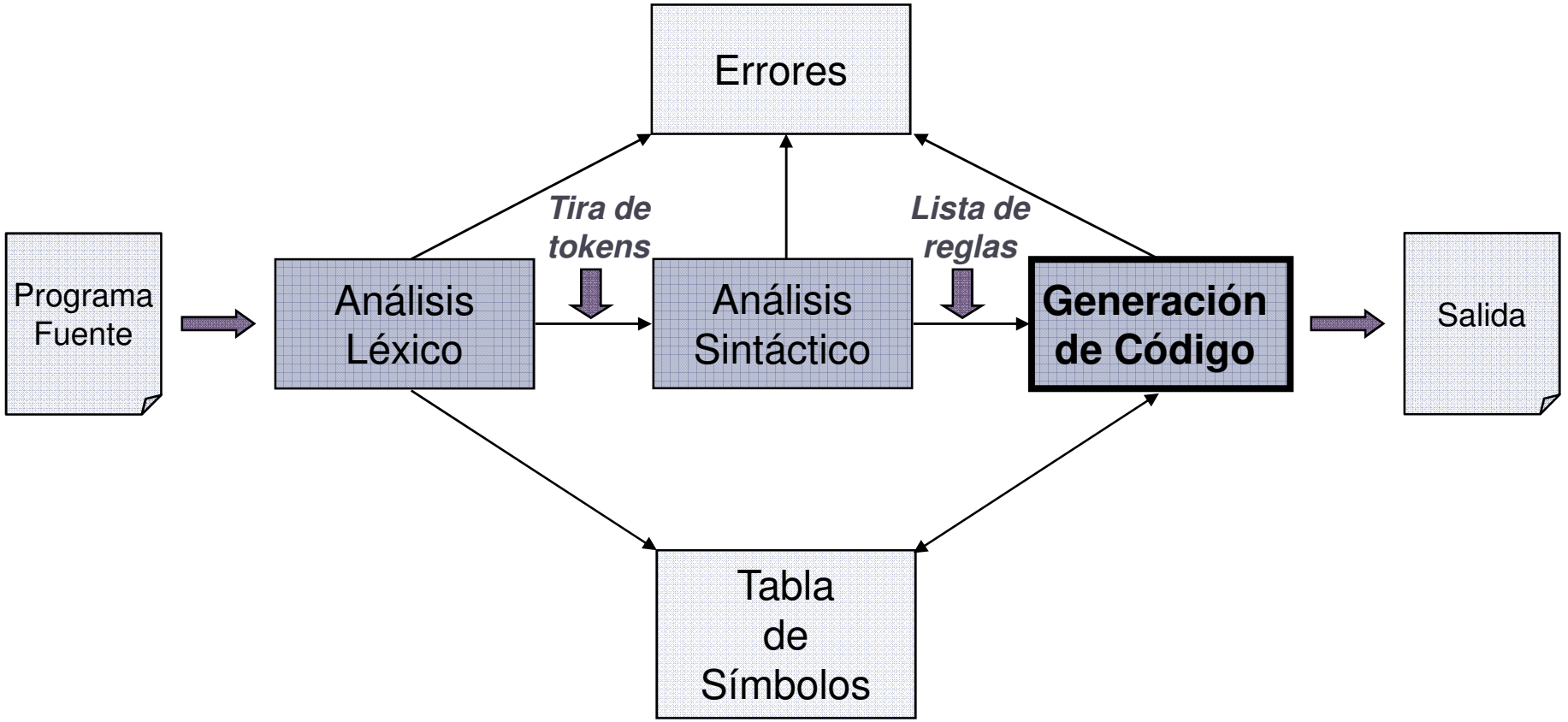
Diseño de Compiladores I

Generación de Código

Fases de la Compilación



Traducción dirigida por la Sintaxis

- Se asocia información a los símbolos de la gramática, mediante reglas semánticas asociadas a las producciones.
- Cada símbolo tendrá un conjunto de atributos asociados.
- Atributos:
  - cadena de caracteres (lexema),
  - tipo,
  - valor numérico (para optimizaciones, por ejemplo),
  - posición en memoria,
  - etc.

