

# NIDays09

CONFERÊNCIA TECNOLÓGICA SOBRE  
PROJETO GRÁFICO DE SISTEMAS





# EtherCAT – Protocolo de comunicação industrial baseado em Ethernet

Fernando Cassão – Engenheiro de Vendas

André Oliveira – Engenheiro de Vendas



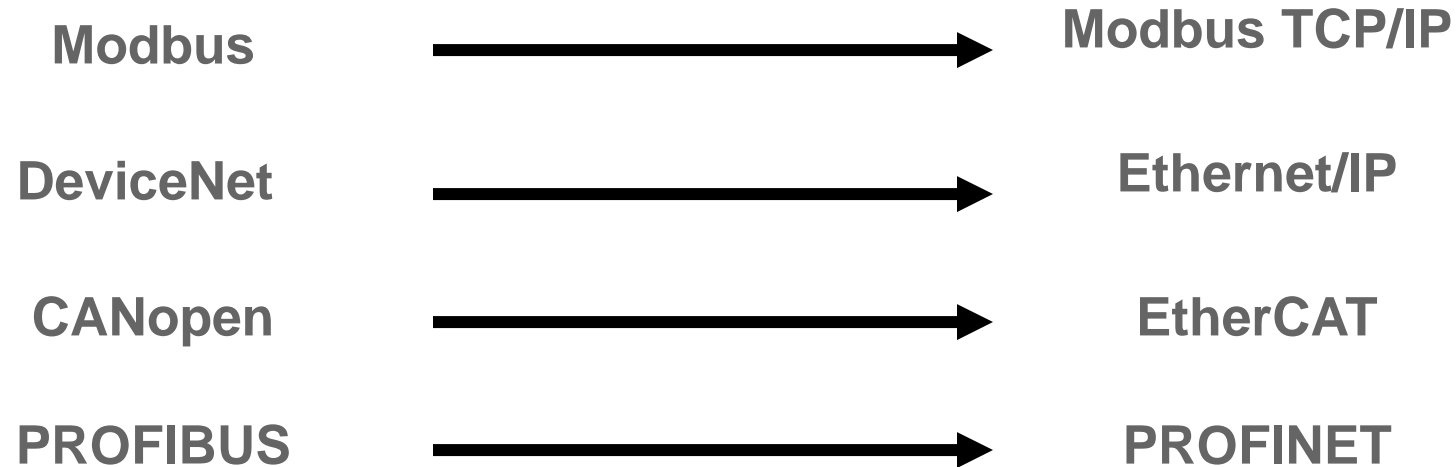
# Agenda

- Por que protocolos baseados em Ethernet?
- Visão Geral sobre Protocolos Industriais Baseados em Ethernet
- Adicionando E/S determinísticas aos NI PACs
- Conectando Produtos NI à Protocolos Industriais
  - Modbus TCP/IP
  - Placas PXI/PCI, PROFIBUS
  - Ethernet/IP

# Agenda

- **Por que protocolos baseados em Ethernet?**
- Visão Geral sobre Protocolos Industriais Baseados em Ethernet
- Adicionando E/S determinísticas aos NI PACs
- Conectando Produtos NI à Protocolos Industriais
  - Modbus TCP/IP
  - Placas PXI/PCI, PROFIBUS
  - Ethernet/IP

# Por que protocolos baseados em Ethernet?

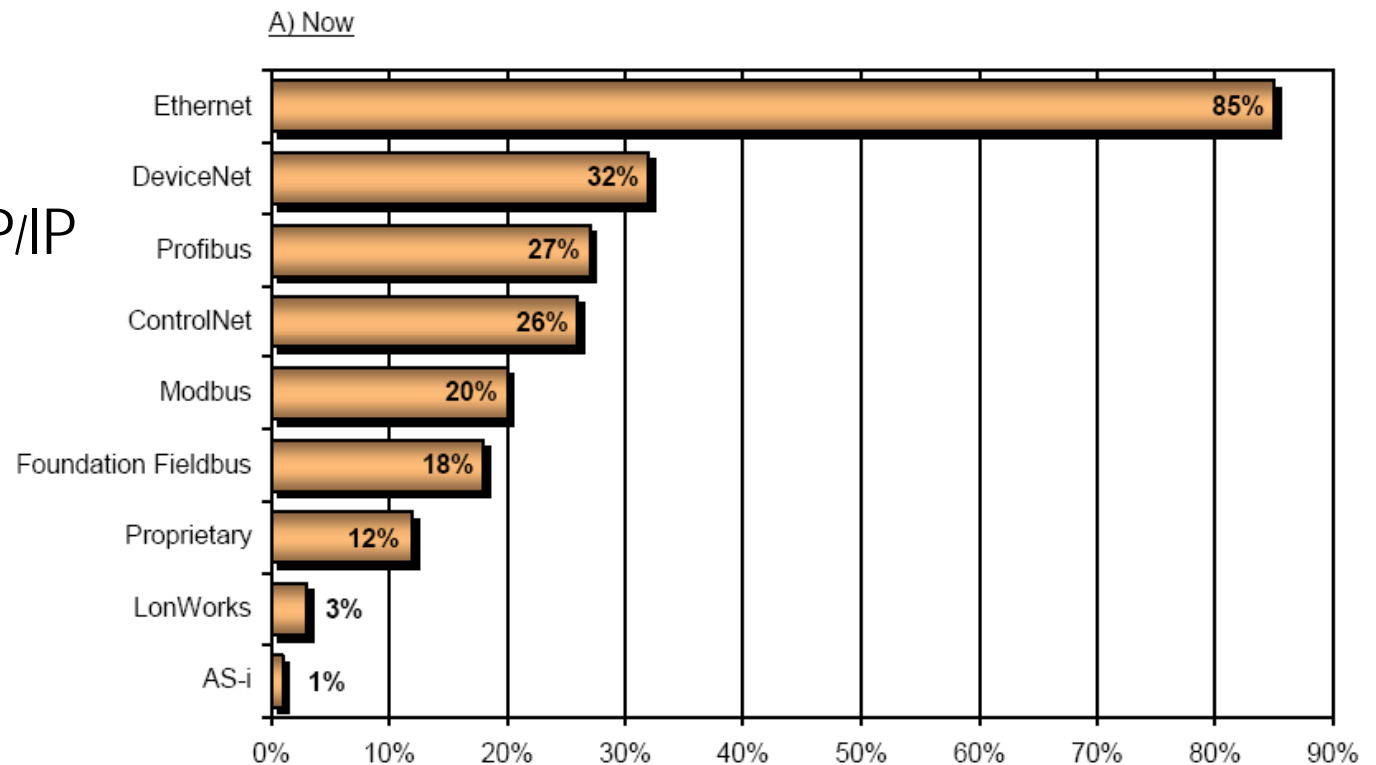


Protocolos Industriais  
Tradicionais

Camada Física  
Ethernet

# Adoção de Ethernet na Indústria

- Mercado total \$630 M
- Ethernet significa:
  - Ethernet/IP
  - PROFINET
  - Modbus TCP/IP

