

L.BUFFONI – F.CARTA – F. CHLISTOVSKY
A.MANARA – F.MAZZOLENI

OSSERVATORIO ASTRONOMICO
MILANO - MERATE
CONTRIBUTO N° 372

**LA STRUMENTAZIONE ELETTRONICA DEL CENTRO
DI ASTROMETRIA DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO
DI MILANO – MERATE**

(Osservatorio Astronomico di Milano – Merate)

LA STRUMENTAZIONE ELETTRONICA DEL CENTRO DI ASTROMETRIA DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICICO DI MILANO – MERATE

*Letizia Buffoni – Fiamma Carta – Franca Chlistovsky –
Alessandro Manara – Francesco Mazzoleni*

(Osservatorio Astronomico di Milano – Merate)

Riassunto. – Viene descritta la strumentazione elettronica attualmente in funzione nella Sezione di Astrometria dell'Osservatorio Astronomico di Merate per la determinazione delle scale di tempo astronomico e fisico.

1. INTRODUZIONE

L'astrometria si occupa del continuo miglioramento della misura delle tre unità fondamentali: distanza, tempo e massa, oltre che delle costanti astronomiche e del sistema di riferimento. Le sue attività principali si fondano sul materiale sperimentale fornito dalle osservazioni di posizioni dei corpi del sistema solare, delle stelle e dei satelliti artificiali effettuate secondo i metodi tradizionali oppure secondo le nuove tecniche radar, Doppler, interferometriche ecc..

Grazie all'applicazione di queste ultime sarà possibile un notevole salto di qualità nelle precisioni delle determinazioni di posizione, distanze e moto proprio [1].

In questo ordine di idee è da collocare il progressivo miglioramento sia della qualità dei dati osservativi dell'Osservatorio di Milano–Merate, sia della strumentazione di base, reso necessario dalle sempre maggiori esigenze della collaborazione internazionale.

Già dall'ottobre 1969 sono iniziate le osservazioni di latitudine e tempo all'Astrolabio Danjon [2] e contemporaneamente si provvedeva alla ristrutturazione della parte strumentale, la cui descrizione sarà oggetto di questo lavoro.

Dal settembre 1972 il gruppo degli osservatori è costituito da quattro persone ed i primi risultati delle osservazioni sono pubblicati su "Time Service Circular" dell'Osservatorio di Milano–Merate.

L'attività scientifica del gruppo è essenzialmente rivolta ai problemi legati alla variazione di latitudine e di tempo, per lavori a breve termine, e determinazione di posizioni e costanti astronomiche per ricerche a lungo termine; si prevede di effettuare una prima analisi dei dati osservativi agli inizi

del 1976, mentre occorreranno altri anni di osservazioni per migliorare le posizioni del nostro catalogo [2] ed intraprendere una determinazione della costante di aberrazione.

2. STRUMENTAZIONE

2.1 – Nello schema a blocchi di Fig.1 è data una rappresentazione generale della strumentazione attualmente in funzione. Le parti riguardanti l'Astrolabio e l'automazione delle registrazioni degli istanti di tempo relativi al passaggio di una stella a 30° di distanza zenitale sono già state oggetto di precedenti lavori [2] e [3].

