

LNF - 65/43
14 Dicembre 1965

M. DeGiorgi, G. Schiavon e F. Soso:
IL MISURATORE DI COORDINATE R. M. C. -II.

(Nota interna: n. 295)

Nota Interna: n° 295
14 Dicembre 1965

M. De Giorgi, G. Schiavon e F. Soso: IL MISURATORE DI COORDINATE
R. M. C. -II. -

PREMESSA -

Nell'esperimento ^(x) per la misura della polarizzazione della Λ^0 prodotta nella reazione $\gamma + p \rightarrow K^+ + \Lambda^0$, i dati immagazzinati furono fotogrammi di tracce oscillografiche.

L'analisi dei dati ha richiesto l'esame di circa 2×10^5 fotogrammi, di cui 10^4 misurati rilevando le coordinate di circa 12 punti significativi per fotogramma. Il lavoro è stato semiautomatizzato corredando con un dispositivo per la conversione numerica e la registrazione delle coordinate lo schermo di un proiettore.

L'apparato, detto RMC, costruito presso la sezione di Padova dell'INFN e installato nei Laboratori di Frascati nel Marzo 1963, ha mostrato una soddisfacente funzionalità. Vari gruppi hanno eseguito misure su fotogrammi di tracce oscillografiche e tracce in camere a scintilla.

Lo scopo della presente Nota è la descrizione di un esemplare perfezionato dell'RMC, l'RMC II, impiegato a Padova per i tavoli da misura e per un misuratore a carro mobile tipo Frankenstein, e installato in due esemplari presso i Laboratori di Frascati.

La caratteristica saliente dell'RMC II, come nel primo esemplare, è la speditezza di misura, dovuta all'impiego di contatori reversibili

(x) - M. Grilli, L. Mezzetti, M. Nigro, E. Schiavuta: " Λ^0 polarization from the reaction $\gamma + p = K^+ + \Lambda^0$ in the energy range 950-1050 MeV" - Nuovo Cimento 38, 1467 (1965).

2.

li veloci dotati di memoria e, quando possibile, di coordinate cartesiane ortogonali X, Y.

1. L'RMC II -

L'apparato consta di varie parti:

- a) per ciascuna delle due coordinate x, y un convertitore analogico-numerico costituito da un disco rotante cui viene trasmesso lo spostamento da misurare; la periferia del disco, finemente divisa in settori alternativamente opachi e trasparenti, è esplorata da un sistema di due zone di fenditure e due fotocelle, che generano segnali sfasati di $\pm 90^\circ$; il segno dello sfasamento è legato al verso dello spostamento.
- b) I circuiti elettronici, e precisamente:
 - gli stadi d'ingresso, che normalizzano le variazioni delle tensioni generate dalle fotocelle e determinano i segni degli sfasamenti.
 - i contatori decimali reversibili (quattro-cinque cifre per coordinata).
 - le memorie, il cui contenuto coincide con quello dei contatori principali, tranne (eventualmente) durante la perforazione.
 - i circuiti di pilotaggio dei tubi indicatori decimali a scarica gassosa, situati sul pannello frontale. Durante la stampa, l'indicatore della cifra perforata aumenta la propria luminosità mentre gli altri si spengono.
 - i circuiti d'uscita, per il trasferimento del contenuto delle memorie al perforatore di banda o schede.
- c) Un perforatore di banda o schede.

2. IL TRASDUTTORE FOTOELETTRICO -

Digitizzatori fotoelettrici di tipo incrementale vengono costruiti da varie ditte; variano le dimensioni (ve ne sono di miniaturizzati per applicazioni missilistiche) e la risoluzione. Con l'RMC II sono stati impiegati trasduttori Koristka con risoluzione di 1000 o 2000 parti/giro, raddoppiabile elettronicamente. Si può giungere fino a ~ 10.000 parti/giro.

I principi costruttivi e di funzionamento sono illustrati in fig. 1, 2, 3. Sono ora disponibili digitizzatori con quattro zone e quattro fotocelle, collegate a due a due in controfase, secondo un accorgimento già usato nell'RMC che rende le uscite relativamente insensibili a variazioni di temperatura e di luminosità della lampada (fig. 4).

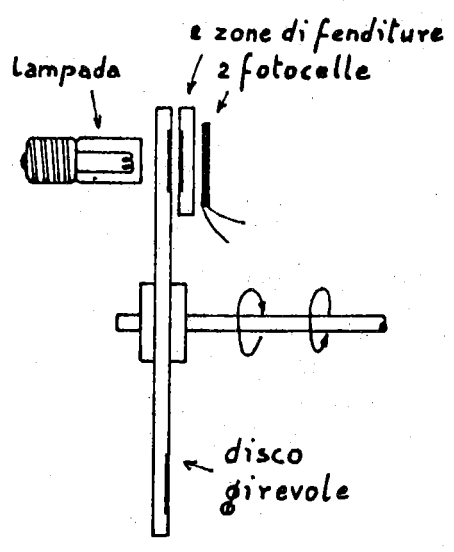


FIG. 1

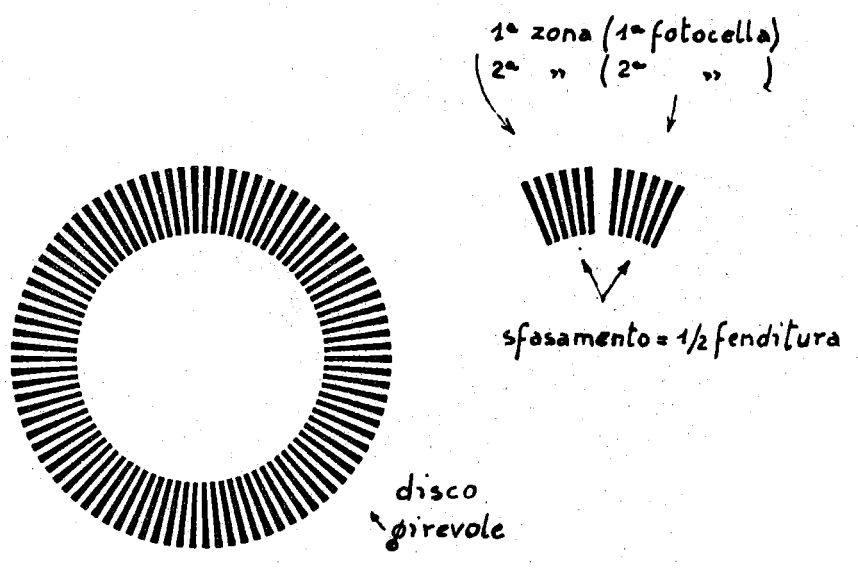


FIG. 2

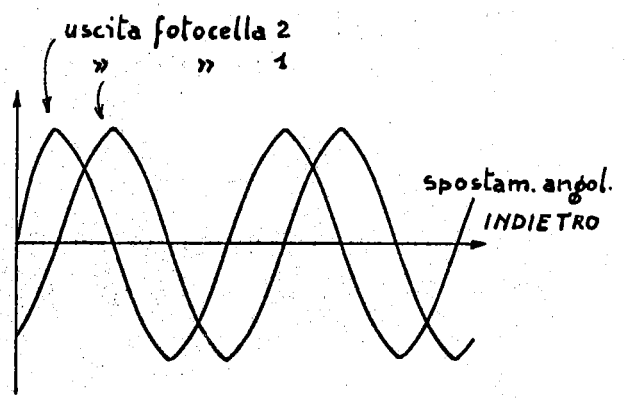
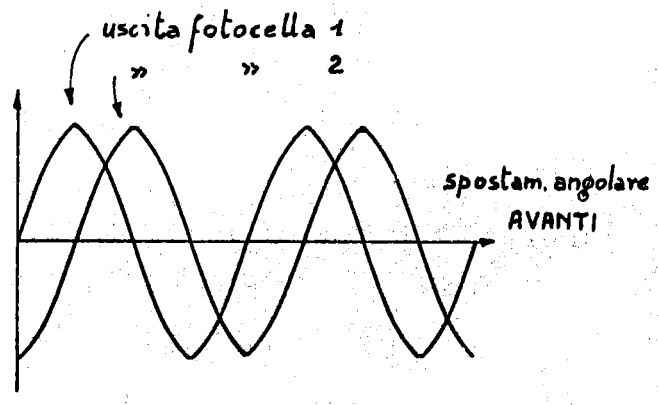
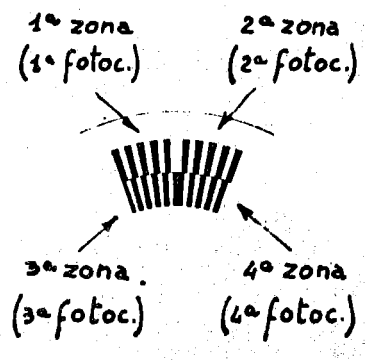


