

Redefinindo o projeto de controle embarcado:

Conheça em detalhes o novo CompactRIO programável em NI Linux RT

André Oliveira

Engenheiro de Vendas da National Instruments

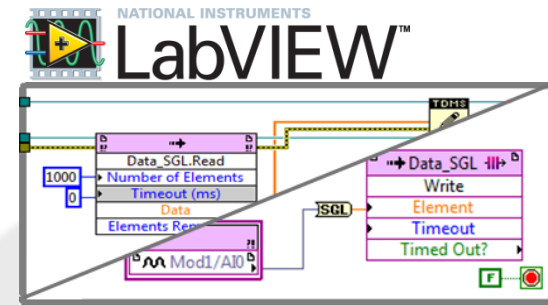
Telles Soares

Engenheiro de Sistemas da National Instruments

Agenda

- Visão geral do hardware
- Introdução ao NI Linux Real-Time
- Sistema de arquivos
- Conectividade e segurança
- Configuração e implementação
- Outras características chave
 - Novos VIs, Suporte a C/C++, OPKG, etc.

O CompactRIO redesenhado



NI LabVIEW System Design

Programe com os módulos LabVIEW Real-Time e LabVIEW FPGA;
Embarque rapidamente as aplicações existentes do LabVIEW.

Ultra-robusto

Faixa de temperatura de operação de -40 a 70° C;
Tolerância de 50 g contra impacto e 5 g contra vibrações.

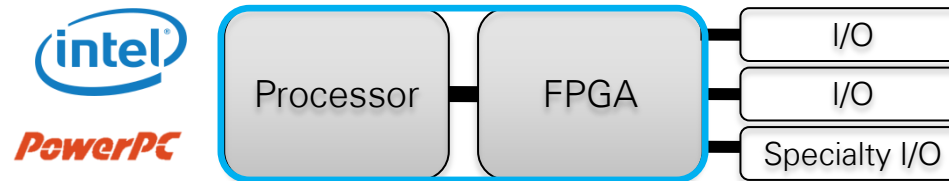
Alto rendimento e desempenho

Processador ARM Dual-Core de 667 MHz;
Xilinx 7 Series FPGA com 85k de portas lógicas;
16 canais DMA FIFO para streaming de dados.

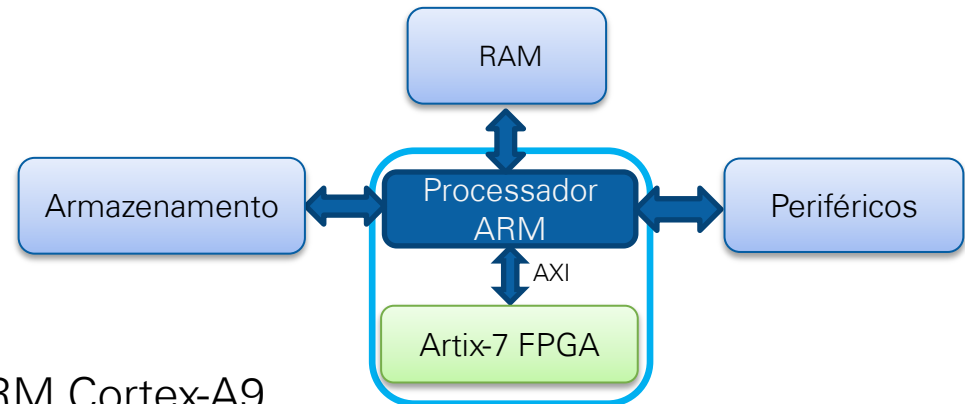
Reutilização de código

Sistema operacional de tempo real NI Linux;
Integre as aplicações e bibliotecas existentes;
Desenvolva, depure e implemente código C/C++.

Novo valor da arquitetura do Hardware CompactRIO

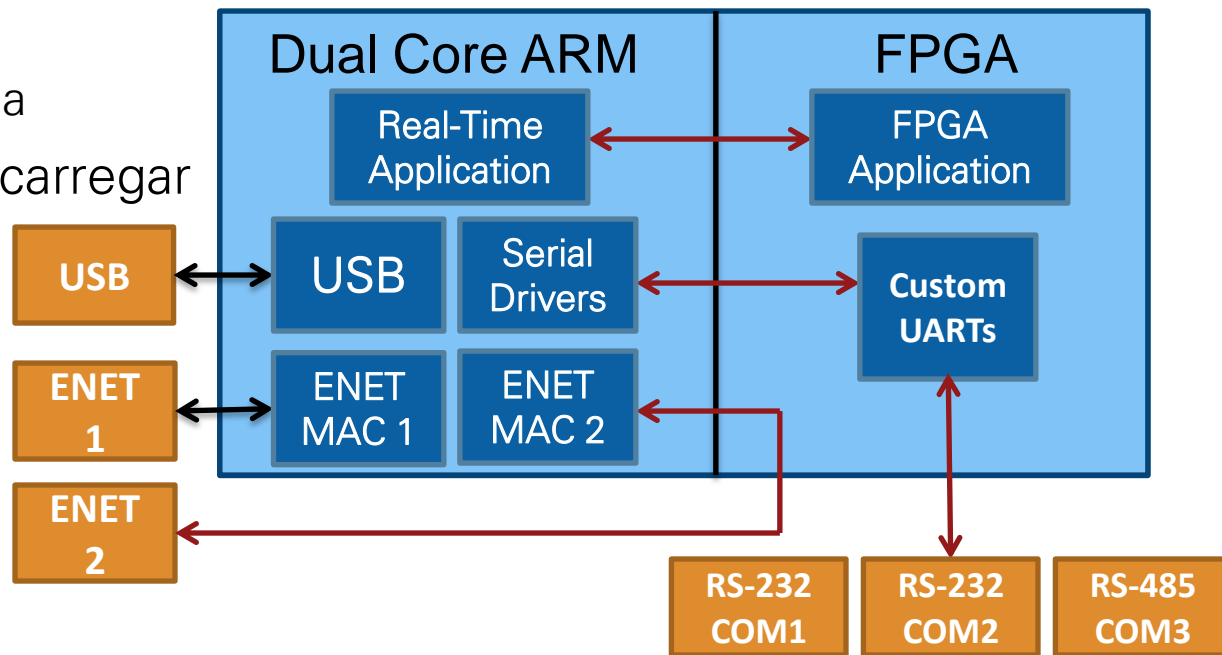


- Barramento AXI entre o FPGA e o processador
- Taxa de transferência de 300 MB/s
- Processador 667 MHz Dual-Core ARM Cortex-A9
- Alguns periféricos roteados através do FPGA
- Artix-7 FPGA com 85000 células lógicas
- 220 DSP Slices



Inconsistência no FPGA Xilinx Zynq

- O FPGA perde a configuração quando os sistemas são reiniciados.
 - Resulta da combinação do processador e do FPGA dentro de um único chip
- Os pacotes de dados da segunda porta Ethernet e da porta Serial são perdidos enquanto o FPGA é configurado ou resetado.
 - Isto ocorre devido ao roteamento durante a construção do FPGA, tanto da porta Ethernet (secundária) quanto de todos os periféricos com interface serial.
 - A conexão é mantida
- FPGA leva ~1.8s para carregar
 - 1.8s é o tempo de um “cold boot”
 - Tempo de Carregamento mais rápido se já estiver em execução



Melhores práticas para dispositivos FPGA baseados no Zynq

- O risco de estado de E/S incontrolado é muito limitado
 - Existe um risco muito baixo do sistema reiniciar espontaneamente - O NI Linux Real-Time é um sistema operacional mais robusto em grande parte por ser um SO dual-mode
 - Se a aplicação Real-Time falhar, ela irá reiniciar 3 vezes, depois o Linux RTOS irá desabilitar o aplicativo de inicialização e piscar o LED de status 4 vezes continuamente.
 - Resumo: o target não irá reiniciar automaticamente se a aplicação Real-Time falhar
- Faça um deploy de um FPGA bitfile na memória flash, e tenha configurado para auto-carregar quando o dispositivo for reinicializado.
 - Desde que o tempo de carregamento do FPGA seja de 1 segundo (de um “cold boot”) – no pior caso, se uma reinicialização é necessária, o estado de E/S ficará sem controle por menos de 1,8 segundos.
- Uso de um watchdog no LabVIEW FPGA para a transição de E/S para um estado seguro
 - Continue a contar com o [Fail Safe Control Reference Design](#) com uma pequena modificação –Evitar a chamada da função ‘System Reset’ que também irá resetar o FPGA
 - Como alternativa, reinicie a aplicação Real-Time ou execute uma aplicação Real-Time mais estável (o que pode ser feito com um simples script no Linux)
- Monitorar cuidadosamente reinicializações programáticas
- Se for aplicar novas configurações ou realizar diagnósticos que necessitam de reinicialização, considere ramificações
- Para garantir a confiabilidade, utilize resistores de pull up/pull down para controle dos estados de E/S todas as vezes
 - O estado padrão de E/S de todos os dispositivos da série C está incluso na documentação do modulo

