

Università degli studi di Lecce

Tesina di elettronica 2

Studente: Distante Carmelo

Facoltà: Ingegneria Informatica teledidattica

Generatore di Numeri casuali

Generatore di numeri casuali

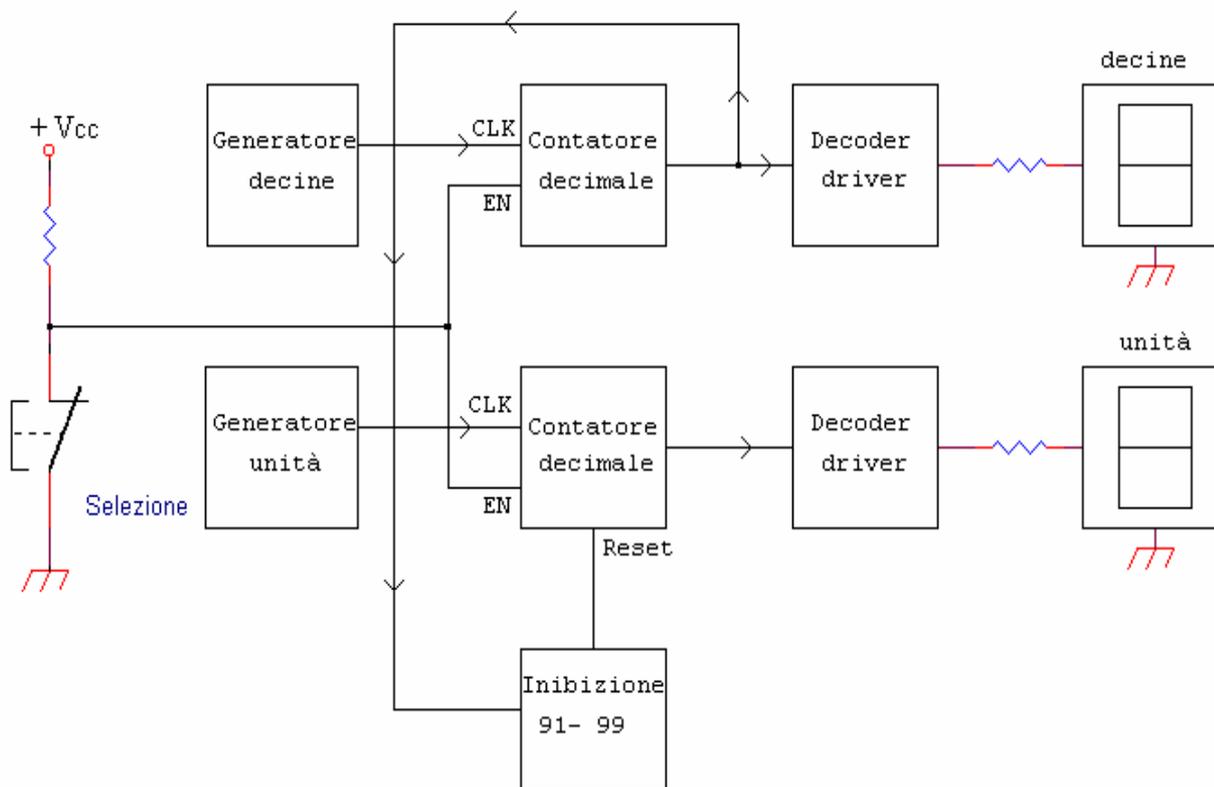
Descrizione del problema Il circuito che vogliamo progettare è un “generatore di numeri casuali da 1 a 90”. Questo circuito può avere delle applicazioni ludiche quali ad es. poter sorteggiare casualmente dei numeri da utilizzare nelle lotterie nazionali quali Lotto e Supenalotto.

Definizione delle specifiche di progetto Il progetto deve avere le seguenti caratteristiche:

- **Portatile:** in questo modo lo stesso è trasportabile e non vincolato alla presenza di prese di corrente;
- **Generare numeri casuali:** bisogna in pratica fare in modo che l’utente non possa influenzare il risultato;
- **Protetto** da eventuali errati collegamenti dell’alimentazione.

Schema a blocchi del progetto

Le specifiche richieste possono essere realizzate tramite un circuito che ha una struttura del tipo in figura:



Descrizione schema a blocchi

Nello schema ci sono due astabili, che generano separatamente due onde quadre a frequenze diverse: uno per le decine e uno per le unità.

L'uscita dei due astabili è collegata rispettivamente a due contatori decimali e le rispettive uscite sono collegate a due decoder, con uscite attive alte, che pilotano due display a catodo comune.

La frequenza dei segnali è elevata perciò non è possibile visualizzare in uscita il numero contato.

I due contatori hanno un ingresso di abilitazione al conteggio attive alte: normalmente sono tenute a livello alto dalla resistenza di pull-up. Il pulsante di selezione è un "normalmente chiuso" ed è collegato tra gli ingressi di abilitazione dei contatori e massa: la sua pressione inibisce il conteggio per cui sui display sono visualizzate le due cifre raggiunte in quel momento dai due contatori.

Un blocco di inibizione controlla le uscite del contatore associato alle decine: quando si ha "nove" su quest'uscita è, in ogni caso, azzerato il contatore delle unità per cui il numero visualizzato è al massimo "novanta".

La resistenza tra il decoder ed il display ricorda che essendo questi ultimi formati da un insieme di LED e in essa dovrà essere limitata la corrente per non danneggiare questi ultimi.

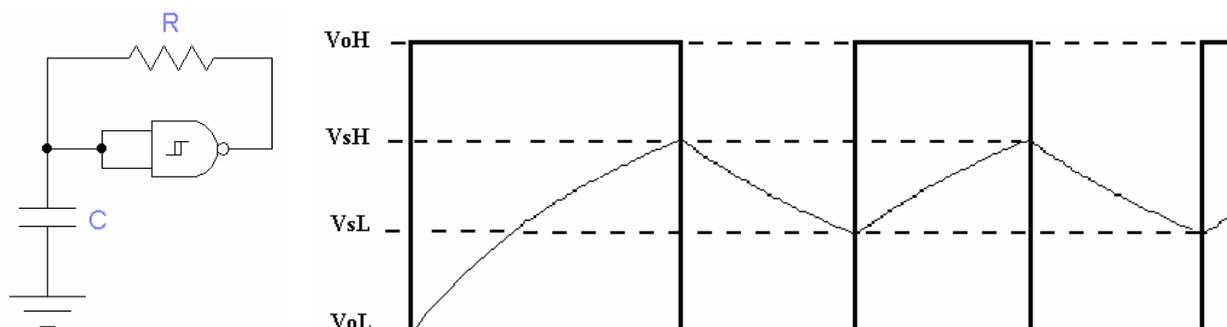
Analisi dei singoli blocchi e progetto

Generatore onde quadre

Analisi teorica

Per realizzare questo generatore si è utilizzata una porta NAND triggerata con gli ingressi in comune: si poteva usare anche una NOT ma le NAND servono nel blocco inibitore e si risparmia così un integrato.

