

浙江大学实验报告

专业： 自动化（控制）
姓名： 朱少廷
学号： 3200104845
日期： 2022.4
地点： 东 3

课程名称： 信号分析与处理 指导老师： 张建良 实验类型： 验证型

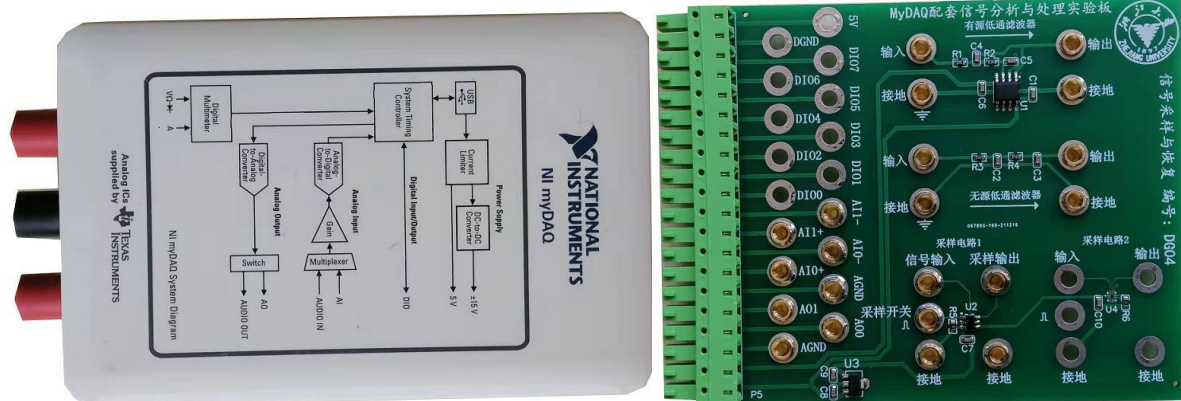
实验名称： 信号的采样与恢复 成绩： 签名：

一、实验目的

- 1、了解信号的采样方法与过程以及信号恢复的方法。
- 2、验证采样定理。

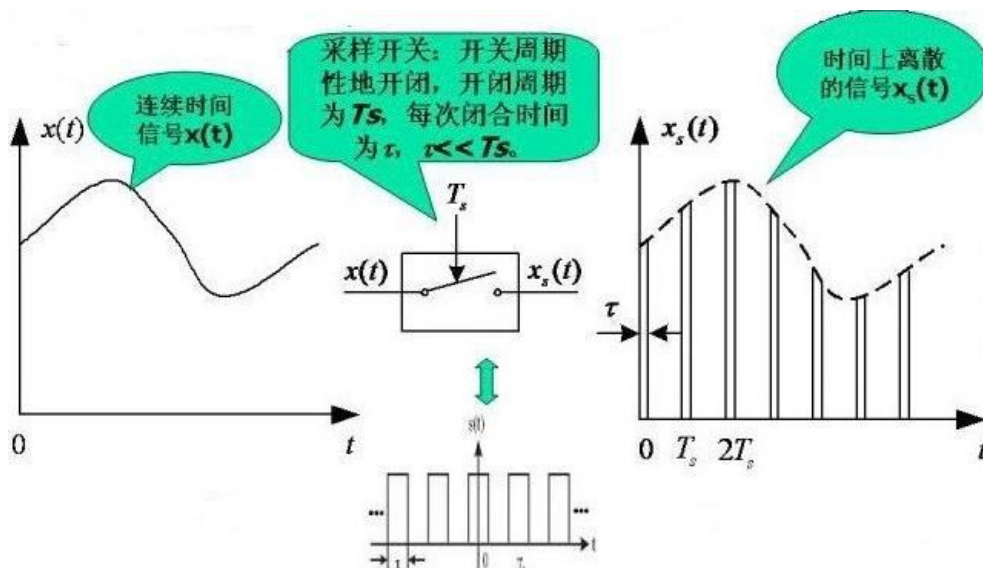
二、实验设备

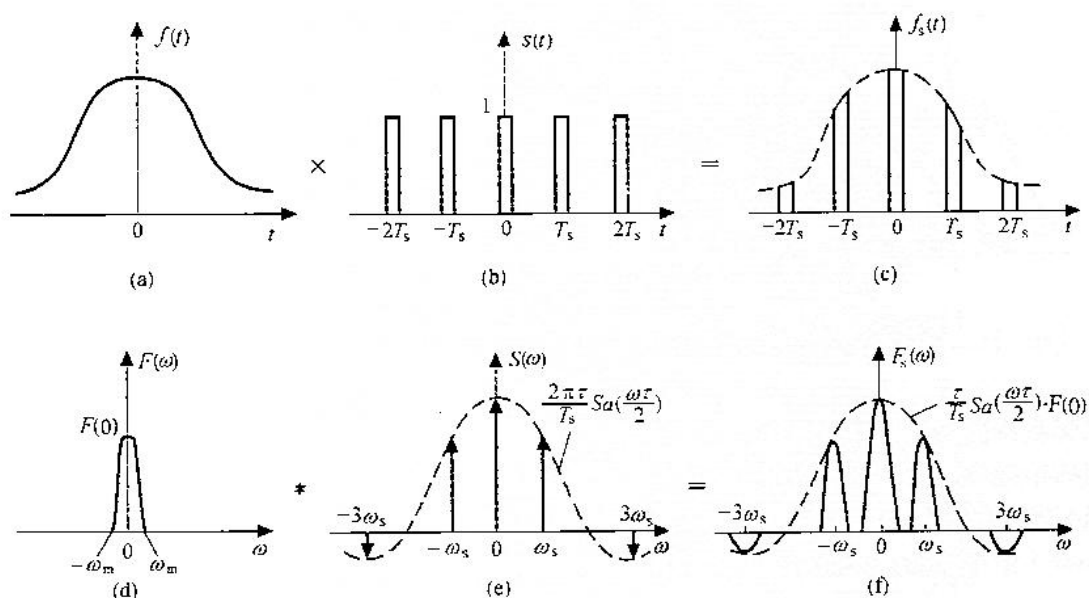
- 1、PC 机一台。
- 2、NI MyDAQ 设备一台（信号发生器和示波器）。
- 3、信号分析与处理实验板（编号 DG04）



