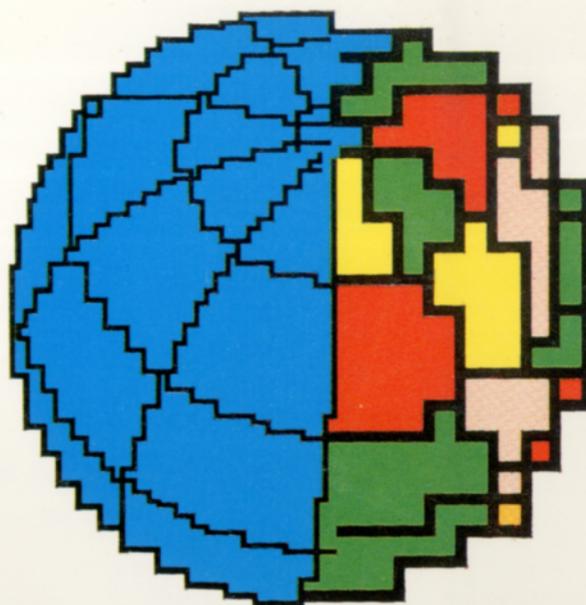


**Istituto Nazionale
di Geofisica**



Misure e considerazioni sul segnale
marcatempo DCF77

G. Urbini

Pubblicazione n. 527



Misure e considerazioni sul segnale
marcatempo DCF77
G. Urbini
Istituto Nazionale di Geofisica, Roma

Misure e considerazioni sul segnale
marcatempo DCF77

Il progetto "NEBNET" dell'Istituto Nazionale di Geofisica di Roma, prevede l'installazione di una rete di stazioni sismiche a larga banda nella zona del tipo "VBB" (Very Broad Band) in un'area mediterranea. La stazione sismica a larga banda della rete mediterranea ha bisogno per il suo corretto funzionamento di un segnale marcatempo con determinate caratteristiche, che permetta alla stazione stessa di ottenere una informazione temporale precisa durante l'acquisizione dei dati sismici. In particolare, il segnale richiesto (fig. 1) viene elaborato dal "digitalizzatore" della stazione sismica "VBB" per avere una "correzione temporale" sull'orologio interno della stazione, correzione assolutamente necessaria per poter confrontare le registrazioni di una stazione con quelle di un'altra. Quello che si ottiene è un'informazione completa temporale formata dal tempo dell'orologio interno della stazione "VBB" più una correzione temporale in millisecondi, da questi due dati è possibile risalire al tempo vero. All'atto della partenza dell'acquisizione "marcatempo" il tempo relativo al prossimo minuto a questo punto all'arrivo della prossima "onda" di minuto si inizia l'acquisizione e abbina la presenza di due riferimenti temporali uno interno e uno esterno che si confrontano ogni minuto per dare luogo alla correzione temporale. L'eigenza di installare le stazioni sismiche in posti geologicamente adatti porta all'opportunità di ottenere il segnale marcatempo attraverso canali orari radiodiffusi da alcune trasmissioni sparse nella superficie terrestre.

G. URBINI

Nell'ambito dell'analisi delle acquisizioni radio della rete "VBB" è stato possibile considerare il segnale radio "DCF77". Utilizzando questa stazione radio sono state effettuate delle prove di funzionamento con la stazione sismica. In particolare è stato notato un fenomeno "fitter" sul segnale ricevuto che rende problematico l'uso del segnale "DCF" per ottenere un preciso segnale marcatempo per la stazione sismica "VBB". In questa nota si analizza e confronta il segnale di tempo della Rete Sismica Nazionale (R.S.N.) e il segnale "DCF77" proveniente da Mainflingen (Francoforte) (Germania) distanza: 1600 km. Questo confronto ha lo scopo di evidenziare l'andamento nel tempo del loro segnale, rivelare i ritardi introdotti dalla propagazione e dal ricevitore sul segnale e mettere in evidenza il fenomeno di "fitter" di cui si è parlato in precedenza. I ritardi (variabili nel tempo) vengono trattati statisticamente per ottenere dei parametri globali che permettono di fare alcune considerazioni sul fenomeno sotto osservato. Di conseguenza viene presa in considerazione una soluzione circuinale per ottenere il segnale marcatempo per la stazione sismica "VBB".

3.IL SEGNALE DCF77

Il segnale radio "DCF77", come abbiamo detto è radiodiffuso da Mainflingen [Francoforte(Germania)] la frequenza di trasmissione è 77.5 kHz. La frequenza portante è modulata da impulsi del secondo ad eccezione del secondo n. 59 di ogni minuto che annuncia che il prossimo impulso è quello del minuto. All' inizio di ogni secondo (eccetto l'impulso numero 59) l'ampiezza della portante è ridotta al 25% per una durata di 100 msec o 200 msec. La durata degli impulsi del secondo è di 100 msec o 200 msec. corrispondenti ai valori binari "0" o "1", viene usato il codice "BCD" per la trasmissione del tempo e della data. All'interno del segnale "DCF77" si trovano codificati i seguenti 3 gruppi di informazioni temporali.

1-minuto

2-ora

3-giorno del calendario,giorno della settimana,mese e anno.

L'impulso numero 20 indica l'inizio della codifica temporale. In fig.2 è raffigurato il piano di codifica del segnale "DCF77", i tre gruppi di informazioni di tempo sono seguiti ognuno da un bit di controllo di parità P (parità pari):

P1 = numero dei minuti.

P2 = numero delle ore.

P3 = giorno del calendario, giorno della settimana, mese e anno.

S = impulso n.20 di larghezza 200 msec, indica l'inizio dell' informazione temporale.

P1,P2,P3 = bit di controllo di parità.

SZ = indicato come "summer time bit"

4.IL SEGNALE MARCATEMPO DELLA RETE SISMICA NAZIONALE

Il segnale marcatempo utilizzato nella misura è derivato da un generatore ai vapori di rubidio installato presso la sala operativa della Rete Sismica Nazionale dell' Istituto Nazionale di Geofisica di Roma. Questo segnale è costituito da impulsi digitali larghi 200 msec e spazati di 1 sec in cui il fronte attivo è il fronte di salita. L' orologio viene rimesso via radio utilizzando le emissioni dei segnali orari della RAI (Radiotelevisione Italiana), e la differenza rispetto al tempo radiodiffuso è contenuta nell'intervallo +/- 10 msec.

5.CONFIGURAZIONE DI MISURA

Il "set-up" di misura è quello illustrato in fig. 3. Per il segnale "DCF77" è stato utilizzato un ricevitore "Lennartz" che si occupa di demodulare il segnale radio e consegnare in uscita il segnale di bassa frequenza. Il ricevitore è del tipo "supereterodina", ha una larghezza di banda di 10 Hz ed è munito di una antenna in ferrite, l'alimentazione è fornita da una batteria al litio che permette un funzionamento continuo per 20 anni (vedi fig.4). I dati temporali caratteristici del ricevitore sono illustrati di seguito:

1) Precisione = +/- 10 msec. (T=-20 C, T=+50 C)

2) Ritardo del segnale = 42 msec

Il segnale di bassa frequenza ottenuto è visibile in fig.5 come appare sull'oscilloscopio usando sull'uscita "BNC" del ricevitore una resistenza di carico connessa alla tensione di alimentazione, si può notare la differente larghezza degli impulsi in cui è codificata l'informazione temporale. Il raggio di copertura di questo sistema di ricezione è di 2000 km di giorno e maggiore di 3000 km di notte. Nella fig.6 viene messa in evidenza l' area di copertura del ricevitore. I segnali vengono confrontati utilizzando una scheda di "I/O" [8255 I/O CARD] opportunamente programmata e interfacciata con un calcolatore HP VECTRA. Questa scheda contiene 48 linee di "I/O" e viene inserita sul "bus" del calcolatore, mediante "switches" è possibile selezionare lo spazio degli indirizzi dove la scheda opererà (fig.7), nel nostro caso abbiamo i seguenti valori "1B0-1BF". Per effettuare il confronto è stato scritto un programma che permette di rivelare le differenze temporali fra i due segnali una volta al secondo e di metterle in un "file" che verrà poi analizzato con opportuni programmi di cui si parlerà in seguito. Il programma fa uso di alcune "routines" di ritardo "software" che sono state provate su impulsi di larghezza nota per ottenere i fattori di conversione giusti da utilizzare poi nell'acquisizione reale dei ritardi (fig.8a,8b), in particolare è stato usato un programma per misurare l' ampiezza dell' impulso proveniente dalla R.S.N. che è di 200 msec. Ne è uscito un fattore di conversione pari a 805 (conteggio) derivante dal numero di impulsi presenti in una finestra temporale di 200 msec. Durante l'acquisizione è stato utilizzato un oscilloscopio digitale per "monitorare" i segnali sotto misura, e in fig.5 si possono vedere questi segnali [base tempi di 5 sec]. In fig. 9 viene evidenziato il ritardo misurato con il programma di cui si è detto prima (D).

