



Consiglio Nazionale delle Ricerche

**ISTITUTO DI ELABORAZIONE
DELLA INFORMAZIONE**

PISA

HYPNOGRAMMER/1, uno strumento dedicato all'analisi automatica del sonno

E. Roviaro, B. Carbone, G. Gagliardi

Nota interna B83-05

Giugno 1983

HYPNOGRAMMER/1, uno strumento dedicato all'analisi automatica del sonno.

E. Roviato, B. Carbone, G. Gagliardi.

Introduzione.

L' Hypnogrammer/1 è uno strumento che nasce da una serie di esperienze svolte nell'ambito della sezione di Ingegneria Biomedica dell'Istituto di Elaborazione dell'Informazione, in collaborazione con le Cliniche Neurologica e Pediatrica dell'Università di Pisa [1].

Tale strumento è dedicato all'analisi di un segnale elettroencefalografico sia on-line, prelevando il segnale direttamente sullo scalpo, che off-line cioè analizzando il segnale registrato su nastro analogico, con acquisizione comprimibile di un fattore fino a 64:1.

L' Hypnogrammer/1 è concepito per ottenere due tipi di elaborazione del segnale E.E.G.:

- a) Costruzione del grafico dell'andamento delle fasi del sonno (ipnogramma).
- b) Discriminazione in tempo reale delle fasi di sonno 3 e 4,

a) La costruzione visuale dell'ipnogramma richiede la lettura da parte del neurologo dell'intero tracciato elettroencefalografico registrato nel corso della notte: per avere un'idea della mole di lavoro che lo specialista deve affrontare basta considerare che ogni foglio corrisponde a 20" di tracciato; una notte di otto ore si traduce in qualcosa come 1400 pagine. Ci si può rendere facilmente conto dell'impossibilità di rendere attuabile su vasta scala questo tipo di esame.

D'altra parte, acquisendo il segnale E.E.G. registrato su nastro analogico con una velocità pari a 64 volte quella di registrazione, lo strumento è in grado di fornire la costruzione dell'ipnogramma in soli 7.5 minuti.

b) L' importanza della discriminazione degli stadi 3-4 del sonno (sonno delta) e' legata alla correlazione che esiste tra le suddette fasi e la produzione di GH (Growth Hormone) da parte dell' ipofisi nel sangue nell' arco delle 24 ore [2].

La valutazione della quantita' di ormone prodotta riveste particolare importanza nella patologia dell' accrescimento ritardato del bambino; nella pratica clinica tuttavia, non si ricorre in generale all' analisi della concentrazione di GH nel sangue durante il sonno per i notevoli problemi che questa comporta (costo delle attrezzature, impiego di personale altamente specializzato durante le ore notturne ecc.). La diagnosi di un' insufficienza di secrezione di GH si avvale di tests di stimolo che non possono valutare l' esatta capacita' produttiva dell' ipofisi in condizioni fisiologiche.

La possibilita' di valutare la concentrazione di GH durante il sonno e di qui l' opportunita' di dosare in condizioni fisiologiche [3] l' secrezione dell' ormone per mezzo di un' apparecchiatura di costo contenuto e di semplice uso, rende l' esame attuabile su vasta scala [4].

Descrizione del sistema.

L' Hypnogrammer/1 e' uno strumento controllato da un microprocessore Z80 dotato di 8 KByte di memoria RAM e 8 KByte di Eprom ed e' concepito per operare sia "stand alone" che "remote", collegato a "Host Computer" tramite linea seriale RS 232.

- "Stand alone".

In questo stato le condizioni di funzionamento dello strumento sono controllabili da pannello frontale tramite una serie di led e display, e possono essere modificate per mezzo di tasti specializzati. Il risultato delle elaborazioni del segnale E.E.G. puo' essere inviato in tempo reale a un monitor a piu' tracce o a registratore grafico x,t o x,y attraverso una serie di BNC presenti sul pannello frontale. Tali informazioni memorizzate nella RAM dello strumento sono pero' volatili con le tensioni di alimentazione. Questo e' il motivo principale che ha indirizzato gli autori verso il funzionamento:

- "Remote".

