



**ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS EXPERIMENTALES Y TECNOLÓGICAS  
INFORMÁTICA DE SISTEMAS**

# **ESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES**

## **INTRODUCCIÓN AL MICROPROCESADOR MOTOROLA 68000**

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROPROCESADORES.....	1
1.2. MICROCONTROLADORES Y PROCESADORES DE PROPÓSITO ESPECÍFICO .....	2
<b>2. FAMILIA DE MICROPROCESADORES M68000 .....</b>	<b>3</b>
<b>3. INTERFAZ DEL MICROPROCESADOR MC68000.....</b>	<b>4</b>
<b>4. EJEMPLO DE DISEÑO DE UN SISTEMA MÍNIMO CON MC68000.....</b>	<b>5</b>
<b>5. MODELO FUNCIONAL DEL MICROPROCESADOR MC68000.....</b>	<b>6</b>
<b>6. REGISTROS DE DATOS EN EL MC68000.....</b>	<b>7</b>
<b>7. REGISTROS DE DIRECCIONES EN EL MC68000.....</b>	<b>7</b>
<b>8. MEMORIA EN EL MC68000 .....</b>	<b>8</b>
<b>9. REGISTROS DE USO ESPECÍFICO DEL MC68000 .....</b>	<b>10</b>
9.1. CONTADOR DE PROGRAMA .....	10
9.2. PUNTEROS DE PILA .....	10
9.2.1 <i>Modelo de pila.....</i>	<i>10</i>
9.3. REGISTRO DE ESTADO.....	11
9.3.1 <i>El CCR y las operaciones aritméticas.....</i>	<i>11</i>
9.3.2 <i>El byte del sistema.....</i>	<i>12</i>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>13</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Un microprocesador es una UCP en una única pastilla de circuito integrado que incluye:

- La unidad de control
- La unidad aritmético-lógica
- Los buses internos de datos, direcciones y control

Limitaciones de los microprocesadores:

- Nivel de integración proporcionado por la tecnología de fabricación de circuitos integrados.
- Tecnología de encapsulamiento (número de patillas del chip).

Debido al constante incremento del nivel de integración de circuitos y a la mejora de la tecnología de encapsulamiento, los microprocesadores más actuales han alcanzado una complejidad muy elevada, e incluyen, entre otros, los siguientes elementos:

- Unidades de coma flotante
- Múltiples unidades de ejecución de instrucciones
- Memoria caché
- Unidades de lectura anticipada de instrucciones
- Tablas de anticipación de saltos
- Etc.

Todos los computadores actuales están basados en microprocesadores.

### 1.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROPROCESADORES

Algunos parámetros que caracterizan a los microprocesadores son los siguientes:

- Repertorio de instrucciones ejecutado
- Frecuencia de reloj
- Ancho de los buses internos
- Tamaño de los registros
- Tamaño de la memoria caché (si la incluye)
- Tecnología de fabricación
- Número de transistores
- Número de patas

Ancho de un microprocesador: ancho de su bus de datos.

- 4 bits: 4004
- 8 bits: 8008, 8080, 6800, Z-80, 8085
- 16 bits: 8086, 68000, 80286
- 32 bits: 68020, 68030, 68040, 80386, 80486, Pentium, PowerPC, K6, K7, R2000, R3000
- 64 bits: Alpha, SPARC, UltraSPARC, R4000, R5000, R10000, R12000, Merced

## 1.2. MICROCONTROLADORES Y PROCESADORES DE PROPÓSITO ESPECÍFICO

Microcontroladores (microcomputadores):

- Son procesadores que contienen memoria e interfaz para la gestión de entrada salida: en definitiva, son computadores en una sola pastilla.
- Se utilizan para controlar sistemas.
- La memoria que contienen puede tener parte EPROM y parte RAM.
- La complejidad del procesador y el tamaño de la memoria dependen de la complejidad del sistema que deba ser controlado.
- Ejemplos: 8051, PIC 16X84.

Procesadores de señal (DSP):

- Son procesadores destinados especialmente a realizar tratamiento de señales digitales (vídeo, audio, etc).
- El tratamiento digital de señales suele requerir principalmente en ejecutar bucles muy repetitivos con operaciones de suma y producto con accesos a estructuras de datos de tipo vector (convoluciones, transformadas de señal, etc): suelen incorporar memorias caché y tratamiento separado de instrucciones y datos (arquitectura Harvard).
- Ejemplo: familia TMS320 de Texas Instruments.

