

# 项目零

小组成员: 陈宇 516021910399

李萌 516021910153

## [要求]

- 1、正确安装 DAQNav 和 USB-4704 驱动;
- 2、将 USB-4704 接入 PC, 并在 DAQNav 内成功检测出 USB-4704;
- 3、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;
- 4、将 ELVIS II+接入 PC, 并在 NI MAX 内成功检测出 ELVIS II+;
- 5、测试 ELVIS II+的示波器、信号发生器和数字万用表的功能。

## [结果展示]

- 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 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;

### 1) 改变模拟输出信号的频率:

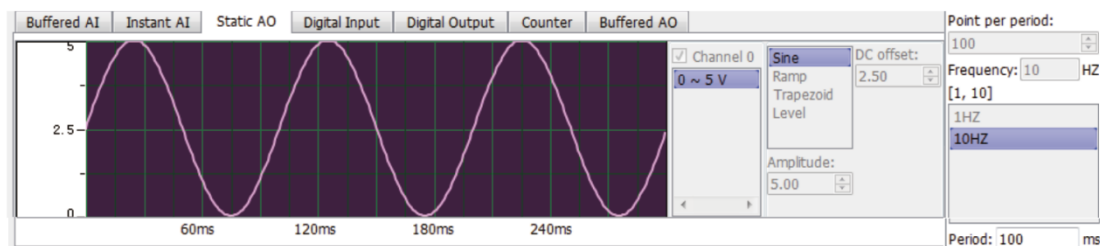


图 1-1 模拟输出信号. 波形:正弦波;幅值:0~5V;频率:10Hz; 每周期输出点数:100.

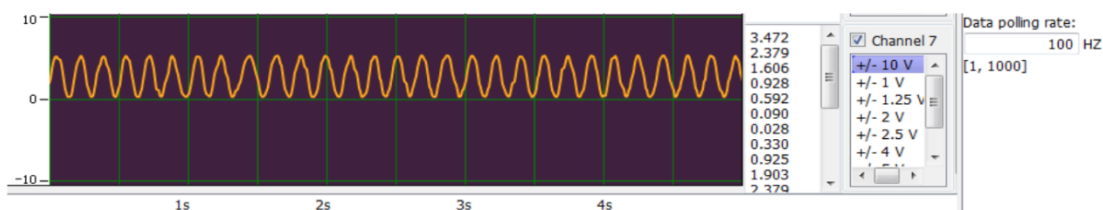


图 1-2 模拟输入信号.输入信号频率:10Hz;每周期输出点数:100; 采样率:100Hz.

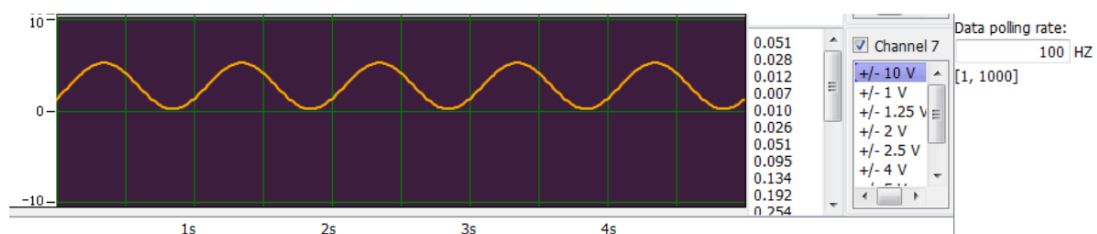


图 1-3 模拟输入信号.输入信号频率:1Hz; 每周期输出点数:100;采样率:100Hz

**[结论 1-1]** 当采样率远大于输出信号频率时（大于 10 倍）信号波形不发生失真。

## 2) 改变输出信号每周期输出点数 (point per period \* frequency)

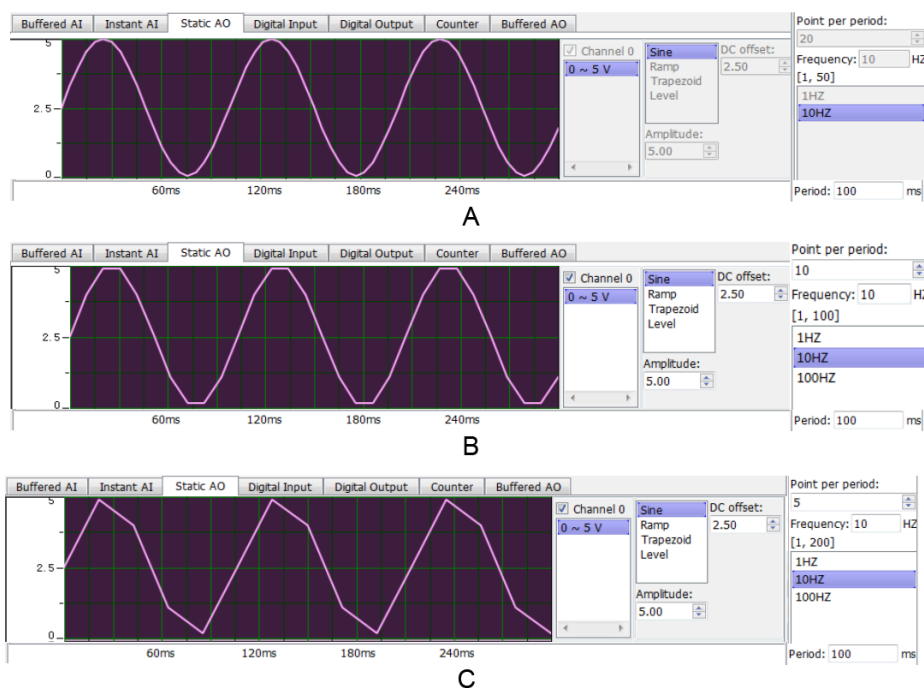


图 1-4 模拟输出信号.频率:10Hz;幅值:0~5V. A.每周期输出点数:20;  
B. 每周期输出点数:10; C. 每周期输出点数:5

### [结论 1-2]

可以发现当 point per period 不足时, 输出信号的波形严重失真; 一般而言输出率 ( $N = \text{point per period} * \text{frequency}$ ) 需要尽量大, 至少要大于采样率, 即至少要大于 2 倍的 frequency, 但在实际应用时, 采样率一般大于等于 10 倍的信号频率 frequency, 所以输出率尽量大比较好。

