

生物医学信号处理综合实验报告

项目零

组员：侯睿哲 欧恒悦 冉运聪

实验目的

1. 了解信号采集的过程；
2. 掌握 USB-4704 的基本功能和使用方法；
3. 掌握 ELVIS II+ 的基本功能和使用方法；
4. 掌握 DAQNav i 的基本功能和使用方法。

实验器材

- USB-4704；
- DAQNav i；
- DAQNav i Driver for USB-4704；
- ELVIS II+；

实验步骤

1. 测试 USB-4704 模拟输入、模拟输出、数字输入/输出和计数器的功能

(1) 将模拟输入端和模拟输出端通过导线连接，在 DAQNav i 设置输出信号的波形，在模拟输入端检查显示的波形并记录不同设定参数下的结果；

- (2) 用不同结果说明模拟输入中采样率的作用；
- (3) 将数字输入端和模拟输出端通过导线连接，在 DAQNav i 设置模拟输出的电平，在数字输入端检查电平并记录不同设定参数下的结果；
- (4) 确定数字输入和输出中高电平和低电平的电压范围，并尝试说明如此设置的目的；
- (5) 将计数器端接入模拟输出端或数字输出端，设置占空比参数，检查输入端波形并记录不同设定参数下的结果；

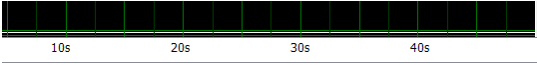
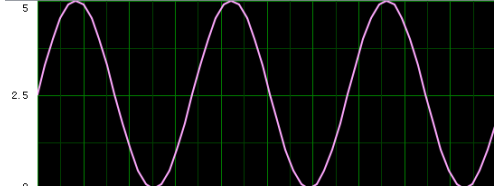
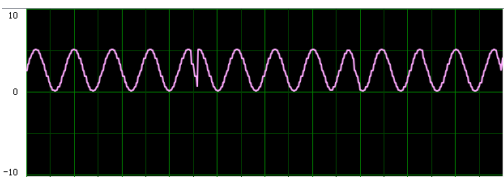
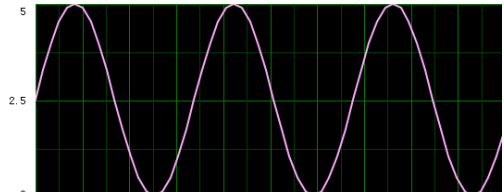
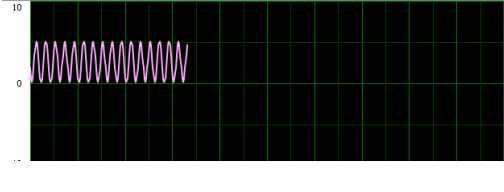
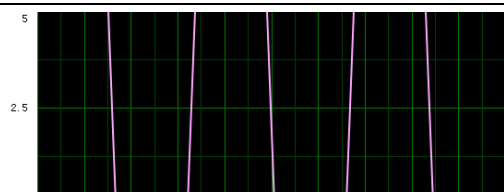
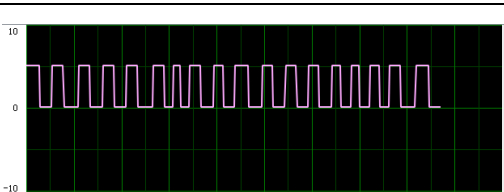
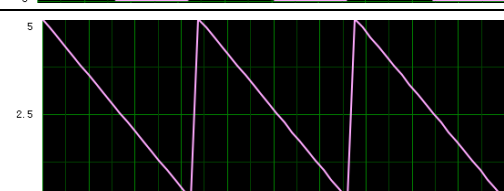
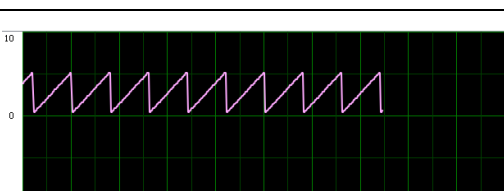
2. 测试 ELVIS II+ 的示波器、信号发生器和数字万用表的功能：

