

# Conversor Analógico Digital: uma evolução na precisão e na simplificação da leitura de valores analógicos

Jordan da Silva do Espírito Santo\*  
Rodolfo Salvo Ribeiro\*\*

---

## Resumo

Neste artigo, apresentamos as evoluções dos aparelhos que utilizam o conversor analógico digital, sua história, as vantagens de utilizar uma tecnologia que usa a codificação binária como base, assim como, explicamos como acontece a transferência do sinal analógico para o digital e vice-versa.

**Palavras-chave:** Conversor. Precisão. Simplificação.

---

## Introdução

Os primeiros osciladores que foram desenvolvidos eram totalmente analógicos, com sinais confusos e não traduzidos digitalmente. Funcionavam com o princípio de um canhão de elétrons que colidiam com uma tela de fósforo, excitando os átomos para possibilitar, assim, a observação do sinal em função do tempo.

Hoje em dia os osciladores são híbridos, ou seja, tem alguns controles analógicos, mas a forma de onda é arquivada de maneira digital permitindo a obtenção imediata de valores numéricos associados à amplitude e à frequência do sinal. A obtenção quase instantânea desse valor numérico, só é possível devido à transformação do sinal do osciloscópio em código binário, que é arquivado numa memória e processado por um software adequado.

A transformação de um sinal "real" de tensão medida pela ponteira do osciloscópio em uma imagem "arquivada" com n pontos é uma conversão de um sinal analógico para um sinal digital, processada através de um conversor analógico digital (Digital to Analog Converter), DAC.

Outro fato importante da conversão é que todos os *softwares* processam valores binários iguais a zeros e uns, que são postos em uma sequência lógica.

## História

Em 1928, Henry Nyquist, dos laboratórios Bell, disse que poderíamos representar um sinal digital com funcionamento idêntico ao seu sinal analógico de origem, se a taxa de amostragem fosse pelo menos o dobro da maior frequência presente na forma de onda original (analógica). Tendo isso como base, pode-se afirmar que a voz humana tendo 4 kHz (4.000 Hz) precisaria de uma taxa de amostragem de 8 kHz (8.000hz), que se pode entender como 8.000 amostras por segundo do som original.

## Vantagens

Nos circuitos analógicos, um ligeiro erro na entrada provoca um erro na saída. Uma das vantagens de um aparelho com sistema digital é a sua capacidade de operar com sinais elétricos que tenham se degradado. Uma ligeira variação na leitura das entradas continua a ser interpretada corretamente por causa da abstração digital.

A **abstração digital** consiste em ignorar comportamento analógico na maior parte das situações, permitindo deste modo que os circuitos sejam modelados como se eles processassem apenas 0s e 1s. (ESTEVES, 2010)

Outra vantagem é que o sistema binário é a forma mais simples de sistema digital. O sinal digital só assume dois valores: 0 ou 1, valor alto ou valor baixo, falso ou verdadeiro, etc.

## Sinais Analógicos e Digitais

As informações que são transmitidas a todo o momento pelos aparelhos de telecomunicações são exemplos de sinais, que podem ser classificados como sinais de dados, áudio ou de vídeo, porém todas elas são emitidas como formas de ondas que são captadas pelos receptores como analógicas e convertidas para sinais digitais, para a identificação da informação obtida pelo circuito através do receptor.

---

\* Técnico em Eletrônica pelo IF Fluminense, campus Campos-Guarus

\*\* Técnico em Eletrônica pelo IF Fluminense, campus Campos-Guarus

Um sinal analógico é uma forma de onda mecânica, a qual altera seus valores em função do tempo, como as variáveis físicas, temperatura, velocidade, pressão, etc. Com isso, tem-se que um sinal analógico passa por todos os valores intermediários (infinito) entre o valor mínimo e o valor máximo, o sinal digital, por outro lado, tende a assumir apenas um número finito de valores predefinidos, ou seja, o sinal digital só é definido para determinados instantes do tempo.