当 point per period 越来越大时, 每秒输出的点数越来越大, 这时输出信号也越接近于真实的模拟信号。

## 3) 改变采样率,使得采样率大于每周期输出点数 N 时:

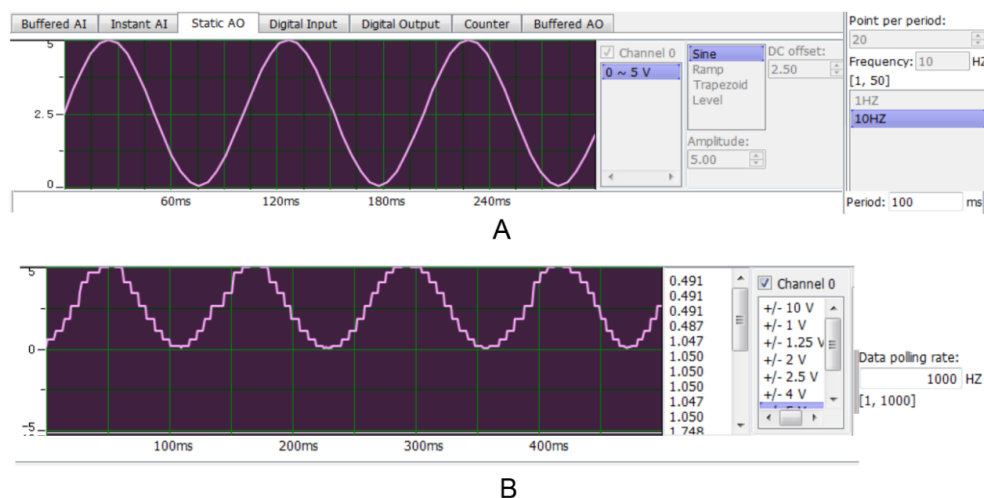


图 1-5 A.模拟输出信号. 波形:正弦波;幅度:0~5V;频率:10Hz; B. 模拟输入信号. 采样率:1kHz

### [结论 1-3]

当采样率远大于输出率  $N$  时，会出现多个采样点采到的是同一个输出点数据的情况，所以会出现阶梯状的信号。

(2) 用不同结果说明模拟输入中采样率的作用；

模拟输出信号如图 1-1. 其频率为 10Hz, 每周期输出点数为 100.

