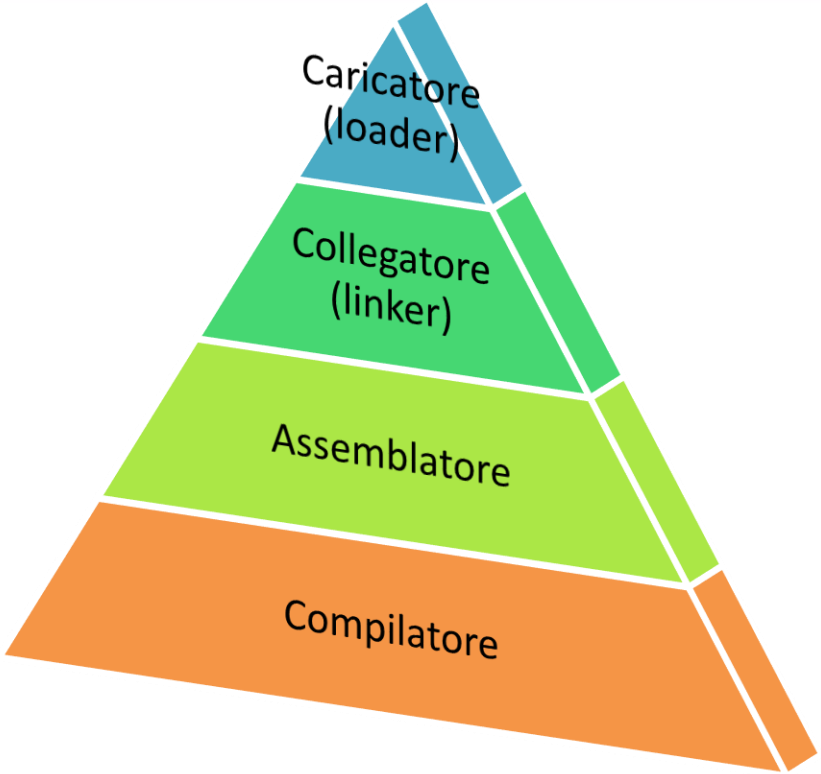
Architettura degli Elaboratori Elettronici

Dal linguaggio ad alto livello al documento eseguibile

Dott. Franco Liberati
liberati@di.uniroma1.it

ARGOMENTI DELLA LEZIONE

- Compilatore
- Assemblatore
- Collegatore (linker)
- Caricatore (loader)

