



Euro Leonardo (mrc)

[II] INTRODUZIONE AGLI ERRORI NEL CONTATORE NUMERICO.

10 October 2012

INTRODUZIONE

Vorrei completare, anche se in maniera introduttiva, il discorso intrapreso con [questo mio primo articolo](#) analizzando in questo secondo articolo, le cause tipiche di errore nelle misurazioni con il contatore numerico.

Nel seguito considero i principali tipi di errore.

INCERTEZZA NELLA CIFRA MENO SIGNIFICATIVA

Il segnale di ingresso, da misurare non è sincronizzato con il segnale di apertura del gate; questa situazione genera un errore di ± 1 unità nella cifra meno significativa conteggiata.

L'affermazione, di cui sopra, si spiega considerando la posizione temporale del segnale di gate rispetto al segnale da misurare, vedi figura:

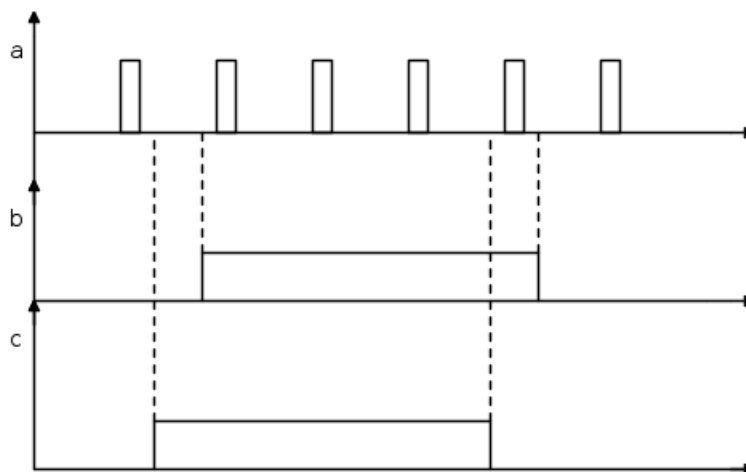


Fig.1

a: impulsi da contare.

b, c: tempo di apertura del gate diversamente posizionato.

Come si può osservare, dalla figura, la diversa posizione temporale del segnale di apertura del gate determina una diversa misura del numero di impulsi.

Infatti con la posizione, del segnale di apertura, raffigurata in b si contano 4 impulsi, invece con la posizione raffigurata in c si contano 3 impulsi. In conseguenza di questo fenomeno si ha un errore relativo:

$$\pm \frac{1}{n}$$

Dove n è il numero di impulsi.

Questo discorso è valido per il risultato di una sola misurazione; se si fanno più misure e si esegue la media, l'errore si riduce. Vedi paragrafo "METODI PER RIDURRE GLI ERRORI".

ERRORI DEL GATE

Il GATE introduce un ritardo nella propagazione del segnale. Questo ritardo produce una variazione del tempo di apertura della porta, che a volte potrebbe essere significativa. Per ridurre tali tempi si usano di solito porte realizzate con tecnologia ECL. Un altro errore sul tempo di apertura del GATE è introdotto dal circuito di controllo della stessa porta. Infatti, il flip-flop che controlla la generazione del segnale di abilitazione può troncare gli impulsi da contare, come mostrato in Fig.2, essendo i segnali di start e stop non sincronizzati con il segnale da misurare.

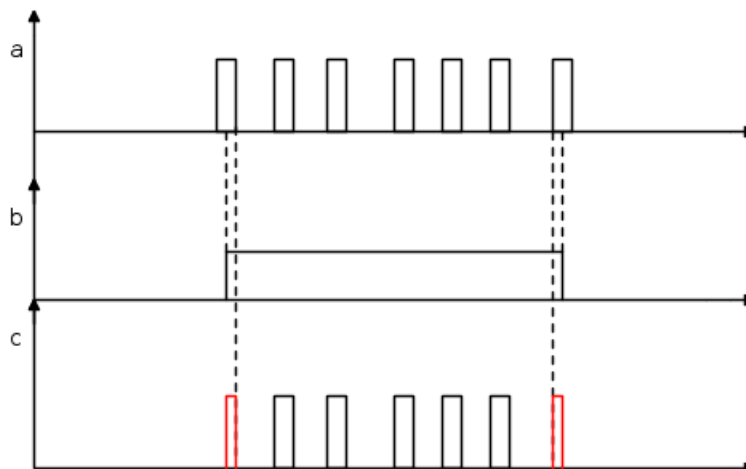


Fig.2
 a: impulsi da contare.
 b: tempo di apertura del gate.
 c: impulsi contati.

