

基于NI单卡式RIO和LabVIEW的NIM 远程实时控制器设计

张杰 魏微 宁哲 杜秋宇 江晓山

核探测与核电子学国家重点实验室

2014-08-14

主要内容



- 背景需求
- 实现方式
- 性能
- 总结

背景需求



- 高能所 实验物理中心 电子学组 ASIC芯片：
 - 用于同步辐射的计数型硅像素探测器芯片
 - 基于线性放电TOT技术的低噪声前端读出
 - 32通道低噪声GEM前端读出芯片
- 测试需求：
 - 简单的数据读出和在线处理功能。
 - 时间紧、任务重：每年5到6次的MPW流片，每次测试结果直接影响下一版流片。
 - 批量测试时需要实现自动化操作。

高能同步辐射光源硅像素探测器预研



- 针对同步辐射应用，力争实现实用化的硅像素探测器系统
- 通过数年的前期研究，参加国际合作，在读出电子学方面已有一定基础，通过该项目的研究，希望掌握像素读出芯片设计和测试的关键核心技术
- 项目时间：2012~2015
- **项目验收指标**
 - 灵敏面积：8cm×8cm
 - 像素尺寸：200 μ m×200 μ m
 - 帧刷新率：>100Hz
 - 动态范围：20bit
 - 能量范围：8~20keV
- **项目设计指标**
 - 灵敏面积：8cm×8cm
 - 像素尺寸：150 μ m×150 μ m
 - 帧刷新率：1kHz
 - 动态范围：20bit
 - 能量范围：8~20keV
- 探测器整体方案基于成熟的混合型像素探测器结构，即全耗尽体硅传感器+倒装焊连接+像素ASIC读出芯片方案

背景需求



- 高能所 实验物理中心 电子学组 ASIC芯片:

- 用于同步辐射的计数型硅像素探测器芯片
- 基于线性放电TOT技术的的低噪声前端读出
- 32通道低噪声GEM前端读出芯片

明天**09:15**

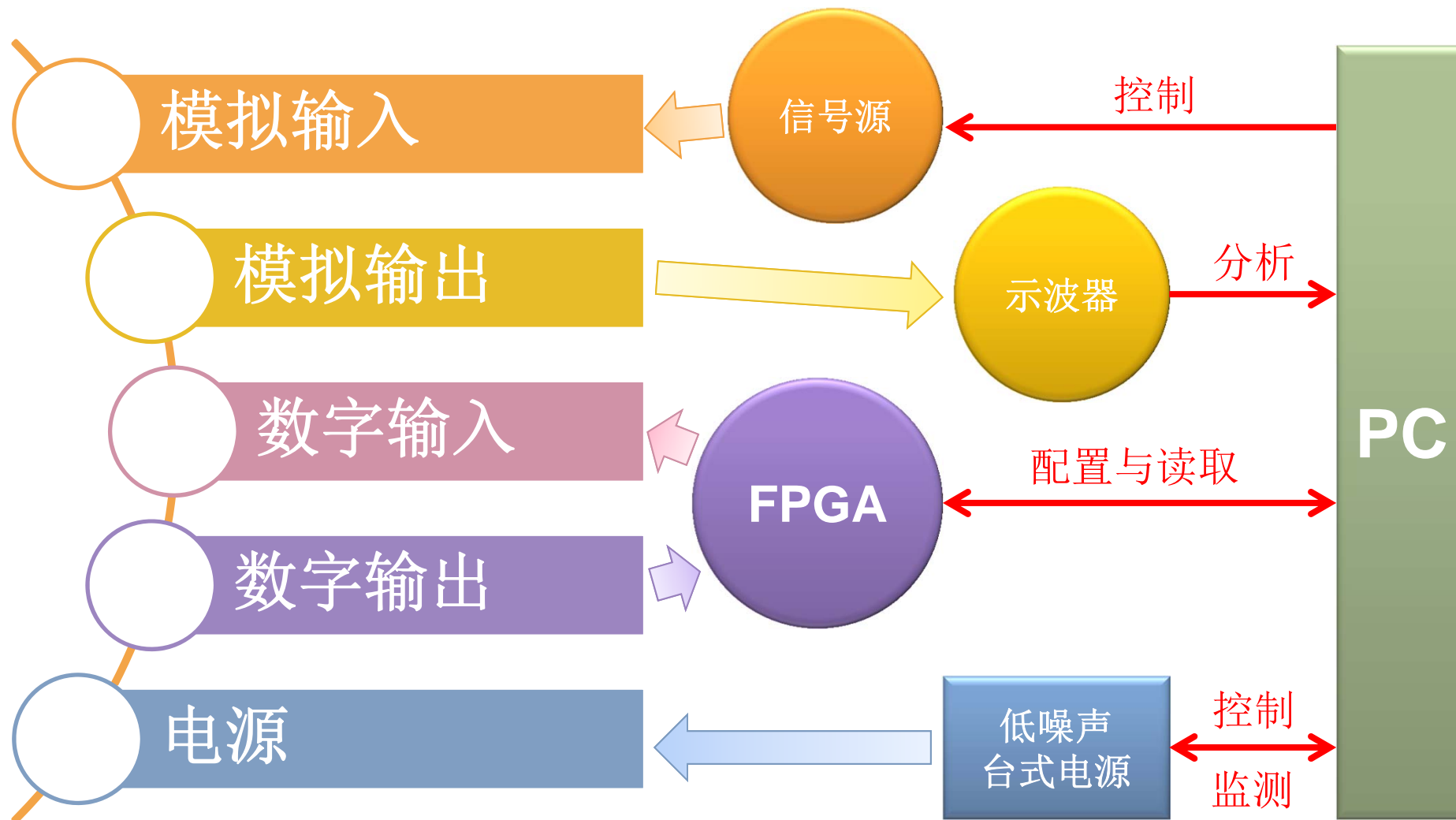
10:30

第二分会场

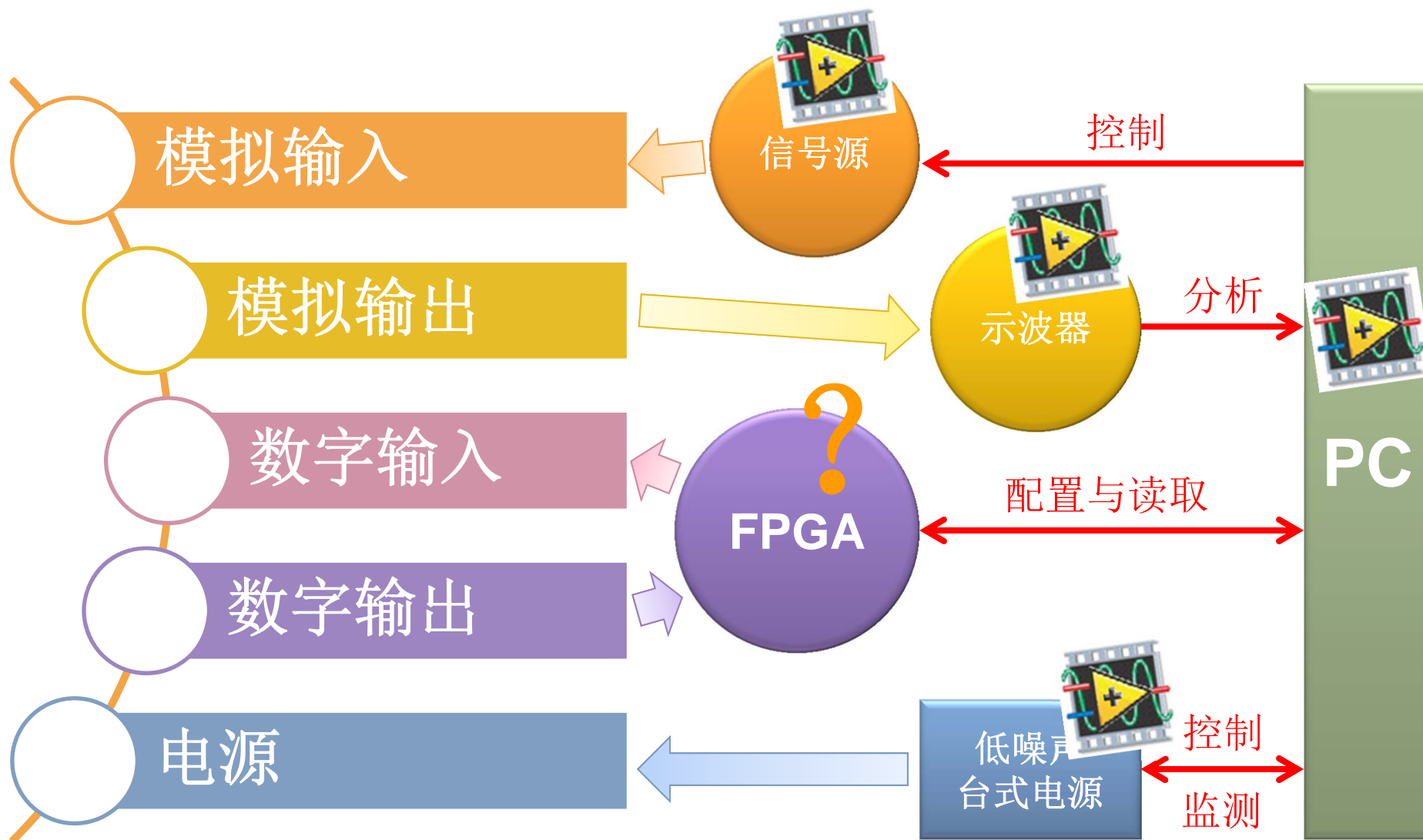
- 测试需求:

- 简单的数据读出和在线处理功能。
- 时间紧、任务重：每年5到6次的MPW流片，每次测试结果直接影响下一版流片。
- 批量测试时需要实现自动化操作。

一般的ASIC测试架构



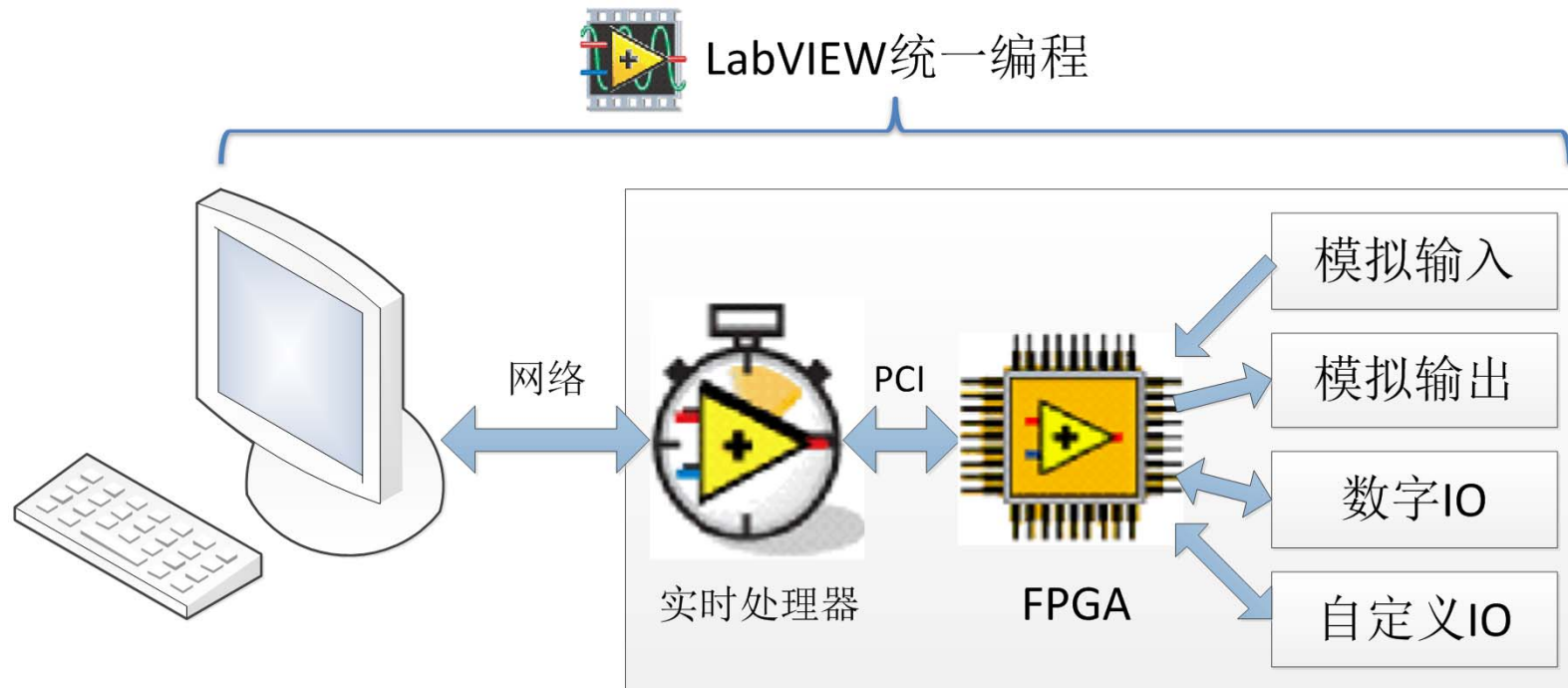
一般的ASIC测试架构



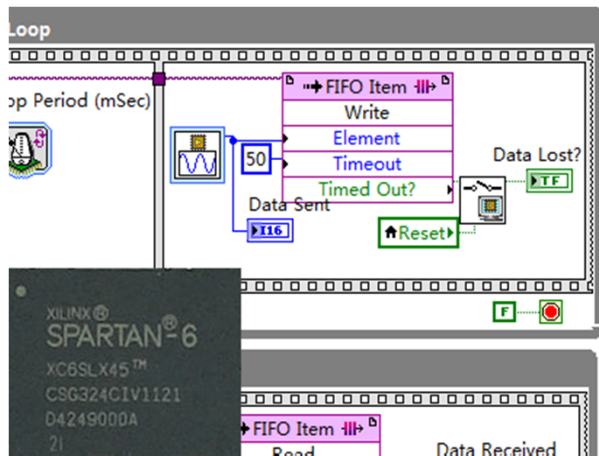
基于LabVIEW的软硬件一体开发



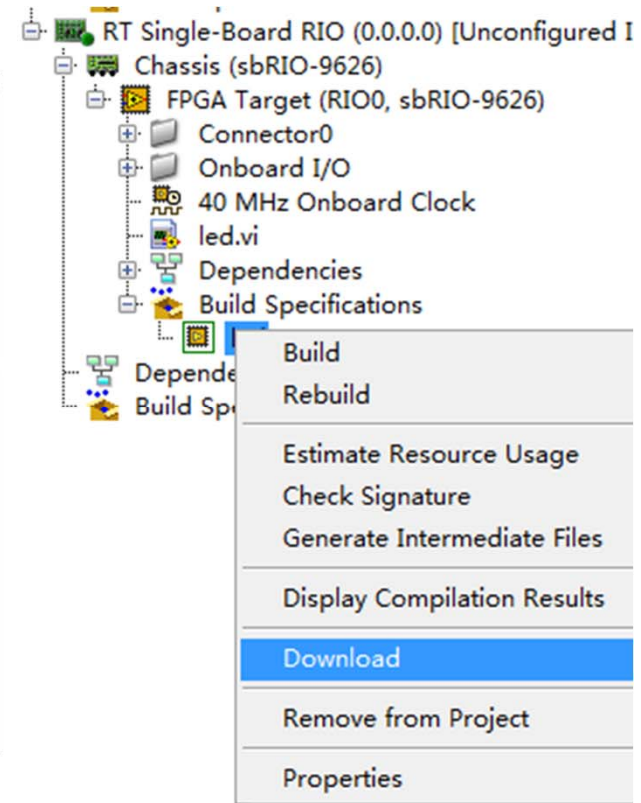
- NI Single-Board RIO平台结合了可部署的嵌入式设备，在单一板卡上集成了实时处理器、可重复配置现场可编程门阵列(FPGA)、模拟和数字I/O，以上这些全部通过LabVIEW软件编程。



