

## scatole di montaggio



### CARATTERISTICHE TECNICHE

Alimentazione: a batteria interna da 4,5 V

Comandi: a levetta per i due ingressi a commutatore rotativo per la scelta della funzione

Segnalatore dello stato all'uscita:

con lampada

Funzioni basilari ottenibili: OR, NOR, AND, NAND, OR esclusivo, NOR esclusivo

Semiconduttori impiegati:

un circuito integrato SN 7400N  
un transistor BC153

# DIMOSTRATORE LOGICO



UK 837

Questo semplice apparecchio costituisce un valido aiuto per prendere la dovuta confidenza con le funzioni logiche elementari. Tali funzioni sono alla base di tutte le più ardite e complesse realizzazioni della cibernetica e del calcolo automatico. Bisogna partire dall'alfabetario per poter arrivare alle vette della conoscenza di una lingua. Questo apparecchio costituisce l'alfabetario della automazione. Il suo uso razionale permette di imparare nel dovuto modo ed in maniera divertente l'alfabeto della logica elettronica. La realizzazione fa uso di un moderno circuito integrato dello stesso tipo usato per i circuiti industriali.

Le istruzioni annesse danno una spiegazione esauriente dei principi del funzionamento dei circuiti digitali ed indirizzano la fantasia verso l'immenso campo delle applicazioni pratiche del sistema.

Il montaggio del circuito vi farà prendere confidenza con il sistema usato per la realizzazione di qualsiasi circuito facente parte di sistemi digitali.

**L**a fantasia creativa dell'uomo dispone di uno strumento per realizzare praticamente qualsiasi sistema automatico utilizzando esclusivamente un semplice interruttore, che, ripetuto un numero enorme di volte, disposto in un numero infinito di schemi, può assumere due sole posizioni, chiuso ed aperto. Usando il sistema di numerazione binario anziché il decimale a cui sinora siamo stati abituati, tutte le discipline matematiche sono aperte all'elaborazione meccanica.

In queste pagine daremo i concetti di base di questa tecnica dalle possibilità illimitate che nemmeno la più accesa fantasia riesce ad immaginare.

Nulla di meglio quindi che iniziare la nostra fatica imparando come funziona questo interruttore che è il mattone col quale si costruisce la cibernetica (fig. 1).

Si presuppone che il lettore conosca gli elementi basilari del funzionamento del transistor. In poche parole una piccola corrente che circola nella giunzione tra base ed emettitore provoca il pas-

saggio di una corrente molto maggiore tra il collettore e l'emettitore variando la resistenza tra questi punti.

Entro certi limiti la corrente di collettore è proporzionale alla corrente di base, ed in questo campo il transistor può funzionare da amplificatore. Questo campo di funzionamento interessa molta gente, ma non noi. A noi interessano soltanto due precisi punti di funzionamento del transistor, quello in cui presenta la resistenza massima o stato di interdizione e quello in cui presenta la resistenza minima o stato di saturazione. Con la base collegata alla massa avremo lo stato di interdizione in quanto nessuna corrente può circolare tra base ed emettitore, e quindi neanche tra collettore ed emettitore. Spostiamo ora il collegamento di base gradualmente verso la tensione a cui è sottoposto il collettore. Nella giunzione di base comincerà a circolare una corrente via via crescente. Così anche tra il collettore e l'emettitore. In un primo tempo la corrente di collettore crescerà in maniera proporzionale a quella di base, ma ad un certo momento la corrente di collettore cesserà di aumentare per quanto si aumenti la corrente di base. A questo punto conviene fermarci perché abbiamo raggiunto la saturazione ed aumentando troppo la corrente di base rischiamo di distruggere la giunzione.

La resistenza  $R_b$  limita la corrente di base al valore strettamente necessario per ottenere la saturazione, mentre la resistenza  $R$  limita la corrente di collettore ad un valore sopportabile da parte del transistor che altrimenti, costituendo un corto circuito tra i poli dell'alimentazione, brucerebbe come un fusibile.

Ora supponiamo di avere a disposizione un transistor NPN. Al collettore avremo il polo positivo ed alla massa avremo il polo negativo. Il transistor NPN è stato scelto in quanto presenta una maggiore facilità di integrazione con il silicio, ma nulla ci vieterebbe di scegliere un PNP invertendo i poli dell'alimentazione. Supponiamo anche di aver calcolato le resistenze  $R$  ed  $R_b$  in modo che con l'interruttore SW aperto, il transistor sia saturato. In questo modo, costituendo i transistori un corto circuito, il conduttore di uscita  $X$  sarà a massa.

Viceversa possiamo chiudere l'interruttore SW mettendo a massa la base del Tr. Questo risulterà così interdetto ed il conduttore di uscita  $X$  sarà collegato al positivo attraverso  $R$ .

La resistenza  $R_i$  serve a fare in modo che l'interruttore SW non metta in corto circuito l'alimentazione. Il sistema formato dall'interruttore SW e dalla resistenza  $R_i$  costituisce l'elemento di ingresso del sistema logico. Tale elemento di ingresso costituisce il contatto del sistema logico col mondo esterno, ossia con i fenomeni che noi vogliamo introdurre e che poi andremo ad elaborare. Può essere di diversi tipi: meccanico, fotoelettrico, elettromagnetico ecc.

