# CPUSim
# Laboratorio 13/11/2013.

Nicolò Navarin

e-mail: nnavarin@math.unipd.it


Università
degli Studi
di Padova

# Intro



Nel laboratorio di oggi:

- impareremo come definire una nuova CPU nel simulatore;
- definiremo dei registri ad uso generale;
- vedremo come funziona l'indirizzamento a registro;
- capiremo perchè aumenta la complessità delle istruzioni.

Prima di iniziare:

- `www.math.unipd.it/~sperduti/architettura1.html`
- scarichiamo *Wombat 2 (CPUSim)* e salviamo il file nella cartella *SampleAssignments* di CPUSim.

# Esercizio 3



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

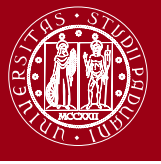
# Esercizio 3 - Soluzione



Listing 1 : 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.

# Esercizio 4 - Soluzione



Listing 2 : Esercizio 4

```
read                ; legge -> acc
store x             ; acc -> x
read                ; legge -> acc
store y             ; acc -> y
ciclo: jmpz fine    ;
load sum            ; sum -> acc
add x               ; acc + x -> acc
store sum           ; acc -> sum
load y              ;  y -> acc
subtract uno        ; acc - 1->acc
store y             ; acc -> y
jump ciclo
fine: load sum      ; somme parziali -> acc
write
stop
x: .data 2 0;
y: .data 2 0;
sum: .data 2 0;
uno: .data 2 1;
```

# Nuova CPU



Limitazioni di Wombat1:

- un solo registro dati (*accumulatore*);
- scrivere programmi anche semplici è macchinoso e richiede molti accessi alla memoria;
- più registri dati $\rightarrow$ meno accessi alla memoria;
- programmi più intuitivi.

Creiamo una nuova cpu partendo da *Wombat*1:

- aprire la cpu di esempio *Wombat*1;
- *File*$\rightarrow$ *Save Machine As* Wombat2-test.cpu.

Possiamo modificare le specifiche attraverso il menu *Modify*.

# Array di registri generici



Definiamo un array di registri.

- *Modify* $\rightarrow$ *Hardware Modules* $\rightarrow$ *RegisterArray*.
- Lenght=16, size=16 (vogliamo registri dati).
- *View* $\rightarrow$ *Register array A*.
- I registri nell'array sono riferiti attraverso il loro indice (non più accumulatore, ma registro 1, registro 2..., registro 16).
- Abbiamo creato un array con 16 registri: 4 bit per l'indirizzamento (indirizzamento registro!).

Non serve più l'*accumulatore*!

- Per ora non lo rimuoviamo perchè dovremmo ridefinire tutte le operazioni che lo utilizzano, ma ragioniamo come se non ci fosse.

# Microistruzioni - ALU



Che registri userà la ALU ora che non c'è più ACC?

- Una soluzione: registri dedicati.
- Definiamo i registri IN1 IN2 OUT, di input e output per la ALU (registri dati)?
- Ridefiniamo la microistruzione di addizione in modo che utilizzi questi nuovi registri (IN1+IN2=OUT).

Definiamo microistruzioni per il trasferimento.

- Da una posizione nell'array di registri agli operandi della ALU(transferAtoR):
  - $ROP1 \rightarrow IN1$ dal registro di posizione indicata dai bit da 4 a 7 dell'IR a IN1;
  - $ROP2 \rightarrow IN2$ dal registro di posizione indicata dai bit da 8 a 11 dell'IR a IN2.
- Dall'output della ALU ai registri (transferRtoA):
  - $OUT \rightarrow ROP3$ da OUT al registro di posizione indicata dai bit da 12 a 15 dell'IR;

# Istruzioni



Ora dobbiamo definire le istruzioni per la nuova architettura: come usare questi nuovi registri?
Proviamo a definire una nuova operazione:

- ADD tra registri.
- siccome ora abbiamo a disposizione vari registri dati, sarà necessario specificare
  - primo registro di input
  - secondo registro di input
  - registro di output
- **op + reg input1 + reg input2 + reg output**
  4bit 4 bit 4 bit 4bit
- lunghezza istruzione: 16 bit
- Definiamo l'istruzione *addR reg reg reg* (*reg* è un campo dato unsigned di 4 bit)

