



重慶理工大學

实验报告

实验课堂表现			实验报告成绩	实验总成绩
A ()	B ()	C ()		

实验名称: 模拟运算电路

专业班级: _____

学 号: _____

姓 名: _____

联系电话: _____

指导老师: _____

实验时间: _____

电气与工程学院 电工电子技术实验中心

【成绩】

【教师签名】

【实验目的】

- 1) 掌握集成运放的正确使用方法。
- 2) 熟悉由运算放大器组成的负反馈放大电路的特性和设计方法。
- 3) 进一步掌握电压增益, 输入电阻, 输出电阻及频率特性的测试方法。

【实验原理及内容】

集成运算放大器是一种具有高电压放大倍数, 的直接耦合多级放大电路。当外部接入不同的线性或非线性元器件组成输入和负反馈电路时, 可以灵活地实现各种特性的函数关系, 在线性应用方面, 可以组成比例, 加法, 减法, 积分, 微分等模拟运算电路。

1) 理想运放在线性应用时的两个重要特性:

① 输出电压 U_o 与输入电压 U_i 之间满足关系式 $U_o = A_{ud}(U_+ - U_-)$

因为 $A_{ud} = \infty$, 而 U_o 为有限值, 因此 $U_+ - U_- \approx 0$, 即 $U_+ \approx U_-$ 称为“虚短”。

② 由于 $R_i = \infty$ 故流入运放两个输入端的电流可视为零, 即 $I_{IB} = 0$ 称为“虚断”即运放

对其前级吸取电流极小

2) 基本运算电路的形式

① 反相比例运算电路 $U_o = -\frac{R_F}{R_1} U_i$

② 同相比例运算电路 $U_o = (1 + \frac{R_F}{R_1}) U_i$ $R_2 = R_1 \parallel R_F$

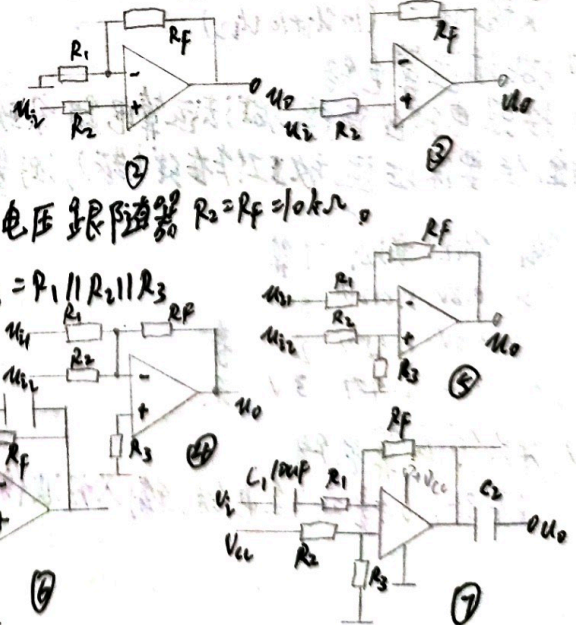
③ 反相加法运算电路 $U_o = -(\frac{R_F}{R_1} U_{i1} + \frac{R_F}{R_2} U_{i2})$ $R_3 = R_1 \parallel R_2 \parallel R_F$

④ 差动放大电路(减法器) $R_1 = R_2, R_3 = R_F$ 有

$$U_o = \frac{R_F}{R_1} (U_{i2} - U_{i1})$$

⑤ 积分运算电路 积分器可以对周期性连续变化的电压波形进行积分, 从而起到波形变换的作用, 本实验是将方波转换为三角波, R_F 起反馈作用 $U_o = -\frac{1}{R_1 C} \int U_{i1} dt$

⑥ 单电源供电的交流放大电路, 输入端必须加直流偏压, 使电路输出电压的动态范围最大, 直流偏压为电源电压的一半即 $\frac{1}{2} U_{CC}$, 由于放大器的输出端与输入端的直流电压不为零, 故使用电容耦合方式。