三、实验原理

1、信号的采样



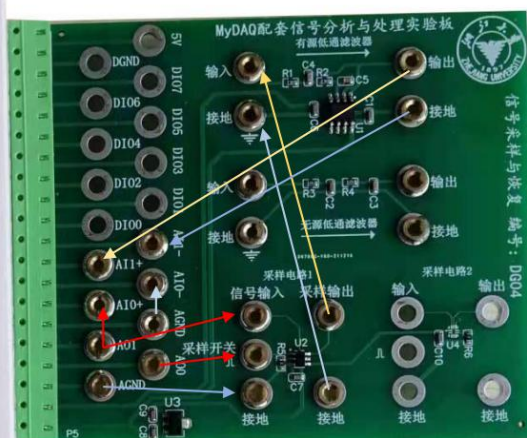
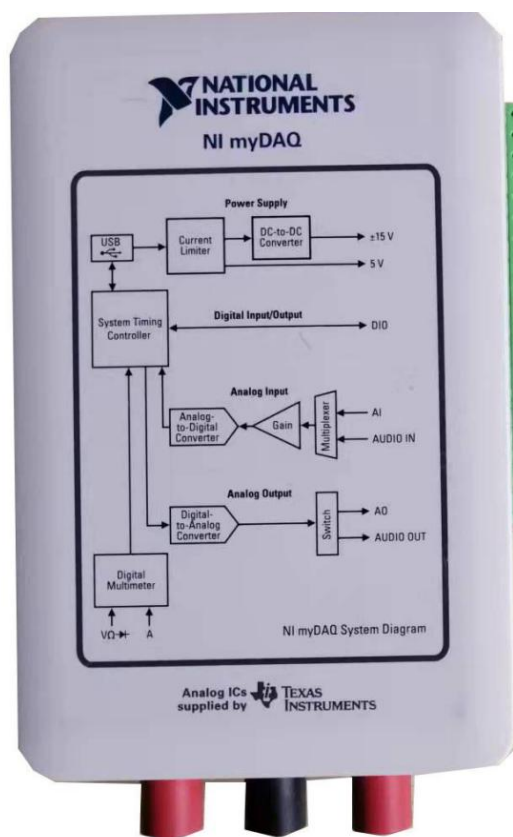


2、信号的恢复

(1) 原信号得以恢复的两个条件：原信号频带有， $f_s \geq 2f_m$ 。

(2) 原信号恢复的方法：设计合适的低通滤波器，通过该低通滤波器滤除高频分量，就可以得到恢复后的原信号。

3、实验电路



- 1-连接Mydaq和实验板
- 2-将生成信号输入采样电路
- 3-将生成开关信号输入采样电路
- 4-将采样后信号输入低通滤波器
- 5-将滤波后信号接入示波器

实验名称: 信号的采样与恢复 姓名: 朱少廷 学号: 3200104845

四、预习要求 (选做)

