

Selecionando a placa
osciloscópio / digitalizadora
correta para sua aplicação

O teste automatizado está mudando

- Requisitos em expansão e restrição de serviços sem precedentes são sérios desafios para os engenheiros de testes de hoje.

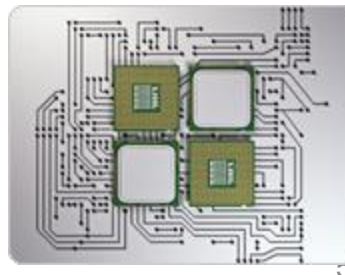
Objetivo: Construir um sistema de teste automatizado melhor



Redução de custos de equipamento e tamanho do sistema



Desenvolvimento de teste rápido



Execução mais rápida dos testes com aumento da flexibilidade

Agenda

- O que é um digitalizador/osciloscópio
- O que considerar ao selecionar seu escopo
 1. Largura de banda
 2. Frequência de amostragem
 3. Modos de amostragem
 4. Resolução e alcance dinâmico
 5. Memória onboard
 6. Tamanho & densidade de canal
 7. Sincronização de múltiplos instrumentos
 8. Transmissão de dados e co-processamento

Produtos diferentes com entradas analógicas



	Produtos DAQ (ex. NI Série X)	FlexRIO & FAM (ex. NI 5772)	Digitalizador/osciloscópio (ex. PXIe-5162)
	Canais de baixa velocidade CAD Multiplexado	Alta velocidade & FPGA	Medição de alta densidade, front end analógico flexível
Velocidade de amostragem	200 kS/s até 10 MS/s	50 MS/s até 3 GS/s	60 MS/s até 12.5GS/s
Front end analógico	Múltiplas faixas	Capacidades fixas	<ul style="list-style-type: none"> Múltiplas faixas Acoplamento AC/DC 50 Ohm / 1 MOhm Filtros
Canais	4...80	1-32	1-8
Tensão de entrada	~20Vpp	~2Vpp	Até 50Vpp
Calibração	Sim	Não	Sim
Área de aplicação	Multi-IO	Desenvolvimento customizado, Aplicações Embarcadas Processamento em FPGA	Testes de Manufatura, Validação, Pesquisa, ...

Um osciloscópio tradicional – em uma caixa

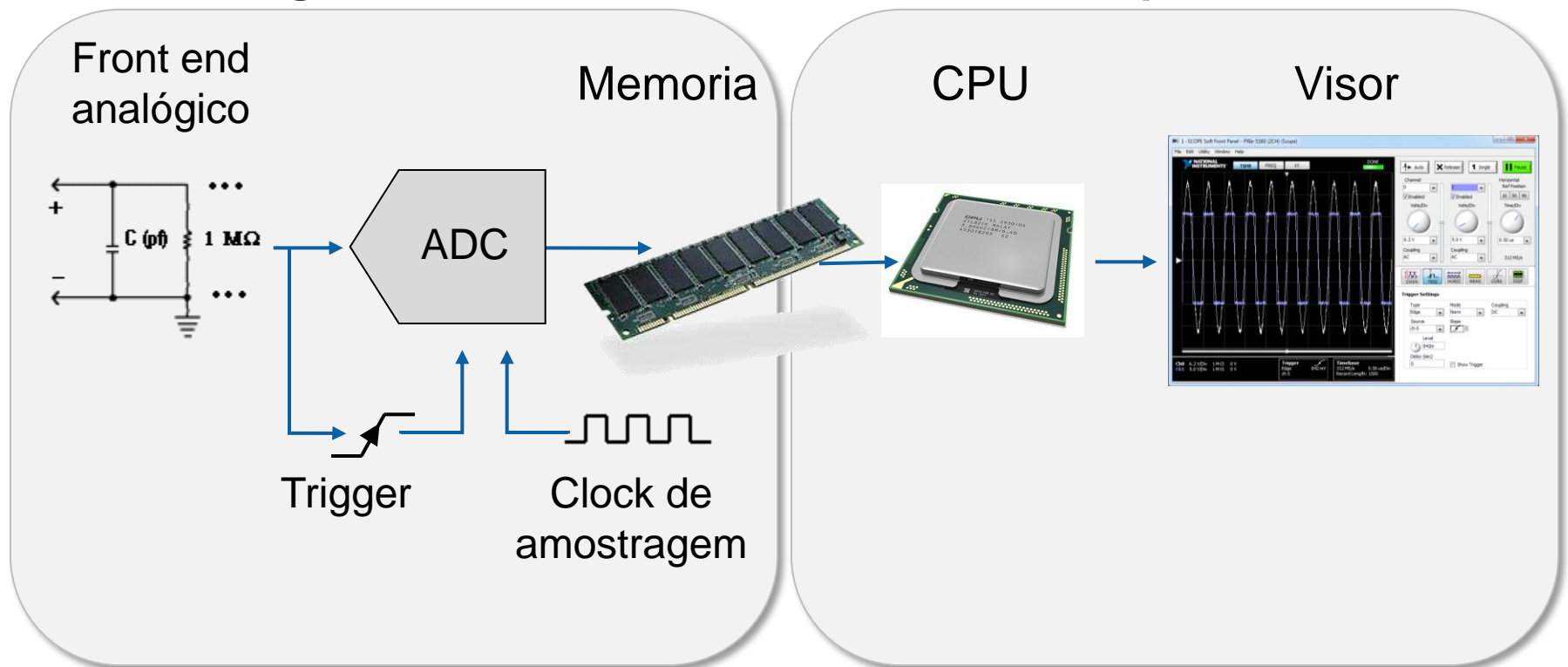


A diferença entre digitalizador e osciloscópio

Osciloscópio

Digitalizador

Computador



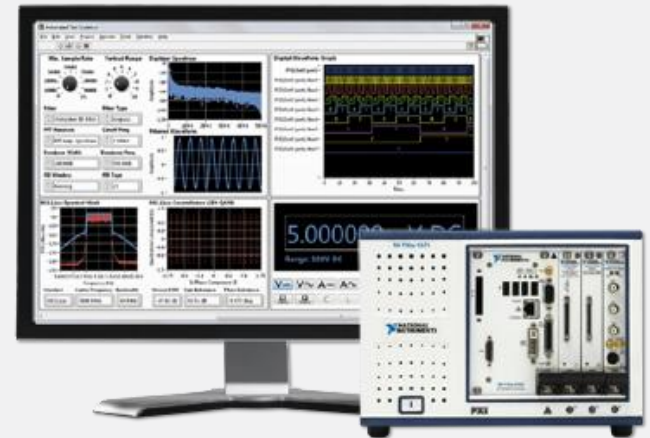
Integração modular e tecnologia comercial

Instrumentos tradicionais



VS.

Instrumentos modulares PXI

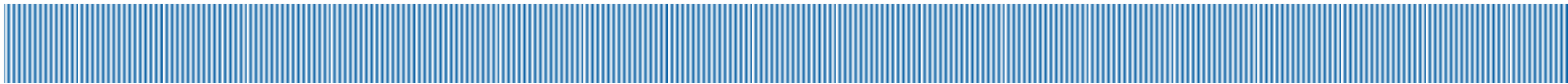


Esquema de aquisição de um osciloscópio e digitalizador

Gravação da aquisição de um osciloscópio com **tempo-morto** entre as gravações



Aquisição **Contínua** de um digitalizador junto ao Modo-Osciloscópio



tempo

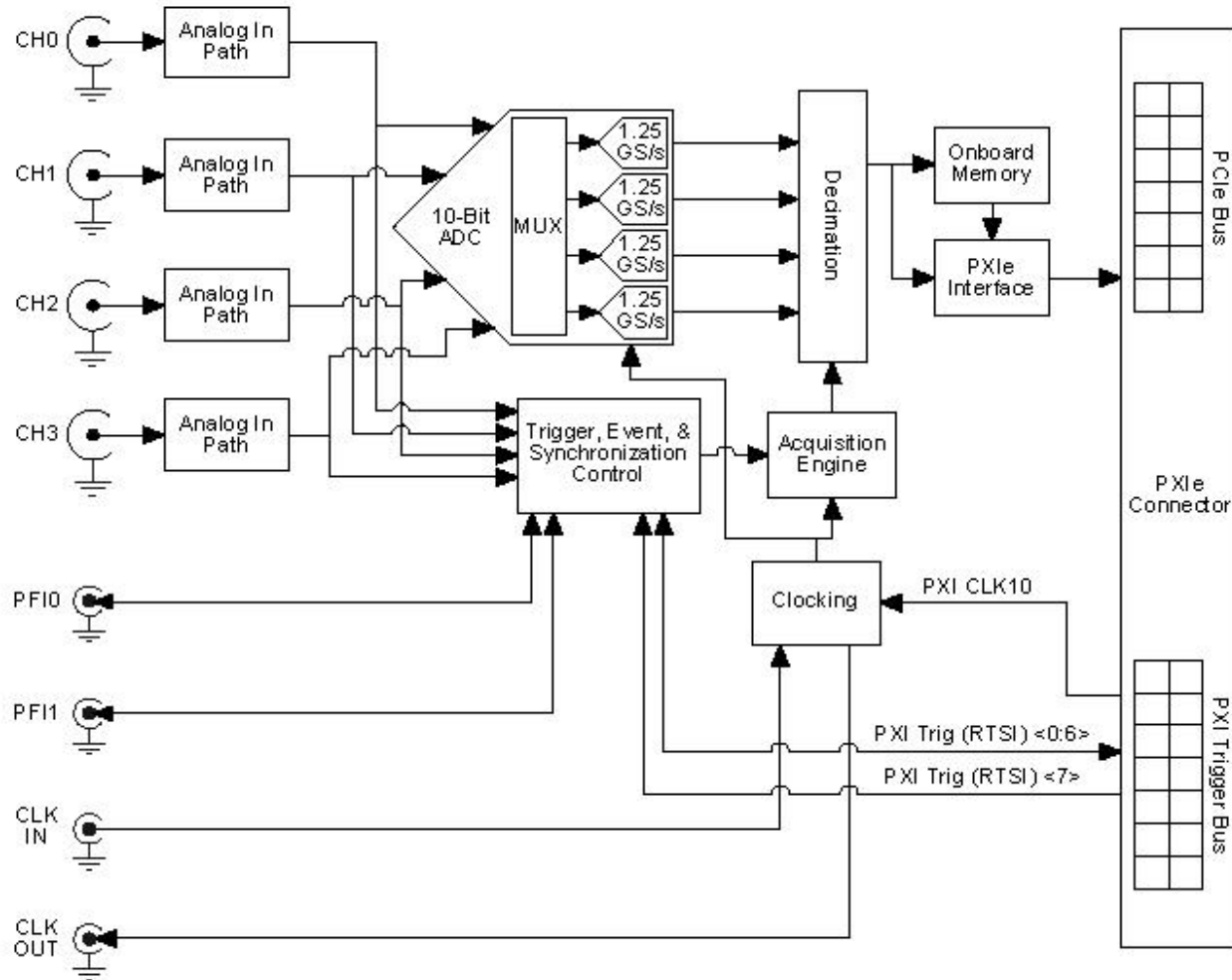
- Um osciloscópio adquire dados com um **tempo-morto** entre eles
- Um digitalizador está adquirindo **continuamente** para análise ou armazenamento então nenhuma parte do sinal é perdida
- Como eles usam barramentos de alta velocidade PXIe, osciloscópios podem também trabalhar como digitalizadores para aquisição contínua, análise e armazenamento

NOVO: NI PXIe-5162 – 5 GS/s placa digitalizadora de alta velocidade

Especificações	NI PXIe-5162
Formato/modelo	3U PXI Express
Resolução vertical	10 bits
Taxa de amostragem	5 GS/s (1-canal) 2.5 GS/s (2-canais) 1.25 GS/s (4-canais)
Número de canais	2 ou 4
Largura de banda	Up to 1.5 GHz
Impedância de entrada	50 Ω , 1 M Ω
Acoplamento de entrada	AC, DC
Faixa de tensão de entrada	50 mV _{pp} up to 50 V _{pp}
Memória on-board	64 MB ou 2 GB