- (1) 将 USB-4704 模拟输出端通过导线连接至示波器，在 DAQNav i 设置输出信号的波形，在示波器端检查显示的波形并记录不同设定参数下的结果；
- (2) 将信号发生器与示波器通过导线连接，在信号发生器控制端设置输出信号的波形，在示波器端检查显示的波形并记录不同设定参数下的结果；
- (3) 将 USB-4704 模拟输出端通过导线连接至数字万用表，在 DAQNav i 设置模拟输出的电平，在数字万用表端记录不同设定参数下的结果；
- (4) 将 USB-4704 数字输出端通过导线连接至数字万用表，在 DAQNav i 分别设置高/低电平输出，在数字万用表端记录不同电平输出下的结果；

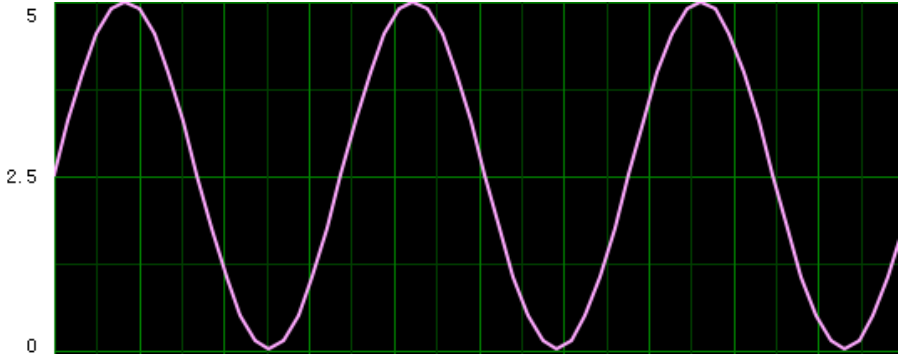
实验结果

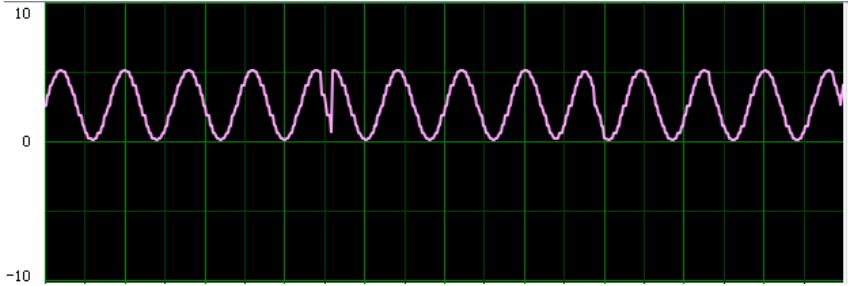
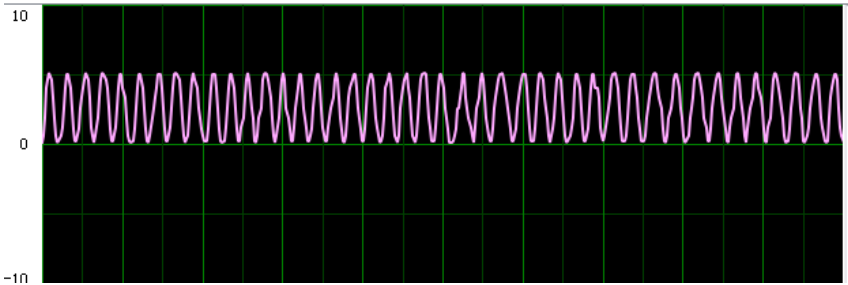

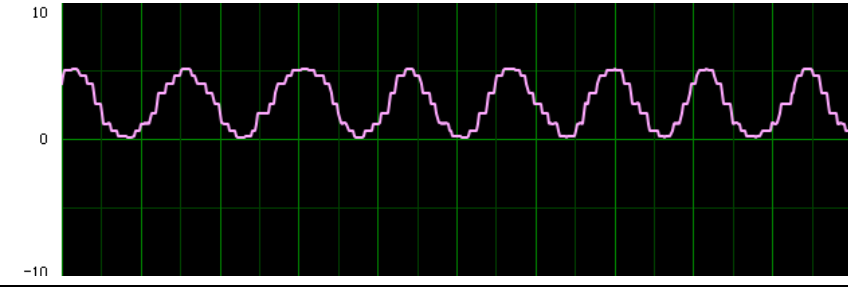
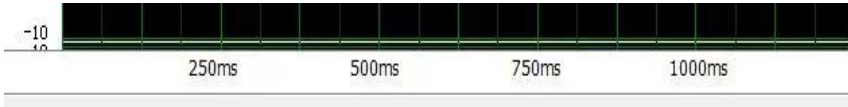
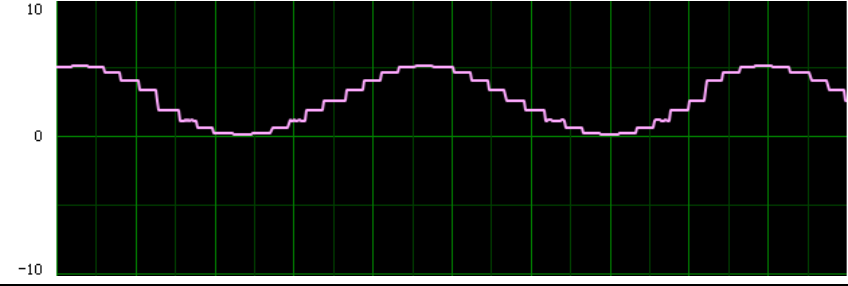