暂无

五、实验内容

1、实验操作方法和步骤

(1) 正弦波的采样与恢复

a) 连接线路: 按照所示电路连接线连接电路

b) 生成信号: 通过 MyDaq 的 Arbitrary Waveform Generator, 生成原始信号和开关信号, 并根据接线情况输出到采样模块

原始信号:
波形: 正弦波
频率: 500Hz
峰峰值: 1V
偏置: 0V
持续时间: 10ms
采样率: 200kHz

开关信号:
波形: 矩形波
频率: 10kHz, 占空比50%
峰峰值: 2V
偏置: 1V
持续时间: 10ms
采样率: 200kHz

c) 显示信号: 通过 MyDaq 的示波器, 观察并记录输入和输出波形。

d) 改变参数: 保持原始连续信号频率不变, 开关信号频率分别设置为 400Hz、1kHz、2kHz、5kHz, 重复以上过程。

实验验证总体过程



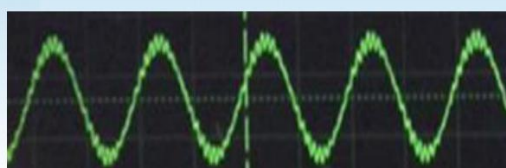
(1) 生成原始信号



(2) 生成开关信号: 单极性矩形波

(3) 获得采样信号: 包络线为正弦的矩形型信号

(5) 恢复后信号



(4) 通过二阶低通电路滤波

(2) 三角波的采样与恢复

a) 连接线路不变。

实验名称: 信号的采样与恢复 姓名: 朱少廷 学号: 3200104845

b) 通过 MyDaq 的 Arbitrary Waveform Generator, 生成原始信号和开关信号, 并根据接线情况输出到采样模块。

原始信号:
波形: 三角波
频率: 500Hz
峰峰值: 1V
偏置: 0V
持续时间: 10ms
采样率: 200kHz

开关信号:
波形: 单极性矩形波
频率: 10kHz, 占空比50%
峰峰值: 2V
偏置: 1V
持续时间: 10ms
采样率: 200kHz

c) 通过 MyDaq 的示波器, 观察并记录输入和输出波形。

d) 保持原始连续信号频率不变, 开关函数频率分别设置为 400Hz、1kHz、2kHz、5kHz, 重复以上过程。

2、实验数据记录和处理

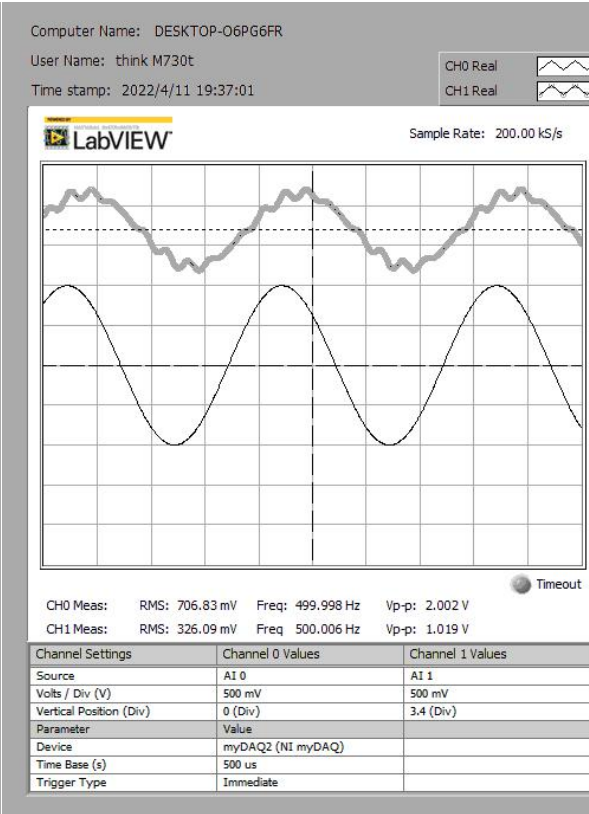
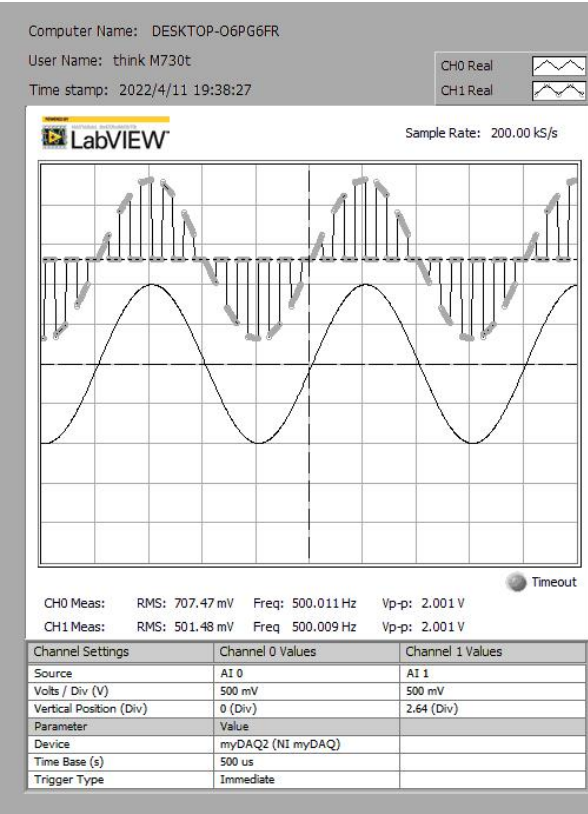
(1) 正弦波的采样与恢复

开关信号 10kHz: (左图为采样信号, 右图为恢复信号)