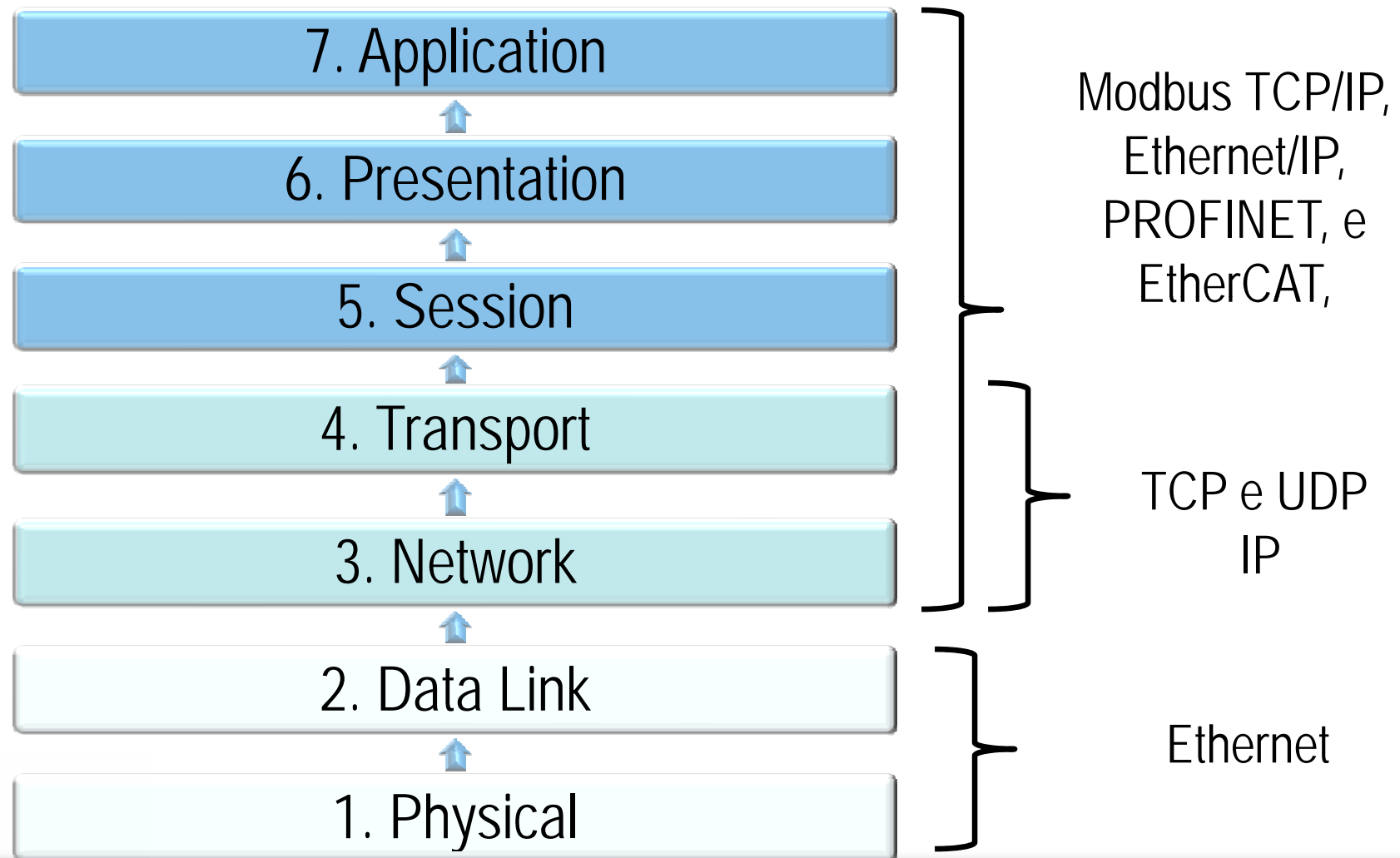


Fonte: VDC 2006

# Agenda

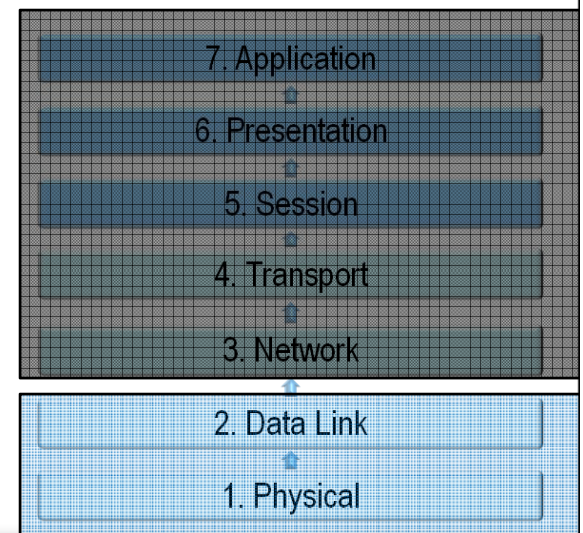
- Por que protocolos baseados em Ethernet?
- **Visão Geral sobre Protocolos Industriais Baseados em Ethernet**
- Adicionando E/S determinísticas aos NI PACs
- Conectando Produtos NI à Protocolos Industriais
  - Modbus TCP/IP
  - Placas PXI/PCI, PROFIBUS
  - Ethernet/IP

# Ethernet Industrial e Modelo OSI





Protocolos de Ethernet Industriais não são apenas “Ethernet.” Eles acrescentam características de confiabilidade e determinismo, além disso é compatível com a Ethernet padrão.

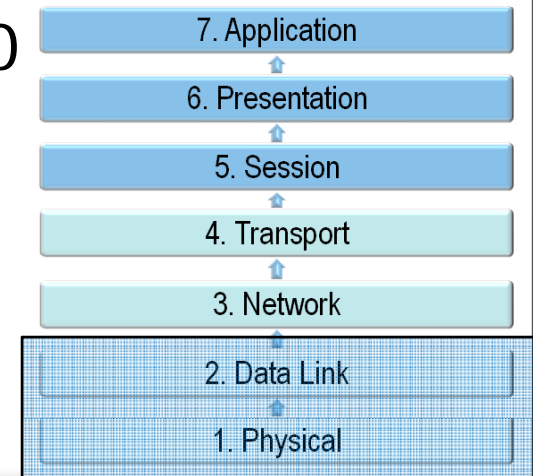


# Protocolos Industriais Baseados em Ethernet

- Modbus TCP/IP
- EtherCAT
- Ethernet/IP
- PROFINET

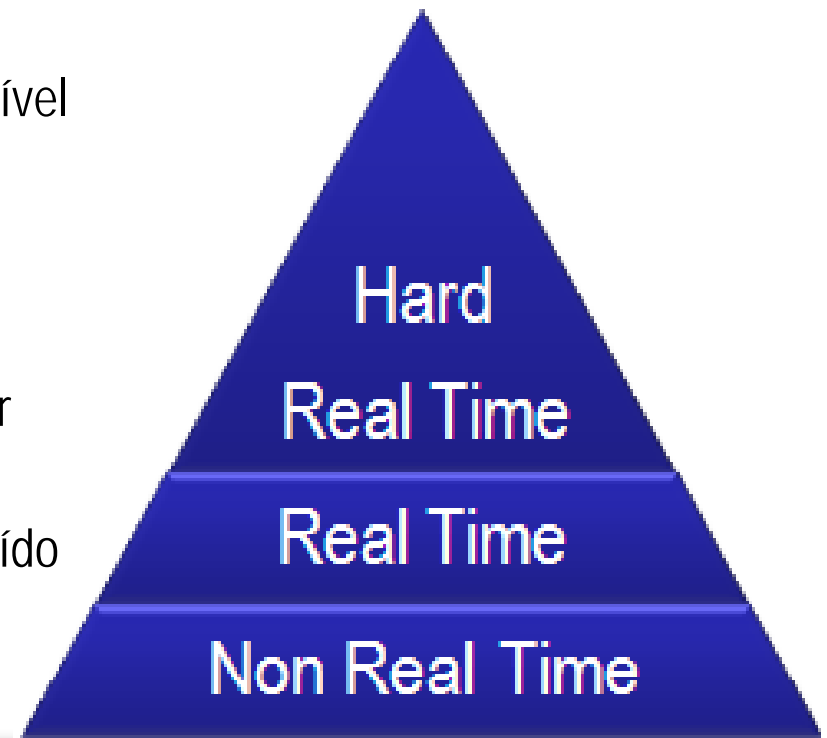
# Semelhanças

- Reuso do modelo OSI - layers 1 e 2
  - E em relação aos outros 5 layers?
- Define o equipamento mestre (scanner) e o escravo (adaptador)
- Endereça uma ou mais aplicações alvo
  - Non Real Time
  - Real Time
  - Hard Real Time



# Alvos de aplicação

- Non Real Time
  - Usa padrão TCP/IP ou UDP/IP
  - Aplicação: PLC para HMI ou PLC para SCADA
- Real Time
  - Provê determinismo com hardware disponível comercialmente
  - Aplicação: Controle de Dados
- Hard Real Time
  - Adiciona hardware específico para garantir determinismo
  - Aplicação: Controle de movimento distribuído



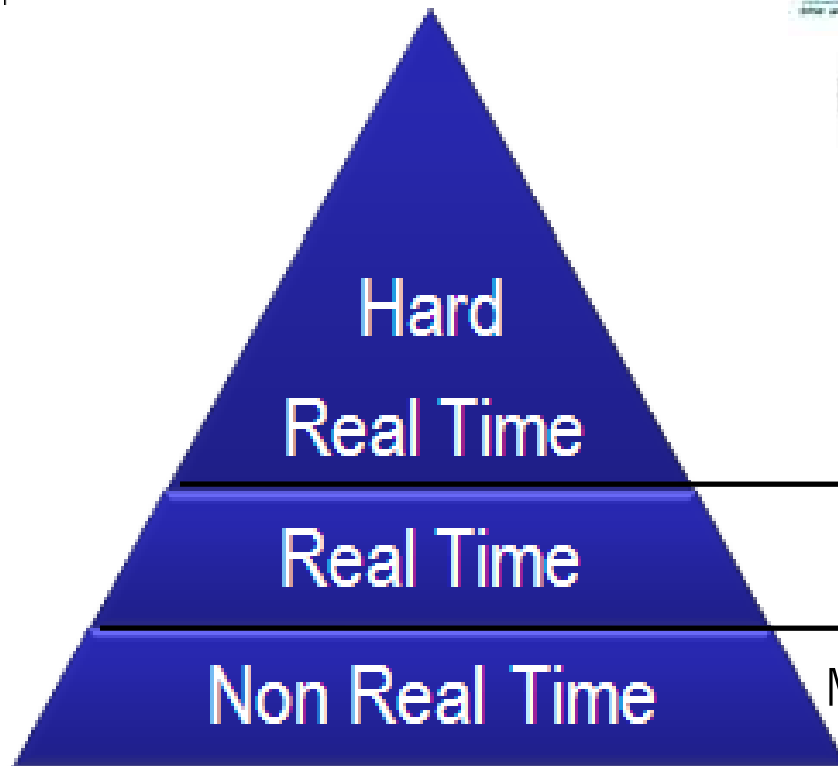
# Aonde os protocolos se aplicam?

