

# COSA E' IL CLOCK DI UN PC?

Lez 20 2020-12-10

Ricordiamo che se sollecitiamo alcuni materiali, come il quarzo, elettricamente il materiale vibra, mentre se lo sollecitiamo meccanicamente questo produce una tensione.

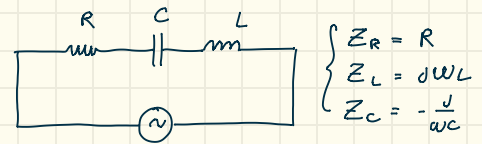
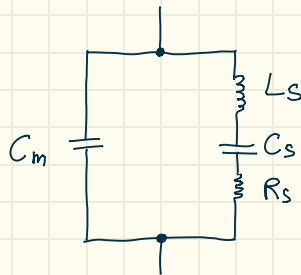
Il quarzo ha una disposizione degli atomi ben definita: possiamo **tagliare** in diversi modi il cristallo per ottenere **dei tagli diversi**: questi possono essere più o meno stabili, ovviamente vogliamo un clock costante nel tempo; questa qualità deriva proprio dal tipo di taglio.

## RISONATORE AL QUARZO

A seconda di come tagliamo un cristallo di quarzo, possiamo ottenere caratteristiche diverse (frequenze diverse). Inoltre ponendolo tra due lamine di metallo, e quindi **formando un condensatore**, abbiamo un comportamento induttivo/capacitivo a seconda della frequenza di risonanza serie/parallelo:

- Frequenza di risonanza parallela: capacitivo
- frequenza di risonanza serie: induttivo

Circuito equivalente di un oscillatore al quarzo



$$Z_{TOT} = Z_R + Z_L + Z_C = R + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

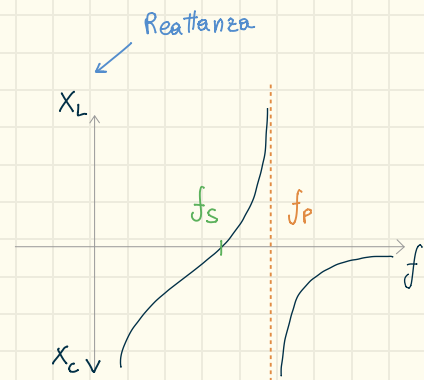
$$= R + j \left( \frac{\omega^2 LC - 1}{\omega C} \right) \triangleq \text{Re}P + j\text{Im}P$$

La frequenza di risonanza si ha nel momento in cui l'impedenza è puramente resistiva, quindi quando la parte immaginaria di  $Z_{TOT}$  è nulla.

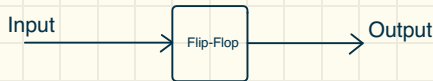
$$\frac{\omega^2 LC - 1}{\omega C} = 0 \text{ per } \omega L = \frac{1}{\omega C} \rightarrow \omega^2 LC = 1$$

$$\omega = \pm \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \text{FREQ DI RISONANZA}$$

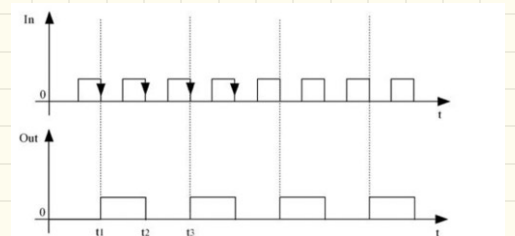
$$\text{ma } \omega = 2\pi f \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{1}{LC}} \rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



