



昆明理工大学
KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

电工电子系列课程实验报告

课程名称：电路与电子技术实验

实验名称：运算放大器应用

学院：信息工程与自动化学院

班级：物联网 221

姓名：邱禹铭

学号：202211017243

实验日期：2023 年 11 月 1 日

信息工程与自动化学院实验中心制

一、实验目的

1. 深刻理解运算放大器的特点和相关参数，以及“虚短”、“虚断”概念，熟悉运算放大器在信号放大和模拟运算方面的应用；
2. 学习并掌握运算放大器基本运算电路及其设计方法，如反相比例放大电路、同相比例放大电路、加减运算电路；
3. 学习并掌握运算放大器的一些典型应用及其原理，如比较器、跟随器；
4. 通过音频合成电路进一步加深理解运算放大器的应用；
5. 进一步熟悉 Multisim 仿真软件的应用。

二、实验注意事项

1. 使用 NE5532/TL084 运算放大器集成电路完成实验内容；
2. 注意电源电压极性，切勿接反或者过高。

三、实验任务

观看所有《第4章 运算放大器》中 SPOC 视频，完成以下实验项目。

基本任务1：设计电路实现运算表达式

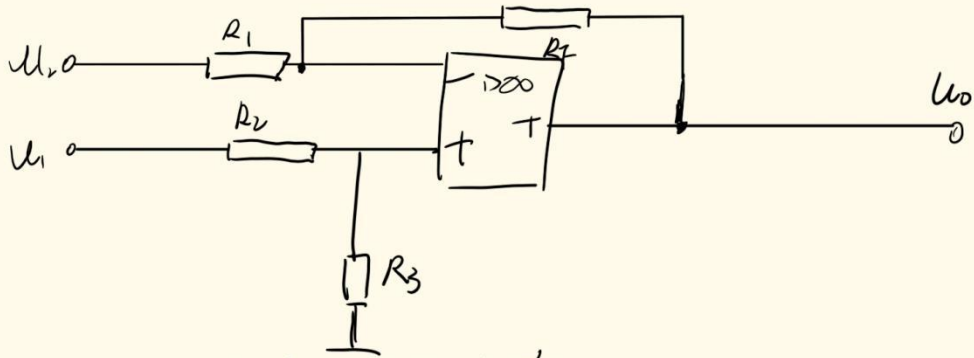
参数要求：结合运算表达式专属参数表中数据，运算放大器供电电源 $\pm 12V$ ，输入信号频率为 1KHz，输入信号直流偏置电压取 0V。

运算表达式 $u_{opp} = 5u_2 - 8u_1$ ， $u_{1pp} = 60$ mV， $u_{2pp} = 277$ mV

计算得 $u_{opp} = 1085$ mV。

1) 参照教学视频中的分析设计方法，完成电路中各参数的选定、计算。

注：此 处 粘 贴 电 路 设



利用差分输入求和电路

$$u_o = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) u_1 - \frac{R_F}{R_1} u_2$$

$$\therefore \frac{R_F}{R_1} = 8$$

$$\therefore R_2 + R_3 = 9$$

$$\therefore \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot 9 = 5 \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_2}{R_3} = \frac{3}{5} \end{cases}$$

故取 $R_F = 80\text{k}\Omega$

$$R_1 = 10\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 30\text{k}\Omega$$