Modbus-IDA  
the standards for distributed automation

EtherCAT

PROFI  
INDUSTRIAL ETHERNET  
NET

EtherNet/IP



EtherCAT

PROFINET (IRT)\*\* Ethernet/IP CIP Sync

PROFINET (RT)\*\* Ethernet/IP

Modbus TCP/IP PROFINET (NRT)\* Ethernet/IP

\*\*Também PROFINET I/O

\*Também PROFINET CBA

# Protocolos Industriais Baseados em Ethernet

- Modbus TCP/IP
- EtherCAT
- Ethernet/IP
- PROFINET

# Visão Geral do Modbus TCP/IP



- Primeiro protocolo industrial em Ethernet (introduzido em 1999)
  - Baseado no Modbus desenvolvido pela Modicon em 1979
  - Amplamente adotado / padrão aberto sobre Ethernet
- Vantagens
  - Usa Ethernet padrão(hardware e transport layer TCP/IP)
  - Aberto e relativamente simples
- Desvantagens
  - Não é um protocolo hard real-time
  - Não garante determinismo

# Itens de Modbus Data

Data Item	Data Type	Modbus		Modbus		Descrição	Exemplo
		Read	Write	Read	Write		
000001–065535	Boolean value	Yes	Yes	Yes	Yes	Acessa single-bit coils.	000001 = {000001}
100001–165535	Boolean value	Yes	No	Yes	Yes	Acessa entradas discretas de single-bit.	100002 = {100002}
300001.1–365535.16	Boolean value	Yes	No	Yes	Yes	Acessa individualmente bits de registros de entrada e interpreta como TRUE ou FALSE. O Bit menos significativo é o 1. O mais significativo é o 16.	300001.1 = {the first bit of 300001}
300001–365535	16-bit unsigned integer	Yes	No	Yes	Yes	Acessa registros de entrada de 16-bit como unsigned integers variando de 0 a 65535.	300001 = {300001}
400001.1–465535.16	Boolean value	Yes	Yes	Yes	Yes	Acessa bits individuais dos holding registers e interpreta como TRUE ou FALSE. O Bit menos significativo é o 1. O mais significativo é o 16.	400002.16 = {the 16th bit of 400002}
400001–465535	16-bit unsigned integer	Yes	Yes	Yes	Yes	Acessa os holding registers 16-bit como unsigned integers variando de 0 a 65535.	400002 = {400002}



# Data Items Modbus

Data Item	Data Type	Modbus		Modbus Slave		Description	Example
		Read	Write	Read	Write		
000001–065535	Boolean value	Yes	Yes	Yes	Yes	Accesses single-bit coils.	000001 = {000001}
100001–165535	Boolean value	Yes	No	Yes	Yes	Accesses single-bit discrete inputs.	100002 = {100002}
300001.1–365535.16	Boolean value	Yes	No	Yes	Yes	Accesses individual input register bits and interprets them as logical TRUE or FALSE values. The least significant bit is 1. The most significant bit is 16.	300001.1 = {the first bit of 300001}
300001–365535	16-bit unsigned integer	Yes	No	Yes	Yes	Accesses 16-bit input registers as unsigned integers ranging from 0 to 65,535.	300001 = {300001}
400001.1–465535.16	Boolean value	Yes	Yes	Yes	Yes	Accesses individual bits of holding registers and interprets them as logical TRUE or FALSE values. The least significant bit is 1. The most significant bit is 16.	400002.16 = {the 16th bit of 400002}
400001–465535	16-bit unsigned integer	Yes	Yes	Yes	Yes	Accesses 16-bit holding registers as unsigned integers ranging from 0 to 65,535.	400002 = {400002}

# Protocolos Industriais Baseados em Ethernet

- Modbus TCP/IP
- EtherCAT
- Ethernet/IP
- PROFINET

# Visão Geral sobre EtherCAT

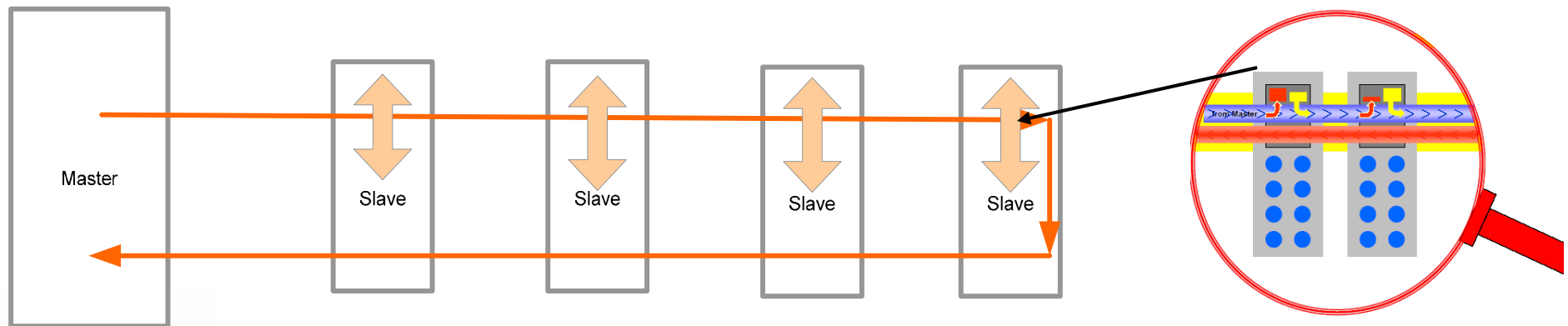


- EtherCAT – Ethernet Control Automation Technology
  - Gerenciada pelo EtherCAT Technology Group (ETG)
  - Aberto e baseado em padrões como o IEC 61158
- Vantagens
  - Protocolo industrial Hard Real-Time
  - Comunicação extremamente simples e eficiente
- Desvantagens
  - Endereça apenas hard real-time (?)
  - Não desenvolvido para pacotes padrões TCP/IP e EtherCAT

# Princípio de Funcionamento: Ethernet On-the-Fly

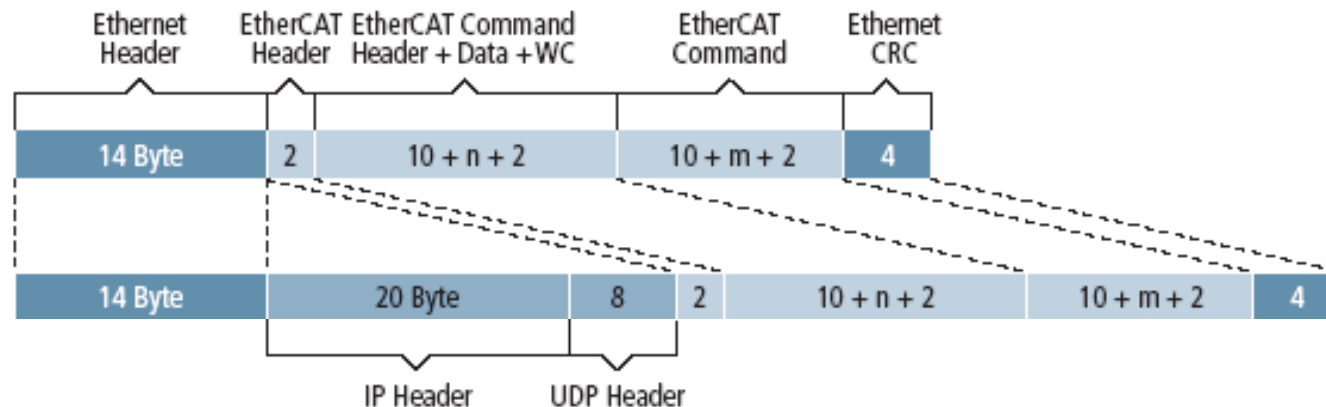
Analogia a um trem rápido

- “Trem” (Ethernet frame) não pára
- Mesmo olhando o “trem” através de uma janela estreita é possível visualizar todo o trem
- “Vagão” (subtelegrama) tem o tamanho da variável
- Qualquer elemento da rede pode “extrair” ou “inserir” apenas uma “pessoa” (bits) ou um “grupo” – mesmo múltiplos grupos por trem.



