

高级机器系统设计架构及运动控制

NI区域应用工程师
刘南洋

NIDays
WORLDWIDE GRAPHICAL SYSTEM DESIGN
CONFERENCE
全球图形化系统设计盛会 · 中国站

图形有边
系统无界



议程

- 智能机器设计趋势
- 关键技术
- 经验证的设计架构
 - FPGA控制
 - 实时序列发生器
- 运动视觉集成



机器制造领域

具有更高吞吐量的
机器

更低的能耗, 更高的
效率

自动化生产制造

最大化正常运行时间

世界范围的竞争

灵活的生成制造

创新 or 淘汰

更高的质量, 容忍零缺陷

智能机器 设计

什么是智能机器(Smart Machine)

自主操作

- 模块化生产设备
- 高度灵活性
- 环境意识

避免和纠正 处理错误

- 自我分析和自我修复能力
- 动态修改进程计划

学习和预测

- 基于模型控制及自适应控制
- 模拟

与其他机器和 系统交互

- 互连系统 – 智能工厂
- 共享的数据结构

现代制造机器

设备一体化, SCADA

自定义运动控制器

智能加工头

处理设备

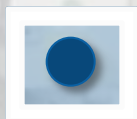
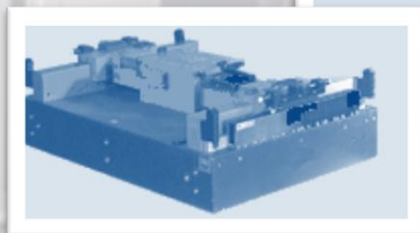
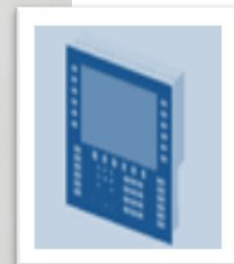
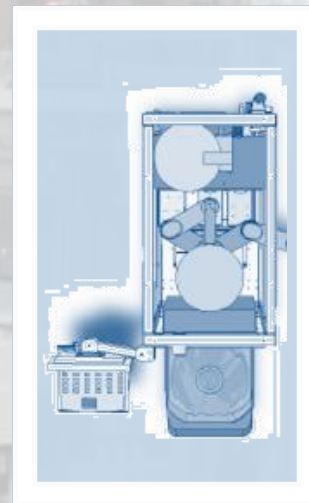
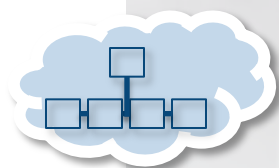
安全系统

多轴运动控制器

局域人机界面

机器状态监测 (MCM)

站点间传输



智能机器的设计挑战

- 环境、机器进程和状态等信息
- 不同的任务集成在一个控制器
- 网络和数据存储
- 高性能的控制系统
- 产品上市时间压力

应用举例：晶圆处理

- 新的挑战：
 - 新材料和更薄的晶圆需要机械切割装置以更低的速度操作
 - 硅片抛光机需要承担越来越高的温度，需要在进程中予以考虑
- 创新的机器制造商的机会：
 - 利用激光技术实现不同的切割工艺
 - 测量控制回路以监控抛光过程

