Esercitazione 4

Architettura degli Elaboratori e Laboratorio

19 Aprile 2013

Registri

MIPS reference cards:
http://refcards.com/docs/waetzigj/mips/mipsref.pdf
http://www.mips.com/media/files/MD00565-2B-MIPS32-QRC-01.01.pdf

- 32 registri general purpose a 32bit:

Numero	Nome	Uso	Preservati dal chiamato?
$0	$zero	constante 0	N/A
$1	$at	temp assembler	No
$2-$3	$v0-$v1	retval funzioni e expr eval	No
$4-$7	$a0-$a3	args funzione	No
$8-$15	$t0-$t7	temp	No
$16-$23	$s0-$s7	temp da salvare	Si
$24-$25	$t8-$t9	temp	No
$26-$27	$k0-$k1	riservati kernel	No
$28	$gp	global pointer	Si
$29	$sp	stack pointer	Si
$30	$fp	frame pointer	Si
$31	$ra	return address	N/A

Chiamata a Funzione

- Dato un semplice programma C che esegue una chiamata a funzione, traduciamolo in assembly e simuliamone il funzionamento.

```c
/* variabili globali */
int res;

int double ( int a ) {
  return ( a + a );
}

void main ( void ) {
  res = double( 100 );
}
```

Regole per la Chiamata a Funzione

- La chiamata si esegue con l'istruzione **jal <label>**, che imposta anche l'indirizzo di ritorno
- Si possono specificare fino a 4 parametri tramite i registri **$4-$7**
- Ulteriori parametri si specificano utilizzando lo *stack*
- La funzione inizia con:

```
.ent <nome_funzione>
<nome_funzione>:
```

  e termina con:

```
.end <nome_funzione>
```

- Il valore di ritorno deve trovarsi nel registro **$2** (e **$3** se necessario)
- Per il ritorno dalla funzione si esegue **jr $31**

Regole Registri

Nell'utilizzo di chiamate a funzione e' importante attenersi alle regole di utilizzo dei registri:

- **$2-$3** modificabili per metterci i valori di ritorno dalla funzione
- **$4-$7** modificabili, contengono i parametri di chiamata alla funzione
- **$8-$15** modificabili, sono i temporanei
- **$16-$23** modificabili solo dopo averli salvati sullo stack
- **$24-$25** modificabili, sono i temporanei
- **$28-$31** modificabili solo dopo averli salvati sullo stack

Traduzione Assembly

- MAIN

```
        .globl main
main:
        li      $4, 100  # carico il parametro per la funzione
        jal     double   # setto il ret addr e salto alla funzione
        sw      $2, res  # scrivo in memoria il risultato
        jr      $31      # ritorno al chiamante
        .end main
```

- DOUBLE

```
        .ent double
double:
        add     $2,$4,$4 # raddoppio il parametro della funzione
        jr      $31      # ritorno al chiamante
        .end double
```

- Notate qualche problema? L'istruzione **jal** del *main* setta il return address per continuare con la **sw** successiva al ritorno da *double*, perdendo cosi' il return address del chiamante del *main*.