In questa condizione lo strumento e' totalmente asservito all' "Host Computer" che ne controlla tutte le funzioni; la tastiera dell' Hypnogrammer/1 e' disattivata. Le informazioni relative alle elaborazioni del segnale E.E.G. sono inviate, sempre in tempo reale, al calcolatore che provvede alla loro rappresentazione grafica sul proprio monitor. Tali informazioni possono essere contemporaneamente inviate a registratore grafico come per lo stato "Stand Alone".

Quando il segnale e' prelevato direttamente sul paziente, gli elettrodi sono collegati a una testina di preamplificatore (X1000) che garantisce un rumore di ingresso inferiore a 100 nV picco-picco. Questa soluzione da' la possibilita' di sistemare lo strumento a distanze dell' ordine di qualche metro dal soggetto senza l' introduzione di disturbi di rete, "effetto microfonico" ecc., data la bassa impedenza di uscita del preamplificatore. Il segnale viene quindi

inviato ad un filtro passa banda a due poli con costanti di tempo variabili tipiche dei segnali considerati e un filtro passa alto a 6 poli che provvede alla drastica attenuazione delle componenti del segnale con frequenze inferiori a 1 Hz, provocate in genere dalla sudorazione e che alterano notevolmente i risultati dell'analisi del segnale; il segnale filtrato e' disponibile su un BNC presente sul pannello frontale per essere inviato, eventualmente, ad un registratore analogico.

Nel caso di acquisizione del segnale da nastro analogico, non e' previsto nessun condizionamento sul segnale stesso.

Analisi del segnale.

L'analisi del segnale E.E.G. si basa su due parametri: (I) valutazione della sua frequenza media, (II) andamento della modulazione della banda compresa tra 12.5 Hz e 14.5 Hz, classificate dagli elettroencefalografisti come banda sigma.

Per quanto riguarda il I parametro, si puo' dimostrare che [5], se un segnale ha uno spettro in frequenza distribuito gaussianamente, la sua frequenza media e' proporzionale al numero degli attraversamenti della linea di valor medio nell'unita' di tempo; se il segnale presenta un valor medio nullo (come nel nostro caso, visto che esiste un filtro passa alto), ci si riferisce alla linea di zero. In generale il segnale E.E.G. soddisfa a questa ipotesi [6].

Calcolando il numero di attraversamenti di zero nell'unita' di tempo (zeroCross) mediati su un periodo (Epoca) di qualche decina di secondi (tipicamente 30") si ottiene un andamento del parametro zerocross durante la notte del tipo mostrato in fig. 1b.

Sui dati raccolti durante la notte, relativi a questo parametro, e' possibile effettuare la discriminazione dello stato di veglia e degli stadi 1, 2, 3 e 4; non e' pero' possibile discriminare lo stadio REM che viene classificato come stadio 2. Per questo si ricorre all'analisi del II parametro (modulazione della banda sigma) che permette la discriminazione fra lo stadio 2 e lo stadio REM; e' stato infatti osservato [7] [8] che durante lo stadio 2 tale parametro assume valori notevolmente maggiori di quelli che si registrano durante le fasi REM.