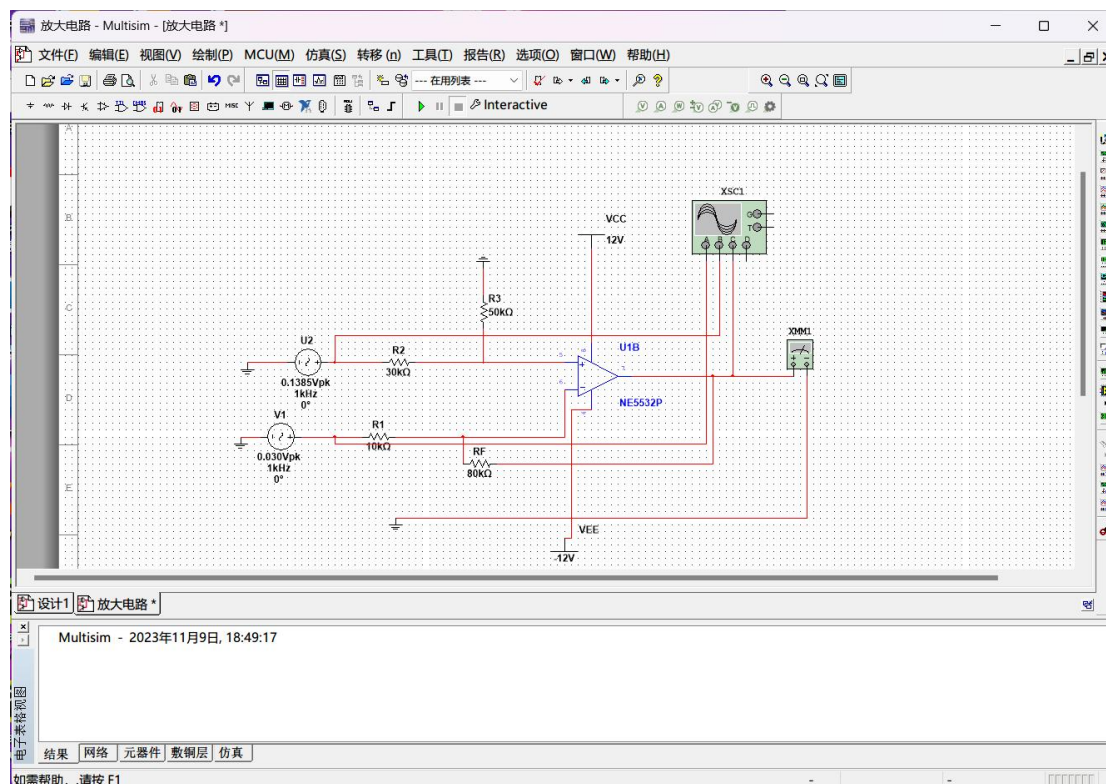
$$R_3 = 50\text{k}\Omega$$

邱永铭 202211017243 物联网221

计过程照片，要求：手写、字迹工整、拍照清晰。

2) Multisim 仿真电路设计结果。

注：此处粘贴使用仿真软件绘制的电路图

