

Non è ammessa la consultazione degli appunti e dei compiti precedenti. Si possono consultare i data sheet, anche su PC. Per lo svolgimento dei calcoli è possibile usare, oltre alla solita calcolatrice, anche il PC con applicativi numerici (es.: Matlab, Excel, ...). Non usare il colore rosso. Firmare e numerare ogni pagina (n/N).

ESERCIZIO N°1

8 punti

Realizzare un sottoprogramma per il microcontrollore AVR XMEGA256A3BU che valuta il volume di un parallelepipedo i cui lati hanno lunghezze espresse da valori interi rappresentati su 1 byte contenuti in memoria agli indirizzi consecutivi 0x2100, 0x2101 e 0x2102. Il risultato, rappresentabile su 3 byte, deve essere lasciato in memoria al posto delle misure dei 3 lati (in 0x2100 il byte meno significativo).

ESERCIZIO N°2

6 punti

Lo studente converta in M^2 in base 3 e usi la successione delle cifre a partire da quella meno significativa per costruire la tabella di verità (per il valore 2 si metta un don't care) di una funzione combinatoria delle 4 variabili di ingresso x_3, x_2, x_1, x_0 . Realizzare la funzione in forma ottima, scegliendo la migliore da PS e SP. Indicare i sottocubi essenziali motivando la scelta. [la conversione viene data durante il compito]

ESERCIZIO N°3

6 punti

Realizzare la precedente funzione combinatoria usando un solo multiplexer 8:1 e un invertitore.

ESERCIZIO N°4

6 punti

Realizzare una macchina sequenziale sincrona secondo il modello di Mealy sincrona con 1 ingresso e 1 uscita che viene posta a 1 (dopo il clock) ogni volta che in ingresso si hanno 3 commutazioni consecutive (anche interallacciate).

ESERCIZIO N°5

7 punti

Determinare la corrente di uscita I_U di una porta NOR CMOS che pilota il catodo di un diodo LED ideale $\{V_{Don} = (2 - M/10^6) \text{ V costante, anodo a } V_{DD}\}$, alimentata con $V_{DD} = 5 \text{ V}$, con tensioni di ingresso $V_{IN1} = 1 \text{ V}$ e $V_{IN2} = 2 \text{ V}$ ($V_{Tn} = -V_{Tp} = 1 \text{ V}$; $K_n = -K_p = 2 \text{ mA/V}^2$). Scambiando tra loro i due ingressi, si modifica il valore della corrente?

①

volume:

```
PUSH R0
PUSH R1
PUSH R16
PUSH R17
PUSH R18
PUSH R20
PUSH R21
PUSH R22
CLR R22

LDS R16, 0x2100
LDS R17, 0x2101
MUL R16, R17
MOVW R17:R16, R1:R0 // salva il prodotto parziale
LDS R18, 0x2102
MUL R18, R16
MOVW R21:R20, R1:R0 // primo pezzo del risultato
MUL R18, R17
ADD R21, R0
ADC R22, R1 // risultato in R22:R21:R20

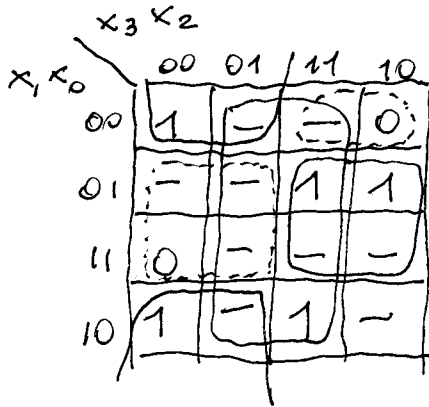
STS R20, 0x2100
STS R21, 0x2101
STS R22, 0x2102

POP R22
POP R21
POP R20
POP R18
POP R17
POP R16
POP R1
POP R0
RET
```