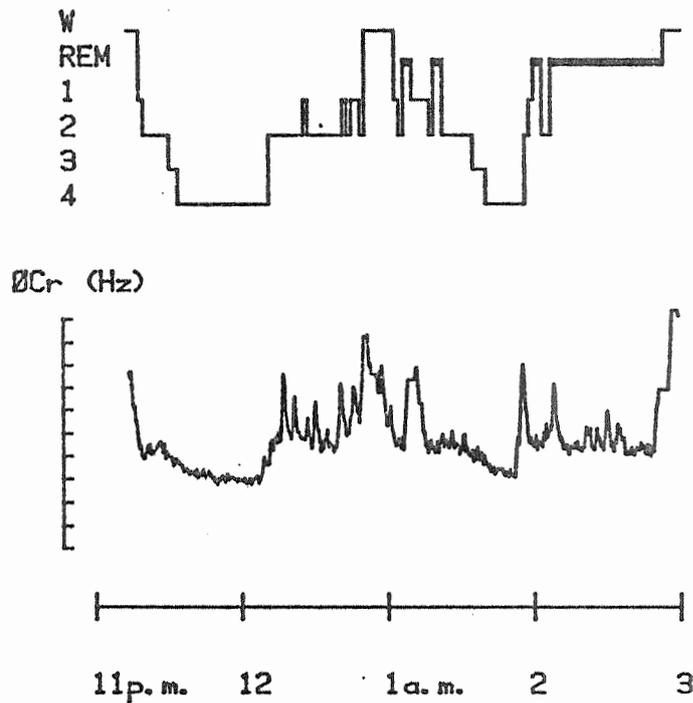


Fig. 1

Per quanto detto, appare chiaro come sia necessario, per la costruzione dell' ipnogramma, aver acquisito il segnale per l' intera durata dell' esame, elaborando i valori che i due parametri hanno assunto durante la notte e che sono stati memorizzati dallo strumento.

Per la discriminazione in linea degli stadi 3 e 4 del sonno e' invece sufficiente riferirsi al I parametro.

Riferendosi alla fig. 1 si puo' osservare che durante le fasi delta la frequenza media del segnale "crolla" rispetto alle fasi di tipo 1, 2 e REM.

L' analisi numerica dei dati relativi allo zeroCross

dimostra che è possibile scegliere un valore di soglia tale da correlare l'insieme delle epoche per le quali lo zeroCross è al di sotto di tale valore, con le fasi di sonno delta.

Tale soglia deve essere adattata al singolo soggetto poiché il campo di oscillazione dei valori dello zeroCross durante il sonno delta, varia da soggetto a soggetto.

Il metodo seguito per fissare la soglia consiste nel misurare la frequenza media del segnale E.E.G. in veglia rilassata ad occhi chiusi, moltiplicando tale valore per un coefficiente opportuno, valido per tutti i soggetti [5].

Terminata l'operazione si inizia il confronto tra il valore della soglia e quello assunto dallo zeroCross al trascorrere del tempo.

Il riconoscimento della fase delta avviene solo quando questa è "stabile": tale caratteristica è individuata seguendo due criteri: il primo stabilisce che la fase di sonno delta è stabile per mezzo di due parametri "Required Epoch below threshold" e "Allowed Epoch above threshold". Il primo definisce il numero minimo di epoche con zeroCross inferiore al valore di soglia stabilito per segnalare la presenza di sonno delta. A partire dalla prima epoca per la quale il valore di zeroCross è risultato inferiore alla soglia, l'eventuale superamento della stessa per un numero limitato di epoche, non pregiudica il riconoscimento della stabilità della fase delta.

Il numero massimo di tali epoche è fissato dal valore del secondo parametro.

Il secondo criterio nasce dall'esperienza acquisita presso la clinica neurologica durante la sperimentazione del prototipo dell'Hypnogrammer/1; in uno degli otto casi esaminati si era verificato che la soglia fosse fissata al di sotto del più piccolo valore assunto dallo zeroCross nel corso della notte. In realtà l'esame del tracciato elettroencefalografico dimostrò la presenza di sonno delta nel primo ciclo di sonno.

D'altra parte l'osservazione dell'andamento dello zeroCross durante il sonno mette in evidenza una caratteristica delle fasi lente comune a tutti i casi esaminati con questo metodo che può risolvere il problema; riferendosi per es. alla fig. 1, si nota che la variazione del valore dello zeroCross diminuisce considerevolmente durante il

sonno delta. Il sistema avvisa del riconoscimento di una fase delta quando la variazione dei valori di zeroCross relativi alle ultime quattro epoche e' inferiore, in valore assoluto, a .5 Hz.

Un led del pannello frontale segnala il riconoscimento dello fase delta, l' Host computer eventualmente collegato fa lampeggiare una zona dello schermo e contemporaneamente da' una segnalazione acustica.

Schema a blocchi.

Lo strumento Hypnogrammer/1 si presenta nella configurazione mostrata in fig. 2.