6.ELABORAZIONI SUL SEGNALE DI DIFFERENZA TEMPORALE

Mediante il programma di acquisizione di cui si è detto sopra sono stati prodotti due "files" [DAT1 e DAT2] relativi a due diversi periodi:

a- 11/6/90 12/6/90 82000 campioni, 330k di dati dalle ore 8 a.m.

b- 14/6/90 15/6/90 82000 campioni, 330k di dati dalle ore 8 a.m.

Questi due "files" sono diventati l' ingresso di un programma di analisi di segnali [DADISP WORKSHEET S.A.Software] mediante il quale sono stati estratti i parametri più significativi del segnale differenza. Sia per il primo che per il secondo periodo sono stati estratti e analizzati quattro segmenti relativi a diversi periodi della giornata, nella fig.10 è illustrata una sezione del segnale, costituita da un periodo di circa sei ore, dalle ore 8 di mattina alle ore 14 del pomeriggio, [è stato preso in considerazione solo il primo periodo (DAT1)]. Il ritardo analizzato può considerarsi costituito da più componenti ognuna delle quali dipende da uno o più parametri.

1) Ritardo introdotto dal ricevitore, che per sua costituzione introduce un ritardo, questo ritardo se conosciuto può essere trattato come errore sistematico, e fondamentalmente è una quantità costante (42 msec).

2) Differenza temporale dovuta all'orologio della R.S.N. (+/- 10msec max.). Questa si può considerare una quantità costante.

3) Differenze temporali dovute alla propagazione, variabili nel tempo da imputarsi a varie cause di cui diremo in seguito.

Si è considerato il ritardo come una variabile aleatoria di cui si conoscono i valori assunti durante più osservazioni. Si determinano per ogni segmento i parametri e le funzioni di seguito indicate:

1-Valor medio sperimentale.

2-Funzione " stima della distribuzione di ampiezza " [istogramma].

3-Deviazione standard sperimentale.

Questi dati si possono ottenere all'interno del programma "DADISP" utilizzando opportuni comandi messi a disposizione dal programma stesso.

7. RISULTATI E CONSIDERAZIONI

I risultati relativi alla fig.10 sono riassunti nella fig.11 e nella tab.1. Il segnale differenza, analizzato in diversi periodi della giornata, mostra una variabilità marcata, le deviazioni standard assumono valori di qualche msec. Alla frequenza di 77.5 kHz (lunghezza d'onda=3871m) la propagazione avviene mediante salti multipli fra la superficie della terra e gli strati D ed E della ionosfera [2],[3]. Durante la notte c'è solo lo strato E, ed i livelli di segnale ricevuto sono più elevati, rispetto al giorno, questo perchè si ha una maggiore perdita di energia per riflessione sullo strato D. La variabilità del segnale osservato dipende principalmente dalla elevata dinamica degli strati ionosferici. Questo comporta un diverso tempo di transito dell'onda e.m. che si propaga con la sua velocità di gruppo. Inoltre il cambiamento dell'indice di rifrazione del mezzo su piccola scala spaziale e temporale influisce sulla lunghezza del percorso che l'onda e.m. compie. Per fare dei paragoni sono stati analizzati segmenti di registrazioni durante il giorno e la notte (vedi fig. 18,19). Ed è stata notata una minore variabilità dei ritardi durante la notte da imputarsi forse ai livelli di segnale più alti ricevuti.

Per una distribuzione normale abbiamo la seguente espressione:

$$D(x) = \frac{1}{d\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-m)^2}{2d^2}\right]$$

var. aleatoria=x

valore atteso=m

dev. stand.=d

costruita la variabile aleatoria " a=x-m ", la sua distribuzione si può ricavare dalla distribuzione precedente:

$$D(a) = \frac{1}{d\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{a^2}{2d^2}\right]$$

Da questa è possibile, mediante integrazione, ottenere la cosiddetta funzione degli errori. Questa funzione dà la probabilità che lo scarto sia, in valore assoluto, non superiore ad \hat{a} :

$$\int_{-\hat{a}}^{+\hat{a}} D(a) da = 2 \int_{+0}^{+\hat{a}} D(a) da$$

(funzione degli errori)

Calcolando questa funzione per $\hat{a}=d$, $\hat{a}=2d$, $\hat{a}=3d$, si ottengono i seguenti risultati:

$$\text{erf}(d)=0,683=68,3\%$$

$$\text{erf}(2d)=0,955=95,5\%$$

$$\text{erf}(3d)=0,997=99,7\%$$

Cioè se la distribuzione è normale si ha una probabilità pari a 0,68 che la variabile aleatoria sia compresa fra -d e +d. Queste quantità non sono in accordo con le equivalenti ottenute dalle distribuzioni sperimentali viste sopra, e calcolate attraverso il programma "DADISP" (integrazione numerica effettuata su segmenti di curva della distribuzione a distanze di "d", "2d", "3d", utilizzando il metodo di Simpson). Oltre a quella sopra, ci sono altre due condizioni da tener presente per decidere se una distribuzione sperimentale si può assimilare a una distribuzione gaussiana:

Gli scarti hanno tendenza a distribuirsi simmetricamente intorno al valor medio.

Deve essere massima la concentrazione degli scarti intorno al valor medio.

Nel nostro caso la prima condizione non è verificata, e la seconda solo parzialmente. Si può dire che la distribuzione ha un andamento concentrato intorno al valor medio ma in generale non è distribuita simmetricamente rispetto al valor medio stesso.

8. CONCLUSIONI

Il segnale "DCF" è un segnale marcatempo completo e quindi è possibile con una adatta decodifica ottenere l'informazione temporale fino al minuto. Nel caso di utilizzo del segnale "DCF" per ottenere il riferimento di tempo necessario alla stazione sismica "VBB" la variazione dei ritardi nel tempo vista sopra, porta come conseguenza, che la correzione sull'orologio interno della stazione può non essere esatta (non tenendo conto dell'errore di ritardo sistematico). Una soluzione può essere quella di acquisire ogni secondo la differenza tra il segnale "DCF" esterno e un riferimento temporale interno generato per esempio da un oscillatore al quarzo (1 impulso al secondo). Ogni 16 differenze viene effettuata una media e in base al segno della differenza si provvede a modificare (spostare) il riferimento temporale interno, questa procedura viene eseguita ogni secondo utilizzando nuove differenze (medie mobili). In questa maniera si ottiene un circuito che effettua una media sui ritardi (parte variabile) per ottenere una situazione di base tempi interna che si può considerare "al passo" con il riferimento esterno "DCF", per essere in questa situazione bisogna attendere, naturalmente, un certo periodo di tempo. Durante i test della stazione sismica "a larga banda" è stato usato un circuito basato sul criterio menzionato precedentemente, il "time Code Generator 8600" della "Lennartz E.", che effettua correzioni temporali di +/- 1msec ogni secondo e quindi si ottiene alla fine della sincronizzazione una base tempi che si può considerare immune dal fenomeno di "jitter". Il circuito non funziona solamente con il "DCF" ma anche con "Radio Mosca", utilizzando un altro ricevitore. Lo schema di "test" è quello di fig.20, abbiamo atteso che la base tempi interna del circuito si fosse stabilizzata e poi abbiamo iniziato l'acquisizione sulla stazione sismica "VBB", in questo caso il fenomeno del "jitter" viene in pratica eliminato e l'andamento della correzione temporale è tale da permettere l'utilizzo del circuito marcatempo con le caratteristiche precedentemente dette nei siti dove si può ricevere il segnale radio "DCF".

