UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze Fisiche,
Informatiche e Matematiche

Esercitazione 4:
Programmazione Assembly
Architettura dei calcolatori [MN1-1143]

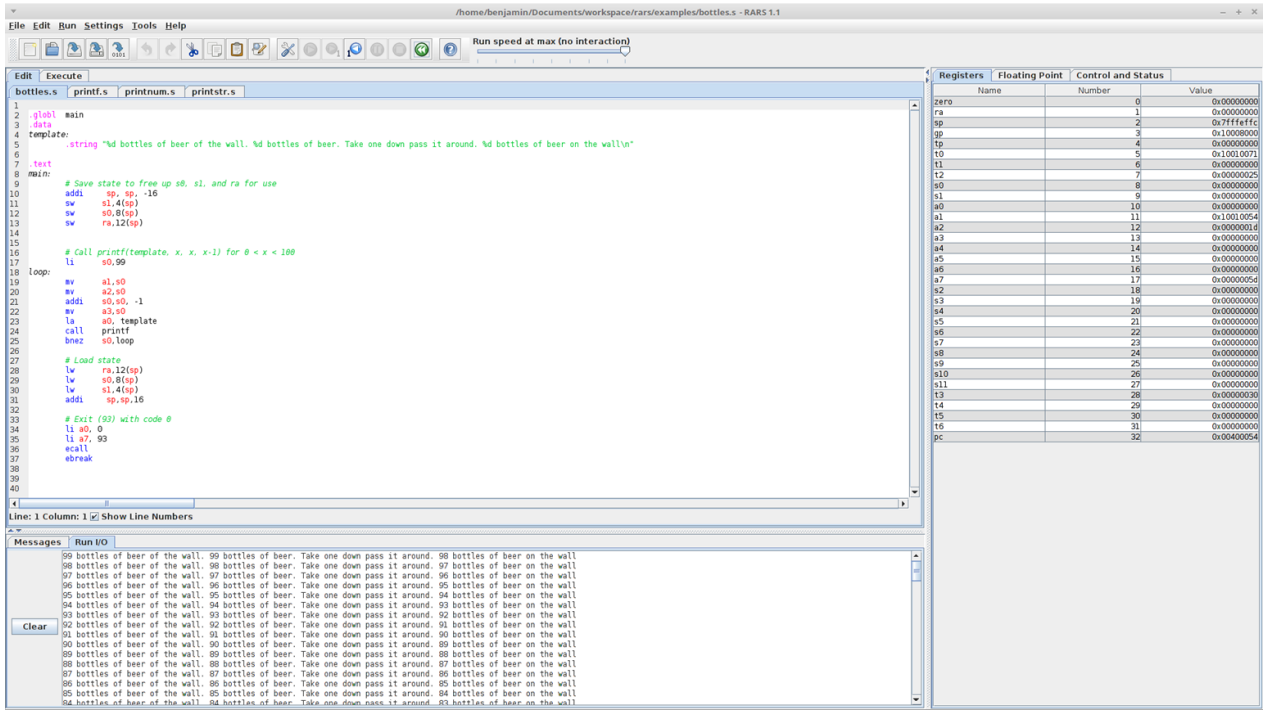
Corso di Laurea in Ing. Informatica
(D.M.270/04) [16-215]
Anno accademico 2020/2021

Dott. Gianluca Brilli
gianluca.brilli@unimore.it
Prof. Marko Bertogna
Marko.bertogna@unimore.it