② Prendiamo una matrice e caso $M = 578182$

Tabelle di verità: 1 - 1 0 - - - - 0 1 - - - 1 1 -

Mappe di Karnaugh



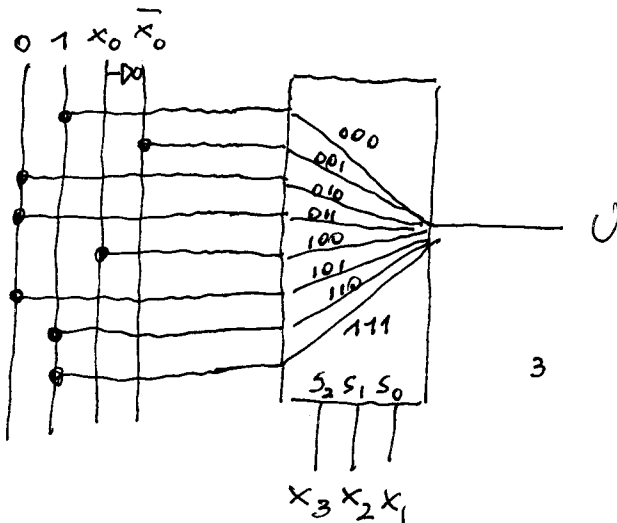
SP: 5 lettere
ness. essenziale

PS: 5 lettere
ness. essenziale

Scelgo SP (sintesi ottima NON unica)

$$U = x_2 + \bar{x}_3 \bar{x}_0 + x_3 x_0$$

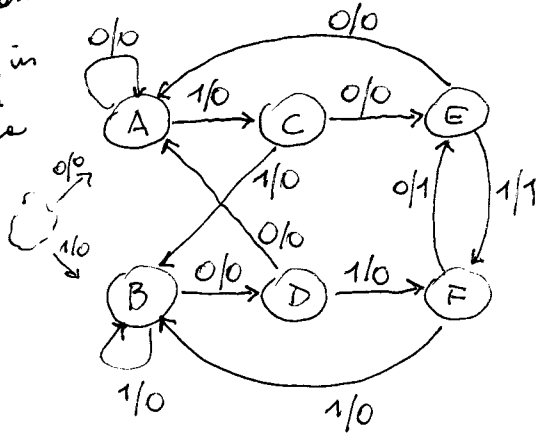
③ Scelgo $x_3 x_2 x_1$ come variabili di selezione
Per i pari è $x_0 = \emptyset$, i dispari nella tabella hanno $x_0 = 1$



(Uso esuberante
i don't care)

④ 3 countazioni consecutive

posso tranciare
lo stato
iniziale, in
cui non
si torce
più



codifica

A	0	0	0
C	0	0	1
E	0	1	1
F	1	0	0
D	1	1	0
B	1	1	1
	Q_2	Q_1	Q_0

Mappe transizioni e uscita

		Q_1, Q_0			
		00	01	11	10
Q_2	IN	000/0	011/0	000/0	-
	0	001/0	111/0	100/1	-
1	1	111/0	-	111/0	100/0
	0 <td>011/1</td> <td>-</td> <td>011/0</td> <td>000/0</td>	011/1	-	011/0	000/0

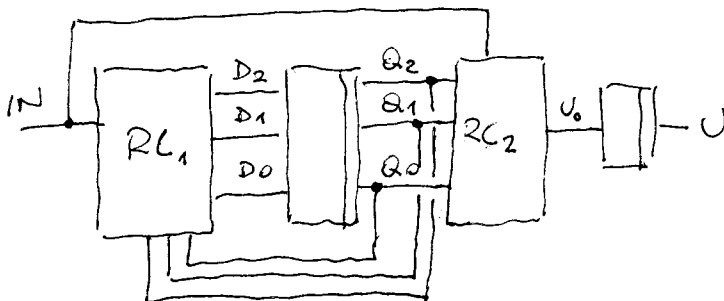
$$D_2 = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & - \\ 0 & 1 & 1 & - \\ 1 & - & 1 & 1 \\ 0 & - & 0 & 0 \end{matrix} = \overline{IN}Q_0 + \overline{IN}Q_2$$

$$D_1 = \begin{matrix} 0 & 1 & 0 & - \\ 0 & 1 & 0 & - \\ 1 & - & 1 & 0 \\ 1 & - & 1 & 0 \end{matrix} = \overline{Q_1}Q_0 + Q_2\overline{Q_1} + Q_2Q_0$$