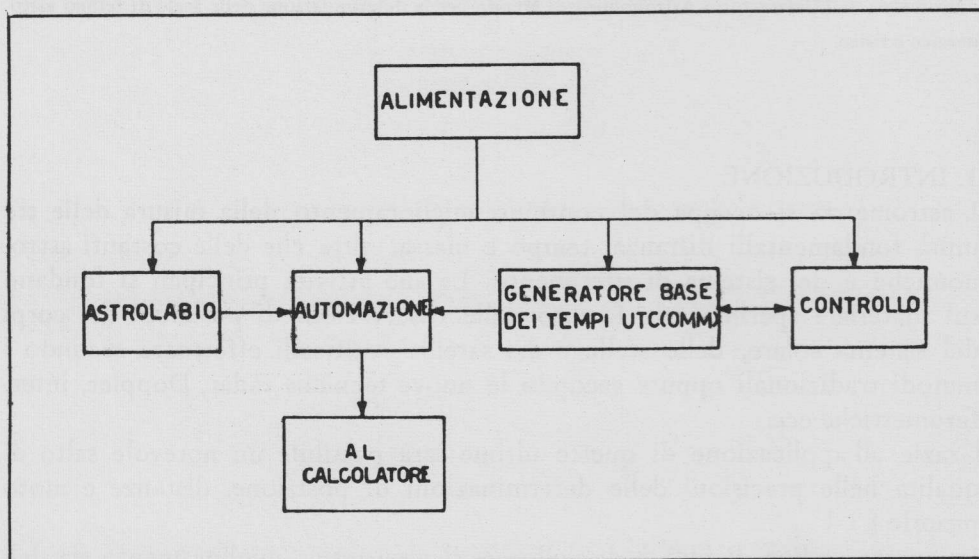


Fig. 1

Presenteremo ora in modo dettagliato le parti rimanenti.

L'alimentazione di alcune apparecchiature che è opportuno funzionino con continuità senza interruzione, conduce a problemi, se non complessi, almeno delicati e di primaria importanza; la soluzione da noi adottata è rappresentata in Fig. 2. La rete (a) viene normalmente impiegata per apparecchiature di uso saltuario; quelle che invece funzionano in continuità sono alimentate a 220 VAC da un invertitore statico a diodi controllati della potenza di 0.5 kW collegato ad un raddrizzatore in tampone con una batteria di accumulatori (linea (b)), oppure a 24 VDC (linea (c)).

Venendo a mancare la rete con questo sistema è garantita un'autonomia di sette ore. All'ingresso, la rete a bassa tensione viene filtrata prima da un

trasformatore stabilizzatore con attenuazione, ad alto isolamento, e successivamente da un filtro LC con induttanze in serie alla fase e condensatori tra fase e terra allo scopo di eliminare ogni tipo di disturbo indotto, fino alla frequenza di qualche MHz, che potrebbe danneggiare e disturbare le apparecchiature.

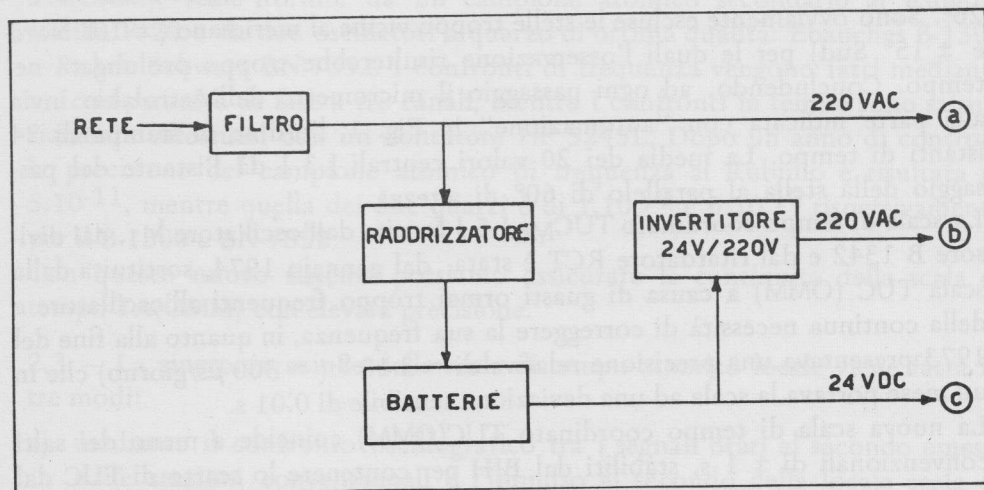


Fig. 2

2.2 – Per meglio comprendere l'utilità della parte che abbiamo denominato "generatore della base dei tempi" conviene ricordare brevemente come si svolge l'osservazione all'Astrolabio Danjon.

