

LXI总线网络化仪器

随着计算机局域网(LAN)的出现,产生了基于 LAN 的仪器总线 LXI,与早期的 GPIB 不同,当以简单的计算机和仪器之间的通信作为目标,且候选技术不多时,低成本的通信总线出现并伴随很好的性能表现。现代的技术改变了计算机与仪器之间的通信架构。传统的并行通信使得网络上结点之间的通信很昂贵,并成为瓶颈,具有出色的网络管理能力和媒介独立性的以太网是理想的解决方案。为此,本章主要介绍 LXI 总线网络化仪器技术。

3.1 LXI 总线网络化仪器概述

3.1.1 LXI 标准

2004 年 9 月,安捷伦公司和 VXI 技术公司联合推出基于 LAN 的仪器总线 LXI,LXI (LAN-based Extensions for Instrumentation,局域网技术在仪器领域的扩展)是以 LAN 为基础,建立在 IEEE 802.3(以太网)和 IEEE 1588(TriggerBus)之上,为高效能的仪器提供了一个自动测试系统(ATS)的 LAN 模块化平台。它是作为以太网技术在测试自动化领域的应用扩展中新一代测量仪器接口标准,其具体思想是将成熟的以太网技术应用到自动测试系统中,以替代传统的测试总线技术(如 VXI、PXI、GPIB 等)。

LXI 联盟根据同步与触发方式的不同将 LXI 仪器分为以下 3 个功能等级(类):

- (1) 等级 C,具有通过 LAN 的编程控制能力,能够与其他厂家的仪器协同工作;
- (2) 等级 B,拥有等级 C 的所有能力,并支持 IEEE 1588 精确时间协议同步;
- (3) 等级 A,拥有等级 B 的所有能力,同时具备触发总线硬件触发机制。

等级 C 属于基本类产品,包括 LAN 发现、配置、网络界面和物理标准的基本内容,它对触发和时间控制要求不高,但必须保证合格的网络通信;等级 B 采用 IEEE 1588 时钟,需要总线上连续的精确触发来实现同步,仪器可以在测量过程中加入时戳(time-stamp),或者在将来被配置成对触发进行响应,允许对等的和多播(单对多)通信,可以让一个仪器告诉其他仪器在什么时候开始或者停止一个测量,这对分布式数据采集系统非常有用,可在多个位置的测量要求同步并加入时戳;等级 A 增加了一个针对相互邻近放置的仪器的低等待时间硬件触发总线,保证被测数据点之间的紧密关系,即提供确定性的硬

件触发机制。

LXI 明确从以 T&M 为中心的专用技术转向计算机行业技术,在测试应用中越来越多地采用 Ethernet、PC 和 PC 标准软件。LXI 联盟已发布了两个 LXI 总线标准规范,即 LXI 标准 1.0 和 LXI 同步接口规范 1.0。

3.1.2 LXI 网络的技术优势

LXI 标准继承了工业以太网的优点,又较好地解决了以太网实时性的问题。与传统的卡式仪器(VXI、PXI)相比,LXI 模块化仪器具备许多优势:

(1) 以太网、标准 PC 和软件应用广泛,技术成熟。采用 LXI 网可以节省技术人员的培训费用、维护费用及初期投资等成本。

(2) 基于 TCP/IP 的 LXI 网络是一种标准的开放式网络,不同厂商的设备很容易互联。这种特性非常适合解决控制系统中不同厂商设备的兼容和互操作的问题。

(3) 能便捷地访问远程系统,共享、访问多数据库。

(4) 易于与 Internet 连接,能够在任何城市、地方利用电话线通过 Internet 对企业进行监控。

(5) 能实现办公自动化网络与工业控制网络的有机结合。

(6) IEEE 1588 网络同步标准的实施,可以在实验室环境下得到纳秒级的时钟同步误差,与以太网相比,较好地解决了其实时性的缺陷。

(7) 标准的网络接口已经极为普遍。

LXI 总线技术具有以下的特点。

1. 提高了系统的吞吐率

GPIB 总线的数据传输速率小于 1MBps。1998 年修订的 VXI 规范 2.0 版本提供了 64 位扩展能力,其数据传输速率可达 80Mbps,如果采用 IEEE 1394 总线连接计算机与 VXI 设备,那么目前 1394 总线的传输速度可达 100Mbps。LXI 仪器采用标准的以太网接口传递数据,而网络传输速度在过去 15 年里从 10Mbps 发展到 10Gbps,而且向后兼容,所以采用 LXI 总线技术提高了系统的数据传输速率。

