

ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS

Patricia Quiroga

libroweb



Alfaomega



ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS

ARQUITECTURA de COMPUTADORAS

Patricia Quiroga



Buenos Aires • Bogotá • México DF • Santiago de Chile

Quiroga, Irma Patricia.

Arquitectura de computadoras. - 1a ed. - Buenos Aires : Alfaomega
Grupo Editor Argentino, 2010.
372 pp. ; 24 x 21 cm.

ISBN 978-987-1609-06-2

1. Informática. 2. Arquitectura de Computadoras. I. Título
CDD 621.39

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, su tratamiento informático y/o la transmisión por cualquier otra forma o medio sin autorización escrita de Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A.

Edición: Damián Fernández

Corrección: Paula Smulevich y Silvia Mellino

Diseño de interiores: Juan Sosa

Diagramación de interiores: Diego Linares

Corrección de armado: Silvia Mellino

Revisión técnica: José Luis Hamkalo

Diseño de tapa: Diego Linares

Dibujos: Tomas L'Estrange

Internet: <http://www.alfaomega.com.co>

Todos los derechos reservados © 2010, por Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A.
Paraguay 1307, PB, oficina 11

ISBN 978-987-1609-06-2

Queda hecho el depósito que prevé la ley 11.723

NOTA IMPORTANTE: La información contenida en esta obra tiene un fin exclusivamente didáctico y, por lo tanto, no está previsto su aprovechamiento a nivel profesional o industrial. Las indicaciones técnicas y programas incluidos han sido elaborados con gran cuidado por el autor y reproducidos bajo estrictas normas de control. Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A. no será jurídicamente responsable por errores u omisiones, daños y perjuicios que se pudieran atribuir al uso de la información comprendida en este libro, ni por la utilización indebida que pudiera dársele.

Los nombres comerciales que aparecen en este libro son marcas registradas de sus propietarios y se mencionan únicamente con fines didácticos, por lo que Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A. no asume ninguna responsabilidad por el uso que se dé a esta información, ya que no infringe ningún derecho de registro de marca. Los datos de los ejemplos y pantallas son ficticios, a no ser que se especifique lo contrario.

Los hipervínculos a los que se hace referencia no necesariamente son administrados por la editorial, por lo que no somos responsables de sus contenidos o de su disponibilidad en línea.

Primera reimpresión Colombia 2014 - Printed in Colombia 2014

Empresas del grupo:

Argentina: Alfaomega Grupo Editor Argentino, S.A.
Paraguay 1307 P.B. "11", Buenos Aires, Argentina, C.P. 1057
Tel.: (54-11) 4811-7183 / 8352
E-mail: ventas@alfaomegaeditor.com.ar

México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
Pitágoras 1139, Col. Del Valle, México, D.F., México, C.P. 03100
Tel.: (52-55) 5089-7740 – Fax: (52-55) 5575-2420 / 2490. Sin costo: 01-800-020-4396
E-mail: atencionalcliente@alfaomega.com.mx

Colombia: Alfaomega Colombiana S.A.
Calle 62 No. 20 - 46 Esquina, Bogotá, Colombia
PBX (57-1) 746 0102 - Fax: (57-1) 210 0122
E-mail: cliente@alfaomegacolombiana.com

Chile: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
General del Canto 370-Providencia, Santiago, Chile
Tel.: (56-2) 235-4248 – Fax: (56-2) 235-5786
E-mail: agechile@alfaomega.cl

A mi hijo, Pablo J. Sabbatiello y a mi hija, Bárbara A. Sabbatiello, que me acompañan en todo momento.
A mis padres, María y Argentino Quiroga, a los que les debo el apoyo incondicional
a lo largo de mi vida personal y académica.

Patricia Quiroga

Agradecimientos

Al grupo de docentes que constituimos la Cátedra: Elvira Quiroga, Roberto Tenuta, Edgar-do Leal, José Bellesi, Miguel Ángel Di Paolo, Mario Albarracín, Antonio Shütz, Rubén López, Eva Bernardez García, Silvana Panizzo, Hugo Borchert y muy especialmente a María Paz Colla, que colaboró en la creación de los PowerPoint y autoevaluaciones.

A la Dra. Alicia Ortiz, a la Lic. Patricia Machado, al Lic. Daniel Jaloff y al Lic. Julio César Liporace, que me han apoyado en la concreción de esta obra desde sus respectivas áreas de conoci-miento.

Un profundo reconocimiento a Tanya Itzel Arteaga Ricci y Eduardo Espinosa Avila, pro-fesores de la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), quienes realizaron varias observaciones sobre el manuscrito de esta obra.

Mensaje del Editor.....

Los conocimientos son esenciales en el desempeño profesional. Sin ellos es imposible lograr las habilidades para competir laboralmente. La Universidad o las instituciones de formación para el trabajo ofrecen la oportunidad de adquirir conocimientos que serán aprovechados más adelante en beneficio propio y de la sociedad. El avance de la ciencia y de la técnica hace necesario actualizar continuamente esos conocimientos. Cuando se toma la decisión de embarcarse en una vida profesional, se adquiere un compromiso de por vida: mantenerse al día en los conocimientos del área u oficio que se ha decidido desempeñar.

Alfaomega tiene por misión ofrecer conocimientos actualizados a estudiantes y profesionales, dentro de lineamientos pedagógicos que faciliten su utilización y permitan desarrollar las competencias requeridas por una profesión determinada. Alfaomega espera ser su compañera profesional en este viaje de por vida por el mundo del conocimiento.

Alfaomega hace uso de los medios impresos tradicionales en combinación con las tecnologías de la información y las comunicaciones (IT) para facilitar el aprendizaje. Libros como éste tienen su complemento en una página Web, en donde el alumno y su profesor encontrarán materiales adicionales, información actualizada, pruebas (test) de autoevaluación, diapositivas y vínculos con otros sitios Web relacionados.

Esta obra contiene numerosos gráficos, cuadros y otros recursos para despertar el interés del estudiante y facilitarle la comprensión y apropiación del conocimiento.

Cada capítulo se desarrolla con argumentos presentados en forma sencilla y estructurada claramente hacia los objetivos y metas propuestas. Cada uno de ellos concluye con diversas actividades pedagógicas para asegurar la asimilación del conocimiento y su extensión y actualización futuras.

Los libros de Alfaomega están diseñados para ser utilizados dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje y pueden ser usados como textos guía en diversos cursos o como apoyo para reforzar el desarrollo profesional.

Alfaomega espera contribuir así a la formación y el desarrollo de profesionales exitosos para beneficio de la sociedad.

Sobre la autora



Ing. Patricia Quiroga
Analista Universitario de Sistemas, egresada de la Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Buenos Aires).
Ingeniera en Informática, egresada de la Universidad Católica de Salta.
Especialista en Criptografía y Seguridad Teleinformática, egresada del Instituto de Enseñanza Superior del Ejército.
Secretaria Académica de las Carreras Ingeniería en Informática, Ingeniería en Telecomunicaciones y Licenciatura en Informática en la Universidad Católica de Salta (Subsede Buenos Aires).
Titular de la Cátedra de Arquitectura de los Computadores de la Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Buenos Aires).
En el ámbito privado, se desempeña como Perito Informático.

Revisor técnico: Dr. José Luis Hamkalo
Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Sus áreas de interés son Arquitecturas de Computadoras y Jerarquías de Memoria. Es miembro del IEEE y de la ACM. Recibió los títulos de Ingeniero Electrónico y Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Área Ingeniería.

Contenido

Capítulo 1

Evolución del procesamiento de datos	1
1.1 Organización y arquitectura de una computadora	2
1.2 Estratificación del software	3
1.3 Evolución del procesamiento de datos.....	4
1.3.1 Los comienzos de la computación	4
1.3.2 La primera máquina y su evolución	5
1.3.3 La máquina de tarjetas perforadas.....	5
1.3.4 La calculadora secuencial automática (IBM).....	7
1.3.5 El programa almacenado	7
1.4 Clasificación de las computadoras	8
1.4.1 Analógicas	8
1.4.2 Digitales.....	8
1.4.3 Híbridas.....	9
1.5 Generaciones de computadoras digitales	9
1.5.1 Computadoras de 1ª generación	9
1.5.2 Computadoras de 2ª generación	9
1.5.3 Computadoras de 3ª generación	10
1.5.4 Computadoras de 4ª generación	11
1.5.5 Computadoras de 5ª generación	12
1.6 Procesamiento de datos y sistemas de información.....	13
1.7 Sistemas sincrónicos de propósito general.....	15
1.8 Arquitectura de computadoras: Los primeros conceptos.....	15
1.9 Arquitectura de una unidad central de proceso (CPU).....	17
1.10 Lógica digital y componentes electrónicos.....	18
1.11 El Sistema Operativo. La Dinámica del Sistema	23
1.12 Resumen	23
1.13 Contenido de la página Web de apoyo	24

Capítulo 2

Sistemas numéricos.....	25
2.1 Introducción	26
2.2 Sistemas de notación posicional.....	26
2.2.1 Expresión generalizada de un número en potencias de su base.....	26
2.2.2 Sistema decimal.....	26
2.2.3 Sistema binario	27
2.2.4 Sistema octal.....	27

2.2.5 Sistema hexadecimal	28
2.2.6 Número de cifras. Cantidad decimal máxima.....	29
2.3 Métodos de conversión de números enteros y fraccionarios	30
2.3.1 Método de conversión de números de otras bases a decimal	30
2.3.2 Método de divisiones sucesivas (para convertir un número entero decimal a otras bases).....	31
2.3.3 Método de multiplicaciones (para convertir un número fraccionario decimal a otras bases).....	32
2.3.4 Pasaje directo entre las bases 2 a 8 y 2 a 16	35
2.4 Operaciones fundamentales en binario.....	37
2.4.1 Suma.....	37
2.4.2 Resta o sustracción.....	37
2.5 Operaciones fundamentales en octal y hexadecimal.....	39
2.5.1 Suma octal	40
2.5.2 Técnica para sumar números grandes en cualquier base	40
2.5.3 Suma hexadecimal	41
2.6 Complemento de un número.....	42
2.6.1 Complemento a la base, a la raíz o auténtico	43
2.6.2 Su utilización para la representación de binarios negativos complementados a "2"	43
2.6.3 Complemento a la base -1 o restringido	43
2.6.4. Su utilización para la representación de binarios negativos complementados a "1"	44
2.7 Resumen.....	44
2.8 Ejercicios propuestos	46
2.9 Contenido de la página Web de apoyo.....	47

Capítulo 3

Representación de datos en la computadora.....	49
3.1 Introducción	50
3.2 Flujo de datos dentro de una computadora.....	50
3.3 Códigos de representación de caracteres alfanuméricos..	53
3.3.1 Código ASCII	53
3.3.2 Código ASCII ampliado	54
3.3.3 Delimitación de <i>strings</i>	55
3.4 Códigos de representación decimal (BCD).....	56
3.4.1 BCD puro o natural	56
3.4.2 BCD exceso tres	58
3.4.3 BCD AIKEN o 2421	58
3.5 Códigos de representación numérica no decimal	59
3.5.1 Coma o punto fijo sin signo (enteros positivos)	59
3.5.2 Coma o punto fijo con signo (enteros).....	60

