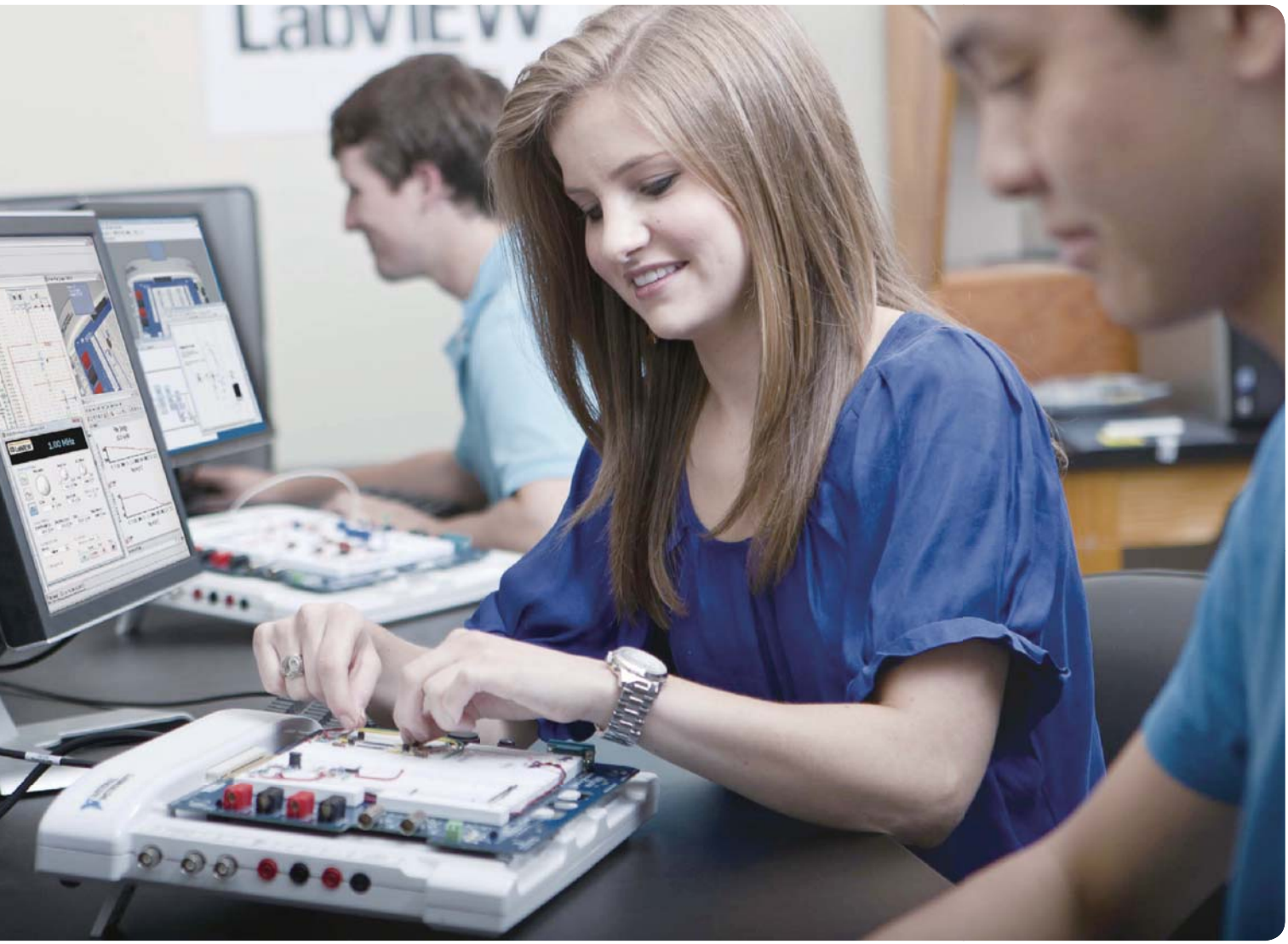
NATIONAL INSTRUMENTS

NI 2012 年毕业设计竞赛获奖论文简介



ni.com/china/academic

NATIONAL INSTRUMENTS™

目 录

一等奖

康复训练机械臂设计及制作——电气控制部分.....1

二等奖

基于 LabVIEW 的永磁同步风力发电变流器控制系统研究.....4

基于 DaNI 移动机器人平台的智能安全巡逻系统的设计.....7

基于 LabVIEW 实现 NFC 芯片测试系统.....10

基于 LabVIEW 电液伺服同步系统的研究.....17

三等奖

基于 LabVIEW 的 X2 并联机械手的机电一体化仿真与控制系统设计.....21

基于虚拟仪器的电能质量监测系统.....25

基于 NI CompactRIO 的电动汽车现场总线系统及仪表盘的设计.....29

基于蒙特卡洛的点结构光曲面仿形测量系统精度研究.....32

全断面掘进机主轴承检测诊断技术研究.....37

移动式水表在线校准系统.....41

基于 LabVIEW 的声源定位系统研究.....44

基于 LabVIEW 的智能轮椅控制器设计与实现.....46

移动式机器人智能化平台的设计与开发.....49

鼓励奖

基于 NI PXI 平台的风洞虚拟飞行试验数据采集与控制系统研究.....54

基于 LabVIEW 的通信原理课程仿真.....57

基于虚拟仪器的超高频 RFID 读写器到标签信号的研究.....61

纯电动汽车下线故障诊断系统的开发.....64

基于 LabVIEW 的虚拟轧机系统.....67

基于 LabVIEW 直升机电源地面监控系统.....69

基于 LabVIEW 的 RIP 路由协议研究与实现.....71

HLS 脉冲磁场自动测量系统的研制.....73

基于麦克风阵列的声场重构系统的设计与开发.....78

基于 LabVIEW 的电动按摩器设计.....83

基于视频处理的肢体运动模型采集系统设计.....86

基于 LabVIEW 的图像采集与分析系统设计.....88

基于 NI ELVIS 的电机控制系统实验模块设计.....90

柴油机检测评价技术研究.....92

旋转机械故障诊断系统开发.....95

基于虚拟仪器的电动旋转台系统研究.....99

FBG 螺旋线沿线温度分布检测技术.....103

基于 LabVIEW 的光伏并网数据采集和分析.....109

云粒子图像回放软件设计 113
基于 LabVIEW 的图像采集与分析系统设计 116
基于 LabVIEW 的声纳成像系统 120
基于 NI myDAQ 的钢丝绳芯传输带电磁无损检测装置 124
基于 LabVIEW 的单板自动化检测系统 128
基于 PXI 平台的远程硅电池参数测量系统 131
基于 LabVIEW 的 128 通道数据采集系统 133
汽车传动试验台测试系统设计及控制界面开发 135
虚拟仪器技术在电路实验教学中的应用 138
基于 LabVIEW 的模拟微波炉控制系统设计 142
基于 LabVIEW 的实验室振动信号采集系统 146

康复训练机械臂设计及制作——电气控制部分

作者：董怀宝

指导教师：王永兴

学校：东华大学

介绍：

康复训练机械臂作为医疗机器人的一种，是综合了机械、电子等技术领域的机电一体化系统，它将机械、驱动、传感器和控制系统有机的融为一体。

本文介绍了一种针对中风病人上肢康复训练机械臂外骨骼本体的控制系统的设计，本设计采用 NI 公司的 CompactRIO 作为硬件平台，配合 LabVIEW 图形化编程界面实现患者手臂康复训练所需的肩关节、肘关节、腕关节的各种运动及它们的组合运动。

本设计支持多种被动康复训练模式，可以通过电脑界面实现对患肢关节的手动控制；可以储存一些简单的康复训练动作，反复执行这些动作；也可以利用患者的一侧健康手臂自主运动信息来直接驱动患者另一侧患肢作随动康复运动。本课题基于 CompactRIO 控制平台，通过传感器和气动控制元件的选择，以及控制硬件电路的设计和 LabVIEW 软件的设计，最后通过不断的联机调试和程序改进，实现了患者上肢的被动（全助力）训练、半主动（半助力）训练和主动（阻力）训练。

使用的产品：

软件： LabVIEW 2010、LabVIEW Real-Time Module

硬件： CompactRIO 控制平台，NI 9221 模拟输入模块，NI 9264 模拟输出模块

应用方案：

1. 控制系统总体概述

康复训练机械臂的机械本体为穿戴式的外骨骼结构(如图 1 所示)，采用气压驱动，需要实现对肩关节、肘关节、腕关节处 6 个自由度的控制。为了实现康复机械臂的精确控制，采用了角位移传感器测量各关节的位置信息，同时利用 CompactRIO 的 NI 9221 模拟输入模块实时采集电位器的电压值，通过数据转换和处理可得到各关节当前所处的位置；然后 NI 9264 模拟输出模块，通过比例方向控制阀与角位移传感器组成的闭环系统，实现对患者患肢的运动控制。

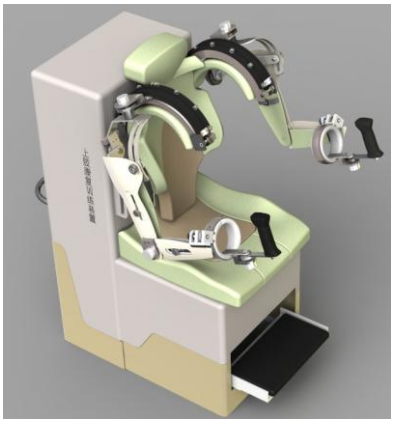


图 1 康复训练机械臂模型

由于 CompactRIO 平台可以通过 NI 9221 模块和 NI 9264 模块直接进行模拟输入（AI）和模拟输出（AO），所以控制电路得到了大大的简化。控制电路的需求分析如图 2 所示：

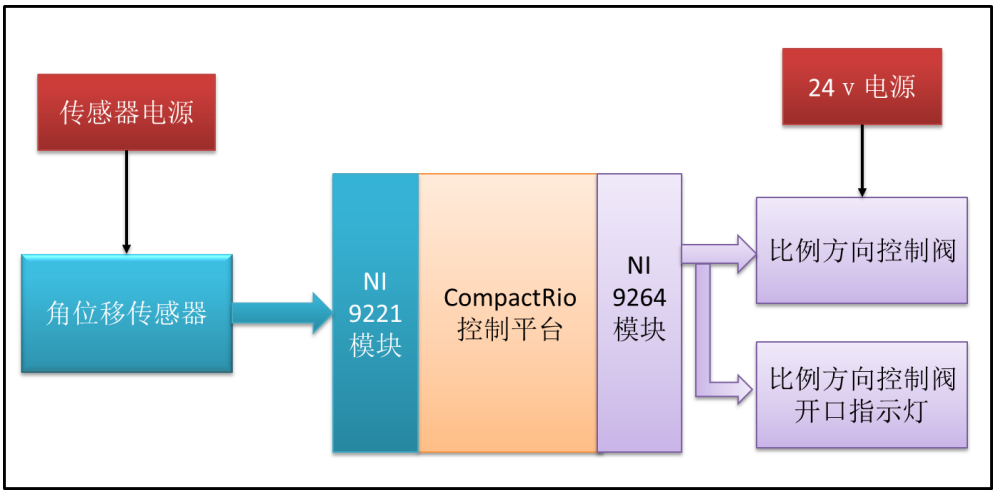


图 2　控制电路需求分析

2.　康复训练机械臂软件设计

利用 LabVIEW 直观的图形化编程环境，以及它庞大的函数和子程序库，编程难度得到了大大的降低，软件开发的周期得以缩短。控制系统的前面板如图 3 所示.

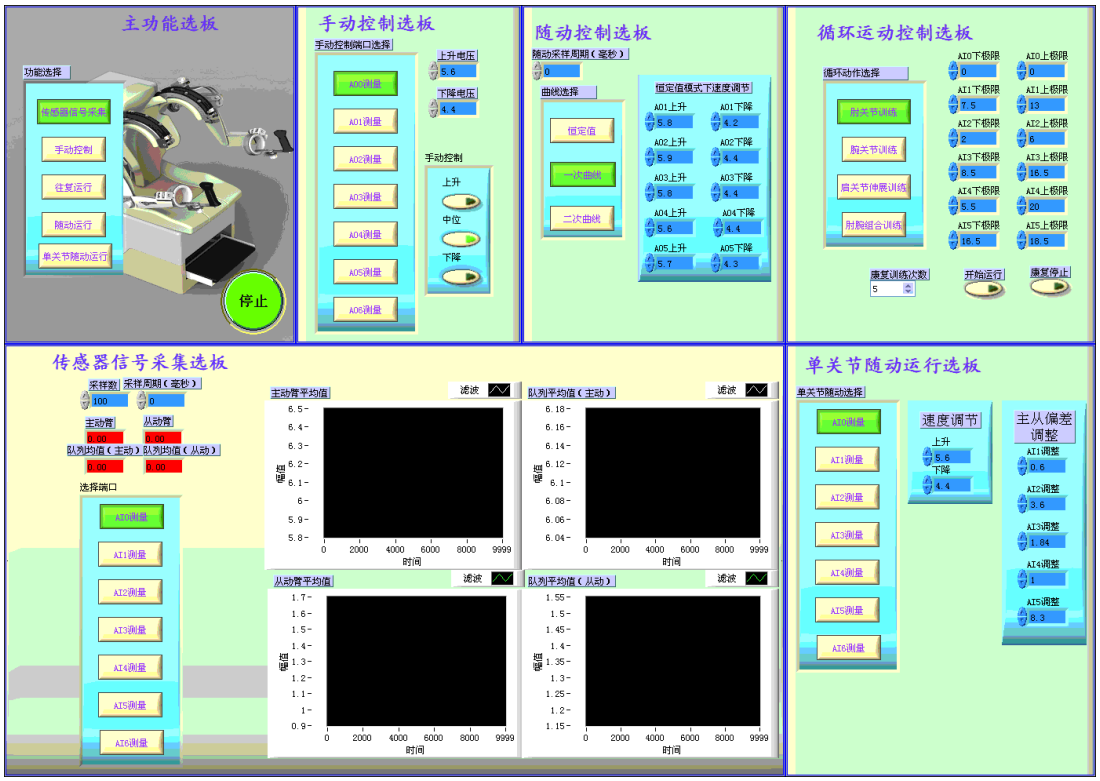


图 3　康复训练机械臂 LabVIEW 前面板

通过 NI 9221 模拟输入模块以及 LabVIEW 强大的数据处理能力，传感器的模拟信号有效的被采集。根据采集到数据，经过分析直观的数据曲线，有效的制定数据处理方式。在实际测量中可以发现，NI 9221 模块采集到的传感器的电压值存在较大的波动，而这些波动值无法通过普通的滤波方式进行消除。经过分析，电压的波动不是因为干扰引起的，而是由于电源电压的波动导致的。

为了减少电源电压波动对传感器输出电压的影响，在进行位置信息采集的时候，不能直接读取传感器的数值，需要进行一定的数据处理。本设计采用了滑动算术平均值滤波。程序为数字滤波开辟了一个长度为 100 的 FIFO 循环队列，利用一个循环移动的队列尾指针，将每次新采集到的数据覆盖尾指针指向的那个数据，并对此时循环队列中的 100 个数据求算术平均值，得到的结果替换新采样得到的那个数据，成为有效数据。经过这样的数字滤波处理，滤波效果有了较大改善，数据波形变得平滑了很多。

图 4 为肘关节的数据波形，左侧的波形为平均值滤波后的波形，右侧波形为滑动算术平均值滤波后的波形。通过左右对比可以明显看出，采用滑动算术平均值滤波后的电压波动有了明显减小，数据波形得到了明显改善。

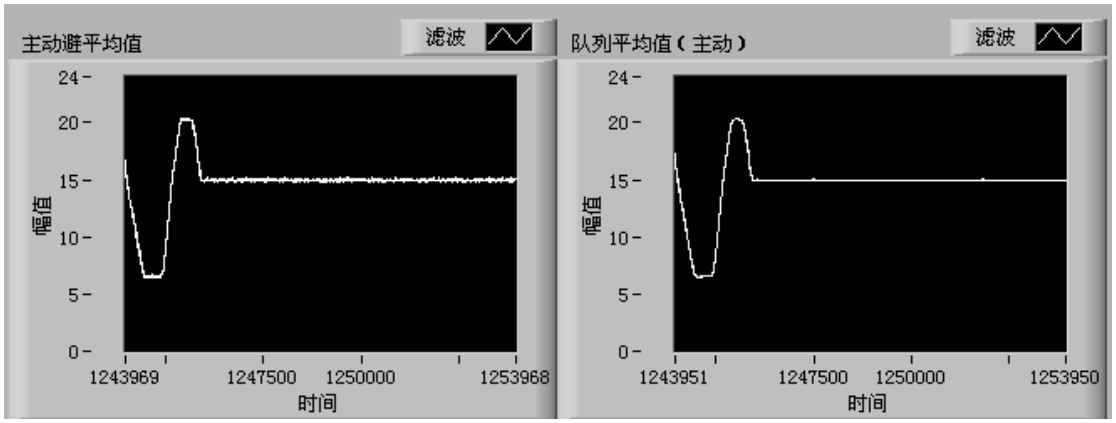


图 4　肘关节位置曲线

总结：

本课题提供了一套采用气压驱动且能方便实现对肩关节、肘关节、腕关节各关节运动模拟的穿戴式外骨骼机械臂康复装置。运用 NI CompactRIO 平台丰富的 I/O 模块进行信号的采集也充分发挥虚拟仪器的优势，缩短了项目开发周期，提高了开发效率。

通过理论分析以及样机的开发与调试，验证了该方案的可行性。对于解决当前偏瘫治疗面临的问题具有一定的参考价值。

基于 LabVIEW 的永磁同步风力发电变流器控制系统研究

作者：傅 闯

指导教师：梅柏杉

学校：湘潭大学

介绍：

随着人类生存环境的持续恶化和能源危机的加剧，大力开发风能，太阳能等可再生能源越来越受到世界各国的重视。风力发电技术中的永磁同步风力发电系统具有结构简单，发电效率高以及运行可靠性好等突出优点，成为将来风力发电发展的重要方向。工程实际中，普遍采用 DSP 作为风电变流器控制器，其成本低，速度快，但是使用 DSP 作为核心控制器开发周期长。因此，这里尝试使用基于 LabVIEW 的 PXI 实时控制器作为风电变流器核心控制器，利用 PXI 控制系统的高可靠性和 LabVIEW 直观便捷的图形化编程方式，方便系统调试，缩短开发周期。实验数据表明，使用该控制系统的永磁风力发电模拟系统实现了最大风能跟踪，且电流谐波含量低，发电质量好，从而验证了控制系统的可靠性。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2010，LabVIEW Real-Time Module，LabVIEW FPGA Module

硬件：PXI-8108 RT 实时控制器，PXI-7854R FlexRIO 模块，NI 9239 模拟输入模块，NI 9151 用于 C 系列 I/O 的 R 系列扩展机箱

应用方案：

本课题使用直流电机作为原动机模拟风力机运行，带动永磁同步电机运行在发电状态，其中永磁同步电机定子侧三相通过全功率变流器与电网相接。这里控制全功率变流器，即可实现风机的最大风能捕获和并网控制。变流器控制系统采用美国国家仪器公司的 PXI 控制器和数据采集模块，控制系统框图如图 1 所示，系统由双控制器组成，一个为 Intel 的双核 CPU，也即 PXI-8108 RT 实时控制器；另一个为 Xilinx 公司的 FPGA，即 PXI-7854R FlexRIO 模块。

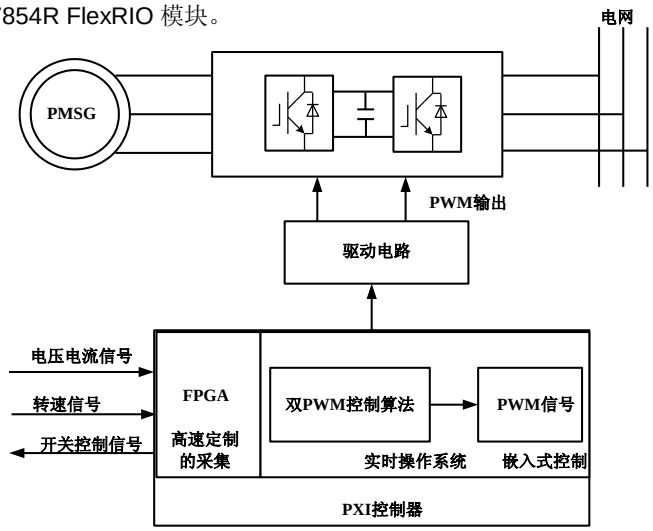


图 1 全功率变流器控制系统

此外，PXI 机箱扩展了两个 C 系列扩展槽，配置 6 块 NI 9239 模拟输入模块，用来采集电压电流等模拟信号。PXI-8108 RT 实时控制器本质上就是一台安装了实时操作系统的高性能电脑，所以对于浮点运算和矢量控制等复杂算法，通常放在该处理器上处理；PXI-7854R 模块上的嵌入式 FPGA，可以方便配置输入输出通道，且对于可靠性要求高的功能，如产生 PWM 驱动脉冲，也由 FPGA 负责产生。这样可以充分利用 CPU 强大处理能力和 FPGA 高实时性和可靠性的优点。

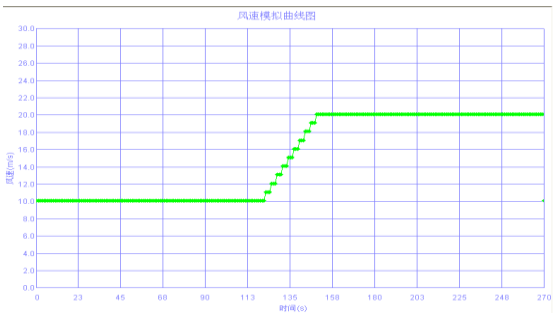
实验验证：

为了验证控制系统的有效性，在实验室搭建风力发电模拟系统，实验装置如图 2 所示。对系统进行最大风能跟踪实验，所有波形通过 Fluke435 记录，如图 3 所示（图 3 见下页）。由实验数据可以看出，模拟系统发出功率随着风速的增加而增加，变化趋势一致，测试数据与理论计算基本相同，实现了最大风能追踪，且在恒定风速下系统能保持稳定运行，电流谐波畸变率低，从而验证了全功率变流器控制系统的有效性。

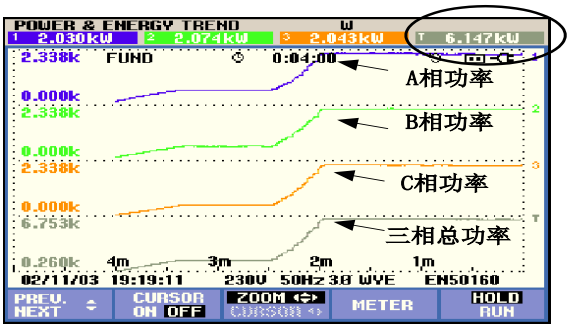
(a) 永磁同步风力发电系统电机实验台

（b）永磁同步风力发电系统电气柜及控制柜

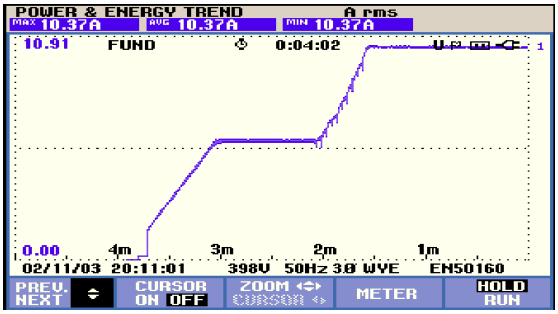
图 2　永磁同步风力发电系统实验装置



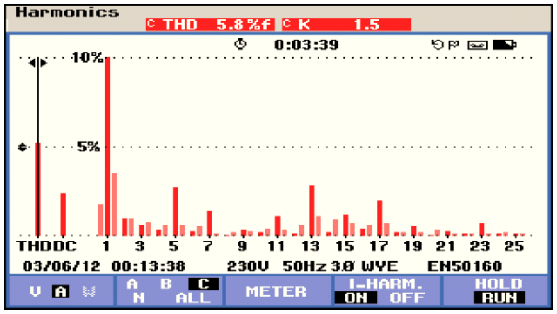
(a) 风速模拟曲线



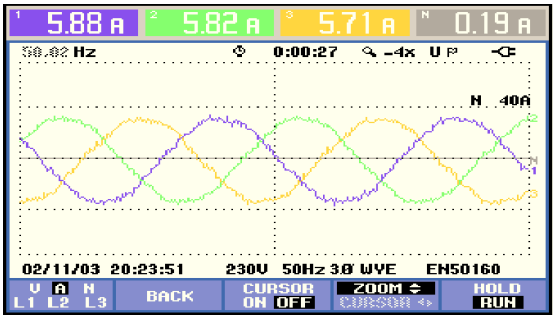
(b) 网侧变流器发出功率



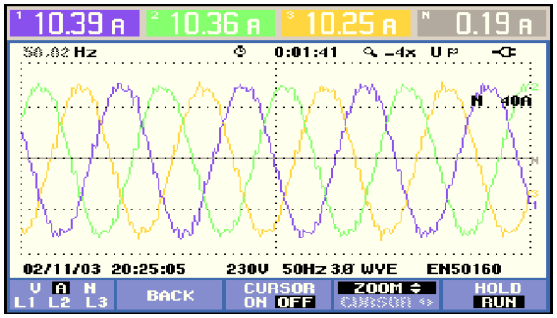
(c) 电机A相电流有效值趋图



(d) 电机A相电流FFT



(e) 风速为10m/s时电机定子三相电流



(f) 风速为20m/s时电机定子三相电流

图 3　永磁同步风力发电系统实验波形

总结：

风力发电系统的新装置开发和新型控制算法设计离不开对模拟系统的研究，本课题选用高性能的 PXI 实时控制器和 IGBT 模块，搭建了完整的永磁同步风力发电实验系统，并使用高效率的 LabVIEW 软件编程完成了全功率变流器控制系统的软件设计，缩短了开发周期。 通过实验研究，验证了控制系统的可靠性和控制方案的有效性， 搭建的风力发电模拟平台，既可以在不依赖风力机和现场环境的情况下进行风力机特性模拟研究，又可以轻松的修改控制程序，方便了风力发电相关技术研究。

基于 DaNI 移动机器人平台的智能安全巡逻系统的设计

作者：占 斐

指导教师：潘树文

学校：浙江大学

介绍：

安全问题在社会生活中始终引人瞩目。利用智能机器人系统进行安全巡逻，可以减轻安保人员工作压力，增强公共环境安全性，提升社会生活品质，降低安保支出。DaNI 移动机器人平台拥有稳定、易开发的软硬件模块，可以与 LabVIEW 等结合，高效地进行图形化界面设计、定位与避障、异常报警、无线传输图像等功能的设计。本系统可方便地进行遥控巡逻、自主避障行走，并探测异常状况、可疑人员与危险环境，并以研究所楼层内为对象进行验证。

使用的产品：

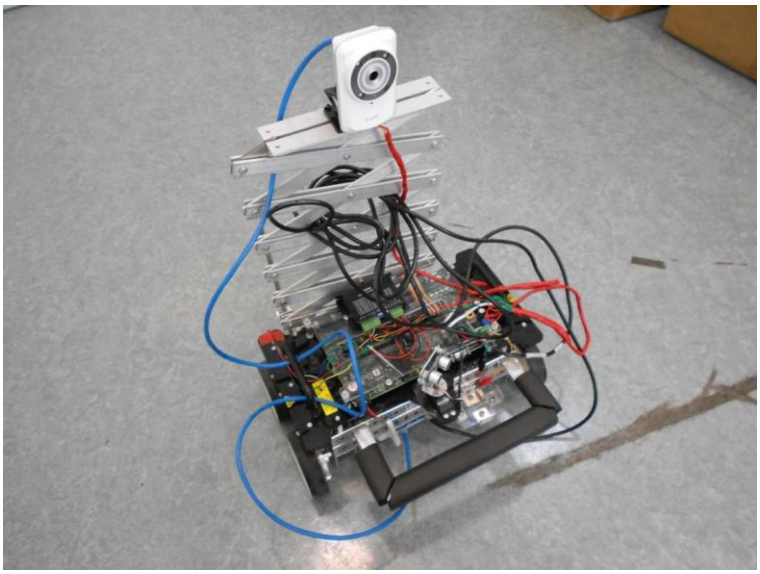
软件：LabVIEW 2011，LabVIEW FPGA，LabVIEW Real-Time，LabVIEW Robotics Module，LabVIEW Vision Development Module，NI-IMAQ

硬件：NI-Robotics Starter Kit 1.0 (DaNI)，NI-sbRIO9631

应用方案：

机器人实现了自主避障行走的功能。可以与上位机进行无线的远程通信，实现了上位机远程遥控机器人行走的功能。机器人上安装了网络摄像头，实现了拍摄当前位置的环境信息，并无线传输给上位机，在上位机上图形界面显示。机器人上安装了支架，可以遥控让其上升下降。摄像头安装在支架上，并且下面有可以遥控转动的舵机，方便摄像头移动并拍摄各个角度和位置的图像。机器人可以对摄像头拍摄的信息进行判断是否存在异常状况，如在原本应该黑暗的环境中，存在强光或火光。若存在，则会在上位机上报警提示。

硬件部分：



DaNI：NI Robotics Starter Kit 是一种创新型的移动机器人平台，拥有传感器、电机、NI Single-Board RIO 嵌入式控制硬件。该平台的软件由 LabVIEW 来开发，由于 LabVIEW 特殊的图形程式简单易懂的开发接口，缩短了开发原型的速度以及方便日后的软件维护，因此逐渐受到系统开发及研究人员的喜爱。

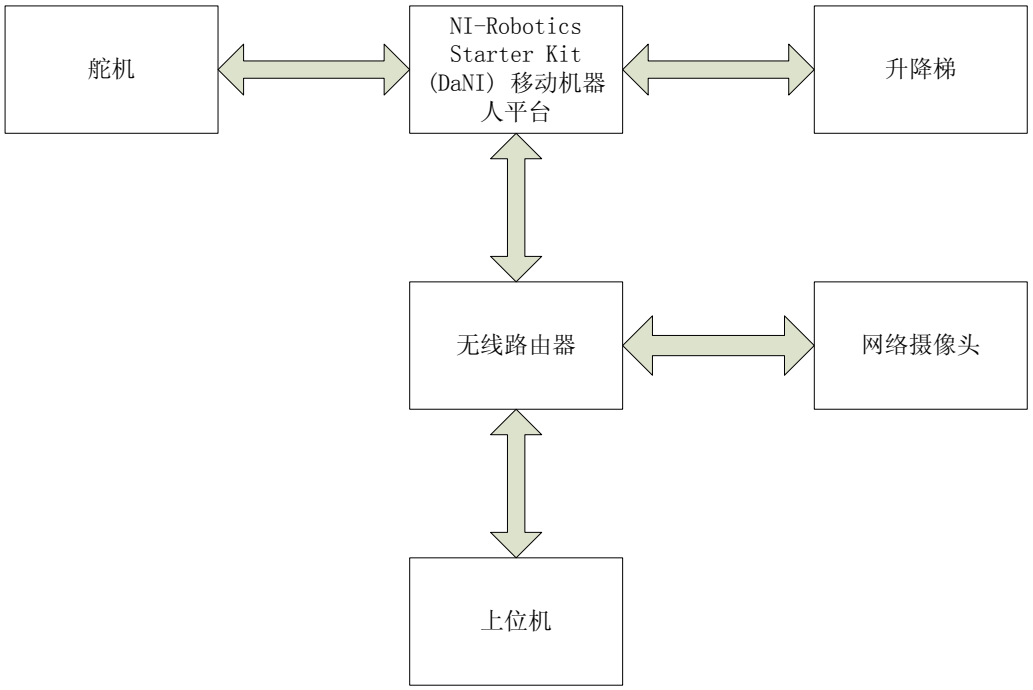
我们使用的是 NI Robotics Starter Kit 1.0 版本。在该机器人平台上安装了电池、无线路由器、升降梯等设备，并通过网线和无线路由器与其它设备通信。机器人的芯片上运行 LabVIEW 程序机器人控制模块，负责接收上位机的信号，发送机器人的信号给上位机，并执行机器人各个动作。

无线路由器：在机器人底部安装了 D-Link DI-524M 的无线路由器。该路由器由自制的电源设备供电。机器人和网络摄像头通过网线与其连接，上位机通过无线通信与其连接。各个设备与路由器的 IP 地址设为同一子网下。这样，实现了上位机远程无线控制机器人和摄像头。

网络摄像头：在机器人上的升降梯顶部安装了 D-Link DCS-932L 网络摄像头。该摄像头由自制的电源设备供电，并通过网线与路由器连接。该网络摄像头可以通过互联网远程监控您的家庭或办公室，红外线 LED 灯适用于夜间监控，支持 11N 无线连接,兼容 11G 无线设备，4 倍数码变焦。

升降梯：在机器人上安装了升降梯，并在其顶部安装了摄像头。其功能为负责将摄像头上升或下降，实现拍摄合适的画面。升降梯由 42*33 300MM 步进电机控制，步进电机的电源信号、方向信号以及速度信号有 DaNI 上的数字输出口提供。

舵机：在摄像头底座下方安装了两个 GOTECKGS-9025MG 舵机，负责将摄像头进行抬头低头、左右摇头的方向控制。舵机的电源信号、PWM 信号由 DaNI 上的数字输出口提供。



软件部分：

主程序模块：显示了图形界面，调用了视觉处理的模块，接收用户在图形界面上执行的操作，并调用了下面各个模块。

上位机控制模块：如果在真实环境中执行，则打开 TCP 连接模块。将当前由机器人算法模块得到的机器人轮子速度、传感器朝向等信息发送给机器人。同时打开 TCP 侦听模块，接收机器人传输来的传感器信息和轮子转速信息，并保存成共享变量。

算法模块：该模块首先得知目前处于何种工作模式。如果是遥控模式，则从用户界面输入模块得知用户输入的机器人运动速度，并保存成命令共享变量。如果是简单 VFH 算法模式，则将已经获得的传感器信息传递给简单 VFH 算法，然后通过上述的 VFH 算法得到机器人下一步应该执行的速度，并保存成为命令共享变量。如果是高级 VFH 算法模式，则将已经获得的传感器信息、当前位置和目标点信息传递给高级 VFH 算法模块，然后通过上述的算法得出机器人下一步应当执行的速度，并保存成为命令共享变量。

机器人控制模块：该模块下载到机器人上执行。通过 TCP 侦听模块，接收上位机传来的数据，解码成机器人应当执行的命令，如两个轮子的速度、超声波传感器下的电机转的角度、指示灯是否亮起等等。将解码的命令传给适当的执行器，如将两个轮子的转速传给轮子，电机转的角度等等，从而使得机器人能按照上位机传来的信息执行。同时，机器人将超声波传感器当前测出的障碍物距离和当前角度，与轮子转动的速度保存成共享变量。最后，机器人打开 TCP 连接，将传感器信息和轮子转速发送回给上位机。

总结：

由于该机器人平台推出的时间并不长，我们实验室对于该平台的研究也刚刚起步。在该项目中，我从无到有，从最基础的启动机器人、与机器人通信到高层的路径规划算法、机器视觉模块调用等，花费了非常多的时间精力。最后调试成功，实验验证通过，我觉得收获很大。

该机器人可用于室内的安保工作，协同安保人员，提升社会生活品质。该机器人既可以手动遥控，方便地由安保人员操纵；又可以自主移动，主动避开障碍物，节省人力成本。除此之外，还拥有无线通信、升降梯上下移动、视频远程监控、异常亮光检测等功能，是 NI 公司的 LabVIEW 和 Robotics Starter Kit 的不错范例。

基于 LabVIEW 实现 NFC 芯片测试系统

作者：张龙祥

指导教师：闵 昊

学校：复旦大学

介绍：

NFC（近场通信）技术是新兴的通信技术，与传统的近距离无线通信技术相比，具有连接速度快，安全性高，成本低廉等优势，特别适合于手机支付等领域，有着广阔的市场前景，研究如何进行 NFC 芯片的测试显得尤为重要与迫切。

本文针对这一问题，首先分析了 NFC 通信所遵循的 ISO14443 协议，并基于 NI 公司的以 LabVIEW 为核心的图形化系统设计平台成功完成了第一条“REQA”（请求通信开始）指令的产生、调制、发射、与接收的整个通信流程，最后利用 Matlab 对接收到的原始信号进行了解调与频谱分析，并通过与协议比对验证返回的信号符合协议的要求。从而验证了利用 NI 图形化系统设计平台实现 NFC 芯片测试系统的可能性。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2011，LabVIEW FPGA 模块，LabVIEW Modulation 工具包，Matlab 2010R，ADS 2009

硬件：PXIe-1065 机箱，NI PXIe-7965R FlexRIO 模块，NI 5781 FlexRIO 基带收发器适配器模块

应用方案：

本系统分为以下几个部分，分别为基带信号与载波信号产生部分，射频信号发射与接收部分，天线部分和信号解调与分析部分。测试系统结构如下图 1 所示：

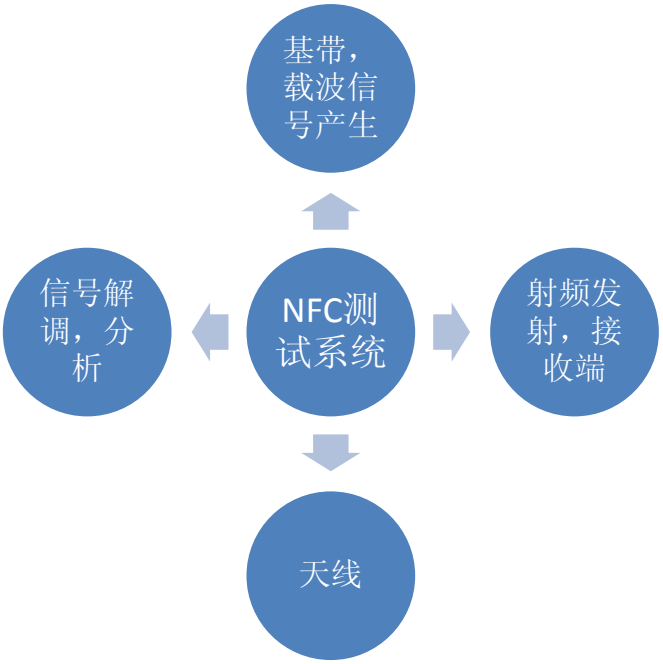


图 1　NFC 芯片测试系统结构

整个系统的数据流如图 2、3 所示：

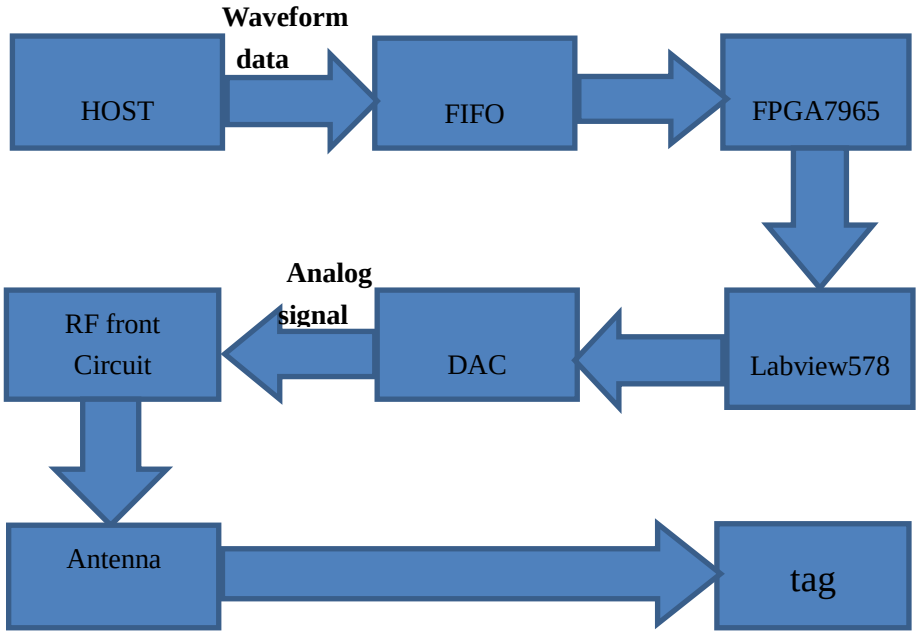


图 2　信号发射端

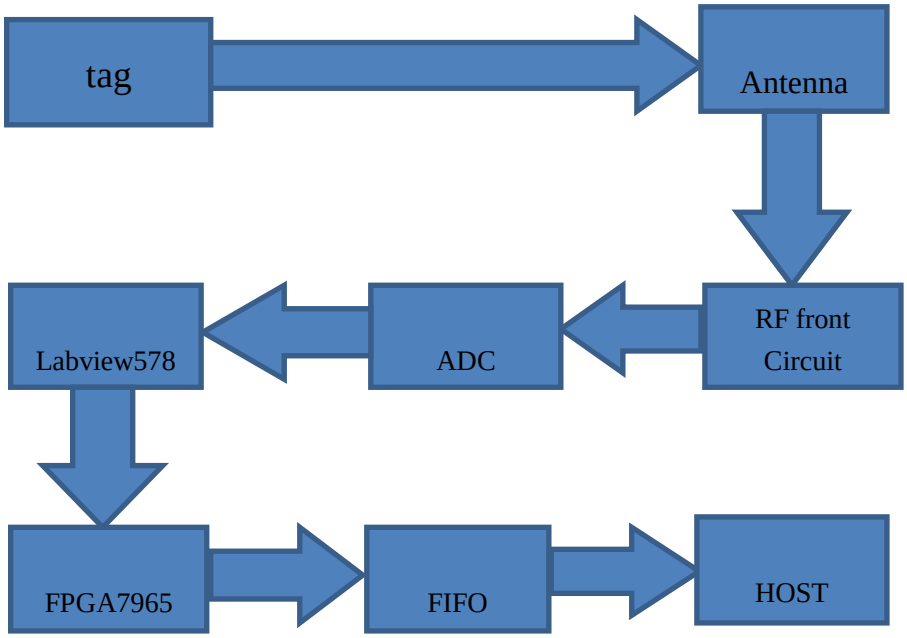


图 3　信号接收处理端

1.　控制系统总体概述

本文采用的是使用任意波形发生器来产生所需要的数字基带信号，任意波形发生器的前面板及程序框图如下图 4、5 所示：

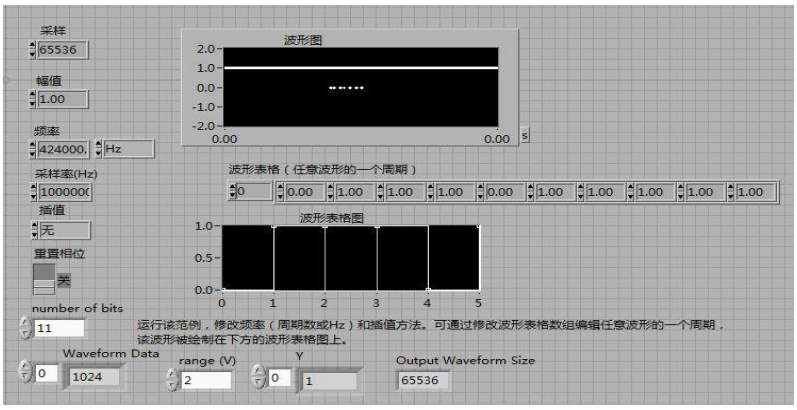


图 4　任意波形发生器的前面板

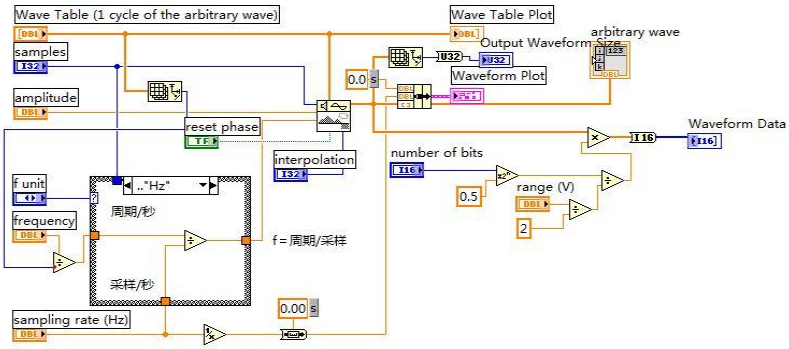


图 5　任意波形发生器的程序框图

2.　数字基带信号的调制

利用 FPGA 的 DDS 模块产生所需的 13.56MHz 的载波正弦信号，并将基带信号与产生的载波信号利用乘法器模块相乘完成 ASK 调制。然后通过 FPGA 的 I/O 口输出给 NI 5781 FlexRIO 基带收发器适配器模块的 DAC，完成调制信号的输出。

3.　HOST VI 与 FPGA VI

想要使用基于 LabVIEW 的 FlexRIO 模块，需要了解其工作实现原理。一个目标硬件包含有 FPGA 的 LabVIEW 项目中一般会由两大部分构成，一个是 HOST 层次的配置与 VI，一个是 FPGA 层次的配置与 VI。一些与用户的互操作是在 HOST VI 进行，然后通过相应的读取写入控件传递到 FPGA 层次的 VI 中去，这样才能够使用 FPGA。所以本程序需要 HOST 与 FPGA 层次的主 VI。HOST 层次的主 VI 前面板与程序框图如图 6、7 所示：

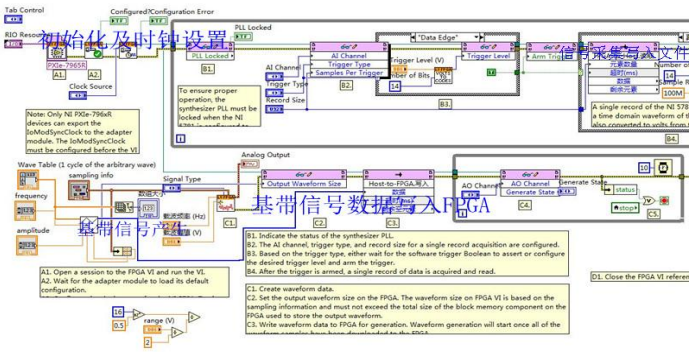


图 6　HOST VI 的程序框图

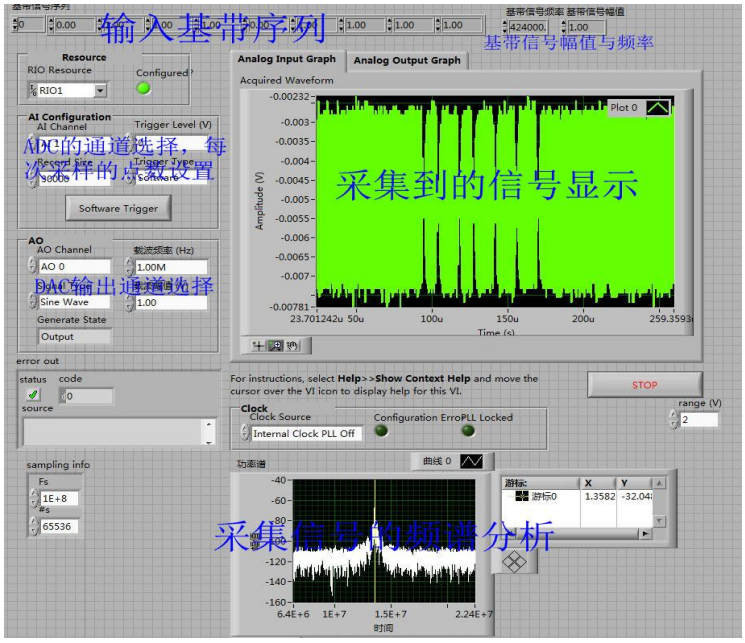


图 7　HOST VI 的前面板

HOST VI 由几大部分组成，已在图中标识出来，分别是：

1) 初始化设置部分
2) 时钟设置部分
3) 信号采集写入文件部分
4) 基带信号产生部分
5) 基带信号数据写入 FPGA 部分

FPGA 层次的主 VI 的前面板与程序框图如图 8、9 所示：

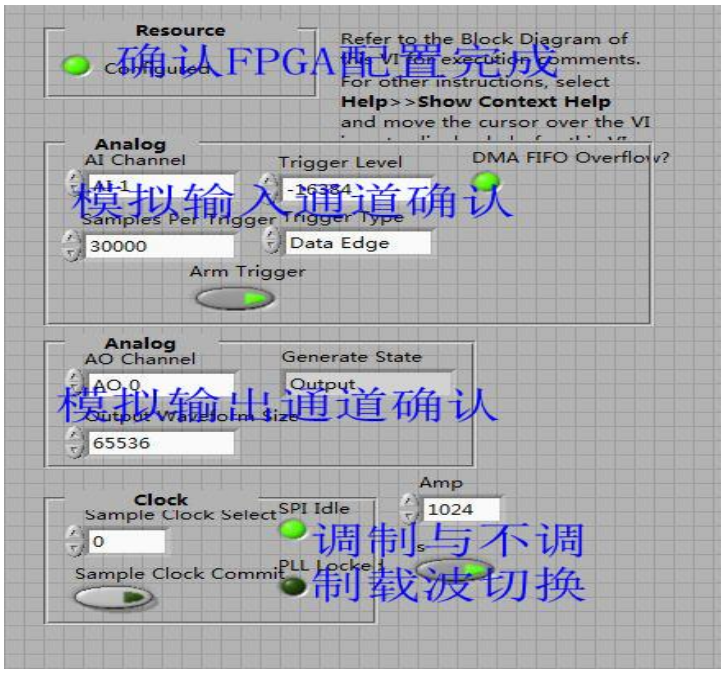


图 8　FPGA 主 VI 前面板

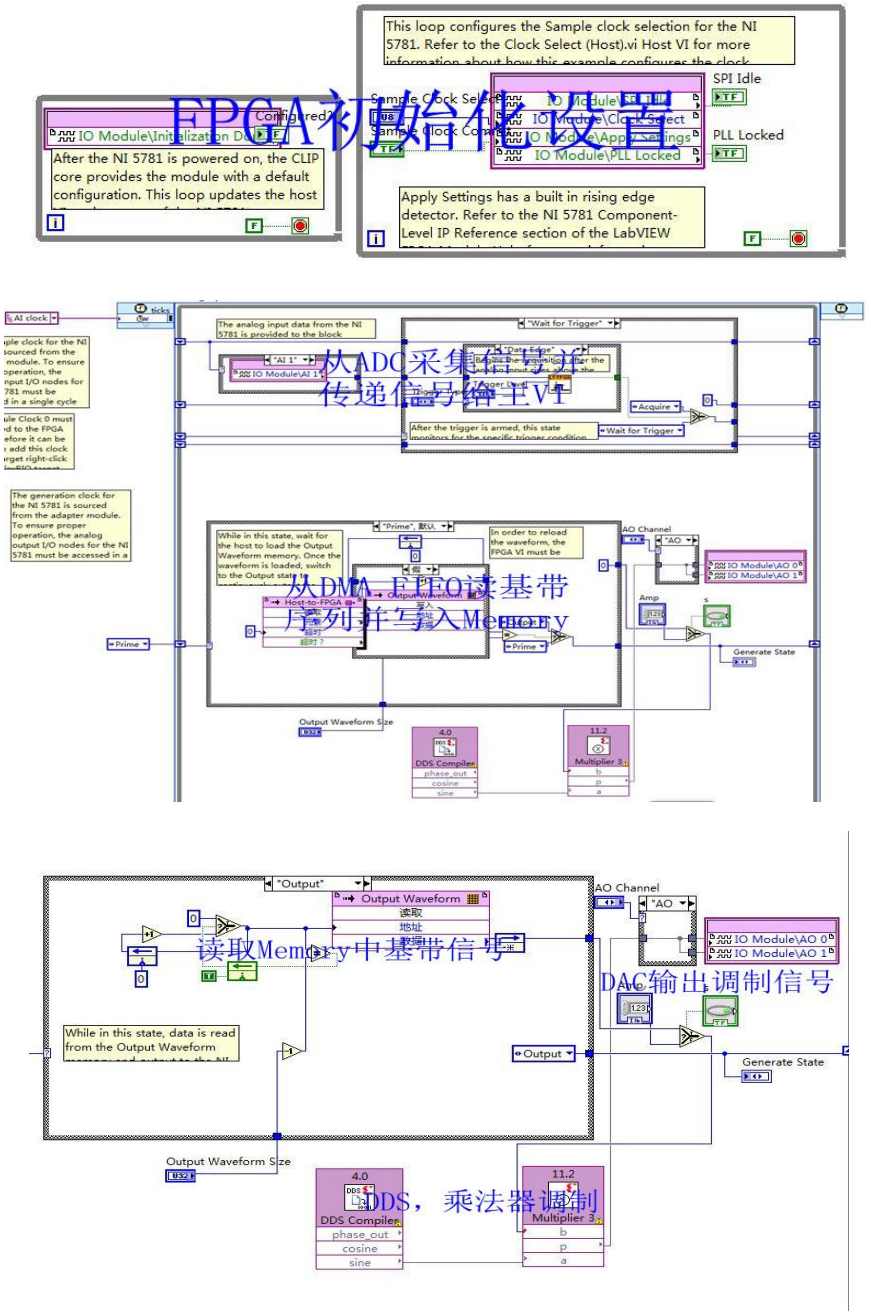


图 9　FPGA VI 的程序框图

FPGA VI 主要分为以下几个部分，分别已在图中标识出来，分别为：

1) 初始化设置部分
2) 从 ADC 采集信号部分
3) 将采集信号传给 DMA FIFO 传给主 VI 部分
4) 通过 DMA FIFO 从主 VI 收到信号写入 Memory 部分
5) 读取 Memory 部分
6) DDS，乘法器调制部分

7) 通过 DAC 输出调制信号部分

通过以上处理步骤，便可产生符合 ISO14443-A 协议要求的调制信号，“REQA”信号如图 10 所示：

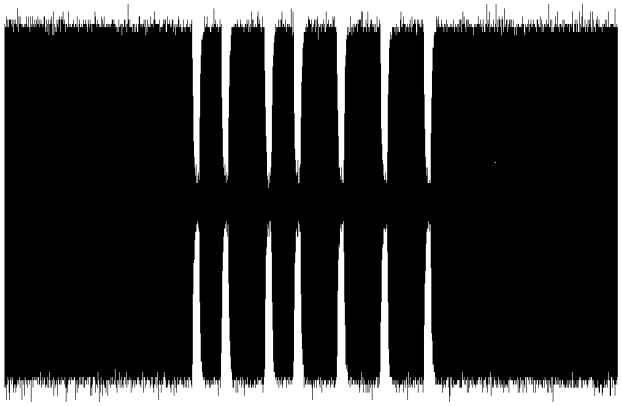


图 10 “REQA”指令的调制信号

1) 调制信号的发射与接收

根据 ISO19693 协议制作出合适的发射与接收天线，实物图如图 11 所示：

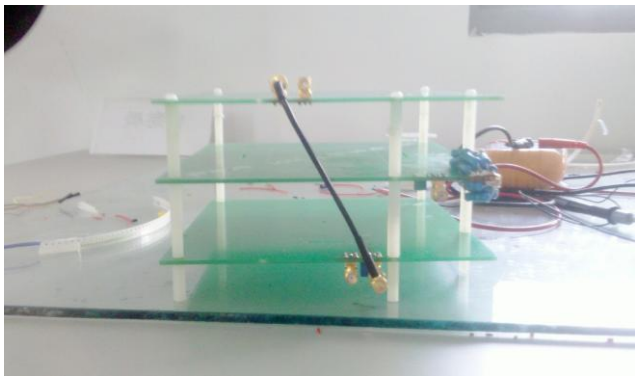


图 11 实物天线

根据 ISO14443 协议，机器与卡通信，如果正确的话，卡将会返回副载波调制信号，其载波频率 fc=13.56MHz,副载波频率 fs=fc/16=847KHz,信号速率仍为 fb=106KHz。图 12 为实际返回的副载波调制信号。

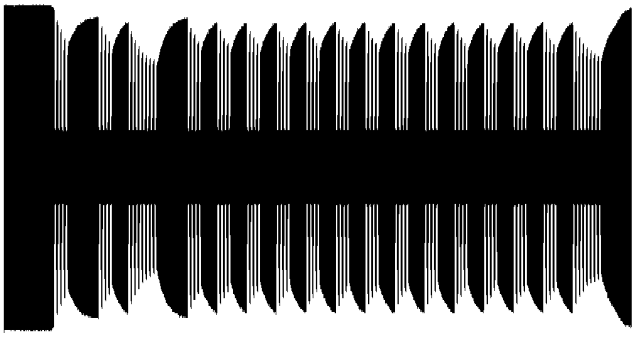


图 12 卡返回的副载波调制信号

2) 接收信号的频谱分析与解调

因为 LabVIEW 与 Matlab 之间的信号传递非常方便，故可利用两者的优点来处理问题，本文将 LabVIEW

采集到的返回信号存入文件交由 Matlab 进行解调与频谱分析。

Matlab 对信号的频谱分析图如图 13 所示：

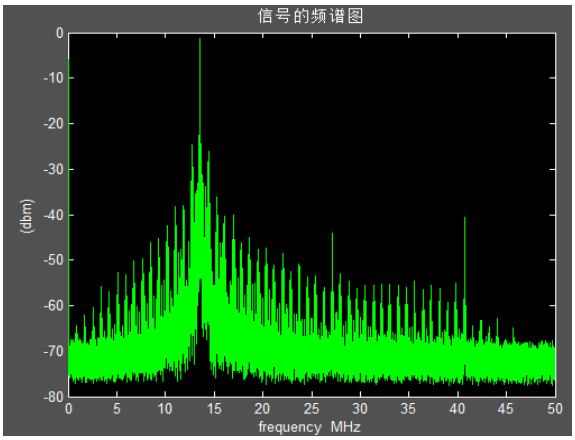


图 13 收到信号的频谱图

频谱图上看出其频谱最强的三根线，其频谱最强处的坐标为[13.5369,-1,5205]，其旁边两条次高线的坐标分别为[14.2585,-25.0819]和[12.7104,-23.2105]。由协议的规定可知，若卡工作正常，返回的调制信号应是利用 847KHz 的副载波信号对 13.56MHz 的载波进行调制，那么其频谱图应是在 13.56MHz 最强，然后在（13.56-0.847）MHz 和（13.56+0.847）MHz 处频谱幅度次强，由频谱图上可以看出，其频谱图显示与理论值基本一致，可见返回信号正常。

Matlab 对返回信号的解调如图 14 所示：

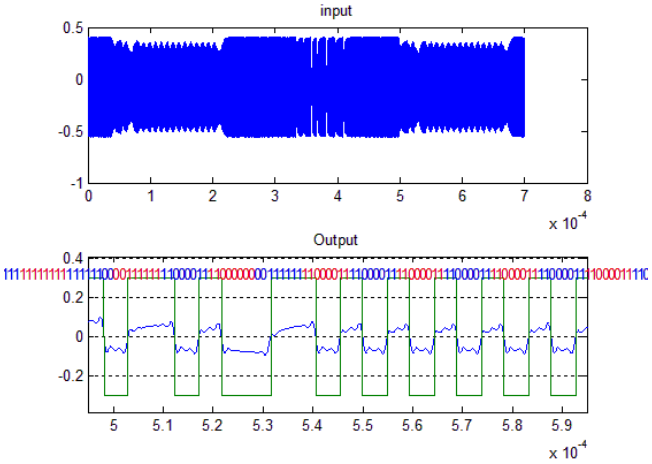


图 14 Matlab 解调出的信号

总结：

NFC 是一种近距离无线通信协议，提供了各种设备之间轻松，安全，迅速而自动的通信，并且与现有的非接触智能卡技术兼容。本文重点是基于 NI 公司的以 LabVIEW 为核心的图形化系统设计平台的软件与硬件，对于含有 NFC 芯片且符合 ISO14443 协议的 Type A 卡进行测试，成功完成了一条“REQA”指令的生成、调制、发射、接收、频谱分析并解调的整个通信过程，验证了使用 LabVIEW 软硬件平台对含 NFC 芯片的卡的测试的可能性。

基于 LabVIEW 电液伺服同步系统的研究

作者：李德友

指导教师：王洪杰

学校：哈尔滨工业大学

介绍：

本文针对现今的液压领域多缸控制系统如何实现及提高同步精度这一工程实际问题进行了深入的理论分析和详尽的实验研究，具有十分重要的工程意义。

以两缸同步系统为研究对象，设计了采用电液伺服阀的液压同步系统，采用 LabVIEW Control and Simulation 工具包搭建了数学模型并进行仿真，采用二分补偿、偏差 PID 控制以及系统 PID 控制等方法改善系统的动态品质，提高了系统同步精度。

为了验证理论分析的正确性及仿真结果的准确性，采用 NI PXIe 嵌入式平台搭建了液压同步系统的实验台，并用 LabVIEW 软件编写了监测、实时控制及数据处理软件，进行了大量的实验研究，得出结论。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2011，LabVIEW Control and Simulation 模块，LabVIEW Real-Time 模块

硬件：PXIe-8133 控制器模块，PXIe-1062Q 机箱，PXIe-4300 高压模拟输入模块，PXI-6259 多功能数据采集模块

应用方案：

该实验台测控系统包括两部分，一部分是测控系统硬件组成，另一部分是测控系统软件程序。测控系统软件程序主要采用图形化编程软件 LabVIEW 2011 作为核心软件编写控制算法，采用美国国家仪器公司基于 PXIe 总线的模块化硬件作为控制系统的硬件部分，两者无缝结合，使系统更可靠，实验台动力机构如图 1，测控系统如图 2。

