

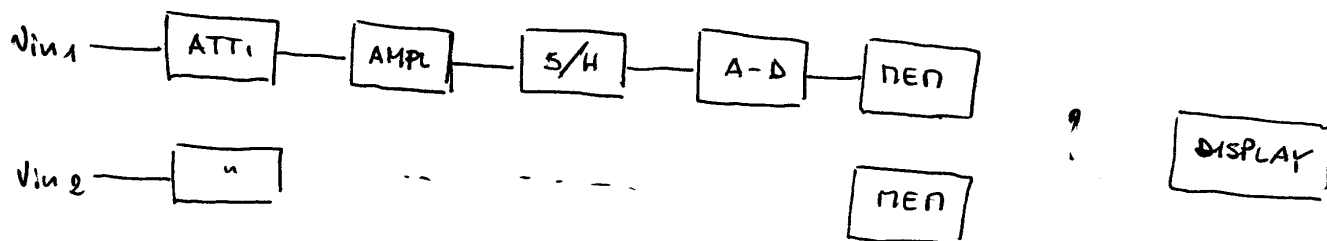
Oscilloscopio numerico

Richiami sull'o. analogico

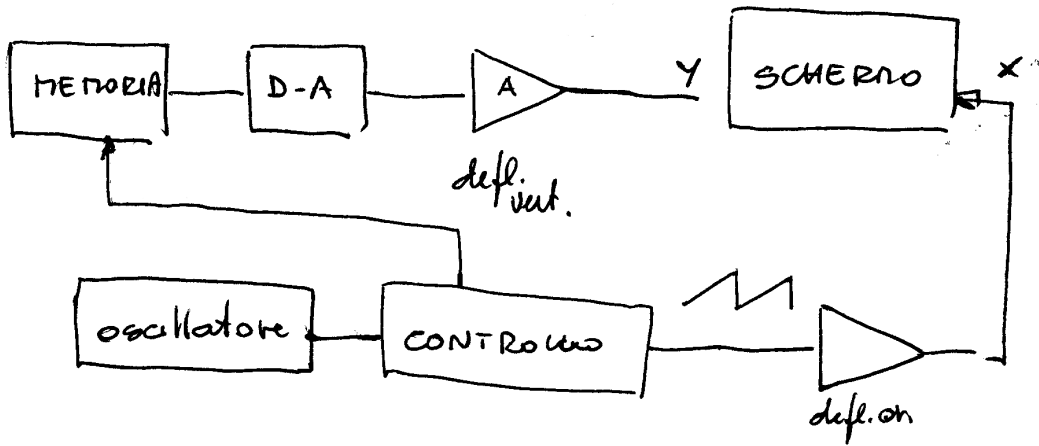
- rappresentazione di tempo in funzione del tempo
- due placche per le deflessioni verticali anche il segnale in ingresso, opportunamente amplificato / attenuato
- il segnale di trigger determina l'inizio della scansione orizzontale (l'istante di trigger compare all'estremità sinistra dello schermo)
- tutto deve lavorare alle stesse velocità del segnale
- è possibile (generalmente) rappresentare solo segnali periodici (o ripetitivi)
(oscilloscopio a misura analogica)

⋮

Scheme o blocchi di o. numerico (o digitale)



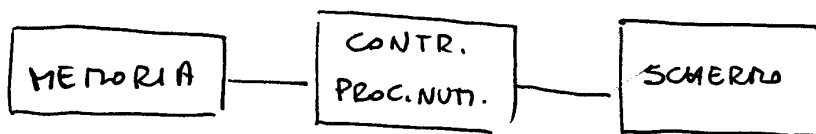
1^a possibilità



scansione veforiale:

il fascio di elettroni incide solo sui punti
dello schermo nei quali compare l'immagine

2^a possibilità



scansione "raster"

il fascio di elettroni scandisce (per righe) tutto lo
schermo, ma serve solo sui punti nei quali
 compare l'immagine (come nel segnale televisivo)

Il proc. numerico provvede a generare: segnali per il
 pilotaggio del fascio (x, y, luminosità)

Principali differenze rispetto all'oscilloscopio analogico (tradizionale)

- campionamento del segnale
- conversione in digitale
- memorizzazione dei campioni
- ricostruzione del segnale da visualizzare
- il trigger ha funzioni diverse rispetto all'oscilloscopio

Possibilità offerte (rispetto all'oscilloscopio analogico)

- visualizzazione di segnali non periodici
(il segnale viene memorizzato)
- possibilità di lavorare sui "tempi negativi"
(visualizzare porzioni di segnale corrispondenti a istanti precedenti il trigger)
- effettuazione di operazioni sul segnale
(su suoi campioni)

Campionamento:

effettuato a determinate frequenze (f_c) o viceversa acquisendo i campioni (in base al numero) ad opportuni intervalli di tempo t_c

Quantizzazione del segnale (per effetto del convertitore A/D). La risoluzione è legata alle caratteristiche del convertitore (n. di bit): più questo è alto, migliore è la risoluzione, ma - in generale - il processo di conversione richiede più tempo e il convertitore è più costoso.

