6' Esercitazione

https://politecnicomilano.webex.com/meet/gianenrico.conti

Gian Enrico Conti

ASM and functions

Architettura dei Calcolatori e Sistemi Operativi 2021-22

Esercizi:

(2 H)

1) Frame pointer: concetto ed uso:
   - Salvare i FP
   - Recuperare FP
   - Usare FP

2) esempi call a funzioni più complesse (con frame di attivazione completo)

3) esecuzione delle istruzioni nella architettura a singolo ciclo (altre slides)

Registri e convenzioni: recap x Call

- Convenzioni sui registri
  - $t0 - $t9 (= $8 - $15, $24, $25) are general use registers;
    need **not be preserved** across procedure calls
  - $s0 - $s7 (= $16 - $23) are general use registers;
    should be preserved across procedure calls
  - $sp (= $29) is stack pointer
  - $fp (= $30) is frame pointer
  - $ra (= $31) is return address storage for subroutine call (**R**eturn **A**ddress)
  - $a0 - $a3 (= $4 - $7) are used to pass arguments to subroutines
  - $v0, $v1 (= $2, $3) are used to hold return values from subroutine

Registri e convenzioni (II)

- Sono Convenzioni adottate per il codice MIPS (non imposte da HW)
- Se tutto codice vs, uso "libero"
- Un programmatore MIPS appena arrivato avrebbe difficoltà' ad adottarle

  - Caller: SALVA
    - $t0 - $t9
    - $a0 - $a3 (params)
    - $v0, $v1 (return values)
  - Callee ("funzione') SALVA
    - $s0 - $s7

$t0 - $t9 (= $8 - $15, $24, $25) are general use registers; need **not be preserved** across procedure calls

$s0 - $s7 (= $16 - $23) are general use registers; **should be preserved** across procedure calls

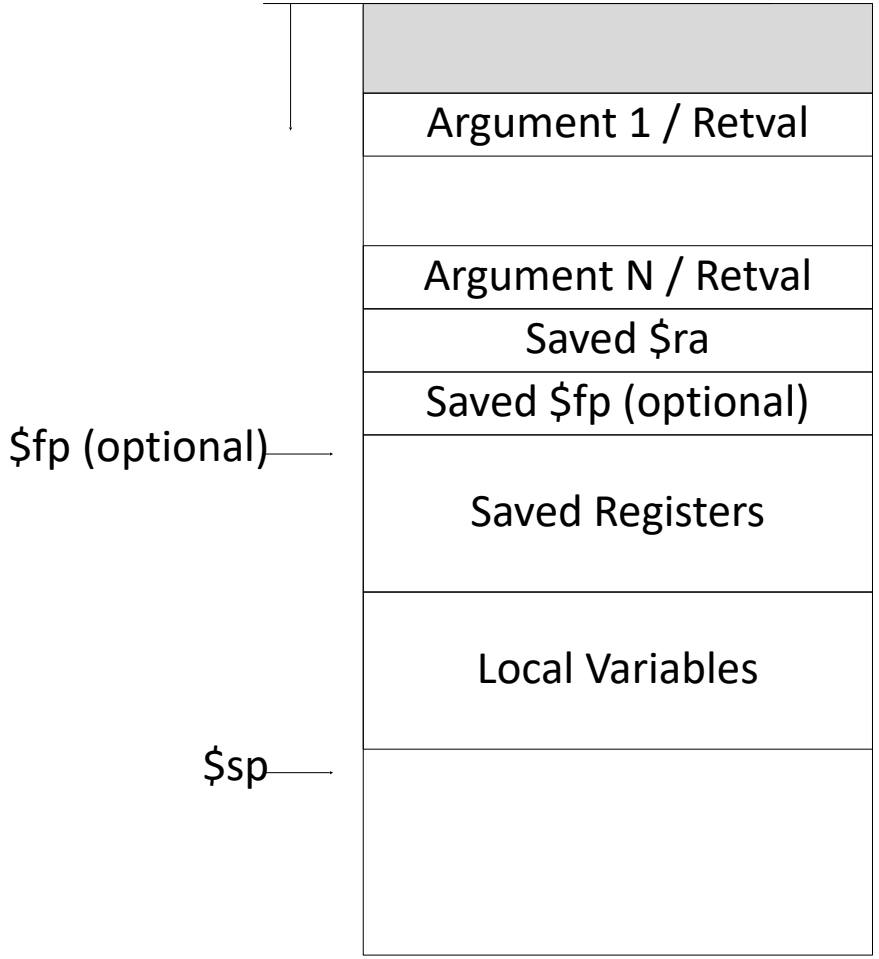
$sp (= $29) is stack pointer
$fp (= $30) is frame pointer
$ra (= $31) is return address storage for subroutine call (**R**eturn **A**ddress)

