

文章编号 : 1672-2892(2010)01-0114-04

基于 PXI 的分布式 LIA 测控系统结构设计

王 远, 李 劲, 杨兴林, 赖青贵

(中国工程物理研究院 流体物理研究所, 四川 绵阳 621900)

摘 要: 介绍了直线感应加速器(LIA)测控系统的要求、硬件结构、软件设计以及 PXI 总线的特点,重点阐述了利用 PXI 设计控制系统的方法。PXI 模块的推出,为简化测控系统的部分结构提供了可能。结合“嵌入式系统”,可简化系统的结构,提高系统性能,运用 CVI 编程控制与集成相关的设备。通过在项目中的应用测试,证明 LIA 测控系统可以有效工作。

关键词: PXI 总线; 直线感应加速器; 控制系统

中图分类号: TN911.6

文献标识码: A

Design of PXI for a distributed control system based on LIA

WANG Yuan, LI Jin, YANG Xing-ling, LAI Qing-gui

(Institute of Fluid Physics, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621900, China)

Abstract: The design requirements of the control system for a Linear Induction Accelerator(LIA) are presented, as well as the hardware and software configuration of this system. The feature of PXI bus and the design of a DAQ/Control based on PCI eXtensions for Instrumentation(PXI) are described on emphasis. Combining PXI with embedded system, the structure of LIA control system can be simplified and the performance can be improved. Relative equipments can be controlled and integrated by C programming language Virtual instrument(CVI) programming. The final product has been successfully tested in the Linear Induction Accelerator.

Key words: PCI eXtensions for Instrumentation; Linear Induction Accelerator; control system

随着计算机、网络技术的发展及专用测控模块的不断开发,加速器和大型物理实验设备的测控系统也随之不断更新,向分布式、智能化、高可靠方向发展。我国已建成的直线感应加速器(LIA)正是沿着这个方向发展。LIA 测控系统是一个基于高速局域网的分布式测控系统。但鉴于设计时的条件,系统的设备控制层用的是 IEEE485 标准的现场总线,部分子系统采用协议转换器,使系统结构变得复杂,同时也影响总线数据传输率,使前端设备与主干网间的通信也因之受影响。

PXI 总线拥有极高的数据传输能力(高达 132 Mbyte/s~528 Mbyte/s),具有高密度、坚固外壳及高性能连接器的特点。PXI 系统不仅具有高速采集率和任务控制功能,而且还具有功耗低、体积小、重量轻、便于维修的优点。PXI 模块的推出,为简化 LIA 测控系统的部分结构提供了可能。本文利用 PXI 的功能和特点在 LIA 试验平台设计集成这种系统^[1]。

1 PXI 模块

PXI 模块是 NI 公司开发的高性能模块,具备通信、信号处理和模拟/数字量的输入、输出能力。当其应用于分布式测控系统中时,采用背板技术向上可以直接连接到符合 TCP/IP 协议的 Ethernet 网络总线上,也可以连接到 RS-232,RS-485 和 Foundation 现场总线同上述任一种总线进行通信;向下经过其数字模拟 I/O 端口直接测控前端设备(传感器、真空泵等)模块的自举能力,允许将该模块当作一台服务器使用,通过 OPC(Object link and embedded Process Control) Server 或其它方式向网络系统发出通信或操作指令。

PXI 模块可以在系统指令下单独运行,完成自身的测控任务。由于模块可运行编译过的执行文件程序,开发十分容易。而且模块带有丰富的虚拟化的设备驱动程序,一些分布式系统也在产品更新换代中配置了支持 FP 模

块的驱动程序，极大地方便了系统的集成。

PXI 模块化建立在分布式 I/O 系统之上，通过 OPC 用户程序经过网络进行数据访问，因此，容易实现 PXI 模块和任何具备 OPC 用户兼容性的软件集成。PXI 系统可以方便地使用 LabVIEW 和 Measurement Studio 的可视化界面访问。根据具体要求可选择硬件，还内置 LabVIEW 嵌入式实时系统，可方便地开发嵌入式实时系统，提高系统的实时性，可靠性^[2]。此外，PXI 模块可运行于强电磁干扰的环境，为组建高可靠、抗电磁辐射干扰的强流 LIA 测控系统提供了方便^[3]。

