

第二篇 基于 LabVIEW 的虚拟仪器创新实验

实验一：热敏电阻测温度实验

一、实验目的：

了解热敏电阻的工作原理和应用。

二、实验原理



图 2.1.1 热敏电阻

以负温度系数热敏电阻（NTC）为例，NTC 是 Negative Temperature Coefficient 的缩写，意思是负的温度系数，泛指负温度系数很大的半导体材料或元器件，所谓 NTC 热敏电阻器就是负温度系数热敏电阻器。它是以锰、钴、镍和铜等金属氧化物为主要材料，采用陶瓷工艺制造而成的。这些金属氧化物材料都具有半导体性质，因为在导电方式上完全类似锗、硅等半导体材料。温度低时，这些氧化物材料的载流子（电子和孔穴）数目少，所以其电阻值较高；随着温度的升高，载流子数目增加，所以电阻值降低。NTC 热敏电阻器在室温下的变化范围在 100—1000000 欧姆，温度系数-2% 至-6.5%。NTC 热敏电阻器可广泛应用于温度测量、温度补偿、抑制浪涌电流等场合。

热敏电阻的电阻值与温度的关系为：

$$R = Ae^{B/T}$$

A, B 是与半导体材料有关的常数，T 为绝对温度，根据定义，电阻温度系数为：

$$\alpha = \frac{1}{R_t} \frac{dR}{dT}$$

R_t 是在温度为 t 时的电阻值。

热敏电阻和电阻一样，在有电流通过的时候会产生焦耳热。对于一个设法测量外界温度的热敏电阻而言，这样的自发产生的热量可能会影响测量结果。因此需要尽可能的减小通过其中的电流，这样外界的温度效应将远远大于电流所产生的热效应。

三、实验仪器和器材

- | | |
|----------------------------------|-----|
| 1. NI ELVELS+ | 1 台 |
| 2. 个人计算机 | 1 台 |
| 3. 热敏电阻 NTC-MF52-103/3435 10K *1 | |

4. 电阻 $10k\ \Omega$ *1

四、实验步骤

1. 确保电源断开，按图 2.1.2 连接电路。在原型板上使用 $10k$ 电阻与热敏电阻连接分压式电路，输入电压连接至【VPS+】和【GROUND】，热敏电阻两端电压连接至【AI0+】和【AI0-】。部分电路可能已经搭好，注意检查是否正确。

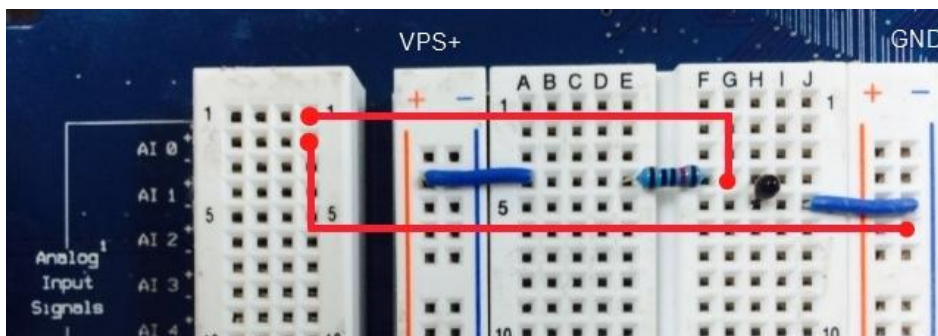


图 2.1.2 热敏电阻测温度电路图

2. 检查电路无误后先打开 NI ELVIS II 工作站开关，再打开原型板开关，等待计算机识别设备。
3. 打开 VI: Exercises/Lab_1/Thermistor.vi，波形显示与信号采集部分已连好，实验所使用信号采集的采样率为 $1000S/s$ ，程序框图如下图所示。

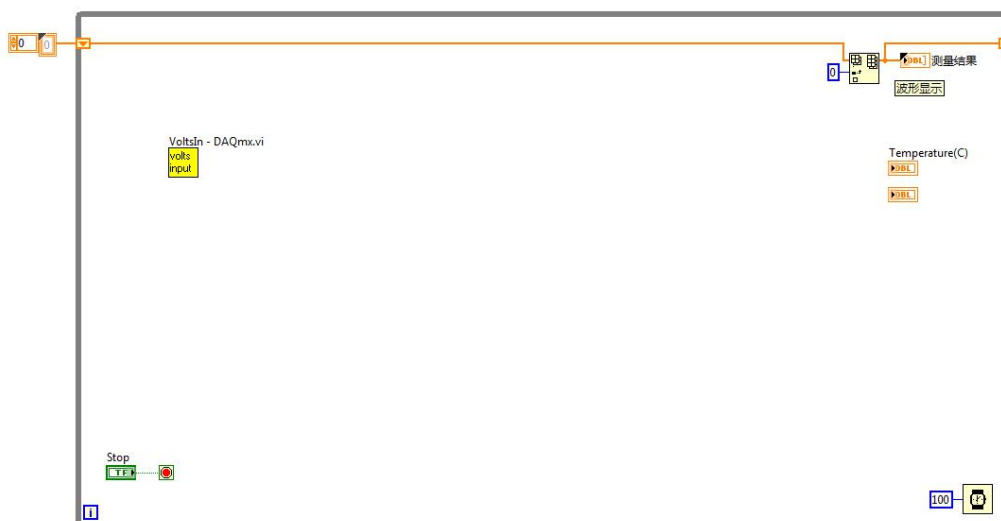


图 2.1.3 热敏电阻测温度已连接程序框图

4. 设定输入电压与通道。在【测量 I/O】>【NI ELVISmx】下找到函数【Variable Power Supplies】，并添加至程序框图。设定通道为 Dev3，VPS+为 $+2.73V$ ，VPS-为 $0V$ 。同时将停止按钮连接至函数 Stop 输入端，以确保在程序结束的时候 VPS 被重置为零。

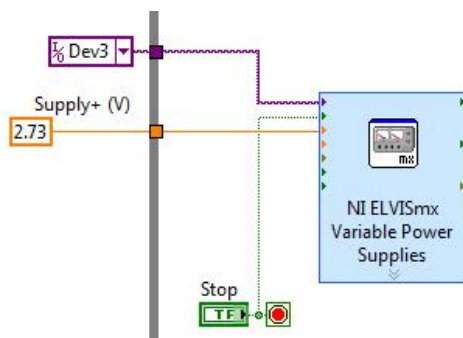


图 2.1.4 热敏电阻测温度电路图

5. 根据分压方程计算热敏电阻阻值。

$$R_T = R_1 * V_T / (2.73 - V_T)$$

在环境温度为 25 摄氏度的情况下，热敏电阻阻抗大约为 10 kΩ。以上比例方程已被编写为子 VI，如下图中的程序框图所示。

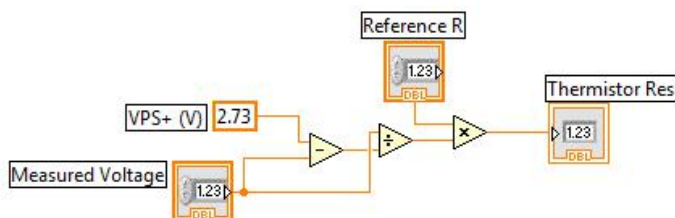


图 2.1.5 计算热敏电阻阻值子 VI

6. 确定标定方程。您可以通过数学函数拟合响应曲线，得到标定曲线。以下标定 VI 是热敏电阻常用的，它展示了您可以使用 LabVIEW 公式节点计算数学方程。

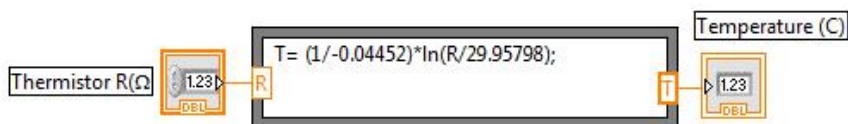


图 2.1.6 计算温度子 VI

7. 在目录 Exercises/Lab_1 下将计算热敏电阻阻值的子 VI “Scaling.vi” 和标定方程子 VI “Convert R-T.vi” 添加至程序框图。使用函数【数组】>【索引数组】将通道 AI0 的数据从八通道的数组中提取出来，设置索引为 0。设置参考电阻值为 10 (kΩ)，并按下图方式连接程序框图。

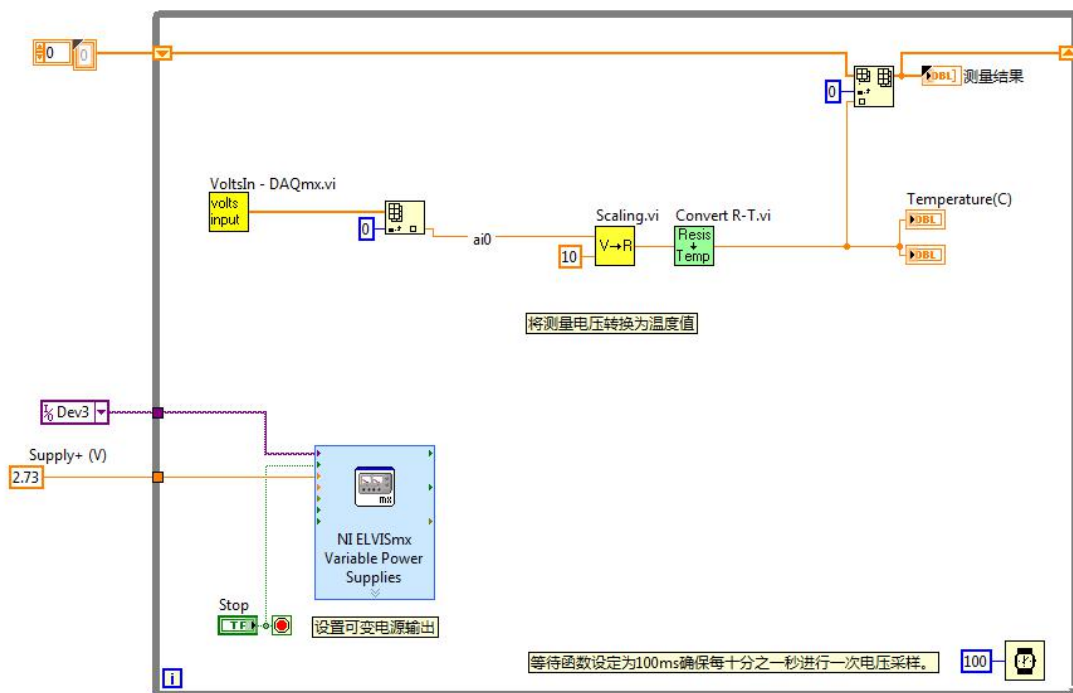


图 2. 1. 7 热敏电阻测温度程序框图

8. 切换至前面板，在枚举输入中选择本次实验“热敏电阻测量温度”。点击运行按钮，用手指触摸热敏电阻，将观察到温度值、温度计、波形图中温度的上升。若温度输出异常，检查热敏电阻型号与标定方程是否匹配。

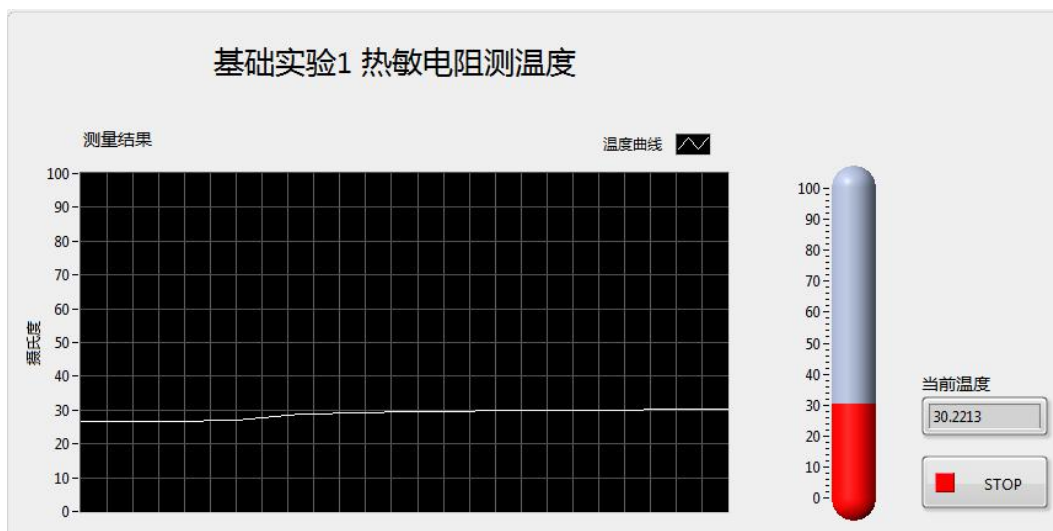


图 2. 1. 8 操作正确后前面板示例

9. 点击“STOP”按键，保存并退出 VI。

【拓展实验】

使用热敏电阻设计“温度报警系统”，在温度高于 30 摄氏度时发出高温警告，温度低于 10 度时发出低温警告。VI 可参考 Exercises/Lab_1/Temp Warning.vi。

五. 实验报告要求

1. 简述实验目的和原理;
2. 分析并整理实验测量结果。

六. 小结与思考

1. 热敏电阻测量温度产生误差的原因有哪些, 如何提高测量精度。

实验二：热电偶测温度实验

一. 实验目的

1. 了解热电偶的工作原理和应用。
2. 了解热电偶测温电路原理
3. 了解热电偶冷端补偿原理

二. 实验原理



图 2.2.1 热电偶

热电偶测温的基本原理是两种不同成份的材质导体组成闭合回路，当两端存在温度梯度时，回路中就会有电流通过，此时两端之间就存在电动势——热电动势，这就是所谓的塞贝克效应（Seebeck effect）。两种不同成份的均质导体为热电极，温度较高的一端为工作端，温度较低的一端为自由端，自由端通常处于某个恒定的温度下。根据热电动势与温度的函数关系，制成热电偶分度表；分度表是自由端温度在 0°C 时的条件下得到的，不同的热电偶具有不同的分度表。热电势的大小只与热电偶导体材质以及两端温差有关，与热电偶导体的长度、直径无关。

在热电偶回路中接入第三种金属材料时，只要该材料两个接点的温度相同，热电偶所产生的热电势将保持不变，即不受第三种金属接入回路中的影响。因此，在热电偶测温时，可接入测量仪表，测得热电动势后，即可知道被测介质的温度。热电偶测量温度时要求其冷端（测量端为热端，通过引线与测量电路连接的端称为冷端）的温度保持不变，其热电势大小才与测量温度呈一定的比例关系。若测量时，冷端的（环境）温度变化，将严重影响测量的准确性。在冷端采取一定措施补偿由于冷端温度变化造成的影响称为热电偶的冷端补偿正常。与测量仪表连接用专用补偿导线。

热电偶冷端补偿计算方法：

(1) 从毫伏到温度：测量冷端温度，换算为对应毫伏值，与热电偶的毫伏值相加，换算出温度。

(2) 从温度到毫伏：测量出实际温度与冷端温度，分别换算为毫伏值，相减後得出毫伏值，即得温度。

热电偶的原始电压信号非常小，为了能精确的测量温度，在基本的热电偶输出电压形式后面，需要一系列调理电路，如：放大、冷端补偿、滤波。本实验中采用两级放大电路来放大

热电偶输出的电动势，如下图所示。

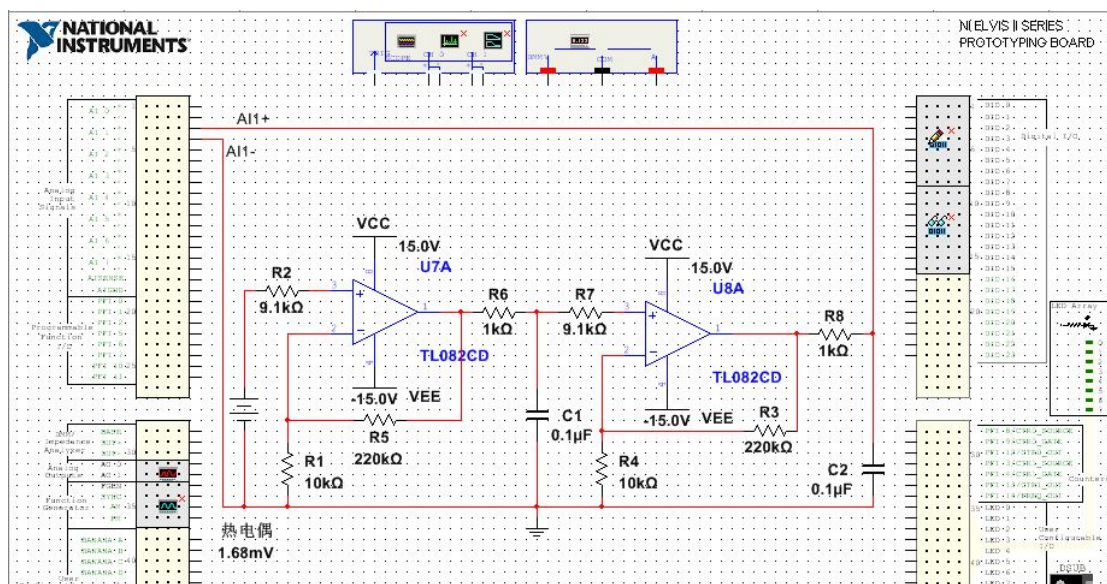


图 2.2.2 热电偶测温度电路图

三、实验仪器和器材

1. NI ELVELS+ 1 台
2. 个人计算机 1 台
3. K 型热电偶 *1
4. 运算放大器 TL082 *1
5. 电阻 10kΩ *2； 9.1kΩ *2； 220kΩ *2； 1kΩ *2
6. 电容 0.1μF *2

四. 实验步骤

1. 按照图 2.2.2 在原型板上搭建电路，如下图所示。其中主体电路已搭建完成，①将热电偶的正负极接入电路；②将电路输出接到【AI1】口；③将放大器正电源接到+15V；④将放大器负电源接到-15V。

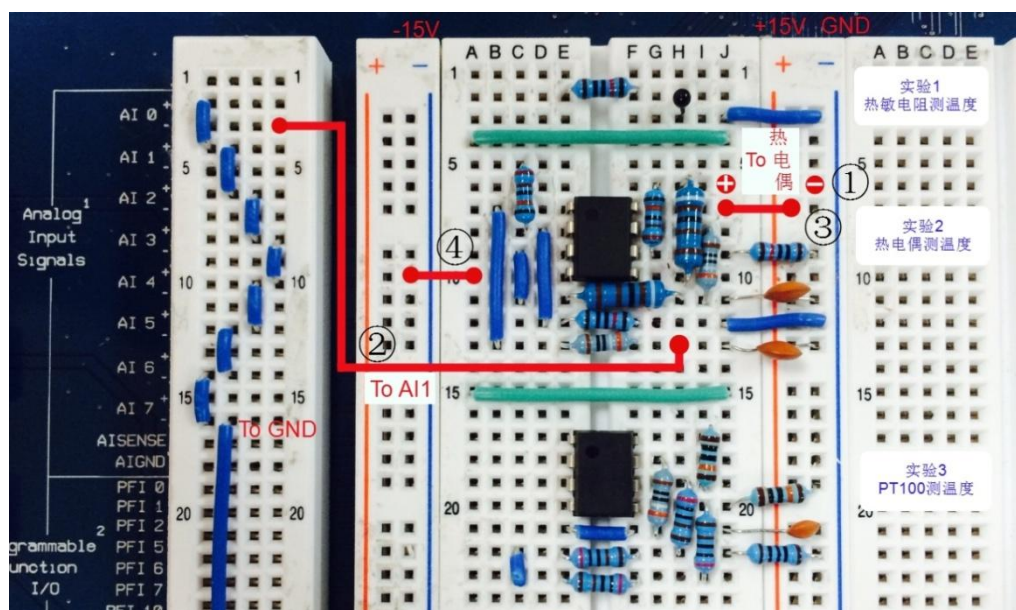


图 2.2.3 实际电路图

2. 检查电路无误后先打开 NI ELVIS II 工作站开关, 再打开原型板开关, 等待计算机识别设备。
3. 打开 VI: Exercises/Lab_2/Thermocouple.vi, 程序框图如下图所示。

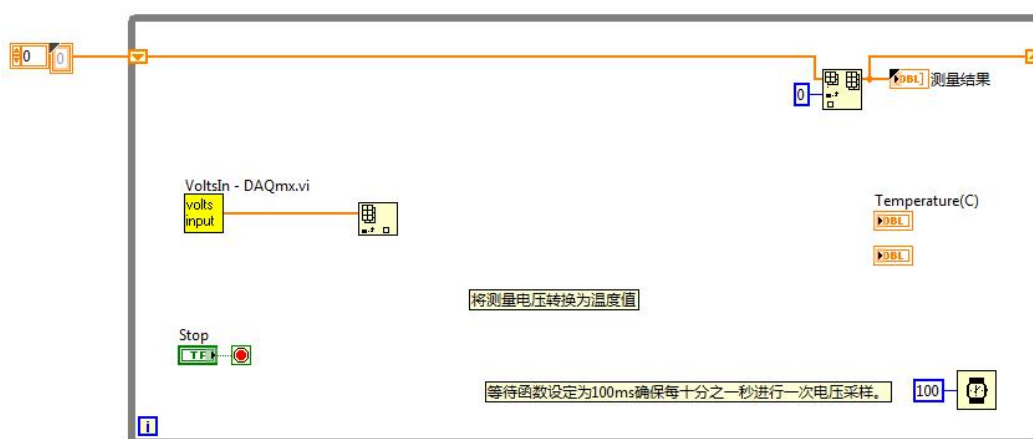


图 2.2.4 初始程序框图

4. 在目录 Exercises/Lab_2 下将表征热电偶电压差与温度之间关系的子 VI “Scaling.vi” 添加至程序框图。设置【索引数组】的索引位置为 1 以提取通道 AI1 的数据。按下图连接程序框图。

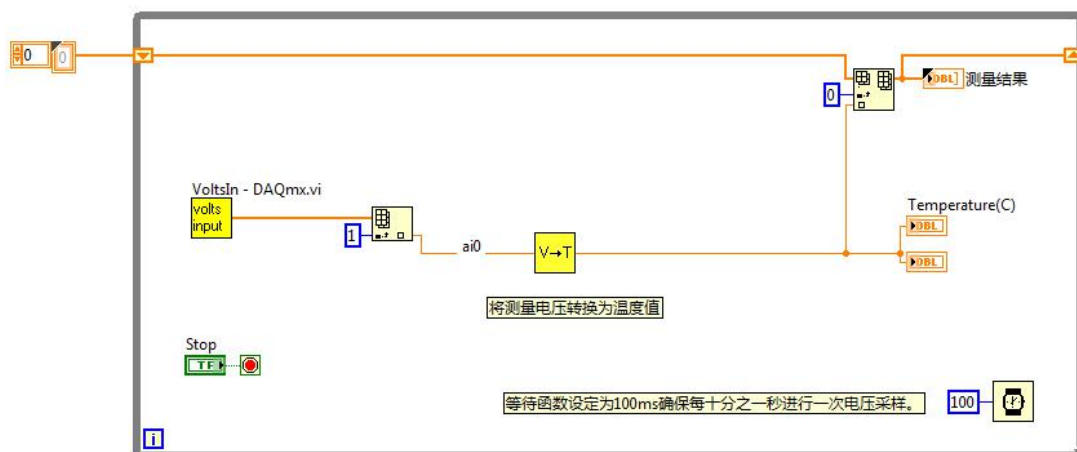


图 2.2.5 完成程序框

- 返回前面板，点击运行按钮，将热电偶置于热水中，将观察到温度值、温度计、波形图中温度的上升，如下图所示。**注意：本实验设定的测温范围为 0℃ 至 100℃，切勿将热电偶靠近高热源，可能会导致输入电压过大。**

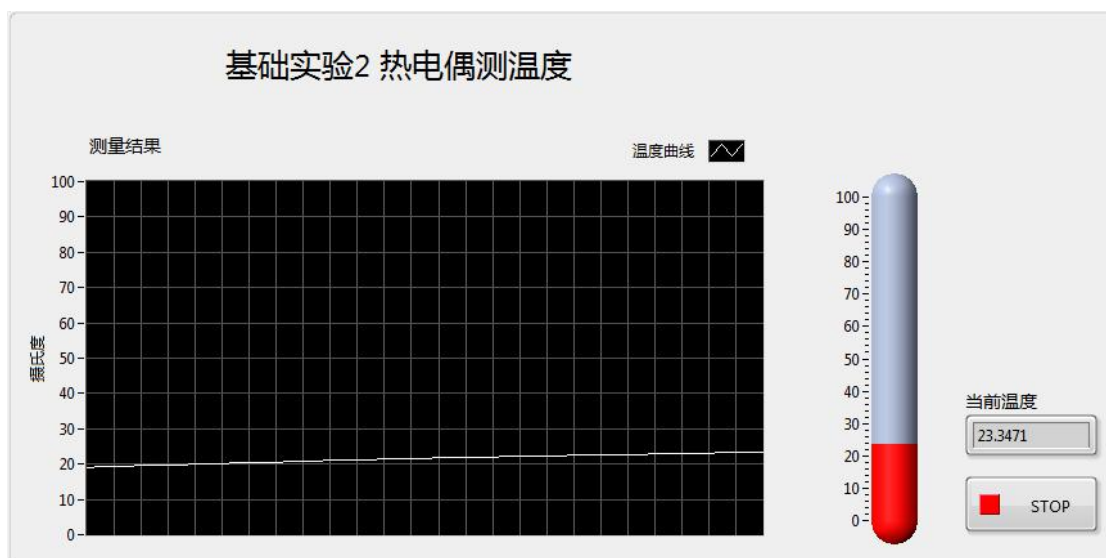


图 2.2.6 操作正确后前面板示例

- 点击“STOP”按键，保存并退出 VI。

【拓展实验】

设计热电偶冷端补偿电路来提高热电偶测温灵敏度。

五. 实验报告要求

- 简述实验目的和原理；
- 分析并整理实验测量结果。

六. 小结与思考

- 热电偶为什么需要进行冷端温度补偿，冷端温度补偿有哪些措施？

实验三：三轴加速度传感器测量实验

一、实验目的

1. 了解加速度传感器的工作原理和应用。

【实验原理】

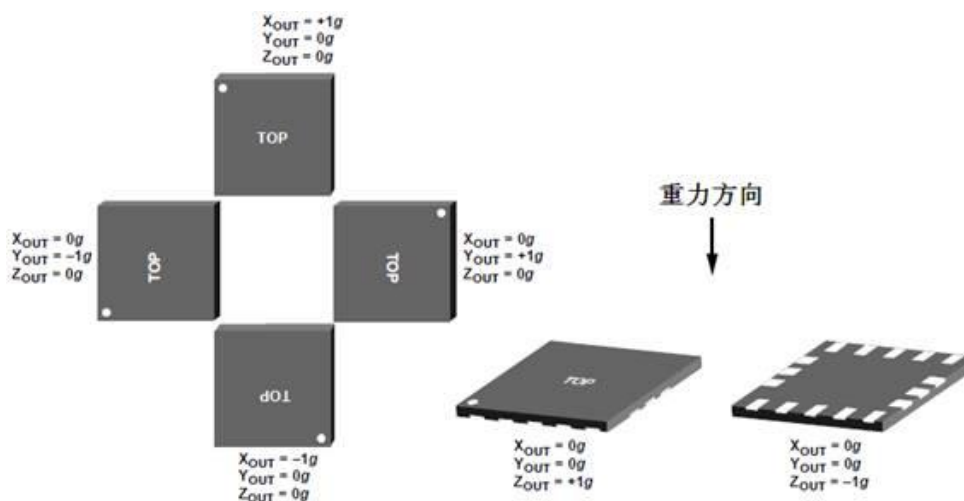


图 2.3.1 三轴加速度传感器

一般加速度传感器就是利用了其内部的由于加速度造成的晶体变形这个特性。由于这个变形会产生电压，只要计算出产生电压和所施加的加速度之间的关系，就可以将加速度转化成电压输出。当然，还有很多其它方法来制作加速度传感器，比如压阻技术，电容效应，热气泡效应，光效应，但是其最基本的原理都是由于加速度产生某个介质产生变形，通过测量其变形量并用相关电路转化成电压输出。

目前的三轴加速度传感器大多采用压阻式、压电式和电容式工作原理，产生的加速度正比于电阻、电压和电容的变化，通过相应的放大和滤波电路进行采集。这个和普通的加速度传感器是基于同样的一个原理，所以在一定的技术上三个单轴就可以变成一个三轴。对于多数的传感器应用来看，两轴的加速度传感器已经能满足多数应用。但是有些方面的应用还是集中在三轴加速度传感器中例如在数采设备，贵重资产监测，碰撞监测，测量建筑物振动，风机，风力涡轮机和其他敏感的大型结构振动。

ADXL335 是美国模拟器件公司(ADI)推出的一款带有信号调理电路的高精度模拟三轴加速度传感器，它可以用于测量倾斜检测应用中的静态重力加速度，以及运动、冲击或振动导致的动态加速度等。其工作特性如下

1. 工作温度范围：-40 to 85°C
2. 灵敏度：300mv/g
3. 灵敏度 (%)：±10

4. 输出类型：模拟量输出
5. 工作电压：DC 5V
6. 功耗低
7. 典型带宽：500HZ (X , Y , Z 端上外接 100nF 的电容)
8. 满量程加速度测量范围为 $\pm 3\text{ g}$

三、实验仪器和器材

1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ 1 台
2. 个人计算机 1 台
3. 三轴加速传感器模块 GY-61 ADXL335 *1

四、实验步骤

1. 将三轴加速度传感器模块插入面包板，接地导线已连接好。①将传感器模块 Vcc 端接入【VPS+】；②将 X 轴输出接入【AI0】；③将 Y 轴输出接入【AI1】；④将 Z 轴输出接入【AI2】。

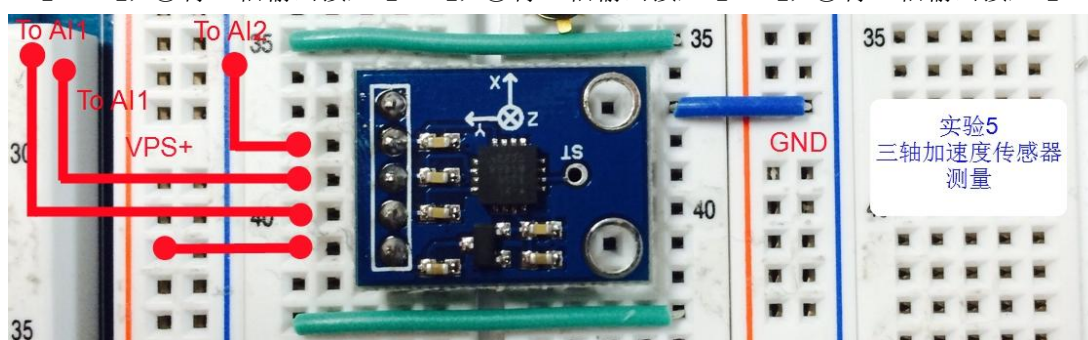


图 2.3.2 实际电路图

2. 检查电路无误后先打开 NI ELVIS II 工作站开关，再打开原型板开关，等待计算机识别设备。
3. 打开 VI: Exercises/Lab_5/ Acceleration.vi, 程序框图如下图所示。

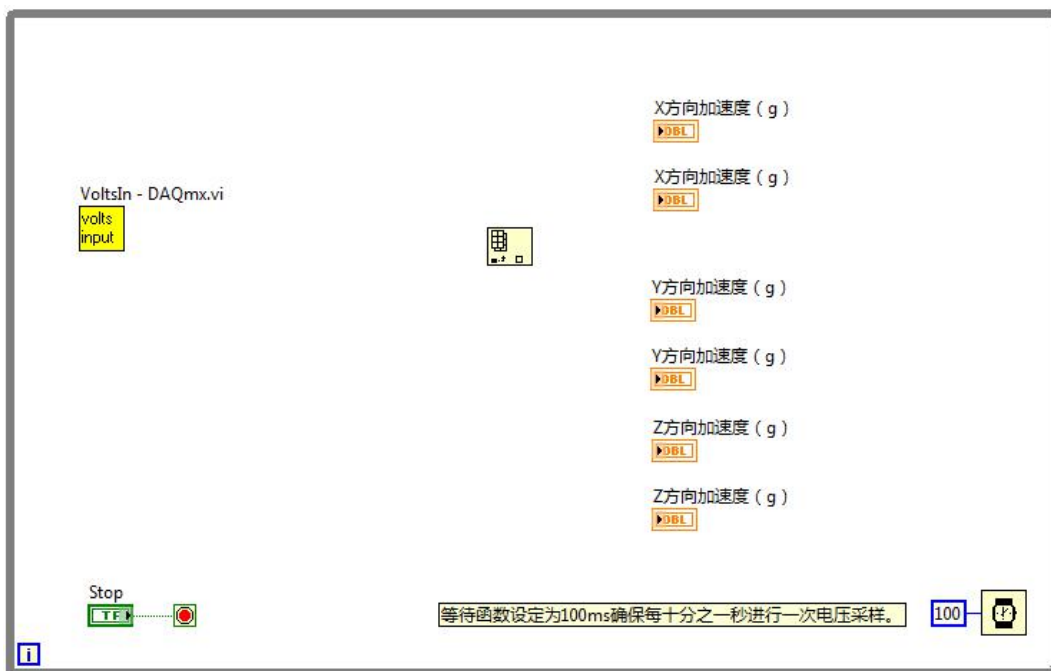


图 2.3.3 初始程序框图

4. 设定三轴加速度传感器电源。在【测量 I/O】>【NI ELVISmx】下找到函数【Variable Power Supplies】，并添加至程序框图。设定通道为 Dev3，VPS+为+3.3V，VPS-为 0V。同时将停止按钮连接至函数 Stop 输入端，以确保在程序结束的时候 VPS 被重置为零。

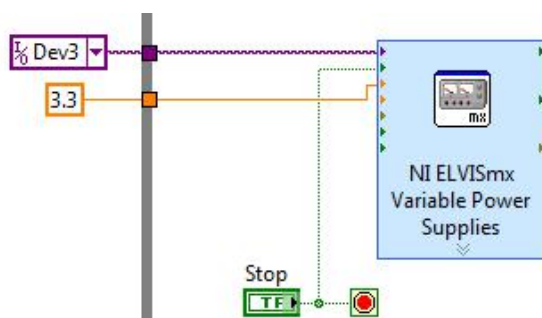


图 2.3.4 设定三轴加速度传感器电源

5. 在数值函数中选择【减法】与【除法】添加至程序框图，将 I/O 口采集到的电源信号减去参考电平 $V_s=3.3V$ ，再除以分辨率 $0.33V/g$ 。连接程序框图如下图所示。

