

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 nello svolgimento.

### ESERCIZIO N°1

5 punti

Rappresentare in C2 con notazione frazionale [10.6] il valore  $-256 M/700000$  valutando eventuali situazioni di non rappresentabilità e l'eventuale errore commesso ( $x_r - x$ ). Esprimere il valore dell'errore con 4 cifre significative.

### ESERCIZIO N°2

8 punti

Realizzare un sottoprogramma per il microcontrollore AVR XMEGA256A3BU che valuta il prodotto scalare tra i 2 vettori da 64 componenti costituiti da valori a 8 bit, con segno, collocati in memoria a partire dalle locazioni di indirizzo 0x2200 e 0x2300 rispettivamente. Il risultato, rappresentato in C2 su un numero adeguato di byte (il minimo per garantire la rappresentabilità in ogni caso, da specificare), dovrà essere collocato in memoria in locazioni successive a partire (LSB) da 0x2400.

### ESERCIZIO N°3

5 punti

Disegnare lo schema logico di un registro universale a 8 bit, con un selettore costituito da 3 linee di controllo  $S_2, S_1, S_0$ , 8 uscite  $Q_i$  ( $i = 0..7$ ), una uscita (verso il carry)  $C_{out}$ , 8 ingressi  $D_i$  ( $i = 0..7$ ), e un ingresso  $C_{in}$  (proveniente dal carry) in grado di implementare le seguenti funzioni (analoghe a quelle svolte dai registri del microcontrollore XMEGA256A3BU) corrispondenti al valore del selettore  $S$ : 0 COM, 1 ROL, 2 ROR, 3 LSR, 4 ASR, 5 LD (external parallel input), 6 CLR, 7 no change.

### ESERCIZIO N°4

5 punti

Lo studente converta in  $7249M^2$  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 5 variabili di ingresso  $x_4, x_3, x_2, x_1, x_0$ . Sintetizzare la funzione in forma ottima (minimo numero di letterali, scegliendo la migliore tra SP e PS), indicando in modo esplicito e motivato quali sono gli implicati essenziali (non è richiesto il disegno dello schema logico, ma solo l'espressione della forma ottima).

### ESERCIZIO N°5

5 punti

Lo studente realizzi la funzione dell'esercizio precedente esclusivamente con un multiplexer 16:1 e invertitori.

### ESERCIZIO N°6

5 punti

Determinare il grafo secondo Mealy (sincronizzata) di un riconoscitore per le sequenze non interallacciate costituite dai 4 bit delle diverse cifre decimali della propria matricola (a partire dal bit meno significativo, per esempio 5 corrisponde alla sequenza 1010).

Determinare il numero minimo di D-FF necessari per la sintesi completa della rete e disegnare l'architettura (la sintesi completa delle reti non è richiesta).

① Con  $M = 543456$  il valore da rappresentare è negativo e sicuramente minore di 256.

La rappresentazione richiesta si ottiene quindi valutando il valore e arrotondando l'espressione

$$x = -256 \frac{M}{700000} \quad x[10.6] = \text{round}[64(x + 1024)]$$

Rappresentazione (hex CE50)

1100111001010000

Errore  $-3,771 \times 10^{-4}$  ( $\hat{x} - x$ )