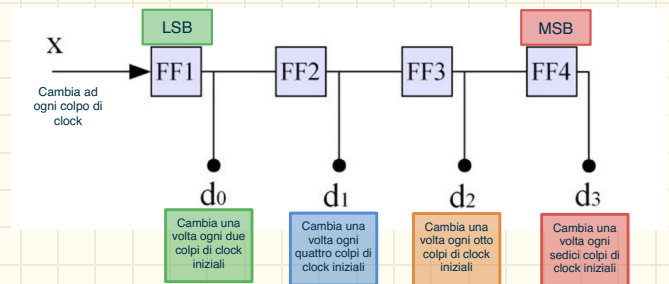
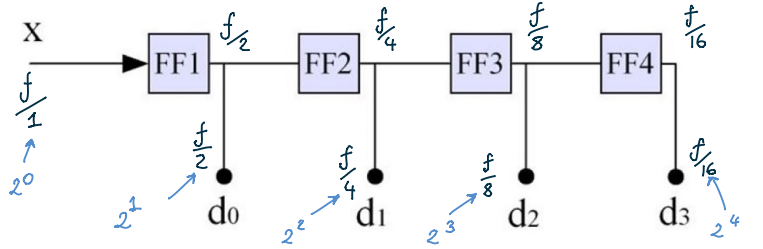
## CONTATORI NUMERICI



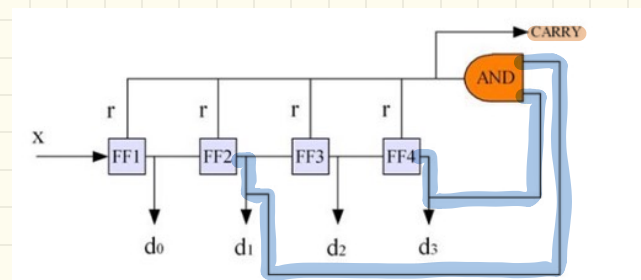
Il componente principale di un contatore è il **Flip-Flop**. Il flip flop ha il seguente comportamento: durante il **fronte di discesa** di un segnale in ingresso (cioè l'input passa da alto a basso) il flip flop commuta. Possiamo quindi rappresentare la relazione ingresso uscita con il diagramma al lato:



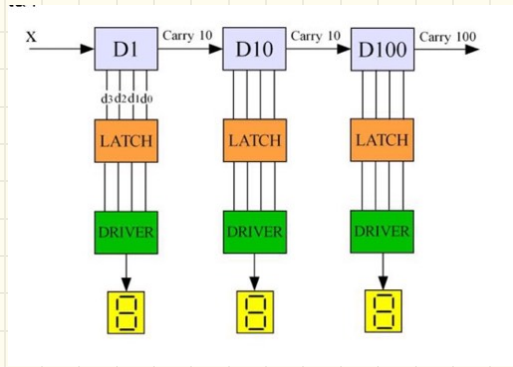
Ci accorgiamo che l'uscita **ha la frequenza dimezzata** rispetto all'ingresso. Capiamo quindi che possiamo realizzare un **divisore di frequenza**.



Ci accorgiamo che ogni volta che troviamo i bit d1 e d4 alti **insieme** abbiamo **contato 10**. Quindi possiamo realizzare un contatore **per decadi**:



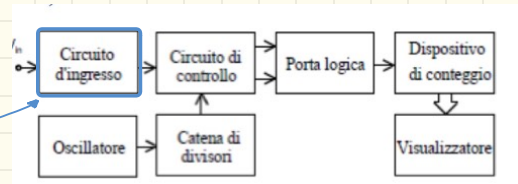
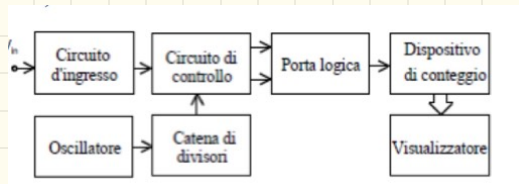
$$1010 \hat{=} 10$$



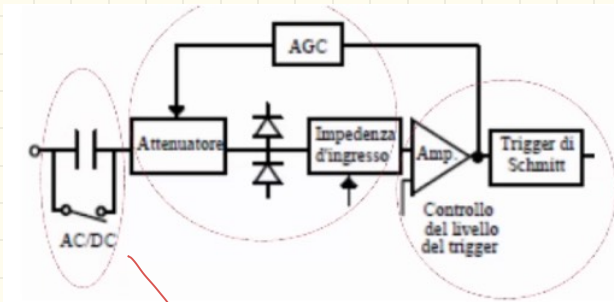
Ogni contatore viene resettato ogni volta che raggiunge 10.  
Il carry (segnale dell'AND che diventa alto quando arriviamo a 10) viene inviato come **segnale di input al prossimo contatore**. Riusciamo così a contare per decadi.