XII	Contenido
3.5.3 Coma o punto fijo con signo con negativos complementados a "2" (enteros)	60
3.5.4 Coma o punto fijo con signo con negativos complementados a "1" (enteros)	61
3.5.5 Reales en coma o punto flotante (números muy grandes y números reales)	62
3.6 Representaciones redundantes.....	68
3.6.1 Códigos de detección y/o corrección de errores. Introducción	68
3.6.2 Paridad vertical simple o a nivel carácter.....	68
3.6.3 Paridad horizontal a nivel de bloque.....	68
3.6.4 Paridad entrelazada	68
3.6.5 Código de Hamming	69
3.7 Resumen.....	71
3.8 Ejercicios propuestos	71
3.9 Contenido de la página Web de apoyo.....	72
Capítulo 4	
Aritmética de la computadora	73
4.1 Introducción	74
4.2 Aritmética binaria.....	74
4.2.1 Representación de datos en punto fijo (binarios enteros)	74
4.2.2 Operaciones aritméticas con enteros signados	75
4.2.3 Operaciones aritméticas en punto flotante	78
4.3 Aritmética decimal	79
4.3.1 Operaciones con operandos BCD.....	80
4.4 Resumen.....	84
4.5 Ejercicios propuestos.....	85
4.6 Contenido de la página Web de apoyo.....	86
Capítulo 5	
Álgebra de Boole.....	87
5.1 Introducción	88
5.2 Álgebra de los circuitos digitales	88
5.2.1 Elementos de Álgebra proposicional.....	88
5.3 Álgebra de Boole.....	89
5.3.1 Operadores	89
5.3.2 Tablas de verdad.....	90
5.3.3 Propiedades del Álgebra de Boole.....	90
5.3.4 Teoremas del Álgebra de Boole	91
5.4 Función booleana.....	92
5.5 Compuertas lógicas o <i>gates</i>	93
5.5.1 "Compuerta AND", "compuerta y" o "compuerta producto lógico"	95
5.5.2 "Compuerta OR", "compuerta +" o "compuerta suma lógica"	95
5.5.3 "Compuerta OR EXCLUSIVE" o "compuerta exclusiva"	96
5.5.4 "Compuerta NOT" o "inversión"	96
5.5.5 "Compuertas con funciones negadas"	97
5.6 Circuito lógico.....	99
5.6.1 Transistor.....	100
5.6.2 Compuerta triestado.....	101
5.7 Circuito sumador-binario en paralelo	102
5.7.1 Circuito semisumador (SS) o <i>Half Adder</i> (HA)	103
5.7.2 Circuito sumador completo (SC) o <i>Full Adder</i> (FA) ..	103
5.8 Formas normales o canónicas de una función.....	104
5.8.1 Forma normal disyuntiva	105
5.8.2 Forma normal conjuntiva.....	105
5.9 Circuitos equivalentes.....	107
5.10 Minimización de circuitos.....	108
5.10.1 Ejemplos de minimización a partir de distintos mapas de Karnaugh de 2, 3 y 4 variables	109
5.11 Resumen.....	110
5.12 Ejercicios propuestos.....	111
5.13 Contenido de la página Web de apoyo.....	112
Capítulo 6	
Lógica digital	113
6.1 Introducción	114
6.2 Circuitos lógicos de sistemas digitales	114
6.3 Circuitos combinacionales	114
6.3.1 Circuito generador de paridad	115
6.3.2 Circuito comparador de magnitud	116
6.3.3 Circuitos convertidores de código	117
6.3.4 Circuitos codificadores	118
6.3.5 Circuito decodificador de código	120
6.3.6 Circuito decodificador $n \cdot 2n$	121
6.3.7 Circuitos multiplexores y demultiplexores.....	124
6.3.8 Circuitos "programables" para múltiples funciones	127
6.4 Circuitos secuenciales	131
6.4.1 Biestables o <i>flip-flops</i>	131
6.4.2 Registros	136
6.5 Resumen.....	141
6.6 Ejercicios propuestos.....	142
6.7 Contenido de la página Web de apoyo.....	143
Capítulo 7	
Diseño de una computadora digital.....	145
7.1 Introducción.....	146
7.2 Módulo de cálculo en una computadora digital	146
7.3 Relación entre el diseño del hardware y la ejecución de instrucciones	147

7.3.1 Instrucciones	148	9.2.2 Clasificación según las operaciones que aceptan por cada acceso	210
7.4 Presentación del modelo de estudio	150	9.2.3 Clasificación según la duración de la información ...	210
7.4.1 Fase <i>fetch</i> : búsqueda de una instrucción en memoria	152	9.3 Dimensión de la memoria	210
7.4.2 Fase <i>execute</i>	157	9.4 Memorias RAM estáticas y dinámicas.....	211
7.4.3 Flujo de datos entre los registros de la computadora básica	161	9.4.1 Memorias SRAM (<i>Static Random Access Memory</i>) ..	211
7.4.4 Juego completo de instrucciones de "X"	163	9.4.2 Memorias DRAM (<i>Dynamic Random Access Memory</i>) ..	211
7.4.5 Unidad de control y sincronización del tiempo	165	9.4.3 RAM con acceso directo	211
7.4.6 El módulo de cálculo: unidad aritmético-lógica	170	9.4.4 RAM con acceso asociativo	215
7.5 Resumen	176	9.5 Jerarquía de memorias	215
7.6 Ejercicios propuestos	177	9.6 Memorias caché	217
7.7 Contenido de la página Web de apoyo	177	9.6.1 Principios de funcionamiento.....	220
Capítulo 8		9.6.2 <i>Caching</i>	221
Microprocesadores	179	9.6.3 Actualización de caché	225
8.1 Introducción	180	9.6.4 Actualización de la memoria principal	226
8.2 Microprocesadores y microcontroladores	180	9.6.5 Niveles de caché	227
8.2.1 Chips y microprocesadores	181	9.7 Memoria principal	227
8.3 Longitud de palabra	182	9.7.1 Memoria a nivel lógica digital	228
8.4 Capacidad de direccionamiento	182	9.7.2 Memorias RAM dinámicas	229
8.5 Número de instrucciones	183	9.8 La memoria como en un espacio lógico	233
8.6 Número de registros internos.....	184	9.8.1 Almacenamiento de bytes en memoria. <i>Big-Endian</i> y <i>Little-Endian</i>	234
8.6.1 Registros de uso general IA-16 e IA-32.....	185	9.8.2 Gestión de memoria y modos de operación de los procesadores.....	234
8.7 Velocidad del microprocesador	188	9.8.3 Modelo de memoria segmentada pura	236
8.8 Ciclo de instrucciones	188	9.8.4 Modelo de memoria virtual	236
8.8.1 Secuencia de llenado de la cola	190	9.8.5 Modelo de memoria virtual paginada o paginación por demanda.....	238
8.8.2 Etapas de ejecución de la rutina ejemplo.....	190	9.8.6 Memoria virtual segmentada o segmentación por demanda.....	239
8.9 Capacidad de interrupción	192	9.9 Administración de memorias externas	243
8.9.1 Concepto de pila	195	9.9.1 Archivos	244
8.10 Alimentación	199	9.9.2 Sistema de archivos en discos de tecnología magnética	246
8.11 Tecnología	200	9.9.3 Disco magnético desde el punto de vista lógico	246
8.11.1 CISC.....	200	9.9.4 <i>Buffers</i> y cachés de disco.....	253
8.11.2 RISC.....	200	9.9.5 Discos virtuales	254
8.11.3 EPIC.....	201	9.9.6 Sistema de archivos en discos de tecnología óptica	254
8.12 Resumen	202	9.10 Resumen.....	254
8.13 Ejercicios propuestos.....	203	9.11 Ejercicios propuestos	255
8.14 Contenido de la página Web de apoyo.....	205	9.12 Contenido de la página Web de apoyo.....	256
Capítulo 9		Capítulo 10	
Memorias	207	Instrucciones	257
9.1 Introducción	208	10.1 Introducción.....	258
9.2 Clasificación de memorias.....	209	10.2 Formato de instrucción	258
9.2.1 Clasificación según el modo de acceso a la unidad de información	209	10.2.1 Instrucciones sin dirección	258
		10.2.2 Instrucciones de una sola dirección	259

XIV	Contenido
10.2.3 Instrucciones de dos direcciones	260
10.2.4 Instrucciones de tres direcciones	261
10.2.5 Instrucciones de cuatro direcciones.....	261
10.3 Modos de direccionamiento.....	262
10.3.1 Direccionamiento directo de memoria.....	263
10.3.2 Direccionamiento implícito	263
10.3.3 Direccionamiento inmediato	264
10.3.4 Direccionamiento indirecto	264
10.3.5 Direccionamiento de la CPU asociado a registros .	265
10.3.6 Direccionamiento directo por registro.....	266
10.3.7 Direccionamiento indexado.....	266
10.3.8 Direccionamiento relativo a la base	267
10.3.9 Direccionamiento a una pila (<i>stack</i>)	268
10.4 Tipos válidos de instrucción	270
10.5 Resumen	271
10.6 Ejercicios propuestos	271
10.7 Contenido de la página Web de apoyo	275
Capítulo 11	
Software del sistema.....	277
11.1 Introducción.....	278
11.2 Clasificación del software de sistema	278
11.3 Sistema operativo.....	278
11.3.1 Niveles de administración del sistema operativo ...	279
11.3.2 Tipos de sistemas operativos	281
11.4 Traductores de lenguaje	282
11.4.1 Ensambladores	282
11.4.2 Intérpretes	284
11.4.3 Compiladores	284
11.5 Resumen	285
11.6 Ejercicios propuestos	286
11.7 Contenido de la página Web de apoyo	288
Capítulo 12	
Dispositivos de entrada/salida.....	289
12.1 Introducción.....	290
12.2 Discos rígidos	290
12.2.1 Controladora de disco	291
12.2.2 Especificaciones técnicas de un disco	291
12.2.3 Tiempos de acceso a disco.....	293
12.2.4 Tiempo de acceso a los datos	293
12.3 Dispositivos de almacenamiento removibles.....	294
12.3.1 Discos ópticos.....	294
12.3.2 Discos magneto-ópticos (MO).....	295
12.3.3 Tarjetas de memoria	296
12.3.4 Tarjetas ROM y OTP	296
12.3.5 Tarjetas SRAM	297
12.3.6 Tarjetas Flash	297
12.4 Resumen	297
12.5 Ejercicios propuestos	298
12.6 Contenido de la página Web de apoyo	298
Capítulo 13	
Transferencias de información	299
13.1 Introducción.....	300
13.2 Buses.....	300
13.2.1 Jerarquía de buses	300
13.3 Dispositivos de entrada/salida	304
13.3.1 Controladores	306
13.3.2 Adaptadores	307
13.3.3 Puertos de entrada/salida	307
13.3.4 Interfaces	307
13.3.5 Canales o procesador E/S	309
13.3.6 Transferencias de entrada/salida.....	310
13.3.7 <i>Drivers</i>	310
13.4 Modalidades de entrada/salida.....	311
13.4.1 Transferencia controlada por programa	312
13.4.2 Transferencia iniciada por interrupción	313
13.4.3 Transferencia con acceso directo a memoria	313
13.5 Resumen	315
13.6 Ejercicios propuestos	315
13.7 Contenido de la página Web de apoyo	316
Capítulo 14	
Procesadores avanzados.....	317
14.1 Introducción.....	318
14.2 Paralelismo a nivel instrucción.....	319
14.3 Paralelismo a nivel arquitectura	322
14.3.1 Taxonomía de Flynn. Una clasificación de arquitecturas paralelas	323
14.4 Descripción de microprocesadores avanzados.....	326
14.4.1 Descripción de la arquitectura Itanium	326
14.4.2 Descripción de la arquitectura AMD64	334
14.5 Resumen	339
14.6 Contenido de la página Web de apoyo	340
Bibliografía	341
Índice analítico	345



Información del contenido de la página Web

El material marcado con asterisco (*) sólo está disponible para docentes.