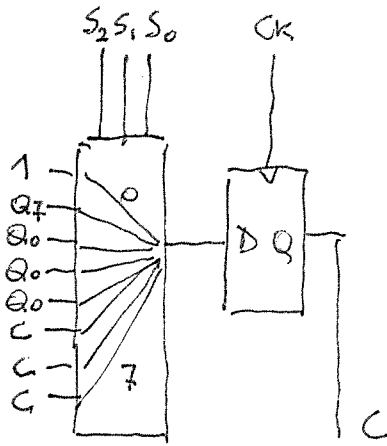
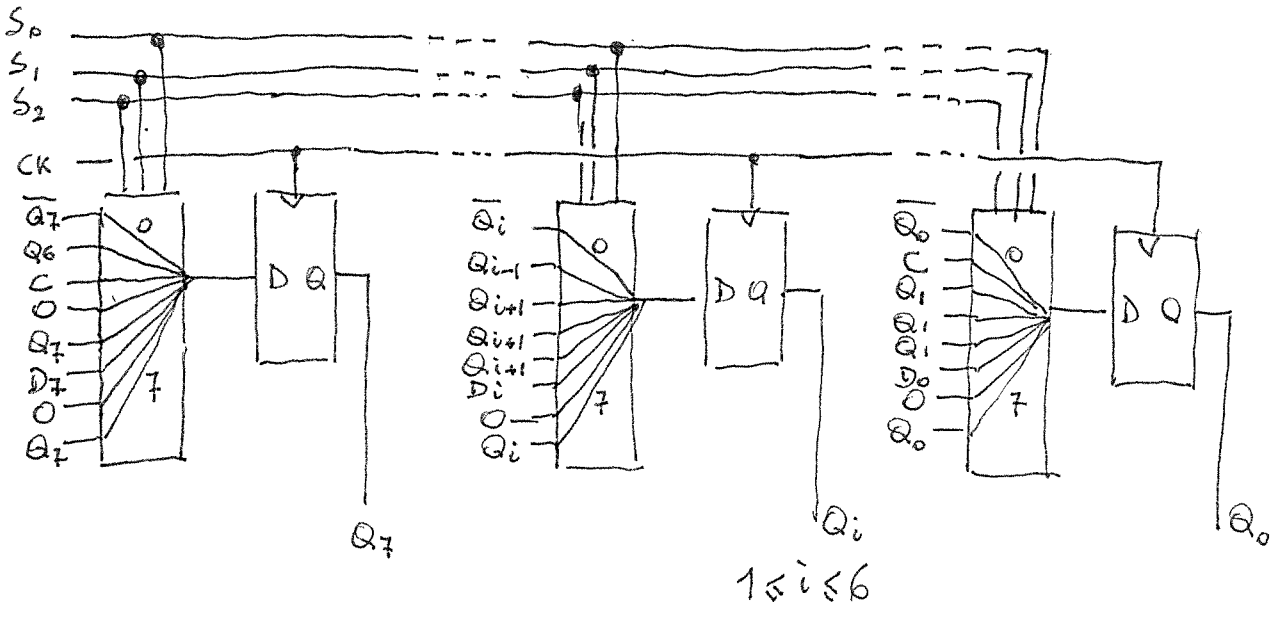
## 2

Realizzare un sottoprogramma per il microcontrollore AVR XMEGA256A3BU che valuta il prodotto scalare tra i 2 vettori da 64 componenti costituiti da valori a 8 bit, con segno, collocati in memoria a partire dalle locazioni di indirizzo 0x2200 e 0x2300 rispettivamente. Il risultato, rappresentato in C2 su un numero adeguato di byte (il minimo per garantire la rappresentabilità in ogni caso, da specificare), dovrà essere collocato in memoria in locazioni successive a partire (LSB) da 0x2400.

```
;il risultato ha un range che va da -64*128*127 a 64*128*128 (compresi gli estremi)  
;per rappresentarlo sono sufficienti 3 byte in C2 [-2^23;2^23-1]
```

```
;  
scalare:  
    push R0  
    push R1 ;per il prodotto  
    push R16 ;contatore  
    push R17 ;appoggio per componente x  
    push R18 ;appoggio per componente y  
    push R19 ;per estendere il risultato su 3 byte  
    push R20  
    push R21  
    push R22 ;per accumulare il risultato  
    push XL  
    push XH  
    push YL  
    push YH  
    clr R20  
    clr R21  
    clr R22  
    ldi R16,64  
    ldi XL,low(0x2200)  
    ldi XH,high(0x2200)  
    ldi YL,low(0x2300)  
    ldi YH,high(0x2300)  
loop:  
    ld R17,X+  
    ld R18,Y+  
    muls R17,R18 ;in C il segno  
    sbc R19,R19 ; fa 0 se positivo oppure 0xFF se negativo  
    add R20,R0  
    adc R21,R1  
    adc R22,R19  
    dec R16  
    brne loop  
    sts 0x2400,R20  
    sts 0x2401,R21  
    sts 0x2402,R22  
    pop YH  
    pop YL  
    pop XH  
    pop XL  
    pop R22  
    pop R21  
    pop R20  
    pop R19  
    pop R18  
    pop R17  
    pop R16  
    pop R1  
    pop R0  
    ret
```

3



per le nuove versioni di C  
vedi DATASHEET ASSEMBLY

④ U<sub>80</sub>  $\pi = 543456$  (a case)

Tabelle di verità (dal valore  $\phi$ ; diviso in quartetti per comodità)

0000, 0010, 1012, 2002, 2122, 2011, 2021, 0110

Mappe di Karnaugh

SP

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

$A \quad x_4 = 0$

$B$			
00	01	11	10
-	-	0	-
1*	0	1*	0
-	1*	0	1
-	1	1*	-

$A \quad x_4 = 1$

Essenziali con  
e' escluso nel  
minitermine coperto  
in esclusiva  
(sosp 5)

Restano fuori 3  
minitermini, che posso  
coprire con 2 implicati  
di ordine 2.