9. RIFERIMENTI

- [1]-MEDNET, the Italian mediterranean broadband seismic network. D.Giardini, A.Morelli, G.Romeo, Q.Taccetti, I.N.G. 1988.
- [2]-Propagation of Radio Waves, Mir Publishers, Moscow 1971.
- [3]-Appunti di Radiotecnica, A. Meucci, Roma 1975.
- [4]-Dadisp Worksheet Manual.
- [5]-8255 I/O Card FPC-024 User's Manual.
- [6]-Time signal reception system, Lennartz Electronic
- [7]-Documento tecnico Physikalisch-Technische Lab. 1.21
- [8]-Introduzione alla misura delle grandezze fisiche, R. Marcon, P. Marietti, Japadre Ed.

Un ringraziamento va alle persone dell'Istituto Nazionale di Geofisica che hanno reso possibile, con le discussioni fatte, la stesura di questa nota interna.

C.Bianchi
G.Romeo
C.Salvaterra

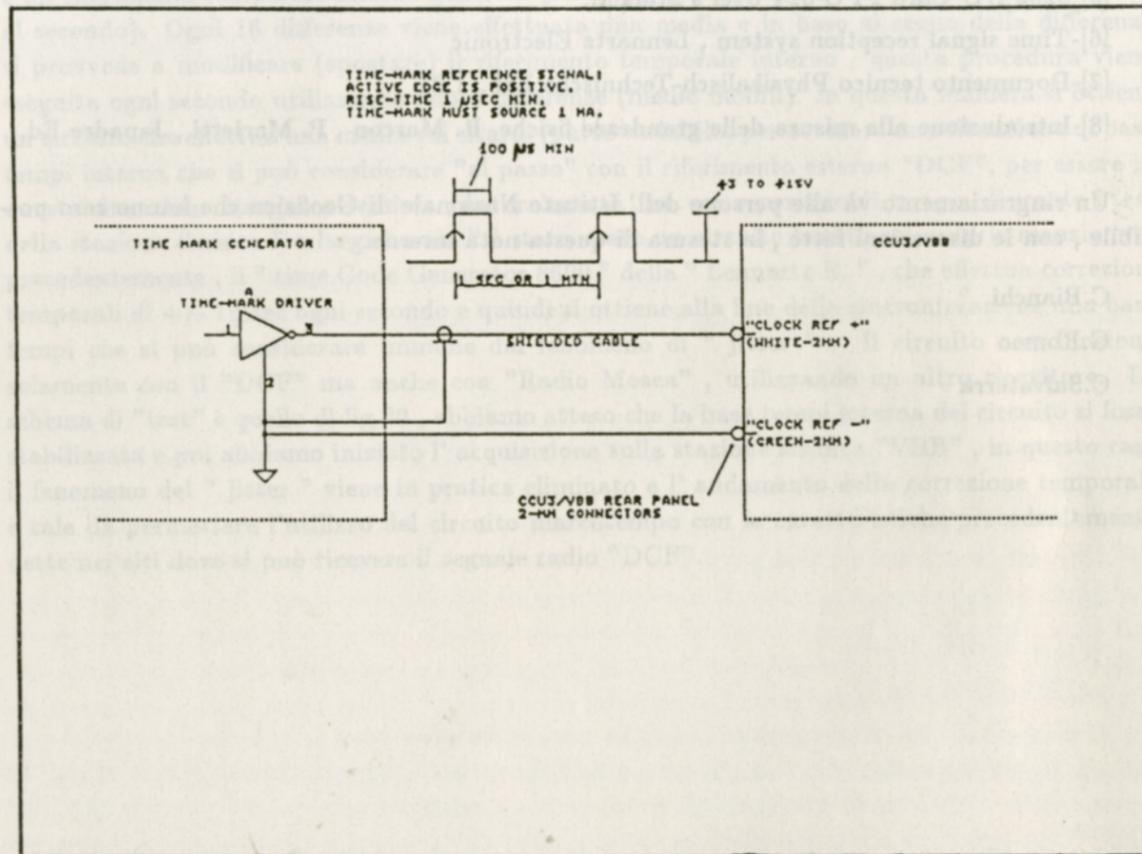


Fig. 1 - Caratteristiche del segnale marcatempo

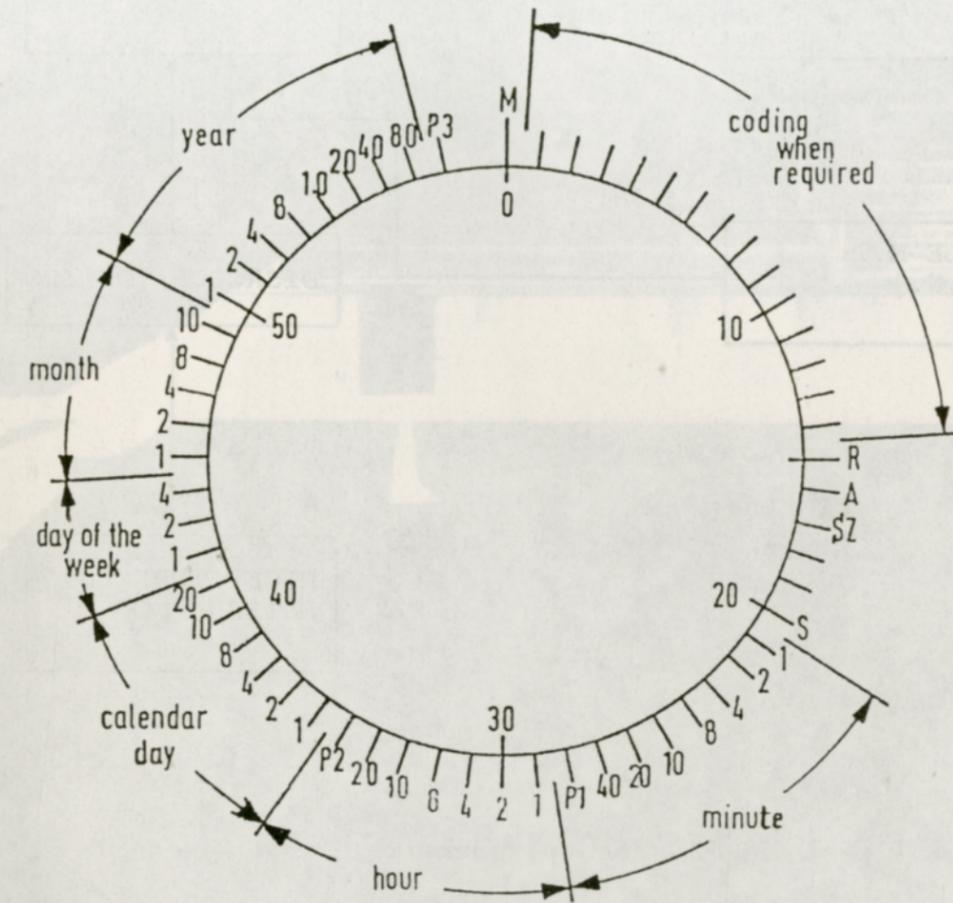


Fig. 2 - Codifica del segnale DCF 77

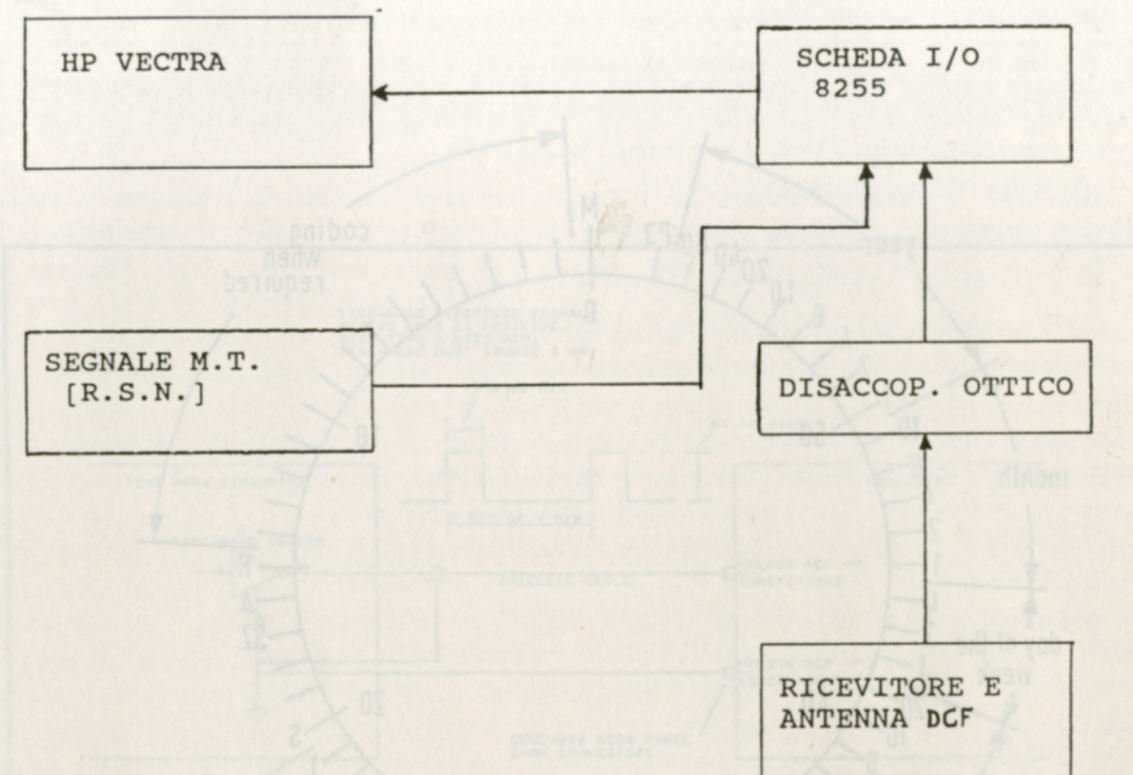


Fig. 3 - "Set-up" di misura

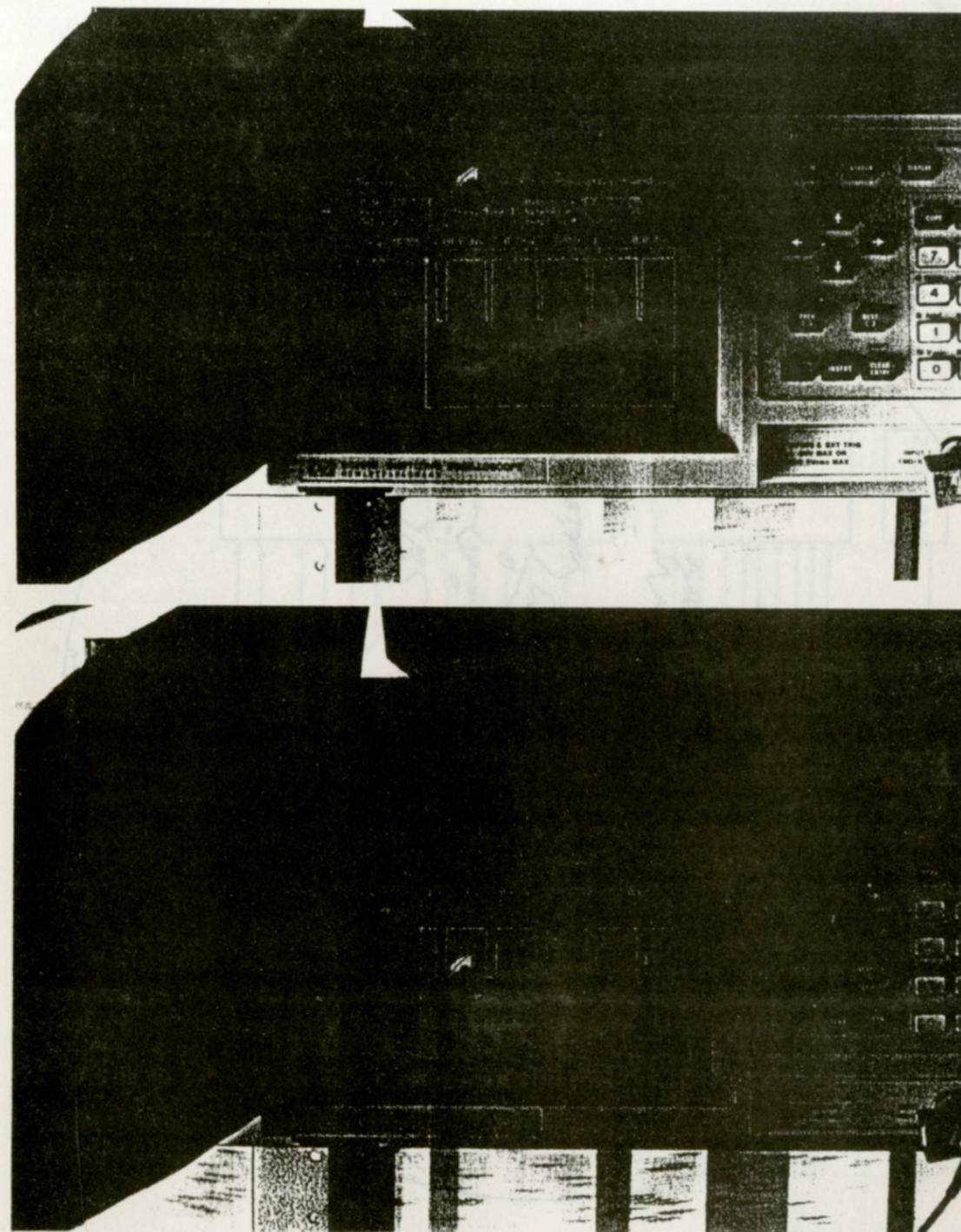


Fig. 5 - I segnali all'oscilloscopio

- a) Segnale "DCF" demodulato
- b) Segnale marcatempo R.S.N.

