



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Sistemas analógicos: são sistemas contínuos que podem ser representados por quaisquer valores reais dentro do seu domínio.



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Sistemas analógicos: são sistemas contínuos que podem ser representados por quaisquer valores reais dentro do seu domínio.

Uma **quantidade analógica** pode assumir qualquer valor ao longo de uma faixa contínua de valores, podendo ser especificada por um valor exato com precisão teoricamente infinita.



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Sistemas Digitais: são sistemas discretos que podem ser representados apenas por determinados valores dentro de seu domínio. Estes valores dependem do intervalo amostral do sistema.



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Sistemas Digitais: são sistemas discretos que podem ser representados apenas por determinados valores dentro de seu domínio. Estes valores dependem do intervalo amostral do sistema.

Uma **quantidade digital** terá sempre um valor específico, representado por “zeros” e “uns” dentro de um conjunto de valores específicos, cuja precisão depende do limite do conjunto de “zeros” e “uns” que podem ser usados.

Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Equipamentos analógicos medem as quantidades por meio de escalas contínuas:



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Equipamentos digitais medem as quantidades por meio de escalas discretas:

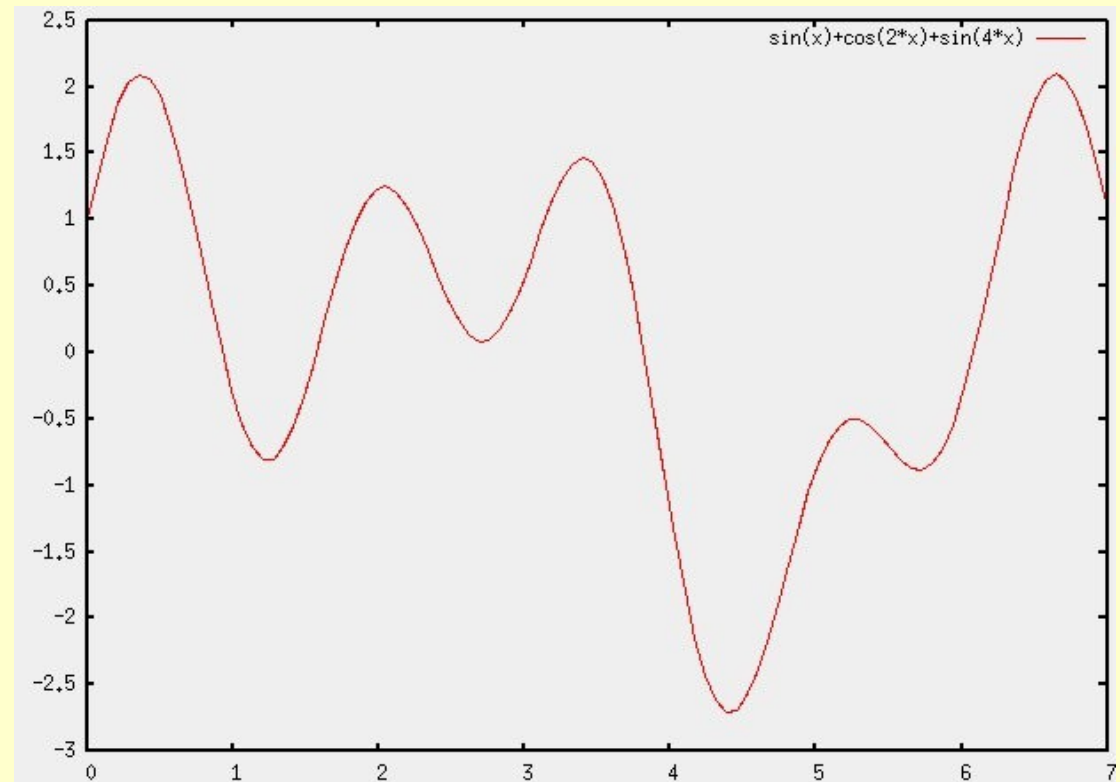


Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Representação analógica de uma função.

