

COMPILADORES
Teoría e implementación

Jacinto Ruiz Catalán



COMPILADORES. Teoría e implementación
Jacinto Ruiz Catalán

ISBN: 978-84-937008-9-8

EAN: 9788493700898

Copyright © 2010 RC Libros

© RC Libros es un sello y marca comercial registrada por
Grupo Ramírez Cogollor, S.L. (Grupo RC)

COMPILADORES. Teoría e implementación. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de este libro incluida la cubierta puede ser reproducida, su contenido está protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente reprodujeren o plagiaren, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución en cualquier tipo de soporte existente o de próxima invención, sin autorización previa y por escrito de los titulares de los derechos de la propiedad intelectual.

RC Libros, el Autor, y cualquier persona o empresa participante en la redacción, edición o producción de este libro, en ningún caso serán responsables de los resultados del uso de su contenido, ni de cualquier violación de patentes o derechos de terceras partes. El objetivo de la obra es proporcionar al lector conocimientos precisos y acreditados sobre el tema pero su venta no supone ninguna forma de asistencia legal, administrativa ni de ningún otro tipo, si se precisase ayuda adicional o experta deberán buscarse los servicios de profesionales competentes. Productos y marcas citados en su contenido estén o no registrados, pertenecen a sus respectivos propietarios.

Sun, el logotipo de Sun, Sun Microsystems, y *Java* son marcas o marcas registradas de Sun Microsystems Inc. EE.UU. y otros países.

JLex está liberado con licencia GPL.

Cup está protegido por licencias de código abierto, siendo compatible con la licencia GPL.

Ens2001 es un Proyecto Fin de Carrera creado por Federico Javier Álvarez para su Licenciatura en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid.

RC Libros

Calle Mar Mediterráneo, 2

Parque Empresarial Inbisa, N-6 – P.I. Las Fronteras
28830 SAN FERNANDO DE HENARES, Madrid

Teléfono: +34 91 677 57 22

Fax: +34 91 677 57 22

Correo electrónico: info@rclibros.es

Internet: www.rclibros.es

Diseño de colección, preimpresión y cubierta: Grupo RC

Impresión y encuadernación: Gráficas Deva, S.L.

Depósito Legal: M-

Impreso en España

14-13 12 11 10 (03)

Índice

Agradecimientos	XVII
Prólogo	XIX

Parte I. Teoría

Capítulo 1. Introducción	3
1.1 Definición de compilador	3
1.2 Estructura de un compilador	5
1.2.1 Análisis léxico.....	7
1.2.2 Análisis sintáctico	8
1.2.3 Análisis semántico	9
1.2.4 Generación de código intermedio	10
1.2.5 Generación de código final.....	13
1.2.6 Tablas de símbolos y de tipos	13
1.2.7 Manejo de errores	14
1.3 Fases del proceso de compilación.....	14
1.4 Herramientas y descripción del lenguaje	16
Capítulo 2. Análisis léxico	17
2.1 Utilidad del análisis léxico.....	17
2.2 Funcionamiento	18
2.3 Términos utilizados.....	21
2.4 Especificación del analizador léxico.....	22
2.5 Construcción de un analizador léxico.....	23

