



## EL MICROPROCESADOR

### INTRODUCCION

El microprocesador o CPU es un dispositivo electrónico digital, integrado, programable y de actuación secuencial que constituye el cerebro del computador.

Funcionalmente, es pues un dispositivo lógico, que asociado a otras unidades, permite el tratamiento de la información almacenada, en forma de "programa de instrucciones", siendo capaz de interpretar estas instrucciones y ejecutarlas controlando a las unidades implicadas en su realización.

Los computadores de hace diez años necesitaban un armario bastante grande para alojar los componentes de su CPU. Estaban formados por paneles abatibles soportando hileras de tarjetas de circuito impreso, interconectadas por medio de gruesos cables. En cambio, la CPU de un computador actual está contenida en un sólo chip LSI. La evolución de los microprocesadores fue relativamente muy rápida; veamos la evolución de la familia INTEL.

µP	Fecha	Características
4004	Nov. 1971	<b>DB = 4 bits 2300 transistores 60.000 instrucciones / s</b> Diseñado para su uso en calculadoras era lento, con instrucciones poco potentes y no admitía interrupciones, poseía un sumador rápido de números de 4 bits, 16 registros de 4 bits, un registro acumulador y una pequeña pila.
8008	Ene 1972	<b>DB = 8 bits 3.300 transistores</b> Juego de 45 instrucciones y direccionaba un máximo de 16 Kb. Se considera como la primera generación de microprocesadores.
8080	1974	<b>DB = 8 bits 4.500 transistores 200.000 instrucciones / s</b> El primer microprocesador realmente diseñado para uso general.
8085	1976	<b>8 bits</b> tenía una sofisticada lógica de control, tenía integrada, una entrada/salida serie, y admitía interrupciones.
8086	1978	<b>DB = 16 bits 27.000 transistores</b> <b>f = 4,77 , 8 -&gt; 0.2 millones de instrucciones por segundo y 10 MHz</b> Es un descendiente directo del 8080, pero con registros de 16 bits, un bus de datos de 16 bits y direccionamiento de 20 bits, y permite controlar más de un megabyte de memoria. Está disponible con velocidades de 4,77, 8 y 10 MHz.
8088	1979	<b>DBexterno= 8 bits DBinterno= 16 bits</b> <b>f = 4,77 MHz.</b> Versión simplificada del 8086. Tiene un bus de direcciones de 20 líneas y puede direccionar 64 Kb de puertos. Es el micro que



		montaban los primeros IBM PC.
80286	1982	<p><b>DB = 16 bits</b></p> <p><b>f = 8, 10, 12, 16 y 20 MHz</b></p> <p>El 80286 dispone de registros de 16 bits, transfiere información a través del bus de datos a 16 bits simultáneos y utiliza 24 bits para direccionar la memoria. El 80286 puede operar en dos modos, el real (que es compatible con MS-DOS y con los límites de los chips 8086 y 8088) y el protegido (que potencia la funcionalidad del microprocesador).</p> <p>El modo real limita a 1 megabyte la cantidad de memoria que el microprocesador puede direccionar.</p> <p>En el modo protegido, el 80286 puede acceder directamente a 16 megabytes de memoria. Además, un 80286 en modo protegido protege al sistema operativo de aplicaciones que provocan fallos. Esta protección no existe en procesadores 8088 y 8086, ni está presente en el 80286 cuando funciona en modo real</p>
80186	1982	<p><b>DB = 16 bits    120.000 transistores</b></p> <p>era un 8086 con la lógica de control del bus y algún dispositivo más integrado.</p>
80188	1983	<p><b>27.000 transistores</b></p> <p>Era un 8088 con algunas cosas más integradas.</p>
80386	1985	<p><b>DB = 32 bits    275.000 transistores.</b></p>
80386 SX	1988	<p><b>DBexterno= 16 bits    DBinterno = 32 bits</b></p> <p>Denominado también 386SX en informática. Se trata de un microprocesador de Intel, introducido en 1988 como un producto de bajo costo alternativo al 80386DX.</p> <p>El 80386SX es básicamente un procesador 80386DX limitado por un bus de datos de 16 bits. El diseño basado en 16 bits permite configurar los sistemas 80386SX con componentes menos costosos del tipo AT, reduciendo considerablemente el precio total del sistema</p> <p>El 80386SX proporciona además prestaciones superiores al 80286 y compatibilidad con todo el <i>software</i> diseñado para el 80386DX. Incorpora también características del 80386DX, como la multitarea y el modo 8086 virtual.</p>
80387		<p><b>F = 16, 20, 25 y 33 MHz</b></p> <p>Denominado también 387 en el campo de la informática. Se trata de un <b>coprocesador</b> matemático, también denominado de coma flotante, diseñado por Intel para la familia de procesadores 80386. Está disponible a velocidades de 16, 20, 25 y 33 MHz. El coprocesador 80387 puede aumentar de forma considerable el rendimiento del sistema, siempre que el <i>software</i> de aplicación haga uso de él, ya que pone a disposición de la aplicación instrucciones aritméticas, trigonométricas, exponenciales y logarítmicas con las</p>