图 1　试验台动力机构

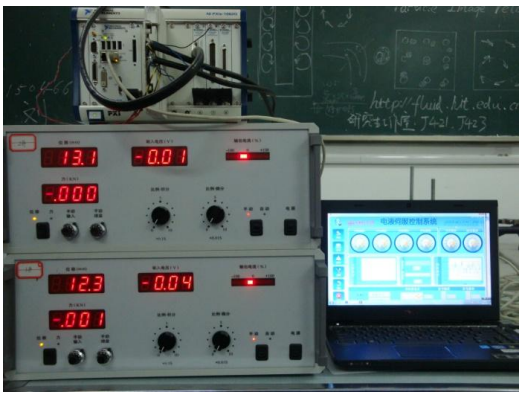


图 2　测控系统

测控系统硬件组成图如图 3。

该电液同步测控系统采用正版软件 LabVIEW 2011 编写，主要包含两个主程序，一个运行在工控机 Windows XP 系统中，另一个运行在四核的 PXIe 平台的 NI LabVIEW Real-Time 系统中，两个主程序采用

TCP/IP 协议进行通信，保证了信息的实时性，测控系统软件结构图 4。

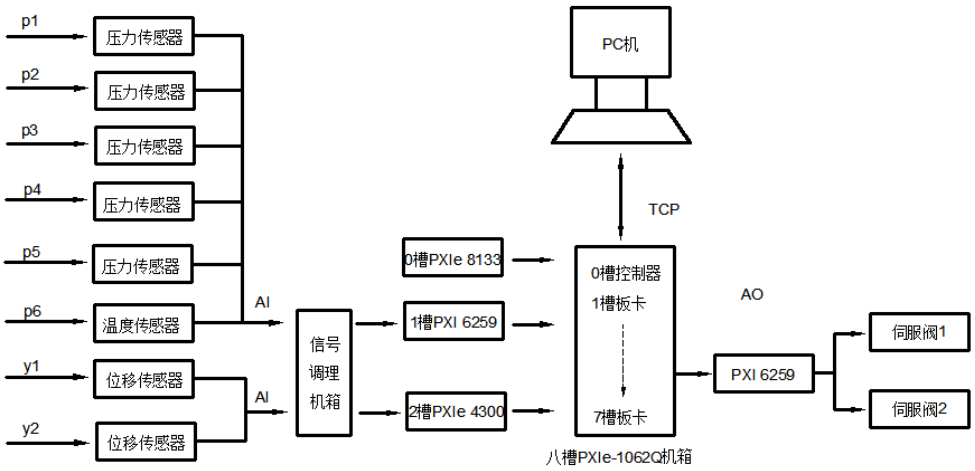


图 3　测控系统硬件组成图

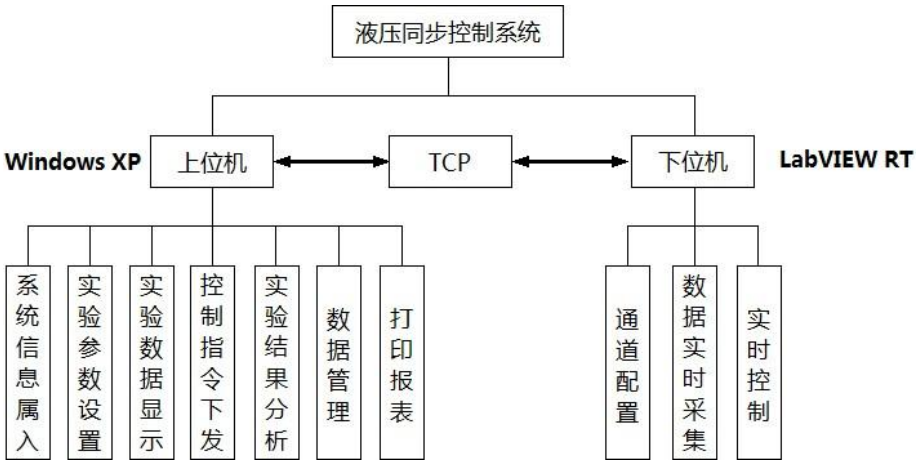


图 4　测控系统软件结构图

上位机前面板是人机交互的的桥梁，显示用户想看到的实验结果，设定实验参数，因此以实现用户需求的功能是界面设计的基础上位机，人机交换界面设计如图 5。

图 5　人机交互界面

上位机程序框图如图 6，下位程序框图如图 7。

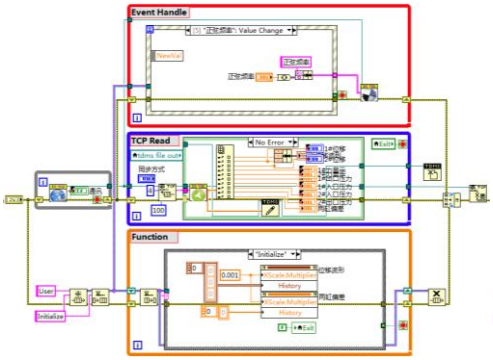


图 6　上位机程序框图

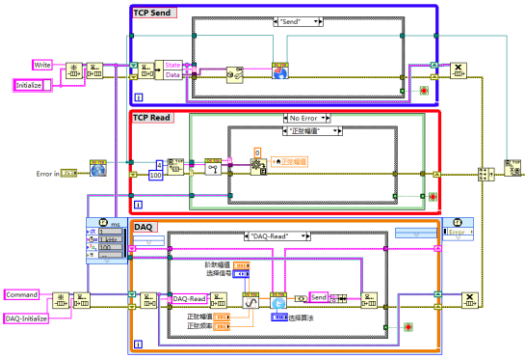


图 7　下位机程序框图

在同等同步回路中，采用不同算法的实验结果如图 8 至图 15 所示。

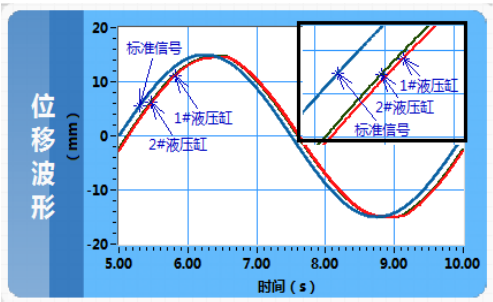


图 8　原系统 02Hz 正弦响应

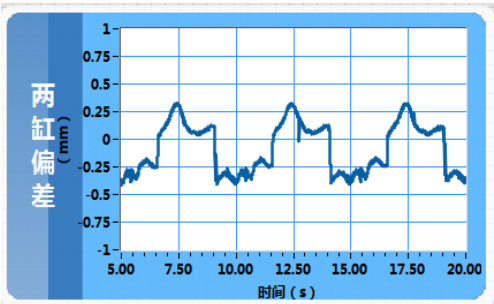


图 9　原系统两缸误差

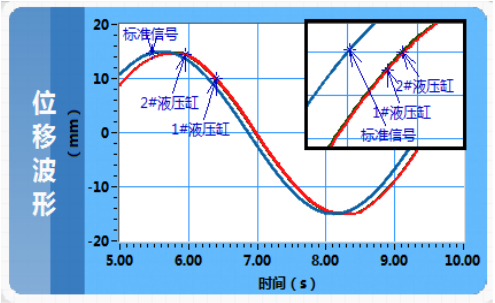


图 10　采用二分法 02Hz 正弦响应

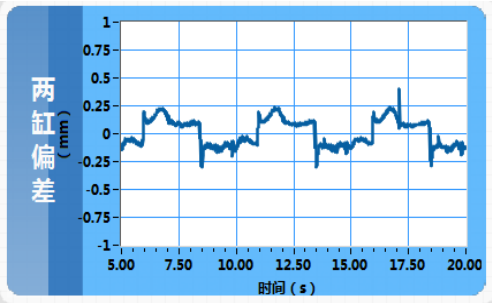


图 11　采用二分法两缸误差

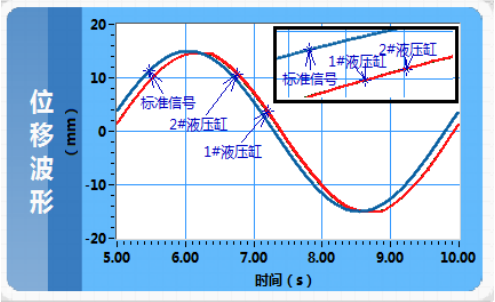


图 12　偏差 PID 控制 0.202Hz 正弦响应

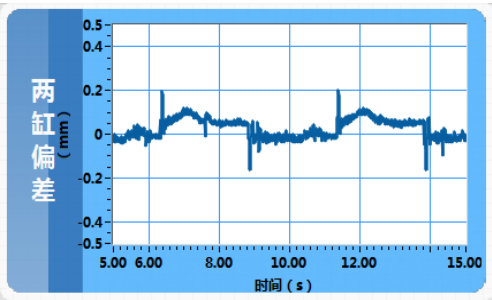


图 13　偏差 PID 控制两缸误差

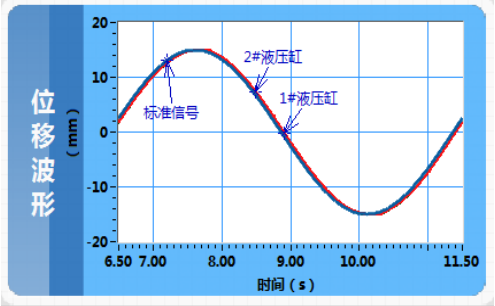


图 14　系统 PID 控制 0.202Hz 正弦响应

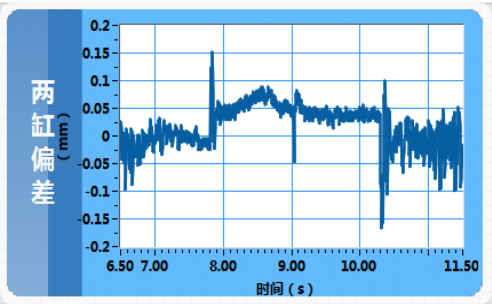


图 15　系统 PID 控制两缸误差

总结：

本文采用 LabVIEW Control and Simulation 模块搭建了电液伺服同步系统的数学模型，进行了不同算法的仿真；采用 NI PXIe 嵌入式平台搭建了电液伺服同步系统实验台，并编写了控制程序，实现了实时控制、实时采集、数据传输、数据处理以及一些常用功能，采用队列状态机的方式来编写，能够扩展同步算法，易于维护程序。采用此软件程序能够轻易的完成所需求的实验项目，验证同步算法的正确性，同时也为更深一步理论研究打下了良好的基础。

在上述的研究基础上，不但提高了电液伺服同步系统同步精度，同时改善了系统的动态品质。

基于 LabVIEW 的 X2 并联机械手的机电一体化仿真与控制系统设计

作者：张吉峰

指导教师：李秦川

学校：浙江理工大学

介绍：

X2 并联机械手由 Delta 机器人变形简化而来，由两个移动副和若干转动副组成，两条机械手臂连杆呈交叉型结构，两个移动副作为机械手的驱动。该机械手具有两个平动自由度，能实现一个平面内的二维移动，主要用于工业生产线上产品的快速抓取和放置工作。本文以该 X2 并联机械手为研究对象，首先建立机构的运动学方程，进而利用了 NI 的虚拟原型技术，即在 LabVIEW 下结合 SolidWorks COSMOSMotion 模块对机械手进行了机电一体化仿真。机械手的控制系统采用工控机+运动控制模块模式，在软件层上调用 LabVIEW 视觉与运动模块函数，开发了该机械手的运动控制软件及界面，实现了包括单轴调整、点位运动、轨迹轮廓运动和回零等功能。

使用的产品：

软件：LabVIEW 8.5，LabVIEW SolidWorks Mechatronics 工具包，NI Motion Assistant

硬件：PCI-7340 运动控制模块，UMI-7764 接线盒

应用方案：

本文针对 X2 并联机械手，首先建立其运动学方程，利用 LabVIEW 编程软件完成其参数化的运动学仿真平台。进而在 LabVIEW 下结合 SolidWorks COSMOSMotion 模块对该机械手进行机电一体化仿真。在此基础上，搭建了基于 PC+运动控制模块的控制系统硬件平台，利用 NI Motion Assistant 及 LabVIEW 的视觉与运动模块开发了该机械手的控制系统软件及其友好的操作界面。

1. 机构运动学分析

X2 并联机械手的结构简图如图 1 所示。根据其结构简图，我们可以进而得出动平台位置坐标关于两个滑块 d_1，d_2 的运动学方程。

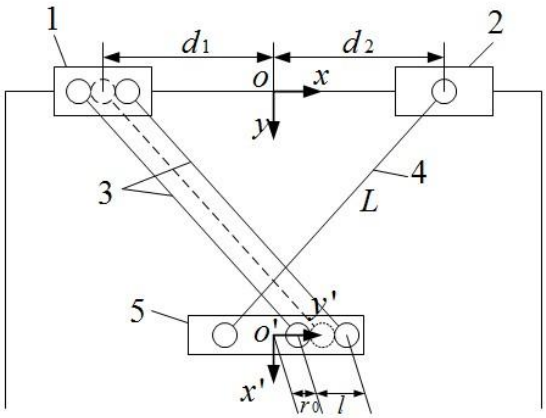


图 1　结构简图

其中，d_1，d_2 分别为滑块 1 和 2 在 xoy 坐标系中到 y 轴的距离，5 为机构动平台。

2. 机电一体化仿真

首先，在 LabVIEW 软件中建立机械手的数学模型，这里以实现一个矩形的抓取轨迹为例。同时，通过 LabVIEW SolidWorks Mechatronics 工具包调用 SolidWorks 机械手三维虚拟模型，以仿真生成的滑块位置数据作为驱动，在 SolidWorks 里自动实现轮廓运动轨迹的仿真。调用和仿真界面如图 2 所示。

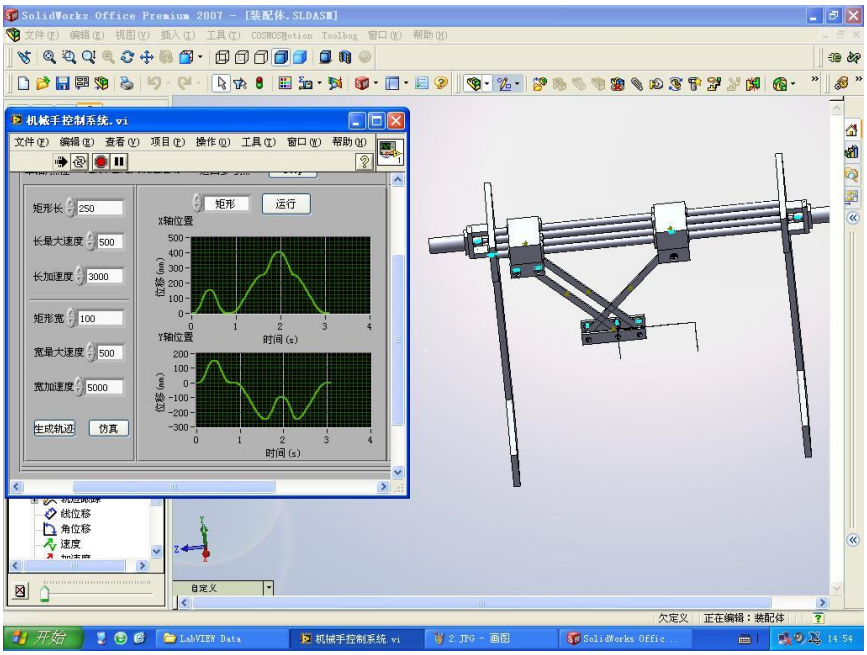


图 2 机电一体化仿真

3. 控制系统设计

3.1 硬件设计

在硬件结构上，本文采用工控机 + 运动控制模块的模式。运动控制卡为 NI 公司 PCI-7340 四轴运动控制卡。驱动系统采用富士伺服系统，包括富士驱动器和伺服电机。利用伺服电机编码器反馈来实现系统的半闭环控制，同时在运动过程中安装的限位和零位传感器也会不断地将信号通过运动控制卡反馈给计算机处理。具体流程方案如图 3 所示。

图 3 流程方案

电气接线和样机实物分别如图 4、5 所示。

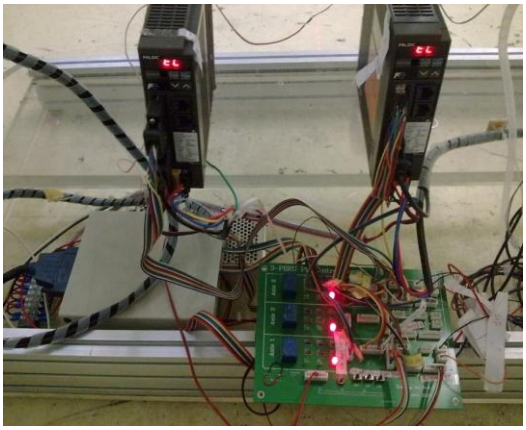


图 4　电气接线

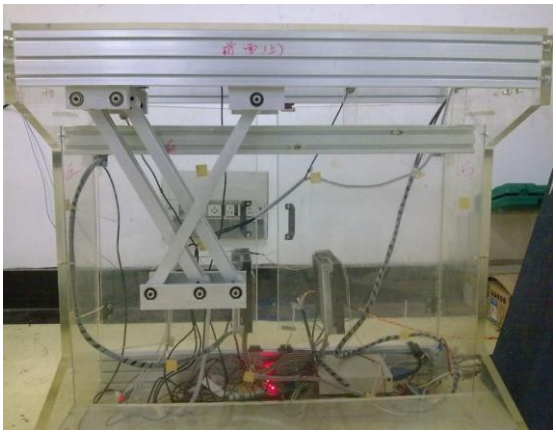


图 5　样机实物

3.2　软件设计

X2 并联机械手控制系统软件的主要功能为实现矩形抓取轮廓运动。该机械手同时还具有单轴调整、快速点位运动和返回参考点等功能。各功能的开发都是基于 LabVIEW 视觉与运动模块下的相关函数，同时也参考了 NI Motion Assistant 软件生成的运动控制原型代码。各功能的显示都基于 LabVIEW 选项卡控件的显示功能，同时，也可以实现相互之间的灵活切换。软件主界面矩形/自定义轨迹如图 6 所示，单轴/点位调整模块如图 7 所示。返回参考点如图 8 所示。

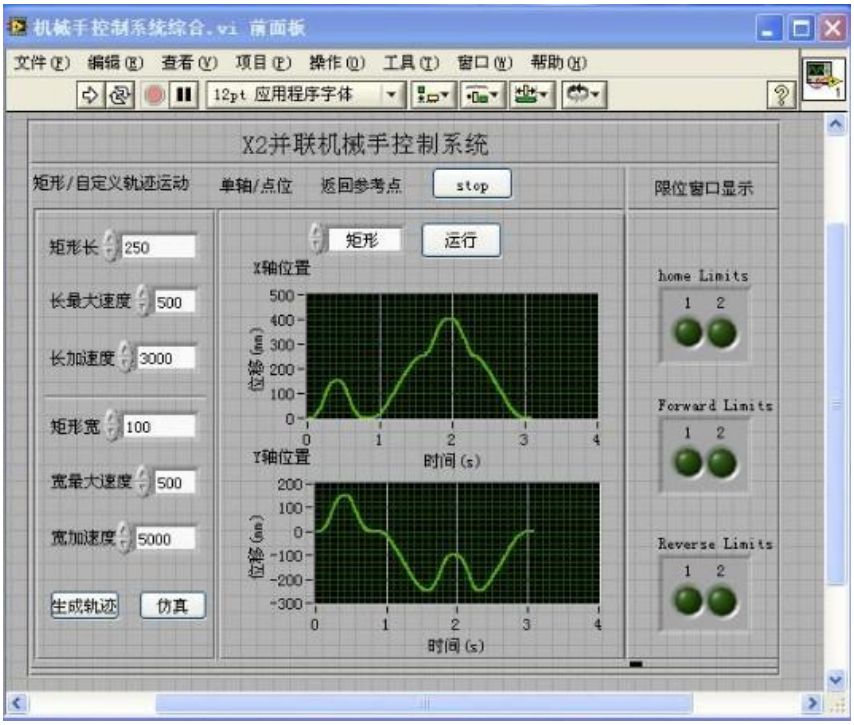


图 6　矩形/自定义轨迹界面

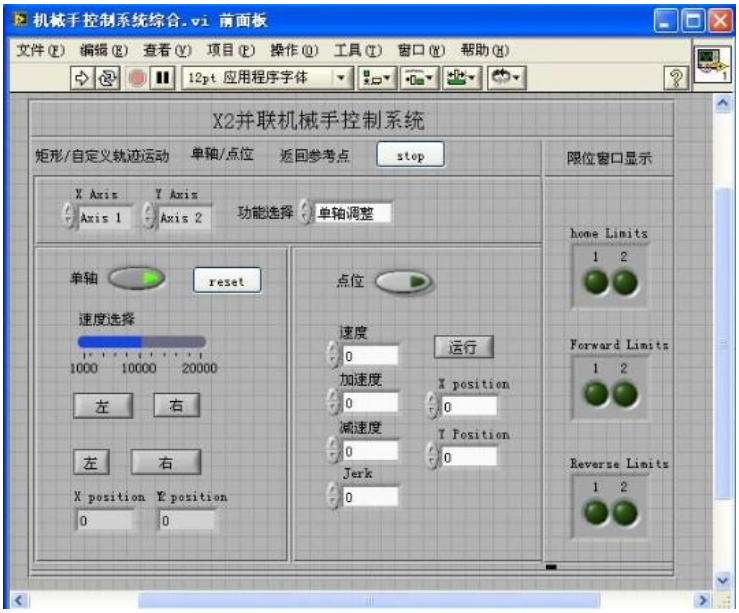


图 7　单轴/点位界面

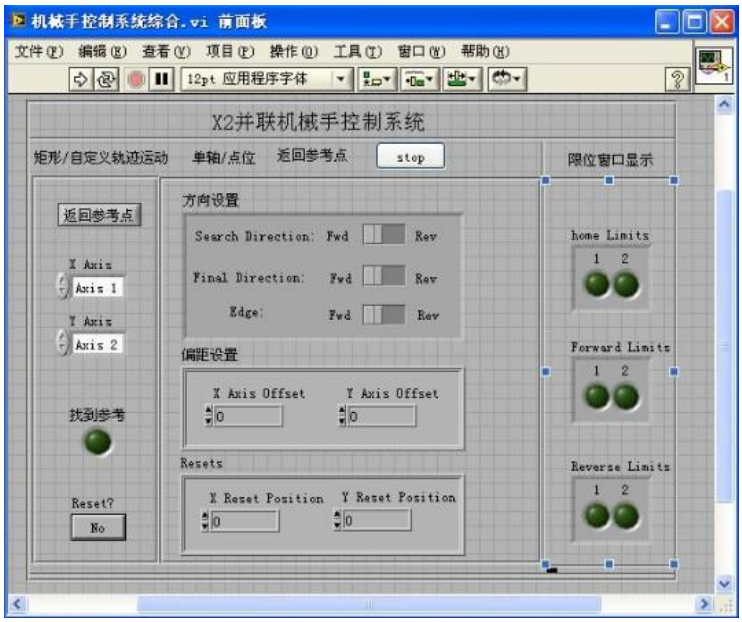


图 8　返回参考点界面

总结：

本文针对 X2 并联机械手，首先对该机械手进行运动学分析及机电一体化仿真，然后设计并开发了其控制系统软件，现把主要工作归纳如下：

1）建立该机械手的运动学模型，完成了运动学正反解。

2）利用 NI 虚拟原型技术在设计阶段进行机械系统的机电一体化仿真，包括机械性能、电气性能等等，从而提高了后续控制系统的开发效率。

设计了基于 PC + 运动控制卡的控制系统硬件平台。在软件上，利用 LabVIEW 和 NI Motion Assistant 快速生成运动控制原型，通过调用视觉与运动模块函数开发出该机械手所需的各项应用功能及最终的友好界面。

基于虚拟仪器的电能质量监测系统

作者：韩丰收

指导教师：刘会金

学校：武汉大学

介绍：

随着电力市场的完善，电能质量问题越来越引起供、用电双方的关注。电能质量的长期监测对划分供用电双方的责任有很大的帮助。本文基于 LabVIEW 开发平台结合 NI 公司的数据采集卡 PCI-6133 开发了一套电能质量监测系统。文中主要完成了对电能质量各个指标的简单介绍，并研究了间谐波和闪变的检测方法。构建了基于 LabVIEW 的电能质量监测系统，并进行了相应的测试，相关的测试表明，基于虚拟仪器技术的电能质量监测系统测量结果准确，性能稳定，能够满足电能质量性能指标的监测。

使用的产品：

软件： LabVIEW 2009

硬件：工业控制机，绵阳维博电子有限公司的交流电压传感器 WBV411D07，交流电流传感器 WBI411D47，PCI-6133 S 系列多功能数据采集板卡

应用方案：

电能质量监测系统结构如图 1 所示。PT、CT 中的信号经过传感器和信号调理电路后由 NI 公司的 PCI-6133 数据采集卡采集信号。在装有相应监测程序的计算机中经过分析、计算及结果存储，将相应的分析结果显示在计算机上，并将结果以 txt 文件的格式存储在硬盘中，供后续分析使用。

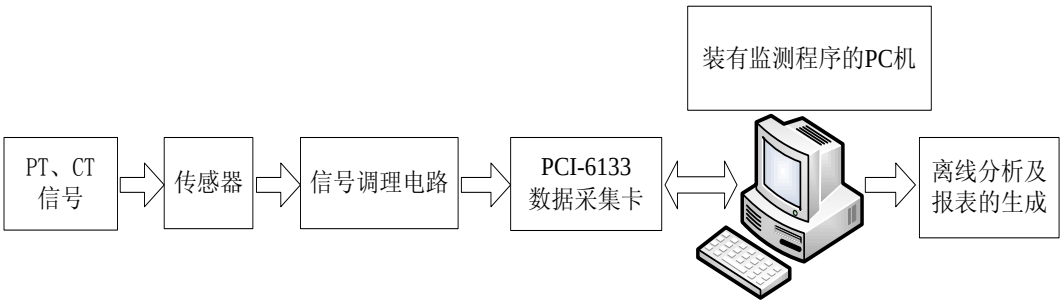


图 1　电能质量监测系统结构

图 2 为电能质量监测系统的软件模块结构图，在进行电能质量监测系统的软件设计之前首先对软件要实现的。功能进行详细的划分，在划分相应的功能模块之后对各个功能模块进行编程实现，在软件设计过程中遵循模块化的设计原则不仅有利于各个模块的编程调试，也有利于整个监测系统的后期维护以及在某个功能模块有更好的检测方法的时候可以只对该模块进行升级而不需要对整个监测系统进行大幅的修改。数据采集模块的功能主要是对电压、电流信号采集进计算机，数据处理模块主要包括电压有效值检测模块、频率计算模块、三相电压不平衡检测模块、电压谐波检测模块、电流谐波检测模块、闪变检测、电压和电流间谐波检测模块。在编程时利用子 VI 技术对各个功能模块分别编程。

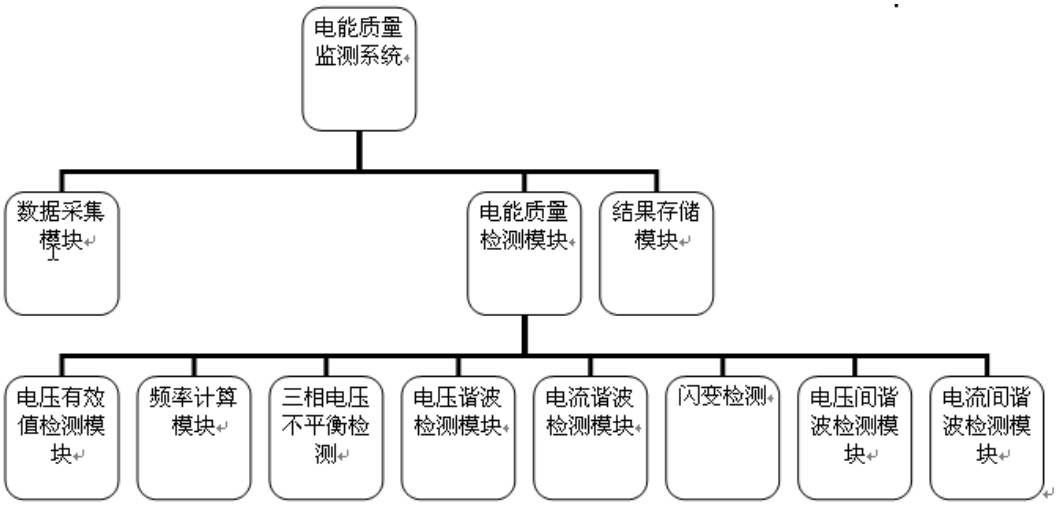


图 2　电能质量监测系统软件模块结构

在间谐波检测模块中使用基于时频混合的检测方法，这种方法在时域上通过并行的锁相环（Enhanced Phase-locked loop，EPLL）结构，该结构如图 3 所示，进行基波与谐波的分离，然后在频域上对去掉基波和谐波只含间谐波 的信号使用插值 FFT 的方法进行分析。加强锁相环结构能快速锁定与输入频率最接近的正弦分量，并且能自适应地跟踪该分量的幅值，相位和频率的变化。加强锁相环在 LabVIEW 中的实现如图 4 所示。

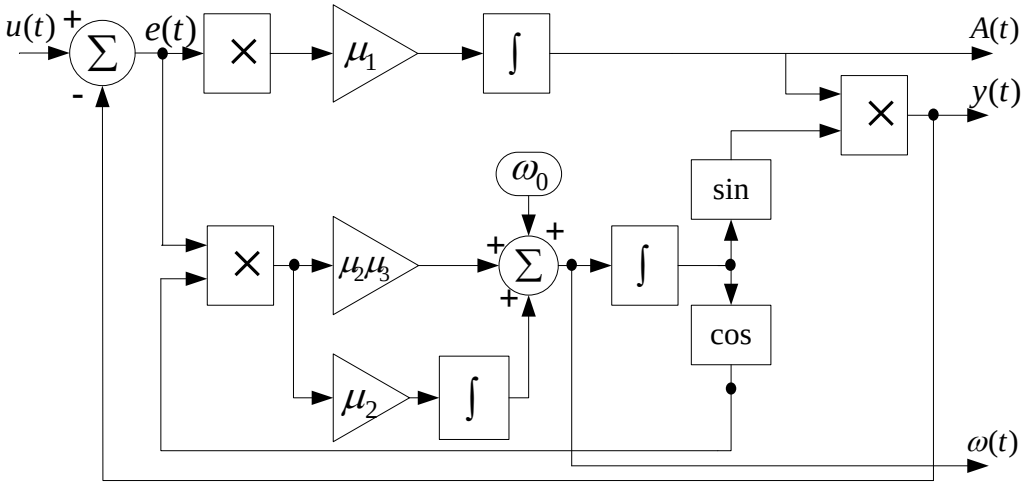


图 3　加强锁相环结构

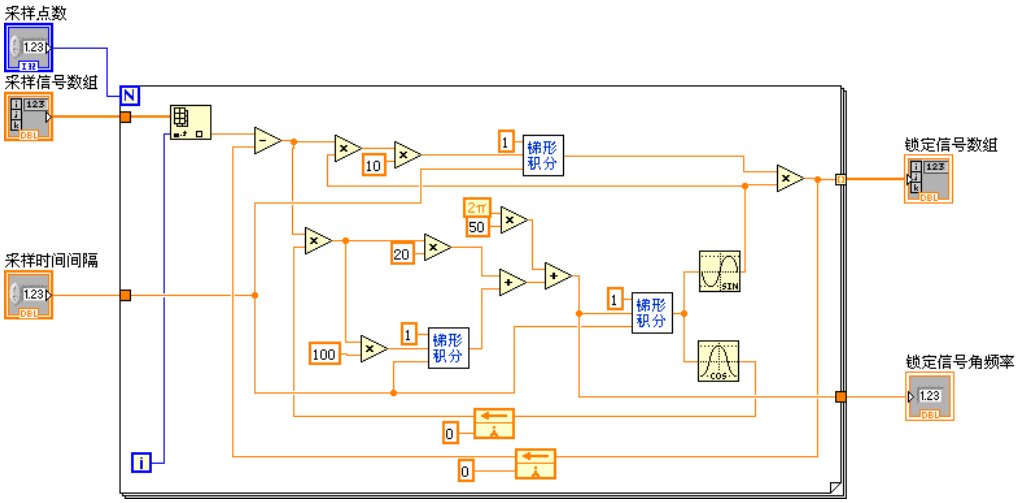


图 4　加强锁相环的实现方法

基于该加强锁相环结构，使用将多个加强锁相环结构进行并联的方法依次进行各次谐波和间谐波的分离。该结构如图 5 所示，其工作原理为：图示单元 1 用于锁定基频分量，并将测得的基波频率传递至各谐波处理单元即单元 2~n；各谐波单元则根据基波频率计算出谐波频率，然后根据输入的谐波频率完成对各谐波分量的实时跟踪；最后将所得的基波与谐波分量后从原始信号中去除，得到的误差分量就只含有间谐波分量，对该误差分量进行插值 FFT 计算，即可得间谐波的频率幅值分布。

本结构的优点在于，对于单元 2~n 的频率输入进行限幅，单元 2~n 就只会对相应的谐波分量进行跟踪，间谐波就不会同谐波混合在一起，此时再进行间谐波分析就可以有效抑制幅值较大的基波或者谐波对间谐波的泄漏影响，幅值较小的间谐波分量也可以有效分离。然后将得到的间谐波分量进行插值 FFT 计算，即可得到间谐波的频率和幅值分布。

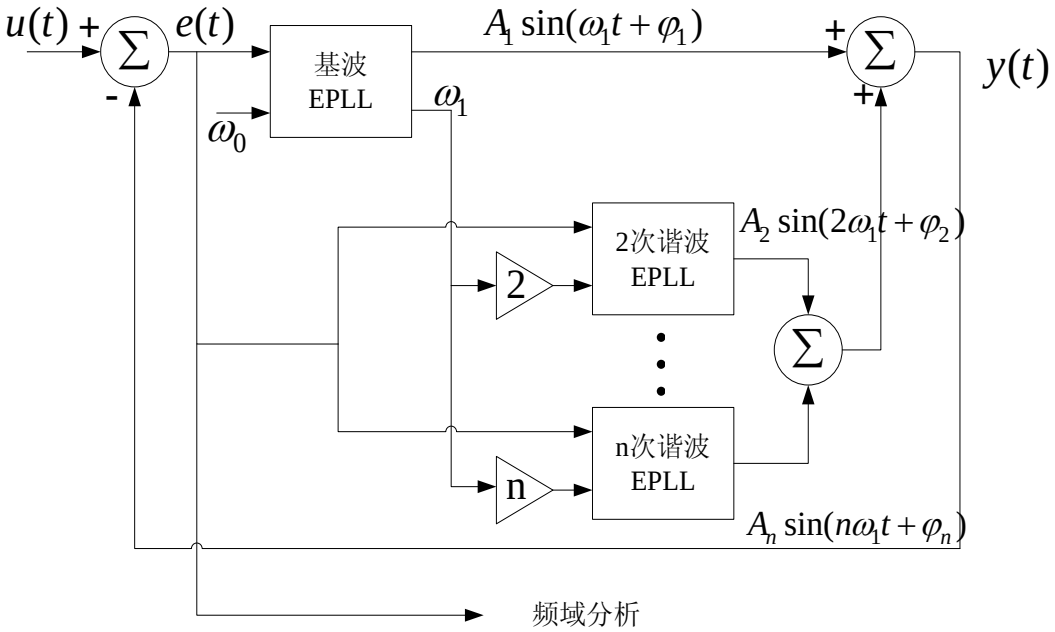


图 5　测谐波间谐波的并联锁相环结构

作为基于虚拟仪器的电能质量监测系统，程序的设计要引起我们足够的重视，但也不忽视实现人机交互的前面板的设计。在对电能质量监测系统进行详细的分析之后我们发现，要在前面板显示给用户的电能质量参数众多，如果把所有的电能质量参数显示在一个屏幕上面，一方面受限于显示屏的大小需要拖动屏幕用户才能看到所有的电能质量参数，另一方面会使得用户在面对众多的电能质量参数的时候毫无头绪不知从何看起，为找到自己关注的参数而浪费时间。

在进行界面设计的时候我们首先对电能质量监测系统界面的功能进行了划分，发现按照电能质量监测系统要显示的电能质量参数分类后进行显示，可以使得用户很容易的找到要查看的电能质量参数。因此将界面划分为配置测量参数、电压电流实时显示、谐波、间谐波和闪变等五个部分，将每个部分放在选项卡的一页中。利用 LabVIEW 前面板控件的修饰工具以及对前面板的区域进行合理的功能划分可以很容易的设计出美观实用的用户界面。按照界面设计的一致性以及界面元素的关联性的原则以及遵循合理的颜色搭配，设计的电能质量监测系统界面如图 6 所示。

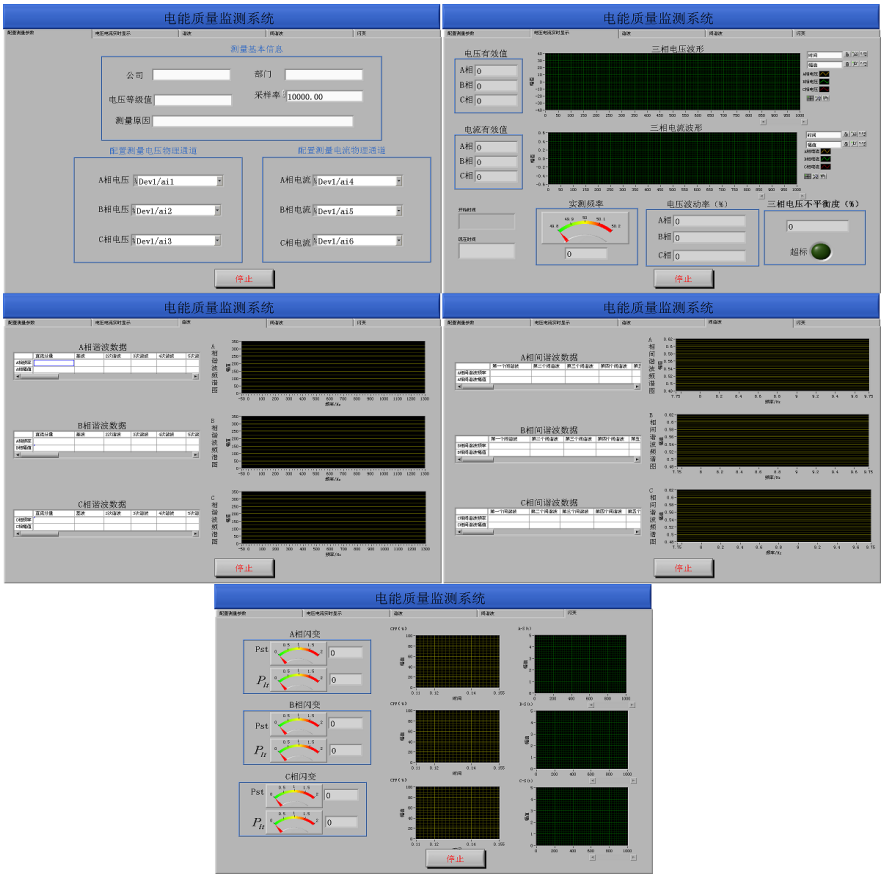


图 6　电能质量监测系统界面

总结：

本文对国家制定的电能质量各项指标进行了详细的讨论与深入分析，总结了电能质量指标的各种检测方法。着重研究了使用虚拟仪器技术用于电能质量监测系统开发的方法，研制了一套基于虚拟仪器技术的电能质量监测系统。完成了硬件选型和软件设计以及各个功能模块的编程，针对各个检测模块进行了仿真验证，并在验证各个检测模块的基础上对整个系统进行了联合调试。

基于 NI CompactRIO 的电动汽车现场总线系统及仪表盘的设计

作者：周文豪 张 统

指导教师：李 冕 马澄斌

学校：上海交通大学

介绍：

在能源危机和环境污染等多种问题的巨大挑战下，发展电动汽车已经成为广泛共识。我国政府计划到 2020 年，新能源汽车累计产销量要达到 500 万辆。

由于与传统内燃机汽车的区别，传统的仪表盘已经不能满足电动车驾驶者的需要。本课题组通过与美国国家仪器有限公司（NI）的合作，有效运用其图形化系统设计软件 LabVIEW 2012 和嵌入式测控系统 CompactRIO，设计并实现了一款适用于电动汽车的仪表盘，实现了对行车要素的实时监控和智能反馈。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2012

硬件：NI 9014 嵌入式实时控制器， NI 9263 模拟输出模块，NI 9205 差分模拟输入模块， NI 9401 双向数字输入模块，NI 9853 高速 CAN 模块

应用方案：

正如整体设计结构图所示,最终的设计包含了探测器，NI CAN channel 和 CompactRIO，基于 LabVIEW 的控制程序和一块 LED 显示板。

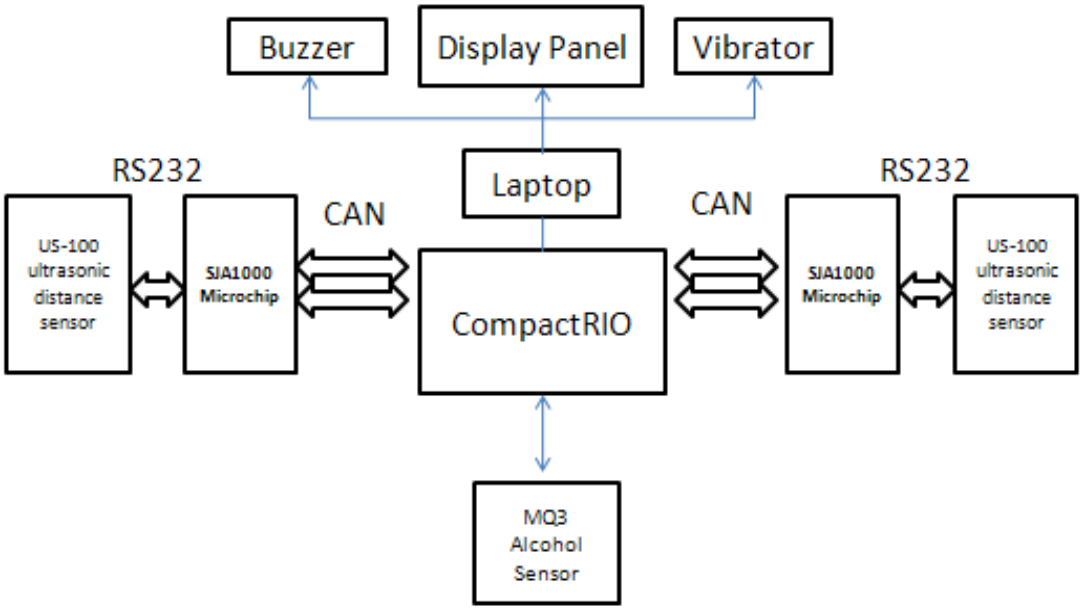


图 1 整体设计结构图

仪表盘的原型就如图 2 车辆状况显示所示。正如图上所看到的，警告信息在左上角。能量消耗和时速表位于显示器的正中间。行驶状态和推荐速度位于右上角。温度状况在右侧，电池状态显示在左侧。前后测距显示在仪表盘的底部。当电动车停下来之后，仪表盘会显示出处理过的关于能量消耗以及速度的数据，并且给出一段建议。这个界面可以参照图 3。

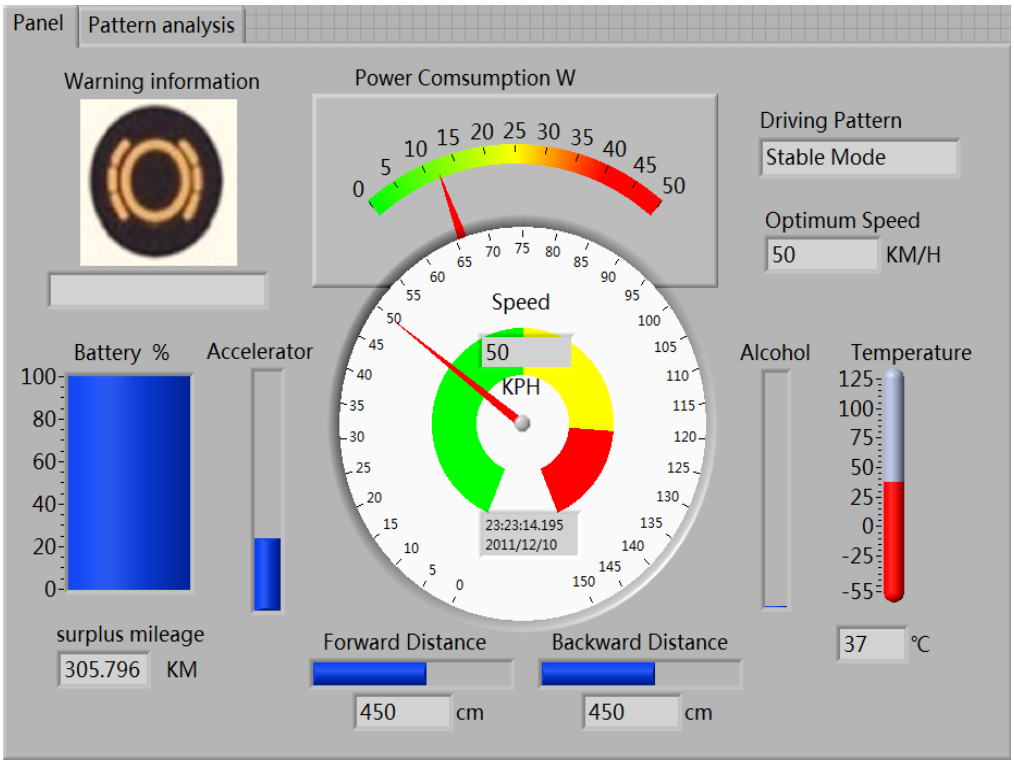


图 2　车辆状况显示

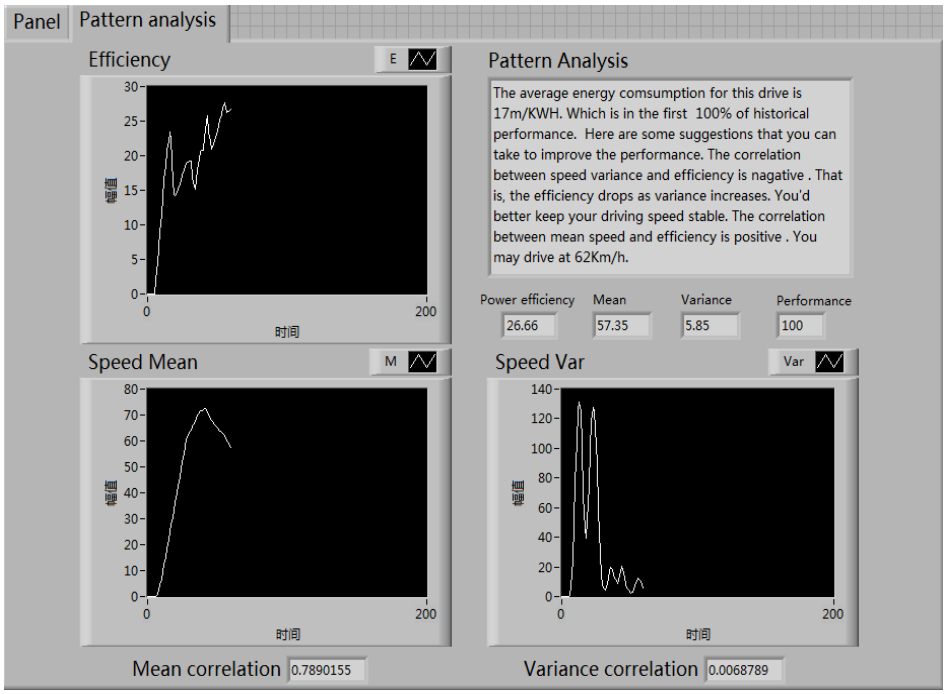


图 3　处理过的数据的显示

这里是我们的原型预期的性能水平。US-100 超声波距离传感器之间的距离可以被显示在面板上。已经做了此功能的测试。在软件部分，一个警告系统会给包括声音，LED 灯和语言提示当车辆的安全处于危险之中，一个驾驶模式系统的使用概率论的方法对速度差异的相关性进行分析，意思是速度和效率，存储器系统会存储历史并用于数据分析。测试验证我们的最终设计是正确的。使用 LabVIEW 来模拟真实条件下的电动汽车，所有的图标都能显示面板上。

原型和最终的设计之间其实有一些偏差。在电动车上将有两个 US-100 型超声波距离传感器集成与 RS232，距离感应器模块，分别收集的前进距离和落后的距离信息。但在原型中只有一个集成的 RS232 距离传感器模块的 US-100 超声波距离传感器收集的前进距离被放置在电动汽车上。

总结：

电动车是一个新兴的行业。如今许多不同类型的显示面板无法满足每一位客户的需求。该项目旨在建立一个智能控制/显示面板，其中包括智能显示面板，提供分析信息系统的一个子系统来保证车辆的安全性和一些额外的实用功能。

根据客户的要求，工程规格被定义为警告图标的数量，持续时间蜂鸣器，报警延迟，面板成本，酒精浓度的上限，显示面板寿命，良好的外观界面，计算机辅助驾驶，低功耗等。所选择的概念是使用混合探测器的信息转换，然后收集到的信息通过 CAN 总线，使用 CompactRIO 和 LabVIEW 的数据进行分析，并在最后的 LED 面板上显示结果。CompactRIO 的选择，因为它可以使我们的产品更加可靠。 LabVIEW 是美国国家仪器公司（NI）开发的可视化编程语言。它具有很高的兼容性，使用 CompactRIO。最终的设计将使用传感器的物理信息转换成数字数据。一些收集的信息将直接从监控系统。 CAN 总线和 CompactRIO 用于传输和处理数据。使用 LabVIEW 是写一个基本的仪表板，预警系统和驾驶模式分析系统。

测试结果表明，所收集的数据可以显示在面板上。当车辆处于危险之中，预警系统可以识别的条件，然后在面板上显示警告图标和文字或声音发出警告信号。行驶模式分析系统管理能够分析速度偏差之间的相关性，平均的速度和效率。面板上可以显示图形和建议的最佳速度。

基于蒙特卡洛的点结构光曲面仿形测量系统精度研究

作者：吕 晶

指导教师：袁 江

学校： 南通大学

介绍：

基于点结构光的曲面仿形测量系统由于具有非接触、测量速度快、分辨率高等优点，在逆向工程自由曲面测量中得到广泛应用，目前研究其精度主要依据国际标准化组织提出的《测量不确定表示指南》（GUM），但它常常要求测量函数是显示、解析的，并且没有凸出的非线性。针对传统GUM方法中测量不确定度评定方法的不足，提出一种基于蒙特卡洛的现代测量不确定度分析处理方法，它可以减小分析难度，满足复杂模型和动态测量不确定度评定的要求，利用它对系统进行精度评估具有一定的意义。

本论文首先集成激光位移传感器和线性编码器，进行了曲面仿形测量系统的设计，以扩大测量系统的测量范围；然后基于蒙特卡洛方法对测量系统的测量精度进行了分析，在 LabVIEW 平台上编写了不确定度评估程序；最后，分别采用美国邦纳（Banner）公司的 LG10A65UN 和日本基恩士（Keyence）公司的 LK-G30，运用 GUM 和蒙特卡洛方法进行精度实验对比研究， 实验结果很好的验证了蒙特卡洛方法的有效性。

使用的产品：

软件：LabVIEW 8.6，NI-DAQmx 驱动

硬件：PCI-7350 运动控制器模块，PCI-6023 多功能数据采集模块

应用方案：

1. 测量系统总体方案构建

如图 1 所示，点结构光曲面仿形测量系统由激光位移传感器、线性编码器、三轴精密控制平台、数据采集卡、伺服运动控制卡及计算机组成。激光位移传感器选用美国邦纳（Banner）公司的 LG10A65UN 和日本基恩士（Keyence）公司的 LK-G30，编码器选用了北京慧摩擦森电子系统技术有限公司的 Mercury™3000，伺服运动控制卡和数据采集卡采用美国 NI 的 PCI-7350 和 PCI-6023，步进电机和驱动器采用日本东方株式会社的 PK566-B 和 RKD514-C。

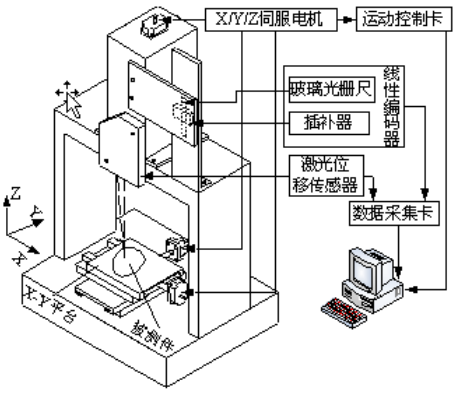


图 1 点结构光曲面测量系统

2. 测量系统精度评估

2.1 测量系统两种精度评估方法

1） 传统 GUM 方法

标准不确定度按其数值的评定方法可以分为两类：A 类评定和 B 类评定。

用统计分析法评定称为 A 类评定，基于其他方法估计概率分布或分布假设评定称为 B 类评定。标准不确定度统计评定是用一次测量结果的标准差 s 来表示。

$$s=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{x}_{\mathrm{i}}-\bar{x})^{2}/(n-1)}$$

式中：n 为测量列的测量次数。输入量 X 的 A 类不确定度 u(x)即为测量列的平均试验标准差 $s(\bar{x})=s(x_i)/\sqrt{n}$，其自由度 u=n-1。

2） 蒙特卡洛方法

蒙特卡罗方法亦称统计模拟方法，它是以概率统计理论为基础的利用随机数进行数值模拟的一种方法 。它采用统计抽样理论近似地求解数学物理中难以用确定的公式来解决问题的方法。对于不确定度这样一个具有概率分布概念的统计量，运用蒙特卡洛这种统计实验方法来求解合成不确定度将更容易接近真实解。

其评定基本步骤如下：

(1) 建立一个概率模型或随机过程，确定所有不确定度分量；

(2) 若其中一些分量可以得到一系列的观测值，那么根据这些观测值确定分量的误差大小及误差所服从的概率分布类型；

(3) 若一些分量得不到一系列观测值，那么可以根据经验和相关信息，利用模糊贝叶斯理论确定所服从的概率分布；

(4) 通过对模型或者过程的观察或概率分布进行抽样来计算所求参数的统计特征值；

(5) 用样本方差进行估计。

2.2 基于 LabVIEW 的测量精度评估软件设计

软件适应于点结构光曲面仿形测量系统的不确定度评估，在基于各模块不确定度合成的基础上进行编程分析，软件主要运用了蒙特卡洛方法和传统 GUM 方法对点结构光测头（LG10A65UN 和 LK-G30）和自行设计的仿形测头的测量结果进行了不确定度评估并进行对比分析，同时还对同一种点结构光测头（LG10A65UN）在不同测量范围内得到的结果运用两种方法进行不确定度评估并进行对比分析。系统软件不确定度评估前面板如图 2 所示。

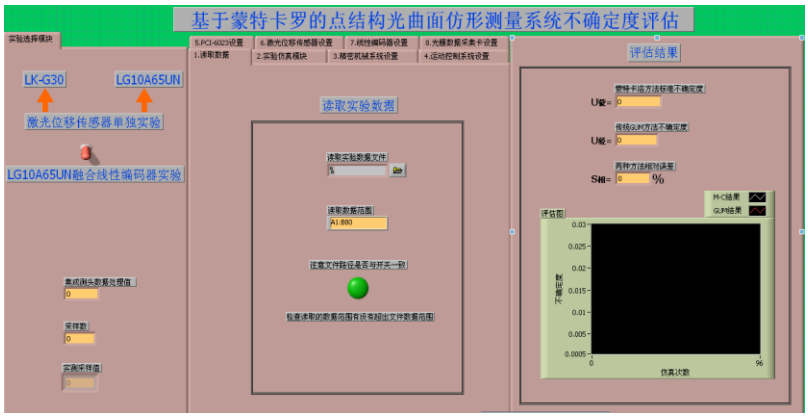


图 2 测量系统的不确定度评估前面板

程序的特点在于只要进行一次实验，即可以知道点结构光曲面仿形测量系统的测量不确定度，而不像实验评估方法那样将评估建立在大量耗时费力的实验上。此外程序在读取实验数据时可以判断数据范围是否正确，如工作在 80-120mm 范围内的数据在读取数据范围一栏中输入大于 41 时，程序就会报警提示数据范围出错。主程序流程图如图 3 所示。

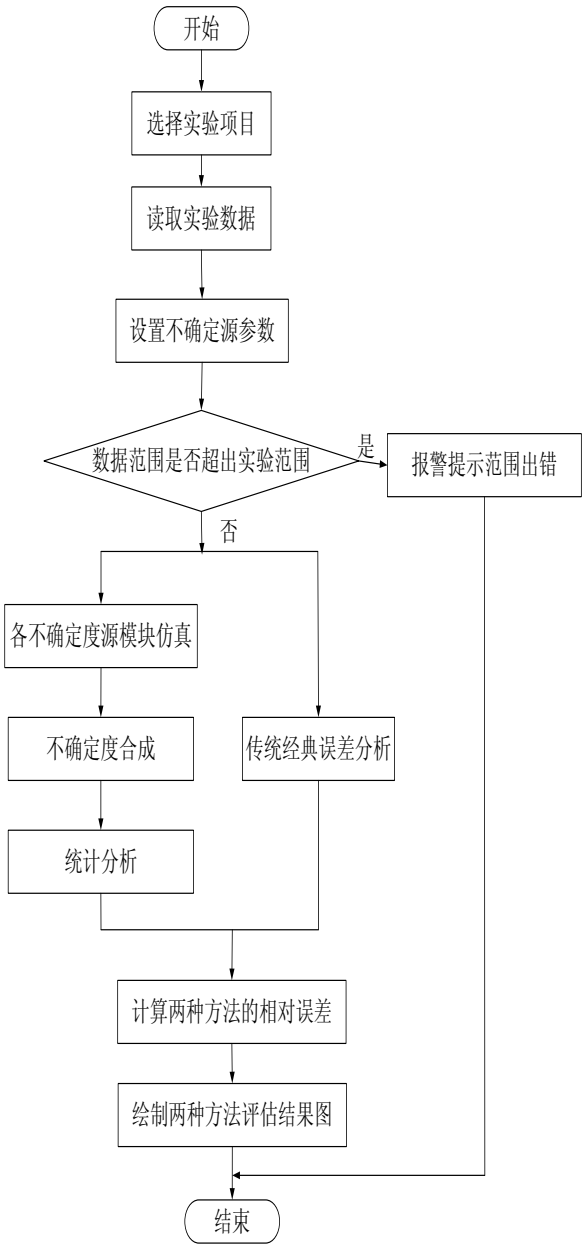


图 3　系统软件流程图

在前面板上，分为三大区域：

第一区域主要是对实验名称和方式的选择，运行时及时显示实测值、采样数和用作数据处理的值。按钮上下拨动可以选择对不同的实验进行系统评估。

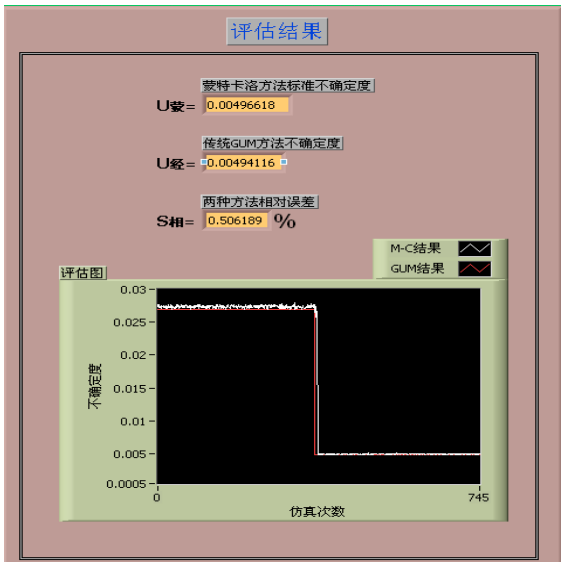
第二区域主要包括八个模块，一模块主要是读取实验数据并设置数据范围；二模块主要是仿真参数的设置；三模块主要是精密机械系统各项不确定度分量参数设置；四模块主要是运动控制系统各项不确定度分量参数设置；无模块主要是数据采集卡 PCI-6023 不确定度分量参数设置；六模块主要是激光位移传感

器（LG10A65UN 和 LK-G30）各项不确定度分量参数设置；七模块主要是线性编码器（Mercury™3000）各项不确定度分量参数设置；八模块主要是光栅细分数据采集卡 CA204D 各项不确定度分量参数设置。以上的具体参数前面表格已根据厂家提供的产品标定手册给出。

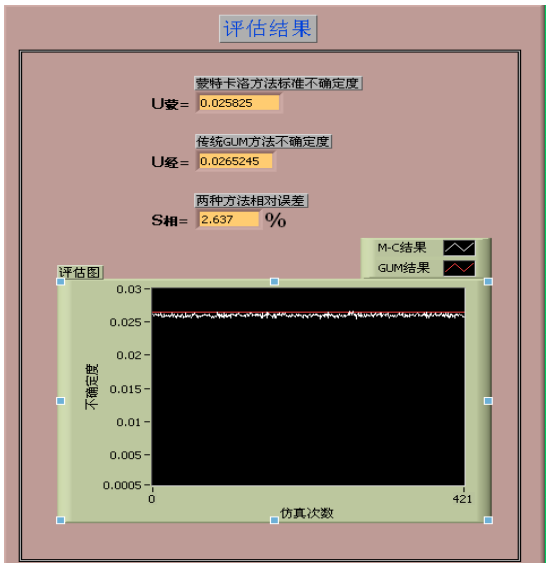
第三区域主要是点结构光曲面仿形测量系统的评估结果，主要包括蒙特卡洛方法和传统 GUM 方法的评估结果和两者的评估比较图。

