

# 基于虚拟仪器技术的工业控制系统开发

王宏强 孙苓生 上海交通大学电气工程系(200030)

## Abstract

This paper puts forward an industrial control system solution based on industrial control computer and data acquisition cards with Virtual Instrument as core technology. Comparing it with the PLC control system, the paper conducts a detailed analysis of problems from hardware selection to control function implementation and gives out feasible solutions.

**Keywords:** Virtual Instrument(VI), LabVIEW, industrial control, data acquisition card

## 摘要

文章提出以工业控制计算机和AD、IO采集板卡为硬件基础,虚拟仪器技术为核心技术的工业控制系统解决方案,并对该系统与PLC控制系统进行了比较分析。结合实际应用,对该控制系统实施过程中从数据采集设备选型到功能实现中的问题进行了详细分析,给出解决方法。

**关键词:** 虚拟仪器,LabVIEW,工业控制,数据采集卡

目前,以PLC(可编程控制器)为主控单元,通过某种通讯方式与工业控制机或触摸屏互联,并以之作为控制输入和结果显示部分的控制结构是典型的工业控制系统方案。作为标准的工业无故障设备的PLC主控单元,对系统的可靠运行提供了保障,工控机上运行的组态软件或触摸屏为系统提供了良好的HMI(人机交互界面)。PLC可扩展的模块结构和通讯功能,组态软件的网络功能为控制系统规模的扩大和系统互联提供了基础。

PLC控制系统的高性能是以高投入为代价的,对小规模控制系统,可靠性要求不十分苛刻的应用场合,或控制系统原型研究中,工控机+IO板卡的控制系统有着明显的优势。以LabVIEW为代表的虚拟仪器技术主要应用于测试领域,而软件技术为系统核心的思想和其对数据采集硬件的强大驱动能力使其作为主控软件在工控机+IO板硬件平台上能够发挥强大的功能。本文以工控机+IO板卡为硬件平台,LabVIEW为软件开发环境,设计、实现了一般工业控制系统的功能。

## 1 系统结构和基本功能

### 1.1 系统硬件结构和设备选型

系统硬件结构如图1所示,主要由工业控制计算机,数字量输入输出板卡、模拟量输入输出板卡、光耦隔离板卡、变送器等构成。从外部接口角度看,此硬件系统与PLC+工控机(或触摸屏)控制系统完全相同。在此硬件框架下,根据系统的实际需求,进行外围设备的配置和操作功能的设计。



图1 控制系统的硬件结构

针对实际系统的规模和需求,进行相应的设备选型。考虑到控制系统对可靠性和运行速度的需求,工控机的配置选用PIII-866 CPU、256M内存。模拟量数字量输入输出板卡的选型中,主要考虑如下几个方面:首先,是满足系统基本需求,模拟通道的通道数目,采样率,信号连接方式等,数字通道主要考虑IO点数;同时,要考虑硬件设备与软件的适配程度;再者,数据采集产

品的价格也是选型中的一个重要因素。我们对NI公司、台湾研华公司、泓格科技(ICP DAS)几家公司的数据采集产品进行了简单的评估。我们在三家公司的低端产品中,分别选择了NI的PCI-6024、研华的PCL-818H、泓格的A821PGL进行了简单的比较。三款产品通道数均为16路单端/8路差分可选,12位精度,采样率依次是200kS/s、100kS/s、45kS/s。软件匹配方面,由于LabVIEW在仪器领域内的领先地位,大部分数据采集产品都提供了针对其的接口程序,研华公司、泓格科技的产品都提供了这样接口。此类接口程序,基本替换了LabVIEW中与NI数据采集产品适配的硬件驱动功能模块。从这个角度上讲,应用非NI的硬件产品,数据采集部分软件设计需要从头学起。价格因素上,国内厂商的产品占比较大的优势。总体上讲,NI公司的PCI-6024在性能、软硬件匹配度和价格上都最高;A821PGL采样率低,工作方式简单,接口简单,价格低;研华PCL-818H的性能和价格居中,软件接口复杂。

