



# Porte logiche

**I grande sviluppo dell'elettronica digitale è dovuto all'arrivo dei circuiti integrati che contenevano le porte logiche e potevano, già allora, realizzare operazioni matematiche e sostituire, in modo molto vantaggioso, gli automatismi analogici che si utilizzavano in alcune applicazioni.**

## Algebra di Boole

Le piccole dimensioni dei circuiti integrati, comparate con ciò che si utilizzava allora, e l'algebra di commutazione, basata sull'algebra di Boole, permisero il rapido sviluppo dei circuiti digitali di piccole dimensioni e costi ridotti che realizzavano facilmente le funzioni matematiche studiate nell'algebra di Boole.

Questi primi circuiti erano basati su porte logiche, e avevano collegamenti di ingresso e di uscita.

Qualsiasi corrispondenza tra le variabili di ingresso e di uscita di un circuito combinatoriale si esprime mediante una funzione logica che rappresenta il circuito implementato.

Nel linguaggio comune questa corrispondenza si chiama funzione.

## Rappresentazione

In elettronica la forma comune di rappresentare graficamente le funzioni è la tabella della verità. Questa tabella ha tante colonne quante sono le variabili di ingresso, più una, situata alla destra, che rappresenta l'uscita. Se ci sono più uscite si aggiungono tante colonne alla destra quante sono le uscite. Sono necessarie tante file quante sono le combinazioni possibili con le variabili di ingresso.

Bisogna tener presente che in elettronica digitale si lavora con il sistema binario, quindi ci sono solo due valori possibili per ogni variabile: uno e zero.

## Funzioni fondamentali

Le funzioni fondamentali sono OR, AND e NOT, anche se in elettronica è più comune utilizzare porte NAND, NOR e OR-esclusiva; quest'ultima si utilizza piuttosto frequentemente.

Sul mercato possiamo trovare una grande varietà di circuiti con porte logiche.

## Funzione OR

L'espressione matematica di questa funzione è:

$$F = A+B$$

Sono necessarie almeno due variabili di ingresso. Questa funzione compie la seguente premessa: per fare in modo che l'uscita assuma valore uno è condizione sufficiente che almeno una delle variabili valga uno, invece, per fare in modo che l'uscita sia zero, tutte le variabili di ingresso devono avere valore zero.

Se il numero di variabili è maggiore, l'espressione è uguale:

$$F = A+B+C+D+\dots$$

		A	B	F(OR)
	0	0	0	
	0	1	1	
	1	0	1	
	1	1	1	

$F = A + B$

Porta OR a due ingressi.

## Funzione NOT

Questa funzione inverte lo stato dell'ingresso e ha solo una possibile variabile d'ingresso e una di uscita. L'uscita è uno se l'ingresso è zero e zero se l'ingresso è uno.

		A	F(NOT)
	0	1	
	1	0	

$F = \bar{A}$

Porta NOT.



La sua espressione matematica è un tratto orizzontale sulla lettera, tuttavia, per facilitare la scrittura di questa espressione come testo, frequentemente si utilizza come simbolo di inversione la barra inclinata

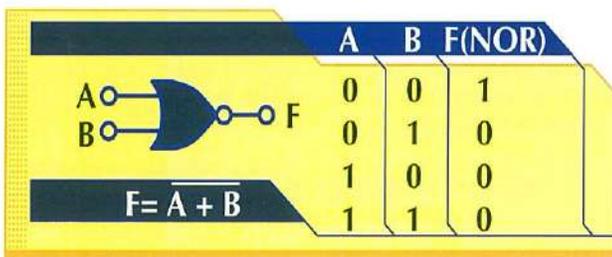
$$F = \overline{A}$$

I circuiti integrati che contengono porte in grado di realizzare questa funzione si chiamano inverter.

### Funzione NOR

La porta NOR si ottiene collegando una porta NOT all'uscita di una porta OR. Si tratta di una conseguenza dell'applicazione del teorema di De Morgan:

$$F = \overline{A+B} = \overline{A} * \overline{B}$$



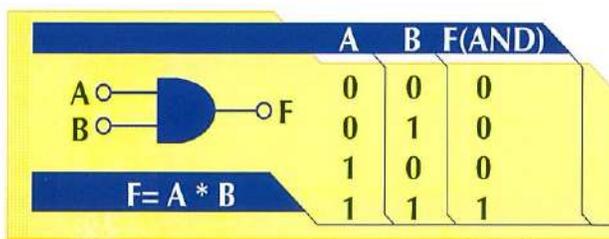
Porta NOR a due ingressi.

### Funzione AND

Questa funzione corrisponde al prodotto logico dell'algebra di Boole:

$$F = A * B * C$$

L'unica condizione per fare in modo che l'uscita assuma valore uno è che tutte le variabili abbiano valore uno. Se solamente una delle variabili assume valore zero, l'uscita sarà zero.



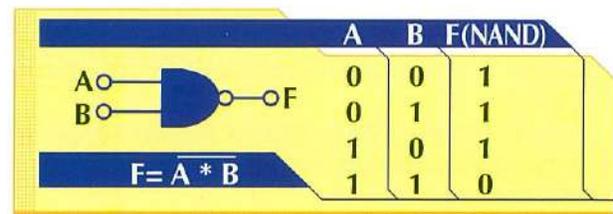
Porta AND a due ingressi.

### Funzione NAND

Se applichiamo nuovamente il teorema di De Morgan otterremo la funzione NAND:

$$F = \overline{A * B} = \overline{A} + \overline{B}$$

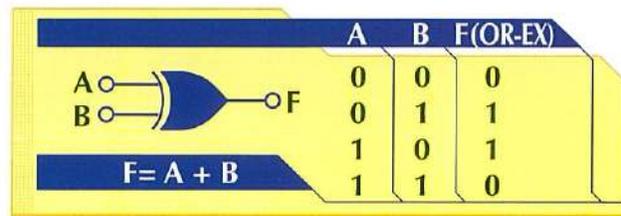
La sua presentazione è simile a quella della funzione AND, aggiungendo in questo caso un cerchio davanti al tratto che indica l'uscita. I circuiti integrati che contengono porte NAND sono molto comuni nei negozi di componenti.



Porta NAND a due ingressi.

### Funzione OR-esclusiva

Questa funzione, chiamata anche funzione di comparazione, si utilizza molto frequentemente. La condizione affinché l'uscita assuma valore uno è che i suoi ingressi siano diversi fra loro, mentre se l'uscita vale zero, significa che le due variabili di ingresso hanno lo stesso valore.



Porta OR esclusiva.



Il circuito integrato 4001 contiene quattro porte NOR a due ingressi.



Il 4011 ha al suo interno quattro porte NAND a due ingressi.



# Il sistema binario

**P**rima di iniziare gli esercizi pratici bisognerà avere chiari molti concetti che, fortunatamente, non sono di difficile comprensione.

Di solito utilizziamo la numerazione decimale, composta da dieci simboli, dallo 0 al 9, la quale è una grande eredità lasciata dalla cultura araba.

Tuttavia, l'elettronica digitale, dal più semplice circuito con porte logiche al più complicato dei computer, utilizza il sistema binario.

## Solamente due simboli

Il sistema binario, chiamato anche sistema di numerazione su base due, utilizza unicamente due simboli per rappresentare un numero. Questi simboli si assegnano a due stati o livelli di tensione.

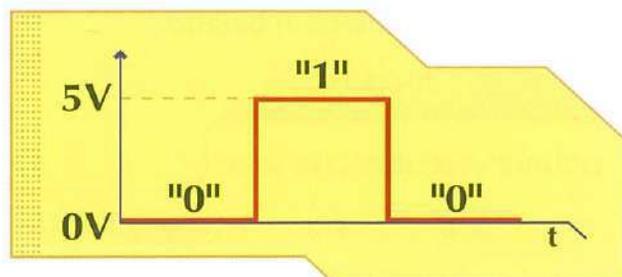
Per utilizzare il sistema binario si assegna lo "zero" a zero volt e "uno" ad una determinata tensione, ad esempio 5 V nella classica famiglia TTL, quest'ultimo potrebbe essere qualsiasi altro valore, compreso lo stato di un circuito, a seconda della macchina che stiamo analizzando. A proposito del termine "macchina", occorre dire che è molto diffuso e generico.

In alcuni casi si usa anche la logica negativa, in cui allo zero si assegna il livello alto di tensione e all'uno il livello basso.

L'elettronica digitale è basata sulla logica matematica, che per inciso, è precedente ai computer digitali. Per questo è molto comune parlare di "livelli logici", e sono molto frequenti le espressioni "livello logico uno" o "livello logico zero", così come è normale la loro trascrizione numerica zero e uno, in quanto risulta essere più breve.

## La traduzione

Mentalmente siamo abituati a lavorare su base dieci, anche se le macchine lavorano su base due. Questo ci obbliga a pensare in base



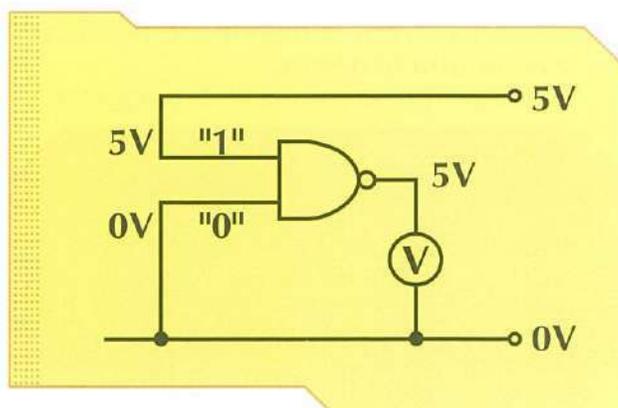
Al valore 1 si assegna una tensione, e allo 0 zero volt.

dieci e a lavorare in base due, quindi è necessario saper passare da un sistema all'altro. Prima, però, vediamo come si utilizza il sistema binario.

Se abbiamo solo due simboli, che chiameremo zero e uno, potremo rappresentare unicamente due valori: lo zero e l'uno. Per evitare eventuali dubbi, ricordiamo come funziona il sistema decimale. Nel sistema decimale ci sono dieci simboli, dallo 0 al 9, e risulta evidente che utilizzando un unico simbolo possiamo rappresentare solo dieci valori. Nel sistema decimale, per rappresentare valori maggiori, aggiungiamo cifre alla sinistra. Nel sistema binario succede esattamente la stessa cosa.

## Ordine

Per rappresentare numeri più grandi si ricorre ai raggruppamenti di ordine superiore. Nel sistema binario due unità di un ordine formano l'ordine superiore, in modo che con una "cifra" possiamo rappresentare 2 valori, lo 0 e l'1, con 2 cifre 4 valori, con 3 cifre 8 valori, con 4 cifre 16 valori e così via, ogni cifra aggiunta duplica la quantità di valori rappresentati. Le cifre, così come nel sistema decimale, si aggiungono a sinistra.



Prova di una porta NAND.



Exp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$2^0$	$2^1$	$2^2$	$2^3$	$2^4$	$2^5$	$2^6$	$2^7$	$2^8$	$2^9$
Valore	2									

Potenze del 2.

### Esempi

Ad esempio, il numero decimale 6 in binario si scrive come 110. Tuttavia, normalmente si rappresentano gruppi di 4, 8, 16, ecc. cifre, pertanto il numero 6 abitualmente si rappresenta come 0110. Ricordiamo, però, che con quattro cifre possiamo rappresentare solo 16 valori, cioè i valori decimali da 0 a 15.

Vediamo un altro esempio: vogliamo rappresentare in binario il numero decimale 37, che sarebbe 100101 e si rappresenterà 0010 0101 perché si usano gruppi di 4 cifre lasciando uno spazio libero fra di essi. Ogni posizione o cifra utilizzata riceve il nome di bit, quindi, nel primo esempio utilizziamo una rappresentazione a 4 bit e nel secondo a 8 bit.

### Cambio di base

Di seguito spiegheremo i procedimenti per cambiare di base, il primo da decimale a binario e il secondo da binario a decimale; una volta utilizzato uno, impiegheremo l'altro per verificare.

### Passaggio da decimale a binario

La spiegazione teorica deve essere seguita consultando l'illustrazione.

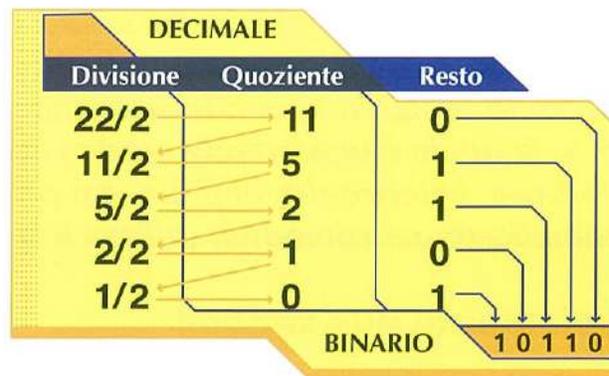
Iniziamo dal numero decimale che vogliamo rappresentare in base 2:

- Si divide per due e si ottiene un quoziente e un resto, il resto è il bit meno significativo, cioè, la cifra di destra;

- Il quoziente ottenuto, se è maggiore di



I computer lavorano su base 2.



Cambio di base da decimale a binario.

uno, viene diviso nuovamente per due, ottenendo nuovamente un quoziente e un resto, il resto è il bit successivo, e così via fino a che il quoziente è zero;

- Il numero in binario si forma con i resti, che possono avere solamente il valore zero e uno, ordinati a seconda di come vengono ottenuti da destra a sinistra.

### Passaggio da binario a decimale

Il procedimento per convertire un numero dal sistema binario al sistema decimale, diventa maggiormente comprensibile con un esempio:

- Si sceglie il primo bit iniziando da sinistra e si moltiplica per 2 elevato a zero (cioè per 1), e si tiene il risultato;

- Il bit successivo si moltiplica per 2 elevato a 1 (x2) e si somma il risultato ottenuto al precedente;

- Analogamente, moltiplicheremo per 2 elevato a 2 (x4) il bit successivo e sommeremo il risultato al precedente, e così via. Le potenze incrementano di uno in uno fino a quando avremo dei digit.

La somma finale ottenuta costituisce la rappresentazione in decimale del numero originale rappresentato in binario.



Cambio di base da binario a decimale.



# Il sistema esadecimale

**C**ome abbiamo già spiegato, i computer, al loro interno, lavorano con il sistema binario. L'informazione, cioè i dati, gli ordini e i segnali di controllo, in realtà consistono in uno o più bit opportunamente organizzati. Il bit costituisce l'unità più piccola, ma in realtà vengono utilizzati quasi unicamente raggruppamenti di bit di diverse dimensioni.

## Il byte

Il raggruppamento più utilizzato è il byte, che equivale a 8 bit. A sua volta il byte si divide in 2 nibble, ovvero, in due gruppi da 4 bit.

Generalmente, quando si scrive un numero grande in binario, si lascia uno spazio ogni 4 bit allo scopo di facilitarne la lettura. In informatica si utilizza un byte per rappresentare un carattere unico, che può essere una cifra, una lettera, un simbolo grafico o di punteggiatura.

## Multipli del byte

I multipli del byte sono molto noti, li abbiamo sicuramente sentiti nominare più volte. Il multiplo più conosciuto è il kilobyte (KB), che rappresenta 1.024 byte, anche se, per semplificazione, comunemente si dice che sia composto da 1.000 byte. Lavorando in base 2, si fanno moltiplicazioni successive per due fino ad arrivare a 1.024.

Un altro multiplo, anch'esso molto popolare, è il megabyte (MB) che corrisponde a 1.048.576 byte. Questa cifra si ottiene moltiplicando  $1.024 \times 1.024$ . In altre parole, un megabyte raggruppa 1.024 kilobyte.

Un multiplo superiore al precedente è il gigabyte (GB), che equivale a 1.024 MB o 1.048.576 KB. Questa unità è attualmente molto utilizzata per definire la capacità degli hard disk. Come abbiamo detto in preceden-

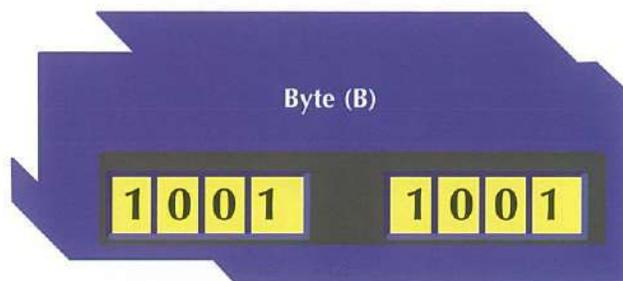
RAGGRUPPAMENTI	BYTE	BIT
Nibble	0,5	4
Byte	1	8
Word	2	16
Doppia word	4	32
Quadrupla word	8	64
Paragrafo	16	256
Pagina	16k	
Segmento	64k	

Raggruppamenti di bit.

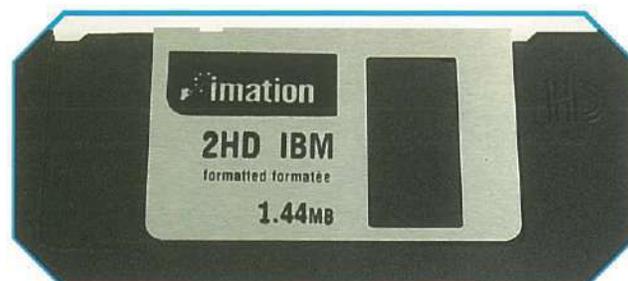
za, ogni lettera, numero o segno di punteggiatura occupa 1 byte (8 bit). Ad esempio, quando diciamo che un file di testo occupa 17 KB, stiamo affermando che questo equivale a 17.000 caratteri.

## Sistema esadecimale

Il sistema esadecimale utilizza 15 simboli invece di 10. La prima cosa che ci viene da pensare è "hanno voglia di complicare le cose!", invece, riflettendo un attimo, è facile rendersi conto che ogni nibble si può rappresentare con un solo simbolo del sistema esadecimale, dato che con quattro bit ci sono 16 possibili combinazioni, dallo 0000 fino a 1111. Inoltre, è più facile lavorare in esadecimale che in binario, dato che mentalmente è piuttosto sgradevole lavorare con interminabili serie di uno e zero.



Il byte B è un raggruppamento di 8 bit.

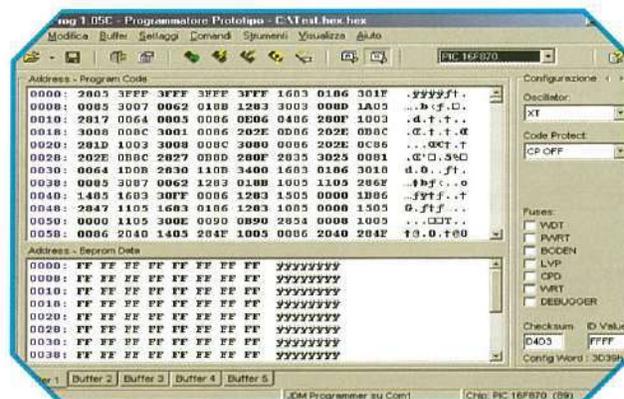


Classico dischetto da 1,44 MB.



DECIMALE	BINARIO	ESADECIMALE
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Tabella di conversione decimale / binario / esadecimale.



Presentazione di programmazione in esadecimale.

Un byte – cioè 8 bit – si rappresenta con soli due simboli esadecimali, cosa molto comune nei sistemi di programmazione e negli editor dei programmi.

I primi dieci simboli del sistema esadecimale coincidono con quelli del sistema decimale, e i sei successivi adottano le lettere A, B, C, D, E e F per evitare l'introduzione di nuovi simboli e poter così utilizzare quelli già esistenti sulle tastiere, sui gruppi di caratteri, ecc.

### Word

Da quando IBM lanciò sul mercato i popolari AT con bus da 16 bit, divenne comune l'utilizzo della "word", o raggruppamento di 16 bit, che è formata da due gruppi di 8 bit, cioè, da 2 byte. Successivamente i computer iniziarono ad utilizzare la doppia word, 32 bit, ovvero, due word consecutive. Attualmente si utilizza

la quadrupla word, che raggruppa quattro word consecutive, quindi 64 bit.

Sono utilizzati anche altri raggruppamenti più grandi quali il paragrafo, che raggruppa 16 byte, la pagina, che raggruppa 16 KB e il segmento, che raggruppa 64 KB.

### Conversione da binario a esadecimale

Uno dei principali vantaggi del sistema esadecimale è la facilità della conversione in binario. È possibile realizzarlo a memoria o attraverso una tabella, dato che sono solamente 16 file. La facilità della conversione deriva dal fatto che un byte si rappresenta con solo due simboli esadecimali.

Per convertire un numero rappresentato in esadecimale al sistema binario, è sufficiente sostituire ogni simbolo esadecimale con i quattro bit che gli corrispondono.

Ad esempio il byte 1110 1001 si rappresenta come E9 (HEX), e 0000 1011 come 0B (HEX). Quando il numero di bit non è un multiplo di quattro, si aggiungono tanti zeri a sinistra della cifra in binario fino a ottenerlo.



La capacità dei CD è indicata in megabyte.



Cambio di base da binario a esadecimale.



## Le famiglie CMOS

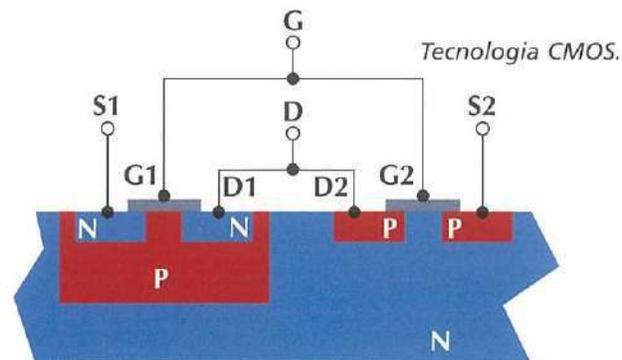
**Q**uando si realizza un progetto bisogna considerare la tecnologia da utilizzare e la disponibilità dei materiali, dal punto di vista del tempo e del costo. Attualmente quasi tutti i progetti sono realizzati, per quanto possibile, con tecnologie di basso consumo.

La scelta più economica consiste nell'utilizzare circuiti integrati facenti parte delle diverse serie che i costruttori offrono e che, generalmente, si trovano abbastanza facilmente nei negozi di componenti elettronici.

### CMOS

La tecnologia CMOS ha già diversi anni, tuttavia continua a essere utilizzata sia per i circuiti progettati specificatamente per i costruttori di grandi serie di strumenti, sia per i circuiti integrati standard di libero commercio utilizzati nelle produzioni con volumi medio bassi.

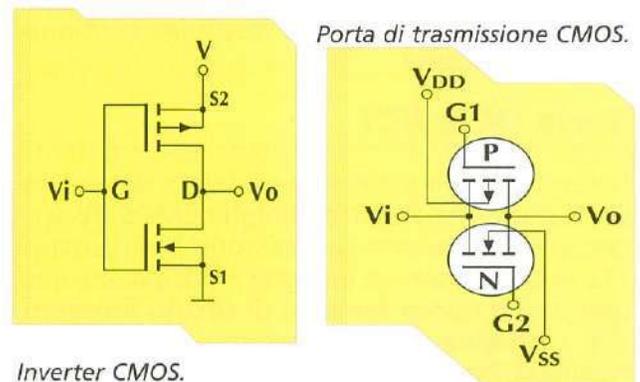
La tecnologia CMOS combina dispositivi MOS (Metal Oxide Semiconductor) di canale N e di canale P nello stesso chip. L'utilizzo di transistor complementari dà origine alla sua denominazione CMOS (Complementary Metal Oxid de Semiconductor).



### Serie 4000

All'inizio si ottennero delle velocità accettabili e una certa compatibilità con la famiglia TTL che aveva creato uno standard con la sua alimentazione a 5 V. Dopo un certo periodo di prove e tentativi arrivò la popolare, economica ed efficace serie 4000, che molti costruttori inserirono nei propri cataloghi. Si tratta di una famiglia molto vasta, con circuiti che vanno dalle semplici porte invertenti sino a complicati circuiti contatori, multiplexer, codificatori, registri, ecc.

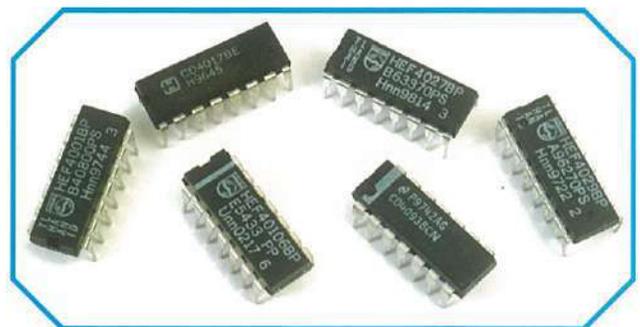
Fin dall'inizio fu subito evidente un grande vantaggio sulla famiglia 7400, la TTL dei primi tempi, ovvero un bassissimo consumo.



Inverter CMOS.

L'alimentazione era possibile tra 3 e 18 V, quindi poteva essere alimentata a 5 V e, prendendo alcune precauzioni con i livelli d'ingresso e di uscita, poteva sostituire o addirittura essere utilizzata insieme ai circuiti TTL.

Questi circuiti, tuttavia, avevano un problema, ovvero erano sensibilmente più lenti dei TTL, e in applicazioni dove la velocità è importante, la famiglia TTL continuava a farsi preferire. L'arrivo della famiglia TTL74LS ad alta velocità e basso consumo sembrò destinato a segnare la fine della famiglia 4000; ma questo non avvenne, perché il mercato continuava ad aver bisogno di strumenti portatili e dato che le batterie o gli accumulatori continuavano ad avere un prezzo poco accessibile e i dispositivi dovevano avere una buona autonomia, era scomodo



Integrati della serie 4000.

ALIMENTAZIONE  $V_{DC}$ 

4000			74HC			74HCT		
min	tip	max	min	tip	max	min	tip	max
5	10	15	2	5	6	4,5	5	5,5
(3 a 18)								

Tensione di alimentazione famiglie CMOS.

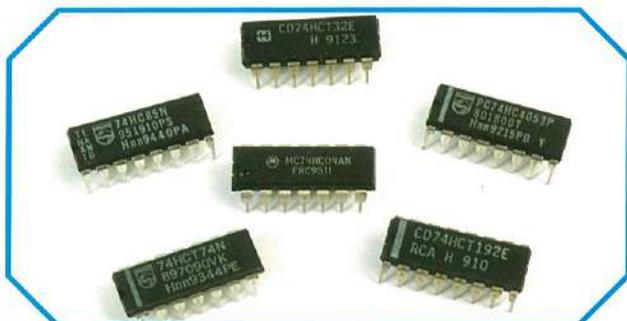
e sconveniente caricare o sostituire continuamente le batterie.

## Serie HC e HCT

I ricercatori non si arresero e il frutto del loro lavoro diede vita ad altre famiglie CMOS. Tenendo sempre presente che esistono molti circuiti TTL di diverse serie o famiglie 74XX e 4000, nacquero due nuove famiglie di circuiti integrati, che combinavano i vantaggi della serie HE4000B (denominazione utilizzata da Philips Semiconductor per la sua serie 4000) con quelli della serie TTL ad alta velocità, i cui circuiti si identificano come 74LSXX (la L da Low power e la S da Schottky).

I vantaggi apportati furono la somma di entrambe le serie, seguendo la nomenclatura delle diverse serie 74 in presenza della stessa piedinatura e realizzando la stessa funzione. Per contro, quando la funzione esiste solamente nella serie 4000, utilizzano la denominazione di quest'ultima mantenendo la compatibilità pin a pin e la funzionalità. Ad esempio, l'integrato HE4002B che contiene due porte NOR a quattro ingressi trova corrispondenza nella serie HC e HCT con i rispettivi 74HC4002 e 74HCT4002.

Occorre, comunque, fare molta attenzione, dal momento che non tutti i circuiti TTL e CMOS hanno le loro corrispondenze in HC e HCT. Il ca-



Integrati della serie 74HC e 74HCT.

## TENSIONI GARANTITE

Serie 74HCT	$V_{CC} = 4,5$ a $5,5$
$V_{OLmax}$	0,1
$V_{OHmin}$	4,4
$V_{IHmin}$	2,0
$V_{ILmax}$	0,8

Serie 4000	$V_{CC} = 5$	$V_{CC} = 10$	$V_{CC} = 15$
$V_{OLmax}$	0,05	0,05	0,05
$V_{OHmin}$	4,95	9,95	14,95
$V_{IHmin}$	3,50	7,00	11,00
$V_{ILmax}$	1,50	3,00	4,00

talogo, però, è molto vasto e generalmente, risolvere questi problemi è piuttosto facile.

Serie 74HC	$V_{CC} = 2$	$V_{CC} = 4,5$	$V_{CC} = 6$
$V_{OLmax}$	0,1	0,10	0,1
$V_{OHmin}$	1,9	4,40	5,9
$V_{IHmin}$	1,5	3,15	4,2
$V_{ILmax}$	0,8	2,10	2,8

## Serie HC

Questa serie o famiglia con uscita tipo buffer è specificatamente progettata per lavorare con circuiti CMOS. Come possiamo vedere nelle tabelle, accetta un ampio margine di alimentazione e cosa ancora più importante, i livelli di ingresso logico sono compatibili con la famiglia 4000. D'altro canto, è stata progettata per sfruttare al massimo l'immunità al rumore della famiglia 4000 e opera tra 2 e 6 V.

## Serie HCT

Ha gli stessi integrati e funzioni della HC, tuttavia è progettata in modo particolare per lavorare insieme o in sostituzione ai circuiti TTL, che lavorano con 5 V, e con un margine di variazione massimo della tensione di alimentazione del 10%. Questi circuiti possono essere utilizzati anche per convertire livelli TTL in CMOS e pilotare direttamente circuiti CMOS, anche se con molta precauzione, come sempre quando si mescolano porte con alimentazioni.

## Serie HCU

Nei cataloghi possiamo trovare un'altra serie, molto simile alle precedenti, salvo il fatto che non hanno buffer (la lettera U deriva da Unbuffered). Questo tipo di dispositivi soddisfa le necessità realizzative degli oscillatori controllati al quarzo, alcuni circuiti a radiofrequenza e altre applicazioni particolari.

## RITARDI DI PROPAGAZIONE TIPICI

Condizioni  $25\text{ }^\circ\text{C}$  y  $C_I = 50\text{ pF}$

	HEF4002	74HC4002	74HCT4002
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	60 ns (5 V)	30 ns (2 V)	13 ns (4,5 V)
	25 ns (10 V)	11 ns (4,5 V)	
	20 ns (15 V)	9 ns (6 V)	



## Codificatore BCD/7 segmenti

**A** volte i dati disponibili contengono l'informazione necessaria, però questa è rappresentata in un altro modo, seguendo regole di codificazione differenti da quelle che si utilizzano nel sistema, circuito o strumento dove li vogliamo utilizzare. I circuiti codificatori, chiamati anche decodificatori o semplicemente decoder, hanno il compito di ottenere l'informazione codificata nel modo corretto, e lo fanno accettando all'ingresso un segnale con un altro codice, mentre la circuiteria interna ha il compito di realizzare questo cambio di codice.

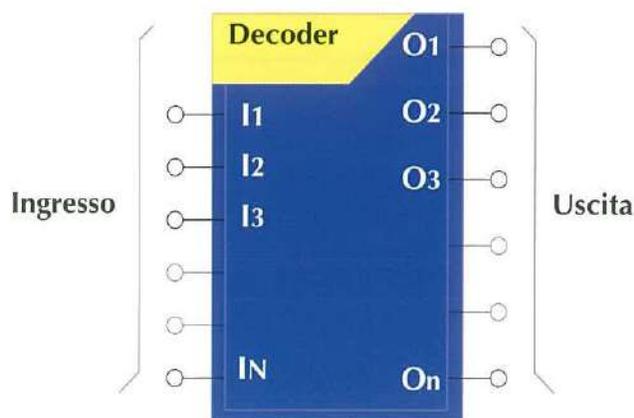
### Ingressi e uscite

Nei sistemi con ingressi e uscite binarie, il codificatore deve avere  $n$  uscite se si vogliono codificare  $N$  ingressi, in modo tale che si compia sempre la condizione in cui  $N$  sia minore o uguale a  $2^n$ . Abitualmente si utilizza una tabella della verità, chiamata anche tabella funzionale, da cui si estraggono le funzioni di uscita.

### Codificatore BCD a 7 segmenti

Questi codificatori si utilizzano per ottenere i segnali necessari per determinare quali segmenti del display si devono illuminare per rappresentare in decimale il codice binario applicato all'ingresso del decodificatore.

Questo tipo di circuiti integrati ha 4 ingressi, ognuno dei quali corrisponde a un bit del gruppo di quattro che rappresenta il numero in binario, e 7 uscite utilizzate per pilotare i 7 segmenti utilizzati dal display per rappresentare i numeri da 0 a 9.

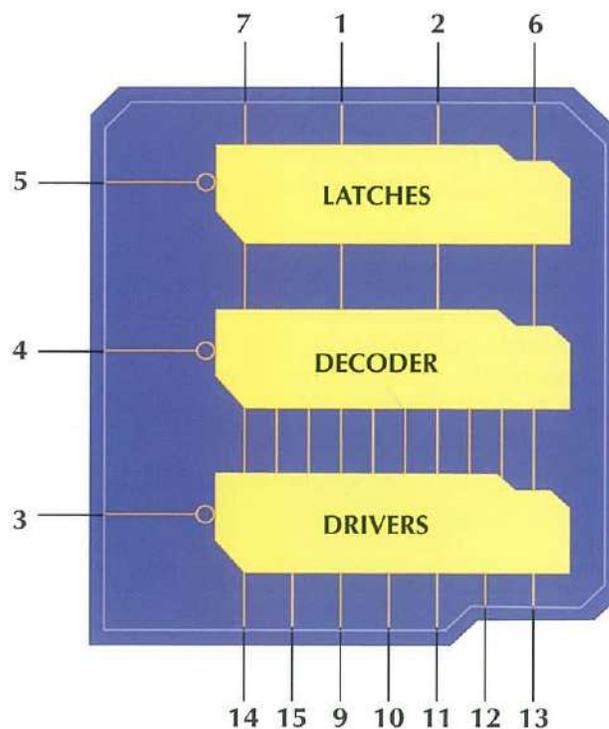


Codificatore con  $N$  ingressi e  $n$  uscite.

Vengono attivate simultaneamente tutte le uscite necessarie per rappresentare sul display il numero in decimale che corrisponde a ogni cifra, espressa nel sistema decimale, quando al suo ingresso si applica un codice binario da 4 bit che può variare tra 0000 e 1001.

### 4511

Questa è la denominazione generica di un circuito integrato CMOS della famiglia 4000, in cui, oltre al decodificatore BCD a 7 segmenti, vi sono altri circuiti aggiuntivi che migliorano le funzioni del codificatore. Dispone di un latch di ingresso che



Schema a blocchi funzionale del 4511.





# Il transistor bipolare

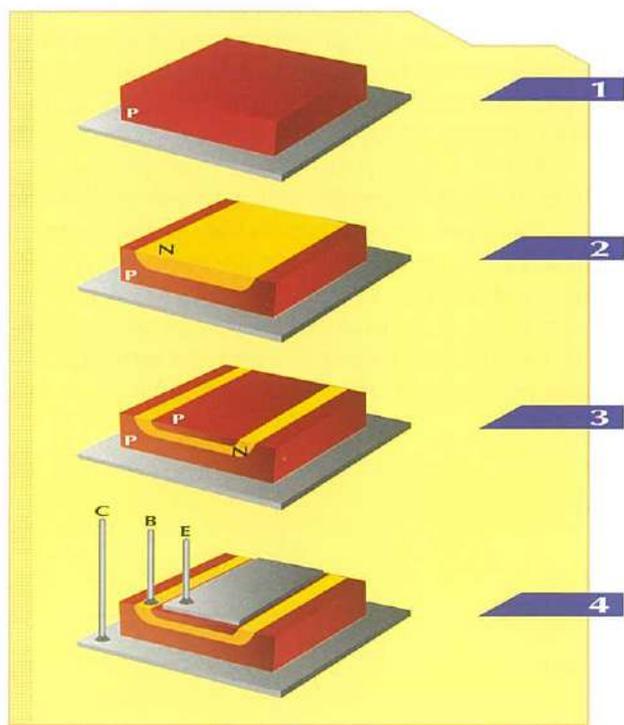
**U**no degli eventi storici dell'elettronica moderna, che causò una grande rivoluzione nel 1947, lo si deve ai ricercatori

*John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley, che svilupparono i transistor. Questo risultato fu premiato nel 1956 con il premio Nobel.*

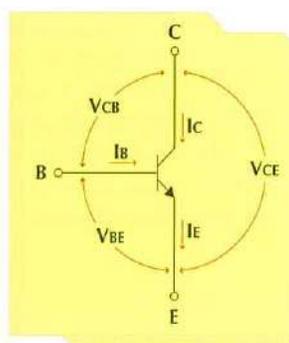
## Il transistor

Un transistor è un dispositivo elettronico formato da un materiale semiconduttore, normalmente silicio. All'interno del transistor si possono distinguere tre zone distribuite nel seguente modo: due zone N separate da una zona P, o due zone P separate da una zona N. Su ognuna di queste zone è collegato un elettrodo di contatto, che poi è l'unica cosa visibile dall'esterno.

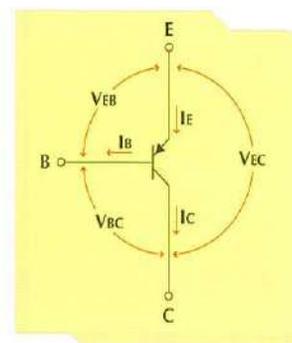
Il transistor che abbiamo descritto è bipolare, e può essere di due tipi differenti a seconda della distribuzione delle zone precedentemente menzionate: NPN o PNP. Invece, le due zone N o le due zone P non sono intercambiabili, una di esse riceve il nome di emettitore e l'altra di collettore, mentre la zona centrale corrisponde alla base.



Transistor a diffusione.



Transistor NPN.



Transistor PNP.

## Funzionamento

Il funzionamento del transistor bipolare è basato sul controllo della corrente che circola su un terminale (IC), modificando la tensione applicata agli altri due (VBE).

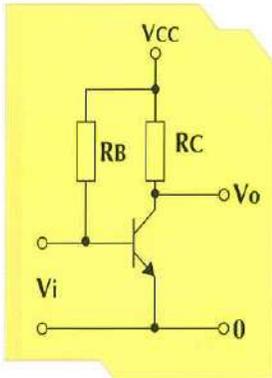
Quando il transistor si polarizza, la corrente del collettore è direttamente proporzionale alla corrente della base, il transistor sta lavorando nella zona attiva e funziona come un amplificatore di corrente.

La corrente di collettore è controllata tramite una corrente molto più piccola, che è la corrente di base.

In un circuito digitale, però, il transistor lavora in commutazione, ovvero, la tensione di controllo applicata tra i due terminali fa sì che la corrente del terzo terminale cambi tra due valori, di cui uno è praticamente zero e l'altro un valore specifico vicino alla tensione di alimentazione, ottenendo così i due valori logici utilizzati nell'elettronica digitale.

## Utilizzo

Facendo riferimento ai modi di funzionamento precedentemente descritti, possiamo classificare i circuiti con transistor bipolari in due grandi gruppi: circuiti di amplificazione e circuiti di commutazione.



Circuito di polarizzazione di un transistor NPN.

## Il transistor polarizzato

La configurazione di polarizzazione più utilizzata è quella a emettitore comune, il cui nome è dovuto al fatto che l'emettitore è il terminale comune all'ingresso e all'uscita. Con lo stesso circuito, cambiando i valori delle resistenze, il transistor può lavorare in modi molto diversi.

## Zone di lavoro

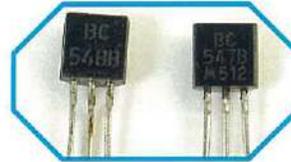
Per studiare il transistor dobbiamo partire dalla configurazione più semplice, quella a emettitore comune, utilizzando un transistor del tipo NPN. Se guardiamo lo schema, è facile capire che la tensione di base è superiore a quella dell'emettitore e dipende dal valore della resistenza di base  $R_B$ , quindi la giunzione base/emettitore sarà polarizzata direttamente. Invece, siccome la tensione del collettore è superiore a quella della base, la giunzione collettore/base sarà polarizzata inversamente.

La tensione applicata alla base deve essere tale da garantire che sulla base vengano raggiunti 0,7 volt, per i transistor al silicio, in modo che la giunzione emettitore/base si comporti come un diodo polarizzato direttamente e che debba superare questa tensione di soglia per entrare in conduzione. Quando il transistor lavora in queste condizioni si dice che sta lavorando nella zona attiva, e in questa zona la corrente del collettore è direttamente proporzionale alla corrente di base; questo fattore di proporzionalità è chiamato beta, ed è il guadagno di corrente a emettitore comune che di solito raggiunge valori tra 100 e 600 quando si lavora con piccole correnti.

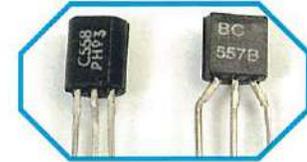
## Transistor in commutazione

Nelle applicazioni in cui il transistor è utilizzato in circuiti logici o come interruttore, esso lavora fra due stati, interdizione o saturazione, quindi non lavora nella zona attiva.

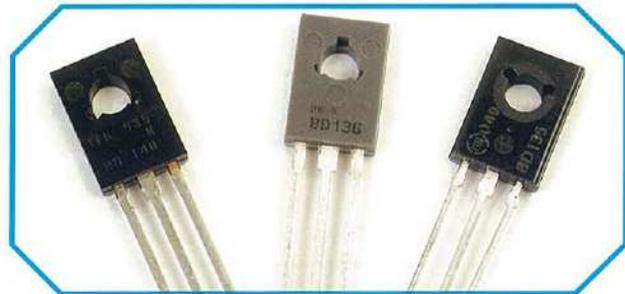
Quando la tensione di base è insufficiente per far condurre la giunzione base/emettitore



Transistor NPN di utilizzo generale.



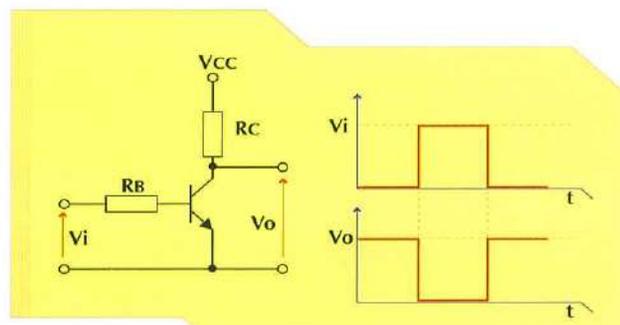
Transistor PNP di utilizzo generale.



Transistor di media potenza.

la corrente di base è praticamente nulla e di conseguenza anche quella del collettore, il transistor, quindi, si troverà nella zona di interdizione; misurando la tensione sul collettore avremo la tensione di alimentazione

È altresì possibile che si verifichi un'altra condizione: quando aumenta in eccesso la tensione di base, la resistenza del collettore limita il passaggio della corrente. Questa resistenza evita che il transistor si distrugga limitando la corrente che circola sullo stesso, come cita la stessa legge di Ohm: la massima corrente che può circolare è  $V_{cc}/R_c$ , e se il prodotto di  $I_b \times \beta$  è superiore a  $V_{cc}/R_c$  e stiamo cercando di far passare più corrente di quella che può circolare attraverso la  $R_c$ , si dice che il transistor sta lavorando nella zona di saturazione, attraverso di esso circola una corrente molto forte e la tensione collettore/emettitore si può ridurre fino a 0,2 volt, ottenendo così una tensione molto bassa in uscita.



Circuito invertente logico realizzato con un transistor.



## Porte del PC

*Le porte del PC si utilizzano per scambiare informazioni con l'esterno. Le due più comuni sono la porta seriale, che utilizza un connettore seriale da 9 pin maschio montato sul PC o uno da 25 pin anch'esso maschio, e la porta parallela, con un connettore femmina da 25 pin.*

### Porta seriale

La porta seriale è un'interfaccia RS-232 che ha avuto e continua ad avere molte applicazioni. Prima della comparsa delle reti informatiche veniva comunemente utilizzata per trasferire dati fra due macchine, in seguito divenne la classica porta dedicata al collegamento del MODEM e attualmente continua a essere molto utilizzata per collegare strumenti che non richiedono un elevato trasferimento di dati, ovvero per il controllo e la configurazione di router, switch, SAI, ecc., tramite un PC, inoltre è spesso adottata nei laboratori per controllare dispositivi di scrittura di memoria e microcontroller. Attualmente sono stati presentati sul mercato alcuni computer senza questo tipo di porta, scelta che ha causato disappunto in diversi settori, tuttavia è già possibile trovare un'ampia gamma di adattatori che forniscono questo tipo di interfaccia partendo da una porta USB.

Le prime macchine fotografiche digitali utilizzavano questa porta per trasferire immagini al PC, però risultava troppo lenta e non consigliabile per queste applicazioni. La velocità massima di trasferimento è di 115,2 KB/s.

### Porta parallela

Questa porta trasferisce dati da 8 bit per volta su un percorso parallelo ed è più veloce della porta seriale. Nei primi PC era utilizzata spesso, anche per collegare dischi rigidi esterni che avevano questo tipo di interfaccia.



Terminali di un connettore SubD.9.

cia, in seguito venne quasi esclusivamente utilizzata per le stampanti – da cui la denominazione “porta stampante” – e si continua a usare ancora oggi anche se sembra ormai vicino il momento in cui sparirà, visto che quasi tutte le stampanti attuali hanno connessioni di rete o tramite porta USB.

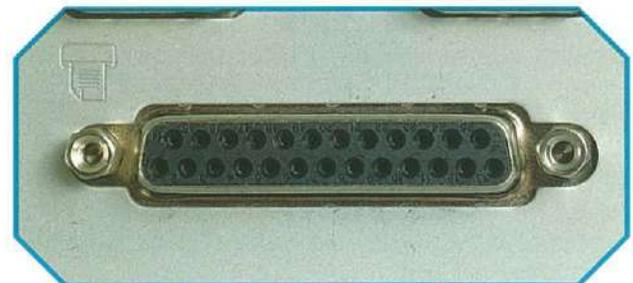
### Nuove porte

L'aumento della capacità dei dischi rigidi e della velocità dei sistemi di trasmissione dei dati ha generato la necessità di trasferire grandi quantità di dati ad alta velocità, le porte classiche seriali e parallele sono diventate antiquate, rendendo necessaria l'introduzione di nuove porte. Per soddisfare queste necessità sono state sviluppate due nuove porte seriali, denominate USB e IEEE 1394 (FireWire), che hanno alcune caratteristiche comuni:

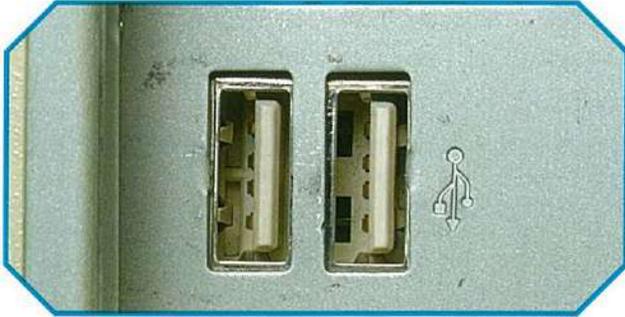
- Utilizzano cavi con pochi fili.



Porte seriali del PC a 9 pin.



Connettore della porta parallela del PC.



Connettori USB.

- Permettono di collegare in catena diversi dispositivi: 127 per la USB e 63 per la FireWire.
- Supportano Plug and Play, e il computer riconosce i dispositivi collegati in modo automatico.
- Il trasferimento dei dati è molto più veloce che nelle porte seriali RS-232 e parallele.
- Si può collegare e scollegare senza la necessità di spegnere il computer.
- Forniscono alimentazione a 5 V per i dispositivi a basso consumo.

Queste porte sono già disponibili sulla quasi totalità dei nuovi computer, la porta USB è già presente su tutti mentre la FireWire lo sarà tra brevissimo tempo.

## USB

Il BUS USB (Universal Serial Bus) aveva inizialmente una velocità di 12 Mb/s. In seguito, la USB 2.0 aumentò la velocità fino a 480 Mb/s, ovvero, 40 volte più veloce della connessione mediante cavi USB 1.1.

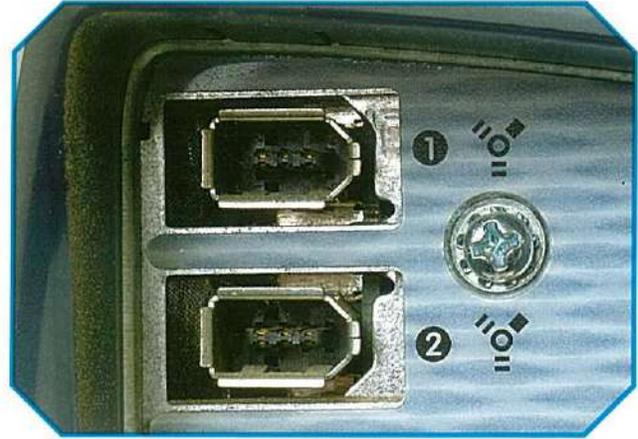
Il vantaggio di questa porta è evidente, dato che una porta USB può arrivare a trasmettere a velocità tra 1,5 Mb/s e 12 Mb/s; una porta parallela da 600 Kb/s a 1,5 Mb/s e una porta seriale classica fino a 112 Kb/s.

USB è una nuova architettura di bus sviluppata da un gruppo di sette aziende: Compaq, Digital Equipment Corp, IBM PC Co., Intel, Microsoft, NEC e Northern Telecom.

## FireWire

Anche conosciuta come IEEE 1394, fu presentata a metà degli anni '90 da Apple, che la sviluppò fino a convertirla nello standard multiplatforma IEEE.

FireWire è una tecnologia per l'ingres-



Connettori FireWire.

so/uscita di dati seriali ad alta velocità e il collegamento di dispositivi digitali quali videocamere, fotocamere digitali e computer. Questa interfaccia è stata adottata da costruttori di strumenti digitali come Sony, Canon, JVC e Kodak. FireWire è stata estesa sia al mercato consumer che a quello professionale, ed è uno degli standard per periferiche più veloci che siano mai stati sviluppati, caratteristica che lo rende ideale per l'utilizzo con strumenti del settore multimediale (quali le telecamere) e altri dispositivi ad alta velocità, comprese le unità disco rigido esterno.

Risulta essere l'interfaccia preferita nel settore audio e video digitale, dato che è molto veloce, facile da collegare e può supportare fino a 63 dispositivi.

Connettore seriale 25 pin	Connettore seriale 9 pin	Abbreviazione	Nome completo
2	3	TD	Transmit Data
3	2	RD	Receive Data
4	7	RTS	Request To Send
5	8	CTS	Clear To Send
6	6	DSR	Data Set Ready
7	5	SG	Signal Ground
8	1	CD	Carrier Detect
20	4	DTR	Data Terminal Ready
22	9	RI	Ring Indicator

Collegamenti delle porte seriali del PC.



# Cavi di collegamento

**I cavi fanno parte del sistema di trasmissione e devono essere valutati con attenzione al momento di collegare un dispositivo con l'esterno, realizzare un sistema o collegare tra loro differenti componenti di un dispositivo. Dobbiamo evitare l'errore di dedicarci esclusivamente alla circuiteria elettronica digitale, poiché esistono alcuni concetti fondamentali di elettronica e di cablaggio che devono essere sempre tenuti in considerazione.**

## Cavi con connettori

Uno dei modi migliori di collegare dei dispositivi fra loro è utilizzare cavi con connettori su entrambe le estremità. Questo procedimento è molto valido e sicuro se si utilizzano cavi costruiti da produttori certificati che ne garantiscono le caratteristiche elettroniche secondo la normativa vigente. In questo modo ci assicureremo un perfetto collegamento. Nella trasmissione di dati attraverso un cavo, intervengono molti fattori e progettarlo non è così facile come può sembrare a prima vista.

## Connettori

Una caratteristica molto importante dei connettori è la normalizzazione, cioè devono soddisfare delle precise norme, essere certificati e non delle imitazioni; se questa caratteristica è soddisfatta, diventa superfluo preoccuparsi di chi possa essere il costruttore.

Attualmente si utilizzano interfacce molto veloci che lavorano a frequenze elevate, il che obbliga a scegliere un tipo di connettore che supporti queste frequenze di lavoro. Molto conosciuti sono i connettori USB e FireWire per connessioni su distanze molto brevi, ad esempio 2 metri, che sono utilizzati fundamentalmente per unire dispositivi fra loro. Sono molto utilizzati anche i connettori RJ45 per connessioni di rete e distribuzione di dati a media di-



*Cavo di collegamento USB, molto utilizzato per collegare dispositivi esterni al PC.*



*Cavo di collegamento seriale, attualmente d'uso molto limitato.*

stanza (meno di 100 m fra il dispositivo che distribuisce e ad esempio il computer), è molto frequente trovarli nel cablaggio strutturato degli edifici. Per distanze maggiori si utilizzano altri tipi di trasmissione, compresi i connettori a fibra ottica con cui si raggiungono facilmente diversi chilometri di distanza.



*Cavo coassiale con BNC, utilizzato in RF e in alcune vecchie reti per trasmissione di dati.*

## I cavi

Non è possibile utilizzare qualsiasi cavo per qualsiasi applicazione.

Nell'ipotesi più semplice di un collegamento a una porta seriale di un computer, ad esempio, con una distanza breve e un'interfaccia non molto veloce, potremmo avere sufficienti probabilità di successo già con un cavo relativamente normale composto da diversi conduttori. Quando ci si avvicina al limite massimo di distanza, ogni interfaccia compresa la parte interna del collegamento, esige l'utilizzo di un cavo appropriato alle sue caratteristiche.



*Dettaglio dell' RJ11, utilizzato in telefonia e collegamenti di modem RTB (Rete Telefonica di Base).*



*Il connettore RJ45 si utilizza molto nelle reti di dati.*

## Cavi USB e FireWire

Questo tipo di cavi funziona molto bene quando sono utilizzati all'interno delle distanze per le quali è stata definita l'interfaccia, quando sono costruiti e assemblati con connettori e cavi di qualità e quando sono stati testati precedentemente per garantire le loro caratteristiche. Attualmente possiamo trovare una vasta offerta di cavi prestampati, con i connettori già montati a un prezzo molto basso, grazie alla produzione in serie, quindi salvo per le emergenze, è consigliabile acquistare cavi di questo tipo.

## Cavi di rete

Normalmente ci troveremo a operare con delle reti già installate, ad esempio all'interno di un edificio, e con una base murale RJ45 per collegarci a esse. Di solito si utilizza un cavo con due connettori RJ45 volanti su entrambe le estremità; questi cavi solitamente hanno una lunghezza che varia da 3 a 5 metri e una categoria 5, di velocità 10/100, o categoria 6, per velocità 10/100/1.000.

Molto spesso si acquistano i cavi, i connettori e una pinza, adatta al modello di connettore e di cavo utilizzato; per realizzare la connessione occorre inserire ogni cavo, senza spezzarlo, nell'alloggiamento appropriato del connettore utilizzando la pinza per crimpare lo stesso, generando il collegamento che normalmente avviene grazie alla perforazione



*Bisogna utilizzare cavi segnati e certificati.*

dell'isolante che ricopriva il cavo. La connessione è pin a pin.

Dobbiamo tener presente che se vogliamo collegare fra loro due computer è necessario utilizzare un cavo twistato, che abbia i conduttori all'interno perfettamente riconoscibili, inoltre è raccomandabile che uno dei due conduttori sia di colore rosso.

## Cavi schermati

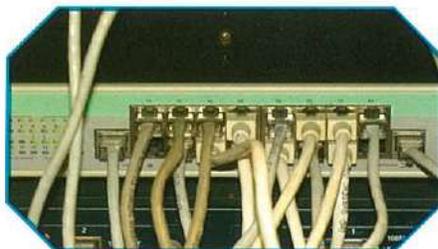
La schermatura evita la captazione o l'irraggiamento di disturbi. Nei sistemi audio si utilizzano normalmente cavi schermati nei connettori dei microfoni e sugli ingressi a basso livello.

Nei dispositivi di ricezione o di trasmissione radio di differenti frequenze si utilizza il cavo schermato, e anche in alcune reti di dati viene utilizzato questo tipo di cavo.

Ogni tipo di cavo dedicato ad applicazioni specifiche ha un tipo di schermatura differente.



*È molto semplice unire i connettori RJ45 al cavo.*



*La distribuzione dei dati utilizza connettori RJ45.*



# Somma e sottrazione

**Il cervello umano si abitua a realizzare operazioni complesse compresa la somma, al punto da realizzarle quasi inconsciamente, dimenticando praticamente il processo di apprendimento molte volte duro e difficile, che abbiamo sostenuto durante i primi anni di scuola. Il cervello si abitua e "lotta" contro i cambiamenti, per questo quando si cambia la base ed è necessario sommare, "questa lotta" genera un'apparente difficoltà.**

## Somma

La somma in binario fondamentale è uguale alla somma in decimale, tuttavia dovremo memorizzare solamente quattro dati, in quanto, avendo unicamente due simboli, non abbiamo che quattro combinazioni possibili e due di queste sono uguali.

Prima di iniziare a spiegare la somma in binario, però, ricordiamo come si esegue una somma in decimale con un semplice esempio: abbiamo due sommandi, il 3 e il 7, il risultato è 10, nulla di sorprendente; se osserviamo attentamente notiamo che il risultato della somma delle unità è zero, quindi è stato necessario aggiungere una cifra a sinistra per poter rappresentare l'uno.

Vediamo un altro esempio, in questo caso vogliamo sommare 17 e 23; sommando le unità otterremo 10, lo zero verrà scritto nel posto delle unità e l'uno si somma alla colonna delle decine che sarà  $1 + 2 + 1$ , con il risultato di 4, ottenendo 40 come risultato finale della somma.

## Somma in binario

La somma si realizza bit a bit, se un numero ha diversi bit si inizia la somma con il meno significativo, ovvero dal lato destro. La somma di due bit è semplice, basta osservare la tabella. Ci sono solamente quattro possibili combinazioni,  $0 + 0 = 0$ ,  $0 + 1 = 1$ ,  $1 + 0 = 1$  e, in ultimo,

B	A	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Tabella della verità della somma di 2 bit. A e B addendi. C, (Carry) riporto. S, somma.

$1 + 1 = 0$ , però con un 1 di riporto e il risultato è 10 (uno zero), cioè 2 in decimale, non dieci. Questo 1 che ci obbliga ad aggiungere un BIT alla sinistra deve essere sommato al secondo BIT, nel caso di una somma con più bit. Come avete potuto vedere il procedimento è lo stesso della somma in decimale.

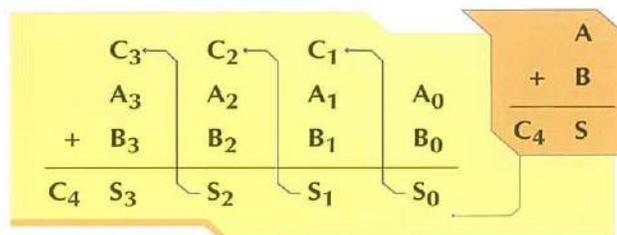
## Somma di diversi bit

Normalmente vengono rappresentate con 4, 8 o più cifre. In questo caso si somma prima il bit meno significativo (LSB) di ogni numero, e si ottiene il primo bit del risultato, anch'esso è il meno significativo, ovvero quello di destra. Se c'è riporto (in inglese carry) si aggiunge alla somma dei due bit successivi, ottenendo come risultato il secondo bit; se c'è nuovamente riporto si aggiunge alla somma dei bit successivi, e così via fino a terminare i bit; un eventuale riporto alla fine si chiama overflow, dato che è necessario disporre di un bit in più per poter rappresentare il dato ottenuto.

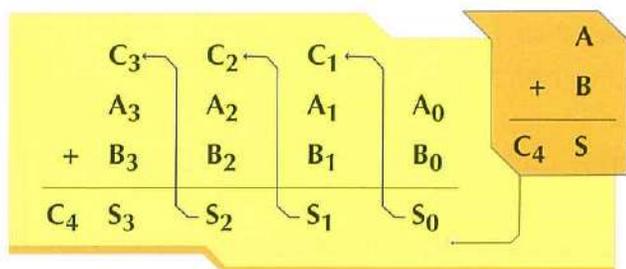
0	0	1	1
+0	+1	+0	+1
0	1	1	10

Riporto (Carry)

Somma di 2 bit. Quando i due addendi sono 1 si produce un riporto.



Somma di 4 bit.



La sottrazione è una somma, ma al sottraendo è stato applicato il complemento a 1 e sommato 1 al risultato.

## Complemento a uno

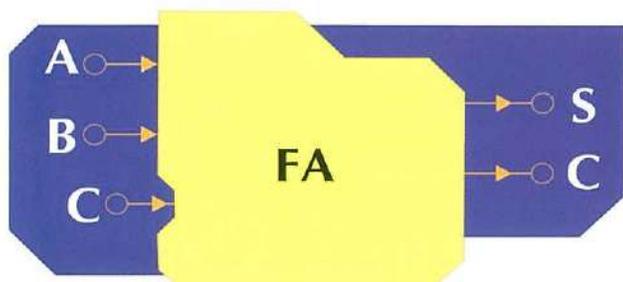
Il complemento a uno di un numero in binario si ottiene cambiando i valori uno con zero e viceversa. È molto utile perché frequentemente lo si utilizza per realizzare operazioni matematiche. Si ottiene molto facilmente applicando a ogni bit un inverter, per ottenere direttamente il complemento a uno.

## Complemento a due

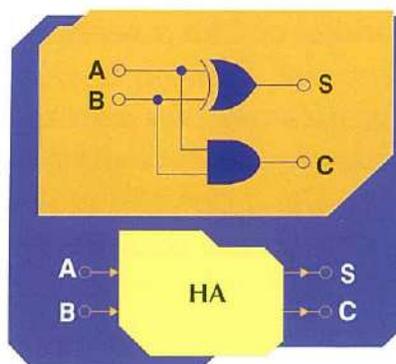
Il complemento a due di un numero si ottiene sommando uno al complemento a uno. Ha un interesse prevalentemente teorico, in quanto è utilizzato nella sottrazione, tuttavia nei circuiti disponibili attualmente sul mercato, salvo alcune eccezioni piuttosto datate, è più facile e comodo ottenere il complemento a uno e sommare un uno.

## Sottrazione

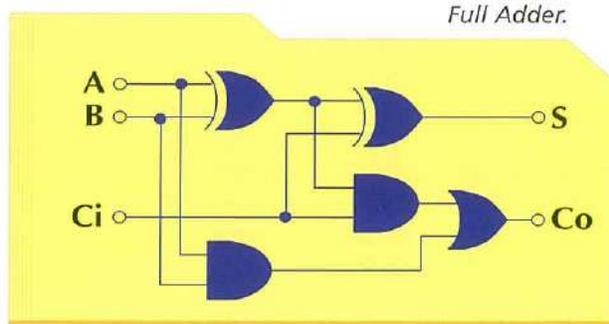
La sottrazione in binario si realizza a partire dalla somma. Ciò che si fa è cambiare il sottraendo e realizzare operazioni di somma. Esistono diversi procedimenti, vediamo qual è il più utilizzato.



Sommatore completo, Full Adder, FA, con ingresso di riporto.



Semisommatore Half Adder, HA.



Schema di un sommatore completo, Full Adder.

Supponiamo di avere due numeri che rappresentiamo come A e B e con cui vogliamo realizzare la sottrazione  $A - B$ . In questo caso ciò che realmente si fa con i circuiti è quanto segue: si somma  $A + (\text{complemento a due di } B)$ , anche se si potrebbe fare  $A + (\text{complemento a uno di } B) + 1$ .

## Circuiti

Il circuito che somma due bit e dà come risultato la somma e il riporto si chiama semisommatore (in inglese Half Adder, HA).

Il sommatore completo (Full Adder, FA) è uguale a quello precedente, però ha un terminale per accettare il riporto originato nella somma del bit precedente, in modo che il circuito possa sommare dei bit a partire dal secondo se si ottiene da riporto di un bit precedente. È anche possibile concatenare diversi sommatore per sommare numeri di molti bit.

Di solito è possibile reperire sul mercato sommatore a quattro bit, dato che sono abbastanza utilizzati, attualmente però con l'arrivo dei circuiti a logica programmabile e i microcontroller, questi circuiti iniziano a diventare inutili dal momento che possono essere implementati con questi dispositivi più complessi.



# Algebra di Boole

I circuiti logici possono essere studiati dal punto di vista della matematica, dato che rappresentano funzioni logiche. Queste funzioni logiche si studiano tradizionalmente con l'algebra di Boole, sulla quale si basano tutti i libri di elettronica digitale attualmente utilizzati.

È bene ricordare che il matematico inglese al quale dobbiamo questi studi, George Boole, nacque nel 1815 e morì nel 1864. Egli fu il primo a dimostrare che le formule matematiche si potevano utilizzare per rappresentare relazioni logiche.

## Concetti fondamentali

L'algebra di Boole è basata su due stati, ovvero è una logica binaria. Vi sono elementi il cui valore non cambia, denominati costanti, che hanno valore fisso e possono essere solamente due, 1 e 0.

Le variabili sono elementi il cui valore può cambiare e si rappresentano come lettere.

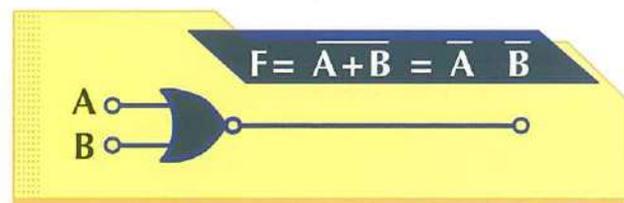
Le operazioni sono regole che permettono la realizzazione dei calcoli e si rappresentano mediante operatori chiamati normalmente segni.

Le combinazioni di costanti, variabili e operatori si chiamano espressioni algebriche. Le funzioni sono espressioni con variabili e nel nostro caso saranno la rappresentazione di un circuito o viceversa.

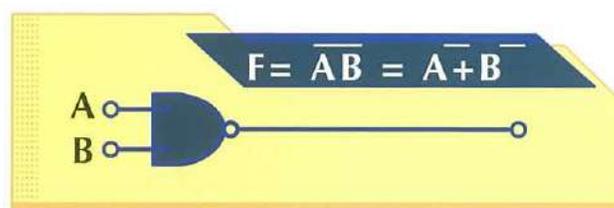
## Operazioni fondamentali

Nell'algebra di Boole ci sono tre operazioni fondamentali che conosciamo già, l'unione, che si rappresenta con la funzione OR  $A+B$  e non deve essere confusa con la somma anche se è simile, salvo che nella funzione OR  $1+1 = 1$  e la somma  $1+1 = 0$  con riporto di 1, come abbiamo già visto. Purtroppo si utilizza lo stesso segno, ma in realtà le confusioni di solito non si verificano.

Altre operazioni fondamentali sono l'intersezione, che si rappresenta con la funzione



Funzione NOR.

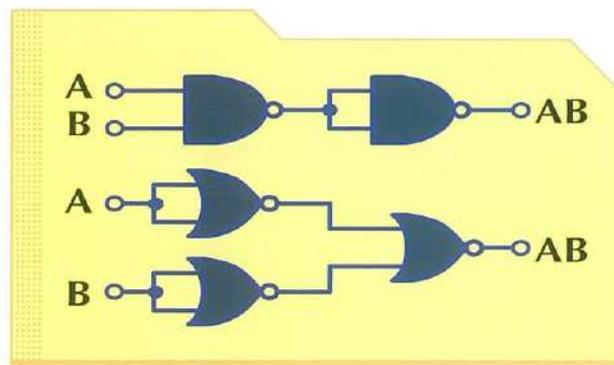


Funzione NAND e sue espressioni, utilizzando il teorema di Morgan.

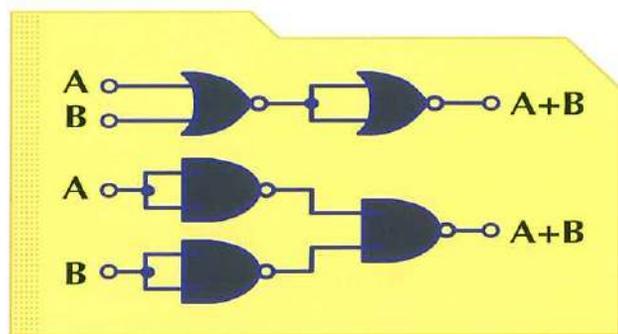
AND  $AB$ , e la complementazione o inversione, che corrisponde alla funzione NO e si rappresenta con la stessa lettera con un tratto orizzontale sopra, anche se di solito è rappresentata come  $\bar{A}$  o  $A'$  per facilitare la sua scrittura con gli elaboratori di testo.

## Altre operazioni

Derivate dalle operazioni precedenti ve ne sono altre due che in realtà si utilizzano più di quelle fondamentali e sono la NAND, che è la combinazione di NO e AND, e la NOR, che è la combinazione di NO e OR. Si utilizza anche la OR esclusiva, che si può esprimere come XOR, e XNOR o funzione di equivalenza. Di seguito potremo vedere come si esprimono queste funzioni.



Funzione AND ottenuta con porte NAND e NOR.



Funzione OR ottenuta con porte NOR e NAND.

## Elemento neutro

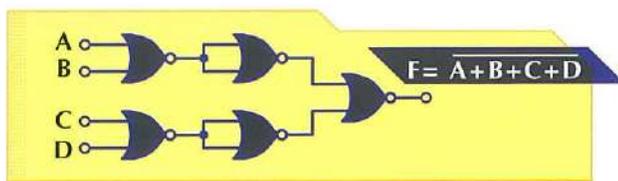
L'elemento neutro per un'operazione è quello col quale, una volta realizzata l'operazione, il risultato non cambia. L'elemento neutro per l'operazione OR è lo zero, ovvero  $A+0 = A$ , e per l'operazione AND è l'uno, ovvero  $A*1 = A$ . L'operando o segno dell'intersezione  $*$  di solito si omette, cioè l'espressione  $A*B$  e  $AB$  sono equivalenti.

