

La lettura semiautomatica delle registrazioni nell'I. N. G.

*(Semiautomatic reading of the records
in the "Istituto Nazionale di Geofisica",)*

R. CIALDEA - E. MEDI

Ricevuto il 20 Marzo 1969

RIASSUNTO. — Nella presente nota gli AA., dopo un breve esame comparativo delle registrazioni ottenute in forma analogica e di quelle ottenute in forma digitale, presentano un semplice apparato costruito nell'Istituto Nazionale di Geofisica allo scopo di leggere in maniera semiautomatica le registrazioni di tipo analogico, quali si hanno in vari campi della geofisica.

Tale apparato consiste in un lettore analogico-digitale che trasforma le ordinate delle tracce delle registrazioni in un numero di impulsi ad esse proporzionale e stampa questo numero su un nastro di carta per mezzo di una stampadati a 11 cifre. Le rimanenti cifre sono destinate alla scrittura dell'ora della registrazione, dell'apparato usato ecc., per mezzo di un codice; in questi casi le cifre sono comandate da una serie di commutatori rotativi.

Nell'ultima parte della nota gli AA. presentano le grandi linee di questo codice di identificazione, adoperato nell'Istituto Nazionale di Geofisica; si tratta di un codice che, partendo da quello analogo dell'UCD, se ne discosta molto per le numerose modifiche resesi necessarie al particolare uso nell'Istituto.

L'apparato per la sua semplicità facilita in modo veramente notevole il lavoro dell'operatore con un grande risparmio di tempo; esso inoltre prepara rapidamente il materiale da inviare ad una macchina calcolatrice elettronica sia per l'elaborazione dei dati, per il calcolo dei valori assoluti, dei valori medi diurni mensili ed annui, per la ricerca delle eventuali correlazioni, sia per la scrittura diretta dei bollettini mensili.

SUMMARY. — In this paper, after a short comparative examination between the analogical and the digital records, the AA. present a simple apparatus made in the « Istituto Nazionale di Geofisica » in order to read semiautomatically the analogical records of the institute in the various fields of the geophysics.

The apparatus consists in an analog digitizer, which transforms the ordinate of the record trace in a number of impulses proportional to this ordinate and prints this number on a paper tape.

The hour of the ordinate and the numbers for the record identification are printed on the paper tape by means of some rotary switches.

In the last part of this paper the AA. present a codex in order to identify the record, the observatory, the apparatus, etc.; this codex, is used in the « Istituto Nazionale di Geofisica ». It is analog to the codex of the UCD, but it is very different for the numerous improvements, which have been necessary for its employment in the institute.

This apparatus for its simplicity makes very easy the work of the operator with a saving a lot of time; it can prepare rapidly the data in order to forward these to a digital computer for the elaboration, to compute the absolute data and the diurnal, monthly and annual variations, to research the eventual correlations, and to write the monthly bulletins directly.

In ogni osservatorio geofisico si misurano e si registrano contemporaneamente e con continuità un numero relativamente elevato di fenomeni naturali. La raccolta di questi dati comporta generalmente numerosi problemi sulla scelta degli apparati, dei sistemi registratori, della loro installazione e del loro periodico controllo. Ma la parte più importante, più delicata e più lunga dell'opera del geofisico consiste nella lettura e nella elaborazione dei dati raccolti. La lettura viene effettuata ricavando dalle registrazioni i valori delle grandezze misurate in varie ore del giorno, mentre l'elaborazione consiste nel calcolare, spesso con operazioni lunghe e laboriose, le medie orarie, diurne e mensili delle diverse grandezze registrate e le loro correlazioni. Fino ad oggi le letture venivano fatte a mano, misurando le ordinate della traccia della registrazione a varie ore del giorno e calcolandone il valore assoluto per mezzo della taratura. Per quanto riguarda l'elaborazione, nella maggior parte dei casi, si procedeva ad operazioni effettuate con macchine calcolatrici elettriche. Queste due operazioni così eseguite sono ovviamente molto laboriose, lunghe ed assorbono un tempo molto grande. Oggi allo stato attuale delle macchine calcolatrici elettroniche, che hanno una capacità ed una velocità di calcolo elevatissime, si rende inevitabile un cambiamento almeno nel meccanismo di lettura e di elaborazione.

