

1. Considere o sinal sinusoidal descrito pela equação  $v_i(t) = \text{sen } \omega t$ . Este sinal foi digitalizado com um conversor A/D de  $n$  bits que tem uma tensão de fim de escala de  $\pm 1$  V.
  - a) Para  $n = 3$ , determine  $Q$ . Determine o valor da representação digital da saída do conversor A/D para as entradas  $v_i = -0,7$  V e  $v_i = 0,7$ .
  - b) Se à saída do conversor A/D colocasse um conversor D/A ideal, esboce o sinal de saída do conversor D/A bem como o sinal de erro.
  - c) Para  $n = 3$ , determine a relação entre a potência de sinal e de ruído.
  - d) Repita a alínea b) para  $n = 10$ .

**Resolução**

a) O quantum é

$$Q = \frac{V^+ - V^-}{2^n} = \frac{2}{8} = 0.25$$

$V^+ = +1$  V e  $V^- = -1$  V são, respectivamente, os valores máximo e mínimo da escala do conversor, que coincidem com o valor máximo e mínimo da onda sinusoidal. A relação entrada-saída do conversor A/D é

$$x_b = \text{Int}\left[\frac{v_i - V^-}{Q} + 0.5\right]$$

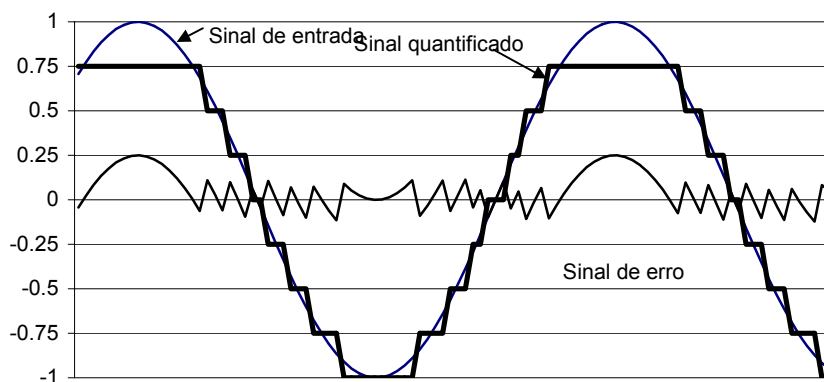
donde resulta

$$x_b = \text{Int}\left[\frac{v_i - V^-}{Q} + 0.5\right] = \text{Int}\left[\frac{-0.7 - (-1)}{0.25} + 0.5\right] = 001$$

$$x_b = \text{Int}\left[\frac{v_i - V^-}{Q} + 0.5\right] = \text{Int}\left[\frac{0.7 - (-1)}{0.25} + 0.5\right] = 111$$

b) O sinal de saída é do tipo

**Conversão A/D**





Licenciatura em Engenharia  
Electrotécnica e de Computadores

Conversão A/D e D/A

c) Para um sinal sinusoidal de amplitude  $A$ , a relação sinal-ruído de potência é definida por

$$SNR = 10 \log \frac{\frac{A^2}{2}}{\frac{Q^2}{12}} \text{ (dB)}$$

$\frac{A^2}{2}$  é o quadrado do valor eficaz da onda sinusoidal. Como é

$$Q = \frac{V_F}{2^n} \quad \text{e} \quad V_F = 2A$$

Resulta 
$$SNR = 10 \log \frac{\frac{A^2}{2}}{\frac{A^2}{3 \times 2^{2n}}} = 10 \log \frac{3 \times 2^{2n}}{2} = 6,02 \times n + 1,76 \text{ dB}$$

Para  $n = 3$ , resulta  $SNR = 19,82 \text{ dB}$

b) Repetindo as expressões anteriores, para  $n = 10$ , obtém-se

$$Q = \frac{V^+ - V^-}{2^n} = \frac{2}{1024} = 1,95 \text{ mV}$$

$$SNR = 6,02 \times n + 1,76 \text{ dB} = 61,96 \text{ dB}$$

2. Considere um conversor D/A com as seguintes características: código de entrada em binário directo; número de bits  $n = 10$ ; tensão de fim de escala,  $V_F = 10 \text{ V}$ . Calcule o valor do quantum  $Q$  e determine a relação entrada-saída.

Resolução

a) O quantum  $Q$  é 
$$Q = \frac{V_F}{2^n} = \frac{10}{2^{10}} = \frac{10}{1024} \approx 9,8 \text{ mV}$$

O valor da tensão de saída é dado pela expressão

$$v_o = Q \sum_{i=0}^{n-1} 2^i K_i$$

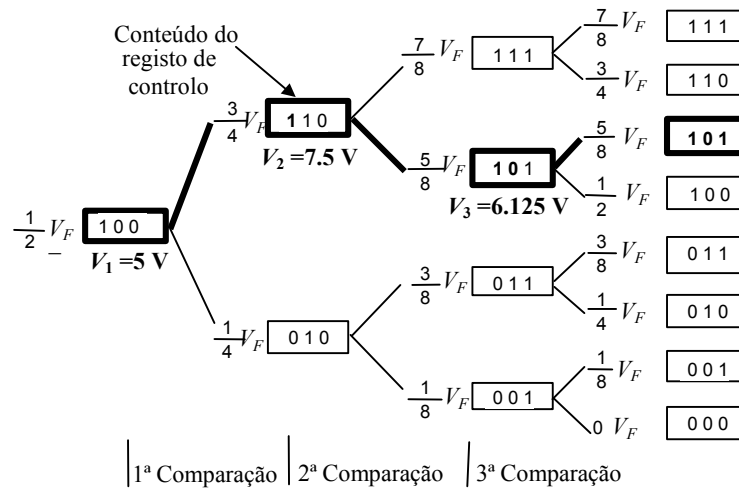
Resultando a tabela

Entrada $K_9 K_8 K_7 \dots K_1 K_0$	Saída $v_o = Q \sum_{i=0}^{n-1} 2^i K_i$	Saída (V)
1 1 1 ... 1 1	$1023Q$	9,9902
1 1 0 ... 0 0	$(512+256)Q$	7,5000
1 0 0 ... 0 0	$512Q$	5,0000
0 0 0 ... 1 0	$2Q$	0,0195
0 0 0 ... 0 1	$Q$	0,0098
0 0 0 ... 0 0	0	0

**Licenciatura em Engenharia**  
**Electrotécnica e de Computadores**

**Conversão A/D e D/A**

3. Um conversor A/D de aproximações sucessivas tem as seguintes características: gama de tensões de entrada: 0 V a +10 V; 3 bits; código de saída: binário natural. Indique os três valores sucessivos ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ) da tensão de compensação bem como o código binário obtido à saída, quando à entrada aplicar uma tensão de 7,0 V.



Como se ilustra na figura os valores de comparação são sucessivamente

$$V_1 = 5.0 \text{ V} ; V_2 = 7.5 \text{ V} ; V_3 = 6.125 \text{ V}$$

O código correspondente ao valor de 7.0 V é **101**