Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

Corso di Fondamenti di Informatica

Linguaggi di Programmazione

Anno Accademico 2015/2016

Francesco Tortorella

Linguaggi di programmazione

- Un calcolatore basato sul modello di von Neumann permette l'esecuzione di un ***programma***, cioè di una sequenza di istruzioni descritte nel linguaggio interpretabile dal calcolatore che realizzano un particolare algoritmo, ma …

Linguaggio macchina

… ma quali sono le caratteristiche di tale linguaggio ?

- è codificato tramite sequenze di bit
- accede ai dati tramite gli indirizzi di memoria o i registri interni della CPU
- ogni istruzione può compiere solo azioni molto semplici
- non gestisce direttamente i tipi di dati di interesse
- è strettamente legato alla particolare macchina su cui è definito

Non a caso viene definito *linguaggio macchina*

Scrivere un programma

- Se si volesse implementare un dato algoritmo attraverso la scrittura di un programma sarebbe quindi necessario:
  - conoscere dettagliatamente tutti i codici operativi e la loro codifica
  - decidere in quali registri (di memoria o interni alla CPU) vadano memorizzati i dati
  - determinare, per ogni singola operazione richiesta dall'algoritmo, la sequenza di istruzioni in linguaggio macchina che la realizzano
  - definire un'opportuna tecnica di codifica per ogni tipo di dati considerato
  - limitarsi a utilizzare solo i calcolatori per cui esista una tale competenza, tenendo comunque presente che il programma scritto per un certo calcolatore non è eseguibile su altre macchine

Impresa difficile, ma non impossibile

Il gap semantico

Esecutore umano
- linguaggio naturale
- gestione completa dei tipi
- istruzioni semanticamente ricche

Calcolatore
- linguaggio rigido e complicato
- gestione dei tipi quasi nulla
- istruzioni estremamente semplici

Linguaggio di programmazione

Esecutore umano
- linguaggio naturale
- gestione completa dei tipi
- istruzioni semanticamente ricche

Orientato al problema

Linguaggio di programmazione
- linguaggio formale, con costrutti precisi per la definizione dei dati e delle operazioni
- gestione completa dei tipi fondamentali; possibilità di definire tipi strutturati
- istruzioni che realizzano le principali azioni elaborative richieste

Orientato alla macchina

Calcolatore
- linguaggio rigido e complicato
- gestione dei tipi quasi nulla
- istruzioni estremamente semplici

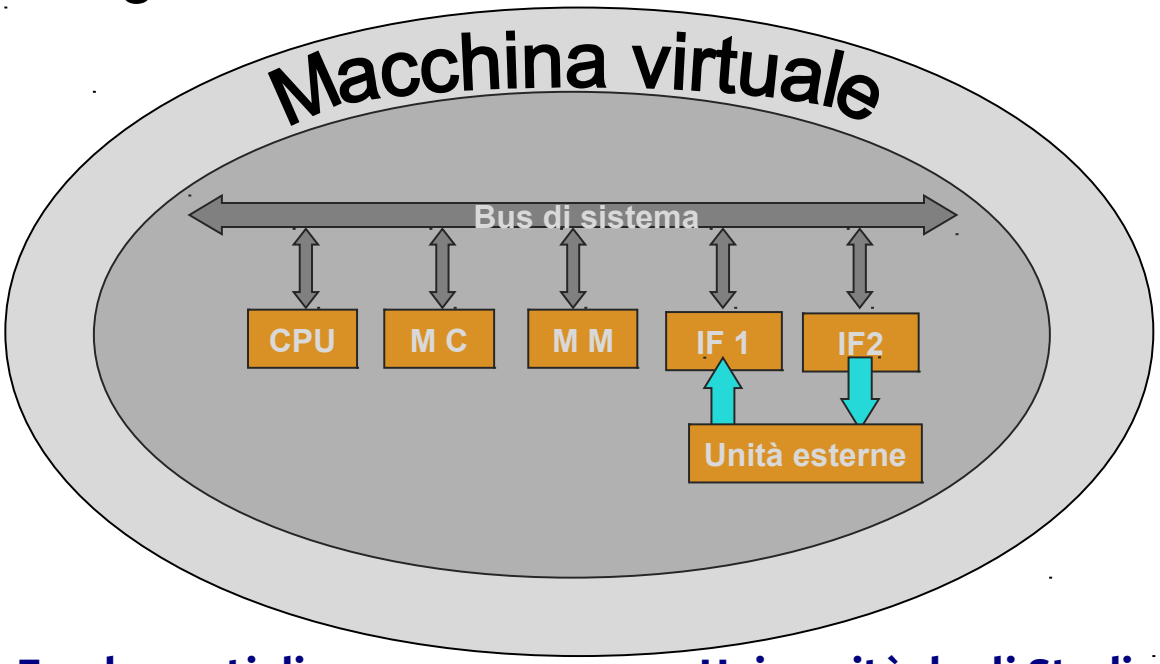
Vantaggi

L'uso di un linguaggio di programmazione permette di :

- realizzare un programma che implementa l'algoritmo in maniera precisa ed in un linguaggio "ad alto livello"
- trascurare tutti i dettagli relativi alla rappresentazione dei dati nei registri
- definire un programma che non dipende dal particolare calcolatore su cui è stato realizzato

Linguaggio=macchina virtuale

In effetti, l'utente non deve interagire con la macchina reale e le sue limitazioni, ma "vede" una macchina virtuale che nasconde le particolarità della macchina reale e con la quale è molto più agevole interagire.