Il gruppo formato da Tr,  $R$ ,  $R_b$  co-

stituisce invece l'interruttore logico ed esso può essere collegato in cascata con uno o più altri suoi simili per formare schemi in numero infinito. Naturalmente c'è un limite al numero di interruttori logici che possono essere collegati a ciascuna uscita, e questo numero detto «fan out» dipende dalle caratteristiche elettriche del circuito. Esiste anche un limite al numero di uscite che possono essere collegate a ciascun ingresso («fan in»), per le medesime ragioni sopradette. Dobbiamo fare ancora una osservazione sul circuito che abbiamo mostrato. Stabilendo per convenzione che il collegamento a massa dell'ingresso corrisponda alla cifra binaria 0 e che il collegamento al polo positivo corrisponda alla cifra binaria 1, possiamo vedere che all'uscita la situazione si inverte. Per ingresso 1 avremo uscita 0 e viceversa. L'elemento base dei circuiti logici è quindi l'«invertitore» detto così in quanto presenta all'uscita una situazione opposta a quella dell'ingresso, ossia l'uscita è il «complemento» dell'entrata.

Usando alcuni accorgimenti potremo moltiplicare gli ingressi ottenendo il passo successivo, ossia l'elemento logico. A seconda del sistema usato per moltiplicare gli ingressi, otterremo varie funzioni logiche di cui parleremo in seguito.

E' ora arrivato il momento di dimenticare il funzionamento elettrico di ciascun elemento, per considerarlo soltanto una «scatola nera» o «black box». Tale elemento elabora in un modo che possiamo benissimo fare a meno di conoscere, una serie, di situazioni presenti all'ingresso per trasformarle in delle situazioni all'uscita, che sono legate alle precedenti da una determinata legge. E' un po' come si fa con i mattoni dei quali non ci interessa la composizione chimica ma solo la loro forma e la loro resistenza meccanica.

Per semplificare la trattazione dei successivi argomenti, senza dover spendere sempre le complicate espressioni verbali usate nelle definizioni, dovremo ora crearci una specie di gergo, nel quale una parola od un segno possa valere tutta una definizione.

Tale gergo prende origine da un particolare tipo di matematica che ora, con notevole lungimiranza, si comincia ad insegnare anche nelle scuole elementari. Si tratta dell'insiemistica e dell'algebra di Boole.

Faremo uso dei termini e dei segni suddetti soltanto per quanto interessa il problema che stiamo discutendo, lasciando alla buona volontà di ognuno il compito di allargare la propria conoscenza.

Cominciamo ad esaminare degli elementi logici con un certo numero di ingressi che chiameremo A, B, C, D eccetera ed una sola uscita che chiameremo X. Le lettere corrispondenti alle varie entrate ed all'uscita scritte così come stanno, ci informeranno della presenza di un segnale 1. Un trattino al di sopra della lettera indica la presenza di un segnale negativo o 0.

Per legare i vari elementi useremo due segni che non hanno nessun riferimento con i corrispondenti usati in aritmetica.

Un segno  $x$  significherà la congiunzione «e» (and in inglese).

Un segno  $+$  significherà la congiunzione «O» (or in inglese)

Potremo scrivere ora come esempio una formula con questa notazione e constatare quante parole faccia risparmiare:

$$(A + B + C) \times \overline{D} \overline{X}$$

Questo significa che se almeno su uno degli ingressi A o B o C c'è un segnale 1, deve esserci un segnale 0 su D per avere un'uscita 0 su X.

Ci sono tre funzioni logiche fondamentali, combinando le quali si possono ottenere tutte le altre.

Le elenchiamo qui di seguito spiegandone il funzionamento.

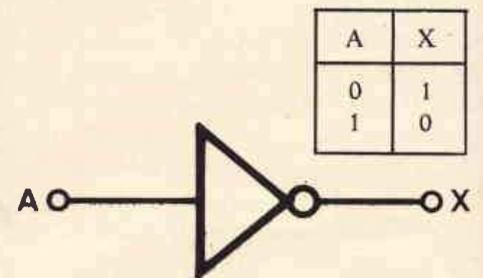
L'invertitore o funzione «NOT» (useremo correntemente la terminologia inglese, in quanto la più pratica ed universalmente usata).

La formula della funzione è la seguente:

$$A = \overline{X}$$

Esiste un altro metodo per mostrare rapidamente la connessione degli aventi tra le entrate e le uscite. Tale metodo si chiama «tabella della verità o truth table».

Per ogni funzione logica forniremo anche la relativa tabella della verità ed il segno convenzionale usato per rappresentare l'elemento. Per la funzione NOT avremo:



La funzione AND.

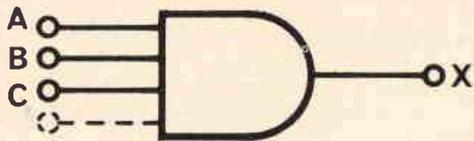
Può avere un numero illimitato di ingressi. La condizione per avere 1 alla uscita è che tutte le entrate siano in posizione 1, ossia:

$$A \times B \times C \times \dots = X$$

Se anche solo una delle entrate è 0 avremo 0 anche all'uscita.

