

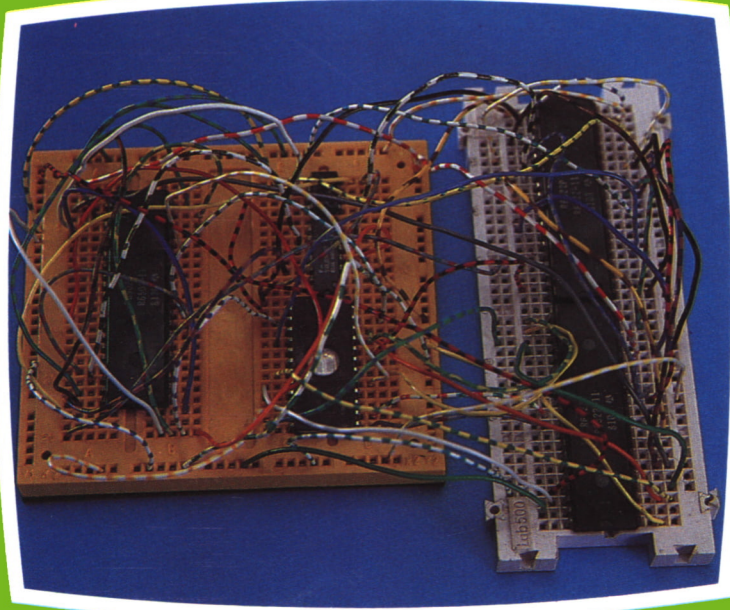
ENCICLOPEDIA PRACTICA DE LA

INFORMATICA APLICADA

15

Cómo construir su propio ordenador

AIA



EDICIONES SIGLO CULTURAL

ENCICLOPEDIA PRACTICA DE LA

INFORMATICA APLICADA

15

Cómo construir
su propio
ordenador

EDICIONES SIGLO CULTURAL

Una publicación de

EDICIONES SIGLO CULTURAL, S.A.

Director-editor:

RICARDO ESPAÑOL CRESPO.

Gerente:

ANTONIO G. CUERPO.

Directora de producción:

MARIA LUÍSA SUAREZ PEREZ.

Directores de la colección:

MANUEL ALFONSECA, Doctor Ingeniero de Telecomunicación
y Licenciado en Informática
JOSE ARTECHE, Ingeniero de Telecomunicación

Diseño y maquetación:

BRAVO-LOFISH.

Dibujos:

JOSE OCHOA Y ANTONIO PERERA.

Tomo XV. Cómo construir su propio ordenador

AULA DE INFORMÁTICA APLICADA

JOAQUIN SALVACHUA, Diplomado de Telecomunicación

JOSE LUIS TODO, Diplomado de Telecomunicación

FERNANDO SUERO, Diplomado de Telecomunicación

Ediciones Siglo Cultural, S.A.

Dirección, redacción y administración:

Sor Angela de la Cruz, 24-7.º G. Teléf. 279 40 36. 28020 Madrid.

Publicidad:

Gofar Publicidad, S.A. Benito de Castro, 12 bis. 28028 Madrid.

Distribución en España:

COEDIS, S.A. Valencia, 245. Teléf. 215 70 97. 08007 Barcelona.

Delegación en Madrid: Serrano, 165. Teléf. 411 11 48.

Distribución en Ecuador: Muñoz Hnos.

Distribución en Perú: DISELPESA.

Distribución en Chile: Alfa Ltda.

Importador exclusivo Cono Sur:

CADE, S.R.L. Pasaje Sud América. 1532. Teléf.: 21 24 64.

Buenos Aires - 1.290. Argentina.

Todos los derechos reservados. Este libro no puede ser, en parte o totalmente, reproducido, memorizado en sistemas de archivo, o transmitido en cualquier forma o medio, electrónico, mecánico, fotocopia o cualquier otro, sin la previa autorización del editor.

ISBN del tomo: 84-7688-053-7.

ISBN de la obra: 84-7688-018-9.

Fotocomposición:

ARTECOMP, S.A. Albarracín, 50. 28037 Madrid.

Imprime:

MATEU CROMO. Pinto (Madrid).

© Ediciones Siglo Cultural, S. A., 1986

Déposito legal: M-1132-1987.

Printed in Spain - Impreso en España.

Suscripciones y números atrasados:

Ediciones Siglo Cultural, S.A.

Sor Angela de la Cruz, 24-7.º G. Teléf. 279 40 36. 28020 Madrid

Octubre, 1986.

P.V.P. Canarias: 365,-

I N D I C E

1	Partes del ordenador	5
2	El microprocesador	9
3	La memoria	25
4	La entrada-salida	31
5	Software	57
6	Aplicaciones	61
	Apéndice A: Sistemas de numeración y su representación en el ordenador	65
	Apéndice B: Consejos a la hora de montar el circuito	71
	Apéndice C: Fuente de alimentación	75
	Apéndice D: Listado fuente del programa monitor	77
	Apéndice E: Listado hexadecimal del programa monitor	91
	Apéndice F: Códigos de programación	97
	Apéndice G: Patillaje de circuitos integrados	107
	Apéndice H: Bibliografía	111

Los programas que aparecen en este libro funcionan en los ordenadores:

IBM-PC, XT, AT y compatibles.

AMSTRAD-464, 664, 6128, 1512.

SINCLAIR-SPECTRUM 48 K, 128 K, PLUS, PLUS 2.

MSX-Todos los modelos.

COMMODORE-CBM 64 y CBM 128.

PARTES DEL ORDENADOR



¡VAMOS a ver, paso a paso, cómo funciona un ordenador; de qué partes se compone y cómo se conectan entre sí. A partir de estas ideas generales veamos cómo llevarlas a la práctica con la construcción de un pequeño, pero versátil, microcomputador.

Todo ordenador tiene dos partes bien diferenciadas: el hardware y el software. El hardware es el conjunto de circuitos que componen físicamente el ordenador. El software son los programas e instrucciones que indican a los circuitos

qué funciones deberán realizar.

En este capítulo describiremos brevemente el hardware. Los ordenadores tienen tres partes básicas:

- La unidad central de procesos (CPU) o microprocesador.
- La memoria.
- La unidad de entrada-salida (I/O)*.

La CPU es el «cerebro» del ordenador. Es la que controla a las demás partes y la que realiza las operaciones.

La memoria es un almacén donde están guardados los datos y las instrucciones que la CPU debe utilizar y en ella almacena los resultados.

Con esto parece que tenemos todo lo necesario, pero no es así, ya que para que los resultados de las operaciones puedan ser útiles es necesario comunicarse con el exterior. De esta función se encarga la unidad de I/O. Se encarga de transmitir datos del ordenador al exterior (pantalla del ordenador, impresora, etc.) y del exterior al ordenador (teclado, cinta casette, etc.).

* Las iniciales corresponden a las palabras en inglés. (CPU = Central Processing Unit; I/O = Input/Output). A partir de ahora todas las iniciales se referirán a su escritura en inglés, ya que esta forma es la comúnmente aceptada.

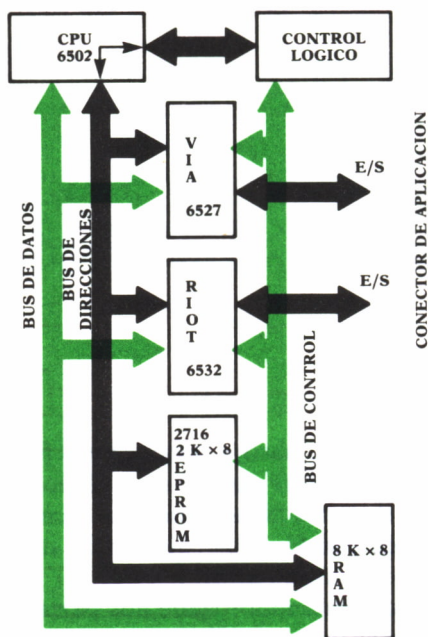


Fig. 1.1. Diagrama de bloques del ordenador.

El ordenador sólo trabaja con datos que le son comprensibles. Estos son bits, o dígitos binarios (para mayor información, ver el apéndice A). Cada bit sólo puede ser o un 1 o un 0. Pero como el ordenador no trata con números, esto se representará como 0 voltios, cuando se quiera representar un 0, y como 5 voltios cuando se quiera representar un 1. A los grupos de 8 bits se les conoce como bytes. Los microprocesadores llamados «de 8 bits» sólo pueden procesar al mismo tiempo un byte.

Como se observa en la figura 1.1, en el ordenador cada bloque está relacionado con los demás mediante una serie de líneas, o cables, conocidos como buses.

Existen tres buses: el de control, el de datos y el de direcciones.

El bus de control es el que se encarga de llevar desde la CPU a los demás bloques las instrucciones que éstos deben realizar.

El bus de datos es el que lleva la información, o datos, que los distintos bloques se comunican. El ancho de este bus (número de bits que se corresponde con el número de cables) es el de ancho de palabra = 1 byte.

El bus de direcciones da la dirección, como su nombre indica, adonde debe llevarse el dato. Está organizado como las direcciones de correos.

Por ejemplo, para que la CPU almacene un dato en la memoria debe enviar por el bus de control la señal de que quiere guardar el dato en la

memoria, el dato por el bus de datos, y en qué parte de la memoria quiere almacenarlo por el bus de direcciones. Del ancho del bus de direcciones dependerá el máximo de memoria que el ordenador puede utilizar.

Esta organización, o arquitectura, se conoce como arquitectura von Neumann, en honor del primero al que se le ocurrió. John von Neumann la aplica en los años cuarenta a la construcción de los primeros ordenadores, y desde entonces no se han realizado realmente diferentes. Actual-

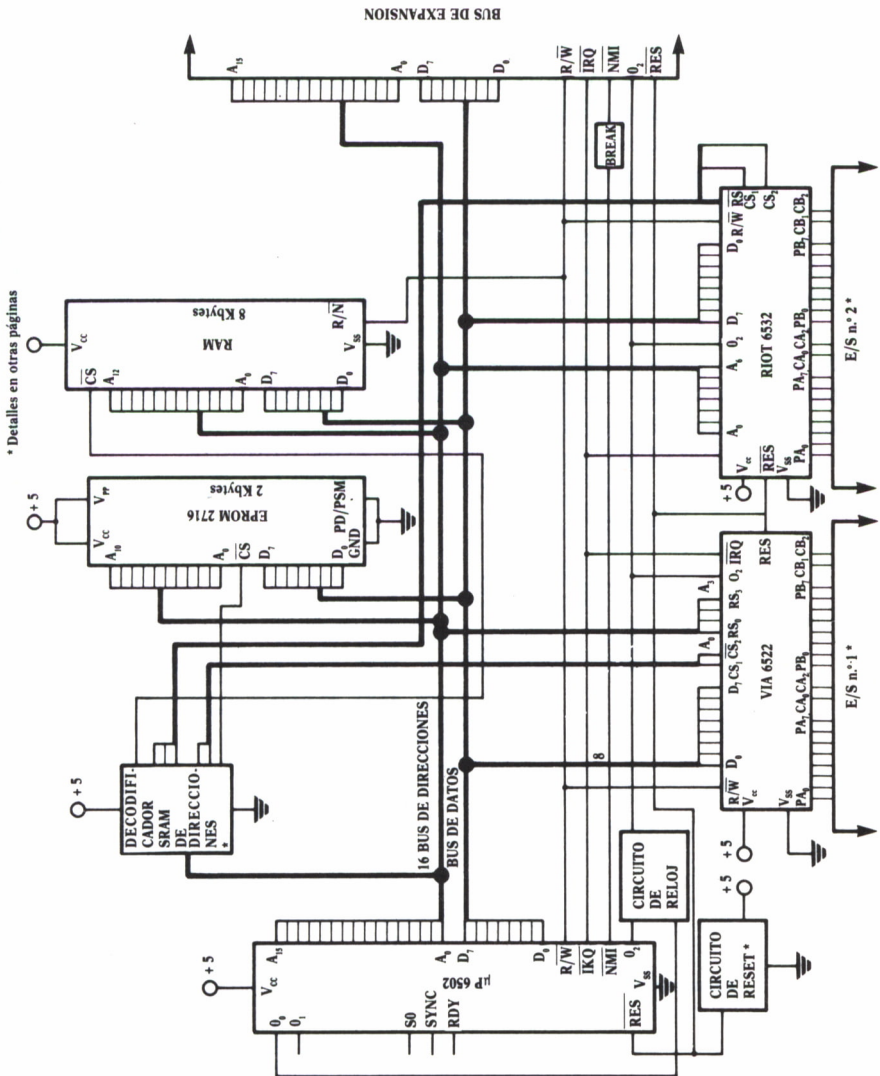


Fig. 1.2. Esquema general del ordenador.

mente se intenta buscar alguna que permita a varias CPUs realizar tareas cooperando entre ellas, pero no se ha encontrado ninguna de utilidad comparable.

Veamos ahora cómo se realizan estas ideas generales en la realización de nuestro ordenador.

Como CPU vamos a usar el microprocesador 6502. Este es un «chip», o circuito integrado, que lleva todo lo necesario para componer una CPU. Hasta hace poco tiempo una CPU ocupaba el tamaño de un televisor, aproximadamente.

La memoria está dividida en dos partes: la RAM y la ROM. La diferencia está en que en la RAM pueden leerse y escribirse datos, mientras en la ROM sólo leerse. La segunda diferencia es que si apagamos el ordenador, los datos almacenados en la RAM desaparecerán, mientras los existentes en la ROM permanecerán; por ello, los programas que permitirán realizar operaciones estarán en la ROM y los datos en la RAM.

De las comunicaciones se encargarán dos chips especializados, la VIA y la RIOT. Estos controlarán las comunicaciones con un teclado y un display (como en una calculadora). No se ha incluido una «Televisión», o CRT, por complicar demasiado el diseño.

Por último, para permitir comunicarse con otros ordenadores se han incluido dos tipos de conexiones estándar: RS-232 y CENTRONICS.

Una vez vistas las partes principales de nuestro ordenador veremos cada una más detalladamente en los siguientes capítulos.

EL MICROPROCESADOR 2

ARQUITECTURA DEL 6502

CADA microprocesador, de marca y modelo diferentes, posee un lenguaje máquina distinto, adecuado a las posibilidades que el chip ofrece.

En la figura puede verse el esquema de un microprocesador genérico.

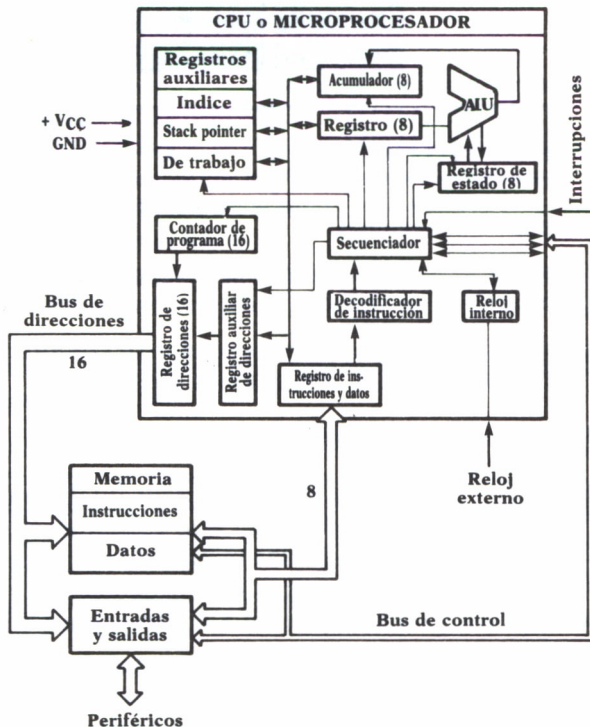


Fig. 2.1. Esquema del ordenador.

En nuestro ordenador utilizaremos el microprocesador 6502, de la marca Rockwell.

Este es un microprocesador de 8 bits, es decir, su bus de datos puede manejar simultáneamente palabras de 8 bits. Puede manejar hasta 64 Kbytes de memoria (su bus de direcciones es de 16 bits: 2^{16} bits = 65536 bytes = 64 Kbytes). Y la frecuencia de reloj es de 1 MHz (en la versión que utilizaremos). En la siguiente gráfica podemos observar la estructura interna del microprocesador 6502 desde el punto de vista del programador (arquitectura software).

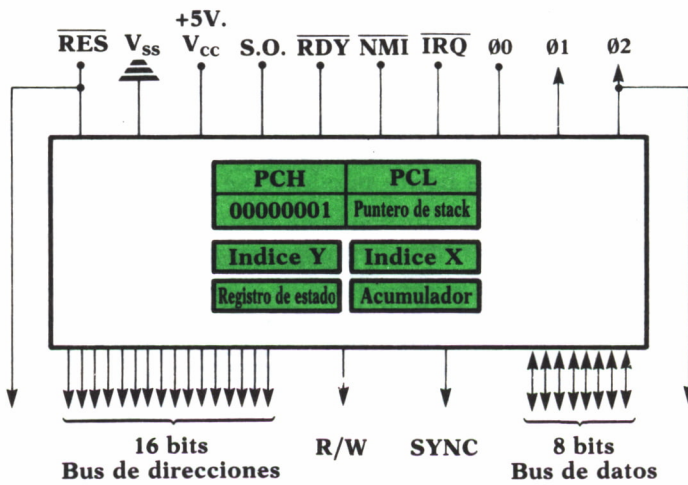


Fig. 2.2. Esquema del microprocesador.

En ella podemos ver que el microprocesador se comunica con el exterior mediante los buses de datos, direcciones y control.

Describamos este último de una forma más detallada:

- La patilla RES, conectada a todos los chips inteligentes (microprocesador, VIA, RIOT), es la señal de Reset que inicializa el sistema al encenderse. (La raya encima de RES indica claramente que la señal es activa a nivel bajo es decir, su lógica es inversa.) (El ordenador al recibir esta señal hace un salto incondicional indirecto a la dirección \$FFFC \$FFFD.)

- Las señales $\emptyset 1$, $\emptyset 2$, y $\emptyset 3$ son las entradas y salidas de reloj. $\emptyset 1$ y $\emptyset 2$ son salidas (para la sincronización) que provienen de un reloj interno del chip. Para la estabilización de este reloj interno es necesaria una señal de reloj exterior conectada a $\emptyset 0$, según uno de los esquemas de la figura.

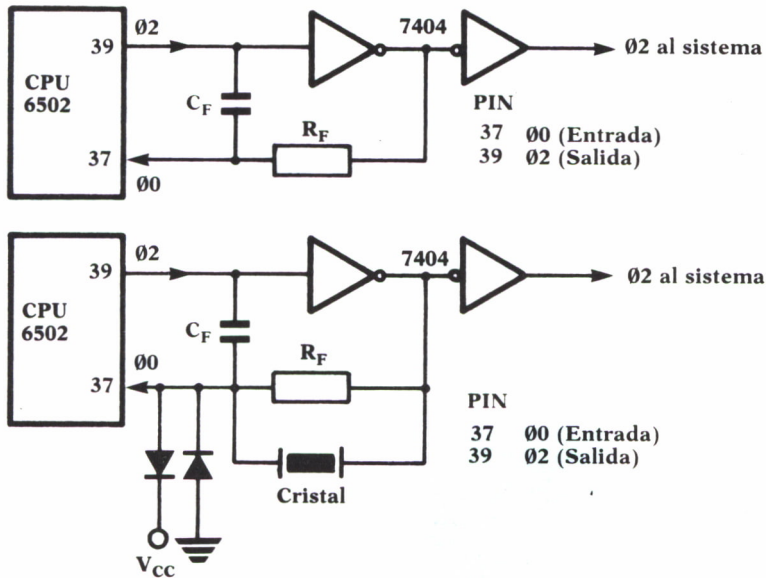


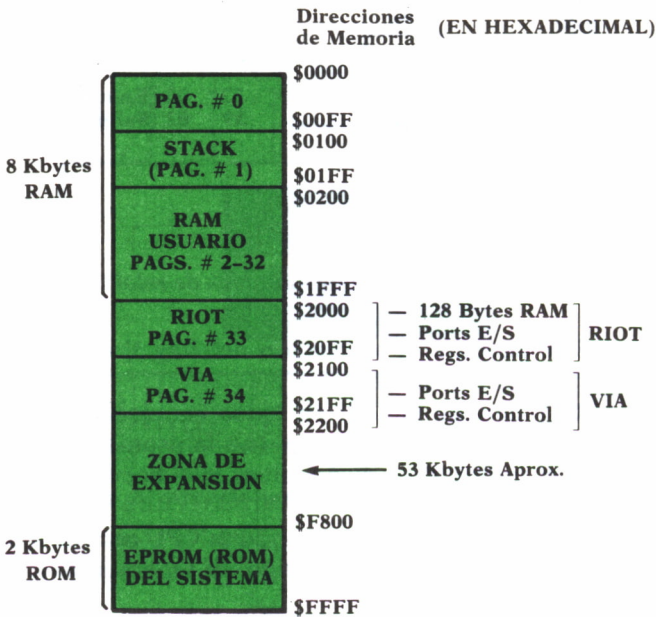
Fig. 2.3. Esquemas posibles de reloj.

- La línea S.O. permite la activación del flag V de sobrepasamiento desde el exterior (no la utilizaremos).
- La línea RDY detiene la CPU en todos los ciclos, excepto en escritura, y deja en alta impedancia los buses (no la usamos).
- La línea R/W indica a los dispositivos si el acceso es de lectura (nivel alto) o escritura (nivel bajo).
- La línea SYNC se pone a uno cuando la CPU accede a un código de operación (ver ensamblador para «Código de Operación»). (Tampoco la usamos.)
- Por último, estudiemos más detalladamente las señales de interrupción; éstas son: NMI e IRQ.

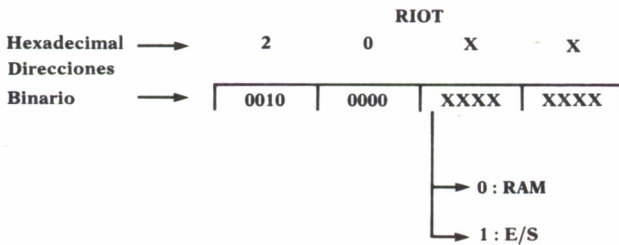
Como ya debe saber el lector, una interrupción, activada por una señal hardware exterior (por ejemplo, pulsando la tecla ESC en el AMSTRAD o en el PC o BREAK en el COMMODORE), provoca que el microprocesador deje la tarea que está haciendo y haga un cambio de contexto, es decir, archive en memoria el estado en el que estaba al recibir la interrupción y pase a ejecutar otro programa (normalmente el monitor en ROM u otra rutina del Sistema Operativo).

Hay dos tipos de interrupción; la mascarable (IRQ), que puede ser inhabilitada por software (mediante una instrucción en máquina que la desactiva) y la no mascarable (NMI), que fuerza a la CPU a abandonarlo todo (suele usarse para abortar situaciones catastróficas = es un BREAK «salvaje»).

La IRQ provoca un salto incondicional indirecto a \$FFFE y \$FFFF y la NMI a las direcciones \$FFFA y \$FFFB. Esto quiere decir que en estas direcciones está archivado un vector (vector = dirección = 16 bits = 2 bytes), que indica dónde comienza el programa de interrupción. Podemos observar, por tanto, que las seis últimas posiciones de memoria (de la \$FFFA a \$FFFF) están reservadas para los vectores de IRQ, NMI y RESET y, por tanto, obliga en el diseño de ordenadores con 6502 a que la ROM vaya situada en la parte alta de la memoria (al contrario que en el Z-80, por ejemplo).



a



b

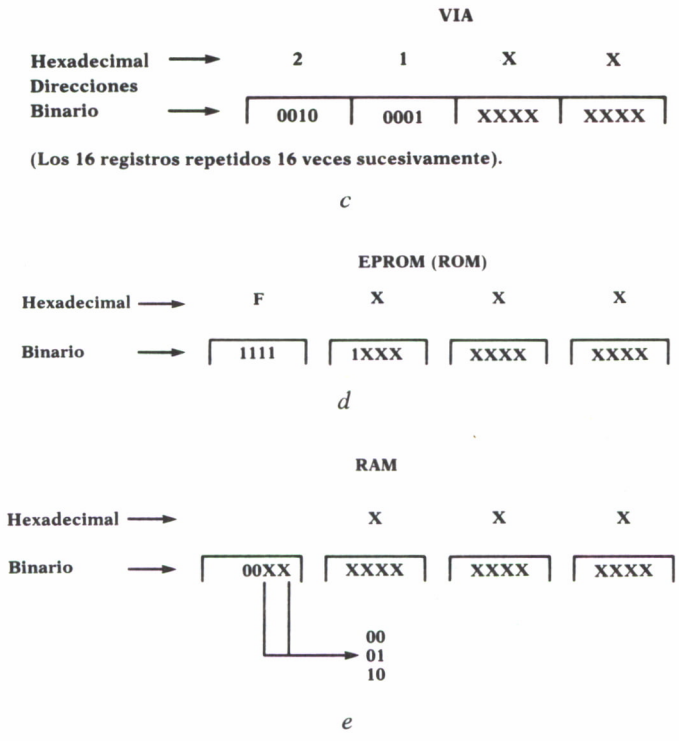


Fig. 2.4. Mapa de memoria.

Veamos ahora más detalladamente la arquitectura software del 6502.

Además de las seis posiciones anteriormente citadas, hay dos páginas de memoria (una página = 256 bytes = de \$XX00 a \$XXFF), que son usadas de forma especial por el 6502.

La página cero (\$0000 a \$00FF) es una zona de memoria de acceso rápido (ya que se ahorra un ciclo de máquina cada vez que se usa), por lo que suele utilizarse para almacenar en ella variables o datos de uso frecuente (normalmente las variables internas del sistema). La página 1 (\$0100 a \$01FF) es la zona reservada al STACK o pila. ¿Qué es la pila? Intentaremos explicarlo brevemente.

Cuando en el programa máquina hay que hacer un cambio de contexto (un salto a subrutina o una interrupción), hace falta archivar el estado de la CPU o enviar una serie de parámetros, para lo que se necesita una zona de memoria de acceso rápido en la que almacenar en un orden preestablecido esta información.

La pila ofrece un método muy sencillo mediante el puntero del stack (uno de los registros de la CPU accesible por software en lenguaje máquina).

Esta sirve para ir amontonando bytes, como en un «montón» y sacarlos en orden inverso al que se introdujeron (primero en entrar, último en salir). En la figura puede verse un esquema simplificado de su funcionamiento.

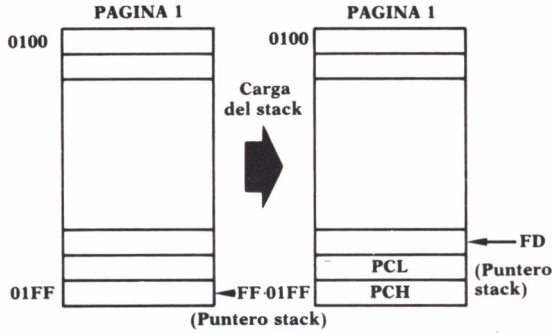


Fig. 2.5. Funcionamiento simplificado del puntero de stack. El último que entra, es el primero que sale.

Es aconsejable para una comprensión detallada del microprocesador 6502 la consulta de bibliografía de la casa Rockwell, ya que por la brevedad necesaria del texto es imposible entrar en más detalles.

Hablemos ahora brevemente de la arquitectura interna de los registros y de cómo se ejecuta una instrucción genérica en lenguaje máquina.

En primer lugar, podemos ver los 2 bytes dedicados al PC (contador de programa - Program Counter); en él está almacenada la posición de memoria en la que está el byte que estamos ejecutando.

El puntero del stack (en realidad, un solo byte, ya que el otro es fijo e indica la página 1) contiene la dirección del último byte almacenado en la pila.

Los registros de índice X e Y se utilizan en las operaciones en las que se necesitan valores de índice o desplazamiento relativo y son de 8 bits (son registros versátiles, pero no de uso general).

El acumulador es el registro primordial de la CPU. En él se realizan todas las operaciones aritméticas y lógicas.

Por último, el registro de estado es un registro de 8 bits, 7 de los cuales son flags (banderas o indicadores) que nos indican cuál es el estado de la CPU en cada momento. En la figura puede verse la colocación de cada indicador.