Otros procesadores de propósito específico:

- Procesadores de entrada/salida
- Aceleradores de gráficos
- Controladores de red local
- Etc.

## 2. FAMILIA DE MICROPROCESADORES M68000

La familia de microprocesadores M68000 ha sido diseñada y fabricada por la empresa norteamericana Motorola.

Modelo	Tamaño de registro	Tamaño del bus de datos	Tamaño del bus de direcciones	Tamaño de la UAL
MC68000	32	16	24	16
MC68008	32	8	20	16
MC68010	32	16	24	16
MC68012	32	16	30	16
MC68020	32	32	32	32
MC68030	32	32	32	32
MC68040	32	32	32	32
MC68060	32	32	32	32

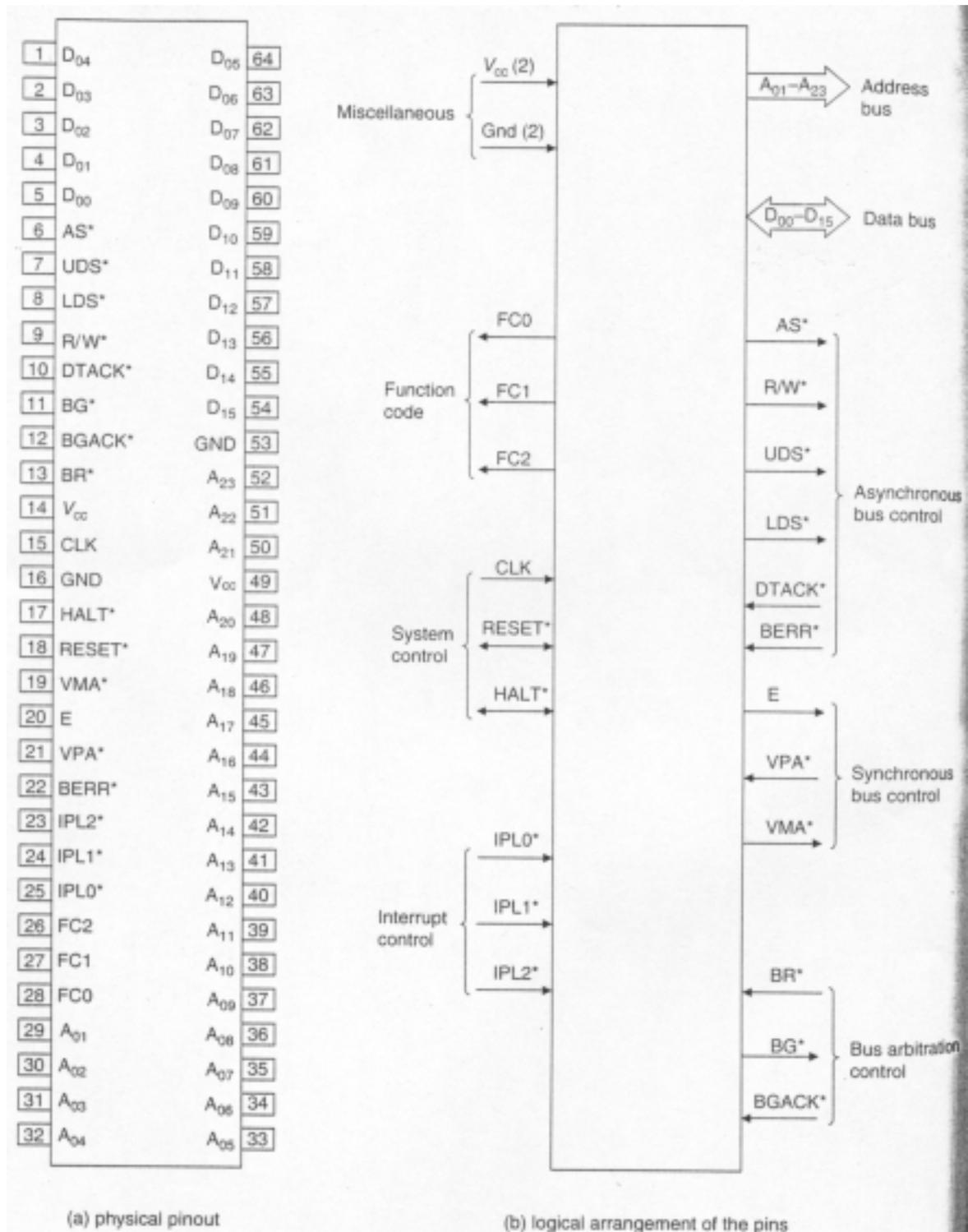
- Las instrucciones están en grupos de palabras de 16 bits.
- La instrucción más sencilla ocupará un mínimo de una palabra.
- Las instrucciones más complejas requerirán de palabras adicionales (*palabras de ampliación* o de *extensión*) hasta un máximo de 5 palabras.
- En la primera palabra ya se indica si el procesador ha de buscar más palabras o no.

