意按键打开相应通道菜单（或激活和关闭通道）。

②. **MATH**：按下该键打开数学运算功能菜单。可进行（加、减、乘、除）运算、FFT 运算、逻辑运算、高级运算。

- ③. **REF**：用于回调用户存储在本机或 U 盘里面的参考波形。可将实测波形和参考波形比较。
- ④. 垂直 **POSITION**：垂直移位旋钮，可移动当前通道波形的垂直位置，同时基线光标处显示垂直位移值 **240.00mV**。按下该旋钮可使通道显示位置回到垂直中点。
- ⑤. 垂直 **SCALE**：垂直档位旋钮，调节当前通道的垂直档位，顺时针转动减小档位，逆时针转动增大档位。调节过程中波形显示幅度会增大或减小，同时屏幕下方的档位信息 **1 100V/1k** 实时变化。垂直档位步进为 1-2-5。按下旋钮可使垂直档位调整方式在 **粗调**、**细调** 之间切换。

2) 水平控制



- ①. **HORI MENU**：水平菜单按键，显示 视窗扩展、独立时基 和 触发释抑。
- ②. 水平 **POSITION**：水平移位旋钮，调节旋钮时触发点相对屏幕中心左右移动。调节旋钮过程中所有通道的波形左右移动，同时屏幕上方的水平位移值 **D 0.00s** 实时变化。按下该旋钮可使通道显示位置回到水平中点。
- ③. 水平 **SCALE**：水平时基旋钮，调节所有通道的时基档位，调节时可以看到屏幕上的波形水平方向上被压缩或扩展，同时屏幕下方的时基档位 **M 100μs** 实时变化。时基档位步进为 1-2-5。按下旋钮可快速在 **主视窗** 和 **扩展视窗** 之间切换

3) 触发控制



- ①. **LEVEL**：触发电平调节旋钮，顺时针转动增大电平，逆时针转动减小电平。调节触发通道的触发电平值过程中，屏幕右上脚的触发电平值 **T 1 E/DC 0.000μV** 实时变化。按下该旋钮可使触发电平回到触发信号快速回到触发信号 50%的位置。
- ②. **TRIG MENU**：显示触发操作菜单内容，具体见“触发设置系统”。
- ③. **FORCE**：强制触发键，按下该键强制产生一次触发
- ④. **HELP**：显示示波器内置帮助系统内容

4) 自动设置



按下该键，示波器将根据输入的信号，可自动调整垂直刻度系数、扫描时基、以及触发模式直至最合适的波形显示。

注意：使用波形自动设置功能时，若被测信号为正弦波，要求其频率不小于 20Hz，幅度在 20mVpp~120Vpp；如果不满足此参数条件，则波形自动设置功能可能无效。

5) 运行/停止



按下该键将示波器的运行状态设置为“运行”或“停止”。

运行(RUN)状态下，该键绿色背光灯点亮；

停止(STOP)状态下，该键红色背光灯点亮。

6) 多功能旋钮



Intensity: 非菜单操作时，转动该旋钮可调整波形显示的亮度。亮度可调节范围为 0%~100%。也可按 **DISPLAY** → **波形亮度**，使用该旋钮调节波形亮度。

Multipurpose: 菜单操作时，按下某个菜单软键后，转动该旋钮可选择该菜单下的子菜单，然后按下旋钮(即**Select** 功能)可选中当前选择的子菜单。

7) 功能按键



MEASURE：按下该键进入测量设置菜单。可设置测量信源、所有参数测量、用户定义、测量统计、测量指示器等。打开用户定义，一共 34 种参数测量，可通过<多功能旋钮>快速选择参数进行测量，测量结果将出现在屏幕底部。

CURSOR：按下该键进入光标测量菜单。可手动通过光标测量波形的时间或电压参数。

2. 低频信号源操作

1) 信号源幅值的调整与测定

将信号频率 f 调定在 1kHz，然后调节幅度，使输出有效值（毫伏表测量值）按表 1.1 变化的正弦波波形，同时用示波器定量测定其输出电压对应的峰—峰值，填表记录测量结果。