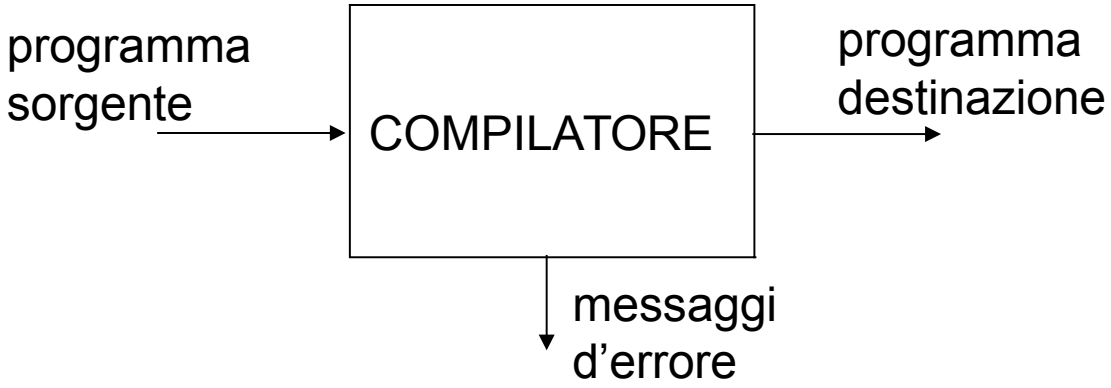
Dal linguaggio ad alto livello al linguaggio macchina

- I linguaggi di programmazione ad alto livello sono linguaggi *formali*, in cui la forma delle frasi, cioè la sintassi, e il loro significato, la semantica, sono definiti sulla base di regole rigide e precise.
- In tal modo viene eliminata l'ambiguità e le ridondanze tipiche del linguaggio naturale ed è possibile realizzare in modo automatico l'analisi di un programma scritto in un linguaggio ad alto livello e la sua traduzione in linguaggio macchina.
- In altre parole è possibile definire algoritmi per verificare la correttezza grammaticale delle frasi e per calcolarne il significato.

Programmi traduttori

- I programmi che svolgono il compito di tradurre un programma in linguaggio ad alto livello in un programma in linguaggio macchina sono detti *traduttori* e si dividono in due categorie:
  - **compilatori**
  - **interpreti**

Compilatori



- Un compilatore è un ***programma*** che riceve in input un programma scritto in un linguaggio (*linguaggio sorgente*) e lo traduce in un **programma equivalente** scritto in un altro linguaggio (*linguaggio destinazione o target*).
- Una parte importante del processo di traduzione è il controllo per verificare la presenza di errori nel programma sorgente.

Il modello di compilazione Analisi-Sintesi

- La compilazione si può dividere in due parti: analisi e sintesi
- La parte di **analisi** spezza il programma sorgente in pezzi costituenti e ne crea una rappresentazione intermedia.
- La parte di **sintesi** costruisce il programma destinazione a partire dalla rappresentazione intermedia

Analisi

- L’analisi consta di tre fasi:
  - **Analisi lessicale**
  - **Analisi sintattica**
  - **Analisi semantica**

Analisi lessicale (o lineare)

- Nell'**analisi lessicale** il flusso di caratteri che costituisce il programma sorgente è letto da sinistra verso destra e raggruppato in *tokens.* Un **token** è una singola unità atomica del linguaggio (es. una *parola chiave*, un *identificatore* o un *simbolo*).