除了网络传输速率快之外,LXI 仪器还提供了两种提升系统吞吐率的方法。第一种方法是软件例程在 LXI 模块内运行,这就有可能在 LXI 模块中执行基本分析功能,而只把结果(而非数据块)送至主 PC。如有必要,高级例程可在通常比大多数 LXI 模块有更强计算能力的 PC 中运行。第二种方法是用 LXI 模块间的对等通信协调它们的活动,从而消除因 PC 处理所有消息而可能产生的瓶颈。

2. 结构形式灵活

LXI 仪器有半宽和全宽机架宽度两种,在高度上有 1U、2U、3U 和 4U 几种。能容易地将各种功能的模块混装在机柜中,也可放在夹具中挂在墙上,或附在某些设备的小型装置上。与 VXI 和 PXI 受限于特定模块尺寸不同,LXI 的尺寸能完全符合应用的需要。

3. 提高了系统的灵活性,降低了成本

由于 LXI 仪器的核心硬件技术与台式仪器的核心硬件技术相同,所以在研发阶段,在台式仪器上使用的测试方法和测试软件同样可以方便地移植到 LXI 系统中,从而降低重新编写测试软件和验证系统性能的费用。在组建测试系统方面,LXI 模块自带了处理器、LAN 连接、电源和触发器输入,并且不需要机箱和零槽控制器,不需要专用接口卡和昂贵的电缆。这一改变为测试系统设计工程师提供了最佳的灵活性并且大大降低了成本,他们能按照需求添加新的 LXI 模块,而不用担心机箱的电源功率是否足够,散热是否充分,或是否需要购买一套更大的机箱,或是否需要更换一个全新测试系统体系。从传输距离来看,点对点的网络传输距离是 100m,利用交换机或集线器可以达到 200m,如果用光纤通信,则可以达到几千公里,所以 LXI 系统可以不受结点和距离的限制。

4. 降低了测试系统的建立时间

LXI 仪器采用标准的以太网接口与计算机相连接,并且可以自动识别网线的极性。每个 LXI 仪器的 IP 地址可以手动设置,也可以在系统中自动分配,不仅使得用 LXI 测试设备组建测试系统的时间大大减少,而且难度也降低了。

3.1.3 LXI 总线网络化仪器的发展前景

LXI 测试和测量模块最适合用于设计验证和制造测试系统。LAN 的连通能力使得模块能够驻存在世界任何地方,或在世界任何地方访问。当前,计算机网络的用戶成千上万,同样每年投入到网络技术研究中的人力物力都是其他行业不可比拟的。计算机和网络技术每天都有日新月异的变化,移动计算、并行技术、人机交换和虚拟现实等新兴计算机技术同样推动了 LXI 平台的发展,使得 LXI 技术更加成熟,应用更加广泛。

当前,这种新的标准由 LXI 联盟统一管理,该联盟是由安捷伦科技公司和 VXI 科技公司首先组建的,目前已经包括了多家仪器公司或团体,他们都非常看好 LXI 的发展前景,致力于 LXI 产品的开发。

随着 Ethernet 集成至几乎每一台计算机,这种通信接口已被广泛接受,其网络硬件的成本在不断降低,性能也在不断提高,并且 LAN 提供的对等层通信在其他点对点接口标准中是不能实现的。因此,测试和测量工程师越来越认识到高速 LAN 将会替代专用测试和测量接口,从而更好地满足工业领域对其价格、带宽和数据传输率需要的挑战。

此外,在未来的仪器发展中,GPIB、VXI 和 PXI 仪器显然并不会因 LXI 的出现而逐渐消失,它们依然在集中现场测试领域中占有重要的地位,只是更多复杂、困难的分布式测试任务则要依靠基于网络技术的 LXI 仪器来完成。

尽管 LXI 技术还面临一些困难和挑战,但测试技术和网络技术的结合是新一代仪器发展的要求,是测控技术发展的必然趋势。

3.1.4 LXI 总线网络化仪器的关键技术

LXI 主要是一种功能接口标准,它定义了基于 IEEE 802.3 标准的接口技术来确保仪器间的互通性。它由一个嵌入式的 IEEE 1588 协议来提供必需的同步能力。另外,它还指定了相关的有线触发总线为重要和关键的应用程序提供改进的同步能力。LXI 的推出得益于以下关键技术。