$a0 - $a3 (= $4 - $7) are used to pass arguments to subroutines
$v0, $v1 (= $2, $3) are used to hold return values from subroutine

  - ATTENZIONE A" $ra (= $31)
    - Contiene il return address (**R**eturn **A**ddress)
    - Se piu chiamate viene sovrascritto!
  -

Salvataggio di contesto

- **Durante la chiamata a funzione può rendersi necessario salvare alcuni registri (contesto) per far si che il chiamante continui a funzionare correttamente**



Alcuni esempi di codice

Note:

- **Attenzione alle f. annidate / ricorsive**
  sono sia Caller che Callee !
- **Se non bastano i registri, va usato STACK**
- **PROLOG / EPILOG (i.e. "entrata" / "uscita")** (more about later)

Sum up:

We call functions using jal, passing arguments in registers $a0-$a3.

Functions place results in $v0-$v1 and return using jr $ra.

Chiamata a funzione: EX06_es1_CALL_F.asm

```
int main( void )
{
        int a = leaf( 1, 2, 3, 4 );
}

int leaf( int g, int h, int i, int j )
{
        int f;

        f = (g + h) - (i + j);
        return f;
}
```

Note:

4 parametri, bastano i registri temp?
Devo salvare registri (me ne bastano 3...)

In uscita devo ripristinare ..

EX06_es1_CALL_F.asm

```c
int main( void )
{
   int a = leaf( 1, 2, 3, 4 );
}

int leaf(int g,int h,int i,int j )
{
   int f;

   f = (g + h) - (i + j);
   return f;
}
```

```
      .text
main: addi  $a0, $zero, 1
      addi  $a1, $zero, 2
      addi  $a2, $zero, 3
      addi  $a3, $zero, 4
      jal   leaf
      ..

leaf: addi  $sp, $sp, -12

      sw    $t1, 8($sp)
      sw    $t0, 4($sp)
      sw    $s0, 0($sp)
```

Uso i registri x param.

Salto alla label "leaf"

Faccio "spazio" x t1, t0, s0
(s0-s7 **should be preserved** across..
 salvo t1
 salvo t0
 salvo s0

EX06_es1_CALL_F.asm

```c
int main( void )
{
   int a = leaf( 1, 2, 3, 4 );
}

int leaf(int g,int h,int i,int j )
{
   int f;

   f = (g + h) - (i + j);
   return f;
}
```

```
      .text
main: addi  $a0, $zero, 1
      addi  $a1, $zero, 2
      addi  $a2, $zero, 3
      addi  $a3, $zero, 4
      jal   leaf
      ...


leaf: addi  $sp, $sp, -12

      sw    $t1, 8($sp)
      sw    $t0, 4($sp)
      sw    $s0, 0($sp)

      add   $t0, $a0, $a1
      add   $t1, $a2, $a3
      sub   $s0, $t0, $t1
      add   $v0, $s0, $zero
      lw    $s0, 0($sp)
      lw    $t0, 4($sp)
      lw    $t1, 8($sp)
      addi  $sp, $sp, 12
      jr    $ra
```

Uso i registri x param.

Salto alla label "leaf"

Faccio "spazio"x t1, t0, s0
(s0-s7 **should be preserved** across calls)
salvo t1
salvo t0
salvo s0

Add ...

Salvo ris. (f) in v0
Ripristino regs.