2.3　精度评估结果与结论

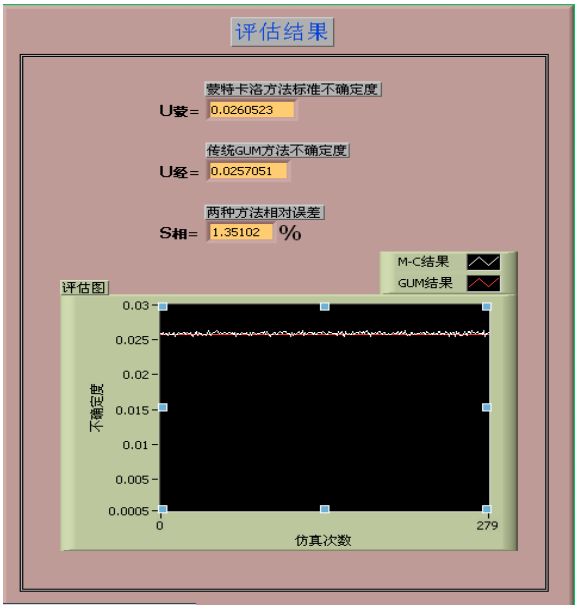
运用上述设计的精度评估软件在 LabVIEW 平台上对各个实验数据进行不确定度评估，结果如图 4 所示。



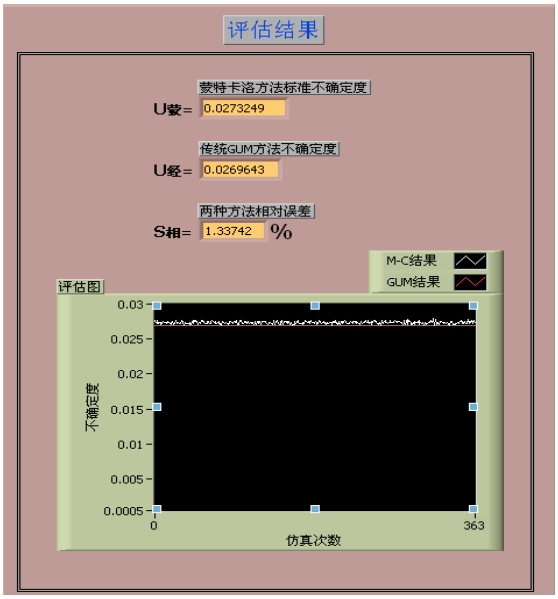
（a）LK-G30（25-35mm）评估结果



（b）LG10A65NU（80-120mm）评估结果



（c）LG10A65NU（95-105mm） 评估结果



（d）LG10A65NU（95-175mm） 评估结果

图 4　精度评估结果

1） 上述四个评估结果图很好的验证了基于蒙特卡洛方法评估点结构光曲面仿形测量系统不确定度的有效性。而且测头精度越高，两种方法的一致性越好，蒙特卡洛方法有效性越强。

2） 蒙特卡洛方法应用在对采样个数及其分布有严格要求的测量系统中比较有效，且可靠性强，易实现。

总结：

本论文研究的主要成果如下：

1） 集成激光位移传感器高精度非接触测量及线性编码器量程大精度高的优点，研究开发了大量程点结构光曲面非接触测量系统。

2） 利用 LabVIEW 软件设计了数据采集卡、集成传感器、精密机械系统和运动控制模块的数字化随机采样误差仿真模块。它是解决和分析点结构光曲面仿形测量系统不确定度评估问题的工具，在研究和实际评估中将会有很广阔的前景。

3） 编写了基于蒙特卡罗方法的点结构光曲面仿形测量系统不确定度评估的仿真评估软件，很好的比较了两种方法的一致性，这为研究人员进行相关精度研究提供了一个便利的分析途径。

全断面掘进机主轴承检测诊断技术研究

作者：张紫铭

指导教师：马怀祥

学校：石家庄铁道大学

介绍：

主轴承是全断面掘进机的核心部件，其运行状态直接关系到整个设备的掘进效率和施工长度。因此，在施工过程中要保护主轴承的良好。这就要求我们及时用相应的设备和技术手段对其进行检测与诊断，然后根据检测结果对主轴承的性能好坏做出科学的判断，以保证掘进机能按计划顺利的进行工作。本文基于LabVIEW软件，使用NI CompactDAQ便携式数据记录仪和光电传感器，构建了对全断面掘进机主轴承油样的三线值分析。同时在分析研究全断面掘进机主轴承常见故障的基础上，使用NI CompactDAQ便携式数据采集调理系统和有关传感器，构建了对全断面掘进机主轴承振动信号的时域和频域分析。

使用的产品：

软件：LabVIEW

硬件：NI CompactDAQ 便携式数据记录仪，分析式铁谱仪，直读式铁谱仪，FAS-2C 型发射光谱仪

应用方案：

本系统主要结构功能如图1所示：

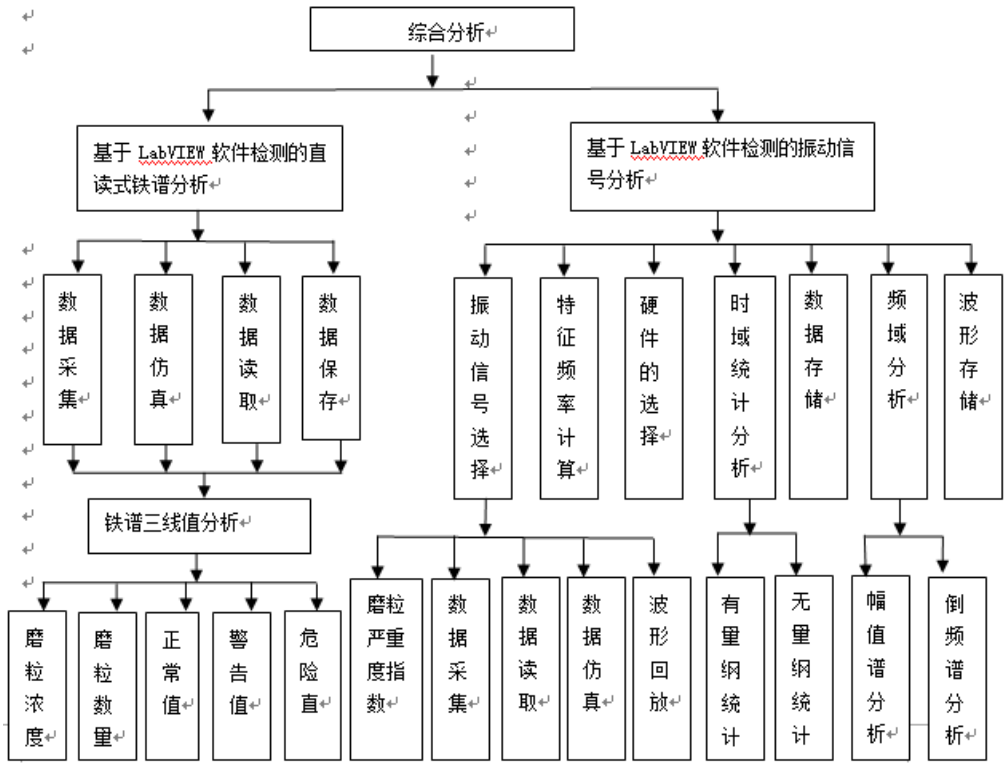


图 1　全断面掘进机主轴承检测诊断功能图

下面主要介绍基于 LabVIEW 软件的铁谱三线值分析和振动信号分析的实现和主要的适时存储过程。

1）基于 LabVIEW 软件检测的直读式铁谱分析

通过建立油样颗粒浓度的三线值（基线值、警告值、危险值）来初步分析判断主轴承故障的严重程度。其分析判断的前面板如图 2 所示，主要实现程序如图 3 所示。

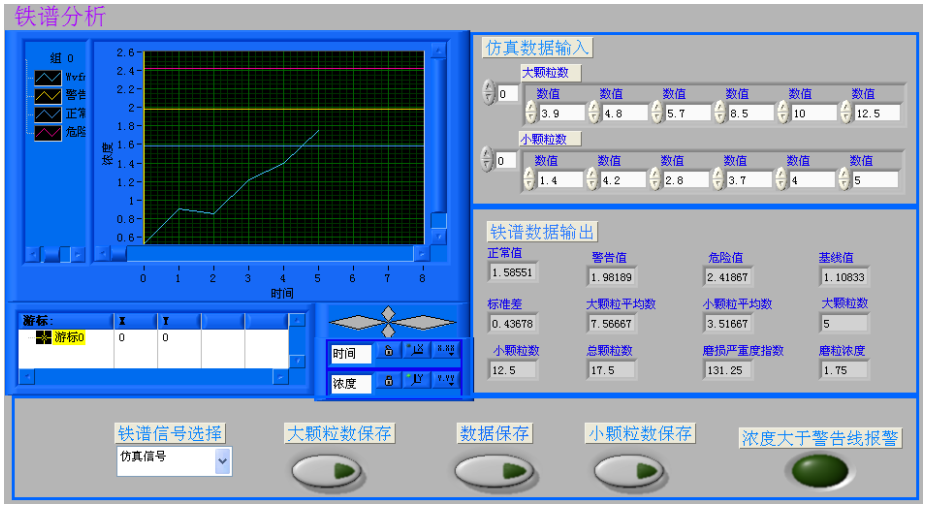


图 2　铁谱三线值检测分析前面板

图中若磨损颗粒浓度大于警告线，则报警灯亮

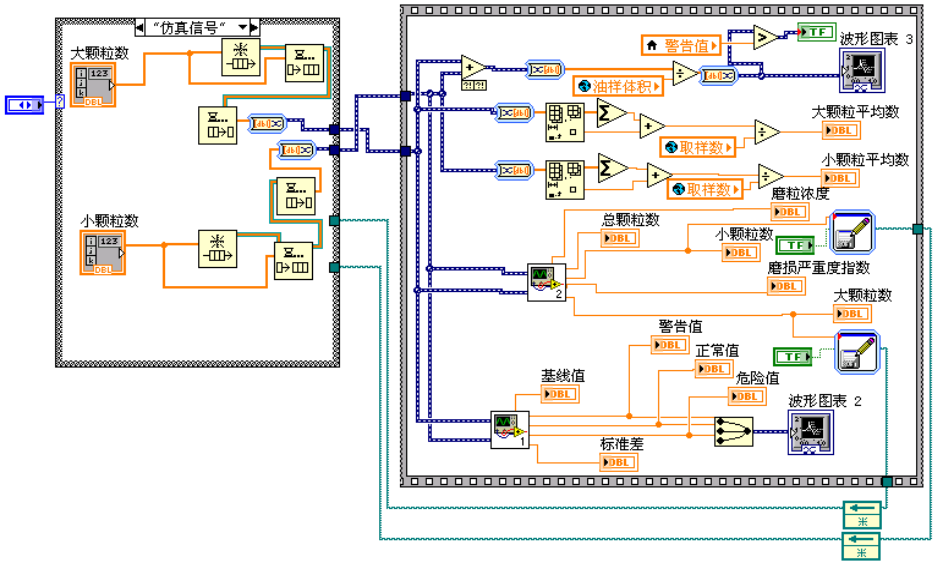


图 3　铁谱三线值分析的程序框图

2） 基于 LabVIEW 软件检测的振动信号分析

通过对主轴承振动信号的有量纲和无量纲指标分析判断主轴承产生故障的原因和严重程度，通过对振动信号的幅值谱和倒频谱分析判断主轴承的故障部位。其分析判断的前面板如图 4 所示，主要实现程序如图 5 所示。

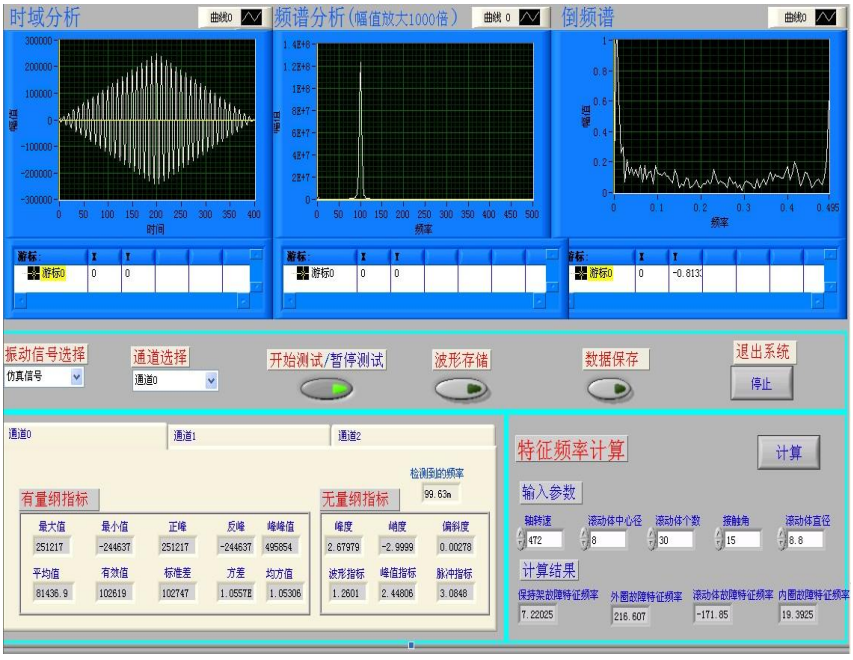


图 4　主轴承振动信号分析前面板

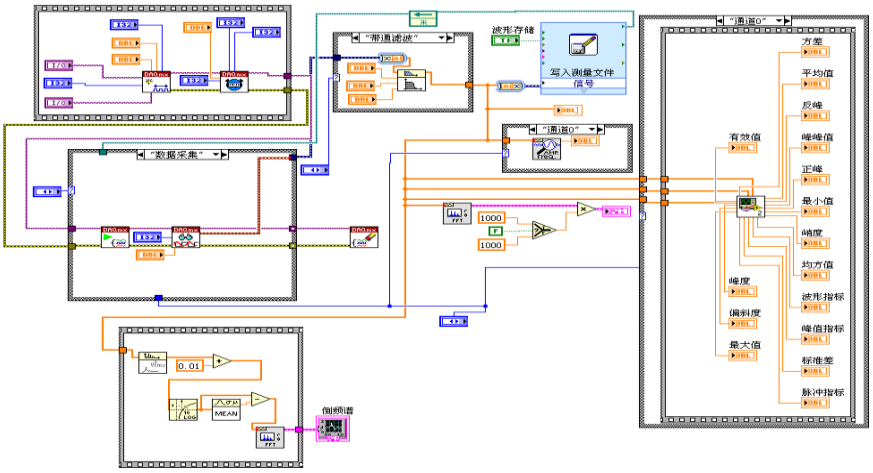


图 5　主轴承振动信号分析的主要实现程序

3）　数据存储

将检测到的数据进行适时存储，以便以后访问和分析。其铁谱数据存储主要实现程序如图 6 所示，前面板如图 7 所示；其振动检测数据存储主要实现程序如图 8 所示，前面板如图 9 所示。

总结：

本文在基于 LabVIEW 软件平台上，通过构建全断面掘进机主轴承油样浓度的铁谱三线值判断标准和油样颗粒浓度曲线来分析主轴承现在的磨损严重程度和之后的磨损趋势，通过构建主轴承振动信号的时域分析系统来判断主轴承的磨损、剥裂和剥落等严重程度，通过构建主轴承的频域分析系统来判断主轴承的故障部位。

本系统程序在整体构建方法上具有普遍性，但程序中选择的滤波器，硬件中选择的传感器、数据采集卡和信号调理机箱等又具有针对性，不同的机械设备有不同的最佳选择。特别提到文中特征频率的计算只使用于外圈静止内圈传动的轴承。本系统振动信号分析程序在转子实验台上进行了实验,其实测部分均可运

行，以此证明该程序的可行性。铁谱三线值检测程序在仿真测试中均可运行，以此证明该程序除数据采集以外的可行性。但是本系统要达到实际应用价值，其真正性能的好坏，还有待在全断面掘进机主轴承的测试中进行检验。

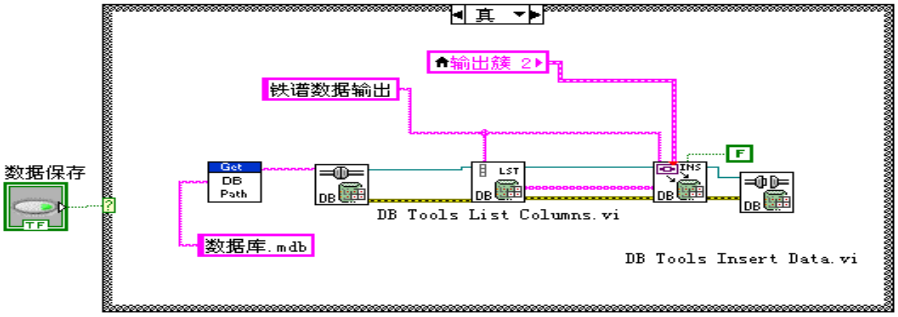


图 6　铁谱检测数据存储的主要实现程序

测试日期与时	正常值	警告值	危险值	基线值	标准差	大颗粒平均数	小颗粒平均数	大颗粒数	小颗粒数	总颗粒数	磨损严重度
5/20/2012 1:36:12 PM	1.585514 48033332	1.981893 10041665	2.418672 98395832	1.108333333 33333	.4367796835416 61	7.566666666 66667	3.51666666 666667	12.5	5	17.5	131.25
5/20/2012 1:36:12 PM	1.585514 48033332	1.981893 10041665	2.418672 98395832	1.108333333 33333	.4367796835416 61	7.566666666 66667	3.51666666 666667	12.5	5	17.5	131.25
5/20/2012 2:20:47 PM	1.238665 18188383	1.548331 47735479	1.922497 21603218	.8	.3741657386773 94	4.5	3.5	7	6	13	13
5/20/2012 2:20:48 PM	1.238665 18188383	1.548331 47735479	1.922497 21603218	.8	.3741657386773 94	4.5	3.5	7	6	13	13

图 7　铁谱三线值检测的存储数据

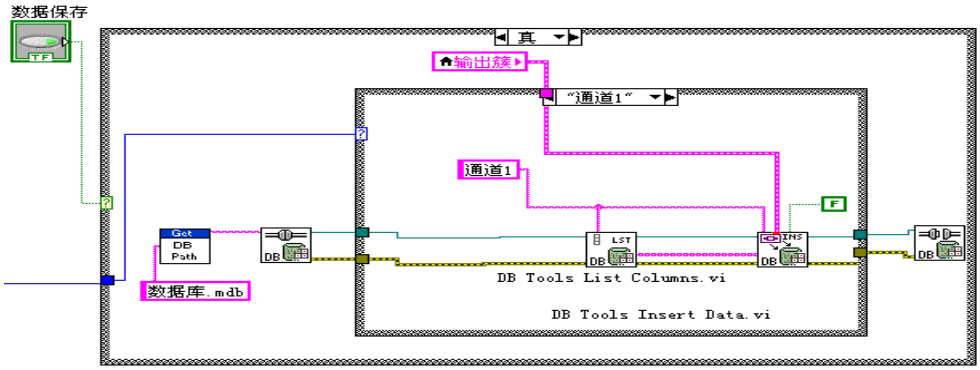
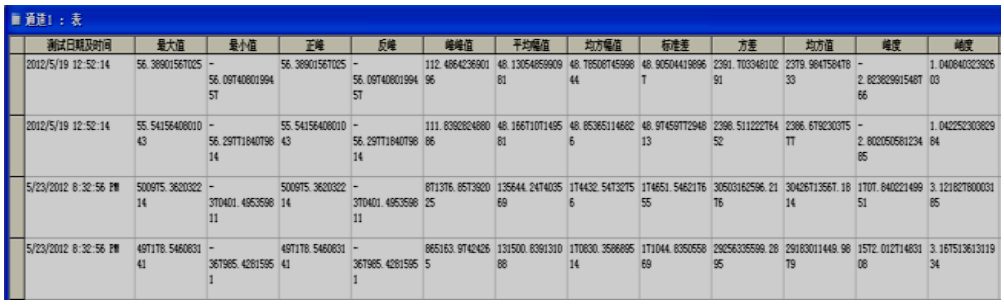


图 8　振动信号检测数据存储的主要实现程序



测试日期及时间	最大值	最小值	正峰	反峰	峰峰值	平均幅值	均方幅值	标准差	方差	均方值	峰度	峭度
2012/5/19 12:52:14	56.389015670 25	-56.09740801994 5T	56.389015670 25	-56.09740801994 5T	112.4864236901 96	48.13054859909 81	48.78508745998 44	48.90504419896 T	2391.703348102 91	2379.984758478 33	-2.823829915487 66	1.040840323926 03
2012/5/19 12:52:14	55.54156408010 43	-56.297T1840T98 14	55.54156408010 43	-56.297T1840T98 14	111.8398824880 86	48.166710T1495 81	48.85365114682 6	48.974597T2948 13	2398.511222764 52	2386.679230375 TT	-2.802050581234 85	1.042252303829 84
5/23/2012 8:32:56 PM	500975.3620322 14	-3T0401.4953598 11	500975.3620322 14	-3T0401.4953598 11	8T1376.85T3920 25	135644.24T4035 69	1T4432.54T3275 6	1T4651.5462176 55	30503162596.21 T6	30426713567.18 14	1T0T.840221499 51	3.121827800031 85
5/23/2012 8:32:56 PM	49T1TB.5460831 41	-367985.4281595 1	49T1TB.5460831 41	-367985.4281595 1	865163.97424265	131500.8391310 88	1T0830.3586895 14	1T1044.8350558 69	29256335599.28 95	29183011449.98 T9	1572.012T14831 08	3.167513613119 34

图 9　振动信号检测的存储数据

移动式水表在线校准系统

作者：侯庆强

指导教师：黄咏梅 孙 斌

学校：中国计量学院

介绍：

水表在线校准能反映日常使用情况下的误差水平，移动小车上的上位机通过串口采集标准表便携式超声波流量计流量，通过计数器采集数字激光传感器由于被检水表梅花瓣指针转动产生的脉冲并转换成流量，用标准表法实现在线校准。编程实现超声波流量计的校准和移动式水表在线校准系统，实现数据采集处理、报表生成及数据存储等功能，利用 LabVIEW 的网络发布功能通过无线网络实现程序的远程访问，利用无线网络摄像机实现的远程监控。

使用的产品：

软件：LabVIEW 8.6，NI-DAQmx，NI-VISA，NI Report Generation 工具包

硬件：PXI-1042Q 机箱，PXI-6251 多功能数据采集模块

应用方案：

移动式水表在线校准装置如图 1 所示，其中包括可移动小车、便携式超声波流量计、测厚仪、数字激光传感器、工业控制计算机和无线网络摄像机等设备。其中工业控制计算机、便携式超声波流量计、数字激光传感器和无线网络摄像机放置在活动小车上，便携式超声波流量计通过串口接入工业控制计算机，数字激光传感器通过数据采集卡接入工业控制计算机。工业控制计算机装有无线网卡，和无线网络摄像机都可以通过现场的无线网络与远程监控端实现通信。

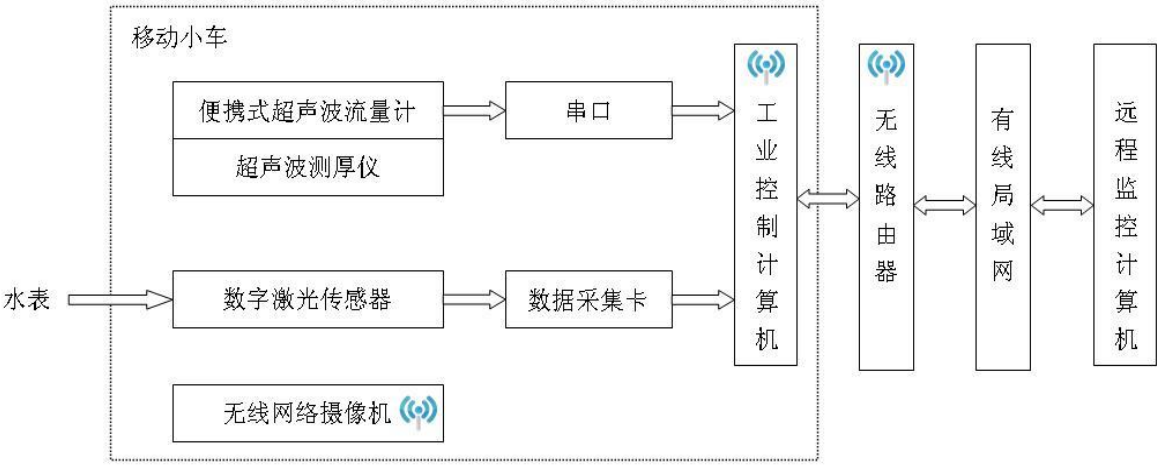


图 1　移动式水表在线校准装置示意图

超声波流量计的瞬时流量是工业控制计算机通过串口读取的，在 LabVIEW 中选择串口资源的名称，然后设置波特率、数据位、校验位、停止位和流控制等参数，将命令写入端口，当串口字节数达到指定值时将串口数据读出，为便于后续程序中的计算需要将读取字符串转换成双精度类型的数据并分别提取出瞬

时流量和累积流量值。根据《JJG 643-2003 标准表法流量标准装置计量检定规程》要求，标准表法流量标准装置在使用前需要对标准表进行校准，因此首先参照《JJG 1030-2007 超声流量计检定规程》利用水流量实验室管道系统中的标准罐作为标准装置对便携式超声波流量计进行校准，然后利用校准后的超声波流量计作为标准表对水表进行在线校准。

数字激光传感器的脉冲输出通过数据采集卡接入工控机，利用 LabVIEW 中数字事件计数 VI 对计数器输入进行边沿计数。首先创建 DAQmx 通道，选择计数器并配置边沿计数的计数边沿、计数方向以及初始计数，然后开始任务，进入循环后以设定的等待时间为间隔读取计数器结果，直到按下停止按钮或者产生错误退出循环。退出循环后清除数据采集任务，并处理错误输出。根据水表齿轮参数算出的梅花瓣指针脉冲与体积的关系可以将计数器结果换算成体积，即为水表的累积流量，然后与串口采集便携式超声波流量计累积流量计算得到水表累积流量的示值误差测量结果。

程序中的报表生成功能主要基于 LabVIEW 软件的报表生成 VI，通过建立 Excel 模板并通过名称框进行写入时的定位，然后在程序中将指定内容写入指定位置即完成报表生成。基于 LabVIEW 的报表生成过程，大量的工作是设计数据报表的模板，参考《JJG 162-2009 冷水水表计量检定规程》以及其他流量计校准数据记录表格内容和格式，通过将输入控件捆绑成簇减少子 VI 输入端子的数量，从而减少主程序中连线的数量，提高编程效率且使程序框图更清晰易读。

利用 LabVIEW 的 Web 发布工具通过网页远程访问 VI 前面板，实现移动式水表在线校准系统的远程监控功能，配置 Web 服务器主要包括启动 Web 服务器，设置 HTTP 端口和访问权限等参数。配置完 Web 服务器之后，选择菜单栏工具里面的 Web 发布工具，根据提示完成 VI 的网络发布。

为实现以上所需的功能，移动式水表在线校准系统基于事件驱动状态机设计模式进行编程。因为事件结构基于事件驱动，避免轮询图形用户界面，是最有效的捕获图形用户界面事件的方法。队列状态机使用队列来缓存多个状态，应用程序的任何状态都可以通过调用入队列函数在队列的后端增加任意数量的新状态，是实现中等或更高复杂程度应用程序的一个通用方法。事件驱动状态机设计模式在一个混合的单循环设计模式中包含了队列状态机和事件结构，即在状态机的空闲状态中插入事件结构，从而更有效地处理图形用户界面的事件。移动式水表在线校准系统的界面如图 2 所示。

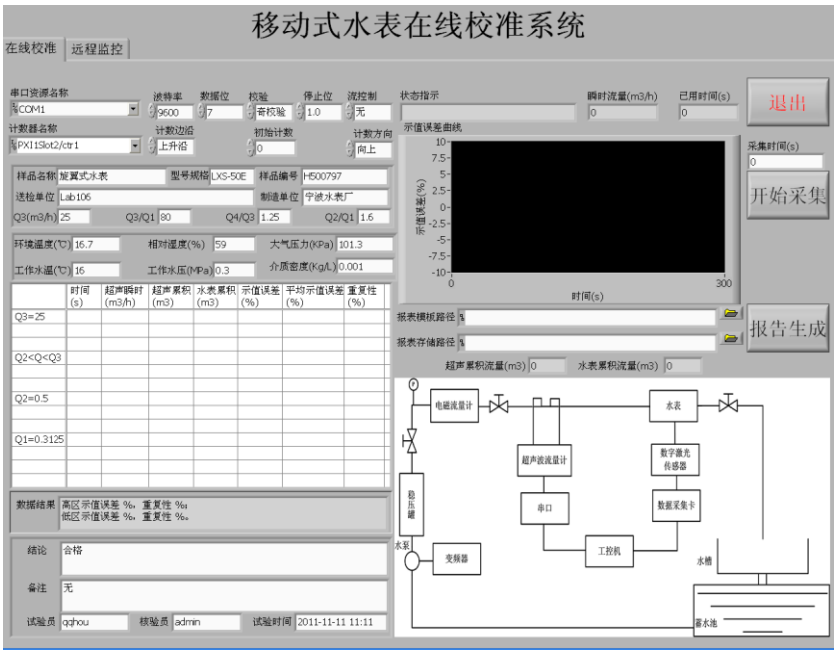


图 2　移动式水表在线校准系统在线校准界面

进入软件界面后，首先设置串口和计数器参数，然后输入被检表信息和环境条件。设定好检定时间之后，点击开始采集按钮开始数据采集，界面中不断更新标准表便携式超声波流量计的瞬时流量和累积流量以及被检表的累积流量，在波形图表中显示示值误差测量结果曲线。当达到设定时间后，完成当前流量点的一次采集过程，并在表格中显示当次采集数据的计算结果。当完成所有流量点的测量之后，填写结论信息和检定人员信息及时间，选择报表模板和存储路径，点击报告生成按钮即可生成当次测量数据的报表。

总结：

LabVIEW 在工业控制领域具有快速高效的特点，本系统中的体现主要包括以下三方面：

1） 数据采集方面实现串口读数和脉冲计数的采集和处理；

2）界面设计方面便于根据校准要求设计友好的用户界面；

3）数据存储方面利用报表工具包等实现数据的有效记录。

基于 LabVIEW 的声源定位系统研究

作者：曾 海

指导教师：伍 星

学校：昆明理工大学

介绍：

本课题为基于 LabVIEW 的声源定位系统的设计与实现，提出利用传声器阵列和基于互相关算法的时间延迟技术对声源进行定位，其在诸多军用和民用系统中具有重要的意义。在军事系统中，它有助于武器的精确打击，为最终摧毁敌方提供有力保证；从民用系统方面来说，可以为目标提供可靠的服务，起到安全保障作用。除了军用和民用两方面，声源定位还可以用于工业方面。比如对机械设备的裂纹扩展进行检测，从而提前预知机械设备的状态，不必大面积的停工进行检修，减少了停工以及维修费用，提高了机械设备的生产效率。

本论文使用 LabVIEW 作为开发软件，NI USB 9234 为声信号采集硬件，开发声源定位系统，通过三个传声器声音信号数据采集、存储，分析各种信号的频谱，互相关。通过三个通道信号的互相关确定通道之间的时间延迟，利用几何关系判断声源的位置，以图形界面的形式显示声源和传声器的相对位置关系；在实验室条件下对噪声信号、扫频信号、钢琴信号、风琴信号、正弦信号进行实验验证，并分析影响定位精度的因素，最终在 NI CompactRIO 上实现一个实时声源定位系统。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2011，NI-DAQmx 驱动，Signal Processing 工具包，数据通信工具包、测量 I/O 工具包、LabVIEW FPGA 模块，LabVIEW Real-Time 模块

硬件：传声器，NI 9234 动态信号采集模块，NI 9025 模拟输入模块

应用方案：

在 LabVIEW 2011 下开发了声源定位系统的软件部分，该系统分别设计了下位机 CompactRIO 系统的数据采集模块、文件保存模块、理论时间延迟模块、互相关算法得到的时间延迟模块、通过几何关系确定声源坐标模块、离线分析模块，以及还设计了人机界面交互模块，其中，人机界面交互模块包括用户登录模块、密码修改模块、使用说明模块，下位机 CompactRIO 系统的数据采集模块包括 LabVIEW FPGA 模块和 LabVIEW Real-Time 模块。其系统总体流程如图 1 所示，具体实验设置如图 2，图 3 所示。

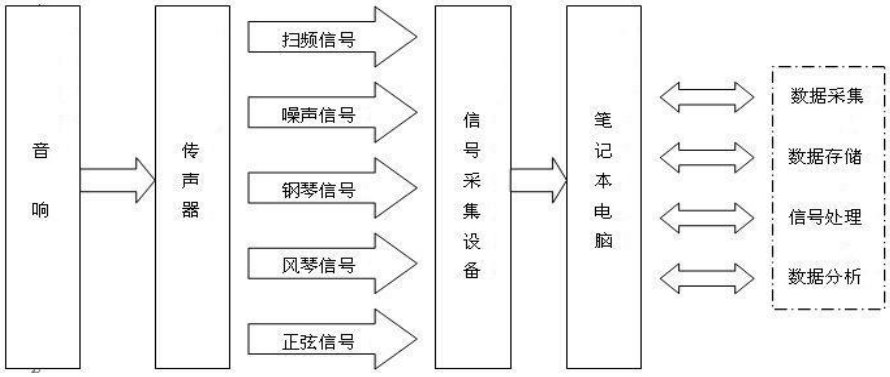


图 1　系统总体流程图

图 2　实验设置一

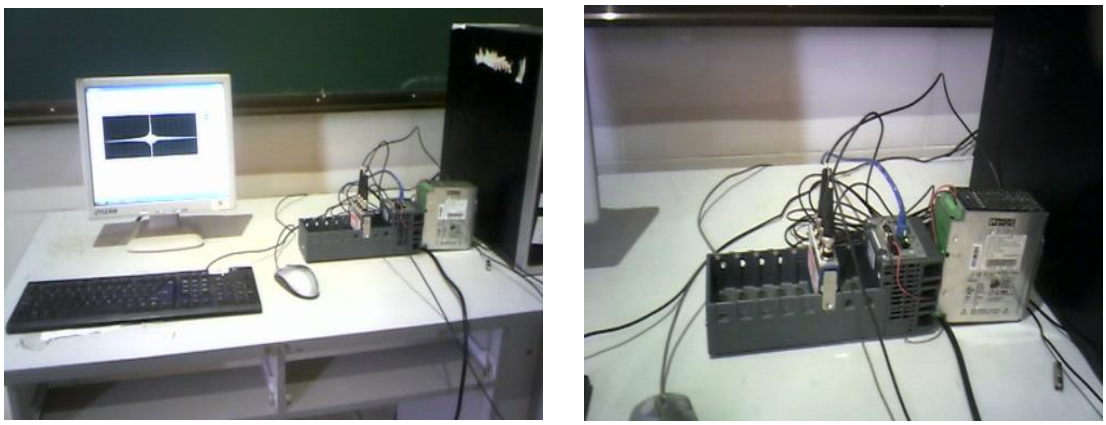


图 3　实验设置二

总结：

本研究从原理上来说，只要在一个小平面上能够使目标声源发声，都可以利用本系统进行定位，比如对机械设备裂纹的趋势进行定位，对移动的机器人进行定位，对火炮的发射进行定位等等。

1） 本系统对声源发出的噪声信号、扫频信号、钢琴信号以及风琴信号进行了定位，其中声源发出的噪声信号、扫频信号和钢琴信号定位精度较高，风琴信号经滤波之后定位精度较高。

2） 影响不同信号的定位精度的不同原因进行了分析。多频信号在理论上同样适用于互相关算法，实际的实验中也验证了这个说法，并给出了严格的数学证明；其次周期性很强的信号不太适用于互相关，因为周期性信号通过互相关算法之后还是周期信号，衰减速度很慢，互相关函数的峰值不是很突出；最后，高频信号的周期短，波长短，峰值之间的距离很近，所以定位距离小，当定位距离超过一个波长即一个周期之后，极容易将正确的时间延迟判断到其它信号的周期上去。

综上所述，理想情况下互相关算法适用于中低频随机信号。但是上述的其它两种情况（周期性强的信号和高频信号）并不是说不适用于互相关，这两种情况的核心问题就是需要将互相关函数之后的峰值凸显出来，让主瓣凸显，旁瓣很快的衰减下去，这也是今后需要解决的一个很重要的问题。

利用 LabVIEW 图形化编程语言，大大简化了程序的开发，同时，LabVIEW 能将硬件与软件有效的结合起来，使得系统的开发更高效，极大地缩短了系统的开发周期。

基于 LabVIEW 的智能轮椅控制器设计与实现

作者：潘 弋

指导教师：王景川

学校：上海交通大学

介绍：

随着社会老龄化的推进，老年人群的看护问题将会成为未来社会一个越来越大的负担。智能轮椅采用先进的自主机器人技术，能代替护理人员完成对老年以及残疾人群的看护，节约社会可用劳动力。

作为一个人机共享控制系统，智能轮椅里存在着机器控制器与人类用户两种控制器，如何分配两者之间的控制比例是智能轮椅研究中一个关键的课题。

本课题围绕智能轮椅研究中的核心问题，研究了共享控制系统结构设计、人机权重分配算法、PC 控制模式的开发设计以及实验系统软硬件开发等相关问题。

本课题组通过与美国国家仪器有限公司(NI)的合作，充分利用其图形化编程软件平台 LabVIEW 2011 等软件和 DANI 硬件设备，建造了虚拟智能轮椅平台的软硬件系统。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2011，LabVIEW Real-Time 模块，LabVIEW FPGA 模块，LabVIEW Internet 工具包，NI-RIO 驱动， NI-Serial 驱动， NI- VISA 驱动，LabVIEW Vision Development 模块

硬件：NI LabVIEW Starter Kit 1.0

应用方案：

本课题设计了一种分别具有纯手动控制模式、人机共享模式以及PC控制模式的智能轮椅控制器系统。

具体介绍如下：

图 1 显示了智能控制器整体结构图。人机共享模式下，系统能够根据周围障碍物信息来判断用户的控制指令是否存在不安全因素，然后通过人机权重分配器来计算出人机的各自控制权重。如果用户可以较安全地控制轮椅，则系统赋予用户较高的权重；相反，如果用户无法安全地控制轮椅，则系统会降低用户的控制权重，同时，提升机器的权重，由机器主导智能轮椅的控制，由此提升安全性，避免不安全情况的发生。PC 控制模式下，系统通过声纳等传感器获得周围环境的信息，与上位机进行通讯，通过获得的上位机控制信息，来控制智能轮椅运动。纯手动模式下，控制任务完全交由用户处理。相对于一般的轮椅，智能轮椅有着的巨大优势。

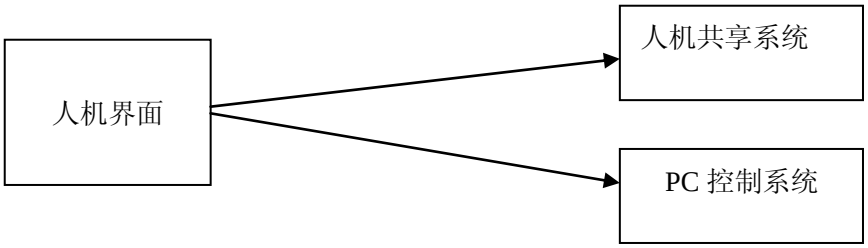


图 1　智能控制器整体结构图

1. 人机共享系统

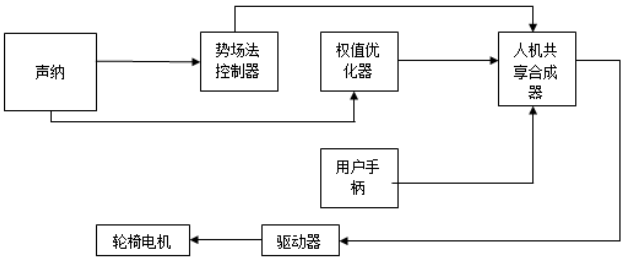


图 2 人机共享控制模式总体框架

图 2 显示了人机共享控制模式总体框架。用户手柄控制与控制器控制所产生的控制信号，以及传感器数据都输入权值优化器，优化器通过计算传感器所获得的数据，来判断智能轮椅所处的状态，根据距离的值来计算得到人机的权值分配结果，并输入到人机共享合成器中。

2. PC 控制系统

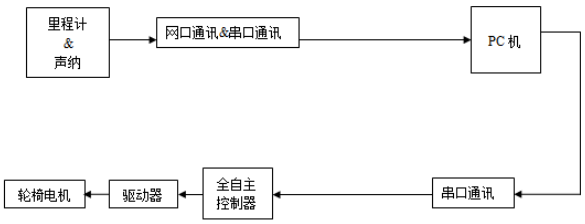


图 3 PC 控制系统结构图

图 3 显示了 PC 控制系统结构图。下位机通过网口通讯与串口通讯向上位机发送信息包，其中包含的是声纳传感器所收集到的距离等信息以及下位机所处的位置等信息。同时，上位机通过分析下位机所发送得到的数据，来生成控制信息，以一定的格式形成信息报发往下位机。如此一来，下位机与上位机成功通讯，实现下位机（DANI）的 PC 控制模式。

3. 软件功能与界面

图 4-6 为三个控制模式下的智能轮椅控制器软件功能与界面。分页栏中有人机共享模式、PC 控制模式以及纯手动模式三种。

在人机共享模式中，最上方有着 DANI 的里程计位置估计显示坐标图，以及轨迹坐标图。中间是一个 STOP 按钮以供用户停止程序。下方是一些数据显示，其中包括：用户控制速度，控制器调整速度，用户权值，控制器权值，单个力合成速度以及多个力所合成的 Final 速度。由此组成了在人机共享模式下，用户所使用的界面。在 PC 控制模式以及纯手动模式中，以此类推。

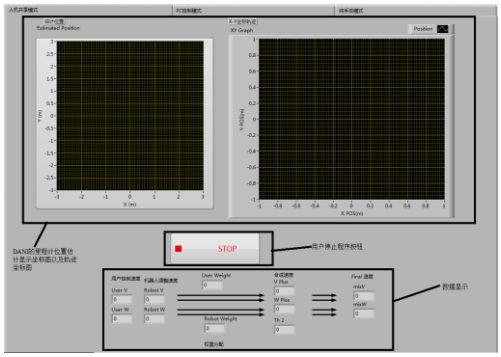


图 4 智能轮椅控制器软件功能与界面（人机共享模式）

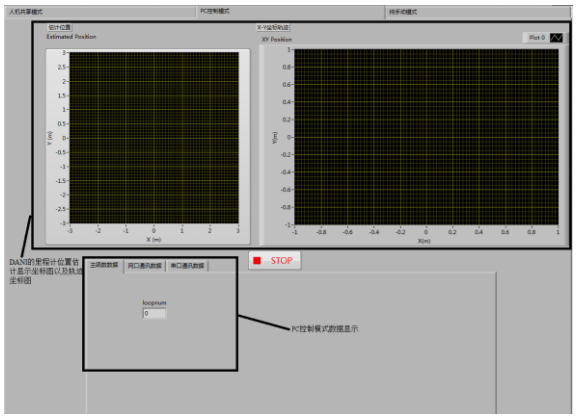


图 5 智能轮椅控制器软件功能与界面（PC 控制模式）

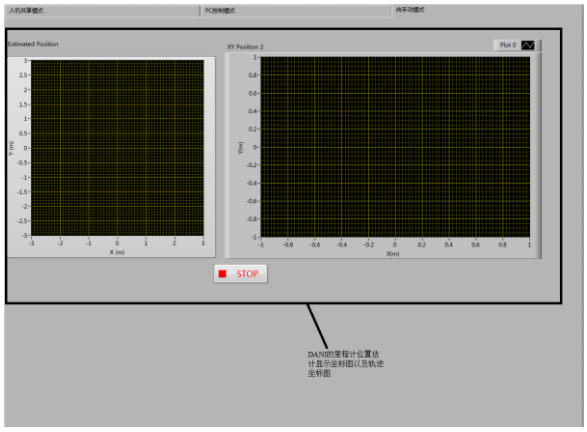


图 6 智能轮椅控制器软件功能与界面（纯手动控制模式）

总结：

针对一般智能轮椅的高成本、控制器效率低等问题，本文提出了以 NI Single-BoardRIO 为核心控制器，以单声纳的 DANI 为实验平台的解决办法，并以此为前提进行了智能轮椅开发研究。

本文提出了轮椅从纯手动向智能发展的过程中的两种高级模式：人机共享模式与 PC 控制模式。

在人机共享模式下，系统使用人机共享控制器提供核心控制，其中使用到了共享控制算法以及势场法机器人控制算法，通过传感器模块获得的周围环境信息和轮椅速度信息来评估用户控制表现，然后通过提出的人机权重分配器来合理分配人机权重，最后采用计算出来的权重加权叠加用户和机器的控制输入。

在 PC 控制模式下，通过网口与串口通讯机制，上位机与下位机之间得以信息交互，上位机在得到下位机的里程计与声纳信息之后，进行处理运算，并讲得出的控制命令下发给下位机，而下位机则将上位机的控制命令进行处理，并进一步控制电机运转。

在一系列的测试试验之后可以看到：人机共享模式系统可以达到人机控制无缝结合的效果，系统可以根据用户的实时表现来动态的调节用户控制权重，当用户能够安全地控制轮椅的时候，系统赋予用户高权值，相反，当用户无法正确安全地控制轮椅的时候，系统会加入控制器的调节机制，将人机控制很好地结合起来，将叠加之后的控制命令下发给电机。同时，PC 控制系统中，PC 机可以很好地控制 DANI，虽然声纳与激光相比较，存在一定的劣势，但是这种方式也存在一定的可行性。

总之，系统为未来智能轮椅控制器的开发研究奠定了扎实的基础。

移动式机器人智能化平台的设计与开发

作者：王 洋

指导教师：宋国荣

学校：北京工业大学

介绍：

论文以 NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0 硬件平台为基础，通过无线通信模块和 IP 摄像头，设计开发了一个视觉型移动机器人，利用 LabVIEW Robotics 2011 软件环境编写软件，对硬件进行控制，实现对周围环境的物理信息的获取和监控。其成果可作为移动式机器人实践教学平台，便于学生学习和进行实验研究；也可用于运动场、机场等路况相对平整环境下的安保巡逻，通过实时采集图像信息，解决固定摄像头的死角问题，提高环境监管质量。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2011

硬件：NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0

应用方案：

1. 系统的整体方案

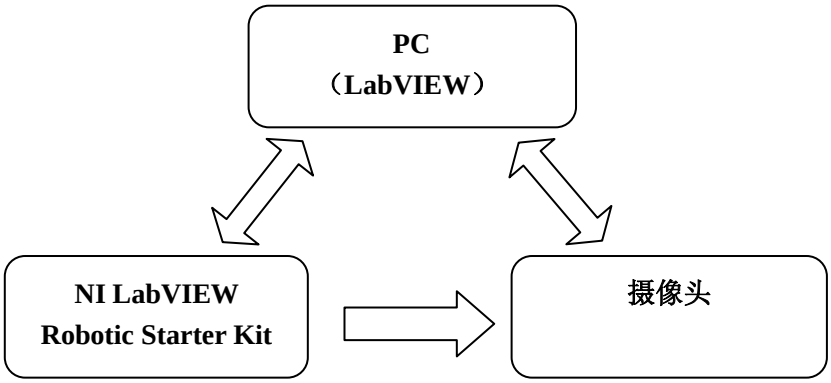


图 1 无线信息交换平台

在 NI Robotics Starter Kit 2.0 硬件平台上通过无线路由器搭建无线信息交换平台，利用无线网络实现电脑、机器人、摄像头三方的信息交互实现对机器人的控制和图像传输。无线信息交换平台如图 1 所示。

总体软件设计包括五大模块，分别为网络摄像头模块、本地摄像头模块、机器人运动控制模块、超声波传感器测距模块及图像处理模块，如图 2 所示。

其中，将网络摄像头固定在机器人上，随着机器人的控制移动，通过网络访问实现实时的图像采集及环境监控；本地摄像头模块可实现实时观察 USB 摄像头视野范围内的环境情况及机器人运动状况，根据周

围环境的实时观测，对机器人运动路线予以调整，保证机器人顺利到达预定目标；机器人运动控制模块是通过 NI LabVIEW 2011 软件设计编写运动控制程序，实现对机器人的转弯、直行控制，以达预定目标；超声波传感器测距模块主要是实现对传感器测量范围内的障碍物距离测量；图像处理模块主要是对图像进行二值化处理。

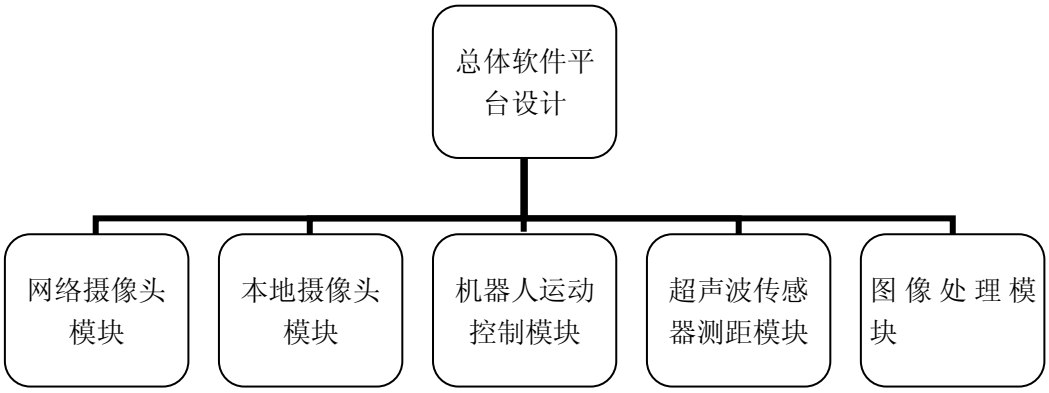


图 2　总体软件平台设计

其中，将网络摄像头固定在机器人上，随着机器人的控制移动，通过网络访问实现实时的图像采集及环境监控；本地摄像头模块可实现实时观察 USB 摄像头视野范围内的环境情况及机器人运动状况，根据周围环境的实时观测，对机器人运动路线予以调整，保证机器人顺利到达预定目标；机器人运动控制模块是通过 NI LabVIEW 2011 软件设计编写运动控制程序，实现对机器人的转弯、直行控制，以达预定目标；超声波传感器测距模块主要是实现对传感器测量范围内的障碍物距离测量；图像处理模块主要是对图像进行二值化处理。

2.　系统功能的实现

移动机器人智能化平台程序界面如图 3 所示，可通过选项卡实现网络摄像头、本地摄像头、图像处理、机器人运动控制和超声波测距各功能模块的选择，如图 4。

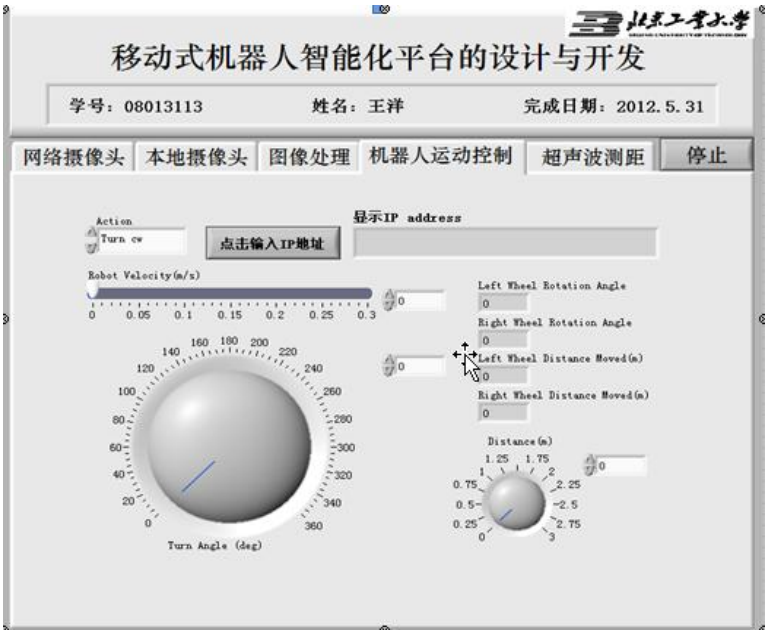


图 3　移动机器人智能化平台的整体程序设计界面

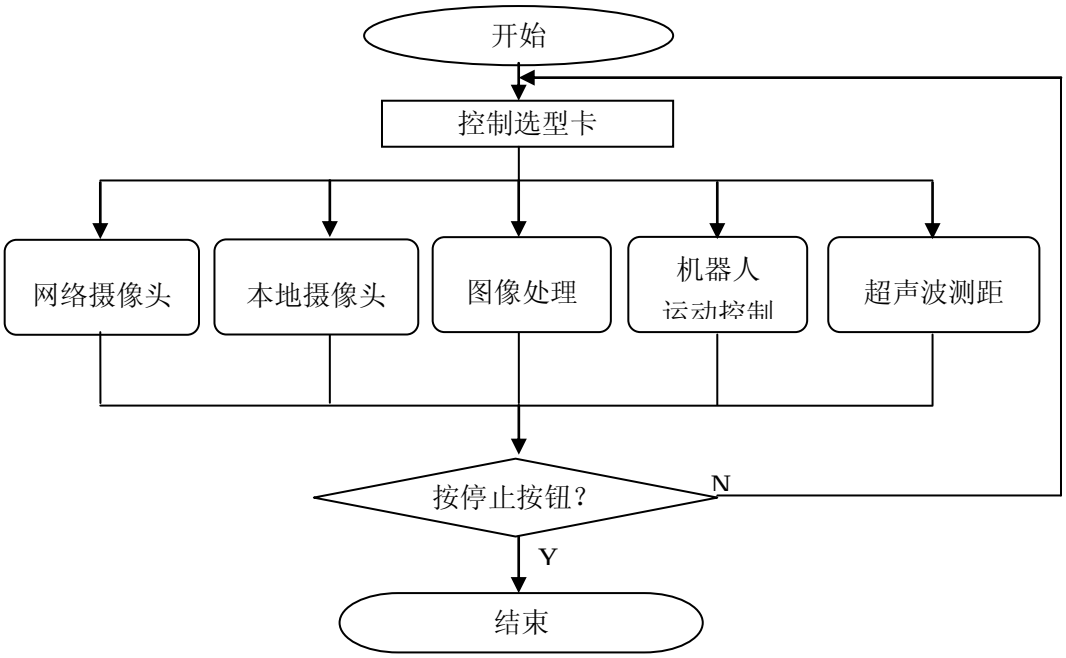


图 4 移动机器人智能化平台的整体程序设计流程图

硬件设备包括无线路由器，摄像头，主机电脑，机器人工具包，电源转换模块，图 5 为移动式机器人实物。

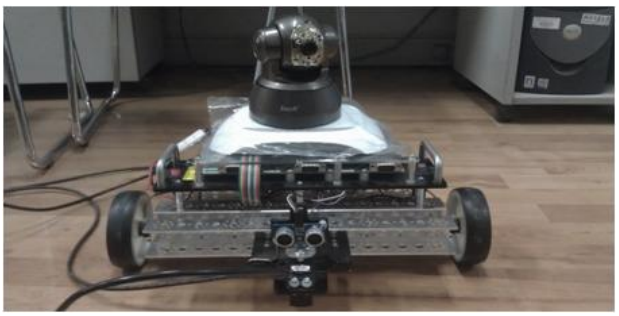


图 5 移动式机器人实物

通过输入 IP 地址，软件界面可显示网页，可通过网页在线控制网络摄像头的转向、视频图像的采集和保存、亮度对比度的调节等，如图 6 所示。

图 6 网络摄像头模块运行

通过选择本地摄像头输入终端，实现对周围环境信息的实时采集，并可通过选择存储路径，保存视频或抓拍图片。本地 USB 摄像头模块运行状况如图 7 所示。

图 7 本地 USB 摄像头模块运行

图像处理则通过选择图片打开路径，输入一定的阈值，即对所采集的图像进行二值化处理。完成后，选择保存图片路径，对处理后的图像进行及时存储，以进行图像分析研究。图像处理模块运行如图 8 所示。

图 8 图像处理模块运行

机器人运动控制是在输入 IP 地址，机器人连接成功后，按照预先设定的距离和转角运动。机器人运动控制模块运行如图 9 所示。

图 9 机器人运动控制模块运行

图 10 为超声波测距模块的运行状况，调节程序传感器舵机转角滑块，图表纵坐标显示障碍物距离，横坐标显示时间。如图 11 所示，传感器转角-54 度时，障碍物距离为 1.13 米。

图 10 超声波测距模块的运行

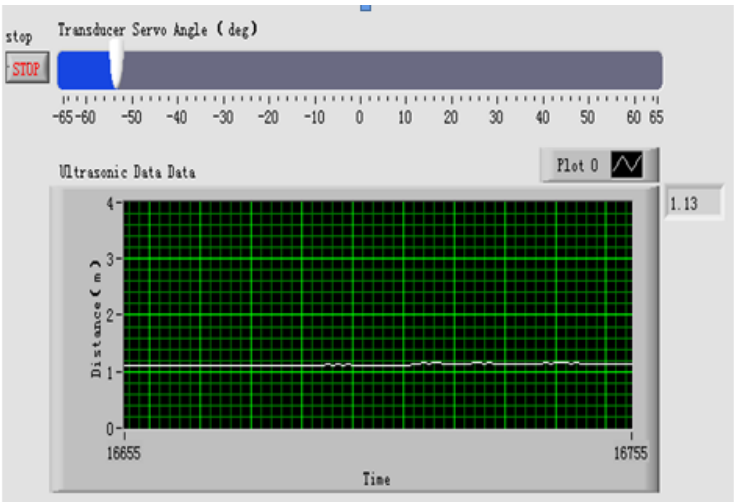


图 11 障碍物距离显示

总结：

通过摄像头调用、视频录制、图像采集与处理、机器人控制与超声波测距等各功能模块的性能测试，对移动式机器人智能化平台进行全面的功能分析，其结果正确，功能正常，表明设计成果达到预期目标。所设计的移动式视觉机器人具有以下特点：

1） 软件部分采用模块化的思想进行编程，使程序更加有层次和条理，便于扩展和更新。能够用 LabVIEW 调用普通 IP 摄像头，USB 摄像头，大大节省软件所限制的高昂摄像头费用，创造一个多性能基础性的机器人学研究实验平台。

2） 在 NI Robotics 的平台下开发低成本、高效率、可靠性强的智能移动机器人具有较好的可操作性。实验所涉及到的机器人技术、LabVIEW 图形化软件开发和 FPGA 工业控制技术等现代化测试技术与方法，作为实训平台建设的应用实例，对实践教学和实验室高速化测量的工程应用具有很好的指导和借鉴作用。

基于 NI PXI 平台的风洞虚拟飞行试验数据采集与控制系统研究

作者：陈雅雯

指导教师：夏伟杰

学校：南京航空航天大学

介绍：

本文为风洞虚拟飞行试验设计并实现了一套高性能的实时数据采集与控制系统，该系统采用高性能 NI PXI 平台为硬件平台，选择 NI PXI 模块来完风洞虚拟飞行数据的采集和舵机动作的控制，将 RTX（实时扩展模块）引入 Windows 作为系统软件平台，能够控制飞行器的机动运动过程，同时测量气动/运动参数，为研究飞行器的高机动运动特性与机理提供了先进的动态试验平台。

使用的产品：

软件：LabVIEW

硬件： PXI-1042Q 机箱 ，PXI-PCI 8336，PXI-6509 工业数字 I/O 板卡，PXI-8430/8 串口模块，PXI-6280 M 系列多功能数据采集模块

应用方案：

根据技术指标和性能要求，本文设计了如图所示的数据采集和控制系统总体方案，完成对虚拟飞行试验组件的数据采集和试验控制。

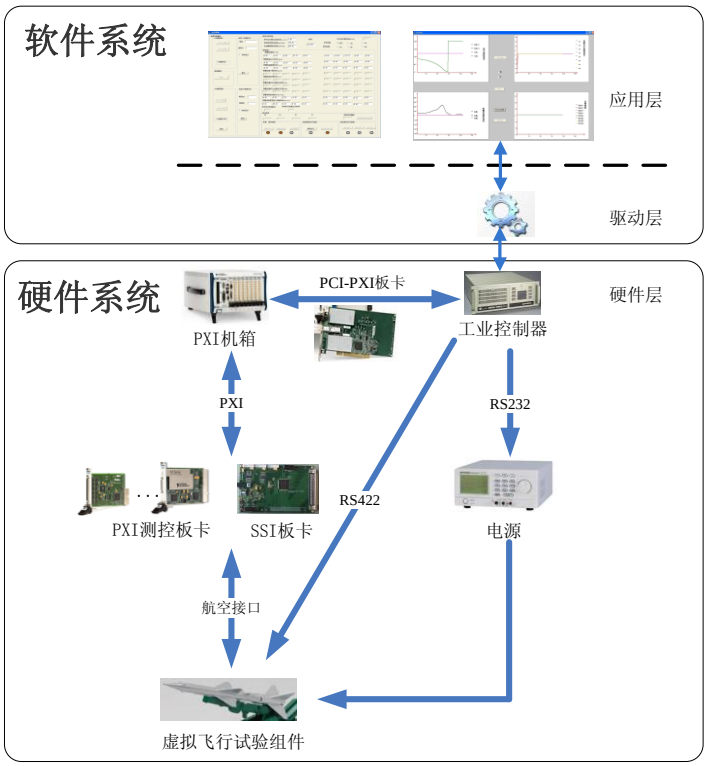


图 1 软、硬件系统图

1. 软件系统总体方案

软件系统以 Windows+RTX 方式搭建系统环境，包括应用软件、底层板卡驱动。上层软件与底层软件通过建立共享内存实现进程间通信。

1） 应用程序

应用程序主要用于实现对虚拟飞行试验的流程控制以及曲线显示的功能。本文中，应用程序的设计主要包括电源管理设计、舵机控制管理设计、试验数据管理设计、曲线显示设计四部分。

