

# Departamento de Informática

Escola Superior de Tecnologia de Viseu

*Engenharia de Sistemas e Informática*  
SISTEMAS DE INSTRUMENTAÇÃO - 2.º ANO

## ***SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS***

## INDICE

<b>1. Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2. Definição de Sistema de Aquisição de Dados</b>	<b>3</b>
<b>3. Arquitetura dos Sistemas de Aquisição de Dados</b>	<b>5</b>
<b>4. Tipos de Sistemas de Aquisição de Dados</b>	<b>5</b>
4.1. Sistemas Locais	5
4.2. Sistemas Remotos	6
<b>5. Elementos de um Sistema de Aquisição de Dados</b>	<b>6</b>
5.1. Sensores e Transdutores	6
5.2. Condicionadores de Sinal	7
5.3. Módulos ou Placas de Aquisição	9
5.3.1. Entradas Analógicas	9
5.3.2. Conversor Analógico-Digital (A/D)	10
5.3.3. Saídas Analógicas	11
5.3.4. Triggers	12
5.3.5. Entradas e Saídas Digitais	12
5.3.6. Contadores e Temporizadores	13
5.4. Processadores	14
<b>6. Características dos Sistemas de Aquisição de Dados</b>	<b>14</b>
6.1. Precisão	14
6.1.1. Precisão Relativa	17
6.2. Resolução	17
6.3. Sensibilidade	18
6.4. Ruído	21
6.5. Calibração	22
<b>7. Sistemas de Aquisição de Dados utilizando PC</b>	<b>23</b>
7.1. Algumas Aplicações Utilizando Sistemas de Aquisição de Dados baseadas em PC	26
7.1.1. Agricultura	26
7.1.2. Automotivo	26
7.1.3. Meio Ambiente	27
7.1.4. Industria	27
7.1.5. Gerenciamento de Energia	28
7.1.6. Pesquisa & Desenvolvimento	28
<b>8. Sistemas de Aquisição de Dados Wireless</b>	<b>29</b>
<b>9. Referências Bibliográficas</b>	<b>30</b>

# 1. Introdução

A Aquisição de Dados está presente em quase todas as nossas actividades. Estamos cercados por todos os lados, pelos mais diversos tipos de sistemas que recolhem informações e auxiliam o processo de tomada de decisão.

Nós possuímos um sistema complexo de aquisição de dados. Estamos, sempre a amostrar dados como o cheiro, luz, sons, gostos, sensações. Baseados nessas informações, nós decidimos o que fazer para tornar nossa vida mais conveniente.

Além do próprio homem, temos outros exemplos de sistemas de aquisição de dados: exames e diagnósticos médicos, medição de consumo de água e luz nas nossas habitações, pesquisas de opinião pública; todos esses e mais uma infinidade de exemplos caracterizam a importância dos sistemas de aquisição de dados.

No campo da Engenharia, os exemplos são também infindáveis. Muitos cientistas e profissionais têm projectado e utilizado Sistemas de Aquisição de Dados nas suas pesquisas de laboratório, teste e medição e na automação industrial.

Este capítulo vem apresentar os actuais Sistemas de Aquisição de Dados, em termos dos conceitos e critérios mais importantes na definição e utilização destes sistemas na Engenharia de Sistemas e Informática.

Este capítulo apresenta algumas aplicações práticas onde se utiliza aquisição de dados como elemento fundamental.

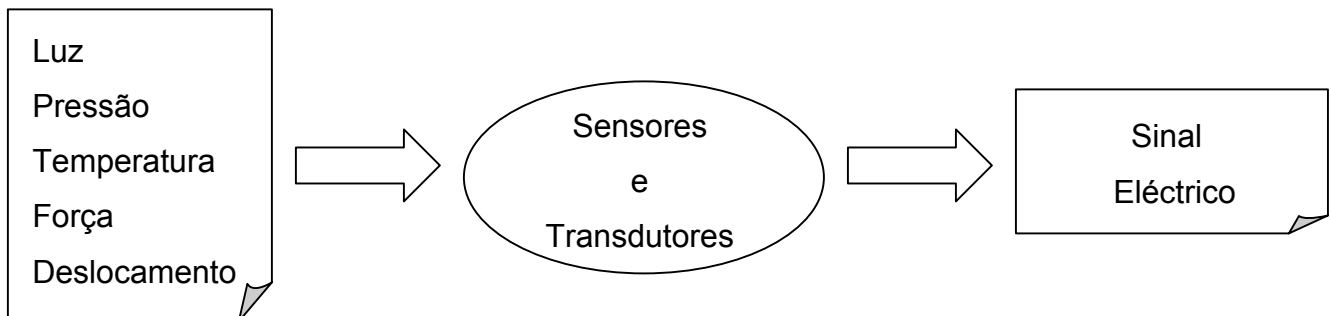
## 2. Definição de Sistema de Aquisição de Dados

Adquirir dados pode, de maneira simplista, ser definida como medir informações do mundo real. A maior parte dos eventos do mundo real e a sua medição são de natureza analógica. Isto é, a medição pode conduzir a uma gama de valores contínuos. As quantidades físicas de interesse, podem ser várias:

- Luz
- Temperatura
- Pressão
- Força
- Deslocamento

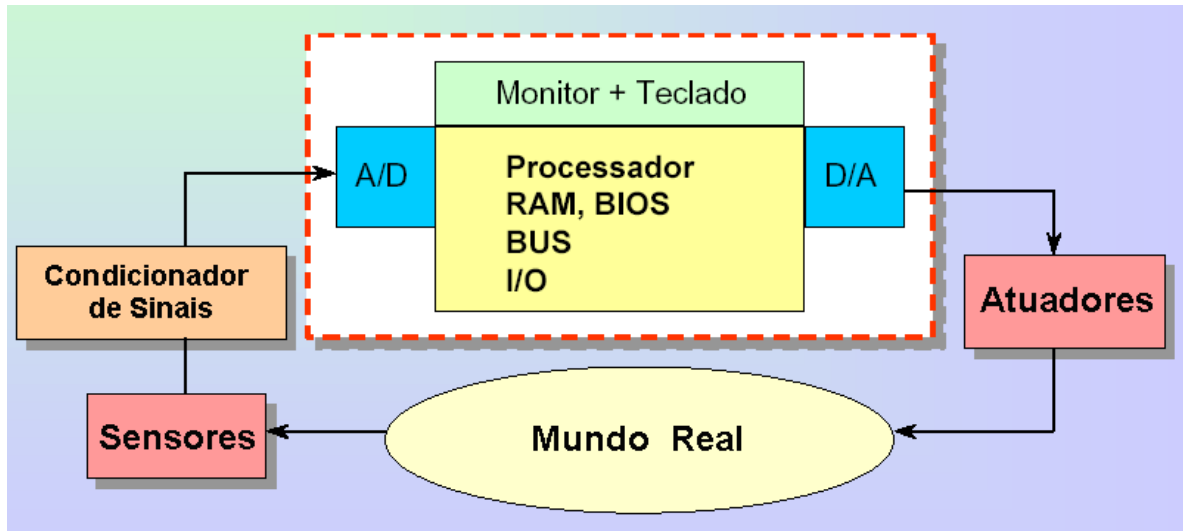
Todas essas grandezas possuem energia. Deste modo, torna-se necessário para sua medição a utilização de dispositivos capazes de receber esta energia, relativa a uma determinada quantidade física da grandeza desejada e converte-la numa forma de energia manipulável pelos circuitos eletrônicos. Estes dispositivos são os sensores e/os transdutores. Os sensores e transdutores recebem as quantidades físicas de grandezas analógicas e convertem-nas em quantidades elétricas, tais como tensão, corrente ou impedância.