Capítulo 1. Evolución del procesamiento de datos

- Resumen gráfico del capítulo
- Autoevaluación
- Lecturas adicionales:
 - *Las comunicaciones. Conceptos básicos* de Antonio Castro Lechtaler y Ruben Fusario, es parte del libro “Telecomunicaciones para Ingenieros de Sistemas” (de próxima aparición) de Alfaomega Grupo Editor (64 páginas). Agradecemos a sus autores por permitir que su escrito sea parte de las lecturas complementarias de esta obra.
- Presentaciones*

Capítulo 2. Sistemas numéricos

- Resumen gráfico del capítulo
- Simulación
 - Herramienta interactiva que permite realizar conversiones y operaciones entre sistemas numéricos.
- Autoevaluación
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 3. Representación de datos en una computadora

- Resumen gráfico del capítulo
- Simulación
 - Permite ingresar un texto y lo codifica en ASCII.
- Autoevaluación
- Video explicativo (02:44 minutos aprox.)
- Audio explicativo (02:44 minutos aprox.)
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 4. Aritmética de la computadora

- Resumen gráfico del capítulo
- Simulación
 - Resuelve el algoritmo de Booth paso a paso.
- Autoevaluación
- Video explicativo (02:13 minutos aprox.)
- Audio explicativo (02:13 minutos aprox.)

- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 5. Álgebra de Boole

- Resumen gráfico del capítulo
- Simulación
 - Herramienta interactiva que permite crear el diagrama lógico de una expresión booleana.
- Animación
 - Cómo trabajan los interruptores no mecánicos.
- Autoevaluación
- Lecturas adicionales:
 - *Álgebra booleana* de José A. Jiménez Murillo, es parte del libro “Matemáticas para la Computación” de Alfaomega Grupo Editor (42 páginas). Agradecemos a su autor por permitir que su escrito sea parte de las lecturas complementarias de esta obra.
- Video explicativo (01:44 minutos aprox.)
- Audio explicativo (01:44 minutos aprox.)
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 6. Lógica digital

- Resumen gráfico del capítulo
- Simulación
 - Decodificador de dos entradas.
 - Display BCD siete segmentos.
- Autoevaluación
- Video explicativo (01:34 minutos aprox.)
- Audio explicativo (01:34 minutos aprox.)
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 7. Diseño de una computadora digital

- Resumen gráfico del capítulo
- Animación
 - Demostración de las distintas fases de la CPU
- Autoevaluación
- Video explicativo (01:53 minutos aprox.)
- Audio explicativo (01:53 minutos aprox.)
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 8. Microprocesadores

- Resumen gráfico del capítulo
- Autoevaluación
- Video explicativo (02:04 minutos aprox.)
- Audio explicativo (02:04 minutos aprox.)
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 9. Memorias

- Resumen gráfico del capítulo
- Simulación
 - Ejercicios con memorias.
- Animación
 - Conceptos generales sobre memorias.
- Autoevaluación
- Lecturas adicionales
 - *Memoria* de Martín Silva, es parte del libro “Sistemas Operativos” de Alfaomega Grupor Editor (48 páginas). Agradecemos a su autor por permitir que su escrito sea parte de las lecturas complementarias de esta obra.
- Video explicativo (01:57 minutos aprox.)
- Audio explicativo (01:57 minutos aprox.)
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 10. Instrucciones

- Resumen gráfico del capítulo
- Autoevaluación
- Video explicativo (02:57 minutos aprox.). Capítulos 10 y 11
- Audio explicativo (02:57 minutos aprox.). Capítulos 10 y 11
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 11. Software del sistema

- Resumen gráfico del capítulo
- Autoevaluación
- Lecturas adicionales:
 - *El proceso de compilación* de Gustavo López, Ismael Joder y Augusto Vega, es parte del libro “Análisis y Diseño de Algoritmos” de Alfaomega Grupo Editor (16 páginas). Agradecemos a sus autores por permitir que su escrito sea parte de las lecturas complementarias de esta obra.

- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 12. Dispositivos de entrada / salida

- Resumen gráfico del capítulo
- Autoevaluación
- Video explicativo (01:39 minutos aprox.). Capítulos 12 y 13
- Audio explicativo (01:39 minutos aprox.). Capítulos 12 y 13
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 13. Transferencia de información

- Resumen gráfico del capítulo
- Autoevaluación
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Capítulo 14. Procesadores avanzados

- Resumen gráfico del capítulo
- Animación
 - Demostración de las ventajas del *Pipelining*.
- Autoevaluación
- Video explicativo (01:12 minutos aprox.)
- Audio explicativo (01:12 minutos aprox.)
- Evaluaciones Propuestas*
- Presentaciones*

Vínculos a páginas especialmente seleccionadas sobre Arquitectura de Computadoras.**Glosario**

Registro en la Web de apoyo

Para tener acceso al material de la página Web de apoyo del libro:

1. Ir a la página <http://virtual.alfaomega.com.mx>
2. Registrarse como usuario del sitio y propietario del libro.
3. Ingresar al apartado de inscripción de libros y registrar la siguiente clave de acceso
4. Para navegar en la plataforma virtual de recursos del libro, usar los nombres de Usuario y Contraseña definidos en el punto número dos. El acceso a estos recursos es limitado. Si quiere un número extra de accesos, escriba a webmaster@alfaomega.com.mx

Estimado profesor: Si desea acceder a los contenidos exclusivos para docentes, por favor contacte al representante de la editorial que lo suele visitar o escribanos a:

webmaster@alfaomega.com.mx

Convenciones utilizadas en el texto

	Conceptos para recordar: bajo este icono se encuentran definiciones importantes que refuerzan lo explicado en la página.
	Comentarios o información extra: este ícono ayuda a comprender mejor o ampliar el texto principal.
	Contenidos interactivos: indica la presencia de contenidos extra en la Web.

Prefacio

A lo largo de más de 20 años impartiendo la materia “Arquitectura de Computadoras” redacté una gran cantidad de escritos que resultan útiles para el dictado de mis clases. En conversaciones con colegas llegué a la conclusión de que esos escritos podían ser interesantes para otros docentes: es por eso que escribo este libro, para hacer extensivo mi trabajo a los profesores de otras universidades.

Algunos aportes surgen de la necesidad de explicar de forma más amena conceptos que no siempre son complejos, pero que, al ser producto de malas traducciones o de excesivo tecnicismo, quedan fuera del alcance de los alumnos; otros son aportes los necesarios para poder comprender la materia. En conjunto cubren los contenidos de la asignatura.

Introducción

El propósito de este libro es servir de guía en la enseñanza y el aprendizaje de la materia Arquitectura de Computadoras; para tal fin se organiza en catorce capítulos, orientados al conocimiento gradual de la asignatura.

En el capítulo 1 se introducen los conceptos básicos de la Ciencia de la Computación. Podemos clasificar la temática del capítulo en: conceptos de la Ciencia Informática, recursos de la Informática, elementos fundamentales del hardware, elementos fundamentales del software y estratificación del software. También incluye la clasificación en generaciones de computadoras.

El capítulo 2 tiene por fin la enseñanza de los distintos sistemas numéricos relacionados con el uso de la computadora y la técnica empleada para lograr encontrar las equivalencias entre ellos. Los sistemas de numeración son utilizados luego, en los dos capítulos siguientes, tanto para su operación aritmética (binario), como para la representación sintética de información binaria (octal y hexadecimal)

En el capítulo 3 se desarrollan los conceptos de los sistemas de numeración desde el punto de vista de su relación con la computadora, ya sea para entidades numéricas o alfanuméricas, se introduce el concepto de código y se explica la relación entre el convenio de representación y la declaración de variables en el lenguaje de programación. Se explica la determinación de los rangos de representación en formato de n bits y ciertas consideraciones relacionadas con la precisión de los números; se justifica el uso de variables binarias en la representación, tratamiento y transferencia de información.

El capítulo 4 detalla distintos métodos de operaciones aritméticas, que se desprenden de cómo operan las unidades de cálculo (unidad de enteros y unidad de coma flotante) para binarios de coma fija (enteros) y para binarios de coma flotante. Se introducen las condiciones de *underflow* y *overflow* en resultados y los códigos más sencillos que se utilizan para la detección y/o corrección de errores que puedan ocurrir durante una transmisión.

En el capítulo 5 se le brinda al alumno algunos conceptos básicos para comprender la teoría matemática, que sustenta el diseño de los circuitos que forman parte de una computadora.

En el capítulo 6 se explican métodos de análisis/diseño de los circuitos combinacionales básicos, las operaciones básicas sobre registros y las aplicaciones de estos dispositivos en relación con la ejecución de instrucciones. Se presenta una celda de memoria estática y se explica la representación y uso de arreglos programables para implementar funciones lógicas.

En el capítulo 7 se presenta una computadora digital con sus componentes genéricos: CPU, memoria interna, buses y reloj; se explica de manera detallada su funcionamiento a nivel lógico-digital como no sería posible en una computadora real, dada la extrema complejidad de cada uno de estos componentes. De ésta manera, surgen los conceptos fundamentales para considerar en el funcionamiento de cualquier computadora, como por

ejemplo los ciclos de captación y ejecución de instrucciones, incluyendo en el ciclo de máquina el concepto de interrupción. Todo esto permite, además, que el alumno comprenda la relación entre lo físico y lo lógico, la relación entre lenguajes de distinto nivel y adquiera el concepto de generación de señales de control y de sincronización. La computadora de estudio es una máquina Von Neumann y su inclusión como máquina elemental permite demostrar la importancia del estudio del Álgebra de Boole y de la Teoría de la Lógica Digital, presentadas en los capítulos anteriores.

En el capítulo 8 se pretende lograr el aprendizaje de las funciones internas y de entorno de los microprocesadores, relacionadas con la ejecución de programas. Se explica qué es un chip y cómo se relaciona la tecnología de semiconductores con los microprocesadores, con las memorias y con los microcontroladores. Se presentan las características para evaluar en microcomputadoras, como por ejemplo el número de registros internos, la capacidad de interrupción y la tecnología que sustenta la ejecución de su set de instrucciones. Se explican las posibles políticas para la implementación de ejecución en paralelo a nivel instrucción y demás soluciones tecnológicas que consiguen mejorar el rendimiento.

En el capítulo 9 se explica, desde el diseño más simple, un módulo de memoria semiconductor con componentes RAM hasta el estudio de los modelos de memoria, que incluyen a las memorias de almacenamiento masivo. El propósito es que el alumno interprete las ventajas de una organización de memoria jerarquizada, como estrategia para el desarrollo de máquinas más eficientes. Respecto a la gestión de memoria, se presentan los modelos de paginación, segmentación y segmentos paginados y se presentan en detalle las técnicas de memoria virtual y traducción de direcciones.

En el capítulo 10 se presenta el estudio de los distintos formatos de instrucción y de las diversas modalidades de direccionamiento de operandos, ya que, tanto uno como el otro, forman parte de la descripción de la arquitectura de una computadora. Se muestra la relación que existe en el análisis de un código de instrucción, por ejemplo, cómo cada uno de sus bits permiten establecer la operación que se va a ejecutar, los registros de CPU que están involucrados, la relación con las direcciones de memoria y los distintos métodos que permiten la obtención de los datos.