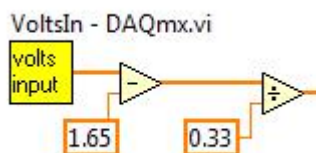


图 2.3.5 换算加速度值

6. 将【数组索引】函数下拉至三通道，索引出 AI0、AI1 和 AI2 的数据，即 X、Y、Z 方向的加速度值，如下图所示。

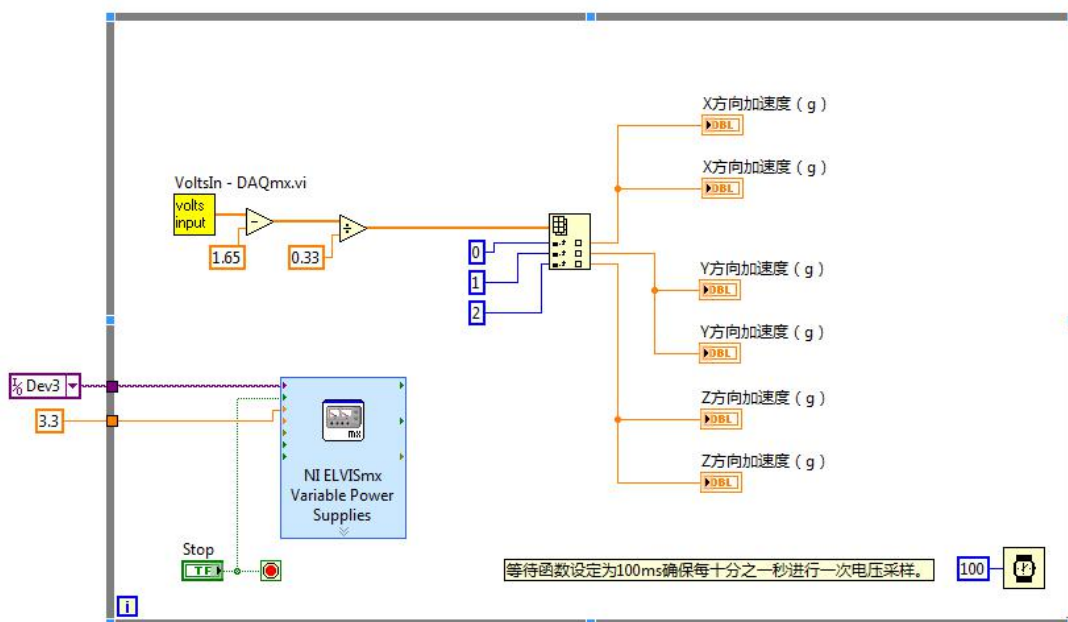


图 2.3.6 提取 XYZ 三方向数值

7. 返回前面板，点击运行按钮。此时加速度传感器平放在面包板上，因此 Z 方向的加速度为 1g，X、Y 方向加速度均为 0g，前面板如下图所示。

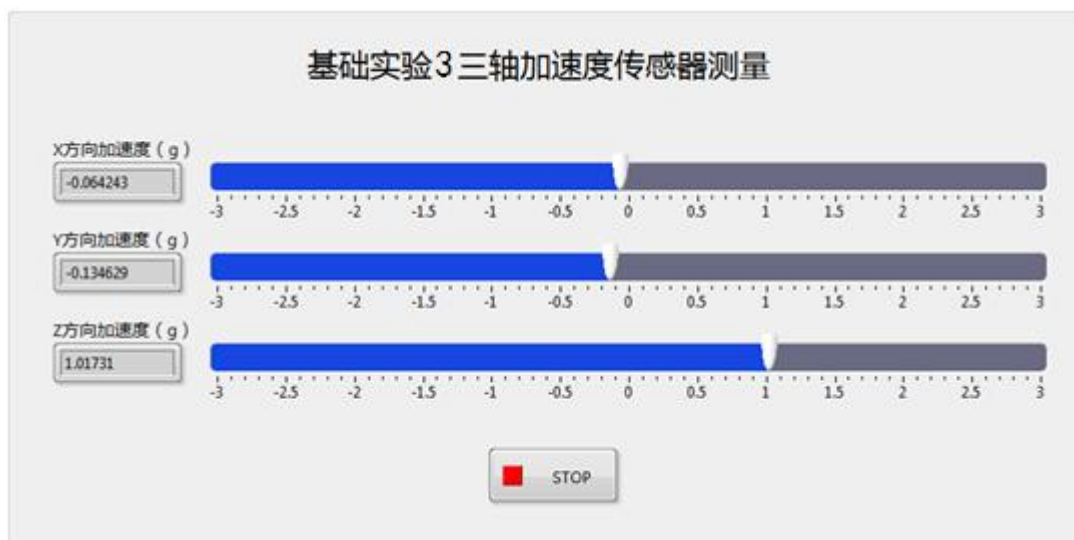


图 2.3.7 加速度传感器平放时前面板显示

8. 将 ELVIS 垂直旋转 90 度，此时 X 方向加速为 1g，Y、Z 方向加速度均为 0g，前面板如下图所示。

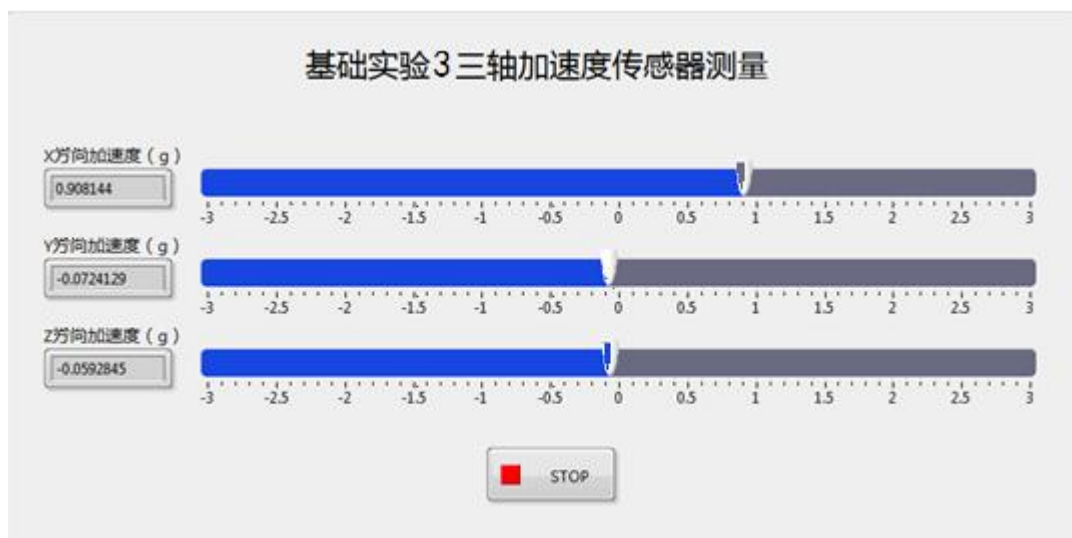


图 2.3.8 加速度传感器垂直放时前面板显示

9. 点击“STOP”按键，保存并退出VI。

五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理；
2. 分析并整理实验测量结果。

六、小结与思考

加速度传感器有哪些应用？举例说明。

实验四：霍尔传感器测量实验

一、实验目的

1. 了解霍尔传感器工作原理与应用。
2. 了解直流激励时霍尔传感器特性。

二、实验原理



图 2.4.1 霍尔传感器

霍尔式传感器是一种磁敏传感器，基于霍尔效应原理工作。它将被测量的磁场变化（或以磁场为媒体）转换成电动势输出。霍尔效应是具有载流子的物体同时处在电场和磁场中而产生电势的一种现象。

把一块宽为 b ，厚为 d 的导电板放在磁感应强度为 B 的磁场中，并在导电板中通以纵向电流 I ，此时在板的横向两侧面之间就呈现出一定的电势差，这一现象称为霍尔效应（霍尔效应可以用洛伦兹力来解释），所产生的电势差 U_H 称霍尔电压。霍尔效应的数学表达式为：

$$U_H = K_H IB$$

$K_H = R_H / d$ 灵敏度系数，与材料的物理性质和几何尺寸有关。具有上述霍尔效应的元件称为霍尔元件，霍尔元件大多采用N型半导体材料（金属材料中自由电子浓度 n 很高，因此 R_H 很小，使输出 U_H 极小，不宜作霍尔元件），厚度 d 只有 $1\text{ }\mu\text{m}$ 左右。

霍尔传感器有霍尔元件和集成霍尔传感器两种类型。集成霍尔传感器是把霍尔元件、放大器等做在一个芯片上的集成电路型结构，与霍尔元件相比，它具有微型化、灵敏度高、可靠性高、寿命长、功耗低、负载能力强以及使用方便等优点。使用霍尔元件探测磁场的电路如下图所示。

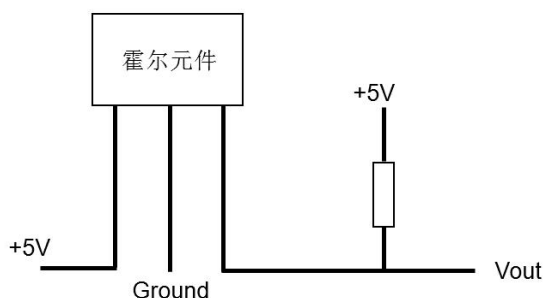


图 2.4.2 霍尔元件探测磁场电路

三、实验仪器和器材

1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ 1 台
2. 个人计算机 1 台
3. 霍尔传感器 3144 *1
4. 电阻 10k Ω *1
5. 磁铁 *1

四、实验步骤

1. 将霍尔元件插入面包板，并连接好测量电路，Vout 连接至【AIO】，如下图所示。

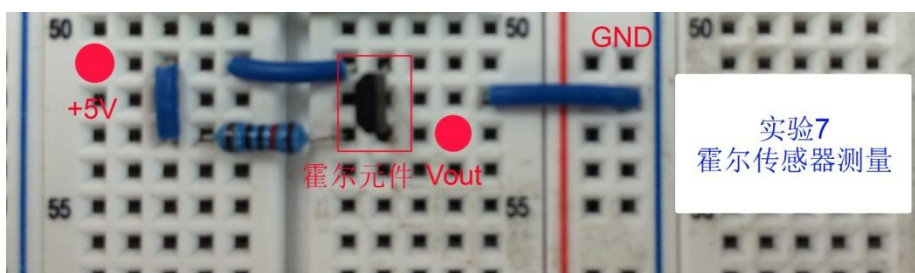


图 2.4.3 实际电路图

2. 检查电路无误后先打开 NI ELVIS II 工作站开关，再打开原型板开关，等待计算机识别设备。
3. 打开 NI ELVISmx Instrument Launcher。选择【Oscilloscope】，选择示波器通道为 AIO，点击运行。当霍尔元件附近没有磁场源时，电压输出为高。

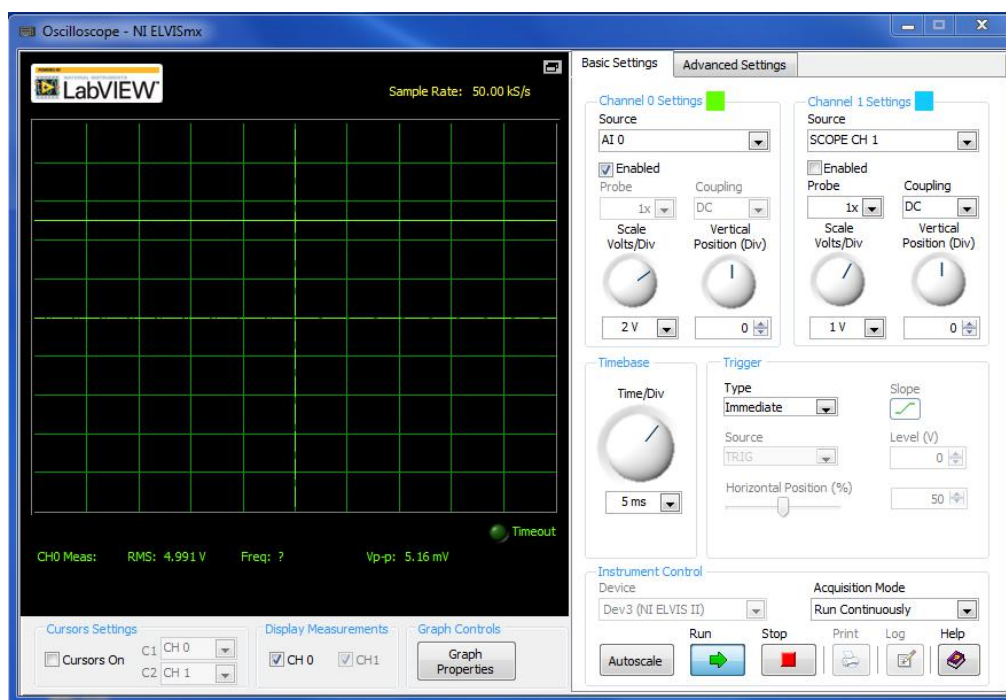


图 2.4.4 霍尔元件附近无磁场源时的输出

4. 将磁铁靠近霍尔元件，输出将会发生变化，由示波器可以看出输出由高变为低。注意，由于霍尔元件仅对某一方向的磁场敏感，因此如果检测不到输出电压的变化可适当变换磁铁方向。

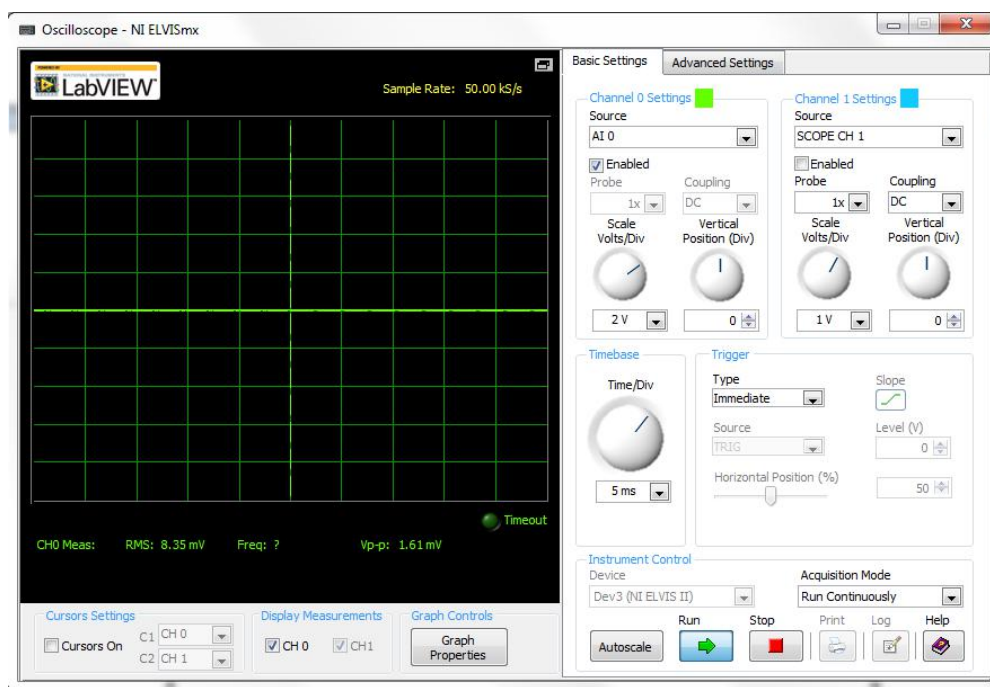


图 2.4.5 主程序框图

5. 点击“Stop”按键，退出 NI ELVISmx Instrument Launcher。

【拓展实验】

1. 该实验中我们是利用 ELVIS 自带的 Instrument Launcher 软面板实现的测量，请尝试编写一个自动检测的 LabVIEW 程序。
2. 利用霍尔元件设计一个接触式开关。

五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理；
2. 分析并整理实验测量结果。

六、小结与思考

霍尔原件可分为模拟型和数字型的，实验中用的是哪一种，二者在系统设计及编程时有什么区别。

实验五：金属箔式应变片测量实验——单桥、半桥、全桥

一、实验目的

1. 了解金属箔式应变片的工作原理与应用。
2. 了解单桥、半桥、全桥电路工作原理。

二、实验原理

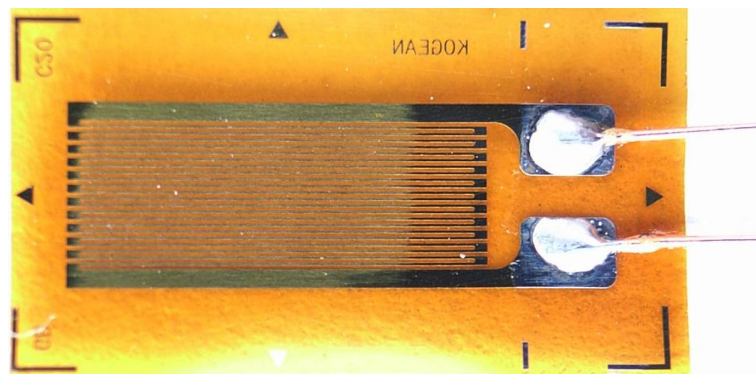


图 2.5.1 应变片

电阻丝在外力作用下发生机械变形时，其电阻值发生变化，这就是电阻应变效应。描述电阻应变效应的关系式为：

$$\Delta R/R = K \varepsilon$$

式中： $\Delta R/R$ 为电阻丝电阻相对变化， K 为应变灵敏系数， $\varepsilon = \Delta L/L$ 为电阻丝长度相对变化。同时，由于应变片敏感栅丝的温度系数的影响，以及应变栅线膨胀系数与被测试件的线膨胀系数不一致，产生附加应变，因此当温度变化时，在被测体受力状态不变时，由于温度影响，输出会有变化。金属箔式应变片是通过光刻、腐蚀等工艺制成的应变敏感元件，通过它转换被测部位受力状态变化。

电桥的作用是完成电阻到电压的比例变化，电桥的输出电压反映了相应的受力状态。对单臂电桥输出电压 $U_{01} = EK \varepsilon / 4$ 。当应变片阻值和应变值相同时，半桥输出电压 $U_{02} = EK \varepsilon / 2$ 。全桥输出电压 $U_{03} = EK \varepsilon$ ，其输出灵敏度比半桥又提高了一倍，非线性度和温度误差均得到改善。

由于应变片的阻值变化非常小，电桥需要经过调理以输出。本实验所使用的调理电路将对惠斯通电桥进行调零并放大。单桥、半桥与全桥电路中均使用了滑动变阻器作为桥臂，用于补偿由于阻值误差导致的电桥初始偏移。电桥输出经过差分放大电路进行100倍的放大，将毫伏级别的差分输出放大至伏特级别，提高测量的灵敏度，电路设计如下图所示。

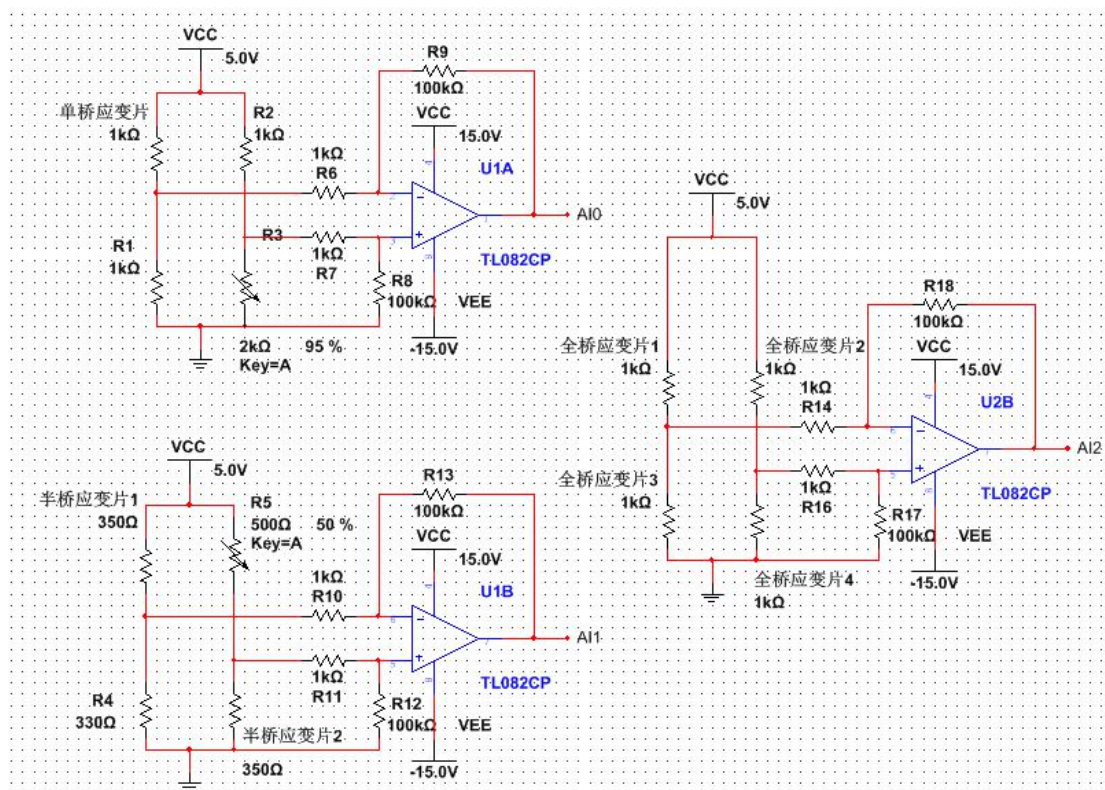


图 2.5.2 电桥调理电路

三、实验仪器和器材

- | | |
|---------------------------------|-----|
| 1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ | 1 台 |
| 2. 个人计算机 | 1 台 |
| 3. 单桥应变片 *1 | |
| 4. 半桥应变片 *1 | |
| 5. 全桥应变片 *1 | |
| 6. 运算放大器 TL082 *2 | |
| 7. 滑动变阻器 2kΩ *1; 500Ω *1 | |
| 8. 电阻 1kΩ *8; 330Ω *1; 100kΩ *6 | |

四、实验步骤

1. 完成单桥、半桥和全桥电路的连接，如下图所示。将两个放大器的正负供电端接入【+15V】和【-15V】，将单桥的供电段接入【+5V】，将单桥调理电路的输出接入【AI0+】，半桥调理电路的输出接入【AI1+】，全桥调理电路的输出接入【AI2+】。

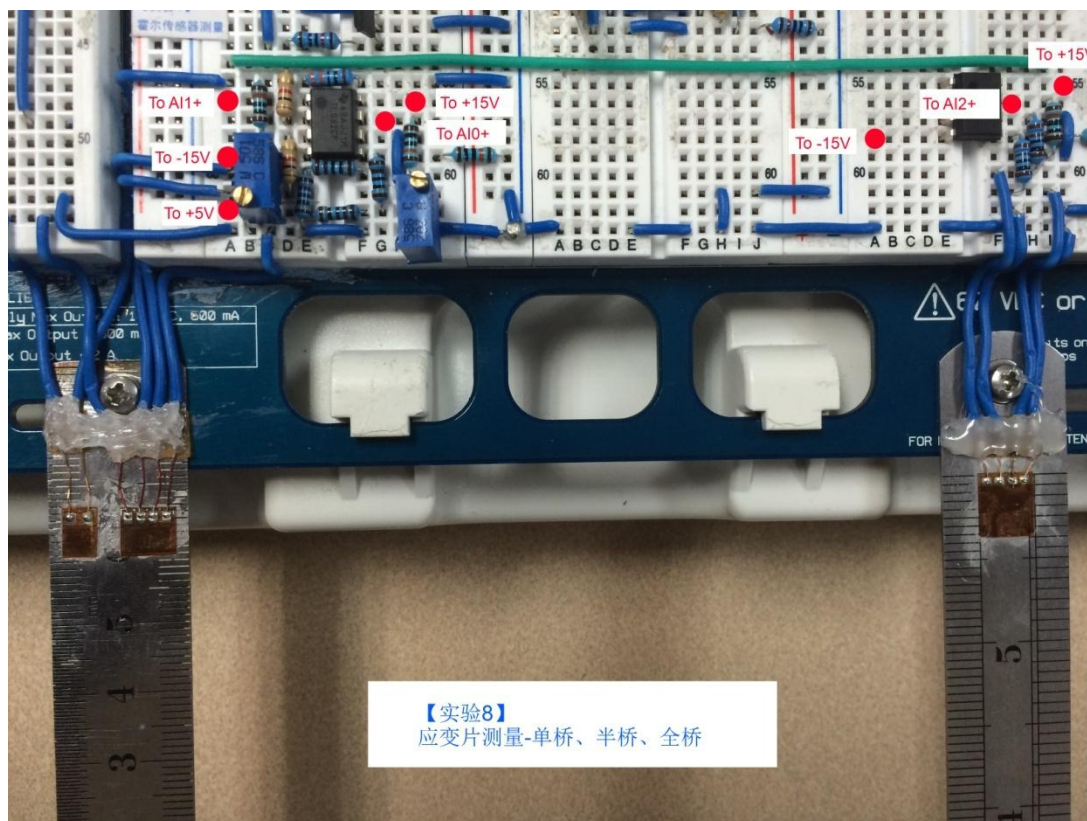


图 2.5.3 实际电路图

2. 检查电路无误后先打开 NI ELVIS II 工作站开关，再打开原型板开关，等待计算机识别设备。
3. 打开 VI: Exercises/Lab_8/ Strain Gages.vi, 程序框图如下图所示。该程序分别通过三个通道 AI0、AI1 和 AI2 采集单桥、半桥和全桥的输出电压值。

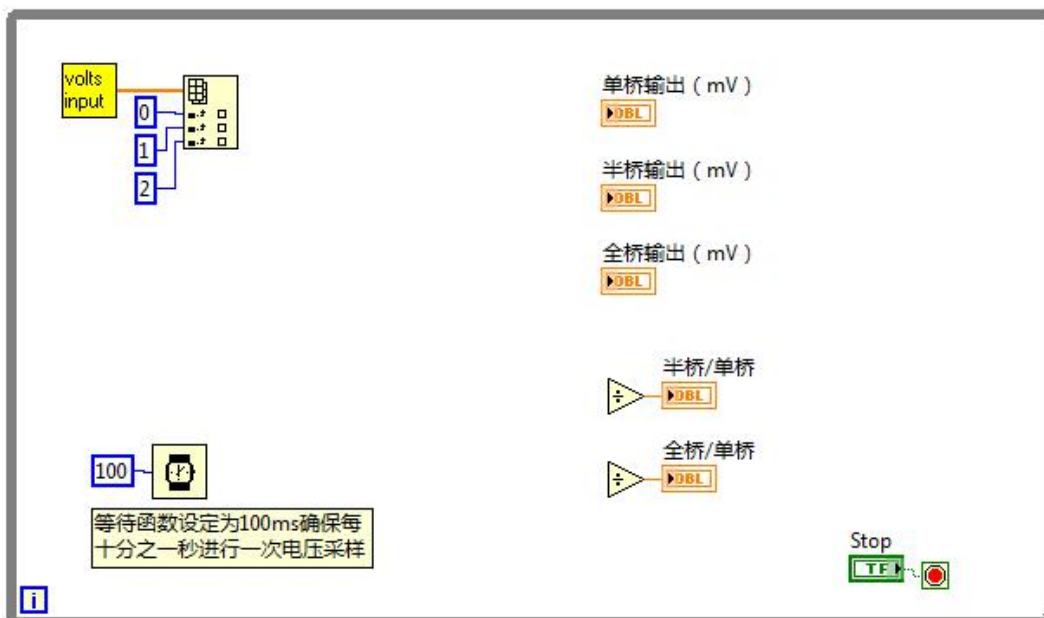


图 2.5.4 程序框图

4. 完成该 VI，计算出半桥与单桥输出的比值，全桥与单桥输出的比值，来比较单桥、半桥和全桥的灵敏度。

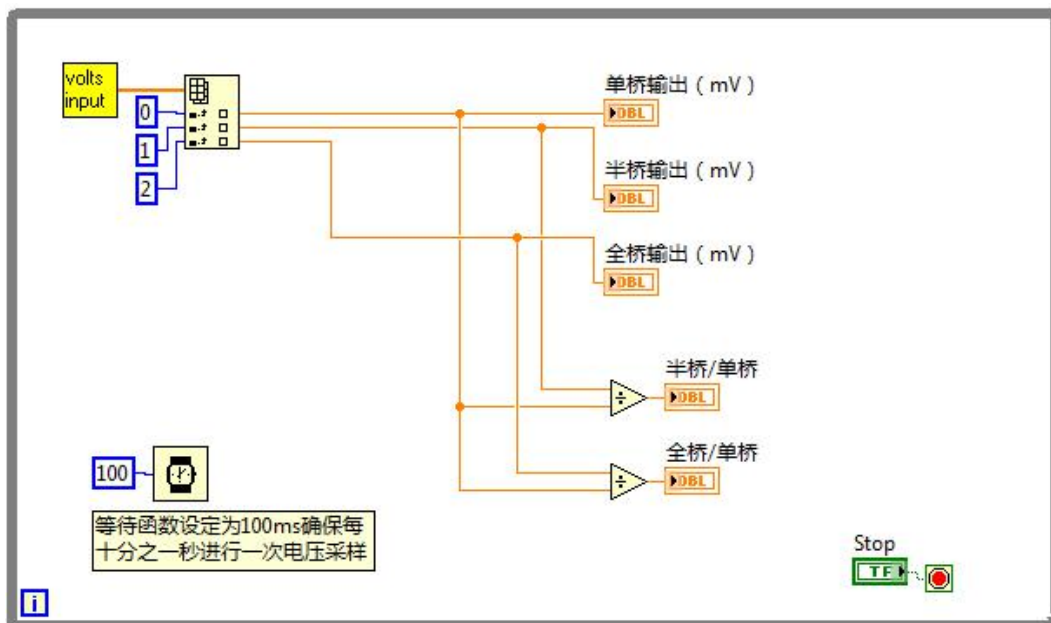


图 2.5.5 完成程序框图

5. 返回前面板，对单桥与半桥进行调零。点击运行，此时半桥与全桥处于不平衡状态，因此将有电压差输出，改变单桥与半桥调理电路中滑动变阻器的阻值，直至输出减小至 50mV 内



图 2.5.6 单桥、半桥的调零

6. 调零后我们来测试应变片的测量效果。用手同时按压两把钢尺，观察由于应变片阻值变化导致的单桥、半桥与全桥输出的变化，同时比较三种桥式电路的输出差异和它们之间的比例。根据三种桥式电路的原理，半桥电路的输出大约为单桥电路的两倍，而全桥电路的输出大约为单桥电路的四倍，由于按压的不均匀与电阻值的误差，此比例可能有所浮动。反方向按压钢尺，会发现输出的极性发生改变。



图 2.5.7 单桥、半桥的调零后的结果

7. 点击“STOP”按键，保存并退出 VI。

【拓展实验】

利用应变片设计一个简单的电子秤，LabVIEW 程序可参照 Solution/Lab_8/“Elebalance”。

五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理；
2. 分析并整理实验测量结果。

六、小结与思考

1. 分析单臂、双臂、全桥工作时输出信号的差异，说明原因。
2. 说明应变时传感器测量误差的主要来源

实验六 涡流位移传感器实验

一. 实验目的

1. 通过本实验熟悉电涡流传感器的工作原理。
2. 通过本实验了解和掌握采用电涡流传感器进行小距离检测系统组成及原理。
3. 通过本实验了解虚拟仪器的基本概念及用虚拟仪器搭建仪器的方法。
4. 通过本实验了解传感器静态标定的方法和步骤。

二. 实验原理

电涡流传感器是一种非接触式传感器，一般由探头、延伸电缆、前置器构成基本的工作系统（如图 13-1 所示）。前置器中高频振荡电流通过延伸电缆流入探头线圈，在探头头部的线圈中产生交变的磁场。如果在这一交变磁场的有效范围内没有金属材料靠近，则这一磁场能量会全部损失；当有被测金属体靠近这一磁场，则在此金属表面产生感应电流，电磁学上称之为电涡流，与此同时该电涡流场也产生一个方向与头部线圈方向相反的交变磁场，由于其反作用，使头部线圈高频电流的幅度和相位得到改变（线圈的有效阻抗），这一变化与金属体磁导率、电导率、线圈的几何形状、几何尺寸、电流频率以及头部线圈到金属导体表面的距离等参数有关。通常假定金属导体材质均匀且性能是线性和各项同性，则线圈和金属导体系统的物理性质可由金属导体的电导率 σ 、磁导率 ξ 、尺寸因子 τ 、头部体线圈与金属导体表面的距离 D 、电流强度 I 和频率 ω 参数来描述。则线圈特征阻抗可用 $Z=F(\tau, \xi, \sigma, D, I, \omega)$ 函数来表示。通常我们能做到控制 $\tau, \xi, \sigma, I, \omega$ 这几个参数在一定范围内不变，则线圈的特征阻抗 Z 就成为距离 D 的单值函数，虽然它整个函数是一非线性的，其函数特征为“S”型曲线，但可以选取它近似为线性的一段。于此，通过前置器电子线路的处理，将线圈阻抗 Z 的变化，即头部体线圈与金属导体的距离 D 的变化转化成电压或电流的变化。输出信号的大小随探头到被测体表面之间的间距而变化，电涡流传感器就是根据这一原理实现距离等参数的测量。

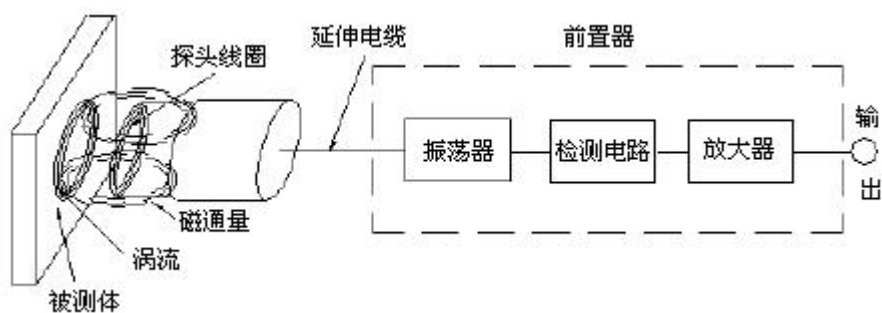


图 2.6.1 电涡流传感器基本工作系统

其工作过程是，当被测金属与探头之间的距离发生变化时。则探头中线圈的 Q 值发生变化， Q 值的变化引起振荡电压幅度的变化，这个随距离变化的振荡电压经过检波、滤波、放大归一处理转化成电压（电流）变化。最终完成机械位移（间隙）转换成电压（电流）。

由上所述，电涡流传感器工作系统中被测体可看作传感器的一半，即一个电涡流位移传感器的性能与被测体有关。

正弦波振荡电路由 NI ELVELS II+或 myDAQ 的 AO1 口输出，经涡流传感器构成的差动电桥测量电路（两涡流传感器所用型号必须完全相同，其中一个用于位移测量，另一个用于产生参考电位），再连接仪用放大器芯片 AD 620 对电桥输出信号进行放大。若没有金属靠近涡流传感器，则电桥平衡，输出电压应为 0（实际上由于电器元件参数不可能完全一致，因此有一个微小的电压输出）；若金属靠近其中一个涡流传感器，则由于涡流的影响，传感器的等效电感发生变化，电桥失去平衡，输出电压 U_{sc} 不为零，

$$A = \frac{Z_1}{Z_2}, \text{ 则 } U_{sc} = \frac{A}{(1+A)^2} \frac{\Delta Z}{Z_1} E$$

电桥输出电压与电感的变化量成正比。

仪用放大器 AD620 的增益公式为：

$$G = \frac{49.4k\Omega}{R_G} + 1$$

$$R_G = \frac{49.4k\Omega}{G-1}$$

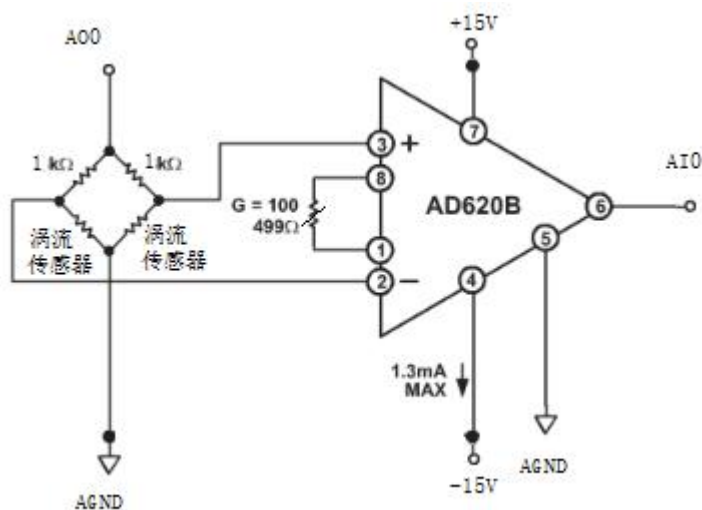


图 2.6.2 涡流传感器测量电路原理图

三. 实验仪器和设备

- | | |
|---------------|-----|
| 1. NI ELVELS+ | 1 台 |
| 2. 电涡流传感器 | 1 套 |
| 3. 金属试件 | 若干 |
| 4. 个人计算机 | 1 台 |
| 5. 千分尺 | 1 把 |
| 6. 电阻 | 若干 |
| 7. 仪用放大器芯片 | 1 块 |