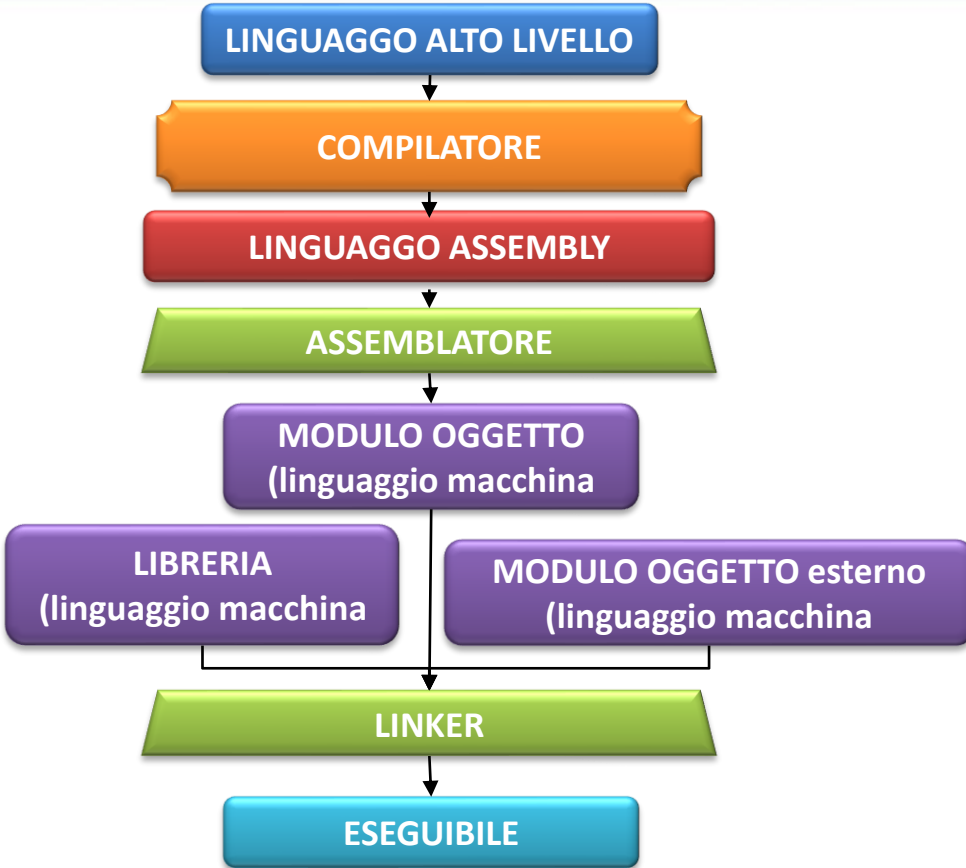


Processo di produzione di un documento eseguibile

PROGRAMMA

Generalità

- L'**esecuzione di un programma** è il punto di arrivo di una sequenza di azioni che nella maggior parte dei casi iniziano con la scrittura di un programma in un linguaggio simbolico di alto livello
- Le azioni principali che compongono tale sequenza nel caso si parta da un linguaggio ad alto livello sono quelle che vedono in gioco il **compilatore**, l'**assemblatore** e il **collegatore** (linker)
- Alcuni calcolatori raggruppano queste azioni per ridurre il tempo di traduzione, ma concettualmente tutti i **programmi compilati** passano sempre attraverso le fasi mostrate



PROGRAMMA

Compilatore

- Il **compilatore** trasforma, dopo un controllo sintattico, il programma scritto in un linguaggio ad alto livello in uno in linguaggio assembly, cioè in una forma simbolica che il calcolatore è in grado di capire ma, ancora, non eseguire
- Durante la generazione del codice, il compilatore effettua il **riordino delle istruzioni** cioè quali istruzioni sono trasmesse al processore e in quale ordine (utile nella canalizzazione o per il calcolo parallelo)
- Infine il compilatore **ottimizza il codice**: toglie istruzioni inutili o variabili non utilizzate

PROGRAMMA

Compilatore

Linguaggio ad alto livello (linguaggio C)

```
Main ()
{
int ris=Pow (2,3);
}

int Pow(int b,int e)
{
        int t=1;
              for(i=0;i<e;i++)
                      {
                    t=t*b;
        }
        return(t);
}
```

Linguaggio assembly (SPIM)

```
.text
.globl main
main:
lw $a0,base     #caricamento valore
lw $a1,espo     #caricamento valore
jal pow         #salto a funzione
sw $a2,ris      #spostamento risultato in memoria
li $v0,10
syscall
pow:
li $t0,0        #inizializzazione contatore
li $t1,1        #inizializzazione risultato temporaneo
move $t3,$a0
ciclo:
                bge $t0,$a1,fine #confronto contatore-esponente
                mul $t1,$t1,$t3  #moltiplicazione per la base
                addi $t0,1       #incremento contatore
                j ciclo          #salto
fine:
move $a2,$t1
jr $ra                           #ritorno a funzione
.data                            #dichiarazione variabili
base: .word 2
espo: .word 3
ris: .word 0
```

PROGRAMMA

Assemblatore

- L'**assemblatore** converte un programma assembly in un **file oggetto**, che è una combinazione di istruzioni in linguaggio macchina, di dati e di informazioni necessarie a collocare le istruzioni in memoria nella posizione opportuna
- Un programma assembly è tradotto in una sequenza di istruzioni (opcode, indirizzi, costanti, ecc.) attraverso il **processo di assemblaggio** (assembler) costituito da due passi logici successivi ed in parte indipendenti :
  1. il programma assembly è letto sequenzialmente, si identificano le istruzioni e i loro operandi, si calcola la lunghezza e si assegna un indirizzo (relativo) a ciascuna istruzione; inoltre, quando è letto un simbolo (un indirizzo simbolico, cioè una etichetta), nome e indirizzo sono inseriti in una **tabella dei simboli** (*symbol table*): nome e indirizzo di un simbolo possono essere inseriti nella symbol table in momenti diversi se un simbolo è usato prima di essere definito
  2. il programma assembly è letto sequenzialmente, a tutti i simboli è sostituito il valore numerico corrispondente presente nella symbol table, a tutte le istruzioni e ai relativi operandi ancora in forma simbolica è sostituito il valore numerico corrispondente (opcode, ecc.).