## Idempotenza

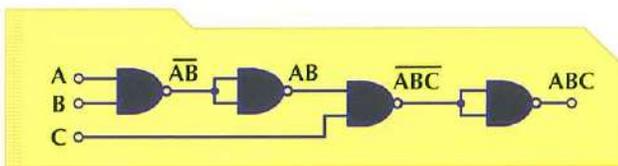
L'operazione di una variabile con se stessa dà come risultato la stessa variabile, ovvero  $A+A = A$  e  $AA = A$ .

## Proprietà commutativa

L'ordine delle variabili non influenza la funzione OR né la AND. Cioè:  $A+B = B+A$  e anche  $AB = BA$ .

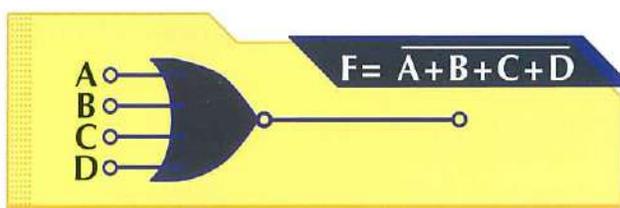


Porta NOR a quattro ingressi formata da porte NOR a due ingressi.



Porta AND a tre ingressi formata con porte NAND a due ingressi.

FUNZIONE		
NOR	$f(A,B) = \overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$	$f(A,B) = \overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$
NAND	$f(A,B) = \overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$	$f(A,B) = \overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$
XOR	$f(A,B) = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$	$f(A,B) = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$
XNOR	$f(A,B) = A \Delta B = \overline{A \oplus B} = \overline{A}B + A\overline{B}$	$f(A,B) = A \Delta B = \overline{A \oplus B} = \overline{A}B + A\overline{B}$



Rappresentazione della porta NOR a quattro ingressi

## Proprietà associativa

L'ordine delle operazioni parziali non altera il risultato.

$$A+(B+C) = (A+B)+C \text{ e anche } A(BC) = (AB)C.$$

## Proprietà distributiva

$$A+BC = (A+B)(A+C) \text{ e anche } A(B+C) = AB+AC.$$

## Proprietà di assorbimento

$$A+AB = A \text{ e anche } A(A+B) = A.$$

## Teorema di Morgan

Questo teorema è molto utilizzato quando si lavora con funzioni, per modificare il modo di rappresentarle, fino a ottenere un'espressione che possa essere convertita facilmente in un circuito reale con le porte disponibili.

$$\overline{\overline{A+B}} = A+B \text{ e la sua espressione duale } \overline{\overline{AB}} = \overline{A} \cdot \overline{B}.$$

## Doppia negazione

La doppia negazione di una variabile fornisce la stessa variabile. Nella pratica vedremo che è una proprietà utilizzata di frequente.

## Dualità

Se osserviamo attentamente le espressioni precedenti possiamo renderci conto che sono duali. Una funzione duale si ottiene scambiando gli operatori di unione e intersezione e il valore 1 con lo 0.



# Funzioni e tabelle della verità

**L**e tabelle della verità non si utilizzano solamente per rappresentare la funzione logica di una determinata porta di un circuito, servono anche per rappresentare circuiti complessi o, in altre parole, funzioni più complesse di quelle che corrispondono a una semplice porta logica.

## Tabelle della verità

Anche se abbiamo già parlato delle tabelle della verità, ricordiamole nuovamente dato che sono realmente uno strumento utile per studiare le funzioni algebriche.

Per prima cosa studieremo la relazione che esiste tra una tabella della verità e una funzione, più avanti vedremo come si ottiene un circuito che corrisponda a questa funzione.

Una tabella della verità è formata da file (orizzontali) e colonne (verticali).

La prima cosa da analizzare è il numero di variabili della funzione, perché avremo bisogno di tante colonne quante sono le variabili.

Il numero di file dipende dal numero di variabili e si calcola come 2 elevato al numero di variabili. In altre parole per due variabili sono necessarie quattro file e il numero si duplica per ogni variabile aggiunta. Ad esempio, per tre variabili sono necessarie otto file.

Il risultato, ovvero la funzione, si rappresenta su un'altra colonna.

A	B	C	f(A,B,C)
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

*Esempio di tabella della verità di una funzione.*

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

*Tabella ausiliaria X.*

A	B	C	/A	Y
0	0	0	1	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	0	0

*Tabella ausiliaria Y.*

Anche una funzione può essere rappresentata mediante differenti espressioni, queste devono essere equivalenti, perché una funzione ha una tabella della verità unica.

## Funzioni

Illustriamo come si può rappresentare una funzione con una tabella della verità attraverso un esempio. Data la funzione:

$$f(A, B, C) = ABC + /AB + /C(A + B)$$

scomporremo ognuno degli elementi della funzione OR:

$$\begin{aligned} ABC &= X \\ /AB &= Y \\ /C(A + B) &= Z \end{aligned}$$

e rappresenteremo ognuno su una tabella della verità, utilizzando tabelle intermedie ausiliarie per evitare errori:



Tabella ausiliaria Z.

A	B	C	/C	(A+B)	Z
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	0

Una volta ottenuti gli operandi ausiliari applicheremo la funzione OR a questi tre elementi e otterremo la tabella della verità della funzione:

Tabella della verità della funzione.

A	B	C	X	Y	Z	X+Y+Z	f(A,B,C)
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1	1

### Utilizzo delle proprietà

Una funzione può avere diverse espressioni. Applicando le proprietà logiche è possibile cambiare facilmente l'espressione, ricordando però che questa rappresenta sempre un'unica funzione. Possiamo utilizzare lo stesso esempio di prima:

$$\begin{aligned}
 f(A, B, C) &= ABC + /AB + /C(A + B) = \\
 &= ABC + /AB + /CA + /CB = \\
 &= ABC + (/A + /C)B + /CA = \\
 &= BAC + (/A + /C)B + /CA = \\
 &= B(/A + /C) + (/A + /C)B + /CA =
 \end{aligned}$$

Utilizziamo ora un'espressione ausiliaria:

$$\begin{aligned}
 /A + /C &= M \\
 B/M + MB + /CA &= \\
 B(/M + M) + /CA &= \\
 B(1) + /CA &= \\
 B + /CA
 \end{aligned}$$

A titolo di verifica, calcoleremo la tabella della verità di questa nuova espressione, osservando che si arriva alla stessa tabella della verità, il che dimostra che questa nuova espressione è corretta, dato che rappresenta la stessa funzione.

A	B	C	/C	/CA	f(A,B,C)
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0

Tabella della verità della funzione, con un'altra espressione.

### Proprietà

Le tabelle della verità sono anche molto utili per verificare alcune proprietà.

A	B	A+B	/(A+B)	/A	/B	/A/B
0	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0

Teorema di Morgan.

A	/A	A+/A
0	1	1
1	0	1



# Simboli e schemi

**Q**uando i circuiti elettronici erano semplici ed erano costruiti con elementi discreti, si rappresentavano tutti i componenti. In seguito arrivarono i primi circuiti integrati che contenevano diversi transistor al loro interno e che consistevano, in realtà, in un amplificatore operazionale, cambiando la rappresentazione degli schemi con blocchi funzionali, ovvero circuiti che realizzano una funzione specifica e hanno ingressi e uscite.

A volte, per eliminare linee di disegno dagli schemi, non vengono rappresentati i terminali e i collegamenti dell'alimentazione.

## Circuiti digitali

Nei circuiti digitali si utilizzano normalmente i diagrammi logici e la rappresentazione delle porte che già conosciamo come classica, tuttavia sempre più spesso sono utilizzati i simboli di rappresentazione delle norme IEC (International Electrotechnical Commission), che sono in realtà molto valide ma, se siamo abituati alla rappresentazione classica, ci possono sembrare all'inizio un po' più complicate. Pertanto dobbiamo conoscere alcuni aspetti fondamentali per poter interpretare correttamente gli schemi.

## Simbolo

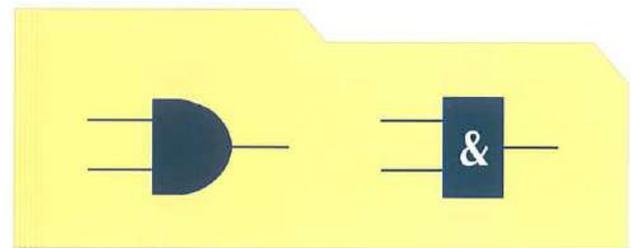
I simboli più semplici sono composti da un corpo rettangolare, gli ingressi a sinistra e le uscite a destra. Su ogni linea di ingresso e di uscita sono indicate le polarità. All'interno del corpo viene posizionato il simbolo che indica la funzione fondamentale.

### SIMBOLI GENERALI

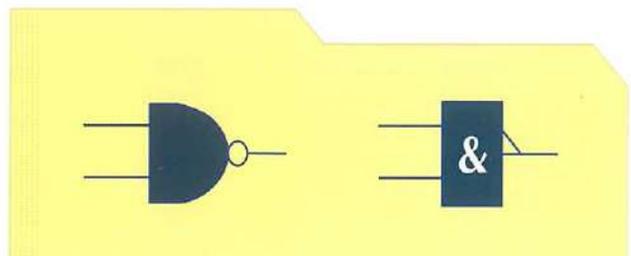
=	Funzione logica identità
&	Funzione logica AND
>1	Funzione logica OR
=1	Funzione logica OR ESCLUSIVO
COMP	Comparatore
$\Sigma$	Sommatore (ADDER)
P-Q	Sottrattore
II	Moltiplicatore
MUX	Multiplexer
DX	Demultiplexer

## Programmi di disegno

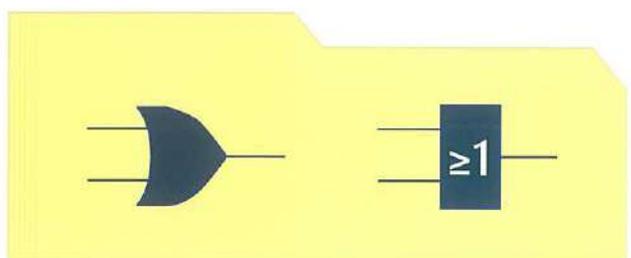
I programmi utilizzati per la costruzione degli schemi hanno normalmente delle librerie con diversi sistemi di simboli e, di solito, è possibile lavorare con qualsiasi di essi indifferentemente.



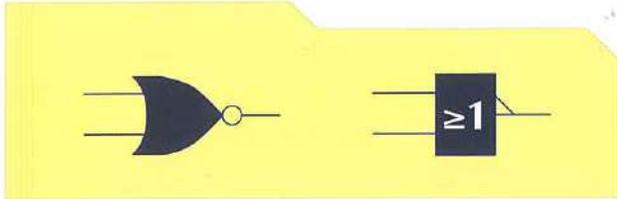
Simboli logici e IEC della porta AND.



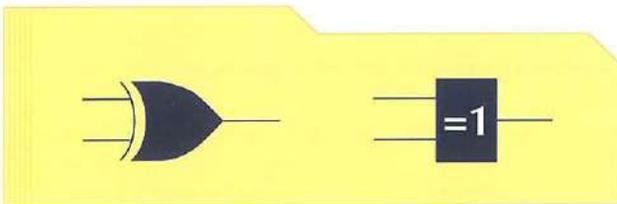
Simboli logici e IEC della porta NAND.



Simboli logici e IEC della porta OR.



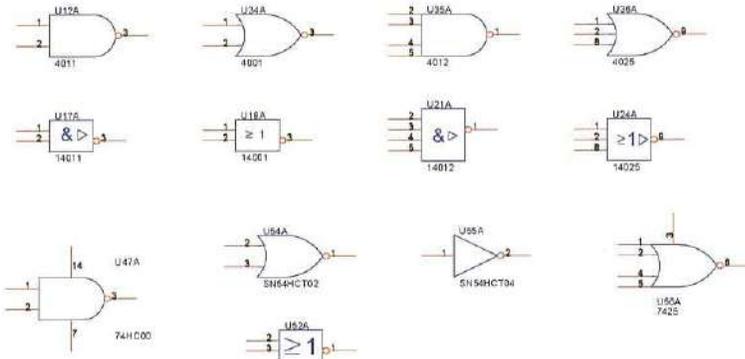
Simboli logici e IEC della porta NOR.



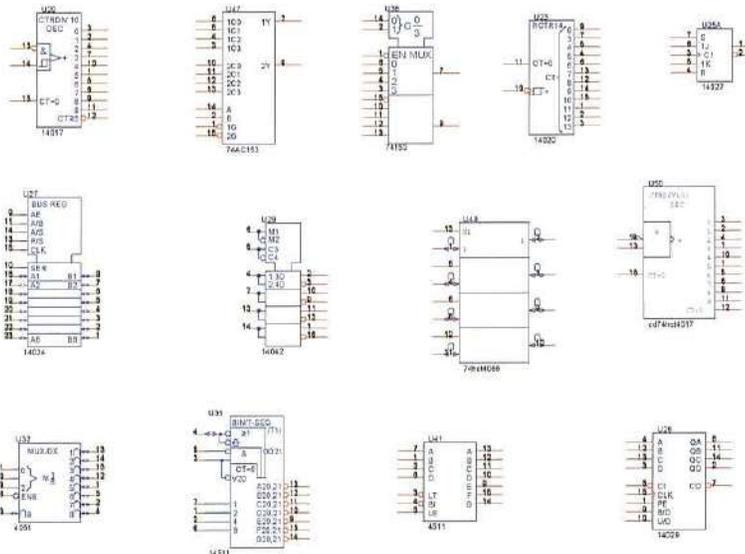
Simboli logici e IEC della porta OR ESCLUSIVO.



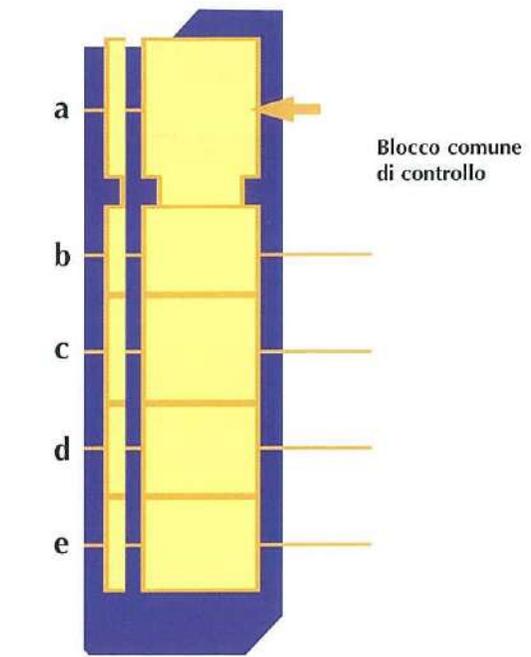
Ingressi e uscite più comuni.



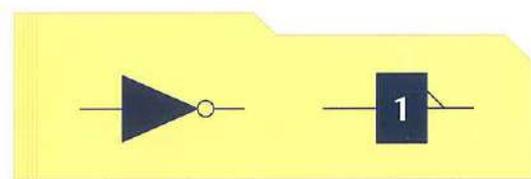
Simboli utilizzati in programmi di disegno per porte logiche.



Esempi di simboli logici e IEC.



Blocchi di controllo comuni che indicano un ingresso comune a diversi blocchi.



Simboli logici e IEC della porta invertente.



# Collegamenti del modulo Bread Board

**I**l modulo Bread Board facilita la realizzazione dei prototipi, prima di iniziare a lavorare, però, è necessario fare una serie di raccomandazioni per fare in modo che il lavoro realizzato sia il più proficuo possibile. Su questo modulo i terminali dei componenti si inseriscono a pressione, senza la necessità di realizzare delle saldature.

## Lo schema

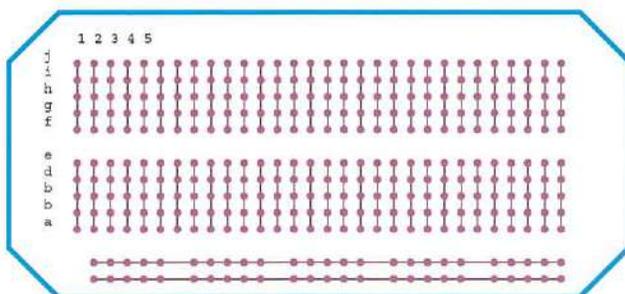
Prima di realizzare un circuito disegneremo il suo schema elettrico, in quanto non è conveniente affidarci unicamente alla memoria. Dopo aver realizzato lo schema lo studieremo con attenzione, per ottenere una buona distribuzione dei componenti sulla scheda e per verificare se parte del circuito non sia già disponibile sotto forma di modulo in un'altra zona del laboratorio.

## I componenti

I componenti si montano e si collegano allo stesso tempo, è sufficiente appoggiare i terminali sul foro e spingere in modo che entrino a pressione tra le due lamine di contatto, mediante le quali si ottiene un buon fissaggio meccanico e un buon contatto elettrico.

In questo tipo di moduli i primi componenti che bisogna inserire sono i circuiti integrati, il formato DIL è il più utilizzato e il centro della scheda è riservato a essi.

I componenti a due o più terminali si montano in modo da sfruttare al massimo le possibilità della scheda; se, ad esempio, alcuni di questi terminali devono essere collegati a dei pin del circuito integrato, si utilizzerà uno dei quattro contatti che rimangono disponibili per ogni suo terminale.



Schema dei collegamenti interni del modulo Bread Board.

## I collegamenti

I collegamenti tra i componenti che vengono inseriti all'interno del modulo, si devono realizzare sfruttando al massimo le possibilità del modulo stesso. Quindi, per il positivo e il negativo dell'alimentazione si utilizzeranno le due file di terminali che dispongono, ognuna, di 25 contatti tutti collegati fra loro. Per gli altri contatti è necessario ricordare che per ogni fila i 5 terminali sono collegati fra loro. I terminali che non potranno essere uniti tra loro mediante i contatti del modulo, verranno uniti con un cavetto rigido da 0,5 mm di diametro.

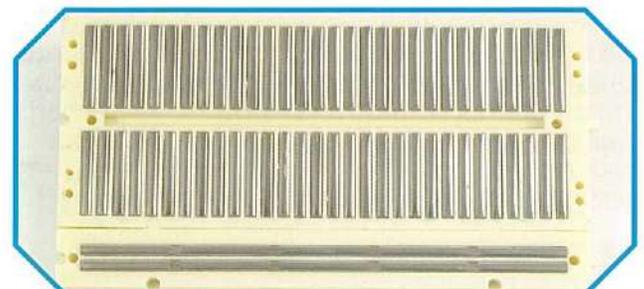
I contatti sono progettati per essere utilizzati con cavi o terminali di componente, di diametro compreso tra 0,3 e 0,8 mm.

## Il cablaggio

Per i collegamenti interni del modulo, e da questi verso l'esterno, si utilizzerà preferibilmente un filo rigido da 0,5 mm di diametro. Prima di utilizzarlo, bisognerà asportare circa 6 mm della copertura isolante da entrambe le estremità.

## Gli integrati

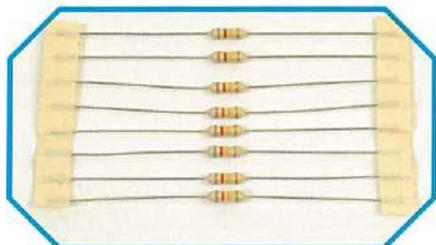
Come abbiamo già detto, i circuiti integrati si inseriscono al centro della scheda, e bisogna tener presente che ogni pin dell'integrato occupa uno



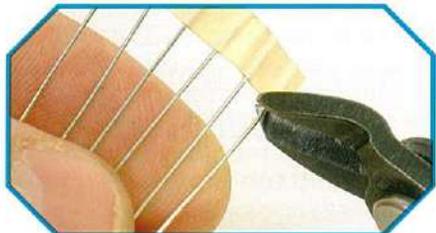
Per realizzare questa fotografia è stato tolto l'adesivo dal modulo. Osservate i collegamenti.



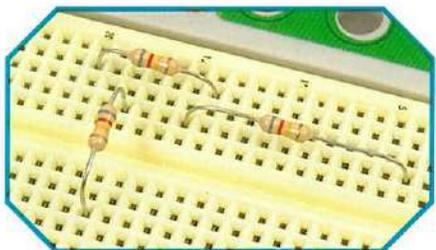
*Dettaglio di una delle lamine di collegamento dei cinque terminali.*



*Il costruttore fornisce le resistenze in strisce, incollate a del nastro adesivo di carta.*



*I terminali devono rimanere ben dritti, il taglio obliquo facilita l'inserzione.*



*Esempio di resistenze inserite.*

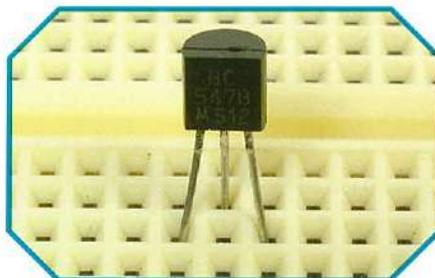
dei 5 collegamenti disponibili di ogni fila, lasciando, quindi, quattro possibilità per collegare direttamente cavi o terminali di componenti a ogni pin dell'integrato.

## Le resistenze

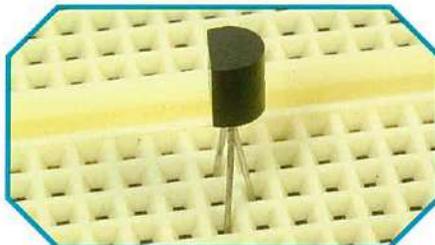
Le resistenze hanno due terminali e la loro pulizia deve essere curata con attenzione, in quanto questi componenti sono forniti incollati a due strisce laterali di nastro di carta, ci potrebbero quindi essere residui di colla che dovranno essere asportati o, semplicemente, si potrà tagliare il pezzo superiore per evitare di sporcare i contatti.

## I transistor

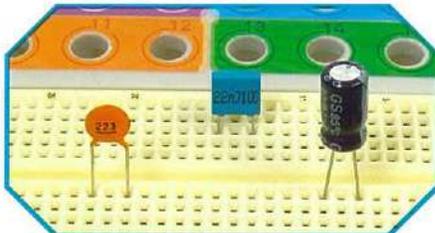
Per utilizzare i transistor bisogna allargare leggermente i loro terminali per adattarli alla di-



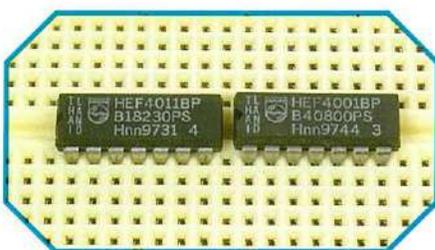
*Transistor correttamente inserito, con ogni terminale collegato a una fila indipendente.*



*Transistor collegato male, i suoi terminali sono collegati insieme essendo inseriti sulla stessa fila.*



*Campioni di condensatori.*



*Gli integrati si inseriscono al centro della scheda.*

stanza standard fra i fori del modulo, che è un decimo di pollice, ovvero 2,54 mm. Devono essere inseriti in modo tale che ogni terminale occupi una fila differente, avendo cura di identificare ogni terminale, ovvero collettore, base ed emettitore.

## Montaggio

Il montaggio deve seguire questo ordine: per prima cosa si installano i circuiti integrati, poi i transistor, i condensatori, i diodi e le resistenze. Bisogna sfruttare al massimo i collegamenti interni del modulo.

Dopo aver montato tutti i componenti si iniziano a realizzare le connessioni, che non è stato possibile fare direttamente, mediante dei pezzi di filo rigido da 0,5 mm di diametro spelati ad entrambe le estremità.



# L'oscilloscopio

**Q**uesto strumento è di uso comune e si utilizza nella quasi totalità dei laboratori. Non è necessario per il nostro laboratorio, però è uno strumento che si deve conoscere, dato che prima o poi ci troveremo a doverlo utilizzare. Esistono molti tipi di oscilloscopi, i più vecchi erano analogici ed erano composti da un tubo a raggi catodici con un controllo del raggio verticale e orizzontale; questo raggio si muoveva in senso verticale e orizzontale seguendo il livello della tensione applicato all'ingresso verticale e alla rampa di tensione generata sulla base tempi. Ora gli oscilloscopi sono digitali e la videata di presentazione è un monitor, che può essere a tubo catodico, LCD o TFT. Pur se con qualche limitazione, esistono programmi che fanno funzionare la scheda audio dei computer come un rudimentale oscilloscopio.

## Generalità

L'oscilloscopio permette di vedere le forme del segnale e la sua variazione nel tempo. In altri termini, riporta sul video una rappresentazione tensione-tempo, la tensione in verticale e il tempo in orizzontale, in modo da seguire costantemente le variazioni di tensione del segnale o dei segnali applicati al suo ingresso. In questo modo è possibile conoscere il livello di tensione del segnale in ogni istante, compresa la sua frequenza e la sua forma d'onda.

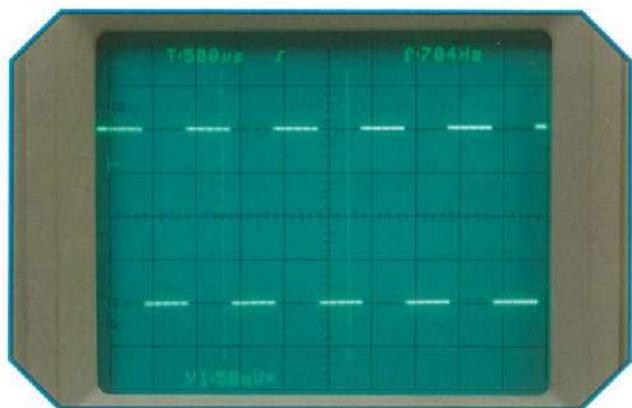
## Ingressi

Gli oscilloscopi moderni hanno almeno due canali di verticale, ovvero due ingressi di segnale che sono, in realtà, gli ingressi veri e propri dell'oscilloscopio. Normalmente si tratta di connettori BNC, dove il conduttore esterno è collegato a massa e quello interno riceve il segnale. Per segnali periodici e continui questo è l'unico

ingresso, dato che l'oscilloscopio possiede all'interno una base tempi e un sistema di sincronizzazione per facilitare la visualizzazione.

## Attenuatore

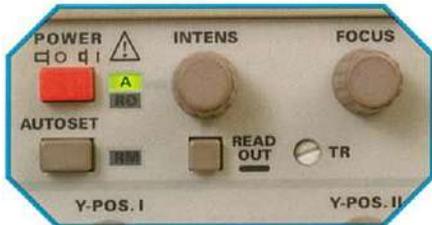
Ognuno di questi ingressi di segnale dispone di un attenuatore a passi per poter adattare il livello del segnale di ingresso ai circuiti interni. È anche chiamato comando di sensibilità e la sua posizione determina il valore di tensione che corrisponde ad ogni quadrato verticale del display. Questo comando può essere identificato come volt/divisione e permette di regolare la sensibilità di ingresso dell'oscilloscopio al livello di segnale applicato al suo ingresso, normalmente si calibrano in volt per divisione verticale. Il livello di tensione del segnale si calcola moltiplicando il numero di divisioni che si vedono sul display per il fattore di scala indicato dal cursore del comando di sensibilità.



Sull'oscilloscopio il segnale si vede direttamente.



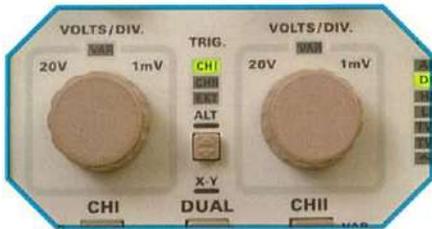
Oscilloscopio da laboratorio a due canali.



Interruttori, comando di intensità e focalizzazione del raggio.



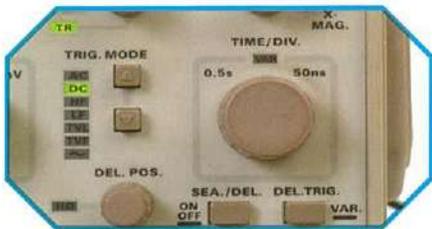
Connettore di ingresso del trigger esterno.



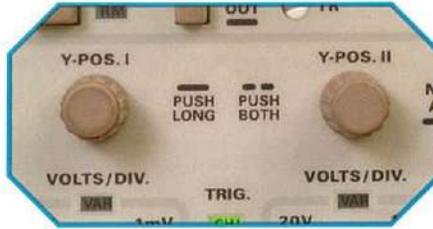
Comando della sensibilità (VOLT/DIV).



Comando della posizione orizzontale (asse X).



Comando della base tempi (TIME/DIV).



Comando della posizione verticale (asse Y).



Connettore di ingresso del segnale.



Sonda.

## Y-POS

La forma d'onda si può posizionare in una zona del video che ci faciliti la lettura. Ci sono due comandi indicati come Y-POS, o con una doppia freccia verticale, che ci indicano che questo comando può spostare il segnale sul video, e ciò risulta utile, ad esempio, per sovrapporre i segnali dei due canali e verificare visivamente le loro differenze.

## X-POS

Questo comando sposta il segnale in senso orizzontale. Può anche essere identificato con una doppia freccia orizzontale.

## Base tempi

L'oscilloscopio ha un circuito orizzontale, che può essere utilizzato applicandogli una tensio-

ne, per la quale dispone di un connettore di ingresso del segnale; ciò che però vogliamo principalmente ottenere è un diagramma tensione-tempo, quindi avremo bisogno di un circuito che, oltre a generare le tensioni adeguate, funzioni in modo sincronizzato per poter visualizzare i segnali sul video. Dato che la gamma delle frequenze che un oscilloscopio normale può rappresentare è molto ampia, questo comando deve disporre di diverse posizioni segnate come tempo per divisione, normalmente TIME/DIV.

## Sonda

Il collegamento del segnale si può realizzare con un cavo coassiale, una sonda. Il terminale di massa normalmente è una pinza, mentre il collegamento della misura è di tipo ad ago, anche se si può adattare una pinza per lasciare fisso il collegamento di misura.



## Esperimenti con astabili

**Q**uesto esperimento è basato su una configurazione tipica dell'astabile con transistor e può essere anche utilizzato a frequenze più elevate; abbiamo scelto di utilizzare frequenze molto basse per poter verificare il suo funzionamento mediante l'accensione o lo spegnimento dei due diodi LED utilizzati. Se si utilizzasse una frequenza più veloce, anche se i LED si illuminassero in modo intermittente, li vedremmo sempre accesi a causa della persistenza della retina.

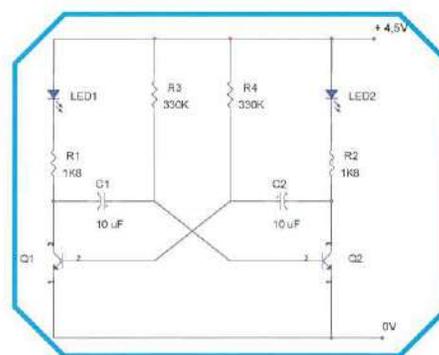
### Funzionamento

Facciamo una rapida descrizione: i transistor Q1 e Q2 conducono in modo alternativo, ovvero quando uno di essi è in interdizione l'altro è in saturazione, e la polarizzazione di un transistor è controllata dall'altro.

Il condensatore C1 si carica tramite la resistenza R3 in modo che, quando la tensione supera gli 0,6 V sul loro punto di collegamento — questo punto è unito anche alla base di Q2 — quest'ultimo entra in conduzione e passa rapidamente in saturazione, abbassando la tensione sul suo collettore e bloccando la corrente di base del transistor Q1 che cessa di condurre. In questa condizione il LED 2 è illuminato e il LED 1 spento. Questo processo si ripete iniziando, in questo caso, a caricare C2 fino a quando Q1 entra in conduzione, il quale bloccherà Q2 e così via.

### Lo schema

Lo schema è piuttosto semplice, dato che ha pochi componenti. Il diodo LED si illumina solamente quando il transistor a cui è collegato conduce, e si spegne quando non conduce. I

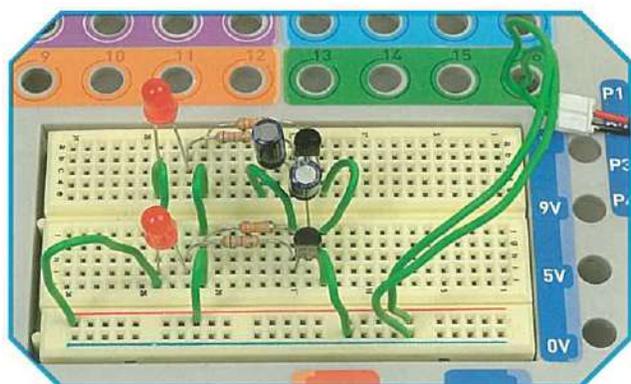


Schema dell'astabile utilizzato in questo esperimento.

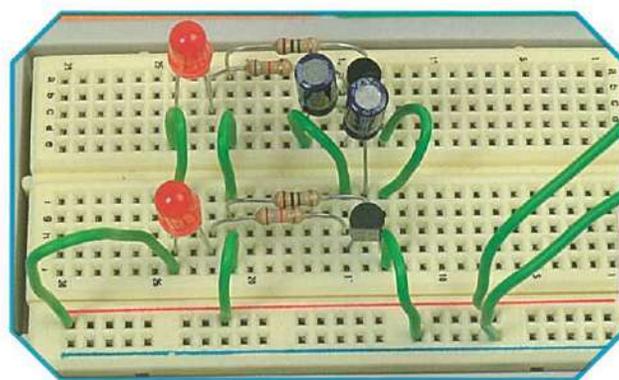
LED non sono illuminati in modo simultaneo, a questo riguardo, però, occorre fare un'osservazione: se lavorassimo, ad esempio, a una frequenza molto alta, tale che l'occhio umano non la possa percepire, vedremmo i LED costantemente accesi, anche se in realtà si accendono e si spengono alternativamente.

### Montaggio

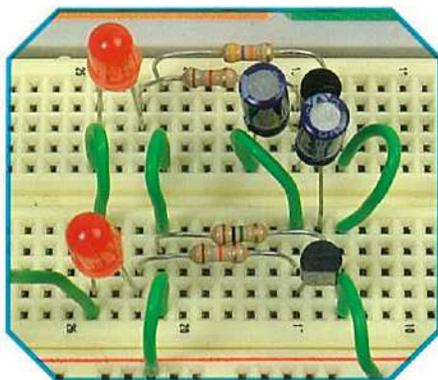
Il montaggio di questo esercizio è abbastanza semplice, tenendo conto che i diodi LED hanno polarità e che bisogna fare molta attenzione alla posizione dei transistor. Questo circuito si alimenta con tensione continua compresa tra 3



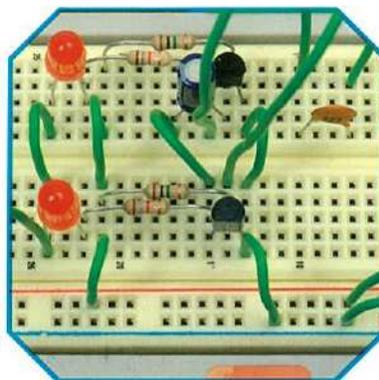
Ecco come viene realizzato il montaggio dell'astabile.



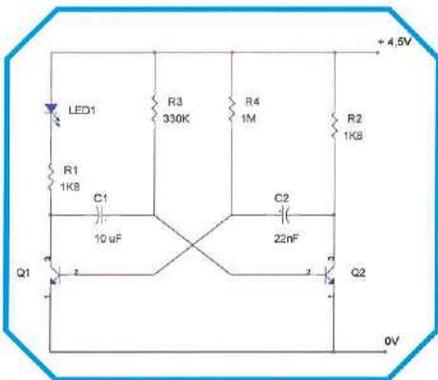
Aumento del periodo cambiando le resistenze da 1 M a 330 K.



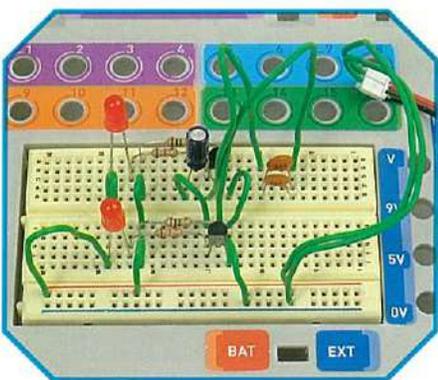
Segnale  
asimmetrico  
con una  
resistenza da  
47 K e l'altra  
da 1 M.



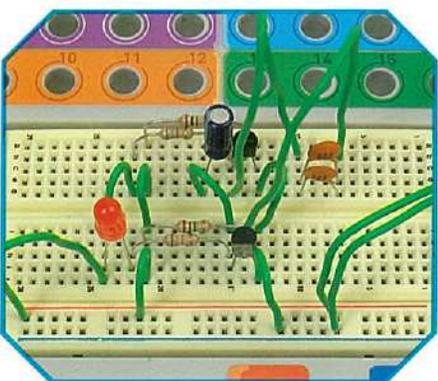
In questo caso  
un condensatore  
è da 22 nF  
e l'altro da  
10  $\mu$ F.



Si possono  
fare delle  
prove  
cambiando i  
valori dei  
componenti.



Un  
condensatore  
da 44 nF  
(2 da 22 nF in  
parallelo).



Il circuito può  
funzionare  
con un solo  
LED,  
collegando la  
resistenza  
da 1K $\Omega$   
direttamente  
al positivo

e 9 volt, anche se vi consigliamo di utilizzare quella da 4,5 volt. Fino a quando il laboratorio non sarà più completo, potremo utilizzare il portabatterie e tre pile da 1,5 volt.

## Esperimento di base

Il circuito, una volta realizzato, deve funzionare fin dal primo momento, tenendo conto che la temporizzazione potrebbe essere piuttosto lunga e che occorrerà aspettare qualche secondo per vederla cambiare. Se non si illumina alcun LED, è necessario scollegare l'alimentazione e rivedere tutti i collegamenti.

## Esperimenti

Dopo aver collaudato il circuito si possono fare diversi esperimenti, ottenendo diversi tempi di illuminazione dei LED. Le variazioni devono essere realizzate sulle resistenze R3 e R4 e sulle capacità C1 e C2. Si possono collegare due condensatori in parallelo per ottenere il doppio della capacità, o due resistenze in serie per ottenere il doppio della resistenza. Per R3 e R4 vi consigliamo di provare con 1 M, 330 K, 47 K, e per C1 e C2 con 10  $\mu$ F, 22 nF e 44 nF. Se i componenti sono dello stesso valore, in modo da rendere il circuito simmetrico, i tempi di illuminazione dei LED saranno uguali, però il circuito deve funzionare anche se non è simmetrico. È anche possibile togliere uno dei LED, però bisogna collegare la resistenza da 1K $\Omega$  al positivo dell'alimentazione per fare in modo che il circuito funzioni.

### LISTA DEI MATERIALI

Circuito di base	
Q1, Q2	Transistor NPN BC547 o BC548
R1, R2	Resistenza 1K $\Omega$ (marrone, grigio, rosso)
R2, R3	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
C1, C2	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
LED1, LED2	Diode LED rosso 5 mm



## Esperimenti con ritardi

**In questo esperimento si utilizza un circuito generatore la cui uscita è applicata a due porte invertenti, collegate in modo che l'uscita della prima sia applicata all'ingresso della seconda. Il segnale di uscita del generatore e quello di ogni porta invertente arrivano all'ingresso di uno dei codificatori BCD-7 segmenti del circuito stampato DG02. Il condensatore C2 si utilizza per generare un ritardo.**

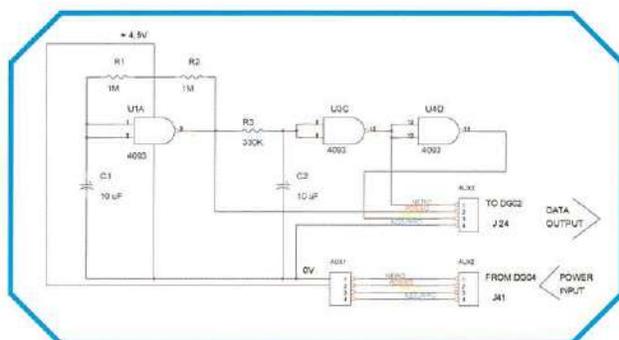
### Idea di base

Tra le limitazioni di velocità dei circuiti digitali vi sono le capacità parassite, che possono ritardare un segnale e farlo giungere fuori tempo, inserendo nel circuito di ricezione un dato sbagliato.

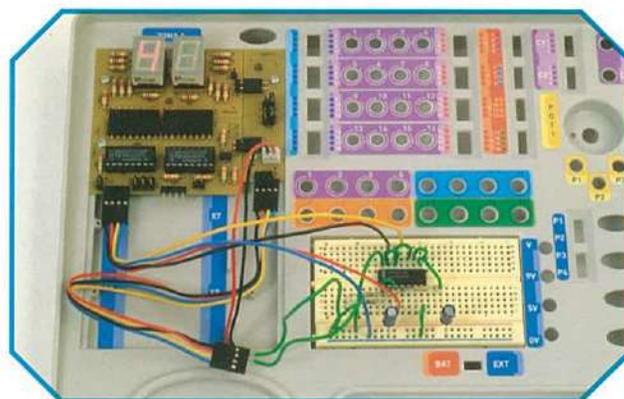
Nel nostro caso e per adattarci al materiale disponibile, montiamo un piccolo circuito che lavora a una velocità molto bassa, per fare in modo che l'esperimento sia facile da osservare. Inseriamo una capacità elevata, in questo caso C2, per generare un ritardo. L'effetto che questa alta capacità genera in questo circuito di frequenza molto bassa è paragonabile a quello che può provocare un condensatore di pochi picofarad in un circuito che lavora ad alta frequenza.

### Lo schema

Il circuito utilizza quattro porte NAND dell'integrato 4093. La porta U1A si utilizza per costruire un oscillatore astabile di frequenza molto bassa, e la sua uscita, il terminale 3 dell'integrato, cambia da 0 a 1. Supponiamo per un momento che il condensatore C2 non esista. L'uscita di U1A si applica all'ingresso di U3C che funziona come una porta invertente,



Circuito per la simulazione di un ritardo dovuto a una capacità.

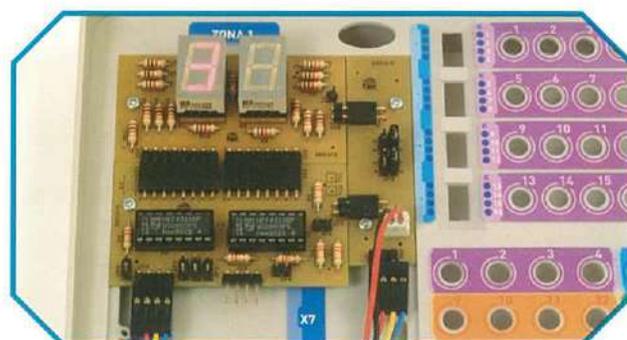


In questo esperimento si utilizzano i circuiti stampati DG01, DG02 e DG04.

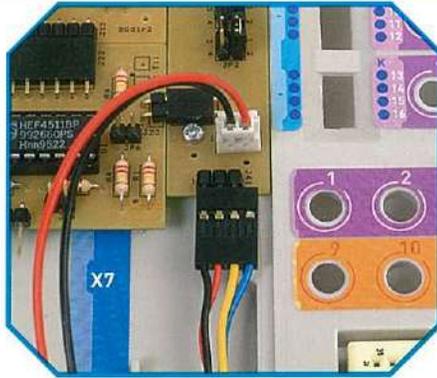
dato che i suoi ingressi sono uniti tra loro. Sul terminale 10 il segnale sarà invertito rispetto all'ingresso. L'uscita di questo invertitore si porta all'ingresso della porta invertente successiva costruita con la porta U4D, il segnale di uscita si ottiene sul terminale 11 e deve essere uguale a quella del terminale 3.

### Montaggio

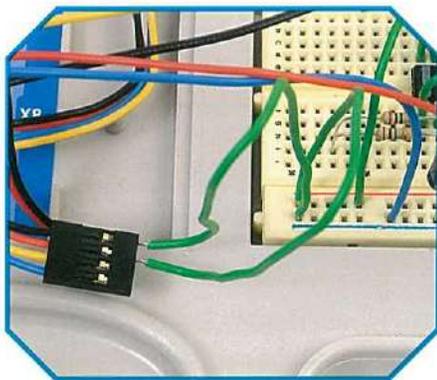
Il montaggio si realizza sulla scheda Bread Board tenendo conto della polarità dei condensatori elettrolitici. Bisogna anche fare



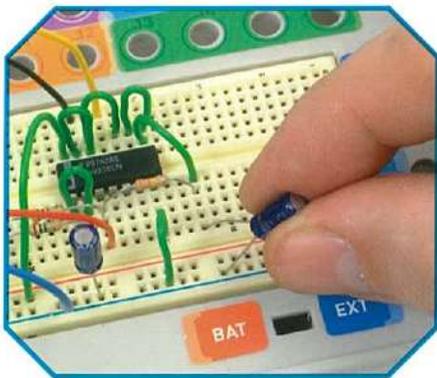
Il connettore del cavetto si collega al connettore J24 del circuito stampato DG02, in modo che al filo nero corrisponda sempre il terminale 1 del connettore.



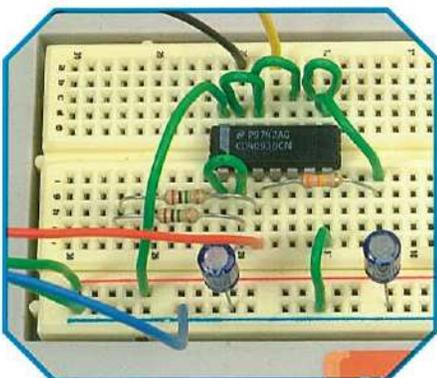
*Il cavetto con due connettori volanti alle sue estremità si utilizza per portare l'alimentazione dal connettore J41 della scheda DG04 fino alla scheda Bread Board.*



*Collegamenti dell'alimentazione alla scheda Bread Board.*



*Il condensatore C2 si utilizza per generare un ritardo nella trasmissione del segnale.*



*Scheda Bread Board con l'esperimento montato.*

molta attenzione all'orientamento del circuito integrato. Utilizziamo il cavetto di collegamento inserendo il suo connettore femmina da 4 terminali e quattro fili sciolti, identificato come AUX3 nello schema, su J24 del circuito stampato DG02, collegando il nero al terminale 1 dello stesso. Collegheremo poi l'altro estremo del cavo nero a uno qualsiasi dei terminali 10, 12 o 13 dell'integrato, dato che sono uniti tra loro.

Il cavo rosso si collega al terminale 3 del circuito integrato, quello giallo al terminale 11 e l'azzurro direttamente al negativo dell'alimentazione.

## Alimentazione

Questo circuito si può alimentare utilizzando il cavetto di collegamento che ha due connettori alle sue estremità, uno dei quali si collegherà al connettore J41 del circuito stampato DG04, in modo che il filo nero sia sempre collegato al terminale 1 del connettore. All'altra estremità l'alimentazione si collegherà con due cavetti, rosso al positivo e nero al negativo, mentre i ponticelli della scheda DG04 devono essere inseriti sui terminali 1 e 2.

## Funzionamento

Anche se il segnale sui terminali 3 e 11 dell'integrato è lo stesso, è necessario tener conto che, dal momento in cui esce dal terminale 3 fino a quando arriva al terminale 11, impiega un determinato tempo, normalmente molto breve e non apprezzabile per alcune applicazioni, tutto dipende dal momento in cui è necessario il dato. Collegando l'alimentazione e senza inserire C2, sul display possiamo leggere alternativamente i numeri 1 e 6; se provochiamo un ritardo collegando il condensatore C2, vedremo visualizzati per un breve periodo di tempo i valori 3 e 4. Con i valori indicati nello schema, si può vedere molto bene l'effetto, se diminuiamo il ritardo abbassando, per esempio, la resistenza R3 a 47 K, l'effetto si fa minore anche se continua a essere visibile.

### LISTA DEI COMPONENTI

Circuito base	
U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 1M (marrone, nero, verde)
R3	Resistenza 330K (arancio, arancio, giallo)
C1, C2	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico



## Sensori

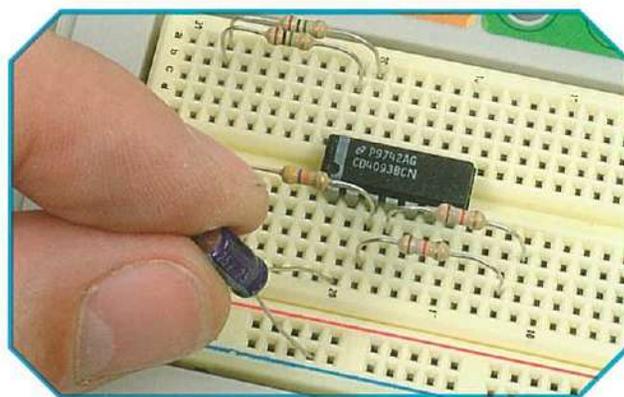
**L'**alta impedenza delle porte CMOS e la loro elevata immunità al rumore permettono la costruzione di sensori. Eseguiremo ora delle prove con un circuito che si può utilizzare per costruire diversi tipi di sensori.

### Lo schema

Se osserviamo lo schema del sensore di rottura del filo e supponiamo che il collegamento nel punto A esista, i terminali di ingresso 12 e 13 della porta invertente (formata dalla porta U1D) del circuito integrato rimarranno collegati al negativo dell'alimentazione. L'uscita di questa porta, il terminale 11 dell'integrato, rimarrà quindi a livello alto, il che permetterà all'oscillatore astabile, formato dalla porta U1A, la resistenza R3 da 47 K e il condensatore C1 da 10  $\mu$ F, di oscillare facendo illuminare il LED 1 in modo intermittente, così come il LED 2, anche se quest'ultimo si accenderà in modo inverso, ovvero quando il primo si spegne.

Quando si taglia il filo si scollega dal negativo il cavo siglato come A; in questo caso le resistenze R1 e R2 sono sufficienti per assicurare un livello logico alto sui terminali 12 e 13, per cui l'uscita della porta U1D, terminale 11, passa a livello basso bloccando il funzionamento dell'oscillatore astabile e il LED 1 si illumina in modo permanente, mentre il LED 2 rimane spento.

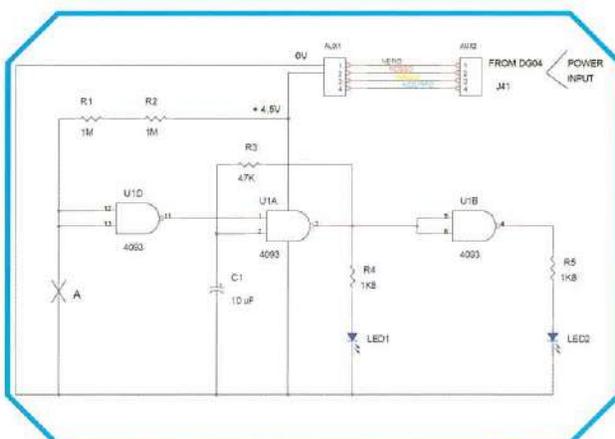
Vogliamo richiamare l'attenzione sull'utilizzo di due resistenze, R1 e R2 in serie. Se os-



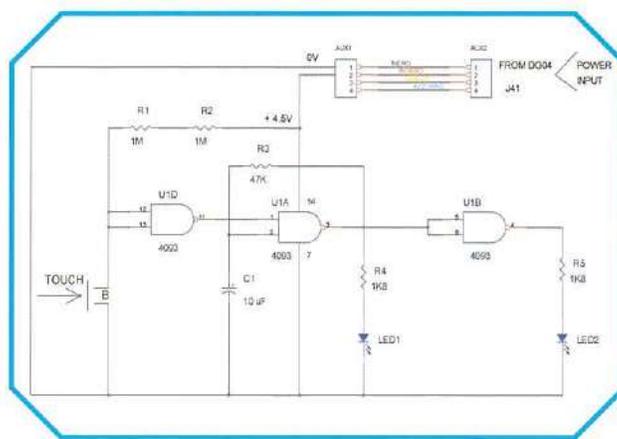
Montaggio dei componenti inseriti sulla Bread Board senza fili.

serviamo lo schema, quando il collegamento A è stabilito esiste un consumo di corrente, dato che queste resistenze sono praticamente collegate tra il positivo e il negativo dell'alimentazione, tuttavia, dal momento che hanno un valore molto elevato, questo consumo è molto ridotto, basta dividere 4,5 volt per due milioni al fine di calcolare il consumo.

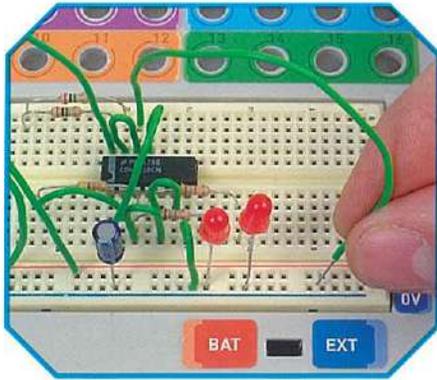
D'altra parte, visto che l'impedenza di ingresso delle porte CMOS è molto elevata, questa resistenza può mantenerle a livello alto quando è aperto il collegamento sul punto A.



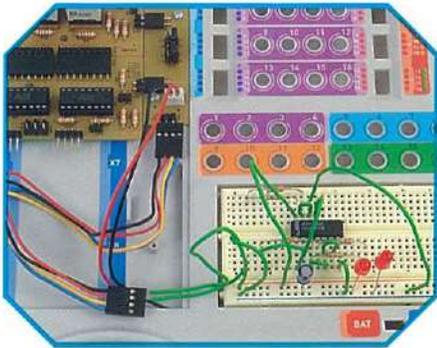
Schema elettrico del sensore di rottura di filo.



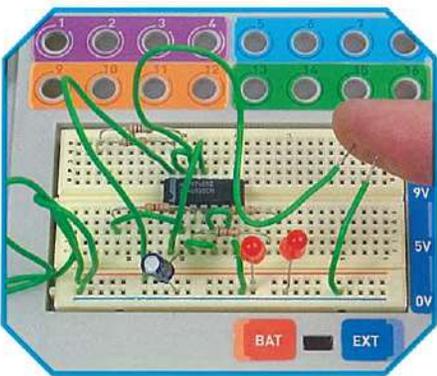
Schema elettrico di un sensore di contatto.



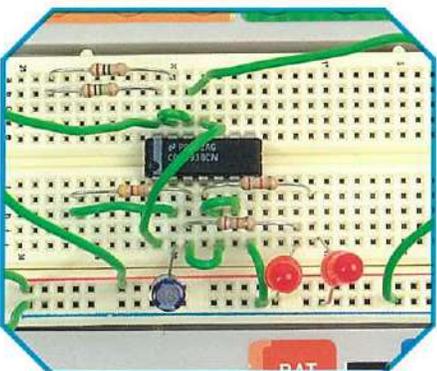
*Scollegando il filo ne simuleremo la rottura.*



*L'alimentazione si prende dalla scheda DG04.*



*Unendo i fili tramite la pelle il sensore si attiva.*



*Scheda Bread Board con l'esperimento montato.*

## Montaggio

Il montaggio è abbastanza semplice, specialmente se sono già stati realizzati quelli precedenti. Utilizzeremo la scheda Bread Board secondo lo schema, anche se abbiamo pochi componenti e fili di collegamento; al momento sono sufficienti, inoltre prossimamente vi verranno forniti ulteriori componenti e fili di collegamento.

Le illustrazioni sono di grande aiuto, bisogna fare molta attenzione a come si monta il circuito integrato e alla polarità del condensatore elettrolitico e dei LED. Vi raccomandiamo di lasciare il collegamento dell'alimentazione come ultimo, realizzandolo dopo aver verificato tutto il cablaggio e la polarità. Sul terminale 1 del cavo di alimentazione è stato collegato il negativo dell'alimentazione stessa, associandolo al colore nero.

## Sensore tattile

Lo stesso circuito, senza la necessità di realizzare alcuna modifica, può essere utilizzato come sensore tattile o sensore di contatto.

Se osserviamo lo schema vedremo due terminali di filo che rappresentano i contatti del sensore, i quali, in stato di riposo, sono separati tra loro. In stato di riposo l'oscillatore astabile è disattivato, il LED 2 rimane spento e il LED 1 sempre illuminato, però, quando tocchiamo con un dito i contatti, l'ingresso della porta logica U1D passa a livello basso, l'oscillatore inizia a funzionare e i due LED si illuminano in modo intermittente.

Lo stesso sensore si può utilizzare come indicatore del livello di liquidi conduttori: quando il livello dell'acqua unisce i due contatti, l'oscillatore parte. Dato che le resistenze R1 e R2 sono di valore molto alto, questo circuito può rilevare la piccola quantità di sali che normalmente sono sciolti nell'acqua.

### LISTA DI MATERIALI

Circuito base	
U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R3	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R4, R5	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 10 µF elettrolitico
LED1,	
LED2	Diodo LED rosso

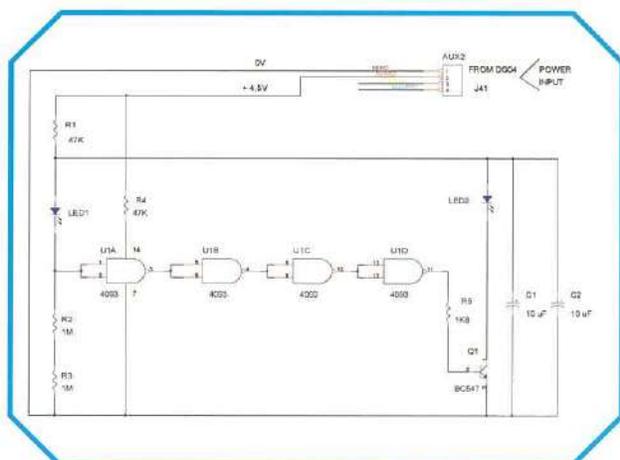


## LED a basso consumo

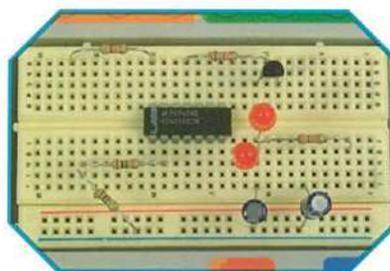
**Q**uesto circuito è un esempio di come, complicando un po' l'elettronica, è possibile ottenere un indicatore luminoso a LED in più a basso consumo. Un LED costantemente acceso ha bisogno di almeno 3 mA per potersi illuminare, consumo molto elevato per un dispositivo alimentato a batterie. Con questo circuito invece si dispone di un LED che emette un lampeggio all'incirca ogni 3 o 5 secondi, con un consumo inferiore a 40 mA, quindi può funzionare molti giorni senza cambiare le batterie.

### Lo schema

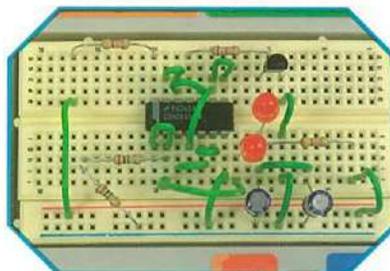
Il circuito è semplice, però un po' particolare. Si tratta fondamentalmente di un circuito di controllo che funziona solamente quando il condensatore C1 + C2 si carica tramite la resistenza R1 da 47 K e inoltre quando all'ingresso del circuito — terminali 1 e 2 dell'integrato — si raggiunge il livello logico 1. Quando questo ingresso passa a livello 1 l'uscita del circuito, terminale 11 del circuito integrato, passa anch'essa a livello 1, portando in conduzione il transistor Q1, quindi il LED 2 si illumina. In questo momento viene consumata in modo quasi istantaneo l'energia accumulata nel condensatore formato dalla somma di C1 e C2. Nello stesso istante, come conseguenza del fatto che il condensatore si è scaricato, la tensione sull'ingresso di controllo si abbassa: il circuito interpreta questo come un livello basso, quindi il LED cessa di condurre. Il LED 1 si utilizza per mantenere una differenza di potenziale e il suo consumo è così ridotto che non si illumina nemmeno.



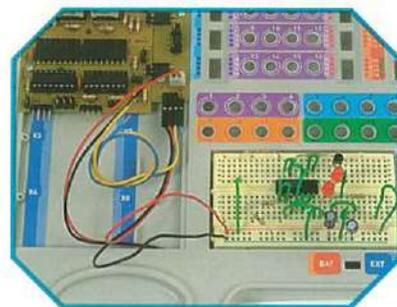
Schema elettrico del LED a basso consumo.



Componenti inseriti sulla Bread Board.



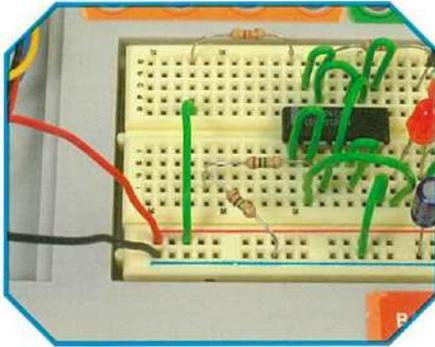
Cablaggio dei collegamenti.



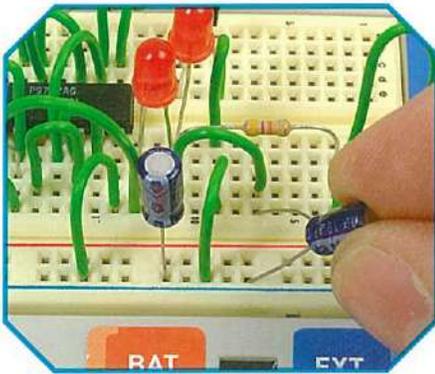
Alimentazione tramite J41 di DG04, utilizzando questa volta il cavetto di un connettore.

### L'attivazione

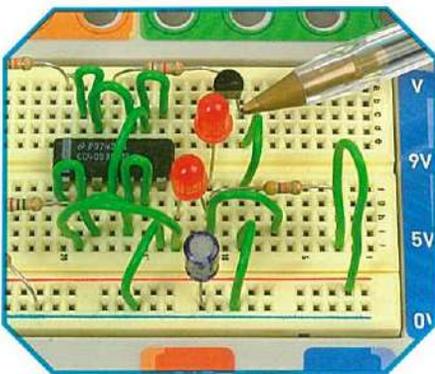
Quando si collega l'alimentazione del circuito, gli ingressi della porta U1A — terminali 1 e 2 del circuito integrato — sono a livello basso, e le resistenze R2 e R3 li mantengono a livello basso. Questa situazione dura piuttosto a lungo, perché la carica del condensatore è lenta, in quanto si produce tramite una resistenza da 47 K. Tramite il LED 1 non circola corrente, quindi non c'è attivazione fino a quando non viene superata la sua soglia di conduzione, do-



Dettaglio del collegamento della alimentazione.



Se si toglie un condensatore aumenta la frequenza del lampeggio.



Lampeggia solamente il LED 2.



Laboratorio con l'esperimento montato.

podiché la corrente che circola è minima, sufficiente per l'attivazione del circuito che origina il lampeggio, ma insufficiente a fare illuminare questo LED. Le porte dell'integrato si utilizzano come invertitori, dato che hanno i loro due ingressi uniti fra loro, quindi invertendo un segnale un numero pari di volte, il segnale rimarrà com'era; ma con un certo ritardo che si accumula di porta in porta. Utilizzando una porta CMOS, il consumo è molto basso, dato che questo tipo di porte ha un'impedenza d'ingresso molto alta, invece la loro uscita può fornire corrente sufficiente a pilotare la base di un transistor e portarlo in conduzione.

## Montaggio

Il montaggio è simile agli altri già realizzati, anche se il cablaggio si complica maggiormente e bisogna avere maggior attenzione alla polarità dei LED, a quella dei condensatori elettrolitici e al posizionamento del transistor.

## Alimentazione

Il circuito ha un consumo molto ridotto, che si avvicina a malapena a  $40 \mu\text{A}$ . Il circuito integrato si alimenta tramite una resistenza da 47 K, questo è possibile grazie al suo basso consumo. Il diodo LED 2 non ha resistenza di limitazione, in quanto l'energia che deve dissipare è limitata dall'energia accumulata nel condensatore. Se si desidera un lampeggio più luminoso è sufficiente aumentare la capacità del condensatore C1, o diminuire il valore di R1.

## Modifiche

Se riduciamo il valore del condensatore, togliendone uno e lasciando solamente l'altro da  $10 \mu\text{F}$  collegato in parallelo, diminuisce l'energia del lampeggio, anche se a prima vista è difficile notare questo cambiamento, però la carica sarà più veloce, quindi aumenterà la frequenza del lampeggio stesso.

### LISTA DEI COMPONENTI

Circuito di base	
U1	Circuito integrato 4093
R1, R4	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R2, R3	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R5	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1, C2	Condensatore $10 \mu\text{F}$ elettrolitico
Q1	Transistor NPN BC547 o BC548
LED1, LED2	Diodo LED rosso



# Allarme da allagamento

**Q**uesto circuito è un esempio di applicazione dei circuiti bistabili. Quando il livello dell'acqua raggiunge gli elettrodi della sonda si illumina un LED e si memorizza questo stato di allarme.

## Funzionamento

Partiamo da un circuito per rilevare allagamenti e supponiamo che al momento di collegare l'alimentazione l'acqua non raggiunga il livello definito come allarme, ovvero che i due elettrodi siano in aria. Collegando l'alimentazione del circuito il LED rimane spento.

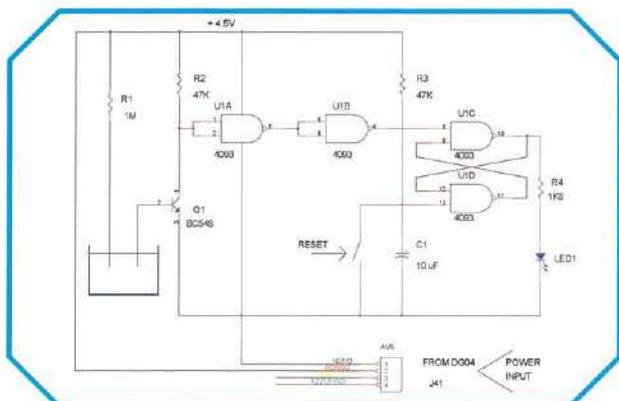
Quando il livello dell'acqua raggiunge gli elettrodi, il circuito si attiva e il LED 1 si illumina, rimanendo così anche se il livello dell'acqua scende, memorizzando quindi lo stato di allarme.

Per cancellare lo stato di allarme dobbiamo cortocircuitare il condensatore C1, realizzando momentaneamente il collegamento di RESET. Potremmo anche cancellare l'allarme scollegando l'alimentazione, ma in questo caso, dovremo verificare che il condensatore C1 si scarichi.

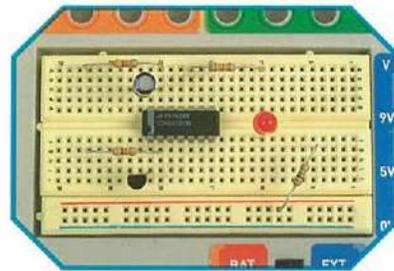
## Lo schema

Il circuito può risultare già visto, però bisogna fare ben attenzione alle variazioni. All'ingresso utilizziamo un transistor, che è un componente più robusto di una porta, e quindi, ci potrà aiutare a evitare falsi allarmi.

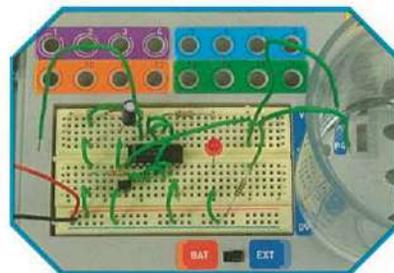
Supponiamo che il circuito sia alimentato e il LED 1 spento. All'ingresso della porta U1A,



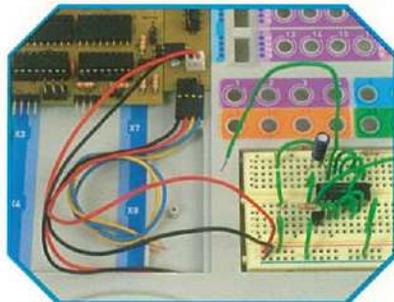
Schema elettrico del circuito di allarme da allagamento.



Componenti inseriti sulla Bread Board.



Cablaggio dei collegamenti e del sensore.

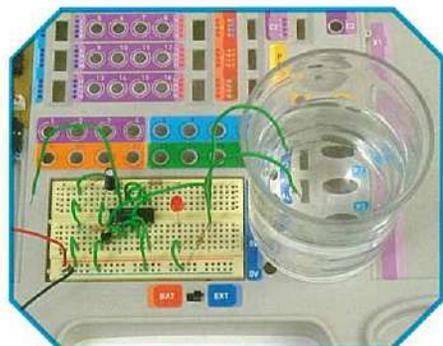


Alimentazione tramite J41 di DG04, utilizzando il cavetto di un connettore.

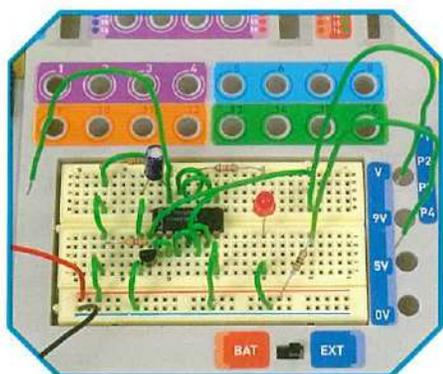
che è collegata per funzionare come una porta invertente, abbiamo un 1 logico; sulla sua uscita uno 0 che arriva a un'altra porta invertente, U1B, la cui uscita è a 1 e viene applicata all'ingresso di SET del bistabile, quindi quest'ultimo non cambia stato. L'altro terminale del bistabile, terminale 13 dell'integrato, è anch'esso a 1. Quando il livello dell'acqua raggiunge gli elettrodi si stabilisce una corrente di base sul transistor Q1.

Questa corrente è possibile grazie ai sali che sono disciolti nell'acqua, anche se in piccola percentuale.

