

PXI 与 工业计算机 (工控机) 的比较

目录

什么是 PXI ?	3
PXI 系统联盟	3
PCI	3
物理特性	5
电气特性	6
集成化、可扩展的系统	6
什么是工业计算机 ?	7
机械特性比较	7
坚固性设计	7
冷却	8
维护	8
升级	9
电气特性比较	9
I/O 扩展	9
专用系统时钟	10
总线式触发线	10
槽间局部总线	10
星形触发	11
软件比较	11
价格比较	12
总结	12
词汇	13

什么是 PXI?

PXI 是一种专为工业数据采集与自动化应用度身定制的模块化仪器平台, 具备机械、电气与软件等多方面的专业特性。PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) 充分利用了当前最普及的台式计算机高速标准结构——PCI。PXI 规范是 CompactPCI 规范的扩展。CompactPCI 定义了封装坚固的工业版 PCI 总线架构, 在硬件模块易于装卸的前提下提供优秀的机械整合性。

因此, PXI 产品具有级别更高、定义更严谨的环境一致性指标, 符合工业环境下振动、撞击、温度与湿度的极限条件。PXI 在 CompactPCI 的机械规范上强制增加了环境性能测试与主动冷却装置, 以简化系统集成并确保不同厂商产品之间的互用性。此外, PXI 还在高速 PCI 总线的基础上补充了测量与自动化系统专用的定时与触发特性。

总的来说, PXI 是一种坚固的模块化仪器平台, 它提出了基于计算机的高性能标准化测量与自动化方案。以合理的价位提供比原有系统架构出色得多的性能。PXI 用户自然地享有很多便利, 如廉价、易用、灵活的 PC 技术; 开放的工业标准以及与 CompactPCI 产品的完全互用性。

PXI 系统联盟 (System Alliance)

PXI 平台的标准是由 PXI 系统联盟维护管理的。该联盟 (www.pxi.org) 由超过 60 家致力于研究开发 PXI 的公司组成, 主要负责三项工作:

1. 推广 PXI 标准, 鼓励多厂商的软硬件支持;
2. 在维护与 CompactPCI 的完整互用性的同时, 确保 PXI 产品在机械、电气与软件等各个层面的众厂商互用性;
3. 维护 PXI 规范, 必要时进行修订, 并保证对符合前期 PXI 规范的产品向下兼容。

这些工作旨在简化与改善用户对 PXI 的使用。联盟的首要任务是确保 PXI 平台内部及 PXI 平台与台式计算机、CompactPCI、VXI 等其它平台之间的简易集成性。

PCI

PXI 平台是基于 PCI 总线的。PCI 总线作为开放的工业标准, 在测试与测量工程上具有不少优势。很多为传统计算机开发的设备其都是基于 PCI 总线的。目前已经有数以千计的 PCI 设备, 而 PCI 总线本身也采纳了诸多最新的计算技术, 得以不断优化。这对 PXI 而言意味着有大量的设备元件可以使用, 这些元件:

- 与最常用的操作系统与软件完全兼容
- 针对最高速的处理器和总线进行了优化, 以提高数据流量

一个决定系统流量的关键因素是测量设备与计算机之间的接口总线。尽管系统性能由于处理器速度与系统内存的增加而大幅提升，却依然受到与仪器与外部设备的通信因素限制。GPIB 是最常见的仪器接口总线，但其数据传输速率比 VXI 和 PCI 慢得多。基于 VXI 的测量系统具有高于 GPIB 的性能，但用户必须为之付出高昂的代价。相比之下，PCI 是为新型处理器设计的，数据传输速率比 GPIB 和 VXI 高得多。