1. 定时与同步技术

LXI 提供精度由低到高的基于 NTP 的触发方式、基于 IEEE 1588(PTP)的触发方式和基于 LXI 触发总线(LXI Trigger Bus)的硬件触发等 3 种触发机制。

(1) 基于 NTP 的触发方式

网络时间协议(Network Time Protocol,NTP)是互联网的时间同步标准协议,其用途是把计算机的时间同步到某些时间标准。目前采用的时间标准是世界协调时(Universal Time Coordinated,UTC)。NTP 的设计充分考虑了互联网上时间同步的复杂性。NTP 以 GPS 时间代码传送的时间消息为参考标准,采用了 Client/Server 结构,具有相当高的灵活性,可以适应各种互联网环境。但通常环境下 NTP 的准确度只有毫秒级,适用于同步性能要求不高的静态和慢速测量,其触发特性适用于所有等级的 LXI 仪器和其他标准平台仪器(如 VXI 仪器和台式仪器)。

(2) 基于 IEEE 1588(PTP)的触发方式

精确同步时钟协议(Precision Time Protocol,PTP)又称为 IEEE 1588,该协议定义了一个在测量和控制网络中,与网络交流、本地计算和分配对象有关的精确同步时钟的协议,它的设计目的是针对更稳定和更安全的网络环境,尤其适用于工业自动化和测量环境。IEEE 1588 的时间同步分为软件和硬件两种实现方式,其触发方式精度较高,适用于等级 A 和 B 的 LXI 仪器。软件方式是利用向数据包增加时间戳来同步本地时间,精度可达到亚微秒级,并且无需增加额外的电缆或时钟分配系统;如果需要更为精确的同步定时,则借助内核驱动程序的 FPGA 硬件方式,可获得纳秒级的延时抖动。

(3) 基于 LXI 触发总线(LXI Trigger Bus)的硬件触发

LXI 的硬件触发系统是采用基于高速有线 LVDS(低压差分信号)触发总线,该总线将各个模块通过硬件接口连接在一起,其连接方式与 VXI 和 PXI 的背板总线比较相似。LVDS 是一种适用于高速数据传输的通用接口标准,其功耗低、抗干扰能力强,集成度高、成本低。该标准只规定驱动程序及接收器的电学特性,对协议、互联或连接器等方面的标准并未做出任何规定,而且让应用方案各自设定有关的技术规格,以确保 LVDS 能成为一个多用途接口标准。LXI 利用 LVDS 标准的开放性,规定了自己的连接方案和物理接口以实现硬件触发。它适用于等级 A 的 LXI 仪器。

2. 千兆位以太网技术的发展

提高网络实时性最有效的方法是提高网络带宽,网络速度在过去的 10 多年里提高了 3 个数量级,以后依然遵从摩尔速度的发展规律。千兆位以太网技术及网关、交换机、路由器、

嵌入式以太网技术的发展使高速以太网可以满足仪器测量的需要。

3. 面向信号的 IVI-COM 技术

LXI 仪器的软件功能建立在 IVI 技术之上,要求达到模块间的可互换性,IVI-MSS (Measure & Stimulus Subsystem)方案是其中的一种。这种方案的关键是位于测试应用层和仪器层中间的 MSS 测量和激励子系统层。MSS 包括 MSS 服务器和角色控制组件。MSS 服务器封装了特定的测量功能与独立于任何特定仪器的软件模块,为测控应用层实现测试任务的接口。角色控制组件 RCM(Role Control Module)是连接仪器或仪器驱动器的软件模块,它与特定仪器的相对应,更换仪器需要更换 RCM。

通过 IVI-Signal 接口标准可用一系列方法执行信号操作,如初始化、建立、更改等。它允许客户应用程序控制仪器设备上的物理信号。

IVI 信号组件控制一台或多台仪器产生客户需要的信号,完成客户的测试需要。它对仪器的控制是通过 VISA、IVI 驱动器、SCPI 命令等实现的。IVI-Signal 接口通过 COM 组件的方式实现,每一个信号组件都可以用带有一系列方法和属性的 COM 组件来描述。

3.1.5 LXI 总线网络化仪器系统设计方案

在计算机和通信网络中选择以太网技术是因为以太网广泛地应用在计算机中,基础设施(如网卡、集线器、电缆、光纤等)非常普及且价格便宜,供应商多。以太网的 TCP/IP 通信协议广泛应用于互联网。其错误检测、故障定位、长距离互联、高通信数据率、树状拓扑结构等特点与计算机的并行和串行总线相比有明显的优势。基于 LXI 的网络化自动测试系统(ATS)有以下几种设计方案。