基于LabVIEW的FPGA开发流程



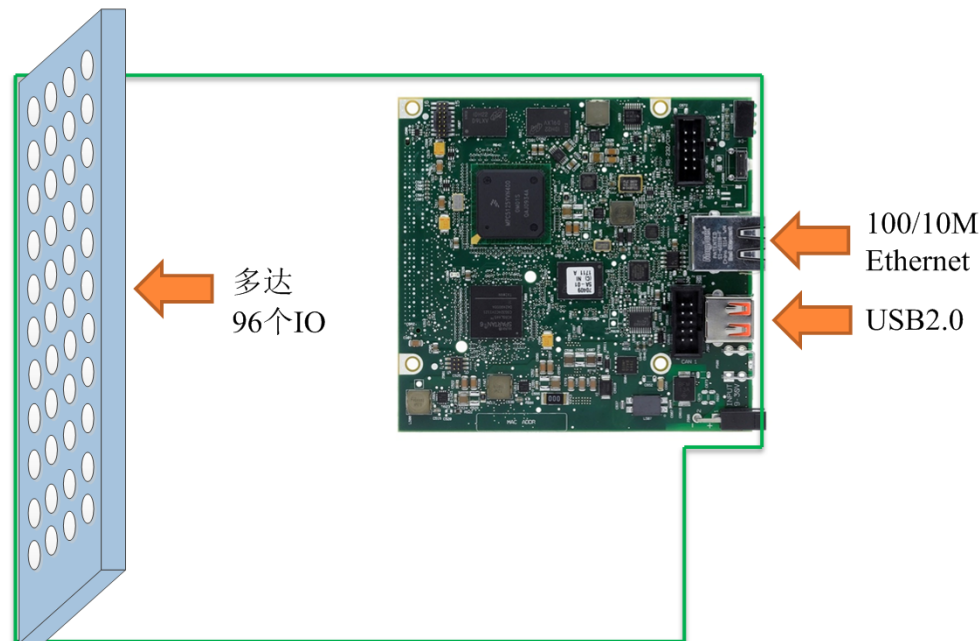
```
13 -- © 2004 National Instruments Corporation
14 library ieee;
15 use ieee.std_logic_1164.all;
16 use ieee.numeric_std.all;
17
18 entity FPGALED is
19
20     generic (
21
22         --VPP     #if CRIO_PORT_DIN > 0
23         --VPP     kdinWidthIn  : POSITIVE := 2
24         --VPP     kdinWidthOut : POSITIVE := 2
25         --VPP     #if CRIO_PORT_DOUT > 0
26         --VPP     ;
27         --VPP     #endif
28         --VPP     #endif
29         --VPP     #if CRIO_PORT_DOUT > 0
30         kdoutWidthIn : POSITIVE := 3;
31         kdoutWidthOut : POSITIVE := 1
32         --VPP     #endif
33     );
34
35     port (
36         cRIO_FPGA_LED : out std_logic;
37
```



将Single-Board RIO和NIM插件相结合



- 粒子物理实验积累了大量各类核仪器NIM插件。
- NIM机箱不含插件间通信协议，难以远程控制。
- 基于NI单卡式RIO和LabVIEW的NIM远程实时控制器：
 - NI sbRIO-9606作为子板。
 - 母板将其96个IO扩展到前面板。



