

实验七 基本运算电路设计

姓名：夏卓 学号：2020303245

一、实验任务

(1) 连接电路，构成一个反向比例放大器，其中函数信号发生器输出正弦波，频率为 1000Hz。

(2) 改变 V_{pp} (0.5-4V) 并记录输出端 V_{pp} ，填入表格

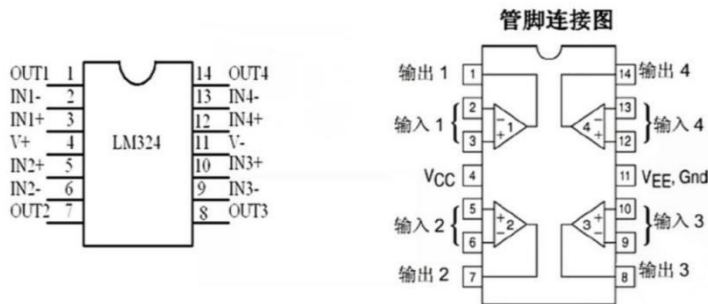
(3) 输入信号幅度在线性工作区时，调整频率，观察输入信号的电压从多少开始，输出信号波形出现失真。

(4) 连接电路，构成一个含运放的积分电路，其中函数信号发生器输出方波，频率自选，要求实现输出为三角波，观察示波器，画出此时输入输出波形。

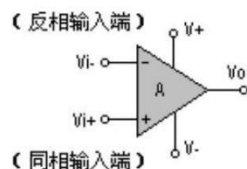
二、实验原理

1、集成运算放大器 LM324

LM324 是四运放集成电路，SOP-14 封装，内部包含四组形式完全相同的运算放大器，除电源共用外，四组运放相互独立。



每一组运算放大器可用下图所示符号来表示：



它有 5 个引出脚，其中“ V_i+ ”、“ V_i- ”为两个信号输入端，“ $V+$ ”、“ $V-$ ”为正、负电源端，“ V_o ”为输出端。两个信号输入端中， V_i- 为反相输入端，表示运放输出端 V_o 的信号与该输入端的相位相反； V_i+ 为同相输入

端，表示运放输出端 V_o 的信号与该输入端的相位相同。

集成运放 LM324 输入电压范围：3~32V 为宜。

2、集成运算放大器的供电

单电源与双电源供电：双电源的总动态范围、输出电压/电流、精度、负载抗干扰性优于单电源运放，单电源的输入输出电压范围相比供电电源电压来说更大。单电源供电的同向比例运放要求输入电压不能为负，反向比例运放要求输入电压不能为正，且单电源供电的运放要放大交流信号必须提供合适的偏置电压，故本实验中采用双电源供电。

平衡电阻的作用：使输入端对地的静态电阻相等(避免同相端与反相端的电压相等，对地电阻不相等，形成偏置电流)，保证静态时输入差分级的对称性。

3、注意事项

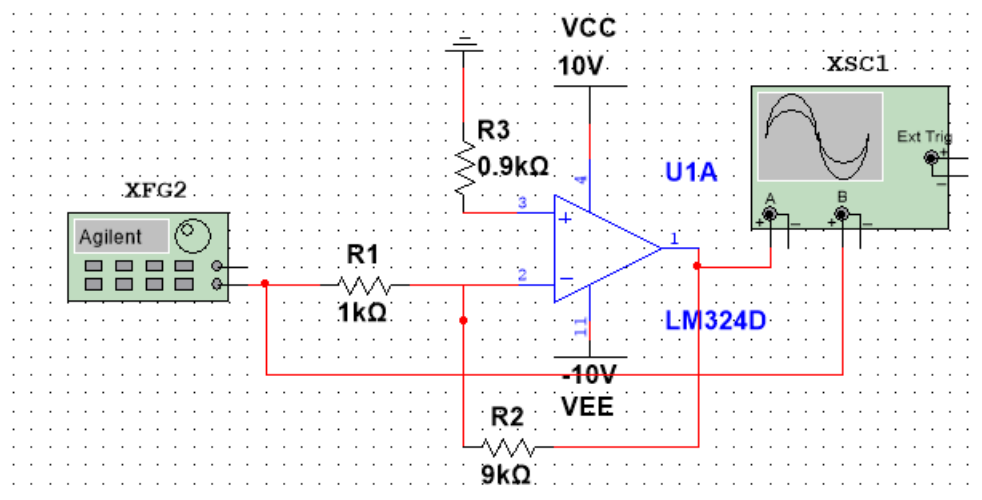
(1) 集成运放接线要正确可靠：由于集成运放外接端点比较多，很容易接错，因此要求电路接线完毕后，认真检查，确认没有错误后，方可接通电源，否则可能烧坏芯片设备。