2.5.1 Identificar las palabras reservadas	23
2.5.2 Construir el diagrama de transiciones	24
2.6 Ejercicios resueltos	27
Ejercicio 2.1	27
Ejercicio 2.2	30
Capítulo 3. Análisis sintáctico	33
3.1 Funciones del analizador sintáctico	33
3.2 Diseño de gramáticas	35
3.3 Dificultades para la creación de gramáticas.....	38
3.3.1 La recursividad.....	38
3.3.2 La ambigüedad.....	39
3.3.3 La asociatividad	40
3.3.4 La precedencia.....	41
3.3.5 La parentización.....	41
3.4 Análisis sintáctico lineal.....	41
3.5 Diagramas de sintaxis	42
3.6 Ejercicios resueltos	46
Ejercicio 3.1	46
Ejercicio 3.2	47
Ejercicio 3.3	48
Capítulo 4. Análisis sintáctico descendente	51
4.1 Introducción.....	51
4.2 Analizadores sintácticos predictivos.....	54
4.3 Conjuntos de predicción y gramáticas LL(1)	55
4.3.1 Conjunto de primeros.....	56
4.3.2 Conjunto de siguientes.....	59
4.3.3 Conjunto de predicción y gramáticas LL(1).....	60
4.4 Conversión a gramáticas LL(1)	64
4.4.1 Eliminación de la factorización por la izquierda.....	65
4.4.2 Eliminación de la recursividad por la izquierda	66
4.5 Analizadores sintácticos descendentes recursivos (ASDR)	68
4.6 Implementación de ASDP's.....	68
4.6.1 Construcción de la tabla de análisis	69

4.6.2 Algoritmo de análisis	71
4.7 Ejercicios resueltos.....	74
Ejercicio 4.1	74
Ejercicio 4.2	75
Capítulo 5. Análisis sintáctico ascendente.....	79
5.1 Introducción	79
5.2 Algoritmo de desplazamiento y reducción.....	80
5.2.1 Acción ACEPTAR.....	82
5.2.2 Acción RECHAZAR	82
5.2.3 Método GOTO.....	82
5.2.4 Acción REDUCIR.....	82
5.2.5 Acción DESPLAZAR.....	82
5.2.6 Ejemplo de aplicación del algoritmo de desplazamiento y reducción	82
5.3 Construcción de tablas de análisis sintáctico SLR.....	85
5.3.1 Elemento	85
5.3.2 Cierre o clausura	86
5.3.3 Operación ir_a	87
5.3.4 Construcción de la colección canónica de conjuntos de elementos	87
5.3.5 Construcción de un autómata a partir de la colección canónica.....	91
5.3.6 Construcción de la tabla de análisis a partir de un autómata	92
5.3.7 Conflictos en las tablas SLR.....	95
5.4 Organigrama de las gramáticas	96
5.5 Ejercicios resueltos.....	98
Ejercicio 5.1	98
Ejercicio 5.2	100
Capítulo 6. Tabla de tipos y de símbolos.....	105
6.1 Introducción	105
6.2 La tabla de tipos	105
6.2.1 Implementación de la tabla de tipos	108

6.2.2 Implementación de una tabla de tipos única	110
6.2.3 Implementación de una pila de tablas de tipos	119
6.2.4 Dimensión y acceso a los elementos de los tipos	123
6.3 La tabla de símbolos	126
6.4 Ejercicios resueltos	130
Ejercicio 6.1	130
Capítulo 7. Análisis semántico.....	137
7.1 Introducción.....	137
7.2 Atributos y acciones semánticas	138
7.3 Tipos de atributos	143
7.4 Notaciones para la especificación de un traductor	145
7.4.1 Definición dirigida por sintaxis (DDS)	145
7.4.2 Esquema de traducción (ETDS)	147
7.5 Comprobaciones semánticas	150
7.6 Ejercicios resueltos	151
Ejercicio 7.1	151
Ejercicio 7.2	153
Ejercicio 7.3	154
Capítulo 8. Generación de código intermedio y final.....	155
8.1 Introducción.....	155
8.2 Tipos de código intermedio.....	157
8.2.1 Código de tres direcciones.....	157
8.2.2 Código de máquina virtual de pila	158
8.2.3 Operadores sobrecargados	159
8.3 Código intermedio para expresiones	159
8.4 Código intermedio para asignaciones	163
8.5 Sentencias de entrada y salida	165
8.6 Sentencia condicional	165
8.7 Iteración tipo while.....	169
8.8 Iteración tipo repeat-until y do-while.....	171
8.9 Iteración tipo for.....	172
8.10 La selección	174
8.11 Código intermedio para vectores	175

