



Seção de Ensino de Engenharia de Fortificação e Construção – SE/2
Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes

Instrumentação, Aquisição e Processamento de Sinais para Medições de Engenharia

Prof. Luiz Augusto C. Moniz de Aragão Filho

Unidade II:

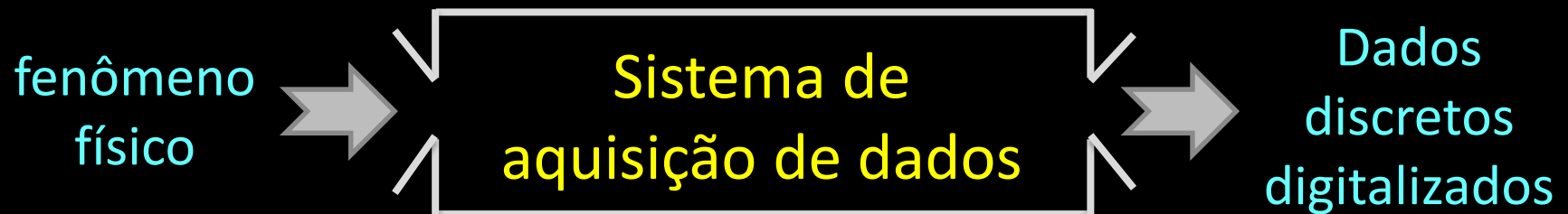
Sistemas de Aquisição de Dados.



Sistemas de Aquisição de Dados

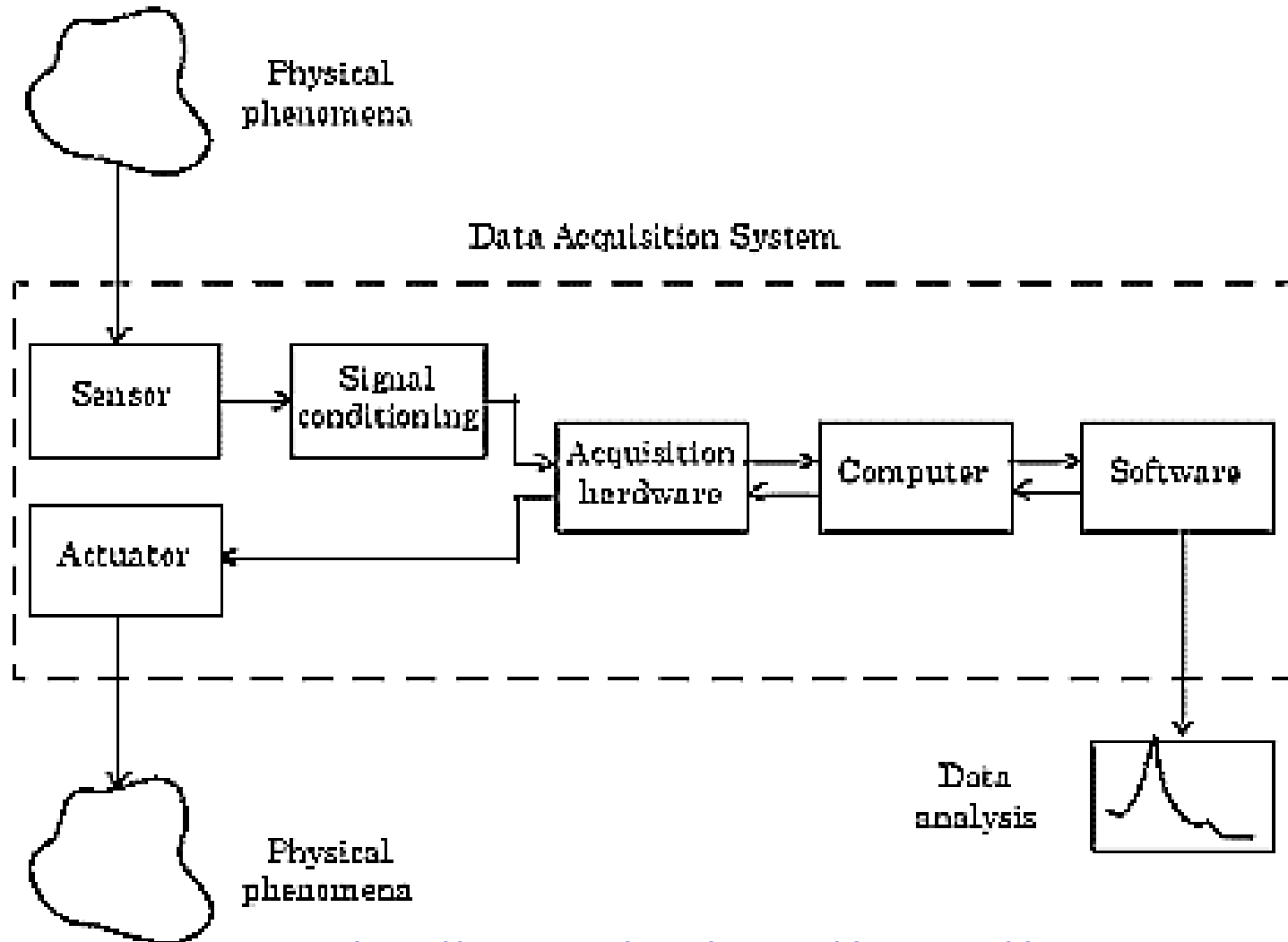
Sistema de aquisição de dados

é qualquer arranjo que permite medir grandezas e transformá-las em sinais digitais para sua manipulação e interpretação por sistemas computacionais.





Sistemas de Aquisição de Dados





Sistemas de Aquisição de Dados

Conversor Analógico-Digital

Os sistemas de aquisição de dados contém um ou mais subsistemas que convertem (digitalizam) sinais do mundo real de sensores em números que seu computador pode ler.

Tais dispositivos são chamados:

- ❑ subsistemas de entrada analógica (*analog input – AI*), ou
- ❑ subsistemas conversores analógico-digitais - A/D, ADCs.

Após o sinal do mundo real ser digitalizado, é possível analisá-lo, armazená-lo na memória do sistema, ou armazená-lo em disco.



Sistemas de Aquisição de Dados

Conversor Analógico-Digital

O processo de transformação de um sinal analógico em digital, também chamado de digitalização, pode ser dividido nas seguintes etapas:

- **Amostragem**: representação do sinal como uma sequência periódica de valores (amostras)
- **Quantização**: representação aproximada de um valor por um conjunto finito de valores;
- **Codificação**: associação de números binários para cada valor quantizado.