【实验设备】

① 信号发生器 1台

② 双踪示波器 1台

③ 数字万用表 1块

④ 模拟电路实验箱 1台

⑤ UA741 1块

⑥ 电阻电容元件 若干

⑦ 计算机与 multisim 软件

【实验方案及步骤】

(1) 按电路图依次正确连接，要看清元件管脚。

(1) 反相比例放大电路

① 正确连接，接+12V电源，调零。② 输入正弦信号，用示波器测量 u_i 和 u_o 并比较相位。

	电压值	波形	A_v	
			实测	计算
u_i	0.09V	波形见实验电路图	-9.96	-10
u_o	-0.98V			

表一，反相比例放大电路记录表

	电压值	波形	A_v	
			实测	计算
u_i	0.194V	同(1)	11.88	11
u_o	2.205V			

表二，同相放大电路记录表

(2) 同相放大电路①步骤同(1) 实验 $u_o=11u_i$ ，数据记录于表二。

(3) 电压跟随器，将测试记录结果记入表三。

	电压值	波形	A_v	
			实测	计算
u_i	0.2V	同(1)	0.985	1
u_o	0.197V			

表三

u_{i1}	u_{i2}	u_o	
		实测	计算
0.5V	0.3V	-7.97V	-8V
0.3V	0.3V	-5.97V	-6V
0.8V	0.3V	-10.97V	-11V

表四

(4) 反相加法运算电路

① 按照电路图依次正确连接，接电源。② 输入信号，用万用表测量 u_o 并记录数据于表四。

实现 $u_o = -(10u_{i1} + 10u_{i2})$

(5) 减法运算电路

① 按照电路图连接，减法运算电路实现 $u_o = 10(u_{i2} - u_{i1})$ ，加直流输入信号 u_{i1}, u_{i2} （数值自定，但要保证运放工作在线性区），测量输入电压 u_{i1}, u_{i2} 及输出电压 u_o 并记录数据于表五。

u_{i1}	u_{i2}	u_o	
		实测	计算
0.3V	0.8V	5.012V	5V
0.3V	0.5V	1.987V	2V
0.2V	0.5V	2.987V	3V