Producciones + Reglas semánticas → Dependencias entre los atributos

Definiciones dirigidas por la Sintaxis

- El valor del atributo de un nodo de un Árbol de Parsing se define mediante una regla semántica asociada a la producción donde se genera ese nodo.

- Atributos Sintetizados
  - Se calculan a partir de los valores de los atributos de los hijos del nodo en el Árbol de Parsing.
- Atributos Heredados
  - Se calculan a partir de los valores de los atributos de los hermanos y el padre del nodo en el Árbol de Parsing.
  - Expresan dependencias entre una construcción y su contexto.

Atributos Sintetizados

- Ejemplo: Calculadora de escritorio

Reglas de la Gramática	Regla Semántica
1. $L \rightarrow E$ '\n'	Print (E.valor)
2. $E \rightarrow E + T$	E.valor := E.valor + T.valor
3. $E \rightarrow T$	E.valor = T.valor
4. $T \rightarrow T * F$	T.valor := T.valor * F.valor
5. $T \rightarrow F$	T.valor := F.valor
6. $F \rightarrow (E)$	F.valor := E.valor
7. $F \rightarrow$ num	F.valor := num.valor

Atributo sintetizado para el token num (Lo proporciona el Analizador Léxico)

- Los atributos sintetizados se calculan fácilmente en Parsing Ascendente.

Atributos Heredados

- Ejemplo: Distribuir información de tipos a los identificadores de una declaración

Reglas de la Gramática	Regla Semántica
1. $D \rightarrow T\ L$	L.her := T.tipo;
2. $T \rightarrow$ int	T.tipo := integer:
3. $T \rightarrow$ real	T.tipo := real;
4. $L \rightarrow$ id ',' L_1	añadir_tipo(id.ptr, L.her); L_1.her := L.her;
5. $L \rightarrow$ id	añadir_tipo(id.ptr, L.her);

Referencia a la entrada de id en la Tabla de Símbolos (Proporcionada por el Analizador Léxico)

- Los atributos heredados se calculan fácilmente en Parsing Descendente.

Chequeos Semánticos

Semántica Estática

- Se pueden efectuar en tiempo de compilación
- Ejemplos:
  - Comprobación de tipos
  - Comprobación de flujo de control
  - Comprobación de unicidad
  - Comprobaciones relacionadas con nombres

Semántica Dinámica

- Sólo se pueden efectuar en tiempo de ejecución
- Ejemplos:
  - Control de subíndices de arreglos

Generación de código

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico
Lista de Reglas → Tercetos
Lista de Reglas → Polaca Inversa

Tipos y Conversiones

Tipos

$w := x + y * z$

Con:

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

¿Es válida la expresión?

¿Es válida la asignación?

Conversiones

- Implícitas (Coerciones)
  - Las realiza automáticamente el compilador.
  - En principio, se limitan a situaciones donde no hay pérdida de información.

- Explícitas
  - Las debe escribir el programador.

Tipos y Conversiones

LISTA DE REGLAS → ÁRBOL SINTÁCTICO

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

w := x + y * z

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

a) Árbol Sintáctico sin información de tipos ni incorporación de conversiones (implícitas)
b) Árbol Sintáctico con información de tipos
c) Árbol Sintáctico con información de tipos e incorporación de conversiones (implícitas)

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

w := x + y * z

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

a) Árbol Sintáctico sin información de tipos ni incorporación de conversiones (implícitas)

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (a)
sin tipos ni conversiones

