

**PROVA SCRITTA DEL CORSO DI**  
**CALCOLATORI ELETTRONICI**  
**NUOVO ORDINAMENTO DIDATTICO (5 CFU)**  
29 Giugno 2010

**NOME:**

**COGNOME:**

**MATRICOLA:**

**ESERCIZIO 1 (8 punti)**

Progettare una rete sequenziale che presenti un ingresso X e un'uscita Z posta a 1 ogni volta che viene riconosciuta la sequenza 01101.

Si richiede:

1. (5 punti) il diagramma degli stati, la tabella di flusso e la tabella delle transizioni;
2. (3 punti) il calcolo delle forme minime delle variabili di eccitazione dei flip flop con le mappe di Karnaugh. Si usino flip flop JK. Calcolare anche la rete combinatoria per l'uscita Z.

**ESERCIZIO 2 (8 punti)**

1. (4 punti) Sia dato un disco con le seguenti caratteristiche: velocità di rotazione pari a 6000 giri al minuto, tempo necessario alla testina per spostarsi da una traccia alla successiva uguale a 0.5 ms, settori da 1 KB, 200 settori per traccia. Calcolare il tempo medio di lettura di un file da 10 KB sapendo che la testina si trova inizialmente in un punto qualunque del disco e che la distanza media tra due settori successivi del file è pari a 2 tracce.
2. (4 punti) Utilizzando il tempo medio di accesso al disco calcolato al punto precedente, si calcoli l'hit ratio di cache minimo ( $H_c$ ), relativo ad una gerarchia a 3 livelli (cache, memoria primaria, disco), affinché il tempo medio di accesso alla gerarchia sia 30 ms. Siano dati i seguenti altri dati:  $H_p = 0.8$ ;  $T_p = 20$  ms;  $T_c = 10$  ms, dove  $H_p$  è l'hit ratio della memoria primaria,  $T_p$  il tempo medio di accesso alla memoria primaria e  $T_c$  il tempo medio di accesso alla memoria cache.

**ESERCIZIO 3 (8 punti)**

Si scriva il codice Assembly MIPS di una funzione che, dati tre vettori di N interi u, v, w, scriva nella posizione w(i) il valore  $u(i)-v(i)$ , se  $u(i)<v(i)$ , e il valore  $u(i)+v(i)$ , altrimenti. Si consideri che gli indirizzi iniziali dei vettori u, v, w siano memorizzati in \$4, \$5, \$6, rispettivamente, e che N sia memorizzato in \$7. In altri termini il codice MIPS può implementare la funzione C:

```
void elabora(int *u, int *v, int *w, int N) {
    int i;
    for(i=0; i<N; i++)
        if(u(i)<v(i))
            w(i)=u(i)-v(i);
        else
            w(i)=u(i)+v(i);
}
```