La familia del M68000 incluye un juego completo de chips destinados a componer sistemas basados en los microprocesadores de la familia. Entre estos chips se encuentran:

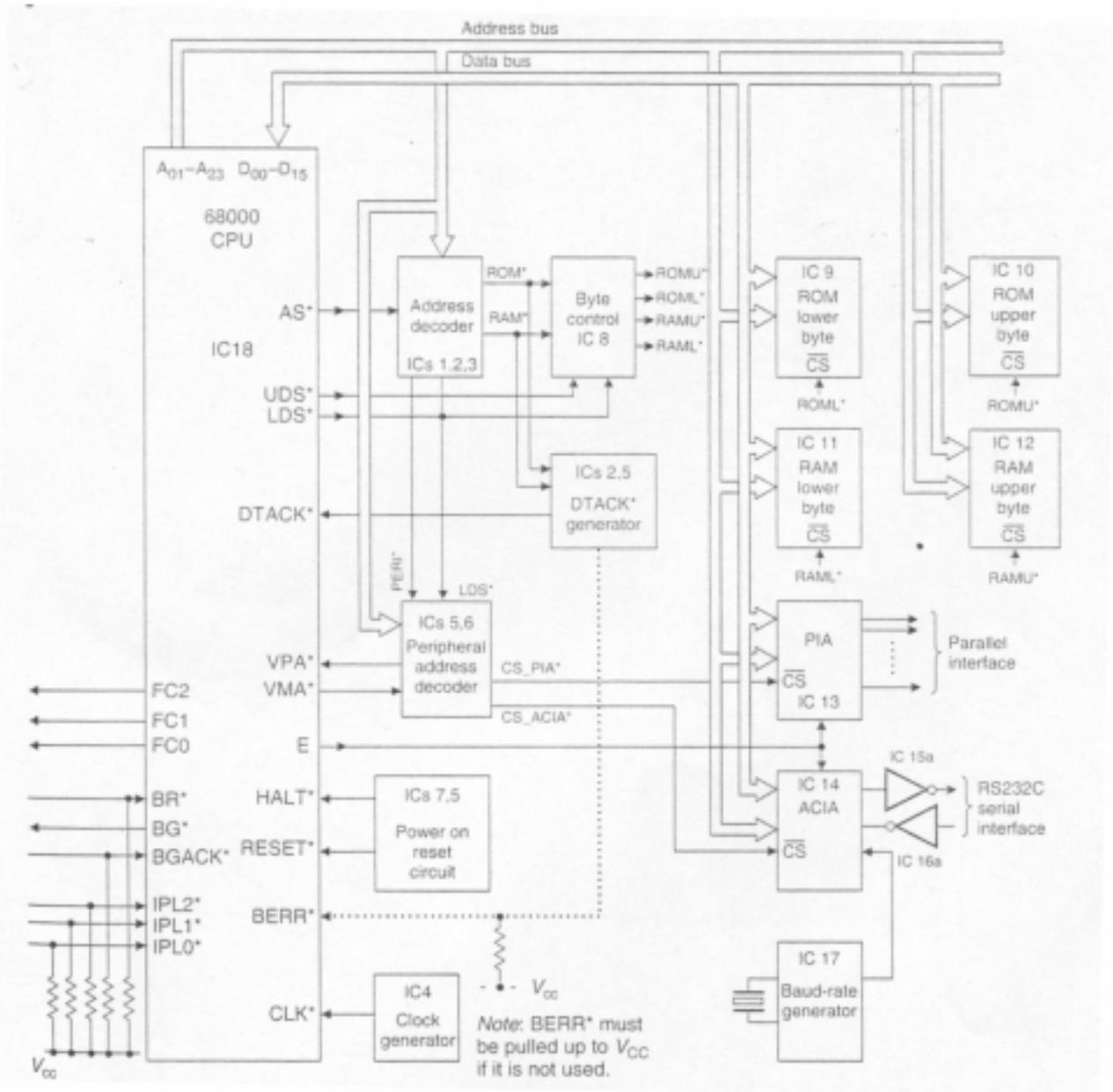
- 68881/68882: *FPU* - coprocesadores de coma flotante
- 68283: *PI/T* - temporizador e interfaz paralelo de entrada/salida
- 68450, 68451: *DMAC* - controladores de acceso por DMA
- 68451: *MMU* - unidad de manejo de memoria para sistemas multitarea con gestión de memoria virtual
- 68851: *PMMU* – unidad de manejo de memoria paginada
- 68681: *DUART* – receptor/transmisor asíncrono universal dual de entrada/salida
- 68661: *EPCI* – interfaz de comunicaciones programable mejorado

