

# LXI C 类仪器的设计与实现方法

申 研, 吕洁光, 杨彦波, 王凯让

(北京无线电计量测试研究所, 北京 100854)

**摘要:** 简述了 LXI 总线技术产生的背景及 LXI 仪器的特点, 并根据国际 LXI 协会制定的 LXI 标准 (v1.0) 分别对 A、B、C 三类仪器标准进行了介绍, 为了将 LXI 总线技术应用在现有的测试平台中, 提出了一种将传统仪器升级为符合 C 类标准的 LXI 仪器的方法, 该方法以现有仪器为基础, 与带有 Web Server 的基于单片机的嵌入式网络接入模块相结合, 成功地将传统仪器升级为符合 C 类标准的 LXI 仪器, 在程控电源上进行的实验验证表明, 应用该方法设计实现的 LXI 仪器模块符合 LXI C 类仪器标准, 且具有成本低、结构简单和通用性强等特点。

**关键词:** LXI 总线; 单片机; 嵌入式; 网络

## Method of Design and Realization of LXI Class C Instrument

Shen Yan, Lv Jieguang, Yang Libo, Wang Kairang

(Beijing Institute of Radio Metrology & Measurements, Beijing 100854, China)

**Abstract:** The technical evolution of LXI bus technique and the characteristics of the LXI instrument are discussed. According to the LXI Standard v1.0 of LXI Consortium, the A, B, C, three classes LXI instruments are introduced respectively. To apply LXI bus technique to the existing test platform, the method of traditional instrument upgraded as the LXI instrument that matches standard of LXI Class C is presented. The method takes existing instrument as the foundation, combining with the single-chip microcomputer that has Web Server embedded Ethernet module, realizing upgrading. The result of experiment on the program control power shows that by using this method, the design and realizing of LXI instrument match the LXI Class C instrument standard, and have the strong characteristics of low cost, simple structure and general use.

**Key words:** LXI bus; single-chip microcomputer; embedded; Ethernet

### 1 LXI 总线仪器的产生背景

仪器总线技术在过去的 30 年里取得了突飞猛进的发展。最早也是最成功的是由 HP 公司 (Agilent 公司的前身) 于 1965 年开发的 GPIB (通用仪器总线)。它的出现使电子测量从独立的单台手工操作向大规模自动测试系统发展。在 GPIB 基础上, 1987 年, 美国 HP、Tektronix 等公司提出了 VXI 总线标准, 从而实现了测试平台的模块化。由于 VXI 模块化测试系统具有灵活的结构、大的通道数和高的数据传输速率, VXI 仪器获得了广泛应用。1997 年, 美国 NI 公司推出了一种基于 PCI 总线的 PXI 模块仪器, 其尺寸大约是 VXI 模块的 1/4。VXI 和 PXI 都需要在 0 槽配置嵌入式计算机或通过 0 槽的 MXI 或 1394 总线连接外部的 PC 机。PXI 可满足数据采集和工业自动化应用的要求<sup>[1]</sup>。

如今, 台式计算机和笔记本电脑都带有标准的高速以太网 (LAN) 和串行总线 (USB)。测试仪器公司现在开发的仪器都带有低价格、高速 USB 和 LAN 标准接口, 一台 LAN 仪器可以通过专用网或 Internet 网控制。2004 年 9 月 20 日 Agilent 技术公司和 VXI 技术公司联合推出了 LXI, 这是一种适用于自动测试系统的新一代基于 LAN 的模块化平台标准。LXI (LAN eXtension for Instrument) 把台式仪器的内置测量技术及 PC 标准 I/O 连通能力与基于插卡框架系统的模块化和小尺

寸集于一体。LXI 的紧凑而灵活的机箱结构, 高速 I/O 和可靠的测量能力能够满足研发工程师在航天、国防、汽车、和消费品市场中开发电子产品的需要<sup>[2]</sup>。

### 2 LXI 总线仪器的特点

LXI 模块化测试标准规范融合了 GPIB 仪器的高性能、VXI/PXI 卡式仪器的小体积以及 LAN 的高速吞吐率, 并考虑了定时、触发、冷却、电磁兼容等仪器要求, 是基于以太网络的新一代自动测试系统模块化构架平台标准。LXI 是成熟的以太网技术在测试自动化领域的拓展。

LXI 仪器模块可以保证仪器的全部性能; 集成更为方便, 不需要专用的机箱和 0 槽计算机; 由于采用了与台式仪器完全相同的电路和程序, 可以实现诸如微波射频等高端仪器的功能。

