**实验报告**

专业： 自动化（控制）

姓名： 先野孤寡蛙

学号： 114514

日期： 2024/4/1

地点： 东三409

课程名称： 信号分析与处理 指导老师： 刘严 实验名称： 采样定理的验证

1. 实验目的
2. 了解信号的采样方法与过程以及信号恢复的方法
3. 验证采样定理
4. 实验设备
5. PC机一台
6. NI MyDAQ设备一台（信号发生器和示波器）
7. 信号分析与处理实验板（编号DG04）
8. 导线若干

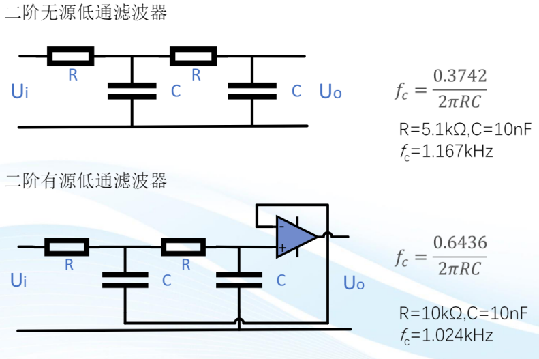
三、实验原理

1.信号的恢复需要有两个条件：

1）原信号频带有限；2）fs>2fm。

2.原信号恢复的方法：

设计合适的低通滤波器，将采样后的信号通过该低通滤波器滤除高频率的分量，得到最后恢复的信号。



3.实验电路连接：

1）连接Mydag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。

四、实验内容

1.正弦波的采样与恢复

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。

开关信号：

波形：矩形波

频率：10kHz,占空比50%

峰峰值：2V

持续时间：10ms

采样率：200kHz

原视信号：

波形：正弦波

频率：500Hz

峰峰值：1V

偏置：0V

持续时间：10ms

采样率：200kHz

1. 通过MyDaq的示波器，观察并记录输入和输出波形。
2. 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。

2.三角波的采样与恢复

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。

开关信号：

波形：单极性矩形波

频率：10kHz,占空比50%

峰峰值：2V

持续时间：10ms

采样率：200kHz

原视信号：

波形：三角波

频率：500Hz

峰峰值：1V

偏置：0V

持续时间：10ms

采样率：200kHz

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。

五、实验数据记录和处理

1）数据整理

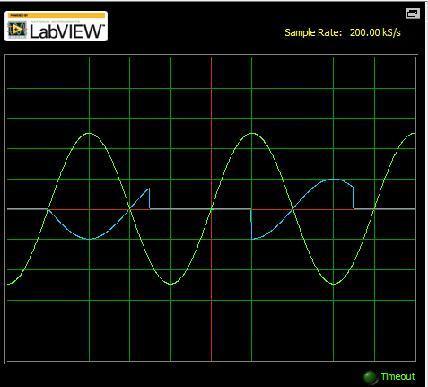
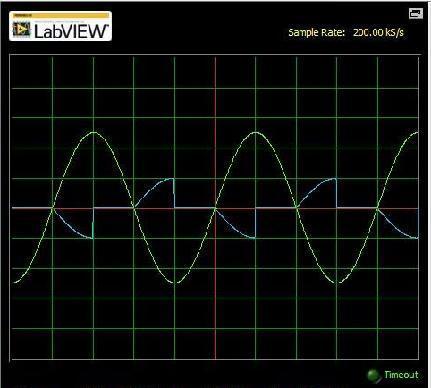
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **频率/Hz** | **采样** | | | **恢复后** | | |
| **正弦波** | Freqence | Vp-p | RMS | Freqence | Vp-p | RMS |
| **400** | 493.126Hz | 993.15mv | 247.34mv | 506.387Hz | 911.68mv | 218.13mv |
| **1,000** | 500.341Hz | 993.47mv | 246.75mv | 500.0255Hz | 778.25mv | 199.69mv |
| **2,000** | 500.045Hz | 993.15mv | 248.17mv | 500.029Hz | 688.03mv | 176.01mv |
| **5,000** | 500.014Hz | 993.15mv | 246.45mv | 500.009Hz | 506.12mv | 162.02mv |
| **10,000** | 500.012Hz | 992.51mv | 246.10mv | 500.002hz | 470.18mv | 160.90mv |

