

*Consiglio Nazionale delle Ricerche*

# ISTITUTO DI ELABORAZIONE DELLA INFORMAZIONE

PISA

Misuratore di velocità del Flusso di  
Polverino di Carbone in Condotte di  
Alimentazione.

M. Bramanti - G. Gagliardi - C. Ori

Nota Interna : D 4 - 67

Dicembre 1989

Misuratore di velocita' del Flusso di Polverino  
di Carbone in Condotte di Alimentazione.

M.Bramanti - G.Gagliardi - C.Ori

Nota Interna : B 4 - 67

Dicembre 1987

## Indice

1 - Introduzione .....	Pag. 01
2 - Descrizione della Logica dello Strumento .....	Pag. 03
3 - Descrizione dello Schema Circuitale dello Strumento .....	Pag. 05

## 1 - Introduzione

Nelle Centrali Termoelettriche alimentate a polverino di carbone e' tutt'ora aperto il problema di sviluppare strumentazione adeguata per la misura della portata di polverino sulle condotte di alimentazione dei bruciatori. Tali condotte sono costituite da tubi in ferro di diametro compreso fra 250 e 300 mm circa; la velocita' della sospensione aria-carbone all'interno di tali condotte e' di circa 20 m/s, con una temperatura compresa fra 70 e 80 °C.

Il diametro medio delle particelle e' di circa 60  $\mu$ m e la densita' media della sospensione e' di circa 0.5 Kg/mc. Nell'ambito di un contratto di collaborazione scientifica fra l'Istituto di Elaborazione dell'informazione del CNR ed il Centro di Ricerca Termica e Nucleare dell'ENEL e' stato affrontato il problema di sviluppare una nuova tecnica per la misura della portata all'interno delle condotte suddette, basata su metodi elettromagnetici.

Nella messa a punto di tale strumentazione e' importante poter valutare, in via indipendente, la densita' della sospensione in transito.

Una delle grandezze che puo' essere rilevata a questo scopo e' la velocita' di avanzamento di una quantita' nota di polverino iniettata nelle condotte.

Cio' puo' essere fatto, per esempio, per via ottica rilevando il tempo di percorrenza del fronte della

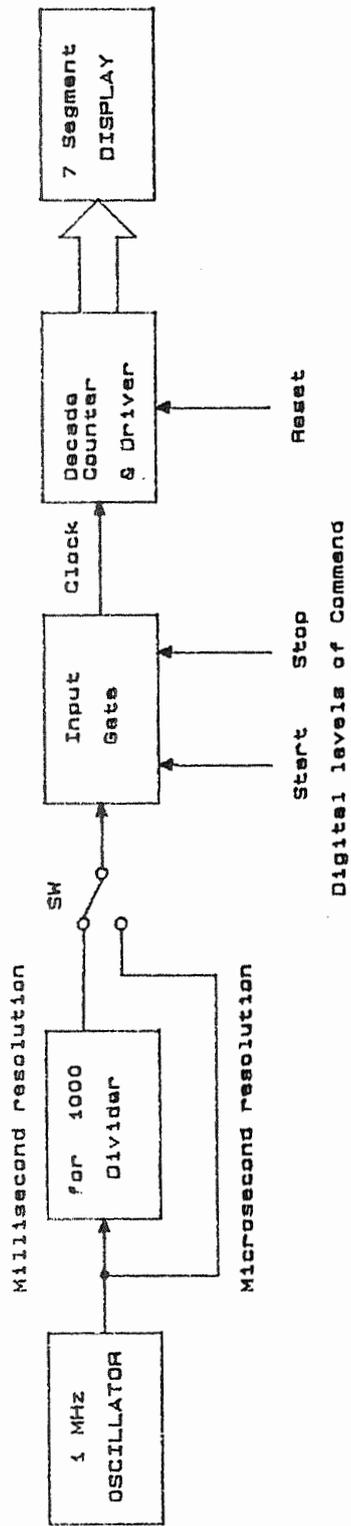
sospensione suddetta fra due " traguardi " a distanza nota.  
E' stato pertanto sviluppato uno strumento che a comando di un segnale di START ed un segnale di STOP misura l'intervallo di tempo compreso fra i due segnali suddetti.  
E' stata prevista la possibilita' di avere risoluzioni del millisecondo e del microsecondo.