FIG. 3



sfasamento tra 1ª e 3ª (2ª e 4ª) zona = 1 fenditura
 » » 1ª e 2ª (3ª e 4ª) » = 1/2 »

FIG. 4

3. DESCRIZIONE GENERALE DEI CIRCUITI -

Nell'RMC II si sono introdotte soluzioni nuove ad alcuni problemi che nel primo esemplare avevano ricevuto una soluzione provvisoria.

E' stato messo a punto un contatore decimale reversibile, transistorizzato come il resto dell'apparecchio, che adotta il codice binario-decimale (1, 2, 4, 8), il più diffuso nei correnti apparati di registrazione (perforatori di banda, stampatrici, unità di registrazione su nastro).

Il contenuto dei contatori x, y è trasferito alle memorie in sincronismo con gli impulsi conteggiati, per evitare trasferimenti quando i contatori sono in regime dinamico (v. schema a blocchi della fig. 5).

Il contenuto delle memorie è leggibile su indicatori decimali ad alta visibilità, il cui uso è abitualmente ostacolato dal costo e dall'ingombro degli stadi di pilotaggio. La soluzione adottata, applicabile anche a scale di conteggio e simili apparati, consiste nel far funzionare gli indicatori in regime pulsato, con uno stadio di pilotaggio unico per tutti, usando per accendere successivamente i tubi lo stesso circuito (registro) che estrae i dati dalla memoria all'atto della stampa.

Indicare il contenuto delle memorie, anziché quello dei contatori, permette all'operatore un controllo più stringente sia durante il funzionamento che durante la stampa (cfr. intensificazione della cifra stampata).

4. I CIRCUITI D'INGRESSO -

I circuiti per le due coordinate sono eguali; facciamo riferimento alle figg. 6 e 7 che mostra le forme d'onda nei punti significativi.

Le tensioni generate dalle fotocelle, amplificate da stadi interni al trasduttore, hanno un'ampiezza di alcuni volt; tali segnali F_1, F_2 vengono amplificati in corrente, ricondotti a livello medio zero dagli emitter follower T_1, T_6 , e quadrati mediante discriminatori di Schmitt (T_2, T_3, T_7, T_8) e stadi invertitori (T_4, T_5, T_9, T_{10}).

Si ricavano quattro forme d'onda A, B, C, D. I fronti positivi di A, B (indicati con A'B') vengono mescolati e contati, dopo esser stati ritardati mediante l'univibratore T_{11}, T_{12} .

Gli stessi fronti vengono correlati ai livelli di tensione C, D e inviati al bistabile FF 1 che, commutando nella posizione AVANTI o INDIETRO, controlla le decadi reversibili in modo che ciascun impulso venga aggiunto oppure sottratto al contenuto del contatore.

Collegando tra loro i punti RR, SS, ZZ di figura 6, vengono contati anche i fronti C'D' di C, D (impulsi tratteggiati in fig. 7; le relazioni logiche si completano coi termini indicati tra parentesi).