Analisi lessicale. Esempio

- Si consideri l'istruzione di assegnazione

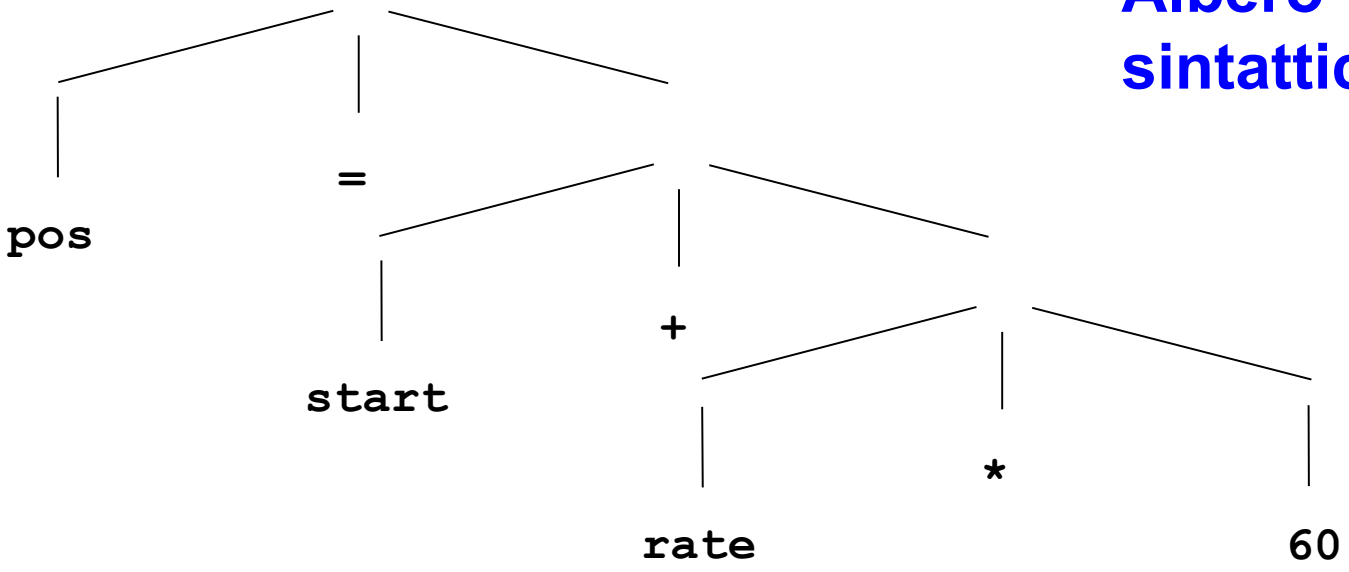
  `pos = start + rate * 60`

- L'analisi lessicale individua i seguenti token:
  - l'identificatore **`pos`**
  - il simbolo di assegnazione **`=`**
  - l'identificatore **`start`**
  - il segno **`+`**
  - l'identificatore **`rate`**
  - il segno **`*`**
  - la costante numerica **`60`**
- Sequenza di caratteri → sequenza di token

Analisi sintattica

- Nell'**analisi sintattica** i tokens individuati nella fase precedente sono raggruppati in strutture costruite secondo le regole di una *grammatica formale* che costituisce la sintassi del linguaggio.
- Di solito tali strutture sono rappresentate sotto forma di *alberi sintattici* (parse tree).

Analisi sintattica. Esempio.



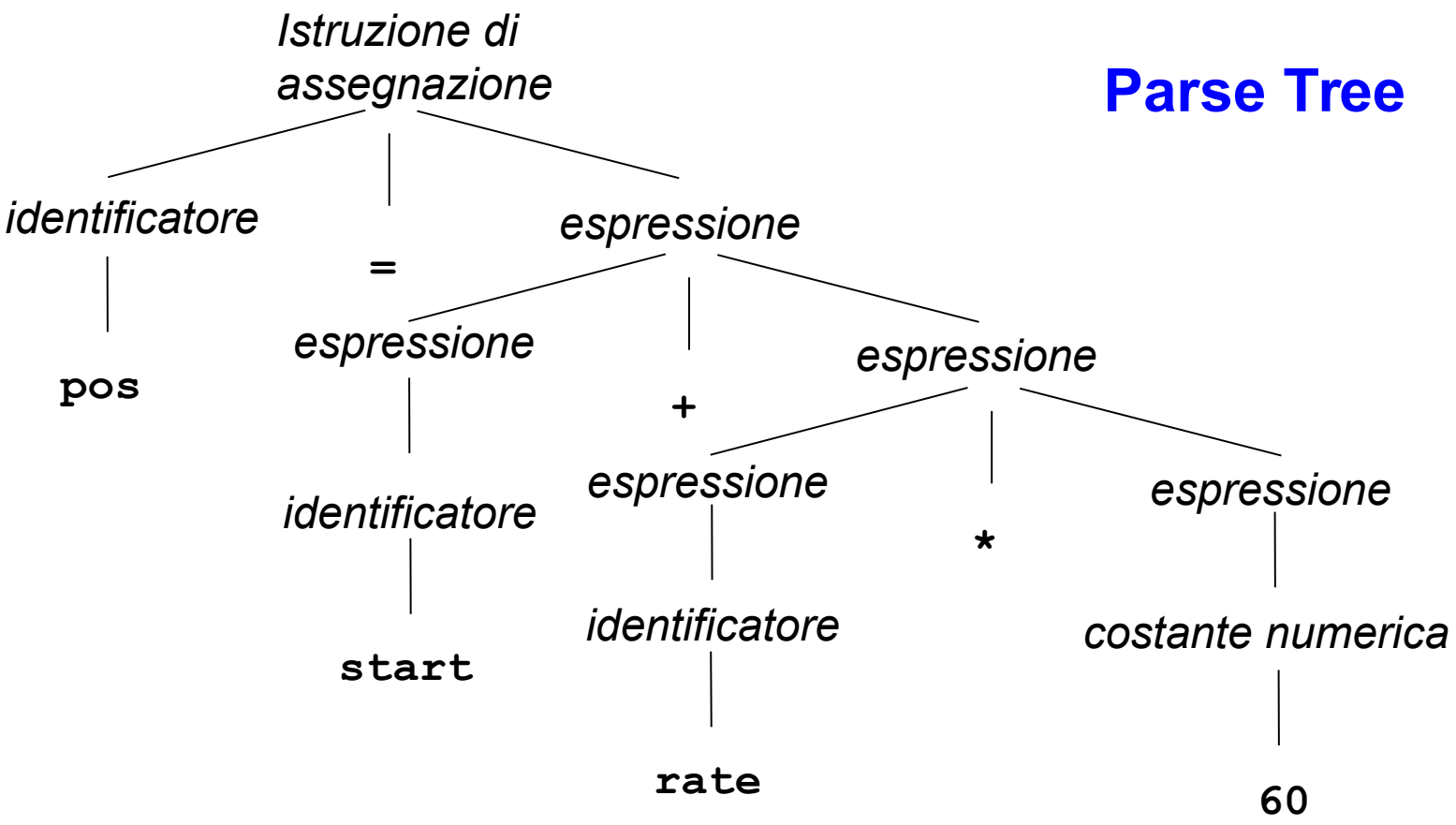
Analisi sintattica. Esempio.

