

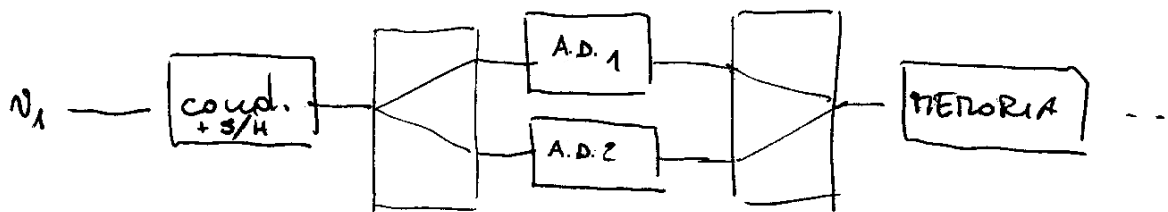
Ciò è dovuto al fatto che nello strumento esistono tanti diversi digitalizzatori quanti sono i canali (p. es. 4 digitalizzatori, da 500 MS/s)

Se i canali non vengono tutti utilizzati contemporaneamente (p. es. ne vengono utilizzati solo 2 su 4) allora i digitalizzatori relativi ai canali inutilizzati vengono impiegati per aumentare la frequenza di acquisizione relative ai canali in uso

| n. Canali attivi | Digitalizzatore / Canali | Max velocità di acquisizione* |
|------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 4 | 1 | 500 MS/s |
| 2 | 2 | 1 GS/s |
| 1 | 4 | 2 GS/s |

* in t. reale

es. 1 canale < $k=10$ dei due disponibili



Il principale inconveniente del campionamento in t. reale è che l'ampiezza di banda è limitata (a circa $1/4 \pm 1/10$ della frequenza di campionamento: dunque a

un aumento della banda richiesta a uno strumento deve corrispondere un aumento della frequenza di campionamento, il che ha effetti pesanti sul costo dell'apparecchiature.

Campionamento in tempo equivalente

Questa tecnica trae vantaggio dal fatto che gran parte dei segnali di interesse pratico ha comportamento periodico. Dunque, in questo caso, i campioni del segnale necessari alle sue osservazioni possono essere acquisiti anche durante più ripetizioni (periodi) del segnale stesso, con uno, o più (o anche meno) campioni prelevati durante ogni periodo. Questo permette all'oscilloscopio di catturare accuratamente anche segnali con componenti spettrali a frequenze superiori a quelle di campionamento dello strumento.

Le tecniche di campionamento in t. equivalente generalmente impiegate sono due:
a. casuale e a. sequenziali

Entrambe le tecniche consentono di lavorare solo con segnali periodici.

C. ripetitivo casuale

è la tecnica più comunemente usata negli o. attuali -

Nel c. casuale viene utilizzato un clock interno che opera in maniera asincrona rispetto al trigger; i campioni vengono acquisiti continuamente, indipendentemente dalla posizione del trigger, e sono visualizzati sulla base della differenza temporale tra campione e trigger

I campioni vengono prelevati sequenzialmente nel tempo, ma in maniera casuale rispetto al trigger: da qui l'attributo "casuale" - Allo scopo di evitare che - seppure in particolari situazioni, per quanto improbabili - la frequenza di campionamento f_c sia multipla secondo un coefficiente razionale della frequenza del segnale da visualizzare (il che comporterebbe che i campioni acquisiti, dopo un certo numero di periodi del segnale, sono sempre gli stessi), la frequenza f_c viene modulata in modo aleatorio -

3.17
Continuando a campionare il segnale per
diversi periodi (da qui la necessità di un segnale
periodico) si otterranno da volta in volta (nei periodi
successivi) istanti di campionamento successivi, il
che consente di ripetere le tracce di campionamento del
segnale, ottenendo lo stesso risultato che si otterrebbe
con una frequenza di campionamento superiore
(ovviamente a spese del tempo di acquisizione).

Anche in questo caso è necessario il ricorso all'inter-
polazione di trigger per il corretto posizionamento dei
campioni all'interno del periodo del segnale.

La frequenza di campionamento "apparente" (cioè
quella che "appare", sulla base del fatto che i
campioni sono, all'interno del periodo, molto più
"fitti" di quello che consentirebbe la frequenza di
campionamento utilizzata) è limitata dall'accuratezza
con la quale è possibile assumere il ritardo tra
evento di trigger e impulso di campionamento.

Nel c. casuale si ottiene in generale una tale
"compattazione" dei campioni acquisiti (dopo un certo
numero di cicli del segnale d'ingresso) da non

3.18
essere richiesta, in generale - l'interpolazione tra
i campioni

Un inconveniente del c. canale è il fatto che ^{per} segnali
"lenti" rispetto alla finestra temporale selezionata (base
dei tempi) può essere richiesto un tempo molto lungo
perché sia raccolti un numero di campioni, nella
finestra temporale selezionata, adeguato a una buona
rappresentazione.