LXI 模块由计算机控制, 用标准网络浏览器, 所以不需要传统台式仪器的显示、按键和旋钮。LXI 模块用 IVI-COM 驱动程序, 无须编程和其他虚拟面板。灵活性强, 可以作为系统仪器, 也可单独使用。

LXI 基于 LAN 的体系结构提供了长寿命期仪器实现的基础。LXI 仪器将 Web Server 集成在仪器本身, 使得 LXI 仪器模块能放置在世界任何地方, 或从世界任何地方对其访问和控制<sup>[2]</sup>。

### 3 LXI 总线仪器的分类

LXI 标准定义了三种类型的仪器, 这三种类型能在测试系统中混用。

C 类仪器: 这是独立型仪器或台式仪器, 它们用 LAN 代

收稿日期: 2006-10-24; 修回日期: 2006-12-07。

作者简介: 申 研 (1979-), 男, 助理工程师, 硕士, 主要从事自动测试设备的研制与开发, 故障诊断等方向的研究。

替 GPIB, 具有 LAN 的所有有益能力, 并且把 Web 接口 (具有 XML) 用于仪器设置和数据访问。为简化编程, C 类仪器提供 IVI 驱动程序 API (应用程序接口)。

B 类仪器: 这类仪器可用于分布式测量系统。它们符合 C 类仪器的要求, 并包括 IEEE 1588 同步。

A 类仪器: 这类装置除满足 C 类和 B 类仪器要求外, 还另外增加了两项属性: 快硬件触发总线和合成仪器工作模型<sup>[3-4]</sup>。

#### 4 LXI C 类仪器的设计与实现

LXI 仪器模块并不同于常用 LAN 仪器, LXI 仪器模块本身带有标准的网络接口和 Web Server, 可以在任何地点通过互联网访问和控制 LXI 仪器模块。而 LAN 仪器虽然带有标准的网络接口但本身不带有 Web Server, 在互联网上访问 LAN 仪器只能先用一台 PC 作为本仪器的 Web Server, 然后其它 PC 要先访问这台计算机才能间接的访问到仪器, 其实质还是计算机间的通信。

LXI 仪器模块采用 IEC Publication 60297 定义的标准机架单位。这些尺寸与现有的全机架宽度 GPIB 仪器相同, 在物理尺寸上两者是兼容的<sup>[5]</sup>。

因此, 本文设计将带有 Web Server 的基于单片机的嵌入式网络接入模块与传统的 GPIB 仪器相结合, 实现符合 LXI C 类标准的 LXI 仪器模块。图 1 为本文的设计方案框图。

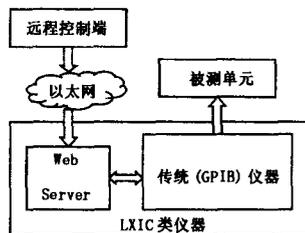


图 1 LXI C 类仪器设计方案

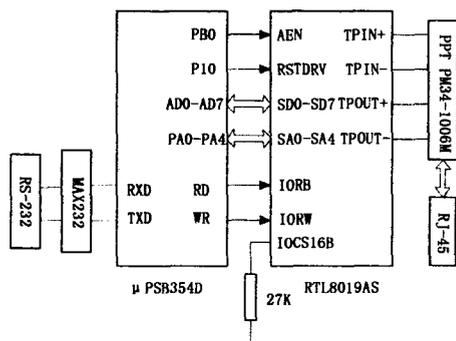


图 2 嵌入式网络接入模块的硬件连接图

##### 4.1 嵌入式网络接入模块的设计

基于单片机的嵌入式系统网络接入模块主要由单片机和网络控制芯片组成。图 2 为网络接入模块的硬件连接图。其中串口为配置端口, 可以通过 Windows 的超级终端对网络接入模块的 IP、MAC、MASK、GATEWAY 等信息进行配置。本文选用  $\mu$ PSD3354D 单片机作为网络接入模块的核心处理器, 其内部分别集成有主 256K FLASH、从 32K FLASH 和 32K SRAM, 46 个通用 I/O, 3 个定时/计数器, 2 个串口等。用此款单片机可以省去外扩程序存储器和数据存储器等器件的工

作, 减少了元器件的数量, 降低了电路的复杂程度。网络控制芯片选用 REALTEK 公司的 RTL8019AS, 它是一个 10Mbps 的全双工以太网控制芯片, 支持 PnP, 兼容 Ethernet II 和 IEEE802.3 的 10Base5、10Base2、10BaseT。实际应用中 10Mbps 完全可以满足大多数条件下的应用。