2） 驱动程序

为了满足实时性的要求，PXI 测控板卡必须工作在 RTX 实时环境下，板卡在 RTX 下的驱动程序要求具备良好的移植性和层次性，同时提供给应用程序一个非常好的接口。另外，根据虚拟飞行试验需求，系统在 RTX 环境下还包括信号编解码程序以及舵机控制算法程序。

2. 硬件系统总体方案

硬件系统包括上位机——工业控制计算机、下位机——PXI 机箱、PXI-PCI 板卡、PXI 测控板卡、电源和显示器。

1）工业控制计算机

为了满足系统系统的控制和采集要求，选择工业控制计算机作为控制核心。控制计算运行 Windows+RTX 系统，具体的 RTX 实时性能分析见第三章。

2） PXI 机箱

为了实现系统的稳定性和可靠性，选择高散热、防噪声性能好的 PXI 机箱作为 PXI 测控板卡的运行环境。

3） PXI-PCI 板卡

为了实现工业控制计算机的 PCI 总线和 PXI 机箱的 PXI 总线的桥接工作，系统选择 PXI-PCI 板卡完成了工业控制计算机对 PXI 系统的远程控制。

4） PXI 测控板卡

为了实现高性能、低成本的运载平台，本系统选用具有 PXI 总线的板卡控制舵机偏转并完成光电编码器信号、陀螺仪信号、天平信号及舵机反馈信号的采集。具体硬件设计见第四章。

5） 电源

供电电源用于给舵机提供所需电压。

3. 系统具体的设备选择如下：

1）风洞试验要求机箱具有高散热、好的防噪声性，因此本系统选用了 NI 公司的 PXI-1042Q 机箱，从而有效保证 PXI 测控板卡的运行环境。外形图如图所示。

图 2 NI PXI 平台

2）为实现工控机的 PCI 总线和 PXI 机箱的 PXI 总线的桥接工作，系统采用 NI 的 PXI-PCI 8336 套件，可以通过将 MXI-4 连接在工控机上实现计算机对 PXI 机箱的控制。 MXI-4 通过在 PCI-PCI 高带宽连接上实施桥路，从 PCI 计算机对 PXI 系统进行远程控制。 该连接对于软件应用和驱动程序都是透明的，因此工业控制计算机无需额外编程即可控制 PXI 系统。其中，MXI-4 连接是由计算机中的一块 PCI 板卡和 PXI 系统插槽 1 中的一个 PXI 模块构成，通过一根铜质电缆或光纤电缆实现连接。其外观图如**错误！未找到引用源。**所示。

图 3　实现 PXI 总线与 PCI 总线的桥接模块 PXI-PCI 8336

3）数字 I/O 板卡用于接收光电编码器发送的绝对角度信号及中断信号。结合系统对板卡的功能需求，并考虑到板卡的可扩展性，本系统选用 NI 公司的 PXI-6509 板卡。PXI-6509 板卡判定高电平范围为 2.2*V*-5.25*V*，低电平为 0*V*-0.8*V*，无需外围电路，符合系统要求。

4）电源监控板用于实时监控系统中的工作电源，本系统中选用的 4 台电源都具有 RS-232 接口。电源的通/断控制需通过串口通信实现，因此接口卡可选用 NI 公司的 PXI-8430 板卡。

5）AD 板卡用于接收天平上的 8 路双端模拟信号，并且天平信号的电压范围±50*mV*，测量精度要求精确到 0.01*mV*。结合风洞虚拟试验试验对采集板卡的精度与通道数的要求，本系统选用 NI 公司的 PXI-6280 板卡。PXI-6280 板卡有 16 路模拟通道；PXI 总线，即插即用；可提供 18 位模拟输入精度，该精度相当于 5½位的直流测量；具有可编程低通滤波器能降低高频率噪声并减少频率混叠；采样频率可以高达 500*KHz*，符合系统要求。

总结：

本文基于 NI PXI 设计了虚拟飞行试验数据采集与控制系统，完成了实时程序的开发，为后续实时数据采集测试项目积累了经验，提供了解决方法。

针对虚拟飞行试验数据采集与控制系统的要求，为提高系统实时性和结构紧凑性，将 RTX 实时扩展模块加入到 Windows 系统中作为软件开发平台。

系统测试过程中，数据显示正确、可靠，控制算法执行正确，满足舵机控制需求；试验过程中系统保存的测试数据采集实时性好、精度高，为虚拟飞行试验模型运动的分析提供了可靠的数据源。本文设计的基于 RTX 的数据采集与控制系统，达到了系统的指标要求，满足了风洞虚拟试验的测控需求，为先进飞行器的研制和发展做出了积极的贡献。

基于 LabVIEW 的通信原理课程仿真

作者：代海福

指导教师：李 梅

学校：中国地质大学（北京）

介绍：

通信原理是广大电子信息类院校的一门专业课程。但是由于实验设备及实验方法等因素的限制，同学们对此课程的理解也有了一定的难度。尤其是实验课程在这门专业课中占据了很重要的位置，成为同学们更好地理解课程内容的基石，但是大多数同学通过短短的实验操作及现象观察并不能真正掌握实验的原理和内容，使实验不能真正达到预定的目的。本文以这个实验课普遍存在的问题为出发点，目的是设计一个通信原理课程虚拟实验系统，不仅提供实验课程所需的操作和现象观察，同时也能进行实验过程的信号处理流程，从而提高教学和实验质量。

本文主要介绍了基于LabVIEW模拟实现的5个虚拟实验，分别为模拟调制，数字调制，基带信号传输，模拟信号的数字传输及PCM编码调制，这五个实验基本上涵盖了本科通信原理课程的基础实验。

论文首先阐述了课题设计的意义以及研究的主要内容；其次简单介绍了通信系统框图以及各个模块在通信中的作用；最后结合不同实验的子VI，阐明了每个模块的工作原理，包括程序的原理与整体设计以及子模块的设计等。

仿真方法主要就是利用 LabVIEW 提供的丰富的控件与子函数，结合每个实验的设计原理和思路，首先模拟通信系统的模块，如信号的传输、调制、解调、编码等功能；其次将每个模块做成各自独立的子 VI；最后将具有一定功能的子 VI 组合起来，构成不同系统的仿真。这样，不仅可以在 LabVIEW 环境中模拟以上五个通信原理实验，而且可以分别仿真每个子模块，实现其功能。

使用的产品：

软件：LabVIEW

应用方案：

本文所用设计方式：

(1) 生产者消费者设计模式

包括多个并行循环，每个循环以不同的速率执行任务。一个循环作为生产数据的循环，其他循环作为消费数据的循环。生产数据的循环控制所有消费数据的循环，并且使用通信技术与它们进行通信。

(2) 子面板技术

LabVIEW 的前面板有 Express 选项板，里面有子面板控件，该空间为嵌在前面板上的子显示板，可以通过程序控制它的显示内容，本文讨论的主界面即通过它进行不同实验界面的更换显示。

(3) 事件结构

LabVIEW 的后面板有程序结构选项子面板，软件提供六大结构，本文用时间结构进行设计，该结构可以进行自定义设计，通过它读取前面板的用户操作，在触发不同的控件时进行不同的程序流程。

(4) 子 VI

子 VI 是供其他 VI 使用的 VI，与子程序类似。子 VI 是层次化和模块化 VI 的关键组件，它能使 VI 易于调试和维护。使用子 VI 是一种有效的编程技术，因为它允许在不同的场合重复使用相同的代码。G 编程语

言的分层特性就是在一个子 VI 中能够调用到另一个子 VI。

总体设计概述：

LabVIEW 设计实验仿真程序可以使用软件提供的结构和相关函数。前面板进行控件调用，主要用于人机界面交互，这个面板是程序运行时的显示面板，用户可以进行数据输入和读取或者进行存储。后面板是程序设计界面，程序运行时一般不显示，主要调用 LabVIEW 软件提供的一系列函数对前面板的输入数据进行处理，同时将显示的数据传输给前面板显示。

本文所讨论的仿真系统采用软件提供的子面板技术和生产随着消费者模式进行设计，在主面板上选择相关的实验按钮，这时候该实验的界面就在子面板上显示出来，并可以允许用户进行试验控制。而所调用的实验通过子 VI 调用的方式来实现，这样就达到了系统的总体功能的确定。

最后的界面设计采用自定义控件的形式进行修饰，并结合相关的工控领域的习惯进行美化，形成最终的系统。

NI 的图形化系统软件开发环境 LabVIEW 中提供了六种最基本的设计模式。本文使用其中的一种：生产者/消费者设计模式。生产者/消费者设计模式的基本构成是：包括了两个 While 循环（上面为主循环、下面的为从循环）和若干个“通知”内置函数（Notifier）构成。主循环中的 Case 结构用来确定是否向从循环发出通知。如图 1 为生产者/消费者设计模式的基本框架。

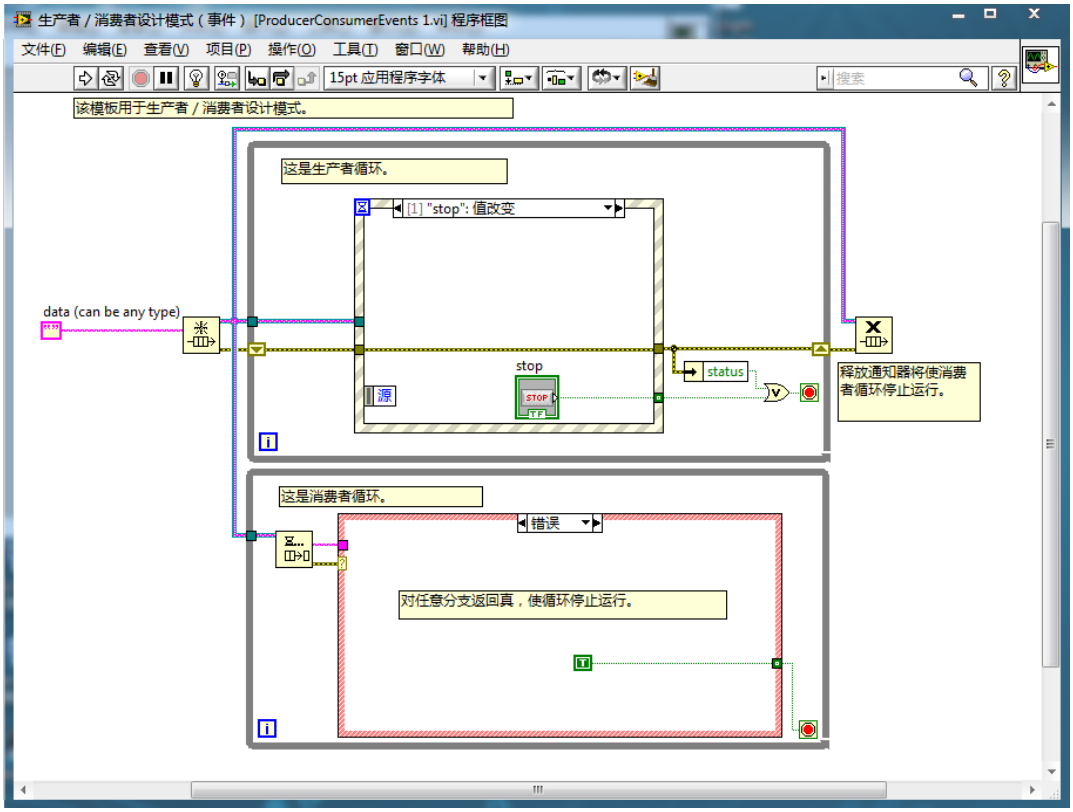


图 1　生产者/消费者设计模式结构框图

LabVIEW 中子面板技术是一项专门用作人机界面交互的方式，子面板就是一个容器，在主 VI 的前面板中显示子 VI 前面板的内容，并允许和子 VI 的控件交互。它就像一个子窗口，代替了以往弹出式的子 VI 面板，是 LabVIEW 7.0 新添加的特性，而且只包含在 LabVIEW 完全版和专业开发版中。应用子面板技术，

多个子 VI 可以同时在一个主 VI 的前面板显示，而不用打开多个独立的子 VI 窗口，避免了窗口之间相互重叠带来的麻烦。而且，子面板控件同时为在远程面板应用中查看子 VI 提供了一种方法。

图 2 所示为本文的演示程序，左侧是功能选项，右侧是子面板，显示子 VI 的界面，对每种测量类型，分别以一个子 VI 进行演示。这些子 VI 的前面板就是以子面板的方式嵌入在主 VI 的前面板中。避免了子 VI 各自弹出窗口的麻烦。

使用子面板控件，在当前 VI 的前面板上显示另一个 VI 的前面板。例如，子面板控件可用于设计一个类似向导的用户界面。

在顶层 VI 的前面板上放置上一步和下一步按钮，并用子面板控件加载向导中每一步的前面板。

如图2，是子面板设计模式效果图。

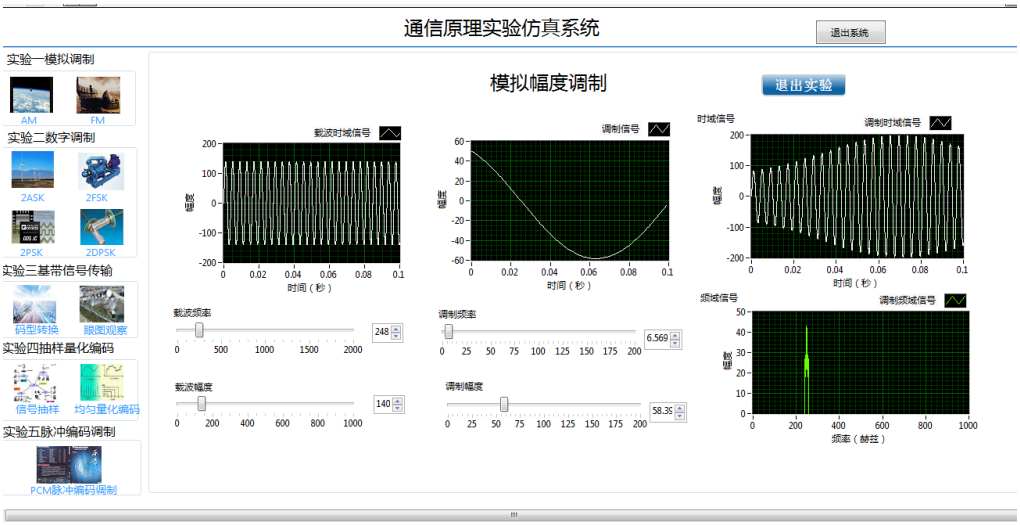


图 2　子面板设计模式

为了在子面板中进行子 VI 的动态调用，使用 LabVIEW 中的调用属性节点，读取 VI 路径并进行组合，从而在不同的按钮按下时触发不同的子 VI，实现功能选择的功能，即主界面的设计。

如图 3，是动态调用 VI 的方法后面板；图 4 为主界面的设计框图。

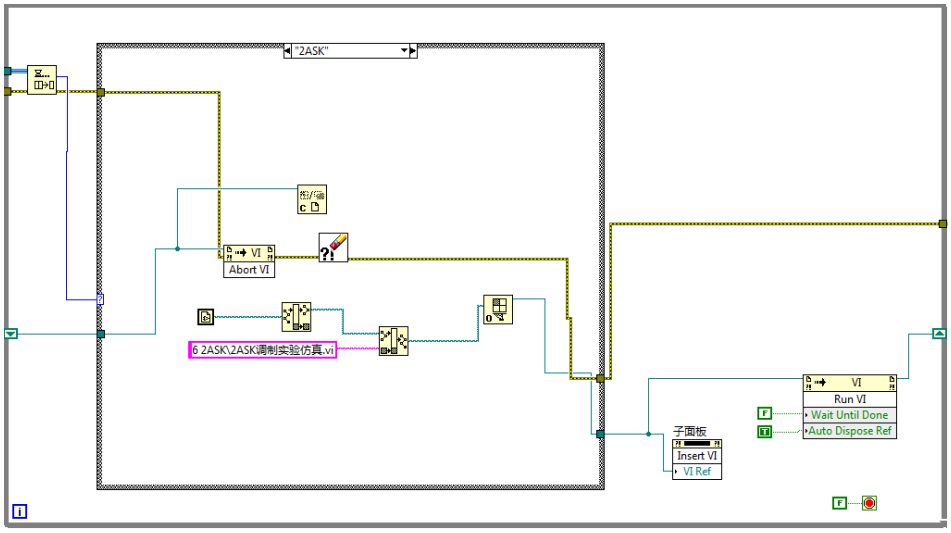


图 3　动态调用 VI 的方法设计模式

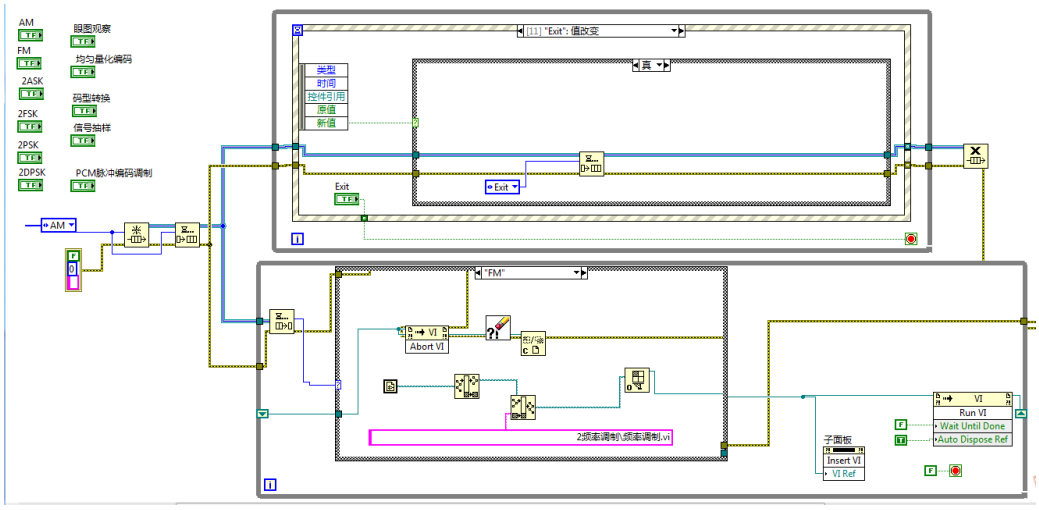


图 4　主界面的设计后面板

总结：

本课题研究的重点是基于 LabVIEW 软件设计五个通信原理的实验，实现模拟调制系统、数字调制系统、数字基带信号传输、模拟信号的数字传输、PCM 量化编码在 LabVIEW 中的模拟仿真。本课题研究得到的结果主要有以下几个方面：

分析了采用 LabVIEW 进行实验设计的可行性，并对每个模块的 LabVIEW 子 VI 后面板程序框图进行了阐述；

结合本实验的设计目的与要求，完成了各个子模块的设计，使得虚拟实验不仅可以整体仿真，并且可以单独模拟子模块；

通过程序的编写，更加熟悉了通信系统的流程以及每个部分的工作原理；

通过对每个 VI 的设计和调试，获得了利用 LabVIEW 开发的经验，并总结了一些技巧与方法。

由于个人知识的局限性与时间的制约，本文以及此设计还有许多不足，有待改善与提高，比如：

VI 的前面板还不够美观，流程的设计还不够合理，子模块涉及到的内容尚不完全；

其中一些实验的设计不够人性化，比如参数的设置中、噪声的调节等，所以灵活性不够强，程序的强壮型有待提高。

基于虚拟仪器的超高频 RFID 读写器到标签信号的研究

作者：王红迁

指导教师：裴文江

学校：东南大学

介绍：

虚拟仪器技术作为测试技术的重要组成部分，是现代测试技术和计算机技术的深层结合的产物，它突破了传统技术在数据收集、处理、显示、存储等方面的限制，在工程应用中起到越来越重要的作用。

本文基于 LabVIEW 对超高频段射频识别系统的读写器进行研究，介绍了支持 ISO/IEC18000-6 Type-C 协议的读卡器的工作原理，利用 LabVIEW 实现了 Type-C 协议中的编码、调制方式，建立起了读卡器系统的模型，并基于 NI 公司的 PXIe-5421 以及 PXI-5610 作为模拟射频信号发生器发生了真实的 Type-C 射频信号。

使用的产品：

软件：LabVIEW，LabVIEW FPGA 模块，NI-5640R 驱动，NI- RFSG 驱动，NI- RFSA 驱动，NI-RIO 驱动，LabVIEW Spectral Measurements 工具包，LabVIEW Advance Signal Process 工具包

硬件：PXI-5600 下变频器模块，PXI-5610 上变频器模块，PCI-5640R IF 收发器模块，PXIe-5421 任意波形发生器，PXI-5620 数字化仪模块

应用方案：

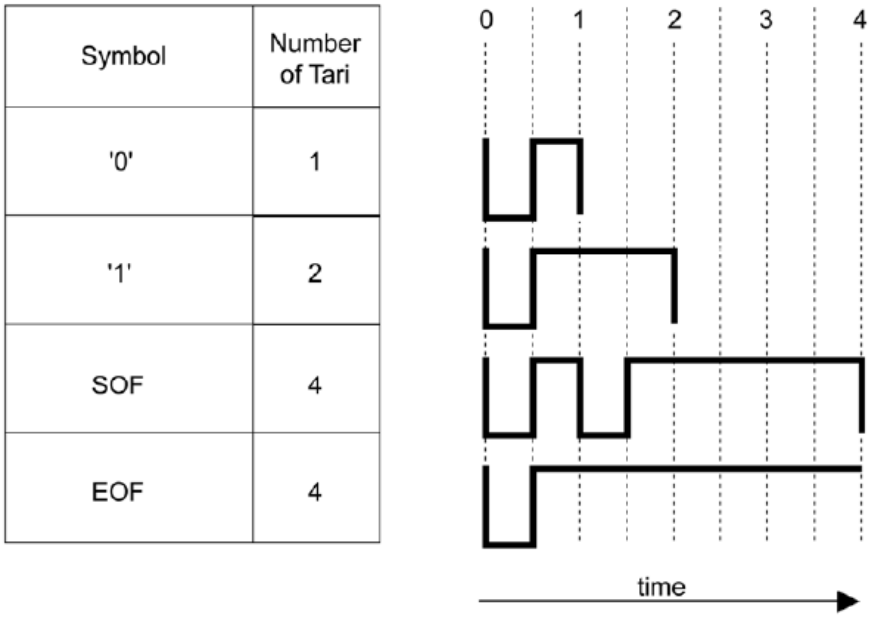
RFID 无线射频识别技术是 20 世纪 90 年代开始兴起的一种自动识别技术。射频识别系统通常由电子标签和读写器组成。近几年来，凭借其作为自动识别的诸多优点在国内外迅速发展。RFID 技术与互联网技术、通信技术、传感技术等相融合，构造了一个无所不在的网络环境。其应用场景十分广泛，比如在身份识别、物流管理档案管理、生产控制等诸多领域中凸显了其作用和优势。在所有频段中，基于 ISO/IEC 18000-6 Type-C 协议的 RFID 技术应用前景十分广泛，所以本文依据该协议，利用 NI 和 TeKtronix 的仪器对应用在该频段上的读卡器模块进行设计和实现。研究该频段上的信号的产生可以深入的理解 RFID 的原理，为以后的工业生产标签，读卡器打下基础，更主要的是完成下一步的关于 RFID 的测试系统。

图 1　系统硬件连线图

该系统的实现基于 NI 的软硬件平台，信号的发射和接收都是基于 PXIe-5421、PXI-5610 以及 PXI-5600 和 PXIe5620，利用图形化的编程语言 LabVIEW 以及相关的工具包完成 PIE 编码及分析。

PIE（Pulse Interval Encoding）编码又称为脉冲宽度编码，原理是通过定义脉冲下降沿之间的不同时间宽度来表示数据。PIE 编码是 Type-C 标准前向链路通信时采用的数据编码方式。它通过脉冲间隔（Pulse Interval）的不同长度来区别数据 0 和 1，且在任一符合数据的中间产生一次相位翻转。如图 2-3 是满足协议的 PIE 编码图。

在标准的规定中，由读写器发往标签的数据帧由 SOF（帧开始信号）、EOF（帧结束信号）、0 和 1 组成。四者和 Tari 之间的关系如图 2 所示：



Symbol	Number of Tari
'0'	1
'1'	2
SOF	4
EOF	4

图 2　PIE 编码

下图所示是利用 Labview 实现的 PIE 编码框图

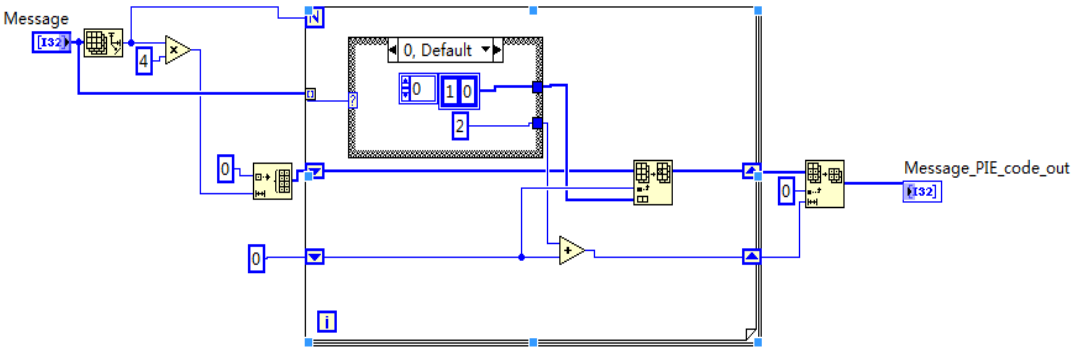


图 3　PIE 编码结构图

给出基本的数据验证 PIE 编码的正确性，加入需要编码的 0,1 数据流是 101，则理论上通过 PIE 编码得到的 0，1 数据流应该是 1110101110，下图 4 给出程序运行结果，从图中我们可以得出 PIE 编码的正确

性。

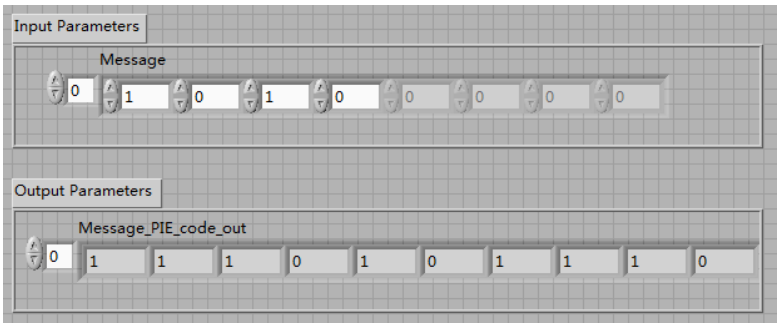


图 4　PIE 编码实验结果

基于 ISO/IEC 18000-6Type-C 协议的读卡器到标签发射信号的程序框图如下所示：

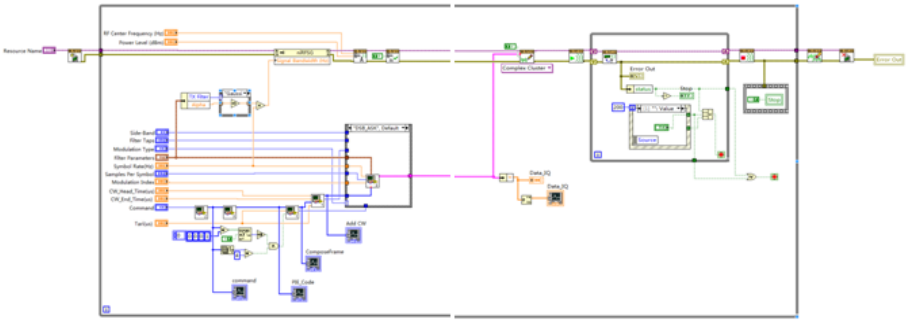


图 5　程序框图

该程序充分利用了 NI 公司给出的子 VI，利用 Labview 子 Vi 关键是根据对应的协议配置好所需要的参数。其中前面板的框图如下：

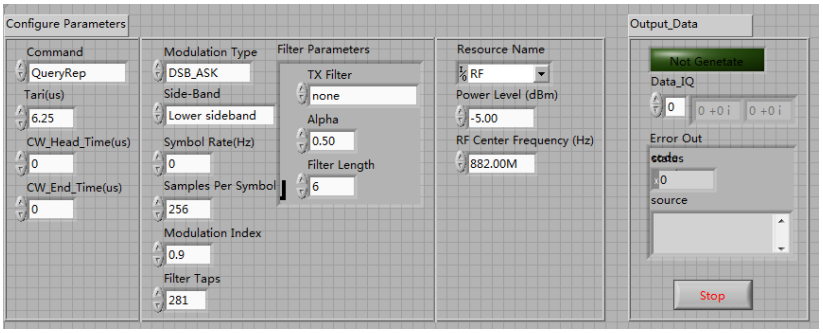


图 6　前面板框图

里面包含读写器发往标签的命令的类型，调制方式的选择，以及仪器配置的选择，同样给出在错误情况的反馈。

总结：

本课题主要完成读写器到标签信号的研究工作，首先，该论文讲解了 RFID 的系统结构和工作原理，在此基础上重点讲解了基于 ISO/IEC18000-6 Type-C 协议的读卡器的结构以及通信机制，再理解了协议的前提下，给出了系统模拟的硬件平台和软件平台，最后给出模拟的结果。

纯电动汽车下线故障诊断系统的开发

作者：崔书超

指导教师：南金瑞

学校：北京理工大学

介绍：

纯电动汽车故障诊断设备采用硬件在环检测、故障代码制订以及提取、数据库存储技术，针对驾驶室和底盘电器配置的实际情况，模拟车身电气系统的中央控制模块的功能发送接受 CAN 报文，并能模拟各个控制器，实现简单的逻辑控制功能，连接驾驶室或者底盘线束接口，形成可检测的闭环控制回路，以及利用上位机 LabVIEW 平台向特定电器设备(如仪表)提供匹配的输入信号，自动存储波形图表待以后回放查看，并比较检测结果与规定指标，判断驾驶室或者底盘电器是否正常工作。本系统实现了电动汽车内电器开关、线束、电器设备及其电气回路等的集成检测，并自动记录各电器的检测结果，从而加快了整车下线生产节拍，保证了产品质量，为实现产品质量的评价与追踪提供了重要依据。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2009 ，LabVIEW Report Generation Toolkit for Microsoft Office

应用方案：

电动汽车下线故障诊断方法采用的技术方案如图 1 和图 2 所示。如图 1 为系统内部网络拓扑图， 图 2 为系统工作原理图。图 1 所示，系统的四个板卡通过内部 CAN 总线与上位机相连，上位机相当于网关用，既与内部网络 CAN1 相连还通过内部通讯网络 CAN2 与待诊断整车网络相连接，共同组成检测系统通讯网络。

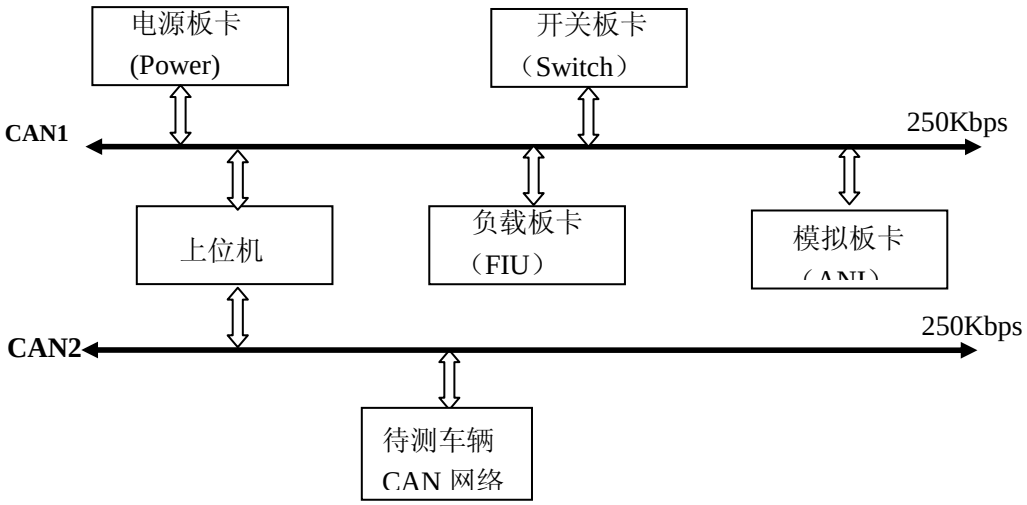


图 1　系统内部网络拓扑

图 2 中，硬件为自己开发，包括系统中的下位机板卡：开关板、模拟板、负载板、电源板通过检测系统接口与整车下线待诊断电器或者回路（驾驶室部分或者底盘部分）相连接。上位机 PC LabVIEW 平台通

过诊断硬件通过 CAN 总线控制下位机动作，通过模拟底盘执行电子控制单元（ECU），连接驾驶室线束接口，从而形成可检测的闭环控制回路；通过向特定电子电器设备(如仪表)提供匹配的输入信号，比较检测结果与规定指标，检测该设备的质量状态，诊断结果可以通过打印机（打印出来，220V 转 24V 的稳压电源为下位机系统供电。

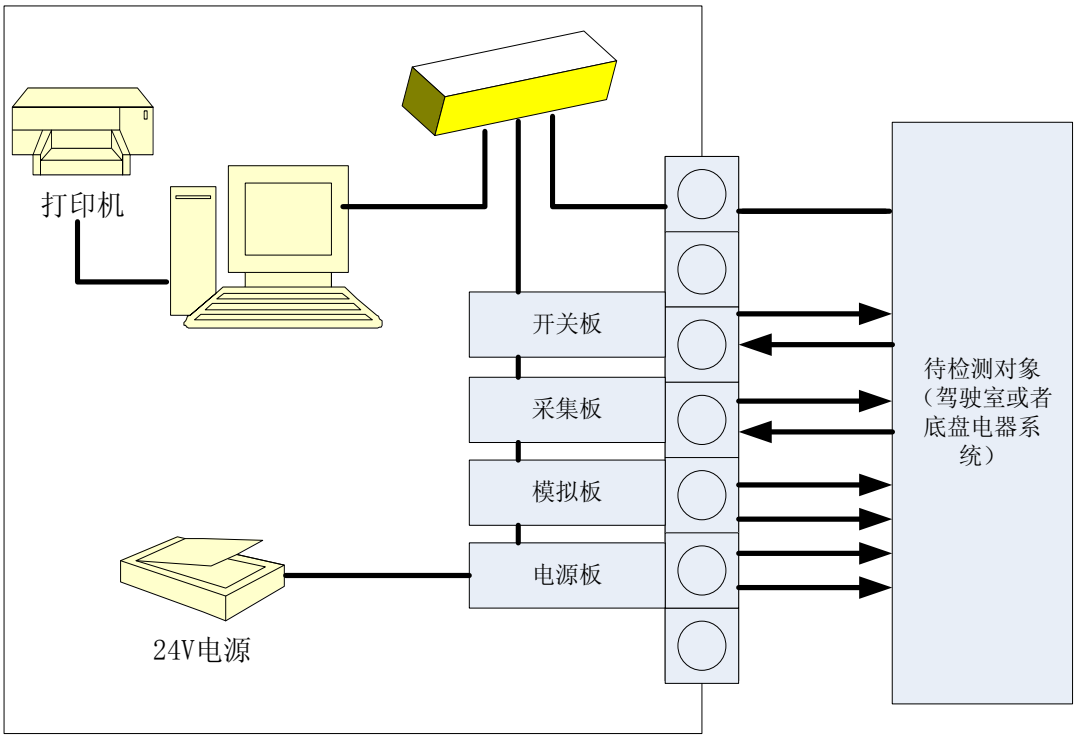


图 2　系统工作原理图

其中上位机平台是利用 NI LabVIEW 平台开发完成的，利用 LabVIEW 平台可以很好地编制一些界面直观又控制功能强大的上位机控制平台。本系统应该具是通过给被测对象提供所需要的输入或者通过下位机采集上来的数据进行分析，来判定被测对象的功能是否正常，并能够从总线上直接读取 CAN 信息，来读取故障代码来显示 CAN 信息，下面我们具体分析上位机的功能：

(1) 具有用户管理功能，能够添加新用户，删除用户，设置不同的权限，具有不同的等级，不同权限的用户能够进行不同等级的操作。

(2) 上位机软件具有一定的加密算法，使用户在使用一定的日期以后，续费之后，软件才能操作，保护作者的合法权益。

(3) 检测结果以及故障可以直接保存到数据库中，并且能够随时调出查看，存储结果以时间为索引。

(4) 生成的故障还应该能够导入检测，而不用换完故障 ECU 之后，重新从头开始检测，这样可以节约大量时间。

(5) 检测结果可以直接生成报表并打印出来，方便整车车进行整车故障检验进度查询。

(6) 故障直接以故障内容的形式显示出来，而不用用户自己查阅故障代码，简洁可靠实用。

图 3 为软件的其中一个检测界面。

总结：

本系统通过实际试验操作，为系统进行了整体验证，证明了系统稳定可靠，实用性强。上位机系统采用多线程的模式编写，保证多个任务可以同时处理，并且利用生产者消费者模式进行数据处理证明了

LabVIEW 的强大功能，系统能够储存检测员的用户名，检测时间，整车类型，检测序号以及故障信息，并能够删除废弃的检测信息，最后还能够根据检测需要生产检测报表，检测报表具有很好的实用性。

图 3　整车控制器检测界面

基于 LabVIEW 的虚拟轧机系统

作者：陈 博

指导教师：童朝南

学校：北京科技大学

介绍：

现代高精高速轧制技术中，不但对厚度自动控制系统（AGC）十分重视，对板形自动控制系统（AFC）的要求也越来越高，因此，为了保证实际生产中板形质量和板厚质量，开发先进的板形板厚模型和综合控制系统具有十分重要的实际意义。本设计针对板形板厚综合系统，建立了比较完善的系统模型，分析了系统的板形板厚控制特点，建立了一套基于 LabVIEW 的虚拟轧机实时仿真平台。该仿真平台由一台虚拟轧机模型仿真机、一台人机界面系统（HMI）和一台控制器组成。本系统的设计完全模拟了现场真实轧机，为实际生产的离线仿真分析、模型优化、智能算法应用提供了一个安全可靠的实验平台。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2010，LabVIEW DSC 模块

应用方案：

本虚拟轧机系统主要由模型仿真机、HMI 和 PLC 控制器组成。模型仿真机应用 LabVIEW 模拟仿真了一台单机架四辊铝箔轧机的电力拖动系统、液压位置系统、轧制过程中板形板厚的数学模型以及动画效果和声音效果和各种虚拟仪表和虚拟传感器。HMI 应用 LabVIEW 开发实现模型参数和轧制规程参数的预设定、存储和读取，轧制生产过程数据曲线的显示和记录，并且统计产品的板形板厚质量。PLC 控制器对电机电流转速双闭环系统、液压缸位置系统以及轧制过程板形板厚进行工业常用的 PID 控制，并且尝试引入先进的智能控制算法。本系统的结构图如下所示。

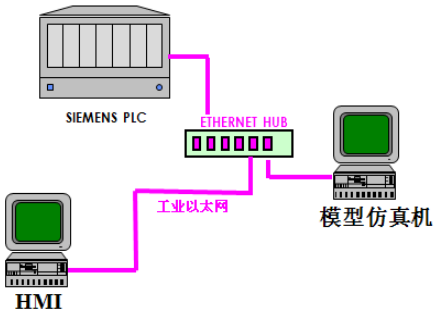


图 1 虚拟轧机系统结构图

如图 1 所示，系统的三个组成部分通过工业以太网连接，LabVIEW 与 PLC 之间通过 LabVIEW DSC Module 的 OPC 进行通讯。工业现场的软件系统通常需要进行大量数据的通讯，因此通讯的可靠性是必须保证的。LabVIEW 的 OPC 通讯可以支持多种厂家的硬件设备，几乎包括世界上所有主要的自动化控制系统、仪器仪表及过程控制系统的公司，并且可靠性很高。本设计经测试在添加两千余个 IO 点后，连续 100 多小时工作，通讯快速并且准确稳定。

在自动控制系统中，模型仿真机中存放了被控对象的数学模型，HMI 向控制器和被控对象设定模型参数和轧制规程，HMI 与模型仿真机之间的通信采用 DataSocket。DataSocket 技术是 NI 公司推出的面向测控领域的网络通信技术，对 TCP/IP 协议进行高度封装，面向测量和自动化应用，用于共享和发布实时数据。DataSocket 能有效地支持网络上不同计算机上不同应用程序之间的数据交互，安全可靠。

模型仿真机的主画面是轧机系统运行状态画面，如下图所示。

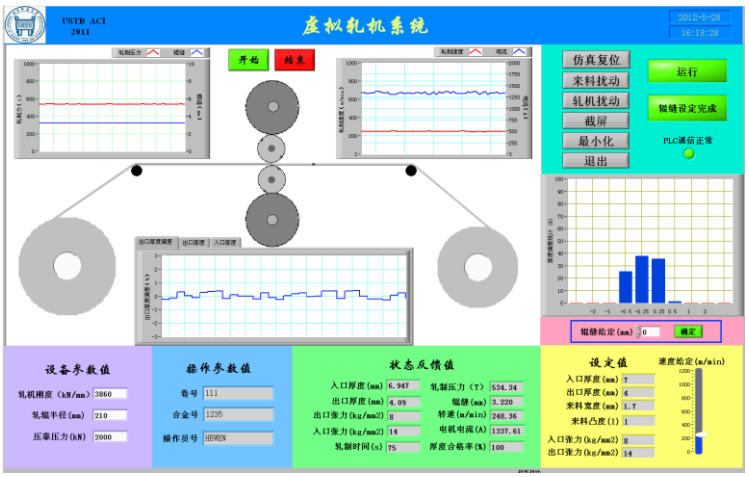


图 2　仿真模型机主画面

人机界面系统（HMI）由二十幅画面组成，完成了模型和控制器的预设定、轧制规程的预设定、轧制状态的现实、产品质量的统计、历史数据的存储和记录等功能。

总结：

目前国内工业控制上位机软件中，LabVIEW 的使用尚不多见，本设计充分利用 LabVIEW 数据处理能力强、界面人性化、易用性强、OPC 支持多厂商产品通讯等优点，完成了虚拟轧机系统的开发，包括轧机模型计算设计、人机界面的设计开发、控制系统的设计优化、上下位机的实时通信、上位机与数据库的通信等工作，为模型的进一步优化和先进控制算法的引入打下了坚实的基础。本系统是一个离线系统，解决了难以现场调试的问题，为轧制理论的研究提供了一个安全可靠的平台。本系统对实际生产中改进控制模型参数、轧制过程负荷分配、提高产品质量和生产效率有着重要意义，既具有理论价值也具有实际价值，是对冶金轧制自动化理论研究和工程应用的重要支撑。

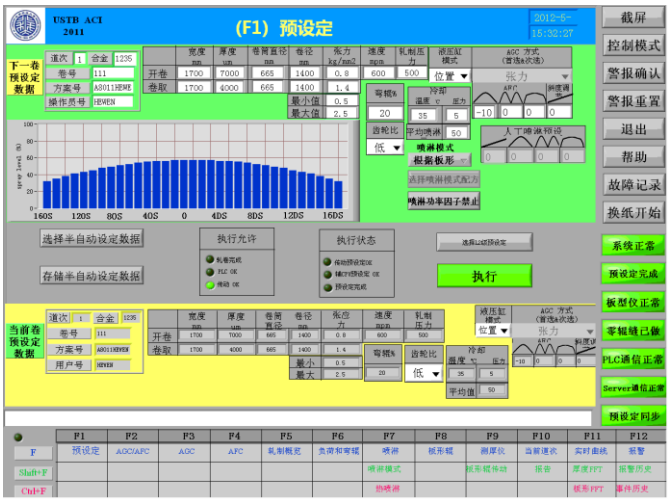


图 3　HMI 主画面

基于 LabVIEW 直升机电源地面监控系统

作者：叶志斌　黄宽

指导教师：王长坤

学校：南昌航空大学

介绍：

随着我国直升飞机在各个领域广泛运用，为了能够做到实时监控飞行安全，尤其是直升机电网，设计一个基于 LabVIEW 软件建立的直升机电源地面监控系统主电路模型，利用自动检测平台实现对直升机人机交流，直流电源系统地面监控电网络工作状态，对电压，转速等参数的检测，故障和告警等信号的监控与显示。通过串口通信与汇流条功率控制器,发电机控制器等进行通讯，检测汇流条功率控制器,发电机控制器发送的通信信息和数据，实现对电源系统工作状态的监视和主要工作参数的检测。通过模拟实验结果表明该系统界面简洁明了，操作方便，运行稳定，能够及时准确的测量数据，分析数据，具有较强的功能。

使用的产品：

软件：LabVIEW

硬件：PXI-1042 机箱，　PXI-8186 控制器，PCI-6013 M 系列多功能数据采集卡，函数信号发生器，直流电源

应用方案：

直升机电源地面监控系统实现对直升机人机交流，通过采集卡采集直升机电网络中电压，转速等主要参数，再由电网络监控系统分析直升机各种参数是否正常，如若不正常显示故障并发出警告。对于数据采集保护则采取了数据暂存、波形监控、报表生成以及打印等方式，方便用户日后调查使用。

电网络监控系统主要界面简介：

1）登陆界面：用户通过登录认证后才能进入监控系统。

2）用户选择监控界面：用户可以根据需求查看不同的界面。

3）用户选择系统界面：此界面分为直流电源监控系统，交流电源监控系统，波形监控，直流电源系统电路图，交流电源系统电路图五大板块。

4）直流电源监控系统界面：本界面包含了直流电源系统的发电机入网状态，蓄电池的入网状态，登录时间，数据采样参数设定，继电器控制面板以及报表的生成打印按钮。

5）直流电源系统电路图界面：本界面是根据设计需求增加的与动态直流电源系统（图 1）相应的电路图。

6）三相交流电 B 相电源监控系统界面：本界面包含了直流电源系统的发电机入网状态，应急电源的入网状态和地面交流电源入网状态，登录时间，数据采样参数设定，继电器控制面板以及报表的生成打印按钮。

7）交流电源系统电路图：本界面是根据设计需求增加的与动态交流电源系统相应的电路图。用户可根据需求自行选择。

8）波形监控：本界面是对采样数据波形，包含通道选择面板，采集卡设置面板，波形操作面板。通道 0~5 为直流波形选择，6~8 为交流电波形选择按钮。由于实验室资源的局限，直流电与交流电采取形同的信号源，图为各通道采集波形。由于采用差分输入，波形准确完好，无干扰。

9）数据暂存界面：此界面是数据暂存界面包含波形显示和数据显示。

10.Excel 报表生成界面：此表是 B 相交流电源监控系统最后生成的 Excel 表格，其中含有发电机的电压参数，入网状态(0\1 表示)。

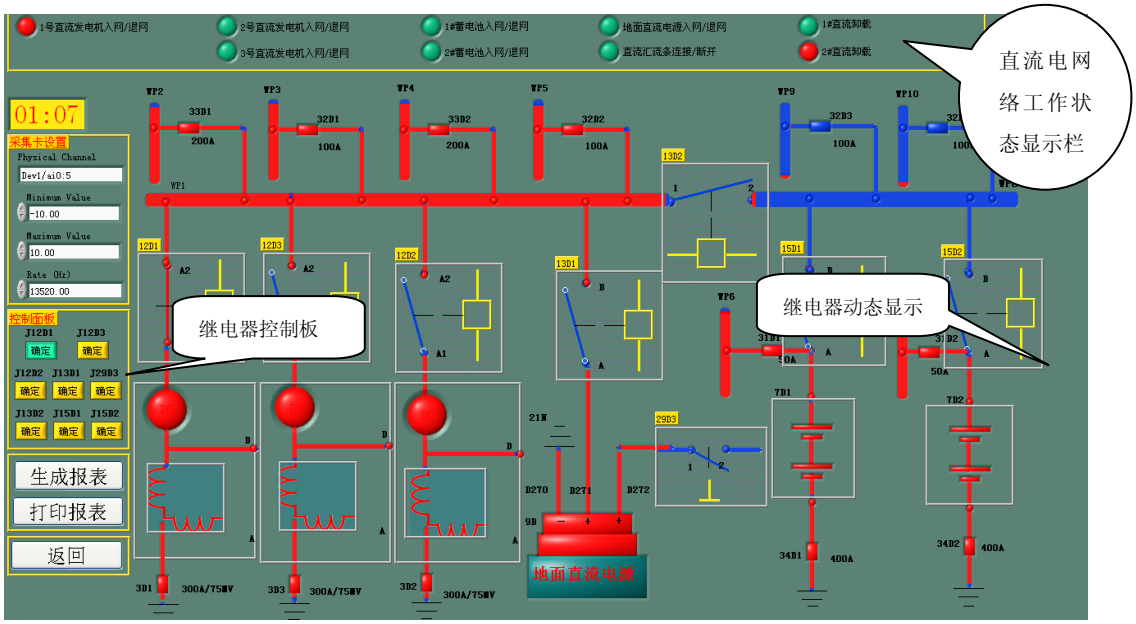


图 1 直流电源系统电路图界面

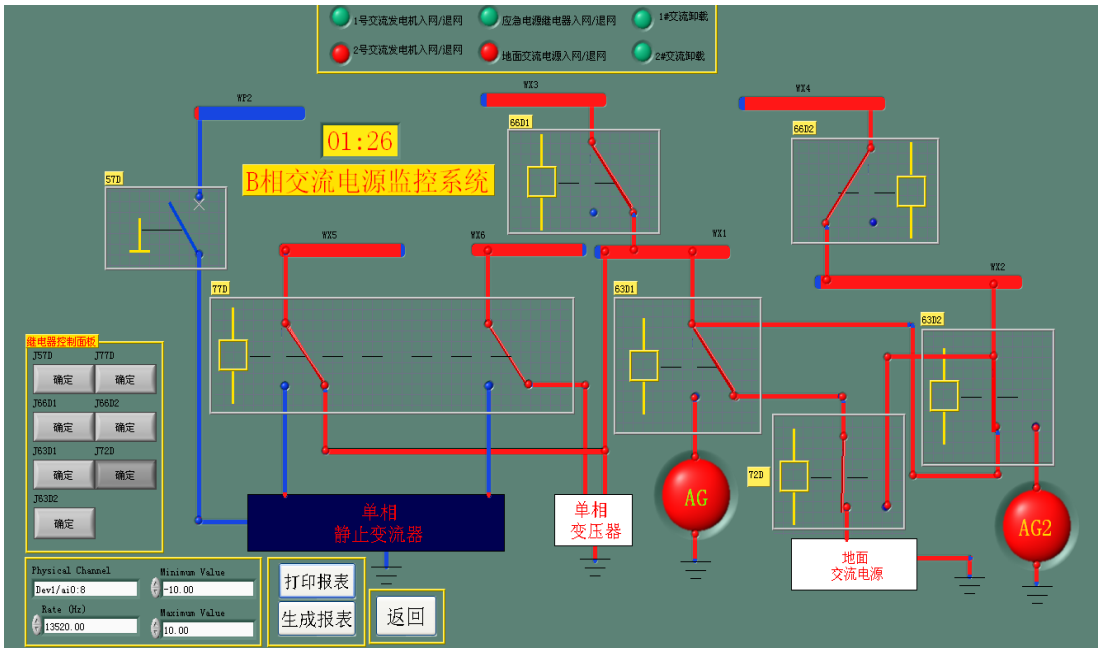


图 2 三相交流电 B 相电源监控系统界面

总结：

仪器技术应用于直升机电网络监控，运用LabVIEW平台设计监控系统，通过各种采集卡，快速准确地测量出主要参数，并且对于故障能够及时的显示并发出警告，保障飞机安全。

经过实验室试验结果表明：实验可以达到预期要求，系统界面简洁，运行稳定，操作方便，功能齐全，具有很高的使用价值。

基于 LabVIEW 的 RIP 路由协议研究与实现

作者：沈文慧

指导教师：吴建伟

学校：北京邮电大学

介绍：

RIP 协议是最早出现的动态路由协议，也是应用最广泛的路由协议之一，它是一种基于距离矢量（Distance-Vector）算法的路由协议，主要用于规模较小的网络中。本次毕业设计是基于传统路由协议与新型应用软件结合的想法，建立在 LabVIEW 软件基础上，针对 IPv4 中的 RIP 协议，以及 IPv6 中的 RIPng 协议进行研究与设计，为更好的了解 RIP 协议提供一种新途径，模块化设计增强了程序的可读性，友好的人机交互形象生动的模拟了 RIP 协议的基本工作原理。

使用的产品：

软件：LabVIEW 8.6

应用方案：

1. 系统设计

本设计最终实现目标，运行后应该是一个类似于实体环境中路由器接收并处理 IP 数据包的状态，是在 IPv4 和 IPv6 地址基础上的 RIP 协议的实现，故对系统进行模块化的分析，从整个收包处理的流程来看，主要为 IP 报文编辑模块，收包判断模块，分析处理模块，IP 地址设计模块。具体设计思路如图 1：

（1）IP 报文编辑模块 ：实时的新建和编辑 IP 数据包（路由更新数据包，IP 转发数据包）。

（2）收包判断模块：对收到的数据包的类型及格式能做出正确的判断，得到必要的数据，如端口，下一跳网络地 址。对错误的包有必要的提示并做出处理，如丢弃。

（3）分析处理模块：若是路由更新数据包，则选择性更新路由表，若是需要转发的 IP 报文，则查找本地路由表，转发报文或者丢弃报文。

（4）IP 地址设计模块：IP 地址处理是系统设计的基础，而由于 IPv4 地址和 IPv6 地址格式不同，系统设计相应会有些改变。

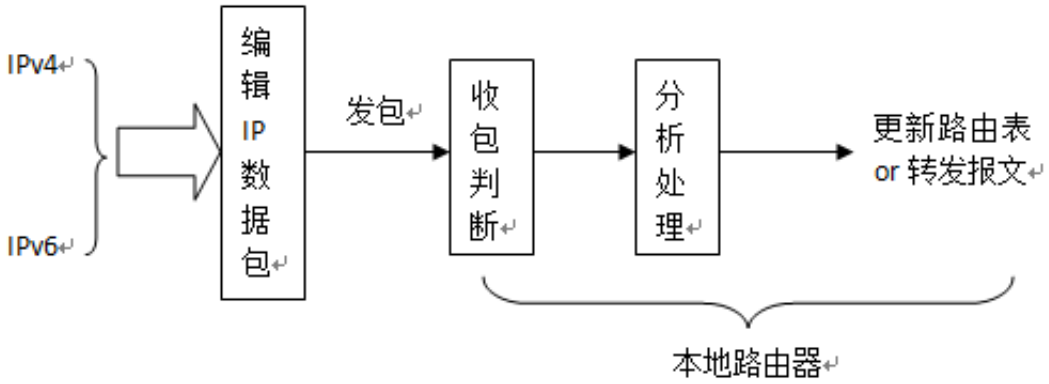


图 1　系统模块化设计

2. 系统实现

由于 RIP 协议是建立在软件和硬件基础之上的网络协议，单纯用 LabVIEW 软件是无法完全模拟出该协议的实际应用状态，且时间有限，本设计在不影响核心算法的情况下，人为简化了部分模块，比如 IP 报文格式。

RIP 协议路由更新原则如下：

（1）收到邻居路由发来的路由更新表后，对于路由表中不存在的路由项，在度量值小于协议规定最大值（16）时，在本地路由表中增加该路由项，度量值加 1，改变下一跳地址和转发端口。

（2）对本地路由表中已有的路由项，当发送响应报文的 RIP 邻居不同时（通过收到 IP 报文的端口判断），只在路由项度量值减小时，更新该路由项，度量值加 1，改变下一跳地址。否则，忽略。

（3）对本地路由表中已有的路由项，当发送响应报文的 RIP 邻居相同时（通过收到 IP 报文的端口判断），不论响应报文中携带的路由项度量值增大或是减小，都更新该路由项度量值加 1，改变下一跳地址。

使用如图 2 的拓扑图完成系统测试，以 R2 为本地路由器，R1 和 R3 是它的邻居路由，阴影部分为到达目的网络的度量值，192.168.3.0 表明 R1 和 R3 都可以远程到达的网络地址，只是度量值不同。

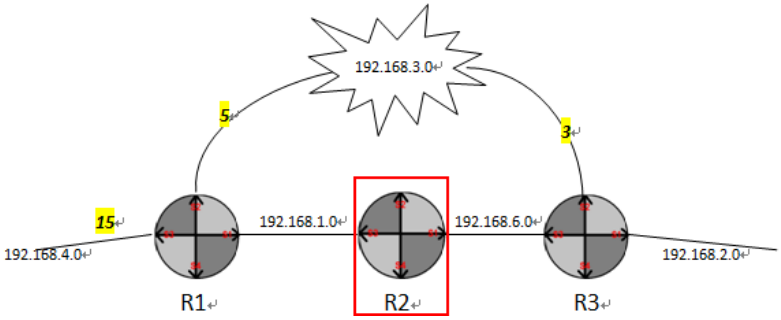


图 2　IPv4 地址的网络拓扑示意图（R2 为本地路由器）

如图 3 为系统前面板，有“创建 IP 报文”、“编辑路由报文”、“发包”、“Reset”、“退出”5 个按键，举例为 R2 收到来自 R1 的路由更新数据包进行的改变。

图 3　系统前面板

总结：

本次设计在研究虚拟仪器技术，RIP 协议，IP 地址协议，以及软件开发技术的基础上，使用图形化系统设计软件 LabVIEW 实现了传统路由协议 RIP 协议，为更好的学习计算机路由技术提供了一种新的途径。在学习图形化编程的过程中，深刻意识到虚拟仪器技术是仪器发展的重要发展方向，虚拟仪器为程序设计提供了一种新的设计理念，以后应用也会越来越广泛。

HLS 脉冲磁场自动测量系统的研制

作者：孙宇翔

指导教师：尚 雷

学校：中国科学技术大学国家同步辐射实验室

介绍：

国家同步辐射实验室合肥光源（Hefei Light Source，HLS）先前研制的脉冲磁场测量系统已不再满足当前脉冲磁场测量需求，需要重新建设脉冲磁场自动测量系统。本论文在此背景下，完成了脉冲磁场自动测量系统的研制，对测试用冲击磁铁进行了测量，并对测量结果进行了分析。本论文研制的自动测量系统采用虚拟示波器和 LabVIEW 结合的方式开发了功能强大的测控软件。硬件上采用高精度三维电控运动位移台，由基于 PLC 的运动控制器控制步进电机带动位移台运动，由基于 LabVIEW 的编程实现测量需要的运动控制算法。该磁场测量系统经测试，可全自动实现脉冲磁场二维空间扫描测量。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2010，Vision Acquisition Software 2010，LabVIEW Database Connectivity Toolkit

应用方案：

1. 脉冲磁场测量系统

脉冲磁场测量系统主要由测磁传感器，运动控制系统，脉冲电源，脉冲磁铁，PC 示波器，计算机等组成。由基于 LabVIEW 开发的控制软件处于整个系统的核心地位。脉冲磁铁磁场的测量基于法拉第电磁感应定律，由漆包线绕制而成的测磁线圈作为测磁传感器，当线圈置于磁铁磁场中时，变化的磁场将在线圈上产生电场。磁场和在线圈上由电场产生的电动势之间的关系如右式所示：

$$V(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -NS\frac{dB(t)}{dt},$$

因此磁场 B 可由如右表达式给出：

$$B(t) = \frac{1}{NS}\int V(t)dt,$$

式中 N，S 分别是线圈的匝数和面积。测量系统框图如图 1 所示，

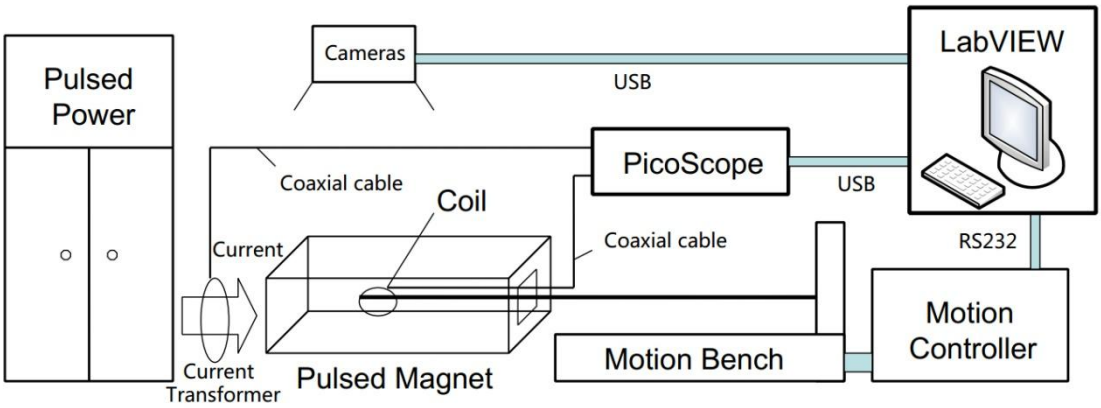


图 1　磁场测量系统框图

LabVIEW 通过 RS232 与运动控制器通信，控制步进电机带动传感器运动。通过 USB 驱动与 PC 示波器通信，采集脉冲磁场信号。通过 IMAQdx 采集工业 USB 摄像头视频。图 2 所示为测量现场照片。