**ESERCIZIO 4 (9 punti)**

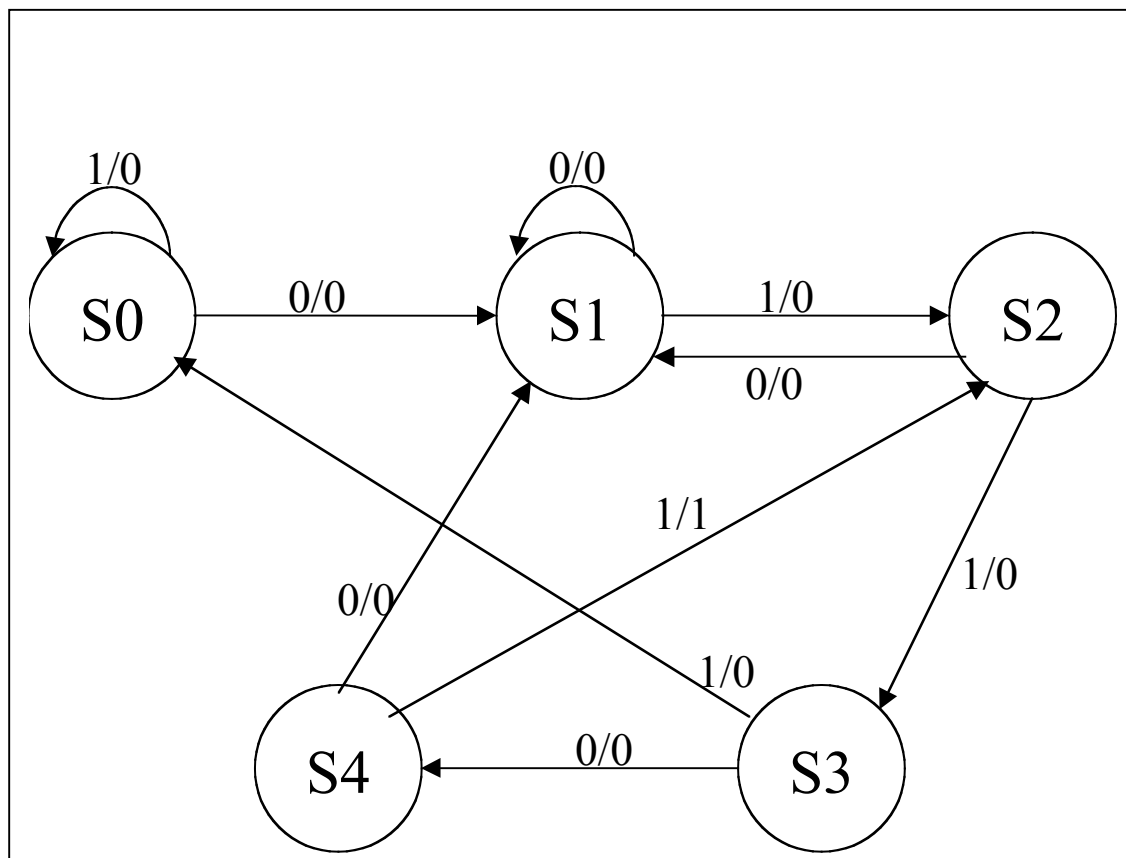
Si consideri un calcolatore in cui la CPU esegue  $10^5$  istruzioni/s. L'esecuzione di una istruzione richiede 5 cicli di clock, 3 dei quali tengono occupato il bus di sistema. Si ipotizzi che il 85% dell'Instruction Rate sia usato dalla CPU per eseguire programmi che non contengono trasferimenti di I/O. L'ampiezza della linea dati del bus è pari a 32 bit.

Si consideri il caso in cui il trasferimento dei dati avvenga mediante IO da programma, con le seguenti 4 istruzioni:

- a. LOAD parola dalla periferica al registro CPU
  - b. STORE parola da registro CPU a memoria
  - c. generazione indirizzo di memoria successivo
  - d. conteggio dati da trasferire.
1. (3 punti) Calcolare la massima frequenza di trasferimento dati ottenibile (espressa in kB/s) fra una periferica collegata al bus di sistema e la memoria principale.
  2. (3 punti) Calcolare la massima frequenza di trasferimento dati ottenibile (espressa in kB/s) nel caso in cui si usi la modalità "transparent" DMA. Si ipotizzi che una operazione di lettura/scrittura della memoria richieda un ciclo di clock.
  3. (3 punti) Spiegare quali 'passi' sostituiscono le istruzioni nel caso DMA.

