Lezione 2: L'architettura LC-3

Laboratorio di Elementi di Architettura e Sistemi Operativi
9 Marzo 2017

Pseudo direttive assembly

- Per scrivere un programma in assembly sono necessarie alcune pseudo direttive (chiamate anche pseudo-ops);
- esse non sono vere e proprie istruzioni da eseguire, ma...

servono in fase di traduzione da ASM a linguaggio macchina per far si che il traduttore interpreti correttamente ilcontenuto del programma.

- si riconoscono perché iniziano con il **"."** e, ovviamente, sono nomi riservati.

- Le pseudo-direttive del linguaggio assembly di LC-3 sono:

  .ORIG: indica l'indirizzo di partenza del programma LC-3; ad esempio alla riga 05 viene detto che il programma deve iniziare all'indirizzo (esadecimale su 16 bit) x3050;

  .END: indica dove finisce il programma. Attenzione: questa istruzione non dice che il programma deve essere terminato, ma l'indirizzo a cui terminano le sue istruzioni!

  .FILL: indica che la prossima locazione di memoria contiene il valore indicato dall'operando;

  .BLKW: indica di riservare una sequenza (contigua), lunga tanto quanto indicato dall'operando, di locazioni di memoria.
  Si possono anche inizializzare;

  .STRINGZ: indica di iniziare una sequenza lunga n+1 di locazioni di memoria. L'argomento è una sequenza di n caratteri compresa fra i doppi apici.

  I caratteri vengono rappresentati su 16bit.
  Il carattere terminatore `'\0'` è sottointeso.

ISTRUZIONE Load Effective Address (LEA):

- Si usa SOLO con l'istruzione di caricamento effettivo di un indirizzo (Load Effective Address LEA);
- L'istruzione LEA (codice operativo = 1110) carica nel registro specificato nelle posizioni [9:11] il valore ottenuto sommando il valore del PC incrementato con il valore indicato nelle posizioni [0:8]
- dell'istruzione (rappresentato su 16 cifre binarie).
- Di solito l'istruzione LEA è usata per inizializzare un registro con un indirizzo molto vicino all'indirizzo di memoria che si sta usando;

- **Esempio:** supponiamo che la locazione di memoria 0x4019 contenga l'istruzione "LEA R5, #-3" e il PC sia 0x4019; dopo l'esecuzione dell'istruzione 0x4019, R5 conterrà 0x4016

```
.ORIG x3000
        LEA R0, DODICI
        LD   R1, CINQUE

; Definizione di variabili
DODICI      .FILL 0012     ; Valore espresso in decimale
CINQUE      .FILL x0005    ; Valore espresso in esadecimale


.END
```

ISTRUZIONE LOAD (LD):

- Le istruzioni **LD** (codice operativo = 0010) e **ST** (codice operativo = 0011) specificano l'indirizzamento relativo al contatore di programma (PC-relative);
- Si chiama così perchè le posizioni [0:8] specificano lo scostamente da sommare al contatore di programma (PC);
- L'indirizzo di memoria a cui fa riferimento l'operazione è calcolato sommando al valore del PC incrementato il valore, esteso su 16 cifre binarie, indicato dalle posizioni [0:8] dell'istruzione.
- Se l'operazione è di load, si scrive nel registro indicato dalle posizioni [9:11] il valore contenuto all'indirizzo di memoria calcolato; se è di store, si memorizza all'indirizzo di memoria calcolato il valore contenuto nel registro indicato dalle posizioni [9:11].

Esempio:

Scrivere il seguente programma, compilarlo e mandarlo in secuzione

```
.ORIG x3000
        LD R0, DODICI
        LD R1, 0            ; Verificare il valore del program counter e controllare cosa vine inserito in R1
        LD R2, CINQUE


; Definizione di variabili
DODICI      .FILL 0012    ; Valore espresso in decimale
CINQUE      .FILL x0005   ; Valore espresso in esadecimale


.END
```

ISTRUZIONE LOAD (LDI):

- Le istruzioni **LDI** (codice operativo = 1010) e **STI** (codice operativo = 1011) specificano l'indirizzamento indiretto;

