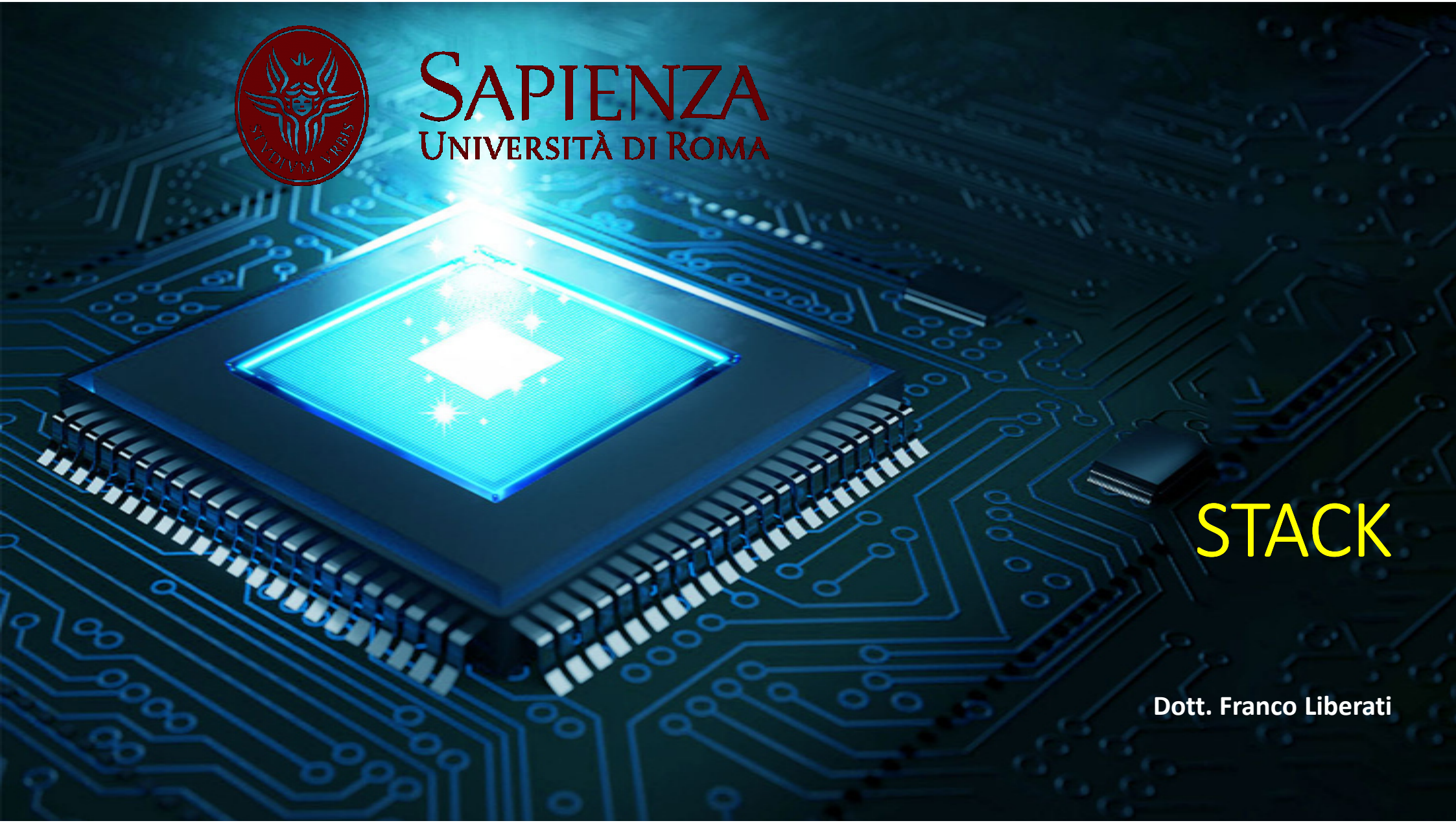

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA
STACK
Dott. Franco Liberati