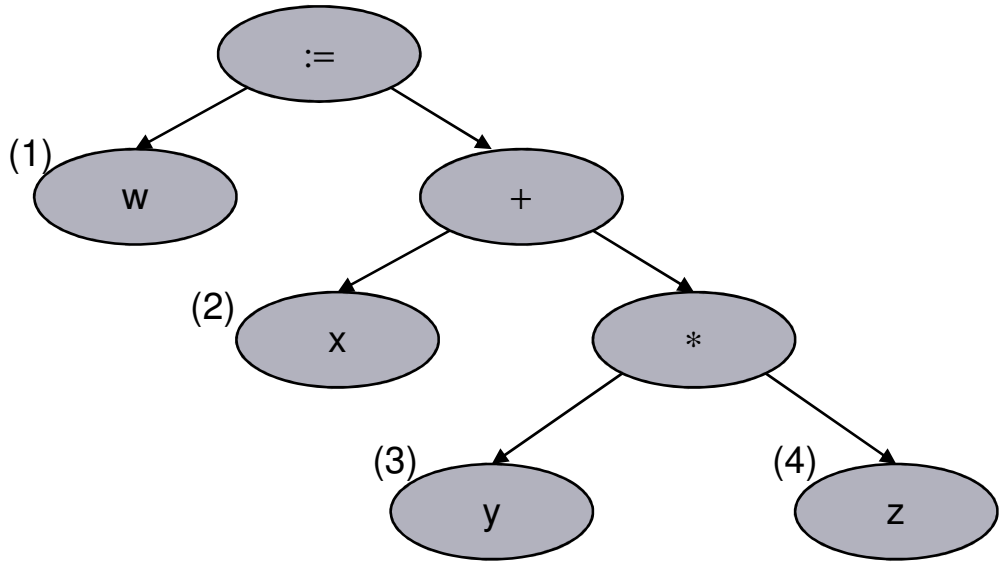
Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
1. $A \rightarrow id := E$	A.ptr = crear_nodo(':=' ; crear_hoja(id.ptr) ; E.ptr) (*)
2. $E \rightarrow E + T$	E.ptr = crear_nodo('+' ; E.ptr ; T.ptr)
3. $E \rightarrow T$	E.ptr = T.ptr;
4. $T \rightarrow T * F$	T.ptr = crear_nodo('*' ; T.ptr ; F.ptr)
5. $T \rightarrow F$	T.ptr = F.ptr;
6. $F \rightarrow id$	F.ptr = crear_hoja(id.ptr) (*)
7. $F \rightarrow cte$	F.ptr = crear_hoja(cte.ptr) (**)

(*) id.ptr = Ref a la entrada del identificador en la Tabla de Símbolos
(**) cte.ptr = Ref a la entrada de la constante en la Tabla de Símbolos

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (a)
sin información de tipos ni incorporación de conversiones

w := x + y * z

w de tipo double
x de tipo integer
y de tipo float
z de tipo long



- El chequeo de tipos se posterga a una traducción posterior
- La incorporación de conversiones implícitas se posterga a una traducción posterior.

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

w := x + y * z

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

b) Árbol Sintáctico con información de tipos

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (b)
con información de tipos

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
1. $A \rightarrow id := E$	A.ptr = crear_nodo(':=' ; crear_hoja(id.ptr) ; E.ptr) ; (*) A.Tipo = id.tipo ;
2. $E \rightarrow E + T$	E.ptr = crear_nodo('+' ; E.ptr ; T.ptr) ; E.Tipo = f_+(E.tipo , T.tipo)
3. $E \rightarrow T$	E.ptr = T.ptr; E.tipo = T.tipo;
4. $T \rightarrow T * F$	T.ptr = crear_nodo('*' ; T.ptr ; F.ptr) ; T.tipo = f_*(T.tipo , F.tipo) ;
5. $T \rightarrow F$	T.ptr = F.ptr ; T.tipo = F.tipo ;
6. $F \rightarrow id$	F.ptr = crear_hoja(id.ptr) ; F.tipo = id.tipo; (*)
7. $F \rightarrow cte$	F.ptr = crear_hoja(cte.ptr) ; F.tipo = cte.tipo; (**)

