

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
 CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA
 Corso di Architettura degli Elaboratori
 Esercitazione del 25/01/2019

Esercizio 1

Si realizzi un automa di Mealy che controlla il funzionamento di un semaforo. Il semaforo solitamente alterna due istanti di *Verde*, uno di *Giallo* ed uno di *Rosso*. Nello specifico, l'automata deve segnalare il semaforo come **Guasto (G)** se

- dopo due istanti di *Verde* ed uno di *Giallo* consecutivi, il semaforo non diventa *Rosso*, oppure
- se il semaforo rimane verde per 3 o più istanti consecutivi.

In tutte le altre combinazioni, il semaforo viene considerato come **Funzionante (F)**.

1. Disegnare l'automata, riportando la tabella delle transizioni.
2. Dopo aver riportato l'automata di Moore, riportare il processo di minimizzazione atto a controllare che l'automata rappresentato sia minimo. Nel caso in cui l'automata non sia minimo, disegnare l'automata minimo riportando la tabella delle transizioni associata.
3. Da quanti stati è composto l'automata di Moore equivalente all'automata di cui al punto (2)? Perché?

Esempi:

Rosso Rosso Verde Verde Giallo Rosso Verde
 F F F F F F F

Verde Verde Verde Verde Verde Verde Verde Giallo Giallo Rosso
 F F G G G G G F G F

Verde Verde Giallo Rosso Verde Verde Giallo Verde
 F F F F F F F G

Verde Verde Giallo Verde Verde Giallo Rosso
 F F F G F F F

Verde Verde Verde Verde Giallo Rosso
 F F G G F F

Note:

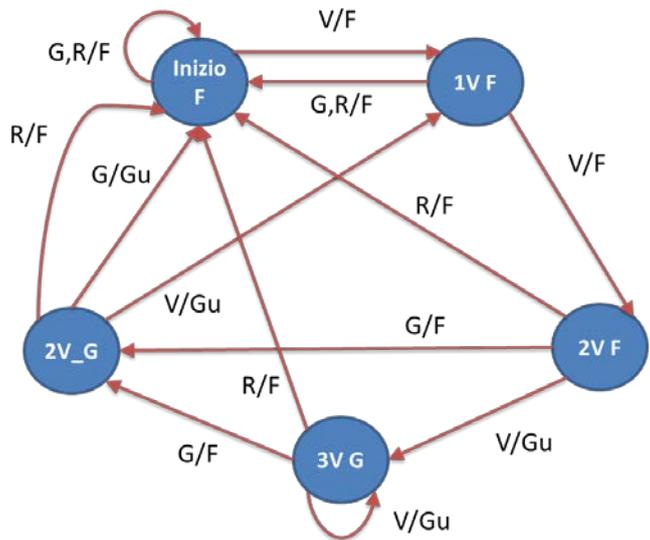
- Assieme al disegno dell'automata, riportare sempre anche la tabella delle transizioni
- Ricordarsi di specificare input, output e stato iniziale dell'automata di Moore
- Riportare eventuali passaggi intermedi del processo di minimizzazione

Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

Soluzione

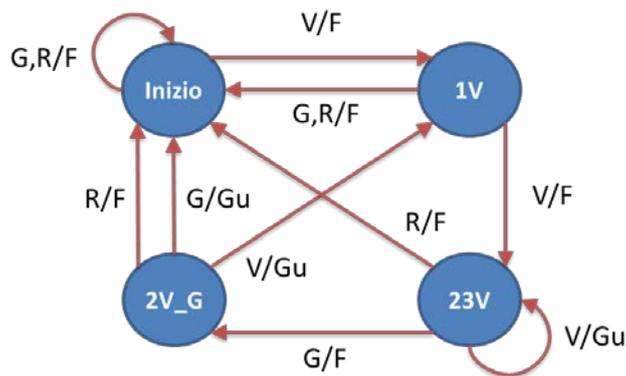
I tre possibili stati del semaforo vengono codificati con V, G, R. Gli stati del semaforo sono considerati input dell'automata. L'uscita dell'automata può alternativamente indicare semaforo guasto Gu o funzionante F



INPUT: {V, G, R}
 OUTPUT: {F, Gu}

| | Inizio | 1V | 2V | 3V | 2V_G |
|---|----------|----------|----------|----------|-----------|
| V | 1V/F | 2V/F | 3V/G | 3V/G | 1V/Gu |
| G | Inizio/F | Inizio/F | 2V_G/F | 2V_G/F | Inizio/Gu |
| R | Inizio/F | Inizio/F | Inizio/F | Inizio/F | Inizio/F |

L'automata non è minimo, gli stati 2V e 3V risultano equivalenti (stesse transizioni e output).



Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

Esercizio 2

Si consideri la funzione booleana $f(x_3;x_2;x_1;x_0)$ che vale **1** se e solo se il numero n rappresentato da $(x_3;x_2;x_1;x_0)$ in binario è multiplo di **3** o multiplo di **4**, con **don't care sul 3, 4 e 0**.

Si richiede di:

- scrivere la tabella di verità;
- trovare le equazioni minime in forma canonica **SoP e PoS**;
- disegnare il circuito corrispondente **ad una delle due** forme canoniche.

Soluzione

Punto 1. Scriviamo la tabella della verità corrispondente per l'uscita f :

| n | a | b | c | d | f |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | X |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | X |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Punto 2.SOP Mediante la mappa di Karnaugh seguente:

| f_{SoP} | | ab | | | |
|-----------|----|------|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| cd | 00 | X | X | 1 | 1 |
| | 01 | | | | 1 |
| | 11 | X | | 1 | |
| | 10 | | 1 | | |

otteniamo la forma SoP minima per la funzione F :

$$f = c'd' + ab'c' + a'bd' + abcd$$

Punto 2.POS Mediante la mappa di Karnaugh seguente:

| F_{PoS} | ab |
|-----------|------|
|-----------|------|

Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>cd</i> | 00 | X | X | 1 | 1 |
| | 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 11 | X | 0 | | 0 |
| | 10 | 0 | | 0 | 0 |

otteniamo la forma PoS minima per la funzione F:

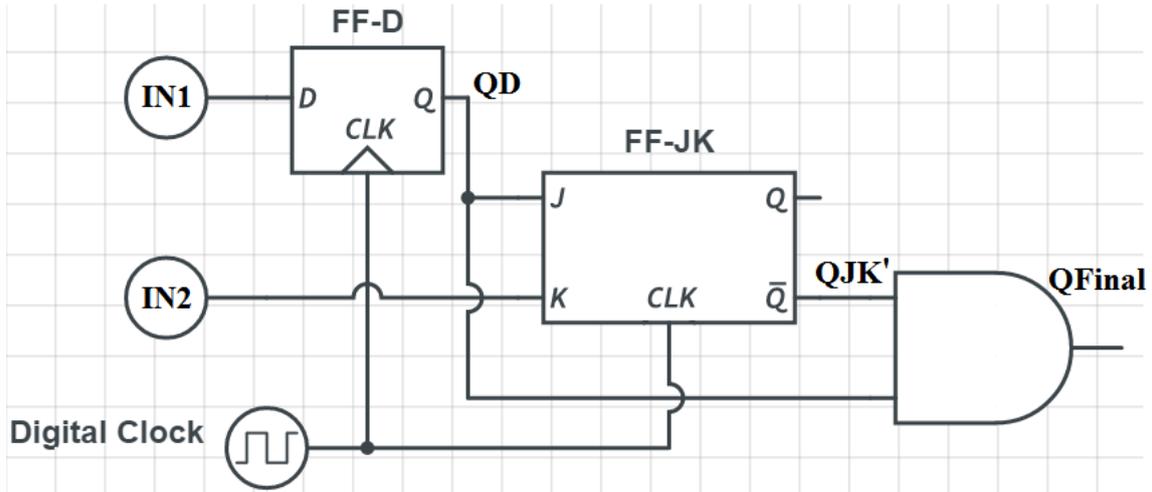
$$f = (a+b)(a+c')(b+c')(b'+c+d')(a'+c'+d)$$

Punto 3.