Si potrebbe pensare di trasformare tutte le registrazioni attuali, che sono del tipo analogico, in registrazioni digitali; ciò porterebbe un notevole vantaggio, in quanto al posto di una registrazione analogica, per la quale è indispensabile la lettura, si avrebbe una serie di numeri

che potrebbero essere riportati direttamente su schede e nastri perforati ed essere inviati direttamente ad una macchina calcolatrice elettronica per la scrittura e la elaborazione dei dati. Un siffatto sistema ha però due grossi inconvenienti. Il primo è l'inevitabile diminuzione del potere risolutivo nel tempo. Infatti la costante di tempo della maggior parte degli strumenti adoperati in geofisica si aggira intorno al minuto primo. Ciò significa che, per poter avere lo stesso potere risolutivo, sarebbe necessario registrare 1440 valori al giorno per ogni grandezza in esame; inoltre per ogni valore, se si volesse un'approssimazione dello 0,1%, con l'indicazione del segno e dell'ora, occorrerebbero 8 cifre: sarebbe quindi necessario scrivere più di 11.500 cifre al giorno corrispondenti a 144 schede al giorno, per ogni grandezza e per ogni osservatorio. Un tale volume di schede, a parte il lato economico di tutti gli impianti, sembra a noi troppo elevato; d'altra parte una diminuzione del numero di schede porterebbe inevitabilmente una diminuzione del potere risolutivo nel tempo.

Il secondo inconveniente consiste nel fatto che la semplice osservazione di una registrazione analogica dà subito l'andamento del fenomeno durante tutta la giornata ed il geofisico può con una certa rapidità, che dipende dalla sua pratica, scartare tutte quelle fluttuazioni rapide dipendenti da piccole e svariate perturbazioni locali e le grandi variazioni dovute a qualche fenomeno sporadico: questa operazione non può essere fatta che da un geofisico. È vero che si potrebbe progettare un apparato che potesse fare tutte queste operazioni automaticamente, ma allo stato attuale ci sembra che esso richiederebbe uno sforzo troppo grande ed il tutto risulterebbe troppo dispendioso.

Pertanto nell'Istituto Nazionale di Geofisica si è preferito mantenere per ora al massimo le registrazioni tradizionali del tipo analogico e puntare ogni sforzo per ridurre il lavoro di lettura e di scrittura dei dati. Si è costruito così un lettore analogico-digitale (1) che può trasformare le letture delle registrazioni in valori numerici per poi trascriverli su una striscia di carta o su un nastro perforato.

Il lettore che desideriamo qui descrivere consiste essenzialmente in un tavolo di lettura sul quale si fissa la registrazione, in uno scorrevole che, per mezzo di un apparato elettronico, trasforma ogni suo spostamento in un numero di impulsi ad esso proporzionale, in un numeratore che conta il numero di questi impulsi ed in una stampadati, che trascrive direttamente i valori misurati; al posto della stampadati può essere inserita una perforatrice che trascrive i dati su un nastro da inviare direttamente alla calcolatrice elettronica.

