

PMR 3409 Controle II

PARTE I - Sistemas de Aquisição de Dados e Controle

1 Introdução

Os sistemas de aquisição de dados e controle usualmente possuem os seguintes elementos: entradas analógicas, saídas analógicas, entradas digitais, saídas digitais, e contadores/timers.

2 Aquisição de dados - entradas analógicas

Os sistemas de controle de tempo discreto e de processamento digital de sinais requerem que sinais analógicos, por exemplo $f(t)$, sejam amostrados de uma maneira uniforme no domínio do tempo: $f(kT_a)$, $k = 0, 1, 2, \dots$, onde T_a é uma constante denominada intervalo de amostragem. $f_a = 1/T_a$ é denominada frequência de amostragem.

Na prática a amostragem é realizada através de um circuito eletrônico denominado conversor analógico digital que transforma um valor de tensão analógica num valor correspondente representado por um número inteiro. Dessa forma, um valor do domínio contínuo passa a ser aproximado por um número inteiro $D(f(kT_a))$. Onde $D(x)$ representa o valor inteiro correspondente ao valor x .

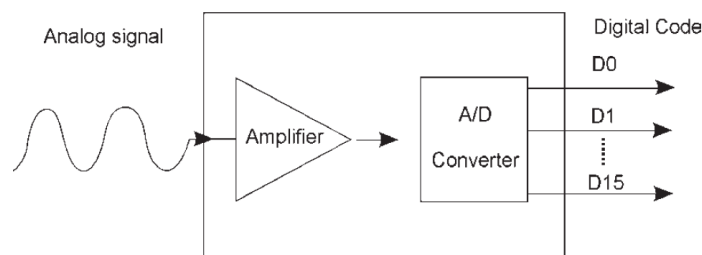


Figura 1: Conversão A/D.

A precisão da representação dada por $D(f(kT_a))$ depende principalmente de dois fatores:

1. frequência de amostragem f_a (Muitas vezes na descrição dos sistemas de aquisição de dados se utiliza o termo taxa de amostragem cuja unidade é S/s , i.e., *Samples per second*),
2. resolução: número de bits $nbits$ utilizado na representação,
3. intervalo de quantização: faixa de tensão que o conversor A/D pode operar.

Como será observado claramente na parte experimental, quanto maior as frequências das componentes de um sinal maior deve ser a frequência de amostragem f_a utilizada para que a informação contida no sinal analógico não seja suprimida.

A figura 2 ilustra um mesmo sinal amostrado com frequências distintas.