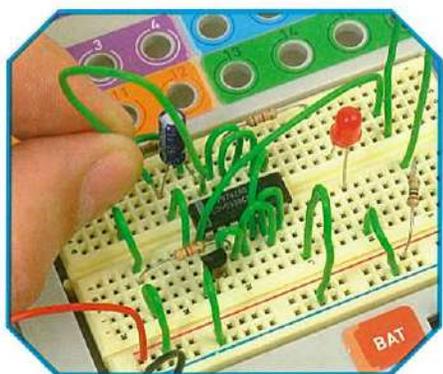
Quando la corrente che il transistor conduce è sufficiente a provocare una caduta di tensione sulla resistenza R2 tale che il livello di ingresso della porta sia interpretato come uno



*Se il livello sale il LED si illumina.*



*Anche se si toglie il sensore l'allarme rimane memorizzato.*



*Il RESET si esegue toccando il terminale del condensatore con un filo.*



*Laboratorio con l'esperimento.*

0, l'uscita della porta passa a 1, quindi l'ingresso del Flip-Flop, terminale 8 dell'integrato, sarà anch'esso uno 0; l'uscita del Flip-Flop, terminale 10, passa a livello alto e fa illuminare il LED 1 che rimane in questo stato anche se il livello dell'acqua si abbassa e il livello logico dell'ingresso di U1A torna a 1.

## RESET

Per cancellare lo stato di allarme dopo che il livello dell'acqua è sceso, realizzeremo momentaneamente il collegamento di reset, dato che dobbiamo solamente scaricare il condensatore.

## Stato iniziale

Per assicurare che il LED rimanga spento al collegamento dell'alimentazione si utilizza una rete formata dal condensatore C1 e dalla resistenza R3. Questo assicura che, nel momento iniziale, ci sia un 1 sull'ingresso di RESET, terminale 13, e che quindi sull'uscita, terminale 10, ci sia uno 0.

## Montaggio

Il montaggio si deve realizzare seguendo lo schema e utilizzando le fotografie come aiuto. Bisogna fare particolare attenzione alla posizione e all'orientamento del circuito integrato, del transistor, del LED e del condensatore elettrolitico.

## Alimentazione

Il circuito si alimenta tramite il connettore J41 di DG04, quindi è necessario avere le pile nel portabatterie posizionato sotto la zona 1 del laboratorio, utilizzando il cavetto che termina con i fili sciolti e che, dall'altra parte, ha un connettore.

Quando il laboratorio sarà completo l'alimentazione si prenderà dalle molle 0 e 5 V.

### LISTA DEI COMPONENTI

Circuito di base	
U1	Circuito integrato 4093
R1	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R2, R3	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
Q1	Transistor NPN BC547 o BC548
LED1	Diodo LED rosso



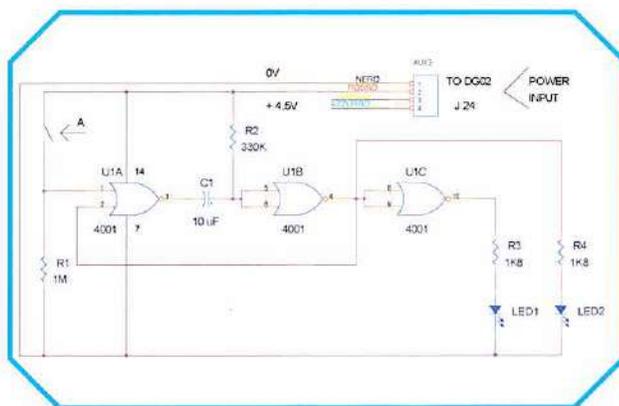
# Monostabili con porte NOR

*In questo esercizio si utilizza un circuito integrato con porte NOR per costruire un monostabile. Come tutti i monostabili, ha un ingresso di start che attiva il circuito per un certo periodo di tempo, trascorso il quale torna nello stato stabile o di riposo.*

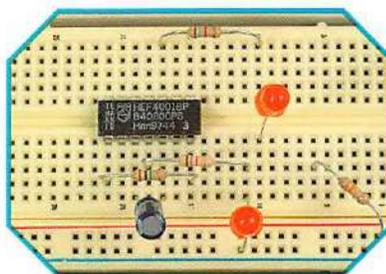
## Lo schema

Se osserviamo lo schema del circuito la prima cosa che notiamo, guardandolo da sinistra a destra, è il collegamento di start, rappresentato dalla lettera A, e una resistenza R1 di valore alto che mantiene un livello basso sull'ingresso 1 della porta U1A. Questa porta, insieme alla U1B, alla resistenza R2 e al condensatore C1, forma il monostabile. L'uscita del monostabile, che normalmente si identifica come Q, è sul terminale 4 del circuito integrato, e per completare il circuito utilizziamo un'altra porta dell'integrato con i suoi due ingressi uniti per formare un invertitore e poter disporre anche dell'uscita negata, ovvero /Q, sul terminale 10 del circuito integrato.

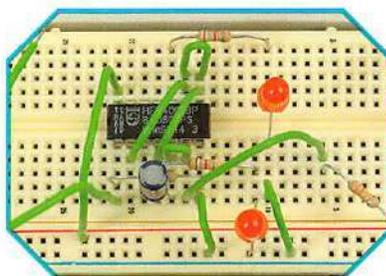
Su entrambe le uscite del circuito, terminali 4 e 10, sono collegati un diodo LED e la corrispondente resistenza di polarizzazione, rispettivamente R4 e R3, che ci permettono di verificare lo stato delle uscite del circuito. Dato che sono collegati tramite una porta invertente, si illuminerà solamente un LED alla volta, quindi quando uno è illuminato l'altro è spento.



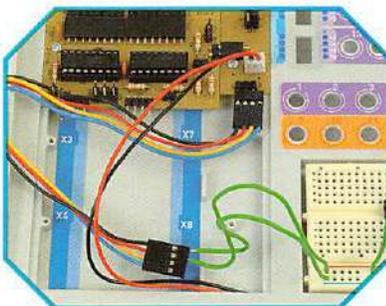
Monostabile con porte NOR.



Componenti montati sulla Bread Board.



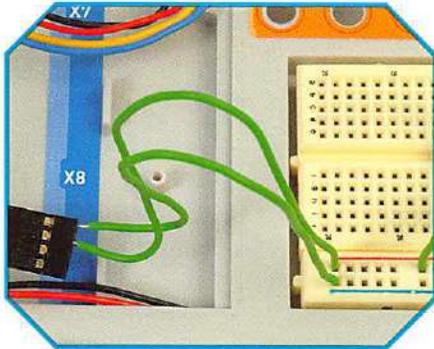
Montaggio dei fili di collegamento.



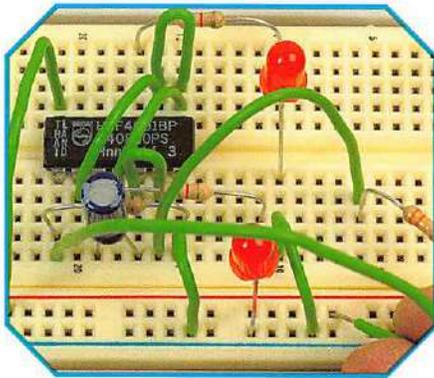
Collegamento dell'alimentazione sul connettore J41 utilizzando un cavetto a quattro fili.

## Montaggio

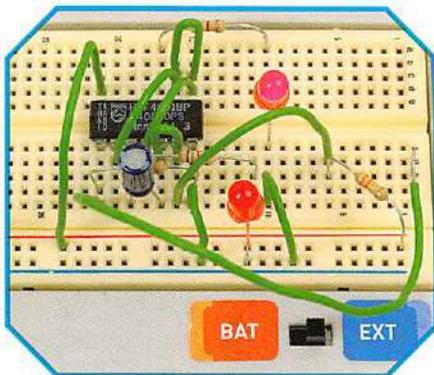
Il montaggio si deve realizzare seguendo lo schema, utilizzando le fotografie come aiuto e prendendo le abituali precauzioni. Si inserisce per primo il circuito integrato 4001, facendo attenzione al suo orientamento, e successivamente si inseriscono gli altri componenti e i fili di collegamento. Bisogna fare attenzione alla polarità del condensatore elettrolitico e a quella dei diodi LED.



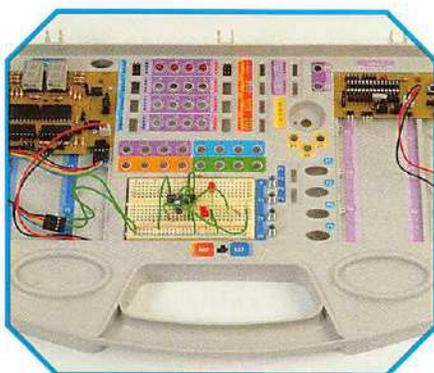
Collegamento della alimentazione alla scheda Bread Board.



Fili utilizzati per realizzare i collegamenti di attivazione.



Si può illuminare solamente un LED alla volta.



Vista del laboratorio con questo esercizio.

## Alimentazione

Il circuito si alimenta con le pile installate nel portabatterie della zona 1 utilizzando un cavetto di collegamento sul connettore J41 di DG04. Faremo in modo che il filo nero si colleghi al terminale 1, così avremo 0 V sul filo nero e 5 V su quello rosso. Quando il laboratorio sarà completo, il circuito si alimenterà con le molle 0 e 5 V.

## Stato di riposo

Quando si collega l'alimentazione del circuito, con il collegamento di start A aperto, il LED 1 è illuminato e il LED 2 spento. Il circuito deve rimanere in questo stato fino a quando si verifica l'attivazione del medesimo.

## Attivazione

L'attivazione o start si produce quando si chiude per un attimo il collegamento A, cosa che si può fare toccando con il filo l'altro capo del collegamento. Quando il laboratorio sarà completo utilizzeremo un pulsante. In questo istante cambia lo stato dei LED, ovvero il LED 1 si spegne e il LED 2 si illumina, la temporizzazione dura approssimativamente 5 secondi.

## Modifiche

Il tempo in cui il circuito rimane attivo è circa  $1,2 \times R2 \times C1$ . Questa è una formula molto approssimata, quindi la durata va verificata nella realtà. Il tempo si ottiene in secondi; se la capacità si esprime in microfarad, bisogna dividere per un milione.

È possibile incrementare il tempo incrementando i valori della resistenza o del condensatore e facendo il contrario per diminuirlo.

### LISTA DEI COMPONENTI

Circuito di base	
U1	Circuito integrato 4001
R1	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R2	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R3, R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
LED1, LED2	Diodo LED rosso



# Porta XOR

**L'**obiettivo di questo esercizio è ottenere una porta XOR, ovvero, OR-esclusiva, a partire da porte NAND. A questo scopo utilizzeremo il circuito integrato 4093, che contiene al suo interno quattro porte NAND.

## Porta XOR

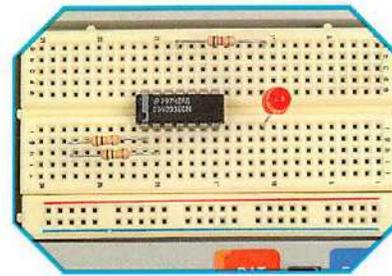
In una porta OR-esclusiva a due ingressi l'uscita è 1 quando uno dei due ingressi è 1 e l'altro 0. Invece, l'uscita è 0 quando entrambi hanno lo stesso valore

## Il circuito

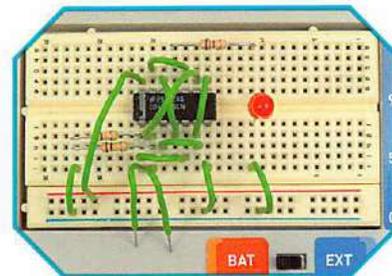
Se osserviamo lo schema vedremo che per ognuno dei due ingressi è previsto un collegamento al positivo, quando si chiude questo collegamento all'ingresso si applica un 1, e quando rimane aperto le resistenze R1 o R2 mantengono uno 0 all'ingresso corrispondente.

Il LED montato sull'uscita si illumina quando lo stato dell'uscita è a un livello alto e si spegne se è a un livello basso. Quando i due collegamenti A e B sono aperti il LED rimarrà spento, ugualmente quando entrambi sono a 1, però se uno di essi è a 0 e l'altro è a 1 il LED si deve illuminare.

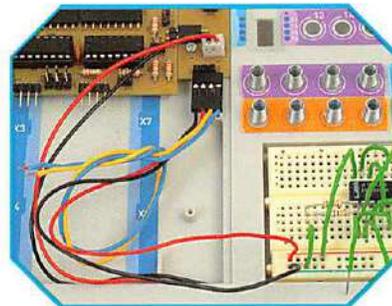
Se i collegamenti A e B sono aperti, sui due ingressi della porta U1A avremo uno 0, e le porte U1B e U1C avranno uno dei loro ingressi a 0, mentre l'altro ingresso sarà collegato all'uscita di U1A che è a 1, quindi anche l'uscita di



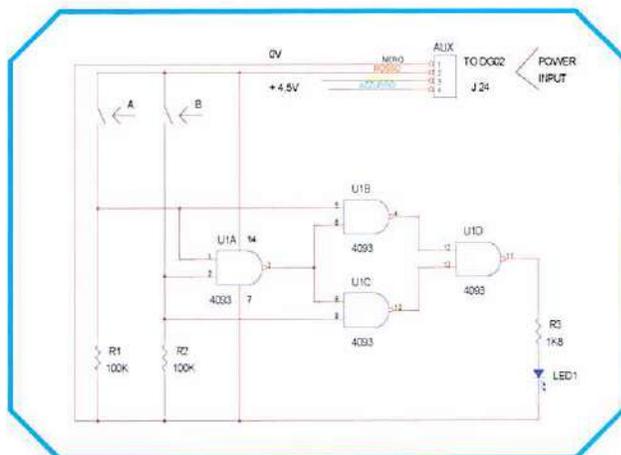
Componenti sulla scheda Bread Board.



Montaggio dei fili di collegamento.



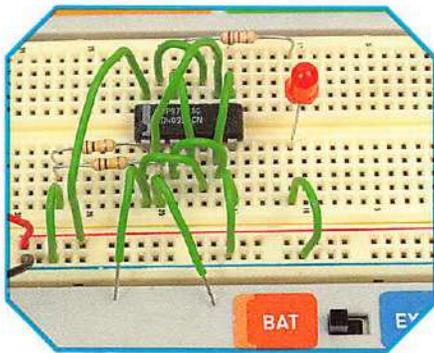
Collegamento dell'alimentazione sul connettore J41 utilizzando un cavetto a quattro fili.



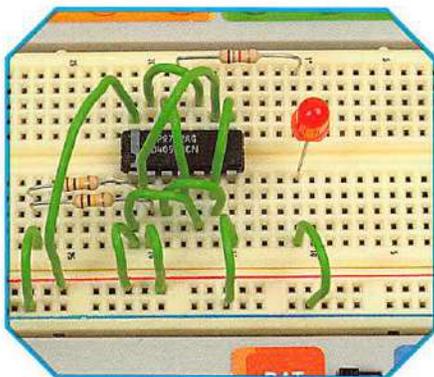
Porta XOR.

queste due porte (U1B e U1C) sarà a valore 1. Le uscite di queste porte sono collegate a ognuno degli ingressi della porta U1D, la cui uscita è anche l'uscita del circuito che sarà anch'essa a 0.

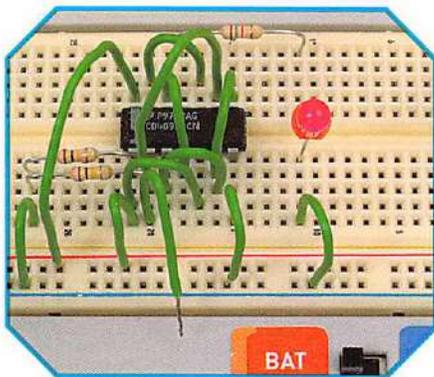
Quando si chiude uno solo dei collegamenti A o B si applica un 1 alle porte U1A e U1B, oppure su U1A e U1C, quindi all'ingresso di U1D si applicano valori differenti e quindi l'uscita passa a valore 1, illuminando il LED. Se si realizzano contemporaneamente i collegamenti A e B, la porta U1A avrà la sua uscita a 0, mentre U1B e U1C avranno la loro uscita a



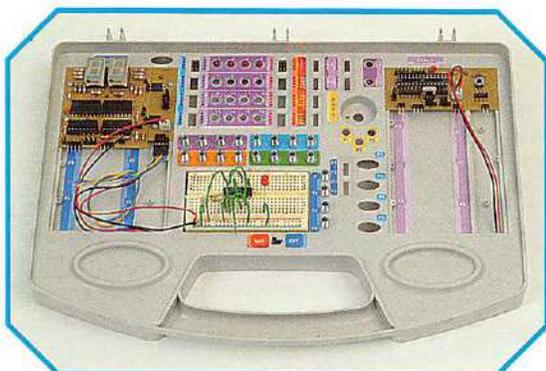
Con i collegamenti A e B aperti il LED è spento.



Chiudendo i collegamenti A e B il LED continua a essere spento.



Collegando solamente A o solamente B si illumina il LED.



Vista del laboratorio con questo esercizio.

1, quindi la porta U1D avrà i suoi ingressi a 0 e il LED si spegnerà.

## Montaggio

Il montaggio si deve realizzare seguendo lo schema, utilizzando le fotografie come aiuto e prendendo le abituali precauzioni.

Inseriremo per primo il circuito integrato 4093, rispettando il suo orientamento, poi gli altri componenti e i fili di collegamento. Le connessioni A e B si realizzano con del filo, più avanti potremo ripetere l'esperimento quando avremo disponibili i pulsanti del laboratorio.

## Alimentazione

Il circuito si alimenta con le pile inserite nel portabatterie della zona 1. È necessario solamente montare queste tre pile, utilizzando un cavetto di collegamento sul connettore J41 di DG04. Il filo nero si collega al terminale 1, in questo modo avremo 0 V sul filo nero e 5 V sul filo rosso. Quando il laboratorio sarà completo il circuito si alimenterà tramite le molle 0 e 5 V. Potrà anche essere alimentato a 9 V.

## Modifiche

Questo circuito è molto elementare e quindi non ha bisogno di nessuna modifica, il valore delle resistenze R1 e R2, denominate anche resistenze di pull-down, deve essere elevato, per evitare il consumo della batteria quando i contatti A e B sono chiusi.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED1	Diodo LED rosso



# Porta NOR a 4 ingressi

**L'**obiettivo di questo esercizio è ottenere delle porte logiche che rappresentino una funzione partendo da altre porte più elementari che rappresentano un'altra funzione.

Vedremo due circuiti, nel primo di questi si ottiene una porta NOR a 4 ingressi e nel secondo una porta NOR a 2 ingressi.

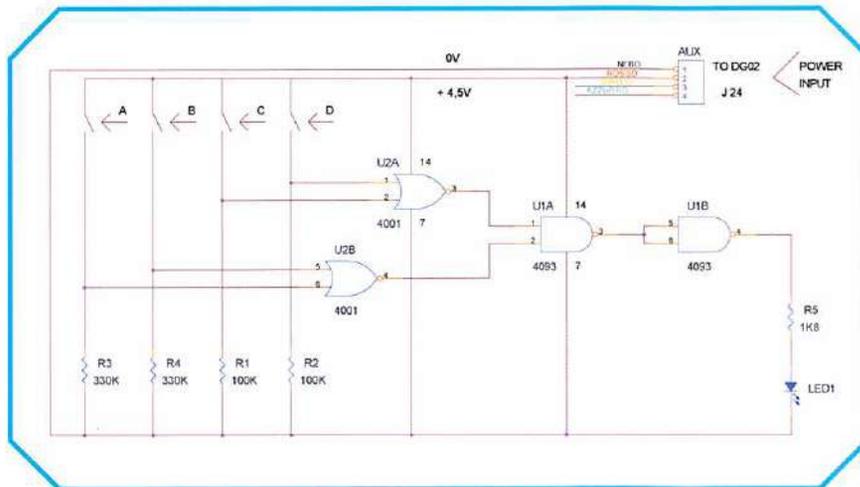
## Porta NOR a 4 ingressi

Osservando lo schema vediamo che sono utilizzate 2 porte NOR a 2 ingressi e 2 porte NAND a 2 ingressi; l'ultima, la U1B, si utilizza come porta invertente. Se ciò che desideriamo è ottenere una porta OR a 4 ingressi, è sufficiente prendere l'uscita sul terminale 3 del circuito integrato 4093, ovvero U1A.

L'altra parte del circuito si utilizza per applicare un livello logico all'ingresso, ogni ingresso è collegato al negativo dell'alimentazione tramite una resistenza di valore elevato.

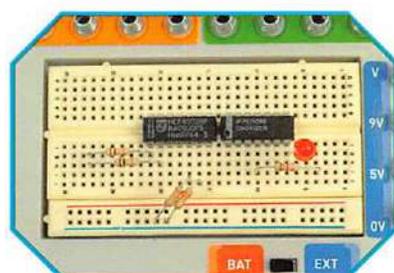
Quando i collegamenti rappresentati dagli interruttori A, B, C e D sono aperti, ovvero non c'è collegamento, le resistenze da R1 a R4 mantengono un livello 0 sugli ingressi. Se uno degli interruttori si chiude, l'ingresso corrispondente passa a 1, dato che si collega direttamente al positivo dell'alimentazione; il consumo è ridotto, dato che le resistenze da R1 a R4 sono di valore elevato.

Ricordiamo la struttura della tabella della verità di una porta NOR a 4 ingressi: possiamo vedere che l'uscita (S) è 1 solamente quando tutti gli ingressi sono a 0.

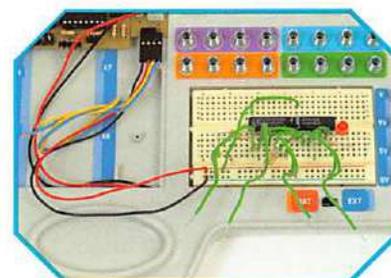


Porta NOR a 4 ingressi				
A	B	C	D	S
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

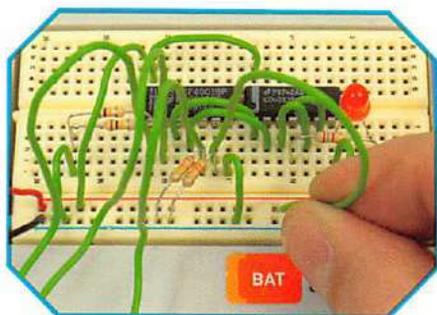
Porta NOR a quattro ingressi.



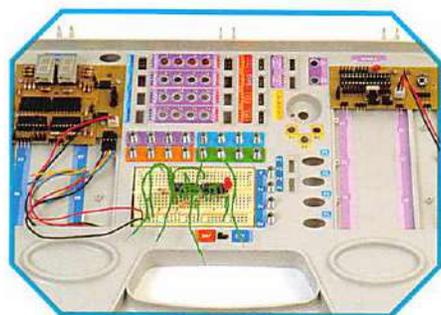
Componenti utilizzati nella porta NOR a quattro ingressi.



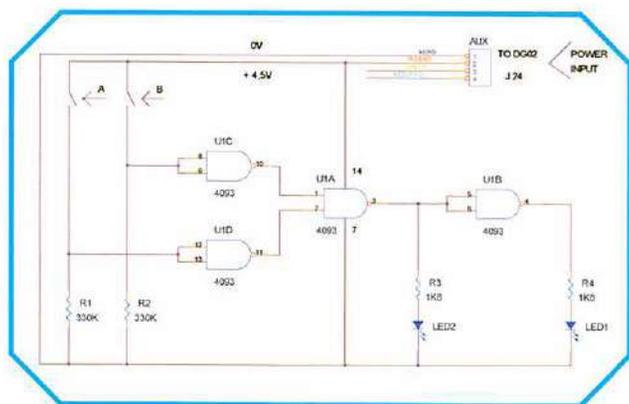
Montaggio dei fili di collegamento compresa l'alimentazione.



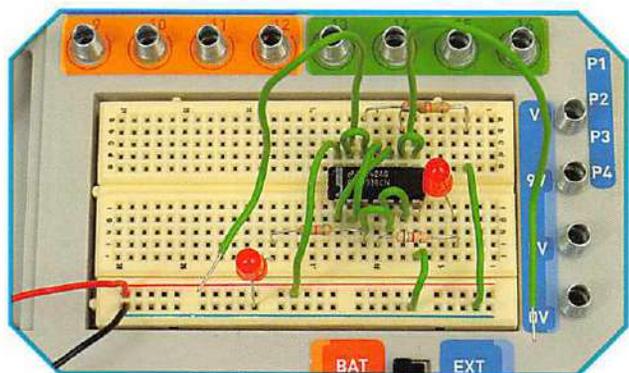
Realizzando uno qualsiasi dei quattro collegamenti, A, B, C o D, il LED si spegnerà.



Porta NOR a 4 ingressi.



Porta NOR partendo da porte NAND.



Porta NOR a 2 ingressi.

## Montaggio

Il montaggio non è molto complicato e si esegue nel modo abituale, seguendo lo schema. Entrambi gli integrati devono essere ben collocati, realizzeremo i collegamenti A, B, C e D con i fili; quando avremo a disposizione i quattro pulsanti li potremo utilizzare per questa funzione.

## Alimentazione

Questo circuito si può alimentare indistintamente a 4,5- 5 o 9 V. Per il momento, con il materiale fornito finora, lo possiamo alimentare con le pile inserite nel portabatterie della zona 1, utilizzando un cavetto di collegamento sul connettore J41 di DG04, e facendo attenzione che il cavo nero sia collegato al terminale 1, corrispondente a 0 V, e il cavo rosso al 5 V. quando il laboratorio sarà completato, il circuito verrà alimentato dalle molle 0 e 5 V.

## Porta NOR a due ingressi

Il secondo circuito mostra come costruire una porta NOR a due ingressi utilizzando porte NAND a due ingressi, la funzione NOR corrisponde al LED 1, mentre la funzione OR corrisponde al LED 2. Il montaggio è piuttosto semplice e si alimenta allo stesso modo del circuito precedente.

### LISTA DEI COMPONENTI

Circuito NOR a 4 ingressi

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 4001
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3, R4	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R5	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED1	Diodo LED rosso

Circuito NOR a 2 ingressi

U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R3, R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED1, LED2	Diodo LED rosso



# Porta AND a 3 ingressi

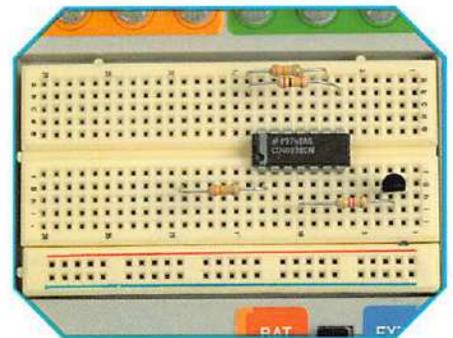
Con questo esercizio verificheremo come si ottiene una porta AND a tre ingressi a partire da quattro porte NAND a due ingressi. Vedremo anche come utilizzare un transistor per aumentare la corrente di uscita.

## Il circuito

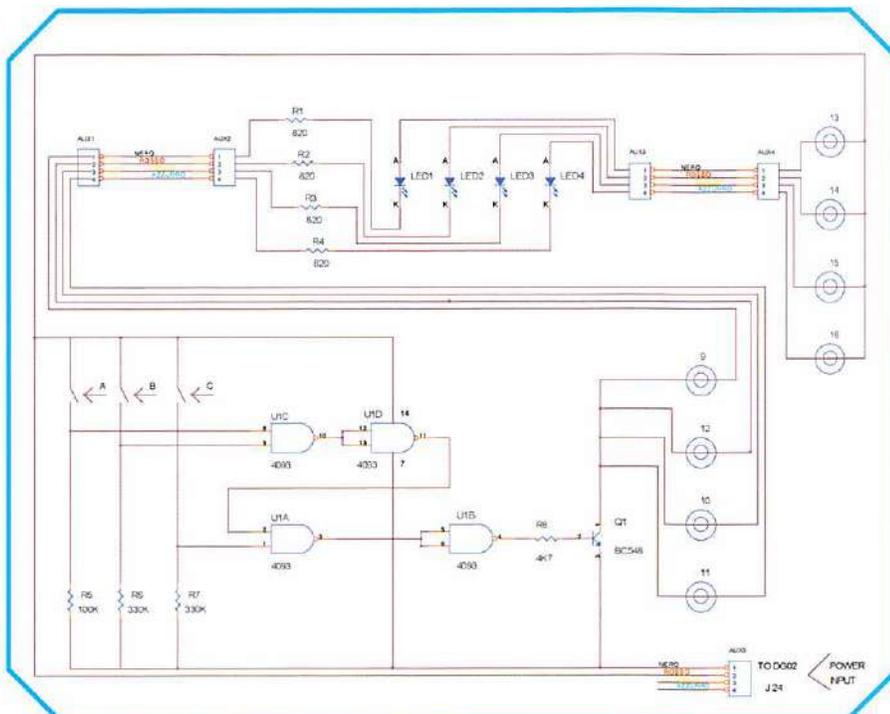
Lo schema del circuito sembra complicato dato che sono rappresentati i cavetti di collegamento, i quattro LED e le resistenze da R1 a R4 del circuito DG11 montato sul laboratorio. I LED sono collegati in parallelo uniti nel seguente modo: gli anodi sono collegati direttamente tra di loro e i catodi lo sono dopo le resistenze di limitazione di corrente.

I quattro LED si collegano sul circuito di collettore di un transistor NPN, il quale conduce quando sulla sua base si inietta una corrente sufficiente; in questo caso si utilizza una resistenza di base R8 da 4K7.

È necessario ricordare che non è molto conveniente caricare troppo l'uscita di una porta logica, dato che la corrente che può fornire è



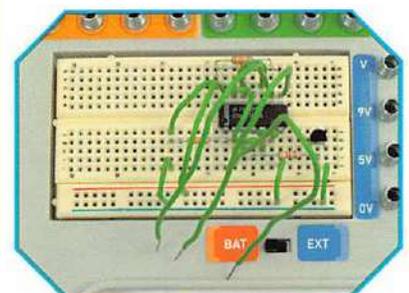
Componenti utilizzati nella porta AND a tre ingressi.



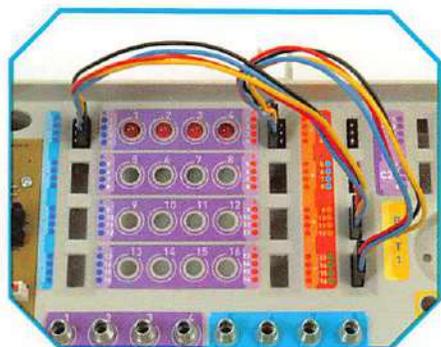
Porta AND a tre ingressi.

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

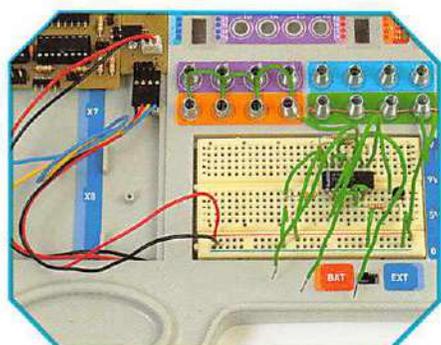
Tabella della verità della porta AND a 3 ingressi.



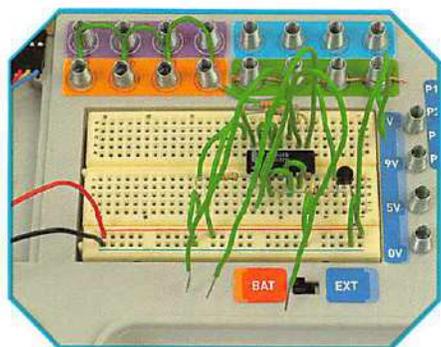
Installazione dei cavi sulla scheda.



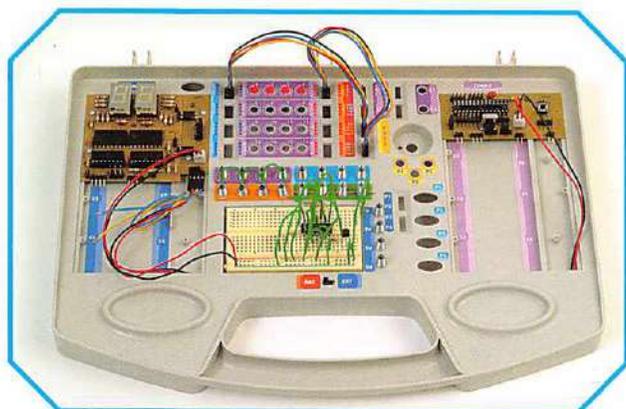
*Cablaggio dei LED utilizzando i cavetti.*



*Cablaggio delle molle e dell'alimentazione.*



*Dettaglio dei collegamenti aperti della porta AND.*



*Con i tre ingressi a 1 si illuminano tutti i LED.*

ridotta. In questo caso si utilizza un transistor come amplificatore di corrente per poter illuminare contemporaneamente i quattro LED, cosa che succede quando l'uscita è a livello alto. L'uscita segue la tabella della verità della porta AND a tre ingressi.

Per quanto riguarda le porte logiche, basta applicare il livello 1 o 0 a ognuno degli ingressi, e verificare come cambiano i segnali attraverso le diverse porte, fino ad arrivare alla fine. Questo procedimento è un poco laborioso ma non presenta alcuna difficoltà. Ad esempio, se applichiamo un 1 ai terminali 8 e 9 ingressi di U1C, all'uscita terminale 10, avremo un livello 0, quindi sul terminale 11 avremo un 1, che si applica al terminale 2 di U1A; se applichiamo un 1 all'altro ingresso, l'uscita di questa porta sarà 0, quindi sul terminale 4 avremo un 1.

## Montaggio

Questo montaggio è piuttosto semplice, dato che si semplifica utilizzando i cavetti di collegamento. L'alimentazione si realizza utilizzando un cavetto nel modo abituale, anche se, quando saranno pronte, utilizzeremo le molle 0 e 5 V al posto di questo cavetto.

## Prova

La prova del circuito si può eseguire utilizzando le tre connessioni A, B e C per formare tutte le combinazioni possibili della tabella della verità di una porta AND. Possiamo verificare che i LED si illuminano solamente quando i tre ingressi A, B e C sono a livello logico alto, ovvero quando i tre fili sono collegati.

## Altro esperimento

Eseguiamo ora un nuovo esperimento, a questo scopo dobbiamo scollegare la resistenza R8 dal terminale 4 dell'integrato e collegarla al terminale 3, in modo da ottenere la funzione inversa, ovvero una NAND da tre ingressi. In questo caso il LED si spegne solamente quando i tre ingressi sono a livello alto, per qualsiasi altra combinazione i LED si illuminano.



# Porte NOR e OR con diodi

*In questo esercizio si ottiene una funzione OR e una NOR a quattro ingressi utilizzando una porta NOR con due soli ingressi e quattro diodi; si utilizza un'altra porta per ottenere la funzione inversa.*

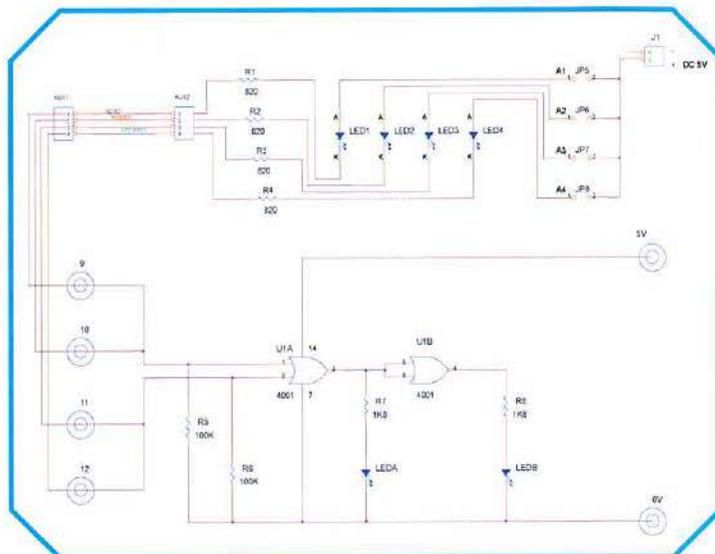
## Il circuito

Lo schema del circuito risulta piuttosto grande, perché sono rappresentati i componenti del circuito stampato DG11, che si possono vedere raggruppati nella parte superiore dello schema. I diodi LED si utilizzano come semplici diodi e compiono la loro funzione, anche se non si illuminano in quanto non si supera un livello minimo di corrente. I quattro ingressi della porta sono rappresentati dai ponticelli da inserire JP5, JP6, JP7 e JP8. L'uscita della porta NOR è sul terminale 3 del

circuito integrato 4001, lo stato di questa uscita si verifica con l'accensione del diodo LED A, il terminale 4 dell'integrato ci fornisce un'uscita invertita, ovvero, la funzione OR, ed è visualizzato dal LED B.

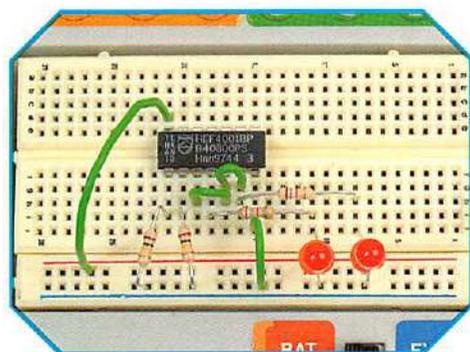
Le resistenze R5 e R6 fanno in modo che gli ingressi della porta U1A rimangano a livello basso quando non ci sono ingressi attivati.

Le resistenze da R1 a R4 corrispondono al circuito stampato DG11 e non sono visibili, le resistenze R7 e R8 limitano la corrente che circola sui diodi LED A e LED B.

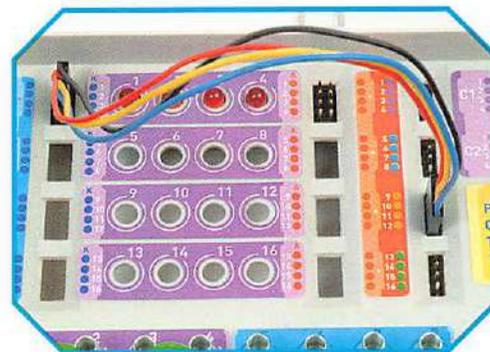


*Porte NOR e OR a quattro ingressi con diodi.*

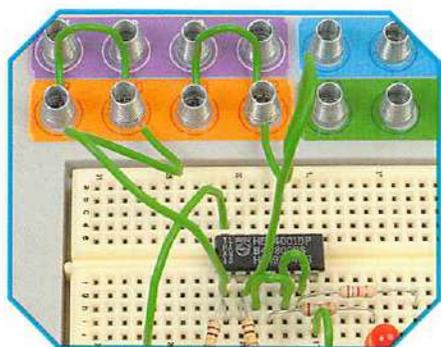
A	B	C	D	NOR	OR
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1



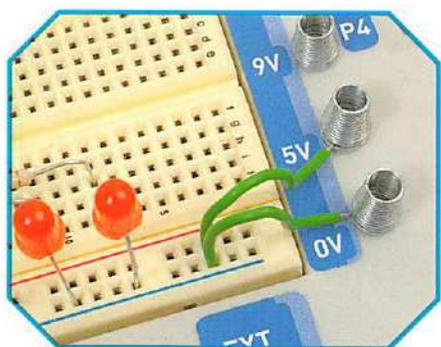
*Scheda Bread Board con i componenti e i cavi interni.*



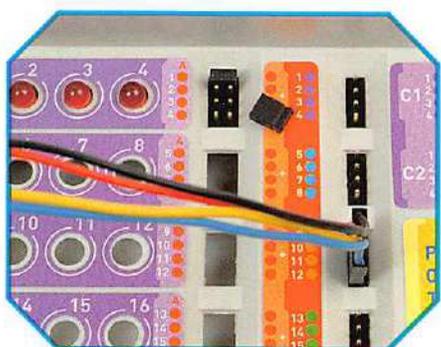
*Le connessioni dei catodi si eseguono con un cavetto.*



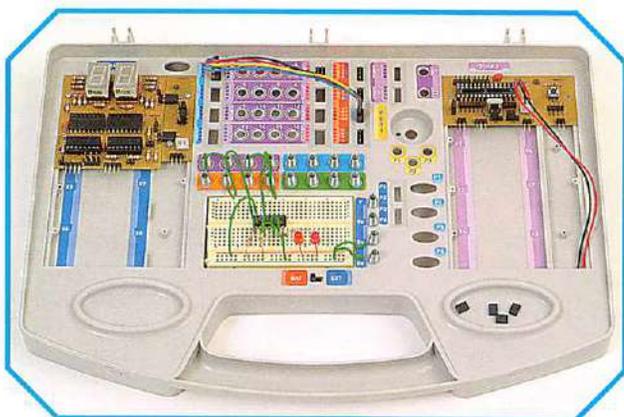
*Cablaggio delle molle.*



*L'alimentazione si prende già dalle molle 0 V e 5 V.*



*Collegando uno solo dei ponticelli si illumina un LED B.*



*Con i quattro ponticelli non collegati si illumina il LED A.*

## Montaggio

Il montaggio è veramente semplice poiché utilizza la scheda DG12, che è già alimentata e, quindi, alimenta la DG11, inoltre i collegamenti dell'alimentazione sono semplificati in quanto si dispone già dell'alimentazione sulle molle 0 V e 5 V. Come al solito, per prima cosa monteremo i componenti sulla scheda Bread Board, che sono il circuito integrato 4001, due LED e le quattro resistenze da R5 a R8. Dopodiché realizzeremo il cablaggio interno su questa scheda e i collegamenti alle molle 9, 10, 11 e 12, poi collegheremo l'alimentazione per la quale sono sufficienti due fili, uno alla molla 0 V per il negativo, e l'altro alla 5 V per il positivo dell'alimentazione. Con un cavetto di collegamento terminato su due connettori a quattro vie si unisce il collegamento dei catodi dei LED da LD1 a LD4 con i collegamenti da 9 a 16 della scheda DG12, che sono internamente collegati alle molle con lo stesso numero.

## Prova

La prova del circuito si realizza nel seguente modo: ogni ingresso rimane a livello basso fino a quando non si inserisce un ponticello su JP5, JP6, JP7 o JP8; questi ponticelli sono collegati da un lato all'anodo di ogni LED, e dall'altro direttamente al positivo dell'alimentazione, che la scheda DG11 riceve tramite J1 collegato alla scheda DG12.

Per iniziare la prova è necessario verificare che tutto il lavoro sia stato svolto correttamente, controllando che il circuito integrato sia quello giusto e che sia ben inserito, e facendo attenzione alla polarità dei LED (il terminale più lungo corrisponde all'anodo). Per collegare l'alimentazione al laboratorio, il commutatore deve essere nella posizione BAT; quando non c'è nessun ponticello inserito, tutti gli ingressi sono a zero, l'uscita del circuito (terminale 3 dell'integrato) è 1 e si illumina il LED A, mentre il LED B è spento. Se solamente uno dei

ponticelli è collegato, il LED A si spegne e si illumina il LED B, a questo punto possiamo verificare tutte le possibili combinazioni contenute nella tabella.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4001
R5, R6	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R7, R8	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED A, LED B	Diodo LED rosso



# Bistabile con transistor

**In questo esercizio faremo delle prove con un circuito bistabile costruito con componenti discreti, come possiamo vedere dallo schema non è necessario utilizzare alcun circuito integrato.**

## Il circuito

Lo schema è quello del circuito tipico che si trova sui libri, con un numero minimo di componenti, totalmente simmetrico, con un ingresso di RESET identificato con il collegamento A, e un collegamento di SET indicato con B. L'uscita del circuito è, quindi, quella che corrisponde al LED B, mentre l'altra uscita è quella negata rispetto alla precedente e utilizza il LED A come visualizzatore.

Questo circuito memorizza l'impulso, che è uno dei modi possibili di memorizzare lo stato di un circuito. Le resistenze R1 e R2, entrambe da 1K8, limitano la corrente che circola sui diodi LED A e LED B.

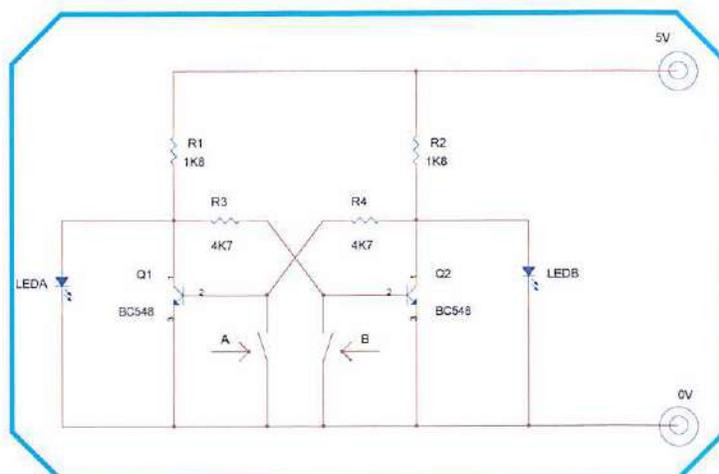
## Funzionamento

Quando si collega il circuito, normalmente uno dei due LED si illumina. Uno dei transistor è in interdizione e l'altro in saturazione. Supponiamo che il transistor Q2 sia in stato di interdizione, ovvero, non conduca: in questa situazione la resistenza R2 può polarizzare il LED B e questo si illumina, mentre la resistenza R4, che è di un valore piuttosto basso per essere una resistenza di base, satura il transistor Q1, il quale assorbe la corrente che circo-

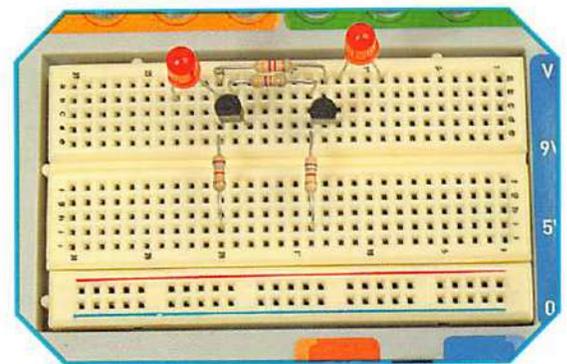
la sulla resistenza R1 e, quindi, la sua tensione del collettore emettitore è bassa e non permette al LED A di illuminarsi; d'altro canto, dato che la tensione di collettore di Q1 è bassa, non lascia passare sufficiente corrente attraverso R3 per polarizzare la base del transistor Q2, per cui questo rimane in stato di interdizione. Il circuito si può mantenere in questo stato fino a quando c'è alimentazione.

## Cambio di stato

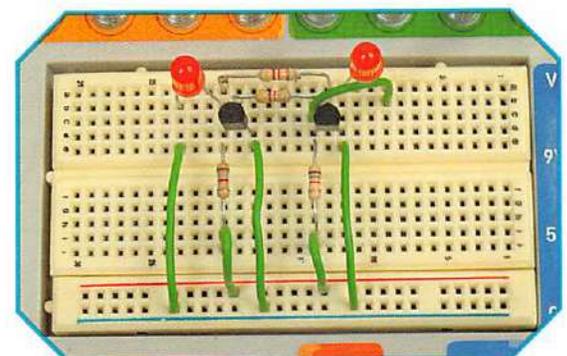
Se nella situazione precedente eseguiamo per un attimo, come se si trattasse di un pulsante, il collegamento B, il circuito non cambierà stato e il LED B rimarrà illuminato, tuttavia, se il collegamento che si realizza è quello A, si produce l'"inversione del circuito", quindi, grazie



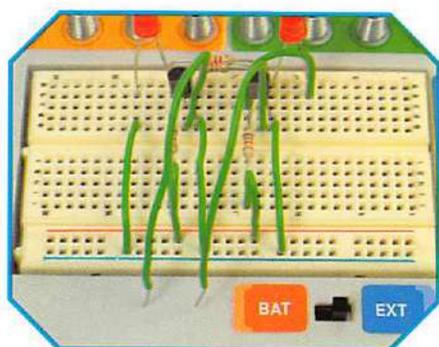
Bistabile con transistor.



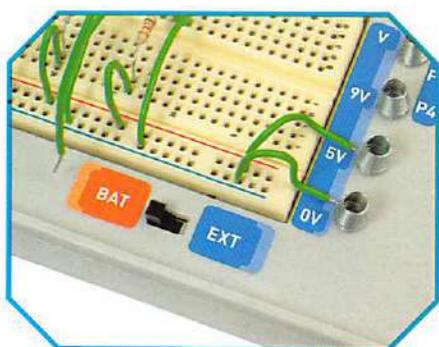
Scheda Bread Board con i componenti.



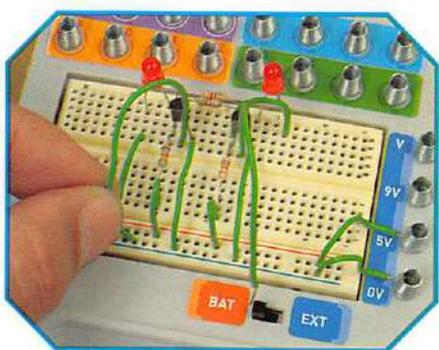
Cablaggio interno della scheda.



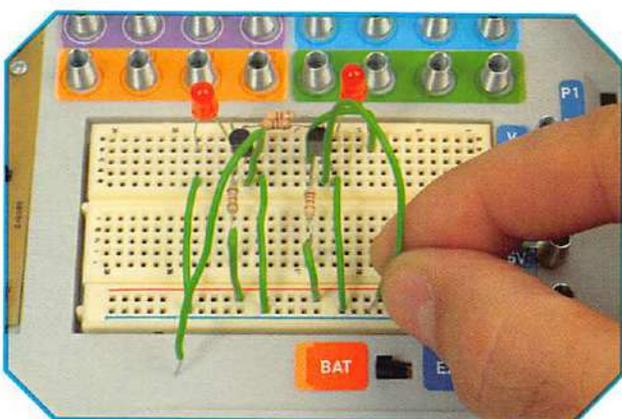
*I collegamenti A e B si realizzano con dei fili.*



*L'alimentazione si prende dalle molle 0 V e 5 V.*



*Collegamento provvisorio di A con B scollegato.*



*Collegamento provvisorio di B con A scollegato.*

a questo collegamento, il transistor Q1 passa immediatamente nello stato di interdizione, il LED A si illumina, circola una corrente relativamente elevata sulla resistenza R3 che satura rapidamente il transistor Q2 e si spegne il LED B, impedendo inoltre che su R4 circoli sufficiente corrente per polarizzare la base del transistor Q1, in modo che questo rimanga in stato di interdizione per un tempo indefinito.

## Montaggio

La realizzazione pratica di questo esperimento non è molto complicata, dato il ridotto numero di componenti utilizzato. Dobbiamo fare molta attenzione alla distribuzione dei terminali dei transistor e alla polarità dei LED; i collegamenti A e B si eseguono facendo un contatto momentaneo con il filo, quando il laboratorio sarà completo utilizzeremo i suoi pulsanti.

## Alimentazione

I collegamenti dell'alimentazione si prendono direttamente dalle molle 0 V e 5 V. Per fare in modo che il circuito riceva alimentazione bisogna inserire le tre pile nel portabatterie situato sotto la zona 1, e il commutatore si deve trovare nella posizione BAT.

## Prova

Dobbiamo verificare tutti i collegamenti prima di passare il commutatore nella posizione BAT. Il circuito deve funzionare appena colleghiamo l'alimentazione facendo illuminare uno dei LED, in caso contrario scollegheremo l'alimentazione e rivedremo il tutto.

Un modo molto semplice di verificare la polarità dei LED è quello di togliere i transistor: in questo caso i due LED si devono illuminare e, se ciò avviene, si scollega nuovamente l'alimentazione e si riposizionano i transistor al loro posto facendo molta attenzione a non commettere errori.

### LISTA DEI COMPONENTI

Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R1, R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3, R4	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
LED 1, LED 2,	Diodo LED rosso



# Semisommatore

**In questo esercizio faremo delle prove con un circuito matematico, il semisommatore. Questo circuito si utilizza per ottenere la funzione somma, inoltre indica se c'è o meno il riporto.**

## Il semisommatore

Questo circuito dispone di due terminali di uscita, uno per la somma e l'altro per il riporto. Non ha ingresso di riporto per somme precedenti, quindi non è un sommatore completo o "full adder", è solamente un semisommatore, ovvero un "half adder".

## Il circuito

Seguendo lo schema del circuito si può ottenere la tabella della verità dello stesso, la funzione somma si ottiene sull'uscita della porta U1B, che corrisponde al terminale 4 del circuito integrato U1.

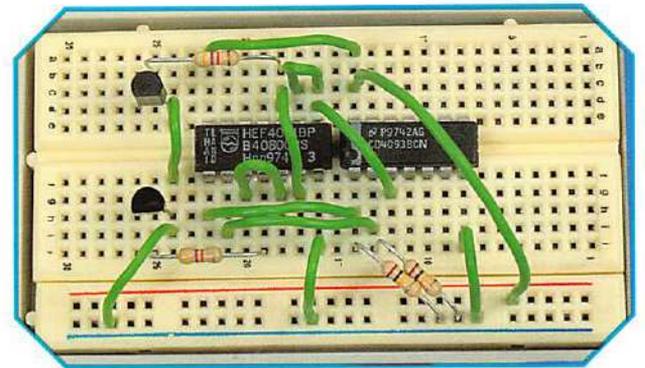
Gli ingressi sono rappresentati dai contatti A e B, quando questi contatti sono aperti abbiamo 0 sull'ingresso, in quanto il livello basso è mantenuto dalle resistenze di "pull down"; quando i contatti sono chiusi, invece, sugli ingressi abbiamo il valore 1.

Sull'uscita della porta U1C si ottiene il bit di riporto della somma, che è 1 quando i due ingressi sono a 1.

Bisogna evitare di confondere questa funzione matematica con la funzione logica OR, anche se sono molto simili.

La differenza consiste nel fatto che quando i due ingressi sono a 1 l'uscita della porta OR è 1, mentre nel sommatore l'uscita è 0 e il bit di riporto è 1, che andrebbe a sommarsi al sommatore del bit successivo, quindi dovrebbe necessariamente essere un sommatore completo.

*Schema elettrico del semisommatore.*

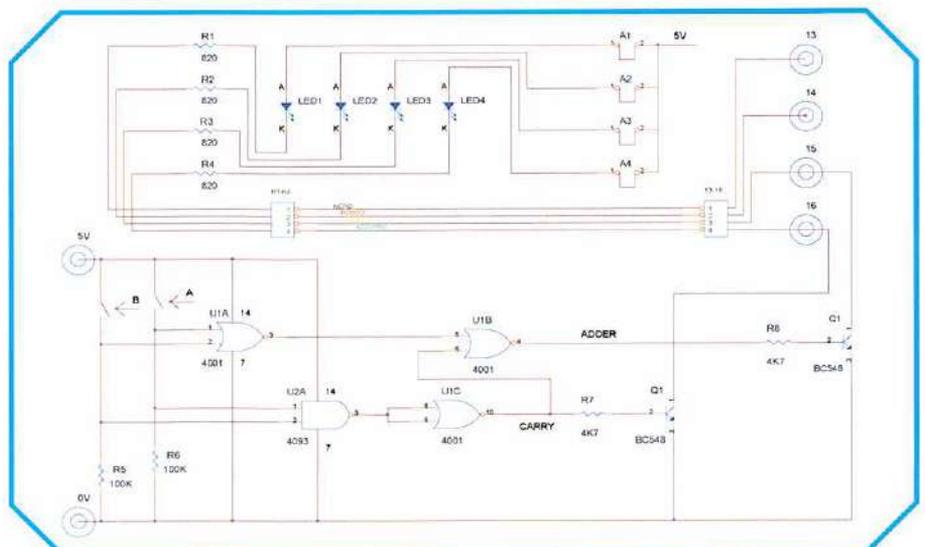


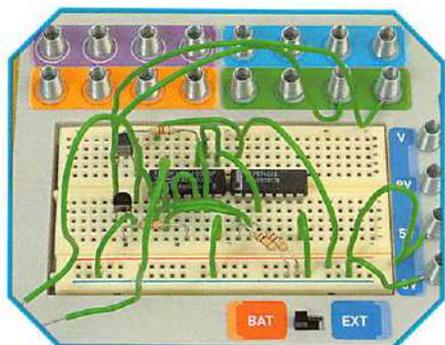
*Fili di collegamento installati.*

A	B	SOMMA (ADDER)	RIPORTO (CARRY)
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

## Funzionamento

Il funzionamento del circuito segue la tabella della verità del semisommatore. Ricordate che ci sono due uscite, e per poter visualizzare l'uscita del risultato della somma (adder) si utiliz-

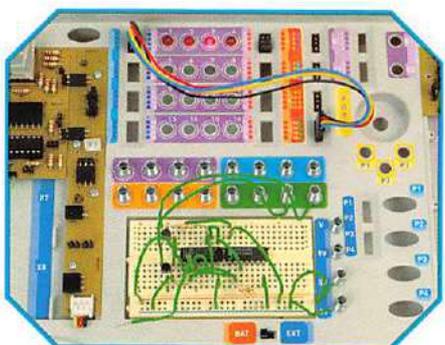




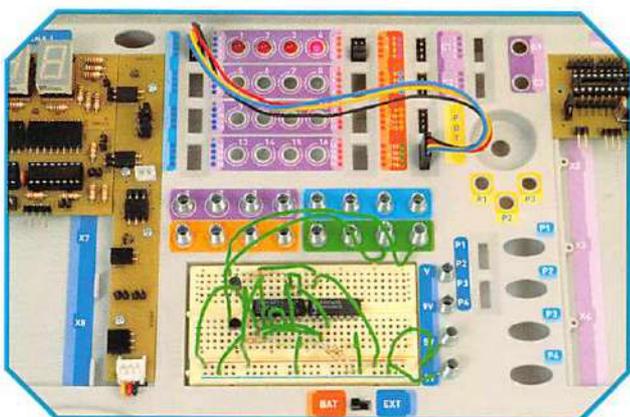
*I collegamenti A e B sono gli ingressi del circuito.*



*L'alimentazione si prende dalle molle 0 V e 5 V.*



*Collegamento fisso di A con B scollegato, la somma è 1 e il LED 3 si illumina.*



*Per fare in modo che ci sia riporto i due ingressi devono essere a 1.*

za il LED 3, che si illumina quando il risultato della somma è 1. Il LED 4 si utilizza per rilevare quando c'è riporto, ovvero quando il riporto è 1, in questo caso si illumina e questo succede quando i due ingressi sono posti a livello logico 1: quando i contatti A e B sono chiusi.

## Montaggio

In questo esperimento si utilizzano due circuiti integrati, che sono i primi componenti da inserire sulla scheda Bread Board. Di seguito inseriremo le resistenze e i transistor, dopodiché si realizzeranno i collegamenti interni della scheda e poi quelli che vanno alle molle 15, 16 e 0 V. Prima di collegare il 5 V è consigliabile rivedere tutto il lavoro svolto per essere certi di non aver commesso alcun errore.

Occorre collegare un cavetto, terminante su due connettori a quattro vie, tra i terminali 13-16 e i terminali dei primi quattro LED della matrice; monteremo anche i ponticelli su A3, A4 e il terminale che hanno a fianco, collegato internamente a 5 V, identificato solamente con il simbolo "+".

## Alimentazione

L'ultimo passo consiste nel collegare le molle di alimentazione da 5 V e verificare lo stato delle pile collegate al portabatterie situato sotto la zona 1, prima di passare il commutatore di alimentazione sulla posizione BAT.

## Prova

Utilizzare i collegamenti A e B per verificare che si compia la tabella della verità. Ad esempio, con A e B scollegati il risultato della somma è 0 e il bit di riporto è anch'esso a 0, quindi non si deve illuminare nessun LED. Se colleghiamo A e B si illuminerà il LED 4, indicando che il bit di riporto è a 1. Se colleghiamo solo A, o solo B, si illuminerà il LED 3, il quale rappresenta la somma, indicando che è a 1, e il LED 4 rimane spento indicando, che il bit di riporto è a 0.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4001
U2	Circuito integrato 4093
Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R5, R6	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R7, R8	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)



# Il condensatore come memoria

**In questo esercizio faremo una prova con un circuito molto semplice. Quando si utilizzano delle porte ad alta impedenza di ingresso – che consumano quindi pochissima corrente – se c'è un condensatore collegato sull'ingresso, in mancanza di un circuito di scarica, esso può rimanere carico e memorizzare uno stato logico per molto tempo.**

## Il circuito

Se osserviamo lo schema ci risulterà molto conosciuto. Abbiamo un circuito integrato 4093, di cui utilizziamo tre porte i cui ingressi sono collegati tra loro in modo che funzionino come porte invertenti. Tra l'uscita della porta U2A e l'ingresso della porta U2C vi è un piccolo circuito formato da due resistenze, R6, R7, il LED A, e un condensatore C1. Questo circuito è l'oggetto dello studio di questa prova.

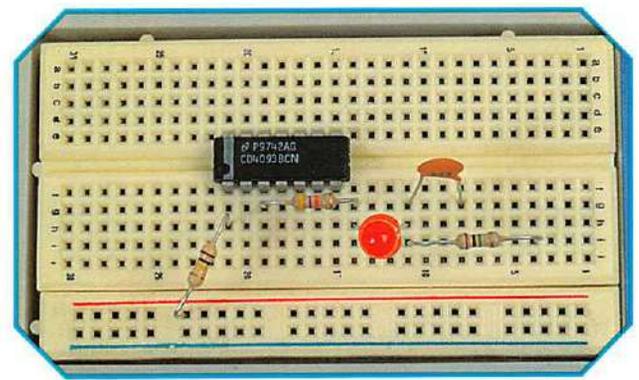
L'uscita della porta U2C, terminale 10 del circuito integrato, si collega al LED 4, e questa stessa uscita, però invertita, si ottiene sull'uscita della porta U2D, terminale 11 dell'integrato, che utilizza come visualizzatore il LED 3.

## Montaggio

La realizzazione pratica di questo esperimento non comporta alcuna difficoltà, dato che basta montare bene i componenti e realizzare il cablaggio attentamente, rispettando la polarità del LED A. Non dobbiamo dimenticare di collegare i ponticelli tra i catodi dei LED 3 e LED 4, e il negativo dell'alimentazione, ovvero i terminali che si trovano a fianco, dato che senza questi ponticelli i LED non si potrebbero illuminare.

## Alimentazione

Dopo aver verificato che il montaggio sia stato eseguito correttamente si collega l'alimentazione, prendendo il negativo dalla molla 0 V, mentre il positivo si può collegare a 5 o 9 V, dato che il 4093 può lavorare perfettamente a entrambe le tensioni. Se si utiliz-

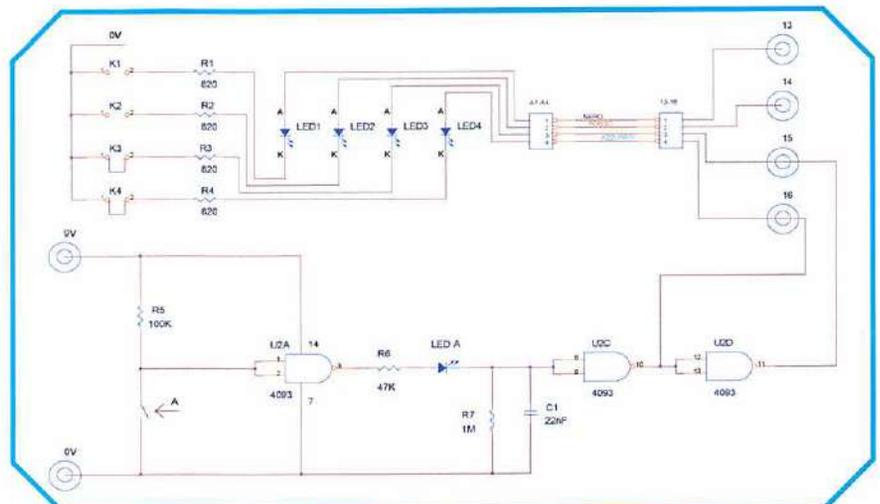


Componenti montati sulla scheda.

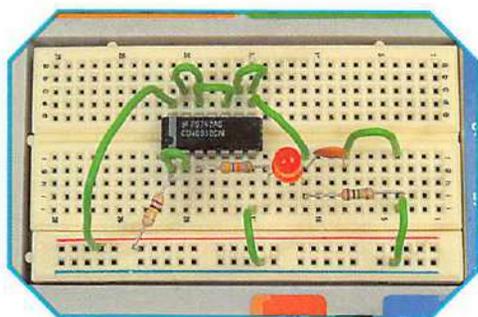
ziano i 9 V bisogna collegare le tre pile in entrambi i portabatterie. Il commutatore di alimentazione sarà sulla posizione BAT.

## Funzionamento

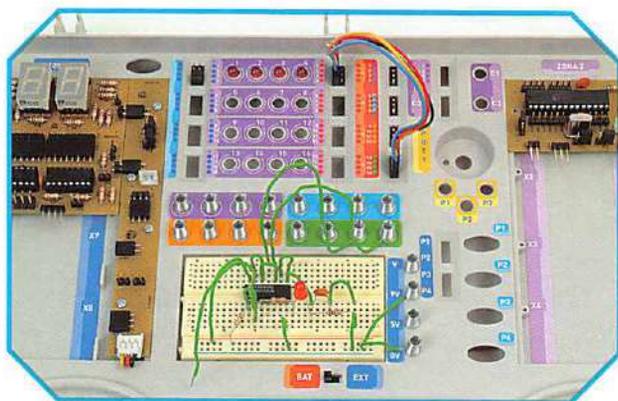
Il funzionamento del circuito è all'inizio molto semplice, però, come vedremo, si può complicare. Se osserviamo lo schema completo, l'ingresso del circuito è a 1 logico, obbligato dalla resistenza di "pull-up" R5, quindi la sua uscita è a livello basso; in questa condizione il LED A non può condurre, quindi l'ingresso



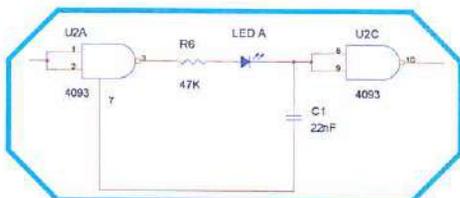
Circuito con condensatore che può memorizzare un dato.



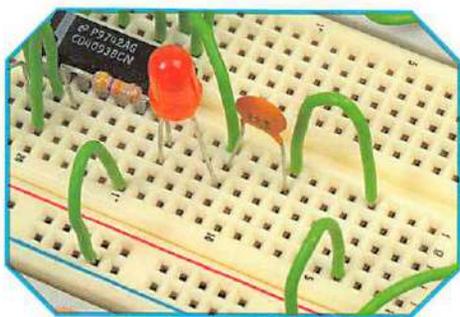
*Cablaggio della scheda.*



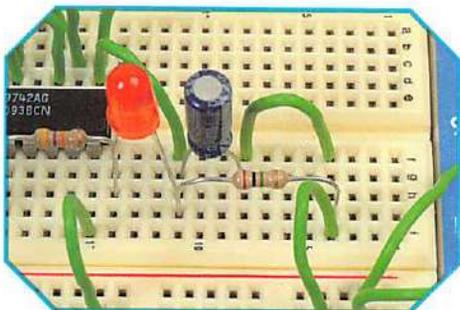
*Collegamenti dell'esperimento.*



*In questo circuito non c'è un percorso di scarica per C1.*



*Circuito senza la resistenza R7.*



*In questo caso si aumenta la capacità del condensatore.*

della porta U2C è a livello basso, obbligato in questo caso, dalla resistenza R7. L'uscita di questa porta, terminale 10 dell'integrato, è a livello alto, il LED 4 si illumina e il LED 3 rimane spento. Quando chiudiamo il collegamento A in modo permanente, l'uscita della porta U2A passa a livello alto, il LED conduce, e la tensione del condensatore sale in modo rapido quindi sull'ingresso della porta U2C troviamo un livello alto, di conseguenza la sua uscita passa a livello basso, il LED 4 si spegne e il LED 3 si illumina. Fin qui tutto appare molto semplice. Togliamo ora il collegamento A, a questo punto l'ingresso della porta U2A passa a livello alto e la sua uscita a livello basso, però, dato che il condensatore è carico, l'ingresso della porta U2C rimane a livello alto fino a quando il condensatore non si scarica. Questa scarica però, non si può fare tramite la resistenza R6, perché lo impedisce il LED A. Per fare in modo che si produca la scarica è necessario inserire nel circuito la resistenza R7.

## Esperimento

Il primo esperimento che si può realizzare consiste nel togliere la resistenza R7. In questo caso, quando chiudiamo il collegamento A, l'uscita della porta U2A passa a livello alto, il condensatore C1 si carica tramite R6 e il LED A, e l'uscita della porta U2C passa a livello basso, spegnendo il LED 4 e illuminando il LED 3, ma questo lo abbiamo visto succedere anche prima.

Se a questo punto apriamo il collegamento A, l'uscita della porta U2A, terminale 10, passa a livello basso e il LED non conduce; in questo caso la resistenza R7 è stata tolta e il condensatore non si può scaricare, pertanto l'uscita di questa porta non cambia ed è necessario collegare nuovamente la resistenza R7 per verificare che il circuito funzioni nuovamente.

Possiamo fare delle prove con capacità maggiori, ad esempio 10  $\mu\text{F}$ , rispettando in questo caso la polarità del condensatore: il terminale positivo si deve collegare ai terminali 8 e 9 dell'integrato; se colleghiamo nuovamente R7 si produce un ritardo maggiore nel circuito.

### LISTA DEI COMPONENTI

U2	Circuito integrato 4093
R5	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R6	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R7	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
C1	Condensatore 22 nF



# Temporizzatore di ingresso

*Il circuito oggetto di questa prova è molto utilizzato, sia per forzare un livello iniziale in un circuito, che per ottenere ritardi nei circuiti d'allarme.*

## Il circuito

Osserviamo lo schema generale dell'esperimento, l'elemento base dello stesso è la porta U1A del circuito integrato 4001. Sul suo ingresso vediamo collegato un condensatore C1, una resistenza R5 e un commutatore A. Questa porta NOR ha i due ingressi uniti fra loro pertanto funziona come una porta invertente, quando sul suo ingresso c'è un livello 0, sulla sua uscita c'è un livello 1.

Anche l'altra porta del 4001 utilizzata nel circuito, la U1B, è impiegata come porta invertente; quando sul suo ingresso c'è un 1 sulla sua uscita c'è uno 0, e in questa circostanza il transistor Q1 è in interdizione, non conduce e i quattro LED rimangono spenti.

## Funzionamento

Il funzionamento del circuito dipende dall'applicazione che determina le condizioni iniziali dello stesso.

