

浅析军用测控系统 发展方向及相关应用

刘旭阳 - NI中国市场开发经理，国防与航空航天
陈洪雨 - 广州航新航空科技股份有限公司预研室经理

议程

- 浅谈军用测控系统的发展与趋势
 - 军用测控系统的挑战与综合化策略
 - 浅看国外军用测控系统的发展
 - 新趋势对测控设备的要求
- 航空自动测试系统实践——广州航新
 - 航空测试背景与解决思路
 - 举例：航空无线电综合测试系统

军用测控系统应用

- 后勤维护——各型系统装备的维护，与后勤保障息息相关。
- 全寿命保障——从装备设计，生产再到保养，贯穿装备全寿命周期。



测控系统应用面临的挑战

- 巨额的装备寿命周期费用：设计，维护成本费用庞大，分散管理投资
- 采用不同的测控系统无法将使用的故障问题反馈到设计端，导致“误会”
- 不易操作，对操作人员要求高。同时无法获得研制方支持。
- 品种繁多，体积庞大。造成后勤保障压力大，灵活性差
- 更为严峻的是不利于军种间联合作战，机动作战



- 多国多军联合作战 (NATO)

- 后勤压力
 - 供应链管理
 - 装备保障
- 改进措施：
 - 加强供应链管理
 - 精简装备保障



发展方向：综合化策略（或测试）

由美国国防部率先提出

- 美国国防部(DoD, department of defense) 在联合技术架构中，将自动测试系统列为战斗支援领域子系统之一。
- 成立自动化测试系统执行局，对自动测试系统的研发进行统一管理以缩减经费投入
- 提出综合化策略：纵向和横向

纵向综合

原先，寿命各阶段的测试仪器互不通用

工程实现阶段

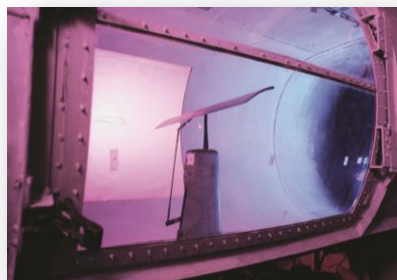
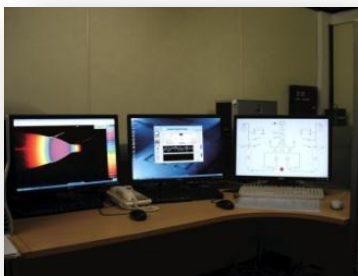
装备保障阶段