(*) id.ptr = Ref a la entrada del identificador en la Tabla de Símbolos
(**) cte.ptr = Ref a la entrada de la constante en la Tabla de Símbolos

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (b)

Tablas de Compatibilidad de Tipos

f_+	integer	long	float	double
integer	integer	long	float	double
long	long	long	float	double
float	float	float	float	double
double	double	double	double	double

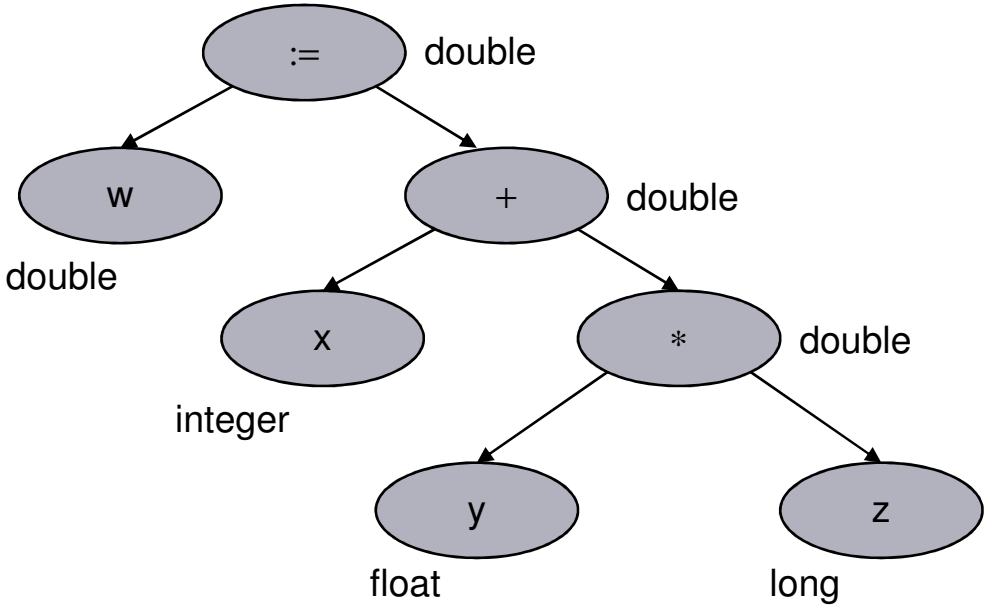
f_*	integer	long	float	double
integer	long	long	float	double
long	long	long	double	double
float	float	double	double	double
double	double	double	double	double

- Toda la semántica de los tipos está en la matriz
- Habrá una matriz para cada operador de la gramática

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (b)
con información de tipos

w := x + y * z

w de tipo double
x de tipo integer
y de tipo float
z de tipo long



- La incorporación de conversiones implícitas se posterga a una traducción posterior.

¿Cómo se detecta una incompatibilidad de tipos?

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (b)
Tablas de Compatibilidad de Tipos

f_+	integer	long	float	double	string
integer	integer	long	float	double	X
long	long	long	float	double	X
float	float	float	float	double	X
double	double	double	double	double	X
string	X	X	X	X	string