NI Single-Board RIO资源



Table 1. I/O and other components available on NI sbRIO devices

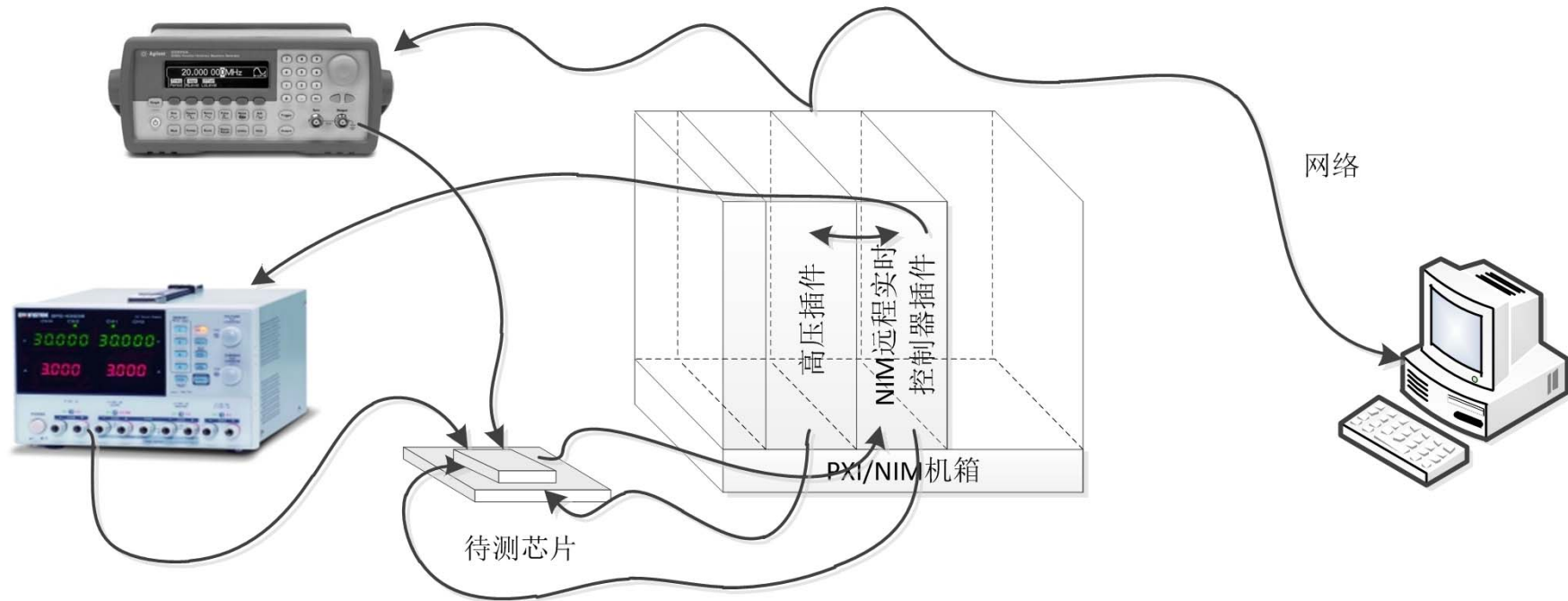
NI sbRIO device	Memory	RAM	RS-232	RS-485	CAN	USB	SDHC	FPGA	DIO	AI	AO	RMC
sbRIO-9605	256 MB	128 MB	1	—	—	—	—	LX25	—	—	—	1
sbRIO-9606	512 MB	256 MB	1	—	1	1	—	LX45	—	—	—	1
sbRIO-9623	256 MB	128 MB	2	1	—	—	—	LX25	4	16ch-12bit	4ch-12bit	1
sbRIO-9626	512 MB	256 MB	2	1	1	1	1	LX45	4	16ch-16bit	4ch-16bit	1
sbRIO-9633	256 MB	128 MB	2	1	1	1	1	LX25	28	16ch-12bit	4ch-12bit	—
sbRIO-9636	512 MB	256 MB	2	1	1	1	1	LX45	28	16ch-16bit	4ch-16bit	—

- RMC: 96个IO
- AI: 12bits 500kS/s 0~5V ADC
16bits 200kS/s ±10V ADC
- AO: 12/16bits 336kS/s 0~5V DAC

ASIC测试平台



- 通用的测试平台：节省硬件PCB开发时间
- 统一的LabVIEW编程语言：节省软件调试时间



预期性能



- 人力时间：对于熟悉LabVIEW的工程师从搭建上述系统到完成自动测试预计仅需要一周时间
- 系统响应时间：由于每个IO直接连接FPGA，对外界的响应时间可以只取决于FPGA的运行频率，若FPGA IO的处理循环运行在120MHz，响应时间为8.33ns的整数倍
- 价格：根据CompactRIO子板的选配而变化，单插件价格在1万元到2万元之间
- 功耗：约17.11W

总结



- 设计了一种基于NI单卡式RIO和LabVIEW的NIM插件——NIM远程实时控制器，利用LabVIEW和可重复配置IO硬件设备，为快速搭建ASIC测试系统提供了一个灵活的实时远程控制平台。
- 仅需掌握LabVIEW，而无需掌握专门的硬件设计语言，就可使用可编程的FPGA来创建高度优化的可重新配置的控制和采集系统，同时利用嵌入式处理器对数据实时分析、事后处理、数据记录，易于实现自动化操作。

Thank you !