

## Generación de vídeo

### 5.1 INTRODUCCIÓN

El vídeo es uno de los periféricos del ordenador más comunes y ciertamente junto con el teclado al que más atención por término medio le muestra el usuario.

La salida visual en los primeros computadores era simplemente una serie de indicadores luminosos individuales. Si el computador y el usuario necesitaban comunicarse caracteres se usaba una impresora y un teclado. Los indicadores luminosos fueron más tarde sustituidos por dispositivos que podían mostrar caracteres o filas de ellos. Estos dispositivos se siguen usando en calculadoras, relojes digitales, paneles publicitarios, etc. Pero en los ordenadores evolucionaron a pantallas, que pueden mostrar caracteres en filas y columnas y que además pueden ser gráficos, aprovechando el desarrollo alcanzado por estos dispositivos gracias al auge de la televisión.

El más común de los tipos de pantallas está basado en el tubo de rayos catódicos (CRT), el cual es usado también en la televisión. Este es todavía el método más barato para producir unas imágenes de calidad, bien sean de color o monocromo. Sin embargo el gran tamaño de éstos es una desventaja.

La relevancia de los monitores de TRC está avalada, por diversos motivos:

- ◆ Madurez en la tecnología (la misma que la televisión).
- ◆ Característica interactiva.
- ◆ Posibilidades de color y realismo, sin comparación hasta el momento.
- ◆ Buena relación coste/prestaciones.
- ◆ Silencioso.
- ◆ No requiere consumibles.
- ◆ Se adapta fácilmente a distintos modos de presentación.
- ◆ Enlaza directamente con las aplicaciones multimedia cada vez más difundidas.

Tras numerosos intentos infructuosos de hacer plana la pantalla del televisor, hay pantallas planas en el mercado y se utilizan de forma habitual en ordenadores portátiles donde el diseño compacto es vital, pero son caros y ofrecen un resultado menos satisfactorio que los TRC.

## 5.2 GENERACIÓN DE LA IMAGEN EN UN TRC

Como se ha comentado, el más popular de los mecanismos para generar la imagen es el TRC (Tubo de Rayos Catódicos) que se muestra de forma esquemática en la figura (5.1) y que tiene un principio de funcionamiento idéntico al del tubo de los televisores convencionales. Tiene una gruesa pantalla de cristal, casi plana, delante de un armazón en forma de embudo, que se extiende hacia atrás hasta un estrecho cuello de botella. Los tubos pueden ser de varios tamaños, pero el más popular es el de 14 pulgadas aunque recientemente, en aplicaciones profesionales a quedado desbancado por los monitores de 17 pulgadas. Esta medida se toma a lo largo de la diagonal de la pantalla al igual que sucede en los televisores. Para conocer las dimensiones ancho y alto basta con tener en cuenta que la relación entre ellas es  $4/3$ . De esta forma, conociendo la hipotenusa de un triángulo rectángulo, y la relación entre los lados, se puede obtener con un sencillo cálculo de geometría elemental, las dimensiones laterales. Para un monitor de 14" el área de vídeo útil es de unas 10" de ancho y 8" de alto.

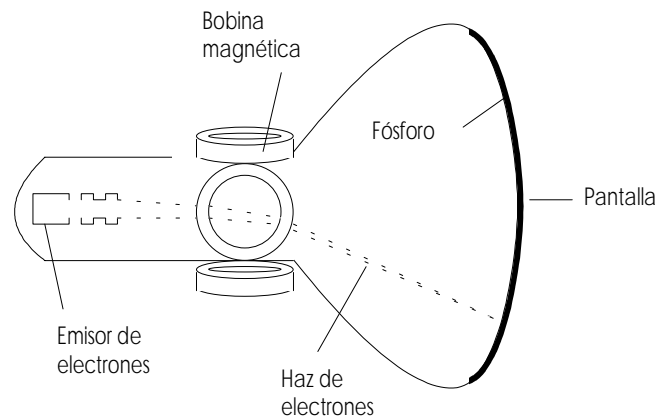


Fig. 5.1 Tubo de rayos catódicos típico

El rasgo esencial de los TRC es un haz de electrones o rayo catódico (porque es emitido por el cátodo). Este haz es emitido por un cañón de electrones en el estrecho cuello al final del tubo, y pasa a lo largo del armazón del tubo, hasta golpear el frontal de la pantalla.