表 1.1

输入 V_{ipp} (V)	峰—峰波形高度		输出 V_{opp} (V)		有效值电压 V_o (V)
	伏/格	格数	数格数测量结果	示波器测量结果	
14.30	2.00	7.2	14.4	14.6	5
1.430	0.5	2.4	1.20	1.46	0.5
0.142	0.05	2.4	0.12	0.151	0.05

2) 信号源频率的调整与测定

调整信号源幅度用示波器观察使**峰—峰值** V_{opp} 为 5V，并保持不变，按表 1.2 调定信号源频率，用示波器定量测定其频率并与调定值进行比较。

表 1.2

信号频率 (kHz)	秒/格 (每格时间)	一个周期 占水平格数	频率 $f=1/T(kHz)$	
			数格数测量结果	示波器测量结果
100	4×10^{-6}	2.5	100.0	100.2
10	2×10^{-5}	5.0	10.0	10.0
1	2×10^{-4}	5.0	1.0	1.0

3. 稳压电源操作 **(请画出各类电源连接示意图)**

IPS3000 型直流稳压电源，具有稳压恒流工作状态，且可随负载自动切换，两路电源具有串联主从工作功能，左电源为主，右电源为从工作，输出电压 0 ~30V，电流 0~3A，此功能在输出正、负对称电源时使用，除此之外也可作单电源使用，仪器每个通道各配有 1 块电压表和电流表，实时显示当前输出电压和电流。

1) 单电源输出的调整与测量

输出+6V 为例，从左通道输出，调节左通道（VOLTAGE）旋钮观察电压表数值，使其输出为 6V，用万用表“直流电压”挡测定输出接线柱正、负端电压值。（GND 端为机壳，使用时应接电源参

考零电位)。

2) 输出正负对称电源的调整与测量

输出 $\pm 12\text{V}$ 为例：按下(TRACKING)左方跟踪键，使左右两路电源处于串联跟踪状态(电源内部自动将I通道电源负极和II通道正极短接)，调左电源(VOLTAGE)为12V，右路电源将以“从”的方式同步跟踪至12V(即主从工作方式)，此时左右两顶端点接线柱分别为电源的正负电源输出端，串接点为公共零点为。

3) 大于32V电源的调整

输出+45V为例：抬起跟踪键(TRACKING)，此时为非跟踪状态(INDEPENDENT)，调节左通道(VOLTAGE)旋钮使左表头输出指示为20V，再调节右通道(VOLTAGE)旋钮使右表头指示25V，将左右两路正、负极短接(串接)，从左路“正极”右路“负极”输出，此时输出电压 $V_o = V_{\text{左}} + V_{\text{右}}$ 。即 $V_o = 20\text{V} + 25\text{V} = 45\text{V}$ 。

4. 万用表的使用

万用表是电子技术实验中必不可少的工具，应用范围极其广泛，除用来测量电压、电流、电阻外还可用来判别器件的好坏、优劣，本实验在此不作一一介绍，只对常用二、三极管的性能好坏的判断作一简单的介绍，根据常用普通的二、三极管材料的不同有硅、锗之分，根据二极管的单向导电性及正反电阻的差异，通过正反向电阻的测量即可判别其好坏。