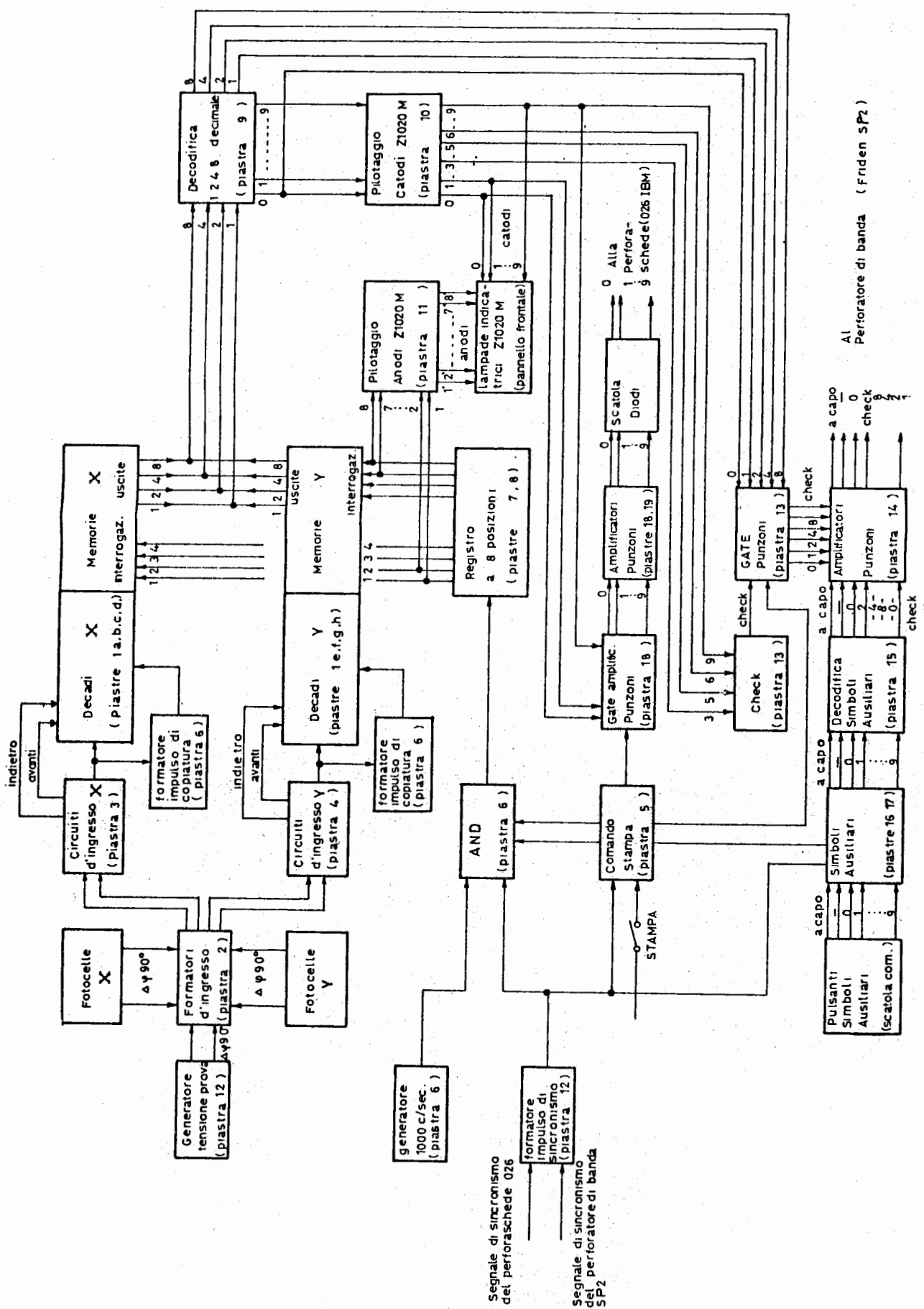


FIG. 5

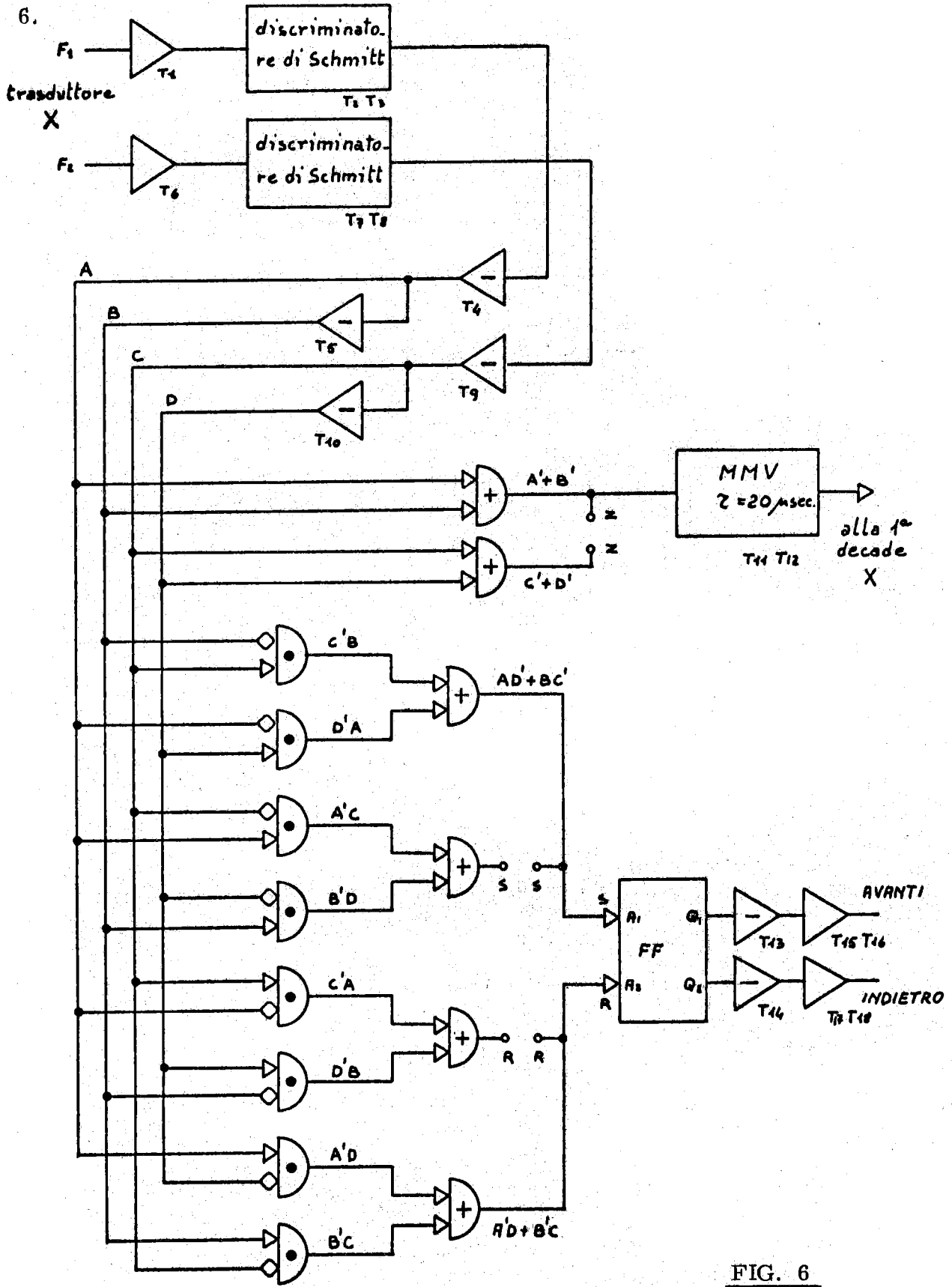
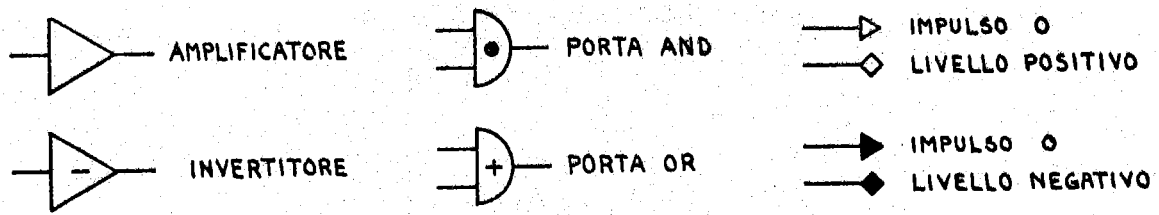


FIG. 6



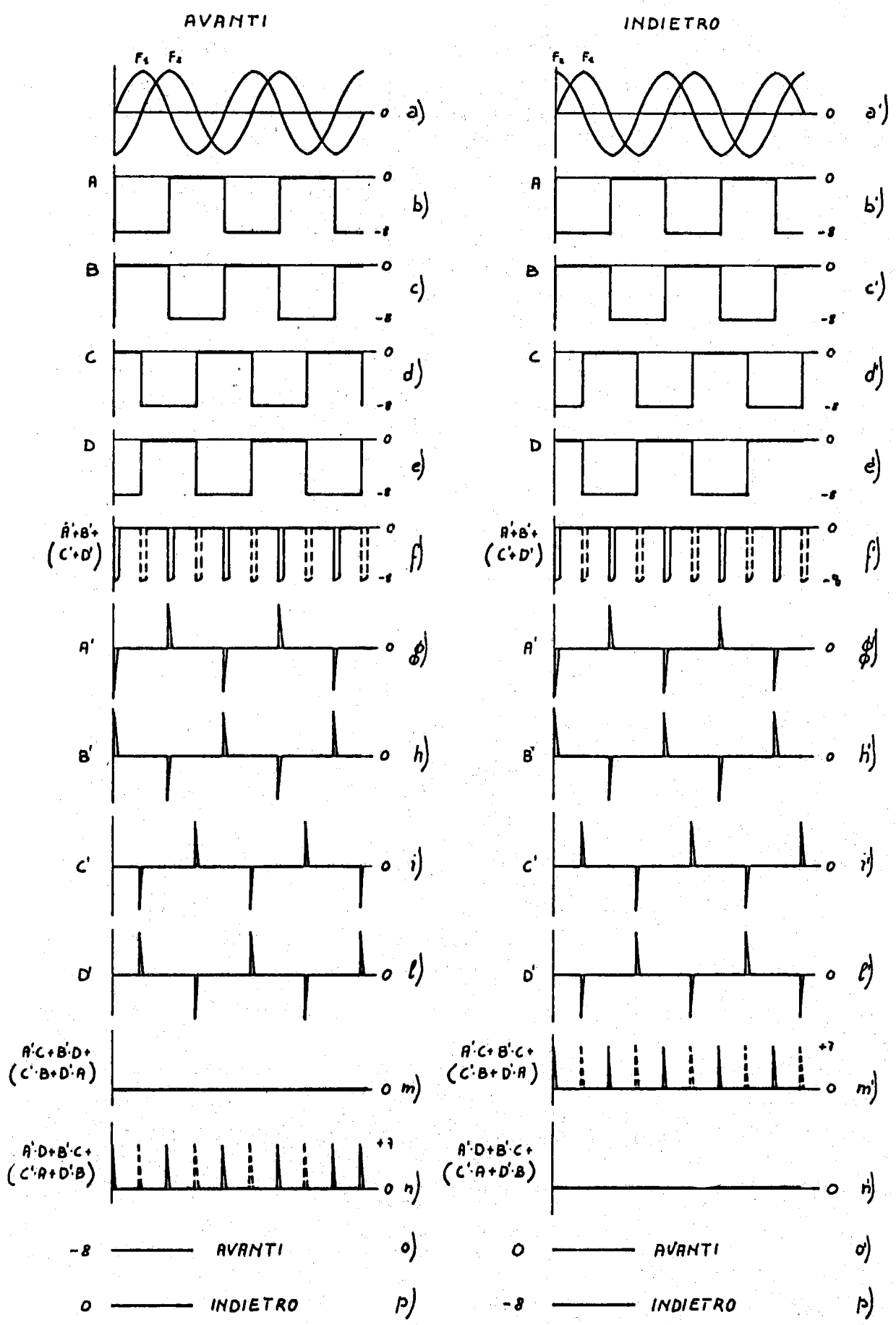


FIG. 7

In tal modo la risoluzione del trasduttore è raddoppiata.