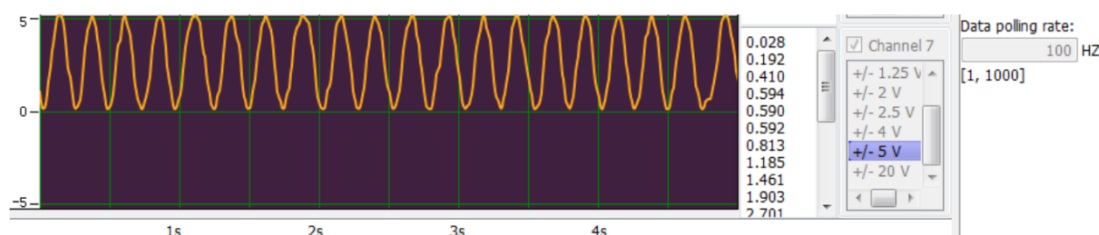


图 2-1 模拟输入信号. 采样率:100Hz

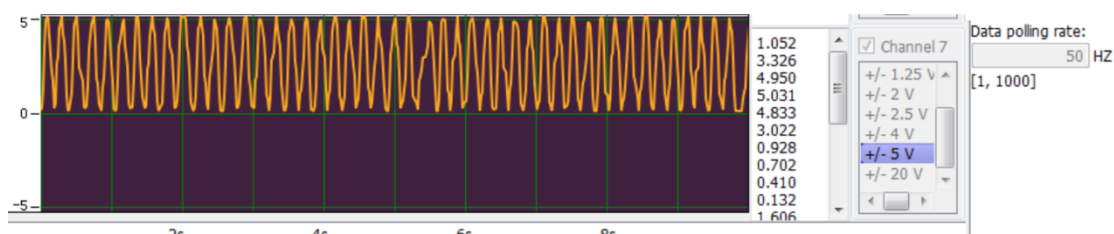


图 2-2 模拟输入信号. 采样率:50Hz

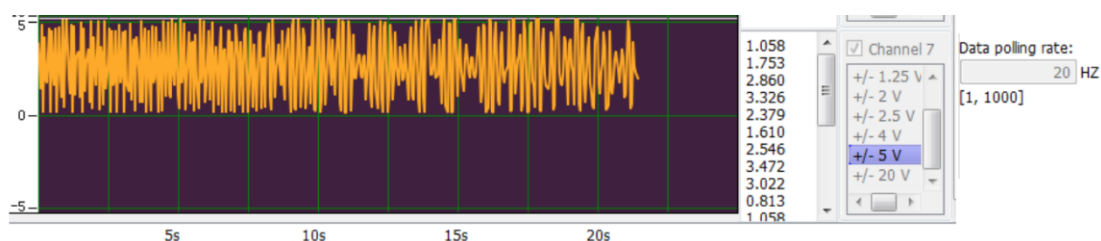


图 2-3 模拟输入信号. 采样率:20Hz

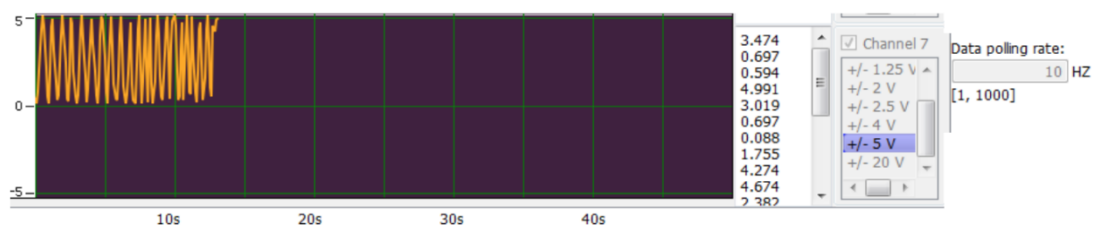


图 2-4 模拟输入信号. 采样率:10Hz

### [结论 2]

在每周期输出点数足够大的前提下，由采样定理, 采样率大于两倍信号频率时可由采样样本重建原信号, 但在实际应用中, 采样率至少要信号频率的 10 倍以上才能保证信号波形的不失真。

(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；

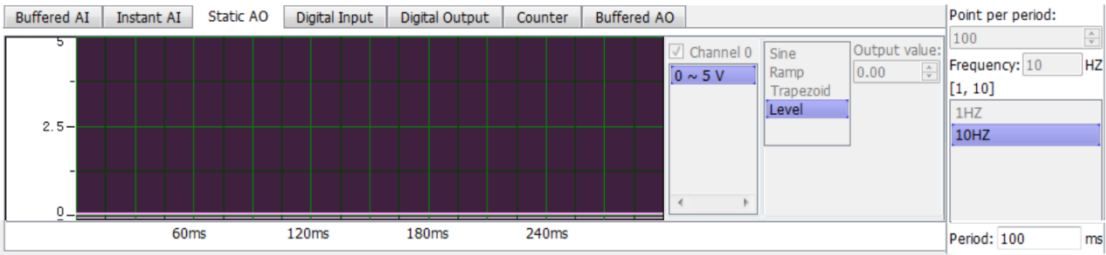


图 3-1 模拟直流输出信号.幅值:0V; 偏置:0V

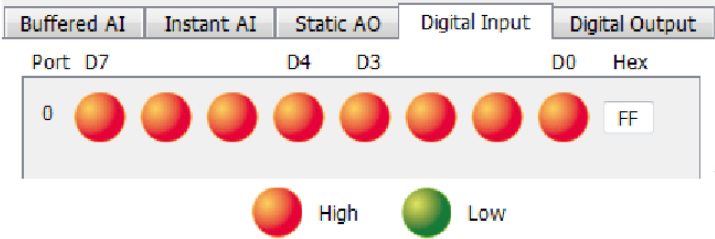


图 3-2 数字输入信号. 模拟输出信号幅值为 0V.

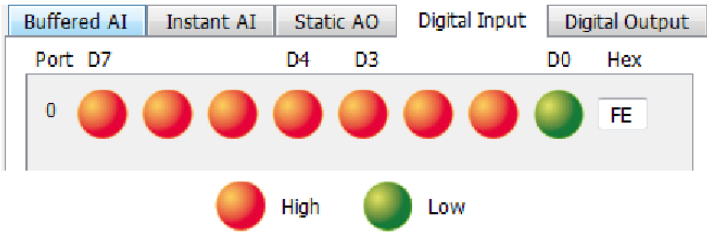


图 3-3 数字输入信号. 模拟输出信号幅值为 2V.

[结论 3] 空置时为高电平，接线后信号输出端和数字输入端之间无取反。

(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；

**Non-Isolated Digital Input/Output:**

Input Channels	8 TTL	
Input Voltage	Low	0.8 V max.
	High	2.0 V min.
Output Channels	8 TTL	
Output Voltage	Low	0.4V max.
	High	3.5V min.

图 4-1 USB-4704 数字输入/输出规格参数

表 1 USB-4704 数字输入/输出中高低电平的规格参数及实际测量结果的对比

		规格参数	实际测量结果
Input Channels	Low	0.8V max	1.12V max
	High	2.0V min	1.63Vmin
Output Channels	Low	0.4V max	0V
	High	3.5V min	5V

(注:数字输出实际电平来自图 9-1~图 9-2)

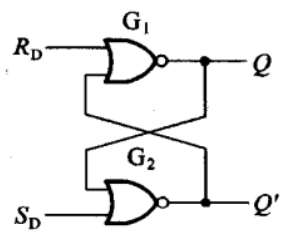


图 4-2 锁存器电路图

[结论 4]

在低电平和高电平的电压范围内, 数字输入信号的结果不会随着模拟直流输出信号的幅值变化而变化, 但是输出信号的电压值由低电平升高到高电平的最低电压值, 或由高电平降低到低电平的最高电压值时, 数字输入信号会发生改变。这利用的是锁存器(latch)的原理。目的是为了防止噪声信号或者电压不稳波动的干扰, 在输入信号没有变化的时候保持原来的状态不变, 直到下一个输入信号的到来。

(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;