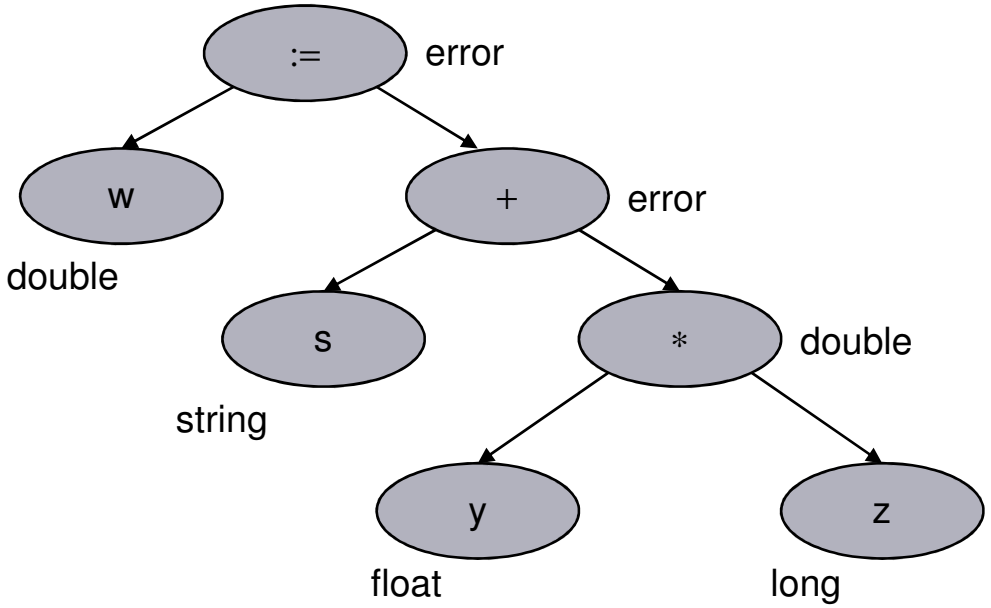
- Si una combinación está prohibida, en la celda correspondiente habrá una "X", o un código de error para esa situación

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (b)
con información de tipos

- Ejemplo con error:

w := s + y * z

w de tipo double
s de tipo string
y de tipo float
z de tipo long



Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

w := x + y * z

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

c) Árbol Sintáctico con información de tipos e incorporación de conversiones (implícitas)

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (b)

Tabla de Tipos y Conversiones

f_*	integer			long			float			double			string		
integer	itol	**long**	itol	itol	**long**	-	itof	**float**	-	itod	**double**	-	-	**X**	-
long	-	**long**	itol	-	**long**	-	ltof	**double**	-	ltod	**double**	-	-	**X**	-
float	-	**float**	itof	ftod	**double**	ltod	ftod	**double**	ftod	ftod	**double**	-	-	**X**	-
double	-	**double**	itod	.	**double**	ltod	-	**double**	ftod	-	**double**	-	-	**X**	-
string	-	**X**	-	-	**X**	-	-	**X**	-	-	**X**	-	-	**X**	-

- Toda la semántica de los tipos y ***conversiones*** está en la matriz
- Habrá una matriz para cada operador de la gramática
- Si una combinación está prohibida, en la celda correspondiente habrá una "X", o un código de error para esa situación

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (C)

con información de tipos e incorporación de conversiones

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
1. $A \rightarrow id := E$	E'.ptr = agregar_nodo_conversion(f:=[3] ; id.tipo ; E.tipo); A.ptr = crear_nodo(':=' ; crear_hoja(id.ptr) ; E'.ptr) ; (*) A.Tipo = id.tipo ;
2. $E \rightarrow E + T$	E'.ptr = agregar_nodo_conversion(f+[1] ; E.tipo ;T.tipo); T'.ptr = agregar_nodo_conversion(f+[3]; E.tipo ;T.tipo); E.ptr = crear_nodo('+' ; E'.ptr ;T'.ptr) ; E.Tipo = f_+[2](E.tipo , T.tipo) ;
3. $E \rightarrow T$	E.ptr = T.ptr; E.tipo = T.tipo;
4. $T \rightarrow T * F$	T'.ptr = agregar_nodo_conversion(f*[1] ;T.tipo ; F.tipo); F'.ptr = agregar_nodo_conversion(f* [3];T.tipo ; F.tipo); T.ptr = crear_nodo('*' ;T'.ptr ; F'.ptr) ; T.tipo = f_*[2](T.tipo , F.tipo) ;
5. $T \rightarrow F$	T.ptr = F.ptr ; T.tipo = F.tipo ;
6. $F \rightarrow id$	F.ptr = crear_hoja(id.ptr) ; F.tipo = id.tipo; (*)
7. $F \rightarrow cte$	F.ptr = crear_hoja(cte.ptr) ; F.tipo = cte.tipo; (**)