1. 基于 LXI 总线仪器的网络化 ATS 设计方案

图 3-1 所示为 LXI 总线仪器构建的自动测试系统。

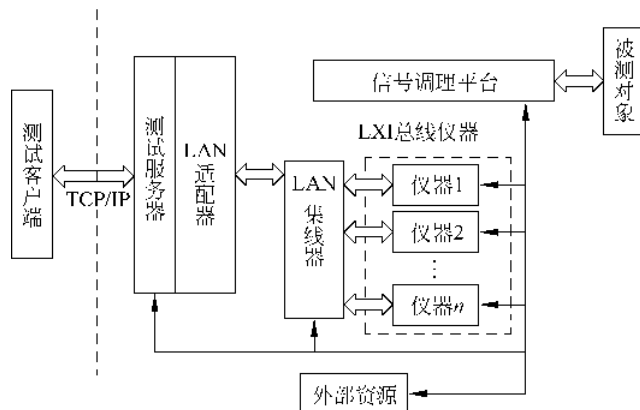


图 3-1 LXI 总线仪器的网络化 ATS 框图

2. 基于 LXI 与其他总线的混合总线网络化 ATS 设计方案

考虑到 LXI 总线规范发布时间短,满足各种测试需求的 LXI 总线仪器数量少,可以利用传统仪器与 LXI 构建成混合总线的 ATS,与传统仪器相连接可以选择接口适配器或网关设备。

LXI 测试总线给自动测试系统带来的影响首先表现在测试控制器的接口上。测试控制器一般为工控机,所需的接口适配器是基于 PCI 扩展总线的。在接口适配器的选型上,可以选择普通的网络适配器,也可以自行设计性能更好的适配器。利用接口适配器的基于 LXI 与其他总线的混合总线网络化 ATS 如图 3-2 所示,也可以利用专用的网关设备,通过专用电缆连接仪器,转化为 LAN 接口后连接至 LAN 集线器,如图 3-3 所示。