USB-4704 功能测试

1.将模拟输入端和模拟输出端通过导线连接，在 DAQNav 设置输出信号的波形，在模拟输入端检查显示的波形并记录不同设定参数下的结果；（输入 polling rate=10Hz）

模拟输出端信号				模拟输入端信号 横坐标统一为： 
每周期点数	频率/Hz	波形	图形	
20	10	Sine		 <div>4.87183 4.87183 4.9939 4.99146 4.87183 4.86816 3.96362 3.96362 3.27393 3.27393 2.49678 3.96118</div>
	1	Sine		 <div>3.27393 4.51294 4.99146 4.51294 3.27393 1.72119 0.480957 0.00488281 0.483398 1.72119 3.27393 4.51538</div>
	10	Ramp		 <div>0.00732422 0.00732422 0.00732422 0.00732422 0.00732422 0.00732422 0.00488281 0.00488281 0.00732422 0.00732422 0.00732422</div>
	10	Trapezoid		 <div>3.9917 4.24683 4.24683 4.49097 4.49097 4.74121 4.74121 4.9939 4.98779 0.251465 0.251465 0.50415</div>



2.用不同结果说明模拟输入中采样率的作用；

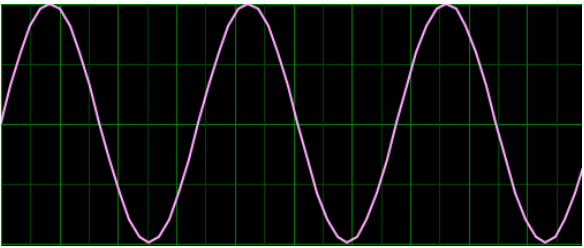
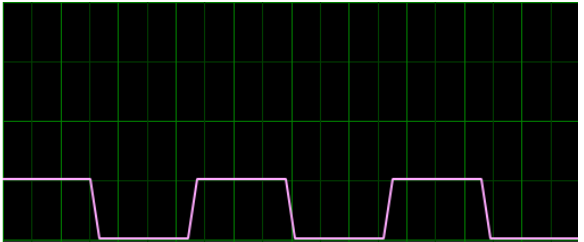
模拟输出信号	波形：Sine 频率：10Hz 每周期点数：20	
--------	--------------------------------	--

模 拟 输 入 信 号	Polling rate: 10Hz	 <div>4.87183 4.87183 4.9939 4.99146 4.87183 4.86816 3.96362 3.96362 3.27393 3.27393 2.49878 3.96118</div>
	Polling rate: 100Hz	 <div>0.00732422 0.12207 1.72363 3.27148 3.96118 4.87183 4.87183 4.51538 2.49878 1.03149 0.483398 0.00488281</div> 
	Polling rate: 400Hz	 <div>1.72363 1.72363 1.02905 1.02905 1.03516 1.02905 1.02905 0.480957 0.483398 0.480957 0.483398 0.12207</div> 
	Polling rate: 1000Hz	 <div>3.27393 3.27393 3.27393 3.27393 3.27393 3.27393 3.27148 3.27148 3.27393 2.4939 2.49878</div> 

3.将数字输入端和模拟输出端通过导线连接，在 DAQNav 设置模拟输出的电平，在数字输入端检查电平并记录不同设定参数下的结果；

数字输入界面端：

D0 输入为低电平	D0 输入为高电平
<div>Port D7 D4 D3 D0 Hex</div> <div>0  FE</div>	<div>Port D7 D4 D3 D0 Hex</div> <div>0  FF</div>