# Ethernet Frames

- Os comandos EtherCAT são transportados no *frame* de dados de Ethernet e codificado via um EtherType especial
  - O EtherType é limitado a uma subnet Ethernet (não repetido por roteadores)



EtherCAT telegram structure (with and without UDP)

# Protocolos Industriais Baseados em Ethernet

- Modbus TCP/IP
- EtherCAT
- Ethernet/IP
- PROFINET

# Visão Geral sobre EtherNet/IP



- Barramento dominante da Rockwell Automation
  - Gerenciado pela Open Device Vendors Association (ODVA)
  - Estende os conceitos DeviceNET para Ethernet
- Vantagens
  - Usa transport layer da Ethernet (TCP e UDP)
- Desvantagens
  - Pode sobrecarregar redes com mensagens UDP mesmo se configurado corretamente, é recomendado switches gerenciados com IGMP *snooping*

# Classes de Dispositivos

## Scanner Class

- "Master"
- Inicia comunicações implícitas ou explícitas

## Adapter Class

- "Escravo"
- Envia dados apenas quando requisitado por um scanner
- Suporta mensagens explícitas e implícitas

## Messaging Class

- Usado para setup ou transferência de dados sob demanda
- Inicia transferência de dados por outros dispositivos



# EtherNet/IP – Recursos Adicionais



## CIP Sync

- Baseado no IEEE 1588
- Provê clock compartilhado com os dispositivos



## CIP Motion

- Constrói sobre CIP Sync para fazer controle distribuído para movimento
- Usa clock compartilhado não QoS



## CIP Safety

- Constrói sobre a segurança DeviceNet
- Dispositivos inteligentes com parâmetros de time-out

# Terminologia Ethernet/IP

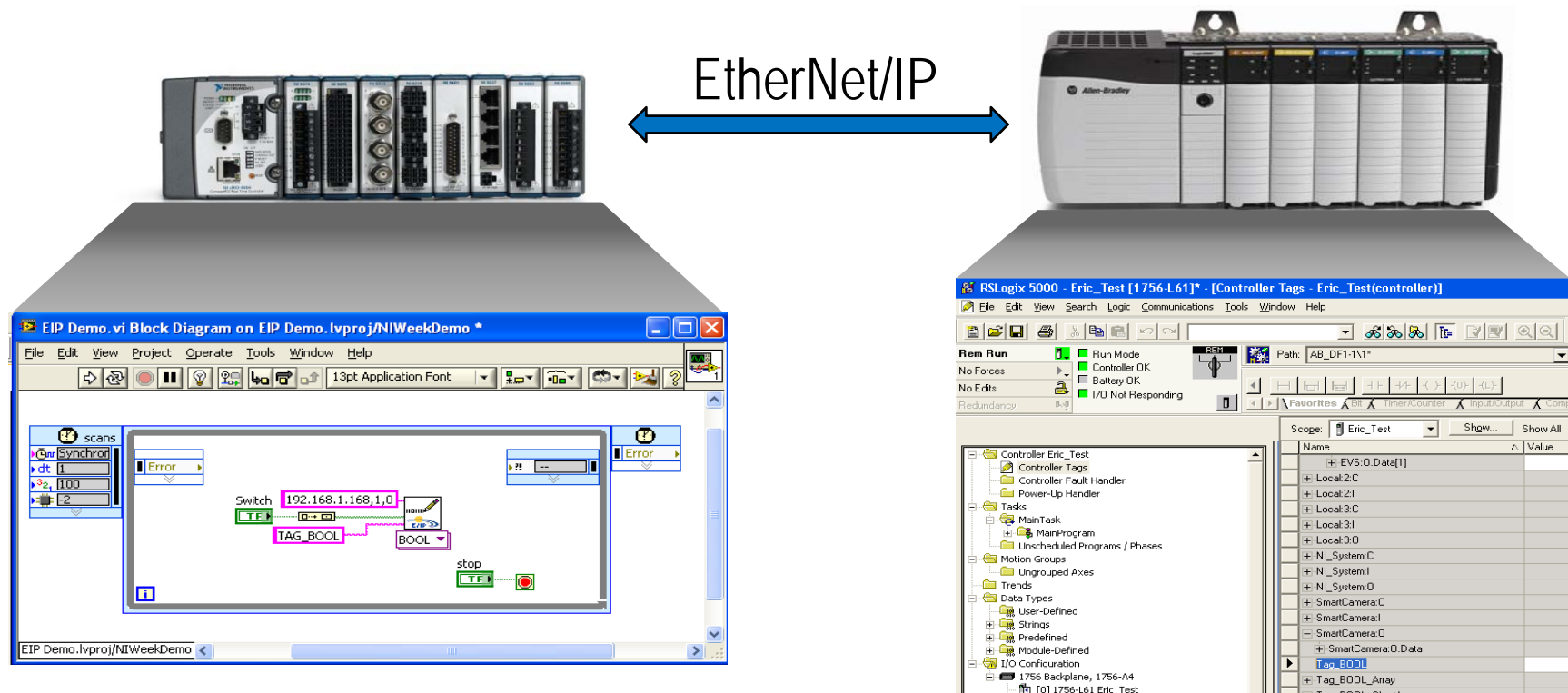
## Mensagens Explícitas

- TCP/IP
- Usado para parametrizar e iniciar comunicação implícita

## Mensagens Implícitas

- UDP/IP multicast
- Usado para comunicar dados de E/S
- Normalmente configurado para atualizações cíclicas

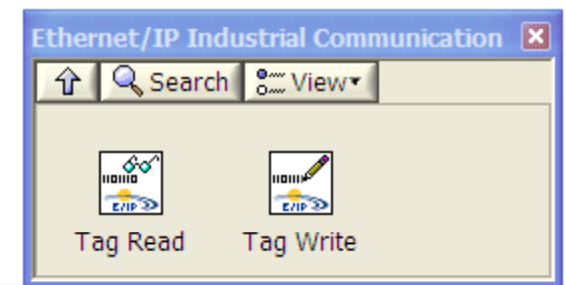
# Comunicação NI LabVIEW com PLCs ControlLogix



Disponível para download de NI Labs em [ni.com/labs](http://ni.com/labs)

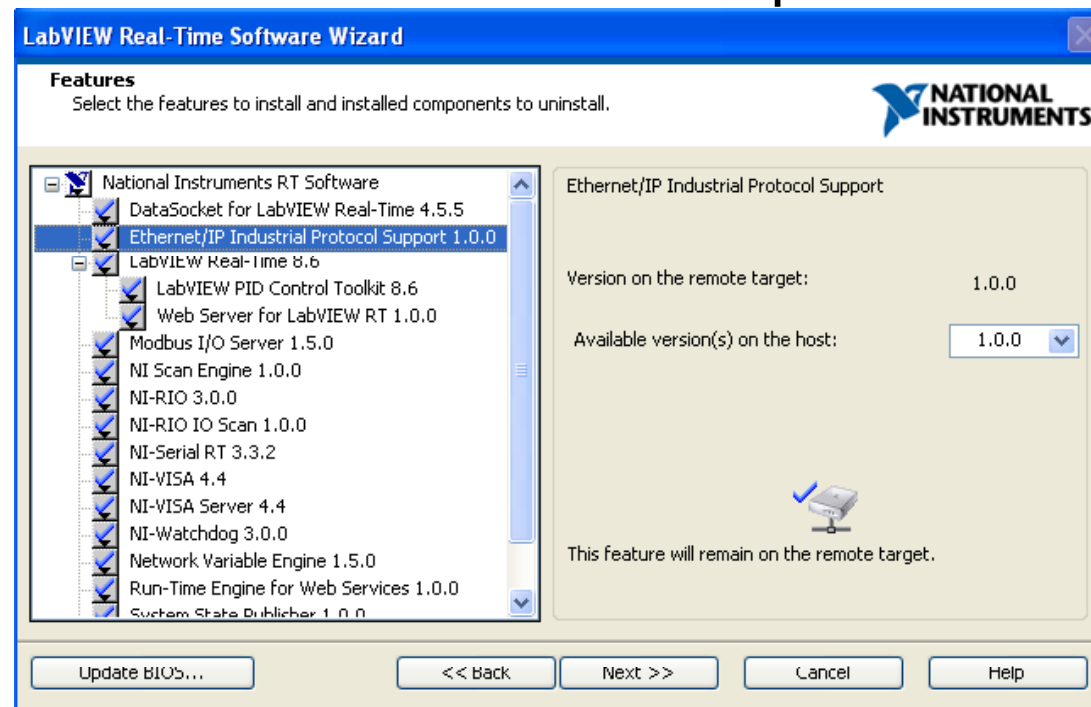
# VIs EtherNet/IP para LabVIEW

- Provê VIs para comunicação com os tags CLP "Logix"
  - Lê e escreve diretamente tags nos CLPs ControlLogix e CLPs CompactLogix da Allen-Bradley
- Roda no LabVIEW para SOs Windows e Tempo Real (Phar Lap e VxWorks)
- Mensagens Explícitas
- Ideal para baixo número de tags