图 2　测量现场照片

2.　基于 LabVIEW 的软件开发

脉冲磁场测量系统软件界面由一个主界面模块，三个子界面模块，四个菜单及一个独立运动控制软件构成，各程序模块之间通过全局变量进行通信。总共由 40 多个子 VI 以及配置参数文件，DLL 文件，自定义控件等构成。基本层次关系如图 3 所示。

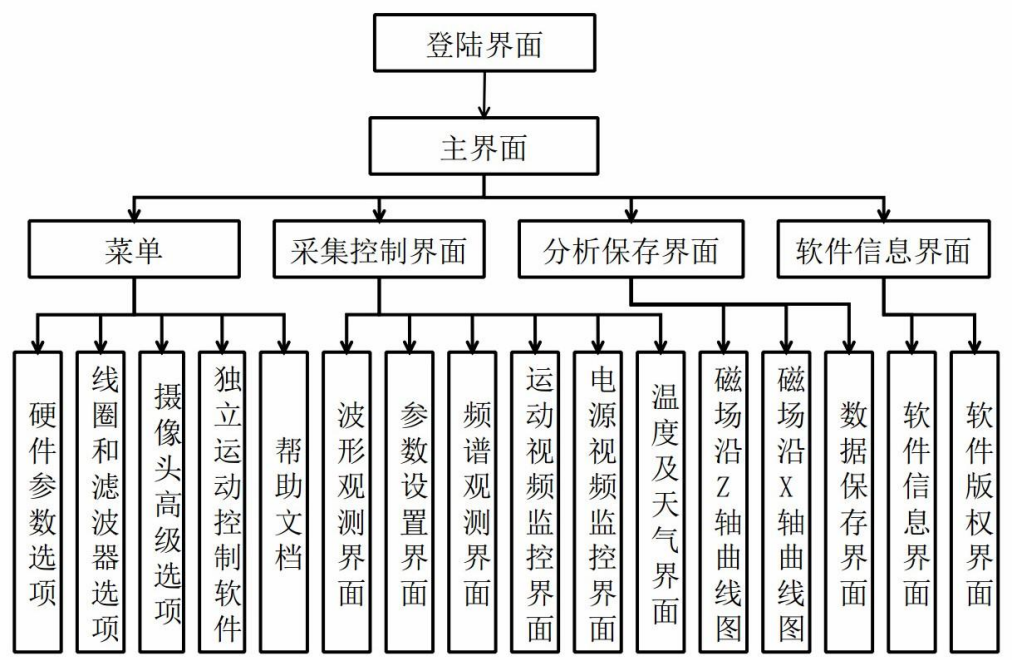


图 3　软件结构图

软件主界面分别放置了四个按钮：Acquire，Analyze，About，Exit。其中 Acquire，Analyze，About

按下后分别调用其相应的子程序。子程序的调用采用了子面板技术，在有限的前面板空间内分时放置不同的子模块。按下 Exit 将关闭前面板并退出程序。软件主要界面分别如图 4，5，6，7 所示。

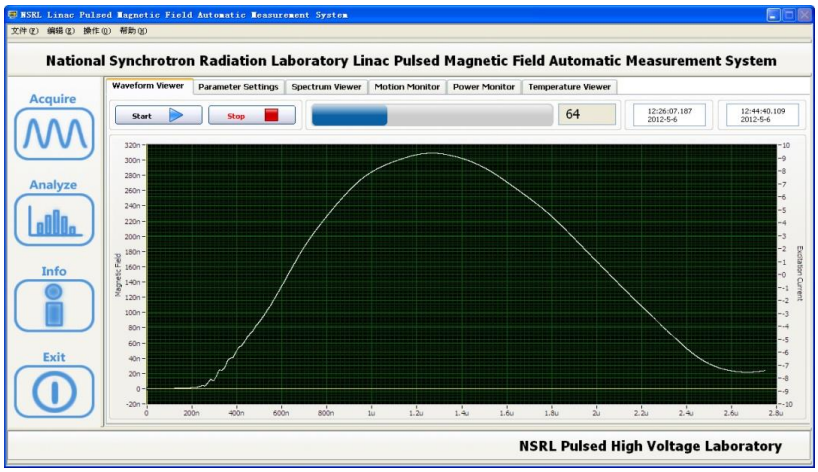


图 4　波形观测界面

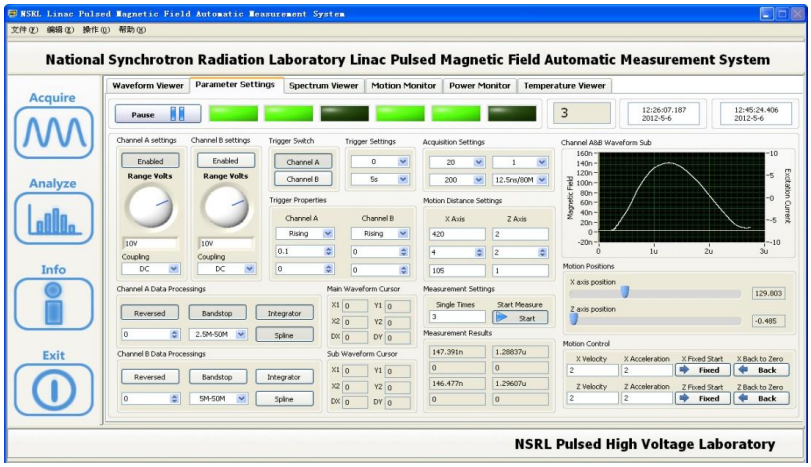


图 5　参数设置界面

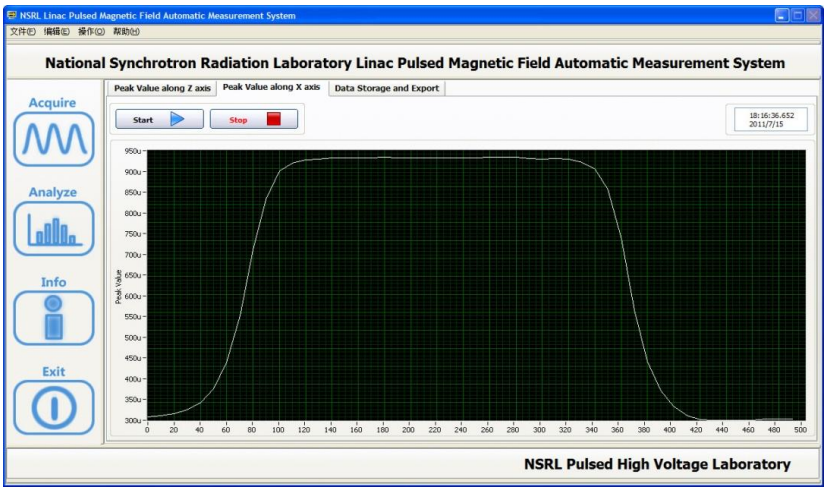


图 6　磁场沿 X 轴分别曲线图

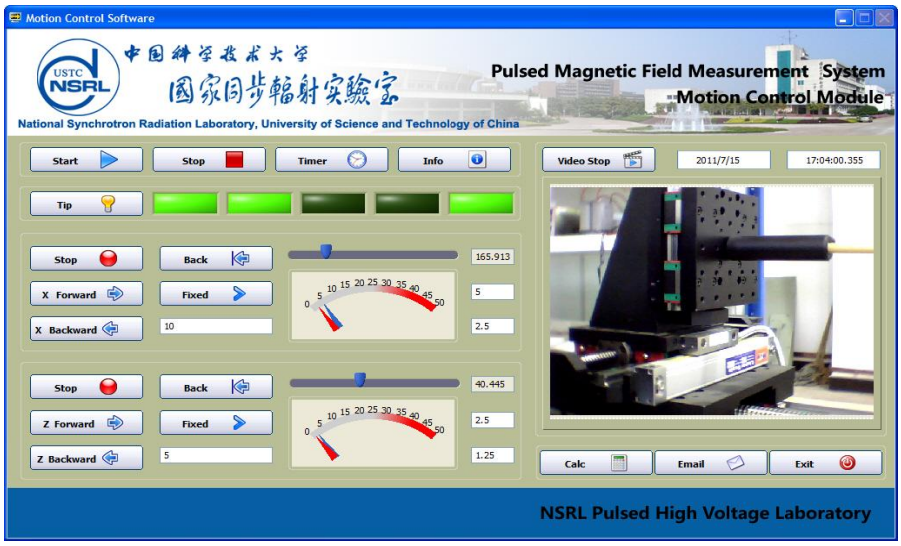


图 7 独立运动控制软件

3. 测量结果分析

在脉冲磁铁工作点下，分别取 Y=-30mm，Y=0mm，Y=30mm 三处对磁场进行测量，脉冲磁场沿 X 轴分布曲线分别如图 8-10 所示。图中磁场单位为 Gauss，X 轴位置单位为 mm。

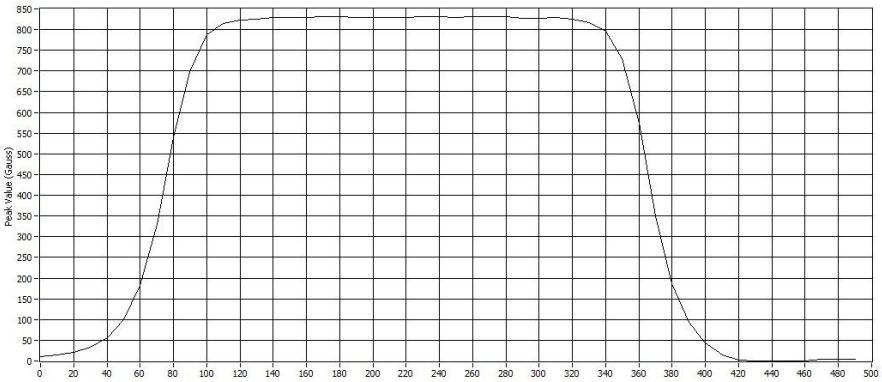


图 8 Y=-30 磁感应强度沿 X 轴分布

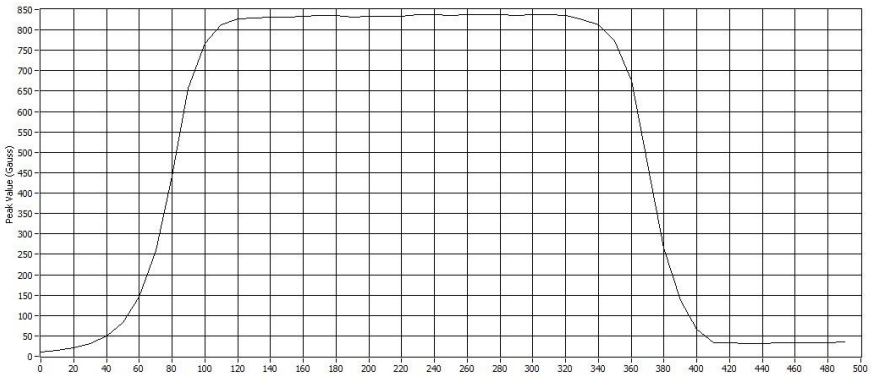


图 9 Y=0 磁感应强度沿 X 轴分布

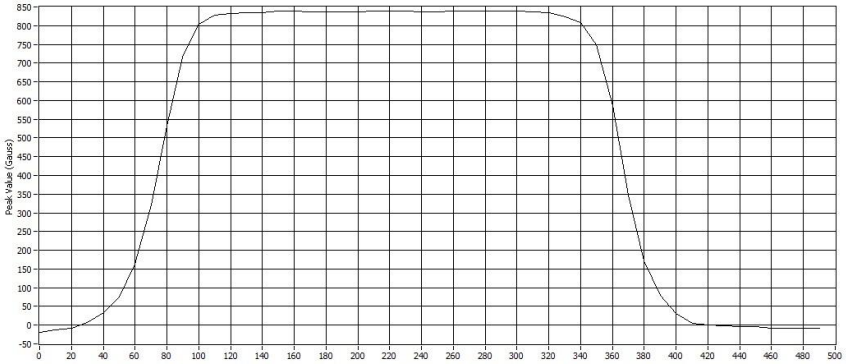


图 1**0**　Y=30 磁感应强度沿 X 轴分布

经过计算可以得到三条曲线磁感应强度最大值的平均值为 836.49Gauss，标准差为 3.96Gauss；三条曲线积分场的平均值为 247.78Gauss·m，标准差为 2.95Gauss·m。由统计数据可见，该测试用的冲击磁铁三个位置脉冲磁场纵向积分场相对误差为 1.2%，略大于 1%的理想标准，误差偏大的原因可能是测量传动杆的准直安装误差较大、传动杆机械震动、测磁线圈并未完全平行于磁铁等原因。

总结：

本文应用了 NI LabVIEW 设计了自动化脉冲磁场测量软件。将人工繁重的测量工作交给计算机完成，同时也避免了测试过程中强磁场对对人体可能造成的伤害。软件自动化程度高，具有控制，监测，数据处理等多种功能。软件在测量的过程中可以对信号进行实时处理，测量结果可以以多种形式保存。软件运行时，CPU 占用率比较低，性能稳定，能够很好的完成自动化测试测量的任务，大大地提高了脉冲磁场测量的效率，很好地完成了国家同步辐射实验室新建脉冲磁铁的测试检验工作。

基于麦克风阵列的声场重构系统的设计与开发

作者：魏 龙

指导教师：黎 敏

学校：北京科技大学

介绍：

材料结构在声载荷的激励下，因受到快速交变应力的作用，容易导致材料结构产生疲劳破坏。研究材料结构附近的声场分布，就可以知道有多大的力作用在材料结构的表面，为评价其失效机理提供数据支持。本课题旨在设计基于传声器阵列的原理性实验，以扬声器模拟发声和窄带气流来模拟材料结构所处的噪声环境，重点研究波束形成算法，实现声场重构。主要完成的工作包括：

1） 搭建传声器阵列采集系统。设计两种声源发声装置，选择驻极体传声器，在 LabVIEW 开发平台下，通过 PXIe 数据采集设备，完成了声场重构系统的搭建，实现了多通道声音信号的同步高速采集，实现实时数据分析、历史查看和声场重构功能。

2） 实现基于波束形成算法的声场重构。通过分析阵列流形、加权向量、波束响应和波束图等内容，详细推导了波束形成算法，并通过 Matlab 编程，嵌入于 LabVIEW 中，实现波束形成算法。设计在不同声源下的多组实验，证明该方法进行声场重构的有效性。在此基础上，提出了鬼影的消除方法和提高重构精度的方法，并通过对纯音和窄带噪音的重构实验验证了方法的正确性。

使用的产品：

软件： LabVIEW2009

硬件：PXIe-1062Q 机箱，PXIe-8106 控制器， PXIe-4499 动态信号采集模块

应用方案：

基于 NI PXIe 平台的声场重构系统的搭建包括两个部分，一是硬件系统的搭建，二是软件程序和算法的编写。本课题要求声场重构系统能实现多通道（9 个通道）、高速、同步采集、实时显示与分析。

硬件系统包括：声源发生装置、传声器、麦克风阵列架、数据采集设备。硬件系统如图 1 所示。

(a)数据采集设备 (b)传声器、阵列架和声源

图 1 声场重构系统的硬件系统

重构系统程序是在 LabVIEW2009 平台下进行开发的。其具有声音的实时采集、重构分析功能和历史数据回看功能，程序的流程如图 2 所示，图 3~6 为程序的时域和频域分析功能图。

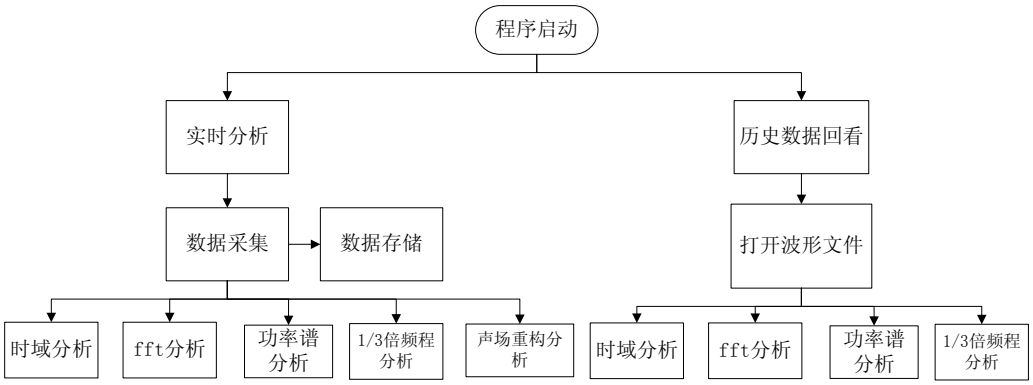


图 2　声场重构系统程序流程图

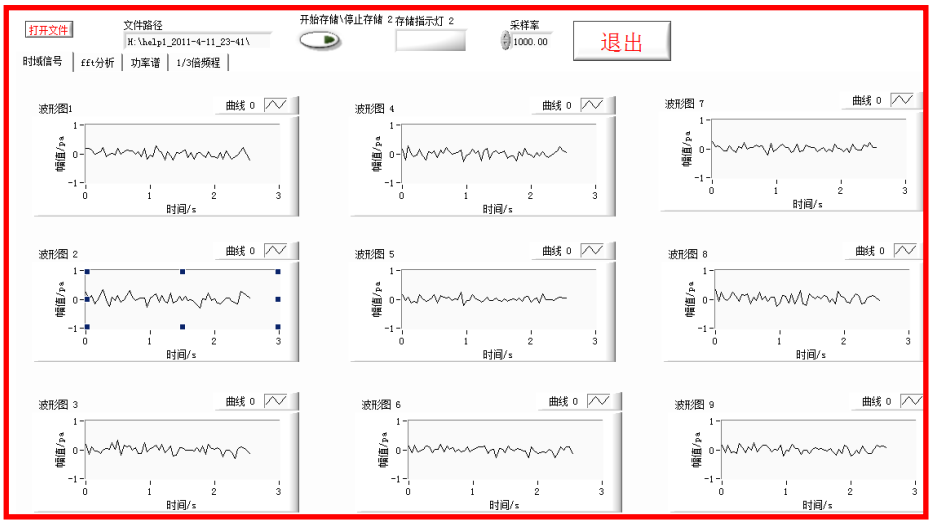


图 3　时域分析

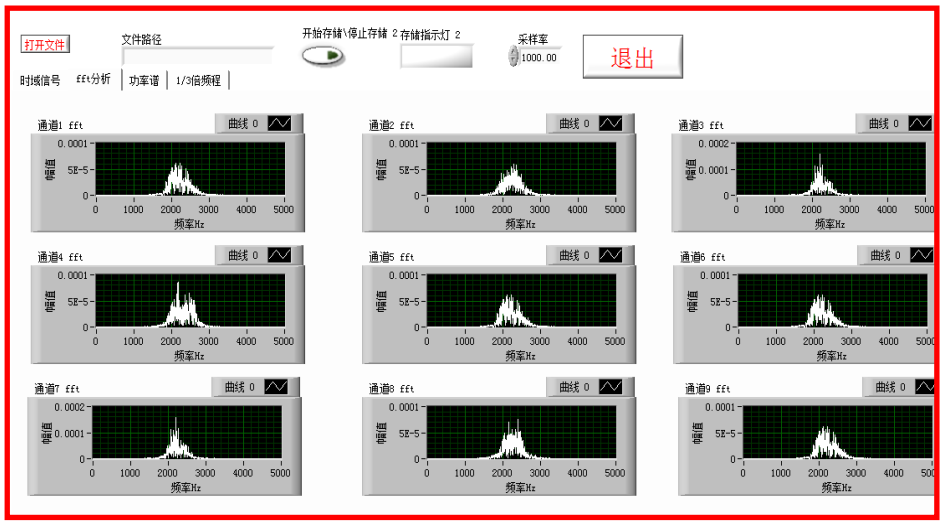


图 4　fft 分析

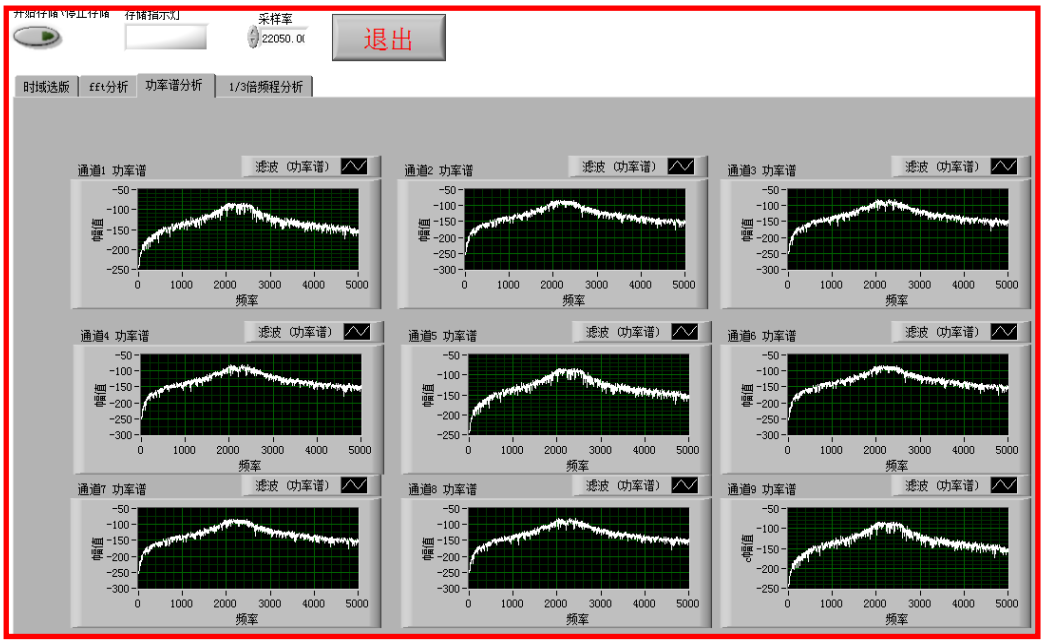


图 5　功率谱分析

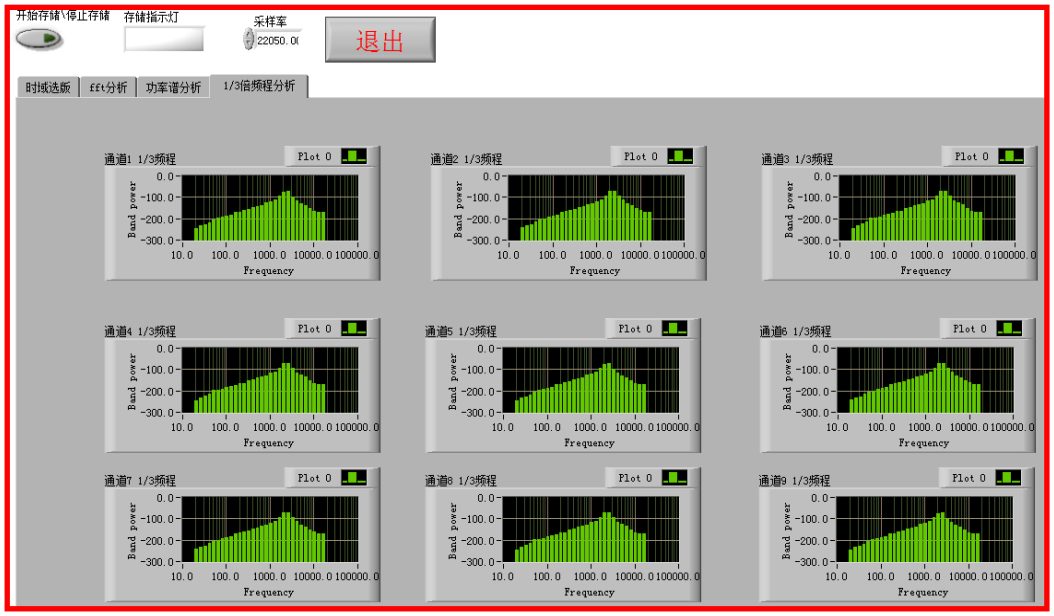


图 6　倍频程分析

利用波束形成算法进行声场重构，其过程是在重建面上划分重构点，逐点进行波束形成算法，获得每个点的声压级的大小，绘制重建面的声压云图。常规波束形成的核心是通过加权、延时、求和，增强声源入射方向上的信号。如图 7 所示，把波束形成看作一个系统，将阵列中麦克风测得的信号作为输入，将波束形成运算结果作为输出，这一系统的传递函数叫波束响应。波束响应有两部分构成，即阵列流形向量和加权向量。在加权向量不变的情况下，通过对麦克风阵列的形状参数进行优化设计，可以优化阵列流形向量，从而实现消除鬼影和提高重构精度的目的。波束形成算法流程如图 8 所示。图 9 为声场实时重构云图。

图 7　波束形成系统

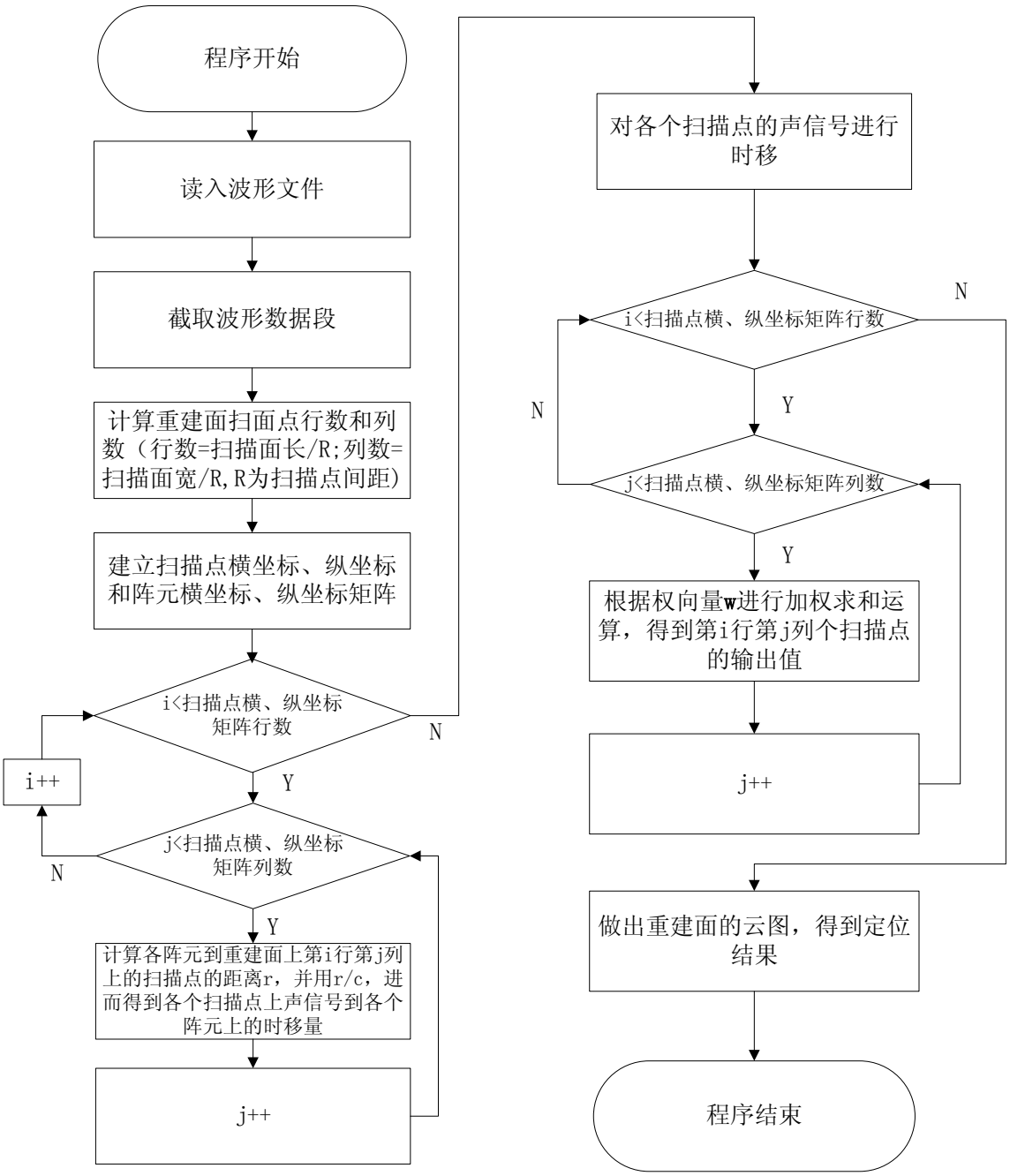


图 8　波束形成算法流程图

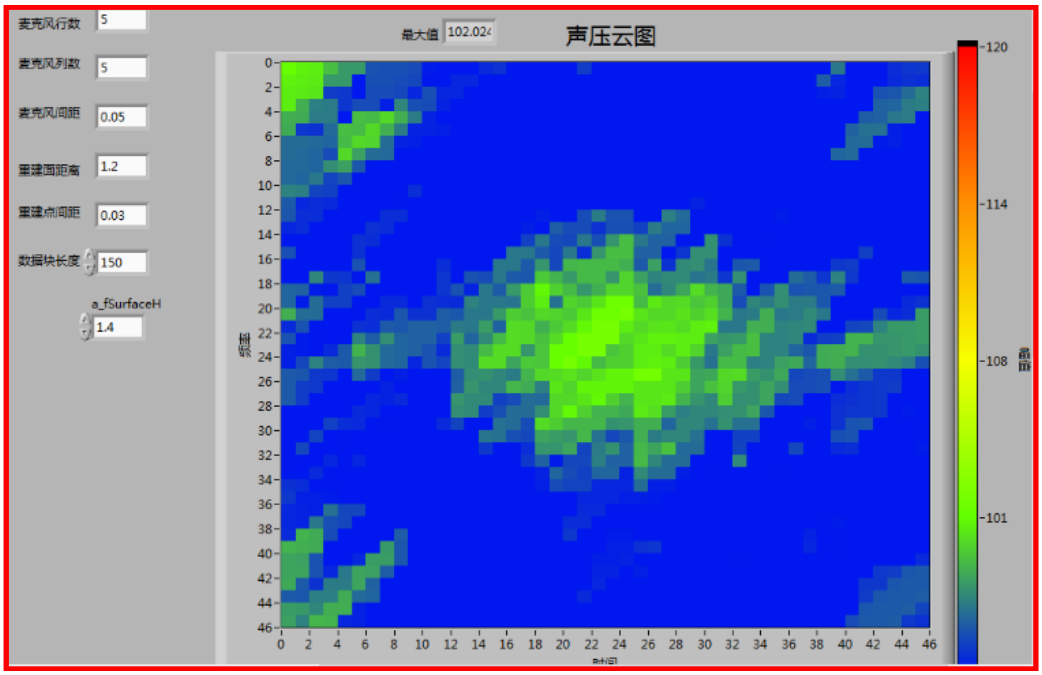


图 9　声场实时重构分析

总结：

1）在硬件系统方面。设计两种声源发声装置，一种是由模拟信号通过声卡，经过扬声器发声的模拟声源；另一种是气泵与哨相结合而产生的气流声源，用以模拟材料结构所处的噪声环境。此外，搭建了基于 PXI 总线的多通道声音采集系统，并在 LabVIEW 开发环境下实现了数据的采集、传输、分析和回溯。通过实验验证了基于麦克风阵列的声场重构系统的可靠性。

2）在声场重构算法方面。完成基于波束形成原理的声场重构算法，并加载到硬件系统中，可以进行实时分析运算。为提高声场重构的质量，可以通过减小麦克风阵列间距，以降低波束响应的旁瓣级大小，从而抑制声场重构中的鬼影出现；通过增大有效孔径可以减小波束图中的主瓣宽度，从而提高声场重构精度。

基于 LabVIEW 的电动按摩器设计

作者：王三朋

指导教师：杨怿菲

学校：西安邮电大学

介绍：

按摩器大部分都是采用简单的直流电机转动带动震动，功能上只包括强、弱、停三个按钮功能，通过三个按键之间切换来控制电机的工作状态，从而控制按摩器的震动强弱，是出厂时已经设置好的两个工作状态，不能自由的控制电机的转速，使得按摩器工作在客户觉得最舒适的状态，基于以上问题，根据已学的知识，利用虚拟仪器技术，通过 LabVIEW 软件中 G 语言程序设计来完成电动按摩器的控制，从而可以达到自行控制电动按摩器的工作状态的效果。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2010

硬件：USB-6211 M 系列多功能数据采集模块

应用方案：

本设计分为以下两大部分：

一部分由计算机数据通道接口板（USB 接口）和 USB 驱动卡（USB-6211 数据采集卡）组成，主要完成速度采集、多通道信号采集、对采集信号进行分析处理、PID 运算、产生控制电机的控制电压；另一部分由直流电动机、控制电压的直流电源和电磁脉冲电路组成，主要是完成按摩及电机测速功能。

1. 总体设计

LabVIEW 软件程序控制 6211 数据采集卡控制输出信号的变化，通过 6211 数据采集卡输出 PWM 方波，来控制 L298 电机的驱动模块，为电动按摩器提供正常工作所需的电流，然后设计霍尔传感器测速电路来采集按摩器转动的实时转速，采用 6211 数据采集卡数字输入端口对霍尔传感器得到的转速进行实时采集，传送到 PC 机中，对采集数据进行实时处理。图 1 为设计的总框架图。

2. LabVIEW 程序设计

LabVIEW 程序设计总共分为以下七大模块： PWM 波生成模块、NI-DAQmx 驱动控制输出模块、速度采集模块、PID 回环控制模块、定时器模块、报警器模块、多通道数据采集模块。图 3 是整个程序设计的流程图。

3. 硬件设计

硬件设计部分分为四大模块，L298 电机驱动模块，按摩器电机模块、霍尔传感器测速电路模块、6211 数据采集卡模块，图 2 是设计的硬件框图。

虚拟仪器是以 PC 为基础，不需要用户更多的经济投入，用户可以放心地舍弃就有的仪器系统，有了虚拟仪器这个解决方案，用户可以降低策划成本，减少系统的开发费用和维护费用，电动按摩器采用虚拟仪器技术设计和制作有以下优点：

（1）硬件功能软件化，虚拟仪器使得电动按摩器的大部分硬件功能软件化，并封装成模块使用；

（2）电动按摩器的功能是用户根据需要由软件程序设计来定义的，而不是事先由厂家定义好的；

（3）技术更新快，研制周期短；

（4）虚拟仪器技术对外开放，可与计算机同步发展，可与网络及其他设备互联人机对话，使用方便，开放性好。

总结：

LabVIEW 是虚拟仪器用于设计、控制和测试的图形化开发平台，功能强大、方便灵活。它简化了科学计算、过程控制和测试应用，增强了用户组建自己的科学和工程系统的能力，给予用户更多的灵活性。由于 LabVIEW 简单的编写语言和易于掌握的控制控件，所以使用 LabVIEW 进行虚拟仪器系统的设计、测试和实现，可以减少系统的开发时间，同时也提高生产效率。LabVIEW 正逐渐成为虚拟仪器技术软件的工业标准，虚拟仪器的思想将更多的渗透到电子测量仪器和自动化测试技术的发展中。

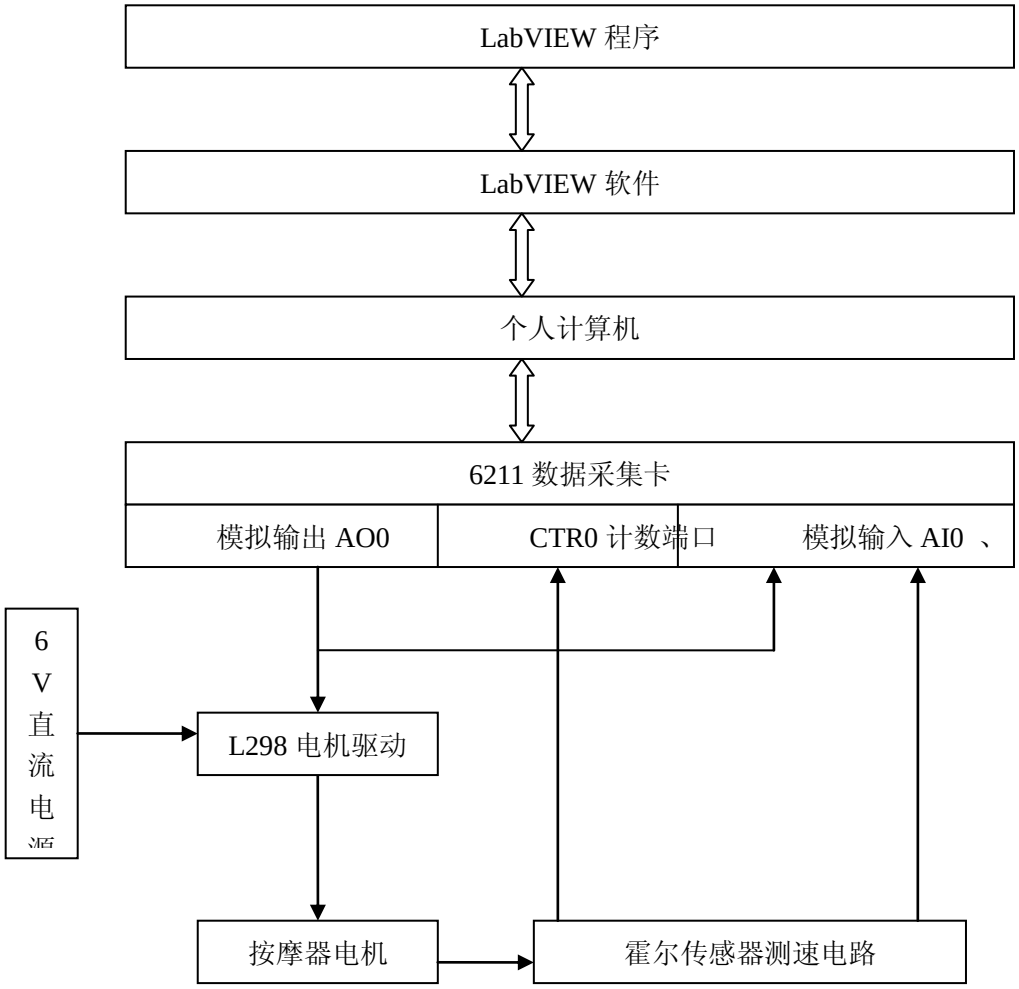


图 1　设计总框图

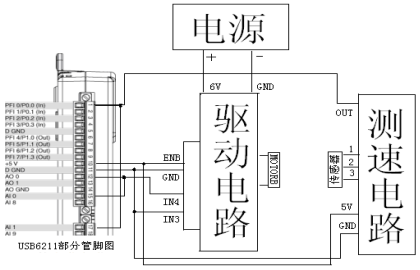


图 2　硬件设计图

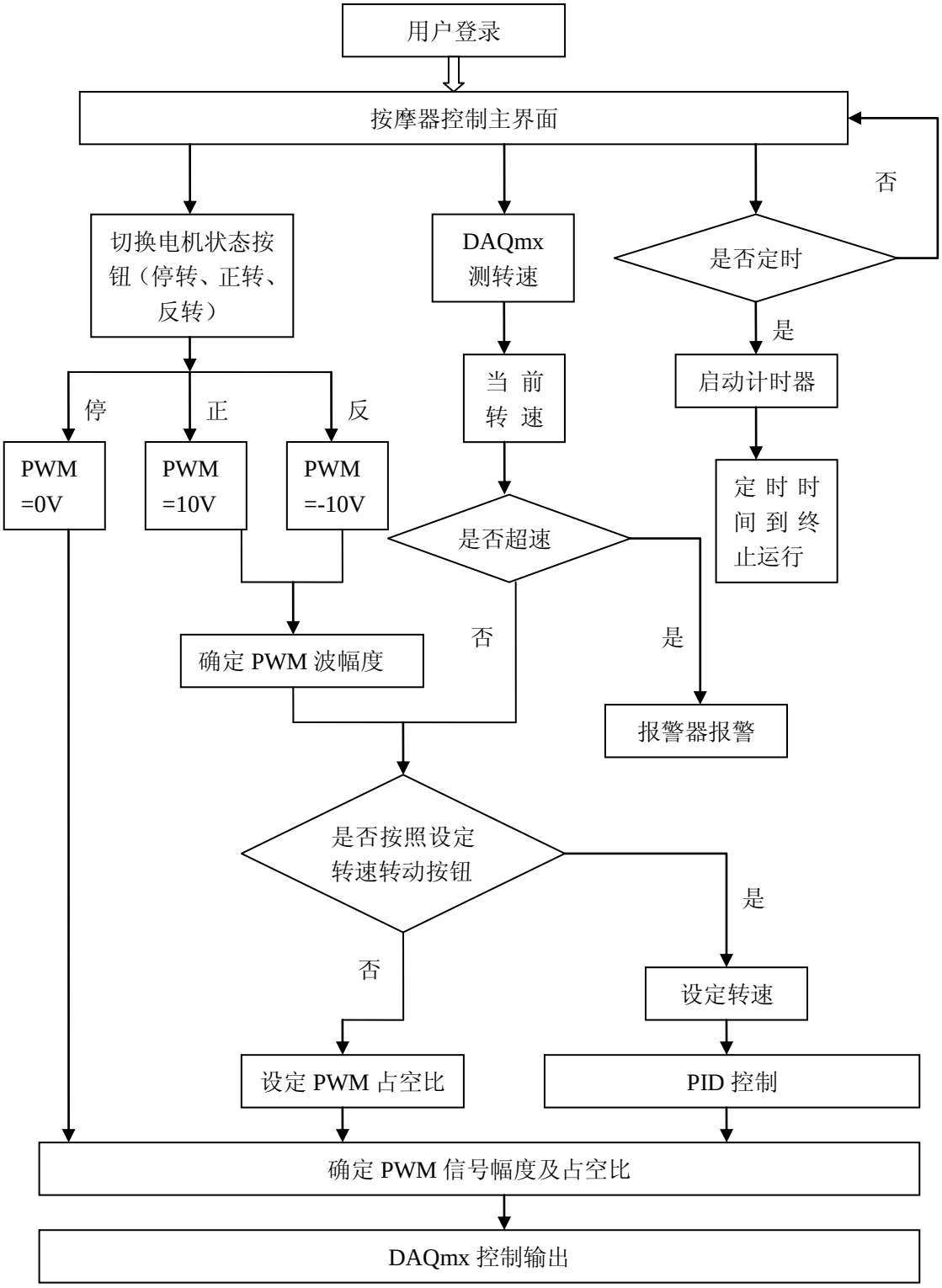


图 3　LabVIEW 程序设计流程图

基于视频处理的肢体运动模型采集系统设计

作者：张 军

指导教师：邓周虎

学校：西北大学

介绍：

设计了一种用于建立肢体运动函数模型的视频采集数据处理系统。系统由图形化系统设计软件 LabVIEW 视觉应用开发模块和 PCI-1411 标准视频信号采集卡构成。通过对采集到的视频按帧进行分析处理，在对各关节摆动角度测量后获得肢体运动模型参数，并依此建立相关函数式，最终给出人体膝关节运动中小腿摆动角度与大腿摆动角度之间的函数模型。该方法获得的模型精度高、数据处理速度快，在肢体运动参数采集，模型的获取过程中具有较强的优势，给肢体运动研究提供了一种新的方法和思路。

使用的产品：

软件：LabVIEW Vision Development 模块

硬件：PCI-1411 标准视频信号采集卡，PCI-7344 4 轴步进/伺服控制器

应用方案：

肢体运动采集系统通过 NI 的视频采集及识别系统，记录人体肢体运动状态与模式，在 LabVIEW 平台上，建立肢体各关节的相对运动模型，为机器人运动控制、假肢驱动设计打下一定的基础。

该系统由视频采集处理模块、数据分析建模模块和仿真模型模块构成，系统框图如图 1 所示：

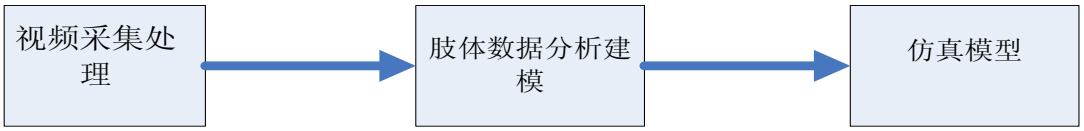


图 1　系统框图

1.　视频采集处理模块

本系统通过高清摄像机将人体佩戴发光点的下肢在正常步态下的运动进行拍摄，通过 PCI-1411 视频采集卡传递给 PC 机，应用 LabVIEW 编写的 VI 对能够代表下肢运动状态的特征发光点（人体股骨和髋骨交接及髌骨、跗骨、小拇趾骨）进行识别，提取出特征发光点，应用数字图像处理技术及机器视觉技术对特征光点进行分析计算，得到人体下肢正常步态下的运动参数，为分析运动员的肢体运动和假肢的设计提供了依据。

本模块通过获取下肢正常步态下的参数，仿真出人体下肢运动时大小腿摆动的正常步态模型，验证了本系统获取的下肢运动参数的有效性。

视频采集界面如图 2 所示：图中最左边为功能选项图界面，中间靠上为摄像图界面，右边靠上为背景图界面，最下面为目标图界面，即所需的发光点运动图界面，发光点目标图=源图像的 R 分量－背景图的 R 分量。

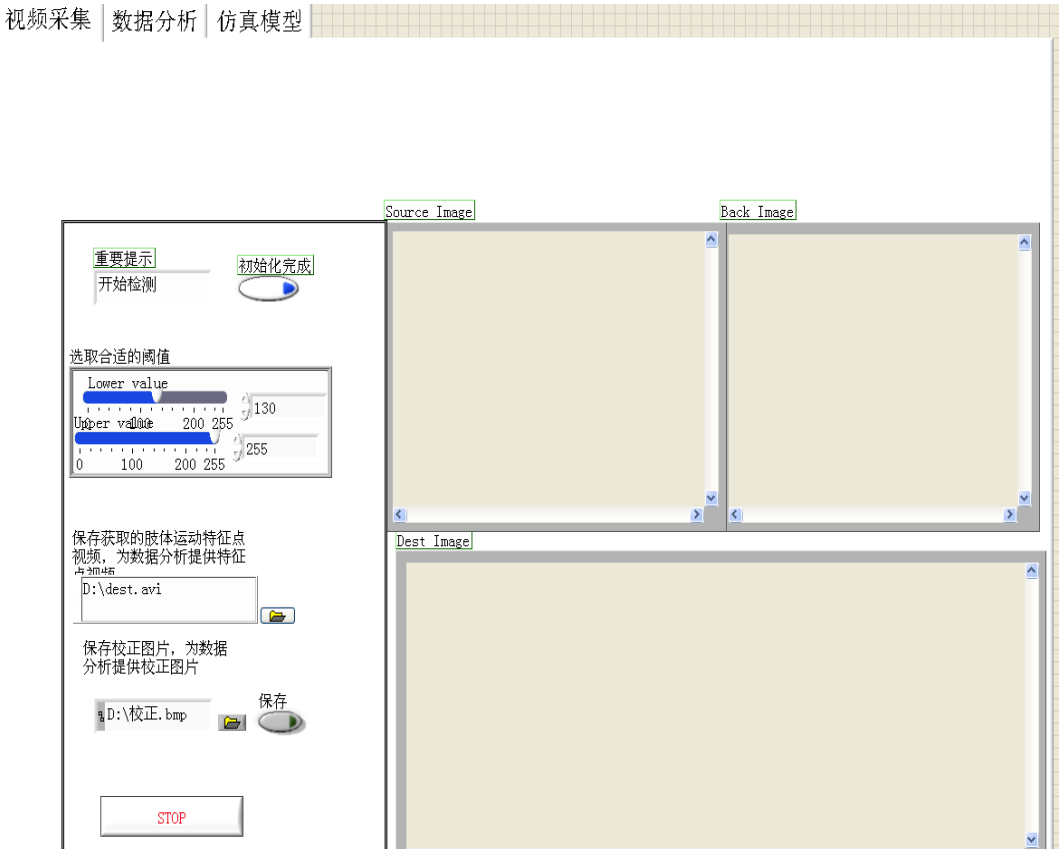


图 2　视频采集界面

2.　**数据分析模块：**

包括运动步态记录、实时参数以及曲线拟合三部分组成。

运动步态记录：由于发光点固定在人腿的四个特殊部分，通过采集到的视频处理得到发光点的运动状态视频序列，进行分析处理，计算出肢体的运动步态参数及运动步态函数关系，对肢体运动的分析以及假肢设计参数的确定具有一定的指导意义。

实时参数：通过视频中发光点的运动状态，进行计算分析处理并设计了大腿角度及角速度函数、小腿角度及角速度函数、大小腿角度运动关系函数等功能窗口。通过这些窗口能够分析运动的基本参量，并进行数据存储和恢复仿真。进而进行更加细致的对比分析。

曲线拟合：以横坐标为时间，纵坐标为大腿角度、小腿运动角度分别画出大小腿运动角度与时间的函数关系曲线。通过曲线拟合的多项式次数的调整更精确的拟合出大小腿运动角度与时间的函数表达式。通过消元法将大小腿函数表达式进行消去时间因子，即可获得大小腿的联动关系函数模型。

总结：

系统精巧短小，使用PCI-1411视频采集卡，充分利用LabVIEW的视频采集和处理、数据分析模块。将灵活的编程风格发挥的淋漓尽致。可以很好的实现假肢设计中的参数获取系统和运动员肢体运动分析系统的精巧化和平民化。降低了系统实现的成本，体现了NI的理念。

基于 LabVIEW 的图像采集与分析系统设计

作者：解 冬

指导教师：张玲霞 贺华

学校：西安电子科技大学

介绍：

本文基于图形化系统设计软件 LabVIEW 和 NI Vision 视觉应用开发模块，设计开发了手势识别系统、和元器件识别系统。

手势识别系统利用了 NI OCR Training 软件训练手势，结合 LabVIEW 提供的图像处理与识别技术函数，实现了对手势的识别，并将识别结果以文本的形式显示出来。

元器件识别系统能够识别电路板上器件的种类、颜色以及数量，而且能对目标元器件进行定位。

使用的产品：

软件：LabVIEW，NI Vision 视觉应用开发模块

硬件： USB 摄像头

应用方案：

1. 系统总体方案

论文是基于对图像采集技术的研究，研究的技术包括以下几个方面，如下图所示。

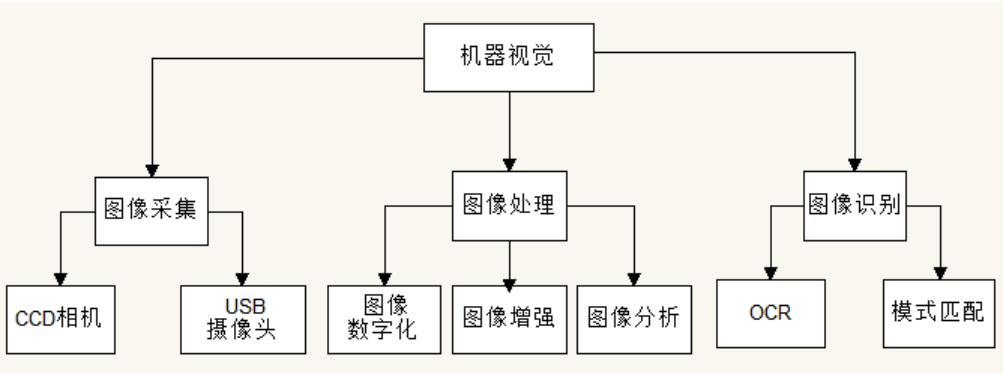


图 1 图像采集技术

通过上图中这些技术的实际应用，提出了图像采集系统、手势识别系统和元器件识别系统的设计方案。机器视觉系统以计算机为中心，由图像采集系统和图像处理系统构成。机器视觉系统对于获取到的图像信息通过软件的处理方法实现相应功能。

2. 图像采集系统方案

图像采集系统采用的是 USB 摄像头。USB 价格低廉，较广泛的应用于教学实验，工业相机型号很少，目前在工业中的使用程度不高。但是，随着技术的不断进步，USB 接口的摄像机分辨率进一步提高，不再仅局限于简单的应用，越来越能满足更高标准的机器视觉应用要求，同时，NI-IMAQ for USB Cameras 函数模块可以使 USB 摄像机直接与 LabVIEW 软件无缝集成，而无需图像采集卡。所以，论文中的机器视觉应用主要使用以 USB 摄像机作为图像采集设备。

如下图所示，系统采用 USB 摄像头捕捉实时图像，在获得了目标图像时进行采集，并把采集到的图像

保存在目标文件夹里。采集图像过后重新返回捕捉图像，为下一次采集图像做准备，因此系统可以对实时图像进行多次采集，避免了重要图像丢失。

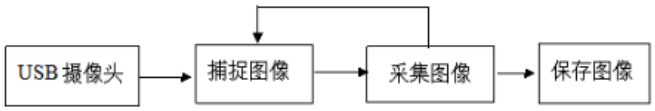


图 2　USB 摄像头捕捉图像过程

3.　手势识别系统方案

基于图像采集系统，提出了手势识别系统的设计方案。手势识别系统包括手势训练和手势识别两部分，如下图所示。

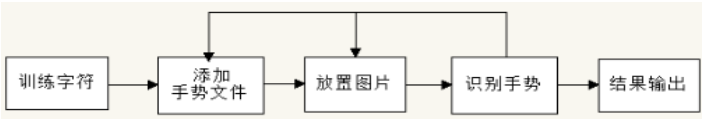


图 3　手势识别系统方案

首先是训练手势，将采集到的手势图片导入手势训练软件进行训练，并生成可以被 LabVIEW 识别的文件，将训练好的手势文件导入 LabVIEW 并载入图片，手势识别程序就能读取图片中手势的含义。

4.　元器件识别系统方案

基于模式匹配技术提出了元器件的识别系统，系统主要包括元器件训练以及元器件识别两部分。其中元器件识别部分主要是对元器件的种类、数量、颜色、位置信息的识别。主要步骤如下：首先是用字符训练软件训练元器件，然后将训练好的文件导入 LabVIEW 软件中，软件利用模式匹配技术识别出元器件的种类、数量、颜色、位置信息，具体步骤如下图所示。

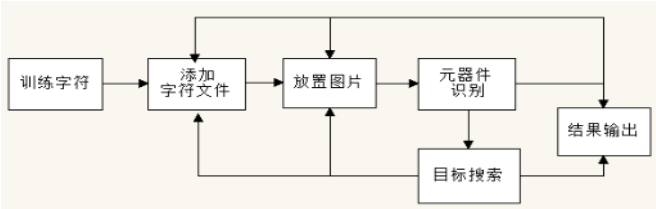


图 4　元器件识别系统方案

总结：

人与计算机的交互活动越来越成为人们日常生活的一个重要组成部分。特别是最近几年,随着计算机技术的迅猛发展,研究符合人机交流习惯的新颖人机交互技术变得异常活跃,也取得了可喜的进步，基于视觉的手势识别研究正是顺应了这一潮流。手势识别的研究还可以应用于计算机辅助哑语教学、电视节目双语播放、虚拟人的研究、电影制作中的特技处理、动画的制作、医疗研究、游戏娱乐等诸多方面，同时也有助于改善和提高聋哑人的生活学习和工作条件，为他们供更好的服务。因此，手势识别的研究是一个非常有意义的课题。

在工业生产方面，很多电子元器件工厂反映缺少自动统计诸如电阻、电容、二极管等元器件数目的有效方法，从而动用大量人工手动计数。因此，本文提出了基于 LabVIEW 机器视觉的解决方法，设计开发出元器件识别自动计数系统，对于生产线上的某一块电路板拍照，即能通过计算机视觉处理方法识别出它的种类、计算出它的数目，并且在电路板上实现定位，这种方法简单高效易于实现。因此，对工业生产的自动化意义非凡。

基于 NI ELVIS 的电机控制系统实验模块设计

作者：朱敬斌

指导教师：王 勇

学校：西安交通大学

介绍：

本课题要求学生通过学习 NI ELVIS 教学实验室虚拟仪器套件和图形化系统设计软件 LabVIEW，运用控制理论的相关原理设计完成基于 ELVIS 的直流电机位置和速度控制系统。其中，电机的控制系统中应用了经典控制理论的 PID 控制和现代控制理论的模型预测控制。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2010，NI ELVISmx 驱动

硬件：NI ELVIS 教学实验室虚拟仪器套件，QNET 应用于 NI ELVIS 的 Quanser 工程训练仪

应用方案：

1. 获取电机模型得出其传递函数：

通过给电机施加一个电压阶跃， 然后通过分析阶跃响应来推导出系统的传递函数。

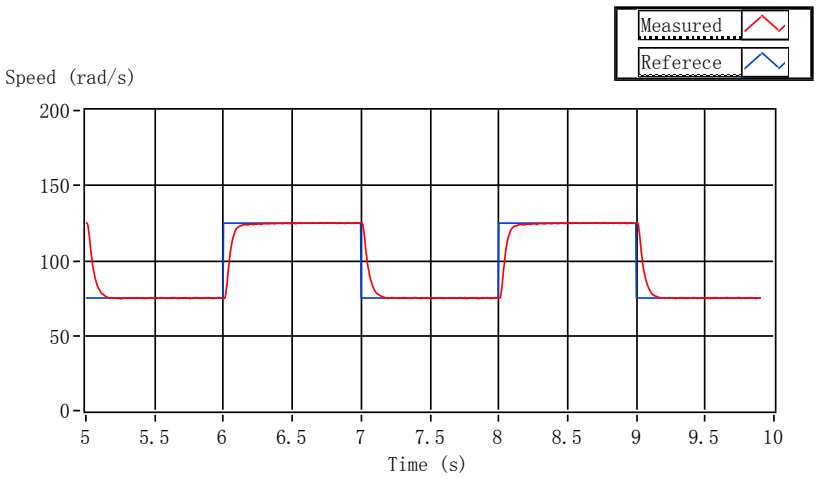
该 VI 的理论基础是假设电机系统是一个一阶的系统，因此响应从阶跃开始到上升到（Vfinal-Vstart）*0.632+Vstart 的时间为一阶系统的时间常数， Vstart 为电压阶跃前电机转速， Vfinal 为电压阶跃后电机的稳态转速。

一阶系统的放大系数 K 则容易求出，K=(Vfinal-Vstart)/Vol_step； Vol_step 为电机电压的阶跃量，等于阶跃后电机的输入电压减去阶跃前电机的输入电压。

通过编程求出电机模型的传递函数后可以使用不同的控制方法进行电机控制。

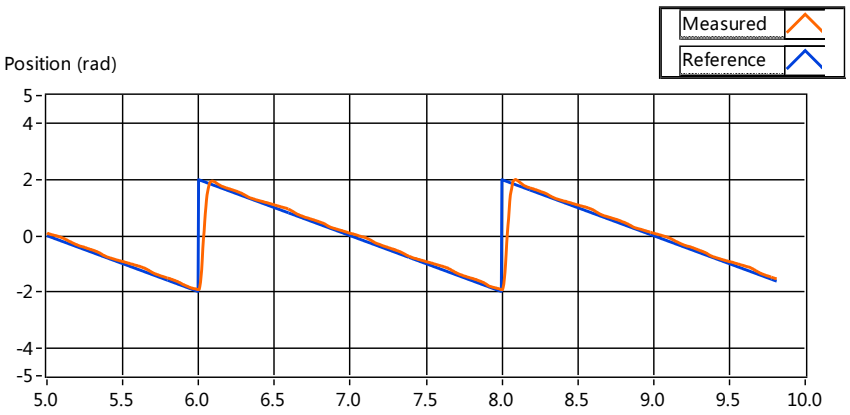
2. 设计实验完成对直流电机的 PID 速度控制

通过数据采集程序将电机 AI#4 通道的模拟信号读取后经转换后成为速度信号经过一个低通滤波器滤波将信号传给 PID.vi。我们给 pid 的设定值为方波信号，速度信号经过 PID 控制转换后输出电压信号，此电压信号传给人物写入控件，电机得到新电压后转速发生变化完成控制。



3. 直流电机位置控制：

获取了电机模型，然后通过有传递函数转化状态空间模型，根据模型控制算法设置正确的 Xf 完成线路的连接，从而成功的进行模型预测控制。由此程序框图可以进一步看出图形化编程工具 LabVIEW 在编写程序时的优势，仅仅几根连线就可以表示可能需要很多代码才能完成的程序设计。



总结：

由电机模型位置预测控制的效果图与电机位置 PID 控制效果图对比可知，预测控制的控制效果比较理想，只需设定预测时域与控制时域便可以很好地控制电机位置。对比可知，预测控制的瞬态性能比 PID 要好一些。但要保证其稳态性能仍需不断调节，而 PID 调节参数只有三个值，并且可以随时进行调节，比起预测控制调节起来方便一些。

通过利用LabVIEW数据采集系统及控制与仿真模块编写程序进行直流电机的位置及速度控制，让我加深了对PID控制算法的掌握，虽然新兴的控制算法如雨后春笋不断涌现，PID控制在现代控制理论中永远占据了非常重要的位置。为了成功的控制电机位置学习了预测控制算法，模型预测控制方法在控制电机位置是有很大的优势，如我们可以设置约束条件进行保护电机，防止电机所加电压过大而损坏。利用基于状态空间的预测控制可以控制系统的在加入控制变量是不会过大从而引起不稳定。LabVIEW作为一种图形化编程工具在虚拟仪器方面有很大的作用，利用LabVIEW不仅可以实时控制真实电机还可以进行模型仿真。基于NI ELVIS和LabVIEW构建的数据采集系统成功的从外界获取数据进而传送给电脑进行控制，各种仪器软件之间相互配合共同完成控制作用。

柴油机检测评价技术研究

作者：张合英

指导教师：马怀祥

学校：石家庄铁道大学

介绍：

柴油机作为工程机械的动力源，一旦出现故障，就会带来严重的经济损失，甚至造成关键设备的损坏。因此保证柴油机安全运行，是十分迫切的问题。本文基于 LabVIEW 软件使用 PCI-6259 数据采集设备、信号调理系统和多种传感器，构建了柴油机状态检测系统。在分析研究柴油机常见故障的基础上，采集柴油机振动、压力、转速、温度等信号，把采集到的信号应用时域和频域、带中功率比、倒频谱等多种分析方法进行分析。本文主要对柴油机的起动性能、柴油机振动测试和振动烈度评级、柴油机气门间隙异常故障诊断、柴油机活塞—气缸套磨损故障诊断等进行状态检测并作出评价。