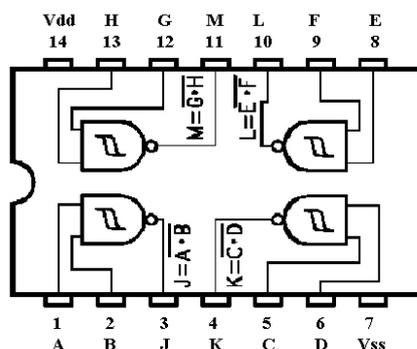
Il funzionamento del circuito può essere compreso dall'analisi del grafico e dello schema elettrico in figura:



- Supponiamo il condensatore inizialmente scarico per cui la tensione “Vc” ai suoi capi è “Vol” cioè zero Volt;
- La tensione all'ingresso è a livello basso e l'uscita è quindi a livello alto “VoH”;
- Il condensatore inizia allora a caricarsi attraverso la resistenza R;
- Quando “Vc” supera la soglia di commutazione “VsH”, la tensione di ingresso è allora considerata come livello alto e l'uscita commuta quindi su livello basso “VoL”;
- Il condensatore allora si scaricherà attraverso la resistenza R verso l'uscita;
- Quando “Vc” scende sotto la soglia di commutazione “VsL” la tensione di ingresso è allora considerata come livello basso e l'uscita commuta quindi su livello alto “VoH”;
- Ricomincia così la carica di C verso “VoH” e il fenomeno continuerà a ripetersi ciclicamente.

Dispositivo utilizzato

In figura si riporta la piedinatura dell'integrato CMOS 4093 contenente all'interno quattro porte NAND a due ingressi del tipo a trigger di Schmitt: per i due generatori si sono utilizzate due delle quattro NAND disponibili.



Per il dimensionamento di “R” e di “C” si può usare la seguente relazione fornita dal costruttore sul manuale dei data sheet:

$$f = \frac{K}{R * C} \quad \text{dove la costante K è espressa dalla relazione:} \quad K = \frac{1}{Ln \frac{VsH * (Vcc - VsL)}{VsL * (Vcc - VsH)}}$$

Questa relazione è valida solo nel caso di CMOS poiché con porte TTL il transitorio del condensatore è influenzato dalla corrente presente in ingresso alla porta.

La costante "K" assume un valore un valore compreso tra 0,5 e 1,5 per cui spesso si approssima il periodo del segnale con $T = 1,4 * R * C$

Calcolo di K:

$V_{cc}=9V$ (alimentazione a batterie con pila transistor da 9V)

$V_{sH}=6,2V$

$V_{sL}=4,1V$

$$K = \frac{1}{\ln \frac{V_{sH} * (V_{cc} - V_{sL})}{V_{sL} * (V_{cc} - V_{sH})}} = \frac{1}{\ln \frac{6,2V * (9V - 4,1V)}{4,1V * (9V - 6,2V)}} = \frac{1}{\ln \frac{30,38}{11,48}} = 1,03 \approx 1$$

Posso allora scrivere che $T \approx R * C$

Progetto

Per fare in modo che l'utente non possa influire sul risultato la frequenza deve essere di almeno quaranta/cinquanta Hertz: già a queste frequenze, e a maggiore ragione a frequenze superiori, l'occhio umano non ha più la percezione del cambiamento del numero sul display ma ha l'impressione di un'illuminazione contemporanea di tutti i LED dello stesso.

Si sono scelte due frequenze diverse di oscillazione per una maggiore casualità.

Generatore 1:

$f_1 = 100Hz$ da cui $T_1 = 1/f_1 = 0,01s$

fissando una $R = 100K\Omega$ si ha $C = \frac{T}{R} = \frac{0,01s}{100 * 10^3 \Omega} = 0,1\mu F = 100nF$ che è un valore

commerciale;

Come controprova ricavo T da R e C fissati: $T \approx R * C = 100 * 10^3 \Omega * 100 * 10^{-9} F = 0,01s$

Generatore 2:

$f_2 = 50Hz$ da cui $T_2 = 1/f_2 = 0,02s$

fissando una $R = 1M\Omega$ si ha $C = \frac{T}{R} = \frac{0,02s}{1 * 10^6 \Omega} = 0,02\mu F = 20nF$ che non è un valore commerciale,

per cui prendo il valore più prossimo che è 22nF.

Ricavo T ed f con il valore scelto: $T \approx R * C = 1 * 10^6 \Omega * 22 * 10^{-9} F = 0,022s$

a cui corrisponde una frequenza: $f = \frac{1}{T} \approx 45,4Hz$ sufficiente a garantire la casualità.

Contatore decimale

Analisi teorica

Il contatore è un circuito sequenziale capace di contare il numero di impulsi applicati nel tempo al suo ingresso, e di fornirne un'indicazione binaria.

Possono essere di due tipi:

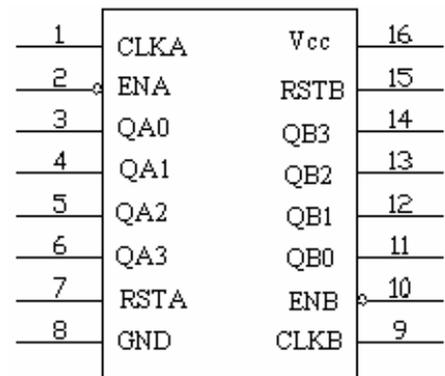
- asincroni in cui il clock è applicato al primo flip-flop, il secondo riceve il segnale di attivazione dal primo, il terzo dal secondo e così di seguito in modo seriale;
- sincroni in cui il clock arriva contemporaneamente a tutti i flip-flop.

Dispositivo utilizzato

Il dispositivo utilizzato nel progetto è un CMOS 4518 che ha all'interno due contatori sincroni.

La scelta si è resa necessaria dalla possibilità di avere un ingresso di abilitazione che permette quindi di avviare o bloccare il conteggio e visualizzare o no il numero casuale.

Il 16 è il positivo di alimentazione e l'8 il negativo.



4518

Il primo contatore è accessibile dai piedini:

- 1: ingresso di clock;
- 3,4,5,6: uscite binarie;
- 7: ingresso di reset attivo alto;
- 2: ingresso di abilitazione.

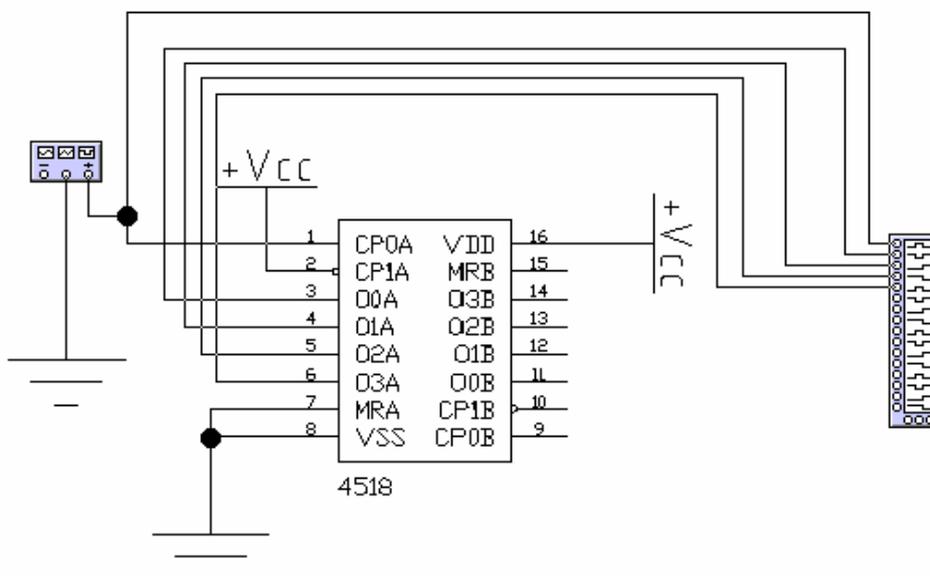
Il secondo contatore è accessibile dai piedini:

- 9: ingresso di clock;
- 11,12,13,14: uscite binarie;
- 15: ingresso di reset attivo alto;
- 10: ingresso di abilitazione.