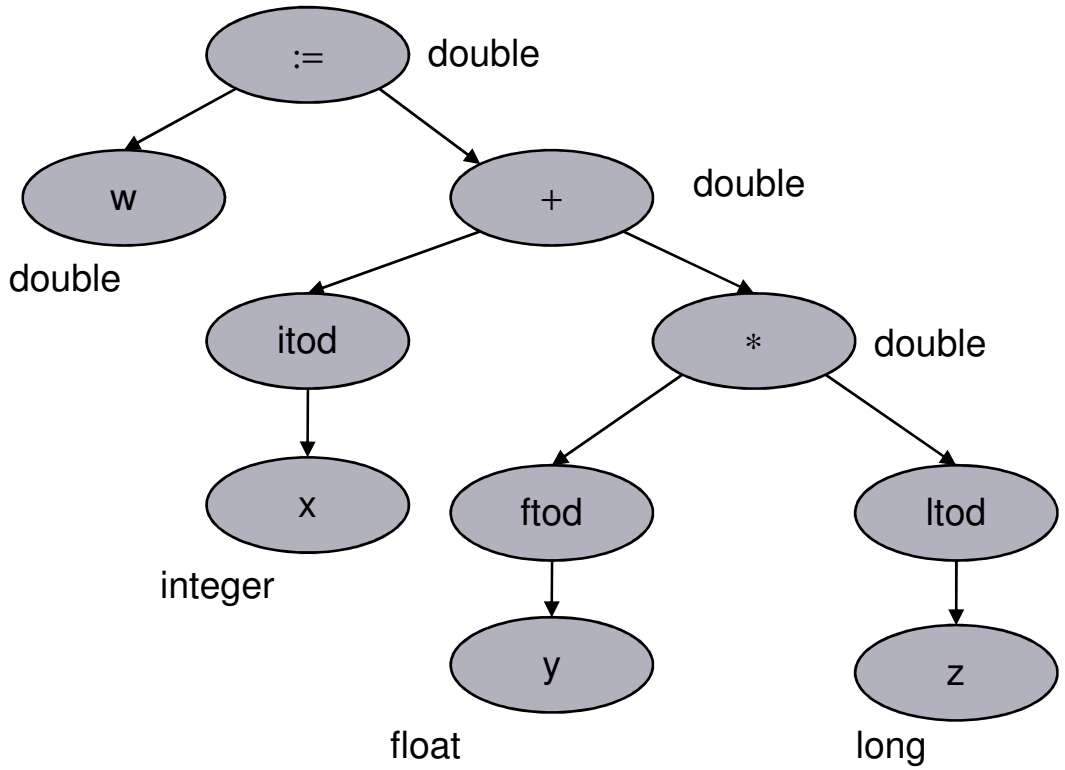
(*) id.ptr = Ref a la entrada del identificador en la Tabla de Símbolos (**) cte.ptr = Ref a la entrada de la constante en la Tabla de Símbolos

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (c)

con información de tipos e incorporación de conversiones

w := x + y * z

w de tipo double
x de tipo integer
y de tipo float
z de tipo long



Tipos y Conversiones

LISTA DE REGLAS → TERCETOS

Lista de Reglas → Tercetos

w := x + y * z

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

a) Tercetos sin información de tipos ni incorporación de conversiones (implícitas)
b) Tercetos con información de tipos
c) Tercetos con información de tipos e incorporación de conversiones (implícitas)

Tipos y Conversiones

LISTA DE REGLAS → POLACA INVERSA

Lista de Reglas → Polaca Inversa

w := x + y * z

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

(a) Polaca Inversa sin información de tipos ni incorporación de conversiones (implícitas)