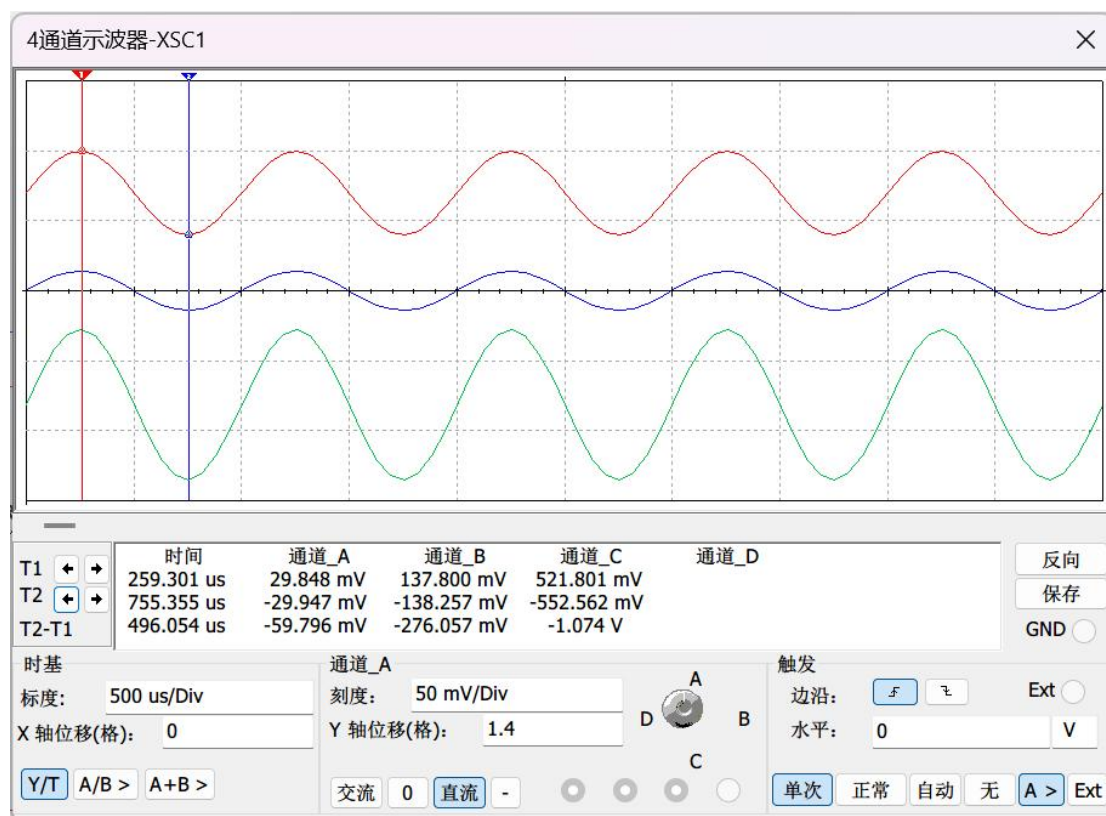


注：此处粘贴万用表测得输出电压截图（添加文字说明输出电压峰-峰值）



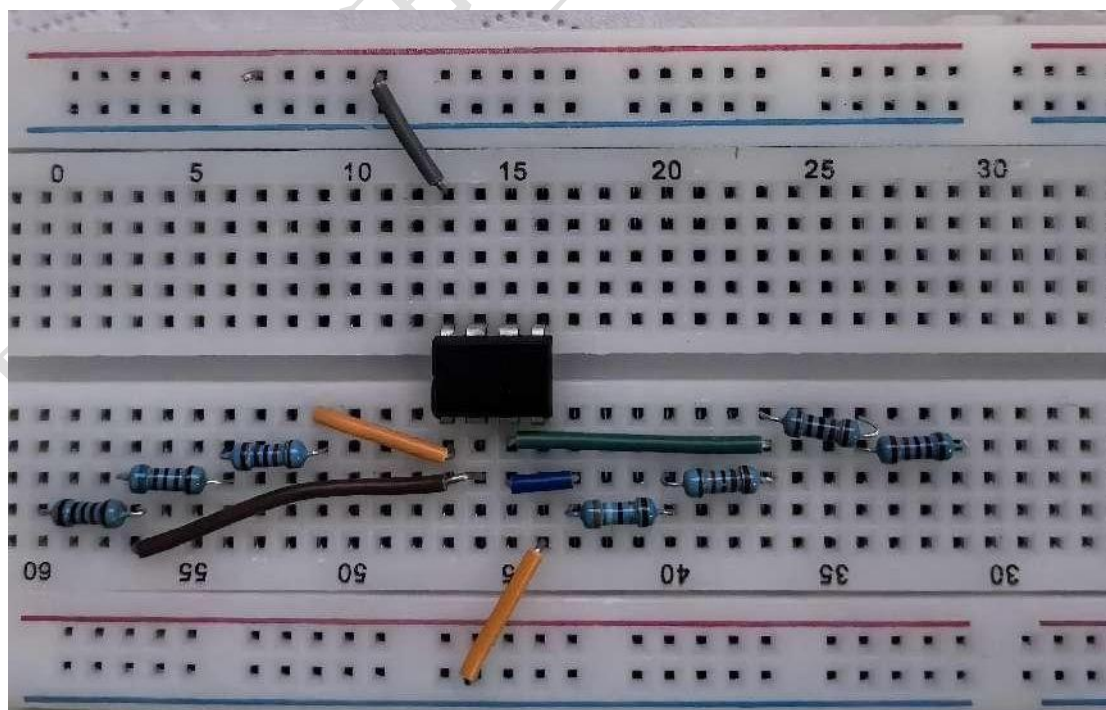
$$381.106 \times 2^{3/2} = 1077.76 \text{ mV}$$