Per utilizzare il contatore il corrispondente piedino di abilitazione deve essere connesso a livello alto.

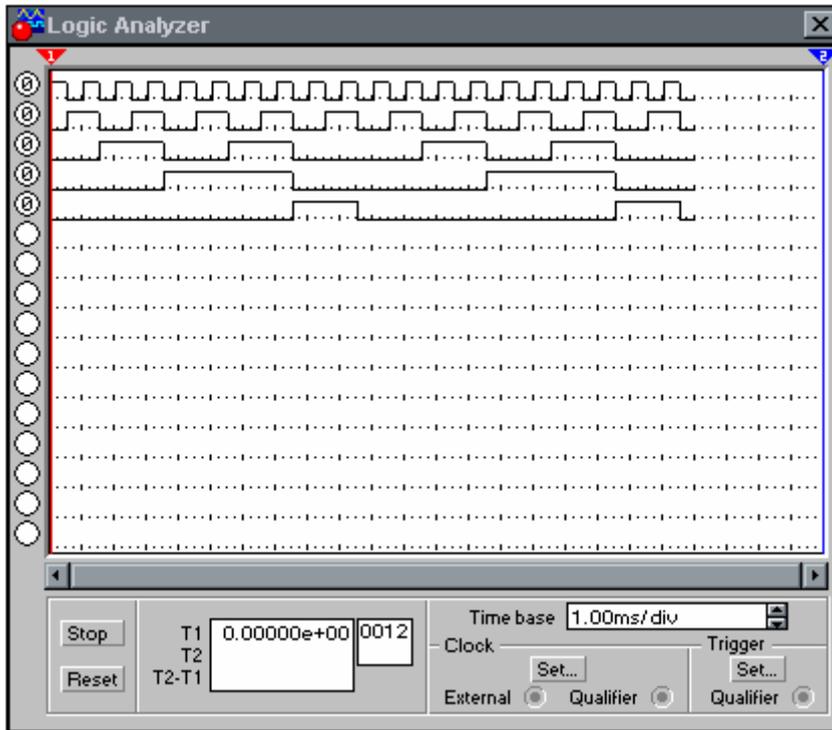
Studio del contatore con un esempio pratico

Per studiare il funzionamento del contatore possiamo utilizzare lo schema seguente:



All'ingresso di clock del contatore è applicato un segnale ad onda quadra di ampiezza 5V tutta positiva.

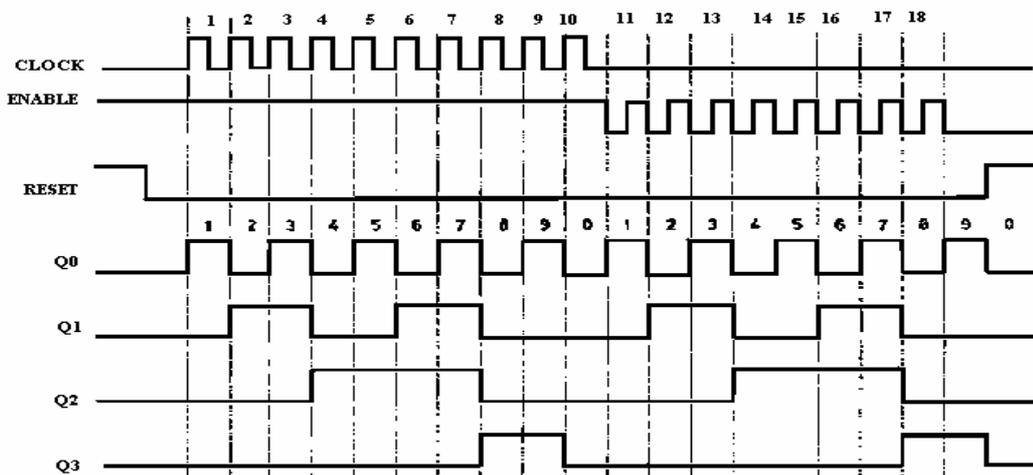
Le quattro uscite sono applicate ad un analizzatore di stati logici e il risultato è visualizzato in figura:



Il primo segnale è quello di clock.

Si vede che la prima uscita Q0 commuta sul fronte negativo del clock, l'uscita Q1 commuta sul fronte negativo di Q0 e così via: si nota che ognuno dei quattro segnali ha frequenza metà del precedente.

Il funzionamento del contatore è intuibile anche dal diagramma temporale e dalla tabella di verità allegata al data-sheet dell'integrato:



TRUTH TABLE

Clock	Enable	Reset	Action
$_ / _$	1	0	Increment Counter
0	$_ / _$	0	Increment Counter
$_ / _$	X	0	No Change
X	$_ / _$	0	No Change
$_ / _$	0	0	No Change
1	$_ / _$	0	No Change
X	X	1	Q1 Thru Q4 = 0

X = Don't Care Logic 1 = High State Logic 0 = Low

Decoder driver

Analisi teorica

Il decoder, o decodificatore, è un circuito combinatorio con “n” ingressi e 2ⁿ uscite.

In pratica il decoder riconosce una combinazione binaria in ingresso espressa tramite un certo codice, es. il BCD, e attiva lo stato delle uscite secondo un altro codice, ad es. il codice necessario per il display a sette segmenti, ma potrebbe essere anche un altro codice come ad es. il codice esadecimale.

Nella tabella si mostra la corrispondenza codice BCD – codice per display a sette segmenti:

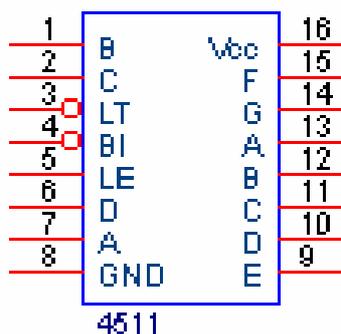
INPUT				OUTPUT							
I3	I2	I1	I0	a	b	c	d	e	f	g	Display
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9

Dispositivo utilizzato

Esistono in commercio vari tipi di decoder, detti anche decoder-driver perché oltre ad effettuare la decodifica, forniscono anche la corrente necessaria all'accensione dei LED.

Esistono decoder per display ad anodo comune o a catodo comune, sia di tipo TTL sia CMOS.