5. 组装电路原则：应尽量按照电路的形式和顺序布线。

六、思考题

1. 在实验中均要求用单线连接电源，用屏蔽电缆线连接信号，屏蔽网络状线应接试验系统的地，芯线接信号，对于交流信号能颠倒吗？为什么？

答：因为交流信号不分正负极性，可以正负极反接，结果差半个周期

2. 测量中示波器测得的正弦波峰—峰值大于交流毫伏表测得的示值，你知道为什么吗？

答：交流毫伏表所测得的示值是有效值，为幅值的 $\sqrt{2}$ 倍，而峰峰值为幅值的2倍。

3. 交流毫伏表能测量直流电压吗？它在其工作频率范围内用来测量正弦交流信号的什么数值？万用表交流电压档能测量任何频率的交流信号吗？

答：交流毫伏表不能测量直流电压。它在其工作频率范围内用来测量正弦交流信号的有效值。不能。万用表只能识别范围内频率的交流信号

4. 若某实验电路要求信号源提供50mV，频率为1kHz的交流正弦输入信号，请说出信号源各电压调节钮的正确调整方法。

答：从左通道输出，调节左通道(VOLTAGE)旋钮观察电压表数值，使其输出为50mV，用万用表“直流电压”挡测定输出接线柱正、负端电压值。

5. 用示波器观察信号波形时，为了使(1)移动波形上下、左右位置，(2)改变波形个数，(3)改变波形高度，(4)同时可显示两个信号波形，需要分别调整哪些旋钮？

答：

(1) 调节VERTICAL里的POSITION移动上下位置，调节HORIZONTAL的POSITION移动左右位置

(2) 调节VERTICAL里的SCALE旋钮

(3) 调节HORIZONTAL里的SCALE旋钮

(4) 在触发方式里面选择交替触发，然后分别每个波形的水平旋钮和电压旋钮

实验二 基本放大电路

一、实验目的

1. 学习基本放大电路静态工作及电压放大倍数的调整与测试方法。
2. 观察静态工作点和负载电阻改变对电路工作状态、输出波形及 A_v 的影响。

二、预习要求

1. 复习放大电路有关内容，掌握静态工作点调整原理。
2. 预读实验指导书明确实验内容及要求。

三、实验原理及电路

实验电路如图 2.1 所示，电路中静态值是通过调节可变电阻 R_w 来获得，由我们已学过的知识可知要使放大电路输入动态信号后具有良好的线性电压放大倍数和较大的动态范围输出，必须将静态工作点 Q 调定在如图 2.2 所示输出特性的中间位置，若将工作点设置过高或过低，将可能影响输出波形的形状而出现削顶或削底现象。

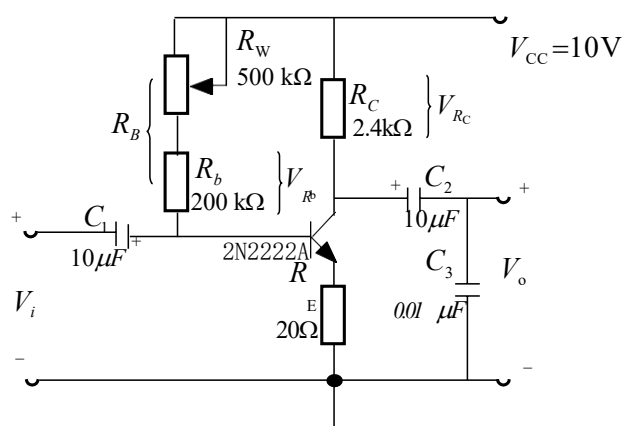


图 2.1 共射基本放大电路

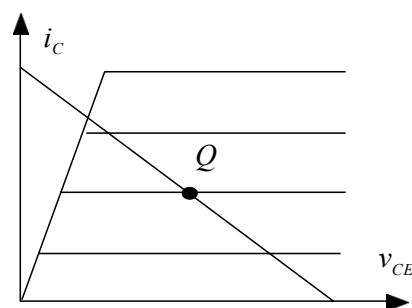
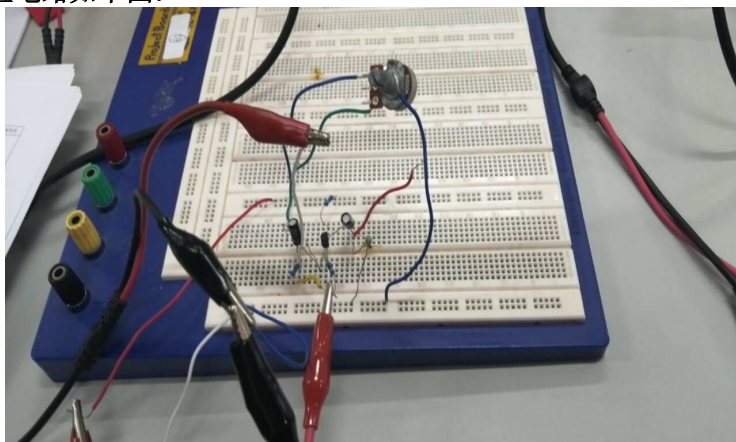


