

Semplici circuiti logici e Multivibratori

Gruppo BN

Federico Belliardo, Marco Costa, Lisa Bedini

April 2, 2017

1 Scopo dell'esperienza

Nella prima parte dell'esperienza ci si propone di montare e verificare il funzionamento di semplici circuiti logici (AND, OR, XOR e sommatore a un bit) utilizzando solo porte NAND. Successivamente saranno montati un circuito multivibratore monostabile e astabile per verificare la dipendenza lineare tra tempo di durata dell'impulso in uscita e la resistenza presente. Infine questi ultimi due circuiti verranno posti in serie per formare un generatore di onda quadra, per studiare la dipendenza tra le resistenze usate e il *duty cycle*.

2 Materiale occorrente

- 2 circuiti integrati SN7400 Quad-NAND Gate;
- DIP Switch a 4 interruttori;
- Diodo 1N4148;
- 2 diodi LED;

Disponiamo inoltre del circuito pulsatore montato nella precedente esperienza, costituito da un Arduino Nano e da un octal buffer/driver SN74LS244.

Tutte le resistenze, i condensatori e la tensione di alimentazione sono stati misurati con il multimetro digitale, quindi l'errore è stato propagato secondo le specifiche nel manuale. I tempi e le restanti tensioni sono state misurate con i cursori dell'oscilloscopio: l'errore sui tempi è dato dalla risoluzione dei cursori stessi mentre quello sulle tensioni è stato propagato considerando sia l'errore sul posizionamento dei cursori sia l'errore sistematico del 3%.

3 Semplici circuiti logici

Verifica porta NAND Abbiamo montato il circuito in figura 1, con una tensione di alimentazione pari a $V_{CC} = 4.85 \pm 0.03$ V, e ne abbiamo verificato il funzionamento prima tramite il diodo LED poi tramite l'oscilloscopio. Si sono usati due interruttori e una resistenza di pull-up $R_1 = 327 \pm 3 \Omega$ per mantenere l'input a livello alto anche nel caso di interruttori aperti¹. In tabella 1 si possono vedere i valori di output attesi: 1 corrisponde al livello alto mentre lo 0 corrisponde al livello basso. Si nota che il LED è spento nel caso di $I_1 = I_2 = 0$ mentre è acceso in tutti gli altri casi. La verifica con l'oscilloscopio si effettua inserendo come input il circuito pulsatore di Arduino², in questo modo si possono visualizzare tutti gli stati con l'oscilloscopio collegando ad un canale alternativamente l'ingresso I_1 e I_2 , si veda l'immagine 2. Abbiamo usato la traccia di output per il trigger. Nuovamente troviamo la corretta tabella di verità per il NAND.

Circuito AND E' stato realizzato il circuito in figura 3, anche in questo caso si è visualizzato l'output sull'oscilloscopio (figura 4), triggerando sul segnale in uscita. Si nota che l'andamento è quello previsto dalla tabella 2, infatti nelle immagini fornite dall'oscilloscopio si nota che soltanto quando entrambi gli ingressi sono a livello alto, anche l'uscita è alta.

¹Sapendo che per ottenere uno zero nella logica TTL bisogna collegare materialmente a 0 l'ingresso dato che di default l'ingresso è alto.

²Abbiamo usato una frequenza di circa 1kHz.

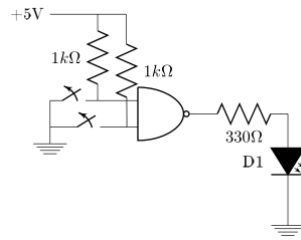


Figure 1: Schema circuitale della porta NAND.

I_1	I_2	O
1	0	1
1	1	0
0	1	1
0	0	1

Table 1: Tabella di verità della porta NAND.

nand1.png	nand2.png
-----------	-----------

Figure 2: Schermate dell'oscilloscopio, in canale 1 c'è l'output e in canale 2 l'input.

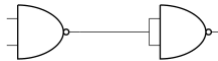


Figure 3: Schema del circuito AND.

I_1	I_2	O
1	0	0
1	1	1
0	1	0
0	0	0

Table 2: Tabella di verità del circuito AND.

and1.png	and2.png
----------	----------

Figure 4: Schermate dell'oscilloscopio, in canale 1 c'è l'output e in canale 2 l'input.