8.12 Código intermedio para registros	178
8.13 Espacio de direcciones	179
8.14 Registro de activación (RA).....	184
8.15 Secuencia de acciones en subprogramas no recursivos	186
8.16 Secuencia de acciones en subprogramas recursivos.....	198
8.16.1 Compilación del cuerpo del subprograma.....	203
8.16.2 Compilación de la llamada al subprograma.....	205
8.17 Secuencia de acciones en subprogramas locales	216
8.17.1 Encadenamiento de accesos	217
8.17.2 Display	218

Parte II. Implementación de L-0

Capítulo 9. Especificación de L-0.....	221
9.1 Introducción	221
9.2 Instrucciones.....	222
9.3 Variables lógicas	222
9.4 Operadores	223
9.5 Expresiones.....	223
9.6 Ejemplo de programa válido.....	223
Capítulo 10. Análisis léxico de L-0	225
10.1 Preparativos.....	225
10.2 Patrones.....	226
10.3 Tokens válidos.....	226
Capítulo 11. Análisis sintáctico de L-0.....	229
11.1 Preparativos.....	229
11.2 Inicialización y arranque	230
11.3 Situación de terminales y no terminales.....	232
11.4 Sentencias.....	233
11.5 Expresiones.....	234
11.6 Asignación	235
11.7 Sentencias de escritura	235

11.8 Tablas de verdad.....	236
11.9 Funciones	236
Capítulo 12. Análisis semántico y generación de código de L-0.....	237
12.1 Preparativos.....	237
12.2 Tabla de símbolos	237
12.3 Tratamiento de expresiones	240
12.3.1 La función <i>tautología</i>	242
12.3.2 La función <i>contradicción</i>	244
12.3.3 La función <i>decidible</i>	244
12.4 Operaciones con tablas de verdad.....	245
12.5 La asignación	247
12.6 Operaciones de impresión	248
Parte III. Implementación de C-0	
Capítulo 13. Especificación de C-0	253
13.1 Introducción.....	253
13.2 Tokens.....	253
13.3 Constantes.....	254
13.4 Operadores y delimitadores.....	254
13.5 Identificadores y palabras reservadas.....	254
13.6 Tipos de datos.....	255
13.7 Sentencias de control de flujo.....	255
13.8 Instrucciones de entrada-salida	255
13.9 Declaración de variables	255
13.10 Programa principal.....	255
13.11 Sentencia if-then-else.....	255
13.12 Sentencia while.....	256
13.13 Ejemplo de programa válido.....	256
Capítulo 14. Análisis léxico, sintáctico y semántico de C-0.....	257
14.1 Análisis léxico.....	257
14.2 Análisis sintáctico	258
14.3 Análisis semántico	263

Capítulo 15. Generación de código intermedio de C-0.....	269
15.1 Introducción	269
15.2 Código de tres direcciones.....	270
15.3 Espacio de direcciones	273
15.4 Asignación de direcciones a variables	274
15.5 Asignación de direcciones a expresiones y condiciones	275
15.6 CI de expresiones	280
15.7 CI de condiciones.....	283
15.8 CI de asignación.....	284
15.9 CI de bloques if-then-else	286
15.10 CI de bloques while	289
15.11 CI de putw	290
15.12 CI de puts.....	291
Capítulo 16. Generación de código final de C-0	297
16.1 Introducción	297
16.2 Preparativos.....	297
16.3 Introducción a Ens2001	298
16.4 CARGAR_DIRECCION op1 null res	300
16.5 CARGAR_VALOR op1 null res.....	301
16.6 SUMAR op1 op2 res	301
16.7 RESTAR op1 op2 res	302
16.8 MULTIPLICAR op1 op2 res	302
16.9 DIVIDIR op1 op2 res	302
16.10 OR op1 op2 res	302
16.11 AND op1 op2 res	302
16.12 MAYOR op1 op2 res.....	303
16.13 MENOR op1 op2 res.....	303
16.14 IGUAL op1 op2 res.....	303
16.15 DISTINTO op1 op2 res.....	304
16.16 ETIQUETA null null res.....	304
16.17 SALTAR_CONDICION op1 null res	304
16.18 SALTAR_ETIQUETA null null res.....	305