Ambiente di lavoro

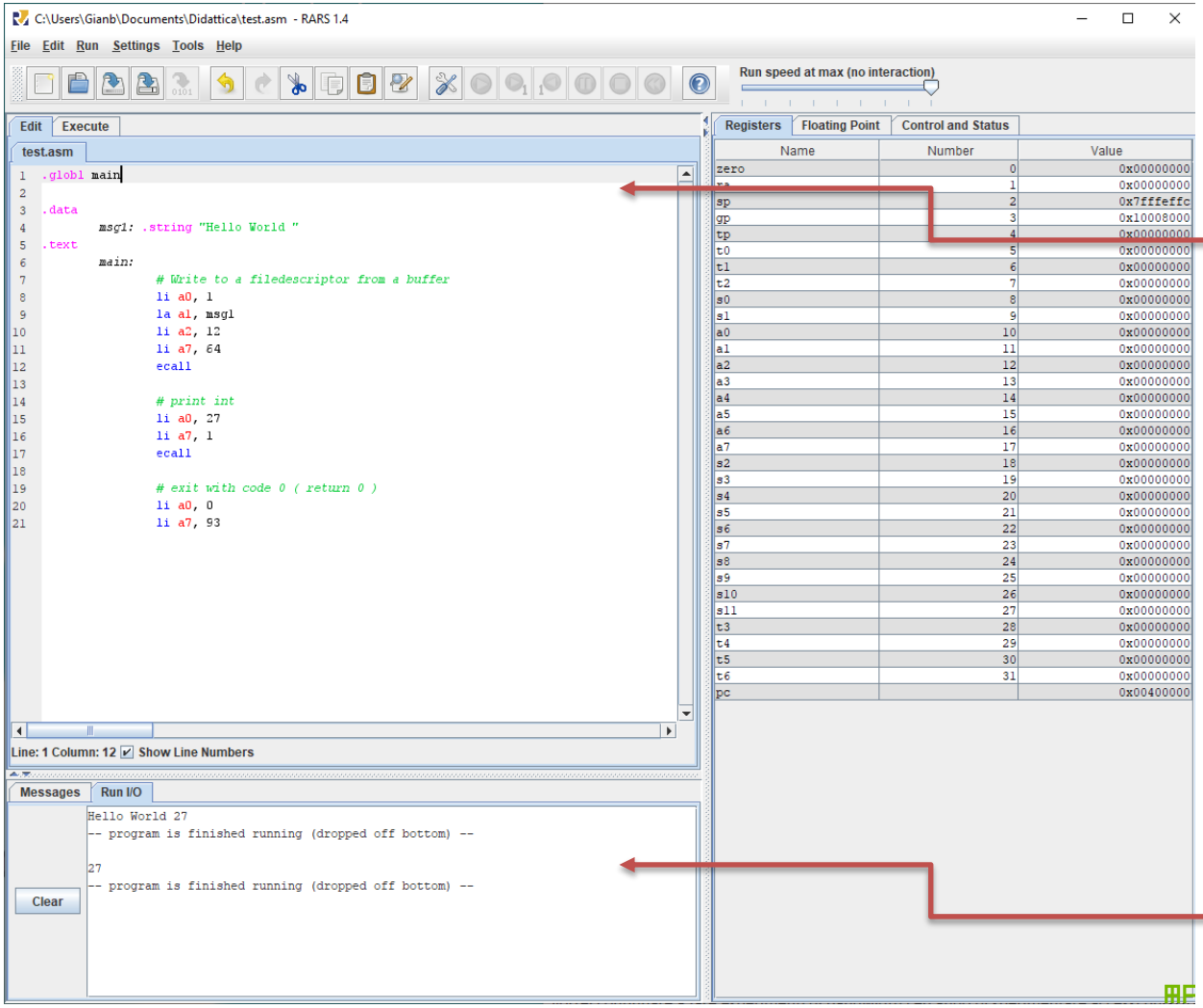
RARS

RARS: RISC-V Assembler and Runtime Simulator



Ambiente di lavoro

RARS – Componenti fondamentali

