

## ELETTRONICA DIGITALE E CIRCUITI DIGITALI

L'elettronica digitale è quella parte dell'elettronica che lavora con segnali discreti solitamente rappresentati da due stati LOW e HIGH, o ed 1.

In un circuito digitale, l'informazione è codificata in **bit**. Fisicamente, questi corrispondono a intervalli di tensione:

- **0 logico**: Solitamente 0V (massa).
- **1 logico**: Solitamente +3.3V o +5V (tensione di alimentazione).

Il passaggio tra questi due stati permette di eseguire calcoli complessi con un'altissima immunità al rumore rispetto ai segnali analogici.

Le porte logiche sono gli elementi base che le informazioni sottoforma di bit. Le principali sono:

- **AND**: L'uscita è 1 solo se tutti gli ingressi sono 1.
- **OR**: L'uscita è 1 se almeno un ingresso è 1.
- **NOT**: Inverte il valore del segnale, 0 diventa 1 e viceversa.
- **NAND / NOR**: Versioni negate delle precedenti, fondamentali perché considerate "universali", con queste si può costruire una qualsiasi altra porta logica.

Le porte logiche si trovano all'interno di componenti chiamati CIRCUITI INTEGRATI.

### CIRCUITI INTEGRATI

*I circuiti integrati sono dispositivi elettronici complessi contenenti migliaia o milioni di componenti singoli: transistor, diodi, resistenze, ecc...*

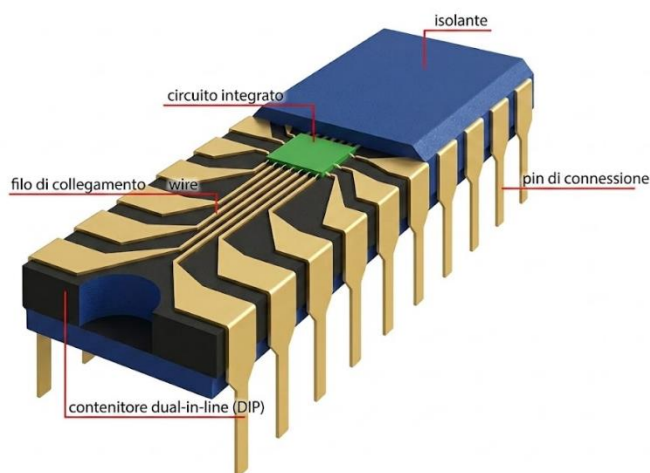
*Sono composti da una piccola piastrina di silicio all'interno di un contenitore isolante, sulla quale vengono impiantati i vari componenti collegati tra di loro in modo da realizzare la funzione richiesta.*

*I collegamenti avvengono tramite i pin presenti sul circuito disposti in maniera differente in base al tipo di contenitore e di montaggio.*

*I circuiti integrati si trovano con diverse tipologie di contenitori, il più comune è il contenitore DIP (Dual In Package) o anche detto DIL (Dual In Line) una forma rettangolare con i terminali disposti in due linee parallele.*



Package di tipo DIP o DIL



## PORTE LOGICHE ELEMENTARI

Le 3 porte logiche elementari sono: la porta AND, la porta OR e la porta NOT, di seguito le 3 porte ed il circuito integrato che le contiene.