A figura abaixo mostra o processo de aquisição de dados:



Além da própria medição, um sistema de aquisição de dados deve garantir que os dados adquiridos possuem uma relação aceitável com o mensurando. Para tal, além dos sensores e/ou transdutores, um sistema de aquisição de dados deve possuir elementos que analisem e validem os dados coletados.

### 3. Arquitetura dos Sistemas de Aquisição de Dados

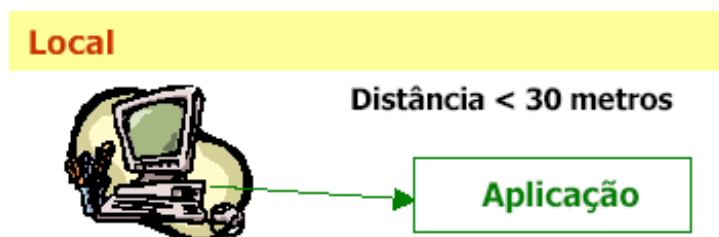


Um sistema de aquisição de dados deve, portanto, medir, analisar e validar as informações adquiridas do mundo real. Para tanto, esses sistemas devem apresentar uma arquitetura onde os elementos se comunicam e se entendem mutuamente, interagindo entre si. Isso significa que um sinal gerado por um sensor ou transdutor pode ser analisado pelo condicionador de sinais que tem por função entregar um novo sinal, que se relaciona com o primeiro e pode ser tratado pelo conversor analógico-digital e assim sucessivamente.

### 4. Tipos de Sistemas de Aquisição de Dados

#### 4.1. *Sistemas Locais*

São denominados sistemas de aquisição de dados remotos aqueles cuja aplicação se encontra próximo do sistema que irá processá-los. Para efeitos de referência, são considerados sistemas de aquisição de dados locais aqueles cuja aplicação encontra-se a uma distância menor que 30 metros do elemento de processamento do sinal.

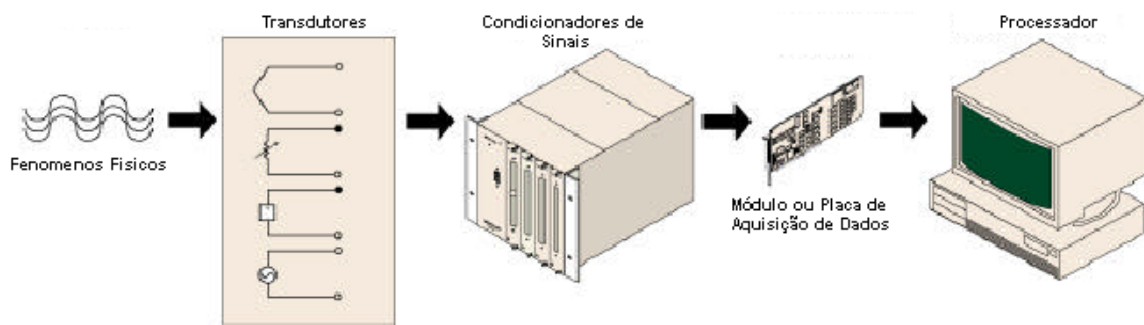


## 4.2. *Sistemas Remotos*

São denominados sistemas de aquisição de dados remotos aqueles cuja aplicação se encontra longe do elemento de processamento do sinal coletado, geralmente relacionados a uma distância maior que 30 metros.



## 5. Elementos de um Sistema de Aquisição de Dados



Um sistema de aquisição de dados típico para aplicações em Engenharia Elétrica é composto pelos seguintes elementos:

- Sensores e Transdutores;
- Condicionadores de Sinais;
- Módulo ou Placa de Aquisição de Dados;
- Processador

### 5.1. *Sensores e Transdutores*

Sensores e Transdutores sentem fenômenos físicos e produzem sinais elétricos que os sistemas de aquisição medem. Por exemplo, termopares, resistências dependentes de temperatura (RTD's), termistores e sensores em circuitos integrados convertem temperatura para um sinal analógico que um conversor analógico digital pode medir. Outros exemplos incluem strain gauges, transdutores de fluxo, transdutores de pressão, na qual medem força,

variação de fluxo e pressão, respectivamente. Em cada caso, os sinais elétricos produzidos são proporcionais aos parâmetros físicos que eles monitoram.

## **5.2. Condicionadores de Sinal**

Os sinais elétricos gerados pelos sensores e transdutores devem ser otimizados para a escala de entrada do conversor D/A. Os acessórios condicionadores de sinal amplificam sinais de baixa intensidade e então os isola e filtra para uma medição mais precisa.

Os circuitos de condicionamento de sinal devem ser utilizados pois apresentam uma variedade importante de características:

- Amplificação – O tipo mais comum de condicionamento é a amplificação. Sinais de baixa intensidade como os dos termopares, por exemplo, 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;
- Isolação – Outra característica comum no condicionamento de sinais é a isolação dos sinais dos sensores/transdutores em relação à entrada do conversor, visando um aspecto de segurança. O sistema a ser monitorado pode conter transientes de alta tensão que podem danificar o conversor. Uma razão adicional para a isolação é garantir que as leituras do equipamento de aquisição serão imunes a diferenças de potencial do terra ou tensões de modo comum. Quando as entradas de sinal a ser adquirida pelo dispositivo estão referidas ao terra, problemas podem ocorrer se houver uma diferença de potencial em dois terras. Esta diferença pode levar ao que se chama curto de terra, causando imprecisão na representação do sinal adquirido; ou a diferença é tão alta que ela pode danificar o

sistema de medição. Usando módulos de condicionamento de sinais isolados elimina-se o curto de terra e assegura-se que os sinais são precisamente adquiridos.

- Multiplexação – Uma técnica comum para medir diversos sinais com um único equipamento de medição é a multiplexação. O equipamento de condicionamento de sinal para sinais analógicos geralmente provê multiplexação para uso com sinais de alteração lenta como temperatura. O conversor A/D amostra um canal, troca para o próximo, amostra, troca para o próximo, amostra e assim indefinidamente. Por amostrar muitos canais ao mesmo tempo, a taxa de amostragem efetiva de cada canal é inversamente proporcional ao número de canais amostrados.
- Filtragem – O propósito de um filtro é remover sinais indesejados do sinal que estamos tentando medir. Um filtro de ruídos é usado para sinais DC, como temperatura, para atenuar sinais de alta frequência que podem reduzir a precisão da medição. Sinais A/C, como vibração, geralmente requerem um tipo diferente de filtro conhecido como filtro anti-aliasing. Como filtro de ruído, o filtro anti-aliasing é ainda um filtro passa-baixa; entretanto, ele requer uma taxa de corte muito alta, e geralmente remove completamente todas as frequências do sinal que são maiores que a largura de faixa de entrada do equipamento. Se esses sinais não forem removidos, eles irão aparecer erroneamente com os sinais da largura de faixa de entrada do equipamento. Equipamentos projetados especificamente para medição de sinais AC tem filtros anti-aliasing incluídos.
- Excitação – O condicionamento de sinais ainda geram excitação para alguns transdutores.. Strain gauges, termistores, e RTDs, por exemplo, requerem tensão externa ou sinais de corrente de excitação. Os módulos de condicionamento de sinais para esses transdutores geralmente geram esses sinais. Medições por RTD



são usualmente feitas com uma fonte de corrente que converte a variação de resistência em relação a uma tensão mensurável. Strain gauges, que são equipamentos de baixa resistência, tipicamente são usados na configuração de ponte de Wheatstone com uma fonte de tensão para excitação.