L'osservazione consiste nella determinazione in Tempo Universale dell'istante del passaggio di una stella brillante (più precisamente di magnitudine compresa tra $2^m .0$ e $6^m .0$) all'almucantarato di 30° di distanza zenitale; lo strumento è dotato di un dispositivo (micrometro impersonale [4] atto a permettere una sorta di inseguimento della stella per un intervallo di tempo ΔTU^* centrato sull'istante del passaggio. L'intervallo ΔTU^* è, espresso in secondi, inversamente proporzionale a $|\sin Z|$ e precisamente (con le stesse notazioni usate in [2]):

$$(1) \quad \Delta TU^* = \frac{12 k |dz|}{15 \cos \varphi \cdot |\sin Z|}$$

Alla nostra latitudine e per le caratteristiche del nostro strumento

$$\Delta TU^* = \frac{29^s \cdot 38}{|\sin Z|}$$

Il numero 12 indica il numero di giri della vite micrometrica e quindi del tamburo che porta i due contatti, usato durante l'osservazione di stelle con

azimut $20^\circ < Z < 140^\circ$ oppure $220^\circ < Z < 340^\circ$. Per l'osservazione di stelle con azimut $10^\circ < Z < 20^\circ$ e $140^\circ < Z < 165^\circ$ e per quelle simmetriche rispetto al meridiano, si utilizza il tamburo a quattro contatti, riducendo a sei i giri della vite micrometrica dimezzando quindi il tempo dell'osservazione. In ogni caso l'osservazione ha una durata compresa tra 23^s e $1^m 26^s$. Sono ovviamente escluse le stelle troppo vicine al meridiano ($\pm 10^\circ$ Nord e $\pm 15^\circ$ Sud) per le quali l'osservazione risulterebbe troppo prolungata nel tempo. Concludendo, ad ogni passaggio il micrometro dell'Astrolabio invia alla parte indicata con "automazione" in Fig. 1, l'ordine di stampa di 24 istanti di tempo. La media dei 20 valori centrali [3] dà l'istante del passaggio della stella al parallelo di 60° di altezza.

La scala di tempo coordinato TUC_{Me} [5] fornita dall'oscillatore M_1 , dal divisore B 1342 e dal ritardatore RCT è stata, dal gennaio 1974, sostituita dalla scala TUC (OMM) a causa di guasti ormai troppo frequenti all'oscillatore e della continua necessità di correggere la sua frequenza, in quanto alla fine del 1973 presentava una precisione relativa di $\sim 3 \cdot 10^{-9}$ ($\sim 300 \mu s/giorno$) che in un mese portava la scala ad una deviazione sensibile di 0.01 s.

La nuova scala di tempo coordinato TUC(OMM) coincide a meno dei salti convenzionali di ± 1 s, stabiliti dal BIH per contenere lo scarto di TUC dal tempo rotazionale TU1 (TU0 corretto per il moto del polo) entro il valore di ± 0.7 s [6], con la scala di tempo atomico TA(OMM) fornita dalle frequenze di 1 Hz e di 1 MHz del campione atomico al Cesio Oscillatom B-5000.