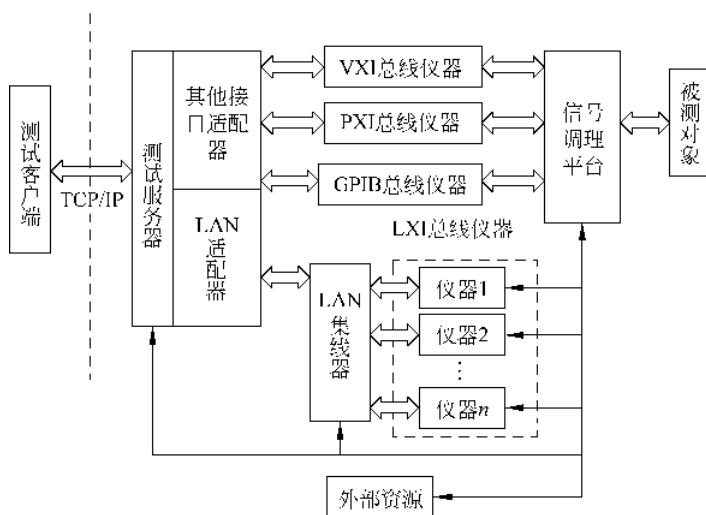


图 3-2 基于 LXI 与其他总线的混合总线网络化 ATS 框图

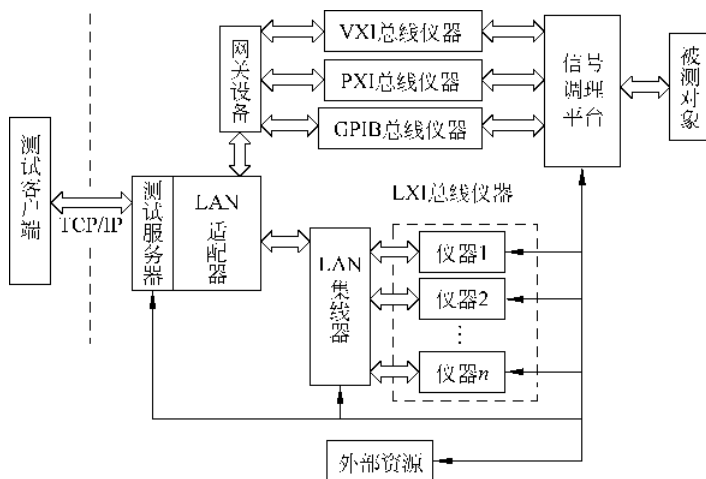


图 3-3 利用专用的网关设备的适配器

考虑到实际情况,可以利用专用的网关设备(如 Aglient 公司的 E5810A LAN/GPIB)把 LXI 总线扩展到传统总线仪器上,构建混合测试系统。

以图 3-4 为例,为了对电台、雷达等被测单元的性能参数进行测试,以前需要采用射频/中频信号源和频谱分析仪等高端仪器。图 3-4 中将射频信号源用数字处理器、数模转换器、上变频器这些 LXI 模块组成;将频谱分析仪用下变频器、模数转换器、数字处理器这些 LXI 模块组成,必要时增加信号调理模块,这些功能模块通常在不同的时刻被动态地重新配置和组合来执行不同的测量任务。这种 ATS 系统突破了传统的思维限制,可以减少冗余和体积,大大降低寿命周期的维护成本。

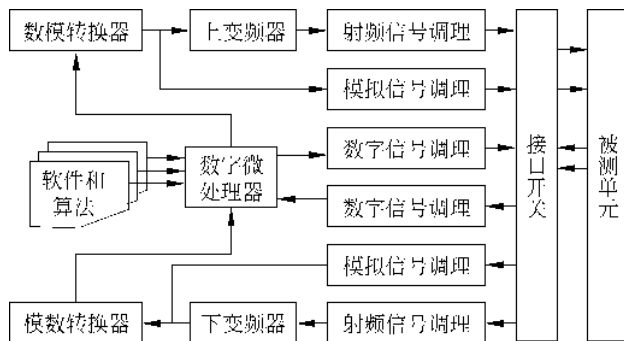


图 3-4 合成仪器的工作原理

对于某武器系统试验基地,整个试验场地一周大约有几十公里,甚至上百公里,试验项目很多,如测速度,测加速度,测冲击力,测功率和频率,地面遥测遥控,环境参数监测如温度、湿度、气压、风力和风向等,总之,监测点比较多而且又不集中。对于这样的试验环境如果采用集中式的测量控制系统显然是不可能的,因此要考虑分布式的测试系统。若采用 VXI 总线或 GPIB 总线的程控仪器结构(见图 3-5),则要求在每个监测点建立一套独立的测试系统,分别由终端计算机和 VXI 仪器、PXI 仪器或 GPIB 仪器组成,然后每个终端机和服务器通过网络连接,从而组成分布式测试系统。这种结构中,每个结点都由终端计算机控制,中心服务器不具备远程控制的能力;每个结点,不管监测参数多少,哪怕只监测一个参数,也得用一台计算机和一台仪器组成测试系统,系统结构复杂且造成系统资源浪费。

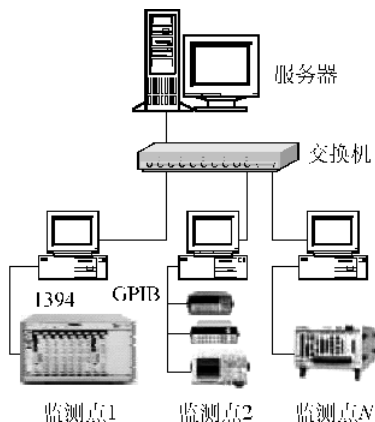


图 3-5 利用传统仪器构建的系统

图 3-6 所示为采用以 LXI 总线为主,VXI 和 GPIB 等其他总线为辅的混合总线体系结构。在这个系统中,大多数监测点采用 LXI 仪器来实现测量和控制,各个

LXI 仪器直接连接到网络上,由于每个 LXI 设备有自己的处理器,所以监测结点处不需要终端计算机。对于某些试验项目,如导弹地面测试,有相对成熟的 VXI 或 GPIB 总线系统,为了节约成本,将这些系统也接入到 LXI 总线系统中。由于很多仪器供应商提供了 GPIB 与 LAN 的转换器,以及支持网络传输的零槽控制器,这就使已有的 GPIB、VXI 和 PXI 测试