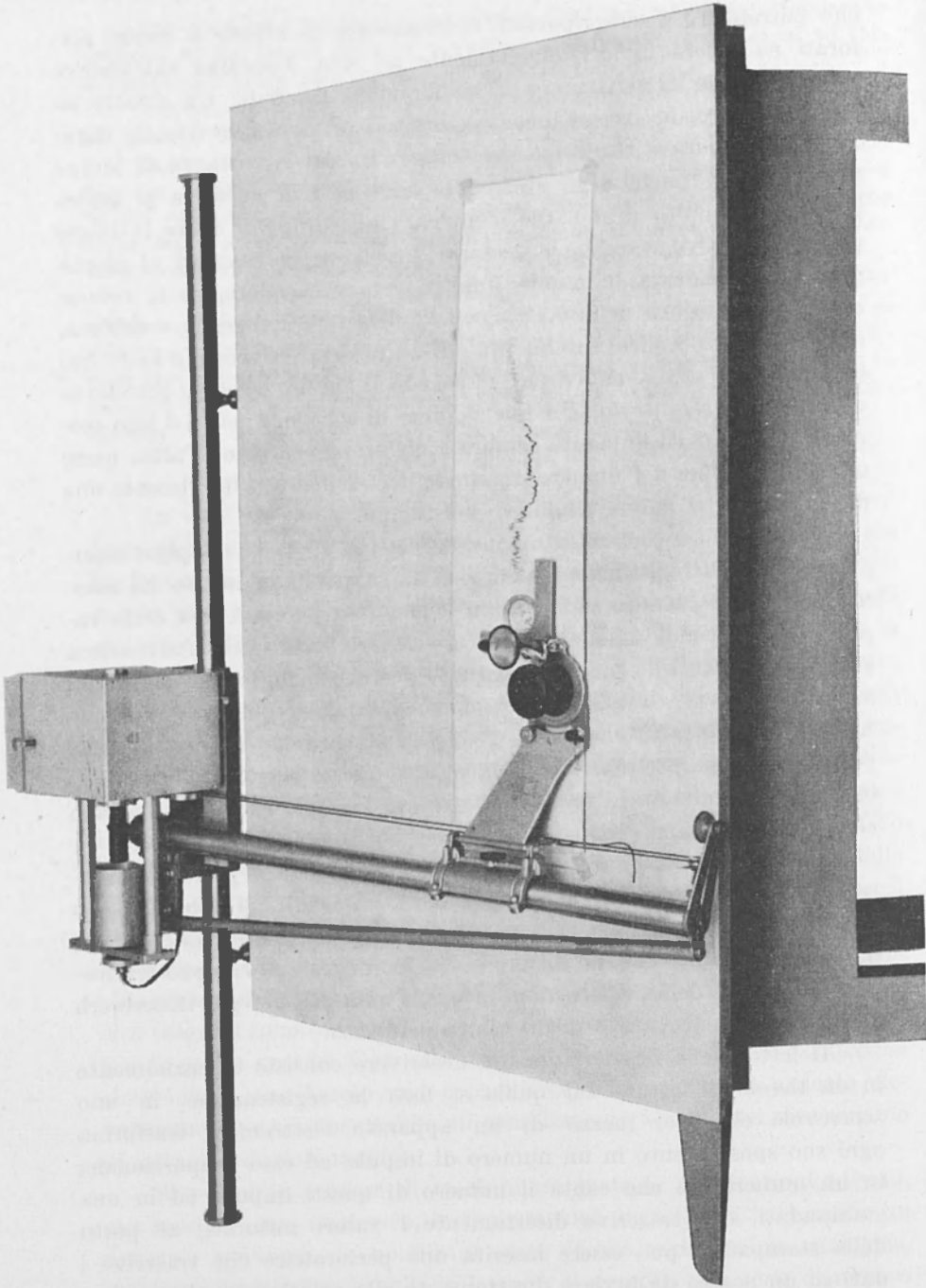


Fig. 1

Il lettore è costituito da tre parti: una prima meccanica di rilevamento, una seconda meccanica di misura ed una terza elettronica di conteggio.

a) *Apparato meccanico di rilevamento* (Fig. 1). Esso consiste in un normale tavolo da disegno con un tecnigrafo ortogonale di precisione il cui gruppo goniometro-righe è dotato di una riga orizzontale per

