

浙江大学实验报告

课程名称： 信号分析与处理 指导老师： 杨欢 季瑞松 成绩： _____
实验名称： 信号的采样与恢复 实验类型： 基础规范型实验

一、实验目的和要求

- 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、实验内容和原理

1、信号的采样过程

连续信号的离散化可以由下图所示的连续信号 $x(t)$ 经过一个采样开关的采样过程完成。该采样开关周期性开闭，其中开闭周期为 T_s ，每次闭合时间为 τ ，有 $\tau \ll T_s$ ，但是受到设备的限制，无法做到 $\tau \rightarrow 0$ ，此时采样开关输出端口得到的就是一串时间上离散的脉冲信号 $x_s(t)$ 。

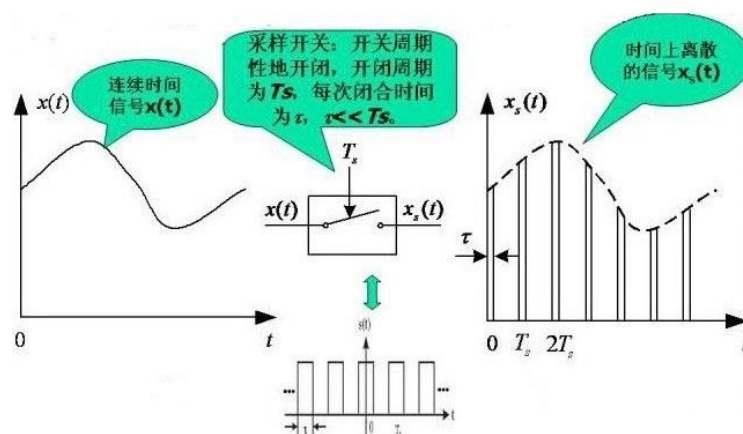


图 1 信号的采样过程

2、信号采样的时域与频域示意图

在下图中(a)、(b)、(c)分别对应时域中连续信号频谱、开闭信号频谱、采样后离散信号频谱；(d)、(e)、(f)分别对应频域中连续信号频谱、开闭信号频谱、采样后离散信号频谱。

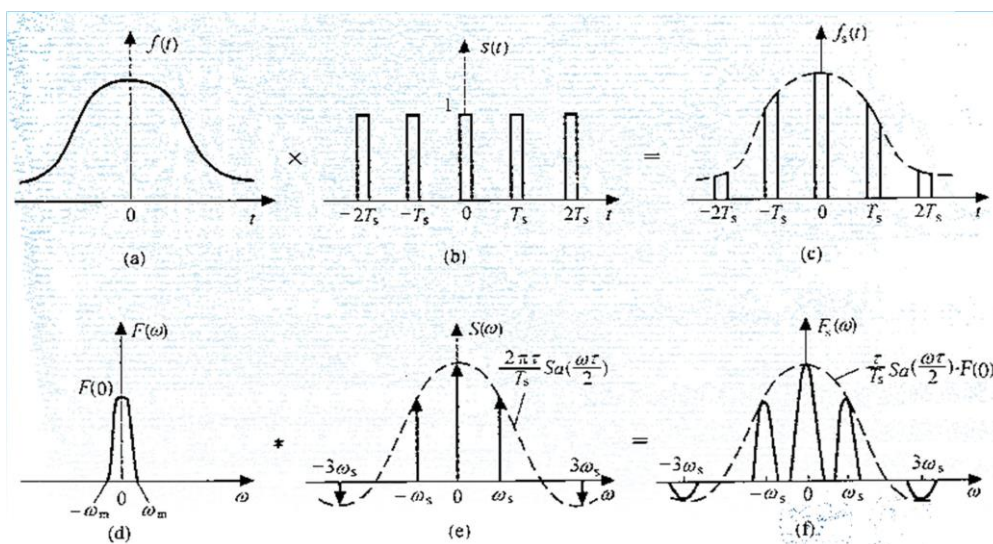


图 2 信号采样的时域与频域示意图

3、信号的恢复方法

信号恢复指根据采样后的信号还原得到原信号的过程，由理论知识可得，原信号可以恢复要满足如下两个前提条件（1）原信号频带有限；（2） $f_s \geq 2f_m$ 。