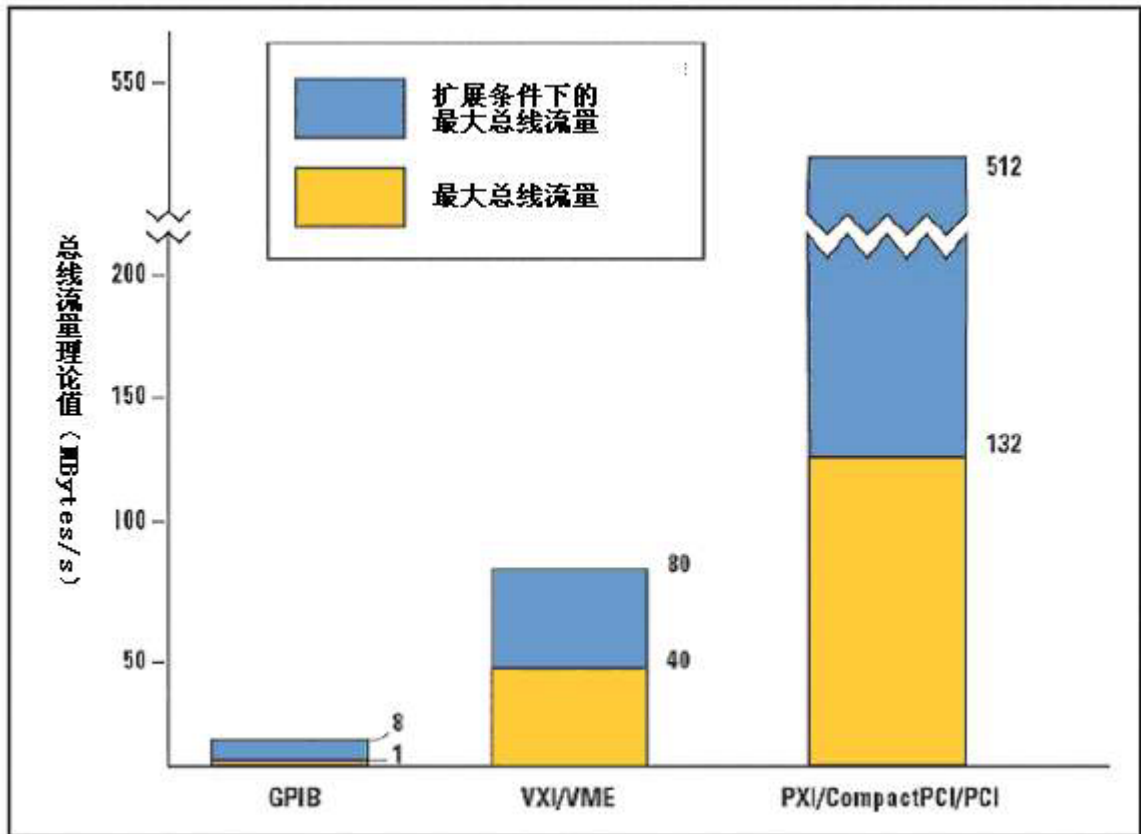


图 1 总线性能的理论值

除了提高流量，PCI 还能够与所有的主流操作系统兼容。PXI 利用这一点将 GPIB 和 VXI 也集成到 PXI 系统。有了这样的开放性，不同厂商开发的 PXI 设备都可以在一个集成的系统上工作。为了维护这种不同厂商之间的互用性，PXI 规范还制定了相应的对软件标准。最主要的要求之一就是 PXI 设备必须能在 Windows 操作系统下工作，并配套驱动程序。这项要求不但保证了厂商兼容性，还能够加快用户集成和应用开发的速度。旧的系统架构迫使每个用户根据一套特定的函数调用方法开发各自的驱动程序，PXI 规范则将这个负担转移到了设备厂商一方。

最后，为了完全利用 PCI 的优势，PXI 规范指明所有的 PXI 设备须和 CompactPCI 完全兼容。CompactPCI 模块使用的封装和 PXI 相同，而且也是建立在 PCI 总线上的；PXI 较之增加了更为严格的环境测试，软件标准和一些额外的触发特性。这项严格的兼容性规定意味着当用户的应用不需要所有的模块都具有

PXI 特有的特性时, 可以有更多的模块选择; 这还意味着工程师可以将他们已经在使用的 CompactPCI 模块集成到 PXI 系统里。

物理特性

PXI 是一个模块化的平台。系统的物理主机是一个拥有 2 至 31 个槽位的机箱, 有的机箱还带有内置的显示器和键盘。机箱的第一槽 (Slot 1) 是控制器槽。目前可以使用的控制器有很多, 最常见的两种是嵌入式控制器和 MXI-3 总线桥。嵌入式控制器是专为 PXI 机箱空间设计的常规计算机。MXI-3 则是一种通过台式计算机控制 PXI 机箱的扩展器, 这会在后面的内容中详细描述。机箱中的其它槽位被称为外部设备槽, 用于插置功能模块, 就像计算机里的 PCI 槽一样。