		<p>que no cuenta el 80386. El 80387 también incorpora operaciones fundamentales para el cálculo de senos, cosenos, tangentes, arcotangentes y logaritmos. Si se utilizan estas instrucciones adicionales, las operaciones son realizadas por el 80387, permitiendo al 80386 dedicarse a otras tareas.</p> <p>El 80387 puede procesar enteros de 32 y 64 bits, números en coma flotante de 32, 64 y 80 bits y operandos BCD (decimales codificados en binario) de 18 dígitos; cumple la norma ANSI/IEEE 754-1985 sobre aritmética en coma flotante binaria. El 80387 opera con independencia del modo en que se encuentre el 80386 y funciona correctamente cuando éste trabaja en modo real, protegido o en 8086 virtual.</p>
80486	1989	DB = 32 bits f = 25, 33 MHz
Pentium	1993	DB = 64 bits f = 60, 66, 75, 90, 100, 120, 133, 150, 166, 200 MHz
i 486 Sx		DB = 32 bits f = 25, 50 MHz Sin coprocesador matemático
i DX2		DB = 32 bits f = 50, 66 MHz
i DX4		DB = 32 bits f = 75 y 100 MHz
Pentium Pro		5,5 millones de transistores

## ARQUITECTURA INTERNA DEL MICROPROCESADOR

En él podemos distinguir dos zonas que serán :

- Zona de Registros (parte izquierda del esquema).
- Zona de Control (parte derecha del esquema).

En la zona de Registros están las células de memoria, donde se almacenan los datos. Por su parte la zona de Control, será la encargada de procesar las instrucciones.

Pasamos a explicar algunos de los bloques más importantes del microprocesador:

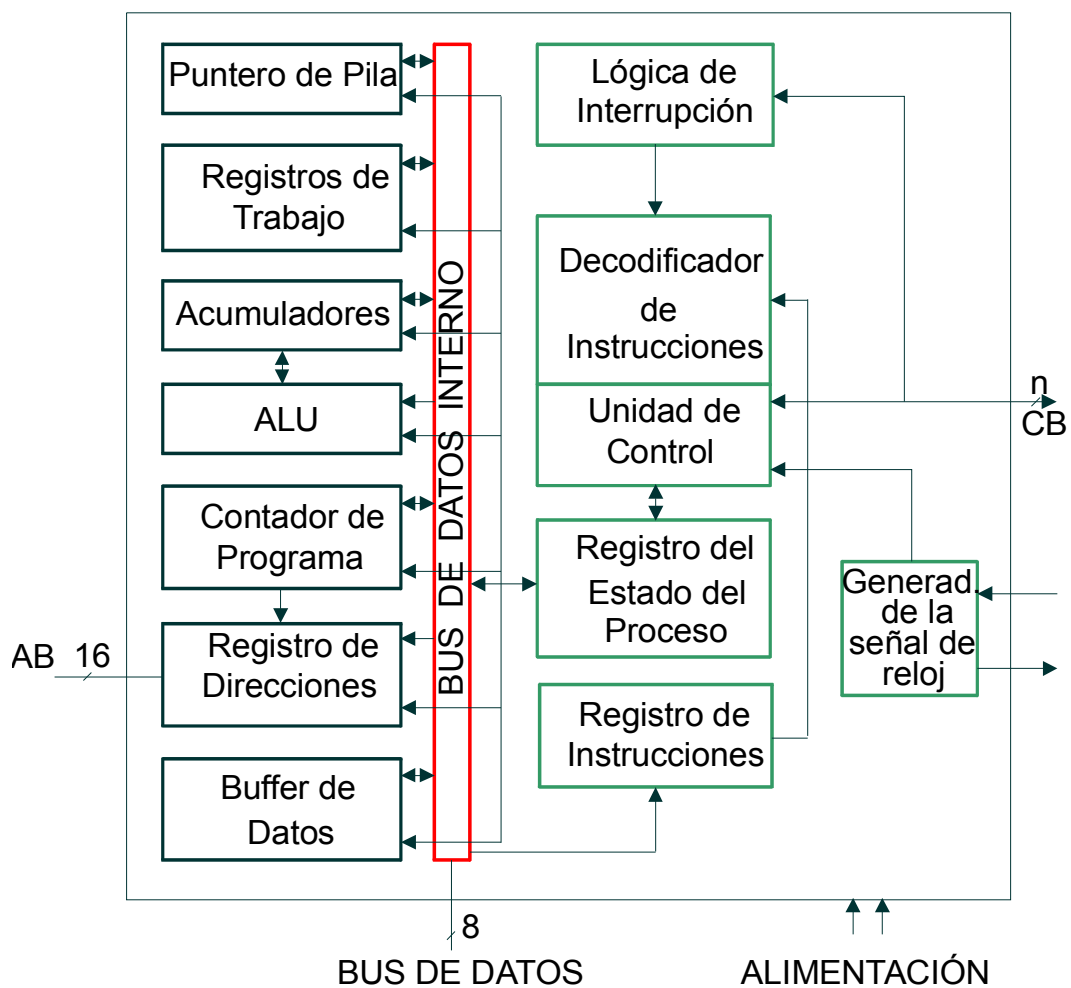
### UNIDAD DE CONTROL (U.C.)

Tiene como misión interpretar las instrucciones, desencadenar y supervisar las operaciones elementales que permitan ejecutar estas instrucciones. En definitiva, como resultado de la interpretación o decodificación de cada una de las instrucciones, la Unidad de Control, generará las adecuadas señales de control, que gobernarán y sincronizarán la actuación conjunta de las unidades externas e internas al microprocesador.



Hay que aclarar que cada instrucción consta de dos zonas: "Código de Operación" (C.O.), que tiene la extensión de un Byte, cuyo significado es el de ordenar. La otra zona es el "Operando" (OP). Su extensión es variable, y está formado por el dato a manipular. Esto nos permite afirmar que la zona de la instrucción que ingresa en la Unidad de Control es el Código de Operación, puesto que éste es el que determina que es lo que se debe hacer con el Operando.

### ARQUITECTURA BASICA DE UN MICROPROCESADOR



La ejecución de una instrucción empezará con la lectura del Código de Operación, que a través del Bus de Datos, pasará al interior del Registro de Instrucciones. A continuación, la Unidad de Control decodificará o traducirá la orden, y desencadenará una serie de operaciones elementales, sincronizadas con las fases de reloj, que permitirá ejecutar la instrucción.



La Unidad de Control tiene también la tarea adicional de gestionar la aceptación de los comandos que ingresan a través del Bus de Control, (interrupciones, detenciones, ...) y de generar el posicionamiento de los controles de salida según corresponda, (lectura, escritura, ...).

