

基于“柔性测试”技术的CPCI模块测试平台

王爽 李全令 相朋举

北京中科泛华测控技术有限公司

摘要: CPCI又称紧凑型PCI, 是国际PICMG协会于1994提出来的一种总线接口标准。它的开放性一方面有助于用户基于自身需求实现特定的功能, 另一方面导致模块种类繁多, 加大了模块调试与检测的难度。PXI总线在CPCI基础上加入同步时钟、触发等测量专用总线, 在测量、控制领域正得到越来越多的应用。它与CPCI具有良好的兼容性与互操作性, 在实现CPCI模块平台化测试上具有先天优势。

关键词: CPCI模块测试; PXI平台; Test On Demand; 可靠性设计

1 引言

CPCI总线诞生于20世纪90年代, 它继承了PCI总线优越的电性能, 引入欧规卡的机械结构, 具有抗振性能好、高可用性等优点, 而且支持热插拔、后走线, 是目前比较常用的一种工业计算机总线。CPCI机箱及模块目前在电信、军工、交通等领域均有广泛的应用。

基于“柔性测试”技术的CPCI模块测试平台适用于多种型号CPCI模块开发和批量生产任务中的调试和测试。模块开发工程师和生产管理人员需要对多种型号的CPCI模块进行全面测试, 快速定位模块故障位置并调试, 以及通过局域网实现生产数据的管理等, 要求有一套平台化的测试设备帮助实现测试功能, 并有效提高测试效率。

2 系统设计

平台由CPCI模块调试测试所需的专用测试硬件及软件组成, 硬件平台设计采用标准与定制产品结合的方式, 其中测试机箱包括机箱、风扇、背板、电源板, 采用6U CPCI标准总线, PICMIG 2.0规范, 具备CPCI模块通信和测试信号传输转接功能; 调试台包括PXI机箱和零槽控制器, DIO/多功能数采卡/通信卡等多款PXI模块、信号连接、路由电路, 以及定制化的CPCI机箱、CPCI控制器, 220 V转28 V电源, 电流和电压数字显示表, 液晶显示屏, 键盘等组成, 具有良好的兼容性与扩展性; 软件平台采用成熟架构开发设计, 主要由运行于VxWorks实时操作系统的下位机测试程序和运行于PXI控制器Windows系统的上位机程序两部分组

成, 功能可灵活配置。

测试系统可提供多达600个测试通道, 包括数字IO通道, 非同步模拟采集通道、同步模拟采集通道、模拟电压/电流输出通道、CAN通信、RS422通信和1553B通信等资源; 结合前端调理电路可实现模块的固态继电器漏电流测试、开关量输入测试、开关量输出测试、继电器触点测试、电阻值测试、二极管测试、电阻模拟、差分信号测试、RS422通信测试、CAN通信测试、以太网通信测试、1553B通信测试、故障模拟等功能。

在测试过程中, 调试台输出的开关量信号和模拟量信号都需要通过开关量输入通道和模拟量采集通道实时检测是否正确; 每一路输出在调试台内部都有对应的输入通道资源来实时检测。

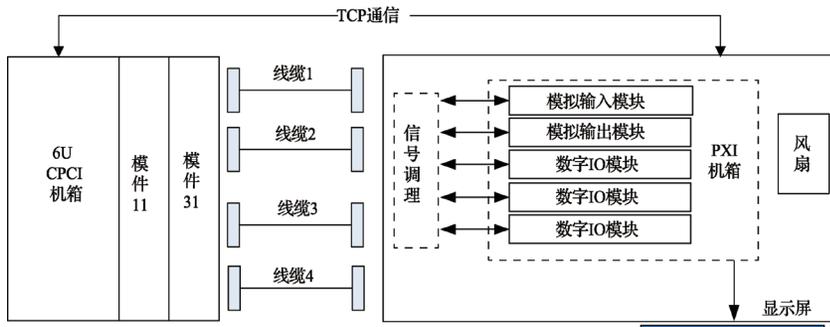


图1 系统框图

3 关键技术

3.1 系统标定

系统中对模拟量采集与输出通道进行标定。模拟量采集通道的标定采用外部输入一个标准的信号源，通过相应的模拟采集通道进行数据采集，将采集到的数据与标准信号源输出数据对比，然后根据多项式 $y=a_0+a_1x^1+a_2x^2+\dots+a_{19}x^{19}$ 计算出多项式系数。对于模拟量输入通道来说， x 为模拟量采集通道当前采集的数值， y 为标准信号源当前输出的数值，任意设置20个电压值，可以根据多项式求得多项式系数，此多项式的系数为模拟量采集通道的标定系数。

模拟电压输出通道标定，从外部接一个标准的电压采集设备(比如高精度万用表)，通过模拟电压输出通道输出一个电压值，同时标准设备采集相应的电压值，最后根据多项式 $y=a_0+a_1x^1+a_2x^2+\dots+a_{19}x^{19}$ 计算出多项式系数。对于模拟量输出通道来说， x 为软件中设置模拟通道要输

出的值， y 为模拟通道实际输出的电压值，任意设置20个电压值，可以根据多项式求得多项式系数，此多项式的系数为模拟量输出通道的标定系数。

3.2 电气连接与可靠性设计

系统精心的电磁兼容性设计，提高设备的抗电磁干扰能力；同时兼顾电路板、机箱的散热设计和隔离屏蔽设计。

1) 对于来自电源干扰的抑制

在每个设备的入口端配接匹配的低通滤波器，并将重负荷供电线及回线与信号电路供电线及回线分开，减少耦合；对敏感电路如模拟输入电路单独供电；尽量使交流电源供电线及其回线绞合、直流电源供电线及其回线分别绞合在一起，并且不与其他电路回线共用一根导线。

