

**Misure Elettroniche**  
**07BSP**  
(Ingegneria dell'Informazione)

Esercitazione di laboratorio

**Misure di frequenza**  
Umberto Pisani  
Maggio 28, 2005

## Scopo

L'esercitazione consiste nel misurare la frequenza generata da un generatore di segnale utilizzando:

1. la tecnica di conteggio (frequenzimetro numerico)
2. confronto con oscillatori campione (battimento)

## 1 Materiale a disposizione e considerazioni generali

Oltre agli strumenti comunemente presenti in laboratorio, per questa esercitazione avrete a disposizione:

1.1 **Scheda** con generatore di segnali già utilizzata per le altre esercitazioni (rosso +12 V, nero -12 V, verde massa).

1.2 **Generatore di funzioni** (sinusoidali, quadre, ecc..)

Per le caratteristiche del generatore consultare il sito del LADISPE (strumentazione)

1.3 **Campione al quarzo**

Il campione di frequenza al quarzo è un oscillatore termostattizzato in cui il quarzo è posto all'interno di una cella a temperatura di 70 °C. Il segnale di uscita è a  $f_c=5$  MHz disponibile su connettore BNC. L'oscillatore si alimenta a +12 V (rosso +12 V, nero massa).

Nella fase iniziale di riscaldamento l'assorbimento di corrente è alto (il sistema deve portarsi in temperatura e la frequenza è grossolanamente sbagliata).

Successivamente l'assorbimento cala e il campione è pronto per essere usato.

Quando alimentate i quarzi, potete osservare con l'oscilloscopio oppure con il contatore la variazione di frequenza durante il riscaldamento.

(In realtà il campione **dovrebbe essere sempre tenuto in funzione** per mantenere l'accuratezza di taratura)

1.4 **Frequenzimetro (periodimetro) a contatore.**

Per le caratteristiche del contatore consultare il sito del LADISPE (strumentazione)

1.4.1 Funzioni presenti nel contatore

I contatori universali hanno due canali di ingresso e sono dotati di molteplici funzioni che permettono di misurare le seguenti grandezze:

1. frequenza del segnale (provate misurando la frequenza di A0)
2. periodo del segnale (provate misurando A0)
3. periodo medio del segnale (provate misurando A0) (suggerimento: usate la funzione TI AVG ed eventualmente COM A/B, consultate il manuale per capire cosa fanno)
4. tempo di ritardo e sfasamento tra i segnali (provate misurando tra i segnali A0 e B0) (suggerimento: usate la funzione TI A to B)
5. tempo di ritardo e sfasamento medio tra i segnali (provate misurando A0 e B0) (suggerimento: usate la funzione TI AVG)
6. *duty cycle* di un segnale impulsivo (provate misurando B4) (suggerimento: usate la funzione TI A to B)
7. rapporto di frequenze (provate misurando il rapporto di frequenze tra i segnali A1 e B1)

Nelle misure di frequenza con contatore può capitare che lo strumento dia delle letture grossolanamente sbagliate. Ci si può accorgere dell'errore osservando lo stesso segnale con un'oscilloscopio. Verificate cosa succede se misurate la frequenza del segnale A0 (proveniente dalla scheda) quando NON sono introdotti attenuatori né filtri all'ingresso del contatore (consultate il manuale). Inserite adesso il filtro passabasso, oppure un attenuatore 1:10 e verificate cosa succede.

Spiegate il motivo (ricordate che il segnale viene condizionato amplificatore/attenuatore/trigger per essere trasformato in impulsi).

1.4.2 Tempo di *gate*

Nel vostro contatore Hameg avete a disposizione la regolazione del tempo di *gate* (durata della misura), dalla quale dipende la risoluzione della misura e anche l'incertezza di quantizzazione. Provate

a regolare tale tempo e giustificare il numero di cifre visualizzato sul display nel caso della misura di frequenza del segnale A0.

#### 1.4.3 Stima della risoluzione e incertezza

Per ciascuna delle misure eseguite dovrete indicare incertezza e risoluzione della misura. Leggete le specifiche che trovate sul manuale (*resolution* e *accuracy*) e attenetevi a quelle.

Per il calcolo dell'incertezza vi servirà annotare il tempo di *gate* con il quale state eseguendo la misura. Inoltre dovrete calcolare il contributo di incertezza dovuto al rumore sovrapposto al segnale in misura. Per questo contributo ipotizzate che i vostri segnali abbiano tutti un rapporto S/N = 40 dB.