En el capítulo 11 se desarrolla una introducción, sin intención de profundizar, de los conceptos básicos sobre sistemas operativos y sus principales funciones en la administración de los recursos de una computadora. Se presentan, además, los restantes componentes del software de sistema.

En el capítulo 12 se presentan las funciones y principios de operación de los dispositivos que sustentan los soportes de almacenamiento, evaluándolos como dispositivos complementarios de la arquitectura. Se describen sus componentes físicos y especificaciones técnicas. También se presentan distintas tecnologías de memoria, que se utilizan para brindar una mayor portabilidad e incluso como extensión de la memoria principal.

En el capítulo 13 se presentan las nuevas tecnologías en materia de conectividad, el estudio de las funciones y de los principios de operación de los dispositivos de adaptación y de conexión, estableciéndose una jerarquía que va desde la comunicación más sencilla entre dos buses hasta la descripción de las características de los buses más complejos. También se detallan las diversas modalidades de transferencia de una operación de entrada/salida.

En el capítulo 14 se profundiza el detalle de las técnicas que sustentan el paralelismo a nivel instrucción, luego se presenta la clásica taxonomía de Flynn para desarrollar los distintos modelos de paralelismo a nivel arquitectura. Por último, se describen dos microprocesadores Itanium de Intel y AMD64, con la finalidad de ofrecer al alumno una descripción más amigable que la de un manual.

Para el profesor.....

El libro está orientado a alumnos que cursan estudios universitarios en carreras asociadas a la Ciencia de la Computación y a la Ingeniería de Sistemas. En las Licenciaturas y en la mayoría de las carreras de Ingeniería (sean éstas en Informática, en Sistemas o en Telecomunicaciones) se cursa en los primeros años de la carrera. Es para estos casos que he desarrollado los capítulos del 2 al 6, con la intención de brindar al alumno los conocimientos básicos necesarios para abordar la asignatura.

En algunas universidades la materia se encuentra en los años de especialización, es decir que el alumno cursa primero materias comunes a varias carreras de Ingeniería y luego las particulares de su carrera. En estos casos, ya habrán tenido asignaturas como Matemáticas Discretas y Técnicas Digitales. Si ésta es su situación, los capítulos 2 a 6 pueden ser considerados como un repaso, o bien puede abordar el capítulo 1 y continuar por el 7.

Se ha intentado secuenciar cada uno de los capítulos con el mismo orden en el que se imparten las clases en la mayoría de las planificaciones consultadas de distintas Universidades de América Latina (como la Universidad Nacional Autónoma de México –Facultad de Contaduría y Administración– y la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina).

Para facilitar el dictado de la materia, cada capítulo cuenta con sus correspondientes diapositivas en PowerPoint, de acceso exclusivo para docentes.

También puede descargar exámenes sobre la base de lo explicado en el libro.

Para el estudiante.....

Es un libro que responde a mi experiencia a través de todos estos años, sobre la base de las dificultades que surgen en cada tema.

El enfoque del libro es claramente didáctico, por lo que no encontrarán referencias a cuestiones como el funcionamiento de un dispositivo externo. Si estas cuestiones son de su interés, lo invito a visitar la Web del libro, que cuenta con numerosos vínculos a las páginas Web de los fabricantes de hardware.

Desde el punto de vista del nivel de profundidad y complejidad, la obra avanza en la medida que avanzan los capítulos; de esta forma acompaña el aprendizaje.

Los numerosos simuladores con que cuenta la obra le permitirán fijar aún mejor los conceptos aprendidos. También cuenta con exámenes *online* para autoevaluarse.

Para el profesional

Encontrará en este libro de texto un refresco de los conceptos clásicos que adquirió en sus años de estudiante y una actualización de los temas de mayor importancia que se conocen en el área.

Objetivos

- Que el docente cuente con herramientas didácticas para la enseñanza de la materia.
- Que el estudiante conozca o repase los temas necesarios para abordar la asignatura.
- Que el estudiante conceptualice los conocimientos necesarios para comprender la Arquitectura de Computadoras.

Evolución del procesamiento de datos

Contenido

1.1 Organización y arquitectura de una computadora.....	2
1.2 Estratificación del software.....	3
1.3 Evolución del procesamiento de datos	4
1.4 Clasificación de las computadoras.....	8
1.5 Generaciones de computadoras digitales.....	9
1.6 Procesamiento de datos y sistemas de información.....	13
1.7 Sistemas sincrónicos de propósito general.....	15
1.8 Arquitectura de computadoras: Los primeros conceptos.....	15
1.9 Arquitectura de una unidad central de proceso (CPU)	17
1.10 Lógica digital y componentes electrónicos	18
1.11 El Sistema Operativo. La Dinámica del Sistema.....	23
1.12 Resumen	23
1.13 Contenido de la página Web de apoyo.....	24

Objetivos

- Realizar una introducción a la arquitectura de computadoras.
- Diferenciar las distintas generaciones de computadoras digitales.
- Incorporar terminología que apunte al entendimiento del lenguaje técnico, propio del área de competencia.

1.1 Organización y arquitectura de una computadora

La primera pregunta que surge a un lector que recién comienza sus estudios en la ciencia informática es: ¿Qué es una computadora? Como primera respuesta, diremos que en este capítulo la mejor definición será aquella que reúna los aspectos comunes a todas las computadoras, desde una computadora personal hasta una supercomputadora, con prestaciones de baja, mediana o alta complejidad.

Una computadora es un **dispositivo electrónico**, diseñado para aceptar **datos de entrada** y realizar **operaciones** sobre ellos (organizadas en una secuencia lógica y predeterminada por un **algoritmo**), para elaborar **resultados** que se puedan obtener como **salidas**. Un algoritmo computacional se determina por una secuencia de operaciones finita que permite resolver un problema computacional. Se representa con instrucciones que la computadora puede interpretar y ejecutar. Al conjunto de instrucciones que representa un algoritmo se lo denomina programa; expresado de otra manera, un **programa** es la representación de un algoritmo en un **lenguaje** de programación.

Los componentes de una computadora son los dispositivos físicos que le permiten llevar a cabo su función, y que representaremos en el esquema de la figura 1.1.

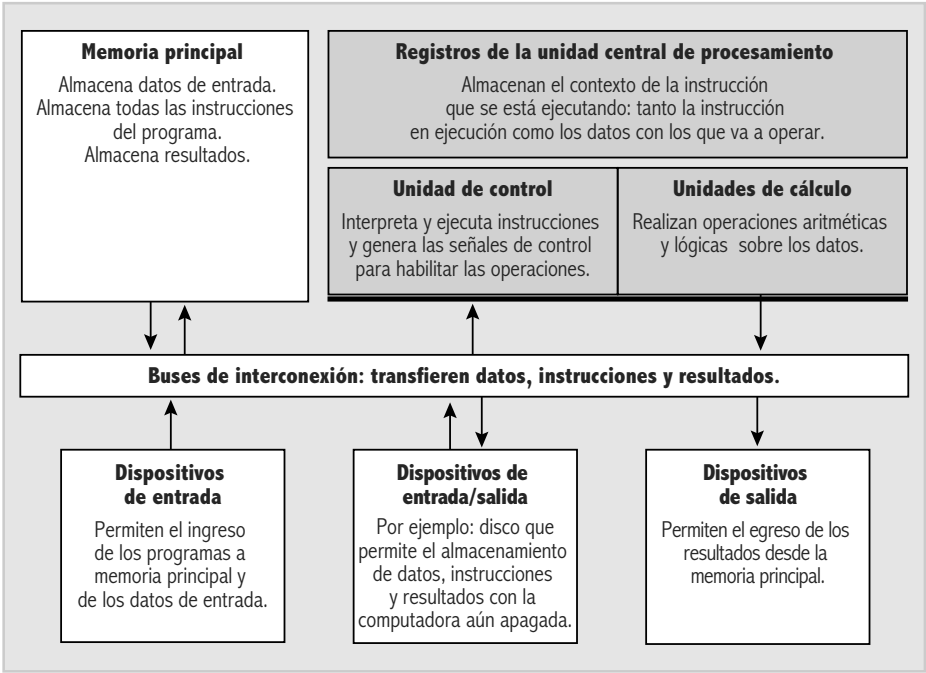


Fig. 1.1. Componentes de una computadora.

El esquema anterior muestra tres cuadros en gris que constituyen la unidad central de proceso (CPU o *Central Processing Unit*). La “relación” entre los distintos componentes y su diseño y tecnología, sea en un nivel de detalle como el presentado o en uno menos abstracto, se define como **organización de una computadora**. El **set de instrucciones** de una computadora permite representar los algoritmos que solucionan los problemas. Así que para definir la arquitectura de una computadora, a la descripción de los componentes le agrega-



Computadora: dispositivo electrónico, diseñado para aceptar datos de entrada y realizar operaciones sobre ellos (organizadas en una secuencia lógica y predeterminada por un algoritmo), para elaborar resultados que se puedan obtener como salidas.



La “relación” entre los distintos componentes y su diseño y tecnología, sea en un nivel de detalle como el presentado o en uno menos abstracto, se define como organización de una computadora.

mos la descripción de la manera en que nos comunicamos con ella. Debemos explicar qué puede hacer, es decir que es necesario conocer las **instrucciones** definidas para su CPU, los **tipos de datos** con los que puede operar, las modalidades de acceso a ellos y la forma en que se atienden eventos externos. Cuando nos referimos a la “arquitectura” podemos indicar que una unidad de cálculo permite “determinada” operación con enteros, haciendo abstracción de cómo está implementada en hardware, razón por la cual el manual de un procesador del mercado actual, como el Itanium®, nos indica que la multiplicación de enteros se lleva a cabo en la unidad de cálculo de coma flotante, pero no especifica cómo lo hace. El texto tomado del manual dice así:

“La multiplicación de enteros se ejecuta en la unidad de coma flotante utilizando instrucciones de tipo XMA (instrucciones de tres operandos). Los operandos y el resultado de estas instrucciones se almacenan en registros de coma flotante...”

Cuando un profesional del área de sistemas piensa en términos de arquitectura, tiene en mente las demandas de procesamiento de información que requiere su área de trabajo. Es una mirada desde la funcionalidad de un sistema: se pregunta si necesitaría una o varias computadoras personales, un servidor, una supercomputadora, qué tipo de sistema operativo, etcétera. Cuando un fabricante piensa en términos de arquitectura, tiene en mente las necesidades de procesamiento de un mercado determinado; no es lo mismo fabricar computadoras para el hogar que servidores de red. Los desafíos que se han de resolver en cuanto al diseño de una computadora tienen que ver con la funcionalidad, el alto rendimiento, el bajo costo y la inserción en el mercado.

En el concepto de arquitectura de computadoras se considera la descripción de las características visibles relativas a las prestaciones que una determinada configuración interna de computadoras puede brindar. Como ya indicamos, este concepto incluye los aspectos relacionados con el formato del conjunto de instrucciones que el procesador pueda ejecutar, la representación interna de los datos y el estudio de los módulos de hardware que sostienen la dinámica del conjunto, desde la perspectiva del sistema informático.

La organización de una computadora permite la identificación de los componentes desde el punto de vista de su estructura, la manera en que se relacionan entre sí y las cuestiones de índole tecnológico.

En este libro se tratan ambos conceptos en los distintos niveles desde los que se puede enfocar el estudio de una computadora como herramienta automática en el procesamiento de datos.