研究设计

验证仿真

生产测试

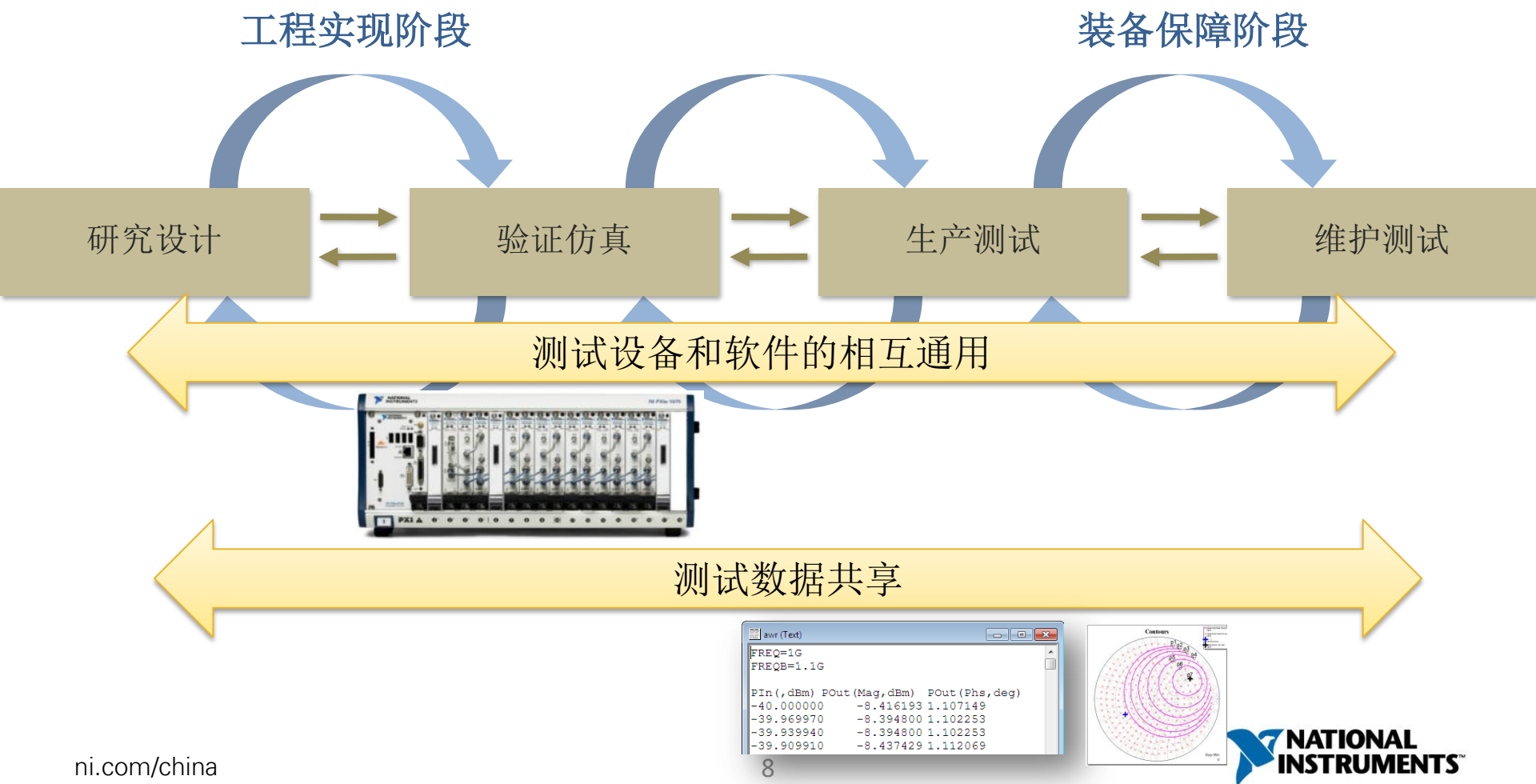
维护测试



装备的全寿命周期

纵向综合

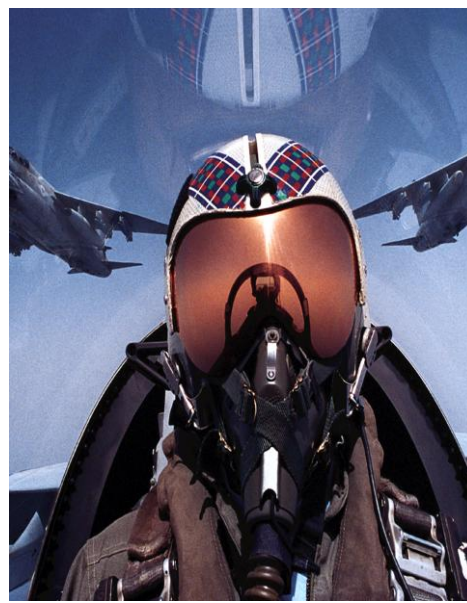
通过相互通用，实现全寿命周期保障



横向综合

跨装备平台，实现不同系统不同军种间设备通用

- 采用标准化、通用化的测试设备和软件
- 进一步降低装备系统全寿命周期费用



多军种间联合测试保障

综合化要求

- 标准化

- 测试方法
- 测试软硬件资源
- 数据格式

- 信息化

- 利用计算机网络技术



从国外军用测试系统发展来看

以美军自动化测试系统装备为例：

- 第一代：专用测控仪器
 - 初步实现自动化，集成度高，针对性强
- 第二代：通用化（CASS，IFTE等为代表）
 - 引入模块化概念，定义标准化指南
- 第三代：开放化（RTCASS为代表）
 - 引入商业技术（VXI总线），降低测试成本
- 第四代（NxTest）



积木堆叠实现模块化



开放总线架构

NxTest

- 96年，DoD提出了下一代自动化测试系统研究计划NxTest
- 目的：满足未来要求，解决过时问题
 - 降低费用
 - 增强互操作性，提供更大灵活性
 - 缩小后勤保障规模和占地空间
 - 提高测试质量
- 途径：基于“开放系统”思想
 - 软硬件基于商用ATS开放体系架构
 - 基于新型技术和商用标准的一类新型自动测试系统
- 项目技术可在不同形式的商用和军用测试应用中实施
 - eCASS 和 LM-STAR“洛马之星”