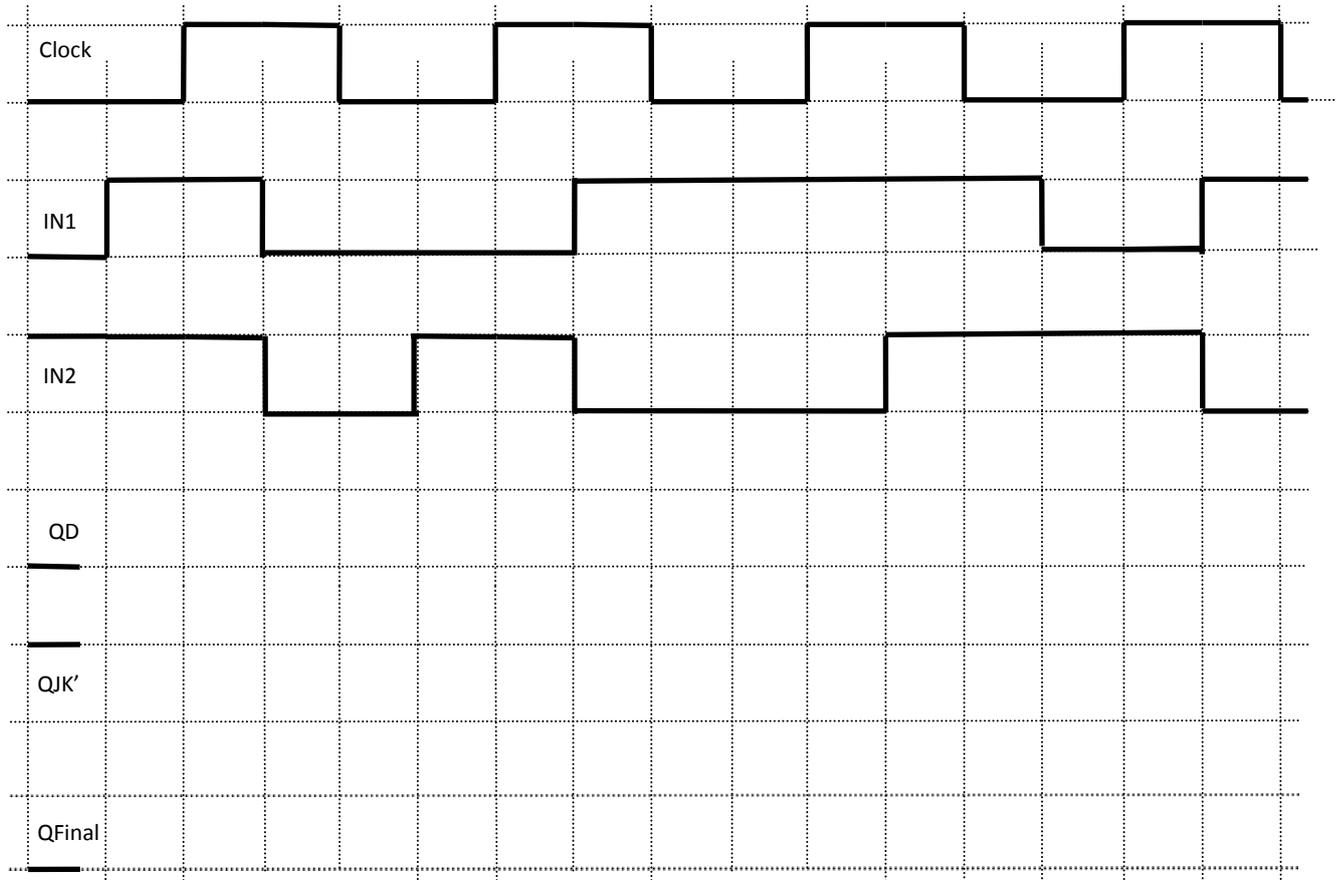
Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

