1. Introducción

- Lenguajes de Programación
- Procesadores de Lenguajes: Compiladores
- Diseño de Lenguajes de Programación y Construcción de Compiladores
- Estructura de un Compilador

Objetivo

Los Lenguajes de Programación (LP) cubren la brecha existente en la especificación de problemas asociada a la comunicación hombre-máquina.

Breve historia del desarrollo de los LP

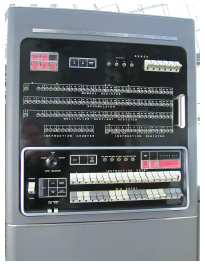
Albores de la informática

- Los primeros programas eran cableados o enteramente electromecánicos
- Posteriormente los programas se codificaron como números (Lenguaje Máquina) y se guardan como datos

Ejemplo [Scott, 2009]: Máximo común divisor (MCD) de dos enteros, usando el algoritmo de Euclides, en lenguaje máquina (hexadecimal para x86 de Pentium)

```
55 89 e5 53   83 ec 04 83   e4 f0 e8 31   00 00 00 89   c3 e8 2a 00
00 00 39 c3   74 10 8d b6   00 00 00 00   39 c3 7e 13   29 c3 39 c3
75 f6 89 1c   24 e8 6e 00   00 00 8b ed   fc c9 c3 29   d8 eb eb 90
```


- 1953, IBM lanza el 701 donde la programación se hace en Lenguaje Ensamblador



Ejemplo [Scott, 2009]: MCD en lenguaje ensamblador para x86

```
pushl %ebp          cmpl %eax, %ebx      call  putin
movl %esp, %ebp       je   C             movl-4( %ebp), %ebx
pushl %ebx          A:cmpl %eax, %ebx    leave
subl  $4, %esp        jle  D             ret
andl  $-16, %esp      subl  %eax, %ebx   D:subl  %ebx, %eax
call  getint        B:cmpl %eax, %ebx      jmp  B
movl %eax, %ebx       jne  A
call  getint        C:movl %ebx, ( %esp)
```

- 1957 aparece el primer Lenguaje de Alto Nivel (Fortran) y cambió radicalmente lo que se podía hacer en Informática

Ejemplo: MCD en Fortran

```
C ** MAXIMO COMUN DIVISOR **
  PROGRAM mcd
  REAL m, n, r, aux
  READ(*,*) m
  READ(*,*) n
  IF (m.LT.n) THEN
      aux = m
      m = n
      n = aux
  ENDIF
  DO WHILE (r.NE.0)
      r = MOD(m,n)
      m = n
      n = r
  ENDDO
  PRINT*, 'es',m
  STOP
  END
```

Características de un Lenguaje Máquina frente a un Lenguaje de Alto Nivel

	Lenguaje Máquina	Lenguaje de Alto Nivel
Objetos a manipular	posiciones y contenidos	objetos complejos
Referencia a los objetos	explícita	implícita
Código y datos	mezclados en memoria	separados en segmentos
Sintaxis	muy simple	compleja

Lenguajes de Programación

Después del Fortran (finales de los años 50)

- ➢ **Algol** fue la respuesta europea a Fortran: sintaxis moderna, estructura de bloques y declaración explícita
- ➢ **Lisp** es un lenguaje funcional que implementa λ-cálculos
- ➢ **Basic** lenguaje de propósito general fácil de usar
- ➢ **Cobol** se diseño como un lenguaje orientado a los negocios

Explosión de lenguajes (entre los 60 y los 80)

- ➢ `Algol` derivó en **Pascal** (lenguaje con estructura de bloques de uso académico); **C** (diseñado para el desarrollo de sistemas); y **Simula** (incluye clases y corrutinas)
- ➢ `Pascal` derivó en **Modula** (incluye concurrencia); y **Ada** (incluye objetos, herencia y facilidades de tiempo real)
- ➢ `Simula` derivó en **Smalltalk** (lenguaje orientado a objetos)
- ➢ **ML** lenguaje funcional derivado de `Lisp` y con una sintaxis similar a `Pascal`. `ML` derivó en **Haskell** (lenguaje de funcional más usado)