16.19 IMPRIMIR_ENTERO op1 null null.....	305
16.20 IMPRIMIR_CADENA op1 null null.....	305
16.21 PONER_CADENA op1 null res.....	305
16.22 Punto y final.....	306
16.23 Posibles ampliaciones.....	311

Parte IV. Implementación de C-1

Capítulo 17. Especificación de C-1 315

17.1 Introducción.....	315
17.2 Tipos estructurados.....	316
17.2.1 Registros.....	316
17.2.2 Vectores.....	317
17.3 Declaración conjunta de variables y variables locales.....	317
17.4 Nuevos operadores y delimitadores.....	318
17.5 Subprogramas.....	318
17.6 Asignación.....	319
17.7 Comentarios.....	319

Capítulo 18. Análisis léxico y sintáctico de C-1 321

18.1 Introducción.....	321
18.2 Análisis léxico.....	321
18.3 Análisis sintáctico.....	324

Capítulo 19. Análisis semántico de C-1 331

19.1 Introducción.....	331
19.2 La tabla de tipos.....	331
19.3 La tabla de símbolos.....	334
19.4 Análisis semántico.....	338
19.4.1 Definición del tipo struct.....	339
19.4.2 Definición del tipo vector.....	342
19.4.3 Declaración de variables globales.....	343
19.4.4 Declaración de variables locales.....	348
19.4.5 Declaración de subprogramas.....	352
19.4.6 Argumentos de subprogramas.....	354

19.4.7 Expresiones.....	355
19.4.8 Condiciones	362
19.4.9 Sentencia de asignación	364
19.4.10 Sentencia de retorno de una función.....	369
19.4.11 Sentencia de llamada a un procedimiento	369
19.4.12 Resto de sentencias	370
Capítulo 20. Generación de código de C-1.....	371
20.1 Introducción	371
20.2 CI de expresiones	373
20.2.1 Suma, resta, producto, multiplicación, división y módulo.....	373
20.2.2 CI para enteros	374
20.2.3 CI para identificadores.....	374
20.2.4 CI para funciones	375
20.2.5 CI para procedimientos.....	381
20.2.6 CI para campos de registros.....	382
20.2.7 CI para elementos de un vector	383
20.3 CI para asignaciones.....	384
20.3.1 Asignación a una variable sencilla	384
20.3.2 Asignación a un campo de un registro	384
20.3.3 Asignación a un elemento de un vector	384
20.4 Sentencias condicionales y bucles	385
20.5 Sentencias para imprimir.....	386
20.6 Declaración de funciones y procedimientos	386
20.7 Finalización.....	388
20.8 Generación de código final.....	388
20.9 Ampliación para C-2	390
Parte V. Apéndices, bibliografía e índice alfabético	
Apéndice A. Herramientas.....	395
A.1 Herramientas.....	395
A.2 Instalación de las herramientas	398

COMPILADORES

A.2.1 Java.....	398
A.2.2 JLex	398
A.2.3 CUP.....	398
A.2.4 ENS2001	398
A.3 Uso de las herramientas.....	399
A.3.1 Uso de JLex	399
A.3.2 Uso de Cup	404
Apéndice B. Código intermedio y final para C-1 en Ens2001.....	409
B.1 Introducción	409
B.2 Tabla de código intermedio y final para Ens2001.....	409
B.3 Ejemplo de programa en C-1	412
Bibliografía	419
Libros y manuales.....	419
Software.....	420
Índice alfabético.....	421