Il decoder da noi utilizzato è il CMOS 4511 di cui in figura si riporta la tabella di verità e la piedinatura come indicato sul data-sheet del componente:



Truth Table

Inputs						Outputs								
LE	BI	LT	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	Display
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	B
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	

X = Don't Care

Osservando lo schema sotto riportato e la tabella tratta dal data-sheet relativa all'integrato si può comprendere il funzionamento dello stesso.

Come si può notare i piedini 7,1,2,6 sono gli ingressi del decoder a cui applicare il codice BCD e i piedini dal 9 al 15 le uscite da collegare al display.

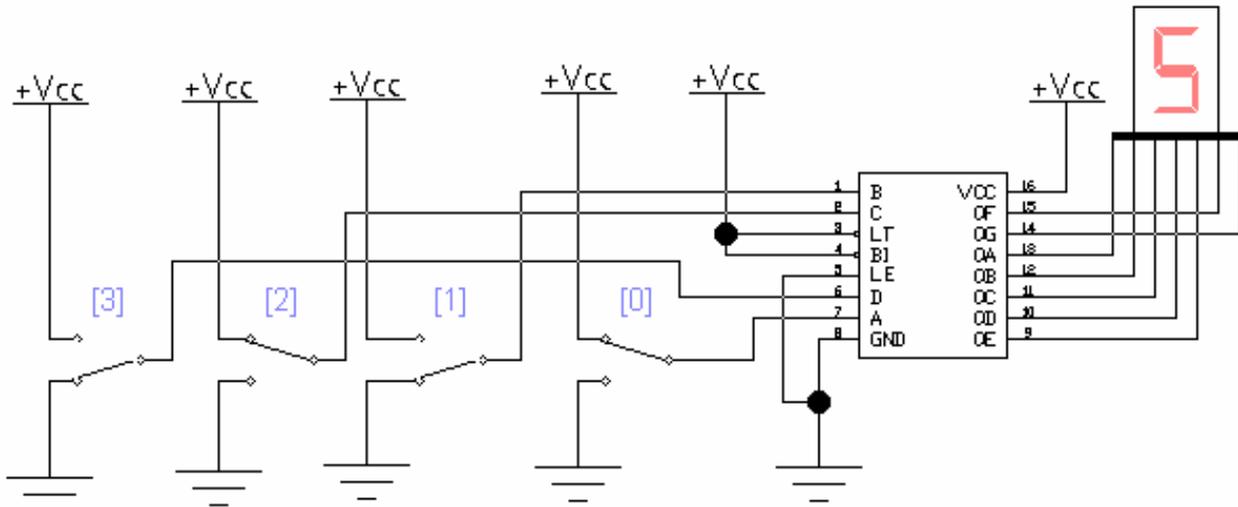
I piedini 16 ed 8 sono il positivo e il negativo dell'alimentazione rispettivamente.

Studio del decoder con un esempio pratico

La combinazione degli ingressi può essere applicata in vari modi: usando generatori di parole digitali, prelevando le uscite digitali da un contatore eccetera.

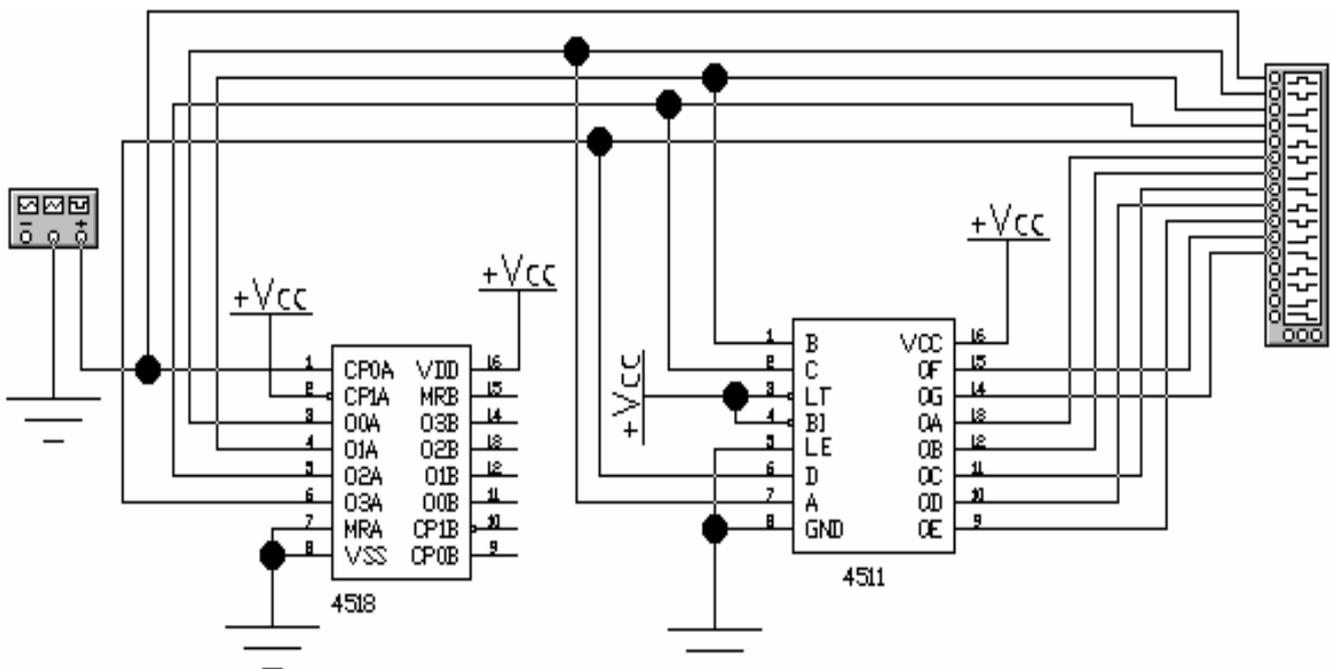
Il modo più semplice è senz'altro utilizzare dei deviatori che possono essere collegati a massa per il livello basso o a +Vcc per quello alto come evidenziato nello schema in figura.

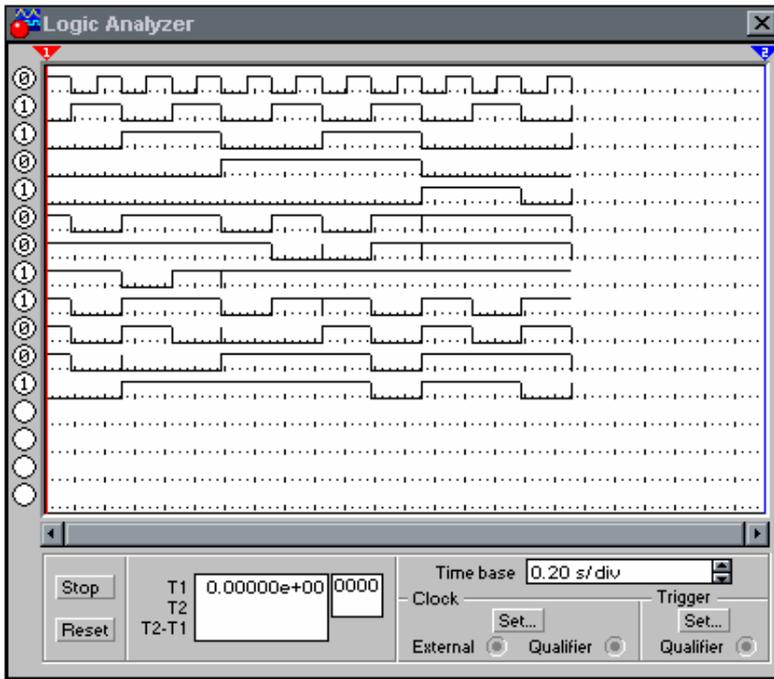
Abbiamo applicato il codice BCD "0101" e sul display è visualizzato il corrispondente numero decimale cioè cinque