## 2 - Descrizione della Logica dello Strumento

Lo Strumento sviluppato per misurare l'intervallo di tempo fra un segnale di START ed un segnale di STOP, che permette di risolvere i problemi descritti al paragrafo 1, e' stato realizzato in due versioni, schematizzate in Fig.1, che differiscono soltanto per la presenza o l'assenza di un divisore di frequenza per 1000 che permette di variare la risoluzione delle due versioni da 1  $\mu$ Sec a 1 mSec. Dalla Fig. 1 e' possibile vedere la semplicita' del funzionamento logico dello Strumento che in presenza di un livello logico ( alto ) sull'ingresso di " Start " abilita una porta che permette il passaggio degli impulsi di Clock provenienti dall'oscillatore, verso un contatore a decadi che conta tali impulsi fino al momento in cui si ha la presenza di un livello logico ( alto ) sull'ingresso di " Stop " che inibendone il passaggio dalla porta, blocca il conteggio delle decadi.

Poiche' tali circuiti decodificano direttamente in 7 segmenti gli impulsi contati e pilotano dei display a Led, questi visualizzeranno l'ultimo valore del conteggio che e' il numero di impulsi intercorsi fra i due segnali di comando.

Questa e' la misura temporale che ci interessa. Un pulsante di " Reset " azzerava i contatori e quindi i display prima di ogni misura.



Digital levels of Command

Fig. 1 - Scheme logico dello Strumento

### 3 - Descrizione dello Schema Circuitale dello Strumento

La Fig. 2 illustra lo Schema Circuitale completo dello Strumento, ed e' stata realizzata con il sistema OrCAD su PC - IBM.

Tale schema e' unico per le due versioni dello Strumento perche', per semplicita' realizzativa, il circuito stampato e' unico e segue fedelmente lo schema illustrato. Nella versione piu' veloce, cioe' quella che realizza misure temporali dell'ordine dei  $\mu$ Sec, non vengono inseriti i circuiti U4/U6 - CD4017 nei relativi zoccoli, ma al loro posto si inseriscono dei ponticelli fra l'ingresso e l'uscita di questi circuiti in modo che siano uniti i punti estremi della linea indicata come " : 1 " affinche' il dispositivo funzioni con il Clock da 1 MHz.

Come si vede bene, se tale linea fosse collegata da una parte all'uscita del circuito U3A - CD4023 e dall'altra al contatto di un deviatore che avesse il punto centrale sull'ingresso del circuito U3C - CD4023 e l'altro contatto sull'uscita del circuito U6 - CD2017, ogni versione dello strumento potrebbe realizzare con una semplice commutazione, da pannello frontale, ambedue le risoluzioni temporali richieste.

Cio' premesso analizziamo il funzionamento dei singoli circuiti iniziando dal U1 - LM7805.

Si tratta di uno stabilizzatore di tensione a 5 Volt integrato che serve ad ottenere l'alimentazione per la

parte del circuito relativa ai comandi di ingresso e all'oscillatore, mentre la parte di conteggio viene alimentata a 12 Volt dall'alimentatore generale dello Strumento.

Tale diversita' di alimentazione ha dei precisi motivi; innanzitutto l'intero circuito e' stato realizzato utilizzando i circuiti integrati della famiglia CMOS perche' si poteva in questo modo minimizzare la parte di conteggio - decodifica - pilotaggio display utilizzando il circuito CD4033 che in piu' e' azzerabile su comando esterno ed annulla automaticamente gli zeri non significativi a conteggio finito.

Per ottenere le prestazioni complete dal circuito CD4033 occorre alimentarlo con una tensione superiore a 10 Volt, da qui la scelta dello standard di 12 Volt di alimentazione.