FREQUENZIMETRO

## BLOCCHI FONDAMENTALI DI UN CONTATORE DI FREQUENZA



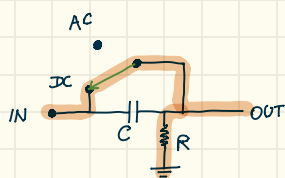
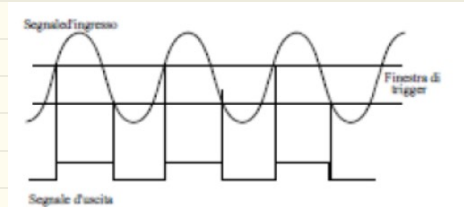
### CIRCUITO DI INGRESSO (1)



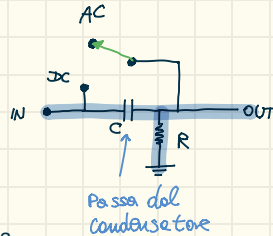
- Abbiamo 3 parti fondamentali:
- accoppiatore AC/DC che ci permette di cambiare l'input da alternato a continuo.
  - un blocco di **guadagno automatico ACG** che ci permette di modulare il segnale in ingresso in modo da farlo entrare sempre entro il fondoscala; in altre parole fa sì che il segnale sia sempre entro un intervallo ben definito.
  - trigger: ogni volta che il segnale **supera un valore di trigger**, viene generato un impulso. Questo segnale (ad impulsi) **ha la stessa frequenza** del segnale sinusoidale.

TRIGGER

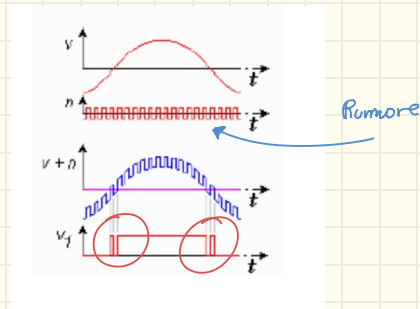
MOLTO IMPORTANTE



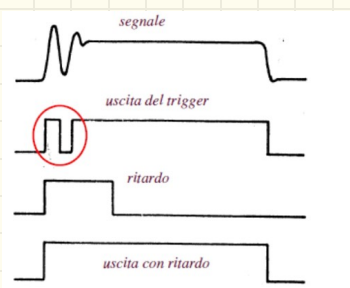
Quando selezioniamo l'accoppiamento AC il segnale passa attraverso il condensatore (e la resistenza) che **filtra la corrente continua** e fa passare solo la corrente alternata.



Il problema del trigger è che se abbiamo un segnale **con rumore**, il trigger si va ad attivare anche quando non dovrebbe, generando un segnale sbagliato:

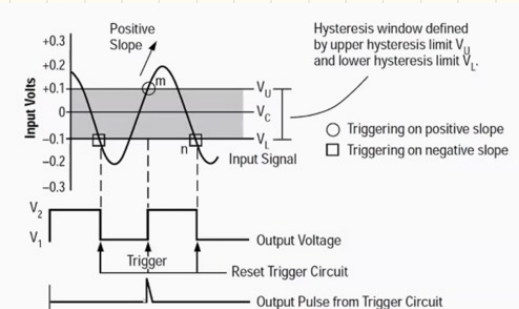


Il trigger si attiva quando supera la soglia **sia negativa che positiva**: in questo modo siamo sicuri di aver fatto un periodo e **consideriamo il trigger in corrispondenza del fronte di salita**



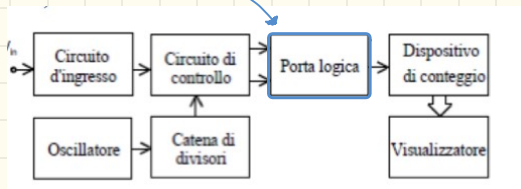
Possiamo anche introdurre un ritardo nel trigger in modo che questo non consideri i **primi istanti del segnale che potrebbero avere un periodo transitorio** (e quindi generare più di un trigger)

### TRIGGER A DUE SOGLIE



a. Triggering on a positive slope. Signal must cross both hysteresis limits to activate the trigger circuit.