四. 实验步骤与内容

- 按照图 2 完成测量电路的连接,如下图所示。将两个放大器的正负供电端接入【+15V】和【-15V】,将电桥的供电端 S 接入【A00】,将单桥调理放大电路的输出 AI0 接入【AI0+】,若用 myDAQ 则【AI0-】连接 AGND。将检波电路的输出 AI1 接入【AI1+】,【AI1-】连接 AGND 如图所示。

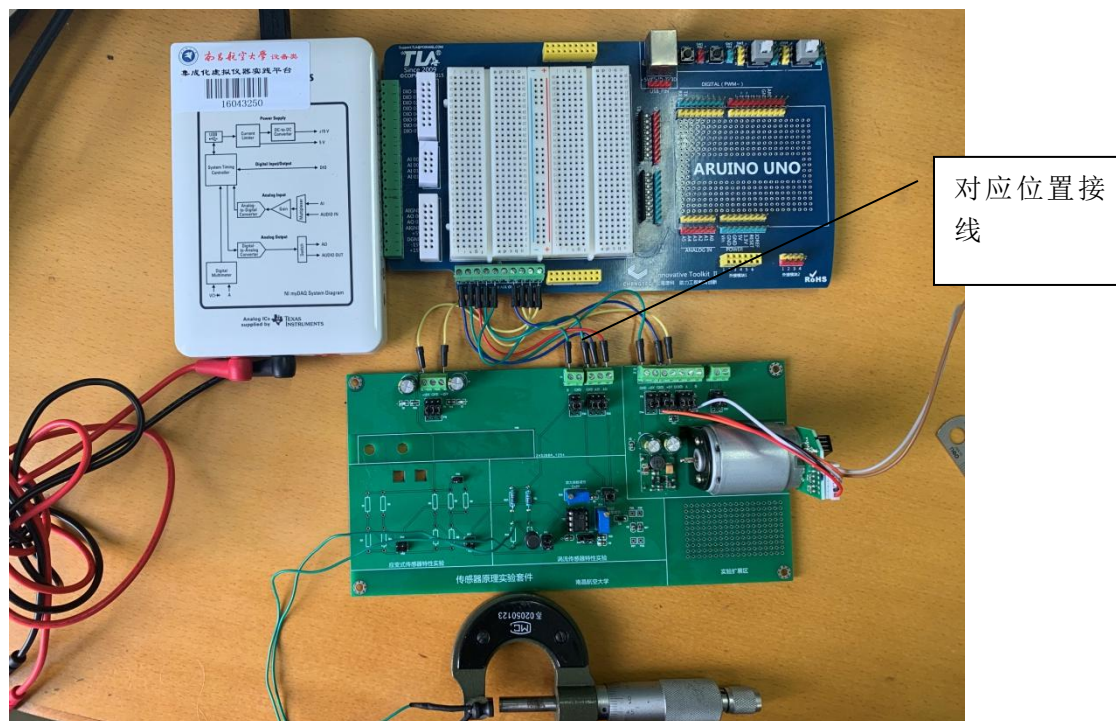


图 2.6.3 接线实物图

- 检查电路无误后先打开 NI ELVIS II 工作站开关,再打开原型板开关,等待计算机识别设备。(myDAQ 则连接 USB 线至计算机)
- 打开 NI ELVISmx Instrument Launcher。选择【Function Generator】,选择 Device 为 NI ELVIS 或 myDAQ,通道为 A00,选择波形为正弦波,频率 10KHz, Amplitude(振幅) $2V_{pp}$, 如图 2.6.4 所示。

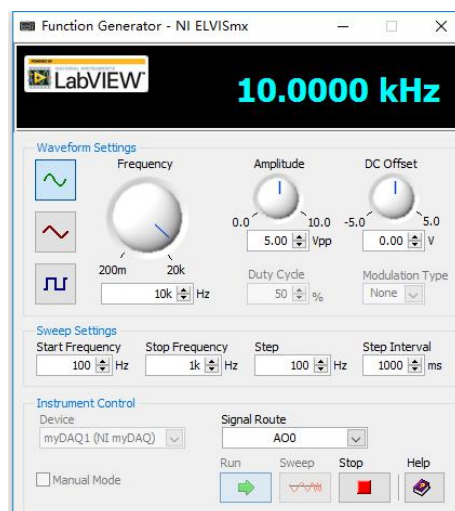


图 2.6.4 NI 信号发生器界面

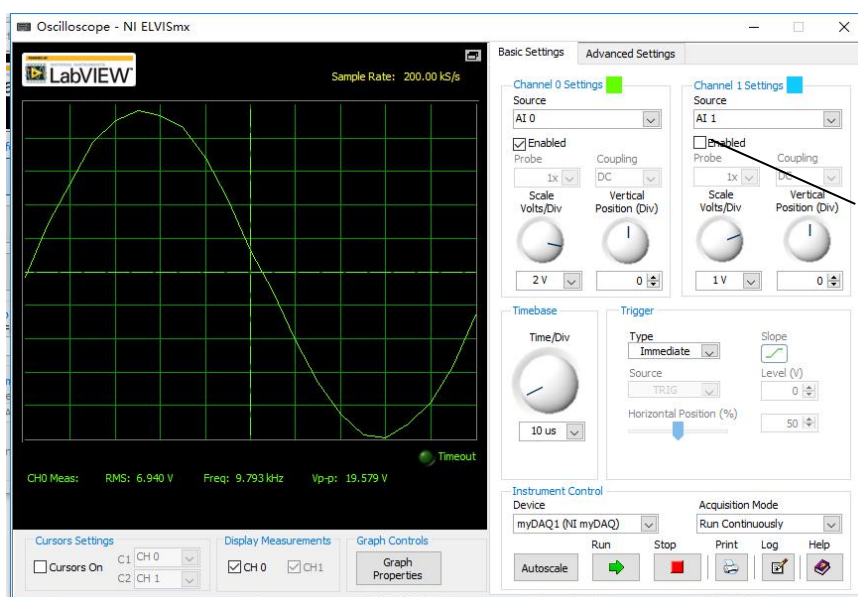
- 打开 NI ELVISmx Instrument Launcher。选择【Oscilloscope】,选择示波器通道为 AI0, AI1,

点击运行。观察传感器输出的信号，如图 2.6.5 所示。

- 调整 AD620 的 1、8 脚之间的可变电阻，从而调整放大倍数，使电压的峰峰值为 1V 以下（以免测量时峰值电压高于采集设备 10V 的极限电压），记录没有金属时的峰值电压。将金属片靠近一个涡流传感器，观察信号波形的变化，记录金属到涡流传感器的距离为 0 时的峰值电压。计算电压峰值的变化量。比较三种不同材料的检测灵敏度。

表 6-1

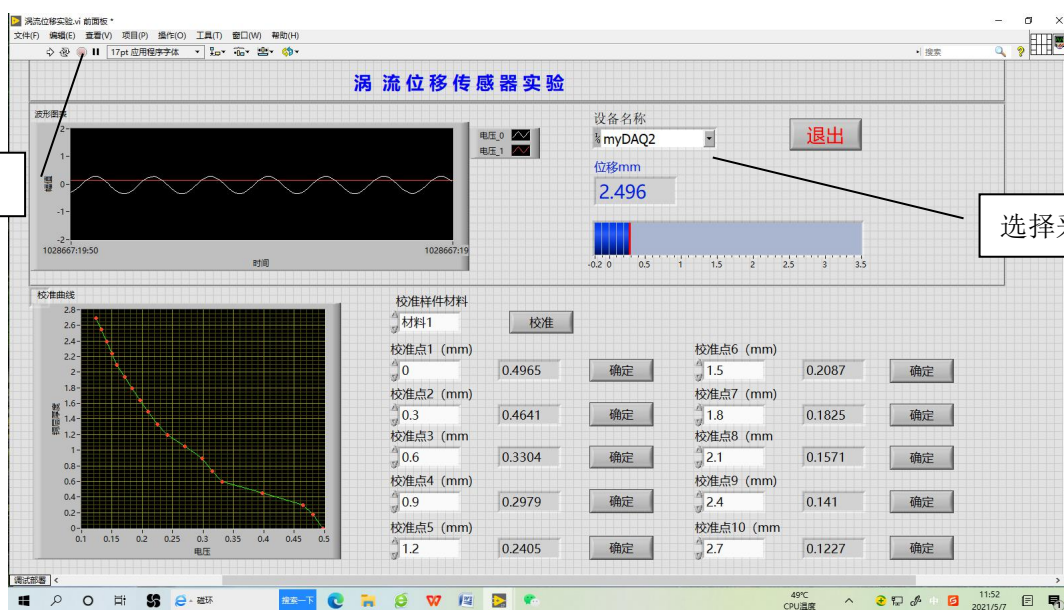
峰值电压	无金属	距离为 0	电压变化量
铁			
铜			
铝			



注意勾选

图 2.6.5 示波器显示传感器输出波形

- 打开 VI：桌面/涡流位移实验.vi, 该 Vi 能够测量采集到涡流传感器输出信号的幅值，为了减少干扰信号的影响，进行了均值滤波。采集界面如图 2.6.6：



运行按钮

选择采集设备

2.6.6 涡流位移传感器实验前面板图

程序框图如下：点击运行按钮，开始测量程序。

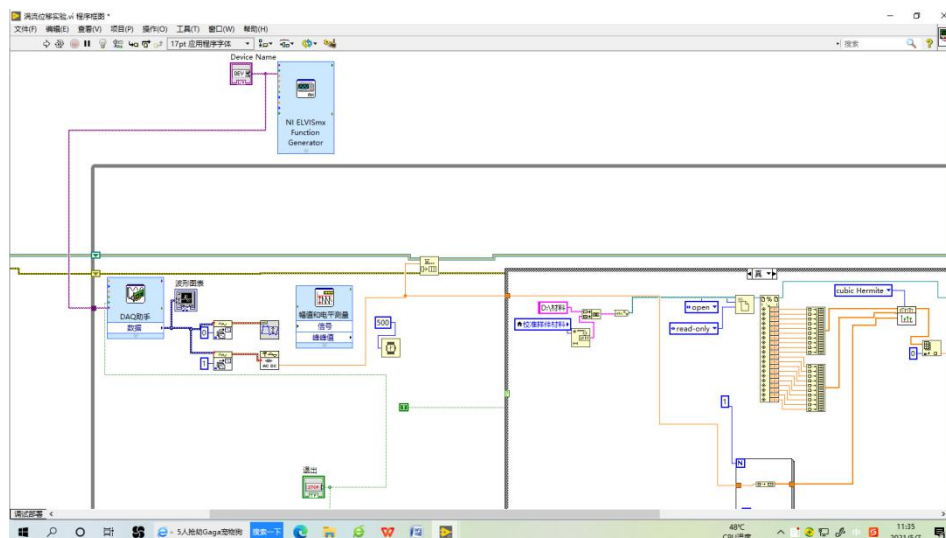


图 2.6.7 涡流位移传感器程序框图

7. 进行传感器静态工作特性的标定，将金属试块的移近涡流传感器探头，用千分尺测量，使金属试块与探头之间的距离保持 0.3mm，将距离数据输入距离文本框，点击“测量”按钮，则在电压文本框中显示峰值电压的变化量，获取第一个实验数据。移动金属试块使其距探头的距离增加 0.3mm，再次点击“测量”按钮，获取第二个实验数据点。重复上述过程直至完成 10 个标定点数据测量。并将实验结果记录在表 6-2 中

表 6-2

X (mm)	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0
V(v) 铁片											
V(v) 铝片											
V(v) 铜片											

8. 根据实验结果，画出校准曲线，用最小二乘法计算拟合直线。比较三个材料的检测灵敏度。
9. 任意设置金属到涡流传感器的距离（非校准点），用千分尺测量实际距离，记录实验值并计算误差，填入表 6-3。

表 6-3

	实际距离	测量距离	绝对误差	相对误差
V(v) 铁片				
V(v) 铝片				
V(v) 铜片				

10. 拓展实验

采用 LabVIEW 图形化编程语言，编程实现涡流传感器的位移检测，系统功能包含：传感器检测数据的采集、电压——位移的转换、显示等。

五. 实验报告要求

5. 简述实验目的和原理；
6. 分析并整理实验测量结果。

六. 小结与思考

2. 涡流传感器得测量电路还有哪些形式？举例说明。
3. 分析不同材料对涡流传感器静态特性的产生的影响，实验结果与理论分析的原理相符吗？

实验七：超声波测距实验

一、实验目的

1. 了解超声波测距的工作原理与应用。
2. 了解超声波测距的电路原理
3. 了解超声波测距的程序原理。

二、实验原理



图 2.7.1 超声波传感器

超声波发射器向某一方向发射超声波，在发射时刻的同时开始计时，超声波在空气中传播，途中碰到障碍物就立即返回，超声波接收器收到反射波就立即停止计时。设超声波在空气中传播的速度为 340m/s ，根据计时器记录的时间 t ，就可以计算出发射点距离障碍物的距离 S ，即 $S=340t/2$ 。需要说明的是，超声波传感器发射的波束比较窄（ $<10^\circ$ ），反射后仍然很窄，如果被测物体被旋转放置，有可能反射波束会偏离出接收探头的位置，导致探头接收不到反射波信号，测距将失败。

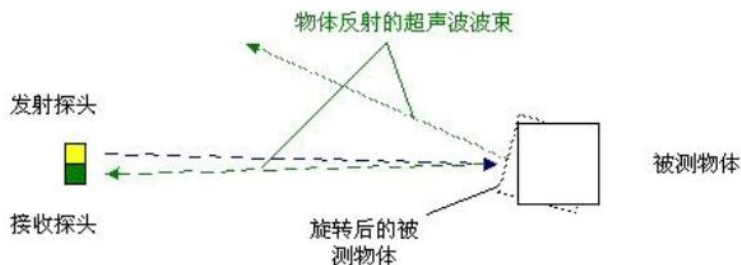


图 2.7.2 超声波测距原理

超声波测距传感器包括有发射超声波和接收超声波两部分装置，习惯上称为超声波换能器或超声波探头。常用的超声波传感器有两种，即压电式超声波传感器和磁致式超声波传感器。本实验采用的是压电式超声波传感器，主要由超声波发射器（发射探头）和超声波接收器（接

收探头)两部分组成,它们都是利用压电材料(如石英、压电陶瓷等)的压电效应进行工作的。利用逆压电效应将高频电振动转换成高频机械振动,产生超声波,以此作为超声波的发射器。而利用正压电效应将接收的超声振动波转换成电信号,以此作为超声波的接收器。

本实验采用的是HC-SR04超声波测距模块,当收到超过10us的出发信号后,发射器将发送8个40kHz的方波信号,若有信号返回则输出为高电平,高电平持续的时间即为信号传播的时间。此外,空气中声音传播的速度不是一个定值,在不同的温度下将会有一些变化。通常所说的340m/s只是一个近似值,传播速度的修正公式为 $s=331.4*(1+T/273)^{0.5}$,T为空气温度。作为常温下的测试,可以认定声速为346m/s(按25°C计算)。

三、实验仪器和器材

- | | |
|--------------------------|-----|
| 1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ | 1 台 |
| 2. 个人计算机 | 1 台 |
| 3. HC-SR04 超声波测距模块 | 1 |

四、实验步骤

1. 将超声波测距模块插入面包板,并连接好测量电路,①将超声波测距模块的触发端【Trig】连接至原型板上的计数器输出端【CTR0_OUT】;②将超声波测距模块的输出端【Echo】连接至计数器触发端【CTR1_GATE】;③将超声波测距模块的输出端【Echo】同时连接至【AI0】;④将超声波测距模块的电源连接至【+5V】。

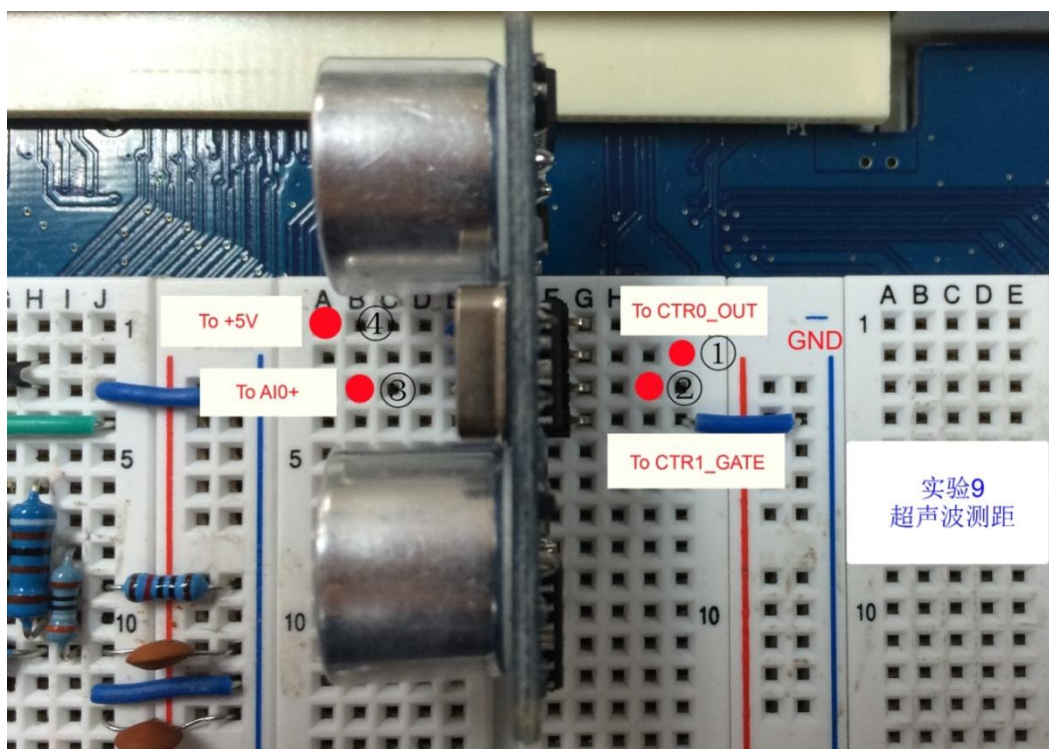


图 2.7.3 实际电路图

2. 检查电路无误后先打开 NI ELVIS II 工作站开关,再打开原型板开关,(或连接 myDAQ 的 USB 接线)等待计算机识别设备。
3. 打开 VI: Exercises/Lab_9/ Single Pulse Generation.vi,该 Vi 能够提供长度为 10ms 的单脉冲信号,可作为超声波测距模块的触发信号。循环运行该 Vi,产生连续的脉冲信号。

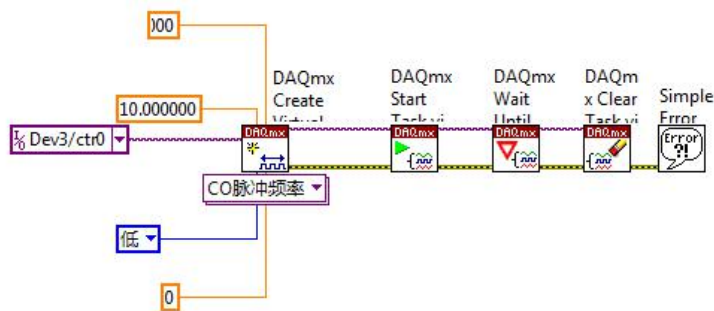


图 2.7.4 单脉冲产生 VI

4. 将超声波测距模块对准大约为半米远处的墙面，清除模块与墙面之间的遮挡物。打开 NI ELVISmx Instrument Launcher。选择【Oscilloscope】，选择示波器通道为 AIO，点击运行。观察有触发信号时超声波测距模块接收到的返回信号，如下图所示。

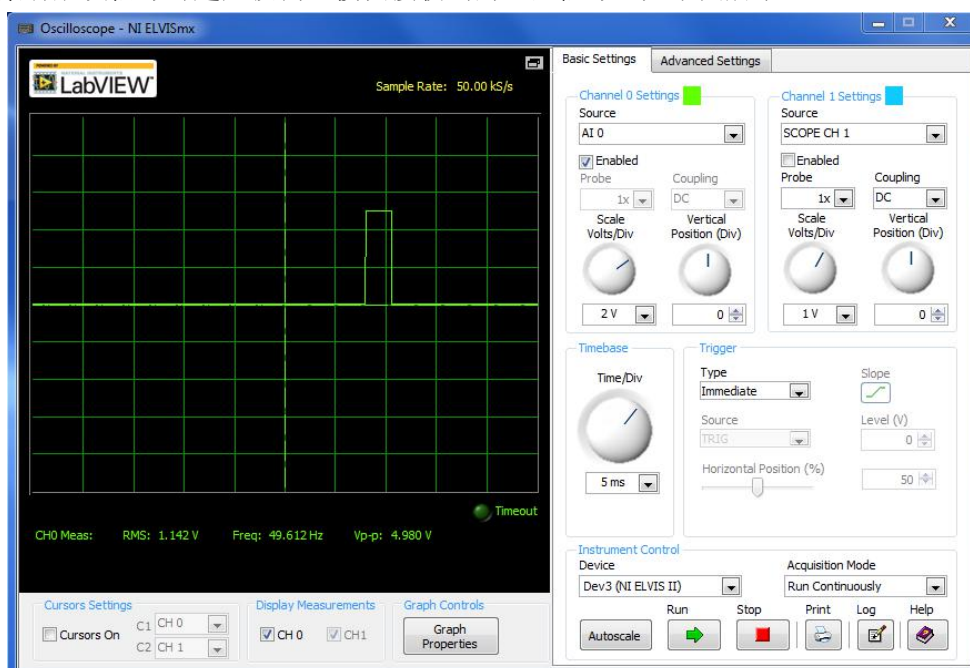


图 2.7.5 超声波测距模块接收到的信号

5. 关闭 VI “Single Pulse Generation”，打开 VI: Exercises/Lab_9/ Pulse Width Measurement.vi, 该 Vi 能够测量单脉冲信号的宽度，该宽度表示为超声波信号发出到接收之间的时间，可用于测量障碍物与测距模块之间的距离。

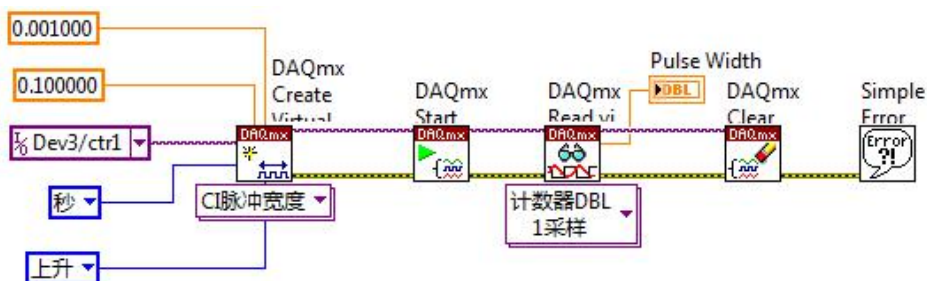


图 2.7.6 脉冲宽度测量 VI

6. 关闭 VI “Pulse Width Measurement”，打开 VI: Exercises/Lab_9/ Ultrasonic.vi, 将脉冲宽度测量模块输出的时间大小信号乘以声波传输速度的 1/2, 即得到障碍物与测距模块之间的距离, 程序框图如下图所示。

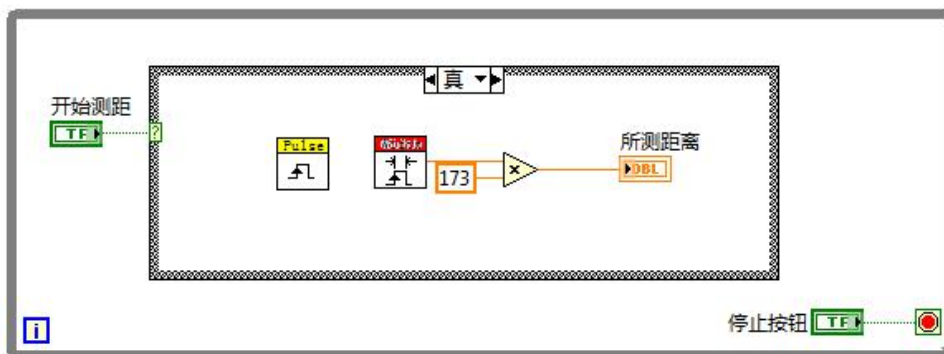


图 2.7.7 测距 VI

7. 打开前面板, 运行该 VI。点击“开始测距”按钮, 测会显示前方障碍物距离值, 如下图所示。



图 2.7.8 测距 VI

8. 点击“停止”按钮, 保存并关闭 VI。

【拓展实验】

利用超声波测距模块制作一个防撞系统。LabVIEW 程序可参照 Exercises/Lab_9/ Collision Warning.vi。

五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理;
2. 分析并整理实验测量结果。

六、小结与思考

超声波测距产生误差的主要原因是什么? 可以采用什么方法提高测量精度?

实验八：光耦传感器测量转速实验

一、实验目的

1. 了解光耦传感器的工作原理与应用。
2. 了解光耦传感器测量直流电机转速的电路原理
3. 了解光耦传感器测量直流电机转速的程序原理。

二、实验原理



图 2.8.1 光耦传感器

光耦：也称作光电耦合器或光电开关或对射式光电开关。是以光为媒体由发光体与受光体间的光路遮挡或由反射光的光亮变化为信号检测物体的位置、有无等的装置。本实验使用台湾亿光生产的ITR9608型槽型光耦，由一个红外线发射管与一个NPN型的硅光敏三极管组合而成。槽型光耦（光电开关）具有：检测距离长、响应速度快、受环境强光的影响三个特点。

转速是各类电机运行中的一个重要物理量，准确、快速且方便地测量电机转速极为重要。常用的转速测量方法：闪光测速法、光电码盘测速法和霍尔元件测速法、离心式转速表测速法、测速发电机测速法。在这五种测速方法中，离心式转速表测速法和测速发电机测速法所用的都是现成的测速仪表，容易得到。但转速表或测速机都要与电机同轴连接，一方面增加了电机机组安装难度，另一方面有些微电机功率很小，转速表或测速机消耗的功率占了微电机大部分，更有甚者微电机甚至拖不动这些仪表，所以对微特电机的测速，这二种方法不适用。

光电码盘测速法与霍尔元件测速法基本类似，在电机转轴上安装一个很轻巧的传感器，将电机的转动信号通过光（光电码盘）或磁（霍尔元件）转换为电脉冲，进而通过计算电脉冲的个数获得电机的实际转速。

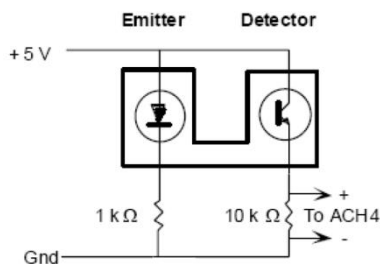


图2.8.2 光耦传感器内部结构

转速计算：若测速编码数为 M ，测量时间为 t ，测量到的脉冲数为 N ，则转速 $n = (N/t * M) * 60$ 。

实验中，LabVIEW采用了计算每一个转速脉冲周期的方法，将周期转换为频率，并将秒换算成分钟，再除以测速码盘的透过次数，就得到了直流电机每分钟的转速。

由于光耦传感器的输出幅度很小，通过放大和滤波电路可以将输出调理至计数器可以分析的信号。如下图所示。

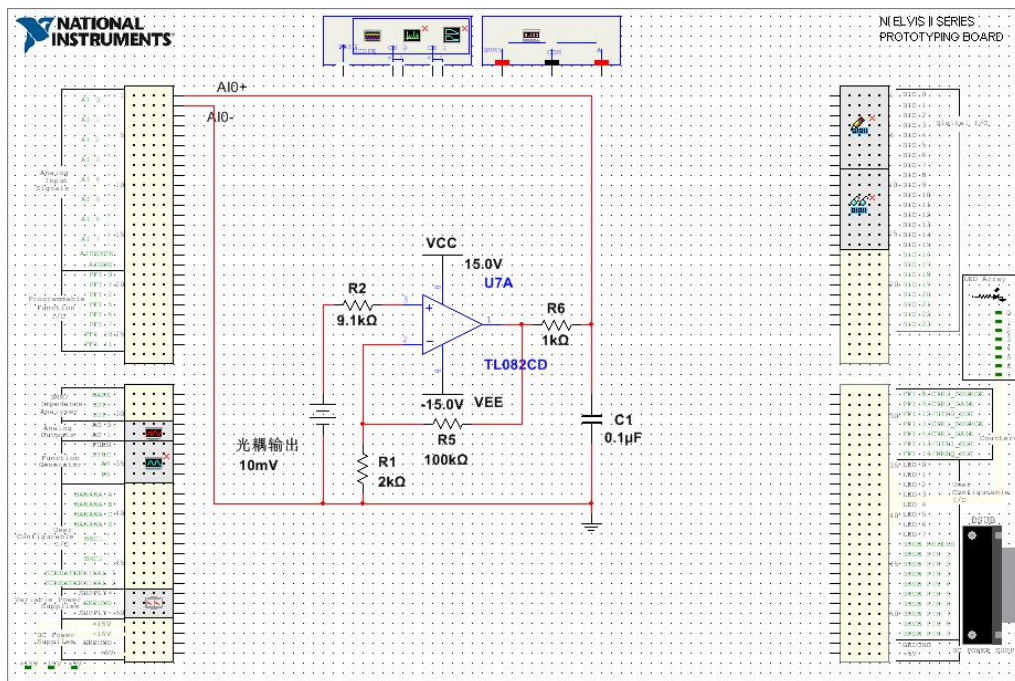


图2.8.3 放大调理电路

三、实验仪器和器材

- | | |
|--|-----|
| 1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ | 1 台 |
| 2. 个人计算机 | 1 台 |
| 3. 直流电机 *1 | |
| 4. 测速码盘 *1 | |
| 5. 光耦传感器 ITR9608 *1 | |
| 6. 运算放大器 TL082 *1 | |
| 7. 电阻 2k Ω *1; 9.1k Ω *1; 100k Ω *1; 1k Ω *1 | |
| 8. 电容 0.1 μ F *1 | |

四、实验步骤

- 将测速码盘固定在直流电机上，确保测速码盘在旋转过程中不摇晃。在面包板上插入光耦传感器，并将马达垫高后固定在面包板上，使测速码盘刚好位于光耦传感器中间。搭建调理电路，主体电路在演示板上已搭建完成，位于直流电机下方。完成剩余电路。①将光耦传感器的电源端连接至【+5V】，GND端与【AGND】相连；②将放大滤波后电路的输出 A、B 相输出分别连接至模拟输入端【AI000+】、【AI001+】；③【AI000-】、【AI001-】端与【AGND】相连；如图 2.8.4 所示。④

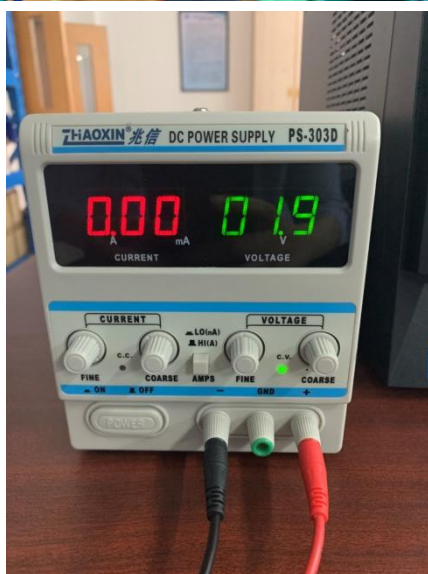
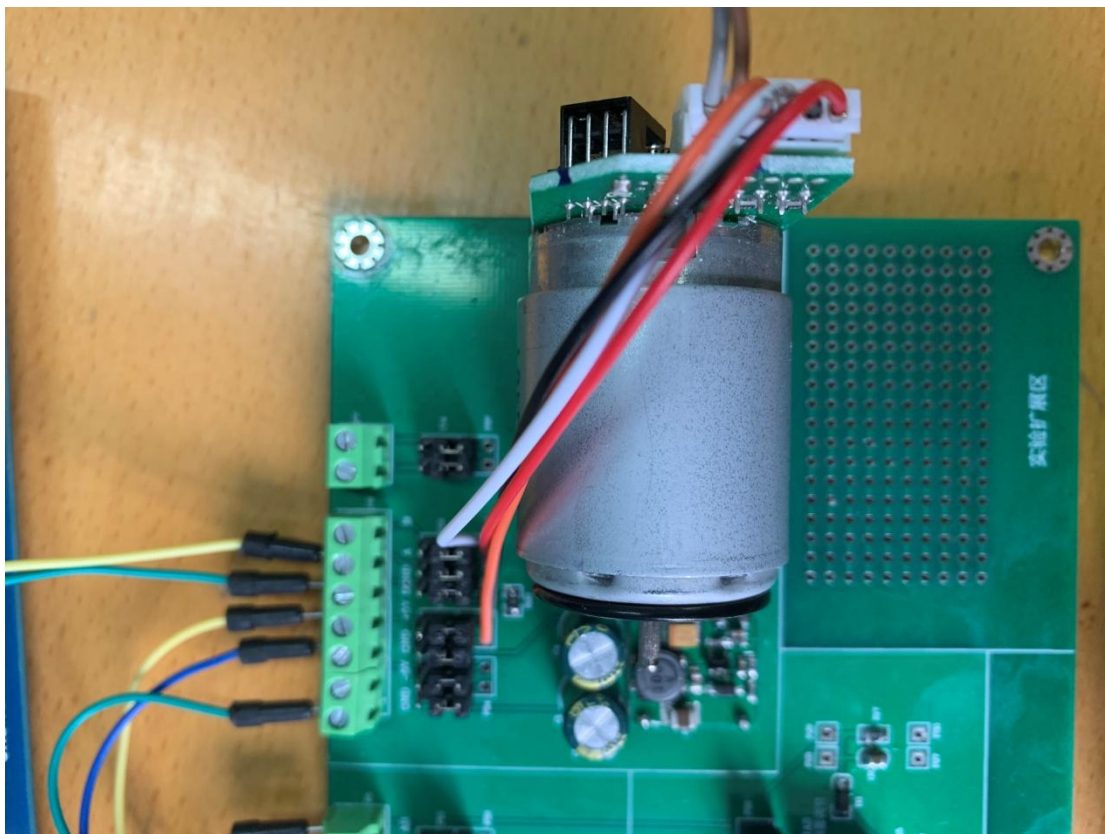


图 2.8.5 电动机电源接线图

图 2.8.6 编码器及光电传感器图

编码器如图 2.8.6，A、B 相位差 90 度，栅格数是 96，也就是说电机转一圈，A 相和 B 相分别输出 96 个矩形脉冲。

2. 检查电路无误后先打开 NI ELVIS II 工作站开关，再打开原型板开关，（若为 myDAQ，则将 USB 插口接入计算机的 USB 口）等待计算机识别设备。

3. 直流电机运转。直流电机由可变直流源供电，电压越大转速越快，设置直流电源输出电压为 2.5V，将直流电机的正极输入连接至直流电源的红色线【+】，将直流电机的负极输入连接至直流电源的黑色线【-】；如图 2.8.5 所示。直流电机将开始运转。
4. 观察光耦传感器的输出。打开 NI ELVISmx Instrument Launcher。选择【Oscilloscope】，点击运行，设置示波器通道为 AI0, AI1，调整示波器的 tim/div,将看到一系列方波信号，如图 2.8.7 所示。增大直流电压，方波信号的频率将增加。将信号波形记录下来，观察 A、B 相波形的相位差。

