

基于 LabVIEW 的串口通信在 PCR 仪监控系统中的应用

Application of LabVIEW Based Serial Communication in PCR Monitoring and Control System

周 枫¹ 袁景淇^{1,2} 吴元民³

(上海交通大学自动化系¹, 上海 200030; 华东理工大学², 上海 2000237; 枫岭(上海)生物技术有限公司³, 上海 201103)

摘 要 基于 LabVIEW 7.0 Express 环境的串口通信, 实现了上位监控软件对 PCR 反应过程的实时监控, 一方面, 上位机下发指令: 控制 PCR 仪中的热循环模块的温度设定, 步进电机的动作、激发光源的快关; 另一方面, 下位机上传数据, 确认 PCR 仪当前运行状态、当前的反应度等。

关键词 PCR 虚拟仪器 串行通信 LabVIEW

Abstract Based on serial communication in LabVIEW 7.0 Express environment, real time monitoring software in master computer for PCR reaction process is implemented. The commands are issued by master computer, controlling temperature set-point of heat cyclic module in PCR, operating the step motor and fast activating light source; on the other hand, the slave computers upload data to determine current status of operation and reaction condition of PCR.

Keywords Polymerase chain reaction (PCR) Virtual instrument Serial communication LabVIEW

0 引言

PCR 技术, 即聚合酶链反应, 又称体外酶促基因扩增, 是利用 DNA 聚合酶依赖于 DNA 模板的特性, 模仿体内 DNA 复制过程, 在附加的一对引物之间诱导聚合酶反应, 相应的仪器是 PCR 仪。PCR 仪不仅在遗传工程、生物工程研究中获得广泛应用, 而且可应用于遗传病、传染病、癌症、艾滋病等疾病的诊断, 转基因生物改良, 动植物检疫, 动物性别判断以及刑事侦破等^[1]。

LabVIEW (laboratory virtual instrument engineering workbench) 是美国国家仪器公司 NI (national instruments corporation) 推出的一种虚拟仪器仪表开发平台, 它编程方便, 功能强大, 通过对各种数据采集设备的调用, 可以方便地实现数据的采集、通信, 实现对硬件设备的控制。在 LabVIEW 环境中通过串口通信实现 PCR 仪的监控是一种方便可靠的方法^[2,4]。

1 PCR(聚合酶链式反应) 系统

PCR 反应是一种特异性 DNA 序列的体外酶促合成方法, 利用靶序列两端 2 个互补的寡聚核苷酸引物, 通过高温模板变性、低温引物退火和中温 DNA 聚合酶促退火使引物延伸三个步骤的循环, 复制特定的 DNA 片段。因上一个周期所合成的引物延伸产物可作为下个周期的模板, 所以 DNA 拷贝数目在每个周期中呈指数增加, 这样, 20 个 PCR 周期可得约百万倍(2^{20}) 扩增。

本文所涉的 PCR 仪控制系统由 PCR 下位机和上位机监控系统组成, 如图 1 所示。PCR 下位机完成反应温度控制和数据采集。采集到的数据一部分被用于 DNA 扩增数量的检测, 最终实现待测样本的定量。由于在待测样本中加入了荧光探针, 随着 DNA 数量的扩增, 荧光探针会对靶 DNA 产生荧光反应, 发出不同强度的荧光。通过对荧光强度的检测, 可以获得当前 DNA 的扩增效果。上位机监控软件实现对 PCR 仪温度控制参数的设定、实时监控反应的各个阶段、确定信号采集的时刻、实现数据的实时分析和显示。

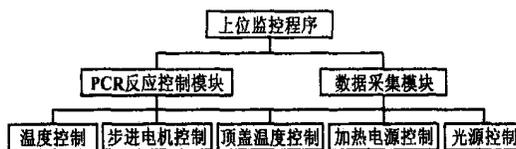


图 1 PCR 仪监控系统结构图

图 1 中的数据收集模块是标准设备, 通过并口和上位机连接, 可直接使用。PCR 反应控制模块由下位单片机系统实现, 主要进行 PCR 反应的温度控制、步进电机的控制 (驱动滤光片对荧光信号进行滤波)、顶盖温度控制 (稳定反应的现场环境)、开关加热电源、开关光源等操作。

上下位机通过串口进行数据和指令的交互, 需要传输的静态数据为控制参数、设定值等, 如温度控制 PID 参数、积分饱和上下限、顶盖温度等; 实时控制指令包括步进电机的复位/置位、加热电源开/关、光源

开/关等;动态数据包括实时反应温度读取、温度设定值变更等。系统运行过程中,串口操作流程如图 2 所示,图中各判断条件由上位机根据下位机的应答以及当前系统的运行情况确定。