Contatore più decoder

Collegando le uscite contatore agli ingressi del decoder ed utilizzando un analizzatore di stati logici, è possibile visualizzare gli ingressi e le uscite del decoder per verificare tutte le possibili combinazioni di ingresso e di uscita:





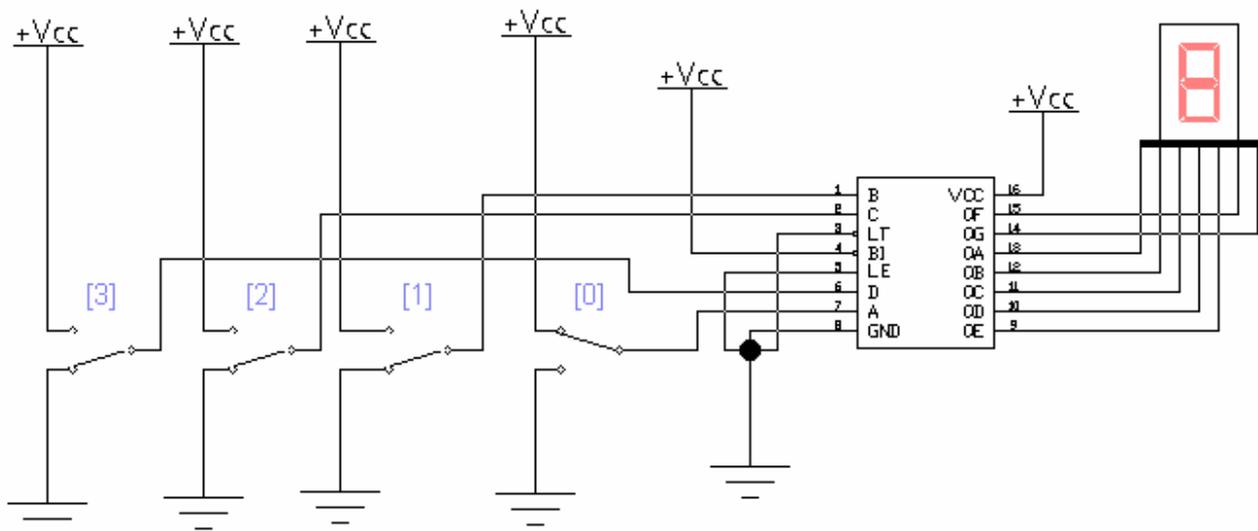
Il risultato è visibile nella figura a sinistra:

- CK
 - I0
 - I1
 - I2
 - I3
 - a
 - b
 - c
 - d
 - e
 - f
 - g
- Il primo segnale costituisce il clock;
dal secondo al quinto sono le uscite del contatore;
dal sesto al dodicesimo sono le uscite del decoder che vanno poi all'eventuale display per la visualizzazione in decimale.

Funzioni dell'integrato 4511

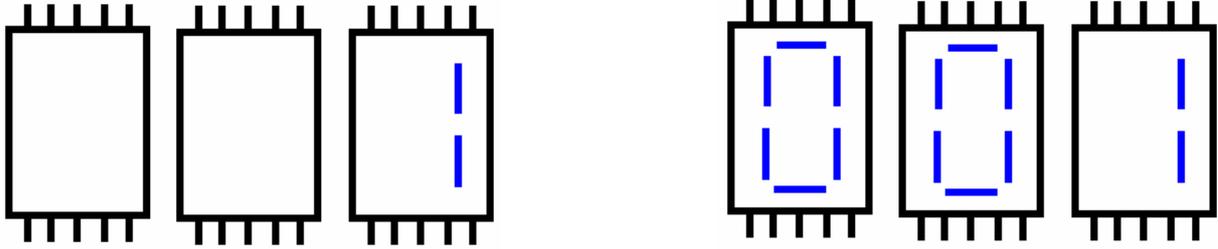
Quest'integrato dispone di tre funzioni particolari: LT, BI, LE di cui si da una sintetica descrizione.

- Funzione LT "lamp test" "attivo basso" accessibile dal piedino tre. Quando questo ingresso è attivato, collegandolo a livello basso, permette di verificare la funzionalità del display accendendo tutti i led; nel normale funzionamento questo ingresso è disabilitato per cui è collegato a livello alto.



In figura attraverso la combinazione dei deviatori si sta applicando il codice "0101" ma, come si vede, il display è tutto acceso.

- Funzione BI “blank input” cioè cancellazione degli ingressi, “attivo basso” accessibile al piedino quattro. Quando questo ingresso è attivato, collegandolo a livello basso, permette di spegnere i led del display. Nell’utilizzo di più display contemporaneamente, realizzando ad es. un cronometro, è possibile fare in modo di accendere solo i display con cifre significative come nel caso a sinistra:



Il risultato funzionale non è diverso, la differenza è solo da un punto di vista “estetico” cioè di migliore lettura del risultato.

- Funzione LE “latch enable” o abilitazione della memoria accessibile al piedino cinque. Questo ingresso è “attivo alto” per cui nel normale funzionamento è collegato a livello basso. Quando questa funzione è attivata è memorizzata la combinazione di ingressi applicata e quindi non è considerata alcuna variazione degli ingressi fino a quando la funzione stessa non sia disabilitata.

Display a sette segmenti

Analisi teorica

Possiamo utilizzare un display a LED a 7 segmenti per visualizzare i dati binari all'uscita del decoder.

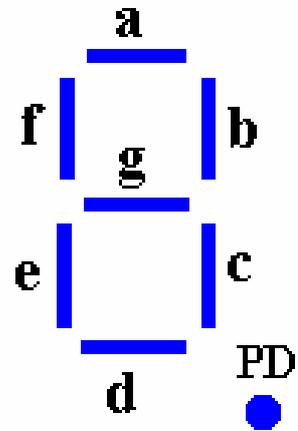
Con questo dispositivo è possibile visualizzare tutte le cifre da zero a nove e le lettere dalla "A" alla "F" che fanno parte del codice esadecimale.

Esistono anche versioni di display a LED più complesse tra cui quella a sedici segmenti e quella a matrice per rappresentare tutte le lettere o anche dei semplici simboli.

In figura rappresentiamo la struttura del display utilizzato nel progetto cioè quello a sette segmenti.

Si nota che ad ogni segmento è associato un nome costituito da una lettera dalla "a" alla "g" più il punto decimale "PD".

I segmenti in realtà altro non sono che dei LED.