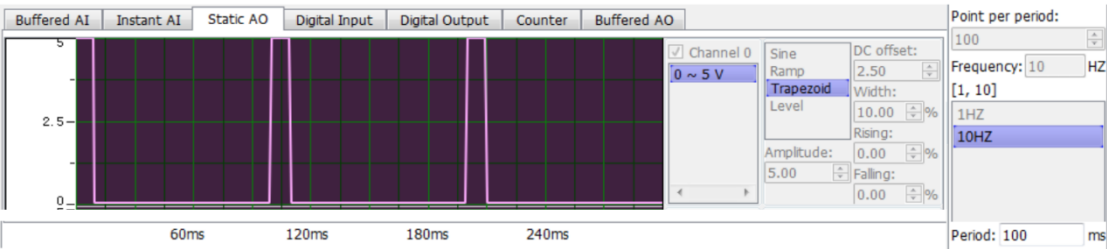


图 5-1 模拟输出信号. 波形:方波; 占空比:10%

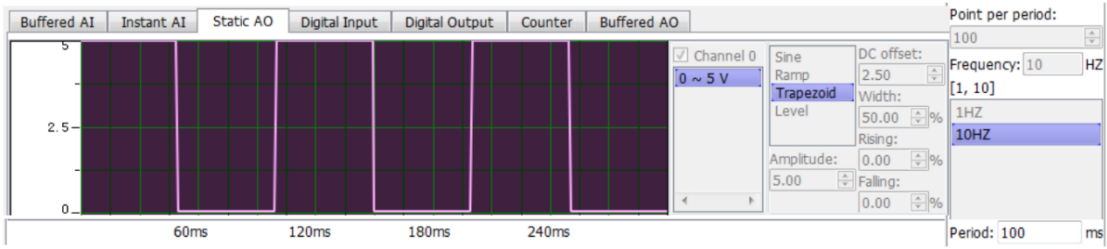


图 5-2 模拟输出信号. 波形:方波; 占空比:50%

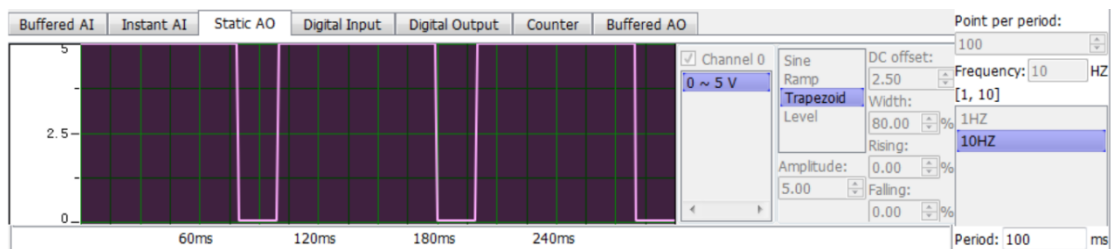


图 5-3 模拟输出信号. 波形:方波; 占空比:80%

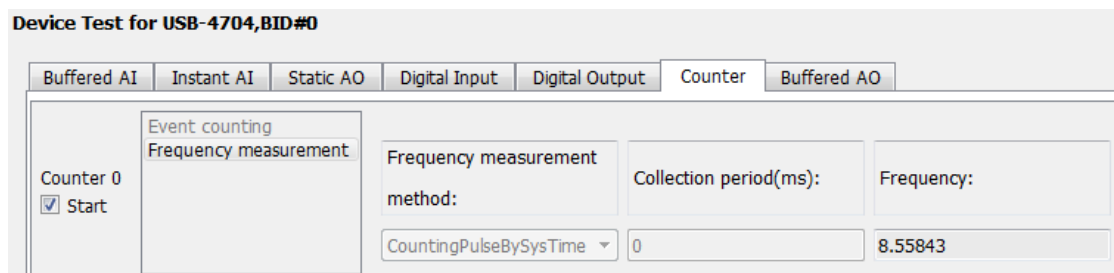


图 5-4 计数器. 输入信号占空比为 10%, 50%和 80%

### [结论 5]

计数器计算频率与信号占空比无关，原因是 counter 计数的标准是信号的上升沿/下降沿，而一个信号周期内，无论占空比如何改变，上升沿和下降沿的数量都是不变的，所以 counter 计数的 frequency 是不会变的。Frequency 的计算方法就是在一个规定的时间内检测事件发生的次数，然后除以时间就是 frequency 了。

### 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 DAQ Navi 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；