Circuito OR E' stato montato il circuito in figura 5. In tabella 3 è stata rappresentata la tabella di verità e in figura 6 si può osservare l'andamento dell'output. Si nota che l'uscita è a livello basso quando entrambi gli ingressi sono a 0. Anche in questo caso abbiamo triggerato sull'output e i risultati sono in accordo con la tabella di verità di un OR.

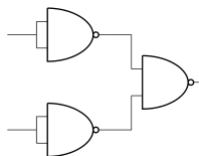


Figure 5: Schema del circuito OR.

I_1	I_2	O
1	0	1
1	1	1
0	1	1
0	0	0

Table 3: Tabella di verità del circuito OR.

or1.png	or2.png
---------	---------

Figure 6: Schermate dell'oscilloscopio, in canale 1 c'è l'output e in canale 2 l'input.

Circuito XOR In questo caso abbiamo dovuto eseguire il trigger su un ingresso perchè la frequenza dell'uscita è doppia rispetto a quella dell'ingresso.

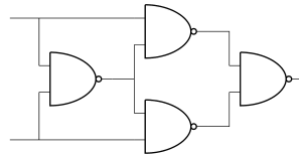


Figure 7: Schema del circuito XOR.

I_1	I_2	O
1	0	1
1	1	0
0	1	1
0	0	0

Table 4: Tabella di verità del circuito XOR.

xor1.png	xor2.png
----------	----------

Figure 8: Schermate dell'oscilloscopio, in canale 1 c'è l'output e in canale 2 l'input.

Circuito sommatore a un bit Il circuito sommatore a un bit in figura 9 è stato montato aggiungendo al circuito XOR un NOT che preleva il segnale in uscita dal NOT tra i due segnali in ingresso e fornisce l'uscita R. Anche in questo caso abbiamo scritto la tabella di verità (tabella 5) e visualizzato l'output con l'oscilloscopio (figura 10). Abbiamo eseguito il trigger sull'uscita R e i risultati sono in accordo con quanto atteso.

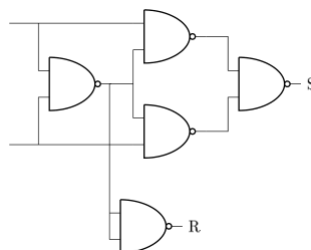


Figure 9: Schema del circuito sommatore a un bit.

$R_i[\Omega]$	$\Delta R_i[\Omega]$	$t[\mu s]$	$\Delta t[\mu s]$
327	3	25.8	0.2
470	4	41.6	0.2
669	5	69.2	0.6
824	7	82	1
984	8	102	1
1183	9	118	1
1454	11	140	1

Table 6: Presa dati per verificare la linearità fra R e t .

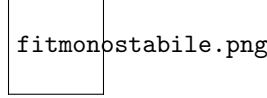


Figure 12: Grafico di t in funzione di R_1 e fit lineare.

uscita $T = 202 \pm 1 \mu s$ e $t = 128 \pm 1 \mu s$, dunque abbiamo *duty cycle* pari a $63.4 \pm 0.6\%$. In questo circuito tutte le porte NAND sono usate in configurazione NOT, quindi se l'ingresso di NAND5 è alto, l'uscita di NAND6 è alta e quella di NAND7 è bassa, quindi il condensatore si carica attraverso la resistenza come u un circuito RC in cui il generatore è NAND7 che mantiene una differenza di potenziale tra i suoi estremi. LA situazione asintotica si equilibrio si raggiungerebbe quando la corrente attraverso R_2 è nulla dunque la tensione $V_{C,2}$ è nulla. Tuttavia la caduta esponenziale della tensione $V_{C,2}$ avviene fino al valore di commutazione $V_{IH} = 1.48 \pm 0.04 V$. A questo valore $V_{C,2}$ ha un brusco cambiamento fino a $-1.16 V$ e l'uscita del NAND7 diventa alta, infatti nuovamente la carica sul condensatore si conserva e se l'uscita di NAND6 deve essere bassa allora $V_{C,2}$ deve diventare negativa. Si può immaginare che nel circuito RC equivalente sia istantaneamente invertita la polarità del generatore. Il condensatore si carica e $V_{C,2}$ aumenta fino al valore $1.44 \pm 0.04 V$ quando si ha un altro brusco cambiamento di $V_{C,2}$ e il ciclo si ripete. L'elemento NAND8 serve a rendere il segnale descritto un'onda quadra.