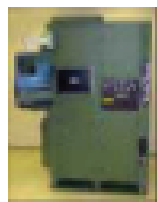


举例：美海军eCASS



CASS

世界上规模最大的自动化测试系统
部署在基地，工厂，航空母舰等场合



RTCASS

- + Multi Analog Capability (80% solution)
- + Programmable Serial Bus Capability
- + Measurement Synthetic Instruments
- + ATML

ARGCS是一个多军种演示项目
霍尼韦尔，ARC参与



ARGCS
ACTD

- + Common Tester Interface
- + Stimulus & Measurement SI
- + Next Gen Digital Instrument (Parallel)
- + Power Supply Packaging
- + Smart Diagnostics



eCASS

- + Advanced Synthetic Instruments
- + Multi Analog Capability (100% solution)
- + Next Gen Serial Bus

Test Technology Demonstrations



洛马公开新闻：

2010年3月eCASS初始研制合同已授予洛克希德·马丁公司。

eCASS的初始使用计划从2016前后开始，计划到2018年投入全面使用

举例：LM-STAR (洛马之星)



- 洛克希德·马丁公司承制
- 依据下一代测试NxTest信息体系架构研制的具有可重构、开放式结构的通用自动测试平台。
- 该平台兼顾三代（F-16 Block60）和四代飞机（F-35）的测试需求

An advertisement for Lockheed Martin's LM-STAR program. It features two F-35 fighter jets flying over a desert landscape. The Lockheed Martin logo is in the top left, and a '100 YEARS OF ACCELERATING TOMORROW' logo is in the top right. The text 'LM-STAR® PERFORMANCE BASED LOGISTICS (PBL) Sustainment Solutions That Lower Total Life Cycle Support Costs' is at the bottom.

LOCKHEED MARTIN

100 YEARS OF ACCELERATING TOMORROW

LM-STAR® PERFORMANCE BASED LOGISTICS (PBL)
Sustainment Solutions That Lower Total Life Cycle Support Costs

总结美军测试保障策略

- 强调：综合化策略
 - 纵向综合
 - 横向综合
- 注重：标准化策略



综合化策略对仪器设备的要求

对仪器设备提出合成仪器的概念

“最新的商业技术已经具备开发**合成仪器**的能力，这种仪器能够通过配置以实现各种测试功能…”

—— 美国国防部报告，2002

“**合成仪器**技术是测试测量技术的革命性进步，下一代自动测试系统中将大量采用合成仪器”

—— 《下一代自动测试系统体系结构与关键技术》，2005

“**合成仪器**的概念**或软件定义的仪器**正越来越多地被提及”