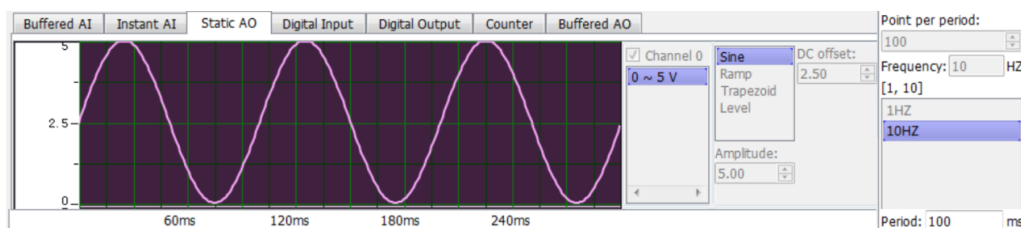


图 6-1 模拟输出信号. 波形: 正弦波; 幅值:0~5V; 频率:10Hz; 每周期输出点数:100

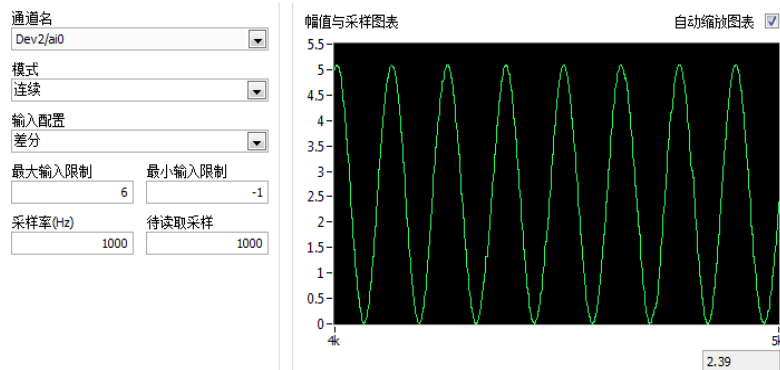


图 6-2 模拟输入信号. 波形:正弦波频率:10Hz; 每周期输出点数:100; 采样率:1000Hz

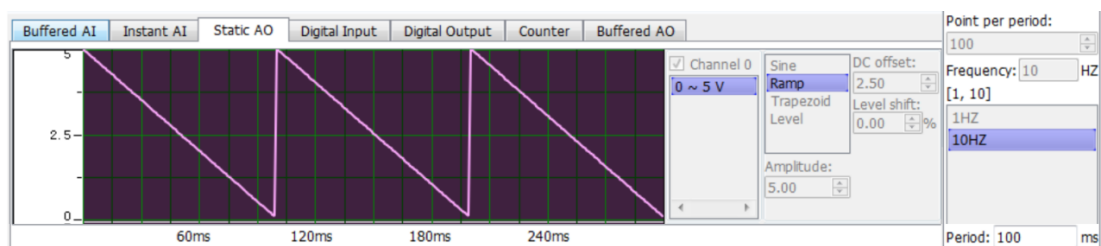


图 6-3 模拟输出信号.波形: 斜坡; 幅值:0~5V; 频率:10Hz; 每周期输出点数:100

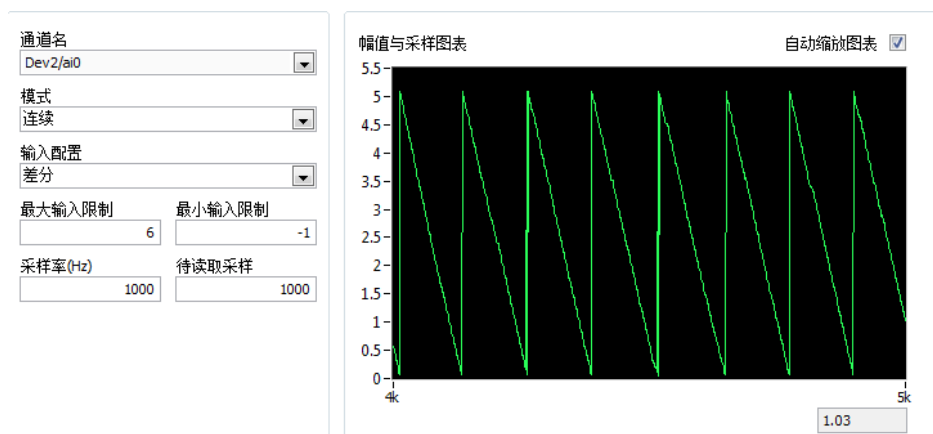


图 6-4 模拟输入信号.波形:斜坡信号; 频率:10Hz; 每周期输出点数:100; 采样率:1000Hz

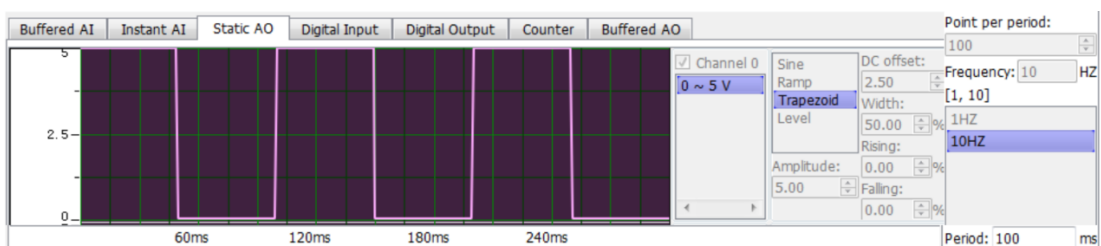


图 6-5 模拟输出信号.波形: 方波; 幅值: 0~5V 频率:10Hz; 每周期输出点数:100;