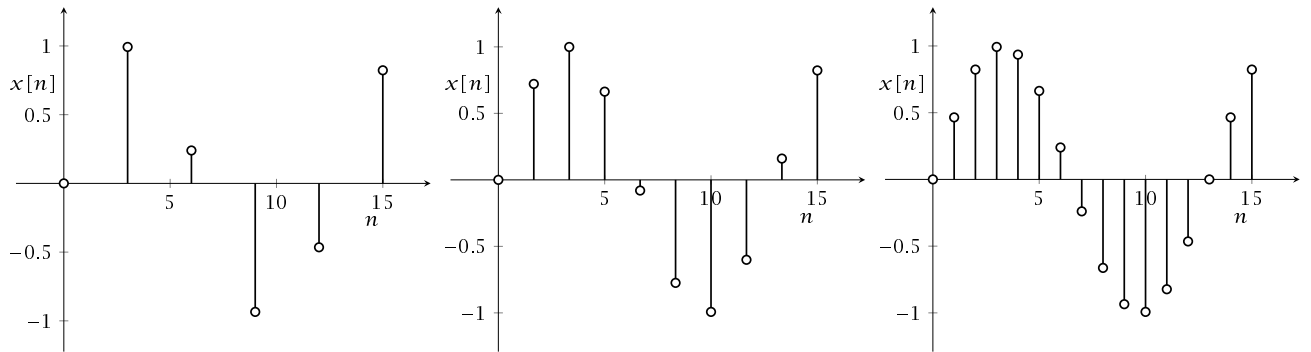


Figura 2: Senoide $x(t)$ amostrada com diferentes frequências de amostragem f_a

O número inteiro $D(f(kT_a))$ é uma representação aproximada onde possivelmente existem erros de truncamento ou arredondamento. Quanto maior a resolução, maior é o número de divisões que a faixa medida é dividida e desta maneira, menor é a variação de tensão que pode ser detectada. A figura 3 apresenta uma onda senoidal e sua representação digital correspondente obtida por um conversor A/D de 3 bits. Um conversor de 3 bits divide a faixa analógica em 2^3 , ou 8 divisões. Cada divisão é representada pelo código binário entre 000 e 111. Claramente, a representação digital não é a melhor representação do sinal analógico original, pois parte da informação é perdida durante a conversão. Aumentando-se a resolução para 16 bits, faz com que o número de códigos gerados a partir do conversor A/D aumente de 8 para 65.536 e desta maneira é possível obter uma representação digital do sinal analógico de uma maneira mais precisa.

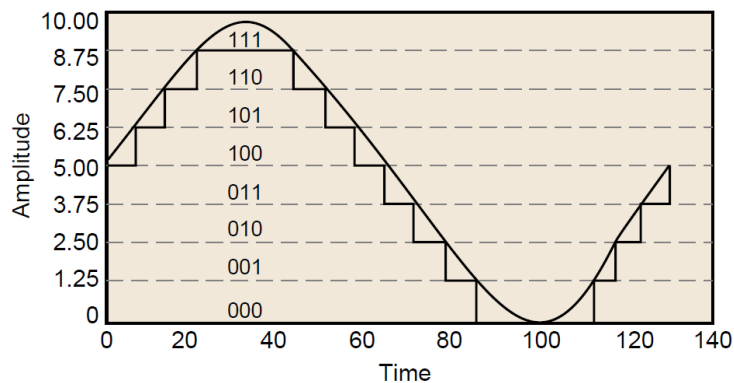


Figura 3: Onda senoidal representada com três bits.

Atualmente, muito embora ainda existam sistemas de conversão A/D de apenas 8 bits o baixo custo dos sistemas eletrônicos, permite a utilização de um número muito maior de bits. A maioria dos sistemas utiliza 10, 12, 14 ou 16 bits mas algumas aplicações requerem $nbits$ maior. Por exemplo, o circuito integrado PCM1802 da Texas Instruments utiliza $nbits = 24$ e $f_a = 96kHz$ para amostrar sinais de áudio.

O intervalo de quantização se refere à faixa que varia entre os níveis de tensão mínimo e máximo que o conversor A/D pode amostrar. Placas de aquisição oferecem intervalos selecionáveis de maneira que a placa seja configurada para manusear diferentes níveis de tensão.

Com esta flexibilidade, pode-se adequar a faixa do sinal à faixa do conversor A/D para melhor vantagem da resolução disponível, medindo com precisão o sinal desejado. A frequência de amostragem, resolução e ganho disponíveis numa placa de aquisição determinam qual a menor variação de tensão que pode ser detectada. Esta variação representa o bit menos significativo (LSB) do valor digital do sinal e é normalmente chamado de largura do código.

A largura do código ideal é encontrada tomando-se a faixa de tensão multiplicada pelo ganho e dividindo-a pelo número dois elevado à potência do número de bits da resolução do conversor AD. Por exemplo, a placa modelo AT-MIO-16X da National Instruments utiliza 16 bits e possui intervalos de quantização selecionáveis entre 0 a 10V e -10V a +10V, além de ganhos selecionáveis de 1, 2, 5, 10, 20, 50 a 100. Com uma tensão no intervalo de 0 a 10V e um ganho de 100, a largura ideal é dada por:

$$\frac{10}{100 \times 2^{16}} = 1.5\mu V \quad (1)$$

Portanto, a resolução teórica para 1 bit é dada pelo valor $1.5\mu V$.

3 Controle - saídas analógicas

As saídas analógicas possuem conversores D/A (Digital-Analógico) que transformam números inteiros em valores de tensão analógicos como ilustrado no digrama esquemático da figura 4.

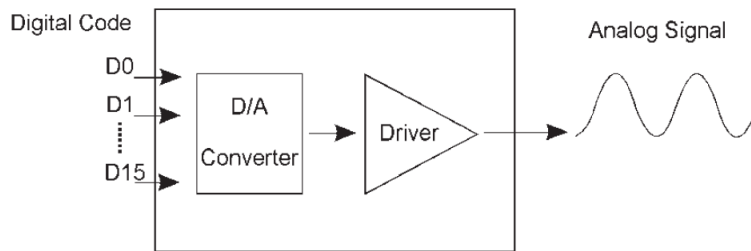


Figura 4: Conversão D/A.