**ESERCIZIO 1**  
**Soluzione**

Il diagramma degli stati è il seguente:



La tabella di flusso è data da:

Stato presente	Stato successivo/Uscita	
	X=0	X=1
S0	S1/0	S0/0
S1	S1/0	S2/0
S2	S1/0	S3/0
S3	S4/0	S0/0
S4	S1/0	S2/1

Per codificare 5 stati occorrono tre flip flop. La codifica è la seguente:

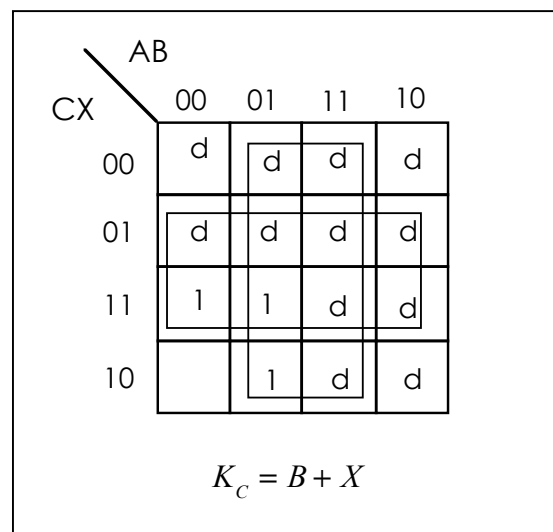
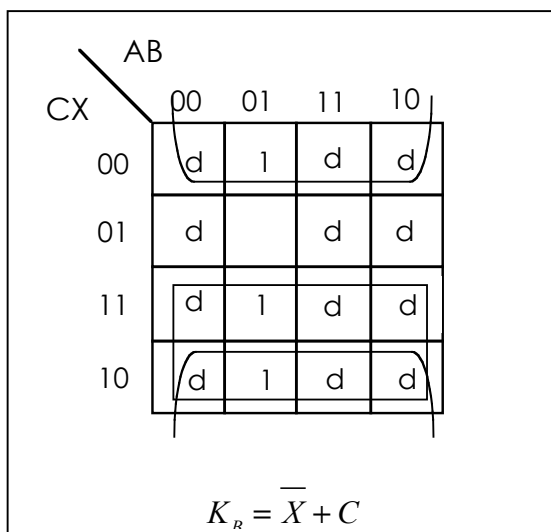
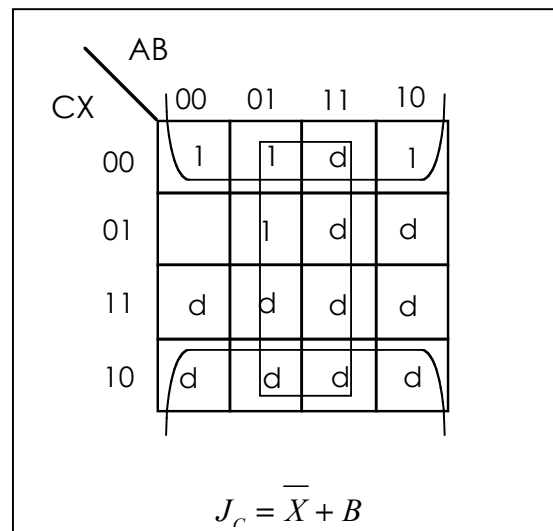
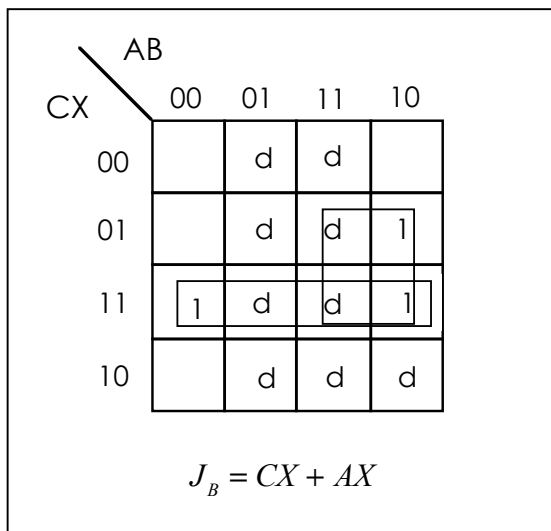
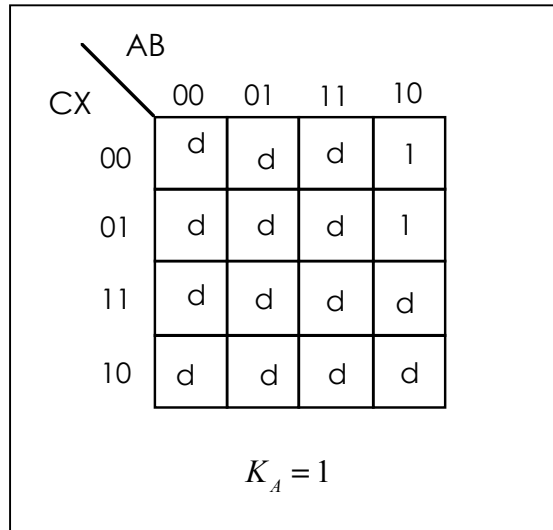
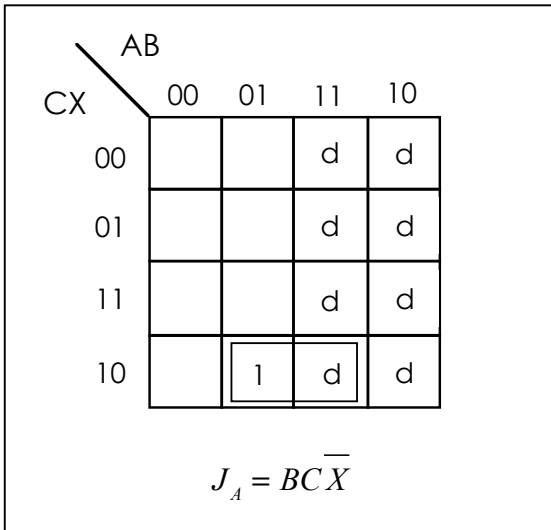
S0 → 0 0 0; ...; S4 → 1 0 0. Nel seguito indicheremo ciascun bit della codifica con le lettere A, B, C. L'apice indicherà il bit nell'istante successivo a quello considerato.