L'altro motivo e' dato dalle caratteristiche dell'oscillatore che richiede 5 Volt di alimentazione. L'ultimo motivo e' dovuto alle caratteristiche dei segnali di comando.

Pur usando i circuiti CD4033 per i motivi prima esposti, si poteva usare al posto dei circuiti U3/U6 dei componenti TTL tipo 74LS10 e 74LS90; abbiamo scelto invece i circuiti CMOS per limitare il consumo dello Strumento che e' quindi dovuto in massima parte ai Display a Led.

Pero' non abbiamo potuto alimentarli a 12 Volt poiche' la loro caratteristica di avere la soglia di commutazione ad

un livello che e' circa la meta' della tensione di alimentazione, avrebbe reso insensibile la porta d'ingresso ai segnali di comando, che sono solo 5 Volt d'ampiezza. Il problema e' stato risolto alimentando i circuiti suddetti con 5 Volt ed inserendo un transistor di adattamento sulla linea di Clock in ingresso ai circuiti di conteggio CD4033, che esplica anche la funzione di invertitore logico, necessaria in quel punto.

Le capacita'  $C_1$  e  $C_2$  sono i filtri di ingresso ed uscita standard per questo tipo di stabilizzatori di tensione. Quindi la realizzazione circuitale vera e propria inizia con l'oscillatore ( U2 ) che e' di tipo ubrido, TTL compatibile, in contenitore metallico, con buona stabilita' e piccolo ingombro ( tipo 14 pin dual - in - line ). La sua frequenza e' 1 MHz, esatta per la risoluzione del  $\mu$ Sec..

Esso e' provvisto della resistenza di pull - up  $R_1$  per interfacciarsi con la logica CMOS.

L'oscillazione entra nel circuito U3A - Cd4023 che realizza la funzione logica NOT ( NAND a tre ingressi con due di essi collegati al livello logico " 1 " ) senza pero' essere indispensabile.

E' usato solo perche' tale sezione del circuito, per le esigenze della famiglia CMOS di non avere ingressi volanti, ma decisamente collegati a livelli logici, nelle sezioni non usate dei circuiti integrati con funzioni multiple logicamente non collegate fra di loro.

L'uscita di tale circuito che diventa quindi tutt'uno con

L'oscillatore e' il Clock che viene inviato alla porta d'ingresso, direttamente nella versione che conta impulsi di 1  $\mu$ Sec., attraverso i circuiti U4/U6 nella versione che conta impulsi di 1 mSec..

I circuiti U4/U6 - CD4017 sono contatori decadici con 10 uscite decodificate, che non usiamo.

Quindi sfruttiamo solo la funzione di divisione per 10 di ognuno entrando sull'ingresso di clock e prelevando il segnale d'uscita sul relativo carry - out.

Gli ingressi di inibizione del clock ( ENA ) e di Reset sono collegati al livello logico " 0 " per ottenere un funzionamento continuo.

I tre circuiti collegati in cascata realizzano la divisione per 1000, per ottenere la risoluzione di 1mSec..

Il circuito che realizza la porta d'ingresso e' l' U3C - Cd4023 che svolge la funzione logica NAND a tre ingressi.

Si vede dallo schema circuitale che gli altri due ingressi sono collegati ai BNC d'ingresso dello Strumento. L'ingresso relativo al segnale di START e' collegato direttamente mentre quello relativo al segnale di STOP vi e' collegato tramite la terza sezione ( U3B ) del circuito CD4023 che realizza la funzione logica NOT con due suoi ingressi collegati al livello logico " 1 " ed il terzo al BNC d'ingresso.

Le resistenze  $R_4$  e  $R_5$  tengono agganciate le linee d'ingresso della porta d'ingresso al livello logico " 0 ".

Come e' illustrato nella Fig. 2 le forme d'onda di comando

sono costituite da un passaggio di stato dal livello logico " 0 " al livello logico " 1 " in modo stabile nel tempo e ritardate fra di loro del tempo che lo Strumento dovrà misurare come numero di impulsi di durata fissa e conosciuta.