Lo Stack 1/3

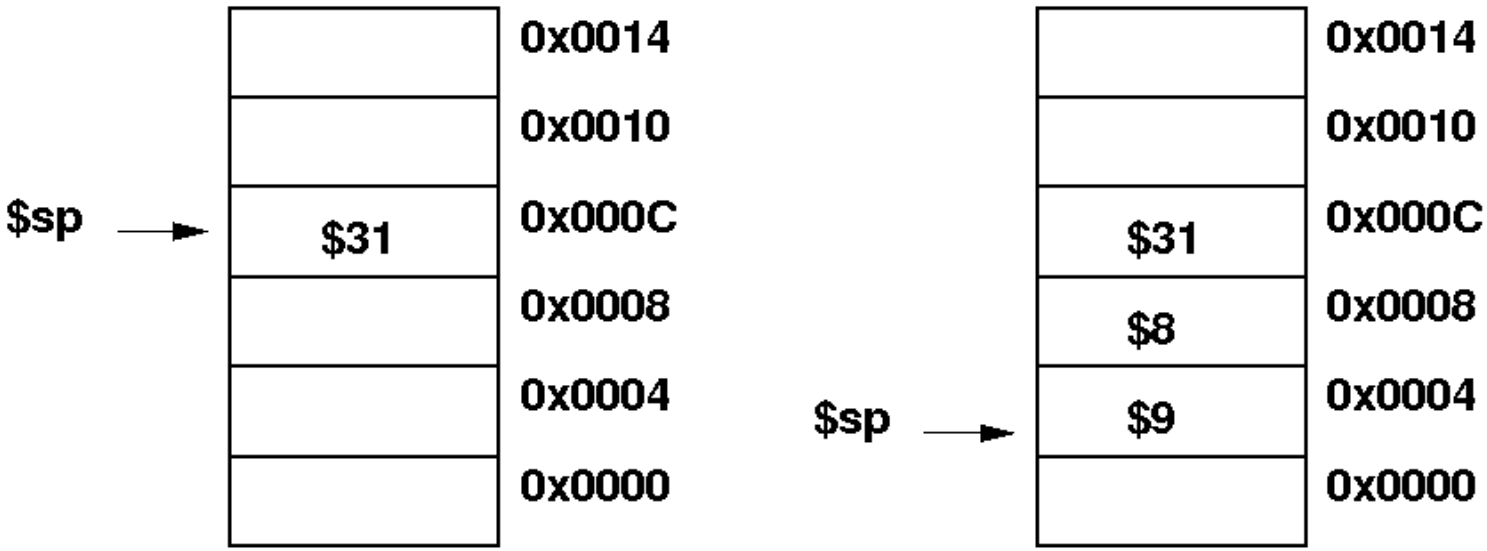
- Il problema descritto precedentemente si risolve salvando il return address del chiamante di *main* sullo stack.
- Lo stack cresce dagli indirizzi alti verso quelli bassi quindi per allocare spazio per una variabile devo "decrementare" lo *stack pointer*.
- Prima di eseguire la chiamata a funzione (**jal**) salvo il valore di **$31** sullo stack

```
addi $sp,$sp,-4 # Alloco spazio per un int nello stack
sw   $31,0($sp) # Salvo ret addr sullo stack
```

Lo Stack 2/3

- Le regole sui registri fissano $4-$7 per il passaggio di parametri ad una funzione, se devo passare alla funzione piu' di 4 parametri utilizzo lo stack per contenere i parametri eccedenti

```
addi $sp,$sp,-8 # Alloco spazio per due int nello stack
sw   $9,0($sp)  # Salvo parametro 6 sullo stack
sw   $8,4($sp)  # Salvo parametro 5 sullo stack
```



Lo Stack 3/3

- Recupero i parametri che mi occorrono dallo stack

```
lw   $8,4($sp)   # Recupero parametro 5 dallo stack
lw   $9,0($sp)   # Recupero parametro 6 dallo stack
addi $sp,$sp,8   # Rimuovo lo spazio per due int dallo stack
```

- Dopo la chiamata a funzione devo ripristinare il registro **$31** recuperandolo dallo stack

```
lw   $31,0($sp) # Recupero ret addr dallo stack
addi $sp,$sp,4  # Rimuovo lo spazio per un int dallo stack
```

- Qualunque funzione che ne richiami altre al suo interno e' tenuta a salvare sullo stack il return address e tutti i registri che vuole preservare.

Traduzione Assembly con Stack

- MAIN

```
        .globl main
main:
        addi    $sp,$sp,-4 # Alloco spazio per un int nello stack
        sw      $31,0($sp) # Salvo ret addr sullo stack
        li      $4, 100    # carico il parametro per la funzione
        jal     double     # setto il ret addr e salto alla funzione
        sw      $2, res    # scrivo in memoria il risultato
        lw      $31,0($sp) # Recupero ret addr dallo stack
        addi    $sp,$sp,4  # Rimuovo lo spazio per un int dallo stack
        jr      $31        # ritorno al chiamante
        .end main
```