$$f(x) = \sin(x) + \cos(2x) + \sin(4x)$$

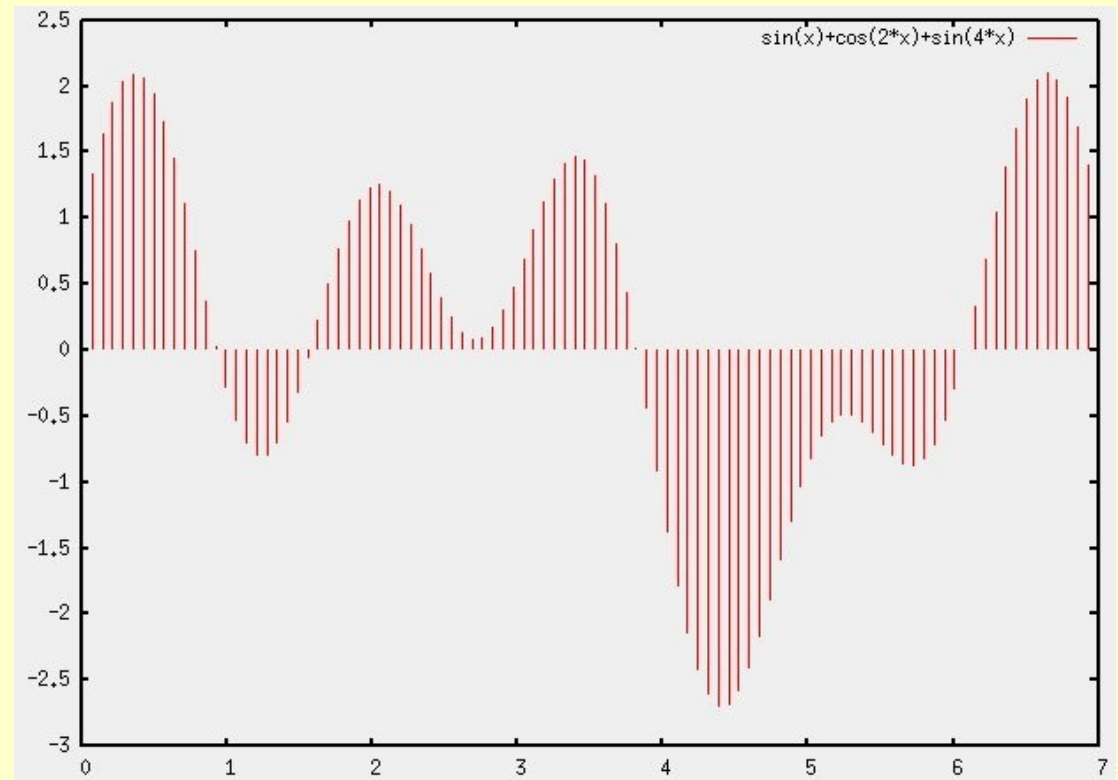


Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Representação digital da função:

$$f(x) = \sin(x) + \cos(2x) + \sin(4x)$$

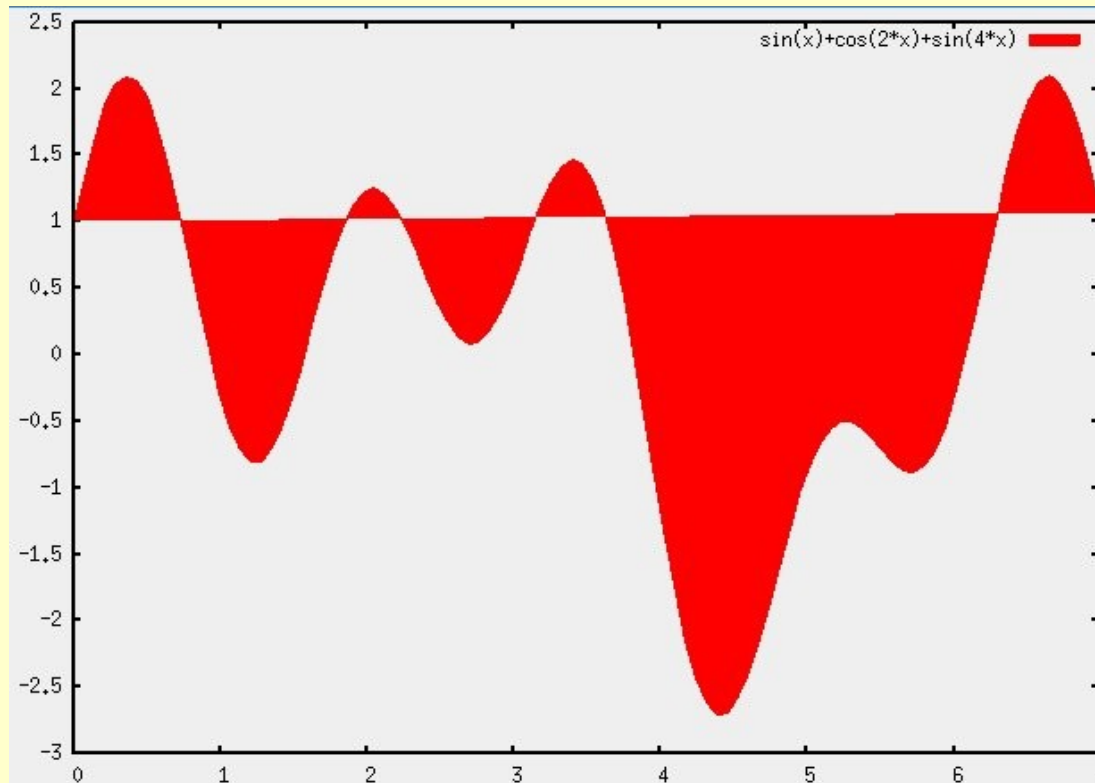


Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

No primeiro caso, a área da função:

$$f(x) = \sin(x) + \cos(2x) + \sin(4x)$$



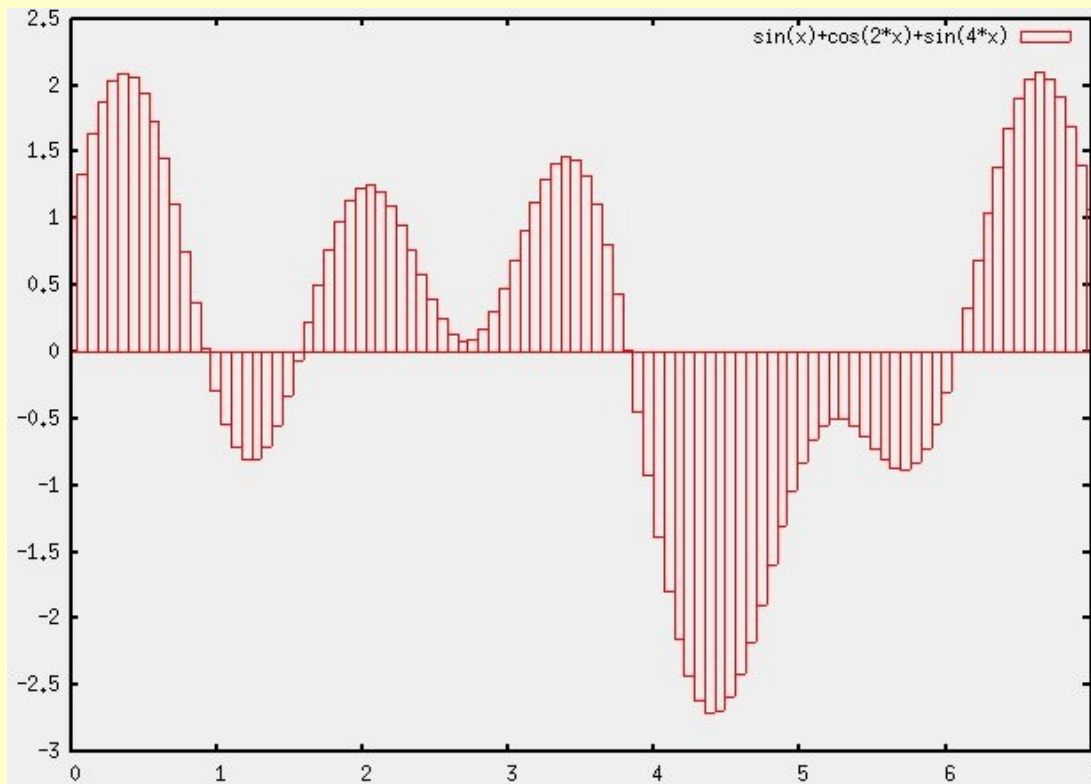
Pode ser expressa por: $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)$

Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

No segundo caso, a área da função:

$$f(x) = \sin(x) + \cos(2x) + \sin(4x)$$

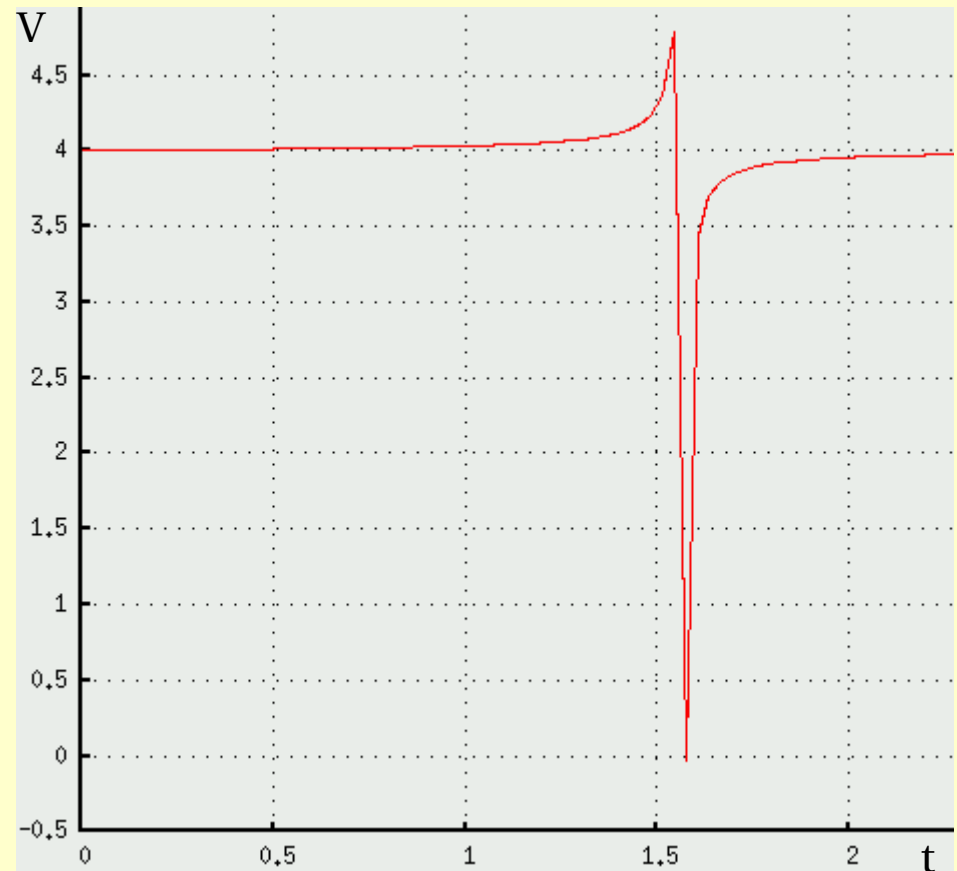


Pode ser expressa por: $\sum_{i=-\infty}^{\infty} f(x_i)$

Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Grandezas analógicas são medidas por tensão de 0 a 5 volts, geralmente, onde o valor exato da tensão é significativo

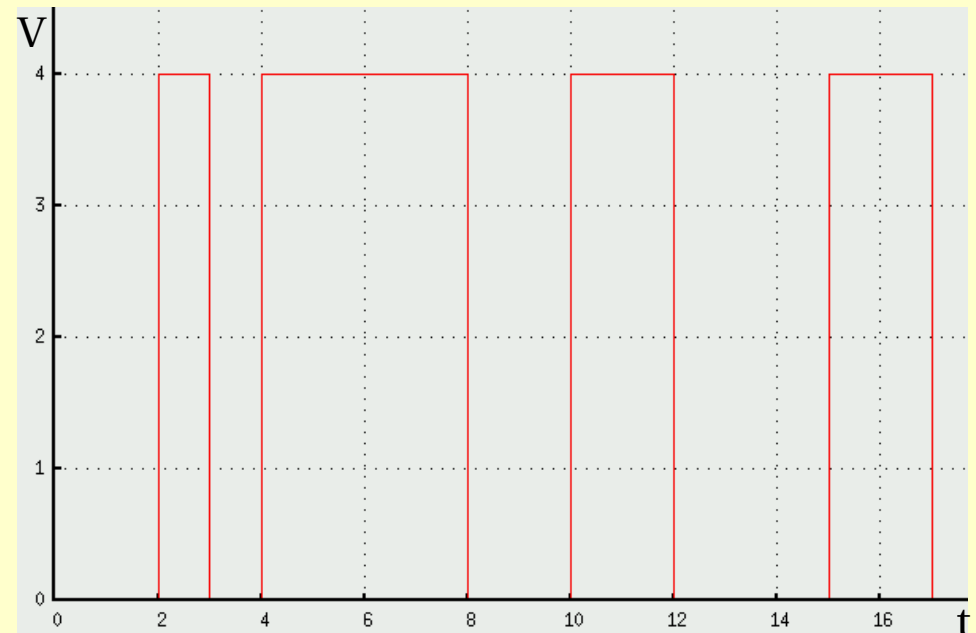


Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Grandezas digitais também são medidas por tensão de 0 a 5 volts mas, o valor exato da tensão não é significativo.