NI CompactRIO Programado com LabVIEW

cRIO-9002
cRIO-9004
cRIO-9072
cRIO-9074
cRIO-9075
cRIO-9076
cRIO-9012
cRIO-9014
cRIO-9024
cRIO-9025



PowerPC

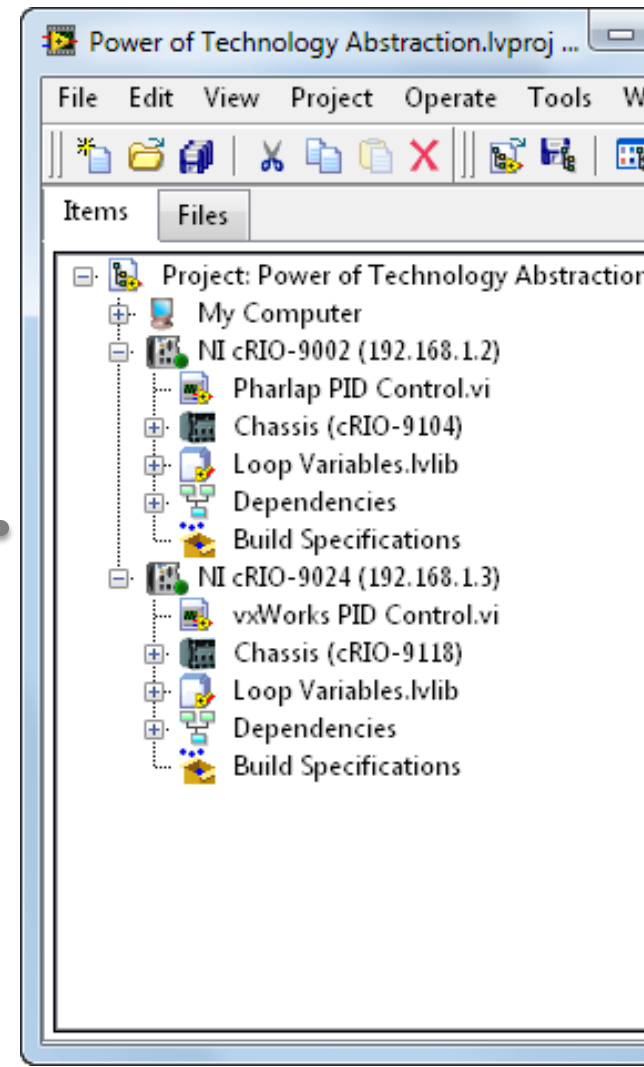
VxWorks

cRIO
cRIO



cRIO-9068

ZYNQ



C/C++

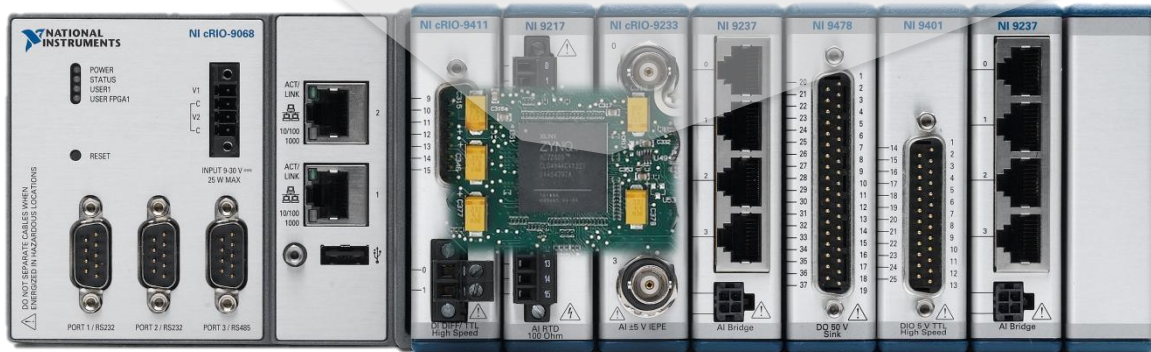


NATIONAL INSTRUMENTS
LabVIEW™ 2013

Aplicações e Bibliotecas
da Comunidade



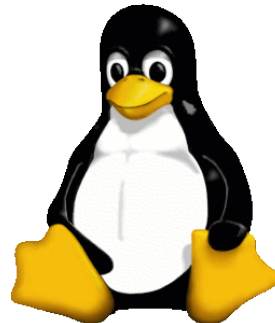
Sistema Operacional NI Linux Real-Time



Suporte do LabVIEW para NI Linux Real-Time OS®

O módulo LabVIEW 2013 Real-Time suporta o desenvolvimento, depuração e implementação de aplicações no sistema determinístico de operação NI Linux Real-Time OS®

- Usuários familiarizados com o Linux, poderão aproveitar o vasto **ecossistema** Linux dentro da nova controladora do CompactRIO
- **Reutilize** códigos em C/C++ na controladora CompactRIO, em conjunto com aplicações desenvolvidas no LabVIEW Real-Time
- Liberdade em **conectividade**
 - Fluxo de projeto expandido em LabVIEW para criação de Web Service
 - Transferência de dados segura com o WebDAV
 - Interface de rede melhorada



Sistema Operacional NI Linux Real-Time

- Por que Linux?
 - Suporta diferentes tipos de arquiteturas (ARM, x86, etc)
 - Oferece melhor segurança
 - Sem venda casada, não possui proprietário
 - Amplo ecossistema
- Investimento NI
 - Confiável, desempenho real-time
 - Manutenção e gestão futura pela NI

Confiança Real-time com usabilidade/ecossistema de um SO de uso geral

Sistema Operacional NI Linux Real-Time

- PREEMPT_RT
 - Permite a preempção e a herança de prioridade
 - Melhorias comumente aplicadas no kernel principal do Linux
 - Abordagem padrão para real-time no Linux ao longo dos últimos anos
- Dual Mode
 - Aumento da resiliência e robustez do sistema
 - Melhoria na segurança do sistema
- Scheduler
 - Dois schedulers: um para tarefas em real-time, um para todas outras tarefas
 - Desempenho do sistema melhorado com scheduling mais eficiente

Modo de Inicialização e Partições

- Modo para restaurar o padrão de fábrica sem RMA
- Modo de segurança (apenas leitura)
 - Segurança com a NI-Auth
 - Sistema Web Server disponível
- Configuração de Partição
 - Mantém a configuração de rede
 - Guarda as configurações de Firewall e VPN se definidas
 - Pode ser usado para comunicação entre os modos
- Modo de execução (leitura e escrita)
 - Tem acesso a raiz do sistema de arquivos
 - Esse é o modo no qual o LabVIEW é executado

Bootloader

Modo de segurança

Configuração de
partição

Modo de execução

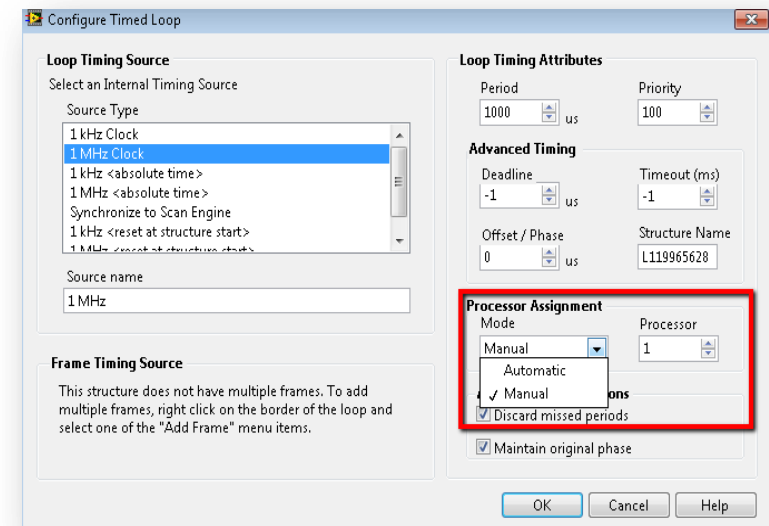
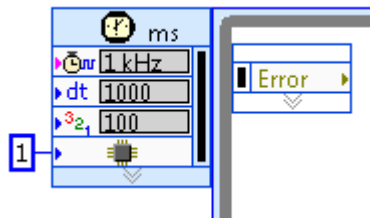
Desempenho Multicore com o cRIO-9068