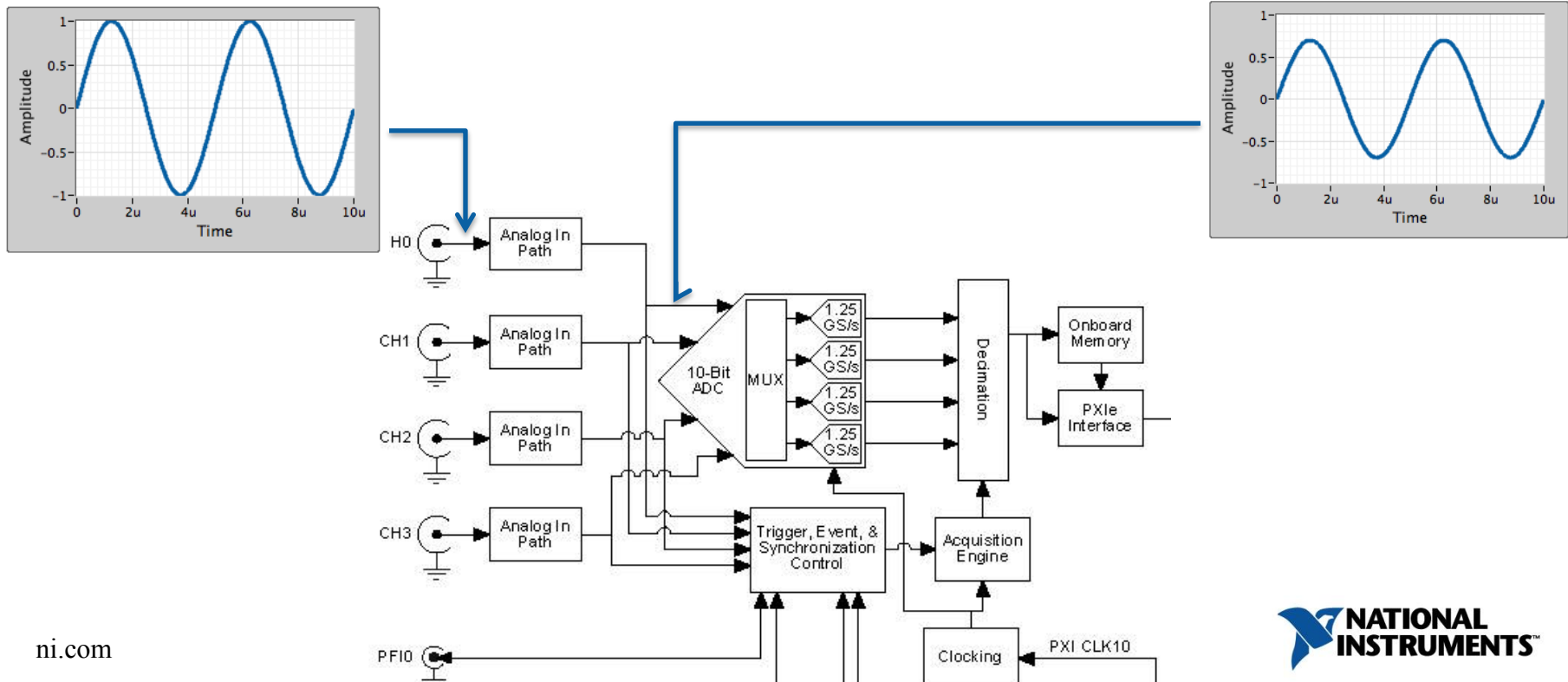
Diagrama de blocos da NI PXIe-5162



1. Largura de banda

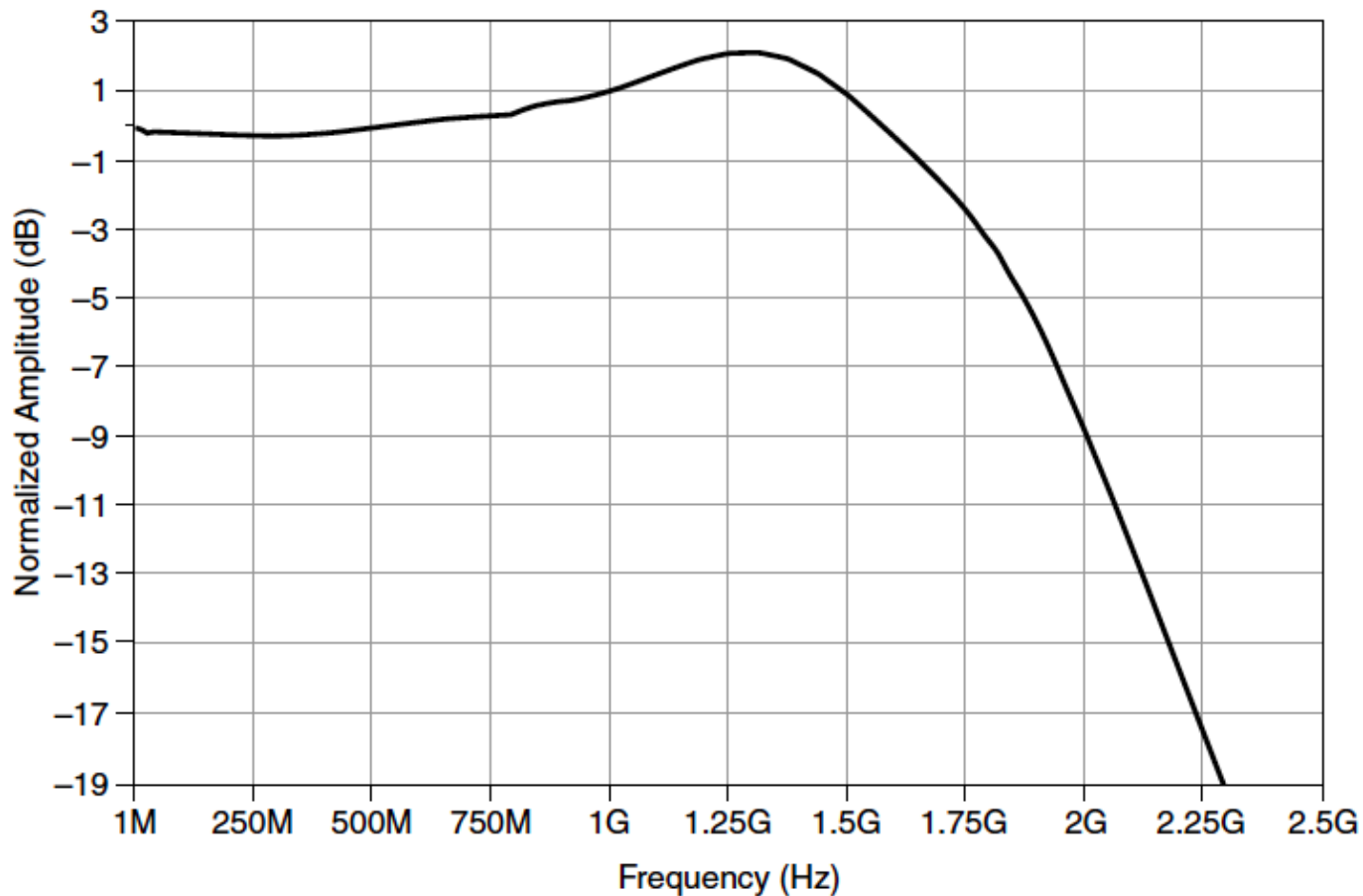
Largura de banda

- Frequência na qual um sinal senoidal na entrada, que passou através do *front end* analógico, é atenuada para 70,7% da sua amplitude original
- Também conhecida como largura de banda de -3 dB ou ponto 3dB



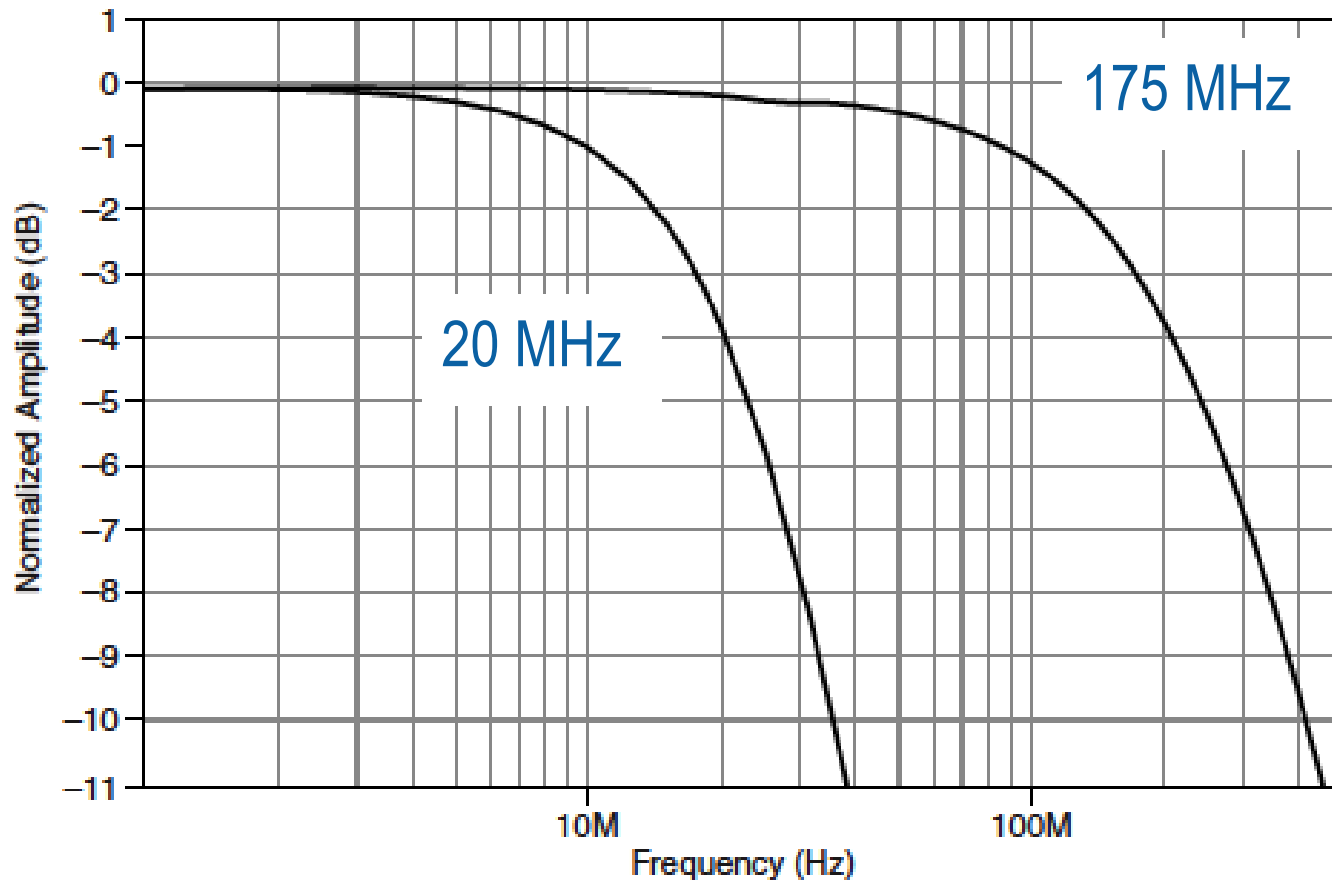
Largura de banda de um instrumento

Figure 4. NI 5162 50 Ω Frequency Response, 1 V_{pk-pk}, 5 GS/s, Characteristic

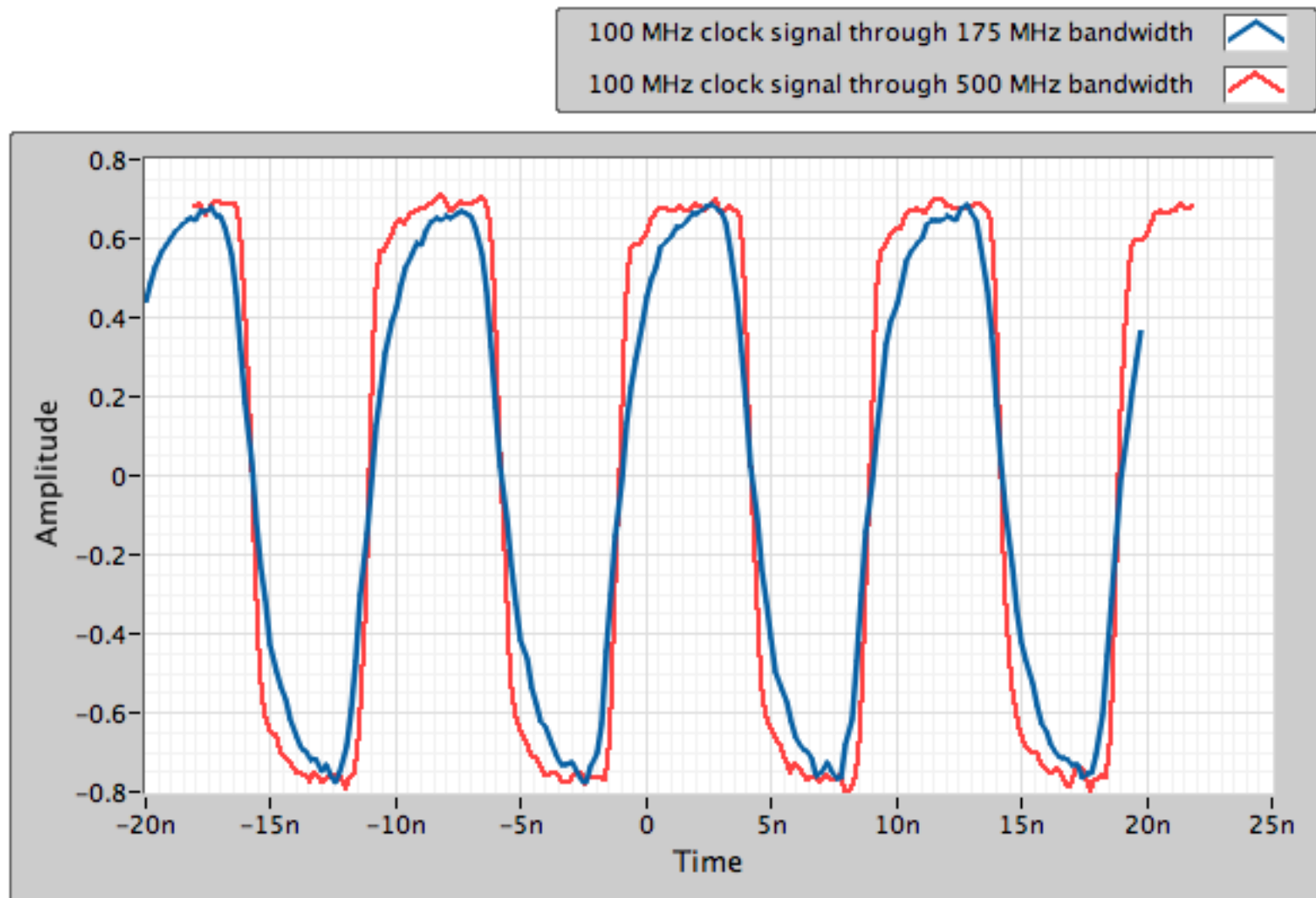


Largura de banda – Filtros em um digitalizador

Figure 6. NI 5162 Bandwidth Limiting Filters Frequency Response, 1 V_{pk-pk} , Characteristic

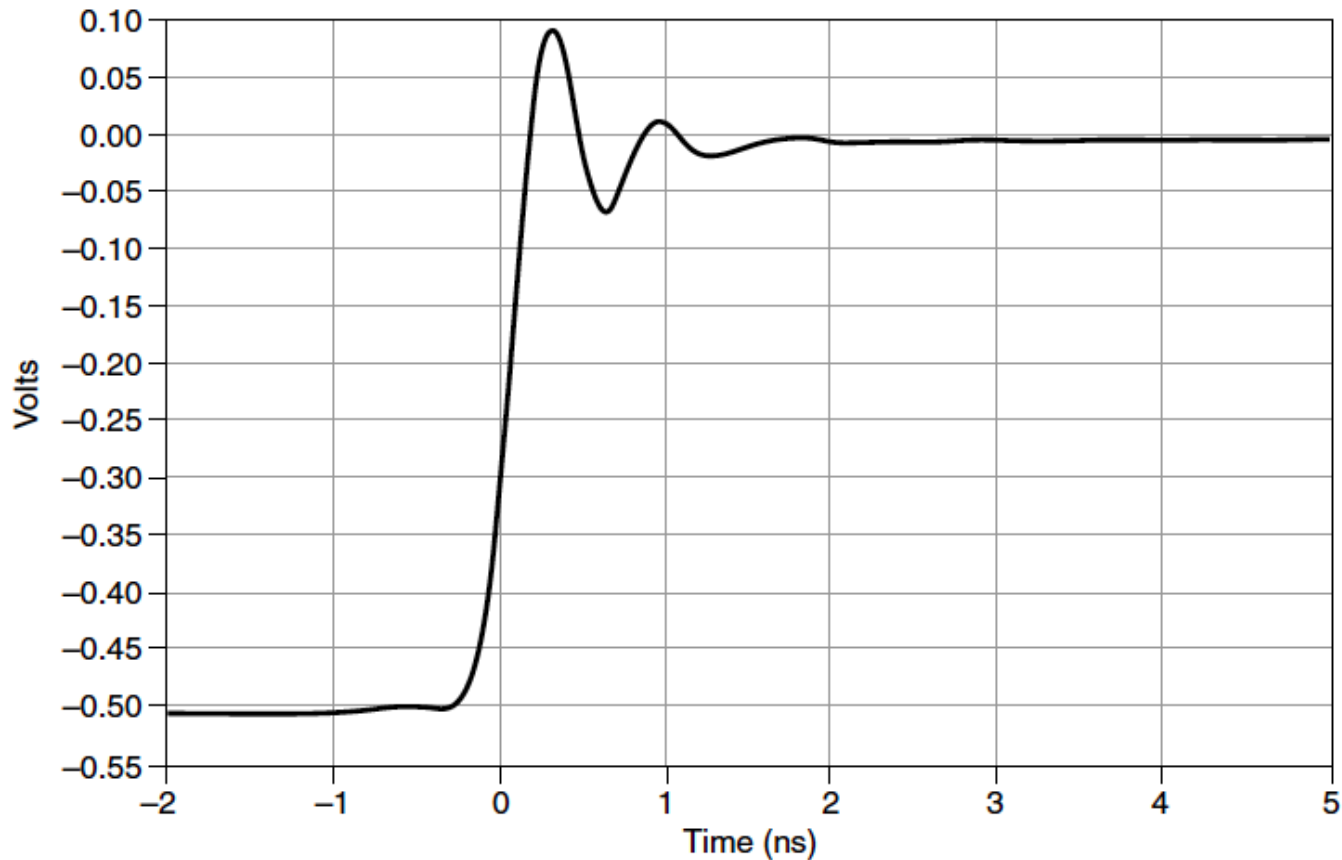


Por que a largura de banda é importante:



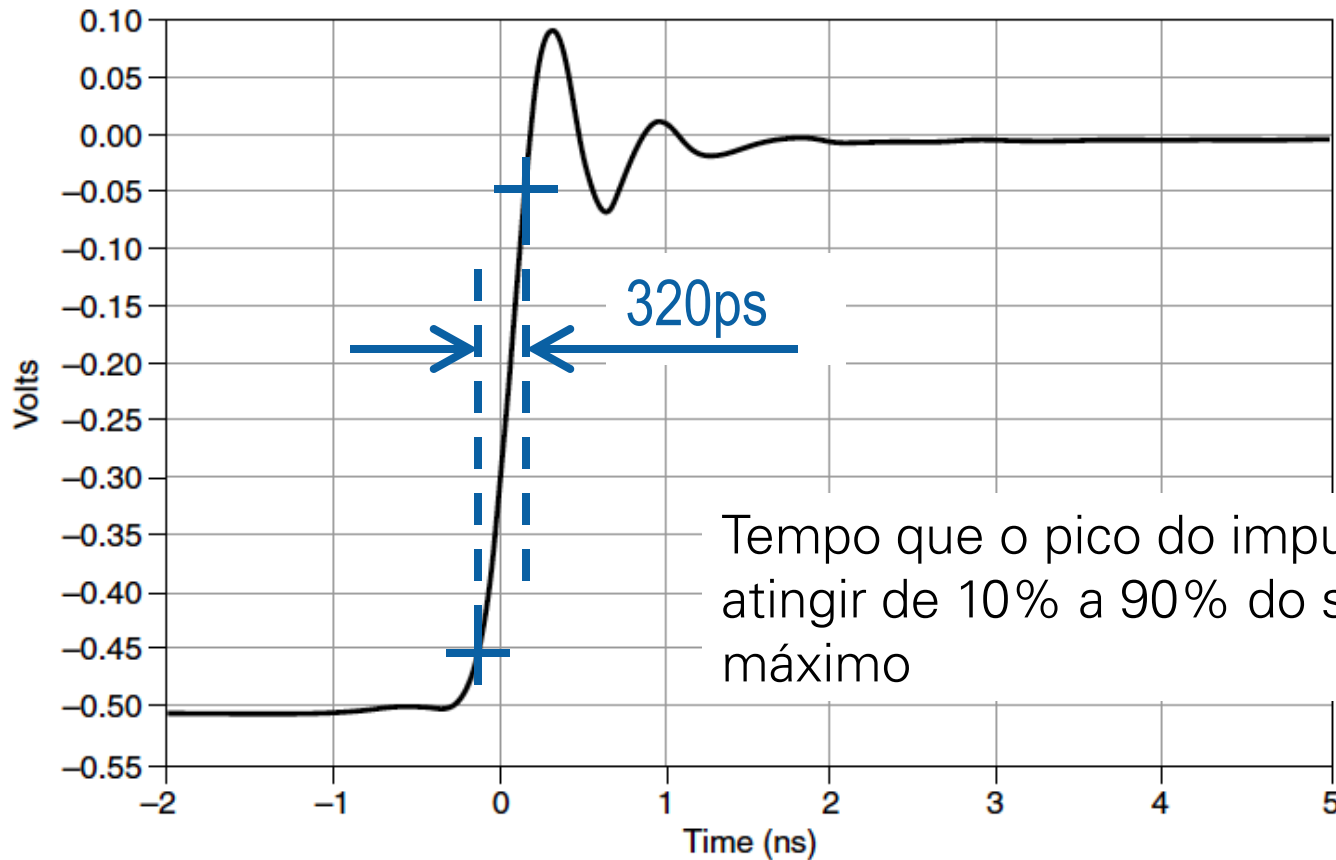
Resposta ao degrau de um osciloscópio

Figure 2. NI 5162 Step Response, 50 Ω , 1 V_{pk-pk} Input Range, -0.25 V Programmable Offset, 150 ps Rising Edge, Characteristic



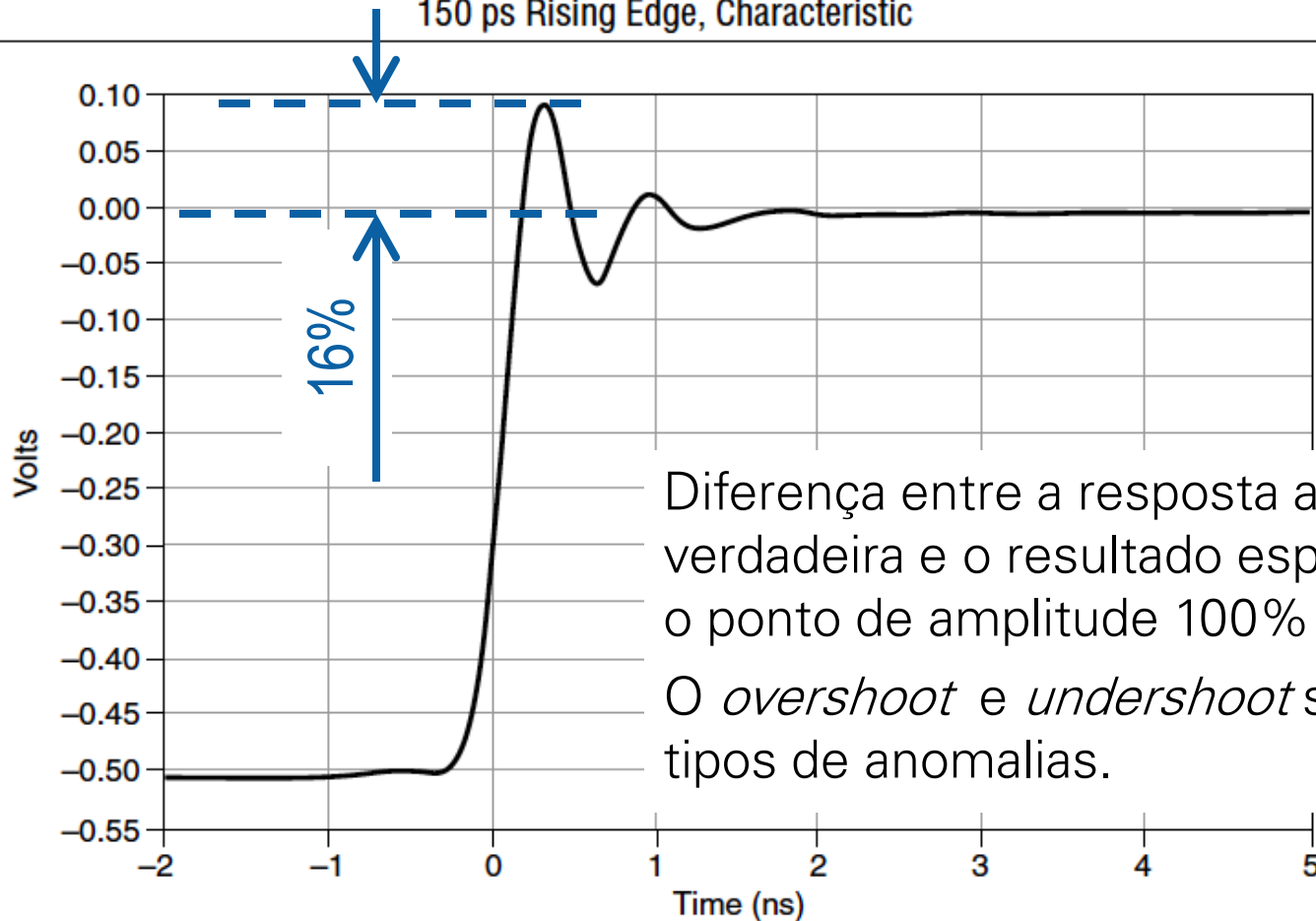
Tempo de subida (medição muito importante)

Figure 2. NI 5162 Step Response, 50 Ω , 1 V_{pk-pk} Input Range, -0.25 V Programmable Offset, 150 ps Rising Edge, Characteristic



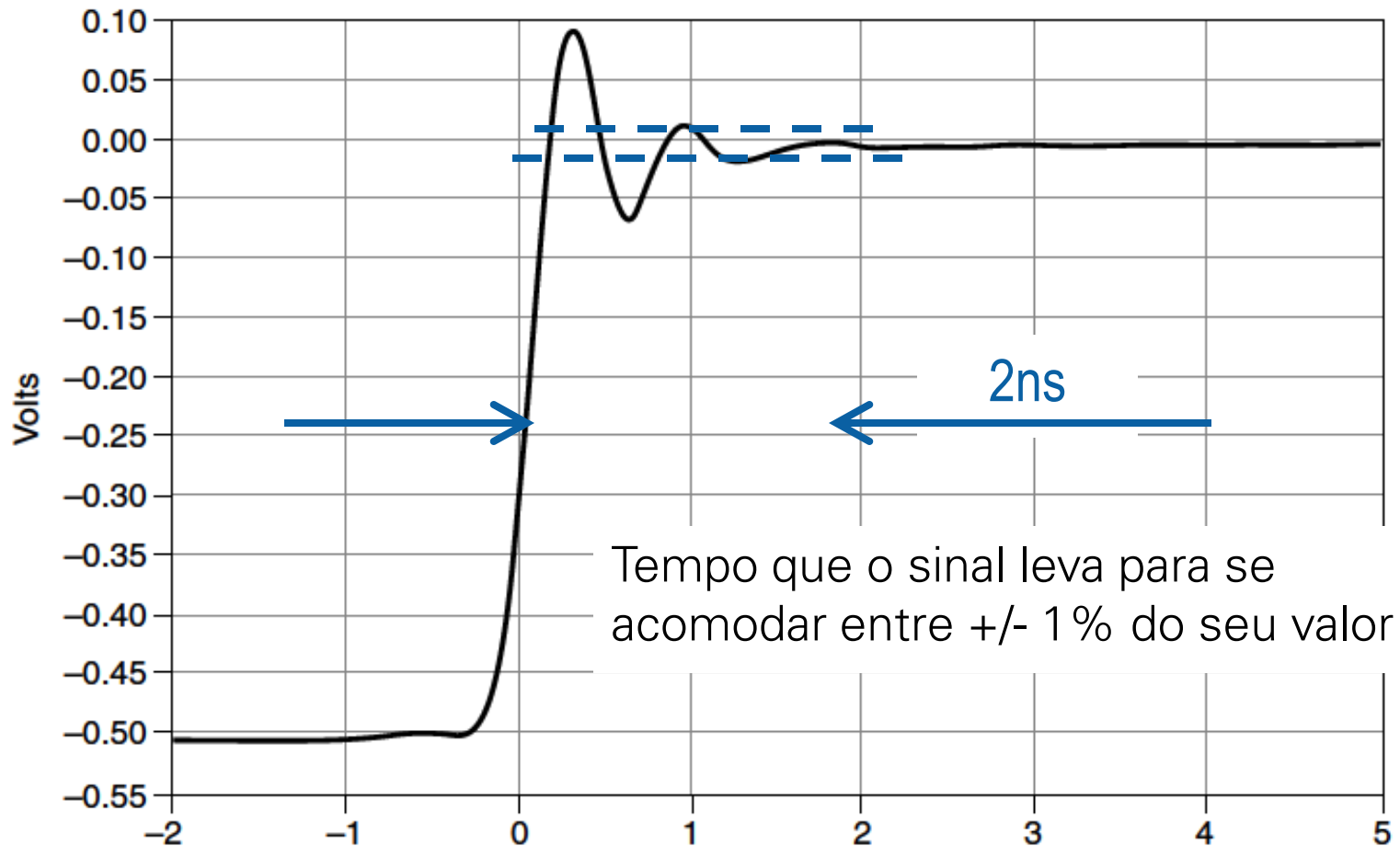
Anomalia (medição muito importante)

Figure 2. NI 5162 Step Response, 50 Ω , 1 V_{pk-pk} Input Range, -0.25 V Programmable Offset, 150 ps Rising Edge, Characteristic



Tempo de estabilização

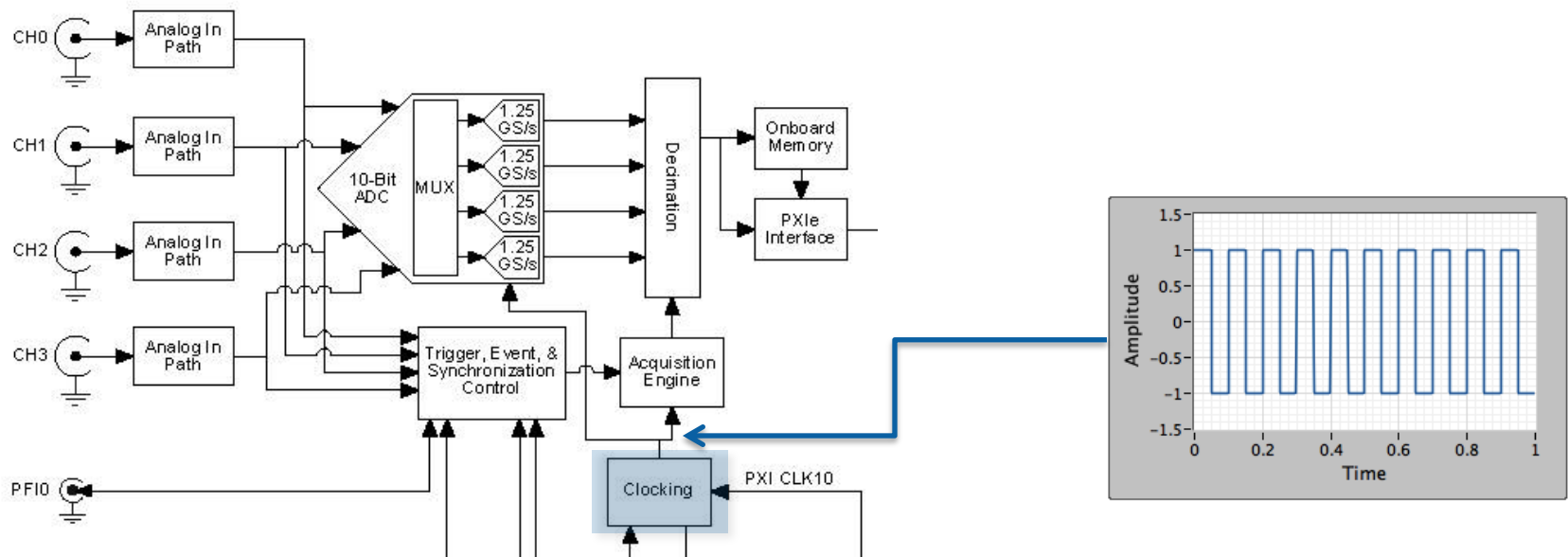
150 ps Rising Edge, Characteristic



2. Taxa de amostragem

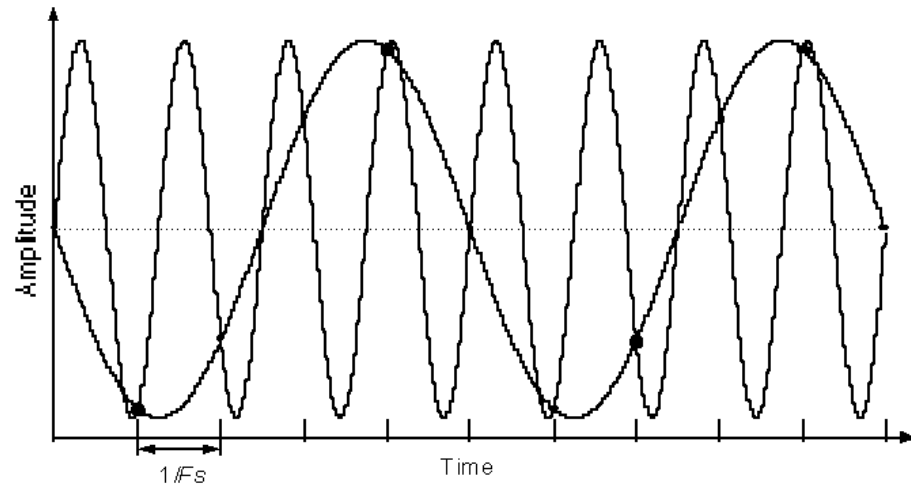
Taxa de amostragem

- Taxa na qual o conversor analógico/digital do digitalizador converte o sinal na entrada para dados digitais, depois do sinal ter passado pela entrada analógica



Aliasing

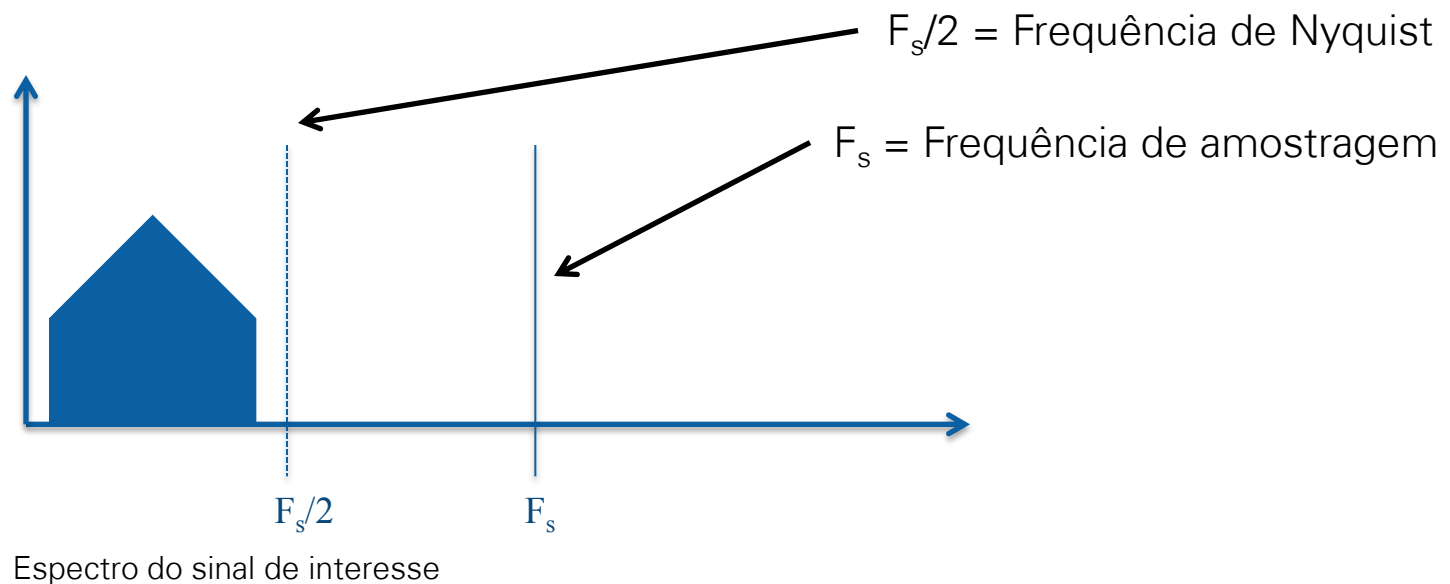
- Se a forma de onda possuir conteúdo espectral acima da frequência de Nyquist, ocorrerá sobreposição daquele conteúdo entre 0 Hz e a frequência de Nyquist.