Existen dos tipos de Unidad de Control, que son la cableada y la microprogramada. La diferencia entre ellas radica en que las cableadas generan los comandos de control por Hardware, mientras que las microprogramadas lo hacen por Software, a tenor del programa almacenado en una ROM interna. Esta última solución es la más utilizada actualmente en los microprocesadores comerciales.

## UNIDAD ARITMÉTICO LÓGICA

La ALU es el órgano operativo del microprocesador. Efectúa las operaciones aritméticas, lógicas, de desplazamiento, y en general cualquier operación a la que deban someterse los datos. Esto significa que mientras las órdenes son procesadas por la Unidad de Control, los datos lo son por la ALU. Por tanto, las posibilidades operativas de la ALU dependerán, del repertorio de instrucciones que posea el microprocesador en cuestión.

Las operaciones con dos datos, por ejemplo suma aritmética, funciones AND, OR, etc., se efectuarán de manera que el primer dato se almacena en el Acumulador, y el segundo llega a la ALU a través del Bus Interno de Datos. El resultado de la operación es almacenado nuevamente en el Acumulador.

## ACUMULADOR

El Acumulador está comunicado bidireccionalmente con la ALU, ya que actúa como registro de datos y de resultados en las operaciones aritmético-lógicas, y como registro local para las operaciones que se realizan sobre un solo dato.

Algunos microprocesadores poseen dos acumuladores, lo que se traduce por lo general en un aumento de la velocidad de operación, ya que la ALU puede trabajar sobre ambos, y estos poseen a su disposición dos datos accesibles directamente.

## CONTADOR DE PROGRAMA

Es un registro cuya misión consiste en almacenar la dirección de la próxima instrucción a ejecutar, dentro de la secuencia ordenada por el programa. Una vez que se ha cargado el Código de Operación de la instrucción en el Registro de Instrucciones, la Unidad de Control traducirá o decodificará dicho Código de Operación, y alterará el contenido del Contador de Programa de una de las dos formas siguientes:

- Si después de interpretar el Código de Operación de la instrucción no se deriva un salto, la Unidad de Control incrementará el contenido del Contador de Programa en una unidad, de tal forma que este apuntará hacia la próxima posición de memoria, en la que se encuentra la nueva instrucción a ejecutar.
- Si por el contrario, al decodificar el Código de Operación de la instrucción en curso se comunica una orden de salto o ruptura de la secuencia normal, el contenido del Contador de



Programa será cargado con la dirección de salto, a partir de la cual continuará el programa normalmente.

En los microprocesadores de 8 bits, el Contador de Programa es un registro de 16 bits, característica que resulta clara si recordamos que el Bus de Direcciones de este tipo de microprocesadores consta de 16 líneas, y que el Contador de Programa es precisamente el registro encargado de entregar las configuraciones binarias de direccionamiento. A este respecto, diremos que con 16 bits, el Contador de Programa podrá generar 65536 posiciones de memoria distintas, ya que  $2^{16}$  es igual a 65536, siendo el rango de direcciones el siguiente:

	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
Dirección 0	0	0	0			.....								0	0	0
Dirección 1	0	0	0			.....								0	0	1
						.....										
						.....										
Dirección 65535	1	1	1			.....								1	1	1

Dado que la representación binaria es complicada, podemos establecer la adecuada correspondencia en notación hexadecimal, quedando:

Dirección 0	0000
Dirección 1	0001
	.....
Dirección 65535	FFFF

### REGISTRO DE ESTADO

Consta de varios biestables (señalizadores o flags) que contienen información sobre el resultado de la última operación efectuada; por ejemplo: signo, acarreo, paridad, etc.

### REGISTROS DE TRABAJO

Existen otros registros para actividades particulares, tales como contadores, índices, etc.

### LÓGICA DE INTERRUPCIONES

La función de la Lógica de Interrupciones, es establecer un orden de prioridad entre las distintas interrupciones.