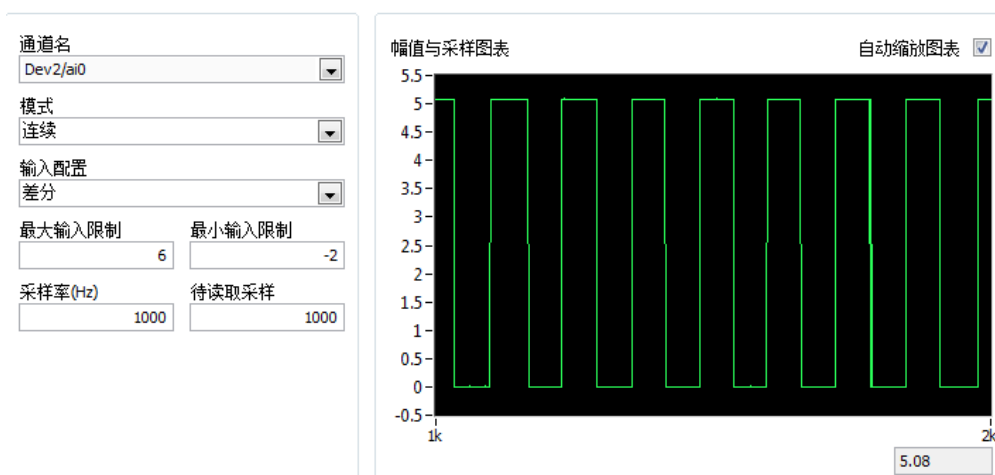


图 6-6 模拟输入信号.波形:方波;采样率: 1000Hz



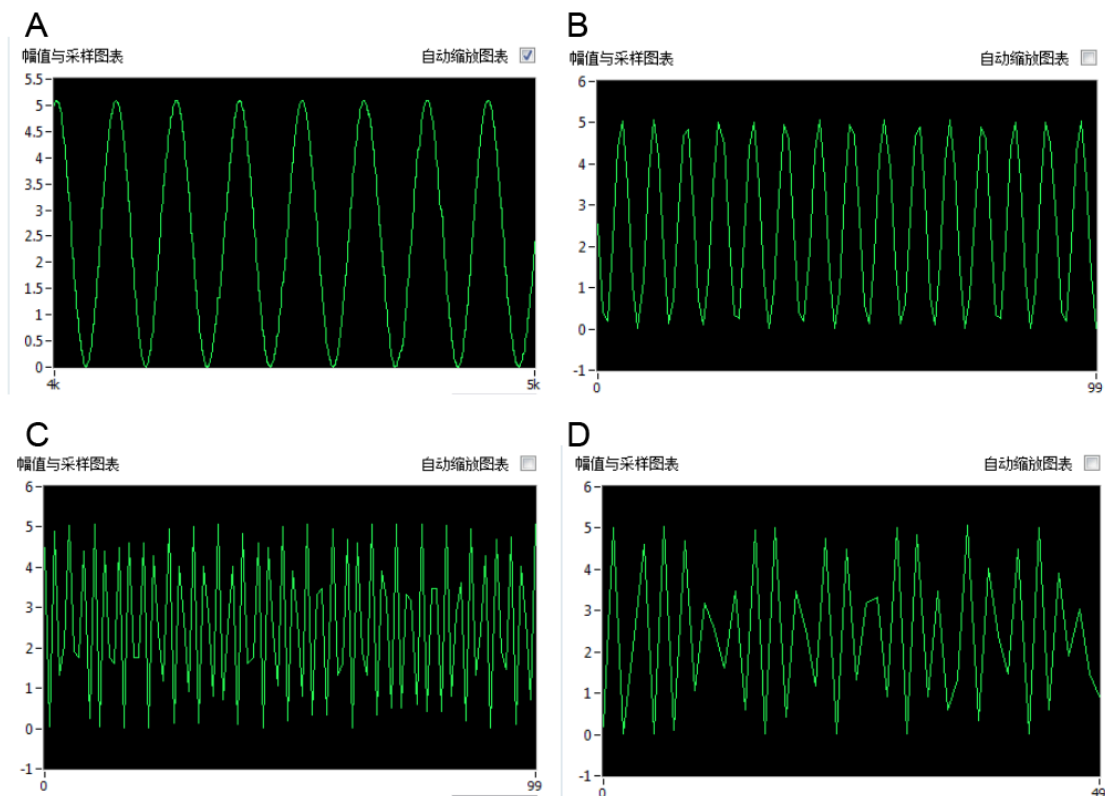


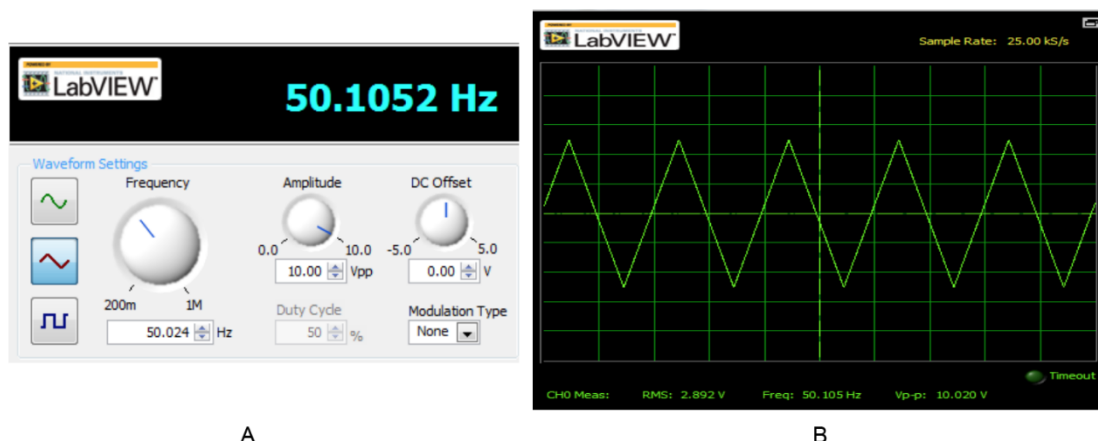
图 6-7 模拟输入信号.波形: 正弦波; 频率: 10Hz; 每周期输出点数:100.

A.采样率:1000Hz; B.采样率:50Hz; C.采样率:20Hz; D.采样率:10Hz

### [结论 6]

在采样率远大于信号频率时,变换不同的波形后,输入输出信号的波形和频率基本一致,电路运行正常。(图 6-1~图 6-6) 对采样率进行调节,发现采样率在 5 倍信号频率时信号仍然会出现明显的失真,特别是在峰值的位置,圆润的正弦波尖端变得特别尖锐。说明采样率需要远大于信号频率才能够保证信号波形不发生失真。(图 6-7)

(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;



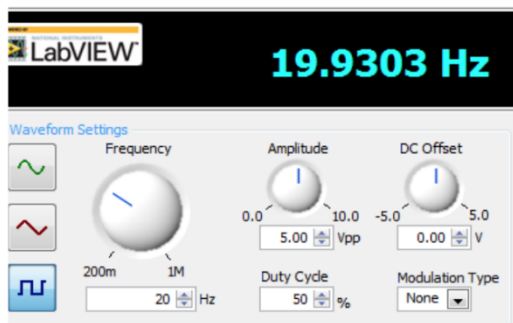
A

B

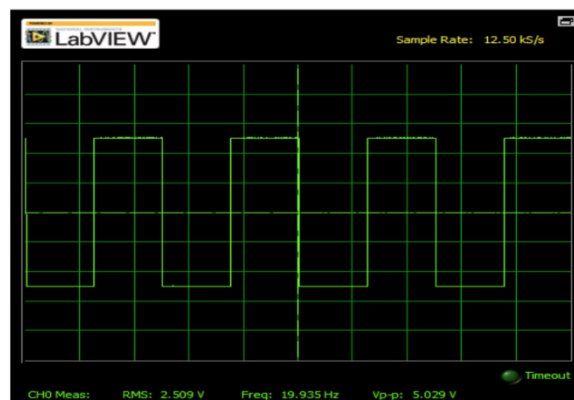
图 7-1 A.模拟输出信号.波形:三角波;频率:50Hz;