Tot 24 letterali

$$4+3+5+3+3+3+3$$

PS

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

$C \quad x_4 = 0$

$B$			
00	01	11	10
-	-	0	-
1	0*	1	0
-	1	0*	1
-	1	1	-

$C \quad x_4 = 1$

4 essenziali

Restano fuori 4  
maxtermini, che  
posso coprire con 3  
implicati, 2 di ordine 2  
e 1 di ordine 1

Tot 22 letterali

$$2+3+3+4+3+3+4$$

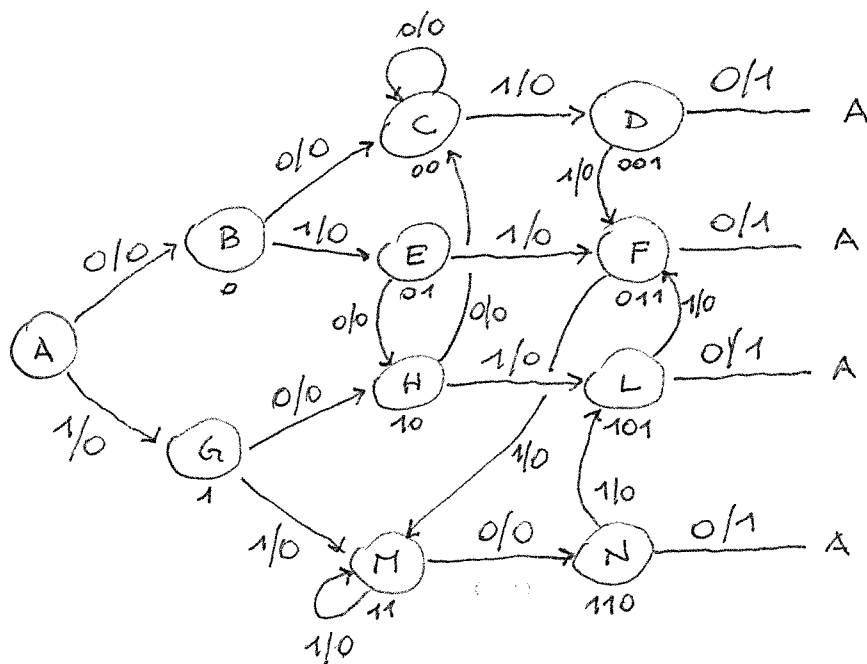
Forma SP

$$U = (x_4 + \bar{x}_0) (x_4 + \bar{x}_3 + \bar{x}_2) + (x_3 + \bar{x}_2 + x_1) (\bar{x}_3 + \bar{x}_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0) \cdot \\ \cdot (x_4 + x_3 + x_2) (\bar{x}_4 + x_1 + x_0) + (\bar{x}_4 + \bar{x}_3 + x_2 + x_1)$$



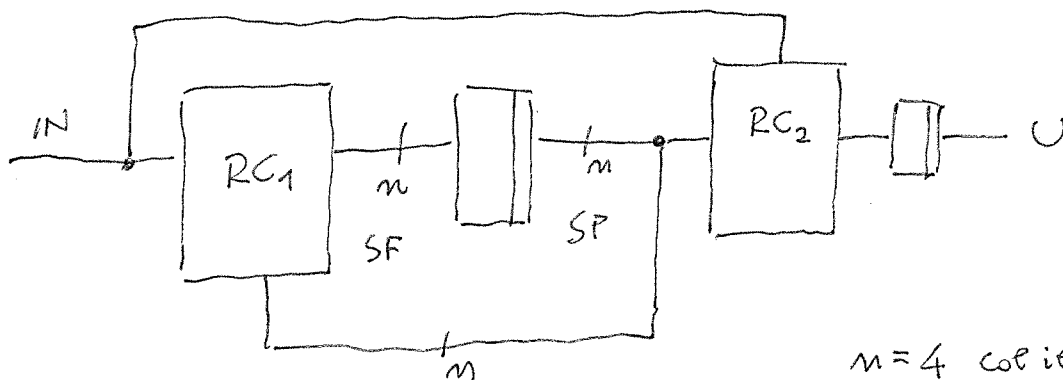
6) Usiamo ancora  $M = 543456$ .  
 Le cifre da riconoscere sono