Entendemos por interrupción, la detención del procesamiento normal que lleva a cabo la C.P.U., y permite a esta que salte a otros programas de atención a las interrupciones provocadas. Las fases de toda interrupción son:

- ◆ En cuanto se produce la interrupción y finaliza la ejecución de la instrucción en curso, se procede a la "salvación" en una parte de la memoria gobernada por el Puntero de Pila, del contenido de los registros más importantes de la C.P.U.
- ◆ El Contador de Programa se carga con el contenido de unas direcciones particulares.
- ◆ La C.P.U. ejecuta las instrucciones a partir del nuevo contenido del Contador de Programa.
- ◆ Acabado el programa de atención a la interrupción, se regresa al programa principal, recuperando desde la memoria los datos salvados al producirse la interrupción.

Las interrupciones pueden clasificarse en tres grupos:

- ◆ MASCARABLES (IRQ).- Son aquellas cuya activación se lleva a cabo por Software.
- ◆ NO MASCARABLES (NMI).- Son ejecutadas siempre.
- ◆ RESET.- Interrupción especial que reinicializa el programa. Hace que la C.P.U. tome una dirección de memoria determinada, y a partir de ella ejecuta el programa ya existente.

## PUNTERO DE PILA

Los datos fundamentales se almacenan en un lugar de la memoria central, llamada memoria de pila, zona en la que se almacenan los datos durante las interrupciones, y luego son devueltos al programa. Esta memoria es de tipo LIFO (Last Input First Out), la situación de la misma, en el conjunto de la memoria, se determina por el Puntero de Pila.

Fijémonos ahora en el esquema correspondiente al diagrama en bloques de la estructura interna de un microprocesador básico:

## DESARROLLO DE UNA SECUENCIA OPERATIVA DENTRO DEL $\mu$ PROCESADOR

Supongamos que queremos ejecutar con nuestro microcomputador un programa sencillo:

Sumar dos números X e Y, cuyo resultado Z sea almacenado en memoria. Imaginemos que las direcciones donde se encuentran estos números son:

X = 0033

Y = 0034

Z = 0035



El primer paso para resolver nuestro problema será recuperar el número X, que se encuentra en la dirección 0033, y almacenarlo en el registro interno Acumulador. A continuación cogeríamos de la memoria el dato Y almacenado en lo posición de memoria 0034 y lo sumaríamos en el ALU con el dato contenido en el Acumulador. El resultado se depositará en el Acumulador y de ahí lo salvaremos almacenándolo en la posición de memoria 0034.

DIRECCION	MEMORIA
0 0 0 0	SALTA
0 0 0 1	00
0 0 0 2	02
0 0 3 3	X
0 0 3 4	Y
0 0 3 5	Z
0 2 0 0	CARGAR
0 2 0 1	33
0 2 0 2	00
0 2 0 3	SUMAR
0 2 0 4	34
0 2 0 5	00
0 2 0 6	ALMACENA
0 2 0 7	35
0 2 0 8	00
0 2 0 9	PARA

Como sabemos cada instrucción se compone de dos partes, un Código de Operación, y un operando. En nuestro ejemplo, los Operandos ( las direcciones donde están almacenados o se van a almacenar los datos ), son datos de 16 bits, por lo cual ocupan dos posiciones de memoria, estando en la dirección más baja el byte menos significativo, y en la siguiente el byte más significativo.

El proceso pormenorizado sería el siguiente. La **Unidad de Control** del  $\mu$ procesador hace que inicialmente se cargue el **Contador de Programa** con el valor 0000, que es la dirección de memoria donde estará almacenado el programa a ejecutar. El contenido del contador de programa se transfiere al **registro de direcciones** y de aquí saldrá la dirección por el **bus de direcciones** indicando el **bus de control** que se va a efectuar un proceso de lectura poniendo la línea de lectura / escritura (  $R/\overline{W}$  ) a 1. El dato leído de la memoria 0000 vendrá por el bus de datos hacia el  $\mu$ procesador e ingresará en el **registro de instrucciones** puesto que es un código de operación. De aquí pasará al **decodificador de instrucciones** que desmenuzará la instrucción recibida en microinstrucciones y se las irá dando a la **unidad de control** para que valla gobernando sincronizadamente con la ayuda del generador de señal los distintos dispositivos internos y externos del  $\mu$ procesador.