Ripristino stack
ret

EX06_es1_CALL_F.asm

```c
int main( void )
{
   int a = leaf( 1, 2, 3, 4 );
}

int leaf(int g,int h,int i,int j )
{
   int f;

   f = (g + h) - (i + j);
   return f;
}
```

```
      .text
main: addi  $a0, $zero, 1
      addi  $a1, $zero, 2
      addi  $a2, $zero, 3
      addi  $a3, $zero, 4
      jal   leaf
      add   $s0, $v0, $zero


     addi  $v0, $zero, 10
      syscall

leaf: addi  $sp, $sp, -12

      sw    $t1, 8($sp)
      sw    $t0, 4($sp)
      sw    $s0, 0($sp)

      add   $t0, $a0, $a1
      add   $t1, $a2, $a3
      sub   $s0, $t0, $t1
      add   $v0, $s0, $zero
      lw    $s0, 0($sp)
      lw    $t0, 4($sp)
      lw    $t1, 8($sp)
      addi  $sp, $sp, 12
      jr    $ra
```

Uso i registri x param.

Salto alla label "leaf"
$v0 contiene il risultato,
Lo copio in $s0

param. X exit.
exit

Faccio "spazio"x t1, t0, s0
(s0-s7 **should be preserved** across calls)
 salvo t1
 salvo t0
 salvo s0

Add ...

Salvo ris. (f) in v0
Ripristino regs.

Ripristino stack
ret

EX06_es1.asm

Traduciamo:

```c
int x,y;

int sum(int a, int b){
    return a+b;
}

int main() {
    x = 10;
    y = sum(x, 20);
    printf("%d", y);
    return 0;
}
```

EX06_es1.asm

Traduciamo:

```
int x,y;

int sum(int a, int b){
    return a+b;
}

int main() {
    x = 10;
    y = sum(x, 20);
    printf("%d", y);
    return 0;
}
```

Note:
2 globali

Carico le globali nei registri $a0 – $a3
Non mi servono altri regs.

EX06_es1.asm

Traduciamo:

```
int x,y;

int main() {
    x = 10;




    y = sum(x, 20);


    printf("%d", y);
    return 0;
}



int sum(int a, int b){
    return a+b;
}
```

```
x:      .word     0
y:      .word     0

main:
   la     $s0, x
   li     $s1, 10
   sw     $s1, ($s0)

#Caller prolog:
   addi   $a0, $zero, $s1 # x
   addi   $a1, $zero, 20
   jal    sum

(Syscall. Not now..)
```

EX06_es2_CALL_sum.asm

Traduciamo:

```c
int x,y;

int main() {
    x = 10;
    y = sum(x, 20);
    printf("%d", y);
    return 0;
}
```

```c
int sum(int a, int b){

    return a+b;
}
```

```
.data:
x:    .word    0
y:    .word    0

.text
main:
  la    $s0, x
  li    $s1, 10
  sw    $s1, ($s0)

#Caller prolog:
  add  $a0, $zero, $s1 # x
  add  $a1, $zero, 20
  jal  sum

#(Syscall. Not now..)
```

```
sum:
  add $v0, $a0, $a1
  jr  $ra
```

EX06_es2_CALL_sum.asm

Traduciamo:

```
int x,y;

int main() {
    x = 10;
    y = sum(x, 20);




    printf("%d", y);
    return 0;
}
```

```
int sum(int a, int b){
    return a+b;
}
```

```
.data:
x:    .word    0
y:    .word    0

.text
main:
  la    $s0, x
  li    $s1, 10
  sw    $s1, ($s0)


#Caller prolog:
  add   $a0, $zero, $s1 # x
  add   $a1, $zero, 20
  jal   sum

#save in Y:
  la    $s0, y
  sw    $v0, ($s0)
```

```
sum:
  add $v0, $a0, $a1
   jr   $ra
```