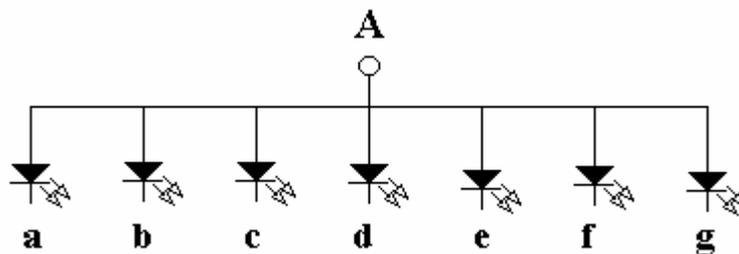
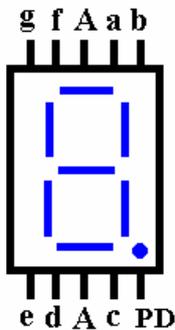


Struttura dei display

In base al collegamento interno dei LED possiamo quindi avere due tipi di display:

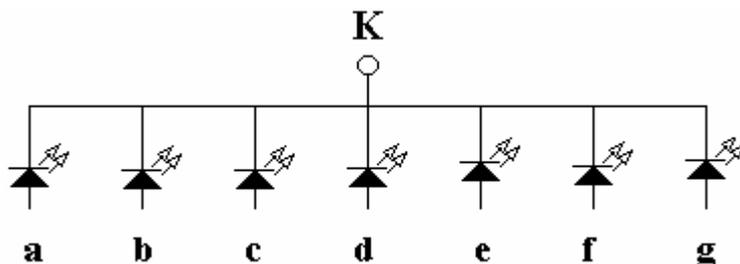
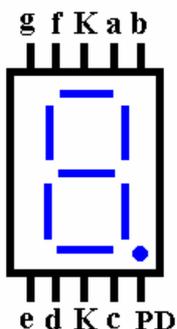
Display ad anodo comune: gli anodi di tutti i led sono collegati fra di loro al piedino indicato con "A" mentre i catodi sono collegati ai rispettivi piedini.

Per utilizzare questo display bisogna collegare con il positivo di alimentazione il piedino "A" e collegare a massa, tramite una resistenza di protezione il rispettivo piedino il cui led si vuole accendere.



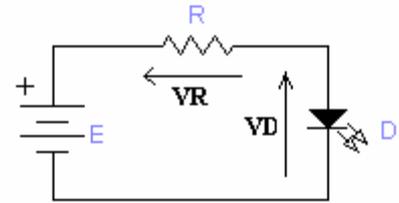
Display a catodo comune: i catodi di tutti i led sono collegati fra di loro al piedino indicato con "K" mentre gli anodi sono collegati ai rispettivi piedini.

Per utilizzare questo display bisogna collegare con il negativo di alimentazione il piedino "K" e collegare al positivo, tramite una resistenza di protezione il rispettivo piedino il cui led si vuole accendere.



Esempio di accensione di un diodo LED

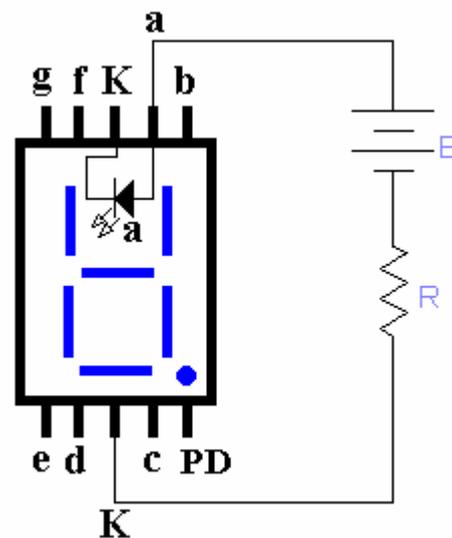
Quando il diodo led è acceso ai suoi capi possiamo misurare una tensione V_D che può variare da 1,5V a circa 2V: il valore varia con la tecnologia del LED.



$$V_R = E - V_D$$

$R = \frac{V_R}{I}$ dove "I" è la corrente che si vuole fare circolare nel LED. Questo valore può andare da pochi mA per una luminosità bassa fino a circa 25-30mA: un valore più alto comprometterebbe il funzionamento del diodo. Una corrente accettabile è in genere di una decina di mA.

Il procedimento è identico nel caso si voglia calcolare la resistenza da collegare in serie al LED di un display per la sua accensione. In figura è riportato il caso del display a catodo comune:



Progetto delle resistenze di limitazione del display

Dati a disposizione:

$$E=9V$$

$I=8mA$ (Essendo il circuito portatile per garantire una lunga durata della batteria si sceglie una corrente bassa sufficiente però a garantire una buona illuminazione dei led del display)

$$V_D = 1,5V$$

$$V_R = E - V_D = 9V - 1,5V = 7,5V$$

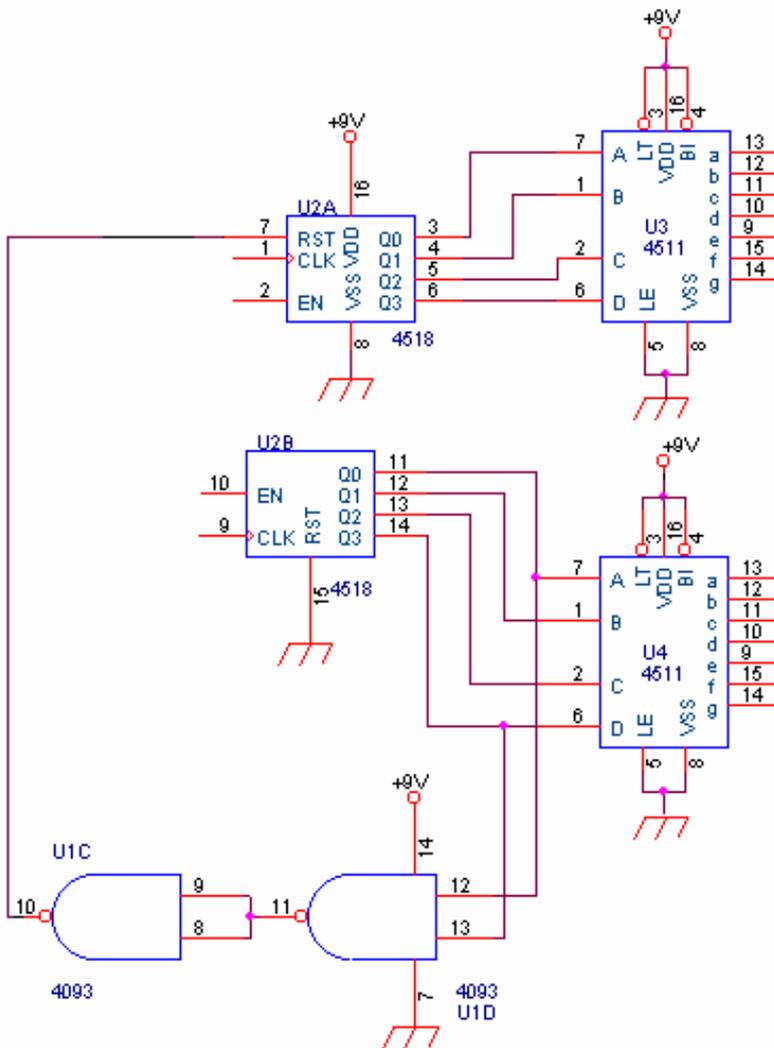
$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{7,5V}{8 \cdot 10^{-3} A} = 937\Omega$$

937Ω non è un valore commerciale per questo si usano resistenze da 1K

Blocco inibizione

Analisi teorica

Le specifiche richiedono la scelta di un numero tra zero e novanta, ma i due contatori-decoder-display permettono di avere un numero fino a novantanove. E' necessario fare in modo che quando il contatore delle decine sia su nove quello delle unità sia bloccato su zero.



