

Conversione Analogico/Digitale

In linea di principio, una trasmissione può avvenire con due modalità differenti:

1. trasmissione di segnale **analogico**
2. trasmissione di segnale **digitale**

La differenza fondamentale fra un segnale analogico e uno digitale è che:

- il primo può variare gradualmente in un intervallo costituito da un **numero infinito di possibili valori**;
- il secondo può variare solamente passando **bruscamente da uno all'altro di un insieme molto piccolo di valori**.

Si tenga presente però che il fenomeno fisico utilizzato non è digitale ma analogico. Un segnale quindi non può passare istantaneamente da un valore ad un altro, ma impiegherà un certo tempo per effettuare la transizione. La conseguenza è che un mezzo fisico farà del suo meglio per trasportare un segnale digitale, ma non riuscirà a farlo arrivare esattamente com'è partito.

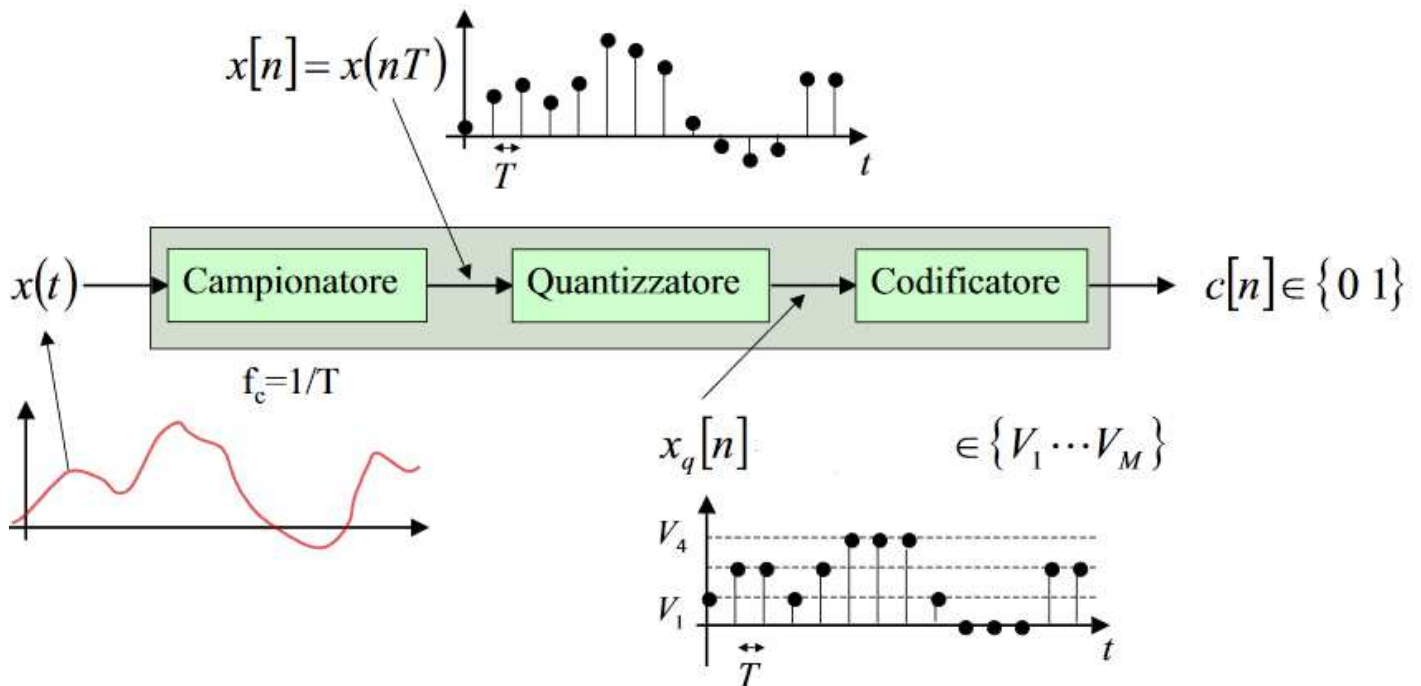
Come vedremo in seguito, in certi casi (e con certe tecniche) è utile trasformare un segnale analogico in uno digitale e viceversa.

Per rappresentare numericamente un segnale continuo nel tempo e nelle ampiezze è necessario:

- **Campionare** il segnale nel tempo.
- **Quantizzare** le ampiezze dei campioni (rappresentare l'ampiezza di ogni campione utilizzando un numero finito di valori detti livelli di quantizzazione).
- **Codificare** i valori quantizzati dei campioni (associare ad ogni livello un numero finito di cifre; solitamente si usano cifre binarie, cioè 'bit').

Questo processo di conversione A/D, che trasforma il segnale originario in una sequenza di bit $\{0,1\}$, è noto come tecnica '**PCM**' (**Pulse Code Modulation** o **Modulazione impulsiva codificata**).