EX06_es2_CALL_sum.asm

Traduciamo:

```
int x,y;

int main() {
    x = 10;
    y = sum(x, 20);




    printf("%d", y);
    return 0;
}




int sum(int a, int b){
    return a+b;
}
```

```
.data:
x:    .word    0
y:    .word    0

.text
main:
  la    $s0, x
  li    $s1, 10
  sw    $s1, ($s0)


#Caller prolog:
  add   $a0, $zero, $s1 # x
  add   $a1, $zero, 20
  jal   sum

#save in Y:
  la    $s0, y
  sw    $v0, ($s0)
```

#place sys call! Otherwise..

```
sum:
  add $v0, $a0, $a1
   jr   $ra
```

EX06_es2_CALL_sum.asm

Traduciamo:

```
int x,y;

int main() {
    x = 10;
    y = sum(x, 20);




    printf("%d", y);

    return 0;
}
```

```
int sum(int a, int b){
    return a+b;
}
```

```
.data:
x:    .word    0
y:    .word    0

.text
main:
  la    $s0, x
  li    $s1, 10
  sw    $s1, ($s0)


#Caller prolog:
  add   $a0, $zero, $s1 # x
  add   $a1, $zero, 20
  jal   sum

#save in Y:
  la    $s0, y
  sw    $v0, ($s0)



li $v0,10 # selettore syscall
main_:   syscall



sum:
  add $v0, $a0, $a1
   jr   $ra
```

EX06_es2_CALL_sum.asm

Traduciamo:

```
int x,y;

int main() {
    x = 10;
    y = sum(x, 20);

    printf("%d", y);

    return 0;
}

int sum(int a, int b){
    return a+b;
}
```

```
.data:
x:    .word    0
y:    .word    0

.text
main:
  la    $s0, x
  li    $s1, 10
  sw    $s1, ($s0)

#Caller prolog:
  add   $a0, $zero, $s1 # x
  add   $a1, $zero, 20
  jal   sum

#save in Y:
  la    $s0, y
  sw    $v0, ($s0)

#printf: sys call: selettore: $v0 = 1, arg $a0

 move $a0, $v0 # save Y
 li $v0,1
 syscall

li $v0,10 # selettore syscall
main_:   syscall

sum:
  add $v0, $a0, $a1
   jr    $ra
```

EX06_es2_CALL_sum.asm: cross compiler

Traduciamo:

```
int x,y;

int main() {
    x = 10;
    y = sum(x, 20);
    printf("%d", y);
    return 0;
}



int sum(int a, int b){
    return a+b;
}
```

```
mips-linux-gnu-gcc test.c -S -o temp.asm
```

```
sum:
        .frame  $fp,8,$31               # vars= 0, regs= 1/0, args= 0, gp= 0
        .mask   0x40000000,-4
        .fmask  0x00000000,0
        .set    noreorder
        .set    nomacro
        addiu   $sp,$sp,-8
        sw      $fp,4($sp)
        move    $fp,$sp
        sw      $4,8($fp)
        sw      $5,12($fp)
        lw      $3,8($fp)
        lw      $2,12($fp)
        addu    $2,$3,$2
        move    $sp,$fp
        lw      $fp,4($sp)
        addiu   $sp,$sp,8
        j       $31
```

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

Traduciamo:

```
int main( void ){
            int f = fattoriale( 5 );
}

int fattoriale( int n ){
      if( n < 1 )
            return 1;
      else
            return n * fattoriale(n-1);
}
```

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

Traduciamo:

```
int main( void ){
                int f = fattoriale( 5 );
}

int fattoriale( int n ){
        if( n < 1 )
                return 1;
        else
                return n * fattoriale(n-1);
}
```

Note:

2 push in PROLOGO
2 pop in EPILOGO
Devo salvare n e ra

In MIPS ASM:

- abbasso la stack di 4+4 = 8 byte
- sw di $ra sullo stack
- sw di $a0 sullo stack

EPILOGO:
- lw di $ra
- lw di $s0
- alzo stack di 8

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

```
        .data
        .text

main:     addi $a0, $zero, 5 #n = 5


...

li $v0,10 # selettore syscall x return
main_:    syscall
```

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

```
        .data
        .text
main:   addi $a0, $zero, 5 # n = 5
        jal fattoriale
        li $v0,10 # selettore syscall x return
main_:  syscall


fattoriale:
    addi$sp, $sp, -8  # CALLEE PROLOG
    sw  $ra, 4($sp)
    sw  $a0, 0($sp)


...
Aggiungiamo anche epilogo e proviamo ...
```