Il processo di assemblaggio prende il nome di assegnazione interna delle locazioni (*internal relocate symbol o internal reference*)

PROGRAMMA

Assemblatore doppio passaggio (esempio)

	Programma
	lw $t0,pippo
ciclo:	beqz $t0,salto
	add $t0,$t0,1
	j ciclo
salto:	sw $t0,pluto
	pippo:.word 4
	pluto:.word 0

TABELLA SIMBOLI

pippo	300
ciclo	101
salto	105
pluto	301

PASSO 1

Indirizzo	Istruzione
100	lw $t0,pippo
101	ciclo:
102	beqz $t0,salto
103	add $t0,$t0,1
104	j 101
105	salto:
106	sw $t0,pluto
300	pippo:.word 4
301	pluto:.word 0

PROGRAMMA

Assemblatore doppio passaggio (esempio)

	Programma
	lw $t0,pippo
ciclo:	beqz $t0,salto
	add $t0,$t0,1
	j ciclo
salto:	sw $t0,pluto
	pippo:.word 4
	pluto:.word 0

TABELLA SIMBOLI

pippo	300
ciclo	101
salto	105
pluto	301

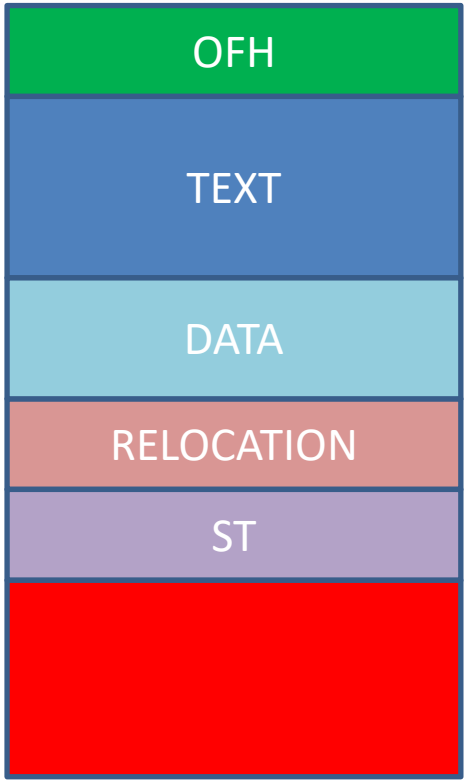
PASSO 2

Indirizzo	Istruzione
100	lw $t0, 300
101	
102	beqz $t0, 105
103	add $t0,$t0,1
104	j 101
105	
106	sw $t0, 301
300	pippo:.word 4
301	pluto:.word 0

PROGRAMMA

Disposizione dei file oggetto in memoria

- I file oggetto sono suddivisi e disposti in memoria di solito in sei sezioni distinte:
  1. *object file header*: descrive la dimensione e la posizione delle altre sezioni del file oggetto;
  2. *text segment*: contiene le istruzioni in linguaggio macchina;
  3. *data segment*: contiene tutti i dati che fanno parte del programma;
  4. *relocation information*: identifica le istruzioni e i dati che dipendono da indirizzi assoluti e che dovranno essere rilocati dal linker
  5. *symbol table*: contiene i simboli che non sono ancora definiti, ad esempio le etichette che fanno riferimento a moduli esterni;
  6. *debugging information*: contiene informazioni per il debugger.