La tabella della verità e lo schema sono:

A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	1	1



In seguito, per semplificare le cose, daremo la tabella della verità solo per due ingressi, ma bisogna sempre tener presente che gli ingressi possono essere un numero qualsiasi e che il numero delle combinazioni diverse è dato dal numero 2 elevato alla potenza che corrisponde al numero degli ingressi.

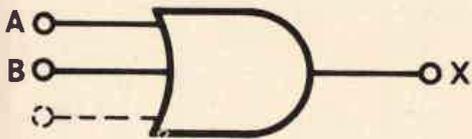
La funzione OR

Può avere un numero illimitato di ingressi. La condizione per avere 1 all'uscita è che almeno ad una delle entrate sia nello stato 1, ossia:

$$A + B + \dots = X$$

La tabella della verità e lo schema sono:

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Facendo seguire un invertitore alle funzioni OR ed AND si ottengono rispettivamente le funzioni NOR (da NOT-OR) e NAND (da NOT-AND).

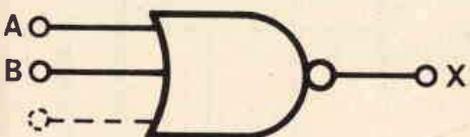
Tali funzioni hanno i segnali all'uscita esattamente invertiti rispetto a quelle da cui derivano. Sullo schema un cerchietto all'uscita indica la negazione.

La funzione NOR ha la formula:

$$A + B + \dots = \bar{X}$$

La tabella della verità e lo schema sono:

A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



La funzione NAND ha la formula:

$$A \times B \times \dots = \bar{X}$$

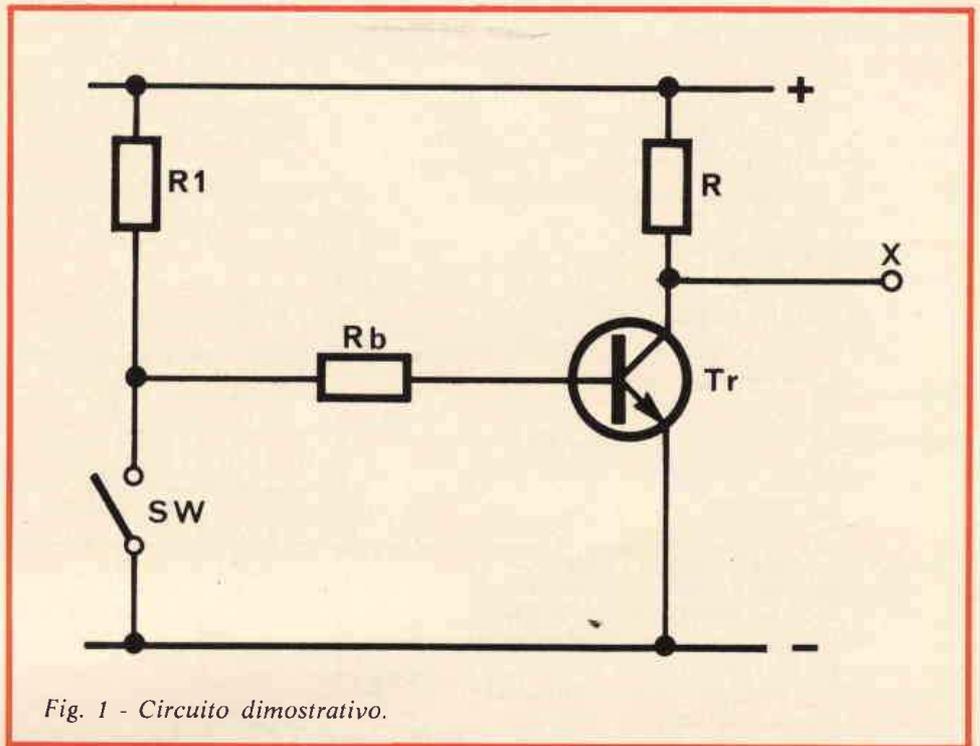


Fig. 1 - Circuito dimostrativo.