### 3. INTERFAZ DEL MICROPROCESADOR MC68000

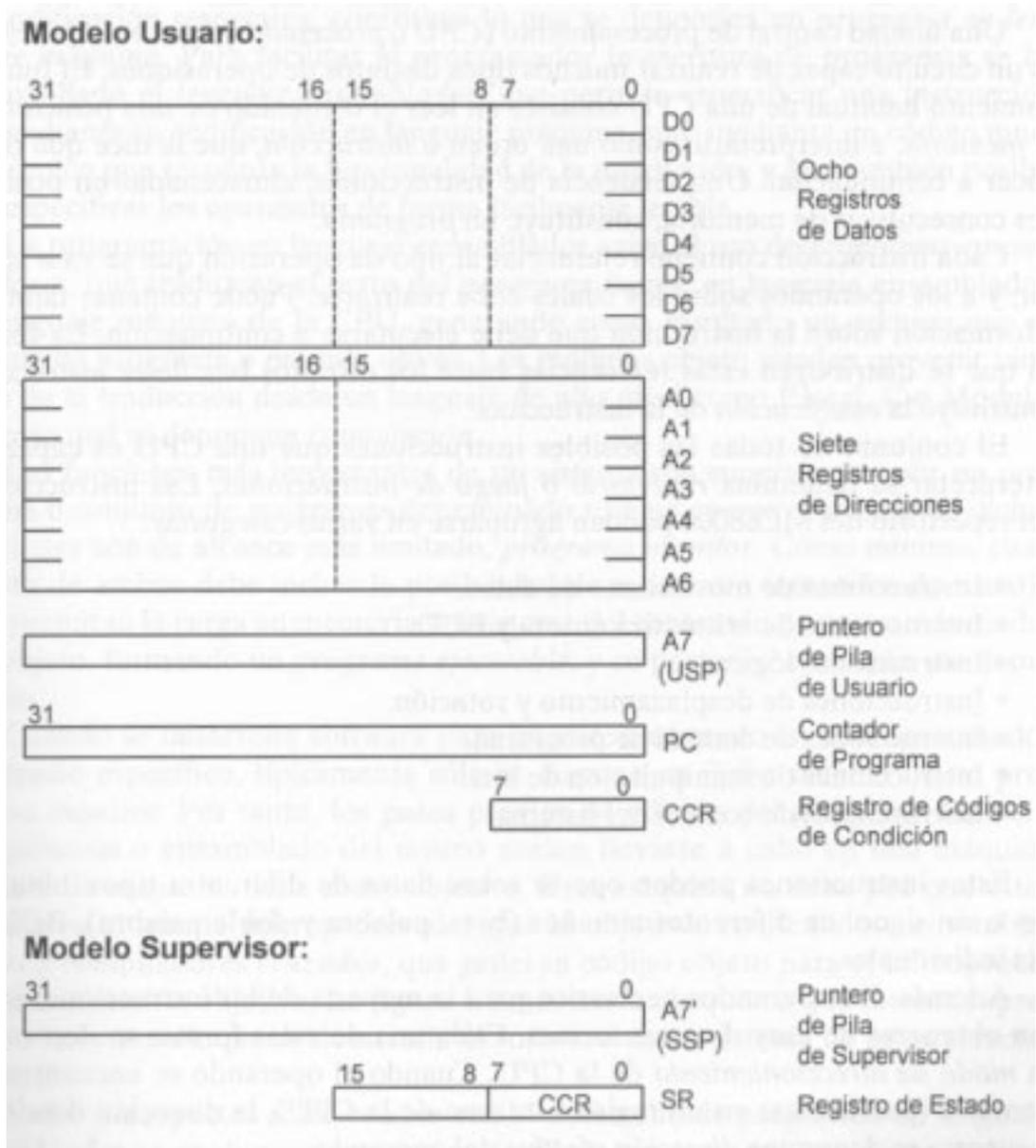
Esquema del patillaje del MC68000



#### 4. EJEMPLO DE DISEÑO DE UN SISTEMA MÍNIMO CON MC68000



## 5. MODELO FUNCIONAL DEL MICROPROCESADOR MC68000



## 6. REGISTROS DE DATOS EN EL MC68000

El MC68000 cuenta con 8 registros de datos, denotados como **D0, D1 ... D7**. El tamaño de cada registro es de 32 bits. Los bits se numeran desde el 0 al 31 de derecha a izquierda, siendo el más significativo el bit 31.

Un registro de datos puede albergar una doble palabra de 32 bits, dos palabras de 16 bits o cuatro octetos de 8 bits.

Un registro de datos puede utilizarse de 3 modos:

- Byte u octeto (.B): se toman sólo los 8 bits menos significativos
- Palabra (.W): se toman los 16 bits menos significativos
- Palabra larga o doble palabra (.L): se toma el registro al completo con sus 32 bits

## 7. REGISTROS DE DIRECCIONES EN EL MC68000

Un **puntero** o **apuntador** es una variable que no contiene un dato, sino una dirección que señala (apunta) dónde se encuentra un dato.

Los registros de direcciones del MC68000 actúan como punteros, puesto que está previsto que contengan direcciones que apunten a datos.

El MC68000 cuenta con 7 registros de direcciones, denotados como **A0, A1 ... A6**. El tamaño de cada registro es de 32 bits. Los bits se numeran desde el 0 al 31 de derecha a izquierda, siendo el más significativo el bit 31.