Fig. 2.6. Estructura de los bits del registro de Estado, que actúan como señalizadores o alarmas (flags).

A continuación damos una breve explicación de cada uno:

N: Flag de signo: si el bit 7 = 1 y el signo es el bit 7 \Rightarrow valor negativo en el Ac. y N = 1.

V: Sobrepasamiento (overflow): Si se usa el octavo bit (carry) como signo e igual a 1 \Rightarrow overflow.

C: Señal de acarreo: Si no se usa signo y se pasa del valor FF en el acumulador el C = 1.

D: Flag de tratamiento aritmético: Si D = 1 \Rightarrow la ALU (unidad aritmético-lógica) realiza las operaciones del AC en código BCD. Si D = 0 \Rightarrow operaciones en código binario natural.

I: Bandera de enmascaramiento de interrupción: Si I=1 implica que la CPU no aceptará interrupciones IRQ.

B: Señal de BREAK: Se pone a uno cuando una interrupción IRQ ha sido activada por programa y no por hardware.

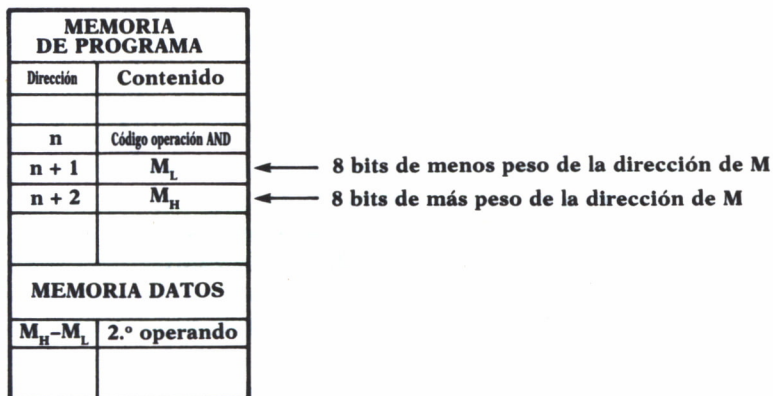
Describamos ahora los pasos que sigue la CPU para ejecutar una instrucción genérica en lenguaje máquina.

La ejecución de todo tipo de instrucciones tiene dos fases:

- Fase de búsqueda.
- Fase de ejecución.

La primera, común para todas las instrucciones, se inicia cuando en el PC está la dirección del código de la próxima instrucción a ejecutar. Esta dirección se pone en el bus de direcciones y se activa la patilla R/W (con R), con lo que la memoria (ROM o RAM) pone el contenido de la dirección en el bus de datos.

Del bus de datos la CPU lee el código y lo interpreta finalizando la primera fase (ver figura 2.7).



FASE DE BUSQUEDA

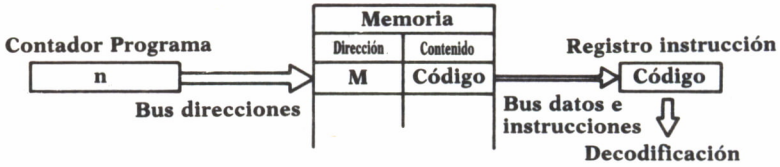


Fig. 2.7. Ejecución de una instrucción.

La fase de ejecución depende de cada instrucción. Si ésta necesita un dato, lo leerá de la memoria de forma similar a como leyó el código, almacenándolo en algún registro o usándolo según el caso. Si este dato es una dirección (2 bytes), es obvio que serán necesarios dos accesos sucesivos a memoria (ver figura).

En el apéndice se pueden ver detalladas tablas que describen todas las instrucciones, su tiempo de ejecución y otros datos de interés. Haremos una descripción breve de ellas en la parte dedicada al ensamblador.



BUSES Y CRONOGRAMAS

En nuestro ordenador todas las operaciones se realizan sincronamente; esto quiere decir que todas las partes implicadas en una operación actúan al mismo tiempo. Es igual que una orquesta en la que todos los músicos deben dar una misma nota al mismo tiempo, no esperan a oír la del compañero, ya que sería fatal. Al igual que los músicos se «sincronizan» al director de orquesta en el microprocesador todos los sistemas se sincronizan con el reloj. Reloj es una señal periódica, conocida como $\emptyset 1$.

Existe otra señal $\emptyset 2$ que es la inversa de $\emptyset 1$; cuando $\emptyset 1$ está en estado alto, $\emptyset 2$ está en estado bajo, y viceversa.

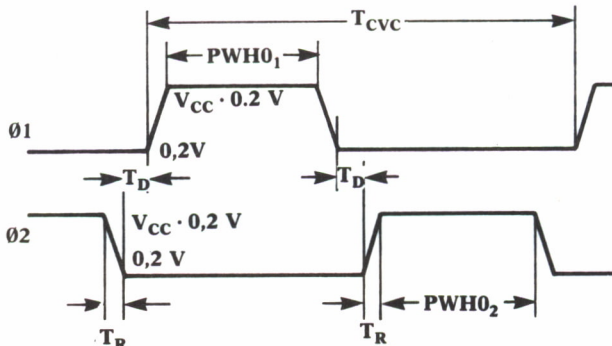


Fig. 2.8. Cronogramas del reloj.

La frecuencia de esta señal, las veces que se repite cada segundo, nos da la rapidez con que el ordenador realiza sus operaciones. En nuestro caso será de 1 MHz (un millón de veces por segundo). Aunque pueda parecer mucho, con la tecnología actual no lo es, pues existen otros microprocesadores que funcionan a 8 MHz e incluso a 16 MHz.

Como todas las señales están referidas al reloj, se suelen dibujar con respecto a $\emptyset 1$ o $\emptyset 2$. A partir de ahora utilizaremos algunos de estos dibujos para explicar las distintas señales de control.

El bus de direcciones está formado por 16 líneas conocidas como A1, A2, ..., A15 (la A viene de adress, dirección en inglés).

El bus de datos estará formado por ocho líneas conocidas como D0, D01, ..., D7 (la D viene de Data, es decir, dato).

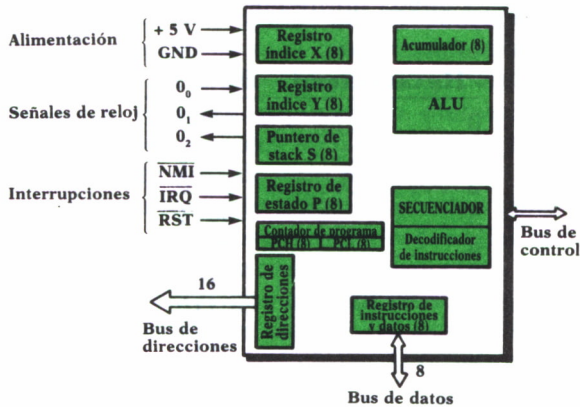


Fig. 2.9. Esquema Riscot.

Los cronogramas de estos dos buses se verán en el capítulo siguiente al hablar de la memoria.

Cuando un usuario programa un ordenador, normalmente lo hace en un lenguaje de «alto nivel», es decir, un lenguaje más cercano al nivel humano.

Este tipo de lenguajes (como el BASIC, PASCAL, COBOL, FORTRAN, etc.) resulta incomprensible por el hardware del ordenador (circuitaría), que sólo entiende un tipo de lenguaje: el lenguaje máquina (o código objeto). Este lenguaje máquina es una ristra de unos y ceros (pulsos altos y bajos de tensión), y es un lenguaje eléctrico.

Por eso cuando alguien trabaja en alto nivel, está utilizando un programa que traduce su lenguaje al lenguaje máquina.

El lenguaje máquina permite hacer cosas que desde alto nivel son imposibles, ya que se están controlando los recursos del ordenador a su nivel más detallado.

En contrapartida, el lenguaje máquina es prácticamente inutilizable. (Una cantidad semejante de unos y ceros volvería loco a cualquiera.)

Por ello, ya hace tiempo se creó el lenguaje ensamblador. Este lenguaje es una traducción, palabra a palabra, del lenguaje máquina; por ello, el programa que ensambla lo único que hace (en principio) es traducir una serie de códigos y números (nemotécnicos o nemónicos) a una ristra de dígitos binarios.

En el 6502 la palabra de datos tiene un ancho de 8 bits, por lo que en principio sería posible la existencia de $2^8 = 256$ instrucciones, aunque, en realidad, algunos códigos no se utilizan. Un primer paso para la utilización del lenguaje máquina es la comprensión del código hexadecimal, que permite representar números binarios de un número de bits múltiplo de 4 de forma directa y sin operaciones aritméticas intermedias (ver tabla), con lo que un número de 8 bits queda útilmente transformado en $\$XX$ y una dirección en $\$XXXX$.

<u>Hexadecimal</u>	<u>Binario</u>
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

Para mayor información sobre el sistema de numeración binario, ver el apéndice.

Aunque la numeración hexadecimal simplifica enormemente la programación en máquina, carece de un sentido «natural» de número para el hombre (por ello, los ensambladores comerciales permiten la utilización de varios sistemas de numeración: hexadecimal, decimal, octal y binario).

Aunque los códigos podrían escribirse en el programa en su forma numérica, la principal ventaja del ensamblador es que traduce una palabra nemotécnica a su número correspondiente. Por eso en lenguaje ensamblador se utilizan como códigos de operación abreviaturas (del inglés) que in-

dican qué es lo que hace la instrucción. Esto (lo del inglés) obliga al programador en máquina a tener una leve idea sobre lo que algunas palabras en inglés significan. Por ejemplo, la instrucción LDA (LoaD Acumulador) significa «Carga en el acumulador el dato...» LDA es traducido por el ensamblador al número binario 1010.1001 (ver figura)



Fig. 2.10. Tres formas de expresar la instrucción de “Carga del Acumulador” mostrando la evolución del lenguaje máquina.

Uno de los conceptos principales que se deben tener en cuenta a la hora de programar en máquina es el direccionamiento, es decir, la forma en la que se indica en la instrucción cómo y dónde obtener los datos para ejecutarla (stack, registros, página cero, memoria, etc.).

En el caso del microprocesador 6502, éste posee 13 modos posibles de direccionamiento, que lo dota de gran potencia.

Las instrucciones en lenguaje máquina pueden tener una longitud de 1, 2 ó 3 bytes. El primero corresponde en todas ellas al código de operación, que es diferente para cada tipo de instrucción.

Por ello, las instrucciones que utilizan un solo byte no poseen mayor información que la operación a realizar (se supone en la mayoría de los casos que el dato a utilizar está implícito en la propia operación). Por ejemplo, CLI (CLEAR I) pone a cero el flag I del registro de estado.

En las instrucciones con 2 bytes, el segundo corresponde a un número de 8 bits (que puede ser un dato o una dirección de página cero \$00XX, de Stack \$01XX, etc.).

En los de 3 bytes, los dos últimos suelen ser una dirección (16 bits = 2 bytes).

Los 13 modos de direccionamiento son los siguientes:

1) Inmediato (2 bytes): El segundo byte indica el dato a utilizar (el primero es el código de operación).

Ejemplo

Código OP/Operando/Expresión en ensamblador/Expresión

A9 0 0 LDA # 00 (A)←00

2) Absoluto (3 bytes): Los dos últimos bytes indican la dirección del dato a utilizar.

Ejemplo:

Código OP/Operando/Expresión en ensamblador/Expresión
AD (2136) LDA 2136 (A)←(2136)

3) Por página cero (2 bytes): El segundo byte indica una dirección relativa de la página cero \$00XX.

Ejemplo:

Código OP/Operando/Expresión en ensamblador/Expresión
A5 (00,61) LDA61 (A)←(00,61)

4) Direccionamiento por página cero, Índice X (Y) (2 bytes): La dirección del operando (que está en la página cero) se halla sumando el segundo byte de la instrucción al contenido del registro X(Y) de la CPU.

Ejemplo:

Código OP/Operando/Expresión en ensamblador/Expresión
B5 (00,38+X) LDA 38,X (A)←(00,38+X)

6) y 7) Absoluto índice X(Y) (3 bytes): La dirección donde está el dato a utilizar se halla sumando a la dirección de los dos últimos bytes de la instrucción el contenido del registro X(Y).

Ejemplo:

Código OP/Operando/Expresión en ensamblador/Expresión
BD (22,33+X) LDA 2233,X (A)←(22,33+X)

8) Direccionamiento por acumulador (1 byte): En el acumulador se encuentra el dato a utilizar.

Ejemplo:

Código OP/Operando/Expresión en ensamblador/Expresión
6A ROR Acumulador Ver fig. 2.11

9) Implicada (1 byte): El operando va implicado en la propia instrucción.

Ejemplo:

Código OP/Operando/Expresión en ensamblador/Expresión
18 Carry CLC C←-0

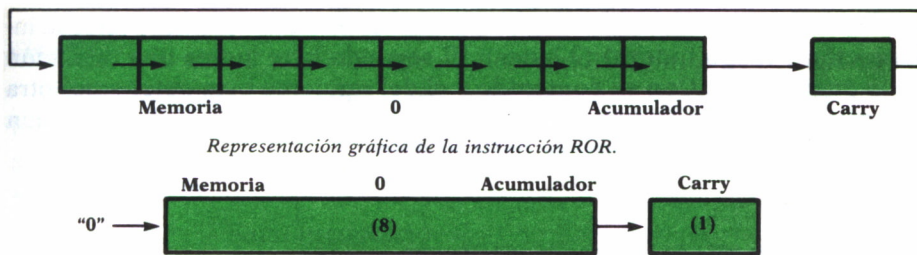


Fig. 2.11. Representación gráfica de la instrucción LSR.

10) Relativo (2 bytes): El segundo byte de la instrucción es un valor de offset que se añade al contador de programa para provocar una bifurcación. Esta es condicional si es necesaria alguna condición (del registro de estado) para que se realice.

Ejemplo:

Código	OP/Operando/Expresión en ensamblador/Expresión
F0	13 BEQ13 (PC)←(PC)+13

11) Indirecto (3 bytes): Los dos últimos bytes proporcionan una dirección. De ella y de la siguiente obtenemos otra, que es la que indica dónde está el dato (esta última dirección se suele llamar vector).

Ejemplo:

Código	OP/Operando/Ensamblador/Expresión
6C	3128 JMP(3128) (PC)←--(3128) Y (3129)

12) Indexado X indirecto (primero indexa y luego indirecciona) (2 bytes): El segundo byte se añade al registro X y el resultado es una dirección de la página cero. Con su contenido y el de la siguiente obtenemos (el vector) dirección del dato.

Ejemplo:

Código	OP/Operando/Ensamblador/Expresión
A1	30 LDA(30,X) (A)←--((0030)+X)

NOTA: Cuando se escribe (---) indica el contenido de lo que hay dentro del paréntesis. Por ejemplo (\$30F1), es el número \$XX contenido en la dirección \$30F1.

13) Indirecto indexado Y (es diferente al anterior: primero hace la dirección y luego indexa) (2 bytes): El segundo byte indica una dirección de la página cero. Con su contenido y el del siguiente byte obtenemos otra dirección, a la que le sumamos el contenido del registro Y. La dirección resultante nos indica dónde se halla el dato.

Ejemplo:

Código OP/Operando/Ensamblador/Expresión

B1 32 LDA (32),Y (A) \leftarrow (((0032)(0033))+Y)

Veamos ahora un pequeño resumen en el que se indica brevemente la función de las principales instrucciones del 6502:

1) GRUPO DE INSTRUCCIONES ARITMETICAS Y LOGICAS

Realizan operaciones aritméticas o lógicas:

ADC	Suma aritmética
SBC	Substracción
AND	Operación lógica AND
EOR	OR exclusiva
ORA	Operación OR

2) INSTRUCCIONES DE LECTURA Y ESCRITURA EN MEMORIA

Transfieren información entre la memoria y los registros:

LDA	Cargar acumulador
LDX	Cargar X
LDY	Cargar Y
STA	Almacenar el acumulador en memoria
STX	Almacenar el registro X
STY	Almacenar Y

3) INSTRUCCIONES DE TRANSFERENCIA ENTRE REGISTROS

Intercambian la información entre registros:

TAX	Transfiere el acumulador a X
TAY	Transfiere el acumulador a Y
TXA	Transfiere X al acumulador
TYA	Transfiere Y al acumulador
TSX	Transfiere el puntero del stack a X
TXS	Transfiere el registro X al puntero del stack

4) INSTRUCCIONES PARA RUPTURA DE SECUENCIA EN EL PROGRAMA

Estas instrucciones cambian el contenido del contador de programa, lo que implica una ruptura de la secuencia normal del programa. En algunos esta ruptura está condicionada al contenido de algunos flags del registro de estado.

JMP	Salto incondicional
BCC	Bifurcación si C = 0
BCS	Bifurcación si C = 1
BEQ	Bifurcación si Z = 1
BNE	Bifurcación si Z = 0
BMI	Bifurcación si N = 1
BPL	Bifurcación si N = 0
BVC	Bifurcación si V = 0
BVS	Bifurcación si V = 1

5) INSTRUCCIONES DE USO DEL STACK

Manejan el puntero de stack:

PHA	Mete al acumulador del stack
PHP	Mete al registro de estado del stack
PLA	Saca al acumulador del stack
PLP	Saca al registro de estado del stack

6) INSTRUCCIONES DE TRATAMIENTOS DE SUBROUTINA

Para el uso de subrutinas e interrupciones:

JSR	Salto a subrutina
RTS	Retorno de subrutina
BRX	Provoca IRQ (interrupción mascarable) por software
RTI	Retorno de rutina de interrupción

7) INSTRUCCIONES DE CAMBIO DE LOS «FLAGS» DEL REGISTRO DE ESTADO

Ponen dichos flags a cero o unos, según el caso:

CLC	C = 0
CLD	D = 0
CLI	I = 0
CLV	V = 0
SEC	C = 1
SED	D = 1
SEI	I = 1

8) INSTRUCCIONES DE INCREMENTO Y DECREMENTO

Afectan a memoria o a registros:

DEC	Decrementa en 1 el contenido de memoria
DEX	Decrementa en 1 el registro X
DEY	Decrementa en 1 el registro Y
INC	Incrementa memoria
INX	Incrementa el registro X
INY	Incrementa el registro Y

9) INSTRUCCIONES DE TRASLADO Y ROTACION DE BITS

Permiten desplazar o rotar el acumulador (interviniendo el carry) o la memoria:

ASL	Desplaza hacia la izquierda el acumulador o memoria
LSR	Desplaza hacia la derecha el acumulador o memoria

(ver figuras)

ROR	Desplazamiento cíclico a la derecha del acumulador o memoria
ROL	Desplazamiento cíclico a la izquierda del acumulador o memoria

10) INSTRUCCIONES DE COMPARACION LOGICA O ARITMETICA

AND	Operación lógica AND
CMP	Compara (resta a A el contenido de M) sin afectar al acumulador. Sólo afecta al registro de estado (N Z y C)
CPX	X-M
CPY	Y-M
BIT	A AND M sólo afecta a los flags

11) INSTRUCCIONES ESPECIALES

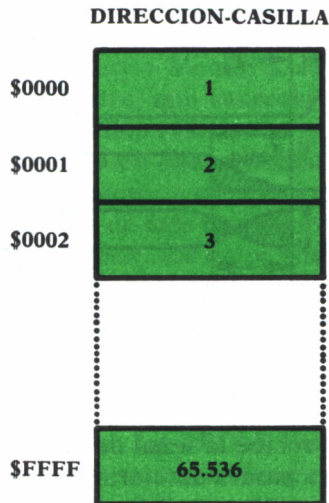
NOP	No hace nada (pierde dos ciclos de máquina)
-----	---

LA MEMORIA 3



COMO vimos en el capítulo 1, la memoria es una de las partes principales del ordenador, ya que permite tener los programas a ejecutar y los datos a usar.

Desde el punto de vista de la CPU la memoria es una serie de «casillas», cada una con una dirección, en las que se pueden leer o guardar datos. Estas direcciones son un número, siendo estas casillas consecutivas y refiriendo cada número, o dirección, a una y sólo una de las casillas.



Esquema de la memoria.

Fig. 3.1. Esquema de la memoria.

La dirección se indica por un número que la CPU coloca en el bus de direcciones. Como se indicó, este número estará en notación binaria. Por ser este bus de 16 hilos, o líneas, podrá diferenciar, o direccionar, $2^{16} = 65.536$ posiciones diferentes de memoria, o 64 K (por K se entiende un kilobyte, que está formado por 1024 casillas).

Los datos a leer o escribir serán colocados, o leídos, del bus de datos. Por ser este bus de datos de 8 líneas, podrán tomar los datos $2^8 = 256$ valores diferentes; pudiendo representar estos datos instrucciones o datos propiamente dichos.

Por último, en el bus de control existe una señal llamada R/ \bar{W} (del inglés Read/Write = lectura/escritura), que indica si la CPU quiere leer o escribir un dato.

Si la señal R/ \bar{W} tiene un nivel lógico alto, un «1», indica que el procesador quiere leer el dato; por el contrario, si tiene un nivel lógico bajo, un «0», el procesador querrá escribir el dato.

Como se dijo en el capítulo anterior, el ordenador funciona de modo síncrono dirigido por un reloj; luego las distintas operaciones descritas anteriormente seguirán un orden en el tiempo.

Para realizar una operación de escritura la CPU coloca la dirección de la posición de memoria a leer en el bus de direcciones y un 1 en la línea de R/W durante la parte final del ciclo alto de $\emptyset 1$.

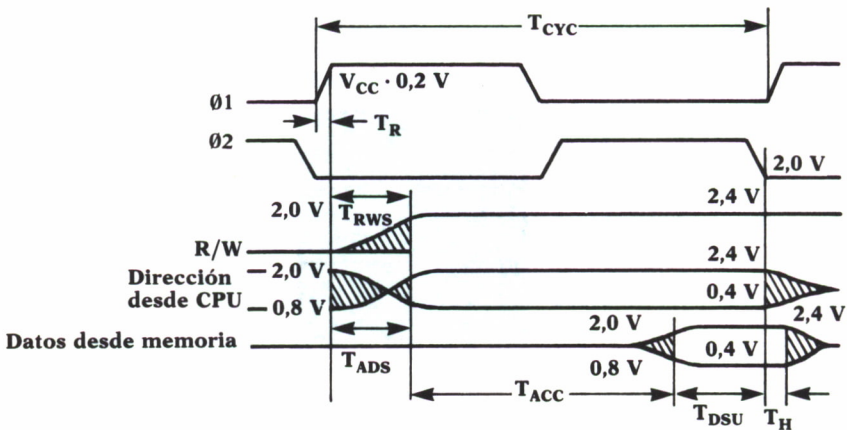


Fig. 3.2. Diagrama de tiempos de lectura.

Desde que la memoria recibe la señal de que el procesador quiere leer un dato hasta que lo coloca pasará un cierto intervalo de tiempo. En nuestro caso éste será desde que $\emptyset 2$ pasa de estado bajo a estado alto, pues al final del ciclo alto de $\emptyset 2$ el procesador tomará como dato el valor que la memoria coloque en el bus de datos.

El proceso de escritura es prácticamente idéntico.

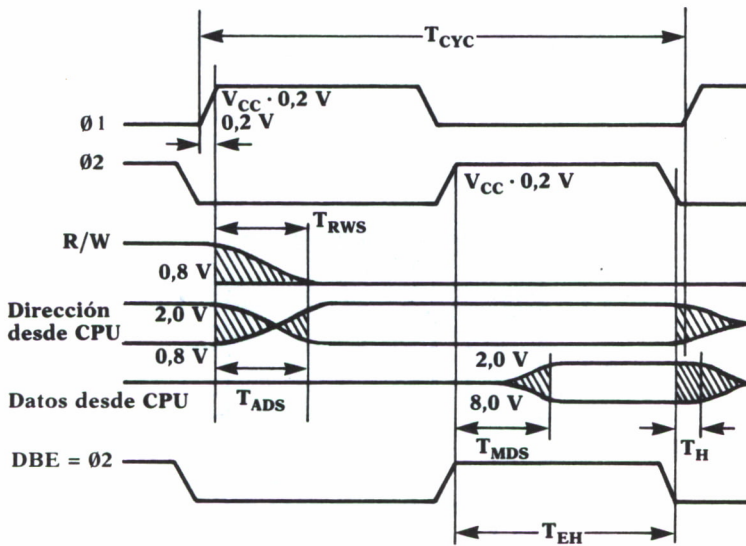


Fig. 3.3. Diagrama de tiempos de escritura.

La diferencia está en que mientras 02 está alto R/W está a nivel bajo y que durante la parte alta de 02 el microprocesador coloca el dato a escribir, es leído por la memoria y escrito.

La memoria de nuestro ordenador está formada por dos bloques principales.

La ROM (Read Only Memory = Memoria de sólo lectura) es la que almacena el programa, o software, que controla nuestro ordenador. Como su nombre indica, sólo se pueden realizar en ella operaciones de lectura. Si intentamos escribir un dato en ella, sencillamente no lo admitirá, permaneciendo la posición de memoria direccionada con el valor que tuviese en un principio. La ventaja de este tipo de memoria es que no se borra si se apaga el ordenador, es decir, los datos almacenados estarán siempre listos para la lectura.

Los circuitos usados normalmente como memoria ROM ya vienen con el programa grabado de fábrica. Por el alto coste que esto conlleva sólo se utiliza para grandes series de ordenadores comerciales, ya que así resulta más barato.

Otros circuitos de ROM son las PROM. Estas se pueden grabar, pero sólo una vez, ya que el proceso se realiza fundiendo pequeños fusibles que representan los bits. Tiene el problema que si cometemos un error éste no tendrá posible arreglo.

El chip, o circuito integrado, que utilizaremos es la EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory = Memoria programable de sólo lectu-

ra). En él es posible grabar mediante un proceso especial que consiste en intentar escribir en ella con circuitos especiales de mayor voltaje que los usados normalmente.

Es posible borrar los datos almacenados en ella iluminándola durante un largo tiempo con luz ultravioleta en una pequeña ventana existente sobre el chip.

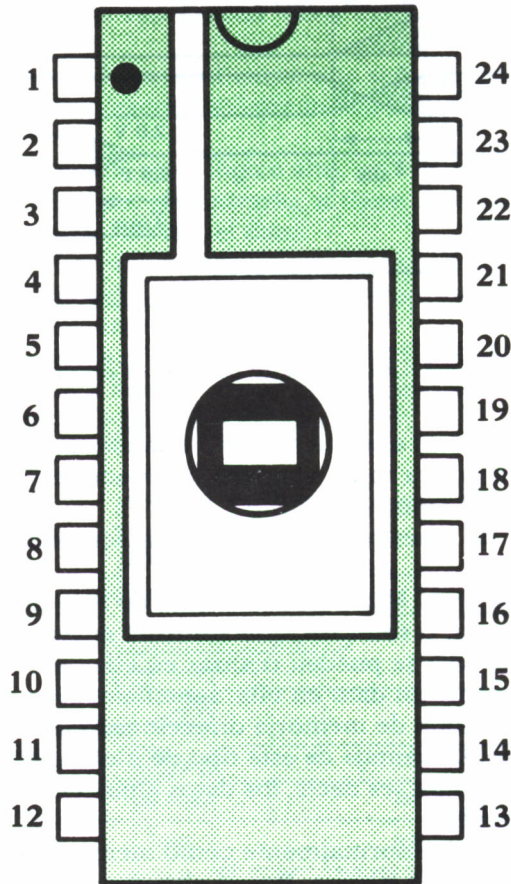
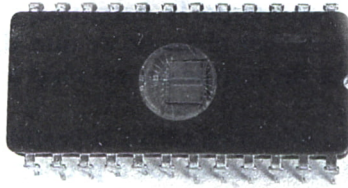
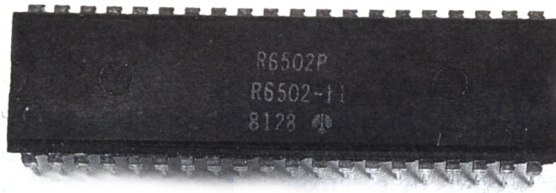


Fig. 3.4. Patillaje de una Eprom.

Por ello, esta ventana deberá estar tapada por algún tipo de etiqueta, o pegatina, ya que una excesiva exposición a los rayos solares podrían borrar nuestro programa.