Tensões de 0 a 0.8 V são representadas pelo valor binário 0 e as tensões de 2 a 5 V são representadas pelo valor binário 1.





Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

As variáveis físicas do mundo real são analógicas, assumindo valores dentro de uma faixa contínua:

- temperatura
- pressão
- sinais de áudio
- luminosidade
- fluxo
- etc.



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

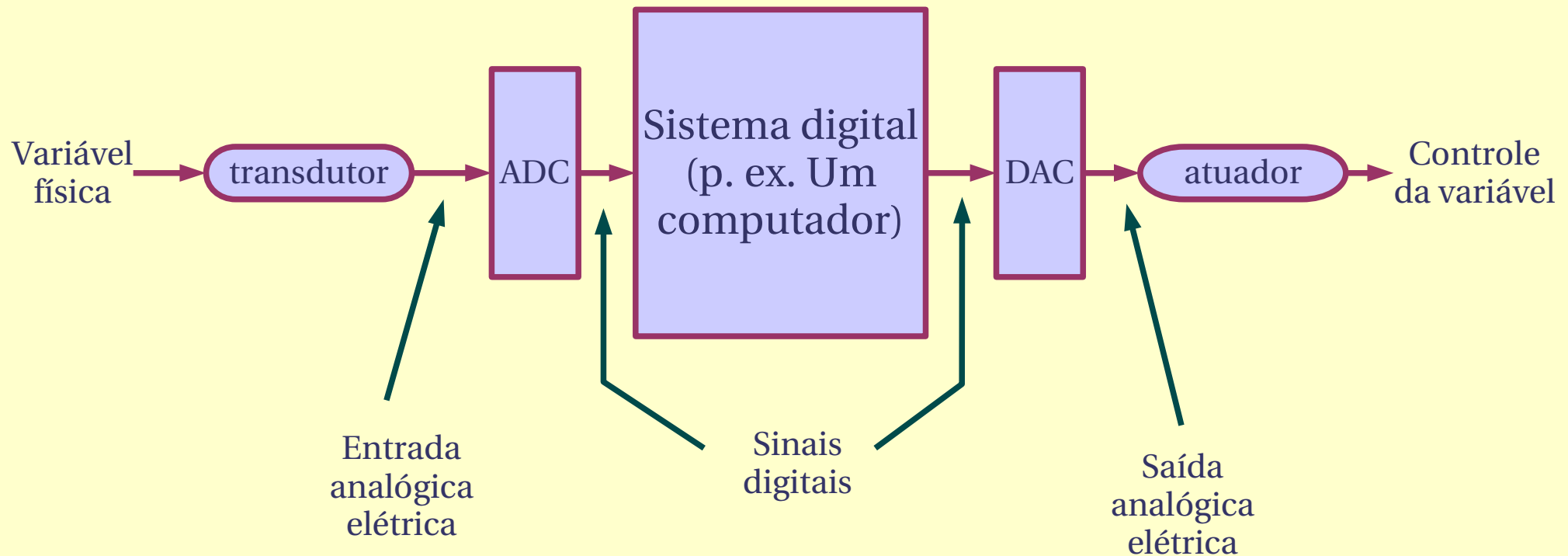
Todo processamento de quantidades analógicas por um sistema digital tem que ser:

- Captadas por um transdutor
- Convertidas para uma escala digital
- Processadas
- Convertidas para uma escala analógica
- Captadas por um atuador

Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

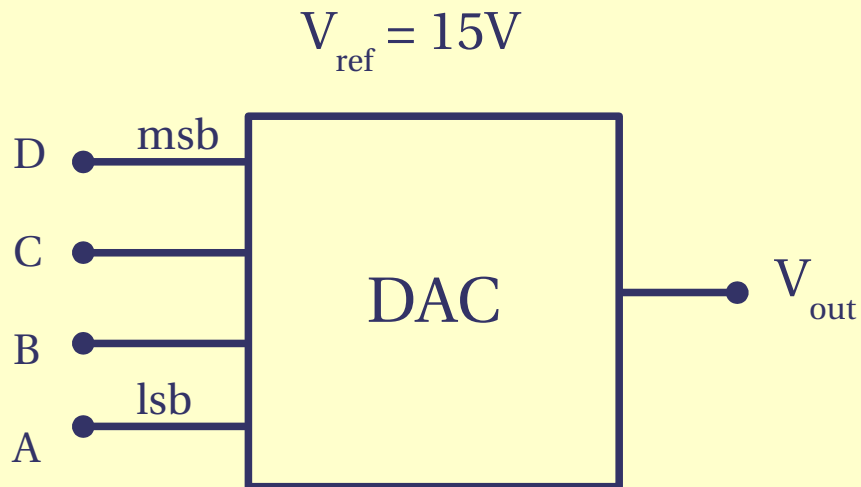
Conversão analógico-digital (ADC) e digital-analógica (DAC).