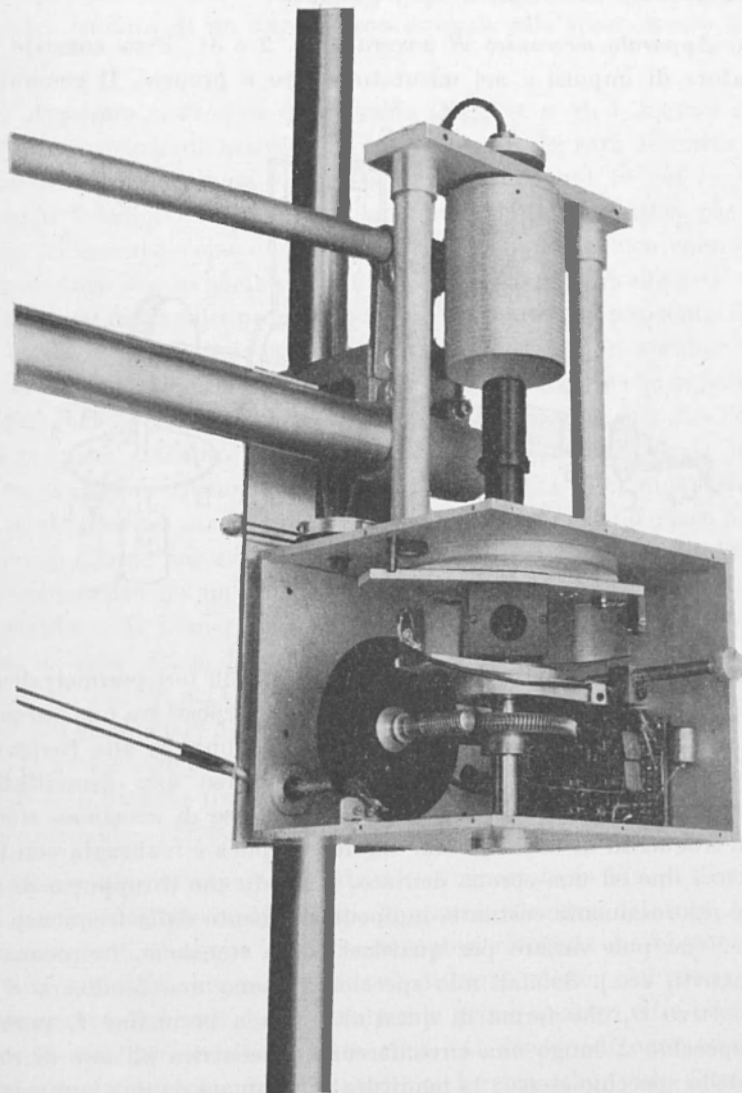


Fig. 2

l'allineamento della linea di zero della registrazione e di una lente da ingrandimento portante un reticolo a croce per la collimazione precisa della traccia della registrazione. Lo scorrevole per mezzo di una fune comanda, senza slittamento apprezzabile, la rotazione di una puleggia posta nell'apparato meccanico in misura che si trova sulla guida orizzontale del tecnigrafo. Gli spostamenti verticali dello scorrevole sono così trasformati in rotazioni della puleggia.

b) *Apparato meccanico di misura* (Fig. 2 e 3). Esso consiste nel generatore di impulsi e nel misuratore vero e proprio. Il generatore

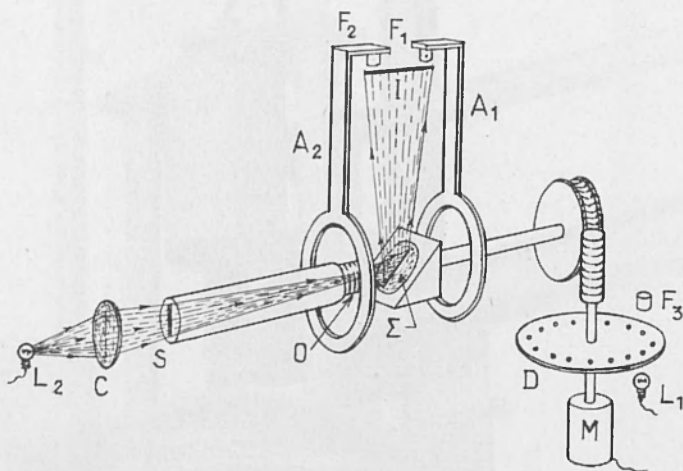


Fig. 3

di impulsi è formato da un disco forato D con 36 fori perimetrali che gira alla frequenza di circa 20 Hz; i fori sono interposti tra una lampada L_1 ed un fotodiodo F_3 ; si ha così un treno di impulsi alla frequenza di circa 700 Hz. L'asse del disco poi, attraverso una demoltiplica, fa ruotare uno specchio Σ posto a 45° con l'asse di rotazione stesso, ad una frequenza di circa 0,2 Hz. La demoltiplica è realizzata con una vite senza fine ed una corona dentata, in modo che il rapporto di giri rimane rigorosamente costante, indipendentemente dalla frequenza del motore, che può variare per qualsiasi causa (tensione, frequenza di rete, attriti, ecc.). Solidali allo specchio vi sono una fenditura S ed un obiettivo O , che forma di quest'ultima una immagine I , portata dallo specchio Σ lungo una circonferenza concentrica all'asse di rotazione dello specchio stesso; la fenditura è illuminata da una lampada L_2 e da un condensatore C . Questa immagine della fenditura, durante la

sua rotazione, cade su due fotodiodi F_1 e F_2 , portati da due alidade A_1 e A_2 , che possono essere ruotate sullo stesso asse di rotazione dello specchio, indipendentemente dalla rotazione continua dello specchio. Il primo fotodiodo F_1 , che chiameremo quello dello start, può essere ruotato di qualche grado solo per gli inevitabili piccoli aggiustamenti della linea di zero, mentre l'altro F_2 , che chiameremo quello dello stop, è solidale con la puleggia collegata con lo scorrevole e quindi può essere ruotato di un angolo proporzionale allo spostamento dello scorrevole.

c) *Apparato elettronico di conteggio* (Figg. 4 e 5). I segnali provenienti dai fotodiodi arrivano ad un apparato, che sarà descritto più diffusamente in altra nota (²). In sostanza nell'istante in cui la luce colpisce il fotodiodo dello start si apre una porta che lascia passare il treno di impulsi verso un numeratore e quando la luce colpisce il fotodiodo dello stop la porta si richiude, cosicché al numeratore arriva un certo numero di impulsi proporzionale all'angolo tra la posizione dello start e quella dello stop; esso cioè è proporzionale allo spostamento dello scorrevole. La porta è preceduta da un commutatore che fa passare gli impulsi solo quando l'operatore lo comanda: ciò vuol dire che l'operatore, appena ottenuta la collimazione dello scorrevole con la linea della registrazione, comanda il commutatore e da quel momento la porta è pronta per essere aperta dal primo impulso dello start e per essere poi chiusa dal successivo impulso dello stop. Il commutatore viene comandato da un pedale, in modo da lasciare libere le mani dell'operatore. Il numeratore è una semplice scala a quattro decadi dotata di tubi Nixie. Fa parte di questo apparato una stampadati Hewlett e Packard a 11 cifre, che può essere collegata al numeratore o esclusa nel caso che si desideri effettuare una semplice lettura. Qualora si desideri stampare i dati ottenuti, subito dopo la chiusura della porta, quando il conteggio degli impulsi è già avvenuto, automaticamente parte un segnale per la stampa.