系统可以很容易地接入到整个 LXI 网络中来。从图 3-6 可以看出,采用 LXI 总线技术既简化了系统配置,节约了系统资源,又增加了系统的灵活性。

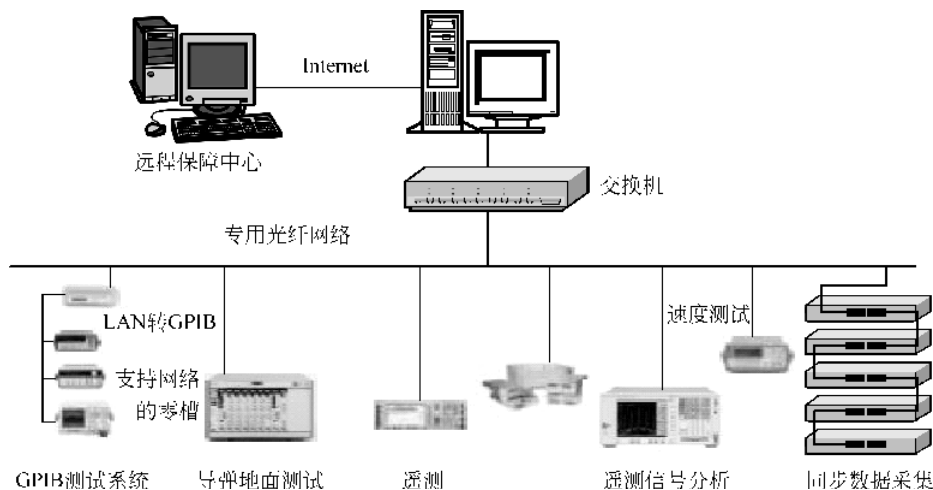


图 3-6 分布式测试与故障诊断系统结构

3.2 基于 LXI 总线虚拟仪器的体系结构

3.2.1 LXI 总线虚拟仪器的优点

利用 LXI 总线组建网络化虚拟仪器在技术上完全可行,而且可以充分发挥 LXI 总线和虚拟仪器技术两大方面的技术优势。基于 LXI 总线的网络化虚拟仪器的优点主要体现在以下几个方面。

(1) LXI 允许测量仪器直接连接到以太网,使得仪器更能靠近被测试设备放置,很方便地在远端采集测量值,且通过网络很容易地将数据传送到中央 PC,对测量过程进行监测,缩短物理连接,减少了整体成本,降低了噪声干扰对测试精度的影响。

(2) 以太网提供了一种仪器连接到网络的简单方法,它通过以太网标准来定义如何通过网络访问仪器。以太网的一些关键技术包括动态主机配置协议(DHCP)和动态或手动域名系统(DNS)来分配 IP 地址,以及可选的 Auto-MDIX 自动确定和调整以太网电缆线的极性。使用有关标准很容易将仪器连接到网络,靠近被测设备,组成网络化测量系统,而且依据已定义好的标准,能保持不同的仪器生产厂商之间实现的一致性。

(3) 通过标准的网络服务器,可以方便地对测量进行访问,这对远程监控和测试非常有用。一些仪器支持完全的测量控制,允许通过简单的测试设置,通过网络浏览器与其他的工程师一起解决问题。

(4) 在触发上具有更多的灵活性,允许基于时间或者基于事件触发的测量同步。利用基于时间的触发可以很容易地实现在多个不同地点的仪器同步。

(5) 仪器网络服务器允许通过一个标准的网络浏览器对仪器进行访问。仪器网络服务器可嵌在仪器内,而仪器网页由仪器提供支持,不需要安装任何特别的软件,网页可以通过

不同操作系统中的标准网络浏览器查看。

LXI 总线对于分布式数据采集及集散测控系统非常有用,可以监控多个不同地理位置的测试。通常需要采集和分析来自多个不同地理位置的数据,一般需要不同测量位置的长连接线,或者安装在不同位置的测量设备。使用长的连接线往往会加大成本,可能因外部噪声对微弱电信号的干扰而影响测量的精度。符合 LXI 总线标准的虚拟仪器允许测试设备放置在测试点,并且提供了简单的设置和时间触发机制,为有效解决或改善此类问题提供了新的技术途径。