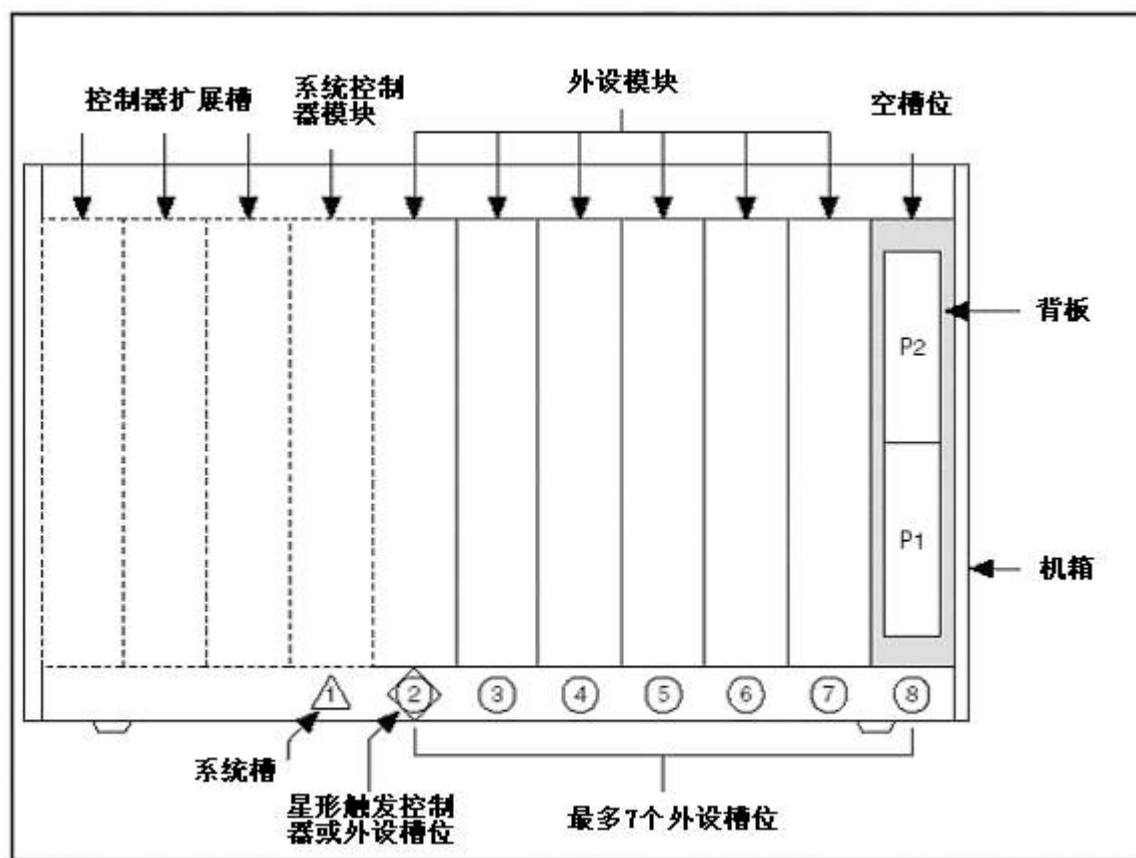


图 2 3U PXI 系统的机械配置

PXI 模块的支架和台式计算机的 PCI 槽有所不同, 模块被上下两侧的导轨和“针一孔”式的接插端牢牢的固定住。事实上, PXI 采纳了 CompactPCI 首先启用的高级“针一孔”式接插端结构。这种由国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission) 定义的高密度 (2mm 间距) 阻抗匹配接插端 (IEC-1076) 提供了在所有情况下可以达到的最佳电气性能。这些接插端已经被广泛采纳于各种高性能的应用, 尤其是通信领域。

在尺寸上, 3U 的 PXI 机箱比绝大多数的台式或工业计算机平台更加紧凑, 这对于在很多狭小环境下的测试来说是一项重要的特性。各种规格的机箱包含不同数量的槽位。如果经费有限, 工程师可以选择槽位数最合适的机箱。机箱的设计考虑了系统集成的需要, 使之能够很方便地固定到机柜上。PXI 机箱外形小巧, 也已成为便携或野外应用的理想选择。除了内置的显示器和键盘, 有的机箱还可以使用后备电池的直流电源供电。

最后, PXI 模块化、前插式的结构给维护和升级带来的极大的便利。如果系统中的一个模块需要修理, 工程师可以将其取出, 而不影响其它任何模块。模块化减少的停机时间降低了系统寿命内的维护成本。