Il pannello dell'apparato elettronico è riportato in Fig. 4. Si vedono, a partire dall'alto e da destra, le quattro finestre dei tubi Nixie del numeratore. Vengono poi i commutatori rotativi, che possono far stampare una cifra, da zero a nove o il segno meno: essi sono divisi in due gruppi, il primo di quattro per le prime quattro cifre ed il secondo di sette per le ultime sette cifre. Al disotto di ogni commutatore c'è un piccolo commutatore a levetta che può eliminare la stampa di un dato segno (nella posizione « Null ») o può far

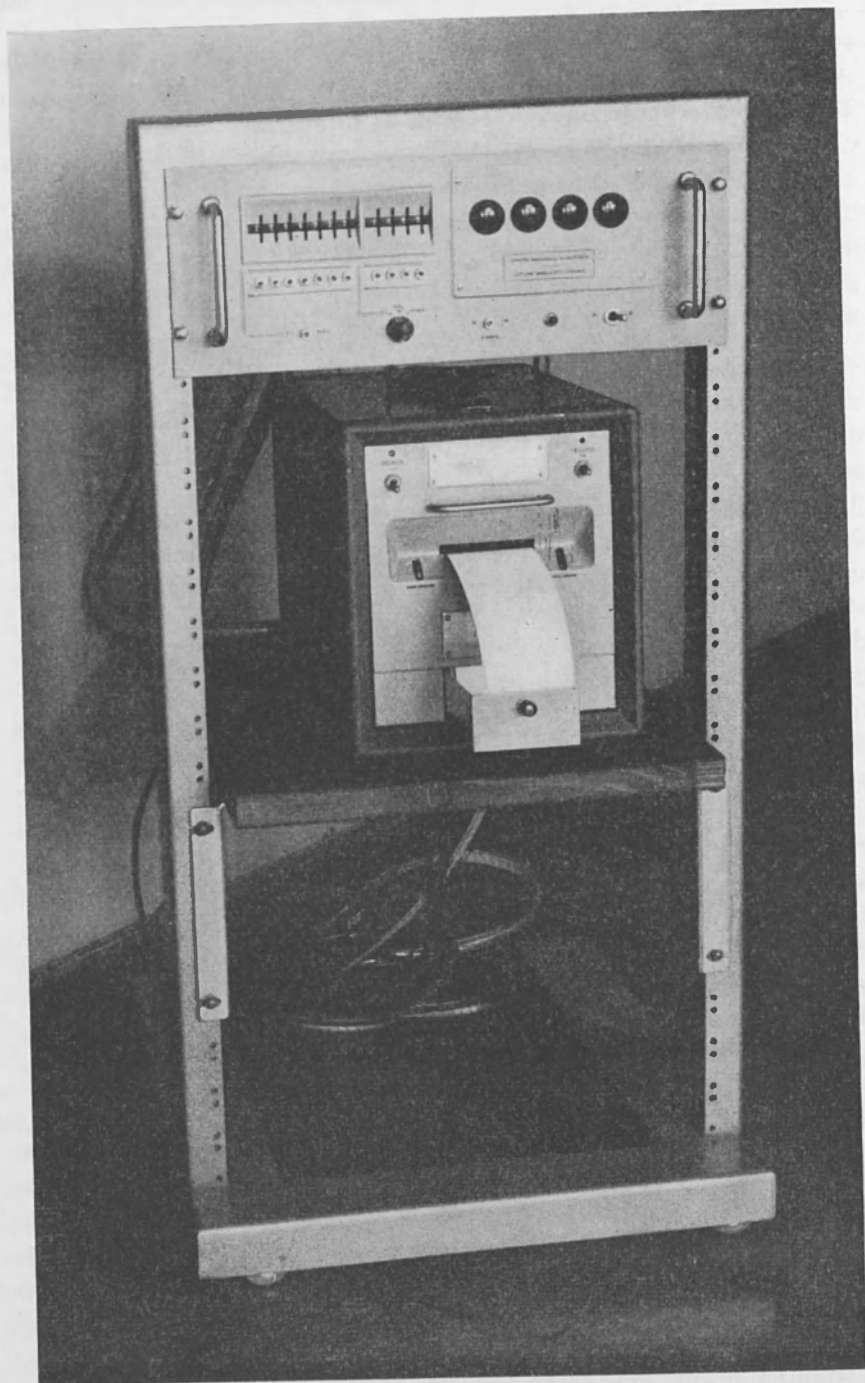


Fig. 4

stampare il segno indicato dal rispettivo commutatore rotativo, (nella posizione R.S.). Ancora al disotto e sempre da destra c'è il commutatore che serve ad escludere la stampadati, poi c'è un commutatore a tre posizioni che si riferisce alle prime quattro cifre: esso o fa stampare i segni indicati dai commutatori rotativi (nella posizione R.S.), o non fa stampare nulla (nella posizione « Null »), o fa stampare le cifre che compaiono nel numeratore (nella posizione « Num. »). Infine c'è il commutatore che si riferisce alle ultime sette cifre: esso o fa stampare i segni indicati dai commutatori rotativi o non fa stampare nulla.

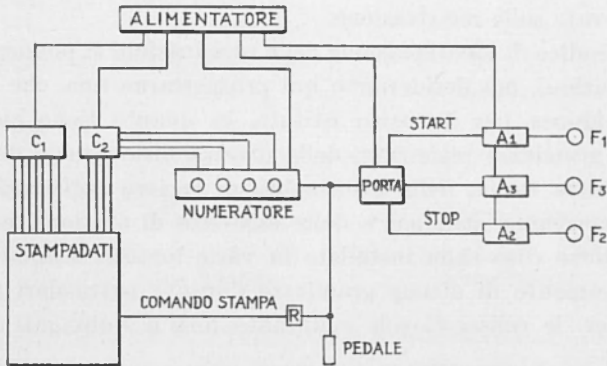


Fig. 5

Per avere un'idea della sensibilità massima di un tale apparato si può fare un rapido calcolo. Siano N i fori del disco e K il rapporto ruota dentata-vite senza fine. Un giro completo dell'alidada dello stop corrisponde a NK impulsi; se R è il raggio della puleggia, la sensibilità teorica massima ottenibile è quella corrispondente ad un singolo impulso:

$$\delta = \frac{2 \pi R}{NK}$$

