

搭建 PXI 系统，不只有 NI

什么是 PXI ?	1
PXI 系统组成	1
PXI 机箱	2
机箱槽位数和尺寸	2
PCI 和 PCI Express 通信总线	3
机箱电源	4
风扇	4
管理系统/诊断功能	5
内置外设	6
定时和同步	7
系统控制器	7
软件	8
仪器模块	9
总结	10

什么是 PXI ?

PXI (PCI extensions for Instrumentation , 面向仪器系统的 PCI 扩展) 一种模块化仪器系统 , 设计上利用了 PCI 和 PCIe 总线系统数据高传输速率的优点。 PXI 结合了 PCI (Peripheral Component Interconnection , 外围组件互连) 的电气总线特性 (多点并行总线结构 , 软件完全兼容) 与 CompactPCI (紧凑 PCI , 简称 cPCI) 的坚固性、模块化及 Eurocard 机械封装的特性发展成适合于试验、测量与数据采集场合应用的机械、电气和软件规范。

PXI 的模块封装形式虽以 cPCI 标准为基准 , 但是增加了用于支持触发功能的引脚和 PXI 本地总线。 cPCI 和 PXI 模块可以互换使用 , 它们可以用于 cPCI 机箱也可以用于 PXI 机箱 , 但是将 PXI 模块安装到 cPCI 机箱中将失去 PXI 模块特有的硬件触发功能和本地总线。而实际应用中 , 有大量 PXI 模块并不支持硬件件触发或本地总线。将 cPCI 模块安装到 PXI 机箱将失去 cPCI 模块特有的功能(如 : I/O)。

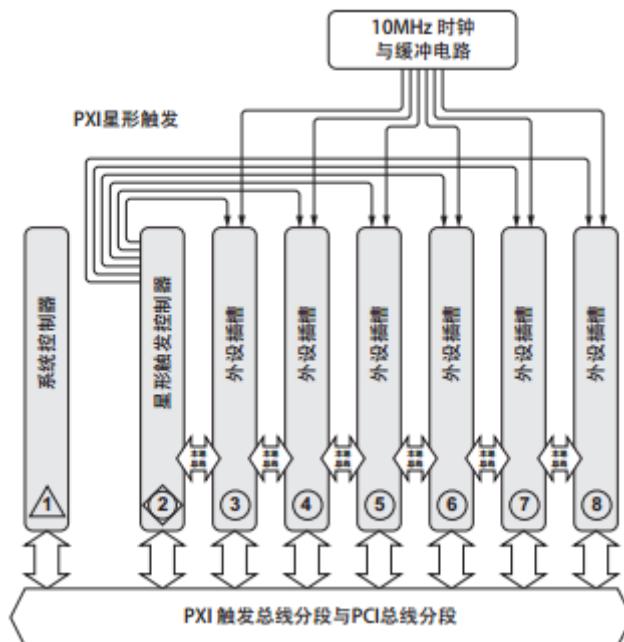


图 1 PXI 总线结构示意图

PXI 系统组成

一个 PXI 系统包含 : PXI 机箱、系统控制器 (System controller module) 、软件以及若干外设模块 (Peripheral modules) 。

在此以一个高度为 3U 的 20 槽 PXI 系统为例 , 如图 2 所示。机箱最右侧是 DVD-RW Drive , 支持 DVD 刻录 , 大多数机箱和控制器都不具备直接 DVD 刻录功能 , 而是通过控制器接口

扩展 DVD-RW Drive 设备，这种扩展很浪费有限的控制器外设接口。系统控制器，也就是 CPU 模块，位于机箱的左边第一槽，图示中使用的是单槽嵌入式控制器。由第 2 槽开始至第 20 槽称为外设槽，可以让用户依照本身的需求插上不同的仪器模块。其中第二槽又可称为星形触发控制器槽（Star Trigger Controller Slot），其特殊的功能将于后面的文章中简单说明。