- Linearização – Outra função comum do condicionamento de sinal é a linearização. Muitos transdutores, como os termopares, têm uma resposta não-linear às mudanças nos fenômenos que estão sendo medidos.

Deve-se entender a natureza do sinal, a configuração que está sendo usada para medir o sinal e os efeitos do ambiente ao redor do sistema. Baseado nestas informações, pode-se determinar se o condicionamento de sinais é necessário no seu sistema de aquisição de dados.

### **5.3. Módulos ou Placas de Aquisição**

Uma placa de aquisição de dados é geralmente composta pelos seguintes elementos:

- Entradas Analógicas
- Conversor A/D
- Conversor D/A
- Saídas Analógicas
- Triggers
- Entradas e Saídas Digitais
- Contadores e Temporizadores

#### **5.3.1. Entradas Analógicas**

As especificações de entradas analógicas fornecem informações sobre as características e a precisão do sistema de aquisição de dados. As especificações básicas informam o número de canais, a taxa de amostragem, a resolução e a escala de entrada.

- Número de Canais – O número de canais de entrada analógica é especificada pelas entradas single-ended e diferenciais. Entradas single-ended são todas referenciadas a um terra comum. Essas entradas são tipicamente usadas quando os sinais de entrada são de alto nível (maior que 1 V), a distância entre a fonte de sinal ao hardware de entrada analógica são pequenas (menos que 3 m) e todos os sinais de entrada compartilham um terra comum. Se os sinais não se encaixam a esses critérios, deve-se utilizar as entradas diferenciais. Com entradas diferenciais, cada entrada tem seu próprio terra; os erros causados por ruídos são reduzidos.
- Taxa de amostragem – Este parâmetro determina a frequências com que as conversões são realizadas. Uma taxa de amostragem muito rápida adquire mais dados num tempo determinado e podem portanto gerar uma representação do sinal original. Este parâmetro é medido em função de amostras por segundo (samples per second, samples/s)
- Escala – A escala refere-se aos níveis de tensão máxima e mínima que um conversor pode quantizar.

### **5.3.2. Conversor Analógico-Digital (A/D)**

O conversor A/D converte o sinal de entrada de natureza analógica para um valor digital. A precisão da conversão é dependente da resolução e linearidade do conversor . O ganho e os erros de offset do amplificador de entrada ainda afetam a precisão. A principal característica a ser observada num conversor analógico-digital é a sua taxa de performance, ou seja, o seu processamento (throughput).

Três elementos especificam o throughput de um conversor A/D: tempo de conversão, tempo de aquisição e tempo de transferência:

- Tempo de conversão: é o tempo necessário para o conversor A/D produzir um valor digital que corresponde ao valor da entrada analógica.

- Tempo de aquisição: é o tempo necessário a ser associado ao circuito analógico que adquire o sinal.
- Tempo de transferência: o tempo de transferência corresponde ao tempo necessário para transferir os dados da interface para os centros de processamento (memória dos computadores).

Throughput é a taxa na qual os três tempos levam para ser completados. Throughput é geralmente o fator mais importante na escolha da interface de aquisição de dados. O teorema de Nyquist especifica que uma entrada deve ser amostrada no mínimo duas vezes mais rápido que a componente de frequência mais alta do sinal a ser coletado. Por exemplo, uma medição precisa de um sinal de 1kHz deve possuir uma taxa de throughput mínima de 2kHz.

### **5.3.3. Saídas Analógicas**

Saídas analógicas são geralmente necessárias para gerar estímulos para um sistema de aquisição de dados. Diversas especificações para o conversor digital-analógico determinam a qualidade do sinal de saída produzido – tempo de ajuste, slew rate, e resolução de saída.

- Tempo de ajuste – é o tempo necessário para a saída (um amplificador, relé ou outros circuitos) alcançarem um modo estável. O tempo de ajuste é geralmente especificado para uma alteração no fundo de escala em tensão.
- Slew Rate – O slew rate é a taxa máxima de mudança que o conversor digital analógico pode produzir para o sinal de saída. O tempo de ajuste e o slew rate trabalham juntos na determinação de quão rápida serão as alterações no nível do sinal de saída. Portanto, um conversor digital analógico com um pequeno tempo de ajuste e um alto slew rate podem gerar sinais de alta frequência porque um pequeno tempo é necessário para mudar precisamente a saída para um novo nível de tensão.

- Um exemplo de aplicação que requer alta performance desses parâmetros é a geração de sinais de áudio. O conversor D/A requer um alto slew rate um pequeno tempo de ajuste para gerar sinais de alta frequência para cobrir a escala de áudio. Em contraste, um exemplo de aplicação que não requer rápida conversão D/A é a fonte de tensão que controla um aquecedor. Isto porque o aquecedor não responde rapidamente a alterações de tensão, portanto uma rápida conversão D/A é desnecessária.
- Resolução de Saída – é o número de bits no código digital que geram o sinal analógico. Um vasto número de bits reduz a magnitude de cada incremento de tensão de saída, desse modo tornando possível gerar sinais que se alteram suavemente. Aplicações que requerem uma vasta escala dinâmica com pequenas mudanças incrementais de tensão no sinal de saída analógico necessitam uma alta resolução de saída

#### **5.3.4. Triggers**

Muitas aplicações necessitam parar ou começar uma operação de aquisição de dados baseados num evento externo. Triggers digitais sincronizam a aquisição e a geração de tensão por um pulso digital externo. Triggers analógicos, usados essencialmente em operações que envolvam entradas analógicas, param ou iniciam a operação de aquisição quando um sinal de entrada atinge um nível de tensão especificado e troca sua polaridade.

#### **5.3.5. Entradas e Saídas Digitais**

Interfaces de Entrada e Saída Digital são geralmente usadas em sistemas de aquisição de dados baseados em PC para controlar processos, gerar padrões para teste e comunicar com equipamentos periféricos. Em cada caso, os parâmetros incluem o número de linhas (entradas/saídas) digitais, a taxa na qual pode-se admitir e gerar dados digitais nessas linhas e a capacidade de acionamento dessas linhas. Se as linhas digitais são usadas para controlar eventos tais como desligar aquecedores, motores ou luzes, uma

alta taxa de dados não é usualmente necessária pois esses equipamentos não podem responder muito rapidamente. O número de linhas digitais deve relacionar-se com o número de processos as serem controlados. Em cada um desses exemplos, a capacidade de corrente necessária para acionar esses equipamentos e desliga-los deve ser menor que a disponibilidade de corrente do equipamento.

Contudo, com acessórios de condicionamento de sinais digitais apropriados, pode-se usar sinais TTL de baixa corrente do hardware de aquisição de dados para monitorar ou controlar altas tensões e sinais de corrente de dispositivos industriais. Por exemplo, a tensão e corrente necessárias para abrir e fechar uma válvula grande são de aproximadamente 100 VAC e 2 A. Por ser à saída de um dispositivo digital algo em torno de 0 a 5 VDC e alguns miliamperes, um módulo de acionamento, geralmente optoacoplado é necessário para acionar o sinal de potência para controlar a válvula.

