



电子技术实验报告



姓名：UNikeEN

班级：

学号：

实验成绩：

同组姓名：无

实验日期：2022.11.8

指导老师：

运放应用之积分、微分运算电路

实验目的

1. 掌握微分器、积分器电路的基本原理和性能。
2. 能够基于微分器、积分器电路进行实验探究，理解微分器、积分器在实际电子电路中的应用。

实验原理

一、积分器电路

积分器在电子技术领域应用较为广泛。比如，以矩形波为输入，经过积分运算可以得到锯齿波。锯齿波信号在示波器、显示器等电子设备中可以用作扫描电压。

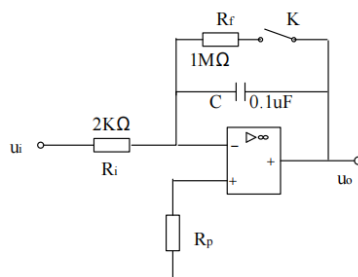


图 1 积分器电路

上图为运算放大器用作积分器的电路，其输出为：

$$u_o = -\int \frac{u_{i1}}{RC} dt = -\frac{1}{RC} \int u_{i1} dt$$

因为积分器是对信号进行积分运算，所以积分器中运算放大器本身的输入失调电压 V_{IO} 、输入失调电流 I_{IO} 对输出的影响要比作为加（减）法器运算时严重得多。因此，在加（减）法器中， V_{IO} 、 I_{IO} 的影响可以通过调零消除掉，仅仅是它们的漂移成分会对输出造成影响；而在积分器中， V_{IO} 、 I_{IO} 及漂移成分全部通过积分运算后叠加到输出，因此会造成输出向某一个方向不断增长的“积分漂移”现象。这一现象的存在，轻则限制积分时间的长短，重则使放大器进入饱和，使电路无法正常工作。

为了减小“积分漂移”的影响。尽可能选择失调小的运算放大器，通常在积分电容二端并联一只较大电阻以稳定直流工作点（此电阻的阻值应在不影响积分运算的前提下尽可能的小一些）。

二、微分器电路

微分器在电子电路中应用非常广泛。比如，以矩形信号为输入，通过微分器的处理，可以得到尖脉冲信号。尖脉冲信号的用途十分广泛，在数字电路中常用作触发器的触发信号；在变流技术中常用作可控硅的触发信号。

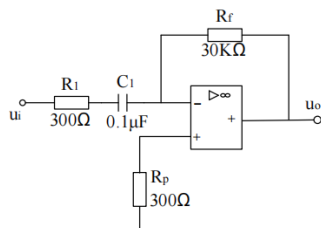


图 2 微分器电路

图 2 为运算放大器用作微分运算器的基本电路，其输出和输入之间的关系由下式决定：

$$u_o = -R_f C_1 \frac{du_i}{dt}$$

图 2 中与 C_1 串联的一个小电阻 R_1 可以有效地抑制电路产生振荡。

实验电路与实验过程

一、积分器实验

1. 图 3 即积分器实验电路的电路图。按电路图接线，设定输入信号为频率为 1kHz、峰峰值为 1V 的方波信号。用示波器双通道同时显示输入、输出波形。使用示波器的光标功能对幅度进行测量，比较其与理论输出 $v_o = -\frac{1}{RC} \int v_i dt$ 之间的误差。

2. 输入信号幅值 1V 保持不变，改变信号频率为 2KHz 和 500Hz，观察并记录输出信号的幅值，比较它们之间的数量关系。

3. 维持输入频率 1kHz 不变，改变信号幅值为 2V 和 500mV，观察并记录输出信号的幅值，与输入信号幅值相比较。

4. 输入信号为频率为 1kHz、峰峰值为 1V 的方波信号，但将并联的 300kΩ 的电阻断开，观察并记录此时的输入、输出波形。

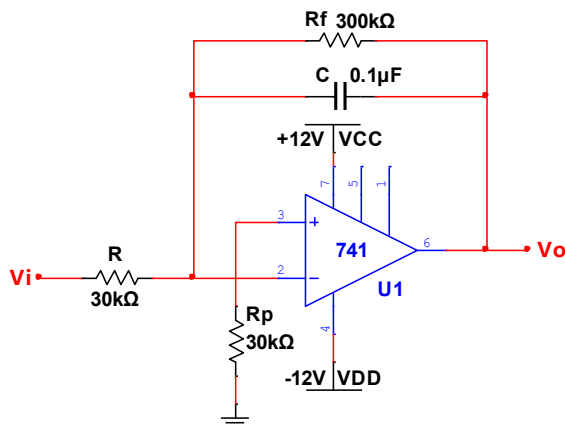


图 3 积分器实验电路图

二、微分器实验

图 4 即微分器实验电路的电路图。按电路图接线，设定输入信号为频率为 1kHz、峰峰值为 60mV 的方波信号。用示波器双通道同时显示输入、输出波形，观察并记录。比较波形是否大致满足理论输出曲线 $v_o = -R_f C_1 \frac{dv_i}{dt}$ 。