注：此处粘贴示波器输入输出波形截图（光标测量法显示输入输出电压值）



3) 在面包板上搭接实物电路。

注: 此处粘贴面包

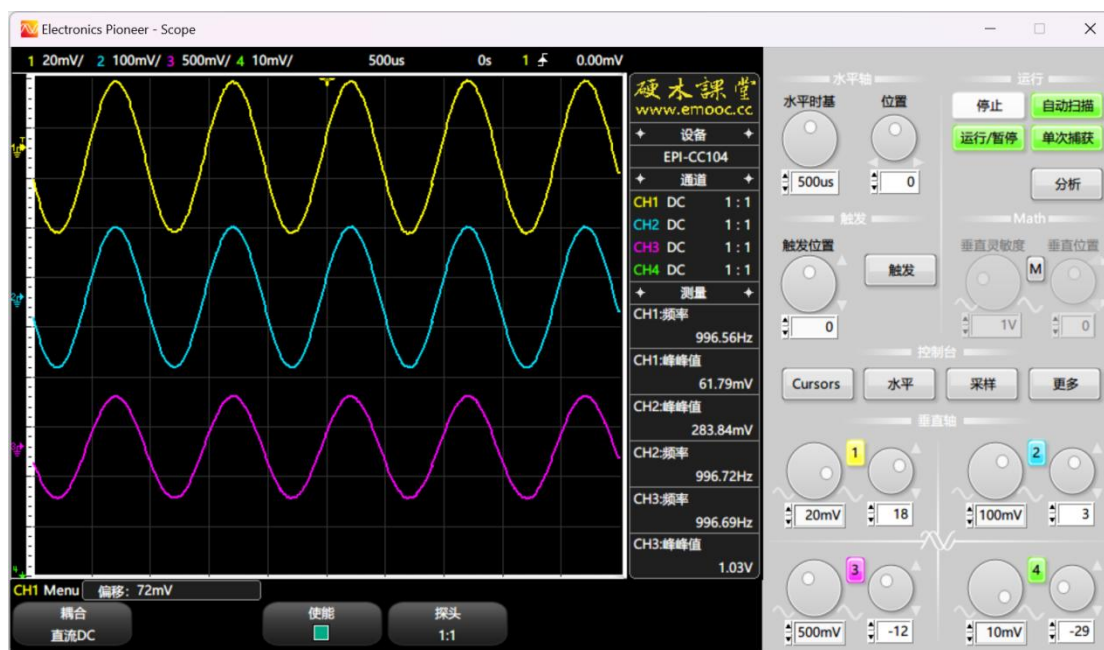


板电路照片

4) 测量数据, 验证实验效果。

注: 此处粘贴硬木课堂示波器输入输出波形截图 (显示输入输出电压峰-峰

值)