—— Jessy Cavazos

Frost & Sullivan行业分析总监，2010

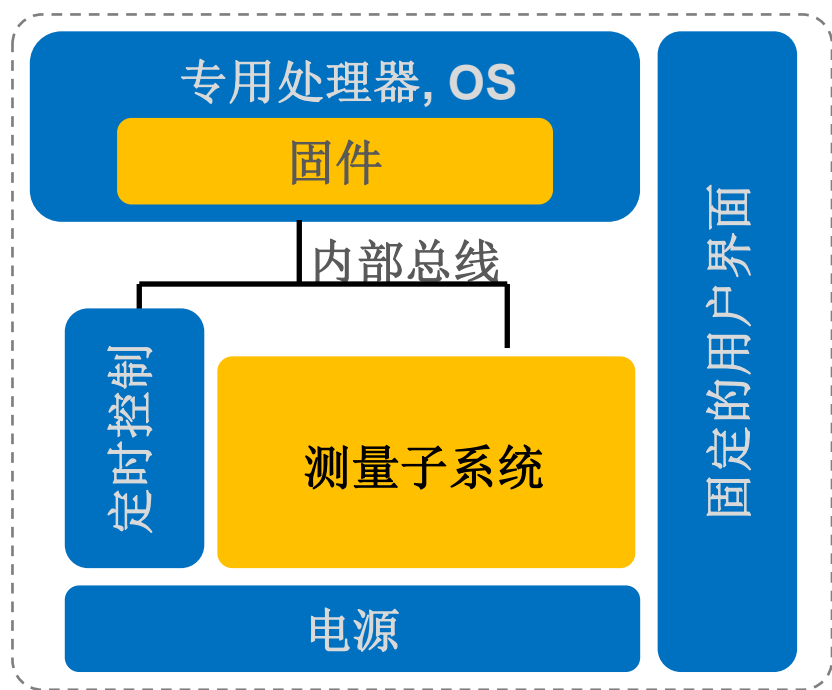
什么是合成仪器？

通过通用硬件单元和标准软件构建测试系统

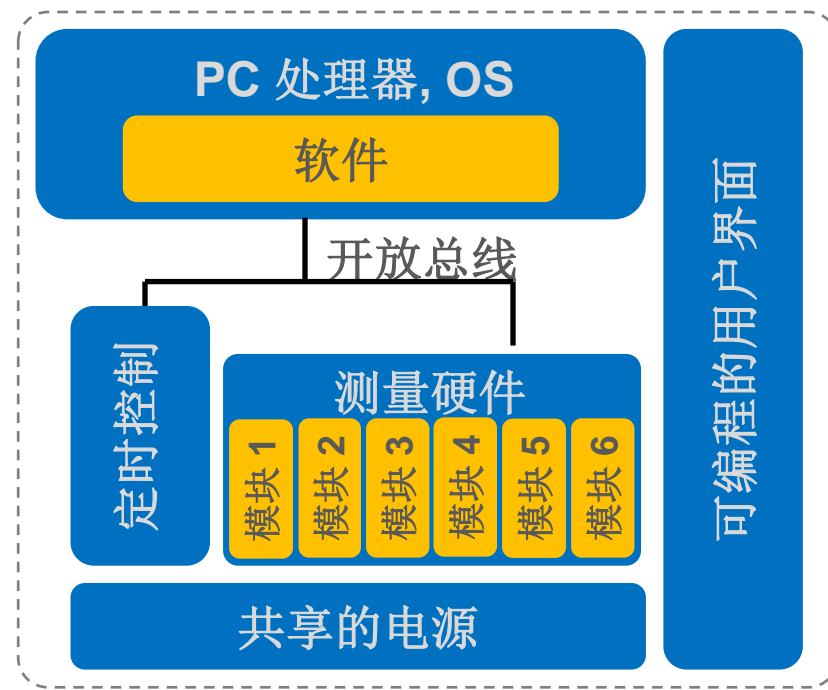
- 合成仪器（SI）——采用标准的测试硬件模块组成通用的仪器系统，测试测量任务及系统升级完全由测试软件来实现，亦称综合仪器。
- 合成仪器技术进一步推进了虚拟仪器技术的发展。
- 目的/优势
 - 不再按传统独立仪器地堆叠而实现自动化测试系统，节省大量重复的硬件资源和专用软件程序
 - 减少物理按钮和开关，采用图形用户界面，代替软件测试系统硬件元件或整个合成仪器的功能

合成仪器需求下：传统独立仪器 Vs. 模块化仪器

模块化架构有益节省资源，并便于利用最新技术



传统独立仪器系统



模块化仪器系统

模块化仪器系统发展——VXI总线系统

- VXI是最早引入模块化仪器概念的总线
 - 美军在二十世纪80年代引入到自动化测试系统，作为系统总线
- 显著地减小了传统仪器系统的尺寸并提高了系统集成化的水平
- 已成功应用于军用测控领域