根据系统需求,通过如上对比分析,我们选用了泓格科技(ICP DAS)的A821PGL和DIO-64作为系统的模拟数字输入输出板。

### 1.2 软件配置和基本功能

系统软件基本配置如下:Windows98/2000操作系统,LabVIEW6.1作为系统的逻辑控制和人机交互,信息显示及共享功能的集成平台。

控制系统的根本软件逻辑框图如图2所示,LabVIEW程序的扫描运行机制使得熟悉PLC梯形图编程的开发人员比较容易理解。LabVIEW集成开发环境,提供强大的数据采集驱动,内部的时序逻辑处理功能能够满足复杂控制系统的开发需求。

LabVIEW集成开发环境,提供了大量的控制、显示控件,同时提供良好的程序扩展功能,如调用DLL(动态链接库)或通过CIN(Code Interface Node)节点调用C

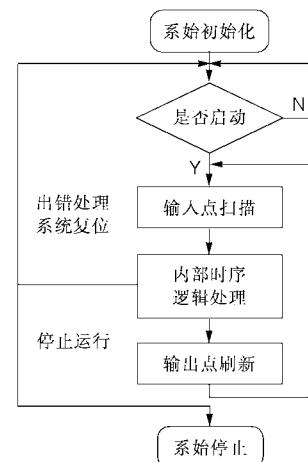


图2 控制系统的软件逻辑框图

代码。LabVIEW串口通讯的支持,TCP/IP,DataSocket网络功能使其能完成控制系统中的显示、控制、通讯和信息共享任务。

## 2 系统功能开发

### 2.1 LabVIEW硬件设备驱动机制

为便于应用开发中数据采集产品的使用,硬件厂商随产品发行硬件驱动的动态链接库,开发人员在各种不同的开发环境中通过调用动态链接库实现硬件的功能。LabVIEW作为功能强大的集成开发环境,提供了方便的调用DLL的机制,通过CLFN(Call Library Function Node)节点,配置函数名,入口出口参数,便可实现对动态链接库函数的调用。NI公司对其本公司硬件产品的支持也是基于同一机理。

CLFN为LabVIEW开发环境驱动非NI产品提供了极大的方便,其他硬件厂商应用CLFN对设备驱动DLL中常用函数进行包装,提供硬件与LabVIEW间的接口程序,使用户在LabVIEW中可以调用硬件功能。同时,应用这一机理,开发人员可以根据实际需要,参考硬件动态链接库的说明,调用其中的函数实现硬件功能。

调用动态链接库函数过程中,需要注意输入输出参数匹配和格式转换的问题。同时,可以实现的硬件控制功能受链接库提供的基本函数限制。譬如我们构筑的系统中,DIO-64链接库中IO点不支持位操作,只支持字节或字操作。在数字量输入中,影响不大,首先读取整个字节,然后判断相应位的状态即可;然而在数字量输出过程中,对某位进行操作时,只能通过写一个字节来实现,此时,就要防止对其他位数字量状态的改变。为解决这一问题,我们设置了一个临时变量,用来暂存输出口的当前值,在需要进行位操作时,把临时变量的相应位进行替换后,把临时变量当前值写到输出口即可。当然这是对该板卡功能缺陷的一个规避,一般性能比较好的板卡,譬如NI的板卡就直接支持位操作功能。

### 2.2 板卡资源的利用

板卡通过插槽接入系统后,ISA总线设备通过跳线设置硬件所占用的诸如IO地址、中断号等系统资源;PCI总线设备采用即插即用(PnP)技术,系统自动分配资源。这些资源配置情况可以在系统的硬件管理功能处查看。

同时,一般的板卡除提供模拟数字量输入输出口外,通常还附带一些功能。以我们应用的DIO-64为例,板上提供1M、100k、10k时钟源,可以按1/4、1/2、1、2倍数改变频率;提供时钟中断和外部中断引入功能;提供一片8254时钟芯片。这些资源为我们控制系统的开发提供了极大的方便。