Un registro de direcciones puede albergar una doble palabra de 32 bits.

Las instrucciones que manejan estos registros lo hacen utilizando los 32 bits o los 16 bits menos significativos. Los registros de direcciones no pueden usarse en modo byte u octeto. Cuando se manejan movimientos de direcciones de 16 bits a un registro de direcciones, que actuaría como destino, el signo se extiende automáticamente a los 16 bits más significativos de dicho registro.

El MC68000 maneja internamente direcciones de 32 bits, pero al enviarlas a través del bus de direcciones se descarta el octeto más significativo. Tampoco se envía por el bus el bit menos significativo, pues los accesos son a 16 bits y cada dirección de memoria corresponde con un octeto o byte.

- Cada acceso a memoria en realidad afecta a dos octetos consecutivos, cuya dirección sólo difiere en el bit menos significativo.

## 8. MEMORIA EN EL MC68000

El MC68000 tiene un espacio de  $2^{24}$  direcciones. Cada una de las  $2^{24}$  posibles direcciones puede contener un octeto o byte. Por lo tanto, el espacio de direcciones es de 16 Mbytes, en el que se incluyen tanto la memoria como los puertos de entrada/salida.

Las direcciones de la 0 a la 1023 están prohibidas para el usuario, puesto que se utilizan para los vectores de interrupción y trap, que sólo pueden ser manipuladas en modo supervisor.

Se pueden direccionar bytes, palabras (16 bits), y dobles palabras (32 bits).