Lenguajes de Programación

- ➢ **Visual Basic** lenguaje basado en eventos derivado del Basic (por Microsoft).
- ➢ A principios de los 70 aparece **Prolog** (lenguaje de programación lógica más utilizado)
- ➢ A mediados de los 70 surgen diversos lenguajes de *script*: **Perl** (lenguaje de propósito general); y **PHP** (lenguaje orientado al diseño de páginas web)

Lenguajes en la actualidad

- ➢ **C++** lenguaje orientado a objetos sucesor de `C`, `Smalltalk` y `Ada`
- ➢ **Java** lenguaje orientado a objetos subconjunto de `C++` para *byte-code*
- ➢ Proliferación de pequeños lenguajes especializados: **Python** (lenguaje de script orientado a objetos de propósito general derivado de `C++`, `Haskell` y `Perl`); **Ruby** (elegante lenguaje de script orientado a objetos derivado de `Python` y `Smalltalk`); ...

Lenguajes de Programación

¿ Porqué hay tantos ?

- Evolución
- Propósito específico
- Preferencia personal

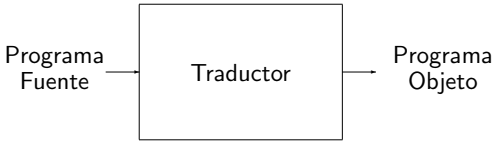
¿ Porqué un LP tiene éxito ?

- Potencia expresiva
- Baja curva de aprendizaje
- Portabilidad y estandarización
- Buenos compiladores
- Eficiencia del código
- Energía consumida
- Código abierto
- Patronazgo

Lista de lenguajes de programación mas usados (2021), [índice `Tiobe`]

Sep 2022	Sep 2021	Programming Language	Ratings	Change
1	2	`Python`	15,7 %	+4,07 %
2	1	`C`	14,0 %	+2,13 %
3	3	`Java`	11,7 %	+0,60 %
4	4	`C++`	9,8 %	+2,63 %
5	5	`C#`	4,9 %	−0,89 %
6	6	`Visual Basic`	4,4 %	−0,22 %
7	7	`JavaScript`	2,8 %	+0,27 %
8	8	`Assembly language`	2,5 %	+0,07 %
9	10	`SQL`	2,0 %	+0,21 %

Procesadores de Lenguajes: Compiladores



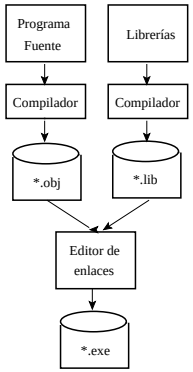
Los Procesadores de Lenguajes (Compiladores) son los traductores de los LP.

Principios fundamentales exigibles a todo Compilador:

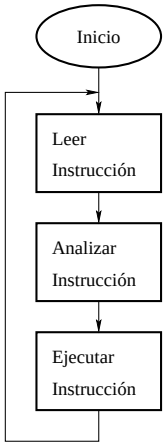
1) El Código Objeto debe ser **correcto** (semánticamente equivalente)
2) El Código Objeto debe ser **eficiente**

Estrategias de implementación de LP

- **Compiladores** El tiempo de traducción es independiente del tiempo de ejecución
- **Intérpretes** El tiempo de traducción está incluido en el de ejecución