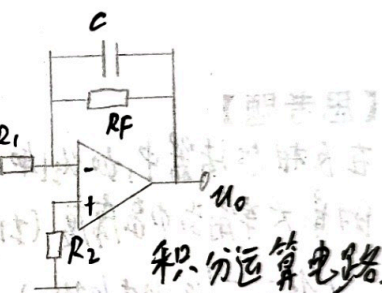
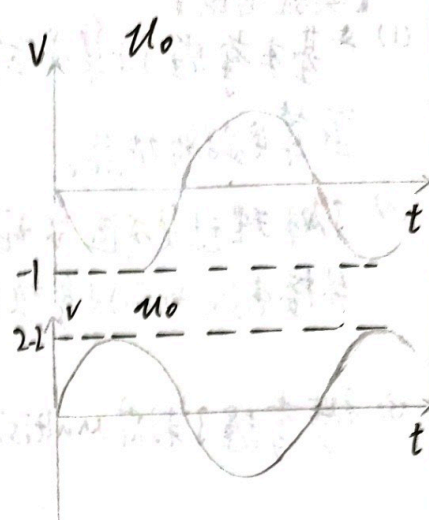
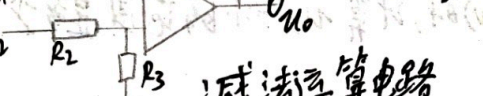
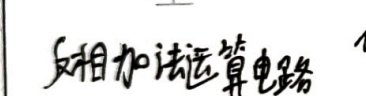
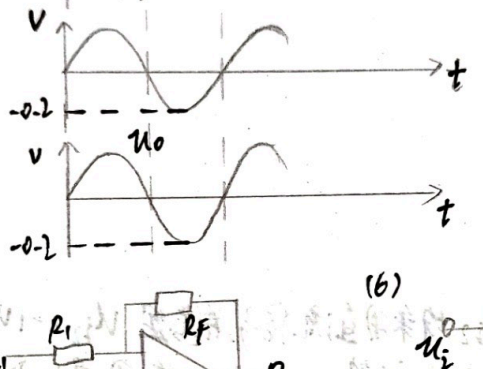
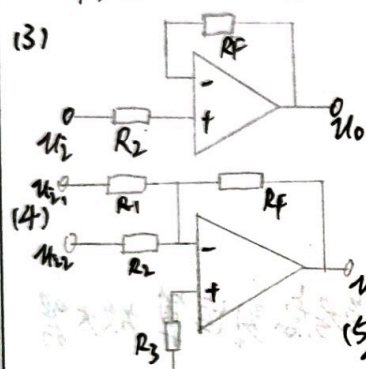
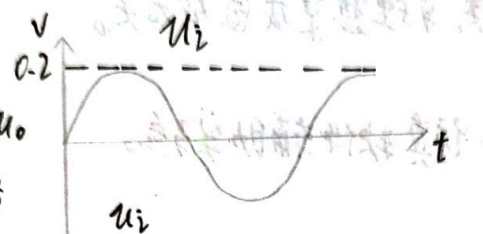
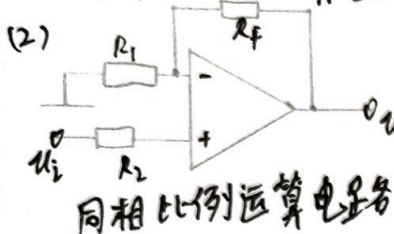
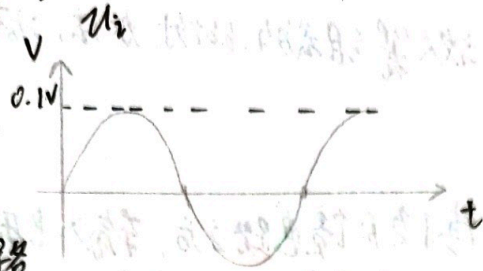
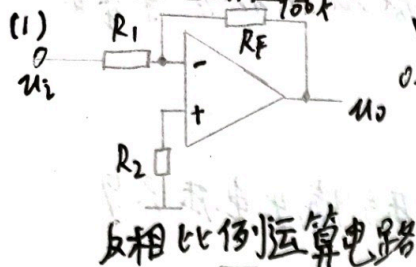
表五

(6) 积分运算电路

按3-7-6接实验电路，输入方波信号 u_i ，用示波器观察 u_i 和 u_o 波形并记录。

【实验电路图】

波形:



【实验数据处理及分析】

(1) $A_u = \frac{u_o}{u_i}$
 实测值 $A_u = \frac{-0.986}{0.099} = -9.96$
 计算值 $A_u = \frac{u_o}{u_i} = -10$

(2) $A_u = \frac{u_o}{u_i}$
 实测值 $A_u = \frac{2.205}{0.199} = 11.08$
 计算值 $A_u = \frac{u_o}{u_i} = 11$

(3) $A_u = \frac{u_o}{u_i}$
 实测值 $A_u = \frac{0.197}{0.2} = 0.985$
 计算值 $A_u = \frac{u_o}{u_i} = 1$

(4) $u_o = -10(u_{i1} - u_{i2})$
 ① 实测值 $u_o = -7.97V$
 计算值 $u_o = -8V$

② 实测值 $u_o = -5.97V$
 计算值 $u_o = -6V$

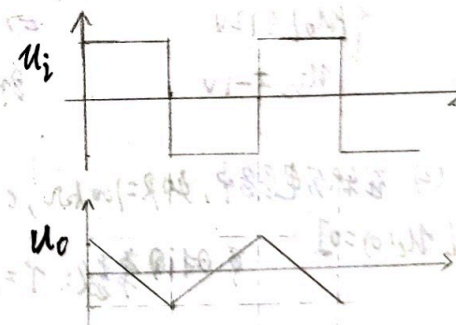
③ 实测值 $u_o = -10.97V$
 计算值 $u_o = -11V$

(5) $u_o = 10(u_{i2} - u_{i1})$

① 实测值 $u_o = 5.012V$
 计算值 $u_o = 5V$

② 实测值 $u_o = 1.987V$
 计算值 $u_o = 2V$

③ 实测值 $u_o = 2.98V$
 计算值 $u_o = 3V$



分析: ① 上述实际值与理论值较为接近, 可见实际情况与理论相符。
 ② 误差产生的原因: 1. 电路构造上的系统误差; 2. 电阻等器件的标称值与实际值有差异。
 ③ 通过实验证明: 理想集成运放外接负反馈电路后, 其输出电压只余外接电路参数有关, 与集成运算电路无关。

