

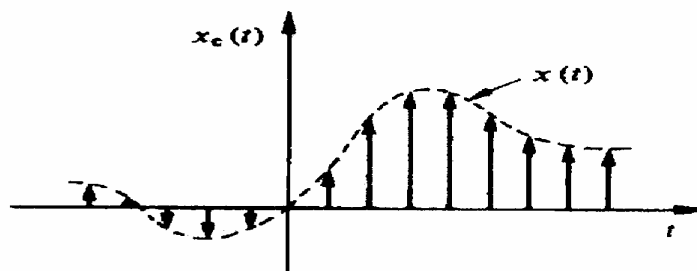
Conversione Analogica Digitale (AD) e Digitale Analogica (DA)

La conversione di un segnale di tipo analogico (continuo nel tempo e nelle ampiezze) in un segnale di tipo digitale (discreto nel tempo e nelle ampiezze) è il procedimento base per poter elaborare un segnale attraverso l'impiego di metodi digitali che consentono di gestire l'informazione contenuta nel segnale stesso in maniera decisamente più versatile di quanto realizzabile con tecniche analogiche (l'integrazione su larga scala consente la realizzazione di elettronica digitale con elevato rapporto prestazioni/costi). Le tecniche di conversione A-D necessitano di un'adeguata "preparazione" del segnale analogico da convertire. La fase fondamentale consiste nel campionamento del segnale analogico che, se ben effettuato, consente di conservare tutta l'informazione contenuta nel segnale originario (informazione = contenuto armonico).

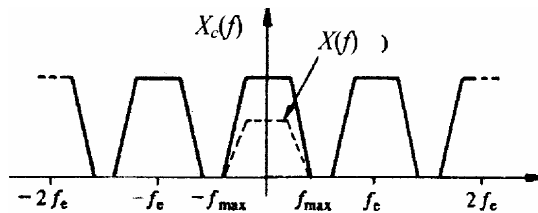
Richiami sul campionamento di un segnale

Sia dato un segnale analogico condizionato che porta con sé un'informazione sulla evoluzione di una grandezza fisica. Si può ottenere una versione campionata del segnale prelevando campioni del segnale con periodicità T_c . In altri termini l'operazione di campionamento consiste nel moltiplicare il segnale analogico con un pettine di delta di Dirac (vedi corso di Telecomunicazioni Prof. Tasca) spaziate di T_c . Il periodo di campionamento è dunque T_c e la frequenza di campionamento è $f_c = 1/T_c$. In formule si può scrivere che il segnale campionato si esprime nel seguente modo:

$$x_c(t) = x(t) \cdot \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta(t - k \cdot T_c) = \sum_{-\infty}^{+\infty} x_c(K \cdot T_c) \delta(t - KT_c)$$



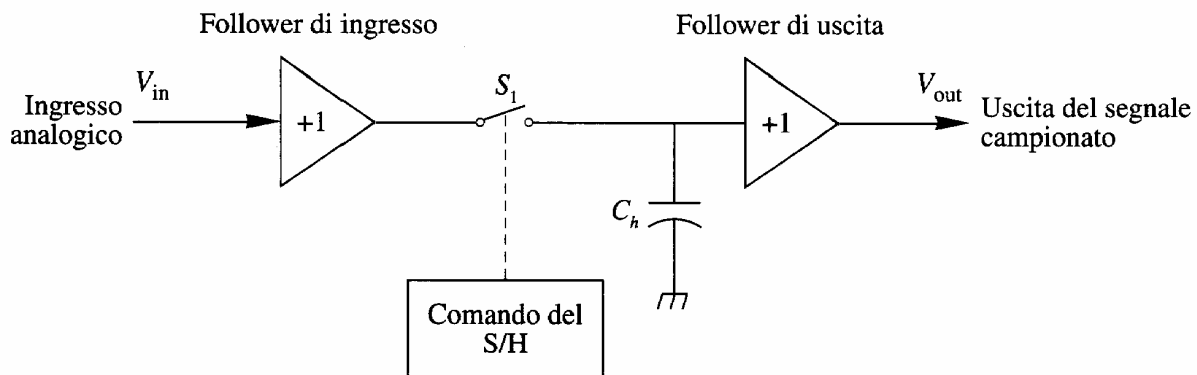
Per una nota proprietà dei segnali (vedi corso di Telecomunicazioni Prof. Tasca) ad un campionamento nel dominio del tempo corrisponde una replicazione dello spettro in frequenza. In formule lo spettro del segnale campionato $X_c(f)$ vale: $X_c(f) = f_c \cdot \sum_{-\infty}^{+\infty} X(f - n \cdot f_c)$. In figura seguente é riportato lo spettro del segnale informativo $X(f)$ e lo spettro del segnale campionato $X_c(f)$.



In figura si nota lo spettro del segnale informativo $X(f)$ con una banda $BW=2f_{max}$ e lo spettro del segnale campionato che si compone di tante repliche ingrandite di f_c dello spettro in banda base disposte in maniera simmetrica rispetto all'origine delle frequenze alle frequenze $\pm f_c, \pm 2f_c; \pm 3f_c, \dots \pm n f_c, \dots$. Se vogliamo evitare sovrapposizioni tra le varie ripetizioni dello spettro (fenomeno di aliasing) é necessario che le varie repliche non si sovrappongono. Vediamo di quantificare questa non sovrapposizione degli spettri. Consideriamo due repliche dello spettro, precisamente la replica a frequenza nulla e quella locata a frequenza f_c . La condizione di non accavallamento degli spettri é la seguente: $f_c - f_{max} \geq f_{max} \Rightarrow f_c \geq 2 \cdot f_{max}$. Questa condizione va sotto il nome di teorema di **SHANNON**. **La frequenza di campionamento del segnale deve essere almeno il doppio della massima frequenza del segnale informativo.** Per evitare la corruzione dell'informazione é necessario dunque campionare con una certa celerità, la condizione di campionamento é vincolata ad essere superiore del doppio della massima frequenza del segnale informativo. Nel caso di campionamento non ideale, con impulsi non di durata nulla ma finita, vi è un leggero fenomeno distorsivo dello spettro che può essere contenuto utilizzando ottimi campionatori. Su questo punto non si desidera soffermarsi in quanto l'approfondimento richiede competenze di teoria dei segnali molto approfondite. In sintesi per ridurre gli effetti provocati dall'aliasing e della durata finita del