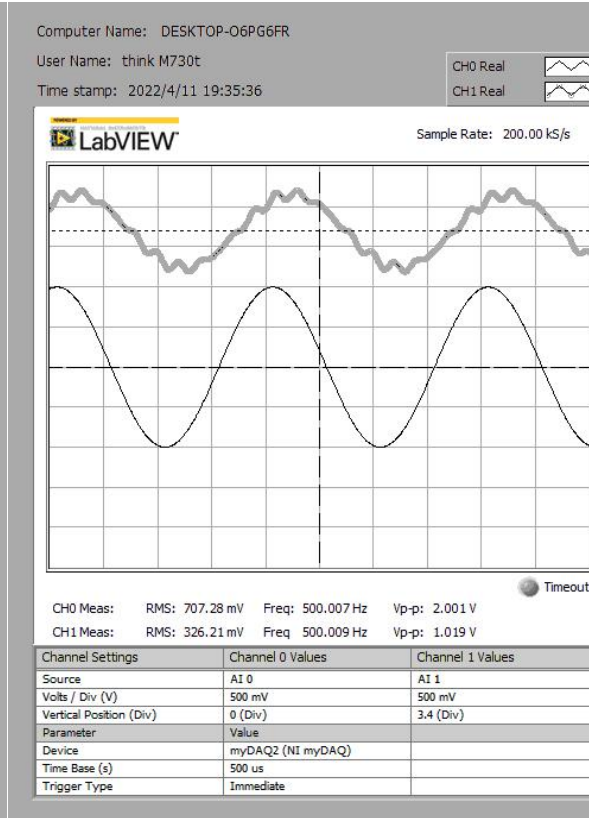
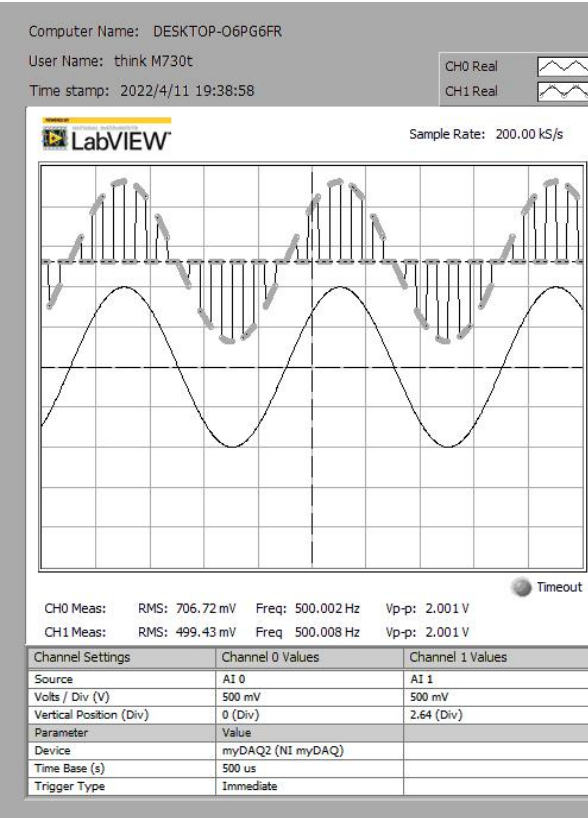


开关信号 5kHz: (左图为采样信号, 右图为恢复信号)

