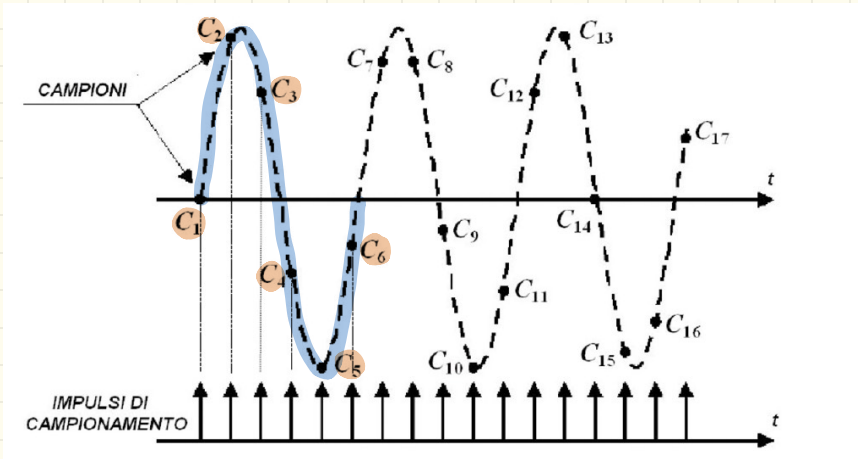


## Campionamento in tempo Reale (classico)



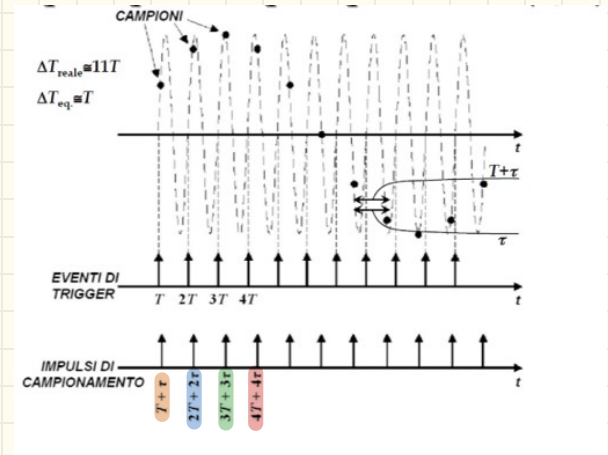
Questo è il "classico campionamento" che abbiamo descritto finora.

$$f_{\text{oscilloscopio}} < 2 f_{\text{segnale}}$$

## Campionamento in tempi EQUIVALENTI

Il campionamento in tempi equivalenti **permette di superare il limite del teorema del campionamento nel caso in cui l'input sia ripetitivo**.

Fissiamo un trigger: ogni volta che il segnale passa per lo zero ed ha una derivata positiva (crescente); supponiamo però che la forma d'onda ha una frequenza molto alta (ad esempio 1GHz, mentre il nostro convertitore è ad esempio 500MHz).



$$\begin{array}{l} \rightarrow 1T \quad 2T \quad 3T \quad 4T \\ \rightarrow T+\tau \quad 2T+2\tau \quad 3T+3\tau \quad 4T+4\tau \\ \rightarrow \tau \quad 2\tau \quad 3\tau \quad 4\tau \end{array}$$

$\Rightarrow$  la distanza di campionamento è  $\tau = 0$   $f_c = \frac{1}{\tau} \gg f_{\text{oscilloscopio}}$

## Campionamento Casuale in tempo EQUIVALENTE

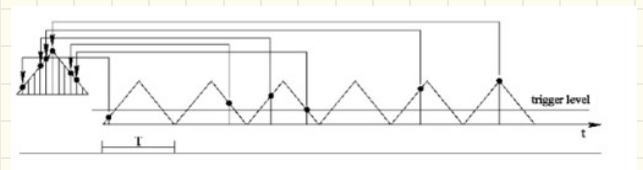
Il concetto è simile a quello precedente, ma invece di distanziare i campionamenti di  $\tau$  rispetto al periodo di campionamento reale, vengono distanziati di un tempo casuale rispetto all'istante di trigger. Il ritardo  $\tau$  è dato da un generatore di numeri casuali.