Sistemas de Aquisição de Dados

Conversor Analógico-Digital

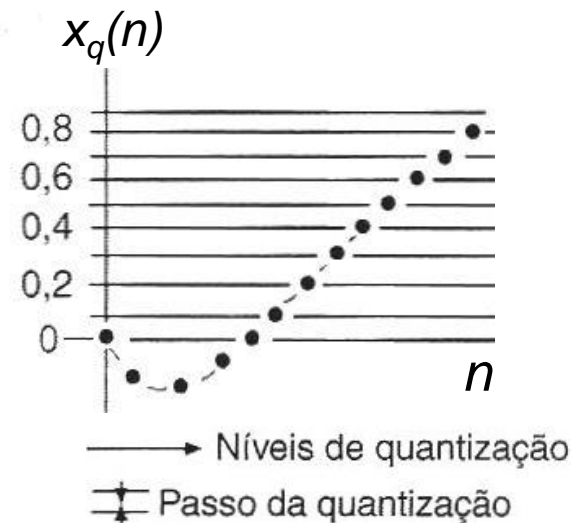
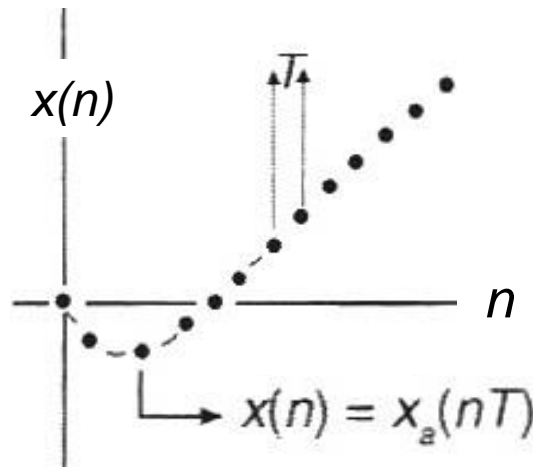
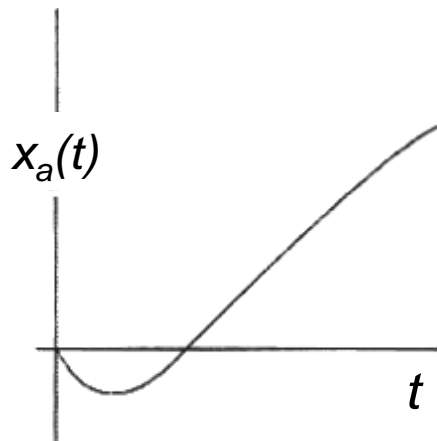
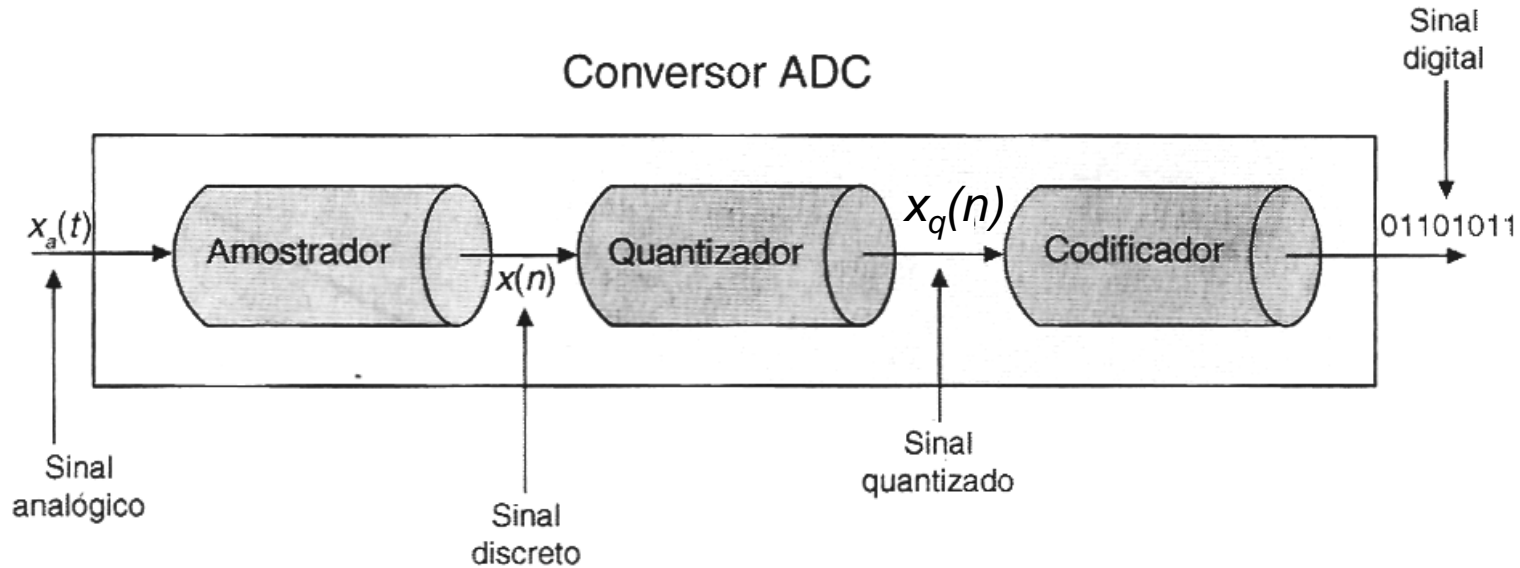
A função do subsistema de entrada analógico é amostrar e quantizar o sinal analógico utilizando um ou mais canais. Um canal pode ser entendido como um caminho através do qual viaja o sinal do sensor. Subsistemas de entrada analógica em geral tem **04, 08 ou 16 canais de entrada** disponíveis.

Os sinais analógicos são contínuos no tempo e na amplitude (dentro de limites pré-definidos). O processo de **amostragem** tira uma foto instantânea do sinal em períodos discretos, enquanto a **quantização** divide o valor da tensão de leitura em amplitudes discretas. A amostragem, a quantização, a configuração do canal, e a transferência de dados de hardware de memória do sistema são tarefas processadas pelo conversor analógico digital.



Sistemas de Aquisição de Dados

Conversor Analógico-Digital





Sistemas de Aquisição de Dados

Conversor Analógico-Digital

- **Amostragem:**

$$T \equiv \text{período de amostragem} = \frac{1}{f_s}$$

Para conversores digitais mais, a amostragem é realizada por um circuito *sample and hold (SH)*. Um circuito SH geralmente consiste de uma entrada analógica, uma saída analógica e uma chave eletrônica conectada a um capacitor.

No instante de amostragem de um dado, a chave liga o capacitor a uma entrada. O capacitor é carregado para a tensão de entrada. A carga é mantida até que o conversor digitalize o sinal.

Para os canais múltiplos ligados (multiplexados) para um conversor A/D, os passos anteriores são repetidas para cada canal de entrada.