譬如,LabVIEW中最小的时间精度是1ms,而在实际应用中往往需要更精细的时间控制。这里我们充分利用系统现有资源,以板卡上的脉冲源为时钟输入信号,适当设置时钟的初值和工作模式,方便的实现硬件精确定时功能。

### 2.3 系统启动复位功能的实现

启动、复位、急停是控制系统的最基本的功能,下面简单介绍一下这几个功能在我们系统中的实现方式。软件启动后,处于不断扫描启动位的情况,该处应用一个循环结构,直到启动位变位后循环退出。

复位和急停是系统优先级最高的事件,我们采用了两套解决方案。其一,是采用不断查询的方式,即程序的每步都查询这两位,判断是否按下复位或急停按钮。这样存在程序粒度划分的问题,粒度划分的越细致,捕捉到此类操作的可能性越大,但同时查询操作频繁,耗系统资源,软件编写中也要在多处添加相应的代码。

比较理想的一个方案是应用系统中断解决这一问题,而中断功能原本就是针对此类需求而设计的。这里我们应用DIO-64板卡所获得的系统中断资源和其外部中断输入接口,并把该路中断扩展,在中断响应程序中判断中断源,进行相应处理。如图3所示,DIO-64板卡的中断系统基本结构。

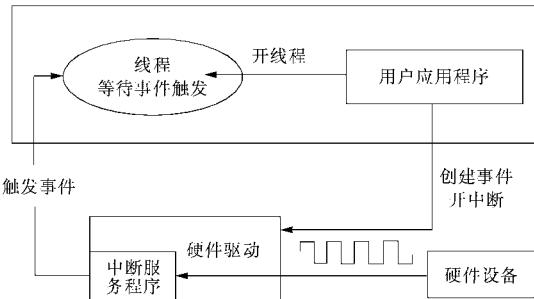


图3 DIO-64板卡的中断结构

实现DIO-64的中断结构,需要应用多线程技术。LabVIEW开发环境自身集成了多线程机制,通过配置各子VI的优先级和执行系统,把需要并行的部分搭成并列的结构,比较容易实现多线程技术。在此应用中把中断响应程序作为一个单独的线程,与用户应用程序并行,同时把中断响应程序优先级置高,使得其在中断事件下能立即响应。

在具体代码实现中,主体采用顺序结构,依次创建事件(Create Event)、开中断(Install IRQ)、程序主体部分,关中断(Remove IRQ)、清除事件(Close Handle)。其中程序主体部分如图4所示,在Sequence顺序结构的第2步,把主程序模块与等待中断事件发生的部分搭成并行结构。主体程序正常运行,在中断发生时,中断响应程序优先运行,保证了系统对复位和急停的立即响应。

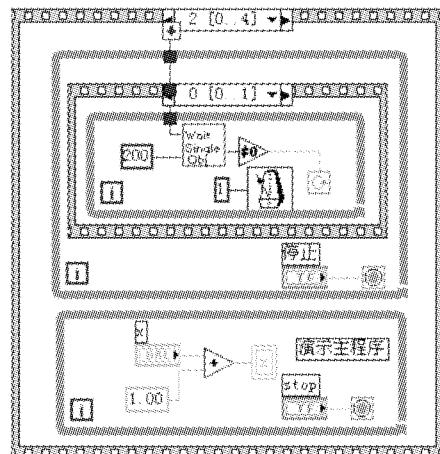


图4 中断系统的软件实现

### 2.4 系统主体程序结构

系统主体程序最外层是一个循环结构,系统不停止,循环不退出。外循环内部,根据控制时序要求,顺序结构和循环结构相结合,在执行中不断扫描输入点,更新输出点,实现系统的控制功能。LabVIEW程序的运行,是以数据流为主线,在输入数据满足的条件下,程序自上而下,从左到右扫描运行。与PLC梯形图编程相似,在程序编写的过程中需要考虑指令周期和程序的扫描时间,以判断控制系统对事件的实时响应能力。