Il troncamento di due impulsi, disegnati in rosso, può generare, alle volte, un errore maggiore di un impulso.

Questo tipo di errore può essere corretto utilizzando un circuito per sincronizzare l'apertura del GATE con gli impulsi da contare come quello della figura seguente:

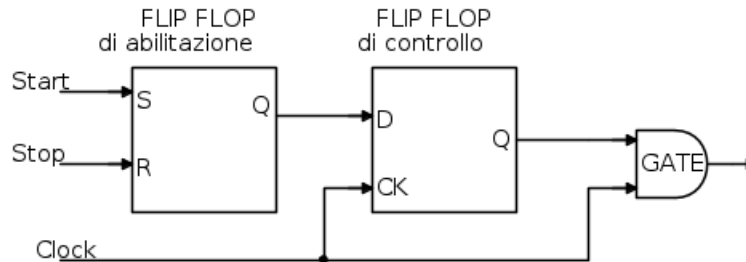


Fig. 3

I segnali di start e stop generano un segnale di abilitazione, tramite il flip flop omonimo, che viene applicato al flip-flop di controllo. In corrispondenza di una transizione del segnale di clock si ha la generazione del segnale di abilitazione del GATE. In questo modo nessuno degli impulsi viene troncato.

ERRORI DOVUTI ALLA BASE DEI TEMPI

Gli errori dovuti alla base dei tempi sono determinati essenzialmente dalle caratteristiche di stabilità dell'oscillatore. La stabilità di quest'ultimo è influenzata dai seguenti parametri:

variazioni di temperatura,

variazioni della tensione di rete,

invecchiamento,

rumore.

VARIAZIONI DI TEMPERATURA

L'oscillatore è basato sull'uso di un cristallo di quarzo. La stabilità della frequenza di oscillazione, in questi casi, dipende dal coefficiente di temperatura del quarzo e dalle sue caratteristiche meccaniche. L'effetto della temperatura può essere ridotto

utilizzando un quarzo con un basso coefficiente di temperatura. Oppure facendo lavorare il quarzo alla temperatura in cui il coefficiente di temperatura risulta nullo. In questo caso si ottiene una stabilità tipica di $5 \cdot 10^{-9}/^{\circ}\text{C}$. Quando la stabilità richiesta è elevata, si ricorre ad altre soluzioni come oscillatori termostatati. In quest'omodo si ottengono delle stabilità dell'ordine di $10^{-10}/^{\circ}\text{C}$. Esistono anche oscillatori in cui le variazioni di frequenza dovute alla temperatura sono compensate da un altro elemento del circuito oscillatore che, al variare della temperatura, tende a variare la frequenza in senso opposto. Con questi dispositivi si ottengono delle stabilità dell'ordine di $5 \cdot 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$.

VARIAZIONE DELLA TENSIONE DI RETE

Le variazioni del valore della tensione di rete influiscono sulla stabilità della frequenza dell'oscillatore attraverso la stabilizzazione dell'alimentatore. Se quest'ultimo è di qualità elevata ne risulta una stabilità di $5 \cdot 10^{-10}$ per variazioni del 10% della rete.

INVECCHIAMENTO (STABILITA' A LUNGO TERMINE)

L'invecchiamento produce instabilità a lungo termine, che tutti i quarzi presentano con una deriva della frequenza dovuta al passare del tempo. Poiché l'invecchiamento è molto elevato nei primi mesi di vita, si usano spesso dei quarzi "invecchiati" artificialmente mediante procedimenti particolari.