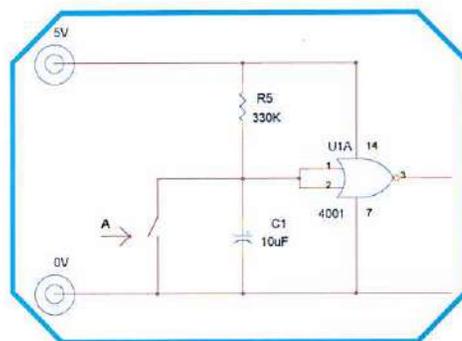
Supponiamo che il commutatore A sia aperto, in questo caso al momento di collegare l'alimentazione, il condensatore è scarico e dato che la sua tensione non varia in modo istantaneo, ma aumenta in modo proporzionale alla carica che avviene tramite la resistenza R5, quando il livello di tensione del condensatore è sufficiente per fare in modo che l'ingresso della porta U1A lo interpreti come un 1, l'uscita di questa porta passa a livello basso, e quindi l'uscita dell'altra porta, la U1B passa a livello alto e si produce l'illuminazione dei LED. Il condensatore C3 si utilizza come filtro per i disturbi a frequenze elevate e produce un piccolo ritardo sul transistor, praticamente trascurabile.

Quando si chiude A si scarica rapidamente il condensatore e i LED si spengono.

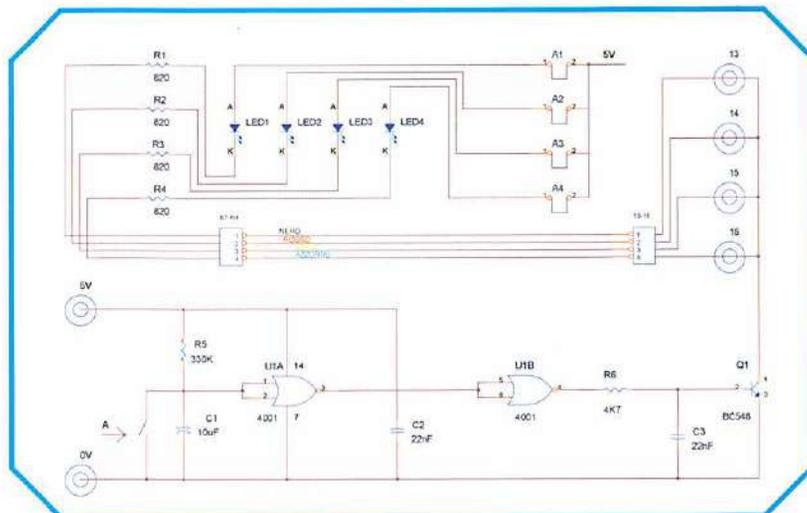
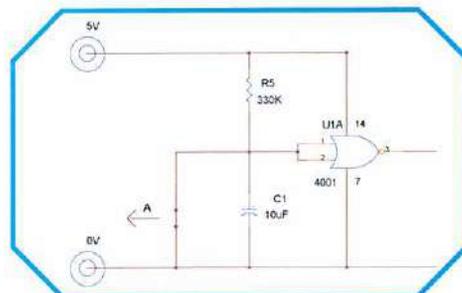
Supponiamo ora di chiudere A prima di collegare l'alimentazio-

ne, in questo caso i LED non si illuminano. Dato che in questa situazione se apriamo il collegamento A inizia la carica del condensatore, i LED rimarranno spenti fino a quando il livello di tensione della carica del condensatore sarà interpretato come un 1 dall'ingresso della porta. Possiamo considerare due casi: se si lascia il collegamento aperto, il con-

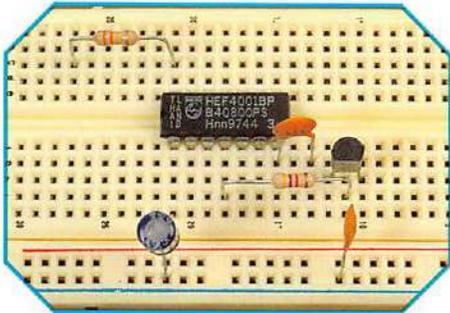
*Aprendo A si permette la carica del condensatore.*



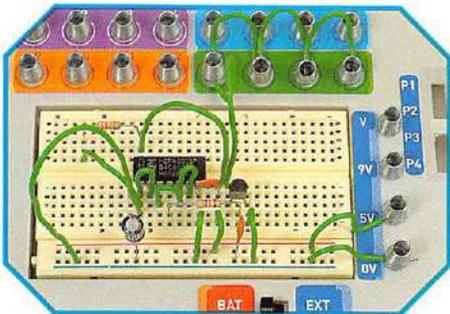
*Con A chiuso si assicura uno zero all'ingresso del circuito.*



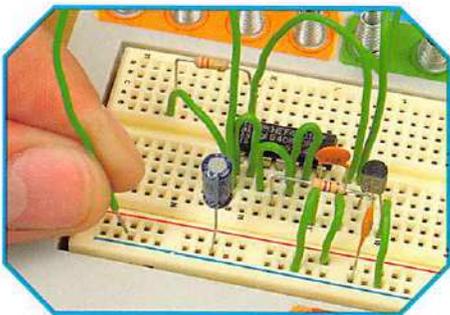
Circuito temporizzatore di ingresso.



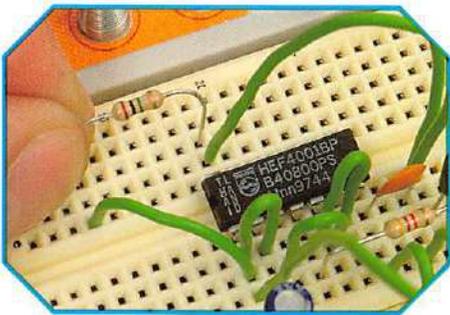
*Componenti sulla scheda Bread Board.*



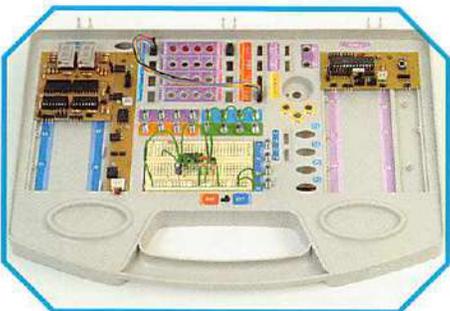
*Scheda Bread Board con tutti i collegamenti dell'esperimento.*



*Aprendo A inizia la temporizzazione del circuito.*



*Incrementando R5 aumenta il tempo di ingresso.*



*Laboratorio con l'esperimento.*

densatore completerà la sua carica e i LED si illumineranno; potrebbe succedere però che si chiuda nuovamente il contatto A prima che il livello di tensione della carica del condensatore sia un 1, in questo caso i LED non si illumineranno.

Ipotizziamo di associare questo interruttore alla porta di accesso di un'abitazione, in modo che aprendo la porta si apra l'interruttore e chiudendola si chiuda. In questo esempio collegheremo il circuito, quindi se la porta è chiusa i LED rimangono spenti, se la porta è aperta la dovremo chiudere prima che si completi la carica del condensatore e si illuminino i LED. Inoltre la porta dovrà rimanere chiusa, perché se rimanesse aperta per più tempo di quanto programmato, i LED si illuminerebbero, indicandoci che abbiamo dimenticato di chiudere la porta.

## Montaggio

Il montaggio di questo esperimento utilizza pochi componenti. È sufficiente collocarli bene ed eseguire il cablaggio in modo corretto, rispettando le polarità dei condensatori elettrolitici, la posizione del circuito integrato 4001 e quella del transistor BC548. È necessario collegare un cavetto a quattro fili tra i terminali corrispondenti ai catodi dei LED da 1 a 4 e ai terminali da 13 a 16 per ottenere sulle molle dal 13 al 16 i collegamenti dei catodi di questi LED.

## Alimentazione

Dopo aver verificato il montaggio si collega l'alimentazione, il negativo di questa è 0 V e il positivo 5 V. Le pile del primo portabatterie, quello posizionato sotto la zona 1, sono sufficienti. Il commutatore di alimentazione deve essere nella posizione BAT; inoltre bisogna collocare i ponticelli tra gli anodi dei LED, da 1 a 4, e i terminali + che sono al loro fianco. Il condensatore C2 è un filtro di alimentazione.

### LISTA DEI COMPONENTI

U2	Circuito integrato 4001
Q1	Transistor BC548 o BC547
R5	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R6	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2, C3	Condensatore 22 nF



# Funzione logica maggiore

**L**a funzione maggiore indica che la maggior parte delle variabili, in questo caso tre, sono a livello alto.

## Il circuito

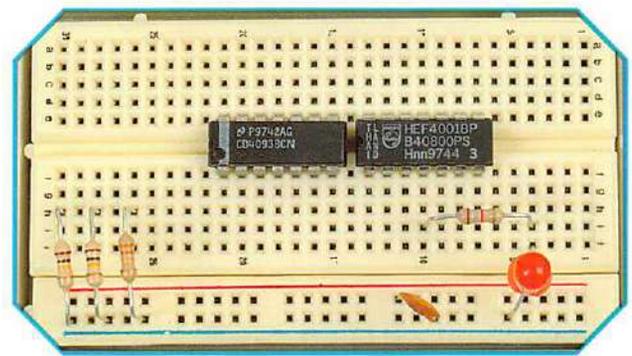
Osservando lo schema vedremo che si utilizza una combinazione di porte NAND e NOR in modo da ottenere in uscita la funzione che rappresentiamo sulla tabella della verità. Spiegare le otto combinazioni possibili e seguire il segnale da ogni ingresso verso l'uscita sarebbe molto noioso, tuttavia, come esercizio, converrebbe scegliere qualche combinazione di variabili di ingresso e seguire lo schema fino a ottenere il valore in uscita.

È sicuramente più rapido montare l'esperimento e seguire tutte le combinazioni possibili con i collegamenti di ingresso ABC, tenendo presente che quando il collegamento non è realizzato l'ingresso è 0 e quando lo è l'ingresso vale 1.

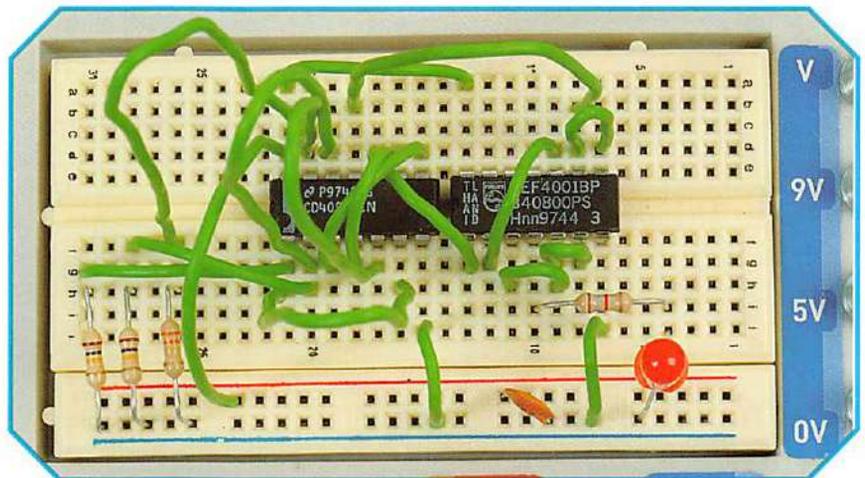
## Basso consumo

Gli integrati CMOS hanno un consumo molto ridotto, tanto che la corrente di alimentazione è molto piccola, il circuito funziona anche inserendo una resistenza in serie all'alimentazione, cosa che si può fare sul positivo o sul negativo; in questa prova inseriremo la resistenza R5, verificando che il circuito continui a funzionare. Potremo verificare inoltre che il circuito funziona collegando l'alimentazione con un filo, invece di inserire la resistenza.

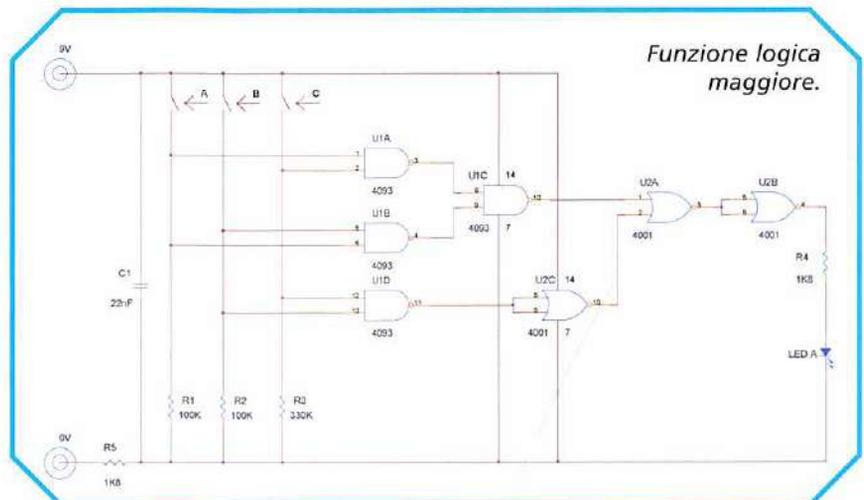
Per quanto concerne il condensatore C1, esso filtra la tensione di alimentazione dai possibili disturbi della linea di alimentazione, specialmente quelli a frequenze molto elevate. Alimentando a pile e in circuiti più semplici, normal-

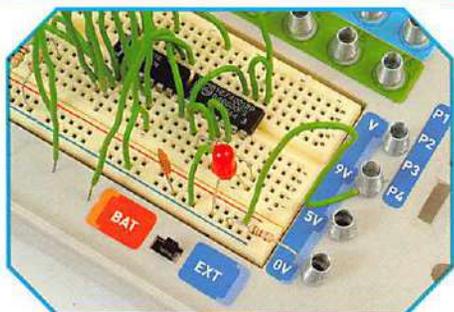


Componenti sulla scheda Bread Board.

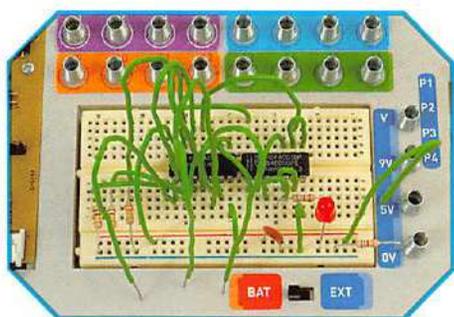


Cablaggio dei componenti dell'esperimento.

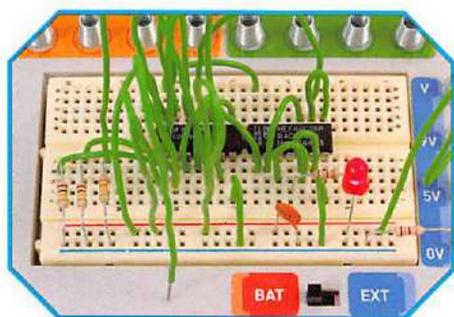




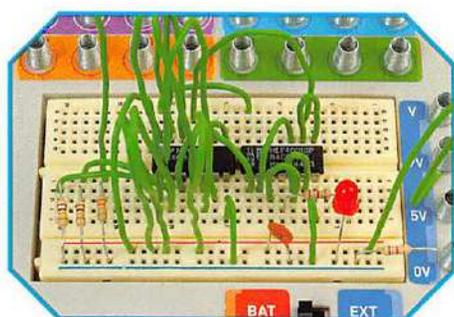
Collegamenti della alimentazione a 9 V con una resistenza inserita sul negativo.



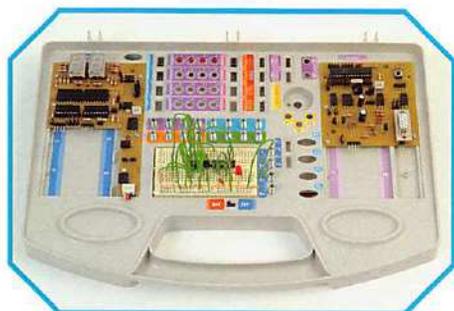
Montaggio completo.



Con A e B chiusi l'uscita è 1.



Con A, B e C chiusi, l'uscita è ancora 1.



Laboratorio con l'esperimento realizzato.

mente non è necessario questo tipo di filtro.

## Funzionamento

Il funzionamento del circuito una volta montato, deve seguire la tabella della verità, e quando la maggior parte delle variabili è a 1, l'uscita è 1, questo è indicato attraverso l'illuminazione del LED A.

Funzione maggiore

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

## Montaggio

Il montaggio di questo esperimento si realizza come d'abitudine, iniziamo dall'inserimento dei due integrati utilizzati sulla scheda Bread Board e successivamente il resto dei componenti, facendo attenzione all'orientamento degli integrati e alla polarità del LED A. In seguito si realizza il cablaggio interno alla scheda, seguendo lo schema per non dimenticare nessuna connessione, e dopo aver verificato la

corretta esecuzione del lavoro potremo collegare l'alimentazione.

## Alimentazione

Dopo aver verificato che il montaggio è stato realizzato in modo corretto si collega l'alimentazione, il negativo di questa è sulla molla 0 V e il positivo a 9 V. Sostituiamo uno dei fili di collegamento dell'alimentazione con una resistenza da 1K8 e vedremo che il circuito funziona. Il commutatore di alimentazione deve essere sulla posizione BAT.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 4001
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R4, R5	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 22 nF
LED A	Diodo LED rosso 5 mm



## Porta OR con transistor

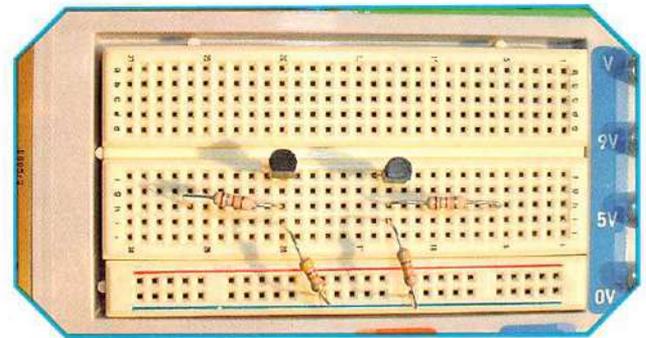
**N**on sempre è possibile utilizzare porte logiche integrate per tutte le applicazioni, a causa di problemi derivanti dallo spazio, dalla tensione di alimentazione, dalla corrente eccetera

### L'idea

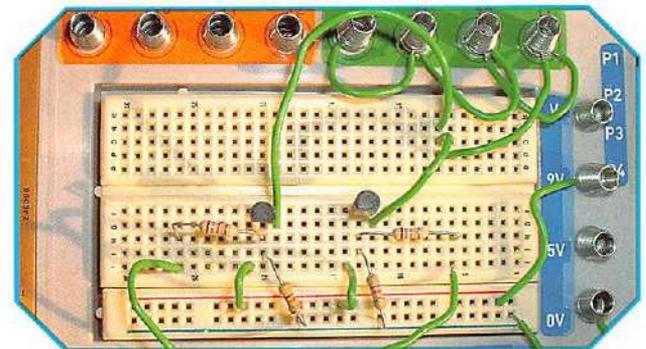
Dopo aver messo a fuoco il problema e la funzione di cui abbiamo bisogno è probabile che si possa trovare una soluzione utilizzando i transistor, che in caso di necessità possono anche essere di potenza. A titolo di esempio presentiamo un problema molto semplice, vogliamo costruire un circuito in cui quando uno dei suoi ingressi passa a livello alto, sulla sua uscita ci sia un livello alto che rappresenteremo con quattro LED che si illumineranno contemporaneamente; vogliamo anche che il consumo degli ingressi sia ridotto, anche se non è necessario ottenere un'impedenza di ingresso elevatissima. Partiamo inoltre dal presupposto di non voler utilizzare circuiti integrati.

### Il circuito

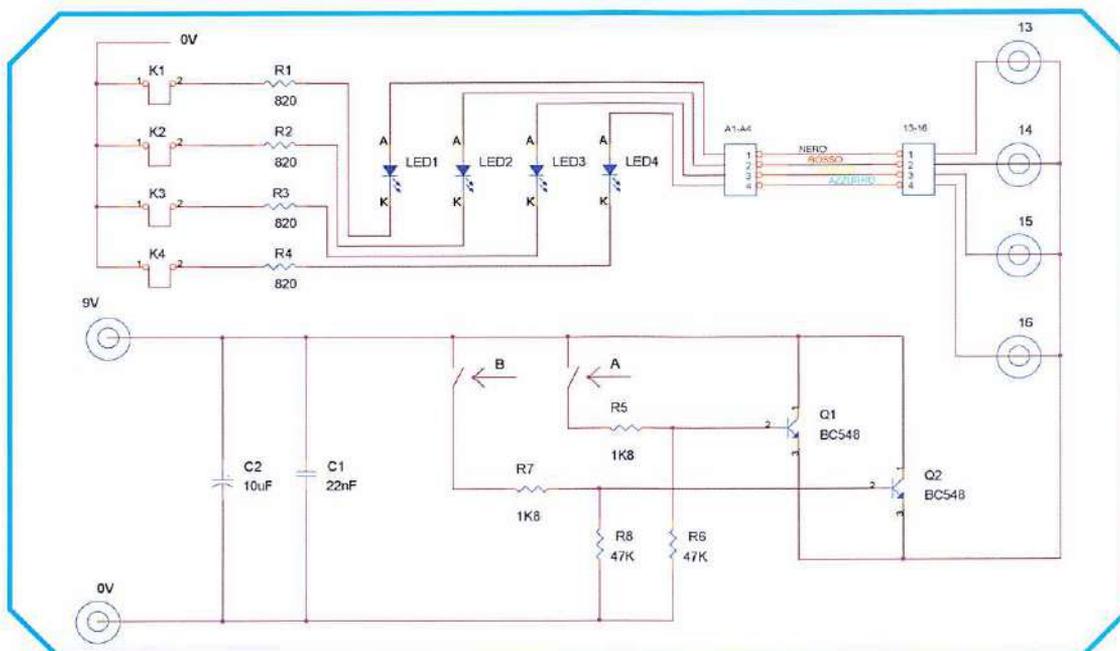
Dopo aver analizzato il problema arriviamo al circuito rappresentato nello schema, che come si può osservare non utilizza alcun circuito integrato. Per evitare errori però faremo le seguenti assegnazioni: interpretiamo il livello alto sull'uscita come l'accensione simultanea di quat-



Componenti inseriti sulla scheda Bread Board.



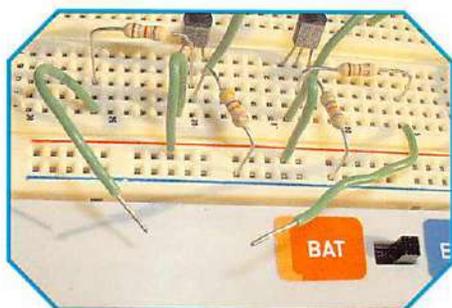
Cablaggio dei componenti dell'esperimento.



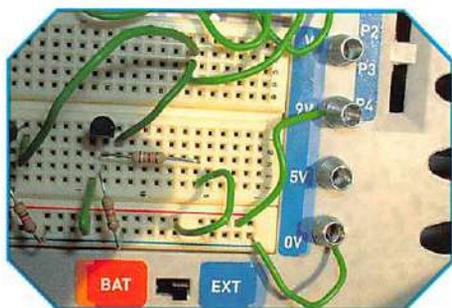
Funzione OR con transistor.



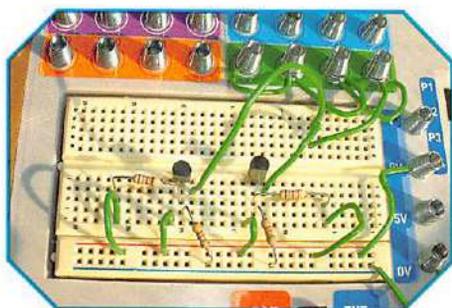
*I quattro ponticelli dei catodi devono essere collegati.*



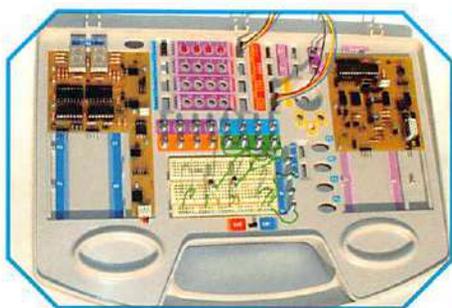
*I collegamenti A e B si realizzano con fili.*



*Collegamenti della alimentazione a 9 V.*



*Chiudendo A o B oppure entrambi i LED si illuminano.*



*Laboratorio con l'esperimento.*

#### Funzione OR

A	B	OR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

#### LISTA DEI COMPONENTI

Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R5, R7	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R6, R8	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1	Condensatore 22 nF (opzionale)
C2	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico (opzionale)

tro LED e come livello alto sugli ingressi, la chiusura dei commutatori A e B. Per fare in modo che i LED si illuminino è sufficiente chiudere uno dei due commutatori, se entrambi rimangono aperti i LED non si illumineranno.

Supponiamo di chiudere A, il transistor Q1 riceve una corrente di base sufficientemente elevata tramite la resistenza R5, entra in conduzione, quindi la corrente che lo attraversa illumina il LED. La stessa situazione si verifica se si chiude B o entrambi contemporaneamente. Le resistenze R6 e R8 evitano che i segnali indesiderati, cioè il rumore captato dai fili, possano portare in conduzione, pur se in modo lieve i transistor. Nei circuiti in cui si eseguono delle commutazioni è consigliabile utilizzare una buona filtrazione. C1 filtra le frequenze elevate e C2 le frequenze più basse, e grazie alla sua capacità relativamente elevata può evitare picchi di tensione dovuti alle commutazioni. Quando il circuito lavora da solo, come in questo caso, non è necessario montare il filtro.

## Montaggio

Nel montaggio di questo esperimento, bisogna fare molta attenzione alla collocazione dei transistor, per evitare di scambiare i loro terminali. Per realizzare il cablaggio è sufficiente seguire lo schema e aiutarsi con le fotografie.

## Alimentazione

Dopo aver verificato che il montaggio sia stato eseguito correttamente si collega l'alimentazione, il negativo va alla molla 0 V e il positivo a 9 V. Bisogna aver inserito le pile all'interno dei due portabatterie e inoltre il commutatore di alimentazione deve essere nella posizione BAT.

## Prova

Il funzionamento del circuito deve seguire il funzionamento della tabella della verità della funzione OR, cioè delle quattro possibili combinazioni che si possono realizzare. I LED rimarranno spenti solamente con una combinazione – la 00 – cioè con i commutatori entrambi aperti.



# Funzioni logiche con porte NOR e NAND

**S**enza dubbio i due tipi di porte logiche più diffusi sul mercato sono le porte NOR e NAND. A partire da questi due tipi di porte è possibile implementare qualsiasi funzione logica.

## L'idea

Qualunque progettista che si rispetti, al momento di implementare una funzione su una porta, dovrà eseguire i seguenti passi:

- 1° - Tabella della verità.
- 2° - Estrazione della funzione.
- 3° - Passare la funzione a porte NAND e NOR.

Per arrivare a fare questo bisogna avere ben chiari alcuni principi teorici fondamentali che vedremo più avanti. Per ora, faremo l'operazione inversa cioè a partire da un circuito otterremo la sua tabella della verità e la sua funzione logica associata.

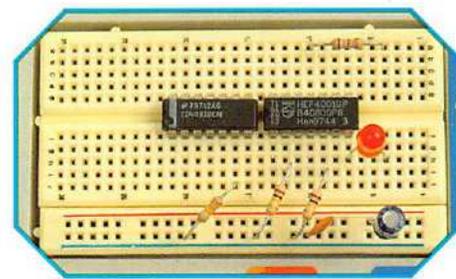
## Il circuito

La porta indicata come U1A è una porta NAND che funziona come inverter della variabile A, quindi sulla sua uscita avremo la variabile invertita  $\bar{A}$ . Questo segnale, insieme al segnale B, si applica alla porta NOR U2A, quindi sull'uscita di questa porta avremo:  $\bar{A} + B$ . Se osserviamo la funzione logica nello schema, vediamo che abbiamo ottenuto una delle parti dell'uscita 'S'.

Analizziamo ora la parte bassa. La porta lo-

$$S = \bar{\bar{A}} + B + \overline{BC} + A$$

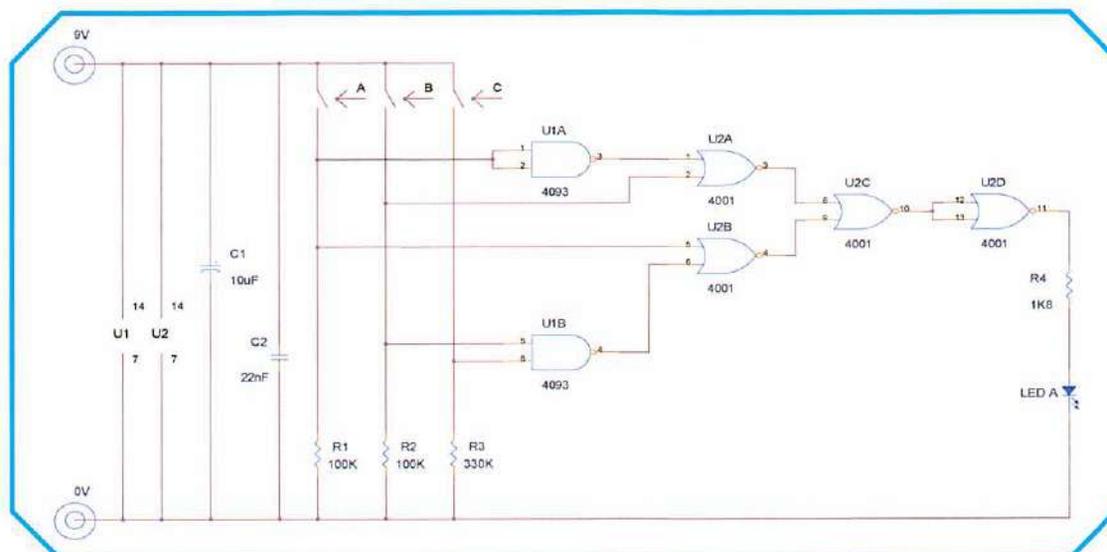
Funzione da implementare.



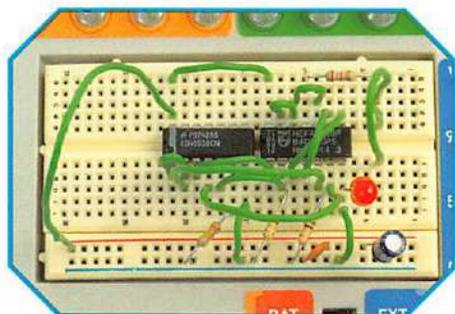
Componenti montati sulla scheda Bread Board.

gica U1B è di tipo NAND e dato che sul suo ingresso ha le variabili B e C, sulla sua uscita avremo  $\overline{B \cdot C}$ . Questo segnale si applica insieme a quello della variabile A all'ingresso di una porta NOR U2B, quindi sull'uscita di questa avremo:  $\overline{(\overline{B \cdot C}) + A}$  che corrisponde all'altra parte della funzione di uscita 'S'.

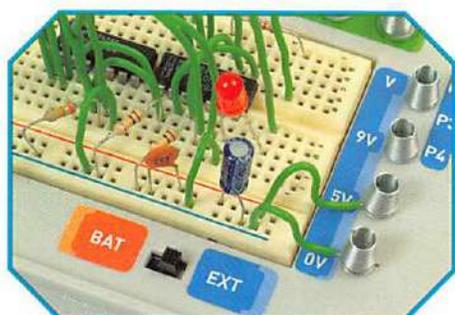
A questo punto per ottenere la funzione così com'è scritta dovremo sommare i due termini che abbiamo ottenuto. Questo è ciò che fanno le porte NOR U2C e U2D, che formano una porta OR (somma). Per questo dopo la NOR



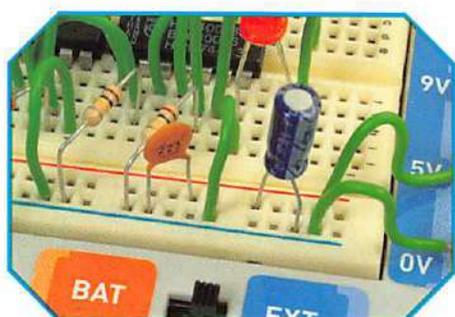
Schema corrispondente alla funzione.



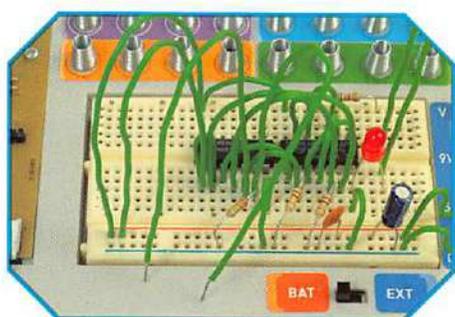
*Cablaggio interno della scheda Bread Board.*



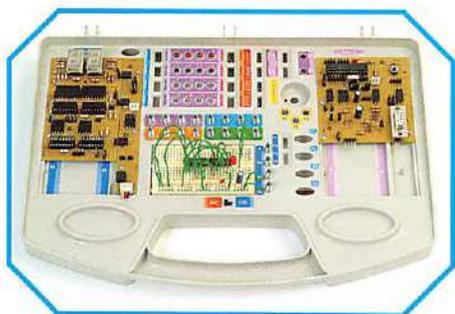
*Collegamento della alimentazione a 5 V.*



*Condensatori di filtraggio.*



*Chiudendo solamente A il LED si illumina.*



*Laboratorio con l'esperimento.*

– U2C– inseriremo una porta invertente –U2D–.

Le resistenze R1, R2 e R3 fissano i livelli degli ingressi delle porte a '0', quindi per applicare un livello alto '1', è sufficiente attivare il rispettivo pulsante.

Il diodo di uscita, LED A, ci permetterà di vedere se l'uscita è uno zero – spento – o un uno – illuminato –.

## Montaggio

Il montaggio si realizza come d'abitudine. Per simulare le variabili di ingresso al circuito: A, B e C, l'ideale sarebbe utilizzare dei pulsanti, però dato che al momento non ne disponiamo, li possiamo sostituire con dei collegamenti tramite i fili.

È importante anche prestare attenzione al posizionamento del condensatore elettrolitico, dato che ha polarità. In qualsiasi caso, prima di collegare l'alimentazione, è necessario rivedere tutto il lavoro svolto.

### Funzione logica associata

C	B	A	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

## Alimentazione

Dopo aver verificato che il montaggio sia stato eseguito correttamente, si collega l'alimentazione, il negativo va alla molla 0 V e il positivo a 9 V. Il circuito può anche funzionare a 5 V senza nessun tipo di problema. Le pile dei due portabatterie devono essere inserite e il commutatore di alimentazione sulla posizione BAT.

## Prova

Facendo le otto combinazioni possibili della tabella per le variabili A, B e C, possiamo verificare la funzione del nostro circuito.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 4001
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3	Resistenza 300 K (arancio, arancio, giallo)
R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2	Condensatore 22 nF
LEDA	Diodo LED rosso 5 mm



# Resistenze di pull-up

**B**isogna scegliere con molta attenzione i valori per le resistenze di pull-up e di pull-down.

## L'idea

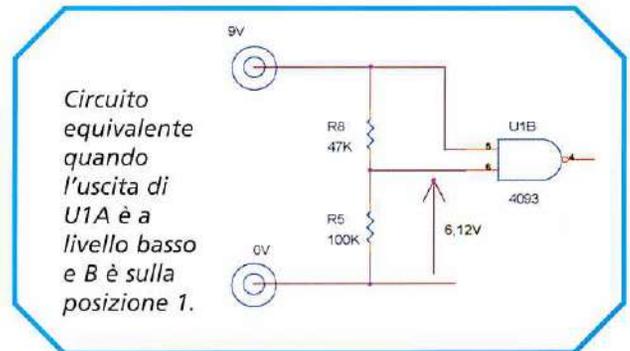
Studieremo il problema con un semplice esercizio in cui utilizzeremo delle resistenze di pull-up; si potrebbe fare la stessa cosa con delle resistenze di pull-down.

L'utilizzo di circuiti a consumo molto basso con porte ad alta impedenza, come sono quelle dei circuiti integrati della serie 4000 della famiglia CMOS, può portare a commettere alcuni errori nel progetto dei circuiti.

Bisogna realizzare il progetto in modo da essere sicuri che in ogni momento sia applicato il livello logico corretto, zero o uno che sia, all'ingresso di ogni porta. È necessario evitare di lasciare dei livelli di tensione indeterminati agli ingressi delle porte, in altre parole: valori intermedi di tensione che non garantiscono né lo zero né l'uno.

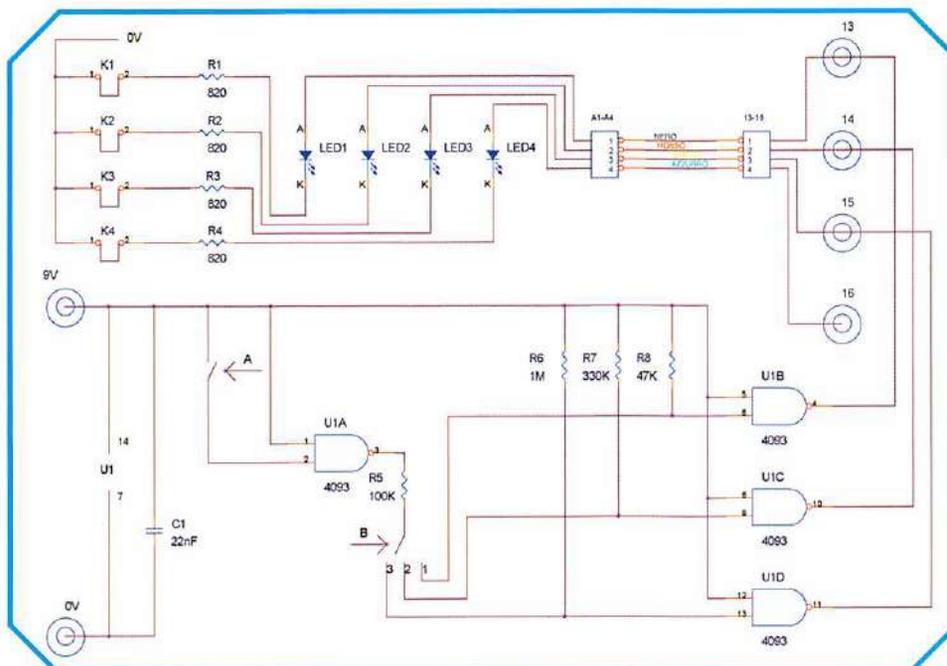
## Il circuito

Se osserviamo lo schema vediamo che si tratta di un circuito semplice, ma con alcuni problemi di funzionamento.



La porta U1A ha uno dei suoi ingressi collegato al positivo dell'alimentazione; in questo modo è garantito un livello uno costante. Il collegamento A, all'inizio è aperto, e quando si chiude si applica un uno al terminale 2, ingresso di una porta NAND. Quando i due ingressi di questa porta sono a uno l'uscita sarà a zero.

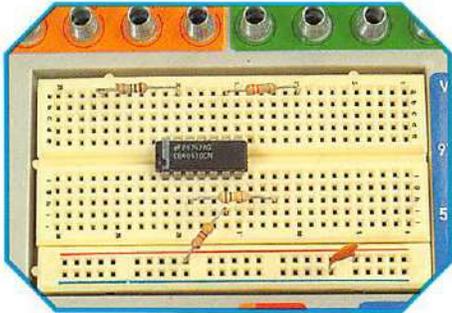
Notiamo subito qualcosa di strano: non bisogna mai lasciare un collegamento in aria, dato che il livello di questo ingresso, a causa semplicemente dell'effetto antenna che fa il filo di collegamento, può essere uno oppure zero, o cambiare in base a quello che capta il filo. Sa-



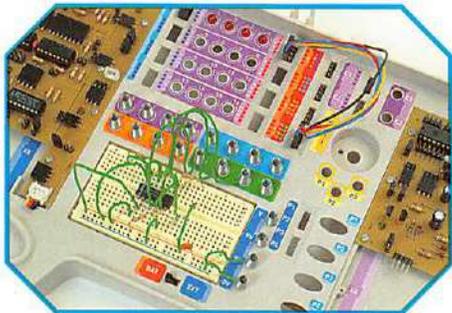
### LISTA DEI COMPONENTI

- U1 Circuito integrato 4093
- R5 Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
- R6 Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
- R7 Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
- R8 Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
- C1 Condensatore 22 nF

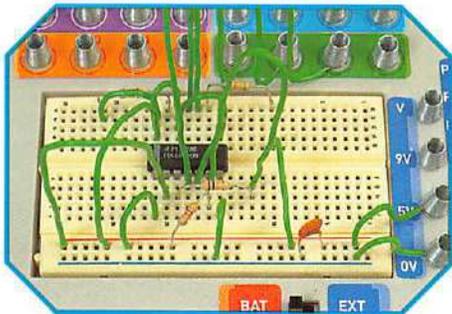
Schema elettrico dell'esperimento.



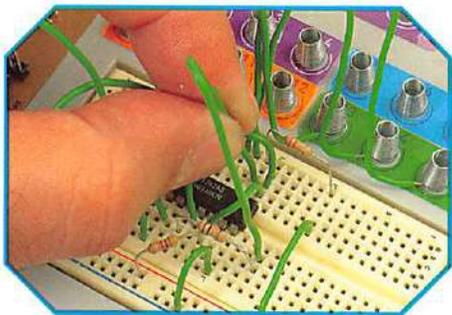
Componenti sulla scheda.



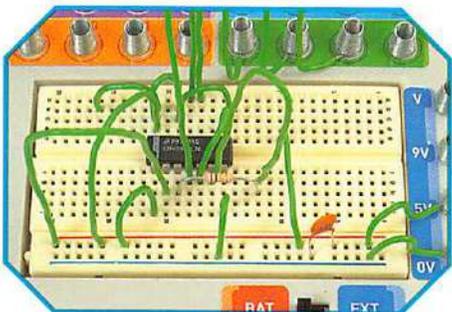
Aspetto del cablaggio del circuito.



Con il collegamento B sulla posizione 1, il LED 1 non si illumina.



Con B sulla posizione 2 il LED 2 si illumina.



Togliendo le resistenze R6, R7, R8, il LED si accende con qualsiasi posizione di B.

rebbe consigliabile risolvere il problema collegando fra il terminale 2 dell'integrato e il negativo dell'alimentazione, una resistenza di valore alto, per esempio 1 M, per assicurare uno zero su questo ingresso, sino a quando non si realizza il collegamento A, in quel momento l'ingresso passa a valore logico uno.

Vediamo l'altra parte del circuito, dove ci sono tre porte collegate in modo che all'uscita di ognuna di esse ci sia un diodo LED, per verificare il livello della stessa. Quando è uno si illumina il LED. Un ingresso della porta è collegato al positivo dell'alimentazione, cioè a uno, e l'altro anche, attraverso una resistenza di pull-up. Di conseguenza stiamo applicando un uno a ogni ingresso, l'uscita di ogni porta è zero e tre LED sono spenti, sino a quando il collegamento B è aperto. Il principio del progetto appare corretto e le resistenze di pull-up garantiscono un uno sull'ingresso di ogni porta.

## L'esperimento

Collegiamo la resistenza R5 all'ingresso della porta U1D, terminale 13 dell'integrato; quando eseguiamo il collegamento A, il LED 3 si illumina.

Ripetiamo la prova spostando il collegamento B su 2, cioè il terminale 9 dell'integrato. Vedremo che in questo caso il LED 2 si illuminerà, infine portiamo il collegamento sul terminale indicato come 1, e colleghiamo A come nei casi precedenti. L'uscita della porta U1A è uno zero, e cerchiamo di far arrivare questo zero tramite la resistenza R5 da 100 K all'ingresso della porta U1B, però il valore più basso della resistenza R8 da 47 K non permette alla tensione di scendere fino a un livello sufficiente perché sia considerata come uno zero. Osservando il circuito equivalente vediamo che si tratta di un partitore di tensione, quindi stiamo applicando all'incirca 6,12 volt, e verifichiamo con l'esperimento che non funziona.

Se togliamo le resistenze R6, R7 e R8 il circuito funziona sempre, anche se in questo caso la soluzione al problema sarebbe, ad esempio, utilizzare per R8 un valore di 1 M.

## Montaggio

Il montaggio di questo esperimento si realizza come d'abitudine e si può alimentare a 5 V o a 9 V.



# Funzionamento instabile

**C**on l'aiuto di questo circuito cercheremo di riprodurre i problemi di un circuito reale.

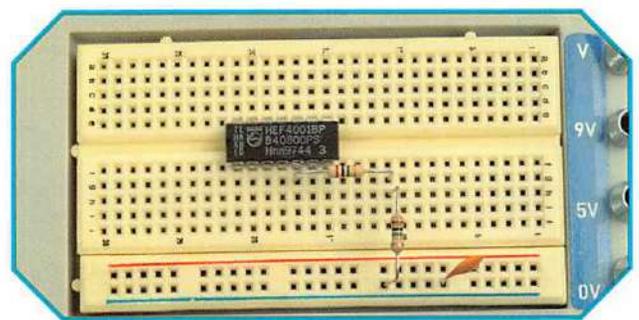
## L'idea

A prima vista sia il circuito che lo schema risultano realmente semplici, infatti si tratta di provare una porta NOR a due ingressi, la cui uscita è collegata a una porta invertente, cioè, con il collegamento delle due porte abbiamo una porta OR. Verificheremo ora che lo stesso circuito in diverse condizioni ha diversi comportamenti, rispondendo in modi differenti; questo significa che se facesse parte di un circuito più grande potrebbe causare il mal funzionamento del circuito stesso. Per evitare questi problemi è necessario progettare e costruire i circuiti tenendo presente che non sempre funzioneranno in ambienti favorevoli.

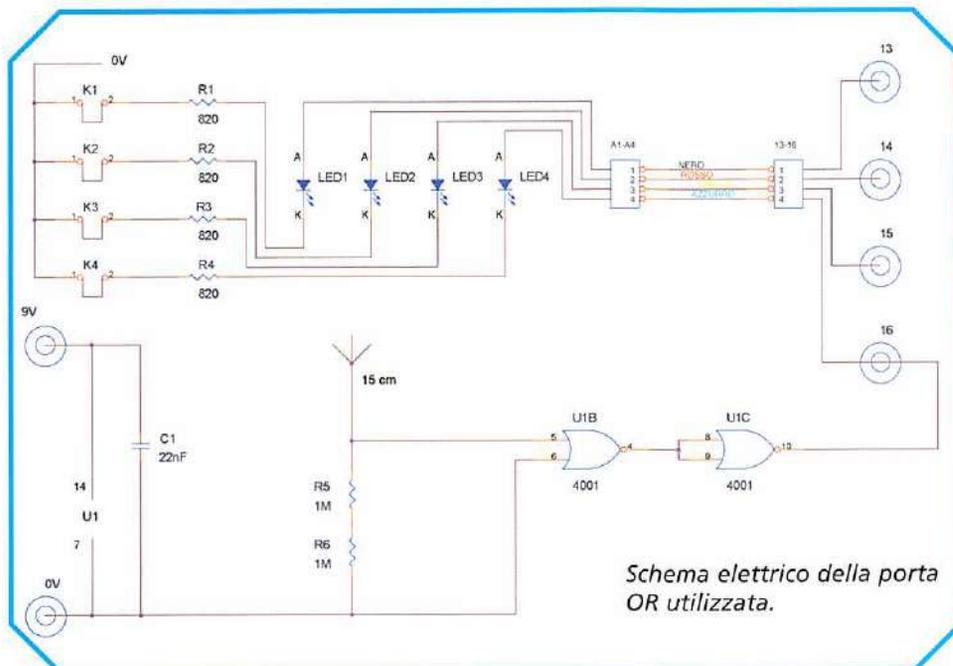
## Il circuito

Il circuito, come abbiamo appena detto, è una porta OR formata da due porte NOR del circuito integrato 4001. La prima delle due porte si utilizza come porta NOR, mentre la seconda si utilizza come una porta invertente, infatti ha i suoi due ingressi uniti fra loro. Se ricordiamo

la tabella della verità di una porta OR, possiamo vedere come, per fare in modo che l'uscita sia 1, sia sufficiente che solamente uno dei suoi due ingressi sia 1; mentre l'uscita sarà 0 solamente quando entrambi gli ingressi saranno a 0. Osservando lo schema possiamo verificare che uno degli ingressi della porta U1B, terminale 6 dell'integrato, è collegato al negativo dell'alimentazione, quindi è uno 0. L'altro ingresso terminale 5 dell'integrato è anch'esso a livello basso, tramite una resistenza di pull-down formata dalle due resistenze R5 e R6 da 1 M.



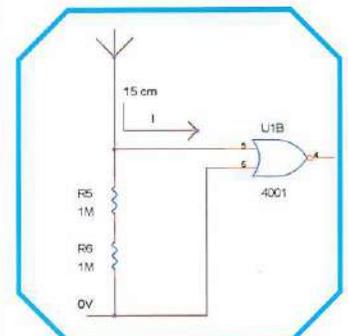
Componenti sulla scheda.



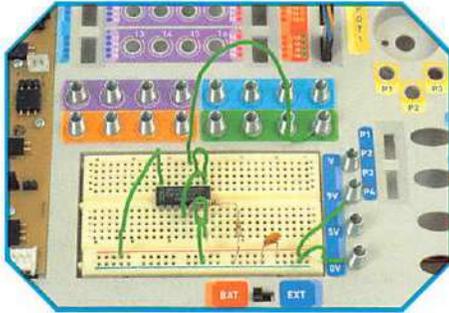
Schema elettrico della porta OR utilizzata.

### LISTA DEI COMPONENTI

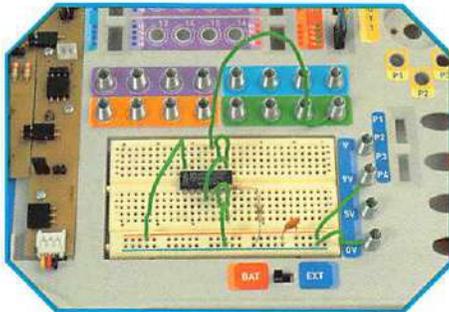
- U1 Circuito integrato 4001
- R5, R6 Resistenza 1 M  
(marrone, nero, verde)
- C1 Condensatore 22 nF



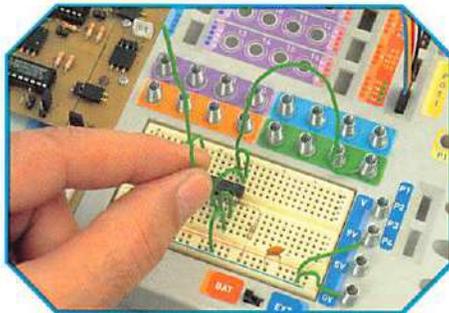
Un disturbo può cambiare un livello di ingresso.



*Cablaggio dell'esperimento.*



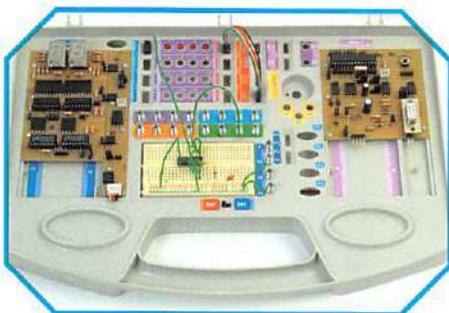
*Con il circuito in stato di riposo il LED deve rimanere spento.*



*Il montaggio di un filo di un filo può far sbagliare il circuito, a volte anche se non lo si tocca con il dito.*



*In alcune circostanze, non in tutte, il cellulare può far sì che il LED riesca a illuminarsi.*



*Immagine completa del laboratorio.*

## Montaggio

Il montaggio di questo esperimento si realizza nel modo abituale e come elemento addizionale colleghiamo un filo di circa 15 cm al terminale 5 del circuito integrato. Possiamo alimentare a 5 V o a 9 V.

## L'esperimento

In base alla posizione del circuito il LED 4 rimane spento e per fare in modo che si illumini, è necessario applicare un uno all'ingresso della porta U1B, terminale 5 dell'integrato.

Se utilizziamo un filo di 15 cm che è collegato all'ingresso di questa porta e lo portiamo al positivo dell'alimentazione, il LED si illumina. Finora è tutto normale e il circuito funziona come avevamo previsto.

Realizziamo ora alcune prove che ci daranno risultati differenti, obiettivo di queste prove è dimostrarvi che anche un circuito così semplice può creare complicazioni.

Uno dei problemi di questo circuito è il filo di 15 cm che, a causa della sua lunghezza, può captare radiazioni elettromagnetiche e disturbare il funzionamento del circuito. In alcuni casi sarà sufficiente avvicinarsi allo stesso, o toccare l'estremità del filo con il dito per fare illuminare il LED o avvicinare un telefono cellulare mentre riceve una chiamata. È interessante notare che nelle prove condotte nel nostro laboratorio, abbiamo verificato con sorpresa, che alcuni modelli di cellulare facevano accendere il LED mentre altri no. Il circuito diventa più sensibile ai disturbi se sostituiamo i fili di collegamento, compresi quelli di alimentazione, con altri un po' più lunghi. Tutto avviene nonostante la presenza di una resistenza di pull-down che fornisce una certa "immunità" al circuito, togliendo questa resistenza infatti, il funzionamento diventa ancora più problematico. Abbiamo eseguito delle prove anche con un filo da 1 metro di lunghezza, e il circuito in questo caso ha fatto illuminare il LED; è sbagliato pensare che una lunghezza di questo tipo sia inusuale in un circuito reale, infatti se dovessimo utilizzare un sensore collegato al circuito e volessimo mantenerlo lontano, sarebbe necessario l'utilizzo di fili piuttosto lunghi, che potrebbero creare problemi ai circuiti captando segnali parassiti.



## Prova del 4027

**I**l 4027 è un circuito integrato che dispone di due flip-flop JK di tipo CMOS. Questi flip-flop sono registri in grado di memorizzare il dato presente sull'ingresso e mantenerlo anche dopo il cambiamento dello stesso. Verificheremo la tabella per provare il corretto funzionamento.

### L'idea

Per realizzare la prova utilizzeremo uno dei flip-flop JK di cui dispone l'integrato con tutti i suoi terminali di ingresso (J, K, S e R) collegandoli a diversi fili per poter fissare i loro livelli di ingresso a 1 oppure a 0 e per vedere l'evoluzione di uscita quando si agisce su uno di questi ingressi. Collegheremo anche l'ingresso del clock all'oscillatore che genera impulsi a una frequenza molto bassa, per permettere di visualizzare l'effetto dello stesso sul flip-flop.

Infine collegheremo le due uscite Q e /Q ai LED1 e LED2 della matrice dei LED.

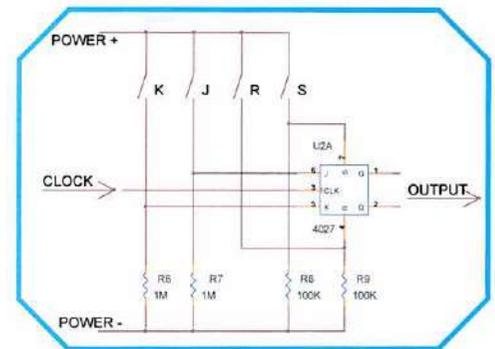
Percorreremo tutti gli stati della tabella della verità per vedere il funzionamento di questo flip-flop.

### Il circuito

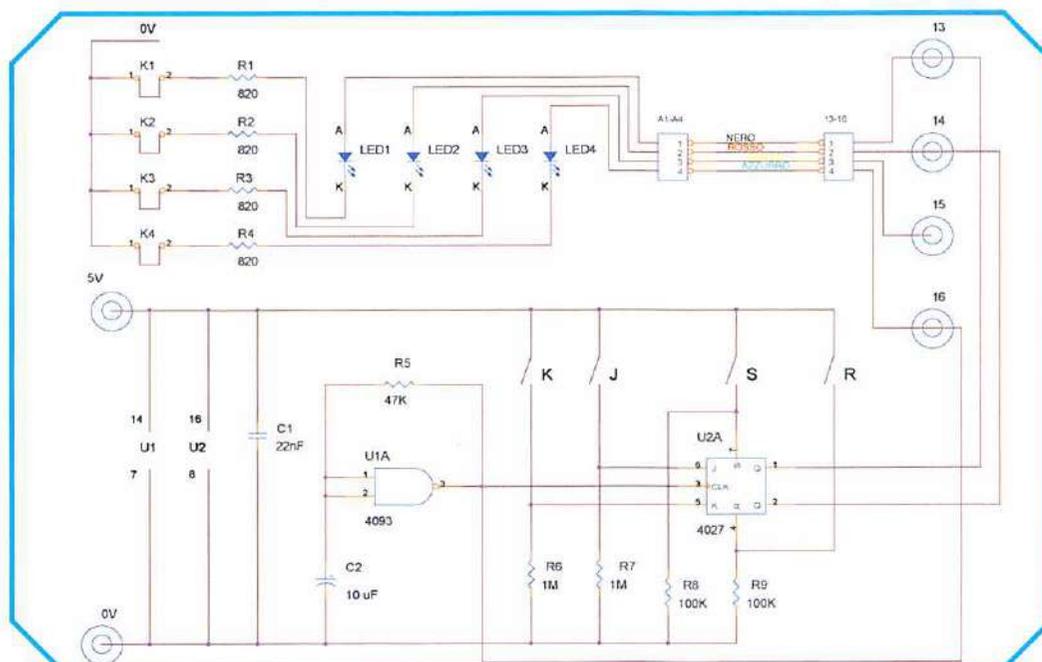
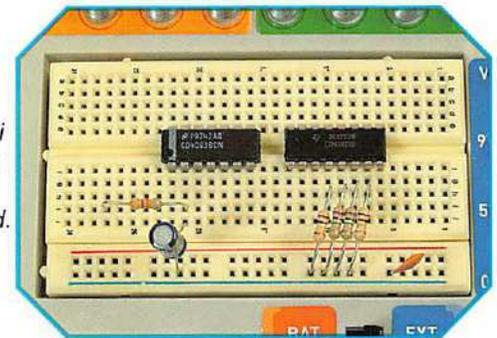
Il circuito ha tre parti chiaramente distinte.

1 - Il circuito oscillatore è formato da una delle quattro porte NAND del circuito integrato 4093. La frequenza del segnale di clock è lenta

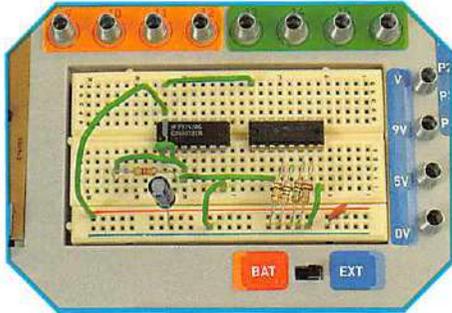
Circuito di prova del bistabile.



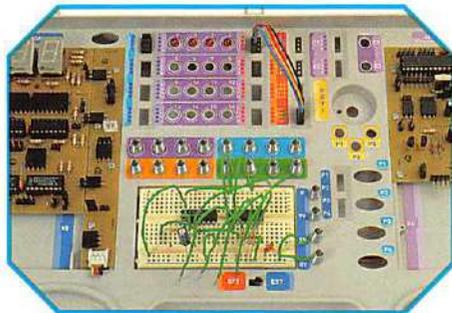
Componenti inseriti sulla scheda Bread Board.



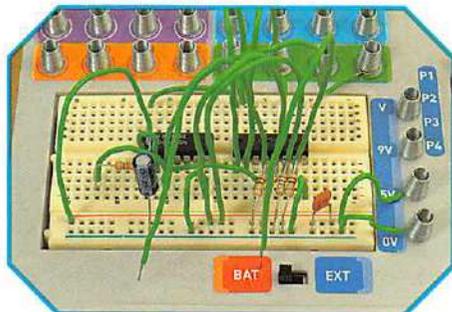
Schema del circuito di prova del bistabile, con un oscillatore ausiliario.



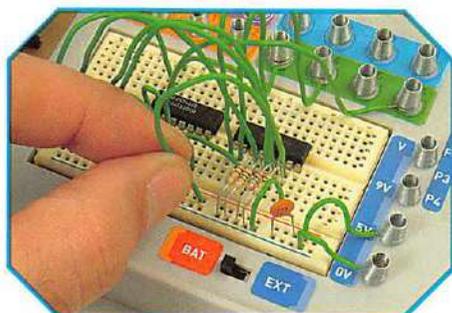
*Cablaggio interno della scheda Bread Board.*



*Collegamenti esterni compresa l'alimentazione.*



*Con J e K uniti, l'uscita cambia a ogni impulso di clock.*



*Chiudendo solamente S il LED 1 si illumina.*



*Laboratorio con l'esperimento realizzato.*

a sufficienza per permettere di visualizzare l'effetto di un cambio di livello su uno dei quattro ingressi (J, K, S e R).

2 - Il circuito di prova: l'integrato 4027 ha sui suoi quattro ingressi di prova delle resistenze collegate al negativo dell'alimentazione. In questo modo con i quattro fili che simulano i pulsanti J, K, S e R scollegati ovvero aperti, avremo uno zero su ognuno degli ingressi. Dato che i fili dall'altro lato sono collegati alla linea di alimentazione positiva da 9 V, quando li chiudiamo equivarrà ad applicare un livello alto a ogni ingresso.

3 - La matrice dei LED: i LED 1 e 2, ci permetteranno di visualizzare il livello delle uscite del flip-flop.

J	K	S	R	CLK	Q	/Q
0	0	0	0	↑	x	/x
0	0	1	0	x	1	0
0	0	0	1	x	0	1
1	0	0	0	↑	1	0
0	1	0	0	↑	0	1
1	1	0	0	↑	1	0
1	1	0	0	↑	0	1

NOTA:  
 1 - livello alto  
 0 - livello basso  
 x - influente (può essere 1 o 0)

### LISTA DEI COMPONENTI

- U1 Circuito integrato 4027
- U2 Circuito integrato 4093
- R5 Resistenza 47 K (giallo, viola, arancione)
- R6, R7 Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
- R8, R9 Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
- C1 Condensatore 22 nF
- C2 Condensatore 10 µF elettrolitico

*Funzioni del flip-flop.*

## Montaggio

Il montaggio si esegue come d'abitudine montando i ponticelli sui collegamenti dei catodi. L'alimentazione del 4027 è la seguente: positivo sul terminale 16 e negativo sul terminale 8.

## Prova

Il metodo per realizzare la prova deve essere sempre lo stesso: quando il LED dell'oscillatore è spento, è il momento di cambiare lo stato degli ingressi. Nel caso degli ingressi J e K, l'uscita cambia di stato quando il clock passa da 0 a 1. Invece nel caso degli ingressi Set e Reset il clock non conta, in quanto la variazione di livello avviene indipendentemente dal clock, infatti l'uscita passa a 1 se si attiva S e a 0 se si attiva R. Questi due ingressi R e S non si devono attivare contemporaneamente perché generano nel componente uno stato di indeterminazione.



# Contatore a 2 bit con 4027

Come abbiamo già visto, i flip-flop JK si possono configurare per lavorare come flip-flop T. Se ora uniamo due flip-flop in configurazione T e li colleghiamo in serie possiamo ottenere un contatore binario a due bit.

## L'idea

Come già sappiamo il flip-flop T si utilizza per dividere per due la frequenza di ingresso, o in altre parole ogni volta che entra un impulso di clock cambia lo stato dell'uscita.

Se sfruttiamo questa caratteristica in un flip-flop vediamo che abbiamo a disposizione un contatore a un bit dato che a ogni impulso di clock l'uscita cambia di stato seguendo la sequenza: 0, 1 e ripetendola.

Se ora colleghiamo fra loro due flip-flop T, costruiti da due flip-flop JK del 4027 otterremo la sequenza corrispondente a due contatori.

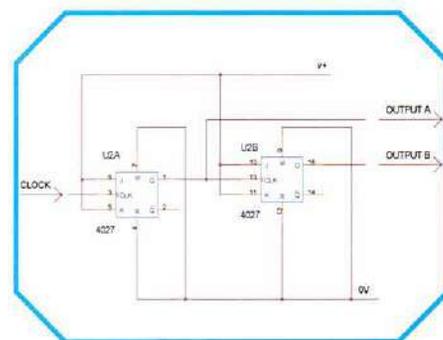
## Il circuito

Il circuito è composto da tre parti ben differenziate:

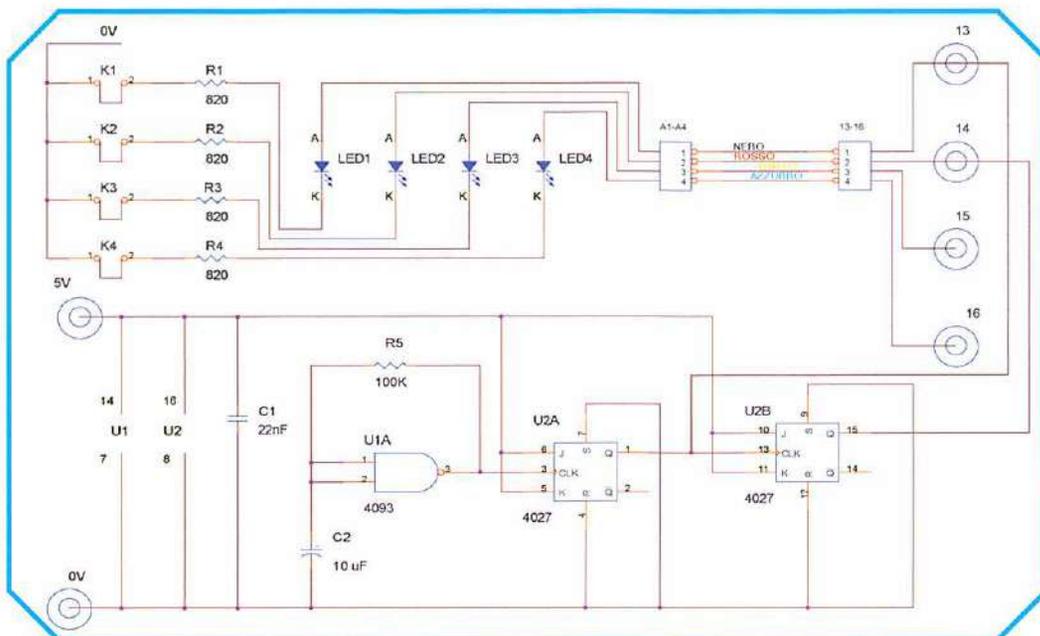
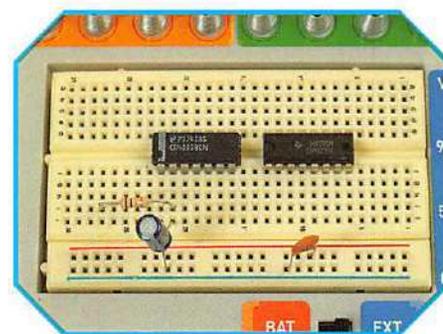
1. Il generatore di impulsi.

Il generatore di impulsi è molto semplice, utilizza una porta del circuito integrato 4093,

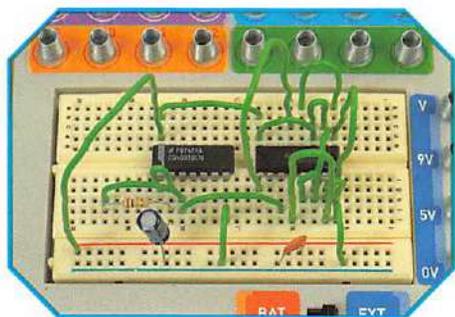
Dettaglio del contatore.



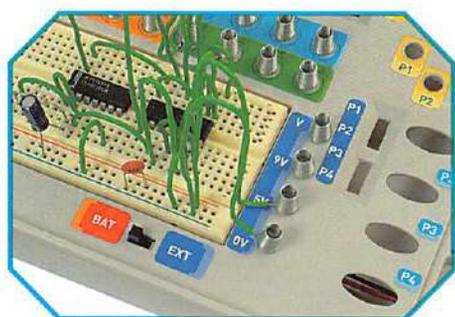
Componenti inseriti nella scheda Bread Board.



Schema dell'esperimento completo.



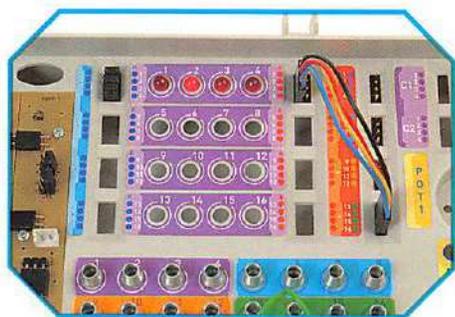
*Cablaggio interno della scheda Bread Board.*



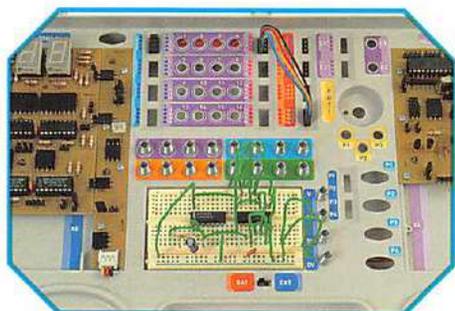
*Collegamento della alimentazione a 5 V.*



*Bisogna montare i ponticelli sui catodi dei LED.*



*I LED 1 e 2 indicano il conteggio binario.*



*Laboratorio con l'esperimento realizzato*

una resistenza R1 da 100 K e un condensatore da 10  $\mu$ F. L'uscita si prende dall'uscita della porta U1A, che corrisponde al terminale 3 del circuito integrato. La resistenza R2 limita la corrente che circola sul LED, e quest'ultimo si utilizza per verificare che l'oscillatore funzioni. I condensatori C1 e C2 filtrano l'alimentazione

2. Il contatore a due bit.

Ognuno dei due flip-flop JK del 4027 si configura come flip-flop T unendo gli ingressi JK e collegandoli al positivo dell'alimentazione. Per fare in modo che gli ingressi R (Reset) e S (Set) non abbiano alcun effetto sul circuito li disabilitiamo collegandoli a massa.

I due flip-flop si collegano fra loro. A questo scopo collegheremo l'uscita Q del primo flip-flop con l'ingresso di clock CLK del secondo.

