

Cognome

Nome

Matricola

### ESERCIZIO N°1

6 punti

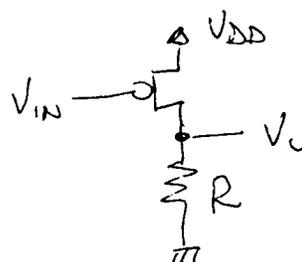
Sintetizzare in forma SP ottima (per ogni singola variabile) un encoder binario a 4 linee di ingresso,  $x_3, x_2, x_1$  e  $x_0$  e 3 di uscita,  $y_1, y_0$  e  $z$ . L'uscita  $z$  vale 1 se e solo se almeno uno degli ingressi vale 1, mentre le altre due linee,  $y_1$  e  $y_0$ , nel caso in cui  $z = 1$  indicano in binario quale è la linea di ingresso attiva di ordine più elevato, nel caso in cui  $z = 0$  sono invece nulle.

### ESERCIZIO N°2

6 punti

Determinare il valore in base 16 dei registri SP, PC e R16 al termine del seguente segmento di programma assembly:

```
.org 0x100
    LDI R26, 0xCE
    LDI R27, 0x01
    OUT SPL, R26
    OUT SPH, R27
    PUSH R26
    LD R16, X
    ASR R16
```



### ESERCIZIO N°3

6 punti

Progettare con il minimo numero di flip-flop una macchina sequenziale con un ingresso e una uscita secondo il modello di Moore, in grado di generare un'onda quadra di periodo  $2T$  se la variabile di ingresso è 1 oppure  $4T$  altrimenti. Il periodo corrente della forma d'onda deve essere sempre completato correttamente e la variabile di ingresso è osservata soltanto all'inizio di ogni periodo.

### ESERCIZIO N°4

7 punti

Nell'invertitore sopra rappresentato determinare  $V_U$  quando  $V_{IN} = 0$ . Si sa che  $V_{DD} = 5\text{ V}$ ;  $V_{Tp} \Rightarrow 1\text{ V}$ ;  $K_p = -2\text{ mA/V}^2$ ;  $R = 1\text{ k}\Omega$ . Determinare il valore limite di  $R$  per cui il transistor PMOS, nelle condizioni precedenti, è nella regione triodo.

### ESERCIZIO N°5

8 punti

Scrivere un programma per il microcontrollore AVR90S8515 che generi in uscita al pin B0 un'onda quadra la cui frequenza sia controllata da un pulsante collegato tra il pin B7 e massa. Quando il pulsante viene premuto, la frequenza di uscita (il cui valore assoluto è a scelta dello studente) deve raddoppiare.

①

L'uscita  $z$  è la OR dei quattro ingressi  
Le altre due uscite possono essere sintetizzate a partire dalle  
seguenti mappe

| $x_1 x_0 \backslash x_3 x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|------------------------------|----|----|----|----|
| 00                           | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 01                           | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 11                           | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 10                           | 0  | 1  | 1  | 1  |

$$y_1 = x_2 + x_3$$

$$z = x_1 + x_2 + x_3 + x_0$$

| $x_1 x_0 \backslash x_3 x_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|------------------------------|----|----|----|----|
| 00                           | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 01                           | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 11                           | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 10                           | 1  | 0  | 1  | 1  |

$$y_0 = x_3 + x_1 \bar{x}_2$$

②

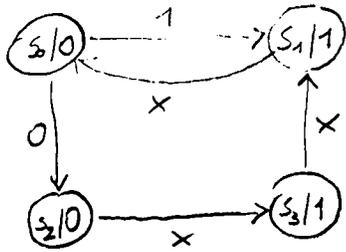
|               | PC   | SP   | R16 | (a fine istz.) |
|---------------|------|------|-----|----------------|
| LDI R26, 0xCE | 0101 | XXXX | XX  |                |
| LDI R27, 0x01 | 0102 | XXXX | XX  |                |
| OUT SPL, R26  | 0103 | XXCE | XX  |                |
| OUT SPH, R27  | 0104 | 01CE | XX  |                |
| PUSH R26      | 0105 | 01CD | XX  |                |
| LD R16, X     | 0106 | 01CD | CE  |                |
| ASR R16       | 0107 | 01CD | E7  |                |

note: il puntatore X è l'indirizzo di R27: R26

in binario 0xCE = 1100 1110  
dopo ASR 0xE7 = 1110 0111

3

grafo di flusso "ottimizzato"



