

La tecnica digitale nel registratore elettronico di coordinate Galileo per restitutori fotogrammetrici

(Comunicazione presentata all'VIII Convegno della SIFET - Roma 1963)

Ing. FRANCO CARPI

Officine Galileo - Firenze

1 - Gli strumenti fotogrammetrici di restituzione Galileo-Santoni consentono la lettura delle coordinate del punto restituito. Negli strumenti di classe piú elevata tale lettura è affidata ad uno speciale strumento ottico e può essere eseguita con approssimazione fino al centesimo di millimetro, senza che l'operatore si muova dal suo posto di lavoro.

La trascrizione delle coordinate, specialmente quando debba essere frequente e molteplice, fa perdere tempo all'operatore ed è affetta da inevitabili errori soggettivi di lettura e trascrizione. Si è dimostrato pertanto desiderabile l'adozione di un « data handling »; ciò è appunto il « registratore elettronico di coordinate ».

Il data handling automatico costituisce, in sostanza, l'automazione del processo di prelievo misure, dei conteggi delle stesse e della registrazione dei risultati. La natura fisica delle informazioni fornite da uno stereo restitutore analogico è costituita da misure lineari (o angolari).

Infatti la collimazione stereoscopica di un punto è effettuata mediante lo spostamento di carrelli nelle tre direzioni ortogonali X, Y, Z. Tale spostamento viene compiuto dall'operatore (per gli strumenti Galileo-Santoni) per mezzo di un pantografo di trascinamento per le coordinate X e Y e di un volantino per la coordinata Z.

Informazioni di tale specie non possono essere utilizzate direttamente da apparati elettronici che richiedono ed elaborano i dati sotto forma di tensioni variabili con continuità o a livelli. Per la loro manipolazione elettronica è quindi sempre necessaria la presenza di « trasduttori », elementi cioè che traducono le informazioni nella forma richiesta dalla elaborazione.

2 - La tecnica adottata nella progettazione del « registratore elettronico di coordinate Galileo » (REC) è quella digitale, la stessa che, per il suo alto grado di attendibilità, viene usata nei calcolatori elettronici.

La realizzazione dei calcolatori digitali fu resa possibile dall'applicazione dell'algebra di Boole, algebra che già nella metà del secolo scorso aveva trovato la sua sistemazione teorica.

L'algebra di Boole rese possibile la realizzazione di una corrispondenza biunivoca fra formule matematiche e circuiti elettrici atti a realizzarle.

Il sistema di numerazione decimale, radicato in noi dalla stessa nostra natura, rappresenta i numeri come somma di potenze aventi per base 10.

Con un piccolo sforzo che ci sganci dalla nostra tendenza naturale ci sarà possibile « contare », riferendoci a un sistema con base qualunque.

Nell'algebra di Boole le variabili sono suscettibili di assumere soltanto valori discreti e precisamente non più di due valori, che convenzionalmente si fanno corrispondere alle due cifre « 0 » ed « 1 ».

Le operazioni matematiche eseguite col sistema decimale non possono assolutamente venire eseguite mediante dei circuiti semplici. Ciò è possibile invece usando il sistema binario. Ad ogni operazione fondamentale corrisponde nel sistema binario, un circuito che esegue l'operazione stessa.

Esistono numerosi esempi di sistemi a due stati stabili, suscettibili quindi di essere utilizzati per la rappresentazione di numeri binari. Secondo i casi, la discriminazione fra i due valori possibili del numero, sarà basata sull'assenza o la presenza di un segnale, sul valore alto o basso di una tensione, ecc.

3 - Le tre unità di cui è costituita un'apparecchiatura digitale sono quelle che affrontano problemi di calcolo e di decisione, cioè AND, OR, e NOT.

Mentre questo ultimo elemento non ha molto interesse dal punto di vista concettuale, perché ha semplicemente il compito di presentare alla uscita la cifra binaria opposta a quella che si ha all'ingresso, conviene analizzare un momento le altre due unità.

Il dispositivo OR è un dispositivo che ha più ingressi ed una sola uscita. Esso dà un'uscita di « 1 » se almeno in uno dei suoi ingressi è presente il segnale « 1 ».

L'elemento AND dà un'uscita di « 1 » se sono presenti a tutti i suoi ingressi segnali di tipo « 1 ».

