Architettura Elaboratori Elettronici

ESERCITAZIONI

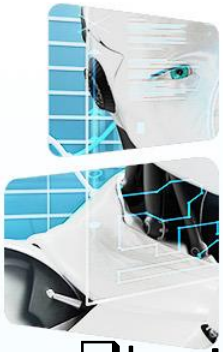
STACK

Franco Liberati

liberati@di.uniroma1.it

Argomenti

- STACK
- STACK NEL MARS



STACK

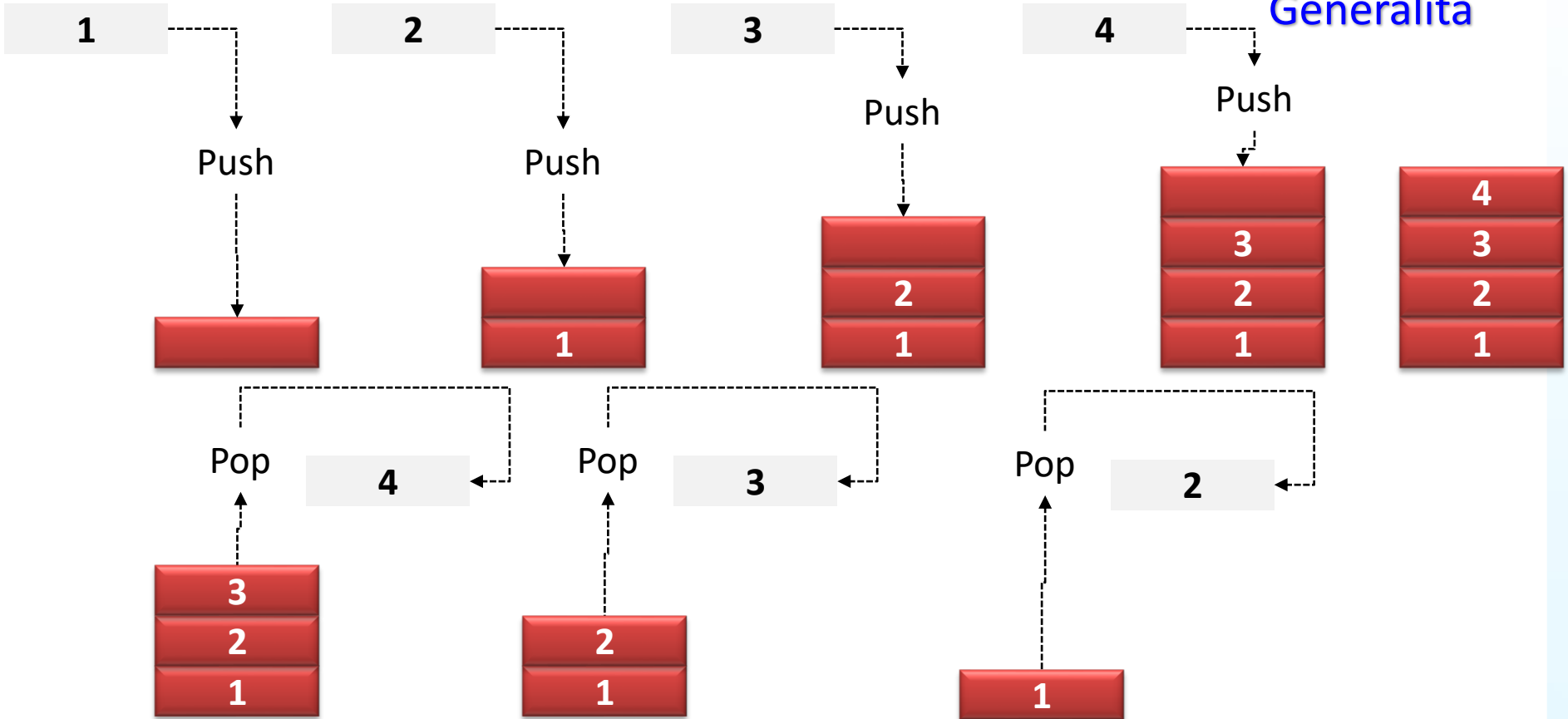
Generalità

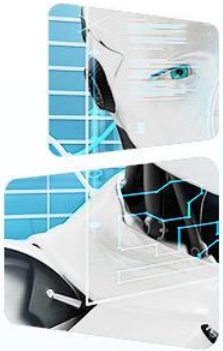
- Lo **stack** (o **pila**) indica un tipo di dato astratto la cui modalità d'accesso ai dati in esso contenuti seguono la modalità LIFO (Last In First Out), ovvero tale per cui i dati sono estratti (letti) in ordine inverso rispetto a quello in cui sono stati inseriti (scritti)

- Sullo **stack si interviene con tre operazioni**:
  - **PUSH**: inserisce un elemento nello stack
  - **POP**: rimuove un elemento nello stack
  - **TOP**: legge l'elemento in cima allo stack (ma non lo rimuove)

STACK

Generalità





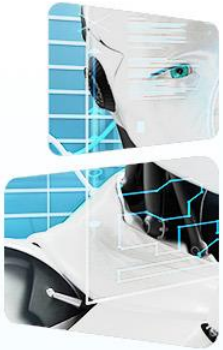
STACK

Generalità

- Lo **stack memory** è un'area di memoria contigua - di lunghezza predefinita - usata quando, ad esempio, si ha un cambio di stato dell'elaboratore (es.: una interruzione o nella multiprogrammazione) o, in generale, quando si devono memorizzare temporaneamente dei dati da dover elaborare in un successivo momento rispettando un ordine di tipo LIFO

