

(10 min)

Esercizio sui bit equivalenti

a) Se il rumore elettronico sul segnale d'ingresso a un convertitore Analogico/Digitale (voltmetro integratore a 16 bit e con dinamica ± 5 V e 10 kSa/s) è di 78 mV efficaci, quanto vale il numero di bit equivalenti? E se il rumore aumenta fino a 156 mV efficaci, come cambia il numero di bit equivalenti? In quest'ultimo caso, quale tipo di convertitore potrebbe essere preferibile impiegare e perché?

3d) Il numero di bit equivalenti di un convertitore A/D si ottiene dalla formula

$$n_e = n - \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{\sigma_N^2}{\sigma_q^2} \right)$$

dove σ_q^2 è la varianza dovuta alla quantizzazione ($\sigma_q^2 = q^2/12 = (\Delta V)^2/12$) e σ_N^2 è la varianza del rumore (complessivo): $\sigma_N^2 = \sigma_q^2 + \sigma_{N,int}^2 + \sigma_{N,ext}^2$

dove $\sigma_{N,int}^2$ e $\sigma_{N,ext}^2$ indicano il rumore interno ed esterno al convertitore, rispettivamente..

Nel problema considerato, $D = \pm 5$ V = 10 V, $N = 2^n = 65536$ livelli e dunque:

$$\Delta V = D/N \approx 153 \mu\text{V} \quad \text{e} \quad \sigma_q^2 = (\Delta V)^2/12 \approx 1.94 \times 10^{-9} \text{ V}^2 .$$

Non avendo informazioni su $\sigma_{N,int}^2$, supponiamo che questo contributo di rumore sia trascurabile.

Infine il contributo del rumore esterno, sul segnale di ingresso, è $\sigma_{N,ext}^2 = V_{N,ext,eff}^2 = 6.08 \times 10^{-3} \text{ V}^2 \gg \sigma_q^2$.

Il numero di bit equivalenti è dunque

$$n_e = n - \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{\sigma_N^2}{\sigma_q^2} \right) = 16 - \frac{1}{2} \log_2 (3136083.47) = 5,2 \text{ bit} \sim 5 \text{ bit}$$

con una perdita di ben 10,8 (praticamente 11) dei 16 bit fisicamente disponibili per il convertitore.

Inoltre, se il valore di $V_{N,ext,eff}$ raddoppia, il numero di bit equivalenti si riduce ulteriormente di 1 bit:

$$n'_e \approx n - \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{\sigma_N^2}{\sigma_q^2} \right) = 4,2 \text{ bit}$$

Evidentemente un convertitore con meno bit e magari più veloce/economico: ad esempio si potrebbe usare un flash a 5 o 6 bit o anche un approssimazioni successive ma certamente con meno di 8 bit.