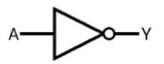
$$Y = AB$$

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



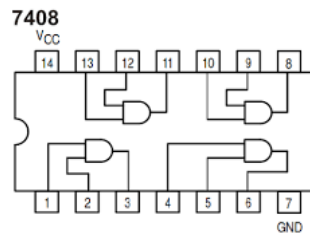
$$Y = A+B$$

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

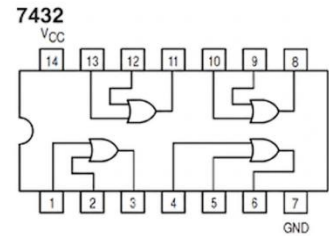


$$Y = \bar{A}$$

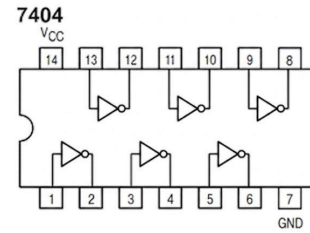
A	Y
0	1
1	0



Circuito integrato 7408  
4 porte AND



Circuito integrato 7432  
4 porte OR



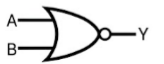
Circuito integrato 7404  
6 porte NOT

## PORTE LOGICHE UNIVERSALI



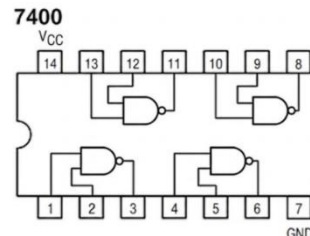
$$Y = (\overline{AB})$$

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



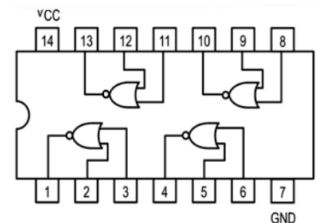
$$Y = (\overline{A+B})$$

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



Circuito integrato 7400  
4 porte NAND

7402



Circuito integrato 7400  
4 porte NOR

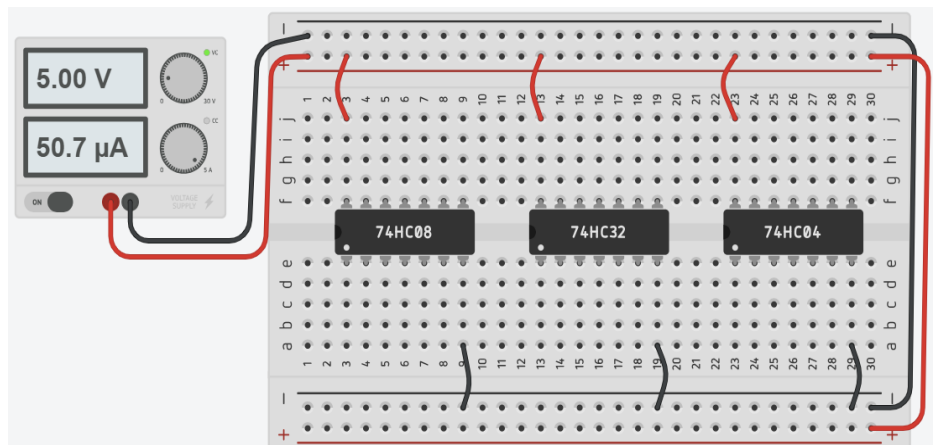
Nei circuiti integrati visti, il terminale numero 1 è posto a sinistra in basso guardando l'integrato da sopra con la tacca a sinistra, il conteggio avviene in senso antiorario.

E' importante collegare correttamente la tensione di alimentazione sui pin corretti, +5Volt sul pin VCC e lo 0Volt sul pin GND

## MONTAGGIO DEI CIRCUITI INTEGRATI CONTENENTI PORTE LOGICHE SU BREADBOARD

Le regole fondamentali sono le seguenti:

- Disporre gli integrati al centro della breadboard, tutti nello stesso verso.
- Collegare l'alimentazione e la GND nelle due file superiori ed inferiori della breadboard.
- Essere certi del valore della tensione di alimentazione e che sia collegata al pin corretto (14)



## CIRCUITO COMBINATORIO

Un CIRCUITO COMBINATORIO può essere definito come un circuito realizzato con porte logiche in cui lo stato delle uscite in un dato istante dipende **esclusivamente** dal valore degli ingressi presenti in quello stesso istante. Questo circuito deriva da un ragionamento che parte dalla tabella di verità, cioè quella tabella che associa il valore dell'uscita in base al valore delle variabili di ingresso.

Consideriamo ad esempio di voler realizzare un circuito che abbia 3 variabili di ingresso A,B,C ed 1 di uscita Y.



Supponiamo ora di voler realizzare un circuito in cui l'uscita assuma il livello alto, quando almeno due variabili in ingresso hanno un livello logico alto.

In questo caso la prima cosa da fare è rappresentare tutte le possibili combinazioni dei 3 ingressi, assegnando il valore dell'uscita secondo il funzionamento che il circuito dovrà avere come descritto sopra.