Con questi due elementi è possibile realizzare le due operazioni logiche elementari: Prodotto logico, Somma logica.

Un modello elettrico rende espressivo il concetto.

Disponiamo due contatti A, B in parallelo (fig. 1); si ha un circuito elettrico

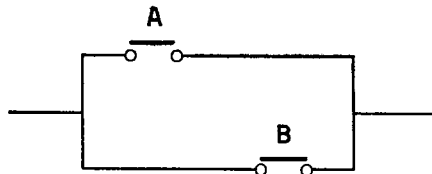


Fig. 1.

aperto (0) se i due contatti sono aperti, un circuito chiuso (1) se l'uno o l'altro dei due contatti è chiuso. Il risultato di un parallelo di due contatti è il risultato della addizione logica $A + B$.

Simbolicamente si ha:

$$\begin{aligned} 0 + 0 &= 0 \\ 0 + 1 &= 1 \\ 1 + 0 &= 1 \\ 1 + 1 &= 1 \end{aligned}$$

Sono dizioni equivalenti $A + B$, $A \text{ o } B$, $A \text{ or } B$.

Disponiamo due contatti A, B in serie (fig: 2), si ha un circuito chiuso (1) se A e B sono chiusi, aperto (0) negli altri casi.

$$\begin{aligned} 0 \times 0 &= 0 \\ 0 \times 1 &= 0 \\ 1 \times 0 &= 0 \\ 1 \times 1 &= 1 \end{aligned}$$

Sono dizioni equivalenti $A B$, $A \times B$, A e B, A AND B.

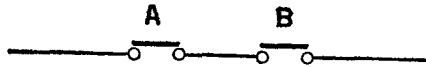


Fig. 2.

È possibile ovviamente estendere il concetto a più di due contatti.

Le operazioni logiche sono fatte attualmente con circuiti a diodi (anziché con circuiti a relé) disposti su matrici.

I circuiti OR a diodi effettuano la somma logica di n segnali X_1, X_2, \dots, X_n rappresentati generalmente da potenziali del medesimo segno, ma tali da assumere ciascuno sia un valore alto (E), sia un valore basso (e) corrispondenti a 1 e 0 dell'algebra di Boole. Consideriamo per esempio un circuito OR per segnali positivi (fig: 3).

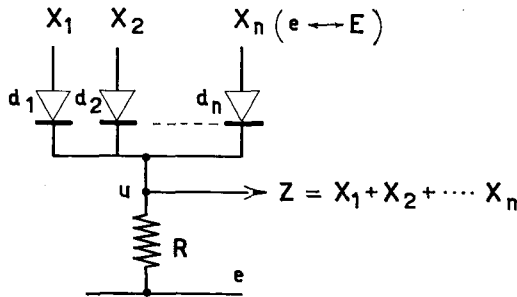


Fig. 3. - Circuito OR a diodi (per segnali positivi)

Questo circuito comporta tanti diodi d_1, d_2, \dots, d_n montati nel medesimo senso quanti sono gli ingressi; tutti i diodi hanno i catodi collegati fra loro e con una resistenza comune di carico R il cui valore è elevato rispetto alla resistenza diretta dei diodi, ma piccolo rispetto alla loro resistenza inversa.

L'estremità opposta della resistenza R è portata a un potenziale nullo o al massimo uguale al più basso dei potenziali che possono apparire nei differenti ingressi.

Ora se i segnali di ingresso sono tutti nulli, la corrente nella resistenza R è nulla, il che significa che si raccoglie nel punto U, uscita del circuito OR un potenziale basso che caratterizza un segnale zero.

Al contrario se uno o più di uno dei segnali di ingresso è uguale a 1, una corrente relativamente elevata circola in R , i diodi sui quali sono applicati i segnali 1

conducono e si raccoglie all'uscita U un potenziale di valore elevato che caratterizza un segnale 1.

Il segnale su U rappresenta dunque la somma logica:

$$Z = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

Per passare dal circuito OR a diodi di fig. (3) al circuito AND a diodi di fig.(4) è sufficiente, da una parte invertire il senso di montaggio dei diodi, dall'altra sostituire al livello basso e della tensione che è applicata alla estremità libera della resistenza di carico R, il livello alto. Mostriamo che il montaggio così ottenuto consente di effettuare il prodotto logico dei segnali di ingresso (fig. 4).