El cañón de electrones consiste en un número de placas de metal, o electrodos, con un cuidadoso control de voltaje aplicado entre ellos. En el extremo final del cuello se encuentra el cátodo, un electrodo que se calienta hasta una temperatura cercana al rojo caliente mediante una corriente que pasa a través de una bobina de calefacción interna. El cátodo se cubre de una sustancia que da un flujo constante de electrones cuando se calienta, y los otros electrodos orientan este flujo en un estrecho cañón de considerable energía. La mayoría de los electrodos del cañón se mantienen a potenciales (voltajes) constantes, alguno de los cuales son bastante altos (varios miles de voltios). El electrodo de rejilla, puede tener su potencial variable, lo que hace que la intensidad del cañón varíe desde cero hasta su máximo.

El haz de electrones puede focalizarse mediante una lente electrónica, del mismo modo que la luz se puede focalizar mediante una lente de vidrio. En los TRC, la lente electrónica es un campo eléctrico producido por electrodos adicionales, o campos magnéticos producidos por bobinas que rodean el cuello del tubo. El segundo método es el que se utiliza normalmente. El rayo

se focaliza hasta un pequeño punto donde golpea la parte frontal del tubo, (la parte interior de la pantalla).

La cara interior de la pantalla está recubierta de una sustancia fosforescente que brilla cuando el haz de electrones la golpea, y durante algún tiempo después (una fracción de segundo).

Acabamos de ver como el campo magnético se puede usar para focalizar el rayo de electrones; de la misma forma, se puede usar para cambiar la dirección del rayo. Más allá, se montan dos conjuntos de bobinas fuera del tubo, al final del cuello, cerca de su unión con el armazón en forma de embudo. Una corriente en un par de bobinas defleca el rayo horizontalmente; el otro par lo defleca verticalmente. Por esto, usando dos pares de bobinas juntas, puede hacerse que el rayo golpee cualquier punto de la pantalla. Puede recorrerse la pantalla para dibujar cualquier patrón requerido, mediante una estela de brillo sobre el material fosforescente.

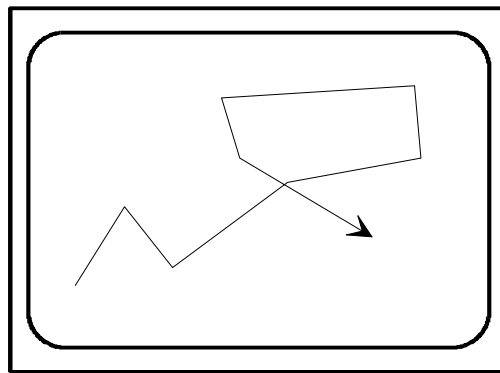


Fig. 5.2 Movimiento típico del haz electrónico sobre un visualizador TRC de barrido aleatorio

En este punto debemos distinguir entre dos métodos para el control del movimiento del rayo (y los puntos de luz resultantes), a través de la pantalla. Estos métodos se conocen como "vector scanning" (barrido aleatorio) que se muestra en la figura (5.2) o "raster scanning" (barrido secuencial) (Fig 5.3). En el barrido aleatorio, la corriente en dos pares de bobinas de deflexión, está bajo el control del computador, y el rayo se puede mover para dibujar cualquier tipo de línea en la pantalla. Este método es el que se usa habitualmente en las pantallas de los osciloscopios analógicos, y necesita tres coordenadas,  $x$ ,  $y$  e intensidad del haz, normalmente denominada  $z$ .