El otro tipo de memoria es la RAM (Random Access Memory = Memoria de acceso aleatorio, es decir, que puede accederse a cualquiera de sus



Aspecto de la Eprom y del microprocesador.

posiciones). En ésta se puede leer y escribir, pero tiene el defecto que todo lo almacenado se pierde si se apaga el ordenador.

En el comercio existen dos tipos de memoria RAM: estáticas y dinámicas.

Las estáticas son más antiguas, pero son más sencillas de manejar por necesitar menos circuitos adicionales. Además, para sistemas pequeños como el nuestro son las más indicadas.

Las dinámicas tienen mayor capacidad, pero tienen un defecto, que olvidan los datos que tienen almacenados cada milésima de segundo, por lo que hay que estar «refrescándolas» constantemente, con la circuitería que esto lleva asociado.

Si los datos que tenemos en esta memoria quieren ser conservados deberán almacenarse en otra parte para no perderlos, tales como guardarlos en una cinta o cassette.



EL DECODIFICADOR DE DIRECCIONES

El decodificador de direcciones es una parte esencial del circuito de un ordenador. Su función es la de activar una de las patillas del circuito dependiendo de los bits de mayor peso del bus de direcciones. Es decir, de la zona de memoria en la que pretende trabajar el microprocesador y que corresponde a la posición que ocupa en ella el dispositivo y que hemos prefijado previamente mediante el diseño del mapa de memoria.

El decodificador de nuestro ordenador ha sido simplificado expresamente para que podamos realizarlo con unos pocos chips TTL-LS.

Con ellos implementamos las funciones lógicas que tomarán el valor

adecuado para activar las pastillas cuando en el bus de direcciones halla las direcciones correspondientes. Para calcular estas funciones no sólo es necesario conocimientos de electrónica digital, sino también del contenido de los chips existente en el mercado para utilizar el menor número de ellos. Existe una amplia bibliografía al respecto (ver apéndice), aunque en este tipo de diseños es importante la habilidad y técnicas «artesanas».

También se puede aprovechar el hecho de que algunas pastillas tengan varias patillas o terminales de activación del chip a la hora de simplificar el circuito decodificador.

En nuestro caso el decodificador activa la pastilla de 8K de RAM (RAM estática 5565) cuando se direccionan los 8 primeros Kbytes de la memoria. Activa el RIOT cuando utilizamos las direcciones \$20XX y la VIA con las direcciones \$21XX.

Cuando utilizamos los dos últimos Kbytes, activa la EPROM, donde están almacenados los programas de utilidades que se proporcionan.

Nota: El único problema que se puede encontrar en el decodificador es el de los «glitches» (ver bibliografía sobre este tema). En nuestro caso, es tan sencillo y su retardo tan pequeño ($20\text{nS} \times n$ como máximo) comparado con el período de reloj ($1\ \mu\text{S} = 10^{-6}\ \text{S}$).



A función de las etapas de entrada-salida es comunicar el ordenador con el exterior. En la mayoría de los casos debe adaptar el tipo de señal que le llega del exterior a una señal que sea comprensible por el ordenador.

El lugar de llegada de los datos del exterior se conoce normalmente como port, o puerto, siendo en nuestro caso de igual longitud que el bus de datos, 8 bitios.

Por ser este tipo de circuitos, usualmente, complicados y voluminosos usaremos dos circuitos integrados especializados en estas tareas: la VIA 6522 y el RIOT 6532, de la misma familia que el microprocesador que utilizamos.

La VIA (Versatil Interface Adapte = Adaptador versátil de periféricos) dispone de los siguientes elementos:

- Dos puertos, conocidos como A y B, de ocho líneas. Cada línea es programable como entrada o salida independientemente.
- Cuatro líneas de control, dos de cada puerto. Son conocidas como CA1, CA2, CB1 y CB2.
- Un registro de desplazamiento de 8 bits para convertir la información serie en paralelo, y viceversa.
- Dos temporizadores de 16 bits usados para contar o generar impulsos.
- Lógica para interrumpir a la CPU mediante la señal IRQ.
- Registros programables para el uso de los diferentes recursos.

Los registros de la VIA se sitúan en la memoria principal usando la lógica de decodificación que se vio en el capítulo anterior. Existen 16 posiciones de memoria que se direccionan por 4RS0, RS1, RS2, RS3

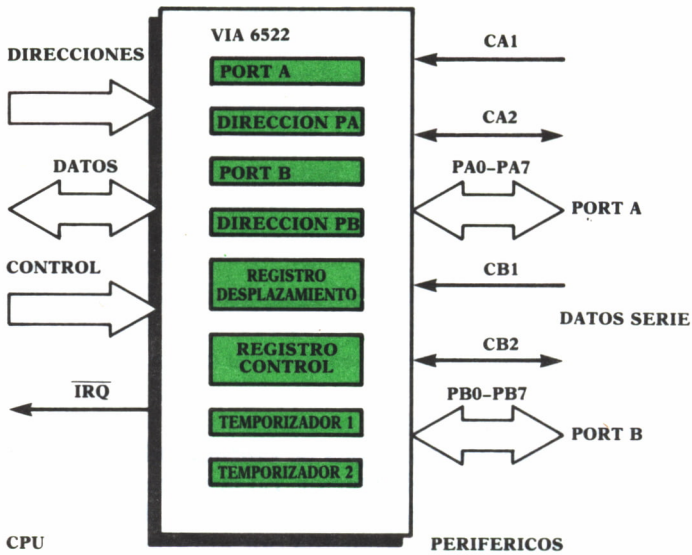


Fig. 4.1. Esquema de la vía.

(4 bits $\Rightarrow 2^4 = 16$ posiciones). El decodificador activa las patillas CS1 y CS2 cuando nos referimos a las direcciones \$21XX.

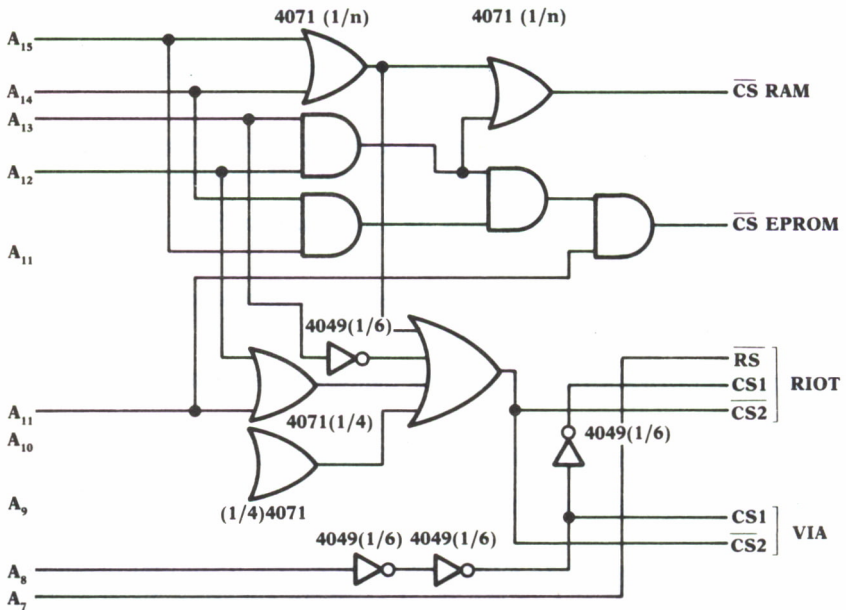
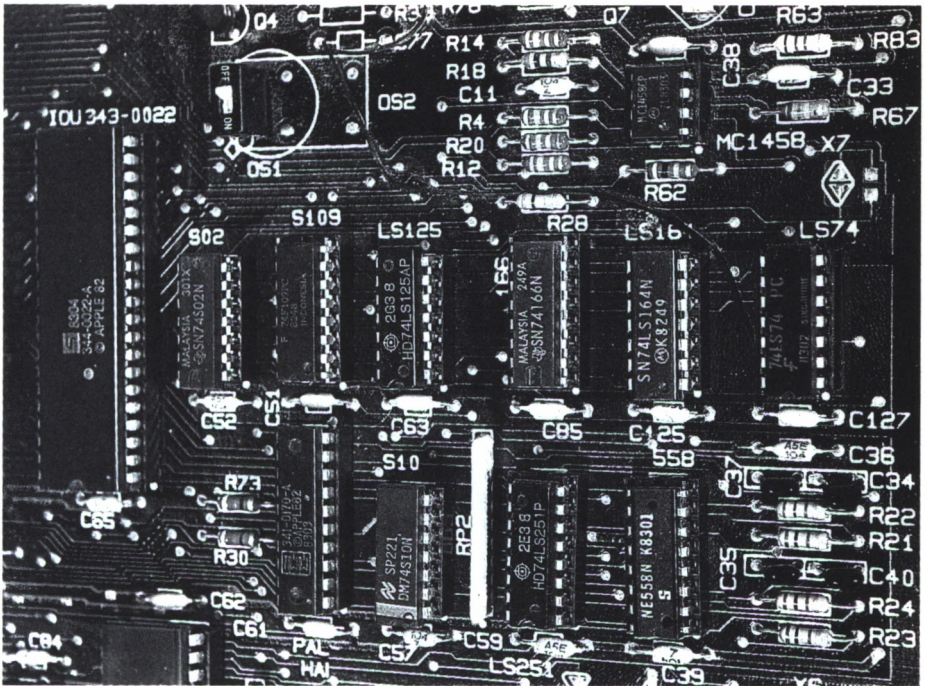


Fig. 4.2. Decodificador de direcciones.



Ejemplo práctico del decodificador de un ordenador.

Las direcciones de los port son \$2100 para el B y \$2101 para el A. Las direcciones de los registros de control son \$2102 para el B y \$2103 para el A.

Para programarlos cada bit se colocará un 0 si se quiere programar como entrada y 1 si se quiere programar como salida en los registros de direcciones.

Por ejemplo, para programar todo el port B como salida pondríamos en su registro de control de direcciones el número:

11111111

después de esto todo lo que colocáramos en los registros de los ports saldría al exterior; por el contrario, si lo que queremos es leer en el port B, en el registro de control se colocaría:

00000000

y después el valor que leeríamos del registro del port B sería el que le estuviera llegando del exterior.

Veamos dos ejemplos:

```

:L
1      LDA  #%11111111 ;PROGRAMA SALIDAS
2      STA  DRBV
3      LDA  PBV          ; LEER DATOS
:

```

```

:L
1      LDA  #%00000000 ;PROGRAMA SALIDAS
2      STA  DRBV
3      STA  PBV          ; ESCRIBE DATOS

```

El registro de control de las líneas CA1, CA2, CB1 y CB2 está en la posición \$200C. Su configuración se observa en la figura 4.3.

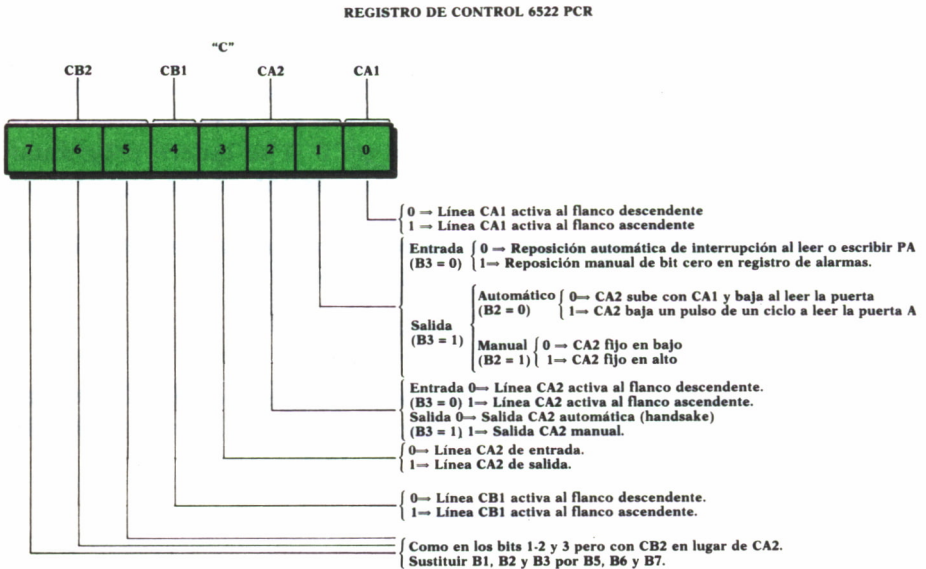


Fig. 4.3. Función de cada bit del registro de control PCR.

Estas líneas, dos para cada port, sirven para establecer un protocolo, o handshaking. Esta es la forma que tienen dos ordenadores para comunicarse. Antes de transmitirse datos deben mandar la señal equivalente de «que van los datos» y si los recibe bien, decir «ya los tengo». El equivalente de las personas son las frases hechas que se utilizan al comenzar una conversación; por ejemplo, dos amigos se encuentran, y antes de contarse nada de interés dicen:

Hola, Fulano, ¿la familia que tal?

a lo que el otro contesta:

La familia bien, ¿y tú que tal?

Bien

le responde, y a partir de aquí comienzan a hablar de los temas que les interesan.

En el siguiente programa observamos un sencillo protocolo que usa sólo una señal de ocupado (Busy). Suele ser el usado para comunicarse con una impresora.

```

:L
1          STA  PAV          ;DEJA EN PORT A
2 SIGUE   LDA  PCRV          ;COMPROBAR SI LEIDO
3          AND  #%00001000
4          BEQ  SIGUE        ;SI NO REPETIR
  
```

La posibilidad de realizar entrada-salida por interrupciones es muy útil. Para ello existe el registro de control situado en la posición \$200D el de alarma y en la \$200E el de activación.

En la figura 4.4 vemos las misiones de los distintos registros.

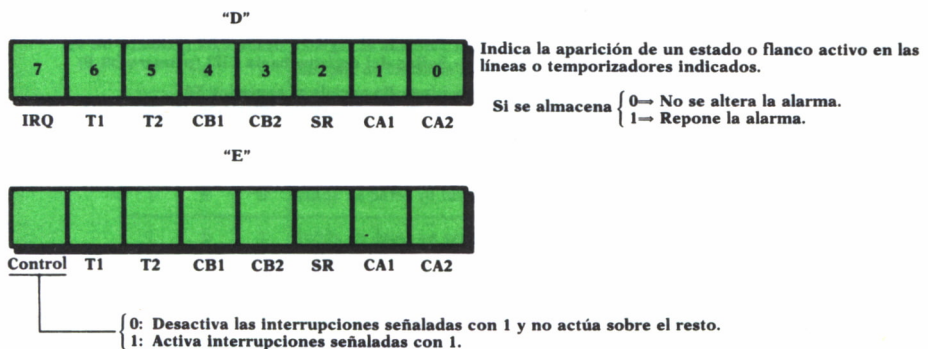


Fig. 4.4. Registro de alarmas de interrupciones IFR.

La utilidad de la interrupción es clara en el siguiente ejemplo. Supongamos que tenemos que realizar unas operaciones en la CPU, y leer, por ejemplo, un teclado. Por ser la velocidad de las personas lenta comparada con el ordenador. Si realizáramos un bucle de espera que comprobase si se ha pulsado alguna tecla se perderían algunos segundos, durante los cuales la CPU no ha realizado ninguna de las operaciones pendientes. Por tanto, si hace las operaciones, éstas podrían durar demasiado tiempo y no leer la tecla cuando fuese pulsada. La solución es programar la VIA de forma que cuando llegue un dato genere una señal de interrupción, se lea la tecla pulsada y se continúe con la ejecución del programa.

La VIA también dispone de dos temporizadores, o Timers, que tienen diversas utilidades: generar cada cierto número de reloj una interrupción, cortar los impulsos que llegan por las patillas PB6 o generar dichos impulsos por la línea PB7.

En la figura 4.5 se ve qué registros utiliza y su forma de programación.

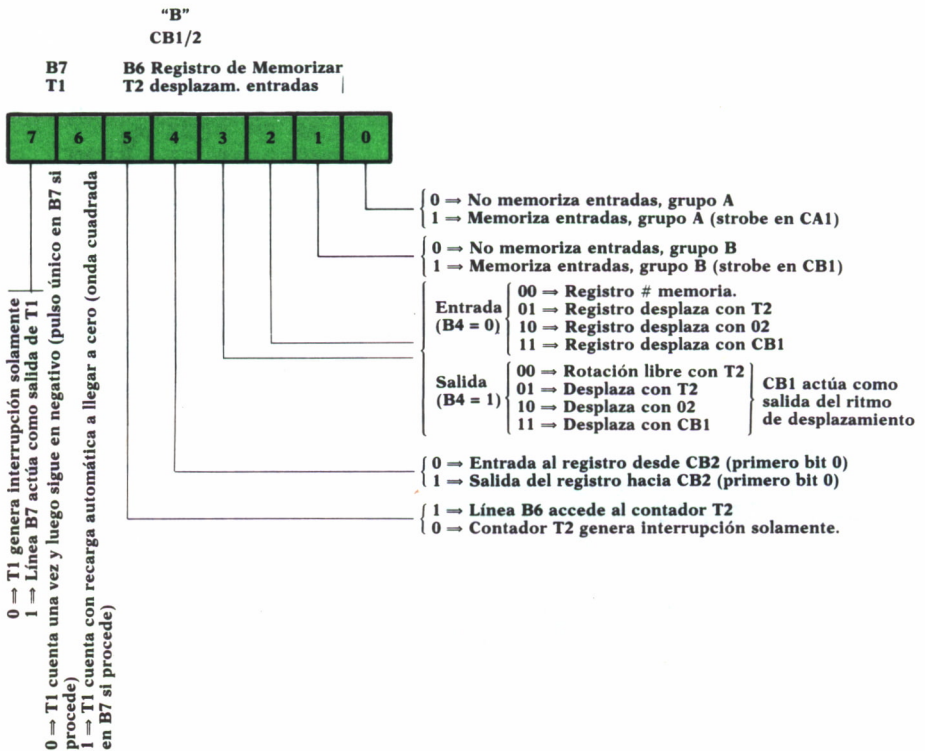


Fig. 4.5. Registro auxiliar de control ACR.

Por último, nos queda por ver el registro de desplazamiento. Este sirve para convertir los datos serie en paralelo, y viceversa.

Los datos están en paralelo, por ejemplo, en el bus de datos. Al mandarse un dato se mandan los ocho bits simultáneamente por las ocho líneas. Esto requiere menos tiempo, pero ocupa más sitio.

El enviar los datos en serie es enviarlos en «fila india». Esto ocupa más tiempo, pero sólo una línea. Para convertir de una forma a otra se utiliza el registro que pasa los bits que le llegan desplazando los que ya le han llegado, de ahí el nombre.

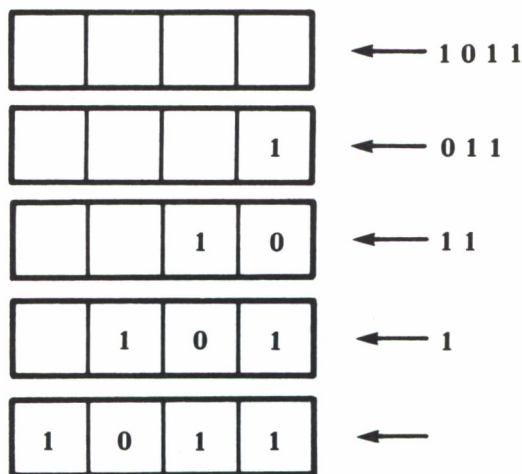


Fig. 4.6.

El registro de desplazamiento está situado en la posición de memoria \$200A y el control en \$200B (compartido con el temporizador).

Bits de ACR			MODO DE FUNCIONAMIENTO DE SR
2	3	4	
0	0	0	Registro de desplazamiento inhabilitado.
0	0	1	Entrada de datos en serie a SR bajo el control de T2.
0	1	0	Entrada de datos en serie a SR bajo el control de 0_2 .
0	1	1	Entrada de datos en serie a SR bajo el control de un reloj externo.
1	0	0	Salida de datos en intervalos continuos de T2.
1	0	1	Salida de datos en serie de SR bajo el control de T2.
1	1	0	Salida de datos en serie de SR bajo el control de 0_2 .
1	1	1	Salida de datos en serie de SR bajo el control de un reloj externo.

Fig. 4.7. Funcionamiento del registro de desplazamiento.

La frecuencia con que se realiza el desplazamiento puede determinarse por:

- La activación de la bandera T2.
- Con 02.
- Los flancos descendentes de CB1 (por flanco descendente se entiende el paso de un nivel alto a un nivel bajo).

Un ejemplo de uso de este registro se ve mas adelante en el interfaz RS-232.

El otro circuito especializado de entrada-salida es la RIOT (RAM Input-Output Timer = RAM Entrada-Salida Temporizador). Contiene los siguientes elementos:

- Memoria RAM de 128×8 bits.
- Dos puertos (A y B) también programables.
- Generador programable de intervalos de tiempo y con interrupción.
- Circuito detector de flancos.

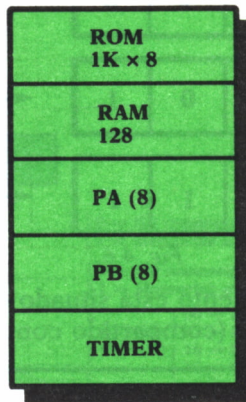


Fig. 4.8. RIOT.

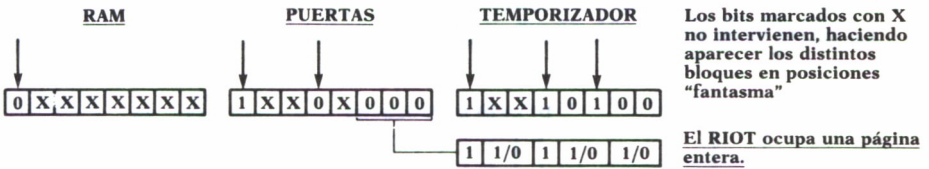
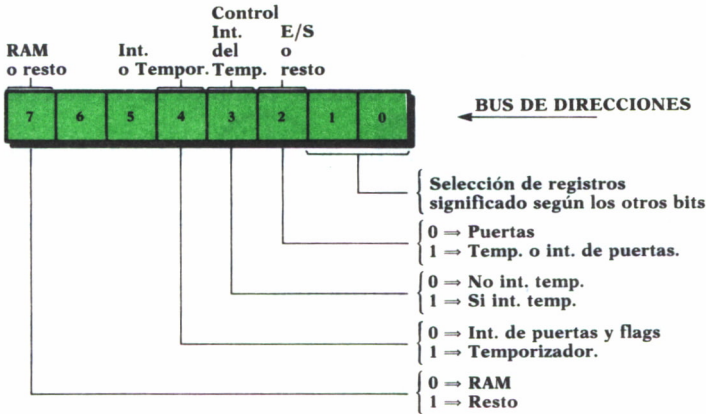
La memoria RAM es idéntica a la utilizada por el ordenador.

Sus direcciones en nuestro mapa de memoria son desde \$2000 hasta \$207F. El decodificador en el capítulo anterior la selecciona utilizando las líneas CS1 y CS2.

La función de esta memoria es para usar el ordenador como un control industrial. Se puede realizar una configuración mínima con el microprocesador y la RIOT (versión de este mismo chip que incorpora una memoria ROM).

Los ports de la RIOT son idénticos a los vistos para la VIA. La dirección de port A es \$2080 y la de su registro de control es \$2081. La dirección del port B es \$2082 y la de su registro de control \$2083.

RIOT (ocupa 256 bytes)



00
 ...
 7F
 Memoria RAM $\overline{RS} = 0$

80 PA, Datos	} $\overline{RS} = 1$ $A2 = 0$		Puertas (E/S)
81 PA, Programación			
82 PB, Datos			
83 PB, Programación			

84 PA7, Flanco negativo, no int.	} $\overline{RS} = 1$ $A2 = 1$ $A4 = 0$ $R/\overline{W} = 0$	(Escritura)	Programación Interrupciones de puertas (Sólo E)
85 PA7, Flanco positivo, no int.			
86 PA7, Flanco negativo, si int.			
87 PA7, Flanco positivo, si int.			

85 Lectura y reposición de flags de int.	PA7 TEMP.	7 6 ----- 0	Lectura: Flags de interrupción (solo L)
--	-----------	-------------	---

94 (Escritura)	E: Temp. en + 1 no int.	(Lectura)	L: Estado actual del conteaje	Temporizador Programación conteaje e int. no legible conteaje actual repone interr.
95	E: Temp. en + 8 no int.	L: Estado actual del conteaje		
96	E: Temp. en + 64, no int.	L: Estado actual del conteaje		
97	E: Temp. en + 1.024, no int.	L: Estado actual del conteaje		

9C	E: Temp. en + 1, si int.	L: Estado actual del conteaje	Temporizador Programación conteaje e int. si legible conteaje actual repone interr.
9D	E: Temp. en + 8, si int.	L: Estado actual del conteaje	
9E	E: Temp. en + 64, si int.	L: Estado actual del conteaje	
9F	E: Temp. en + 1.024, si int.	L: Estado actual del conteaje	

Fig. 4.9.

En este chip los ports no son exactamente iguales, en port B es capaz de suministrar una corriente de 3mA, lo que permite controlar directamente un transistor.

La última línea del port A (PA7), además de usarse como línea de entrada-salida, sirve como línea detectora de flancos, cambios de un nivel lógico a otro.

Existen dos formas de detectar los flancos: que si al detectar dicho flanco genere una interrupción, o no.

Los registros de control de dicho detector se activan mediante la escritura en las siguientes direcciones:

- \$2084: Detecta flanco negativo sin interrupción.
- \$2085: Detecta flanco negativo con interrupción.
- \$2086: Detecta flanco positivo sin interrupción.
- \$2087: Detecta flanco positivo con interrupción.

Para desactivar la detección de flancos será suficiente leer el registro de banderas de interrupción: \$2085.

La parte más útil de la RIOT es el temporizador. Este tiene tres partes.

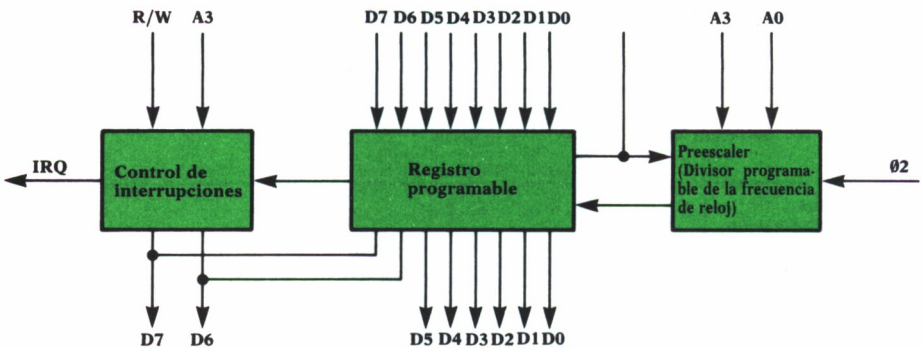


Fig. 4.10. Esquema de la Riot.

El reloj Ø2 pasa al divisor programable de la frecuencia de reloj. Este puede dividir la frecuencia por 1, 8, 64 y 1.024.

La señal dividida pasa al contador propiamente dicho. Este puede programarse para contar 255 intervalos de tiempo. Al llegar a 255 generará, si se lo indicamos, una señal de interrupción. También leen el contador, con lo que podemos tener ideas sobre el tiempo transcurrido desde que los activamos.

Un ejemplo de utilización de este contador, para realizar un contador de tiempo real de veinticuatro horas, se puede ver en el temporizador descrito en el capítulo siguiente.

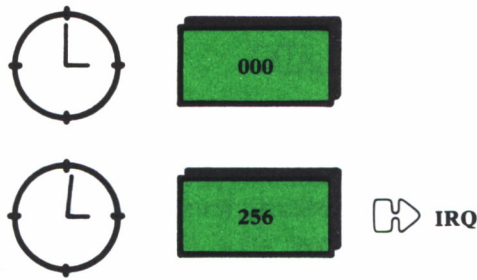


Fig. 4.11. Ejemplo del uso del contador.

En la figura 4.12 se puede ver un diagrama de tiempos del funcionamiento del contador.