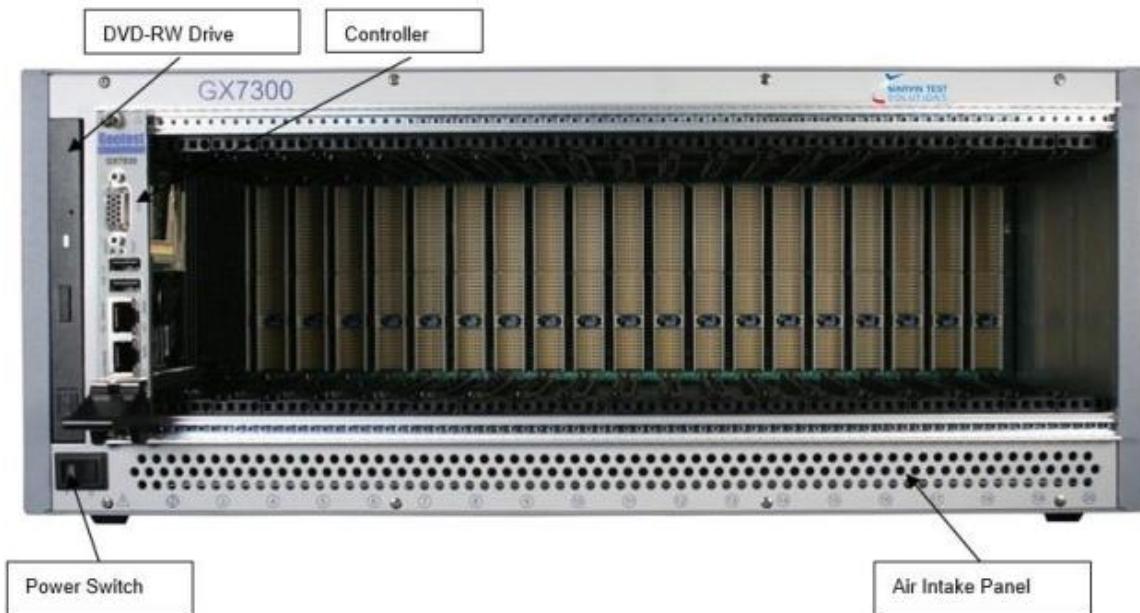


图 2 20 槽 PXI 系统

PXI 机箱

作为 PXI 系统的核心，机箱为控制器和仪器模块提供了电源、冷却以及 PCI 和 PCI Express 通信总线。PXI 机箱在低噪音、高温和低插槽数到高插槽数等多种环境配置下都适用。此外，部分机箱还提供一些集成外设，如液晶显示器、DVD- RW Drive 等。

机箱槽位数和尺寸

机箱槽位和尺寸的选择是搭建 PXI 系统的第一步，也是最基础的一步。对于不同的 PXI 系统，使用的 PXI 仪器模块数量和尺寸也是不同的，那么对 PXI 机箱的槽位和尺寸要求就大相径庭了。下面列举两个品牌的机箱例子：

Pickering 的 3U PXI 机箱有 2 槽、4 槽、8 槽、14 槽、18 槽、19 槽配置，其中 8 槽机箱适用于大多数应用，而小巧的 2 槽机箱内置系统控制器，非常适用实验台。由于小槽位机箱对集成度和散热要求较高，相比多槽位机箱其单槽价格更高，所以目前市面上未发现其他任何厂家有提供 2 槽机箱。

Marvin Test Solutions 不仅有 3U PXI 机箱，还有 6U PXI 机箱和 3U 6U 混合 PXI 机箱，其单机箱最大槽位数更是超过了 18 槽，Marvin Test Solutions 有 8 槽、9 槽、20 槽、21 槽 3U PXI 机箱，20 槽 6U 机箱，14 槽 3U 6U 混合 PXI 机箱（7 槽 3U+7 槽 3U/6U）。其中 14 槽的 3U 6U 混合 PXI 机箱对于一些规模较大、系统较复杂的应用是不错的选择，而且市面上这种混合机箱只有少数厂家提供。



图 3 2 槽位机箱前、后面板



图 4 14 槽的 3U 6U 混合 PXI 机箱

PCI 和 PCI Express 通信总线

根据 PXI 仪器模块的总线速率选择相应的 PXI 机箱以确保 PXI 系统达到标称速率。

PXI 机箱背板采用 PCI 多点并行总线结构，PCI 总线共享总线拓扑，带宽在多个设备之间分配，因此总线上的不同的设备能够相互通信。PXI 规范要求 PXI 机箱和 PXI 仪器模块支持 33MHz 和 66MHz 的 32 位和 64 位 PCI 总线，但是由于 66MHz 背板的结构复杂（需要很多的扩展桥以使其不超过总线段的限制），所以很多 PXI 仪器模块和机箱都仅支持 32MHz 的 32 位 PCI 总线，所以总线速率也就能达到 132MB/s。

但是，Pickeirng 的 PXI 机箱具有更高的兼容性，能同时支持 32 位和 64 位的仪器模块，推出了 32MHz 的 64 位 PCI 总线机箱，总线速率可达到 256MB/s，是普通机箱的 2 倍。

机箱电源

PXI 机箱可提供给每槽位的功率是确保 PXI 仪器模块正常运行的基础，太小的输出功率无法支持高耗电仪器模块。

PXI 规范要求至少提供给每个外围插槽 25W 的电源。但是某些 PXI 系统可能对某一仪器板卡有较高的功率要求，例如与仅测试逻辑电路的系统相比，某些模拟或射频模块需要 PXI 机箱±12V 电压轨能提供更大的电流供应。