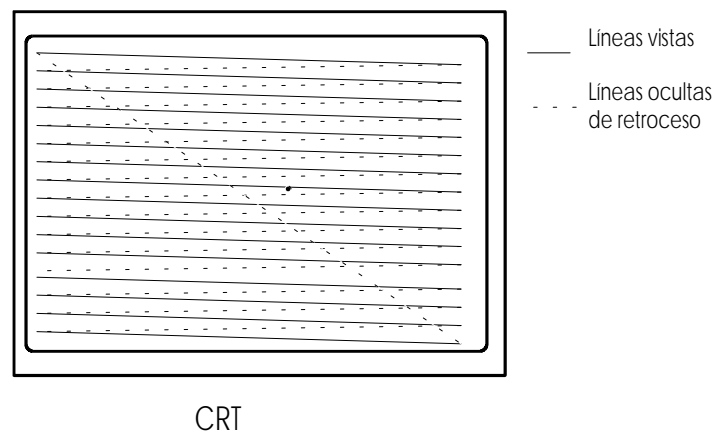


Fig. 5.3 Movimiento del haz en un visualizador TRC de barrido secuencial

El segundo método, de barrido secuencial, se usa por la práctica totalidad de las unidades de vídeo y televisión y va a ser del que nos vamos a ocupar con detalle. Está basado en el dibujo

regular de líneas paralelas igualmente espaciadas en la pantalla. Para hacer esto, la corriente en la bobina de barrido horizontal se va incrementando constantemente. Por lo tanto, el rayo se mueve con una velocidad constante de izquierda a derecha de la pantalla, obteniendo una línea brillante. cuando el rayo encuentra el borde de la pantalla, la corriente se invierte para mover de nuevo el rayo a la parte izquierda de la pantalla; durante el retroceso se usan mayores corrientes para que el rayo se mueva más rápido. Este movimiento inverso es llamado "fly-back" o retraso horizontal. La red en el cañón de electrones se usa para anular el rayo de electrones durante el retraso horizontal con objeto de que no se dibuje ninguna línea.

El proceso completo vuelve a repetirse para dibujar otra línea. Sin embargo, la corriente en la bobina de barrido vertical es aumentada también de forma constante, aunque mucho más lentamente, por lo que la segunda línea se dibuja justamente debajo de la primera. El proceso se repite hasta que toda la pantalla se ha llenado con una red de líneas paralelas igualmente espaciadas. La corriente en las bobinas de barrido vertical se invierten entonces para retornar rápidamente al rayo a la parte superior de la pantalla (esto es el retraso vertical), y de nuevo el rayo se inhibe durante este periodo de retorno (figura 5.3). El proceso completo se repite indefinidamente para dibujar una secuencia idéntica un número elevado de veces por segundo, normalmente entre 60 y 100. La imagen producida en un barrido puede generarse de nuevo, o puede cambiarse en el barrido siguiente; si se genera de nuevo, la rapidez del barrido produce una imagen totalmente estable, y libre de parpadeo ante la visión humana; y si la imagen cambia adecuadamente de un barrido al siguiente, dará la sensación de movimiento continuo.

### 5.3 ESTUDIO DE UN VISUALIZADOR DE BARRIDO SECUENCIAL

Cualquier visualizador TRC gráfico está constituido fundamentalmente por dos dispositivos: la pantalla del visualizador, y el controlador de pantalla.

#### 5.3.1 La pantalla del visualizador

En los visualizadores TRC de barrido secuencial, la pantalla está constituida por un tubo de rayos catódicos, y por los circuitos que gobiernan el movimiento del haz electrónico, es decir, por un monitor TV.

Un monitor TV responde al diagrama representado en la figura (5.4); en ella, las líneas continuas representan el flujo de la señal que contiene la información de vídeo, las discontinuas el flujo de las señales de sincronismo. El movimiento del haz electrónico sobre la pantalla del TRC, se controla mediante dos tensiones de diente de sierra, generadas en los circuitos osciladores, amplificadas por los circuitos de deflexión, y aplicadas a las bobinas de deflexión horizontal y vertical.