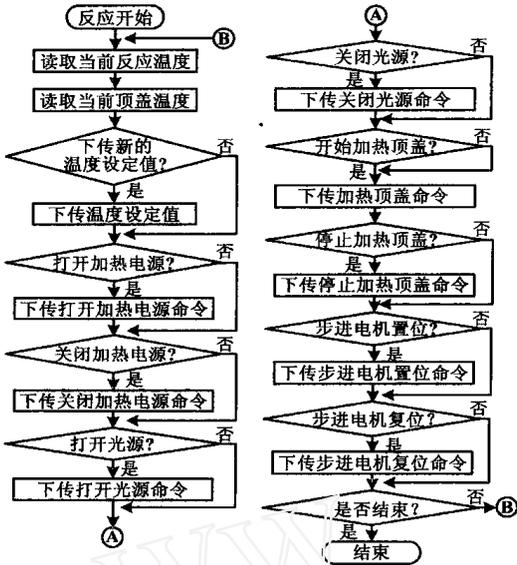


图 2 上下位机的串口通信

2 LabVIEW 中的串口通信

LabVIEW 提供了丰富的仪器控制功能,支持 VISA、SCPI 和 IVI 等程控软件标准。在串口通信方面,LabVIEW 7.0 Express 版本发布后,除保留串口初始化节点外,串口操作的功能节点均使用 VISA 节点。VISA 是由世界多家有实力的仪器厂商联合成立的 VXI 即插即用系统联盟(VXI plug&play System Alliance)开发的新一代程控仪器 I/O 软件规范 - 虚拟仪器软件规则(Virtual Instrument Software Architecture),VISA 就是用于仪器编程的标准 I/O 函数库及相关规范的总称。VISA 只是一个 API(应用程序接口),通过调用底层的驱动程序来控制仪器,底层驱动包括串口、GPIB、VXI 等^[2-3]。VISA 的调用流程如图 3 所示。通过对 VISA 节点的调用,可以方便、快速地实现 PCR 系统上位机对下位机的实时监控。

3 串行通信在 PCR 系统中的实现

由于 PCR 系统需要传输的数据种类较多,根据系统的实时性要求,结合 LabVIEW 的特点,串口通信采用了上位机发出指令,下位机应答的方式进行。具体过程是上位机视系统运行的不同阶段,向下位机发送指令和数据,下位机以中断方式接收指令和数据,每接收一条指令,按照上位机指令的要求执行后,将运行结

果以 2 字节数据的形式反馈给上位机确认已执行完毕,上位机等待确认数据,如在给定的时间(这里为 10 秒)内无确认数据,进行错误处理,否则,通信结束。

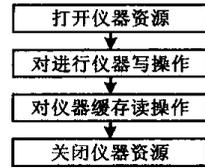


图 3 VISA 仪器控制简单流程

数据的传输格式包括上位机下传数据和下位机上传数据两种情况。上位机下传:标志位+数据(默认为 0)共 3 个字节(标志位确定下位机将要执行的工作和下传数据的性质,数据位表示下传的数据值);下位机上传:数据或确认标志(监控程序下传的两个标志位)共 2 个字节,上传数据根据下传标志位确定上传数据的内容;串口号:COM1;波特率:9600;数据位:8;停止位:1;奇偶校:无。当数据量比较大,且对实时性要求较高时,也可将一组数据连成字符串一起由上/下位机送出,下/上位机接收后处理为可用的数据。表 1 为一组数据传输实例,通信模块的工作流程如图 4 所示。

表 1 数据传输实例

标志位	操作内容	下传数据	上传数据
g	读出当前温度	0000	上传当前温度值
c	打开光源	0000	打开光源后送 cc
Q	设定温度	设定温度值	设定完毕后上传 QQ

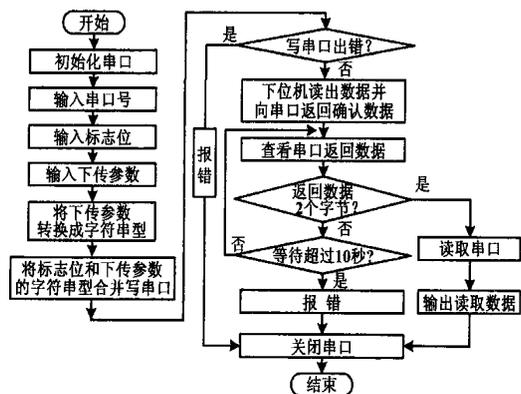


图 4 串口通信流程图

图 5 所示是根据串口通信流程实现的 LabVIEW 7.0 Express 代码,将这段代码封装成连接器(Connector-LabVIEW 中供其他程序调用的函数),在系统运行不同阶段,通过对该连接器的调用,实现上位机对下位机的参数设置、实时控制和动态数据读写。图中 INT TO (下转第 48 页)