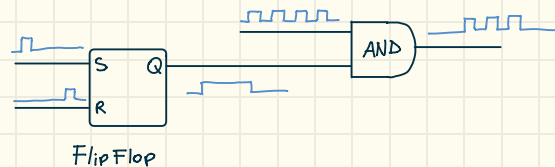
# PORTA LOGICA ②



La porta logica o Gate ha due ingressi: **start e stop** che ricevono in ingresso **un impulso alto**.

Lo scopo della gate è quello di **far passare il segnale in ingresso solo in seguito ad un segnale di start** e di fermare il passaggio dopo un segnale di stop.

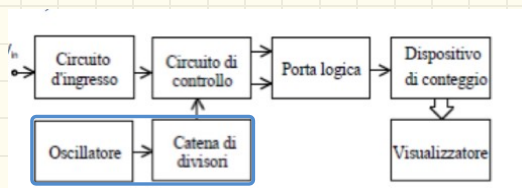
La gate **ha la forma di un AND** perché il segnale in ingresso viene moltiplicato per un **segnale di abilitazione** che viene generato da un **flip-flop** che a sua volta è comandato dai segnali start e stop.



Essenzialmente questa porta logica serve a **tagliare** il segnale in ingresso entro un **certo lasso di tempo**.

*Aiuta a capire il concetto sapere cosa verrà dopo: questo circuito serve a misurare la frequenza di un segnale, e siccome per misurare la frequenza abbiamo bisogno di sapere quanti periodi ci sono in un secondo, faremo passare il segnale per un secondo e lo misureremo.*

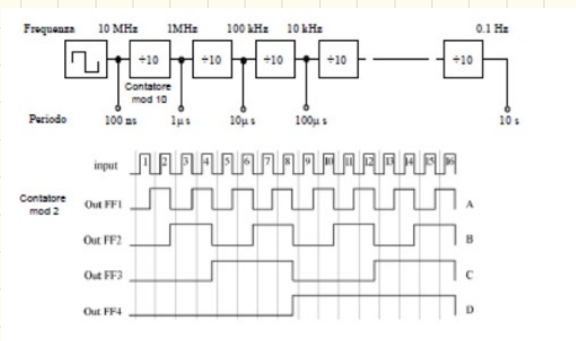
## BASE DEI TEMPI



**Da cosa è controllato il segnale di start e stop del gate?**  
Il segnale che attiva e disattiva la gate proviene da una **catena di divisori** formata da N flip-flop che **dividono il clock di un oscillatore fino a portarlo ad una frequenza di 1Hz**.

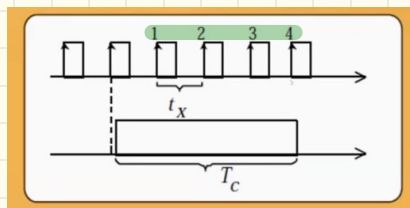
Questa frequenza per noi è importantissima perché ci permette di far passare gli impulsi **per esattamente un secondo**. Potremo quindi calcolare la frequenza contando il numero di impulsi nell'arco di un secondo.

È importante però che **la base dei tempi sia stabile**: se prevediamo un periodo di un secondo, **deve sempre essere un secondo**.



Per **base dei tempi** si intende il periodo di tempo utilizzato come base per la misurazione del tempo o frequenza.