应对日益增加的复杂性

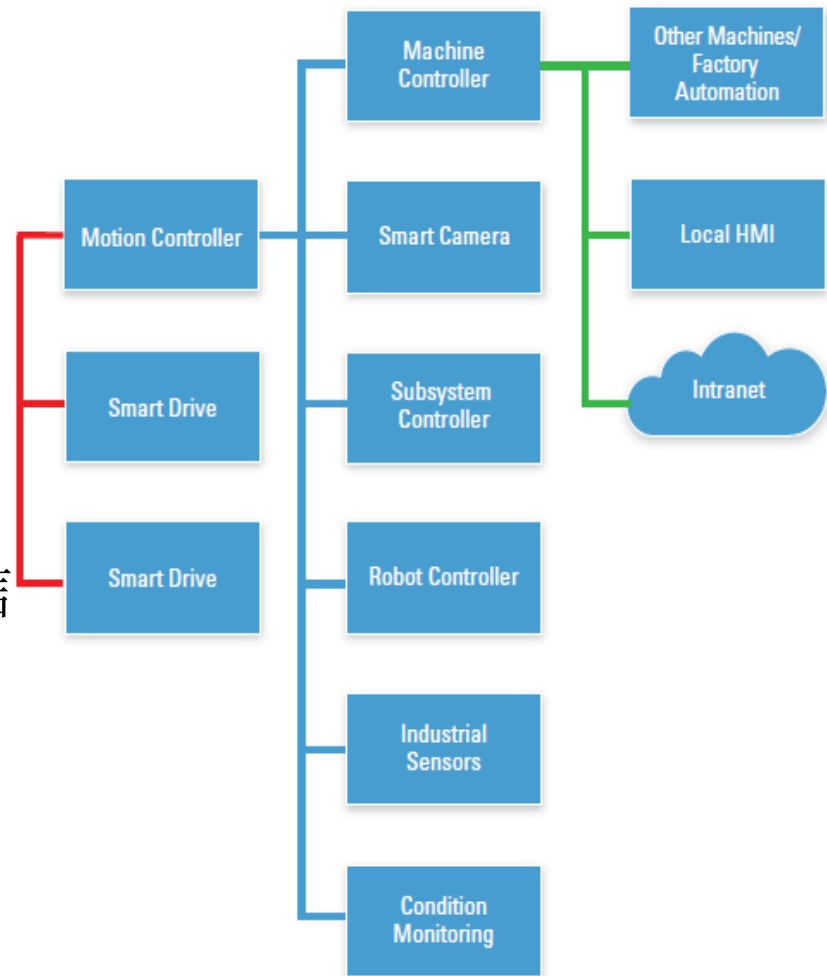
嵌入式系统

- 异构计算
- 集成多个自动化任务
- 模块化I/O
- 底层自定义

通信

- 时间关键和非时间关键型通信
- 工业协议
- IT集成
- 云计算

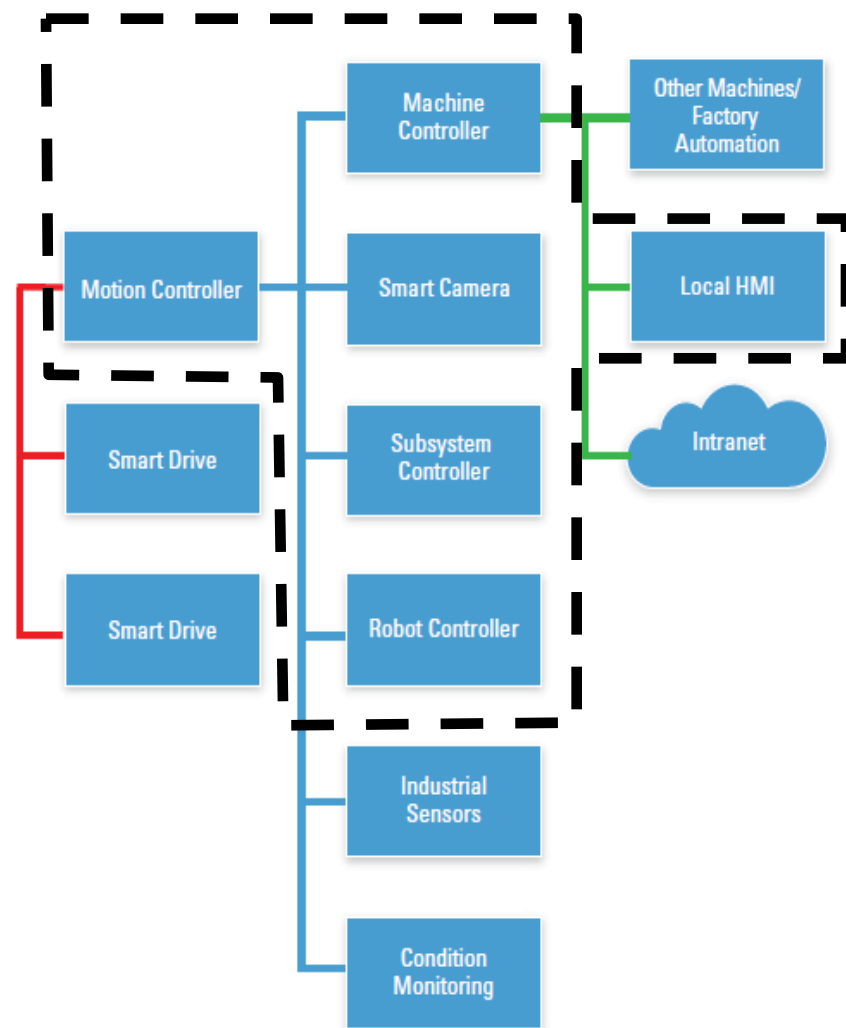
以软件为中心的设计方法



应对日益增加的复杂性

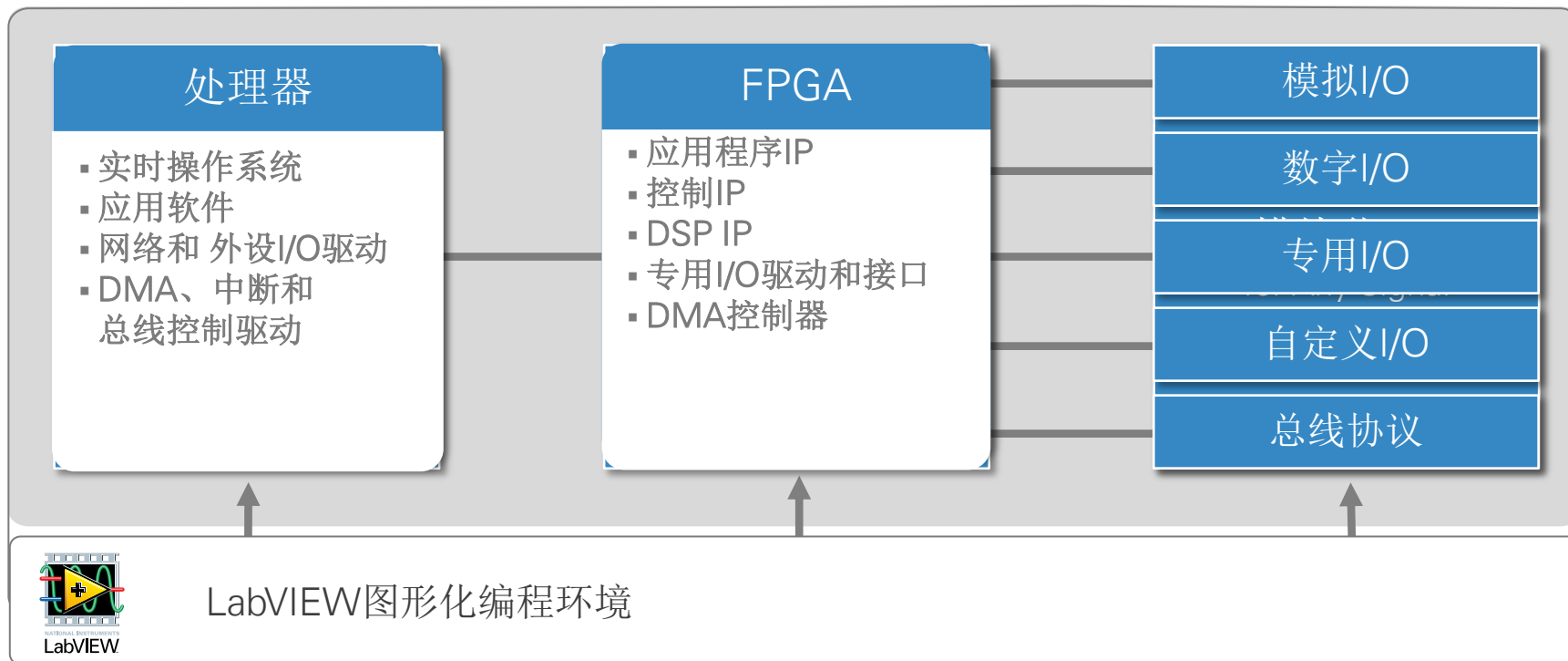
合并

软件抽象

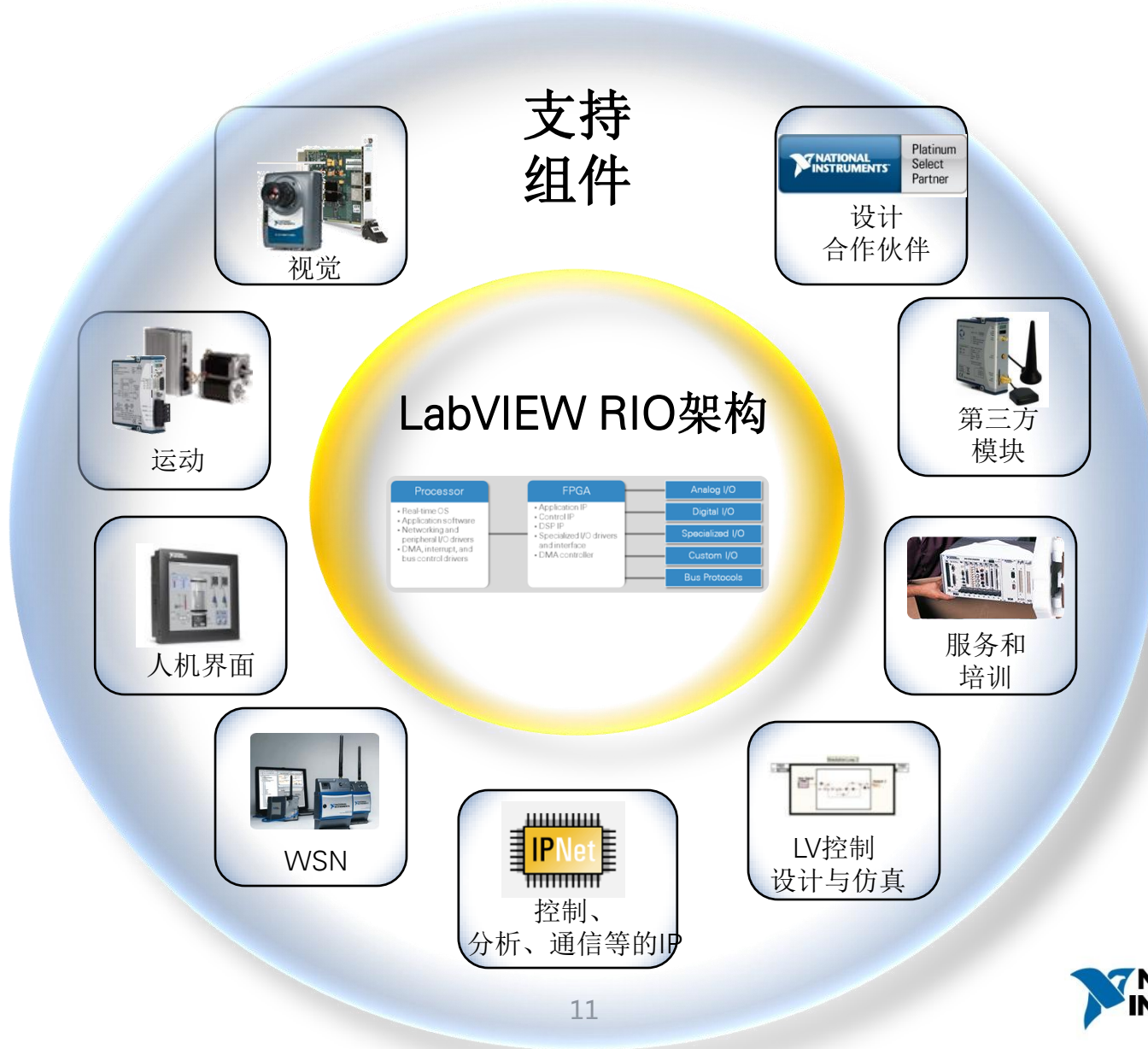


异构计算

LabVIEW RIO架构



用于智能机器和智能制造的NI技术



以软件为中心的机器设计

LabVIEW附加模块

逻辑

控制算法

仿真

运动

机器视觉

工业通信

HMI, SCADA

- 实时
- FPGA
- MathScript RT模块
- 控制设计与仿真模块
- NI SoftMotion
- 视觉开发模块
- LV DSC模块



LabVIEW工具包和第三方工具

- PID和模糊逻辑工具包
- 信号处理工具包
- 声音和振动工具包
- 自适应滤波器工具包
- 数据库连接工具包
- 更多 ...
- 专家控制 —— 控制器参数化工具
- Digimetrix机器人库
- 更多 ...

重要功能

确定性、无人工干预操作

- 确定性执行
- 无干预系统同步
- 与上位机系统通信（SCADA、HMI、PLC）

任务排序

- 状态机/状态逻辑/序列发生器
- 过渡/触发/事件处理

安全操作设计

- 看门狗
- 安全状态
- 冗余架构

I/O连接和信号处理

- 图像处理
- 数据记录/波形采集和分析

I/O扫描

- I/O扫描
- 报警处理
- 数据记录

运动控制

- 监测控制
- 轨道生成
- 电机控制

与其他自动化组件集成

- 工业通信

重要功能

确定性、无人工干预操作

- 确定性执行
- 无干预系统同步
- 与上位机系统通信（SCADA、HMI、PLC）

任务排序

- 状态机/状态逻辑/序列发生器
- 过渡/触发/事件处理

安全操作设计

- 看门狗
- 安全状态
- 冗余架构

I/O连接和信号处理

- 图像处理
- 数据记录/波形采集和分析

I/O扫描

- I/O扫描
- 报警处理
- 数据记录

运动控制

- 监测控制
- 轨道生成
- 电机控制

与其他自动化组件集成

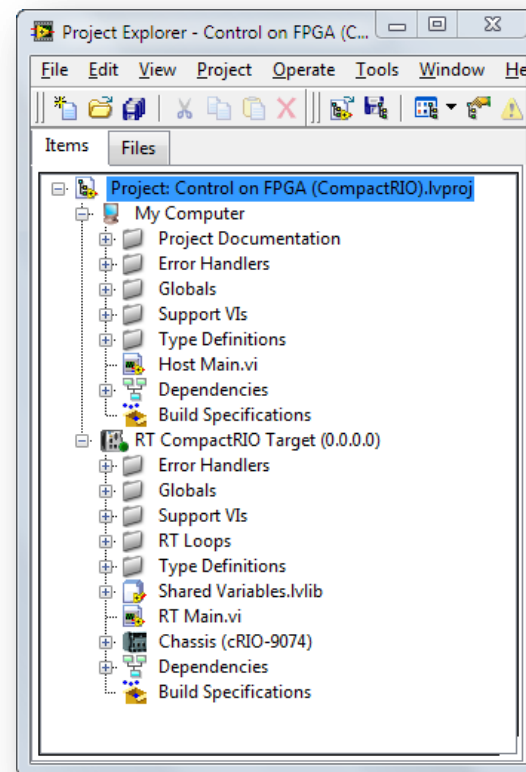
- 工业通信

设计考虑因素

- 可扩展性
- 灵活性
- 可维护性
- 易用性
- 性能
- 开发成本

LabVIEW 项目范例是什么？

- 应用程序开发的起点，展示可扩展架构的应用
- 基于LabVIEW项目模板
- 优势
 - 以预编程的应用程序为基础，减少开发时间
 - 以NI推荐的经验证的架构为起点，确保设计的可靠性



LabVIEW项目范例

- 控制模板

- LabVIEW FPGA控制
- LabVIEW Real-Time控制
- LabVIEW Real-Time序列发生器



- 数据采集模板

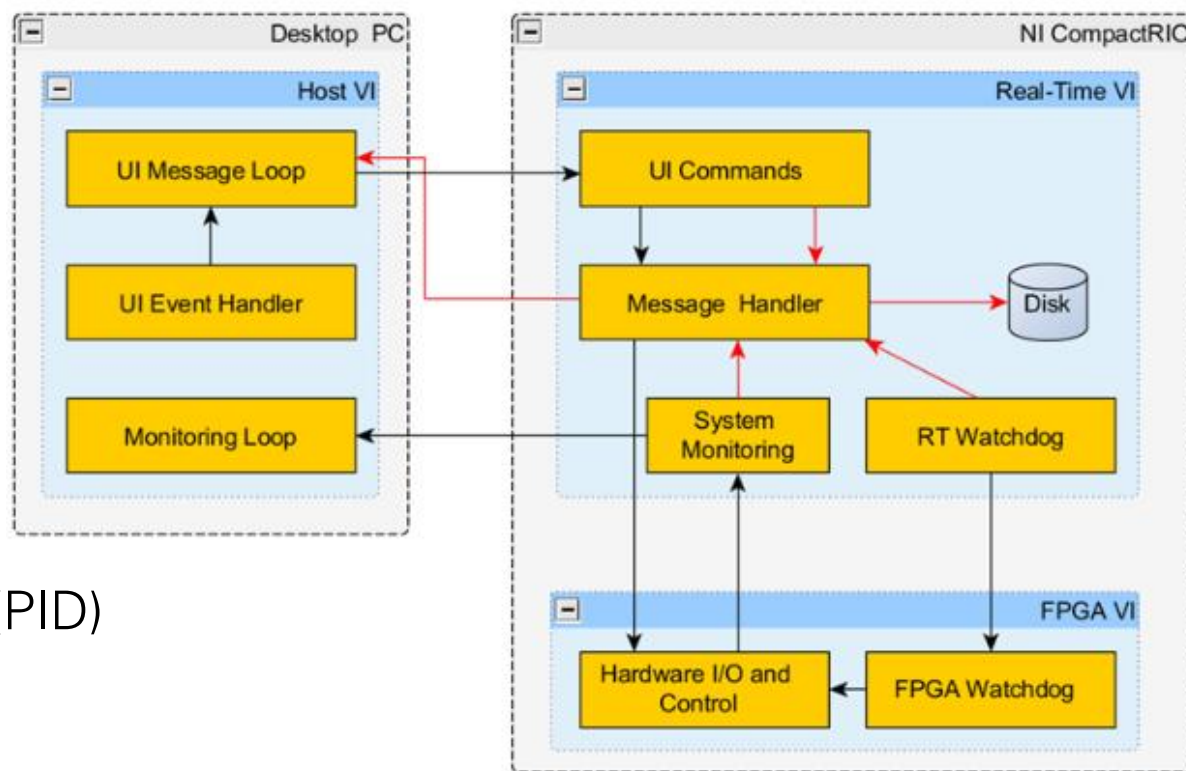
- LabVIEW FPGA波形采集和数据记录
- LabVIEW Real-Time控制(NI-DAQmx)
- LabVIEW Real-Time波形采集和记录(NI-DAQmx)