Il primo flip-flop U2A corrisponde al bit meno significativo del contatore, mentre il secondo flip-flop U2B corrisponde al più significativo.

3. Indicazione dell'uscita sui LED.

L'uscita del bit meno significativo del contatore – Q di U2A – si collega al LED1 della matrice dei LED, mentre l'uscita più significativa del contatore – Q di U2B – si collega al LED 2 della stessa matrice dei LED.

## Montaggio

Il circuito si avvia quando collegheremo l'alimentazione allo stesso; tuttavia prima di farlo conviene prestare attenzione al montaggio di alcuni componenti, quali il condensatore elettrolitico, dato che ha polarità e i circuiti integrati.

L'ultimo filo da collegare è quello che porta l'alimentazione da 5 V dalla molla di collegamento 5 V fino alla scheda Bread Board.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4027
U2	Circuito integrato 4093
R1	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3, R4	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2	Condensatore 22 nF
LEDA	Diodo LED rosso 5 mm

### FUNZIONE LOGICA ASSOCIATA

CLK	LED1	LED2
≠	OFF	OFF
≠	OFF	ON
≠	ON	OFF
≠	ON	ON



# Astabile con 555

**A**bbiamo già studiato la parte teorica dell'integrato 555, realizziamo ora alcuni esperimenti con esso. In questa prova utilizzeremo lo schema base consigliato dal costruttore, però apporteremo una modifica per poter controllare in modo indipendente la durata del semiperiodo alto e basso dell'impulso, che si ripete in modo periodico.

## Il circuito

Se guardiamo lo schema del circuito completo e lo confrontiamo con il circuito di base, possiamo osservare che la resistenza RA del circuito di base si identifica come R5 sul circuito completo, per la resistenza RB invece, si utilizza la resistenza R6 per la carica del condensatore C3 e R7 per la scarica del medesimo condensatore. La separazione dei percorsi di carica e scarica del condensatore si ottiene con due diodi D1 e D2.

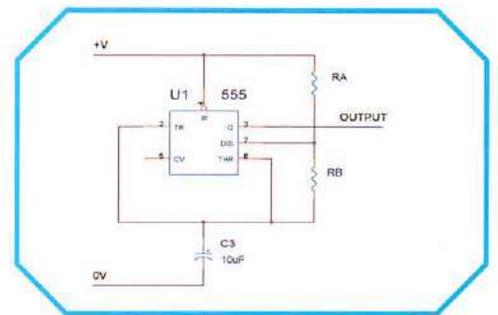
Il tempo in cui l'uscita permane a livello alto si calcola così:

$$T1 = 0,7 \times (R5 + R6) \times C3$$

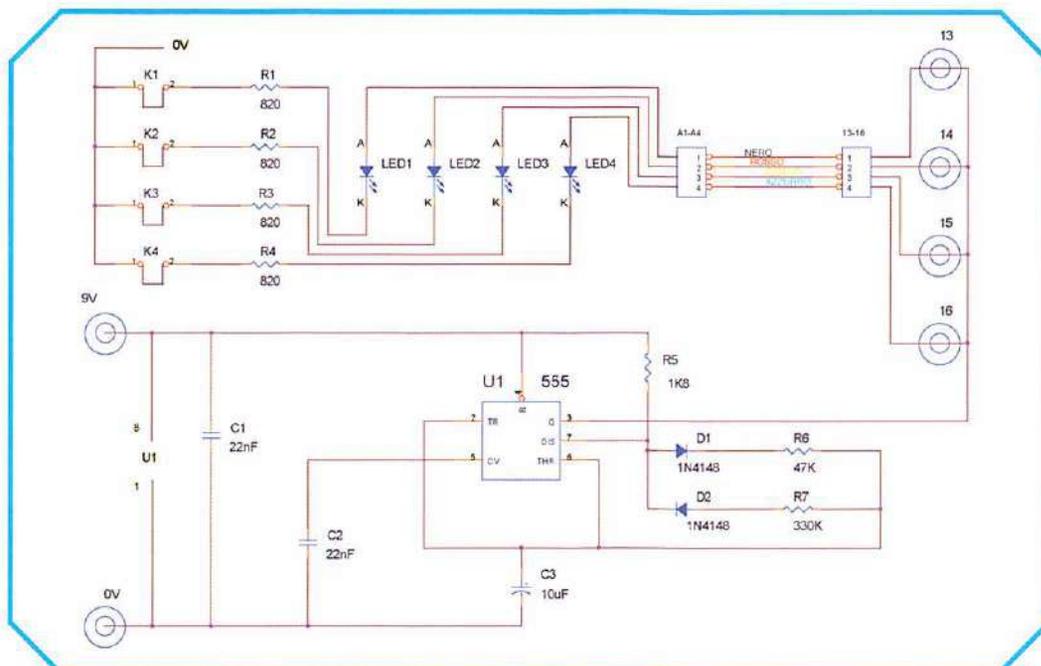
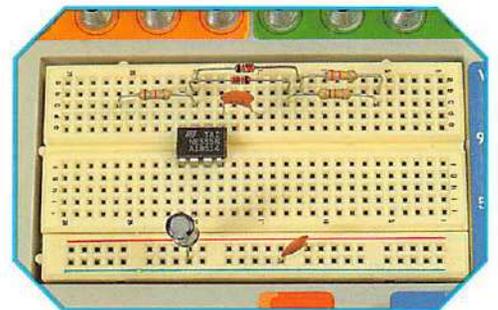
E la permanenza a livello basso è:

$$T2 = 0,7 \times R7 \times C3$$

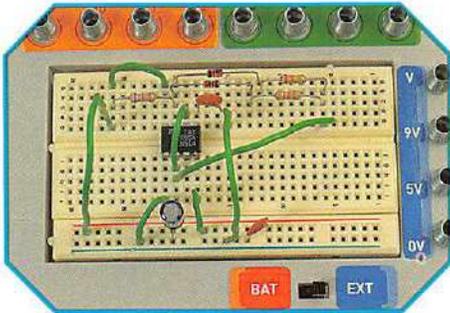
Schema di base.



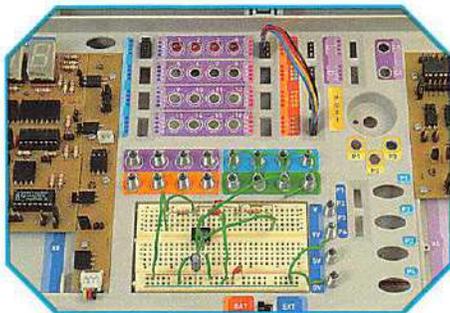
Il 555 e altri componenti installati sulla scheda.



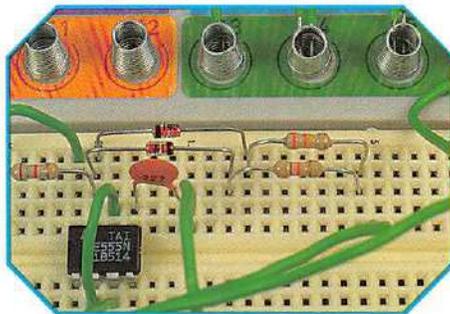
Astabile con 555, con controllo indipendente dei tempi di livello alto e di livello basso dell'impulso.



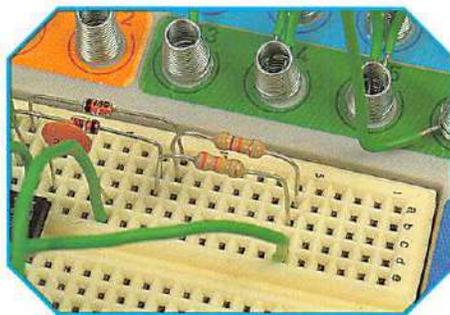
*Cominciamo il cablaggio sulla scheda Bread Board.*



*Vista del cablaggio completo.*



*I diodi permettono di separare la carica e la scarica del condensatore.*



*Se si invertono le resistenze R6 e R7 si cambiano anche i tempi.*



*Esperimento completo.*

È facile dedurre che se si desidera ottenere un segnale di uscita simmetrica, cioè che i due tempi T1 e T2 siano uguali, si deve compiere la seguente equazione:

$$R5 + R6 = R7$$

Bisogna ricordare che queste formule sono approssimative e devono essere verificate nella pratica, in quanto l'approssimazione della formula dipende dalle caratteristiche interne dell'integrato e dai valori dei componenti utilizzati, che non sono esatti a causa delle tolleranze accettate nella costruzione.

L'uscita del circuito, terminale 3, si utilizza per eccitare direttamente i quattro LED, dato che fornisce una corrente sufficiente.

Il condensatore C2 evita variazioni sull'ingresso di modulazione del circuito, rendendolo più stabile.

## Montaggio

Questo montaggio si esegue seguendo lo schema, la lista dei componenti si ottiene dallo schema stesso.

I terminali di alimentazione dell'integrato del 555 sono: 1 per il negativo che si collega a 0 V e 8 per il positivo che si collega a 9V, ma si può anche alimentare a 5 V; il terminale di reset, terminale 4, deve essere collegato a livello alto, in modo da renderlo non operativo. Il condensatore C1 svolge funzione di filtro per l'alimentazione.

Infine, ricordate che il condensatore elettrolitico ha polarità, e che bisogna utilizzare un cavetto a quattro fili tra gli anodi dei quattro LED e i collegamenti dal 13 al 16 delle mole. Collocate i quattro ponticelli sui catodi dei LED.

## Prova

Il circuito deve funzionare appena si collega l'alimentazione, i tempi di spegnimento e accensione dei LED dipendono dai valori delle resistenze R5, R6 e R7.

A titolo di prova vi consigliamo di utilizzare dei valori differenti, per iniziare potete scambiare fra loro i valori di R6 e R7.



# Monostabile con 555

**Q**uesto circuito corrisponde a una delle applicazioni più utilizzate del 555, è basato su un circuito applicativo consigliato dal costruttore.

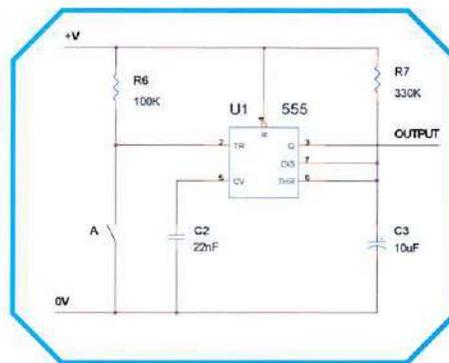
## Il circuito

Se guardiamo lo schema del circuito possiamo notare due parti molto importanti: il circuito di attivazione e quello di temporizzazione.

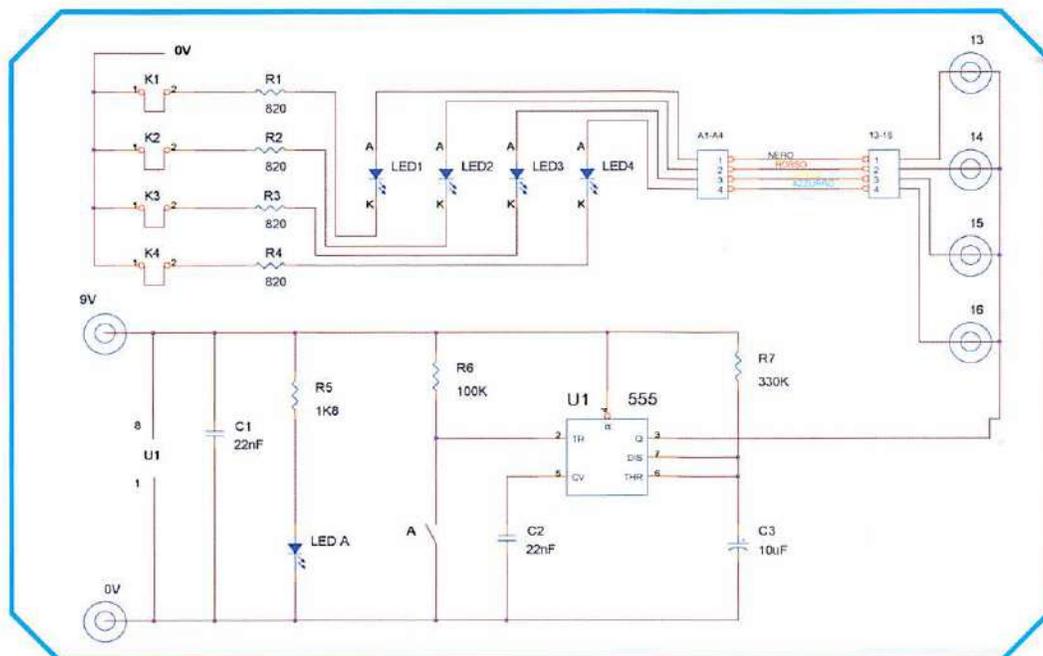
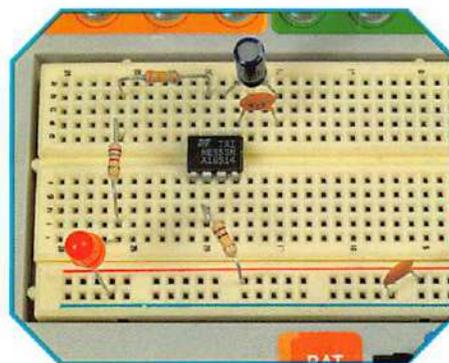
Nello stato di riposo l'uscita del circuito rimane a livello basso e, una volta effettuata l'attivazione, l'uscita passa a livello alto, rimanendo in questo stato il tempo determinato dai componenti del circuito, trascorso il quale passa a livello basso e permane in questo stato fino a quando non avviene una nuova attivazione.

Il circuito di attivazione è composto da una resistenza, R6, che mantiene il terminale di attivazione – terminale 2 dell'integrato – a livello alto, per evitare attivazioni impreviste. L'attivazione avviene quando questo terminale dell'integrato passa per un attimo a livello basso, normalmente si tratta di un pulsante, ma potrebbe essere anche un segnale di livello basso generato da un altro circuito. Il nostro circuito sperimentale non dispone, per il momento, di un pulsante, utilizzeremo quindi un collegamento con un filo indicato nello schema dalla lettera A.

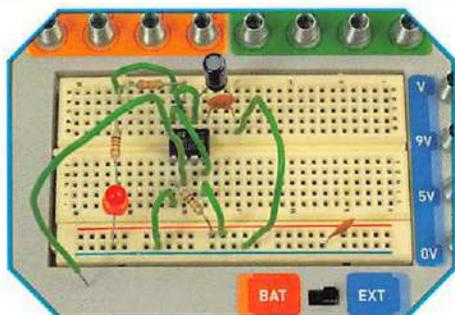
Schema di base del monostabile.



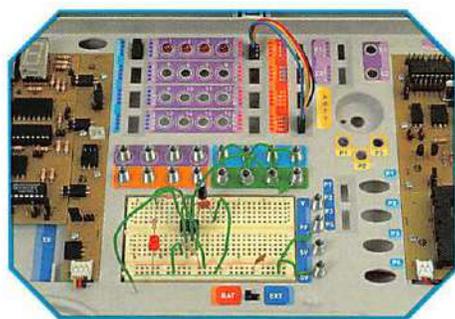
Il 555 e alcuni componenti montati sulla scheda.



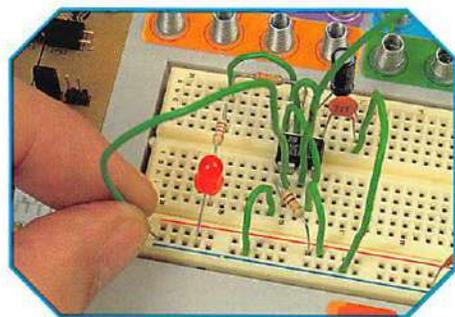
Monostabile con 555.



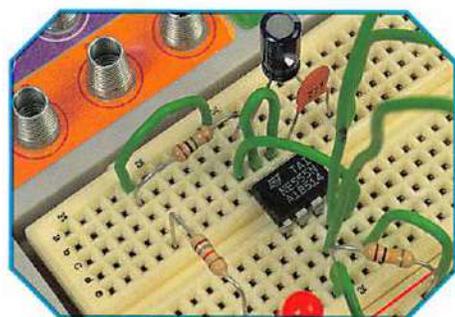
*Iniziamo il cablaggio sulla scheda Bread Board.*



*Vista del cablaggio completato.*



*Chiudendo per un istante il collegamento A si attiva il monostabile.*



*Aumentando R7 a 1 M si incrementa la durata dell'impulso.*



*Esperimento completato.*

La temporizzazione è quindi, il tempo in cui il segnale di uscita – terminale 3 dell'integrato – rimane a livello alto, questo tempo è determinato dal valore della resistenza R7 e dalla capacità del condensatore C3.

$$T = 1,1 \times R7 \times C3$$

Bisogna tener presente che questa formula è approssimata, specialmente nel caso di utilizzo di condensatori elettrolitici dove la tolleranza accettata è generalmente molto ampia, a volte va da -20% a +50%, quindi bisogna verificare in pratica se la durata dell'impulso è quella adeguata alla nostra esigenza o se, al contrario, è necessario cambiare il valore di qualche componente, normalmente la resistenza R, per ottenere il valore desiderato.

Lo stato dell'uscita del circuito, terminale 3, si verifica mediante l'accensione dei LED, che sono collegati all'uscita stessa.

Il condensatore C2, consigliato dal costruttore, evita le variazioni sull'ingresso di modulazione del circuito, rendendo più stabile il funzionamento dello stesso.

Il LED A è utilizzato per verificare la presenza dell'alimentazione, dato che il circuito deve rimanere inattivo fino a quando non si agisce sul terminale di attivazione A.

## Montaggio

Questo montaggio si esegue seguendo lo schema. Non dimentichiamo che i terminali di alimentazione dell'integrato 555 sono: 1 per il negativo, che si collega a 0 V; 8 per il positivo che si collega a 5, 9 o 12 V; infine il terminale di reset, terminale 4, deve essere collegato a livello alto in modo da inibirne il funzionamento. Si utilizza un cavetto a quattro fili tra gli anodi dei 4 LED e i collegamenti dal 13 al 16 delle molle, e anche i quattro ponticelli sui catodi dei LED.

## Prova

Il circuito deve funzionare non appena si collega l'alimentazione. Quando ciò avviene il circuito rimane inattivo, si illuminerà solamente il LED che utilizziamo per verificare la reale presenza dell'alimentazione. Eseguendo per un attimo il collegamento A, i LED si illuminano e rimangono illuminati il tempo determinato dai valori scelti per la resistenza R7 e per il condensatore C3.



# Treni di impulsi

**Q**uesto circuito genera dei treni di impulsi che sono emessi a una determinata cadenza. È possibile controllare sia la frequenza del segnale che genera l'impulso che la durata del treno di impulsi o dei tempi in cui non c'è segnale di uscita. L'uscita si utilizza per illuminare 4 LED contemporaneamente.

## Il circuito

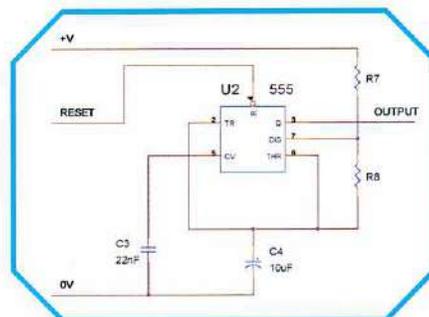
Osservando lo schema del circuito possiamo vedere che l'integrato 555 è configurato come oscillatore astabile. Questo circuito genera un impulso periodico quando il suo terminale 4 è a livello alto, e cessa di farlo quando è a livello basso.

La frequenza di uscita di questo circuito dipende dai valori delle resistenze R7, R8 e del condensatore C4.

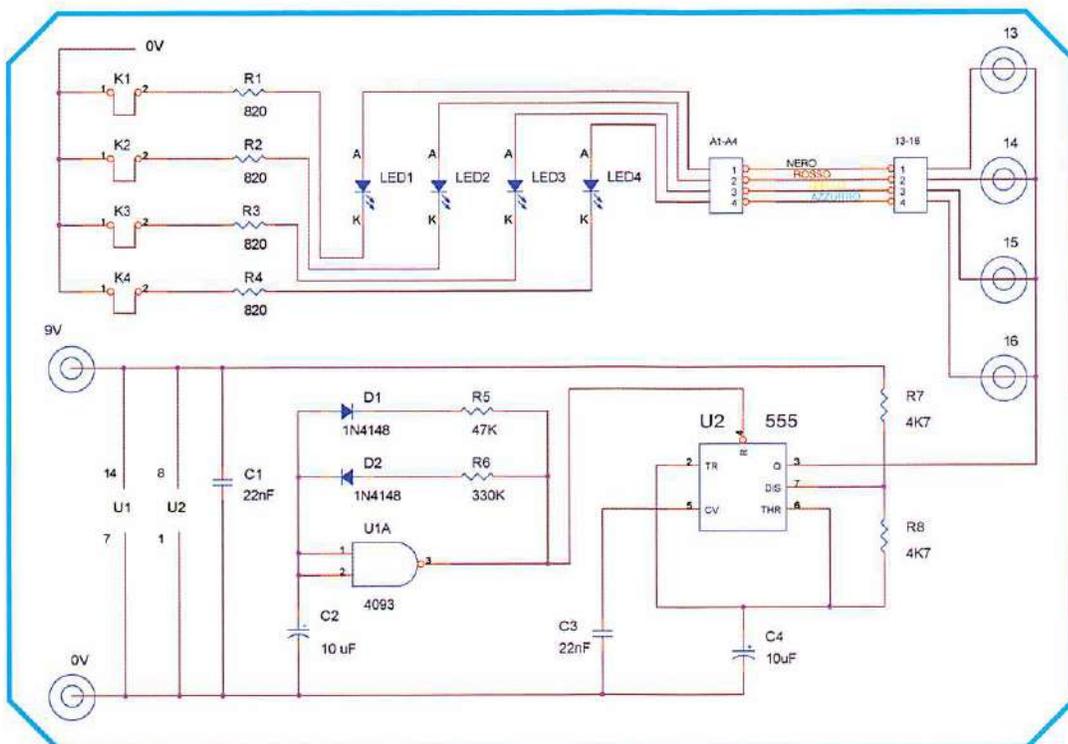
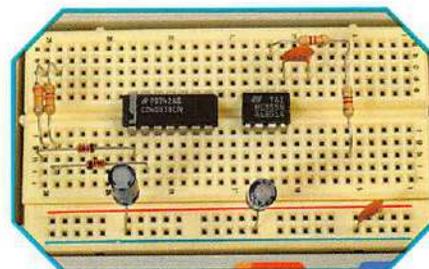
La porta U1A forma un altro oscillatore astabile che ha la caratteristica di poter controllare in modo indipendente la durata del livello alto e la durata del livello basso.

La frequenza di questo oscillatore dipende dal valore del condensatore C2, e la resistenza R5 determina il tempo in cui l'impulso è a livello basso, quindi l'uscita di questa porta,

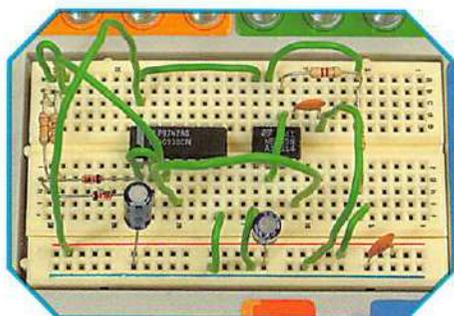
Il funzionamento del 555 si controlla con il terminale 4.



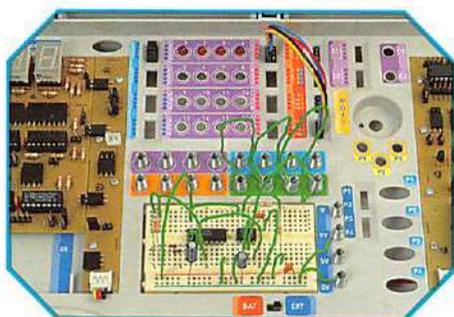
Componenti installati sulla scheda.



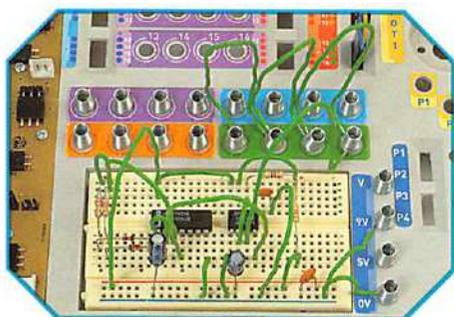
Generatore di treni di impulsi.



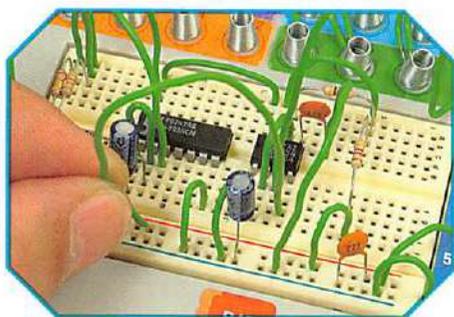
*Cablaggio della scheda Bread Board.*



*Vista del cablaggio completato.*



*Collegamenti alle molle.*



*Collegamento del terminale 4 del 555 al positivo, gli impulsi sono emessi in modo continuo.*



*Esperimento completato.*

terminale 3 del circuito integrato 4093, è anch'essa a livello basso, mentre la resistenza R6 determina il tempo in cui l'impulso di uscita è a livello alto.

L'uscita della porta U1A, terminale 3 del 4093, si utilizza per controllare il funzionamento dell'astabile formato con il 555, e si collega al terminale 4 dello stesso astabile; quando il livello su questo pin è 0, lo è anche l'uscita del 555; quando è a livello alto il 555 oscilla.

## Montaggio

Questo montaggio si esegue seguendo lo schema e tenendo presente la polarità dei diodi D1 e D2 e quella dei condensatori elettrolitici.

I terminali dell'alimentazione dell'integrato 555 sono: 8 per il positivo e 1 per il negativo, mentre per il 4093 sono: 14 per il positivo e 7 per il negativo. Il collegamento ai LED si esegue con un cavetto a quattro fili tra gli anodi dei 4 LED e i collegamenti dal 13 al 16 delle molle, e collegando inoltre i quattro ponticelli sui catodi dei LED.

## Prova

Il circuito deve funzionare non appena viene collegata l'alimentazione, con un'intermittenza molto veloce dei LED che si interrompe brevemente. Il tempo di questa interruzione si può allungare aumentando il valore della resistenza R5.

Se il cavetto che unisce il terminale 4 del 555 con il terminale 3 del 4093 si scollega da quest'ultimo terminale e si collega al positivo, il lampeggio dei LED non si interromperà più.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 555
R5	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R6	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R7, R8	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
C1, C3	Condensatore 22 nF
C2, C4	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico



# Flip-Flop sensibile al tatto

**Q**uesto circuito in apparenza semplice, ha più importanza di quello che potrebbe sembrare. Valutiamo con molta attenzione alcuni problemi che riesce a risolvere.

## Il circuito

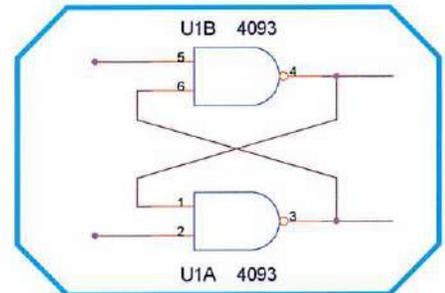
Osservando lo schema del circuito possiamo vedere due porte del circuito integrato 4093 che formano un bistabile RS, e due transistor collegati ai loro ingressi. Quando con un dito chiudiamo i terminali A o B si attiva l'uscita della porta U1B oppure U1A.

## Risparmio con problemi

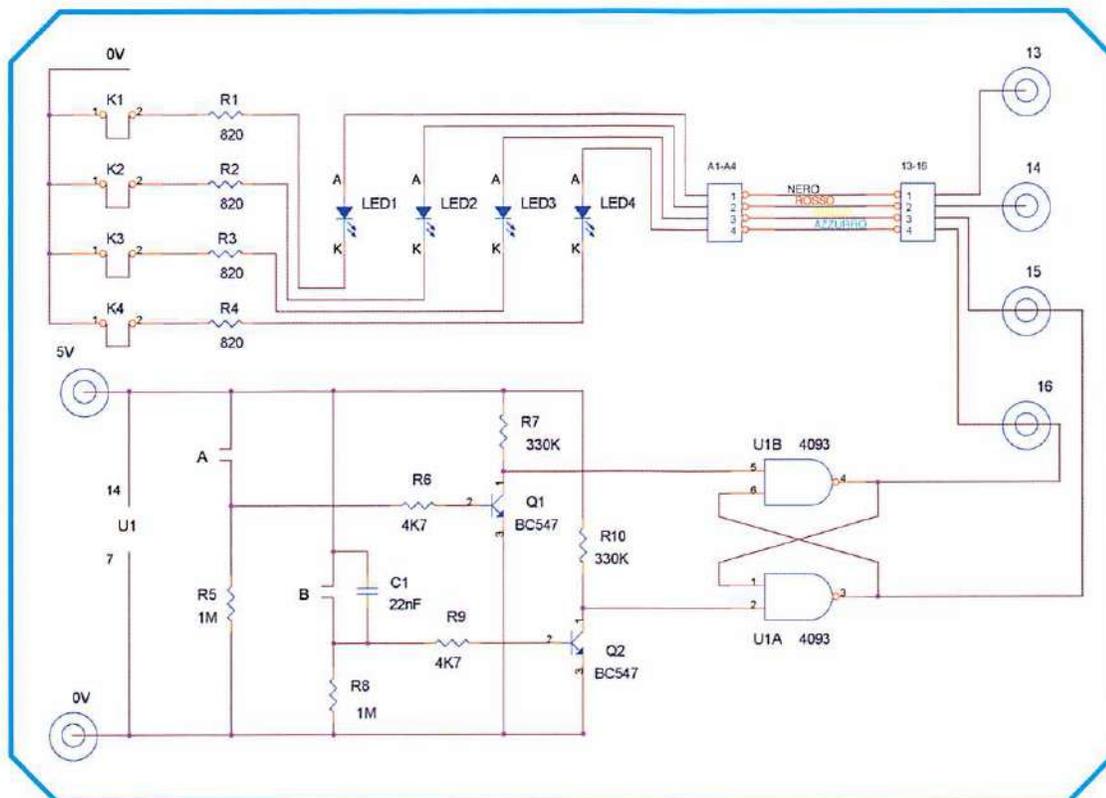
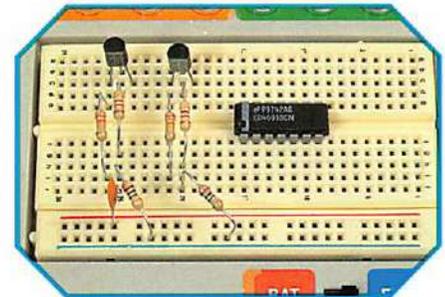
Immaginate di voler risparmiare dei componenti e togliere quindi i transistor, collegando direttamente i terminali 5 e 2 dell'integrato 4093 ai contatti A e B, mantenendo le resistenze di pull-down R5 e R8 da 1 M.

Eseguendo questa modifica ci troviamo di fronte al primo problema, infatti questo tipo di bistabile con porte NAND non accetta che i due ingressi siano contemporaneamente a li-

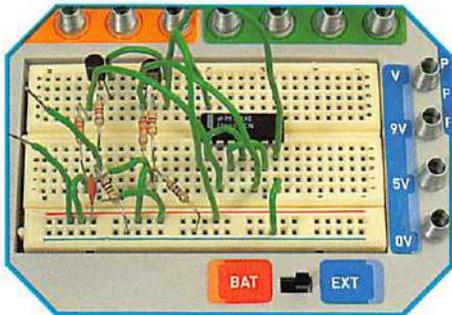
Bistabile RS  
utilizzato.



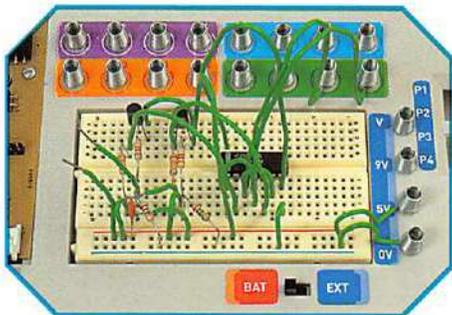
È necessario  
fare  
attenzione al  
collegamento  
dei transistor.



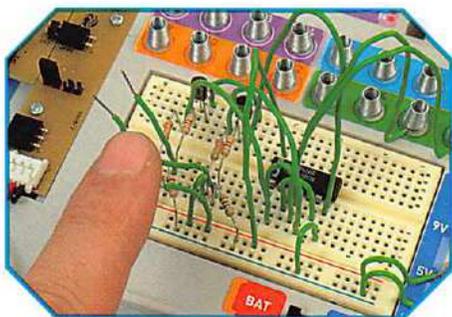
Interruttore  
sensibile  
al tatto con  
memoria.



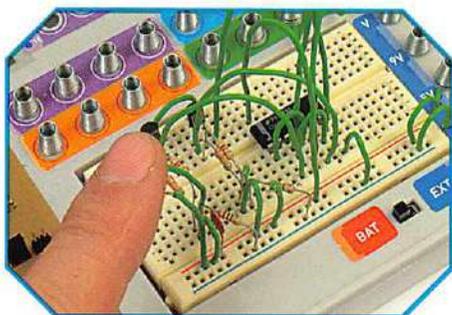
*Cablaggio della scheda Bread Board.*



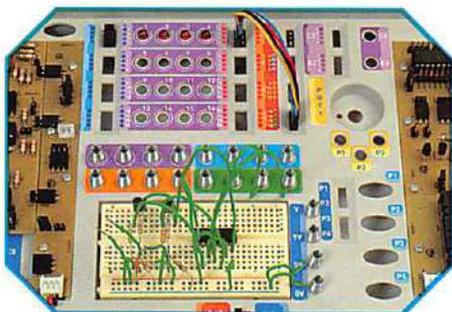
*Cablaggio completato.*



*Chiudendo A si illumina il LED 4.*



*Chiudendo B si illumina il LED 1.*



*Esperimento completato.*

vello basso poiché il livello di uscita rimarrebbe indeterminato, invalidando quindi questa economica opzione.

## Invertitore

Torniamo al circuito originale, osservando con attenzione il circuito di uno dei due transistor, possiamo vedere come questo inverta il livello del segnale. Quando il collegamento A è aperto la resistenza R5 impedisce che la base possa captare dei segnali di rumore e attivare il transistor Q1, quindi esso non conduce e la resistenza R7 applica un livello alto all'ingresso di U1B.

Quando si collega A, cioè si applica un livello alto all'ingresso – anche tramite la pelle del dito – vi è un passaggio di corrente sufficiente per far sì che il transistor Q1 conduca, facendo circolare corrente attraverso la resistenza R7 e generando quindi sulla stessa una caduta di tensione tale da portare il collettore del transistor a un livello basso, in modo che l'ingresso della porta lo consideri uno 0 logico.

## Riposo

In stato di riposo i due ingressi del circuito sono a livello basso, mentre gli ingressi del bistabile sono a livello alto, quindi lo stato dell'uscita degli stessi si mantiene.

## Montaggio

Questo montaggio si esegue seguendo lo schema, e facendo attenzione ai collegamenti del transistor.

## Prova

Il circuito deve funzionare appena si collega l'alimentazione, attivando A – unendo con il dito i due terminali – si illumina il 4 e rilasciandolo si memorizza questa situazione. Se successivamente attiveremo B, si illuminerà il LED 3 e si spegnerà il 4.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R5, R8	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R6, R9	Resistenza 4K7 K (giallo, viola, rosso)
R7, R10	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
C1	Condensatore 22 nF



# Controllo del contatore

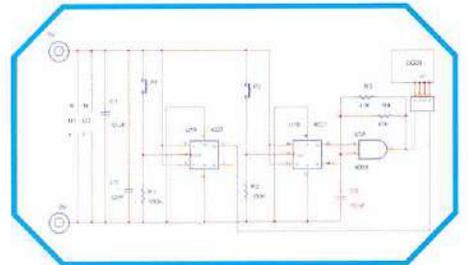
**Q**uesto circuito utilizza due bistabili tipo *T* per memorizzare l'attivazione di due pulsanti. L'uscita di uno di questi circuiti si utilizza per attivare o disattivare il clock che fornisce gli impulsi di clock del contatore. L'altro pulsante, ogni volta che viene premuto, inverte il verso del conteggio del contatore.

## Il circuito

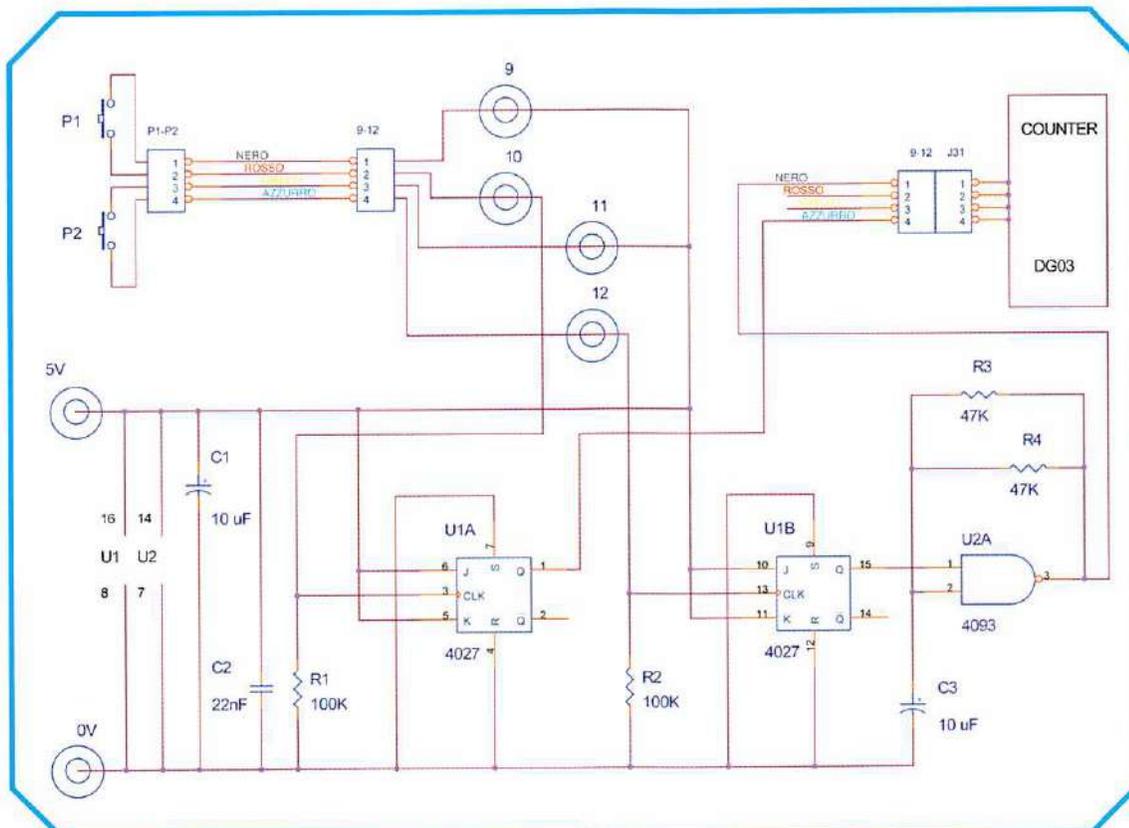
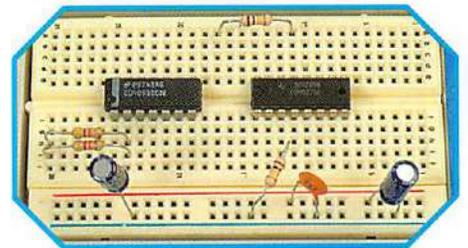
Osservando lo schema del circuito possiamo vedere che il pulsante P1 applica un livello alto all'ingresso di clock del circuito U1B, uno dei due bistabili dell'integrato 4027. Ricordate che il segnale necessario al clock è un fronte di salita, cioè un passaggio da livello basso a livello alto. L'uscita di questo bistabile, terminale 1 dell'integrato 4027, si applica al terminale 4 del connettore J31 della scheda dei contatori DG03. Quando questo terminale è a livello 1 il contatore avanza, e quando è a livello 0 il conteggio è decrescente. Ogni volta che si aziona il contatore si inverte lo stato dell'uscita di questo bistabile.

L'altro pulsante P2 si utilizza per applicare

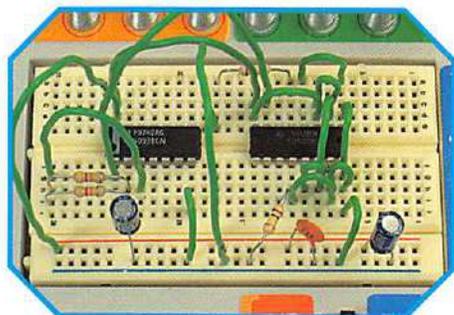
Schema  
semplificato.



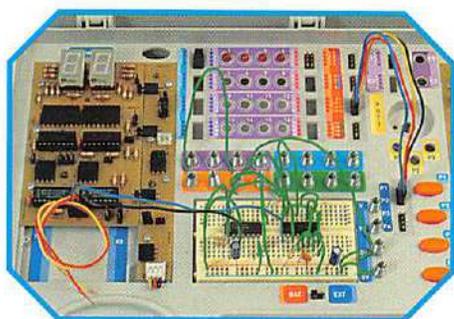
Componenti  
sulla scheda  
Bread Board.



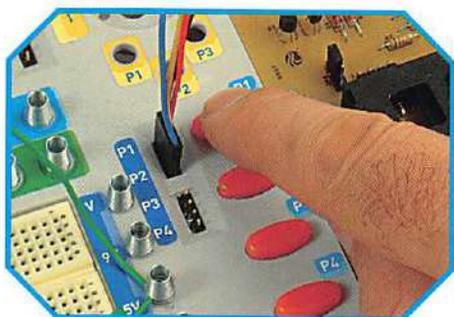
Schema  
generale del  
circuito  
di controllo.



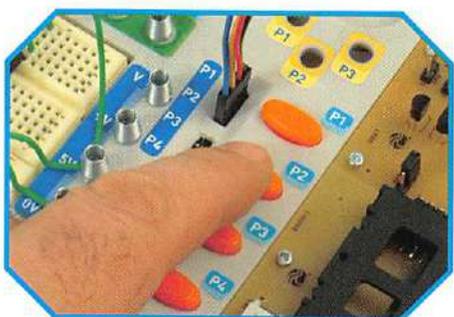
*Inizio del cablaggio.*



*Esperimento con tutti i collegamenti.*



*Premendo P1 si inverte la direzione del conteggio.*



*Premendo P2 si avvia o si ferma il clock.*



*Esperimento completato.*

gli impulsi all'ingresso di clock dell'altro bistabile – U1B – che è raffigurato anch'esso come bistabile del tipo T, la cui uscita si utilizza per controllare il funzionamento dell'oscillatore, formato dalla porta U2A del circuito integrato 4093. L'uscita di questo oscillatore fornisce gli impulsi di conteggio al contatore. Ogni volta che si preme P2 si ferma o si fa continuare il conteggio del contatore, dato che ferma o mette in funzione l'oscillatore U2A.

I condensatori C1 e C2 filtrano l'alimentazione.

## Montaggio

Questo montaggio inizia collocando i componenti sulla scheda Bread Board nell'ordine adeguato e seguendo il collegamento nello schema. I pulsanti P1 e P2 si collegano alle molle dalla 9 alla 12 utilizzando un cavetto a quattro fili terminato su due connettori a quattro vie, che unisce il connettore siglato come P1 P2 e quello siglato da 9 a 16. I collegamenti al connettore J31 della scheda DG03 si realizzano con un cavetto di collegamento terminato su un lato da un connettore e dall'altro con quattro fili senza connettore, dei quali utilizzeremo solamente l'1 e il 4. Inserendo questo cavetto su J31 bisogna verificare di collegare il filo nero al terminale 1 dello stesso.

## Prova

Quando si collega l'alimentazione al circuito è possibile che l'uscita dei bistabili prenda un valore casuale.

Ogni volta che si preme P2 si fermerà il conteggio, se il contatore stava contando, o si farà ripartire se era fermo.

Ogni volta che si preme P1 si inverte il senso del conteggio, se era ascendente passerà a discendente e viceversa.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4027
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3, R4	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2	Condensatore 22 nF



# Tensione del condensatore

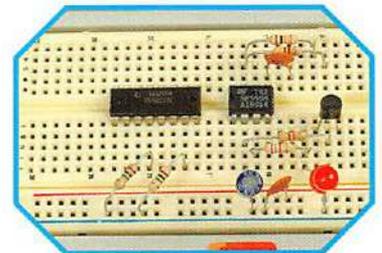
*In questo circuito si utilizza la tensione del condensatore che determina la frequenza di oscillazione del 555 quando funziona come astabile per controllare l'illuminazione di 4 LED.*

## Il circuito

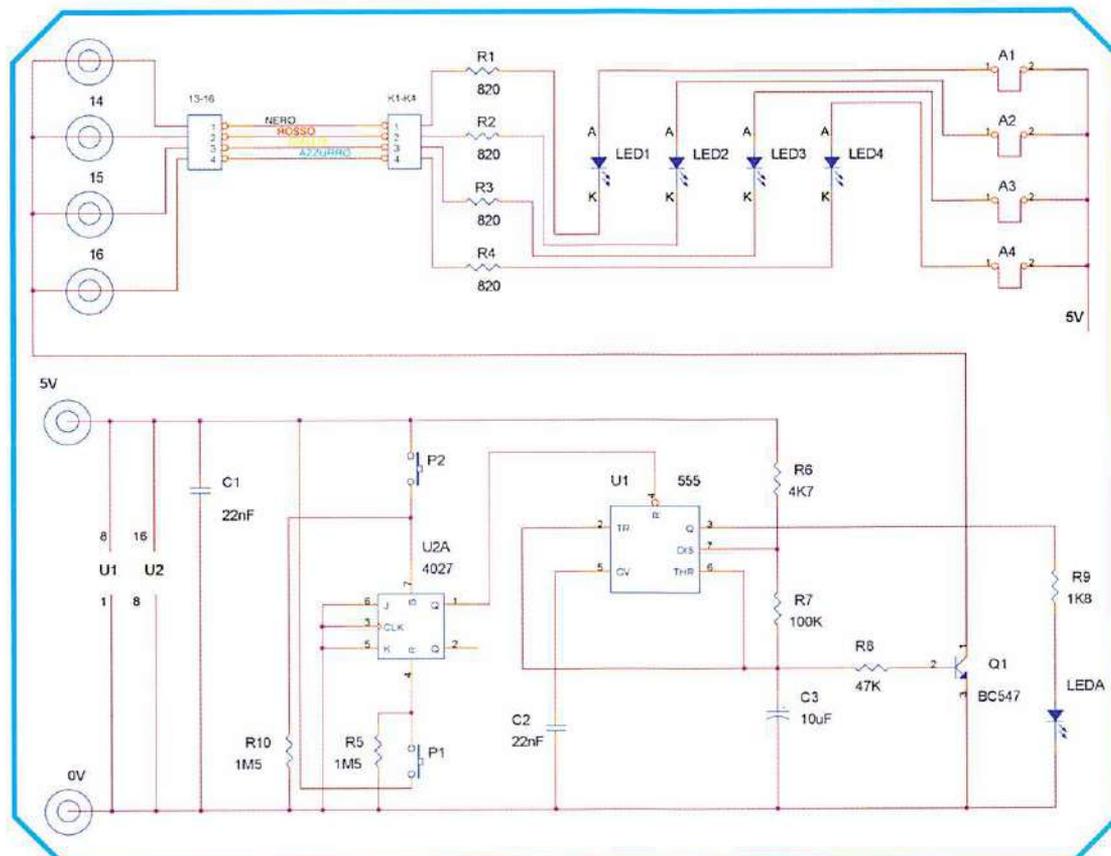
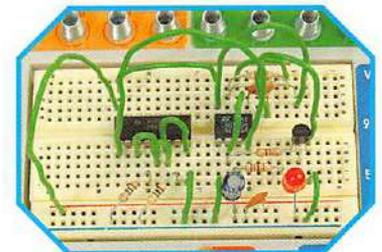
Osservando lo schema del circuito può apparire, a prima vista, che ci sia un errore nel collegamento dell'uscita del 555. Sull'uscita del circuito, terminale 3, si collega un diodo LED per visualizzare lo stato della stessa, con la rispettiva resistenza R9 che serve per limitarne la corrente. Come uscita utilizziamo invece la tensione del condensatore C3, applicata alla base del transistor Q1 mediante la resistenza R8.

Questa tensione non è continua e assomiglia molto a un segnale triangolare, quindi la carica del condensatore avviene in modo progressivo e anche la corrente di base del transistor sale lentamente, pertanto anche la cor-

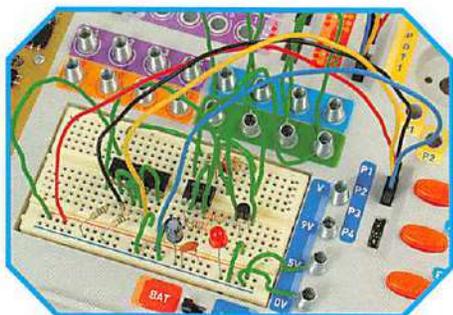
Componenti sulla scheda Bread Board.



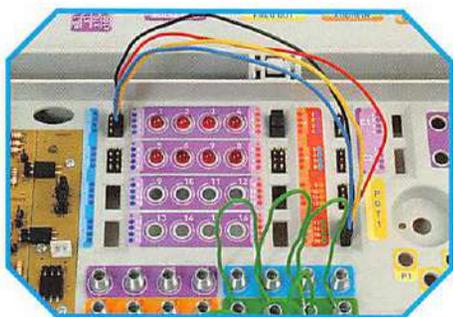
Cablaggio della scheda Bread Board.



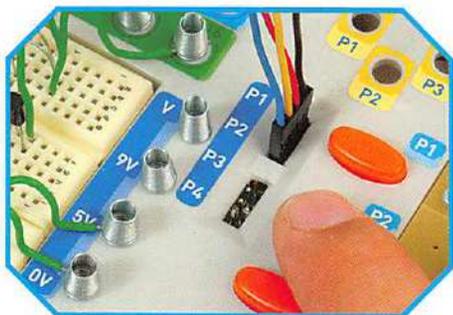
Schema generale del circuito che permette di visualizzare la tensione di carica del condensatore C3.



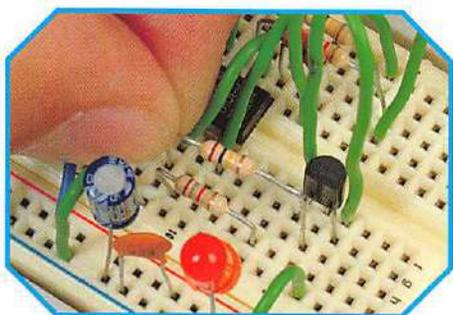
*Cablaggio del pulsante.*



*Cablaggio al catodo dei LED.*



*Premendo P1 si attiva o disattiva l'oscillatore.*



*Possiamo provare a cambiare il valore di R8 con 100 K.*



*Esperimento completato.*

rente che circola sui LED da 1 a 4 aumenta lentamente, e questi LED si illuminano in modo progressivo.

Il funzionamento dell'oscillatore 555 si controlla collegando il suo ingresso di reset all'uscita di uno dei bistabili del circuito integrato 4027.

Il pulsante P2 si utilizza per attivare il circuito e P1 per disattivarlo.

## Montaggio

La collocazione dei componenti sulla scheda si esegue come d'abitudine, i collegamenti ai catodi dei LED vengono effettuati utilizzando un cavetto terminato su due connettori a quattro vie, dei quali uno si collega ai catodi dei LED, e l'altro al connettore corrispondente alle molle dalla 13 alla 16.

I collegamenti ai pulsanti si realizzano con il cavetto che ha un solo connettore, inserendolo sul pannello identificato come P1-P2 e utilizzando i fili di questo cavetto per dei collegamenti diretti sulla scheda Bread Board.

## Prova

Dopo aver verificato che il montaggio sia stato eseguito in modo corretto, colleghiamo l'alimentazione alle molle 0 e 5 V. Il pulsante P1 ferma l'oscillatore e P2 lo fa partire, il LED A si illumina e si spegne in modo intermittente, così come gli altri quattro LED, però l'accensione e lo spegnimento di questi ultimi avviene in modo molto più graduale.

Vi consigliamo di sostituire la resistenza R8 da 47 K con una da 100 K e osservare la variazione che si produce nell'illuminazione dei LED.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
U2	Circuito integrato 4027
R5, R10	Resistenza 1M5 (marrone, verde, verde)
R6	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R7	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R8	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R9	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1, C2	Condensatore 22 nF
C3	Condensatore 10 µF elettrolitico
Q1	Transistor BC547 o BC548
LED A	Diodo LED rosso 5 mm



# ON/OFF con una porta NAND

**Q**uesto circuito utilizza le caratteristiche di isteresi delle porte trigger Schmitt.

## Il circuito

Questo circuito è semplice perché ha pochissimi componenti, tuttavia alcuni aspetti sono particolari, ad esempio guardando l'ingresso della porta invertente vedremo che viene applicata una tensione tramite il punto intermedio alle resistenze R1 e R2.

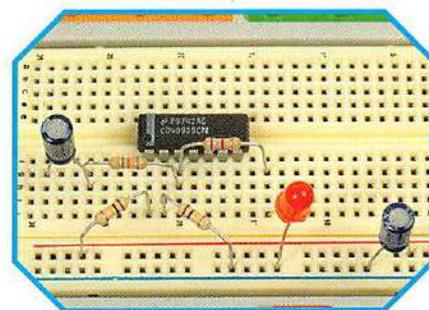
Questa tensione è intermedia tra livelli logici e risulta strano che venga applicata a un circuito logico, a meno che, come in questo caso, non si vogliano utilizzare le proprietà di isteresi di questo tipo di circuiti.

## Funzionamento

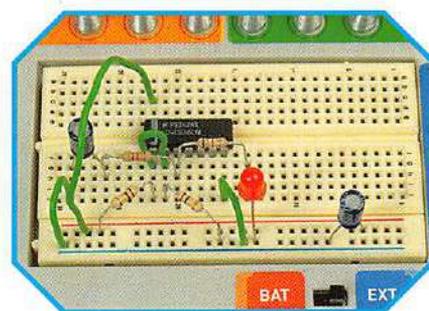
Con il circuito in stato di riposo, supponiamo di avere alla sua uscita, terminale 3, un livello logico alto. In questa situazione il condensatore C2 si carica tramite la resistenza R3 e, al termine della carica, si troverà a un livello di tensione alto.

Se ora premiamo il pulsante P1, l'ingresso della porta passerà a livello alto, quindi l'uscita di questa passerà a livello basso, scaricando anche il condensatore per tutto il tempo in cui si

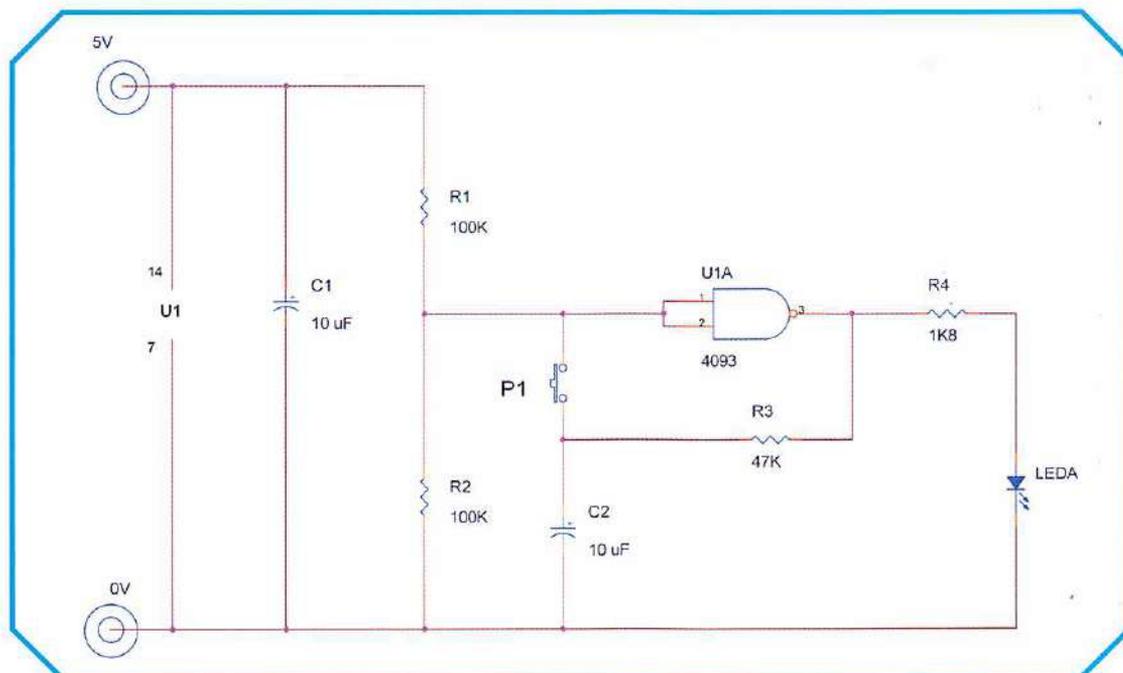
Componenti sulla scheda Bread Board.



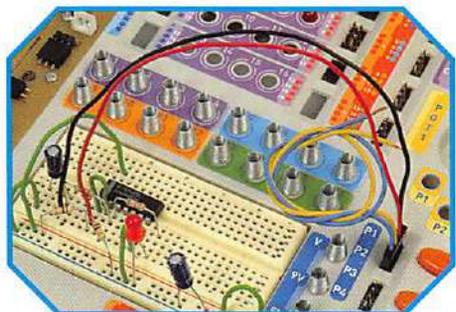
Cablaggio della scheda Bread Board.



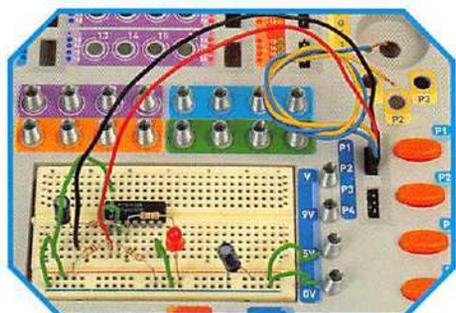
è tenuto premuto P1, in quanto esso è collegato al punto intermedio alle resistenze R1 e R2, ma la scarica non raggiungerà un livello sufficiente a influenzare la porta.



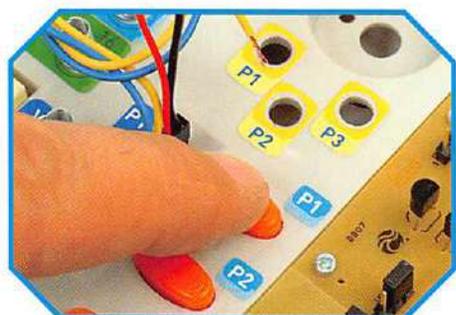
Schema dell'interruttore elettronico.



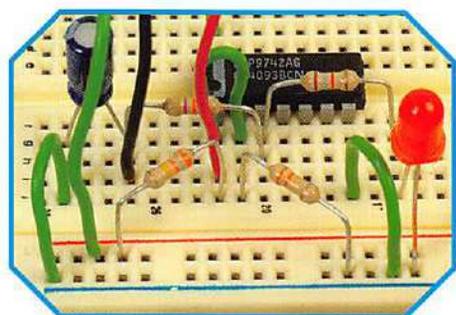
*Cablaggio dei pulsanti.*



*Cablaggio completato.*



*P1 svolge la funzione di ON/OFF.*



*Con R1 e R2 da 330 K l'integrato oscilla quando si tiene premuto il pulsante.*



*Esperimento completato.*

Rilasciando il pulsante P1, il condensatore C3 continuerà a scaricare attraverso R3, e dato che P1 non è premuto, la situazione si manterrà.

In questa situazione il condensatore sarà scarico, quindi se noi ora premeremo nuovamente P1 applicheremo uno 0 all'ingresso della porta e la sua uscita passerà a livello alto iniziando la carica del condensatore; ma per il tempo in cui il pulsante verrà premuto, la carica non riuscirà sicuramente a superare il livello necessario per influenzare l'ingresso della porta, quindi quando rilasceremo P1 la situazione rimarrà memorizzata.

## Montaggio

Il montaggio è molto semplice, è sufficiente inserire l'integrato e gli altri componenti sulla scheda Bread Board ed eseguire i collegamenti seguendo lo schema, facendo attenzione ai collegamenti dei condensatori elettrolitici e a quelli del diodo LED in modo da cablarli con la polarità adeguata. Il collegamento dei pulsanti si esegue con un cavetto terminato su un connettore a quattro vie. Dopo aver verificato, schema alla mano, tutto il lavoro eseguito, collegheremo l'alimentazione, il negativo a 0 V e il positivo a 5 V.

## Prova

Il circuito deve funzionare non appena viene collegata l'alimentazione, che normalmente sarà da 5 V. Il LED può rimanere spento oppure acceso, se è illuminato, attivando il pulsante si spegnerà e viceversa. Il pulsante deve essere premuto non molto in fretta, lasciando trascorrere un certo periodo di tempo, dato che il condensatore scelto ha una capacità elevata per permettere di poter osservare bene l'evoluzione dell'esperimento. Normalmente mantenendo premuto il pulsante il circuito non dovrebbe oscillare, ma potrebbe anche succedere il contrario, dato che il margine di isteresi può variare da un circuito all'altro.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1, C2	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
LED A	Diodo LED rosso 5 mm



# VCO con transistor

**L**a frequenza di oscillazione del circuito dipende dalla tensione applicata a un punto dello stesso.

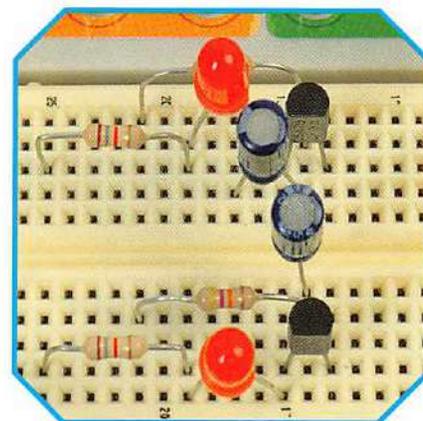
## Il circuito

Il circuito corrisponde a un classico progetto di oscillatore astabile con transistor, tuttavia la tensione che si applica alle resistenze di base R3 e R4 non è quella dell'alimentazione del circuito classico, ma corrisponde a quella ottenuta tramite il cursore del potenziometro POT1 quando gli estremi di questo si collegano fra i due estremi dell'alimentazione.

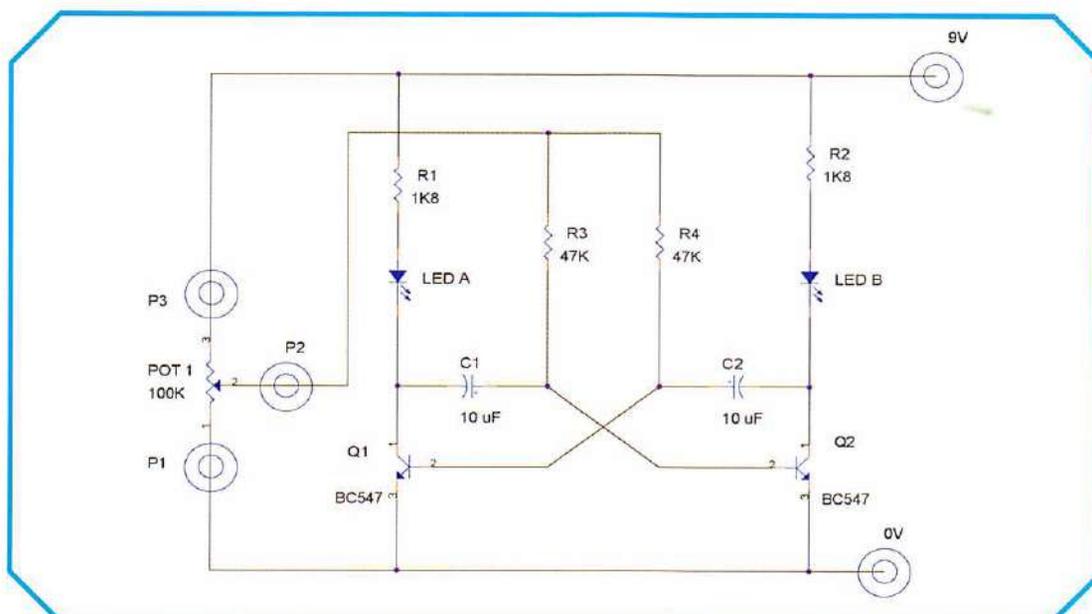
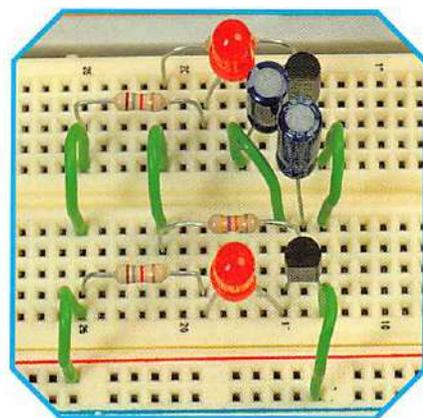
## Funzionamento

Rivediamo il funzionamento dell'oscillatore astabile. Questo circuito ha due uscite che partono dal collettore di ognuno dei transistor, e che utilizzeremo per controllare l'illuminazione di un LED. Quando il transistor si satura l'uscita corrisponde a un livello basso, dato che la tensione di collettore del transistor corrisponde a un livello molto basso di tensione, questo permette che il LED collegato al collettore si illumini. In questo modo è possibile vedere facilmente lo stato di ogni uscita, senza la necessità di dover utilizzare qualche strumento di misura. Ricordiamo che le uscite sono opposte, se una di esse è a livello alto l'altra sarà a livello basso. Con il potenziometro POT potremo selezionare qualsiasi tensione compresa fra quella di ali-

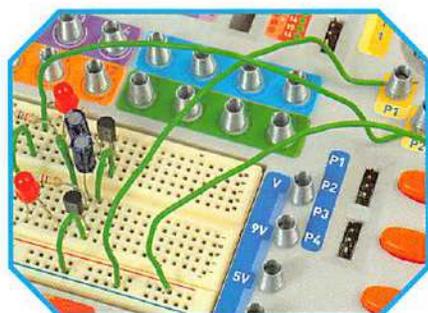
Componenti sulla scheda Bread Board.



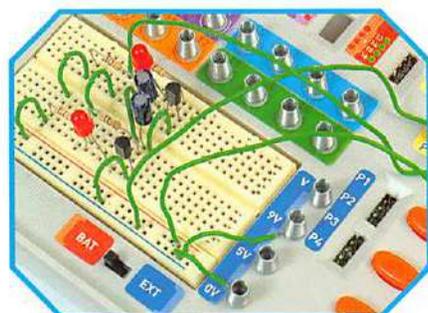
Cablaggio della scheda Bread Board.



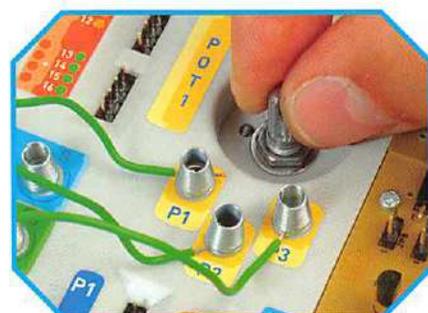
Schema dell'oscillatore controllato da tensione VCO.



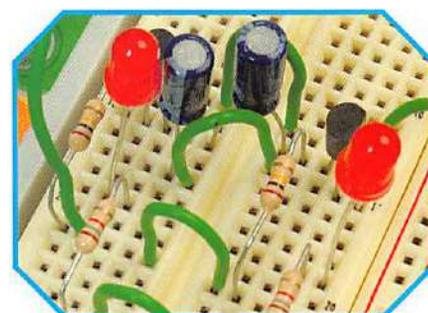
Collegamento del potenziometro.



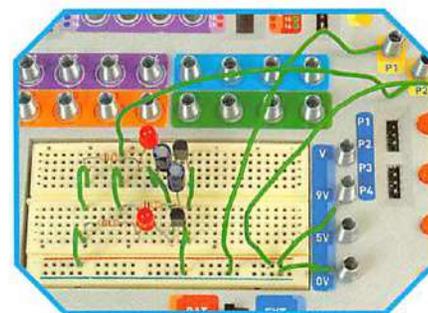
L'alimentazione può essere da 5 o da 9 V.



La posizione del potenziometro determina la frequenza di oscillazione.



Sostituzione di R3 e R4 con 100 K per eseguire una prova.



Esperimento completato.

mentazione e 0 Volt. A tensione maggiore corrisponde una maggior corrente che circola tramite le resistenze di base, e quindi più rapidamente si caricheranno i condensatori, di conseguenza la frequenza sarà più elevata.

## Montaggio

Il montaggio si può eseguire molto velocemente, dato che sono necessari solamente pochi componenti, tuttavia bisogna fare molta attenzione a non commettere errori, in particolare modo per i collegamenti dei LED e dei transistor. Dopo aver realizzato il montaggio lo dovremo rivedere, prima di collegare l'alimentazione allo stesso, per questo vi consigliamo di lasciare scollegato il positivo dell'alimentazione. Questo circuito si deve collegare a 9 V per osservare bene il funzionamento, anche se funziona con 5 V, ma il suo comportamento risulta leggermente differente.

Consigliamo quindi di eseguire una prova con una tensione e ripeterla con l'altra, per valutare le differenze. Il cablaggio al potenziometro si esegue collegandosi alle molle P1, P2 e P3 situate vicino al potenziometro stesso.