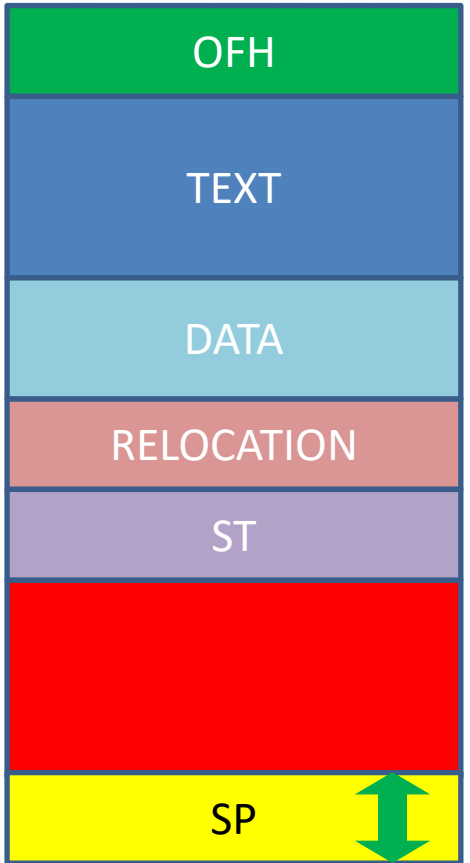


PROGRAMMA

Disposizione dei file oggetto in memoria

- I file oggetto sono suddivisi e disposti in memoria di solito in sei sezioni distinte:
  1. *object file header*: descrive la dimensione e la posizione delle altre sezioni del file oggetto;
  2. *text segment*: contiene le istruzioni in linguaggio macchina;
  3. *data segment*: contiene tutti i dati che fanno parte del programma;
  4. *relocation information*: identifica le istruzioni e i dati che dipendono da indirizzi assoluti e che dovranno essere rilocati dal linker
  5. *symbol table*: contiene i simboli che non sono ancora definiti, ad esempio le etichette che fanno riferimento a moduli esterni;
  6. *debugging information*: contiene informazioni per il debugger.

In più si riserva uno spazio nel quale può avvenire uno scambio di dati (STACK)



PROGRAMMA

Collegatore (Linker)

- Quando un programma simbolico è costituito da più moduli contenuti in diversi file sorgenti, il processo di traduzione (compilazione e assemblaggio) è ripetuto per ciascun modulo
- I **file oggetto** (object) risultanti devono essere **collegati** (linked) opportunamente tra di loro all'interno di unico file eseguibile, che solo allora può essere caricato in memoria
- Per ogni modulo tradotto separatamente l'indirizzo iniziale è lo stesso: è compito del linker modificare gli indirizzi di ciascun modulo in modo che non ci siano sovrapposizioni

Modulo A

000	…
001	x
…	…
150	Jsr B
…	…
200	…

Modulo B

000	…
001	y
…	…
120	x
…	…
175	Jsr C
…	…
300	Ret A

Modulo C

000	x
001	y
…	…
250	Ret B

Eseguibile

000	…
001	x
…	…
150	Jsr 201
…	…
200	…
201	…
202	y
…	…
321	Loc (001)
…	…
376	Jsr 502
…	…
501	Ret 151
502	Loc (001)
503	Loc (202)
…	…
752	Ret 377

PROGRAMMA

Collegatore (Linker)

- La traslazione dell'indirizzo di ogni istruzione in ciascun modulo permette di unire tutti i moduli ma non è sufficiente, infatti: è necessario traslare in maniera consistente anche tutti gli indirizzi (assoluti) che compaiono come operandi
- Per ogni riferimento da parte di un modulo a un indirizzo di un altro modulo è necessario calcolare coerentemente l'**indirizzo esterno** (riferimento esterno o *external reference*). Esempi in questo senso sono le **variabili globali** (che devono essere viste da tutti i moduli) e le chiamate tra procedura appartenenti a moduli diversi
- Per questo, il linker costruisce una **tabella dei moduli** grazie alla quale è possibile procedere alla rilocazione e al calcolo dei riferimenti esterni a ciascun modulo
- **Infine il linker produce un file eseguibile che di norma ha la stessa struttura di un file oggetto, ma non contiene riferimenti non risolti**

Modulo A	
000	...
001	x
...	...
150	Jsr B
...	...
200	...