- Byte u octeto: 8 bits (.B)
- Palabra: 16 bits (.W)
  - Dirección par.
  - La palabra de dirección N, tiene en N el octeto más significativo y en N+1 el menos significativo.
- Palabra larga o doble palabra: 32 bits (.L)
  - Dirección par.
  - La doble palabra de la dirección N tiene en N la palabra más significativa y N+2 la menos significativa.
  - La doble palabra en la dirección N tiene 4 octetos en las direcciones N, N+1, N+2, N+3.

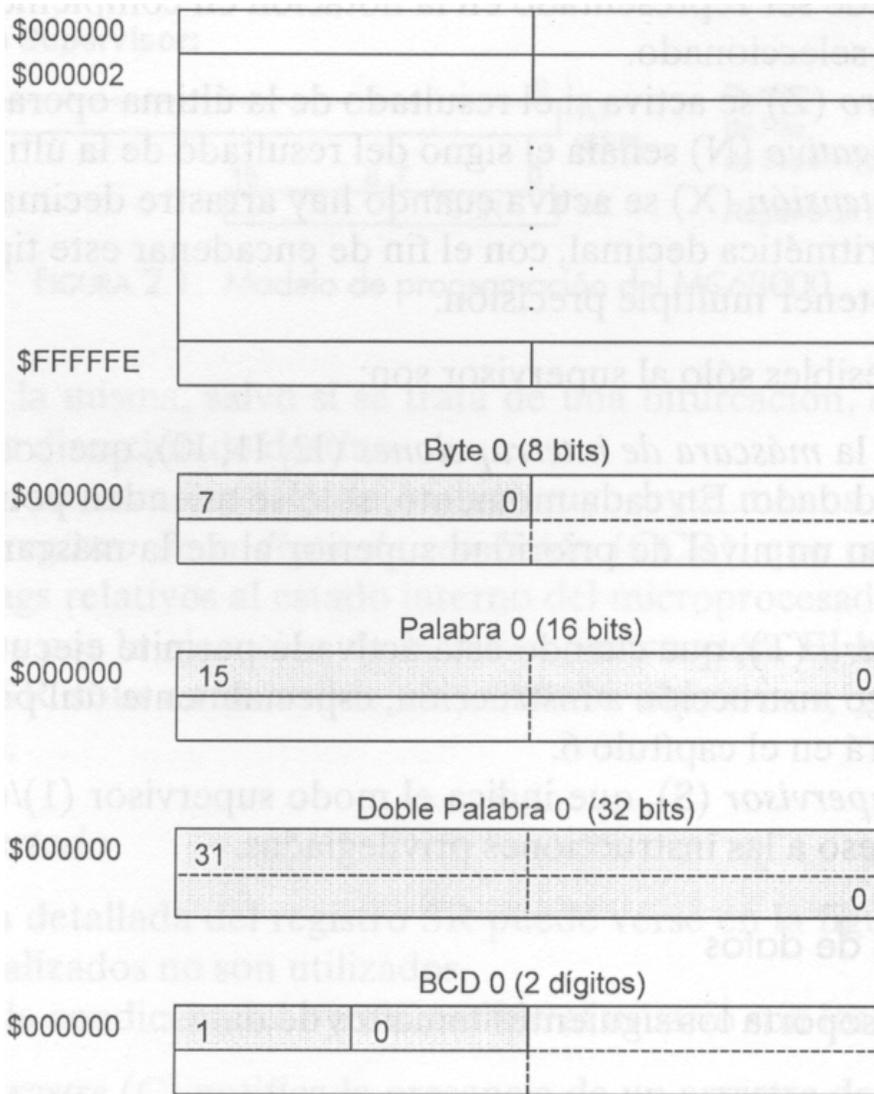
Las instrucciones de los programas se almacenan como palabras. Los datos se almacenan como bytes, palabras o dobles palabras.

Las posiciones de memoria están emparejadas de dos en dos bytes, de forma que los accesos atómicos a memoria son siempre de 16 bits.