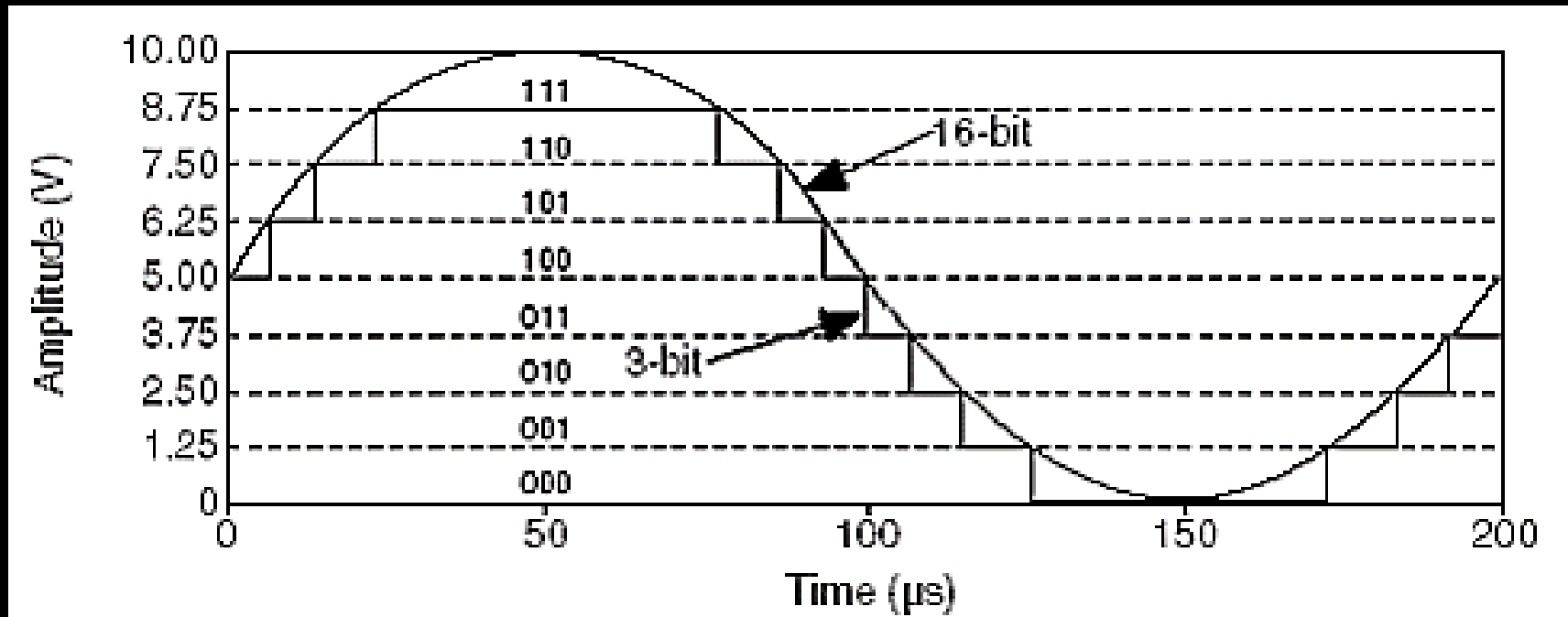


Sistemas de Aquisição de Dados

Conversor Analógico-Digital

- Quantização:

$$\delta \equiv \text{resolução} = \frac{V_{\text{máx}}}{2^n - 1}$$





Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

Os sinais de saída dos sensores são muitas vezes incompatíveis com o hardware de aquisição de dados.

Para superar esta incompatibilidade, o sinal do sensor deve ser **CONDICIONADO**. O tipo de condicionamento de sinal necessário depende do sensor que está sendo usado.

Características ou tipos de condicionamento:

- Amplificação
- Filtragem
- Isolamento elétrico
- Multiplexação
- Fonte de excitação



Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

AMPLIFICAÇÃO

O tipo mais comum de condicionamento é a **amplificação**.

Sinais de baixa intensidade devem ser amplificados para aumentar a **resolução** e reduzir o ruído.

Para uma maior **precisão**, o sinal deve ser amplificado de forma que:

a máxima tensão do sinal a ser condicionado
coincida
com a máxima tensão de entrada do conversor A/D.



Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

AMPLIFICAÇÃO

Sinal de baixo nível - menos do que cerca de **100 milivolts** - geralmente precisa ser amplificado.

Sinais de níveis mais altos podem também requerer amplificação dependendo da faixa de entrada do subsistema de entrada analógica (do conversor Analógico-Digital).

Por exemplo, o sinal de saída a partir de um termopar é baixo e tem de ser amplificado antes de ser digitalizado.

A amplificação de sinal **permite reduzir o ruído** por fazer uso de toda faixa de medição do seu hardware aumentando assim a **resolução** da medição.



Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

FILTRAGEM

A Filtragem remove o ruído indesejado do sinal de interesse.

Um filtro de ruído é usado em sinais de variação lenta, como a temperatura, para atenuar **os sinais de alta freqüência** que podem reduzir a precisão da sua medição.

Sinais variando rapidamente, tais como vibrações, muitas vezes requerem o filtro conhecido como **filtro *anti-aliasing***, que remove freqüências mais altas indesejáveis que podem levar a medições erradas.

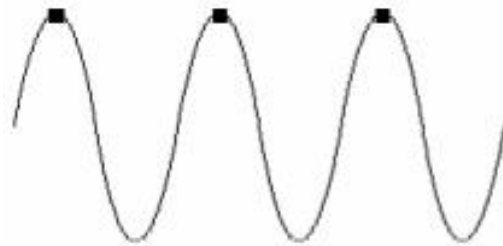


Sistemas de Aquisição de Dados

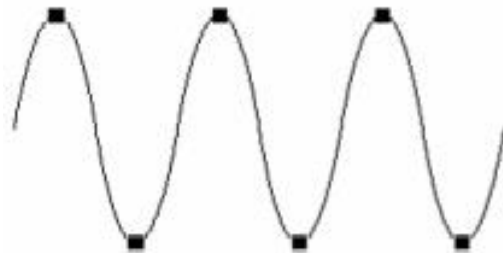
Condicionadores de Sinais - Alias

fenômeno

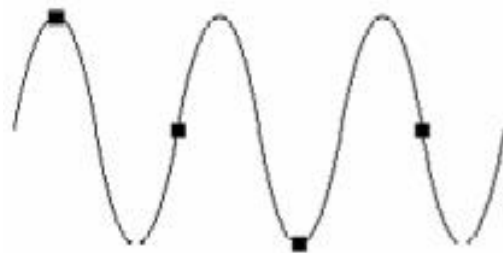
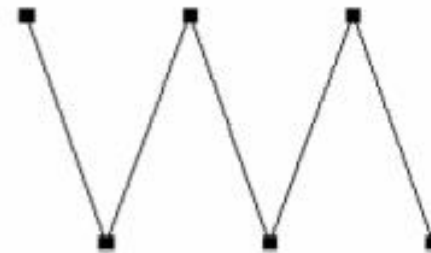
Sinal adquirido



A
Sampled at f



B
Sampled at $2f$



C
Sampled at $4f/3$





Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

O *teorema de Nyquist (teorema da amostragem)* diz que um sinal deve ser amostrado a uma taxa maior que duas vezes a componente de maior frequência de interesse no sinal para que essa componente seja capturada. Caso isso não ocorra, o conteúdo de alta frequência será representado incorretamente, em uma frequência que está dentro do espectro de interesse (banda de passagem).

freq. amostragem (f_s) $>$ 2 x componente de maior frequência no sinal medido

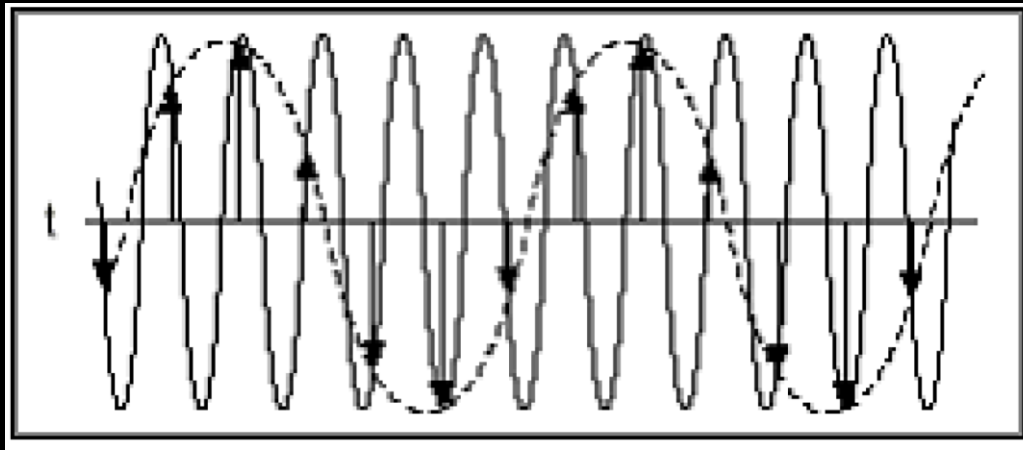
Se um sinal for amostrado em uma taxa de amostragem menor que duas vezes a frequência de Nyquist, uma ou mais componentes de frequência mais baixa aparecerão nos dados amostrados. Esse fenômeno é denominado *aliasing*.



Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

A figura abaixo mostra uma onda senoidal de 5 MHz digitalizada por um ADC de 6 MS/s. A linha pontilhada indica o sinal com *aliasing* registrado pelo ADC.



O efeito de *aliasing* mostra a frequência de 5 MHz incorretamente dentro da banda de passagem, representando-a como se fosse uma onda senoidal de 1 MHz.



Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

Para evitar *aliasing* :

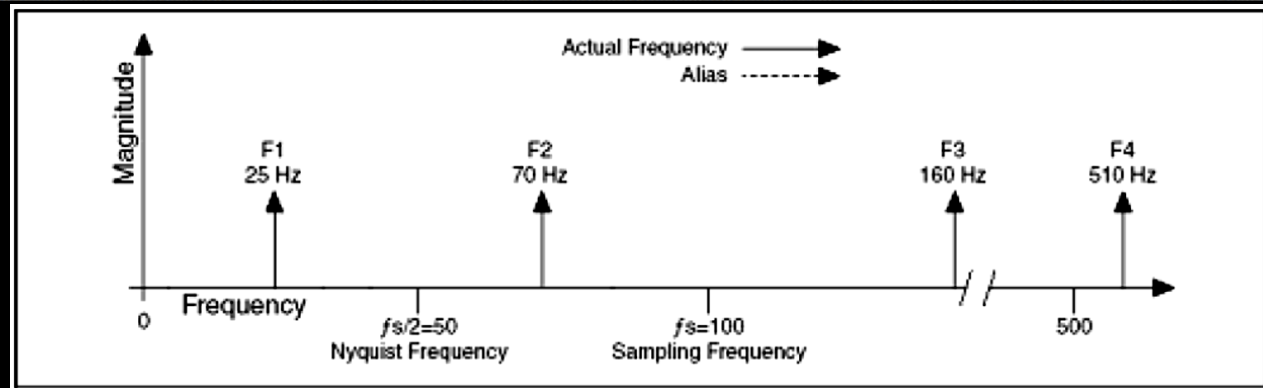
- utilizar uma *taxa de amostragem* suficientemente alta (de 5 a 10 vezes a componente de maior frequência no sinal); ou
- introduzir um *filtro antialiasing* antes do ADC, para restringir a largura de banda do sinal de entrada, de forma a atender o critério de amostragem.
 - ⇒ filtro passa-baixas que atenua quaisquer frequências no sinal de entrada que sejam maiores que a frequência de Nyquist



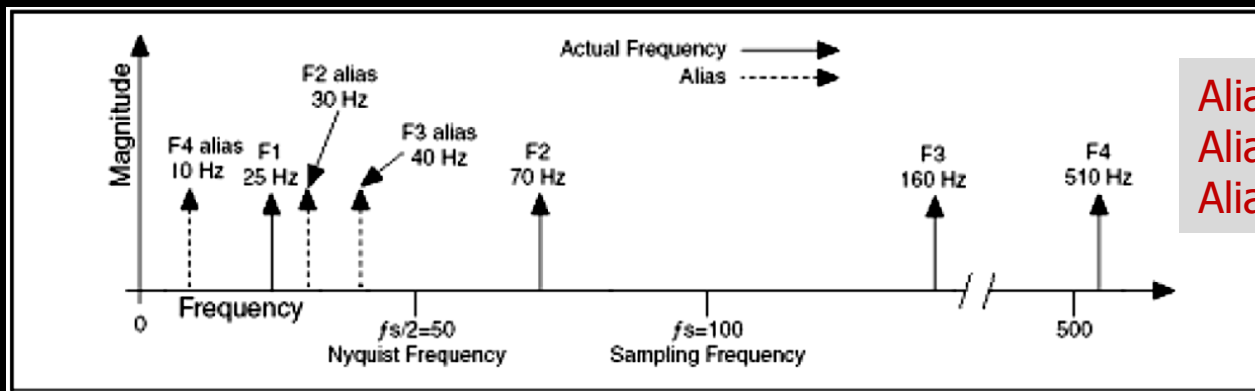
Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

Exemplo:



As frequências abaixo da frequência de Nyquist (50 Hz) são amostradas corretamente. Frequências acima da frequência de Nyquist são mostradas como aliases.



$$\begin{aligned} \text{Alias } F2 &= |100 - 70| = 30 \text{ Hz} \\ \text{Alias } F3 &= |(2)100 - 160| = 40 \text{ Hz} \\ \text{Alias } F4 &= |(5)100 - 510| = 10 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Por exemplo, F1 (25 Hz) é mostrada na frequência correta, mas F2 (70 Hz), F3 (160 Hz) e F4 (510 Hz) têm aliases em 30 Hz, 40 Hz e 10 Hz, respectivamente.



Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

ISOLAMENTO ELÉTRICO

A isolação, uma maneira de separar fisicamente e eletricamente duas partes de um dispositivo de medição, pode ser categorizada em:

isolação elétrica - está relacionada à eliminação dos percursos de terra entre dois sistemas elétricos. Com a isolação elétrica, você pode desfazer loops de terra, aumentar a faixa do sistema de aquisição de dados no modo comum e deslocar o nível da referência de terra do sinal com relação ao terra de um sistema individual.

isolação de segurança - faz referência a padrões que têm requisitos específicos para impedir que seres humanos entrem em contato com tensões perigosas. Ela também caracteriza a capacidade de um sistema elétrico de evitar a transmissão de altas tensões e tensões transientes a outros sistemas elétricos com os quais o usuário possa entrar em contato.



Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais - ISOLAMENTO ELÉTRICO

A incorporação da isolação em um sistema de aquisição de dados tem três funções básicas: evitar *loops de terra*, rejeitar a **tensão de modo comum** e oferecer **segurança**.

loop de terra:

Quando as entradas do sinal adquirido pelo dispositivo se referem a um potencial terra, podem ocorrer problemas se houver uma diferença de potencial em dois pontos de terras (as chamadas correntes de loop).

Esta diferença pode levar ao que se chama *loop de terra* (curto de terra), causando imprecisão na representação do sinal adquirido. Por exemplo, se um loop de terra for formado com linhas de alimentação CA de 60 Hz, o sinal CA indesejado aparecerá como erro de tensão periódico na medição.

Usando módulos de condicionamento de sinal **isolados** elimina-se o curto de terra e assegura-se que os sinais são adquiridos com precisão.



Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais - ISOLAMENTO ELÉTRICO

tensão de modo comum:

Um sistema de **medição diferencial ideal** responde somente à diferença de potencial existente entre os seus dois terminais, as entradas (+) e (-). A tensão diferencial no par do circuito é o sinal desejado, embora possa haver sinais indesejados comuns aos dois lados do par de um circuito diferencial.

Essa tensão (comum indesejada) é conhecida como **tensão do modo comum**. Um sistema de medição diferencial ideal rejeita totalmente a tensão do modo comum, sem medi-la.

Na prática, entretanto, os dispositivos têm diversas limitações, descritas por parâmetros tais como a **faixa de tensão do modo comum**, que é definida como a máxima variação de tensão permitida em cada entrada com relação ao terra do sistema de medição. A violação dessa restrição resulta não apenas em erro de medição, mas também em possível dano aos componentes da placa.



Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais - ISOLAMENTO ELÉTRICO

Topologias de isolação

Para configurar um sistema de medição, é importante entender a topologia de isolação do dispositivo. Diferentes topologias trazem diferentes considerações de custos e velocidades.

Canal a canal - topologia de isolação mais robusta onde cada canal é isolado individualmente um do outro e de outros componentes não isolados do sistema. Cada canal pode ter a sua própria fonte de alimentação isolada, ou pode haver uma fonte de alimentação isolada comum para todos os canais. Alternativamente, pode ser feita a multiplexação de cada canal de entrada isolado em um único ADC.

Banco - outra topologia de isolação envolve bancos, ou agrupamentos, nos quais vários canais usam um único amplificador de isolação. Os canais não são individualmente isolados, mas os bancos de canais são isolados de outros bancos e do terra. Essa topologia é uma solução de isolação de baixo custo, porque esse projeto faz o compartilhamento de um único amplificador de isolação e da fonte de alimentação.



Sistemas de Aquisição de Dados

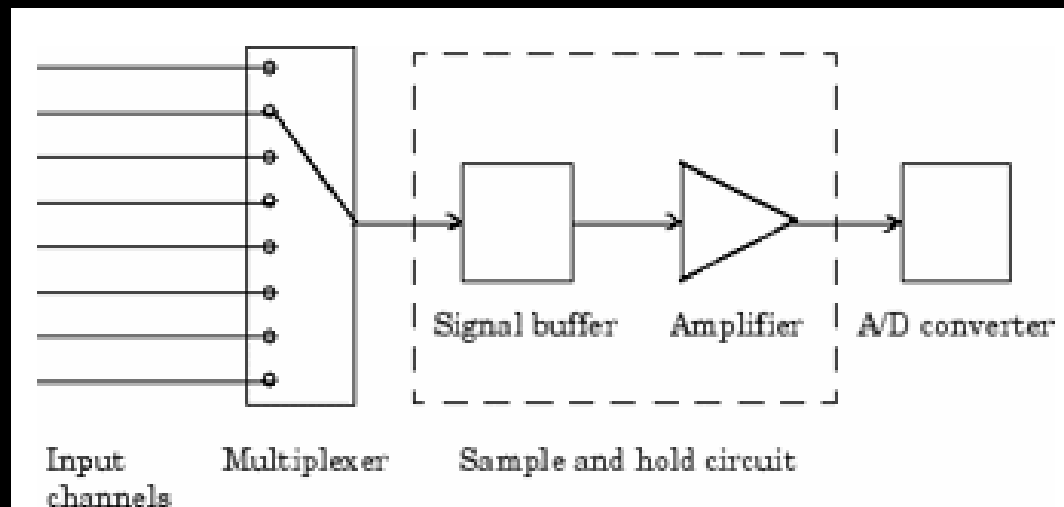
Condicionadores de Sinais

MULTIPLEXAÇÃO

Técnica de se medir diversos sinais com um único dispositivo de medição.

O conversor analógico-digital amostra um canal, troca para outro canal, amostra esse canal, troca para o próximo canal e assim sucessivamente.

A máxima taxa de amostragem de cada canal se torna assim inversamente proporcional ao número de canais amostrados.





Sistemas de Aquisição de Dados

Condicionadores de Sinais

FONTE DE EXCITAÇÃO EXTERNA

As fontes de excitação dos sinais podem ser **flutuantes** ou **referenciadas ao terra**.

A maioria dos sensores requerem uma fonte externa de voltagem ou corrente para operarem. Por exemplo, **strain gauges** e **resistive temperature devices** (RTDs) requerem, respectivamente, e fonte externa de voltagem e corrente elétrica.

Os módulos condicionadores de sinal para esses sensores geralmente proveem essa excitação necessária.



Sistemas de Aquisição de Dados

Medições de tensão

Como fazer medições de tensão...

Métodos de ponto de referência

Há basicamente dois métodos para a medição de tensões: com referência ao terra e diferencial.

Medição de tensão com referência ao terra

A medição de tensão é feita em relação a um ponto comum, ou "de terra". Idealmente esses "terras" são estáveis e sem variações, estando normalmente em torno de 0 V. É recomendado quando:

- O sinal de entrada tem um nível alto (maior que 1 V)
- Os cabos que conectam o sinal ao dispositivo têm menos que 3 m (10 pés)
- O sinal de entrada pode ter um ponto de referência comum com outros sinais



Sistemas de Aquisição de Dados

Medições de tensão

Medição de tensão com referência ao terra – cont.

A referência de terra é fornecida pelo dispositivo que está fazendo a medição ou pelo sinal externo que está sendo medido.

Quando o terra é **fornecido pelo dispositivo**, a configuração é denominada de modo de terminação simples referenciada ao terra (RSE);

quando o terra é **fornecido pelo sinal**, a configuração é denominada modo de terminação simples não referenciada (NRSE).

A maior parte dos instrumentos oferece configurações de pinos similares para as medições em entradas analógicas. O exemplo abaixo mostra este tipo de medição que utiliza um chassi NI CompactDAQ e o módulo de entrada analógica NI 9205 (veja a figura 1).