B.模拟输入信号.采样率:25kHz; 测得频率:50.105Hz



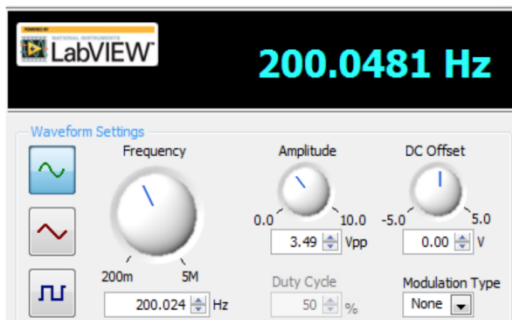


A

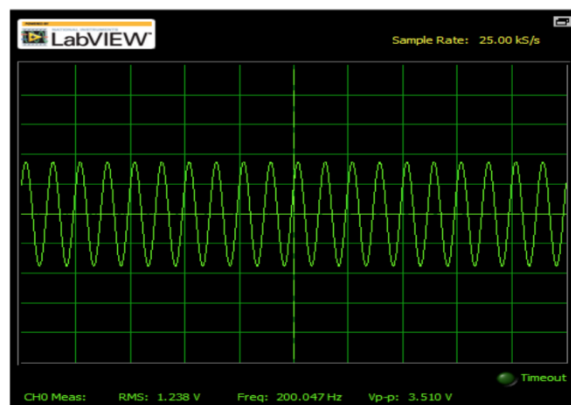


B

图 7-2 A.模拟输出信号.波形:方波;频率:20Hz;  
B.模拟输入信号.采样率: 12.5kHz; 测得频率:19.935Hz

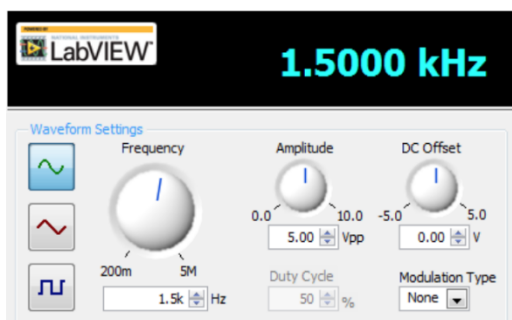


A

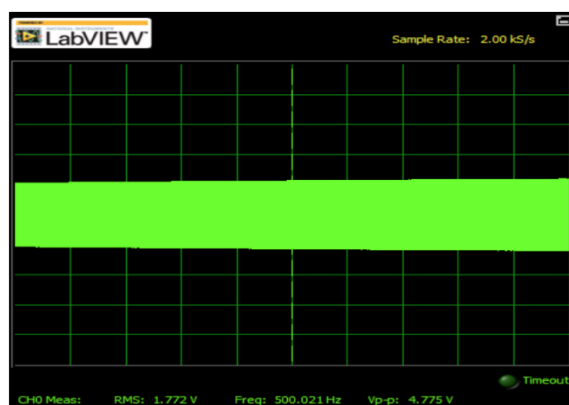


B

图 7-3 A.模拟输出信号.波形:正弦波;频率:200Hz;  
B.模拟输入信号.采样率: 25kHz; 测得频率: 200.047Hz

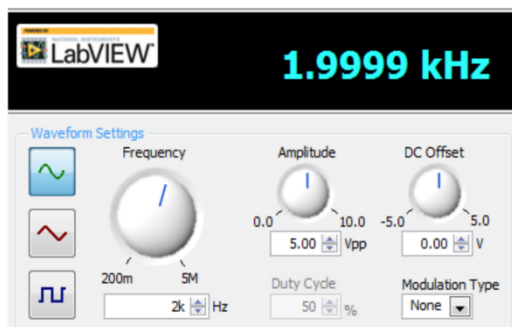


A

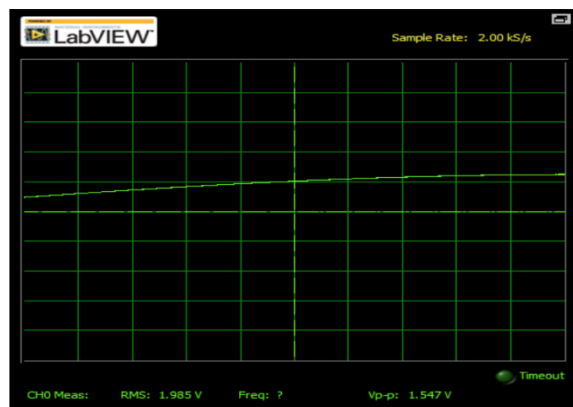


B

图 7-4 输入信号频率错误.  
A.模拟输出信号.波形:正弦波;频率:1.5kHz;  
B.模拟输入信号.采样率: 2kHz; 测得频率: 500.021Hz



A



B

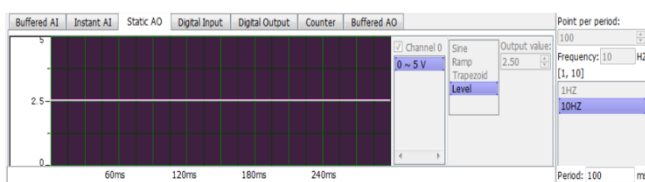
图 7-5 输入信号频率未检测成功。

A.模拟输出信号.波形:正弦波;频率:2kHz; B.模拟输入信号.采样率: 2kHz

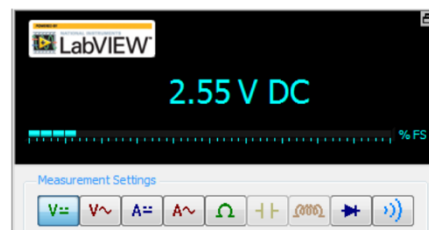
### [结论 7]

我们测试了信号发生器的功能，信号发生器能够产生 3 种不同类型的信号，正弦波，三角波和方波；频率范围从 200mHz 到 5MHz，幅值  $V_{pp}$  从 0 到 10V，偏置从 -5V 到 5V。示波器的时间轴和采样率是联系在一起的，所以只要横轴的时间范围合适，能够在示波器上看到 2-3 个完整的信号周期，所配对的采样率是完全足够的，同时下方还会显示信号的频率和  $V_{pp}$ 。(图 7-1~图 7-3) 但我们为了测试采样率不足的情况，尽可能地把采样率调到接近信号频率的数值，发现示波器检测到的信号频率不正确甚至无法检测到信号频率，说明信号已经发生了严重的失真。(图 7-4~图 7-5)