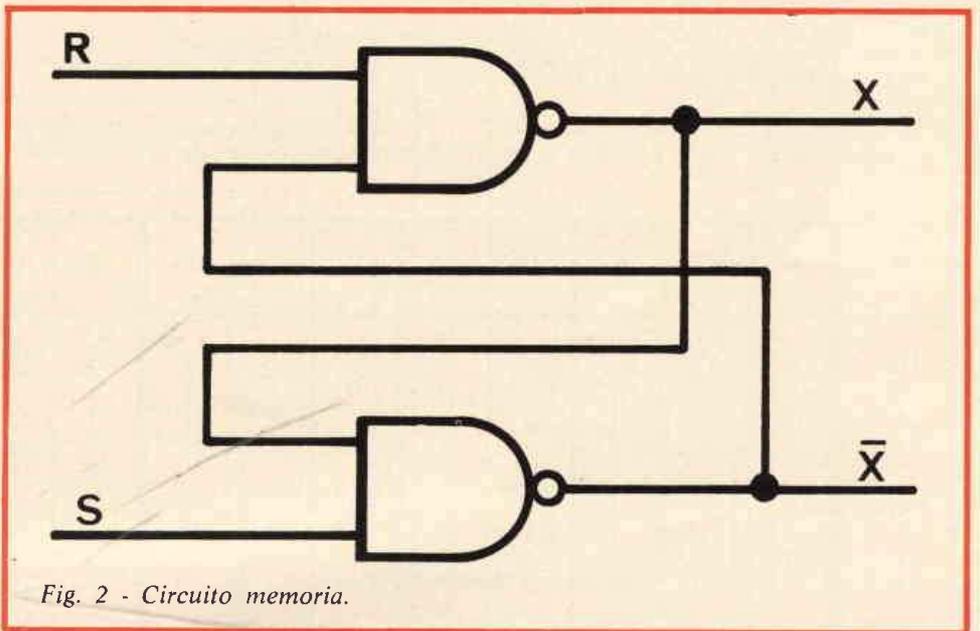


Fig. 2 - Circuito memoria.

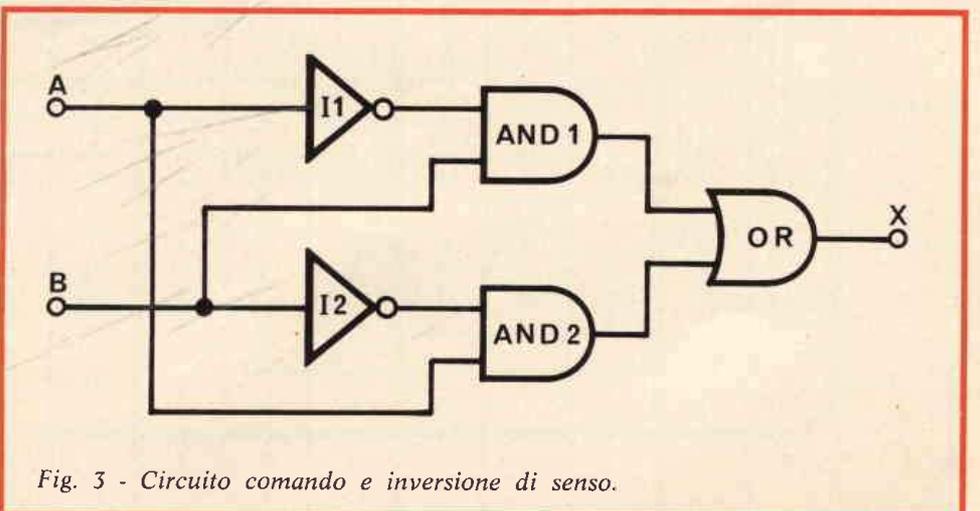
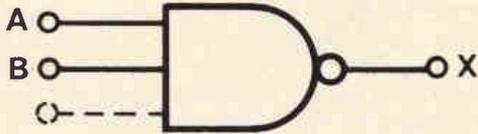


Fig. 3 - Circuito comando e inversione di senso.

La tabella della verità e lo schema sono:

A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Queste due ultime funzioni non sono che delle derivate da quelle fondamentali, ma le abbiamo nominate e descritte per un fatto importantissimo. Nella tecnica integrata sono molto più facili da ottenere e, siccome dal punto di vista applicativo non esiste nessuna maggiore difficoltà rispetto alle funzioni fondamentali, le logiche integrate saranno quasi sempre del tipo ad uscita negata.

Per completare il quadro delle funzioni di base bisognerà dire qualcosa su altre due che sono l'OR ed il NOR esclusivi.

L'OR esclusivo deve avere uno solo degli ingressi allo stato 1 per dare 1 al-

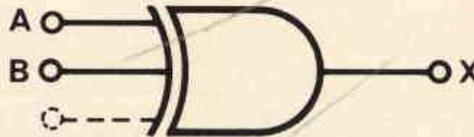
l'uscita. La differenza con l'OR normale è che questo può avere anche più di un ingresso vero per avere l'uscita vera (introduciamo un altro termine che significa 1 ed è il contrario di negato).

Per l'OR esclusivo dobbiamo introdurre un nuovo simbolo nella formula  $\oplus$  ossia OR esclusivo. La formula diventerà perciò:

$$A \oplus B \oplus \dots = X$$

La tabella della verità e lo schema sono:

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



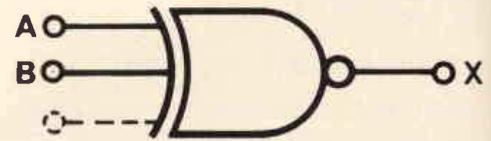
Il NOR esclusivo non è altro che un OR esclusivo seguito da un invertitore.