#### Nota

$$\frac{V_n}{t_e} = \frac{dv_x}{dt}, \quad t_e = \frac{V_n}{\frac{dv_x}{dt}}, \quad v_x = V_x \sin(2\pi f_x t), \quad \left. \frac{dv_x}{dt} \right|_{\max} = 2\pi f_x V_x \cos(2\pi f_x t) \Big|_{\max} = 2\pi f_x V_x$$

A  $v_x(t)=0V$  conviene porre il livello di trigger per minimizzare l'errore. E' noto il rapporto S/N:

$$\frac{V_x}{V_n} = 40\text{dB} = 100$$

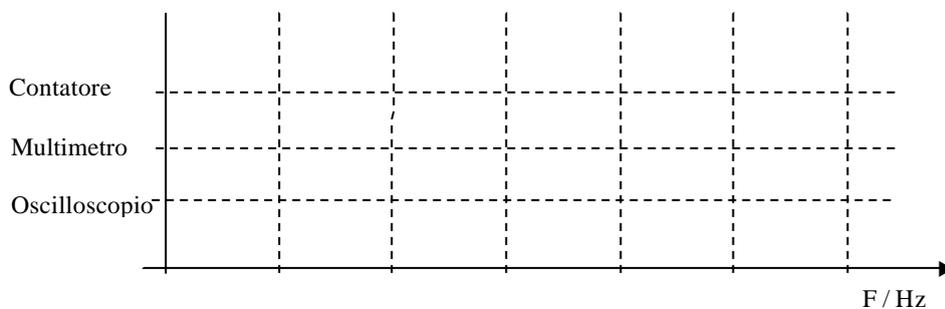
## 2 Misure con il contatore

Misurate con il contatore, utilizzandone le varie funzioni, le seguenti grandezze:

- 2.1. frequenza del segnale A0  
Tgate= 2 ms, 10ms, 100ms, 1s
- 2.2. periodo del segnale A0  
Tgate= 2 ms, 10ms, 100ms, 1s
- 2.3. periodo medio del segnale A0  
Tmisura= 10ms, 100ms, 1s
- 2.4 sfasamento tra i segnali A0 e B0
- 2.5. sfasamento medio tra i segnali A0 e B0
- 2.6. *duty cycle* di B4
- 2.7. rapporto di frequenze tra i segnali A1 e B1

## 3 Confronto di misure di frequenza

3.1 Misurate ora la frequenza del segnale A0 utilizzando l'oscilloscopio e la funzione misura di frequenza del multimetro e verificate la compatibilità delle misure disegnando il diagramma di compatibilità. (Per ogni misura calcolate l'incertezza, secondo le indicazioni dei manuali degli strumenti)



## 4 Misura della frequenza del generatore di funzioni per confronto con il campione a quarzo

Generate con il generatore di funzioni da banco un segnale sinusoidale il più possibile vicino a 5 MHz e misuratene la frequenza con il contatore. La misura viene fatta indirettamente misurando con diverse tecniche la differenza tra la frequenza incognita (generatore di segnali) e il campione a quarzo. Calcolate l'incertezza della misura e verificate le specifiche di accuratezza del generatore.

### 4.1 Misura della differenza di frequenza mediante oscilloscopio

Collegate ai due canali dell'oscilloscopio i due segnali provenienti dal generatore e dal quarzo a vostra disposizione. Sganciando il *trigger* con il canale 1, la traccia 1 sta ferma, mentre la traccia 2 scorre sullo schermo. Misurate con il vostro orologio da polso la velocità di scorrimento e calcolate lo scarto di frequenza tra i due segnali (dimostrate che tale scarto è dato dal reciproco dell'intervallo di tempo compreso tra due sovrapposizioni successive delle sinusoide).

E' possibile, dalla rappresentazione oscillografica, riconoscere se la frequenza incognita del generatore è superiore o inferiore alla frequenza del quarzo?

Per migliorare l'accuratezza con cui misurate tale intervallo potete misurare la durata di N sovrapposizioni e poi dividere per N.

Calcolate l'incertezza con cui misurate l'intervallo ipotizzando che questa sia dovuta essenzialmente ai tempi di reazione dell'operatore nel decidere gli istanti di *start* e di *stop*. (Si può pensare ad una incertezza assoluta  $\delta T = 0.1s$  sull'intervallo misurato).