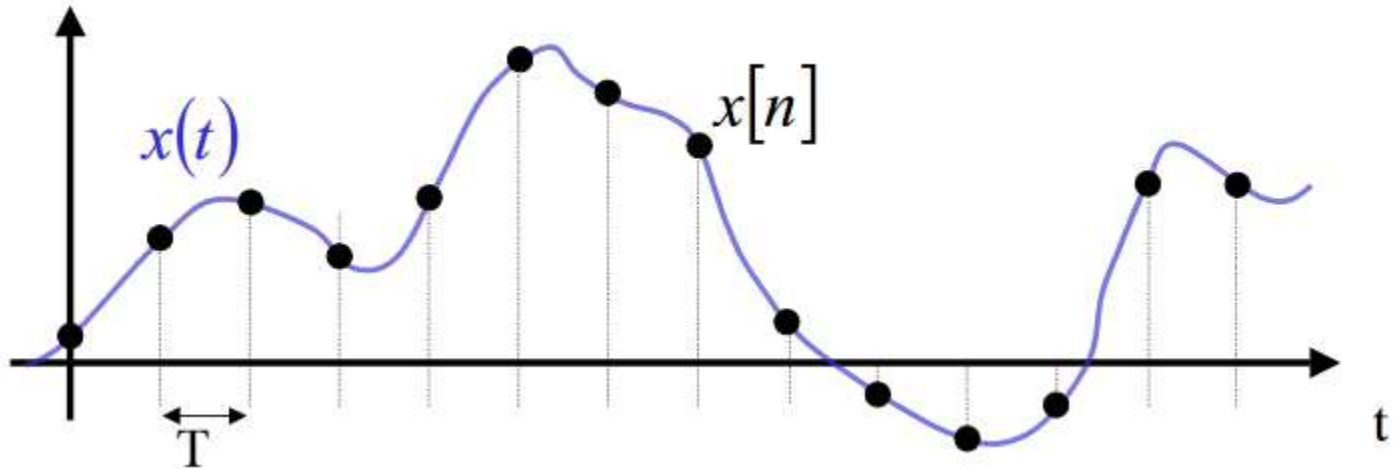
Schema a blocchi del convertitore A/D



Campionamento

Per rappresentare in forma numerica il segnale tempo-continuo $x(t)$ si esegue anzitutto il **campionamento di $x(t)$ a intervalli T** .

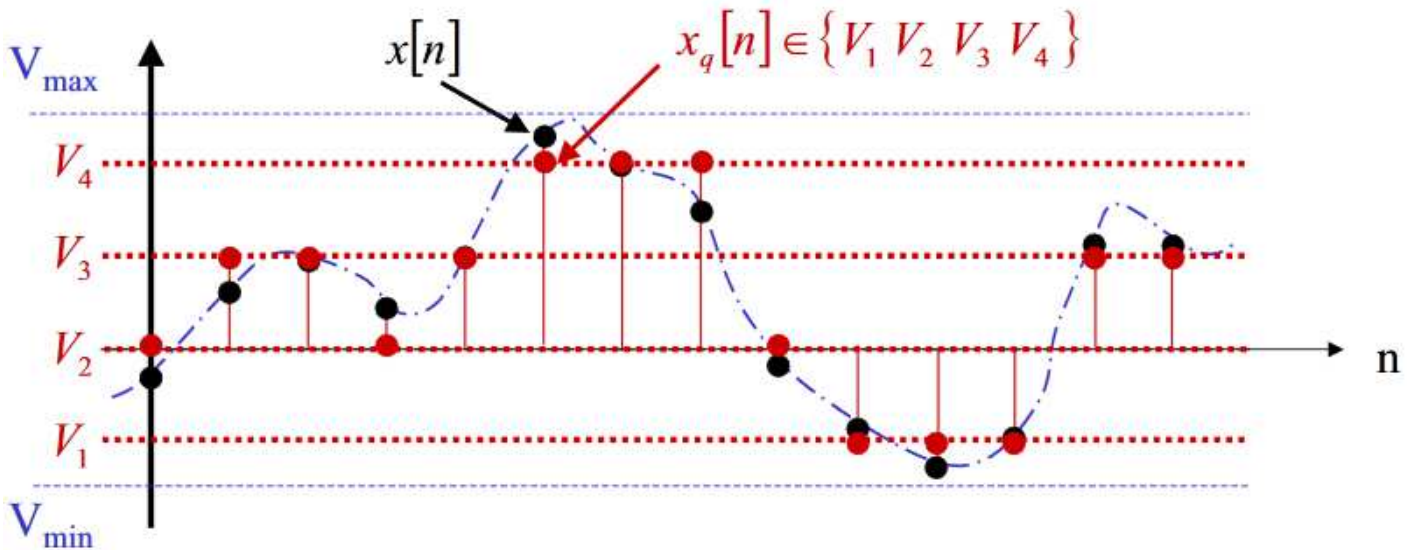
L'intervallo di campionamento e' scelto in modo da rispettare la **condizione di Nyquist**, per consentire la ricostruzione del segnale tempo-continuo $x(t)$ a partire dai campioni $x(nT)$.