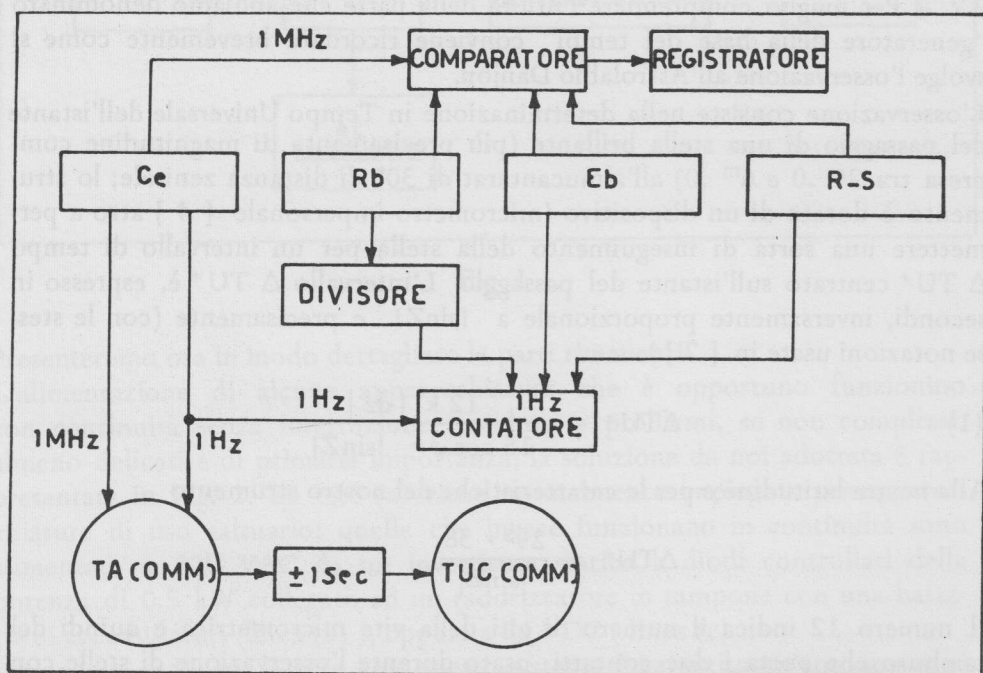


Fig. 3

Come è rappresentato nella Fig. 3, la scala TA (OMM) è fornita direttamente dal campione al Cesio con la precisione relativa di qualche unità in 10^{-12} su un periodo di un anno; contemporaneamente mediante confronti di frequenza e di tempo si determina lo stato di altre tre scale di tempo locali rispetto a TA(OMM), scale fornite da un campione atomico secondario al Rubidio Varian R-20 e da due oscillatori a quarzo di ottima qualità: Ebauches B-1300 e Rohde Schwarz BN-7852. I confronti di frequenza vengono fatti mediante un comparatore di fase a tre canali, mentre i confronti in tempo sono saltuariamente effettuati con un contatore HP 5245L. Dopo un anno di controlli la precisione del campione atomico di frequenza al Rubidio è risultata di $5 \cdot 10^{-11}$, mentre quella dei due quarzi è di $1 \cdot 10^{-10}$ e $5 \cdot 10^{-10}$ rispettivamente per il B-1300 e BN-7852.

Con questo nuovo sistema possiamo assicurare la continuità della scala di tempo TA(OMM) con elevata precisione.

2.3 – La sincronizzazione della scala di tempo atomico locale viene fatta in tre modi:

- a) mediante il confronto oscillografico tra i segnali orari al secondo emessi dalle stazioni convenzionali e l'impulso al secondo della locale scala di tempo;
- b) con controlli continui di alta precisione in tempo e frequenza;
- c) mediante il trasporto di orologio atomico.

Il metodo che sta alla base di a), già descritto in [5], consente una precisione nella sincronizzazione di due scale di tempo di $10^{-3} \div 10^{-4}$ s, ciò a causa essenzialmente dell'incertezza nella valutazione del tempo di propagazione del segnale ricevuto. Queste ricezioni, ormai ridotte di numero, (attualmente si ricevono solo i segnali delle stazioni HBG, DIZ e IBF) e di frequenza (settimanale) hanno per noi il solo scopo di ripristinare, nell'eventualità disastrosa di una interruzione nella scala TA(OMM), la scala di tempo locale e cominciare a portarla nell'intervallo $|TAI - TA(OMM)| < 1$ ms rispetto alla scala di tempo internazionale del BIH, limite entro il quale poi è possibile effettuare l'aggancio della scala locale con quella della catena Loran-C del Mar Mediterraneo con una precisione almeno mille volte superiore. La disponibilità di altri mezzi più precisi, qui accennati, per la sincronizzazione di orologi ha fatto sì che questo sistema divenisse un mezzo per investigare i fenomeni che una volta costituivano il limite del metodo stesso.

b) La frequenza del nostro campione atomico primario è costantemente confrontata con quella campione emessa dalla stazione di HBG su 75 kHz mediante un ricevitore Tracor VLF. Per piccole e medie distanze dalla stazione trasmittente ($d < 1$ Mm), sono possibili confronti di frequenza con una precisione relativa prossima a quella garantita all'emissione, che è di $\pm 2 \cdot 10^{-11}$, utilizzando però i segnali dati dell'arco della giornata compreso tra il sorgere

e il tramontare del sole. Con queste misure è possibile effettuare anche determinazioni di tempo tramite la scala di tempo integrato che si può costruire, ma la precisione data da queste determinazioni è troppo inferiore a quella ottenibile con le misure Loran-C. La strumentazione per questi confronti è sintetizzata in Fig. 4.