Esercizio 3



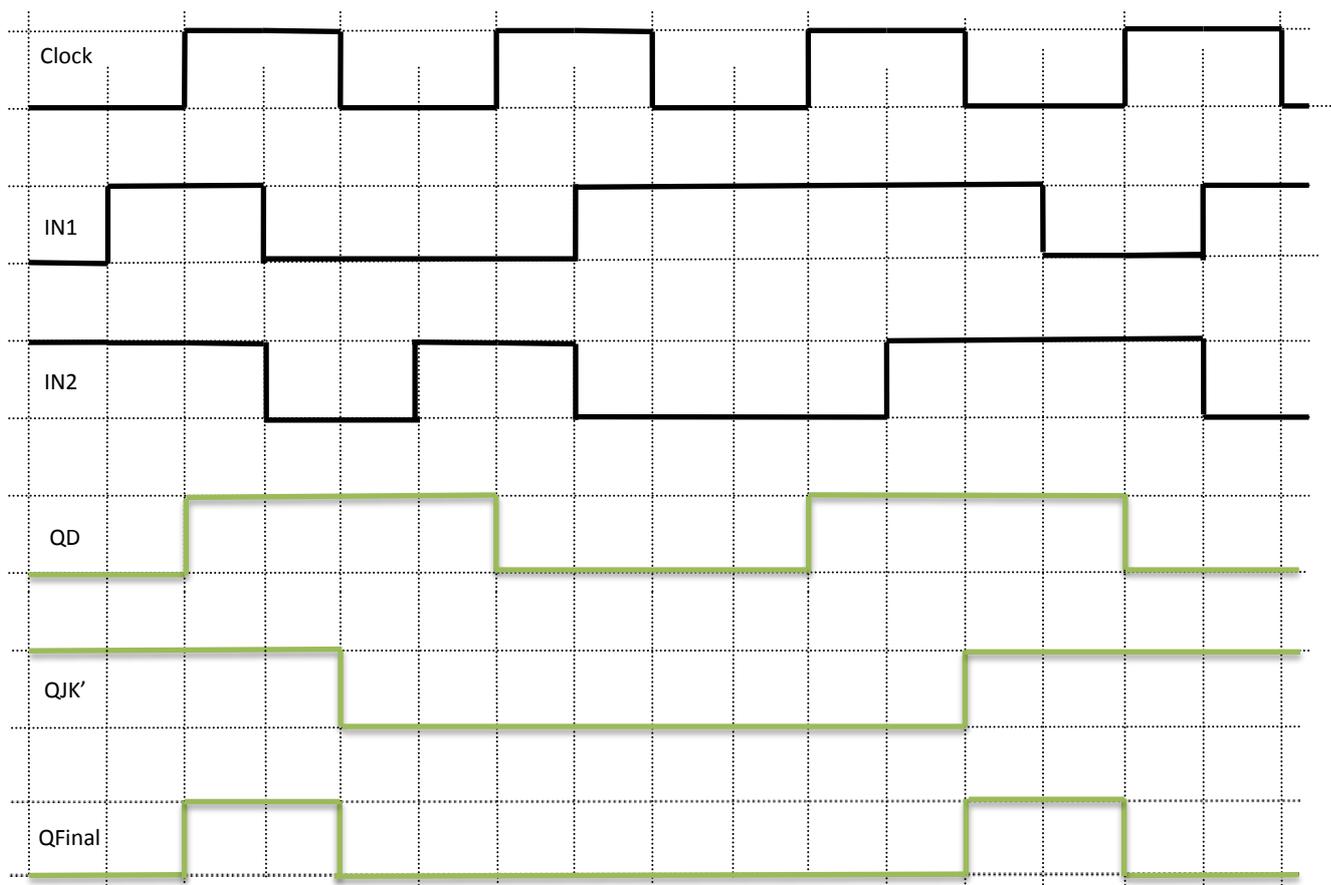
Si simuli il comportamento del sistema in figura, composto da un Flip Flop D, un Flip Flop JK e da una porta AND, considerando che il segnale di clock abbia un periodo di 20 (10 alto e 10 basso). L'andamento del segnale del clock e di quelli di ingresso, IN1 e IN2, sono riportati di sotto. Completare la figura specificando l'andamento delle uscite QD e QJK dei due elementi di memoria e dell'uscita QFinal della porta AND. Considerare il **bistabile D come sensibile al fronte di salita**, ed il **JK come sensibile al fronte di discesa**, assumendo un ritardo di propagazione del segnale nullo tra i vari elementi di memoria. Si supponga inoltre che lo stato iniziale di FFD sia 0, mentre quello di FFJK sia 0 (quindi QJK' vale 1).



Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

Soluzione



Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

Esercizio 4

Dati i seguenti numeri codificati in modulo e segno su tre cifre, in base 16:

$$A_{16,MS(3)} = 0EB$$

$$B_{16,MS(3)} = F8D$$

Determinare:

- a) Il loro valore in decimale
- b) La loro codifica in base 2, forma polarizzata, su 10 bit
- c) La loro codifica in base 2, complemento a 2, su 10 bit
- d) La loro codifica in base 2, modulo e segno, su 10 bit
- e) La loro codifica in base 2, complemento a 1, su 10 bit

| | A = 0EB | B = F8D |
|---|------------|------------|
| a) Decimale | 235 | -141 |
| b) Base 2, forma polarizzata, su 10 bit | 1011101010 | 0101110010 |
| c) Base 2, complemento a 2, su 10 bit | 0011101011 | 1101100011 |
| d) base 2, modulo e segno, su 10 bit | 0011101011 | 1010001101 |
| e) base 2, complemento a 1, su 10 bit | 0011101011 | 1101110010 |

Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

Soluzione

a) Valore in decimale

$$A. = 0EB = +EB = +(14 \cdot 16^1 + 11 \cdot 16^0) = 224 + 11 = 235$$

$$B. = F8D = -8D = -(8 \cdot 16^1 + 13 \cdot 16^0) = -(128 + 13) = -141$$

b) Base 2 forma polarizzata su 10 bit

$$BIAS = 2^{10-1} - 1 = 2^9 - 1 = 511$$

$$A. A + BIAS = 235 + 511 = 746$$

| N | N mod 2 |
|-----|---------|
| 746 | 0 |
| 373 | 1 |
| 186 | 0 |
| 93 | 1 |
| 46 | 0 |
| 23 | 1 |
| 11 | 1 |
| 5 | 1 |
| 2 | 0 |
| 1 | 1 |
| 0 | |

$$A = 235_{10} = (1011101010)_{2,POL(10)}$$

$$B. B + BIAS = -141 + 511 = 370$$

| N | N mod 2 |
|-----|---------|
| 370 | 0 |
| 185 | 1 |
| 92 | 0 |
| 46 | 0 |
| 23 | 1 |
| 11 | 1 |
| 5 | 1 |
| 2 | 0 |
| 1 | 1 |
| 0 | |

$$B = 370 = (0101110010)_{2,POL(10)}$$

c) Base 2 complemento a 2 su 10 bit

| N | N mod 2 |
|-----|---------|
| 235 | 1 |
| 117 | 1 |
| 58 | 0 |
| 29 | 1 |
| 14 | 0 |
| 7 | 1 |
| 3 | 1 |
| 1 | 1 |
| 0 | |

$$A = 235_{10} = (0011101011)_{2,C2(10)}$$

Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

| N | N mod 2 |
|-----|---------|
| 141 | 1 |
| 70 | 0 |
| 35 | 1 |
| 17 | 1 |
| 8 | 0 |
| 4 | 0 |
| 2 | 0 |
| 1 | 1 |
| 0 | |

$$B = -141 = -(0010001101) = 1101110011_{2,C2(10)}$$

(Dato che è negativo si fa l'operazione di complemento. Uno dei modi per farla è complementare tutti i bit e aggiungere 1)

d) Base 2 modulo e segno su 10 bit

A : positivo, stessa codifica del complemento a due

B : codifica binaria di +141 è 0010001101 (vedi punto precedente). Si cambia solamente il bit più significativo, che diventa un 1

$$B = 1010001101_{2,MS(10)}$$

e) Base 2 complemento a 1, 10 bit

$$A = +0011101011_2 = 0011101011_{2,C1(10)}$$

$$A = -(0010001101)_2 = (1101110010)_{2,C1(10)}$$

Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

Esercizio 5

Si considerino due diverse implementazioni di una macchina:

- Una macchina (MVM) dotata di una unità per il trattamento dei numeri in virgola mobile
- Una macchina (MSVM) senza questa unità

Si consideri un programma con la seguente distribuzione di operazioni:

| Tipo Operazione | Percentuale di occorrenza |
|--|---------------------------|
| Moltiplicazioni <i>in virgola mobile</i> | 20% |
| Somme <i>in virgola mobile</i> | 25% |
| Divisioni <i>in virgola mobile</i> | 15% |
| Operazioni su interi | 40% |

La macchina MVM esegue le istruzioni in virgola mobile tramite l'apposita unità, e richiede il seguente numero di cicli di clock per ciascuna classe di istruzioni:

| Tipo Operazione | Cicli di Clock (MVM) |
|--|----------------------|
| Moltiplicazioni <i>in virgola mobile</i> | 6 |
| Somme <i>in virgola mobile</i> | 4 |
| Divisioni <i>in virgola mobile</i> | 20 |
| Operazioni su interi | 2 |

Al contrario, la macchina MSVM non può eseguire direttamente le operazioni in virgola mobile, ma emula queste operazioni tramite una sequenza di operazioni fra interi, che in questo caso richiedono 3 cicli di clock ciascuna.

| Tipo Operazione | Cicli di Clock (MSVM) |
|--|---|
| Moltiplicazioni <i>in virgola mobile</i> | <i>Emulate con operazioni su interi</i> |
| Somme <i>in virgola mobile</i> | <i>Emulate con operazioni su interi</i> |
| Divisioni <i>in virgola mobile</i> | <i>Emulate con operazioni su interi</i> |
| Operazioni su interi | 3 |

Il numero delle istruzioni necessarie per emulare le operazioni in virgola mobile tramite operazioni su interi è riportato nella seguente tabella:

| Tipo Operazione in virgola mobile | Numero di operazioni su interi necessarie per la sua emulazione |
|--|---|
| Moltiplicazioni <i>in virgola mobile</i> | 35 |
| Somme <i>in virgola mobile</i> | 21 |
| Divisioni <i>in virgola mobile</i> | 49 |

Entrambe le macchine hanno frequenza di clock pari a 3600 MHz.