图 2.2 放大器输出特性

四、实验仪器

- | | |
|---------------------|-----|
| 1. 数字存储示波器 UPO8152Z | 1 台 |
| 2. 低频信号源 AG1022F | 1 台 |
| 3. 交流毫伏表 EE1913 | 1 台 |
| 4. 直流稳压电源 IPS3000 | 1 台 |
| 5. 数字万用表 | 1 块 |

实验电路如下图：




五、实验内容及步骤

1. 静态工作点调整与测试
 - 1) 调整双路直流稳压电源 $V_{CC}=10V$ ，并接入电路。
 - 2) 调节滑动变阻器 R_w 使得 Q 点处在 $V_{CEQ}=0.5V$ （靠近饱和区）位置，按表 2.1 测量与计算相应的数值

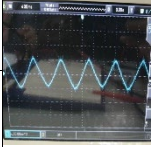
注：静态工作点电压为直流电压，在不加交流信号的前提下测量静态点电压

表 2.1

R_w (k Ω)	静态工作点		失真波形	失真性质
相对最佳点 阻值如何变化？ (增大、减小)	测量值	$V_{CEQ}=(0.5V)$, $V_{BEQ}=(0.54V)$, $V_R=(4V)$, V_R = $(9.2V)$ b c		饱和失真
	计算值	$I_{CQ}=(3.8mA)$, $I_{BQ}=(0.02mA)$, $\beta=(192)$		

- 3) 调节滑动变阻器 R_w 使得 Q 点处在 V_{CEQ} 为最大值 (靠近截止区) 位置, 按表 2.2 测量与计算相应的数值

表 2.2

R_w (k Ω)	静态工作点		失真波形	失真性质
相对最佳点 阻值如何变化? (增大、减小)	测量值	$V_{CEQ}=(5.4V)$, $V_{BEQ}=(0.26V)$, $V_R=(0.3V)$, V_R $=(4.1V)$ b c		截止失真
	计算值	$I_{CQ}=(1.7mA)$, $I_{BQ}=(0.0015mA)$, $\beta=(1133)$		

4) 调节最佳静态工作点。

粗调：将 Q 点调到 $V_{CEQ}=3.85V$ 左右；

精调：采用“动态波形观察法”将 Q 点调至最佳点处。

按表 2.3 测量与计算相应的数值。

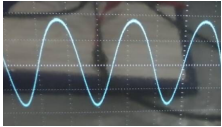
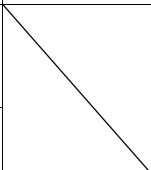


表 2.3

R_w (k Ω)	静态工作点		失真波形	失真性质
最佳工作点	测量值	$V_{CEQ}=(3.85V)$, $V_{BEQ}=(0.34V)$, $V_R=(0.48V)$, V_R $=(3.6V)$ b c		
	计算值	$I_{CQ}=(2.3mA)$, $I_{BQ}=(0.0024mA)$, $\beta=(958)$		

2. 测交流电压放大倍数

调低频信号源频率 $f=1kHz$ ，将低频信号源输出接入实验电路输入端，按表 2.4 调定输入信号 V_i ，用交流毫伏表测出对应 V_o 值，填表记录测量结果（输入输出均为有效值）（表中括号内为最大且不失真输出幅值时所对应的输入电压值）。

表 2.4

V_i (mV)	V_o (mV)	$A_v=V_o/V_i$	输出波形（定性）
10	720	72	不失真
15	1100	73	不失真
20	1400	70	不失真
(40)	2750	68.75	最大不失真输出