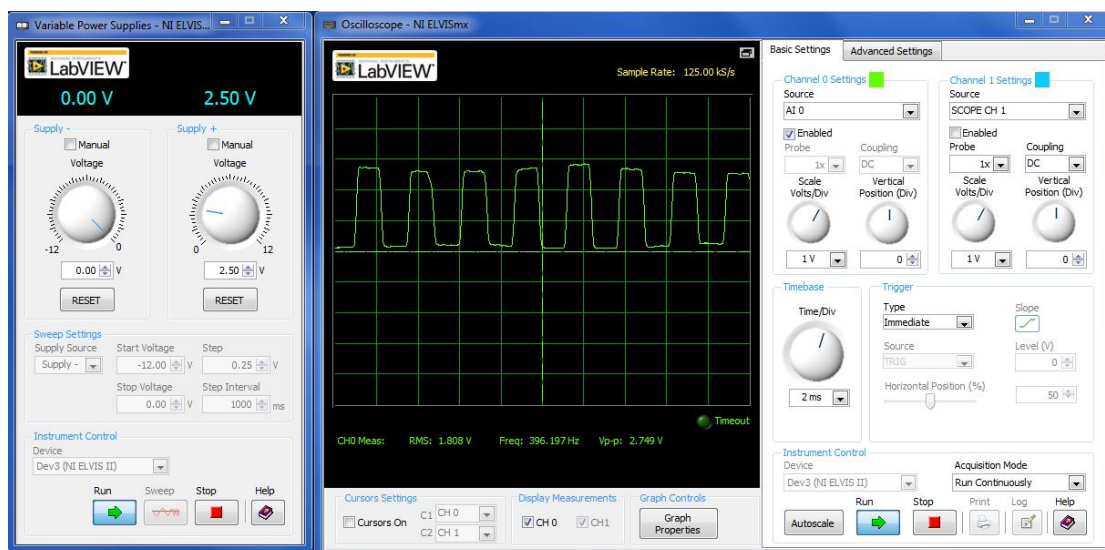


图 2.8.7 观察光耦传感器输出

5. 关闭 NI ELVISmx Instrument Launcher，将输出 A 相连接至计数器端【DI001】。编写转速测量程序，程序框图如图 2.8.8 所示。界面如图 2.8.9 所示

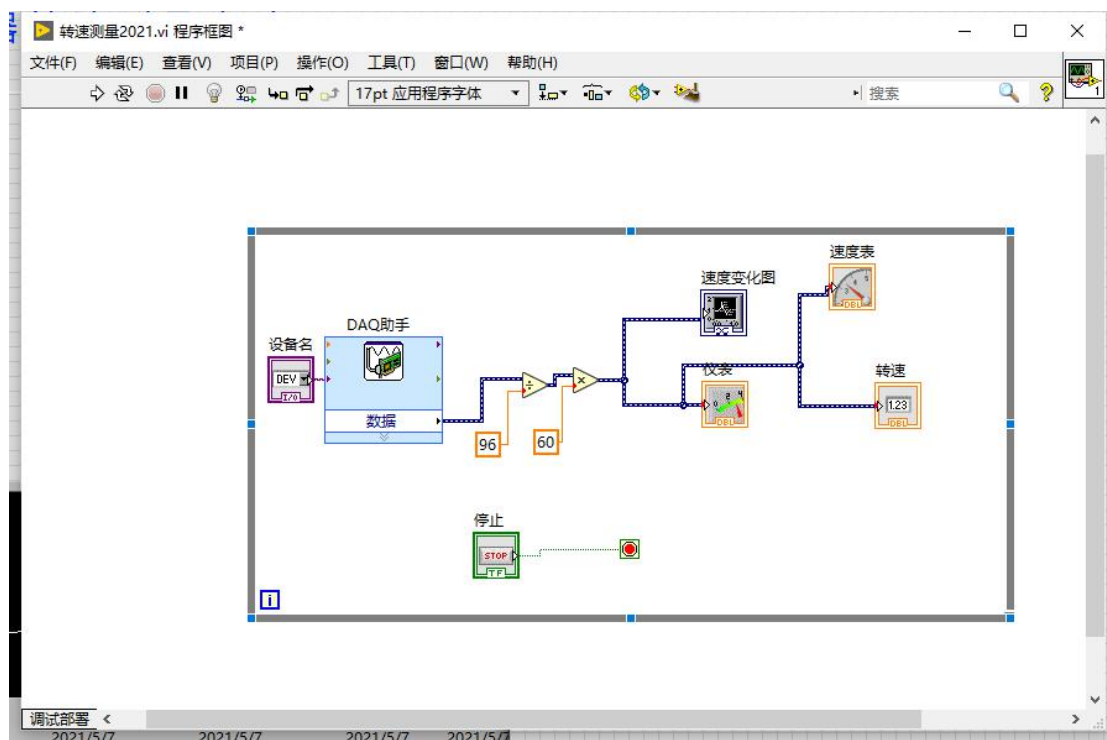


图 2.8.8 程序框图

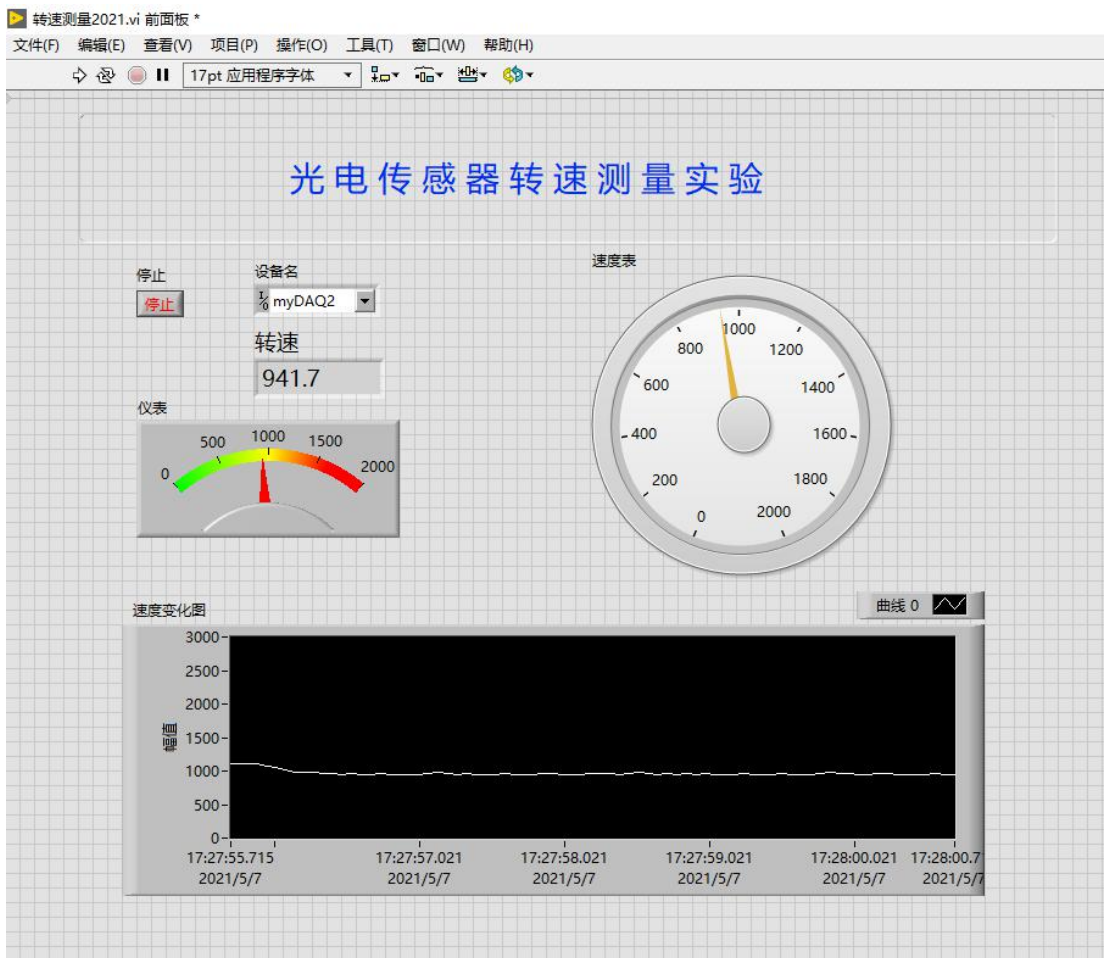


图 2.8.9 程序界面

5.1 数据采集，使用 DAQ 助手，如图 2.8.10 函数/测量 IO/DAQ 助手，右键单击该图标，打开“属性”对话框

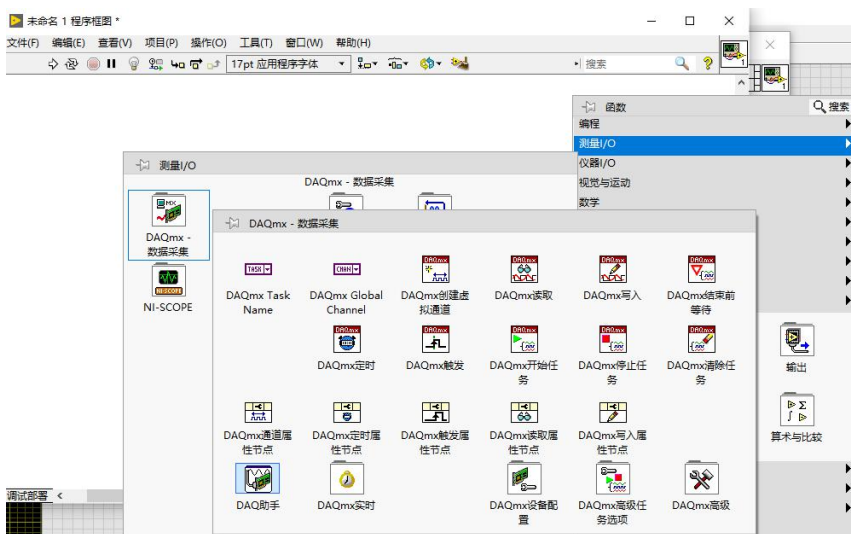


图 2.8.10 DAQ 助手函数

DAQ 测量类型设置：选择计数器输入/频率，如图

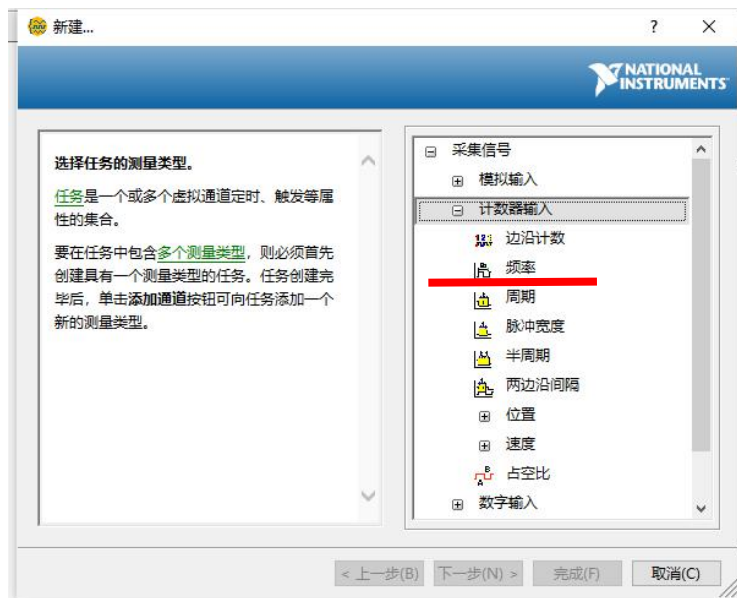


图 2.8.11 DAQ 测量类型设置

下一步选择物理通道 ctr0

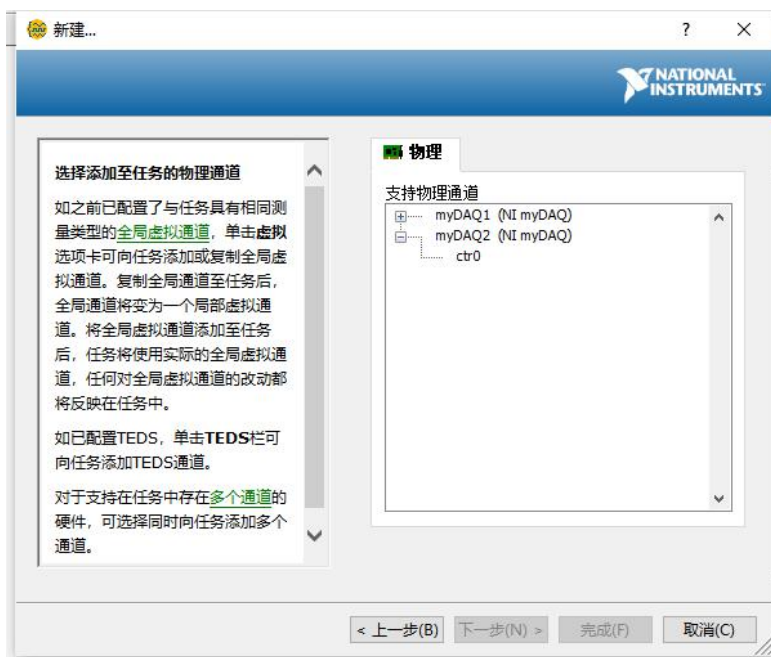


图 2.8.12 物理通道选择



2.8.13 DAQ 助手设置

5.2 频率到转速的转换。转速值（ $\text{转速}/\text{min} = \text{频率} * 60 / \text{编码数}$ ）

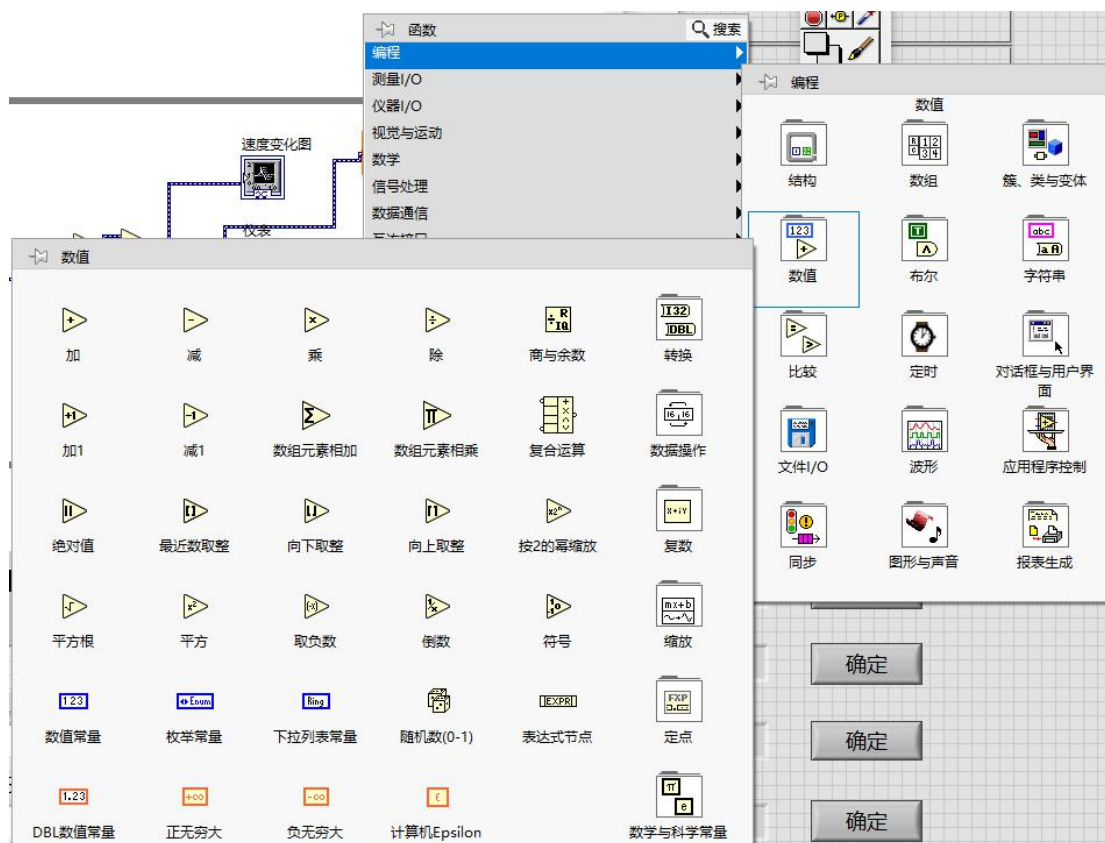


图 2.8.14 数值计算函数

5.3 转速的显示，可以通过仪表，速度表、数值、转速变化波形图的方式，显示转速以实时监控电机速度的变化。

6. 程序设计完成，点击运行按钮，观察输出转速，调节直流电源的电压，观察波形变化，拍照程序框图和界面。

五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理；
2. 分析并整理实验测量结果。打印程序框图和运行界面

六、小结与思考

1. 转速测量还可以采用其它那些传感器进行？
2. 采用光电传感器测量转速的精度如何，怎样保证测量的准确性？
3. 如何判断电机旋转方向，实现正反转速的测量？

拓展训练：如何使用 myDAQ 进行直流电压的调节进而控制电机的转速

原理：采用 PWM 技术进行电压的调节，PWM 指[脉冲宽度调制](#)，全称 Pulse Width Modulation。它的基本工作原理为：脉冲宽度调制是一种模拟控制方式，其根据相应载荷的变化来调制晶体管基极或 [MOS 管](#) 栅极的偏置，来实现晶体管或 MOS 管导通时间的改变，从而实现开关稳压电源输出的改变。这种方式能使电源的输出电压在工作条件变化时保持恒定，是利用[微处理器](#)的数字信号对[模拟电路](#)进行控制的一种非常有效的技术。本实验通过 myDAQ 的 I/O 口输出 PWM 波，改变脉冲宽度即可改变电机的转速。

接口电路：空载时，电机约需要 180 mA (3.3 V)，以最高效率运行时，则需要 1000 mA，这比三个 NI myRIO 连机器加起来能提供的最大电流还要高两倍。由于电机电阻小于 $1\ \Omega$ ，当由于负荷过大或转子被阻挡，导致电机阻转时，电机会产生更高的电流需求。因上述原因，采用 IRF510 N 通道增强型功率场效应晶体管作为高电流固态开关来操控电机。IRF510 栅极-源极阈值电压 $V_{GS(th)}$ 范围为 2 V 至 4 V，而 NI myDAQ DIO 输出电压仅为 3.3 V，不足以使 IRF510 导通。两个低功率场效应晶体管被布置为由 5V 电源供电的标准 CMOS 逻辑反向器，它能够发挥 3.3V-5V 电平转移器作用，从而确保 IRF510 栅极电源为 0V (关) 或 5V (开)。电路图如图所示：

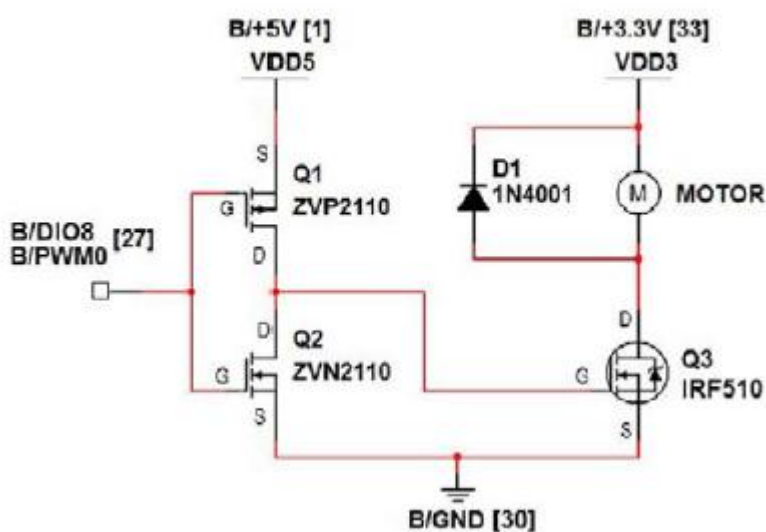


图 2.8.11 接口电路图

PWM 连续脉冲序列生成:利用计数器硬件资源和 LabVIEW 编程,实现脉冲序列的连续生成。

硬件连线:

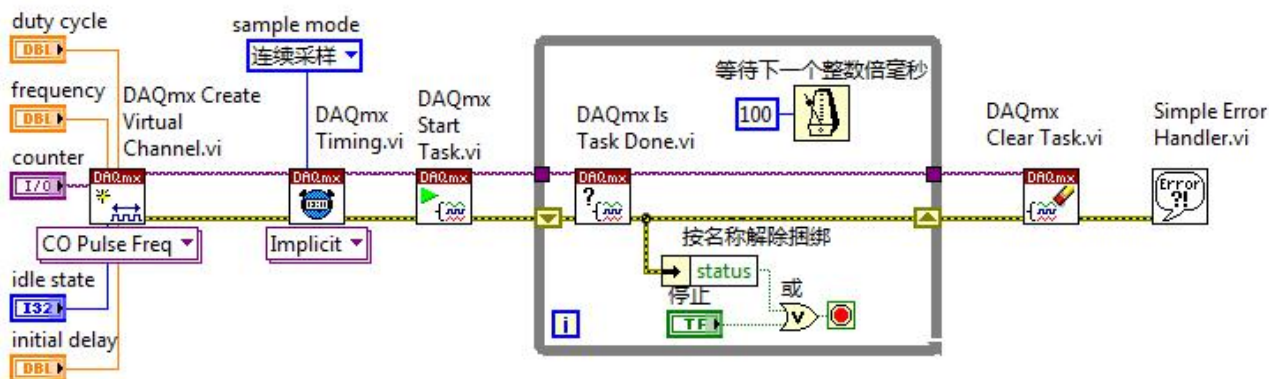
(ELVIS) 将 ELVIS 原型板上的 PFI12/CTRO_OUT 连接到 AI 0+, 将 AI 0- 连接到 GROUND (连接 AI0 通道的目的是通过 AI 0 通道观察产生的脉冲波形)

(myDAQ) 将 DIO 3 连接至 AI 0+, 将 DGND 连接至 AI 0-。 (NI myDAQ 的 CTRO_OUT 实际与 DIO 3 共用接线端)

实现:

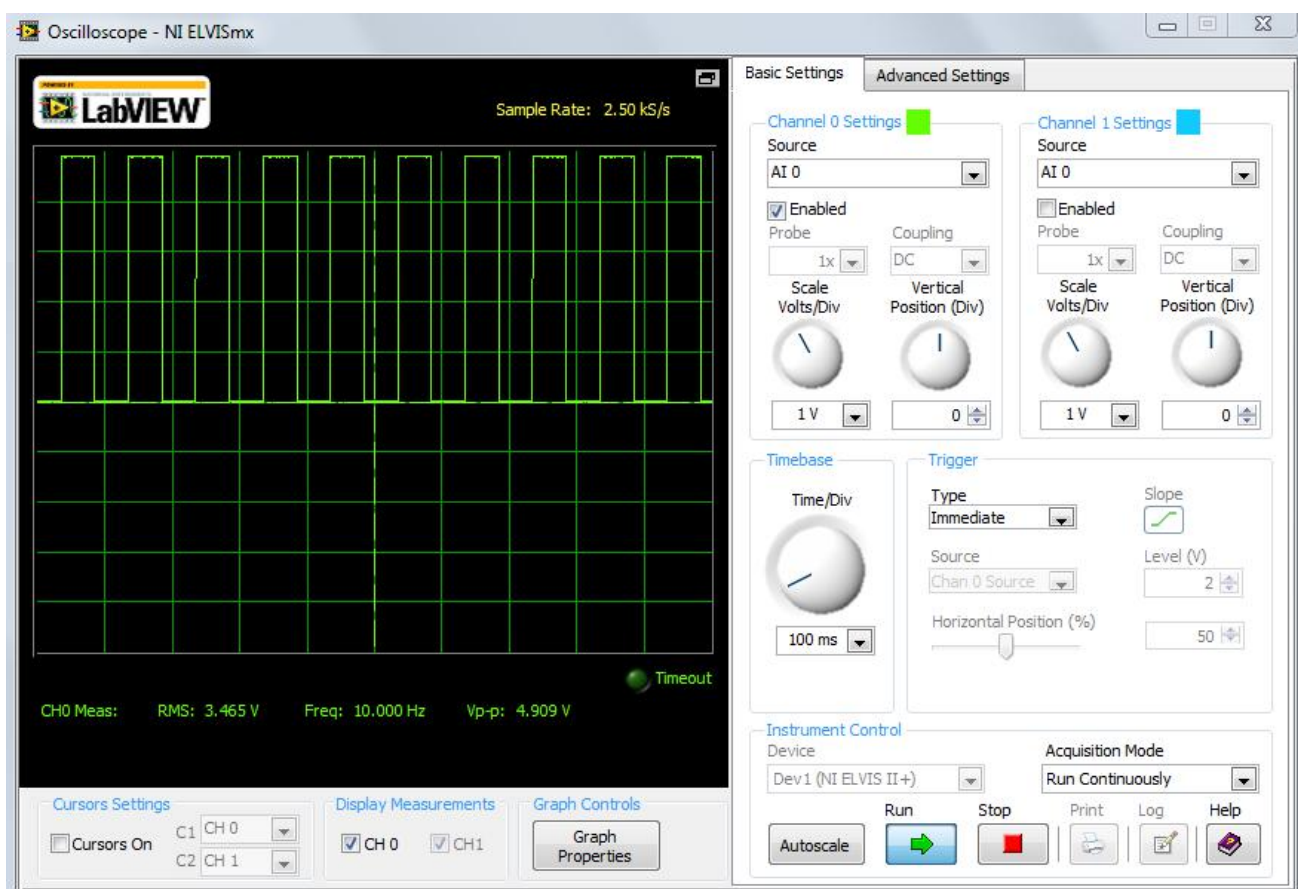
创建如下的 VI 前面板与程序框图 (或直接打开准备好的程序 Pulse Train Generator.vi), 注意 DAQmx 创建虚拟通道 (DAQmx Create Virtual Channel.vi) 的多态选择器应选择计数器输出 >> 脉冲生成 >> 频率。DAQmx 定时 (DAQmx Timing.vi) 的多态选择器应选择隐式, 因为创建通道时所设置的脉冲序列参数本身已经包含了时间信息。





测试：

1. 将编写好的 Single Pulse Generation.vi 的前面板控件设定为下列值：计数器 Dev1/ctr0；占空比 0.5；频率 10；空闲状态为低；初始延迟 0.25。然后运行 VI。
2. 利用示波器（Scope / Oscilloscope）软面板观察生成的脉冲，注意 Channel 0 的 Source 选择 AI 0，水平方向每隔显示的时间设置为 100ms，应该可以看到类似下图的波形。
3. 改变脉冲序列的频率，占空比等参数设置，再运行 VI，观察看到的波形。



实验九 音频信号采集及频域均衡实验

一、实验目的：

1. 基于 myDAQ 数据采集卡和 LabVIEW 实现一个在线实时音效处理系统，熟悉如何利用 LabVIEW 控制 myDAQ 完成信号采集、分析以及信号生成。
2. 了解并熟悉滤波器的作用

二、实验原理：

本实验运用 myDAQ 完成一个在线音效处理系统，要求先运用 myDAQ 采集一个外部音源信号（如电脑的音频输出），接着在 LabVIEW 中对信号进行相应的分析处理（数字信号处理），最后再通过 myDAQ 的音频输出口将处理之后的信号进行 D/A 转换输出，可以用小型音响或者耳机听到处理后的信号。

均衡器是一种可以分别调节各种频率成分电信号放大量的电子设备。让用户可以更加方便的根据自己的听音习惯对音乐进行调整，以补偿和修饰各种音源。常见的频段划分如下：

- 极低频：0~40Hz 强劲有力
- 低频：40Hz~150Hz 基础组成部分
- 中低频：150Hz~500Hz 人声
- 中频：500Hz~2kHz 乐器的低次谐波
- 中高频：2kHz~5kHz 弦乐的特征音
- 高频：5kHz~8kHz 层次感
- 极高频：8kHz~20kHz 通透感

三、实验仪器和器材

1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ 1 台
2. 个人计算机 1 台

四、实验步骤：

1. 将 myDAQ 通过 USB 连至计算机上，在 MAX 中将其名称修改为 **Dev1**（如果该名称已被 ELVIS 等其他硬件占用，可使用其他名称，但后续实验步骤都需注意做相应的修改）。
2. 用 myDAQ 附带的一根音频线连接计算机的音频输出口至 myDAQ 的 AUDIO IN 接口，在 myDAQ 的 AUDIO OUT 接口插上一个立体声耳机或一对小型扬声器。
3. 运用 myDAQ 实现音频信号的采集和发送

打开 Exercise 文件夹下的 myDAQ Audio.vi，其程序框图如下图所示。双击在程序框图左侧的 DAQ Assistant Express VI，可以看到采样率等参数的设置。我们还需要确认将物理通道设置为当前使用的 myDAQ 的相应通道，因此在配置选项卡中展开**详细信息**。如图 2.9.2 所示，在**详细信息**中，右键点击输入通道 **Left Channel**，选择“**更改物理通道...**”。

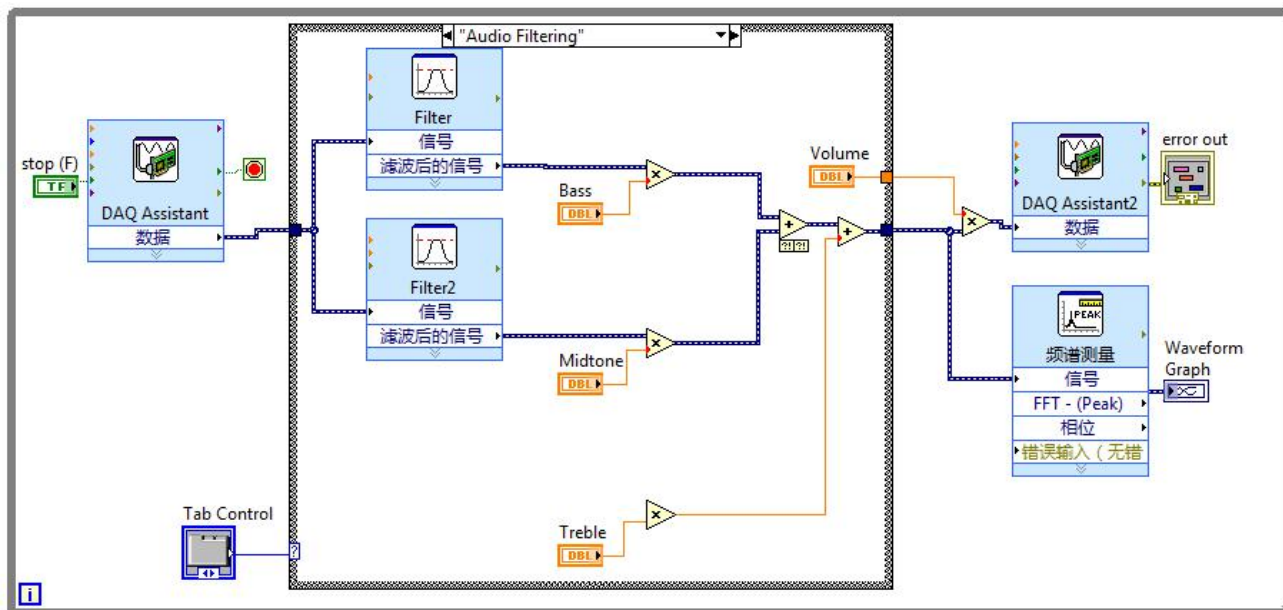
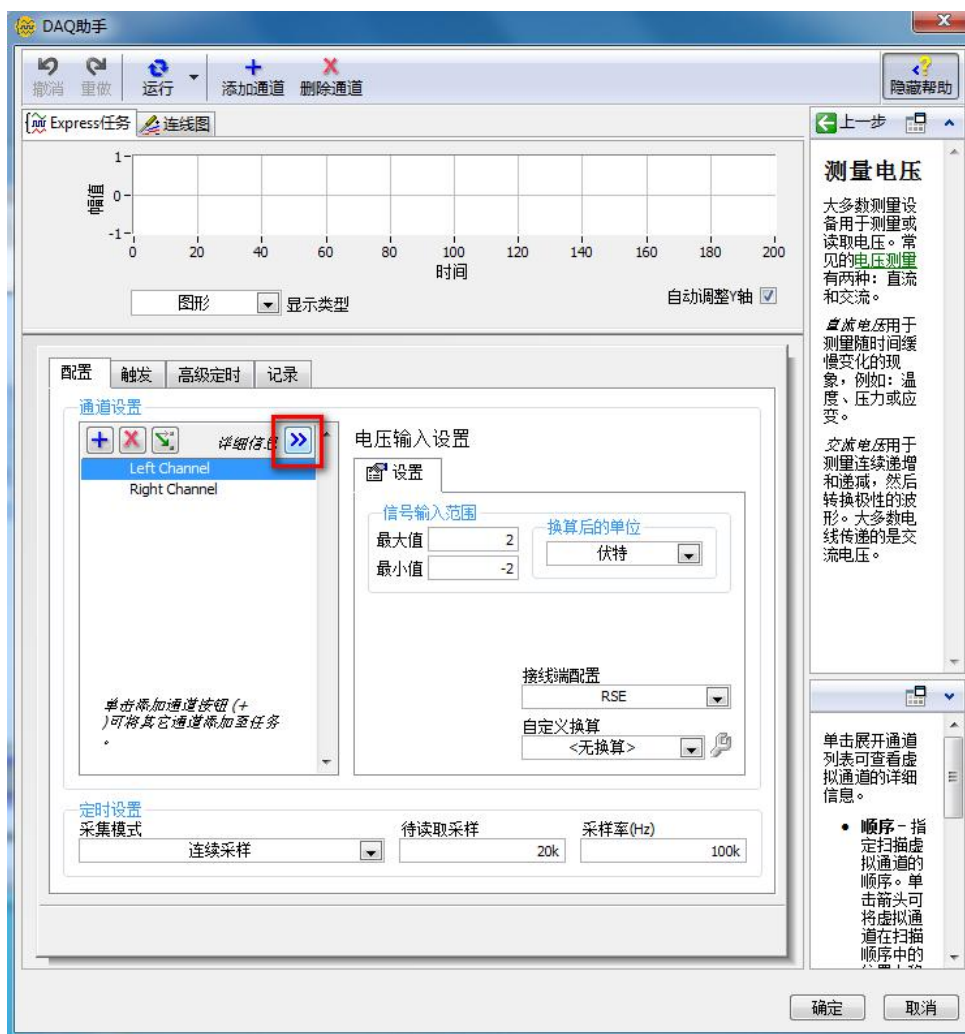