Servono 2 FF

Codifica stato e uscite

|       | $q_1$ | $q_0$ | $u$ |
|-------|-------|-------|-----|
| $s_0$ | 0     | 0     | 0   |
| $s_1$ | 0     | 1     | 1   |
| $s_2$ | 1     | 0     | 0   |
| $s_3$ | 1     | 1     | 1   |

Rete per lo stato futuro e per l'uscita

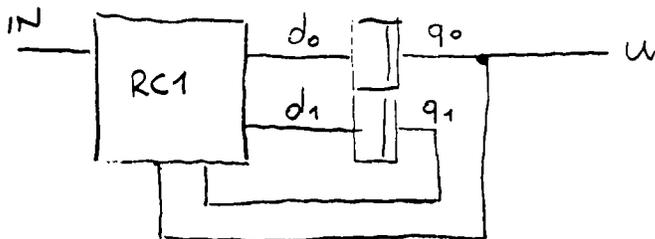
| IN | $q_1 q_0$ |    |    |    |
|----|-----------|----|----|----|
|    | 00        | 01 | 11 | 10 |
| 0  | 1         | 0  | 0  | 1  |
| 1  | 0         | 0  | 0  | 1  |

| IN | $q_1 q_0$ |    |    |    |
|----|-----------|----|----|----|
|    | 00        | 01 | 11 | 10 |
| 0  | 0         | 0  | 1  | 1  |
| 1  | 1         | 0  | 1  | 1  |

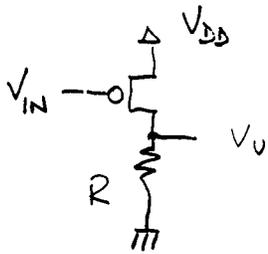
$$d_1 = q_1 \bar{q}_0 + \bar{1N} \bar{q}_0$$

$$d_0 = q_1 + 1N \bar{q}_0$$

$$u = q_0$$



4



Partiamo dall'analisi delle condizioni limite tra saturazione e zona triodo ( $R$  incognita)

Si ha:  $V_{GS} = V_{IN} - V_O = V_{TP}$  da cui  $V_O = 1V$

La corrente corrispondente è

$$I_{SD} = -\frac{K_P}{2} (V_{GS} - V_{TP})^2 = 16 \text{ mA}$$

Da cui, al limite,  $R = 62,5 \Omega$

Nel caso in cui  $R = 1 \text{ k}\Omega$ , il valore dell'uscita sarà senz'altro maggiore di  $1V$  e il PMOS sarà in zona triodo

$$\begin{cases} I_{SD} = -\frac{K_P}{2} (V_O - V_{DD}) (2V_{IN} - V_{DD} - V_O - 2V_{TP}) \\ V_O = R I_{SD} = x \end{cases}$$

$$x = -(x-5)(x+3) \quad ; \quad x^2 - x - 15 = 0$$

$$x = \frac{1 \pm \sqrt{61}}{2} = 4.405 \text{ V} \quad (\text{unica soluz. accet.})$$

5

```
LDI R16, 0b01111111 ; B0 in uscita e B7 ingresso
OUT DDRB, R16
COM R16
OUT PORTB, R16 ; pull-up su B7
```

loop:

```
SBIC PINB, 7 ; se premuto 2fv (1/2)
RJMP FR ; (2)
SBI PORTB, 0
D1 ; segmento di codice (d1)
CBI PORTB, 0
D2
RJMP loop
```

f2:

```
SBI PORTB, 0
D3
CBI PORTB, 0
D4
RJMP loop
```

I segmenti di codice D1, D2, D3 e D4 possono essere realizzati con NOP e devono soddisfare i seguenti requisiti

$$\begin{cases} d_1 + 2 = d_2 + 6 \\ d_3 + 2 = d_4 + 7 \\ d_3 + 2 = 2(d_1 + 2) \end{cases}$$

Una possibile soluzione è

$$d_4 = 5 ; d_3 = 10$$

$$d_1 = 4 ; d_2 = \emptyset$$