

Repertorios de instrucciones: características y funciones

MSc. Elvin Rojas Ramírez

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTRUCCIONES MÁQUINA

El funcionamiento del CPU está determinado por las instrucciones que ejecuta.

Al conjunto de instrucciones distintas que puede ejecutar la CPU se le denomina ***repertorio de instrucciones*** de la CPU.

ELEMENTOS DE UNA INSTRUCCIÓN MÁQUINA

Cada instrucción necesita contener la información que necesita la CPU para su ejecución

- **Código de operación:** Especifica la operación a realizar (suma, E/S, etc.). La operación se indica mediante un código binario, denominado <<código de operación>> que es lo mismo que decir <<codop>>.
 - **Referencia a operandos fuente u origen**
 - **Referencia al operando resultado o destino**
 - **Referencia a la siguiente instrucción**
-

ELEMENTOS DE UNA INSTRUCCIÓN MÁQUINA ...

Los operandos fuente y resultado pueden estar en alguna de las siguientes áreas

- **Memoria principal o virtual**
 - **Registro de la CPU**
 - **Dispositivo de E/S**
-

REPRESENTACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES

Se representa por una secuencia de bits. Está dividida en campos. Se emplea más de un formato.

Durante su ejecución, la instrucción se escribe en un registro de instrucción (IR) de la CPU.

La CPU debe ser capaz de extraer los datos de los distintos campos de la instrucción para realizar la operación requerida.

REPRESENTACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES ...

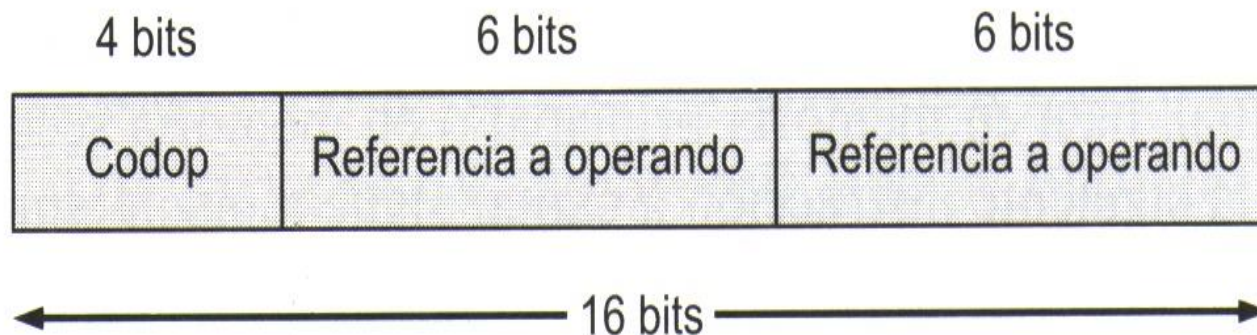


Figura 9.2. Un formato de instrucciones sencillo.

REPRESENTACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES ...

Los codops se representan mediante abreviaturas denominadas ***nemotécnicos***

- | | |
|-------|--|
| •ADD | Sumar |
| •SUB | Restar |
| •MPY | Multiplicar |
| •DIV | Dividir |
| •LOAD | Cargar datos de memoria |
| •STOR | Almacenar datos en memoria (memorizar) |
-

TIPOS DE INSTRUCCIONES

Un lenguaje de alto nivel expresa las operaciones de forma algebraica concisa, utilizando variables.

Un lenguaje máquina expresa las operaciones de una manera elemental, implicando operaciones de transferencia de datos a, o desde registros.

TIPOS DE INSTRUCCIONES ...

Cualquier programa escrito en alto nivel, debe traducirse a lenguaje máquina para ser ejecutado. Por tanto, **el repertorio de instrucciones máquina debe ser suficientemente amplio como para expresar cualquiera de las instrucciones de un lenguaje de alto nivel.** Teniendo esto presente, los tipos de instrucciones se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **De procesamiento de datos(aritmética y lógicas)**
- **De almacenamiento de datos**
- **De transferencia de datos**
- **De control(Comprobación y bifurcación)**

NUMERO DE DIRECCIONES

En la práctica, es muy raro encontrar instrucciones que contengan cuatro direcciones. La mayoría de las CPU trabajan con instrucciones de una, dos o tres direcciones, siendo implícita la dirección de la instrucción siguiente (obtenida a partir del contador de programa).