# Altre istruzioni: Load



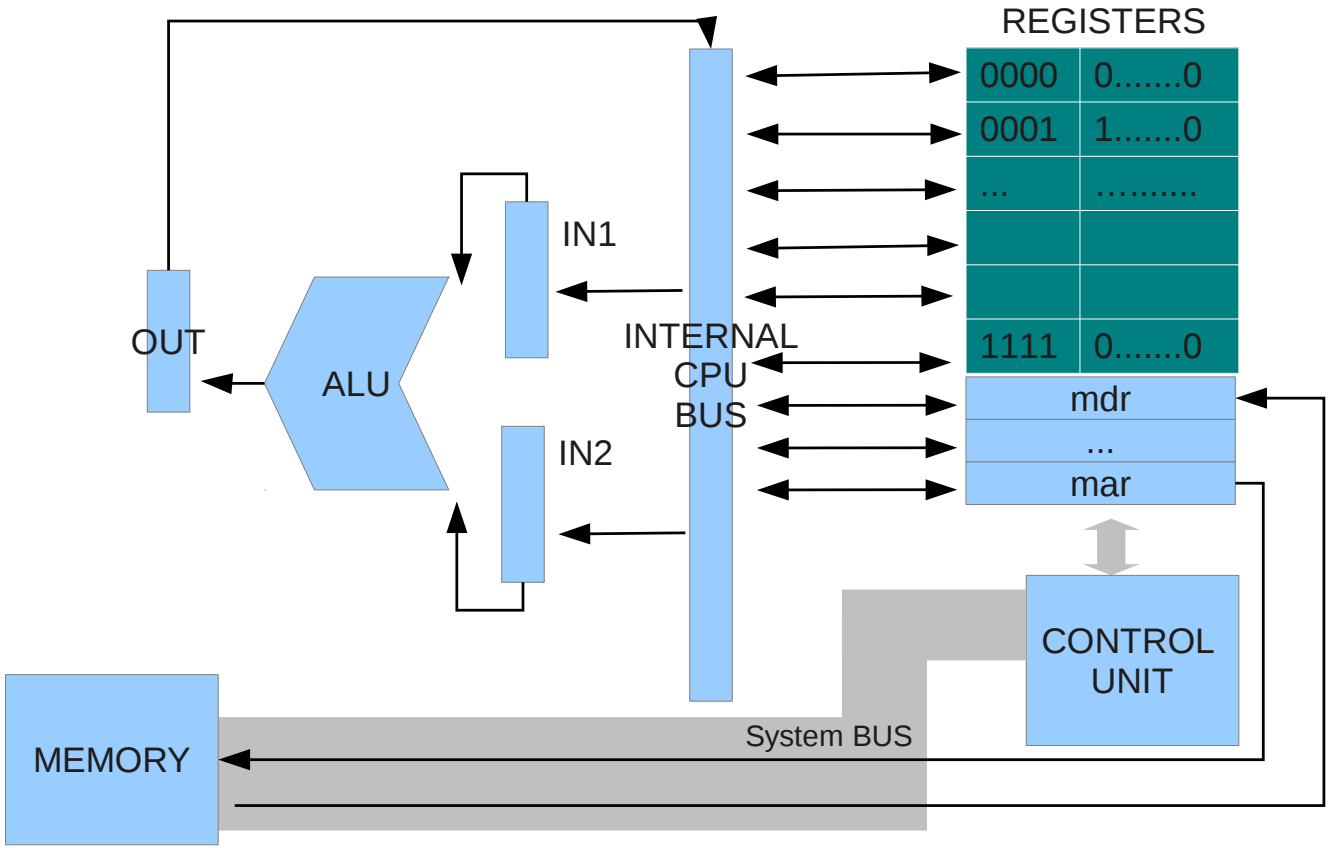
- L'istruzione *addR* occupa 16 bit, come tutte le istruzioni Wombat1.
- Proviamo a definire la *loadR*
  - Semantica: carica il contenuto di una cella di memoria in un registro.
  - Quale cella di memoria? serve un campo dati *address*.
  - Quale registro? serve un campo dati *reg*.
  - *op (4bit) + address (12bit) + registro (4bit)* = 20 bit, ma le istruzioni Wombat1 sono di lunghezza fissa di 16 bit!