La formula è:

$$A \oplus B \oplus \dots = \bar{X}$$

La tabella della verità e lo schema sono:

A	B	X
0	0	1
0	1	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Un'altra funzione logica importantissima è la funzione memoria ed è costituita da un dispositivo capace di assumere uno stato stabile quando si verifici all'entrata una certa condizione (SET) e di non cambiarla sino a quanto non intervenga un'altra condizione ben determinata (RESET). Il tipo ora descritto è il tipo più semplice di memoria e può essere realizzato accoppiando due porte nand come mostrato in fig. 2.

I4	I2	I3	A1	B1	X1	A2	B2	X2	A3	B3	X3	A4	B4	X4	LAMP.
OR	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
»	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1
»	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
»	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
NOR	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
»	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
»	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
»	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
AND	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
»	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
»	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
»	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
NAND	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
»	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
»	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
»	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
Ex OR	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
»	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
»	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
»	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
Ex NOR	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
»	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
»	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
»	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1

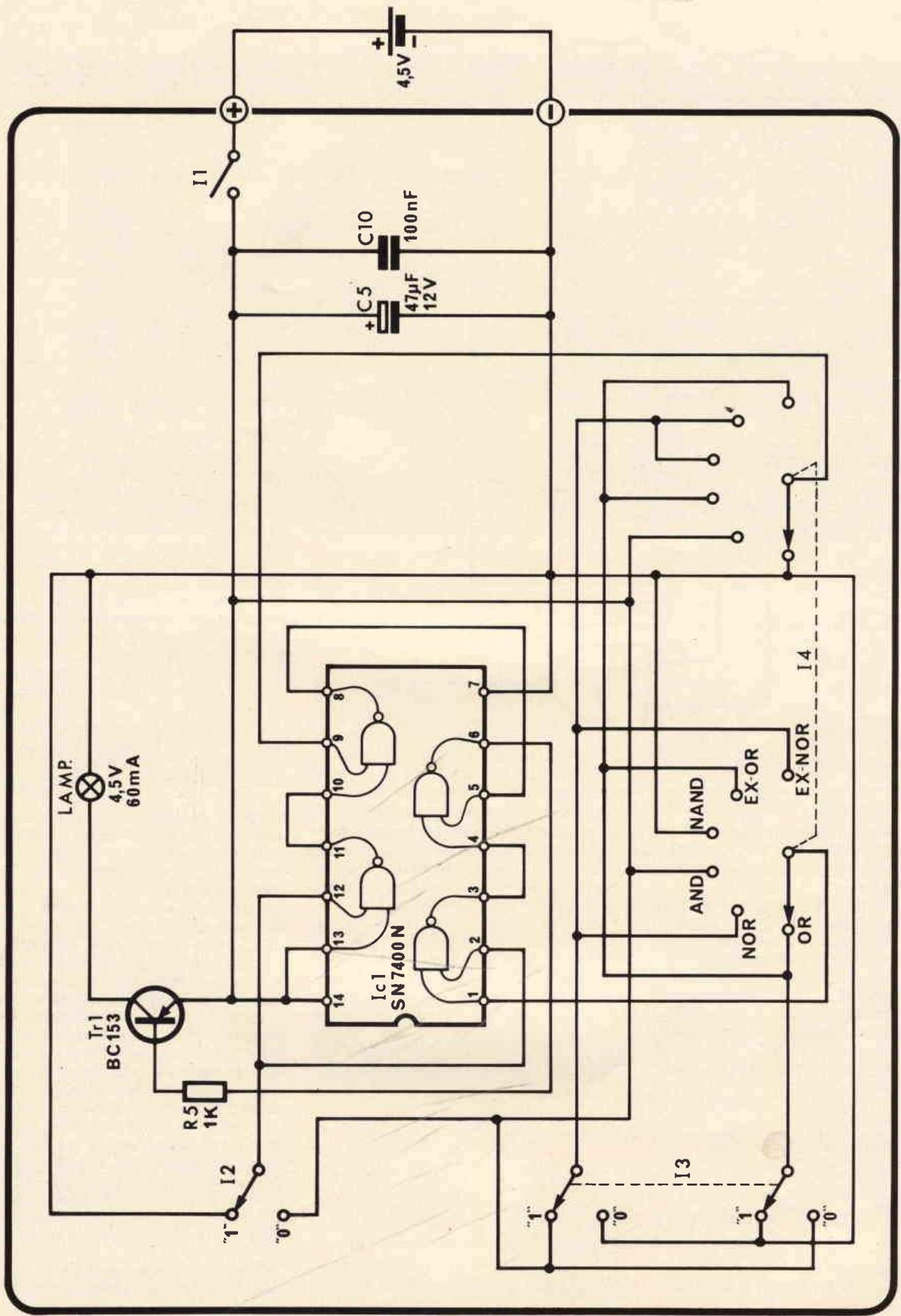


Fig. 4 - Schema elettrico.