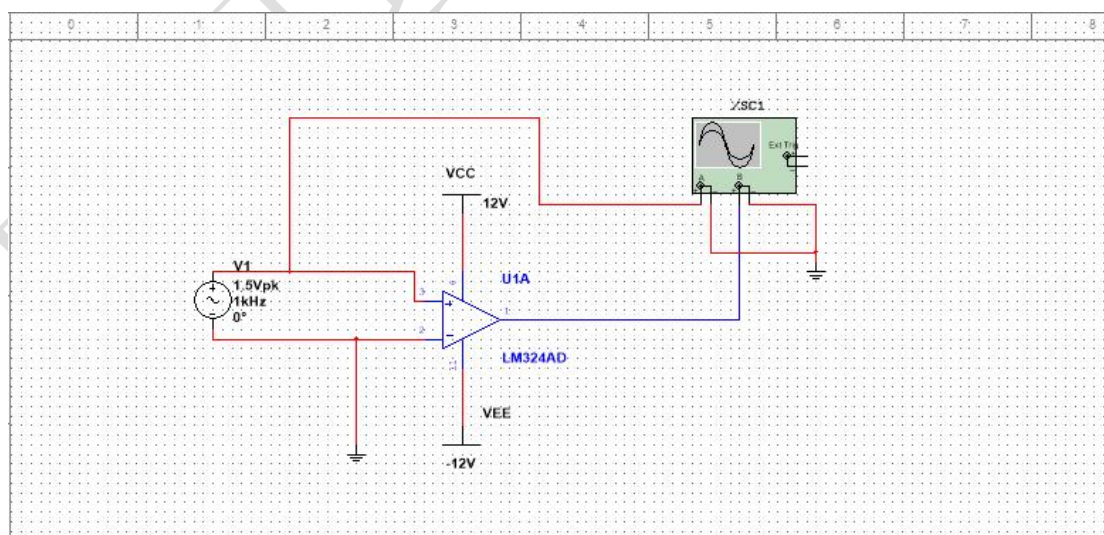
误差: $(1.08 - 1.03) / 1.03 = 4.86\%$

基本任务2: 过零比较器

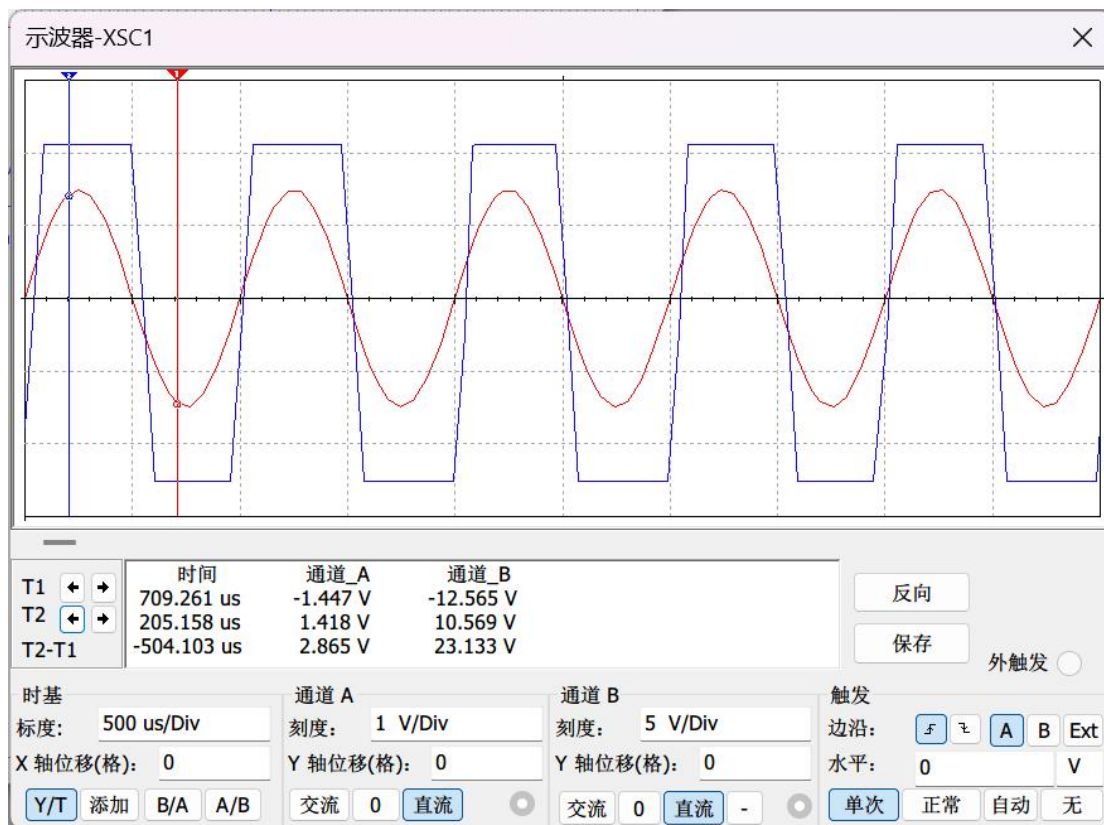