使用的产品：

软件：LabVIEW

硬件：PCI-6259 M 系列多功能数据采集卡，SCXI-1000 信号调理机箱，压电式加速度传感器测振动，夹持式压力传感器测压力信号，光电转速传感器测上止点信号，热敏电阻式温度传感器

应用方案：

本系统主要对柴油机振动测试、气门漏气和活塞-气缸套磨损进行了检测诊断并对诊断结果进行评价。同时，可以实现柴油机的起动性能和供油系统测试等。系统功能结构图如图 1 所示。

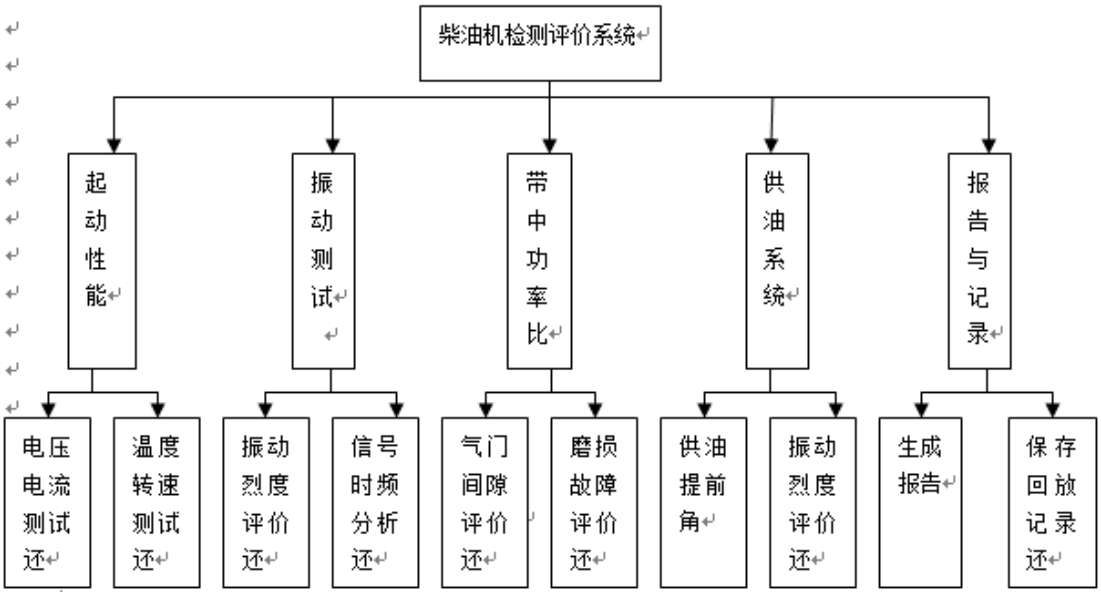


图 1　柴油机检测评价系统功能结构

下面主要介绍柴油机的振动测试、气门漏气和活塞-气缸套磨损检测的实现以及主要的数据存储过程。

1) 柴油机振动测试

柴油机振动测试分三部分，振动评价过程、振动评价结果和振动测试。其中振动评价结果前面板如图 2 所示，振动测试前面板如图 3 所示。

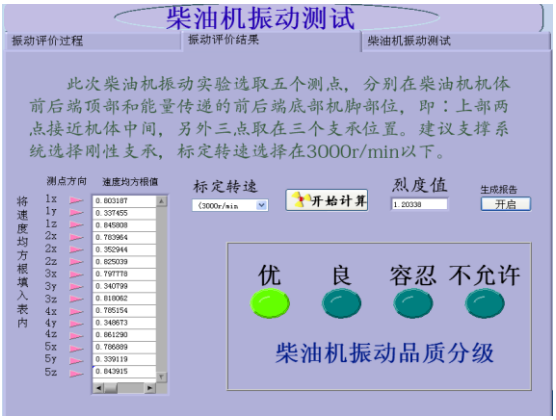


图 2 柴油机振动评价结果前面板

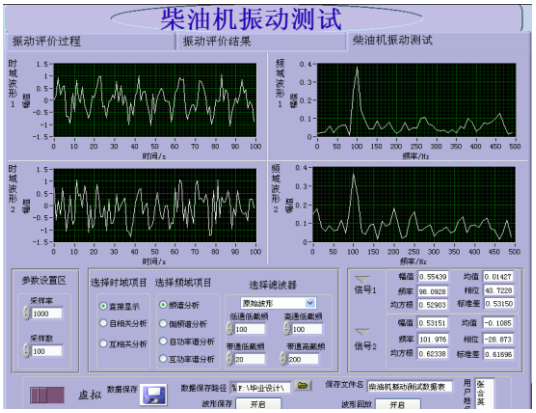


图 3 柴油机振动测试前面板

2) 带中功率比测气门故障及带中功率比测磨损故障

带中功率主要用以分析某一频带内的总能量。带中功率比则用以在整个功率谱范围内的能量在某一频带内的集中程度。本系统利用该原理，用某一频段内功率比上整个频段内的功率来判断气门和活塞-气缸套故障。通过带中功率比气门间隙故障的检测评价前面板如图 4 所示,测磨损故障的检测评价前面板如图 5 所示。

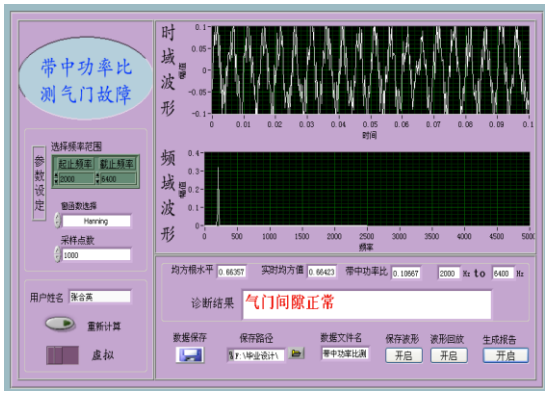
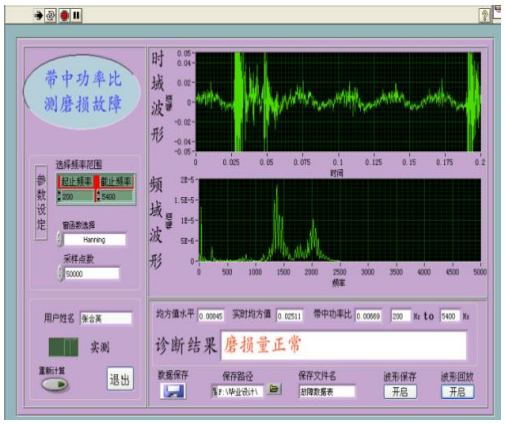


图 4 带中功率比测气门故障前面板图



5 带中功率比测活塞-气缸套磨损前面板

3) 数据储存

柴油机故障诊断系统，需要采集的数据相当大，一般的表格满足不了要求。本系统就 LabVIEW 和 Access 数据库进行连接。实现了测试过程中数据的记录、保存、查看和生成报告等。选择不同的文件名可以随时查看已存入的数据。柴油机测试诊断记录前面板如图 6 所示。

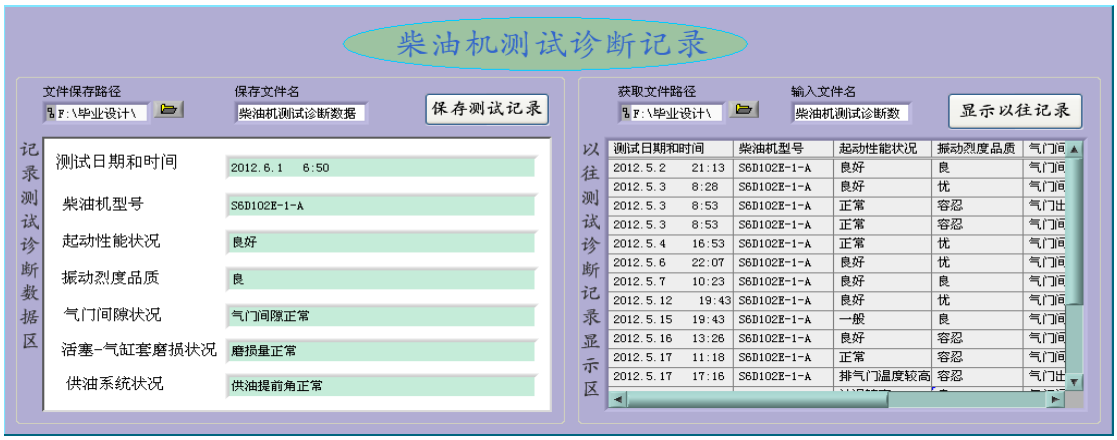


图 6　柴油机测试诊断记录前面板

总结：

本系统把柴油机的起动系电信号、温度信号、压力信号、转速信号、振动信号作为检测柴油机运行状态的特征信号。把振动烈度值、带中功率比、供油提前角等作为特征值。对柴油机振动测试、气门漏气和活塞-气缸套磨损进行了检测并评价。其中利用带中功率比测柴油机典型故障的方法简单适用，利用虚拟仪器操作方便。该方法是本系统测故障的关键点。

本系统程序均在转子实验台上进行了实验,其实测部分均可运行。以此证明该系统的可行性。但是本系统要达到实际应用价值，其性能的好坏，还有待在真正柴油机的测试中进行检验。

旋转机械故障诊断系统开发

作者：贾智州

指导教师：郭 瑜

学校：昆明理工大学

介绍：

针对现有机械状态监测系统主要面向高端企业的大型关键设备等问题，课题提出并开发了一种面向普通设备及教学实验环节的低成本微型旋转机械状态监测与故障诊断系统。系统以 LabVIEW 为开发平台，结合数据库软件 SQL Server，可满足故障诊断系统在实际应用中对知识库和历史数据的需求。实际测试试验表明，系统可实现对普通设备的在线状态监测与故障诊断，并可有效应用于教学实验环节。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2009，Sound and Vibration Measurement Suite 5.0，LabVIEW Advanced Signal Processing Toolkit，Order Analysis Toolset，SQL Server 2008

硬件：NI USB-9215 模拟输入模块

应用方案：

状态监测与故障诊断流程是系统的核心，其流程图见图 1。

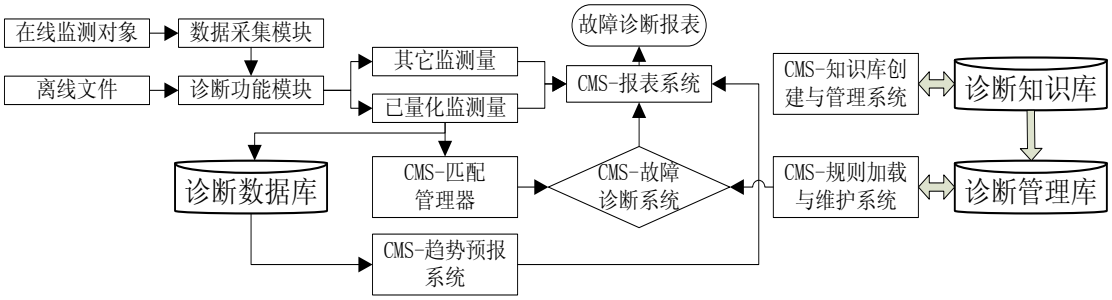


图 1　状态监测与故障诊断运行流程

状态监测与故障诊断流程可以划分为以下 4 步：

(1) 监测功能的实现。当用户启动在线监测后，数据采集模块将把实时的监测数据传入诊断功能模块，从而监测旋转机械的运行状态。

(2) 专家系统的实现。在监测功能实现的同时，用户可启动“CMS-知识库创建与管理系统”进行操作，添加与监测对象有关的信息到“诊断知识库”，并使用“诊断知识库”中的信息创建诊断规则并将其保存于“诊断管理库”中。在“诊断管理库”的基础上，使用“CMS-规则加载与维护系统”，选择合适的规则将其加载到“CMS-故障诊断系统”中。

(3) 故障诊断实现。通过“CMS-规则加载与维护系统”加载的规则将在“CMS-故障诊断系统”中显示。启动“CMS-匹配管理器”，将实时监测量与规则中的征兆相匹配，并在后面将监测值与征兆阈值做比对，即可实现故障诊断。

(4) 诊断报表生成。系统将依据在线监测量、自动诊断结果及工程人员的输入生成诊断报表，完成诊断过程。

系统模块的设计

1） 诊断功能模块的设计

诊断功能模块是旋转机械故障诊断系统的核心，包括轴承模块、齿轮模块及转子模块，其主要作用是实现机械故障的诊断。图 2 为轴承在线监测模块前面板。

图 2 轴承在线监测模块前面板

2） 数据接口模块

数据接口模块建立了 LabVIEW 与 SQL Server 数据库的接口。它主要使用 LabVIEW 的 ActiveX 调用功能，通过调用 Microsoft 的 ADO (ActiveX Data Objects) 控件进行配置，从而实现 LabVIEW 与 SQL Server 的连通。

3） 数据采集模块

图 3 为数据采集模块前面板。

图 3 数据采集模块前面板

数据采集模块对采集信息、数据的使用规则及保存信息做了详细的设定，包括：

(1) 数据采集配置，主要包括采集卡的配置和传感器的配置。

(2) 数据保存配置，主要对采集信号的保存模式、保存位置进行设置，

(3) 监测对象信息配置，以 TMDS 文件属性信息保存，主要对采集中的一些额外重要信息进行设定，方便用户在离线读取数据文件时进行查看。其内容支持用户自定义，可以包含标准件代号、传感器标定、采样率、转速、采集卡信息及通道信息等。

(4) 数据使用规则配置，定义了在线监测过程中数据使用的规则，包括在线监测计算周期、每次计算的数据量等内容。

4） CMS-知识库创建与管理系统

CMS-知识库创建与管理模块主要用于诊断知识库的创建和基于知识库的诊断规则的创建，其界面如图 4 所示。界面中，上半部分用以实现知识库的创建，而下半部分则通过征兆属性生成诊断规则。

图 4 CMS-知识库创建与管理模块界面

5） CMS-规则加载与维护系统

CMS-规则加载与维护用于维护已创建的规则，并可以将规则加载到在线监测系统中从而实现故障诊断。图 5 为 CMS-规则加载与维护系统的界面。

图 5 规则加载与维护系统界面

6） CMS-故障诊断系统

CMS-故障诊断系统是实现在线故障诊断的重要工具，它不仅是实时阈值比对的界面，同时还是“CMS-知识库创建与管理系统”、“CMS-规则加载与维护系统”以及“CMS-匹配管理系统”的调用中心。图 6 为 CMS-故障诊断系统的界面。

图 6 CMS-故障诊断系统

7） CMS-匹配管理器模块

CMS-匹配管理器主要用于监测值与对应征兆的手动匹配，界面如图 7 所示。当操作人员单击图 6 中的“编辑实时值”控件时，系统将弹出 CMS-匹配管理器，通过标签的内容操作人员可选定与征兆相匹配的监测值，并在 CMS-故障诊断系统的后面板通过选定的引用读出它的值，进而完成阈值比对。

图 7 CMS-匹配管理器界面

8） CMS-报表系统

CMS-报表系统为用户提供半自动的报表生成工具，通过调用“报表生成”函数库实现，其界面如图 8 所示。

图 8 CMS-报表系统

总结：

针对现有机械状态监测系统主要面向高端企业的大型关键设备而不适合普通设备应用的不足，本设计以 LabVIEW 为开发平台，结合 SQL Server 数据库软件，在将系统模块化的基础上，开发了一种适用于普通设备状态监测与健康维护的“旋转机械状态监测与故障诊断系统”，实际测试实验表明系统具备一定的通用性和扩展性，适用于普通设备的状态监测及教学实验环节。

基于虚拟仪器的电动旋转台系统研究

作者：王苏苏

指导教师：赵国忠

学校：首都师范大学

介绍：

本课题的目的是力求开发出一个能够精密控制，实现多方位调节的电动旋转台系统。电动旋转台在光学光路中有着非常广泛的应用。光学系统作为一种高精密系统，对实验器件的要求精度非常高。电动旋转台的开发不仅需要高精度的加工工艺，还需要精确的控制系统。电动旋转台需要满足光学尺度的测量，并且需要多自由度的控制。我们利用虚拟仪器高效便捷的控制能力，实现在光学尺度下电动旋转台的多自由度旋转。

利用步进电机作为驱动马达带动旋转台的转动，利用光电对管进行旋转台实时位置的定位监测，由 LabVIEW 程序控制整个装置的运行，同时在后台实现数据分析和自动测控相结合的功能。步进电机作为执行元件，广泛应用在各种自动化控制系统中。而虚拟仪器实际上是一个按照仪器功能需求组织起来的软硬件综合系统。虚拟仪器所涉及的数据采集和数字信号处理功能，为电动旋转台的自动化测控提供了强有力的技术支撑。我们将实现精密角度的控制，并应用在光学实验室实际测量中，这样可以比人为测量更精确。

使用的产品：

软件：LabVIEW 7.1

硬件：PXI-6221 多功能数据采集模块

应用方案：

本系统是以 LabVIEW 为核心的主要针对光学实验室中仪器的精确测量而研制的电动旋转台系统。如图 1 所示为大孔径电动旋转台实物照片。

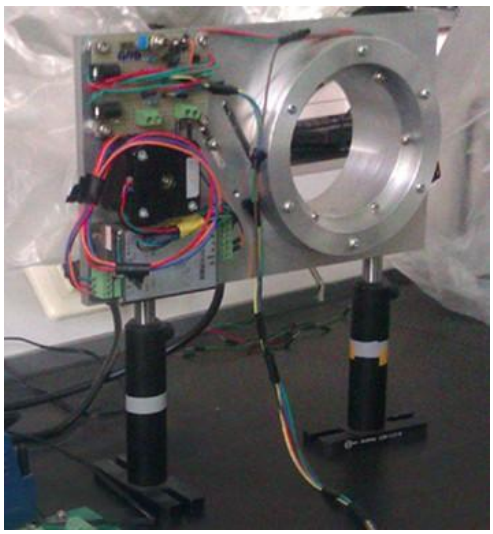


图 1　旋转台实物图

对于本实验的实验原理如下：

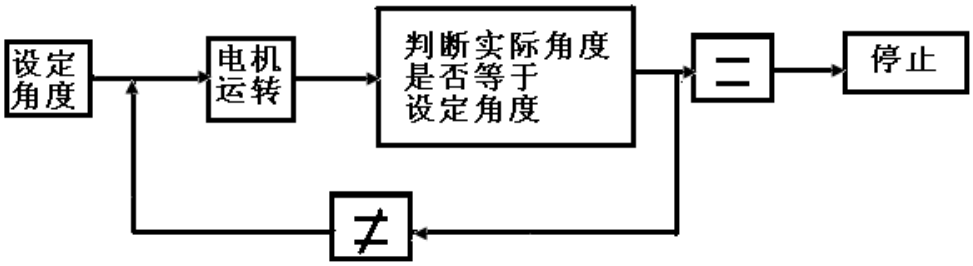


图 2　流程图

设定一个角度，使电机开始运转，当实际角度等于设定角度时，电机停止转动；当实际角度不等于设定角度，电机继续转动，直到与设定角度相等时停止。在实验室中，对于光学样品和光学镜片的旋转进行尽可能精确的测量。在试验中我们使用到了 PXI-6221 的数据采集卡，采集到的电压值通过换算得到器件旋转的角度，这样减少了认为的误差。

软件部分说明——LabVIEW 编程

实验中主要用 LabVIEW 来控制步进电机的驱动和进行数据采集、处理，图 3 为后面板整体程序图。

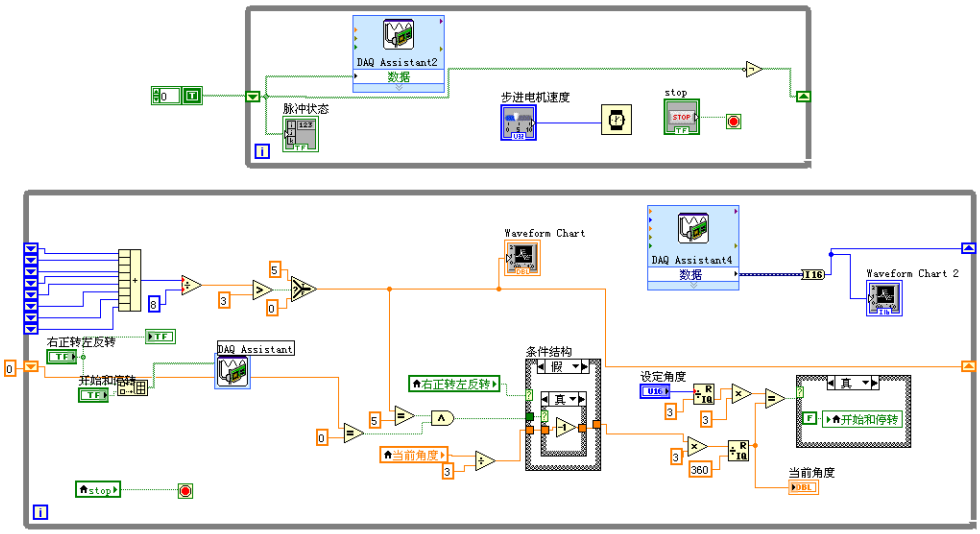


图 3　程序框图

首先利用 While 循环程序不断的给步进电机发送脉冲，使之正常工作，带动圆盘运转,并设定步进电机的速度，设有 STOP 按钮便于控制电机的运转与停止状态，如图 4。

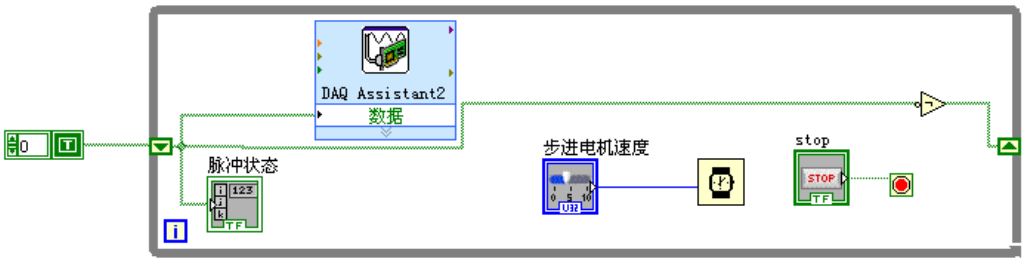


图 4　驱动程序图

不断的提供脉冲使步进电机驱动，带动圆盘转动，这时槽型光电开关中的光敏三极管感受到圆孔露出的光，光敏三极管中的电阻值立刻变小，流经电流会很大；没有光通过的时候，会有很大的电阻值，这样产生的电流就会很小。DAQ 数据采集卡配置为采样数 100，采样率 20KHz，采样模式 N 采样，接线端配置指定虚拟通道的接地模式为 RSE 单端模式－根据接地执行测量。这样通过 DAQ 数据采集卡采集的电压值便会出现高低电平，但是由于外界干扰和仪器本身的误差会出现噪声，所以在 Waveform Chart 2（如图 5）中形成有毛刺尖峰的波形。因此就要再进行滤波的处理，把噪声信号滤净，把误差降低到最小。由于低通滤波器是容许低于截止频率的信号通过， 但高于截止频率的信号不能通过的电子滤波装置。不能完全满足实验滤波的要求，经反复测试和计算最后选择均值滤波方法。均值滤波——均值滤波是典型的线性滤波算法，它是指在图像上对目标像素给一个模板，该模板包括了其周围的临近像素（以目标象素为中心的周围 8 个象素，构成一个滤波模板，即去掉目标象素本身）。

图 5　滤波前的波形图

本实验经过严格的计算，选择取八个电压值为最佳滤波状态，如图 7 所示。原因在于取值多了会取到有用的高低电平电压值，这样会产生误差影响实验精度，然后求平均值进行滤波处理。

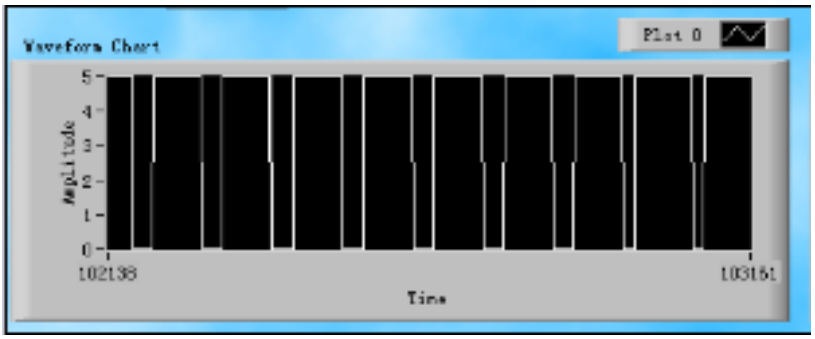


图 6　滤波后的波形图

滤波后波形可显示在 Waveform Chart，如图 6,把平均值与 3 比较，平均值大于 3 输出为高电平，小于 3 输出为低电平。规定向右转为正转向左转为反转，在外框条件结构中设置向右转为真，如图 8 所示，则经滤波之后得到的电压值与 5 比较看是否相等，移位寄存器记下上一次有孔通过的电压值与 0 比较看是否相等，若二者皆为真则‘相与’后为真，说明是从低电平变到高电平。当前角度除以 3 换算成发出的脉冲个数，相与为真则加 1，即当前角度加 3° 。其他情况皆为假，说明槽型光电开关没有孔通过；若设定为反转即外面条件结构为假，如图 9 所示，若相与后为真则减 1，即当前角度减 3° 。把判断后的脉冲数乘以 3 换算为角度与 360 求余数。将设定角度除以 3 取商，将商乘以 3 计算与设定角度最接近的角度值。判断余数和设定最近似角度是否相等，若相等，程序自动停止；反之则继续运行直到相等。

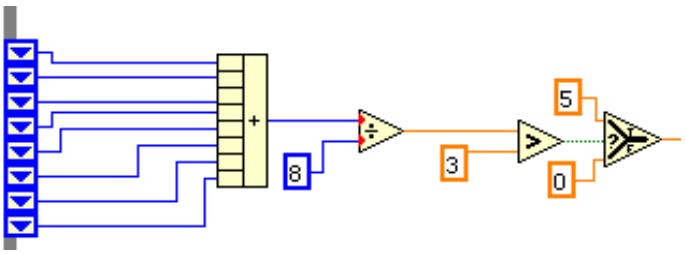


图 7　均值滤波

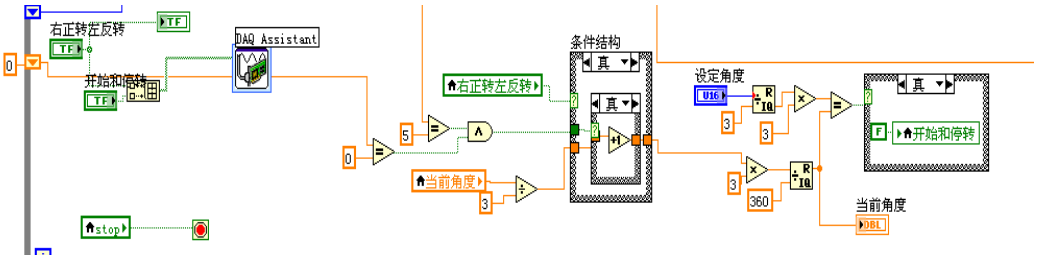


图 8　正转时的角度判定

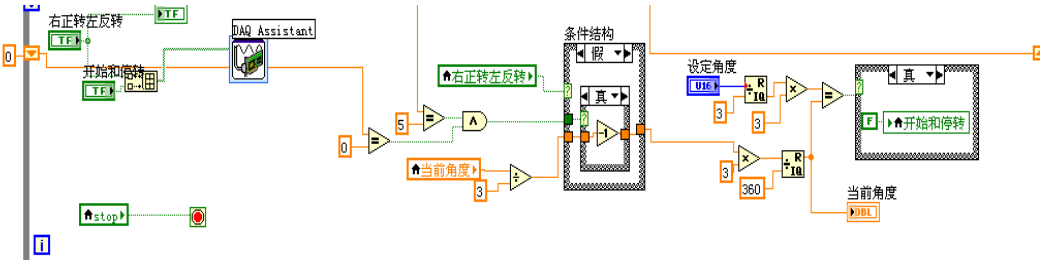


图 9　反转时的角度判定

实际上，整个实验的目的就是为了精确的测量角度，根据 LabVIEW 软件的编程，判断设定的角度和实际的角度是否一致，让实验人员更直观的读出角度，更简便的测量出角度而且没有很大误差，还节省了很多不必要的时间。

总结：

完成了这次的实验我们我们用到了虚拟仪器的软件系统建立了整套的控制系统和算法，大大减少了工作量。

在实际的使用中，人为的操作就是把实验样品固定在旋转电动台上。经过这个操作后，接下来的步骤就基本上在电脑上控制，不再需要加入人为的因素了。操作的时候只需要根据实验目的在程序中设置一定的参数，整个实验就可以很好的完成。当然，程序的设计也力求操作的简洁化。底层程序的编写是一个复杂而庞大的工程。但是，不需要关注根本的原理，在前界面上只需把必要的设置提取出来，供操作者根据需要进行修改，而其他的复杂设置则根据实际实验的共性进行预先设计，不再需要操作者操作。这样即提高了实验的精度，又保证了实用性。相比原始的实验，过多的添加了人为的操作在里面，实验系统有更好的实用性，为实验提供了便捷。

基于虚拟仪器的电动旋转台系统无论是对于实际的应用、还是提高创新能力，都能得到很好的发挥。使虚拟仪器在数据采集和分析处理方面的体现巨大优势，能够在实际中发挥其强大的功能。相较于传统的仪器设备，该系统也具有明显的优势，如多样性、实时性、精确性、灵活性、可拓展性等等，相信再将该系统经过后续的完善开发后，定能扩展出更强大的功能。

FBG 螺旋线沿线温度分布检测技术

作者：王雪峰

指导教师：孙小菡 韦朴

学校：东南大学电子科学与工程学院

介绍：

本文主要是面对行波管可靠性分析需求，以行波管的管壳以及内部螺旋线温度测试为目标，对 FBG 传感器的基本原理，封装设计，检测系统软硬件进行了研究。首先分析了 FBG 温度传感器的原理和研究进展，针对 FBG 温度传感系统的关键技术进行研究探讨。分析比较了 FBG 传感器的四种主流封装，聚合物封装、半金属管封装、钢片封装以及毛细钢管封装，并根据行波管内部的环境结构，设计出一种新型的 FBG 传感器，用于螺旋线温度的测量。。其次是设计了基于 LABVIEW 的上位机控制软件，该软件用于行波管的温度检测。主要是通过 RS232 串口转 USB 进行下位机与上位机的数据传输，采用 LabVIEW 的 VISA 模块获取原始数据，将采集到的光谱数据以波形图和表格的形式在界面上显示，同时利用波峰检测 VI 检测光谱的波峰位置和幅值，通过数据的处理和分析完成最终的温度测试。该软件还可以对需要的数据进行.lvm 格式的保存。

使用的产品：

软件：LabVIEW

应用方案：

FBG温度传感器测试采用分布式FBG传感系统。分布式FBG传感系统是在一根光纤中串接多个FBG传感器，宽带光源照射光纤时，每一个FBG反射回一个不同布拉格波长的窄带光波。通过单一通道实现对多个测试信号的采集，减少了测试数据采集设备所需的通道数量，降低测试成本，并能够实现对待测物理量的分布(或准分布)测量。这种传感系统检测效率高，并易于形成传感网络。基于FBG传感器的温度传感阵列，可对行波管进行分布式测量。图1为行波管螺旋线测量侧视图和正视图。

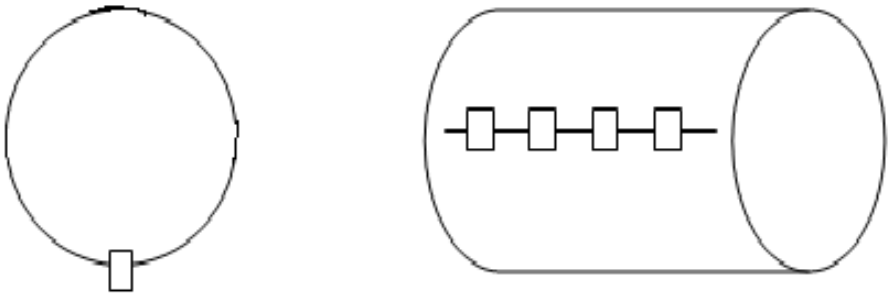


图 1　行波管螺旋线测量侧视图和正视图

基于FBG传感系统的特点我们确定了温度分布检测系统的方案，主要是自行设计解调系统框架，利用自制的解调仪进行FBG解调测量。我们实验室的解调系统框架图如图2所示。从信号上可以划分为:光路部分和电路部分,两者之间连接是通过光电转换来完成的。光路部分由光源、耦合器、光纤和传感光栅以及可调谐F-P 腔组成。其作用是产生调制的光信号。电路模块由光路模块以外的部分组成。电路模块接受光路模块产生的光信号，进行光电转换与调协控制电压并行的A/D 转换，再经解调系统处理得出传感量值，最

后连接PC 采集传感数据，利用软件将它显示出来。

FBG 温度传感系统模拟电路有两个部分（1）可调谐F-P 滤波器锯齿波驱动电路；（2）光电检测与放大电路。首先是由MAX038CPP 芯片和运放芯片构成的驱动电路驱动F-P 滤波器，产生单一波长光信号，接着进行光电检测转换为电信号，然后经过由运放组成的放大电路到达AD 芯片构成的采样电路。此外，为了隔离数字系统的噪声，还加入隔离器件，这里我们使用光电耦合器件来实现这一功能。总体的硬件构成如图3所示。

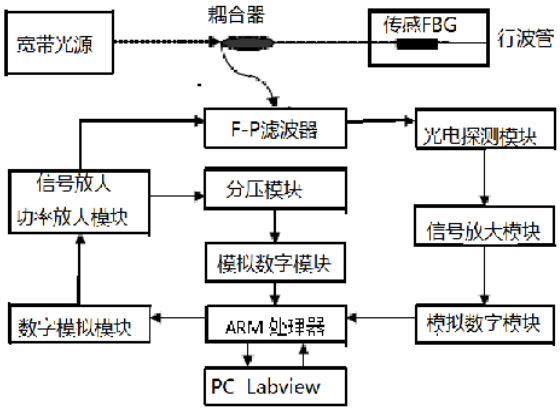


图 2 解调系统

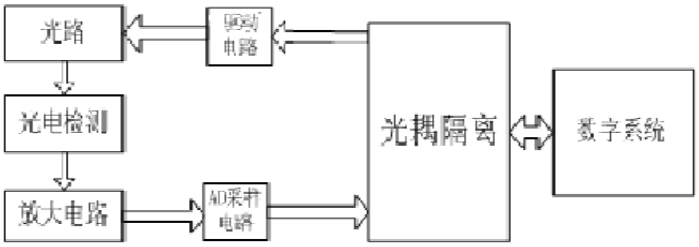


图 3 硬件结构

FBG温度测试系统软件部分是基于LabVIEW上位机的控制软件。它是利用PC 机的LabVIEW 对下位机传输的数据进行采集和处理，并利用ARM 单片机进行软件测试，证明数据采集的可行性和正确性。控制软件界面如图4所示。

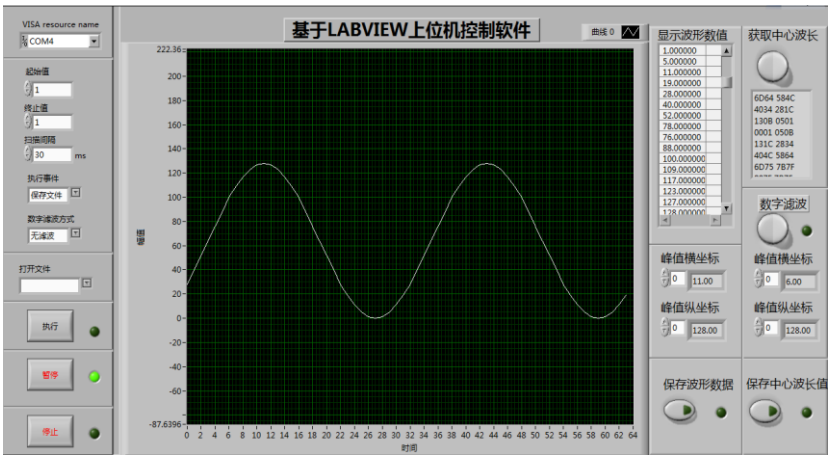


图 4 控制界面设计

控制界面主要有九部分组成。第一部分是VISA resource name，可以通过下拉菜单选择端口，选择所需要传输的数据端口。第二部分是左侧第二框图，包括有起始值、终止值、扫描时间、执行事件等。这一部分是通过LabVIEW 输入一定的参数与下位机进行交互，为数据处理提供一些扫描参数和处理参数。第三部分是打开文件，可以将存储的数据读出并显示。第四部分是控制按钮，包括执行、暂停和停止。点击执行，开始采集数据并在波形图上显示出来，暂停则暂停采集，可以查看波形。停止键是将整个程序停止运行。第五部分是波形显示部分，由波形图组成。第六部分是位于波形图右侧的显示窗口，它可以实时显示波长数值以及峰值的横纵坐标。第七部分是读取下位机传送的中心波长。第八部分是对传输的信号进行滤波处理。最后一个部分是保存数据。

通过LabVIEW中的VI 模块实现数据的采集:VISA 配置串口VI 、VISA 写入VI 、VISA 读取VI 和VISA 关闭VI 。配置串口VI 用于串口号及串口参数的配置；串口写入VI 用于向硬件系统发送执行事件的参数设置；串口读入VI 用于读取硬件系统向上位机传送的数据。最后的是串口关闭。

1. 串口的配置

串口的配置程序代码为图5所示。

连接至配置串口VI 的各常量从上到下依次是：时间溢出值设定（10sec）；串口资源名称；波特率设置（115200）；数据长度（8bit）；奇偶校验（无）；停止位（1 位）。当配置有效时，串口配置将串口资源名称传送给串口写入VI、读取VI 和关闭VI。当有时间溢出或配置错误时将输出错误信息。

2.串口发送子程序如图6所示。

在控制软件中，设定的命令字规范从上到下分别是起始符（115）、光谱所取起始值、光谱所取终止值、数据扫描间隔、数字滤波方式、执行事件和打开文件，最后是终止符（101）。这些输入控件中有数值有字符串，所以首先要将它们都转为数值，然后打包成一个数据包，但是串口写入VI 要求输入的是字符串，所以还要将数组转换为字符串，连接至输入端。

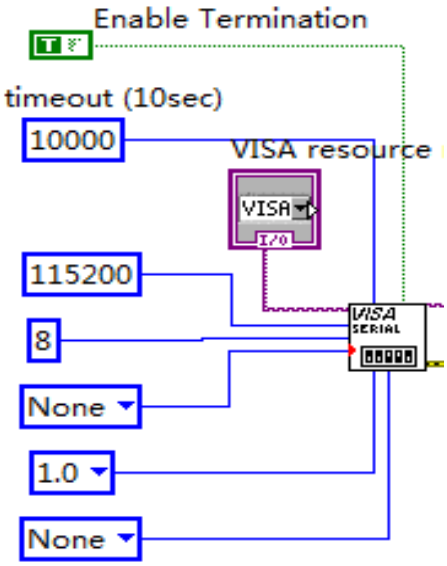


图 5　串口的配置程序代码

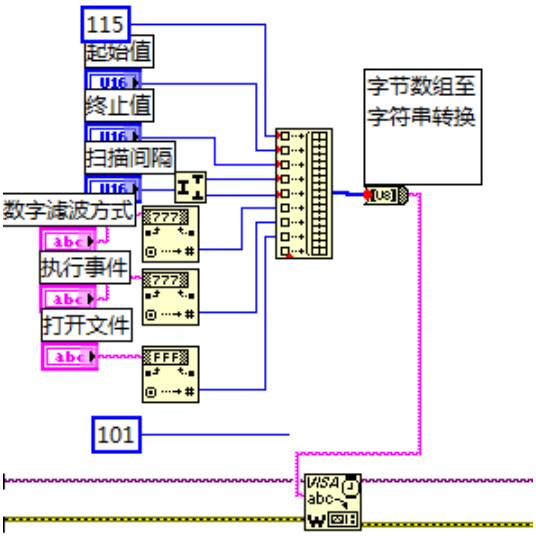


图 6　串口发送子程序

3. 串口读取子程序如图7 所示。

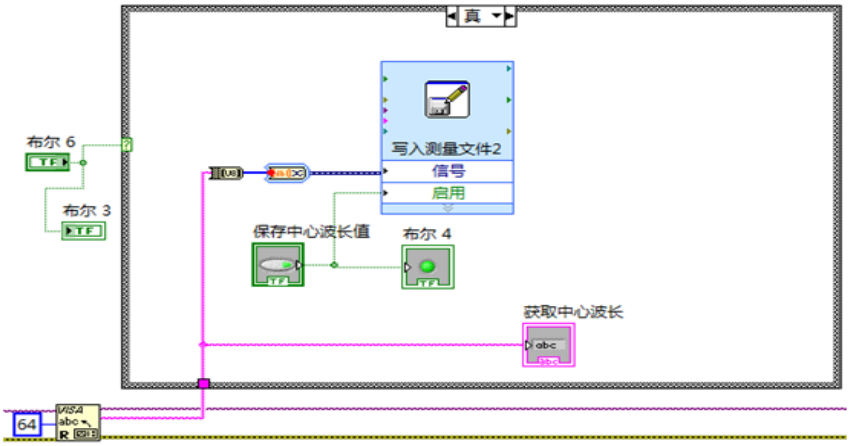


图 7　串口读取子程序 1

我们设置了两层条件结构，第一层是由读取中心波长按钮决定，真时进行读取中心波长值并可以进行数据保存，如图7所示；假时则读取传输的波形，在波形图和表格中显示并可以对峰值的位置和幅值进行数据保存，如图8所示。

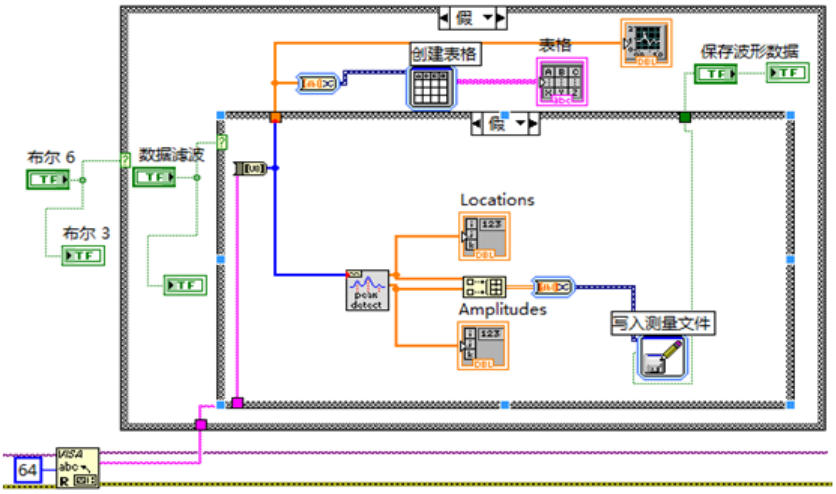


图 8　串口读取子程序2

第二层条件结构是对信号进行处理。当结构为真时，将信号经过滤波器进行滤波处理同时可以保存滤波后的峰值位置和幅值，如图9所示；当结构为假时，直接进行波形的显示并可以保存数据，如图10所示。

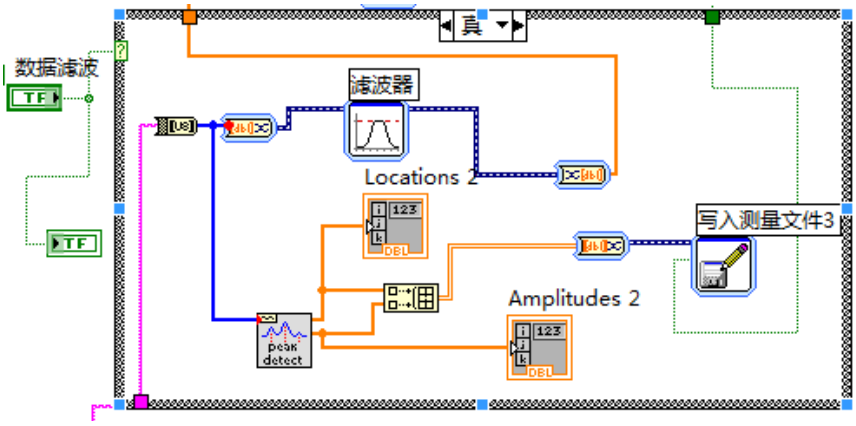


图 9　串口读取子程序3

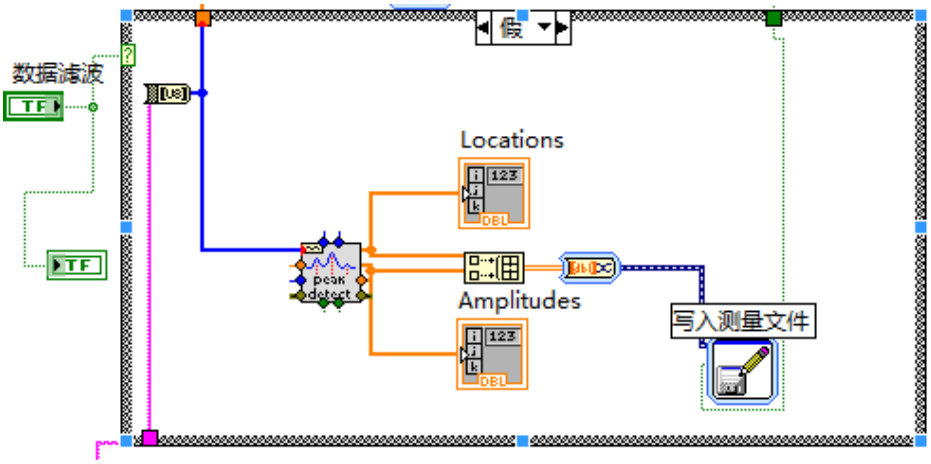


图 10　串口读取子程序 4

在串口读取VI 的字节设定处设定字节为64，这样设定是因为我们测试的波形一个周期的字节数是32，64 个字节就是两个整周期。如果设定的字节数小于32 个，那么显示的波形周期就不完全。还有串口读取VI 接收到的数据以字符串的形式存放在接收缓冲区，我们在显示这些数据之前，要将字符串转化为一维数组，然后连到波形图上进行显示。最后全部程序图如图11所示。

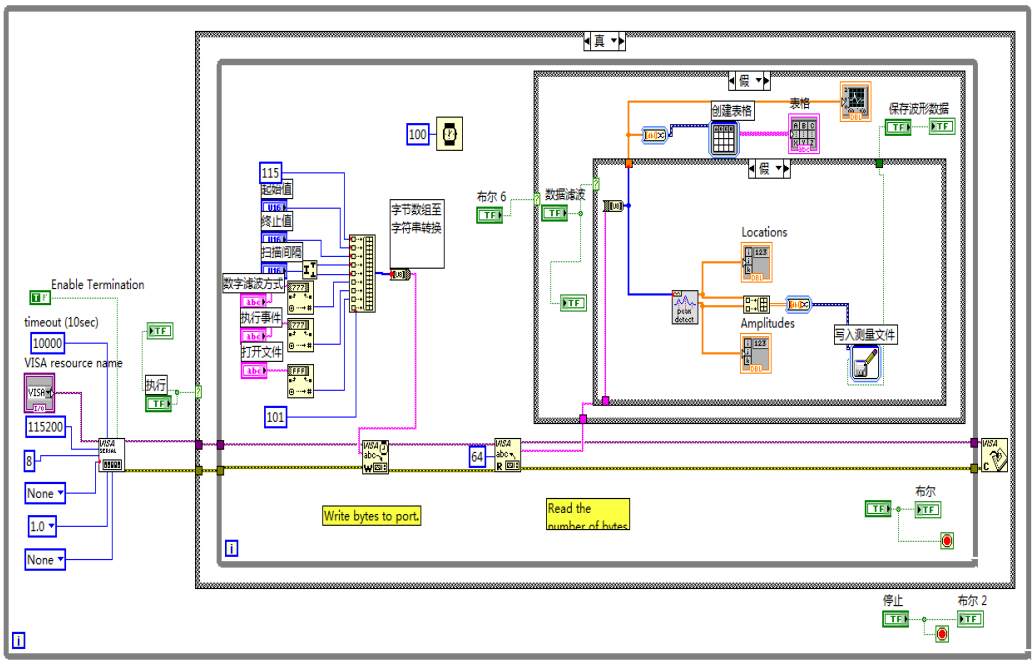


图 11　全部程序

基于ARM内核的上位机进行测试，利用LabVIEW程序可以完成数据的接收，完成波形的采集和数据输出。测试结果如图12，13所示。

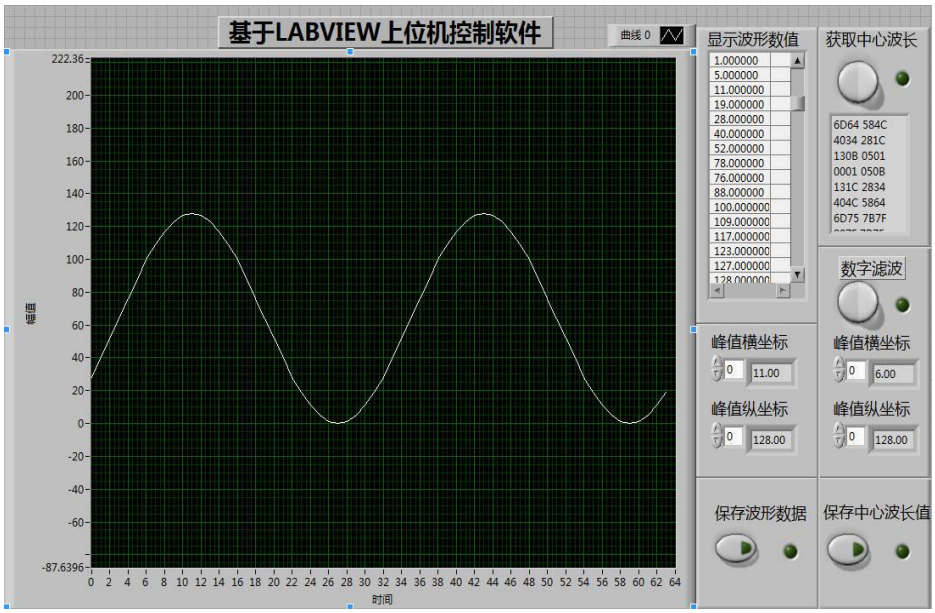


图 12　采集到的正弦波

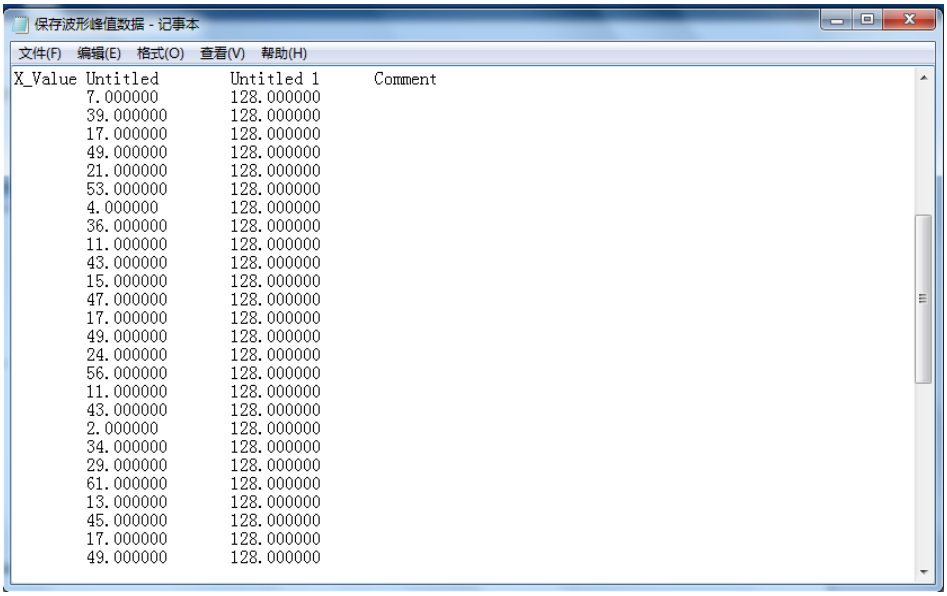


图 13　存储的数据

总结：

本文针对基于光纤光栅传感技术的行波管螺旋线温度检测系统，对温度检测系统硬件中模拟电路进行设计，并基于LABVIEW软件对上位机控制系统进行编写。主要是利用RS232转USB串口完成了上位机和下位机的通讯，能够进行波形的采集，并且可以对采集的数据进行显示、处理和保存。利用VISA模块可以与RS232等串口仪器进行通讯与配置，可以方便的进行电压、温度等模拟信号的采集以及数字信号的输出。利用LabVIEW 图形化编程语言，大大简化了程序的开发，同时，LabVIEW 能将硬件与软件有效的结合起来，使得系统的开发工作变得更高效，也极大的缩短了系统的开发周期。

基于 LabVIEW 的光伏并网数据采集和分析

作者：张 帆

指导教师：陈 敏

学校：浙江大学

介绍：

随着世界范围内对能源的需求日益增大，传统的化学燃料不仅带来了严重的生态问题，而且在不久的将来就将消耗殆尽。太阳能作为一种安全、环保的新型能源越来越受到人们的关注，全世界光伏电站和光伏并网系统增长迅速。

随着光伏系统的推广，对系统数据的测量、分析和管理要求日益提高。为了进一步提高光伏系统的性能，完整有效的数据评价体系和采集分析系统必不可少。目前已有基于不同技术的多种数据分析系统出现。

LabVIEW 结合了图形化编程方式的高性能与灵活性，能为数据采集、仪器控制、测量分析与数据显示等各种应用提供必要的开发工具，已经成为虚拟仪器软件开发平台的工业标准，得到广泛应用。本文尝试使用 LabVIEW 建立一套光伏并网系统的数据采集分析系统，使用 NI 公司生产的数据采集卡和 LabVIEW 软件相结合，实现参数采集处理以及通讯等功能以及拓展。

使用的产品：

软件： LabVIEW 2009

硬件： DAQ SCB_68

应用方案：

系统的整体构架如图 1 所示。

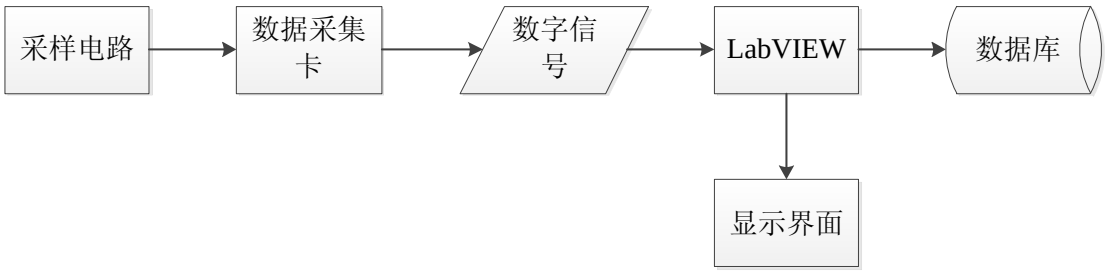


图 1 系统整体构架

采样电路由电压采样和电流采样两部分构成，电压采样通过差分放大电路实现，电流采样以霍尔元件 ACS756 为核心搭建，两路信号都通过运算放大器进行处理后成为成熟信号。此外，两部分的供电电源也由自己搭建，与采样电路集成在同一块电路上，制作成 PCB 板。

由于本次设计基于 LabVIEW 软件和数据采集卡 SCB68，对输入的电信号有幅值要求。为了获得幅值适当的系统参数电信号，需设计相应的信号采样和处理电路。此外，本系统针对光伏阵列配备的微逆变器设计，故需要面积较小，并可以自己供电。综上考虑，对于硬件电路的要求总体为：

(1) 将初级采样信号处理到系统可操作的范围内；
(2) 尽量减小纹波，保证采样的准确性；
(3) 电路面积尽量小，易于安装；

(4) 可以连接至电网自行供电。

具体采样电路如下设计：

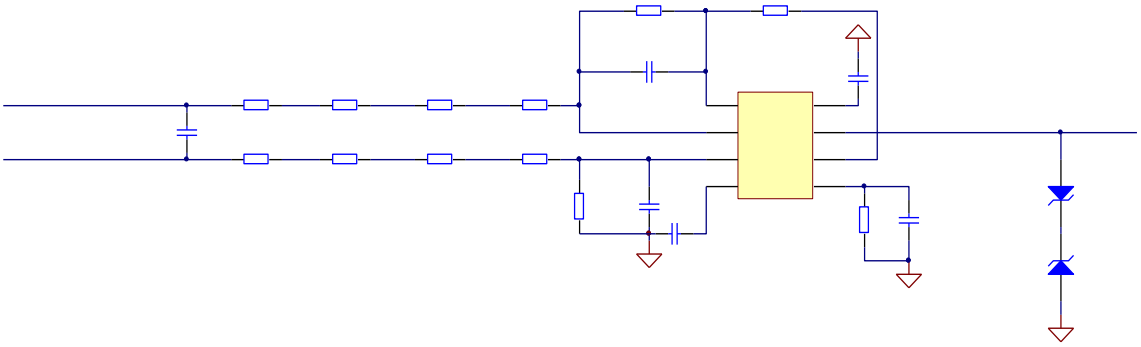


图 2 电压采样电路

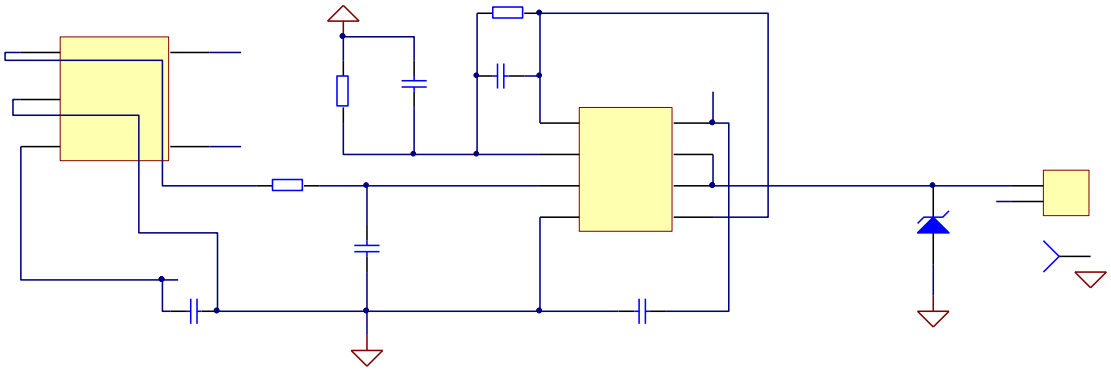


图 3 电流采样电路

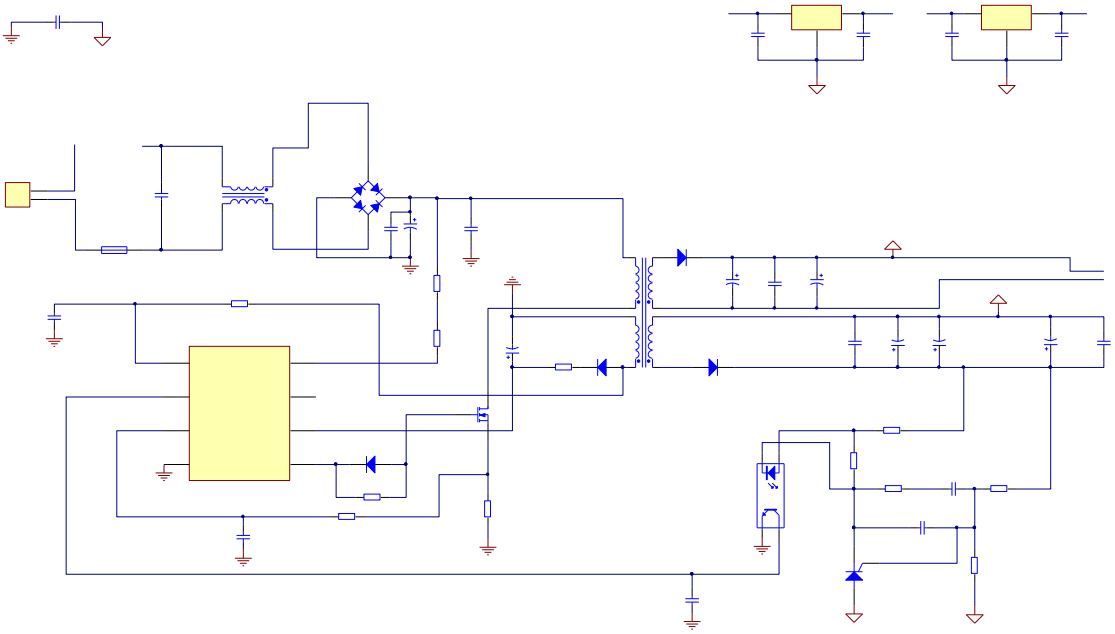


图 4 辅助电源电路

数据采集卡采用 NI 的 DAQ SCB_68 型号，将采样得到的电信号转化为数字信号，上传到上位机的 LabVIEW 平台中。

NI 生产了一系列数据采集卡，用于进行模数转换，将数据上传给上位机系统。LabVIEW 中集成的数据采集卡驱动模块 DAQmx 使得双方连接简洁方便。图 5 简单表明了 LabVIEW 从数采卡读取数据的途径。