Generalmente si lavora con convertitori a 8 bit, (risoluzione di 1 parte su 256 o una del 4%).

La memoria disponibile (profondità di memoria) è un parametro di merito per un o. numero.

Si tratta di memorie che devono essere veloci, per permettere la digitalizzazione ad elevata frequenza.

La memoria viene gestita come se fosse un registro "circolare": memoria circolante; una volta effettuata la scrittura nell'ultima locazione disponibile si ritorna nella prima locazione nella quale si è scritto nella "passata" precedente.

I campioni sono - in generale - continuamente acquisiti e memorizzati.

Campionamento

- * processo di conversione di una porzione di segnale in un numero di valori di tensione discreti con lo scopo di memorizzarli, elaborarli, visualizzarli
- * il valore del campione corrisponde all'ampiezza del segnale nell'istante di campionamento.

* Nell'oscilloscopio un insieme (array) di campioni è riprodotto su uno schermo (generalmente) a raggi catodici, con l'ampiezza sull'asse verticale e il tempo su quello orizzontale.

La forma d'onda in ingresso appare come una successione di punti corrispondenti, in linea di principio, con gli istanti di campionamento.

Se i punti sono troppo distanziati, risultando così difficile l'interpretazione della traccia, essi possono essere collegati, mediante un processo detto di interpolazione. In questo modo i punti consecutivi sono collegati da linee (anche eventualmente curve).

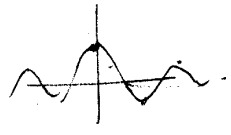
Esistono diverse tecniche di interpolazione, che producono (più o meno rapidamente) una rappresentazione più o meno accurata del segnale da digitalizzare (v. oltre).

Se la frequenza di campionamento non è sufficientemente elevata le componenti a più alta frequenza vengono "ripiegate" in bassa frequenza producendo nella ricostruzione quello che è noto come "errori di alias".

Al fine di una corretta ricostruzione, secondo il teor. di Nyquist un segnale deve essere campionato a frequenza almeno doppia della sua componente spettrale a più alta frequenza. Un segnale con componenti spettrali fino a 450 MHz richiede una frequenza di campionamento pari o superiore a 900 MHz, cioè un'acquisizione di almeno 900 Ms/s.

Sebbene teoricamente si possa pensare a una ricostruzione del segnale, effettuata semplicemente applicando i campioni acquisiti sullo schermo, o comprimendolo con segmenti, un risultato certamente migliore (teoricamente: il risultato ottenuto) può essere ottenuto operando sui campioni del segnale secondo le formule di Nyquist:

$$y(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} c_i \frac{\sin \left[\pi \left(\frac{t-i}{T_c} \right) \right]}{\pi \left(\frac{t}{T_c} - i \right)}$$



Note:

- la sommatoria si estende da $-\infty$ a $+\infty$; in pratica la cosa non è possibile (campioni in numero finito, tempo limitato) e ciò comporta un risultato non ottimo. Tuttavia i campioni "più lontani" da quello centrale ($i=0$), dato l'andamento delle funzioni peso (sinc), sono meno influenti nel calcolo: dunque eliminando i campioni "più lontani", così riducendo il numero della sommatoria a un numero finito l'errore commesso rimane accettabile.

Allo scopo di ridurre il tempo necessario per il calcolo, in alcuni o. vengono utilizzati algoritmi di ricostruzione diversi da quello teorico (modificato): in tutti i casi, comunque, si utilizza un numero limitato di campioni "intorno" all'istante considerato - L'algoritmo è più veloce di quello canonico, ma la ricostruzione è peggiore; la semplificazione si paga (anche) con la necessità di un maggior numero di campioni per periodo delle componenti del segnale e più alta frequenza (10, contro i 2.5 necessari con la ricostruzione "canonica" semplificata) -

In alcuni orecchiosi è possibile scegliere l'algoritmo di interpolazione, e rappresentarsi con intensità luminosa diversa i punti corrispondenti ai campioni reali, rispetto a quelle relative alle porzioni interpolate (Modello "Intensified Samples") -

E' da osservare che gli algoritmi "alternativi" rispetto a quello canonico danno luogo a una qualità della forma d'onda ricostruita, che dipende fortemente

delle forme d'onda stesse, e pertanto possono funzionare meglio con alcuni segnali che con altri.