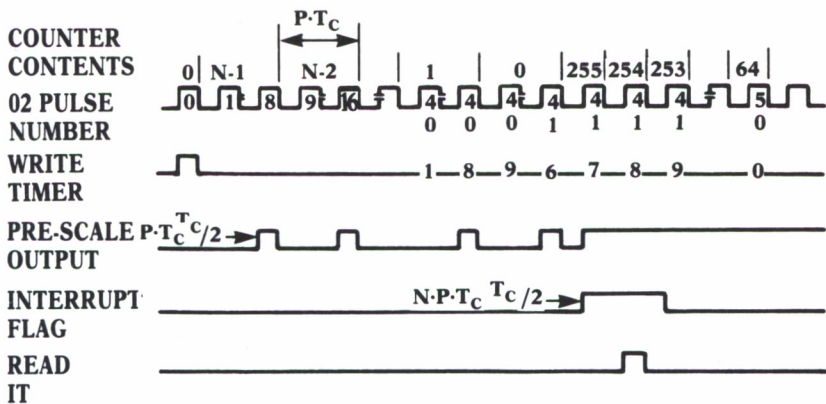


Fig. 4.12. Diagrama de tiempos del contador.



APLICACIONES

Vamos a ver cómo aplicar lo que acabamos de ver a la práctica.

Como comunicaciones con las personas incluiremos un pequeño teclado de 21 teclas y un display de siete segmentos y seis dígitos. Para comunicaciones con otros ordenadores realizaremos dos interfaces: RS-232 y CENTRONICS, serie y paralelo, respectivamente. Estos son los más comúnmente utilizados en los ordenadores personales.



DISPLAY Y TECLADO

Como puede verse en la figura, utilizamos los dos ports de la vía para la lectura del teclado y la representación del display, en combinación con un decodificador de BCD a decimal. (BCD→ Binary Coded Decimal = es decir, decimal codificado en binario (ver gráfica)).

Binario	BCD gráfica
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	
1011	
1100	Valores prohibidos en código BCD
1101	
1110	
1111	

La forma de funcionamiento es la siguiente:

Con los bits del 1 al 4 del port B de la VIA seleccionamos una de las tres filas del teclado (para leer) o uno de los seis displays de siete segmentos (para escribir en ellos). (Con lo que sobra una patilla, la 3.) Al mismo tiempo utilizamos los bits del 0 al 6 del port A para leer o escribir, dependiendo del caso, las siete líneas correspondientes a los siete segmentos, o a las siete columnas del teclado. Veamos ahora por separado cada una de las dos partes: En primer lugar, veamos el proceso de lectura del teclado de una forma algo mas detallada.

Para leer el teclado programamos el PORT B como salida y activamos secuencialmente las patas, de la 1 a la 4 inclusive, escribiendo los valores BCD del 0 al 2. Con esto activamos sucesivamente una y sólo una de las filas del teclado (que son tres).

Al mismo tiempo exploramos con el Port A (programado como lectura), las siete columnas con los bits del 0 al 6.

Así, cada vez que activamos una fila, leemos las siete columnas secuencialmente. Si el valor leído es 1 en algún caso, la tecla correspondiente de fila y columna estará pulsada.

Véase a continuación el programa máquina que gestiona el teclado siguiendo esta idea.

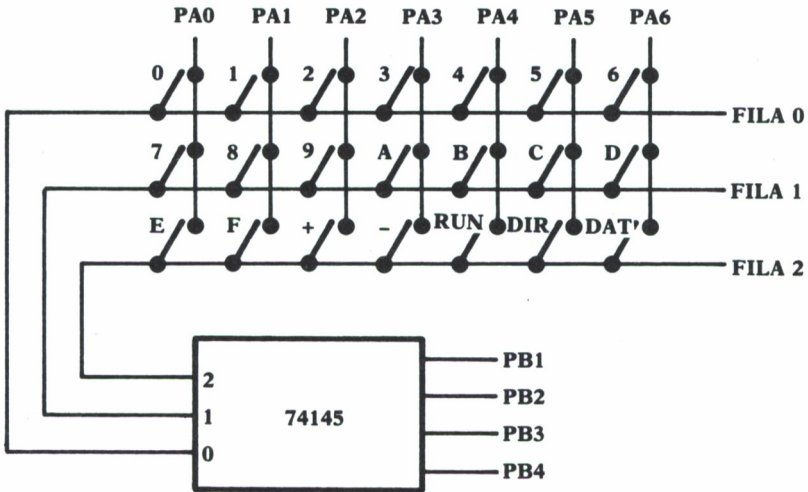


Fig. 4.13. Esquema del teclado.

```

1 *****
2 *
3 *      LECTURA DE UNA      *
4 *
5 *      TECLA                *
6 *
7 *****
8 LEEKB   LDA   #$00           ;PROGRAMA PORT
9         STA   PADDR
10        LDX   #$06
11        STX   PBDR
12 LEE1   LDA   PADR
13        BNE   SI
14        INX
15        CPX   #$09
16        BNE   LEE1
17        JSR   ESCRIBE
18        JMP   LEEKB
19 SI     STX   AUX1
20        PHA
21        JSR   ESCRIBE
22        PLA
23        LDX   AUX1

```

```

24 LEE2      LDY  #$7F
25          DEY
26          BPL  LEE2
27          LDA  PADR
28          STA  AUX
29          TXA
30          SEC
31          SBC  #$06
32          BEQ  LEFIN
33 LEE3      CLC
34          LDA  #$06
35          ADC  AUX
36          DEX
37          BNE  LEE3
38 LEFIN     LDA  AUX
39          RTS

```

Hablemos ahora del display.

Debemos tener claro que cada display de siete segmentos debe ser reescrito cada cierto tiempo para que se mantenga constantemente encendido. Por ello, lo refrescaremos siempre que la CPU no tenga otra tarea más importante que hacer.

Para escribir en un determinado dígito del display programamos como salida el Port B y activamos las patas de 1 a 4 con el número en BCD correspondiente al dígito a escribir (del 4 al 9). En el port A (programado como salida) escribimos en los bits del 0 al 7 el carácter a escribir, con lo que cada bit encenderá el segmento correspondiente.

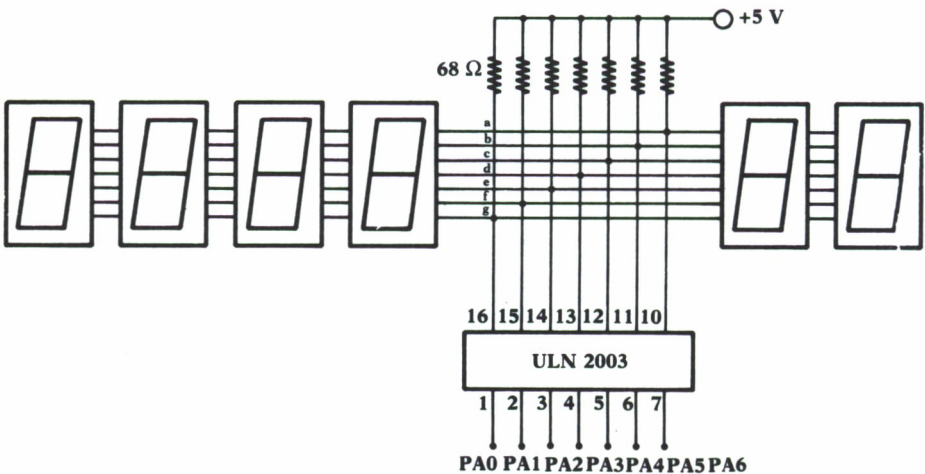


Fig. 4.14. Esquema del «Display».

Veamos el programa de control.

```

:L
1 *****
2 *                               *
3 *   RUTINA DE ESCRITURA       *
4 *                               *
5 *   EN EL DISPLAY              *
6 *                               *
7 *****
8 ESCRIBE LDA  #$7F               ;PROGRAMA PORT A
9          STA  PADDR
10         LDX  #$05               ;PREPARA BUFFER
11 ESC1    LDY  OUTBF,X            ;LEE CODIGO
12         LDA  CODE,Y            ;CARGA CODIGO DISPLAY
13         STA  PADR               ;ESCRIBELO
14 UP      LDY  #$7F               ;ESPERA UN RATO
15         DEY
16         BPL  UP
17         STY  PADR               ;REPROGRAMA PORT A
18         LDA  #$06               ;REPROGRAMA PORT B
19         STA  PBDR
20         DEX
21         BPL  ESC1               ;FIN ?
22         RTS

```

Utilizamos la tabla para encender los segmentos de cada dígito.

0	0	7	7	E	E
1	1	8	8	F	F
2	2	9	9	A	A
3	3	A	A	X	H
4	4	B	6	Y	4
5	5	C	C	P	P
6	6	D	d	S	S

Fig. 4.15. Códigos para «Display».

Y una propuesta de caracteres posibles, para que el sufrido lector pueda utilizar caracteres alfanuméricos:

:	—	O	4	4	=	≡	∞	∞
A	A	P	5	5	[	||	||	||
B	b	Q	6	6]	┌	—	—
C	c	R	7	7	%	┐	!	!
D	d	S	8	8	+	└	&	&
E	E	T	9	9	┐	┐	,	,
F	F	U	+	+	·	┌	?	?
G	G	V	-	-	·	┐	\	\
H	h	W	*	*	↑	┐		
I	—	X	/	/	↓	┐		
J	∩	Y	((<	┐		
K	∩	Z))	>	┐		
L	L	0	\$	\$	≡	┐		
M	∩	1	=	=	≡	┐		
N	∩	2	,	,	┐	┐		
Ñ	∩	3	·	·	;	┐		

Fig. 4.17. Posible código ASCII en el «Display».



CENTRONICS

El interface paralelo más usado es el CENTRONICS. En él se comunican los ocho bits de golpe por ocho líneas diferentes.

Uno de los datos principales de un interface es su velocidad de transmisión. Esta suele darse en baudios, que son los bits de información que transmite por segundo. Parece lógico que ésta sea lo más alta posible, pero hay que tener en cuenta que a mayor velocidad hay una mayor probabilidad que se cometan errores de transmisión (que los datos recibidos no sean los mismos que los emitidos).

Para su realización práctica usaremos el port A de la VIA para los datos y las líneas CA1 y CA2 para el protocolo.

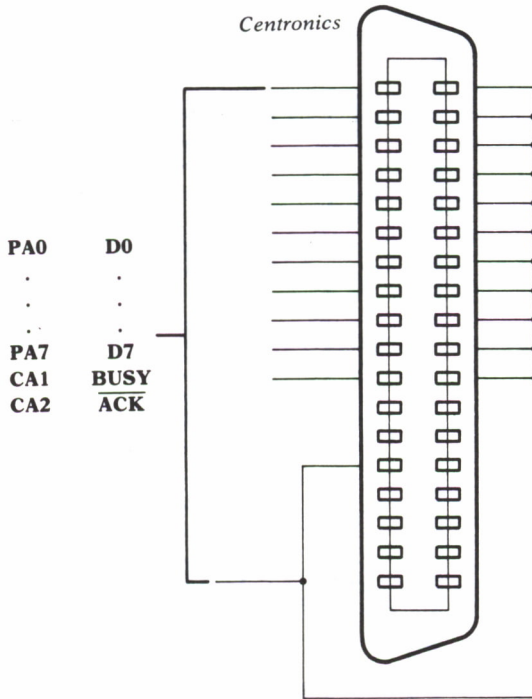
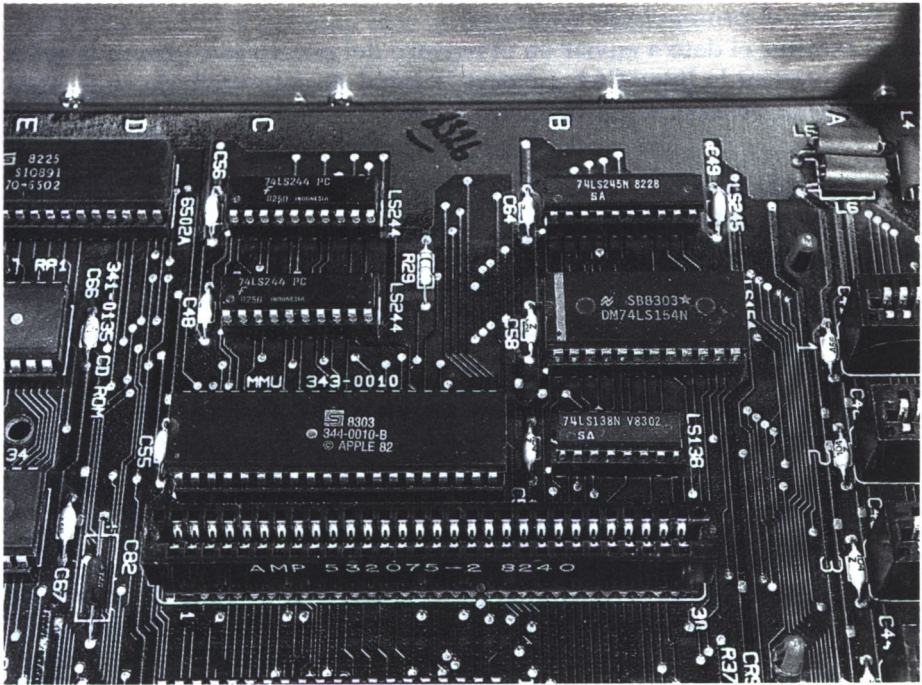


Fig. 4.18. Conexión interfaz Centronics.

Vamos a ver cómo funciona este protocolo. Este es realizado automáticamente por la VIA, una vez programada para ello.

Vamos a ver el protocolo de lectura.

El periférico del que queremos leer debe mandar una señal por la lí-



Realización práctica de entrada/salida.

nea CA1 de que está listo para recibir los datos (si nuestro periférico no dispone de ella, deberemos tener esta señal en nivel alto). Después el puerto leerá los datos, y mandará por la línea CA2 una señal de que ha recibido los datos.

En la siguiente figura se observa un cronograma de esta operación.

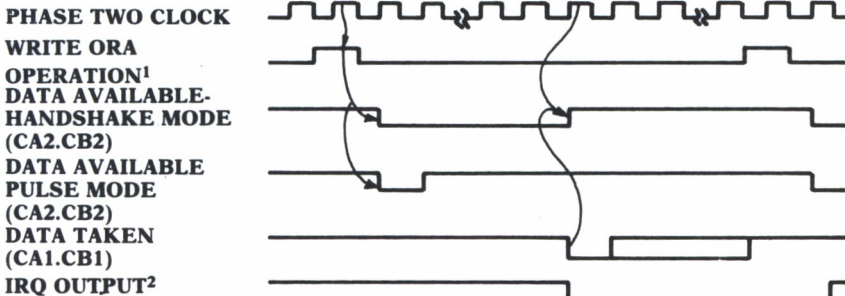


Fig. 4.19. Diagrama de tiempos del «Handshake» de escritura.

Veamos el protocolo de escritura:

Al escribir el dato a enviar en el registro del puerto éste genera la señal de dato listo en la línea CA2 y espera la señal de dato recibido en la línea CA1. Esto se observa en la siguiente figura:

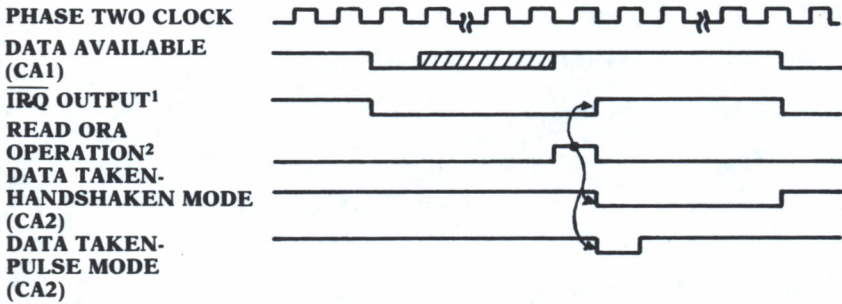
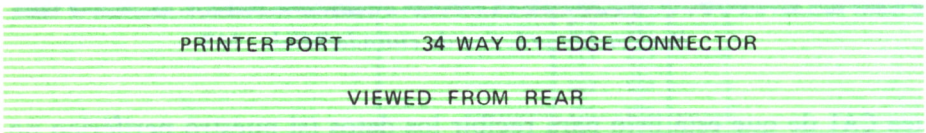


Fig. 4.20. Diagrama de tiempos del «Handshake» de lectura.

En nuestro caso el protocolo del AMSTRAD sólo dispone de la línea de «Busy» (equivalente a la señal de dato recibido vista anteriormente).



PIN 1	STROBE	PIN 19	GND
PIN 2	D0	PIN 20	GND
PIN 3	D1	PIN 21	GND
PIN 4	D2	PIN 22	GND
PIN 5	D3	PIN 23	GND
PIN 6	D4	PIN 24	GND
PIN 7	D5	PIN 25	GND
PIN 8	D6	PIN 26	GND
PIN 9	D7	PIN 27	GND
PIN 11	BUSY	PIN 28	GND
PIN 14	GND	PIN 33	GND
PIN 16	GND	All other pins	NC

Fig. 4.21. Conector paralelo Centronics.

El programa que gestiona este interfaz es el siguiente:

```
1 *****
2 *
3 *   PROG. CENTRONICS   *
4 *
5 *****
6 *
7 * PROGRAMACION DEL PORT A
8 *   COMO ENTRADA/SALIDA
9 *   INTERFACE CENTRONICS
10 *
11 * PARA LEER EL PUNTO DE ENTRADA
12 *   ES INCENT
13 *
14 * PARA ESCRIBIR ES OUTCENT
15 *
16 INCENT   LDA   #0           ;RUTINA DE ENTRADA
17          STA   DRUV        ;PROGRAMA REG. DIRECCION
18          STA   CENFLAG
19          JMP   CONT
20 OUTCENT  LDA   #$FF        ;RUTINA SALIDA
21          STA   DRUV        ;PROGRAMA REG. DIRECCION
22          LDA   #$01
23          STA   CENFLAG
24 CONT     LDA   #0           ;PARTE COMUN
25          STA   PAV         ;REGISTRO FLAGS INT.
26          LDA   PCRV        ;REGISTRO DE CONTROL
27          AND   #%11110000
28          ORA   #%00001000
29          STA   PCRV
30 *
31          LDA   ACRV        ;REGISTRO AUXILIAR DE CONTROL
32          AND   #%11111110
33          ORA   #%00000001
34          STA   ACRV
35 *
36          LDA   #%10000011
37          ORA   IERV        ;ACTIVACION DE INTER.
38          STA   IERV
39          LDA   #0
40          STA   IFRV
41          CLI
42          RTS
```

Si se usase un periférico con las dos señales de protocolo, es decir, con la señal «ACK» (equivalente del papel representado por CA2 en lo visto anteriormente), el esquema de conexión sería idéntico, pero conectando CA2 a ACK.



EXPLICACION DEL INTERFACE RS-232

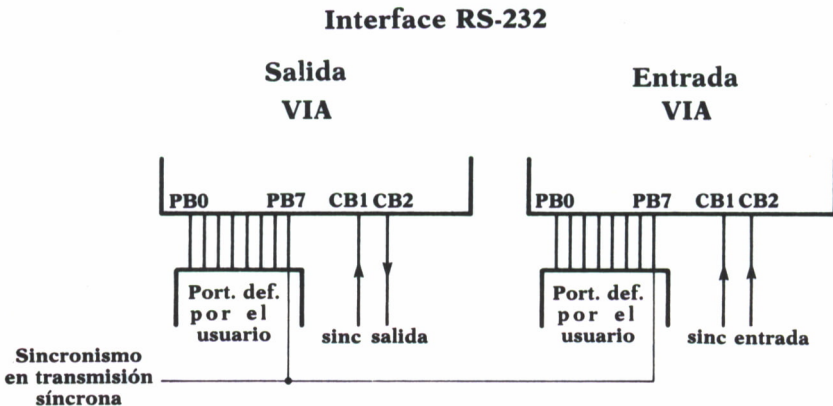
El interface RS-232 (o V24) es uno de los interfaces serie más comúnmente utilizados para la transmisión de todo tipo de datos.

Muchos periféricos de ordenador disponen del mismo, como estándar, por lo que es obvia su gran utilidad y la conveniencia de disponer de él para conseguir una mayor versatilidad en un equipo informático. Sin embargo, y tal vez por la dificultad de obtener sus tensiones, muchos de los ordenadores personales carecen de esta interface (como, por ejemplo, la gama AMSTRAD).

Nosotros hemos adaptado nuestra fuente para que proporcione las tensiones necesarias. Más adelante explicaremos cómo utilizar nuestra placa microcomputadora como adaptador de interfaces RS232-CENTRONICS.

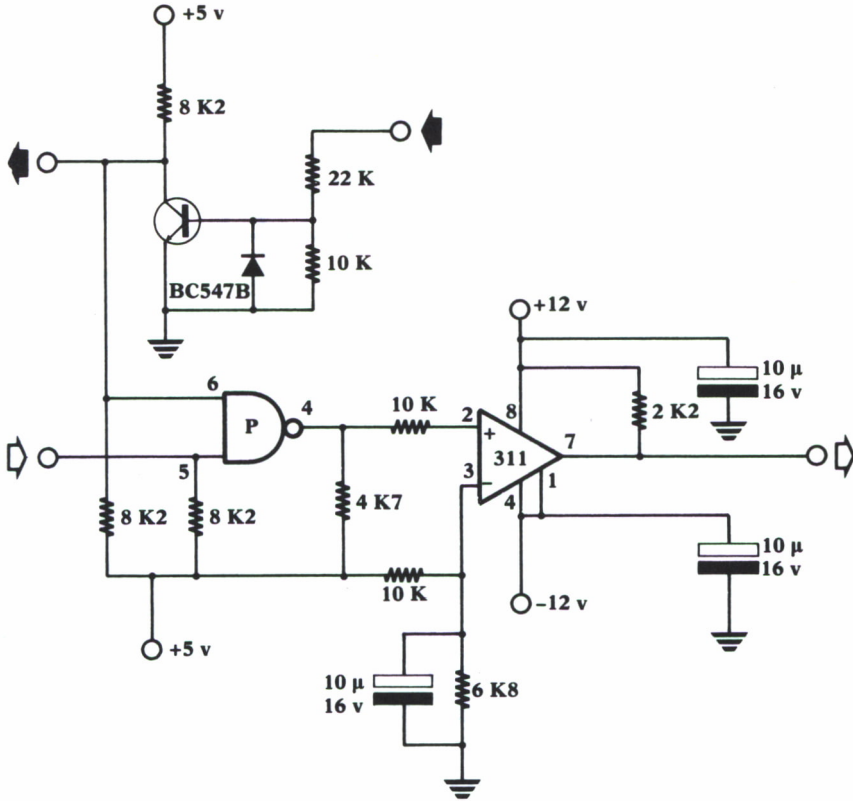
Como la transmisión es serie necesitaremos programar el Port B de la VIA adecuadamente, ya que el Port A no permite la adaptación de forma automática de paralelo (del bus de datos: ocho bits) al canal serie que necesitamos.

El RS-232 funciona con lógica negativa. Esto quiere decir que cuando queramos transmitir un «0» debemos transmitir un valor de tensión positivo (+12, aunque permite en teoría cualquiera en el rango +5+15) y cuando deseamos transmitir un «1» negativo -12 (-5-15). Por estas razones, necesitamos hacer un cambio en el nivel de tensiones a la salida serie de la VIA, esto se puede hacer con el circuito de la figura 4.22. En ella se puede ver también unas indicaciones acerca del conector, el patillaje, etc.



a

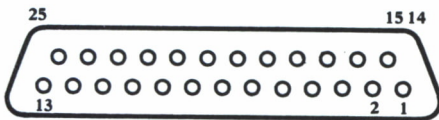
Por cada canal de I/O necesitaremos un adaptador de nivel como el de la figura:



* La puerta P forma parte del IC. 74LS27 (que tiene cuatro puertas NAND).

b

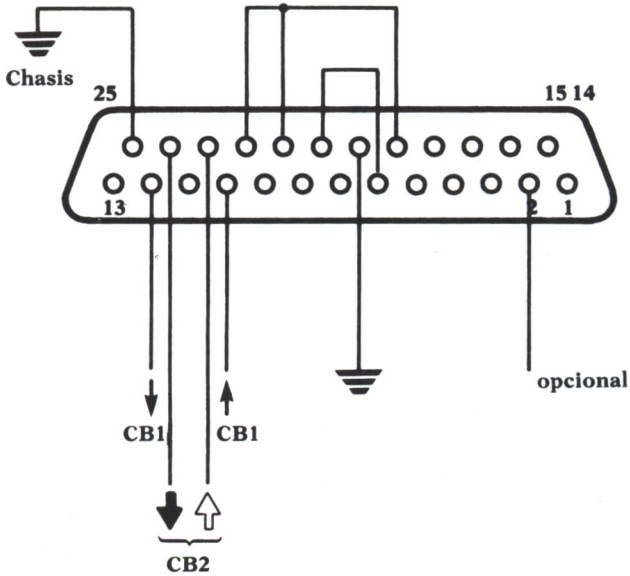
El conector RS 232/V24



- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Masa del chasis * 2. Emisión de datos ← a CB2 3. Recepción de datos ⇒ 4. Solicitud de emisión * 5. Listo para emitir * 6. Bloque de datos listo * 7. Masa de señal ⊥ 8. Detección de portadora | <ul style="list-style-type: none"> 9-14. No utilizados 15. Bit de sincronización interno para emisión. a CB1 16. No utilizado 17. Bit de sincronización de recepción, procede del emisor. a CB1 18-19. No utilizados 20. Terminal de datos listo 21. No utilizado 22. Indicador de llamada entrante 23. Selector de velocidad de transmisión 24. Bit de sincronización de emisión hacia el dispositivo de transmisión (a CB1) 25. No utilizado |
|--|---|

c

Una forma sencilla de conexión sería la siguiente:



Con este montaje (asíncrono) necesitaríamos dos cambiadores como el de la figura.

d

Fig. 4.22.

Explicaremos brevemente cómo se programa el PORT B de la VIA para la gestión serie (\rightarrow RS-232/V24).

Como entrada

	bits ACR	
	234	
Asíncrono	011	\rightarrow ACR: $\frac{\text{bits}}{76}$
Síncrono	001	11

Como salida

	bits ACR	
	234	
Asíncrono	111	\rightarrow ACR: $\frac{\text{bits}}{76}$
	100	11

En el caso síncrono habrá que escribir en T1 (registro de la VIA) el período correspondiente.

Cada vez que llegue la señal de sincronismo por CB1 se provoca IRQ, que debe estar habilitada cuando se use el interface gestionándolo por interrupción: ver el capítulo sobre la VIA.

Dependiendo de las características que el usuario desee, se debe programar el registro de control de la VIA consecuentemente. En el programa máquina de gestión del Interface se explican más detalladamente los pasos a seguir.

:L

```
1 *****
2 *
3 *   PROG. RS - 232/V 24   *
4 *
5 *****
6 * HAY DOS PUNTOS DE ENTRADA
7 * INRS PARA LA RUTINA DE ENTRADA
8 * Y OUTRS PARA LA DE SALIDA
9 *
10 INRS   LDA   ACRV           ;PROGRAMA EL REGISTRO AUXILIAR
11        AND   #%11100001    ;DE CONTROL
12        ORA   #%00001110
13        STA   ACRV
14        LDA   PCRV           ;IDEM REGISTRO DE CONTROL
15        AND   #%00001111
16        ORA   #%10000000
17        STA   PCRV
18        LDA   #0             ;RSFLAG=0 -> ENTRADA
19        STA   RSFLAG
20        JMP   CONTI
21 OUTRS  LDA   ACRV           ;IDEM REGISTRO AUXILIAR DE
22        AND   #%11100001    ;CONTROL
23        ORA   #%00011110
24        STA   ACRV
25        LDA   PCRV           ;IDEM REGISTRO DE CONTROL
26        AND   #%00001111
27        ORA   #%00000000
28        STA   PCRV
29        LDA   #1             ;RSFLAG=1 ->SALIDA
30        STA   RSFLAG
31 CONTI  LDA   #0             ;ACTIVAMOS LA INTERRUPCION
32        STA   IFRV           ;CORRESPONDIENTE
33        LDA   IERV
34        ORA   #%10000100
35        STA   IERV
36        CLI
37        RTS
```

:PR#0

Como se observa en el programa, la velocidad de transmisión es programable por software, por lo que podrá variar según la aplicación.