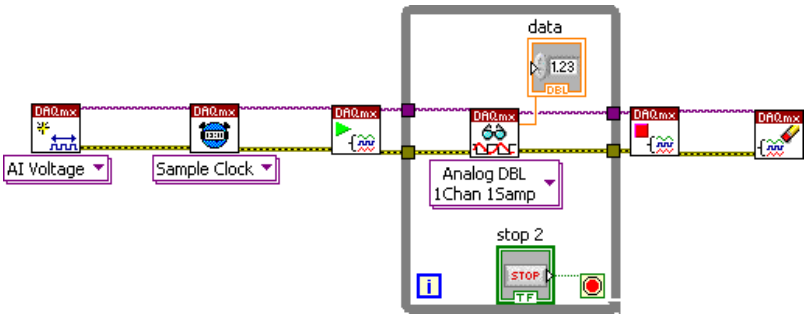


图 5　DAQmx 应用举例

LabVIEW 通过 NI-DAQmx 驱动获取数据采集卡中的信号，进行一系列处理和运算，得到需要的系统运行参数，并通过数字、字符串、图表等格式显示出来。同时，在需要时，将特定的数据存入数据库或从文件中读出。

程序框图如图 6。

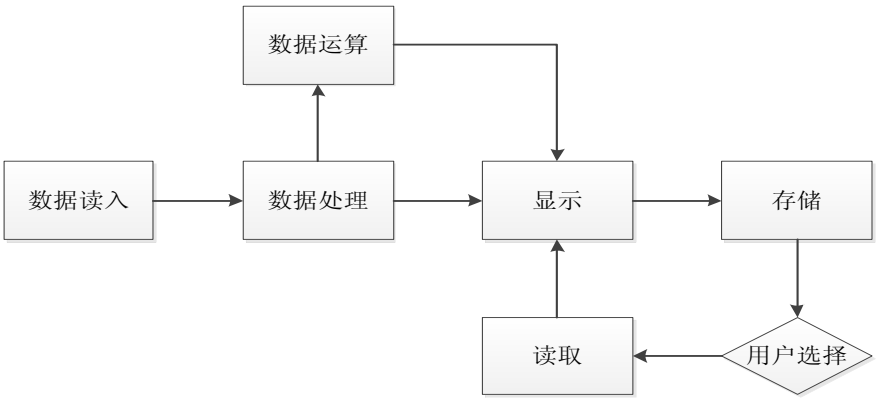


图 6　程序框图

运行结果如下图所示。

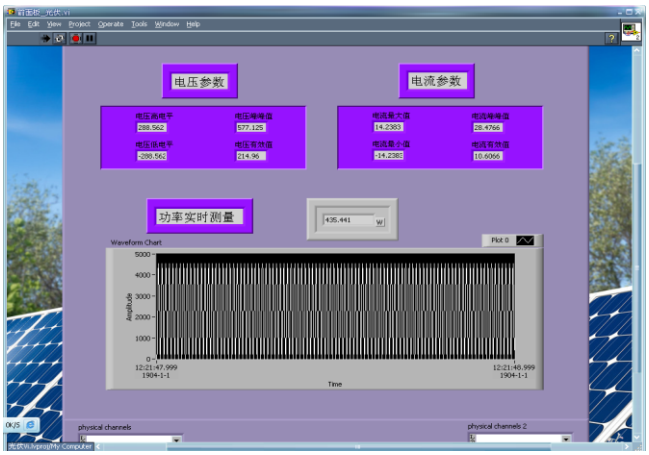


图 7　运行结果示例

最终软件用户界面如下图所示：

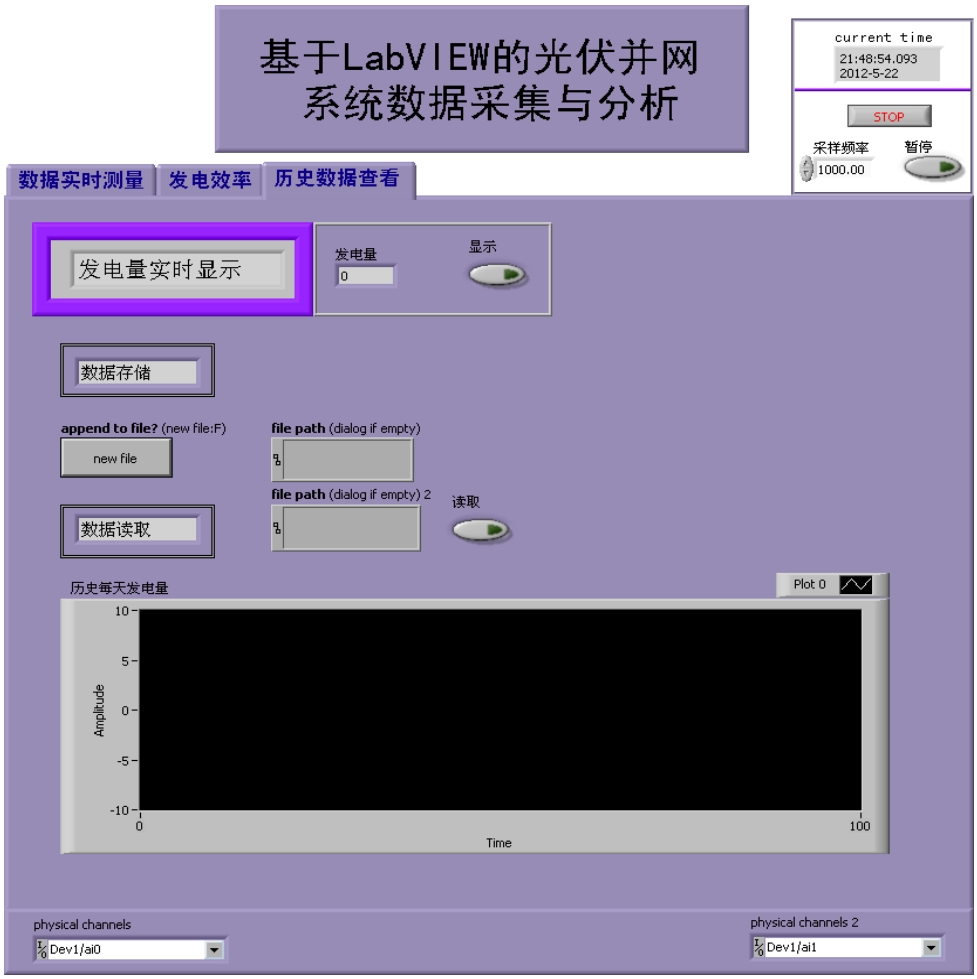


图 8　用户界面示例

总结：

本文主要工作基于 LabVIEW 开发了一套光伏并网系统的数据采集与分析系统，实现对光伏系统运行数据的采集、分析和管理。主要工作成果如下：

1）实现了基于 LabVIEW 的光伏运行数据采集分析系统的设计和应用，提供了一个对光伏系统运行数据采集、分析和管理一体化的方案；

2）根据光伏系统实际研究的需要，设计了数据存储功能，实现了对历史数据的读取，并可扩展为数据库管理；

3）利用 NI 数据采集卡实现自动化数据采集，并使用 DAQmx 驱动模块获取数据；

4）尝试实现 GPIB 通信等拓展功能，拥有与仪器、网络连接接口，具有很强的灵活性，便于之后进一步开发和完善。

综上所述，本文实现基于 LabVIEW 的光伏并网数据采集与分析系统，采用了 LabVIEW 图形化编程语言平台，对程序的修改和升级容易而方便；通过设计提供适应研究需要的功能和配置。

云粒子图像回放软件设计

作者：张 腾

指导老师：焦瑞莉

学校：北京信息科技大学

介绍：

云微物理观测为人工影响天气提供重要的科学依据。利用飞机直接飞临云系的关键部位，进行有效的观测，是近代云物理学一直所采用的研究方法。近年来，我国的机载云粒子测量技术设备都是从国外引进，但价格都十分昂贵，不利于此项技术在国内的广泛应用，所以我国对此技术的自主研发势在必行。本论文所设计的云粒子图像回放软件适用于中科院大气物理研究所所设计的机载云粒子测量系统，用于对已采集的云粒子图像进行选择性回放，方便气象科学家对观测数据进行科学的分析与研究。

所使用的产品：

软件：LabVIEW 2010

应用方案：

机载云粒子测量系统中关于图像数据的处理流程图如图 1 所示。本软件所要完成的主要任务就是从数据库中提取压缩的图像，对其进行解压并按照要求显示在前面板上。

1. 为实现顺利实现各功能，将各功能状态构建成队列，然后通过对队列元素的操作实现要求。各队列元素的简要说明如下：

① Ready（准备）：读取文件路径并显示，创建操作队列

② Initialize（初始化）：获取文件的帧长度，将总帧数反映到帧显示轴的标尺上。

③ Work（工作）：对图像数据进行读取、解压，显示图像，对图像播放进行控制。

④ Clear(清空)：清空队列。

⑤ Quit（退出）：终止程序运行。

⑥ Idle（闲置）：队列元素出列，保证程序的正常连续运行。

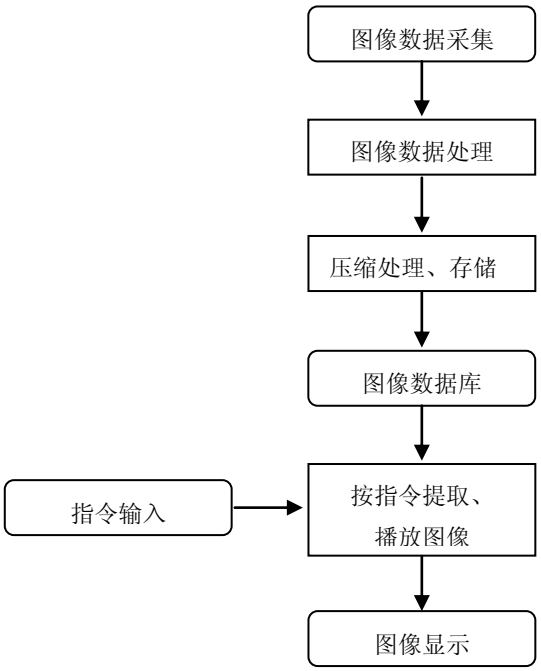


图 1 数据处理流程图

2. 数据的压缩算法采用的是 RLE，解压时对数据进行逆向运算即可，其运算逻辑如图 2。

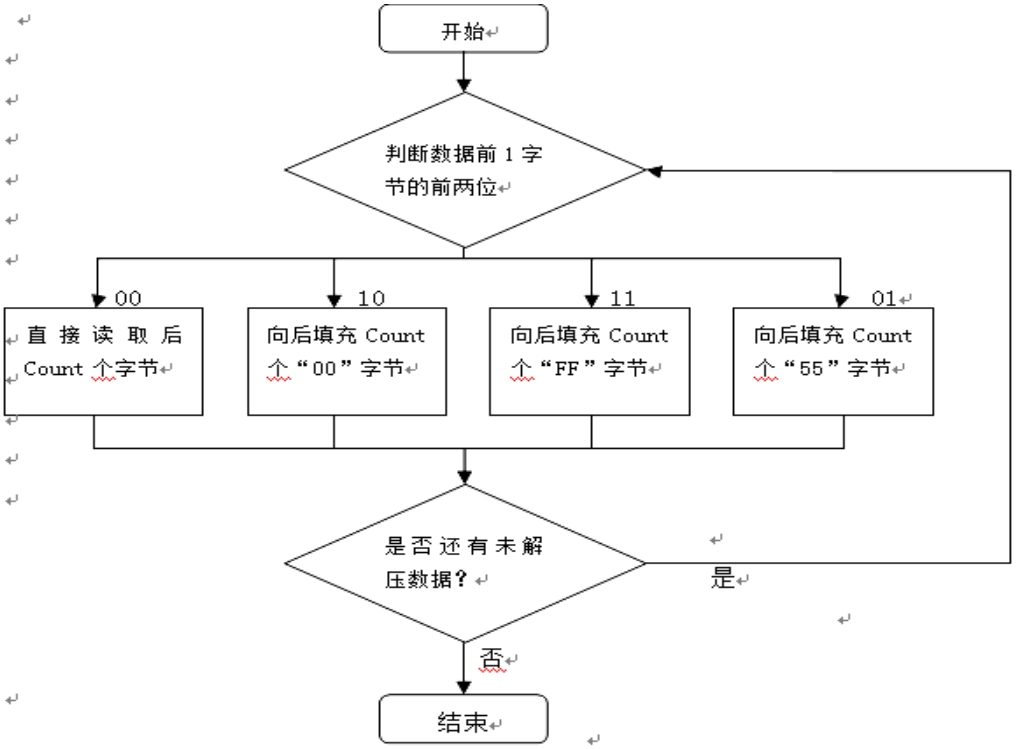


图 2　RLE 解压算法运算逻辑

3.　将数据转换成图像显示在前面板上的过程如图 3 所示。

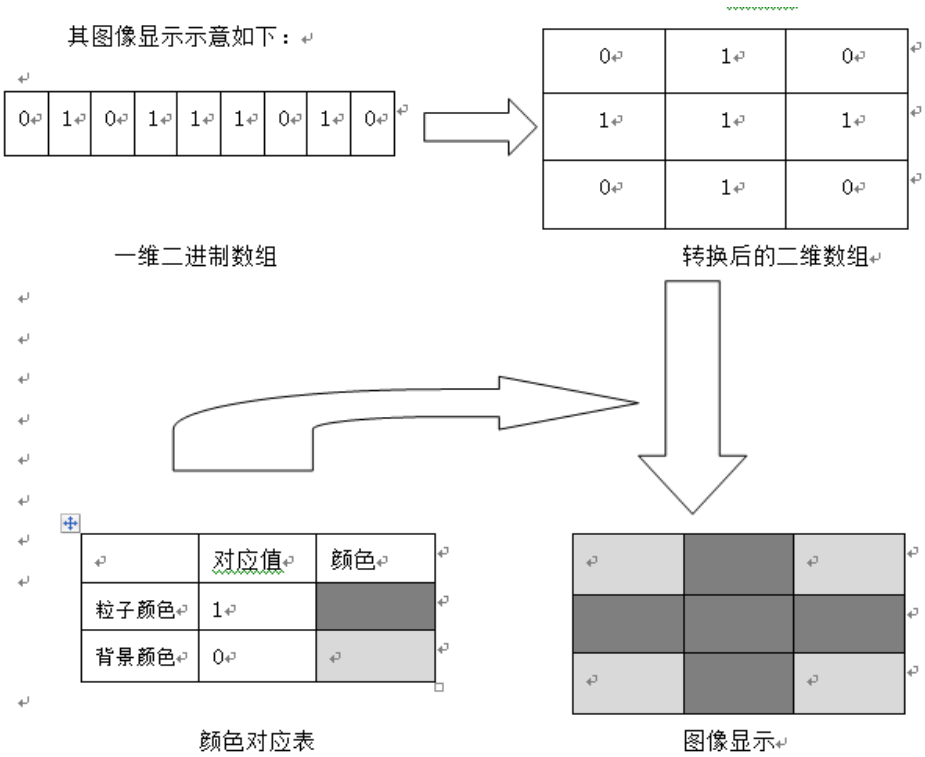


图 3　显示示意图

4. 前面板上的各个控件可以实现对图像的按帧按时显示、连续帧显示图像等操作，如图 4 所示。

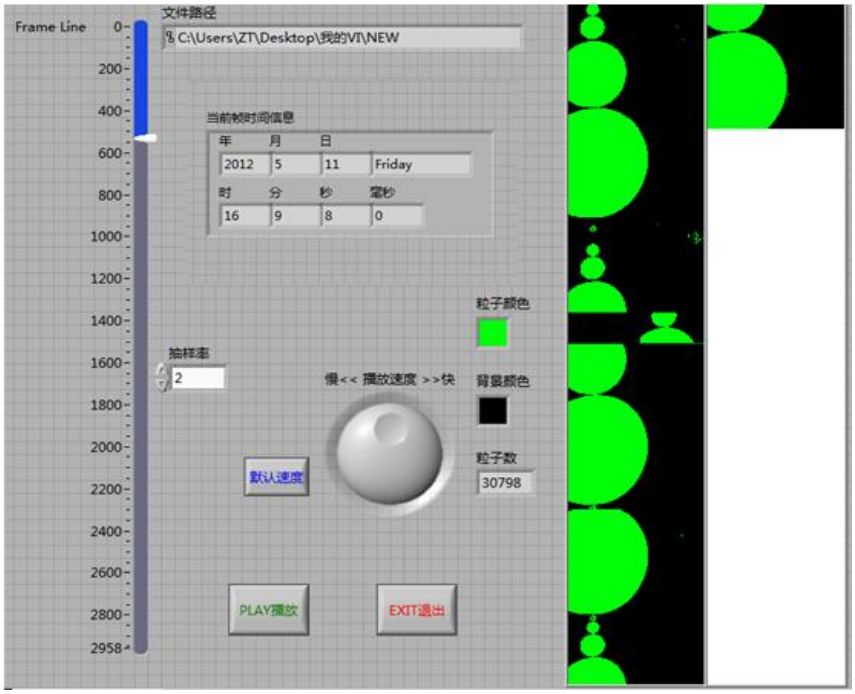


图 4 前面板

总结：

设计的云粒子图像回放软件有如下特点：

1）云粒子图像数据能够较好地将其转换成清晰的二值图像并显示出来

2）和连续帧读取数据，使用户能够根据需要选择观看图像的模式，从而在人工影响天气的过程中做出正确的决策。

3）可以选择调节帧间的读取速度，更好地观测图像的动态变化。

4）设计逻辑严谨，经过多次测试检验，从未发现过任何的冲突错误，具有较高的稳定性和实用性。

本课题系统地研究了 LabVIEW 中应用队列设定程序工作状态、RLE 压缩算法及其解压方法、LabVIEW 中图像绘制和显示的实现方法，特别是在 RLE 压缩算法和解压方法部分，对数据的每一步变化都做了跟踪分析。另外，在如何实现图像动态显示方面也进行了认真的思考和分析。此课题中，采用虚拟仪器开发平台 LabVIEW 所设计的云粒子图像回放软件能够实现云粒子图像单帧或连续帧的播放、选定帧显示等研究云粒子图像时所需要的功能，且具有较好的稳定性和易操作性。

基于 LabVIEW 的图像采集与分析系统设计

作者：李 静

指导老师：潘海彬

学校：江苏大学

介绍：

本设计是基于 Rymaszewski 四探针双电测组合法，运用虚拟仪器技术设计了薄膜方块电阻（Sheet Resistance）测量系统。本次设计的测量系统是基于虚拟仪器开发软件 LabVIEW 和 NI ELVIS II 平台。其中，在 NI ELVIS II 平台搭建了可控电流源电路和电流/电压探针自动切换电路。系统中利用 NI ELVIS II 平台集成的多种仪器功能以及丰富的、易操作的 I/O 口，实现了的数字量 I/O 输出数字量控制电流/电压探针自动切换电路，利用 NI ELVIS II 平台上的模拟量输出通道输出电压信号控制电流源电路的输出电流，并利用 NI ELVIS II 平台上的模拟量输入通道测量两次电压值，最后用 LabVIEW 软件完成对成范德堡（Van der Pauw）修正因子和方块电阻的计算，从而实现薄膜方块电阻自动测量、记录和显示。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2011，NI ELVISmx 驱动

硬件：NI ELVIS II 教学实验室虚拟仪器套件

应用方案：

薄膜方块电阻（Sheet Resistance）是薄膜材料最重要的电特性参数之一。随着集成电路由超大规模(VLSI)向甚大规模(ULSI)发展，薄膜方块电阻大小是器件设计和器件制造过程中选择材料、控制工艺条件的主要依据和决定器件质量的关键因素，因此薄膜方块电阻测试仪器的开发也越来越受到人们的关注。本设计基于 Rymaszewski 四探针双电测组合法，运用虚拟仪器技术设计了一快速的、高精度的薄膜方块电阻（Sheet Resistance）自动测量系统。

Rymaszewski 四探针双电测组合法测量薄膜方块电阻的计算公式可表示为:

$$R_s = \frac{\pi}{\ln 2}\left(\frac{V_1 + V_2}{I}\right) f\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

式中, Rs 为样品的薄层电阻, V_1 为探针 1, 2 通电流在探针 3,4 间测得的电压，V_2 为探针 1, 4 通电流在探针 2,3 间测得的电压, I 为探针 1, 2 和探针 1,4 中通过的电流,$f\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ 为范德堡修正因子。

本设计可分为硬件设计和软件设计，具体如下：

1） 硬件设计：硬件电路（电流/电压探针自动切换电路、可控电流源电路）均搭建在 NI ELVIS II 的实验平台的面包板上，运用该平台的数字量输入/输出通道对电流/电压切换电路进行控制，运用该平台的模拟量输出通道输出电压信号来控制电流源电路的输出电流，并运用该平台的模拟量输入通道对电压信号进行采集。系统的整体结构如下图 1。

2） 软件设计：薄膜方块电阻测量系统的软件是基于虚拟仪器软件 LabVIEW 2011 设计的，软件实现的功能主要有：运用 NI ELVISmx Digital Writer 向 NI ELVIS II 原型板上的数字量输入/输出口输出八位数字

量 0000000 来控制电流/电压控制切换电路，使得电流 I 从探针 1 流进 2 流出，然后运用数字万用表 NI ELVISmx Digital Multimeter 测量探针 3,4 之间的电压 V_1；再次运用 NI ELVISmx Digital Writer 向 NI ELVIS II 原型板上的数字量输入/输出口输出另一八位数字量 01111111 来控制电流/电压控制切换电路，使得电流 I 从探针 1 流进 4 流出，然后同样运用数字万用表 NI ELVISmx Digital Multimeter 测量探针 2,3 之间的电压 V_2；然后根据两次测得的电压值，并运用 LabVIEW 的强大数据处理能力完成对范德堡修正因子的计算，最后根据已测得的参数 I、V_1、V_2 以及计算得到的范德堡修正因子等完成薄膜方块电阻的计算以及结果的显示。电流源电路的输入电压是通过 LabVIEW 2011 对 NI ELVIS II 原型板上的可变电压模块进行程控来实现的。图 2 即是软件的程序流程图，图 3 为系统软件程序的前面板，图 4 是测量系统的整体实物图。

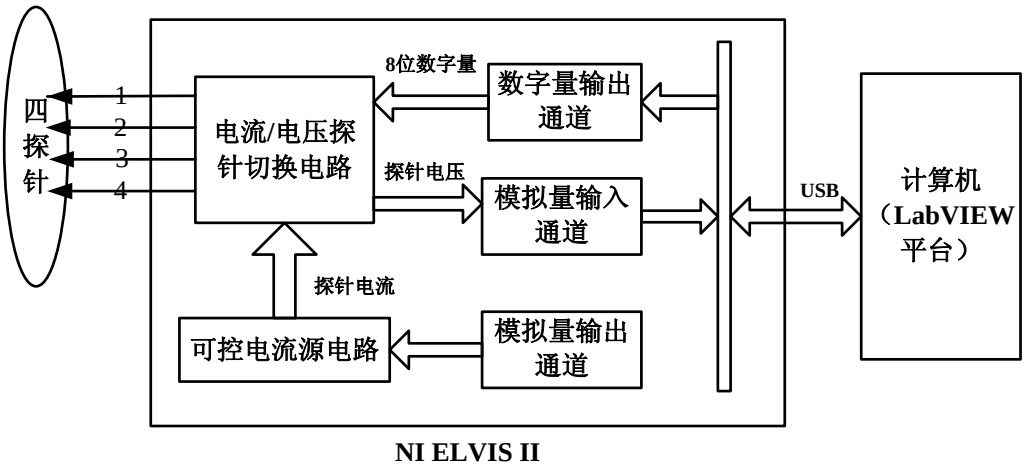


图 1　系统的整体结构

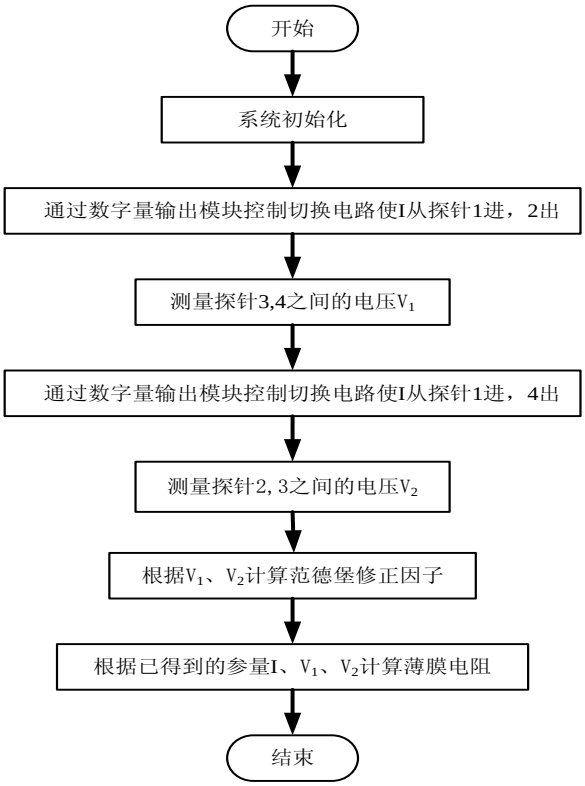


图 2 软件的程序流程图

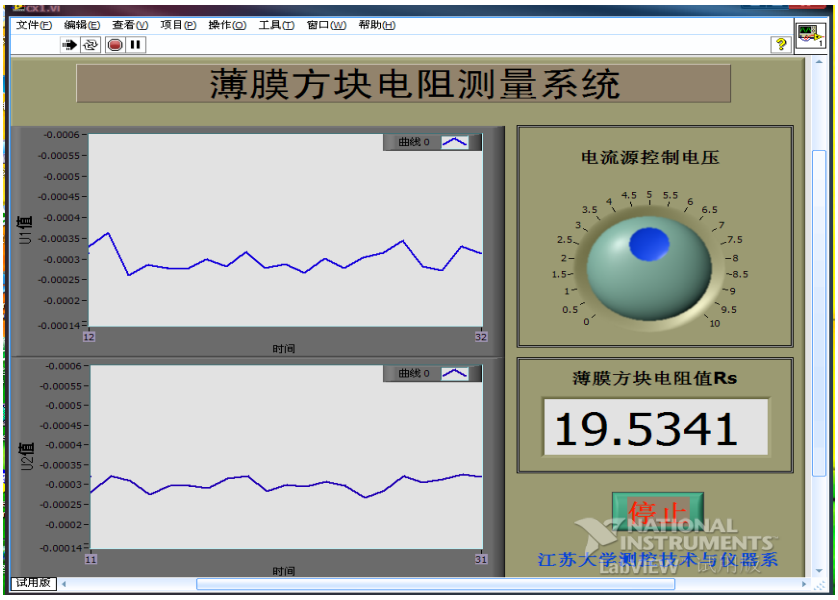


图 3　系统软件程序的前面板

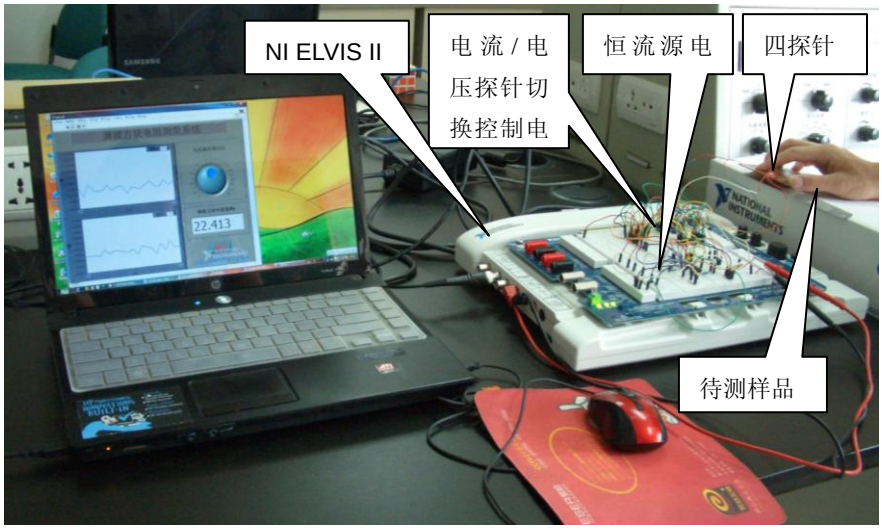


图 4　系统的整体实物图

总结：

本设计中的薄膜方块电阻测量系统的软件平台为 LabVIEW 2011，硬件平台为 NI ELVIS II，并在这种开放式的平台上搭建了电流/电压探针自动切换电路和可控电流源电路，同时利用 NI ELVIS II 平台集成的多种仪器功能以及丰富的、易操作的 I/O 口实现了对电流/电压探针自动切换电路和可控电流源电路的控制，最终实现了一种操作简单、高精度、高自动化程度的薄膜方块电阻测量系统。本文完成了以下几方面的内容：

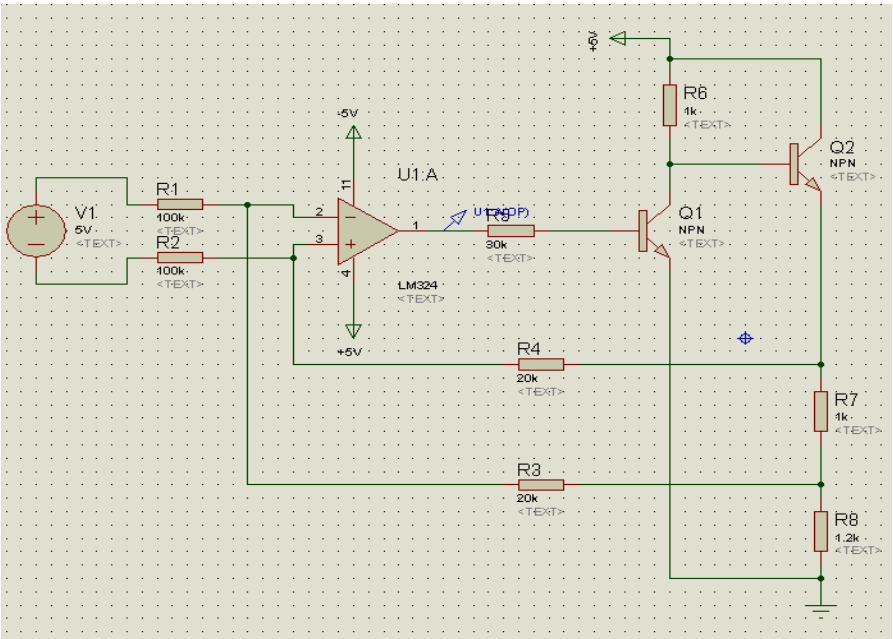
（1）利用 NI ELVIS II 平台上的程控的可变电压源，并结合相应的电路实现了电流源的程控，不仅扩大了薄膜方块电阻测量系统中的电流源的电流范围，而且使得电流源电路的电流大小的输出调节更为方便。

（2）利用 NI ELVIS II 原型板上的数字量输入/输出口输出数字量来控制切换电路，实现了对电压/电流探针的自动切换，提高了测量的自动化程度。

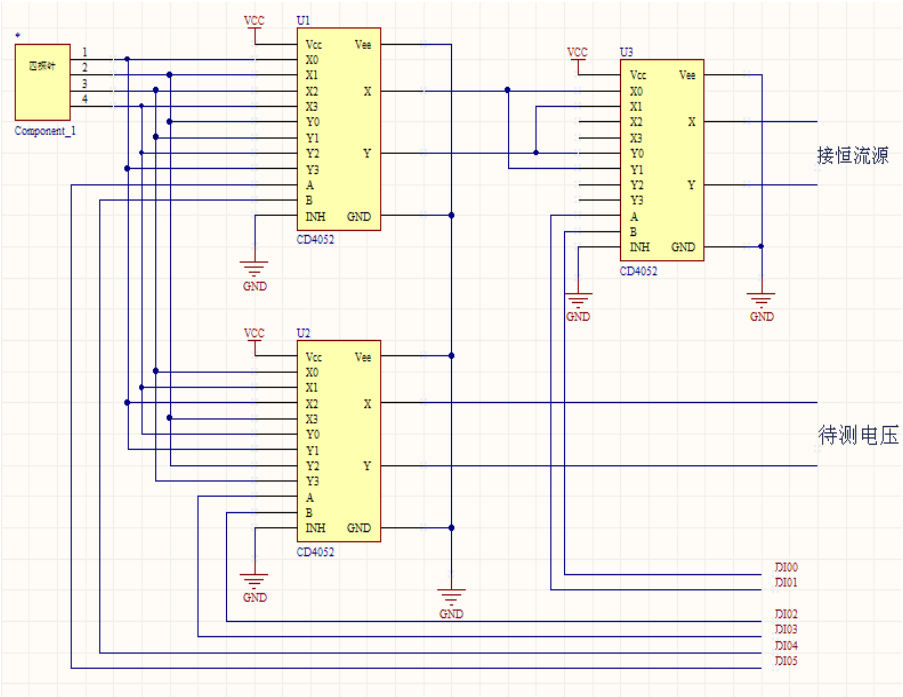
（3）利用 NI ELVIS II 平台上的模拟量输入通道采集两次探针电压，同时根据探针电压并运用 LabVIEW 的强大数据处理能力实现了对范德堡修正因子的计算，最终实现了薄膜方块电阻的计算，大大提高了测量精度。

附：

NI ELVIS II 原型板上搭建的电路



电路 1：恒流源电路图:



电路 2：电流/电压切换控制电路

基于 LabVIEW 的声纳成像系统

作者：焦云飞，李牧聪

指导教师：冯乃章

学校：哈尔滨工业大学（威海）

介绍：

近年来陆地上的可用资源已经开发殆尽，为了更好地生存和发展，人类自然而然的将目光投向了蕴含巨量矿产、石油、天然气等能源并覆盖地球表面 71%的海洋，各国也比以往更加重视声纳成像技术——对海底探矿、水下目标定位、识别的关键技术和直接手段。

传统的声纳成像系统由于受开发周期、成本、数据精度和采样速率等指标的限制，越来越难以满足人们的实际需求，而美国国家仪器（National Instruments）提供的 LabVIEW 软件及配套的数据采集卡以其开发周期短、数据精度高等优势，为声纳成像系统的开发注入了新的活力。

本课题利用 LabVIEW 2010 平台和模块化硬件搭建了基于 LabVIEW 的声纳成像系统，同时满足虚拟信号仿真和实际信号采集功能，将信号以灰度图形式显示在前面板上，使用户可以直观看到声纳探头探测到的目标情况，并对包络提取的几种算法进行了比较、分析。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2010，NI-DAQmx 驱动，LabVIEW Advanced Signal Processing Tookit

硬件： PXIe-1078 机箱，PXIe-8108 控制器，PXIe-6358 X 系列多功能数据采集模块及配套设备

应用方案：

1. 声纳成像系统的总体设计

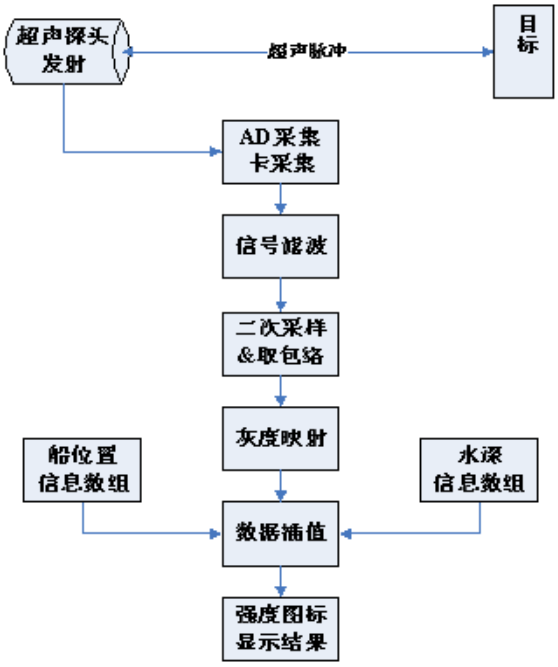


图 1 声纳成像系统总体设计

2. 声纳成像系统的工作原理

系统首先需要对 NI 数据采集板卡进行配置，包括定时发射的配置，接收的配置以及收发同步的配置。配置完毕之后，信号可通过数据采集板卡进行发射，每隔 500ms 发射 4 个单脉冲。再经过超声波开发板上驱动电路的放大，就可以通过超声换能器将信号发射出去。当信号遇到障碍物或目标进行反射之后，产生回波信号。声纳探头接收到比较微弱的回波信号，经过超声波开发板上的电路放大之后，将信号传送到上位机。系统软件通过滤波，二次采样，灰度映射和数据插值后将信号以灰度图的形式显示出来。用户可以通过 LabVIEW 的前面板看到水下目标的情况。

3. 包络提取算法分析

1） 低通滤波法

先对信号取绝对值，然后再进行低通滤波取其包络的方法。取绝对值相当于将调制信号与载波信号混频，包络信号的频谱产生周期延拓，作用类似于模拟电路中的二极管检波，再加上一个低通滤波器滤除载波的能量就可以得到近似包络信号。图 2 为仿真结果。这种方法虽然很常用，但是会产生一定程度上的失真。

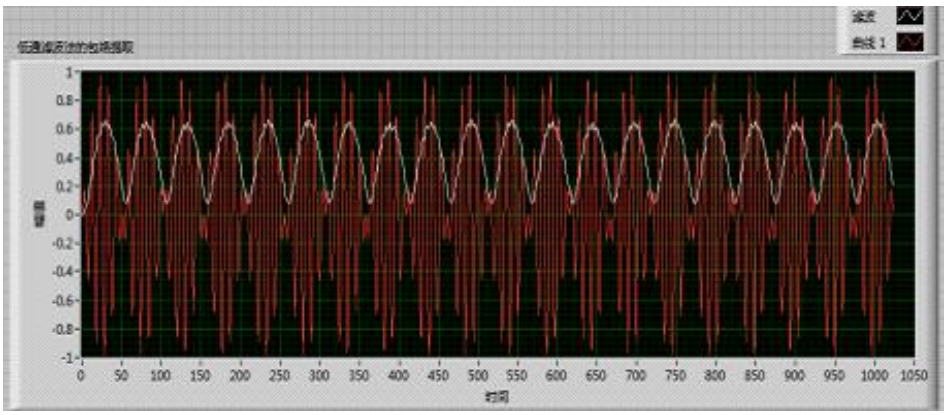


图 2 低通滤波法进行包络提取

2）希尔伯特变换法

通过宽带希尔伯特变换滤波器，将信号相移 90 度，求出这个信号的虚部分量，滤出的信号必然和原始信号正交，然后对正交的两个信号求它们的平方和开方（求模），就得到信号的包络。设计中需要注意的是宽带数字希尔伯特变换滤波器的通带要尽量平，纹波越小越好。如果存在纹波，那么滤出的虚部信号的幅值和原始信号不相同，就会影响包络提取的效果。图 3 为仿真结果，可以看出效果较好。

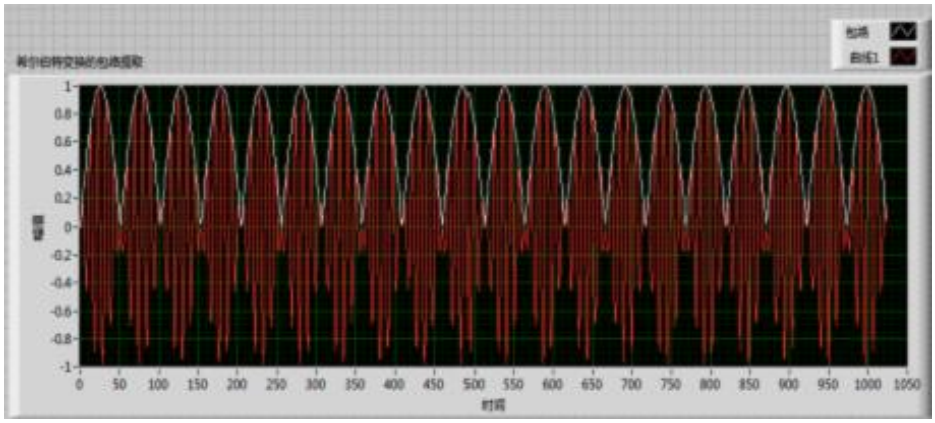


图 3 希尔伯特变换法进行包络提取

4. 系统测试结果

对开发完成后的系统进行测试，部分测试结果如下：

图 4-6 所示为系统发射声纳信号、回波采集和数据处理的测试结果。由图可见发射信号的形状、幅值和功率均满足探头需求；回波信号的采集速率较快，能真实反映实际回波；信号经数据处理后可精确反映回波信号的包络。

图 4　系统发射波形

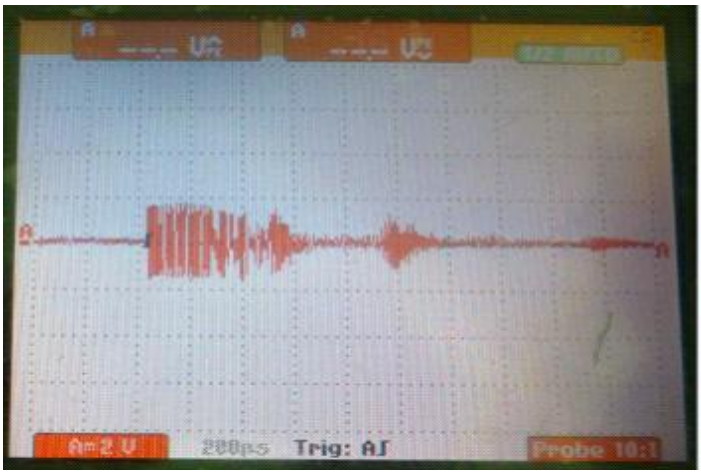


图 5　回波信号接收

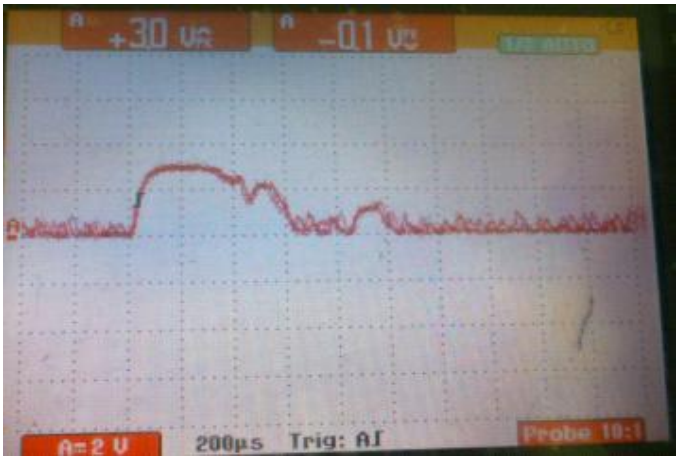


图 6　数据处理结果

图 7、8 为系统的显示界面，根据不同类型，对仿真信号和实际信号采用不同的界面显示相应的关键技术指标和最终处理结果。

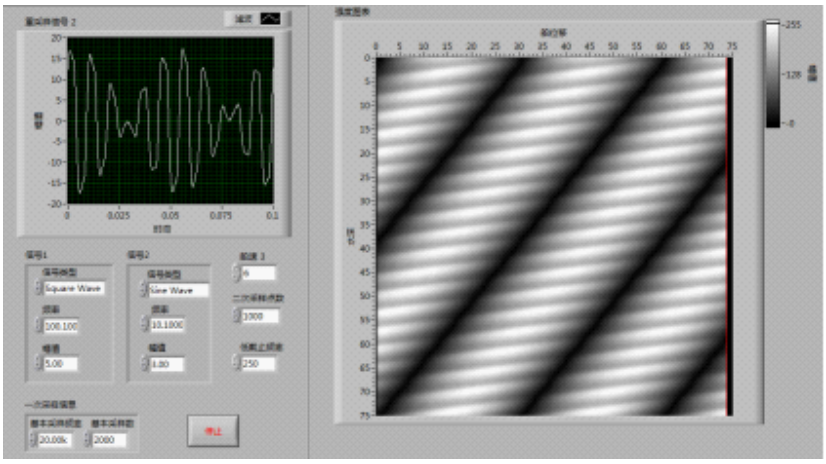


图 7　仿真信号显示界面

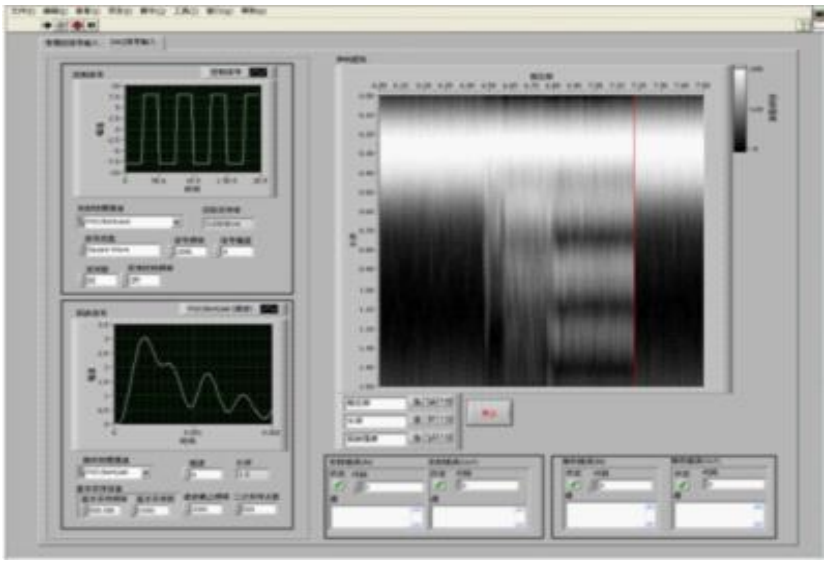


图 8　实际信号显示界面

总结：

本声纳成像系统实现了对仿真信号、实际信号的发射、采集和数据处理，并通过显示界面将处理结果以灰度图形式显示，使用户可以直观看到声纳探头探测到的目标情况。对两种常见的包络提取算法进行了比较、分析，采用希尔伯特变换法进行包络求取效果更好。

系统使用界面友好，功能齐全，色调柔和，报错醒目。根据实际使用环境对系统进行了软件仿真和硬件测试，效果均较好。由于采用了 LabVIEW 平台和相应的模块化硬件，系统开发周期短，采样精度高，数据处理快，有着广泛的工程应用前景。

基于 NI myDAQ 的钢丝绳芯传输带电磁无损检测装置

作者：刘 伟

指导教师：陈厚桂

学校：武汉大学

介绍：

输送机是矿山、港口、冶金、电力等生产领域的重要运输设备，钢丝绳芯强力胶带（以下简称胶带）是其关键部件，对胶带的无损检测具有非常重要的作用。为此，本论文针对胶带的结构特点和内部钢丝绳的电磁特性，结合 NI 提供的 LabVIEW 及 NI myDAQ 虚拟仪器教学套件研究和设计了一套胶带电磁无损检测系统，该系统基于有限元法对电磁无损检测中的漏磁方法进行深入剖析，针对缺陷表达、缺陷特征与漏磁信号的关系进行了系统的研究。

在理论研究的基础上，设计监测传感器，研究信号预处理电路、信号采集电路、接口电路的实现方案，在确定检测与电路处理各功能模块的性能参数后，综合考虑各方面性能要求，选择合适工矿企业现场使用的信号传输方案和信号处理集成系统。在硬件基础上，开发服务器和客户端软件，形成一套功能完整的胶带电磁无损检测系统。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2010，Multisim 11.0

硬件：NI myDAQ 虚拟仪器教学套件

应用方案：

图 1.1 是胶带输送机，物料在上部运送，此时，自重使胶带自然弯曲成凹型；到达下料点后，胶带被拉平，由胶带输送机的下部回到上料点。检测时，胶带的运料部分和回程部分均可以作为传感器的安装点。图 1.2 是胶带的结构图，图中，胶带由芯胶、钢丝绳、覆盖层和边胶构成，中间是作为骨架的钢丝绳阵列，钢丝绳平行地分布在胶带中部，其它部位被橡胶填充；因此，检测传感器无法直接接触到钢丝绳阵列，即需要实现与被检测钢丝绳阵列的非接触式测量。

图 1.1 胶带输送机

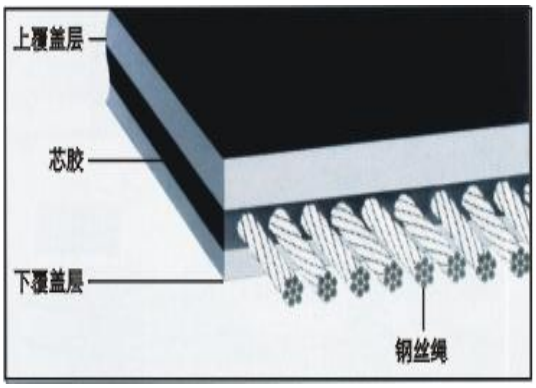
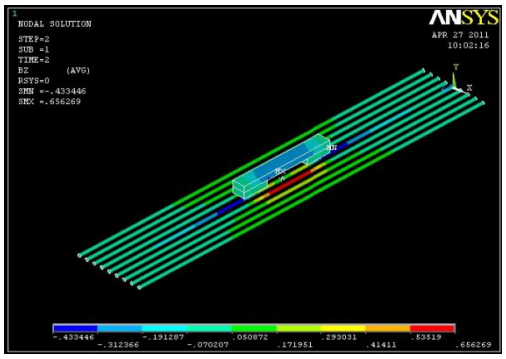
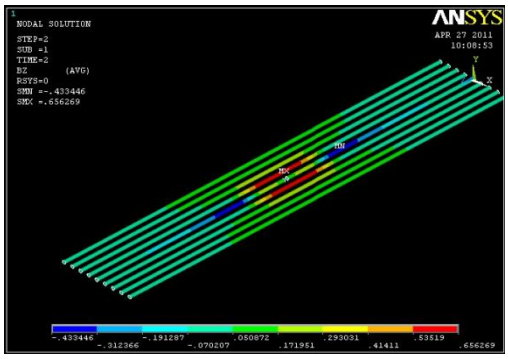


图 1.2 强力胶带结构图

图 1.3（a）是 ANSYS 分析后用云图显示的结果，图 1.3（b）是只留下钢丝绳后的云图。





a）　　b）

图 1.3　仿真结果云图

1.　硬件部分

图 1.41~1.47 列出了实物装置图以及各部分图示

图 1.41　检测装置整体图

图 1.42　激磁组信号出线

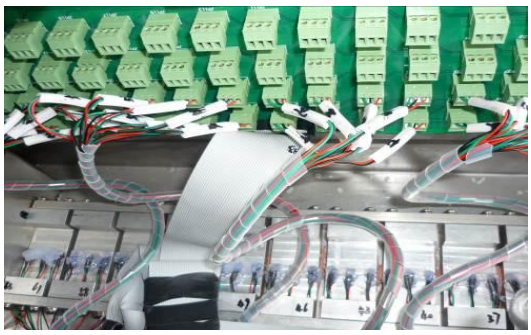


图 1.43 集线板一

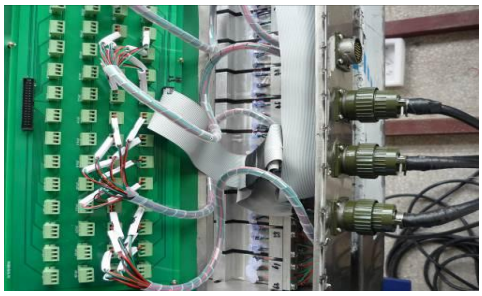


图 1.44　集线板——连接屏蔽线

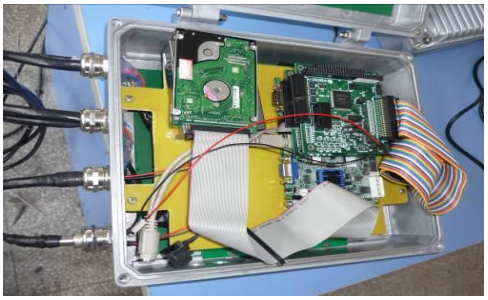


图 1.45　屏蔽线连接到集线板二

图 1.46　PM518 和微计算机

图 1.47　电源模

2.　软件部分

首先对通道采集部分进行设计，其程序框图如图 1.5。

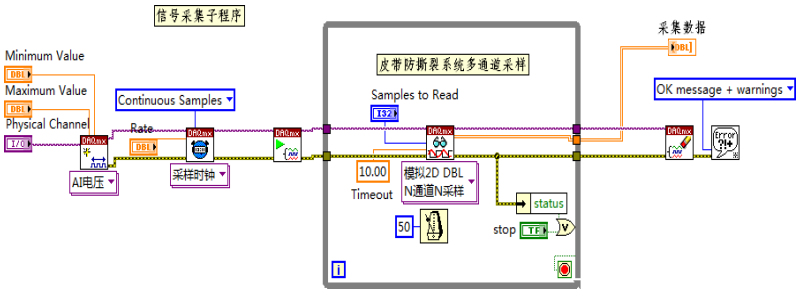


图 1.5　通道采集部分程序框图

软件算法部分进行设计，其程序框图如图 1.6。

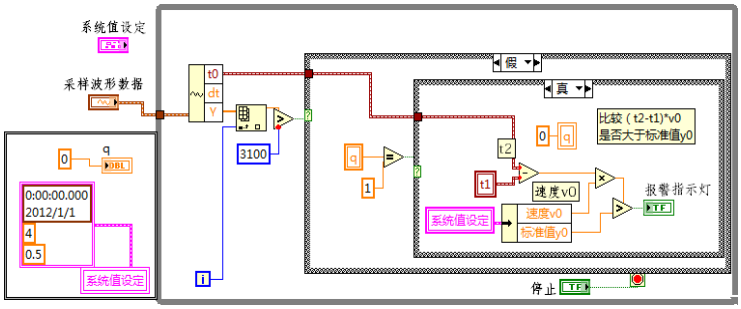


图 1.6　算法部分程序框图

数据需要从下位机打包传入上位机，此处可有多种传输方式选择，如串行传输、并行传输、网络传输等，本文软件数据分析程序结构如图 1.7：

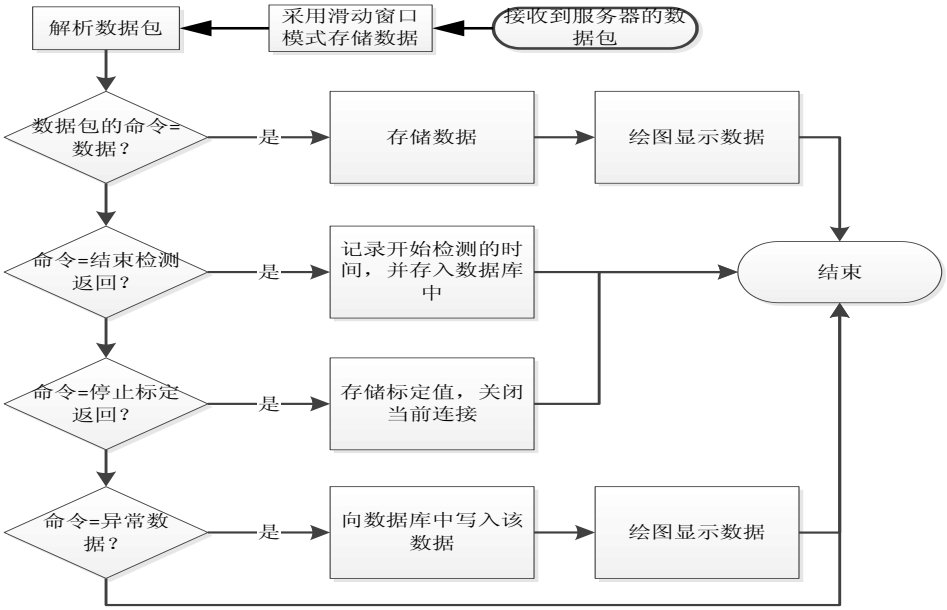


图 1.7　数据分析程序的具体实现结构

由此设计的软件界面如图 1.8:

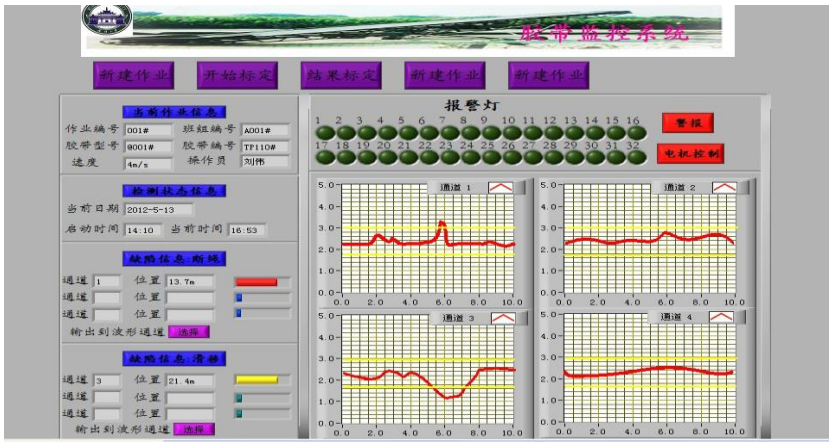


图 1.8　检测系统界面图

总结：

本设计是在对虚拟仪器技术和软件开发技术研究的基础上，通过使用 LabVIEW，实现了对钢丝绳芯传输带无损检测装置的在线实时监测，再通过使用 NI myDAQ 虚拟仪器教学套件等硬件产品与 LabVIEW 软件的无缝结合完成了整个装置的设计。在这个过程中使用丰富的图像化编程语言，降低了编程的难度，缩短了系统的开发的时间。通过本次设计，作者充分认识到了虚拟仪器在未来仪器的发展中的重要地位。

基于 LabVIEW 的单板自动化检测系统

作者：王 猛

指导教师：王立德

学校：北京交通大学

介绍：

近年来高速铁路迅速发展，高速列车运行的安全性备受人们的关注，因此高速列车制动系统的可靠性显得更为重要。制动控制器（简称 BCU）是高速动车组制动控制系统的核心部件，目前对 BCU 的检测集中于 BCU 设备整体检测，一旦设备存在故障，无法定位故障电路位置，而增加维修成本。针对传统 BCU 制动控制器整机测试无法定位故障回路、无法实现单板测试的不足，设计了一种基于虚拟仪器的电路板故障测试系统，实现了对 BCU 控制器单板进行高速、准确的测试，具有一定的实用性和扩展性。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2009

硬件：PXI-8108 控制器，PXI-4070 FlexDMM 模块，PXI-2503 多路复用器/矩阵开光模块，PXI-2570 通用开关模块，PXI-2566 通用开关模块，PXI-6528 隔离工业数字 I/O 模块，PXI-6602 定时和数字 I/O 模块，PXI-6723 静态和波形模拟输出模块，PXI-6220 M 系列多功能数据采集模块，PXI-2575 高密度多路复用器开关模块

应用方案：

本系统主要包括电源模块，五块被测板卡，一块转接板，一个 PXI 总线机箱，一个触摸液晶显示器和一台打印机等。被测板卡通过调理板卡与 PXI 总线机箱里的各种采集、输出、测量板卡进行连接，上层软件采用 LabVIEW 进行编程，实现系统的自动化测试，触摸液晶显示器是人机交互界面，打印机可以将测试结果进行打印输出。系统总体结构如下图 1 所示。

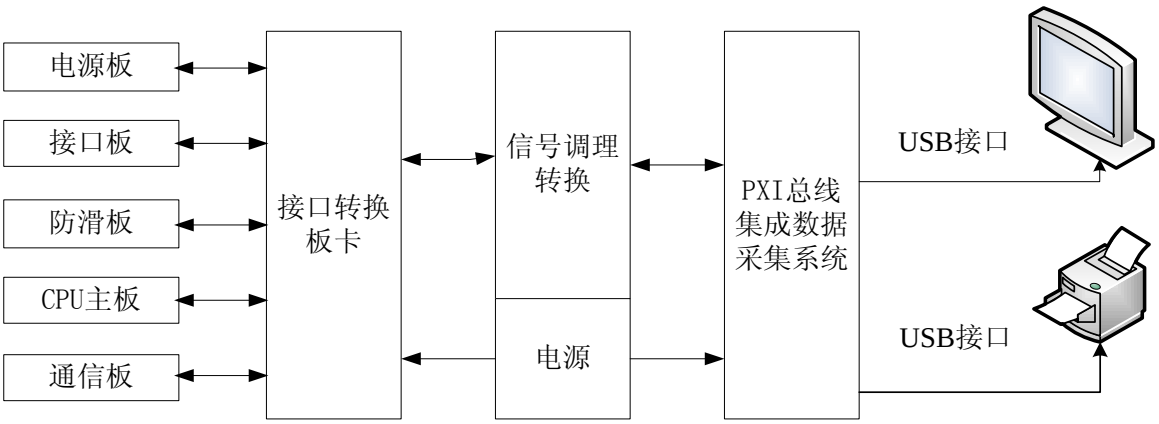


图 1　系统总体结构图

软件方面，本测试系统将动车组制动控制器的检测细化到电路板级，根据测试需求，本测试系统的软件设计遵循模块化设计原则，采用 LabVIEW 开发环境进行编程，引入“虚拟仪器”的概念，采用软件编程方

式极大限度的对硬件资源进行配置和使用，使系统的通用型、可重用性以及可拓展性得到极大的提高，设计了丰富的人机交互界面，保证试验操作直观简单。并且能实时显示测试数据、定位故障回路。测试软件主要由电路板自动测试模块、测试信息维护模块、人机交互模块等三个模块构成，设计了包括测试过程管理控制软件、测试子程序以及数据管理等子程序，并可自动生成报表，便于查询与打印。