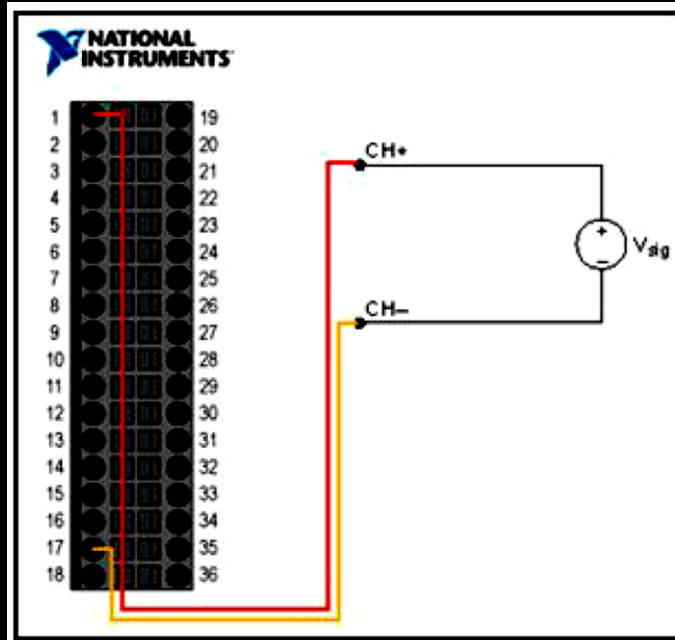


Sistemas de Aquisição de Dados

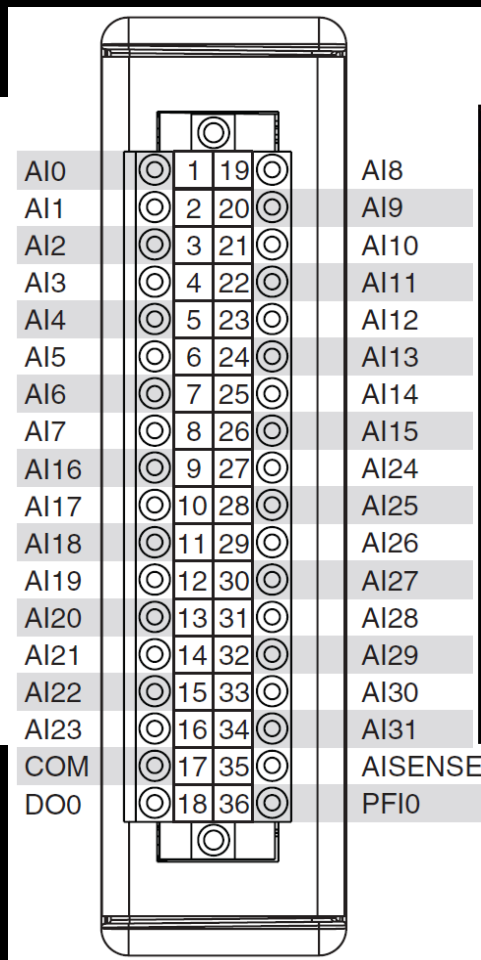
Medições de tensão

Medição de tensão com referência ao terra – exemplo placa NI 9205

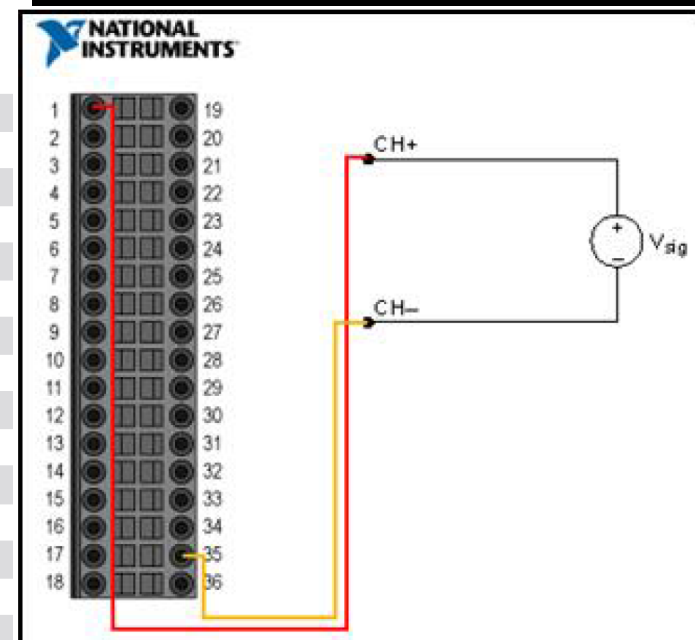
Referenced, Single-Ended (RSE) Measurements



NI 9205 measures each input channel with respect to COM



Non-Referenced, Single-Ended (NRSE) Measurements



measures each input channel with respect to AI SENSE.



Sistemas de Aquisição de Dados

Medições de tensão

Medições de tensão diferencial

Outra maneira de se medir a tensão é determinar a **tensão "diferencial"** entre dois pontos separados de um circuito elétrico. Por exemplo, para medir a tensão em um resistor, você mede a tensão nos dois terminais do resistor. A diferença entre essas tensões será a tensão no resistor.

São recomendadas quando:

- Sinais de entrada de níveis baixos (abaixo de 1 V);
- Os cabos que conectam o sinal ao dispositivo têm mais de 3 m (10 pés);
- O sinal de entrada requer um ponto de referência de terra ou sinal de retorno separado;
- Os cabos de sinais passam por ambientes com muito ruído.

A **desvantagem** do modo diferencial é que ele reduz **pela metade** o número de canais para medições de entradas analógicas.

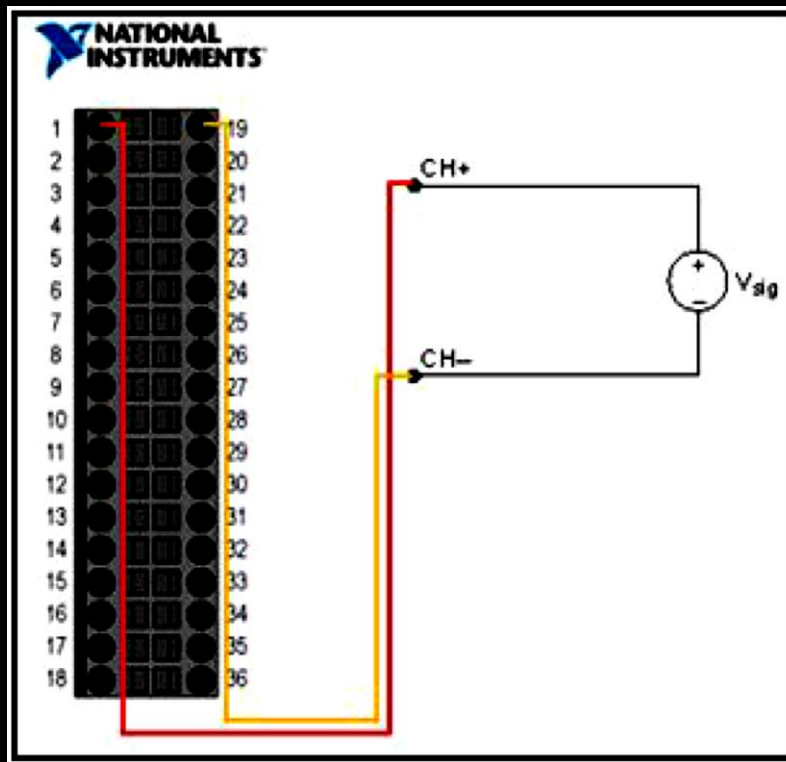


Sistemas de Aquisição de Dados

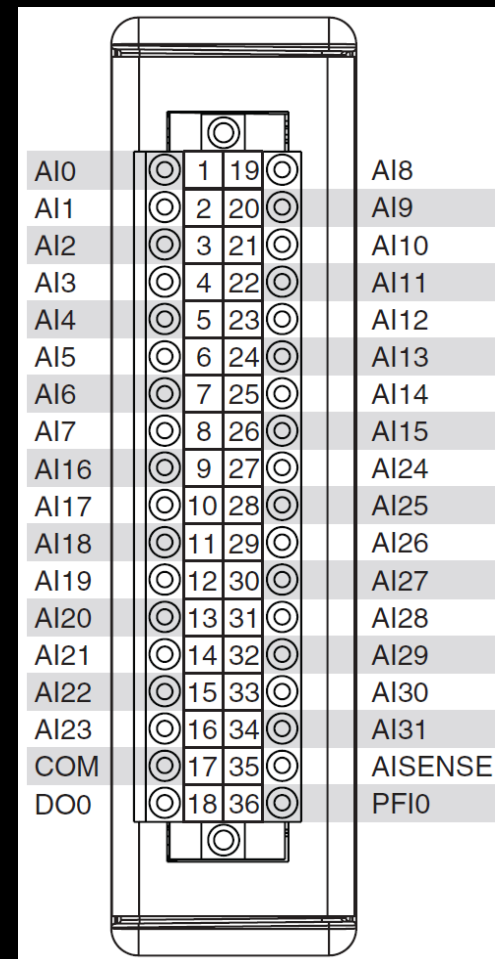
Medições de tensão

Medições de tensão diferencial – exemplo placa NI 9205

Differential Measurements (**DIFF**)



requires two inputs for each measurement, thus reducing the number of available channels on the NI 9205 to 16