图 2.9.1 音频信号的采集和发送程序框图



2.9.2 配置选项卡

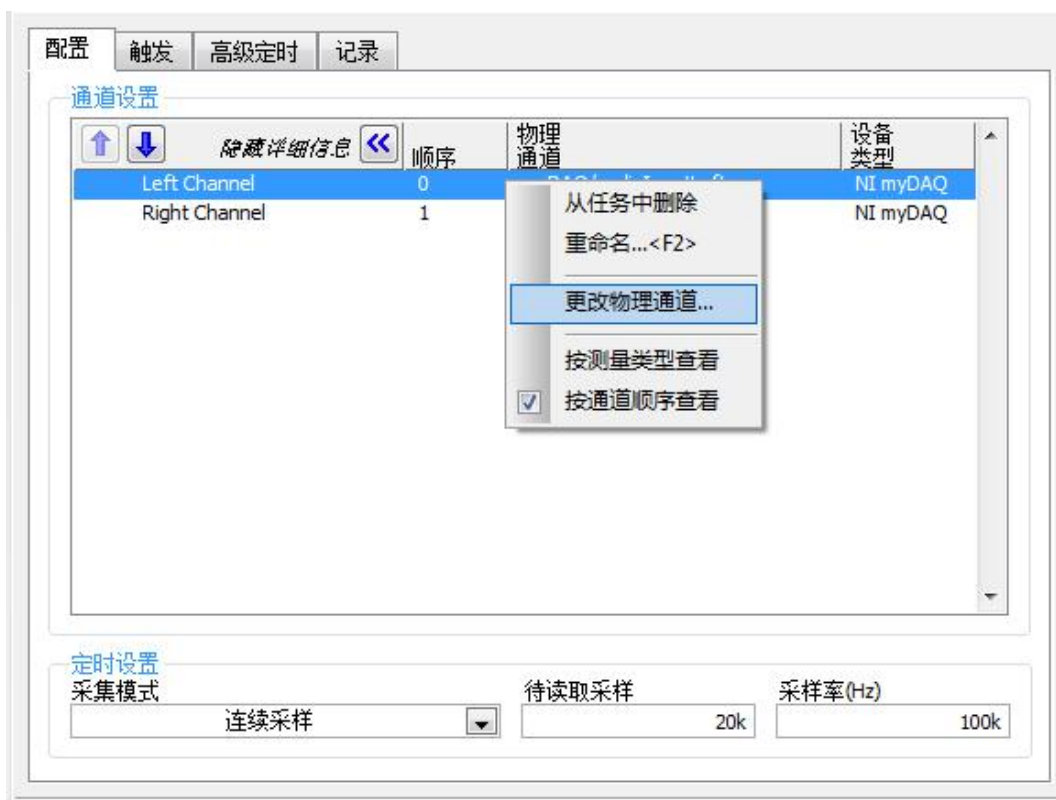


图 2.9.3 配置选项卡详细信息

在弹出的对话框中，选择“Dev1”下的“audioInputLeft”（相当于 myDAQ 音频输入端口的左声道输入）

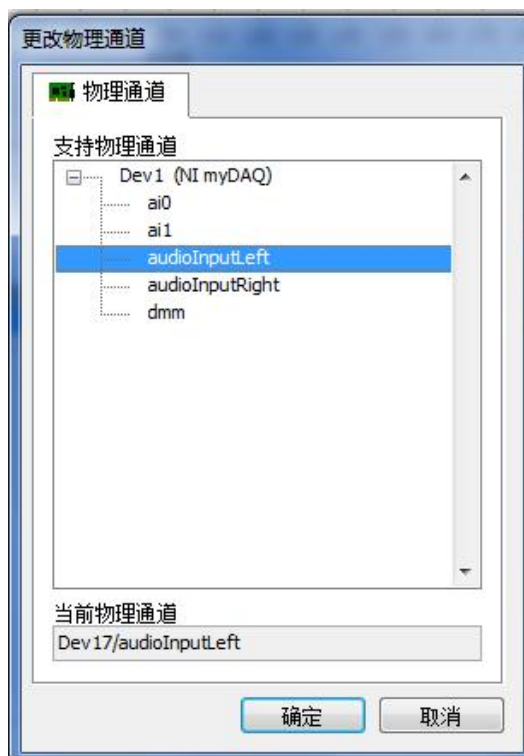


图 2.9.4 配置选项卡物理通道选择

然后以同样的配置方法，将 **Right Channel** 配置为“Dev1”下的“audioInputRight”。

4. 双击程序框图右侧的DAQ Assistant2 Express VI,用同样的配置方法,将其“VoltageOut_0”和“VoltageOut_1”分别配置为“Dev1”下的“audioOutputLeft”和“audioOutputRight”(相当于 myDAQ 音频输出端口的左声道和右声道)。

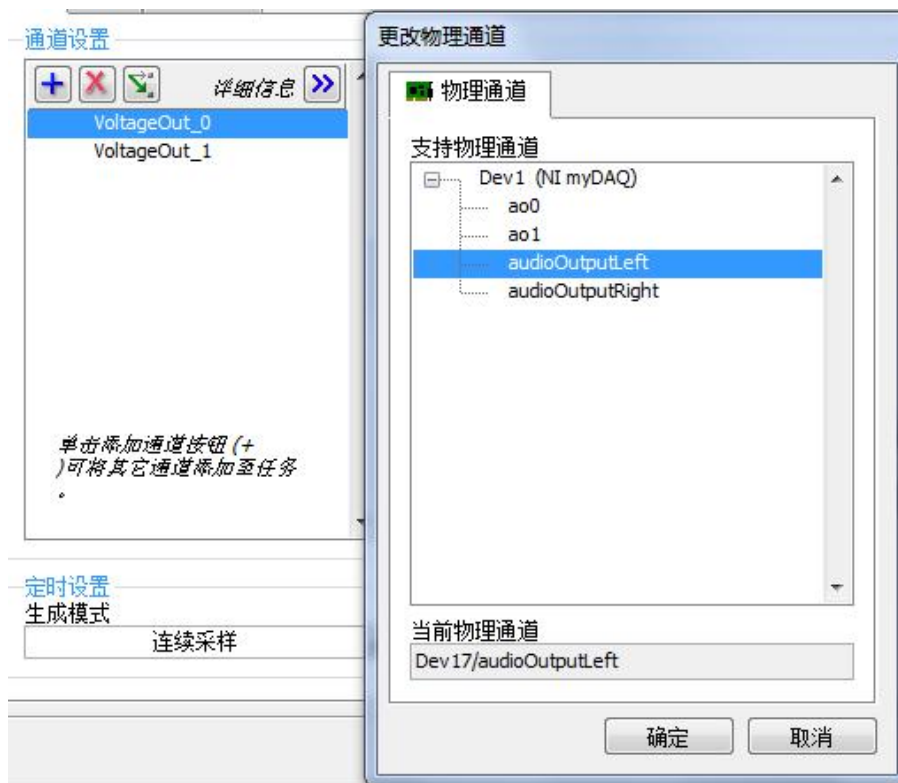


图 2.9.5 音频输出通道配置

这两个 Express VI 就可以控制 myDAQ 进行音频信号的输入以及输出。

5. 在 LabVIEW 中进行数字音频信号处理

首先编写一段程序,获得左右声道的差值信号。点击程序框图中条件结构的选择器标签,并且选择“Audio Effects”选项。

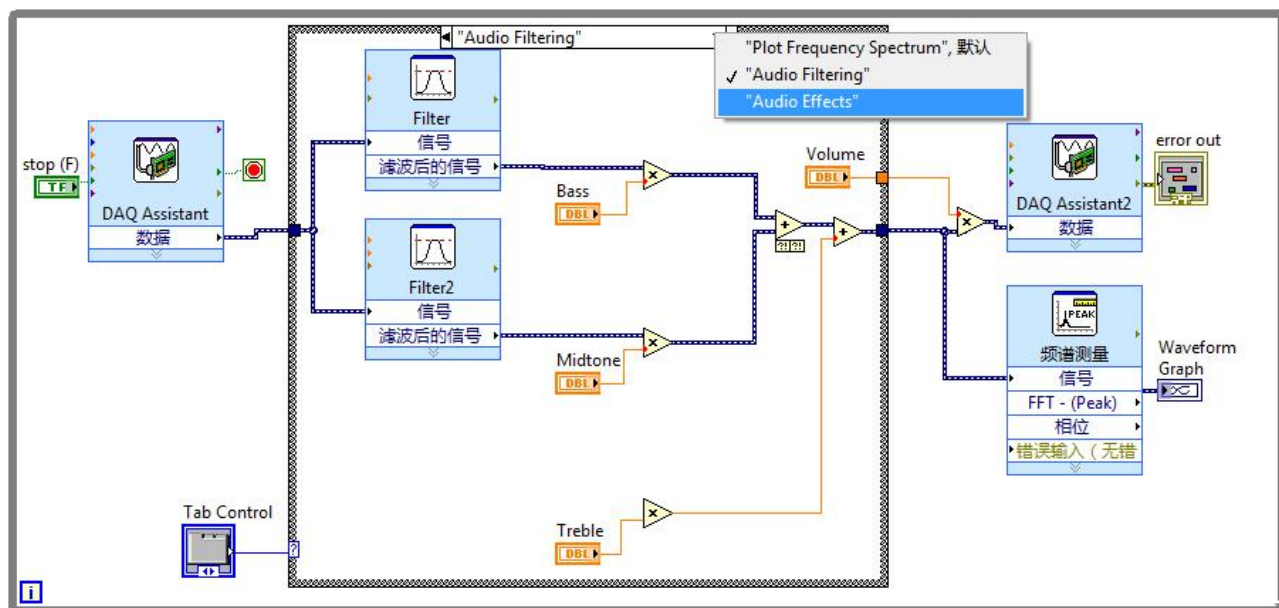


图 2.9.6 程序框图

在该条件分支中右击鼠标，添加函数窗口中 **编程>>比较** 下的“**选择**”函数

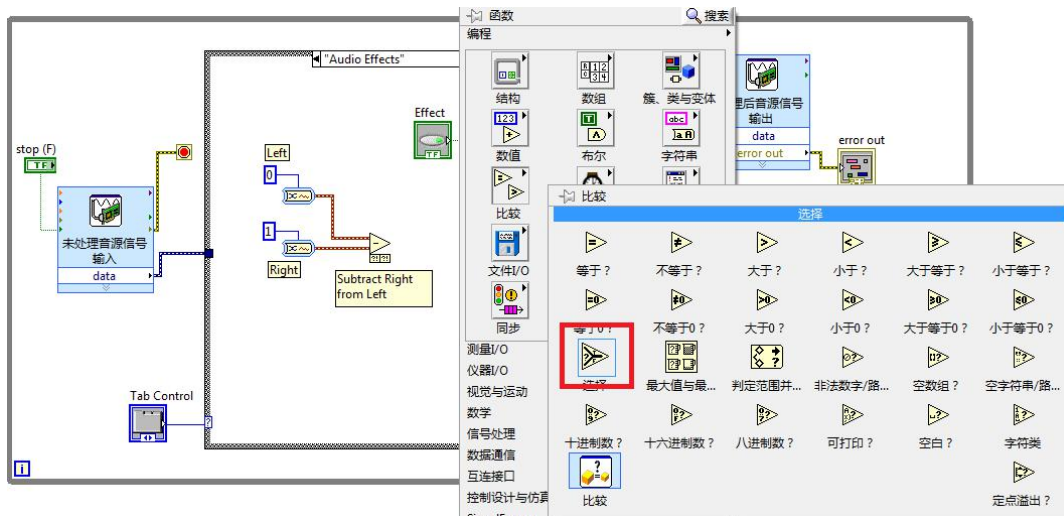


图 2.9.7 “Audio Effects” 选项下程序框图

再在该分支中，完成如下连线：

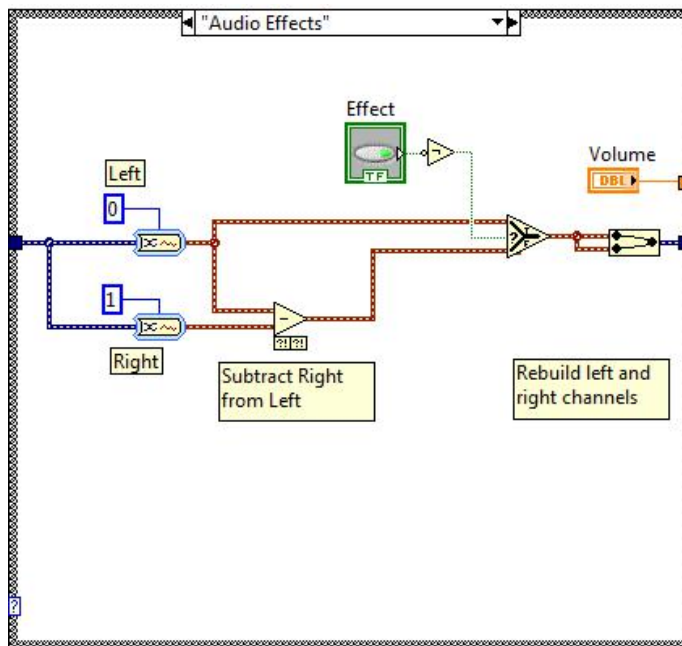


图 2.9.8 “Audio Effects” 选项下程序框图连线

这段代码所要实现的效果是：在“Effect”按钮被按下时，将左右声道信号求差，通常这将使人声被消弱，从而使人感受到的伴奏声音相对增强。

6. 修改“Audio Filtering”分支，这个分支将完成高中低音的均衡（分别提取低音、中音、高音部分，施以不同的加权系数后再相加，从而完成均衡）。其中低音和中音部分的滤波和加权相加已经完成，我们主要需要再添加高音部分

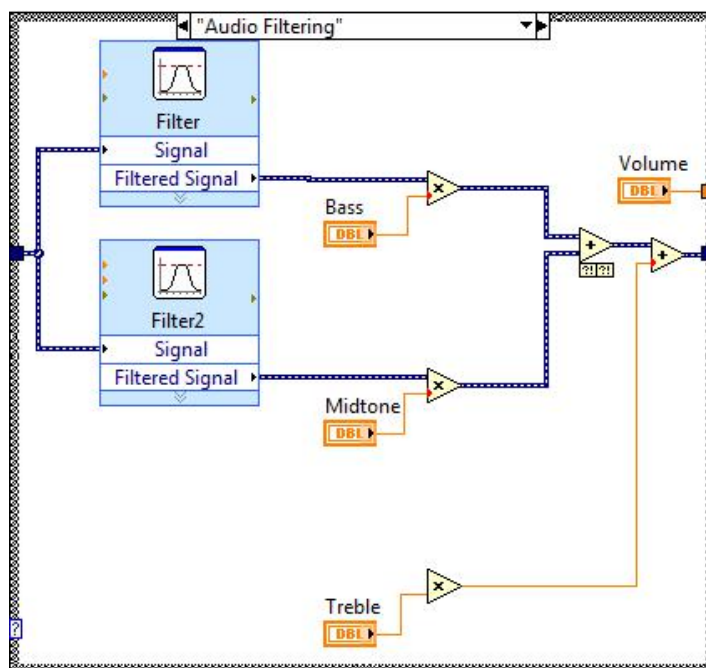


图 2.9.9 “Audio Filtering” 分支

再该分支中再放置一个“滤波器 Express VI”：

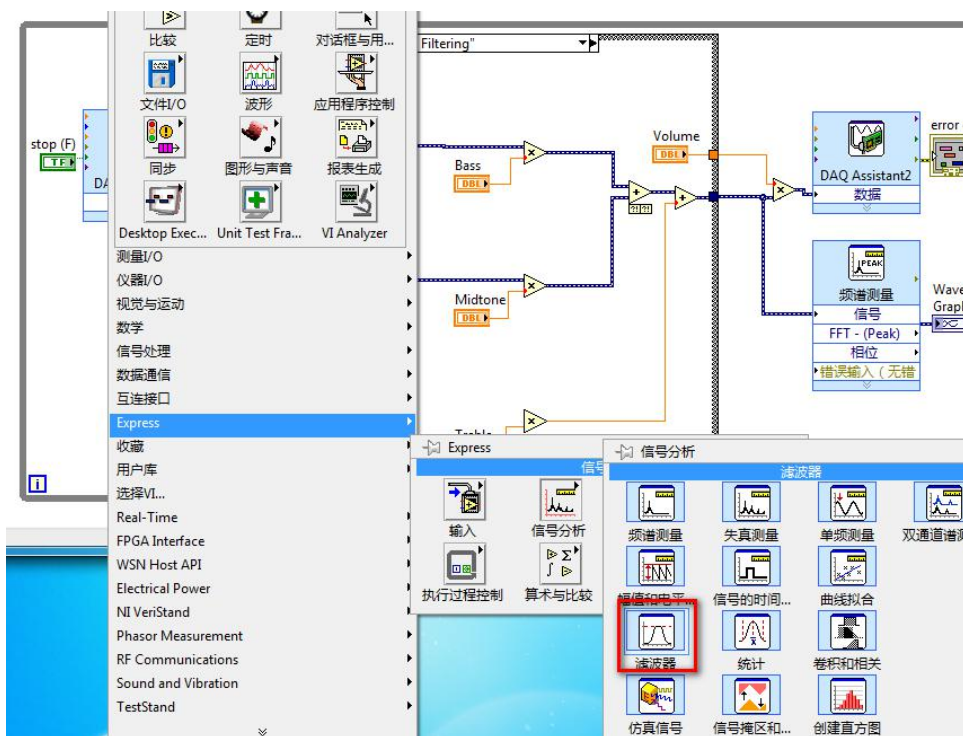


图 2.9.10 “Audio Filtering” 分支中添加带通滤波器

在弹出对话框中，将滤波器类型选为“带通”，低截止频率选为“3000”，高截止频率选为“10000”，Butterworth 滤波器的阶数选为 3 阶。

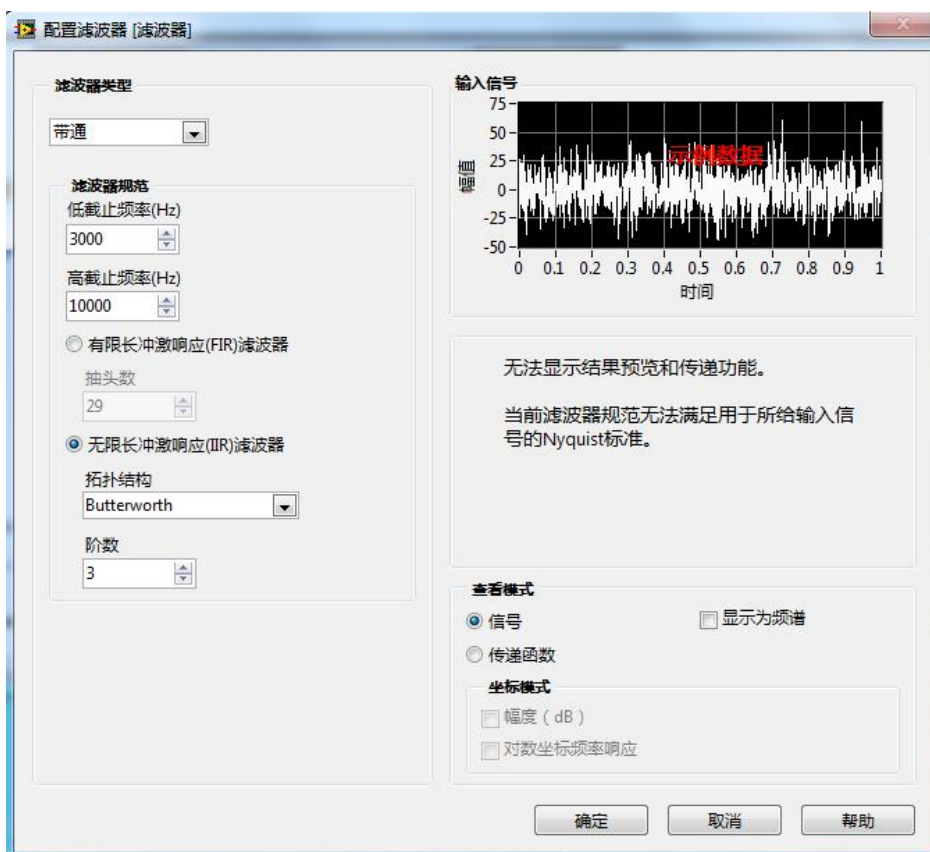


图 2.9.11 带通滤波器配置

在该条件分支下完成如下连线：

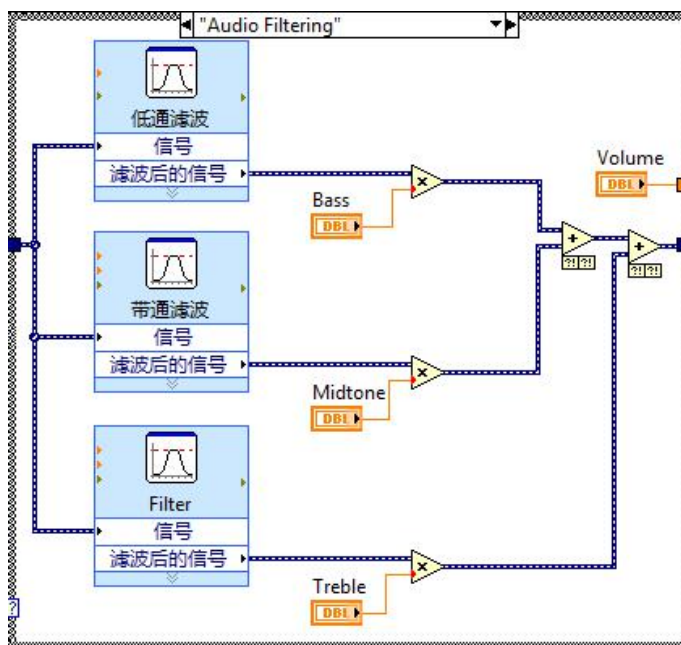
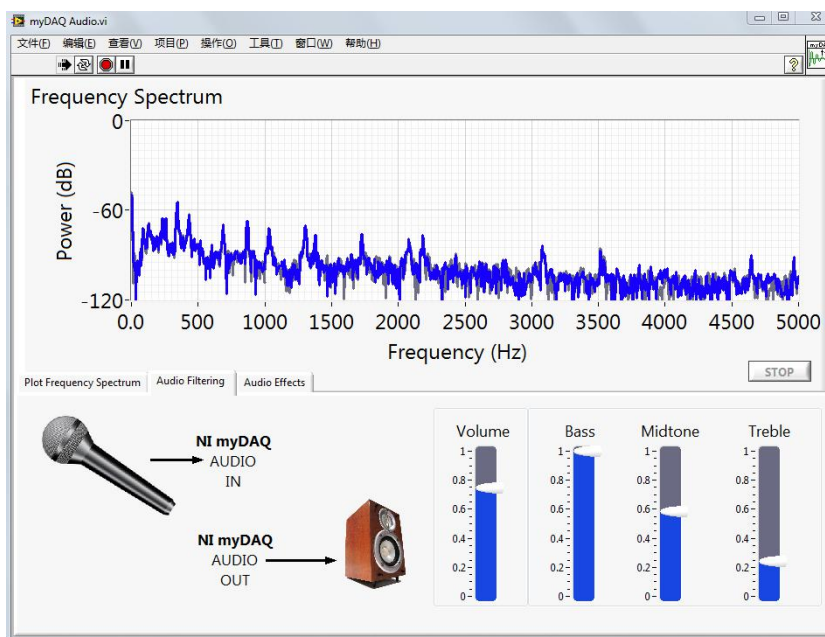


图 2.9.12 “Audio Filtering” 分支程序框图

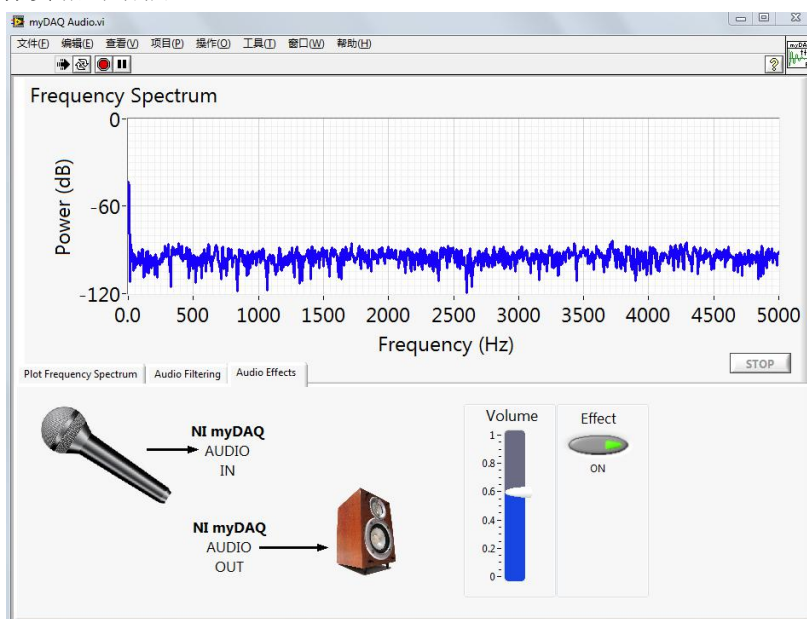
这样我们就完成了这个简单的均衡器设计，整个程序也可以运行了。

7. 按照“硬件连线”部分的说明连接 myDAQ 和计算机的音频输出以及小型音箱或耳机，在计算机上通过 Windows Media Player 任意播放一首音乐，然后运行编辑好的程序。在前面板的选项卡中切换到 Audio Filtering，调节 Volume 增大音量，并更改低频、中频、高频部分的加

权系数，可以听到不同的音效。



再切换到 Audio Effects 选项卡，按下 Effect 按钮，可以听到左右声道相减后的效果，感觉人声减弱从而使伴奏相对增强。



五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理；
2. 分析并整理实验测量结果。

六、小结与思考

能否自己设计一个卡拉 OK 伴唱系统

实验十：压电传感器测量实验

一、实验目的

1. 了解压电传感器的工作原理及其应用；
2. 了解压电传感器调理电路原理。

二、实验原理



图 2.10.1 压电传感器

基于压电效应的传感器。是一种自发电式和机电转换式传感器。它的敏感元件由压电材料制成。压电材料受力后表面产生电荷。此电荷经电荷放大器 and 测量电路放大和变换阻抗后就成为正比于所受外力的电量输出。压电式传感器用于测量力和能变换为力的非电物理量。它的优点是频带宽、灵敏度高、信噪比高、结构简单、工作可靠和重量轻等。缺点是某些压电材料需要防潮措施，而且输出的直流响应差，需要采用高输入阻抗电路或电荷放大器来克服这一缺陷。

1. 压电效应

压电效应可分为正压电效应和逆压电效应。正压电效应是指：当晶体受到某固定方向外力的作用时，内部就产生电极化现象，同时某两个表面上产生符号相反的电荷；当外力撤去后，晶体又恢复到不带电的状态；当外力作用方向改变时，电荷的极性也随之改变；晶体受力所产生的电荷量与外力的大小成正比。压电式传感器大多是利用正压电效应制成的。逆压电效应是指对晶体施加交变电场引起晶体机械变形的现象，又称电致伸缩效应。用逆压电效应制造的变送器可用于电声和超声工程。压电敏感元件的受力变形有厚度变形型、长度变形型、体积变形型、厚度切变型、平面切变型 5 种基本形式（见图）。压电晶体是各向异性的，并非所有晶体都能在这 5 种状态下产生压电效应。例如石英晶体就没有体积变形压电效应，但具有良好的厚度变形和长度变形压电效应。

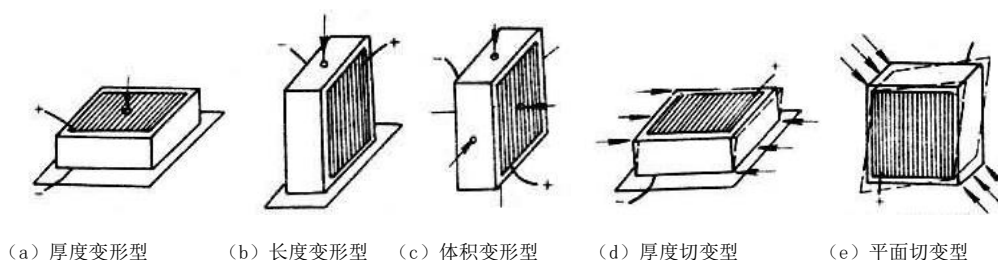


图 2.10.2 压电效应

2. 压电材料

压电材料可分为压电单晶、压电多晶和有机压电材料。压电式传感器中用得最多的是属于压电多晶的各类压电陶瓷和压电单晶中的石英晶体。其他压电单晶还有适用于高温辐射环境的铌酸锂以及钽酸锂、镓酸锂、锆酸铋等。压电陶瓷有属于二元系的钛酸钡陶瓷、锆钛酸铅系列陶瓷、铈酸盐系列陶瓷和属于三元系的铈镁酸铅陶瓷。压电陶瓷的优点是烧制方便、易成型、耐湿、耐高温。缺点是具有热释电性，会对力学量测量造成干扰。有机压电材料有聚二氟乙烯、聚氟乙烯、尼龙等十余种高分子材料。有机压电材料可大量生产和制成较大的面积，它与空气的声阻匹配具有独特的优越性，是很有发展潜力的新型电声材料。60年代以来发现了同时具有半导体特性和压电特性的晶体，如硫化锌、氧化锌、硫化钙等。利用这种材料可以制成集敏感元件和电子线路于一体的新型压电传感器。

压电式传感器大致可以分为4种，即：压电式测力传感器，压电式压力传感器，压电式加速度传感器及高分子材料压力传感器。本实验使用的是压力传感器，由于压电效应产生的电压差很小，因此需要经过下图的放大电路进行调理，并提供2.5V的偏置电压。

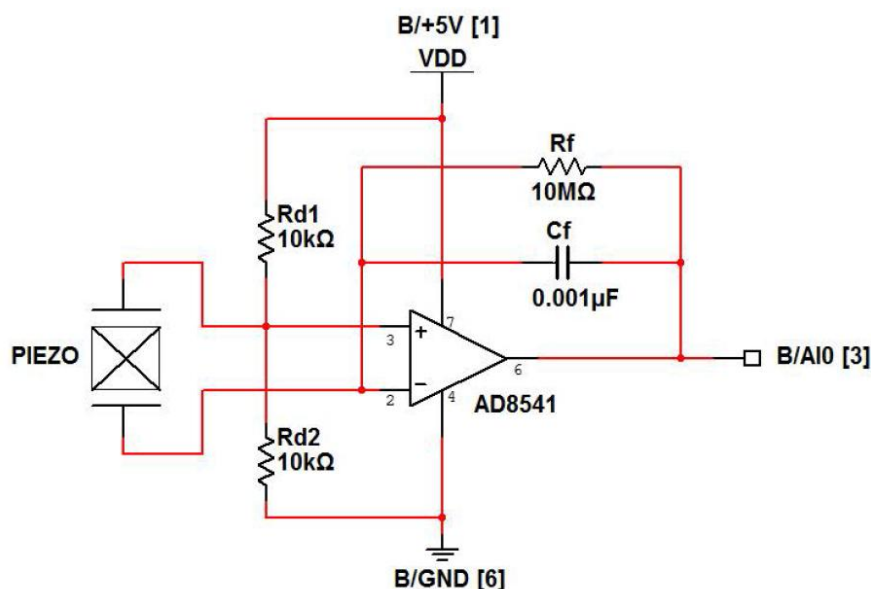


图 2.10.3 压电传感器调理电路

三、实验仪器和器材

- | | |
|--------------------------|-----|
| 1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ | 1 台 |
| 2. 个人计算机 | 1 台 |
| 3. 压电传感器 *1 | |
| 4. 放大器 AD8541 *1 | |
| 5. 电容 0.001μF *1 | |
| 6. 电阻 10MΩ *1; 10kΩ *1 | |

四、实验步骤

1. 确保电源断开，按图 3.1.3 连接电路，主体电路已经搭好，注意检查是否正确。将放大器供电端连接至【+5V】，将调理电路输出连接至【AI0】。如图 2.10.4 所示。

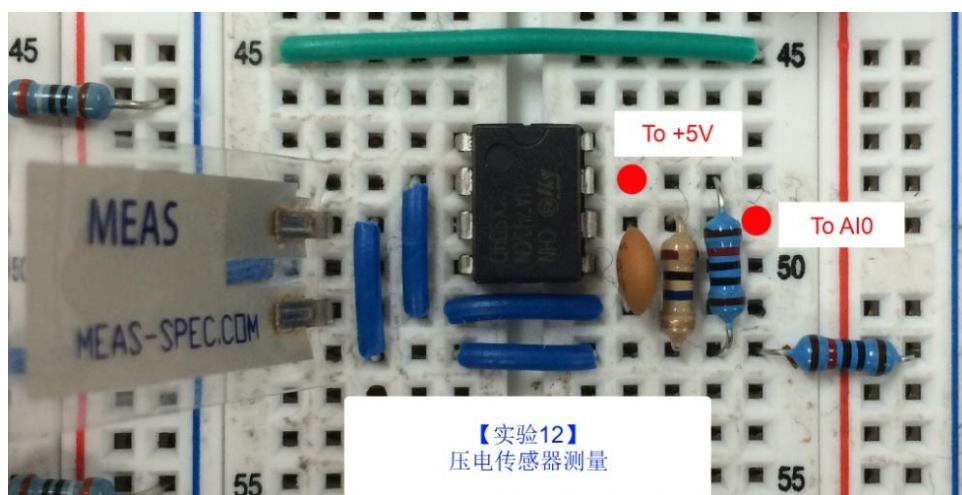


图 2.10.4 实际电路图

2. 检查电路无误后先打开 NI ELVIS II 工作站开关，再打开原型板开关，等待计算机识别设备。
3. 打开 VI: Exercises/Lab_12/ Piezoelectric-Effect Sensor.vi, 采集压电传感器调理电路输出的信号，程序框图如下图所示。

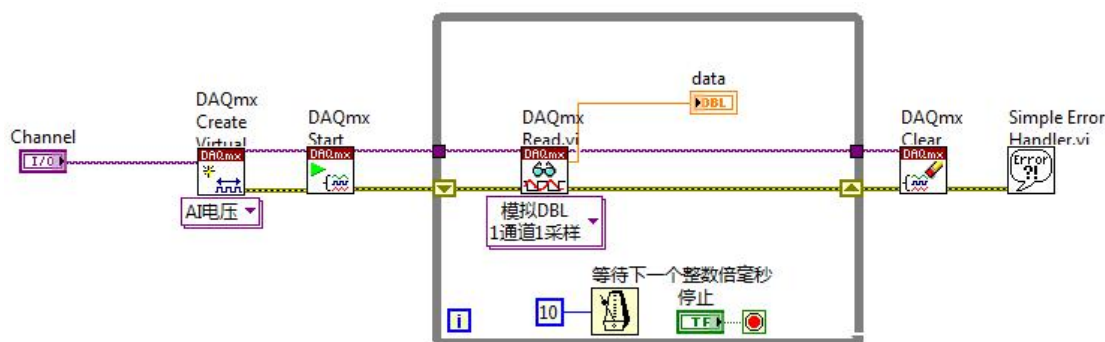


图 2.10.5 压电传感器测量程序框图

4. 返回前面板，选择物理通道为【Dev3/ai0】，点击运行，可以看到数据稳定在 2.5V 左右的偏置电压上。此时拨动压电传感器，数据将会发生波动。向左和向右波动压电传感器，由于压电效应电荷的流向相反，因此产生的电压波动也会相反，如下图所示。每次拨动压电传感器后，数据将会类似于阻尼振荡趋于稳定值。

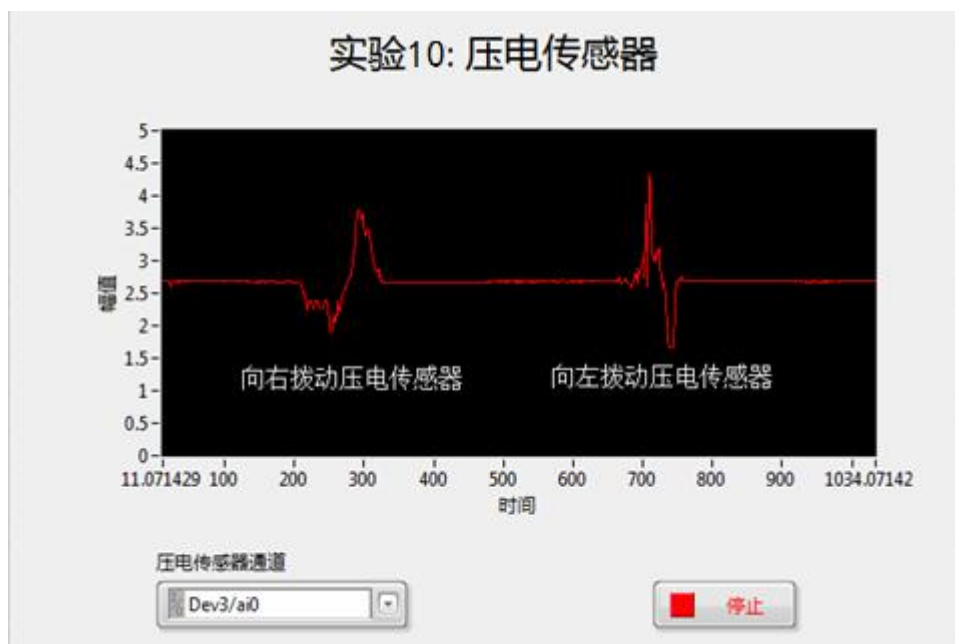


图 2.10.6 向左与向右波动压电传感器的反应

5. 点击“停止”按键，保存并退出VI。

五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理；
2. 分析并整理实验测量结果。

六、小结与思考

压电传感器有哪些典型的应用？

实验十一 典型信号虚拟仿真信号发生器的设计

一、实验目的

熟悉 Labview 的基本组件;熟悉 Labview 的前面板、程序框图、快捷和下拉菜单;掌握 Labview 的选项板及在线帮助;运用 Labview 的组件,从方波、三角波、锯齿波、余弦波等几种典型信号中选择其一进行信号发生器设计实验。