1.2 Estratificación del software

También se pueden establecer niveles funcionales respecto del software. Por un lado, la jerarquía más alta corresponde a los programas de uso particular de los usuarios, denominados **aplicaciones** (que se programan en lenguajes de alto nivel); en el extremo opuesto están las señales que genera la unidad de control para el gobierno de los distintos dispositivos físicos, por ejemplo, una orden de lectura a memoria. Podemos ver la relación entre las distintas jerarquías de software y el hardware en el esquema siguiente:



Interrupciones: son eventos externos producidos por dispositivos entrada/salida (E/S).



El concepto de arquitectura de computadoras incluye los aspectos relacionados con el formato del conjunto de instrucciones que el procesador pueda ejecutar, la representación interna de los datos y el estudio de los módulos de hardware que sostienen la dinámica del conjunto, desde la perspectiva del sistema informático.

Aplicaciones: reproductor de video, navegador de Internet, procesador de texto.
Software para producir aplicaciones: editores, compiladores.
Software de gestión de recursos: sistema operativo.
Arquitectura del set de instrucciones.
Lenguaje de señales que permiten la ejecución de las instrucciones .
Hardware.



Código de máquina: es el lenguaje que interpreta la CPU y pertenece al nivel de arquitectura del set de instrucciones.

Un usuario que sólo utiliza un software para enviar correo electrónico o *e-mails* se comunica con la computadora con la interfaz gráfica del sistema operativo y no requiere muchos conocimientos en ciencias de la computación. Un programador que desarrolla software de aplicación requiere conocimientos formales en arquitectura de computadoras, en sistemas operativos y, por supuesto, en diseño de algoritmos, lenguajes de programación y estructuras de datos. El programador desarrolla software que, por ejemplo, le sirva a una empresa para administrar su *stock*, su facturación, etcétera.

Un programador que desarrolla software de sistema debe tener conocimientos profundos en arquitectura de computadoras, en lenguajes de programación que le permitan comandar el hardware y en sistemas operativos que le sirvan, por ejemplo, para programar un software de “supervisión” para un dispositivo físico.



La arquitectura del set de instrucciones determina el formato de las instrucciones, los tipos de datos que puede operar, las distintas formas de obtener datos de memoria, que se denominan “modo de direccionamiento”, y la forma en que se atienden eventos externos.

Todos los programas se compilan o reciben algún proceso de traducción a **código de máquina**, que es el lenguaje que interpreta la CPU y pertenece al nivel de arquitectura del set de instrucciones. Por efecto de esta “interpretación”, la CPU genera señales sincronizadas en el tiempo que controlan el hardware implicado en la operación, por ejemplo, “orden de suma a una unidad de cálculo”. Por último, el que realiza la operación es el hardware.

La **arquitectura del set de instrucciones** (ISA o *Instruction Set Architecture*) determina el formato de las instrucciones, los tipos de datos que puede operar, las distintas formas de obtener datos de memoria, que se denominan “modo de direccionamiento”, y la forma en que se atienden eventos externos. En los capítulos de este libro se desarrolla cada uno de estos módulos de aprendizaje.

Cada instrucción implica “algo que hacer”, un “verbo”, que en lenguaje técnico se denomina **código de operación** (grupo de bits que interpreta un diseño específico de CPU). La forma en que se implementan los códigos de operación se denomina nivel de microarquitectura. La **microarquitectura** determina la forma en que se ejecuta la instrucción. Dos CPU pueden compartir el mismo set de instrucciones pero estar diseñadas con distintas microarquitecturas, como es el caso de las CPU AMD, que ejecutan software de la industria *80x86* de Intel, lo que les permite “ejecutar las mismas instrucciones” y mantener así la compatibilidad del software.



Es probable que la primera máquina típicamente digital que el hombre utilizó para resolver problemas aritméticos haya sido el ábaco.

1.3 Evolución del procesamiento de datos.....

1.3.1 Los comienzos de la computación

Desde épocas remotas (alrededor de 3.000 años a.C.) el hombre trató de liberarse de hacer cálculos en forma manual. Es probable que la primera máquina típicamente digital que utilizó

para resolver problemas aritméticos haya sido el **ábaco**. Ya en la Era Grecorromana se usaron varias versiones de este dispositivo, que también se utilizó en Egipto y en China. No obstante, según las teorías de físicos como Galileo, Descartes y Newton, estos instrumentos de cálculo no se desarrollaron en la Europa Occidental hasta el siglo XVII.

En la primera mitad del siglo XVII **John Napier** introdujo el concepto de logaritmo, con el que la tarea de multiplicar se simplificó. A partir de ese momento, se comenzaron a construir las máquinas de cálculo llamadas analógicas o máquinas de medida. Es factible que Napier sólo haya descubierto un dispositivo físico para hacer más rápida la multiplicación. Estas máquinas fueron de uso habitual en el siglo XVII y todavía se las puede ver en varios museos.

1.3.2 La primera máquina y su evolución

En 1642 **Blaise Pascal** construye, en Francia, una máquina para su padre –empleado contable– con la que tuvo gran éxito; esta máquina fue considerada la primera calculadora digital, llamada así porque acumulaba las operaciones aritméticas –suma y sustracción– en un acumulador o contador de enteros. Su mecanismo se basaba en ruedas dentadas que tenían 10 posiciones (de 0 a 9); cada vez que una rueda pasaba de 9 a 0, la rueda inmediatamente a la izquierda avanzaba una posición. En el presente las máquinas de oficina y las computadoras utilizan el mismo principio, sustituyendo el mecanismo de ruedas dentadas por un circuito electrónico.

En 1671 **Gottfried Wilhelm Von Leibniz** inventó una máquina que permite automatizar la multiplicación por sumas sucesivas. El mecanismo que utilizaba era una combinación de engranajes que permitía la multiplicación y la división de números en el sistema binario.

Charles Babbage empezó a construir la primera computadora digital en 1823 con la ayuda del gobierno británico. Incorporó una rutina de operaciones en tarjetas perforadas –en términos modernos, un programa perforado– que representó un gran paso para su próxima máquina.

En 1833 concibió la idea de una calculadora digital universal, a la que llamó máquina analítica. Esta máquina no se pudo construir, por falta de tecnología apropiada, hasta un siglo después.

En el siglo XIX se hicieron grandes avances en física matemática y se lograron mejorar los instrumentos de cálculo.

Para evitar los problemas de Babbage, se desarrolló una máquina nueva, que no era digital sino analógica, y que se llamó **máquina de medidas**, porque los resultados se obtenían midiendo la salida de los dispositivos. Ésta también se denominó máquina continua, porque la información que se obtenía a la salida era una representación en una magnitud continua, análoga a la real. Estos dispositivos podían ser rápidos aunque no muy precisos, debido a que dependían de analogías y medidas físicas.

En el siglo XIX **George Boole** desarrolló un Álgebra que no utiliza números, sino que establece la relación entre conceptos lógicos. Se hizo un paralelismo entre las leyes del pensamiento y las operaciones algebraicas. Esto permitió la representación de conceptos lógicos en términos algebraicos y se denominó **Lógica booleana**. El **Álgebra de Boole** es un ente matemático que fundamenta los principios de la teoría de circuitos.

1.3.3 La máquina de tarjetas perforadas

Mientras los trabajos sobre máquinas analógicas seguían desarrollándose, hubo una revolución en el campo digital cuando **Herman Hollerith** (de la oficina de censos de los EE.UU.)



Ábaco: objeto que sirve para facilitar cálculos sencillos (sumas, restas, multiplicaciones) y operaciones aritméticas. Se trata de cierto número de cuentas engarzadas con varillas, cada una de las cuales indica una cifra del número que representa.



Napier (1550-1617). Matemático escocés, reconocido por haber descubierto los logaritmos o “números artificiales”.



Pascal (1623-1662). Matemático, filósofo y teólogo francés, considerado el “padre de las computadoras” junto con Babbage.



Von Leibniz (1646-1716). Filósofo, matemático, jurista y político alemán. Descubrió el cálculo infinitesimal, independientemente de Newton, e inventó el sistema de numeración binario en que se basan casi todas las arquitecturas de computación actuales.



Un programa es la representación de un algoritmo en un lenguaje de programación.



Babbage (1791-1871). Matemático británico y científico de la computación, considerado “el padre de las computadoras” junto con Pascal.



Hollerith (1860-1929). Estadístico estadounidense que inventó la máquina tabuladora. Es considerado el primero en lograr un tratamiento automático de la información.

inventó la técnica para procesar gran cantidad de datos por medio de tarjetas perforadas, para luego clasificar y analizar los datos perforados en ellas.

Esta técnica se aplicó en los censos de 1890 en los EE.UU. y de 1911 en Gran Bretaña.

Las ideas de Hollerith fueron tomadas y perfeccionadas por la empresa IBM (International Business Machines). IBM desarrolló un dispositivo básico conocido como tarjeta perforada de 80 columnas. Cada tarjeta era leída por una lectora que permitía detectar las perforaciones en el soporte mediante conmutadores eléctricos. Cuando estos contactos atravesaban las celdillas perforadas, la unidad interpretaba el dato según fuera la combinación de perforaciones en cada columna.

Desde alrededor de 1930 hasta la década de 1970 la tarjeta perforada desempeñó un papel importante en el procesamiento de datos y reemplazó en gran medida al procesamiento manual. El medio básico para el procesamiento era la tarjeta perforada que contenía 80 columnas por 12 filas.

La combinación de zona y dígito permitía obtener una configuración distinta para cada letra, número o carácter especial. En 1969 IBM empezó a utilizar una tarjeta de 96 columnas para el Sistema/3 (8,25 x 6,68 cm) que se perforaba con agujeros circulares.

Los periféricos que permitieron su utilización fueron:

- La lectora de tarjetas.
- La perforadora de tarjetas.
- La lectoperforadora de tarjetas.

En el ejemplo siguiente se puede ver la utilidad de la tarjeta perforada como soporte para instrucciones y datos. En la figura 1.2 se representa el bloque procesador y la memoria que reciben las instrucciones del programa y los datos perforados en lotes de tarjetas. O sea que el sistema operativo organizaba el procesamiento comenzando con una orden de lectura a la lectora de tarjetas. En una tarea se separaba el lote de instrucciones del lote de datos con tarjetas de control que marcaban el comienzo y el fin de las tarjetas de instrucciones, así como el comienzo y el fin de las tarjetas de datos; cuando se finalizaba la lectura, las instrucciones y los datos quedaban almacenados en la memoria y recién entonces el sistema operativo ordenaba la ejecución. Por último, los resultados obtenidos se imprimían en papel.



Las instrucciones de un programa se ejecutan unas tras otras, siguen una lógica secuencial, salvo que haya una instrucción de salto.

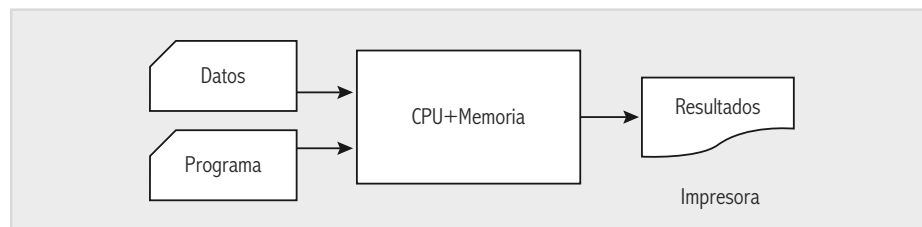


Fig. 1.2. Lectora de tarjetas. Cada instrucción como mínimo en una tarjeta.

La cinta de papel, también un medio primitivo de almacenamiento (al igual que la tarjeta perforada), quedó en desuso. Los datos se perforaban en ella en la forma de agujeros circulares pequeños. Las cintas se utilizaron en mayor medida en máquinas de sumar, máquinas de contabilidad y cajas registradoras.