- SCADA模板

- 借助NI数据记录和监控(DSC)模块实现LabVIEW SCADA

项目范例 - CompactRIO上实现FPGA控制

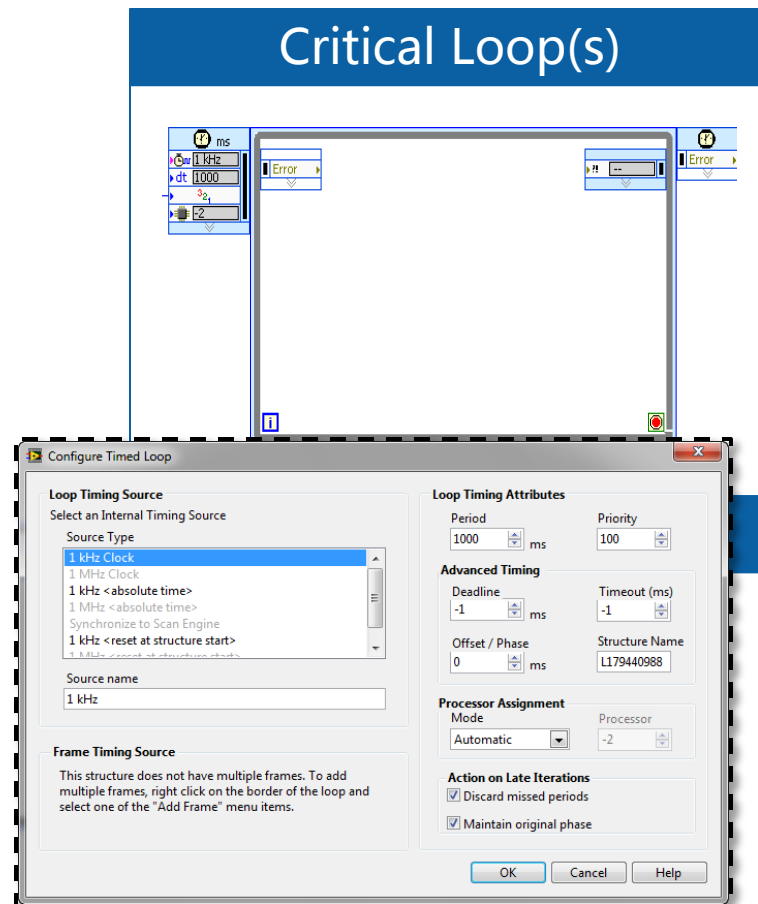


- 内含功能

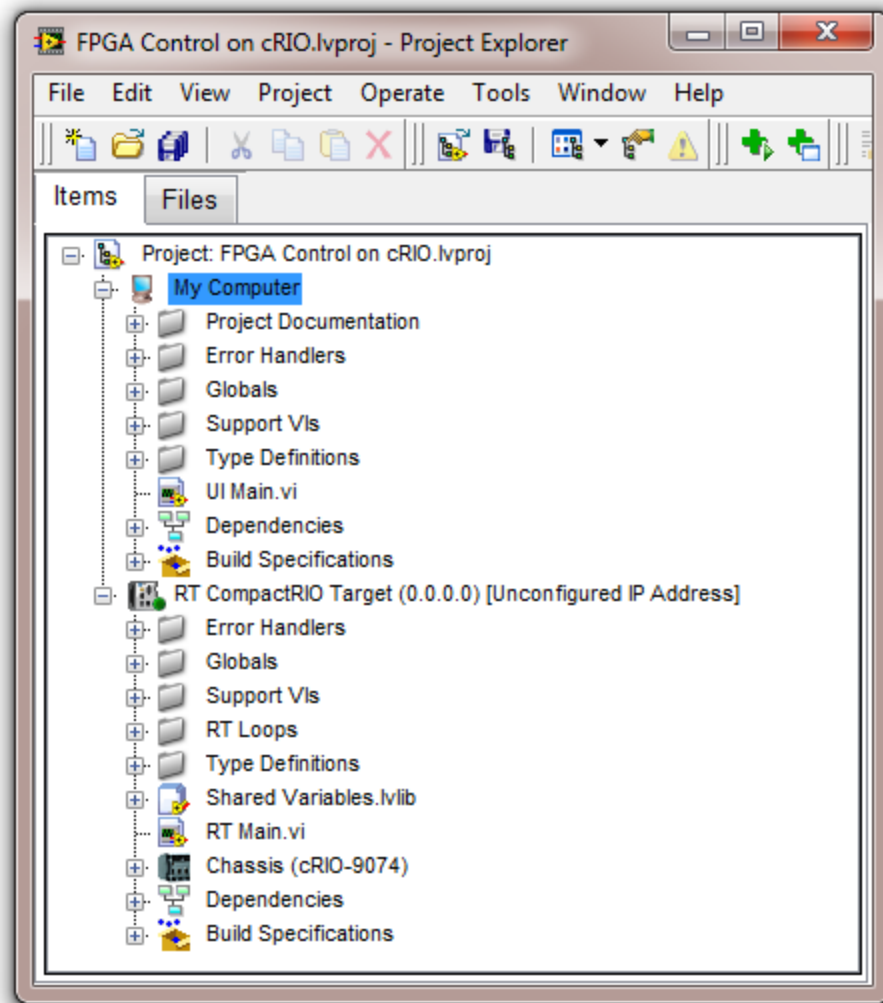
- 基于FPGA的控制(PID)
- 安全状态
- 无干预操作
- RT-UI通信接口
- 用于查看和配置修改的远程用户界面

确定性执行

- 精确定时
- 更高可靠性
- 优先级排序
- 实时操作系统 V.S. FPGA



CompactRIO上进行FPGA控制指南

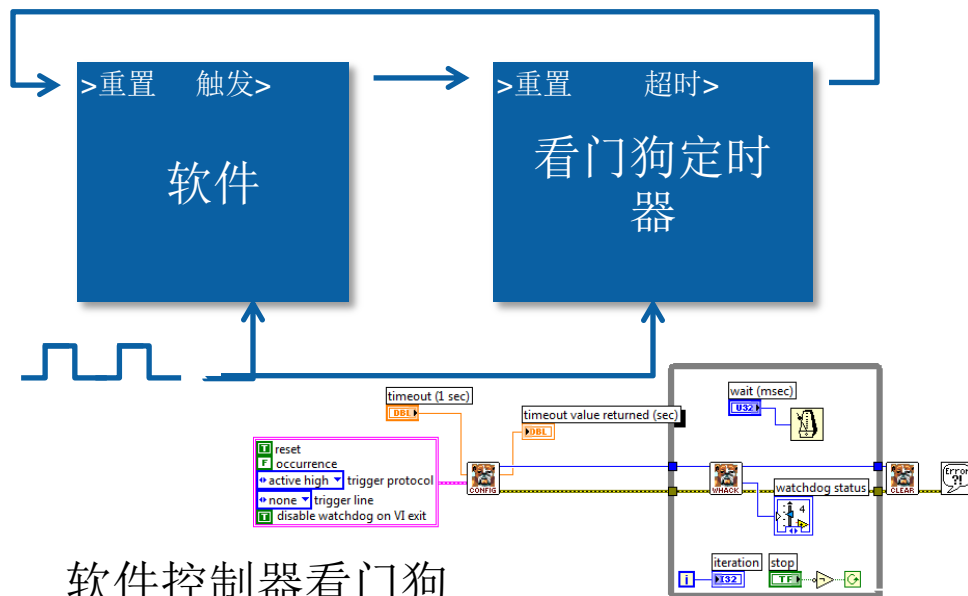


看门狗定时器

- 使用硬件功能验证软件执行
- 软件崩溃安全恢复



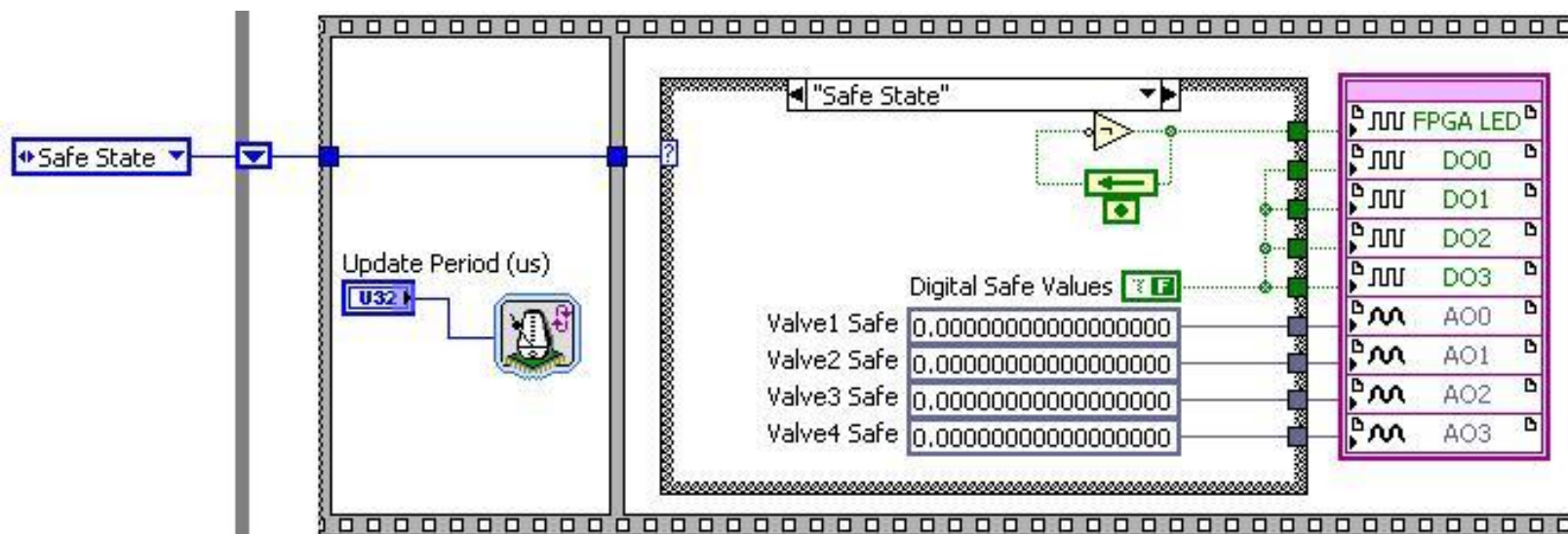
人体控制器看门狗



软件控制器看门狗

安全状态

- 在启动和初始化阶段定义输出状态
- 故障时定义输出状态
- cRIO故障-安全控制参考设计
 - <http://zone.ni.com/devzone/cda/epd/p/id/5984>