- Teorema de Nyquist:
Taxa de Amostragem $> 2 \times$ Componente de frequência mais alta do sinal medido para que este possa ser reconstruído.

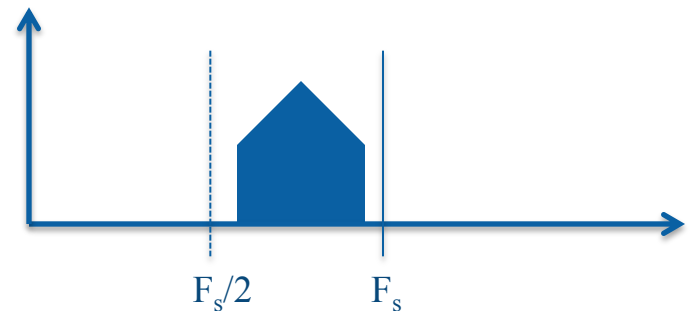
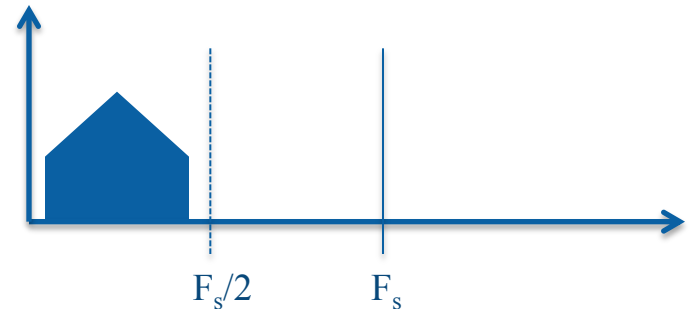
Teorema de Shannon-Nyquist

- Amostrar a uma taxa no mínimo 2 vezes maior que a componente de maior frequência do sinal adquirido
- **Nota:** Este é um caso especial do teorema
(Se aplica para sinais entre 0 Hz e $F_s/2$)

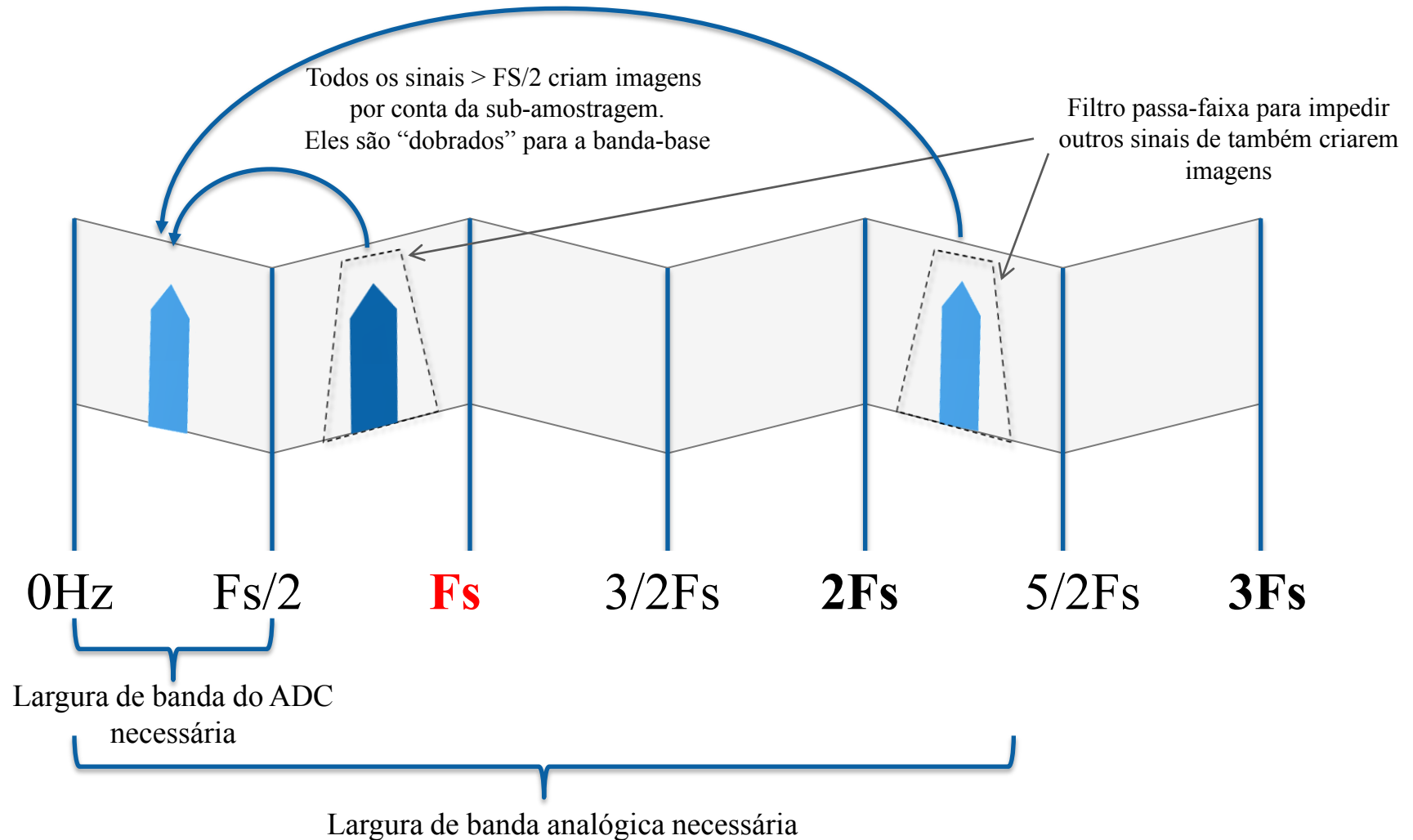


Teorema de Shannon-Nyquist – Versão geral

- Caso especial da lei
 - *Amostrar a uma taxa duas vezes maior que a componente de maior frequência*
- Versão mais genérica do teorema:
 - *Deve ao menos amostrar a uma taxa duas vezes maior que a largura de banda*
 - Se aplica a sinais de banda limitada apenas
 - Usada em sistemas de comunicação
 - Se a banda de interesse é pequena comparada a frequência da portadora



Sub-amostragem / dobramento



Para que isso é bom?

- Adquirir sinais de alta velocidade com um ADC mais lento
 - Usa uma gama dinâmica maior em altas frequências
 - Utiliza um instrumento de baixo custo
 - Economiza memória e largura de banda
- Importante
 - O sinal deve ser de banda limitada!
 - Frequentemente é necessário o uso de um filtro na banda de interesse



Filtro fixo



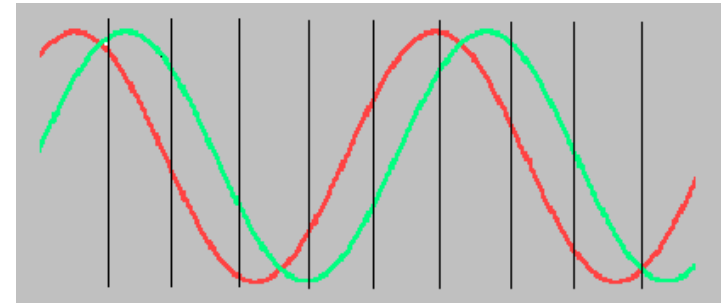
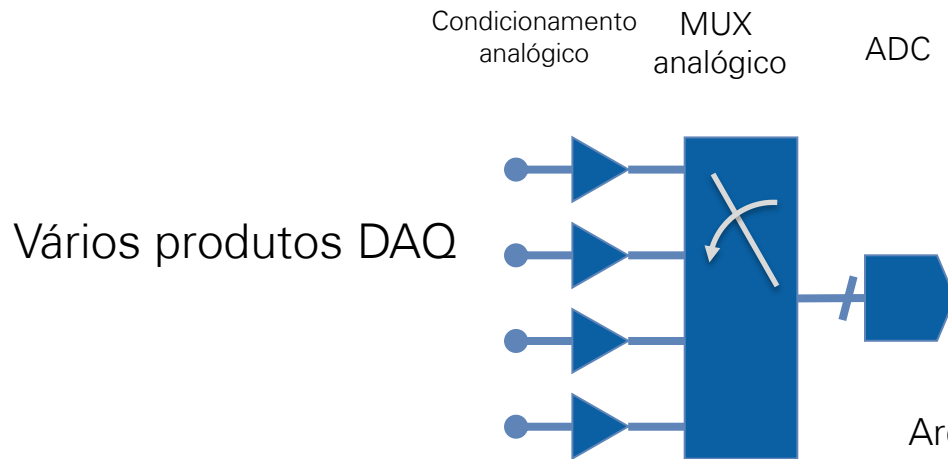
NI PXIe-5693 Pre-Selector

3. Modos de amostragem

Modos de amostragem

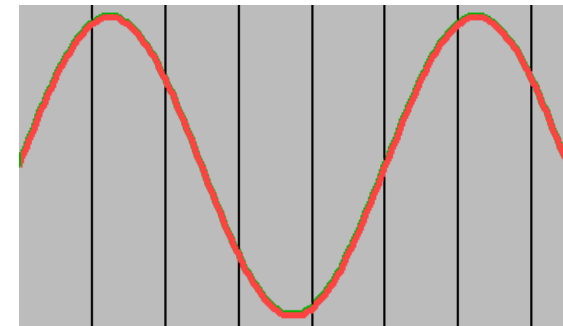
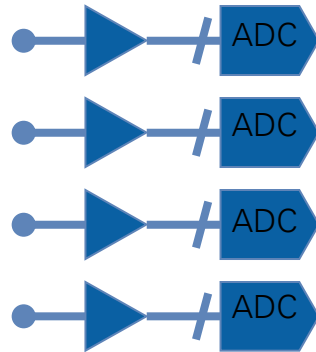
- Amostragem em tempo real
 - Este é o modo padrão de amostragem em digitalizadores e osciloscópios
- Amostragem por tempo intercalado (TIS)
 - Permite altas faixas dinâmicas em altas taxas de amostragem
 - Dois ou mais conversores AD intercalados
- Amostragem por tempo equivalente (ETS)
 - Cria uma forma de onda amostrando uma outra forma de onda repetitiva ao longo de vários períodos do sinal.
 - Na National Instruments ETS é chamado de amostragem por intercalamento aleatório (RIS)

Multiplexado vs. amostragem simultânea



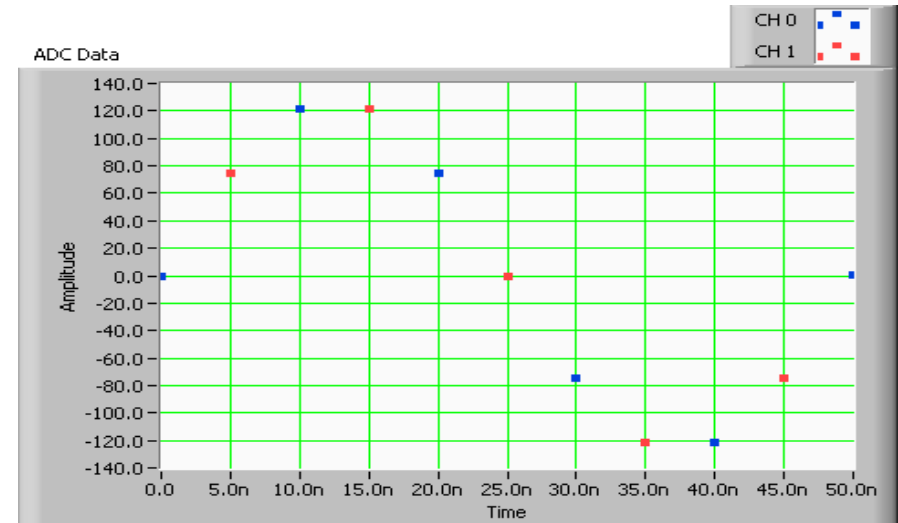
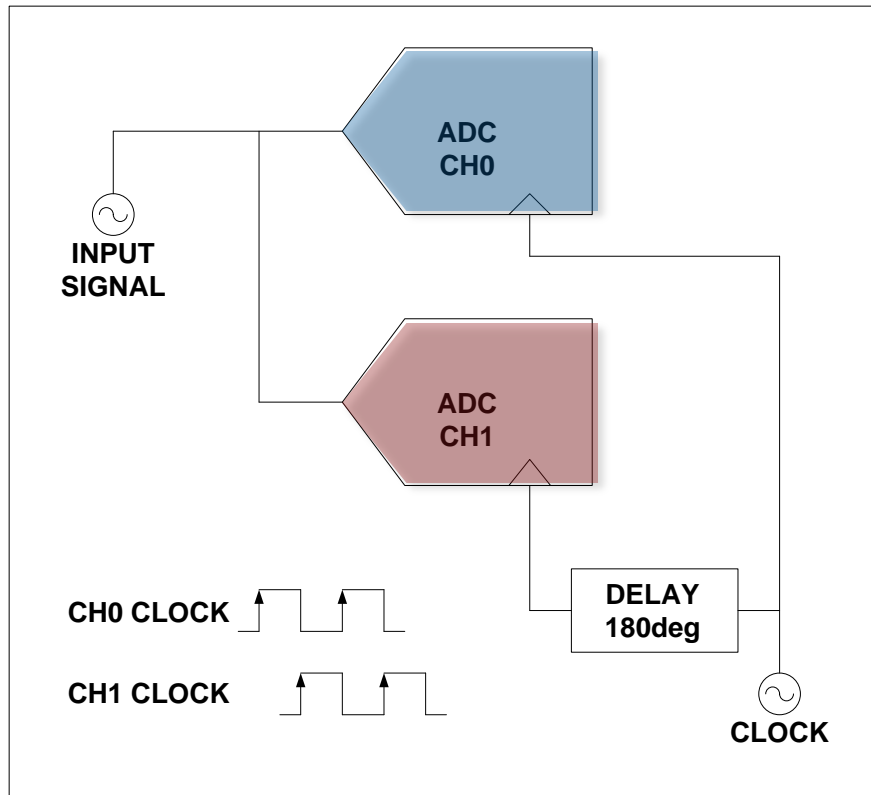
Arquitetura multiplexada: diversos canais, 1 ADC
= ERRO DE FASE

Digitalizadores, DSA,
e DAQ Série S



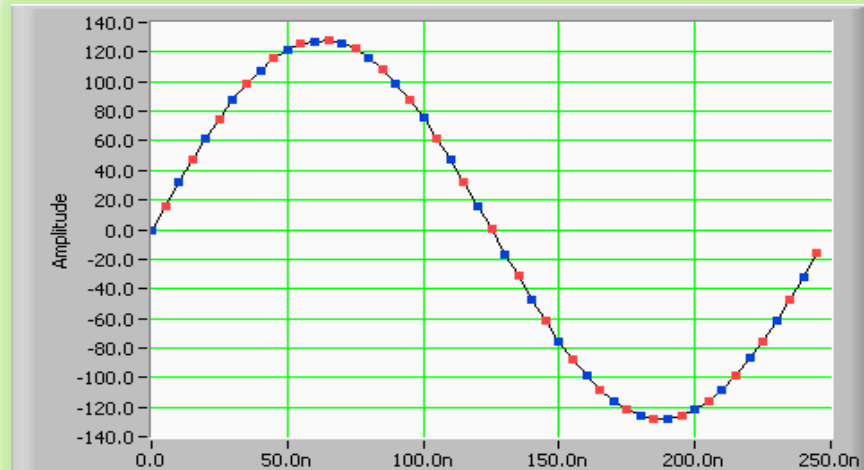
Arquitetura simultânea: Diversos Canais e ADCs
= SEM ERRO DE FASE

O que é amostragem por tempo intercalado?