  Possibili soluzioni:
  - Lunghezza variabile: viene specificato il numero di operandi.
  - Formato ibrido: ogni istruzione ha una dimensione diversa predeterminata.
    - La CPU fa il fetch dei primi 16 bit e decodifica l'istruzione;
    - nell'implementazione dell'istruzione stessa, viene eseguito il fetch della parte mancante.

# Wombat 2.1



- Carichiamo la CPU *Wombat2.1.cpu*
- Vediamo l'implementazione della *loadR*.

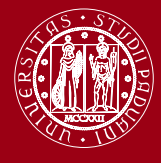


# Wombat 2.1 - Instruction set



| INSTRUCTION | MEANING | DESCRIPTION |
|---|---|---|
| readR reg1 | Read n $\rightarrow$ reg1 | Input from keyboard in reg1 |
| writeR reg1 | reg1 $\rightarrow$ output | Write value of reg1 |
| multiplyR reg1 reg2 reg3 | reg1 * reg2 $\rightarrow$ reg3 | Multiply contents of two registers |
| divideR reg1 reg2 reg3 | reg1 / reg2 $\rightarrow$ reg3 | Divide contents of two registers |
| subtractR reg1 reg2 reg3 | reg1 - reg2 $\rightarrow$ reg3 | Subtract contents of two registers |
| addR reg1 reg2 reg3 | reg1 + reg2 $\rightarrow$ reg3 | Add contents of two registers |
| loadR reg1 addr | Mem[addr] $\rightarrow$ reg1 | Load word from memory in reg1 |
| storeR reg1 addr | reg1 $\rightarrow$ Mem[addr] | Store word in memory from reg1 |
| jmpzR reg1 addr | If $reg1 = 0$ jump to addr | Conditional jump (reg1=0) |
| jmpnR reg1 addr | If $reg1 < 0$ jump to addr | Conditional jump ($reg1 < 0$) |
| jump addr | jump to addr | |
| stop | stop execution | |

# Esercizio 2 - Wombat 2.1





Scrivere un programma ASSEMBLY per la CPU Wombat2.1 che legge un intero in ingresso e ritorna 0 se l'intero è pari, -1 altrimenti (usare divisione intera e moltiplicazione).

# Esercizio 2 - Soluzione



Listing 3 : Esercizio 2

```
readR 1             ; n -> Reg[1]
loadR 2 due         ; 2 -> Reg[2]
divideR 1 2 3       ; Reg[1]/Reg[2] -> Reg[3]
multiplyR 3 2 4     ; Reg[3]*Reg[2] -> Reg[4]
subtractR 4 1 5     ; Reg[4] - Reg[1] -> Reg[5]
writeR 5            ; visualizza Reg[5]
stop                ; termina il programma
due: .data 2 2      ; variabile due
```

# Esercizio 3



Scrivere un programma ASSEMBLY per la CPU Wombat2.1 che calcola e stampa il valore assoluto di un intero ricevuto in input. Ancora molto simile a Wombat1.

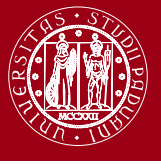
# Esercizio 3 - Soluzione



Listing 4 : Esercizio 3

```
readR  1                ;input -> Reg[1]
jmpnR 1 negativo        ;se Reg[1] <0 vai a negativo
fine: writeR 1          ;Reg[1] -> output
stop                    ;stop
negativo:loadR 0 zero  ;Reg[0] = 0
subtractR 0 1 1         ;Reg[0] - Reg[1] -> Reg[1]
jump fine               ;va alla fine
zero: .data 2 0         ;2 byte dove mettere zero
```

# Esercizio 4





Scrivere un programma ASSEMBLY per la CPU Wombat2.1 che calcola il prodotto di due interi usando somme.