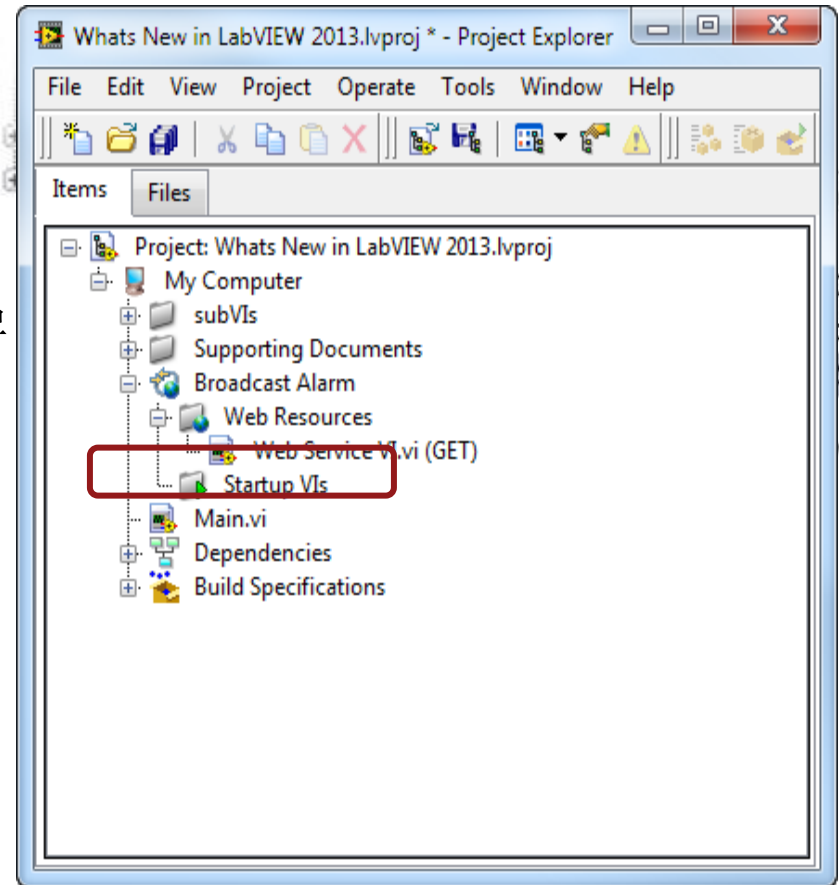


与上位机系统通信

- 通信方式
 - 确定性和非确定性通信
 - 主从通信和发布-订阅通信
 - 单点和缓冲通信
 - 网络服务

新网络服务体验

- 为LabVIEW应用程序提供远程接入
- 之前属于生成规范项
- 现在属于项目项-更快速编辑和部署



新网络服务体验

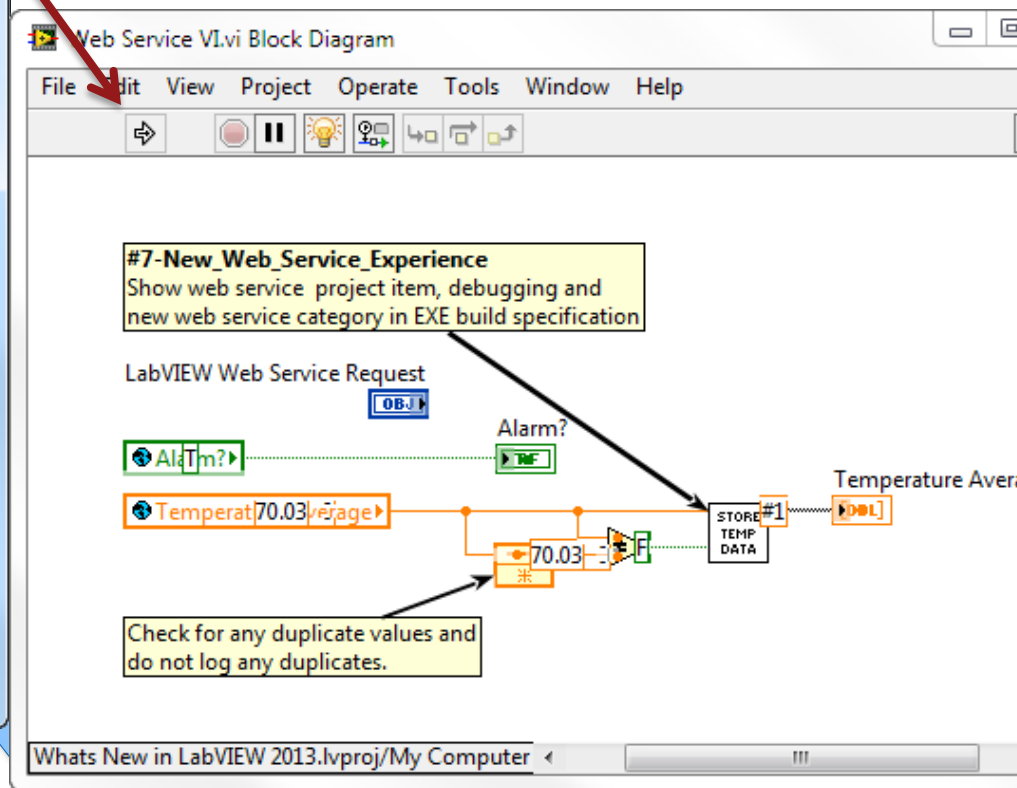
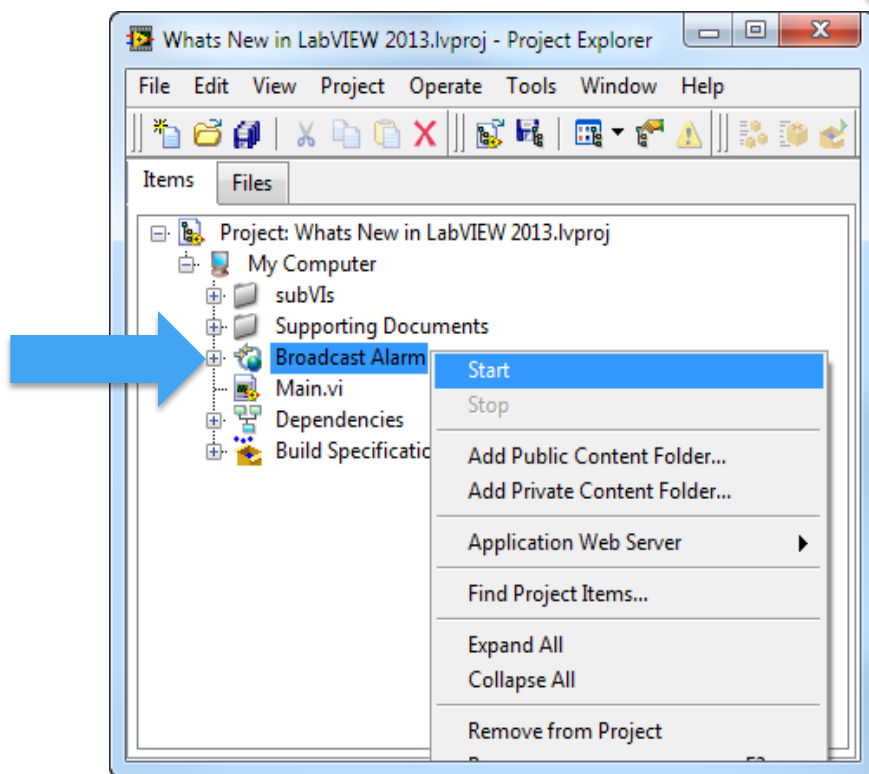
设计