【实验结论】

- (1) 基本掌握了由集成运算放大器组成的比例、加法、减法、积分等基本运算电路的功能。
- (2) 了解理想集成运放连接了负反馈电路之后，输入电压与输出电压只与外接电路的元件参数有关，与理想集成运放无关。
- (3) 初步掌握了利用 Multisim 仿真软件辅助实验。

【思考题】

- (1) 在反相加法器中，如 u_{i1} 和 u_{i2} 均采用直流信号，并选定 $u_{i2} = -1V$ ，当考虑到运算放大器的最大输出电压幅度 ($\pm 12V$) 时，计算 u_{i1} 的范围是多少？

$$\begin{cases} u_o = -10u_{i1} + 10u_{i2} \\ |u_o| \leq 12V \\ u_{i2} = -1V \end{cases} \Rightarrow -0.2V \leq u_{i1} \leq 2.2V$$

即 u_{i1} 的取值范围为 $[-0.2, 2.2]V$

- (2) 在积分电路中，如 $R = 100k\Omega$, $C = 47\mu F$, $u_i = 0.5V$ ，要使输出电压 u_o 达到 $5V$ ，需多长时间。

$[u_o(0) = 0]$ 时间常数: $\tau = RC = 100 \times 10^3 \times 47 \times 10^{-6}$
 $= 4.7s$

$$u_o = u_i e^{\frac{t}{\tau}}$$

$$t = 1.08s$$

- (3) 为不损坏集成块，实验中应注意什么问题

① 不能接错电源极性

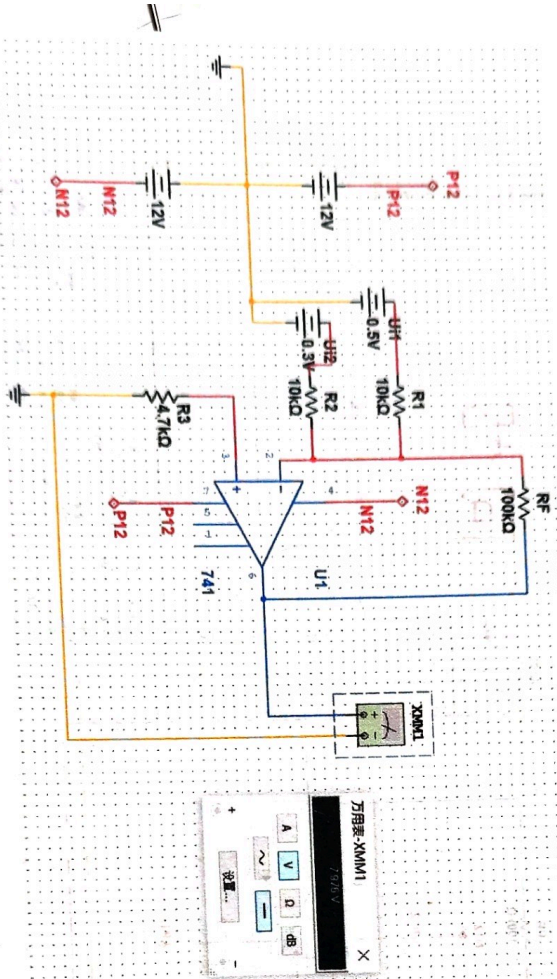
② 在实验过程中不要用手触摸静电敏感集成块。

③ 输入信号的幅值要在运算放大器允许范围以内。

附见附录

反相加法运算电路

-7.97
-5.97
-10.97
5.012
8.987
2.987



12107980106

减法运算电路