- Controle de Aplicações
 - Um núcleo para código crítico, o restante em outro núcleo
 - [Introdução ao LabVIEW Real-Time Symmetric Multiprocessing \(SMP\)](#)
- Processamento de alta qualidade
 - Balanceamento de carga entre núcleos
 - [Especificando o conjunto de CPUs disponível para o Automatic Load Balancing no LabVIEW Real-Time](#)
- Aplicações Streaming
 - Arquiteturas Produtor/Consumidor
- Aproveite o LabVIEW para abordar de forma mais intuitiva a programação multicore



Otimização para Programação Multicore

- Definir as características do processador
 - Código de tempo crítico em um núcleo
 - Prioridade normal em outro núcleo

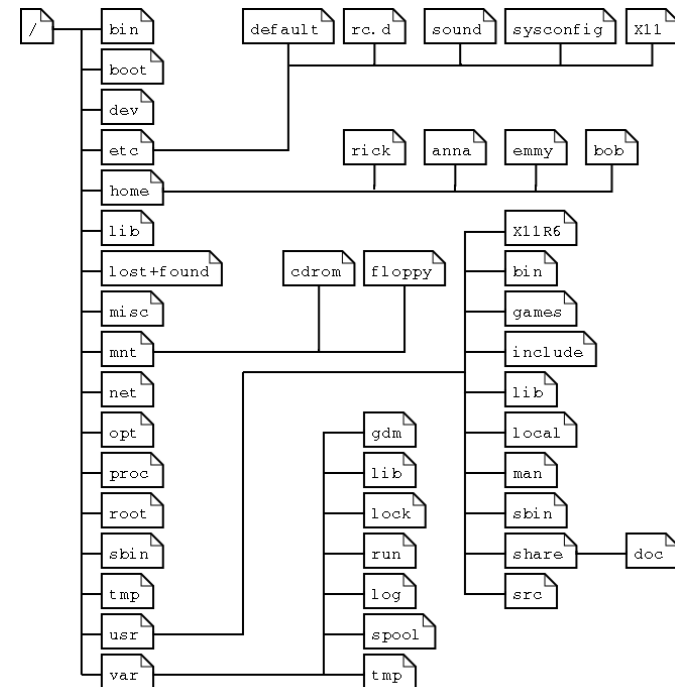


- Lembrete de boas práticas: Evite o uso de 100% da CPU com prioridade de real-time para longos períodos de tempo
 - Threads de baixa prioridade do SO precisa de acesso sempre que necessário para manter o processo de organização
 - Pode afetar o desempenho do sistema se o processo de organização estiver sobrecarregado

I. Sistema de Arquivos

Sistema de Arquivos no NI Linux Real-Time

- Sistema de arquivos compacto (UBIFS)
 - Pode armazenar mais dados localmente no dispositivo
- /tmp limpa na reinicialização
 - RAMDisk, tamanho máximo de 64MB
- Mudanças no caminho de arquivo
 - Estilo Unix
 - Localização dos arquivos de sistema foram alteradas



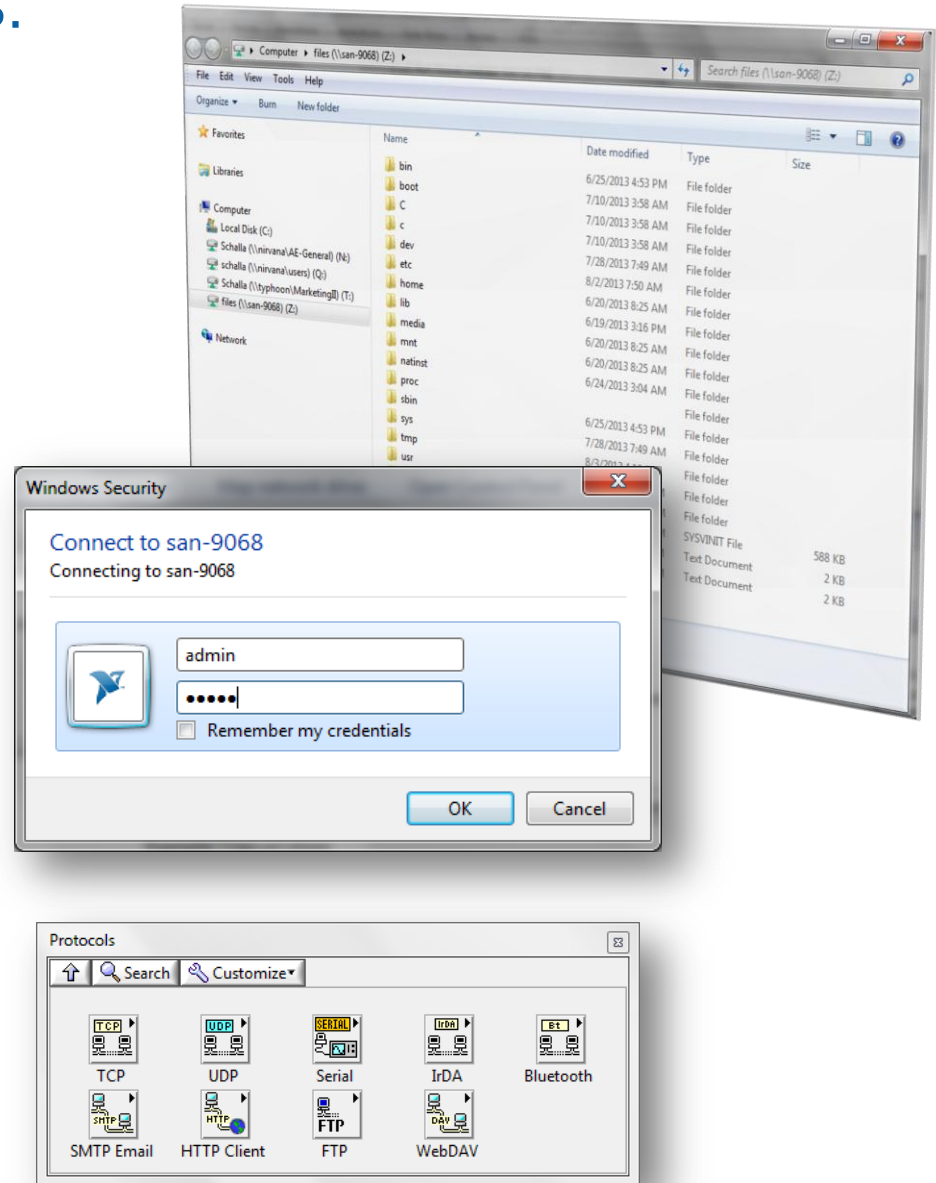
Caminho de arquivos no NI Linux Real-Time

- As aplicações devem utilizar caminhos Unix-style
 - Exemplo: **/c/log.tdms**
- O LabVIEW irá corrigir arquivos “errados” para Unix-style
 - **C:\log.tdms** → **/c/log.tdms**
 - **\C\log.tdms** → **/c/log.tdms**
- NI Linux Real-Time é case sensitive
 - **/c/log.tdms** ≠ **/C/Log.tdms**
- Links simbólicos(atalhos) com compatibilidade com algumas versões anteriores
 - **/c/ni-rt/startup** é trocado e renomeado para **/home/lvuser/natinst/bin**
 - **/u/** é usb

II. Conectividade e Segurança

Transferência de arquivos: WebDAV

- Protocolo padrão da Indústria
- Gerencia arquivos nos targets remotamente através do HTTP
- Acesso seguro aos arquivos
 - Autenticação
 - Criptografia
- Suportado por todos os OSs e navegadores web
- Nova API do LabVIEW para acesso programático



Transferência de arquivos: FTP desprotegido

- Nenhum servidor FTP desprotegido é instalado por padrão nos sistemas NI Linux Real-Time
- O servidor FTP desprotegido pode ser instalado manualmente para compatibilidade
 - Deve ser acessado como usuário 'anônimo'
 - Possui privilégios a raiz similares ao atual cRIO