Quindi il funzionamento della porta d'ingresso è il seguente: quando si ha il passaggio da livello logico " 0 " a livello logico " 1 " sull'ingresso di START avremo ancora il livello logico " 0 " sull'ingresso di STOP, che invertito dal circuito U3B - CD4023 sarà presentato come livello logico " 1 " all'ingresso del circuito U3C - CD4023, insieme al livello logico " 1 " proveniente direttamente dal BNC dell'ingresso di START.

Il segnale di Clock presente sul terzo ingresso della porta passa così in uscita subendo un'inversione non significativa.

Quando il segnale di STOP diventa attivo e passa al livello logico " 1 ", l'uscita del circuito U3B - CD4023 passerà al livello logico " 0 " e interdirà la porta U3C - CD4023 pur restando al livello logico " 1 " il segnale di START. Gli impulsi di Clock non saranno più rilevabili sull'uscita di questo circuito che presenterà invece un livello logico " 1 " ( funzione NAND ) come quando siamo in attesa degli impulsi d'ingresso.

Tale livello viene invertito a logica " 0 " dal seguente transistor Q1 - 2N718 che presenta tale livello sull'ingresso di Clock dei circuiti contatori U7/U10 - CD4033 che contando sul fronte di salita degli

impulsi di Clock restano così bloccati sia prima, che dopo il conteggio.

Dobbiamo notare che quando la porta U3C - CD4023 si apre per far passare il Clock verso i contatori, si può avere un ritardo di mezzo ciclo di Clock all'inizio del conteggio, che però non è significativo agli effetti della misura temporale che sarà effettuata.

Il transistor Q1 - 2N918, oltre alla funzione invertente sopradescritta, svolge il compito di riportare il Clock di 5 Volt di ampiezza, a superare la soglia di commutazione dei contatori U7/U10 - CD4033 alimentati a 12 Volt per i motivi descritti precedentemente.

Questo transistor è del tipo N - P - N al silicio adatto per applicazioni veloci di bassa potenza ed oscillatori, quindi adattissimo a trattare il segnale di Clock a 1 MHz.

Le resistenze  $R_2 = 10\text{ K}$  e  $R_3 = 1\text{ K}$  hanno il compito, con i loro valori, di ottimizzare l'impedenza d'ingresso e d'uscita del transistor che si trova collegato fra due circuiti CMOS.

La capacità  $C_3 = 92\text{ pF}$  ha lo scopo di rendere più veloce la sua commutazione per fornire in uscita un segnale di Clock con i fronti di salita non eccessivamente ritardati.

Siamo quindi arrivati all'ingresso di Clock del primo circuito della catena di conteggio costituita dai circuiti U7/U10 - CD4033.

Tali circuiti sono contatori decadici, collegati in

cascata, che permettono quindi una lettura decimale del numero di impulsi contati.

Come precedentemente accennato hanno incorporata una decodifica per poter disporre di 7 uscite decodificate adatte per i display a 7 segmenti.

Ognuna di queste uscite e' provvista di un buffer che, se il circuito e' alimentato con una tensione superiore a 10 Volt, puo' pilotare direttamente il segmento corrispondente del display.

Quindi tali uscite sono collegate ai terminali dei quattro display U11/U14 D350PK del tipo a led con catodo comune ( K ) e punto decimale ( P ).

Gli ingressi relativi ai punti decimali, che non vengono usati, sono collegati al livello logico " 0 " mentre quelli relativi ai catodi ( 2 per ogni display ) sono collegati tutti insieme alla resistenza  $R_0 = 68 \text{ Ohm} - 3 \text{ Watt}$  e tramite questa al livello logico " 0 ".

La funzione di tale resistenza e' di diminuire la luminosit  dei display e quindi ridurre il consumo. Il collegamento in cascata dei contatori decadici CD4033 e' ottenuto collegando fra di loro l'uscita di " carry - out " con l'ingresso di " clock " del circuito successivo ( dalla decade meno significativa a quella piu' significativa ).