A utilização de saídas analógicas é necessária quando se deseja gerar sinais para atuadores como é o caso da arquitetura de sistemas de controle discretos ilustrado na figura 5. Nessa figura o sinal $y(t)$ é amostrado gerando $y(k)$ que é utilizado no algoritmo de controle. O algoritmo de controle calcula o valor u_k e o coloca na saída analógica cujo conversor D/A gera o sinal $u(t)$ que então se torna a entrada do processo a ser controlado.

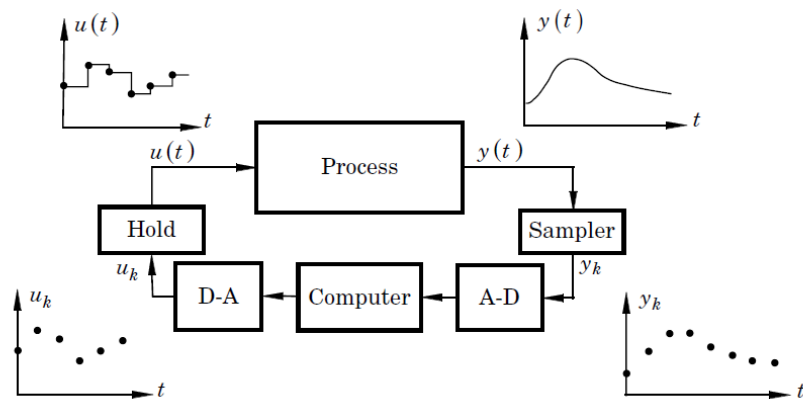


Figura 5: Controle de tempo discreto.

Deve-se notar que o sinal de saída do controlador $u(t)$ é gerado através de um circuito eletrônico denominado segurador de ordem zero (zero order hold) que mantém constante o valor de $u(t)$ igual ao último valor de u_k . Assim como no caso da amostragem, a qualidade do sinal $u(t)$ é diretamente influenciada pelo número de bits $nbits$ e pela frequência de amostragem f_a .

4 Placas de aquisição

No laboratório existem dois modelos de placas de aquisição sendo utilizados ambos da National Instruments: PCI-6024E (barramento PCI) e PCIe-6321 (Veja figura 6 (barramento PCI express)).

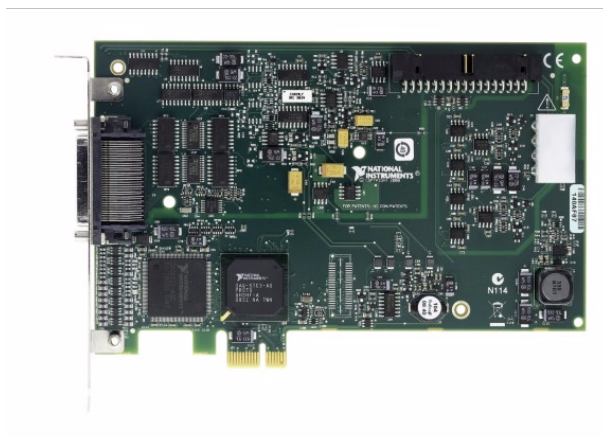


Figura 6: Placa de aquisição multifuncional PCIe-6321 da National Instruments.

Sob o ponto de vista dos experimentos que serão realizados as duas placas são equivalentes somente algumas características técnicas são diferentes mas isso não afetará os resultados experimentais.

A placa de aquisição de dados PCI-6024E possui os seguintes recursos:

- 16 canais de entradas analógicas (8 no modo diferencial),
- resolução de 12 bits,
- 2 canais de saídas analógicas,
- 8 pinos de E/S digital,,
- taxa de amostragem máxima 250 kS/s (na utilização de 1 canal),
- conector externo de 68 pinos.

A placa PCIe-6321 possui as mesmas especificações mas possui resolução de 16 bits.

Através de um conector de 68 pinos é possível ligar os recursos da placa de aquisição ao bloco de conectores externo denominado SCB-68 (Veja figura 7), que possui uma área para a inclusão de filtros e circuitos atenuadores além de bornes de fixação.



Figura 7: Bloco de conectores SCB-68.