程序主体结构如图5所示,程序处于运行状态,外层循环一直不退出。软件运行后,不断查询启动按钮的状态,获得启动命令。

(下转第29页)

(上接第 14 页)

令后,启动循环退出,程序进入顺序结构部分,见图 5 中右侧。在顺序结构中,主程序模块与中断响应部分并行,利用 LabVIEW 内嵌的多线程机制,实现复位、急停的中断处理。主程序模块根据实际系统的工作流程,进行相应的输入点扫描,时序逻辑处理,输出点刷新等工作,内部程序结构以顺序和循环为主。

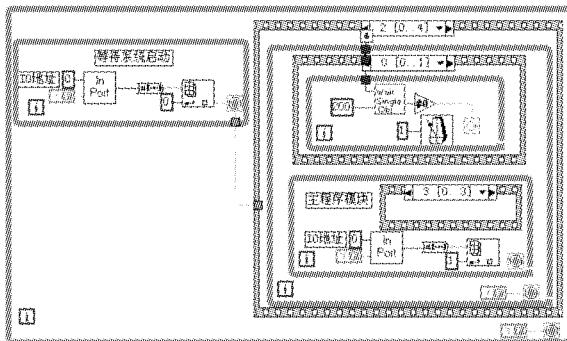


图 5 程序主体机构

程序结构中存在非结构化跳转的需求,譬如在系统出错或复位、急停操作情况下,都需要从正在运行的某处循环结构中跳出,跳转到系统等待启动部分。这种结构,是代码实现中典型的 Go To 语句的用武之地,但在结构化程序设计中不提倡这种用法,所以 LabVIEW 也没对这种需求提供专门的支持。我们的系统中,采用图 6 的解决方案,通过调用属性、方法节点使系统先停止运行,再重新运行软件,进入等待系统启动状态。该方案结构简单,能够实现此类非结构跳转功能。

程序整体结构清晰,并行机制直观,时序逻辑处理功能强大,运行稳定,满足系统控制需求。

### 3 结束语

基于工控机与模拟数字采集板卡硬件平台,应用 LabVIEW 集成环境开发的系统实现了一般工业控制系统的控制功能,能

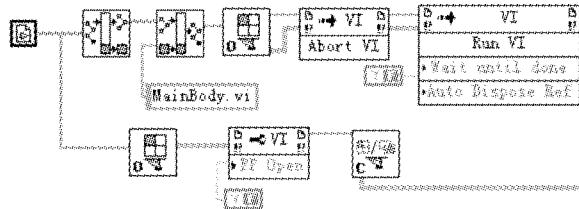


图 6 出错处理程序

满足工业系统的基本需求。该系统主要有如下优点:

首先是经济性能好,节省了 PLC 部分的硬件投资,相当于把 PLC 控制功能上移;

其次,HMI(人机界面)与控制集成一体,避免了通信方面的负担;

另外,LabVIEW 强大网络功能为信息共享和系统扩展提供了广阔空间。

同时,该系统也存在可靠性方面不如 PLC 控制系统可靠,受操作系统运行状况影响的问题。

综上所述,本文提出的控制系统方案符合功能软化的发展趋势,能够满足工业控制系统的根本要求,对于可靠性要求不十分苛刻,输入、输出点数不多,数据采集点集中的应用场合是比较经济实用的解决方案。

### 参考文献

- 1 李建华,陈建业,张海波,等.虚拟仪器技术在 SVC 监测系统中的应用.电力系统自动化,2003,27(5):65~67
- 2 何国西.现场总线在 PLC 和工控机控制系统中应用方案比较.工业控制计算机,2003,16(2)
- 3 DIO-64E 软件手册 (DIO Software Manual for Windows 95/98 NT Ver.3.0 Feb-11-2000).泓格科技 ICP DAS

[收稿日期:2003.11.14]