2 硬件结构

LIA 运行时，首先要开启真空系统、去离子水、绝缘油循环系统，测控系统不断检测各系统运行情况；同时，测控系统自动回检脉冲功率系统的 Marx 发生器、Blumlein 脉冲形成线的场畸变开关的气压状态，直至所有参数达到预定状态。出束实验前，测控系统开启各种仪器设备，检测安全设施，进入试验程序。出束过程中，要记录下大量快速瞬变信号、慢信号和开关信号。出束后，测控系统恢复所有仪器，并将存储所有记录的信号^[4]。

建立 LIA 分布式控制系统实验平台，研制基于局域网的具有分布式特点的控制系统的实现对 LIA 的控制和管理。设置一台中央控制器，集中控制、管理各分系统，并提供试验数据的管理等功能。分系统中对于要求较高的实时性控制，采用自举的嵌入式控制器来实现。系统中必须有完成不同功能的子系统，以强流 LIA 为例，其测控系统结构如图 1 所示。虚线所围部分的测控对象只涉及到模拟量、数字量 I/O 或开关量 I/O。可以用 PXI 直接简化为图 2 所示的结构。很显然，简化了系统结构，提高了数据通信速率，且编程开发及系统集成的工作量大为减少。在实验平台上，编制了 PXI 模块开发的通信程序，表明系统工作正常。同时 PXI 模块按指令独立控制了前端设备，表明 PXI 模块的确可以独立完成对前端设备的控制。由于恒流源设计采用 485 总线或 GPIB 总线，恒流源和带 GPIB 接口的设备的测控，需要其它分系统来实现。

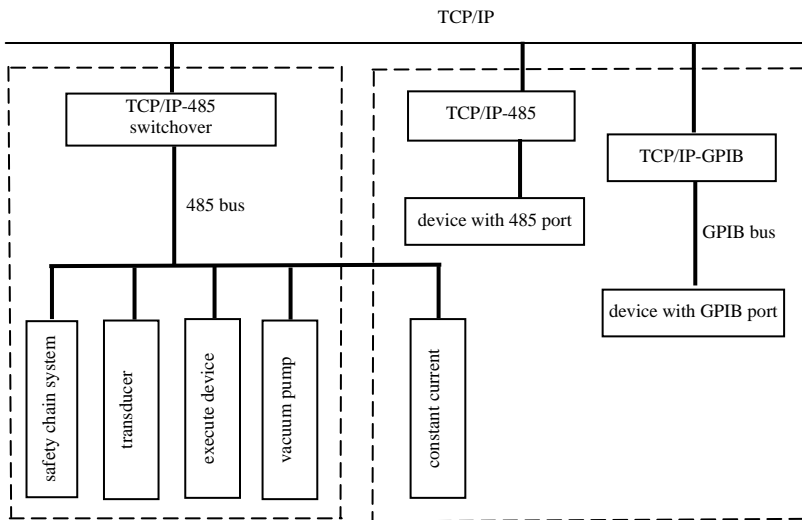


Fig.1 Configuration of control system of LIA in strong current
图 1 强流 LIA 测控系统基本结构

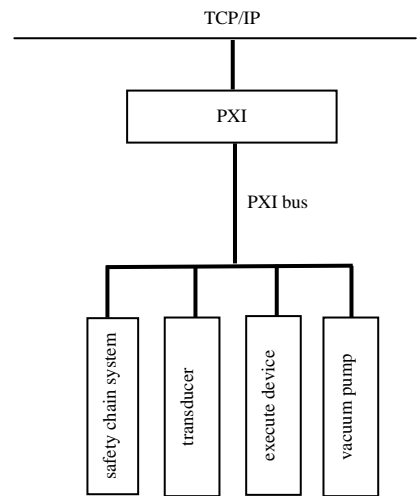


Fig.2 Simplified configuration of control system with PXI
图 2 利用 PXI 模块部分简化测控系统结构