二、实验原理

利用虚拟仪器产生模拟信号输出有两种方式:软件定时和硬件定时方式,

所谓软件定时,是模拟输出程序每次通过循环中的 DAQmx Write.vi 来更新当前的模拟输出值,两次更新的时间间隔由循环中的定时等待 VI 来决定。软件定时所能达到的精度大约是 1ms 左右。硬件定时,是先把一段要生成的波形数据(一个周期的三角波信号)通过 DAQmx Write.vi 写入内存,然后开始 DAQ 任务,之后 DAQmx 驱动会控制 ELVIS 或 myDAQ 中的 DAQ 硬件从内存中读取这段信号并反复生成,从而看到的结果就是连续生成这样的三角波信号。对于模拟输出通道来说,会通过硬件定时的方式严格按照 DAQmx Timing.vi 设定的刷新速率(本实验中是 1000S/s)去更新模拟输出,每次更新三角波信号中的一个点,这样就保证了信号的严格周期性。

三、实验仪器和器材

1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ 1 台
2. 个人计算机 1 台

四、实验步骤

硬件连线:

(ELVIS) 将 ELVIS 原型板上的 AO 0 接 AI 0+, GROUND 接 AI 0-;

(myDAQ) 用导线将 AO 0 连至 AI 0+, 将 AGND 连至 AI 0-

1、使用 DAQmx API 用软件定时的方式输出模拟信号:

创建如下图所示的单点模拟输出的程序框图和前面板(或直接打开练习文件夹中的文件 Software-timed analog output.vi)

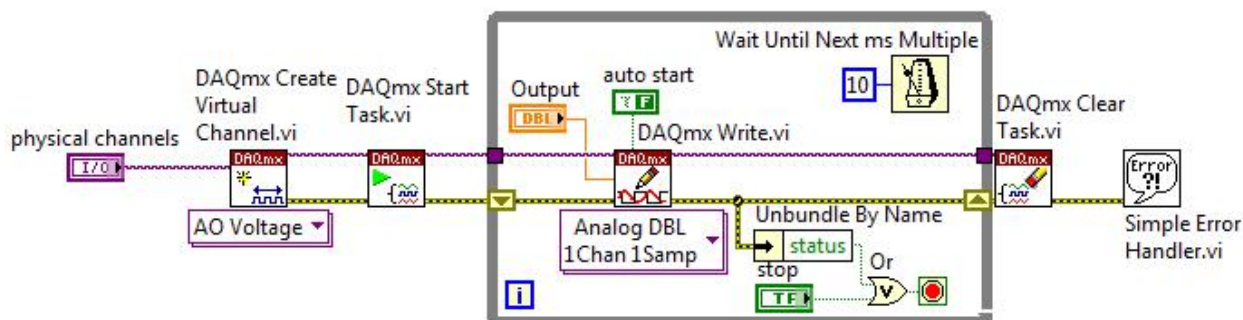


图 2.11.1 软件定时方式输出模拟信号程序框图

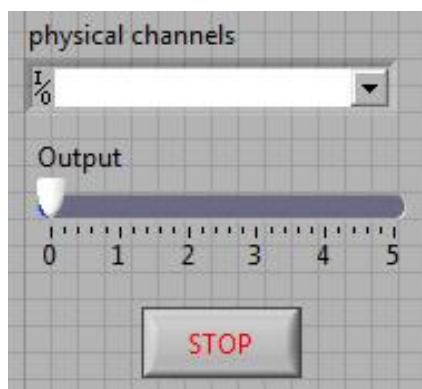


图 2.11.2 软件定时方式输出模拟信号前面板

测试:

用示波器软面板观察 AO 0 通道产生的信号:

在刚准备好的 VI 前面板上设置 Dev1/ao0 作为物理通道（如果在 MAX 中配置的设备名不是“Dev1”，则选择其他相应的设备名），运行 VI，打开示波器软面板（Scope 或 Oscilloscope）观察产生的电压，注意示波器软面板上的通道 Source 应设置为 AI 0，Coupling（耦合方式）应该设置为 DC。

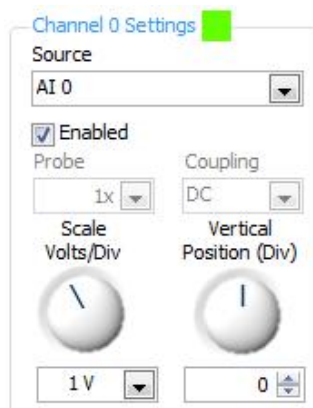


图 2.11.3 示波器设置图

Software-timed analog output.vi 运行时可拖动滑块改变前面板上数值输入控件的值，通过示波器观察相应的电压输出变化。注意此实验我们采用的是软件定时的方式，每次执行 DAQmx Write.vi 实际只是刷新一次输出。

2 硬件定时的连续模拟信号输出

使用 DAQmx API 用缓冲区和硬件定时的方式连续输出模拟波形

按下图编写硬件定时连续输出的前面板和程序框图（或直接打开已有程序 Hardware-timed Continuous AO.vi）

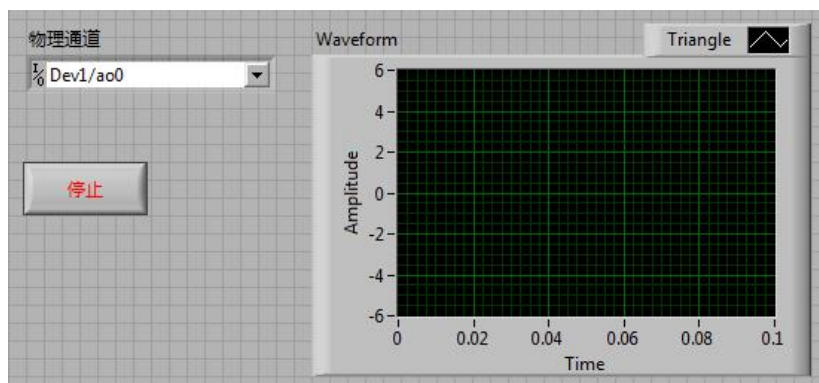


图 2.11.4 硬件定时方式输出模拟信号前面板图

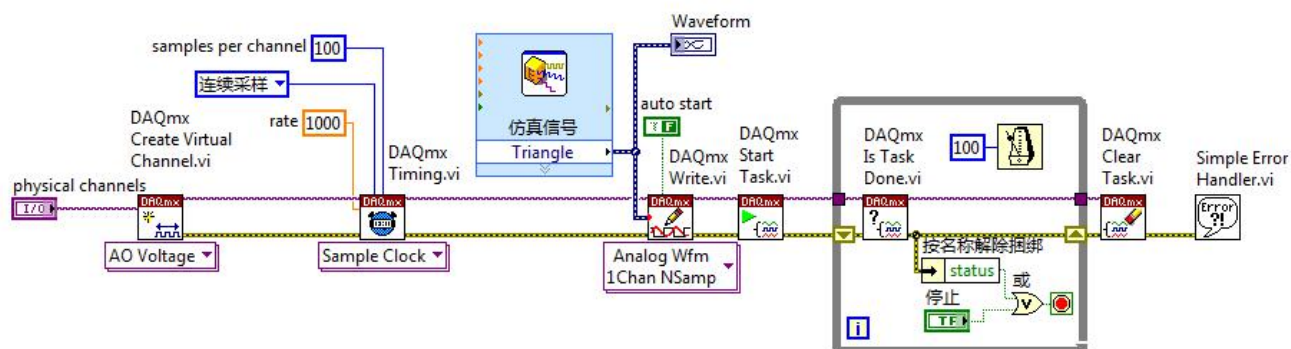


图 2.11.5 硬件定时方式输出模拟信号程序框图

其中“仿真信号 Express VI”的配置如下图所示，以产生一个 10Hz 的三角波信号：
测试：

1. 运行编写好的硬件定时模拟输出 VI
2. 通过示波器软面板观察 AI 0 通道的输入，在软面板上设置适当的参数（同样注意 Source 应选择 AI 0）应该可以看到类似下图所示的三角波，这是我们的程序通过 AO 0 通道产生的波形。
3. 修改“仿真信号 Express VI”的配置，分别输出正弦波信号和方波信号。

五、实验报告要求

3. 简述实验目的和原理；
4. 分析并整理实验测量结果。

六、小结与思考

1. 软件定时与硬件定时有什么区别？

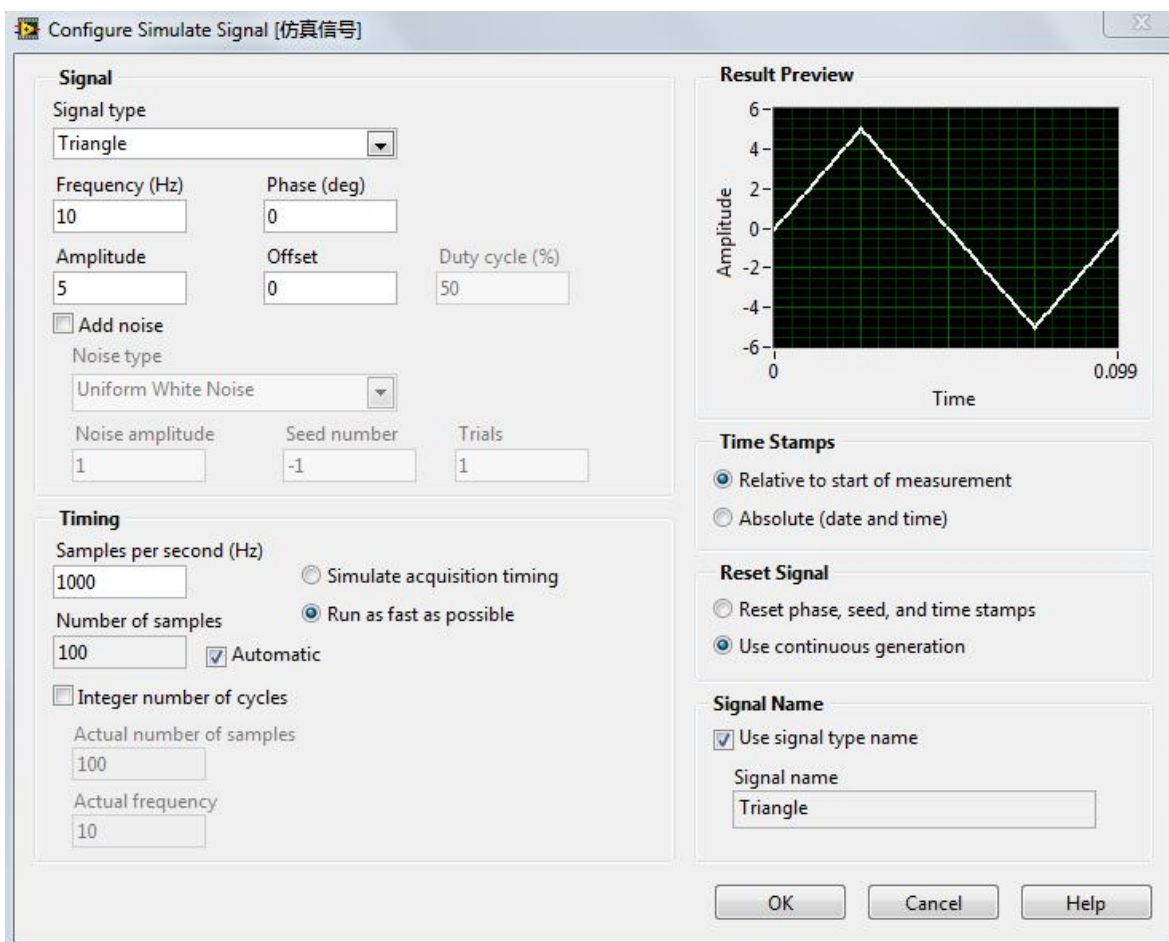


图 2.11.6 “仿真信号 Express VI” 的配置图

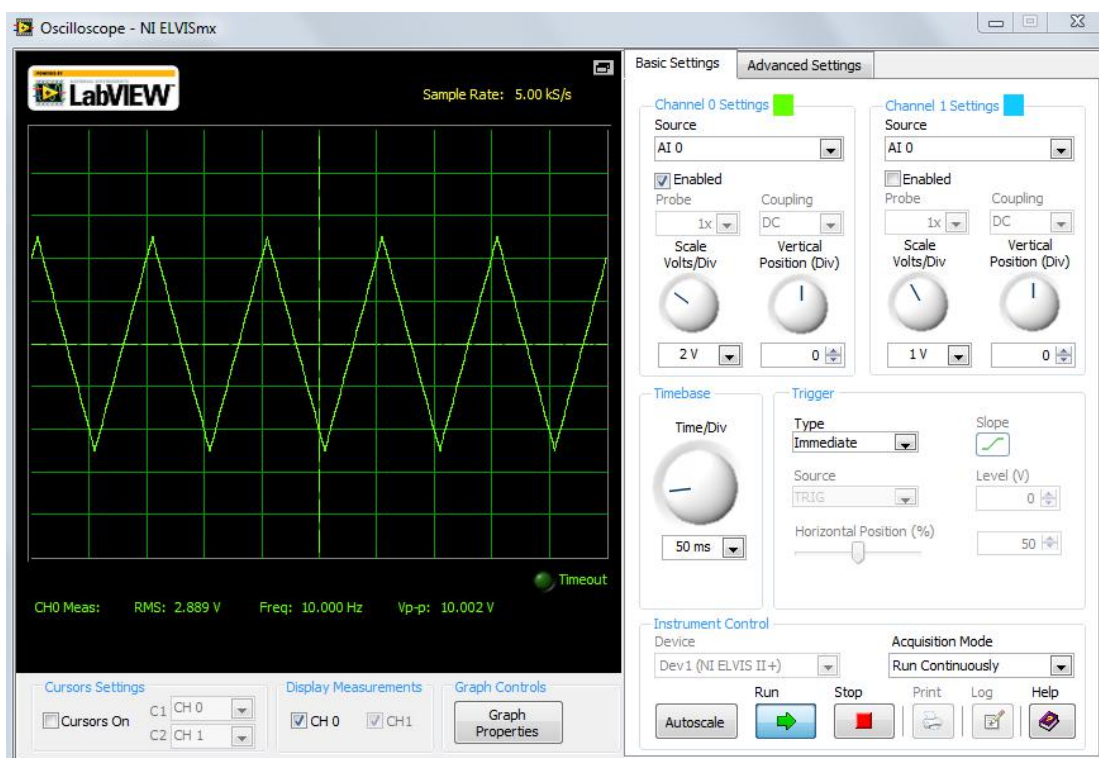


图 2.11.7 示波器显示的输出信号

实验十二 测量放大器的设计与仿真

一、实验目的

- 1) 搭建一个运放并对其进行测量，熟悉运算放大器的特性。
- 2) 了解 LabVIEW 软件电路仿真方法。
- 3) 验证并掌握测量放大器的常用电路。

二、实验原理

研究一个运放的 AC 的函数特性响应曲线的最佳方法便是测量其波特图。该波特图基本上是对数频率——增益 (dB) 与相位 (度) 的图形。一个反向运放电路的传输函数有如下表述：

$$V_{\text{out}} = -\left(R_f/R_1 \right) V_1$$

其中， V_{out} 为该运放的输出， V_1 为该运放的输入。该增益是量值 (R_f/R_1)。负号表示该输出信号相对输入信号反转。在一个波特图上，可以预期一条幅值为 $20 \times \log(\text{增益})$ 直线。对于增益 10，该波特幅值应为 20dB。

三、实验仪器和器材

1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ 1 台

2. 个人计算机 1 台

数字万用表 (DMM[Ω , \pm])

函数发生器 (FGEN)

示波器 (示波器)

阻抗分析仪 (Imped)

波特分析仪 (波特)

所需要的元件

10 k Ω 电阻, R_1 , (褐色、黑色、橙色)

100 k Ω 电阻, R_f , (褐色、黑色、黄色)

1 μF 电容, C_1

0.01 μF 电容, C_f

741 运算放大器

四、实验步骤

- 1、在工作站面板上，搭建一个简单的 741 反相比例运放电路，其增益为 10，如图 2.12.1 所示。

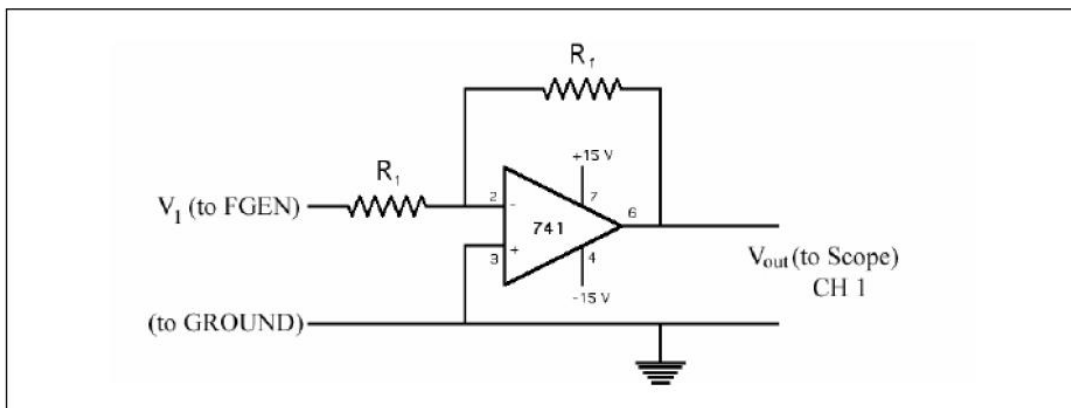


图2.12.1 增益为10的741反比例运放电路的原理框图

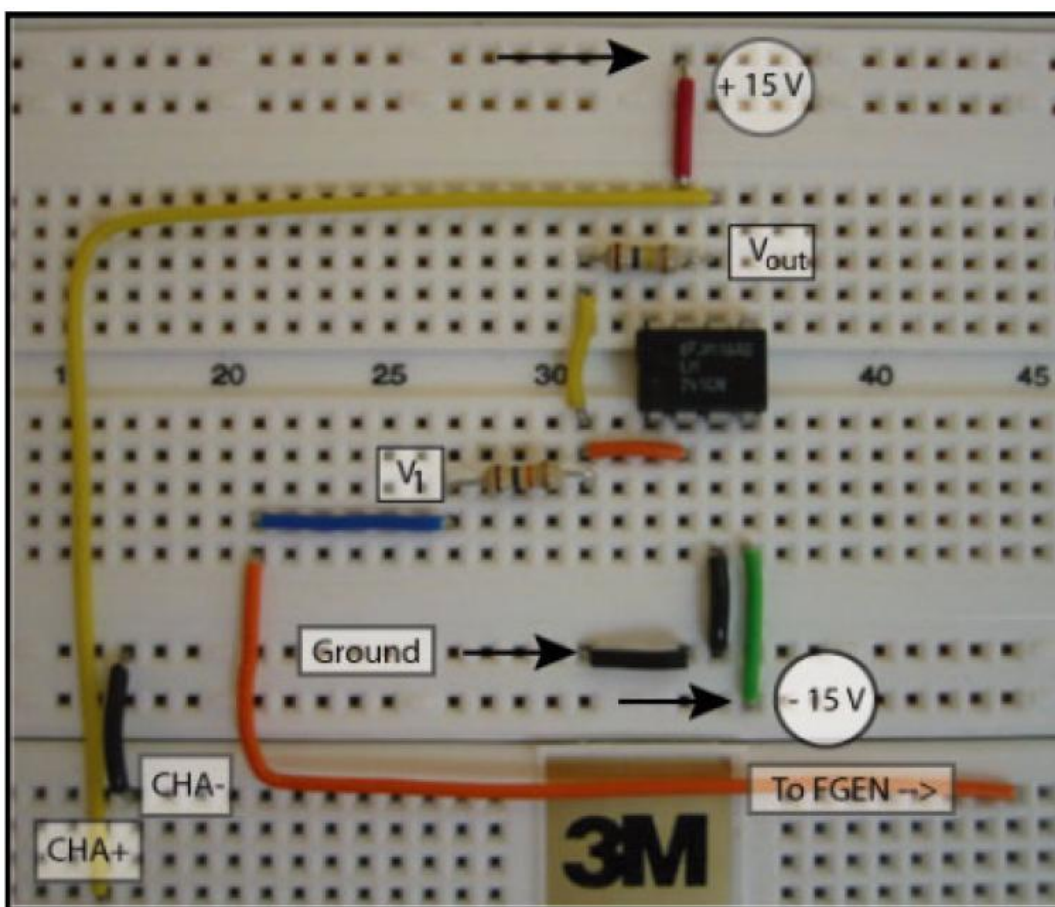


图2.12.2: 在NI ELVIS II 面板上的741比例运放电路

注意：该运放采用+15 VDC 和-15 VDC 的电源供应。它们可以在该面板上标记为“DC 电源供应+15V、-15V 与接地”的引脚插座上找到。

2、将该函数发生器[FGEN]的引脚插座与该运放的输入 V1 相连接。(myDAQ 用导线将 A0 0 连至 AI 0+, 将 AGND 连至 AI 0-)

3、将[接地]引脚插座与该运放的引脚 3 相连接。

4、将该运放的输出电压 Vout 与该示波器的 BNC 输入连接端子[CH1 与接地]相连接。

- 5、从 NI ELVISmx 仪器启动程序中，选择函数发生器（FGEN 图标。 ）和示波器（示波器图标）信号源配置注意：在默认情况下，该示波器的通道 0 信号源配置被设置为示波器通道 0，通道 1 置被设置为示波器通道 1。这些分别是您的运放的输入信号与输出信号。
- 6、如欲察看该些信号，请点击该些启用选择框。
- 7、在函数发生器的面板上，设置下列参数：
波形：正弦波
峰幅值：0.2 pp
频率：1000 Hz
DC 偏置：0.0V
- 8、检查您的电路，然后给该 NI ELVIS II 面板加电。
- 9、点击该 FGEN 与示波器软面板的[运行]按钮。
- 10、设置触发信号为边缘触发、CH0、电压水平为 0.0 和时间标度为 1ms。
- 11、在该示波器窗口测量该运放的输入（CH0）和输出（CH1）的幅值。

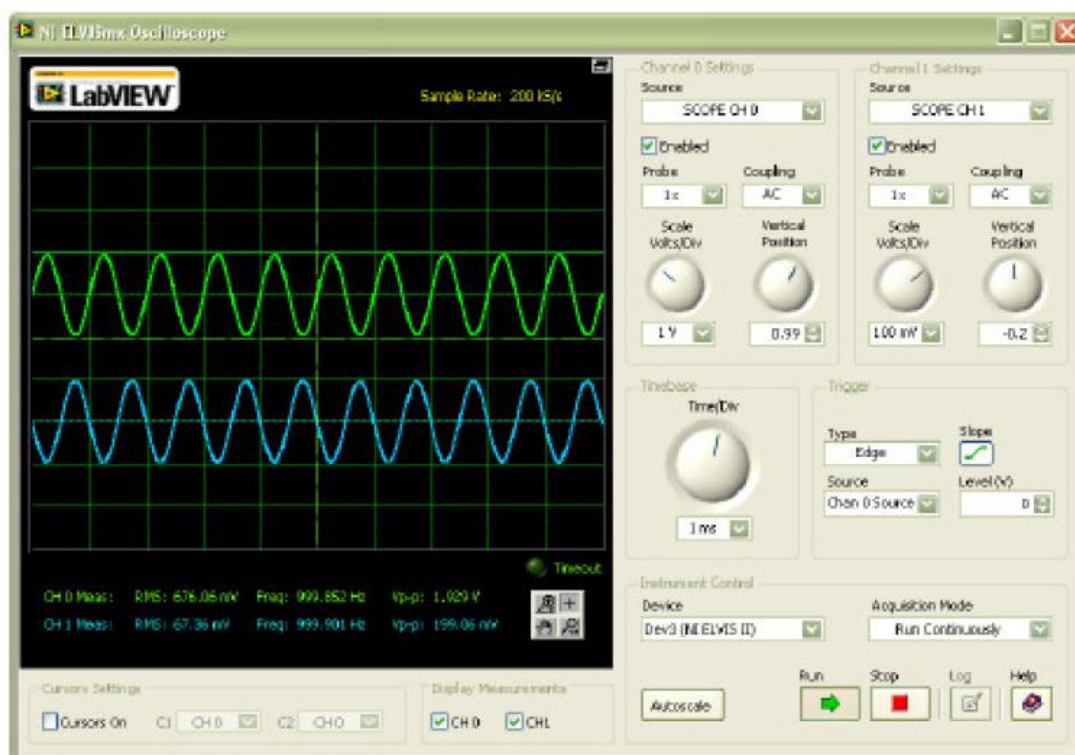


图2. 12. 3 在示波器上看到的波形

注意：该输出信号如预期相对该信号反转。

12. 计算电压增益（幅值之比，CH1/CH0）。

13、尝试输入信号频率从 100Hz 到增加到 10KHz 的频段，步长为 1KHz，记录数据，观察测量结果在多大程度上与理论增益（ R_f/R_1 ）相一致。

14、关闭 FGEN 和示波器窗口。

完成下列步骤以测量该运放电路的波特图：

- 1、从 NI ELVISmx 仪器启动程序中，选择波特分析仪（波特）的图标。
- 2、将该输入（V1）与输出（Vout）信号与该模拟输入引脚按如下方式相连接：V1+ AI 0+（来自该 FGGEN 的输出）V1- AI 0-（接地）Vout+ AI 1+（来自该运放的输出）Vout- AI 1-（接地）
- 3、在该波特分析仪上，设置扫描参数如下：
起始频率：5（Hz）
停止频率：20000（Hz）
步进频率：10（每 10Hz）
- 4、对该面板加电
- 5、点击[运行]，并观测该反向运放电路的波特图。观察该相位响应。
其增益（20 dB）保持平坦且独立于频率，直至接近 10000Hz，然后开始滚降，如图 2.12.4 所示。对于一个由 741 构成的反向比例运放电路，该波特图非常典型。在高频处，该放大器的响应取决于其内部电路，以及任一个外部元件。

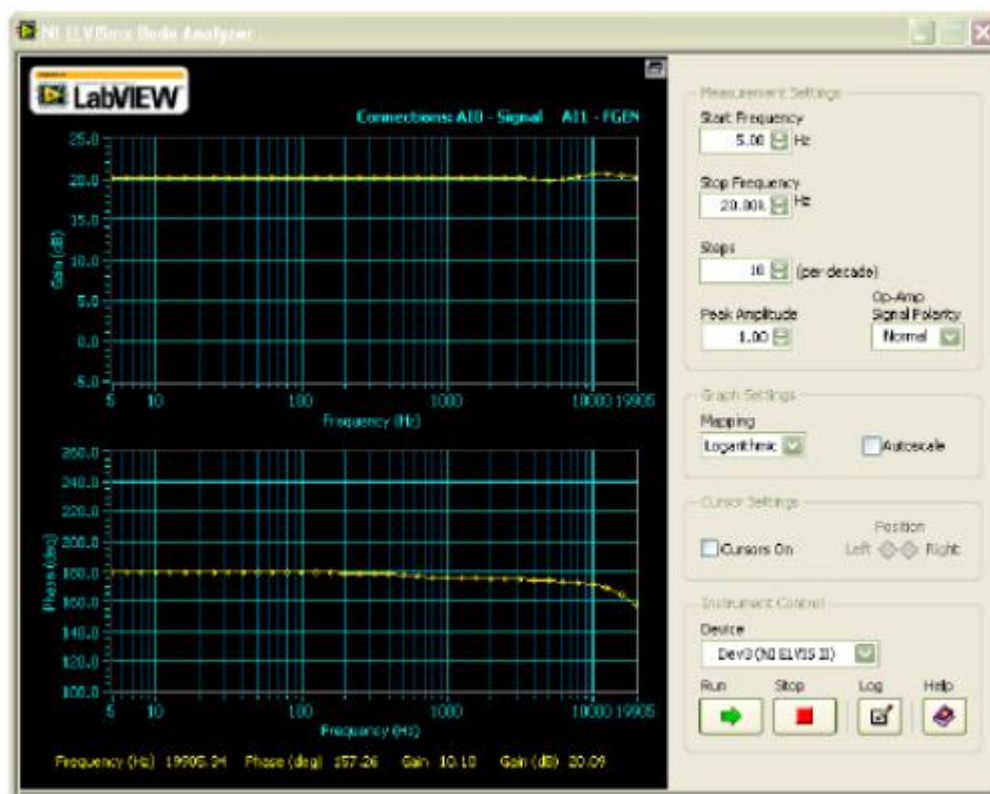


图 2.12.4 增益为 10 的比例运放的波特图测量结果

五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理；
2. 分析并整理实验测量结果。

六、小结与思考

运放的增益和相位为什么会随着频率的变化而发生变化，如何确定一个运放电路的带宽？

实验十三 有源低通滤波器的设计与仿真

一、实验目的

- 1) 综合运用滤波器和运算放大器等各种知识，设计两种有源低通滤波器。
- 2) 验证并掌握通过 LabVIEW 观察输入、输出信号波形以及频谱的方法，优化有源低通滤波器的性能。

二、实验原理

运放电路的高频衰减是由于 741 芯片内部的电容与反馈电阻 R_f 并联。如果增加外部电容 C_f 与反馈电阻 R_f 并联。就可以降低上频率截止点。可以通过以下公式来计算截止频率：

$$2\pi f_U = 1/(R_f C_f)$$

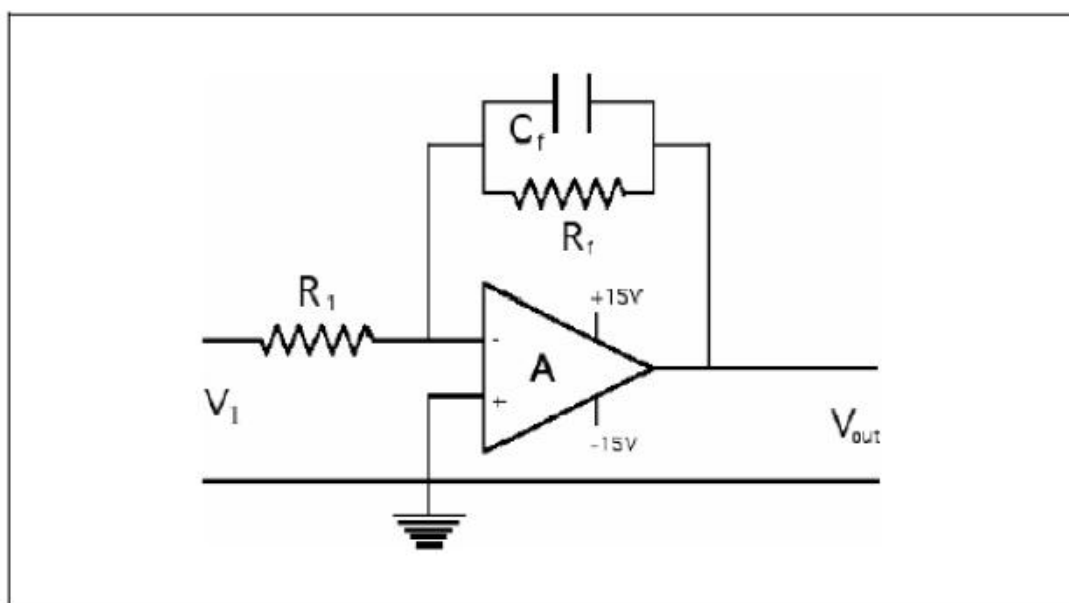


图2. 13.1 低通运放滤波器电路设计

一般的运算放大器传输曲线由以下公式给出：

$$V_{out} = -(Z_f/Z_1)V_{in}$$

四个电路的阻抗值如下表：

表 13-1. 四个运放电路的阻抗值

Op Amp	Z_f	Z_1	Gain
Basic	R_f	R_1	R_f/R_1
Highpass	R_f	$R_1 + X_{C1}$	$R_f/(R_1 + X_{C1})$
Lowpass	$R_f + X_{Cf}$	R_1	$(R_f + X_{Cf})/R_1$
Bandpass	$R_f + X_{Cf}$	$R_1 + X_{C1}$	$(R_f + X_{Cf})/(R_1 + X_{C1})$

任何频率下都可使用阻抗分析仪 (Imped) 来测量阻抗 Z_f 及 Z_1 。LabVIEW 程序能够计算两个复数的比值。 $|Z_f / Z_1|$ 的比值大小即为增益。

注意：也可以使用阻抗分析仪找到 R_1 等于 X_{C1} 及 R_f 等于 X_{Cf} 处，从而核对波特图的低频高频截止点是否与以上值符合。

图 2.13.1 设计了反馈回路中仅含一个电容的低通滤波器。在截止点以外的高频段，增益 6 B/octave 的斜率线性下降。在有些应用中，我们需要更陡的衰减，此时就可以使用二阶或更高阶的滤波器的。

图 2.13.2 为二阶低通滤波器的电路图。

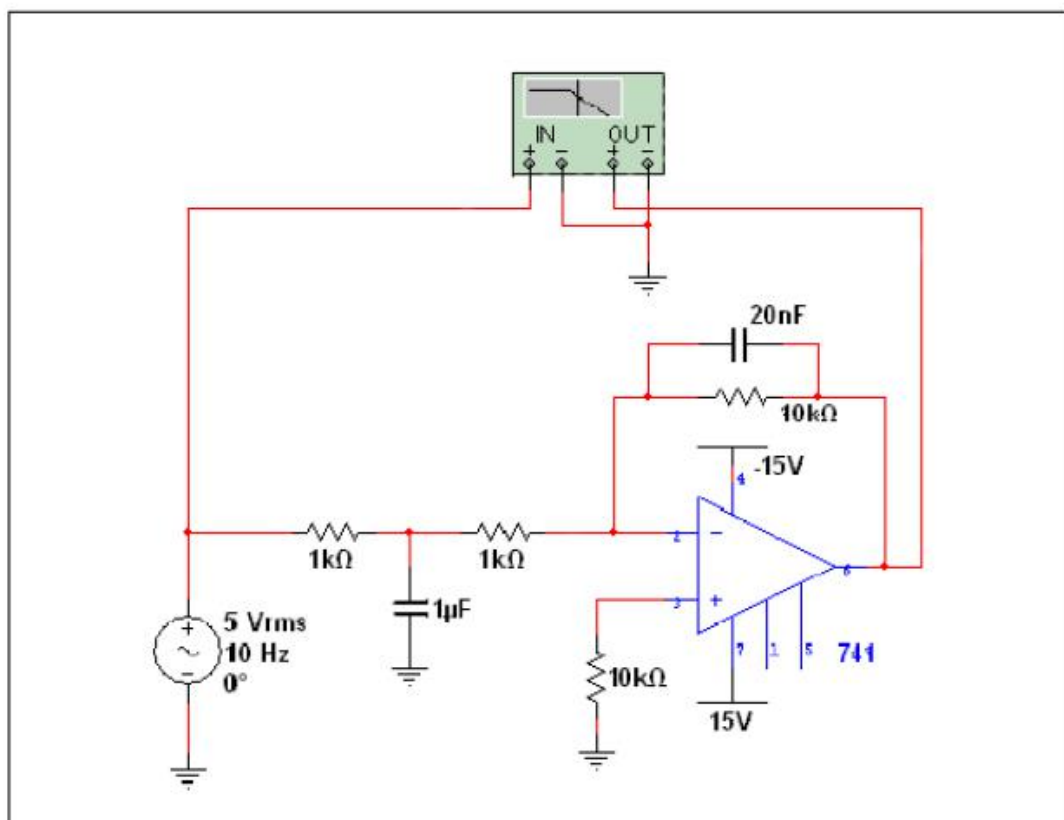


图2.13.2 二阶运放滤波器的Multisim方案

该滤波器具有两个截止点

$$f_{c1} = (R_1 \parallel R_2) / (2\pi C_1) \text{ and } f_{c2} = (2\pi R_3 C_2)^{-1}$$