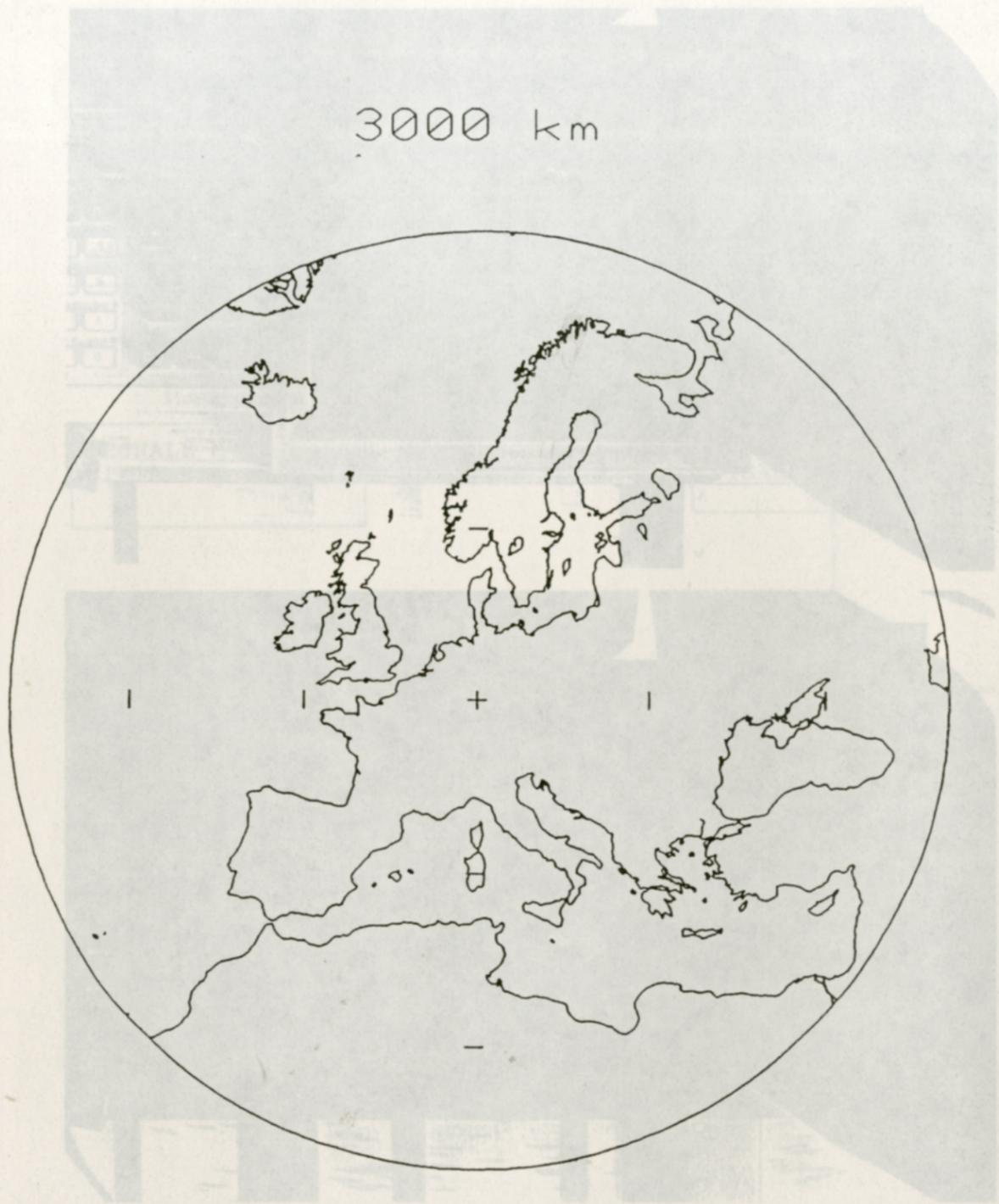


Fig. 6 - Area di copertura del segnale "DCF" relativa al ricevitore "LENNARTZ"

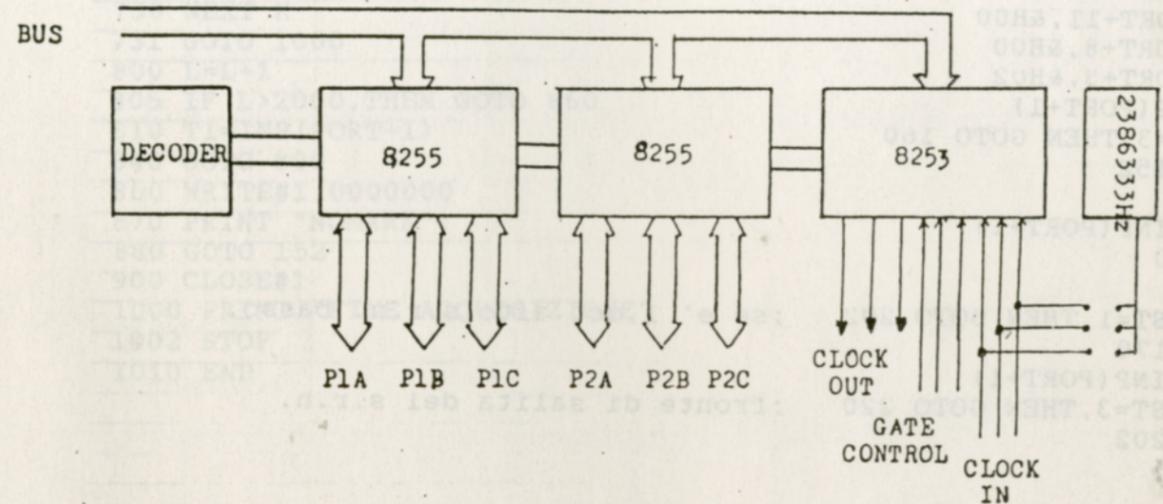


fig.7

```

100 REM *rilevazione dei ritardi fra il segnale DCF e il segnale*
110 REM *della R.S.N., i dati vanno in un "file" chiamato "dat1"*
111 REM *nel disco rigido D, inoltre viene stampata a schermo*
112 REM *secondo per secondo, la differenza temporale.*
115 OPEN "O", #1, "D:DAT1"
120 PORT=&H1B0
130 OUT PORT+11, &H00
140 OUT PORT+8, &H00
150 OUT PORT+3, &H02
152 LL=INP(PORT+1)
153 IF LL=3, THEN GOTO 160
154 GOTO 152
160 I=1
170 TEST=INP(PORT+1)
180 FLAG=0
185 L=0
200 IF TEST=1, THEN GOTO 202 ;se e' 1, dcf alto, s.r.n. basso.
201 GOTO 170
202 TEST=INP(PORT+1)
203 IF TEST=3, THEN GOTO 220 ;fronte di salita del s.r.n.
204 GOTO 202
220 FLAG=1
230 L=L+1
235 IF L>1000, THEN GOTO 860
250 T1=INP(PORT+1)
265 IF T1=2, THEN GOTO 271 ;arrivato fronte di discesa del dcf
270 GOTO 230
271 LLL=(200*L)/805 ;conteggio in msec basato su misura precedente
272 LLL1=INT(LL) ;impulso r.s.n. (200 msec)
273 WRITE#1, LLL1
281 PRINT LLL1"msec";
282 AS=INKEYS :IF LEN(AS)=0 THEN GOTO 310 ;interr. da tastiera.
283 MM=ASC(AS)
284 IF MM=13, THEN GOTO 900
310 GOTO 610
350 T1=INP(PORT+1) ;ci si rimette nella posizione all'i-
360 IF T1=0, THEN GOTO 380 ;nizio dell'impulso.
365 IF T1=2, THEN GOTO 380
370 GOTO 350
380 A(I)=INP(PORT+8)
385 WRITE#1, A(I)
390 I=I+1
400 A(I)=FLAG
450 WRITE#1, A(I)
610 FLAG=0
611 FOR J=1 TO 2
612 NEXT J
613 FOR J=1 TO 2
614 NEXT J
619 GOTO 170

```

fig.8a

PERIODO A VALOR MEDIO SPER. DEVIAZIONE STANDARD SPER.

```

620 GOTO 1000
624 LPRINT "STAMPA DEI VALORI DI DIFFERENZA"
627 FOR K=1 TO 60
628 INPUT#1, A(K)
629 LPRINT A(K);
630 NEXT K
631 GOTO 1000
800 L=L+1
805 IF L>2000, THEN GOTO 860
810 T1=INP(PORT+1)
840 GOTO 800
860 WRITE#1, 00000000
870 PRINT "NOMARK";
880 GOTO 152
900 CLOSE#1
1000 PRINT "FINE ACQUISIZIONE"
1002 STOP
1010 END