- Funzionano esattamente come le istruzioni LD e ST, ma l'indirizzo calcolato dalla somma tra il PC e il valore specificato nell'istruzione non è l'indirizzo della parola di memoria da/in cui leggere / scrivere l'operando, **ma è l'indirizzo della parola di memoria che contiene l'indirizzo della parola di memoria da/in cui leggere/scrivere l'operando**;

Esempio:

Scrivere il seguente programma, compilarlo e mandarlo in secuzione

```
.ORIG x3000
        LDI R0, PLACE
        LD  R2, CINQUE

        HALT

; Definizione di variabili
DODICI      .FILL 0012    ; Valore espresso in decimale
CINQUE      .FILL x0005   ; Valore espresso in esadecimale

PLACE       .FILL X45A7   ; Andare alla locazione X45A7 e inserire un valore


.END
```

ISTRUZIONE LOAD (LDR):

- Le istruzioni **LDR** (codice operativo = 0110) e **STR** (codice operativo = 0111) specificano l'indirizzamento base+scostamento;
- L'indirizzo dell'operando è ottenuto aggiungendo lo scostamento indicato dalle 6 cifre binarie [0:5], esteso a 16 cifre binarie, al registro di base indicato dalle cifre binarie [6:8].
- le 6 cifre binarie utilizzate per rappresentare lo scostamento vanno sempre considerate come interi in complemento a 2 (quindi valori compresi fra -32 e +31);
- **Esempio**: si supponga che R2 contenga il valore 0x2345, e che l'istruzione da eseguire sia "LDR R1, R2, x1D"; dopo la sua esecuzione, in R1 si avrà il contenuto 0x0F0F della cella di memoria il cui indirizzo 0x2362 è stato calcolato sommando 0x2345 a 0x1D.

Esempio:

```
.ORIG x3000

        LEA R1, DODICI ; R1 = Indirizzo di DODICI
        LDR R0, R1, 0     ; Puo' essere comodo per la gestione dei vettori

        LD  R2, CINQUE

        HALT

; Definizione di variabili
DODICI      .FILL 0012     ; Valore espresso in decimale
CINQUE      .FILL x0005    ; Valore espresso in esadecimale

.END
```

Tradurre in asembler le seguenti istruzioni e provarle sul ISS LC3:

Esercizio 1:

```
int a = 25;
int b = 0;
b = a;
a = a + 40;

LD  R0, A
ST  R0, B

LD  R1, QUA
ADD R0, R1, R0
ST  R0, A

HALT

QUA .FILL  40
A   .FILL  25
B   .FILL  0
.END
```

Esercizio 2:

```
int base    = 14;
int altezza = 40;
int doppiabase;
int differenza;

doppiabase = base + base;
differenza = altezza – doppiabase;
```

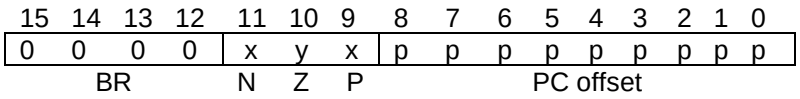
Esercizio 3:

```
int basemaggiore  = 43;
int baseminore    = 30;
int diagonale     = 10;
int perimetro     = 0;

perimetro = basemaggiore + baseminore + diagonale + diagonale;
```

ISTRUZIONE BRANCH (BR):

- L'istruzione di branch è **BR** (codice operativo = 0000);
- Il suo formato è:



- Le cifre binarie [9:11] corrispondono alle tre condizioni N, Z e P;
- esse sono usati per cambiare il flusso di esecuzione;
- Durante la fase di ESECUZIONE il processore esamina le cifre N,
- Z, P, e:
  - se la cifra binaria [11] = 1, si esamina la condizione corrispondente a N;
  - se la cifra binaria [10] = 1, si esamina la condizione corrispondente a Z;
  - se la cifra binaria [9] = 1, si esamina la condizione corrispondente a P;

Esempio:

```
.ORIG x3000

        AND R0, R0, 0              ; R0 <- 0
        AND R1, R1, 0              ; R1 <- 0
        BRz INCREMENTAR1     ; Salta se è settato il flag zero
        ADD R0,R0, 1
INCREMENTAR1:
        ADD R1, R1, 1

        HALT

; Definizione di variabili
.END
```