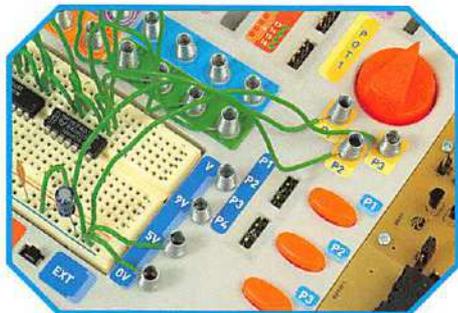
## Prova

Prima di collegare l'alimentazione, è necessario posizionare il comando del potenziometro all'incirca a metà della sua corsa, anche se non è strettamente necessario che sia sulla metà esatta. Questa operazione è un po' scomoda, dato che non disponiamo ancora della manopola di comando, ma a questo porremo rimedio a breve, perché verrà fornita con il prossimo fascicolo. Osserviamo che i LED si illuminano in modo intermittente a una determinata frequenza. Ruotando il potenziometro da un lato, senza scollegare l'alimentazione, la frequenza cambia, aumentando o diminuendo, nell'altro senso succede il fatto contrario, diminuisce oppure aumenta. La frequenza di oscillazione quindi dipende da una tensione, che in questo caso si ottiene sul terminale corrispondente al cursore del potenziometro.

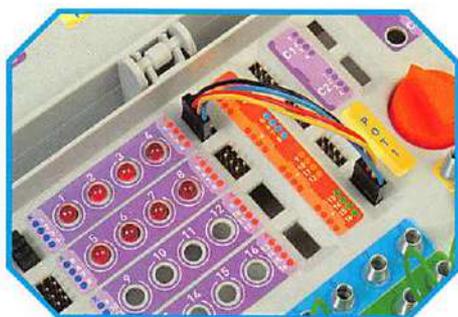
### LISTA DEI COMPONENTI

Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R1, R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3, R4	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1, C2	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
LEDA, LEDB	Diodo LED rosso 5 mm

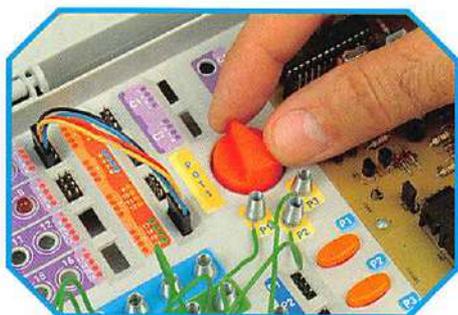




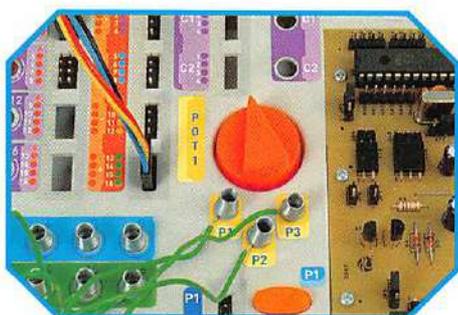
Collegamento del potenziometro.



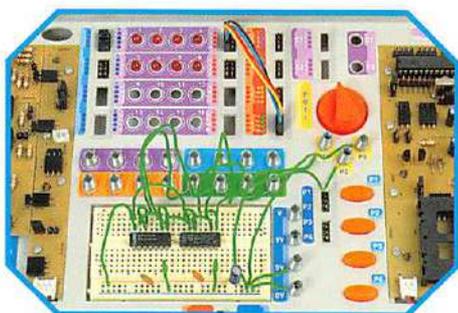
Collegamento dei LED.



Con il potenziometro otteniamo qualsiasi tensione tra 0 e 5 V.



Posizione in cui si spengono i primi LED.



Esperimento completato.

salga o scenda, come potremo verificare durante l'esercizio.

## Il circuito

Se osserviamo lo schema del circuito potremo verificare la sua estrema semplicità.

Il potenziometro POT1 da 100 K si collega ai capi dell'alimentazione, in questo modo sul suo terminale centrale potremo disporre di qualsiasi tensione compresa tra 0 V e il massimo dell'alimentazione, nominalmente 5 V.

Ruotando il cursore verso un estremo si ottiene 0 V, quindi sull'uscita delle porte otterremo un 1 logico e i quattro LED si illumineranno. Ruotando al massimo nel senso opposto avremo a disposizione il massimo valore di tensione, ovvero un 1 logico, e i quattro LED si spegneranno.

## Montaggio

Il montaggio si può eseguire in modo rapido, dato che sono sufficienti pochissimi componenti. Questo circuito funziona a 5 V, però è interessante ripetere la prova a 9 V.

## L'esercizio

L'esercizio consiste nel partire da una posizione estrema del potenziometro, ad esempio quella che applica 0 volt all'ingresso delle porte; in queste condizioni i LED si illuminano, se ruotiamo lentamente il comando del potenziometro fino a farli spegnere e osserviamo la posizione del comando stesso, sarà possibile notare che ogni LED si spegnerà a una tensione differente. Proseguiremo l'esperimento salendo con la tensione fino ad arrivare all'altro estremo, dopodiché diminuiremo la tensione e osserveremo che i LED si illumineranno uno dopo l'altro a un livello che può essere diverso dal precedente. Se disponiamo di un multimetro ad alta impedenza lo possiamo collegare tra il negativo dell'alimentazione e il terminale P2 del potenziometro, per misurare la tensione a cui si verifica lo scambio. Negli integrati della famiglia CMOS, quando si

alimenta a 5 V, si considerano come 0 tutti i valori inferiori a 1 V e come 1 quelli superiori a 4 V.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 4001
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2,C3	Condensatore 100 nF



# Le famiglie CMOS

**Q**uesto circuito rileva un impulso e attiva un monostabile, ma non accetta un altro impulso prima di un certo periodo di tempo.

## Il circuito in stato di riposo

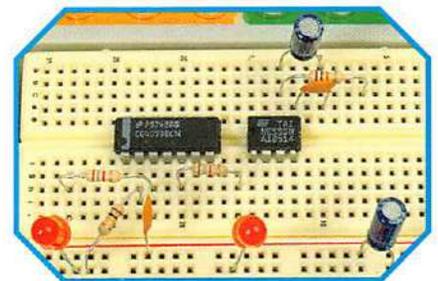
Al centro dello schema possiamo vedere un circuito integrato 555 configurato come monostabile. La sua uscita – terminale 3 – rimane, quando è in stato di riposo, a livello basso, e in questo caso il LED B è spento.

Il terminale di attivazione del monostabile è il pin 2 del 555. È necessario porre a 0 questo terminale per produrre l'attivazione.

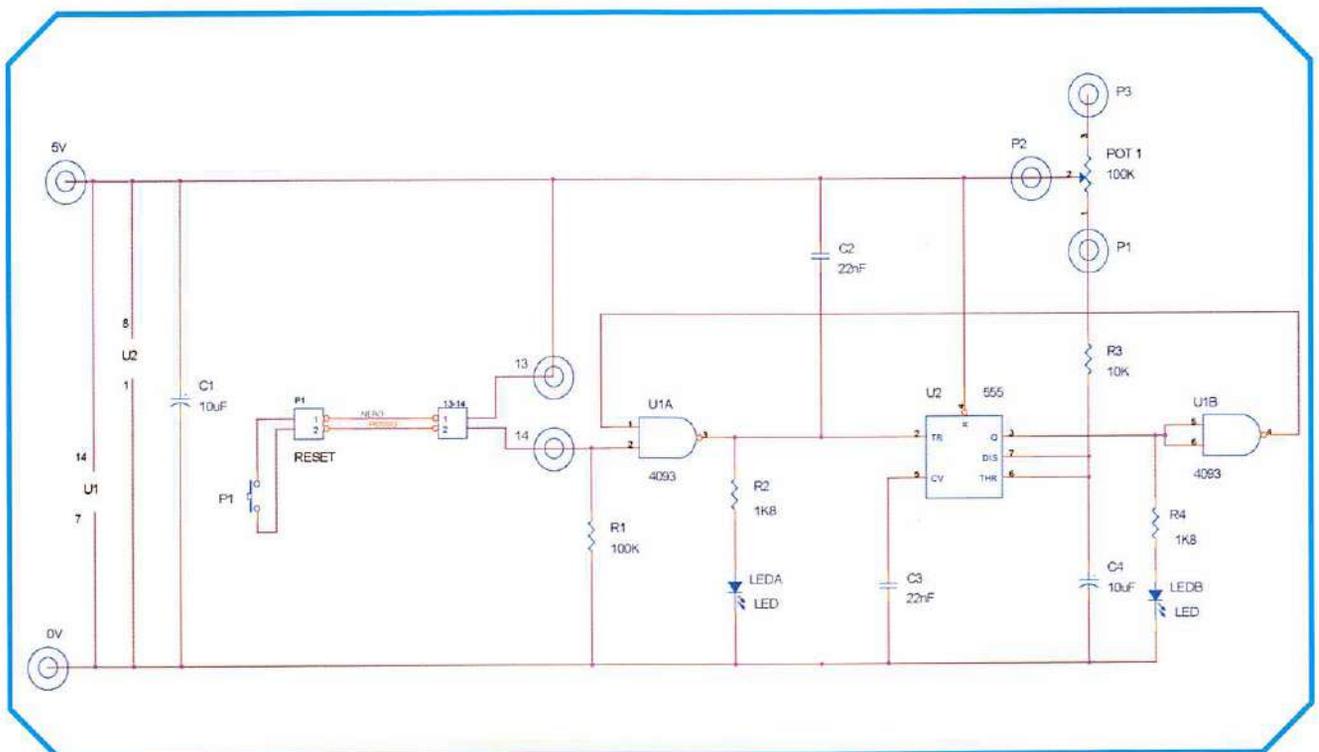
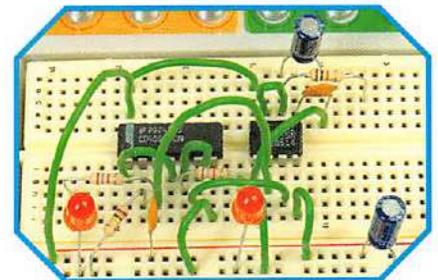
La porta U1A è collegata in modo che uno dei suoi ingressi sia a livello basso, tramite la resistenza R1, fino a quando non si aziona il pulsante P1. Quando questo ingresso è a livello basso, l'uscita della porta è a livello alto e il monostabile non si attiva.

L'illuminazione del LED A indica il livello logico dell'ingresso di attivazione del monostabile.

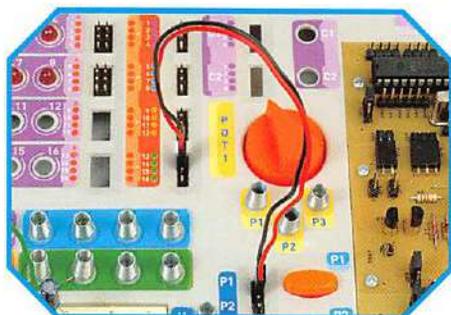
Distribuzione dei componenti.



Cablaggio della scheda Bread Board.



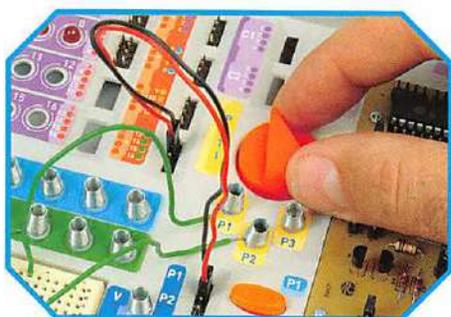
Schema del circuito di prova.



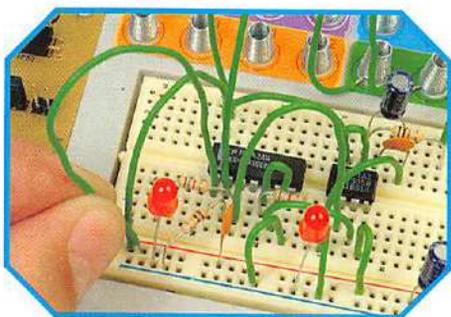
*Pulsante di attivazione.*



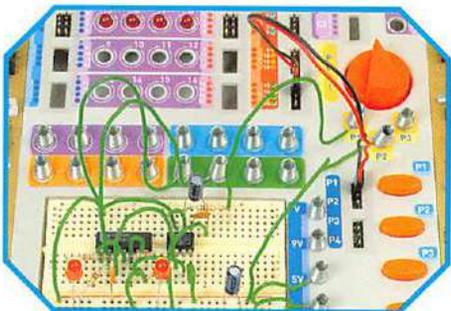
*Si utilizzano solamente due terminali di POT1.*



*Con il potenziometro si regola la durata dell'impulso del monostabile.*



*Collegando il terminale 1 di U1A al positivo, il circuito funziona come un monostabile normale.*



*Esperimento completato.*

Se l'uscita del monostabile è a livello basso, l'uscita della porta U1B è a livello alto e si applica a uno degli ingressi della porta U1A.

## L'attivazione

Abbiamo già descritto com'è il circuito in stato di riposo, a questo punto se si aziona per un attimo il pulsante P1 si applica un 1, livello alto, all'ingresso della porta U1A; dato che l'altro ingresso si trovava già a livello alto, la sua uscita - terminale 3 - passa a livello basso e il LED A si spegne per un attimo, producendo l'attivazione del monostabile e facendo passare la sua uscita a livello alto. Questa rimarrà in questo stato per il tempo determinato dalla posizione del potenziometro POT1.

Quando l'uscita del monostabile è a livello alto, l'uscita della porta di U1B, i cui ingressi sono collegati all'uscita del monostabile, passa a livello basso e questo livello arriva alla porta U1A, terminale 1 di U1A, a questo punto l'uscita di questa porta passa a livello 1, qualunque sia il livello applicato sull'altro ingresso della porta. Pertanto è indifferente premere o meno il pulsante. In altre parole il pulsante rimane disattivato fino a quando l'uscita del monostabile non ritorna a 0.

## Montaggio

Il montaggio si esegue come d'abitudine, facendo particolare attenzione alla polarità dei LED e dei condensatori elettrolitici.

## L'esperimento

Dopo aver spiegato la teoria la prova risulta molto facile: si aziona il pulsante, il LED A si spegne per un attimo, si illumina il LED B e fino a quando questo non si spegne, diventa inutile qualsiasi azione sul pulsante P1. Con il potenziometro si regola la durata dell'impulso.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 555
C1,C4	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2,C3	Condensatore 22 nF
LEDA, LEDB	Diodo LED rosso



# Influenza della temperatura

*In questo esercizio faremo delle prove con la temperatura e verificheremo la sua influenza sul funzionamento del circuito.*

## L'idea

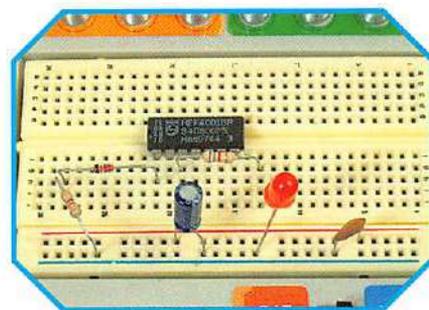
La temperatura può influenzare in modo molto importante il funzionamento dei circuiti, e non solo perché può arrivare a distruggerli o apportare avarie, ma anche perché può interferire sul funzionamento interno del circuito stesso.

Questo problema si apprezza durante il progetto, tuttavia quando si lavora con dispositivi già costruiti non è molto evidente, in quanto il progettista ha già risolto in precedenza i problemi. I circuiti integrati dispongono di una compensazione interna della temperatura, quindi l'influenza di questi ultimi sugli stessi è piuttosto bassa, sempre che si lavori all'interno dei limiti che ne garantiscono il funzionamento e osservando i parametri specificati.

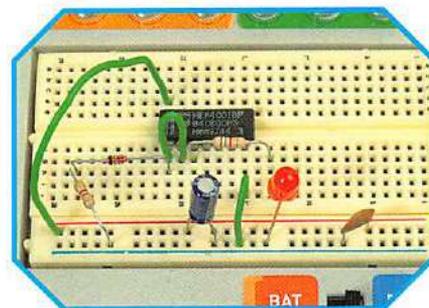
## Il circuito

L'elemento fondamentale di questo esperimento è un diodo 1N4148 di uso comune, il resto del circuito si utilizza per evidenziare la variazione di tensione originata da una differenza di temperatura. Se guardiamo lo schema del circuito potremo vedere che il diodo D1, del tipo 1N4148, è collegato fra il positivo e il negativo

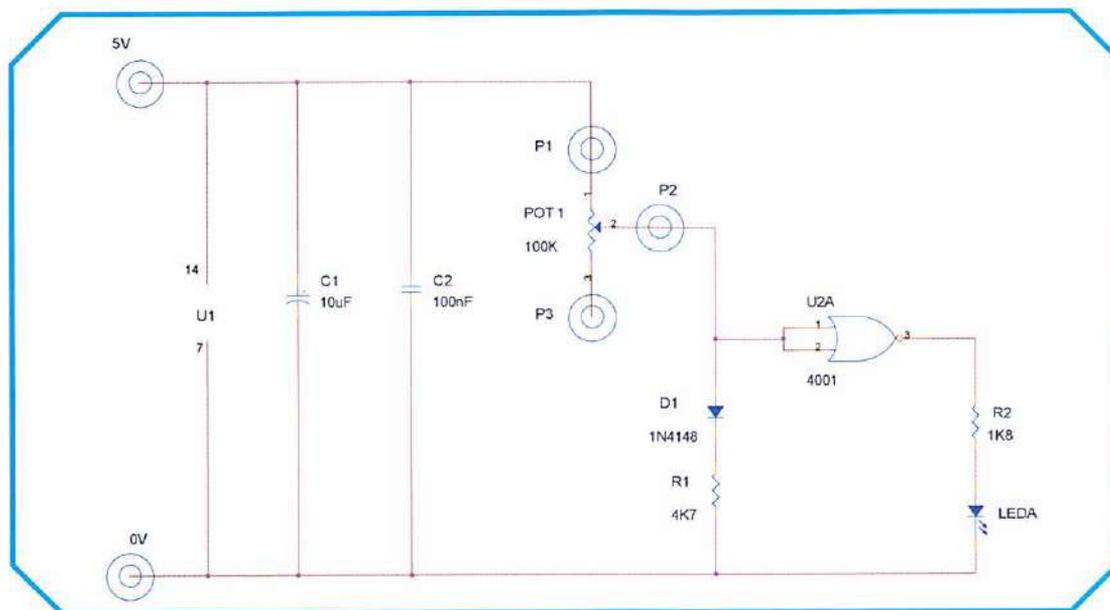
Scheda Bread Board con i componenti utilizzati.



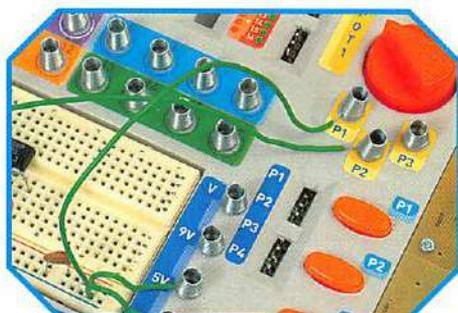
Cablaggio interno della scheda.



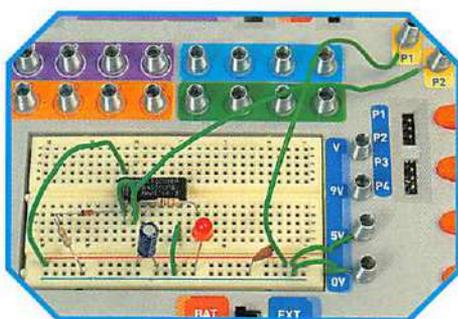
dell'alimentazione, separato dal negativo da una resistenza R1 da 4K7 e dal positivo da un'altra resistenza, che corrisponde alla resistenza fra i terminali P1 e P2 del potenziometro POT1.



Schema del circuito di prova.



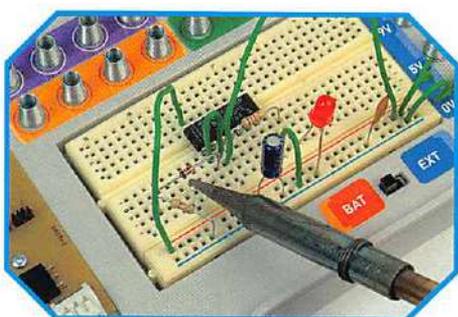
Collegamenti di POT1.



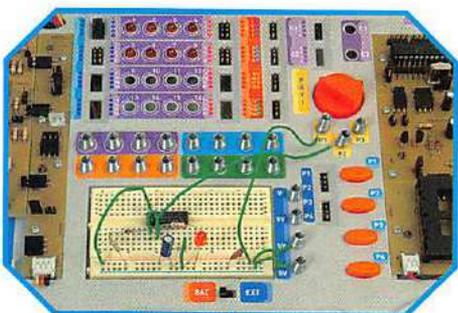
L'alimentazione può essere da 5 oppure da 9 V.



Regoleremo il potenziometro fino a quando si spegnerà il LED.



Con il saldatore si ottiene un forte aumento di temperatura.



Esperimento completato.

L'anodo del diodo è collegato all'ingresso di una porta invertente costruita con una delle porte NOR del circuito integrato 4001.

In generale quando l'ingresso della porta è a livello logico 1, la sua uscita è a livello logico 0 e il LED A non è illuminato, ma quando l'ingresso è a livello basso la sua uscita passa a livello alto e il LED si illumina. Ruotando il potenziometro verso un lato o l'altro otterremo l'illuminazione o lo spegnimento del LED. C1 e C2 sono condensatori di filtro per l'alimentazione.

## Montaggio

Il montaggio si esegue come d'abitudine, facendo particolare attenzione alla polarità del diodo D1, del LED A e del condensatore elettrolitico C1, così come per i LED e i condensatori elettrolitici rimanenti. Il circuito può essere alimentato indistintamente a 9 o 5 V.

## L'esperimento

La caduta di tensione in un diodo diminuisce di 0,2 millivolt per ogni grado in più di temperatura.

Dopo aver verificato il funzionamento del circuito, realizziamo l'esperimento. Azionando il comando del potenziometro lo si ruota lentamente sino a quando si spegnerà il LED. Quando riscaldiamo il diodo, cosa che possiamo fare con la mano, il LED inizia a illuminarsi, ma se non otterremo un innalzamento sufficiente di temperatura, potremo avvicinare la punta del saldatore caldo al contenitore del diodo e vedremo illuminarsi il diodo LED. È necessario fare molta attenzione per non danneggiare la scheda Bread Board, o qualsiasi pezzo in materiale plastico del laboratorio. Possiamo raffreddare il diodo toccandolo con una superficie fredda, o mettendolo nel congelatore e regolando rapidamente POT1, quindi osserveremo che il diodo si illumina quando torna a temperatura ambiente.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4001
D1	Diodo 1N4148
R1	Resistenza 4K7, 5% 1/4 W (giallo, viola, rosso)
R2	Resistenza 1K8, 5% 1/4 W (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2	Condensatore 100 nF
LEDA	Diodo LED rosso



# Pulsante ON/OFF

**Q**uesto circuito utilizza un flip-flop T il cui ingresso di clock serve per collegare e scollegare in modo sequenziale un circuito che, in questo caso, è rappresentato da 4 diodi LED.

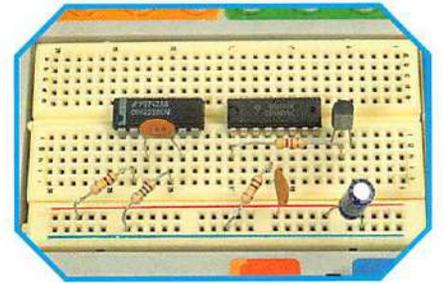
## Idee

Per fare in modo che l'attivazione sia unica e il circuito non si spenga e si accenda diverse volte, è necessario assicurarsi che ogni attivazione del pulsante generi un unico impulso di clock, dato che l'uscita del flip-flop T, formata da uno dei flip-flop JK del circuito integrato 4027, U2A nello schema, cambia di stato ogni volta che riceve un impulso di clock.

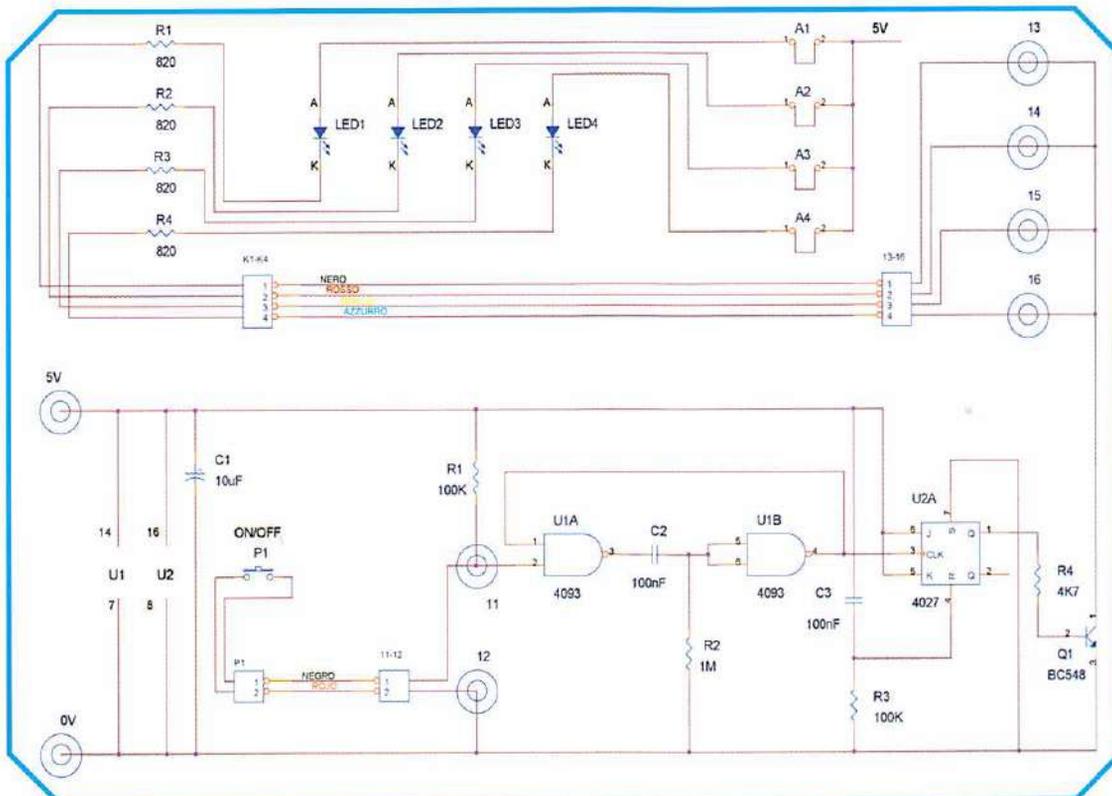
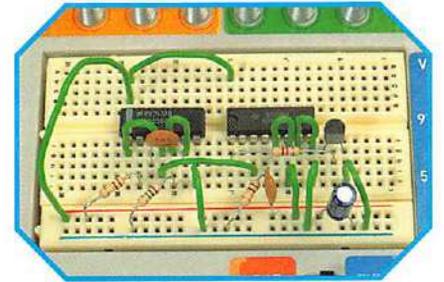
L'impulso unico si ottiene eliminando i rimbalzi mediante un circuito monostabile, formato dalle porte U1A e U1B del circuito integrato 4093. Il tempo di durata del monostabile è determinato dai valori della resistenza R2 e del condensatore C2.

Questo montaggio risolve anche un altro problema di questo tipo di circuiti, la cui uscita può essere alta o bassa quando si collega-

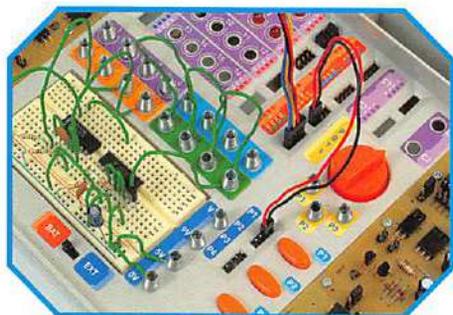
Componenti sulla scheda Bread Board.



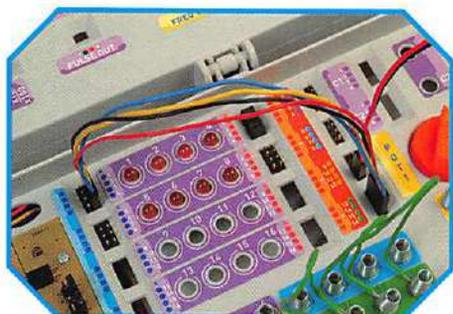
Cablaggio dei componenti della scheda.



Schema del circuito.



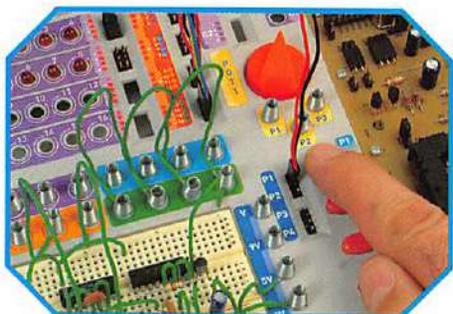
Il pulsante P1 si utilizza per la funzione ON e per quella OFF.



Il collegamento ai catodi dei LED si esegue con un cavetto a quattro fili.



Questi ponticelli collegano a 5 V gli anodi dei LED.



Il monostabile evita i rimbalzi generati premendo P1.



Esperimento completato.

no, cosa che può rappresentare un problema, ad esempio, quando viene ripristinata l'energia dopo una mancanza di tensione, perché non sappiamo in quale stato si troverà il circuito.

Questo problema si risolve con la rete RC, formata dal condensatore C3 e dalla resistenza R3. Vediamone il funzionamento, ricordando che un condensatore scaricato è praticamente un corto circuito virtuale al momento del collegamento, quindi, quando si collega l'alimentazione il terminale di RESET (R) si pone a livello alto il tempo sufficiente per fare in modo che l'uscita del flip-flop, terminale 1 del 4027, resti a livello basso e i LED non si illuminino dopo una mancanza di energia.

Per non caricare eccessivamente la porta e poter controllare una certa quantità di corrente, utilizzeremo un transistor la cui corrente di collettore può essere molto superiore a quella di uscita di una porta.

## Montaggio

Il montaggio si esegue come d'abitudine, prestando particolare attenzione al collegamento del transistor Q1 e alla polarità del condensatore elettrolitico C1. Il collegamento del pulsante C1 si esegue con un cavetto a due fili e quello dei LED con uno a quattro fili. È molto importante collegare i quattro ponticelli tra gli anodi dei LED e il terminale del positivo posizionato sullo stesso connettore per facilitarne il collegamento.

## L'esperimento

Quando si collega l'alimentazione i quattro LED devono rimanere spenti. Premendo una volta P1 si devono illuminare, e se si preme nuovamente si spegneranno, in altre parole lo stesso pulsante si utilizza per l'accensione e lo spegnimento dei LED.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 4027
R1, R3	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R2	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R4	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2, C3	Condensatore 100 nF



# Generatore di tensione negativa

In alcuni casi è necessario avere a disposizione una tensione negativa per determinati punti nel circuito, e quando il consumo è molto ridotto è possibile generarla internamente, senza la necessità di utilizzare una nuova alimentazione esterna.

## Il circuito

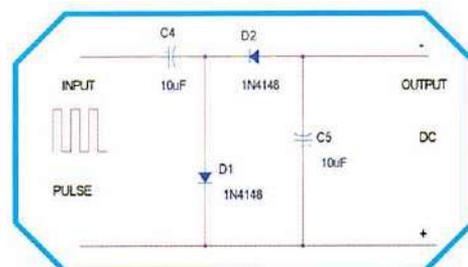
In questo caso dobbiamo osservare attentamente lo schema: al centro dello stesso troviamo un circuito integrato 555 configurato come oscillatore astabile, quindi sulla sua uscita – terminale 3 – avremo un'onda quadra, i cui livelli di tensione variano fra 9 e 0 V, a seconda se l'impulso è a livello alto o basso. La frequenza di oscillazione dipende dai valori delle resistenze R1 e R2 e dal condensatore C3.

Fino a questo punto, il circuito è uguale a quelli già visti in precedenza.

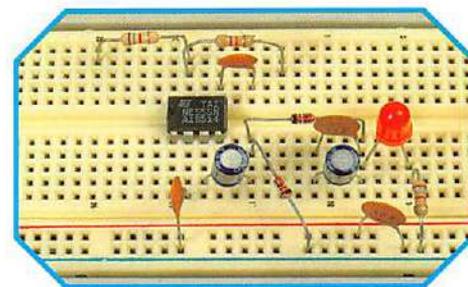
All'uscita del circuito troviamo collegata una rete formata dai diodi D1 e D2, e dai due condensatori C4 e C5, questi componenti formano un duplicatore che in questo caso e in base al suo collegamento è invertente.

Se osserviamo il LED dell'uscita possiamo vedere che è collegato in modo corretto, dato che sul catodo esiste una tensione più negativa rispetto a quella esistente sull'anodo, verificheremo che si accende. Vediamo ora con più attenzione il circuito duplicatore invertente.

Duplicatore invertente.

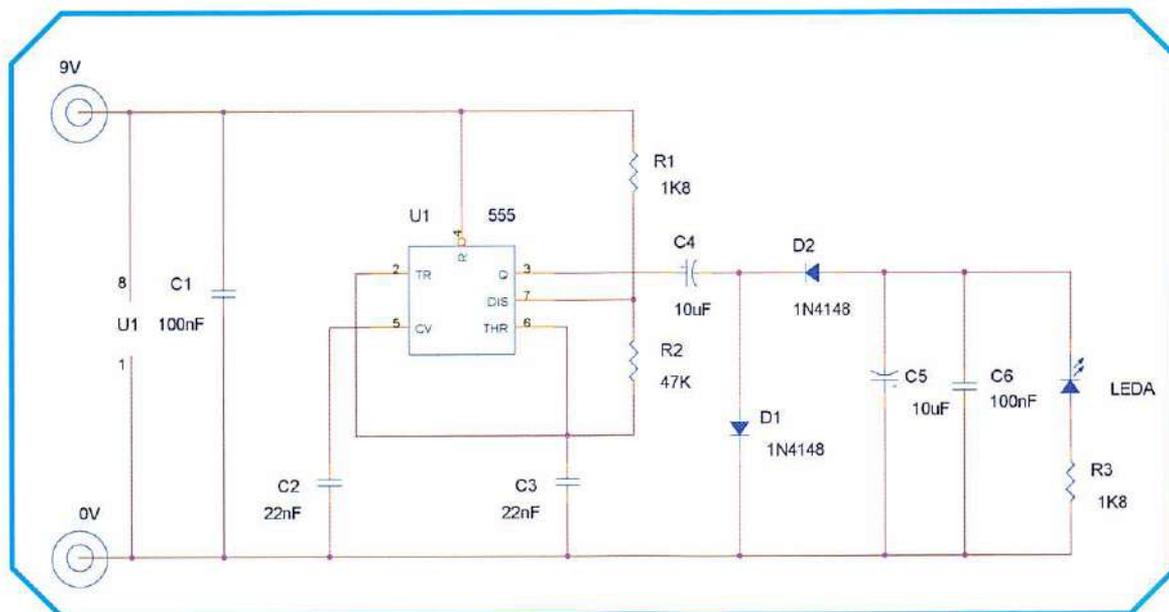


Componenti sulla scheda Bread Board. Bisogna fare attenzione alle polarità.

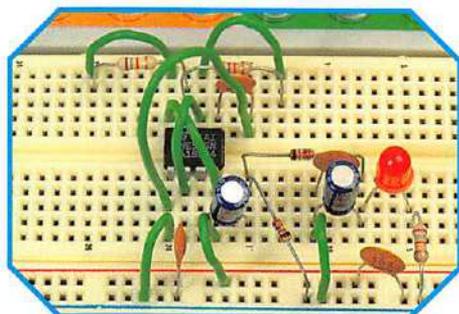


## Duplicatore invertente

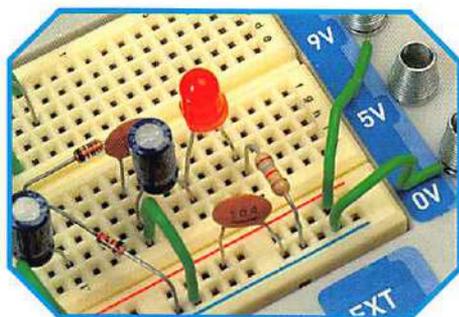
Supponiamo di partire dal circuito in stato di riposo e che arrivi un impulso positivo al conden-



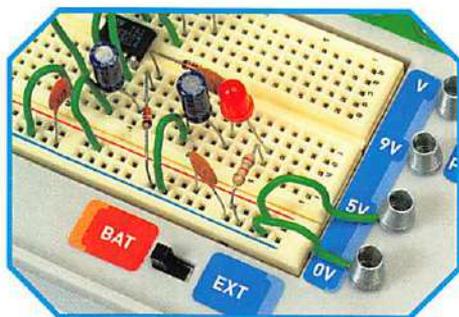
Schema del circuito generatore di tensione negativa.



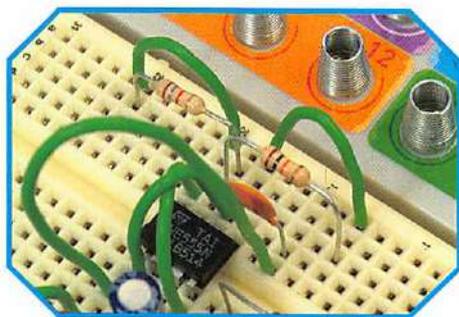
*Cablaggio della scheda Bread Board.*



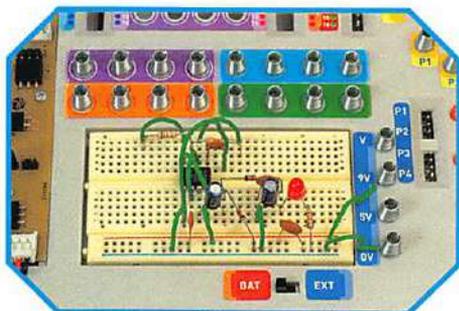
*L'anodo del LED è il terminale più lungo.*



*Se si alimenta a 5 V si ottiene una tensione di uscita minore.*



*Cambiando il valore di R2, passando a 10 K, varia la frequenza però si mantiene il funzionamento.*



*Esperimento completato.*

satore C4 tramite il terminale 3 dell'integrato: il diodo D1 conduce e il condensatore si carica, per il momento D2 non conduce.

Se a questo punto cessa l'impulso avremo una tensione 0 sul terminale positivo del condensatore, che ricordiamo è stato caricato, di conseguenza sull'altro terminale troviamo una tensione inferiore a 0, il diodo D2 conduce e la carica di C4, o parte della stessa si, trasferisce al condensatore C5. Quando arriva un altro impulso positivo si carica nuovamente C4 e quando la tensione scende a 0 avviene nuovamente il trasferimento di carica su C5. Facendo una similitudine con l'idraulica, la carica di C4 viene pompata su C5, che immagazzina la carica, ma guardiamo con attenzione come è collegato questo condensatore. Ricordatevi che lo schema è corretto! Questo tipo di circuito è chiamato da alcuni autori "pompa di carica".

## Montaggio

Il montaggio si esegue come d'abitudine, facendo particolare attenzione alla polarità dei condensatori elettrolitici e a quella dei diodi compreso il LED. È necessario seguire attentamente lo schema. L'alimentazione non dovrà essere collegata fino a quando non avremo verificato che tutti i componenti siano stati collegati correttamente.

## L'esperimento

Questo circuito oltre a essere di grande utilità per generare tensioni negative, può essere utilizzato per realizzare alcuni schemi: è sufficiente collegare il negativo del multimetro allo 0 dell'alimentazione e il positivo all'uscita del circuito, che coincide con il catodo di D2, la sorpresa consiste nel vedere come sale la tensione con segno negativo, si arriva facilmente a  $-5\text{ V}$  alimentando a  $9\text{ V}$ . È possibile alimentare anche a  $5\text{ V}$ , ma in questo caso il LED si illuminerà con una certa difficoltà.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
R1	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R2	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R2	Resistenza 10 K (marrone, nero, arancio)
C1,C6	Condensatore 100 nF
C2,C3	Condensatore 22 nF
C4,C5	Condensatore 10 $\mu\text{F}$ elettrolitico
D1,D2	Diodo 1N4148



# Indicatore di bassa temperatura

**È** possibile utilizzare un transistor di silicio come sensore di temperatura affidabile ed economico, dato che è molto utile per proteggere i circuiti dall'annoso problema della dissipazione della temperatura generata all'interno, comune a tutti gli strumenti. I circuiti digitali sono particolarmente sensibili a questo problema.

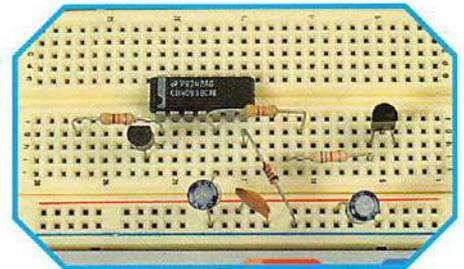
## Il sensore

Osservando attentamente lo schema da sinistra a destra troveremo un transistor, siglato come Q1, con la base e il connettore ponticellati, l'emettitore collegato al negativo dell'alimentazione e il collettore al positivo tramite una resistenza da 1K8. La caduta di tensione sul transistor diminuisce di 0,2 mV per ogni grado in più di temperatura, sfrutteremo questa proprietà per utilizzare il transistor come sensore di temperatura.

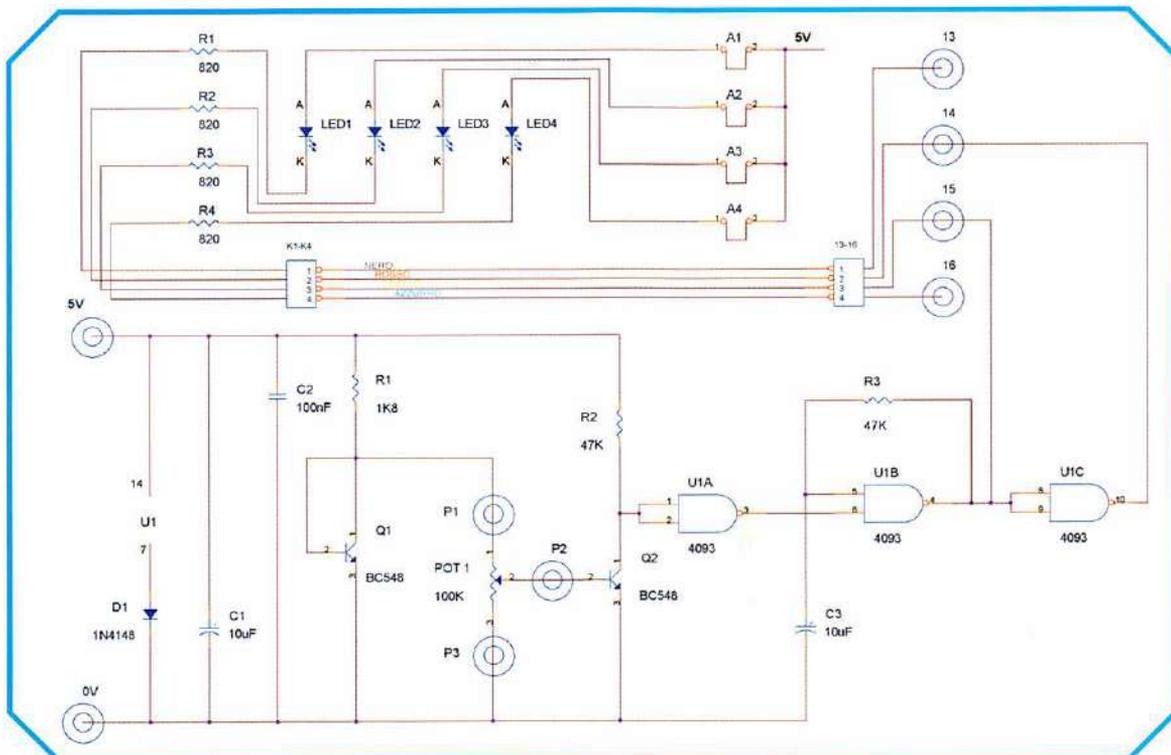
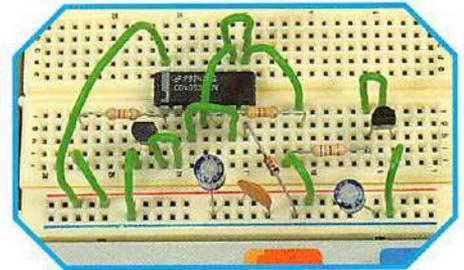
## Il circuito

La caduta di tensione sul transistor impiegato come sensore si utilizza per generare una corrente che attraversa il potenziometro POT1, l'uscita di questo potenziometro serve per ge-

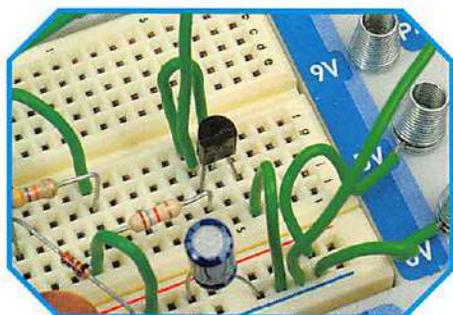
Componenti sulla scheda Bread Board.



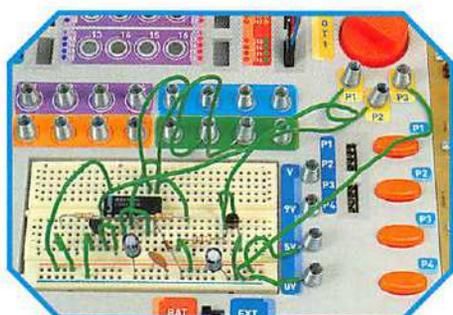
Cablaggio della scheda Bread Board.



Schema del circuito.



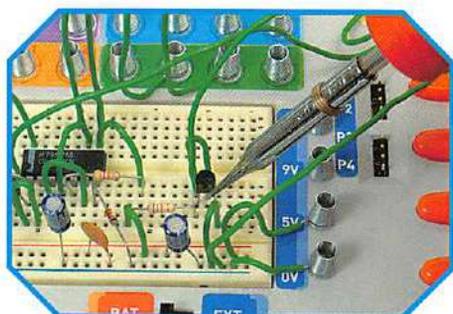
*Il transistor Q1 si utilizza come sensore.*



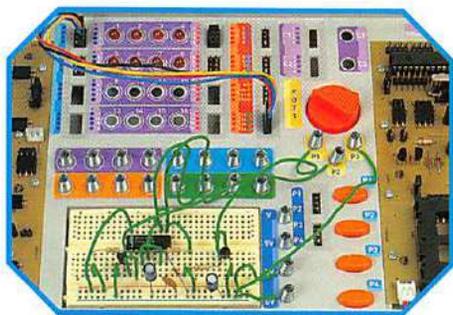
*Cablaggio alle molle di contatto.*



*Con POT1 si regola il punto di attivazione.*



*Applicazione di calore per provare il circuito.*



*Esperimento completato.*

nerare una corrente di base su un secondo transistor che si utilizza come amplificatore di corrente, generando una caduta di tensione che modifica il valore logico all'ingresso della porta U1A. Questa porta controlla l'attivazione dell'oscillatore costruito con la porta U1B, la resistenza R3 e il condensatore C3, e la sua uscita quando è a livello basso, serve per illuminare un LED, il LED 3. Una terza porta, la U1C, si utilizza come inverter e illumina l'altro LED, il LED 2. Questo circuito ha la particolarità di avere un diodo inserito sul negativo dell'alimentazione dell'integrato per facilitare il funzionamento del circuito.

Quando la temperatura scende sotto al livello regolato con POT1 la tensione sul potenziometro aumenta, quindi aumenta anche la corrente che circola sulla base del transistor Q2, e quando questa è sufficiente a far saturare il transistor, la tensione sull'ingresso della porta U1 è interpretata come livello basso e la sua uscita passa quindi a livello alto; a partire da questo istante l'oscillatore si avvia e i due LED si illuminano in modo intermittente, mentre prima se ne illuminava solamente uno.

## Montaggio

Il montaggio si esegue come d'abitudine, facendo attenzione alla polarità dei condensatori elettrolitici e a quella del LED1, che si inserisce sull'alimentazione negativa dell'integrato.

## L'esperimento

Con il circuito a temperatura ambiente si regola il potenziometro poco a poco, fino a quando inizieranno a illuminarsi i LED in modo intermittente, a questo punto applicheremo calore al transistor sensore avvicinando la punta del saldatore. Quando il transistor rileva un aumento della temperatura cessa l'intermittenza e solamente uno dei due LED è illuminato, allontaneremo quindi la sorgente di calore e, quando il transistor si sarà raffreddato, inizierà di nuovo l'intermittenza.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
R1	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R2,R3	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1,C3	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2	Condensatore 100 nF
D1	Diodo 1N4148
Q1, Q2	Transistor BC548 o BC547



# Trasmissione attraverso i liquidi

**Q**ualsiasi corpo conduttore si può utilizzare per trasmettere dei dati, attualmente ci sono diversi studi che hanno come scopo la trasmissione dei dati tra differenti dispositivi, utilizzando il corpo umano come trasmettitore.

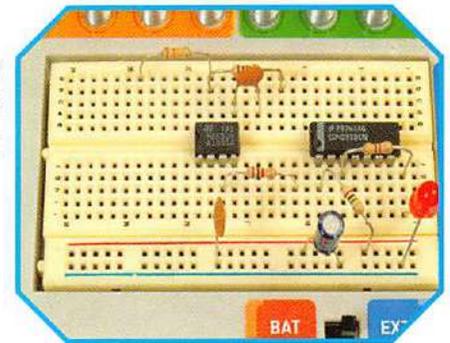
## L'esperimento

L'esperimento consiste nel trasmettere un segnale a impulsi attraverso l'acqua, la conduttività di quest'ultima dipende dai sali che si trovano disciolti in essa. Per poter verificare che gli impulsi attraversino l'acqua, utilizzeremo un contatore, semplicemente come testimone del rilevamento effettivo degli impulsi, con il quale potremo eseguire la prova senza la necessità di utilizzare strumentazione addizionale. L'esperimento deve funzionare con la normale acqua corrente, perché è sufficiente una minima quantità di sali per raggiungere la conduttività necessaria, grazie anche al fatto che la resistenza di pull-up - R4 - è di un valore molto elevato - 1 M. L'impedenza di ingresso della porta è ancora maggiore.

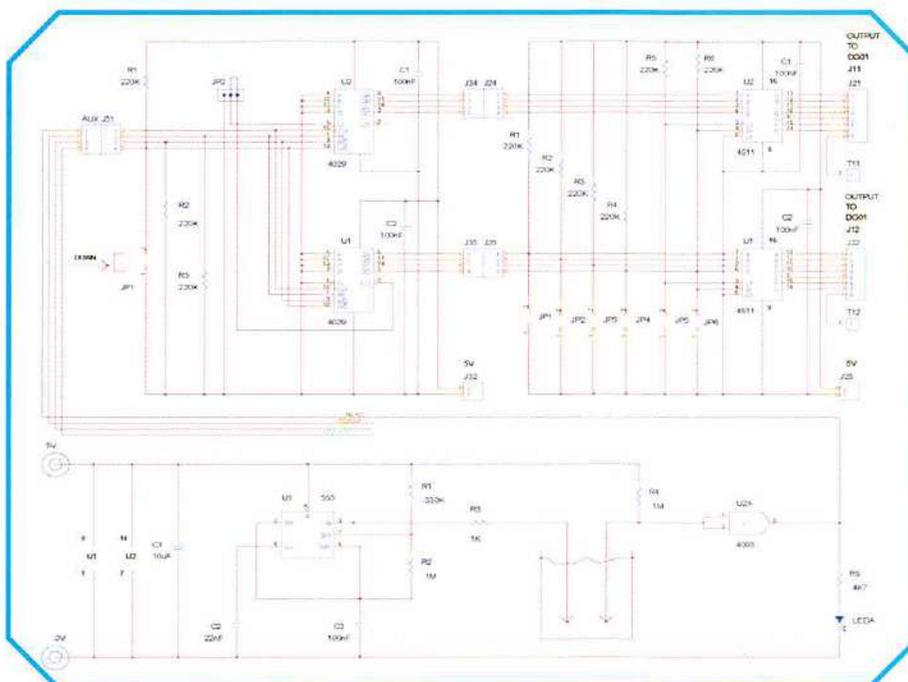
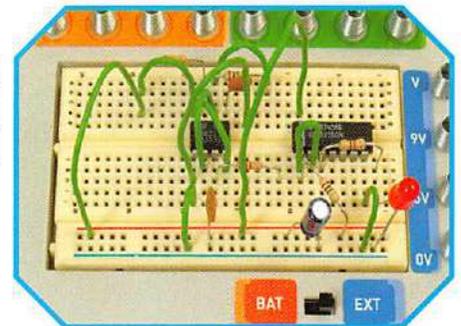
## Il circuito

Il circuito è molto semplice, consistente in un oscillatore astabile costruito con un 555, la cui

Componenti sulla scheda Bread Board.



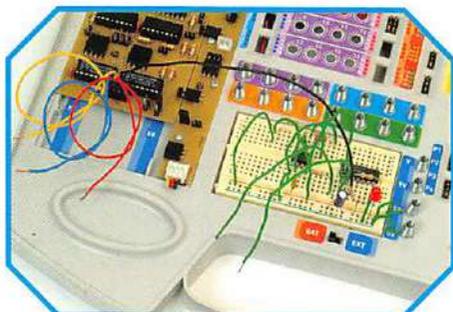
Scheda Bread Board con il cablaggio interno.



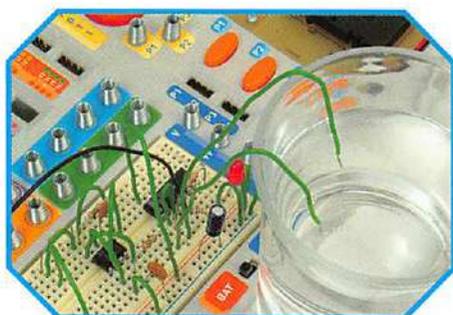
### LISTA DEI COMPONENTI

- U1 Circuito integrato 555
- U2 Circuito integrato 4093
- R1 Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
- R2, R4 Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
- R3 Resistenza 1 K (marrone, nero, rosso)
- R5 Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
- C1 Condensatore 10  $\mu$ F elettrolitico
- C2 Condensatore 22 nF
- C3 Condensatore 100 nF
- LED A Diodo LED rosso

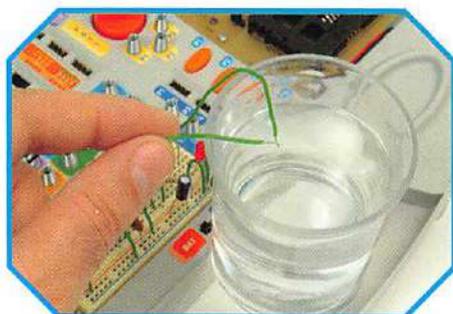
Schema del circuito.



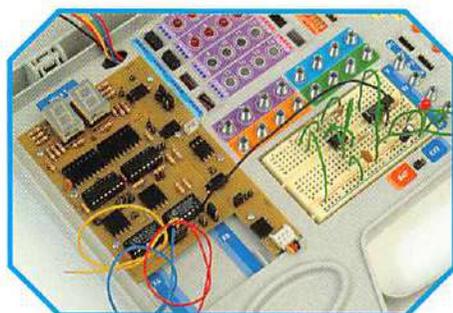
*Cablaggio generale dell'esperimento.*



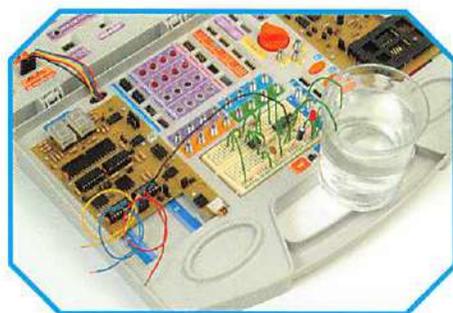
*Si utilizzano due fili per far passare il segnale attraverso l'acqua.*



*Estraendo un filo dall'acqua cessa la trasmissione.*



*Il contatore si utilizza per verificare che ci sia trasmissione.*



*Esperimento completato.*

uscita è utilizzata tramite una resistenza di protezione da 1 K. Questa resistenza si adotta per limitare la corrente di uscita, affinché la si possa anche cortocircuitare.

All'ingresso del contatore si collega una porta NAND, con i suoi due ingressi uniti per fare in modo che funzioni come una porta invertente; l'uscita di questa porta si collega a un diodo LED con la relativa resistenza di limitazione di corrente.

L'ingresso di questa porta NAND si collega all'uscita di questo oscillatore astabile costruito con il 555 e con i suoi componenti associati.

L'ingresso di questa porta NAND è a livello alto, quindi la sua uscita in questo caso è a livello basso.

## Montaggio

Il montaggio non presenta particolari difficoltà, bisogna però rispettare la polarità del condensatore elettrolitico C1 e quella del diodo LED A. Il recipiente per l'acqua può essere di piccole dimensioni, e se vogliamo migliorare la sua conduttività potremo aggiungere una piccola quantità di sale da tavola. Sia i componenti montati sulla scheda Bread Board, che il contatore possono essere alimentati indistintamente a 5 e 9 V, però tutti alla stessa tensione.

## Funzionamento

Nel momento in cui la punta dei due fili è inserita nell'acqua si possono verificare due stati, quando l'uscita è a livello basso, in questo caso questo livello basso farà abbassare il livello di tensione applicato all'ingresso della porta e se diminuisce al di sotto di un certo livello verrà interpretato come uno zero e la sua uscita passerà a livello alto, applicando un impulso all'ingresso di clock del contatore.

Quando si origina un impulso sale il livello e all'ingresso della porta si applica un livello alto e la sua uscita quindi passa a livello basso. Quest'ultimo caso succede anche se si toglie dall'acqua il filo che va all'ingresso della porta, dato che in questo caso la resistenza R4 da 1 M porterà a livello alto l'ingresso stesso, obbligando così l'uscita a passare a livello basso e a spegnere il LED. Quando si immerge il filo nell'acqua si può vedere che il LED lampeggia, e quindi il contatore avanza. Possiamo verificare che se uniamo i fili succede esattamente la stessa cosa, deduciamo quindi che i liquidi si possono utilizzare per trasmettere dati.



# Generatore di impulsi simmetrici

**Q**uesto generatore di onda quadra ha due uscite, una di livello opposto all'altra, però su entrambe l'impulso è simmetrico, ha un ciclo del 50%, cioè i tempi in cui l'impulso è a livello basso e a livello alto sono uguali. È possibile variare la frequenza con il potenziometro fra 0,15 e 2,5 Hz.

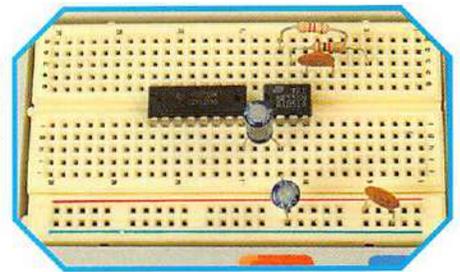
## L'idea

Questo circuito può funzionare a frequenze molto elevate, ma in questo caso sarà necessario un oscilloscopio per visualizzare il segnale. Se utilizziamo frequenze molto basse, i periodi saranno compresi all'incirca fra 0,4 e 6,3 secondi, sarà quindi facile verificare con la semplice osservazione, il LED 1 o il LED 2, per vedere che l'onda è simmetrica.

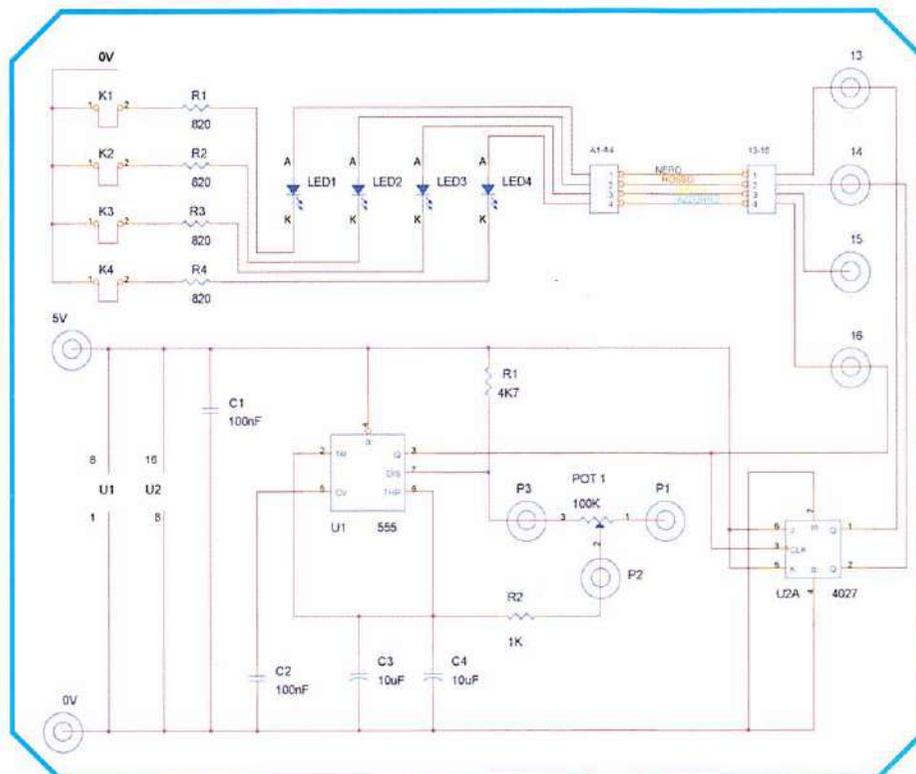
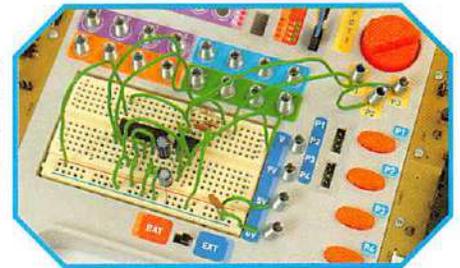
## Il circuito

Osservando lo schema vedremo che il circuito ci risulta familiare. Il circuito integrato U1 è un oscillatore astabile la cui frequenza di oscillazione dipende dai valori delle resistenze R1 e R2, dai condensatori C3 e C4 e dalla

Componenti sulla scheda Bread Board.



Si utilizzano solamente due terminali del potenziometro.



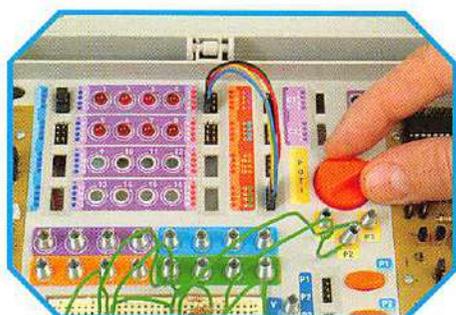
### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
U2	Circuito integrato 4027
R1	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R2	Resistenza 1 K (marrone, nero, rosso)
C1,C2	Condensatore 100 nF
C3,C4	Condensatore 10 µF elettrolitico

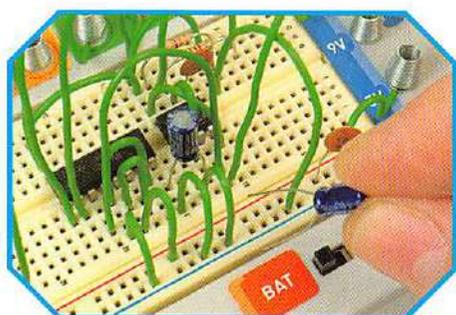
Schema del circuito.



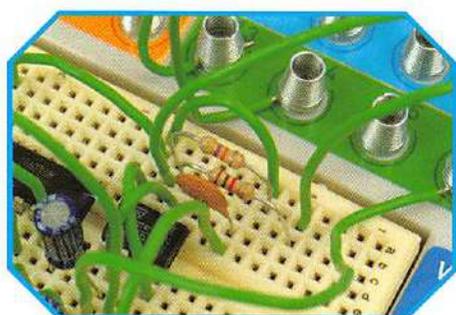
Collegamenti ai LED.



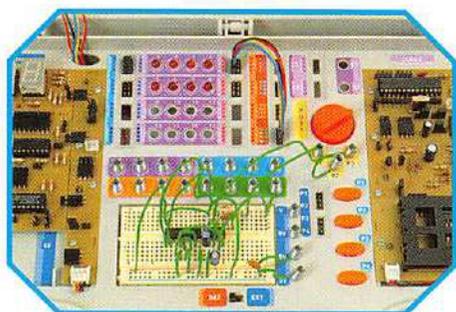
La frequenza si controlla con il potenziometro.



Togliendo C4 aumenta la frequenza.



Aumentando R1 aumenta la frequenza.



Esperimento completato.

posizione del cursore del potenziometro POT1. La sua uscita è sul terminale 3, e su di essa si collega il LED 4 grazie al quale potremo osservare lo stato dell'uscita. A livello alto si illumina il LED e a livello basso si spegne, ma il tempo in cui resta illuminato non è lo stesso di quello in cui resta spento.

All'uscita di questo oscillatore si collega un bistabile U2A, del circuito integrato 4027, che è collegato in modo che possa funzionare come un bistabile del tipo T, in questo modo lo stato delle sue uscite cambia ogni volta che riceve sul suo ingresso – terminale 3 – un impulso di clock, tramite l'uscita del circuito U1.

La funzione reale del circuito U2A è dividere per due il segnale quindi la sua uscita è simmetrica, cioè il tempo in cui il segnale è a livello alto è pari a quello in cui è a livello basso, questa condizione è mantenuta anche se la frequenza dell'oscillatore applicato al suo ingresso varia, come si può verificare agendo sul comando del potenziometro POT1.

## Montaggio

Il montaggio è abbastanza veloce, dato che sono utilizzati pochi componenti e collegamenti. È necessario fare attenzione alla polarità dei condensatori C3 e C4. I collegamenti ai LED si realizzano tramite le molle 13, 14 e 16, utilizzando un cavetto di collegamento; per fare illuminare i LED è necessario inserire i ponticelli sui catodi dei medesimi. Non bisogna dimenticare di eseguire le connessioni di alimentazione dei due circuiti integrati. Questo circuito si può alimentare indistintamente a 5 o a 9 V.

## L'esperimento

Il circuito deve funzionare al primo tentativo; appena collegata l'alimentazione, potremo vedere che i tempi in cui il LED 4 è illuminato o spento sono diversi, e che questa differenza cambia variando la posizione del comando del potenziometro. I LED 1 e LED 2 si illuminano in modo alternato, quando uno è illuminato l'altro è spento, ma il tempo in cui entrambi i LED sono illuminati è lo stesso. Potremo vedere anche che la frequenza è la metà del LED 4.

Vi consigliamo di fare delle prove estraendo uno dei condensatori, ad esempio C4, e provando a sostituire, ad esempio R2, con una resistenza da 47 K.



## Astabile con tre porte NOR

**L**e porte NOR possono anche essere usate nei circuiti oscillatori astabili, esistono molti schemi possibili, anche se non tutti hanno un funzionamento corretto. Quello proposto fa parte di quelli che funzionano meglio.

### Il circuito

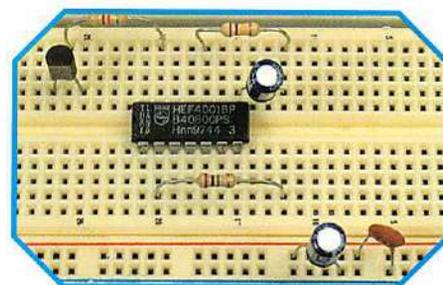
L'astabile è formato dalle porte U1A, U1B e U1C del circuito integrato 4001. La frequenza dipende dal valore della resistenza R2 e dalla capacità del condensatore C3. Bisogna tenere presente anche che la resistenza R1 deve essere maggiore di R2. La frequenza approssimata si ottiene con la formula seguente:

$$f = 2,2/R2C$$

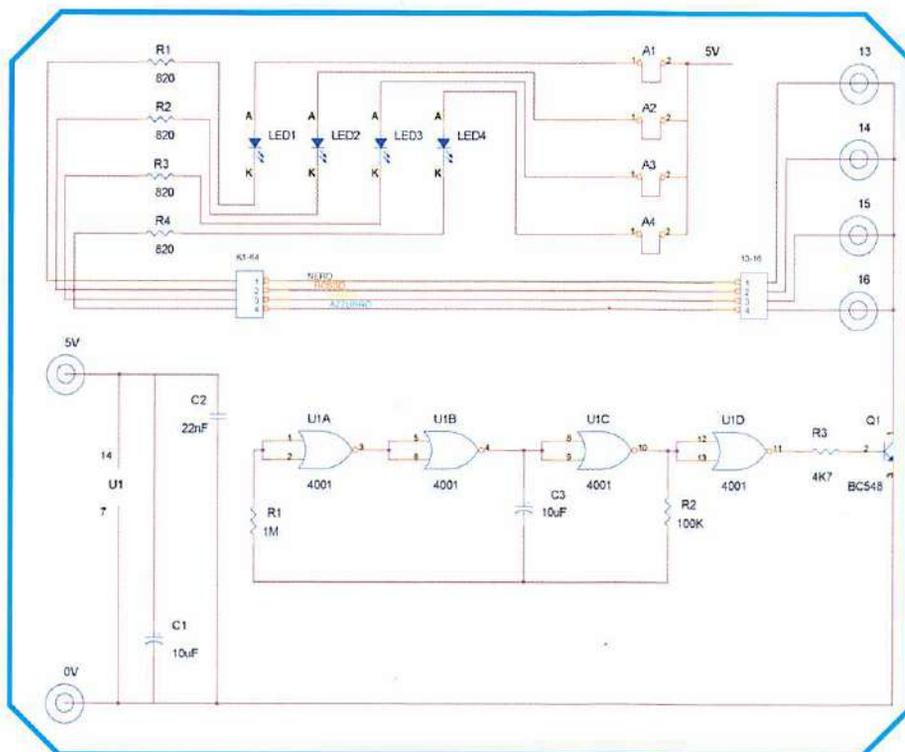
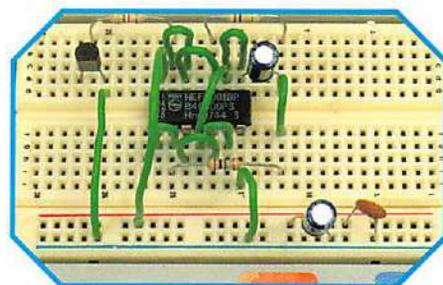
La resistenza va espressa in Ohm e la capacità in Farad per poter ottenere il valore di frequenza in Herz.