验证

部署

可调试网络服务集成至LabVIEW项目

*调试时保留的VI



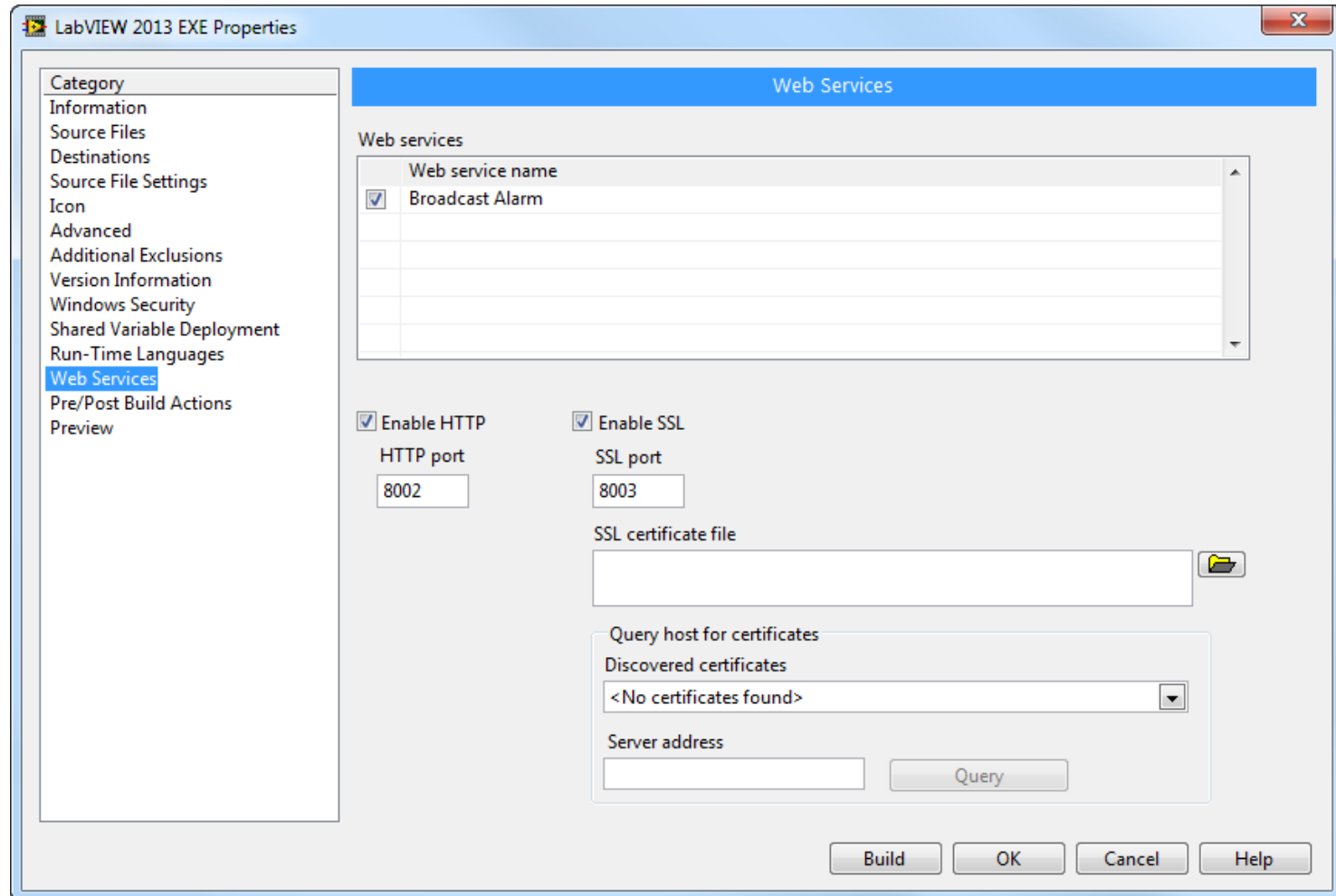
新网络服务体验

设计

验证

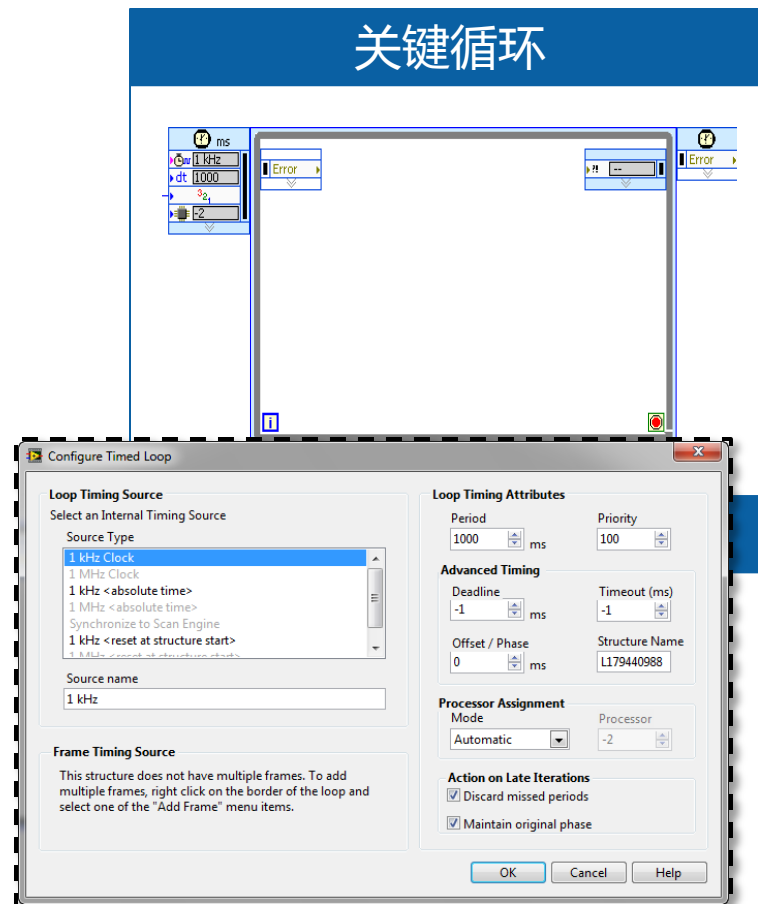
部署

包含并可自动部署新EXE生成规范类别

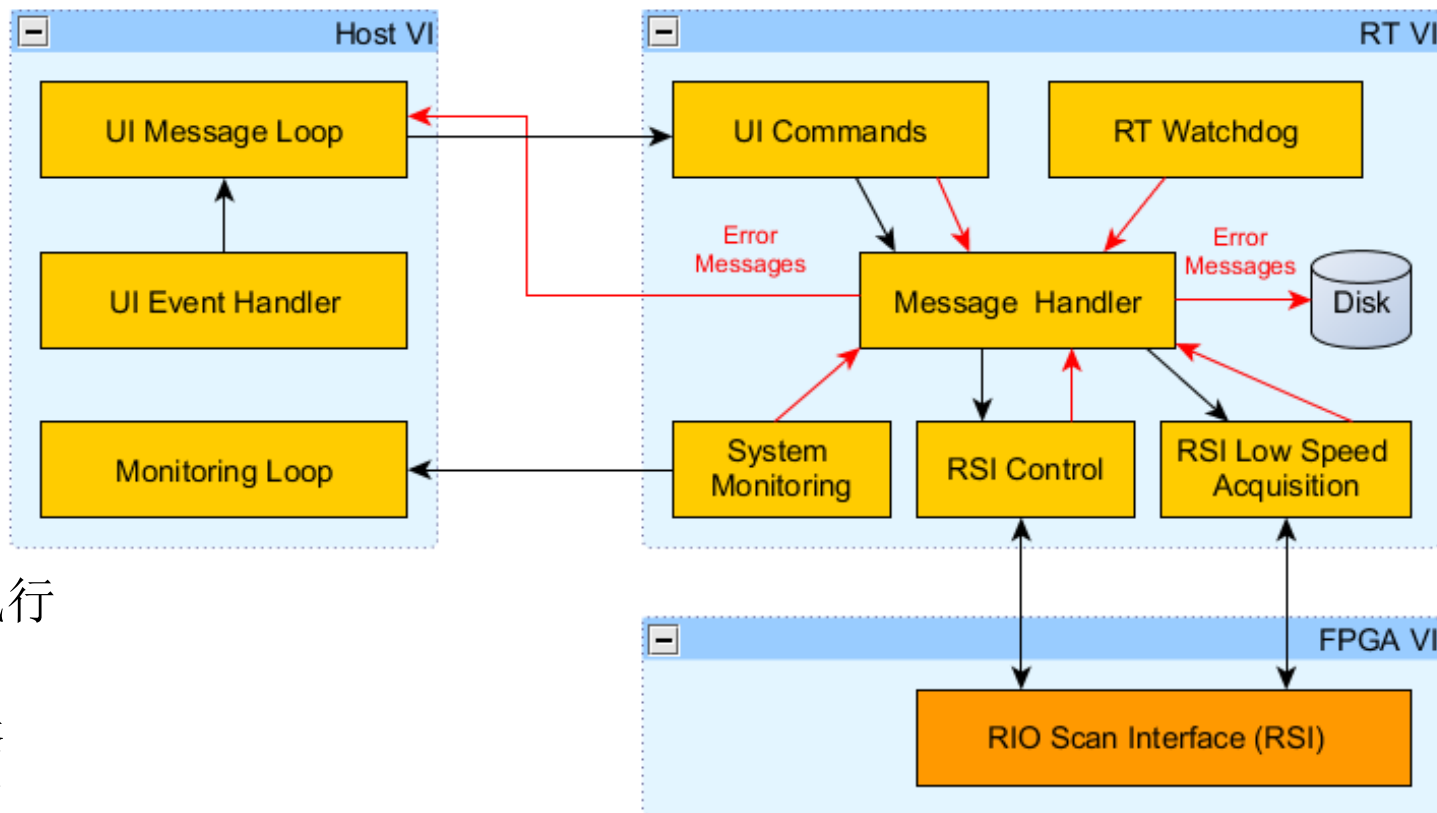


确定性执行

- 精确定时
- 更高可靠性
- 优先级排序
- 实时操作系统 **V.S.** FPGA



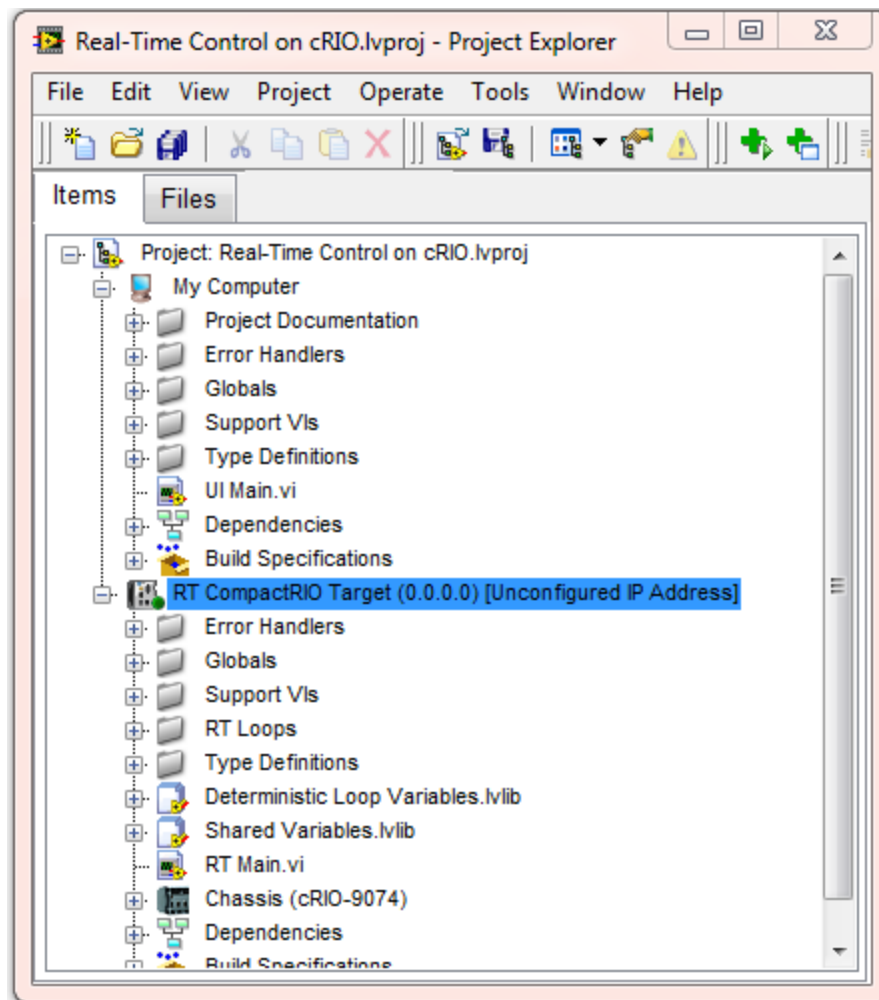
项目范例 - cRIO上进行LabVIEW实时控制



• 内含功能

- 确定性执行
- PID控制
- 安全状态
- 错误处理
- 无干预操作
- RT-UI通信接口
- 用于查看和配置修改的远程用户界面

cRIO上进行LabVIEW实时控制指南

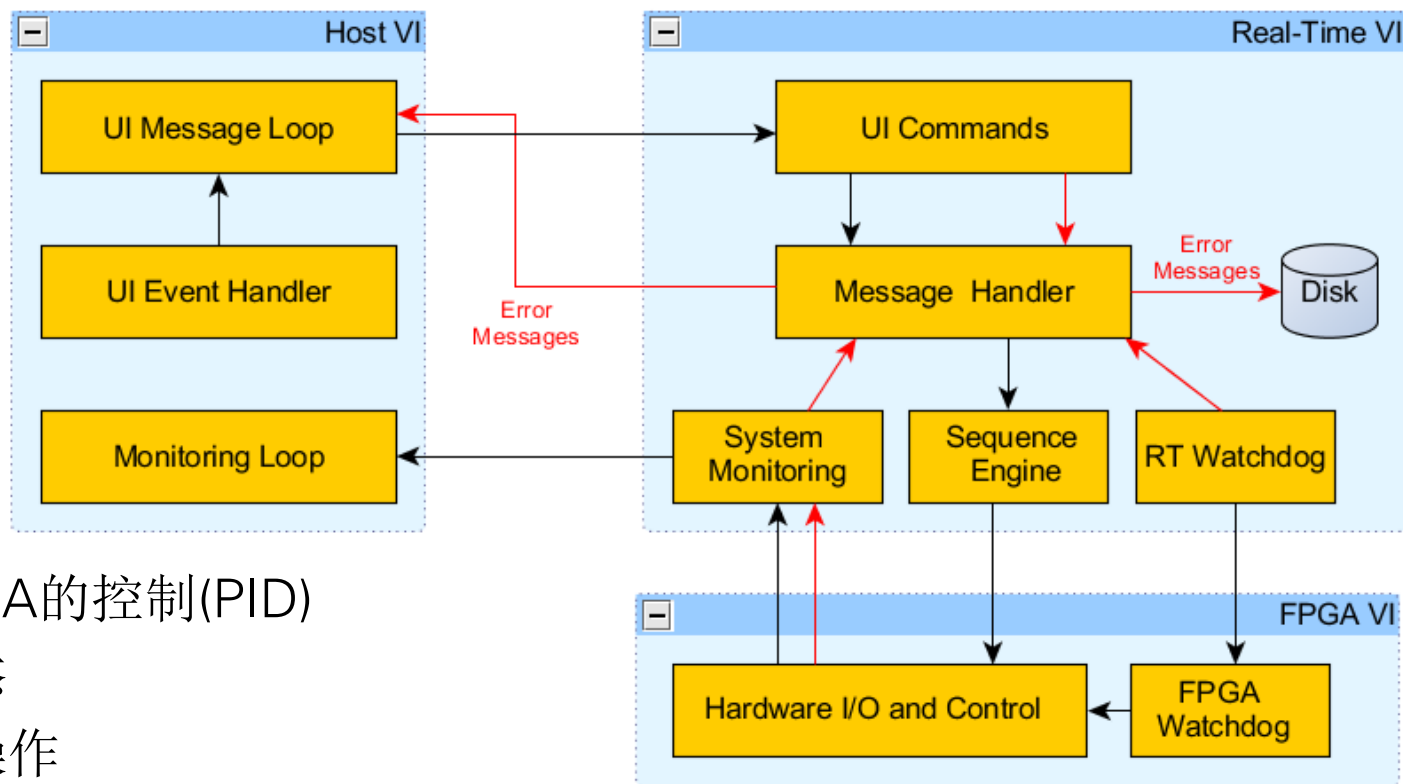


状态机/状态逻辑/序列发生器

- 状态机主要用于控制、排序和协调其他数字子系统的行为
- 状态图可轻松转化为LabVIEW
- 实现状态机有多种方式



使用实时序列发生器项目范例的原因

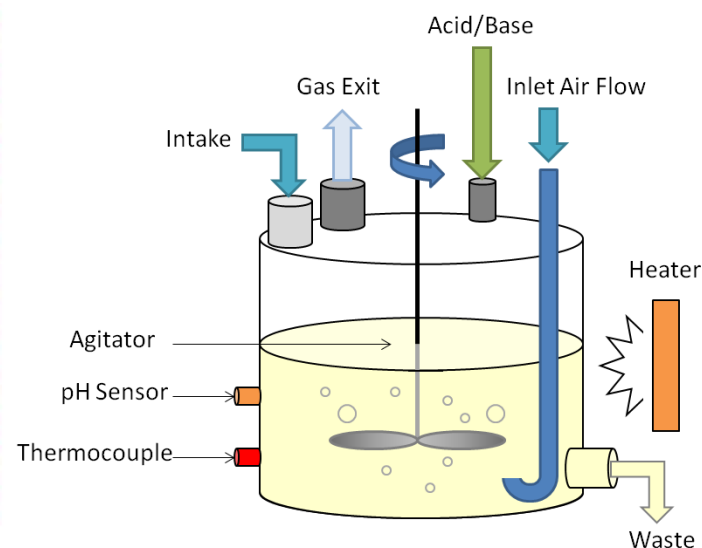