- Regole utilizzate:
  - Se *id* è un identificatore ed *expr* è un'espressione, allora *id = expr* è un'istruzione di assegnazione
  - Un identificatore è un'espressione
  - Una costante numerica è un'espressione
  - Se *expr1* ed *expr2* sono espressioni, allora sono espressioni anche:

    expr1 + *expr2*

    expr1 * *expr2*

Analisi sintattica. Esempio.



Parse Tree

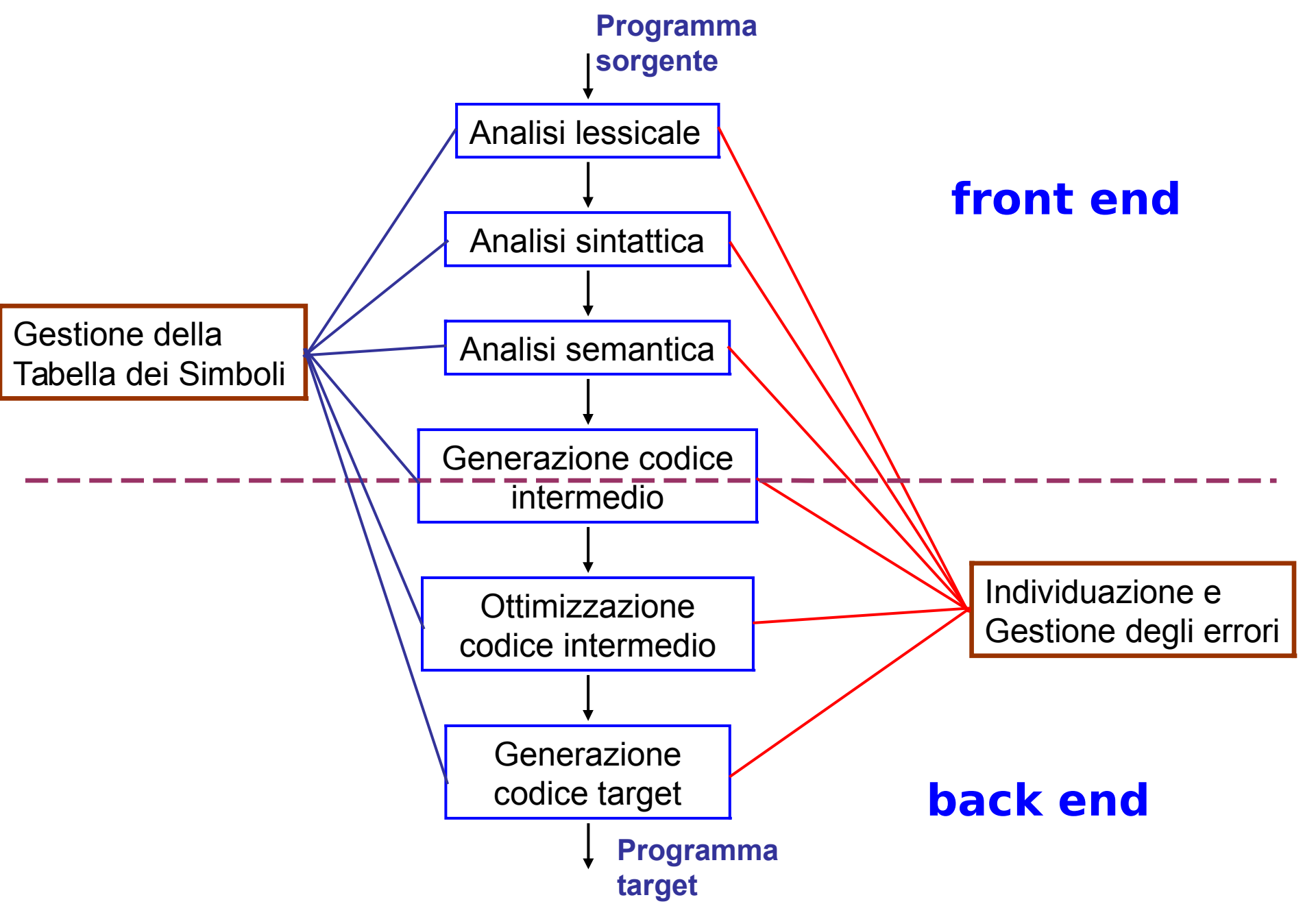
Analisi semantica

- Nella fase di analisi semantica il compilatore aggiunge informazioni semantiche all'albero sintattico e costruisce la tabella dei simboli.
- In questa fase si operano verifiche semantiche quali la verifica dei tipi (**type checking**).
- In accordo al type checking, il compilatore verifica che ogni operatore ha operandi che sono permessi dalle specifiche del linguaggio sorgente.