Questa rappresentazione si chiama TABELLA DI VERITA', dalla quale si ricaverà una FUNZIONE LOGICA con cui otterremo il CIRCUITO COMBINATORIO.

TABELLA DI VERITA' → FUNZIONE LOGICA → CIRCUITO COMBINATORIO

Come anticipato, la tabella di verità deve riportare tutte le possibili combinazioni delle variabili di ingresso, con il valore che deve assumere l'uscita in ogni combinazione.

Volendo soddisfare la richiesta che l'uscita assuma un livello logico alto ogni volta che almeno due ingressi hanno un livello logico alto, avremo questa tabella.

Ingressi			Uscite
A	B	C	Y
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

Per quanto riguarda la funzione logica invece, un ragionamento da applicare potrebbe essere il seguente:

*“considerando le 4 righe in cui l'uscita Y vale 1, si dovrebbe fare in modo che moltiplicando le 3 variabili ciò avvenga.”*

Per essere più chiari:

- quando abbiamo A=0, B=1 e C=1 significa che tra le 3 variabili ci deve essere un'operazione di AND, una moltiplicazione logica. Tradotto sarebbe come dire se A=0 e B=1 e C=1, allora l'uscita deve valere 1.

Per fare in modo che il prodotto logico sia 1 però occorre invertire la variabile A.  $\bar{A} * B * C$

- analogo discorso va fatto sulla riga in cui  $A=1$ ,  $B=0$  e  $C=1$  dove avremo  $A * \bar{B} * C$
- nella riga in cui  $A=1$ ,  $B=1$  e  $C=0$  avremo  $A * B * \bar{C}$
- ed infine nella riga in cui  $A=1$ ,  $B=1$  e  $C=1$  avremo  $A * B * C$

Siccome per avere  $Y=1$  deve essere vera una delle 4 condizioni avremo che queste 4 espressioni saranno legate da una somma logica. O è vera la prima o è vera una delle altre.

Ricordiamoci che:

- la congiunzione **E** rappresenta un prodotto logico cioè un'operazione **AND**
- la congiunzione **O** rappresenta una somma logica cioè un'operazione **OR**

Ingressi			Uscite
A	B	C	Y
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

In conclusione avremo che:  $Y = \bar{A} * B * C + A * \bar{B} * C + A * B * \bar{C} + A * B * C$

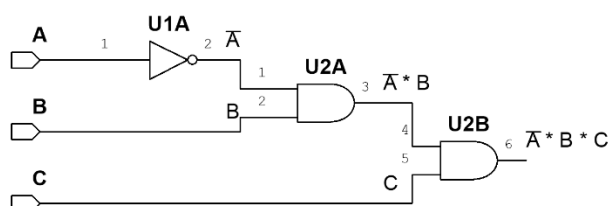
La formula sopra ottenuta si chiama FUNZIONE LOGICA ed utilizzando i teoremi dell'Algebra di Boole può essere semplificata e ridotta.

I 4 prodotti che vediamo nella funzione logica si chiamano MINTERMINI.