De hecho es posible arreglárselas con cero direcciones para algunas instrucciones.

NUMERO DE DIRECCIONES ...

Las instrucciones con tres direcciones no son comunes, ya que requieren formatos relativamente largos para albergar las tres referencias.

Con instrucciones de dos direcciones, y para operaciones binarias, una de las direcciones debe hacer el servicio doble de uno de los operandos y del resultado.

NUMERO DE DIRECCIONES ...

La instrucción de una sola dirección es aun más simple. Para que funcione, una segunda dirección debe estar implícita.

Instrucción		Comentario
SUB	Y, A, B	$Y \leftarrow A - B$
MPY	T, D, E	$T \leftarrow D \times E$
ADD	T, T, C	$T \leftarrow T + C$
DIV	Y, Y, T	$Y \leftarrow Y \div T$

(a) Instrucciones de tres direcciones

Instrucción		Comentario
MOVE	Y, A	$Y \leftarrow A$
SUB	Y, B	$Y \leftarrow Y - B$
MOVE	T, D	$T \leftarrow D$
MPY	T, E	$T \leftarrow T \times E$
ADD	T, C	$T \leftarrow T + C$
DIV	Y, T	$Y \leftarrow Y \div T$

(b) Instrucciones de dos direcciones

Instrucción		Comentario
LOAD	D	$AC \leftarrow D$
MPY	E	$AC \leftarrow AC \times E$
ADD	C	$AC \leftarrow AC + C$
STOR	Y	$Y \leftarrow AC$
LOAD	A	$AC \leftarrow A$
SUB	B	$AC \leftarrow AC - B$
DIV	Y	$AC \leftarrow AC \div Y$
STOR	Y	$Y \leftarrow AC$

(c) Instrucciones de una dirección

Figura 9.3. Programas para calcular $Y = (A - B) \div (C + D \times E)$.

NUMERO DE DIRECCIONES ...

Tabla 9.1. Utilización de las direcciones de las instrucciones
(instrucciones sin bifurcación)

Número de direcciones	Representación simbólica	Interpretación
3	OP A, B, C	$A \leftarrow B \text{ OP } C$
2	OP A, B	$A \leftarrow A \text{ OP } B$
1	OP A	$AC \leftarrow AC \text{ OP } A$
0	OP	$T \leftarrow T \text{ OP } (T - 1)$

AC = acumulador

T = cabecera de la pila

A, B, C = posiciones de memoria o registros

Menos direcciones por instrucción significan instrucciones más primarias, lo que requiere una CPU menos compleja.

Instrucciones más cortas, por lo tanto los programas contienen más instrucciones.

DISEÑO DEL REPERTORIO DE INSTRUCCIONES

El repertorio de instrucciones define muchas de las funciones realizadas por la CPU. **El repertorio de instrucciones es el medio que tiene el programador para controlar la CPU.** Algunos aspectos más básicos relativos al diseño de repertorios de instrucciones son:

- ❑ **Repertorio de operaciones:** Cuantas y que operaciones considerar.
 - ❑ **Tipos de datos:** Los distintos tipos de datos con los que se efectúan operaciones.
-

DISEÑO DEL REPERTORIO DE INSTRUCCIONES ...

- ❑ **Formatos de instrucciones:** Longitud de la instrucción (en bits), número de instrucciones, tamaño de los distintos campos.
 - ❑ **Registros:** Número de registros de la CPU
 - ❑ **Direccionamiento:** El modo o modos de direccionamiento mediante los cuales puede especificarse la dirección de un operando.
-

TIPOS DE OPERANDOS

Las instrucciones máquina operan con datos.

- ☐ Direcciones
- ☐ Números
- ☐ Caracteres
- ☐ Datos lógicos

Las direcciones pueden considerarse como números enteros sin signo.

TIPOS DE DATOS EN EL PENTIUM II

El Pentium II puede tratar tipos de datos de 8 (byte), 16 (palabra), 32 (palabra doble) y 64 (palabra cuádruple) bits de longitud.