恢复原信号的方法：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，详细内容见“操作方法和实验步骤”。

三、主要仪器设备

- 1、PC 机
- 2、NI DAQ 便携式数据采集设备一套
- 3、信号分析和处理实验板
- 4、导线若干

四、操作方法和实验步骤

1、实验设置并观察采样信号步骤

- （1）连接线路
- （2）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
- （3）通过 MyDaq 的示波器，观察并记录输入和输出波形
- （4）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。
- （5）将原始连续信号设定为频率为 500Hz，幅度为 1V 的三角波，重复以上过程。

2、信号的恢复

- (1) 连接 Mydaq 和实验板
- (2) 信号输入采样电路
- (3) 开关信号输入采样电路
- (4) 采样信号输入低通滤波器
- (5) 信号接入示波器



图 3 DAQ 连线图

五、实验结果与分析

1、比较在不同采样频率情况下原始连续信号、抽样信号波形和恢复信号的波形特点。（要求原始信号和抽样信号双踪显示，原始信号和恢复信号双踪显示）

采样 500Hz 正弦波、三角波在 10kHz、5kHz、2kHz、1kHz、400Hz 开关信号下原始波形和恢复波形、原始波形和采样波形的图像。

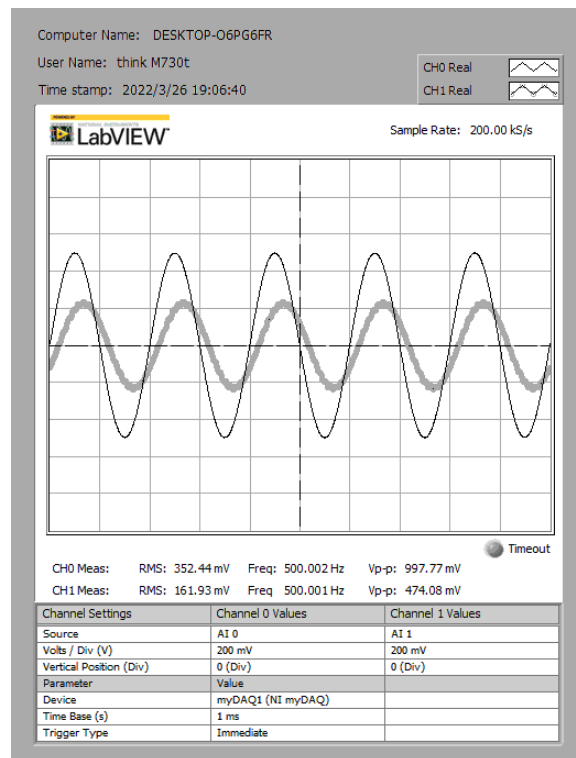


图 4 10kHz 开关函数下恢复正弦波(CH1)和原始正弦波(CH0)

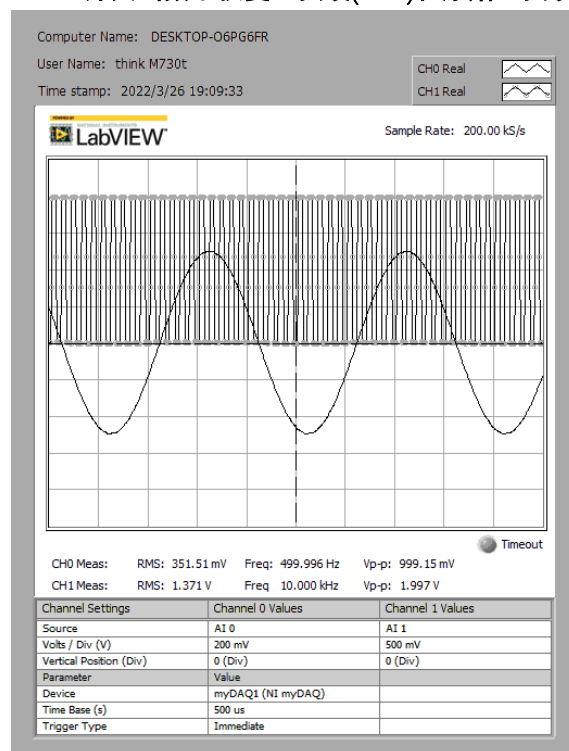


图 5 10kHz 开关函数下原始正弦波(CH0)和采样波形(CH1)