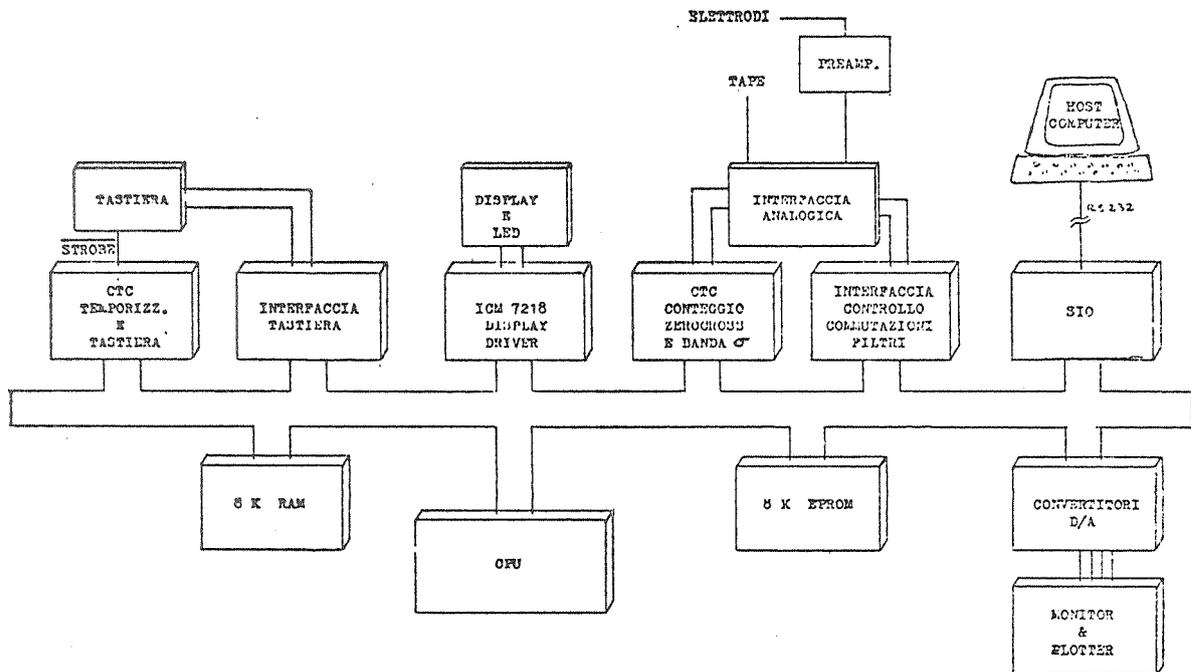


Fig. 2

L' hardware della parte digitale e' realizzato su due piastre professionali da wire wrap sistemate verticalmente su guide, individuabili al centro della fig. 3b: la prima con la CPU, la Ram, la Eprom e le periferiche SIO e CTC rispettivamente per la gestione della linea seriale (9600 Baud), le temporizzazioni richieste dal sistema insieme alla richiesta di interruption sullo stato basso dello Strobe della tastiera; ed infine per il conteggio dello zeroCross e della modulazione della banda sigma.

La seconda gestisce la codifica della tastiera, il pilotaggio dei led e del display sul pannello frontale, le commutazioni dei filtri per la selezione della banda sigma scelti in accordo con il fattore di compressione temporale