(2) 电源电压不能过高，极性不能接反，否则会烧坏芯片。

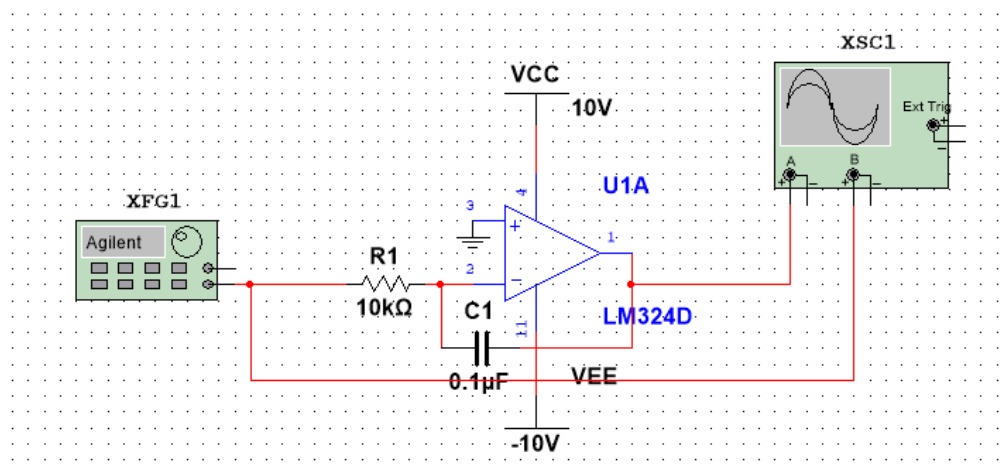
(3) LM324 具有线性工作区间，如果输入信号过大，则会造成阻塞现象或损坏器件，具体参数详见说明书。

三、实验电路方案

反向比例放大器：



含运放的积分电路：



四、测试与分析

1. 测试用仪器

仪器名称	数量
直流稳压电源	2
函数信号发生器	1
示波器	1
电阻箱	1
电容箱	1
LM324 模块	1
1KΩ 电阻	2
10KΩ 电阻	1
导线	若干

2. 测试步骤

(1) 按照电路图连接电路，构成一个反向比例放大器，其中函数信号发生器输出正弦波，频率为 1000Hz。调整函数信号发生器的电压幅度 V_{pp} ，从示波器上观察 LM324 输出端电压波形。

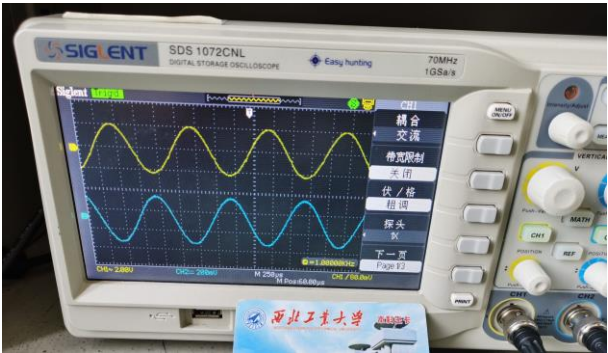
(2) 改变 V_{pp} (0.5-4V) 并记录输出端 V_{pp} ，填入表格。