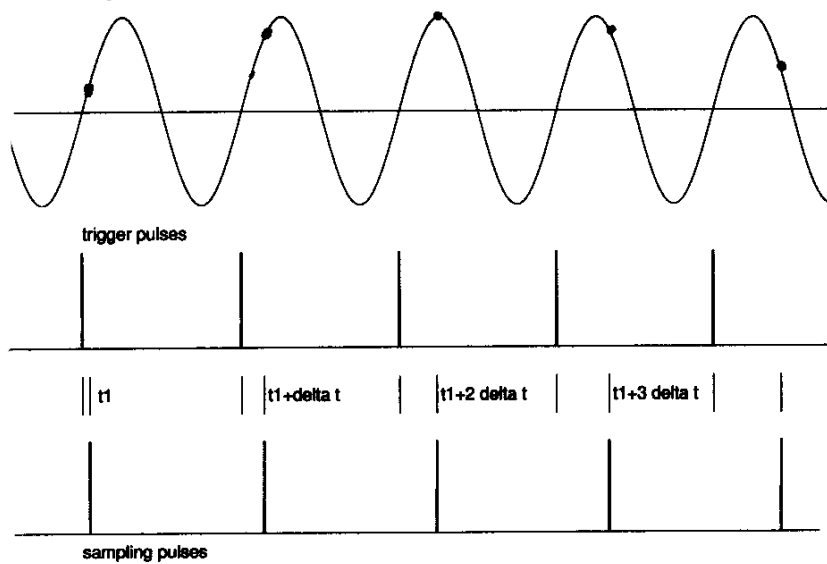
Per esempio, campionando a 10 Ms/s con una
base dei tempi (time/div) di 1 ns/div (finestra tem-
porale di 10 ns) vengono acquisiti 0,1 campioni (in
media) per acquisizione: questo significa che sono ne-
cessarie 10.000 acquisizioni per catturare 1000 punti,
il che può essere inaccettabile per forme d'onda
non perfettamente stazionarie.

Campionamento sequenziale

Nel c. sequenziale, in corrispondenza dell'evento di
trigger, viene acquisito un campione dopo un ritardo
breve ma perfettamente definito. Al successivo event-
o di trigger, il ritardo viene aumentato di una quantità
 Δt e viene acquisito il campione successivo. Il processo

viene ripetuto più volte, fino al riempimento della finestra temporale.

3.19



Il vantaggio derivante da questo modo di procedere è legato alla possibilità di generare il ritardo Δt (molto breve e preciso) con accuratezza maggiore di quella che si può ottenere nella misura del ritardo temporale rispetto al segnale di trigger (come si fa nel campionamento casuale).

Oscilloscopi in commercio consentono di generare ritardi temporali fino a 10 fs ($10 \times 10^{-15} \text{ s}$). Ciò permette di ottenere, con questa tecnica, una risoluzione temporale in confronto con altri sistemi.

La possibilità, per un oscilloscopio numerico, di effettuare operazioni sui segnali in ingresso (così sui suoi componenti) è conseguenza del fatto che all'interno dello strumento è presente una unità di calcolo a microprocessore. Ciò rende possibile, tra le altre, le seguenti operazioni

- autoscale: lo strumento può calcolare, per i segnali a vari ingressi (ricavandoli dai relativi campi memorizzati) i valori di picco (negativo e positivo ovvero minimo e massimo) e la frequenza; quindi se il tasto relativo «autoscale» viene premuto, può impostare la base dei tempi al valore più opportuno per consentire la visualizzazione di un certo numero di cicli del segnale (o dei segnali) in ingresso e la sensibilità verticale (V/div) al valore adeguato alla rappresentazione di tutta la forma d'onda (tra il max e il min) sul display. Nell'oscilloscopio analogico è l'operatore a dover selezionare sensibilità verticali, base dei tempi (e traslazioni verticali) adeguati; questo, per segnali di frequenza, ampiezza e valore medio ignoti, può talvolta richiedere tempo e pazienza.

- operazioni matematiche: operazioni su (o tra) i segnali in ingresso (così i loro campioni) sono facilmente implementate: la somma ($A+B$), la differenza ($A-B$), derivazione e integrazione, FFT, ma solo alcune delle operazioni che generalmente si trovano implementate negli o. in commercio
- misure di parametri: gli o. numerici rendono facilmente possibile l'effettuazione di misure sui segnali in ingresso: misure di frequenza, periodo, ampiezza (picco-picco, picco max, picco min, valore medio, val. efficace), tempo di salita/discesa, duty cycle, area sottesa, durata delle fasi "alte" (o "basse"), sfasamento: semplicemente premendo un tasto sul frontale dello strumento, si ottiene la visualizzazione dell'informazione richiesta.
- calibrazione: la calibrazione di un o. è un'operazione che richiede, in linea di principio, l'invio allo strumento di determinate forme d'onda, la visualizzazione della risposta (la traccia sullo schermo) e l'addebiatura delle eventuali azioni correttive necessarie (p.e. la calibrazione di un attenuatore); tutte queste operazioni devono essere svolte da un operatore con opportune capacità.