Poiche' i contatori avanzano di un conteggio ad ogni transizione positiva del segnale di Clock, se il segnale di " clock - inhibit " e' al livello logico " 0 ", gli ingressi relativi sono collegati tutti insieme a questo

livello.

Gli ingressi RBI e le uscite BI/RBO realizzano la funzione di eliminare gli zeri non significativi davanti alla cifra posta in display, che rappresenta il numero degli impulsi contati.

Il loro collegamento, per caratteristiche proprie dei circuiti, avviene dal contatore relativo alla cifra piu' significativa ( migliaia ) a quello della cifra meno significativa ( unita' ).

Infatti si vede nello schema che, come richiesto, l'ingresso RBI del circuito U7 che conta le migliaia e' collegato al livello logico " 0 " e la sua uscita BI/RBO e' collegata all'ingresso RBI del circuito che realizza il conteggio immediatamente meno significativo, cioè U8. Ovviamente il terminale BI/RBO del circuito relativo al conteggio delle unita', U10, non viene utilizzato. Per ultimi esaminiamo altri due comandi relativi ai circuiti CD4033 e cioè il Reset ( R ) ed il Test - Display ( LT ).

Poiche' durante il ciclo di conteggio la lettura sul display varia continuamente, si legge il numero degli impulsi contati dopo che e' sopravvenuto il segnale di STOP che ha fermato i contatori; quindi ad un prossimo segnale di START essi riprenderebbero il conteggio da quel valore. Per evitare questo errore di lettura vengono usati gli ingressi " R " che collegati insieme sono agganciati al livello logico " 0 " dalla resistenza R7 - 10 K, permettendo cosi' il regolare funzionamento dei contatori,

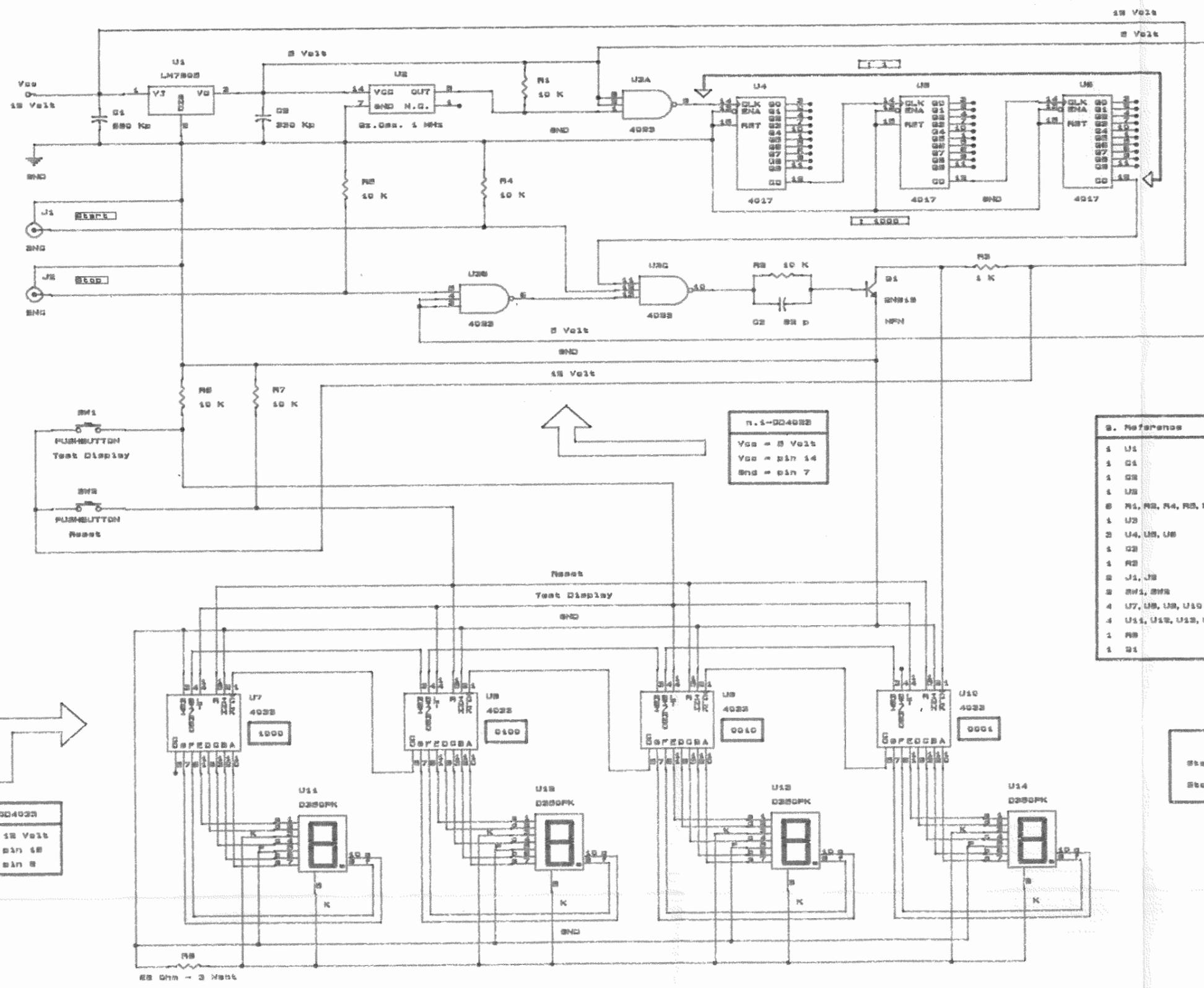
finche' agendo ( a conteggio finito ) sul pulsante SW2 non si collegano tali ingressi al livello logico " 1 " azzerando cosi' i contatori decadici e predisponendoli per un nuovo ciclo di conteggio.