模拟输出信号	输出频率/Hz	输出每周点数	模拟输出信号图像	数字输入显示
Sine	10	20		高低电平交替显示
Trapezoid	10	20		高低电平交替显示

4.确定数字输入和输出中高电平和低电平的电压范围，并尝试说明如此设置的目的；

①多次修改方波信号的幅值和偏置电压来观察数字输入信号：

电平/v	状态	电平/v	状态
5	1	1.6	1
2.5	1	1.58	不稳定
2.4	1	1.57	不稳定
2.3	1	1.56	0
2	1	1.5	0
1.7	1	1.25	0

我们看到输出电平在 1.58V 附近时，输入端观察到高低电平不稳定，在此基础上，信号增大则有高电平，信号减小则无高电平，由此，我们得出的电压阈值为 1.58V，考虑到仪器精度，实际标定电压阈值可能为 1.6 V

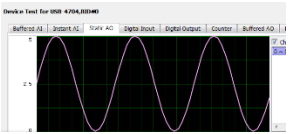
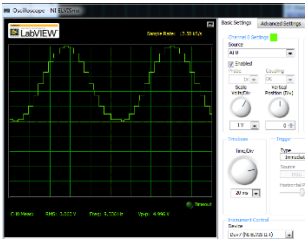
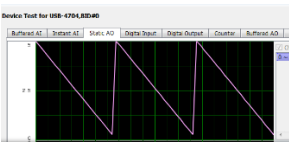
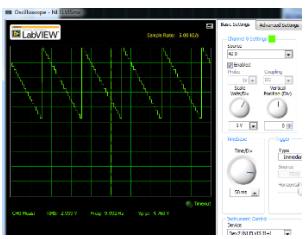
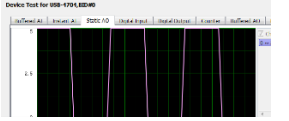
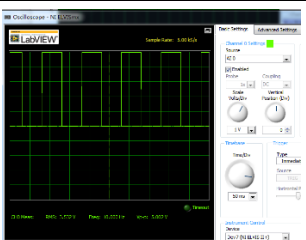

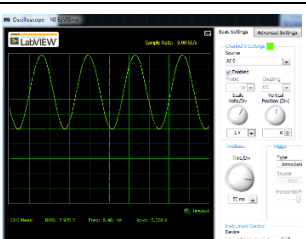
②设置的目的：针对不同的器件有不同的电平标准，目的是使高低电平能够更好的区分并且尽量不受到信号衰减的干扰。

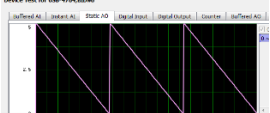
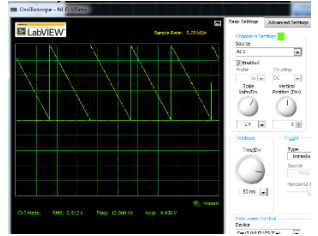
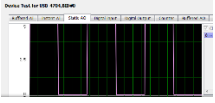
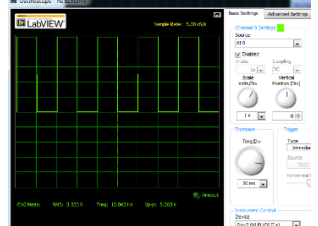
5.将计数器端接入模拟输出端或数字输出端，设置占空比参数，检查输入端波形并记录不同设定参数下的结果；

输出信号	占空比	计数器上跳动最频繁的数据（测量的频率）
方波信号 /Trapezoid	20%	9.951、9.952、10.052
	50%	9.951、9.952、9.953、10.046、10.051
	80%	9.953、10.051