Nel nostro caso esistono due pulegge di comando a raggio diverso, una di mm 48 per grandi elongazioni e l'altra di mm 24 per piccole elongazioni; per la prima, destinata a registrazioni con elongazioni massime di 30 cm, si ha $\delta = 0,08$ mm; per la seconda, destinata a registrazioni con elongazioni massime di 15 cm, si ha $\delta = 0,04$ mm. Per mantenere questa sensibilità sarà inoltre necessario che la larghezza della immagine della fenditura non superi un certo valore δ , dato da:

$$\delta = \frac{2\pi r}{NK}$$

dove r è il raggio dell'alidada, e quindi nel nostro caso ($r = 80$ mm) si ha

$$\delta = 0,15 \text{ mm} .$$

L'uscita per ora è prevista solo per una stampadati su nastro di carta. Le 11 cifre sono utilizzate per la scrittura in codice di alcuni dati che servono ad identificare la registrazione, l'osservatorio, la data, ecc. e per le letture, le cui prime quattro cifre daranno l'ora del rilevamento e le ultime quattro le cifre del numeratore, cioè le elongazioni rilevate sulle registrazione.

Per il codice di identificazione delle registrazioni si possono trovare infinite soluzioni, ma desideriamo qui prospettare una che ci è sembrata più idonea per il nostro istituto, in quanto tiene conto della varietà di grandezze registrate, della diversa dislocazione degli osservatori in tutta Italia, della eventualità di leggere registrazioni effettuate in osservatori stranieri e della esistenza di stazioni temporanee che in qualche caso sono installate in varie località italiane o estere per il rilevamento di alcune grandezze durante particolari fenomeni, come per es. le eclissi di sole e durante forti e prolungati cataclismi naturali.