In un o. numerico queste operazioni possono essere gestite in maniera automatica: il controllore produce una f. d'onda con determinate caratteristiche, la invia in ingresso e valuta i confronti acquisiti: se questi non corrispondono all'ampiezza reale del segnale, possono essere effettuate operazioni di correzione sui confronti acquisiti, oppure può essere prodotta una segnalazione di errore per l'utente.

Si pensi p. esempio alla compensazione della sonda.

Modalità di trigger

Nell'o. analogico il segnale di trigger è generato (normalmente) in corrispondenza dell'attraversamento da parte del segnale di un determinato livello, in una determinata direzione (salita o discesa). Dunque l'evento di trigger è appunto il superamento di quel livello in quel verso.

Nell'o. digitale è possibile utilizzare anche altre condizioni per la generazione del segnale di trigger. A titolo di esempio ne citiamo alcune, riunite in gruppi.

- Edge (fronte): è quella già utilizzata nell'o. analogico

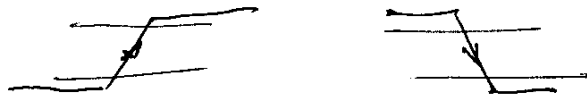
Pulse : * presenza di un impulso (positivo o negativo) di durata minore di un certo valore (glitch)



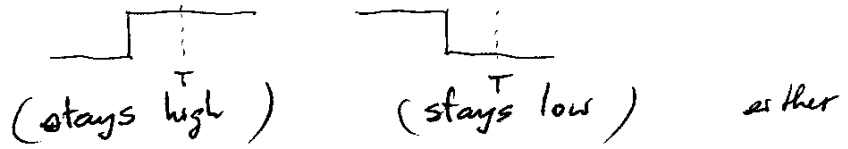
* presenza di un impulso più basso di un determinato livello



* fronte di impulso (positivo o negativo) più (o meno) ripido di un certo valore (slew-rate)



* assenza di transizione per un determinato tempo T (timeout)



in questo caso il trigger viene generato se, dopo un certo tempo T dall'ultimo \rightarrow movimento di una soglia (transizione) questa non viene nuovamente attraversata (in verso opposto)

* Presenza di un impulso (positivo o negativo) di durata superiore a una certa quantità (o comprese tra un val. minimo e un val. massimo)



LOGIC: * pattern: l'evento di trigger è il verificarsi di una certa condizione logica tra gli ingressi (AND, NAND, OR, NOR)

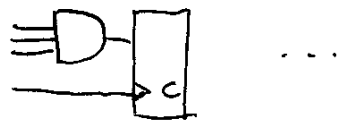


- x ciascuno dei canali se alto, basso, o qualsiasi
- x soglie logiche per ciascun canale

eventualmente è possibile specificare se la funzione logica deve essere VERA (FALSA) per più o meno di un certo tempo.

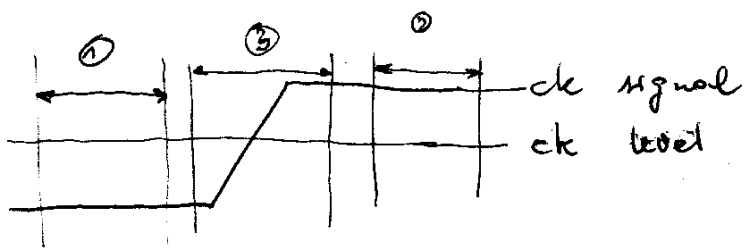
* stato

canali 4 usati come clock; l'evento di trigger è il verificarsi di una certa condizione LOGICA tra gli altri 3 ingressi, in corrispondenza di un cambio di stato del segnale di ck.



* setup/hold

l'evento di trigger è il cambiamento di stato (livello logico) di un ingresso in un determinato intervallo di tempo rispetto alla transizione del clock (inviato a un altro ingresso); l'intervallo di tempo può essere tutto precedente (1), tutto successivo (2) o "a cavallo" (3) dell'istante di transizione del ck.



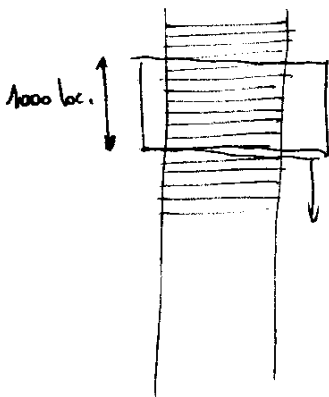
VIDEO: trigger attivato dalla presenza di un impulso di microsecondo orizzontale o verticale in un segnale video.

Altre modalità di funzionamento

Modalità Roll: è una modalità di funzionamento nelle quale l'immagine sullo schermo sembra

scorrere da destra verso sinistra - L'effetto si ottiene muovendo allo schermo il contenuto di una porzione di memoria che trasale continuamente, man mano

che il contenuto della memoria stessa viene rinnovato



es. display con 1000 punti in orizzontale

Questa modalità di funzionamento è comune quando il segnale è lento rispetto alla velocità di rinfresco dello schermo.