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Conversão digital-analógica (DAC):



Saída analógica = $k \cdot \text{entrada digital}$

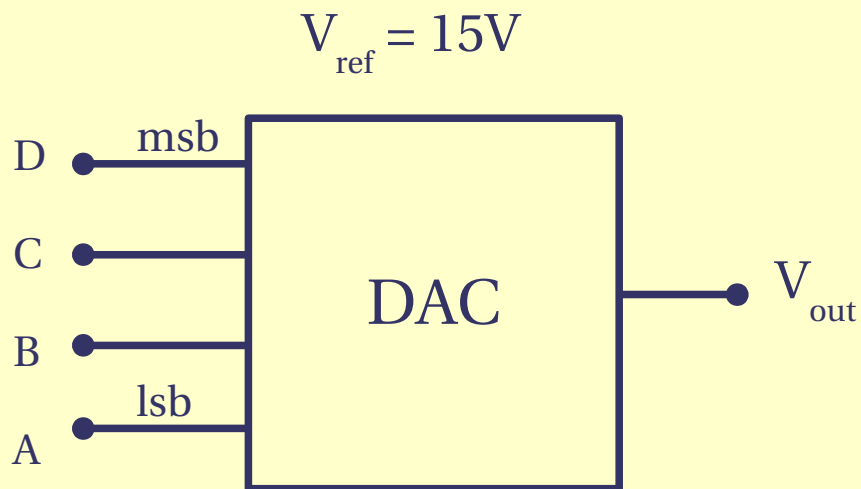
$$k = \frac{V_{ref}}{(2^n - 1)}$$

onde k é o fator de resolução (em volts) e n é o fator de resolução em bits de entrada (entradas digitais). V_{ref} é a diferença entre a voltagem máxima (V_{max}) e a voltagem mínima (V_{min}).

Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Conversão digital-analógica (DAC):



$$k = \frac{V_{ref}}{(2^n - 1)}$$

Neste caso, $k=1$ porque $n=4$ e $V_{ref}=15$.

Se a entrada do conversor for 1100, qual será a saída?

$$1100_2 = 12_{10} \quad logo$$

$$V_{out} = 1V \times 12 = 12V$$



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Suponha um conversor D/A de 12 bits, $V_{\min} = 0 \text{ V}$ e $V_{\max} = 10 \text{ V}$. Qual a resolução em Volts deste DAC?



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Suponha um conversor D/A de 12 bits, $V_{\min} = 0 \text{ V}$ e $V_{\max} = 10 \text{ V}$. Qual a resolução em Volts deste DAC?

$$2^{12} = 4096$$

$$k = \frac{10 - 0}{(4096 - 1)} = 0.00244 \text{ volts} = 2.44 \text{ mV}$$



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Suponha um conversor D/A de 14 bits, $V_{\min} = -10 \text{ V}$ e $V_{\max} = 10 \text{ V}$. Qual a resolução em Volts deste DAC?



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Suponha um conversor D/A de 14 bits, $V_{\min} = -10 \text{ V}$ e $V_{\max} = 10 \text{ V}$. Qual a resolução em Volts deste DAC?

$$2^{14} = 16384$$

$$k = \frac{10 - (-10)}{(16384 - 1)}$$

$$k = \frac{20}{16383} = 0.00122 \text{ volts} = 1.22 \text{ mV}$$



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Conversão analógico-digital (ADC):

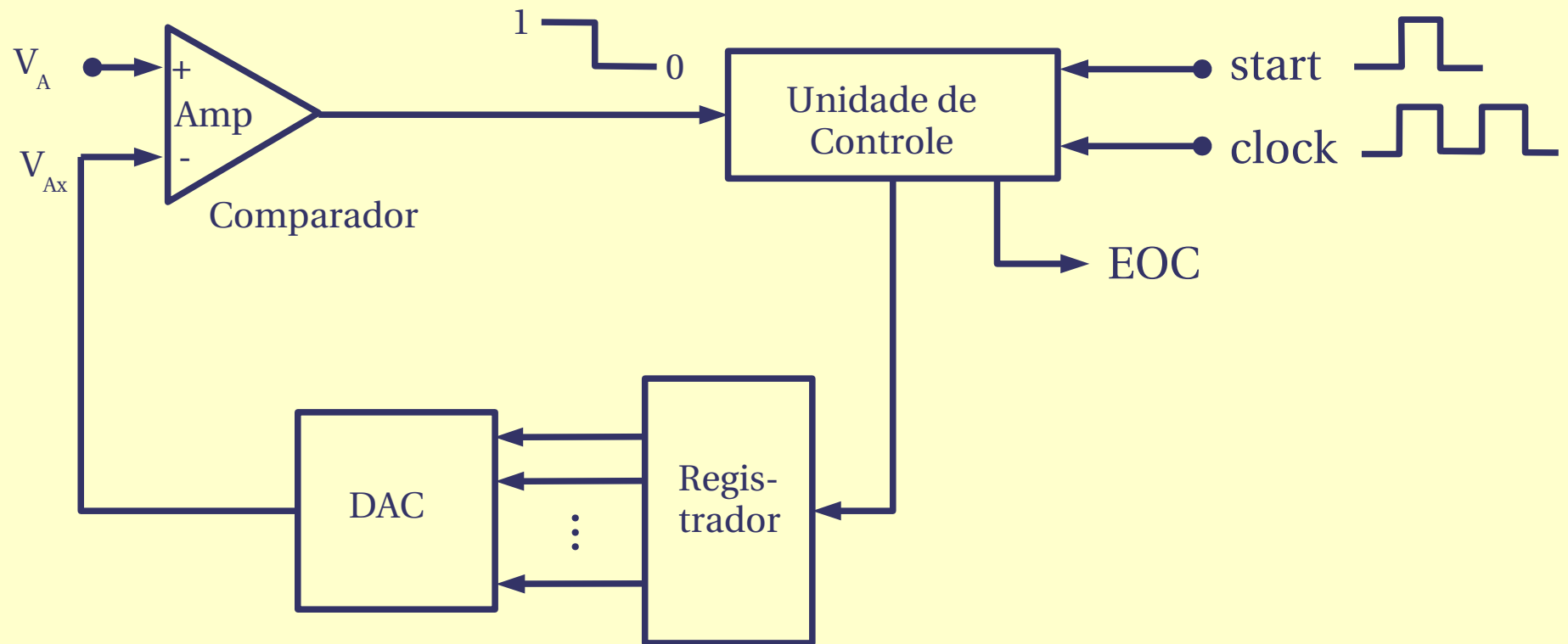
Teoricamente, uma conversão A/D é um processo inverso de uma conversão D/A, ou seja, o ADC recebe uma tensão analógica de entrada e converte em um código digital de saída.