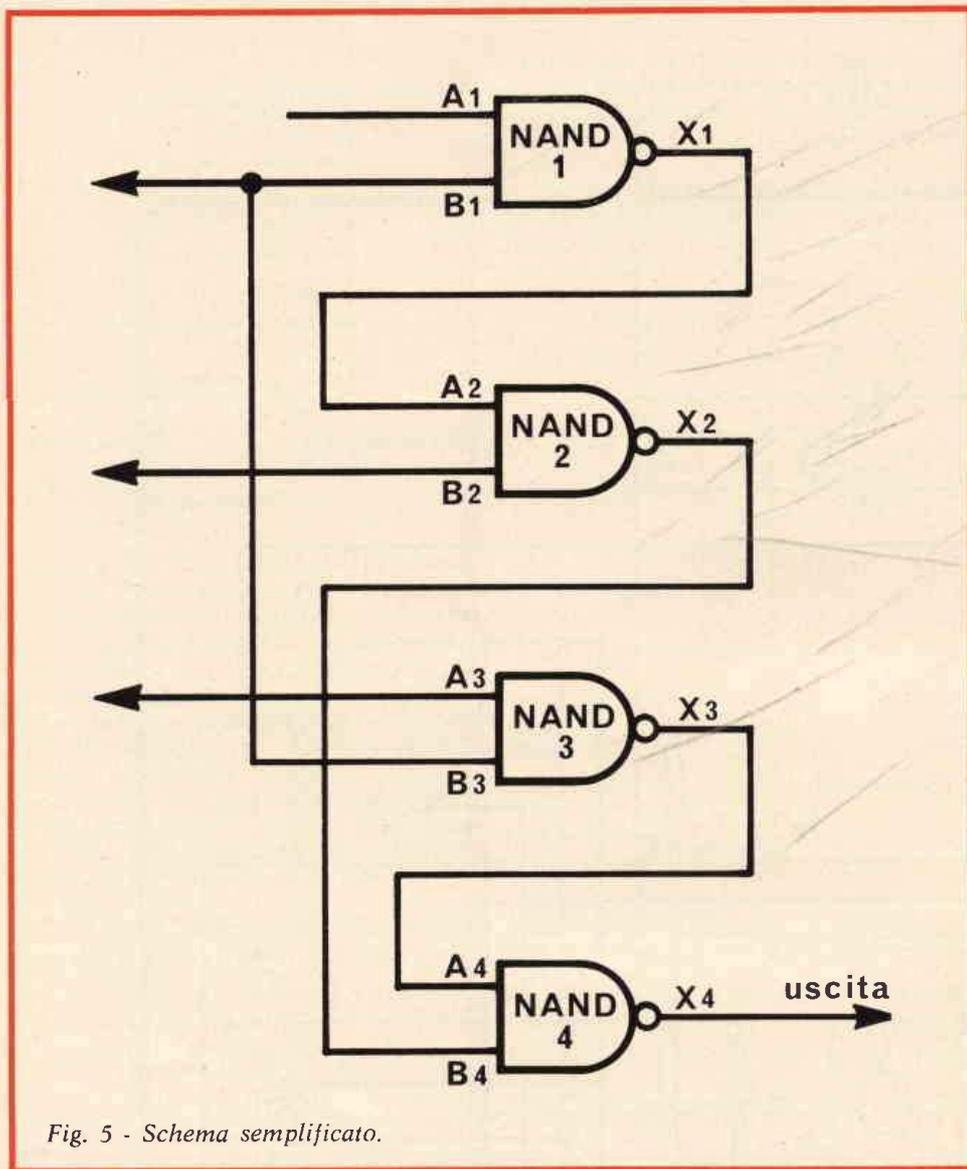


Fig. 5 - Schema semplificato.

Ora abbiamo imparato come funzionano i circuiti basilari della logica elettronica. Non ci resta che farci un'idea della loro utilità.

Grosso modo il loro impiego si divide su due grandi campi: l'automazione ed il calcolo.

Il campo dell'automazione usa circuiti logici nei campi più svariati che vanno dal controllo delle macchine utensili alla missilistica, dalla regolazione degli impianti tradizionali a quelli nucleari e così via.

Le porte viste nelle pagine precedenti

servono principalmente a condizionare un evento ad una serie grande quanto si vuole di altri eventi in modo positivo o negativo, ossia come condizioni necessarie o come eventualità da evitare.

Facciamo un piccolo esempio. Si voglia comandare in X un motore a corrente continua a due sensi di marcia, a seconda che venga collegato con la sorgente A o con la sorgente B. Disponiamo due pulsanti in A e B per la marcia avanti o indietro, collegati con le due sorgenti. Dobbiamo poter comandare il motore con i due pulsanti, ma non dob-

biamo permettere di avere contemporaneamente i due sensi di marcia (fig. 3).

Potremo considerare i tre casi:

1) Premiamo il pulsante A, avremo 1 all'ingresso di I1 ed 1 ad uno degli ingressi di AND 2. Siccome il pulsante B non è premuto avremo 0 all'ingresso di I2 e 0 ad uno degli ingressi di AND 1. AND 1.

All'uscita di I1 avremo 0 che con lo zero presente all'altro ingresso inibirà la porta AND 1.

Grazie all'invertitore I2 avremo invece due 1 all'ingresso di AND 2 che sarà attiva ed attraverso la porta OR permetterà la marcia nel senso di A.

2) Premendo il pulsante B le condizioni si invertono ed è facile vedere che attraverso la porta AND 1 avremo nel motore la corrente di B.