1 0 1 0	5
0 0 1 0	4
1 1 0 0	3
0 1 1 0	6



Per minimizzare i D-F (con il grafico proposto sono 4) occorre svolgere l'analisi delle equivalenze

Architettura (Mealy Sync)



$n=4$  col il grafico pres.  
 (e anche eliminando i 2 stati equivalenti)

Numero D-F:  $4+1=5$

# Analisi di equivalenza

B	$B_0 C_0$ $\times$ $G_0 E_0$										
C	$B_0 C_0$ $\times$ $G_0 D_0$	$C_0 C_0$ $\times$ $E_0 D_0$									
D	$B_0 A_1$ $\times$ $G_0 F_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $E_0 F_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $D_0 F_0$								
E	$B_0 H_0$ $\times$ $G_0 F_0$	$C_0 H_0$ $\times$ $E_0 F_0$	$C_0 H_0$ $\times$ $D_0 F_0$	$A_1 H_0$ $\times$ $F_0 F_0$							
F	$B_0 A_1$ $\times$ $G_0 M_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $E_0 M_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $D_0 M_0$	$A_1 A_1$ $\times$ $F_0 M_0$	$H_0 A_1$ $\times$ $F_0 M_0$						
G	$B_0 H_0$ $\times$ $G_0 M_0$	$C_0 H_0$ $\times$ $E_0 M_0$	$C_0 H_0$ $\times$ $D_0 M_0$	$A_1 H_0$ $\times$ $F_0 M_0$	$H_0 H_0$ $\times$ $F_0 M_0$	$A_1 H_0$ $\times$ $M_0 M_0$					
H	$B_0 C_0$ $\times$ $G_0 L_0$	$C_0 C_0$ $\times$ $E_0 L_0$	$C_0 C_0$ $=$ $D_0 L_0$	$A_1 C_0$ $\times$ $F_0 L_0$	$H_0 C_0$ $\times$ $F_0 L_0$	$A_1 C_0$ $\times$ $M_0 L_0$	$H_0 C_0$ $\times$ $M_0 L_0$				
L	$B_0 A_1$ $\times$ $G_0 F_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $E_0 F_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $D_0 F_0$	$A_1 A_1$ $=$ $F_0 F_0$	$H_0 A_1$ $\times$ $F_0 F_0$	$A_1 A_1$ $\times$ $M_0 F_0$	$H_0 A_1$ $\times$ $M_0 F_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $L_0 F_0$			
M	$B_0 N_0$ $\times$ $G_0 M_0$	$C_0 N_0$ $\times$ $E_0 M_0$	$C_0 N_0$ $\times$ $D_0 M_0$	$A_1 N_0$ $\times$ $F_0 M_0$	$H_0 N_0$ $\times$ $F_0 M_0$	$A_1 N_0$ $\times$ $M_0 M_0$	$H_0 N_0$ $\times$ $M_0 M_0$	$C_0 N_0$ $\times$ $L_0 M_0$	$A_1 N_0$ $\times$ $F_0 M_0$		
N	$B_0 A_1$ $\times$ $G_0 L_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $E_0 L_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $D_0 L_0$	$A_1 A_1$ $\times$ $F_0 L_0$	$H_0 A_1$ $\times$ $F_0 L_0$	$A_1 A_1$ $\times$ $M_0 L_0$	$H_0 A_1$ $\times$ $M_0 L_0$	$C_0 A_1$ $\times$ $L_0 L_0$	$A_1 A_1$ $\times$ $F_0 L_0$	$N_0 A_1$ $\times$ $M_0 L_0$	
	A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	

Dopo una prima iterazione

$$L \equiv D$$

$$H \equiv C$$

Le successive iterazioni escludono ulteriori possibili equivalenze