3.2.2 LXI 总线仪器模块的构成

不同于 VXI 和 PXI,每个 LXI 仪器模块都自带电源、冷却、触发、电磁兼容屏蔽和 Ethernet 通信连接端口,如图 3-7 所示。

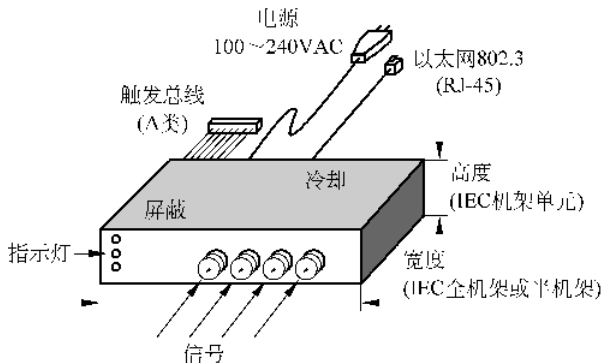


图 3-7 LXI 仪器功能模块

LXI 总线标准追求系统集成简化和实现的物理一致性,规定 LXI 总线设备模块必须具备 LAN 端口,并且遵循 Ethernet 标准 IEEE 802.3。

3.2.3 LXI 总线虚拟仪器的硬件接口方案

建立 LXI 总线虚拟仪器网络通常采用两种方案,即专用路由器或者利用两块网卡和 Windows 的 Internet 连接共享特性把主 PC 作为网络路由器。下面以第 1 种实现方案为例。

图 3-8 所示为 LXI 总线设备模块到网络的连接方案图。专用路由器提供测试系统与企业(公司)网络间的缓冲。网络拓扑结构将影响到 LXI 仪器的定时和测试系统的整体性能。Ethernet 的作用是在不同结点之间传送数据包,当结点数量增加或多个结点同时发送数据时,将导致数据碰撞和冲突,从而降低数据吞吐率。可构建 LXI 总线测试系统专用局域网,利用路由器将测试系统局域网与互联网隔开,以减少与结点更多和数据量更大的互联网之间的数据冲突。最大的优点是既提高了 LXI 仪器系统的安全性,避免各种恶意的网络威胁,又不会影响 LXI 仪器系统接入企业网和 Internet。该方案能保护测试系统免受来自 Intranet 或 Internet 的潜在危险,允许处于专用 LAN 中的 PC 和仪器设备之间的通信,或者

以虚拟专用网 VPN 方式访问仪器,禁止任何其他类型的外部访问。此外,路由器能提供仪器和主 PC 所需要的全部网络服务,还能保护系统工作,避免受到当地 Intranet 管理活动和硬件问题的影响。

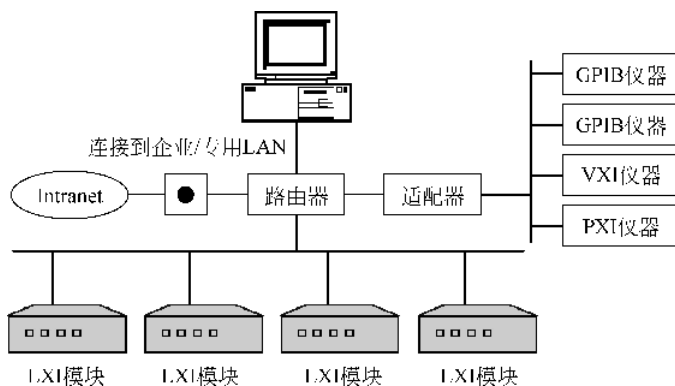


图 3-8 LXI 总线虚拟仪器网络结构

为了保证网络中仪器标识的唯一性和确定性,在配置 LXI 系统时,最好采用静态 IP 地址而不采用动态 IP 地址。这就要求 LXI 仪器模块在连入测试网络之前,必须完成静态 IP 地址的设定。例如子网掩码可设为 255.255.255.0,对 IP 地址为 192.168.0.1 的路由器,仪器 IP 范围为 192.168.0.2~192.168.0.225。

通过 LXI 总线,可将传统的测量仪器仪表转变成为受控于标准计算机的以太网连接结点。LXI 仪器模块可以成为合成仪器的组件,即基本测量模块与软件相结合,构成更高级的合成仪器,例如,向下变频器 and 数字转换器相结合,可构成矢量信号分析仪。软件可为成套模块提供专用外观和功能,通过 LAN 模块可以相互直接通信,而不只是通过控制器通信,多部仪器也可以并发通信。与卡槽式仪器不同,LXI 模块可以简便地重新配置。可以通过适配器,将 GPIB、VXI 和 PXI 总线虚拟仪器接入 LXI,使之成为合成仪器系统的一员。

3.2.4 LXI 的软件接口及同步接口

1. LXI 总线虚拟仪器软件接口设计

与测试系统硬件一样,LXI 总线虚拟仪器软件也是由不同的模块或构件组成的(包括用户界面、定序器、测试驱动程序、仪器驱动程序、数据库等)。

LXI 仪器模块由计算机控制,不需要传统台式仪器的操作面板以及显示屏、按键和旋钮等。LXI 仪器模块用标准网络浏览器阅读和查错,用 IVI-COM 驱动程序通信,大大简化了系统集成。