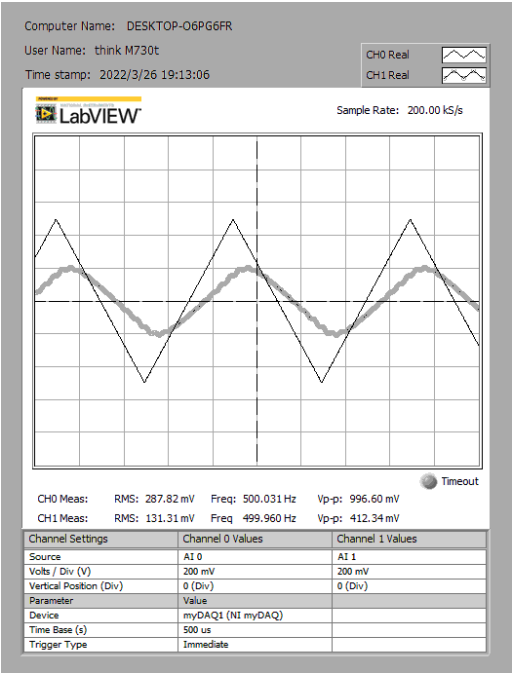


图 6 10kHz 开关函数下恢复三角波(CH1)和原始三角波(CH0)

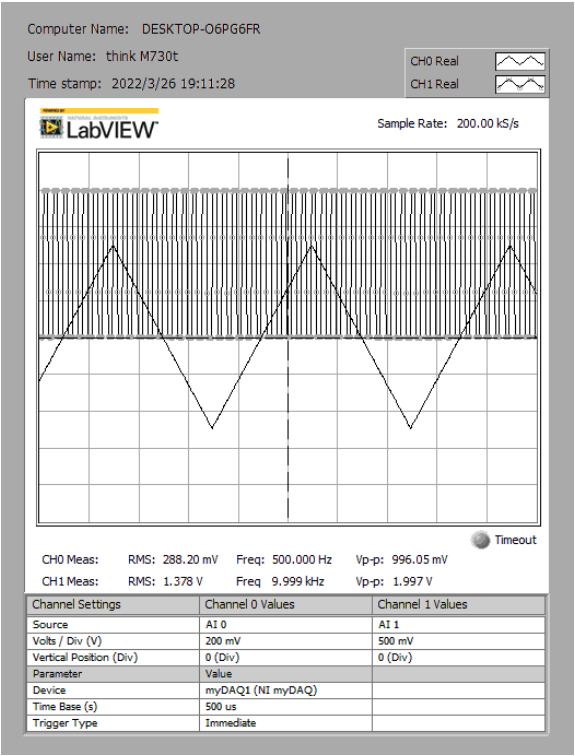


图 7 10kHz 开关函数下原始三角波(CH0)和采样信号(CH1)

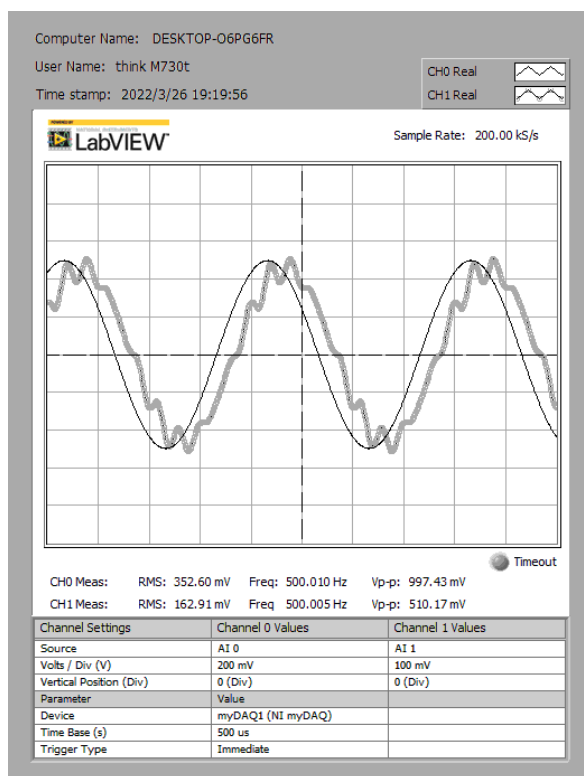


图 8 5kHz 开关函数下恢复正弦波(CH1)和原始正弦波(CH0)