3. 测量输入 R_i

输入阻抗的测量原理如图 2.3，输入端串联电阻 $R=1k\Omega$ ，将信号源移至新输入端，调输入电压 V_i' 使得 V_i 为 10mV（有效值）左右，记录 V_i' 、 V_i ，代入式（2.1）求出 R_i 。

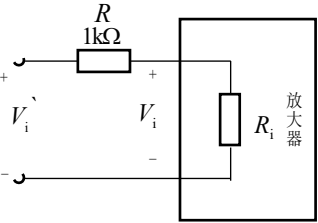


图 2.3 R_i 测量原理

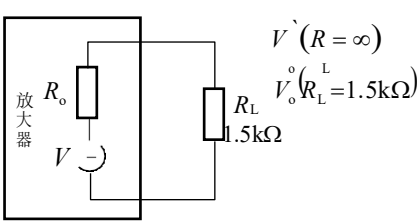


图 2.4 R_o 测量原理

表 2.5

输入阻抗 R_i		输出阻抗 R_o		
$R_L=\infty$		V_i	$R_L=\infty$	$R_L=1.5\text{ k}\Omega$
$V_i'=13\text{mV}$	$V_i=10\text{mV}$	调节 V_i	$V_o=1\text{V}$	$V_o=0.32\text{V}$
$R_i=3.3\text{ k}\Omega$			$R_o=2.125\text{k}\Omega$	

$$\text{输入阻抗: } R_i = \frac{V_i}{I} = \frac{V_i}{V_i' - V_i} = \frac{V_i}{V_i' - V_i} R \quad (2.1)$$

$$b \quad \frac{i \quad i}{R} \quad i \quad i$$

4. 测量输出阻抗 R_o 。

输出阻抗 R_o 的测量原理如图 2.4，去除步骤 3 中的串联电阻 R ，输入端加信号源，调输入电压

V_i 使得当 $R_L = \infty$ 时 V_o 为 1V (有效值) 左右, 然后加 $R_L = 1.5k\Omega$ 负载, 测量此时输出电压 V_o 值, 代式求出 R_o 。(若 V_o 的变化不明显可适当减少 V_i 的值)。

$$\text{输出阻抗: } R_o = -\frac{V' - V_o}{V_o} R_L \quad (2.2)$$

六、思考题

1. 请分析电路中 R_E 的作用。

答: 放大电路中 R_E 的作用就是直流负反馈的作用, 防止静态工作点漂移当某些原因引起集电极电流增加时, R_E 上的压降就上升, 提高了三极管中 e 极电压, 起到稳定工作点的作用。

2. 请分析输出端电容 C_3 的作用。

答: 起到过滤输出信号中的高频成分的作用

3. 请总结静态工作点调节的方法。

答: 整可变电阻, 使得 V_{ceq} 在理论最佳工作点附件, 然后微调电阻, 观察动态波形的变化, 调整直到恰好不失真, 此时为静态最佳工作点。

实验三 集成运算放大器应用

一、实验目的

1. 掌握 LM741 (F007) 集成运放功能和使用方法。
2. 掌握反相放大电路、反相加法器、正弦波振荡电路、积分电路的测试和计算方法。
3. 掌握集成运放在模拟运算方面的应用。
4. 掌握运算电路的组成及计算测试方法。

二、实验原理及电路

1. 通用运放——LM741

本实验采用通用型集成运算放大器 LM741 作为实验基本元件，它具有高放大倍数 ($10^5 \sim 10^8$)、高输入阻抗、低输出阻抗的直接耦合放大电路。芯片引脚图如图 3.1 所示。