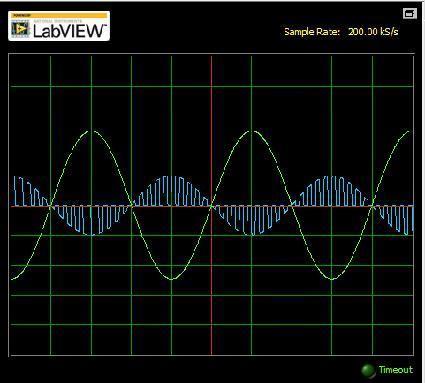
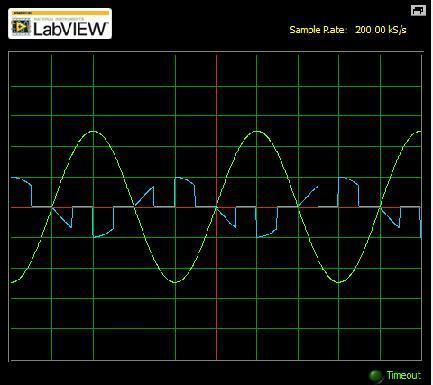
表一：正弦波的采样与恢复

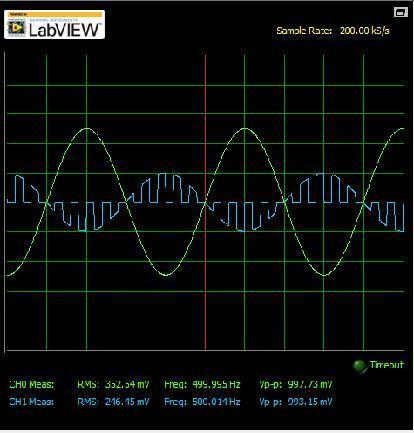
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **频率/Hz** | **采样** | | | **恢复后** | | |
| **三角波** | Freq | Vp-p | RMS | Freq | Vp-p | RMS |
| **400** | 500.118Hz | 991.52mv | 202.99mv | 521.489Hz | 679.96mv | 176.15mv |
| **1,000** | 500.373Hz | 978.89mv | 201.98mv | 500.284Hz | 638.67mv | 158.05mv |
| **2,000** | 500.196Hz | 987.75mv | 204.03mv | 500.115Hz | 567.62mv | 143.54mv |
| **5,000** | 500.108Hz | 988.87mv | 202.55mv | 500.054Hz | 420.71mv | 131.98mv |
| **10,000** | 500.112Hz | 978.44mv | 200.96mv | 500.060Hz | 408.49mv | 130.81mv |

表二：三角波的采样与恢复

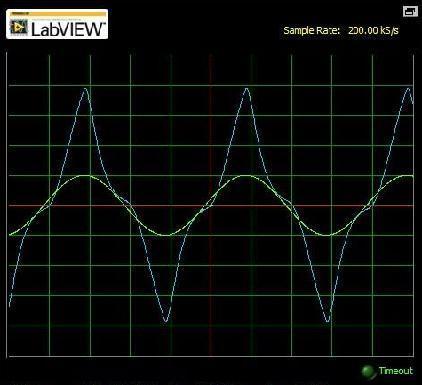
附图系列一:依次为采样频率从小到大得到的正弦波采样结果（从左到右，从上到下）

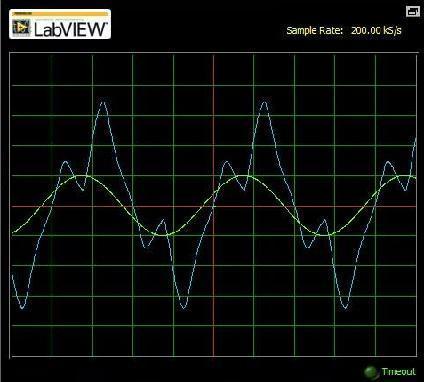
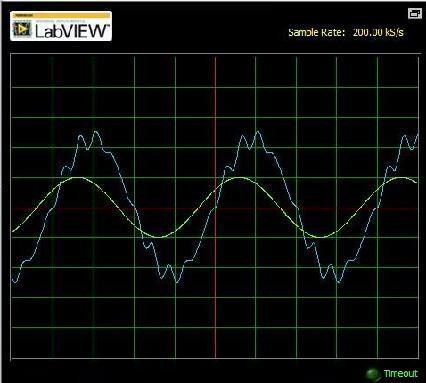
 