Pertanto ad ogni registrazione sarà associata la relativa striscia di carta con la lettura dei dati, dove le prime righe individuano la registrazione, la correzione dell'ora, la taratura e tutte le altre indicazioni che possono servire alla interpretazione della lettura, mentre tutte le righe seguenti riportano le letture della registrazione con la relativa ora. La prima cifra di ogni riga serve ad individuare rapidamente il significato delle cifre che seguono secondo lo schema:

- | | |
|---|---|
| 1 | numero d'ordine della registrazione e sigla del lettore |
| 2 | grandezza registrata e apparato |
| 3 | giorno e mese della registrazione |
| 4 | anno della registrazione e osservatorio |
| 5 | correzione ora |
| 6 | taratura |
| 7 |) / > eventuali indicazioni particolari |
| 8 | |
| 9 | |
| 0 | letture. |

Le eventuali indicazioni particolari sono state inserite per poter indicare eventuali valori necessari per qualche tipo particolare di registrazione, come per es. i valori assoluti della linea di zero nelle misure effettuate con i variometri.

Lo schema sarà quindi il seguente:

I riga	1	×	×	×	×	×	×	×	×
		Numero d'ordine				della registrazione			
II riga	2	×	×	×	×	×	×	×	×
		Grandezza registr.				Apparato			
III riga	3			×	×			×	×
		Giorno				Mese			
IV riga	4	×	×	×	×	×	×	×	×
		Anno				Osservatorio			
V riga	5	±	×	×	×			×	×
		minuti				secondi			
VI riga	6	±	×	×	×	±	×	×	×
		Taratura				Numeratore			
VII riga	0	×	×	×	×	±	×	×	×
		Ora lettura				Numeratore			

Per quanto riguarda l'individuazione dell'osservatorio, della grandezza registrata e dell'apparato, si sarebbe potuto adoperare il sistema della Classificazione Decimale della UCD⁽³⁾, ma purtroppo non abbiamo creduto di poterlo adottare integralmente, in quanto, a nostro giudizio, non può adattarsi ai nostri scopi, poiché esso in alcuni casi presenta troppe lacune ed in altri risulta troppo generale e quindi si sarebbe reso necessario un ampliamento che avrebbe comportato un numero di cifre troppo elevato. Pertanto siamo partiti dalla classificazione decimale, cercando di attenersi al massimo ad essa ma abbiamo apportato delle modifiche, che in alcuni casi hanno completamente alterato lo schema, si da farlo apparire del tutto nuovo.

Per la individuazione dell'osservatorio si sono adoperate quattro cifre le cui prime tre servono alla sua localizzazione geografica, mentre la quarta è un numero d'ordine puramente convenzionale nell'interno della zona individuata dalle prime tre cifre. La prima cifra si riferisce al continente o ad una grandissima regione: si ha così:

- 1: Spazio
- 2: Europa orientale e penisola Balcanica
- 3: Europa centrale
- 4: Isole Britanniche, Islanda, penisola Scandinava, penisola Iberica

- 5: Asia
- 6: Africa
- 7: America settentrionale e centrale
- 8: America meridionale
- 9: Oceania e Australia
- 0: Terre polari.

La cifra 1 è riservata alle registrazioni eseguite su satelliti e razzi.

La seconda cifra serve ad individuare la nazione; nel caso che interessa più al nostro istituto, cioè il caso dell'Europa centrale, si ha:

- | | | |
|-------------------------|-------------|--------------------|
| 1: Danimarca | 2: Germania | 3: Austria |
| 4: Ungheria | 5: Italia | 6: Olanda |
| 7: Belgio, Lussemburgo | 8: Svizzera | 9: Francia, Monaco |
| 0: Stazione temporanea. | | |

Lo zero al secondo posto indicherà sempre una stazione temporanea.

La terza cifra individua la regione; così per l'Italia avremo per ora solo otto zone, che gravitano, dal punto di vista puramente geografico, intorno ad osservatori che hanno una certa importanza:

- | | | |
|--------------|--------------------|---------------|
| 0: Roma | 1: Aquila | 2: ——— |
| 3: Firenze | 4: Pavia | 5: Padova |
| 6: ——— | 7: Reggio Calabria | 8: Gibilmanna |
| 9: Cuglieri. | | |

La quarta cifra si riferisce ad un numero d'ordine dell'osservatorio nell'interno della regione. È riportato qui di seguito l'elenco dei principali osservatori e stazioni dell'istituto con il relativo numero di codice:

Roma, sede centrale	3500	Oropa	3541
S. Alessio	3501	Salò	3542
Rocca di Papa	3502	Padova	3550
Sperlonga	3503	Asiago	3551
Monteporzio	3504	Casteltesino	3552
L'Aquila, (Castello)	3510	Reggio Calabria	3570
Preturo	3511	Taranto	3571
Corinaldo	3512	Gibilmanna	3580
Firenze	3530	Messina	3581
Bologna	3531	Palermo	3582
Siena	3532	Trapani	3583
Pavia	3540	Cuglieri	3590

Le stazioni temporanee sono individuate dalla prima cifra che indica il continente, dalla seconda cifra che è sempre zero e dalla terza e quarta che sono un numero d'ordine della stazione, numerata anno per anno, indicata dal millesimo. Così per es. l'osservatorio installato a Khartoum nel 1952, in occasione dell'eclisse totale di sole, sarà indicato con il numero 6001, cioè si tratta della prima stazione temporanea dislocata nel 1952 (che risulta dal millesimo) in una regione dell'Africa.