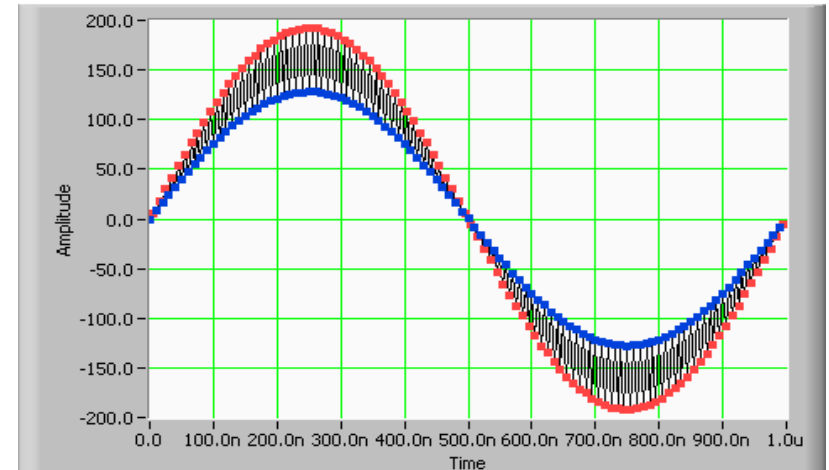


O que pode ocorrer de errado com TIS?

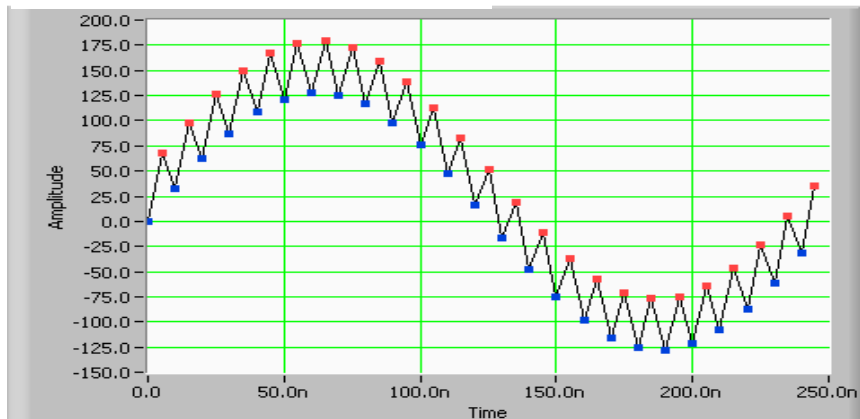
Amostragem Intercalada Perfeita



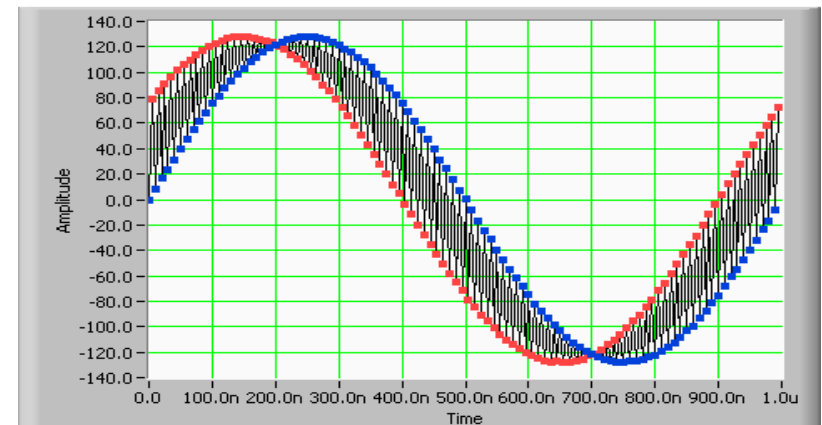
Erro de Ganho entre ADCs



Erro de Offset entre ADCs

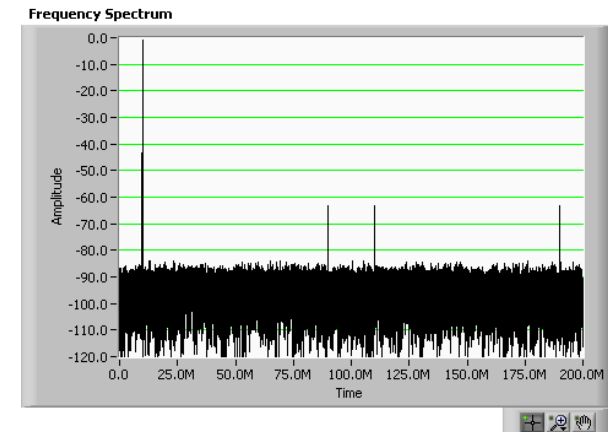
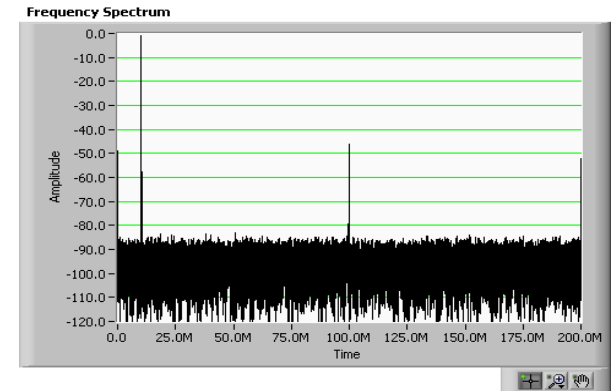


Erro de Fase entre ADCs



Como isso se reflete no domínio da frequência

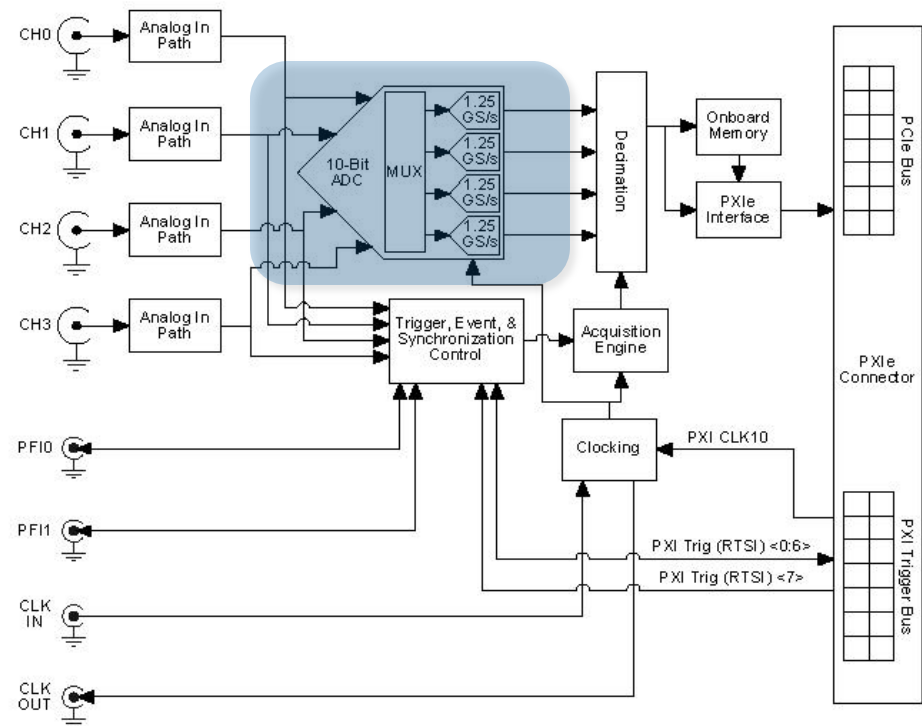
- Picos de erro de offset
 - $f_{\text{offset}} = n f_s / M$
 - M = Número de ADCs intercalados
 - n = número inteiro (0,1,2,3,...)
 - Picos não relacionados à frequência do sinal
- Picos de ganho & erro de fase:
 - $F_{\text{ganho,fase}} = (n f_s / M) \pm f_{\text{sinal}}$
- Não-linearidade
 - DNL, INL adiciona mais picos



Maiores informações: www.edn.com/design/analog/4407107/1/The-ABCs-of-interleaved-ADCs

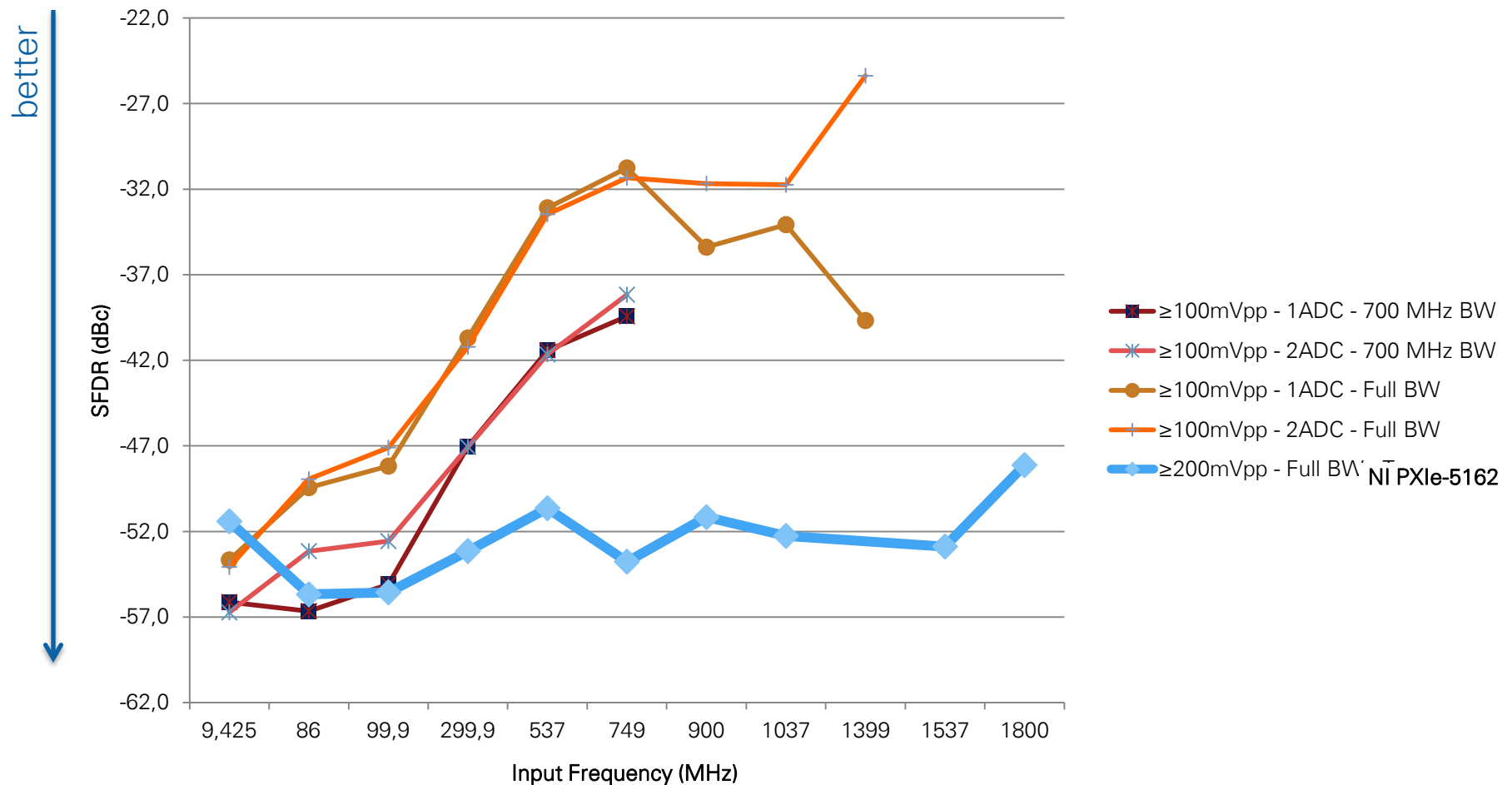
Exemplo: PXIe-5162 utiliza intercalação

- Usando até 4 conversores AD intercalados em 1,25 GS/s
- Permite 5 GS/s em 10-bit (SFDR de 50dBc)
- A NI PXIe-5160 e a NI PXIe-5162 usam calibração interna avançada



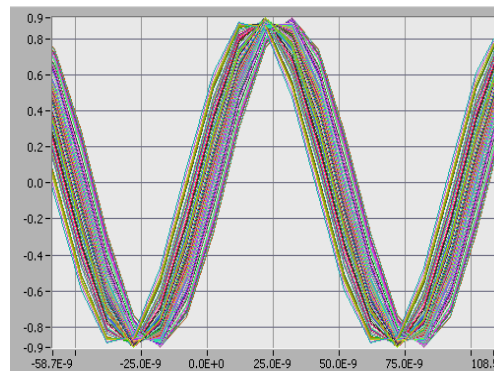
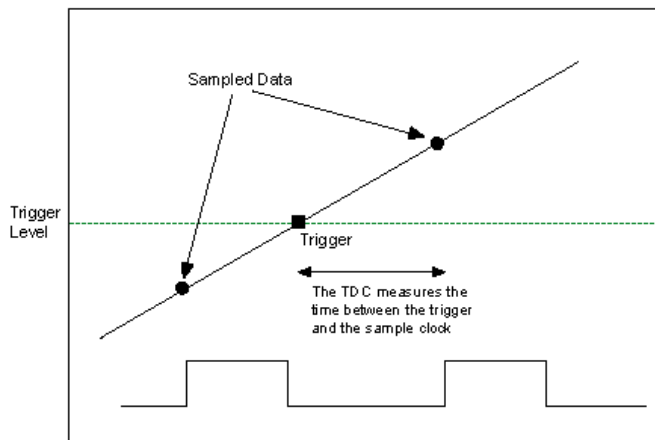
Comparação com digitalizadores concorrentes

SFDR - ≥ 100 mVpp - 50 Ω

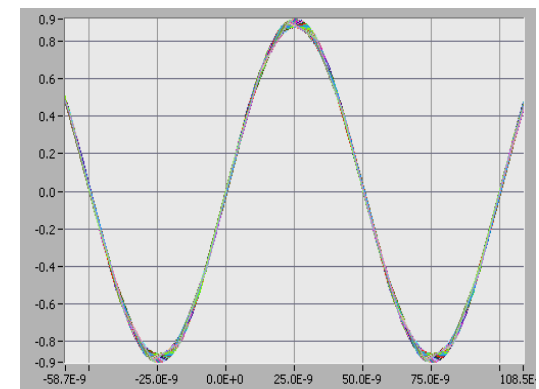


Conversor tempo-digital (TDC)

- Usado para obter informação de clock de trigger da sub-amostragem.
- Mede o tempo entre o trigger e a primeira amostra
 - Exemplo: PXIe-5162: base de tempo de 4 ps (típico)
- Necessário para correlacionar múltiplas aquisições/registros no tempo ou sobreposição de aquisições/registros.