Uma aplicação comum de utilização de dispositivo digital é a transferência de dados entre um computador e equipamentos como os data loggers, os processadores de dados, e impressoras. Como geralmente esses equipamentos trabalham com transferência de bytes (8 bits), as linhas digitais em um dispositivo digital são arranjados em grupos de 8. Além disso, alguns módulos ou placas possuem elementos de hand-shaking para sincronização da comunicação. O número de canais, a taxa de dados e hand-shaking são importantes especificações que devem ser compreendidas e analisadas nas necessidades da aplicação.

### **5.3.6. Contadores e Temporizadores**

Contadores e temporizadores são geralmente utilizados em muitas aplicações, incluindo contagem de eventos digitais, temporização digital de pulsos e geração de ondas quadradas e pulsos. Pode-se implementar todas essas aplicações usando três sinais de contadores e temporizadores - gate, fonte e saída.

- Gate – O gate é a entrada digital que é usada para habilitar ou desabilitar a função do contador;

- Fonte – O sinal de fonte é a entrada digital que causa o incremento do contador a cada pulso, e portanto, gera a base de tempo para operações de temporização e contagem;
- Saída – A saída gera ondas quadradas ou pulsos na linha de saída.

As especificações mais significantes para operações de contagem e temporização são a resolução e a frequência de clock. A resolução é o número de bits que o contador usa. Uma alta resolução simplesmente significa que o contador pode incrementar. A frequência do clock determina a velocidade com que se pode ativar a fonte de entrada digital. Com uma frequência mais alta, o contador incrementa mais rápido e portanto pode detectar sinais de maior frequência na entrada e gerar pulsos de maior frequência e ondas quadradas na saída.

#### **5.4. Processadores**

Os elementos responsáveis pelo processamento dos sinais adquiridos são os processadores. Os mais utilizados em sistemas de aquisição de dados atualmente são os computadores pessoais (PC).

## **6. Características dos Sistemas de Aquisição de Dados**

### **6.1. Precisão**

A precisão dos dados coletados por um sistema de aquisição depende basicamente do dispositivo utilizado para a aquisição. A avaliação dessa precisão requer portanto um conhecimento dos dados e as fontes que podem contribuir para o erro.

Existe uma enorme variedade de formas e configurações de dispositivos de aquisição de dados tornando difícil a comparação de produtos. Mas, durante a especificação, merece uma atenção especial a precisão do dispositivo. A que grau um determinado dispositivo está livre de erro? Para tal determinação requer-se um pouco de experiência.

É fácil confundir resolução do conversor A/D de um dispositivo com a precisão global do sistema. Resolução é a menor mudança incremental que o

conversor A/D pode reconhecer. A precisão global de um sistema sempre é menos precisa. Por exemplo, um conversor A/D de 16-bits tem uma resolução de 1 em 65,536. Combine a precisão do conversor A/D com os diversos componentes que interferem na aquisição e se chegará a uma precisão global do sistema de 3 a 100 em 65,536.

Os fabricantes de dispositivos de aquisição de dados utilizam vários métodos e condições para definir precisão. Uma boa conceituação é que Precisão descreve a quantidade de incerteza que existe em uma medição em relação ao padrão relevante absoluto. Mas, geralmente, a precisão de um dispositivo é mais bem definida como sendo a soma de três componentes: a leitura, escala e do bit menos significativo (LSB). Quando essas componentes são computadas, a precisão do dispositivo (ou incerteza) será maior que 1 LSB.

Geralmente, a precisão não é constante para toda a escala, varia com a amplitude – pode-se achar erros maiores no início da escala e resultados mais precisos no seu fim. Ao se comparar diferentes dispositivos, a aproximação mais prática é analisar a precisão especificada na folha de dados fornecida pelo fabricante para uma determinada medida de tensão e então definir os limites superiores e inferiores. O dispositivo com menor variação de tensão é o mais preciso para a medida de tensão determinada.

Para determinar o real desempenho do sistema, deve-se considerar todas as possíveis fontes de erro, como o dispositivo de D/A, os sensores externos ou fontes de sinal, e toda a instalação elétrica conectada. Combine estas fontes de erro pelo método da raiz quadrada da soma dos quadrados. Obteremos desta forma um verdadeiro parâmetro da precisão do sistema. Se se verificar que a aplicação apresentou resultados menos precisos que o esperado, pode-se dizer que alguma fonte de erro durante a análise foi negligenciada.

O erro também pode ser introduzido por sinais indesejados que afetam a precisão de sistema. Enquanto sinais externos ideais teriam impedância zero e nível de ruído desprezível, sinais reais contêm ruído e impedância diferente de zero. Estes aspectos indesejáveis dos sinais e as limitações internas dos dispositivos de D/A reduzem a precisão. Nenhum sensor é perfeito, e nenhuma

instalação é livre de ruído; assim toda aplicação que envolva medida de dados terá um pouco de incerteza que não pode ser controlada ou prevista.

Os dispositivos de aquisição de dados geralmente têm circuitos de condicionamento de sinal entre a fonte deste e o conversor A/D. Estes circuitos contribuem para a inexatidão através como offset, erro de ganho, e ruído. Tensão de offset é um valor de tensão diferente de zero entregue ao conversor A/D quando os dados lidos pelo circuito (provenientes dos elementos de leitura como os sensores) forem diferentes de zero. Erro de ganho é a diferença entre ganho ideal e ganho atual. Ruído entra na forma de ruído térmico nos resistores, conduzindo ou induzindo níveis de potência DC em fontes de alimentação ou em circuitos digitais, e ruídos em fios de alta tensão AC. A redução da maioria dos ruídos pode ser feita utilizando dispositivos D/A com canal de condicionamento individual e incluindo filtros passa-baixos em cada canal.

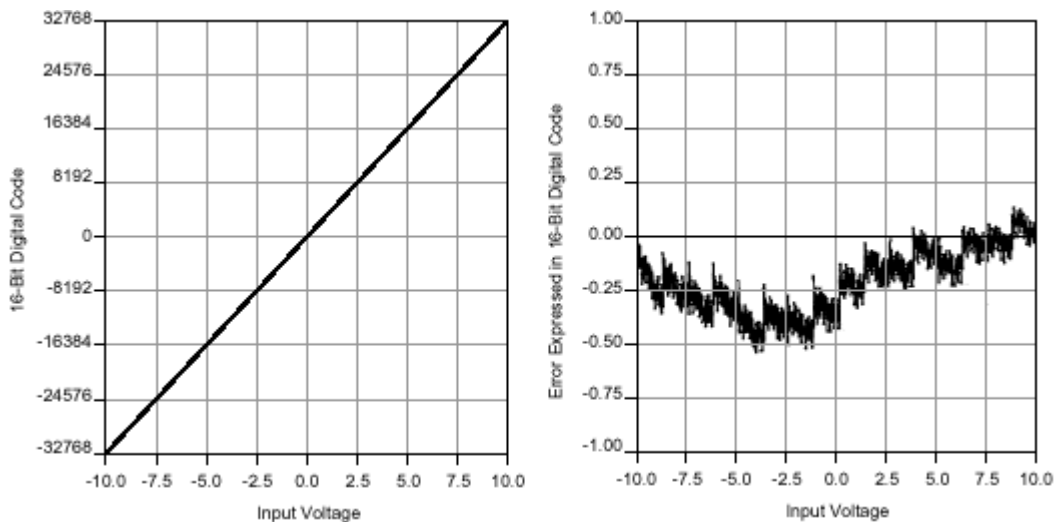
Outra fonte de erro é aliasing. Se um conversor A/D converte algumas componentes de frequência iguais ou próximas a frequência de conversão A/D, o aliasing acontece. Aliasing causa a entrega de dados errados devido a baixas frequências no conversor A/D. Geralmente pode-se prevenir aliasing limitando a largura de faixa do circuito de entrada de amplificação para menos da metade da frequência de conversão A/D. Alguns fabricantes incluem freqüentemente filtros passa-baixa, ou filtros anti-aliasing para eliminar esta fonte de erro. A segunda causa mais comum de aliasing é uma taxa de amostragem muito baixa em relação ao sinal de entrada. Você pode evitar isto facilmente elevando a taxa de amostragem.