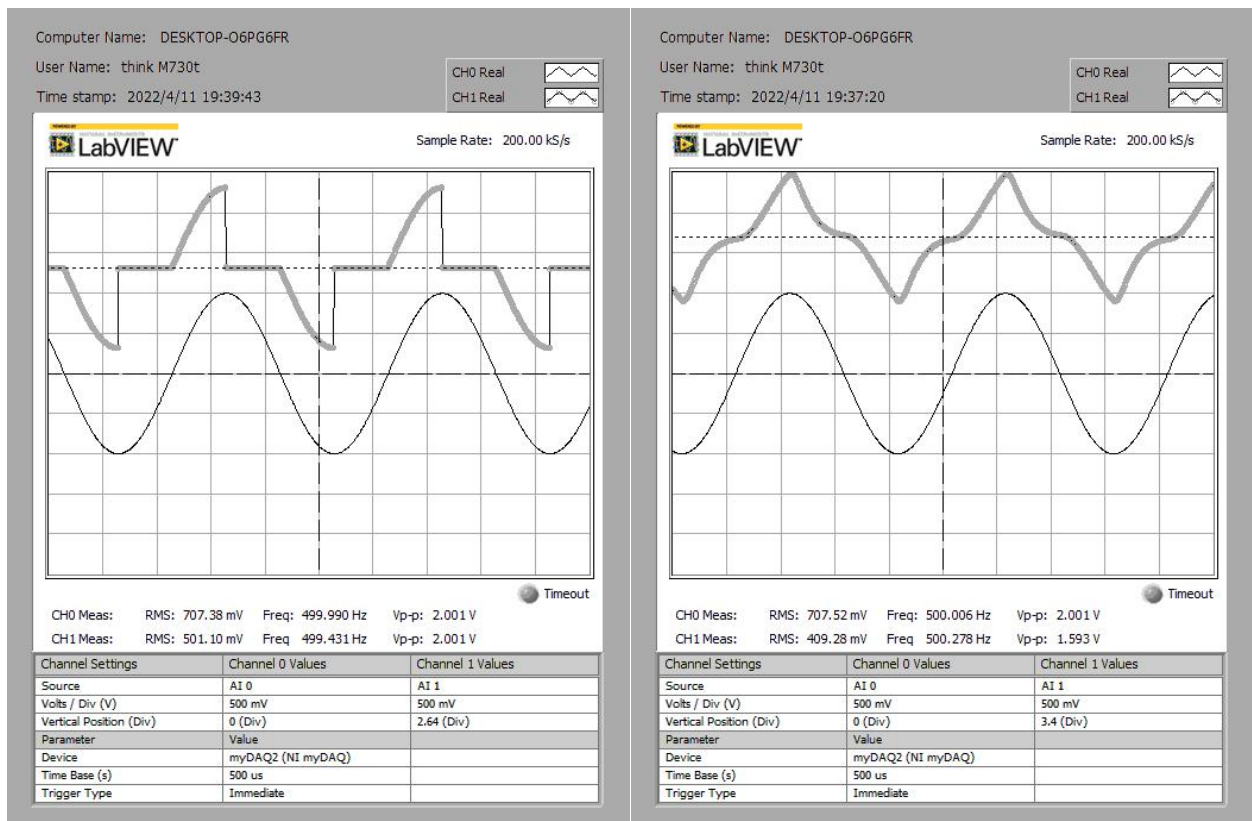
实验名称： 信号的采样与恢复 姓名： 朱少廷 学号： 3200104845



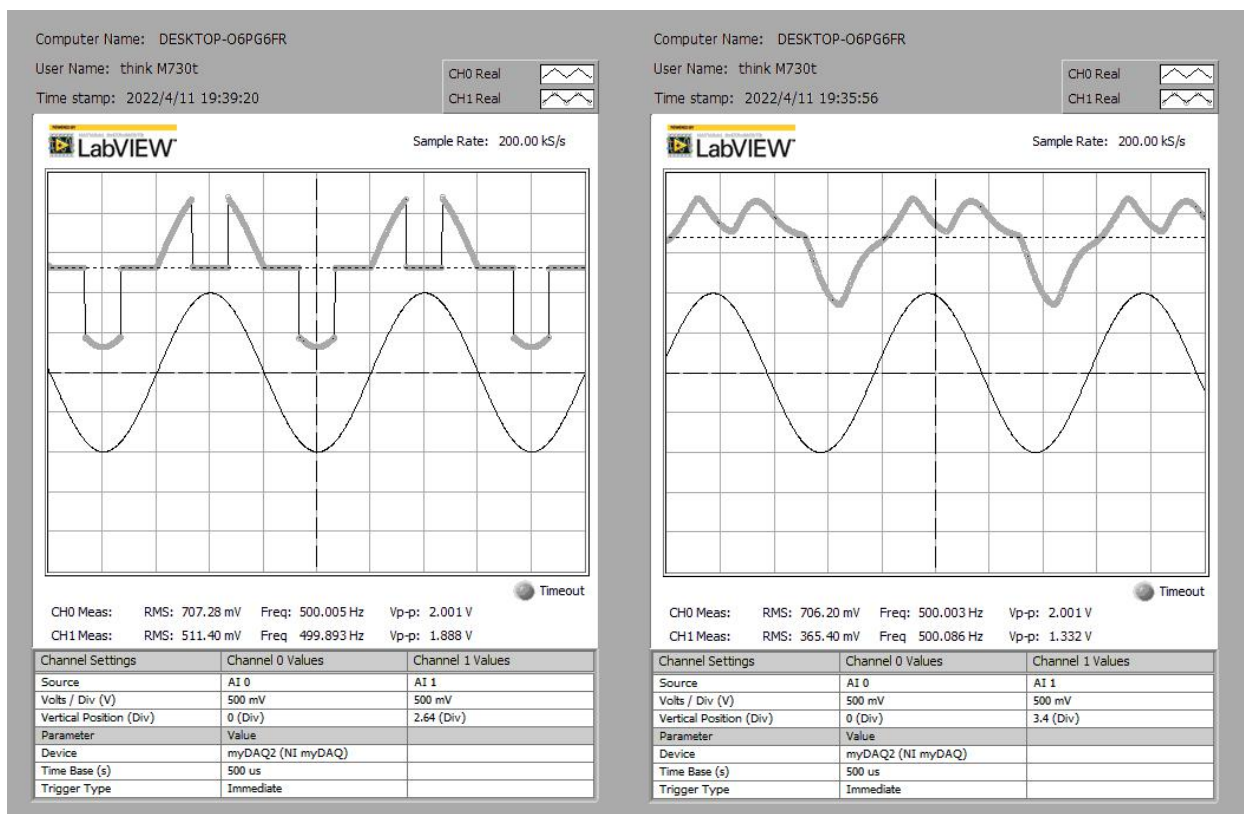
开关信号 1.5kHz: (左图为采样信号, 右图为恢复信号)



开关信号 1kHz: (左图为采样信号, 右图为恢复信号)



开关信号 750Hz: (左图为采样信号, 右图为恢复信号)



(1) 三角波的采样与恢复

开关信号 10kHz: (左图为采样信号, 右图为恢复信号)