O processo de digitalização de um sinal analógico passa por três etapas:

- Amostragem
- Quantização
- Codificação

### Amostragem

Amostragem é o processo de discriminação temporal de um sinal descontínuo. (EDUCATION, 2010).

Em outras palavras tem-se que o processo de amostragem é basicamente a medição exata em determinados intervalos de tempo, visando à eliminação das transições de sinal.

### Quantização

Uma das técnicas utilizadas no processo de digitalização de um sinal. Ocorre após a fase da amostragem e tem o objetivo de funcionar com um “arredondamento” dos valores amostrados para níveis de valores previamente definidos. (PORTAL, 2010)

Em termos gerais, pode-se dizer que a etapa de quantização é um arredondamento dos valores enunciados (não aceitos dentro do processo) para os valores predeterminados.

### Codificação

Uma das técnicas utilizadas no processo de digitalização de um sinal. Consiste na geração de pulsos dos valores previamente amostrados e quantizados. (PORTAL, 2010).

Nada mais é do que atribuir pulsos (ondas de caráter digital) aos valores identificados nos processos anteriores.

### Conversores A/D e D/A

Funções geradas por blocos funcionais analógicos são muitas vezes processadas por circuitos digitais (por exemplo, um computador). Para processar este sinal usando circuitos digitais, deve-se necessariamente efetuar uma conversão para a forma digital. Tal conversão é efetuada por um conversor analógico/digital (“A/D converter” ou ADC). Este sinal processado (ou

transformado) deve (na maioria das vezes) atuar, produzindo um efeito sobre o circuito analógico que gerou o sinal original, ou outro similar. (UEM, 2010).

A partir da afirmação citada acima, pode-se concluir que em um sistema existe uma cadeia de conversores trabalhando em conjunto para determinado resultado, não importando se eles são conversores D/A ou conversores A/D. Mesmo um sinal digital, para ser completamente entendido pelo sistema, precisará ser “reconvertido”.

### Conversores D/A

Equipamentos que recebem e entendem sinais digitais e os converte para sinais analógicos são chamados de conversores D/A(DAC).

### Conversor D/A de resistores com pesos ponderados

O mais simples dos conversores D/A, é composto apenas por resistores em paralelo, controlado por corrente, somada num ponto em comum. Após a corrente passar por um resistor de carga, o qual irá gerar uma saída de valor analógico, os valores dos resistores serão distribuídos ponderadamente, com o intuito de se ter valores de acordo com a numeração binária.

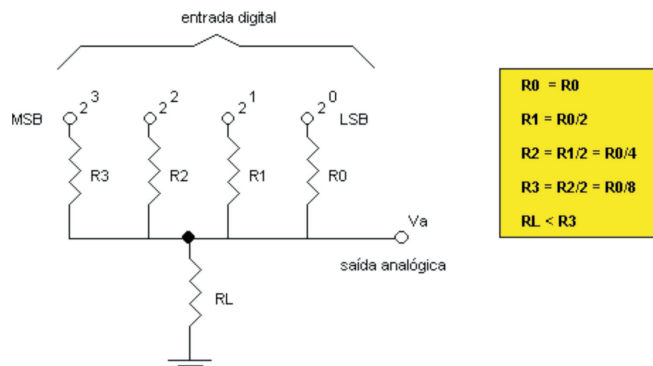


Figura 1 – Conversor D/A com resistores em paralelo

Sendo assim, tem-se que os valores dos resistores serão o dobro uns dos outros, respectivamente, em ordem de importância, sendo do bit menos significativo ao mais significativo.

$R_0 = 8\text{ K}; R_1 = 4\text{ K}; R_2 = 2\text{ K}; R_3 = 1\text{ K};$

O  $R_L$  é utilizado para dar uma tensão de saída em  $V_A$ , que não será nada além de uma ddp (diferença de potencial) intermediária, calculada entre  $V_A$  (ponto de soma das correntes) e o terra.

### Conversores A/D

Conversores A/D são utilizados para conversão da forma analógica para a digital.