变化时,给定压力跟随流量变化而改变,必须兼顾给定配水点的压力,适当选取 P_0 和 S 参数,一般配水点要求静水压为 300 ~ 350kPa^[3]。表 1 中压力波动在 306 ~ 355kPa 之间,可取平均值 325kPa,根据系统控制策略可得出离散算法

$$P(k) = 325 + 34.5 Q^2(k - 1) \quad (5)$$

式中: $P(k)$ 为当前需要控制的压力(kPa); $Q(k - 1)$ 为当前三次采样流量均值(m^3/s)。

压力计算与给定遵循以下原则:采样计算周期取 5 ~ 10s 之间,不需变化太快: $P(k) > Q_{\max}$ 时,保持 P_{\max} 并输出警告;当 $Q(k - 1) < Q_{\min}$ 时,不对 $P(k)$ 计算,保持原值。另外用水量与上下班期面、生产季节、气温和节假日等因数都有关,在计算式(5)中的 $P(k)$ 时,可适当调整 P_0 和 S 值,以保证相应供水配水点的平均输出压力的恒定控制。

图 4 所示为系统控制软件主程序流程框图,刚开机时,先设较小的给定值(200kPa),且打开排气阀(10 分钟后定时关闭),以避免对管道的冲击。为避免对电机、水泵和电路的冲击,变频器采用延时启动,启动完

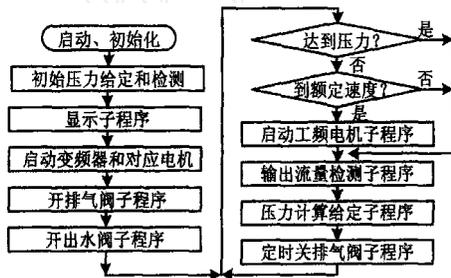


图 4 控制主程序流程框图

(上接第 45 页)

STRING 模块的功能是将下传参数转换成字符串型以进行串口操作。初始化串口使用 VISA Configuration Serial Port. vi 节点,对串口进行波特率、数据位、校验位等设置,在整个程序结束时,用 VISA Close 关闭串口,完成操作。

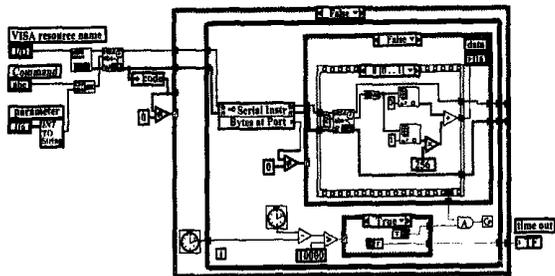


图 5 串口通信实现的框图程序

4 结束语

通过对系统的分析,合理制定了串口通信的协议,

后再打开出水阀,再经过几分钟,再采用初始给定值,这个给定值是根据时间不同而分别设定的。当检测压力、流量正常,运行 5 分钟后,再采用式(5)计算,给出计算的第一次压力给定值,并由变频器对压力进行 PID 控制,其中 I 值宜取大一些。

5 结束语

采用流量跟踪稳压控制,输出水压控制在 430 ~ 330kPa 间,保证网络优质稳定供水。用水高峰时开多台 280kW 电机,一台变频,低谷时只需一台变频,电流调整范围 400A ~ 80A,通常晚上为 100A 以下,节电效果明显,对比采用流量跟踪前,可多节电 10%。该系统已运行一年多,系统可靠,性能良好,网络管道维修时间大大减少,给定压力自动跟随流量改变,使用和监控非常方便。

参考文献

- 1 李洪斌,张承慧,等. 远程供水变频调速计算机控制系统设计. 电气传动,2002(1)
- 2 秋传忻. 泵站工程. 武汉大学出版社,2001
- 3 唐受印,戴友芝. 水处理工程师手册. 化学工业出版社,2000(44)
- 4 余永权. ATME89 系列单片机应用技术. 北京航空航天大学出版社,2002
- 5 把多铎,马太玲. 水泵及水泵站. 中国水利水电出版社,2004

收稿日期:2004 - 04 - 23。

第一作者唐露新,男,1958 年生,教授,硕士生导师;主要从事测控技术、微机应用、光机电一体化学科等的科研和教学工作,发表学术论文 30 多篇。

结合 LabVIEW 图形化编程的特点,以一种比较简单的方式实现了实时系统中数据、命令的传输任务,同时降低了编程的工作强度。实际运行中,系统实时性和可靠性高,保证了 PCR 仪的分析精度。对不同领域的同类问题,本文提供了一个方便快捷的解决实例。

参考文献

- 1 埃利希 H.A., PCR 技术—DNA 扩增的原理与应用,北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社,1991
- 2 杨乐平,李海涛,肖相生,LabVIEW 程序设计与应用,电子工业出版社,2001
- 3 LabVIEW™ Measurement manual, NATIONAL INSTRUMENTS 2003
- 4 LabVIEW™ 7 Express User Manual, NATIONAL INSTRUMENTS 2003

收稿日期:2004 - 09 - 16。

第一作者周枫,男,1972 年生,1995 年毕业于东南大学自动控制专业,获学士学位,2003 年毕业于上海交通大学控制理论与控制工程专业,获硕士学位,现为上海交通大学控制理论与控制工程专业在读博士研究生;主要研究方向生物过程控制、生物反应器建模和虚拟仪器。