1.3.4 La calculadora secuencial automática (IBM)

En 1939 comenzaron los trabajos en gran escala para lograr automatizar y poner en funcionamiento la máquina diferencial de Babbage, con el propósito de tabular polinomios.

La computadora secuencial automática de IBM fue puesta en operación en 1944 en la **Universidad de Harvard**, a cargo del físico **Howard Aiken** (cuyo trabajo fue subvencionado por IBM y la Universidad). Esta máquina constaba de partes electromecánicas provistas por IBM y estaba controlada por una cinta de papel perforada (similar a la tarjeta perforada).

Después de ésta, se diseñaron otras máquinas electromecánicas. Una fue la que Aiken llamó MARK II, utilizada por la Marina de los EE.UU.

Durante la Segunda Guerra Mundial se desarrolló la computadora ENIAC o *Electronic Numerical Integrator And Calculator*, en la cual el cambio de sus programas se hacía mediante el recableado de unas borneras, operadas por técnicas.

1.3.5 El programa almacenado

La ejecución de una instrucción de ruptura de secuencia permite que, en determinado lugar del programa, se salte a una instrucción que no es la siguiente. En su diseño original, ENIAC era capaz de almacenar distintos programas. Para pasar de uno a otro, los ingenieros tenían que modificar parte de los circuitos de la máquina, con el fin de que ésta efectuara las operaciones requeridas para la solución de cada problema específico.

En 1945 John von Neumann logró una **máquina de programa almacenado** a la que se denominó **computadora**. Esta máquina no fue diseñada para una aplicación concreta, sino que se trató de una **máquina de propósito general**, capaz de almacenar instrucciones y datos en una memoria. Esto permite sustituir el conexionado fijo entre los componentes de la máquina por un programa de instrucciones intercambiable.

La máquina de von Neumann se fundamenta en tres principios que en el presente todavía se aplican:

1. Máquina electrónica digital, que trabaja con información codificada en binario (digital binario = 0, 1 = dos estados).
2. Programa almacenado en memoria.
3. Posibilidad de provocar una ruptura de secuencia de instrucciones en un programa.

La figura 1.3 responde al bosquejo de una computadora von Neumann, que, como se puede apreciar, no se diferencia en nada respecto del presentado en la figura 1.1. Está formada por los módulos CPU, memoria y unidades de E/S. La CPU cuenta con una unidad que procesa datos denominada unidad aritmético-lógica (ALU o *Arithmetic Logic Unit*) y otra llamada unidad de control y secuenciamiento (CU o *Control Unit*). Esta unidad emite órdenes para llevar a cabo en forma secuencial y sincronizada las operaciones elementales que permiten la ejecución de instrucciones. Como vemos en la figura 1.3, las órdenes a los módulos son generadas desde la CU. Podemos afirmar que una posible orden a la memoria es una orden de lectura y una orden a la ALU puede ser una orden de suma. La CU es también un canalizador de datos, ya que su función principal es gestionar la transferencia de información almacenada en módulos diferentes. Por esta razón, los módulos están relacionados entre sí por colectores de datos e instrucciones denominados también **buses**. Sobre estos colectores se puede crear gran cantidad de rutas imaginarias. Si se supone que una ruta es un camino posible entre un origen y un destino, cuando sea necesaria una transferencia, la CU la habilitará desde un sólo origen y hacia un sólo destino.



Aiken (1900-1973). Ingeniero estadounidense, pionero en computación al ser el ingeniero principal tras la creación de un dispositivo electromecánico de computación.



La ejecución de una instrucción de ruptura de secuencia permite que en determinado lugar del programa se salte a una instrucción que no es la siguiente.

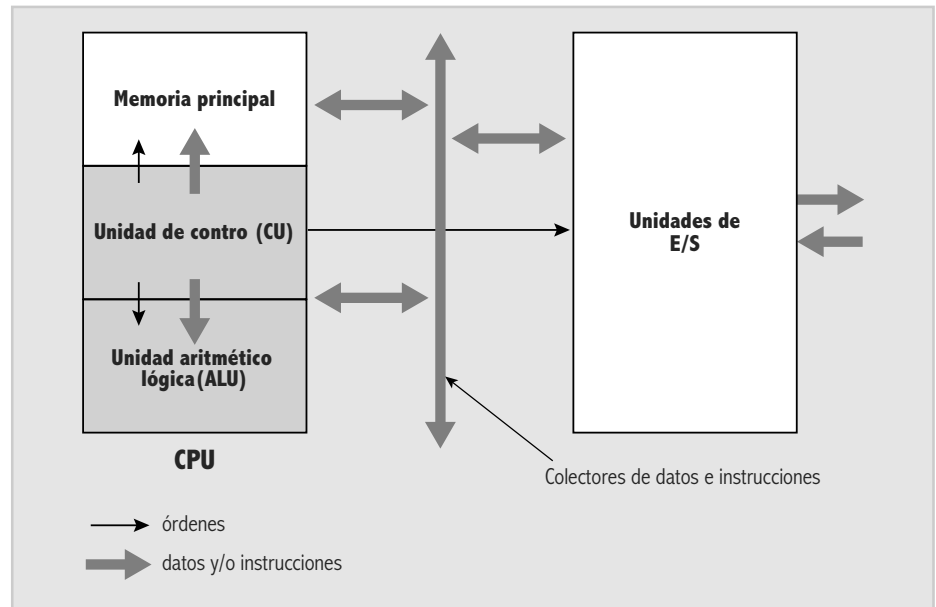


Fig. 1.3. Esquema básico de una computadora Von Neumann.

1.4 Clasificación de las computadoras

1.4.1 Analógicas

Las primeras computadoras analógicas se implementaron para estudiar un modelo semejante (análogo) a una ecuación; el resultado se elaboró tras la medición del valor que asumían las salidas del modelo. Sin embargo, el sistema adolecía de dos desventajas importantes: por un lado, la falta de exactitud en la salida, a causa del carácter continuo de esta magnitud, y por el otro, el modelo construido, que representaba a una única aplicación y no servía para otra.

En este momento, por ejemplo, se utilizan sistemas analógicos modernos para procesos que involucran la toma de medidas en industrias (refinerías de petróleo), simuladores de vuelo, simuladores de redes eléctricas y otras aplicaciones en las que sea importante representar la variación en el tiempo de magnitudes continuas.

La ventaja más destacada que ofrece esta computadora es su capacidad de procesar datos no discretos (temperaturas, presión, altura), además de permitir la simulación de modelos en la etapa de desarrollo de un proyecto; así, en un modelo más pequeño que el real las variables se representan con magnitudes proporcionales, lo que genera la consecuente disminución de los costos de desarrollo.

1.4.2 Digitales

Estas computadoras se denominan digitales porque procesan “dígitos” binarios, “ceros” y “unos” que representan datos. Un dato es un binario que corresponde a un código preestablecido. Entre las ventajas que presentan podemos destacar que efectúan cálculos precisos y que el modelo se arma sobre un programa intercambiable, lo que posibilita no tener que cambiar partes físicas para modificarlo, sino sólo ingresar un programa nuevo.

Para procesar variables continuas y estudiar el modelo a fondo en este tipo de computadoras, es necesario ingresar datos con diferencias infinitesimales, motivo por el cual su utilización en estos casos resulta inadecuada.

1.4.3 Híbridas

Una variable analógica puede asumir infinitos valores dentro de un rango y se utiliza para representar cantidades “naturales”, como la temperatura, la presión o la distancia. Sin embargo, a efectos de una medición que pueda ser interpretada por los seres humanos, se las convierte a valores discretos, por ejemplo, se mide la temperatura en grados o la distancia en metros o pulgadas. Esto elimina el carácter “infinito” de los posibles valores que la variable pueda asumir.

Los sistemas híbridos son una combinación de analógicos y digitales. Mientras que la porción analógica se encarga de tomar los datos continuos (temperatura, presión, etc.), la parte digital efectúa los cálculos. Estas computadoras se construyen para propósitos especiales; un ejemplo actual es el GPS de nuestro auto.

1.5 Generaciones de computadoras digitales

Según la tecnología con la que operan, las técnicas de organización y su explotación se establece la siguiente clasificación de las computadoras digitales:

1.5.1 Computadoras de 1ª generación

Estas computadoras estaban constituidas por válvulas de vacío, que disipaban gran cantidad de calor y ocupaban una superficie muy amplia. Las tareas se ejecutaban en forma secuencial, lo que implicaba que:

- 1. El programa, almacenado en tarjetas o cintas perforadas, era cargado en memoria principal por un programa llamado cargador, perteneciente al sistema operativo.
- 2. Se ejecutaba el programa instrucción por instrucción.
- 3. Se imprimían los resultados.

Las operaciones de entrada, procesamiento y salida de los datos se encontraban encaenadas en el tiempo, por lo que la duración del proceso era igual a la suma de todas las operaciones.

Las computadoras de 1ª generación se utilizaron durante el período comprendido entre 1954 y 1959, mientras que las fabricadas antes de 1954 se tomaron como máquinas experimentales y, por ello, no se incluyen dentro de esta generación.

1.5.2 Computadoras de 2ª generación

Las computadoras de 2ª generación estaban constituidas por transistores y utilizaron circuitos impresos, lo que permitió reducir el tamaño con respecto a las anteriores. Posibilitaron la simultaneidad entre un cálculo y una operación de E/S. Este concepto en la práctica dio pocos resultados, debido, en gran medida, a la desproporción entre la velocidad de cálculo interno y las velocidades de E/S, que hacían que la CPU no se utilizara más que en un pequeño porcentaje de tiempo. El paliativo para este problema fue que las operaciones de E/S se realizaran utilizando como soporte de almacenamiento unidades de cinta magnética, mucho más rápidas que las lectoras de tarjetas y las impresoras. Para lograrlo, se copiaba la información contenida en el soporte tarjeta a soporte cinta magnética y de ésta a impresora con un proce-

sador auxiliar. Este procedimiento de explotación, cuyo esquema se observa en la figura 1.4, se denominó procesamiento por lotes. En esta modalidad de procesamiento, cada lote estaba compuesto por varios trabajos y era preciso esperar que el lote cargado en la cinta magnética se procese por completo para obtener los resultados de cada trabajo.

El período de explotación de estas computadoras fue el comprendido entre 1959 y 1964.

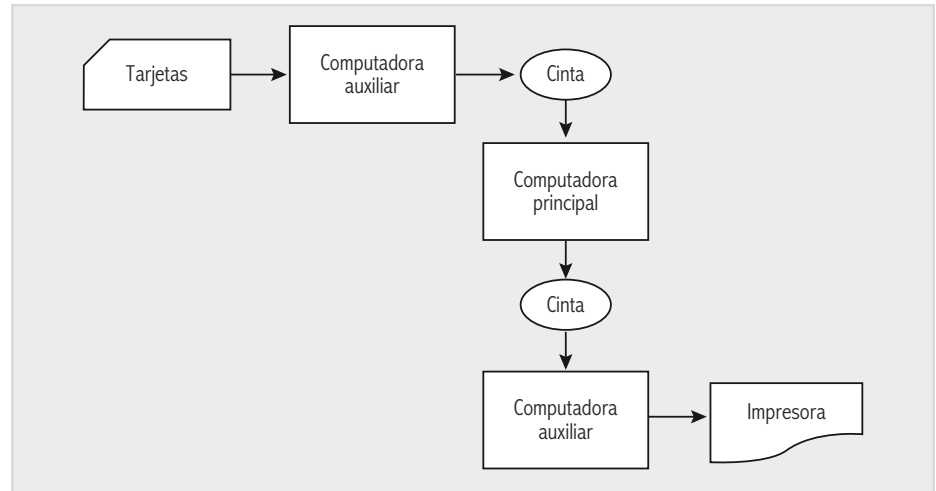


Fig. 1.4. Procesamiento por lotes.