电气特性

PXI 的背板提供了一些专为测试和测量工程设计的独到特性。专用的系统时钟用于模块间的同步; 8 条独立的触发线可以精确同步两个或多个模块; 槽与槽之间的局部总线可以节省 PCI 总线的带宽; 最后, 可选用的星形触发特性适用于极高精度的触发。相比之下, 触发线、时钟和局部总线在台式计算机、工业计算机和 CompactPCI 的机箱里都是没有的。

集成化、可扩展的系统

通过使用诸如 MXI-2 和 MXI-3 这样的远程控制接口技术, PXI 系统能够轻易地与已有的测试与测量系统相集成。利用这些接口, 工程师既可以享有 PXI 结构的优点, 同时又避免了更换整个系统带来的高额支出。

一个 PXI 系统通过 MXI-2 连接 VXI 机箱, 就像在 VXI 背板上直接插入了一个 VXI 嵌入式控制器一样。工程师可以由 PXI 控制器设置所有的系统设备并与之通信, 从而将一个已有的 VXI 系统合并到一个新的 PXI 系统中。工程师们可以根据需要逐步的将他们的 VXI 系统升级到 PXI。

使用 MXI-3, 台式计算机上的 CPU 可以透明地设置和控制 PXI/CompactPCI 模块。在 BIOS 和操作系统看来, PXI 模块就像插在 PC 上的 PCI 板卡一样。MXI-3 和 PXI 机箱组合是扩展系统 I/O 的一个极佳选择。从结构上说, MXI-3 是一个 PCI 到 PCI 的桥 (PCI-PCI bridge)。一块 PCI MXI-3 板卡插在台式计算机上, 并与插在 PXI 机箱控制器槽内的 PXI MXI-3 模块通过电缆相连, 实现通信。

什么是工业计算机 (Industrial PC) ?

典型的工业计算机 (工控机) 是装在一个坚固机盒内的单板计算机与 PCI 背板, 遵循 PICMG 规范。如同台式计算机, 它们可以运行标准的操作系统。测量板卡插置在 PCI 槽中。PCI 槽位的数量取决于计算机生产商。但关键的一点是工业计

算机的槽位与 PCI-PCI 桥之比低于 PXI 机箱。这一点之所以重要是因为 PCI-PCI 桥会导致显著的带宽损耗。另外，维护工业计算机也比维护 PXI 系统困难。首先，要从测试机柜上取下计算机，如果连接的电缆不够长，那就必须先将它们拔下。如同台式计算机一样，必须先将外部的机箱盖打开，才能触及 PCI 槽及更换卡件。在平时，机箱盖用于防止灰尘和其它碎片触及 CPU，非常重要。

机械特性比较

PXI 机箱和设备是为承受工业和野外环境而设计的；模块也都具有牢固的接插端，可以抵抗撞击与振动。为了保护电路，机箱内设计有额外的冷却装置。此外，设备都是从机箱的前面拆卸，维护与升级非常方便。

坚固性设计

PXI 规范要求所有的设备都通过环境测试。厂家建议进行湿度、撞击和振动测试。这些测试可以帮助工程师掌握更多的信息，在构建系统选择符合标准的设备。PXI 系统最适合用于生产测试或野外环境，因为它们正是为承受这样的环境而设计的。

PXI 机箱内的模块导轨就是坚固性的力证。上下两侧的导轨可以牢牢地固定 PXI 模块。这种安装方式减轻了背板上的承受力，也使模块免受撞击和振动。模块的面板可以用螺丝固定到机箱上，进一步防止松动。在工业计算机中，板卡通常是以夹在接口部分两侧的插槽及卡沿和机箱的连接来固定的。仅仅两个接触点，其中之一还是背板，使板卡极有可能在恶劣的环境下抖动移位。另外，PXI 的接插端部分也比 PCI 的更宽，更长。