2) 设计良好接地以抑制干扰

信号回线、电源回线及机壳设置独立的接地回线并在同一参考点接地；低频设备采用单点接地，高频设

备则采用多点接地；连接卫星或特殊要求可采用浮地，其电路与公共地回路隔离，为消除静电的积累，在浮地设备与大地之间接入一个足够大的泄放电阻。

除以上几点，信号传输中的干扰抑制与硬件冗余和备份在系统设计中均有考虑。

3.3 半自动化与紧凑型结构设计

该系统调试台部分采用PXI平台，它与CPCI具备良好的互操作性，PXI中增加了专门的触发总线、参考时钟及主要软件特性，适用于测量和自动化系统。PXI作为一种系统级规范，使本系统易于集成与使用，充分利用计算机资源运行专用测试软件，半自动化的操作方式灵活高效，帮助降低最终用户的开发费用。

平台采用航空运输箱作为设备仪器结构框架，具有19英寸标准框架，适用于各种标准仪器上架安装，适用于电子设备实验室、内场近距离的搬运及设备在外场使用适用于盐雾、湿热等恶劣环境，在公路运输情况下，振动能量衰减1/2。

通过GJB150-86中的振动试验、淋雨试验、高低温试验、盐雾试验、霉菌试验、湿热试验和运输跌落试验等。

主要性能特点包括：

- 1) 19英寸标准框架结构，适用于各种标准仪器安装；
- 2) 玻璃钢箱体整体成型，承重性

能好，可适用于车载方舱的安装；
3) 适用于电子设备在实验室，内场近距离的搬运及设备在外场使用的快速组合。



图2 设备外观

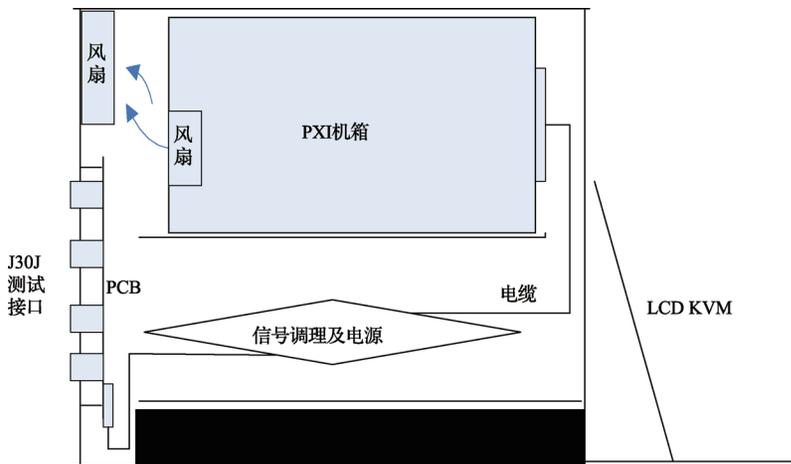


图3 设备内部布局

系统内部布局如图3所示，充分考虑设备内部散热，同时成束电缆到接口PCB的直接连接保证了设备的稳定性。

3.4 环境适应性设计

系统设计过程中，充分考虑实际

使用中对环境的适应性，主要包括以下几点：

- 1) 应使电路和结构的设计对机械环境的响应程度最小，以保证产品工作的可靠性；

2) 元器件和原材料的特性应满足产品机械环境的要求；

3) 细长和较重的元器件应加以固定以防止因振动而引起的疲劳和断裂；

4) 机载设备应进行减振设计，减振器的选用应考虑支承力和谐振频率，以满足使用要求；

5) 接插件等可移动的电接触部分应加以固定和锁紧，以免振动时接触不良；

6) 零部件应避免悬式安装以防振动疲劳而断裂；

7) 供导线通过的金属隔板孔，必须设置绝缘套，导线不得沿锐边、棱边敷设，以防磨破。

4 测试软件功能

本系统中专用软件基于Test On Demand平台设计，它是面向测试系统设计需求，快速搭建流程测试系统的测试流程控制管理软件平台。Test On Demand 为现有测试项提供管理功能和工作平台，能够集成现有的测试代码并安排执行顺序以支持循环与复杂决策。采用基于测试队列的编辑环境，能够在每个步骤配置包括硬件设备、采集方式、校验方法、限定条件等相关信息，并且实现对结果判定后的状态跳转。智能优化设备调度，为并行测试中的设备冲突问题扫清障碍。

本系统软件功能及描述如表1所示。

表 1 系统软件功能及描述

功能类别	子功能
系统配置	参数配置 (日常操作配置)
系统自检	系统自检 (板卡上电, 自检函数) 测试过程中, 所有输出实时自检 (AO、DO)
系统标定	所有AI和AO通道可通过标定界面对通道进行标定
测试流程	模拟输出配置 (物理通道, 刷新率等) 数字IO配置 (物理通道, 上电状态等) 模拟采集 (实时数据显示, 波形显示等) 模拟输出 (发射数据生成预览) 数字IO状态 (实时刷新数字输入状态, 布尔显示等) TCP通信 (数据解析、指令发送等)
VxWorks下被测件操控	TCP通信 (指令解析、数据发送等) 模拟量采集 开关量采集 开关量输出
报表打印	测试结果生产报表
数据保存	数据存储
人机交互	界面参数显示 系统功能选择 必要的提示

5 结论

针对目前CPCI模块功能种类多样, 定制型号较多的特点, 本系统采用半自动化设计方式, 方便更换不

同待测模块, 基于PXI的测试资源丰富并且方便更换配置, 软件功能基于平台化的测试流程控制管理软件平台, 执行效率高, 并提供系统自检、

设备校检等生产维护工具, 为故障溯源提供最原始数据支撑。十分适用于多品种小批量的CPCI模块测试需求, 具备一定的行业推广意义。