1.5.3 Computadoras de 3ª generación

A partir de 1964 comenzó la 3ª generación de computadoras con tecnología de circuitos integrados (varios componentes electrónicos incluidos en un solo bloque de silicio). Estos circuitos eran del tipo SSI o *Small Scale Integration* (pequeña escala de integración) y MSI o *Medium Scale Integration* (mediana escala de integración) y permitieron el incremento de la velocidad interna de la computadora y la reducción de la energía que utilizaban.

En esta etapa se pudo explotar la **multiprogramación**, método que consiste en que varios programas residan en forma simultánea en la memoria en estado de ejecución. En un instante dado sólo uno de ellos utiliza la CPU, pero los otros pueden efectuar operaciones de entrada/salida en forma simultánea. Cuando el programa que ejecuta la CPU se detiene en espera de una operación de entrada/salida, otro programa toma su lugar, deja al primero suspendido y evita, así, que se produzcan tiempos inactivos en la CPU.

Las computadoras de 3ª generación dividen su memoria “lógicamente” en dos zonas: una reservada a los “trabajos del usuario” y la otra a la “conversión de soportes y carga”. A simple vista podría afirmarse que las particiones corresponden a la computadora principal y a la auxiliar de la 2ª generación, respectivamente. Sin embargo, hay una diferencia importante: la “carga por lotes” se sustituyó por la “carga continua”. Los trabajos se ponen en **cola de espera** en un disco magnético y el sistema operativo es el que se encarga de ejecutarlos según un nivel de prioridad. Los resultados, que son transferidos al disco, luego son extraídos por la impresora. En la figura 1.5 se representa el esquema.

Multiprogramación: método que consiste en que varios programas residan en forma simultánea en la memoria en estado de ejecución.

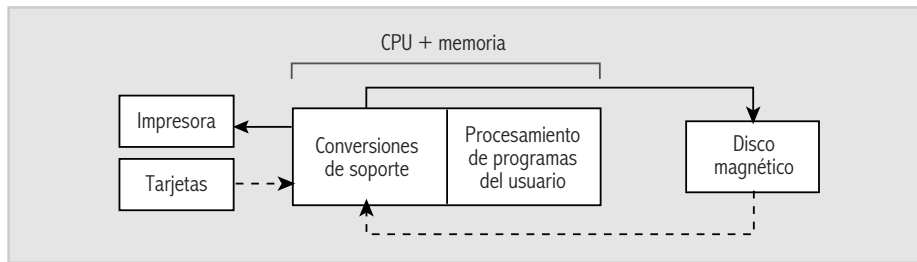


Fig. 1.5. Procesamiento por lotes en la 3ª generación.

Se hace necesario establecer la diferencia entre la multiprogramación y el multiprocesamiento. El término **multiprocesamiento** se utiliza cuando se procesan varios programas, en forma simultánea, en CPU diferentes que se relacionan entre sí. A partir de la 3ª generación, es posible la gestión denominada **teleproceso** o procesamiento a distancia. El teleproceso es un sistema de carga directa, con la ventaja de que los datos pueden ingresar y egresar por terminales remotas según una prioridad dada. Durante este período se desarrollan los primeros sistemas **interactivos**, que permiten que el usuario intervenga en la actividad del procesamiento. El diálogo se gestiona utilizando un terminal con menús o cuestionarios que el sistema formula y el usuario responde.

A fin de atender gran número de procesos, una computadora puede asignar en forma alternada una parte del tiempo de CPU a cada uno, esto produce un efecto de aparente simultaneidad de ejecución. Esta forma de organizar el procesamiento se denomina **tiempo compartido** o **time sharing**.

Cuando un sistema admite la atención de múltiples usuarios se denomina **multiusuario**. Todo sistema multiusuario es **multitarea** y, además, se ocupa de la administración de los recursos asignados a los usuarios.

Por último, en esta etapa se desarrolla el concepto de **máquina virtual**, que simplifica la labor del programador, ya que éste no conoce más que una máquina ficticia creada y controlada por el sistema operativo, que no presenta limitaciones de configuración (sobre todo en capacidad de memoria central), provocada en gran medida por la actividad compartida de varios usuarios. Esta generación se extendió hasta 1971.

1.5.4 Computadoras de 4ª generación

Se considera que el período de la 4ª generación de computadoras está comprendido entre 1971 y 1987. La tecnología aplicada en la fabricación de circuitos pertenece a la clasificación LSI o *Large Scale Integration* –escala de integración grande–, que permitió incluir una CPU completa en una sola pastilla, que se denomina **microprocesador**. En esta etapa el procesamiento se realiza en mayor medida en **tiempo real**. Considerando los sistemas interactivos, se hace posible la consulta y la actualización de datos, así como el acceso a **grandes bancos de datos** que utilizan, incluso, unidades inteligentes distribuidas en redes, como los sistemas de cajeros automáticos bancarios. Se desarrollan nuevas utilidades a partir de la sencilla comunicación usuario-máquina: enseñanza asistida por computadora, consultas telefónicas que entregan una respuesta oral al usuario, regulación automática de semáforos, control automático de procesos relativos a una línea de producción manufacturera, diseño de proyecto asistido por computadora, hojas de cálculo y poderosos procesadores de texto que automatizan prácticamente el total de las tareas de oficina.



Cuando un sistema admite la atención de múltiples usuarios se denomina **multiusuario**.



Una CPU completa incluida en un solo chip se denomina **microprocesador**.

Hasta esta etapa, los avances tecnológicos estuvieron concentrados en lograr mejorar el hardware de la computadora y así obtener equipos más pequeños, menos costosos y más rápidos. A partir de entonces, también se puso atención en la necesidad de mejorar el software para que permitiera una mayor velocidad de procesamiento, ya que los avances en el hardware parecían agotados.

1.5.5 Computadoras de 5ª generación

En la década de 1980 se llevó a cabo una revolución en la concepción de diseño de una computadora (arquitecturas RISC, pipelines, superescalaridad, niveles de caché, etc.) y se desarrollaron los primeros avances considerados como el ingreso en una nueva etapa, la 5ª generación de computadoras. En ella, las supercomputadoras desarrollaron funciones inteligentes, basadas en experiencias sobre inteligencia artificial. Las cuatro generaciones anteriores se definieron con precisión, pero para la mayoría de los autores la 5ª todavía está en proceso, debido al actual desarrollo de programas de investigación, cuyo paradigma propone que es necesario diseñar funciones inteligentes capaces de adaptarse a aplicaciones que así lo requieran. En la mayoría de las arquitecturas propuestas hasta el presente se hace claramente visible la distancia entre el hardware y el software. Un objetivo de las nuevas tendencias es que éstos tiendan a unirse.

En los procesadores actuales se ejecutan varias etapas de las instrucciones en paralelo y éste es un ejemplo de avance respecto de las máquinas anteriores, que procesaban cada etapa de una instrucción en un orden secuencial estricto. Sin embargo, las expectativas de esta nueva generación apuntan a que los cambios creen una revolución profunda y no una mejoría gradual de las computadoras anteriores, como la ejemplificada. Los objetivos son por demás ambiciosos. Los precursores de esta idea indicaron que uno de los parámetros que permite dar un gran salto evolutivo es la comprensión del lenguaje hablado, el reconocimiento de las formas, la lectura de información escrita y, en definitiva, el reconocimiento de toda forma de comunicación humana. Se resalta la necesidad de una interfaz hombre/máquina de elevada inteligencia, que demuestre cualidades de juicio similares a las del hombre.

El Gobierno japonés es uno de los más destacados propulsores de este proyecto; no obstante, más allá de los orígenes del programa de 5ª generación, su paulatina concreción influye gradualmente en los problemas sociales y económicos de todos los países del mundo, y es por esto una iniciativa internacional. Ya en octubre de 1981 se celebró en Tokio una conferencia sobre el tema, cuya finalidad era buscar la colaboración occidental de manera de aunar esfuerzos. Las características de las máquinas de 5ª generación dependen de proyectos ya en marcha, en los que se diferencian tres áreas fundamentales de desarrollo: integración de microcircuitos en muy alta escala, nuevos métodos de procesamiento de datos, nuevas arquitecturas y avances en el diseño de memorias con mayor capacidad y velocidad.

Respecto de la arquitectura de computadoras, una postura es la que divide las máquinas de quinta generación en niveles. Los superiores se encargan de la aplicación y la interfaz hombre/máquina en lenguaje natural: un procesador de conocimientos implementado sobre una máquina virtual con una base de datos y una red de comunicación, una configuración secuencial de procesadores de propósito específico, un procesador vectorial, otro de comunicaciones, uno de base de datos y otro de sistema operativo.

El procesador de conocimiento es el corazón de esta máquina, el lenguaje de este núcleo es de inferencia lógica, de manera de dotarlo de capacidad de resolución de problemas. El procesador de base de datos representaría el centro neurológico del procesador de conocimiento. La complejidad de los proyectos en investigación supone la concreción de muchos proyectos individuales que no terminarán su evolución al mismo tiempo. En algunos de ellos la propuesta plantea el alejamiento de la tendencia actual hacia las máquinas de propósito general y se incrementa el número de procesadores de propósito dedicado.

Se sustituyen lenguajes de alto nivel por otros de mayor capacidad para la manipulación de símbolos y recursos lógicos, semejantes a los precursores utilizados en los comienzos de la inteligencia artificial, Prolog y Lisp.

Es evidente que las computadoras van a participar de manera muy activa en su propia evolución; los diseños de alta prestación requieren cada vez más de la inteligencia de las computadoras, independientemente del tipo de material eléctrico que las sustente.

El objetivo del programa de 5ª generación supone que las computadoras tengan capacidades cognitivas superiores a la humana. Por lo tanto, los distintos soportes de información deberán contener los datos de la información cultural que posee el hombre, además de los conocimientos específicos o expertos de una materia en sí. Éste es el campo que se conoce como Ingeniería del conocimiento; su objetivo es verter en la memoria de la computadora un vasto cúmulo de conocimientos útiles y que ésta, a su vez, pueda relacionarlos. Esto implica una mayor densidad de memoria y un ajuste en su organización, que depende del desarrollo de sistemas más eficientes, ya sea en la tecnología de estado sólido como en las memorias de masa. El desarrollo de tecnologías para almacenamiento de información es esencial para realizar tareas inteligentes, puesto que la información debe almacenarse a corto o a largo plazo, procesarse y recuperarse cuando sea necesario.

1.6 Procesamiento de datos y sistemas de información

Para interpretar qué se entiende por **procesamiento de datos y sistemas de información**, primero debemos definir algunos conceptos. Los **datos** son conjuntos de símbolos que representan un objeto concreto o abstracto, mientras que la **información** es la consecuencia de procesar los datos para que tengan un significado. Así, la información permite disminuir la incertidumbre y facilita la toma de decisiones más acertadas. Procesar datos implica que se relacionen entre sí o que formen parte de un contexto, o ambas situaciones; por ejemplo, “38 °C” es un dato aislado que si se contempla en el contexto del pronóstico del clima nos permite prepararnos para una jornada de calor, pero si se trata de la temperatura corporal nos indica que es preciso tomar una aspirina y llamar al médico.