Tipos y Conversiones

ÁRBOL SINTÁCTICO → TERCETOS

ÁRBOL SINTÁCTICO → POLACA INVERSA

Árbol Sintáctico → Tercetos

(a) (a)

Árbol Sintáctico sin tipos ni conversiones → Tercetos sin tipos ni conversiones

(El chequeo de tipos y la incorporación de conversiones se posterga a la traducción Tercetos → Assembler)

(a) (b)

Árbol Sintáctico sin tipos ni conversiones → Tercetos con tipos

(La incorporación de conversiones se posterga a la traducción Tercetos → Assembler)

(a) (c)

Árbol Sintáctico sin tipos ni conversiones → Tercetos con tipos y conversiones

(b) (b)

Árbol Sintáctico con tipos → Tercetos con tipos

(La incorporación de conversiones se posterga a la traducción Tercetos → Assembler)

(b) (c)

Árbol Sintáctico con tipos → Tercetos con tipos y conversiones

(c) (c)

Árbol Sintáctico con tipos y conversiones → Tercetos con tipos y conversiones

Árbol Sintáctico → Polaca Inversa

(a) (a)

Árbol Sintáctico sin tipos ni conversiones → Polaca sin tipos ni conversiones

(El chequeo de tipos y la incorporación de conversiones se posterga a la traducción Polaca Inversa → Assembler)

(b) (b)

Árbol Sintáctico con tipos → Polaca con tipos

(La incorporación de conversiones se posterga a la traducción Polaca Inversa → Assembler)

(c) (c)

Árbol Sintáctico con tipos y conversiones → Polaca con tipos y conversiones

Conversiones Explícitas

ÁRBOL SINTÁCTICO
TERCETOS
POLACA INVERSA

Conversiones explícitas

w := x + y * z

Con:

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

¿Es válida la expresión?

¿Es válida la asignación?

Para un lenguaje que sólo admite conversiones explícitas, esta sentencia, dará errores de incompatibilidad de tipos

Conversiones explícitas

w := x + y * z ⟵ **¡Tipos incompatibles!**

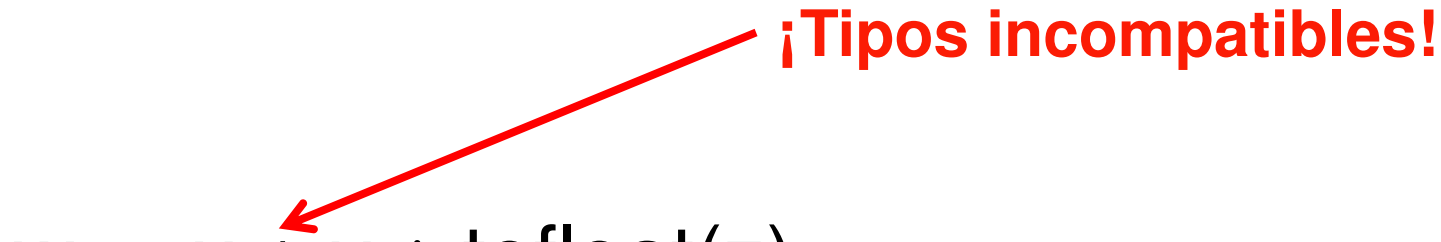
w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

Conversiones explícitas



$$w := x + y * \text{tofloat}(z)$$

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

f_+	integer	long	float	double
integer	long	long	float	double
long	long	long	double	double
float	float	double	double	double
double	double	double	double	double

Conversiones explícitas

$$w := \text{todouble}(x) + y * \text{tofloat}(z)$$

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

f_+	integer	long	float	double
integer	integer	long	float	double
long	long	long	float	double
float	float	float	float	double
double	double	double	double	double

Conversiones explícitas

Conversiones explícitas en el código fuente

Conversiones explícitas en el árbol Sintáctico

Conversiones explícitas en los Tercetos

Conversiones explícitas en la Polaca Inversa