Sintesi

Nella sintesi si possono generalmente identificare tre fasi:

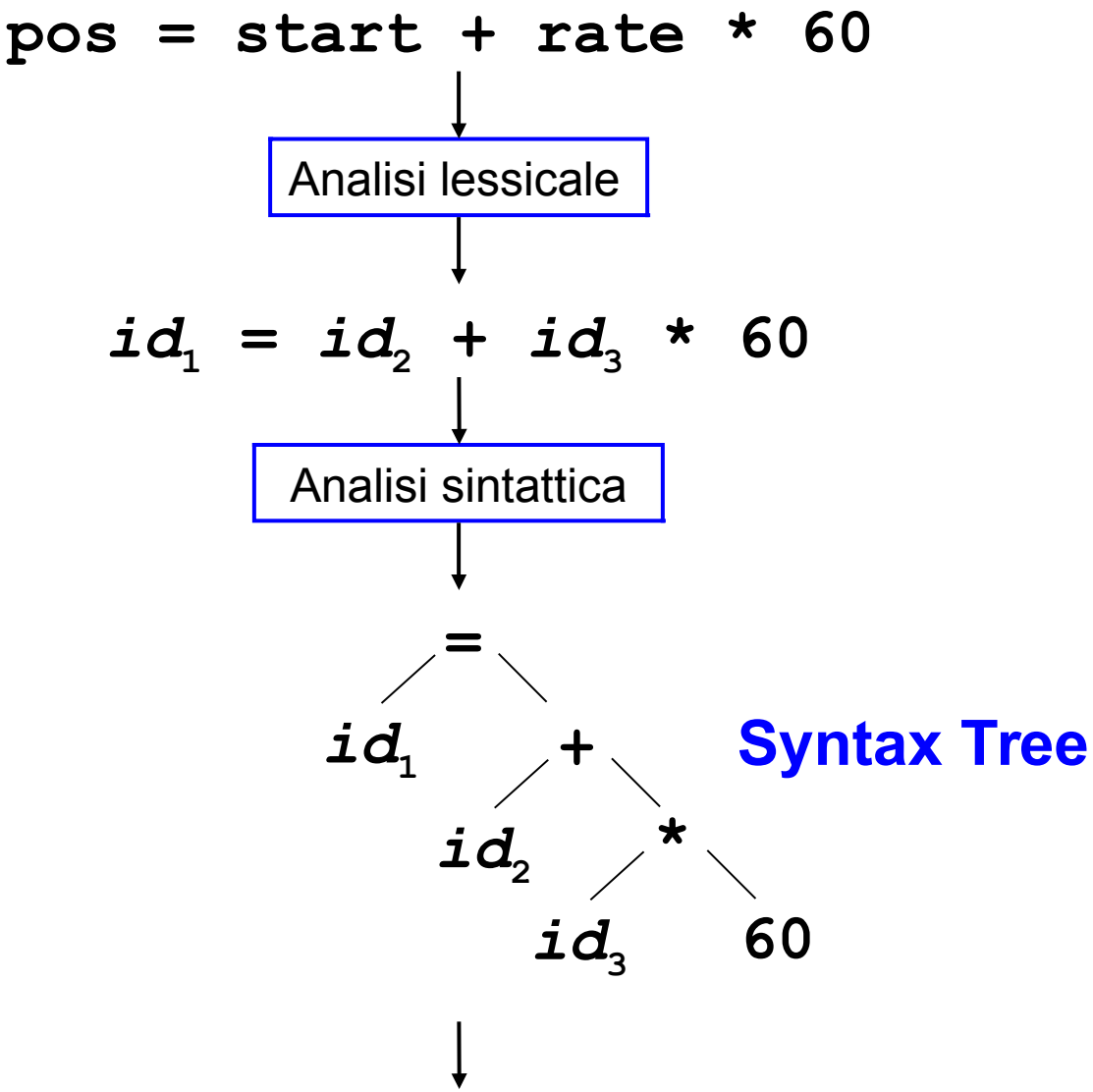
- **Generazione codice intermedio**
- **Ottimizzazione del codice intermedio**
- **Generazione del codice target**


Programma sorgente
Analisi lessicale
Analisi sintattica
Analisi semantica
Generazione codice intermedio
Ottimizzazione codice intermedio
Generazione codice target
Programma target
Gestione della Tabella dei Simboli
Individuazione e Gestione degli errori
front end
back end