专属输入信号 $u_{i_{p-p}} = 3 \text{ V}$

1) Multisim 仿真电路设计结果。

注: 此处粘贴使用仿真软件绘制的电路图

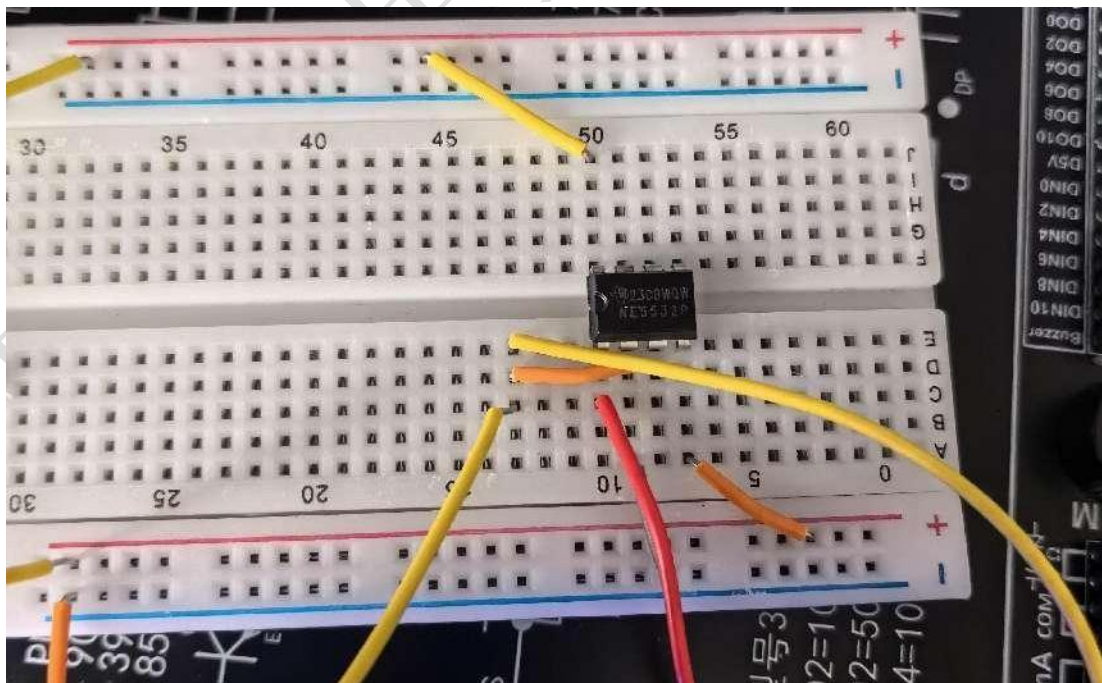


注: 此处粘贴示波器输入输出波形截图 (光标测量法显示输入输出电压值)