```

fig.8b

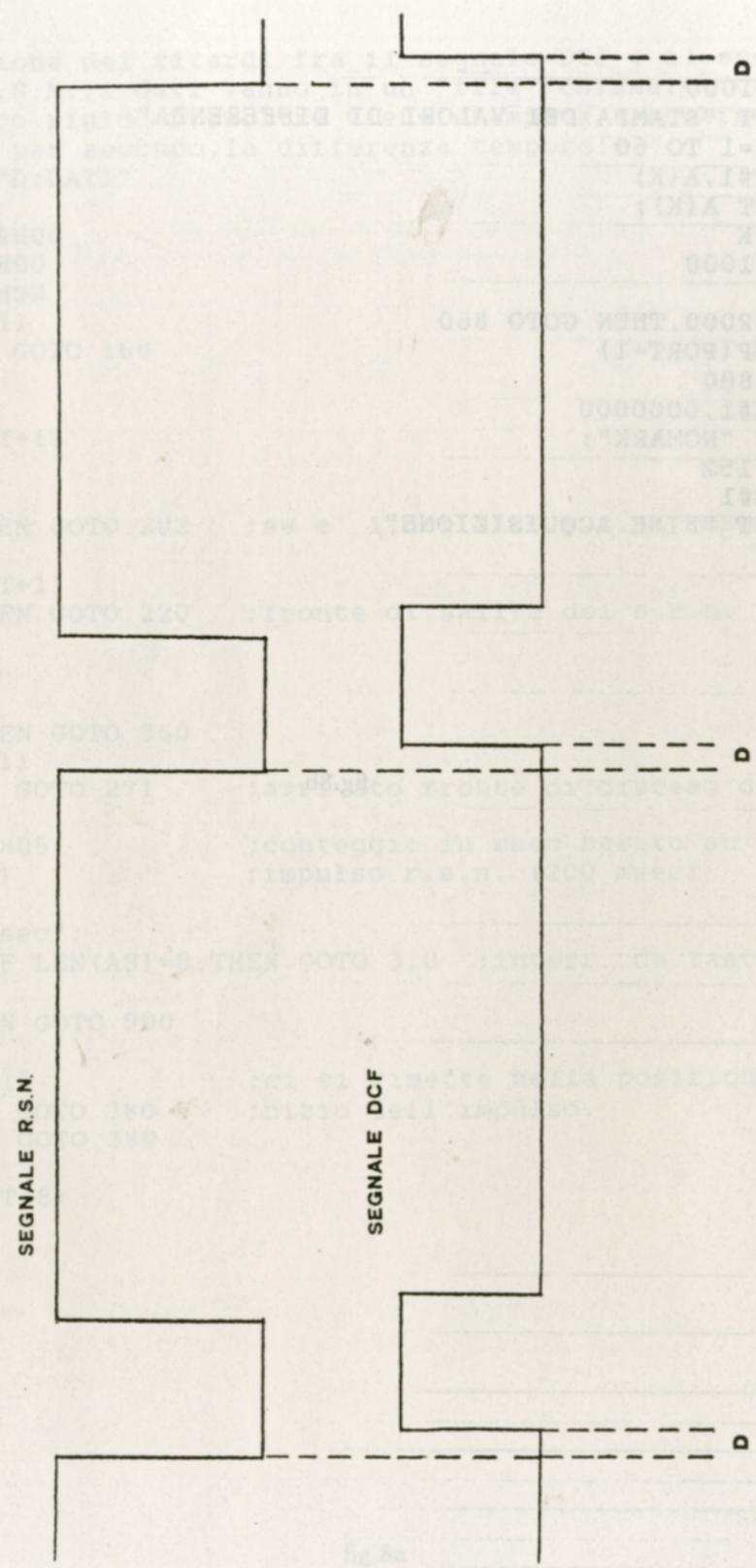


fig. 9

PERIODO A VALOR MEDIO SPER. DEVIACIONE STANDARD SPER.

SEGMENTO1	30,6	5,4
SEGMENTO2	30,4	5,5
SEGMENTO3	31,2	5,3
SEGMENTO4	31,6	5,1

PERIODO B VALOR MEDIO SPER. DEVIACIONE STANDARD SPER.

SEGMENTO1	30,8	5,3
SEGMENTO2	30,5	6,7
SEGMENTO3	31,2	5,8
SEGMENTO4	31,2	4,8

(tutti i valori sono espressi in msec.)

Tab. 1 - Valori statistici degli 8 segmenti relativi ai due periodi

Fig.10 - Segmento n°1 [11-6-90/12-6-90]