... TO BE CONTINUED





Pudiera parecer que esto completa el programa, pero aún queda una cosa por hacer, y es informar al microprocesador que se han realizado todas las instrucciones. El Contador de Programa se incrementa nuevamente (0009), y esta posición contiene la instrucción final STOP. El Registro de Instrucciones envía este mensaje a la Unidad de Control, la cual se encarga de detener al Contador de Programa.

Queda claro, pues, que cada instrucción del programa requiere dos pasos:

- ◆ Leer en la memoria la orden que se va a realizar (Código de Operación), paso que se conoce con el nombre inglés FETCH (acceso).
- ◆ Leer en la memoria el dato con el cual se realizará la operación (Operando), paso que se conoce con la palabra inglesa EXECUTE (ejecución).

### ¿POR QUÉ ARRANCA EL COMPUTADOR?

El microprocesador está diseñado para ir siempre a una dirección de memoria, para arrancar un programa y ejecutarlo. Lógicamente la memoria en la que está el programa será ROM, pues de lo contrario al desconectar el computador perderíamos el programa y no sería posible volver a arrancar el computador.

En esa dirección está el Sistema Operativo, pero no entero pues al tratarse de una memoria ROM, para poder cambiar de versión de Sistema Operativo, tendríamos que cambiar el chip correspondiente a la memoria, y resultaría muy caro; por otra parte no podríamos meter todo el Sistema Operativo porque ocuparía demasiada memoria, y tendríamos que emplear muchos circuitos integrados. Lo que se suele meter en la memoria ROM es una parte del Sistema Operativo, que permita posteriormente cargar el resto del sistema. Esta dirección de memoria a donde se dirige el microprocesador una vez arrancado, es la misma en todos los microprocesadores de una misma clase, y distinta para cada tipo de microprocesador, por ejemplo todos los 80386 tienen la misma dirección de memoria, y esta es distinta de la de los 6502, Z80, etc.

El microprocesador trabaja en base a interrupciones, es decir, que el microprocesador está realizando su tarea hasta que uno de los periféricos le manda una señal para que intervenga. Como ya dijimos anteriormente, hay tres tipos de interrupciones, entre las que se encontraba el RESET. Vamos ahora a hacer una subdivisión de esta interrupción:

RESET FRÍO.- Es aquel que se realiza enchufando y desenchufando el ordenador. Lógicamente toda la información que tuviésemos almacenada en memoria se pierde.

RESET CALIENTE.- Es aquel que se realiza una vez encendido el ordenador y como consecuencia de accionar una tecla o una combinación de ellas.

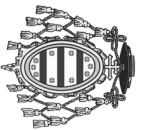
Supongamos un segmento de memoria como el indicado en la figura, donde podemos ver que podemos guardar en memoria RAM la dirección de memoria donde está la rutina que le indica al ordenador que se produzca una interrupción. Esta dirección de memoria vendrá dada por dos bytes, puesto que el bus de direcciones de un microprocesador de 8 bits, es de 16 bits. Primero tendremos la parte baja de la dirección de memoria, y luego la parte alta.

3FFA Dirección donde empieza el programa de atención a la interrupción. NMI

3F0A Dirección donde empieza el programa de atención a la interrupción. IRQ



0004	.
0003	Parte alta de la dirección (3F)
0002	Parte baja de la dirección (0A)
0001	Parte alta de la dirección (3F)
0000	Parte baja de la dirección (FA)



DIRECCIÓN	CONTENIDO DE LA MEMORIA
00 00	SALTA
00 01	00
00 02	02
.....	.....
00 33	X
00 34	Y
00 35	Z
.....	.....
02 00	CARGAR
02 01	33
02 02	00
02 03	SUMAR
02 04	34
02 05	00
02 06	ALMACENA
02 07	35
02 08	00
02 09	FIN