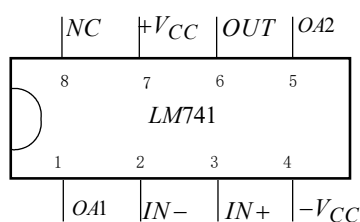


图 3.1 LM741 芯片引脚图

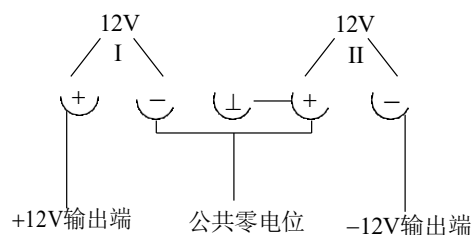


图 3.2 $\pm 12V$ 电源连接示意图

2. 实验电路

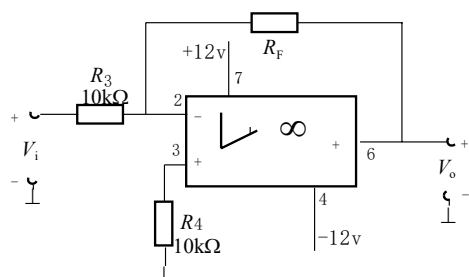


图 3.3 反相放大电路图

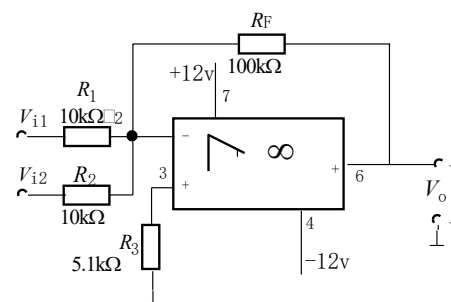
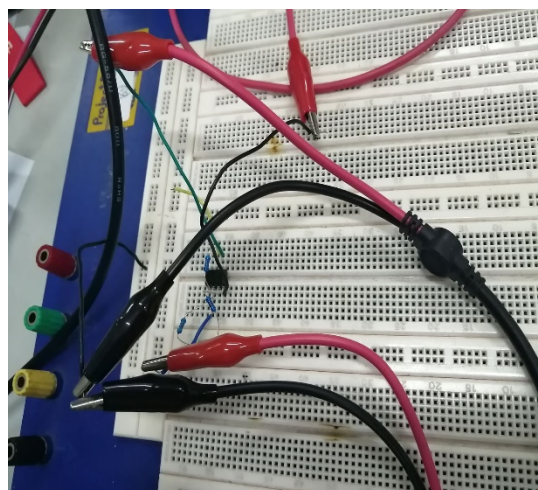
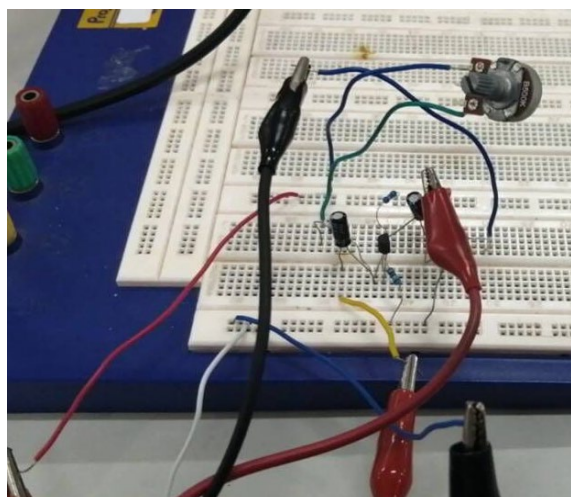
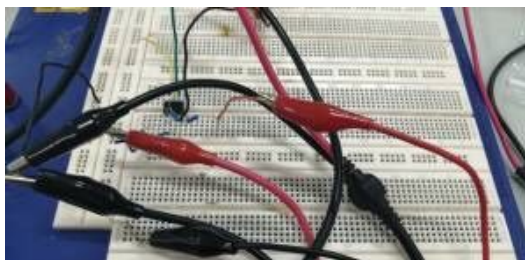
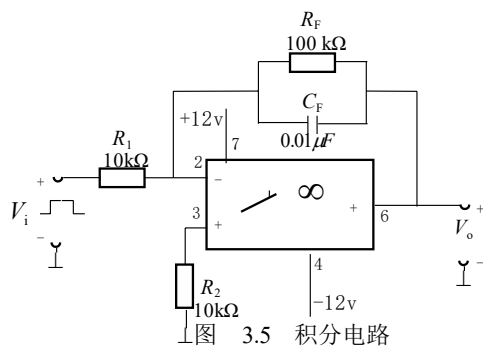