Na prática existem diversos problemas a ser superados, tais como tempo de conversão, ruído de entrada e precisão (taxa de amostragem).

Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Conversão analógico-digital (ADC):



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

1. Entra a voltagem analógica (V_A);
2. O pulso “start” inicia a operação;
3. Na frequência determinada pelo “clock”, a unidade de controle modifica o número binário que passa para o registrador;
4. O número binário do registrador é convertido em uma tensão analógica V_{AX} pelo DAC;
5. O comparador compara a entrada analógica V_A com V_{AX} . Enquanto $V_{AX} < V_A$ a saída do comparador permanece em 1 e o ciclo recomeça.
6. Caso contrário passa para 0 e o registrador ativa o sinal de fim de conversão (EOC).



Introdução à Informática

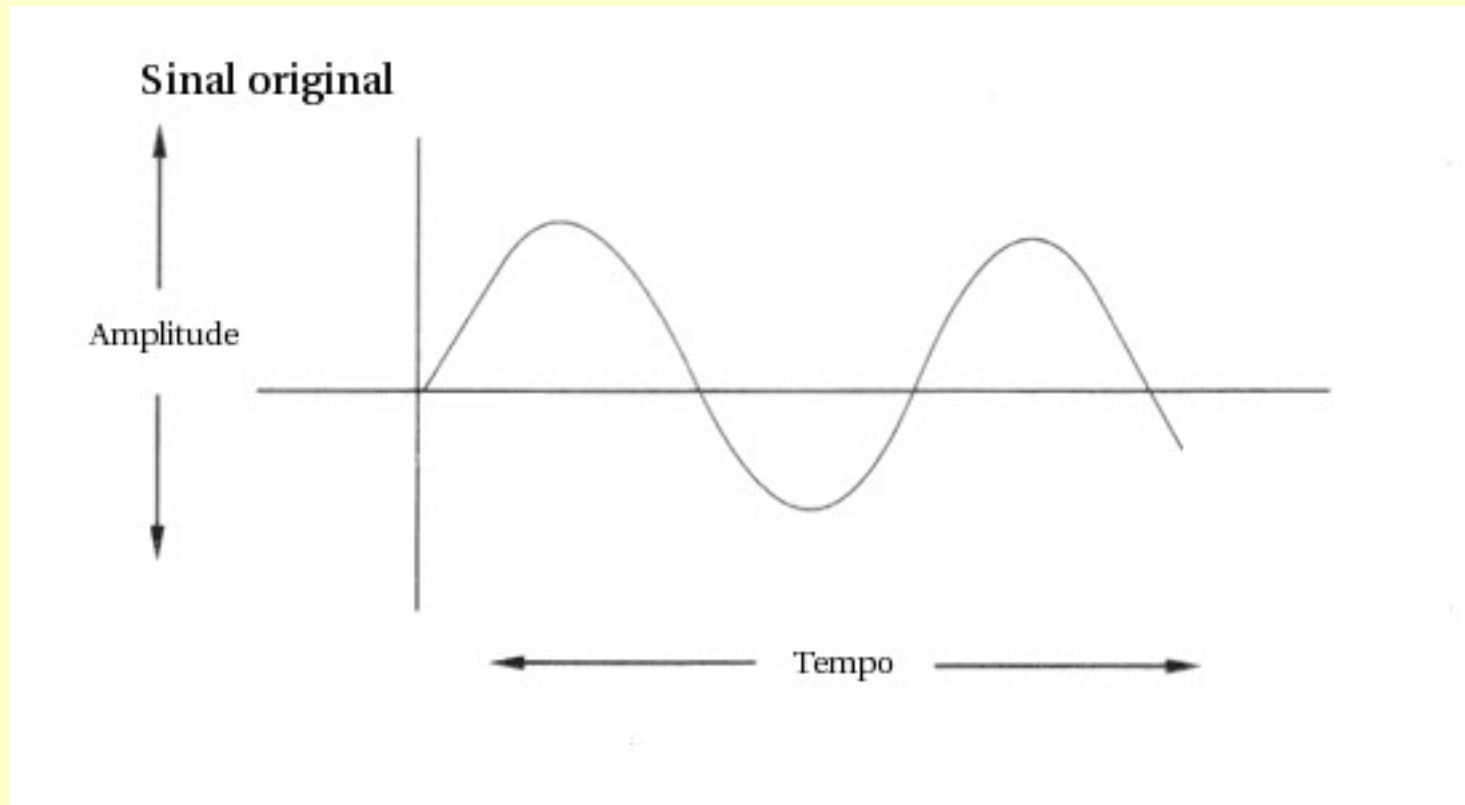
Sistemas analógicos e sistemas digitais

Toda conversão de um sistema analógico em um sistema digital implica em uma perda, inversamente proporcional à taxa de amostragem.

Quanto maior a taxa de amostragem menor será a perda da conversão A/D.