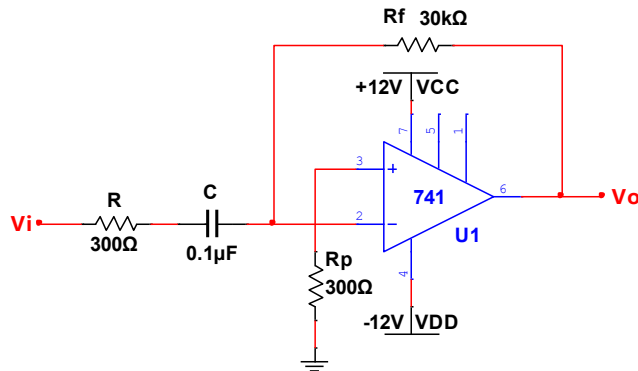


图 4 微分器实验电路图

实验数据记录与计算

一、积分器实验

表 1 积分器数据记录表（一）

输入 Vi (方波)		输出 Vo		
幅值	频率	幅值 Vpp	理论值	相对误差
1V	1kHz	77.6mV	83.3mV	6.8%

表 2 积分器数据记录表（二）

输入 Vi (方波)		输出 Vo		
幅值	频率	幅值 Vpp	理论值	相对误差
1V	2kHz	37.6mV	41.6mV	9.6%
	500Hz	155mV	166.6mV	7.0%

表 3 积分器数据记录表（三）

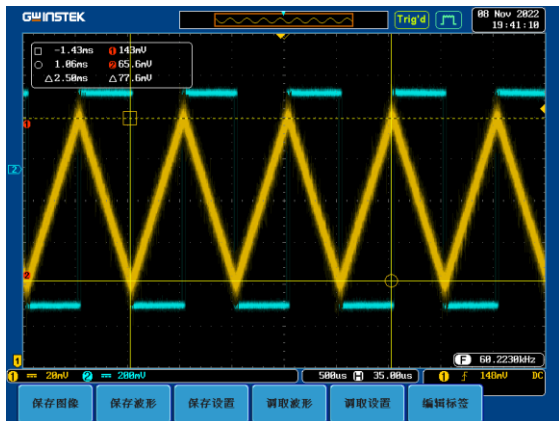
输入 Vi (方波)		输出 Vo		
幅值	频率	幅值 Vpp	理论值	相对误差
2V	1kHz	158mV	166.6mV	5.2%
500mV		36.5mV	41.6mV	12.3%

综上所述，测量数据基本满足 $v_o = -\frac{1}{RC} \int v_i dt$ ，实验较成功。同一积分器电路，输入信号幅值不变时，频率越高，输出信号幅值越小；输入信号频率不变时，幅值越高，输出信号幅值越大。

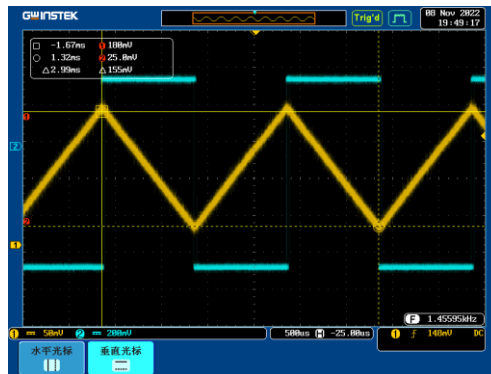
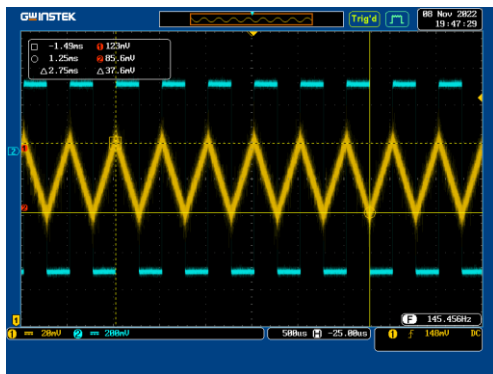
将 300kΩ 电阻断开后，积分器受“积分漂移”现象影响严重，无法正常工作。（见图 8）