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

```
        .data
        .text
main:   addi $a0, $zero, 5 # n = 5
        jal fattoriale
        li $v0,10 # selettore syscall x return
main_:  syscall


fattoriale:
    addi $sp, $sp, -8  # CALLEE PROLOG
    sw   $ra, 4($sp)
    sw   $a0, 0($sp)


    lw   $a0, 0($sp)# CALLEE EPILOG
    lw   $ra, 4($sp)
    addi $sp, $sp, 8
    jr   $ra
```

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

```
#Ora la f. Vera  propria"

        .text
main:   addi    $a0, $zero, 5 # n = 5
                jal fattoriale
          li $v0,10 # selettore syscall x return
main_:    syscall

fattoriale:
        addi    $sp, $sp, -8  # CALLEE PROLOG
        sw      $ra, 4($sp)
        sw      $a0, 0($sp)

      slti $t0, $a0, 1    # set if less of 1, if( n < 1)
      beq  $t0, $zero, L1

     #load 1 and return:
       ...




        lw      $a0, 0($sp)# CALLEE EPOLOG
        lw      $ra, 4($sp)
        addi    $sp, $sp, 8
        jr      $ra
```

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

```
        .text
main:   addi    $a0, $zero, 5 # n = 5
                jal fattoriale
          li $v0,10 # selettore syscall x return
main_:    syscall

fattoriale:
        addi    $sp, $sp, -8  # CALLEE PROLOG
        sw      $ra, 4($sp)
        sw      $a0, 0($sp)

        slti $t0, $a0, 1     # set if less of 1, if( n < 1)
        beq  $t0, $zero, L1

       li     $v0, 1          # return 1
       addi $sp, $sp, 8
        jr   $ra


L1:
..



        lw      $a0, 0($sp)# CALLEE EPOLOG
        lw      $ra, 4($sp)
        addi    $sp, $sp, 8
        jr      $ra
```

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

```
        .text
main:   addi    $a0, $zero, 5 # n = 5
                jal fattoriale
          li $v0,10 # selettore syscall x return
main_:    syscall

fattoriale:
        addi    $sp, $sp, -8  # CALLEE PROLOG
        sw      $ra, 4($sp)
        sw      $a0, 0($sp)

        slti    $t0, $a0, 1    # set if less of 1, if( n < 1)
        beq     $t0, $zero, L1

     li    $v0, 1        # return 1
     addi  $sp, $sp, 8
     jr $ra

L1:   addi   $a0, $a0, -1 # decrement, recursive pass...
      jal    fattoriale
        lw      $a0, 0($sp)# CALLEE EPOLOG: get back a0
        lw      $ra, 4($sp)
        addi    $sp, $sp, 8

      mul $v0, $a0, $v0 # v0 already set in recursive pass..

        jr      $ra
```

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

```
        .text
main:   addi  $a0, $zero, 5 # n = 5
        jal   fattoriale

        move $a0, $v0 # call printf
        li   $v0,1
        syscall


        li $v0, 10 # selettore syscall x return
main_:  syscall

fattoriale:
        addi   $sp, $sp, -8  # CALLEE PROLOG
        sw     $ra, 4($sp)
        sw     $a0, 0($sp)

        slti    $t0, $a0, 1    # set if less of 1, if( n < 1)
        beq    $t0, $zero, L1

        li     $v0, 1        # return 1
        addi   $sp, $sp, 8
        jr     $ra

L1:     addi   $a0, $a0, -1 # decrement, recursive pass...
        jal    fattoriale
        lw     $a0, 0($sp)# CALLEE EPOLOG: get back a0
        lw     $ra, 4($sp)
        addi   $sp, $sp, 8
        mul    $v0, $a0, $v0 # v0 already set in recursive pass..
        jr     $ra
```

EX06_es3_CALL_fattoriale.asm

2 ultime note

-provate con n = 20
-$ra va salvato sempre o no?