# Use em Controladoras de Tempo Real

- Requer instalação dos drivers de comunicações no dispositivo de tempo real utilizando o NI Measurement & Automation Explorer



# VIs EtherNet/IP para LabVIEW

- Vantagens

- Método simples para comunicar com os CLPs da Rockwell
- O LabVIEW inicia a comunicação (não precisa mudar o código no CLP)
- Bom para comunicação com baixo número de tags
- Usa TCP/IP e não requer IGMP *snooping* para prevenir problemas de rede

- Desvantagens

- Não recomendado para alto número de tags
  - Empacotamento ineficiente de dados na Ethernet (comunicação lenta)
  - Aumento de carga no processamento do CLP
- Comunica apenas com os CLPs Logix da Rockwell
  - Não compatível com série SLC
  - Não compatível com dispositivos EtherNet/IP de terceiros

# Possível Integração Futura com EtherNet/IP no LabVIEW

- Desenvolvimento de comunicações baseada em tags
  - Retirada do NI Labs e inclusão nos produtos
  - Preço ou pacotes indefinidos
- Cria comunicação "adapter class" completa
  - Dispositivos programados com LabVIEW usa mensagens implícitas para comunicar com o CLP
  - Como os programadores definirão os dados a serem transferidos no LabVIEW ainda não foi definido

# Protocolos Industriais Baseados em Ethernet

- Modbus TCP/IP
- EtherCAT
- Ethernet/IP
- **PROFINET**



# Comparação de Protocolos

- Ethernet/IP
  - Barramendo dominante da Rockwell
  - Padrão Ethernet/IP usa switches padrão – Recomendado o gerenciamento por IGMP
  - CIP Sync usa a tecnologia IEEE 1588 e requer um switch compatível com IEEE 1588 para grandes aplicações
- EtherCAT
  - Rede determinística para Hard real-time
  - Destinada para E/S single-point
  - Comunicação extremamente eficiente e simples
  - Não utiliza Ethernet padrão
- PROFINET
  - Protocolo Siemens
  - Similar a Ethernet/IP
  - Padrão Ethernet que usa switches
  - PROFINET IRT

# Visão geral de PROFINET



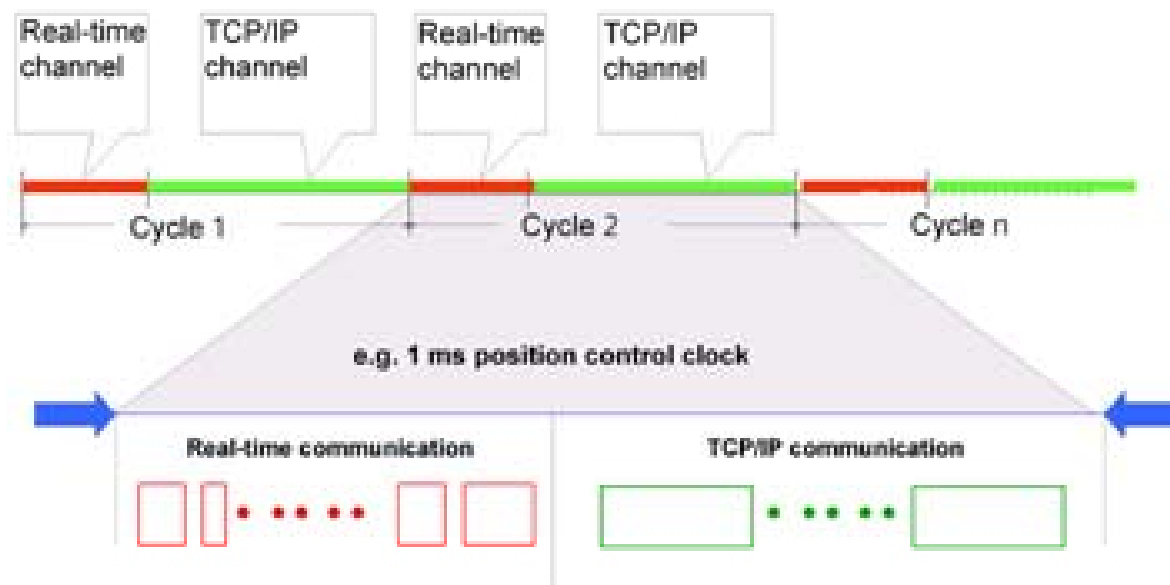
- Barramento dominante da Siemens
  - Protocolo de aplicação que expande PROFIBUS à Ethernet
  - Gerenciado pela PROFIBUS & PROFINET International (PI)
- Vantagens
  - Suporta tráfego de Ethernet padrão e determinístico
  - Usa IEEE 1588 e QoS para determinismo
- Desvantagens
  - Recomendado switch gerenciado por RT/IRT com QoS
  - Switch com ERTEC ASIC para as aplicações mais desafiadoras

# Três níveis

- Non Real Time (NRT)
  - PROFINET CBA
  - Para comissionamento de plantas
  - Tempo de ciclo na faixa de 100 ms
- RT (Real Time)
  - PROFINET CBA e PROFINET I/O
  - Aplicações de E/S
  - Tempo de ciclo de até 10 ms
- IRT (Isochronous Real Time)
  - PROFINET I/O
  - Aplicações em sistemas de drives
  - Ciclo de tempo menor que 1 ms

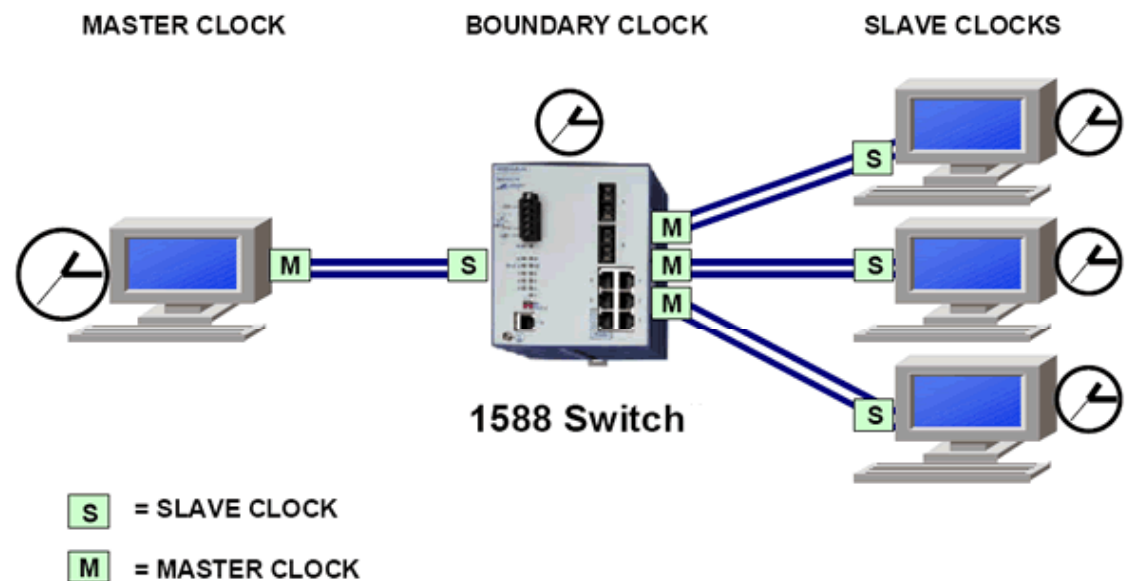
# Ciclo de rede PROFINET

- Sem mensagem de "start period"
  - Sincronia de clock via IEEE 1588 e assíncrono
- Parte vermelha do ciclo (isócrona)
- Parte verde do ciclo (assíncrona) – mínimo 125  $\mu$ s