Forme d'onda simili a quelle generate dai trasduttori (fig. 7a, a') sono ottenute amplificando e sfasando di $\pm 45^\circ$ la tensione generata da un oscillatore sinusoidale con frequenza $f = 1 \text{ kc/sec}$.

Inviando le sinusoidi sfasate di 90° ai circuiti d'ingresso, mediante un commutatore sul pannello frontale, si controlla il funzionamento di tutto l'apparato, controllando che i conteggi dei contatori X, Y non differiscano per più di una ultima cifra.

5. I CONTATORI DECIMALI REVERSIBILI -

Il circuito è stato descritto in una precedente nota ^(x); riassumiamo comunque quanto necessario alla comprensione d'insieme.

L'inversione del senso di conteggio è ottenuta con il sistema schematizzato in fig. 8 per un contatore binario.

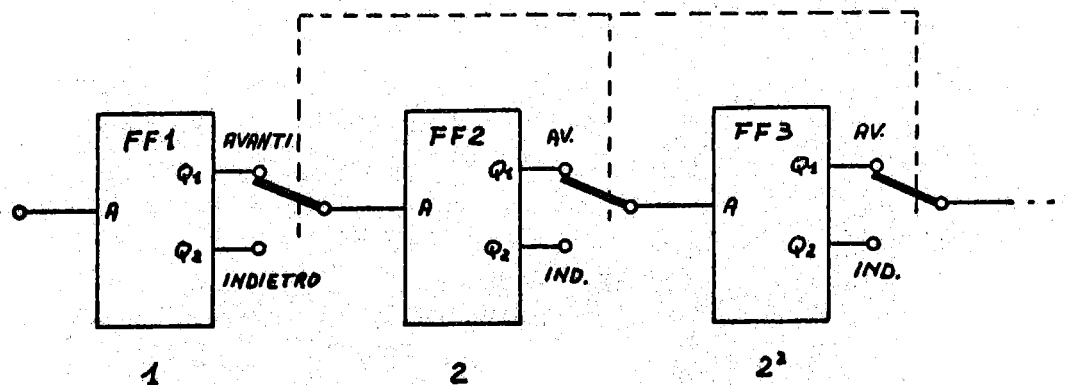


FIG. 8

Nella decade (v. schema a blocchi della fig. 9) le uscite Q_1, Q_2 di ciascuno stadio binario sono seguite da due circuiti di porta ($D_1 R_1 C_1$), dei quali uno è aperto e l'altro chiuso, o viceversa a seconda del senso del conteggio.

Indicando coi simboli "0" e "1" i livelli di tensione - 8 V, 0 V, uno stadio binario commuta, ordinariamente, in seguito a una transizione 0 - 1 della tensione applicata ai terminali $A_1 A_2$.

(x) - INFN/TC-64/4 (1964).

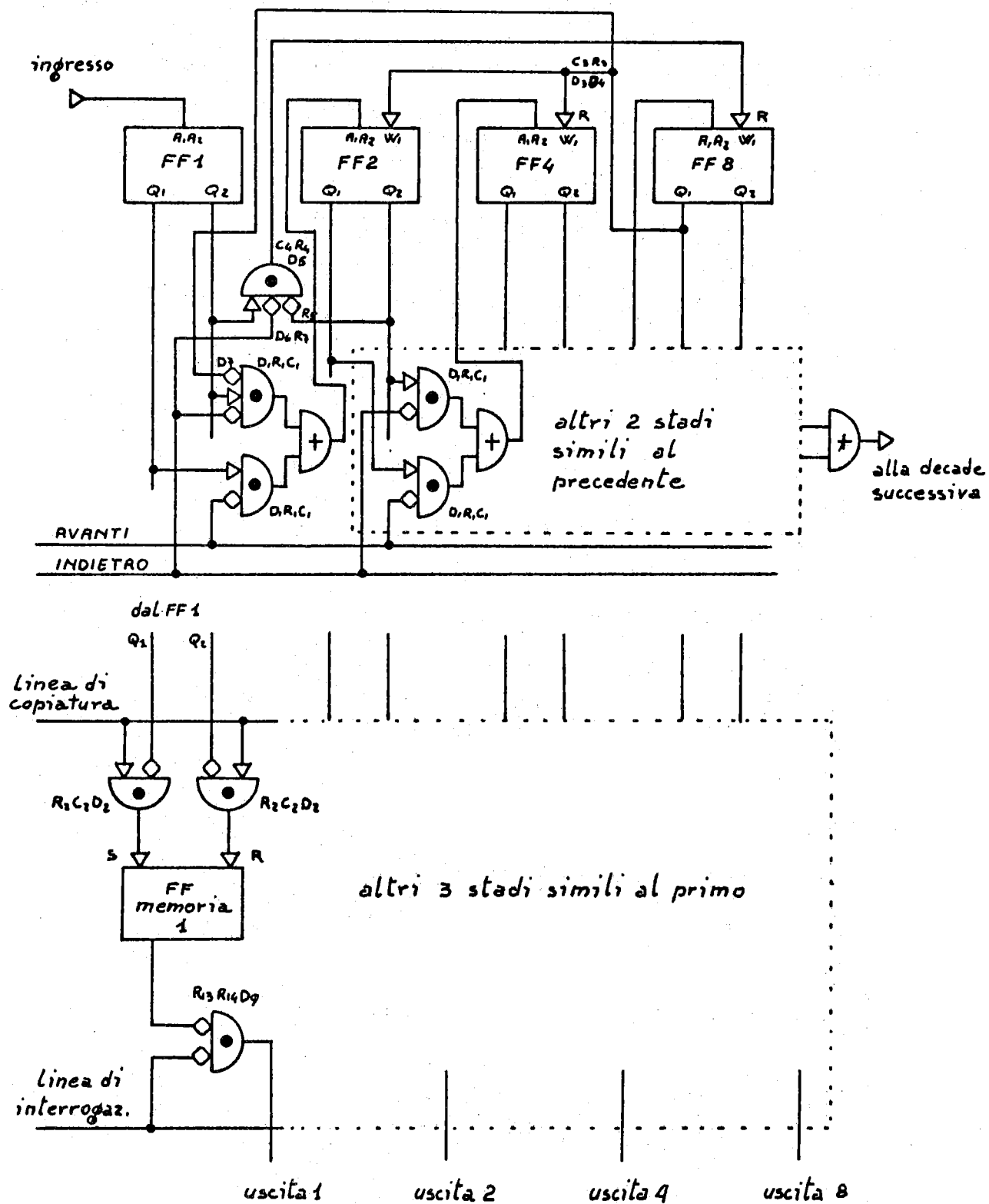


FIG. 9

Gli impulsi all'ingresso della decade vengono conteggiati positivamente se la linea AVANTI è a livello "0" e la linea INDIETRO a livello "1", e viceversa per il conteggio negativo. Il conteggio di dieci è ottenuto, nei due sensi, mediante opportune e distinte reti di reazione.

In tab. I è illustrato il caso, più semplice, del conteggio negativo, le uscite efficaci sono i collettori Q_1 .