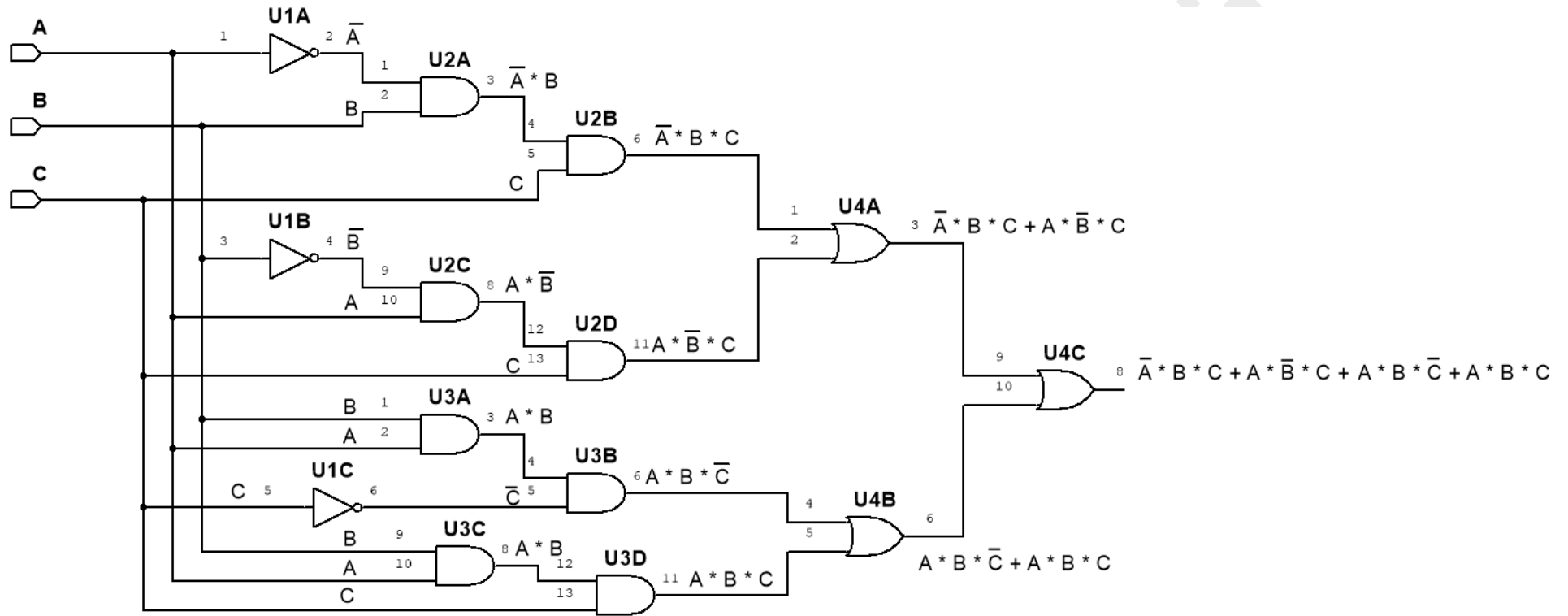
Ma procediamo senza semplificazione e vediamo come passare dalla FUNZIONE LOGICA al CIRCUITO COMBINATORIO.

Nella funzione logica, vediamo 3 variabili negate, pertanto serviranno 3 porte logiche NOT, inoltre ci sono 6 moltiplicazioni logiche che necessitano di 6 porte AND e di 3 somme logiche cioè 3 porte OR.

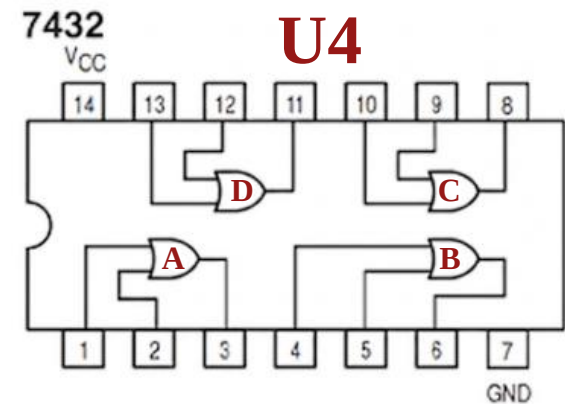
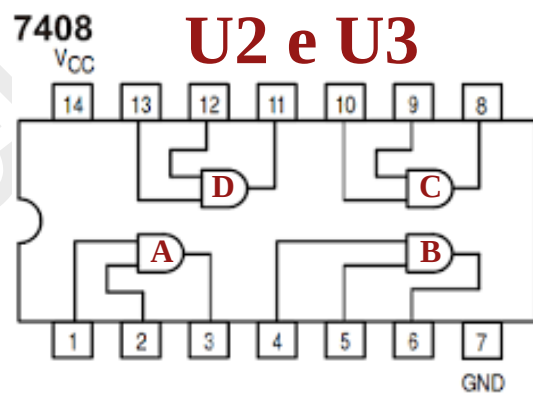
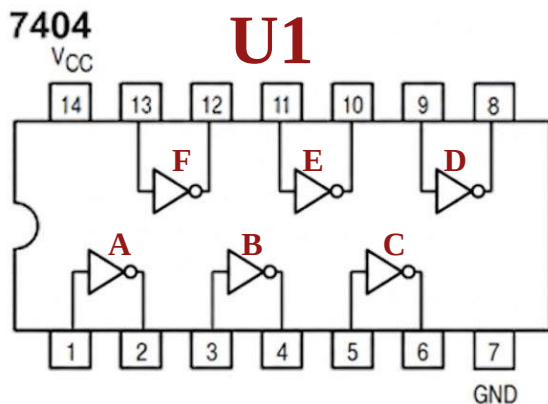
Le porte vanno collegate per realizzare la funzione richiesta, ad esempio per realizzare **il primo dei 4 mintermini** le porte andranno collegate nel seguente modo:



Seguendo la stessa logica per gli altri mintermini e sommandoli poi tra loro con la OR avremo il seguente CIRCUITO COMBINATORIO.

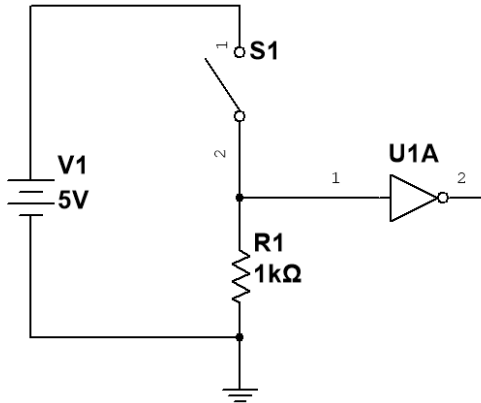


Nel circuito ogni porta logica ha una sigla che rappresenta il circuito integrato. Ad esempio l'integrato 7404 è rappresentato dalla sigla U1 e le lettere dopo la sigla rappresentano quale porta NOT si utilizza di quell'integrato. Lo stesso discorso vale per gli altri circuiti integrati.



Nel precedente circuito le 3 variabili di ingresso dovranno realmente poter assumere dei valori logici 0 e 1, che corrispondono nel caso dei circuiti integrati utilizzati ad una tensione di 0 Volt e 5 Volt.

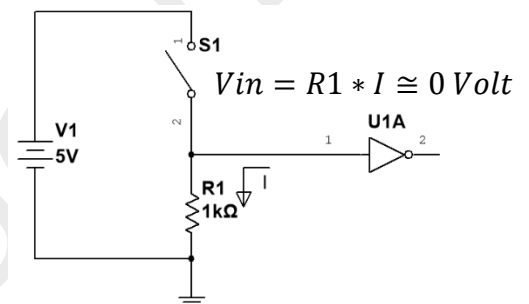
Il valore della variabile potrebbe provenire da un sensore o da un qualsiasi dispositivo, ma per poter sperimentare il circuito in laboratorio in genere si utilizzano degli switch (contatti) collegati con una resistenza di pull-down.



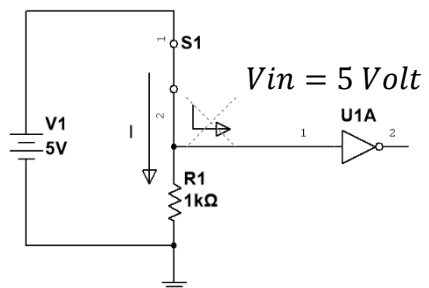
In questo caso se l'interruttore S1 è aperto la resistenza di pull-down (tradotto significa trascina verso il livello di tensione basso) fa in modo che sull'ingresso della porta NOT ci sia un livello logico basso (0 Volt).

Se invece l'interruttore S1 è chiuso, l'ingresso risulta collegato direttamente alla tensione di 5 Volt, cioè un livello logico alto.

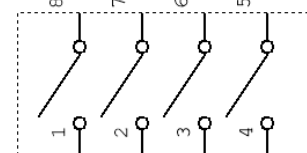
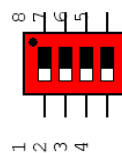
Le porte logiche in ingresso assorbono o erogano una corrente bassissima, pertanto anche nella condizione di tasto aperto, una piccola corrente uscente dall'ingresso che percorre la resistenza, darebbe luogo ad una tensione prossima allo zero.