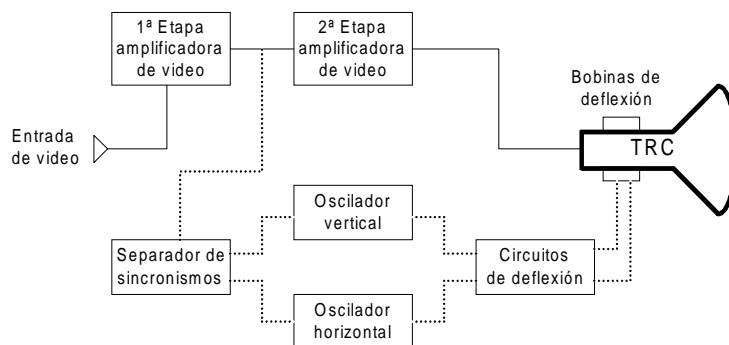


Fig. 5.4 Diagrama de bloques de un monitor de TV

El oscilador horizontal genera una tensión en forma de diente de sierra según la figura (5.5), cuya frecuencia ( $f_H$ ) depende del tipo de monitor (en los monitores estándares de TV, esta frecuencia es de 15.750 Hz en el sistema americano de TV de 525 líneas y 60 cuadros por segundo, y 15.625 Hz en el sistema europeo de 625 líneas y 50 cuadros por segundo).

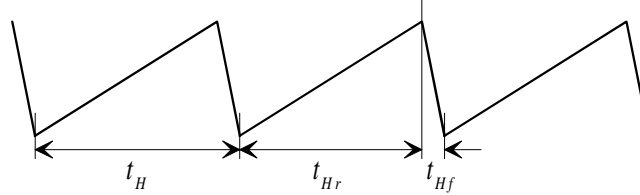


Fig. 5.5 Tensión generada por el oscilador horizontal. Controla el haz electrónico

Esta tensión gobierna el movimiento horizontal o barrido horizontal del haz sobre la pantalla; su frecuencia  $f_H = 1/t_H$ , se denomina frecuencia de línea. Durante  $t_{Hr}$  el haz se mueve desde el borde izquierdo al derecho de la pantalla, y al llegar a este punto, se produce una rápida caída a cero de la tensión ( $t_{Hf} \approx 0,20t_H$ ), que origina el retorno del haz a la posición de partida (Fig. 5.6)

Este movimiento provocaría una única línea horizontal en la pantalla, por lo que para conseguir un barrido de la pantalla completa, es necesario acompañar a este movimiento horizontal de otro vertical. Dicho movimiento se produce por la actuación sobre la bobina de deflexión vertical de una tensión en diente de sierra, generada por el oscilador vertical (Fig. 5.7), la frecuencia de esta tensión ( $f_V$ ) depende el monitor utilizado, aunque normalmente es cercana a la empleada en la TV comercial, y será de 50 Hz si se utiliza el sistema europeo, o de 60 Hz si el sistema utilizado es el americano. En la actualidad, valores por encima de los 75Hz son muy habituales y algunos monitores profesionales superan los 120Hz. A esta frecuencia vertical se le denomina también frecuencia de refresco ya que indica el número de veces que la pantalla se redibuja en cada segundo. Aunque 50Hz son suficientes para dar un aspecto de imagen estable, se prefieren frecuencias superiores porque producen una menor fatiga visual cuando la vista permanece fija sobre la pantalla durante largos periodos de tiempo y es uno de los factores que más encarecen los monitores.

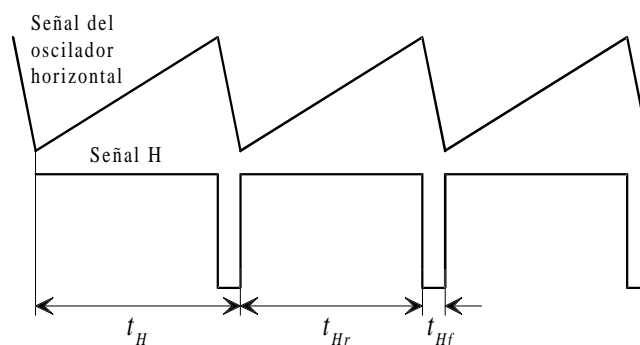


Fig. 5.6 Señal de sincronismo horizontal y su relación con el oscilador horizontal