## INCERTEZZA DI QUANTIZZAZIONE

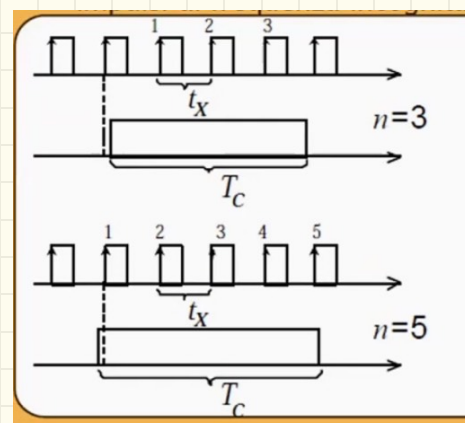


**IDEALMENTE**  
**4 IMPULSI**

Idealmente dovremmo contare 4 impulsi. Ma il segnale di conteggio può partire un poco prima o un poco dopo e generare una delle due situazioni a destra. Capiamo quindi che **avremo sempre un errore di conteggio di 1 impulso**. L'errore assoluto corrisponde proprio all'errore di conteggio: 1.

L'errore relativo, invece, **dipende da quanti impulsi dobbiamo contare** (o abbiamo contato); maggiore è il numero di impulsi diminuiamo l'errore relativo.

Ma se la frequenza di ingresso è fissa, dobbiamo aumentare la finestra temporale in cui misuriamo gli impulsi: **dobbiamo perdere più tempo**.



### Contatore numerico: Applicazioni

- Conteggio di eventi
- Misure di frequenza
- Misura di rapporto tra frequenze
- Misura di periodo
- Misura di periodo medio
- Misura di intervallo di tempo
- Misura durata di impulso
- Misura di ritardo di fase

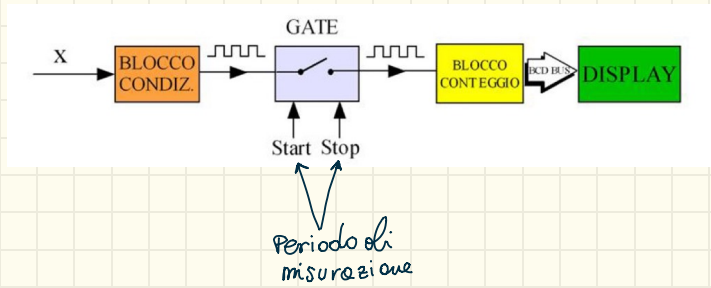
$$n = 4 \pm 1 \Rightarrow \sigma_n = 1$$

incertezza assoluta

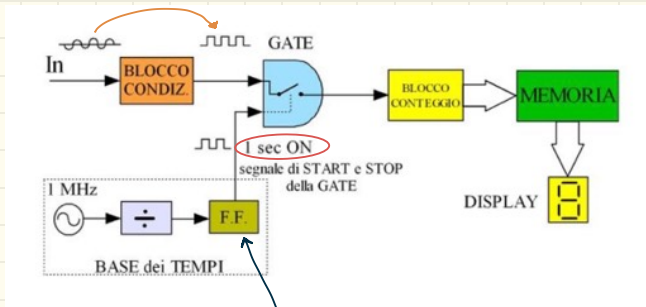
$$\left| \frac{\sigma_n}{n} \right| = \frac{1}{4}$$

incertezza Relativa

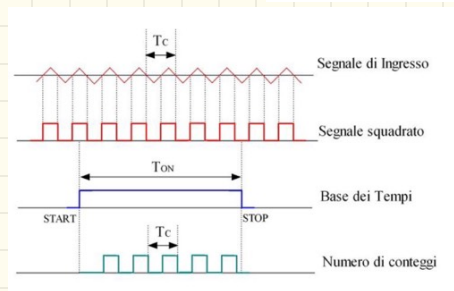
## CONTATORE DI EVENTI



## FREQUENZIMETRO



Il clock viene diviso fino ad arrivare ad 1 secondo di periodo



$T_{ON}$  - Tempo di misura.