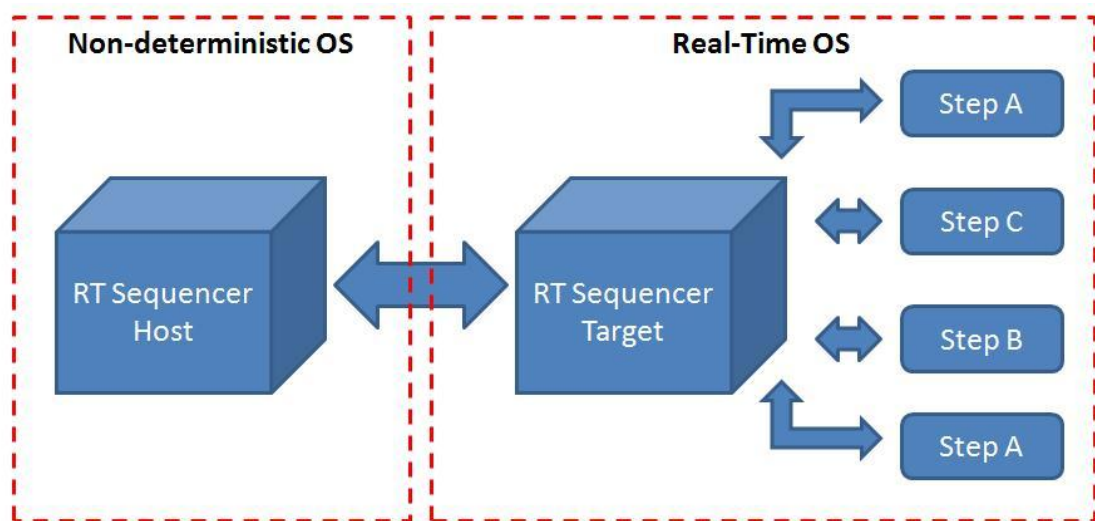


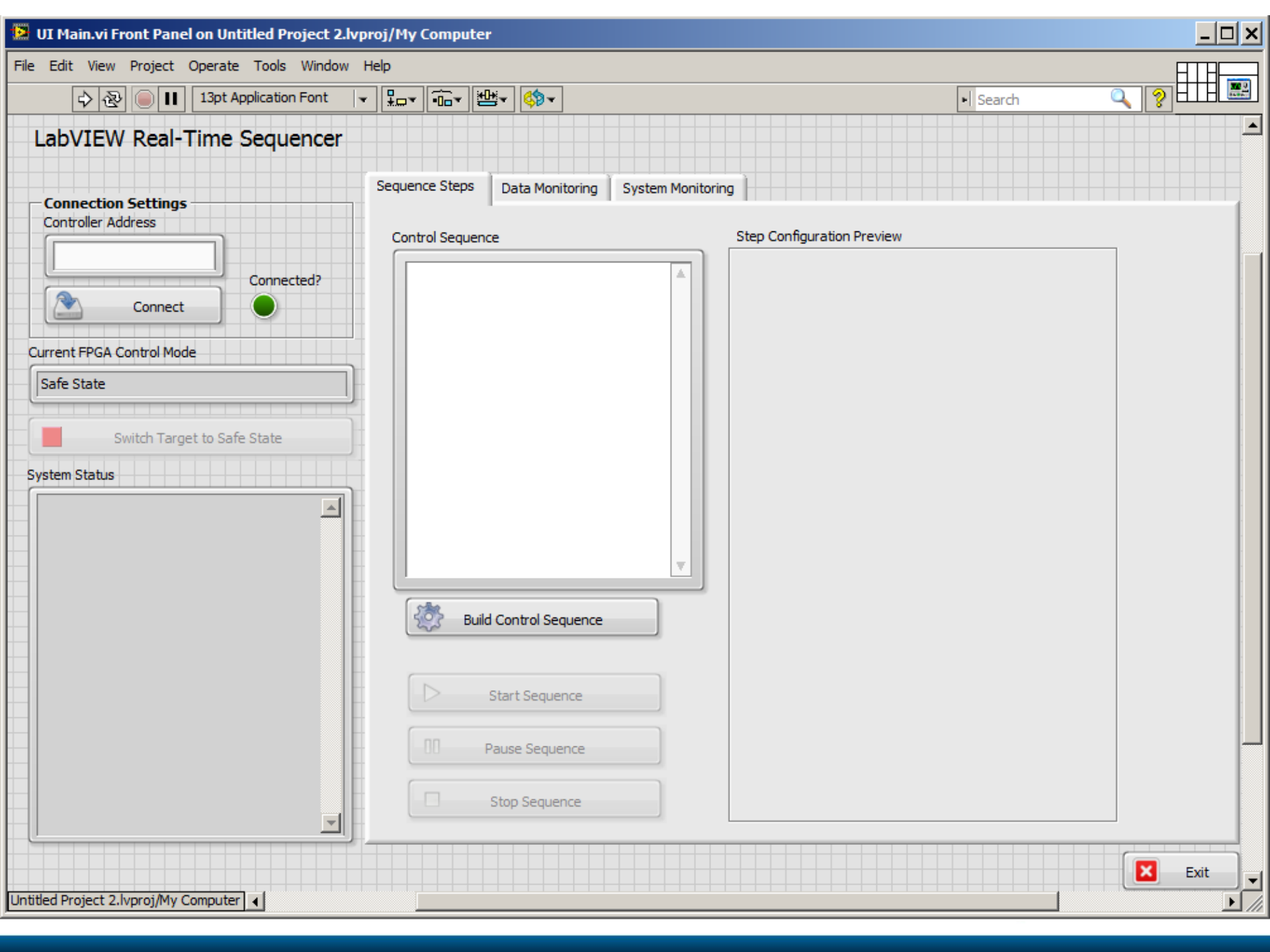
• 内含功能

- 基于FPGA的控制(PID)
- 安全状态
- 无干预操作
- RT-UI通信接口
- 用于查看和配置修改的远程UI
- **实时序列发生器**

项目范例 - LabVIEW 2013实时序列发生器

- 包含于LabVIEW 2013
- UI可允许用户定义和排序步骤
- 步骤在实时序列发生器引擎内执行
- FPGA用于硬件I/O和控制





The Real-Time VI contains five parallel loops:

UI Command Loop - Receives messages from the UI Main VI.

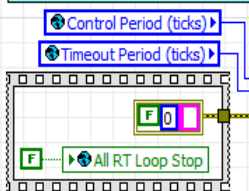
Message Handling Loop - Handles all messages coming from the UI Command Loop, itself, the Watchdog Loop, and the Monitoring Loop.

Sequence Engine Loop - Executes the sequence sent from the UI Main VI.