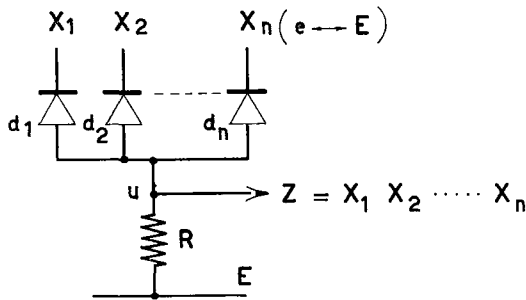


Fig. 4. - Circuito AND a diodi (per segnali positivi)

Se infatti gli n ingressi sono portati simultaneamente al potenziale E ($X_1 = X_2 = \dots = X_n = 1$), è evidente che nessuna corrente circola in R, e che il potenziale raccolto nella uscita U del circuito ha lo stesso valore E di tensione applicata alla estremità libera di R: si ha quindi $Z = 1$.

Al contrario se uno dei digit X_k di ingresso ($1 \leq k \leq n$) ha un valore nullo, un potenziale basso e è applicato sull'ingresso corrispondente K e una corrente circola in R. Il diodo d_k è polarizzato in senso diretto, gli altri diodi sono polarizzati inversamente: pertanto il potenziale e applicato all'ingresso K si ritrova sull'uscita U divenendo in tal caso $Z = 0$.

Queste due operazioni logiche si trovano in una stretta relazione con le operazioni matematiche effettuate su numeri binari così che si può dire che qualsiasi espressione matematica, qualsiasi problema traducibile in equazioni può essere risolto manipolando le equazioni stesse fino a ridurle ad operazioni elementari risolvibili usando i circuiti tipo ed eseguendo i collegamenti che risultano dalle equazioni stesse.

4 - Un altro gruppo di organi importanti di un'apparecchiatura digitale è costituito dalle memorie, così chiamate perché conservano il ricordo delle informazioni che vi sono introdotte.

Comunque vengano realizzati gli elementi di memoria, essi hanno in comune il carattere di potere mantenere, una volta eccitati, uno dei due stati stabili corrispondenti allo « 0 » a all'« 1 » del sistema binario.

Esistono moltissimi tipi di memoria utilizzabili a questo scopo. Per realizzare delle memorie di capacità relativamente bassa e di grande rapidità di accesso, tali cioè che possano essere inserite nella struttura logica della macchina in stretta collaborazione con gli organi di calcolo, il sistema normalmente adottato è quello dei così detti registri a Flip-Flop.

Si tratta di elementi che rispondono ai segnali loro inviati cambiando di stato secondo certe regole in rapporto alla loro struttura.

Il Flip-Flop può essere costituito essenzialmente da due transistori sistemati in modo che uno dei due è interdetto quando l'altro è in saturazione e viceversa, Qualunque stato intermedio è escluso.

Un Flip-Flop può mantenersi in uno dei due stati che corrispondono all'« 1 » o allo « 0 » dell'algebra di Boole fin tanto che un segnale esterno non lo farà commutare nell'altra condizione possibile, quella corrispondente cioè alla saturazione del transistor che nello stato precedente era interdetto, e alla interdizione di quello che era saturo. In assenza di segnale, si mantiene indefinitamente nello stato precedentemente assunto e ciò gli conferisce le proprietà di memoria.

Si può vedere lo schema funzionale di un F F nella sua forma standard come indicato in fig. (5).