VXI最高带宽: 40 Mbytes/s

带宽分布: 共享

传输延迟: $<1\mu\text{s}$

模块化概念



设备模块



机箱

模块化仪器系统发展——PXI总线系统

- 基于PCI技术，更快传输速率和更优体积
- 提供优异定时同步性能
- 近年来正在批量部署

PXI带宽: 132 Mbytes/s

PXI带宽分布: 共享

传输延迟: $<1\mu\text{s}$, 最好

- 1998成立PXISA，PXI技术联盟

- 70多家公司，1500多款成熟产品

控制器

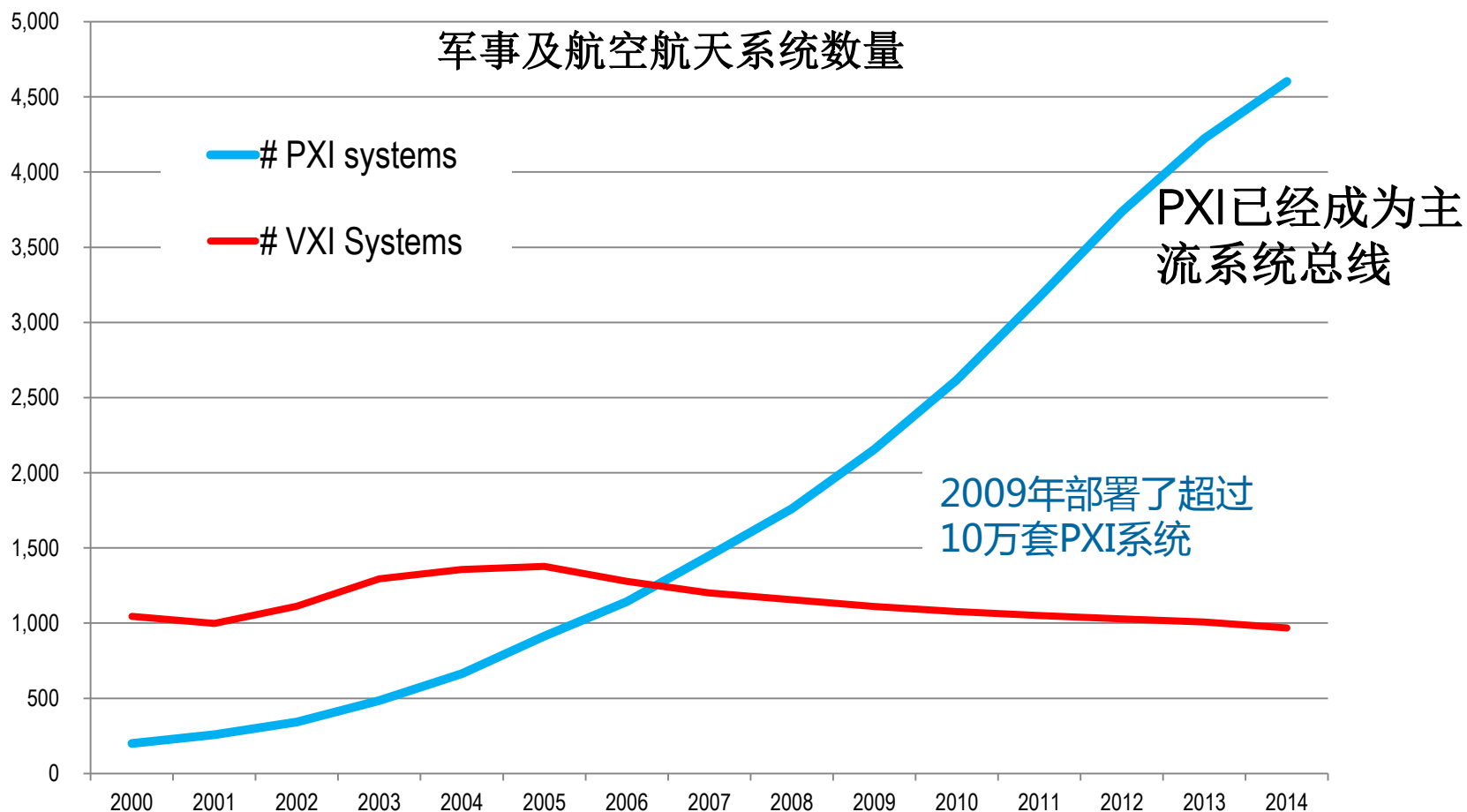
机箱及背板



I/O及其他模块

- 可根据应用需要灵活选择
- 可在不同系统中重复利用

国防及航空航天领域PXI系统数量趋势预测



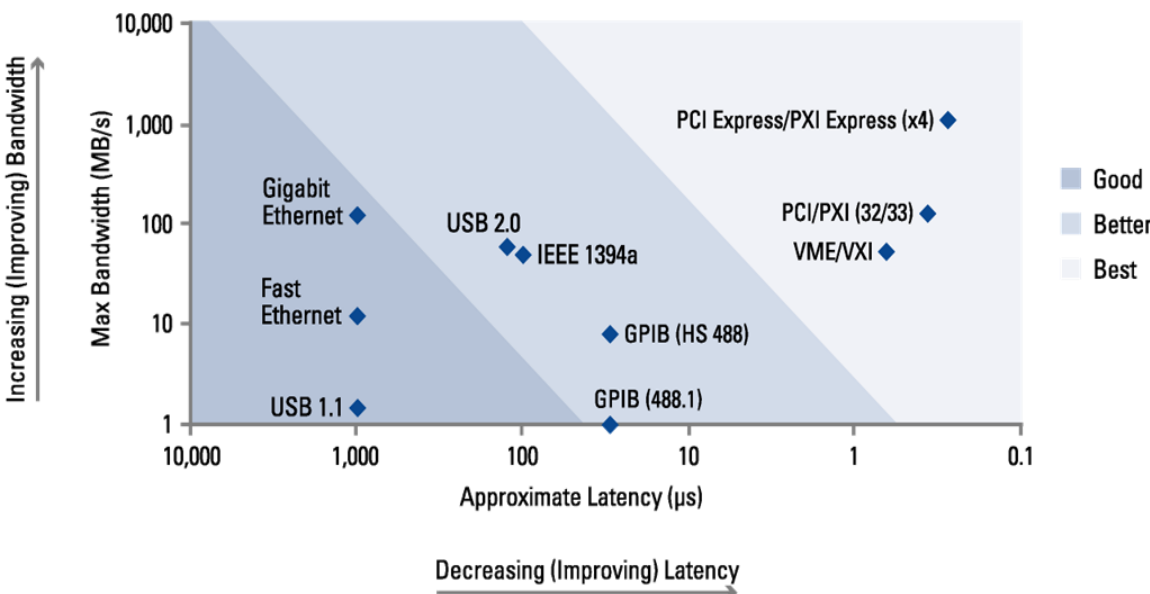
数据来源：世界VXI&PXI测试设备市场, Frost & Sullivan, 2004 & Preliminary 2008
VXI System ASP \$70K, PXI ASP \$35K

模块化系统引入新技术——PXI Express

- 将PCI-Express串行技术纳入PXI总线规范
- 属于PXI总线技术

最高带宽

- 高达8 GB/s 系统带宽
- 增强的背板定时和同步总线
- 100MHz差分时钟
- 差分触发总线



模块化仪器系统发展——PXI扩展射频能力

满足更为复杂的射频微波需求



电子战设备保障

雷达测试保障

导航与定位

遥测遥控

通信及电台

.....



RF信号发生器
与分析仪



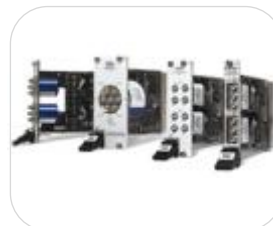
矢量信号
收发仪



基于FPGA的I/O与
协处理器



矢量网络
分析仪



微波开关
放大器/衰减器

PXI/ PXIe平台被纳入美海军eCASS 测试系统

National Instruments PXI Products Incorporated Into U.S. Navy's eCASS Test Systems