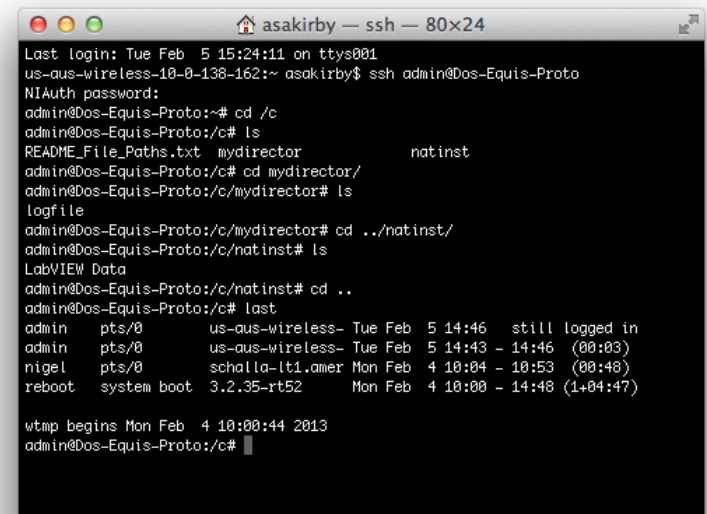
Não Recomendado

Secure Shell (SSH)

- Ativar através do MAX e/ou Web Interface
- Pode ser usado como um console
- Pode ser usado para transferir arquivos
 - Permissões com base em login
 - SFTP
- Credenciais sincronizadas com NI-Auth (Web Interface)

Startup Settings

Safe Mode	<input type="checkbox"/>
Console Out	<input checked="" type="checkbox"/>
IP Reset	<input type="checkbox"/>
Disable RT Startup App	<input type="checkbox"/>
Disable FPGA Startup App	<input type="checkbox"/>
Enable Secure Shell Server (sshd)	<input checked="" type="checkbox"/>

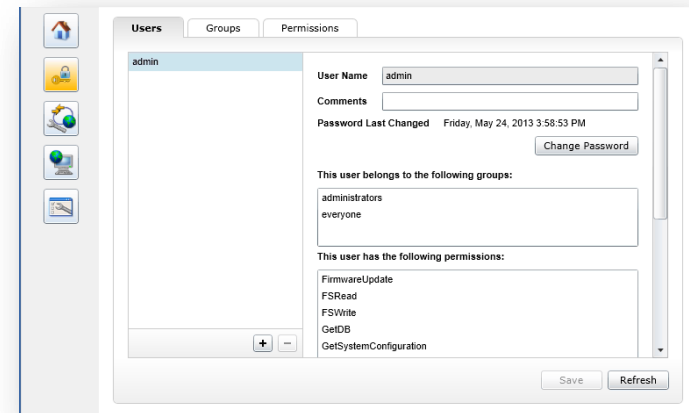


```
asakirby - ssh - 80x24
Last login: Tue Feb 5 15:24:11 on ttys001
us-aus-wireless-10-0-138-162:~ asakirby$ ssh admin@Dos-Equis-Proto
NIAuth password:
admin@Dos-Equis-Proto:~# cd /c
admin@Dos-Equis-Proto:~# ls
README_File_Paths.txt  mydirector          natinst
admin@Dos-Equis-Proto:~# cd mydirector/
admin@Dos-Equis-Proto:~# ls
logfile
admin@Dos-Equis-Proto:~# cd ../natinst/
admin@Dos-Equis-Proto:~# ls
LabVIEW Data
admin@Dos-Equis-Proto:~# cd ..
admin@Dos-Equis-Proto:~# last
admin pts/0      us-aus-wireless- Tue Feb 5 14:46  still logged in
admin pts/0      us-aus-wireless- Tue Feb 5 14:43 - 14:46  (00:03)
nigel  pts/0      schalla-lt1.amer Mon Feb 4 10:04 - 10:53 (00:48)
reboot system boot 3.2.35-rt52   Mon Feb 4 10:00 - 14:48 (1+04:47)

wtmp begins Mon Feb 4 10:00:44 2013
admin@Dos-Equis-Proto:~#
```

Integração NI-Auth e NI Linux Real-Time

- Toda autenticação do usuário passa pelo NI-Auth
- Use a Web Interface para gerenciar usuários
- Integração PAM
 - Usuários no NI-Auth são usuários no Linux
 - O usuário admin é superusuário
- Se a senha do administrador for perdida, o target deverá ser resetado ao padrão de fábrica
 - Deve entrar em contato com a NI



Demonstração

CONECTIVIDADE E SEGURANÇA NO LINUX REAL-TIME

Segurança no NI Linux Real-Time

- SSL ativado por padrão
 - Pode instalar programaticamente o software através do SSL
 - Pode usar chaves públicas para SSH
- Apenas comunicação HTTPS é possível
 - É possível desligar a versão HTTP do Sistema Web Server
- IPTables* disponível para a criação de um firewall
- OpenVPN* disponível para a criação de um VPN



*Não suportado pela Engenharia de Aplicações. Requer Experiência. Sem API no LabVIEW