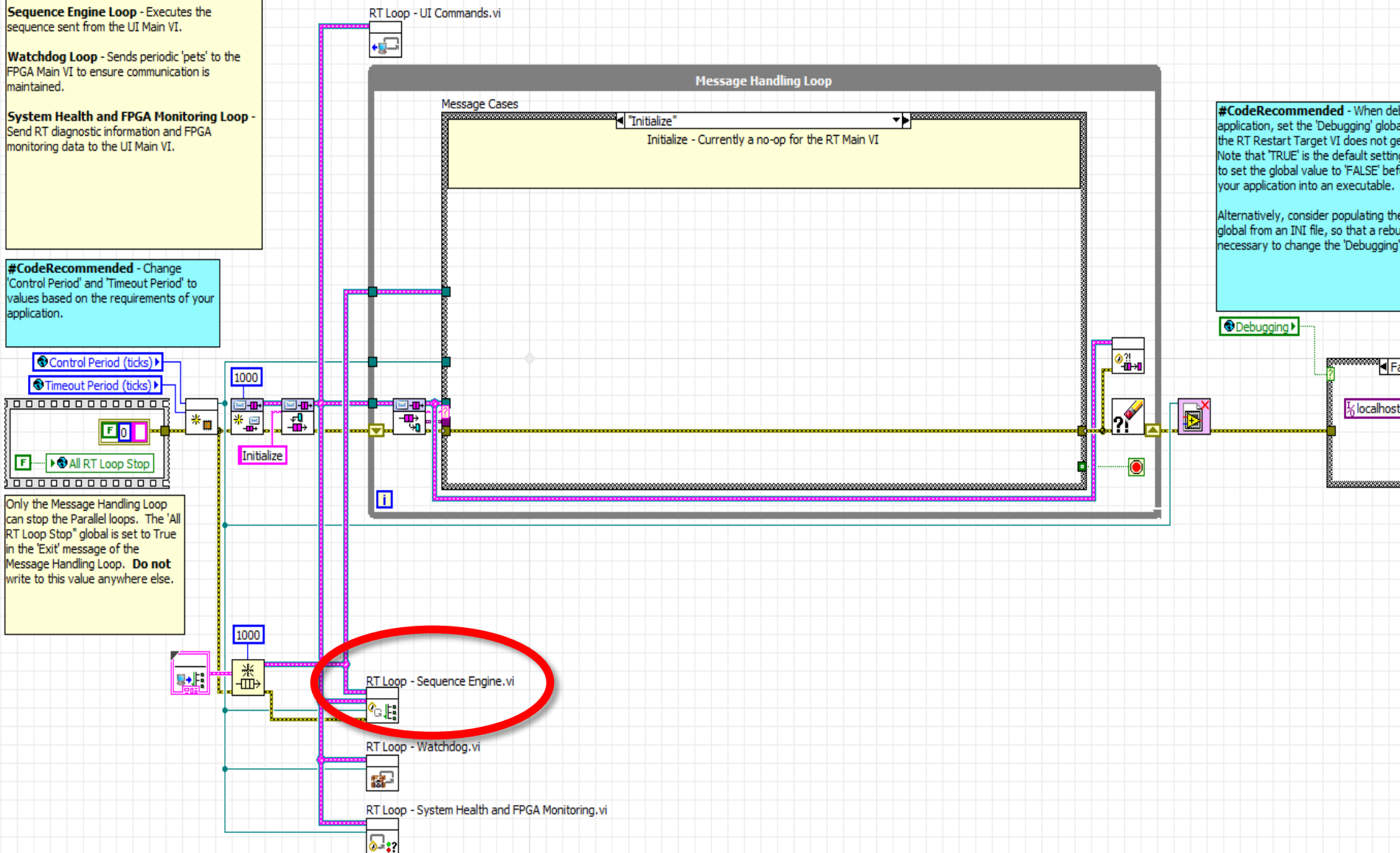
Watchdog Loop - Sends periodic 'pets' to the FPGA Main VI to ensure communication is maintained.

System Health and FPGA Monitoring Loop - Send RT diagnostic information and FPGA monitoring data to the UI Main VI.

#CodeRecommended - Change 'Control Period' and 'Timeout Period' to values based on the requirements of your application.



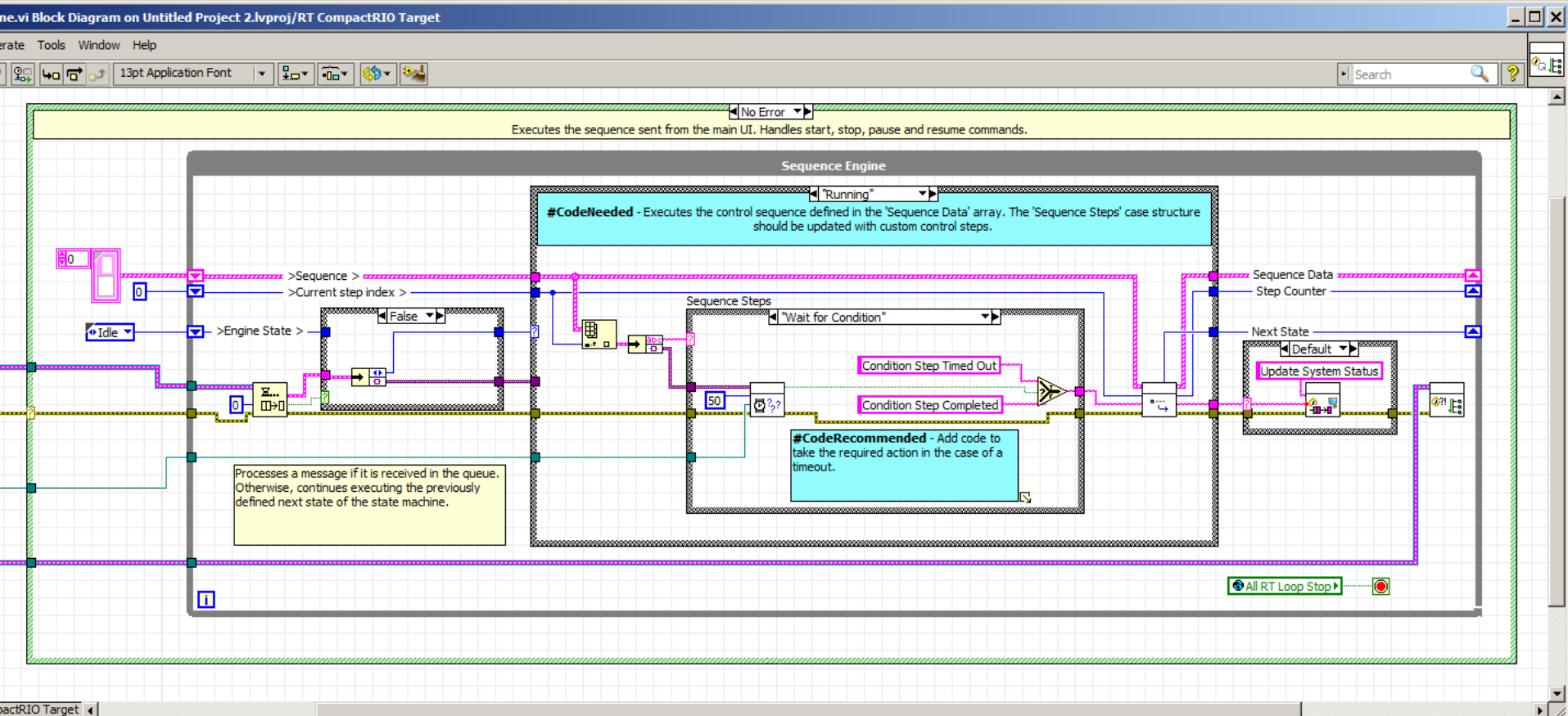
Only the Message Handling Loop can stop the Parallel loops. The 'All RT Loop Stop' global is set to True in the 'Exit' message of the Message Handling Loop. **Do not** write to this value anywhere else.



#CodeRecommended - When debugging an application, set the 'Debugging' global to 'TRUE'. Note that 'TRUE' is the default setting to set the global value to 'FALSE' before your application into an executable.

Alternatively, consider populating the global from an INI file, so that a reboot is necessary to change the 'Debugging' value.