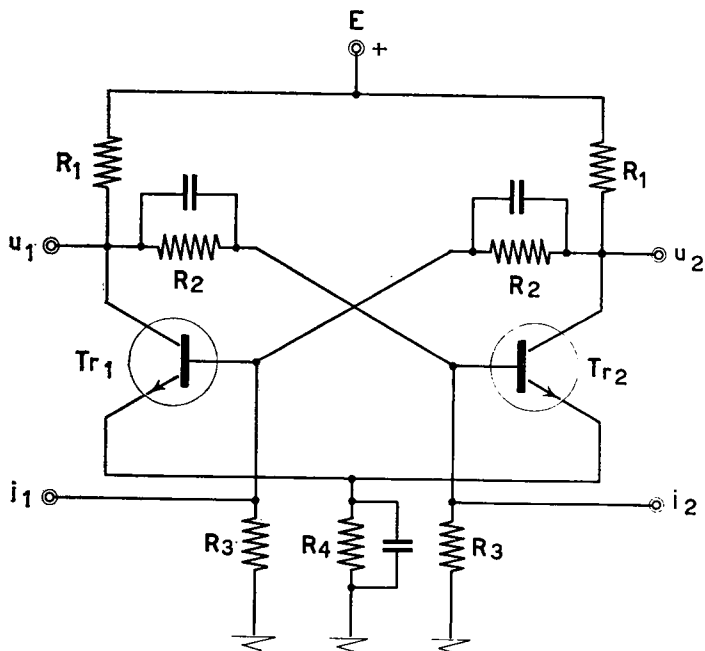


Fig. 5. - Multivibratore bistabile (Flip-Flop) nella sua forma standard

Esso è costituito sostanzialmente da due transistori ad invertitore.

I segnali di ingresso vengono inviati a i_1 se si desidera rendere saturo il transistor Tr_1 con il che si otterrà all'uscita U_1 un livello di tensione pressoché uguale a quello generato dal partitore $R_1 R_4$ e che corrisponde allo « 0 » dell'algebra di Boole. Al-

l'uscita U_2 sul collettore del secondo transistor Tr_2 , che è invece interdettato, esisterà un livello di tensione più alto (1 binario) che è praticamente uguale alla tensione di polarizzazione E . In queste condizioni si può stabilire che il Flip-Flop sia nello stato 0. Se invece un segnale è inviato all'ingresso i_2 , il transistor Tr_2 che nello stato precedente era interdettato viene ora portato in conduzione (saturazione) e si comporta praticamente come un nodo di corrente.

All'uscita U_2 sarà ora reperibile lo « 0 » binario generato dal partitore $R_1 R_2$ e all'uscita U_1 (uscita vera che mette in evidenza lo stato del Flip-Flop) l'« 1 » binario. In assenza di segnali ai due ingressi, il Flip-Flop si mantiene nell'ultimo stato assunto.

5 - Questo cenno su alcuni elementi di un'apparecchiatura digitale rende più facile la descrizione del REC e consente di porre in evidenza i vantaggi di questa tecnica rispetto alle altre tecniche elettroniche.

Primo aspetto del confronto fra un'apparecchiatura elettronica tradizionale ed una digitale riguarda la precisione. Se si vuole ottenere da una macchina elettronica analogica una precisione di 1/1000 si dovranno realizzare gran parte dei componenti che la costituiscono con una precisione notevolmente maggiore.

Nel calcolatore digitale o numerico invece l'aumento di precisione significa soltanto aumento della quantità di cifre significative con cui il numero che rappresenta una certa grandezza è formato.

Non esistono difficoltà sostanziali con i calcolatori digitali ad elevare la precisione sino al livello ritenuto necessario; si incontrano invece difficoltà notevoli per portare la precisione di componenti analogici oltre certi limiti.

Anche l'effetto di disturbi sul corretto funzionamento dei circuiti che compongono un calcolatore varia con la natura del calcolatore stesso.

In un circuito analogico un disturbo ha, in ogni caso, conseguenze indesiderate, commisurate all'entità del disturbo.

In un circuito digitale invece esiste una certa soglia, normalmente abbastanza elevata, che deve essere oltrepassata dal disturbo perché esso abbia effetto.

Poiché nell'interno di un'apparecchiatura digitale le informazioni sono tradotte in numeri « scritti » in forma binaria, rappresentati da alternanze secondo un certo codice di due soli livelli di tensione ad esempio uno « basso » associato al simbolo « 0 », l'altro « alto » associato al simbolo « 1 » e siccome le tolleranze con cui questi livelli devono essere realizzati sono relativamente ampie, è evidentemente necessario un disturbo di notevole ampiezza per distruggere il carattere « alto » o « basso » della tensione.

La maggior facilità con la quale il calcolatore digitale raggiunge precisioni elevate e sicurezza di funzionamento, ci ha portato a progettare il REC con questa tecnica.

6 - Costituzione e funzionamento del Registratore Elettronico di Coordinate Galileo (REC).

Il REC può essere applicato a molteplici tipi di apparati restitutori e in particolare allo Stereocartografo IV e Stereosimplex III (Galileo-Santoni).