3) Il comportamento più interessante si ha nel caso che noi volessimo premere tutti e due i pulsanti. Abbiamo 1 nei seguenti punti: Ingresso di I1, di I2, e su uno dei due ingressi di AND 1 e 2. Ma, grazie agli invertitori sugli altri ingressi degli AND avremo degli 0, le due porte AND saranno ambedue inibite, ai due ingressi dell'OR avremo degli 0, quindi sarà inibito anche lui ed in definitiva il motore non marcerà.

Abbiamo fornito questo semplice esempio per dimostrare il ragionamento da seguire per i casi semplici. Per casi più complessi esistono metodi di ottimizzazione dei circuiti che non è il caso di nominare in questa sede.

Una cosa è certa, cioè se imparerete il funzionamento dei circuiti basilari, come sapete il vostro nome ed indirizzo, le idee applicative verranno a decine, facendo soltanto lavorare la fantasia.

Per aiutarvi ad imparare nel miglior modo, cioè vedendo, abbiamo realizzato il Kit UK 837 che per mezzo di un commutatore permette di formare i sei circuiti fondamentali (AND, NAND - OR, NOR - OR e NOR esclusivi) e di verificarne il comportamento. L'accensione di una lampada indicherà la condizione all'uscita: lampada accesa vuol dire 1 e lampada spenta 0.

La parte matematica dell'utilizzazione dei circuiti logici, è un tantino complicata e richiede uno studio specializzato. Tanto che per facilitare il compito ai tecnici sono stati sviluppati circuiti integrati di una complessità incredibile, che svolgono le operazioni matematiche concentrando su superfici di pochi millimetri quadrati, semiconduttori e componenti a migliaia. E' stato così possibile realizzare computers che nello spazio di una macchina da scrivere realizzano operazioni che ai primordi della tecnica del calcolo elettronico richiedevano stanze piene di apparecchiature. Abbiamo dato i rudimenti del calcolo binario sulla spiegazione annessa al Kit Amtron UK 842.

Tanto per fare un esempio il circuitino integrato che monterete sul vostro Kit, contiene dodici transistori più quattro transistori speciali a due emettitori, dodici diodi, sedici resistenze e tutte le connessioni necessarie.

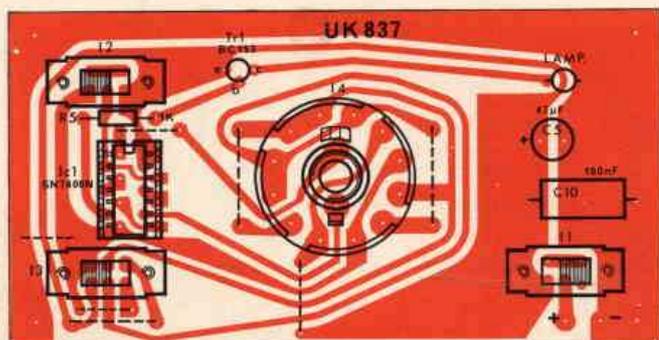


Fig. 6 - Montaggio dei componenti sulla bassetta a circuito stampato.