Argomenti

01 STACK

02 Implementazione in MIPS/MARS

Stack

Generalità

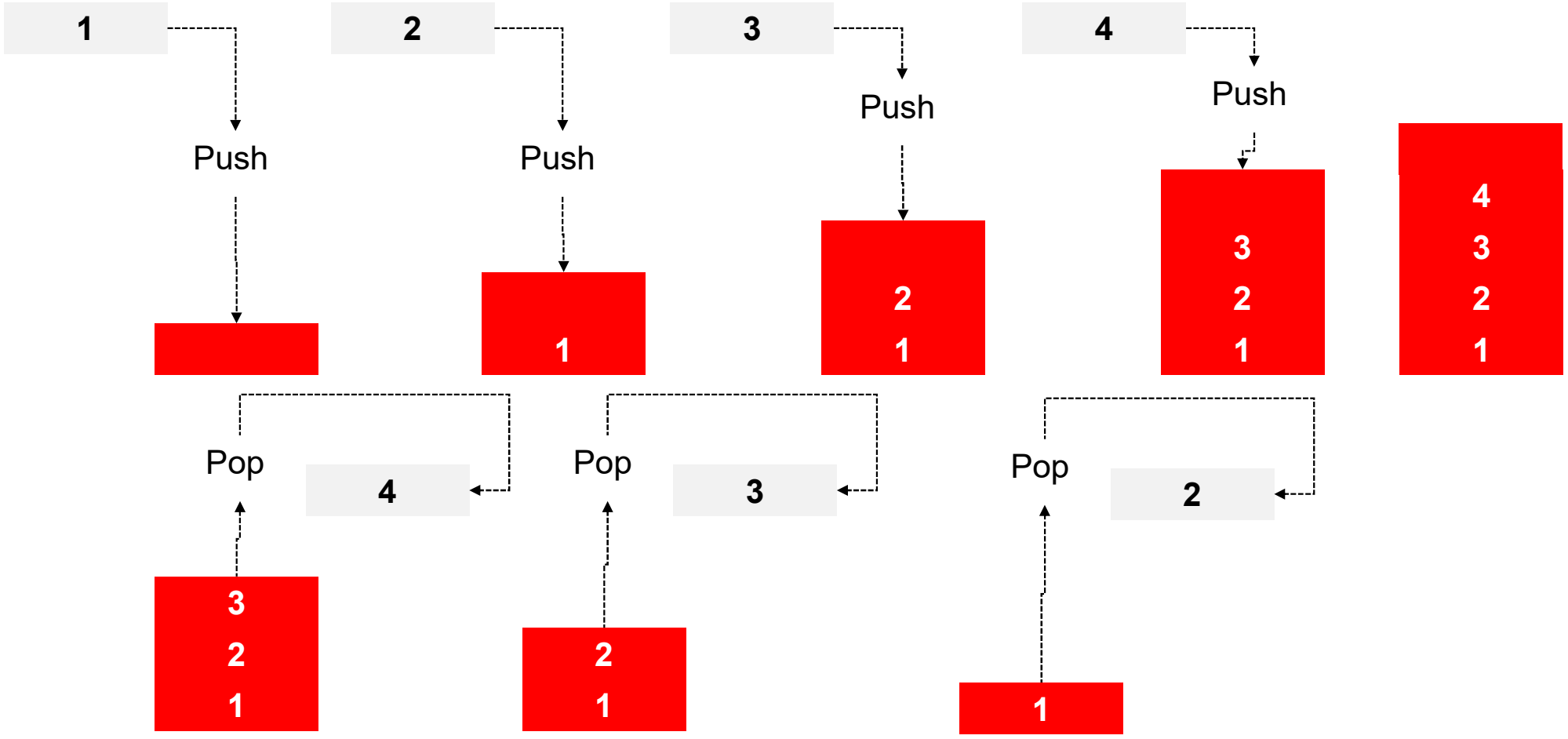
Lo **stack**, o **pila**, indica un tipo di dato astratto la cui modalità d'accesso ai dati in esso contenuti seguono la modalità LIFO (**L**ast **I**n **F**irst **O**ut), ovvero tale per cui i dati sono estratti (letti) in ordine inverso rispetto a quello in cui sono stati inseriti (scritti)