3 系统软件

总控系统通过集线器和各分系统组成局域网。通过操作界面和控制时序调度分系统的工作，并实时显示试验的进程和状态。3 个子系统是由 PXI 模块化的分布式 I/O 系统组成，用高级语言结合 CVI 开发的嵌入式实时系统。操作界面也是用高级语言结合 Measurement Studio 开发的系统。

在 LIA 测控系统中，控制软件主要包括：

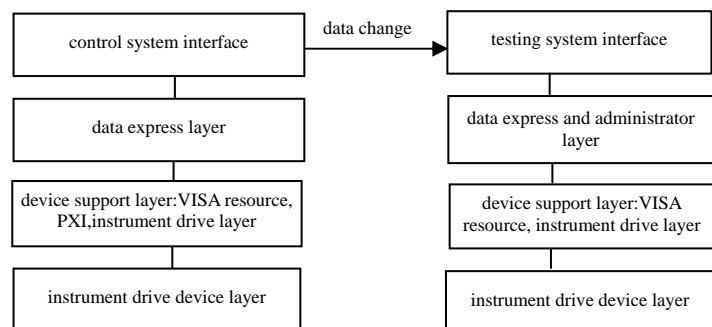


Fig.3 Control system software configuration
图 3 测控系统软件结构

油、水、气、真空等缓变信号测控；Marx 发生器充电及测控；束输运场励磁电流源测控；严格的时序控制，按预定顺序准确启动相关仪器，安全联锁控制；加速电压和束流参数等快变化信号测量及其处理；实验数据存入数据库及数据处理。相应的软件结构如图 3 所示。

控制软件采用 ComponentWork，它是 National Instruments 公司开发的一组 32 位 ActiveX 控件集合。任何支持 ActiveX 技术的开发环境均可使用该工具包，常用的有 Delphi, Visual B, Visual C++ 和 Access 等。在 Delphi 开发环境下，控制软件使用 ComponentWork 中提供的控件集：用户界面接口、Internet 接口、仪器控制接口、IVI 接口和 DAQ 接口^[1]。目前，ComponentWork 和 LabWindows/CVI 已被集成为一个新的工具包——Measurement Studio。

其次采用了面向对象设计方法。控制系统软件有如下主要功能：控制、故障诊断、数据处理和数据分析。对加速器的控制功能前已述及，控制系统还包括对故障的诊断和处理功能。Marx 升压子系统可提供在升压过程中 Marx 自激的在线诊断功能，一旦出现自激现象，立即关断可编程电源的输出，给出错误报告；大、小恒流源加载成功与否，直接关系到试验的成败。用 PXI 模块实现几个子系统还可提供通信中断、模块损坏、断线等故障的报警功能。因此，系统具有较完备的故障报告和处理功能。图 4 和图 5 是 20 MeV 电源控制系统和束位置测量人机界面。

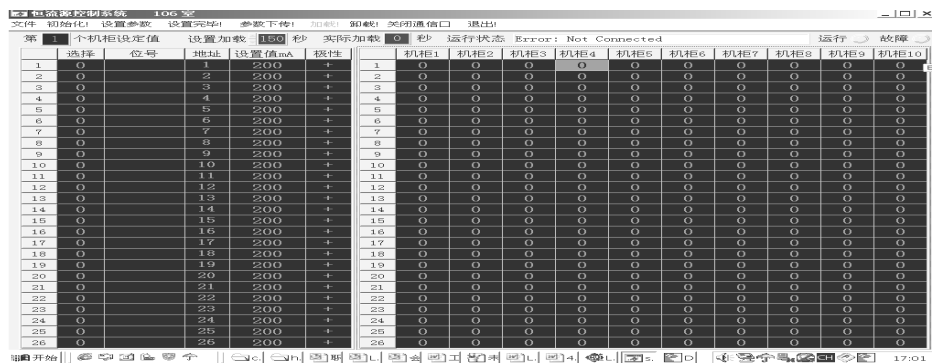


Fig.4 Human-machine interface of 20 MeV power supply control system
图 4 20 MeV 电源控制系统人机界面