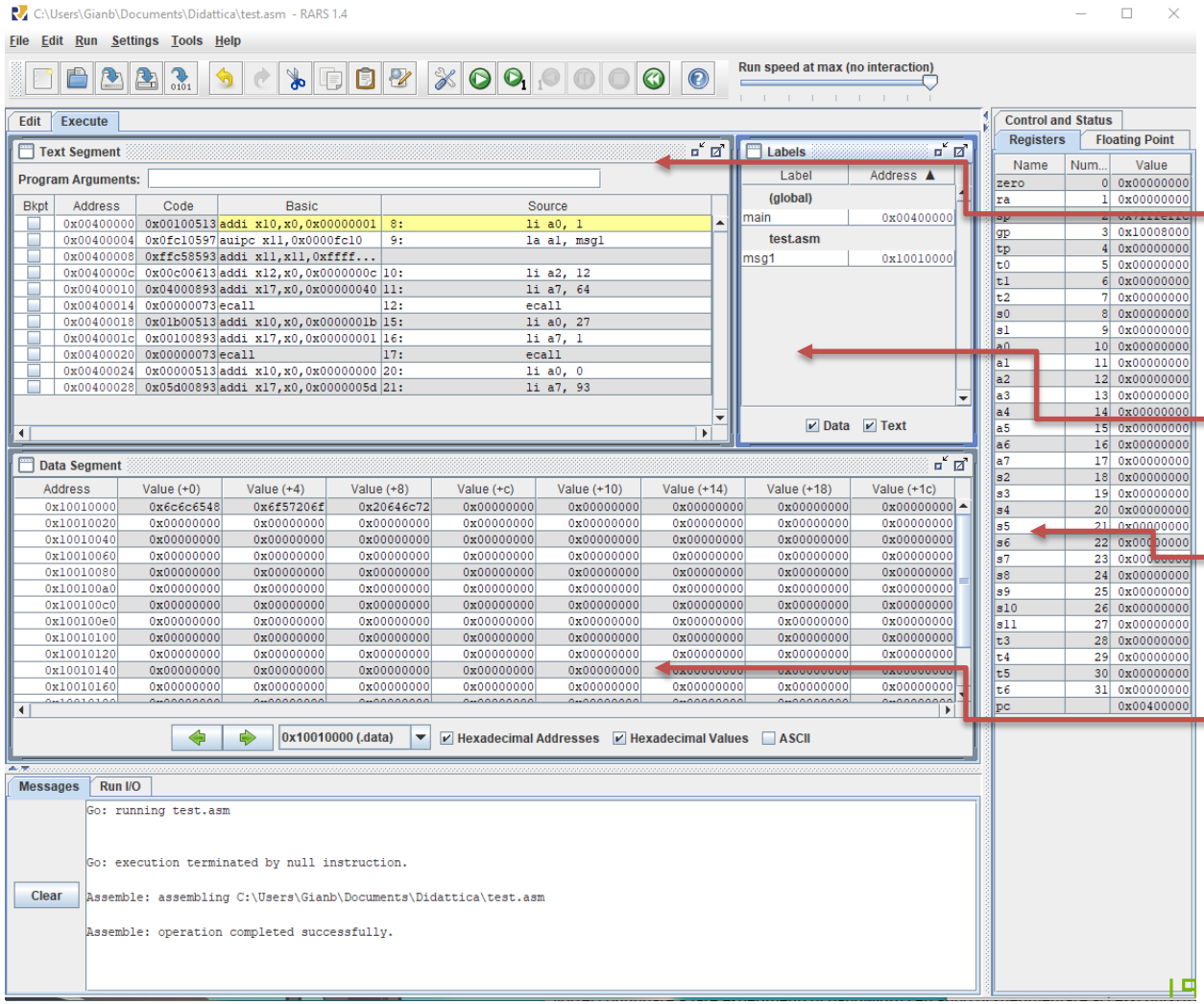


Editor del nostro ambiente di sviluppo.

Terminale per l'input/output.

Ambiente di lavoro

RARS – Componenti fondamentali



Segmento text disassemblato.