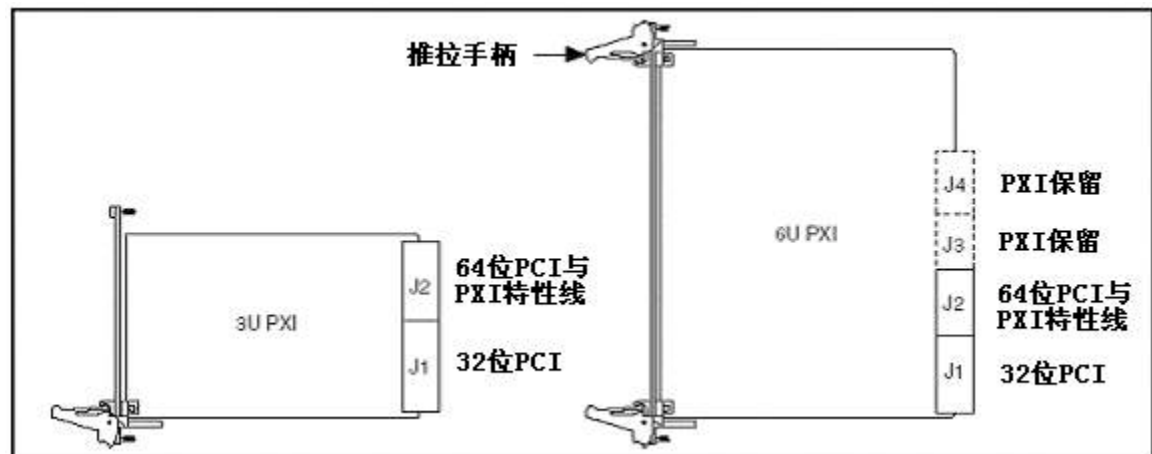


图 3 PXI 外设模块配置与接插端

最后，PXI 机箱通常在背板上只有很少的电路，这样当任何电路需要更换的时候，维护都非常简单。工业计算机有两种设计。第一种是使用主动型背板，即计算机主板是背板的一部分。这种情况下如果主板出现问题，整个计算机都要更

换。第二种设计是使用被动型背板，即背板上只有 PCI-PCI 桥。这种设计中要用到单板计算机 (SBC)。SBC 插入背板中一个类似 PCI 接口的接插端。这种设计显然比嵌入式 PXI 控制器更容易振动和震颤。

冷却

PXI 规范对冷却具有严格的要求。外设模块最低限度也要冷却到和工业计算机同一等级。PXI 必须带有强迫冷却装置，产生特定方向的气流，均匀冷却所有模块。而大多数工业计算机使用的冷却装置仅由一到两个风扇构成，通常无法均匀冷却主板与外设板卡。均衡的冷却可以延长模块或板卡的使用寿命，从而降低系统寿命内的平均维护成本。最后，所有的 PXI 设备都经过测试，清楚标明工作和存放时的正常温度。因此，用户可以对所开发的系统更加了解，并知道是否需要增加额外手段，保证系统在适当的环境下工作。

维护

PXI 平台的设计简化了维护工作。所有的模块和接线端都在机箱的前面。每个模块的前面都有一个手柄，使其能正确插入和容易拆卸。两个导轨确保模块对准，避免背板上的针被损坏。用户还可以拆下机箱中的一个模块而不影响到系统的其它部分。

工业计算机的维护通常很耗时。首先，要松开机柜上固定用的螺丝，向外抽拉，取下计算机。而且，像前面提到的，如果连接电缆不够长，所有的电缆都必须从 PCI 板卡上拔下。然后要打开机箱盖，才能卸下 PCI 板卡。

升级

由于 PXI 系统的模块化，升级单个组件很容易。比方说，某用户希望升级到更快的处理器，他可以拆下控制器进行更换。因为所有的设备都支持标准软件，所以只要在新的控制器里装上软件和驱动程序，然后插回机箱内就可以了。这些变化对使用者来说几乎是透明的。

然而，对于工业计算机的配置，用户通常需要为了升级处理器而拆除计算机里所有的板卡，然后更换整个计算机或主板。这样的升级过程将耗费不少时间和代价，而且很复杂。

电气特性比较

PXI 机箱有许多专为测试和测量工程设计的电气特性。其中很重要的一项就是 I/O 的易扩展性。有的大规模的数据采集系统需要尽可能高的带宽，这一点就显得极为重要。第二项特性是 PXI 背板上的 10MHz 专用系统时钟，提供更高的精度与更佳的锁相环。为了使触发更加准确，机箱还具备总线型的触发线。槽与槽

之间局部总线的设计节省了 PCI 的带宽。最后, 当一些方案需要 10MHz 以上的触发时, 可以使用非常精确的星形触发。工业计算机则没有这些内置的电气特性。PCI 总线的速度从 0 到 66MHz 不等, 且设备间的通信也通过 PCI。这样的系统从准确同步和精确触发的角度来说都是很不可靠的。

