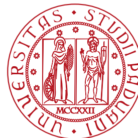
CPUSim
Laboratorio 6/11/2013.

Nicolò Navarin e-mail: nnavarin@math.unipd.it



Università degli Studi di Padova

Avviare il simulatore:

- Spostarsi nella directory del simulatore (e.g. *cd Architettura/CPUSim3.9.0*)
- aprire il file di istruzioni (*less InstallationInstructions.txt*)
- eseguire il comando specificatio (*java -cp CPUSim3.9.jar:jhall.jar:CPUSimHelp3.9.jar cpusim.Main*)

Aprire la CPU di esempio Wombat1:

- *File* → *Open Machine* → *SampleAssignments/Wombat1.cpu*
- Finestra *Registers* mostra i registri della CPU in simulazione e il loro contenuto
- Finestra *RAM* mostra le celle di memoria ed il loro contenuto

CPUSim - 2

CPUSim permette di definire una CPU da simulare, composta da:

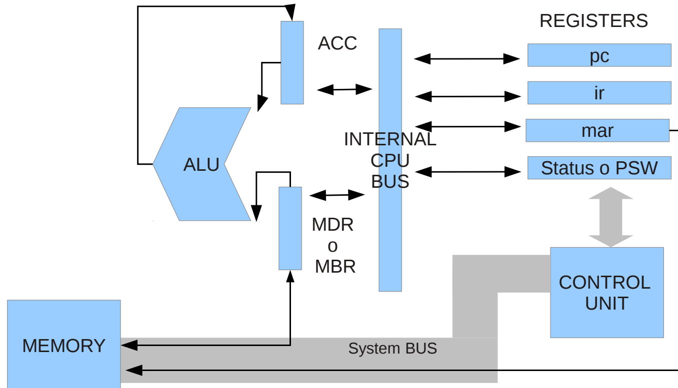
- Registri
  - “spazio di lavoro” della CPU
  - livello più alto della gerarchia di memoria.
- Microistruzioni
  - Le unità di base usate per definire le istruzioni
  - implementate a livello hardware
  - possono essere diverse in ogni modello di CPU.
- Istruzioni macchina
  - definiscono l’architettura
  - un programma scritto in linguaggio macchina può essere portato tra CPU diverse (ma che condividono lo stesso set di istruzioni).
- Istruzioni in linguaggio ASSEMBLY
  - molto vicino al linguaggio macchina
  - codici mnemonici invece che codice binario per indirizzi di dati e istruzioni.

Wombat1 - Registri

CPU semplice: 2 registri dati (utilizzabili dal "programmatore")
Registri (*Modify* $\rightarrow$ *Hardware Modules*):

- **PC** (program counter) l'indirizzo della locazione di memoria contenente la successiva istruzione da eseguire
- **ACC** (accumulator) contiene i risultati della ALU
- **IR** (instruction register) contiene l'istruzione da eseguire, quella cioè puntata dal PC
- **MAR** (memory address register) contiene l'indirizzo della locazione di memoria che viene acceduta
- **MDR** (memory data register) contiene temporaneamente tutti i dati e le istruzioni che dalla memoria devono essere elaborati nel processore
- **Status** (registro di stato) memorizza una serie di bit indicativi dello stato corrente del processore (halt, overflow, underflow, ecc)

Wombat1 - Architettura



Wombat1 - Microistruzioni

Università degli Studi di Padova

Microistruzioni:

- trasferimento dati tra registri
- trasferimento da/a memoria centrale
- operazioni aritmetico-logiche
- visualizzabili dal menu *Modify* → *Microinstructions* (e.g. Arithmetic, TransferRtoR)
- proviamo a definire una microistruzione che esegue l'AND bit a bit tra ACC e MDR, di tipo *Logical* che si chiamerà *accANDmdr– >acc*?

Istruzioni: ognuna è composta da una determinata sequenza di microistruzioni.

Wombat1 - Ciclo di esecuzione

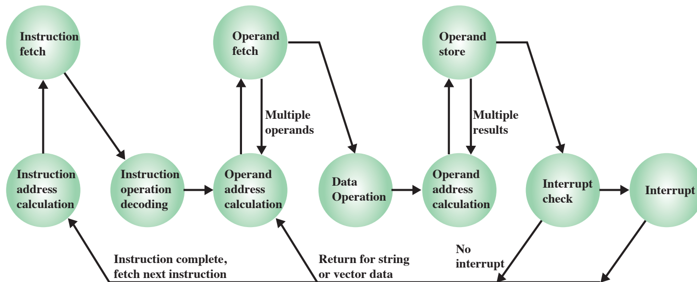


Figure 3.12 Instruction Cycle State Diagram, With Interrupts

Wombat1 - Ciclo di esecuzione

Esecuzioni ripetute di cicli macchina. Ogni ciclo è composto da:

- Fetch sequence:
  - una sequenza di microistruzioni che carica la prossima istruzione da eseguire nell'IR e la decodifica
  - la sequenza è la stessa per ogni ciclo di esecuzione
  - visualizzabile dal menu Modify $\rightarrow$ Fetch sequence
- Execute sequence:
  - la sequenza di microistruzioni associate all'istruzione appena decodificata
  - varia da ciclo a ciclo

L'esecuzione termina quando viene settato a 1 un bit di *halt*.