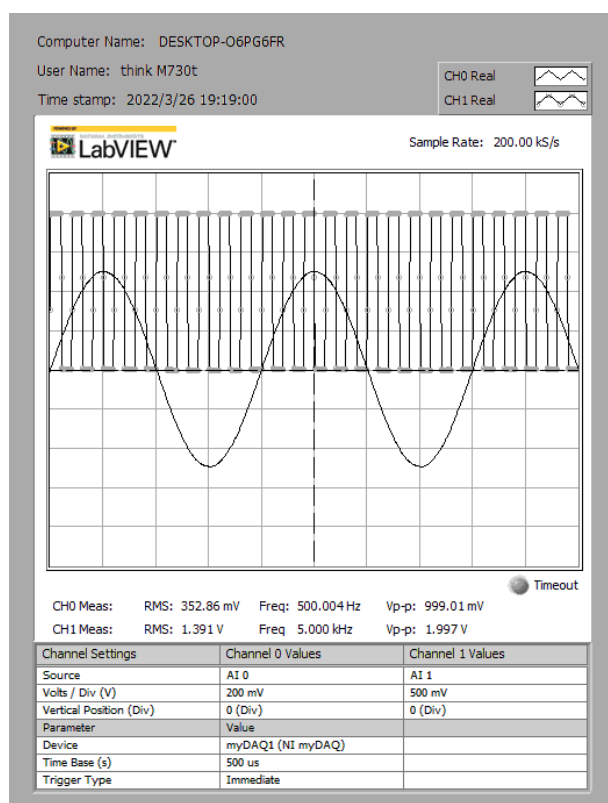


图 9 5kHz 开关函数下原始正弦波(CH0)和采样信号(CH1)

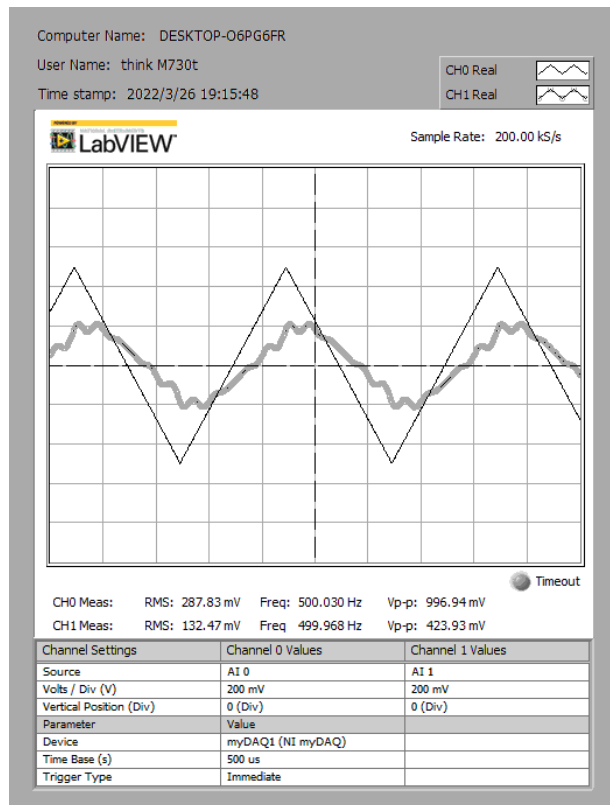


图 10 5kHz 开关函数下原始三角波(CH0)和恢复三角波(CH1)

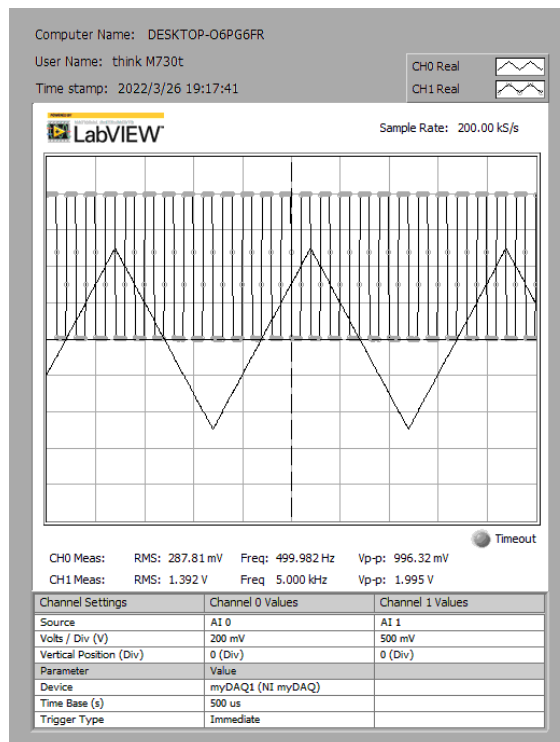


图 11 5kHz 开关函数下原始三角波(CH0)和采样信号(CH1)