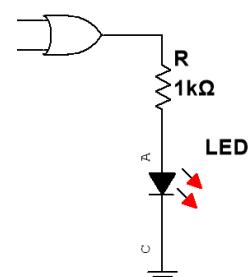
Nel caso in cui l'interruttore sia chiuso invece la corrente andrà in gran parte verso la resistenza e la tensione di ingresso sarà pari a 5 Volt.



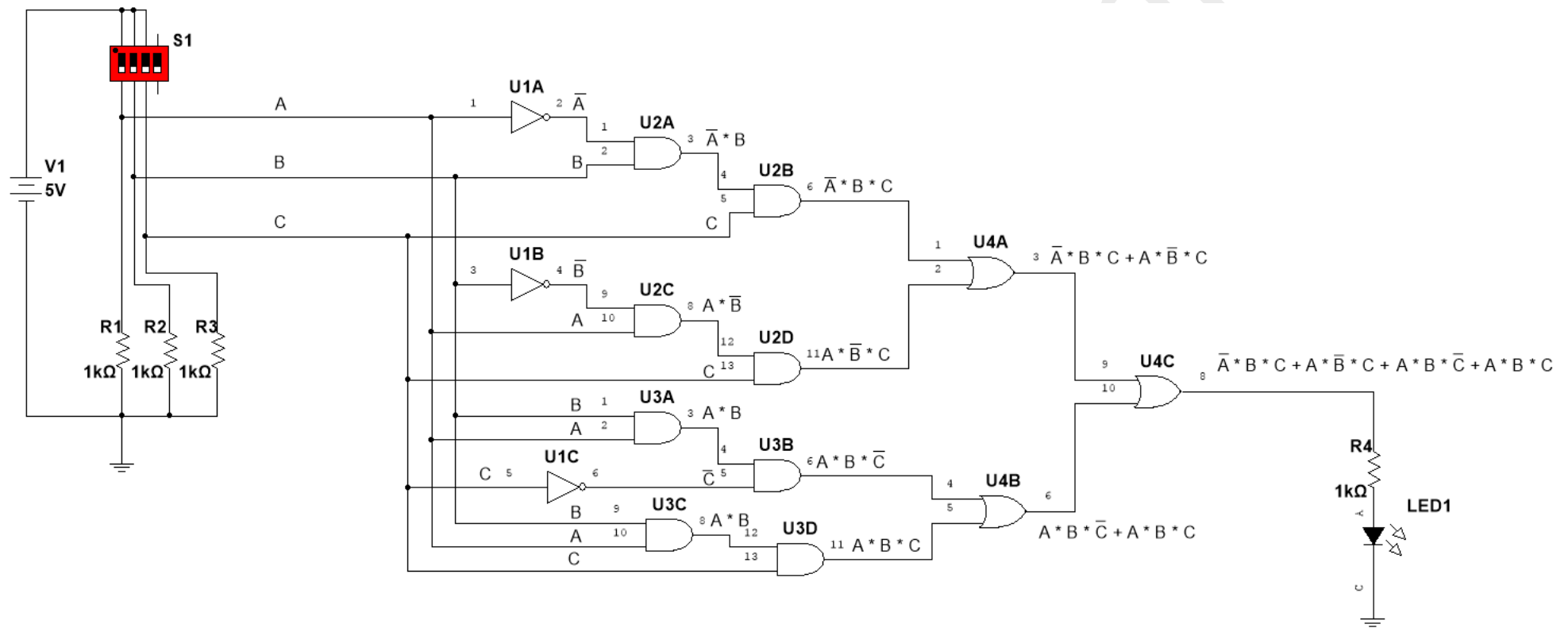
Quando si hanno più ingressi in genere si utilizzano i DIP-SWITCH, che sono dei componenti con internamente dei micro-interruttori.



Per vedere lo stato delle uscite in genere si utilizzano dei semplici LED.



Inserendo un dip-switch con delle resistenze di pull-down per simulare gli ingressi ed un LED in uscita per verificare lo stato dell'uscita il circuito completo sarà il seguente.



Occorre ricordarsi di collegare la tensione di 5 Volt e la GND anche su tutti i circuiti integrati.

Per realizzare il circuito combinatorio su breadboard, occorre rispettare le regole viste in precedenza, e realizzare i collegamenti considerando il numero dei pin di ogni porta logica.

Il risultato sarà il seguente.