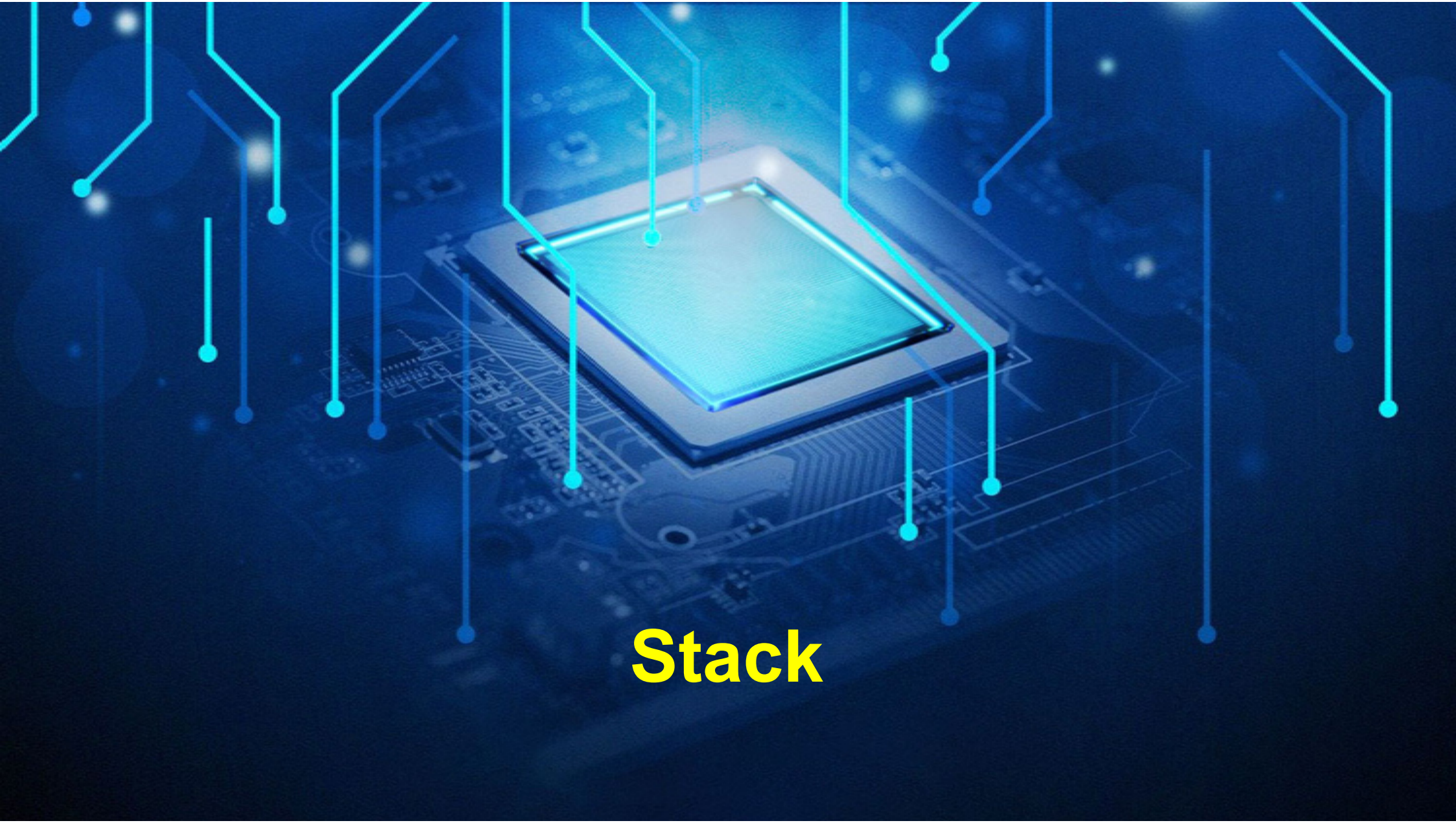
Sullo stack si interviene con tre operazioni:

- **PUSH**: inserisce un elemento nello stack
- **POP**: rimuove un elemento nello stack
- **TOP**: legge l'elemento in cima allo stack

Stack

Funzionamento




Stack

Stack

Stack Memory

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 chiamata a sistema o il passaggio ad un altro processo) o, in generale, quando si devono memorizzare temporaneamente dei dati da dover elaborare in un successivo momento rispettando un ordine di tipo LIFO

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


Stack nel MIPS/MARS

Stack MIPS/MARS

Stack Memory

Lo **stack memory** in MARS si usa nel caso di funzioni ricorsive e anche nel cambiamento di stato della macchina (alternanza dei processi, gestione interruzioni)

Di solito non si usano singoli dati ma si agglomerano più informazioni (si creano dei frame di attivazioni dinamici, *dinamic stack frame*) che sono gestite in modalità LIFO

Un dinamic stack frame (la cui dimensione per convenzione è un multiplo di 8) di solito contiene:

- Indirizzo di ritorno
- Registri salvati
- Argomenti di subroutine

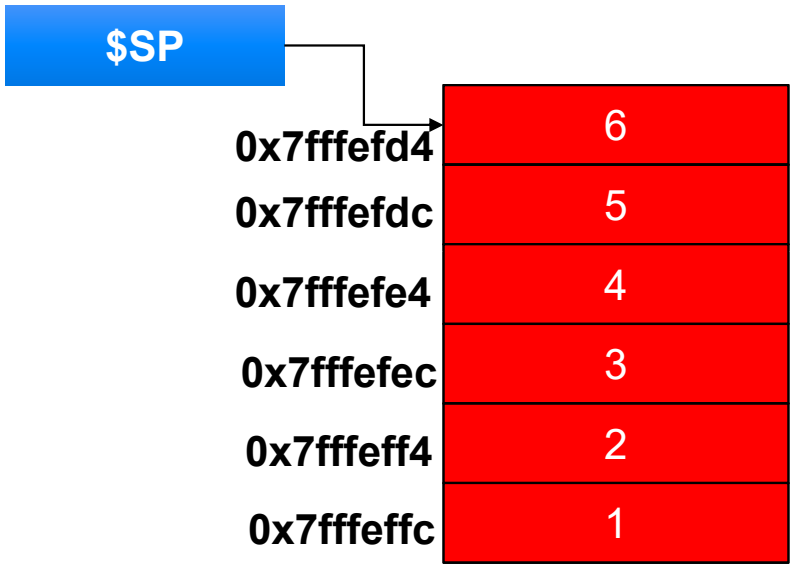
Stack MIPS/MARS

Stack Memory

L'area dello stack è accessibile da:

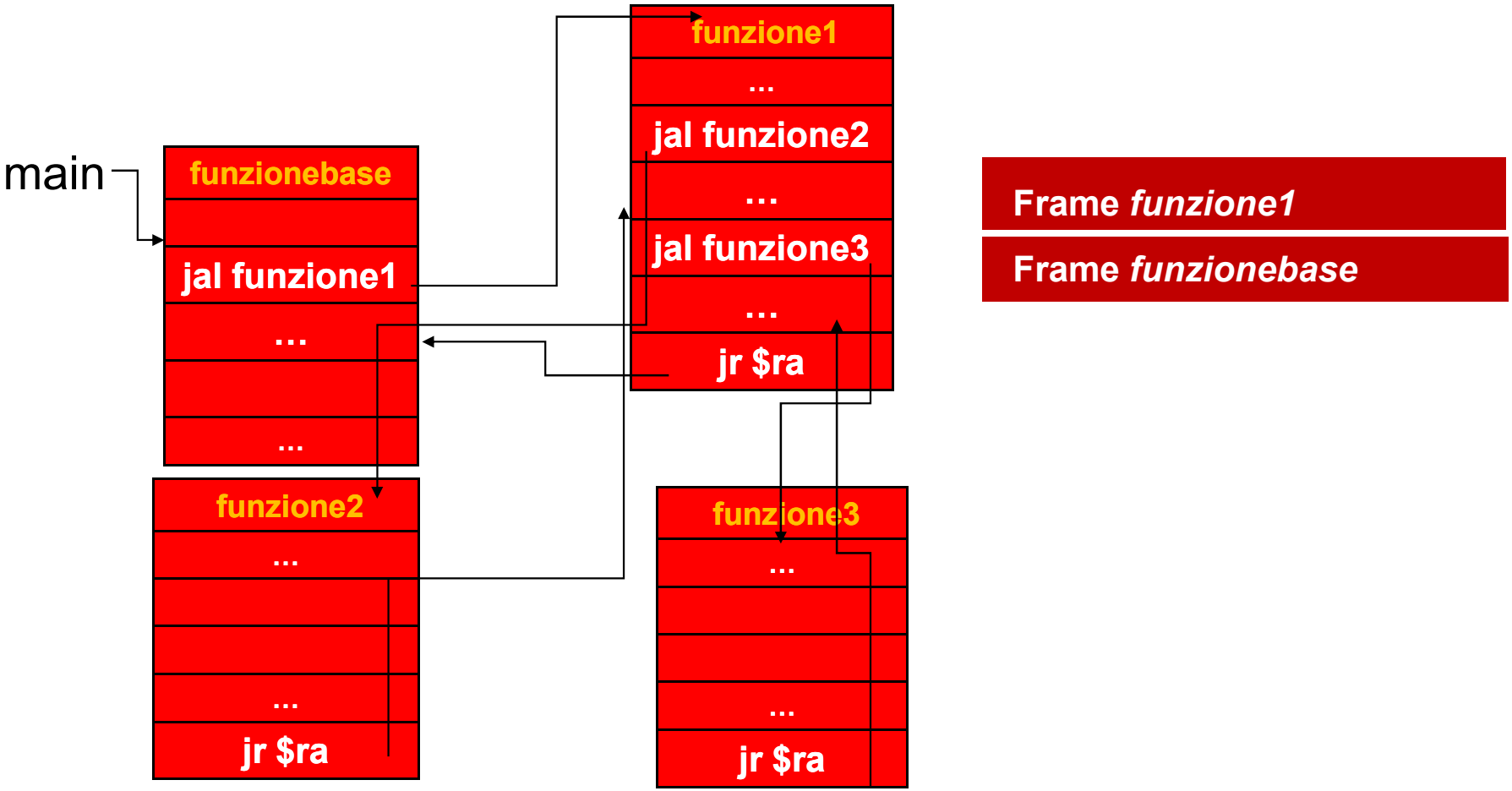
- Il **registro stack pointer**, **$sp**, che nel MIPS ha un valore iniziale prefissato a **0x7fffeffc**

- Lo stack cresce verso gli indirizzi più bassi della memoria (quindi per allocare spazio si deve sottrarre il valore del registro $sp)