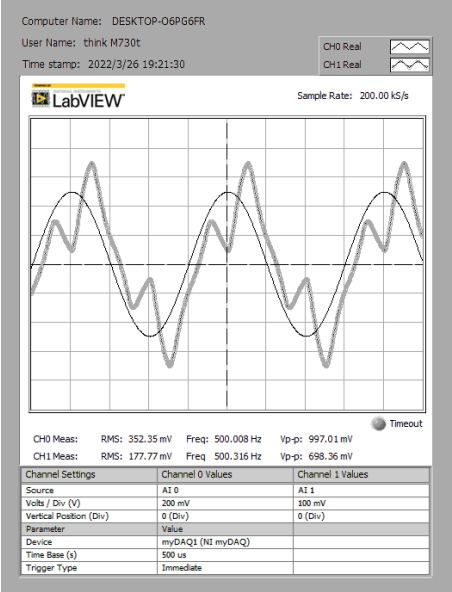


图 12 2kHz 开关函数下原始正弦波(CH0)和恢复正弦波(CH1)

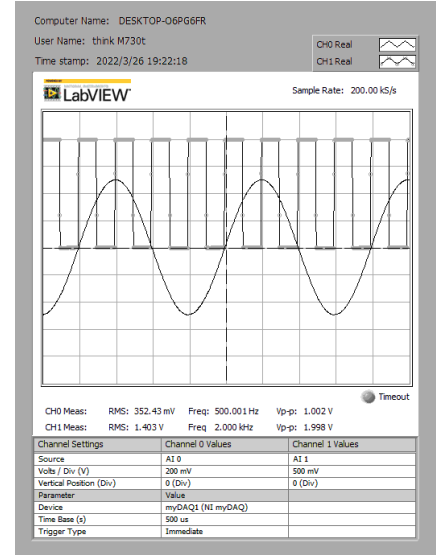


图 13 2kHz 开关函数下原始正弦波(CH0)和采样信号(CH1)

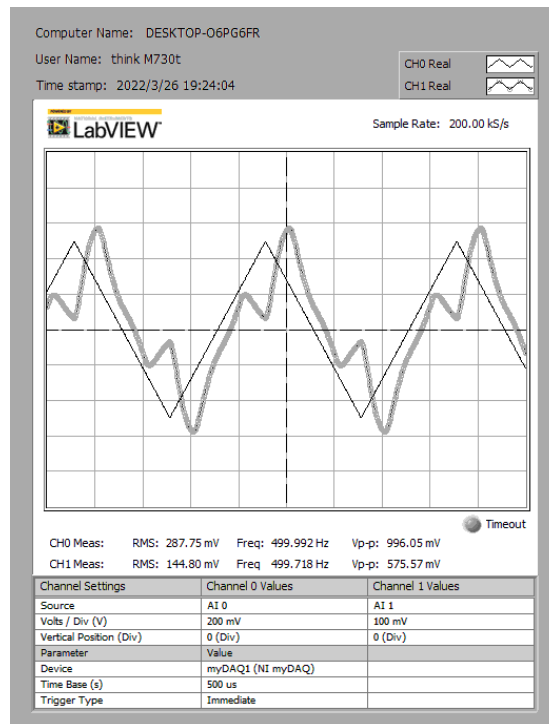


图 14 2kHz 开关函数下原始三角波(CH0)和恢复三角波(CH1)

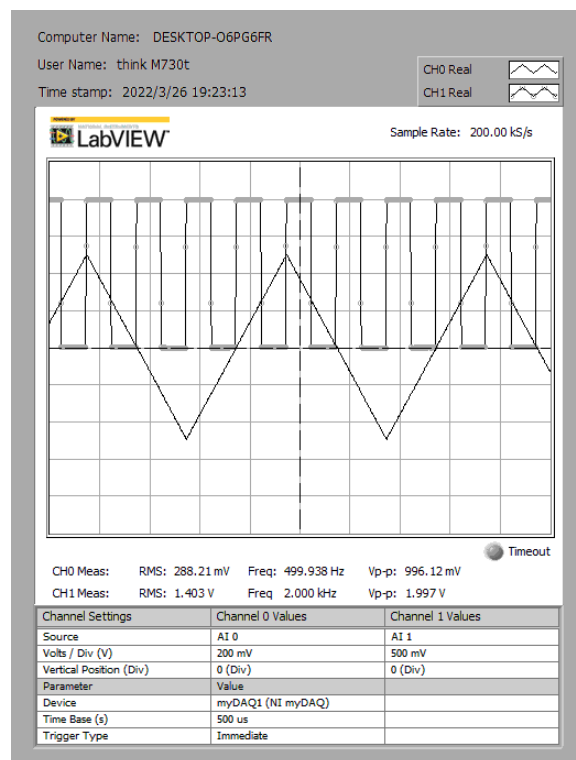


图 15 2kHz 开关函数下原始三角波(CH0)和采样信号(CH1)