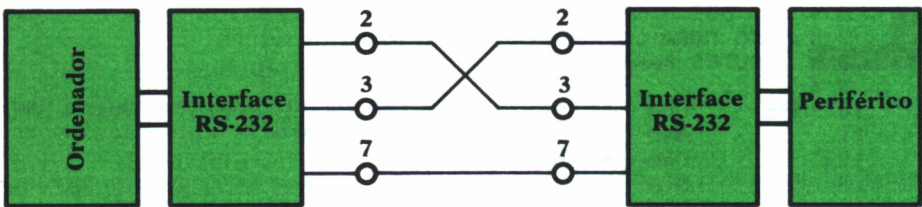


AMPLIACIONES

Con lo visto hasta ahora ya tenemos la versión básica de nuestro ordenador. Por sobrar líneas de los puertos de entrada salida que se pueden usar para posibles ampliaciones.

Para añadirle más memoria a nuestro ordenador será necesario colocar más decodificadores para generar la señal de selección de chips, según la cantidad de memoria que queramos añadir. Para ello, debemos observar en el mapa de memoria qué zonas están libres.

Como conexión mínima:



Una vez vista la zona en la que queremos colocar la memoria debemos ver qué direcciones, en binario, le corresponden; con ello diseñaremos un circuito combinacional que detecte dichas direcciones.



N este capítulo trataremos de la «inteligencia» del ordenador. Con un mismo hardware se pueden realizar muchas funciones distintas, que sólo dependerán de la imaginación de quien realice los programas.

Para guardar el programa seleccionamos una EPROM capaz de almacenar 2 Kbytes (2048 bytes), por ser las más fáciles de localizar en el mercado y aunque pueda parecer extraño, son más baratas que las EPROM de 1 Kbyte (1024 bytes) (porque al ser mas antiguas escasean en el

mercado).

De todas formas, siempre podremos utilizar lo que sobra de RAM para introducir programas.

Por ello, realizamos dos tipos de programas: un pequeño editor que nos permita introducir nuestros programas en código máquina, depurarlos y ejecutarlos, y un programa de reloj de veinticuatro horas, que permita ejecutar una rutina definida por el usuario al llegar una hora predeterminada.

Junto a estos programas existen diversas rutinas, que éstos utilizan, que gestionan los recursos del sistema, tales como el teclado, el display, los interfaces serie y paralelo.

Siempre podremos poner en la RAM libre nuestras propias aplicaciones; además, la mitad de la EPROM está vacía. En ella podremos almacenar nuestras utilidades.



EDITOR

La parte principal de este programa está realizado por un bucle que espera que se pulse alguna tecla.

Si la tecla pulsada es de alguna de las funciones, lo que detecta por ser su código mayor que \$F, ejecuta la rutina.



Fig. 5.1. Organigrama del bucle principal.

Para la ejecución de dicha función toma la dirección de una tabla, indexándola con el código de dicha función.

Almacena dicho dato en FUNC y ejecuta un salto indirecto a dicha posición, con lo que la dirección efectiva es la que almacenamos anteriormente.

```

1 *****
2 *                               *
3 *      BUCLE PRINCIPAL        *
4 *                               *
5 *****
6 ENTRADA JSR LDAT
7          JSR LEEKB             ;LEE TECLA
8 ENT1    CMP #$10              ;SI ES UN NUMERO
9          BMI ENTRADA          ;IGNORALO
10         CMP #$14              ;SI ERROR
11         BPL ENTRADA          ;IGNORALO
12         SEC
  
```

```

13      SBC  ##10      ;TRANSFORMAR TECLA
14      ASL           ;EN VALOR
15      TAX           ;PARA CALCULAR DIRECCION
16      LDA  TABLA,X  ;DE LA FUNCION
17      STA  FUNC
18      INX
19      LDA  TABLA,X
20      STA  FUNC+1
21      JMP  (FUNC)   ;EJECUTA LA FUNCION

```

Veamos ahora las distintas funciones del editor.

Para observar el contenido de una posición de memoria pulsaremos la tecla de función DIR, seguida de cuatro cifras hexadecimales, que serán la dirección a observar.

En el display aparecerá la dirección pulsada y el dato contenido en ella, en hexadecimal.

Si queremos observar el contenido de la dirección de memoria siguiendo bastará con pulsar la tecla +.

Para observar el contenido de la anterior posición de memoria pulsaremos la tecla -.

Si ahora queremos modificar la posición de memoria cuyo contenido estamos observando bastará con pulsar la tecla de función DATO y dos cifras hexadecimales que representarán el nuevo contenido de dicha posición de memoria.

Con esto podemos observar y modificar cualquier posición de memoria de nuestro ordenador, pero ¿cómo ejecutar un programa?

Para ejecutar un programa pulsaremos DIR y la dirección en que comienza el programa. Después pulsaremos RUN y dicho programa comenzará a ejecutarse.

Además de observar las posiciones de memoria podríamos querer observar y modificar los registros internos de la CPU.

Para observar el contenido de cualquier registro pulsaremos, sucesivamente, las teclas DIR, DATO y una tercera que representará el código del registro a visualizar. Los códigos son:

- A para el acumulador
- 0 para el registro X
- 1 para el registro Y
- 2 para el registro de status
- 3 para el puntero del stack

Una vez realizada la anterior función si queremos modificar alguno de estos registros bastará con pulsar la tecla DATO y las dos cifras hexadecimales que representen el nuevo contenido.

Con lo visto hasta ahora si queremos escribir nuestros propios programas deberemos realizar las siguientes funciones:

- Escribir el programa en lenguaje ensamblador.
- Traducir, mediante la tabla que se da en uno de los apéndices, las instrucciones por su correspondiente código hexadecimal.

Pulsaremos la tecla DIR seguida de la dirección en que comienza nuestro programa.

Pulsaremos DATO y el código de la primera instrucción.

Pulsaremos +, DATO y el código siguiente. Esta última operación la repetiremos hasta completar el programa.

Pulsaremos la tecla DIR y la dirección de comienzo de nuestro programa y con la tecla RUN lo ejecutaremos.

Por último, para detener la ejecución de un programa y regresar al monitor, pulsaremos RESET.



TEMPORIZADOR

Es otra rutina del monitor. Programa un reloj de veinticuatro horas.

Para ejecutarlo debemos pulsar DIR, la dirección \$FF2F y la tecla RUN.

Tras esta operación introduciremos la hora actual con ocho dígitos (dos para la hora, dos para los minutos y dos para los segundos). Y otros ocho para la hora en que queramos que se ejecute una rutina, cuya dirección colocaremos previamente en las posiciones de memoria \$28 y \$29.

Tras esto, el reloj entrará en funcionamiento.



N este capítulo veremos algunos de los posibles usos del ordenador anteriormente desarrollado. Estos son algunos de los muchos posibles, ya que las posibilidades son prácticamente ilimitadas.

Los casos aquí estudiados son: un adaptador del interface RS-232 a CENTRONICS, y viceversa, y un temporizador para el control de algún electrodoméstico.



ADAPTADOR RS-232-CENTRONICS (Y VICEVERSA)

Esta aplicación pretende proporcionar al usuario de un ordenador personal que posea uno de los dos interfaces, pero carezca del otro, la posibilidad de utilizar ambos, lo que le permitirá conectar su ordenador a otros periféricos sin un desembolso excesivo.

Habrà, por tanto, dos maneras de utilizar la placa microcomputadora como interface:

1. Entrada RS-232 → Salida CENTRONICS
2. Entrada CENTRONICS → Salida RS-232



NECESIDADES HARDWARE

Hace falta para ambas el adaptador (o adaptadores) de nivel explicados en el apartado del interface RS-232/V24, así como ambos conectores estándar RS-232 y CENTRONICS.



NECESIDADES SOFTWARE

Proponemos el siguiente programa máquina para la gestión de los interfaces en esta aplicación. Es importante seguir paso a paso las explicaciones al margen para comprender con detalle los pasos a seguir.

El usuario podrá siempre cambiar el programa para adaptarlo a sus propias necesidades.

Para la primera aplicación:

```
:L
1 *PROGRAMA MISMOS BUFFER
2 *PARA LA ENTRADA Y SALIDA
3     LDA  ##00
4     STA  CENBUFF
5     STA  RSBUFF
6     LDA  ##08
7     STA  CENBUFF+1
8     STA  RSBUFF+1
9     JSR  CENOUT    ;PROGRAMA CENTRONIS SALIDA
10    JSR  RSIN     ;PROGRAMA RS-232 ENTRADA
11    RTS          ; LO HACE
```

:

Para la segunda:

```
Q
:L
1 *PROGRAMA MISMOS BUFFER
2 *PARA LA ENTRADA Y SALIDA
3     LDA  ##00
4     STA  CENBUFF
5     STA  RSBUFF
6     LDA  ##08
7     STA  CENBUFF+1
8     STA  RSBUFF+1
9     JSR  CENIN    ;PROGRAMA CENTRONICS ENTRADA
10    JSR  RSOUT   ;PROGRAMA RS-232 SALIDA
11    RTS          ; LO HACE
```

:

En cualquier ordenador se mandarán los datos igual que se escribe por la impresora.



TEMPORIZADOR

Como ejemplo más típico damos un controlador programable de un electrodoméstico.

Programando el temporizador de la RIOT para realizar un reloj de veinticuatro horas, podemos saber qué hora es.

Quando llegue la hora asignada a través de un relé, interruptor controlado por tensión, podemos enchufar y desenchufar el aparato.

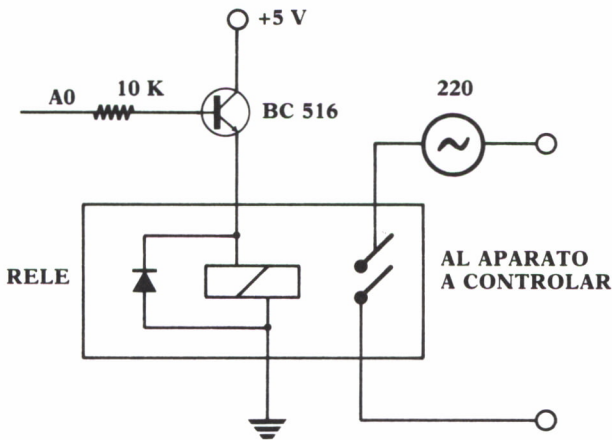


Fig. 6.1. Controlador utilizado por el temporizador.

Aquí se observa el programa encargado de ello:

```

Q
;L
1      LDA  DRPAR      ;CARGA CONTENIDO REG, CONTROL P.A
2      ORA  #%10000000 ;COLOCA PAZ COMO SALIDA
3      STA  DRPAR      ;PROGRAMALO
4      LDA  #%10000000 ;COLOCA VALOR EN SALIDA
5      STA  PAR        ;FINALIZA
6      RTS
;

```


APENDICE A SISTEMAS DE NUMERACION Y SU REPRESENTACION EN EL ORDENADOR

La notación binaria (base 2) es otra forma de expresar los valores de los números. Nuestro sistema usual, el decimal (base 10) usa la combinación de diez dígitos, del cero al nueve. Los números escritos en notación binaria usan sólo dos dígitos, cero y uno. Cada posición ocupada por un dígito binario (un 0 o un 1) se llama bitio (o bit).

Internamente el ordenador representa el 1 por un valor de 5 V (valor alto) y el 0 por un voltaje nulo (valor bajo).



NOTACION DECIMAL

En notación decimal cada dígito en número representa una potencia de 10. Por ejemplo, el número 2408 en notación decimal puede escribirse en forma expandida, así:

$$(2 \times 10^3) + (4 \times 10^2) + (0 \times 10^1) + (8 \times 10^0)$$

Lo que es igual a 2408, como puede verse a continuación:

$$\begin{array}{r} 2 \times 10^3 = 2 \times 1000 = 2000 \\ 4 \times 10^2 = 4 \times 100 = 400 \\ 0 \times 10^1 = 0 \times 10 = 0 \\ 8 \times 10^0 = 8 \times 1 = 8 \\ \hline 2408 \end{array} \quad +$$

(Obvio.)



NOTACION BINARIA

En notación binaria la que usa el ordenador internamente, cada dígito representa una potencia de 2. Por ejemplo, el número binario 101101 puede escribirse como:

$$(1 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0)$$

A continuación están las sucesivas potencias de 2 y su valor decimal:

$$\left\| \frac{2^{14}}{16384} \right\| \left\| \frac{2^{13}}{8192} \right\| \left\| \frac{2^{12}}{4096} \right\| \left\| \dots \right\| \left\| \frac{2^3}{8} \right\| \left\| \frac{2^2}{4} \right\| \left\| \frac{2^1}{2} \right\| \left\| \frac{2^0}{1} \right\|$$

El equivalente decimal de 101101 puede calcularse así:

$$1 \times 2^5 = 1 \times 32 = 32$$

$$1 \times 2^4 = 0 \times 16 = 0$$

$$1 \times 2^3 = 1 \times 8 = 8$$

$$1 \times 2^2 = 1 \times 4 = 4 +$$

$$1 \times 2^1 = 1 \times 2 = 2$$

$$1 \times 2^0 = 1 \times 1 = 1$$

45



OPERACIONES LOGICAS

Las operaciones lógicas se hacen bit a bit:

Las reglas para las cuatro operaciones lógicas se dan a continuación:

Operador Regla

AND Si los dos bits son 1, el resultado es 1.

Si algún bit es 0, el resultado es 0.

OR Si algún bit es 1, el resultado es 1.

Si los dos bits son 0, el resultado es 0.

XOR Si algún bit, pero no los dos, es 1, el resultado es 1.

Si los dos bits son 0, el resultado es 0.

NOT Si el bit es 1, el resultado es 0.

Si el bit es 0, el resultado es 1.

Ejemplo:

Cuando se realizan operaciones binarias con los números 77 y 67, éstos son primero convertidos a notación binaria. El número 77 se represen-

ta en 16 bits, como 0000000001001101 y el número 67 se representa en 16 bits, como 0000000001000001. El resultado de hacer AND, OR y XOR con los dos valores es el siguiente:

	0000.0000.0100.1101
	0000.0000.0100.0001
	<hr style="width: 100%;"/>
AND:	0000.0000.0100.0001
OR:	0000.0000.0100.1101
XOR:	0000.0000.0000.1100

La resta de dos números binarios se hace sumando el primero al complementario del segundo.

Para obtener el complemento a 2 de un número binario, se cambia cada 1 por un 0 y cada 0 por 1. Entonces se suma 1 al número obtenido. Por ejemplo, el complemento a 2 de 77 se obtiene como se indica a continuación:

77 en binario	0000000001001101
Cambiando bits	1111111110110010
Sumando 1	<hr style="width: 100%;"/> 1
-77 en binario	1111111110110011

El bit más a la izquierda = 1 significa número negativo.

Para una descripción más detallada de la aritmética binaria búsquese en un libro sobre la materia.

Ejemplo:

Para convertir un número de notación decimal a binaria se reduce progresivamente el número decimal por la potencia de 2 mayor que no sobrepase al número hasta que éste sea nulo.

El número decimal 77 puede convertirse a notación binaria usando la técnica siguiente.

La potencia de 2 mayor que contiene el número 77 es 64 (2⁶). Ponemos un 1 en esa posición del número binario, como se muestra a continuación:

128	64	32	16	8	4	2	1
0	1	0	0	0	0	0	0

Restamos a 77 el 64, con lo que tenemos 13. La potencia mayor de 2 que contiene 13 es 8 (2³), con lo que colocamos un 1 en esa posición. Restamos a 13 el 8 y queda 5. La potencia de 2 mayor que contiene a 5 es 4 (2²) y colocamos un 1 en su lugar, restamos 5 a 4 y queda 1, con lo que colocamos un 1 en la posición de 2⁰.

El número 77 en notación binaria resulta:

128	64	32	16	8	4	2	1
0	1	0	0	1	1	0	1

Se puede comprobar la exactitud de la conversión así:

$$0.2^7 + 1.2^6 + 0.2^5 + 0.2^4 + 1.2^3 + 1.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0 = 77$$



NOTACION HEXADECIMAL

En notación hexadecimal existen 16 posibles números. Como sólo existen 10 números (0-9), los siguientes números se representan mediante letras. Casualmente un número hexadecimal se representa por cuatro dígitos binarios, por lo que esta notación se utiliza para acortar la representación de cantidades binarias.

Binario		Hexadecimal		Decimal
0000	.....	0	.....	0
0001	.....	1	.....	1
0010	.....	2	.....	2
0011	.....	3	.....	3
0100	.....	4	.....	4
0101	.....	5	.....	5
0110	.....	6	.....	6
0111	.....	7	.....	7
1000	.....	8	.....	8
1001	.....	9	.....	9
1010	.....	A	.....	10
1011	.....	B	.....	11
1100	.....	C	.....	12
1101	.....	D	.....	13
1110	.....	E	.....	14
1111	.....	F	.....	15

Por ello, un número binario de 8 bits se representará como dos dígitos hexadecimales:

$$11110000 = F0$$

Para realizar la conversión de decimal a hexadecimal la cosa se complica un poco, ya que debemos ir dividiendo por 16 y tomando los restos; pero como esto es un poco complicado, recomendamos pasar previamente a binario.

La forma de sumar dos números hexadecimales es igual a la utilizada en decimal. Veamos un ejemplo:

$$\begin{array}{r} + 3A \\ \hline EC \end{array} \quad \begin{array}{l} A + 2 = B + 1 = C \\ B + 3 = C + 2 = D + 1 = E \end{array}$$

La resta también sería igual.

Queda por indicar que para indicar la base en que se representa cada número existe una notación usada por todos los programas ensambladores:

- Decimal: Se escribe tal cual: 255.
- Binario: Se antecede de %: %111111.
- Hexadecimal: Se antecede de \$: \$FF.

APENDICE B

CONSEJOS A LA HORA DE MONTAR EL CIRCUITO

No se debe olvidar, en primer lugar, que todo circuito integrado debe tener sus patillas de alimentación conectadas a la fuente, aunque no conste en alguna de las figuras de los circuitos. Para ello debe estudiarse detenidamente el patillaje de los mismos del apéndice. Si realizamos ampliaciones por nuestra cuenta, debemos sumar el consumo en mA de todos los chips para comprobar que nuestra fuente es suficiente. En caso contrario, deberíamos sobredimensionarla.

También es aconsejable realizar primeramente un prototipo en esas placas de pinchar componentes (pinchómetro, según los entendidos), fáciles de encontrar en cualquier tienda del ramo y que evitan la engorrosa tarea de desoldar para hacer modificaciones.

Si el lector tiene algo más de práctica en el cacharreo electrónico, puede montar su prototipo, que, si funciona, probablemente haga definitivo en alguna de las placas con pistas pregrabadas y agujereadas que se venden en el mercado. El número de cablecillos será grande, pero si el montaje se hace con orden y ajustando la longitud de los mismos, el resultado puede ser aceptable. (Aunque siempre habrá el riesgo de las capacidades entre cablecillos, que provocarán efectos indeseados.)

Si la cosa se hace más en serio, y se pretende hacer una placa de circuito impreso «elegante», es aconsejable recurrir al tablero de dibujo o utilizar un programa de diseño de los que ya existen para ordenadores personales (Smartwork, AutoCad, etc., para PC y compatibles, por ejemplo). De todas formas, para más información sobre las técnicas al uso es conveniente la consulta de bibliografía sobre el tema, imposible de tratar en un libro de estas dimensiones.

Si se sueldan circuitos integrados directamente, aunque es totalmente aconsejable el uso de zócalos (que, además, facilita la sustitución en caso de fallos), no deben calentarse más que lo que el tacto de cada uno pueda soportar. (Es una buena regla.)

Otro tema importante es el de los conectores. Cuanto mejores, más caros, pero más fiables. En nuestro caso no es necesario demasiado desembolso, pero, eso sí, deben de soldarse bien (algo difícil). Es evidente que un conector estándar, por ejemplo el RS-232/V24, no tiene más remedio que cumplir la norma, por lo que será caro. (Relativamente.)

Se aconseja el uso de conectores entre placas si se desea hacer el ordenador de forma modular. Esto permite que con una misma arquitectura básica podamos usar nuestro ordenador para muchas cosas. Por ejemplo, si ponemos un conector de placa a la salida de la VIA y es RIOT, podremos cambiar el tipo de periféricos con sólo cambiar de placa adaptadora y de programa de gestión de los controladores de periféricos, según el caso.

Los dos principales problemas a la hora de la realización práctica de un circuito digital, con los que suele toparse todo el mundo, son el acoplo y los gliches. Estos dos fantasmas que siempre acechan se pueden evitar. El primero, utilizando pequeños condensadores de desacoplo entre las salidas de los chips digitales de alimentación y masa (se aconseja el valor de unos 100 nF). El segundo, realizando un diseño adecuado. En nuestro caso, la velocidad de reloj es lo suficientemente lenta (1 MHz) para que carezca de importancia.

Cuando vayamos a soldar, debemos utilizar un soldador eléctrico de baja potencia (aproximadamente 15 W), para no dañar el circuito, y estándar de uso electrónico. (Se vende en rollos y lleva núcleo de resina para facilitar su fundición.)

Si se utilizan cables, deben utilizarse siempre lo más cortos posible, para evitar capacidades parásitas.

En el mercado electrónico de componentes los precios son enormemente variables, pudiendo cambiar en casi un 100%, dependiendo del establecimiento. Por ello, es aconsejable ir a varias tiendas antes de hacernos con el material que necesitamos.

Hablemos de la EPROM. Como ya habíamos dicho anteriormente, la EPROM es una memoria de sólo lectura (ROM) que permite ser reprogramada. Esto quiere decir que existen en el mercado unos aparatos especiales para grabarlas. Está claro que sólo es aconsejable comprar (o hacerlo, para los hábiles) un grabador de EPROM, si se graban muchas.

En nuestro caso, que sólo vamos a grabar una, esto sería superfluo. Por ello, debemos buscar algún establecimiento del ramo en el que nos la graben a partir del listado hexadecimal. (Ver apéndice E.)

En algunas tiendas, si compramos en ellas la EPROM, la programan gratis (en Madrid).

Si el lector es de provincias, y está muy desesperado, puede buscar en alguna revista electrónica algún artículo que describa cómo montar el grabador. (Se aconseja experiencia para intentarlo.)

Los chips de la familia CMOS son muy sensibles a las corrientes estáticas (al contrario que los TTL). Esto quiere decir que si tocamos las pati-

llas (terminales) con los dedos, pueden deteriorarse. Por eso suelen venderse en tubos de plástico antiestáticos o envueltos en papel de aluminio. Cuando los vayamos a montar en su zócalo debemos agarrarlos por el cuerpo.

Aconsejamos que antes de alimentar el circuito se realice un repaso concienzudo del montaje para localizar posibles fallos:

— Soldaduras frías: Parece soldado, pero no hace buen contacto eléctrico.

— Cortocircuitos: Entre pistas por gotas de soldadura, etc.

— Circuitos abiertos: Pistas cortadas, etc.

— Mala orientación al enchufar los C.I. (pueden estropearse).

— Otras múltiples razones por las cuales no puede funcionar:

- Aparatos eléctricos cerca (interferencias)
- Falta de alimentación de algún integrado.
- Etc.

Por último, para los que vayan a diseñarse su propio circuito impreso a partir del circuito teórico que proporcionamos, les aconsejamos utilizar métodos fotográficos para realizar la placa (resina fotosensible, copia de papel vegetal, etc.).

Deseamos suerte y aconsejamos paciencia a todos.

APENDICE C

FUENTE DE ALIMENTACION

Aún no nos habíamos ocupado de alimentar a nuestro ordenador. Para que los circuitos integrados funcionen deben «enchufarse». La mayoría de ellos van conectados a 5 voltios, aunque los relacionados con el RS-232 irán conectados a ± 12 voltios. Para ello diseñaremos una fuente de alimentación que de los 220 V alterna de la red nos dé 5 y ± 12 voltios de corriente continua.

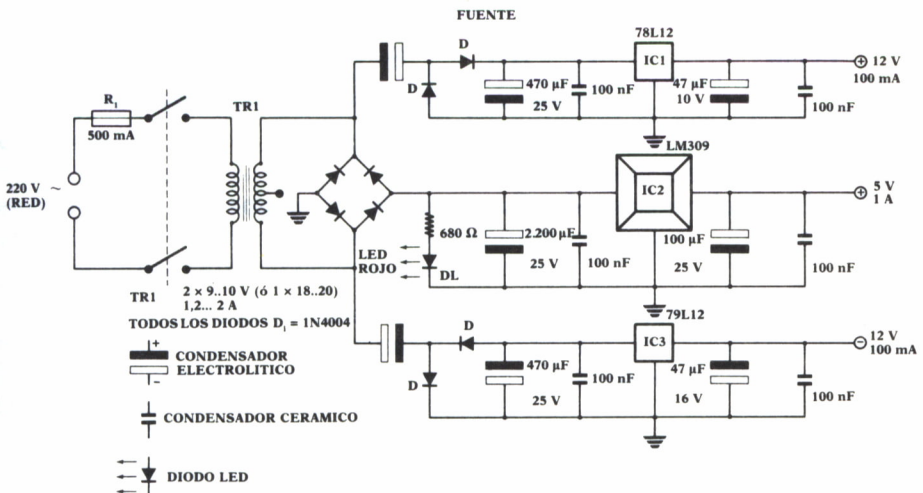


Fig. C.1.

La fuente de 5 voltios proporciona una corriente máxima de 1 amperio, la de ± 12 sólo 100 mA.

Se ha incluido un led (diodo emisor de luz) que estará encendido si la fuente funciona adecuadamente.

No debe olvidarse el colocar un disipador de potencia al circuito integrado LM 309 (CI2), pues de lo contrario éste se sobrecalentaría demasiado, pudiendo llegar a destruirse.

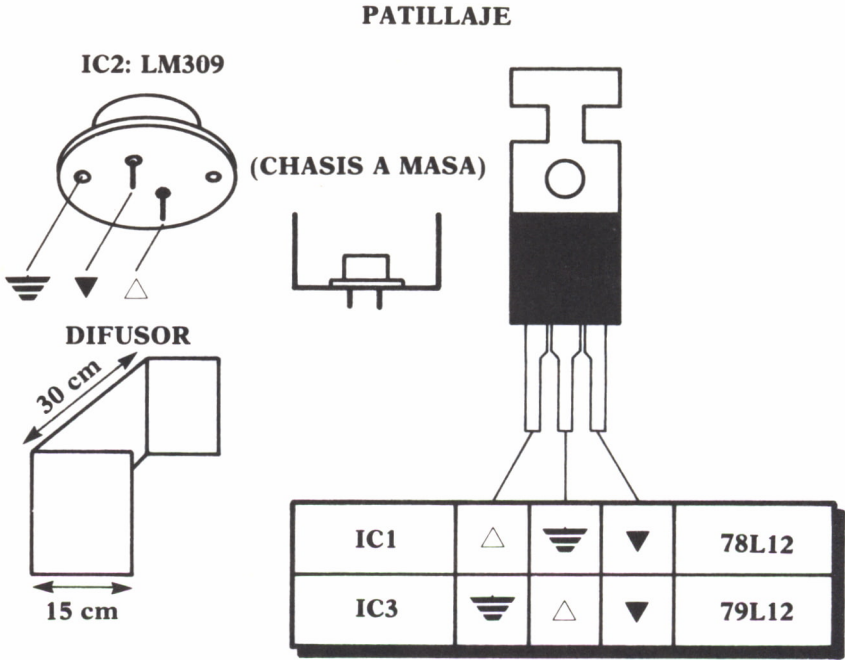


Fig. C.2. Patillajes integrados.

En el apéndice D se dan los patillajes de todos los componentes utilizados.

APENDICE D

LISTADO FUENTE DEL PROGRAMA MONITOR

Aquí presentamos el listado fuente del programa monitor.

Para los no habituados a este tipo de listados en lenguaje ensamblador diremos lo siguiente:

Las líneas tienen el siguiente formato:

Listado hexadecimal	N.º línea (tres dígitos)	Listado en ensamblador o comentarios
XXXX : XX XX XX		

Los cuatro primeros dígitos (en hexadecimal) indican la dirección a partir de la cual se deben almacenar los números de dos dígitos siguientes, que pueden ser 1, 2 ó 3, dependiendo de la longitud de la instrucción ensamblador. (No se olvide que dos dígitos hexadecimales \$XX = 1 byte).