Come per il circuito multivibratore monostabile abbiamo variato il valore della resistenza per verificare la dipendenza lineare tra R_2 e il periodo in uscita T, quindi abbiamo eseguito un *fit* lineare propagando l'errore sia sulle ascisse che sulle ordinate, figura 14 e ottenuto $a = 0.195 \pm 0.003 \mu s/\Omega$, $b = 10 \pm 3 \mu s$ e $\chi^2/ndof = 5.73/4$.

$R_i[\Omega]$	$\Delta R_i[\Omega]$	$T[\mu s]$	$\Delta T[\mu s]$
669	5	141	1
824	7	170	1
989	8	202	1
1183	9	243	1
1454	11	298	2
1788	14	354	2
2130	17	446	3

Table 7: Presa dati per verificare la linearità fra R e T .

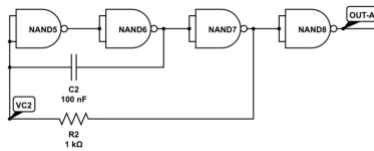


Figure 13: Schema del circuito multivibratore astabile.

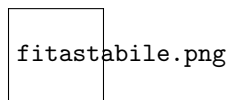


Figure 14: Grafico di T in funzione di R_2 e fit lineare.

6 Generatore di onda quadra

Il multivibratore astabile è stato collegato al monostabile tramite un derivatore, in modo da ottenere il generatore di onda quadra in figura 15. Si sono usati gli stessi componenti dei circuiti precedenti come R_1 , R_2 , C_1 e C_2 e si sono misurate $R_3 = 989 \pm 8 \Omega$ e $C_3 = 10.2 \pm 0.4 \text{ nF}$. Da un'analisi qualitativa del circuito si suppone che il periodo dell'onda all'uscita del monostabile dipenda solo dalla costante tempo $\tau_2 = C_2 R_2$ e che la durata dell'impulso t dipenda solo dalla costante $\tau_1 = C_1 R_1$. Per verificare questa ipotesi abbiamo cambiato R_1 e R_2 in modo alternato, i dati sono visibili in tabella 8. Come atteso, cambiando il valore della sola R_1 non si hanno variazioni significative del periodo; viceversa, modificando solo il valore di R_2 la durata dell'impulso non cambia. Infine abbiamo stimato i valori delle resistenze per ottenere $T = 100 \mu\text{s}$ e *duty cycle* pari al 30%, sfruttando le relazioni lineari ottenute dai *fit*: $R_1 \simeq$ e $R_2 \simeq$. L'ultima misura presente in tabella 8 si riferisce a questa parte e il *duty cycle* relativo risulta pari al TOT

outM
inM

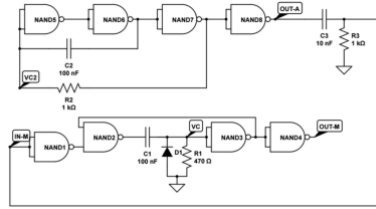


Figure 15: Schema del generatore di onda quadra.

$R_{1i}[\Omega]$	$\Delta R_{1i}[\Omega]$	$R_{2i}[\Omega]$	$\Delta R_{2i}[\Omega]$	$T[\mu\text{s}]$	$\Delta T[\mu\text{s}]$	$t[\mu\text{s}]$	$\Delta t[\mu\text{s}]$
470	3	1454	11	290	2	46.6	0.2
385	3	1454	11	290	2	36.0	0.2
385	3	1183	9	238	1	35.8	0.2
218	2	1183	9	238	1	16.3	0.1
218	2	824	7	171	1	16.3	0.1
385	3	669	5	142	1	34.6	0.2
385	3	469	3	108	1	32.8	0.2

Table 8: Presa dati per verificare la dipendenza della forma d'onda in uscita dalle resistenze.