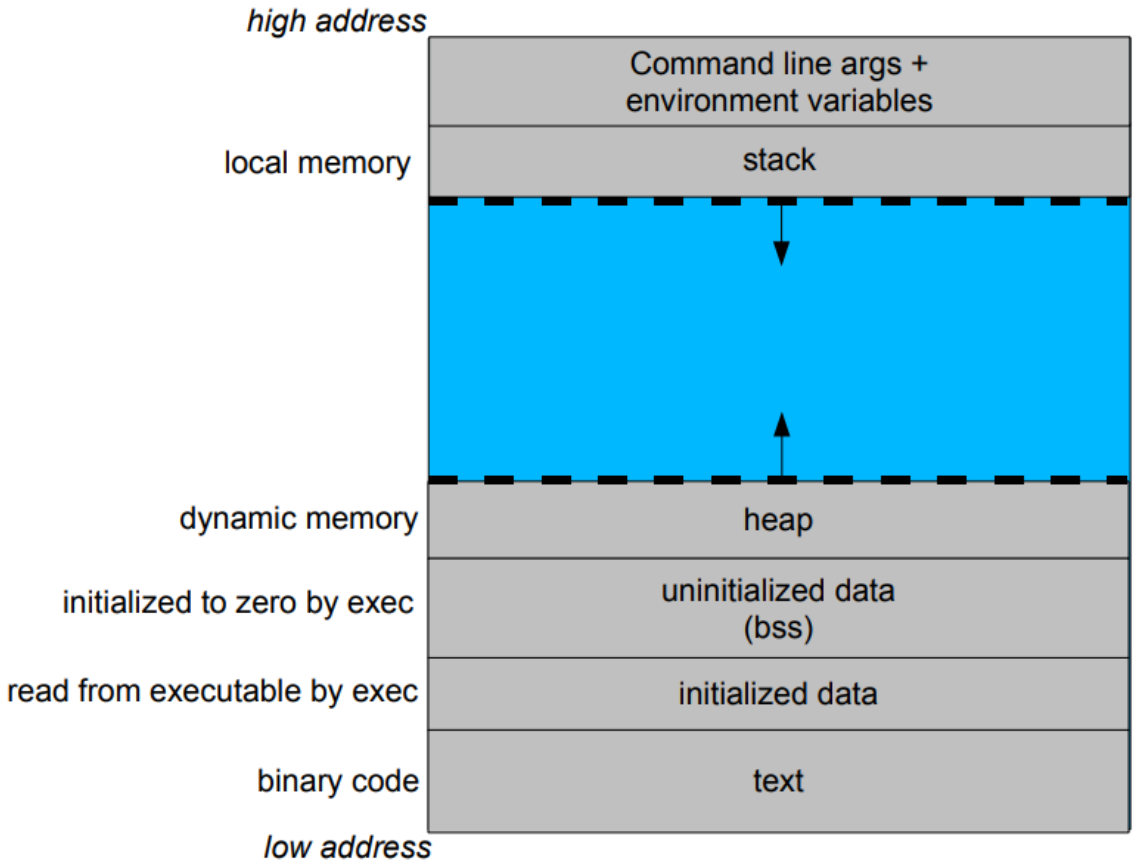
Symbol table, mapping tra label e rispettivo indirizzo.

Stato dei registri della CPU in tempo reale.

Segmento data disassemblato.

Alcuni Concetti Fondamentali

Segmentazione della memoria



Alcuni Concetti Fondamentali

Registri e ABI name

Register	ABI Name	Description	Saver
x0	zero	Hard-wired zero	—
x1	ra	Return address	Caller
x2	sp	Stack pointer	Callee
x3	gp	Global pointer	—
x4	tp	Thread pointer	—
x5–7	t0–2	Temporaries	Caller
x8	s0/fp	Saved register/frame pointer	Callee
x9	s1	Saved register	Callee
x10–11	a0–1	Function arguments/return values	Caller
x12–17	a2–7	Function arguments	Caller
x18–27	s2–11	Saved registers	Callee
x28–31	t3–6	Temporaries	Caller
f0–7	ft0–7	FP temporaries	Caller
f8–9	fs0–1	FP saved registers	Callee
f10–11	fa0–1	FP arguments/return values	Caller
f12–17	fa2–7	FP arguments	Caller
f18–27	fs2–11	FP saved registers	Callee
f28–31	ft8–11	FP temporaries	Caller

Alcuni Concetti Fondamentali
Environment Calls

- *Particolari chiamate a funzione che vengono utilizzate dal programma per richiedere un servizio al kernel o all'environment.*
- *Esempio:*