TAB. I

FF1		FF2		FF4		FF8		Conten.
Q_1	Q_2	Q_1	Q_2	Q_1	Q_2	Q_1	Q_2	n
0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	0	(15)
1	0	0	1	0	1	1	0	9
0	1	0	1	0	1	1	0	8
1	0	1	0	1	0	0	1	7
0	1	1	0	1	0	0	1	6
1	0	0	1	1	0	0	1	5
0	1	0	1	1	0	0	1	4
1	0	1	0	0	1	0	1	3
0	1	1	0	0	1	0	1	2
1	0	0	1	0	1	0	1	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0

TAB. II

FF1		FF2		FF4		FF8		Conten.
Q_1	Q_2	Q_1	Q_2	Q_1	Q_2	Q_1	Q_2	
0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	0	1	2
1	0	1	0	0	1	0	1	3
0	1	0	1	1	0	0	1	4
1	0	0	1	1	0	0	1	5
0	1	1	0	1	0	0	1	6
1	0	1	0	1	0	0	1	7
0	1	0	1	0	1	1	0	8
1	0	0	1	0	1	1	0	9
0	1	1	0	0	1	1	0	(10)
0	1	0	1	0	1	0	1	0

Con contenuto iniziale $n = 0$, il primo impulso conteggiato deve spostare la decade nello stato $n = 9$ (senza reazione si otterrebbe lo stato $n = 15$). La transizione 0-1 al Q_1 di FF8 viene pertanto utilizzata, tramite $C_3R_3D_3D_4$, per ricommutare FF2, FF4 nello stato di zero. I successivi nove impulsi riportano la decade al contenuto iniziale con una sequenza puramente binaria.

Analogamente il conteggio positivo (tab. II) (uscite efficaci Q_2 , contenuto letto sui Q_1) è binario per gli impulsi da 0 a 9; il decimo impulso (senza reazione si otterrebbe lo stato $8 + 2 = 10$) deve riazzere la decade. Allo scopo la transizione 0 - 1 al Q_2 di FF1, attraverso $C_4R_4D_5$, azzerà FF8 (R_5 provvede a che non accada altrettanto nel passaggio da contenuto 7 a contenuto 8); la stessa transizione non accende FF2, giacché con FF8 acceso la porta $D_7D_1R_1$ è chiusa.

Mentre è necessario durante il conteggio negativo paralizzare (mediante $D_6R_7R_8$) la rete $C_4R_4D_5$, l'ufficio di $C_3R_3D_3D_4$ non è correlato ai livelli di tensione sulle linee AV. e IND.

Alla decade è abbinata una memoria, costituita da elementi bistabili semplificati, il cui contenuto può essere vagliato sia direttamente sia attraverso un sistema di interrogazione.

I bistabili di memoria riproducono lo stato dei bistabili principali ogni volta che un impulso positivo, sulla linea di copiatura, giunge ai circuiti di porta $R_2C_2D_2$. L'operazione di interrogazione è ottenuta invece mediante le porte $R_{13}R_{14}D_9$.

A un comando di inversione, ossia al rovesciamento dei livelli sulle linee AV., IND., segue un intervallo (tempo di inversione) in cui non devono pervenire impulsi all'ingresso, pena un conteggio errato. Risultata $t_{inv} = 12 \mu\text{sec.}$

Analogamente un comando di copiatura può causare un non corretto trasferimento dalla decade alla memoria se la decade non è a riposo da almeno $35 \mu\text{sec.}$ (tempo di copiatura).

6. CIRCUITI DI COPIATURA -

Ogni trasferimento di contenuto da un contatore (x, y) alla corrispondente memoria dev'essere effettuato con la certezza che il contatore non sia in fase di commutazione. Perciò i comandi ai generatori dell'impulso di copiatura sono costituiti, per ciascuna coordinata, dagli stessi impulsi conteggiati, e subiscono un ritardo ($\sim 40 \mu\text{sec.}$) pari al tempo impiegato dalle decadi e dalle porte di copiatura per stabilirsi. Il ritardo è altresì abbastanza ridotto da assicurare che la copiatura avvenga prima che ulteriori impulsi giungano al contatore, se la velocità di spostamento dell'equipaggio mobile non è molto elevata; tale condizio

ne è certamente verificata quando l'operatore si appresta alla lettura o alla registrazione delle coordinate.

Come appare dalla fig. 10 la copiatura viene sospesa in fase di stampa, ed eseguita invece allo azzeramento dei contatori o alla fine di un ciclo di perforazione.

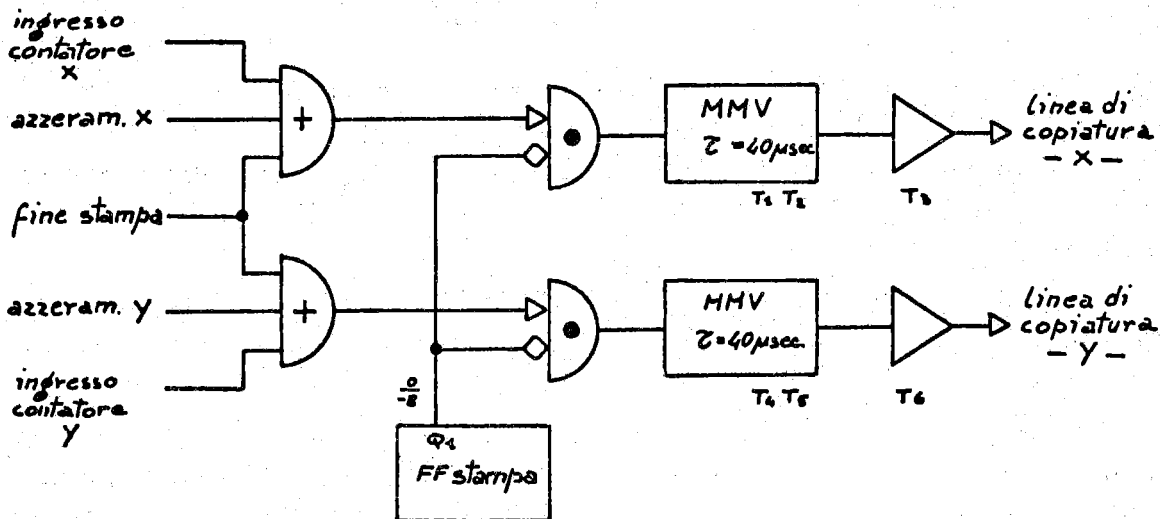


FIG. 10

7. IL PILOTAGGIO DEI TUBI INDICATORI -

Come già accennato gli indicatori vengono accesi a turno (ciascuno 100 volte/sec) con il sistema schematizzato in fig. 11.

Applicando successivamente il segnale d'interrogazione alle decadi, il contenuto di ciascuna viene estratto sequenzialmente su 4 vie (col peso 1, 2, 4, 8) comuni a tutte le decadi, indi trasformato in una cifra decimale (0, ..., 9); ciascuna cifra energizza il corrispondente catodo dei tubi indicatori (i catodi omonimi dei tubi sono collegati tra loro).

Contemporaneamente all'interrogazione dell' n^a decade è applicata la tensione anodica all' n^o tubo, ottenendo l'innesco della scarica sul catodo corrispondente al contenuto della decade interrogata. La scarica, pur essendo pulsata (1 msec per 100 volte/sec) appare permanente, senza altro effetto che una tollerabile riduzione nella luminosità del tubo (tanto più che l'apparato si usa in ambiente non illuminato).

Il cablaggio è notevolmente semplificato rispetto allo schema tradizionale, in cui ciascun indicatore ha dieci vie di connessione ai pro-

pri stadi di pilotaggio.