(3) 当输入信号幅度在线性工作区时，调整频率，记录输入信号幅度从多少开始，输出信号波形出现失真。

(4) 按照电路图连接电路，构成一个含运放的积分电路，其中函数信号发生器输出方波，要求实现输出为三角波，从示波器上观察此时的输入输出波形。

3. 数据记录

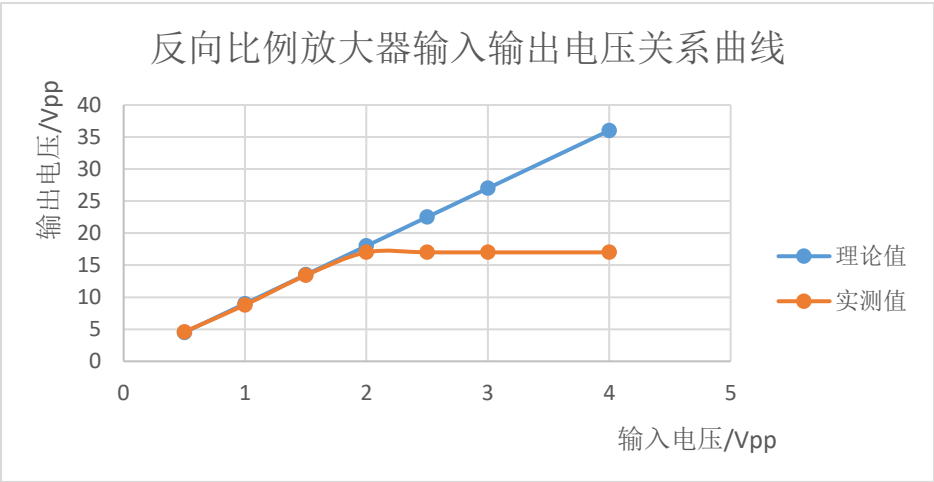
(1) 反向比例放大器波形



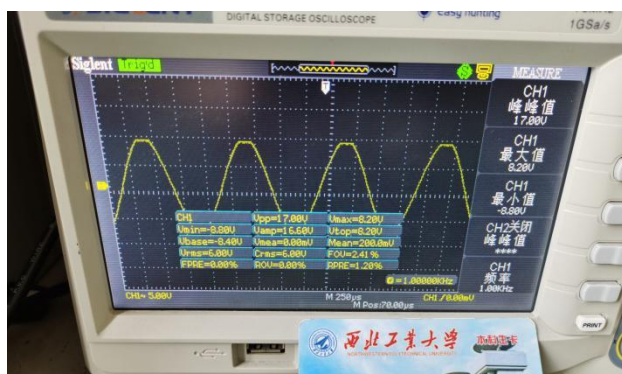
输入电压与对应的输出电压

输入电压 V_{pp} (V)		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
输出 电压	理论值 (V_{pp})	4.5	9	13.5	18	22.5	27	36
	实测值 (V_{pp})	4.60	8.80	13.40	17.00	17.00	17.00	17.00
V_o	误差	2.2%	2.2%	0.74%	5.5%	24.4%	37%	52.7%