Marvin Test Solutions 的 GX7300 系列 20 槽 PXI 机箱可支持的总功率高达 1600W，单槽最大功率可达 594W。

DC Output	Max Current
+3.3V	180A
+5V	100A
+12V	10A
-12V	5A

表 1 GX7300 系列机箱电源

风扇

风扇气流容量影响 PXI 仪器模块的冷却速度，并且影响每个模块的最大功耗。一般厂商的 PXI 机箱的单风扇气流容量为 50~60CFM，风扇数量 3~4 个，对于一般的 PXI 系统，这种风扇气流容量已经够用。但对于仪器模块数量多、功率大的 PXI 系统是远远不够的，所以少数厂商推出了一些制冷效果更可靠的 PXI 机箱，例如：Marvin Test Solutions 的 GX7300 系列 20 槽 PXI 机箱配备了 4 台 100CFM 和 1 台系统电源专用的独立风扇；Pickering 的 40-92319 槽 PXI 机箱配备了 3 台 185.9CFM 的风扇。

风扇转速控制器可以根据 PXI 系统内温度自动控制风扇转速，最大程度地降低 PXI 系统的温度波动，并降低机箱的声学噪声。对于大功率仪器模块，也可以通过机箱背板的风扇控制开关或机箱的驱动程序将风扇设置为持续最大转速，见图 5。

但是实际应用中风扇气流容量并非决定性因素，因为风扇气流容量指示的风扇性能不一定表示实际机箱中的空气流量，实际气流容量还与机箱的通风孔数量和位置、机箱中安装

的仪器模块的风阻特性和机箱所处外部环境的风速风向有关。一般厂商会综合考虑机箱内风扇安装位置和通风孔位置以使机箱内气流容量最优。不同的模块具有不同的风阻特性，应将大功率模块分散安装在机箱内并远离不耐热仪器模块，并应尽量靠近风扇。不同的仪器模块的风阻特性也是不同的，但一般这并不是影响机箱内气流容量的主要因素。

如果用于办公环境中，并且模块自身发热不高，则更适合选用制冷量较低且声学噪声较低的机箱，例如 Pickering 的 40-908-201 8 槽、40-918-201 18 槽、40-914-201 14 槽低噪声机箱，能达到 40 分贝以下(相当于人类轻声说话的时音量)。



图 5 GX7200 系列机箱背板风扇开关

管理系统/诊断功能

Marvin Test Solutions 和 Pickering 的 PXI 机箱支持对电源、风扇、温度的检测和控制，为 PXI 系统状态正常提供了可靠保证。

检测状态可以通过机箱面板上的 LED 进行显示和声音报警，见图 6。也可以通过机箱的管理软件进行检测状态显示和控制，见图 7，通过管理软件，可以控制风扇转速，可以设置预警温度、预警电源电压状态和预警风扇转速，还可以实时监测各槽位温度、机箱电压轨状态和风扇状态。



图 6 40-923 LED 检测



图 7 40-923 管理软件

内置外设

目前市面上很少有 PXI 机箱自带扩展外设接口，因为内置这些外设接口有很大的技术难题，例如控制器和机箱内置外设接口的兼容性。但是 Marvin Test Solutions 的 PXI 机箱后面板支持扩展外设接口，例如 USB、COM、VGA、Ethernet 等，见图 5，这些扩展接口可以减少对控制器的外设接口的需求，并可以减少 PXI 系统前面板连线。Marvin Test Solutions 的 PXI 机箱还支持 DVD-RW Drive，见图 2。

定时和同步

PXI 机箱基于 CompactPCI 架构，内部增加了定时和同步功能，用于系统内仪器模块同步和触发。PXI 机箱包含专用的 10 MHz 系统参考时钟、本地总线、触发总线和星形触发总线。

PXI 规范规定系统参考时钟为 10MHz 且 100ppm 或更高精度，具有 $50\% \pm 5\%$ 占空比并每个仪器模块都是单独传送以避免仪器模块之间的干扰。但是对于有些应用，PXI 机箱背板的系统参考时钟还不够精确或者不够稳定，尤其是对于规定射频载波频率准确度的射频应用，这时可以选择使用星形触发控制器槽位，见图 2，星形触发总线具有专用引脚用于提供替代的参考时钟。而且 Marvin Test Solutions 的 PXI 机箱还支持外部输入、输出，见图 8.