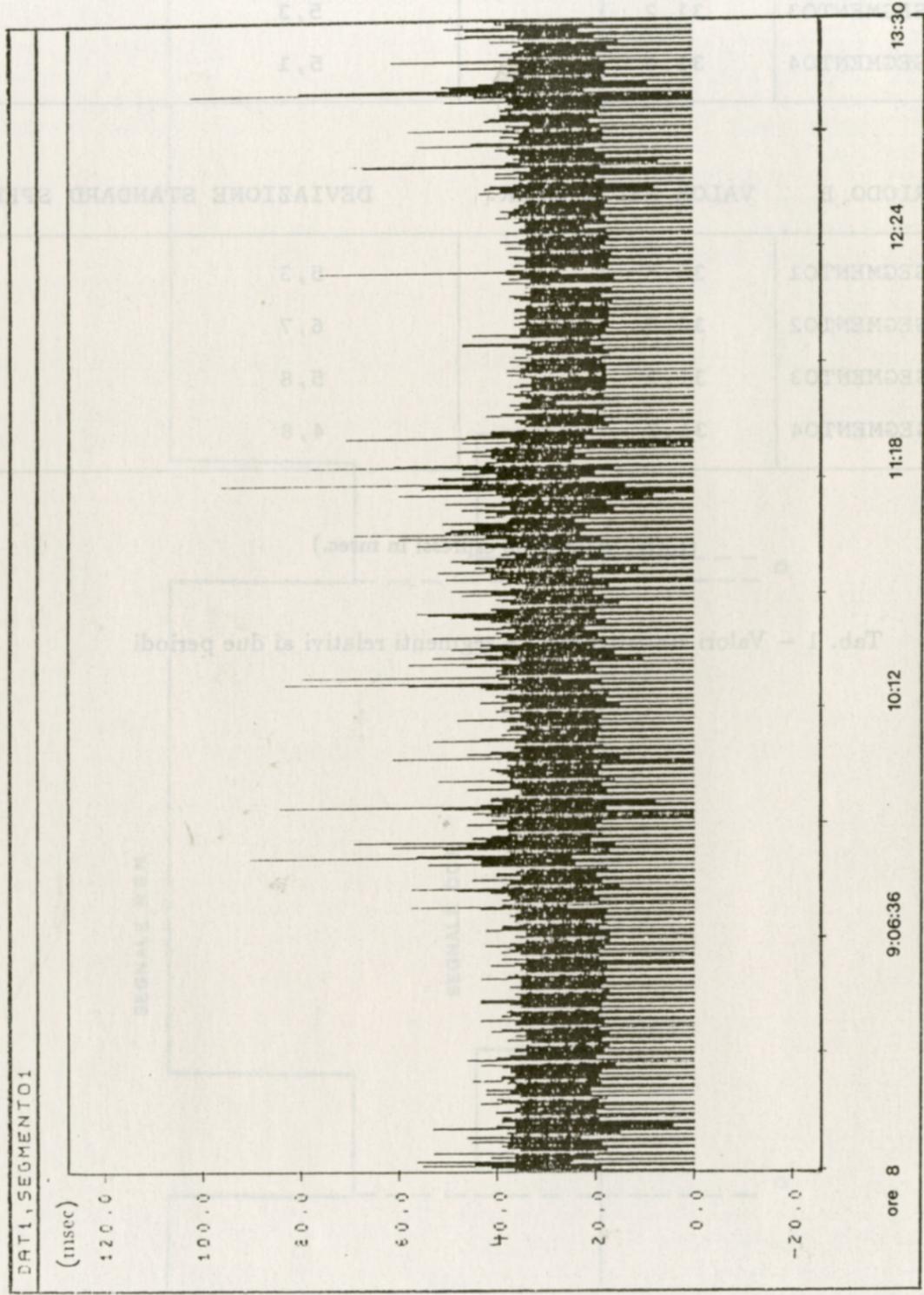


Fig. 11 - Distribuzione 1

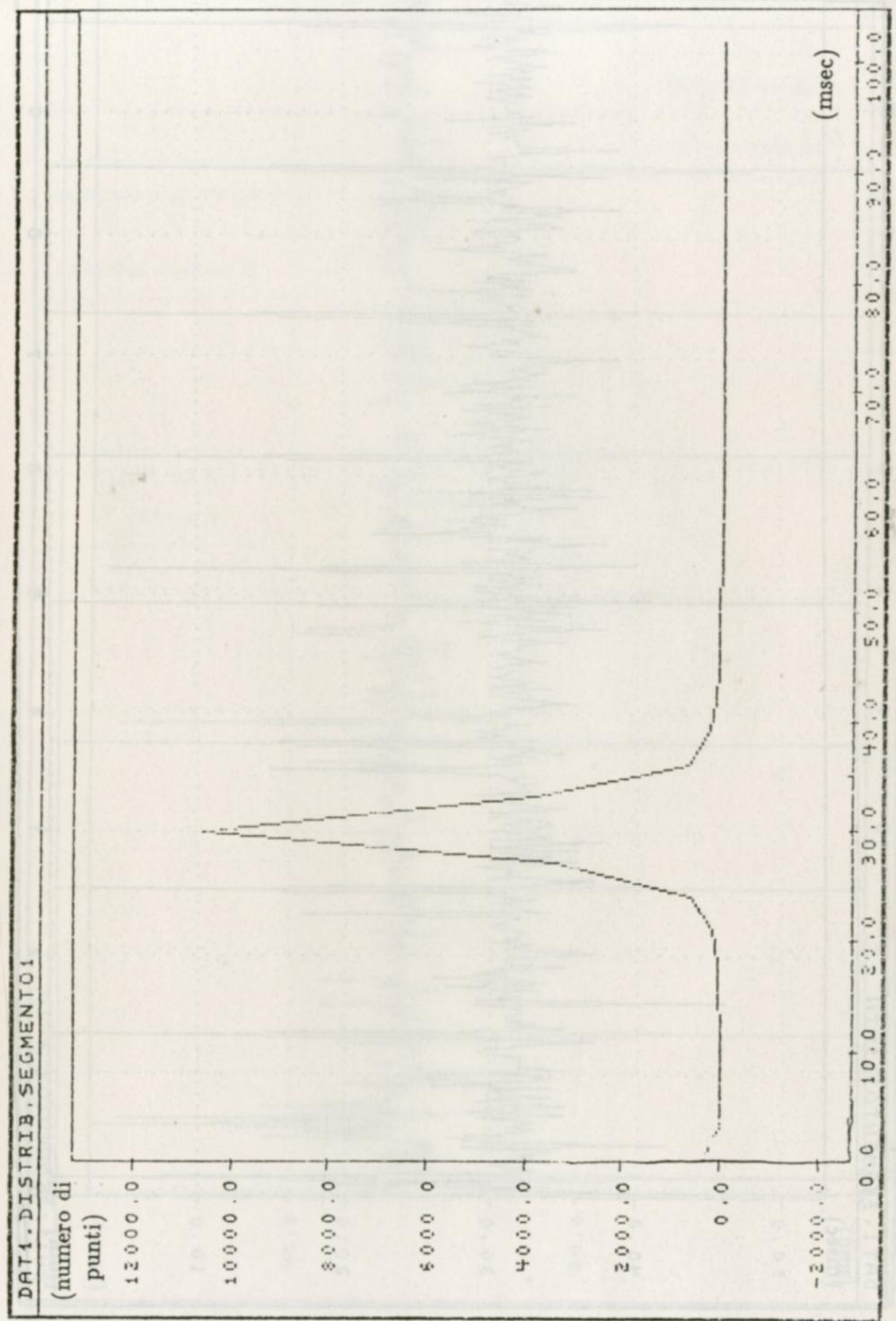


Fig. 12 - Segmento di 9 minuti estratto di mattina (ore 9.00)

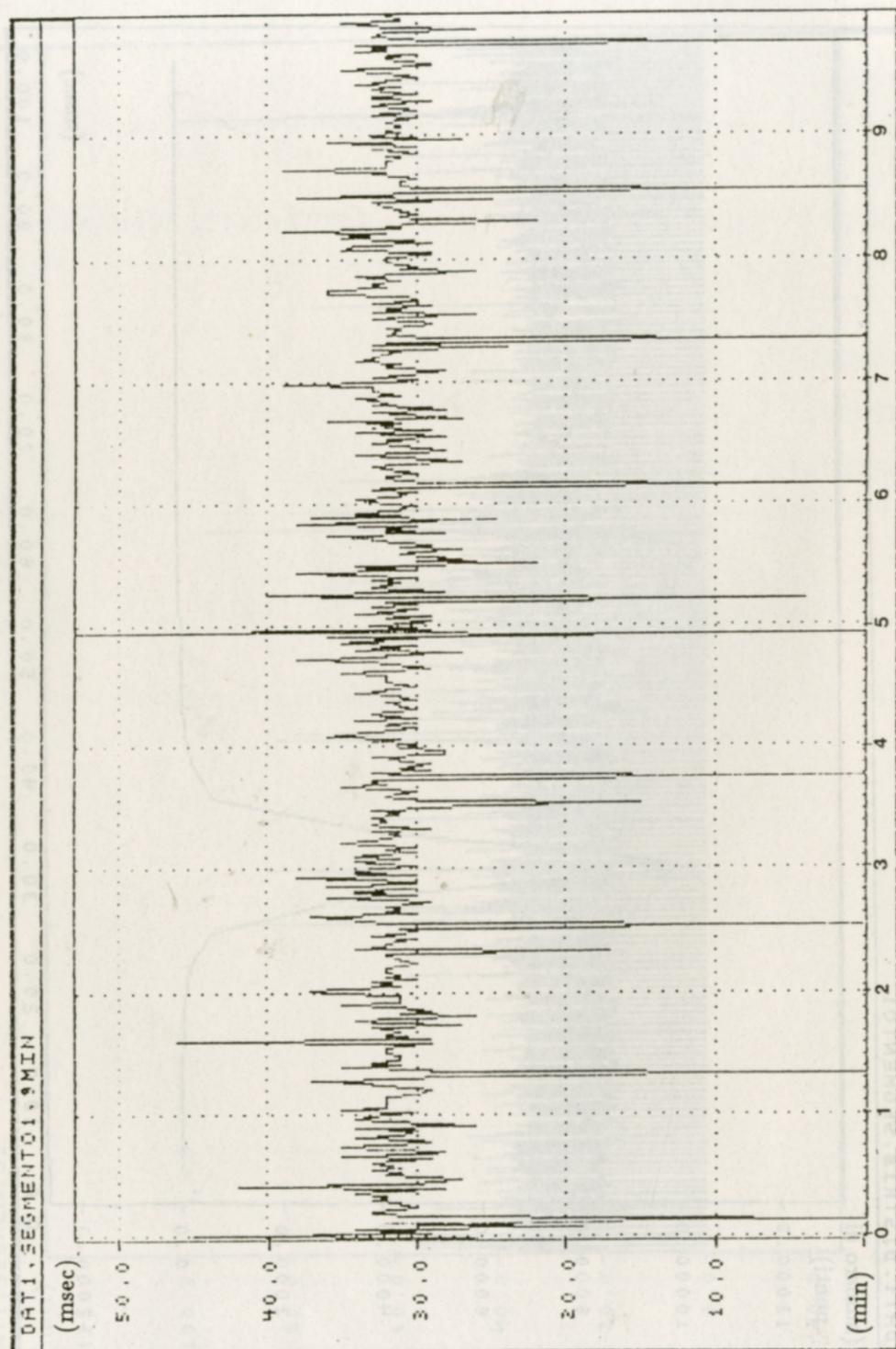


Fig. 13 - Segmento di 9 minuti estratto di notte (ore 3.00)