Os dispositivos de aquisição de dados usam dois tipos primários de conversores A/D para gerar níveis diferentes de precisão. Conversores de aproximação sucessiva com fases de sample-and-hold na entrada de alta velocidade excedem 1 MHz; porém, as leituras individuais estão sujeito a níveis de ruído que devem ser calculadas de forma a obter a leitura mais precisa possível. Esse conversor é o mais comumente encontrado na maioria das placas de aquisição.



### 6.1.1. Precisão Relativa

Precisão relativa é a medida em LSBs do pior caso de desvio da função de transferência do equipamento de aquisição de dados em relação ao ideal, uma reta. Ela é determinada conectando o equipamento de aquisição de dados a uma tensão de fundo de escala negativa, digitalizando a tensão, aumentando a mesma e repetindo os passos até a escala de entrada ser coberta. Quando os pontos digitalizados são plotados, o resultado será uma aparente linha reta. Contudo, pode-se subtrair a reta atual dos valores digitalizados e plotar os pontos resultantes, como mostrado a seguir. O desvio máximo do zero é a precisão relativa do equipamento.



**Determinação da precisão relativa de um dispositivo de aquisição de dados. A figura da esquerda mostra a aparente linha reta gerada pela varredura da entrada. A figura da direita mostra, após subtração dos valores digitalizados com os valores da linha reta a precisão relativa.**

## 6.2. Resolução

Em quantidade relativa, resolução descreve o grau pela qual uma mudança pode ser detectada. É expressa como uma fração de uma quantidade que se pode facilmente relacionar. Por exemplo, fabricantes de impressoras geralmente descrevem resolução como pontos por polegada, que é mais fácil do que comparar com pontos por página.

No mundo da aquisição de dados, resolução geralmente é expressa como um número de bits tais como 12, 16, ou 20. No mundo dos multímetros

digitais, resolução é geralmente descrita em relação ao número de dígitos como 4, 5, ou 6.

Para relacionar bits de resolução aos parâmetros atuais de medição tais como tensão ou temperatura, deve-se realizar alguns cálculos. Suponha que um equipamento de aquisição de dados com um fundo de escala  $\pm 10$  V tenha 16 bits de resolução. Para relacionar a resolução a volts, deve-se calcular  $2^{16}$ , que é 65,536.

Como resultado, o equipamento pode gerar uma parte dos 65,536; sendo a escala  $\pm 10$  V tendo 20V pico-a-pico, o equipamento pode gerar  $20 / 65,536 = 305 \mu\text{V}$ . Isto geralmente significa que a menor mudança que pode ser detectada pela medição é  $305 \mu\text{V}$ .

Na realidade, nem toda resolução é necessariamente utilizada devido a outros fatores dentre as quais o mais significativo é o ruído. Um produto especificado com uma resolução de 16 bits deve ter 4 bits para o ruído. Dessa forma, dos 16 bits, pode-se somente gerar 12.

### **6.3. Sensibilidade**

Sensibilidade é uma quantidade absoluta. Resolução é uma quantidade relativa. Sensibilidade descreve a menor quantidade absoluta de alteração que pode ser detectada pela medição, geralmente expressa em termos de mili-volts, ou décimos de grau.

Sensibilidade não deve ser confundida com precisão — eles são parâmetros completamente diferentes. Por exemplo, um equipamento com sensibilidade de 1mV pode gerar 10mV se a entrada aplicada for de 10V. Já se uma entrada de 10V muda de 1mV, o equipamento ainda poderá observar a diferença. Sensibilidade algumas vezes pode ser aumentada realizando a média.

A sensibilidade atual é mais uma função do equipamento de medição do que do meio ambiente em que a medição está sendo feita. Um equipamento deve ser perfeitamente capaz de fazer medições com sensibilidade de  $1 \mu\text{V}$ . Mas se o cabeamento não é adequadamente aterrado e evitar tensões geradas termicamente, então alcançar a sensibilidade de  $1 \mu\text{V}$  será impossível.

A forma mais fácil para determinar a sensibilidade de um equipamento é olhar a performance em sua escala mais baixa. A especificação de ruído nesta escala será largamente ditada pela sensibilidade do dispositivo. Outros fatores como entradas de curta duração, dreno da tensão de offset e a qualidade dos conectores de entrada irão influenciar a sensibilidade.

A seguir, apresentaremos um exemplo de aplicação real utilizando um sistema de aquisição de dados baseado na placa IOtech Personal Daq/56 USB-based. A tabela a seguir apresenta um resumo das especificações de medição desse produto. Assuma que se possui um sensor ou transdutor que opera com escala de saída de poucos microvolts a 3 V.

<b>Speed vs Resolution</b>		
Speed Designation	Maximum Sample Rate (S/s)	Resolution (Bits rms) (-4V to +4-V Range)
Slow, 60-Hz Rejection	3.2/s	22
Medium, 60 Hz Rejection	9.2/s	21
Fast	48/s	17
Very Fast	80/s	15

Programmable Voltage Ranges	<b>RMS Noise (<math>\mu\text{V}</math>)</b>		
	<b>Slow</b>	<b>Medium</b>	<b>Fast</b>
-4 V to +4 V	4	5	60
-2 V to +2 V	4	4	30
-1 V to +1 V	2	3	20
-500 mV to +500mV	1.5	2	15
-250 mV to +250 mV	<1	2	8

Suponha, que sobre uma certa condição, a saída do sensor é 200 mV, e sobre outra condição, a saída é 3V. Determinaremos a resolução, sensibilidade, e precisão da medição sobre cada uma dessas condições.

Primeiro, deve-se considerar a dependência entre velocidade e resolução. Para este exemplo, se garantirá máxima resolução, e assim, se selecionará uma baixa taxa de conversão de modo a fornecer a melhor rejeição ao ruído resultando numa resolução disponível de 22 bits.

- **Precisão**

Baseado na especificação de performance para um ano, escala de 15 a 35°C de temperatura ambiente, a precisão é 0.01% da leitura + 0.002% da escala (sem contribuição de ruído). Esta é a precisão absoluta.

- Com um sinal de 200 mV usando 250 mV de escala:

$$0.01\% \times 200 \text{ mV} = \pm 20 \mu\text{V}$$

- Para o percentual da escala usando 250 mV de escala:

$$0.002\% \times 250 \text{ mV} = \pm 5 \mu\text{V}$$

A incerteza devida ao ruído nesta escala é 1  $\mu\text{V}_{\text{rms}}$  ou  $\pm 3 \mu\text{V}$  p-p, um valor bastante pequeno.