基于单片机的嵌入式系统网络接入方案成本低, 技术难度不高, 开发周期短。在一般的测控系统中, 要传送的仅仅是控制命令和测量数据, 数据量不大。模块与控制设备之间采用 RS-232/485、CAN 等串口方式连接, 其通信速率仅几十 kb/s 或上百 kb/s。这时以太网接口芯片的速率和微处理器的数据就远大于串口通信的速率。因此传输速度主要取决于串口的通信速率。当要传送的数据速率要求很高时, 它与测控设备之间就不能在采用串口连接, 而必须采用并口 (GPIB) 连接, 这时传输速率就取决于微处理器的处理速度<sup>[6]</sup>。此时, 要选用一些高速单片机。

##### 4.2 在程控电源中的应用方案

本文将带有 Web Server 的网络接入模块制成 LAN/GPIB 接口卡对程控电源进行升级, 使其成为符合 LXI C 类仪器标准的 LXI 电源模块。在升级过程中会遇到双 CPU 数据交换问题: 一个 CPU 在仪器当中, 用于数据处理和控制; 另一个 CPU 在网络接入模块当中, 用于网络通信。为了解决此问题, 本文在设计 LAN/GPIB 接口卡时加入双口 RAM, 从而使两个 CPU 可以通过双口 RAM 实现数据交换。图 3 为程控电源升级方案的原理框图。这样网络接入模块以插件的形式和程控电源按照统一的接口连接, 成功地将程控电源升级成为符合 LXI C 类标准的 LXI 电源模块。

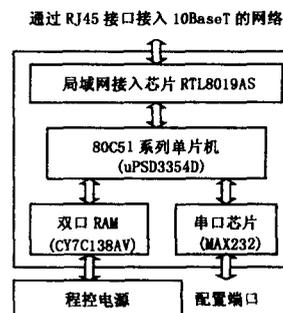


图 3 程控电源升级方案的原理框图

##### 4.3 LXI C 类仪器模块接入以太网应注意的问题

IP 地址: LXI 仪器设备通过该网络模块进入以太网, 因此必须确定仪器自身的 IP 地址。这也是与普通的仪器上网在概念上的重要区别。因此, 网络模块必需有获取 IP 地址的功能。IP 地址的获取有两种方式: 动态获得 IP 地址和固定分配 IP 地址。

安全控制: 在小型封闭的局域网中进行测控, 安全问题不大, 但在广域网甚至因特网上进行测控, 安全问题就至关重要。为此, 网络模块应采用 48-128 位的用户密码来保护测控设备的安全。合法用户可以修改、设定自己的密码, 网络用户即使窃取了 IP 地址, 没有用户密码, 也无法操作设备。

实时性问题: 测控系统在很多场合都要强调他的实时性, 但以太网不是一个实时系统。由于它的载波监听碰撞检测 (CSMA/CD) 通信方式, 决定了以太网中 IP 包的传输会有延迟, 甚至丢包, 这是利用以太网组成分布式测控系统最大的缺

点。但是, 现在以太网的速度越来越快, 百兆网甚至千兆网, 或在一些小型封闭的局域网中, 网络的繁忙程度大为减轻, IP 包几乎没有碰撞, 传输延迟、丢包现象就大大减少, 不会影响测控系统的正常工作。同时在系统的网络层之上, 可增加应答协议, 丢包的问题就可基本克服<sup>[6]</sup>。

### 5 结束语

本文初步探讨了应用单片机嵌入式网络接入模块与传统仪器相结合, 将 Web Server 集成到传统仪器当中, 实现了将传统的仪器升级为符合 LXI C 类标准的 LXI 仪器模块。此种方案适合于仪器的总线速度不高, 数据量不大的情况。当要传送的数据速率要求很高时, 可选择 ARM 处理器和 100 Mps 网络控制芯片的方案, 这样就可以满足绝大多数仪器的要求。

本文将所设计的网络接入模块与某型程控电源相结合, 成功地将其升级为符合 LXI C 类标准的电源模块。该电源模块

.....

(上接 1114 页)

(4) 角度编码器用来将来自天线控制系统中旋转变压器的方位角和高低角的模拟信号转变为数字信号, 一方面送给可逆计数器用来控制天线的进一步转动; 另一方面送给计算机, 录取天线的角度信号, 供方向图的参数计算及绘图使用。

这里采用 ZSZ/XSZ-02/2 系列超小型自整角机/旋转变压器-数字转换器。该产品采用 32 线双列直插金属外壳封装, 重量轻, 体积小, 跟踪速率高, 兼容性好, 与 AD 公司生产的 SDC/RDC1740 系列兼容。该编码器为 12 位, 转换精度为:  $6000/2^{12} = 1.46$  密位。