Tabla 9.2. Tipos de datos del Pentium II

Tipo de datos	Descripción
General	Posiciones de byte, de palabra (16 bits), de palabra doble (32 bits), y de palabra cuádruple (64 bits), con contenido binario arbitrario.
Entero	Un valor binario con signo contenido en un byte, una palabra, o una palabra doble, representado en complemento a dos.
Ordinal	Un entero sin signo contenido en un byte, una palabra, o una palabra doble.
Decimal codificado en binario (BCD) desempquetado	Representación de un dígito BCD en el rango de 0 a 9, con un dígito en cada byte.
BCD empaquetado	Representación empaquetada de dos dígitos BCD en un byte; valor en el rango de 0 a 99.
Puntero de proximidad (puntero cercano)	Una dirección efectiva de 32 bits que representa el desplazamiento dentro de un segmento. Utilizado para todos los punteros en una memoria no segmentada y para referencias dentro de un segmento en una memoria segmentada.
Campo de bits	Una secuencia contigua de bits en la que cada posición de bit se considera como unidad independiente. Una cadena de bits puede comenzar en cualquier posición de cualquier byte y puede contener hasta $2^{32} - 1$ bits.
Cadena de bytes	Una secuencia contigua de bytes, de palabras, o de palabras dobles, que contiene de 0 a $2^{32} - 1$ bytes.
Coma flotante	Véase la Figura 9.4.

TIPOS DE OPERACIONES

En todas las máquinas podemos encontrar los mismos tipos generales de operaciones.

- ☐ Transferencia de datos
 - ☐ Aritméticas
 - ☐ Lógicas
 - ☐ De conversión
 - ☐ De E/S
 - ☐ De control del sistema
 - ☐ De control de flujo
-

TIPOS DE OPERACIONES ...

Tabla 9.4. Acciones de la CPU para varios tipos de operaciones

Transferencia de datos	<p>Transfiere datos de una posición a otra.</p> <p>Si se implica a la memoria:</p> <p>Determina la dirección de memoria.</p> <p>Realiza la transformación de direcciones de memoria virtual a real.</p> <p>Comprueba la cache.</p> <p>Inicia la lectura/escritura en/de memoria.</p>
Aritmética	<p>Puede implicar transferencias de datos, antes y/o después.</p> <p>Realiza la operación en la ALU.</p> <p>Actualiza códigos e indicadores de condición.</p>
Lógica	<p>Lo mismo que en una aritmética.</p>
Conversión	<p>Similar a la aritmética y a la lógica. Puede implicar a lógica especial para realizar la conversión.</p>
Control de flujo	<p>Actualiza el contador de programa. En el caso de llamadas y retornos de subrutinas, gestiona la transferencia y enlace de parámetros.</p>
E/S	<p>Cursa una orden a un módulo de E/S.</p> <p>En el caso de E/S asignada en memoria, determina la dirección de memoria correspondiente.</p>

TIPOS DE OPERACIONES ...

❑ Transferencia de datos

La instrucción de transferencia de datos debe especificar varias cosas. En primer lugar, deben especificarse las **posiciones de los operandos fuente y destino**.

Cada posición podría ser de **memoria, un registro, o la cabecera de la pila**. En segundo lugar, debe indicarse la longitud de los datos a transferir. En tercer lugar, como en todas las instrucciones con operandos, debe **especificarse el modo de direccionamiento** para cada operando

TIPOS DE OPERACIONES ...

□ Aritméticas

Suma, Resta, Multiplicación y División. Otras operaciones: Absolute, Negate, Increment, Decrement.

□ Lógicas

La mayoría de las máquinas también disponen de diversas operaciones para manipular bits individuales dentro de una palabra o de otra unidad direccionable. Están basadas en operaciones booleanas. Además de las operaciones lógicas bit a bit, la mayoría de las máquinas ofrecen diversas funciones de desplazamiento y rotación.

TIPOS DE OPERACIONES ...

❑ Conversión

Las instrucciones de conversión son aquellas que cambian el formato u operan sobre el formato de los datos. Ej: es la conversión de decimal a binario.

❑ Control del sistema

Las instrucciones de control del sistema son, por lo general, instrucciones privilegiadas que pueden ejecutarse sólo mientras **el procesador está en un estado privilegiado** concreto o está ejecutando un programa de una zona privilegiada específica de memoria.

TIPOS DE OPERACIONES ...