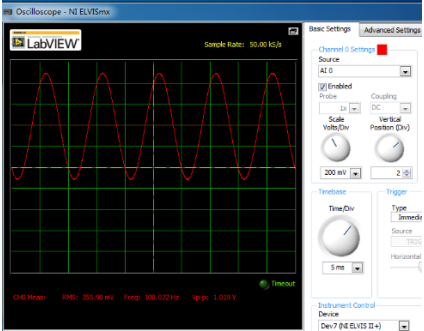
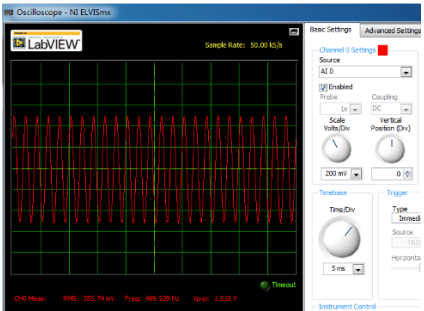
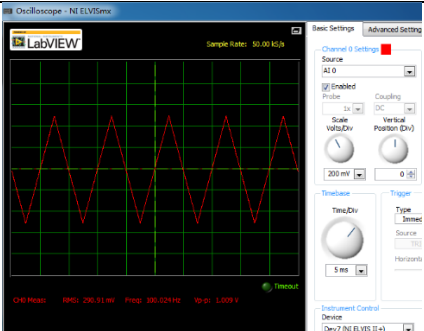
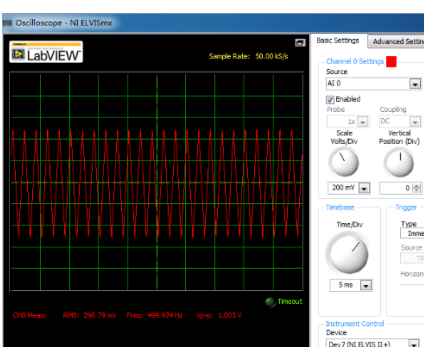
2. ELVIS II+ 功能测试

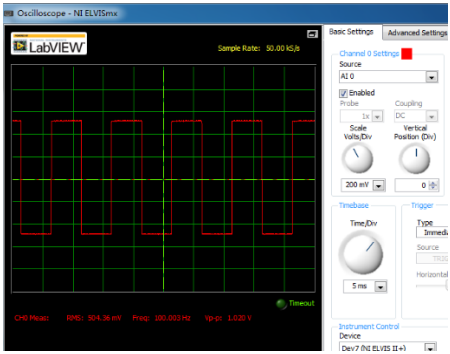
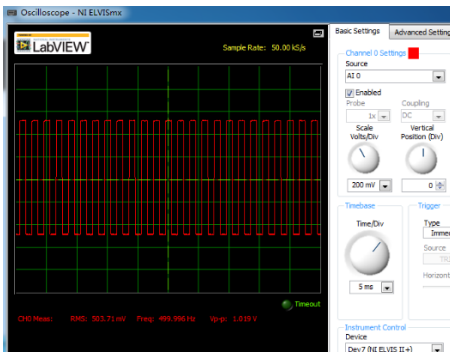
1.测试示波器功能，信号源为 USB-4704 的模拟输出端：

USB-4704 输出端信号				示波器信号
频率 /Hz	每周 期点 数	波形	图形	
10	20	Sine		
		Ramp		
		Trapezoid		
	100	Sine		

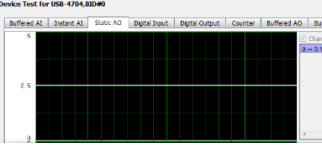
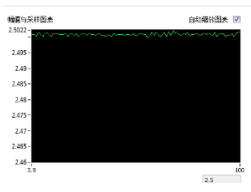
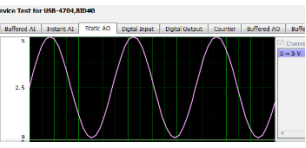
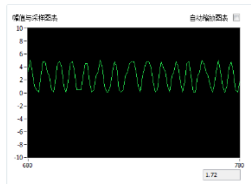
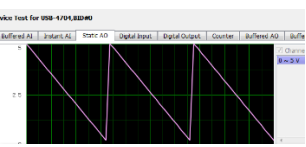
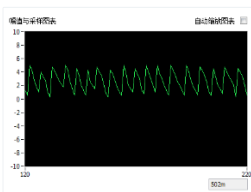
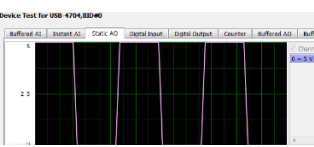
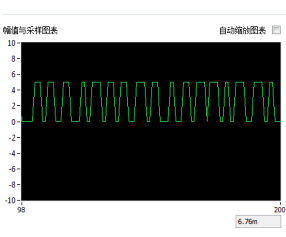