4.2 Ripetere la prova utilizzando le figure di Lissajous (concettualmente il fenomeno è lo stesso, cambia solo il modo di rilevare le coincidenze di fase).

### 4.3 Misura del battimento utilizzando un *mixer*

Inviando le due frequenze agli ingressi di un *mixer* in uscita si hanno tante componenti di intermodulazione tra cui la differenza delle frequenze d'ingresso (che è la frequenza più bassa). Per osservare il segnale alla frequenza di battimento si utilizza l'oscilloscopio seguendo lo schema della figura 1. Per vedere bene il segnale alla frequenza differenza è opportuno aggiungere un filtro passa basso, come indicato in figura. La piedinatura del *mixer* è mostrata in figura 2. Attenzione: il *mixer* si DISTRUGGE se riceve all'ingresso una continua oppure un segnale di ampiezza eccessiva. Attenetevi alle indicazioni.

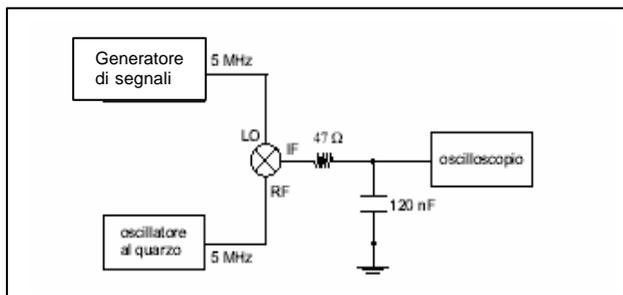


Figura 1: Schema di prova

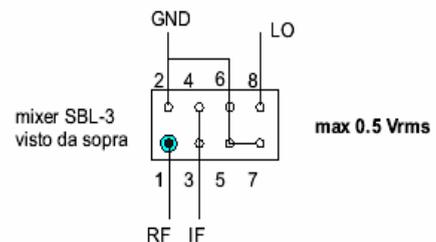


Figure 2: Piedinatura del mixer doppio bilanciato SBL-3.

Con l'oscilloscopio potete osservare il segnale a frequenza differenza tra il generatore ed il quarzo campione (aspettate che il quarzo abbia raggiunto la temperatura di regime). Tenete presente che questa differenza di frequenze è nota in valore assoluto.

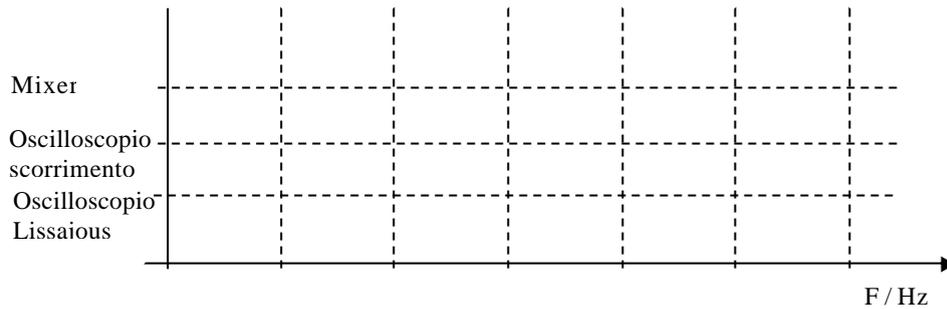
Misurate direttamente la frequenza differenza e stimate l'incertezza della misura.

Calcolate la frequenza del generatore considerando il quarzo come campione di riferimento. E' possibile con qualche accorgimento conoscere se la frequenza incognita del generatore è superiore o inferiore alla frequenza del quarzo?

Stimare l'incertezza della frequenza del generatore, nota quella "nominale" del campione e l'incertezza con cui avete misurato la differenza delle frequenze.

#### 4.4 Confronto delle misure

Verificate la compatibilità delle misure con il solito diagramma (nota che le misure sono state fatte in tempi diversi e quindi ci possono essere differenze dovute a fenomeni di deriva nel tempo, ipotizzando che la frequenza del generatore non sia stata variata per tutta la durata della misurazione).



## 4 Copyright

Questa dispensa è di proprietà del Politecnico di Torino e può essere liberamente usata dagli studenti del Politecnico di Torino per la preparazione agli esami, ma è vietato qualsiasi uso diverso.

Copyright © 2005 - Politecnico di Torino Corso Duca degli Abruzzi 24 10129 Torino Italy

L'autore di questa dispensa è Umberto Pisani.