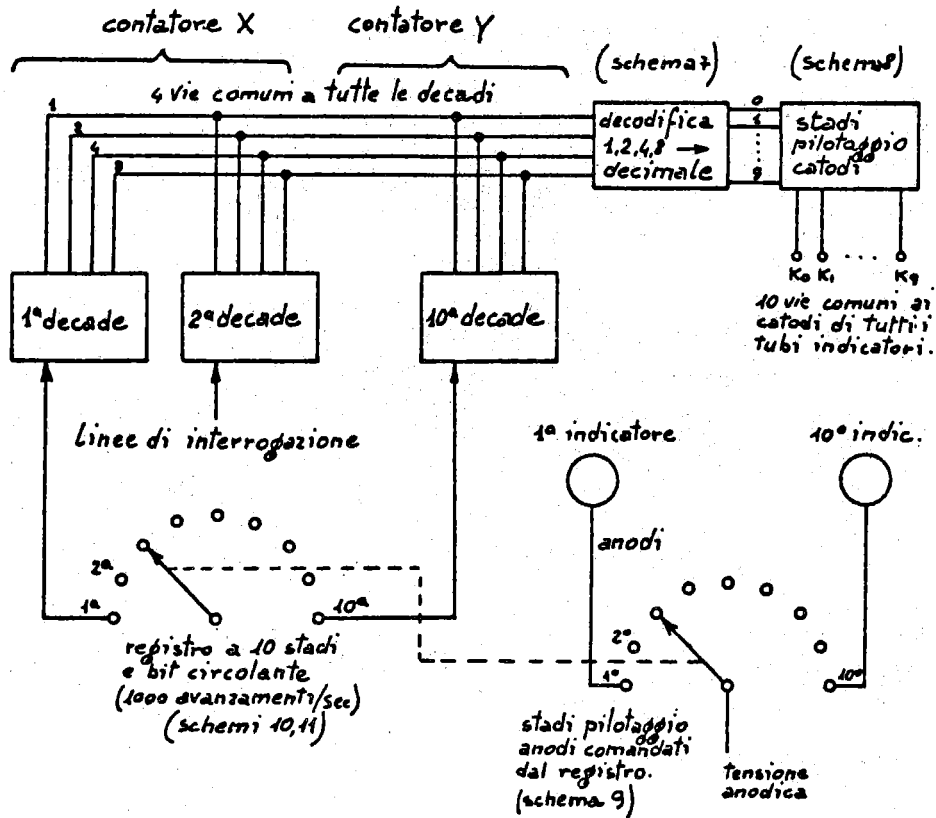


FIG. 11

I circuiti che pilotano i tubi sono convenzionali, e sono schematizzati in fig. 12

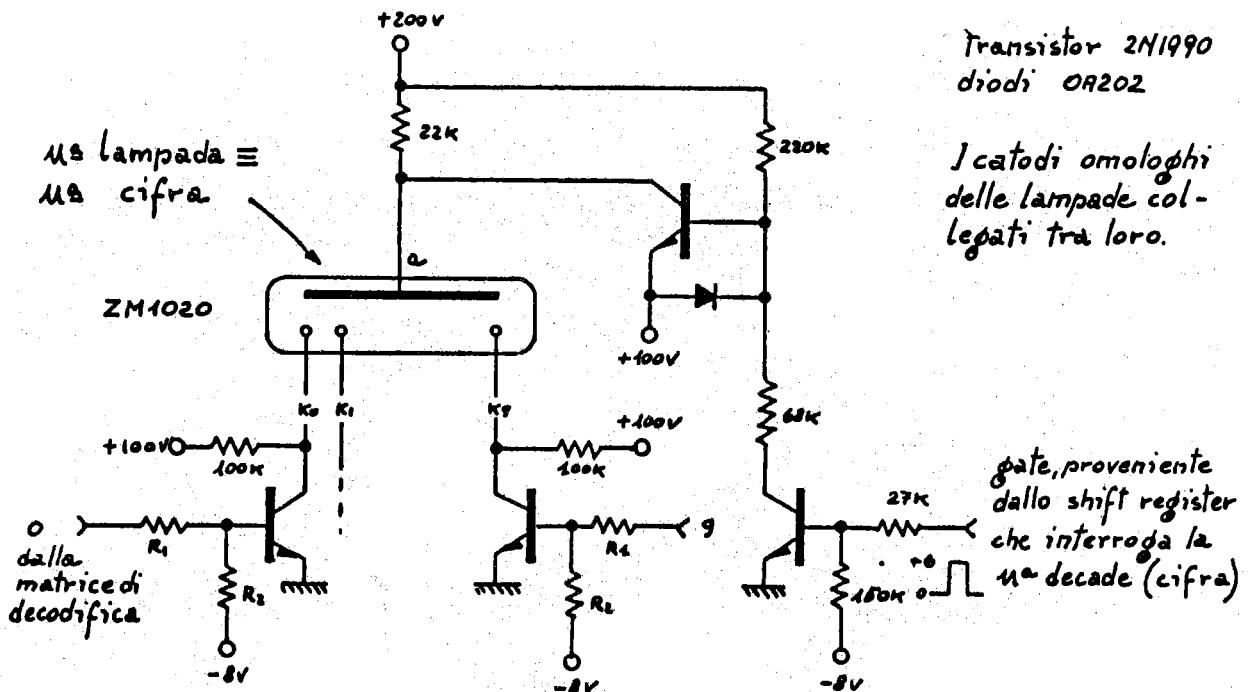


FIG. 12

8. LOGICA DEL REGISTRO E LOGICA DI STAMPA -

- Ciclo di indicazione.

L'interrogazione periodica delle decadi e la corrispondente accensione degli indicatori numerici sono comandate da un registro a 10 posizioni FF1, ..., FF10 (v. schema a blocchi della fig. 13) in cui vien fatto circolare un bit (un livello logico 1).

Poichè lo stesso registro è usato per estrarre i dati all'atto della stampa, la logica annessa deve eseguire svariate funzioni.

Per l'indicazione i bistabili "FF camme" e "FF stampa" sono entrambi spenti; in queste condizioni AND-1 stabilisce i livelli dei punti A, B in modo da aprire AND-2 e chiudere AND-3. All'ingresso R del registro giungono gli impulsi 1000 imp/sec) dell'astabile T₇T₈, che fanno avanzare il bit da FF1 a FF2, ..., FF10.

L'uscita del bit dal registro (dopo FF10) è rivelata da OR-1 che, attraverso gli invertitori T₁₀T₁₁ predispone FF1 in modo da venire commutato dal successivo impulso in R.

Con l'iniezione del bit in FF1 il ciclo descritto si ripete; in tal modo l'assicurata la circolazione di uno e un solo bit nel registro.

- Ciclo di stampa.

Il pulsante di stampa commuta FF-stampa e apre una porta AND-4 attraverso cui il bit, appena presente in FF1, commuta FF-camme; questi aziona, mediante un amplificatore, il meccanismo di sgancio del perforatore di banda ("camme"; il perforatore di schede ne è privo).

La commutazione di FF-camme, aggiunta a quella di FF-stampa, inverte i livelli dei punti C, D, chiudendo la porta AND-2 e aprendo AND-3; sblocca gli amplificatori che azionano i punzoni e causa la perforazione della prima cifra della coordinata X, ossia del contenuto della decade interrogata da FF1.

All'ingresso R del registro giungono gli impulsi di consenso del perforatore, opportunamente squadrati. L'avanzamento del bit nel registro procede, così sincronizzato, fino alla perforazione dell'ultima cifra.

Giunto in FF10, il bit ricommuta FF-stampa attraverso AND-5 e FF-camme attraverso AND-6, concludendo il ciclo di stampa e ripristinando il ciclo di indicazione.