Quali sono le prestazioni, espresse in MIPS, delle due macchine sul programma considerato?

Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

Soluzione

- Macchina con unità virgola mobile (MVM)

$$MIPS = \frac{f}{\widehat{CPI}}$$

Si calcola il CPI medio del programma in esame, come media CPI di ciascuna operazione, pesata secondo la loro sequenza di occorrenza.

$$\widehat{CPI}_{MVM} = 0.2 \cdot 6 + 0.25 \cdot 4 + 0.15 \cdot 20 + 0.4 \cdot 2 = 1.2 + 1.0 + 3.0 + 0.8 = 6 \text{ cicli/istruzione}$$

$$MIPS_{MVM} = \frac{f_{MVM}}{\widehat{CPI}_{MVM}} = \frac{3600 \cdot 10^6}{6} = 600 \cdot 10^6 \text{ istruzioni/secondo} = 600 \text{ MIPS}$$

- Macchina senza unità virgola mobile (MSVM)

In questo caso si deve prima di tutto calcolare il numero di cicli di clock necessari per emulare ciascun tipo di operazioni in virgola mobile:

| Tipo Operazione | Cicli di Clock (MSVM) |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Moltiplicazioni in virgola mobile | $35 \cdot 3 = 105$ |
| Somme in virgola mobile | $21 \cdot 3 = 63$ |
| Divisioni in virgola mobile | $49 \cdot 3 = 147$ |

Possiamo quindi calcolare il CPI medio e i MIPS della macchina MSVM utilizzando lo stesso procedimento:

$$\widehat{CPI}_{MSVM} = 0.2 \cdot 105 + 0.25 \cdot 63 + 0.15 \cdot 147 + 0.4 \cdot 3 = 21 + 15.75 + 22.05 + 1.2 = 60 \text{ cicli/istruzione}$$

$$MIPS_{MSVM} = \frac{f_{MSVM}}{\widehat{CPI}_{MSVM}} = \frac{3600 \cdot 10^6}{60} = 60 \cdot 10^6 \text{ istruzioni/secondo} = 60 \text{ MIPS}$$

Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

Esercizio 6

- a) Data la seguente stringa binaria codificata nel formato IEEE754 singola precisione, calcolare il suo valore in decimale:

A=

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

- b) Dato il seguente numero decimale, scrivere la sua codifica in formato IEEE754 in singola precisione:

$$B = -45,125$$

Soluzione

A = 0 10001010 0101 1101 0101 0110 0000 000

$$EXP = (10001010)_{2,POL} = 2^1 + 2^3 + 2^7 - 127 = 2 + 8 + 128 - 127 = 11$$

$$A = (1,010111010101011 \cdot 2^{11})_2 = (101011101010,1011)_2$$

Parte intera:

$$101011101010_2 = 2^1 + 2^3 + 2^5 + 2^6 + 2^7 + 2^9 + 2^{11} = 2 + 8 + 32 + 64 + 128 + 512 + 2048 = 2794$$

Parte decimale:

$$(0,1011)_2 = 2^{-1} + 2^{-3} + 2^{-4} = \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^4} = 0,5 + 0,125 + 0,0625 = 0,6875$$

$$A = 2794,6875$$

B = - 45,125

Segno: 1

- o Parte intera

| N | N mod 2 |
|----|---------|
| 45 | 1 |
| 22 | 0 |
| 11 | 1 |
| 5 | 1 |
| 2 | 0 |
| 1 | 1 |
| 0 | |

$$(45)_{10} = (101101)_2$$

o

Si ricorda che:

- 1) soluzioni E procedimenti devono essere scritti A PENNA (eventuali scritte a lapis non verranno considerate);
- 2) soluzioni E procedimenti devono essere scritti SOLO sui fogli forniti (non sono accettati fogli aggiuntivi);
- 3) è necessario riportare nome, cognome e matricola SU OGNI FOGLIO;
- 4) NON si può usare la calcolatrice;
- 5) Un risultato esatto ma senza procedimento di calcolo sarà considerato non completamente corretto.

