

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

9 punti

Realizzare un sottoprogramma per il microcontrollore AVR XMEGA256A3BU che prende i byte contenuti nelle locazioni di memoria comprese tra gli indirizzi 0x2000 e 0x20FF compresi gli estremi, e li riscrive in ordine inverso nello stesso spazio di memoria.

### ESERCIZIO N°2

6 punti

Realizzare in forma ottima, scegliendo la migliore da PS e SP, una rete combinatoria a 4 ingressi ( $x_3, x_2, x_1, x_0$ ) che rappresentano la codifica BCD di una cifra decimale e una uscita costituita dallo stato di accensione di un segmento  $a-g$  di un display 7seg. La lettera che indica il segmento deve essere la prima accettabile che si trova nella stringa del proprio nome&cognome. Nel caso che non ci sia nessuna lettera valida, assumere  $g$ .

### ESERCIZIO N°3

6 punti

Realizzare la precedente funzione combinatoria usando, al massimo, 5 multiplexer 2:1 e un invertitore.

### ESERCIZIO N°4

6 punti

Valutare il contenuto di SP (valore iniziale 0x5FFF), PC, R16 e Z durante l'esecuzione (a partire da PC nullo) delle seguenti istruzioni poste all'inizio della memoria di programma:

```
LDI R16, 0xDD
PUSH R16
ASR R16
MOV R31, R16
CLR R30
POP ZL
```

### ESERCIZIO N°5

6 punti

Determinare la corrente di uscita  $I_U$  di una porta NOT CMOS che pilota l'anodo di un diodo LED ideale  $\{V_{Don} = (3 - M/876000) \text{ V costante, catodo a } Gnd\}$ , alimentata con  $V_{DD} = 6 \text{ V}$ , con tensione di ingresso  $V_{IN1} = 5 \text{ V}$  e  $V_{IN2} = 2 \text{ V}$  ( $V_{Tn} = -V_{Tp} = 1 \text{ V}$ ;  $K_n = -K_p = 2 \text{ mA/V}^2$ ).

①

scambia: PUSH XL  
 PUSH XH  
 PUSH YL  
 PUSH YH  
 PUSH R16  
 PUSH R17  
 PUSH R18

LDI R16, 128 // contatore  
 LDI XL, low (0x2000) // puntatori  
 LDI XH, high (0x2000)  
 LDI YL, low (0x2100)  
 LDI YH, high (0x2100)

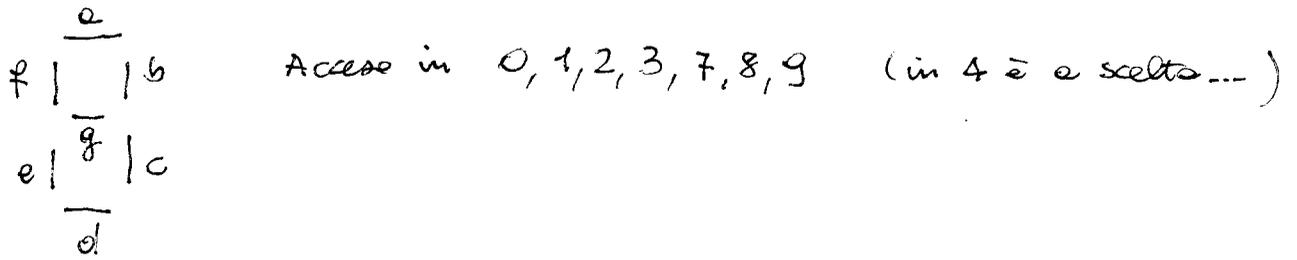
loop: LD R17, X // scambia cima e fondo  
 LD R18, -Y  
 ST X+, R18  
 ST Y, R17  
 DEC R16  
 BRNE loop  
 POP R18  
 POP R17  
 POP R16  
 POP YH  
 POP YL  
 POP XH  
 POP XL  
 RET

④

istruzione	PC	SP	R16	Z=[R31:R30]
LDI R16, 0xDD	1	0x5FFF	0xDD	0x----
PUSH R16	2	0x5FFE	0xDD	0x----
ASR R16	3	0x5FFE	0xEE	0x----
MOV R31, R16	4	0x5FFE	0xEE	0xEE--
CLR R30	5	0x5FFE	0xEE	0xEE00
POP ZL	6	0x5FFF	0xEE	0xEEDD

↑  
 {recuperato dallo stack}

② Considero le seguenti "b" (ROBERTO)



Mappe

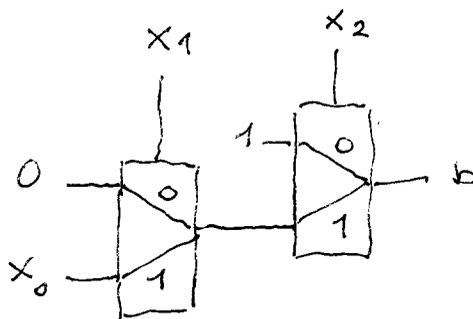
	$x_3 x_2$			
$x_1 x_0$	00	01	11	10
00	1	0	-	1
01	1	0	-	1
11	1	1	-	-
10	1	0	-	-

SP:  $\bar{x}_2 + x_1 x_0$       3 letterali

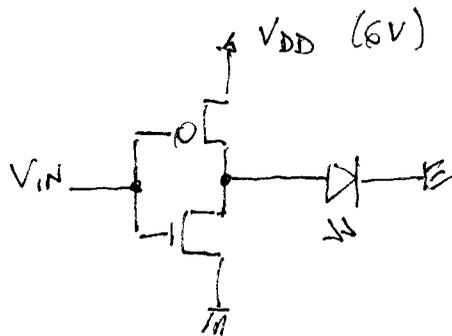
PS:  $(\bar{x}_2 + x_1)(\bar{x}_2 + x_0)$       4 letterali

La migliore è la SP

③ Realizzazione con MUX



5



$$V_{LED_{on}} = (3 - \epsilon)V \quad (0 < \epsilon < 1V)$$

Caso 1:  $V_{IN} = 5V$

hp: LED spento;  $V_U < V_{LED_{on}}$

nMOS triodo  
pMOS limite OFF/Sat con  $I_{Dsp} = 0$

$$V_U = 0 \quad \underline{OK}$$

Caso 2:  $V_{IN} = 2V$

hp: LED acceso;  $V_U = V_{LED_{on}}$

nMOS saturo ( $V_{GS} < V_{TH}$ )  
pMOS saturo ( $V_{GS} > V_{TP}$ )

Verifica e calcolo corrente di uscita

$$\begin{aligned} I_{LED} &= -\frac{K_P}{2} (V_{IN} - V_{DD} - V_{TP})^2 - \frac{K_M}{2} (V_{IN} - V_{TH})^2 = \\ &= (9 - 1) = 8 \text{ mA} \geq \phi \quad \underline{OK} \end{aligned}$$