- Nella stack memory di solito si salvano i registri all'interno della CPU, gli indirizzi di ritorno, gli argomenti delle funzioni,…

STACK NEL MARS

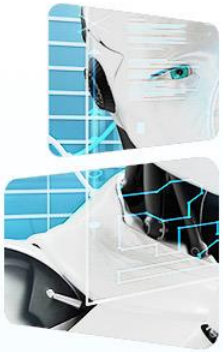


STACK nel MARS

Generalità

- Lo **stack memory in MARS** si usa nel caso del cambiamento di stato della macchina come anche nell'uso di funzioni ricorsive

- Di solito non si inseriscono nella pila dei singoli dati ma si agglomerano più informazioni (si creano dei frame di attivazioni dinamicamente, *stack frame*) che sono gestite in modalità LIFO



STACK nel MARS

Generalità

- Lo stack è accessibile da:
  - Il registro **stack pointer**, **$sp**, che nel MIPS ha un valore iniziale prefissato a 0x7fffeffc
  - Lo stack cresce verso gli indirizzi più bassi della memoria (quindi per allocare spazio si deve sottrarre il valore del registro $sp)

main

STACK nel MARS

funzionebase

jal funzione1

...

...

funzione1

...

jal funzione2

...

jal funzione3

...

jr $ra

funzione2

...

...

jr $ra

funzione3

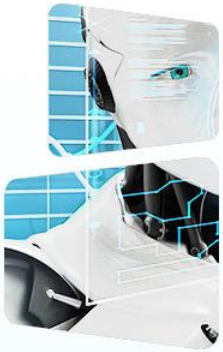
...

...

