**深 圳 大 学 实 验 报 告**

**课程名称： 电路与电子学**

**实验名称： 比例、求和、积分、微分电路**

**学院： 计算机与软件学院专业： 计算机科学与技术（创新班）**

**报告人： 李文俊 学号： 2023150001 班级： 高性能班**

**同组人： 无**

**指导教师： 杨烜**

**实验时间： 2024/12/20**

**实验报告提交时间： 2024/12/23**

**教务处制**

一．实验目的

(1)学握用集成运算放大电路组成的比例、求和电路的特点及性能：

(2)掌握用运算放大器组成积分微分电路的方法：

(3)学会上述电路的测试和分析方法。

二．实验步骤与结果

任务一 熟悉电压跟随电路

运算放大器UA741的引脚排列如图1所示。1和5为偏置（调零端），2为反向输入端，3为正向输入端，4为-Vcc,6为输出端，7接+Vcc,8为空脚。

电压跟随实验电路如图2所示。按表1内容实验并测量记录。注意：集成运放实验板上的+12V、-12V和GND孔必须与实验箱上电源部分的+12V、-12V和GND孔连接，以保证集成运放的正常供电。

黑色的钟表

中度可信度描述已自动生成图示

描述已自动生成

**图1 UA741引脚排列图 图2 电压跟随电路**

**表1 电压跟随电路测试表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ui/V | | -2 | -0.5 | 0 | +0.5 | +1 |
| Uo/V | RL=∞ | -2 | -0.5 | 0 | 0.5 | 1.04 |
| RL=5.1kΩ | -1.66 | -0.512 | 0 | 0.50 | 1.03 |

任务二 熟悉反相比例放大电路

比例放大电路的实验电路如图3所示。已知,按表2的实验内容测量并记录数据。

图示, 示意图

描述已自动生成

**图3 反相比例放大电路**

**表2 反相比例放大电路测试表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 直流输入电压Ui/mV | | 30 | 100 | 300 | 1000 | 3000 |
| 输出电压Uo | 理论估算/V | -0.3 | -1 | -3 | -10 | -30 |
| 实际值/V |  | -1.212 | -3.77 | -11.56 | -31.2 |
| 误差/mV |  | 0.212 | 0.77 | 1.56 | 1.2 |

任务三 熟悉同相比例放大电路

同相比例放大电路的实验电路知图4所示，已知，按表3的实验

内容测量并记录。

图示, 示意图

描述已自动生成

图4 同相比例放大电路

表3 同相比例放大电路测试表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 直流输入电压Ui/mV | | 30 | 100 | 300 | 1000 | 3000 |
| 输出电压Uo | 理论估算/V | 0.33 | 1.10 | 3.30 | 11 | 33 |
| 实际值/V |  | 1.42 | 3.46 | 11.23 | 34.14 |
| 误差/mV |  | 0.32 | 0.16 | 0.23 | 1.14 |

任务四 熟悉反相求和放大电路

实验电路如图5所示。已知,按表4的实验内容进行测量

图示, 示意图

描述已自动生成

**图5反相求和放大电路**

**表4 反相求和放大电路测试表**

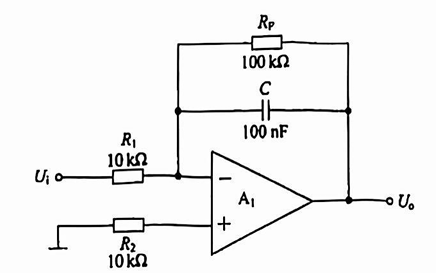
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Ui1/V** | **0.3** | **-0.3** |
| **Ui2/V** | **0.2** | **0.2** |
| **Uo/V** | **-6.12** | **0.82** |
| **Uo估/V** | **-5** | **1** |

任务五 熟悉积分电路

实验电路如图6所示。反相积分电路中，实用电路中为防止低频信号增益过大，往往在积分电容两边并联一个电阻RF,它可以减少运放的直流偏移，但也会影响积分的线性关系，一般取RF>>R1、R1=R2

(1)Ui是输入频率为100Hz、幅值为±1V(峰峰值为2V)的方波信号。同时观察和比较Ui与U。的幅值大小及相位关系，并记录波形。

(2)在50Hz~400Hz之间改变信号频率，同时观察Ui与Uo的相位、幅值及波形的变化。



**图6 积分电路**

任务六 熟悉微分电路

根据微分电路进行电路理想分析可得到公式：。但对于图7所示电路，阶跃变化的信号或是脉冲式大幅值干扰都会使运放内部的放大管进入饱和或截止状态，以至于即使信号消失也不能回到放大区，从而形成堵塞现象使电路无法工作。同时由于反馈网络为滞后环节，它与集成运放内部滞后环节相叠加后易产生自激震荡，从而使电路不稳定。为解决以上问题，可在输入端串联一个小电阻R1,以限制输入电流和高频增益，消除自激。以上改进是针对阶跃信号（方波、矩形波）或脉冲波形的。对于连续变化的正弦波，除非频率过高否则不必串联电阻R1,当加入电阻R1时，电路输出为近似微分关系。

(1)输入正弦波信号，其频率为100Hz,单峰值为1V(峰峰值为2V)。用示波器同时观察和比较Ui与Uo的幅值大小及相位关系，并记录波形。

(2)改变正弦波频率(50Hz~400Hz),同时观察Ui与Uo的相位、幅值变化情况并记录。**注意：实验完成后，要先关闭电源，然后再进行拔线，否则容易烧坏电路板和实验箱。**