$N_c$  - Numero di periodi durante  $T_{ON}$

$T_c$  - Tempo del periodo

$$\Rightarrow T_{ON} = N_c \cdot T_c$$

$$\Rightarrow T_c = \frac{T_{ON}}{N_c}$$

Misurato dal contatore

$$F = \frac{1}{T} \Rightarrow F_c = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{\frac{T_{ON}}{N_c}} = \frac{N_c}{T_{ON}}$$

FREQUENZA

c'è un'incertezza!

$$\Delta F_c = \pm \frac{1}{T_{ON}}$$

la finestra può sbagliare in positivo o negativo

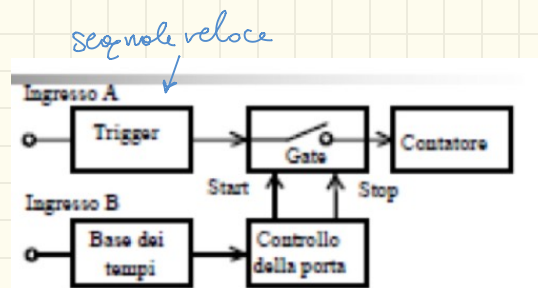
More della favola

$$F_c = \frac{N_c}{T_{ON}} \pm \frac{1}{T_{ON}}$$

Siccome l'errore di misura (e quindi l'incertezza) dipende dal numero dei campioni letti in un secondo, **maggiore è il numero di impulsi migliore sarà la misura**: capiamo quindi che il **frequenzimetro è adatto alla misura di frequenze di valore elevato (>1000Hz)**

## RAPPORTO TRA FREQUENZE

Possiamo fare il rapporto tra due frequenze **controllando la gate con il segnale avente una frequenza minore**: in questo modo il segnale a minore frequenza (e periodo più lungo) fa passare n impulsi del segnale a maggiore frequenza; a valle c'è un contatore che conta gli N impulsi, possiamo semplicemente dividere.

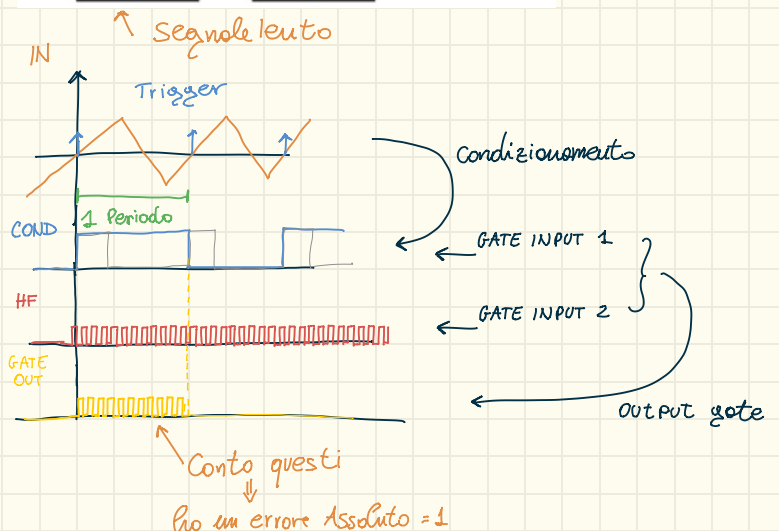


## PERIODIMETRO

Se il nostro segnale di ingresso ha una frequenza bassa, avremo un errore relativo alto. Possiamo risolvere questo problema **misurando il periodo del segnale** e non la sua frequenza. Per fare ciò **scambiamo gli ingressi**: mandiamo al blocco di condizionamento il segnale di ingresso, che tira fuori un'onda quadra. Quest'onda quadra avrà due picchi corrispondenti proprio all'inizio ed alla fine di un periodo!

Possiamo usare quest'onda quadra per **pilotare la gate**, che quindi **rimarrà aperta proprio per un tempo corrispondente al periodo del segnale in ingresso**.

All'altro ingresso della gate forniamo un **segnale ad alta frequenza nota prodotto da un nostro oscillatore**: la gate tirerà fuori **N impulsi** che passano durante il periodo del segnale di ingresso. Ci basta quindi **contare questi impulsi** e sapremo quanto dura il periodo dell'input.