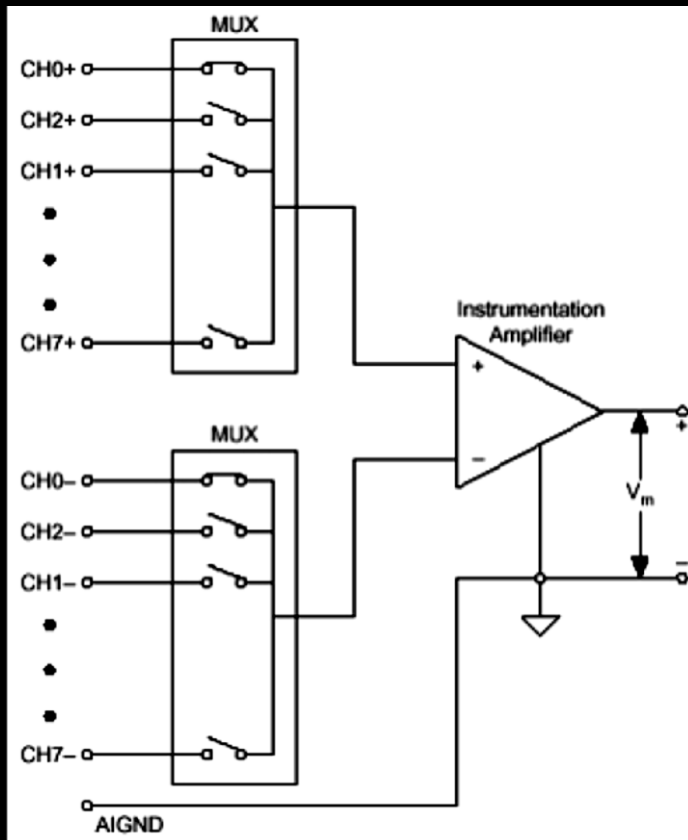




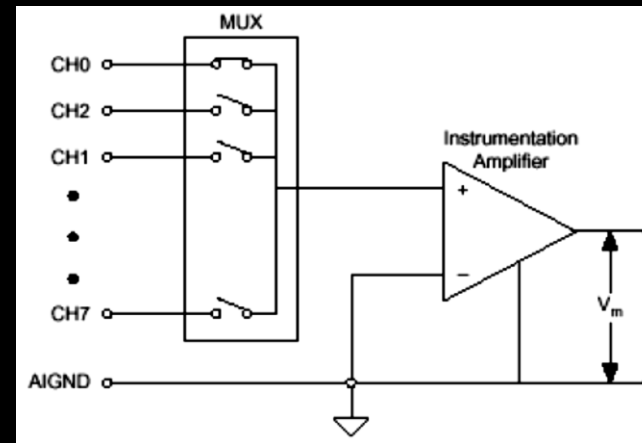
Sistemas de Aquisição de Dados

Medições de tensão

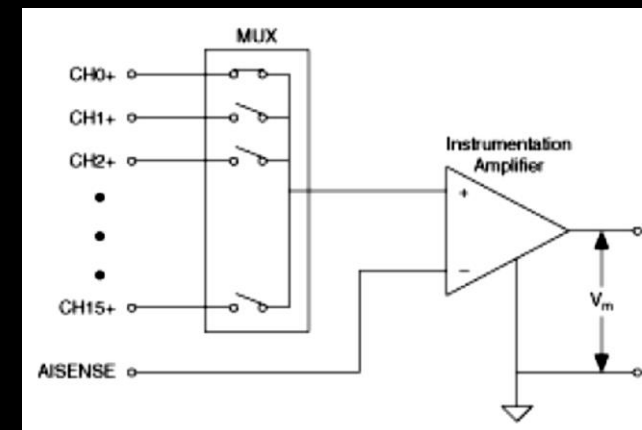
Resumo das configurações de entrada das medições:



Differential Measurement System (DIFF)



Referenced Single Ended (RSE)



Non-Referenced Single-Ended (NRSE)



Sistemas de Aquisição de Dados

fontes X entradas

Fontes de sinais comuns:

- flutuantes
- referenciadas ao terra

Configurações de entrada:

- DIFF
- RSE
- NRSE

Input	Signal Source Type	
	Floating Signal Sources (Not Connect To Building Ground)	Ground-Referenced Signal Sources
	Examples <ul style="list-style-type: none"> • Ungrounded thermocouples • Signal conditioning with isolated outputs • Battery devices 	Examples <ul style="list-style-type: none"> • Plug-in instruments with non-isolated outputs
Differential (DIFF)		
Single-Ended—Ground Referenced (RSE)		<p>NOT RECOMMENDED</p> <p><i>loop de terra</i></p> <p>Ground-loop losses, V_g, are added to measured signal.</p>
Single-Ended—Non-Referenced (NRSE)		



Sistemas de Aquisição de Dados

Exemplo: DBU-120A Kyowa



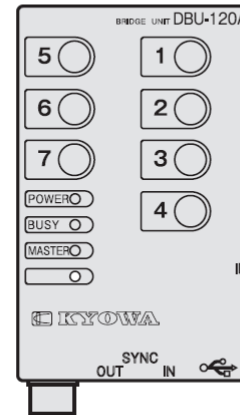
Strain gage
Voltage-output sensor

Push-fit terminals

Strain gage transducer



NIDS connector



USB



PC

- online measuring instrument
- connected to the PC via USB port
- Power supply via USB interface (doesn't require AC power supply)
- built-in amplifier and A-D converter (16 bit)
- Applicable sensors: strain gages; strain

gage transducers; voltage-output sensors.

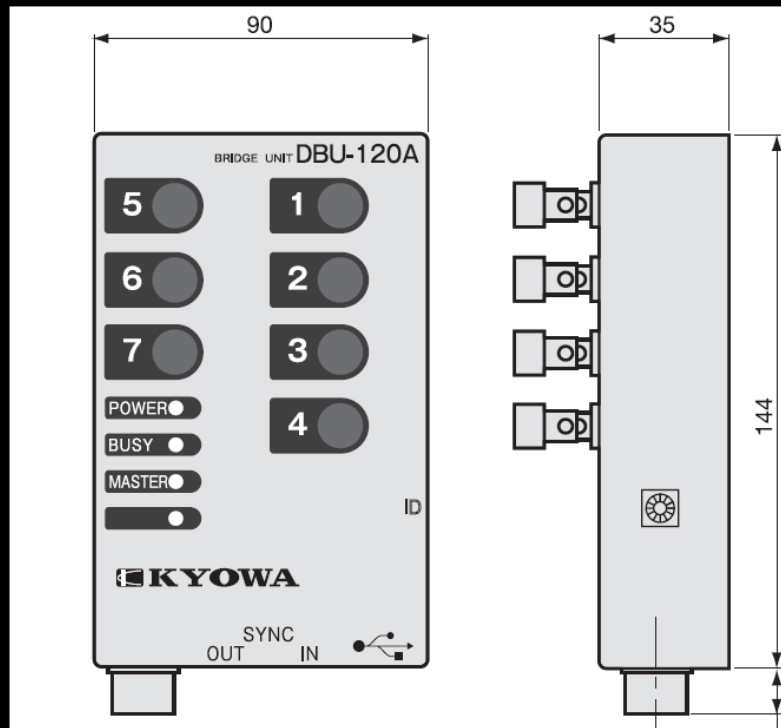
- sampling frequency range from 1kHz to maximum 20kHz
- Accuracy: Within $\pm 0.2\%$ FS
- Low-pass Filter: Cutoff frequency 10, 30, 100, 300 Hz and FLAT'



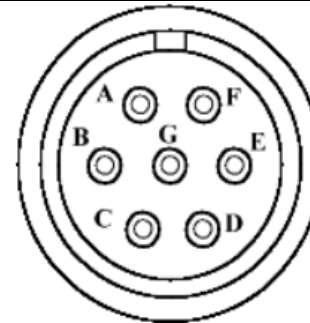
Sistemas de Aquisição de Dados

Exemplo: DBU-120A Kyowa

- **push-fit terminals** on the top panel, enabling direct connection of strain gage or strain gage transducer;
- **NDIS connector** for one-touch connection to a transducer



Pin assignment



Connection

Pin annotation	Information
A	bridge exciter (+)
B	bridge output (-)
C	bridge exciter (-)
D	bridge output (-)
E	shield
F	sensor ID (+)
G	sensor ID (-) also connected to digital common internally



Sistemas de Aquisição de Dados

Exemplo: DBU-120A Kyowa

COMMENT

Comment can freely be written for each bridge unit. Blank is also acceptable.