图示, 示意图

描述已自动生成

**图7 微分电路**

三．实验分析

任务一

文本, 信件

描述已自动生成

图8 任务一理论分析

理想情况下，由于Uo=U-=U+,RL不会影响Uo，电压保持不变，实现跟随电压的效果。

**实验结果与理论结果误差较小，测试实验相对成功。**

任务二

文本, 信件

描述已自动生成

图9 任务二理论分析

**实验结果与理论结果误差较小，测试实验相对成功。**

任务三

文本, 信件

描述已自动生成

图10 任务三理论分析

**实验结果与理论结果误差较小，测试实验相对成功。**

任务四

图片包含 图示

描述已自动生成

图11 任务四理论分析

**实验结果与理论结果误差较小，测试实验相对成功。**

任务五

当输入频率为100Hz、峰峰值为2V的方波时，根据反向积分法会产生三角波。当方波为-Uz时，三角波处于上升沿，反之则处于下降沿。输出三角波的峰峰值为.当不加RF时，示波器观察到的输出三角波往往会出现失真。次时使用直流输入来观察就会发现，三角波的中心横轴大约在+10V或-10V的地方，即因为直流偏移太大，所以输出会产生失真。在电容两端并上大电位器，并调节它大约在500kΩ到1MΩ的范围，可以观察到不失真的三角波，峰峰值为5V,此时仍有一定的直流偏移。当并上的RF为100kΩ时，直流偏移在1V以下，但输出三角波已变成近似积分波，幅值也有所下降。

**当改变信号频率时，输出信号的波形、相位不变，但幅值随着频率的上升而下降**。

电脑显示屏

描述已自动生成

**图12 100Hz波形图**

**电脑显示屏

描述已自动生成**

**图13 200Hz波形图**

**图形用户界面

描述已自动生成**

**图14 300Hz波形图**

**波形图与理论分析一致，测试实验相对成功。**

任务六

因此 *≈*

**实际观察到的输出波形比输入波形滞后90度，峰峰值大约为2.6伏，与理论上基本一致。当频率变化时，输出信号的波形、相位不变，幅值随着频率上升而增大**。

电脑显示屏

描述已自动生成

图15 100Hz正弦波微分电路波形图

**波形图与理论分析一致，测试实验相对成功。**

误差分析：

1. 运放的失调电压和输入偏置电流导致微小误差。输出端负载可能引入轻微压降
2. 电阻值不精确导致实际增益与理论值不完全一致，电阻误差会导致加权系数不完全准确
3. 多输入信号源之间可能存在耦合噪声
4. 运放的偏置电流在积分过程中会引入漂移误差
5. 电容值不精确导致积分时间常数偏离理论值
6. 高频噪声和非理想的运放频率特性可能影响输出
7. 输入信号导致输出电压超过运放的饱和区域时，运放无法再提高输出电压，输出会保持在饱和电压附近

实验原始数据：

图示

中度可信度描述已自动生成

图16 实验原始数据表

四．实验心得

**6种运算电路的特点及性能：**

**1.电压跟随电路：**输出电压Uo=Ui,运算放大器的输入阻抗非常高，输出阻抗非常低，因此可以作为缓冲器，隔离输入与输出。无增益，但能够有效驱动后续低阻抗负载

**2.反相比例放大电路:**输出电压与输入电压反相，增益由 RF 和 R1决定，增益稳定，用于精确放大

**3.同相比例放大电路:**输出电压与输入电压同相, 增益稍高于1，且由电阻决定，输入阻抗高，适合信号源阻抗较高的场景

**4.反相求和放大电路:** 输出电压为多个输入信号的加权反相和,可实现信号叠加处理，广泛用于音频混合、信号处理等领域

**5.积分电路：**输出电压是输入信号随时间的积分，常用于波形生成、电荷积累测量等场景

**6.微分电路：**输出电压是输入信号随时间的微分，常用于瞬时变化检测、边沿检测等场景

通过本次实验，我系统地学习了运算放大器的六种典型应用电路，包括电压跟随电路、反相比例放大电路、同相比例放大电路、反相求和放大电路、积分电路和微分电路。实验过程中，我熟悉了各电路的工作原理及特性，并通过实验验证了理论计算结果与实际测量结果之间的关系。

实验让我掌握了运算放大器的实际应用技巧，同时提升了电路分析能力和实验动手能力。在搭建电路的过程中，虽然遇到了一些调试问题，比如接线错误和测量误差，但通过仔细分析、调整元件参数并多次验证，最终解决了这些问题，取得了较为理想的实验结果。

这次实验让我深刻体会到理论与实践结合的重要性，也让我认识到实验操作的规范性和细心的重要性。虽然实验内容较为复杂，但整个过程让我受益匪浅，不仅巩固了知识，还增强了我对电子电路学习的兴趣和信心，为今后学习和研究奠定了良好的基础。

**最后，衷心感谢老师在实验中的指导与付出。老师的耐心讲解和细致辅导让我更加深刻地理解了实验内容，收获良多。**

|  |
| --- |
| 指导教师批阅意见：  成绩评定：  指导教师签字：  年 月 日 |
| 备注： |

注：1、报告内的项目或内容设置，可根据实际情况加以调整和补充。

2、教师批改学生实验报告时间应在学生提交实验报告时间后10日内。