Wombat1 - Istruzioni

Istruzioni:

- Dimensione fissata a 16 bit
- 4 bit per il codice operatore
- 12 bit per l'indirizzo (Quindi quanta RAM al massimo?)
- visualizzabili dal menu Modify → Machine instructions
- il pulsante *Edit fields* permette di modificare i campi dato.

Istruzioni ASSEMBLY:

- **[etichetta:] operatore operandi [;commento]**
  e.g. *ADD x ; Mem[x]+acc→ acc*
- **etichetta: .data nByte valore [;commento]**
  - Pseudo-istruzioni, per definire i dati
  - e.g. *X: .data 2 0* ; x è una locazione di memoria da 2 byte inizializzata a 0
- e.g. load/store, jump, add ...
- proviamo a definire un'istruzione che esegue l'and bit a bit tra ACC e una cella di memoria?

Wombat1 - Instruction set

- Input/output:
  - READ: legge un intero da input e lo mette in ACC
  - WRITE: scrive in output il contenuto di ACC
- Aritmetiche:
  - ADD X: somma il contenuto del registro ACC al contenuto della cella di memoria X e mette il risultato in ACC.
  - SUBTRACT X, MULTIPLY X, DIVIDE X (divisione intera)
- Trasferimento (da M a registri e viceversa):
  - STORE X: da registro ACC alla cella di memoria X
  - LOAD X: dalla cella di memoria X al registro ACC
- Salti:
  - JUMP X: salta all'istruzione con etichetta X
  - JMPN X: salta all'istruzione X se $ACC < 0$
  - JMPZ X: salta all'istruzione X se $ACC = 0$
- Stop:
  - STOP: segnala la fine del programma

Esecuzione dei programmi in CPUSim

Università degli Studi di Padova

Il primo programma in ASSEMBLY:

- File → Open text W1-0.a
- Start, Done e sum sono etichette
- le istruzioni sono evidenziate in blu
- solo alcune istruzioni hanno argomenti

Il programma deve essere:

- **Assemblato**: tradotto da linguaggio ASSEMBLY a linguaggio macchina (Execute → Assemble). Verrà effettuato un controllo di correttezza sintattica.
- **Caricato** in memoria per essere eseguito (Execute → Assemble&Load)
- **Eseguito** (Execute → Run)
  - il programma inizia l'esecuzione con l'istruzione il cui inidirizzo si trova nel PC, inizialmente 0.
  - La macchina ripete cicli di esecuzione Fetch/Execute

Controllare l'esecuzione: Debug mode

- Reset: *Execute* → *Reset Everything*
- Ricaricare il programma: *Execute* → *Assemble&Load*
- Entrare in Debug mode: *Execute* → *Debug mode*.

In questa modalità:

- l'avanzamento dell'esecuzione è lasciato all'utente
- si può procedere una istruzione o microistruzione alla volta
- è possibile modificare a mano il contenuto di registri e RAM
- è possibile impostare breakpoint dalla finestra RAM

Esercizio 1

Scrivere un programma ASSEMBLY per la CPU Wombat1 che legge due numeri (usando la locazione di memoria x) e salva la somma nella locazione di memoria z

- aprire un nuovo file ASSEMBLY con *File* $\rightarrow$ *New text*
- salvare con *File* $\rightarrow$ *Save text* as (e.g. lab3_es1.a)

Esercizio 1 - Soluzione

Listing 1 : Esercizio 1

```
read   ; primo intero -> acc
store x ; primo intero -> cella x
read ; secondo intero -> acc
add x ; M[x] + acc -> acc
store z ; acc -> cella z
write ; output acc
stop ; termina esecuzione
x: .data 2 0 ; 2 byte dove mettere x
z: .data 2 0 ; 2 byte dove mettere z
```

Esercizio 2

Scrivere un programma ASSEMBLY per la CPU Wombat1 che legge un intero in ingresso e ritorna 0 se l'intero è pari, -1 altrimenti (usare divisione intera e moltiplicazione).

Esercizio 2 - Soluzione

Università degli Studi di Padova

Listing 2 : Esercizio 2

```
read              ; n -> acc
store x           ; acc -> x
divide due        ; acc/2 -> acc
multiply due      ; acc*2 -> acc
subtract x        ; acc - x -> acc
write             ; visualizza acc
stop              ; termina il programma

x: .data 2 0      ; variabile x
due: .data 2 2    ; variabile due
```

Esercizio 3

Scrivere un programma ASSEMBLY per la CPU Wombat1 che calcola e stampa il valore assoluto di un intero ricevuto in input.

Esercizio 3 - Soluzione

Listing 3 : Esercizio 3

```
read                        ;input -> acc
jmpn negativo               ;se acc <0, salta a negativo
fine: write                 ;acc -> output
stop                        ;stop
negativo: store copia ;acc -> copia
load zero                   ;zero -> acc
subtract copia              ;acc-copia -> acc
jump fine                   ;va alla fine
zero: .data 2 0             ;2 byte dove mettere zero
copia: .data 2 0            ;2 byte dove mettere copia
```

Esercizio 4

Scrivere un programma ASSEMBLY per la CPU Wombat1 che calcola il prodotto di due interi usando somme.