Metodi di campionamento

Campionamento in t. reale

t. equivalente $\left\{ \begin{array}{l} \text{casuali} \\ \text{sequenziali} \end{array} \right.$

T. REALE

In questo caso il motore (digitalizzatore) lavora alla max frequenza possibile, in modo da acquisire il maggior numero possibile di campioni nella porzione di segnale di interesse.

Per il modo in cui opera, questo metodo si presta all'impiego anche nel caso di segnali non ripetitivi o di transitori.

Il funzionamento è il seguente: il segnale è continuamente campionato e memorizzato; a ogni evento di trigger un record completo di N campioni è inviato allo schermo

(eventualmente previa interpolazione, e con un certo ritardo). L'acquisizione può essere fatta proseguire, dopo la visualizzazione del segnale (segnali periodici) per cui al nuovo evento di

trigger il tutto si riflette -

Il fatto che il segnale sia campionato e memorizzato continuamente, indipendentemente dall'evento di trigger, rende possibile la rappresentazione sullo schermo di spazzoni temporali del segnale che precedono (e/o seguono) l'evento stesso - Questo è reso possibile dal comando di

- Delay ; fissando il delay a zero, appena avviene il segnale di trigger i campioni del segnale vengono inviati allo schermo : pertanto viene visualizzata l'evoluzione del segnale in un intervallo di tempo (di durata pari a quella che, nell'o. analogico, è il tempo di scansione) che PRECEDE l'istante di trigger -

Fissando il delay (ritardo) a un valore maggiore di \emptyset (p.es. 50%), l'acquisizione continua per un determinato numero di campioni, anche dopo l'istante di trigger : in questo modo verrà visualizzata l'evoluzione del segnale in un intervallo di tempo che è in parte PRECEDENTE e

in parte successivo all'istante di trigger -

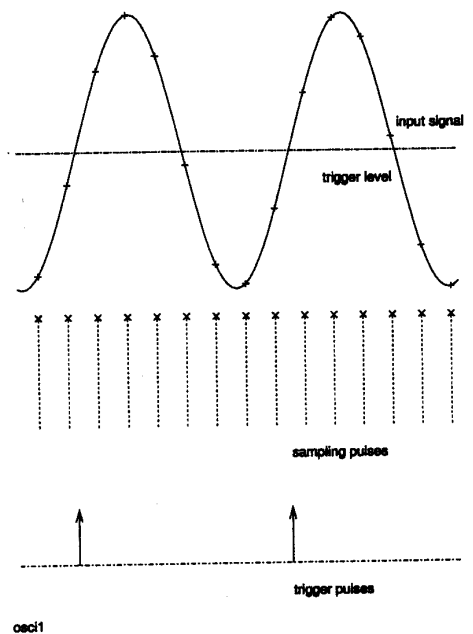
Il delay determina dunque la quota della operazione rappresentata che coincide e istanti successivi all'istante di trigger -

La possibilità di effettuare il campionamento in tempo reale e ad alta frequenza (velocità) costituisce uno dei parametri di merito di un moderno oscilloscopio, con particolare riguardo all'impiego nell'acquisizione di fenomeni transitori estremamente rapidi. Questi fenomeni infatti non sono generalmente periodici e devono essere campionati durante la loro evoluzione. La frequenza di campionamento è generalmente ottenuta

a partire da un oscillatore al quarzo (caratterizzato da elevata stabilità in frequenza), ma gli istanti di campionamento non coincidono in genere con quello di trigger - la frequenza di campionamento inoltre non è in generale multiple delle frequenze del segnale d'ingresso -

Dunque è necessario usurare il tempo tra

l'istante di trigger e gli istanti di campionamento, e ripetere questa misura ad ogni successiva acquisizione del segnale (= ad ogni evento di trigger) per conoscere l'esatta posizione degli istanti di campionamento sull'asse dei tempi. 3.12



Per permettere dunque il corretto posizionamento dei campioni del segnale dopo (e quindi anche prima) l'istante di trigger (che è dunque un riferimento temporale: $t=0$) è necessario essere in grado di conoscere il tempo trascorso dall'istante di trigger a quello di campionamento, per ogni campione successivo.

vo al trigger. Questo avviene ad opera di un segnale di clock che ovviamente deve avere frequenze alta quanto più è possibile, allo scopo di permettere una buona risoluzione temporale. Il circuito che provvede a questo prende il nome di "interpolatore di trigger". Le sue funzioni è inoltre essenziali per il corretto posizionamento dei campioni acquisiti in ogni successivo del segnale in ingresso.

Esistono oscilloscopi in grado di lavorare con una frequenza di campionamento - in tempo reale - di 2 GHz (2×10^9 Sa/s) e quindi in grado di acquisire segnali con un intervallo di campionamento T_c fino a 500 ps.

Negli oscilloscopi a più canali spesso un aumento della frequenza di campionamento utile è ottenuto a spese del n. di canali che possono essere contemporaneamente attivi.