jr $ra

Frame *funzione1*

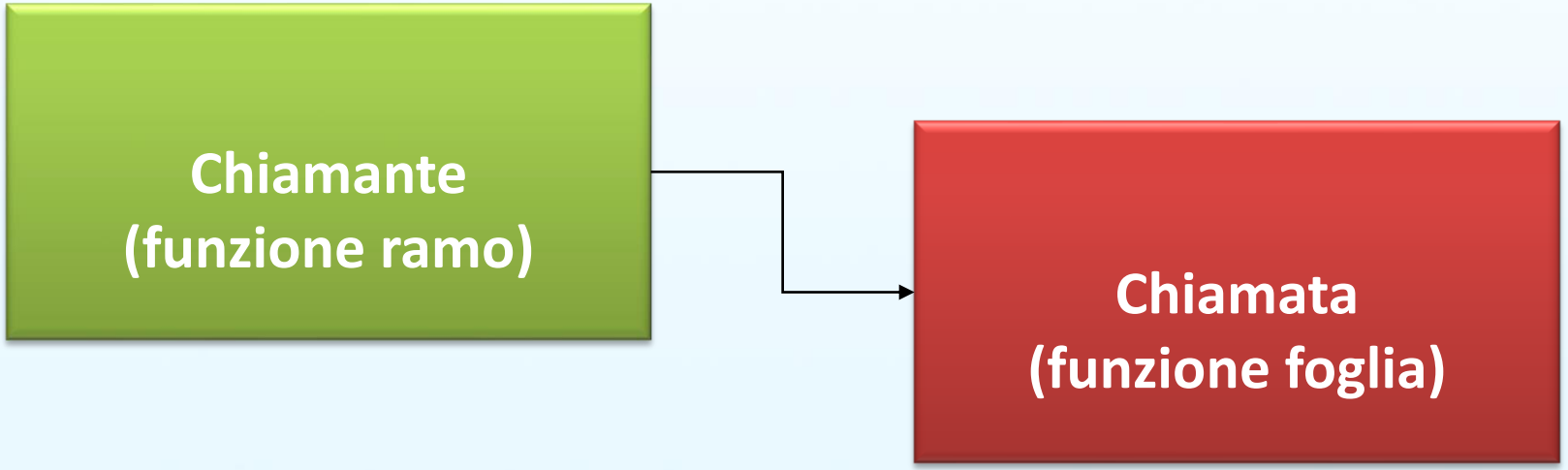
Frame *funzionebase*

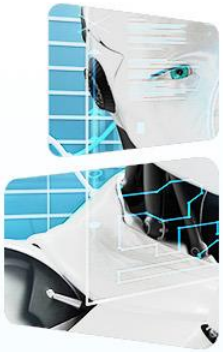


STACK nel MARS

Norme generali per implementarlo

❑Per implemetare lo stack, di solito, si può procedere prendendo in considerazione la tipologia della funzione (se è foglia o ramo)





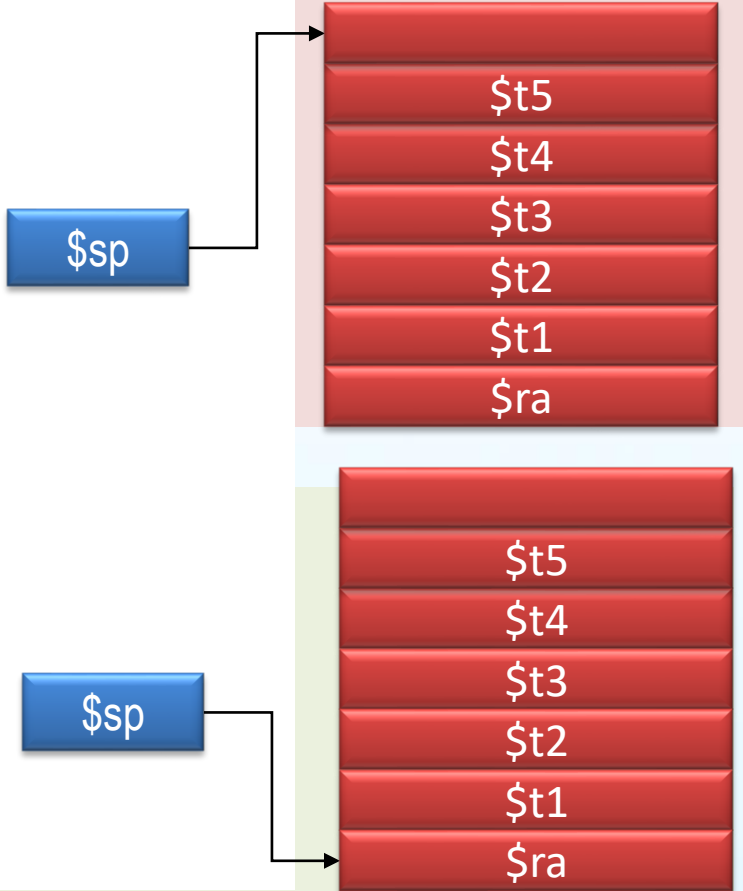
STACK nel MARS

Norme generali per implementarlo (ramo)