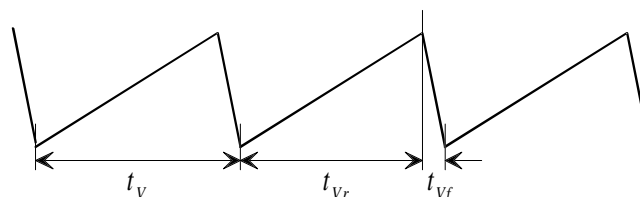


Fig. 5.7 Tensión de control del movimiento vertical del haz electrónico

Durante  $t_{vf}$ , el aumento de la tensión aplicada a la bobina de deflexión vertical, produce el movimiento del haz electrónico desde el borde superior al inferior de la pantalla; al llegar al borde inferior, la caída de tensión durante el intervalo  $t_{vr}$  ( $t_{vf} = 0.08t_v$ ), provoca el retorno brusco del haz al borde superior, donde comienza de nuevo el proceso.

La combinación de los movimientos horizontal y vertical es el movimiento de barrido del haz sobre la pantalla. El número de líneas horizontales por cada barrido de pantalla viene dado por:

$$n = t_v / t_H$$

De estas  $n$  líneas horizontales, no todas son visibles ya que algunas tienen lugar durante el retorno vertical. El número de líneas visibles es:

$$n_r = t_{vr} / t_H$$

y el número de líneas invisibles:

$$n_f = t_{vf} / t_H$$

Si  $t_{vf} = 0.08t_v$ , obtenemos que:  $n_f = 0.08n$ .

Además de las dos señales descritas, que son generadas por el propio monitor; el funcionamiento del monitor necesita una sincronización entre los osciladores y el dispositivo que suministra la información a visualizar. La intensidad del haz electrónico se modula de acuerdo con la información a visualizar. Son necesarias por lo tanto, tres señales externas de control, que describiremos a continuación (Fig. 5.8). Recuérdese que la señal H también es un diente de sierra pero como su frecuencia es mucho mayor que la de la señal V se ve como una secuencia de pulsos estrechos.

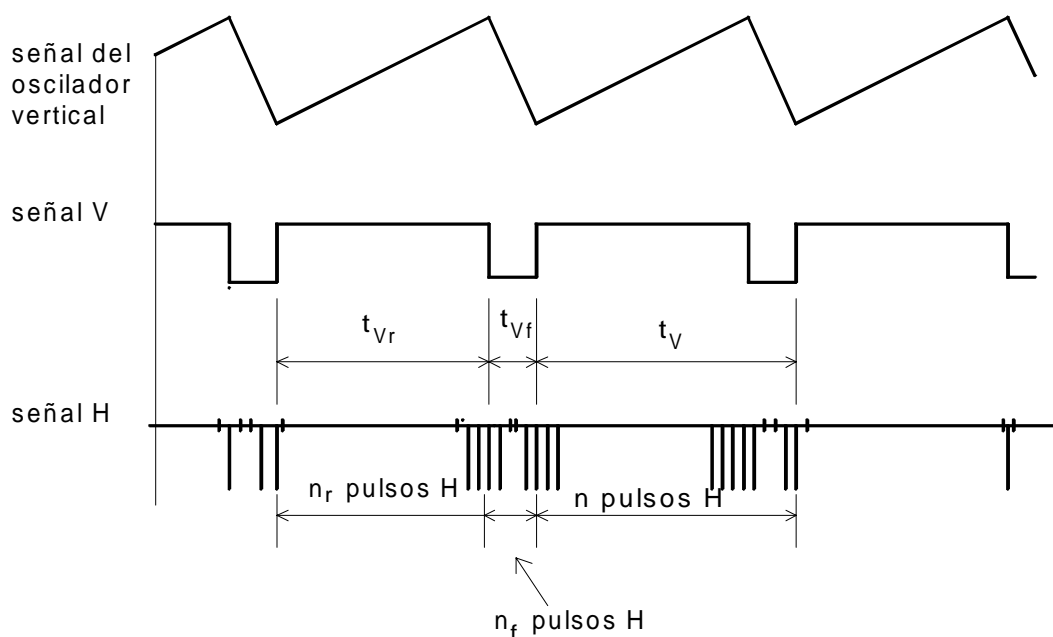


Fig. 5.8 Relación entre los sincronismos horizontal, vertical y oscilador vertical