I/O 扩展

PXI 系统的设计具有很好的可扩展性。在每个 33MHz 总线区段上, PXI 背板可以集成 7 个模块, 而工业计算机只能有 4 个。通过 PCI-PCI 桥, 一个 PXI 机箱内可以容纳更多板卡。使用 MXI-3 接口, 用户更可以轻易地扩展多个机箱。理论上, 基于 33MHz 总线区段的 PXI 系统插槽上限是 256 个。在前面的介绍中也提到过, 工业计算机的 PCI-PCI 桥比较多。这就意味着带宽的损耗更大, 然则整个系统的性能都会受到明显的影响。

专用系统时钟

PXI 背板上内置有一个 10MHz 的专用系统时钟。这个高质量的时钟用于模块间的同步, 具有很低的槽间偏斜信号。而工业计算机或其它任何系统上的板卡要实现类似的同步, 就必须将板卡上各自用于定时和触发的时钟信号源和触发总线以电缆连接起来。

对于工业计算机, 每个设备的时钟质量和精度都不相同, 和计算机机箱的时钟相比或高或低。但是由于这些时钟信号都通过总线连接在一起, 它们的偏斜 (通常是纳秒级) 就比机箱时钟的偏斜 (通常是皮秒级) 更大, 而且信号也不带屏蔽。而 PXI 的系统时钟使用了一块低偏斜、扇出式的缓冲芯片, 从本质上给每个槽提供一个独用的时钟, 使质量得到保证。而且, 由于 PXI 上的时钟线是内置于背板上的, 它们就比外部的连线享有更好的屏蔽。

总线式触发线

在用到触发时, PXI 的触发信号可以从背板上通过, 用户不必像在计算机上那样将板卡用电缆连接起来。PXI 背板上有八根专用的触发线, 与包括系统控制器槽在内的每个槽相连。有了这些特性, 用户可以实现更加复杂的模块触发, 例如用一个模块触发另一个模块, 或是异步触发等。异步触发允许以别处发生的事件触发一个模块。最后, 通过很多新款的模块, 可以将触发信号引入机箱, 或从机箱引出。

槽间局部总线

PXI 总线允许相邻槽位上的模块通过专用的连线相互通信, 而不占用真正的总线。这些连线构成了 PXI 的局部总线。局部总线是一种菊花链形式的互连总线,

将每个外设槽与其左右两边相邻的外设槽连接。因此，每个槽的右侧局部总线与其右边邻槽的左侧局部总线相连，并以此规律延伸。局部总线的宽度为 13 线，可用于在模块间传递模拟信号或者提供高速的旁带通信途径，而不影响 PCI 的带宽。这一特性对于涉及模拟信号的数据采集卡和仪器类板卡非常有用。

局部总线信号的范围可以从高速的 TTL 信号到高达 42V 的模拟信号。这些连线非常精确，偏斜很小，可用于一些高端的操作。必须注意的是，这些线在 PCI 总线或工业计算机上都是没有的。

那么第二槽 (Slot 2) 的左侧局部总线怎么办呢？将这 13 条线引到系统控制器是没有意义的。于是，这些线被设计用于实现星形触发。

星形触发

PXI 规范指明，背板的布线必须符合特定的要求——即由星形触发槽发出的触发信号通过星形触发线传送到每个模块的时间相等，致使各个模块间的触发关系都非常精确。星形触发是一种高精度的触发信号，可以触发一个机箱内的所有模块。尽管也可以用普通的 PXI 触发总线同步这些模块，但星形触发提供的性能更佳。尤其值得一提的是，星形触发的信号偏斜小于 1 纳秒，而从星形触发槽到外设槽之间的时延也不超过 5 纳秒。

要使用星形触发，必须在第二槽中放入一个能够产生星形触发信号的模块。第二槽是专门放置星形触发控制器的（尽管在不需要星形触发的应用中，置于第二槽的任何标准模块都能正常工作）。被触发的模块也要设计为能够接收星形触发信号。从机箱内任何槽位发出的触发信号通过标准的 PXI 触发总线也能实现同样的功能，但是时间精度就低一些。

软件比较

软件要求是 PXI 规范的另一个特性。所有的 PXI 硬件必须至少支持 Windows 95、Windows 98、Windows NT 或 Windows 2000 四个操作系统中的一个。规范还指出，考虑到有一些其它的操作系统能够提供和当前体系同样程度的软件支持面，正被广泛接受，它们也有可能被加入到 PXI 体系中。