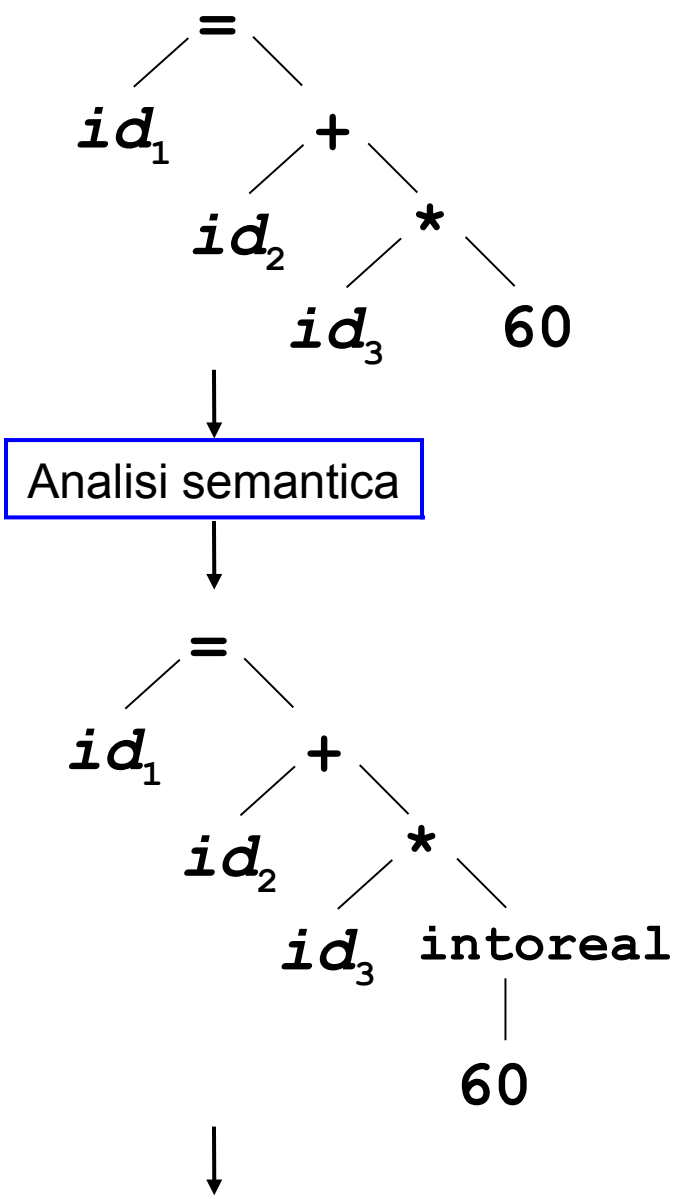
- **Tabella dei simboli**:
  Raccoglie le informazioni su tutti gli identificatori utilizzati nel programma sorgente (nome, tipo, indirizzo di memoria)
- **Individuazione e gestione degli errori**:
  Al verificarsi di un errore (p.es. in una delle fasi di analisi) si valuta la sua gravità e si decide se proseguire o meno con la compilazione (*warning* / *fatal error*)

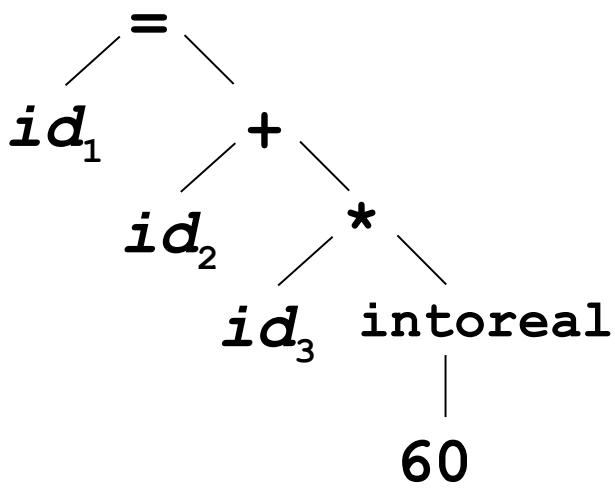
Front end e back end

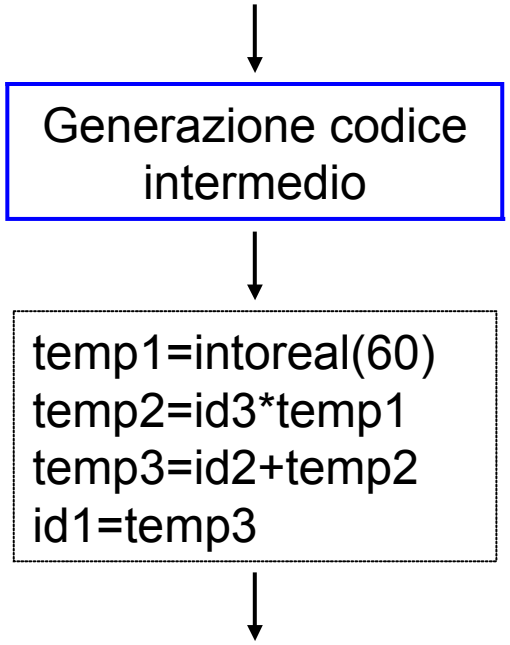
- Di solito si considera il compilatore formato da due sezioni: *front end* e *back end*.
- Il front end comprende quelle porzioni del compilatore che si occupano delle fasi che dipendono strettamente dal linguaggio sorgente e sono praticamente indipendenti dal linguaggio target. Tipicamente, fasi di analisi e generazione di codice intermedio
- Il back end include le parti del compilatore che dipendono dal linguaggio target e dal linguaggio intermedio.
- Ciò permette di riutilizzare un front end definito su un certo linguaggio sorgente per costruire più compilatori, ognuno con un diverso back end.