在 $f_{c1} = f_{c2} = f_c$ 的特殊条件下，滤波器的增益表达式为：

$$|G| = \frac{-R_3 / (R_1 + R_2)}{1 + (f/f_c)^2}$$

三、实验仪器和器材

- | | |
|--------------------------|-----|
| 1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ | 1 台 |
| 2. 个人计算机 | 1 台 |

数字万用表 (DMM[Ω , \pm])

函数发生器 (FGEN)

示波器 (示波器)

阻抗分析仪 (Imped)

波特分析仪 (波特)

所需要的元件

10 k Ω 电阻, R1, (褐色、黑色、橙色)

100 k Ω 电阻, Rf, (褐色、黑色、黄色)

1 μ F 电容, C1

0.01 μ F 电容, Cf

741 运算放大器

四、实验步骤

(一) 通过以下步骤完成一阶低通滤波电路的波特图测量:

1. 按照图 2.13.1 连接低通滤波电路

2. 从 NI ELVISmx 仪器启动程序中, 选择波特分析仪 (波特) 的图标。

3. 将该输入 (V1) 与输出 (Vout) 信号与该模拟输入引脚按如下方式相连接: V1+ AI 0+ (来自该 FGGEN 的输出) V1- AI 0- 接地) Vout+ AI 1+ (来自该运放的输出) Vout- AI 1- 接地)

4. 在该波特分析仪上, 设置扫描参数如下:

起始频率: 5 (Hz)

停止频率: 20000 (Hz)

步进频率: 10 (每10Hz)

4. 对该面板加电

5. 点击[运行], 并观测该反向运放电路的波特图。观察该相位响应。图 2.13.3 显示相比于基本运放响应, 高频响应被大幅衰减。

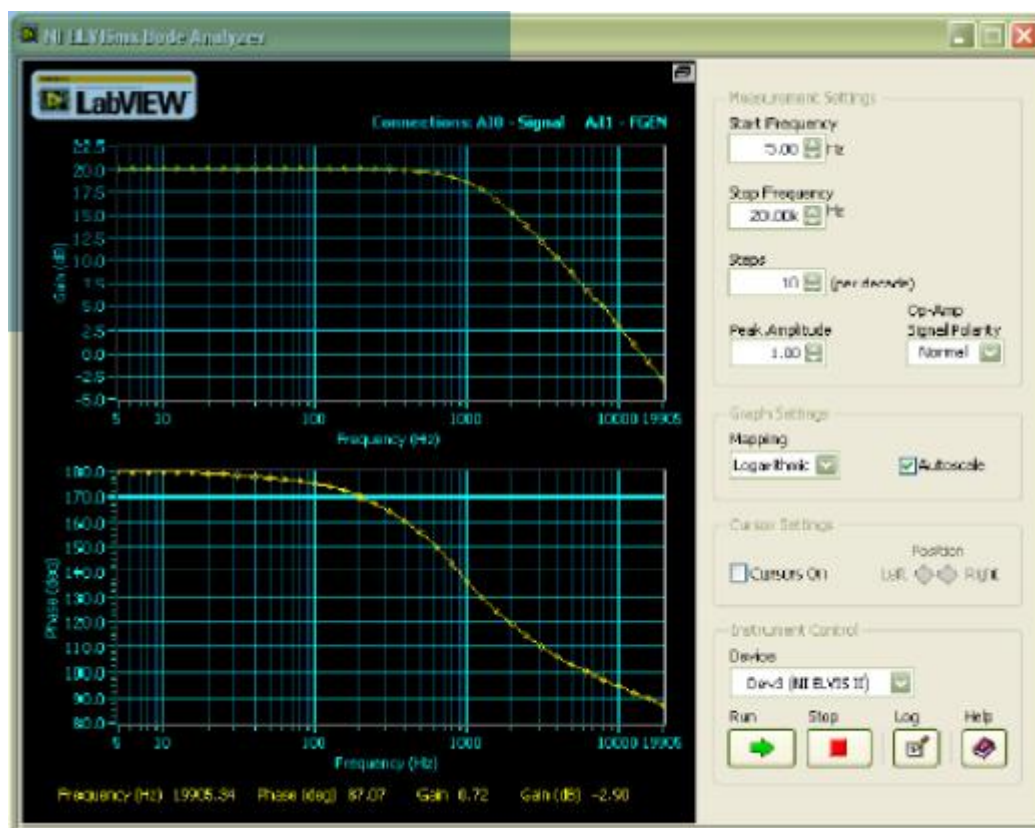


图2.13.3 低通运放电路的波特图测量

4. 使用游标功能找到高频截止点，即幅度降至 -3 dB 处或相位改变 45 度处的频率。
5. 将测量结果与以下公式计算的理论值相比较

$$f_u = 1/2\pi(R_f C_f)$$

(二) 用 Multisim 仿真一个二阶低通滤波电路，要求 -3 dB 截止频率点 f_c 为 1000 Hz

1. 按照图 2.13.2 在 Multisim 搭建电路
2. 选择满足以下条件的电容和电阻
 $f_{c1}=f_{c2}=1000$ Hz
3. 运行 Multisim 程序
4. 双击波特分析仪图标打开结果窗口。
5. 运行该程序并观看波特图
6. 从增益曲线图，估计衰减曲线的斜率（应该为 40 dB/decade）。
7. 按照元器件值修改程序。
8. 比较衰减曲线的斜率与之前练习的一阶低通滤波器的结果。
9. 如果还有时间和元器件，尝试在 NI ELVIS II 开发板上设计实际的二阶电路。

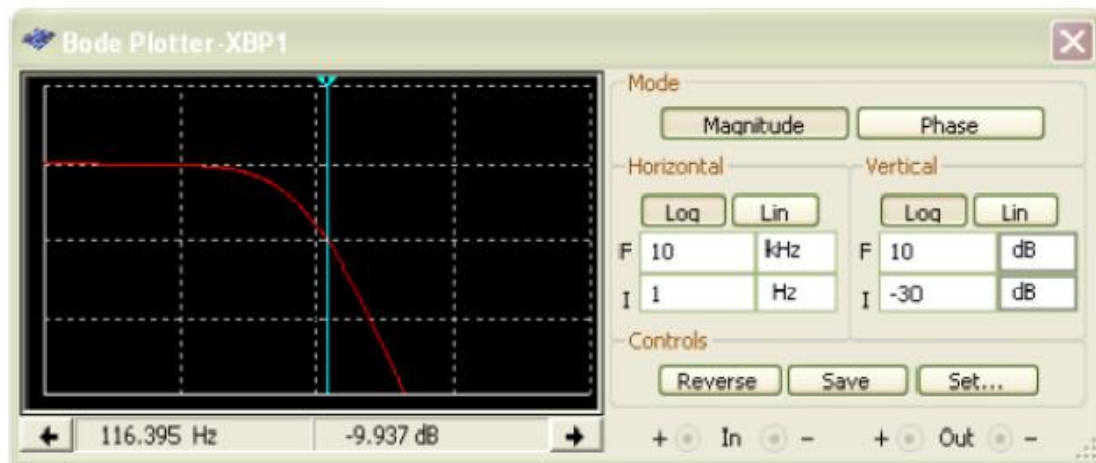


图 2.13.4 二阶低通滤波电路的频率响应

五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理；
2. 分析并整理实验测量结果。

六、小结与思考

- 1、尝试设计一个高通滤波器

实验十四 一阶系统响应特性测量

一、实验目的

1. 掌握一阶网络的构成方法。
2. 掌握一阶网络的系统响应特性。
3. 了解一阶网络波特图的测量方法。

二、实验原理

在实际的测试系统中一阶、二阶系统是最常见的系统，学习一阶系统的特点有助于对一般系统特性的了解。本实验以一阶电路为例分析一阶系统的特性。

一阶系统的传输函数一般可以写成：

$$H(s) = H_0 \cdot \frac{1}{s + \gamma}$$

如果系统是稳定的要求： $\gamma > 0$ ，不失一般性可设 $H_0 = \gamma = \frac{1}{\tau}$ 。该系统的频率响应特性为

$$H(\Omega) = \frac{1}{j\Omega\tau + 1}$$

从其频率响应函数中可以看出系统响应呈低通方式，其 3dB 带宽点为 $\frac{1}{\tau}$ 。系统的波特图如下图：

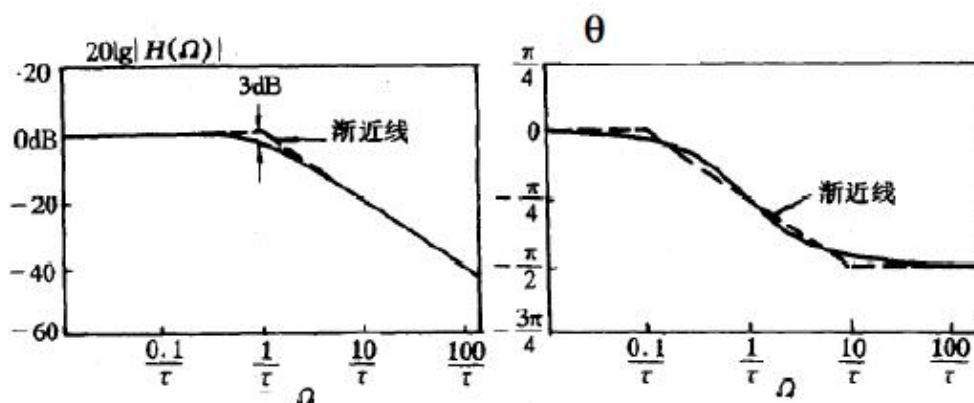


图 2.14.1 一阶系统的波特图

一阶低通系统的单位冲击响应与单位阶跃响应如下图：

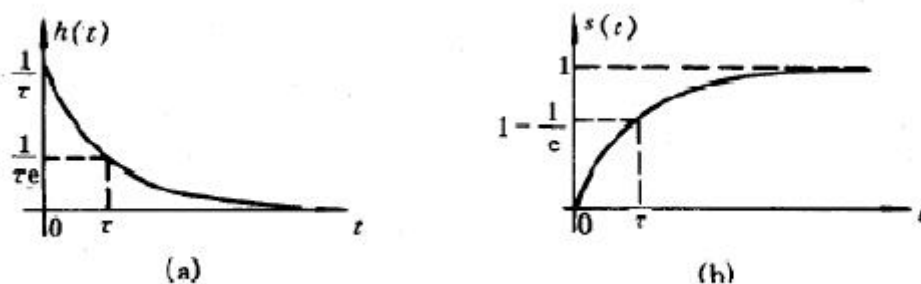


图 2.14.2 一阶系统的冲击响应和阶跃响应

一阶网络的实验电路如图所示：

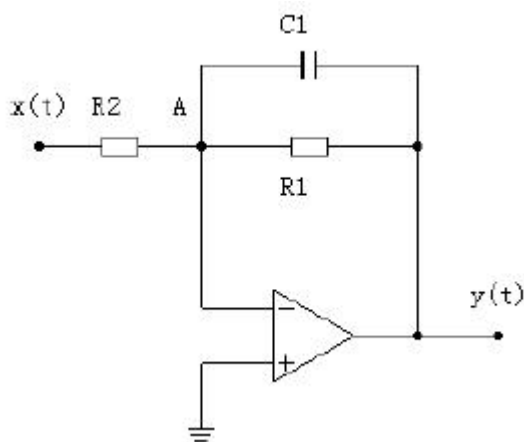


图 2.14.3 一阶系统的电路图

电路元件取值为： $R1=10k$, $R2=10k$, $C1=01.uF$

三、实验仪器和器材

- | | |
|--------------------------|-----|
| 1. NI ELVELS II+ 或 myDAQ | 1 台 |
| 2. 个人计算机 | 1 台 |
| 3. 信号与系统课程实验套件 | 1 块 |

四、实验步骤

1. 按照图 13-1 连接低通滤波电路，将 myDAQ 的 A00 接电路的输入端，AGND 接电路地；将输入 (V1) 与输出 (Vout) 信号与 ELVIS 或 mymyDAQ 模拟输入引脚按如下方式相连接：V1+ AI 0+ (来自该 FGEN 的输出, 用 myDAQ 则为 A00 接 AI 0+, V1- AI 0-接地), Vout+ AI 1+ (来自该运放的输出) Vout- AI 1-接地)

2、波特图的常规测量方法一：

1) 从 NI ELVISmx 仪器启动程序中，选择信号发生器 (FGEN) 的图标。双击运行，输出信号设置为：2Vpp。注意信号发生器设置时应选中相应的硬件设备 (NI ELVIS 或 myDAQ)

2) 运行示波器图标，测量一阶网络的输出信号

3) 从低频开始，不断增加信号源的输出频率 (100Hz 一个步进), 并保持其输出幅度不变，

测量响应频点一阶网络的输出信号，记录信号的幅度、输入输出信号的相位差。分别以频率与输出增益及输入输出信号相位差为变量画出曲线，这两条曲线即为一阶网络的波特图。

3、波特图的测量方法二：

1) 从 NI ELVISmx 仪器启动程序中，选择波特分析仪（波特）的图标。

2) 在该波特分析仪上，设置扫描参数如下：

起始频率：5（Hz）

停止频率：20000（Hz）

步进频率：10（每10Hz）

3) 对该面板加电

4) 点击[运行]，并观测该反向运放电路的波特图。观察该相位响应。

4、一阶系统的单位阶跃响应测量：

1) 由 FGEN 输出周期为 45ms 的方波信号。

2) 将此信号加入一阶网络的输入端，通过实验程序测量输出信号的响应。

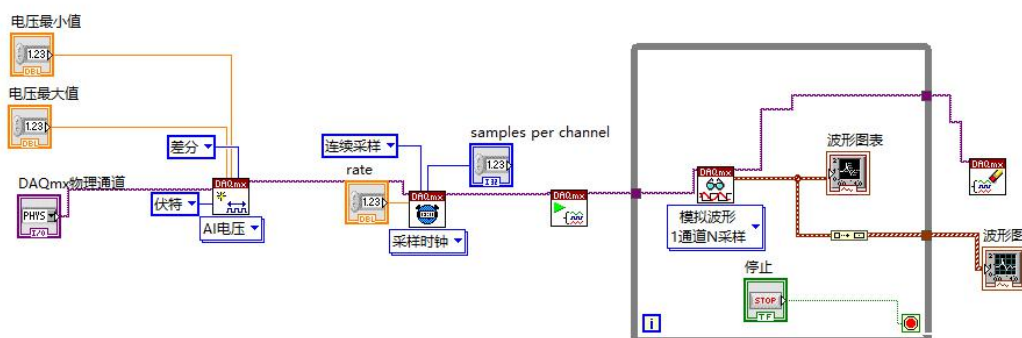


图 2.14.4 一阶系统阶跃响应测量程序框图

五、实验报告要求

1. 简述实验目的和原理；
2. 分析并整理实验测量结果。写出该一阶网络的动态特性参数。

六、小结与思考

- 1、一阶网络波特图史册曲线与理论曲线的对比分析；
- 2、比较这三种测量一阶网络特性的方法，说明各自的优缺点及应用场合。

附录：实验平台简介

NI ELVIS

1. 简介

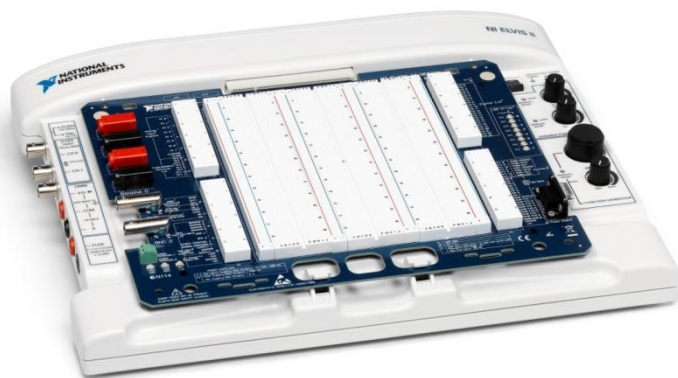


图 3.1 NI ELVIS 教学实验室虚拟仪器套件

美国国家仪器公司的教学实验室虚拟仪器套件 (NI ELVIS) 可用于动手设计及原型设计, 平台集成了 12 款最常用仪器, 可通过 USB 接口与 PC 连接, 实现快速易用的测量采集及显示。作为基于 NI LabVIEW 图形化系统设计软件, NI ELVIS 能够发挥虚拟仪器技术的灵活性及自定义功能。同时, NI ELVIS 也是 NI 电子教育平台中的重要部分, 结合 NI Multisim 采集及仿真环境实现 NI ELVIS 板载电路的测量及仿真。NI ELVIS 的设计以教学为目标, 是一款全面的教学工具, 用于电路设计、仪器控制、无线通信、嵌入式/MCU 理论等教学。

NI ELVIS II 系列具有以下特点:

- 基于 USB 的工作站和用于电路开发与实验的可更换原型设计板
- 可用于 PC 测量与控制的集成仪器, 包括:
 - 多通道数据采集功能, 包括模拟和数字 I/O
 - 数字万用表 (DMM)
 - 两通道示波器
 - NI ELVIS II —— 1.25MS/s 采样率
 - NI ELVIS II⁺ —— 100MS/s 采样率
 - 函数发生器
 - 固定和可变电源
 - 两线和三线阻抗分析仪
- NI ELVISmx 4.0 或更高版本的软件提供如下功能:
 - 用户仪器前面板
 - LabVIEW Express VIs
 - SignalExpress steps
 - 能够在 NI Multisim 中使用前面板 2

2. NI ELVIS II 功能说明

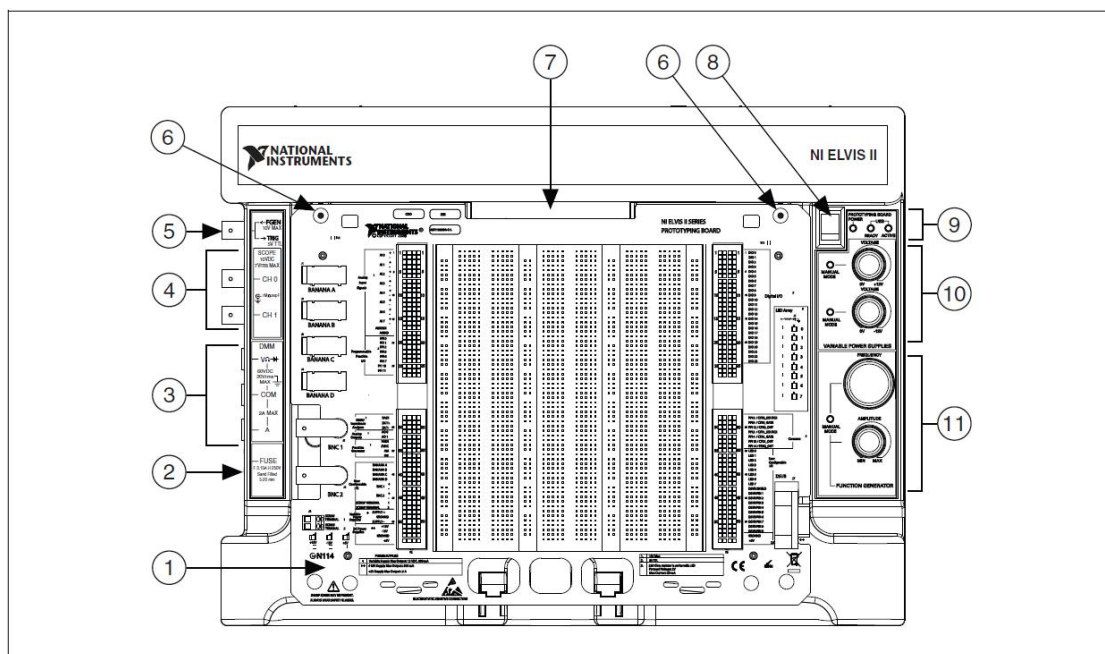


图 3.2 工作站平面图

1. NI ELVIS II 系列原型板
2. 数字万用表保险丝
3. 数字万用表接口
4. 示波器接口
5. 函数发生器输出/数字触发输入接口
6. 原型板安装螺丝孔
7. 原型板接口
8. 原型板电源开关
9. 状态灯
10. 可变电源手动控制旋钮
11. 函数发生器手动控制旋钮

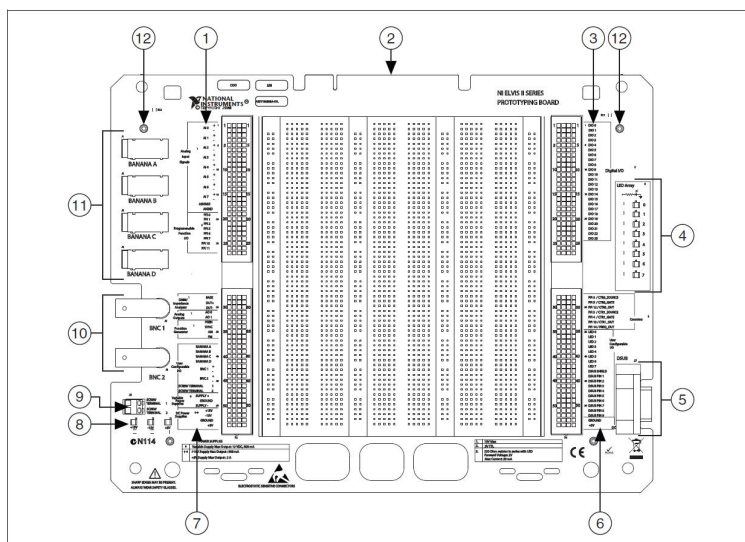


图 3.3 原型板平面图

1. 模拟信号输入和可编程函数信号 I/O 阵列
2. 工作站交互接口
3. 数字信号 I/O 阵列
4. 用户可配置 LED
5. 用户可配置 D-SUB 接口
6. 计数器/计时器，用户可配置 I/O，直流电源阵列
7. 数字万用表，函数发生器，用户可配置 I/O，可变电源和直流电源阵列
8. 直流电源指示灯
9. 用户可配置接线柱
10. 用户可配置 BNC 接口
11. 用户可配置 Banana 接口
12. 固定螺丝

NI myDAQ

简介

NI myDAQ 便携式课外创新实践平台特别为高校理工科学生定制，易于携带使用。不仅集成有八种常用硬件仪器，而且提供的接口类型丰富（包括 AI、AO、DIO、Counter、DMM、Audio In 和 Audio Out 等），适用于电子电路、信号处理、测试测量、控制和通信等学科课后动手作业和课外创新实践，满足学生在任何地点任何时间完成硬件动手练习的需求，使他们充分利用课外时间进行动手和创新实践。



图 3.4 NI myDAQ 学生创新动手实践平台

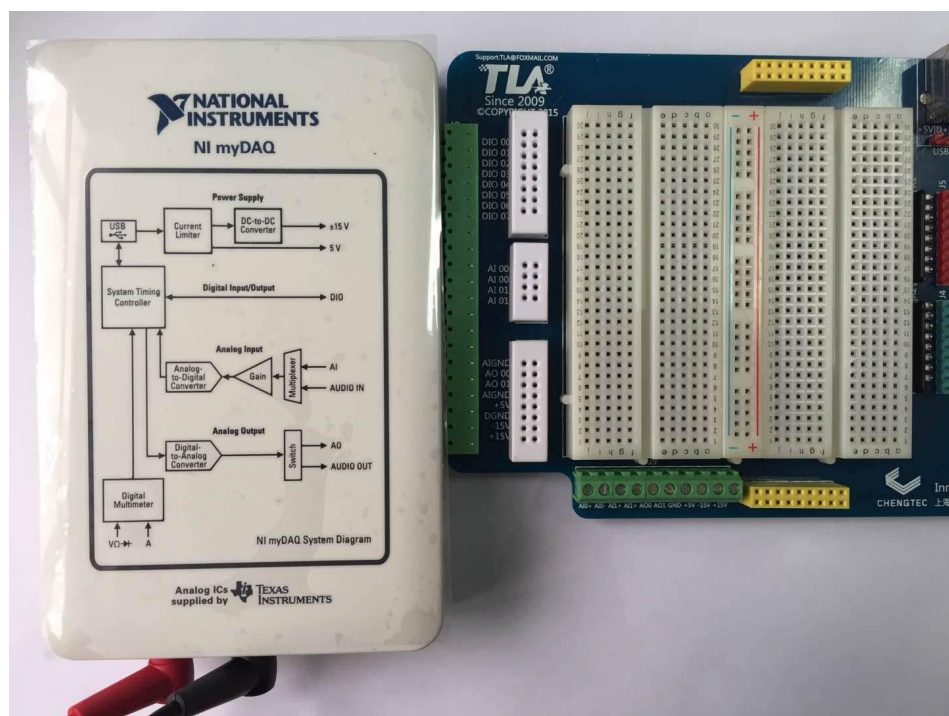


图 3.5 NI myDAQ 学生创新动手实践平台配套接口板

实验 虚拟实验平台配置及使用实验

一、实验目的:

- 1、熟悉后续实验中将反反复复用到的 NI ELVIS 和 NI myDAQ 这两个实验平台的基本操作
- 2、熟悉 MAX 的操作, 能够使用 MAX 的测试面板进行简单的配置和测量, 掌握在 MAX 中创建信号采集任务的方法;
- 3、掌握利用 LabVIEW 中的数据采集 Express VI 进行数据采集的方法;
- 4、了解在 MAX 中仿真一块数据采集设备的方法

二、实验原理:

NI ELVIS 和 NI myDAQ 是 NI 针对高校教学的两种多功能虚拟仪器实验平台(详见附录), 实现快速易用的测量采集及显示。对于仪器的设计和使用中涉及的模拟信号输入、模拟信号生成、数字信号输入与输出、计数器相关的输入与输出等相关知识, 都可以借助这两个平台进行快速的开发和实践, 帮助学生掌握仪器设计的基本原理和方法。

通过使用 ELVIS 或 myDAQ 上的标准函数信号发生器 (FGEN), 示波器 (SCOPE), 数字万用表 (DMM), 数字信号输入 (DigIn), 数字信号输出 (DigOut) 等仪器功能, 了解和掌握 ELVIS 和 myDAQ 驱动程序自带的虚拟仪器软面板的使用。

三、实验内容:

1. 实验平台的连接和配置;
2. 平台的虚拟函数信号发生器和示波器的使用;
3. 数字 I/O 口的输入输出控制实验;
4. 使用 MAX 的测试面板进行简单的配置和测量;
5. 使用 Express VI 进行数据采集;
6. 在 MAX 中仿真一块数据采集设备。

四、实验步骤:

1. 检查硬件连接与配置
 - 1) (如果使用 ELVIS) 检查 ELVIS 工作台的电源 (位于 ELVIS 背后) 已经连接并打开, 并且已经通过 USB 线缆连接至 PC 机, 同时 ELVIS 工作台上的原型板电源也已上电。这一部完成的标志是 ELVIS 右上方的指示灯点亮, 同时 ELVIS 原型板左下方的三盏电源指示灯也点亮。

(如果使用 myDAQ) 检查 myDAQ 已通过 USB 线缆连接至电脑, 如果正常, myDAQ 上 USB 接口旁边的蓝色 LED 指示灯会点亮。
 - 2) 通过开始>>所有程序>>National Instruments>>Measurement & Automation 打开 NI Measurement & Automation Explorer (以后简称 MAX, 这是一个可以管理所有系统中的 NI 设备硬件资源并进行相关配置和自检的一个软件, 随任何 NI 驱动程序会安装在 PC 中)
 - 3) (对于 ELVIS) 在 MAX 中单击“设备和接口”, 检查是否能找到 NI ELVIS II+, 如果连接正常, 前面的板卡符号应该显示为绿色。可以单击右键选择“自检”对设备进行自检。检查设备名是否已经是像下图一样显示为“Dev1”, 如果不是的话, 单击右键可以将设备重命名为“Dev1”。

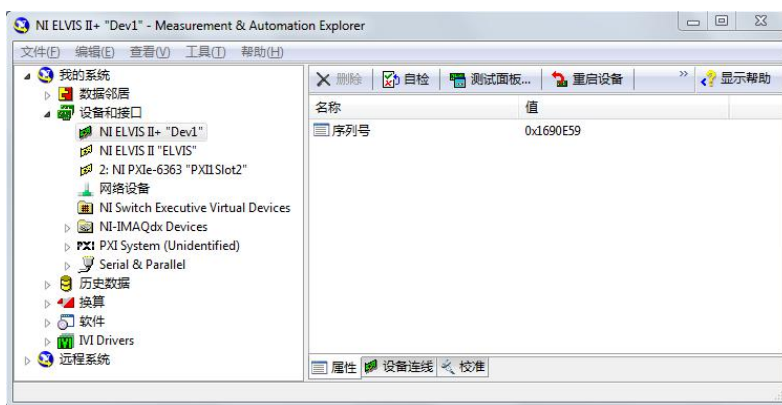


图 3.6 NI Measurement & Automation Explorer

(对于 myDAQ) 在 MAX 中单击“设备和接口”，检查是否能找到 NI myDAQ，如果连接正常，前面的板卡符号应该显示为绿色。可以单击右键选择“自检”对设备进行自检。检查设备名是否已经是像下图一样显示为“Dev1”，如果不是的话，点击右键可以将设备重命名为“Dev1”。

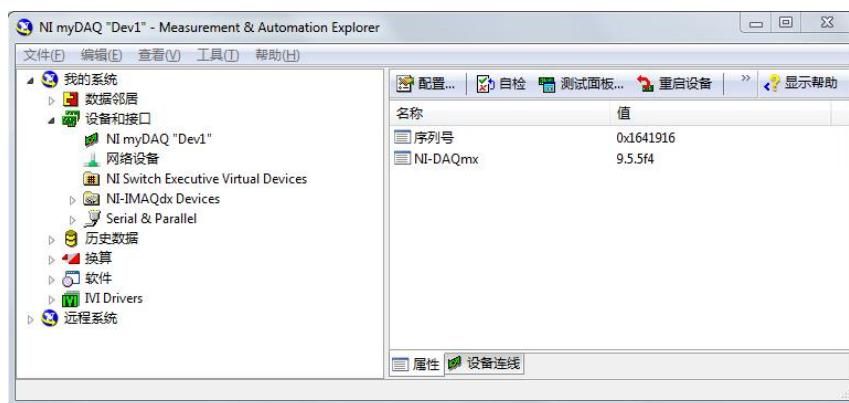


图 3.7 NI Measurement & Automation Explorer 界面

2 函数发生器 (FGEN) 和示波器 (SCOPE) 的使用

- 1) (对于 ELVIS) 用 BNC 接线将 ELVIS 工作台上的 SCOPE CH0 的 BNC 接口与原型板 (Prototyping Board) 上的 BNC 1 接口相连；在原型板的面包板上用导线将 FGEN 连接到 BNC 1+

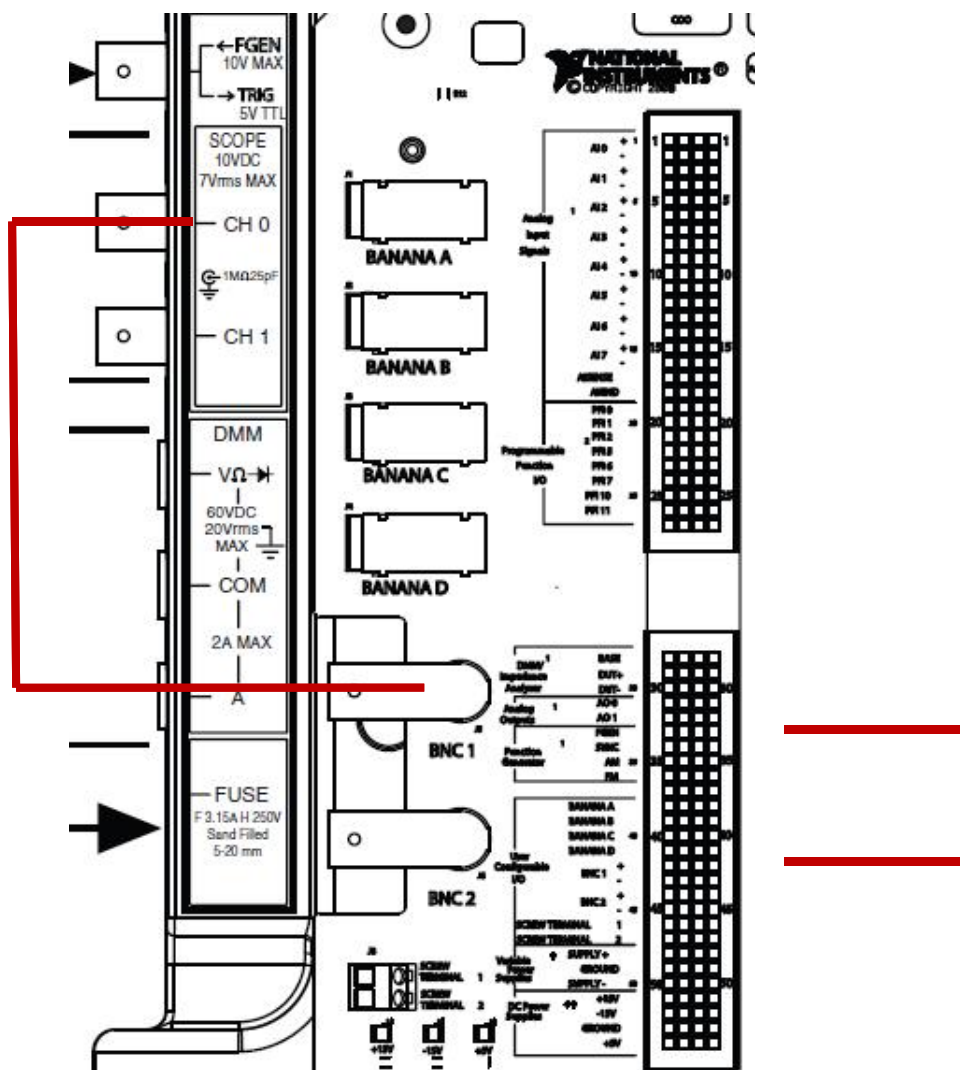


图 3.8 ELVES II+扩展板接线图

(对于 myDAQ) 用导线将 AO 0 连至 AI 0+, 将 AGND 连至 AI 0-

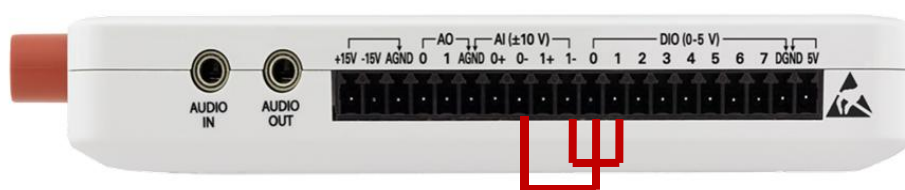


图 3.8 myDAQ 接线图

- 2) 然后通过 Windows 中的开始>>所有程序>>National Instruments>>NI ELVISmx for NI ELVIS & NI myDAQ>>NI ELVISmx Instrument Launcher 打开 NI ELVISmx Instrument Launcher

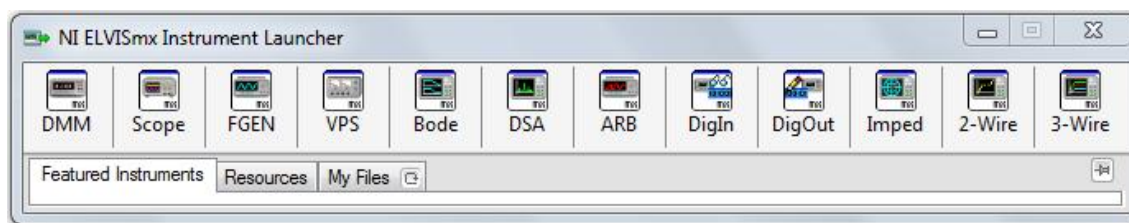
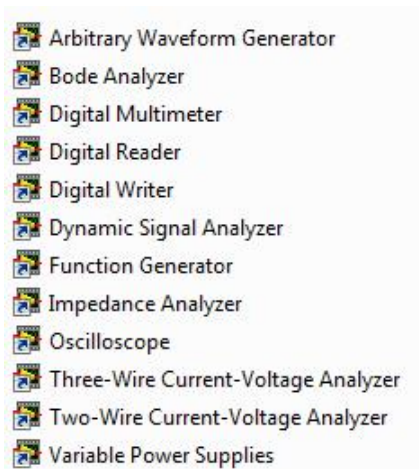


图 3.9 NI ELVISmx Instrument Launcher

(如果打开NI ELVISmx Instrument Launcher时出现问题也没有关系, 可通过**开始>>所有程序>>National Instruments>>NI ELVISmx for NI ELVIS & NI myDAQ>>Instruments**展开Instruments文件夹, 可以看到12种仪器的图标文件。可以在桌面创建该文件夹的快捷方式, 这样就可以更方便的展开该文件夹)



- 3) 分别单击 NI ELVISmx Instrument Launcher 界面中的 FGEN 和 SCOPE (或双击打开 Instruments 文件夹中的 Oscilloscope 和 Function Generator), 打开信号发生器和示波器的软面板操作界面, 按下图进行设置: 通过函数发生器产生一个 100Hz, 峰峰值为 4V 的正弦信号, 然后通过示波器进行观察.