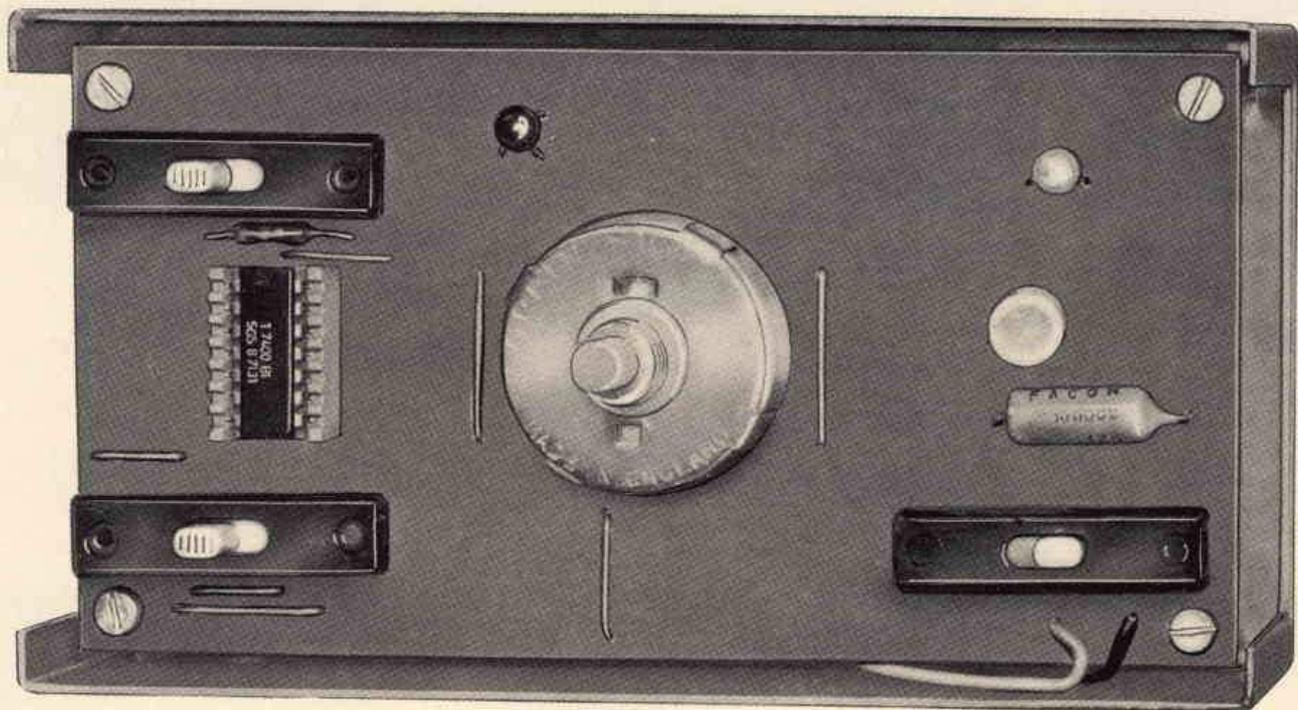


Fig. 7 - Vista interna del dimostratore logico a montaggio quasi ultimato.

## DESCRIZIONE DEL CIRCUITO

Il cuore dello schema è costituito dal circuito integrato SN 7400N che è formato da una quadrupla porta NAND a due ingressi, nel sistema TTL (transistor-transistore logic).

Mediante i commutatori I2 ed I3 si stabiliscono le condizioni agli ingressi mentre mediante il commutatore I4 si selezionano le varie funzioni logiche da verificare. Il transistor TR1 costituisce l'amplificatore di uscita, che effettua lo adattamento del livello di uscita della logica ad un livello sufficiente all'accensione della lampada di segnalazione della condizione all'uscita. L'alimentazione avviene per mezzo di una batteria a 4,5 V che, attraverso l'interruttore I1 ed il filtro formato da C5 e C10 atti ad eliminare tutti i disturbi ad alta e bassa frequenza, provvede alla corrente necessaria al funzionamento del circuito integrato, del transistor e della lampadina.

Un semplice esame dello schema dei collegamenti tra le quattro porte NAND, nelle sei posizioni di I4 mostrerà le posizioni logiche dei vari punti del circuito, e permetterà di constatare che alla fine si otterrà quanto desiderato. Per semplificare scriveremo una tabella della verità per i vari punti del circuito che mostriamo in fig. 5 in versione semplificata, per ogni configurazione proposta dal selettore I4.

Una cosa importante da notare è an-

che il transistor di pilotaggio della lampada introduce un'inversione.

Il ragionamento da seguire per disegnare la tabella della verità dell'intero circuito presuppone una perfetta conoscenza del funzionamento della funzione NAND, che potrete controllare negli specchietti scritti in precedenza.

Gli stati stampati in carattere più marcato definiscono il comportamento all'ingresso ed all'uscita dell'intero circuito.

## MECCANICA

L'intero apparecchio è disposto in un contenitore di piccole dimensioni, di aspetto gradevole, che reca sul frontale i vari comandi per la predisposizione delle entrate logiche, per la scelta della funzione da riprodurre, nonché l'interruttore di batteria. Una lampadina colorata disposta sullo stesso frontale indica lo stato logico dell'uscita accendendosi per la presenza del livello 1.

L'intero circuito elettrico è disposto su un'unica piastrina stampata in fibra di vetro, e l'unico collegamento a cavo è quello per l'alimentazione dalla batteria che è contenuta nella scatola stessa.

L'apparecchio è facilmente trasportabile, di facile manovra, e porta serigrafate sul frontale tutte le indicazioni atte ad individuarne il funzionamento. Non necessita di fili esterni di alimentazione.

## MONTAGGIO

Tutta la parte elettrica del montaggio è disposta su un unico circuito stampato, di cui pubblichiamo in fig. 6 la serigrafia. Per comodità di montaggio abbiamo sovrapposto alla serigrafia la disposizione dei componenti.

Prima di iniziare il montaggio diamo alcune istruzioni generali.

E' necessario disporre i vari componenti esattamente nella posizione indicata nella figura. Dopo aver piegato i terminali ad una larghezza corrispondente alla distanza dei fori praticati sulla piastra del C.S., infilarli nei suddetti fori e saldare. Effettuata la saldatura bisogna tagliare i terminali in eccedenza con un tronchesino, ad una distanza di 2-3 mm dalla superficie ramata del circuito stampato. La saldatura va fatta con un saldatore di potenza non elevata, agendo con decisione e rapidità per non surriscaldare i componenti. Non esagerare con la quantità di stagno che deve essere appena sufficiente per assicurare un buon contatto. Se la saldatura non riuscisse subito perfetta, conviene interrompere il lavoro per lasciare raffreddare il componente e quindi ripetere il tentativo.

Tale precauzione vale soprattutto per i componenti a semiconduttore. Nel nostro caso, per evitare di danneggiare il delicato circuito integrato, è stato previsto un apposito zoccolo. Ulteriori consigli sul montaggio sono riportati nell'opuscolo allegato al kit.