Introdução à Informática

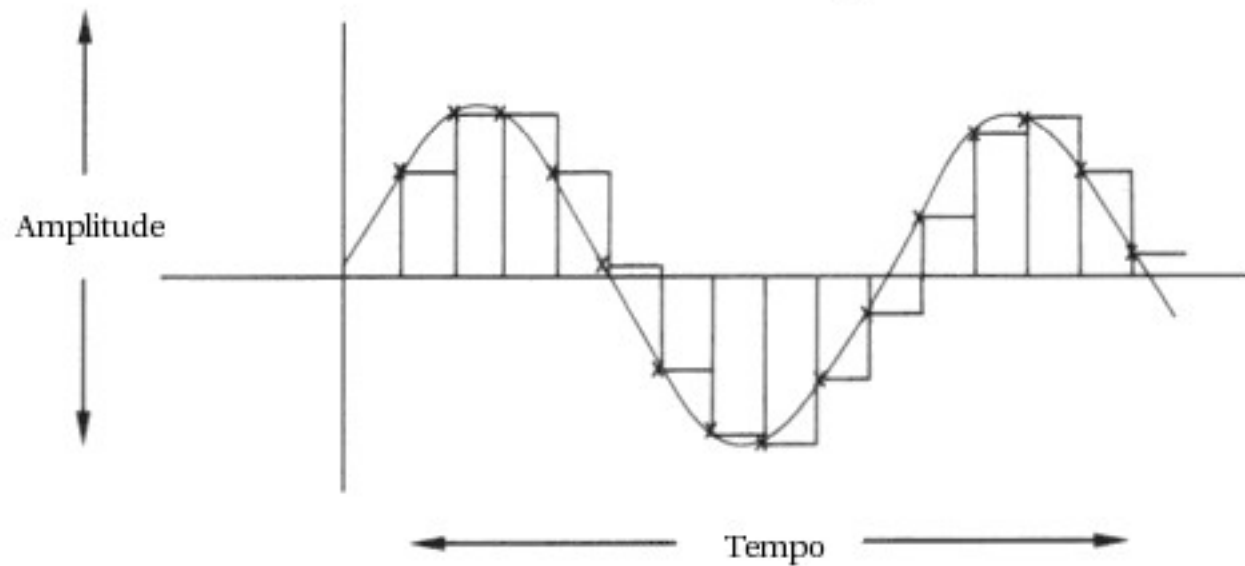
Sistemas analógicos e sistemas digitais



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

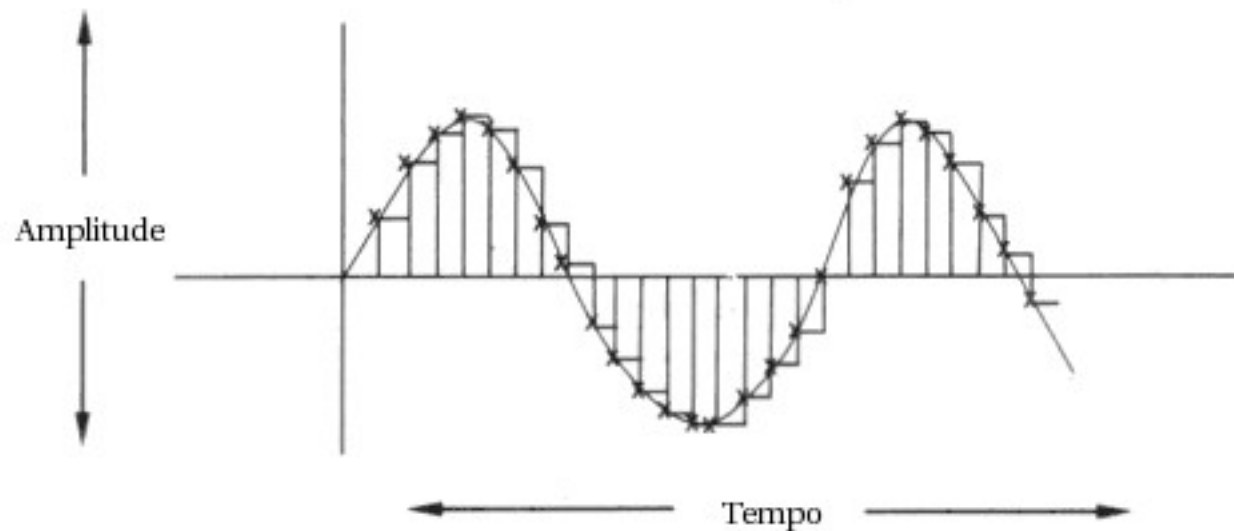
Sinal amostrado à baixa taxa de amostragem



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Sinal amostrado a uma taxa de amostragem maior





Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

De acordo com o teorema de Nyquist, a taxa de amostragem deve ser igual ou maior que o dobro da frequência mais alta de um sinal amostrado.

Seja T o intervalo entre cada amostra do sinal e F a frequência a ser amostrada:

$$T \leq \frac{1}{2F}$$

Neste caso T é o espaço amostral que é o inverso da taxa de amostragem.



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Telefonia: 8.0 kHz

CD: 44.1 kHz

S-VHS: 44.1 kHz

ADAT: 32.0 - 96.0 kHz

HD-CD: 128.0 kHz

HD-DVD: 192.0 kHz



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Bits e Bytes

A representação numérica no nível do hardware é feita por meio de estados de tensão:

- Desligado representa o ZERO (tensão de 0.0 a 0.8 V)
- Ligado representa o UM (tensão de 2.0 a 5.0 V)

Cada posição de estado é denominada **bit** e um conjunto de 8 bits é denominado **byte**.

Um conjunto de 4 bits é denominado **nibble** e um conjunto de bytes formam uma **word**.

Uma Word pode ser formada por 2,3,4... bytes ou 16,24,32... bits.



Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

Bits e Bytes

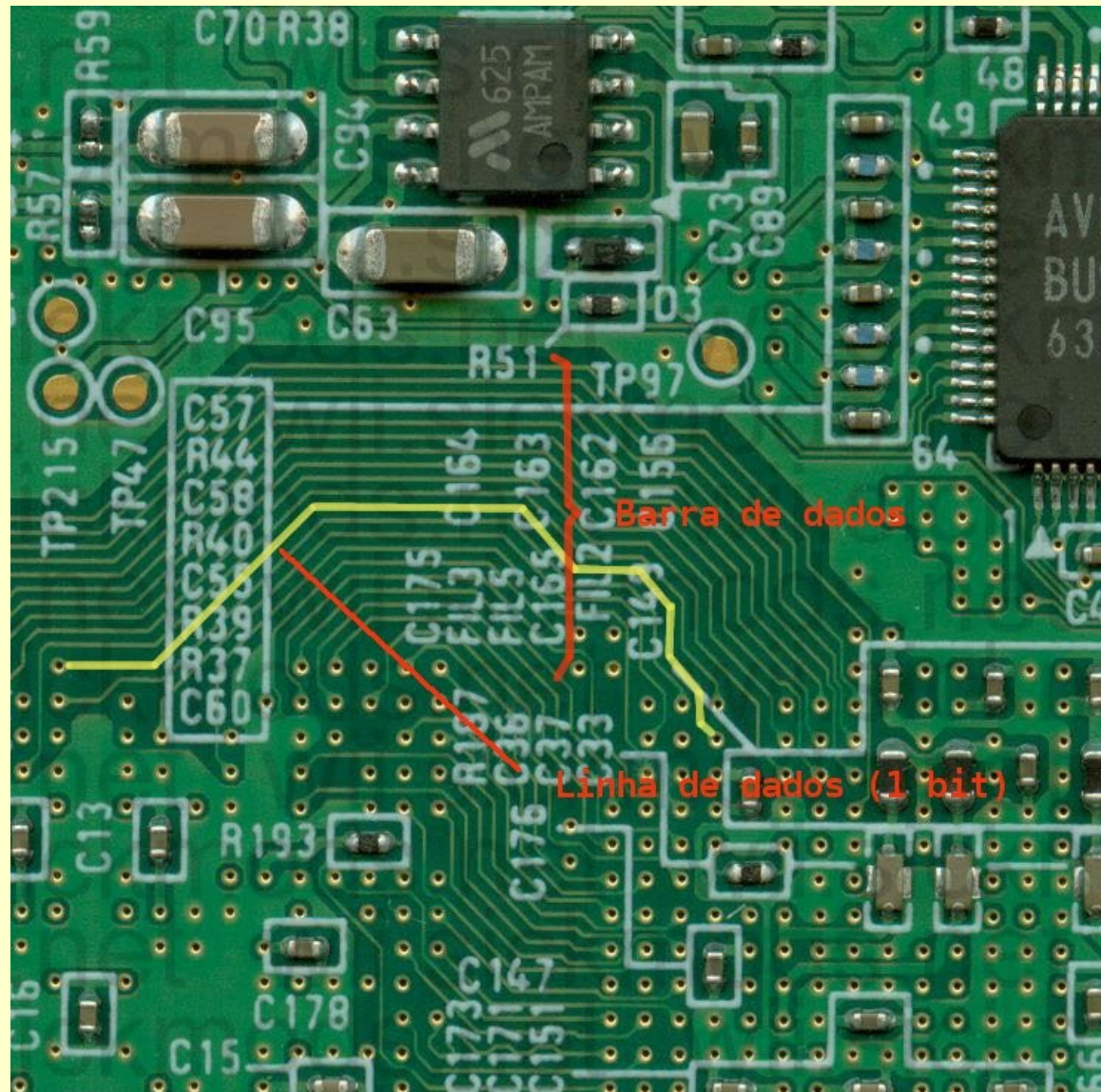
Fisicamente temos circuitos para:

- Linha de dados (1 bit)
- Barra de dados (8, 16, 24, 32, 40 ... bits)

O tamanho da barra de dados é denominado barramento do hardware.


Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

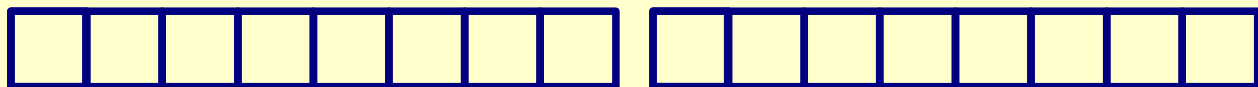


Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

 → bit

 → byte

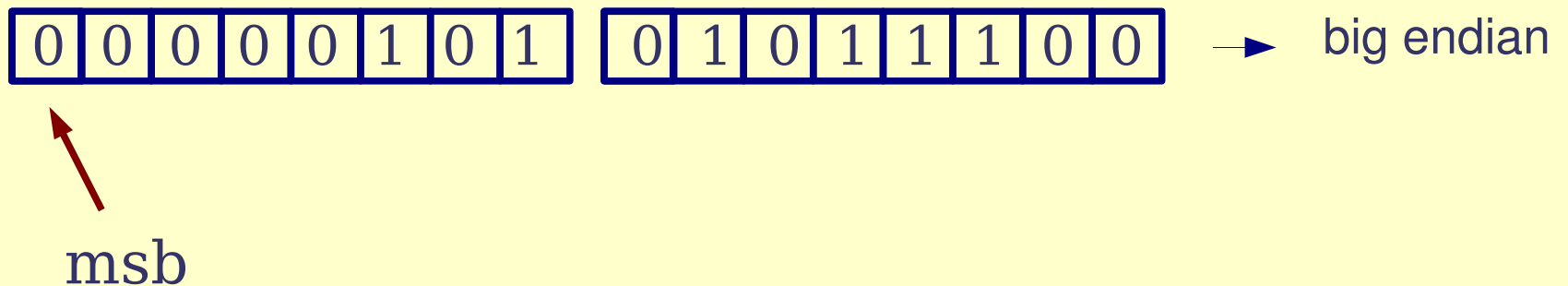
 → word

1 bit (sinal) + 5 words = MIX word

Introdução à Informática

Sistemas analógicos e sistemas digitais

2 bytes contendo o valor inteiro 1372: 0x055C



O mesmo valor em little endian: 0x5C05 (16 bits)