A menos que se faça alguma correção (uma subtração aritmética simples do valor de offset medido), ainda deve ser incluída a incerteza devido à entrada de tensão de offset. A especificação para o pior caso é 20  $\mu\text{V}$  para a Personal Daq/56.

A incerteza total na medição para uma saída de 200 mV do sensor é:

$$(20 \mu\text{V} + 5 \mu\text{V} + 20 \mu\text{V} + 3 \mu\text{V}) = \pm 48 \mu\text{V}$$

Isto implica que para uma saída de 200mV do sensor pode ser medida uma precisão de  $\pm 48 \mu\text{V}$ .

Usando a mesma metodologia, calcula-se a precisão para uma saída de 3 V do sensor. Neste caso, usa-se uma escala de 4 V.

$$\text{Incerteza Total} = \pm(300 \mu\text{V} + 80 \mu\text{V} + 20 \mu\text{V} + 12) = \pm 412 \mu\text{V}$$

Assim, a precisão das medidas quando a saída do sensor for 3 V será conservativamente  $\pm 412 \mu\text{V}$ .

- **Resolução**

A tabela anterior mostra que a resolução disponível especificada para uma escala de 4V é 22 bits rms. Determina-se a resolução ao nível de 3V.

Deve-se lembrar que a resolução é a taxa entre o máximo sinal que se está medindo e a menor parte que se pode entender. A especificação de ruído para a escala de 4V é is 4  $\mu\text{V}_{\text{rms}}$ , que representa a menor parte que se pode entender.

$4 \mu\text{Vrms}/3 \text{ V} = 1$  parte de 750,000, na qual é aproximadamente 220, ou 20 bits rms

Para o exemplo de 200mV,  $1 \mu\text{Vrms}/200 \text{ mV} = 1$  parte de 200,000, que é aproximadamente 218, ou 18 bits rms

Para ambos os exemplos, a resolução é limitada pelo ruído. Se tivesse sido usada a resolução de 16 bits ao invés de 22 bits, então o conversor analógico-digital – ao contrário do ruído – seria o fator limitante, reduzindo a resolução de 16 bits.

- **Sensibilidade**

A medição mais sensível pode ser feita na escala de 250 mV, onde o ruído é  $\mu\text{Vrms}$ . Neste caso, a sensibilidade é  $1 \mu\text{Vrms}$ , ou  $6 \mu\text{V p-p}$  (ruído pico-a-pico é calculado como  $\sim 6x$  o valor rms). Se as medidas forem confinadas a escala de 4 V, a sensibilidade neste caso é  $4 \mu\text{Vrms}$  ou  $24 \mu\text{V p-p}$ .

- **Observações**

Um resumo dos resultados encontrados esta na tabela seguinte. Ela mostra que se pode obter melhor sensibilidade em escala mais baixa. Contudo, escala mais baixas geralmente limitam dinamicamente a escala das medidas, neste caso para  $\pm 250 \text{ mV}$ . Se existe dúvida de qual saída o sensor deve ter, procura-se uma escala maior com maior sensibilidade ao configurar as medições.

Sensor Signal	Best Range	Accuracy	Resolution	Sensitivity
200 mV	$\pm 250 \text{ mV}$	$\pm 48 \mu\text{V}$	18 bits	$6 \mu\text{V}$
3 V	$\pm 4 \text{ V}$	$\pm 412 \mu\text{V}$	20 bits	$24 \mu\text{V}$

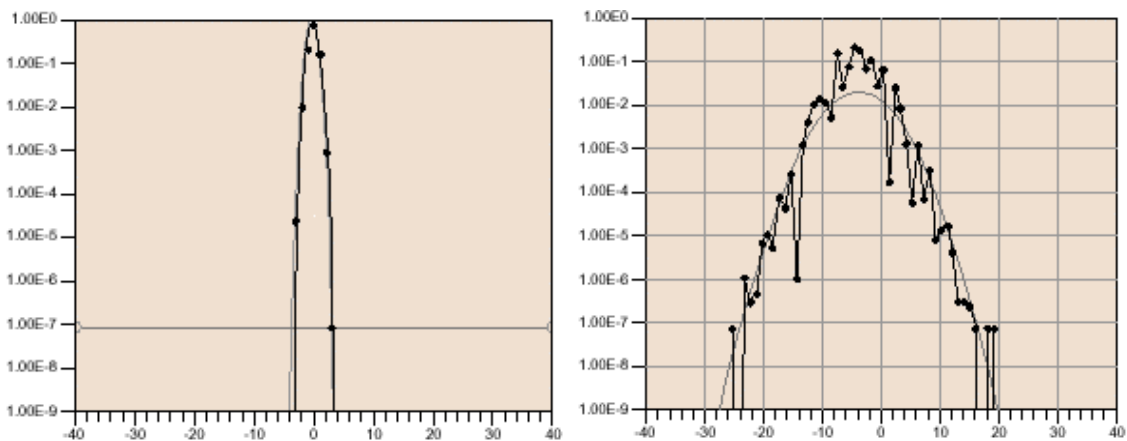
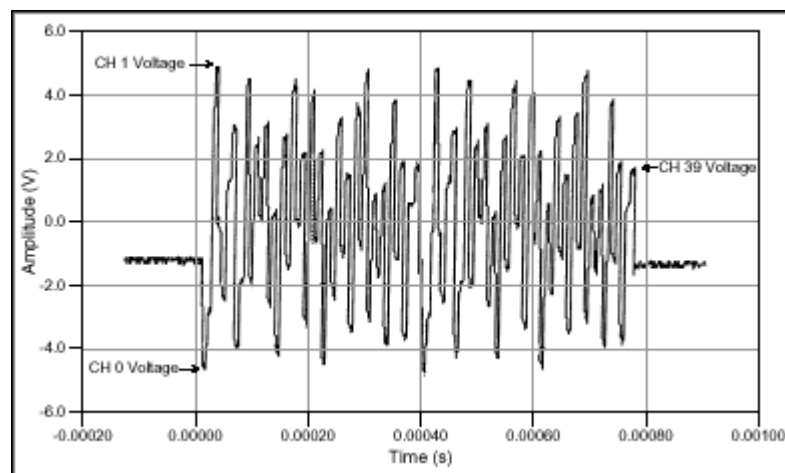
## 6.4. Ruído

Qualquer sinal indesejado que aparece no sinal digitalizado de um sistema de aquisição de dados é denominado ruído. Em sistema de aquisição baseada em PC, por ser o PC um ambiente digital ruidoso, a aquisição de dados tem uma construção cuidadosa em diversas camadas. Simplesmente colocar um conversor A/D, um amplificador de instrumentação e um

barramento de interface sobre uma ou duas camadas de uma placa irá certamente resultar num equipamento ruidoso.

Projetistas podem usar aterramento metálico sobre o dispositivo de aquisição para ajudar a reduzir o ruído. Um aterramento apropriado não só deverá ser adicionado em torno das partes sensíveis analógicas, mas deve ainda ser construída dentro das camadas de dispositivos aterradas.

A figura a seguir mostra uma curva de ruído DC que foi encontrado com uma escala de  $\pm 10$  V e um ganho de 10. A entrada de um amplificador de instrumentação que está multiplexando 40 sinais DC parece ser um sinal AC de alta frequência.



## 6.5. Calibração

A calibração é necessária para se alcançar uma maior precisão. Pode-se optar por diferentes sistemas de calibração, cada um com um grau diferente de precisão. Os dois principais elementos de calibração são os compensadores e os elementos de ganho.