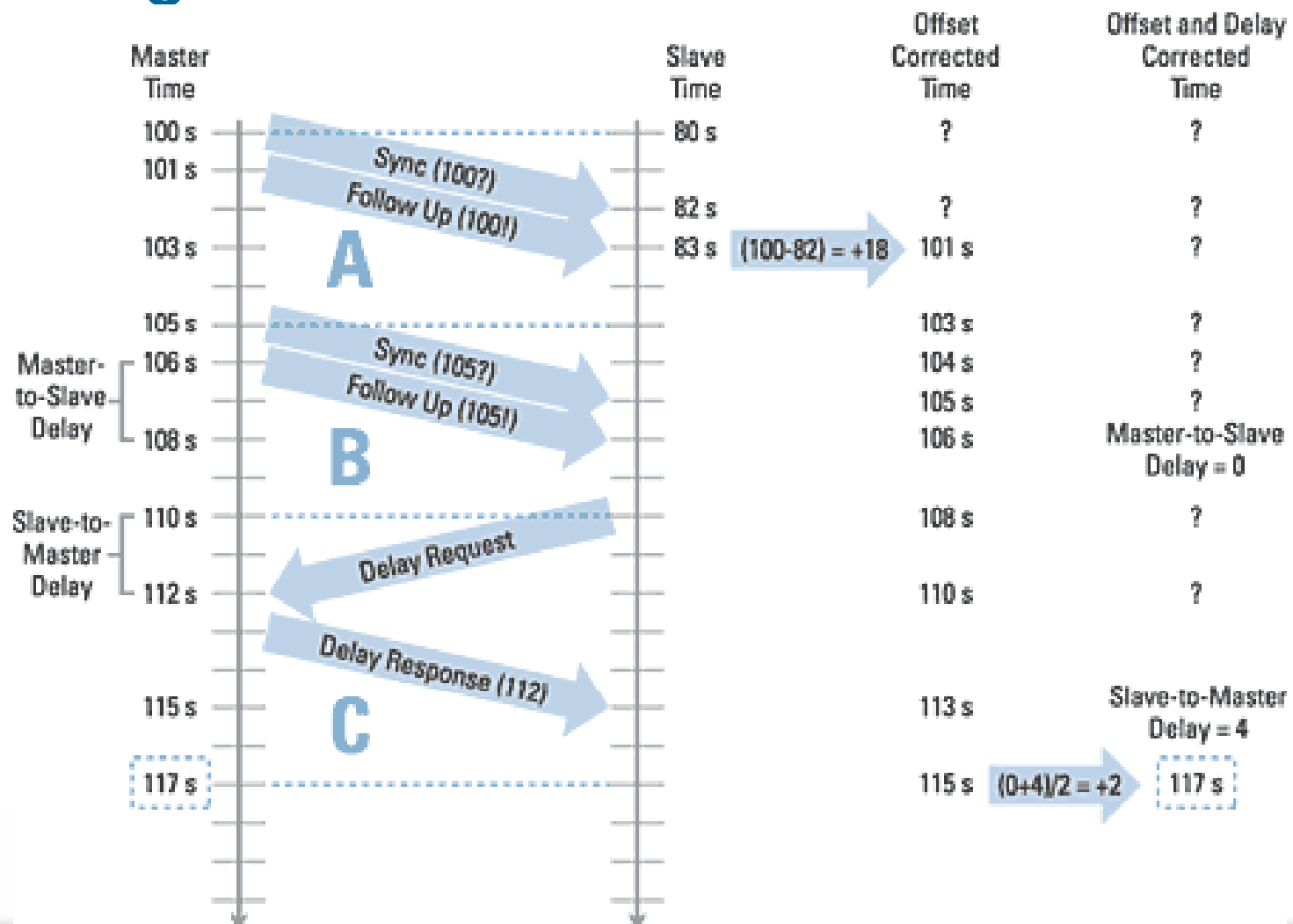


# Tecnologia IEEE 1588

- Tecnologia para sincronizar clocks distribuídos
- Precisão baseada no jitter do clock



# Tecnologia IEEE 1588



# HRT: Determinismo e Desempenho

Organização	Tempo de Resposta (ms)	Jitter (us)	Data Rate (Mb/s)
EtherCAT	~ 0.1	< 0.1	100
Sercos III	< 0.5	< 0.1	100
PROFINET IRT	< 1	< 1	100
Ethernet Powerlink	< 1	< 1	100
Ethernet/IP	~ 1	< 1	100

Table 1. Real-Time Comparison of the Various Real-Time Methods  
*Standards-Based Real-Time Ethernet Now Off-the-Shelf* by Klaus Zwerina

# HRT: Determinismo e Desempenho

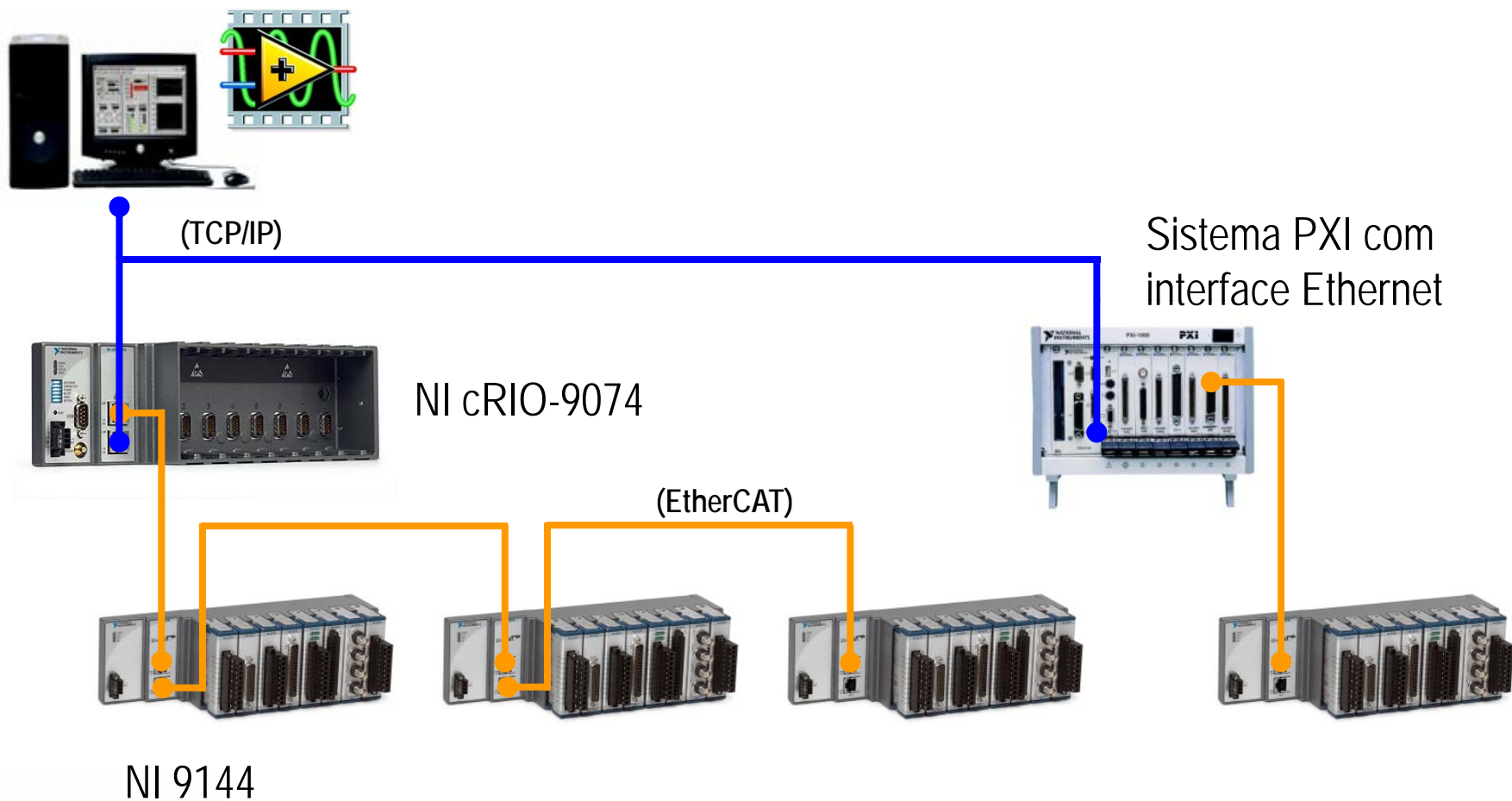
	Tráfego Ethernet Padrão	Sincronismo	Desempenho	Hardware recomendado para rede
<b>Modbus TCP/IP</b>	Sim	x	x	Switches Padrão
<b>EtherCAT</b>	Através de gateway	<1 $\mu$ s jitter	150 eixos à 1 ms	Hardware Dedicado nos dispositivos
<b>Ethernet/IP CIP Motion</b>	Sim	<200 $\mu$ s jitter	100 eixos à 1 ms	Switches IEEE 1588
<b>PROFINET IRT</b>	Sim	<1 $\mu$ s jitter	100 eixos à 1 ms	ERTEC ASIC nos switches



# Agenda

- Por que protocolos baseados em Ethernet?
- Visão Geral sobre Protocolos Industriais Baseados em Ethernet
- **Adicionando E/S determinísticas aos NI PACs**
- Conectando Produtos NI à Protocolos Industriais
  - Modbus TCP/IP
  - Placas PXI/PCI, PROFIBUS
  - Ethernet/IP