序列发生器引擎



运动控制与机器视觉集成

图形化开发平台 — 集成运动控制与机器视觉

控制器



CompactRIO



PXI

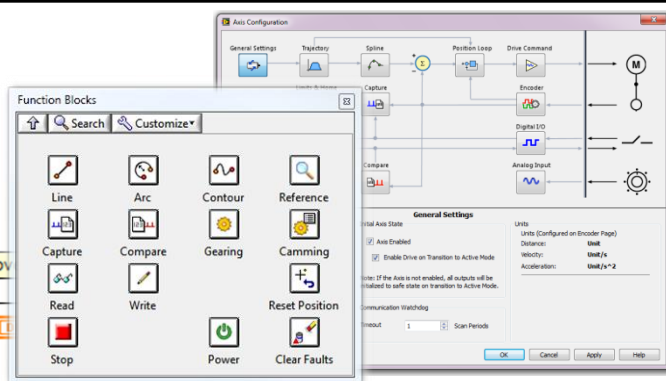


Single Board RIO



PCI/PXI

高级运动控制软件与算法



驱动接口模块

步进
NI 9512

伺服
NI 9514
NI 9516



驱动模块

步进
NI 9501
P7000

伺服
NI 9505
NI 9502
AKD



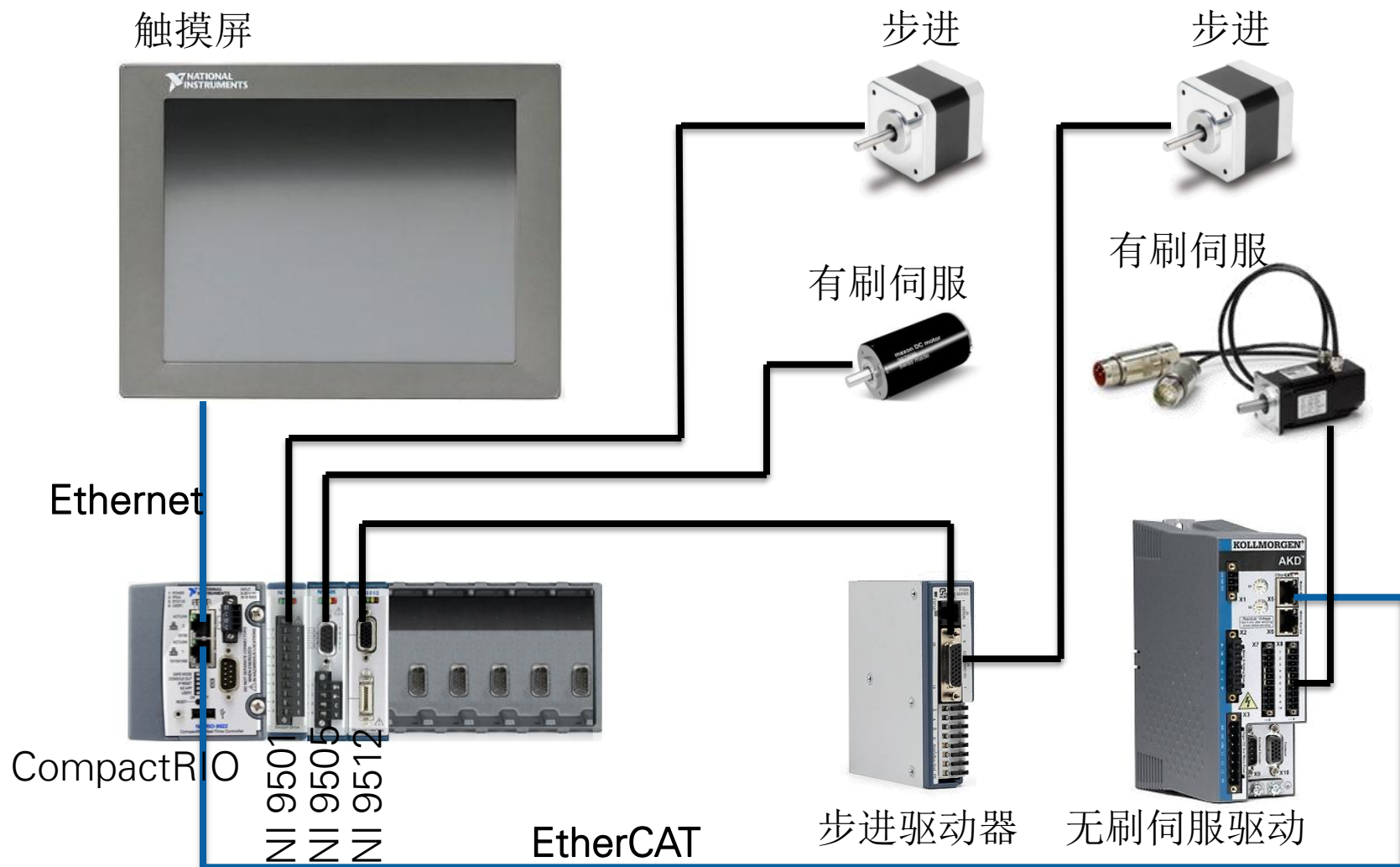
电机

步进

伺服



基于CompactRIO搭建智能机器控制系统



实现运动控制的高确定性分布式同步



实时以太网

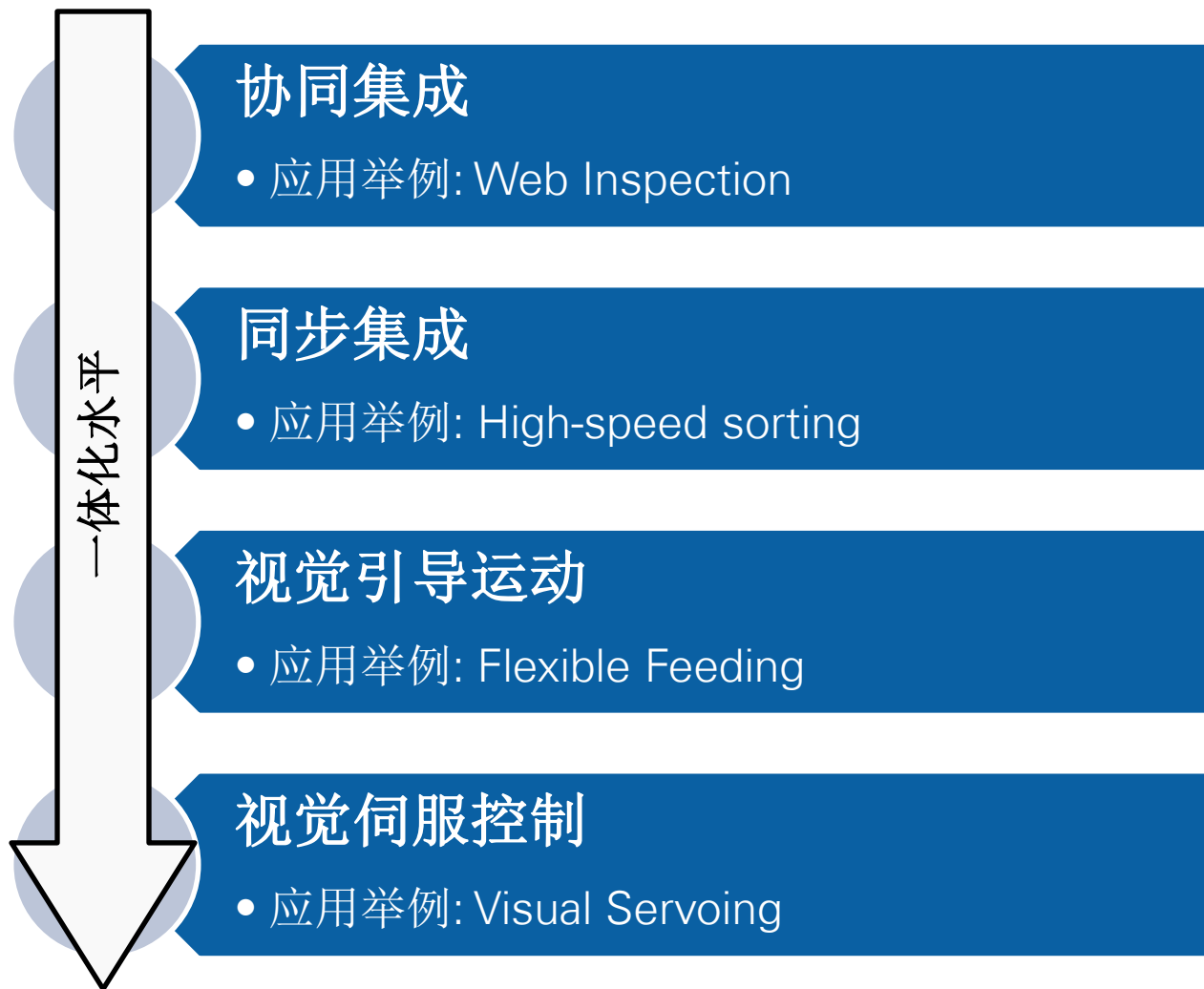
NI 9144扩展机箱

- 纳秒级确定性
- 开放的FPGA编程
- 通过普通网线连接
- 通过菊花链扩展到更多机箱

NI 9144实时以太网扩展机箱



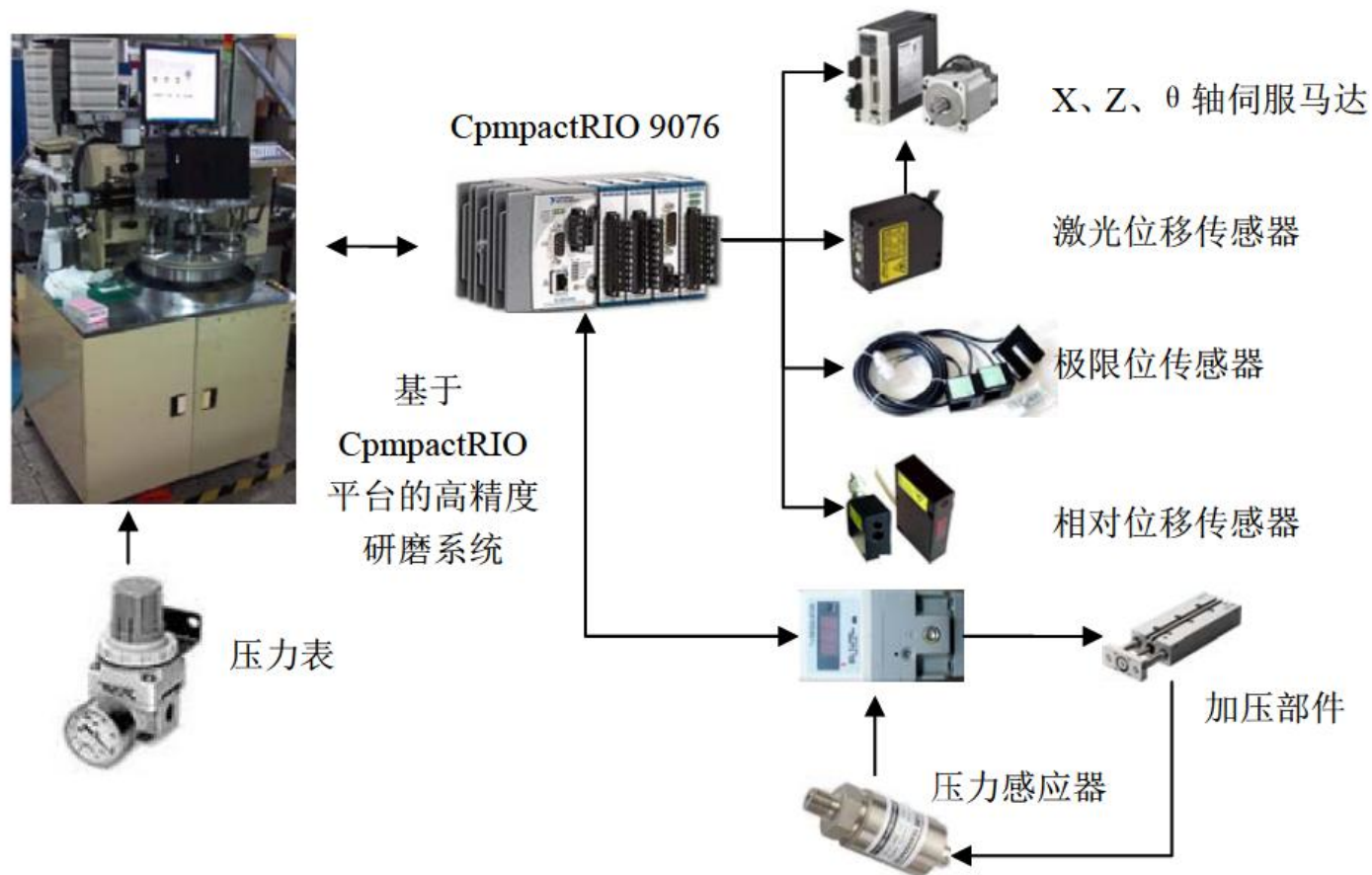
运动控制-机器视觉高度集成



视频演示: Ball Balancer Demo



案例：基于CompactRIO的高精度研磨系统



今天没有讨论的内容

- 无干预系统同步

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/210830>

- 图像处理

- www.ni.com/vision

- 冗余参考架构

<http://zone.ni.com/devzone/cda/epd/p/id/5997>

- 数据记录

- 波形采集和分析

- 监测控制

- 轨道生成

- 电机控制

- www.ni.com/motion

- 工业通信

更多资源

- 通用机器控制架构
 - <http://www.ni.com/white-paper/6145/en>
- 参考设计（社区）
 - <https://decibel.ni.com/content/groups/reference-designs>
- NI核心产品白皮书和讲义
 - www.ni.com/smartmachines
- 在线教程
 - www.ni.com/smartmachinewebcastseries
- 模板和项目范例
- 随附范例
- 借助NI系统工程工具，进行概念验证

其他相关演讲

时间	名称
14:30-15:15	基于CompactRIO平台的状态监测应用及案例分析
15:30-16:15	NI RIO 架构为嵌入式应用提供领先的嵌入式开发平台
15:30-16:15	完整的嵌入式系统解决方案灵活应对复杂项目开发