Não é comum selecionar componentes de valores fixos para as fases de amplificação da entrada de um conversor A/D e esperar atingir precisão aceitável além de 8 bits. Para sistemas 12-bits, componentes manualmente ajustáveis podem gerar bons resultados dentro de uma estreita faixa nominal. Para sistemas 16-bits, ajuste de calibração manual é algo bastante difícil.

Métodos de calibração de hardware por meio de software utiliza conversores D/A para compensação, cancelando tensões e erros de ganho antes da conversão A/D acontecer. Alternativamente, podem ser aplicadas constantes de correção de software aos dados digitais depois da conversão A/D, baseado em calibração previamente estabelecida.

Se você calibrar o sistema por canal, as correções também podem cobrir variações de canal-para-canal. Para sistemas que operam em ambientes de temperatura variável, técnicas de auto-ajuste pode cancelar os efeitos indesejados dos compensadores originalmente afetados pelo ambiente.

A maioria dos dispositivos de conversão A/D requer padrões externos, entretanto, para recalibração de alta precisão, estes padrões podem causar problemas inesperados. Por exemplo, calibradores de tensão DC têm baixa largura de faixa e podem exibir transientes de saída quando conectado a uma carga variável no tempo, tais como um canal de entrada multiplexada. Tal transiente pode resultar em uma tensão mais baixa a ser entregue ao conversor A/D do que aquela indicada pelo calibrador.

A calibração incorreta pode reduzir a precisão dos dados de um modo inesperado. A maioria dos dispositivos D/A multiplexam vários canais em um único canal de entrada que amplifica o sinal antes de entrega-lo ao conversor A/D. Alguns dispositivos de multiplexação podem perturbar a fonte da alimentação se a impedância for maior que 100 ohms. Isto pode conduzir a perturbações e resultados aparentemente inexplicáveis, particularmente quando o dispositivo de D/A foi calibrado recentemente e foi presumido preciso. Se as fontes de alimentação não são conhecidas em relação à impedância, deve-se escolher um sistema de dispositivo buferizado.

## **7. Sistemas de Aquisição de Dados utilizando PC**

Existe alguma surpresa na qual o uso de computadores pessoais tenha se tornado a plataforma mais popular para aquisição de dados? Os PC's são

abundantes no ambiente de trabalho que é difícil encontrar um ramo de negócio que não os utilize. E desde que o barramento ISA (Industry Standard Architecture) permitiu ao usuário adicionar uma série de placas de expansão, milhões tem adicionado placas de aquisição de dados em seus PC's.

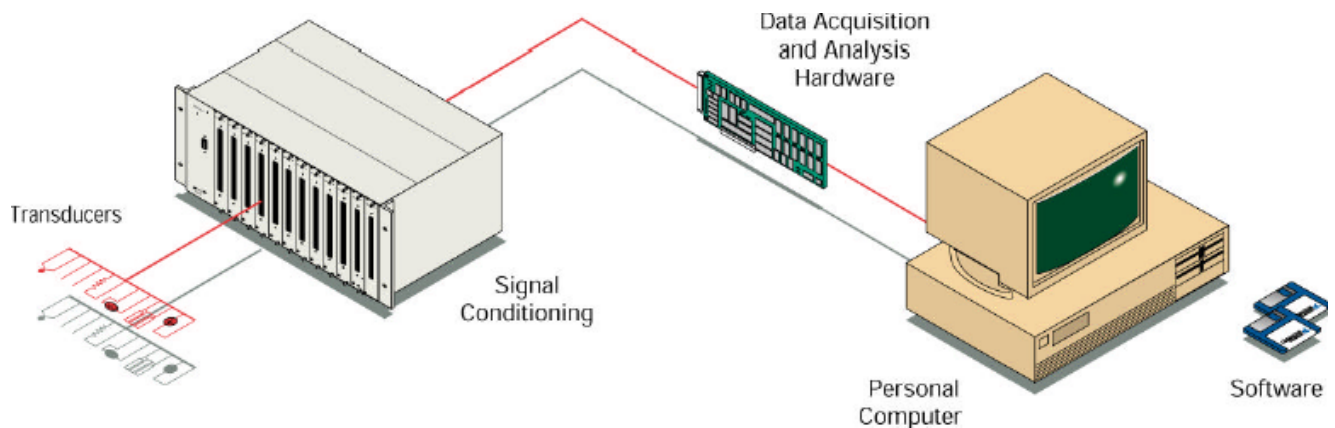
Os motivos dessa explosão são muitos:

- **Baixo Custo** – Usar um PC para realizar aquisição de dados é algo que só necessita fazer sentido. O custo dos PC's tem reduzido muito nos últimos anos ao passo que tem se tornado mais rápido e mais poderoso. Atualmente, não há mais um custo efetivo da plataforma. Além disso, mais pessoas no ambiente de trabalho tem uma considerável experiência de trabalho com PC's, além de que na maioria dos casos existe uma curva de aprendizagem muito curta.
- **Arquitetura Aberta** – A arquitetura aberta dos PC's permite ao usuário a flexibilidade para configurar qualquer sistema imaginável. Sua imensa popularidade tem criado uma rede de apoio de todos os tipos, o que torna a procura por periféricos e softwares algo extremamente fácil. Como mais e mais padrões estão sendo desenvolvidos, a compatibilidade entre diferentes fabricantes de placas e periféricos está se deixando de ser um problema.
- **Poderoso** – Como os PC's tem se tornado mais poderosos e robustos, ficou fácil superar as limitações que impediam as pessoas considerar o PC para uma plataforma de aquisição de dados. A Instrumentação Inteligente oferece diversos produtos para permitir um alto número de canais, podendo chegar até 240 canais digitais de I/O em uma única placa. Placas de alta velocidade permitem captura transientes e formas de onda numa velocidade de até 100MHz. Placas com processadores



DSP (Processamento digital de sinais) podem manipular o processamento intenso de sinais e aplicações de alta velocidade.

- **Versatilidade** - Os sistemas baseados em PC's não estão mais limitados a placas conectadas internamente. Com o advento dos computadores portáteis e notebooks uma variedade de sistemas de aquisição de dados portáteis surgiram. Você pode realizar qualquer operação de entrada e saída, analógica ou digital, convenientemente através do barramento ISA, por exemplo, pela porta paralela ou por um slot PCMCIA. A Instrumentação Inteligente oferece competitivamente sistemas completos para ambas as interfaces.
- **Software** – Além disso tudo, não existe nenhuma plataforma melhor que o PC para tirar proveito do poder dos softwares disponíveis hoje. Com um bom pacote de software de aquisição de dados pode-se fazer um completo uso da poderosa interface de usuário que é o Microsoft Windows customizando seu sistema aos seus próprios requisitos. Pode-se realizar um poderoso processamento de sinais e análises, criar telas profissionais, extremamente realistas para apresentar os dados e exportar seus dados pra outros softwares tais como planilhas ou banco de dados, tudo sem qualquer conhecimento de programação.



## 7.1. *Algumas Aplicações Utilizando Sistemas de Aquisição de Dados baseadas em PC*

### 7.1.1. Agricultura

- **Sistema de Controle e Monitoramento de Estufas** – Um PC é usado para monitorar e controlar a temperatura, umidade e irrigação. Um fino controle e monitoramento permitem avaliar métodos precisos a serem conduzidos para determinar condições otimizadas para o plantio.
- **Sistema de Controle e Monitoramento de Criação de Peixes** - Um PC é usado para controlar as condições da água. O sistema monitora temperatura, pH e a taxa de oxigênio de um lago. Estas informações são então usadas no controle de compressores, aquecedores, misturadores ácido/base e a entrada e saída de fluxo de água para manter as condições desejadas.