## Conversor A/D comparador paralelo

É o mais rápido dos conversores A/D, mas é expressivamente caro, visto que necessita de  $2N-1$  comparadores para um conversor de N bits.

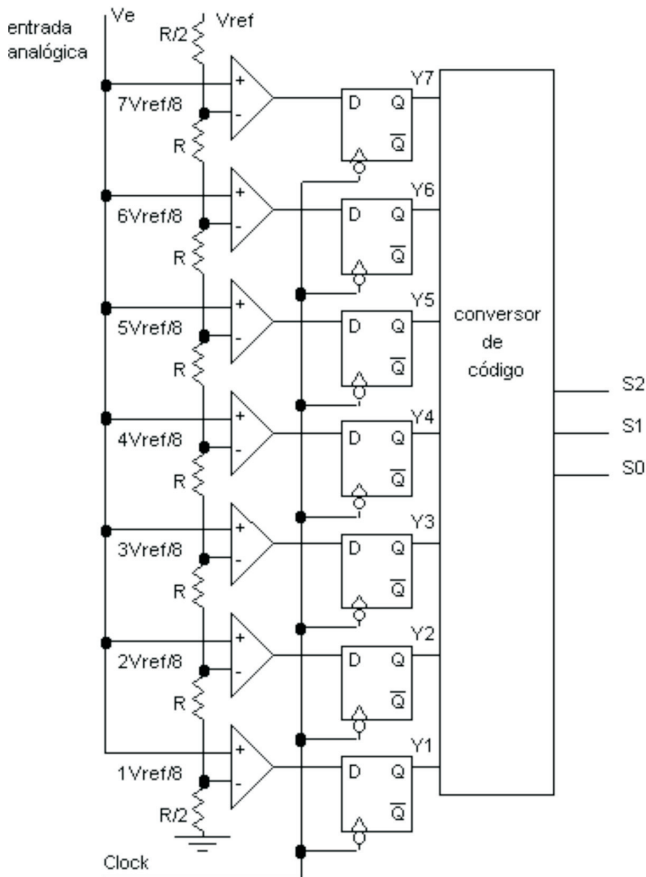


Figura 2 – Conversor A/D comparador

No exemplo, o sinal analógico a ser convertido é aplicado simultaneamente aos sete comparadores com um limiar ("threshold") ou voltagem de referência igualmente espaçados. As referências são, portanto,  $V_{ref}/8$ ,  $2V_{ref}/8$ , etc.

A saída Y será baixa para todos comparadores com limiar maior que a entrada analógica respectiva ( $V_{ref} > V_e$ ;  $Y=0$ ). E Y será alta para todos os comparadores com limiar menor que a entrada analógica ( $V_{ref} < V_e$ ;  $Y=1$ ).

Desta forma é obtido um código diferente da numeração binária, fazendo-se necessária a utilização de um conversor de código. A palavra com este código binário deve ficar disponível em suas entradas por um tempo suficiente para que a conversão seja feita sem perda de informação, para tal, é introduzido um conjunto de "latch's" que seguram a palavra a ser convertida. (UEM, 2010).

## Algumas Curiosidades

- O processo de conversão A/D é mais complexo que o processo D/A e pode levar muito mais tempo.
- Alguns tipos importantes de ADC's usam uma DAC como parte de seus circuitos.

## Referências

EDUCATION. Disponível em: <education.ti.com//pt.wikipedia.org>. Acesso em: dez. 2010.

ERCEGOVAC, M.; LANG, T.; MORENO, J.H. Introdução aos Sistemas Digitais. São Paulo: , Editora Bookman, 2000.

FLOYD, T. L. Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Editora Bookman, 2007.

PORTAL Giro. Disponível em: <www.portaldigitro.com.br>. Acesso em: dez. 2010.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L.; Sistemas Digitais: princípios e aAplicações. 10. ed. Rio de Janeiro: Pearson, 2007.

UEM. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGA. Disponível em:<(http://www.din.uem.br>. Acesso em: dez. 2010.)