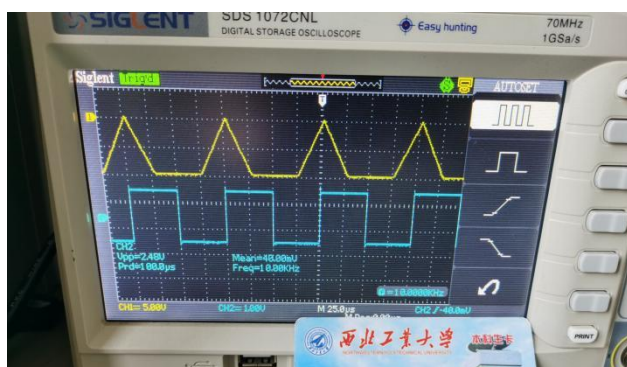
理论与实测电压变化的比较：（符合运算放大器饱和特性）



(3) 输出信号刚好出现失真时示波器波形（此时输入电压为 2.0V）



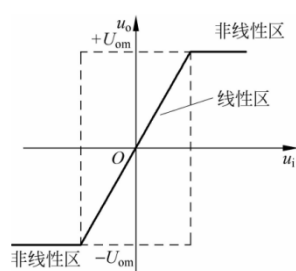
(4) 含运放的积分电路输入输出波形



五、分析与结论

1、实验中测定的输出电压值与理论值之间存在偏差，试分析波形失真的原因。

答：实际电路中集成运算放大器的电压传输特性如下图所示



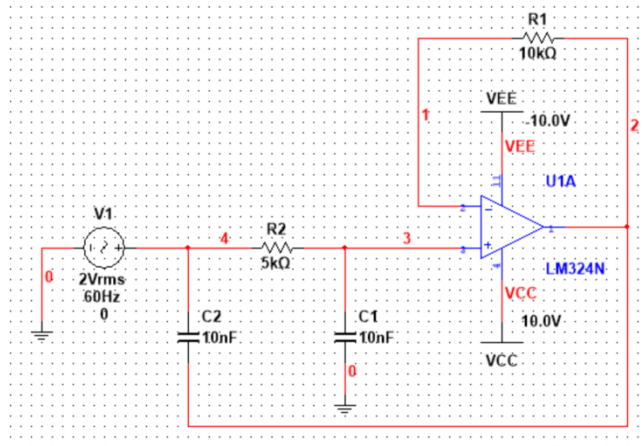
可以看到，当输入电压增大到一定值时，运算放大器工作在非线性区，从而产生了饱和失真现象。