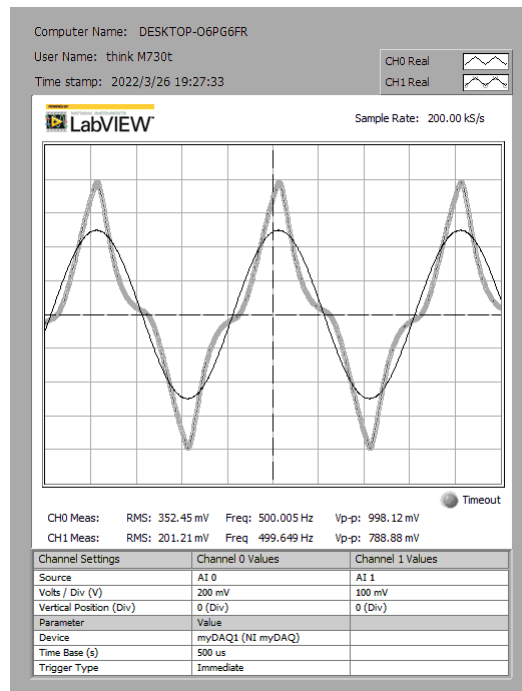


图 16 1kHz 开关函数下原始正弦波(CH0)和恢复正弦波(CH1)

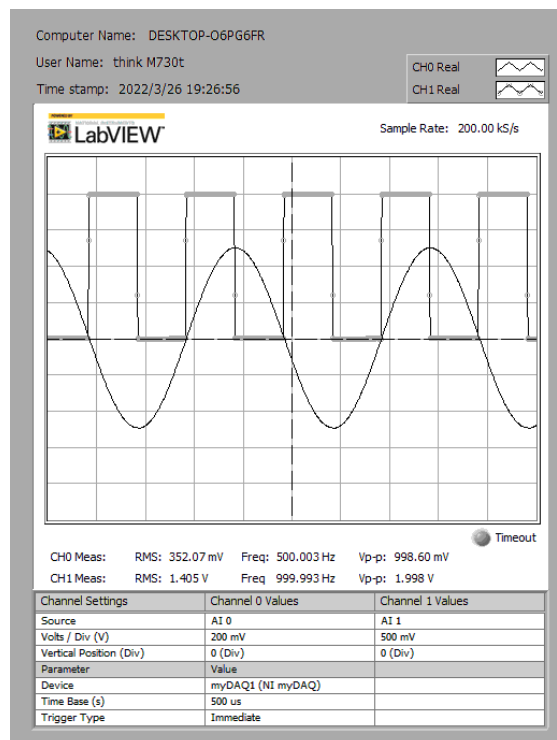


图 17 1kHz 开关函数下原始正弦波(CH0)和采样信号(CH1)

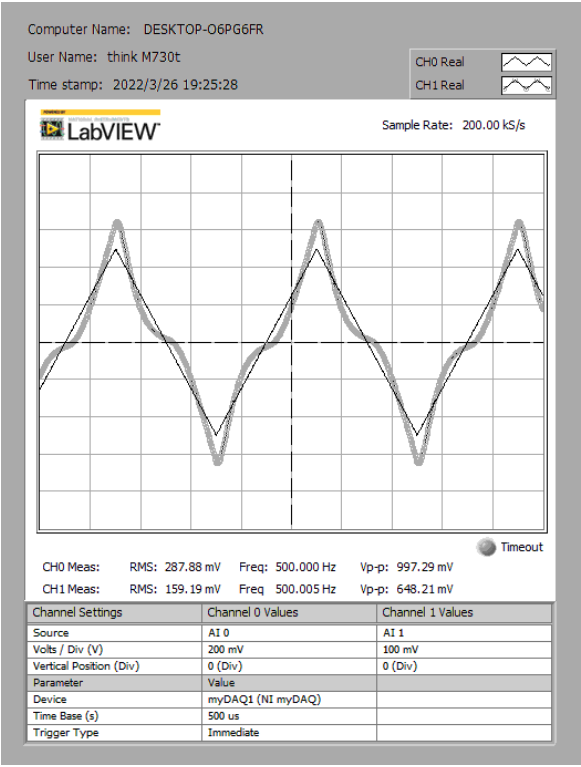


图 18 1kHz 开关函数下原始三角波(CH0)和恢复三角波(CH1)