图 3.4 反相加法电路





三、实验仪器

- | | |
|---------------------|-----|
| 1. 数字存储示波器 UPO8152Z | 1 台 |
| 2. 低频信号源 AG1022F | 1 台 |
| 3. 交流毫伏表 EE1913 | 1 台 |
| 4. 直流稳压电源 IPS3000 | 1 台 |
| 5. 数字万用表 | 1 块 |

四、实验内容及步骤

1. 测量反相放大倍数

按图 3.3 连线经仔细检查确认无误后，接入 $\pm V_{cc} = \pm 12V$ ，调信号源频率 $f_i = 1kHz$ ， V_i 调到最小，

接入电路后，逐渐增大 V_i ，使输出电压 $V_o=2V$ 左右，按表 3.1 测定在不同 R_F 的 V_i 值。反相放大电压增益表达式：

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_F}{R_3}$$

表 3.1

$R_F(k\Omega)$	$V_o(V)$ (2V 左右, 以实际为准)	$V_i(mV)$	$A_v=V_o/V_i$	$A_v'=-R_F/R_3$	$(A_v - A_v')/ A_v' \%$
10	2	985	1.011	-1	1.1%
20	2	1011	1.98	-2	1.0%
100	2	2010	10.13	-10	1.3%

2. 加法器

如图 3.4 加法运算电路（加法器），利用理想化条件“Z”点（相加点）为虚地点，两个输入电压 V_{i1} , V_{i2} 可独立地通过自身的输入回路实现代数相加运算，当选择电路参数 $R_1=R_2=R$ 时输出电压：

$$V_o = -\frac{R_F}{R_1}(V_{i1} + V_{i2})$$

按图 3.4 组装电路，并按表 3.2 要求调定输入电压有效值 V_{i1} , V_{i2} ，测量 V_o 。填表记录实验结果

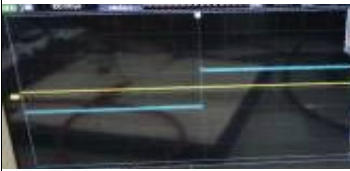


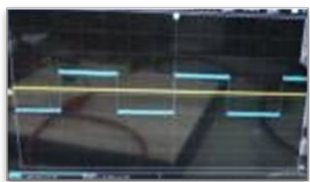
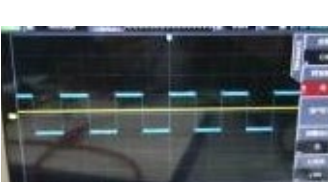

表 3.2

V_{i1}	V_{i2}	$V_{i1} + V_{i2}$	$V_o(V)$	$A_v=V_o/(V_{i1} + V_{i2})$
0.2V	0.3V	0.5	5.1	-10.03
0.1V	0.4V	0.5	5.05	-10.10

3. 积分器

按图 3.5 组装电路，用连续方波输入，并按表 3.3 保持方波有效值 V_i 为 50mV 不变，改变频率，用示波器观测频率与输出波形间的关系，并测量输出信号的有效值，填表记录实验结果。

表 3.3

$f(Hz)$	50	100	300
$V_o(V)$	0.054	0.054	0.054
波形			
$f(Hz)$	500	1000	2000
$V_o(V)$	0.054	0.054	0.054
波形			

五、思考题

- 当 $R_F=100k\Omega$ 时，在理想反相放大电路中，若考虑到运算放大器的最大输出幅度时 ($\pm 12V$)， V_i 的大小不应超过多少伏？

答： $R_1=R_2=10k\Omega$ $R_F=100k\Omega$ 所以放大倍数为10， $|U_o| < 12V$ ，所以 $|V_i| < 1.2V$

- 电路 3.5 中若改变 R_F ， R_F 的增大或减小对电路有何影响？为什么？

答：改变反馈电阻的大小会改变输出增益的大小， R_f 越大，输出波形的斜率和幅值就越大，反之则越小。