(3) 将 USB-4704 模拟输出端通过导线连接至数字万用表，在 DAQNavi 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；

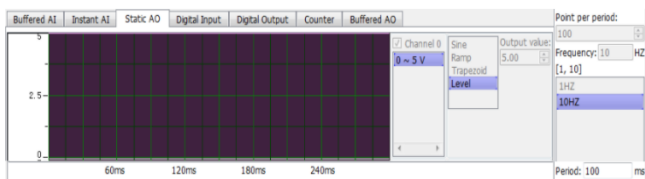


A

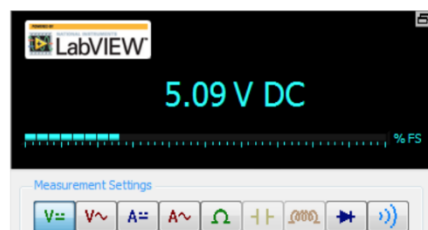


B

图 8-1 A.模拟直流输出信号.幅值:2.5V; B.数字万有表.直流电压档.测得电压:2.55V.



A



B

图 8-2 A.模拟直流输出信号. 幅值:5V; B.数字万有表. 直流电压档. 测得电压: 5.09V.

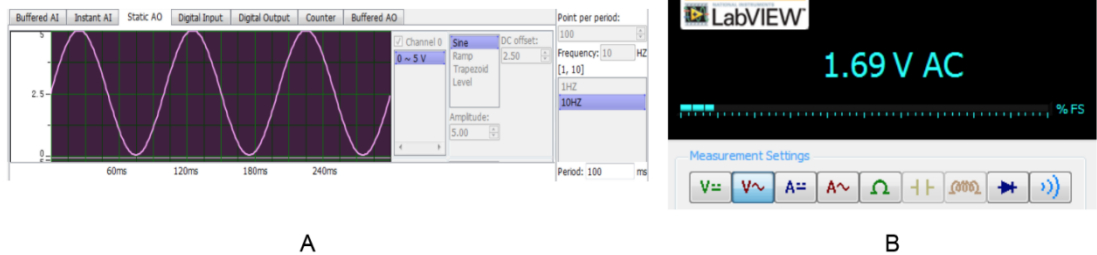


图 8-3 A.模拟输出信号.波形:正弦波;幅值:5V;

B.数字万有表.交流电压档.测得电压(有效值): 1.69V.

### [结论 8]

数字万用表在直流电压档能够检测到模拟信号端的直流电压，但是稍微有点误差；换用交流电压挡位后能够检测到正弦电压信号的有效值，理论值为  $5V/\sqrt{2} \approx 1.76V$ ，同样稍微有点误差，但整体接近。

(4) 将 USB-4704 数字输出端通过导线连接至数字万用表，在 DAQNav 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；

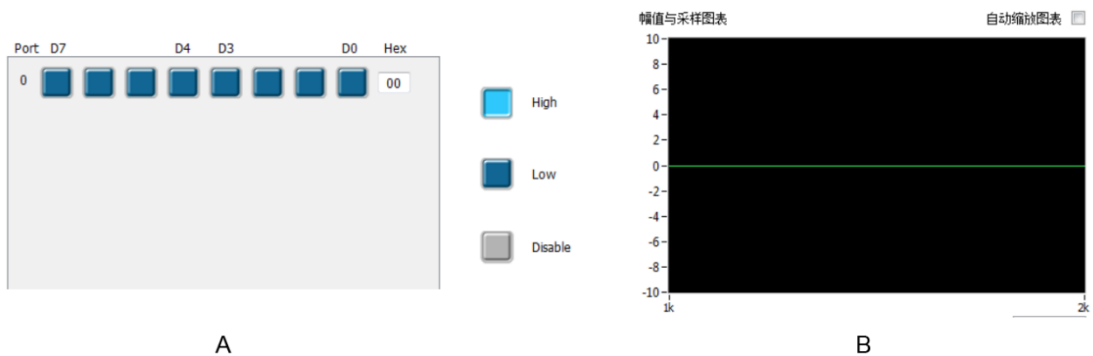


图 9-1 A.数字输出信号.低电平; B.模拟输入信号. 采样率:1000Hz; 幅值:0V.

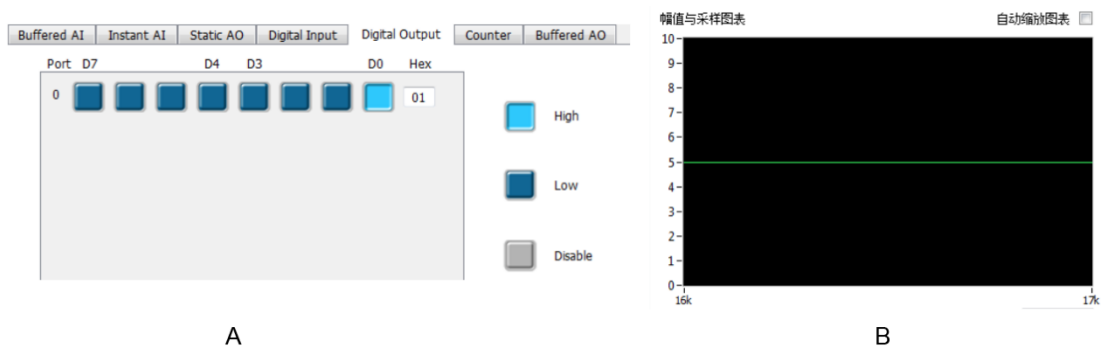


图 9-2 A.数字输出信号.高电平; B.模拟输入信号. 采样率:1000Hz; 幅值:5V.

### [结论 9]

低输出电压为 0V 左右，高输出电压在 5V 左右，符合 USB-4704 的输出规格参数。(图 9-1~图 9-2, 表 1)