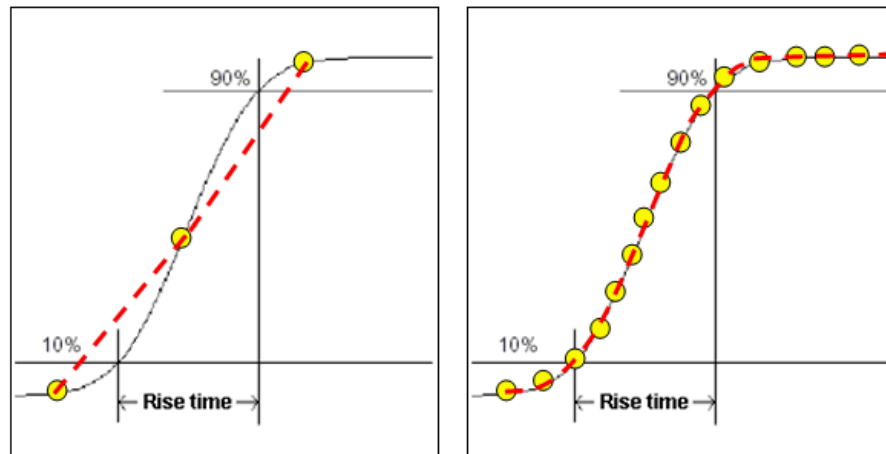
Precisão de ± 1 do clock de trigger da amostragem.(sem o TDC)



Precisão de ± 4 os de trigger com TDC

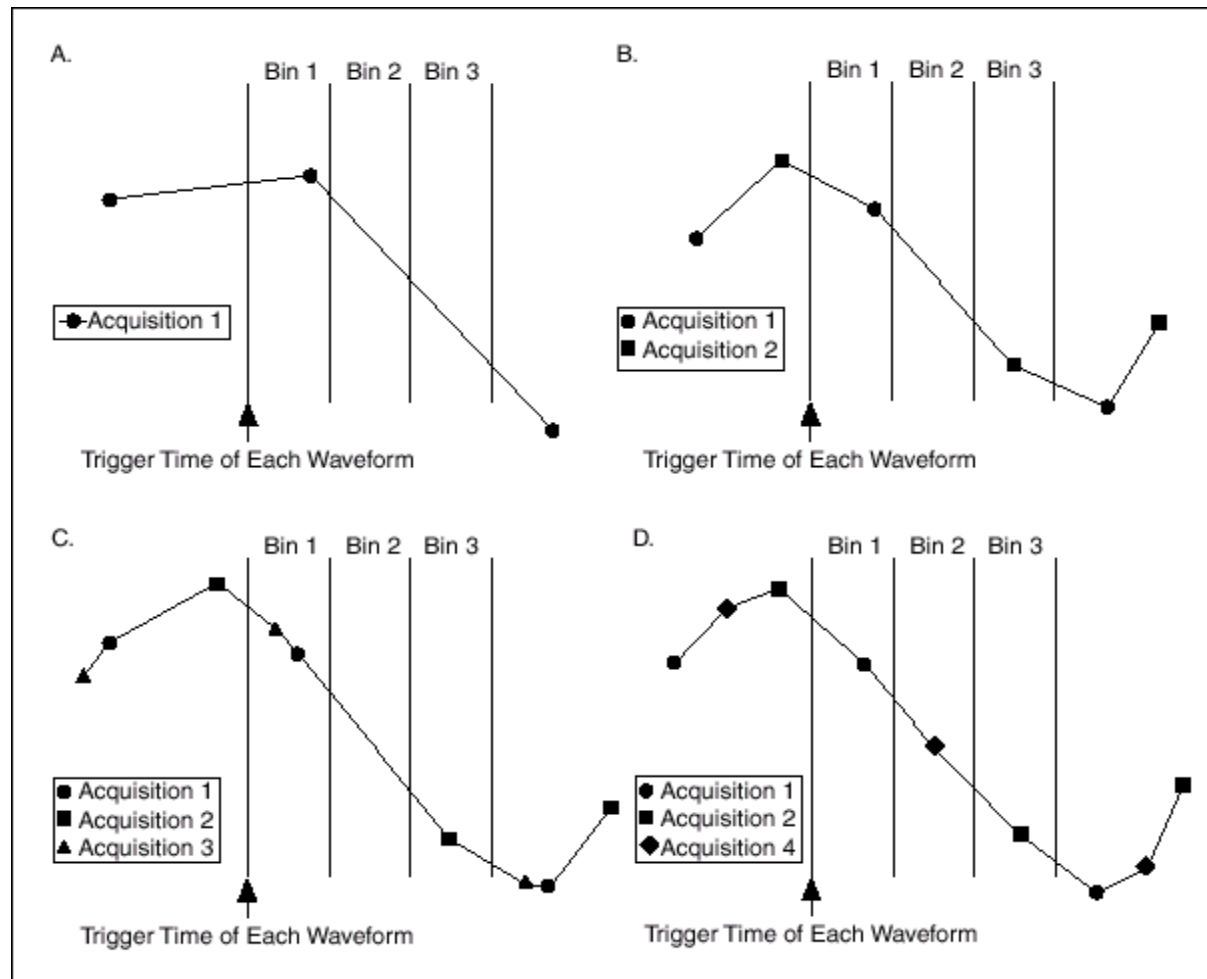
Amostragem de tempo equivalente (ETS)

- Aumenta a taxa de amostragem aparente de sinais repetitivos sobrepondo diversas ondas desencadeadas
 - TDC nos permite sobrepor os registros (alinhamento no tempo)
 - Aumenta a taxa de amostragem aparente em 10x ou mais!
 - Por exemplo para analisar transições digitais



ETS a moda NI Way:

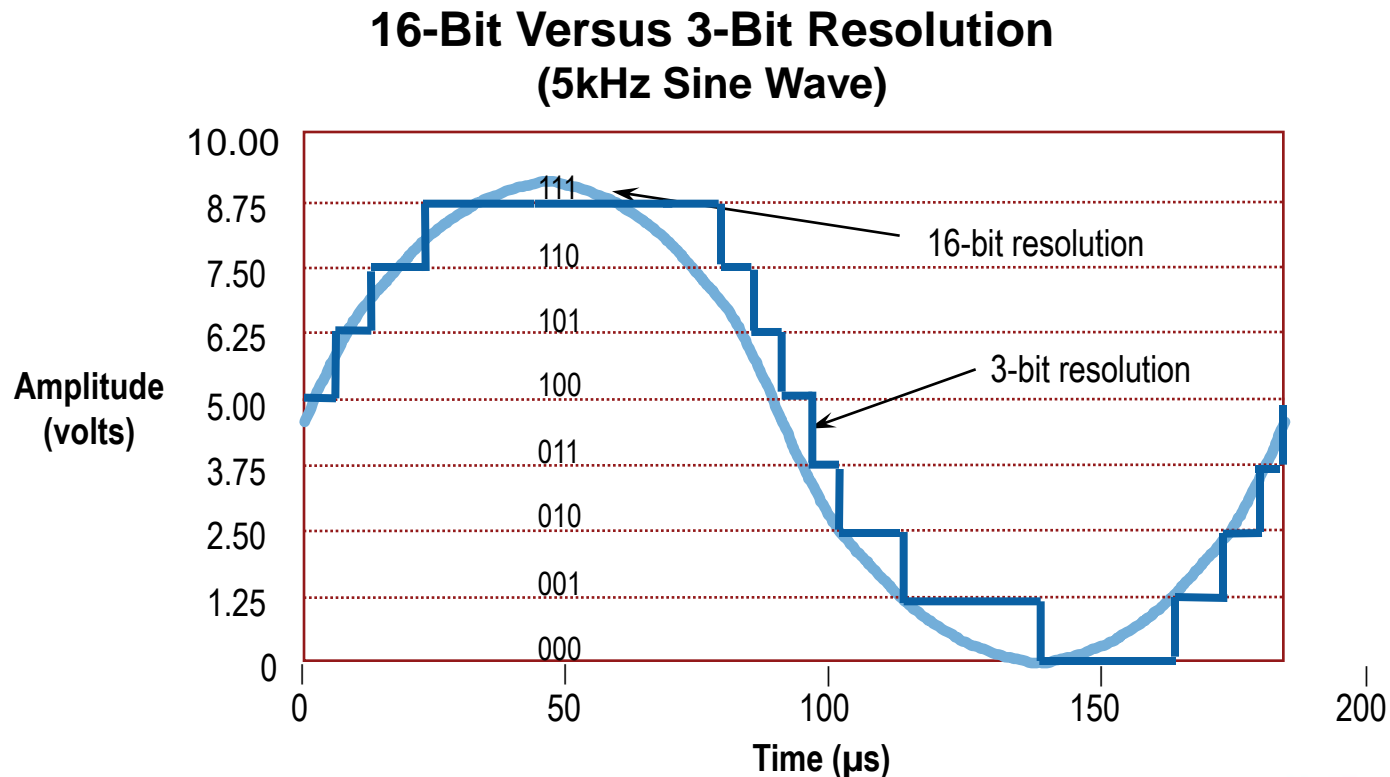
Amostragem intercalada aleatória (RIS)



4. Resolução e faixa dinâmica

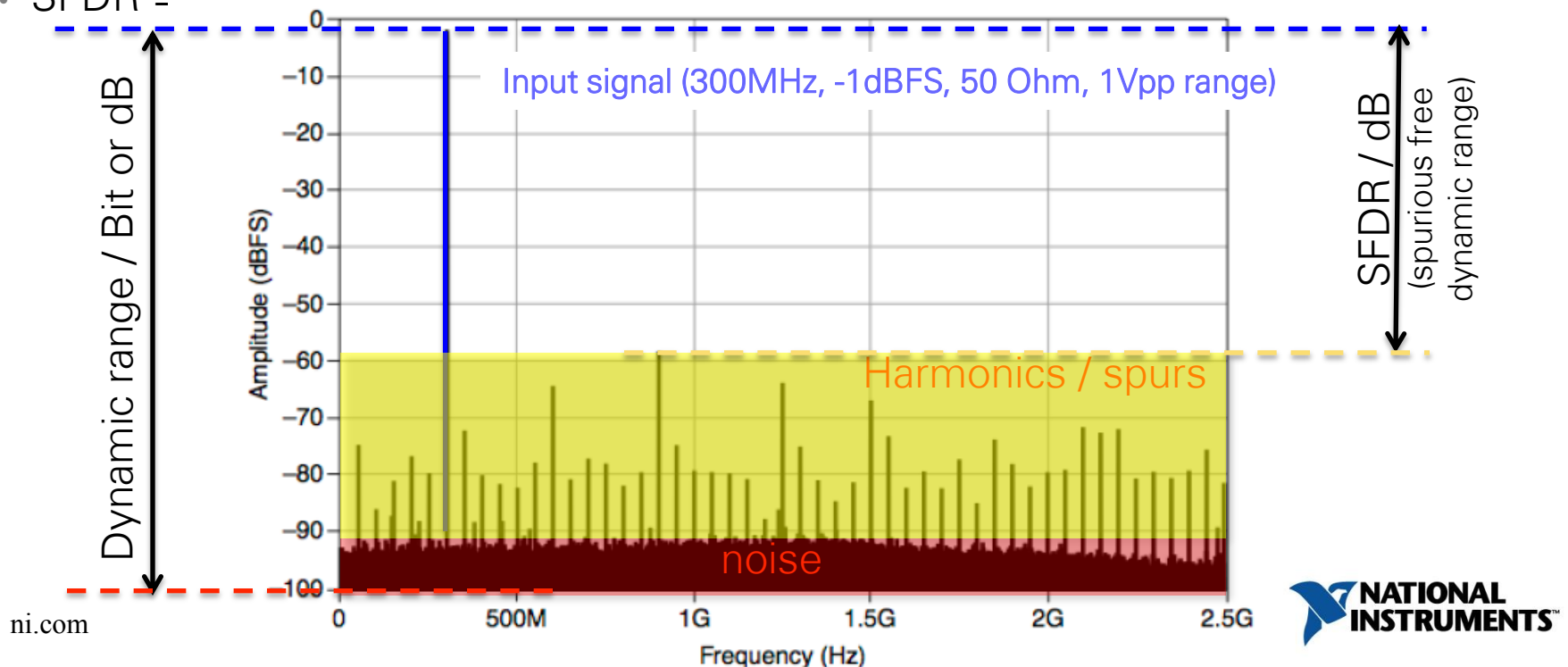
Resolução do ADC

- Resolução de 3-bits pode representar 8 níveis de tensão
- Resolução de 16-bit pode representar 65.536 níveis de tensão



Parâmetros importantes de um instrumento

- Faixa dinâmica = normalmente a resolução do ADC (ex. 8-bit ou 48 dB)
- Distorção harmônica total (THD) = Razão entre **sinal (entrada)** e RMS das **harmônicas**
- Relação Sinal-Ruído(SNR) = Razão entre **Entrada** e **Ruído**
- Relação Sinal-Ruído e Distorção (SINAD) = Razão entre **Entrada** e **Ruído+Harmônicas**
- SFDR =



ENOB – Número de bits efetivo

- Indica a resolução utilizável em bits
- Para comparar instrumentos, as condições sob as quais cada ENOB foi obtido são importantes

$$ENOB = \frac{SNAD - 1.76 \text{ dB}}{6.02 \text{ dB}}$$

Table 6. Effective Number of Bits (ENOB), Characteristic¹²

Input Frequency	Input Range (V _{pk-pk})	ENOB
<1 GHz	0.05 V	6.0
	0.1 V	6.6
	0.2 V to 5 V	7.0

¹² -1 dBFS input signal corrected to FS. Includes the 2nd through the 5th harmonics. 7.2 kHz resolution bandwidth.

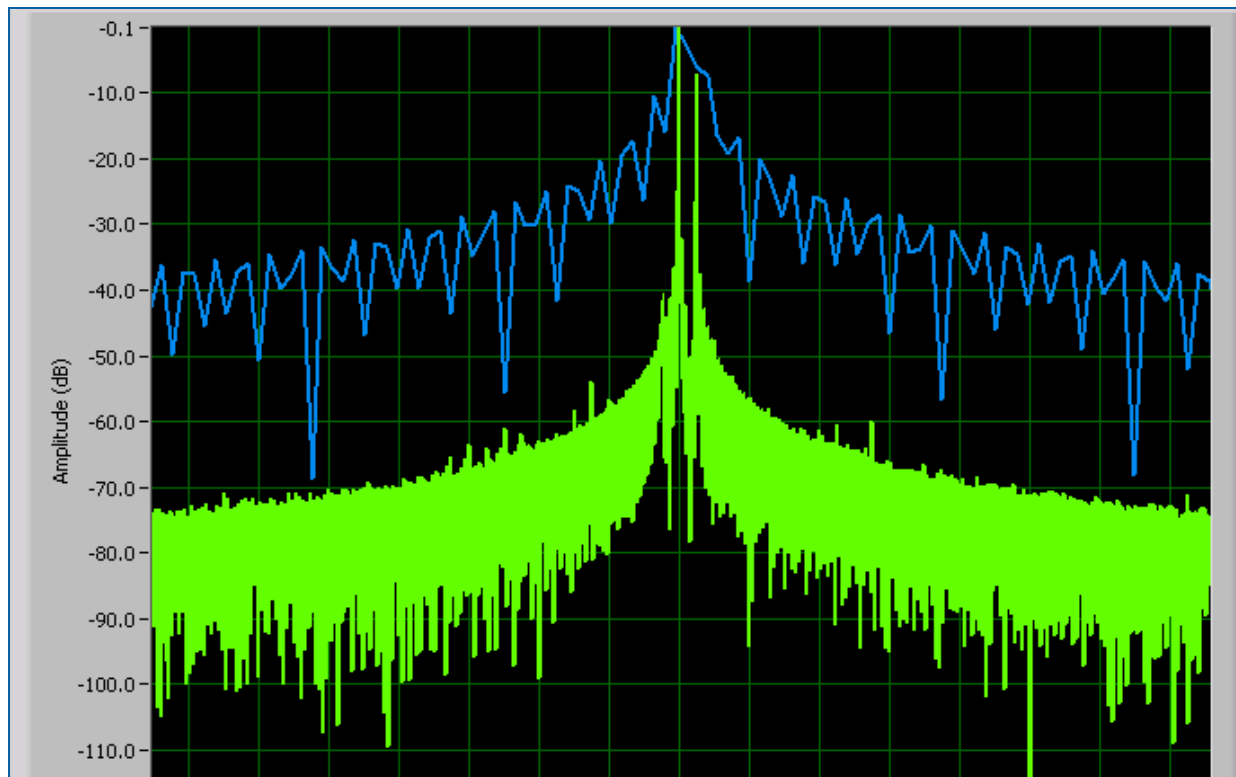
5. Memória onboard

Memória onboard profunda

- Importante especialmente em digitalizadores de alta velocidade que excedem a velocidade do barramento
- Vantagens
 - Mantém altas taxas de amostragem por longos períodos
 - Longo período de aquisição contínua
 - Adquiri mais registros em aquisição multi-registro
 - Melhor resolução de FFT
- Exemplo
 - 2 GB na NI PXIe-5162 (2.5 GS/s, 10-bit Osciloscópio/digitalizador)

Memória de alta capacidade e domínio da frequência

$$\text{Resolução de frequência} = \frac{\text{Taxa de amostragem}}{\text{Tamanho do registro da FFT}}$$



FFT de 10k
pontos

FFT de 1M
pontos

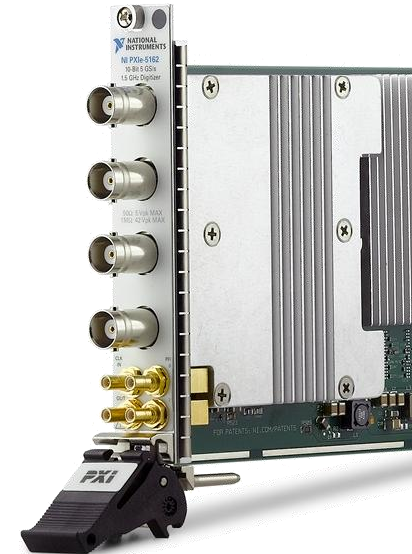
Tamanho & densidade de canais

Aplicações com alto número de canais

- Mede distribuição espacial ou direção de sinais
 - Experimento de detecção de neutrinos
 - Propagação de onda de choque
 - Pesquisa acústica (Audio-Beamforming)
 - Inteligência de sinais (RF-Beamforming)
- Frequentemente de dezenas de canais até centenas de canais.
- Construir um sistema com instrumentos em “caixas” necessitará de muito espaço e potência elétrica além de refrigeração.