### 7.1.2. Automotivo

- **Teste de Estrada** – Sistemas com PC portáteis são usados para capturar e analisar dados pertinentes aos fatores de performance tais como ruído, performance do motor, suspensão, aceleração e freios.

- **Teste Automotivo de Pré-Montagem** - Soluções de aquisição de dados baseadas em PC são usadas no teste elétrico e eletrônico de montagem tais como o painel de comando. Um painel de comando é colocado em uma instalação de teste e o PC controla atuadores que movem chave e controles e mede o resultado. Um sistema testa 5 painéis de comando por vez. Até 150 tipos de montagens são testados.

### 7.1.3. Meio Ambiente

- **Monitor de Aquecimento Solar de Água** – Um PC com uma placa multifunção é usada para medir a eficiência e distribuição de temperatura de um aquecedor solar de água. A água aquecida é utilizada para suprir com água quente os moradores de um complexo de apartamentos.
- **Sistemas de Controle de Poluição** – Uma placa multifunção é usada para monitorar uma série de sensores que medem o nível de poluentes do ar que passa através do sistema. Baseados nessas medições o sistema usa um queimador para eliminar a presença dos poluentes antes de liberar o ar para fora. O sistema é usado em pequenas e médias fábricas de componentes semicondutores.

### 7.1.4. Industria

- **Sistema de Monitoramento da Qualidade de Água** - Múltiplos PC's com placas de aquisições de dados são usadas para monitorar a qualidade da água usada em uma instalação de produção automotiva. O sistema mede a qualidade da água armazenada em tanques usadas para lavar as peças do carro antes da pintura. O monitoramento on-line dos tanques tem reduzido os defeitos, causados por produtos químicos usados no processo

- **Simuladores de Equipamentos de Radiação** – Muitos fabricantes de equipamentos de raio-X usam uma combinação de placas e módulos de expansão para construir equipamentos simuladores de radiação usados na terapia do câncer. Os simuladores são usados para o desenvolvimento de software e experimentos de Pesquisa e Desenvolvimento.

#### 7.1.5. Gerenciamento de Energia

- **Monitoramento de Sistemas Geradores Portáteis** - Uma placa multifunção foi usada para implementar um sistema de teste de geradores de energia portátil. O sistema monitora entradas, saídas e condições de operação tais como potência de saída, temperatura, consumo de combustível, fluxo de ar e eficiência.
- **Monitoramento de Usinas Nucleares** – Uma placa multifunção é usada para monitorar a distribuição de temperatura no sistema de fluxo de vapor de uma usina nuclear. Depois que os dados de temperatura foram coletados, eles são graficamente exibidos usando um software.

#### 7.1.6. Pesquisa & Desenvolvimento

- **Analisador de Distribuição de uma Tostadeira** – Uma placa de entrada analógica em conjunto com um condicionador de sinal é usado para medir a distribuição de temperatura através de uma fatia de pão. Os dados coletados são usados para refinar o projeto de uma tostadeira. Um segundo sistema calcula o projeto de uma máquina de café.
- **Analisador de Motor de Alta Potência** - Uma placa multifunção com contadores adicionais é usada para calcular a performance

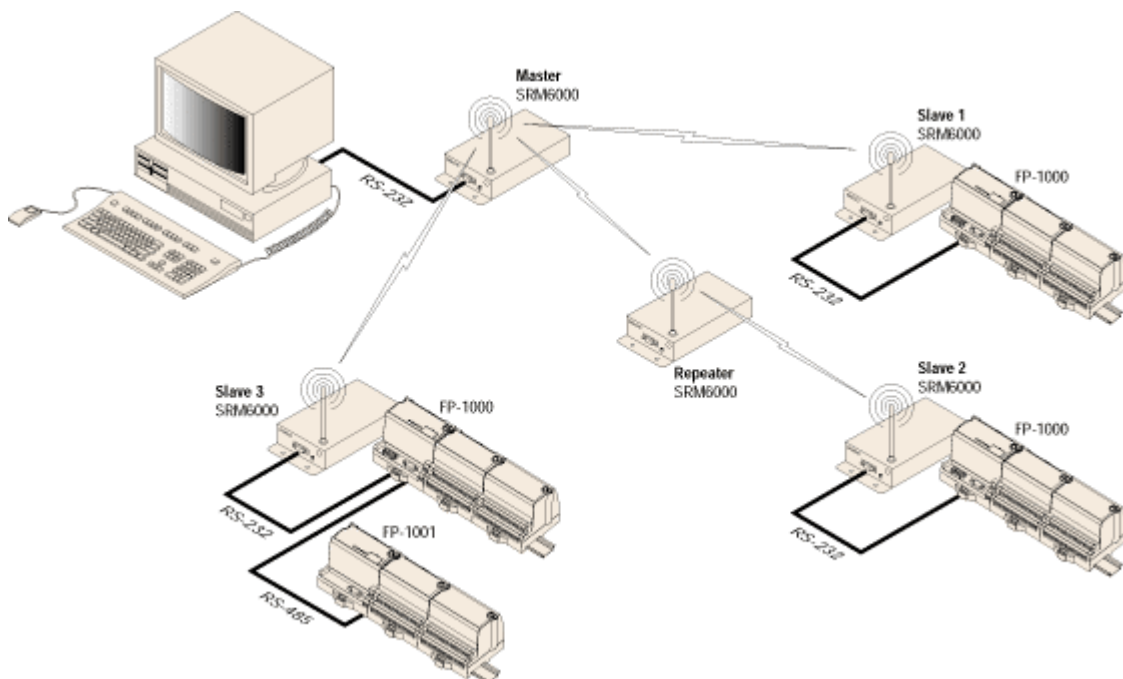
de motores elétricos de alta potência usados em aspiradores de pó.

## 8. Sistemas de Aquisição de Dados Wireless

Sistemas de Aquisição Wireless constituem um exemplo de sistema de aquisição de dados remoto. A tecnologia Wireless é uma alternativa ao cabeamento para a troca de dados em medições e aplicações de automação. As vantagens incluem:

- solução menos cara e mais conveniente;
- compatibilidade com aplicações que envolvem partes móveis ou correias de transporte;
- fácil de usar devido à configuração transparente.

Pode-se utilizar comunicação sem fios para qualquer faixa de frequência livre de licença ou frequências autorizadas. Você pode adquirir dados em um local que possua um sistema de I/O distribuído, e então transmitir em cima de ondas de rádio ao computador. Dependendo do poder do transmissor, distâncias de até 10 quilômetros são permitidas não necessariamente dentro de linha-de-visão.



## 9. Referências Bibliográficas

- DAQ Designer 2001 – National Instruments Corporation (Catálogo Eletrônico)
- Data Acquisition and Control Tutorial – [www.promicro.com](http://www.promicro.com)
- <http://daq.virtualave.net/webpages/daq/daqtut.html>
- <http://www.natinst.com/catalog/overviews/daq.htm>
- <http://www.taltech.com/introserial.htm>
- <http://www.datx.com/products/dataacq/datut.html>
- <http://digital.ni.com/appnotes.nsf/web/product/>