I campioni non si presentano in maniera sequenziale come prima, ma come un gran numero di campioni in disposizione casuale. In questo caso non basta un array (visto che prima i campioni erano **sequenziali**) ma **abbiamo bisogno di una matrice** perché dobbiamo memorizzare sia il campione sia il "ritardo" randomico del singolo campione.

**Vantaggi:**

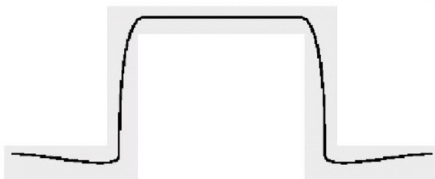
In questo caso vengono prelevati anche dei campioni nella fase **pre-trigger**, a differenza del campionamento in tempi equivalenti (sequenziali).

Dopo aver "campionato" l'oscilloscopio deve rappresentare i punti in maniera sequenziale ma **distanziati solo di  $\tau$** .



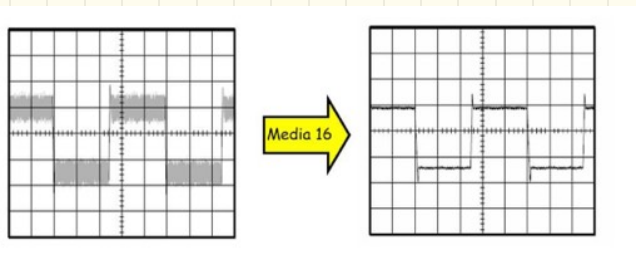
## MASCHERA

### Controllo di conformità con maschera prestabilita



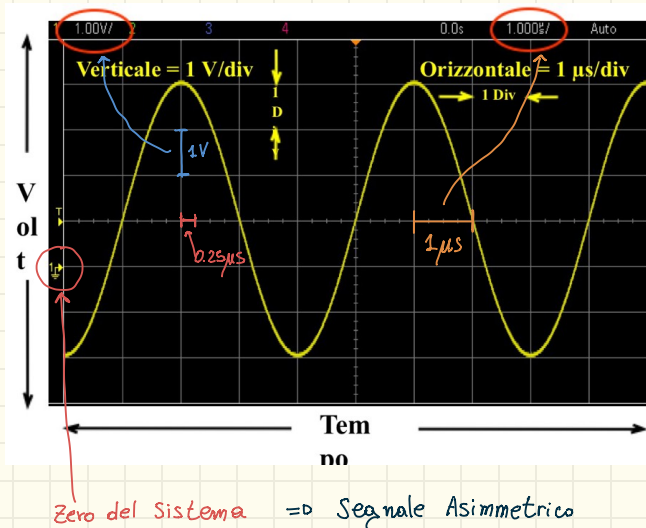
Non appena il segnale esce fuori dalla maschera prestabilita viene attivato un trigger.

## Elaborazioni del segnale

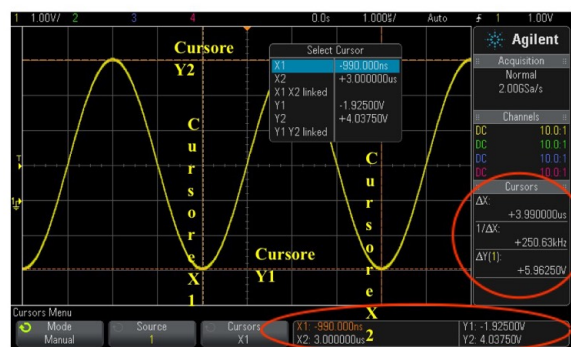


Dopo aver prelevato i dati, tramite l'oscilloscopio (che essenzialmente è un computer, e quindi può effettuare operazioni) possiamo **condizionare il segnale**: ad esempio possiamo fare la media di diverse acquisizioni in modo da **eliminare il rumore**.