☐ **Control de flujo**

Cambiar la secuencia de ejecución de instrucciones. Para estas instrucciones, la operación que realiza la CPU es actualizar el contador de programa para que contenga la dirección de alguna de las instrucciones que hay en memoria.

Razones por las que se necesita las operaciones de control de flujo:

- ☐ Poder ejecutar cada instrucción más de una vez
 - ☐ Tomas de decisiones
-

Instrucciones de Bifurcación

Tiene como uno de sus operandos la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar. Las más frecuentes son las instrucciones de **salto condicional**. Es decir, se efectúa la bifurcación (se actualiza el contador de programa con la dirección especificada en el operando) solo si se cumple una condición dada.

TIPOS DE OPERACIONES EN EL PENTIUM II

Tabla 9.9. Condiciones de bifurcación para las instrucciones de salto condicional y SETcc del Pentium II

Símbolo	Condición comprobada	Comentario
A, NBE	$C = 0 \text{ AND } Z = 0$	Superior; no inferior o igual (en números con signo: mayor que).
AE, NB, NC	$C = 0$	Superior o igual; no inferior (mayor que o igual); no hay acarreo.
B, NAE, C	$C = 1$	Inferior; no superior o igual (menor que); hay acarreo.
BE, NA	$C = 1 \text{ OR } Z = 1$	Inferior o igual; no superior (menor que o igual).
E, Z	$Z = 1$	Igual; cero (para números con o sin signo).
G, NLE	$[(S = 1 \text{ AND } O = 1) \text{ OR } (S = 0 \text{ AND } O = 0)] \text{ AND } [Z = 0]$	Mayor que; no menor que o igual (con signo).
GE, NL	$(S = 1 \text{ AND } O = 1) \text{ OR } (S = 0 \text{ AND } O = 0)$	Mayor que o igual; no menor que (con signo).
L, NGE	$(S = 1 \text{ AND } O = 0) \text{ OR } (S = 0 \text{ AND } O = 1)$	Menor que; no mayor que o igual (con signo).
LE, NG	$(S = 1 \text{ AND } O = 0) \text{ OR } (S = 0 \text{ AND } O = 1) \text{ OR } (Z = 1)$	Menor que o igual; no mayor que (con signo).
NE, NZ	$Z = 0$	Distinto; distinto de cero (con o sin signo).
NO	$O = 0$	No desbordamiento.
NS	$S = 0$	No signo (no negativo).
NP, PO	$P = 0$	No paridad; paridad impar.
O	$O = 1$	Desbordamiento.
P	$P = 1$	Paridad; paridad par.
S	$S = 1$	Signo (negativo).

Instrucciones de llamada a procedimiento

Un procedimiento es un programa auto consistente que se incorpora a un programa más grande. En cualquier punto del programa se puede invocar o *llamar* al procedimiento. Las dos razones principales para el uso de los procedimientos son la economía y la modularidad.

Instrucciones de llamada a procedimiento ...

El uso de procedimientos requiere de dos instrucciones básicas: una instrucción de llamada (**Call**), que produce una bifurcación desde la posición actual al procedimiento; y una instrucción de retorno del procedimiento (Return) al lugar desde el que se llamó(**Ret**).

Instrucciones de llamada a procedimiento ...

La CPU debe preservar la dirección de retorno en algún sitio:

- Un registro
- Al principio del procedimiento
- En la cabecera de la pila

La aproximación más general y potente es utilizar una pila.

Instrucciones de llamada a procedimiento ...