### 3 软件设计

#### 3.1 雷达方向图测试的软件表达

雷达方向图测试靠测试引导软件来完成。图 4 为实现各种雷达方向图测试引导软件的程序流程图。整个程序为用户提供了一个智能化、自动化的测试环境和测试界面。<sup>[3]</sup>

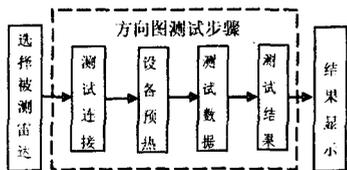


图 4 雷达天线方向图测试引导软件程序流程图

在软件设计中, 被测雷达及被测雷达的方向图测试所涉及的信息都建立了不同的数据库。在操作界面中, 选取所测试的雷达, 从数据库中读取被测雷达, 进入该雷达方向图的测试步骤, 首先以文字、视图、图片等多媒体信息提示操作者按测试要求把天线性能测试仪连接到被测雷达上, 把微波信号源与辐射天线连接。再根据测试需要, 以可视化的多媒体信息引导雷达开机, 测试仪器接电, 进行预热等, 然后根据测试要求调用天线性能测试仪虚拟仪器卡的虚拟面板, 根据提示对虚拟面板进行操作, 在操作虚拟面板过程中对需要的数据进行采集、读写和计算, 并显示测试结果, 最后根据测试结果对雷达方向图做出评估, 给出专家意见。在程序设计中, 由于运用了大量的数据库。因此, 增加了该仪器的可扩充性、修改性和开发性, 为软件的升级提供了极大的方便。

可通过局域网直接对其进行访问和控制。此方法在实际应用中取得了良好的效果。

#### 参考文献:

[1] 王丽萍, 蔡荣海. 一种新的模块化仪器总线标准—LXI [J]. 仪器仪表学报, 2005, 26 (8): 100-101.  
 [2] 陈光瑞. 未来测试系统结构 [J]. 测控技术, 2006, 25 (7): 1-5.  
 [3] LXI Consortium. LXI Standard Revision 1.0. [S]. 2005: 17.  
 [4] Agilent Technologies. Test—System Development Guide Introduction to Test—System, Design Application Note 1465-1 [Z].  
 [5] Agilent Technologies (Grant Drenkow). LXI 揭开未来测试的面纱 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (6): 插 2-插 3.  
 [6] 黄训诚. 基于 RTL8019AS 的单片机 TCP/IP 网络通信 [J]. 微电子与计算机, 2005, 23 (3): 229.

#### 3.2 虚拟仪器面板<sup>[4]</sup>

对于虚拟仪器来说, 面板的设计至关重要。没有易于操作的命令按钮、没有和实际仪器相似的面板布局, 对操作人员来说, 使用起来是不方便的。为此, 设计一个直观形象、布局合理、功能齐全的仪器面板是虚拟仪器设计工作中的不可或缺的一步。该面板本着首先具有传统仪器的功能, 适当的在处理图形方面加以完善, 更好的满足用户需要的思想。面板的设计风格是简捷明了, 易于操作。虚拟仪器面板如图 5 所示。

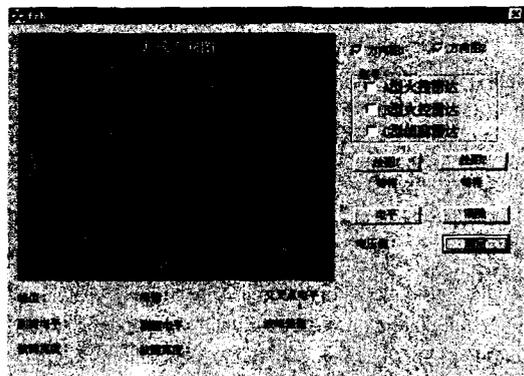


图 5 方向图显示虚拟仪器面板

### 4 结论

以嵌入式系统为平台, 结合虚拟仪器卡研制的雷达天线方向图测试仪, 将高科技含量的现代测试技术与计算机技术融为一体, 强化了测试功能, 优化了人机界面, 保证了系统的高可靠性, 提高了测试通用性和精度, 为自动化程度低的测试仪器的更新换代开辟了新的技术途径。目前该测试仪已投入使用, 效果良好。

#### 参考文献:

[1] 杨儒贵. 电磁场与电磁波 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.  
 [2] 胡安平, 郭菊珍. PC/104 在导航工控机中的应用 [J]. 计算机测量与控制, 2003, 11 (11): 902-904.  
 [3] 张世箕, 等. 自动测试系统 [M]. 北京: 电子科技大学出版社, 1994.  
 [4] 陈元球. Visual C++ 6.0 编程实用技术与案例 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.