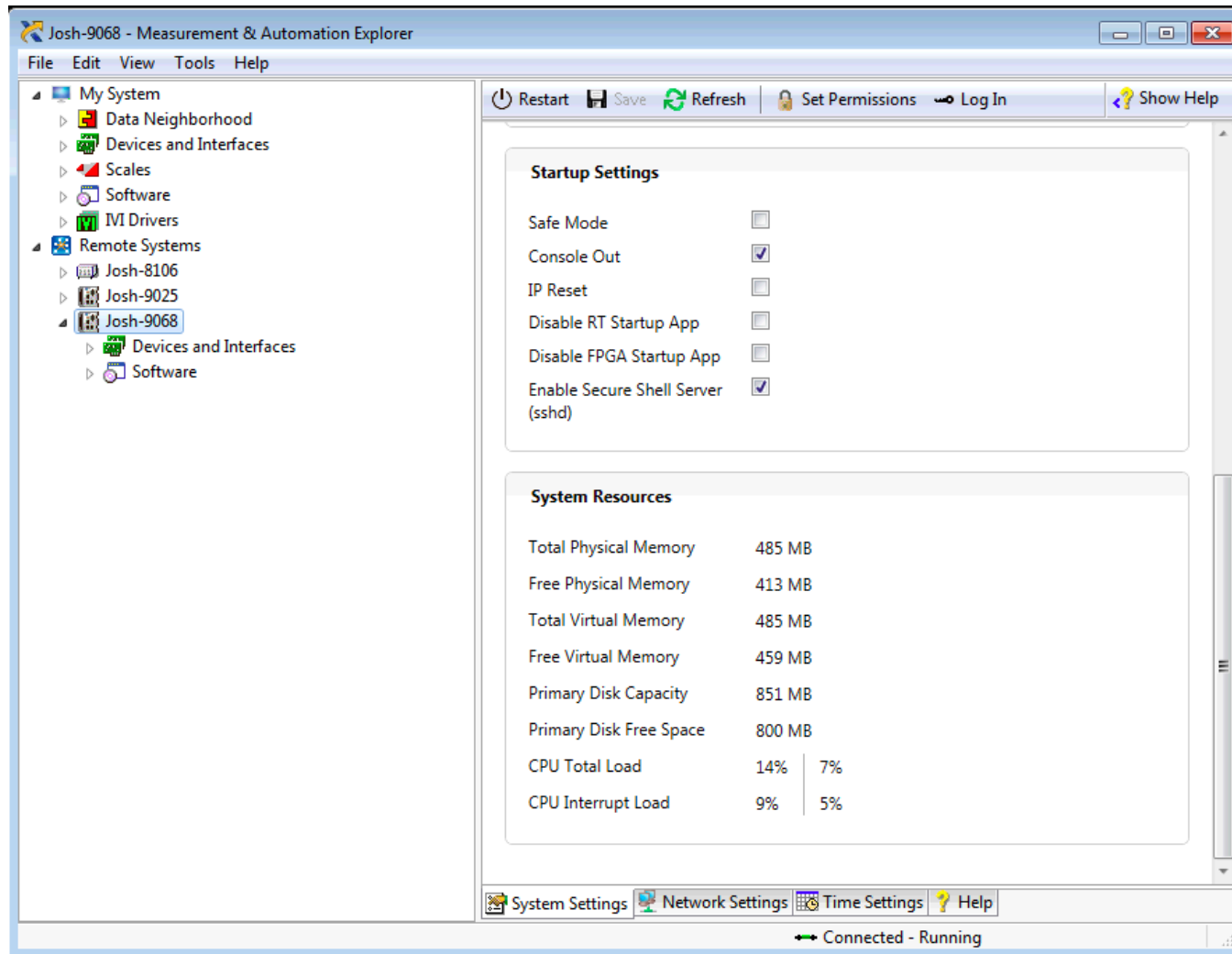
III. Configuração e Implementação

Descoberta de Target

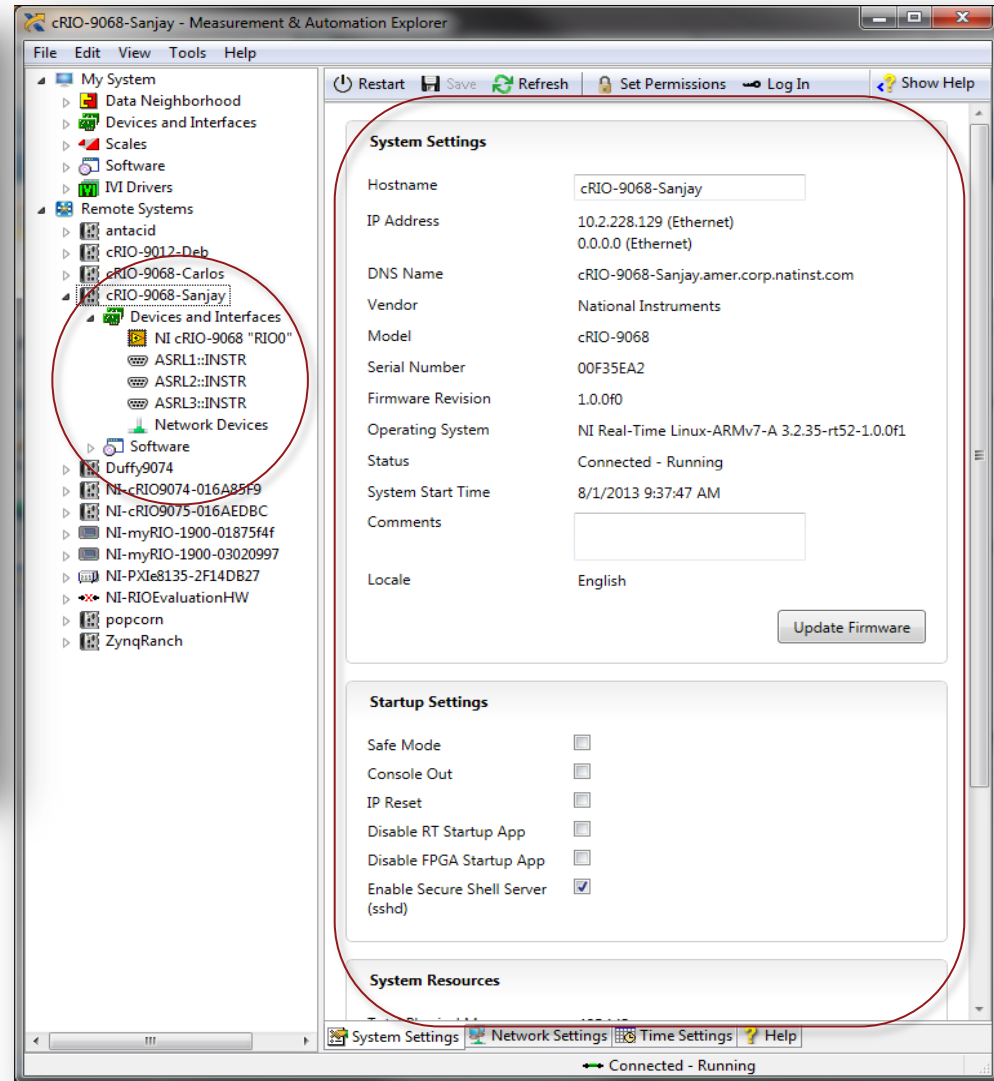
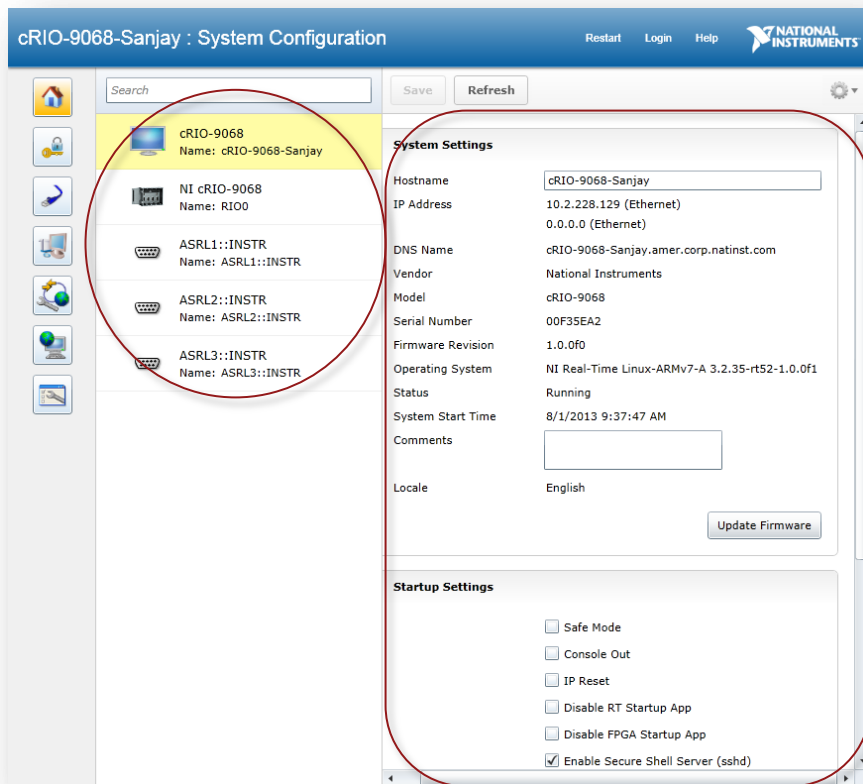
- mDNS para descoberta de target
 - Padrão industrial
 - Redes mais consistentes(similar para roteador)
 - Funciona sobre IP, e muito mais amigável para TI
- Descoberta baseada em DDP não utilizada
 - Método baseado em UDP
 - Usado na geração atual de targets cRIO



Monitorar Atributos Críticos do Controlador

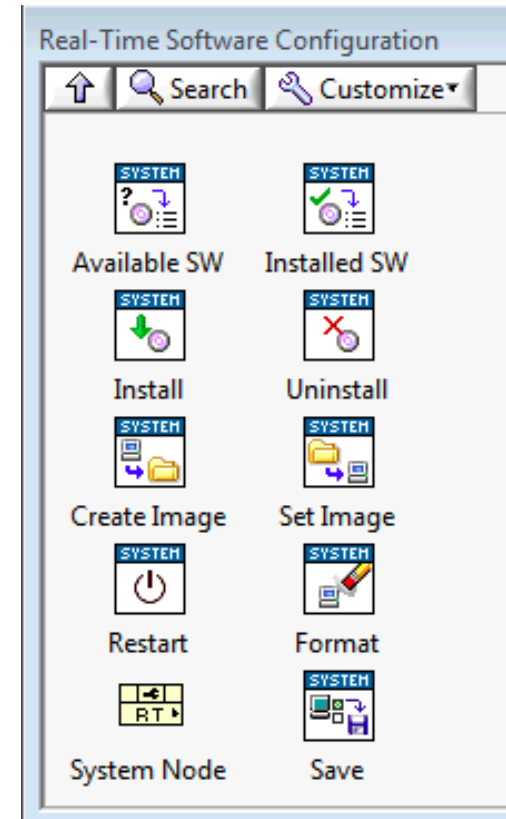


Novo Consistente visualizador da configuração do sistema, tanto no MAX quanto na interface web