### Attenzione

Bisogna notare che alla gate va in ingresso il segnale rappresentato in grigio, ovvero un impulso ogni volta che c'è un evento di trigger (derivata positiva e valore maggiore di zero in questo caso). Successivamente il flip flop crea un segnale alto per il tempo compreso tra due impulsi alti.

Periodo da Trovare

$$T_{ON} = T_X = N_c \cdot T_c$$

Numero degli impulsi del mio oscillatore

Periodo degli impulsi del mio oscillatore

Il mio errore è sempre di 1 impulso!

$$\Delta T_x = \pm 1 T_c$$

⇒

$$T_{ON} = N_c \cdot T_c \pm 1 \cdot T_c$$

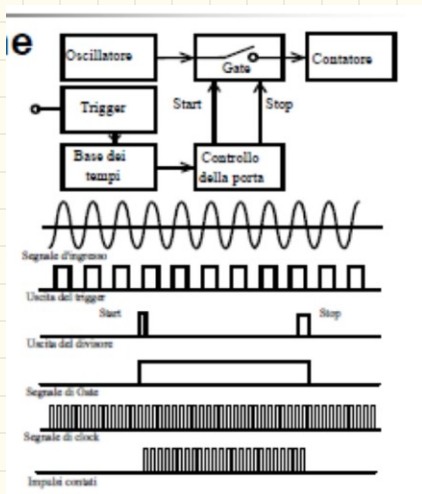
maggiorazione e la freq del mio oscillatore minore e l'errore relativo

### Morale della favola

Per segnali ad alta frequenza conviene misurare direttamente la frequenza.

Quando invece abbiamo **segnali a bassa frequenza ci conviene misurarne il periodo** con il metodo appena esposto!

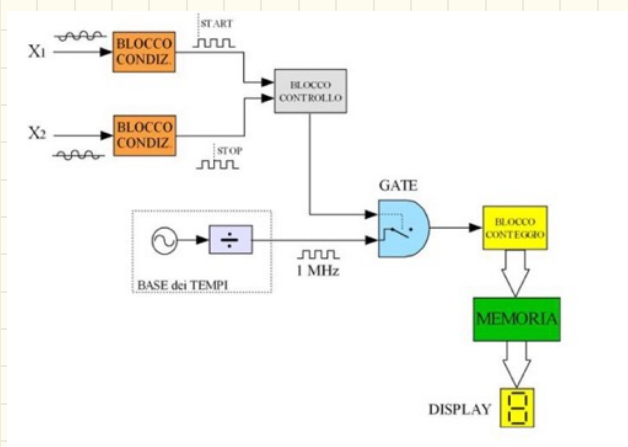
## PERIODO MEDIO



Andiamo a misurare gli impulsi non di un solo periodo, ma di **k periodi**. Dopodiché dividiamo per k ed otteniamo il periodo medio.

## INTERVALLO DI TEMPO

Basta controllare la gate con un impulso di inizio ed uno di fine, fornire all'altro input un'onda quadra di frequenza nota e riusciamo a calcolare il tempo Trascorso tra due impulsi.



Abbiamo due sinusoidi della stessa frequenza ma sfasate tra loro. Vanno ad un blocco di condizionamento che tira fuori delle onde quadre. Questi due segnali vanno ad un blocco di condizionamento avente la seguente logica:

Al primo fronte di salita del primo segnale attiva la gate (impulso alto) ed al successivo fronte di salita del secondo segnale manda un altro impulso alla gate e la chiude.

Ci basta quindi contare il numero di impulsi (generati da un oscillatore a noi noto ad alta frequenza) e fare gli opportuni calcoli; dobbiamo portare la misura dal dominio del tempo al dominio dei gradi o radianti:

Sfasamento gradi / radianti

$$T_{ON} : T_S = \varphi^\circ : 360^\circ$$

$$T_{ON} : T_S = \varphi^{Rad} : 2\pi$$

Periodi

Sfasamento nel tempo

Periodo Segnale