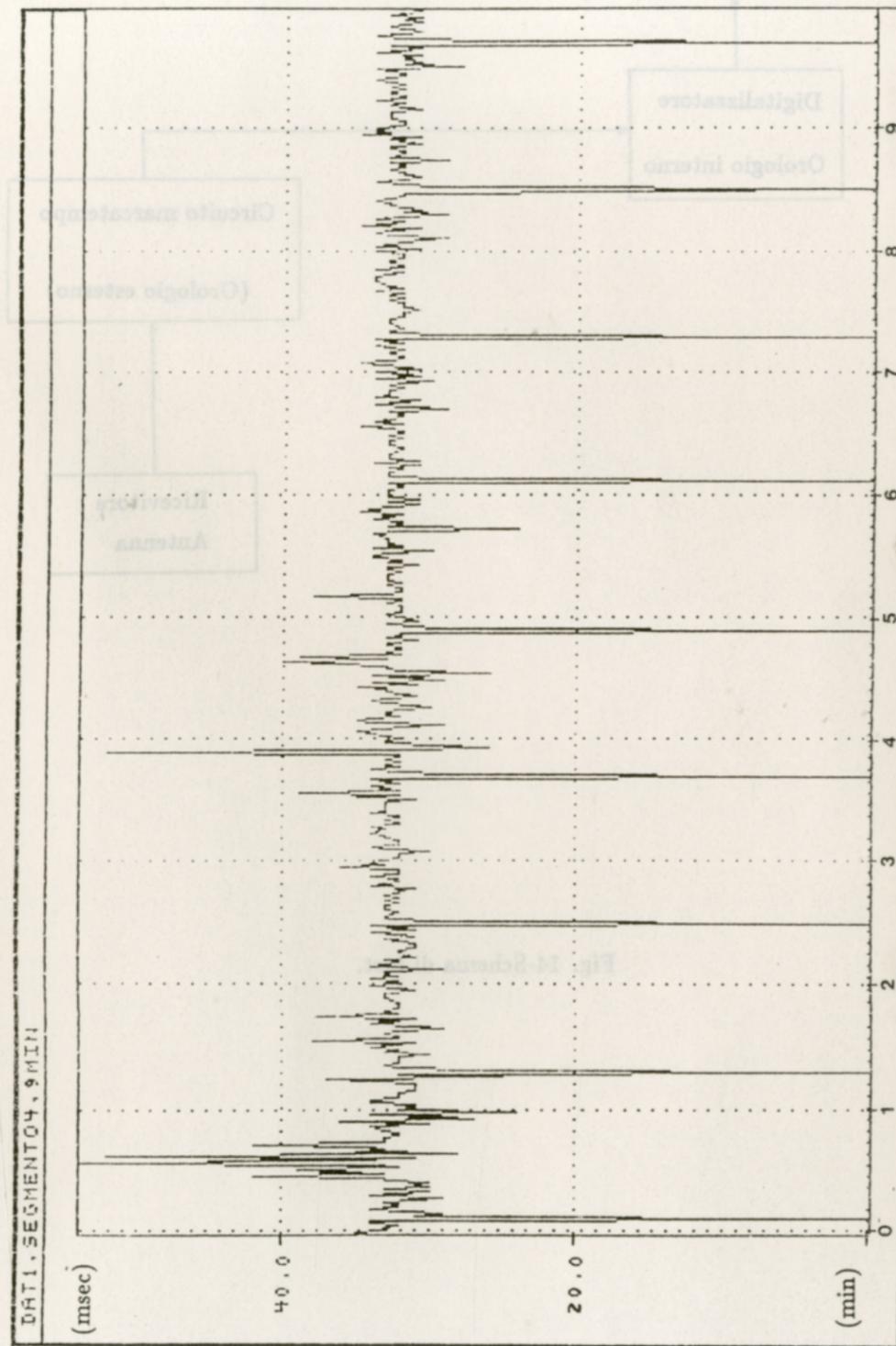


Fig. 13 - Segmento di 9 minuti estratto di notte (ora 3.00)
Fig. 14 - Segmento di 9 minuti estratto di mattina (ora 9.30)

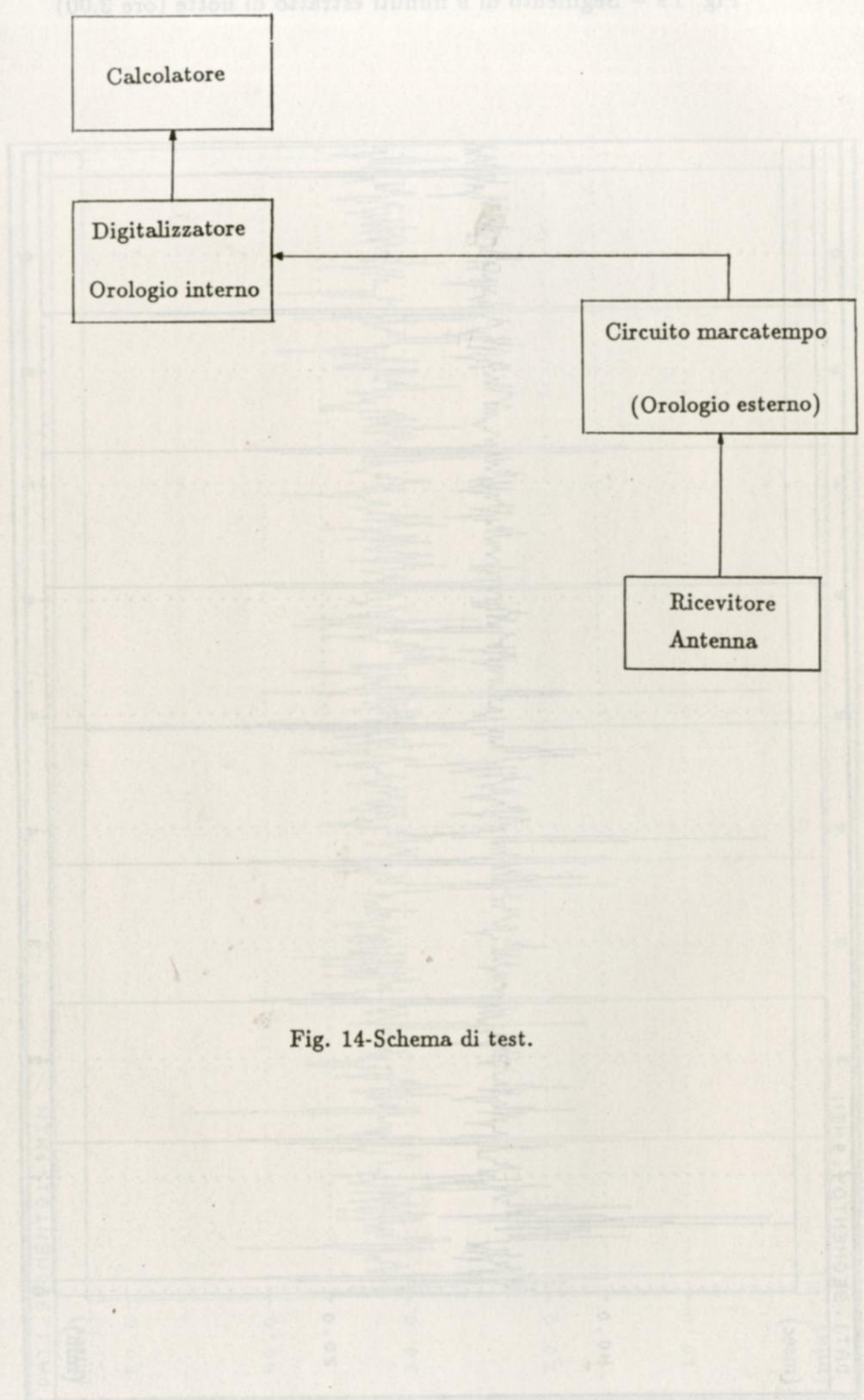


Fig. 14-Schema di test.