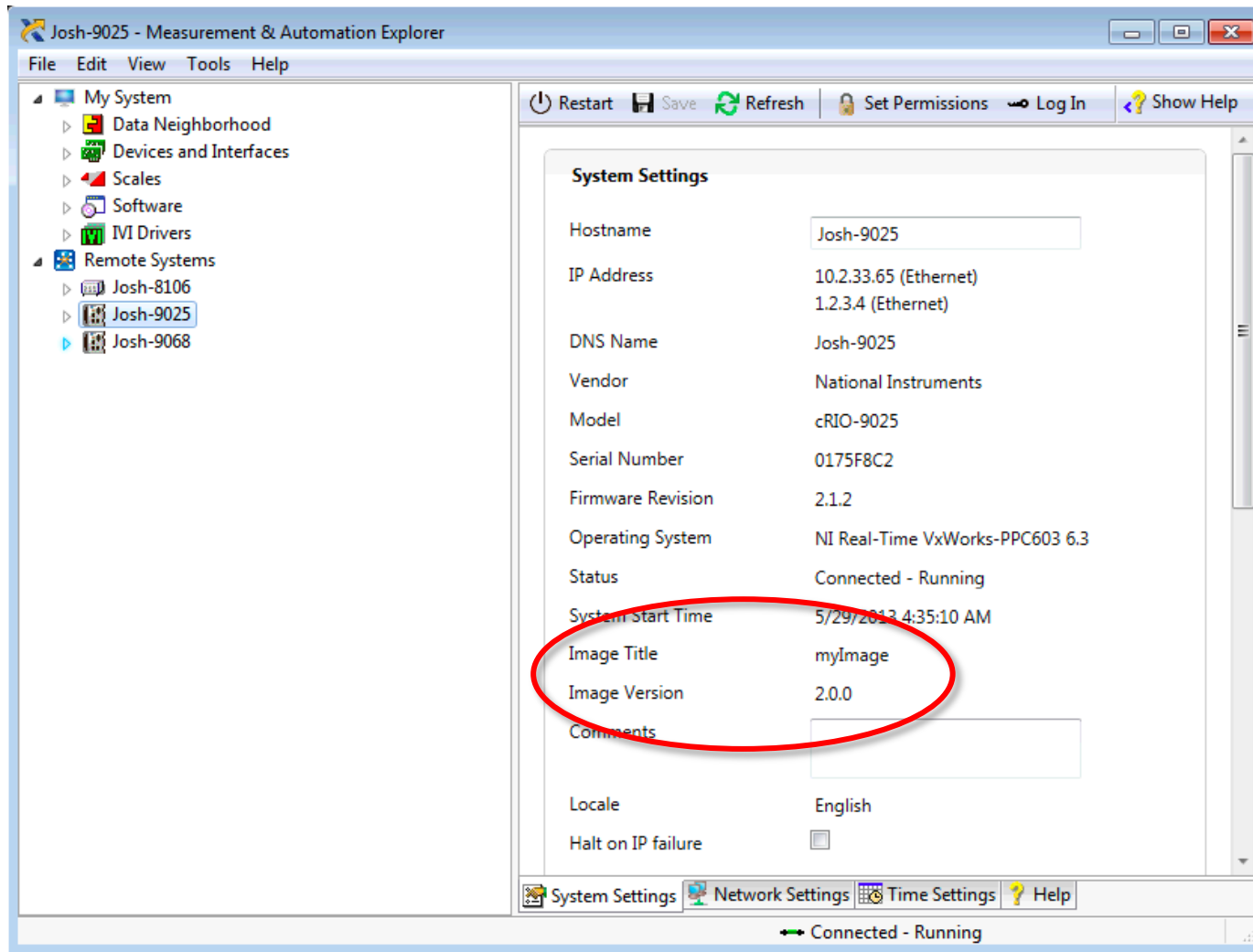


Atualizações de Sistema NI Linux Real-Time

- Targets NI Linux Real-Time podem chamar diretamente "Set Image"
 - Permite que targets recriem-se
 - Imagens podem ser extraídas da rede ou armazenadas em um drive USB
- Especifique informações descritivas adicionais ao criar uma imagem RT (título, versão, descrição)
- Blacklist Wildcards com Sistema de Imagem*
 - Globbing: "*" e "?"
 - Conjunto de caracteres coincide com: [abc]



Veja metadados da imagem no MAX ou WIF



Gerenciar FPGA Bit Files

- Atualizar e apagar os bit files FPGA programaticamente nos targets NI Linux Real-Time, pelo MAX e pela web.

The image displays two overlapping software windows from National Instruments. The background window is the 'Hardware Configuration' pane of NI MAX, showing a tree view of a system named 'My System'. Under 'Remote Systems', 'Josh-9068' is expanded, showing 'Devices and Interfaces' with 'NI cRIO-9068 "RIO0"' selected. The foreground window is the 'Josh-9068 : NI Web-based Configuration & Monitoring' browser interface. It shows the 'System Configuration' page with a list of devices. The 'NI cRIO-9068' device is highlighted. To the right, the 'Settings' panel displays the following information:

Settings	
Name	RIO0
Vendor	National Instruments
Model	NI cRIO-9068
Serial Number	01856EAC
Status	Present

At the bottom of the settings panel are buttons for 'Erase Firmware' and 'Update Firmware'.

IV. Outros Recursos Importantes

Interagindo com código NI Linux Real-Time

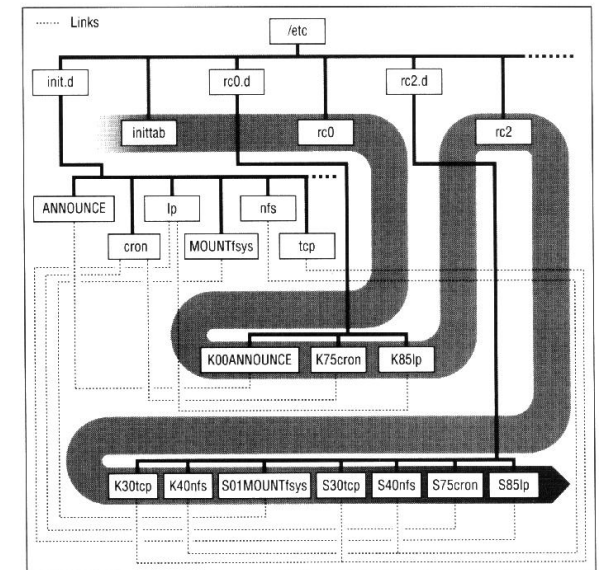
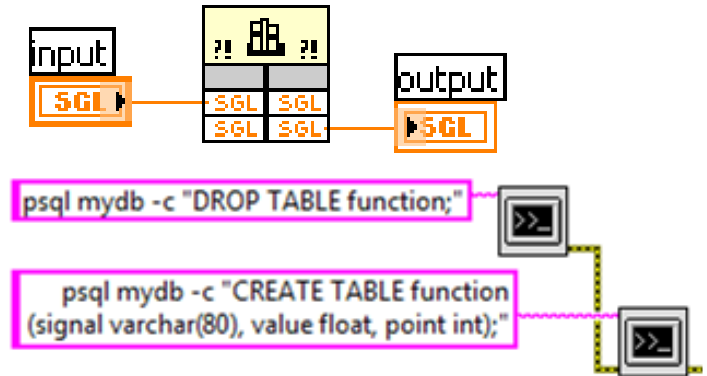
- De/Para LabVIEW

1. Call Library Function Node
2. Chamadas de Execução do Sistema

1. Comunicação Localhost

- Além do LabVIEW

1. Init scripts – para inicialização
2. Cron – para execução periódica
3. Programas de rede SSH habilitados



Reprinted with permission from, "Essential System Administration,"
copyright 1991 by Aileen Frisch O'Reilly & Associates, ISBN # 0-937175-80-3.
For orders & information, call 800-998-9938.

Melhorias na Qualidade de Vida

- Mudanças de Time Zone e endereço IP não precisam de reinicialização

- Melhorias no Sistema de Log



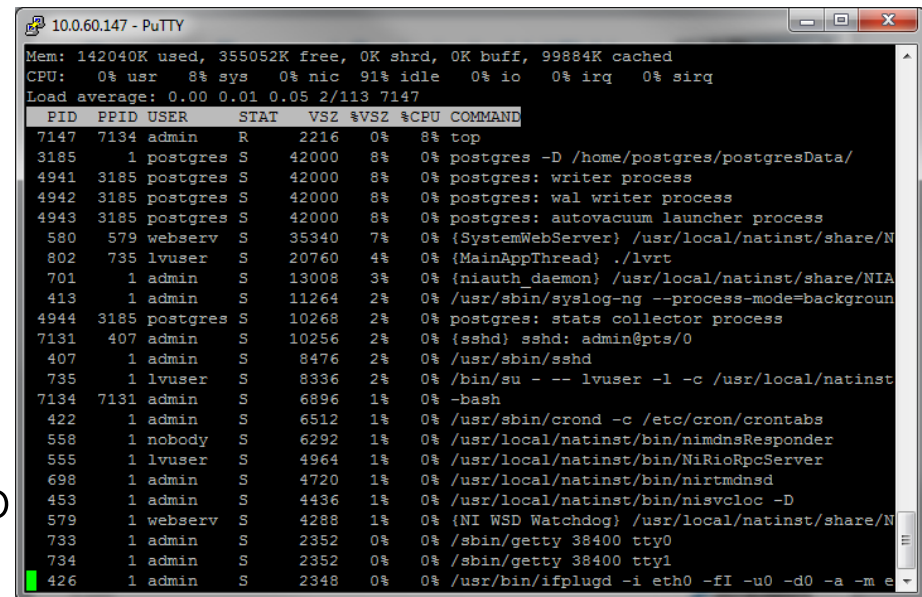
- Aumento de rastreabilidade no Linux – ex: syslog

- Utilitários Comuns do Linux

- top, ps, netstat, etc.