控制器和设备必须符合 VXIplug&play 标准，并与 VISA 软件兼容。另外，随模块必须提供驱动软件，这样模块间就能够进行标准通信，也可以缩短工程师的开发时间。像 VXI 这样的早期平台就没有这些要求，这意味着工程师们不得不为每个设备花费几个月的时间去开发仪器驱动程序。PXI 迫使生产商花时间完成驱动程序的开发，这样就可以为用户节省相当可观的时间。

最后，PXI 系统附带的 .ini 文件简化了系统设置。虽然这些文件的潜在作用还没有完全实现，但它们确实已经提供了诸如在设置软件中识别槽位等附加功能。

工业计算机没有这样的软件规范。虽然不少 PCI 设备也能在 Windows 环境下工作，它们却不一定能和 VISA 兼容，也不一定附有驱动程序。这样用户就可能为代码兼容性问题头痛不已，还不得不投入可观的时间和费用去开发他们自己的驱动程序。

价格比较

PXI 系统的设计降低了构建和维护的成本。得益于系统的模块化，其平均维修耗时比其它平台都短。系统坚固的设计也旨在延长控制器与模块的工作寿命。

虽然有些工业计算机价钱比 PXI 低，但此二者并不属于同等级的产品。PXI 的可靠性更高、更坚固、使用的总体成本更低。

总结

PXI 的设计吸取了 PCI 规范的优点, 又足够坚固, 完全符合工业应用的要求。PXI 系统具有很多固化的规范特性, 帮助缩短开发时间, 也使测试测量工程师的工作更加轻松。其最显著的特性包括系统的模块化、容易集成、容易装卸和连接, 以及众多提高设备同步与触发精确度的电气特性。

PXI 的主要优点包括:

- 具备软件标准, 缩短了系统开发时间
- 系统工作寿命内的平均维护成本低廉
- 符合工业环境应用的坚固设计
- 方便系统升级的模块化设计
- 更多的高性能 I/O 槽位
- 10MHz 的专用系统时钟
- 总线式触发线
- 槽间局部总线
- 星形触发

词汇表

CompactPCI	一种坚固的模块化结构, 结合了 PCI 电气规范与 Eurocard 封装。适合于工业计算应用。
GPIB	General-Purpose Interface Bus, 通用接口总线。一种 8 位的并行通信接口。根据 IEEE 488-1987 标准, 数据传输速率可达 1Mbyte/s。
Industrial PC	工业计算机, 或称为工控机, 一种能够承受工业环境的计算机。
MXI-2	一种 PCI 系统与 VXI 系统间的总线扩展器。由此 PCI 系统可以像内置 VXI 控制器一样控制 VXI 设备。
MXI-3	一种 PCI 到 PCI 的桥 (PCI-PCI bridge), 用于以台式计算机远程控制 PXI 机箱。
PICMG	PCI Industrial Computer Manufacture Group, PCI 工业计算机制造商协会。一个会员公司的组织, 维护目前的 CompactPCI 与 PCI/ISA 规范。 http://picmg.com
PXI	一种基于 PCI 的坚固、模块化的结构, 具有专为测试与测量应用设计的电气规范与时钟电路。
PXI System Alliance	PXI 系统联盟, 一个全球生产商与系统集成商的组织。控制 PXI 规范, 定义针对测试与测量、工业自动化与数据采集应用的 CompactPCI 产品的系统级要求。
RTSI Bus	实时系统集成 (Real-Time System Integration) 总线。一种局部总线, 通过在插入式数据采集卡或仪器类板卡间直接连线, 实现计数器、时钟和触发信号的共享。
Star Trigger	星形触发。组合了第二槽 (Slot 2) 的左侧局部总线, 用于为第 3 槽至第 15 槽提供高精度、低偏移的触发。
Trigger Lines	触发线。PXI 总线上的信号线, 专门用于在模块间传送触发信号。
VISA	提供 LabVIEW、CVI、Measurement Studio、C、C++ 和 Visual Basic 等各个编程环境和编程语言之间的接口。
VXI	一种工业标准的仪器总线, 基于 VME 总线, 主要用于模块化的卡状仪器 (instrument-on-a-card) 系统。
VXIplug&play	标识硬件和软件与 VXIplug&play 系统联盟 (VXIplug&play System Alliance) 规范的一致性。VISA 是该联盟的官方软件语言。