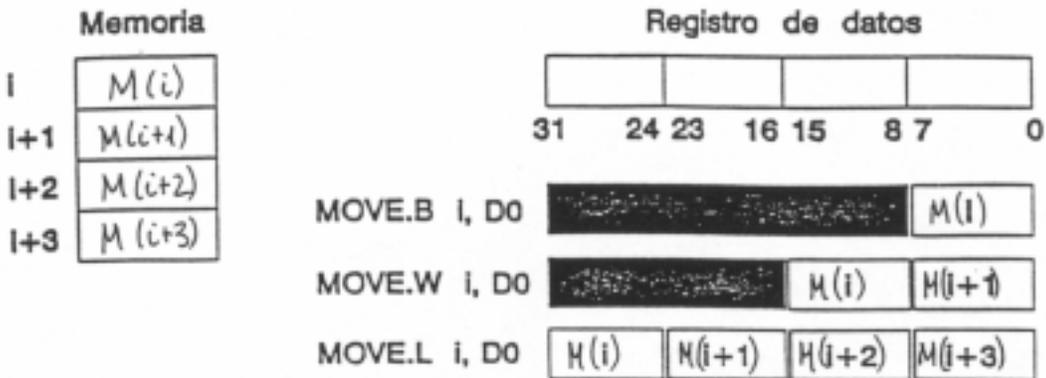
- Si se pretende acceder a un dato de 8 bits, la lógica del sistema descartará los otros 8.
- Si se pretende acceder a un dato de 32 bits, será preciso realizar dos accesos consecutivos a memoria.

El MC68000 cuenta con un único espacio de direcciones, en el que se encuentran ubicadas la memoria ROM y RAM y los periféricos de entrada/salida (*esquema de bus único*).

## Organización de la memoria



Transferencias de datos entre registros de datos y memoria:



## 9. REGISTROS DE USO ESPECÍFICO DEL MC68000

### 9.1. CONTADOR DE PROGRAMA

Tiene 32 bits, aunque tan sólo se utilizarán 24 (en realidad 23) para acceder a las direcciones. Se denota como **PC**. El contador de programa actúa como un puntero a la siguiente instrucción.

### 9.2. PUNTEROS DE PILA

El MC68000 dispone de dos punteros de pila de 32 bits: **USP** (puntero de pila de usuario), y **SSP** (puntero de pila de supervisor).

Un usuario normal sólo puede acceder al USP. Cada vez que acceda a él en una instrucción, lo podrá denominar SP ó A7 indistintamente.

El supervisor puede acceder a ambos punteros de pila. Cuando se refiera al puntero de pila de usuario, lo denominará USP. Cuando utilice el puntero de pila de supervisor, podrá denominarlo A7 ó SP indistintamente.

Los punteros de pila se utilizarán igual que cualquier registro de direcciones (excepción: cuando el supervisor utiliza el USP).

#### 9.2.1 Modelo de pila

La pila es una estructura de datos de tipo LIFO (*last input, first output*): el último elemento que entra en la pila es el primero que sale.

La pila se almacena en memoria a partir de una posición fija (el fondo de la pila), y crece tan solo por un extremo (la cabecera). El puntero de pila SP apunta a la cabecera de la pila, y cada vez que se inserta o elimina un elemento de la pila, hay que modificar SP.

En el MC68000, la pila crece hacia posiciones decrecientes de memoria.

- Al insertar un elemento se utilizará direccionamiento indirecto a puntero de pila con predecremento.
- Al eliminar un elemento se utilizará direccionamiento indirecto a puntero de pila con posincremento.

En cada momento, el SP apunta al último elemento insertado en la pila y que no ha sido borrado aún. Se detecta que la pila está vacía cuando las direcciones del fondo y la cabecera de la pila coinciden.

La pila está relacionada con las subrutinas:

- La dirección de retorno de las subrutinas se almacena en la pila.
- Los parámetros y las variables locales de las subrutinas se suelen almacenar en la pila.



### 9.3. REGISTRO DE ESTADO

T	S			C1	C2	C3			X	N	Z	V	C
15	13			10	9	8			4	3	2	1	0

El registro de estado se denota por **SR**. Su byte inferior (bits del 0 al 7) se llama **CCR** (registro de códigos de condición), mientras el superior (bits del 8 al 15), se llama **byte del sistema**.

#### 9.3.1 El CCR y las operaciones aritméticas

El CCR tiene 5 indicadores que se ponen a 1 ó 0 para indicar las diferentes condiciones resultantes de las operaciones efectuadas en la UAL.