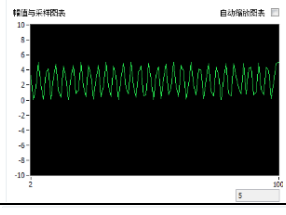
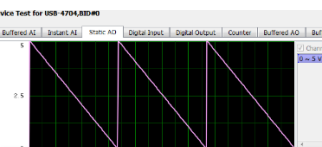
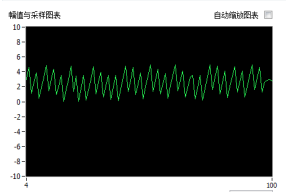
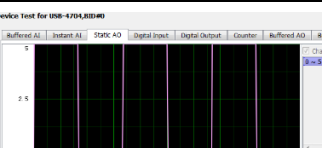
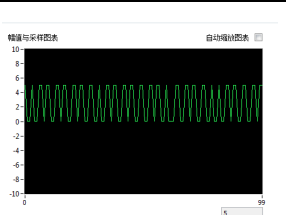
		Ramp	 <p>Device Test for USB-485A-B00000</p> <p>Waveform graph showing a Ramp signal. The y-axis ranges from 0 to 5, and the x-axis ranges from 0 to 10. The signal is a series of repeating ramp pulses.</p>	 <p>LabVIEW interface for the Ramp waveform. The graph shows a Ramp signal. The y-axis ranges from 0 to 5, and the x-axis ranges from 0 to 10. The signal is a series of repeating ramp pulses. The interface includes a 'Device Test for USB-485A-B00000' title bar and a 'Waveform' section with a 'Ramp' button and a 'Generate' button.</p>
		Trapezoid	 <p>Device Test for USB-485A-B00000</p> <p>Waveform graph showing a Trapezoid signal. The y-axis ranges from 0 to 5, and the x-axis ranges from 0 to 10. The signal is a series of repeating trapezoid pulses.</p>	 <p>LabVIEW interface for the Trapezoid waveform. The graph shows a Trapezoid signal. The y-axis ranges from 0 to 5, and the x-axis ranges from 0 to 10. The signal is a series of repeating trapezoid pulses. The interface includes a 'Device Test for USB-485A-B00000' title bar and a 'Waveform' section with a 'Trapezoid' button and a 'Generate' button.</p>

2. 测试示波器功能，信号源为 ELVIS II+ 的信号发生器：

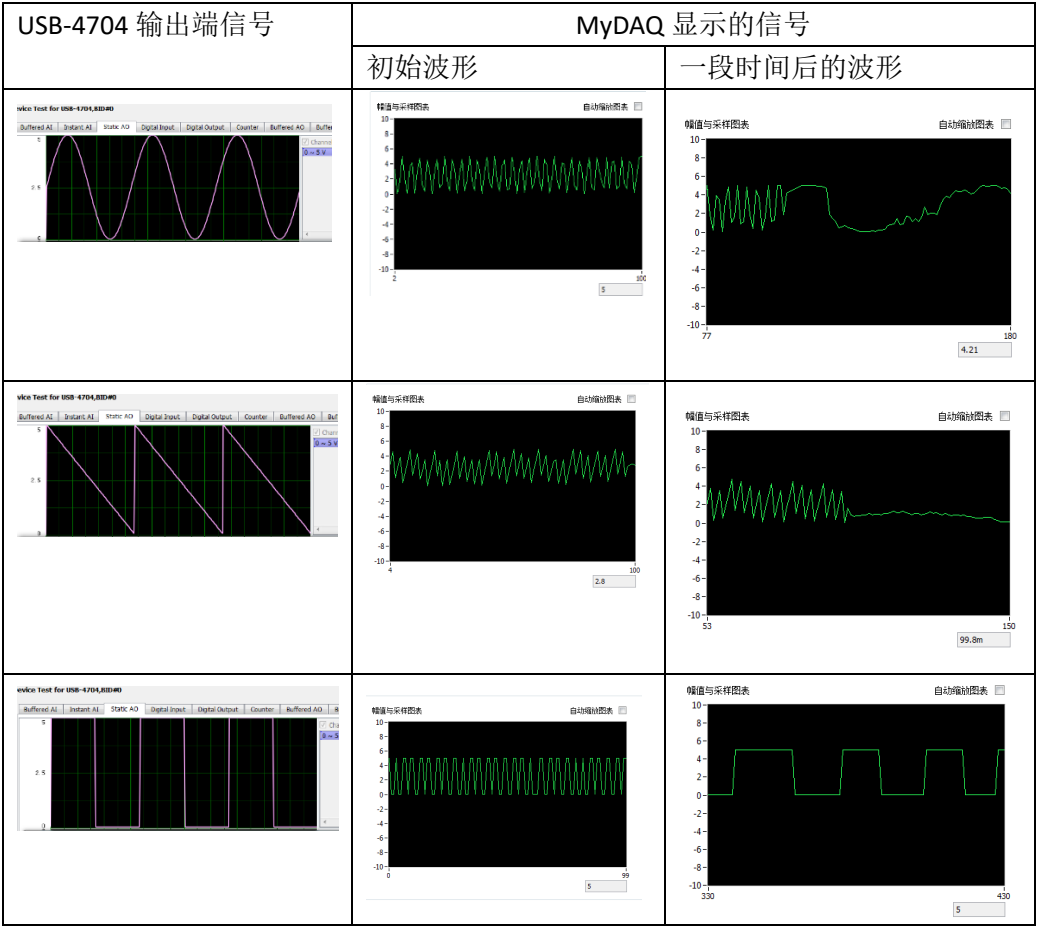
信号发生器		示波器波形图
波形	频率	
正弦波	100.024	
	499.934	
三角波	100.024	
	499.934	