# Sistema NI com Entradas e Saídas Determinísticas Distribuídas



# Controladoras Mestres NI

- Requisitos
  - NI CompactRIO ou Sistema PXI de Tempo Real com duas portas Ethernet
  - Software: NI-Industrial Communications for EtherCAT



# NI 9144 Expansion Chassis

Duas portas para  
daisy chaining



Chassi Robusto

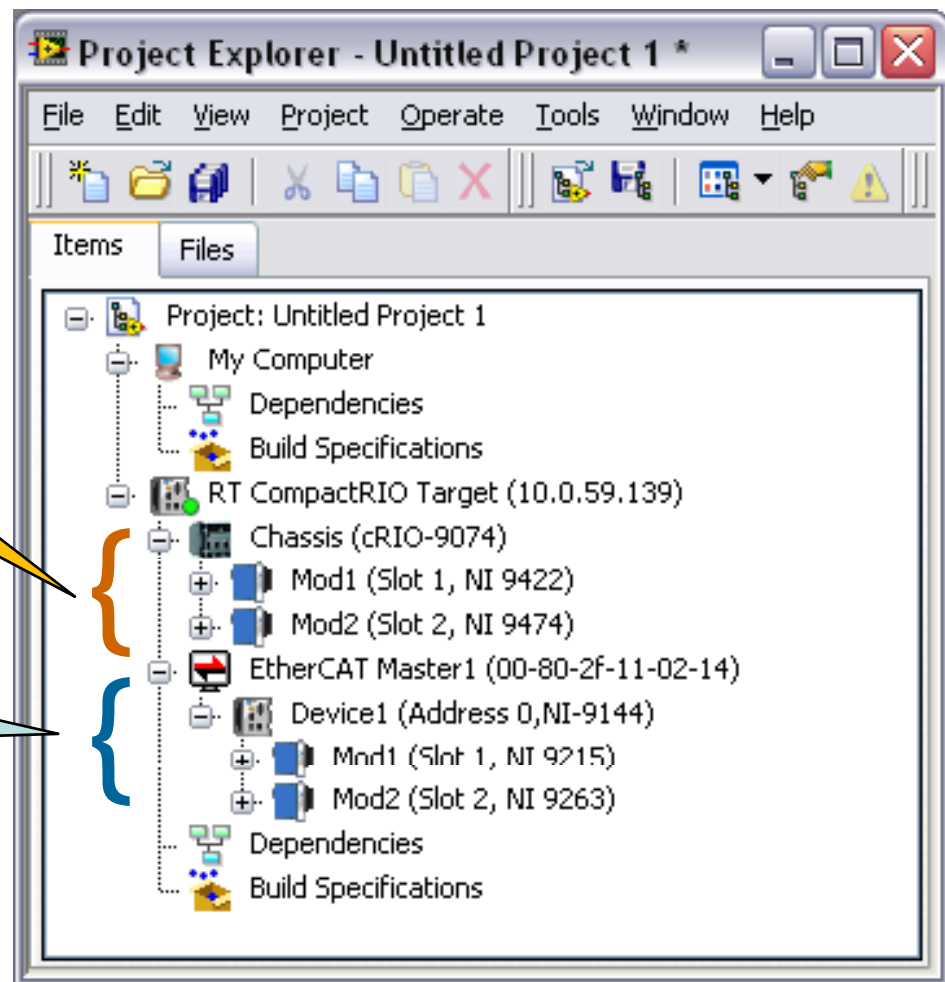
- -40 to 70°C
- Alim. de 9 a 30 V
- HazLoc
- Shock/vibe

Oito slots para  
Módulos Série C

# Configuração no LabVIEW

Chassi  
CompactRIO

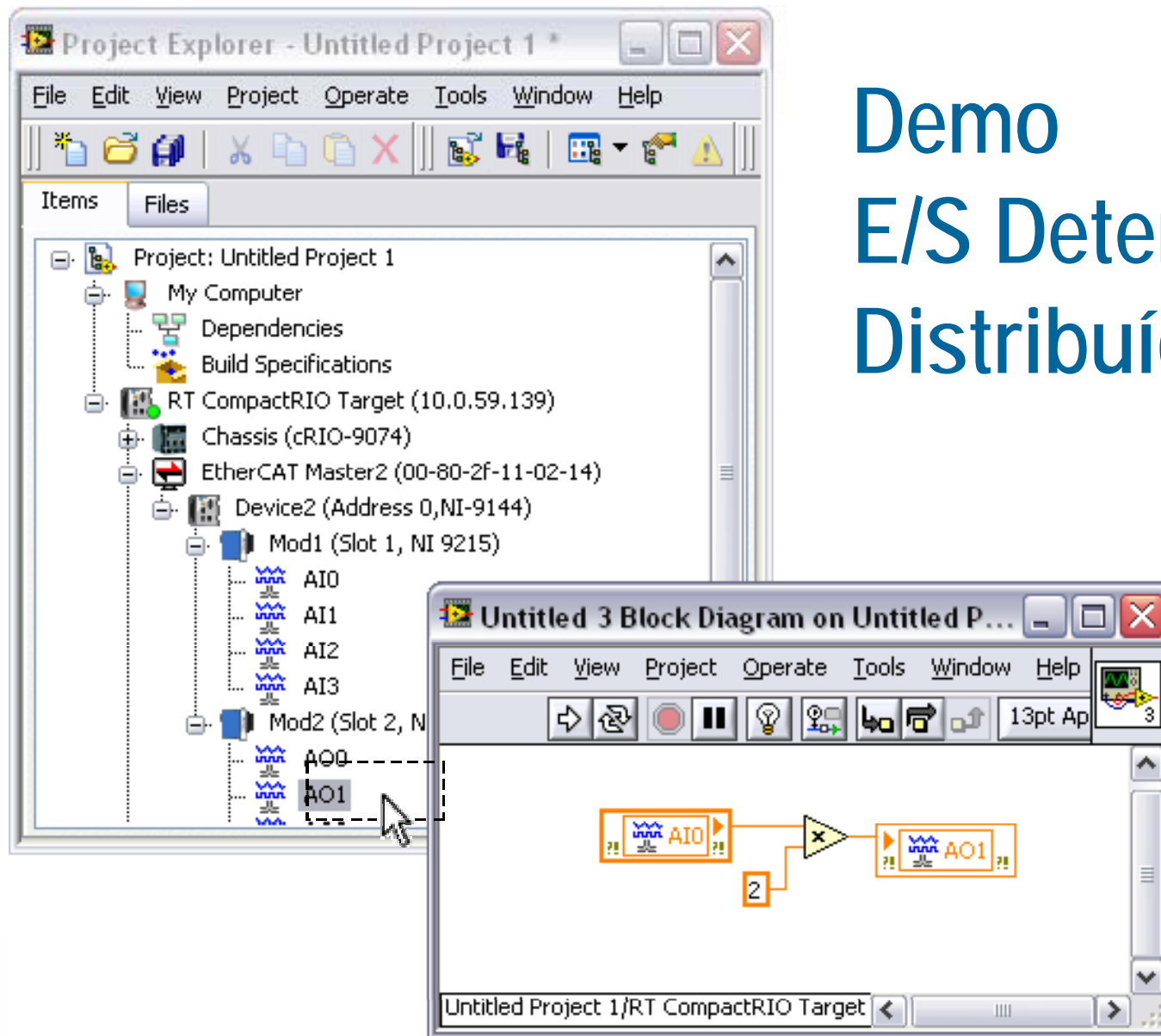
Chassi de  
Expansão  
NI 9144



# Demo

## E/S Determinísticas

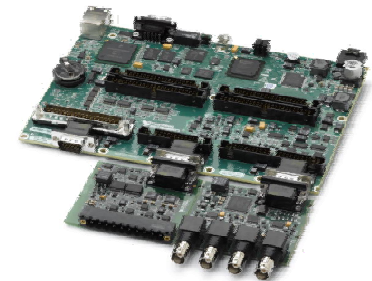
### Distribuídas



# Módulos E/S Série C



- Suporta mais de 30 módulos analógicos e digitais
  - EtherCAT - medidas single-point
  - Não suporta forma de onda (NI 9233 e NI 9234)
- Sincronia módulo-a-módulo e chassi-a-chassi
- Compatibilidade com diferentes plataformas NI