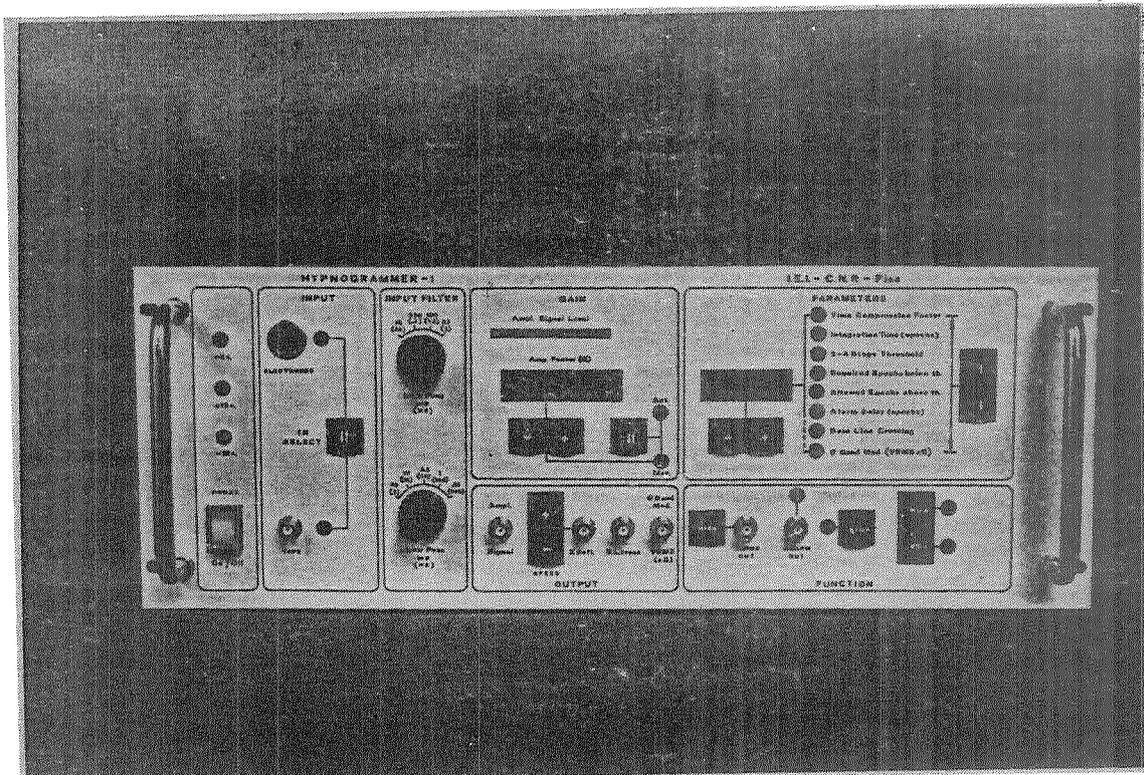


Fig. 3a: Lo Hypnoqrammer-1

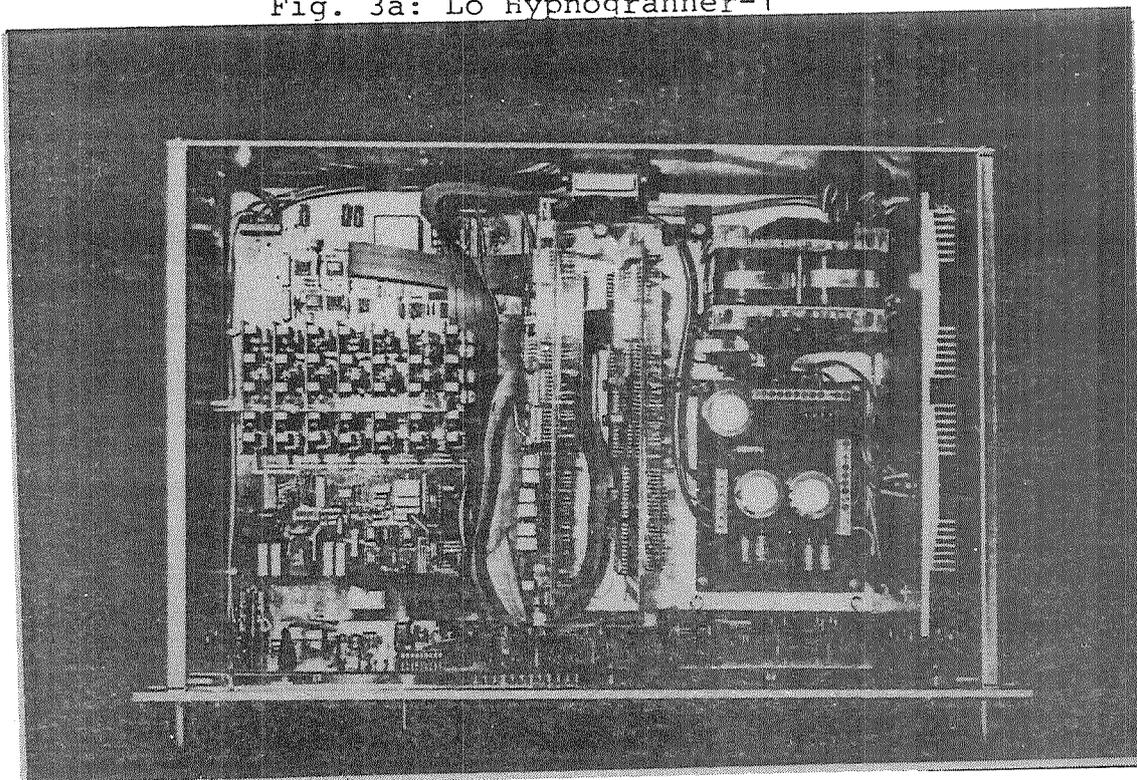


Fig. 3b: Assemblaggio delle varie basette.

programmato ed infine il collegamento al monitor o al registratore grafico per la visualizzazione dei dati elaborati dallo strumento, rinfrescati periodicamente, con l'uso di 4 convertitori D/A, uno dei quali e' dedicato al pilotaggio continuo dell'asse X.

La parte analogica e' realizzata su circuito stampato; facendo riferimento alla fig. 3b sono visibili i filtri che selezionano la banda sigma per i diversi fattori di compressione in acquisizione del segnale, sistemati nella meta' sinistra al centro del rack. La parte destra del rack e' occupata dall'alimentatore che fornisce le varie tensioni al sistema.

Il software si compone del sistema operativo scritto in linguaggio assembler Z80 che gestisce tutte le funzioni dello strumento e che occupa meno di 4 K Byte di Eprom, e di un programma scritto in linguaggio basic composto di tre moduli che gira sull'Host Computer, attualmente Hewlett Packard HP 85, e che provvedono, rispettivamente, alla programmazione remota dello strumento, alla gestione dell'acquisizione del segnale con i grafici relativi e alla memorizzazione e recupero da cassetta dei dati relativi all'esame.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Roviato E. -Sistema a microprocessore per l'analisi in linea dell' E.E.G. durante il sonno.- Tesi di laurea in fisica: Pisa 1981.