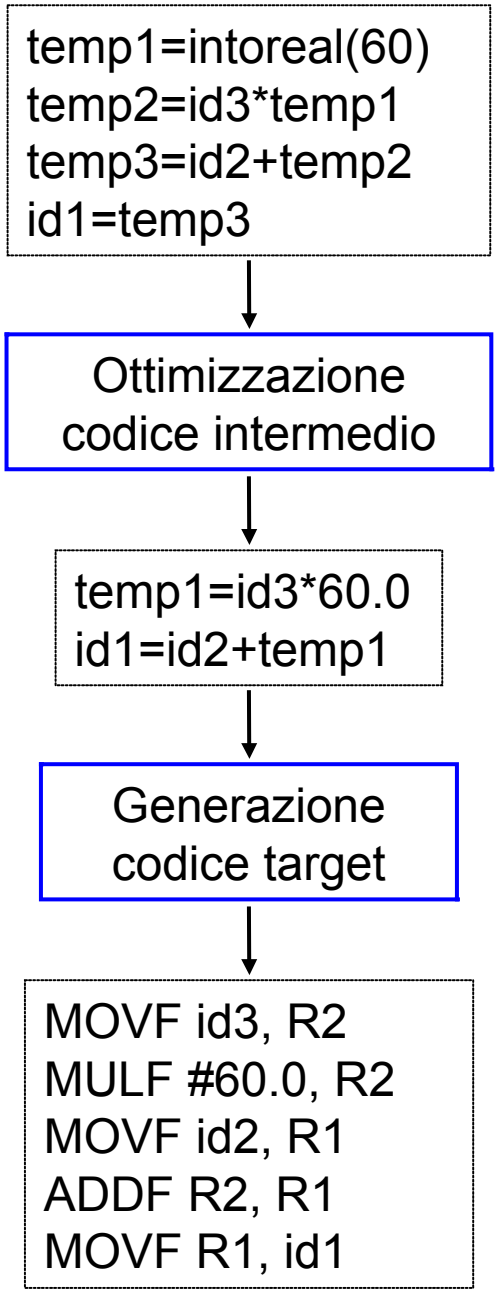

pos = start + rate * 60
Analisi lessicale
id1 = id2 + id3 * 60
Analisi sintattica
=
id1
+
id2
*
id3
60

Syntax Tree


=
id1
+
id2
*
id3
60
Analisi semantica
=
id1
+
id2
*
id3
intoreal
60


=
id1
+
id2
*
id3
intoreal
60


Generazione codice intermedio
temp1=intoreal(60)
temp2=id3*temp1
temp3=id2+temp2
id1=temp3


temp1=intoreal(60)
temp2=id3*temp1
temp3=id2+temp2
id1=temp3
Ottimizzazione codice intermedio
temp1=id3*60.0
id1=id2+temp1
Generazione codice target
MOVF id3, R2
MULF #60.0, R2
MOVF id2, R1
ADDF R2, R1
MOVF R1, id1

Interpreti

- Anche gli interpreti eseguono una fase di analisi e produzione di linguaggio macchina.
- La differenza rispetto ai compilatori è che l'interprete prende in esame un'istruzione alla volta, realizzandone la traduzione e l'esecuzione.
- Quindi, per ogni istruzione del programma in linguaggio ad alto livello, l'interprete
  - analizza l'istruzione e verifica la presenza di errori
  - in caso di errori, la traduzione viene arrestata; altrimenti, si producono e si eseguono le istruzioni in linguaggio macchina corrispondenti.

Differenze tra compilatori e interpreti

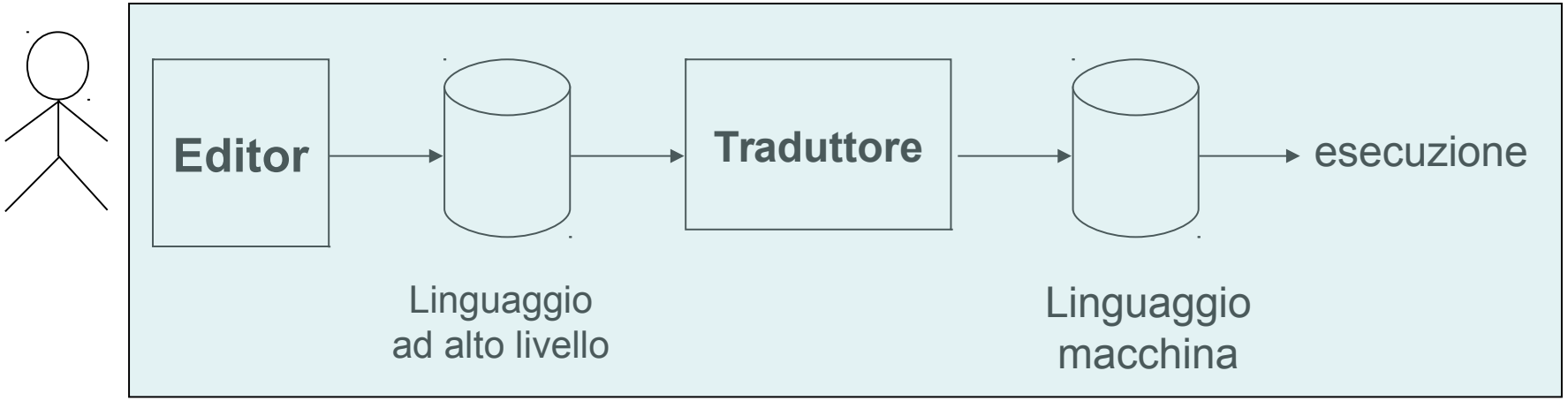
- Dal punto di vista dell' efficienza, l'esecuzione di un programma compilato è molto più veloce di quella di un programma interpretato.
- L'uso di un interprete potrebbe essere di aiuto nelle prime fasi di sviluppo di un programma, in quanto permette un immediata verifica della funzionalità del codice realizzato.