A partire dalla tabella di eccitazione del flip flop JK:

Q	Q'	J	K
0	0	0	D
0	1	1	D
1	0	D	1
1	1	D	0

A	B	C	X	A'	Ja	Ka	B'	Jb	Kb	C'	Jc	Kc	Z
0	0	0	0	0	0	D	0	0	D	1	1	D	0
0	0	0	1	0	0	D	0	0	D	0	0	D	0
0	0	1	0	0	0	D	0	0	D	1	D	0	0
0	0	1	1	0	0	D	1	1	D	0	D	1	0
0	1	0	0	0	0	D	0	D	1	1	1	D	0
0	1	0	1	0	0	D	1	D	0	1	1	D	0
0	1	1	0	1	1	D	0	D	1	0	D	1	0
0	1	1	1	0	0	D	0	D	1	0	D	1	0
1	0	0	0	0	D	1	0	0	D	1	1	D	0
1	0	0	1	0	D	1	1	1	D	0	0	D	1
1	0	1	0	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
1	0	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
1	1	0	0	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
1	1	0	1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
1	1	1	0	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
1	1	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Ora possiamo disegnare le mappe di Karnaugh



Infine, per quanto riguarda l'uscita Z:

AB		00	01	11	10
CX	00			d	
	01			d	1
	11			d	d
	10			d	d

$$Z = AX$$

## ESERCIZIO 2

### Soluzione

1.  $TROT = 60 / 6000 = 10 \text{ ms}$   
 $TLAT = TROT / 2 = 5 \text{ ms}$  (tempo di latenza)  
 $Tlett = TROT / 200 = 50 \mu\text{s}$  (tempo di lettura di un settore)  
 $Tpos = 0.5 \times 2 = 1 \text{ ms}$   
Numero di settori richiesti per leggere 10 KB:  $10\text{KB}/1\text{KB} = 10$   
Tempo di lettura del file da 10 KB:  
 $= 10 * (TLAT + TPOS + Tlett) = 10 * (5 \text{ ms} + 1 \text{ ms} + 50 \mu\text{s}) \approx 60 \text{ msec}$
2. Per calcolare  $H_c$  basta esplicitarlo dalla formula:

$$\bar{T} = H_c T_c + (H_p - H_c)(T_p + T_c) + (1 - H_p)(T_d + T_p + T_c)$$

$$H_c = (T_c + T_p + T_d - H_p T_d - \bar{T}) / T_p = 0.6$$

### ESERCIZIO 3

#### Soluzione

$\$8 \leftarrow i; \$9 \leftarrow u(i) < v(i)$

$\$10 \leftarrow u(i); \$11 \leftarrow v(i); \leftarrow \$12 \leftarrow w(i)$

```
elabora:    addi $29, $29, -20
            sw $8, 0($29)
            sw $9, 4($29)
            sw $10, 8($29)
            sw $11, 12($29)
            sw $12, 16($29)
            move $8, $0
for:         beq $8, $7, exit
            lw $10, 0($4)
            lw $11, 0($5)
            slt $9, $10, $11
            bne $9, $0, sottrai
            add $12, $10, $11
continue:   sw $12, 0($6)
            addi $8, $8, 1
            addi $4, $4, 4
            addi $5, $5, 4
            addi $6, $6, 4
            j for

exit:       lw $8, 0($29)
            lw $9, 4($29)
            lw $10, 8($29)
            lw $11, 12($29)
            lw $12, 16($29)
            addi $29, $29, 20
            jr $31
```

```
sottrai:    sub $12, $10, $11
            j continue
```

## ESERCIZIO 4

### Soluzione.

1. Nel caso di trasferimento mediante I/O da programma, per trasferire una parola occorrono 4 istruzioni. La CPU è impegnata per l'85% del tempo a eseguire istruzioni che non coinvolgono l'I/O, dunque può usare solo il 15% del tempo per eseguire istruzioni di trasferimento dati con periferiche. In termini di istr./sec questo tempo è pari a  $0.15 \times 10^5 \text{ istr./s} = 1.5 \times 10^4 \text{ istr./s}$ . Dal momento che per trasferire una parola servono due istruzioni, la velocità di trasferimento è pari a:  
 $1.5 \times 10^4 \text{ istr./s} / (4 \text{ istr./parola}) = 3750 \text{ parole/s}$ . La dimensione di una parola è pari a 32 bit (4 byte), da cui si ricava la velocità di trasferimento di **14.65 kB/s**.
2. Nel caso di 'trasparent DMA' posso trasferire i dati tutte le volte che il bus di sistema è libero. Nel caso in esame questo tempo è pari alla somma del 15% del tempo lasciato libero dall'esecuzione di istruzioni che non coinvolgono I/O, più i due cicli/istruzione in cui il bus è libero. Pertanto durante l'85% del tempo posso trasferire due parole/istr.:  
 $0.85 \times 2 \text{ parole/istr} \times 10^5 \text{ istr./s} = 1.7 \times 10^5 \text{ parole/s}$   
Nel restante 15% del tempo posso trasferire 5 parole/istr.:  
 $0.15 \times 5 \text{ parole/istr.} \times 10^5 \text{ istr./s} = 0.75 \times 10^5 \text{ parole/s}$   
In **totale**, nel caso di trasferimento con DMA la velocità totale di trasferimento è pari a:  **$(1.7 + 0.75) \times 10^5 \text{ parole/s} = 2.45 \times 10^5 \text{ parole/s} = 239 \text{ kB/s}$** .
3. Il 'controller' DMA esegue le operazioni di generazione indirizzi e conteggio dati trasferiti usando registri interni al controller oltre, ovviamente, a trasferire i dati dalla periferica alla memoria.