方波	100.024	
	499.943	

3.测试 DAQNav 数字万用表功能，信号源为 USB-4704 模拟输出端：

USB-4704 输出端信号				myDAQ 显示的信号
频率 /Hz	每周 期点 数	波形	图形	
10	20	Level		
		Sine		
		Ramp		
		Trapezoid		
100	20	Sine		
		Ramp		
		Trapezoid		

将模拟输出参数调整为 10Hz，每周期点数 100，结果如下表：



4.测试 DAQNAvi 数字万用表功能，信号源为 USB-4704 数字输出端：

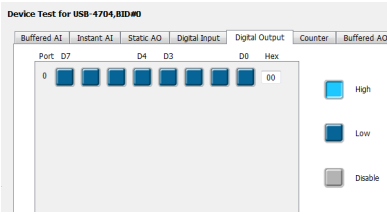


Figure 1 DAQNAvi 设置高/低电平输出

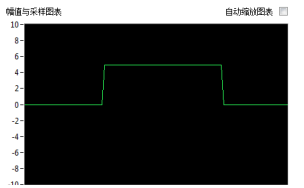


Figure 2 myDAQ 记录的高/低电平输出的结果

myDAQ 记录的波形显示了一次从低电平到高电平的上升沿和一次从高电平到低电平的下降沿。

分析与讨论

通过本次实验，我们掌握了 USB-4704 信号采集卡的基本作用，熟悉了软件界面的操作，掌握了共地接线等基本接线方法。

通过使用 ELVIS II+ 示波器与 DAQNav 数字万用表的示波功能，我们看到该信号采集卡的模拟输出实际上也是数字输出，通过调整频率与每周期输出点数，我们可以调整采集卡每秒输出的信号数目，他们之间的关系是：

$$\text{每秒输出信号数} = \text{频率} \times \text{每周期输出信号数}$$

使用 US-4704 采集卡，我们可以看到采样率对于信号采集的重要性。如在实验 1.1 中，对比模拟输出 10Hz 和模拟输出 1Hz 的信号，在模拟输入端观察到后者比前者更为密集。原因就在于模拟输入的采样率只有 10Hz，在对 10Hz 输出进行采样时漏掉了很多信号点，导致频率改变。

同时，对比 ELVIS 和数字万用表的示波器功能，我们发现 ELVIS 的示波器在采样率上要高出数字万用表，体现为在模拟输出正弦信号时，通过 ELVIS 可以观察到阶梯状波形。而数字万用表灵敏度更高，也更易受干扰，体现为波形的不规整。

最后，在实验结果 2.3 中，我们发现通过数字万用表观察到的波形，在一段时间的稳定后出现了形态和频率的大幅改变，而通过 ELVIS 示波器观察，则不会出现这个结果。考虑到 DAQNav 的高灵敏特性，我们认为这是环境中的共模干扰引起，但无法解释上述波形改变总是稳定出现，有待进一步探究。

小组分工

侯睿哲：实验 2（原问题 5）结果整理；

欧恒悦：实验 1（原问题 3）结果整理；

冉运聪：报告撰写，整理，对结果的分析讨论。