1. Si alloca nello stack uno spazio sufficiente (il *frame stack*) a contenere tutti i registri che devono essere salvati, le variabili locali e i parametri della funzione
   - ❑ Se si vogliono preservare i registri $t0-$t9, devono essere salvati prima della chiamata a funzione e devono essere ripristinati dopo
   - ❑ Se la funzione chiamata richiede più di 4 argomenti si può salvare 4 argomenti in $a0,$a1,$a2,$a3 e i rimanenti nello stack (o salvarli tutti nello stack)
2. Si salva $ra
3. Si chiama la funzione
4. Si ripristinano i registri salvati $ra, $t0-$t9
5. Si libera lo spazio sullo stack allocato all'inizio

STACK nel MARS (NON FOGLIA)

```
funzione_nonfoglia:
        subu $sp,$sp,24
        sw $ra,20($sp)
        sw $t1,16($sp)
        sw $t2,12($sp)
        sw $t3,8($sp)
        sw $t4,4($sp)
        sw $t5,0($sp)
        jal funzione_foglia
        lw $t5,0($sp)
        lw $t4,4($sp)
        lw $t3,8($sp)
        lw $t2,12($sp)
        lw $t1,16($sp)
        lw $ra,20($sp)
        addu $sp,$sp,24
        jr $ra
```



STACK nel MARS

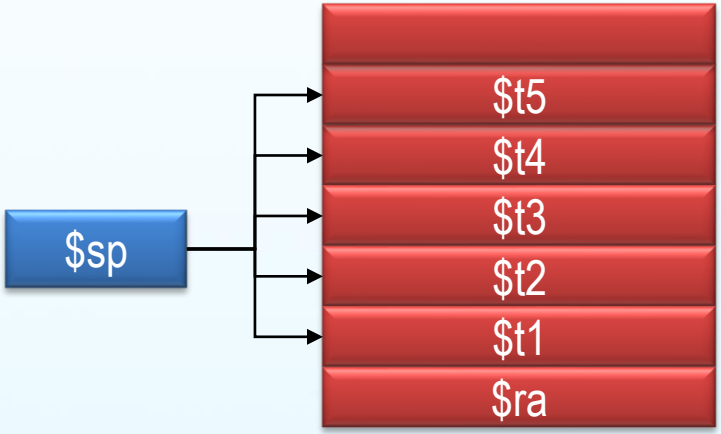
Norme generali per implementarlo (foglia)

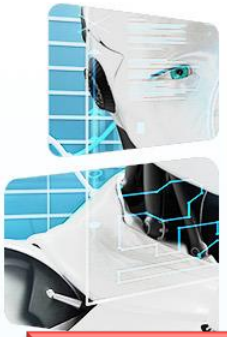
1. Si alloca nello stack uno spazio sufficiente a contenere tutti i registri che devo salvare e le eventuali variabili locali
   - ❑ Se si vogliono preservare i registri $t0-$t9, devono essere salvati prima della chiamata a funzione e ripristinati dopo
2. Si ripristinano i registri salvati $t0-$t9.
3. Si libera lo spazio sullo stack allocato all'inizio

Se non ci sono registri da memorizzare (che possono essere cambiati e rinviati alla funzione chiamante) non c'è bisogno di fare nulla e si può fare una normale chiamata a funzione

STACK nel MARS (FOGLIA)

```
funzione_foglia:
        lw $t5,0($sp)
        lw $t4,4($sp)
        lw $t3,8($sp)
        lw $t2,12($sp)
        lw $t1,16($sp)
        …
        sw $t5,0($sp)
        sw $t4,4($sp)
        sw $t3,8($sp)
        sw $t2,12($sp)
        sw $t1,16($sp)
        jr $ra
```