预习实验八 有源滤波器的设计

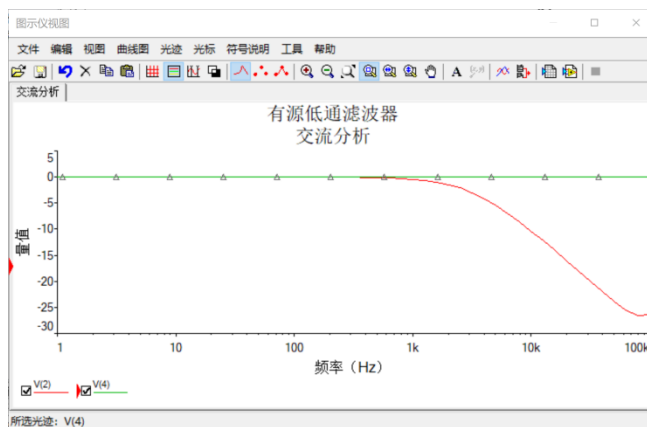
一、设计含运放的有源滤波器电路

1、有源低通滤波器

电路图：

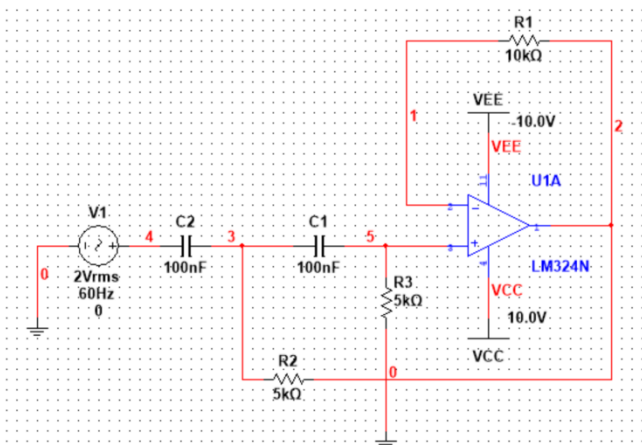


频率特性曲线：

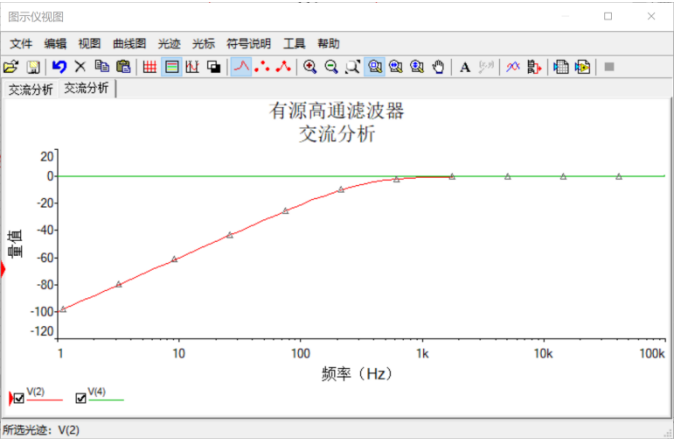


2、有源高通滤波器

电路图：

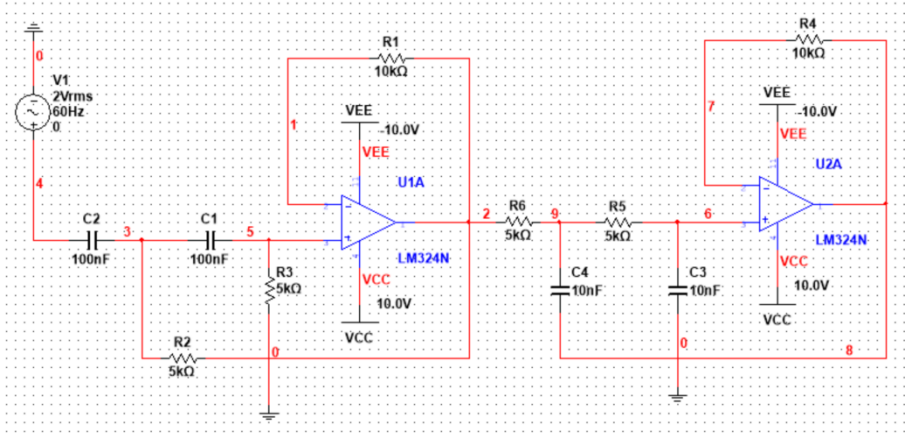


频率特性曲线：

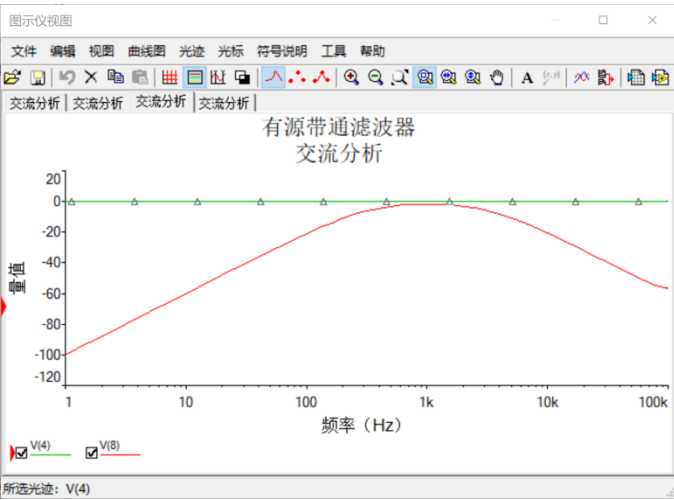


3、有源带通滤波器

电路图：



频率特性曲线：



二、无源、有源滤波器的比较

无源滤波器

优点：可以滤除 50%~80%的谐波；价格相对便宜；选型和操作相对简单；国内可提供产品或方案的厂家众多

缺点：需要为每一种谐波单独配置一套调谐滤波器；滤除多次谐波，需更多安装空间；易因过载而退出运行；无法扩展

有源滤波器

优点：可以滤除 97%以上的谐波；有源滤波器能同时滤除 2-50 次谐波中多种不同谐波；可滤除相线和中性线谐波（单相节能灯，电子整流器）；根据设定目标功率因数产生无功电流，实现无级补偿（无浪涌）；有源滤波器通过设定，可用于改善三相不平衡；不会形成新的谐振；有源滤波器不会过载，易于扩展；投切精度高，可随意补偿任何形式的无功（感性、容性）

缺点：有源滤波器成本相对较高；建设、调试均需专人操作。

三、基本概念的定义

电压（电流）放大倍数中分贝数的定义： $K=20\lg(V_o/V_i)$ ，其中 K 为放大倍数的分贝数， V_o 为放大信号输出电压， V_i 为信号输入电压；

功率放大倍数中分贝数的定义： $K=10\lg(P_o/P_i)$ ，其中 K 为放大倍数的分贝数， P_o 为放大信号输出功率， P_i 为信号输入功率；

二者的关系：由于 $P = U^2/R = I^2R$ ，故有：

$$10\lg\left(\frac{P_o}{P_i}\right) = 10\lg\left(\frac{V_o^2/R}{V_i^2/R}\right) = 20\lg\left(\frac{V_o}{V_i}\right)$$

即功率放大倍数的分贝数与电压（电流）放大倍数的分贝数在数值上相等。