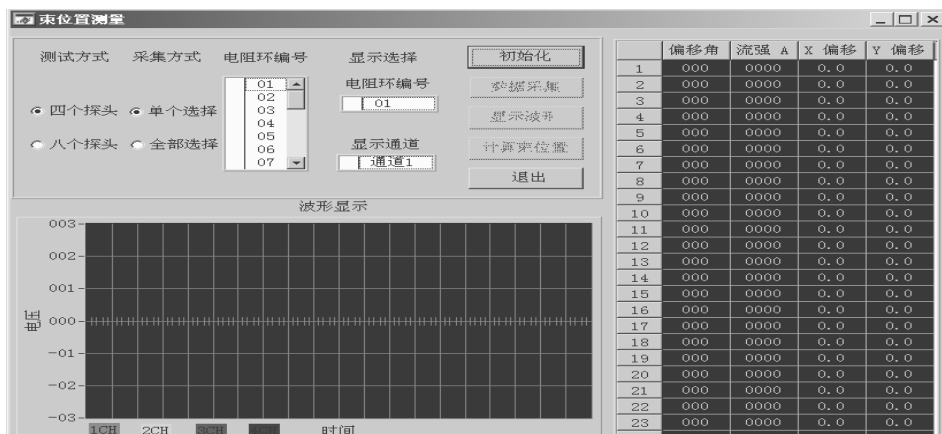


Fig.5 Human-machine interface of electron beam position measure
图 5 束位置测量人机界面

4 结论

控制系统集控制、故障诊断、数据处理和数据分析功能为一体。具有分布式特点的控制系符合国内外加速器控制的发展方向。基于 PXI 的控制子系统，提高了系统响应速度和控制系统的效率，为以后研制大型分布式系统奠定了技术基础。前端控制设备逐步标准化、模块化和虚拟仪器化，减小了软件开发难度，提高了系统的可靠性。

参考文献 :

- [1] USA National Instruments 公司. MEASUREMENT AND AUTOMATION CATALOG[Z]. 2008.
 [2] 桑楠. 嵌入式系统原理及应用开发技术[M]. 北京:航天大学出版社, 2002.
 [3] 王远. 直线感应加速器强电磁干扰环境下的束流测量[J]. 信息与电子工程, 2008,6(4):297-300.
 [4] 章文卫. 10 MeV 直线感应加速器监控系统设想方案[C]// 10 MeV 直线感应加速器会议文集. 1989.

作者简介 :



王 远(1965-), 男, 江苏省无锡市人, 高级工程师, 主要从事加速器束参数测量及测控技术研究.email:ideawy@163.com.

李 劲(1972-), 男, 昆明市人, 高级工程师, 从事加速器物理及应用研究.

杨兴林(1969-), 男, 四川省北川县人, 高级工程师, 从事加速器测控技术研究.

赖青贵(1971-), 男, 南昌市人, 高级工程师, 从事加速器测控及加速器物理研究.

 (上接第104页)

参考文献 :

- [1] 丁伯南,邓建军,石金水,等. “神龙一号”直线感应电子加速器[J]. 高能物理与核物理, 2005,29(6):604-610.
 [2] 邓建军. 强流脉冲电子束能谱测量技术研究[J]. 强激光与粒子束, 1993,5(3):353-358.
 [3] 吕建钦. 带电粒子束光学[M]. 北京:高等教育出版社, 2004.
 [4] 陈思富,夏连胜,章林文,等. 强流短脉冲电子束束剖面测量技术[J]. 强激光与粒子束, 2003,15(3):279-282.
 [5] 李泉凤. 电磁场数值计算与电磁铁设计[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
 [6] Vector Fields Limited. Opera-3D User Guide[Z]. Vector Fields Limited,UK, 2008.

作者简介 :



杨国君(1978-), 男, 四川省南充市人, 博士, 副研究员, 目前从事加速器技术研究. email:ygj00@mails. tsinghua.edu.cn.

李成刚(1978-), 男, 山西晋城人, 在读博士研究生, 主要研究方向为加速器技术研究.

张 卓(1978-), 女, 辽宁省锦州市人, 在读博士研究生, 主要研究方向为加速器技术研究.

李 勤(1968-), 女, 四川省安县人, 本科, 主要研究方向为高功率技术.