

OSSERVATORIO ASTRONOMICICO DI MILANO - MERATE

Determinazione del tempo di propagazione  
di segnali orari mediante il trasporto  
di orologio.

( F. Mazzoleni - F. Chlistovsky )

Rapporto Interne N° 3

Marzo 1975

1. - Il grado di precisione nella sincronizzazione di un campione secondario di tempo ( oscillatore a quarzo ), con un campione primario ( orologio atomico ) situato in altro luogo , quando si utilizzi il metodo della ricezione oscillografica dei segnali orari, é strettamente connesso alla conoscenza del tempo di propagazione del segnale ricevuto , come é ben messo in evidenza dalla seguente formula :

$$( TUC - Sig. )_{ric.} = ( TUC - Sig. )_{emis} + \tau$$

ove ( TUC - Sig. ) rappresenta l'istante di ricezione ( o di emissione ) del segnale sulla base della locale scala di tempo coordinate e  $\tau$  il tempo di propagazione relativo al segnale in questione.

E' noto che la massima accuratezza garantita dal metodo oscillografico , a causa dei disturbi di propagazione, in generale non raggiunge  $1 \cdot 10^{-4}$  sec, corrispondente ad una precisione relativa di  $1 \cdot 10^{-9}$ . Questo fatto limita notevolmente la precisione della sincronizzazione della scala di tempo fisico

locale in rapporto alle prestazioni fornite da un buon oscillatore a quarze che garantisce una precisione relativa di qualche unità  $10^{-10}$ . Risulta quindi indispensabile conoscere con un errore non superiore a  $\pm 5 \cdot 10^{-4}$  sec. il valore del tempo di propagazione  $\tau$  per poter costruire con un buon margine di sicurezza la scala di tempo rotazionale TU2, determinata con le osservazioni all'astrolabio.

Nel Servizio dell'Ora dell'Osservatorio di Merate sono stati inizialmente calcolati i valori  $\tau_i$  per le 7 stazioni emittenti: HBG - DIZ - FTA<sub>91</sub> - IBF - MSF - FTK<sub>77</sub> - RWM - con le formule teoriche consigliate dal BIH [1]. I dati trovati sono risultati coincidenti con gli analoghi calcolati per la sede di Milano (risultato prevedibile sia per la piccola distanza Milano - Merate, sia per l'imprecisione intrinseca del metodo che permette di raggiungere precisioni comprese tra  $1 \cdot 10^{-3}$  e  $1 \cdot 10^{-4}$  sec).

Successivamente in un precedente lavoro [2] F. Chlizevsky e F. Mazzoleni hanno calcolato le correzioni  $\Delta\tau_i$ , con un e.q.m. di qualche unità  $10^{-4}$  sec., ai tempi  $\tau_i$  adottati inizialmente.

Alle scopo di verificare la consistenza del sistema  $\tau_i^*$  così calcolato, si è proceduto alla determinazione dei tempi di propagazione relativi ai segnali delle due stazioni HBG (75 kHz) e DIZ (4525 kHz) utilizzando il metodo del trasporto di orologio. Questo metodo [3] consiste nel trasferire la scala di tempo fisica mantenuta da un campione A, situata in un luogo a, in un luogo b e quindi determinare le scale della scala B rispetto alla A mediante confronto diretto fra i segnali al secondo dei due campioni e con metodo oscillografico comparare la frequenza campione di 1 Hz di B col segnale al secondo ricevuto via radio da a. Il ritardo del segnale A ricevuto via radio rispetto all'orologio A trasportato in b sarà somma del ritardo