(对于 ELVIS) 由于我们连线时是通过原型板上的 FGEN 接口连接至 BNC1+, 所以 FGEN 软面板下方 Signal Route 选项要选择 **Prototyping board**. 因为 BNC1 是连接到 SCOPE 的 CHO, 因此在示波器软面板中, 应选择 SCOPE CHO 作为有效观测通道.

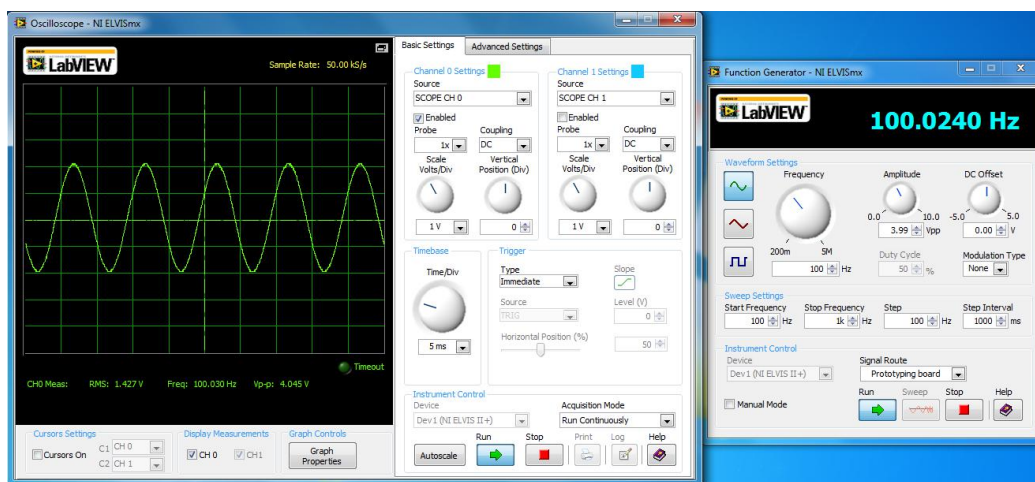


图 3.10 Oscilloscope 和 Function Generator 界面

(对于 myDAQ) 由于是将 AO 0 通道作为信号输出连接至 AI 0 通道的信号输入，因此示波器面板的 Source 通道应选择 AI 0，函数发生器面板的 Signal Route 应选择 AO 0。

然后点击示波器软面板的 Run 按钮应可观测到函数发生器产生的波形，如果没有正常显示应首先检查硬件连线和软件设置是否正确（例如检查 ELVIS 的 Prototyping Board 的电源开关是否已经打开）。观测到正确波形后，可以尝试改变函数发生器产生的波形种类（如产生三角波或方波信号）及波形参数（频率、幅度、直流偏置等），并调整示波器软面板的波形显示参数，以便根据信号特征更好地进行显示。

3. 数字输入 (DigIn) 和数字输出 (DigOut) 的测试

1) (对于 ELVIS) 在原型板上用导线将 DIO 0 分别连接至 DIO 8 和 LED 0 端口

(对于 myDAQ) 用导线将 DIO 0 连接至 DIO 4

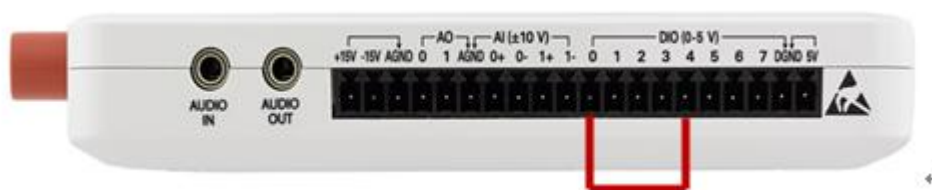


图 3.11 myDAQ 连线图

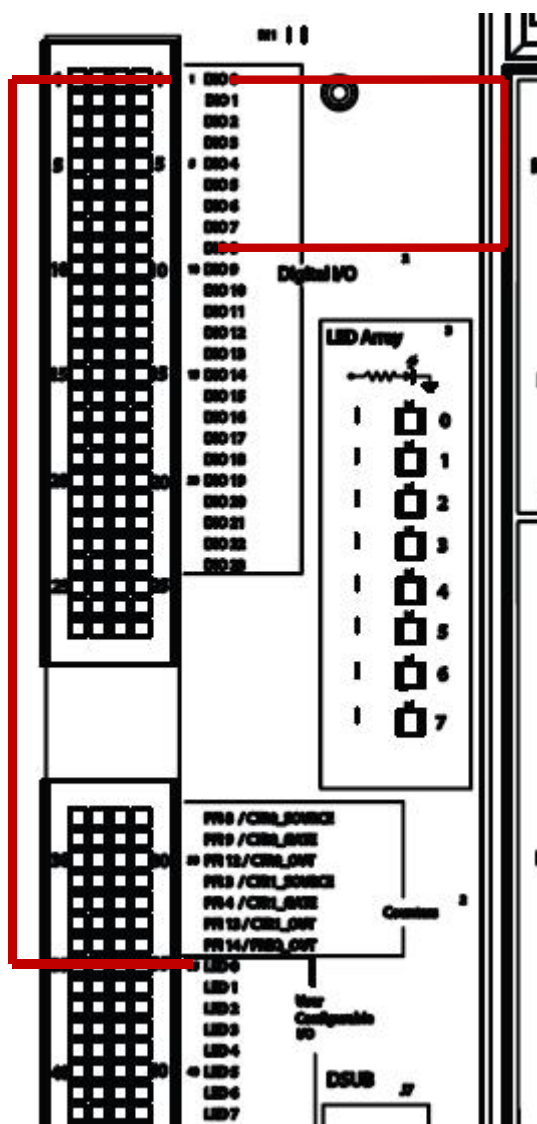


图 3.12 ELVIS 连线图

- 2) 单击 NI ELVISmx Instrument Launcher 中的 DigIn 和 DigOut, 打开数字输入 (Digital Reader) 和数字输出 (Digital Writer) 软面板, 或直接双击打开 Instruments 文件夹中的 Digital Writer 和 Digital Reader.
 (对于 ELVIS) 设置 DIO 0-7 为数字输出通道 (Lines to Write), DIO 8-15 为数字输入通道 (Lines to Read), 点击运行按钮 Run. 可以任意调整 Digital Writer 面板中的 Manual Pattern, 设置 0 通道输出的数字电平高低, 观察 Digital Reader 对应读取的第 8 通道数字量指示灯变化以及原型板右边 LED 0 指示灯的显示变化.

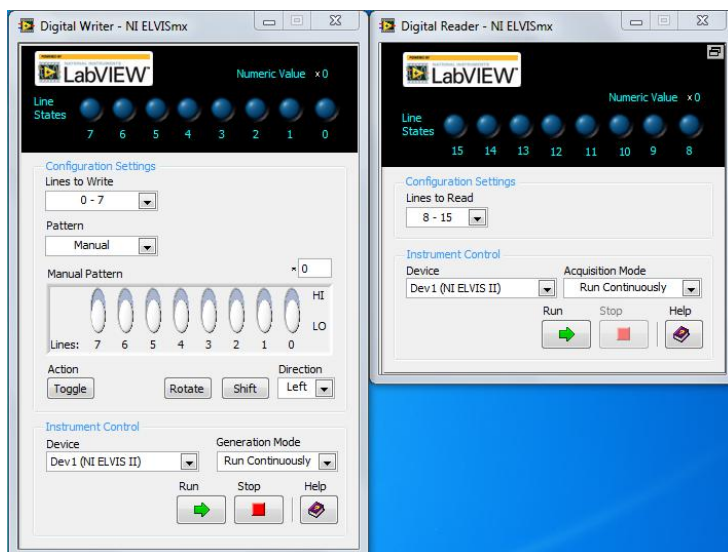


图 3.13 数字输入 (Digital Reader) 和数字输出 (Digital Writer) 软面板 (对于 myDAQ) 设置 DIO 0-3 为数字输出通道 (Lines to Write), DIO 4-7 为数字输入通道 (Lines to Read), 点击运行按钮 Run. 可以任意调整 Digital Writer 面板中的 Manual Pattern, 设置 0 通道输出的数字电平高低, 观察 Digital Reader 对应读取的第 4 通道数字量指示灯变化.

4. 使用 MAX 中的设备自检和测试面板等功能

硬件连线:

(ELVIS) 将 ELVIS 原型板上的 AIO+ 端和 FGEN 端相连; AIO- 端与 GROUND 相连接

(myDAQ) 用导线将 AO 0 连至 AI 0+, 将 AGND 连至 AI 0-

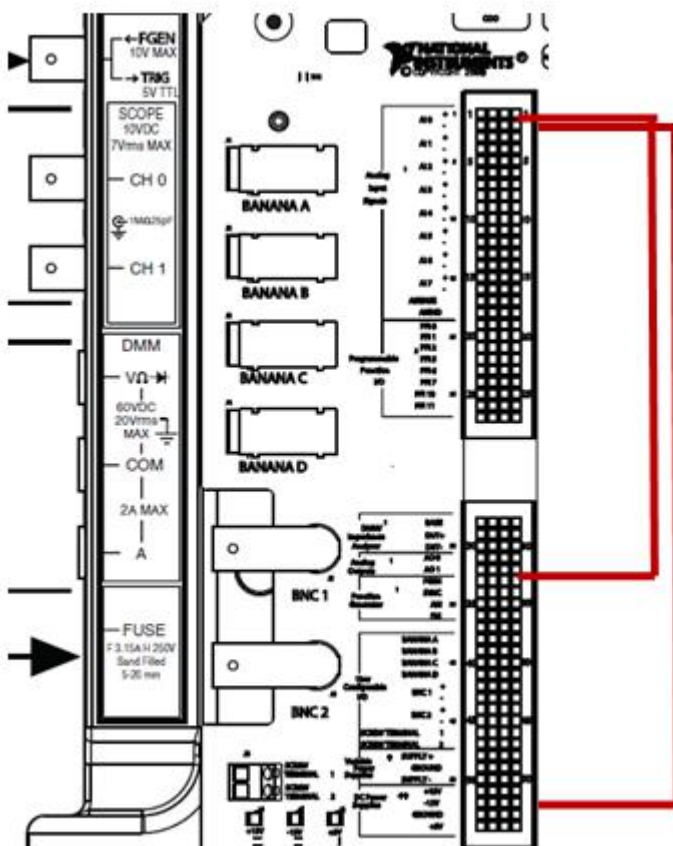


图 3.14 ELVIS 接线图

实现:

1. 双击桌面 MAX 的图标或者通过 Windows 中的开始 >> 所有程序 >> National

Instruments>>Measurement & Automation Explorer 打开 MAX.

2. 打开 MAX 的电源和 Prototyping Board 的电源. 在 MAX 中单击“设备和接口”, 检查是否能找到 ELVIS 或 myDAQ, 前面的板卡符号应该显示为绿色. 检查设备名是否显示为“Dev1”, 如果不是的话, 点击右键可以将设备重命名为“Dev1”.
3. 右击该 ELVIS II+设备并选择**自检**. 如果硬件设备正常完好, 此处将会弹出对话框显示“设备通过自检”或“设备驱动与 Dev1 通信成功”, 单击“OK”关闭该对话框. 如果自检失败, 请检查设备是否正确上电, 或者通知 NI 工程师.
4. 鼠标右击代表 ELVIS 或 myDAQ 的 Dev1 的图标, 并选择**测试面板**, 此时将会弹出测试面板对话框. 默认打开的是**模拟输入**选项卡. 我们可以根据测量需要选择相应的选项卡并进行配置. 此处我们将基于模拟输入进行配置和测量的说明.
5. 为了进行模拟输入的测量, 我们需要首先提供一个信号源. 此处用 Lab 1 中的方法使用函数发生器软面板 (FGEN, Function Generator) 来提供信号源, 并从 AI 0 端口引入该信号进行测量. 打开函数发生器软面板, 按照 Lab 1 中的设置产生一个 100Hz, V_{pp} 为 4V 的正弦波信号.
6. 回到测试面板, 在通道名中选择“Dev1/ai0”, 模式选择**连续**, 输入配置选择**差分**, 采样率为 1000Hz, 待读取点数为 100, 然后点击**开始**. 这时可以看到采集到的信号, 如下图所示:

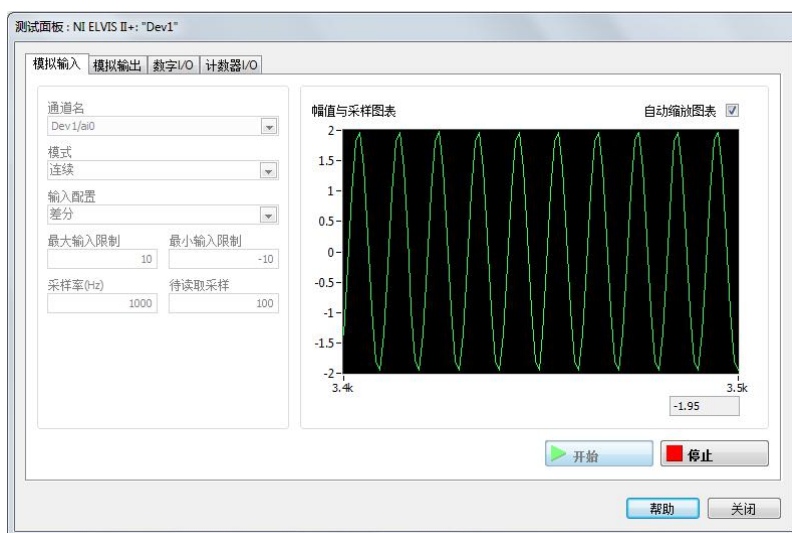


图 3.15 模拟输入测试面板

7. 改变函数发生器中的波形参数的设置, 如频率, 幅值等, 观察测试面板中波形的变化. 可以思考当信号源频率超过采样率的时候会有什么结果, 如何修改参数来进行信号采集?
8. 单击停止按钮停止测试, 单击关闭按钮关闭测试面板.

6. 在 MAX 中创建任务

- 1) 右击**数据邻居**选择**新建**, 在弹出的对话框中选择 **NI-DAQmx 任务**, 点击**下一步**;
- 2) 因为我们接下来要测量的信号仍然是由函数发生器产生的一个电压信号, 因此在新建 NI-DAQmx 任务对话框中, 依次单击选择**采集信号** → **模拟输入** → **电压**.



图 3.16 创建任务界面 1

3) 因为在硬件连接上，我们是用 AI 0 通道进行采集，因此在支持的物理通道中选择 Dev1 下面的 ai0 通道，如下图所示，然后点击下一步；

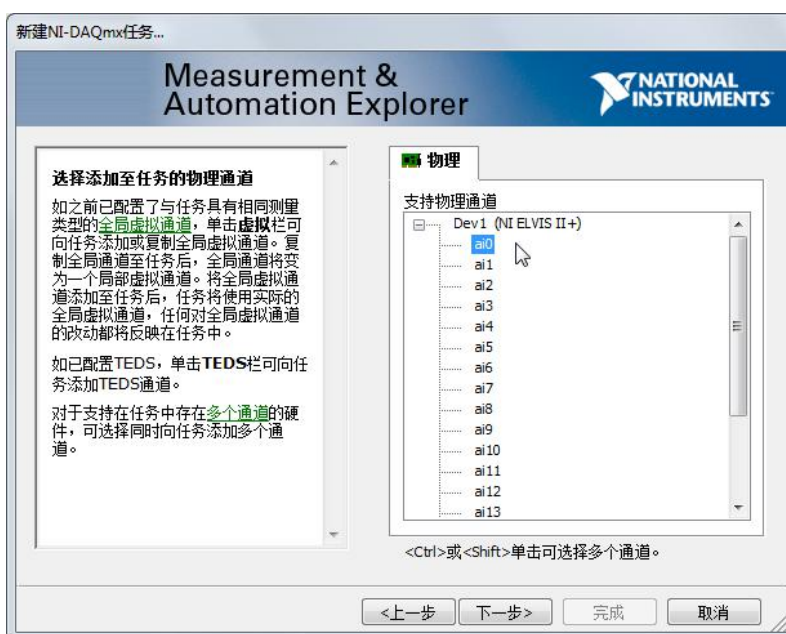


图 3.17 创建任务界面 2

4) 使用默认的名称“我的电压任务”或者自定义一个名称，点击**完成**；可以看到，在数据邻居下面多了一项“NI-DAQmx 任务”，展开后会有刚创建的任务：**我的电压任务**；

5) 在右侧配置选项卡中进行参数的配置，其中接线端配置选择为**差分**，采集模式为**连续采样**，待读取采样为 100，采样率为 1K，如下图所示；

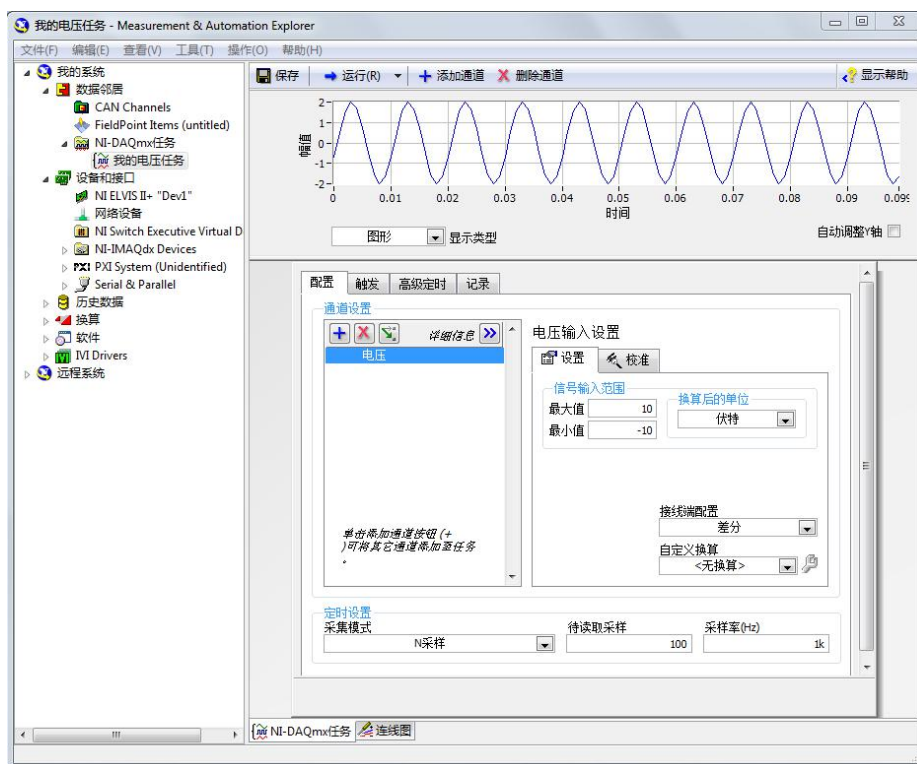


图 3.18 创建任务界面 3

- 6) 点击运行按钮，可以看到函数发生器产生的正弦波就会显示在上方的波形图表中，说明该任务已经成功的采集到了相应的正弦波信号。
 - 7) 单击停止按钮，停止任务的执行。
7. 在 LabVIEW 中使用 Express VI
- 1) 打开 LabVIEW，新建一个 VI，并将程序保存为 voltage measurement.vi.
 - 2) 在程序框图中调出函数选板，找到“DAQ 助手” Express VI 并将其放置在程序框图中。

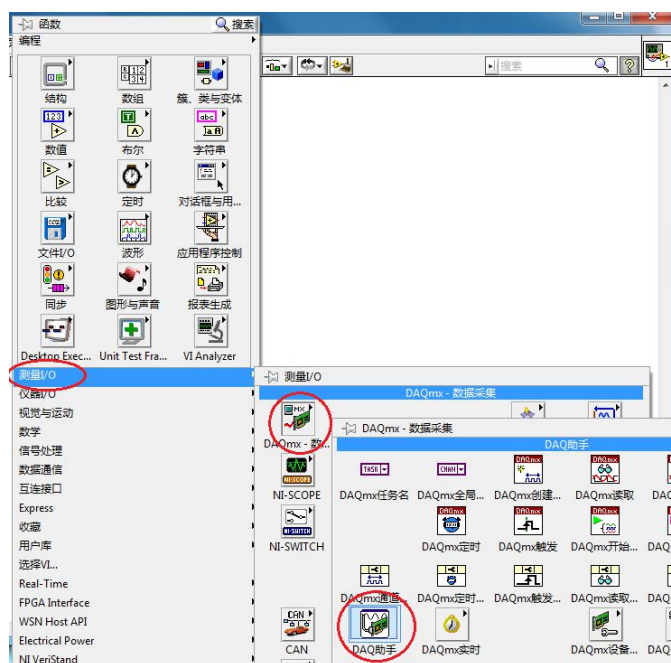


图 3.19 函数选板

随后将自动弹出“新建 Express 任务…”窗口：

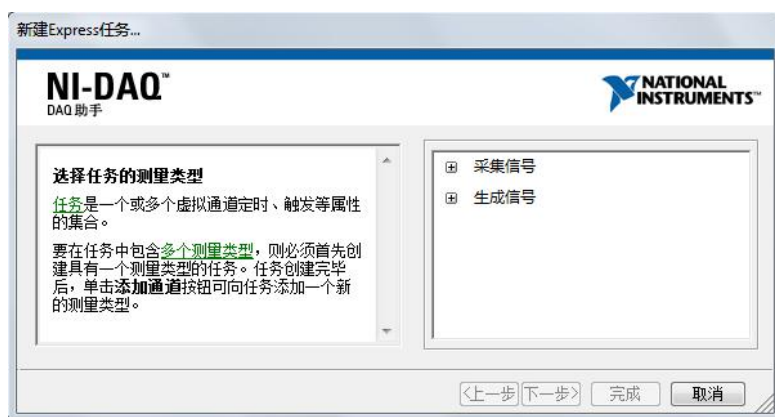


图 3.20 DAQ 助手界面

点击采集信号→模拟输入→电压，然后点击 Dev1 左侧的“+”标志，选择通道 ai0，然后点击“完成”。（注：如需选择多条通道同时进行采集，只需按住键盘的 Shift 键再选择通道即可）

3) 在弹出的“DAQ 助手”配置相关参数，其中接线端配置选择为 **Differential**，采集模式为连续采样，待读取采样为 100，采样率为 1K。

4) 点击“运行”按钮，你将在对话框的波形窗口中查看到相应的正弦波波形，如下图所示：

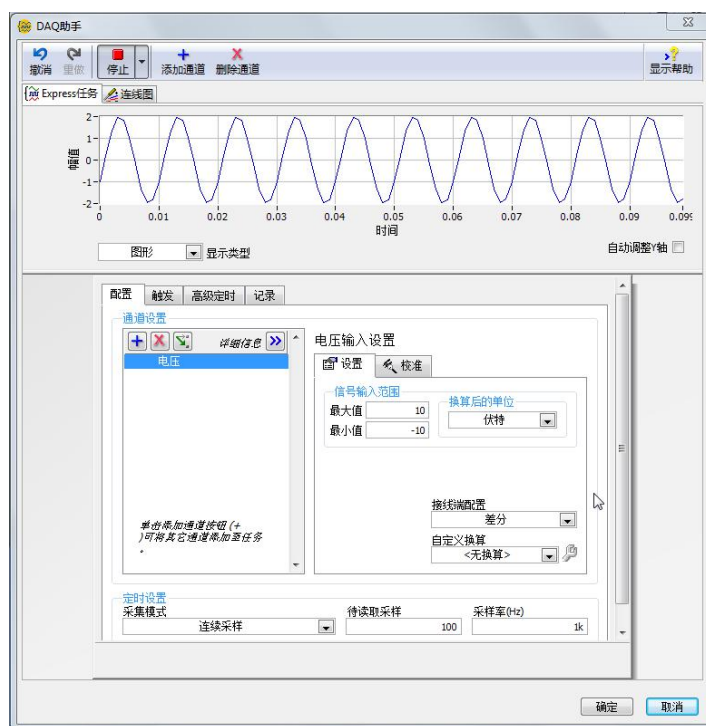


图 3.21 DAQ 助手配置参数界面

5) 点击“停止”，然后点击“确定”关闭窗口，返回到 LabVIEW 程序框图中。LabVIEW 自动创建用于测量任务的代码。在弹出对话框中点击 Yes，自动创建 While 循环。

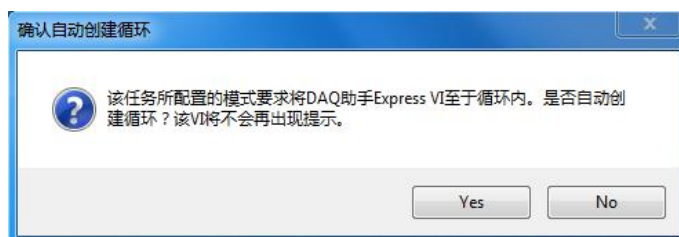


图 3.22 DAQ 助手

6) 在“DAQ 助手” Express VI 右侧的数据输出接线端上点击右键，并选择**创建» 图形显示控件**。可以注意到，图形显示控件被放置在前面板上。

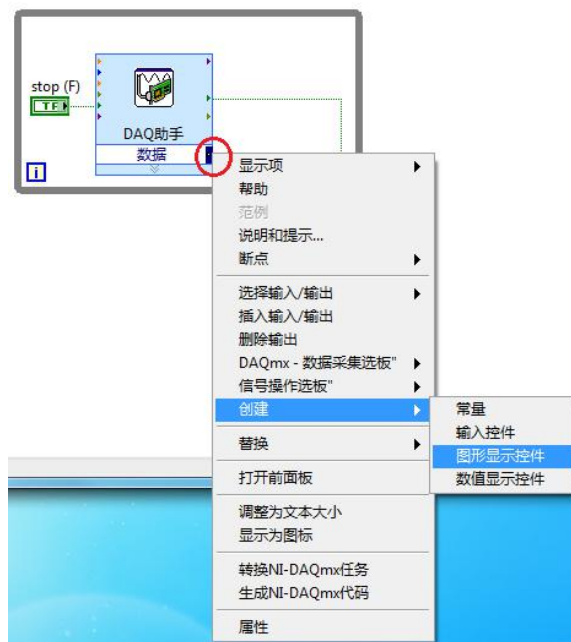


图 3.23 创建显示控件

7) 程序框图应如下所示。While 循环自动将停止按钮放置到前面板上，使得用户可以中止循环的运行。

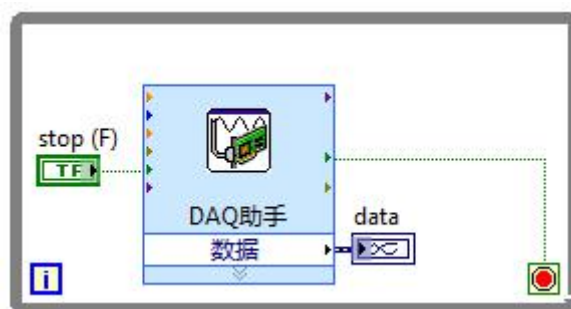


图 3.24 电压信号采集程序框图

8) 切换到前面板，运行该程序，可以看到之前设置函数发生器软面板产生的正弦波显示在波形图表中，如下图所示，说明该程序可以正确的测量到相应的正弦波。

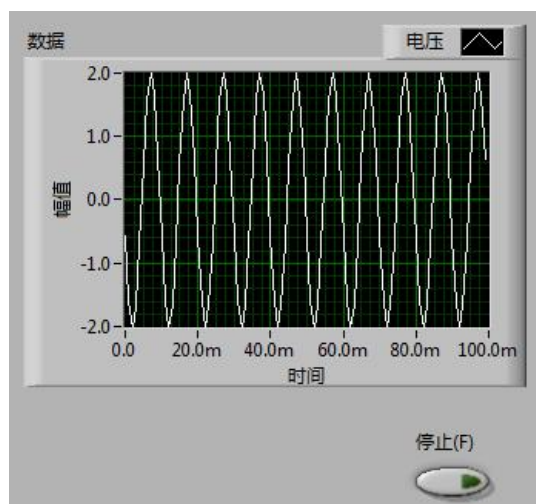


图 3.25 电压信号采集前面板

- 9) 点击停止按钮，结束程序运行，保存并关闭程序。

【拓展实验】

8. 在 MAX 中仿真一块数据采集设备

NI-DAQmx 驱动提供了硬件设备仿真功能。通过本扩展实验，将学习如何在 MAX 中仿真一块数据采集设备，这样，即使手头没有硬件设备也可以先进行编程开发，并对程序部分功能进行验证。

实现：

- 1) 打开 MAX.
- 2) 右键单击**设备和接口**选择**新建**，弹出新建对话框，如下图所示：

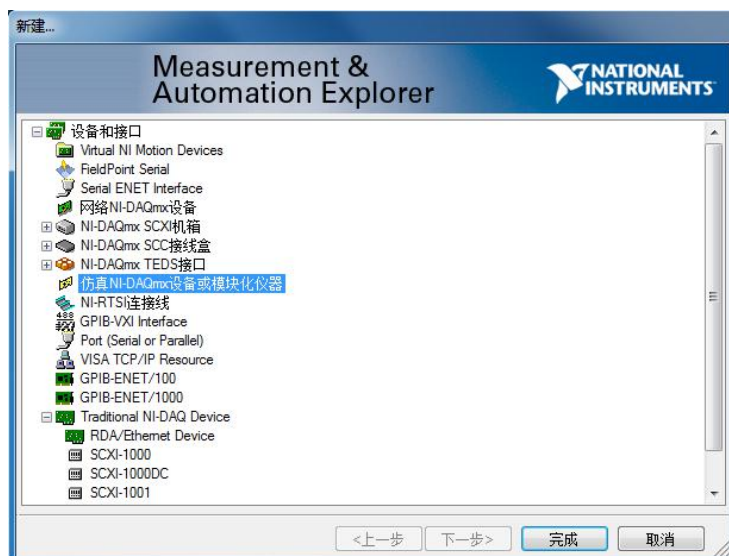


图 3.26 仿真 NI-DAQmx 设备

- 3) 选择**仿真 NI-DAQmx 设备或模块化仪器**，点击**完成**，弹出创建 NI-DAQmx 仿真设备对话框，如下图所示：

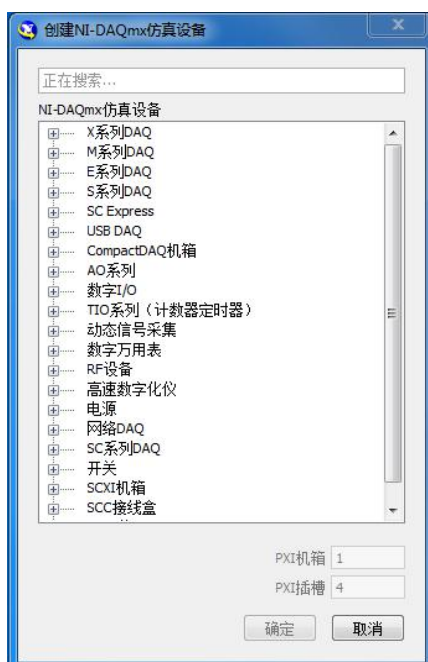


图 3.27 创建仿真 NI-DAQmx 设备

4) 可以看到在该对话框中列出了可以仿真的数据采集板卡或模块化仪器的分类，我们可以根据需要进行选择相应的板卡，以 USB-6251 为例，该板卡为 M 系列 DAQ 卡，因此点开 M 系列 DAQ 边上的 + 号，滚动鼠标，选择“NI USB-6251”；如果我们知道自己要仿真的板卡型号，可以直接在上面的方框中输入板卡型号，在“NI - DAQmx 仿真设备”对话框中会列出所以该型号的板卡，选中我们需要总线类型即可，如下图所示：

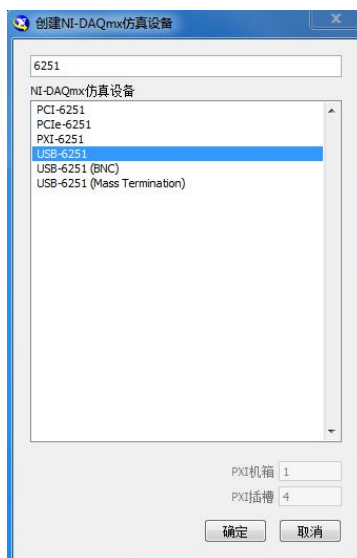


图 3.28 仿真设备选择界面

5) 单击确定，加载完毕后我们可以看到在 MAX 的设备和接口下面列出了我们刚刚仿真的板卡，并且板卡前面的符号是用黄颜色来表示（黄颜色即表示是仿真的板卡，而已连接的真实设备是绿色），如下图所示：

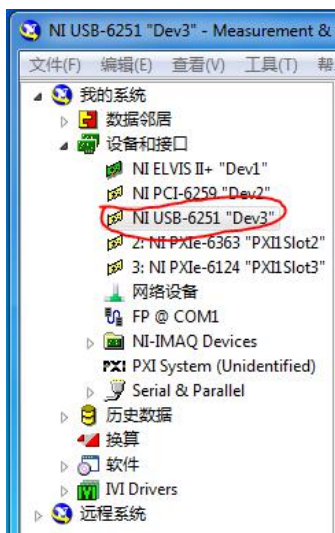


图 3.29 仿真设备创建完成后的界面

6) 现在, 就像你电脑真正连着一块 USB-6251, 你可以进行板卡的自检, 在测试面板中测量(当然这种情况只是进行虚拟的测量, 但至少可以验证所设置的参数等是否被板卡所支持), 以及在 LabVIEW 程序中对该板卡进行编程并保存。之后当有条件连接真实板卡时, 程序无需修改即可直接运行。