STACK nel MARS
Esempio

Si consideri la funzione *f* fattoriale definita per valori interi n

FATTORIALE(x) = x·FATTORIALE(x-1)

FATTORIALE(1) = 1

FATTORIALE(0) = 1

Si realizzi un programma in assembly MIPS che,definito un intero positivo *x≥2*, calcola il corrispondente valore di *FATTORIALE(x)* in modo ricorsivo

Esempio
fattoriale(5)=5·fattoriale(4)=5·4·fattoriale(3)=5·4·3 fattoriale(2)=5·4·3·2·fattoriale(1) = 5 · 4 · 3 · 2 · 1=120

1 se x<=1
F(x)=x·F(x-1) altrimenti

STACK nel MARS
Esempio

```
li $v0,5
syscall
move $a0,$v0
jal FATTORIALE
move $a0,$v0
li $v0,1
syscall
li $v0,10
syscall
```

```
FATTORIALE:
        li $t0,1
        ble $a0,$t0, caso_base
        subu $sp,$sp,8
        sw $ra,0($sp)
        sw $a0,4($sp)
        sub $a0,$a0,1
        jal FATTORIALE
        lw $ra,0($sp)
        lw $a0,4($sp)
        addi $sp,$sp,8
        mul $v0,$v0,$a0
        jr $ra
```

```
caso_base:
        li $v0,1
        jr $ra
```

STACK nel MARS
Esempio

Si consideri la funzione *f* definita su interi

f(x) = f(x-1) - 1 se x è multiplo di 3

f(x) = f(x-1) + 1 se x non è multiplo di 3

f(1) = 1

Si realizzi un programma in assembler MIPS che,definito un intero positivo *x≥2*, calcola il corrispondente valore di *f(x)* in modo ricorsivo

f(5)=f(4)+1=f(3)+1+1=f(2)-1+1+1=f(1)+1-1+1+1=1+1-1+1+1=3

f(6)=f(5)-1=f(4)+1-1=f(3)-1+1-1=f(2)+1-1+1-1=f(1)+1+1-1+1-1=1+1+1-1+1-1=2

1 se x<=1
F(x)=F(x-1)-1 se x multiplo di 3
F(x)=F(x-1)+1 altrimenti

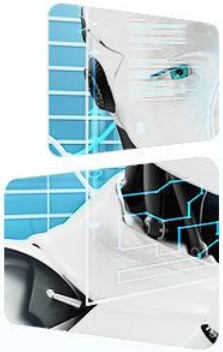
STACK nel MARS Esempio

```
li $v0,5
syscall
move $a0,$v0
jal Funzione
move $a0,$v0
li $v0,1
syscall
li $v0,10
syscall
```

```
Funzione:
        li $t1,1
        beq $a0, $t1, caso_base
        subu $sp, $sp, 8
        sw $a0, 0($sp)
        sw $ra, 4($sp)
        sub $a0, $a0, 1
        jal Funzione
```

```
        lw $a0, 0($sp)
        lw $ra, 4($sp)
        addi $sp, $sp, 8
        li $t0, 3
        rem $t1, $a0, $t0
        beqz $t1, multiplo
        add $v0,$v0,1
        j fine
multiplo:
        sub $v0, $v0, 1
fine:
        jr $ra
```

```
caso_base:
        li $v0,1
        jr $ra
```



STACK nel MARS
Esercizio proposto per casa

Si consideri la funzione *f* definita su interi

f(x) = f(x-2) – 2

f(1) = 14

f(0) = 10

Si realizzi un programma in assembler MIPS che,definito un ntero positivo *x≥2*, calcola il corrispondente valore di *f(x)* in modo ricorsivo

ESEMPIO:

f(6)=f(4)-2=f(2)-2-2=f(0)-2-2-2=10-2-2-2=4

f(5)=f(3)-2=f(1)-2-2=14-2-2=10

FINE