Name	Call Number (a7)	Description	Inputs	Outputs
PrintInt	1	Prints an integer	a0 = integer to print	N/A
PrintFloat	2	Prints an floating point number	fa0 = float to print	N/A
PrintString	4	Prints a null-terminated string to the console	a0 = the address of the string	N/A

- *Lista completa:* https://github.com/TheThirdOne/rars/wiki/Environment-Calls

Alcuni Concetti Fondamentali
Environment Calls

➔ *Esempio di stampa di un intero tramite environment call:*

Name	Call Number (a7)	Description	Inputs	Outputs
PrintInt	1	Prints an integer	a0 = integer to print	N/A
PrintFloat	2	Prints an floating point number	fa0 = float to print	N/A
PrintString	4	Prints a null-terminated string to the console	a0 = the address of the string	N/A

```
li a0, 15
li a7, 1
ecall
```

➔ *Caricare il call number dentro al registro a7 ed i parametri di input all'interno dei registri a0, a1, …*

➔ *Successivamente utilizzare l'istruzione ecall per avviare la environment call.*

Struttura di un Programma ASM

```
.globl main

.data
        msg1: .string "Hello World "
.text
        main:
                # Write to a filedescriptor from a buffer
                li a0, 1
                la a1, msg1
                li a2, 12
                li a7, 64
                ecall

                # print int
                li a0, 27
                li a7, 1
                ecall

                # exit with code 0 ( return 0 )
                li a0, 0
                li a7, 93
                ecall
```

➔ *Identifica "main" come simbolo globale.*

Struttura di un Programma ASM

```
.globl main

.data
        msg1: .string "Hello World "
.text
        main:
                # Write to a filedescriptor from a buffer
                li a0, 1
                la a1, msg1
                li a2, 12
                li a7, 64
                ecall

                # print int
                li a0, 27
                li a7, 1
                ecall

                # exit with code 0 ( return 0 )
                li a0, 0
                li a7, 93
                ecall
```

➔ *Identifica l'inizio del segmento "dati" nel quale vengono posizionate variabili globali in lettura/scrittura.*

Struttura di un Programma ASM

```
.globl main

.data
        msg1: .string "Hello World "
.text
        main:
                # Write to a filedescriptor from a buffer
                li a0, 1
                la a1, msg1
                li a2, 12
                li a7, 64
                ecall

                # print int
                li a0, 27
                li a7, 1
                ecall

                # exit with code 0 ( return 0 )
                li a0, 0
                li a7, 93
                ecall
```

➔ *Identifica l'inizio del segmento "text" il quale contiene le istruzioni del nostro programma.*

Struttura di un Programma ASM

```
.globl main

.data
        msg1: .string "Hello World "
.text
        main:
                # Write to a filedescriptor from a buffer
                li a0, 1
                la a1, msg1
                li a2, 12
                li a7, 64
                ecall

                # print int
                li a0, 27
                li a7, 1
                ecall

                # exit with code 0 ( return 0 )
                li a0, 0
                li a7, 93
                ecall
```

➔ *Chiamata d'ambiente "exit", identificata dal codice numerico "93". Corrisponde all'istruzione "return 0" del linguaggio C/C++.*

Esercizio 01

Loop tramite istruzioni di branching

➔ *Provare a tradurre in Assembly il seguente frammento di codice C:*

```
int main () {
        int n = 10;
        for (int i = 0; i < n; ++i) {
            printf("i: %d\n", i);
        }
        return 0;
}
```

Esercizio 02

Chiamate a funzione

➔ *Provare a tradurre in Assembly il seguente frammento di codice C:*

```
int sum(int n) {
    int sum = 0;
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
    sum += i;
    }
    return sum;
}
int main () {
    printf("sum: %d\n", sum(10));
    return 0;
}
```

Accesso alla Memoria
Segmento Dati e Stack

➔ *Esempio di Lettura di un vettore salvato nel segmento dati:*

```
.data
        vett: .word 1, 2, 3, 4

la      t0,     vett
lw      t0,     0(t0)
lw      t1,     4(t0)
...
```

➔ *accesso all'indirizzo di memoria.*

➔ *accesso agli elementi a partire dall'indirizzo precedente:*

- ➔ *t0 = vett[0]*
- ➔ *t1 = vett[1]*

Ricordarsi di sfruttare opportunamente l'offset in base a come è definita la memoria (word in questo caso).