新闻报道– 2012年6月 5日

美海军将采用NI PXI平台构建eCASS 测试系统

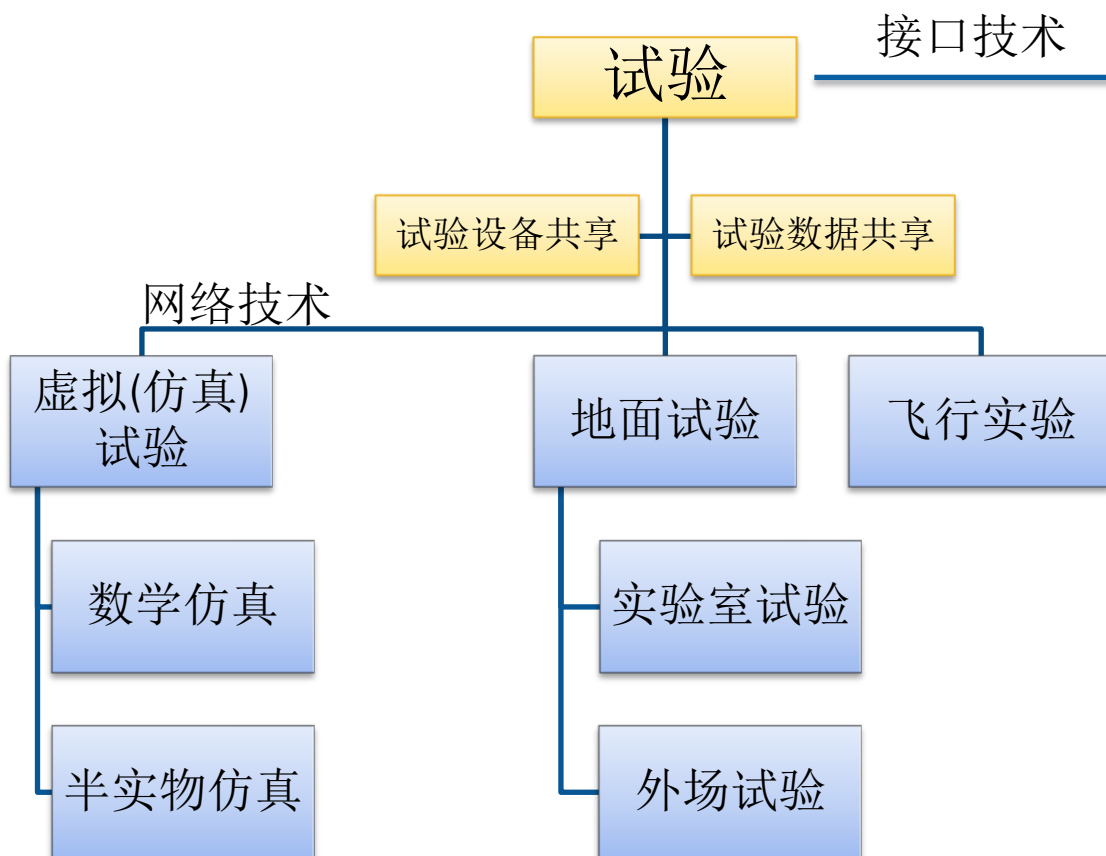


- NI PXI products are ideal for the eCASS program goals of adding test capability to support emerging system requirements on an open system architecture, with fewer system configurations and reduced costs.
- Multiple NI products will be incorporated into the eCASS test system family, including the **new NI PXIe-1066DC chassis**, the **new RMC-8355 controller**, various **PXI modular instruments** and a **VXI remote controller**

[详细新闻链接](#)