Compilador



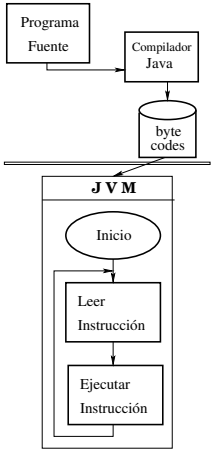
Interprete

Compiladores

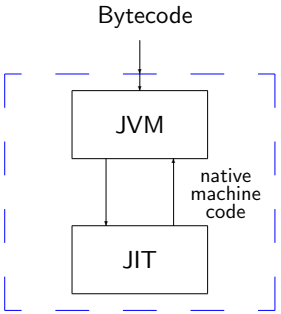
- ✓ El código compilado puede ejecutarse repetidamente y no necesita para ello ni el código fuente ni que esté presente el propio compilador
- ✓ Tratamiento de errores eficiente en tiempo de traducción
- ✓ Pueden abordarse optimizaciones de gran calado
- ✗ Las comprobaciones estáticas tiene una capacidad limitada
- ✗ No se pueden modificar los programas sobre la marcha

Intérpretes

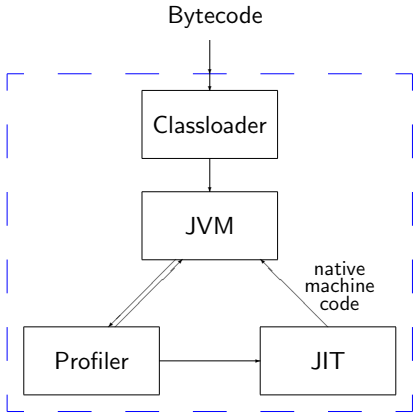
- ✗ Traduce las instrucciones cada vez que estas se ejecutan, se necesita tanto el código fuente como el propio intérprete para la ejecución del programa
- ✗ La mayor parte de la detección de los errores se produce en tiempo de ejecución
- ✗ No se pueden desarrollar optimizaciones de código importantes
- ✓ Facilidad para depurar programas, se tiene un mayor control sobre el comportamiento del programa
- ✓ Se puede modificar dinámicamente el programa



Interprete de `Bytecodes`



Compilador `Just-in-Time`



Plataforma `Hot Spot`

Procesadores de Lenguajes: Compiladores

Otros tipos de traductores:

- Conversor fuente-fuente
- Compilador cruzado
- Compilador incremental
- Decompiladores

Conceptos relacionados con la compilación

- Editores de enlaces y Cargadores
- Preprocesadores
- Editores especializados
- Entornos de desarrollo

Otras aplicaciones de las técnicas de compilación:

- Formateadores de texto
- Intérpretes de comandos
- Intérpretes de consultas a bases de datos
- Módulos de análisis en aplicaciones que aceptan ficheros de intercambio
- Lenguaje natural y reconocimiento sintáctico de formas

Diseño de LP y construcción de Compiladores

Especificación de los LP

Especificación Léxica	Expresiones Regulares
Especificación Sintáctica	Gramáticas Incontextuales
Especificación Semántica	
Para comprobaciones semánticas estáticas	Gramáticas de Atributos
Para definir la dinámica de la ejecución	Semántica operacional

Semántica operacional (Plotkin)

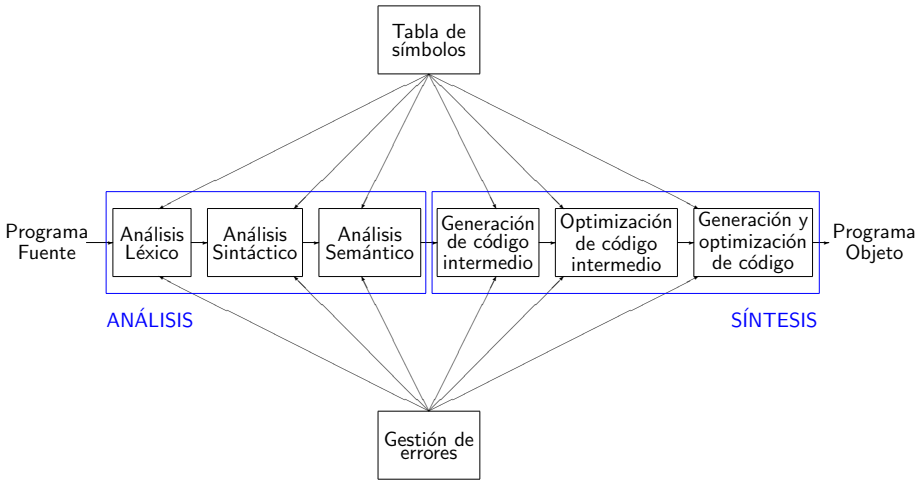
- El significado se define mediante una máquina abstracta (con estados)
- Énfasis en *explicar* como se ejecuta en una máquina abstracta
- Útil para los implementadores del lenguaje