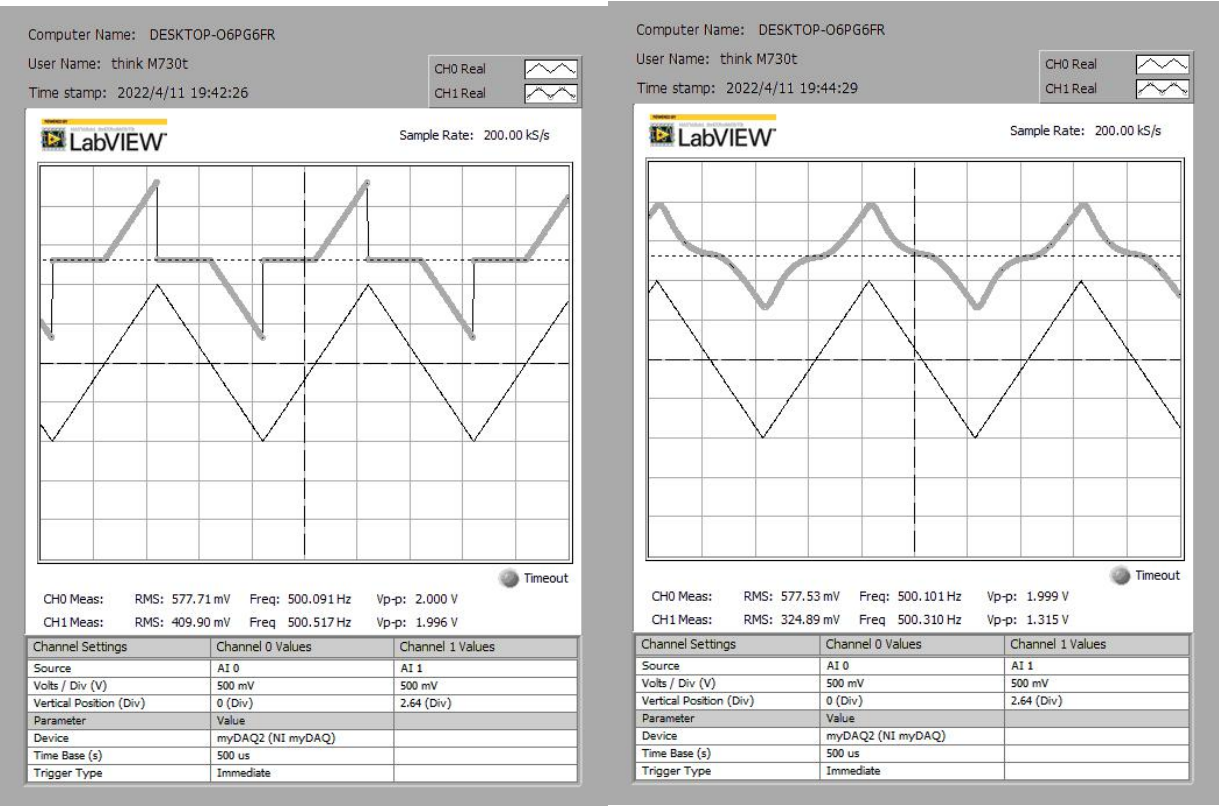


开关信号 5kHz: (左图为采样信号, 右图为恢复信号)

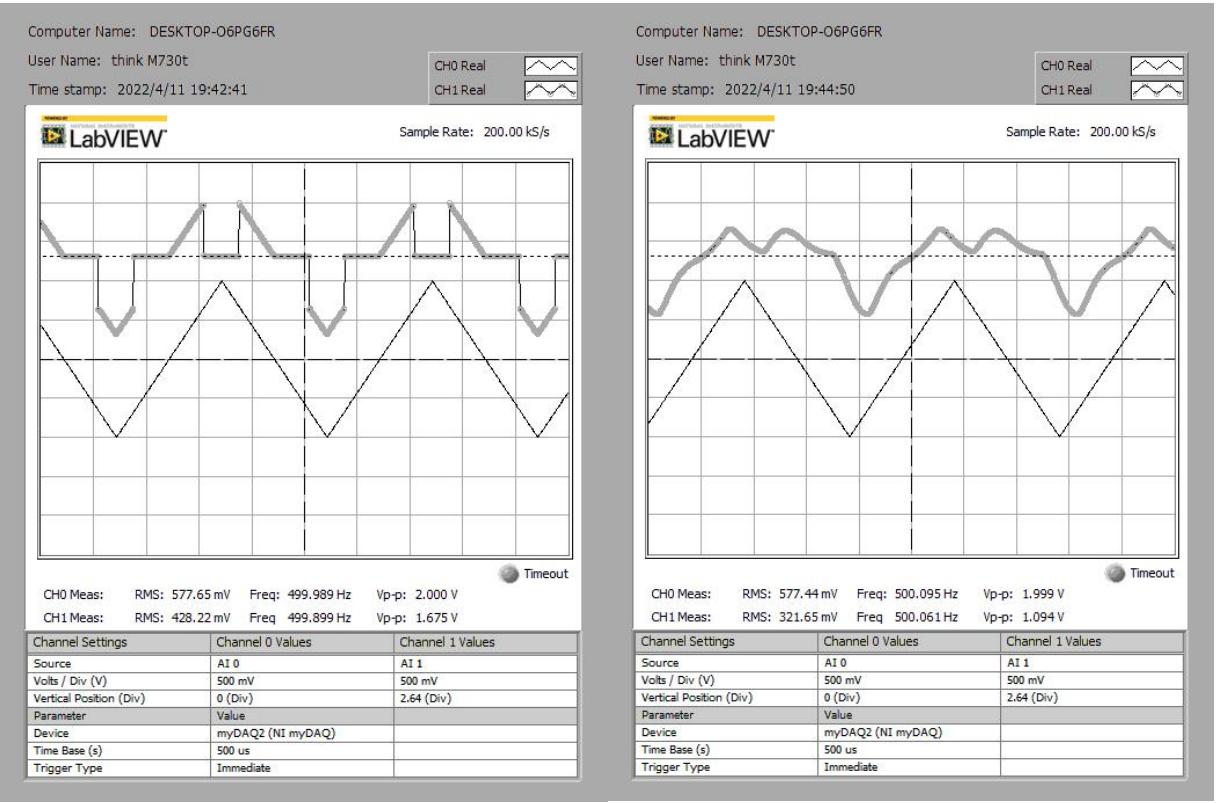


实验名称: 信号的采样与恢复 姓名: 朱少廷 学号: 3200104845

开关信号 1kHz: (左图为采样信号, 右图为恢复信号)



开关信号 750Hz: (左图为采样信号, 右图为恢复信号)



实验名称: 信号的采样与恢复 姓名: 朱少廷 学号: 3200104845

(3) 离散信号频谱分析

对于一个频率为 f 的周期矩形脉冲信号 (高度为 2), 其傅里叶变换的表达式为:

$$X_1(\omega) = 2\pi \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{Sa}(\pi n/2) \delta(\omega - n\omega_0) \quad \omega_0 = 2\pi f$$

同时, 对于正弦信号 $\sin(1000\pi t)$, 其傅里叶变换表达式为:

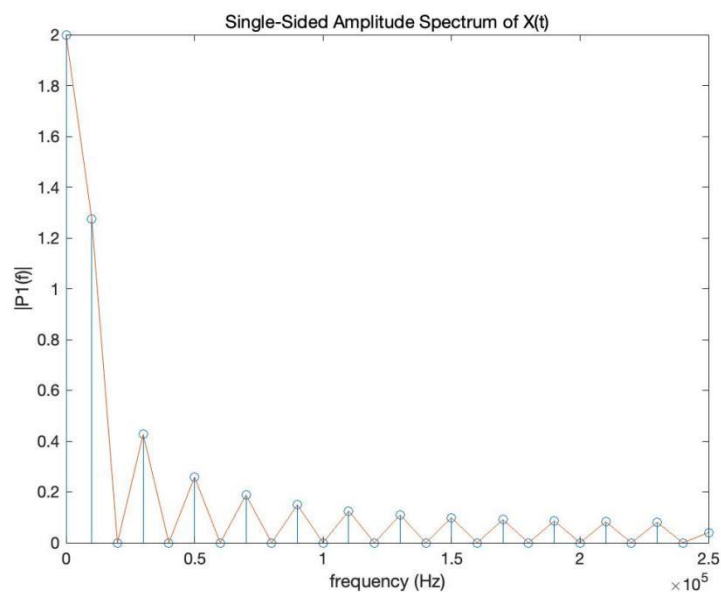
$$X_2(\omega) = -j\pi\delta(\omega - \omega_0) + j\pi\delta(\omega + \omega_0)$$

又由于时域相乘等价于频域卷积, 因此采样周期的傅里叶变换的表达式为:

$$X(\omega) = 1/(2\pi) \cdot X_1(\omega) * X_2(\omega)$$

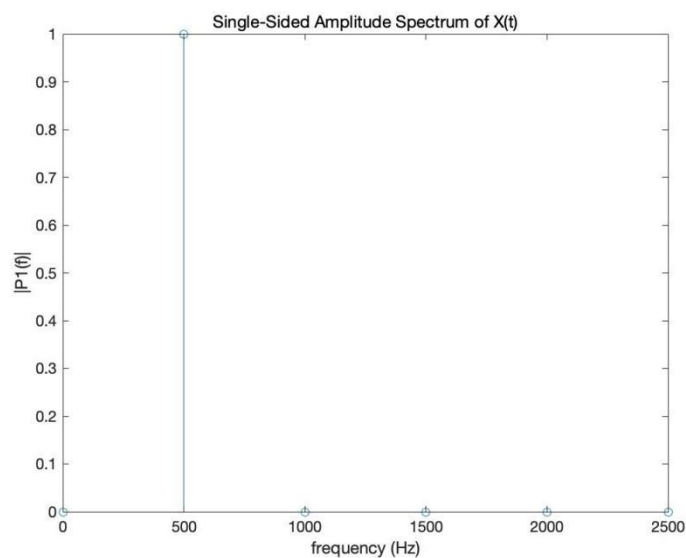
利用 MATLAB 仿真, 可得频谱如下 (以采样信号为 10kHz 为例, 已转换为离散形式):

周期矩形脉冲信号频谱:

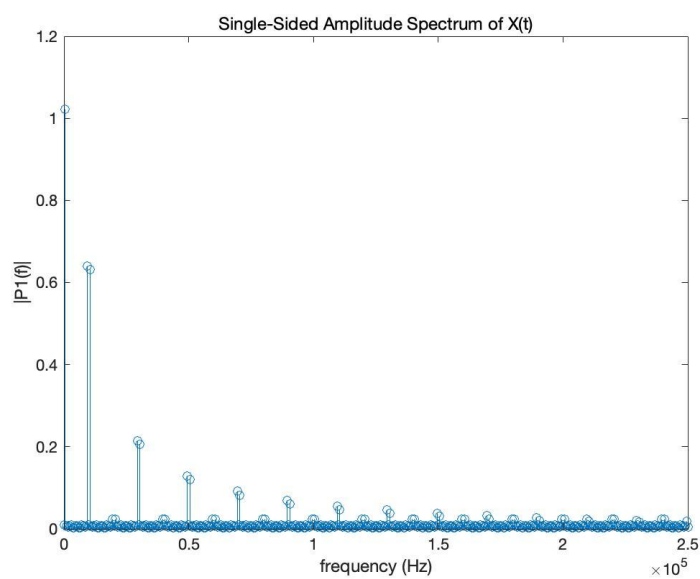


原正弦函数频谱:

实验名称: 信号的采样与恢复 姓名: 朱少廷 学号: 3200104845



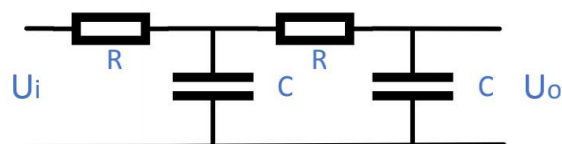
采样信号频谱:



从图中可以直观的看出，在周期矩形脉冲信号的频谱中出现了许多高频的部分，因此在采样信号中也出现了高频干扰。最明显的干扰是 10000Hz 。因此应利用低通滤波器将频率为 10000Hz 以上的频率滤掉，并且在滤波通过频率 500Hz 以上越小越好。