Se R2 è da 100 K e C3 da 10  $\mu$ F si ottiene una frequenza di 2,2 Hz, sufficientemente bassa per poter verificare il funzionamento dell'oscillatore, dato che sarà possibile osservare come si spegne o si accende un diodo LED. Se ad esempio utilizzassimo rispettivamente 47 K e

Componenti sulla scheda Bread Board.



Collegamenti della scheda Bread Board.



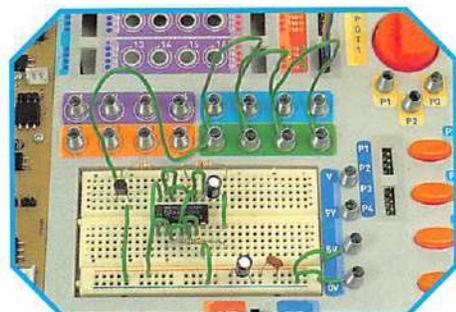
#### LISTA DEI COMPONENTI

- U1 Circuito integrato 4001
- R1 Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
- R2 Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
- R3 Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
- R2 Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
- C1, C3 Condensatore 10  $\mu$ F elettrolitico
- C2 Condensatore 22 nF

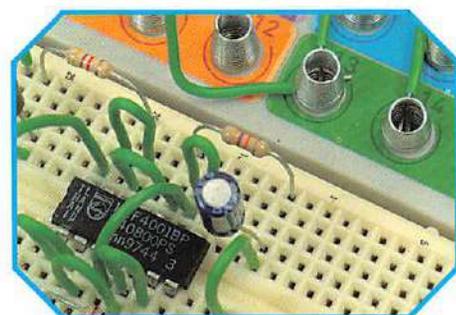
Schema del circuito astabile.



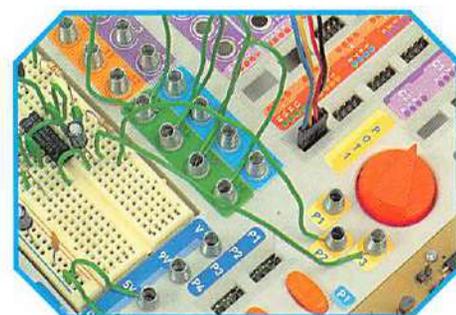
*È necessario collegare i ponticelli degli anodi.*



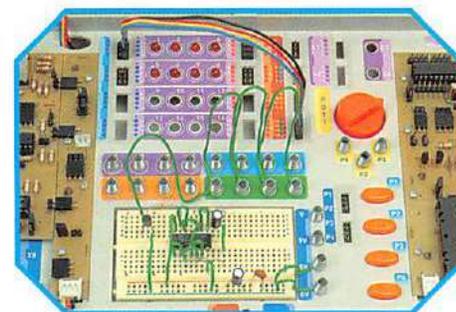
*Collegamento fra la scheda Bread Board e le molle.*



*Cambiando R2 cambia la frequenza.*



*Variazione di frequenza con il potenziometro.*



*Esperimento completato.*

100 nF, si otterrebbe una frequenza udibile di circa 400 Hz, cosa che potremo verificare quando avremo a disposizione l'amplificatore audio e l'altoparlante. Continuando con lo schema possiamo vedere che l'uscita dell'oscillatore si collega a una quarta porta U1D, che svolge la funzione di stadio di separazione, per evitare che il consumo del circuito possa influenzare il funzionamento dell'oscillatore. In questo modo si ottiene che il carico dell'oscillatore sia rappresentato da una porta CMOS ad alta impedenza di ingresso. Nel caso volessimo utilizzare un carico elevato, ad esempio quattro LED, sicuramente eccessivo per una porta, potremo utilizzare un transistor il quale può condurre diversi milliampère. La resistenza di base R3, è sufficientemente bassa per assicurare che il transistor si saturi, fatto indispensabile per ottenere una buona illuminazione del LED, evitando nel contempo il riscaldamento del transistor stesso, dato che la tensione di saturazione collettore/emettitore è bassa.

## Montaggio

Il montaggio è abbastanza veloce, bisogna stare attenti però agli eccessi di confidenza e seguire attentamente gli schemi, facendo attenzione alla polarità dei condensatori elettrolitici, senza dimenticare di collegare l'alimentazione del circuito integrato e inserire i ponticelli sugli anodi dei LED. Questo circuito si alimenta a 5 V.

## L'esperimento

Il circuito deve iniziare a funzionare collegando l'alimentazione, in quel momento i LED devono iniziare a lampeggiare. Possiamo fare delle prove cambiando la frequenza, a questo scopo possiamo sostituire la resistenza R2 con una da 47 K, oppure è possibile inserire in serie a questa resistenza il potenziometro P1, per poter variare la frequenza stessa tramite la manopola del potenziometro. È necessario tener presente che se la frequenza sale, non sarà più possibile seguire a vista l'intermittenza del LED perché lo percepiremo sempre illuminato. Questo circuito permette di ottenere frequenze in tutta la banda audio, ma è necessario attendere di avere a disposizione l'amplificatore audio e l'altoparlante per poter verificare il funzionamento.



# Circuito combinatoriale

**U**n'applicazione tipica è l'implementazione di funzioni per le quali l'uscita o le uscite dei circuiti si attivano solamente con determinate combinazioni applicate agli ingressi.

## Il problema

Abbiamo a disposizione tre variabili di ingresso e una di uscita. Le tre variabili sono rappresentate da tre pulsanti P1, P2 e P3 e il livello dell'uscita si visualizza con un LED, il quale si illumina quando questa uscita è a livello alto e si spegne quando è a livello basso.

Per quanto riguarda gli ingressi, il livello uno corrisponde al pulsante premuto, il livello zero al pulsante in riposo.

Vogliamo che l'uscita sia a livello alto solamente con le seguenti combinazioni di pulsanti:

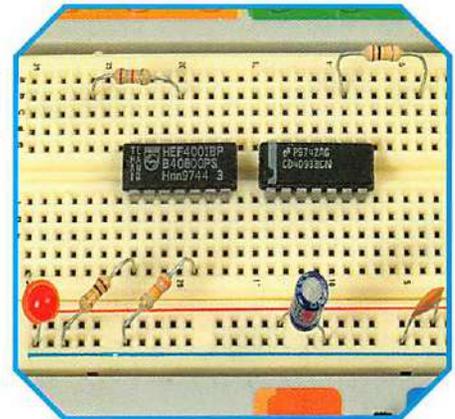
- P3 attivato, P2 in riposo, P1 in riposo.
- P3 in riposo, P2 attivato, P1 attivato.
- P3 in riposo, P2 in riposo, P1 attivato.
- P3 attivato, P2 in riposo, P1 attivato.

## La soluzione

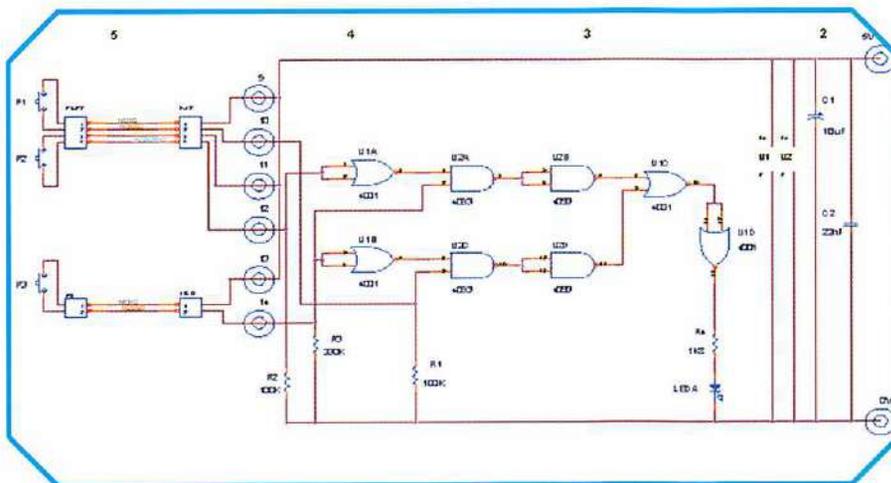
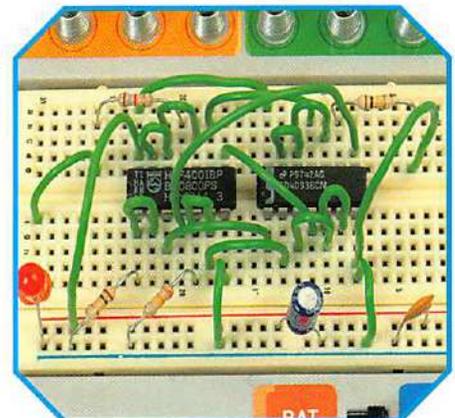
A partire da questo enunciato si ottiene la seguente tabella della verità:

P3	P2	P1	LEDA
1	0	0	1
0	1	1	1
0	0	1	1
1	0	1	1

Componenti sulla scheda Bread Board.



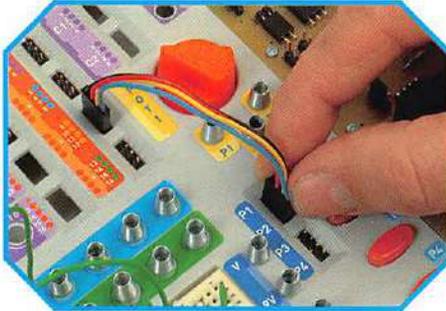
Collegamenti della scheda Bread Board.



### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4001
U2	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 10 µF elettrolitico
C2	Condensatore 22 nF
LED A	Diodo LED rosso 5 mm.

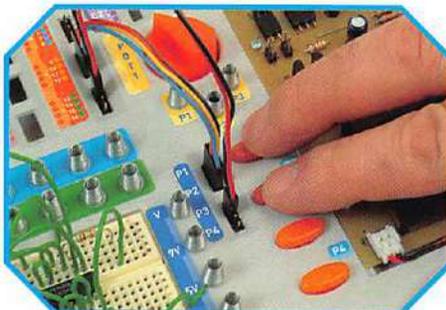
Schema del circuito combinatoriale.



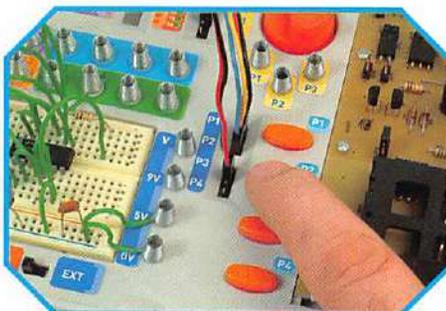
Collegamento  
dei pulsanti  
P1 e P2.



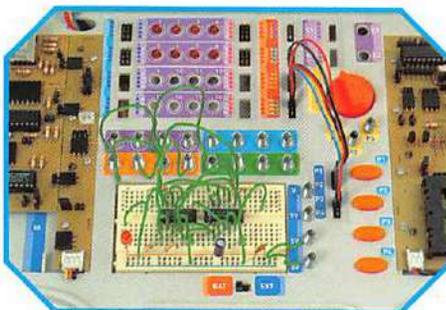
Collegamento  
del  
pulsante P3.



Si illumina  
con la  
combinazione  
 $P1 = 1, P2 = 1,$   
e  $P3 = 0$ .



Premendo  
solamente  
P2 non si  
attiva il LED.



Esperimento  
completato.

Da questa tabella della verità si ottiene l'equazione:

$$P3 \bar{P2} \bar{P1} + \bar{P3} P2 P1 + \bar{P3} \bar{P2} P1 + P3 \bar{P2} P1 = F$$

Questa espressione si può semplificare fino ad arrivare a:

$$\bar{P3} P1 + P3 \bar{P2}$$

Il modo intuitivo di verificare questa equazione è iniziare nello schema dalla sua parte sinistra, con la variabile, e proseguire annotando sullo schema stesso i cambiamenti e le espressioni all'uscita di ogni porta. Per ottenere la semplificazione della formula, è necessario ricordare che la somma di una variabile con il suo valore negato, è l'unità.

## Il circuito

Vediamo lo schema per spiegare il circuito: la parte sinistra è occupata dai tre pulsanti, ognuno di essi ha due terminali, dei quali uno è collegato al positivo dell'alimentazione e l'altro a uno o due ingressi delle porte logiche. In ognuno degli ingressi troviamo collegata una resistenza di pull-down la quale garantisce che gli ingressi così collegati siano 0 con i pulsanti in riposo. Come si può verificare, la combinazione e il collegamento delle porte, sono quelli necessari per soddisfare la funzione dell'enunciato. Ricordate che le combinazioni non rappresentate nella tabella, hanno come uscita lo 0 logico.

## Montaggio

Il montaggio è piuttosto laborioso e necessita di un elevato numero di fili di collegamento, quindi deve essere realizzato con pazienza. Vi consigliamo di utilizzare il filo verde e di preparare alcuni pezzi da 5 cm con gli estremi spelati della parte isolante. L'alimentazione può essere da 5 o 9 V, e i condensatori C1 e C2 hanno il compito di filtrarla.

## L'esperimento

Dopo aver alimentato il circuito è sufficiente azionare i pulsanti corrispondenti alle combinazioni delle variabili della tabella e in tutte queste combinazioni il risultato sarà 1, cioè si illuminerà il LED, per qualsiasi altra combinazione il LED non si illuminerà.



## Bistabile con priorità

**S**e ricordiamo la tabella della verità di un bistabile con porte NAND, quando applichiamo su entrambi gli ingressi e contemporaneamente un 1 logico, l'uscita non cambia e si mantiene nello stato precedente.

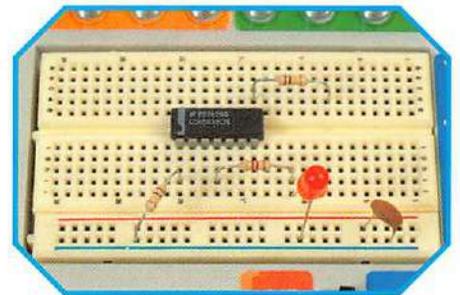
In questo nuovo circuito invece la combinazione uno-uno sull'ingresso origina un uno sull'uscita, mentre i terminali SET e RESET mantengono la loro funzionalità. La combinazione zero-zero sull'ingresso non si deve utilizzare, dato che non garantisce alcun risultato prevedibile sull'uscita.

### Il circuito

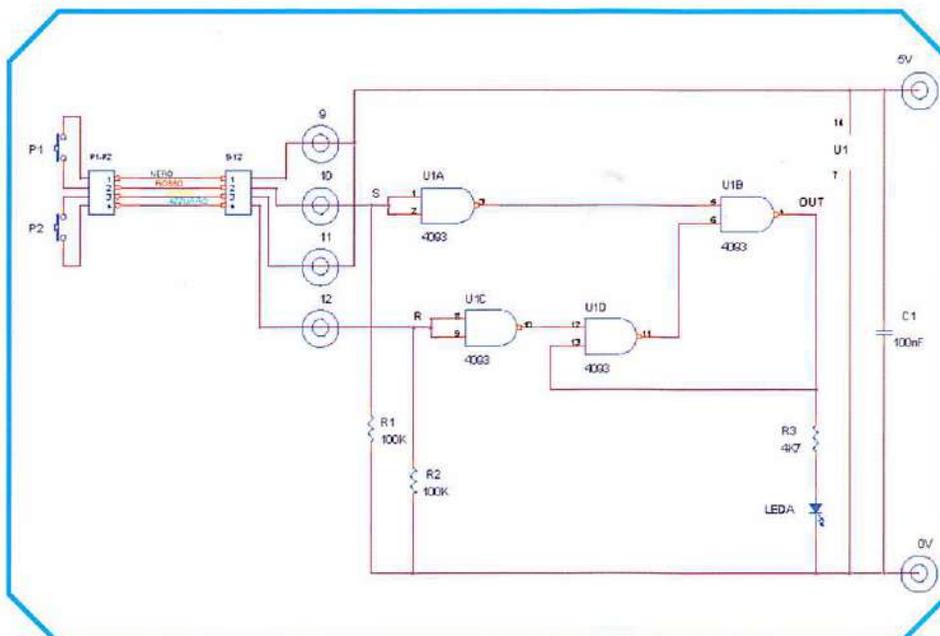
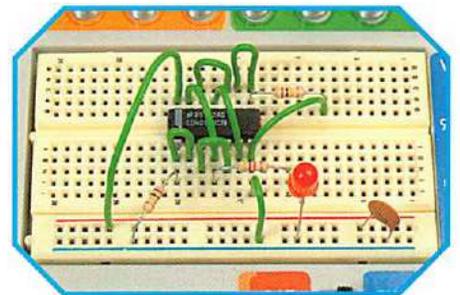
Osservando lo schema vedremo che si utilizzano le quattro porte del circuito integrato, la cosa più interessante da notare comunque è il terminale 4 dell'uscita collegato sul terminale 13 di un'altra porta. Quando nessun pulsante è premuto gli ingressi sono a 0, grazie all'utilizzo delle resistenze di pull-down R1 e R2, e l'uscita in teoria potrebbe assumere qualsiasi valore.

Se si aziona il pulsante P1 si applica un 1 sul-

Componenti sulla scheda Bread Board.



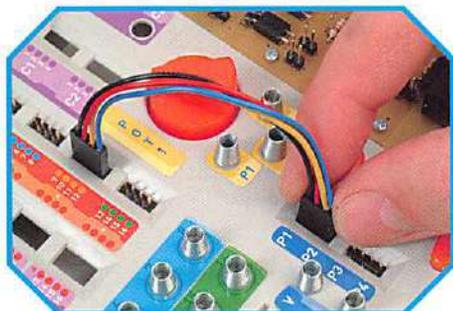
Collegamenti della scheda Bread Board.



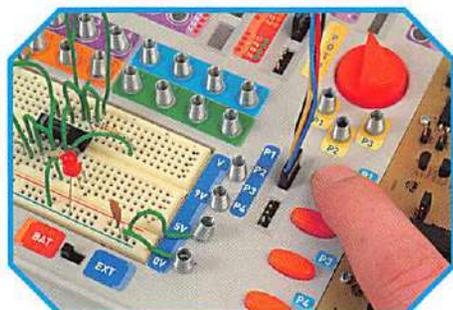
Schema del bistabile con priorità a 1.

#### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
C1	Condensatore 100 nF
LED A	Diodo LED rosso 5 mm



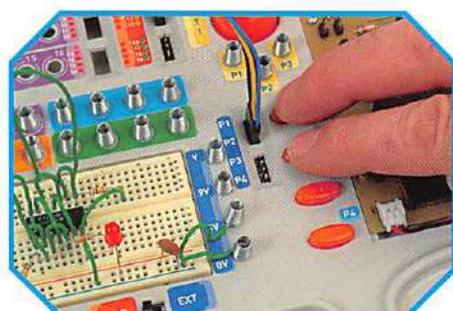
Collegamenti al resto del laboratorio.



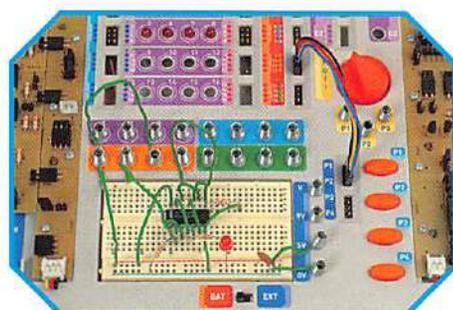
Il pulsante P1 è quello di SET.



Il pulsante P2 è quello di RESET.



Premendo contemporaneamente P1 e P2 l'uscita è 1.



Esperimento completato.

l'ingresso di SET, terminale 1 e 2 della porta U1A, mentre se si preme P2 si applica un 1 sulla porta U1C, terminali 8 e 9 dell'integrato 4093, e l'uscita passa a valore 1.

## Tabella della verità

La tabella della verità di questo circuito è molto simile a quella di un bistabile, con la differenza che alla posizione 1-1 corrisponde l'uscita 1.

P1(S)	P2(R)	OUT
1	0	1
0	1	0
1	1	1
0	0	X

Questa tabella la potremo verificare dopo aver montato il circuito. Il pulsante P1 è quello di SET, e premendolo otterremo un 1 sull'uscita. Il pulsante P2 è quello di RESET e premendolo otterremo uno 0 sull'uscita. Premendo P1 e P2 l'uscita sarà 1.

## Montaggio

Il montaggio è abbastanza semplice, però deve essere eseguito con attenzione per non commettere errori.

Molto importanti sono la posizione del circuito integrato e la polarità del LED, senza dimenticare di collegare l'alimentazione del circuito integrato, terminale 14 al positivo, e il terminale 7 al negativo. L'alimentazione può essere da 5 o da 9 V e il condensatore C1 è un filtro di alimentazione. I pulsanti P1 e P2 si collegano con un cavetto terminato su due connettori a quattro vie, utilizzando le molle 9 e 12.

## L'esperimento

Dopo aver alimentato il circuito si utilizzano i pulsanti per verificare la tabella della verità, tenendo presente che se si preme si genera un 1 altrimenti c'è uno 0.

L'uscita 0 è indicata con il LED spento, mentre l'uscita 1 è segnalata dall'illuminazione del LED.



# Generatore audio

*Il timer 555 si può utilizzare per costruire un oscillatore che lavori su frequenze comprese all'interno della banda audio.*

## Il circuito

Il circuito è molto conosciuto in quanto consigliato dai costruttori del 555 per costruire oscillatori astabili. Una delle resistenze che determina la frequenza è R1, mentre l'altra è formata dalla somma delle resistenze R2 e dal valore che in quel momento è determinato dalla posizione del potenziometro POT1.

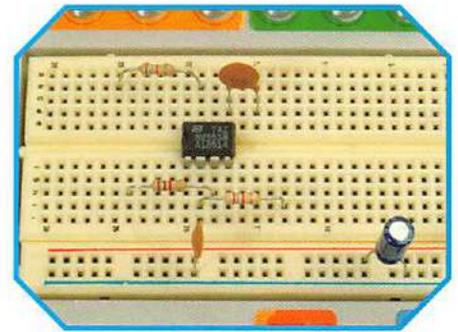
La formula che utilizzeremo per determinare la frequenza del segnale di uscita è:

$$f = 1,44 / (R1 + 2R2 + 2POT1)C$$

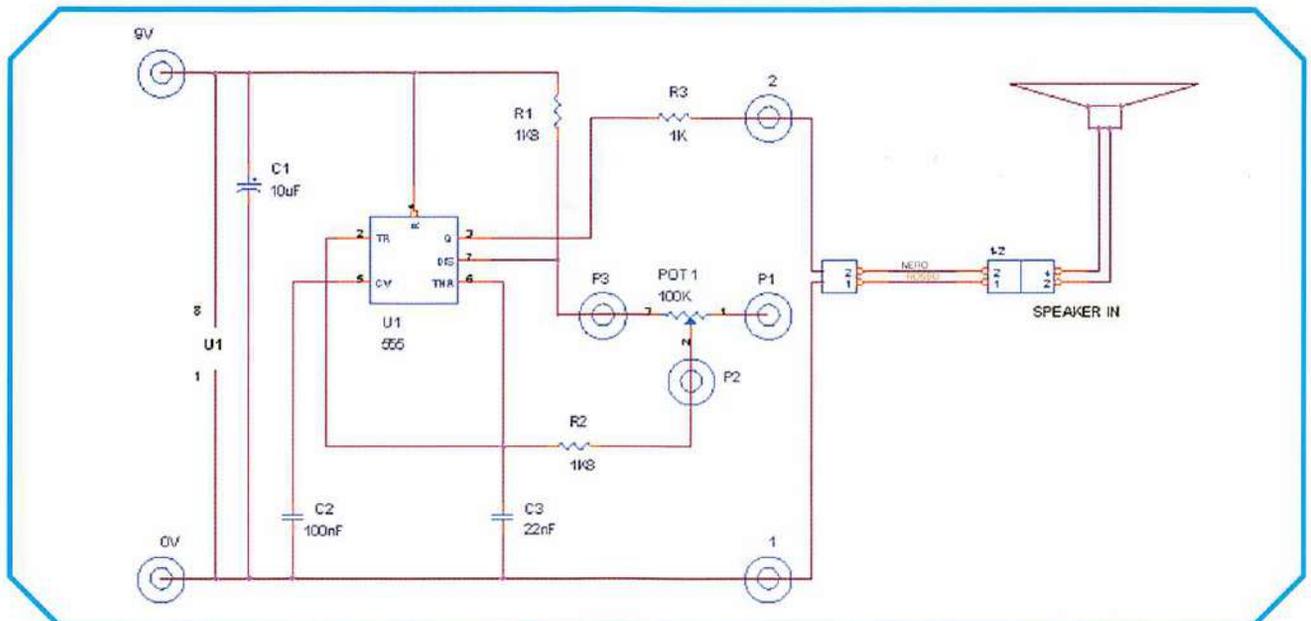
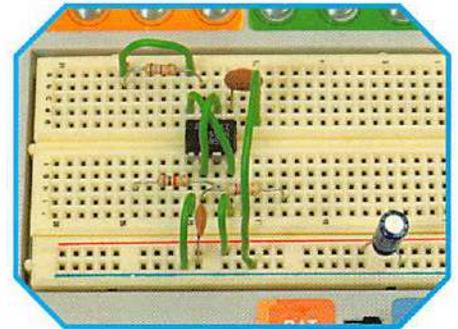
Per poterla applicare correttamente la resistenza deve essere espressa in Ohm e la capacità in Farad, in modo che il valore della frequenza ottenuta sia in Hertz. Ricordiamo che l'altro componente che determina la frequenza è il condensatore C2. Se aumentiamo il suo valore la frequenza si abbassa.

Con i valori utilizzati nello schema si otten-

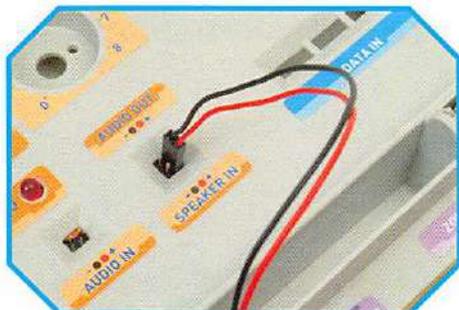
Componenti sulla scheda Bread Board.



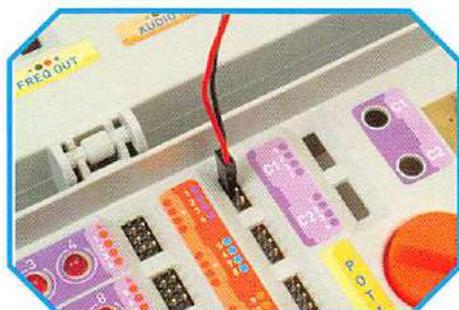
Cablaggio della scheda.



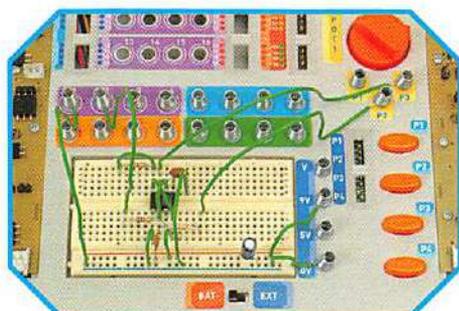
Schema del circuito.



Collegamenti del cavetto su SPEAKER IN.



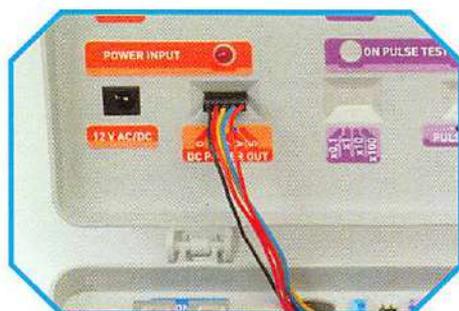
L'altro capo del cavetto si collega a 1-2.



Cablaggio esterno alla scheda Bread Board.



Con il potenziometro si modifica la frequenza di uscita.



Collegamento della alimentazione.

gono frequenze fra 350 e 12.000 Hz sfruttando tutta la corsa del potenziometro. Ruotando il comando di POT1 è possibile ottenere qualsiasi frequenza compresa fra queste due, tutte queste sono comprese nella banda udibile. Sull'uscita del circuito inseriamo una resistenza R3 per limitare la corrente di uscita dello stesso, inviando così un segnale all'altoparlante sufficiente per verificare il funzionamento del circuito, mantenendo un livello acustico basso. Tenete presente che non stiamo adoperando nessun amplificatore, se lo desiderate potete ridurre il valore della resistenza R3, ma in nessun caso dovrà essere minore di 100  $\Omega$ .

## Montaggio

Il montaggio dei componenti sulla scheda si esegue come d'abitudine, tenendo presente l'orientamento del circuito integrato e quello del condensatore C1 che è elettrolitico. Il collegamento all'altoparlante si esegue mediante un cavetto a due connettori collegato a SPEAKER IN, portando l'altro estremo ai connettori ausiliari delle molle, ad esempio 1-2, in modo da avere a disposizione i collegamenti dell'altoparlante sulle molle 1 e 2. Dovremo collegare l'alimentazione sui terminali 1 e 8 dell'integrato e l'alimentazione generale potrà essere tra 5 o 9 Volt indistintamente.

## L'esperimento

Dopo aver verificato il lavoro di montaggio posizioniamo il comando del potenziometro POT1 all'incirca a metà della sua corsa e colleghiamo l'alimentazione, a questo punto si deve udire un segnale continuo sull'altoparlante, ruotando il comando del potenziometro potremo sentire come cambia la frequenza del segnale di uscita.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
R1, R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3	Resistenza 1 K (marrone, nero, rosso)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico
C2	Condensatore 100 nF
C3	Condensatore 22 nF



# Generatore di effetti sonori

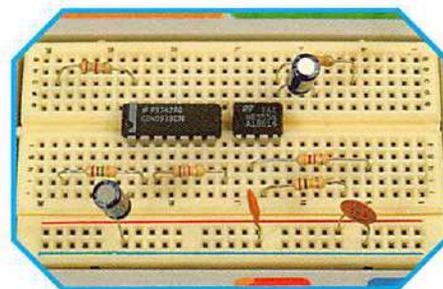
**Q**uesto circuito è fondamentalmente un generatore audio a frequenza variabile tramite un potenziometro, inoltre dispone di un oscillatore ausiliario che modula il primo segnale.

## Il circuito

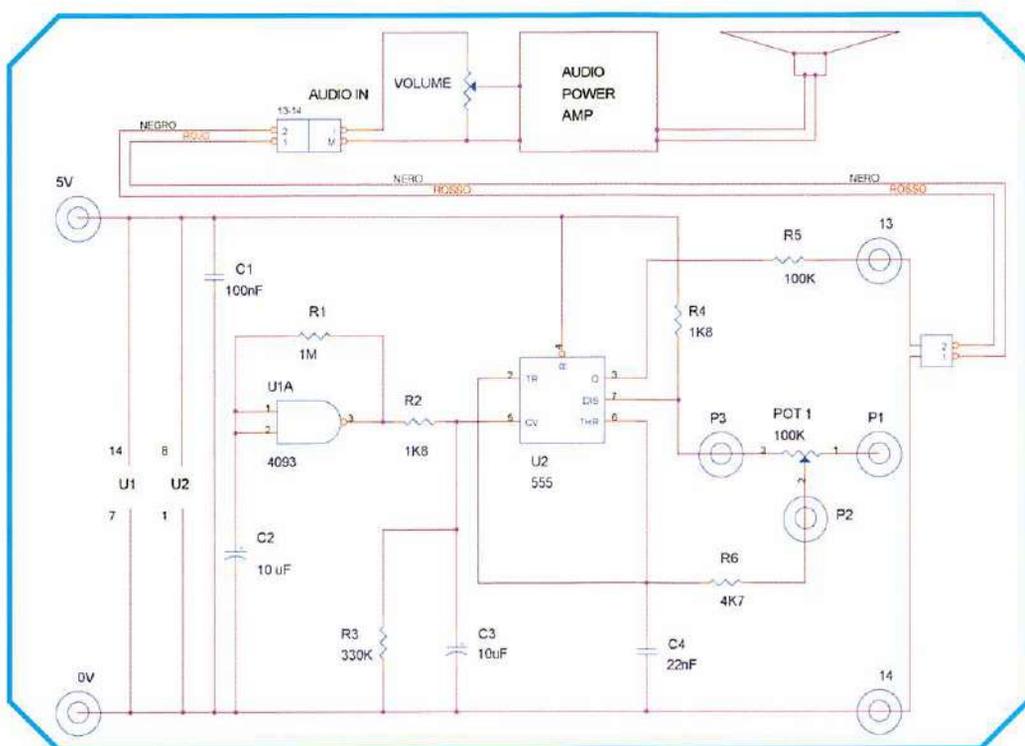
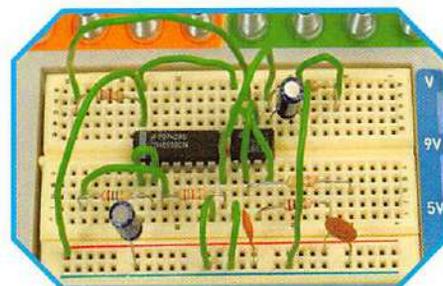
Il circuito oscillatore principale è stato utilizzato in molti casi e non è necessario spiegarne ulteriormente il funzionamento, è basato su un circuito integrato 555 configurato come astabile e la cui frequenza di oscillazione si può variare modificando la posizione del cursore del potenziometro POT1. La novità più interessante è l'utilizzo dell'ingresso di modulazione di questo circuito integrato.

Questo ingresso di modulazione si utilizza per applicare una tensione il cui livello cambia periodicamente, dato che si collega all'uscita di un oscillatore astabile, basato sulla porta U1A di un 4093 e che lavora a una frequenza molto più bassa del precedente. La frequenza di quest'ultimo oscillatore dipende dai valori della resistenza R1 e del condensatore C2.

Componenti sulla scheda Bread Board.



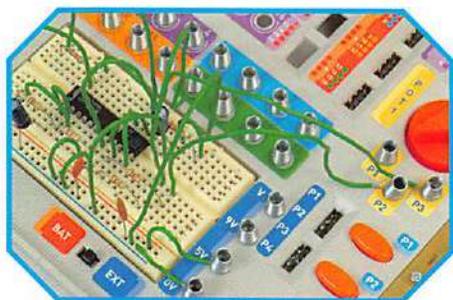
Cablaggio della scheda.



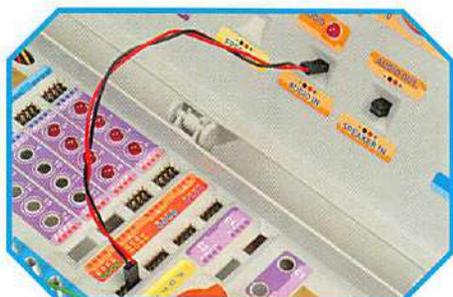
### LISTA DEI COMPONENTI

- U1 Circuito integrato 4093
- U2 Circuito integrato 555
- R1 Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
- R2, R4 Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
- R3 Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
- R5 Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
- R6 Resistenza 4K7 (giallo, giallo, viola, rosso)
- C1 Condensatore 100 nF
- C2, C3 Condensatore 10  $\mu$ F
- C4 Condensatore elettrolitico 22 nF

Schema del circuito.



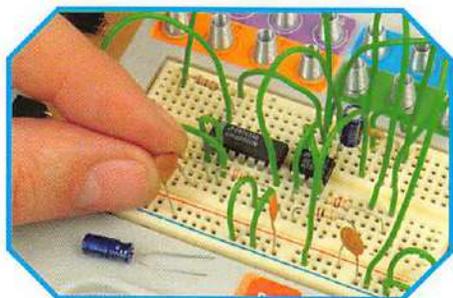
L'ingresso audio è disponibile sulle molle 13 e 14.



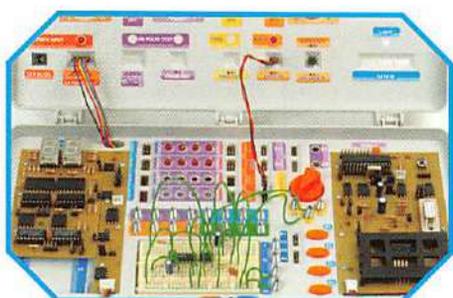
Collegamenti all'ingresso AUDIO IN.



Il volume deve essere posizionato sul minimo prima di collegare l'alimentazione.



Cambiando C2 con C1, passando a 100 nF si ottiene un effetto sonoro differente.



Esperimento completato.

## Montaggio

Il montaggio dei componenti sulla scheda si esegue come d'abitudine, tenendo presente l'orientamento dei circuiti integrati U1 e U2, e la polarità dei condensatori elettrolitici C1 e C3, senza dimenticare le alimentazioni degli integrati. I collegamenti all'ingresso audio si eseguono mediante un cavetto a due fili collegato all'ingresso AUDIO IN, rispettando l'ordine dei colori indicato in fotografia.

Questo cavetto deve essere unito al collegamento 13, con il filo rosso e 14 con il filo nero, in modo che l'ingresso audio sia disponibile sulla molla 13 e il negativo corrispondente sulla 14.

È necessario verificare che i due ponticelli siano posizionati in senso orizzontale su AUDIO ON, per fare in modo che l'altoparlante rimanga collegato all'uscita dell'amplificatore. L'alimentazione deve essere da 5 V.

## L'esperimento

Dopo aver eseguito tutto il montaggio e prima di collegare l'alimentazione, è necessario impostare il comando del volume al minimo. Dopo che l'alimentazione è arrivata al circuito si collega l'amplificatore, agendo sopra AUDIO ON, in modo che ruotando il potenziometro, la frequenza cambi nell'arco di uno o due secondi, all'inizio dovremo udire un suono acuto piuttosto fastidioso.

## Varianti

Scegliamo di iniziare a cambiare il condensatore C2 con un altro da 100 nF, anche se potete mantenere C2 da 10  $\mu$ F e aumentare il valore della resistenza R2 per verificare se ci sono effetti sul suono ottenuto.

Tutti questi effetti sonori si possono ottenere anche utilizzando il potenziometro, ma fate attenzione a non eccedere con il comando del volume, per non distruggere l'amplificatore o l'altoparlante; e per non approfittare della pazienza dei nostri familiari e dei vicini, che potrebbero essere realmente infastiditi dai suoni che stiamo generando, dato che si tratta di suoni utilizzati normalmente per avvisi di pericolo.



# Avviso acustico temporizzato

**L**a funzione di questo circuito è emettere un segnale acustico per un periodo di tempo predeterminato.

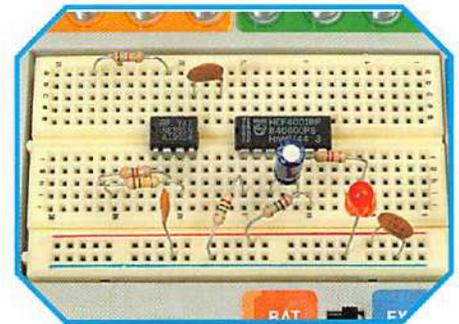
## Il circuito

Questo circuito si divide in tre parti: un monostabile formato da due porte NOR, un oscillatore audio basato su un 555 e un amplificatore audio.

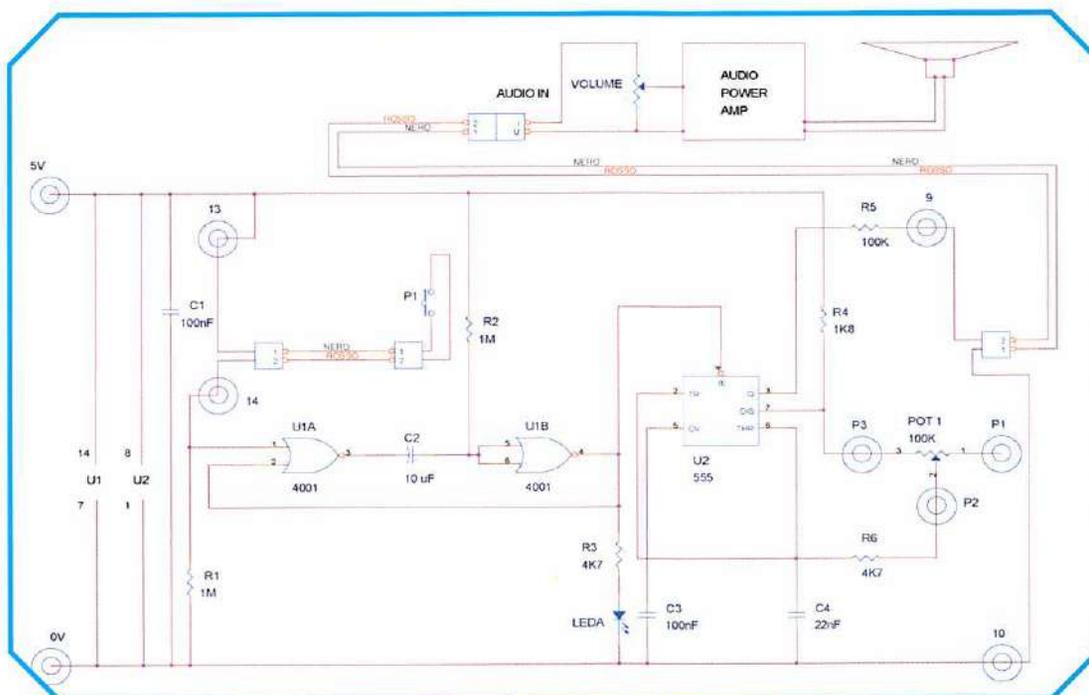
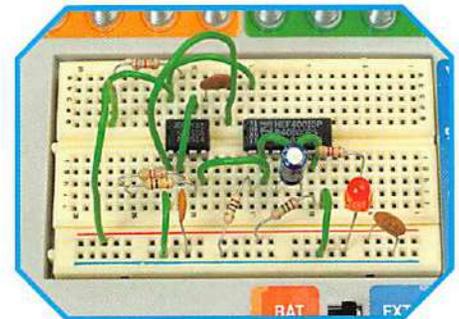
Il circuito monostabile si attiva tramite il pulsante P1, che quando è premuto porta un livello basso all'ingresso, terminale 1 della porta U1A. La durata della temporizzazione dipende dai valori della resistenza R2 e del condensatore C2, il tempo aumenta quando aumenta il valore di almeno uno di questi componenti. L'uscita del monostabile si applica all'ingresso di controllo del 555, terminale 4; quando questo pin è a livello basso il 555 non oscilla, il diodo LED si illumina quando l'uscita del monostabile è a livello alto.

L'oscillatore audio è formato da un 555 configurato come astabile, la cui frequenza si può variare muovendo il cursore del potenziometro POT1. L'uscita di questo oscillatore è portata all'ingresso dell'amplificatore audio

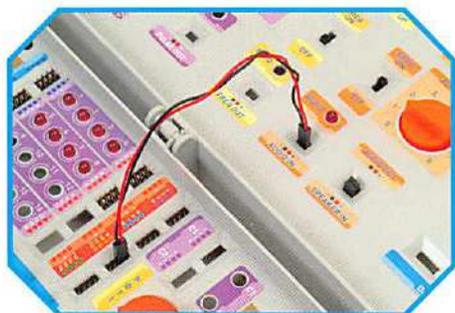
Componenti sulla scheda Bread Board.



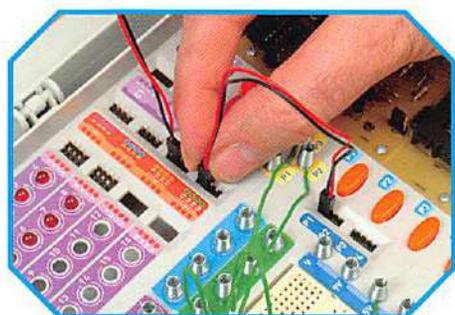
Cablaggio interno della scheda.



Schema del circuito.



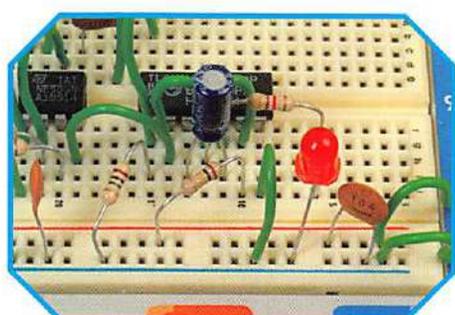
Collegamento fra il generatore e l'amplificatore.



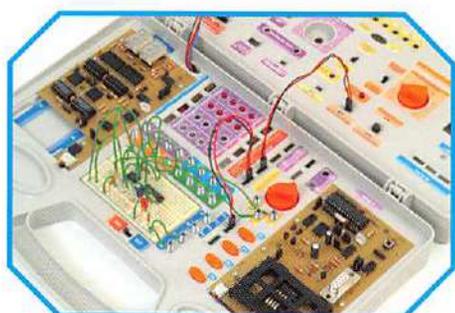
Collegamento del pulsante P1.



Controllo del volume.



Portando il valore di R2 a 100 K riduciamo il tempo.



Esperimento completato.

per essere amplificata e poter essere ascoltata tramite l'altoparlante del laboratorio.

## Montaggio

Il montaggio dei componenti inizia dall'inserzione dei due circuiti integrati sulla scheda Bread Board, e continua con i rimanenti componenti, rispettando la polarità del LED. Successivamente si montano i fili di collegamento compresa l'alimentazione dei circuiti integrati. Il collegamento all'ingresso di AUDIO IN si esegue collegando un cavetto a due fili fra questo ingresso e i connettori 9 e 10, che corrispondono alle molle che portano lo stesso nome; dobbiamo fare attenzione ai colori dei fili e collegarli come mostrato nelle fotografie. È necessario verificare la presenza dei due ponticelli in senso orizzontale su AUDIO OUT, dato che questo è il modo di collegare l'altoparlante all'uscita dell'amplificatore. L'alimentazione deve essere da 5 V, però prima di collegare questo filo è necessario verificare tutto il lavoro svolto.

## L'esperimento

Dopo aver eseguito questo montaggio, e prima di collegare l'alimentazione, impostiamo la manopola del volume molto vicina al minimo, e il potenziometro POT1 all'incirca a metà della sua corsa. Dopo aver collegato l'alimentazione al circuito, dobbiamo collegare l'amplificatore agendo su AUDIO ON. Premendo P1 si deve poter udire un suono sull'altoparlante il cui volume si può regolare con il potenziometro del volume e la sua frequenza con POT1. Il suono cesserà dopo un certo tempo.

## Varianti

Vi consigliamo di cambiare la resistenza R2 da 1 M con una da 100 K; in questo modo la temporizzazione sarà inferiore.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4001
U2	Circuito integrato 555
R1, R2	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R3, R6	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R5	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
C1, C3	Condensatore 100 nF
C2	Condensatore 10 µF elettrolitico
C4	Condensatore 22 nF



# Pulsante con avvisatore acustico

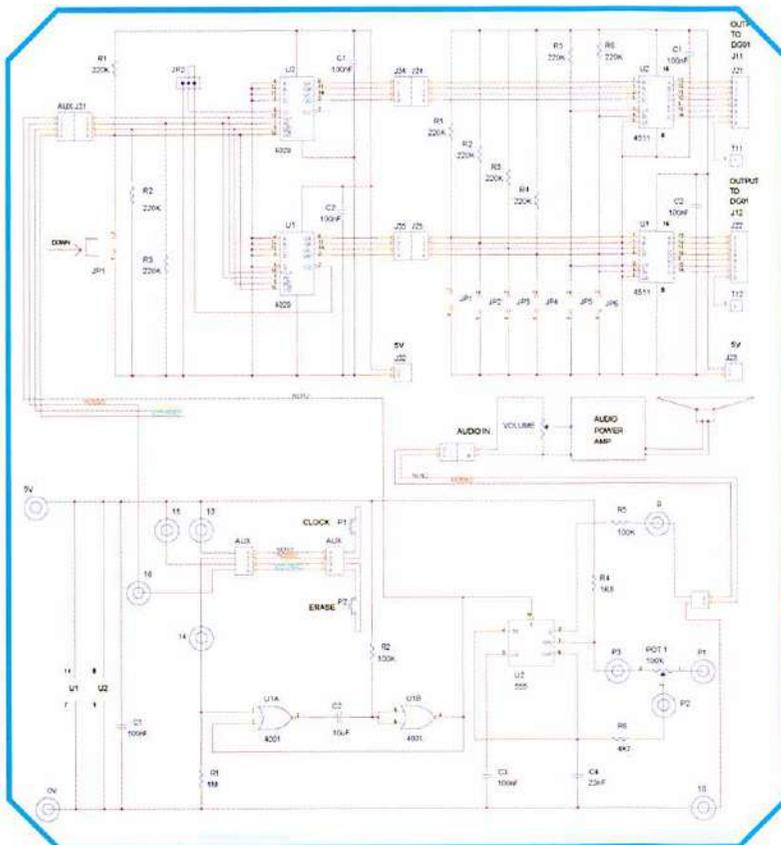
**Q**uesto circuito emette un breve segnale acustico ogni volta che si attiva il pulsante che fa avanzare il contatore. Questa applicazione ci ricorda i dispositivi utilizzati per organizzare le code di attesa nei centri commerciali o in alcuni uffici.

## Il circuito

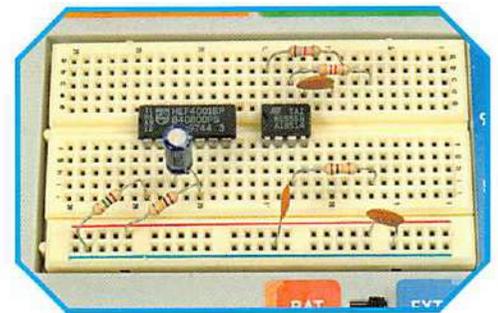
Osservando il circuito vedremo che è composto da parti che ci sono già note, nella parte superiore troviamo il circuito di controllo del contatore e in quella inferiore il resto del circuito. Le porte U1A e U1B formano un monostabile che si attiva con il pulsante P1, la cui uscita è utilizzata per far avanzare il contatore, applicando un impulso sull'ingresso del clock. La durata dell'impulso determina la durata dell'avviso, dato che si utilizza per abilitare il funziona-

mento del circuito del segnale acustico. Il segnale acustico è generato con U2, che è un 555 configurato come astabile, la frequenza del segnale di uscita di questo circuito si regola con POT1. Questo circuito si attiva quando il suo terminale passa a livello alto, e questo avviene quando l'uscita del monostabile è a livello alto.

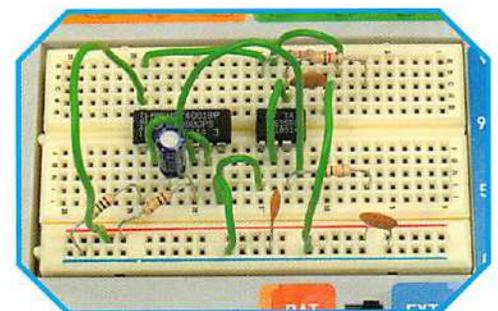
Il segnale audio si applica all'ingresso dell'amplificatore audio dove riceve la potenza necessaria per pilotare l'altoparlante del laboratorio.



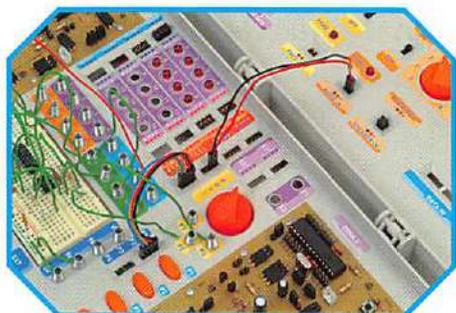
Schema del circuito.



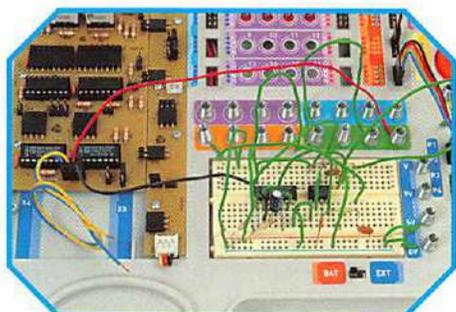
Componenti sulla scheda Bread Board.



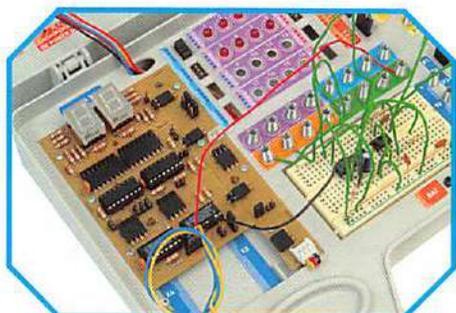
Cablaggio interno della scheda.



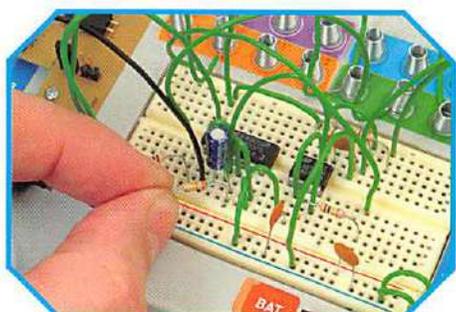
Collegamenti ai pulsanti e all'amplificatore audio.



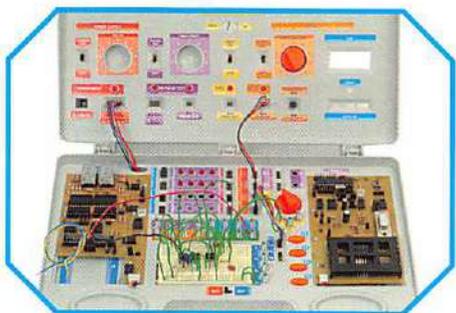
Collegamenti al contatore.



Le schede DG04 e DG05 con i ponticelli predisposti per l'alimentazione a 5 V.



R2 determina la durata del segnale.



Esperimento completato.

## Montaggio

Il montaggio di questo esercizio è facile nonostante lo schema risulti piuttosto grande, infatti il contatore e l'amplificatore audio sono montati in modo permanente sul laboratorio.

I collegamenti ai pulsanti P1 e P2, a cui sono assegnate le funzioni di avanzamento del contatore e di reset, si eseguono con un cavetto a quattro fili tra i connettori P1/P2 dei pulsanti e quelli numerati da 13 a 16 che terminano sulle quattro molle che portano lo stesso nome. I collegamenti di ingresso all'amplificatore si eseguono con un cavetto a due fili, rispettando però l'ordine di collegamento, senza scambiare i colori rosso e nero.

Il collegamento al contatore si esegue con un cavetto a quattro fili terminato con fili sciolti, dei quali utilizzeremo solamente il rosso e il nero; i ponticelli delle schede di alimentazione del contatore DG04 e DG05 devono essere configurati in modo che l'alimentazione sia da 5 V. L'alimentazione della scheda Bread Board deve essere da 5 V.

## L'esperimento

Dopo aver verificato il circuito impostiamo al minimo il comando del volume dell'amplificatore audio e colleghiamo per prima cosa la sua alimentazione, AUDIO ON; poi collegheremo l'alimentazione al resto dei circuiti.

Premendo P1 avanzerà il contatore e udiremo un segnale acustico la cui durata può essere modificata variando il valore della resistenza scelta per R2, o scegliendo un altro valore per il condensatore C2. La frequenza del segnale di uscita si regola con POT1. Il contatore si imposta a zero con P2.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4001
U2	Circuito integrato 555
R1	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R2, R5	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R4	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R6	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
C1, C3	Condensatore 100 nF
C2	Condensatore 10 µF elettrolitico
C4	Condensatore 22 nF



# Prova del generatore di impulsi

**In questo circuito eseguiremo il montaggio di un divisore per 2 e per 4 che ci permetterà di provare il funzionamento del generatore di impulsi.**

## Il circuito

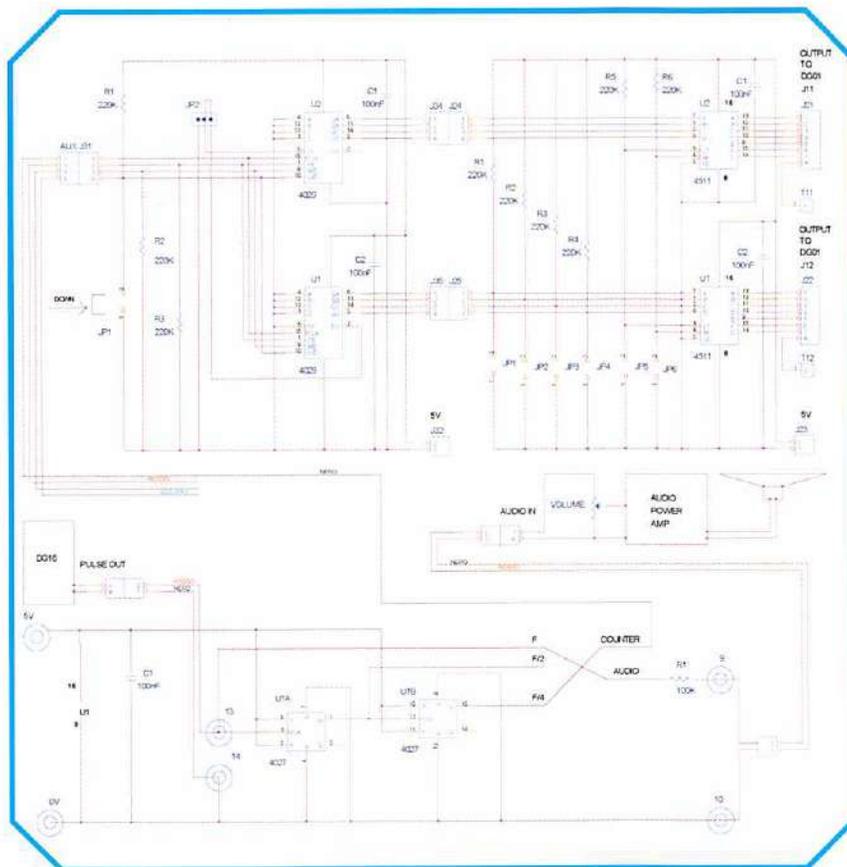
Questo circuito montato sulla scheda Bread Board consiste in due divisori per 2 collegati a cascata, di conseguenza avremo tre segnali: quello originale, l'originale diviso per due e lo stesso diviso per quattro. Si utilizzano i due bistabili del circuito integrato 4027 configurati come bistabili tipo T, dato che uniremo gli ingressi J e K.

L'uscita del generatore di impulsi si ottiene sul connettore PULSE OUT, dove il terminale siglato col punto rosso è quello attivo, mentre la massa corrisponde al nero. Questo segnale si porta mediante un cavetto con fili terminati su due connettori femmina, fino alle molle 13 e 14 e da qui all'ingresso del clock del bista-

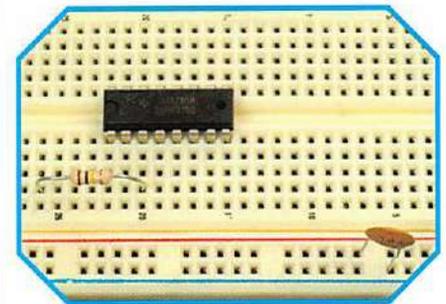
bile U1A, alla cui uscita otterremo la frequenza dimezzata  $F/2$ , mentre all'uscita dell'altro bistabile U1B avremo  $F/4$ . Otteniamo quindi tre segnali che si possono applicare all'ingresso del clock del contatore, e all'ingresso dell'amplificatore audio in modo indipendente, ovvero possiamo applicare la stessa frequenza simultaneamente al contatore e all'ingresso audio, oppure applicare frequenze differenti. Dopo aver visto il circuito vediamo come si esegue l'esperimento.

## Montaggio e prova

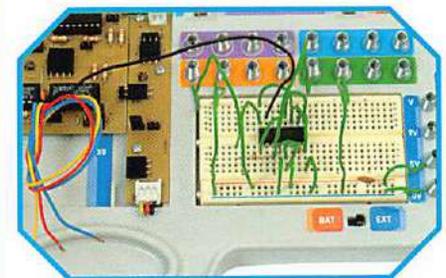
Con tutte le alimentazioni scollegate, commutatore su EXT, senza alimentatore collegato e tutti gli interruttori del pannello superiore



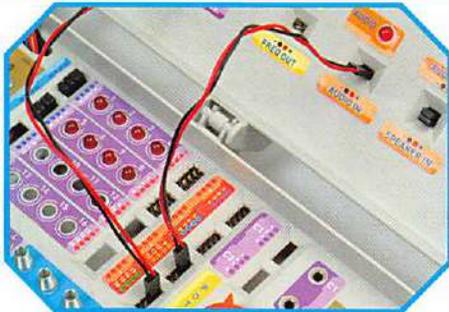
Schema elettrico.



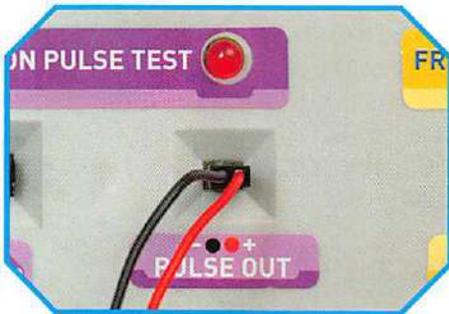
Componenti sulla scheda Bread Board.



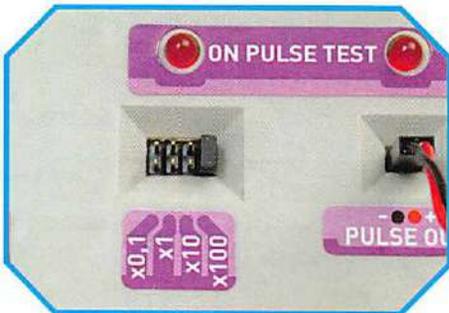
Vista parziale del cablaggio.



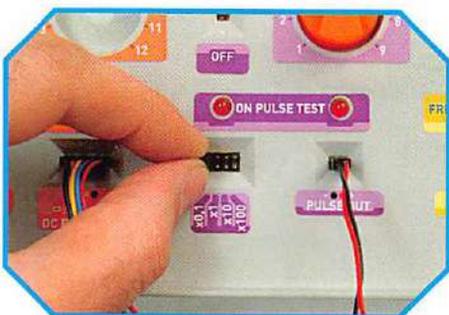
Collegamenti audio; è necessario rispettare i colori rosso e nero.



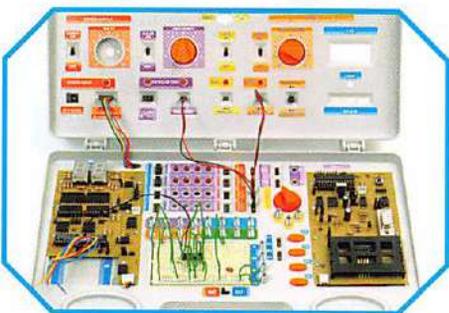
Collegamento all'uscita del generatore di impulsi.



Ponticello su x 100 per le frequenze più alte.



Le frequenze più basse si ottengono con x 0,1.



Esperimento completato.

spenti, inizieremo a montare i componenti nel modo abituale, senza dimenticare l'alimentazione del circuito integrato che deve essere da 5 volt.

Mediante un cavetto terminato su due connettori porteremo il segnale di uscita del generatore di impulsi fino alle molle 13 e 14, utilizzando un altro cavetto simile per far arrivare fino all'ingresso audio, AUDIO IN, i segnali disponibili sulla scheda Bread Board e collegando, ad esempio, F all'ingresso audio e F/4 all'ingresso del contatore, come si può vedere nello schema. Tenete presente che se la frequenza è molto bassa potrete facilmente vedere l'avanzamento del contatore ma non ci sarà audio, a eccezione di un leggero fruscio, invece nel caso contrario, se la frequenza è molto alta, avremo un segnale facilmente udibile ma sarà impossibile seguire il contatore e sembrerà che i segmenti siano illuminati in modo continuo.

Prima di fornire l'alimentazione dobbiamo collegare l'ingresso del clock del contatore e impostare i ponticelli dell'alimentazione delle schede DG04 e DG05, i quali saranno in senso orizzontale su AUDIO OUT, senza dimenticare il ponticello su x 100.

Il potenziometro del volume verrà posizionato vicino al minimo e quello di FREQUENCY circa a metà della sua corsa.

Dopo aver verificato che tutto il montaggio sia corretto collegheremo l'alimentazione al laboratorio mediante le molle da 5 V, e forniremo alimentazione con PULSE ON e AUDIO ON. A questo punto udiremo un suono dall'altoparlante e i segmenti del contatore si devono illuminare, anche se non li possiamo seguire; ruotando il comando di FREQUENCY il suono cambierà. Se spostiamo il ponticello su x 0,1 il suono cesserà, ma il contatore avanzerà lentamente; dobbiamo sapere se il collegamento del clock sia stato eseguito su F/2 o F/4. Contando gli impulsi e con un cronometro alla mano possiamo misurare la frequenza, a ogni spostamento del ponticello la frequenza si moltiplica per 10.

#### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4027
R1	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
C1	Condensatore 100 nF



# Generatore di due frequenze

**Q**uesto circuito genera un segnale a due toni. È basato su un generatore a frequenza fissa dove viene modificato, mediante un altro circuito, uno dei suoi parametri per ottenere così la seconda frequenza.

## Il circuito

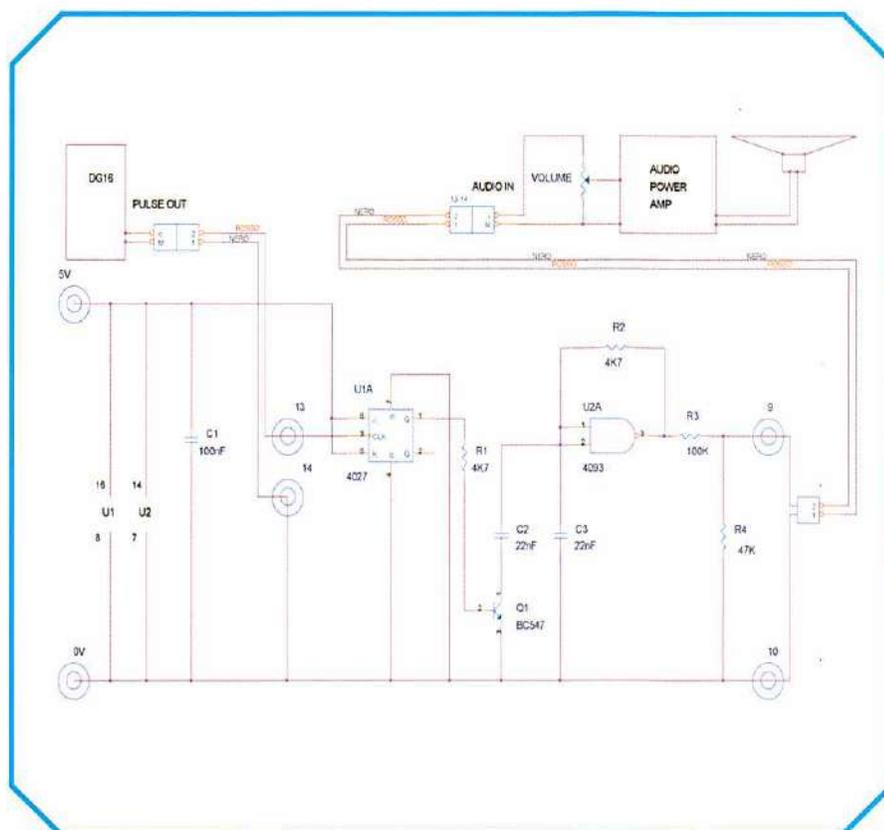
In realtà il circuito è piuttosto grande, ma utilizzando le parti che sono già montate sul laboratorio sono sufficienti pochi componenti montati sulla scheda Bread Board.

Osserviamo attentamente lo schema per comprenderne il funzionamento.

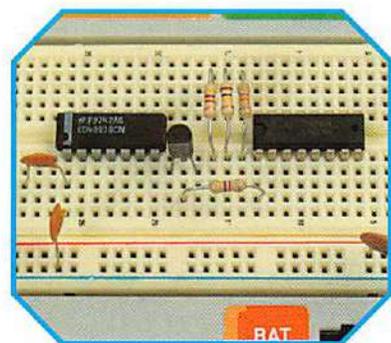
Il circuito di base è un noto oscillatore astabile formato dalla porta U2A del circuito integrato 4093; quando il transistor Q1 è in interdizione la frequenza di oscillazione dipende dai valori della resistenza R2 e da C3, la frequenza si abbassa quando questo transistor

conduce, dato che collega un altro condensatore C2 in parallelo con il precedente. In questo modo si ottengono le due frequenze.

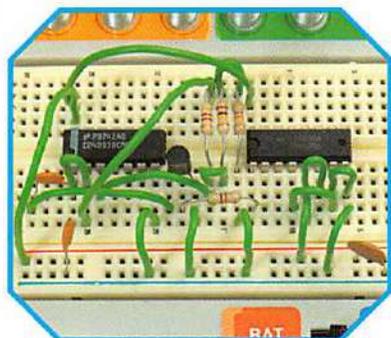
La variazione di frequenza si ottiene utilizzando come segnale di controllo l'impulso prodotto dal generatore di impulsi del laboratorio, che si ottiene dall'uscita PULSE OUT; questo segnale si divide per due con un bistabile tipo T, formato da uno degli astabili del 4027; in questo modo, all'uscita del bistabile, terminale 1 del 4027, si ottiene un segnale con un ciclo di uscita del 50%, ovvero è un segnale impulsato che rimane per un periodo di tempo uguale a livello alto e a livello basso.



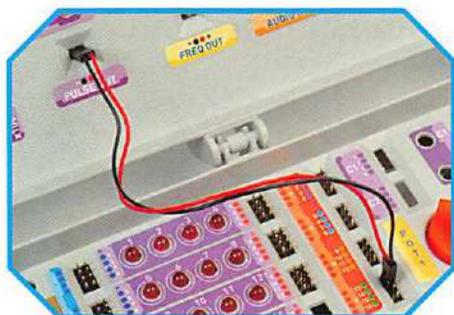
Schema elettrico.