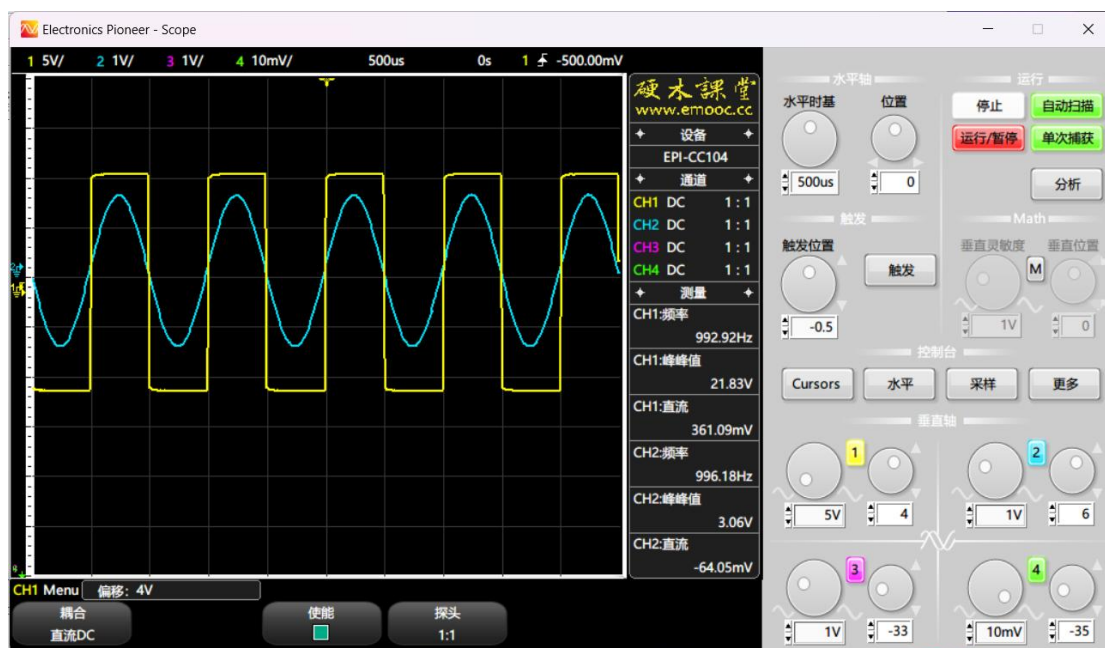


2) 在面包板上搭接实物电路，验证实验效果。

注：此处粘贴面包板电路照片



注：此处粘贴硬木课堂示波器输入输出波形截图（显示输入输出电压峰-峰值）



拓展任务：设计电路实现两路音频合成电路

综合运用运算放大器应用知识，使用运算放大器自主设计两路音频合成电路。

注：此处粘贴使用 Multisim 仿真软件绘制的电路图

注：此处粘贴面包板电路照片

四、实验思考题

1. 集成运放在使用中常因什么原因被损坏？

集成运放在使用中可能因为多种原因被损坏，常见的有：

1. 过电压：输入或输出电压超过了集成运放的最大额定值。
2. 静电放电：静电可以通过输入引脚进入集成运放，导致内部电路损坏。
3. 反向电源极性：电源接反会瞬间造成内部电路损坏。
4. 过热：环境温度过高或散热不良，导致芯片过热。
5. 过流：输出电流超过运放的最大输出电流规格，可能导致输出晶体管烧毁。
6. 短路：输出端短路到地或电源可能引起过流损坏。
7. 错误的操作：如频繁的错误接线或者操作不当也可能损坏运放。

在设计和使用集成运放电路时应该考虑上述因素，采取适当的保护措施。

2. 运算放大器中的“虚短”、“虚断”在什么条件下将不再存在？

运算放大器（Op-Amp）的“虚短”和“虚断”是理想运放的两个假设：

- “虚短”指的是在理想条件下，运放的同相输入端（+）和反相输入端（-）之间的电压差为零，即使它们之间没有实际的短路连接。
- “虚断”则假设运放的输入端之间的输入电流为零，也就是说输入端之间相当于断路。

这些假设在实际的运放中是近似成立的，但会因为以下情况而不再有效：

1. 当运放处于饱和状态时，输出电压不能再随输入电压变化，导致同相端和反相端电压差不再是零，虚短条件不成立。
2. 当输入电压超出运放的共模输入范围或差模输入范围时，运放无法正常工作，导致虚短和虚断条件失效。
3. 在开环条件下，没有负反馈，运放的增益极高，很小的输入电压差会导致输出饱和，同样使得虚短条件失效。
4. 实际的运放存在输入偏置电流和输入偏置电压，这些会导致理想中的虚短和虚断条件不成立。

在设计电路时，工程师需要考虑实际运放的非理想特性，并通过适当的电路设计来补偿这些非理想效应。

3. 用反相加法器实现两个信号的相加，输出信号的误差与哪些参数有关？

反相加法器是一种使用运算放大器的电路，它可以对多个输入信号进行加权求和。输出信号的误差可能与以下参数有关：

1. 运放的增益带宽积（GBWP）：增益带宽积决定了运放能够在特定增益下正确放大信号的最高频率。

2. 运放的输入偏置电流和输入偏移电压：这些参数会在直流条件下引入误差，影响电路的精确度。
3. 电阻的精度和匹配：反相加法器使用多个电阻来设置不同输入信号的权重。电阻的公差和它们之间的匹配度将直接影响输出的准确性。
4. 温度变化：温度波动会影响运放的特性以及电阻的阻值，从而影响输出信号。
5. 电源电压的稳定性和噪声：电源电压的变化和噪声会影响运放的性能，进而影响输出信号的准确性。
6. 共模抑制比（CMRR）和电源抑制比（PSRR）：这些参数描述了运放抑制共模信号和电源变化的能力。如果 CMRR 或 PSRR 较低，那么外部噪声和电源变化将更容易影响输出信号。
7. 运放的非线性：运放的非线性包括总谐波失真（THD）等，这会在放大过程中引入额外的误差。