LXI 总线标准给出了以下两种与 LXI 设备接口的途径。

(1) 利用 IVI 驱动器编程

IVI(可互换虚拟仪器)规范是当前最新的虚拟仪器驱动程序规范,旨在实现虚拟仪器的互换性、互操作性和测量应用软件的可移植性。对 LXI 测量系统的各个组成模块而言,仪器驱动程序至关重要,因为 LXI 标准就是为了实现多厂商仪器的互操作性和开发环境的无

关性,所以 LXI 仪器驱动程序必须兼容现有的各种工业标准。

IVI 规范定义了两种仪器驱动程序,即 IVI-C 和 IVI-COM,两者都可以实现仪器的互换性。IVI-C 驱动程序基于现有的 VPP 规范和标准的 ANSIC 编程模型,IVI-COM 驱动程序基于 Microsoft 标准的 COM(Component Object Model,组件对象模型)技术。

近年来,测量行业利用 COM 技术创建了基于 COM 版本的 IVI 仪器驱动程序(IVI-COM)。这些仪器驱动程序在最终用户和制造商中都非常流行,因为一个驱动程序可以适应所有编程语言,包括文本编程和图形编程。其功能采用由类和接口组成的分层结构(其中包含逻辑相关功能)。这一结构可使用户更加简便地理解驱动程序,并找到相应的功能。

LXI 联盟紧跟虚拟仪器驱动程序标准化的发展步伐,在 LXI 仪器中采用 IVI 规范,并推荐 IVI-COM 驱动程序技术来实现不同生产厂商仪器间的互操作性和互换性。在 IVI 规范的基础上,LXI 仪器的驱动程序不仅要符合 VISA 的命名规则和文件格式,还必须支持 VXI-11 规范以执行网络通信,而且要提供或考虑对 GPIB、PXI 串行通信总线以及新型控制总线(如 USB、IEEE 1394)等仪器的支持。

IVI-COM 基于独立于语言的 COM 技术,这使它可以在 VB、VC++、Delphi、LabVIEW、LabWindows/CVI 等多种不同开发环境里无缝移植,尤其是在目前最流行的 VB 和 VC++ 开发环境中,Microsoft 提供了对 COM 的直接支持,用户按照固定的模式即可生成所需要的仪器驱动程序标准组件。此外,IVI-COM 向下兼容,支持主流 I/O,适合 INET 架构。

IVI 基金会详细定义了 IVI-COM 驱动程序框架和接口函数。例如,其中有这样的函数定义:

```
COM Method Prototype HRESULT SendSoftwareTrigger();
```

该语句定义了一个 COM 方法 SendSoftwareTrigger,调用此函数可以将一个软触发的三角波信号发送到设备上。在 IVI 规范的 IDL 文件附件中详细定义了每个接口类的类名、属性、方法以及参数说明,有了相应的 IDL 文件和接口说明,就可以利用 ATL 技术实现 IVI-COM。

(2) 利用 W3C 交互式 Web 页浏览器

网络接口已非常流行,用户可以使用网络接口来访问仪器和应用信息,并与世界各地的同事共享虚拟仪器屏幕。LXI 仪器包括内置的 Web 服务器,可以通过网络浏览器进行配置和维护。这对测试仪器是一种强大的功能,特别是对没有前面板、显示屏和旋钮的虚拟仪器。利用仪器网络服务器,可以打开一个网络浏览器,输入连接到网络的仪器的 IP 地址,通过网络浏览器可以直接访问该仪器。LXI 标准定义网页的最低要求内容。某些仪器提供基本的功能,提供仪器的简单信息观察用于监控目的,而其他产品提供全功能的图形化网页界面,通过图形化网络界面可以完全访问和控制仪器。

LXI 仪器页可由任何 Web 浏览器和基于 Web 的故障检修工具来阅读。交互式 LXI 仪器的 Web 页应当包括以下信息:仪器模块编号、制造厂商、序列号、仪器描述、设备类型(等级 A、B 或 C)、LXI 版本号、主机名称、MAC 地址、TCP/IP 地址、固件/软件版本号、IEEE 1588 时间(仅对等级 A、B)。通过交互式 Web 页,LXI 仪器必须支持以下用户配置:主机名称、仪器描述、TCP/IP 配置(包括 IP 地址、子网、默认网关和 DNS 服务器)、状况和出错条件(推荐)、Web 页密码保护(推荐)。例如,Agilent 公司生产的 34980A 多功能开关/测量系