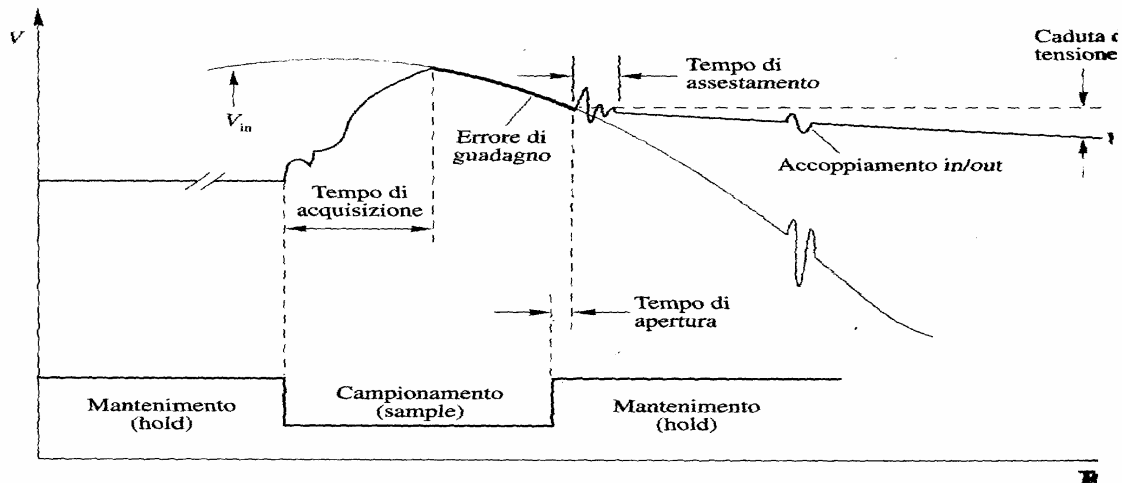
campionamento si impiegano frequenze ben maggiori del limite imposto dal teorema di Shannon (almeno $5f_{\max}$) e filtri antialiasing di ordine elevato che hanno il compito di ridurre la banda del segnale analogico.

Lo schema di principio di un circuito in grado di realizzare il campionamento di un segnale fa riferimento ad un circuito Sample and Hold (campiona e trattieni) ed è mostrato in figura seguente.



Vediamo come funziona in linea di principio questo circuito. Nell'istante in cui si chiude l'interruttore S_1 il condensatore comincia a caricarsi attraverso la resistenza d'uscita del follower d'ingresso che è molto piccola. Questa operazione di caricamento del condensatore viene svolta in un intervallo molto breve chiamato TEMPO DI ACQUISIZIONE in quanto la costante di tempo del circuito RC è piccola. Il valore della tensione sul condensatore e quindi anche l'uscita raggiunge il valore del segnale d'ingresso e lo insegue fino a quando l'interruttore S_1 si apre. L'apertura dell'interruttore avviene con un certo ritardo parassita e tale intervallo di tempo è chiamato TEMPO DI APERTURA (molto breve al massimo 10 ns). Completata l'apertura occorre attendere un certo tempo anch'esso molto breve affinché l'uscita si stabilizzi ad un valore costante che rappresenta il valore campionato del segnale. Tale intervallo di tempo è chiamato TEMPO DI ASSESTAMENTO. Tale valore rimane costante in quanto il condensatore non può scaricarsi se non attraverso la resistenza d'ingresso del follower d'uscita, che è molto grande.

In realtà l'uscita non rimane costante ma decade linearmente in funzione del tempo per il fatto che esiste comunque una corrente di perdita che tende a scaricare il condensatore. Schematizziamo la situazione mediante un disegno esplicativo.



C'è poi un altro fenomeno chiamato **feedthrough** dovuto alla presenza di capacità parassite tra ingresso e uscita che causa un'ulteriore degradazione del segnale. Una cura particolare deve avere la scelta della capacità C_h . Per valutare tale capacità occorre conoscere il tempo t_c necessario al convertitore analogico-digitale per realizzare la conversione e il valore massimo della caduta di potenziale ΔV che non inficia la precisione del convertitore. Conoscendo la corrente di perdita I_p si ha che il valore capacitivo deve essere $C_h = \frac{I_p \cdot t_c}{\Delta V}$. I condensatori che meglio rispondono alle

esigenze di avere una bassa corrente di perdita sono quelli a dielettrico di polipropilene e gli operazionali che derivano correnti bassissime sono quelli a FET. Nella catena di conversione il circuito S/H precede il convertitore Analogico-Digitale. Bisogna sottolineare il fatto che i segnali lentamente variabili che sono quei segnali di grandezze fisiche che variano lentamente nel tempo non necessitano di tale circuito.

Nella figura seguente si riporta la catena di acquisizione monocanale già descritta in precedenza. In tal modo abbiamo approfonditamente descritto i primi tre blocchi della catena di acquisizione (trasduttore, apparati di condizionamento e sample and hold). Ci resta solo da trattare il quarto blocco ossia i convertitori A-D.