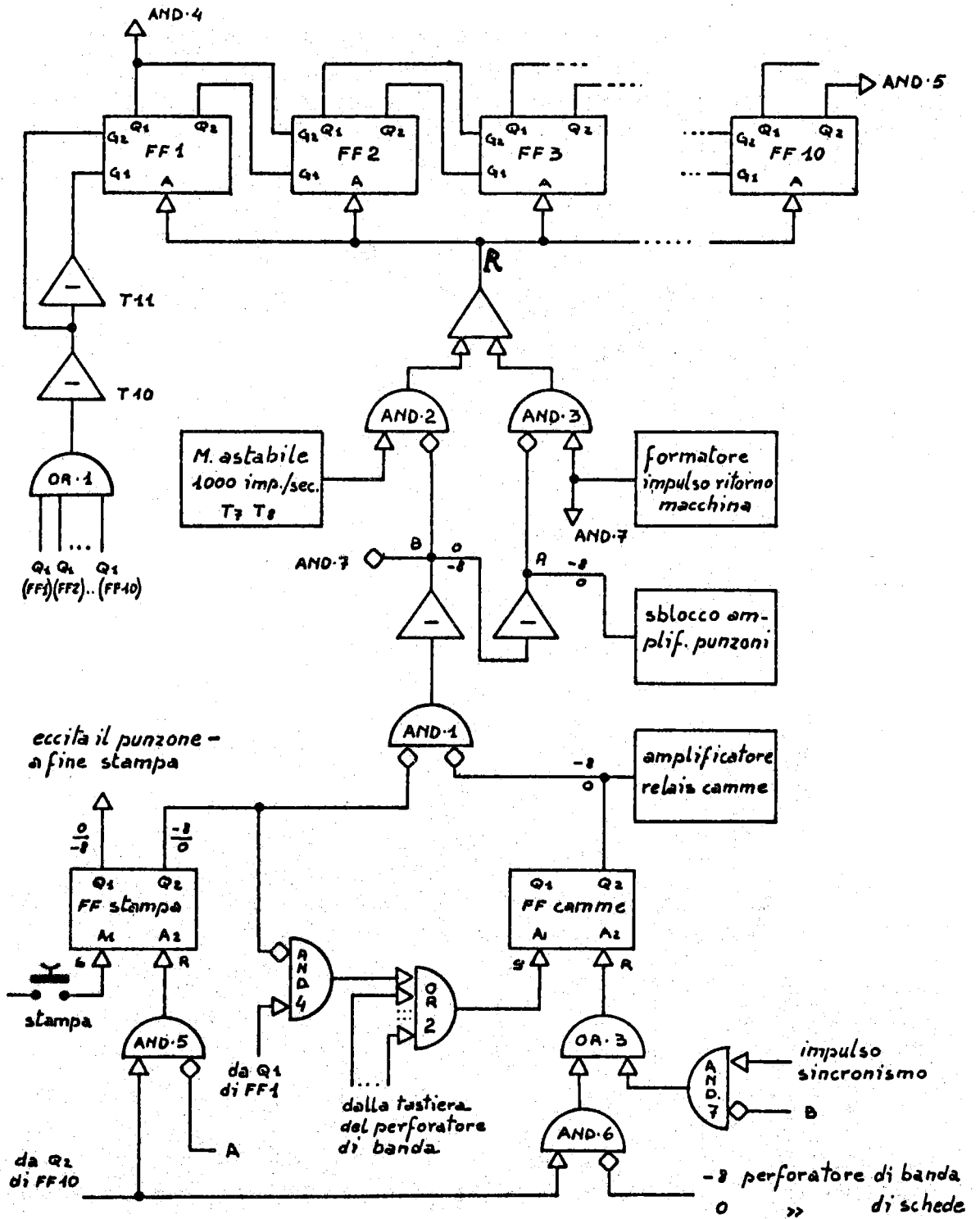


FIG. 13

9. SIMBOLI AUSILIARI (cfr. ancora schema a blocchi della fig. 13). -

Come si nota, molti blocchi dello schema 4 non intervengono nel ciclo descritto, relativo all'uscita su scheda. Si potrebbero in effetti omettere, oltre all'amplificatore del relais camme, AND-1 e gli invertitori che lo seguono (controllando AND-2, AND-3 mediante FF-camme), AND-6 e AND-7, OR-2 e OR-3.

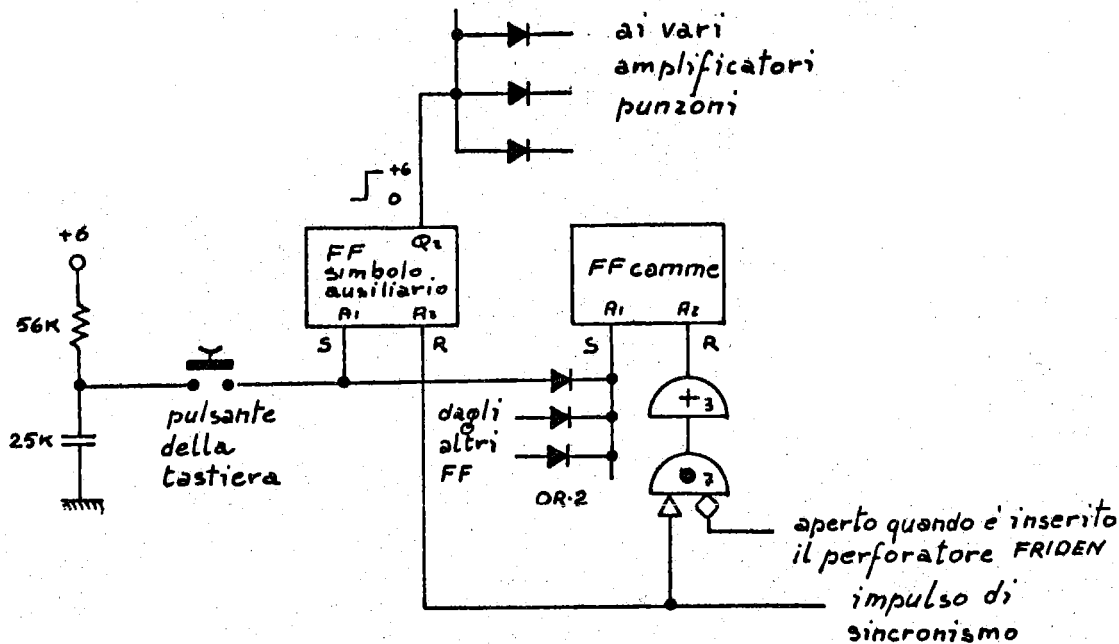


FIG. 14

Tutti i blocchi sono invece necessari al pilotaggio del perforatore di banda, per aggiungere alcuni simboli indispensabili. A ogni gruppo di cifre costituenti le due coordinate X, Y, ossia a ogni perforazione, è necessario posporre un simbolo (un tratto, uno spazio) al fine di mantenere sulla banda la distinzione tra gruppi di cifre che sulla scheda è data automaticamente dalla suddivisione in colonne.

Pertanto, quando è inserito il perforatore di banda, AND-6 è permanentemente chiuso e, dopo la perforazione della ultima cifra, si riavverte soltanto FF-stampa. Questa aziona il punzone del simbolo -, che viene perforato; l'impulso di sincronismo conseguente azzerava FF-camme attraverso AND-7.

Infine, per contrassegnare convenientemente i dati immessi su banda, e dato che il perforatore è privo di tastiera, l'RMC II è dotato di una tastiera con circa 12 simboli (usualmente le cifre dallo zero al nove, il tratto -, il punto).

L'azionamento di uno dei tasti commuta un corrispondente bistabile, che, attraverso una matrice di decodifica, aziona i punzoni corrispondenti al simbolo prescelto. Contemporaneamente viene commutato, attraverso OR-2, FF-camme, che sgancia la camme, e che viene ricommutato attraverso AND-7, OR-3, dell'impulso di sincronismo rimandato dal perforatore. Nel frattempo, non essendo commutato FF-stampa, continua il ciclo di indicazione. (v. fig. 14).

10. AMPLIFICATORI PER IL PILOTAGGIO DEI PUNZONI -

a) I dieci punzoni del perforatore di schede IBM 026 richiedono una eccitazione di 150 Volt, 50 mA. La tensione viene prelevata dal perforatore; ciascun punzone è pilotato da un amplificatore, schematizzato in fig. 15. Tutti gli amplificatori possono venir paralizzati mediante lo spegnimento di $T_1 T_2$.

b) Perforatore di banda Friden SP2.