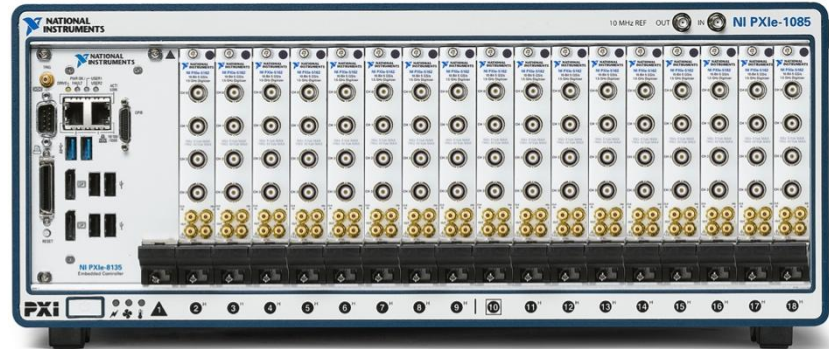
Dois digitalizadores de alto número de canais

Especificações	NI PXI-5105	NI PXIe-5162
Formato/modelo	3U PXI	3U PXI Express
Resolução vertical	12 Bits	10 Bits
Taxa de amostragem	60 MS/s	1.25 GS/s
Número de canais	8	4
Largura de banda	60 MHz	1.5 GHz
Impedância de entrada	50 Ω , 1 M Ω	50 Ω , 1 M Ω
Acoplamento de entrada	AC, DC	AC, DC
Faixa de entrada	50 mV _{pp} to 50 V _{pp}	50mV _{pp} to 50V _{pp}
Memória onboard	16/128/512 MB	64 MB or 1 GB



PXI permite sistemas de alta densidade

- 17x NI PXIe-5162
- 68ch à 1.25GS/s
- Completamente sincronizado



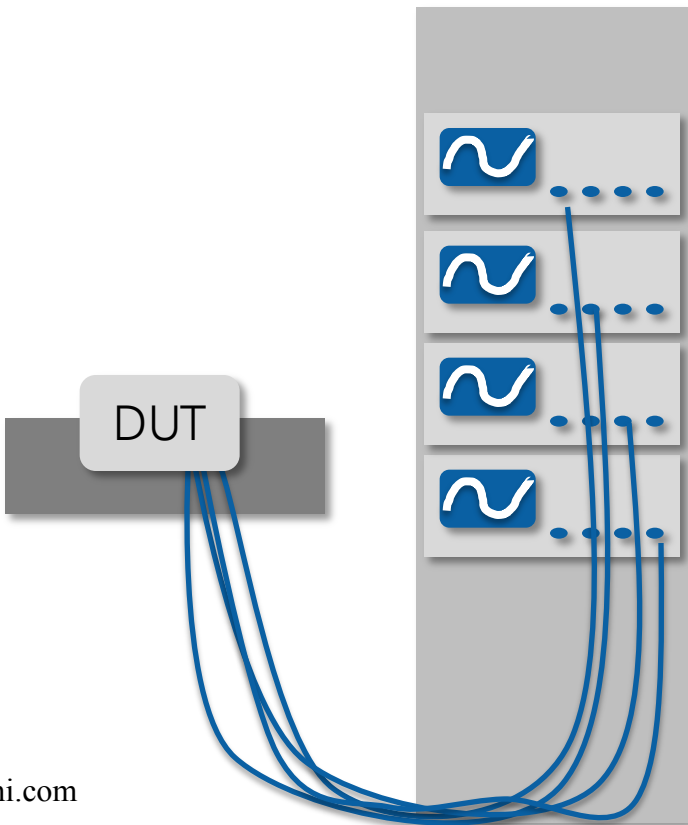
- 17x NI PXI-5105
- 136ch à 60 MS/s
- Completamente sincronizado



Tamanho importa – também para a qualidade da medição

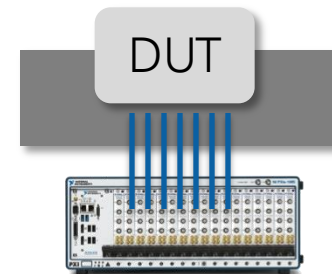
Rack & Stack

- Cabos compridos
- Deficiências no sinal
- Requer mais espaço



• PXI

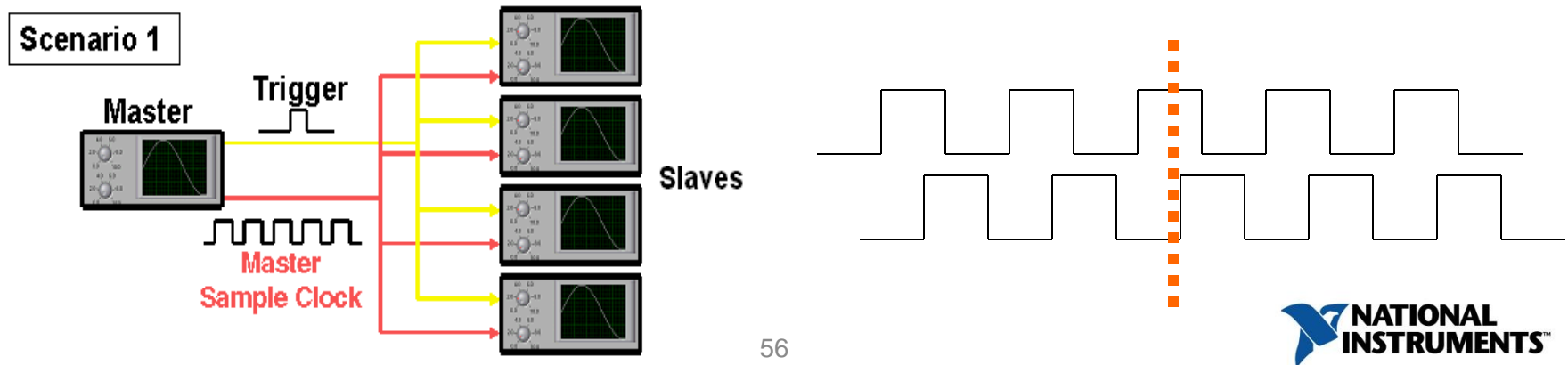
- Cabos mais curtos
- Requer menos espaço
- Menos fontes de defeitos
- Fácil e baixo custo de implementação
- Menos deficiências no sinal



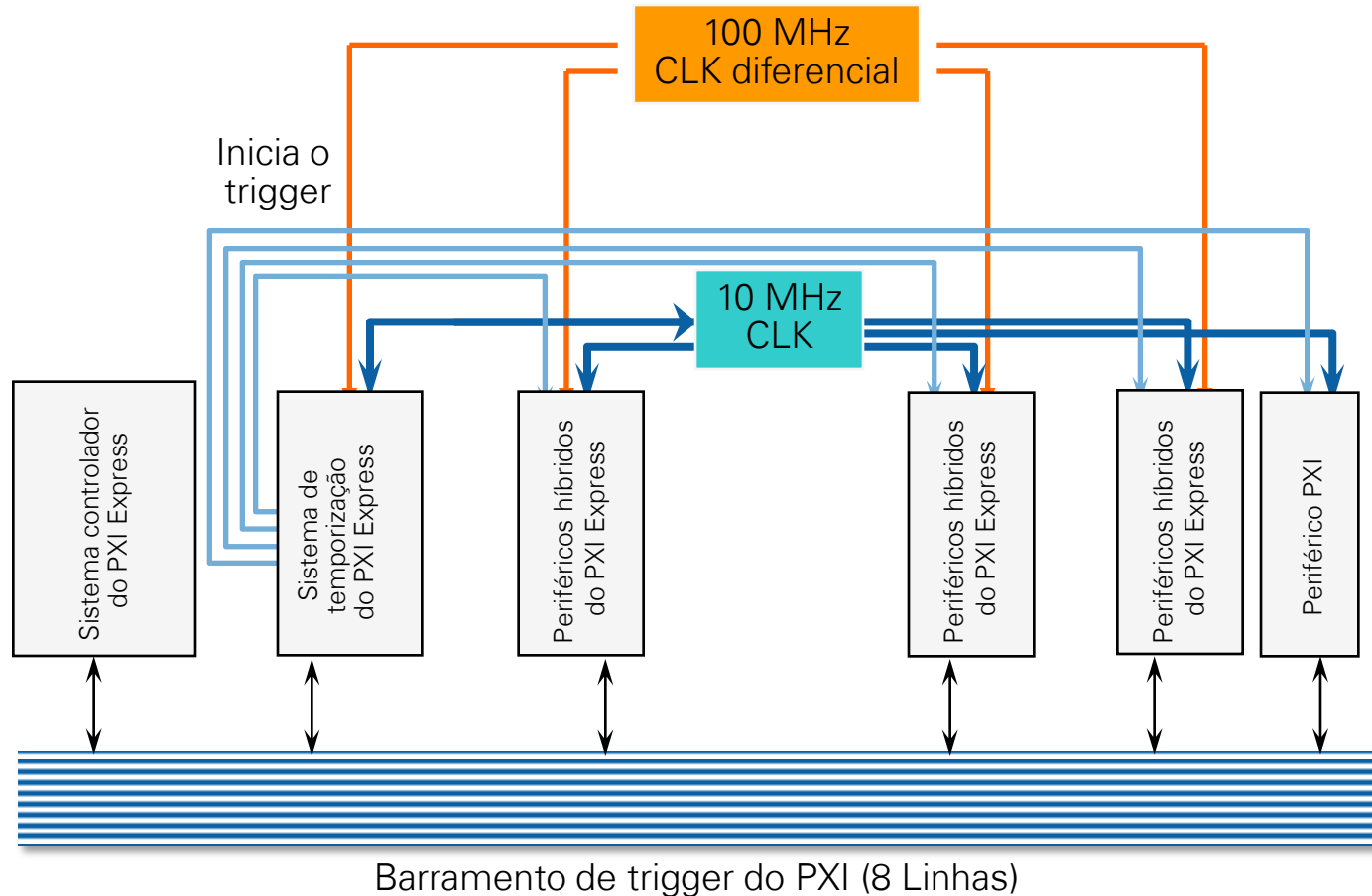
7. Sincronização de múltiplos instrumentos

Abordagens para sincronização de instrumentos

- Divide uma amostra ou referência de clock entre os instrumentos
- **Trigger** é roteado do instrumento-mestre para o restante
- Desafios
 - Propagação de atrasos nos cabos cria desvio dos sinais
 - Quanto maior o cabo e mais rápido o clock, pior fica
 - Limita as aplicações a clocks mais lentos



Temporização e barramento de trigger no PXI



Opções de sincronização de instrumentos PXI

- Compartilhar uma amostra de clock e trigger entre os instrumentos
 - Bom para clocks de amostragem baixos e se todos os instrumentos usam o mesmo clock
- Usar clock de referência (10/100MHz) e trigger
 - Usar ref-clock do chassi ou conduzir com um clock de alta precisão
 - Instrumentos individuais sincronizam com PLL para ref-clock
- Clock diferencial e Star-Trigger-Lines
 - Distribuído a partir de um dispositivo dedicado no Trigger-Slot
 - Comprimento casado de sinais para slots periféricos de 150 ps
- NITCik
 - Mecanismo de Sincronização em instrumentos modulares NI
 - Permite sincronização por volta de 10 ps

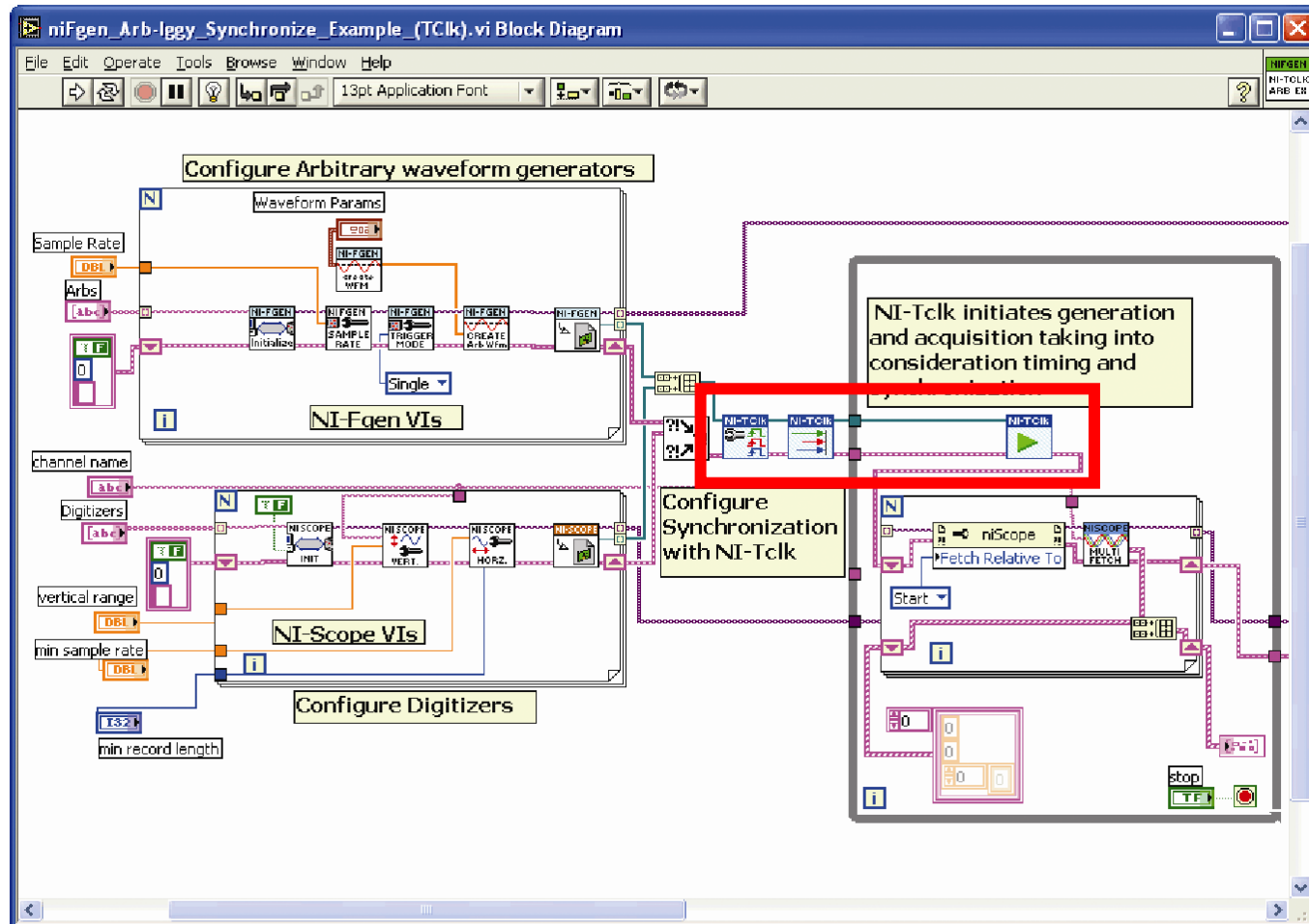
Como NI TClk torna a sincronização fácil

- Desafio
 - Sincronizar clocks de alta velocidade ($>100\text{MHz}$) fornece desafios por conta de atrasos de propagação
- Solução
 - Instrumentos modulares criam um sinal de baixa velocidade internamente a partir dos clocks de amostragem. Esse sinal é usado para sincronização
- Resultado
 - Preciso: Temporização e sincronização em torno de 10 ps de precisão
 - Flexível: Clock iguais ou diferentes nos instrumentos
 - Fácil de usar: É necessário chamar só 3 VIs ou funções