STABILITA' A BREVE TERMINE

Per stabilità a breve termine si intende la capacità del quarzo di mantenere inalterate le sue caratteristiche in piccoli intervalli di tempo. Rappresenta la media delle fluttuazioni di frequenza nel tempo, nell'intorno del valore di riferimento.

TRIGGER

Il rumore sovrapposto al segnale da misurare provoca delle incertezze quando questo incontra le soglie di commutazione del trigger. Questo discorso non influisce sulle misure di frequenza a meno che il rumore non sia così grande da provocare

commutazioni indesiderate. Invece influisce in maniera notevole per la misura di periodo in quanto sono proprio gli attimi della commutazione che determinano la durata del segnale di GATE.

ERRORI COMPLESSIVI

A seconda dei modi di funzionamento del contatore, le cause d' errore viste, in precedenza, contribuiscono a formare l'errore globale dello strumento.

MISURE DI FREQUENZA

Per questo tipo di misura vale la seguente:

$$\frac{\Delta f}{f} = \pm (\text{incertezza} \pm 1 + \text{ErroreBaseTempi})$$

MISURE DI PERIODO E DI INTERVALLO DI TEMPO

In questo caso si ha:

$$\frac{\Delta T}{T} = \pm (\text{incertezza} \pm 1 + \text{ErroreTrigger} + \text{ErroreBaseTempi})$$

METODI PER RIDURRE GLI ERRORI

AUMENTO DELLA DURATA DI APERTURA DEL GATE

Nel caso delle misure di frequenza e in quelle di periodo il metodo più usato per ridurre l' errore è quello di aumentare la durata di apertura del GATE. Questo lo si ottiene inserendo dei circuiti divisori nella base dei tempi, per le misure di frequenza ed inserendo dei divisori sul segnale d' ingresso per le misure di periodo. Quindi si ottengono le seguenti:

$$\frac{\Delta f}{f} = \pm \left(\frac{\text{incertezza} \pm 1}{N} + \text{ErroreBaseTempi} \right)$$

$$\frac{\Delta T}{T} = \pm \left(\frac{\text{incertezza} \pm 1 + \text{ErroreTrigger}}{N} + \text{ErroreBaseTempi} \right)$$

Dove N rappresenta il numero di volte con cui è moltiplicato il tempo di apertura del GATE.

MEDIA SU M MISURE

Nella misurazione di intervalli di tempo, il metodo di aumentare la durata dell'apertura del GATE, non è applicabile, perché la porta viene abilitata e disabilitata all'inizio ed alla fine di ogni intervallo di tempo e quindi gli errori di trigger e l'errore di GATE si sommerebbero ad ogni ciclo. Per evitare questo inconveniente si ricorre all'esecuzione, in maniera automatica, di un numero molto elevato di misurazioni dell'intervallo di tempo poi si calcola la media.

Questo metodo consente di ridurre l'errore $\pm \frac{1}{n}$, nella misura numerica, e di quello di trigger su intervalli di tempo ripetitivi.

La condizione per cui il risultato della media delle varie misure tenda al valore vero del 'intervallo di tempo è che la frequenza con cui si ripete, la misura, sia asincrona con il clock del sistema, perché solo in questo modo si è sicuri che gli errori, delle varie misure, siano casuali.

In questo modo la risoluzione sarà aumentata di un fattore \sqrt{M} dove M è il numero di misure eseguite dell'intervallo di tempo.

Quindi l'errore risulta:

$$\frac{\Delta T}{T} = \pm \left(\frac{\text{incertezza} \pm 1 + \text{ErroreTrigger}}{\sqrt{M}} + \text{ErroreBaseTempi} \right)$$

Bibliografia e sitografia

[1] Strumentazione e misure elettroniche. G. Costanzini, U. Guernelli Ed. Zanichelli.

[2] http://www.dii.unina2.it/Utenti/clandi/Appunti%20MEL/30_Misura%20di%20tempo%20e%20frequenza.pdf

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Mrc:n-a-3>"