Il codice per la grandezza registrata è formato da quattro cifre, le cui prime due si riferiscono al codice già in uso presso il nostro istituto per tutte le sue attività; si vedrà così che alcune cifre sono mancanti in quanto si riferiscono a campi che investono questioni puramente amministrative. La prima cifra indica i quattro grandi campi di ricerca dell'Istituto e cioè:

1: Litofisica 2: Idrofisica 3: Aerofisica 4: Radiazioni

mentre la seconda cifra specifica campi più ristretti secondo la seguente tabella:

12 Struttura della terra	22 Oceanografia
13 Sismologia	23 Dinamica del mare
14 Clmografia	24 Circolazione generale
15 Gravimetria	25 Fisica del mare
16 Geotermica	26 Il mare e l'atmosfera
17 Vulcanesimo	27 Limnologia
18 Correnti telluriche	28 Idrologia
19 Magnetismo	29 Glaciologia
32 Composizione dell'atmosfera	42 Radioattività
33 Dinamica dell'atmosfera	43 Età della terra
34 Circolazione generale	44 Spettrografia di massa
35 Fenomeni fisici	45 Radioonde
36 Termodinamica	46 Ionosfera
37 Previsione	47 Raggi cosmici
38 Elettricità atmosferica	48 Attività solare
39 Aurore polari	49 Astrofisica.

Qui di seguito è rappresentato l'inizio di lettura di una registrazione avente il numero d'ordine 1258 della grandezza 3801 (gra-

diente di potenziale in vicinanza del suolo) effettuata con l'apparato 0001 (sonda al polonio a 1 metro da terra con sostegno a ragno ed elettrometro a quadranti dell'I.N.G.) il giorno 18 Febbraio 1966 nell'osser-

1	0	0	0	0	1	2	5	8	
2	3	8	0	1	0	0	0	1	
3			1	8				2	
4	1	9	6	6	3	5	1	2	
5	-	0	1	5	0	0	0	0	
6		0	5	0	0	2	5	8	
6	-	0	5	0	-	0	2	5	6
0	0	9	0	0	0	1	4	2	
0	0	9	3	0	0	1	5	7	
0	1	0	0	0	0	1	5	9	

vatorio 3512 (Corinaldo). L'ora letta deve essere corretta di un fattore di -15^m (l'orologio dell'apparato va avanti di 15^m). La prima taratura è di 50 volt, alla quale corrisponde una lettura al numeratore di 258 impulsi; la seconda è di -50 volt, alla quale corrisponde una lettura al numeratore di -256 impulsi. La prima lettura corrispondente all'ora 9^h00^m è di 142 impulsi, da cui $V = 50 \cdot 142 / 258 = 27,5$ volt, e così via.

Questo sistema di letture presenta un notevole vantaggio rispetto alle letture tradizionali, facendo risparmiare molto tempo. Infatti l'operazione di lettura diretta comporta un continuo sforzo da parte dell'operatore soprattutto per la necessaria valutazione delle ordinate, che rende necessario molto spesso un lavoro di interpolazione. Pertanto egli è costretto a lavorare lentamente e con frequenti periodi di riposo. Se l'operazione viene eseguita in maniera semiautomatica la stanchezza dell'operatore viene ridotta al minimo, in quanto tutto il lavoro consiste solamente nel far coincidere una linea di fede con alcuni punti della traccia, già precedentemente selezionati da un geofisico, e quindi nel comandare il conteggio automatico e la sua relativa stampa.

Roma, Istituto Nazionale di Geofisica.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) SUSSKIND A. K., *Notes on Analog-Digital Conversion Techniques*, Mass. Inst. of Technology, New York, (1957).
MURRAY F. J., *The Theory of Mathematical Machines*, King's Crown Press, New York, (1948).
- (²) CESARONI F., CIALDEA R., LUNADEI G., *Un apparato elettronico per la conversione dei dati analogici in digitali*. Nota interna dell'Istituto di Fisica dell'Università di Roma (in corso di stampa).
- (³) *Dezimalklassifikation*; Beuth-Vertrieb GMBH, Berlin, (1958).
Classificazione Decimale Universale; edizione del Consiglio Nazionale delle Ricerche, (1964).
-