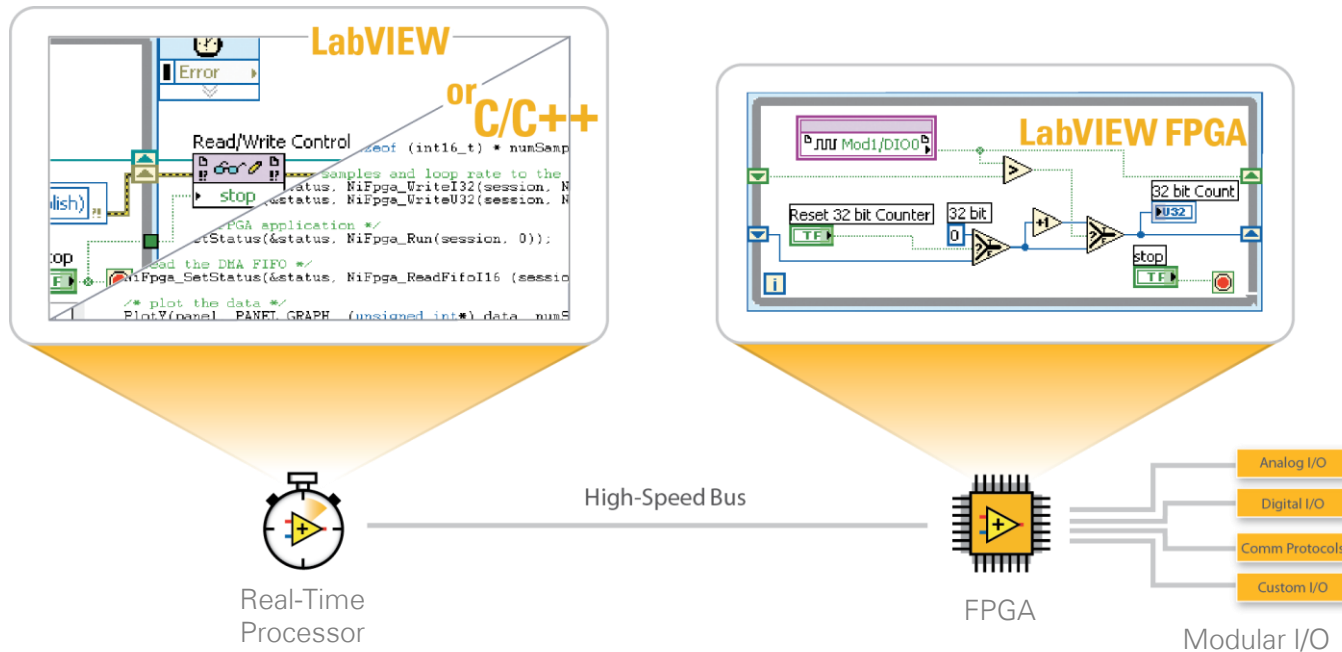
- Uso de Memória

- Não é necessário rastrear memória adjacente
 - Memória virtual (Paginada) no NI Linux Real-Time

A screenshot of a PuTTY terminal window titled "10.0.60.147 - PuTTY". The terminal displays system statistics at the top: "Mem: 142040K used, 355052K free, 0K shrd, 0K buff, 99884K cached", "CPU: 0% usr 8% sys 0% nic 91% idle 0% io 0% irq 0% sirq", and "Load average: 0.00 0.01 0.05 2/113 7147". Below this is the output of the 'top' command, showing a table of running processes with columns for PID, PPID, USER, STAT, VSZ, %VSZ, %CPU, and COMMAND. The processes listed include postgres, webserver, lvuser, admin, and various system daemons like crond, nrtmdnsd, and ifplugd.

PID	PPID	USER	STAT	VSZ	%VSZ	%CPU	COMMAND
7147	7134	admin	R	2216	0%	8%	top
3185	1	postgres	S	42000	8%	0%	postgres -D /home/postgres/postgresData/
4941	3185	postgres	S	42000	8%	0%	postgres: writer process
4942	3185	postgres	S	42000	8%	0%	postgres: wal writer process
4943	3185	postgres	S	42000	8%	0%	postgres: autovacuum launcher process
580	579	webserver	S	35340	7%	0%	{SystemWebServer} /usr/local/natinst/share/N
802	735	lvuser	S	20760	4%	0%	{MainAppThread} ./lvrt
701	1	admin	S	13008	3%	0%	{niauth daemon} /usr/local/natinst/share/NIA
413	1	admin	S	11264	2%	0%	/usr/sbin/syslog-ng --process-mode=backgroun
4944	3185	postgres	S	10268	2%	0%	postgres: stats collector process
7131	407	admin	S	10256	2%	0%	{sshd} sshd: admin@pts/0
407	1	admin	S	8476	2%	0%	/usr/sbin/sshd
735	1	lvuser	S	8336	2%	0%	/bin/su - -- lvuser -l -c /usr/local/natinst
7134	7131	admin	S	6896	1%	0%	-bash
422	1	admin	S	6512	1%	0%	/usr/sbin/crond -c /etc/cron/crontabs
558	1	nobody	S	6292	1%	0%	/usr/local/natinst/bin/nimdnsResponder
555	1	lvuser	S	4964	1%	0%	/usr/local/natinst/bin/NiRioRpcServer
698	1	admin	S	4720	1%	0%	/usr/local/natinst/bin/nrtmdnsd
453	1	admin	S	4436	1%	0%	/usr/local/natinst/bin/nisvcloc -D
579	1	webserver	S	4288	1%	0%	{NI WSD Watchdog} /usr/local/natinst/share/N
733	1	admin	S	2352	0%	0%	/sbin/getty 38400 tty0
734	1	admin	S	2352	0%	0%	/sbin/getty 38400 tty1
426	1	admin	S	2348	0%	0%	/usr/bin/ufplugd -i eth0 -fI -u0 -d0 -a -m e

Flexível Integração de Software



Reutilização de Código

- Integrar aplicações e bibliotecas existentes
- Desenvolver, depurar e implementar código C/C++
- Utilize o Eclipse ou IDE de sua escolha
- Alavanque o ecossistema Linux
- Interoperar com programas do LabVIEW FPGA

Hardware Programável

- Offload crítico, código de tomada de decisão para FPGA
- Confiável, tempo preciso para controle ou processamento
- Alcança alta velocidade, E/S de alta precisão
- Utilize programação gráfica para alavancar a tecnologia FPGA sem domínio de HDL

O que é Eclipse?

- Framework IDE gratuito, originalmente desenvolvido para programação em Java
- Atualizado com ferramentas para desenvolvimento e depuração em C/C++
- Eclipse C/C++ Development Toolkit (CDT)
- Gerenciamento de Target/Remote System Explorer
- Nota: Instalador fornecido pela NI é para Windows
- Não é necessário o uso do Eclipse



Interface FPGA C API

- Permite que aplicações C/C++ possam interagir diretamente com VIs LabVIEW FPGA nos dispositivos RIO
- Deve também ser [baixado](#), além do instalador Eclipse
- Suporta
 - Leitura/escrita para controles e indicadores nomeados
 - Transferência de dados DMA
 - Aguarda e reconhece interrupções
- **NÃO** é uma interface para RSI ou Scan Engine.