Fasi di produzione di un programma

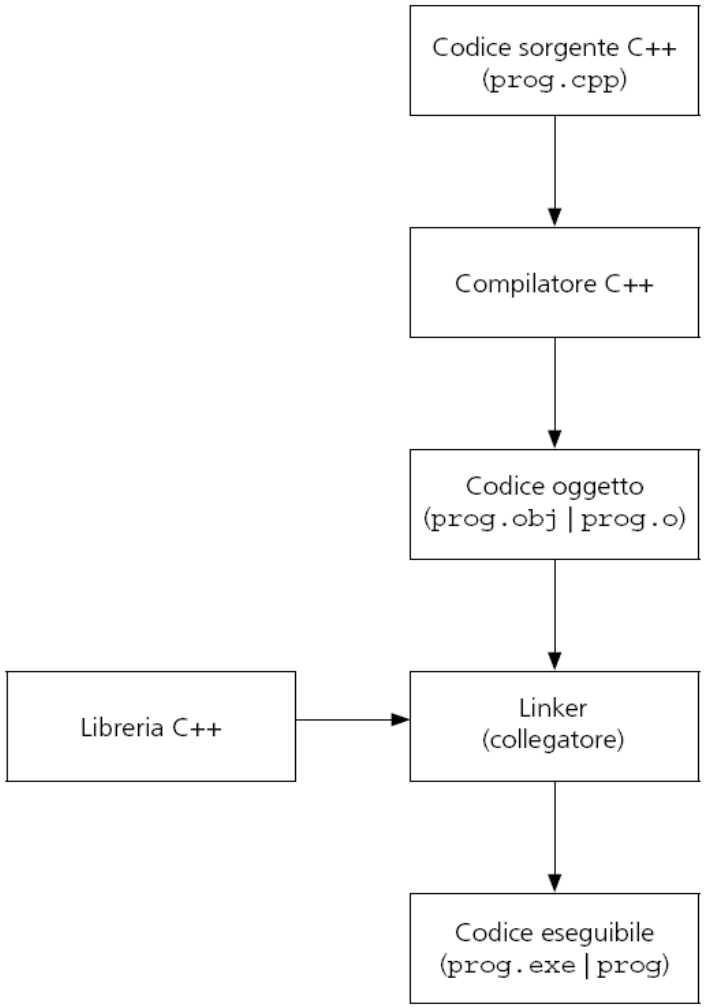
- Le fasi per la produzione di un programma che possa essere eseguito da un calcolatore sono quindi:
  - definizione dell'algoritmo e dei dati
  - implementazione dell'algoritmo tramite un programma in un linguaggio ad alto livello
  - traduzione in linguaggio macchina
  - esecuzione del programma in linguaggio macchina

L’ambiente di sviluppo

- Nelle varie fasi c’è l’ausilio di opportuni programmi per:
  - la scrittura del programma in linguaggio ad alto livello (text editors)
  - la traduzione (compilatori o interpreti)
  - la verifica in esecuzione (debuggers)



Traduzione di un programma C++




```
#include <iostream>
int main()
{
 cout << "Ciao mondo!";
 return 0;
}
```

```
00000101 00100011
. . . .  . . . .
11011100 00011110
```

Editor

- E' un programma che permette la scrittura e la memorizzazione su file delle istruzioni in linguaggio ad alto livello.
- Il file prodotto è un file di *tipo testo*: contiene, cioè, i caratteri scritti codificati in codice ASCII. In questo modo, è modificabile da altri programmi di *text editing* (es. NotePad) e trasferibile tra macchine diverse.
- Alcuni editors sono *orientati al linguaggio*, nel senso che organizzano il testo del programma in modo che sia resa più efficace la visualizzazione del codice. Tipiche caratteristiche di tali editors sono:
  - Indentazione
  - Syntax highlighting

Debugger

- E’ un programma che permette l’esecuzione *passo-passo* del programma eseguibile, visualizzando lo stato corrente dei dati del programma.
- In questo modo è possibile verificare la rispondenza del codice prodotto all’algoritmo da implementare.