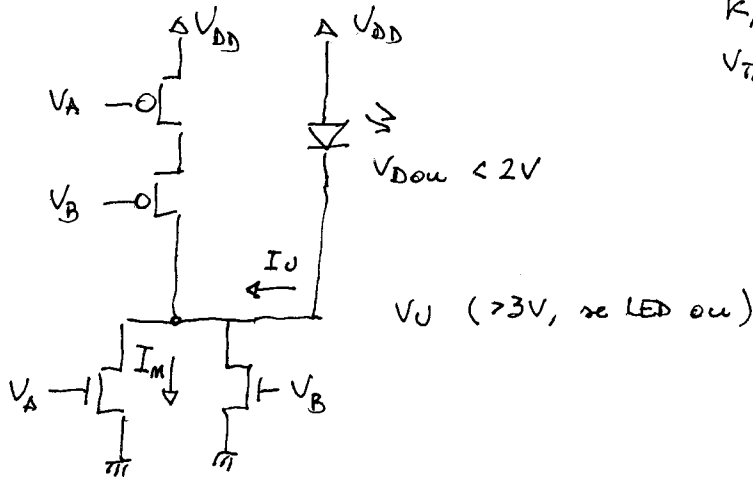
$$D_0 = \begin{matrix} 0 & 1 & 0 & - \\ 1 & 1 & 0 & - \\ 1 & - & 1 & 0 \\ 1 & - & 1 & 0 \end{matrix} = (D_1) + \overline{IN}Q_1$$

$$U_0 = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & - \\ 0 & 0 & 1 & - \\ 0 & - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 & 0 \end{matrix} = \overline{IN}\overline{Q_2}Q_1 + \overline{IN}Q_2\overline{Q_1}$$

ARCHITETTURA



5



$$K_M = -K_P = 2 \text{ mA/V}^2$$

$$V_{TM} = -V_{TP} = 1 \text{ V}$$

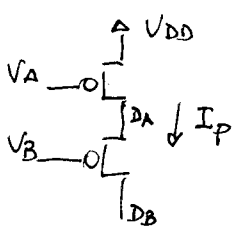
L' nMOS con $V_G = 1 \text{ V}$ è al limite di conduzione e ha $I_{DS} = \phi$
 L' nMOS con $V_G = 2 \text{ V}$ è acceso SATURO, perché la V_U non può scendere sotto $(V_{DD} - V_{Dou})$

Quindi, in ogni caso, la corrente verso massa veicolata dall' nMOS saturo è

$$I_M = \frac{K_M}{2} (V_G - V_{TM})^2 = 1 \text{ mA}$$

Esaminiamo: 2 pMOS, nei 2 casi. (Devono comunque essere in TRIODO essendo $V_U > 3 \text{ V}$)

caso 1



$$V_A = 1 \text{ V}$$

$$V_B = 2 \text{ V}$$

hp: led spento
 $I_P = I_M$

$$-\frac{K_P}{2} (V_{DA} - V_{DD}) (V_A - V_{DD} + V_A - V_{DA} - 2V_{TP}) = I_M$$

$$(x - 5)(-1 - x) = 1$$

$$x^2 - 4x - 4 = 0 \quad x = 2 + \sqrt{8} = 4,828 \quad (\text{e' altra } \bar{x} \text{ neg})$$

$$-\frac{K_P}{2} (V_{DB} - V_{DA}) (V_B - V_{DA} + V_B - V_{DB} - 2V_{TP}) = I_M$$

$$(y - x)(6 - x - y) = 1$$

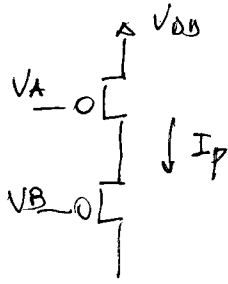
$$y^2 - 6y + 1 + x(6 - x) = 0$$

$$\text{HP OK} \quad I_U = \phi$$

$$y = 3 + \sqrt{8 - x(6 - x)} = 4,531$$

(l'altra è minore di 3)

caso
②



$$V_A = 2V$$
$$V_B = 1V$$

hp: led spento
(Quindi anche in
questo caso $I_p = I_n$
e $I_0 = \emptyset$)

La prima equazione ora dà

$$(x-5)(1-x) = 1$$

$$x^2 - 6x + 6 = 0$$

$$x = 3 + \sqrt{3} = 4,732 \quad (\text{e' altra } \bar{x} < 3)$$

La seconda

$$(y-x)(4-x-y) = 1$$

$$y^2 - 4y + 1 + x(4-x) = 0$$

$$y = 2 + \sqrt{3 - x(4-x)} = 4,542$$

hp OK

La situazione NON è identica, ma in entrambi i
casi il LED è spento (la V_0 viene $> 4,5V$) e $I_0 = \emptyset$.

In alternativa si poteva ipotizzare il diodo
in conduzione e far vedere che dai 2 pncps (in triodo)
passerebbe troppe corrente, anche assumendo $V_A = V_B = 2V$

(sicuramente con un di due
inzerzi a 1V la corrente è
ancora maggiore)