仪器系统还需要适应本地应用需求

信息化建设，网络化试验能力



仪器设备（管理）数据库

标准化数据库

试验数据仓库

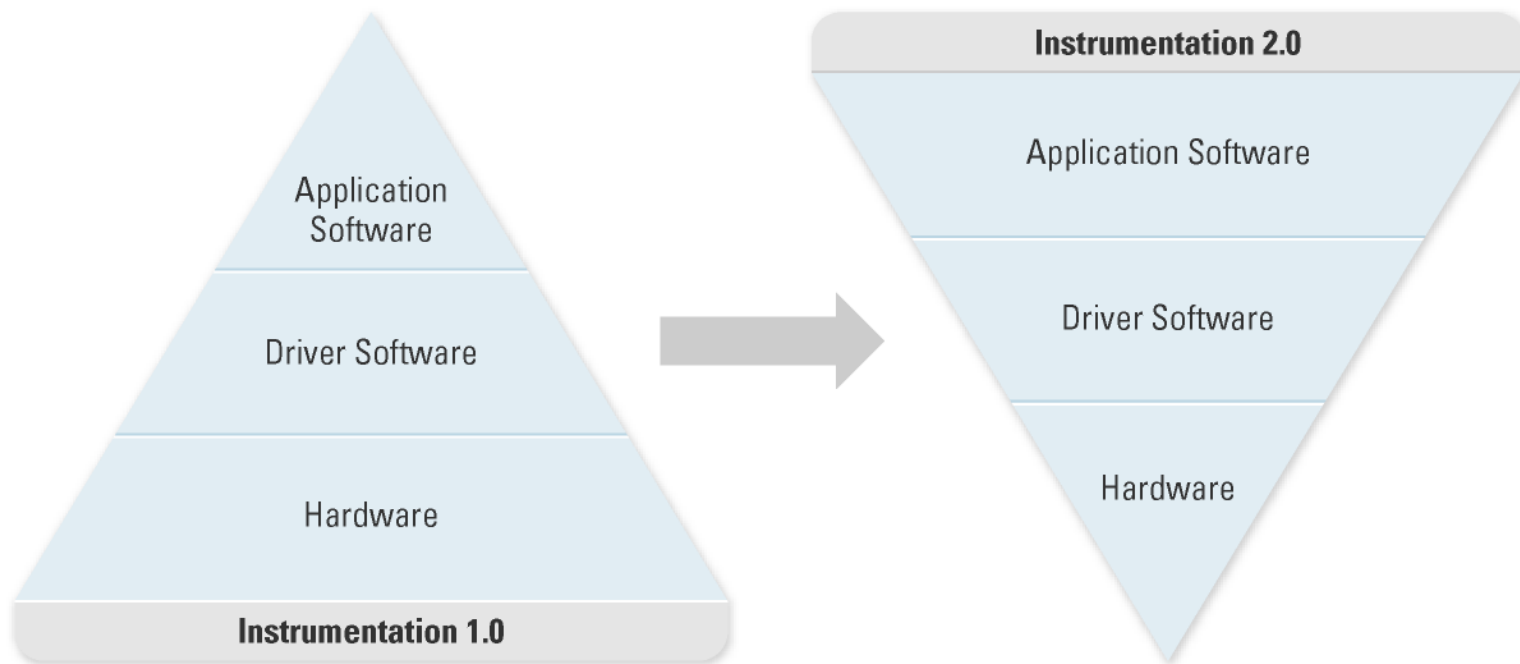


PXI测试系统

- 网络接入和传输能力
- 支持标准化试验和数据库
- 兼容支持所需的网络操作及开放性要求

合成仪器需求下：以软件为中心

- 软件为主导，由软件来定义仪器设备性能
- 软件的比重越来越大
- 灵活自定义测量功能和配置、用户界面



软件系统架构

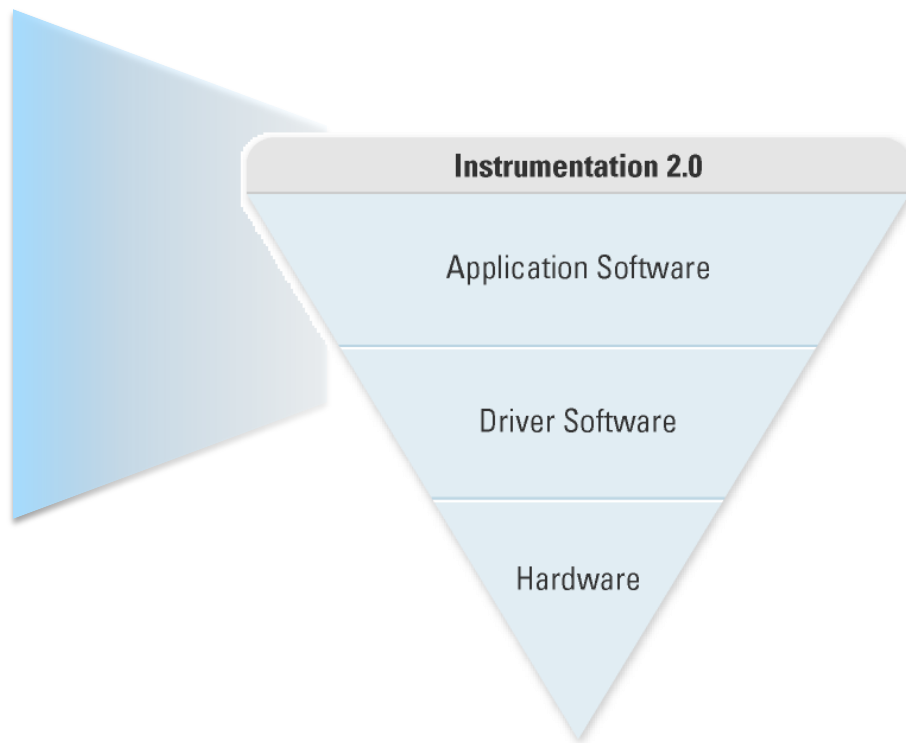
测试管理软件

测试开发软件

系统服务与驱动

处理总线平台

模块化I/O与仪器控制



洛克希德马丁使用TestStand和LabWindows/CVI构建JSF/F-35测试系统标准架构

LM-STAR “洛马之星”（NxTest项目）

- 挑战
 - 开发一个在研发、生产、维护中都能使用的测试系统, 用于测试超过3000架联合攻击战斗机
- 开放的软件架构
 - 基于TestStand和LabWindows/CVI
 - 保障了系统的快速开发及关键测试系统的开发
 - 兼容ATLAS与ATML
 - 降低了长期维护代价
- NI TestStand的作用
 - 调用在任何测试开发环境下开发的测试程序
 - 过程模型可将核心系统功能从独立测试中区分出来
 - 已为美国政府节省数百万美元, 并且在整个计划过程中还将节省数亿美元



将软件核心与模块化硬件结合构成合成仪器架构



测试管理软件

测试开发软件

系统服务与驱动

处理总线平台

模块化I/O与仪器控制

议程

- 浅谈军用测控系统的发展与趋势
 - 军用测控系统的挑战与综合化策略
 - 浅看国外军用测控系统的发展
 - 新趋势对测控设备的要求
- 航空自动测试系统实践——广州航新
 - 航空测试背景与解决思路
 - 举例：航空无线电综合测试系统