图 8 GX7200 后面板 10MHz 系统参考时钟输入输出

系统控制器

根据 PXI 规范的定义，所有 PXI 机箱包含一个插于机箱最左端插槽（插槽 1）的系统控制器。可选的控制器有配有微软 Windows 操作系统或实时操作系统的高性能嵌入式控制器，以及台式机、工作站、服务器或笔记本电脑控制的远程控制器。采用嵌入式控制器，用户就无需再使用外部 PC，部分厂商的远程控制器还可以用于 PXI 系统槽位扩展，所以也被称为总线扩展器，见图 9。

Marvin Test Solutions 提供 3U 和 6U 的单槽嵌入式系统控制器，见图 2，2.53GHz 主频四核因特尔酷睿 i7 处理器，4GB RAM，千兆以太网口，USB 和 COM 接口，高性能处理器是驱动程序的可靠、快速运行的基础，可以大大减小 PXI 系统延时。Marvin Test Solutions 的 3U 远程控制器支持最远 200m 的光纤传输，当然也可以选用铜芯传输线缆。持续数据处理能力最高可达 100 MB/s，瞬时数据处理能力最高 132 MB/s。

与 MXI-4™远程控制器相比，Pickering 的远程控制器支持所有的操作系统，支持 3.3V 和 5V PCI、使用了工业标准接口、支持 33MHz 和 66MHz 的 32bit 和 64bit 总线、支持多台机箱，见图 9，操作速率最高可达 2.5Gb/s。

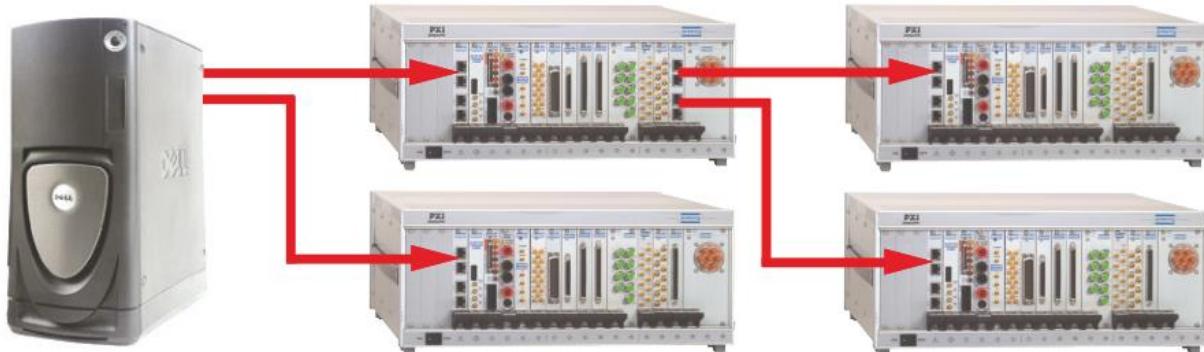


图 9 远程控制连接图



图 10 Pickering 远程控制器

软件

高性能的驱动以及灵活、直观的高级 API 可以简化用户对 PXI 系统的开发。

Marvin Test Solutions 和 Pickering 提供适用于多种应用开发环境（ATE Easy、Matlab、Visual Studio、VEE、Delphi 等）的 32bit 和 64bit DDL 驱动库，丰富的基于内核（直接 I/O）、IVI、VISA 或寄存器的 API，同时还支持多操作系统（Windows 7、Windows 8、Windows 10、Windows XP 等，Linux 等实时操作系统）。友好而简单的软面板和配置软件还可以用来实现对仪器模块的设置和交互式控制。

仪器模块

对于不同的测试和测量要求，需要使用不同功能的仪器模块，Marvin Test Solutions 和 Pickering 提供数十种、2000 多个仪器模块。

1.计数器/定时器

此类模块提供多种计数和定时测量，可以测量多个与时间相关的量或事件等。

2.数字 I/O

此类模块可用于驱动开关、电机和其他激励器等。也可用于数字信号采集和分析等。

3.数字万用表

此类模块适用于自动化测试，能够精确地测量电压、电阻、电流、电容、电感、和温度等。

4.数字化仪/示波器

此类模块主要应用在时域和频域测量，可以将它们作为频谱分析仪、瞬态记录器等。

5.多功能数据采集

这些设备具有模拟信号输入采集、数字信号输入采集功能。

6.电源和电池模拟

这些设备可以模拟真实电源和电池堆，串并联、短路、开路等。

7.信号发生器/任意波形发生器

这些设备包括多功能任意波形发生器、函数发生器等，可用于测试和激励其他设备。

8.开关

通用开关、矩阵开关和多路复用器、故障注入、射频/微波开关、USB 和 RS232 开关等。

9.可编程电阻/负载电阻

可编程电阻可用于模拟电阻值输出传感器，例如：应变片、RTD 和热电偶等。还可作为电位计和大功率负载使用。

10.放大器/衰减器

适用射频/微波应用的高压、高频的百倍衰减器和放大器。

总结

在很多系统中，PXI 的有点更多地体现在可以通过标准化的机箱将多个制造商的解决方案集成在一起，而占用很小的空间。可以对所需功能的产品做出合理选择。搭建 PXI 系统除了要考虑上文提及的内容外，有时还需要考虑本地总线、触发总线和星形触发的使用，关于这些内容在下期的文章内会提及。