Gli ingressi " LT " anch'essi collegati insieme ed agganciati al livello logico " 0 " tramite la resistenza  $R_6 = 10\text{ K}$  non interferiscono con il normale conteggio finche' non viene premuto il pulsante SW1 indicato nello schema come Test - Display, che inviando un livello logico " 1 " sugli ingressi " LT " abilita contemporaneamente a livello logico " 1 " tutte le uscite decodificate dei contatori decadici, per cui tutti i segmenti del Display a Led si illuminano contemporaneamente indicando il numero 8888.

Questa operazione non interrompe il normale conteggio che prosegue e viene visualizzato di nuovo al rilascio del pulsante SW1 e quindi puo' essere effettuata quando si vuole, anche durante il normale ciclo operativo dello Strumento.

Come indicato nella Fig. 2 la massima corrente assorbita dallo Strumento risulta di 170 mA, mentre la minima risulta di 65 mA.

Fig. 2 - Schema Circuitale completo dello Strumento

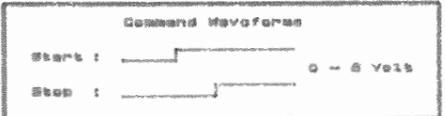


n.2-004017  
 Vcc = 5 Volt  
 Vss = pin 16  
 End = pin 9

n.1-004022  
 Vcc = 5 Volt  
 Vss = pin 14  
 End = pin 7

Q. Reference	Part
1 U1	LM7805
1 C1	880 Kp
1 C2	220 Kp
1 U2	Qs. Osc. 1 Mhz
8 R1, R2, R4, R5, R6, R7	10 K
1 U3	4022
3 U4, U5, U6	4017
1 C3	50 p
1 R8	1 K
2 J1, J2	BNC
2 SW1, SW2	PUSHBUTTON
4 U7, U8, U9, U10	4022
4 U11, U12, U13, U14	D280PK
1 R9	50 Ohm - 3 Watt
1 Q1	2N2118

n.4-004033  
 Vcc = 15 Volt  
 Vss = pin 16  
 End = pin 9



Absorption Max = 100 mA  
 Current Min = 50 mA