Per ottenere questo si usa il “blocco di inibizione” costituito da due NAND come in figura dove sono stati evidenziati solo i due contatori con i rispettivi decoder lasciando tutto il resto.

Quando sulle uscite del contatore delle decine, quello in basso, c'è il numero nove, “1001” in binario, sull'uscita della prima NAND c'è zero che negato dalla seconda NAND, collegata con gli ingressi in comune a formare una NOT, è applicato all'ingresso di reset del primo contatore.

In questo modo la presenza del numero nove sul contatore delle decine terrà “resettato” il contatore delle unità facendo così apparire il numero novanta sui due display.

Utilizzando le due NAND si è anche economizzato sugli integrati poiché esse sono comprese all'interno del 4093 già utilizzato per i generatori di onde quadre.

Schema elettrico

In figura si riporta lo schema completo del progetto e in tabella l'elenco dei componenti.

R1=1,5 Ω ¼ W 5%

R2= 100K Ω ¼ W 5%

R3= 1MK Ω ¼ W 5%

R4-R17= 1K Ω ¼ W 5%

C1=100 μ 16V elettrolitico

C2=100nF poliestere

C3=0,1 μ F 16V elettrolitico

C4=5,6 μ F poliestere

C5=4,7 μ F 16V elettrolitico

IC1= 4093

IC2=4518

IC3=IC4=4511

Display 1 e 2= TDSO5160 catodo comune

D1=1N4001

S1=pulsante normalmente aperto

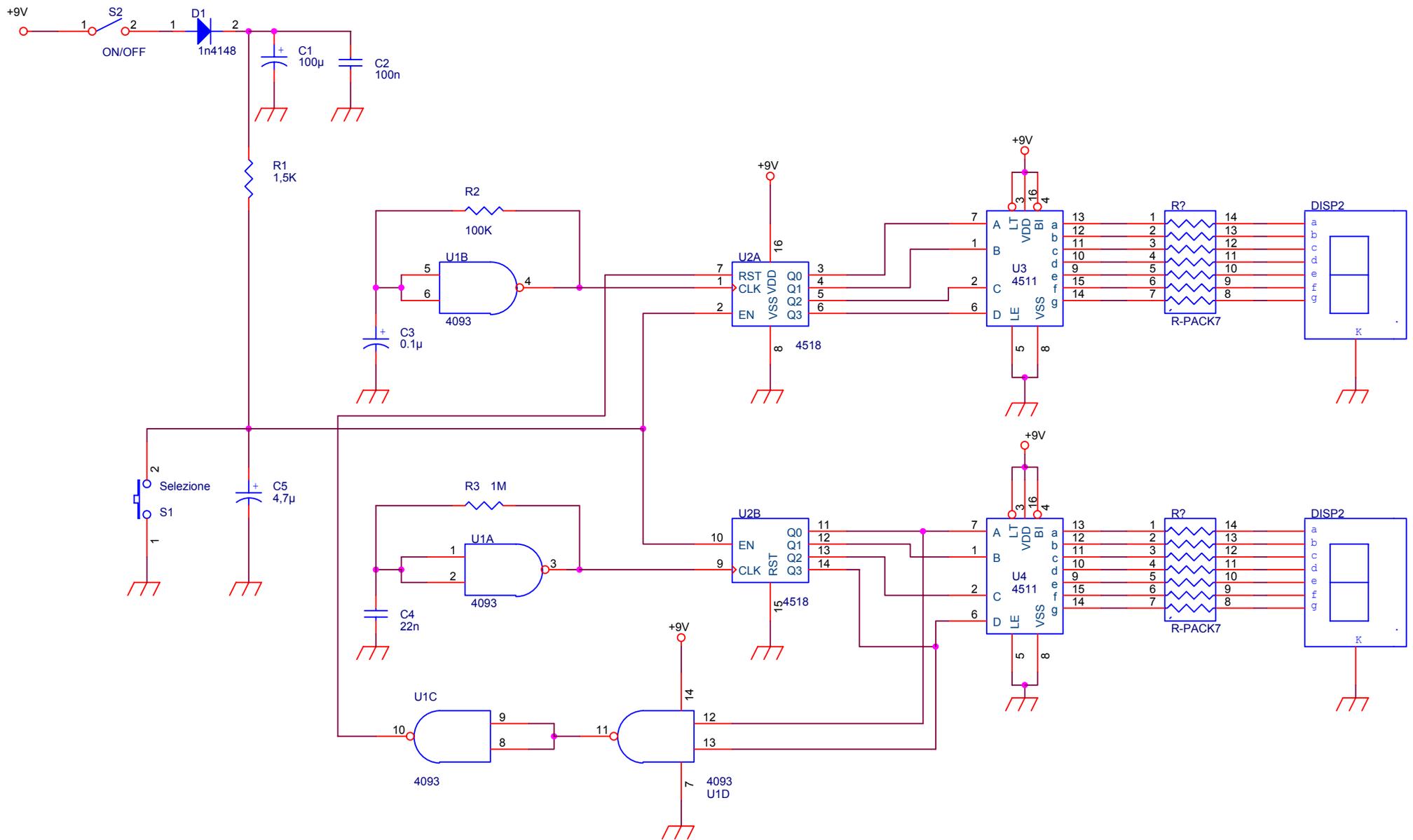
S2=interruttore

1 clip per pila 9V

1 pila 9V

Il funzionamento del circuito è già stato analizzato parlando della descrizione dello schema a blocchi. Riassumiamo il tutto analizzando lo schema elettrico.