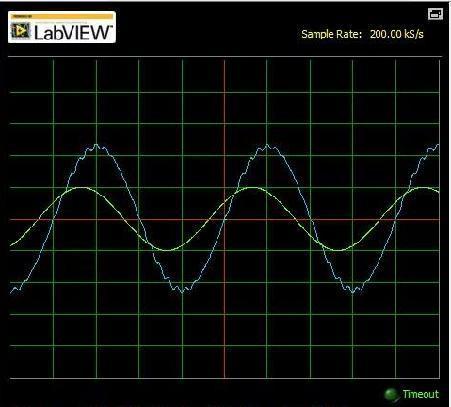
 



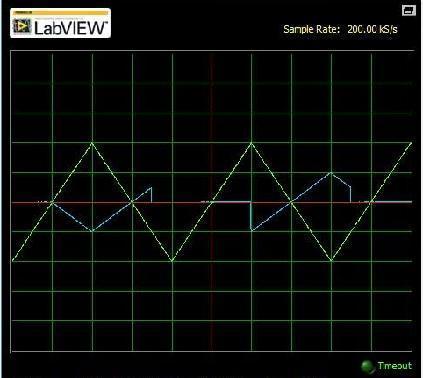
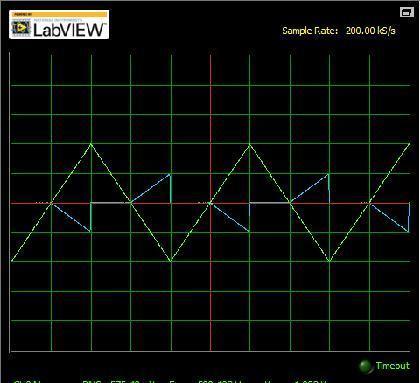
附图系列二：依次为采样频率从小到大得到的正弦波恢复结果（从左到右，从上到下）

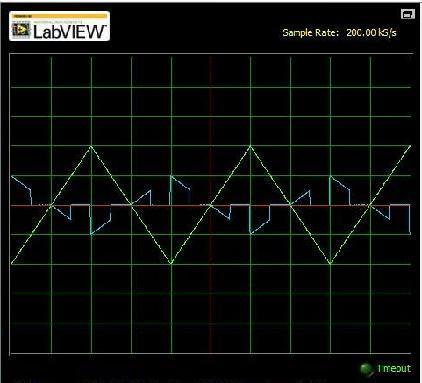
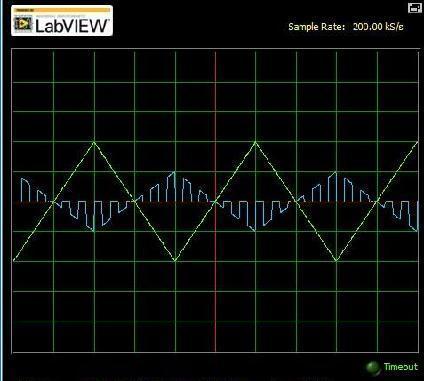
 

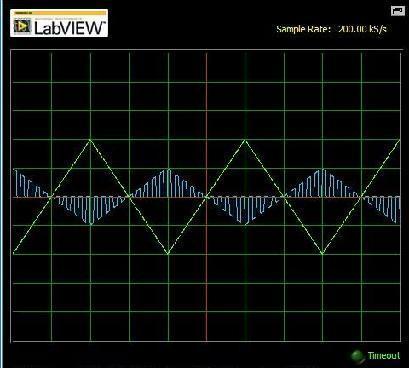
 



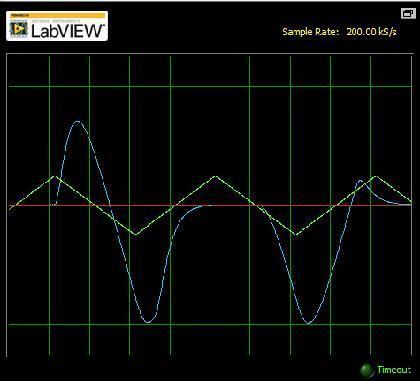
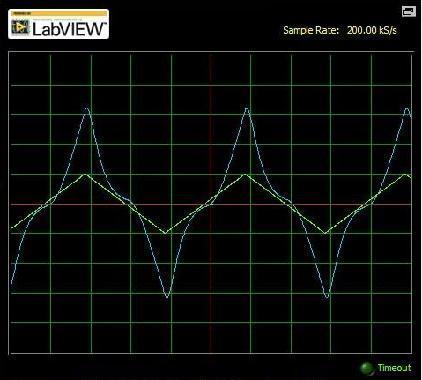
附图系列三：依次为采样频率从小到大得到的三角波采样结果（从左到右，从上到下）