- [2] Keeman B.S. e coll. J. Endocr. 29: 20 1969.
- [3] Bottone E., Ziccardi D. -Semplificazione dello studio dell' increzione notturna di hGH nei soggetti con ritardo staturale (Sleep Test)- Tesi di specializzazione in Clinica Pediatrica. Pisa 1980.
- [4] Carbone B., Ori C., Roviato E., Gagliardi G. -Un sistema a microprocessore per l'analisi in linea dell' EEG durante il sonno- Nota interna E82-14. IEI Settembre 1982.
- [5] Rice D. -The expected number of zeros per seconds.- in Selected Papers on Noise and stochastic processes: 189-195 Wax N.D. Publ. Dover Publications.
- [6] Hjorth Bo -E.E.G. analysis based on time properties- Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 29: 306,310 1970.
- [7] Denoth F., Navona C., Barcaro U., Muratorio A., Murri L., Stefanini A. -Costruzione e valutazione automatica dell' ipnogramma.- Rivista Italiana di Elettroencef. e Neurofisiol. Clin. Vol. II Fasc. II Agosto 1979.
- [8] Barcaro U., Denoth F., Muratorio A., Murri L., Stefanini A. -12.5-14.5 Hz Band activity during sleep in normal subjects- Research Communications in Psychology, Psychiatry and behaviour, 6 1981, 267-275.
- [9] Carbone B., Denoth F., Roviato E., Meucci G., Murri L., Saggese G. -Automatic detection of delta sleep and nocturnal hGH release- Journal of Endocrinological Investigation, Vol. 6, Suppl. 1, 1983, 46.