- C: acarreo superior. Indica que se ha superado el rango de representación en una operación con números sin signo.
- V: desbordamiento. Indica que se ha superado el rango de representación en una operación con números con signo.
- Z: resultado igual a 0.
- N: resultado negativo (indica el signo del resultado).
- X: indicador de extensión (acarreo superior en operaciones aritméticas y de desplazamiento).

En las operaciones aritméticas el MC68000 no distingue si los operandos tienen signo (binario puro) o no (complemento a 2), por tanto las sumas y restas actualizan tanto el biestable C (y el X) como el V (excepciones: multiplicación con y sin signo MULS/MULU; división con y sin signo DIVS/DIVU).

Existen algunas instrucciones que asumen que los operandos están en complemento a 2:

- Extensión de signo: EXT.
- Complementación aritmética (cambio de signo): NEG.
- Desplazamientos aritméticos: ASR, ASL.

Las instrucciones del MC68000 pueden utilizar operandos de tamaño octeto, palabra o doble palabra. Si los operandos están en complemento a 2, el bit de signo aparecerá en el bit 7 (.B), 15 (.W) ó 31 (.L).

Dependiendo del tamaño de los operandos se pueden tener situaciones de sobrepasamiento del rango de representación o desbordamiento (*overflow*).

- Números sin signo: C=1.
- Números en complemento a 2: V=1.

Es labor del programador tener en cuenta qué representación va a emplear en función de los rangos de datos que va a utilizar, y también comprobar los valores de los biestables del CCR al utilizar esas instrucciones dependiendo de si los datos llevan signo o no.

### 9.3.2 El byte del sistema

El byte del sistema solamente es accesible por el supervisor. Un usuario normal no puede acceder al byte del sistema, y tampoco puede modificarlo.

El byte del sistema dispone del bit de supervisor S que indica el estado o modo de ejecución en que se encuentra el procesador.

- Modo supervisor (S=1):
  - El puntero de pila es SSP.
  - Se permite el acceso a todas las zonas de memoria y el uso de instrucciones especiales (privilegiadas).
  - El modo supervisor se establece cuando se produce algún evento o excepción inesperada, o bien cuando se ejecuta la instrucción TRAP.
- Modo usuario (S=0):
  - El puntero de pila es USP.
  - No se tienen privilegios para acceder a zonas especiales de memoria ni para utilizar instrucciones especiales.

El byte del sistema contiene también el indicador T, que si está a 1 hace que el procesador trabaje en modo *traza*, es decir, paso a paso y deteniéndose tras ejecutar cada instrucción.

Además, este byte contiene una máscara de interrupciones, es decir, tres bits que codifican el nivel de prioridad de la interrupción (del 1 al 7). La máscara de interrupciones funciona fijando el umbral mínimo de prioridad de interrupción que será atendido.

- Si  $n = 000$  se atenderán todas las interrupciones (no hay ninguna interrupción de nivel 0).
- Si  $n = 111$ , tan solo se atenderán las interrupciones con nivel de prioridad 7 (interrupciones no enmascarables).
- Si  $000 < n < 111$ , se atenderán interrupciones con nivel de prioridad  $n+1$ .

La máscara está compuesta por los bits C1, C2 y C3.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- A. CLEMENTS. **Microprocessor Systems Design**. 3<sup>rd</sup> edition, ITP - PWS Publishing Company, 1997.
- J. SEPTIÉN, H. MECHA, R. MORENO, K. OLCOZ. **La familia del MC68000**. Síntesis, 1995.
- C. CERRADA, V. FELIU. **Estructura y Tecnología de Computadores**. U.N.E.D., 1993.
- S. KELLY-BOOTLE, B. FOWLER. **68000/68010/68020 – Arquitectura y programación en ensamblador**. Anaya Multimedia, 1989.
- M68000 8/16/32 Bit Microprocessors User's Manual**. 9<sup>th</sup> edition. Motorola, 1993.
- Motorola M68000 Family Programmer's Reference Manual**. Motorola, 1992.
- A. GARCÍA GUERRA, E. FENOLL COMES. **Sistemas digitales – Ingeniería de los microprocesadores 68000**. Centro de Estudios Ramón Areces, 1993.
- A. CLEMENTS. **68000 Family Assembly Language**. ITP - PWS Publishing Company, 1994.