Esempio il ciclo FOR:

convertire in assembler il seguente programma C

```
int vet[10];
int i;
for (int i = 0; i < 10; i++)
   v[ i ] = i;
```

```
.ORIG x3000
        LEA R0, vet
        AND R1, R1, 0     ; utilizzo R1 come variabile i, la devo azzerare

iniziofor:
        ADD R2, R1, -10
        BRz finefor

        STR  R1, R0, 0

        ADD R0, R0, 1     ; vado lla cella successiva del vettore
        ADD R1, R1, 1     ; incremento i
        BRnzp iniziofor

finefor:
        HALT
; Definizione di variabili
vet             .BLKW  0010         ; Valore espresso in decimale

.END
```

Esempio il ciclo WHILE:

convertire in assembler il seguente programma C

```
int A[20]={1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,-1,0,0,0,0,0,0,0};
int i=0;
int r=0;
while(A[i]>0){ //Nota: -1 è la sentinella
   r=r+A[i];
   i++;
}
```

```
.ORIG x3000
        LEA R1, A
        AND R3, R3, 0     ;R3 come variabile r, la devo azzerare

iniziowhile:
        LDR R4, R1, 0     ;R4 <- A[i]
        BRnz finewhile

        ADD R3, R3, R4    ;R3 <- R3 + A[i]
        ADD R1, R1, 1     ; incremento i
        BRnzp iniziowhile

finewhile:
        HALT
; Definizione di variabili
A       .FILL  0001           ; Valore espresso in decimale
        .FILL  0002
        .FILL  0003
        .FILL  0004
        .FILL  0005
        .FILL  0006
        .FILL  0007
        .FILL  0008
        .FILL  0009
        .FILL  0010
        .FILL  0011
        .FILL  0012
        .FILL  0013
        .FILL  0014
        .FILL  -1
        .FILL  0
        .FILL  0
        .FILL  0
        .FILL  0
        .FILL  0


.END
```

Esercizi si traducano in assembler LC3 i seguenti spezzoni di codice:

1. int A = 10;
   int B = 15;
   A = A + B;

2. int A = 20;
   int B = 7;
   A = A – B;

3. int A = 5;
   A = A * 7;

4. int A = 13;
   A = A / 3;

5. long A = x0FFF; (long = 32 bit)
   long B = A + 5;

SOLUZIONI

Esercizio1:

```
.ORIG x3000


        LD R0, A
        ST R0, B

        ADD R0, R0, #10
        ST R0, A


        HALT

; Definizione di variabili
A  .FILL 0025      ; Valore espresso in decimale
B  .FILL x0000     ; Valore espresso in esadecimale

.END
```

1. int A = 10;
   int B = 15;
   A = A + B;

Esercizio1:

```
.ORIG x3000


        LD R0, A
        LD R1, B

        ADD R0, R1, R0
        ST R0, A


        HALT

; Definizione di variabili
A  .FILL 0010      ; Valore espresso in decimale
B  .FILL 0015     ; Valore espresso in esadecimale

.END
```

2. int A = 20;
   int B = 7;
   A = A – B;

Esercizio2:

```
.ORIG x3000


        LD R0, A
        LD R1, B
        NOT R1
        ADD R1, R1, 1


        ADD R0, R1, R0
        ST R0, A


        HALT

; Definizione di variabili
A  .FILL 0020      ; Valore espresso in decimale
B  .FILL 0007    ; Valore espresso in esadecimale

.END
```

3. int A = 5;
   A = A * 7;

```
.ORIG x3000


        LD R0, A
        LD R2, A
        AND R1, R1, 0
        ADD R1, R1, -7

inizio:
        ADD R0, R0, R2

        ADD R1, R1, 1
        BRzp fine:
        BRznp inizio
fine:

        ST R0, A


        HALT

; Definizione di variabili
A  .FILL 0005      ; Valore espresso in decimale

.END
```

4. int A = 13;
   A = A / 3;

5. long A = x0FFF; (long = 32 bit)
   long B = A + 5;