测试界面分自动测试及手动测试两种，自动测试试验实施部分包括测试板卡选择、试验实施登记界面及试验实施界面；手动测试部分是针对被测板的测试功能需求，分配系统资源，是测试人员直接控制采集板卡输入输出信号的接口。

图 2　系统启动界面

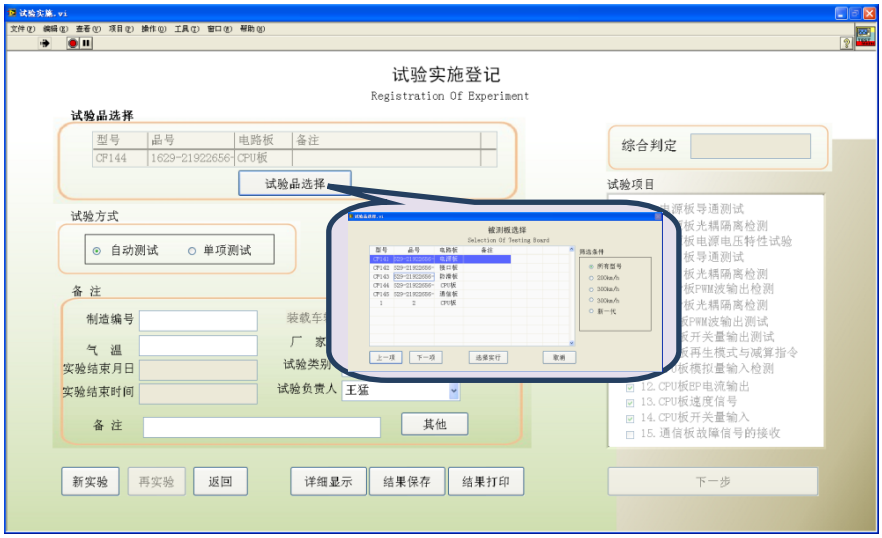


图 3　自动测试试验实施界面

图 4　自动测试界面

图 5　CPU 板手动测试界面

总结：

本论文设计完成了基于虚拟仪器的数字电路板自动测试系统，实现了对 BCU 控制器单板进行高速、可靠的测试，并且实现了测试界面的可视化。经过几个月的设计与现场测试，最后各项测试功能都达到了预期的设计目的，满足了用户对测试板的各项要求。本文的工作体现在以下几个方面：

1）在仔细分析本系统所需资源的基础上，采用了 PXI 系统为硬件测试平台，完成了动车组 BCU 单板自动测试系统的硬件选型工作，通过对电路板测试系统的技术分析和对测试系统的组成原理的研究，完成了测试系统的硬件设计，及系统转接板的设计。

2）软件设计方面，以 LabVIEW 为软件的开发环境，遵循模块话设计方法，主要完成了自动测试测试子程序及测试界面的设计。

3）在完成了软硬件的设计后，进行了系统的现场测试工作，解决了整个测试过程中所遇到的问题，完成了整个系统的测试工作，同时验证了本系统的可行性，达到了预期的设计目标。

基于 PXI 平台的远程硅电池参数测量系统

作者：王 震

指导教师：李茂奎

学校：山东大学

介绍：

全球能源紧缺，光电技术发展迅速，在众多的光电材料中找到光电转换效率最高的材料成为首要任务，这就需要有一套能对多晶硅材料的总体品质做出精确评估的测试系统。利用基于 PXI 的高精度动态信号采集模块 PXI-4461 和数字万用表模块 PXI-4072 实现高精度测量，最终通过一套完整的自动化测试系统完成对多晶硅材料参数的测量。

使用的产品：

软件：LabVIEW

硬件：PXI-1033 机箱，PXI-4072 数字万用表模块，PXI-4461 动态信号采集模块，PXI-6534 高速数字 I/O 模块，cDAQ-9172 机箱，NI 9211 热电偶测量模块，NI 9401 双向数字 I/O 模块

应用方案：

1. 关键参数

多晶硅材料关键参数确定为：开路电压、短路电流、辐照度、温度、最大功率电压、最大功率电流、最大功率、填充因子、转换效率。其中，需要测量的参数为开路电压、短路电流、辐照度、温度，另外需要绘出多晶硅材料在可变负载下的 I-U 曲线，通过它们就可以获得其它的参数。

2. 系统组成

图一为参数测量系统整体架构图。光源采用氙灯模拟太阳光，照射多晶硅材料，多晶硅材料放在暗室中避免外界光的干扰，并与一个可通过步进电机调节电阻的负载构成回路，可以绘出多晶硅在当前温度和辐照度下的 I-U 曲线，流过负载的电流和负载两端的电压由 PXI 六位半的数字万用表采集，确保信号的精度，最后 PXI 将采集到的信号传给计算机，由计算机上的 LabVIEW 编写的上微机软件进行分析、处理和显示。

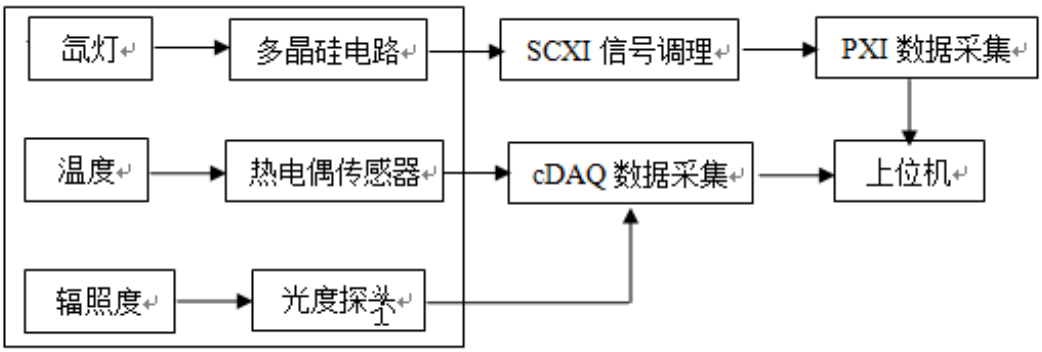


图 1　参数测量系统整体架构图

3. 辐照度测量

选一款高精度的辐照度计对光度探头进行定标，即确定该光度探头（光度探头置于暗室中）在不同的

辐照度下所对应产生的电压，再利用 LabVIEW 编程，使用插值算法绘出定标曲线。光度探头产生的电压使用 CompactDAQ 平台的电压采集模块进行采集，发送给上位机，上位机程序通过查表得方法即可获得当前的辐照度。

4. 温度的测量与控制

使用热电偶传感器（置于暗室中）测量光电池所处环境的温度，在使用 CompactDAQ 平台的热电偶模块对温度进行测量，发送给上位机。上位机根据先前的温度设定通过风扇对温度进行控制。

5. I-U 曲线的绘制

多晶硅材料与一个可通过步进电机调节电阻的负载构成回路，该步进电机由计算机上位机软件通过 PXI 的高速 I/O 板卡进行驱动，改变负载电阻，当负载电阻趋于零时，流过负载的电流为短路电流，当负载电阻很大时，负载两端的电压为开路电压。计算机通过控制步进电机进而改变负载电阻，从而获得负载在不同电阻下的电流和电压，上位机通过这些数据可以绘出多晶硅材料在当前温度和辐照度下的 I-U 曲线。

6. 其它关键参数的获得

其它的关键参数可以由辐照度，短路电流，开路电压以及 I-U 曲线通过公式计算得出。

最大功率：利用 I-U 曲线，通过编程，找出 I 与 U 乘积最大的那组数据，它们的乘积就是该多晶硅材料在当前的温度和辐照度的条件下的最大功率。

最大功率电压：最大功率下所对应的电压为最大功率电压。

最大功率电流：最大功率下所对应的电流为最大功率电流。

转换效率：最大功率/辐照度

填充因子：最大功率/（开路电压×短路电流）

7. 用户界面

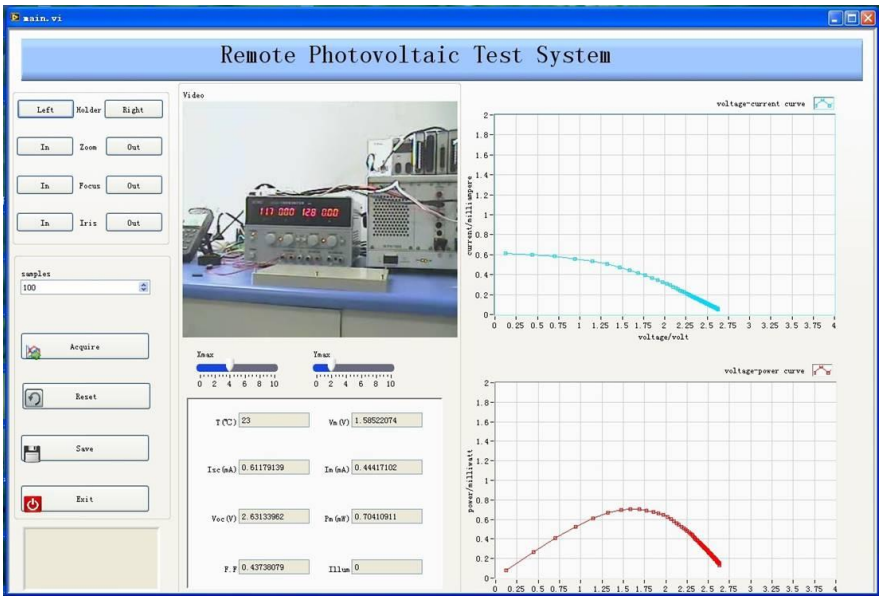


图 2　参数测量系统的用户界面

总结：

采用此测量系统，电流和电压的采集精度分别达到了1μ A和1μ V，较之以往的测量手段，精度提高了数十倍，完全满足了科研的要求。在光电技术飞速发展的今天，这种高精度测量多晶硅材料参数方法解决了科研的需求，必将得到广泛的应用。

基于 LabVIEW 的 128 通道数据采集系统

作者：唐 亮

指导教师：刘晓东 张海刚

学校：哈尔滨工程大学

介绍：

随着测控技术的发展，在一些测试项目中需要采集大量的实验数据，此时就需要多通道、高采样率的采集系统。同样在海洋声学技术应用中，声学设备的收发基元数有变多的趋势，从十几个基元到数百个。海洋声学设备的工作频率少则数百赫兹，多达上兆赫兹。对这些设备的检测和评估不仅要求检测系统具有足够多的数据采集通道，还要求其具有较高的采样频率。本文利用 NI 的软件平台 LabVIEW 和 NI 硬件平台实现多通道高速数据采集。

使用的产品：

软件：LabVIEW 2011

硬件：PXIe-1072 机箱，PXIe-8133 控制器，PXIe-6368 X 系列多功能数据采集卡，NI HDD-8265 磁盘阵列

应用方案：

1. 硬件系统

由 NI PXIe-1075、NI PXIe-8133、NI 8262、NI PXIe-6368、HDD-8265、BNC-2110 组成的系统可以实现采样率 2MS/s，采样精度为 16bit，高精度同步的 128 通道数据采集。此系统具有几百兆字节的数据吞吐量，满足指标要求。整个硬件系统连接如图 1 所示。

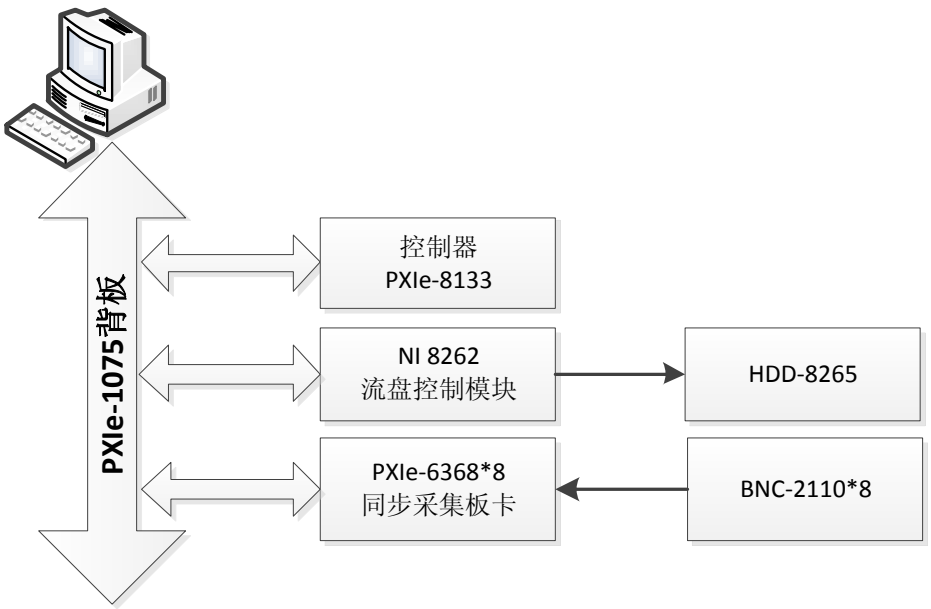


图 1 硬件系统连接图

2. 软件系统

软件总体分为三部分：参数设置、数据采集和数据回放，系统前面板如图 2 所示。参数设置包括通道设置以及其他参数设置，其中其他参数设置还包括定时参数设置、触发方式、同步方式以及文件的存储路径等。数据回放部分包括时域波形回放、频谱分析、数字滤波以及滤波后的幅频特性分析。整个系统采用状态机的方式进行编程，程序执行的灵活性强。具体的状态机设计如表 1 所示。

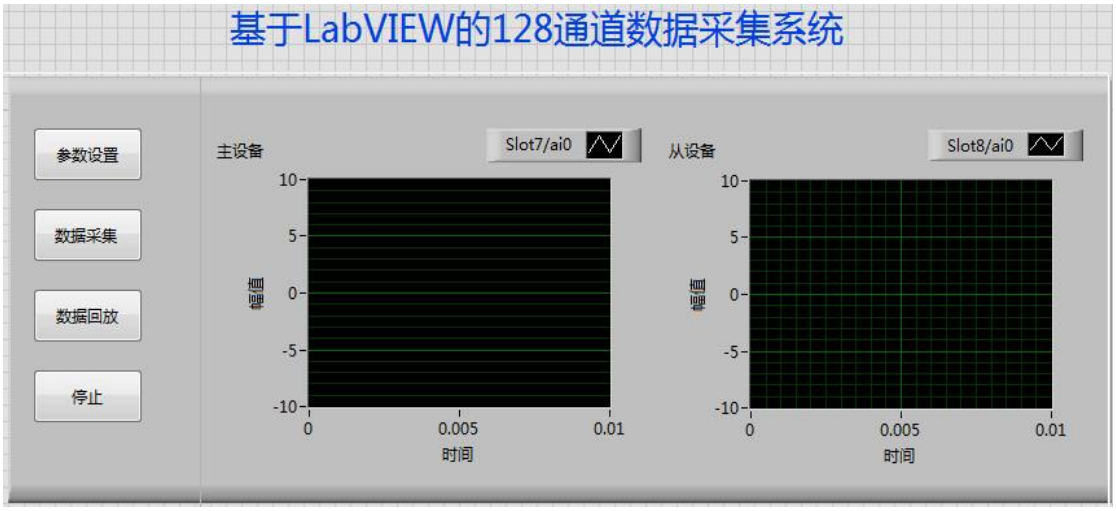


图 2　前面板

表 1　高速数据采集系统的状态机的输入输出

状态	动作	下一个状态
等待	轮询用户界面 选择状态	没有按钮按下：等待状态 单击参数设置：运行参数设置状态 单击数据采集：运行数据采集状态 单击数据回放：运行数据回放状态
参数设置	执行参数设置代码	等待状态
数据采集	执行数据采集代码	等待状态
数据回放	执行数据回放代码	等待状态

总结：

本文结合 NI 的硬件平台，在 LabVIEW 软件上设计并实现了 128 通道高速数据采集系统。主要包括以下几个方面：

1） 基于 NI 平台，设计并实现了 128 通道数据采集系统。在实际设计中利用一系列优化方法实现了 128 通道在较高的采样速率下实现连续采集以及有限采集。本设计还可以对采集全部数据进行波形回放、频谱分析、FIR 数字滤波、滤波后波形的幅频响应以及相位响应显示等。为方便通道的选择，通过编程实现了通道的点击选择而不用输入具体的通道编号，使整个系统更加人性化。

2） 利用该数据采集系统对现有的高分辨率测深侧扫声纳系统的发射模块进行了测试。通过对测试结果的分析，发射模块工作正常。

汽车传动试验台测试系统设计及控制界面开发

作者：陈荣彬

指导教师：张邦基

学校：湖南大学

介绍：

汽车传动系统直接影响到汽车的动力性、舒适性和燃油经济性，而汽车传动系统试验台是对传动系统进行综合性能测试的试验平台，其为传动系统设计和评价提供科学可靠的依据。本文主要就汽车传动系统试验台测试系统展开。在介绍了汽车传动系统试验台及其国内外的现状之后，接着介绍了本试验台的总体方案。然后介绍了操作面板的硬件选型和布置，并给出了电路图。再接着根据需要采集的信号及其要求进行硬件选型，得到了测试系统的总体结构，并给出软件的结构框图。最后介绍了软件各个模块的具体实现。本测试系统通过了仿真采集，取得了良好的效果。

使用的产品：

软件：LabVIEW　2010

硬件：PXI-1042Q 机箱，PXI-8431/4 串口模块，PXI-8512/2 高速 NI-XNET CAN 模块，PXI-6602 定时和数字 I/O 模块，PXI-6251 M 系列多功能数据采集模块

应用方案：

1. 测试系统的总体结构

测试系统的主要作用是将需要测量的物理信号，通过传感器转化为电信号，然后通过数据采集设备，将信号采集到计算机里面进行储存、处理或执行其他操作。整个传动系统需要测量发动机的转速，水温等一系列参数，共 18 个，可以分为 3 大类：模拟信号、开关信号和数字信号。同时根据需要采集的信号及其特征，和需要通讯、控制的测功机以及一些传感器的要求，确定了虚拟仪器的输入输出硬件需要的功能以及一些拓展功能。最终得到本测试系统的总体结构如图 1 所示。

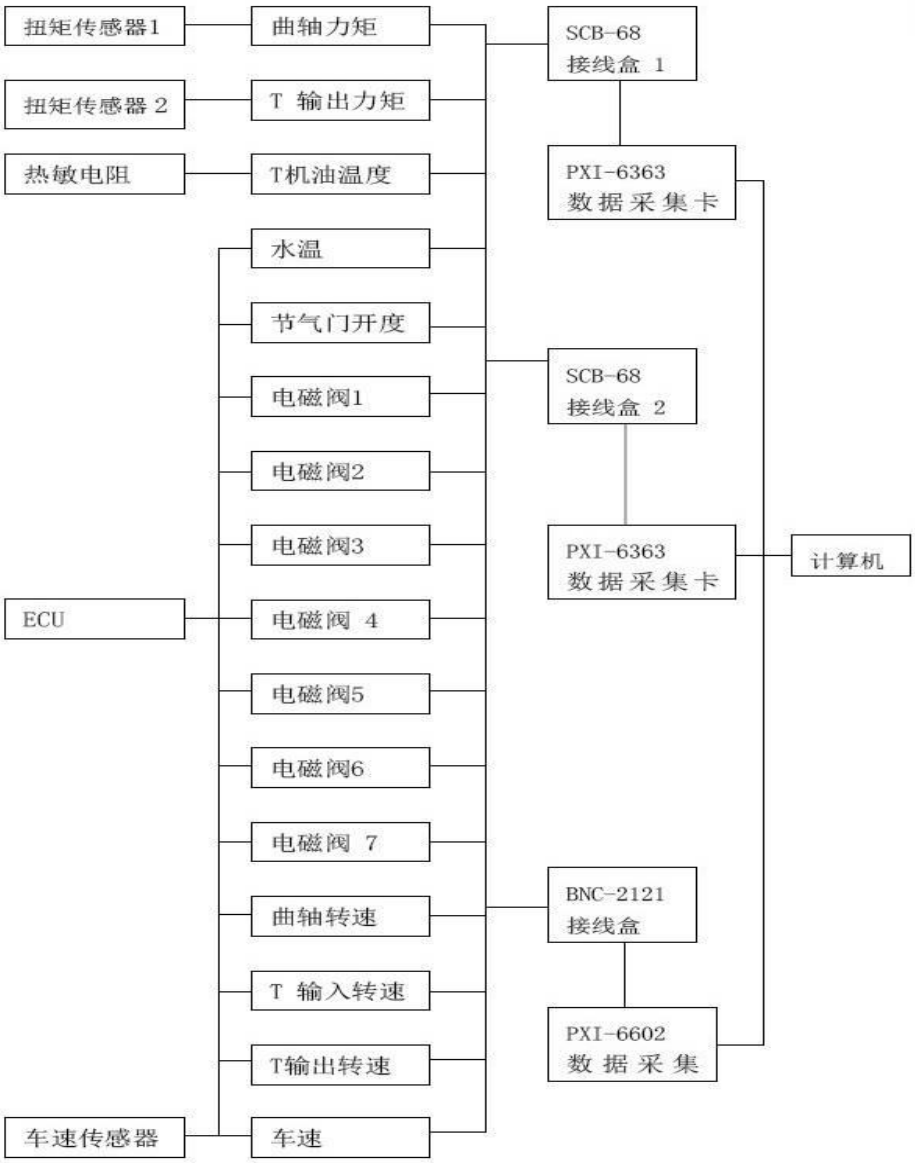


图 1　测试系统总体结构图

2.　软件的结构框图

试验台要求软件具有采集与显示数据、储存数据与实验数据的回放的功能。其中采集功能需要根据信号的特征确定采集的频率；同一部件，例如变速器的数据最好在一起显示。需要快速地储存大量的数据，同时储存的格式需要易于共享。根据试验台的这些要求，本文将程序分为数据采集与显示模块，读取模块等，软件的程序框图见图 2。

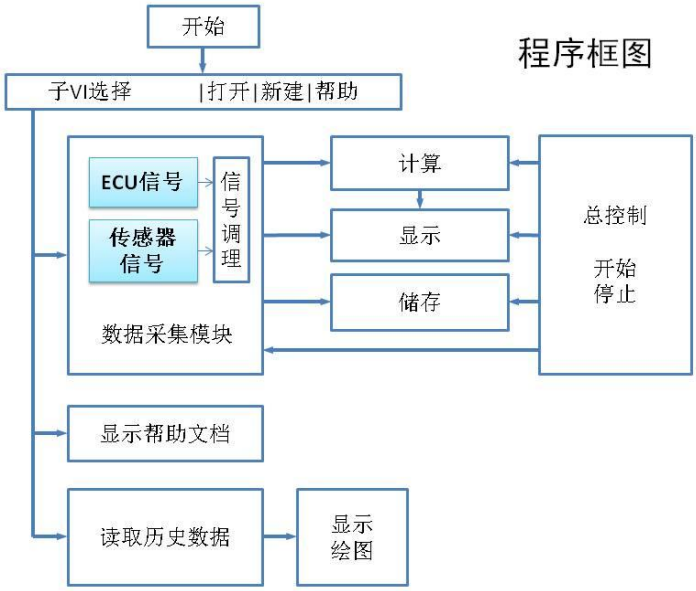


图 2　传统试验台程序框图

3.　部分系统界面

测试系统的界面之一如图 3 所示。改系统能清楚的显示发动机和变速器在运行状态下主要的信息：发动机的转速和扭矩，变速器的输入输出转速、扭矩、档位等。

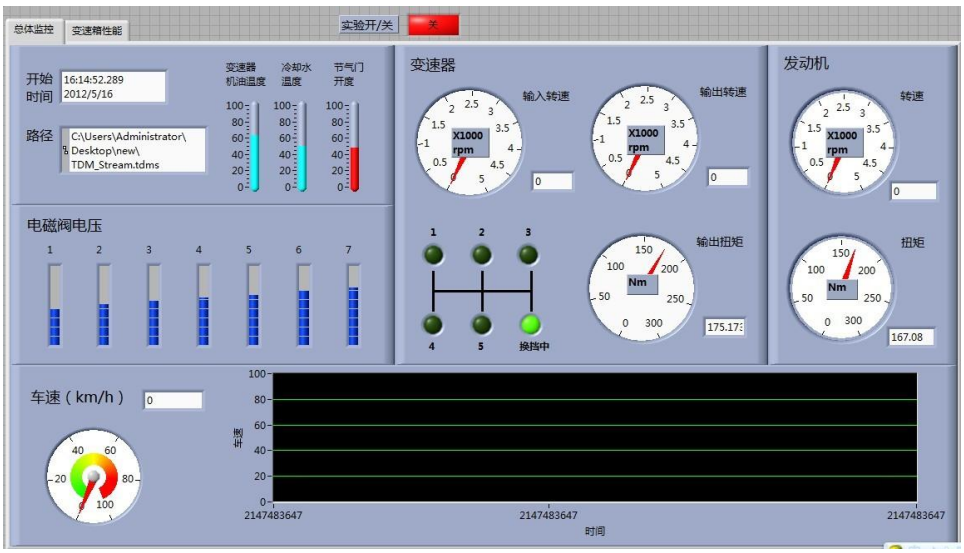


图 3　测试系统的界面

总结：

本文针对试验台实际测试的需要，开发出基于 LabVIEW 平台的多通道测试系统。此外，利用数据采集助手（DAQ Assistant）可以方便地进行电压、温度等模拟信号的采集以及数字信号的输出。利用 LabVIEW 图形化编程语言，大大简化了程序的开发，同时，LabVIEW 能将硬件与软件有效的结合起来，使得系统的开发工作变得更高效，也极大的缩短了系统的开发周期。本测试系统通过了仿真采集，取得了良好的效果。

虚拟仪器技术在电路实验教学中的应用

作者：王 泽

指导教师：保延翔

学校：中山大学

介绍：

本论文内容为 NI myDAQ 平台上的创新性实验，主要目的在于让老师和学生认识到新的实验方式能够对传统实验做哪些方面的改进，并且从而来激发学生进行独立实验，深入思考。该动手实践平台，不仅能帮助学生掌握理论知识，更好地将理论联系实际，而且有利于培养学生对于电路设计和工程概念的兴趣。从理论到实现，也正是未来工程教育改革的趋势所向。

使用的产品：

软件：LabVIEW

硬件：NI myDAQ

应用方案：

在金属导体中 ,电流跟电压成正比，伏安特性曲线是通过坐标原点的直线，具有这种伏安特性的电学元件叫做线性元件。对欧姆定律不适用的导体和器件，电流和电压不成正比的电学元件叫做非线性元件。非线性元件是一种通过它的电流与加在它两端电压不成正比的电工材料，即它的阻值随外界情况的变化而改变，求解含有非线性元件的电路问题通常要借助伏安特性曲线。可想而知，如果能够设计出一种方法来测绘非线性元件的伏安特性曲线，将有助于学生处理复杂电路问题。伏安特性曲线图常用纵坐标表示电流 I、横坐标表示电压 U，以此画出的 I-U 图像叫做导体的伏安特性曲线图。这种图像常被用来研究导体电阻的变化规律，是物理学常用的图像法之一。

1. 实物图与电路原理图

由于 myDAQ 的最高输出电流为 2mA，这个范围明显低于伏安特性曲线所需要的范围，这就需要在 myDAQ 的输出端加入一个电压跟随器[10]，从而提高负载电流。

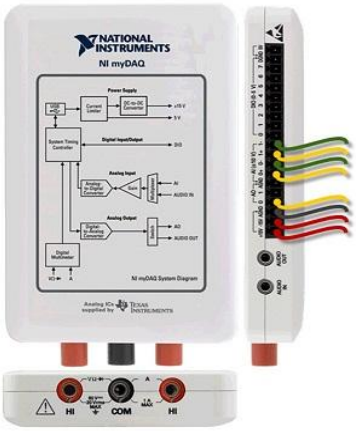


图 1 实物链接图

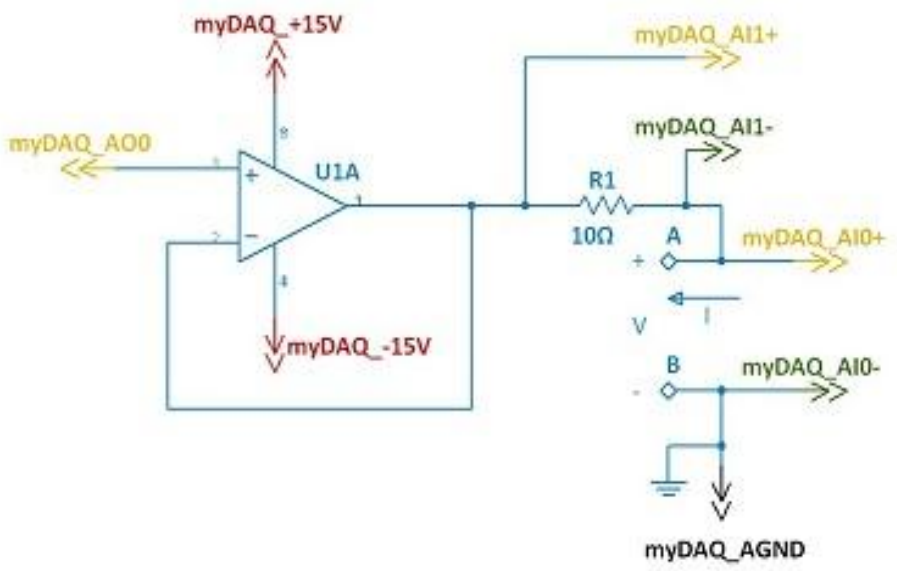


图 2　电路原理图

myDAQ 与电路的连线用不同颜色表示，A、B 两端加入要测绘伏安特性曲线的元件，myDAQ 的 AO1 输出端提供要测绘的电压范围，AI0 输入端为该元件两端的电压值，AI1 输入端的电压值除以 R1 的电阻值为通过该元件的电流值。

2.　LabVIEW 编程

LabVIEW 程序语言包括 Front Panel 和 Block Diagram 两部分。Front Panel 专为用户设计，方便用户进行操作和查看结果。Block Diagram 为图形语言编程，其中包括对应于 Front Panel 的方框图和各种程序结构。

图 3 为测绘伏安特性曲线的 Front Panel。在 Front Panel 中用户要注意的是显示元和控制元的区别。如果为数值量，控制元的底纹为白色，显示元的底纹为灰色。滚动条没有控制元和显示元的明显特征，由设计者人为控制，在本实验中，电压值为控制元，负载功率为显示元。

该程序有两种方式进行测绘，第一种只需要滑动 AO0 电压值的滚动条或者直接在滚动条后方输入电压值，便可看到对应的负载电压，负载电流和负载功率的信息，并在图表中留下痕迹。第二种方法为扫描电压，需要设置初始点，结束点和所需的采样点数的信息，并点击“Go”按钮，程序便会自动测绘该区段的伏安特性曲线，扫描进程栏中可以看到扫描的进展。

如果实际测量中的分流电阻发生变化，需将这里的“Rshunt”也调为对应的电阻值。如需重新测试，单机“清空图表”下的按钮。中途如需停止，单机“STOP”按钮。

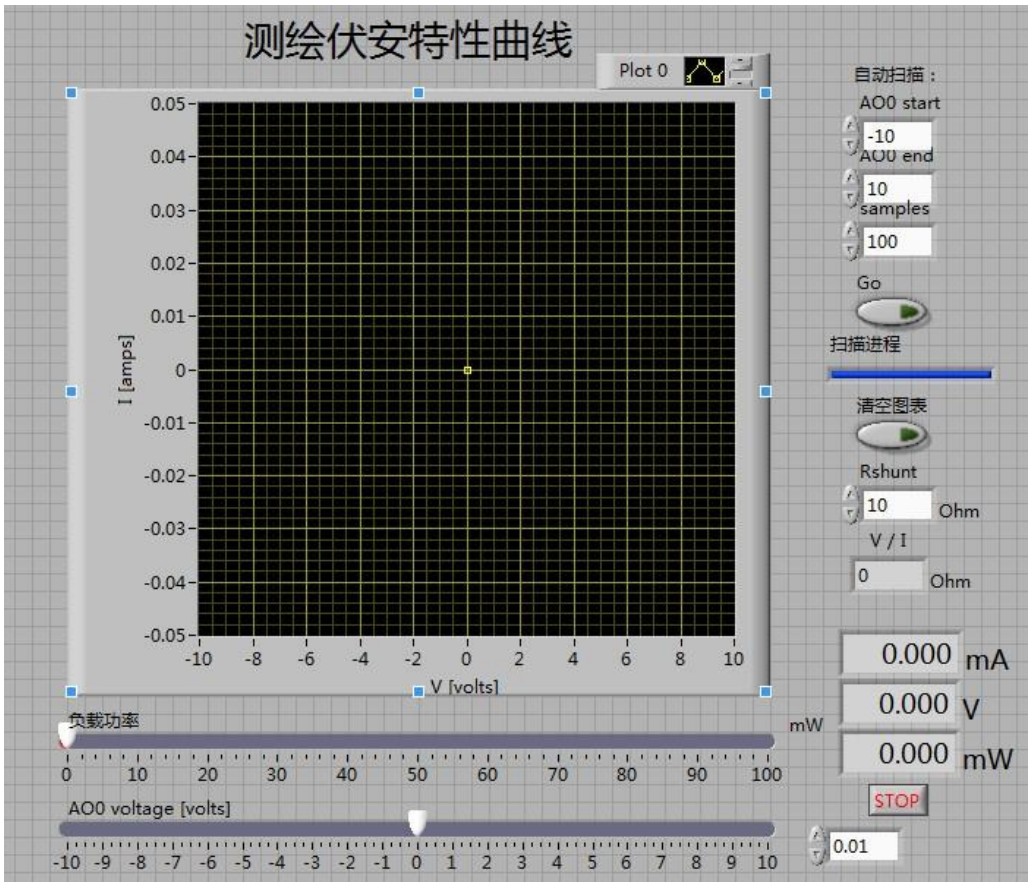


图 3　LabVIEW 中的 Front Panel

图 4、图 5 为测绘伏安特性曲线的 Block Diagram 部分主要内容，本程序主要使用的是事件结构来设计相关的程序功能。

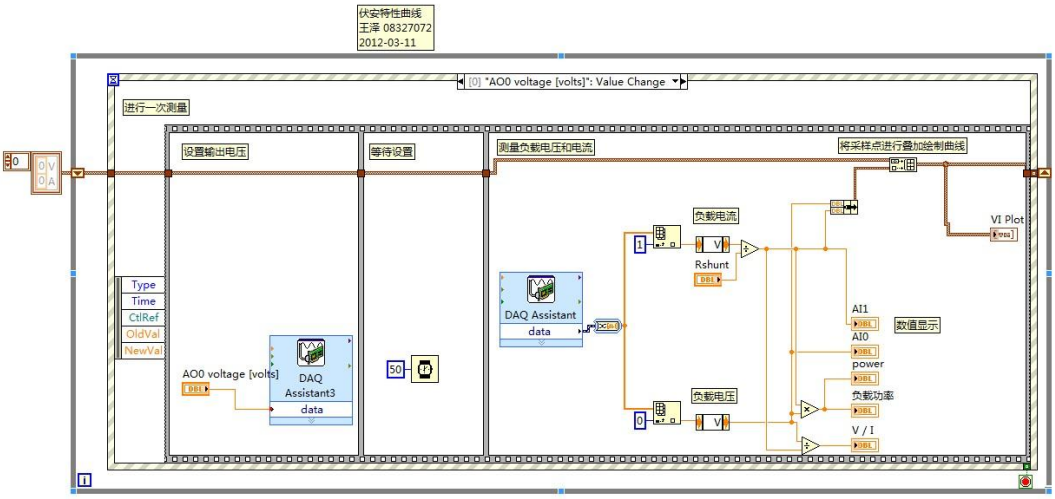


图 4　测绘中的采样程序

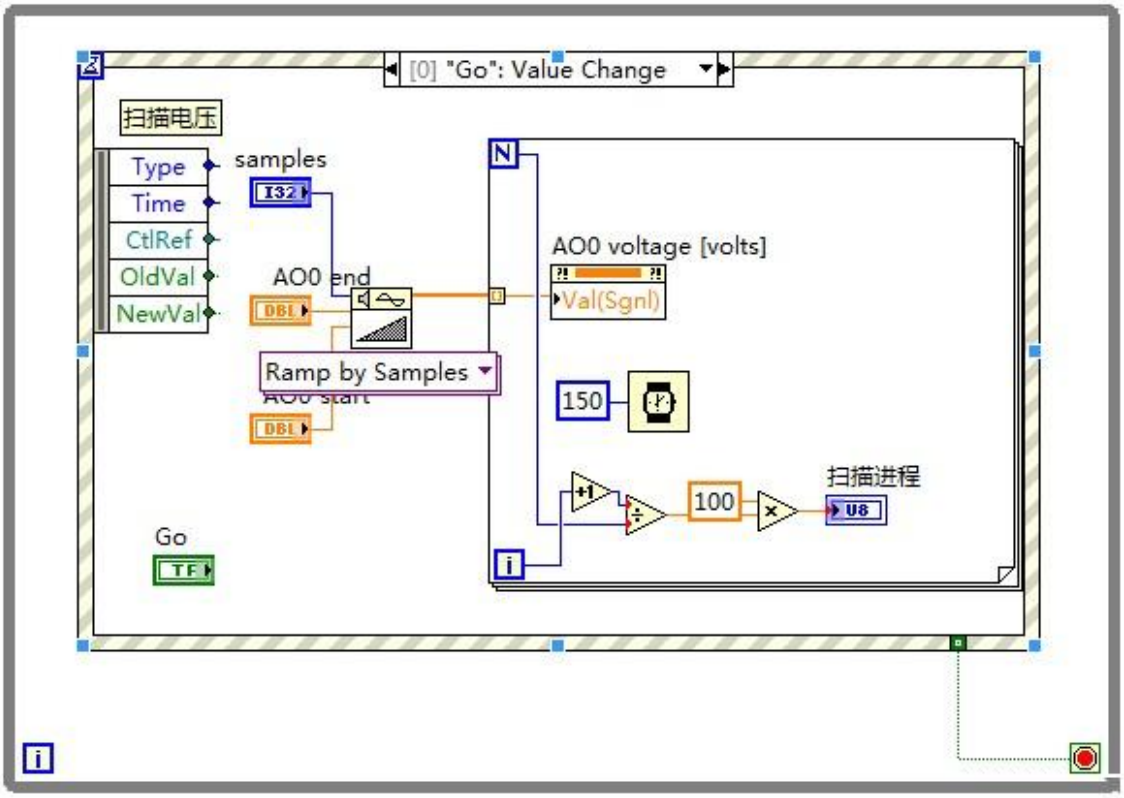


图 5　测绘中的扫描程序

总结：

本论文主要是针对 NI myDAQ 的相关设计，设计的亮点有：

1）　对传统的教学方式的改良，电子电路的学习主要包括理论计算、仿真、实测几个方面，myDAQ 与 Multism 的综合运用可以将仿真与实测进行比对，使学生实验更有针对性和自主性；

2）将基本理论的学习切实贯彻到实验的学习中，通过 LabVIEW 编程在 myDAQ 中的运用，使学生深刻体会基本理论都是来自实践。

基于 LabVIEW 的模拟微波炉控制系统设计

作者：林世瑶

指导教师：彭高亮

学校：哈尔滨工业大学

介绍：

本文介绍了以 LabVIEW 图形化系统设计软件为核心，利用计算机和以 STC89C516 为主控芯片的模拟控制和信号检测电路板，构建成一套微波炉的模拟控制及信号检测系统。通过上位机的 LabVIEW 编程和对单片机的编程，实现对微波炉的各个控件的控制，同时完成信号采集、显示和判别功能。从而在微波炉的控制电路板没有完成其功能之前，可以使用该测控系统为其它功能子模块，如烧烤管，热风对流，转盘以及冷却风扇等服务，以完成对子模块的功能测试和实验。

使用的产品：

软件：LabVIEW 8.6 ，Multisim

应用方案：

微波炉的控制系统功能主要包括对磁控管，烧烤管，加热器，冷却风扇，控制面板，炉门开关，以及转盘等的控制，由微波炉中控制电路板实现。现要通过基于 LabVIEW 编写的上位机软件和模拟控制电路板来实现微波炉中电子板的控制功能。微波炉测控系统模型如图 1 所示：

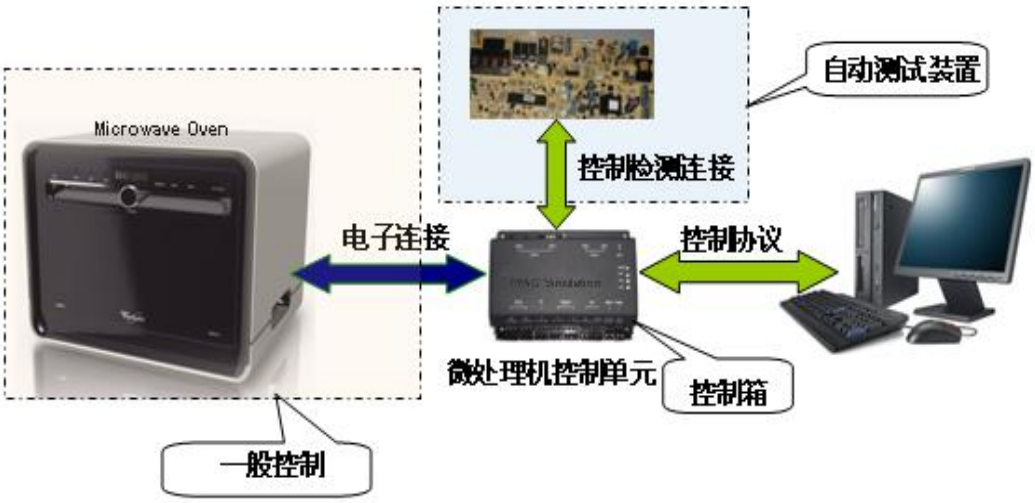


图 1　微波炉测控系统模型

该系统由硬件和软件两部分组成。如图 2 所示，硬件部分主要包括计算机和以 STC89C516 为主控芯片的模拟控制和信号检测电路板。计算机通过 USB 转串口数据线与电路板相连，电路板上十个继电器的控制分别连接微波炉的十个控件，电路板上的两个热敏电阻和两个信号输入端可以完成对微波炉四个信号的检测。软件部分则是基于 LabVIEW 软件编写的上位机程序以及完成控制功能和信号检测的单片机程序。上位机的 LabVIEW 程序有控制模块和信号检测模块两大部分组成。控制模块可完成对控制命令的导入、

设定、存储和发送的功能；检测模块可完成对外部信号的接收、判别、显示和数据存储等功能。单片机程序作为连接微波炉与计算机的桥梁，则主要实现接受上位机的控制命令，进而控制微波炉工作，并将采集到微波炉的信号发送到上位机。

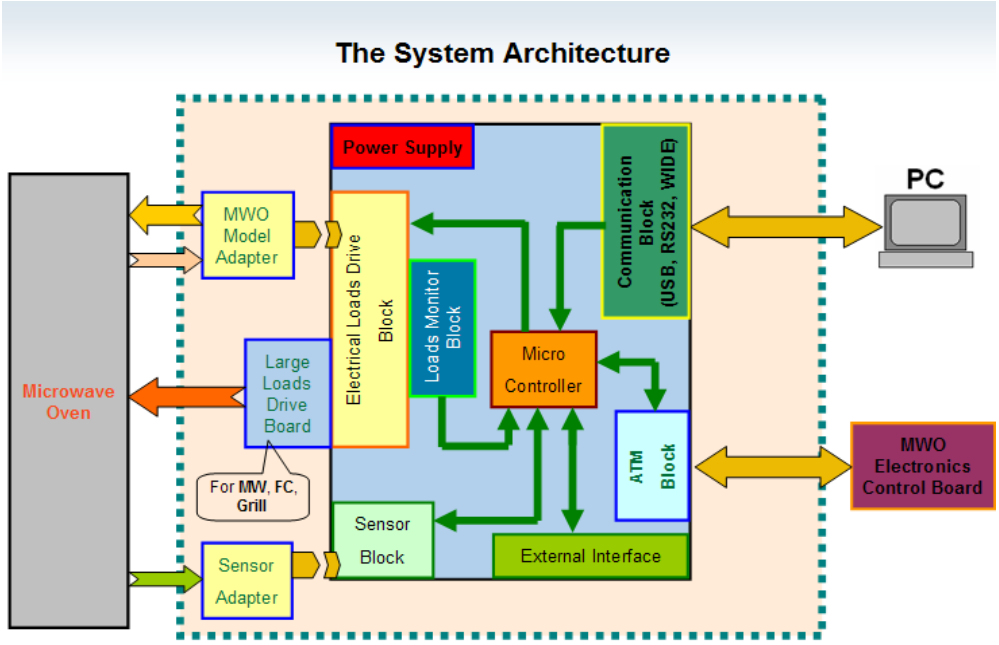


图 2 系统结构

实现的方案和系统的功能如下：

1. 基于 LabVIEW 的微波炉测控系统的上位机软件的编写

基于 LabVIEW 的微波炉测控系统的上位机软件操作界面如图 3、4 所示：

图 3 第一操作界面

通过上位机 LabVIEW 程序，可以一次性设定微波炉的 7 个工作状态，每个工作状态中包括这一工作状态工作的时间，10 个受控继电器的工作周期，每个继电器的占空比以及起始状态，并对继电器的工作信号进行采集，并显示其工作信号的波形。同时能够完成对主信号高电平时长、低电平时长，以及炉门反馈信号的检测、判别和显示的功能，还具有吸油烟部分的温度和炉腔温度的检测、显示和保存功能。

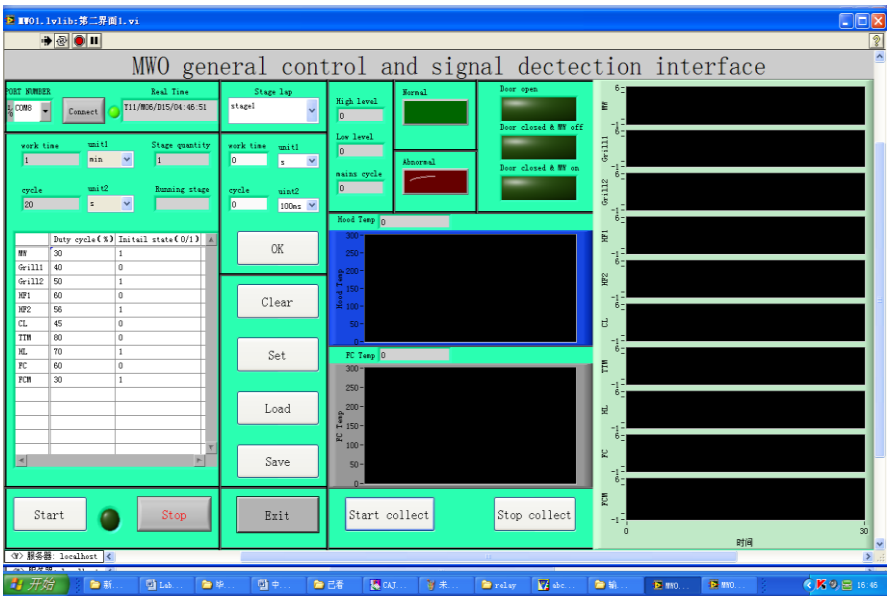


图 4　第二操作界面

2.　微波炉测控系统的硬件电路方案及功能

根据微波炉测控系统的输入输出的端口数量，并考虑测量和工作的环境和精度要求，决定选用 STC89C516 芯片来作为主控芯片并配以外围电路来完成模拟控制板的功能，模拟控制板如图 5 所示。该硬件电路可以实现对微波炉上十个控件的继电器开关进行控制，并能够完成对微波炉的主信号，炉门反馈信号，炉腔的温度和吸油烟部分的温度的检测。

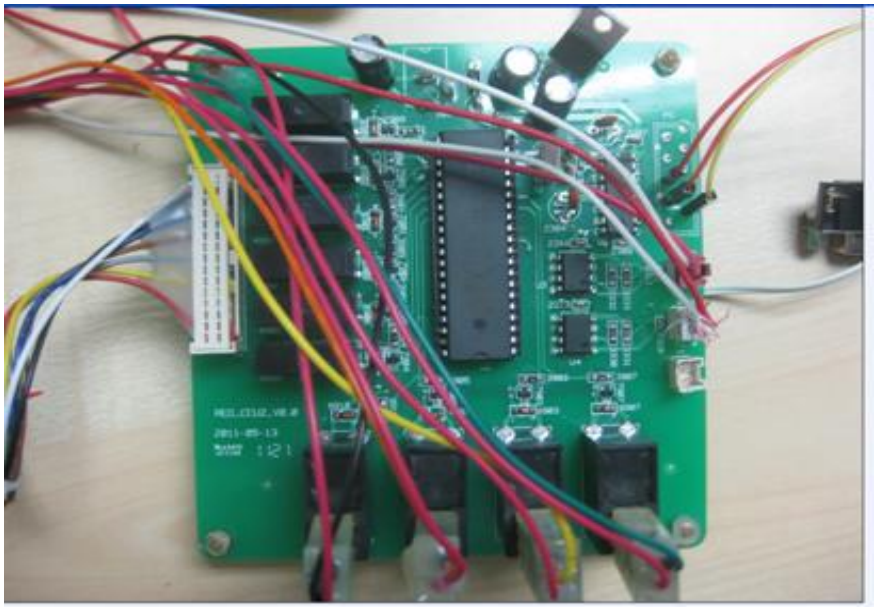


图 5　模拟控制板实物

3. 微波炉测控系统的单片机程序的编写

单片机程序包括定时中断模块，串口通信模块，温度检测模块，主信号和炉门反馈信号检测模块，以及继电器控制模块。主程序结构如下图 6 所示：

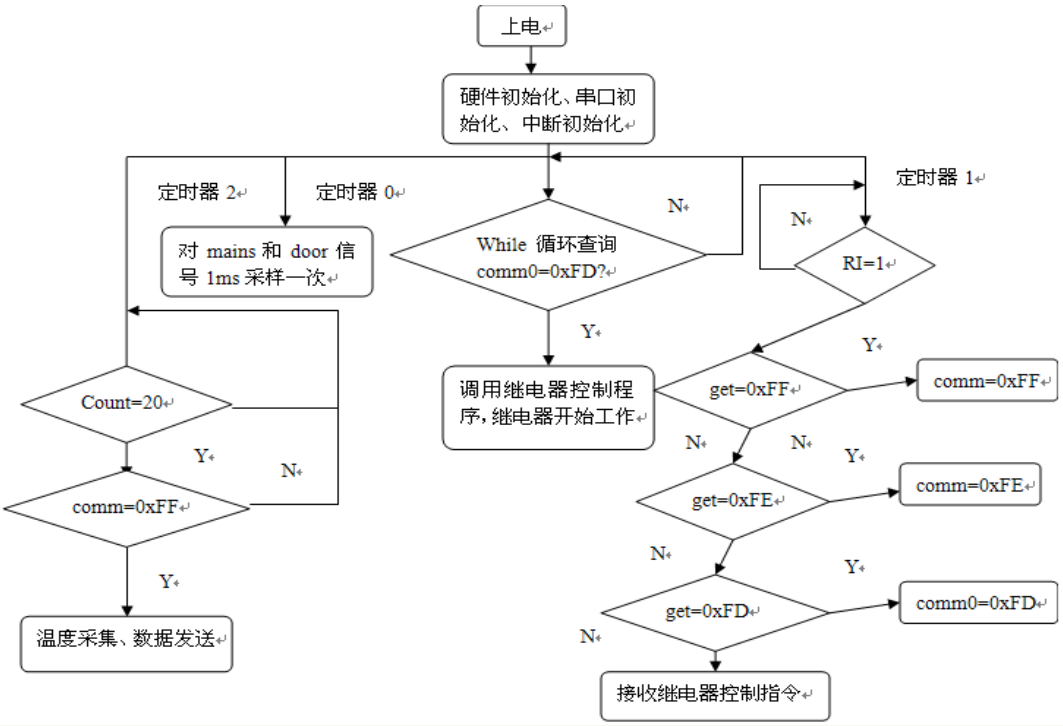


图 6　主程序流程图

通过对单片机 C 语言编程，调用了 STC89C516 单片机的三个定时中断，来完成定时，采样，和串口数据的接收、发送，实现了单片机与上位机的通讯，继电器的控制，信号的检测和温度测量等功能。

总结：

通过 LabVIEW 平台编写的上位机软件和由 STC89C516 单片机为主控芯片的模拟控制板构成的微波炉测控系统，能够较好的完成对微波炉各控件的控制，并能够准确地对温度以及电子板的主信号等进行检测、判定和显示，实现了微波炉测控系统的功能。以此作为实验平台，可以完成对微波炉的控制、信号检测以及烹饪算法测试等任务，对微波炉产品的研发能够起到较好的辅助作用。

基于 LabVIEW 的实验室振动信号采集系统

作者：杨 群

指导教师：邵 强

学校：大连民族学院

介绍：

高校里，在做机械工程测试技术基础实验时，由于缺乏经费等原因，一般情况下，实验室最多只能配备几套像信号发生器、示波器这样的设备，仪器的短缺使得学生不能充分了解和掌握仪器特点，不利于动手能力的培养。本作品运用 LabVIEW 软件，设计了一个实验室振动信号采集系统。本系统使用灵活，实现了数据采集、保存、查询、删除等功能，并可对数据进行机械工程测试实验的相关分析，如：带通滤波、傅里叶变换、自相关分析等。

使用的产品：

软件：LabVIEW 8.2，NI-DAQmx驱动，LabSQL工具包

硬件：NI 9233 动态信号采集模块

应用方案：

1. 系统硬件设计

本系统以实验室的仪器为信号源，产生信号。系统硬件主要包括CA-YD-106电荷输出型压电式加速度传感器、YE5852A型电荷放大器、NI 9233动态信号采集模块、计算机。通过对振动信号的采集、存储、滤波、频谱分析、相关性分析，得到相应结果，最后输出图形、数据。本系统需要完成的基本功能是信号数据的采集、数据的保存以及信号的分析。整个振动信号采集与分析流程如图1所示。

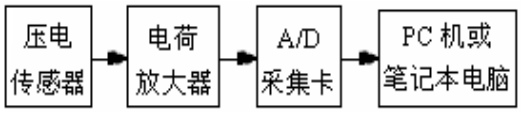


图1 振动信号采集流程图

2. 系统软件设计

基于设计原则，本系统主要由三大模块组成：数据采集模块、数据处理模块、数据模块，构成一个完整的振动信号采集系统。

系统结构框图如下图所示：

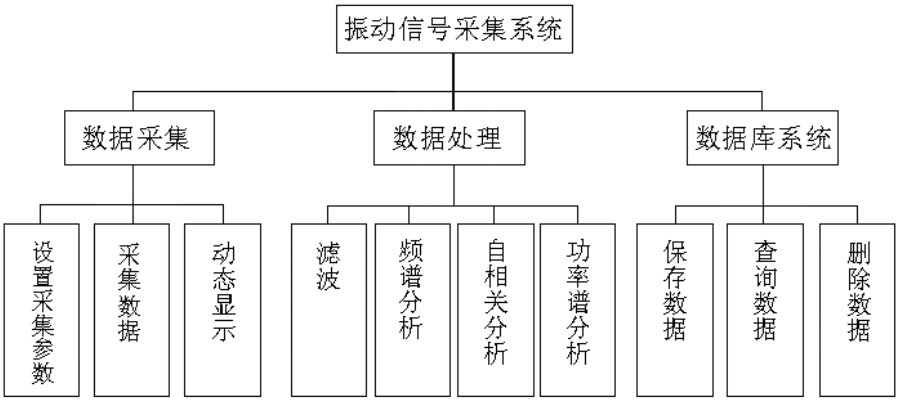


图.2 系统结构图

3. 系统具体功能：

完整的系统有六个大菜单项：

- 首页
- 数据采集与保存
- 数据分析
- 数据查询
- 数据删除
- 退出系统

其中数据分析、数据查询、数据删除三大菜单项各含子菜单。

系统菜单截图如下：

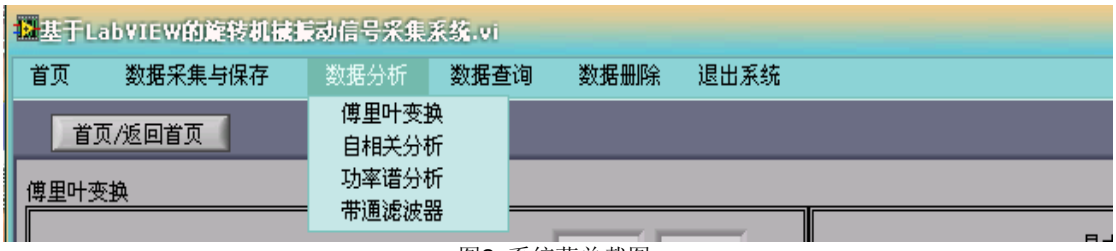


图3 系统菜单截图

以下是工作中系统的一张截图：

图4 系统工作图

4. 信号分析举例：

以下是实验室测得的一组信号数据及分析：

编号	采样日期/时间	数值	提示
1	2012-05-09 15:09:28	.364875	正常
2	2012-05-09 15:09:29	.819128	正常
3	2012-05-09 15:09:30	1.367619	正常
4	2012-05-09 15:09:31	1.244226	正常
5	2012-05-09 15:09:32	.516605	正常
6	2012-05-09 15:09:33	-.459039	正常
7	2012-05-09 15:09:34	-1.21916	正常
8	2012-05-09 15:09:35	-1.375666	正常
9	2012-05-09 15:09:36	-.859291	正常
10	2012-05-09 15:09:37	.07411	正常
11	2012-05-09 15:09:38	.972157	正常
12	2012-05-09 15:09:39	1.400909	正常
13	2012-05-09 15:09:40	1.157699	正常
14	2012-05-09 15:09:41	.378236	正常
15	2012-05-09 15:09:42	-.579375	正常
16	2012-05-09 15:09:43	-1.270017	正常
17	2012-05-09 15:09:44	-1.349844	正常
18	2012-05-09 15:09:45	-.788593	正常
19	2012-05-09 15:09:46	.14905	正常
20	2012-05-09 15:09:47	1.018406	正常
21	2012-05-09 15:09:48	1.403409	正常
22	2012-05-09 15:09:49	1.119588	正常
23	2012-05-09 15:09:50	.315808	正常
24	2012-05-09 15:09:51	-.641187	正常
25	2012-05-09 15:09:52	-1.30877	正常

图5 信号数据

5. 远程控制：

本系统采用基于Browser/ Server(简写为B/S)网络模型进行网上发布。

B/S技术优点有：
1.只需浏览器，不需其他额外软件，利于用户使用
2.易维护，只需维护服务器端代码
3.多平台支持
4.安全性：源代码客户端不可见

远程控制截图见如下图：

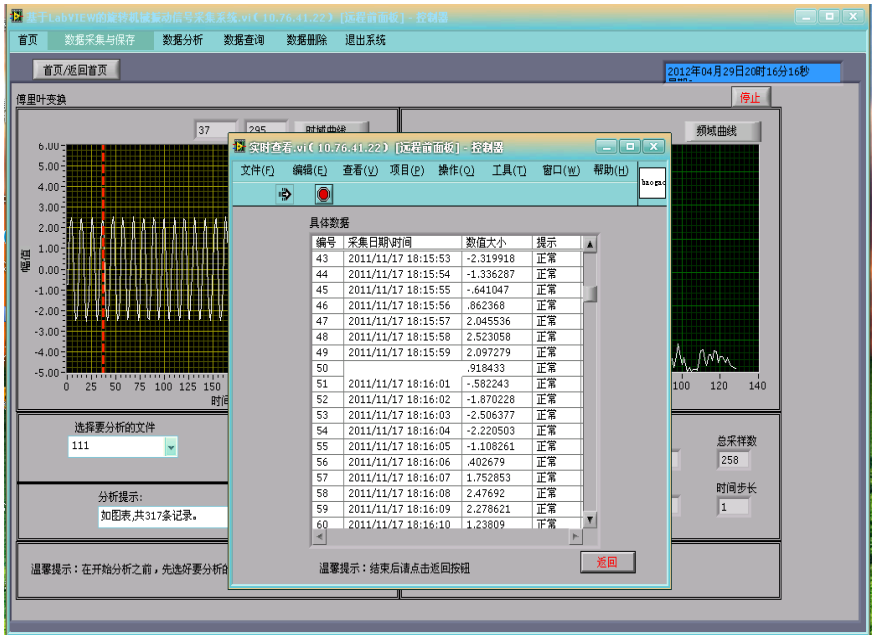


图6 远程控制截图

总结：

本作品运用 LabVIEW 软件，设计了一个实验室振动信号采集系统。本系统包括三大模块:数据采集模块，数据处理模块，数据库系统模块。

本系统具有如下几方面的意义:

1） 技术领域：

运用LabVIEW软件构建系统，通过NI-DAQmx驱动获取硬件采集的原始数据，以Microsoft Office Access 2003作为数据库记录数据，利用LabSQL工具包，通过SQL语言实现二者的连接。

2） 开发与应用领域：

结合机械工程测试实验本身的特点，设计了一个振动信号采集系统，实现了数据的采集、保存、查询、删除等功能。本系统可对采集到的信号数据进行机械工程测试实验的相关分析，使得系统集实验教学、实验操作于一体。同时，本系统能够充分利用现有技术资源，降低实验成本，有利于实验设备更新。

3） 教学效果：

实验中使用本系统，可以使操作者发挥自己的积极性和创造性，不受固定的、功能单一的现成仪器束缚，有利于培养其创造性思维，有利于提高其工程实践能力。

NI上海　中国区总部
电话：（021）5050 9800
传真：（021）6555 6244
E-mail：china.info@ni.com

NI北京
电话：（010）8262 5966
传真：（010）8286 2099

NI广州
电话：（020）2201 6899
传真：（020）2201 6898

NI香港
电话：（852）2645 3186
传真：（852）2686 8505
E-mail：general@nihk.com.hk

©2012 National Instruments公司。版权所有。