- Il pulsante normalmente aperto, di “selezione numero”, con la sua resistenza di pull-up è collegato agli ingressi di abilitazione dei due contatori; normalmente il pulsante è aperto per cui ai due ingressi di abilitazione arriva il livello logico alto e quindi, come si può vedere dalla loro tabella di verità, essi sono abilitati a contare;
- I due generatori di onde quadre producono i segnali con le caratteristiche per cui sono stati progettati; questi segnali applicati ai rispettivi contatori provocano l'incremento delle rispettive uscite;
- Le uscite binarie dei due contatori sono applicate ai rispettivi decoder per essere decodificate nel codice per i display a sette segmenti, i quali ultimi visualizzano i numeri decimali del conteggio;
- Premendo il pulsante di selezione, ai due ingressi di abilitazione arriva il livello logico basso, per cui il conteggio è inibito e il risultato è visualizzato sui display per tutto il tempo della pressione del tasto;
- L'alimentazione è ottenuta con una comune pila a 9V: il diodo collegato in quel modo garantisce il circuito da colleganti errati dell'alimentazione. L'interruttore in serie al diodo permette di accendere o spegnere il circuito: questo è utile nel caso si realizzi il progetto su circuito stampato da racchiudere magari in una scatola e quindi è necessario accendere o spegnere il dispositivo;
- I due condensatori in parallelo C1 e C2 sono un miglioramento del circuito come filtraggio della alimentazione e, pur se previsti dal progettista, non sono strettamente indispensabili;
- Il condensatore C5 in parallelo al pulsante serve come antirimbalo meccanico:
 - o Quando il pulsante è aperto il condensatore si carica;
 - o premendo il pulsante il condensatore è cortocircuitato;
 - o Premendo il pulsante per il fenomeno del rimbalzo meccanico la lamina del pulsante non si assesta istantaneamente, ma lo fa con una serie di oscillazioni per cui diventa instabile il comando di disabilitazione dei due contatori: la presenza del condensatore fissa la tensione per tutto il tempo, comunque molto breve, di oscillazione della lamina. Considerando la natura del progetto di “generatore casuale” il problema non è comunque incidente, e quindi il condensatore potrebbe anche essere eliminato.



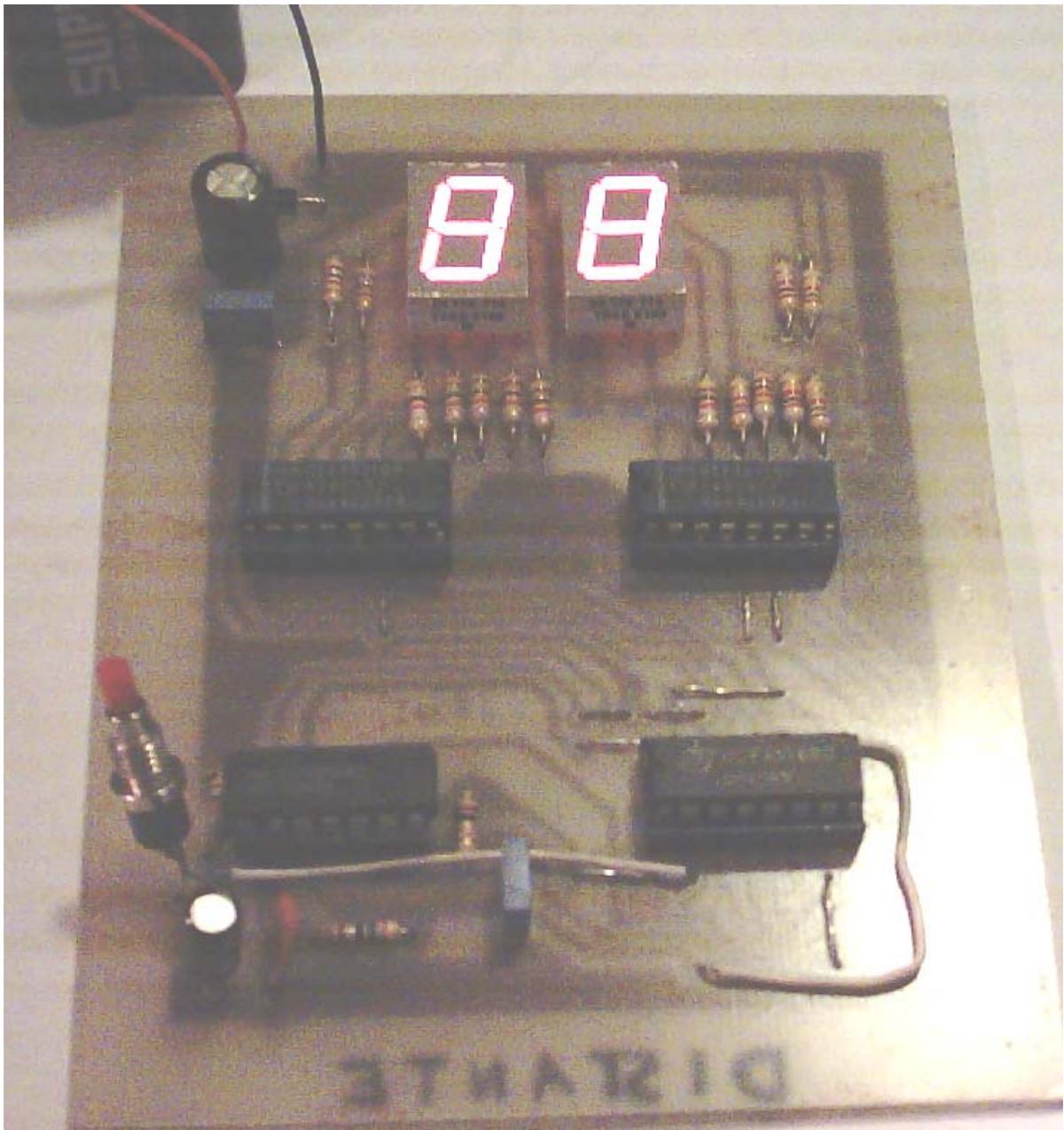
Verifica funzionamento del circuito e conclusioni

Per verificare il funzionamento del circuito una simulazione rende poco l'idea; è preferibile studiare concretamente il circuito.

Questo è stato realizzato su circuito stampato, il cui procedimento di realizzazione non si descrive perché al di là delle finalità di questo progetto, e il risultato finale può essere visto nella foto sotto riportata e con il filmato allegato: per vedere il filmato disporre di un programma in grado di visionare file in formato AVI.

Il circuito realizzato come si può vedere non realizza un progetto particolare da un punto di vista prettamente elettronico ma ha una funzione potremmo dire esclusivamente "ludica" dimostrando che l'elettronica spazia in campi molto vasti e diversi che comprendono anche la realizzazione di giochi.

Il progetto comunque in ogni caso permette di utilizzare circuiti base dell'elettronica analogica studiati nel corso del programma.



INDICE

Descrizione del problema	pg.2
Definizione delle specifiche di progetto	pg.2
Schema a blocchi del progetto	pg.3
Descrizione schema a blocchi	pg.3
Analisi dei singoli blocchi e progetto	pg.4
Generatore onde quadre	pg.4
Analisi teorica	pg.4
Dispositivo utilizzato	pg.4
Progetto	pg.5
Generatore 1	pg.5
Generatore 2	pg.5
Contatore decimale	pg.6
Analisi teorica	pg.6
Dispositivo utilizzato	pg.6
Studio del contatore con un esempio pratico	pg.6
Decoder driver	pg.8
Analisi teorica	pg.8
Dispositivo utilizzato	pg.8
Studio del decoder con un esempio pratico	pg.9
Contatore più decoder	pg.9
Funzioni dell'integrato 4511	pg.10
Display a sette segmenti	pg.12
Analisi teorica	pg.12
Struttura dei display	pg.12
Display ad anodo comune	pg.12
Display a catodo comune	pg.12
Esempio di accensione di un diodo LED	pg.13
Progetto delle resistenze di limitazione del display	pg.13
Blocco inibizione	pg.14
Analisi teorica	pg.14
Schema elettrico	pg.15
Verifica funzionamento del circuito e conclusioni	pg.18