设计时通常会选择适当的运放和高精度、低温漂的电阻，并可能采取一些温度补偿和校准措施来最小化这些误差。

五、实验分析与总结

内容应包含：

1. 对实验过程中遇到的故障及解决方法进行说明总结；

在运算放大器实验中，可能会遇到各种故障，这些故障可能是由于电路连接问题、元件损坏、供电问题等引起的。以下是一些可能遇到的故障及解决方法的总结：

无输出信号或输出偏置过大：

可能原因： 断路、短路、元件损坏、电源电压异常等。

解决方法： 检查电路连接，确保没有短路或断路。检查运算放大器的供电电压是否在正常范围内，确认电源稳定。

输出信号畸变或失真：

可能原因： 过载、非线性元件损坏、输入信号超出工作范围等。

解决方法： 降低输入信号幅度，确保不超过运算放大器的工作范围。检查电路中的元件是否正常工作，替换损坏的元件。

漂移或温度效应：

可能原因： 运算放大器内部元件参数受温度影响，电源电压漂移等。

解决方法： 使用温度稳定性好的运算放大器，采用温度补偿电路，确保电源电压稳定。

噪声问题：

可能原因： 杂散电磁干扰、元件损坏、信号线路设计不当等。

解决方法： 优化电路布局，减小信号线路长度，使用屏蔽线缆。检查元件是否损坏，替换损坏的元件。

输入阻抗问题：

可能原因： 输入阻抗过低或过高。

解决方法： 确保输入阻抗符合设计要求，使用适当的电阻网络来匹配输入和输出阻抗。

电源电压不稳定：

可能原因： 电源线连接不良、电源本身问题等。

解决方法： 检查电源线路，确保连接良好。使用稳定的电源，如电源滤波器，以降低电源噪声。

频率响应问题：

可能原因：元件的频率响应不匹配、电容或电感失效等。

解决方法：确保所选元件的频率响应符合设计要求。检查电容和电感是否损坏，进行替换。

在实验中，及时记录故障现象、排查步骤和解决方法，有助于更好地理解电路的工作原理和故障排除技巧。

2. 心得体会（如：实验任务难度评价、实验任务建议等）。

心得体会是根据个人在实验中的经验和感悟得出的结论。以下是一些建议和可能的心得体会：

实验任务难度评价：

评估实验任务的难度通常与个人的背景知识和实验目的相关。对于初学者而言，可能需要花更多时间来理解运算放大器的基本原理和电路设计。建议在开始实验之前，先学习相关理论知识，这有助于更好地完成实验任务。

实验任务建议：

在进行实验之前，建议仔细阅读实验手册，理解实验的目的、步骤和要求。确保对所使用的仪器和元件有足够的了解。

在进行实验时，注意仪器的使用方法，保持电路连接的可靠性，避免因连接问题引起的故障。

如果实验中遇到问题，及时请教老师或助教，寻求帮助。合作学习也是一种有效的方法，可以通过与同学交流经验，共同解决问题。

记录实验过程中的关键步骤、观察结果和解决方案，这有助于事后的复习和总结。
理论与实际结合：

实验是将理论知识应用到实际中的一个重要环节。通过实验，可以更深入地理解课堂上学到的知识，加强对运算放大器工作原理的认识。

尝试调整电路参数，观察输出的变化，这有助于对运算放大器性能的直观理解。

通过实验，可以培养解决实际问题的能力。

注意安全问题：

在实验中要注意电气安全，确保正确使用实验设备和工具，避免短路、过电流等意外情况发生。

如果涉及到高电压或其他潜在危险的因素，应该遵循相关的安全操作规程，并戴好相应的个人防护装备。

总的来说，实验是理论知识的实际应用，通过实际操作可以更好地理解和掌握知识。在实验中遇到问题是正常的，重要的是学会分析问题、寻找解决方案，并从中获得经验教训