Los datos que procesa una computadora no tienen significado para ella, sino que lo tienen para el usuario que los recibe y puede interpretarlos en su propio contexto. De lo expresado antes se desprende que no todos los datos representan información, pero que la información implicó la elaboración de un conjunto de datos.

Los términos **sistema de información** o **sistema de informática** se utilizan para referirse al conjunto coordinado de elementos, datos y procesos, cuya interacción permite la obtención de la información; en el caso de sistemas automatizados se utiliza como “unidad de procesamiento” la computadora (hardware + software), o bien un conjunto de computadoras relacionadas entre sí.

En un sistema de información deben coordinarse los procesos y los datos del sistema que administra la computadora y los procesos y los datos del usuario. Siempre todos cooperan entre sí para la elaboración de la información (**procesamiento de datos** o **cómputo de datos**).

Un proceso especifica la actividad interna del sistema y estará representado por una secuencia de instrucciones pertenecientes a uno o varios programas relacionados, de manera que verifique la serie finita de operaciones definida en un **algoritmo**.

Procesar datos significa realizar alguna operación sobre ellos (véase la figura 1.6). Por lo tanto, los “datos de entrada al proceso” (**input**) se transformarán en “resultados” (**output**), en general, luego de que alguna de estas operaciones los afecte:



Datos: conjuntos de símbolos que representan un objeto concreto o abstracto.



Información: datos procesados con significado en un contexto real que permita al usuario la toma de decisiones.



Sistema de información o sistema de informática: se refiere al conjunto coordinado de elementos, datos y procesos, cuya interacción permite la obtención de la información.

- Cálculo.
- Comparación.
- Clasificación (ordenamientos, intercalaciones).
- Transformación (por ejemplo, de datos numéricos a gráficos).
- Transferencia.
- Almacenamiento (para usarlos con ulterioridad).
- Consulta.



Fig. 1.6. Esquema de proceso de datos.

El conjunto de los resultados constituye **información**, ya que los datos elaborados o procesados están incluidos en un contexto válido para quien los interpreta y no son elementos aislados. Esto implica que el objetivo del **procesamiento de datos** es obtener **información**.

Los datos de entrada son, internamente, una estructura binaria organizada que respeta un convenio dispuesto de antemano, denominado **código**. Éste permite establecer una relación entre dígitos binarios (símbolos de la computadora) y los símbolos que el usuario utiliza para construir datos: números, letras, caracteres especiales, auditivos, gráficos o visuales. Toda operación que se realice sobre los datos debe practicarse en cierto orden; así, los resultados de una operación pueden ser usados por otras, o sea, en orden secuencial. La secuencia lógica de pasos se describe con la confección de un programa. Las salidas también son información codificada en binario (lenguaje poco amistoso para el usuario) y, para que se represente en símbolos fáciles de comprender, se decodifican. La **decodificación** convierte el código binario a código de usuario (letras, números, puntos, comas, etc.).

Un dato puede ser una cadena de caracteres o *string*, que ingresa por teclado y se ve en el monitor. Sin embargo, la mayoría de los procesos en un sistema informático toma y vuelca datos organizados en estructuras mayores denominadas **archivos** (*files*), según se puede observar en la figura 1.7.

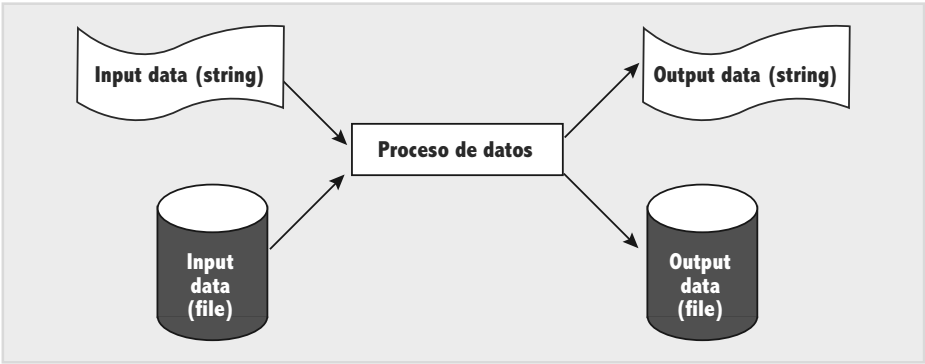


Fig. 1.7. Entrada/salida en archivos.

1.7 Sistemas sincrónicos de propósito general

Hay sistemas orientados a tareas que no cambian. En estos sistemas, llamados de **propósito específico**, la tarea que debe realizar la computadora es fija y está definida por los circuitos que constituyen una unidad de control; por lo tanto, la memoria sólo soporta datos de entrada y resultados obtenidos como salida. Un cambio en la especificación de la tarea implica una alteración del hardware del procesador. Este tipo de computadoras se emplea en aplicaciones que no requieren cambios continuos.

En los sistemas llamados de **propósito general** o **computadoras** la tarea asignada a la computadora se puede cambiar, está definida en software y se denomina **aplicación**. La CPU recibe las instrucciones desde la memoria principal, donde fueron almacenadas previamente junto con los datos de entrada.

Estos sistemas requieren que primero se desarrolle la tarea de programación, que consiste en la elaboración de un algoritmo y su representación en un lenguaje. El resultado de esta actividad se denomina **programa**. La tarea de la computadora cambia, en tanto cambie el programa almacenado en memoria. Cada instrucción del programa es transferida desde la memoria a la CPU, y es el módulo **unidad de control** (CU) el que se encarga de organizar en el tiempo el conjunto de operaciones elementales que permitan su ejecución. A cada una de estas operaciones elementales se las denomina **microoperaciones**.



En sistemas de propósito específico, la tarea que debe realizar la computadora es fija.

1.8 Arquitectura de computadoras: Los primeros conceptos

La tarea fundamental de una computadora digital es realizar cálculos o comparaciones entre datos u operandos. La palabra digital implica que el valor de los datos es discreto y limitado y se representa con combinaciones de **0** y **1**, o sea, son máquinas binarias. Los datos son agrupaciones de bits que, como ya señalamos, al aplicar distintas técnicas de codificación se convierten en números y letras. Los comandos e instrucciones que controlan la operación de la computadora también se codifican en binario, de modo tal que los bits constituyen el “alfabeto” de la computadora.

Una computadora es un sistema que incluye módulos de hardware y de software. El **hardware** es el conjunto de dispositivos electrónicos y electromecánicos que constituyen la estructura física de la computadora. Es la porción “dura”, lo tangible (*hard* = duro; *hardware* = ferretería). En tanto que la parte lógica o “logicial”, se denomina **software**, que es el nombre que identifica al conjunto de programas para procesar datos en un equipo de computación, esto es, su parte lógica (*soft* = blando). Sin el software, el hardware no podría procesar dato alguno o quedaría limitado a una tarea fija, como decíamos en procesadores de propósito específico. Un término más, que involucra ambos conceptos, es **firmware** y se utiliza para identificar los dispositivos físicos programados, como puede ser la programación de los múltiples usos que presta un electrodoméstico, o sea, que se fusionan los conceptos de hardware y software.

Por ejemplo, cuando se enciende la computadora se pone en funcionamiento el primer elemento software, un programa que lo hace apto para que el usuario lo pueda utilizar. En una PC (o *Personal Computer*), parte de este programa de arranque se define a nivel físico (firmware) junto con otros servicios dedicados a la atención rápida de entrada o salida de información, por ejemplo, servicio de atención del teclado.

Si se tiene claro que el esfuerzo empleado en el desarrollo de computadoras tiene como objetivo el tratamiento automático de datos, es imprescindible, entonces, conocer los fundamentos de los datos y sus formatos.



Bit es el acrónimo de *binary digit* (dígito binario) y es la unidad mínima de información.

Cómo decíamos, en las computadoras **digitales** las entidades (datos e instrucciones) están constituidas por agrupaciones de bits. **Bit** es el acrónimo de *binary digit* (dígito binario) y es la unidad mínima de información. Por ejemplo, si en un formulario se pide “marque con una cruz” la opción verdadera y “deje en blanco” las que considera falsas, las opciones verdaderas serán identificadas con un “1” en el campo de “opción marcada” y las falsas con un “0”.

Hay dos valores de bits diferentes, “0” y “1”, que tienen el significado numérico obvio, 0 y 1. También se puede pensar en significados alternativos: *off* y *on*; falso y verdadero; no y sí; cerrado y abierto. Sin embargo, puede resultar difícil imaginárselos. No se pueden ver ni tocar; además, si usted compra una computadora nadie le vende los bits para trabajar con ella. Estos razonamientos llevan a la conclusión de que los bits “viven” dentro de su computadora, y esa es la realidad. Internamente la computadora está compuesta por dispositivos electrónicos que actúan como conjuntos de llaves o interruptores, que permiten el paso de ciertos niveles de tensión. La “vida” de los bits depende de que la computadora esté conectada a una fuente de alimentación, de modo que un bit 1 se puede representar con un nivel de tensión. Por lo general se dice que “un 1 lógico” se corresponde con un nivel de tensión alto o *high* y que “un 0 lógico” se corresponde con un nivel de tensión bajo o *low*.

Un **byte** es una combinación de 8 bits. Así como el bit es el grano de arena, la unidad más pequeña en la construcción de un dato para procesar en la computadora, el byte, es el ladrillo, el bloque de construcción real de datos.

Cuando se hace referencia a medio byte, o 4 bits, se utiliza el término **nibble**. Es bastante común hacer referencia a esta medida; por ejemplo, en la representación de números empaquetados se habla de nibble menos significativo y nibble más significativo (el menos significativo de un byte corresponde al grupo de 4 bits de “extrema derecha” del conjunto de ocho bits).

Asimismo, la unidad elemental de representación de un dato es el byte, con el que, por ejemplo, se puede representar “la letra F” de “femenino”. La unidad elemental de representación de información es el bit; por ejemplo, un bit “uno” puede indicar que el género de una persona “es verdad” que es “femenino” y “cero” “que es falso” que lo sea. En este caso el bit se considera el valor de verdad de un dato y, por lo tanto, “nos da información”. Las computadoras necesitan procesar pequeños grupos de bytes (2, 4, 8). La **unidad de trabajo o procesamiento** de CPU se denomina **palabra de CPU** (tenga en cuenta que este término nada tiene que ver con el significado que estamos acostumbrados a darle a “palabra” en español). Su longitud tiene relación con la longitud de los registros asociados a la CPU y puede tener, o no, la misma cantidad de caracteres que el contenido de una posición de memoria (denominado también “palabra de memoria”). Considere estos registros como áreas de trabajo; por ejemplo, si el tamaño de los registros asociados a la CPU permite que se almacenen 8 bits, éste será su tamaño de palabra, entonces, cualquier operación para operandos de 16 bits se resuelve en dos pasos. Una computadora se puede programar para operar con datos de tamaño superior que la capacidad de sus registros, pero su tratamiento implica una mayor cantidad de pasos, lo que afecta la velocidad global de procesamiento. Por ejemplo, usted puede realizar el cálculo de dos números decimales de 6 dígitos en una calculadora “hipotética” con un visor de tres dígitos, pero resolverá el problema en dos pasos, lo que llevará más tiempo que hacerlo en una de 8 dígitos que lo resuelve en un solo paso.



Nibble: es una agrupación de 4 bits o medio byte. Un byte está constituido por dos nibbles, el de orden superior y el de orden inferior.



Palabra de CPU: es la unidad de trabajo o procesamiento de CPU expresada en bits.