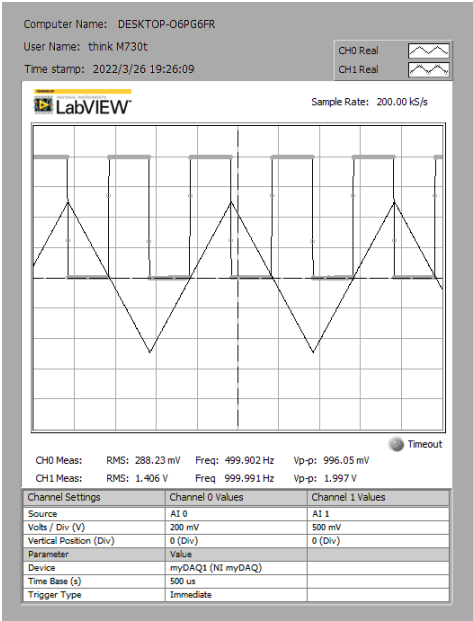


图 19 1kHz 开关函数下原始三角波(CH0)和采样信号(CH1)

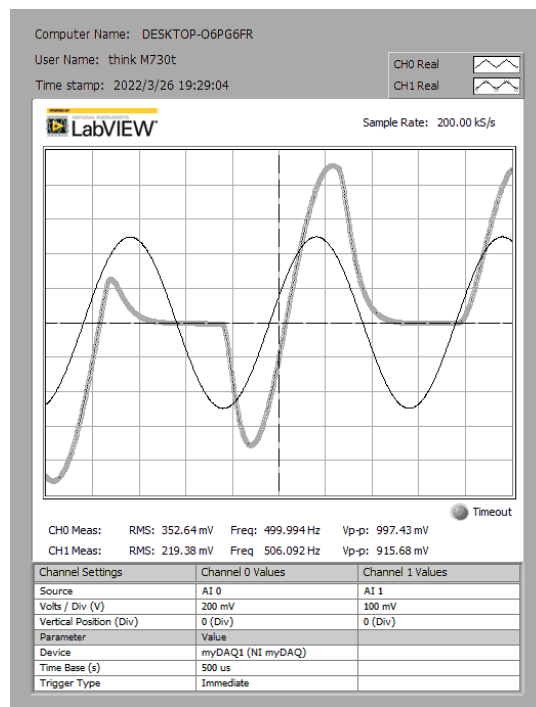


图 20 400Hz 开关函数下原始正弦波(CH0)和恢复正弦波(CH1)

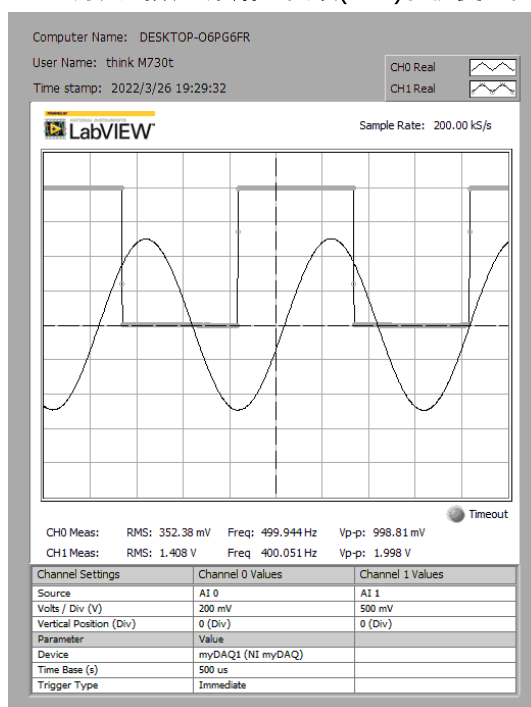


图 21 400Hz 开关函数下原始正弦波(CH0)和采样信号(CH1)