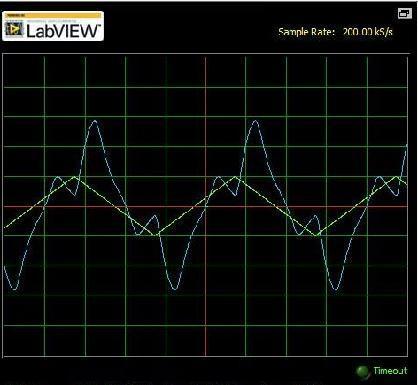
 



附图系列四：依次为采样频率从小到大得到的三角波采样结果（从左到右，从上到下）

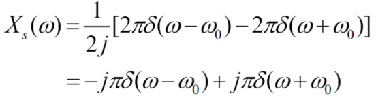
![7{QSX}{V7Q](TNS0~S(5_UP_tmb](data:image/jpeg;base64,)

六、实验结果与分析

1.频谱特点的理论分析

（1）正弦波

通过欧拉公式，应用复数形势下的傅里叶变换



得到其频域的表达式为

所以对于正弦函数，他的频域就有且仅有的分量。

采用方波抽样时，对于正弦波而言，抽样信号会产生多个频率相同的谐波成分，导致频谱图上呈现一系列峰值，其幅度随着频率增加而减小，可能会出现混叠现象。然而，随着采样频率的提高，采样点变得更加密集，可以减少混叠现象的发生，从而更好地还原原始信号的波形。

（2）三角波

本实验中的三角波可以看作一个单位三角波沿y轴负半轴移动0.5个单位后得到的信号，而单位三角波可以通过两次求导得到冲激信号，将冲激信号进行傅里叶变换后再进行两次积分变换，就可以得到最终的三角波的傅里叶变换表达式如下：

三角波由于的存在，没有最高频率，也就没有所对应的奈奎斯特频率。因此在理论上无法找出合适的抽样信号将其完美还原。

对其频谱进行分析，会发现其频谱类似于正弦波，这是因为有，其频谱也具有一系列频率的谐波成分，且呈现出一定的周期性变换。由三角波的不对称性，在低频下抽样时，会出现谐波失真现象。随采样频率升高，这种现象会逐渐消失。

2.实验结果与分析

（1）正弦波与三角波之间的比较分析：

两者的还原效果在图中看起来，相同频率的条件下，正弦波的还原效果比较好，尤其是随着取样频率的上升，还原效果改善的很明显，但三角波不明显。这是因为三角波的连续时间周期信号的频谱是没有最大值的，其频谱中含有的成分，所有也就没有所对应的奈奎斯特频率，所以随着采样频率的上升，混叠现象始终无法消除，因此无法得到比较好的还原。而对于正弦波，由于该正弦波的频域是有限的，因此当采样频率增到一定程度时，不再有混叠现象，正弦波能被很好得还原。

（2）不同采样频率之间的比较

根据实验结果图观察到，随着采样频率的增加，正弦波和三角波的恢复效果都显著改善，这是因为增大采样频率减少了频谱混叠现象的发生。尽管理论上，周期信号的采样频率达到2倍之后即可得到恢复信号，但实验结果显示，在克服各种干扰后，最佳恢复波形需要更高的采样频率，一般工程上会选择超过10倍的采样频率。此外，观察到对于采样信号，其有效值、峰峰值和频率变化不大；而对于恢复的信号，频率保持稳定，但有效值峰峰值随着采样频率的提高而逐渐减小，这是由于采样信号与原始信号之间能量损失，尤其在高频抽样时，由于方波占空比为50%，所得信号的峰值只有原始信号的一半。

七、实验心得和体会

尽管这是首次进行此实验，但因先前具备模拟电路实验的经验，因此我能很快熟悉各种设备，并未遇到较大困难。通过这次实验，我接触到了之前未曾使用过的一些设备，如采样恢复电路板和与以往模拟电路实验不同的示波器设备。此外，我深入理解了信号原理和采样恢复的完整过程，并将其与上学期的模拟电路实验相结合，对傅里叶变换有了更深刻的理解，也增进了对离散信号和连续信号在时域和频域上特性的认知，收获颇丰。