El número de línea indica solamente el orden, en el listado y no es relevante de cara a lenguaje máquina (segundo campo).

En el tercer campo puede haber dos cosas:

- Si en el primero existía algo (números en hexadecimal), está claro que hay una instrucción en lenguaje ensamblador (ver tema II) y después de ella en el espacio que sobra de la línea puede haber un comentario separado por el «;».

- En caso contrario, comenzará la línea con un asterisco «*» que indica que toda ella es un comentario (o un título) y no es relevante de cara al ensamblado (aunque puede ser muy importante para el programador).

En la zona dedicada a la instrucción en ensamblador hay tres campos:

- El primero (vacío o no) es el campo para la etiqueta (nombre de variable de dirección = 2 bytes).
- El segundo es el dedicado al nemónico (Código de Operación).
- El tercero es el dedicado al operando, que puede ser:

- Una etiqueta (16 bits = 2 bytes = dirección).
- Una variable (8 bits = 1 byte = dirección o dato).
- Un número de 8 a 16 bits en cualquier sistema de numeración que representará dirección o dato según el caso:

n → decimal
 \$n → hexadecimal
 %n → binario
 8n → octal

Al final del listado van dos tablas con los nombres de las variables y etiquetas utilizadas y su valor (? indica que son sólo orientativas)

```

:ASM
1 *****
2 *
3 *          MONITOR MICRO          *
4 *          =====                *
5 *
6 *
7 *****
8 *
9 *  VARIABLES DEL SISTEMA
10 *  INCLUIDA EN PAG. 0
11 *
12 XREG      EQU  $0001
13 YREG      EQU  XREG+1
14 STATUS    EQU  YREG+1
15 STKP      EQU  STATUS+1
16 ACC       EQU  STKP+1
17 DIRL      EQU  ACC+2
18 DIRH      EQU  DIRL+1
19 MAXBF     EQU  DIRH+2
20 MINBF     EQU  MAXBF+1
21 OUTBF     EQU  MINBF+1
22 AUX       EQU  OUTBF+6
23 AUX1      EQU  AUX+1
24 USIRQ     EQU  AUX1+1
25 CENFLAG   EQU  USIRQ+1
26 CENBUFP   EQU  CENFLAG+1
27 RSFLAG    EQU  CENBUFP+2
28 RSBUFF    EQU  RSFLAG+1
29 FUNC      EQU  RSBUFF+2
30 IRUSR     EQU  FUNC+2
31 HRC       EQU  IRUSR+2
32 HRS10     EQU  HRS+1
33 MIN       EQU  HRS10+1
34 MIN10     EQU  MIN+1
35 SECS      EQU  MIN10+1
36 SECS10    EQU  SECS+1
37 HRSP      EQU  SECS10+1
38 MINP      EQU  HRSP+1
39 SECSP     EQU  MINP+1
40 USREL     EQU  SECSP+1
41 INTCNT    EQU  USREL+2
42 *
43 *  DEFINICION DE LOS VALORES
44 *  DE LAS TECLAS DE FUNCION
45 *
46 MAS       EQU  $10
47 MENC      EQU  $11
  
```



```

48 RUN EQU #12
49 DIR EQU #13
50 DAT EQU #14
51 *
52 * DIRECCION DE LOS REGISTROS
53 * DEL RIOT
54 *
55 PADR EQU #2080 ;DIRECCION PORT A RIOT
56 PADDR EQU #2081 ;DIRECCION PROGRAMAR PORT A RIOT
57 PBDR EQU #2082 ;DIRECCION PORT B RIOT
58 PBDDR EQU #2083 ;DIRECCION PROGRAMAR PORT B RIOT
59 PFNSI EQU #2084 ;FLANCO NEGATIVO SIN INTER.
60 PFPSI EQU #2085 ;FLANCO POSITIVO SIN INTER.
61 PFNCI EQU #2086 ;FLANCO NEGATIVO CON INTER.
62 PFPCI EQU #2087 ;FLANCO POSITIVO CON INTER.
63 T1SI EQU #2094 ;REG CONTADOR 1 SIN INTER.
64 TBSI EQU #2095 ;REG CONTADOR 8 SIN INTER.
65 T64SI EQU #2096 ;REG CONTADOR 64 SIN INTER.
66 T1024SI EQU #2097 ;REG CONTADOR 1024 SIN INTER.
67 T1CI EQU #209C ;REG CONTADOR 1 CON INTER.
68 T8CI EQU #209D ;REG CONTADOR 8 CON INTER.
69 T64CI EQU #209E ;REG CONTADOR 64 CON INTER.
70 T1024CI EQU #209F ;REG CONTADOR 1024 CON INTER.
71 *
72 * DIRECCION DE LOS REGISTROS
73 * DE LA VIA
74 *
75 PBV EQU #2100 ;PORT B DE VIA
76 PAV EQU #2101 ;PORT A DE VIA CON HANDSHAKE
77 DRBV EQU #2102 ;PROGRAMACION PORT B DE VIA
78 DRAV EQU #2103 ;PROGRAMACION PORT A DE VIA
79 CT1BV EQU #2104 ;PROGRAMACION BAJA T1
80 CT1AV EQU #2105 ;PROGRAMACION ALTA T1
81 RT1B EQU #2106 ;REGISTRO T1 BAJO
82 RT1A EQU #2107 ;REGISTRO T1 ALTO
83 RT2B EQU #2108 ;REGISTRO T2 BAJA
84 RT2A EQU #2109 ;REGISTRO T2 ALTA
85 SRV EQU #210A ;REGISTRO DESPLAZAMIENTO
86 ACRV EQU #210B ;REGISTRO AUX. DE CONTROL
87 PCRV EQU #210C ;REGISTRO DE CONTROL
88 IFRV EQU #210D ;REGISTRO ALARMA INTER.
89 IERV EQU #210E ;REGISTRO ACTIVACION INTER.
90 PASV EQU #210F ;PORT A SIN HANDSHAKE
91 *
92 * COMIENZO DEL CONTENIDO
93 * DE LA EPROM
94 *
95 * ORG #F800
96 *
97 * RESERVA DE ESPACIO PARA
98 * LAS RUTINAS DEL
99 * USUARIO
100 *
101 * LAS RUTINAS DEL SISTEMA NO OCUPAN MAS DE LA
102 * MITAD DE LA CAPACIDAD DE LA EPROM POR LO QUE
103 * LA PARTE INFERIOR DE LA MISMA ESTA LIBRE
104 * PARA LAS APLICACIONES DEL USUARIO
105 *
106 * DS #486
107 *
108 * TABLA DE LAS DIRECCIONES
109 * DE LAS FUNCIONES DEL
110 * EDITOR
111 *
FC86: FC 112 TABLA DFB #MAS1/256
FC87: F1 113 DFB #MAS1
FC88: FC 114 DFB #MENOS1/256
FC89: FF 115 DFB #MENOS1
FC8A: FC 116 DFB #RUN1/256

```

```

FC8B: DE      117      DFB #RUN1
FC8C: FD      118      DFB #DIR1/256
FC8D: FD      119      DFB #DATO/256
FC8E: 3A      120      DFB #DIR1
FC8F: 0D      121      DFB #DATO
122 *
123 * DEFINICION DE REPRESENTACION
124 * DE CARACTERES EN EL
125 * DISPLAY
126 *

FC90: 40 79 24
FC93: 30      127 CODE   DFB $40,$79,$24,$30 ;'0','1','2','3'
FC94: 19 12 02
FC97: 78      128      DFB $19,$12,$02,$78 ;'4','5','6','7'
FC98: 00 10 08
FC9B: 03      129      DFB $00,$10,$08,$03 ;'8','9','A','B'
FC9C: 46 24 0C
FC9F: 0E      130      DFB $46,$24,$06,$0E ;'C','D','E','F'
FCA0: 08 09 0D
FCA3: 0C      131      DFB $08,$09,$0D,$0C ;'A','X','Y','P'
FCA4: 12 7F   132      DFB $12,$7F ;'S',''
133 *****
134 *
135 * RUTINA DE RESET *
136 *
137 *****
FCA6: 08      138 RES    PHP
FCA7: 85 05   139      STA ACC
FCA9: 86 01   140      STX XREG ; SALVA LOS REGISTROS DEL USUARIO
FCAB: 84 02   141      STY YREG
FCAD: 68      142      PLA ;SACA DIRECCION DEL PROGRAMA
FCAE: 85 03   143      STA STATUS ;Y EL STATUS DEL STACK
FCB0: 68      144      PLA
FCB1: 85 07   145      STA DIRL
FCB3: 68      146      PLA
FCB4: 85 08   147      STA DIRH
FCB6: A9 0F   148      LDA #$0F ;PROGRAMA PORT D RIOT
FCB8: 8D 83 20 149      STA PBDDR
FCBB: D8      150      CLD ;CALCULA EN BINARIO
FCBC: 78      151      SEI ;INHIBE INTERRUPCIONES
152 *****
153 *
154 * BUCLE PRINCIPAL *
155 *
156 *****
FCBD: 20 15 FE 157 ENTRADA JSR LDAT
FCC0: 20 D7 FD 158 JSR LEEKB ;LEE TECLA
FCC3: C9 10   159 ENT1  CMP #$10 ;SI ES UN NUMERO
FCC5: 30 F6   160 BMI ENTRADA ;IGNORALO
FCC7: C9 14   161 CMP #$14 ;SI ERROR
FCC9: 10 F2   162 BPL ENTRADA ;IGNORALO
FCCB: 38      163 SEC
FCCD: E9 10   164 SBC #$10 ;TRANSFORMAR TECLA
FCEE: 0A      165 ASL ;EN VALOR
FCCF: AA      166 TAX ;PARA CALCULAR DIRECCION
FCD0: BD 86 FC 167 LDA TABLA,X ;DE LA FUNCION
FCD3: 85 1B   168 STA FUNC
FCD5: E8      169 INX
FCD6: BD 86 FC 170 LDA TABLA,X
FCD9: 85 1C   171 STA FUNC+1
FCDB: 6C 1B 00 172 JMP (FUNC) ;EJECUTA LA FUNCION
173 *****
174 *
175 * RUTINA DE ATENCION *
176 *
177 * A RUN *
178 *
179 *****
FCDE: A6 04   180 RUN1  LDX STKP ; RESTAURA LOS REGISTROS

```

```

FCE0: BA      181      TSX
FCE1: A5 08   182      LDA DIRH
FCE3: 48      183      PHA
FCE4: A5 07   184      LDA DIRL
FCE6: 48      185      PHA
FCE7: A5 03   186      LDA STATUS
FCE9: 48      187      PHA
FCEA: A6 01   188      LDX XREG
FCEC: A4 02   189      LDY YREG
FCEE: A5 05   190      LDA ACC
FCF0: 40      191      RTI ; EJECUTA LA RUTINA DEL USUARIO
192 *****
193 * * * * *
194 * RUTINA DE ATENCION *
195 * * * * *
196 * A + *
197 * * * * *
198 *****
FCF1: 18      199 MAS1 CLC ;INCREMENTA DIRECCION USUARIO
FCF2: A5 07   200 LDA DIRL
FCF4: 69 01   201 ADC #01
FCF6: 85 07   202 STA DIRL
FCF8: 90 02   203 BCC MAS2
FCFA: E6 08   204 INC DIRH
FCFC: 4C BD FC 205 MAS2 JMP ENTRADA ;IR BUCLE PRINCIPAL
206 *****
207 * * * * *
208 * RUTINA DE ATENCION *
209 * * * * *
210 * A - *
211 * * * * *
212 *****
FCFF: 38      213 MENOS1 SEC ; DECREMENTA DIRECCION USUARIO
FD00: A5 07   214 LDA DIRL
FD02: E9 01   215 SBC #01
FD04: 85 07   216 STA DIRL
FD06: 90 02   217 BCC MENOS2
FD08: C6 08   218 DEC DIRH
FD0A: 4C BD FC 219 MENOS2 JMP ENTRADA ;VOLVER BUCLE PRINCIPAL
220 *****
221 * * * * *
222 * RUTINA DE ATENCION *
223 * * * * *
224 * A DAT *
225 *****
FD0D: A0 13   226 DAT0 LDY #013 ;PREPARA BUFFER
FD0F: A2 04   227 DAT1 LDX #04
FD11: 86 08   228 STX MINBF
FD13: A9 06   229 LDA #06
FD15: 85 0A   230 STA MAXBF
FD17: 20 9A FD 231 JSR LEDAT ;LEE LOS DATOS
FD1A: A2 04   232 LDX #04
FD1C: 20 30 FD 233 JSR AUX1 ;LOS CONVIERTE EN UN BYTE
FD1F: C0 13   234 CPY #13
FD21: F0 06   235 BEQ DAT2
FD23: 99 01 00 236 STA XREG,Y
FD26: 18      237 CLC ;SI ES UN REG. LO ALMACENA
FD27: 90 04   238 BCC DATFIN
FD29: A2 00   239 DAT2 LDX #0 ;ALMACENA DATO
FD2B: 81 07   240 STA (DIRL,X)
FD2D: 4C BD FC 241 DATFIN JMP ENTRADA
242 *
243 * RUTINA AUXILIAR DE DATO
244 *
FD30: B5 0C   245 AUX1 LDA OUTBF,X ;CONVIERTE DOS NUMEROS
FD32: 0A      246 ASL ;DE CUATRO BITS EN
FD33: 0A      247 ASL ;UNO DE OCHO.
FD34: 0A      248 ASL
FD35: 0A      249 ASL

```

```

FD36: E8      250      INX
FD37: 15 0C   251      ORA  OUTBF,X
FD39: 60      252      RTS
253 *****
254 *
255 *          RUTINA DE ATENCION *
256 *
257 *          A DIR *
258 *
259 *****
FD3A: 20 07 FD 260 DIRI JSR LEEKB ;LEE TECLA
FD3D: C9 10   261      CMP  #10
FD3F: 30 06   262      BMI  DIREC ;VER SI ES DAT
FD41: C5 14   263      CMP  DAT ;VA A DIRDAT
FD43: D0 F5   264      BNE  DIRI ;PROGRAMA EL BUFFER DE SALIDA
FD45: F0 1B   265      BEQ  DIRDAT
FD47: A2 00   266 DIREC LDX #00
FD49: 86 0B   267      STX  MINBF
FD4B: A9 04   268      LDA  #04
FD4D: 85 0A   269      STA  MAXBF
FD4F: 20 9A FD 270 JSR LEDAT ;LEE DIRECCION ALMACENADA
FD52: A9 00   271      LDA  #00
FD54: 20 12 00 272 JSR AUX
FD57: 85 08   273      STA  DIRH
FD59: E8      274      INX
FD5A: 20 12 00 275 JSR AUX
FD5D: 85 07   276      STA  DIRL
FD5F: 4C BD FC 277 JMP ENTRADA ;VA AL BUCLE PRINCIPAL
278 *****
279 *
280 *          RUTINA DE ATENCION *
281 *
282 *          A DIR DAT *
283 *
284 *****
FD62: 20 07 FD 285 DIRDAT JSR LEEKB ;LEE TECLA
FD65: C9 0A   286      CMP  #0A
FD67: D0 03   287      BNE  DDAT1 ;VER SI ES EL ACUMULADOR
FD69: A9 04   288      LDA  #04
FD6B: A8      289      TAY
FD6C: A9 7F   290 DDAT1 LDA #7F ;COLOCA ESPACIOS VACIOS
FD6E: 85 12   291      STA  AUX ;EN EL BUFFER DE SALIDA
FD70: 85 0C   292      STA  OUTBF
FD72: 85 0D   293      STA  OUTBF+1
FD74: 85 0E   294      STA  OUTBF+2
FD76: B9 90 FC 295      LDA  CODE,Y
FD79: 85 0F   296      STA  OUTBF+3
FD7B: A2 04   297      LDX  #04
FD7D: 20 2C FE 298 JSR GUARDA ;LO ESCRIBE
FD80: 20 B7 FD 299 JSR ESCRIBE
FD83: 20 D7 FD 300 JSR LEEKB ;LEE TECLA
FD86: C5 14   301      CMP  DAT ;VE SI ES DAT
FD88: F0 08   302      BEQ  DDAT2
FD8A: 48      303      PHA
FD8B: 20 15 FE 304 JSR LDAT
FD8E: 68      305      PLA ;CONVIERTE DATOS PARA DISPLAY
FD8F: 4C C3 FC 306 JMP ENT1
FD92: A4 12   307 DDAT2 LDY AUX ;IR A C EJECUTAR DIRDAT
FD94: 20 0F FD 308 JSR DAT1
FD97: 4C BD FC 309 JMP ENTRADA
310 *****
311 *
312 *          LEE UNA DIRECCION *
313 *
314 *          O UN DATO DEL *
315 *
316 *          TECLADO *
317 *
318 *****

```

```

FD9A: A6 0B 319 LEDAT LDX MINDF
FD9C: 20 D7 FD 320 LE1 JSR LEEKB ;LEE TECLA
FD9F: C5 11 321 CMP MENOS ;COMPRUEBA SI ES MENOS
FDA1: F0 09 322 BEQ BK
FDA3: 95 0C 323 STA OUTBF,X
FDA5: 20 B7 FD 324 JSR ESCRIBE
FDA8: E8 325 INX
FDA9: E4 0A 326 CPX MAXBF
FDAB: 60 327 RTS
FDAC: A9 7F 328 BK LDA #87F ;SI ES MENOS
FDAE: 95 0C 329 STA OUTBF,X ;RETROCEDE UNO MAS
FDB0: CA 330 DEX
FDB1: E4 0B 331 CPX MINBF
FDB3: F0 E5 332 BEQ LEDAT
FDB5: D0 E5 333 BNE LE1
334 *****
335 * *
336 * RUTINA DE ESCRITURA *
337 * *
338 * EN EL DISPLAY *
339 * *
340 *****
FDB7: A9 7F 341 ESCRIBE LDA #87F ;PROGRAMA PORT A
FDB9: 8D 81 20 342 STA PADDR
FDBC: A2 05 343 LDX #805 ;PREPARA BUFFER
FDBE: B4 0C 344 ESC1 LDY OUTBF,X ;LEE CODIGO
FDC0: B9 90 FC 345 LDA CODE,Y ;CARGA CODIGO DISPLAY
FDC3: 8D 80 20 346 STA PADR ;ESCRIBELO
FDC6: A0 7F 347 UP LDY #87F ;ESPERA UN RATO
FDC8: 88 348 DEY
FDC9: 10 FB 349 BPL UP
FDCB: 8C 80 20 350 STY PADR ;REPROGRAMA PORT A
FDCE: A9 06 351 LDA #806
FDD0: 8D 82 20 352 STA PBDR ;REPROGRAMA PORT B
FDD3: CA 353 DEX
FDD4: 10 E8 354 BPL ESC1 ;FIN ?
FDD6: 60 355 RTS
356 *****
357 * *
358 * LECTURA DE UNA *
359 * *
360 * TECLA *
361 * *
362 *****
FDD7: A9 00 363 LCKKB LDA #800 ;PROGRAMA PORT
FDD9: 8D 81 20 364 CTA PADDR
FDDC: A2 06 365 LDX #806
FDDE: 8E 82 20 366 STX PBDR
FDE1: AD 80 20 367 LEE1 LDA PADR
FDE4: D0 0B 368 BNE SI
FDE6: E8 369 INX
FDE7: E0 09 370 CPX #809
FDE9: D0 F6 371 BNE LEE1
FDEB: 20 B7 FD 372 JSR ESCRIBE
FDEE: 4C D7 FD 373 JMP LEEKB
FDF1: 86 13 374 SI STX AUX1
FDF3: 48 375 PHA
FDF4: 20 B7 FD 376 JSR ESCRIBE
FDF7: 68 377 PLA
FDF8: A6 13 378 LDX AUX1
FDFA: A0 7F 379 LEE2 LDY #87F
FDFC: 88 380 DEY
FDFD: 10 FB 381 DPL LEE2
FDFF: AD 80 20 382 LDA PADR
FE02: 85 12 383 STA AUX
FE04: 8A 384 TXA
FE05: 38 385 SEC
FE06: E9 06 386 SBC #806
FE08: F0 0B 387 BEQ LEFIN

```

```

FE0A: 18      388 LEE3   CLC
FE0B: A9 06   389      LDA  #06
FE0D: 65 12   390      ADC  AUX
FE0F: CA      391      DEX
FE10: D0 F8   392      BNE  LEE3
FE12: A5 12   393 LEFIN  LDA  AUX
FE14: 60      394      RTS
395 *****
396 *          *
397 *          CARGA DATOS EN      *
398 *          *
399 *          BUFFER DEL DISPLAY   *
400 *          *
401 *****
FE15: A5 08   402 LDAT   LDA  DIRH      ;ALMACENA PARTE ALTA Y
FE17: A2 00   403      LDX  #00      ;BAJA DE DIRECCION EN EL
FE19: 20 2C FE 404      JSR  GUARDA    ;BUFFER DE SALIDA
FE1C: A5 07   405      LDA  DIRL
FE1E: 20 2C FE 406      JSR  GUARDA
FE21: A0 00   407      LDY  #0
FE23: B1 07   408      LDA  (DIRL),Y  ;CARGA CONTENIDO DIRECCION
FE25: 20 2C FE 409      JSR  GUARDA
FE28: 20 B7 FD 410      JSR  ESCRIBE
FE2B: 60      411      RTS
412 *
413 *          RUTINA AUXILIAR DE LDAT
414 *
FE2C: 48      415 GUARDA PHA          ;CONVIERTE NUMERO
FE2D: 29 F0   416      AND  #F0      ;DE OCHO BITS
FE2F: 0A      417      ASL          ;EN DOS DE CUATRO BITS
FE30: 0A      418      ASL
FE31: 0A      419      ASL
FE32: 0A      420      ASL
FE33: 95 0C   421      STA  OUTBF,X
FE35: E8      422      INX
FE36: 68      423      PLA
FE37: 29 0F   424      AND  #0F
FE39: 95 0C   425      STA  OUTBF,X
FE3B: E8      426      INX
FE3C: 60      427      RTS
428 *****
429 *          *
430 *          PROG. CENTRONICS    *
431 *          *
432 *****
433 *
434 * PROGRAMACION DEL PORT A
435 * COMO ENTRADA/SALIDA
436 * INTERFACE CENTRONICS
437 *
438 * PARA LEER EL PUNTO DE ENTRADA
439 * ES INCENT
440 *
441 * PARA ESCRIBIR ES OUTCENT
442 *
FE3D: A9 00   443 INCENT LDA  #0      ;RUTINA DE ENTRADA
FE3F: 8D 03 21 444      STA  DRAY      ;PROGRAMA REG. DIRECCION
FE42: 85 15   445      STA  CENFLAG
FE44: 4C 50 FE 446      JMP  CONT
FE47: A9 FF   447 OUTCENT LDA  #FF      ;RUTINA SALIDA
FE49: 8D 03 21 448      STA  DRAY      ;PROGRAMA REG. DIRECCION
FE4C: A9 01   449      LDA  #01
FE4E: 85 15   450      STA  CENFLAG
FE50: A9 00   451 CONT   LDA  #0      ;PARTE COMUN
FE52: 8D 01 21 452      STA  PAV      ;REGISTRO FLAGS INT.
FE55: AD 0C 21 453      LDA  PCRV      ;REGISTRO DE CONTROL
FE58: 29 F0   454      AND  #11110000
FE5A: 09 08   455      ORA  #00001000
FE5C: 8D 0C 21 456      STA  PCRV

```

```

457 *
FE5F: AD 0B 21 458 LDA ACRV ;REGISTRO AUXILIAR DE CONTROL
FE62: 29 FE 459 AND #%11111110
FE64: 09 01 460 ORA #%00000001
FE66: 8D 0B 21 461 STA ACRV
462 *
FE69: A9 03 463 LDA #%10000011
FE6B: 0D 0E 21 464 ORA IERV ;ACTIVACION DE INTER.
FE6E: 8D 0E 21 465 STA IERV
FE71: A9 00 466 LDA #0
FE73: 8D 0D 21 467 STA IFRV
FE76: 58 468 CLI
FE77: 60 469 RTS
470 *****
471 * *
472 * PROG. RS - 232/U 24 *
473 * *
474 *****
475 * HAY DOS PUNTOS DE ENTRADA
476 * INRS PARA LA RUTINA DE ENTRADA
477 * Y OUTRC PARA LA DE SALIDA
478 *
FE78: AD 0B 21 479 INRS LDA ACRV ;PROGRAMA EL REGISTRO AUXILIAR
FE7B: 29 E1 480 AND #%11100001 ;DE CONTROL
FE7D: 09 0E 481 ORA #%00001110
FE7F: 8D 0B 21 482 STA ACRV
FE82: AD 0C 21 483 LDA PCRV ;IDEM REGISTRO DE CONTROL
FE85: 29 0F 484 AND #%00001111
FE87: 09 80 485 ORA #%10000000
FE89: 8D 0C 21 486 STA PCRV
FE8C: A9 00 487 LDA #0 ;RSFLAG=0 -> ENTRADA
FE8E: 85 18 488 STA RSFLAG
FE90: 4C AB FE 489 JMP CONTI
FE93: AD 0B 21 490 OUTRS LDA ACRV ;IDEM REGISTRO AUXILIAR DE
FE96: 29 E1 491 AND #%11100001 ;CONTROL
FE98: 09 1E 492 ORA #%00011110
FE9A: 8D 0B 21 493 STA ACRV
FE9D: AD 0C 21 494 LDA PCRV ;IDEM REGISTRO DE CONTROL
FEA0: 29 0F 495 AND #%00001111
FEA2: 09 00 496 ORA #%00000000
FEA4: 8D 0C 21 497 STA PCRV
FEA7: A9 01 498 LDA #1 ;RSFLAG=1 ->SALIDA
FEA9: 85 18 499 STA RSFLAG
FEAB: A9 00 500 CONTI LDA #0 ;ACTIVAMOS LA INTERRUPCION
FEAD: 8D 0D 21 501 STA IFRV ;CORRESPONDIENTE
FEB0: AD 0E 21 502 LDA IERV
FEB3: 09 84 503 ORA #%10000100
FEB5: 8D 0E 21 504 STA IERV
FEB8: 58 505 CLI
FEB9: 60 506 RTS
507 *****
508 * *
509 * RUTINA DE ATENCION A *
510 * *
511 * IRQ *
512 * *
513 *****
FEBA: AD 0D 21 514 IRQ0 LDA IFRV ;IRQ0 ES LA RUTINA QUE
FEBD: 29 80 515 AND #%10000000 ;ATIENDE A LA INTERRUPCION
FEBF: F0 32 516 BEQ IRQ1 ;DEL INTERFACE CENTRONICS
FEC1: AD 0D 21 517 LDA IFRV
FEC4: 29 02 518 AND #%00000010 ;DEPENDIENDO DEL CONTENIDO
FEC6: F0 2B 519 BEQ IRQ1 ;DE CENFLAG REALIZA ENTRADA
FEC8: A5 15 520 LDA CENFLAG ;0 SALIDA.
FECA: F0 14 521 BEQ CENIN
FECC: A5 14 522 CENOUT LDA CENBUFF ;CENBUFF ES UN VECTOR QUE
FECE: F0 23 523 BEQ IRQ1 ;INDICA EL INICIO DEL
FED0: C6 16 524 DEC CENBUFF ;BUFFER DEL INTEFACE
FED2: 8A 525 TXA