- DOUBLE

```
        .ent double
double:
        add     $2,$4,$4   # raddoppio il parametro della funzione
        jr      $31        # ritorno al chiamante
        .end double
```

Codice Completo

```
        .text
        .align 2

        .ent double
double:
        add     $2,$4,$4    # raddoppio il parametro della funzione
        jr      $31         # ritorno al chiamante
        .end double

        .globl main
main:
        addi    $sp,$sp,-4  # Alloco spazio per un int nello stack
        sw      $31,0($sp)  # Salvo ret addr sullo stack
        li      $4, 100     # carico il parametro per la funzione
        jal     double      # setto il ret addr e salto alla funzione
        sw      $2, res     # scrivo in memoria il risultato
        lw      $31,0($sp)  # Recupero ret addr dallo stack
        addi    $sp,$sp,4   # Rimuovo lo spazio per un int dallo stack
        jr      $31         # ritorno al chiamante
        .end main

        .data   0x10002000
        .align 2
res:    .space 4
```

Esercitazione 1/2

```
#define NUM 8

int A[NUM], B[NUM], C[NUM];

int main(void) {

  register int i;

  // Inizializza array A
  for( i = NUM; i > 0; i-- ) {
    A[i-1] = i;
  }
  // Inverti array A su array B
  reverse( B, A+NUM-1, NUM );

  // Inizializza array C
  compose( C, B, A, NUM );

  return 0;

}
```

Esercitazione 2/2

```
// Funzione di reverse ricorsiva
void reverse( int * dst, int * src, int size ) {
  if ( size == 0 ) {
    return;
  } else {
    reverse( dst+1, src-1, size-1 );
    *dst = *src;
    return;
  }
}

// Funzione di composizione ricorsiva
void compose( int * dst, int * src1, int * src2, int size ) {
  if ( size == 0 ) {
    return;
  } else {
    compose( dst+1, src1+1, src2+1, size-1 );
    *dst = *src1 << *src2 ;
    return;
  }
}
```

Scheletro di file assembly

```
        .text                   # PROLOGO
        .align 2

        .ent < nome_funz >      # FUNZIONI
< nome_funz >
        < codice funzione >
        .end < nome_funz >

        .globl main             # MAIN
main:
        < codice main >
        .end    main

        .data                   # DATI
        .align  2

< variabili >
```

Requisiti Fondamentali

1. Una volta scritto il file es4.s contenente l'assembler MIPS corrispondente alle funzioni *reverse()*, *compose()* e *main* **lo si commenti riga per riga** in modo tale che sia chiaro il funzionamento generale del programma.
2. Gli elementi degli array *A B C* **vanno mantenuti in memoria**, quindi se il loro valore viene **modificato** anche la memoria **deve essere aggiornata**.
3. Durante la simulazione con SPIM si catturi nel file es4.out1 lo **stato dello stack** (valori) immediatamente prima di ogni chiamata alla funzione *reverse()*, spiegandolo.
4. Al termine della simulazione con SPIM, si catturi nel file es4.out2 il **valore di tutti i registri** (finestra in alto di SPIM, tralasciare i registri floating point) **della memoria dati e dello stack** (finestra "data segment") spiegando i valori contenuti nei registri utilizzati, nella memoria e nello stack.

Consegna

La relazione da consegnare e' formata da:

1. un file di testo es4.s contenente la traduzione in assembler MIPS del programma C
2. un file di testo es4.out1 con la copia dei segmenti DATI e STACK di SPIM per ogni attivazione di funzione *reverse()* (vedi slide precedente)
3. un file di testo es4.out2 con la copia dei segmenti DATI e STACK di SPIM alla fine del programma (vedi slide precedente)

- NON usate la cattura di immagini da schermo: copiate ed incollate usando un editor di testo
- NON includete file BINARI o creati con WORD, EXCEL...
- NON verranno considerate mail con piu' o meno di 3 file allegati!
- Evitate i file compressi.

Spedite tutto a arc1@fe.infn.it entro le ore 23:59:59 di Domenica 28 Aprile.
L'oggetto della mail deve essere nella forma:
LAB1-N#esercitazione-#gruppo
(es: LAB1-N4-99)