Modulo B	
000	...
001	y
...	...
120	x
...	...
175	Jsr C
...	...
300	Ret A

Modulo C	
000	x
001	y
...	...
250	Ret B

Eseguibile	
000	...
001	x
...	...
150	Jsr 201
...	...
200	...
201	...
202	y
...	...
321	Loc (001)
...	...
376	Jsr 502
...	...
501	Ret 151
502	Loc (001)
503	Loc (202)
...	...
752	Ret 377

PROGRAMMA

Caricatore (loader)

- Una volta che il file eseguibile è memorizzato sul supporto di massa (generalmente il disco magnetico), il **caricatore**, o *loader*, (un programma afferente al sistema operativo) può caricarlo in memoria per l'esecuzione e quindi effettuare:
  - la lettura dell'intestazione del file eseguibile per determinare la dimensione dei segmenti testo (istruzioni) e dati
  - la creazione un nuovo spazio di indirizzamento, grande a sufficienza per contenere istruzioni, dati e stack
  - la copia delle istruzioni e dei dati dal file oggetto al nuovo spazio di indirizzamento
  - la copia sullo stack degli eventuali argomenti del programma
  - l'inizializzazione dei registri della CPU
  - l'inizio dell'esecuzione a partire da una direttiva di inizio che copia gli argomenti del programma dallo stack agli opportuni registri e che chiama la funzione main() o la **direttiva di inizio** (BEGIN); fino ad una **direttiva di terminazione** (END)

PROGRAMMA

Eseguibile

Linguaggio assembly (MIPS)

```
.text
.globl main
main:
lw $a0,base
lw $a1,espo
jal pow
sw $a2,ris
li $v0,10
syscall
pow:
li $t0,0
li $t1,1
move $t3,$a0
ciclo:
                bge $t0,$a1,fine
                mul $t1,$t1,$t3
                j ciclo
fine:
move $a2,$t1
jr $ra
.data
base: .word 2
espo: .word 3
ris: .word 0
```

Linguaggio macchina (MIPS)
Area istruzioni

```
0x3c011001  00000000000001001001100000101100
0x8c240000  10001100001001000000000000000000
0x3c011001  00111100000000010001000000000001
0x8c250004  10001100001001010000000000000100
0x0c100009  00001100000100000000000000001001
0x3c011001  00111100000000010001000000000001
0xac260008  10101100001001100000000000001000
0x3402000a  00110100000000100000000000001010
0x0000000c  00000000000000000000000000001100
0x34080000  00000010000010000000010100000000
0x34090001  00110100000010010000000000000001
0x00045821  00000000000001000101100000100001
0x0105082a  00000010000010100001000000101010
0x10200004  00010000001000000000000000000100
0x712b4802  01110001001010110100100000000010
0x21080001  00100001000010000000000000000001
0x0810000c  00001000000100000000000000001100
0x00093021  00000000000001001001100000100001
0x03e00008  00000011111000000000000000001000
```

Interprete

PROGRAMMA

Interprete

- Un **interprete** non svolge le operazioni di compilazione e di assemblaggio, ma traduce le istruzioni in linguaggio macchina (memorizzando su file il codice oggetto per essere eseguito dal processore) effettuando solamente una analisi sintattica prima della traslitterazione

- L'uso di un interprete comporta una minore efficienza durante l'esecuzione del programma (*run-time*); un programma interpretato, in esecuzione, richiede più memoria ed è meno veloce, a causa dell'overhead (maggior numero di operazioni da compiere) introdotto dall'interprete stesso

- Durante l'esecuzione, l'interprete deve infatti analizzare le istruzioni a partire dal livello sintattico, identificare le azioni da eseguire (eventualmente trasformando i nomi simbolici delle variabili coinvolte nei corrispondenti indirizzi di memoria), ed eseguirle; mentre le istruzioni del codice compilato, già in linguaggio macchina, sono caricate e istantaneamente eseguite dal processore

- L'uso di un interprete consente all'utente di agire sul programma in esecuzione sospendendolo, ispezionando o modificando i contenuti delle sue variabili, e così via, in modo spesso più flessibile e potente di quanto si possa ottenere, per il codice compilato

PROGRAMMA

Linguaggi compilati e interpretati

PASCAL


Fine