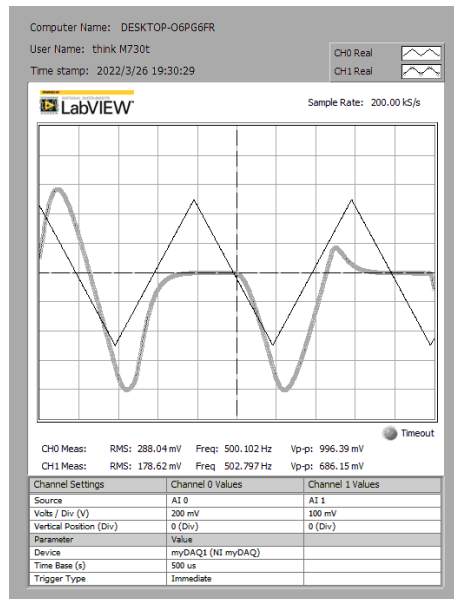


图 22 400Hz 开关函数下原始三角波(CH0)和恢复三角波(CH1)

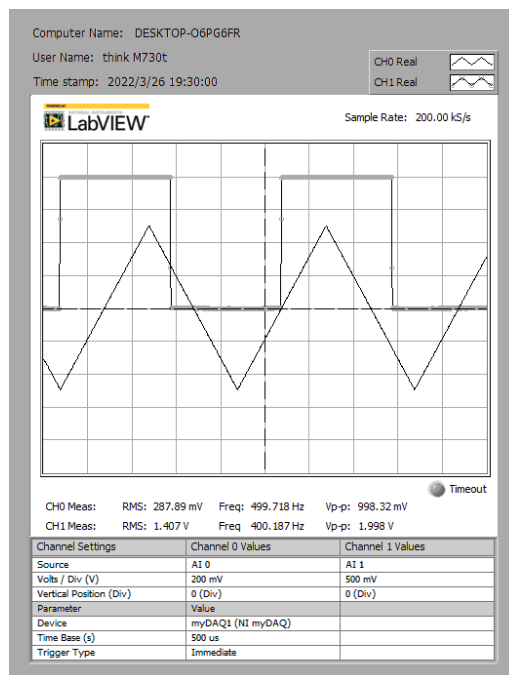


图 23 400Hz 开关函数下原始三角波(CH0)和采样信号(CH1)

因为采样信号与原信号之间应该满足 $\omega_s \geq 2\omega_m$ 才可以从理论上进行恢复信号的过程，所以我们会发现频率较低时恢复信号的还原性很差，而且在实际中，当频率大于奈奎斯频率时，也无法做到很好的还原原始信号，这可能是由于生成的信号频率并不是单一严格的 500Hz，存在较大噪声等，因此在实际中需要远大于奈奎斯频率的频率进行信号的还原；

观察图片发现，当采样频率为 1kHz、2kHz、5kHz、10kHz 时，抽样信号、恢复信号越来越接近原信号，信号失真程度越来越低。

发现采样信号的峰峰值会近似等于原始信号峰峰值的二分之一，这是因为采样信号使用的是高频率的

方波。

2、分析原始连续信号分别为正弦波和三角波时，抽样信号的频谱特点

通过相同原信号频率、相同采样频率下正弦波与三角波在示波器中图像，发现三角波的失真程度更大。

这是因为三角波频谱无限，因此在傅里叶展开后存在无穷频率的成分，所以在恢复信号时，无法做到频率完全覆盖，总存在部分的信号无法被恢复。对于 500Hz 的信号，其奈奎斯频率为 1kHz，但因为三角波无法被完全恢复，因此在同一截止频率、同一采样频率下，三角波恢复信号的失真程度更大。

3、整理数据，设计并填写表格，总结离散信号频谱的特点

发现频谱发生了周期延拓，即将原连续信号的频谱 $X(\omega)$ 分别延拓到了以 $n\omega_s$ 为中心的频谱，其中 ω_s 为采样角频率；此外，还发现频谱的幅度乘上了 $1/T_s$ 因子，其中 T_s 为采样周期

六、讨论、心得

通过本次实验我意识到现实中信号的采样与恢复与理论中信号的采样与恢复是有所区别的，理论上采样信号只需要大于原始信号频率的两倍就能很好的还原，但在实际的工业中可能需要 10 倍左右的频率才能很好的做好信号的还原。在教材中，我们学习的是使用冲激函数进行采样，但是现实中无法产生真正意义上的冲激信号，只能使用门函数（即开关信号）进行近似替代。最后，通过这次的实验，对离散信号的频谱特征有了更深刻的认识，课内的知识也得到了巩固。