MEASURE

Put a check mark in the box. Otherwise, the bridge unit will not measure.

BALANCE

Put a check mark in the box to execute balance adjustment.

SOURCE

Select the type of connected sensor. The buttons represent "Strain gage," "Transducer" and "Voltage" from the top.

CONNECTION

Illustrates the method of connecting a strain gage or transducer.

DB

The identification number of bridge box is indicated as set by the switch on the side panel.

EXCITOR

Select the bridge excitation voltage when the SOURCE is not the voltage.

INPUT

Select the bridge resistance and bridge connection. When "Voltage-output sensor is selected for SOURCE, this option is not displayed.

RANGE

Select a suitable range for expected strain level. When "Voltage-output sensor is selected for SOURCE, this option is not displayed.

SCALER

Input the calibration coefficient and offset value to convert the measured strain to a physical quantity. Select the unit from the option menu. Default values are also acceptable.

FILTER

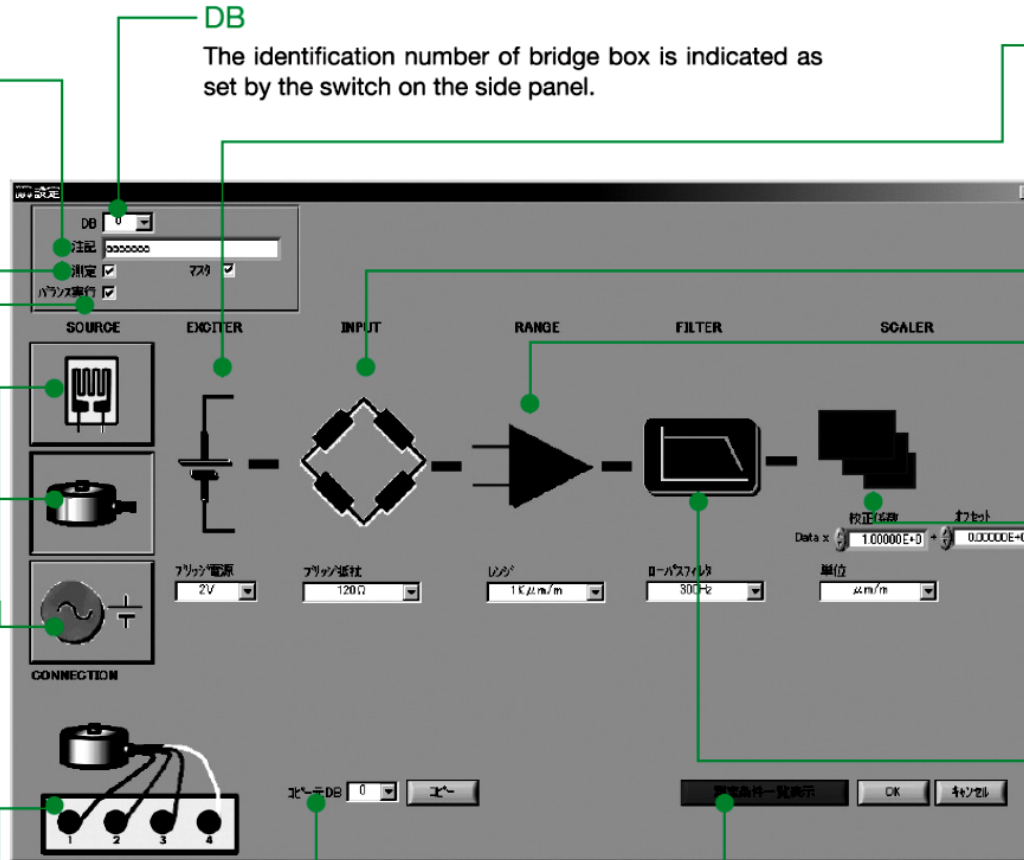
Select a desired cutoff frequency of the low-pass filter.

COPY SOURCE

To copy the settings of another bridge unit, select the ID No. of the bridge unit. The selection is invalid if no condition file is saved.

CONDITION FILE LIST

Presents a list of setting condition files of other bridge units. After setting, click OK to close the setting window.





Sistemas de Aquisição de Dados

Exemplo: DBU-120A Kyowa

DBU-120A

Set DB Condition

DB 0

DB Name

Meas Master

Balance

SOURCE

INPUT

RANGE

FILTER

SCALER

Range 10V

LPF FLAT

Unit $\mu\text{m/m}$

Calibration Factor Offset

Data x 1,00000E+0 + 0,00000E+0

Copy Source DB 0 Copy

Condition List OK Cancel



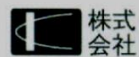
Sistemas de Aquisição de Dados

Exemplo: transdutor de deslocamento

検査成績書 Test Data Sheet

型式名 Model	DTH-A-50	検査年月日 Inspected date	2008. 8. 1	製造番号 Serial No	FN1590039
定格容量 Rated Capacity	50mm	温度 Temp.	23 °C	湿度 Humidity	50 %RH
1. 定格出力 Rated output			5000	$\mu\text{V/V}$	
			9999	$\times 10^{-6}\%$	
2. 非直線性 Nonlinearity			0.07	%RO	
3. ヒステリシス Hysteresis			0.04	%RO	
4. 校正係数 Calibration constant			0.01000mm /1 $\mu\text{V/V}$		
			0.005001mm /1.0 $\times 10^{-6}\%$		
5. 入出力抵抗 Input & Output resistance			入力 Input	350.1	Ω
			出力 Output	349.4	Ω

単位 Unit.....※：ひずみ Strain
#:



株式
会社

共和電業

KYOWA ELECTRONIC INSTRUMENTS CO.,LTD.

検査者
Inspector



責任者
Supervisor



合格



Sistemas de Aquisição de Dados

Referências

- Instrumentação e Fundamentos de Medidas, Vol. I, 2ª Ed., 2010, Balbinot, A., Brusamarello, V.J., Ed. LTC.

- National Instruments
 - Measurement Fundamentals Main Page
<http://www.ni.com/white-paper/4523/en/>
 - Conceitos básicos da amostragem analógica
<http://www.ni.com/white-paper/3016/pt/>
 - Como fazer medições de tensão
<http://www.ni.com/white-paper/7113/pt/>
 - NI 9205 - Operating instructions and specifications
<http://www.ni.com/pdf/manuals/374188d.pdf>
 - Ground Loops and Returns
<http://www.ni.com/white-paper/3394/en/>

- Smar Automação - Condicionamento de Sinais Analógicos & Sensores
<http://www.smar.com/brasil/artigostecnicos/artigo.asp?id=16>