Esercizio 03

String Copy

➔ *Copiare il file sorgente di seguito, ed inserire le opportune direttive per permettere l'assemblamento.*

```
strcpy:
        addi    sp, sp, -8          #  adjust stack for 1 dw
        sd      x19, 0(sp)          #  push x19
        add     x19,x0,x0           #  i=0
        L1:
        add     x5, x19, x11        #  x5 = addr of y[i]
        lbu     x6,0(x5)            #  x6 = y[i]
        add     x7,x19,x10          #  x7 = addr of x[i]
        sb      x6,0(x7)            #  x[i] = y[i]
        beq     x6,x0,L2            #  if y[i] == 0 then exit
        addi    x19,x19, 1          #  i = i + 1
        jal     x0,L1                          #  next iteration of loop
        L2:
        ld      x19,0(sp)           #  restore saved x19
        addi    sp,sp,8             #  pop 1 dw from stack
        jalr    x0,0(x1)            #  and return
```

Esercizio 04
String Copy

➔ *Eseguire il programma precedente con due stringhe di prova, ad esempio:*

```
.data
        X: .string «mario\0»
        Y: .string «rossi\0»
```

➔ *Visualizzare tramite RARS il contenuto del segmento di memoria e verificare l'effettivo funzionamento del programma.*

Ambiente di lavoro

RARS – Documentazione Disponibile

- *Documentazione utile:*
  - https://github.com/TheThirdOne/rars/wiki/Supported-Instructions
  - https://github.com/TheThirdOne/rars/wiki/Environment-Calls
  - https://github.com/TheThirdOne/rars/wiki/Assembler-Directives
  - https://github.com/TheThirdOne/rars/wiki

Esercizio 05

Operazioni su array

- *Realizzare un programma che vada a calcolare il prodotto scalare tra due array a e b, memorizzati ad esempio nel segmento dati.*
- *Si ricorda che il prodotto scalare può essere calcolato per mezzo della seguente formula:*

$$\begin{bmatrix} A_x & A_y & A_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{bmatrix} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z = \vec{A} \cdot \vec{B}$$

Esercizio 06
Fattoriale ricorsivo

- *Realizzare un programma in grado di calcolare il fattoriale in maniera ricorsiva:*
  - *n! = n x (n-1)!*
  - *n! = 1 if n = 0 or n = 1*

Esercizio 07
Maschere di bit

- *Utilizziamo le maschere di bit per realizzare un meccanismo di controllo errori, basato sul calcolo della parità.*
- *In pratica quando viene trasmesso un dato, viene aggiunto un bit che è settato 1 se il numero di "1" nel dato da trasmettere è dispari (parità pari).*
- *Realizzare un programma che vada a settare il bit di parità per un dato a 7 bit.*

7 bit di dati	Byte con bit di parità	
	Bit di parità pari	Bit di parità dispari
1101001	**0**1101001	**1**1101001
1111111	**1**1111111	**0**1111111

- *Il bit più significativo del nostro byte rappresenta il bit di parità (come in figura).*

Esercizio 08
Sorting

➔ *Dato il seguente pseudocodice:*

```
procedure SelectionSort(a: lista dei numeri da ordinare);
  for i = 0 to n - 1
    posmin ← i
    for j = (i + 1) to n
      if a[j] < a[posmin]
        posmin ← j
    if posmin != i
        tmp ← a[i]
        a[i] ← a[posmin]
        a[posmin] ← tmp
```

➔ *Che implementa l'algoritmo di ordinamento Selection Sort* https://it.wikipedia.org/wiki/Selection_sort.

➔ *Convertirlo in codice Assembly RISC-V.*