I controlli in tempo con il sistema Loran-C sono effettuati mediante un generatore di cadenza ed un ricevitore ad amplificazione e rivelazione diretta, senza conversione operante sulla frequenza di 100 kHz. Questo sistema è ormai entrato da tempo nell'uso corrente per determinazione e confronti di tempo e frequenza nei laboratori e centri di ricerca. [7]

In questo modo ci è possibile sincronizzare il nostro campione atomico di frequenza con la scala TAI (Tempo Atomico Internazionale definito dal BIH) con una precisione dell'ordine di $1 \mu\text{s}$. Dalla misura di intervalli di tempo relativamente brevi è possibile avere anche controlli di frequenza con una definizione dello stesso ordine di grandezza della stabilità dei migliori campioni atomici al Cesio ($5 \cdot 10^{-12}$).

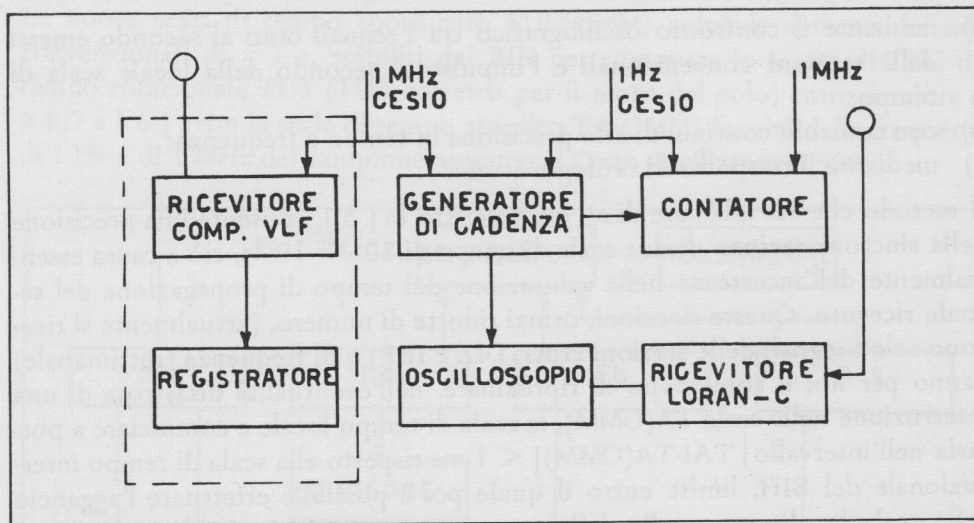


Fig. 4

c) Per ottenere valori di alta precisione come quelli indicati sopra per la sincronizzazione con il sistema Loran è necessario fare la taratura del sistema con un metodo relativamente scomodo, ma che garantisce la massima precisione possibile nel confronto tra due campioni atomici ($0.1 \mu\text{s}$), vale a dire mediante il trasporto di orologio.

Il primo controllo di questo tipo fu fatto il 27 novembre 1974, confrontando la scala di tempo TA(IEN) con la nostra.

Grazie a questa misura ci è stato possibile raggiungere il valore della precisione sopra riportato.

Si prevede di rifare controlli di questo tipo entro breve tempo per verificare la stima da noi fatta degli errori che qui entrano in gioco e, se possibile, migliorare il grado di precisione.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Fricke W. – *Definition of celestial reference coordinate system in fundamental catalogues.*
Colloquium UAI n. 26 on Reference coordinate system for earth dynamics - Torun 1974
- 2) Mazzoleni F. – *1972 Mem. SAI Vol. XLIII*
- 3) Buffoni, Carta, Chlistovsky, Manara, Mazzoleni – *Automazione delle registrazioni e riduzioni delle osservazioni effettuate all'Astrolabio Danjon dell'Osservatorio Astronomico di Milano-Merate. Bollettino di Geodesia e scienze affini. Anno XXXIV n. 3*
- 4) Danjon – *Astrolabe Impersonnel de l'Observatoire de Paris. Bull. Astron. 18 - 1955*
- 5) Chlistovsky, Mazzoleni – *1972 Mem. SAI Vol. XLIII.F4*
- 6) *Annuaire 1973 – Bureau des Longitudes - Paris*
- 7) Buffoni, Carta, Chlistovsky, Manara, Mazzoleni – *La sincronizzazione in tempo mediante le emissioni Loran-C.*
(in corso di stampa)