```

```

FED3: 48          526      PHA                ;(DEFINIBLE POR EL USUARIO)
FED4: A2 00      527      LDX #0
FED6: A1 16      528      LDA (CENBUF,X)
FED8: 8D 01 21   529      STA PAV
FEDB: 68          530      PLA
FEDC: 8A          531      TXA
FEDD: 4C F3 FE   532      JMP IRQ1
FEE0: A5 16      533      CENIN LDA CENBUF
FEE2: C9 FF      534      CMP #FF
FEE4: F0 0D      535      BEQ IRQ1
FEE6: E6 16      536      INC CENBUF
FEE8: 8A          537      TXA
FEE9: 48          538      PHA
FEEA: A2 00      539      LDX #0
FEED: AD 01 21   540      LDA PAV
FEED: 81 16      541      STA (CENBUF,X)
FEF1: 68          542      PLA
FEF2: AA          543      TAX
FEF3: AD 0D 21   544      IRQ1 LDA IFRV          ;IRQ1 ES LA RUTINA QUE
FEF6: 29 80      545      AND #10000000 ;ATIENDE A LA INTERRUPCION
FEF8: F0 32      546      BEQ IRQ2          ;DEL INTERFACE RS - 232
FEFA: AD 0D 21   547      LDA IFRV
FEFD: 29 1C      548      AND #00011100 ;RSFLAG INDICA LA DIRECCION
FEFF: F0 2B      549      BEQ IRQ2          ;DE TRANSMISION (E/S)
FF01: A5 18      550      LDA RSFLAG
FF03: F0 14      551      DEQ RSIN          ;LA RUTINA ES SIMILAR A
FF05: A5 19      552      RSOUT LDA RSBUFF     ;LA DEL INTERFACE CENTRONICS
FF07: F0 23      553      DEQ IRQ2
FF09: C6 19      554      DEC RSBUFF
FF0B: 8A          555      TXA
FF0C: 48          556      PHA
FF0D: A2 00      557      LDX #0
FF0F: A1 19      558      LDA (RSBUF,X)
FF11: 8D 00 21   559      STA PBV
FF14: 68          560      PLA
FF15: AA          561      TAX
FF16: 4C 2C FF   562      JMP IRQ2
FF19: A5 19      563      RSIN LDA RSBUFF
FF1B: C9 FF      564      CMP #FF
FF1D: F0 0D      565      BEQ IRQ2
FF1F: E6 19      566      INC RSBUFF
FF21: 8A          567      TXA
FF22: 48          568      PHA
FF23: A2 00      569      LDX #0
FF25: AD 00 21   570      LDA PBV
FF28: 81 19      571      STA (RSBUF,X)
FF2A: 68          572      PLA
FF2B: AA          573      TAX
FF2C: 6C 1D 00   574      IRQ2 JMP (IRUSR)   ;IRUSR ES EL VECTOR DE
575 * COMIENZO DE RUTINA IRQ DEL UCR.
576 *****
577 * *
578 * RUTINA DE CONTROL DEL *
579 * TEMPORIZADOR *
580 * *
581 *****
582 * RUTINA DE APLICACION DE LOS
583 * TEMPORIZADORES PARA LA
584 * ACTIVACION DE DISPOSITIVOS
585 * EXTERIORES
FF2F: A9 FF      586      INREL LDA #IREL/256 ;COLOCA VECTOR USUARIO
FF31: 85 1E      587      STA IRUCR+1
FF33: AD 8A FF   588      LDA IREL
FF36: 85 1D      589      STA IRUSR
FF38: AD 0E 21   590      LDA IERV          ;INICIALIZA CONTADOR I DE VIA
FF3B: 09 C0      591      ORA #C0
FF3D: 8D 0E 21   592      STA IERV
FF40: AD 0B 21   593      LDA ACRU
FF43: 09 40      594      ORA #40

```



```

FF45: 8D 0B 21 595          STA  ACRV
FF48: 58                    596          CLI
FF49: A9 22                597          LDA  ##22          ;CARGA EL RELOJ CON CUENTA
FF4B: 8D 04 21 598          STA  CT1BV        ;1/16 DE SEGUNDO
FF4E: A9 F4                599          LDA  ##F4
FF50: 8D 05 21 600          STA  CT1AV
FF53: A2 00                601          LDX  #0           ;INICIALIZA CON LA HORA
FF55: 00 08                602          STX  MINDF        ;ACTUAL
FF57: A9 06                603          LDA  ##06
FF59: 85 0A                604          STA  MAXBF
FF5B: 20 9A FD 605          JSR  LEDAT
FF5E: 20 13 00 606          JCR  AUX1
FF61: 85 1F                607          STA  HRS
FF63: 20 13 00 608          JSR  AUX1
FF66: 85 21                609          STA  MIN
FF68: 20 13 00 610          JCR  AUX1
FF6B: 85 23                611          STA  SECS
FF6D: A2 00                612          LDX  #0           ;LCER LA HORA DE ACTUACION
FF6F: 86 0B                613          STX  MINBF
FF71: A9 06                614          LDA  ##06
FF73: 85 0A                615          STA  MAXBF
FF75: 20 9A FD 616          JSR  LEDAT
FF78: 20 13 00 617          JSR  AUX1
FF7B: 85 25                618          STA  HRSP
FF7D: 20 13 00 619          JSR  AUX1
FF80: 85 26                620          STA  MINP
FF82: 20 13 00 621          JSR  AUX1
FF85: 85 27                622          STA  SECS
FF87: 4C A6 FC 623          JMP  RES          ;REGRESA AL BUCLE PRINCIPAL
624          *****
625          *
626          * RUTINA DE ATENCION INTE- *
627          * RRUPCION DE APLICACION *
628          * DEL TEMPORIZADOR *
629          *
630          *****
FF8A: 48                    631          IREL  PHA          ;SALVA REGISTROS
FF8B: 8A                    632          TXA
FF8C: 48                    633          PHA
FF8D: C6 2A                634          DEC  INTCNT        ;COMPRUEBA FIN DE CUENTA
FF8F: D0 4D                635          BNE  FINTR        ;ACTUALIZANDO LOS CONTADORES
FF91: A9 10                636          LDA  #16          ;DE HORA,MINUTOS Y SEGUNDOS
FF93: 85 2A                637          STA  INTCNT
FF95: A9 30                638          LDA  ##30
FF97: E6 23                639          INC  SECS
FF99: A2 3A                640          LDX  ##3A
FF9B: E4 23                641          CPX  SECS
FF9D: D0 3F                642          BNE  FINTR
FF9F: 85 23                643          STA  SECS
FFA1: E6 24                644          INC  SECS10
FFA3: A2 36                645          LDX  ##36
FFA5: E4 24                646          CPX  SECS10
FFA7: D0 35                647          BNE  FINTR
FFA9: 85 24                648          STA  SECS10
FFAB: E6 21                649          INC  MIN
FFAD: A2 3A                650          LDX  ##3A
FFAF: E4 21                651          CPX  MIN
FFB1: D0 2B                652          BNE  FINTR
FFB3: 85 21                653          STA  MIN
FFB5: E6 22                654          INC  MIN10
FFB7: A2 36                655          LDX  ##36
FFB9: E4 22                656          CPX  MIN10
FFDB: D0 21                657          BNE  FINTR
FFBD: 85 22                658          STA  MIN10
FFBF: E6 1F                659          INC  HRS
FFC1: A2 3A                660          LDX  ##3A
FFC3: E4 1F                661          CPX  HRS
FFC5: D0 07                662          BNE  OTRODIA
FFC7: 85 1F                663          STA  HRS

```

```

FFC9: E6 20 664          INC  HRS10
FFCB: 4C DE FF 665          JMP  FINTR
FFCE: A2 34 666          OTRODIA LDX  #34          ;SI SON 24 HORAS, CAMBIA DIA
FFD0: E4 1F 667          CPX  HRS
FFD2: D0 0A 668          BNE  FINTR
FFD4: A2 32 669          LDX  #32
FFD6: E4 20 670          CPX  HRS10
FFD8: D0 04 671          BNE  FINTR
FFDA: 85 20 672          STA  HRS10
FFDC: 85 1F 673          STA  HRS
FFDE: A5 23 674          FINTR LDA  SECS          ;COMPROBAR SI ES LA HORA
FFE0: C5 27 675          CMP  SECS          ;PROGRAMADA
FFE2: D0 0F 676          BNE  F1
FFE4: A5 21 677          LDA  MIN
FFE6: C5 26 678          CMP  MINP
FFE8: D0 09 679          BNE  F1
FFEA: A5 1F 680          LDA  HRS
FFEC: C5 25 681          CMP  HRSP
FFEE: D0 03 682          BNE  F1
FFF0: 6C 28 00 683          JMP  (<USREL)      ;EJECUTA FUNCION USUARIO
FFF3: AD 04 21 684          F1   LDA  CTIBV      ;RESTAURA FLAG INTER.
FFF6: 68 685          PLA          ;RESTAURA REGISTROS
FFF7: AA 686          TAX
FFF8: 68 687          PLA
FFF9: 40 688          RTI
      689          *
      690          * DIRECCIONES DE INTERRUPCIONES
      691          *
FFFA: A6 692          NMI   DFB  #RES
FFFB: FC 693          DFB  #RES/256
FFFC: A6 694          RESET DFB  #RES
FFFD: FC 695          DFB  #RES/256
FFFE: BA 696          IRQ   DFB  #IRQ0
FFFF: FE 697          DFB  #IRQ0/256

```

--End assembly--

2048 bytes

Errors: 0

Symbol table - alphabetical order:

ACC	==05	ACRV	==2108	AUX	==12	AUX1	==13
AUX1	==FD30	BK	==FDAC	CENBUFP	==16	CENFLAG	==15
CENIN	==FEE0	? CENOUT	==FECC	CODE	==FC90	CONT	==FE50
CONTI	==FEAB	CTIAU	==2105	CTIBV	==2104	DAT	==14
DAT1	==FD0F	DAT2	==FD29	DATFIN	==FD2D	DAT0	==FD00
DDAT1	==FD6C	DDAT2	==FD92	? DIR	==13	DIR1	==FD3A
DIRDAT	==FD62	DIREC	==FD47	DIRH	==08	DIRL	==07
DRAW	==2103	? DRBU	==2102	ENT1	==FCC3	ENTRADA	==FCBD
ESC1	==FD8E	ESCRIBE	==FDB7	F1	==FFF9	FINTR	==FFDE
FUNC	==1B	GUARDA	==FE2C	HRS	==1F	HRS10	==20
HRSP	==25	1ERV	==210E	IFRV	==210D	? INCENT	==FE3D
? INREL	==FF2F	? INRS	==FE78	INTCNT	==2A	IREL	==FF8A
? IRQ	==FFFE	IRQ0	==FEBA	IRQ1	==FEF9	IRQ2	==FFF2C
IRUSR	==1D	LDAT	==FE15	LE1	==FD9C	LEDAT	==FD9A
LEE1	==FDE1	LEE2	==FDAFA	LEE3	==FE0A	LEEB	==FDD7
LEFIN	==FE12	? LEHORA	==FF53	? MAS	==10	MAS1	==FCF1
MAS2	==FCFC	MAXBF	==0A	MENOS	==11	MENOS1	==FCFF
MENOS2	==FD0A	MIN	==21	MIN10	==22	MINBF	==0B
MINP	==26	? NMI	==FFFA	OTRODIA	==FFCE	OUTBF	==0C
? OUTCENT	==FE47	? OUTRS	==FE93	PADDR	==2081	PADR	==2000
? PASV	==210F	PAV	==2101	PBDDR	==2083	PBDR	==2082
PBV	==2100	PCRV	==210C	? PFNCI	==2086	? PFHS1	==2084
? PPCI	==2087	? PFPS1	==2085	RES	==FCA6	? RESET	==FFFC
RSBUFP	==19	RSFLAG	==18	RSIN	==CF19	? RSOUT	==FF05

? RT1A	=#2107	? RT1B	=#2106	? RT2A	=#2109	? RT2B	=#2108
? RUN	=#12	RUN1	=#FCDE	SECC	=#23	SECS10	=#24
SECCSP	=#27	SI	=#FDF1	? SRU	=#210A	STATUS	=#03
STKP	=#04	? T1024CI	=#209F	? T1024SI	=#2097	? TIC1	=#209C
? T1SI	=#2094	? T64CI	=#209E	? T64SI	=#2096	? TCC1	=#209D
? T8SI	=#2095	TABLA	=#FC86	UP	=#FDC6	USIRQ	=#14
USREL	=#2C	XREG	=#01	YREG	=#02		

Symbol table - numerical order:

XREG	=#01	YREG	=#02	STATUS	=#03	STKP	=#04
ACC	=#05	DIRL	=#07	DIRH	=#08	MAXBF	=#0A
MINBF	=#0B	OUTBF	=#0C	? MAS	=#10	MENOS	=#11
AUX	=#12	? RUN	=#12	AUX1	=#13	? DIR	=#13
USIRQ	=#14	DAT	=#14	CENFLAG	=#15	CENBUFF	=#16
RSFLAG	=#10	RSBUFP	=#19	FUNC	=#1B	IRUSR	=#1D
HRS	=#1F	HRS10	=#20	MIN	=#21	MIN10	=#22
SECS	=#23	SECS10	=#24	HRSP	=#25	MINP	=#26
SECCSP	=#27	USREL	=#28	INTCNT	=#2A	PADR	=#2080
PADDR	=#2081	PBDR	=#2082	PBDDR	=#2083	? PFNSI	=#2084
? PFPS1	=#2085	? PFNCI	=#2086	? PFPCI	=#2087	? T1SI	=#2094
? T8SI	=#2095	? T64SI	=#2096	? T1024SI	=#2097	? TIC1	=#209C
? T8CI	=#209D	? T64CI	=#209E	? T1024CI	=#209F	PBV	=#2100
PAV	=#2101	? DRBV	=#2102	DRAV	=#2103	CT1BV	=#2104
CT1AV	=#2105	? RT1B	=#2106	? RT1A	=#2107	? RT2B	=#2108
? RT2A	=#2109	? SRU	=#210A	ACRV	=#210B	PCRV	=#210C
IFRV	=#210D	IERV	=#210E	? PASV	=#210F	TABLA	=#FC86
CODE	=#FC90	RES	=#FCA6	ENTRADA	=#FCBD	CTI1	=#FCC3
RUN1	=#FCDE	MAS1	=#FCF1	MAS2	=#FCFC	MENOS1	=#FCFF
MENOS2	=#FD0A	DAT0	=#FD0D	DAT1	=#FD0F	DAT2	=#FD29
DATFIN	=#FD2D	AUX1	=#FD30	DIR1	=#FD3A	DIREC	=#FD47
DIRDAT	=#FD62	DDAT1	=#FD6C	DDAT2	=#FD92	LCDAT	=#FD9A
LE1	=#FD9C	BK	=#FDAC	ESCRIBE	=#FDB7	ESC1	=#FDBE
UP	=#FDC6	LCEKB	=#FDD7	LEE1	=#FDE1	SI	=#FDF1
LEE2	=#FDFA	LEE3	=#FE0A	LEFIN	=#FE12	LDAT	=#FE15
GUARDA	=#FE2C	? INCNT	=#FE3D	? OUTCNT	=#FE47	CONT	=#FE50
? INRS	=#FE78	? OUTRS	=#FE93	CONT1	=#FEAB	IR00	=#FEBA
? GENOUT	=#FECC	CENIN	=#FEE0	IRQ1	=#FEF3	? RSOUT	=#FF05
RSIN	=#FF19	IRQ2	=#FF2C	? INREL	=#FFF2F	? LEHORA	=#FFF53
IREL	=#FF8A	OTRODIA	=#FFCE	FINTR	=#FFDE	F1	=#FFF3
? NMI	=#FFFA	? RESET	=#FFFC	? IRQ	=#FFFE		

APENDICE E

LISTADO HEXADECIMAL DEL PROGRAMA MONITOR

Aquí presentamos el listado tal como debe grabarse en la EPROM. Como se observará, no está listado en las mismas direcciones que en el listado fuente; esto se debe a que en el ordenador que utilizamos para desarrollar el programa dichas posiciones están ocupadas por la ROM de dicho ordenador; por ello, se colocó a partir de la dirección \$2000. Para grabar la EPROM este detalle es irrelevante.

Desde la dirección \$2000 hasta la dirección \$2477 no hay programa. El usuario puede colocar aquí sus rutinas antes de grabar la EPROM.

```
2000- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2008- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2010- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2018- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2020- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2028- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2030- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2038- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2040- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2048- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2050- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2058- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2060- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2068- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2070- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2078- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2080- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2088- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2090- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2098- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20A0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20A8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
```

20B0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20B8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20C0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20C8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20D0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20D8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20E0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20E8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20F0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
20F8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2100- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2108- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2110- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2118- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2120- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2128- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2130- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2138- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2140- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2148- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2150- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2158- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2160- FF FF 00 00 FF FF 00 00
216C- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2170- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2178- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2180- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2188- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2190- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2198- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21A0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21A8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21B0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21B8- FF FF 00 00 FF FF 12 37
21C0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21C8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21D0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21D8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21E0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21E8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21F0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
21F8- FF FF 00 00 FF FF 87 27
2200- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2208- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2210- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2218- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2220- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2228- FF FF 00 00 FF FF 00 00

2230- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2238- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2240- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2248- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2250- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2258- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2260- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2268- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2270- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2278- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2280- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2288- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2290- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2298- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22A0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22A8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22B0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22D0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22C0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22C8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22D0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22D8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22E0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22E8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22F0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
22F8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2300- FF FF 00 00 FF FF 00 00
230C- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2310- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2318- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2320- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2328- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2330- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2338- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2340- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2348- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2350- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2358- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2360- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2368- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2370- FF FF 00 00 FF FF 00 00
237C- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2380- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2388- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2390- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2398- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23A0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23AC- FF FF 00 00 FF FF 00 00

23B0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23B8- FF FF 00 00 FF FF 7F 12
23C0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23C8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23D0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23D8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23E0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23E8- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23F0- FF FF 00 00 FF FF 00 00
23FC- FF FF 00 00 FF FF 57 06
2400- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2408- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2410- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2418- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2420- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2420- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2420- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2430- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2438- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2440- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2440- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2450- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2450- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2460- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2468- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2470- FF FF 00 00 FF FF 00 00
2478- FC E3 FC F1 FC D0 FD FC
2480- 2C FF 40 79 24 30 FC F1
2488- FC FF FC DE FD FD 3A 0D
2490- 40 79 24 30 19 12 02 78
2498- 00 10 08 03 46 24 06 0E
24A0- 08 09 0D 0C 12 7F 08 85
24A8- 05 86 01 84 02 68 85 03
24B0- 68 85 07 68 85 08 A9 0F
24B8- 8D 83 20 D8 78 20 15 FE
24C0- 20 D7 FD C9 10 30 F6 C9
24C8- 14 10 F2 38 E9 10 0A AA
24D0- BD 86 FC 85 18 E8 BD 86
24D8- FC 85 1C 6C 1B 00 A6 04
24E0- BA A5 08 48 A5 07 48 A5
24E8- 03 48 A6 01 A4 02 A5 05
24F0- 40 18 A5 07 69 01 85 07
24F8- 90 02 E6 08 4C BD FC 38
2500- A5 07 E9 01 85 07 90 02
2508- C6 08 4C BD FC A0 13 A2
2510- 04 86 0B A9 06 95 0A 20
2518- 9A FD A2 04 20 30 FD C0
2520- 13 F0 06 99 01 00 18 90

2528- 04 A2 00 81 07 4C BD FC
2530- B5 0C 0A 0A 0A 0A E8 15
2538- 0C 60 20 D7 FD C9 10 30
2540- 06 C5 14 D0 F5 F0 1B A2
2548- 00 86 0B A9 04 85 0A 20
2550- 9A FD A9 00 20 12 00 85
2558- 08 E8 20 12 00 85 07 4C
2560- BD FC 20 D7 FD C9 0A D0
2568- 03 A9 04 A8 A9 7F 85 12
2570- 85 0C 85 0D 85 0E B9 90
2578- FC 85 0F A2 04 20 2C FE
2580- 20 B7 FD 20 D7 FD C5 14
2588- F0 08 48 20 15 FE 68 4C
2590- C3 FC A4 12 20 0F FD 4C
2598- BD FC A6 0B 20 D7 FD C5
25A0- 11 F0 09 95 0C 20 B7 FD
25A8- E0 E4 0A 60 A9 7F 95 0C
25B0- CA E4 0B F0 E5 D0 E5 A9
25B8- 7F 8D 81 20 A2 05 B4 0C
25C0- B9 90 FC 8D 80 20 A0 7F
25C8- 88 10 FB 8C 80 20 A9 06
25D0- 8D 82 20 CA 10 E8 60 A9
25D8- 00 8D 81 20 A2 06 8E 82
25E0- 20 AD 80 20 D0 0B E8 E0
25E8- 09 D0 F6 20 B7 FD 4C D7
25F0- FD 86 13 48 20 B7 FD 68
25F8- A6 13 A0 7F 88 10 FB AD
2600- 80 20 85 12 8A 38 E9 06
2608- F0 08 13 A9 06 65 12 CA
2610- D0 F8 A5 12 60 A5 08 A2
2618- 00 20 2C FE A5 07 20 2C
2620- FE A0 00 B1 07 20 2C FE
2628- 20 B7 FD 60 48 29 F0 0A
2630- 0A 0A 0A 95 0C E8 68 29
2638- 0F 95 0C E8 60 A9 00 8D
2640- 03 21 85 15 4C 50 FE A9
2648- FF 8D 03 21 A9 01 85 15
2650- A9 00 8D 01 21 AD 0C 21
2658- 29 F0 09 08 8D 0C 21 AD
2660- 0B 21 29 FE 09 01 8D 0B
2668- 21 A9 83 0D 0E 21 8D 0E
2670- 21 A9 00 8D 0D 21 58 60
2678- AD 0B 21 29 E1 09 0E 8D
2680- 0B 21 AD 0C 21 29 0F 09
2688- 80 8D 0C 21 A9 00 85 18
2690- 4C AB FE AD 0B 21 29 E1
2698- 09 1E 8D 0B 21 AD 0C 21
26A0- 29 0F 09 00 8D 0C 21 A9

26A8- 01 85 18 A9 00 8D 0D 21
26B0- AD 0E 21 09 84 8D 0E 21
26B8- 58 60 AD 0D 21 29 80 F0
26C0- 32 AD 0D 21 27 02 F0 2B
26C8- A5 15 F0 14 A5 13 F0 23
26D0- C6 16 8A 48 A2 00 A1 13
26D8- 8D 01 21 68 8A 4C F3 FC
26E0- A5 13 C9 FF F0 0D E6 16
26E8- 8A 48 A2 00 AD 01 21 81
26F0- 16 68 AA AD 0D 21 29 80
26F8- F0 32 AD 0D 21 29 1C F0
2700- 2B A5 18 F0 14 A5 19 F0
2708- 23 C6 19 8A 48 A2 00 A1
2710- 19 8D 00 21 68 AA 4C 2C
2718- FF A5 19 C9 FF F0 0D E6
2720- 19 8A 4C A2 00 AD 00 21
2728- 81 19 68 AA 6C 1D 00 A9
2730- FF 85 1E AD 8A FF 85 1D
2738- AD 0E 21 09 C0 8D 0E 21
2740- AD 0B 21 09 40 8D 0B 21
2748- 58 A9 22 8D 04 21 A9 F4
2750- 8D 05 21 A2 00 86 0B A9
2758- 06 85 0A 20 9A FD 20 13
2760- 00 85 1F 20 13 00 85 21
2768- 20 13 00 85 23 A2 00 86
2770- 0B A9 06 85 0A 20 9A FD
2778- 20 13 00 85 25 20 13 00
2780- 85 26 20 13 00 05 27 4C
2788- A6 FC 48 8A 48 C6 2A D0
2790- 4D A9 10 05 2A A9 30 E6
2798- 23 A2 3A E4 23 D0 3F 85
27A0- 23 E6 24 A2 36 E4 24 D0
27A8- 35 85 24 E6 21 A2 3A E4
27B0- 21 D0 2B 85 21 E6 22 A2
27B8- 36 E4 22 D0 21 85 22 E6
27C0- 1F A2 3A E4 1F D0 07 85
27C8- 1F E6 20 4C DE FF A2 34
27D0- E4 1F D0 0A A2 32 E4 20
27D8- D0 04 85 20 85 1F A5 23
27E0- C5 27 D0 0F A5 21 C5 26
27E8- D0 09 A5 1F C5 25 D0 03
27F0- 6C 28 00 AD 04 21 30 AA
27F8- 68 40 A6 FC A6 FC BA FE

APENDICE F CODIGOS PROGRAMACION

OPERATION CODE TABLE

LSB MSB	0	1	2	3	4	5	6	7
0	BRL	ORA-IND. X					ORA-Z PAGE	ASL-Z PAGE
1	BPL	ORA-IND. Y					ORA-Z PAGE. X	ASL-Z PAGE. X
2	JSR	AND-IND. X			BIT-Z Page	AND-Z PAGE	ROL-Z PAGE	X
3	BMI	AND-IND. Y				AND-Z PAGE. X	ROL-Z PAGE. X	
4	RTI	EOR-IND. X				EOR-Z PAGE	LSR-Z PAGE	X
5	BVC	EOR-IND. Y				EOR-Z PAGE. X	LSR-Z PAGE. X	
6	RTS	ADC-IND. X				ADC-Z PAGE	ROR-Z PAGE	
7	BVS	ADC-IND. Y				ADC-Z PAGE. X		
8	BCC	STA-IND. X			STY-Z Page	STA-Z PAGE	STX-Z PAGE	
9	BCS	STA-IND. Y			STY-Z Page. X	STA-Z PAGE. X	STX-Z PAGE. Y	
A	LDY-IMM	LDA-IND. X	LDX-IMM		LDY-Z Page	LDA-Z PAGE	LDX-Z PAGE	
B	BCS	LDA-IND. Y			LDY-Z Page. X	LDA-Z PAGE. X	LDX-Z PAGE. Y	
C	CPY-IMM	CMP-IND. X			CPY-Z Page	CMP-Z PAGE	DEC-Z PAGE	
D	BNE	CMP-IND. Y				CMP-Z PAGE. X	DEC-Z PAGE. X	
E	CPX-IMM	SBC-IND. X			CPX-Z Page	SBC-Z PAGE	INC-Z PAGE	
F	BEQ	SBC-IND. Y				SBC-Z PAGE. X	INC-Z PAGE. X	

0	1	A	B	C	D	E	F	LSB MSB
PHP	ORA-IMM	ASL-A			ORA-ABS	ASL-ABS		0
CLC	ORA-ABS. Y				ORA-ABS. X	ASL-ABS. X		1
PLP	AND-IMM	ROL-A		BIT-ABS	AND-ABS	ROL-ABS		2
SEC	AND-ABS. Y				AND-ABS. X	ROL-ABS. X		3
PHA	EOR-IMM	LSR-A		JUMP-ABS	EOR-ABS	LSR-ABS		4
CLI	EOR-ABS. Y				EOR-ABS. X	LSR-ABS. X		5
PLA	ADC-IMM	ROR-A		JMP-IND	ADC-ABS	ROR-ABS		6
SEI	ADC-ABS. Y				ADC-ABS. X			7
DEY		TXA		STY-ABS	STA-ABS	STX-ABS		8
TYA	STA-ABS. Y	TXS			STA-ABS. X			9
TAY	LDA-IMM	TAX		LDY-ABS	LDA-ABS	LDX-ABS		A
CLV	LDA-ABS. Y	TSX		LDY-ABS. X	LDA-ABS. X	LDX-ABS. Y		B
INY	CMP-IMM	DEX		CPY-ABS	CMP-ABS	DEC-ABS		C
CLD	CMP-ABS. Y				CMP-ABS. X	DEC-ABS. X		D
INX	SBC-IMM	NOP		CPX-ABS	SBC-ABS	INC-ABS		E
SED	SBC-ABS. Y				SBC-ABS. X	INC-ABS. X		F

R6500 INSTRUCTION SET

INSTRUCTIONS		IMMEDIATE		ABSOLUTE		ZERO PAGE		ACCUM.		IMPLIED		(IMB, X)	
Mnemonic	OPERATION	OP	n #	OP	n #	OP	n #	OP	n #	OP	n #	OP	n #
A D C	A + M + C - A (4) (1)	86	2 2	8D	4 3	85	3 2					81	6 2
A N D	A & M - A (1)	29	2 2	2D	4 3	25	3 2					21	6 2
A S L	C - [r] B - 0			0E	6 3	06	5 2	0A	2 1				
B C C	BRANCH ON C = 0 (2)												
B C S	BRANCH ON C = 1 (2)												
B E Q	BRANCH ON Z = 1 (2)												
B I T	A & M			2C	4 3	24	3 2						
B M I	BRANCH ON N = 1 (2)												
B N E	BRANCH ON Z = 0 (2)												
B P L	BRANCH ON N = 0 (2)												
B R K	BREAK (See Fig. 1)									00	7 1		
B Y C	BRANCH ON V = 0 (2)												
B V S	BRANCH ON V = 1 (2)												
C L C	0 - C									18	2 1		
C L D	0 - D									D8	2 1		
C L I	0 - I									58	2 1		
C L V	0 - V									B8	2 1		
C M P	A - M	C8	2 2	CD	4 3	C5	3 2					C1	6 2
C P X	X - M	E0	2 2	EC	4 3	E4	3 2						
C P Y	Y - M	C0	2 2	CC	4 3	C4	3 2						
D E C	M - 1 - M			CE	6 3	C6	5 2						
D E X	X - 1 - X									CA	2 1		
D E Y	Y - 1 - Y									8E	2 1		
E O R	A & V M - A (1)	48	2 2	4D	4 3	45	3 2					41	6 2
I N C	M + 1 - M			EE	6 3	E6	5 2						
I N X	X + 1 - X									E8	2 1		
I N Y	Y + 1 - Y									C9	7 1		
J M P	JUMP TO NEW LOC			4C	3 3								
J S R	JUMP SUB (See Fig. 2)			20	6 3								
L D A	M - A (1)	A8	2 2	AD	4 3	A5	3 2					A1	6 2
L D X	M - X (1)	A2	2 2	AE	4 3	A6	3 2						
L D Y	M - Y (1)	A0	2 2	AC	4 3	A4	3 2						
L S R	0 - [r] B - C			4E	6 3	46	5 2	4A	2 1				
N O P	NO OPERATION									EA	2 1		
O R A	A & V M - A	08	2 2	0D	4 3	05	3 2					01	6 2
P H A	A - Ms S - 1 - S									48	3 1		
P H P	P - Ms S - 1 - S									08	3 1		
P L A	S + 1 - S Ms - A									68	4 1		
P L P	S + 1 - S Ms - P									28	4 1		
R O L	[r] - [C]			2E	6 3	26	5 2	2A	2 1				
R O R	[C] - [r] - [a]			8E	6 3	86	5 2	8A	2 1				
R T I	RTRN INT (See Fig. 1)									40	6 1		
R T S	RTRN SUB (See Fig. 2)									50	6 1		
S B C	A - M - C - A (1)	E8	2 2	ED	4 3	E5	3 2					E1	6 2
S E C	1 - C									38	2 1		
S E D	1 - D									F8	2 1		
S E I	1 - I									78	2 1		
S T A	A - M			8D	4 3	85	3 2					81	6 2
S T X	X - M			8E	4 3	86	3 2						
S T Y	Y - M			8C	4 3	84	3 2						
T A X	A - X									AA	2 1		
T A Y	A - Y									AB	2 1		
T S X	S - X									BA	2 1		
T X A	X - A									8A	2 1		
T X S	X - S									9A	2 1		
T Y A	Y - A									98	2 1		

(1) ADD 1 TO "N" IF PAGE BOUNDARY IS CROSSED
 (2) ADD 1 TO "N" IF BRANCH OCCURS TO SAME PAGE
 ADD 2 TO "N" IF BRANCH OCCURS TO DIFFERENT PAGE
 (3) CARRY NOT = BORROW
 (4) IF IN DECIMAL MODE, Z FLAG IS INVALID
 ACCUMULATOR MUST BE CHECKED FOR ZERO RESULT

Nota: Continúa en la página siguiente.