示波器波形截图如下：

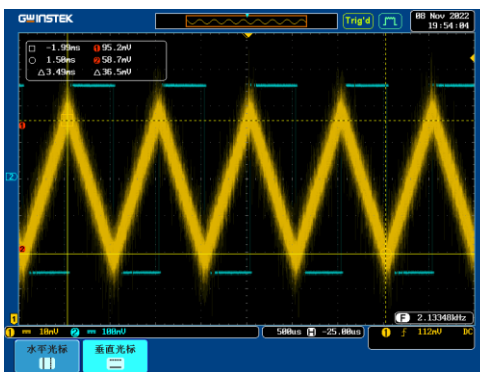
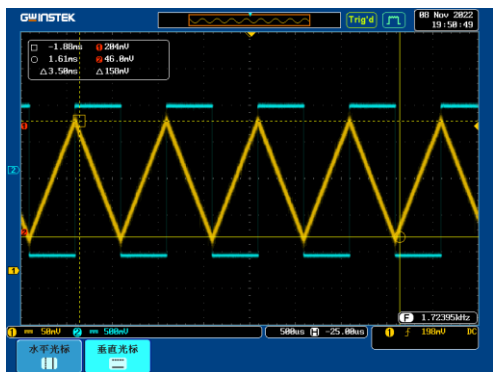
1. 输入信号频率 1kHz，峰峰值 1V （图 5）：



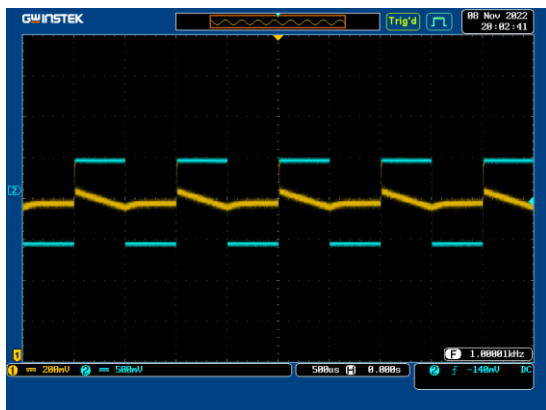
2. 输入信号频率分别为 2KHz 和 500Hz，峰峰值保持 1V （图 6-7）：



3. 输入信号频率 1kHz，信号幅值分别为 2V 和 500mV （图 8-9）：

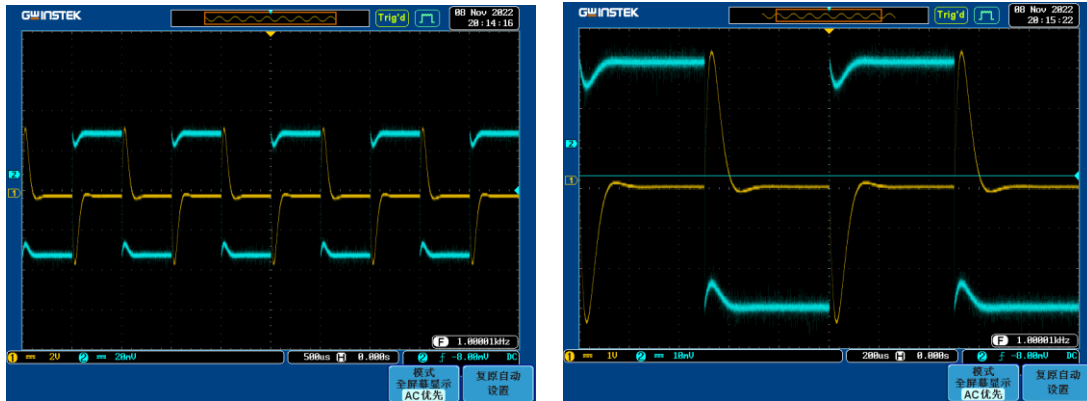


4. 将 300kΩ 的电阻断开时波形（“积分漂移”现象观察，图 8）：



二、微分器实验

示波器波形截图如下：



观察可知，曲线大致符合公式 $v_o = -R_f C_1 \frac{dv_i}{dt}$ ，实验比较成功。

误差分析

1. 测量时，电路存在集成电路内部噪声及电容电阻参数热噪声，示波器显示的输出波形宽度较宽，在确定中心点使用坐标功能测量时存在误差。
2. 电源电压存在微小波动，测量时存在读数误差。
2. 由于各种原因，运算放大器的工作状态非理想状态，导致测量结果不完全精确。
3. 实验板、导线存在的电阻不容忽视，导致测量值与理论值之间产生误差。

本次实验，示波器测量结果在可接受范围内，实验比较成功。

注意事项

1. 改接电路时务必关闭电源输出开关，否则有较大概率烧坏芯片。
2. 信号发生器使用通道的输出电阻需要设置为高阻状态。
3. 741 芯片使用前先测试芯片是否故障。
4. 设计电路参数时，时间常数要确保尽量不小于 10 倍输入波形的宽度。