Diseño de LP y construcción de Compiladores

Especificación de los LP & diseño de sus traductores

Lenguajes de programación	Traductores
Especificación léxica expresiones regulares	Análisis léxico autómatas finitos
Especificación sintáctica gramáticas incontextuales	Análisis sintáctico autómatas a pila
Especificación semántica estática gramáticas de atributos	Análisis semántico estático esquemas de traducción

Estructura de un compilador



Estructura de un compilador

x = y * z + 4

$\xRightarrow{AL}$ (**id**, ind_x) (**opasig**) (**id**, ind_y) (**op**, cod_*) (**id**, ind_z) (**op**, cod_+) (**cte**, val_4)

TdS

índice	nombre	otros atributos
...	...	...
ind_x	x	...
ind_y	y	...
ind_z	z	...
...	...	...

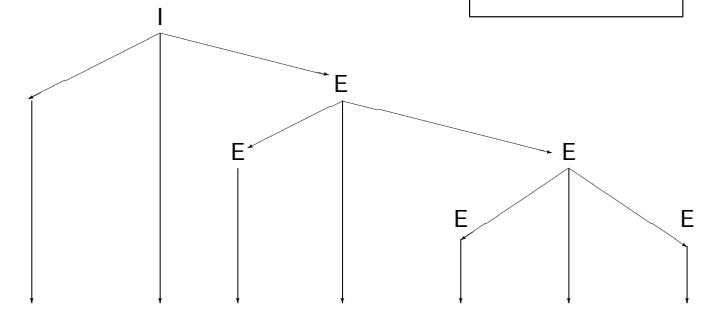
TdOp

código	símbolo
...	...
cod_+	+
cod_*	*
...	...

Estructura de un compilador

I	⇒	id = E
E	⇒	E op E
E	⇒	cte
E	⇒	id

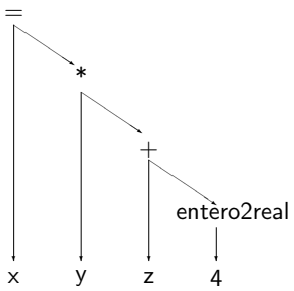
$\xRightarrow{AS}$



(**id**, ind_x) (**opasig**) (**id**, ind_y) (**op**, cod_*) (**id**, ind_z) (**op**, cod_+) (**cte**, val_4)

Estructura de un compilador

$\xRightarrow{ASem}$



TdS

índice	nombre	tipo	dirección
...	...	...	...
ind_x	x	t_x	δ_x
ind_y	y	t_y	δ_y
ind_z	z	t_z	δ_z
...	...	...	...

$\xRightarrow{GCI}$

$\delta_{t_1} \leftarrow \texttt{entero2real 4}$
$\delta_{t_2} \leftarrow \delta_z + \delta_{t_1}$
$\delta_{t_3} \leftarrow \delta_y * \delta_{t_2}$
$\delta_x \leftarrow \delta_{t_3}$

$\xRightarrow{OCI}$

$\delta_{t_2} \leftarrow \delta_z + 4.0$
$\delta_x \leftarrow \delta_y * \delta_{t_2}$

$\xRightarrow{GOC}$

RSUM d_z 4.0 d_{t_2}
RMULTd_y d_{t_2} d_x