Stack MIPS/MARS

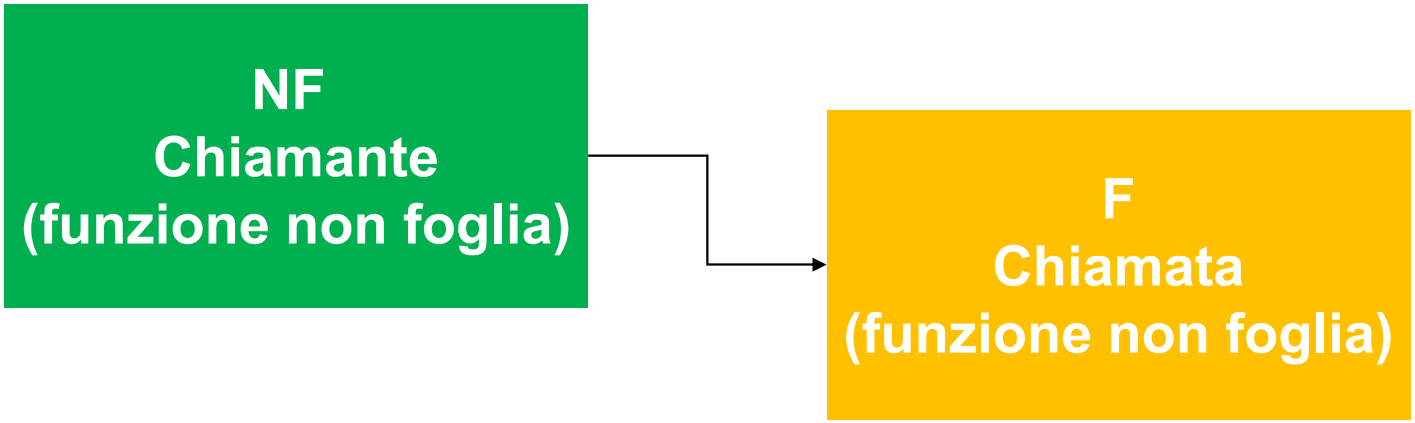
Stack Memory



Stack MIPS/MARS

Implementazione (norme generali)

Di solito si può procedere prendendo in considerazione la tipologia della funzione (se è foglia o non foglia)



Stack MIPS/MARS

Implementazione subroutine NON FOGLIA

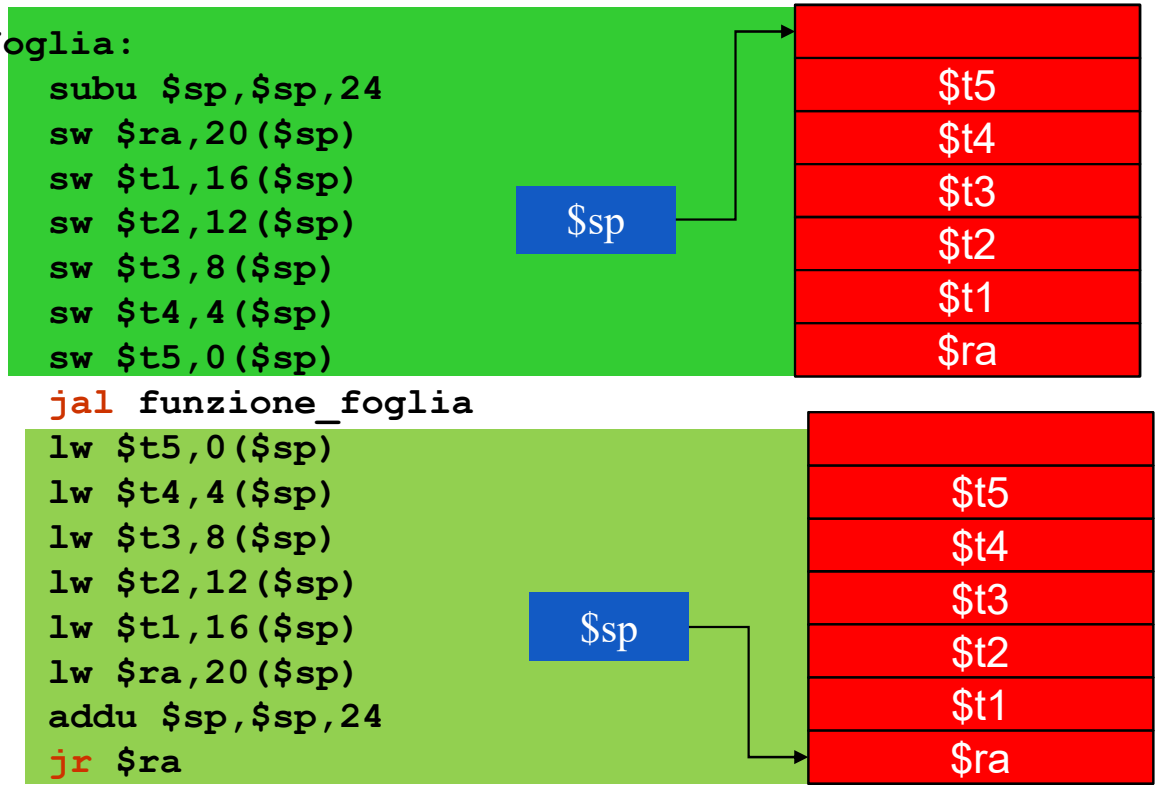
Norme generali di implementazione per una subruotine non foglia