Vi sono in tutto 8 punzoni: 1, 2, 4, 8, zero, end of line (o punto), tratto, check di parità. Quest'ultimo va inserito in parallelo a numeri 3, 5, 6, 9 e, in generale, ogni volta che il numero di fori su una riga è pari. Ciascun punzone è pilotato da un amplificatore schematizzato in fig. 16. Gli ingressi agli amplificatori, tranne quelli riservati ai simboli ausiliari, possono essere paralizzati da opportune porte controllate dal punto A.

Leggermente diverso è l'amplificatore per il pilotaggio della camme, comandato da Q_2 di FF-camme.

11. IL SEGNALE DI SINCRONISMO -

Il pilotaggio di un apparato perforante o stampante può essere sincrono, se si preleva dalla macchina a ogni ciclo operativo un segnale che dia il tempo per il ciclo successivo; oppure asincrono, se ogni ciclo viene comandato dall'esterno con una frequenza di ripetizione minore di quella propria della macchina.

L'RMC II usa il pilotaggio sincrono, allo scopo di sfruttare al massimo la velocità dei perforatori, e pertanto richiede l'estrazione di un segnale di sincronismo dalla macchina.

a) Perforatore di banda Fridem SP2.

Si possono usare i contatti già disponibili nel perforatore. Nel caso attuale s'è preferito invece installare un generatore costituito da una lampadina, vista da un fotodiodo attraverso una fenditura rotante solidale con l'asse motore dei punzoni. La soluzione, non molto laboriosa data la sem

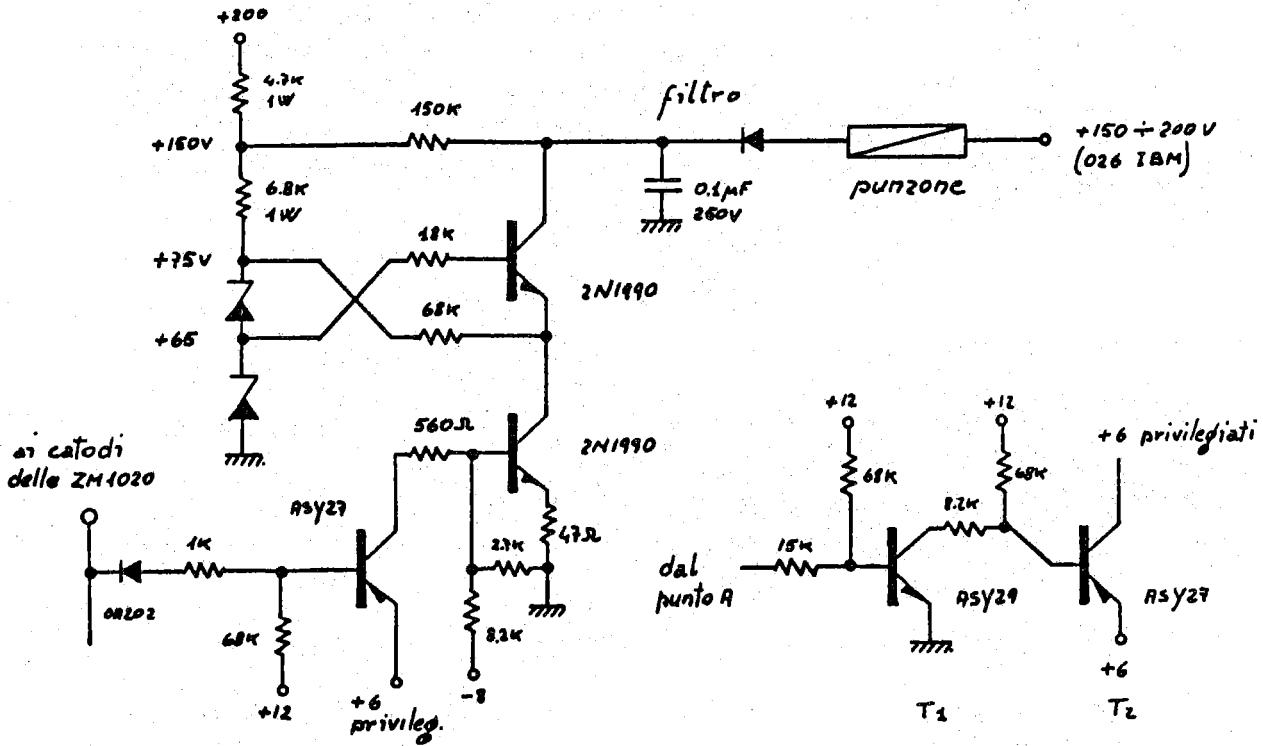
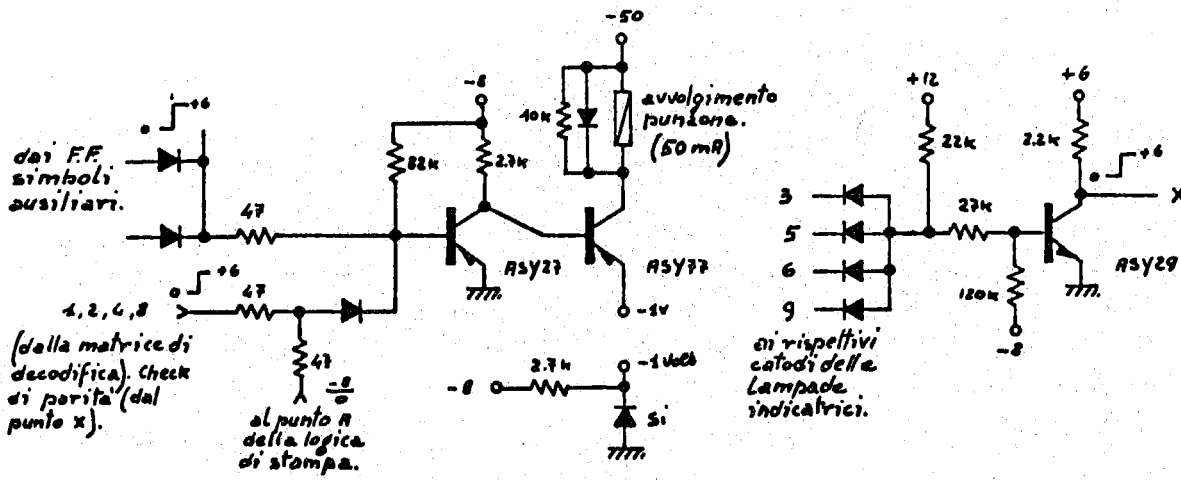


FIG. 15



amplificatore di pilotaggio di un punzone.

circuito del check di parità.

FIG. 16

plicità e l'accessibilità degli organi interni, garantisce la massima sicurezza di funzionamento.

Il segnale del fotodiode viene raccolto e amplificato all'interno del perforatore, viene ulteriormente formato nell'RMC II, e pilota il registro nella fase di stampa.

b) Perforatore di schede IBM026

La macchina non prevede l'asservimento, e non offre quindi contatti o segnali di sincronismo. Il problema della sincronizzazione è stato risolto in modo vario: con l'installazione di un dispositivo analogo a quello installato sul perforatore di banda oppure (cfr. Laben) inserendo un relais a bassa tensione in serie a un opportuno relais alta tensione della macchina.

La soluzione adottata nell'RMC II è sembrata la più semplice: la macchina esegue la perforazione se si eccita l'avvolgimento di uno dei punzoni, interrompendo l'eccitazione a una certa fase del ciclo, con contatti interni, in modo da permettere l'estrazione del punzone dalla scheda. Dopodichè la macchina ripete la perforazione con lo stesso punzone o con altro eccitato nel frattempo.

Un resistore in serie alla linea comune di eccitazione dei punzoni fornisce a ogni ciclo di perforazione un impulso approssimativamente rettangolare, coincidente in tempo con la corrente di eccitazione del punzone.

La caduta dell'impulso, ossia l'istante in cui l'eccitazione di un punzone finisce e può essere trasferita a un altro punzone, fornisce un buon segnale di sincronismo. Esso, filtrato dai disturbi, viene inviato al medesimo formatore usato per il perforatore di banda.