FIG. 1 IRQ, NMI, RTI, BRK OPERATION

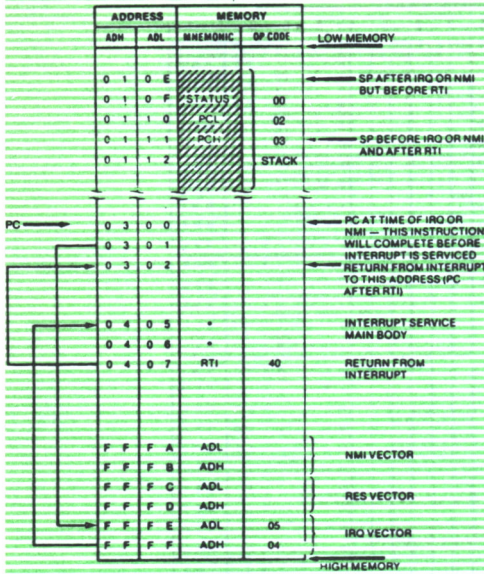
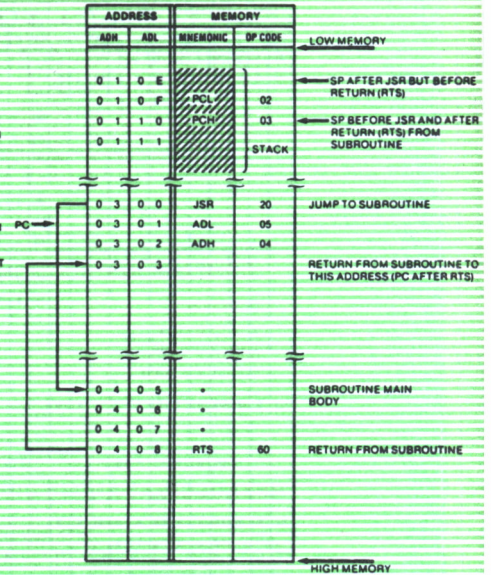
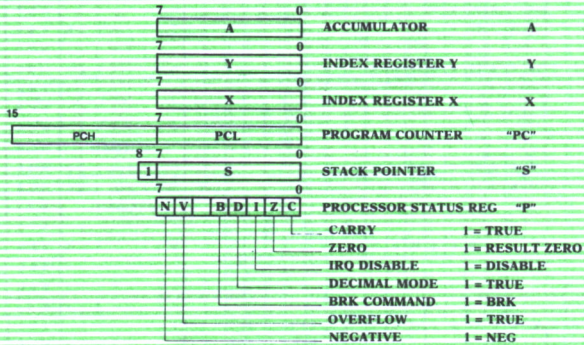


FIG. 2 JSR, RTS OPERATION



PROCESSOR PROGRAMMING MODEL



BACKWARD RELATIVE BRANCH TABLE

LSD \ MSD	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
8	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113
9	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100	99	98	97
A	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
B	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65
C	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49
D	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33
E	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
F	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

FORWARD RELATIVE BRANCH TABLE

MSD	LSD															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
4	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
5	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
6	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
7	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127

COMPARE INSTRUCTION RESULTS

Condition	N	Z	C
A.X. or Y < Memory	1*	0	0
A.X. or Y = Memory	0	1	1
A.X. or Y > Memory	0*	0	1

* N is valid only for 2's complement compare.

HEXADECIMAL AND DECIMAL CONVERSION

HEXADECIMAL COLUMNS											
6		5		4		3		2		1	
HEX	DEC	HEX	DEC	HEX	DEC	HEX	DEC	HEX	DEC	HEX	DEC
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1,048,576	1	65,536	1	4,096	1	256	1	16	1	1
2	2,097,152	2	131,072	2	8,192	2	512	2	32	2	2
3	3,145,728	3	196,608	3	12,288	3	768	3	48	3	3
4	4,194,304	4	262,144	4	16,384	4	1,024	4	64	4	4
5	5,242,880	5	327,680	5	20,480	5	1,280	5	80	5	5
6	6,291,456	6	393,216	6	24,576	6	1,536	6	96	6	6
7	7,340,032	7	458,752	7	28,672	7	1,792	7	112	7	7
8	8,388,608	8	524,288	8	32,768	8	2,048	8	128	8	8
9	9,437,184	9	589,824	9	36,864	9	2,304	9	144	9	9
A	10,485,760	A	655,360	A	40,960	A	2,560	A	160	A	10
B	11,534,336	B	720,896	B	45,056	B	2,816	B	176	B	11
C	12,582,912	C	786,432	C	49,152	C	3,072	C	192	C	12
D	13,631,488	D	851,968	D	53,248	D	3,328	D	208	D	13
E	14,680,064	E	917,504	E	57,344	E	3,584	E	224	E	14
F	15,728,640	F	983,040	F	61,440	F	3,840	F	240	F	15
7654		3210		7654		3210		7654		3210	
Byte		Byte		Byte		Byte		Byte		Byte	

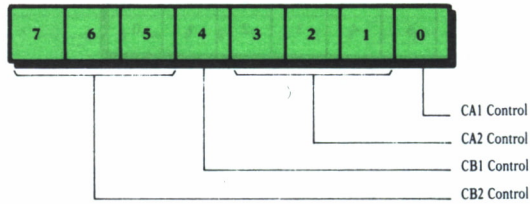
POWERS OF 2

2^n	n
256	8
512	9
1,024	10
2,048	11
4,096	12
8,192	13
16,384	14
32,768	15
65,536	16
131,072	17
262,144	18
524,288	19
1,048,576	20
2,097,152	21
4,194,304	22
8,388,608	23
16,777,216	24

POWERS OF 16

16^n	n
1	0
16	1
256	2
4,096	3
65,536	4
1,048,576	5
16,777,216	6
268,435,456	7
4,294,967,296	8
68,719,478,736	9
1,099,511,627,776	10
17,592,188,044,416	11
281,474,976,710,656	12
4,503,599,627,370,496	13
72,057,594,037,927,936	14
1,152,921,504,606,848,976	15

R6522 PERIPHERAL CONTROL REGISTER (PCR)



CA1 CONTROL

PCR0 = 0 The CA1 Interrupt Flag (IFR1) will be set by a negative transition (high to low) on the CA1 pin.
 = 1 The CA1 Interrupt Flag (IFR1) will be set by a positive transition (low to high) on the CA1 pin.

CA2 CONTROL

PCR3	PCR2	PCR1	Mode
0	0	0	CA2 negative edge interrupt (IFR0/OR A clear mode) - Set CA2 interrupt flag (IFR0) on a negative transition of the CA2 input signal. Clear IFR0 on a read or write of the OR A or by writing logic 1 into IFR0.
0	0	1	CA2 negative edge interrupt (IFR0 clear) mode - Set IFR0 on a negative transition of the CA2 input signal. Clear IFR0 by writing logic 1 into IFR0.
0	1	0	CA2 positive edge interrupt (IFR0/OR A clear) mode - Set CA2 interrupt flag (IFR0) on a positive transition of the CA2 input signal. Clear IFR0 on a read or write of the OR A or by writing logic 1 into IFR0.
0	1	1	CA2 positive edge interrupt (IFR0 clear) mode - Set IFR0 on a positive transition of the CA2 input signal. Clear IFR0 by writing logic 1 into IFR0.
1	0	0	CA2 handshake output mode - Set CA2 output low on a read or write of the Peripheral A Output Register. Reset CA2 high with an active transition on CA1.
1	0	1	CA2 pulse output mode - CA2 goes low for one cycle following a read or write of the Peripheral A Output Register.
1	1	0	CA2 low output mode - The CA2 output is held low in this mode.
1	1	1	CA2 high output mode - The CA2 output is held high in this mode.

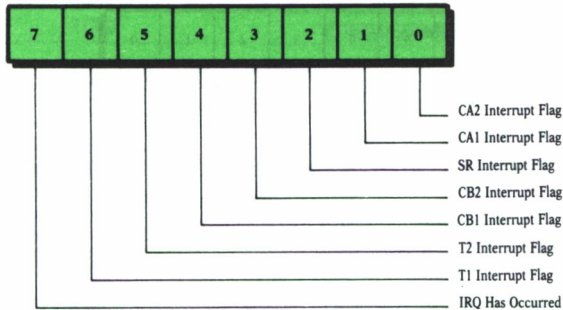
CB1 CONTROL

PCR4 = 0 The CB1 Interrupt Flag (IFR4) will be set by a negative transition (high to low) on the CB1 pin.
 = 1 The CB1 Interrupt Flag (IFR4) will be set by a positive transition (low to high) on the CB1 pin.

CB2 CONTROL

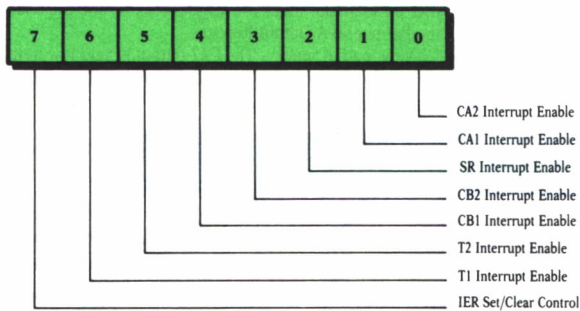
PCR7	PCR6	PCR5	Mode
0	0	0	CB2 negative edge interrupt (IFR3/OR B clear) mode - Set CB2 interrupt flag (IFR3) on a negative transition of the CB2 input signal. Clear IFR3 on a read or write of the OR B or by writing logic 1 into IFR3.
0	0	1	CB2 negative edge interrupt (IFR3 clear) mode - Set IFR3 on a negative transition of the CB2 input signal. Clear IFR3 by writing logic 1 into IFR3.
0	1	0	CB2 positive edge interrupt (IFR3/OR B clear) mode - Set CB2 interrupt flag (IFR3) on a positive transition of the CB2 input signal. Clear IFR3 on a read or write of the OR B or by writing logic 1 into IFR3.
0	1	1	CB2 positive edge interrupt (IFR3 clear) mode - Set IFR3 on a positive transition of the CB2 input signal. Clear IFR3 by writing logic 1 into IFR3.
1	0	0	CB2 handshake output mode - Set CB2 output low on a write of the Peripheral B Output Register. Reset CB2 high with an active transition on CB1.
1	0	1	CB2 pulse output mode - CB2 goes low or one cycle following a read or write of the Peripheral B Output Register.
1	1	0	CB2 low output mode - The CB2 output is held low in this mode.
1	1	1	CB2 high output mode - The CB2 output is held high in this mode.

R6522 INTERRUPT FLAG REGISTER (IFR)



IFR Bit	Set By	Cleared By
0	Active transition on CA2	Reading or writing the ORA (\$A001 or \$A00F)
1	Active transition on CA1	Reading or writing the ORA (\$A001 or \$A00F)
2	Completion of eight shifts	Reading or writing the SR (\$A00A)
3	Active transition on CB2	Reading or writing the ORB (\$A000)
4	Active transition on CB1	Reading or writing the ORB (\$A000)
5	Time-out of Timer 2	Reading T2C-L (\$A008) or writing T2C-H (\$A009)
6	Time-out of Timer 1	Reading T1C-L (\$A004) or writing T1L-H (\$A005 or \$A007)
7	Any IFR bis set with its corresponding IER bit also set	Clearing IFR0-IFR6 (\$A00D) or IER0-IER6 (\$A00E)

R6522 INTERRUPT ENABLE REGISTER (IER)



INTERRUPT ENABLE BITS (IER0-6)

IER_n = 0 Disable interrupt
 = 1 Enable interrupt

IER SET/CLEAR CONTROL (IER7)

IER7 = 0 For each data bus bit set to logic 1, clear corresponding IER bit
 = 1 For each data bus bit set to logic 1, set corresponding IER bit.

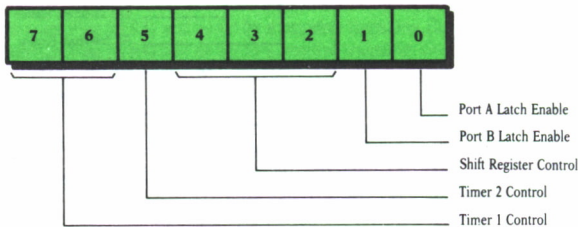
Note: IER7 is active only when R/W = L; when R/W = H, IER7 will read logic 1.

USER R 6522 VERSATILE INTERFACE ADAPTER (VIA)

R6522 M MEMORY ASSIGNMENTS

Location	Function	
A000	Port B Output Data Register (ORB)	
A001	Port A Output Data Register (ORA)	Controls handshake
A002	Port B Data Direction Register (DDRB)	0 = Input
A003	Port A Data Direction Register (DDRA)	1 = Output
	Timer R/W = L	R/W = H
A004	T1 Write T1L-L	Read T1C-L
		Clear T1 Interrupt Flag
A005	T1 Write T1L-H & T1C-H	Read T1C-H
	T1L-L → T1C-L	
	Clear T1 Interrupt Flag	
A006	T1 Write T1L-L	Read T1L-L
A007	T1 Write T1L-H	Read T1L-H
	Clear T1 Interrupt Flag	
A008	T2 Write T2L-L	Read T2C-L
		Clear T2 Interrupt Flag
A009	T2 Write T2C-H	Read T2C-H
	T2L-L → T2C-L	
	Clear T2 Interrupt Flag	
A00A	Shift Register (SR)	
A00B	Auxiliary Control Register (ACR)	
A00C	Peripheral Control Register (PCR)	
A00D	Interrupt Flag Register (IFR)	
A00E	Interrupt Enable Register (IER)	
A00F	Port A Output Data Register (ORA) <i>No effect on handshake</i>	

R6522 AUXILIARY CONTROL REGISTER (ACR)



PORT A LATCH ENABLE

ACR0 = 1 Port A latch is enabled to latch input data when CA1 Interrupt Flag (IFR1) is set.
 = 0 Port A latch is disabled, reflects current data on PA pins.

PORT B LATCH ENABLE

ACR1 = 1 Port B latch is enabled to latch the voltage on the pins for the input lines or the ORB contents for the output lines when CB1 Interrupt Flag (IFR4) is set.
 = 0 Port B latch is disabled, reflects current data on PB pins.

SHIFT REGISTER CONTROL

ACR4	ACR3	ACR2	Mode
0	0	0	Shift Register Disabled.
0	0	1	Shift in under control of Timer 2.
0	1	0	Shift in under control of $\emptyset 2$.
0	1	1	Shift in under control of external clock.
1	0	0	Free-running output at rate determined by Timer 2.
1	0	1	Shift out under control of Timer 2.
1	1	0	Shift out under control of $\emptyset 2$.
1	1	1	Shift out under control of external clock.

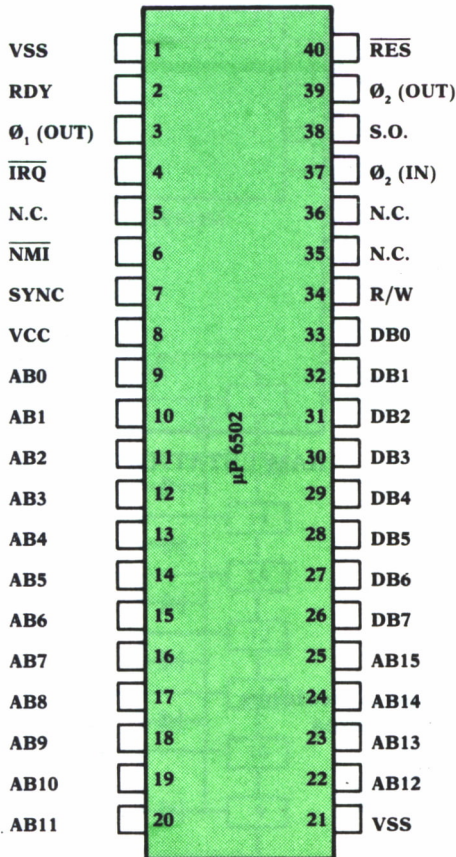
TIMER 2 CONTROL

ACR5 = 0 T2 acts as an interval timer in the one-shot mode.
 = 1 T2 counts a predetermined number of pulses on PB6.

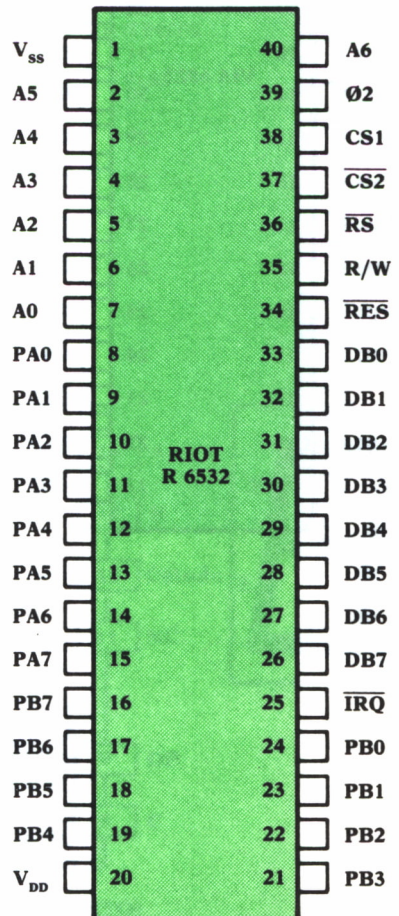
TIMER 1 CONTROL

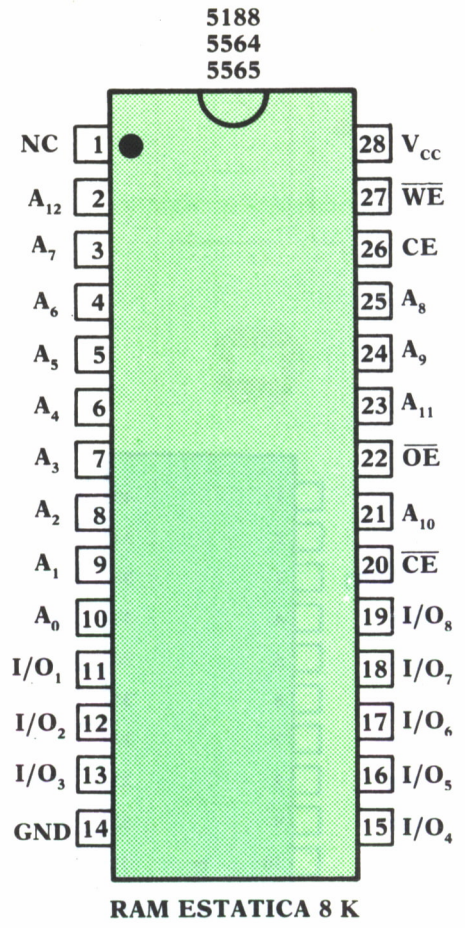
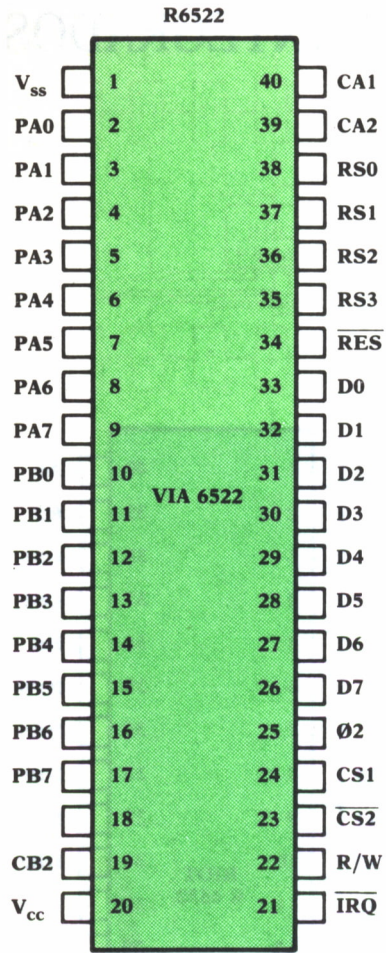
ACR7	ACR6	Mode
0	0	T1 one-shot mode - Generate a single time-out interrupt each time T1 is loaded. Output to PB7 disabled.
0	1	T1 free-running mode - Generate continuous interrupts. Output to PB7 disabled.
1	0	T1 one-shot mode - Generate a single time-out interrupt and an output pulse on PB7 each time T1 is loaded.
1	1	T1 free-running mode - Generate continuous interrupts and a square wave output on PB7.

APENDICE G PATILLAJE DE CIRCUITOS INTEGRADOS



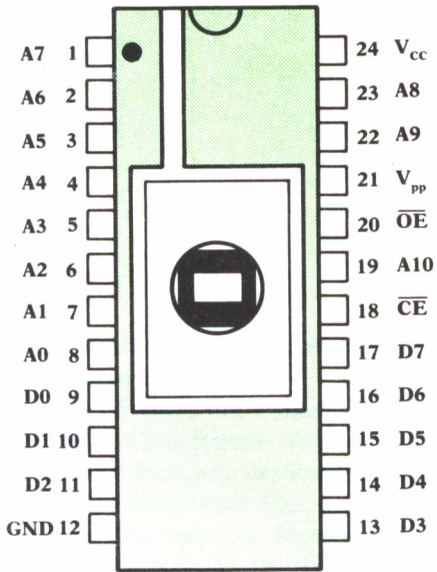
Conexión de μP 6502.



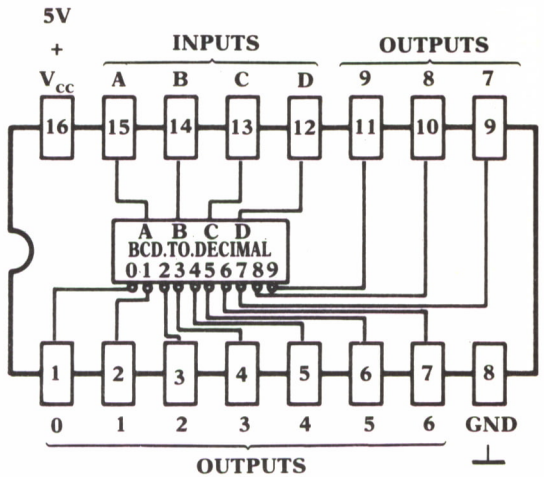


$V_{cc} = +5 V$
 $A_0 \dots A_n =$ líneas de direcciones
 $D_0 \dots D_7 =$ líneas de datos
 CS = Chip Select
 CE = Chip Enable
 OE = Output Enable
 PD = Power Down

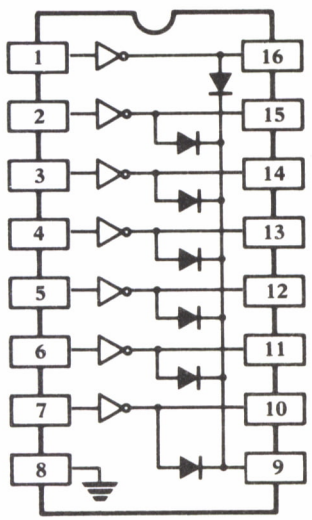
2516
Texas Instruments
2716
otros fabricantes



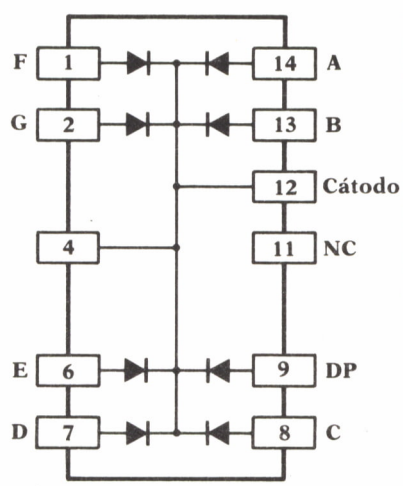
EPROM



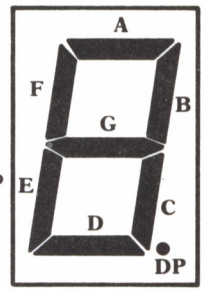
74145



ULN 2003

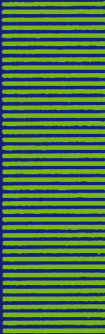


DISPLAY
MAN 4640A (MONSANTO)



APENDICE H. BIBLIOGRAFIA

- «R6500 Sistema Microcomputador Manual de Programación». Rockwell International.
- «AIM 65 Guía del Usuario». Rockwell International.
- «Junior Computer». Vols. I-II-III-IV. Ingelek, S.A.
- «Diseño Práctico de Sistemas». Angulo.
- «R6500 Hardware Manual». Rockwell International.
- Texas Instruments, Master Selection Guide 1984/85.
- RCA CMOS/MOS Digital Integrated Circuits. 1974.



Cuando se trabaja con un ordenador, lo único que puede apreciarse, a simple vista, es una especie de caja negra que, misteriosamente, acepta una serie de instrucciones.

En realidad, un ordenador es una máquina capaz de recibir, transformar, almacenar y suministrar datos. En este libro se construye un pequeño ordenador, capaz de realizar dichas funciones, a partir de un microprocesador. Podrá observar de qué partes se compone el ordenador y cómo conectarlas entre sí. Además, podrá adentrarse en el mundo del «hardware» utilizándolo, por ejemplo, como un temporizador para controlar cualquier electrodoméstico casero.

Por otra parte, se ha pensado en la construcción de un ordenador dinámico. A partir del diseño básico, podrá ampliarlo con el único límite que impone la propia imaginación.