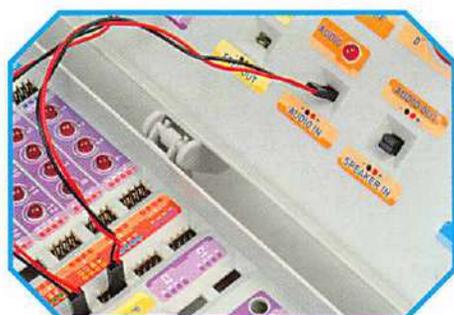
Componenti sulla scheda Bread Board.



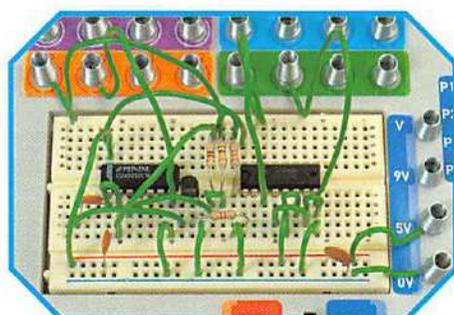
Cablaggio della scheda.



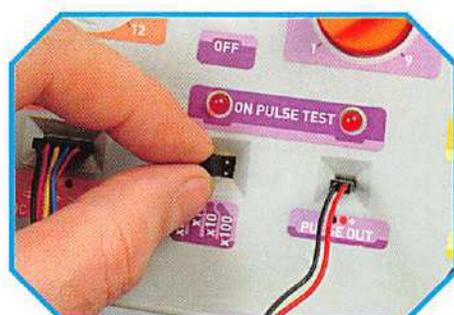
Collegamenti  
a PULSE OUT.



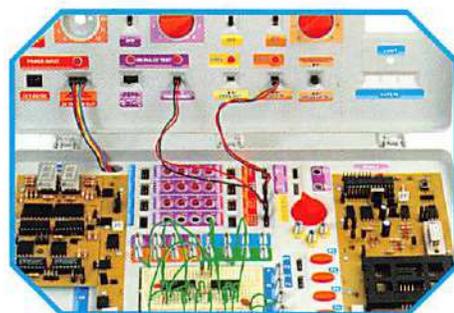
Collegamenti  
a AUDIO IN.



Vista  
generale del  
cablaggio.



Cambiando  
il ponticello  
si ottengono  
suoni diversi.



Vista  
dell'esperimento  
completato.

## Montaggio

Prima di iniziare il montaggio bisogna verificare che tutte le alimentazioni siano scollegate, quindi la cosa più sicura è impostare il commutatore su EXT e scollegare qualsiasi altro alimentatore esterno. Dopo aver posizionato i componenti sulla scheda Bread Board, come d'abitudine, proseguiamo con il collegamento.

Con un cavetto terminato su due connettori si porta il segnale di uscita del generatore di impulsi fino ai connettori corrispondenti alle molle 13 e 14, il filo rosso al 13 e l'altro al 14. Con un cavetto simile portiamo l'uscita del generatore che abbiamo costruito fino all'ingresso audio AUDIO IN, utilizzando a questo scopo i collegamenti corrispondenti alle molle 9 e 10, filo rosso al 9 e filo nero al 10. Sia il connettore AUDIO IN che PULSE OUT hanno i terminali siglati con due punti, uno rosso e l'altro nero, che devono coincidere con il colore dei fili. Sull'uscita di AUDIO OUT e SPEAKER avremo due ponticelli collegati in posizione orizzontale.

Il ponticello di selezione della banda del generatore di impulsi verrà impostato su X1, anche se successivamente potremo fare delle prove su altre posizioni.

Il comando del volume deve essere vicino al minimo e quello del generatore di impulsi circa a metà della sua corsa.

## Prova

Dopo aver verificato che tutto il montaggio sia stato correttamente realizzato si collega l'alimentazione al laboratorio e si alimentano i circuiti ausiliari utilizzati con PULSE ON e AUDIO ON. Si deve poter ascoltare un suono sull'altoparlante che cambierà agendo sul comando FREQUENCY.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4027
U2	Circuito integrato 4093
R1,R2	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R3	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R4	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1	Condensatore 100 nF
C2, C3	Condensatore 22 nF



# Temporizzatore con controllo acustico

Collegando il circuito si genera in modo continuo un segnale acustico, il cui suono si modifica in modo netto quando viene attivato.

## Il circuito

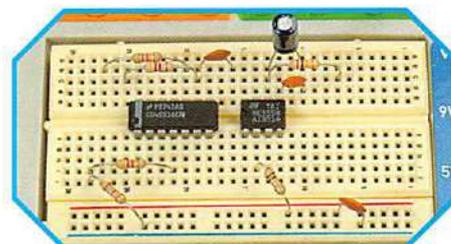
In alcuni casi può essere molto utile monitorare in modo acustico se un circuito è collegato o meno, ad esempio nel caso di una macchina il cui utilizzo possa implicare pericolo, semplicemente collegando l'alimentazione il circuito emette un suono, che potremo selezionare in questo caso con il generatore di suoni, udendo in base alla frequenza scelta, da un semplice "clac, clac" fino a un suono acuto; quando invece si aziona il pulsante P1 inizia la temporizzazione del monostabile e il suono cambia nettamente.

Il funzionamento del circuito si può capire facilmente spiegando ognuna delle sue parti.

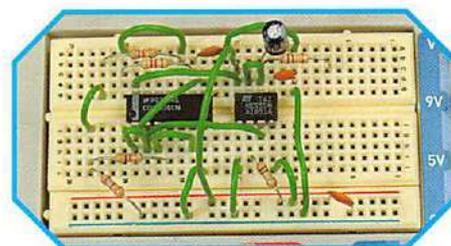
Inizieremo dal monostabile che, come si può vedere dallo schema, è configurato su un circuito integrato 555 configurato da monostabile; il tempo in cui rimane operativo dopo l'attivazione, che si esegue con il pulsante P1, è determinato dalla capacità del condensatore C3 e dalla resistenza risultante dalla somma di R2 con il valore del potenziometro.

La porta U1C si utilizza come oscillatore

Componenti sulla scheda Bread Board.

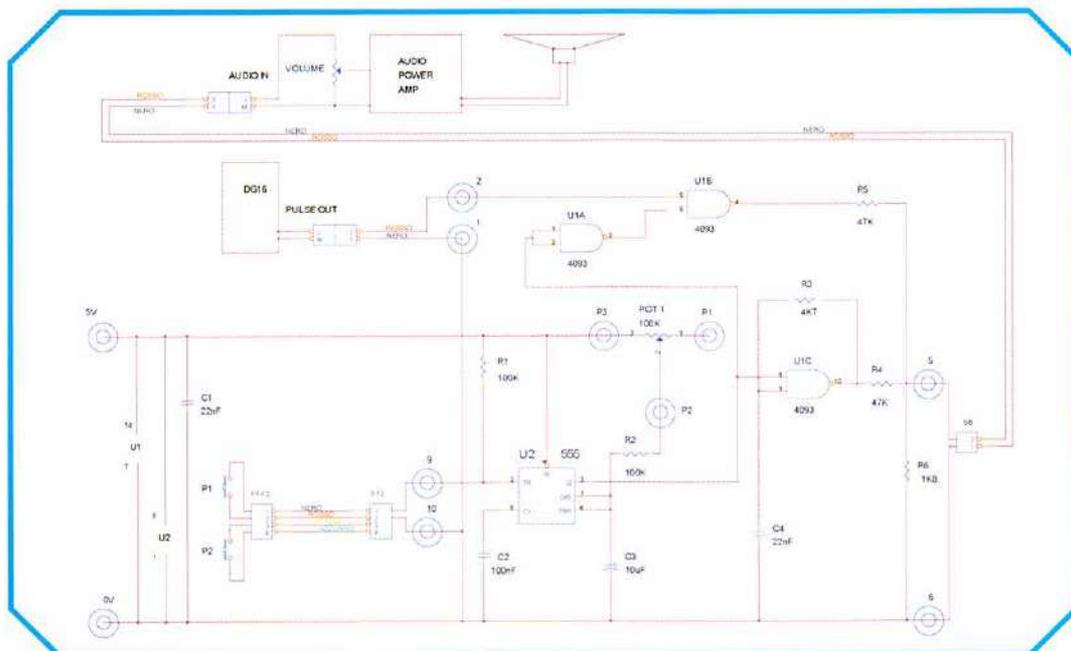


Cablaggio della scheda.

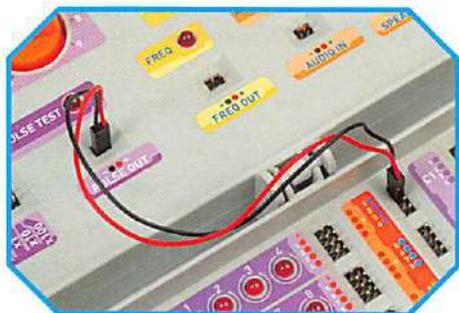


astabile per generare il segnale di allarme quando il monostabile è attivato, l'oscillatore si attiva ed emette il segnale quando il livello sul terminale 8 di U1 è alto, questo succede unicamente quando il monostabile è attivo.

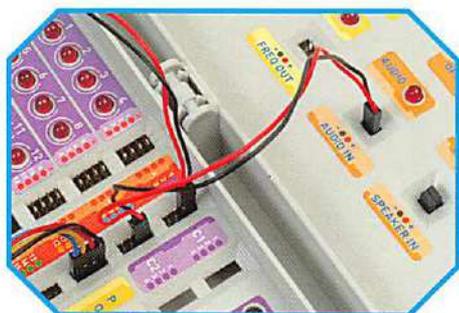
L'oscillatore che genera il segnale di circuito acceso ma non attivo si prende dal generatore di toni del laboratorio e lo si porta all'in-



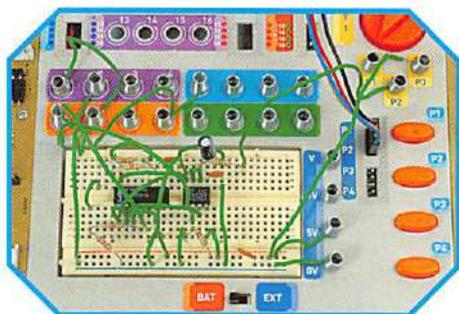
Schema elettrico.



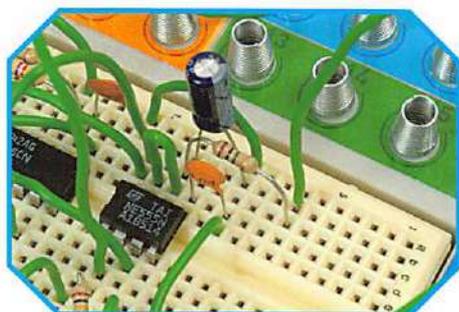
Collegamento a PULSE OUT.



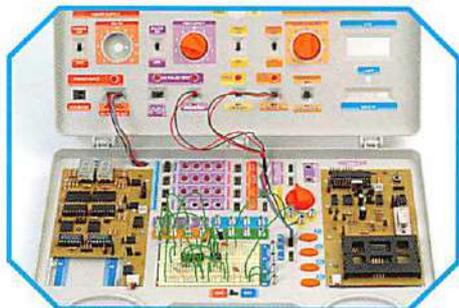
Collegamento a AUDIO IN.



Vista generale del cablaggio.



Cambiando R2 varia la temporizzazione.



Vista dell'esperimento completato.

gresso del segnale audio tramite la porta U1B. Questa porta lascia passare il segnale quando l'altro ingresso, terminale 6, è a livello alto; come possiamo vedere, questo ingresso è collegato alla porta U1A configurata come porta invertente, quindi quando l'uscita del monostabile è a livello basso, questa porta inverte il livello generando un segnale alto sull'uscita, che si utilizza per far passare attraverso la porta U1B il segnale audio verso l'amplificatore.

## Montaggio

Il montaggio si esegue come d'abitudine, inserendo in modo ordinato i componenti sulla scheda Bread Board, realizzando il cablaggio, e rivedendo tutto il lavoro prima di collegare il cavo di alimentazione alla molla da 5 V.

L'uscita del generatore di impulsi si prende da PULSE OUT, utilizzando un cavetto terminato su due connettori per portarla alle molle 1 e 2.

Il segnale audio di uscita si porta con un cavetto a due fili all'ingresso dell'amplificatore audio, AUDIO IN, utilizzando in questo caso le molle 5 e 6.

Il pulsante si collega con un cavetto a quattro fili, di cui ne utilizzeremo solamente due. È anche necessario inserire i due ponticelli in posizione orizzontale tra l'uscita AUDIO OUT e SPEAKER.

Il comando del volume deve essere vicino al minimo.

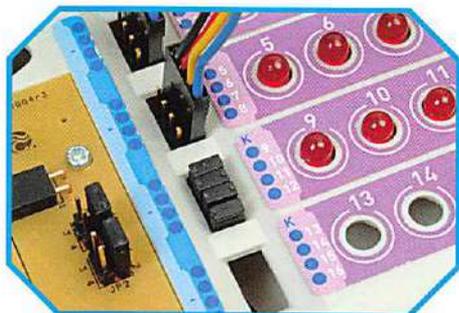
## Prova

Dopo aver verificato tutto si collega l'alimentazione al laboratorio e si attivano i circuiti utilizzati con PULSE ON e AUDIO ON. Si deve poter ascoltare un suono sull'altoparlante, che si regola con FREQUENCY, premendo P1 il suono diventa continuo.

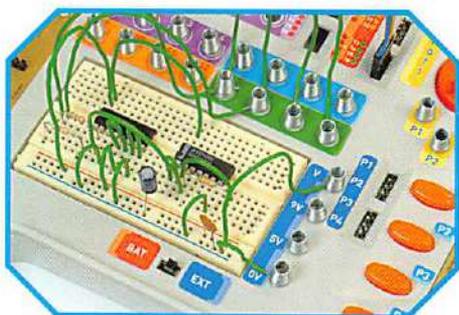
### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 555
R1, R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R4, R5	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1, C4	Condensatore 22 nF
C2	Condensatore 100 nF
C3	Condensatore 10 $\mu$ F, elettrolitico

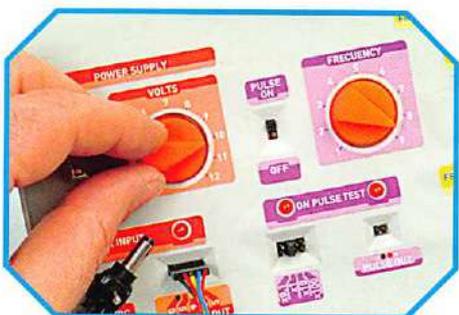




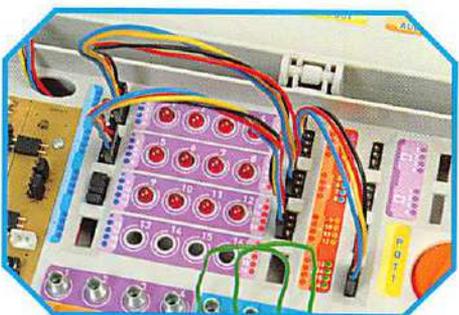
Ponticelli sui catodi della terza fila di LED.



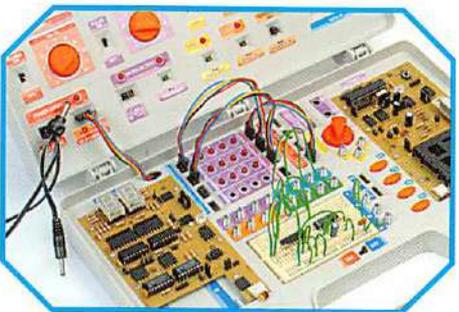
Alimentazione positiva presa dalla molla V.



Potenziometro che controlla la tensione su V.



Collegamento dei LED.



Vista dell'esperimento completato.

## Montaggio

Data la sua semplicità non sarà necessario spiegare il montaggio dei componenti sulla scheda. Il collegamento dei LED in serie si realizza facilmente, utilizzando un cavetto a 4 conduttori collegato fra gli anodi della fila 3 della matrice dei LED e i catodi della fila 2, tenendo presente che sono i terminali più vicini ai LED. Collegheremo allo stesso modo anche gli anodi della fila 2 con i catodi della fila 1 e infine, con un cavetto a quattro fili collegheremo gli anodi della prima fila dei LED con i connettori delle molle dalla 1 alla 16. Dobbiamo inserire i quattro ponticelli sui catodi della terza fila di LED e i terminali negativi, che si trovano sullo stesso connettore.

## Prova

Dopo aver verificato tutto il lavoro eseguito, si collega il positivo dell'alimentazione della scheda Bread Board al terminale V, e da qui a un alimentatore esterno che possa fornire da 12 a 14 Volt di corrente continua e posizioneremo il contatore POWER su ON, lasciando il resto dei commutatori del pannello superiore su OFF. Il commutatore dell'alimentazione si passa su EXT; in questo esperimento non si utilizzano le batterie, quindi non è necessario che siano inserite.

All'inizio il comando VOLTS deve essere al minimo, lo ruoteremo poi in modo da far aumentare la tensione. Anche se i circuiti CMOS possono entrare in funzione a partire da 4 Volt, i LED non si illuminano fino a quando non viene superata la caduta di tensione sui medesimi, e questo succederà a partire da circa 10 Volt. Si accenderanno alternativamente le file 1 e 3 oppure 2 e 4.

La frequenza di oscillazione varia cambiando il valore della resistenza R3 o del condensatore C1.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4027
U2	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
C1	Condensatore 10 $\mu$ F, elettrolitico
C2	Condensatore 100 nF



# Indicatore di abbassamento di tensione

**Q**uesto circuito si può utilizzare per ottenere un avviso di abbassamento di tensione, ad esempio quando si verifica lo scaricamento delle batterie.

## Il circuito

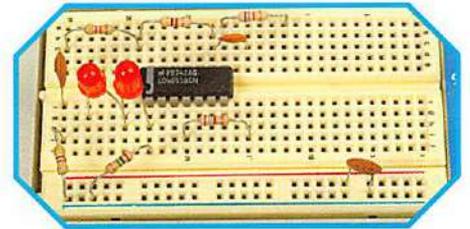
Per studiare il funzionamento di questo circuito, ci concentreremo per il momento solo sui seguenti componenti: i LED A e B, la resistenza R1 e la porta U1A.

Immaginiamo di togliere i diodi LED A e B, mentre la resistenza R1 mantiene il livello 0 sull'ingresso della porta U1A; quest'ultima, dato che ha gli ingressi collegati insieme, funziona come una porta invertente, quindi la sua uscita sarà a livello alto.

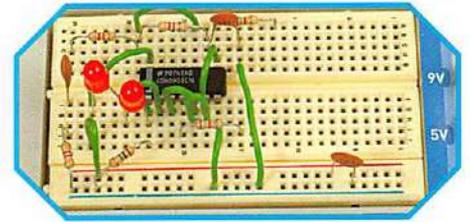
Per contro, per fare circolare corrente attraverso i LED è sufficiente superare la loro soglia di tensione, inoltre per fare in modo che la tensione sull'ingresso della porta U1A sia considerata un 1, bisogna superare una determinata tensione, il cui livello, per complicare ulteriormente le cose, dipende dalla tensione di alimentazione.

Riassumendo, dato che l'anodo del primo LED è collegato direttamente alla tensione di alimentazione, quando questa tensione supera un certo livello, i LED conducono e quando sulla resistenza R1 cade una tensione sufficiente per fare

Distribuzione di componenti sulla scheda Bread Board.



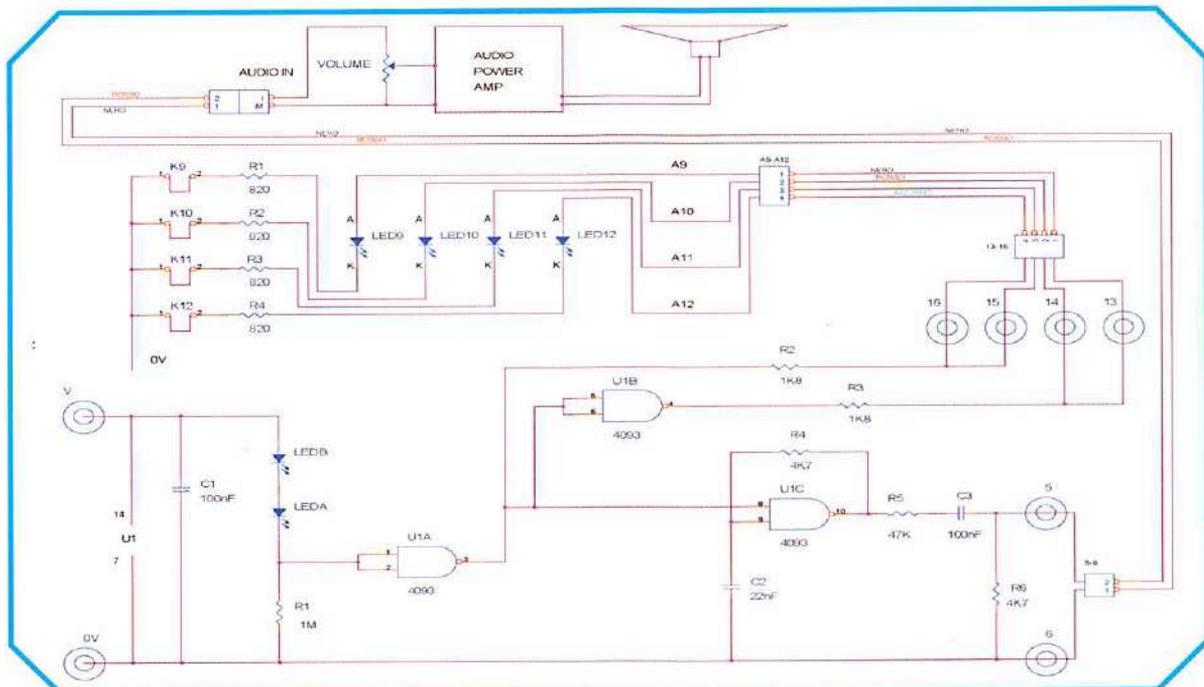
Cablaggio interno della scheda.



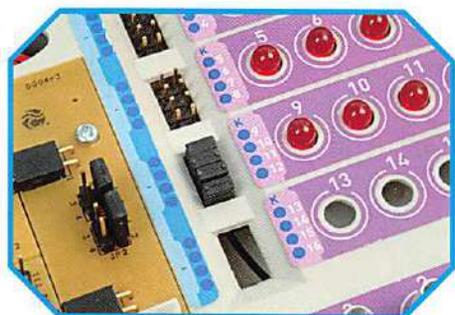
in modo che l'ingresso della porta sia un 1, sulla sua uscita troveremo il livello 0, invece se il livello è insufficiente l'ingresso sarà 0 e l'uscita 1.

## Vediamo il resto del circuito

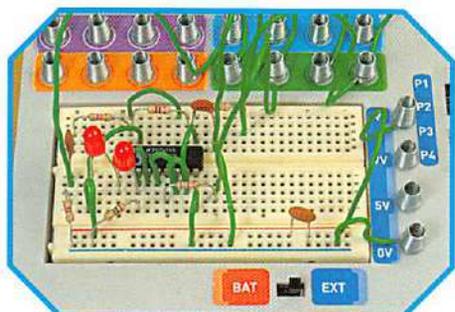
Quando l'uscita della porta U1B è 1, si illuminano i LED 9 e 10, che in questo caso indicano il funzionamento normale del dispositivo, di cui stia-



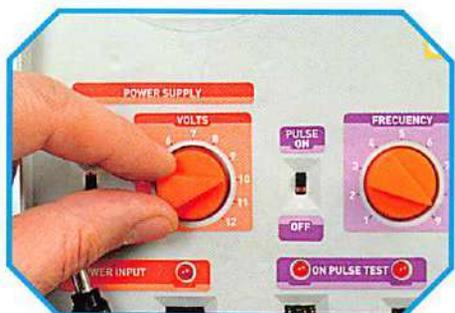
Schema elettrico.



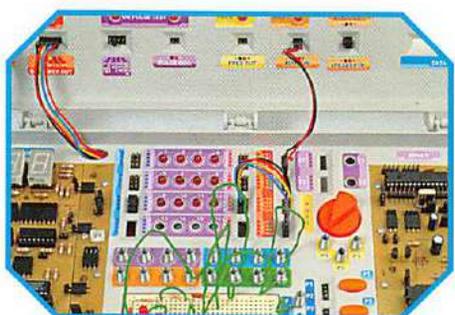
Ponticelli sui catodi della terza fila di LED.



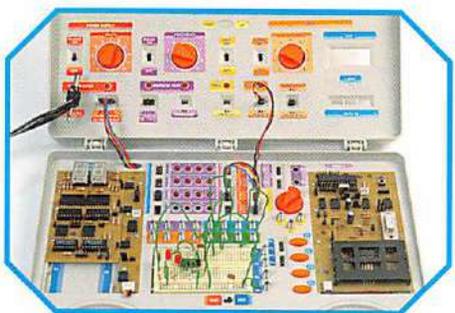
Commutatore su EXT.



La tensione deve superare 10 V.



Dettaglio del collegamento.



Laboratorio con l'esperimento completato.

mo tenendo sotto controllo la tensione di alimentazione.

Quando la tensione di alimentazione scende al di sotto di un certo valore, l'uscita della porta U1A passa a livello alto e l'oscillatore formato dalla porta U1C si attiva, e dato che la sua uscita è collegata all'amplificatore audio, potremo udire un segnale acustico oltre all'illuminazione dei LED 11 e 12, mentre si spegneranno i LED 9 e 10.

Dobbiamo notare in questo schema la presenza del condensatore C3, il quale è molto importante in questo circuito, dato che utilizziamo un'alimentazione diversa per l'amplificatore audio 5 V, e un'altra più alta sino 12 V e variabile per il circuito, montato sulla scheda Bread Board. Questo condensatore separa la componente continua di entrambi i circuiti e lascia passare solamente la componente alternata che contiene le informazioni del suono.

## Montaggio e prova

Crediamo non sia necessario spiegare il montaggio, perché si esegue come d'abitudine, per quanto riguarda la prova invece è necessario ricordare che bisogna collegare un alimentatore esterno, che sia capace di fornire almeno 10 V di tensione. Il commutatore di tensione deve essere in posizione EXT, quindi non saranno necessarie le batterie, il commutatore POWER deve essere su ON, così come quello AUDIO e la tensione di alimentazione con il comando VOLTS fra 10 e 12 Volt. In queste condizioni i LED 9 e 10 si illuminano e i rimanenti restano spenti. Se si abbassa la tensione si può vedere che all'incirca a 6,5 Volt si illuminano i LED 11 e 12, si spengono i LED 9 e 10 e si sente un segnale acustico il cui livello si regola con il potenziometro del volume. Il segnale si mantiene anche se la tensione continua ad abbassarsi, mentre l'integrato continua a funzionare; alcuni chip possono funzionare anche con una tensione di soli 3,5 Volt.

Se invece facciamo salire la tensione, vedremo che il segnale di tensione bassa rimane fino a quando si superano all'incirca 7,5 Volt.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
R1	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R2, R3	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R4, R6	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R5	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1, C3	Condensatore 100 nF
C2	Condensatore 22 nF



# Temporizzatore doppio

**Q**uesto circuito si utilizza per emettere un suono durante un determinato periodo, trascorso il quale il suono cambia. Una delle applicazioni potrebbe essere avvisare i non vedenti, ad esempio, che il semaforo permette il passaggio, mentre il secondo suono informa che il tempo sta passando e il semaforo sta per bloccare il passaggio.

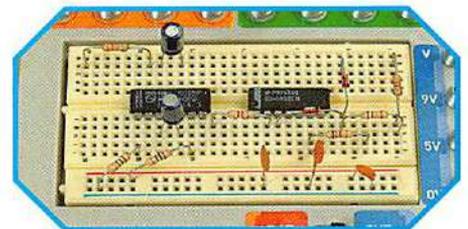
## Il circuito

Anche se il circuito completo è nuovo lo possiamo scomporre in parti che sono già note.

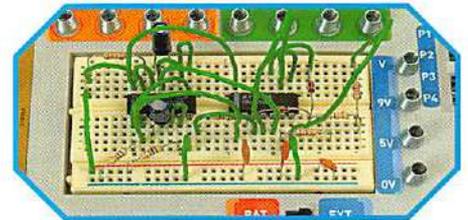
Le porte U1A e U1B, unite al condensatore C2 e alla resistenza R2, formano un temporizzatore monostabile. L'uscita, che in stato di riposo è a livello basso, si attiva passando a livello alto; quando il suo terminale 1 si porta per un attimo a livello alto, questo livello alto si ottiene azionando il pulsante P1. L'uscita di questo monostabile si utilizza per attivare l'oscillatore astabile formato attorno alla porta NAND U2A, la cui uscita viene portata, tramite un diodo, all'ingresso dell'amplificatore audio, AUDIO IN. Le resistenze R5 e R7 formano un partitore di tensione che attenua il segnale prima che sia applicato all'amplificatore audio.

Osservando attentamente il circuito vedre-

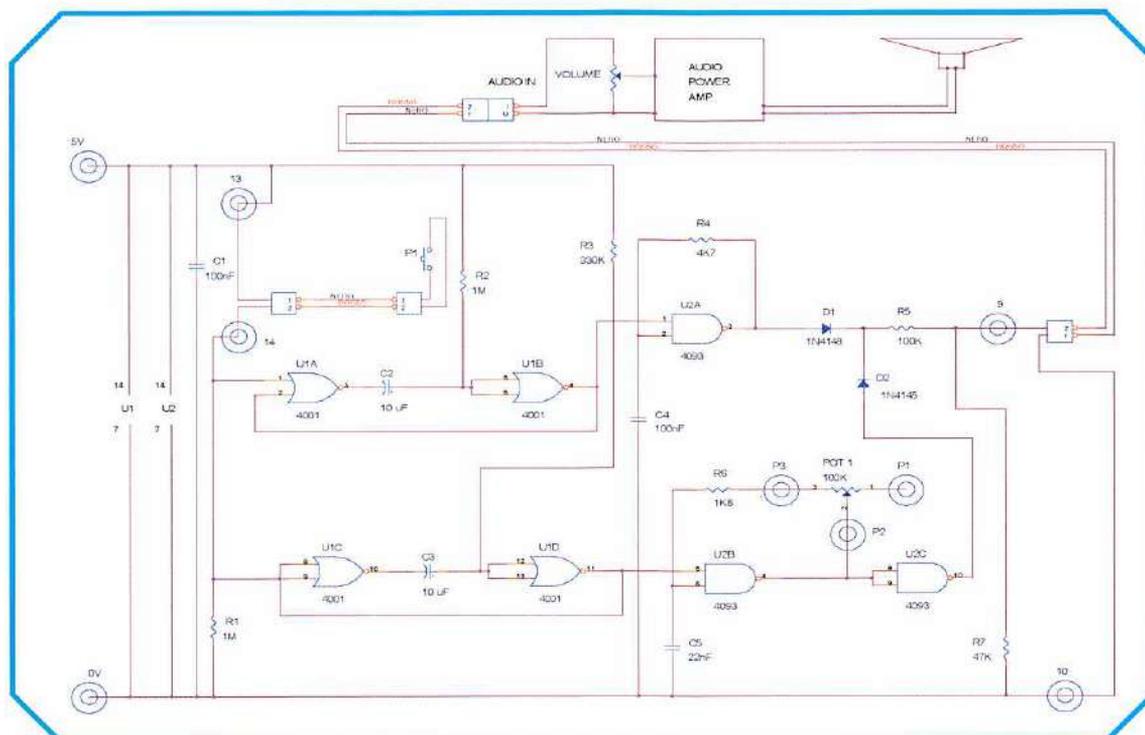
Componenti sulla scheda Bread Board.



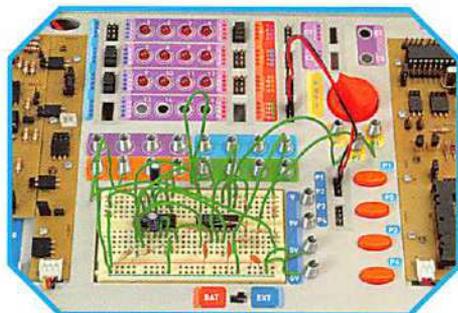
Cablaggio interno della scheda.



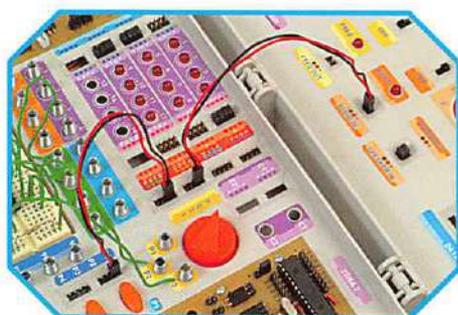
mo che le porte U1C e U1D formano un temporizzatore monostabile la cui uscita, quando è a livello alto, attiva un altro oscillatore, che in questo caso dispone di un potenziometro



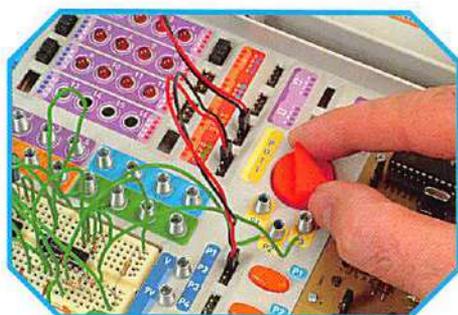
Schema elettrico.



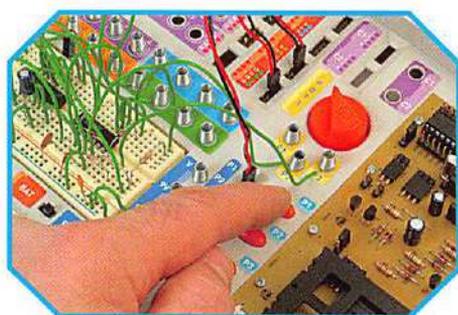
Collegamento  
del pulsante.



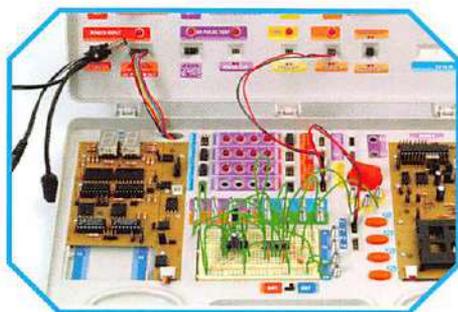
Collegamento  
all'amplificatore  
audio.



Regolazione  
della  
frequenza.



Attivazione  
del circuito.



Esperimento  
completato.

che ci permette di modificarne la frequenza per ottenere un suono diverso dal precedente. Questo segnale viene miscelato col precedente tramite il diodo D2, prima di essere applicato all'ingresso dell'amplificatore audio.

## Montaggio

Il montaggio si esegue come d'abitudine, evitando di scambiare i due circuiti integrati tra loro e facendo particolare attenzione alla polarità dei condensatori elettrolitici e dei diodi. Il cavo di collegamento all'ingresso dell'amplificatore audio deve essere collegato facendo attenzione ai colori, a questo scopo facciamo riferimento alle fotografie. Per il collegamento del pulsante, invece, non è necessario fare attenzione alla polarità. L'alimentazione dei due integrati è uguale, il terminale 14 è il positivo e il 7 è il negativo; il circuito deve essere alimentato a 5 V.

## Funzionamento

Dopo aver montato il circuito potremo verificarne il funzionamento. È necessario collegare l'alimentazione e azionare l'amplificatore con AUDIO ON, posizionando il comando del volume vicino al minimo. Azionando il pulsante si attivano i due monostabili contemporaneamente, la porta U1B rimane a livello alto per un tempo più lungo della U1D, dato che la resistenza R2 è maggiore della R3, mentre i condensatori sono uguali. Questi ultimi componenti sono quelli che dovranno essere modificati per eventuali applicazioni specifiche. Dopo aver premuto il pulsante i due generatori di suono devono funzionare contemporaneamente, ma uno di essi deve funzionare prima dell'altro.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4001
U2	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R3	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R4	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R5	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R6	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R7	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1, C4	Condensatore 100 nF
C2, C3	Condensatore 10 $\mu$ F, elettrolitico
C5	Condensatore 22 $\mu$ F
D1, D2	Diodo 1N4148



# Prova del generatore al quarzo

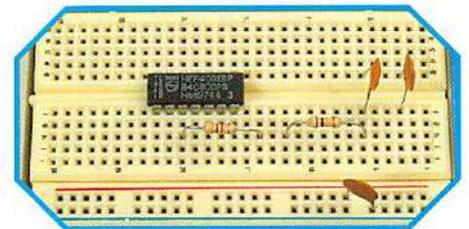
**C**on questo semplice circuito si prova il generatore di frequenze fisse del laboratorio. Questo circuito, anche se non misura la frequenza, ci permette di osservarne i cambiamenti, dato che le frequenze generate sono tutte udibili.

## Il circuito

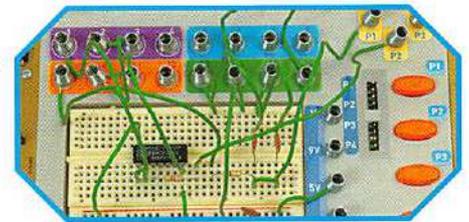
La porta U1A collegata all'uscita del circuito del generatore al quarzo si utilizza per avere a disposizione un segnale con i livelli logici da 0 a 5 volt, dato che il segnale dell'uscita diretta del generatore risente della caduta di tensione sui diodi e questo potrebbe rappresentare un problema per alcuni tipi di circuiti. Aggiungendo questa porta si ottiene un'uscita con dei livelli di tensione normalizzati per questo tipo di porte. Osservando l'uscita del circuito vediamo che premendo P1 o P2 si collega una resistenza in serie, formata da R1 e dal potenziometro, e un condensatore parallelo. Questi componenti formano un filtro passa-basso che ci permette di tagliare le frequenze più alte del segnale. Il circuito è progettato per fare delle prove.

Dobbiamo ricordare che un'onda quadra non è un tono puro, dato che, oltre al segnale della frequenza fondamentale  $f$ , contiene altre frequenze che corrispondono alle armoni-

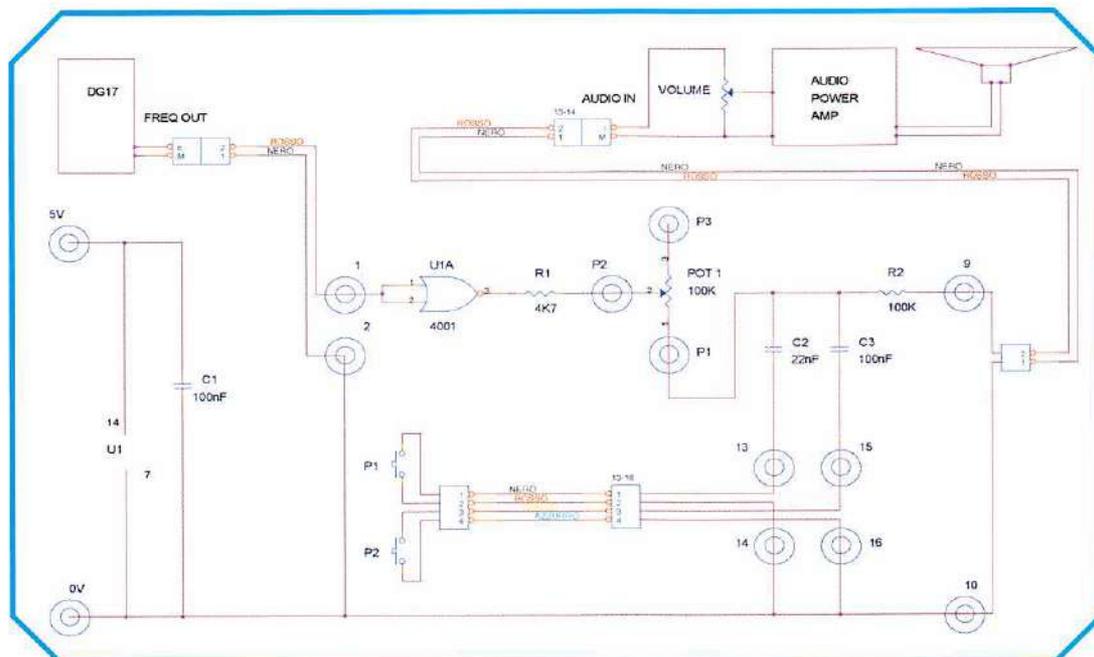
Componenti sulla scheda Bread Board.



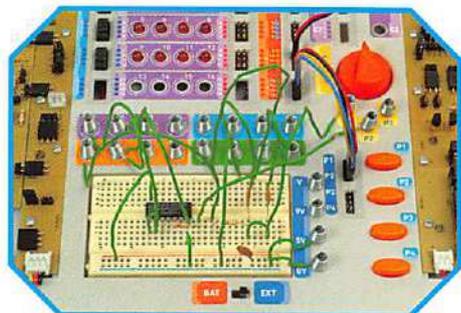
Collegamenti della scheda.



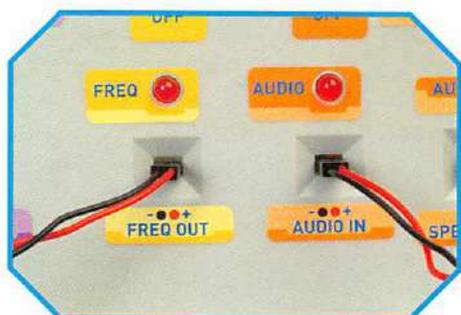
che dispari superiori, ovvero :  $sf$ ,  $5f$ ,  $7f$ , ecc. L'utilizzo di un filtro passa-basso permette di attenuare in gran parte queste frequenze e l'udito può apprezzare importanti variazioni nel suono che sono molto facili da comparare, infatti basta rilasciare il pulsante che collega il condensatore e il filtro cessa di funzionare.



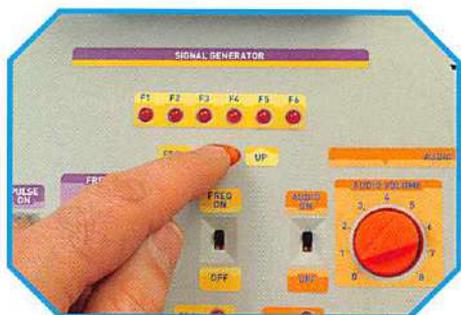
Schema elettrico.



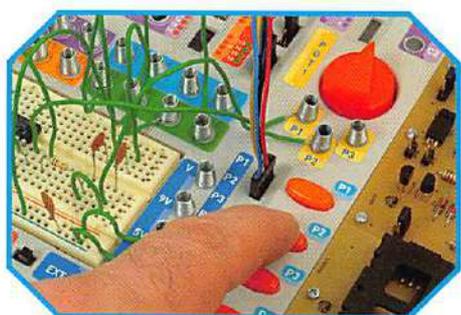
Collegamento dei pulsanti.



Uscita del generatore al quarzo.



Premendo FREQ UP si cambia la frequenza.



Premendo P1 o P2 si collega il filtro passabasso.



Esperimento completato.

## Montaggio

Il montaggio di questo esercizio è rapido e si esegue come d'abitudine senza dimenticare di alimentare il circuito integrato. L'uscita del generatore al quarzo siglata come FREQ OUT si porta, mediante un filo a due conduttori, ai connettori corrispondenti alle molle 1 e 2, in modo che il filo rosso colleghi l'uscita FREQ OUT, punto rosso, con l'ingresso della porta U1A. L'uscita del circuito utilizza i terminali 9 e 10, che si collegano anch'essi con un cavo a due conduttori all'ingresso dell'amplificatore AUDIO IN. Il collegamento dei pulsanti si esegue con un cavetto a quattro conduttori utilizzando le connessioni delle molle dalla 13 alla 16.

## Funzionamento

Dopo aver verificato tutti i collegamenti si alimenta il circuito con un alimentatore esterno o con le batterie. In quest'ultimo caso sarà sufficiente il primo portabatterie, posizionando il commutatore dell'alimentazione sul pannello principale nella posizione BAT; nel caso in cui si utilizzi l'alimentazione della rete è necessario collegare l'alimentatore e impostare il commutatore anteriore su EXT e quello del POWER su ON, oltre a portare su ON quello di FREQ e di AUDIO. Il comando del volume dell'amplificatore audio verrà ruotato vicino al minimo e quello di POT1 all'incirca a metà della sua corsa. Collegando l'alimentazione si deve udire un suono sull'amplificatore il cui volume si può regolare a volontà del lettore; potrete modificare la frequenza premendo su FREQ UP e osservando che cambia anche il LED illuminato e il suono.

Di seguito ripeteremo la prova premendo P1 o P2, facendo funzionare un filtro passabasso che taglia le frequenze più alte del segnale.

Con il potenziometro POT1 si può modificare la frequenza di taglio del filtro.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4001
R1	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
C1,C3	Condensatore 100 nF
C2	Condensatore 22 µF



# Prova degli altoparlanti multimediali

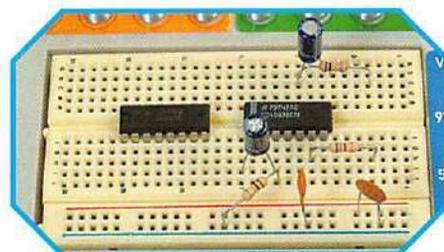
Con questo circuito mostriamo uno dei possibili utilizzi dei connettori ausiliari: la verifica di altoparlanti multimediali amplificati.

## Il circuito

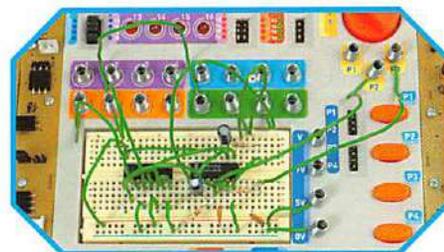
Se osserviamo lo schema, in particolare la porta U2B, possiamo vedere che viene utilizzata per costruire un oscillatore astabile la cui frequenza si può modificare azionando il comando del potenziometro POT 1. L'uscita di questo oscillatore è portata alle due porte NAND U2A e U2C; a loro volta l'uscita di ognuna di esse — attraverso un condensatore — alle molle 14 e 15, e da queste, mediante un sistema di collegamenti del laboratorio, fino a C1, dove si monterà un connettore audio circolare stereo come quelli abitualmente utilizzati negli ingressi e nelle uscite delle schede audio dei PC e degli altoparlanti multimediali.

Continuando nello studio del circuito troviamo il bistabile tipo T, formato da uno dei bistabili del 4027, l'U1A. Questo bistabile ha due uscite opposte, ovvero quando una è a livello basso l'altra è a livello alto. Il livello di queste uscite cambia al ritmo degli impulsi ricevuti tramite il clock di ingresso, il terminale

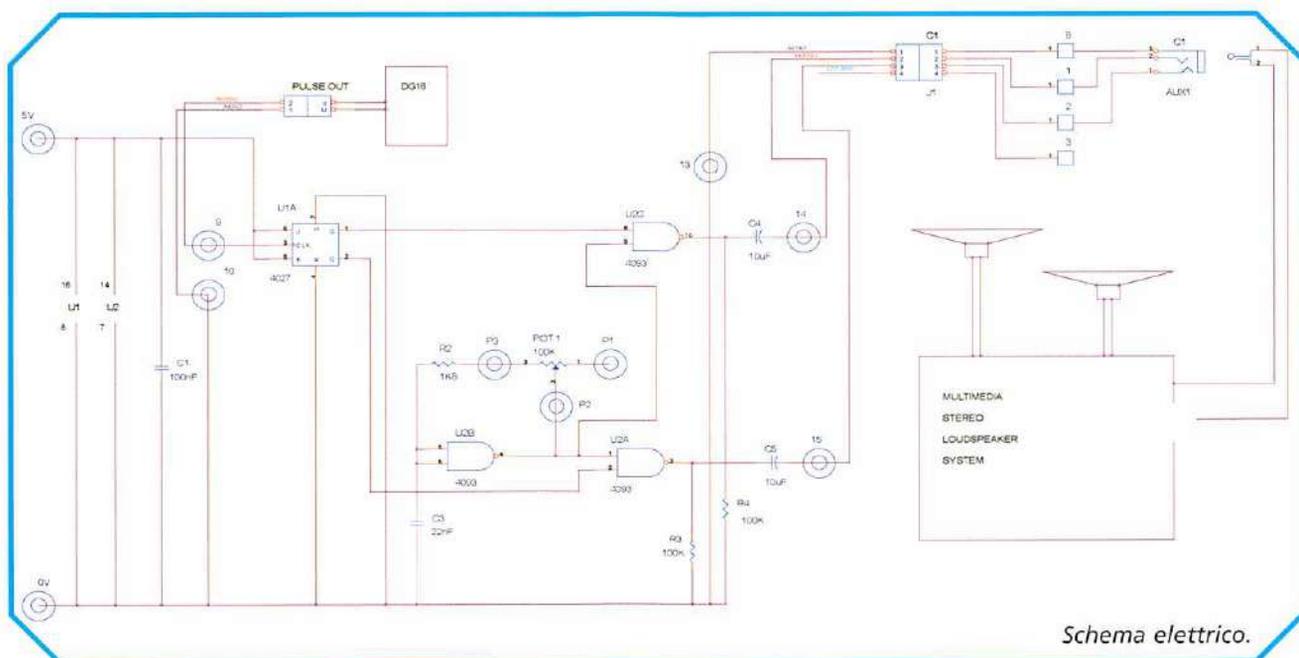
Componenti sulla scheda Bread Board.



Collegamenti attorno alla scheda.



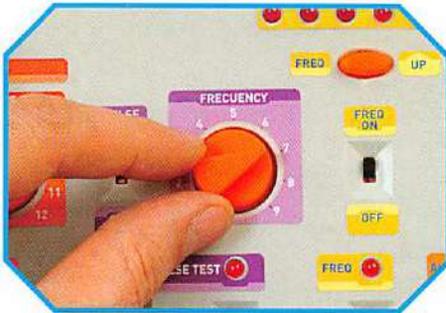
3, che a sua volta, li riceve dal generatore di impulsi. Ognuna delle due uscite è utilizzata per abilitare una delle porte U2A e U2C alternativamente, in modo che il suono passi tramite il connettore a uno o all'altro canale del sistema stereo che vogliamo provare.



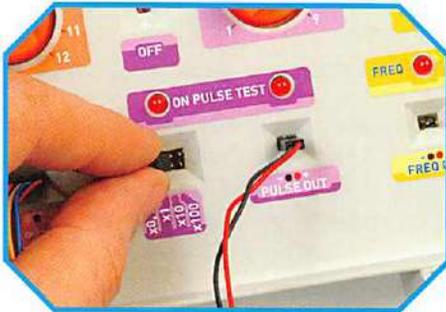
Schema elettrico.



Collegamento degli altoparlanti multimediali.



Collegamento del generatore di impulsi.



Dettaglio del montaggio.



Con POT 1 si cambia la frequenza del suono.



Vista completa dell'esperimento.

## Montaggio

Il montaggio da eseguire sulla scheda Bread Board è semplice in quanto utilizza pochi componenti. Il generatore di impulsi si collega tramite un cavetto a due conduttori tra l'uscita PULSE OUT e i connettori corrispondenti alle molle 9 e 10. Il connettore maschio C1 a quattro vie si collega con un cavetto terminato su due connettori a quattro contatti inserito su questo connettore e quello corrispondente alle molle dalla 13 alla 16, anche se si utilizzano soltanto le prime tre, e infine il sistema di altoparlanti amplificati si collega con il suo connettore al jack circolare siglato con C1 sul pannello principale del laboratorio. È necessario verificare che si tratti di un connettore stereo. Questo circuito si alimenta a 5 volt e l'uscita manca di componente continua, dato che viene eliminata inserendo i condensatori C4 e C5.

## Funzionamento

Dopo aver verificato tutti i collegamenti si posiziona il comando del potenziometro POT 1 e quello del generatore di impulsi all'incirca a metà della loro corsa e si inserisce un ponticello sul generatore di impulsi in una qualsiasi delle sue quattro posizioni. Il volume dello strumento da provare deve essere molto basso all'inizio della prova, e il commutatore PULSE deve essere su ON in modo che riceva alimentazione.

Dobbiamo udire un suono alternato su ogni altoparlante la cui frequenza si regola con POT 1. La cadenza con cui cambia il suono da un altoparlante all'altro si apprezzerà tanto meglio quanto più bassa sarà la frequenza del generatore di impulsi, provate a ruotare il comando di questo generatore e a cambiare la posizione del ponticello.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4027
U2	Circuito integrato 4093
R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
C1	Condensatore 100 nF
C3	Condensatore 22 nF
C4, C5	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico



# Misura di frequenza

**C**on questo circuito si possono misurare frequenze fino a 999 Hz. Si tratta di un esperimento dove vengono presentate solamente le due cifre da sinistra, dovendo aggiungere uno 0 alla destra del valore letto sul display.

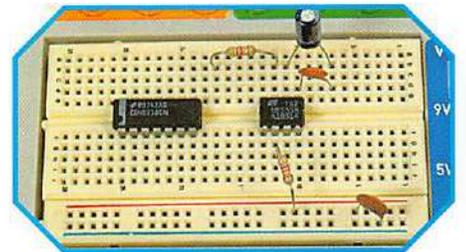
## Il circuito

Se osserviamo lo schema scopriremo che tutte le sue parti sono già note. Vediamo come funziona l'insieme. Nella parte superiore dello schema troviamo il contatore e un po' più in basso, troviamo i pulsanti P1 che imposta a 0 il contatore ogni volta che viene premuto, e P2 che attiva il monostabile formato dal 555, la cui uscita si collega direttamente all'ingresso di una porta NAND, che ha come sigla U2A.

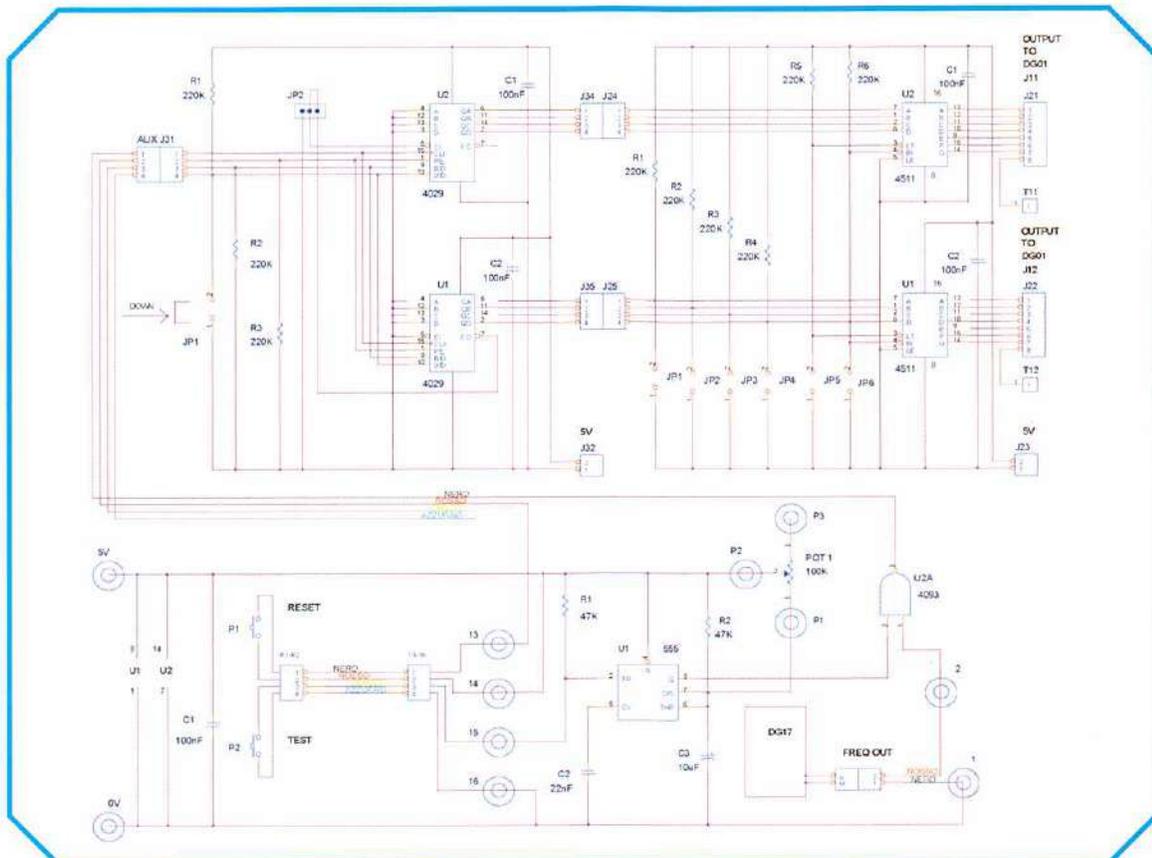
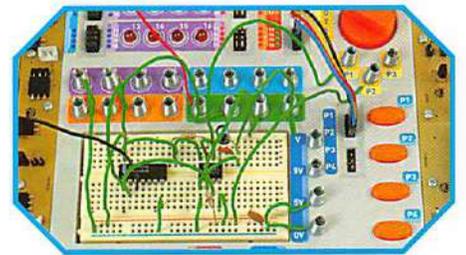
La funzione di questa porta è lasciar passare gli impulsi che riceve dall'ingresso (terminale 1 del 4093) solo quando sull'altro terminale vi è un livello alto, e questo succede solamente quando il bistabile è attivato.

Se sull'uscita FREQ OUT selezioniamo con F2

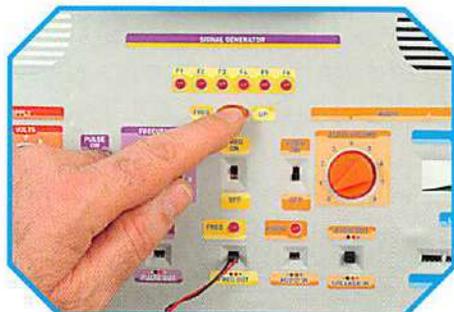
Componenti sulla scheda Bread Board.



Vista generale del collegamento.



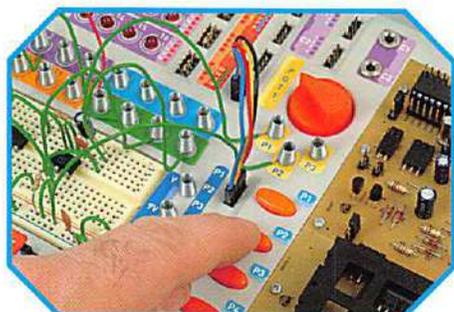
Schema elettrico.



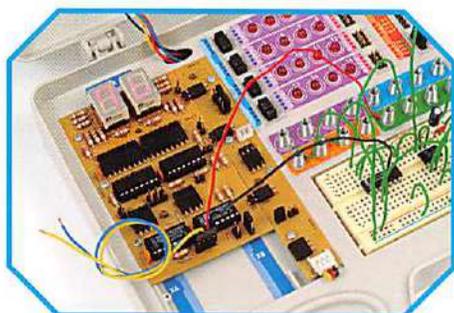
Si seleziona l'uscita F2.



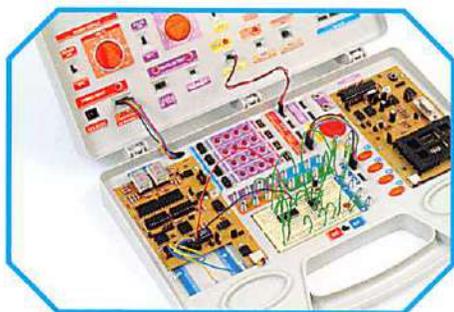
Premendo P1 si cancella la lettura.



Premendo P2 si esegue la misura.



Occorre aggiungere uno zero alla lettura.



Vista del laboratorio con l'esperimento completato.

l'uscita da 488 Hz, quando il monostabile è regolato a 0,1 secondi potranno passare solamente 48 impulsi verso l'ingresso del clock del contatore e la lettura sul display sarà 48, a cui dobbiamo aggiungere uno 0, ovvero 480. Dobbiamo tener presente che l'ultima cifra non è esatta, considerando un errore di 10.

## Montaggio

Il montaggio dei componenti sulla scheda Bread Board è semplice ma bisogna ricordare che dobbiamo alimentare le schede del contatore a 5 volt e che il ponticello JP2 della scheda DG03 deve essere inserito. L'ingresso del contatore si collega con un cavetto terminato su un connettore a quattro vie. Il collegamento a FREQ OUT si esegue con un cavetto a due fili terminato su due connettori a due vie, avendo cura di collegare il filo rosso al punto rosso e il filo nero al punto nero, per non scambiare i collegamenti sulle molle 1 e 2.

Tutto l'insieme si alimenta a 5 volt e per far funzionare il generatore, il commutatore FREQ deve essere su ON.

## Regolazione e prova

Dopo aver verificato tutti i collegamenti si posiziona il comando del potenziometro POT 1 all'incirca al 10% della sua corsa e si preme il comando FREQ UP fino a quando si attiva l'uscita F2, che deve fornire una frequenza di 488 Hz. A questo punto si preme il pulsante P1 e il contatore si deve impostare a 0, premendo P2 deve apparire una lettura sul contatore che regoleremo con POT 1 fino a quando sarà 48; prima di premere nuovamente P2 dobbiamo premere P1 per cancellare la lettura. Così facendo questo piccolo circuito rimane "calibrato" per poter misurare le frequenze. Possiamo provare a misurare le frequenze sull'uscita PULSE OUT.

### LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
U2	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1	Condensatore 100 nF
C2	Condensatore 22 nF
C3	Condensatore 10 µF elettrolitico.



# VCO audio con transistor

**Q**uesto circuito corrisponde alla configurazione classica di un VCO (Oscillatore Controllato in Voltaggio), è costruito con soli due transistor NPN ed è progettato in modo da lavorare nella banda audio.

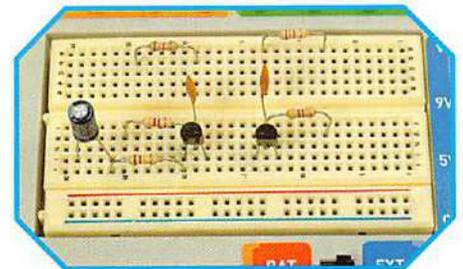
## Il circuito

Osservando il circuito vedremo che ci risulterà familiare, benché in questo caso lavori con frequenze comprese all'interno della banda audio, in cui l'udito può apprezzare chiaramente le variazioni di frequenza, infatti nell'essere umano questo senso è molto sviluppato.

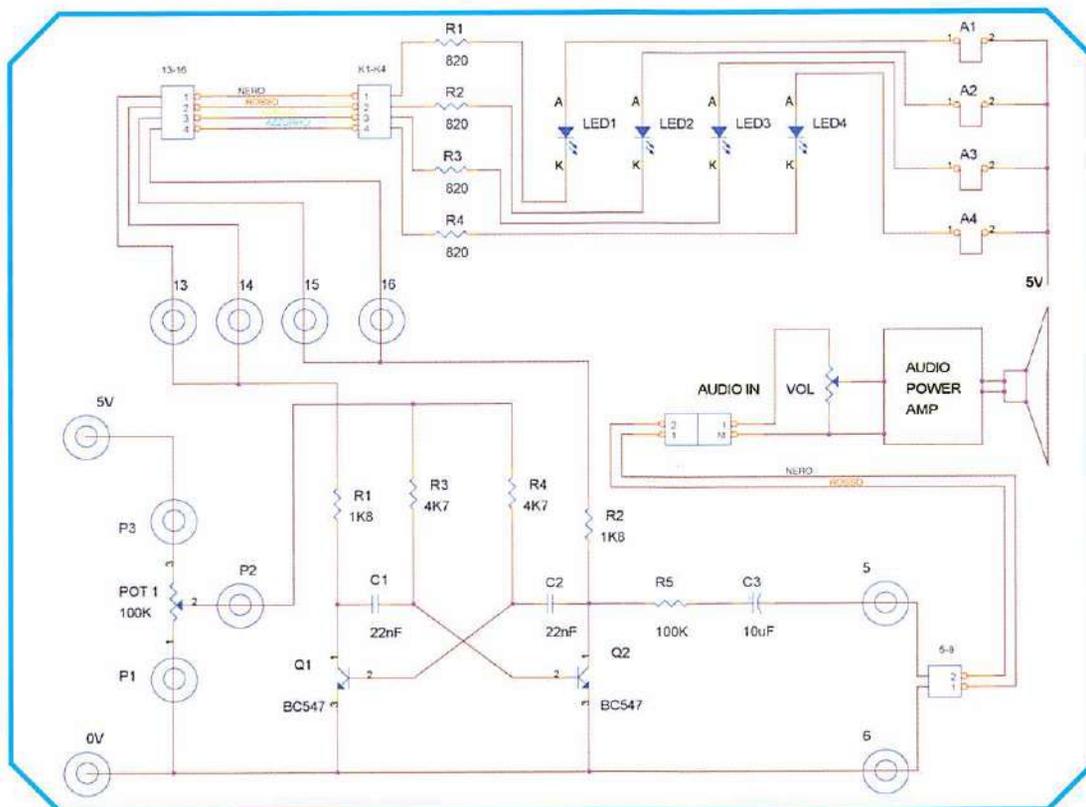
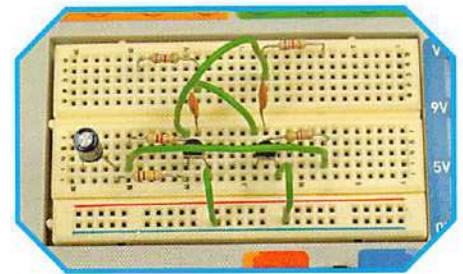
La frequenza di oscillazione dipende dai valori delle resistenze R3 e R4, dai condensatori C1 e C2 e dalla tensione presente sul punto di collegamento delle resistenze R3, R4; questa tensione è a sua volta determinata dalla posizione del cursore del potenziometro POT 1.

Questa tensione può essere regolata fra 0 e 5V. L'uscita del circuito si attenua con la resistenza R5, inoltre la presenza del condensatore C3 garantisce che esca solamente la componente alternata, che contiene realmente l'in-

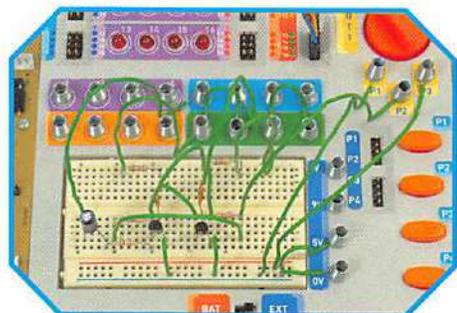
Componenti sulla scheda Bread Board.



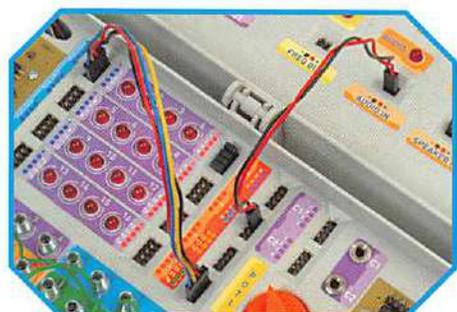
Collegamenti della scheda.



Schema elettrico.



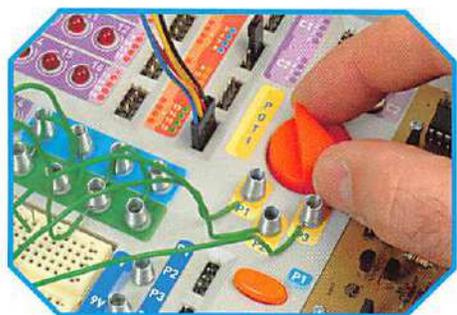
Dettaglio del collegamento alle molle.



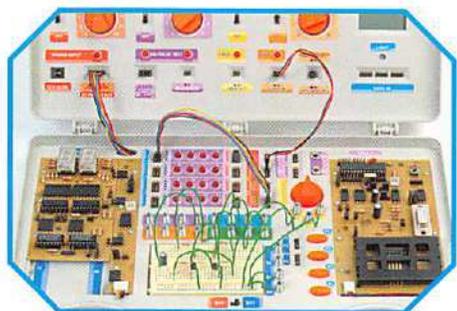
Collegamento all'amplificatore audio.



Il commutatore audio deve essere su ON.



Ruotando POT 1 cambia la frequenza.



Esperimento completato.

formazione audio. Il segnale elettrico generato si applica all'amplificatore audio in modo che possa essere ascoltato sull'altoparlante del laboratorio.

I LED 1 e 2 e i LED 3 e 4 si illuminano alternativamente, benché noi li vediamo costantemente illuminati, infatti l'occhio umano non è in grado di percepire questa alternanza; quindi questo circuito serve solamente per verificare che circoli corrente sui circuiti di collettori di entrambi i transistor.

## Montaggio

È necessario fare attenzione all'inserimento dei transistor sulla scheda Bread Board, e anche ai condensatori elettrolitici. Dobbiamo inserire i quattro ponticelli sugli anodi dei diodi da LED 1 a LED 4 e collegare un cavetto tra i collegamenti dei catodi di questi diodi e i connettori corrispondenti alle molle dalla 13 alla 16. I collegamenti dalla scheda Bread Board all'amplificatore audio si eseguono con un cavetto terminato su due connettori a due vie, uno dei quali si porta al connettore corrispondente alle molle 5 e 6 e l'altro capo al connettore AUDIO IN, tenendo presente che il filo rosso corrisponde al punto rosso, e quello nero al punto nero. È necessario inserire anche i due ponticelli di collegamento in senso orizzontale, fra l'uscita dell'amplificatore audio e l'altoparlante.

## Prova

Se tutti i componenti sono stati correttamente montati e tutti i collegamenti eseguiti, il circuito deve funzionare al primo tentativo. Dobbiamo alimentare l'amplificatore audio con il commutatore AUDIO ON. Il comando del potenziometro POT 1 deve essere posizionato all'incirca a metà della sua corsa. Dopo aver avviato il circuito si udirà un suono sull'altoparlante, la cui frequenza si può modificare azionando il comando POT 1. È necessario tener presente che con tensioni molto basse l'oscillatore cessa di funzionare.

### LISTA DEI COMPONENTI

Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R1, R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3, R4	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R5	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
C1, C2	Condensatore 22 nF
C3	Condensatore 10 $\mu$ F elettrolitico