Veja este documento para detalhes: www.ni.com/white-paper/3675/en

Somente 3 VIs são necessários para sincronização TC1k



8. Transporte de dados e co-processamento

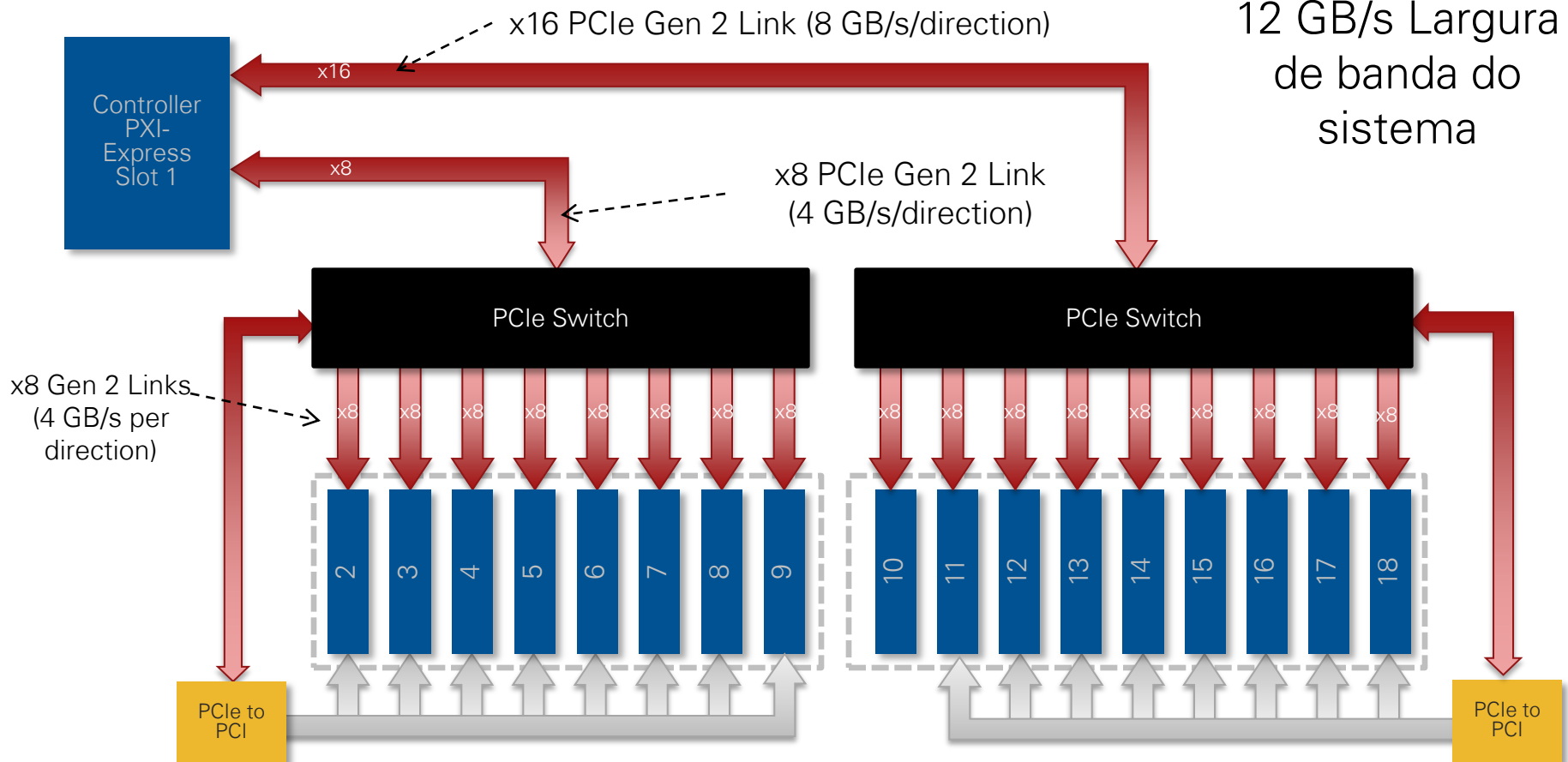
O que é transmissão de dados?

- Aquisição ou geração de dados continuamente com instrumentos
 - Grava sinais de grande largura de banda para análise offline
 - Reproduz sinais gravados (do mundo-real)
- Instrumentos modulares podem transmitir em altas velocidades
 - NI PXIe-5122 (100MS/s, 14-bit) : ≤ 400 MB/s
 - NI PXIe-5162 (>1.25 GS/s, 10-bit) : ≤ 800 MB/s
 - NI 5772 (1.6 GS/s, 12-bit) : >1.6 GB/s
 - Sistemas PXI podem suportar até 6.4 GB/s (teórico 8GB/s) (PXIe-1085 + PXIe-8135)
- Documento: www.ni.com/white-paper/7665/en

Arquitetura do sistema PXIe-1085

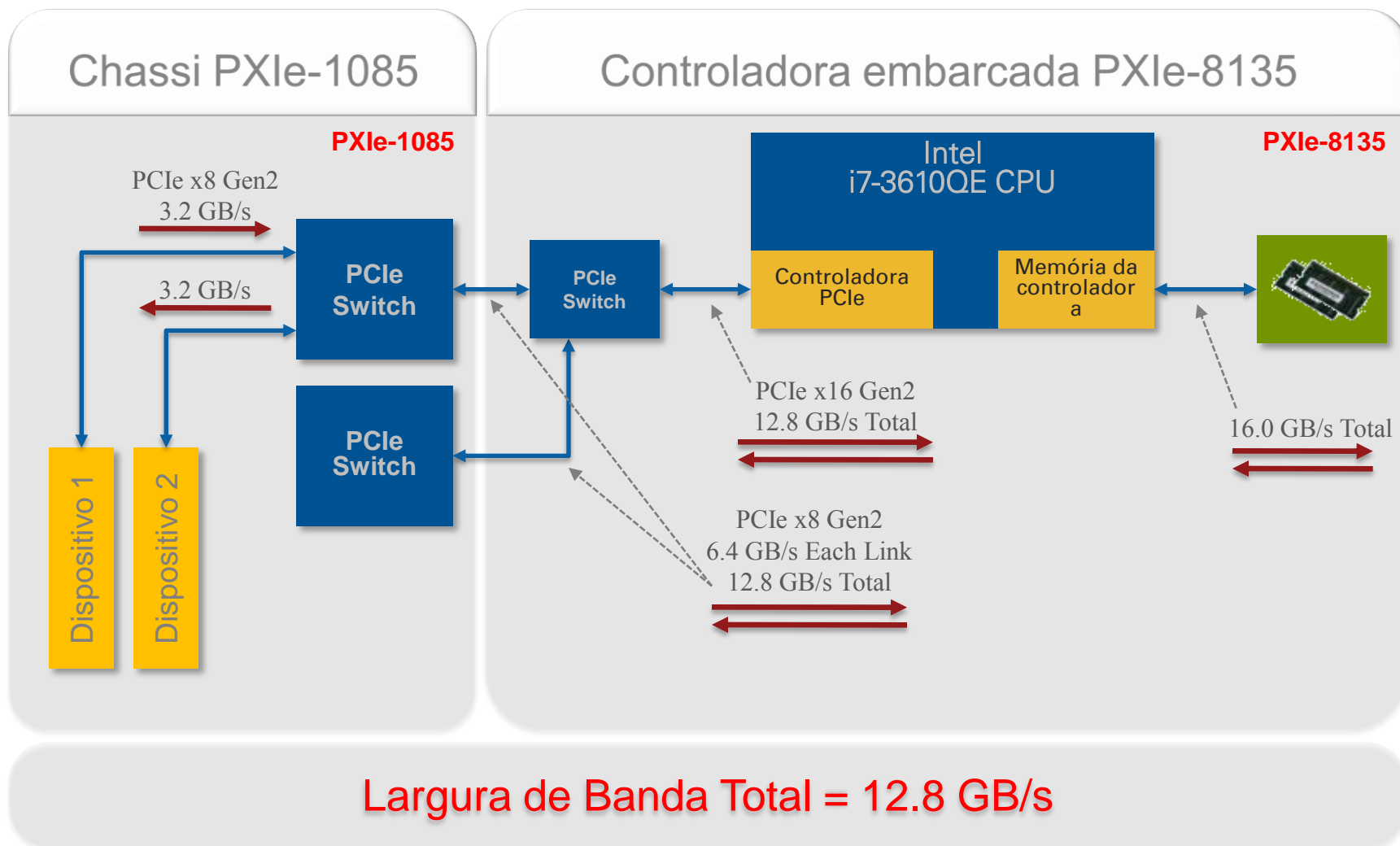


12 GB/s Largura de banda do sistema



Largura de banda de transmissão em sistemas PXI

Chassi PXIe-1085 com controlador embarcado PXIe-8135



Sistemas NI-RAID

- NI HDD-8266
 - 3.5 GB/s velocidade de leitura e escrita contínua/ 3.5 TB capacidade
 - 1.6 GB/s velocidade de leitura e escrita contínua / 24 TB capacidade
- NI HDD-8260
 - 200 MB/s velocidade de leitura e escrita contínua para opção HDD (para 80% da capacidade de armazenamento)
 - 700 MB/s MB/s velocidade de leitura e escrita contínua para opção SSD (para toda capacidade de armazenamento)



Solução do cliente: Sistema de transmissão de 8 canais

- Desafio

- Desenvolver um sistema para adquirir sinais RF de banda larga, recebidos através de um arranjo de antenas

- Sistema

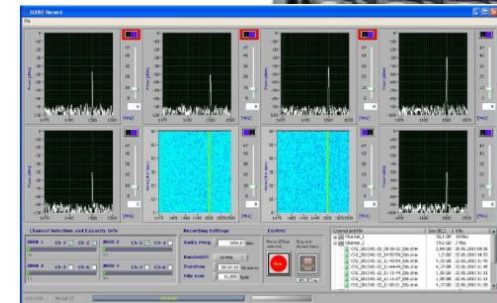
- 8 digitalizadoras PXIe-5622 rodando a 100MS/s
 - 4 sistemas NI-RAID HDD-8264
 - Taxa de transferência de dados total de 1,6 GB/s
 - GPS-imestamping e Trigger
 - Sincronização estreita de digitalizadoras

- Integrador de sistemas

- SCHÖNHOFER SALES AND ENGINEERING
 - www.schoenhofer.de



<http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-13195>



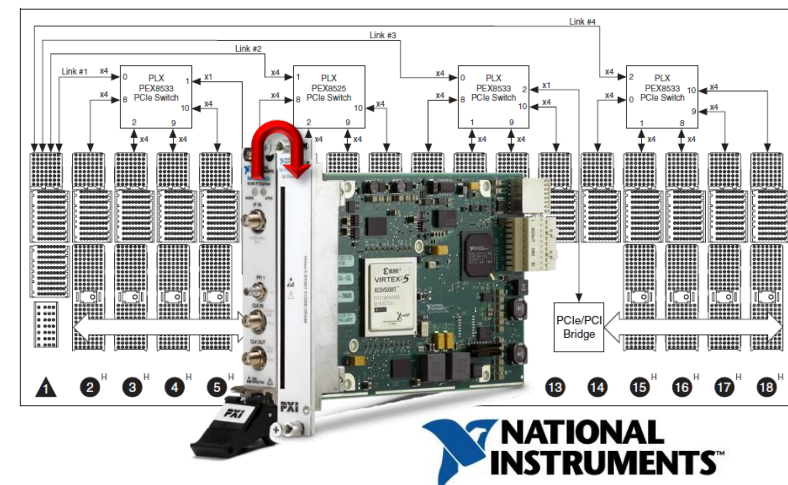
O que é co-processamento?

- O fluxo adquiriu amostras de um instrumento para um módulo FPGA (FlexRIO) para processamento em tempo real (independente do PC Host)
- PXI provê largura de banda suficiente para transmitir dados brutos entre instrumentos

- Chassis PXIe-1085 : 12 GB/s
- Controlador PXIe-8135 : 8 GB/s
- FlexRIO 7-series : 1.6 GB/s
- Digitalizador PXIe-5162 : 0.8 GB/s

Largura de banda do sistema suficiente para diversas comunicações paralelas entre instrumentos

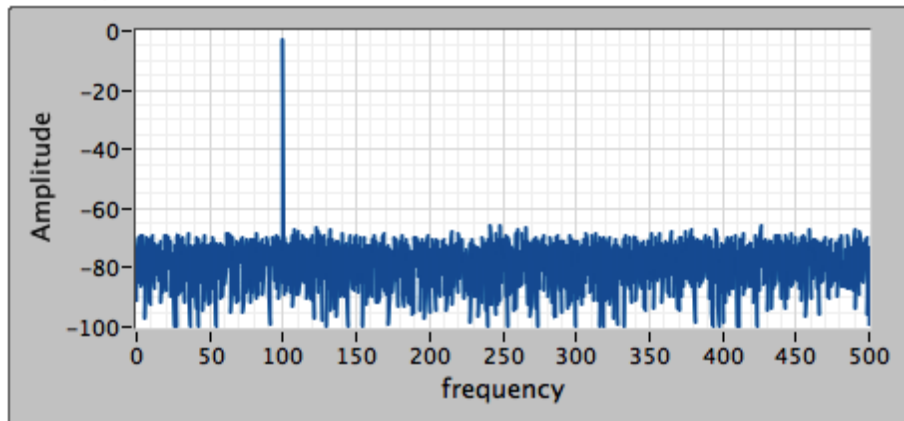
- Exemplos
 - Filtros
 - Decimação
 - Demodulação
 - Sistemas avançados de trigger



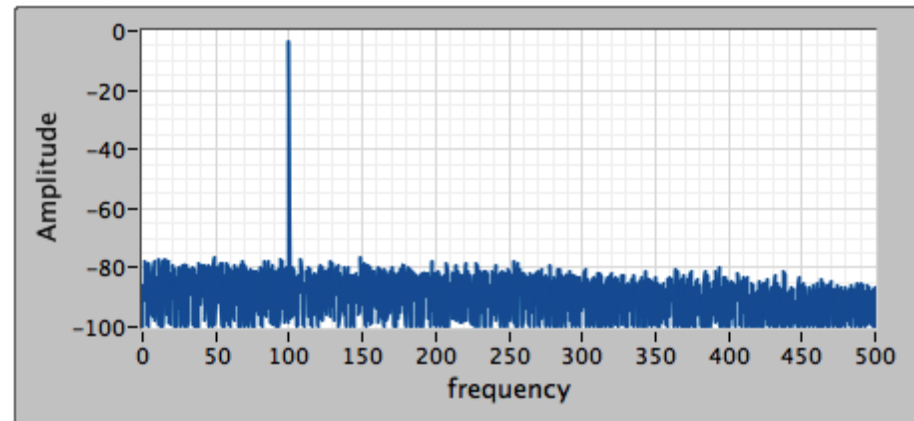
Melhorar faixa dinâmica no software

- Sobreamostragem e decimação resultam em um aumento de 3dB na faixa dinâmica para cada decimação por 2
- Exemplo
 - Ao invés de amostrar a 100S/s, amostrar a 8000S/s
 - Depois filtrar o sinal e decimar por 8 (média)

normal speed



oversampled and decimated



Exemplo de aplicações de co-processamento

- Processamento Digital de Sinais
 - Sobreamostragem, filtragem e decimação para aumentar a faixa dinâmica
 - Digital Down-conversion, Canalização
 - Demodulação de sinais
- Veja a página do LabVIEW FPGA RF Communications Library no NII Labs: <https://decibel.ni.com/content/groups/nii-labs>
- Solução do Usuário:
 - Sistema de RADAR passivo construído pela SELEX Sistemi Integrati
<http://zone.ni.com/wv/app/doc/p/id/wv-3476>

Resumo

- Os testes estão mudando – preparem-se!
- Seleccionem o instrumento correto:
 - Performance analógica (tenha certeza de que está comparando maçãs com maçãs)
 - Capacidades Digitais (memória, transmissão, co-processamento)
 - Formato/modelo (tamanho, potência)
 - Escalabilidade (Sincronização)

Visite ni.com/automatedtest

- Acesse recursos para desenvolvimento de teste
 - Modelos de desenvolvimento de sistemas
 - Guias de referência
 - Estratégias de otimização
- Leia estudos de caso
 - Explore o impacto nos negócios e tecnologias
- Aprenda sobre os produtos
 - PXI, LabVIEW, TestStand e mais
- Configure um sistema ou faça uma cotação



Start Building Your Own PXI System
Customize your system by selecting the hardware, software, and services you need for your application.

Hardware



Software



Services