实验名称: 信号的采样与恢复 姓名: 朱少廷 学号: 3200104845

二阶无源低通滤波器

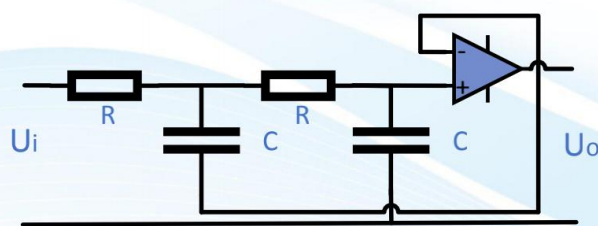


$$f_c = \frac{0.3742}{2\pi RC}$$

$$R=5.1k\Omega, C=10nF$$

$$f_c=1.167kHz$$

二阶有源低通滤波器



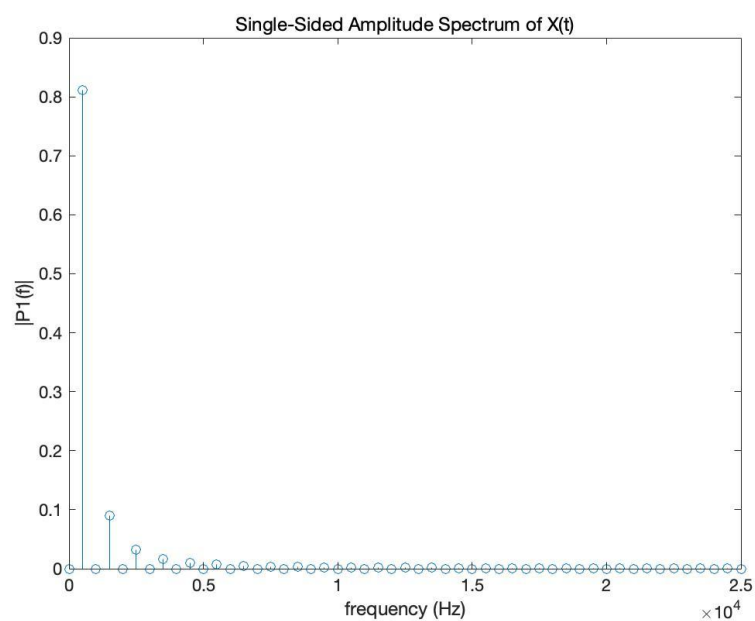
$$f_c = \frac{0.6436}{2\pi RC}$$

$$R=10k\Omega, C=10nF$$

$$f_c=1.024kHz$$

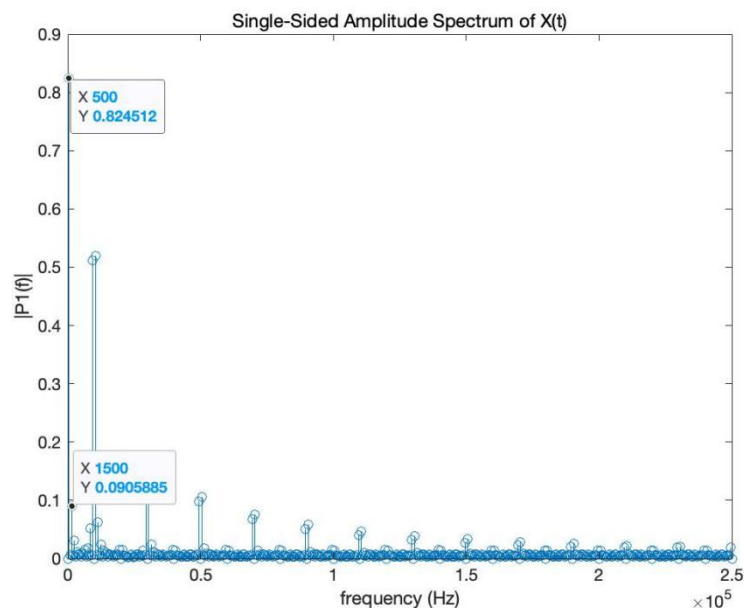
下面对三角波进行类似的分析:

原始三角波的频谱:



采样三角波的频谱:

实验名称: 信号的采样与恢复 姓名: 朱少廷 学号: 3200104845



相较正弦波, 可以看出其原始信号中频率分量更多, 采样信号中频率更加复杂。

六、实验总结

1、实验结果与分析

对于正弦信号, 从实验结果中可以发现当采样信号频率为 10kHz 时, 恢复效果较为理想, 5kHz 和 1.5kHz 时出现一些偏差, 而 1kHz 和 750Hz 时完全不能恢复。这是由采样定理所决定的。原信号频率为 500Hz, 因此要求采样频率大于等于两倍原始频率, 也就是 1000Hz。然而, 在本实验中我们使用低通滤波器对信号进行恢复, 因此采样频率越高, 采样后信号频谱中干扰频率越高, 使用低通滤波后恢复效果越好。

对于三角波信号, 也可以得出类似的结论, 当采样信号频率为 10kHz 时, 恢复效果较为理想, 5kHz 和 1.5kHz 时出现一些偏差, 而 1kHz 和 750Hz 时完全不能恢复。同时, 恢复信号还有一个特点, 即棱角处平滑化了。这是因为棱角处包含了大量高频成分, 在低通滤波时一并被滤走了, 所以无法恢复回来。

进一步分析原信号和恢复信号幅度之间的关系, 通过数格子, 我发现恢复信号的幅度大约为原始信号的 1/2。这是因为通过低通滤波器后, 信号的幅度将会减小。

2、讨论、心得

通过本次实验, 我了解了信号的采样方法与过程以及信号恢复的方法, 验证了采样定理。同时, 我学习并使用了 Matlab 对原始信号、周期矩形方波信号、采样后信号进行了频谱分析, 对实验现象原理做了进一步阐释。