

Conversores Digital/Analógico (D/A) e Analógico/Digital (A/D)

Conversores A/D e D/A são a base de todo o interfaceamento eletrônico entre o mundo analógico e o mundo digital. Estão presentes na grande maioria dos instrumentos de medida atuais e são os responsáveis pelo aumento significativo nos níveis de precisão e exatidão assim como o barateamento e popularização de instrumentos de medida digitais.

Características importantes e comuns aos conversores D/A e A/D:

1) **Faixa dinâmica:** é a faixa de amplitude de operação do sinal analógico (em geral uma tensão) dentro da região de trabalho (linear) do conversor. O sinal de entrada deve ser condicionado de forma a possibilitar sua máxima utilização dentro dessa faixa dinâmica. Os conversores D/A e A/D apresentam na prática uma faixa dinâmica de 0,1 a 10V.

2) **Resolução:** é a menor quantidade que pode ser convertida (resolvida) dentro da faixa dinâmica do sinal de entrada. É especificada pelo número de bits do conversor. São encontrados na prática conversores com resoluções de 8 a 20 bits.

Ex.: Resolução de 12 bits \Rightarrow significa que o conversor consegue diferenciar sinais com amplitude $\frac{1}{2^{12}}$ do valor total da faixa dinâmica. Para uma faixa dinâmica de 5V, a menor amplitude que pode ser resolvida é: $\frac{5}{2^{12}} = 0,00122 \Rightarrow 1,22 \text{ mV}$.

3) **Tempo de conversão:** é o tempo necessário para se obter o valor na saída (digital para o A/D; analógico para o D/A) a partir do momento em que o sinal de entrada foi aplicado e iniciado o processo de conversão. Depende da estrutura do circuito utilizado e da sua resolução. De modo geral, quanto maior a resolução, maior o tempo de conversão. Encontram-se, na prática, tempos de conversão variando desde alguns segundos até sub-nanosegundos. Este tempo é importante

para definir a máxima frequência possível a ser convertida a partir de um sinal de entrada variante no tempo.

- 4) **Erro de linearidade:** expressa o desvio do resultado de conversão de uma reta ideal. É expresso em \pm uma porcentagem do valor total ou em número de bits.

Exemplo) Um erro de linearidade de $\pm 0,4\%$ equivale a uma linearidade de ± 1 bit num conversor de 8 bits.

Conversores Digital / Analógico (D/A)

Convertem uma palavra digital em um sinal analógico sob a forma de uma tensão ou corrente de saída. São formados por elementos passivos, fontes de referência, chaves e AMPOP's. A conversão é, em geral, paralela e o tempo de conversão depende essencialmente da velocidade dos componentes utilizados.

- a) D/A com resistores ponderados:

Circuito típico:

Tensão de saída em função da palavra digital de entrada:

$$I_i = V_{ref} \left(\frac{bit(n-1)}{2^0 R} + \dots + \frac{bit(0)}{2^{n-1} R} \right) = I_o$$

$$V_o = -I_o \cdot \frac{R}{2};$$

$$V_o = -V_{ref} \cdot \frac{R}{2} \left(\frac{bit(n-1)}{2^0 R} + \dots + \frac{bit(0)}{2^{n-1} R} \right)$$

ou:

$$V_o = -\frac{V_{ref}}{2} \left(\frac{bit(n-1)}{2^0} + \dots + \frac{bit(0)}{2^{n-1}} \right) = -V_{ref} \left(\frac{bit(n-1)}{2} + \dots + \frac{bit(0)}{2^n} \right)$$

onde:

n : número de bits do conversor

$bit(i)$: assume valores “0” ou “1” de acordo com a palavra digital de entrada (dado binário)

V_{ref} : tensão de referência do conversor.

Obs.: se $n \rightarrow \infty$ a associação em paralelo dos resistores do circuito tende a $R/2$ e $V_o \rightarrow -V_{ref}$, situação ideal em que não ocorreriam erros de conversão. Entretanto, para um n muito grande têm-se resistores com valores muito altos e distintos, o que dificulta a implementação do circuito e gera problemas adicionais ligados à temperatura (diferentes coeficientes de temperatura dos resistores), ruído (térmico, interferências externas), etc.

As chaves utilizadas são essencialmente transistores controlados pelo nível de tensão/corrente da palavra digital. A resistência das chaves deve ser desprezível em relação aos resistores utilizados.

- b) Rede de resistores R-2R: usado como alternativa para reduzir a gama de valores do D/A com resistores ponderados.

Circuito típico:

$$V_o = -\frac{V_{ref}}{2^n} \left[2^0 bit0 + \dots + 2^{(n-1)} bit(n-1) \right]$$

$$V_o = -V_{ref} \left(\frac{bit(n-1)}{2} + \dots + \frac{bit(0)}{2^n} \right)$$

Ex: Seja um conversor R-2R de 3 bits ($n = 3$):