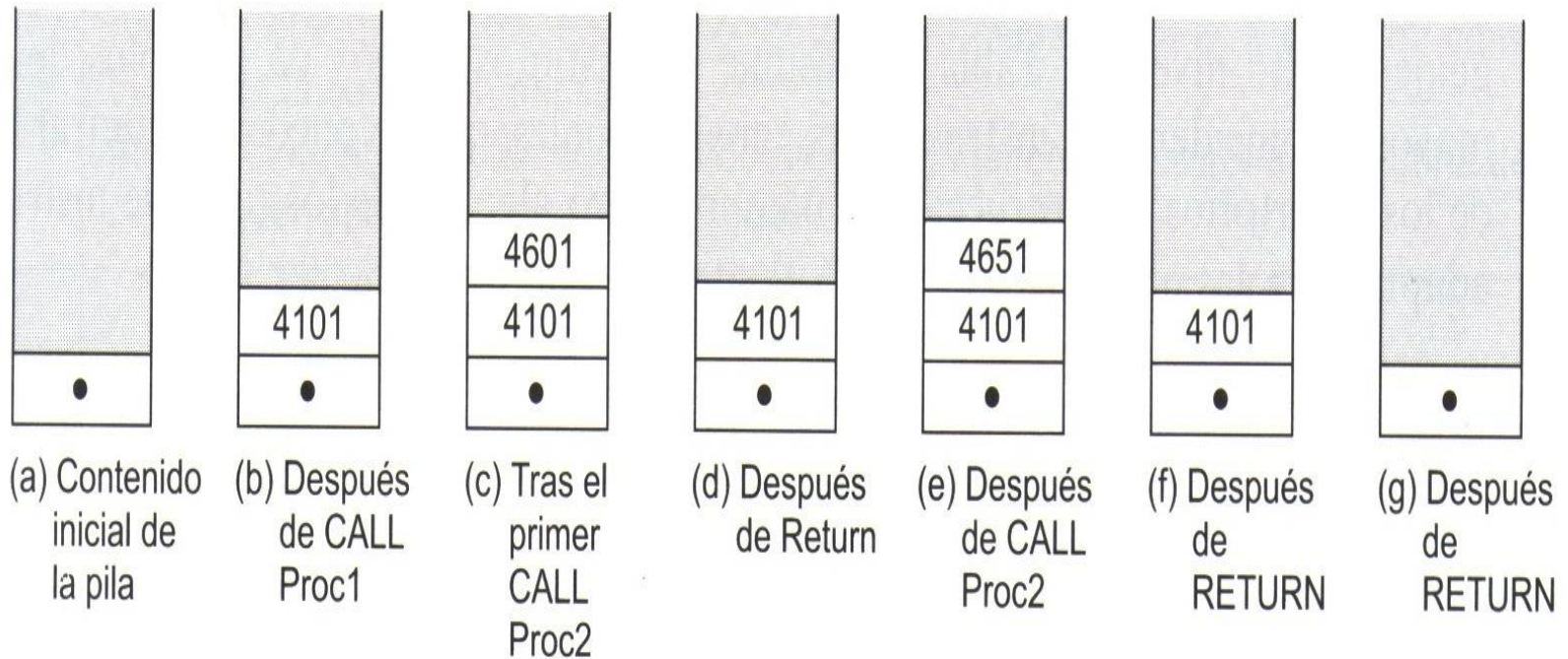


Figura 9.8. Uso de una pila para implementar el anidamiento de procedimientos de la Figura 9.7.

TIPOS DE OPERACIONES EN EL PENTIUM II

Instrucciones de llamada / retorno

La instrucción CALL apila el valor actual del puntero de instrucciones y provoca un salto al punto de entrada del procedimiento, colocando la dirección del punto de entrada en el puntero de instrucciones.

TIPOS DE OPERACIONES EN EL PENTIUM II ...

Códigos de condición

Los códigos de condición son bits de registros especiales que pueden ser activados por ciertas operaciones, y ser utilizados en instrucciones de bifurcación condicional.

La instrucción de comparación resta dos operandos, como hace la operación de resta, pero solo fija los bits de condición.

TIPOS DE OPERACIONES EN EL PENTIUM II

Tabla 9.8. Códigos de condición del Pentium II

Bit de estado	Nombre	Descripción
C	Acarreo	Indica un acarreo o un acarreo negativo en la posición de bit más significativa, tras una operación aritmética. También se modifica por algunas operaciones de desplazamiento y de rotación.
P	Paridad	Paridad del resultado de una operación aritmética o lógica. El 1 indica paridad par, y el 0 paridad impar.
A	Acarreo auxiliar	Representa un acarreo o un acarreo negativo entre las dos mitades de una operación aritmética o lógica de 8 bits utilizando el registro AL.
Z	Cero	Indica que el resultado de una operación aritmética o lógica es 0.
S	Signo	Indica el signo del resultado de una operación aritmética o lógica.
O	Desbordamiento	Indica un desbordamiento aritmético después de una suma o una resta.