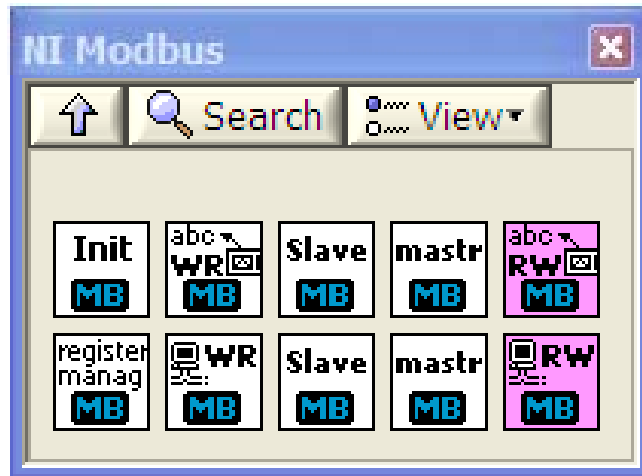
# Agenda

- Por que protocolos baseados em Ethernet?
- Visão Geral sobre Protocolos Industriais Baseados em Ethernet
- Adicionando E/S determinísticos aos NI PACs
- **Conectando Produtos NI à Protocolos Industriais**
  - Modbus TCP/IP
  - Plug-In PXI/PCI Devices, PROFIBUS
  - Ethernet/IP

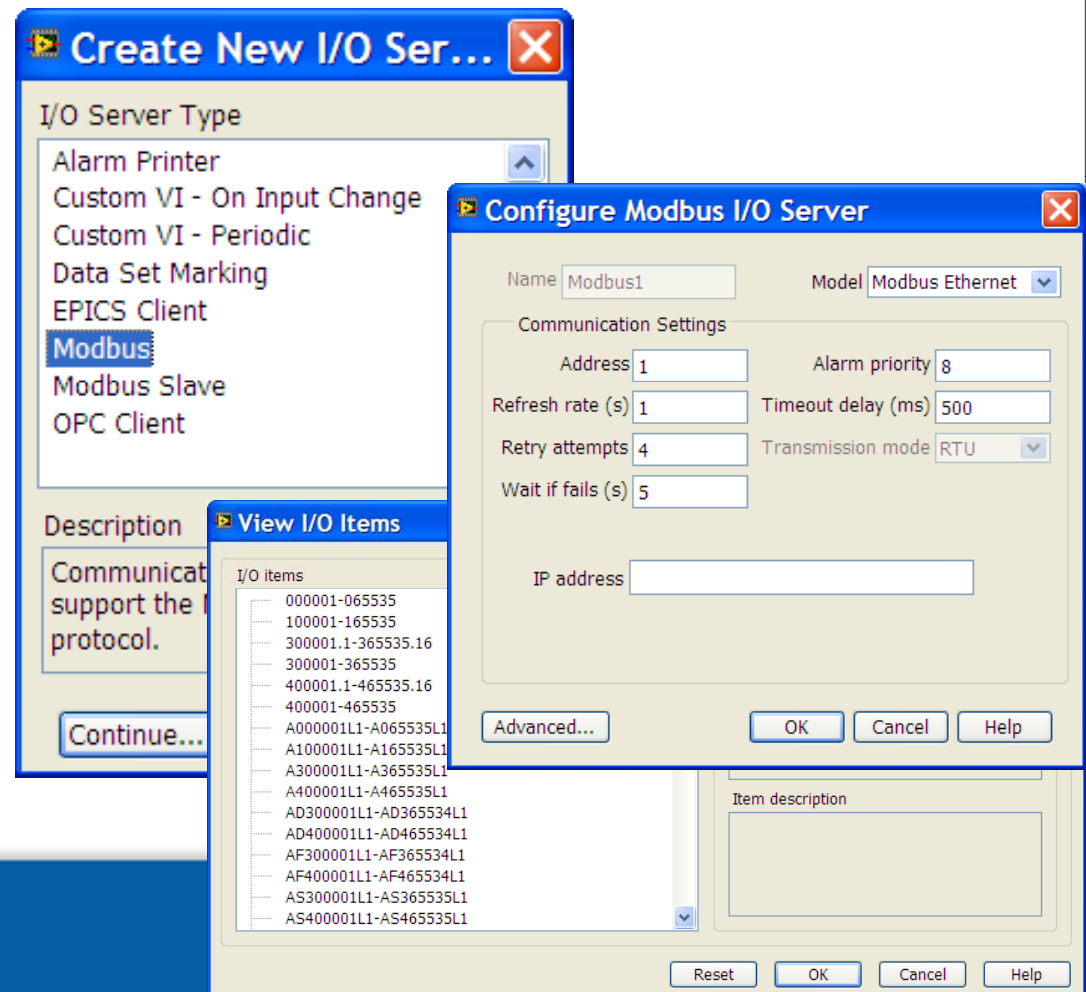


# LabVIEW Modbus Options

NI Modbus VIs



Modbus I/O Server



# Modbus: Conectando com Gateways de terceiros

- Grande variedade de protocolos para comunicação
- Suportado por todos os PACs LabVIEW Real-Time
- Para aplicações não-determinísticas



# PXI/PCI com Compatíveis com SO de Tempo Real

- PROFIBUS
- CAN
- CANopen
- DeviceNet
- FOUNDATION fieldbus



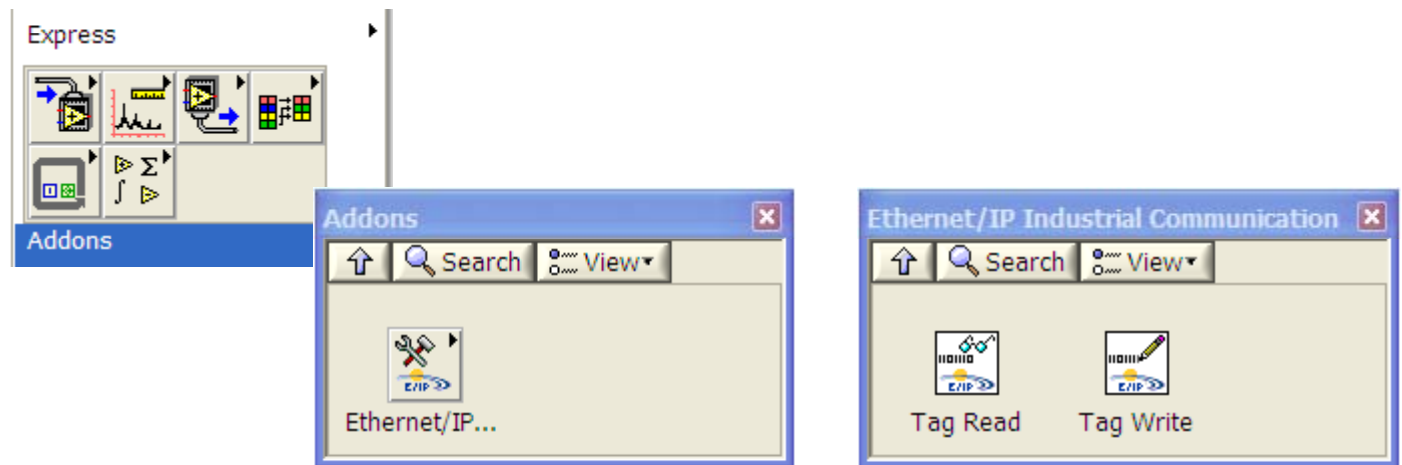
# PROFIBUS

- Compatível com SOs Windows XP/2000 e LabVIEW Real-Time
- Software gráfico para configuração da rede
- API LabVIEW Express - programação simplificada
- Suporta serviços incluindo DPV0 Master class 1/2, DPV0 Slave, e DPV1 Master class 2



# VIs Ethernet/IP para LabVIEW

- VIs para mensagens Ethernet/IP e modo scanner
- Disponível no NI Labs
- VIs para comunicação com adaptadores Ethernet/IP



# Demo: VIs Ethernet/IP

The image displays two overlapping LabVIEW windows for a project named "PLC Demo 1.vi" located at "EIP.lvproj/My Computer".

The background window, titled "PLC Demo 1.vi Front Panel on EIP.lvproj/My C...", shows a control panel with the following elements:

- Network Path:** A text input field.
- Tag Name:** A text input field containing "Tag\_Lights".
- Data:** A numeric control set to "0".
- Below these controls are five green indicator lights.
- The status bar at the bottom indicates the path "EIP.lvproj/My Computer".

The foreground window, titled "PLC Demo 1.vi Block Diagram on EIP.lvproj/My Comp...", shows the block diagram logic:

- A **Context Help** window is open, displaying the "EthernetIP Tag Write.vi" block. Its inputs are: "timeoutMs" (blue), "networkPath" (pink), "tagName" (pink), "Data" (green), and "error in" (yellow). Its output is "error out" (yellow).
- In the main block diagram, the "Network Path" and "Tag Name" controls are connected to the pink inputs of the "EthernetIP Tag Write.vi" block.
- The "Data" control is connected to the green input of the same block.
- The "error out" output of the block is connected to a **BOOL** indicator set to "TF".
- The status bar at the bottom indicates the path "EIP.lvproj/My Computer".



# Obrigado!

Não esqueça de preencher a avaliação.

Para mais informações acesse [ni.com](http://ni.com) ou  
ligue para (11) 3149-3149