## DISPLAY

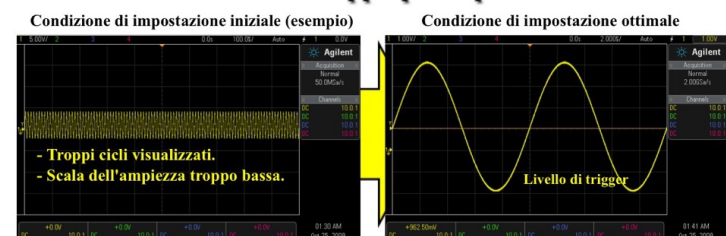


- $A_{\text{signal}} = 6V \equiv 6 \text{ V/div}$
- $T_{\text{signal}} = 4\mu s \equiv 4 \frac{\mu s}{\text{div}} \equiv \frac{1}{4\mu s} = 250 \text{ mHz}$

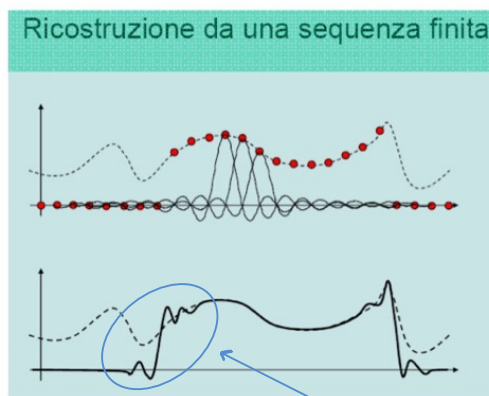
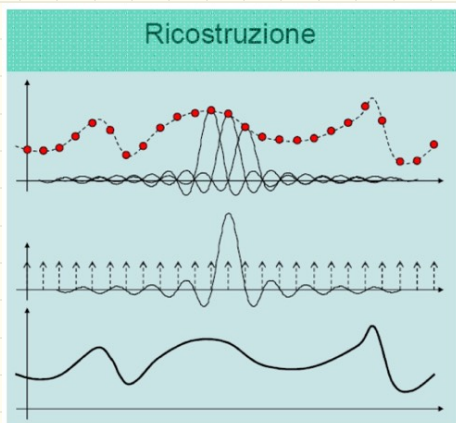


Tramite i cursori orizzontali e verticali possiamo **effettuare delle misurazioni** sul segnale visualizzato. Possiamo calcolare periodo e frequenza lungo l'asse del tempo e calcolare l'ampiezza sull'asse delle ordinate.

Abbiamo anche un tasto "help" che serve a far visualizzare **automaticamente** la forma d'onda in maniera chiara.



## Quantizzazione e Campionamento



Siccome con l'oscilloscopio stiamo campionando, dovremmo visualizzare una serie di **punti** sullo schermo. Questo non avviene perché avviene una **ricostruzione** tramite **interpolazione**. L'interpolazione può essere lineare o effettuata tramite la funzione **sinc()**, ovvero  $\sin(x)/x$ .

Se il segnale in ingresso passa in maniera repentina da 0 ad un valore !=0 avremo **delle oscillazioni**.

La macchina ci permette di **scegliere cosa visualizzare**:

1. Partiamo dai **campioni**: questo perché è quello che la macchina realmente ha in memoria
2. Possiamo poi aggiungere un'interpolazione lineare. Ovviamente non sempre questa è la scelta migliore: potremmo confondere una sinusoide con un'onda a dente di sega o triangolare.
3. possiamo poi aggiungere una **sinc()**. Questa modalità ci permette di visualizzare una sinusoide molto simile a quella reale, ma **attenzione**: la sinusoide che vediamo **non è quella reale**, ma solo un'interpolazione "fatta molto bene". Tra due punti potrebbe esserci qualcosa di molto strano (ad altissima frequenza) che però non visualizziamo

GIBBS DI GIBBS

Nella realtà per campionare adeguatamente una sinusoide abbiamo bisogno di almeno **10 punti per periodo**.

ES: Conv. 100 MHz

4 Canali con MUX

$$\Rightarrow f_c = 100 \text{ MHz} / 4 = 25 \text{ MHz}$$

ma se dobbiamo prendere...

$$\left\{ \begin{array}{ll} 2 \text{ Punti} \rightarrow \frac{25 \text{ MHz}}{2} = 12.5 \text{ MHz} \\ 10 \text{ Punti} \rightarrow \frac{25 \text{ MHz}}{10} = 2.5 \text{ MHz} \\ 15 \text{ Punti} \rightarrow \frac{25 \text{ MHz}}{15} = 1.67 \text{ MHz} \end{array} \right.$$

Con  $\text{Sinc} = \frac{\sin x}{x}$  possiamo prendere 2.5 punti/T  $\Rightarrow \frac{25 \text{ MHz}}{2.5} \approx 10 \text{ MHz}$