dovuto alla propagazione e del ritardo del sistema ricevitore-oscilloscopio. Ovviamente il secondo termine di questa somma è trascurabile, essendo dell'ordine di qualche decina di  $\mu\text{sec}$  (ed indipendente dalla distanza), rispetto al primo termine che dipende dalla frequenza della portante e dalla distanza dell'emittente, e che per brevi distanze (200 - 1000 Km) è compreso tra 2 e 4 msec. Il valore di questo ritardo ci dà il tempo che il segnale emesso da A con portante di frequenza  $f$ , impiega ad arrivare in B. Nel nostro caso si è ritenuto più semplice usufruire di un'altra stazione ricevente come intermediario tra A e B, eliminando le difficoltà che insorgono nel trasporto di un orologio a grande distanza, perdendo però in precisione rispetto al metodo tradizionale sopra ricordato; l'errore su  $\tau^*$  risulterà infatti raddoppiato rimanendo però sempre inferiore al limite da noi proposto ( $\pm 5 \cdot 10^{-4}$ ), tutto ciò nella ipotesi che il sistema  $\tau_i$  relativo alla stazione intermediaria abbia un errore trascurabile rispetto a quello di una singola ricezione. Come intermediaria si è usata la stazione dell'Osservatorio di Brera - Milano il cui sistema  $\tau_i$  è già stato verificato negli anni passati.

Affinché questo metodo garantisca la massima precisione sarà necessario conoscere al tempo  $t_0$  la marcia giornaliera  $m_A$  del campione A e l'analoga  $m_C$  dell'orologio trasportato C, in modo che all'istante  $t$  in cui viene effettuata la ricezione del segnale e quindi la comparazione, sia possibile tener conto delle derive  $d_A = m_A (t-t_0)$  e  $d_C = m_C (t-t_0)$  dei due campioni A e C, nell'ipotesi che l'intervallo  $(t-t_0)$  sia relativamente breve ed in esso la deriva possa ritenersi lineare.

Per quanto riguarda il trasporto non si sono presentate difficoltà; si è utilizzato il campione a quarzo Ebauches B-1300 dell'Osservatorio, dotato di un ritardatore con risoluzione di  $1 \mu\text{sec}$ , di un divisore con uscita di 1 Hz e di batterie in

terne che garantiscono un'autonomia di almeno due ore . Per maggior sicurezza durante il trasporto si é alimentato il quarzo con un piccolo invertitore 12 VDC - 220 VAC della potenza di 100 VA collegato alla batteria dell'automobile.

## 2. Conclusione

Dopo un controllo preliminare effettuato con il ricevitore-comparatore Tracor 599 J é risultato che la marcia del quarzo B-1300 é nulla ( valutata in unità di  $10^{-4}$  sec. al giorno ) rispetto al campione primario di HBG; all'istante  $t_0 = 7^h$  T. U. 1 - 8 - 1973 si sono fatte le ricezioni dei segnali HBG e DIZ alla stazione di Merate.

La ricezione si é poi ripetuta nella sede di Milano-Brera al l'istante  $t_0 = 9^h$  T. U. , 1 - 8 - 1973 . Nell'intervallo  $t=2^h$  si può ritenere nulla la marcia  $m_{\text{HBG}}$  e  $m_{\text{DIZ}}$ .

Si é così trovato per l'emittente HBG

$$\left| \tau_{\text{Milano}}^{\text{HBG}} - \tau_{\text{Merate}}^{\text{HBG}} \right| = 3 \cdot 10^{-4} \text{ sec.}$$

e per l'emittente DIZ

$$\left( \tau_{\text{Milano}}^{\text{DIZ}} - \tau_{\text{Merate}}^{\text{DIZ}} \right) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ sec.}$$

Questi risultati sono in pieno accordo con gli analoghi determinati con diverso sistema in un precedente lavoro [ 2 ] ; pertanto sono indice della consistenza del sistema adottato.

I valori  $\tau_{\text{HBG}} = 2.5 \text{ msec}$  e  $\tau_{\text{DIZ}} = 3.7 \text{ msec}$  usati finora vengono quindi corretti in  $\tau_{\text{HBG}} = 2.8 \text{ msec}$  e  $\tau_{\text{DIZ}} = 3.5 \text{ msec}$ .

## Bibliografia

- 1      Bulletin Horaire BIH n° 1 ( série G ) .
- 2      F.Chlistovsky - F. Mazzoleni / Determinazione dei ritardi di propagazione dei segnali orari in banda LF ed HF ricevuti a Merate.
- 3      Frequency and time standars - Application Note 52 - Hewlett Packard.