1. Si alloca nello stack uno spazio sufficiente (il *dinamic frame stack*) a contenere tutti i registri che devono essere salvati e gli argomenti della subroutine
   - ❑ 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 posso 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 subroutine
4. Si ripristinano i registri salvati $ra, $t0-$t9
5. Si libera lo spazio sullo stack allocato all'inizio

Stack MIPS/MARS

Implementazione

```
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 MIPS/MARS

Implementazione subroutine FOGLIA

Norme generali di implementazione per una subruotine foglia

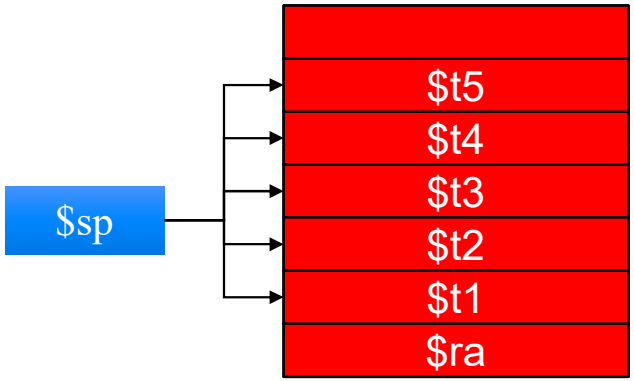
1. Si alloca nello stack uno spazio sufficiente a contenere tutti i registri che devo essere salvati e altre informazioni
   - Se si vogliono preservare i registri $t0-$t9, devono essere salvati prima della chiamata a funzione e ripristinati dopo
2. Si ripristinano i registri salvati $t0-$t9.
3. Si libera 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 MIPS/MARS

Implementazione

```
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
```




Esercizi

Stack MIPS/MARS

Esercizio

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 $x \geq 2$, calcola il corrispondente valore di *FATTORIALE(x)* in modo **ricorsivo**

STUDIO
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

Stack MIPS/MARS

Esercizio

```
        .text
        .globl main
main:
        li $v0,5
        syscall

        move $a0,$v0
        jal fattoriale

        move $a0,$v0
        li $v0,1
        syscall

        li $v0,10
        syscall
```

```
fattoriale:
        ble $a0,1, 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 MIPS/MARS

Esercizio

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 $x \geq 2$, calcola il corrispondente valore di *f(x)* in modo **ricorsivo**

STUDIO:
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

Stack MIPS/MARS

Esercizio

```
        .text
        .globl main
main:
        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 MIPS/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 intero positivo $x \geq 2$, calcola il corrispondente valore di $f(x)$ in modo **ricorsivo**

STUDIO:

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