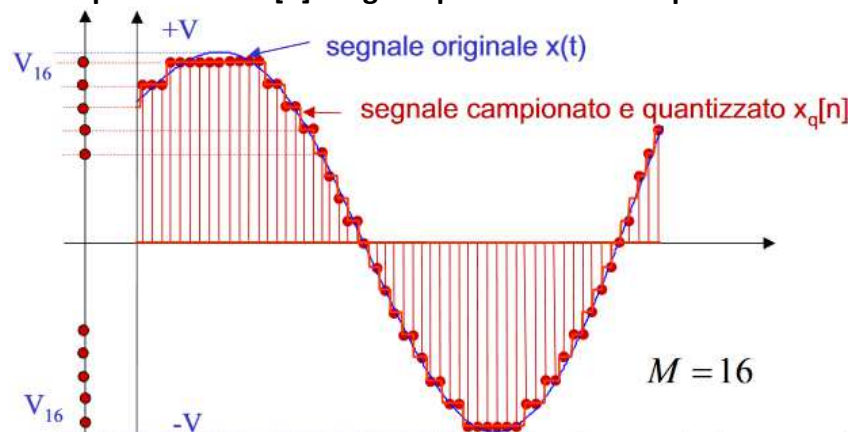
Quantizzazione

Ciascun campione $x[n]=x(nT)$ e' un numero reale che puo' assumere con continuita' qualsiasi valore compreso in un certo intervallo di ampiezze $[V_{min}, V_{max}]$.

Per rappresentare il segnale in forma numerica si approssima il numero reale continuo $x[n]$ con un numero finito (M) di livelli compresi nell'intervallo di ampiezze. Questa operazione e' detta **QUANTIZZAZIONE**



Il quantizzatore e' dunque un sistema non lineare che riceve in ingresso il **numero reale continuo $x[n]$** e restituisce in uscita il **valore piu' vicino a $x[n]$ fra gli M possibili livelli di quantizzazione V_1, \dots, V_M** .

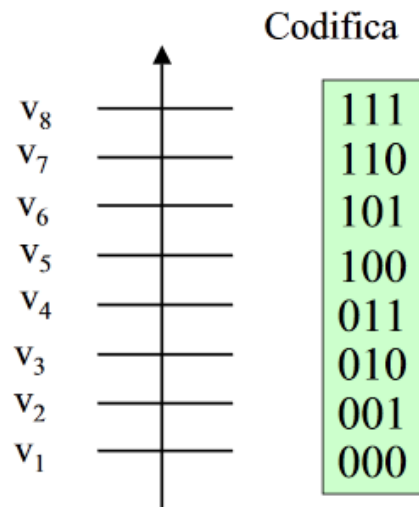


Codifica binaria dei campioni quantizzati

I livelli di quantizzazione di un segnale numerico vengono normalmente rappresentati in forma binaria (codifica binaria).

Con K cifre binarie (bit) si possono rappresentare $M = 2^K$ livelli di quantizzazione. Ad ogni livello si associa un codice di K bit.

Ad esempio, se $K = 3$, otteniamo $M = 8$ livelli di quantizzazione codificabili (in vario modo) con 3 bit:



Bit-rate di un segnale numerico

A valle della codifica binaria il segnale numerico diventa una **sequenza di bit** che si presentano con una certa cadenza (la *bit rate*) misurata in bit al secondo (bit/s).

Se il segnale tempo-continuo viene campionato con frequenza di $f_c = 1/T$ e quantizzato utilizzando M livelli, cioè associando $K = \log_2 M$ bit ad ogni campione, i bit si presentano ogni T_b secondi, con

$$T_b = T / \log_2 M = T / K$$

La bit-rate è l'inverso di T_b :

$$R_b = 1/T_b = \log_2 M / T = \log_2 M \cdot f_c = K \cdot f_c$$

Ad esempio, per un segnale tempo continuo $x(t)$ con frequenza massima di **3.6KHz** (*segnale telefonico*), il teorema del campionamento ne impone una frequenza di campionamento f_c maggiore di **7.2KHz**. Utilizziamo quindi $f_c = 8KHz$ (**8000 campioni al secondo**). Se quantizziamo il segnale con $M=256$ livelli servono $K=8$ bit.

Il segnale telefonico numerico avrà, dunque, una bit rate di:

$$R = 8 \cdot 8000 = 64 \text{ Kbit/sec}$$