Limitações conhecidas do FPGA Interface C API

- RIO API
 - Métodos específicos do módulo não são suportados (nem todos)
- Suporte limitado para tipo de dados, não suportados para
 - Ponto Flutuante
 - Ponto Fixo
 - Clusters
 - Arrays de qualquer tipo de dado exceto tipo escalar suportado
- Para utilizar um VI FPGA diferente, o usuário pode regenerar o cabeçalho e recompilar a aplicação
 - Desafiando a criar aplicações que funcionam com múltiplos bitfiles

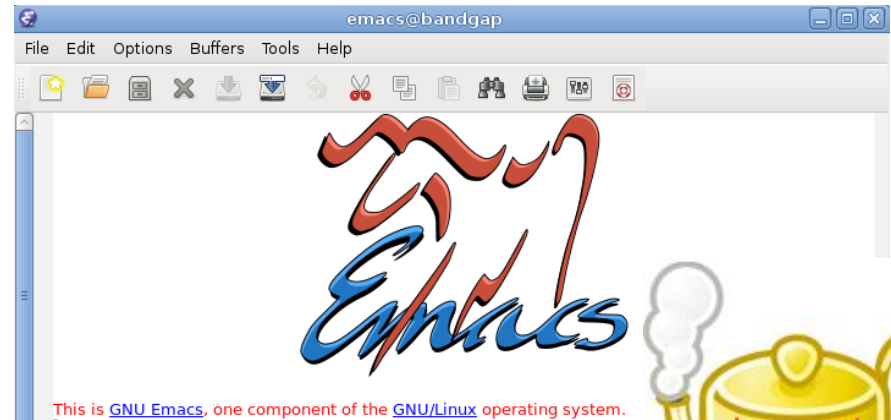
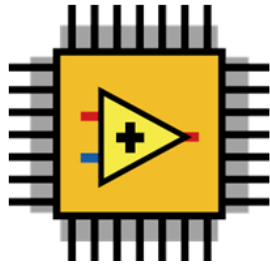
Experiência Eclipse para C/C++ no NI Linux Real-Time



1. Desenvolver um VI LabVIEW FPGA, compilar bitfile & gerar C API.
2. Desenvolver e construir aplicações C/C++ com C API gerado e depurado.
3. Implementar aplicações construídas e bitfile, e executar.

Elementos para desenvolvimento em C/C++

- LabVIEW FPGA
 - FPGA Interface C API



- C/C++ IDE
 - Desenvolver, depurar, implementar



- Cross-compiler para cRIO-9068
 - Compatível com o compilador armv7a
 - A NI Oferece: Mentor Graphics Sourcery G++ Lite 2010.09-50 para ARM GNU/Linux (GCC 4.4.1)



Demonstração

DEMO ECLIPSE 'LED'

Acessando a comunidade Linux: Package Manager




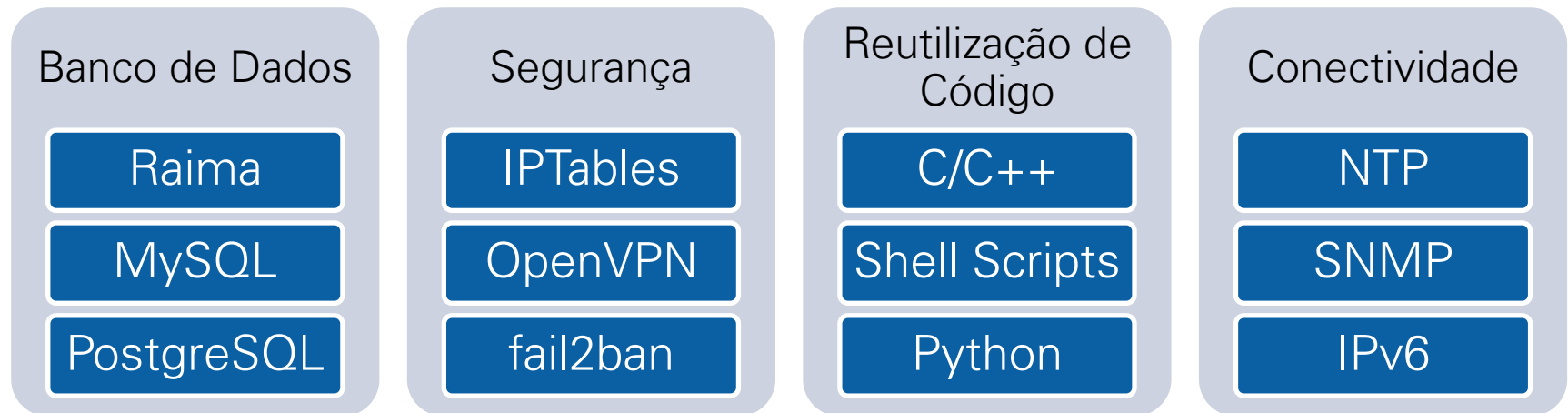
- O que é um package manager?
 - Conjunto de ferramentas de software para instalar, atualizar, configurar e remover aplicações
 - Pense em App Store, VIPM, etc.
- CompactRIO-9068 enviado com o package manager pré-instalado chamado “opkg”
 - Não substitui o MAX
- Acesso a centenas de aplicativos na comunidade Linux

Demonstração

DEMO OPKG

Alavancando a comunidade Linux

- Permite o acesso OPKG à repositórios 
- Baixe e configure uma aplicação quando necessário
- Confie no System Execution VI, Call Library Function Node, ou comunicação localhost para interação



Política de Suporte

- Suporte limitado ao modo de usuário
 - Equivalente à código C de terceiro com Call Library Nodes no Desktop
- Não suportado para alterações no modo kernel
 - Você pode obter o NI Linux Real-Time open source kernel enviando um e-mail para licensing@ni.com
- Sinta-se livre para inovar e explorar
 - É possível restaurar ao padrão de fábrica sem realizar uma RMA

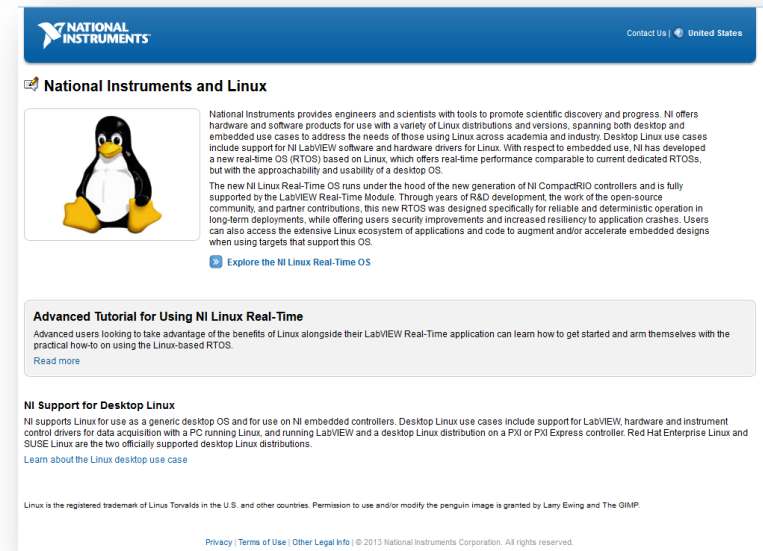
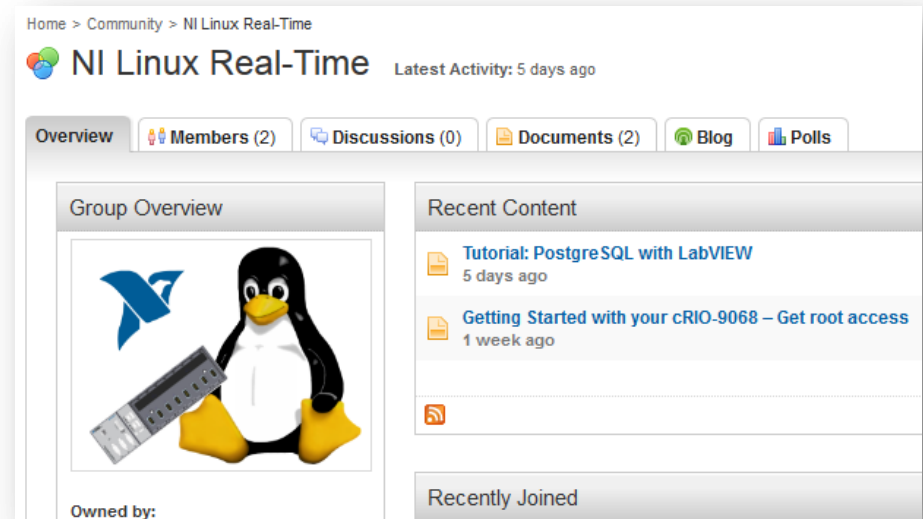
Recursos-chave

- Comunidade Linux Real-Time

- Tutoriais
- Documentação
- Fórum de discussão

- ni.com/linux

- Links para whitepapers
- Uso embarcado e desktop



Perguntas?