### 5.3.2 Sincronismo horizontal o señal H

Es una señal de impulsos, de frecuencia  $f_H$ , cuyo fin es sincronizar el oscilador horizontal con la fuente de información de vídeo. Esta sincronización permite a dicha fuente conocer en cada momento la línea horizontal que barre el haz, y así suministrar la información que corresponde a esa línea.

El pulso de sincronismo horizontal determina el inicio y la duración de la caída de tensión generada por el oscilador horizontal.

### 5.3.3 Sincronismo vertical o señal V

Es también una señal de impulsos, de frecuencia  $f_V$ , y permite la sincronización entre la fuente de información (la tarjeta controladora del ordenador) y el oscilador vertical que se regenera en el monitor.

### 5.3.4 Señal de modulación de la intensidad del haz o señal Z

Simultáneamente con el barrido de la pantalla por el haz electrónico, es necesario un control sobre la intensidad de éste para producir la combinación de tonalidades que constituye la imagen de vídeo. Este control lo realiza la señal Z, que el dispositivo controlador suministra al monitor, y que éste amplifica por medio de etapas amplificadoras de vídeo para aplicarlas al CRT (Fig. 5.9).

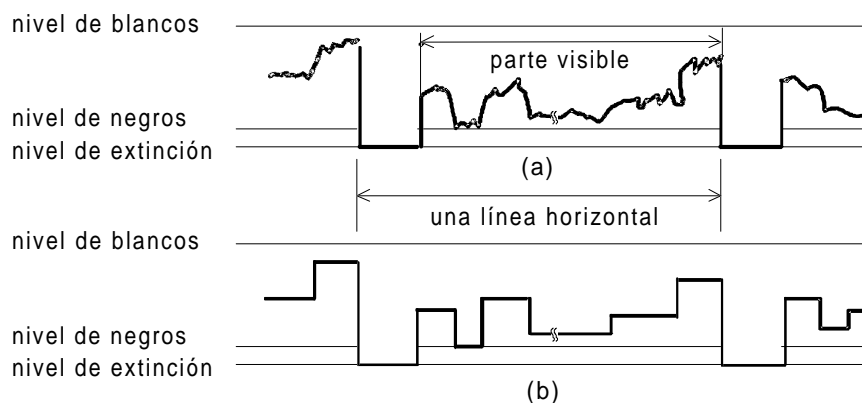


Fig. 5.9 Variación de Z en un barrido horizontal a)TV, b) métodos de procesado digital

La tonalidad que el haz electrónico produce al incidir sobre la pantalla, viene determinada por la tensión presente en ese momento en la señal Z. Esta tensión varía entre dos niveles fundamentales, que se denominan 'nivel de negros' y 'nivel de blancos'; la variación entre estos dos niveles puede tener lugar de forma continua, como en la TV comercial, o de forma discreta, como en la generación de imágenes mediante procesado digital.

Además de estos dos niveles de referencia, existe un tercer nivel denominado de extinción, durante el cual no se produce traza del haz sobre la pantalla. Este nivel se genera para extinguir la traza de retorno, tanto horizontal como vertical.

En la práctica, estas tres señales descritas no se aplican al monitor separadamente. Mediante una adecuada combinación de ellas se forma una señal, denominada SEÑAL COMPUESTA DE VÍDEO (Fig. 5.10) que gobierna el monitor. En los monitores de color se necesitan además de la señal compuesta de vídeo, las tres señales correspondientes a los tres colores básicos. Es decir, la señal Z deberá contener, codificados de alguna manera las señales correspondientes a los tres colores básicos R (rojo), G (verde) y B (azul). En la televisión, todas estas señales R, G, B y sincronismos se codifican en una sola señal denominada señal de vídeo compuesto. Hay distintas formas de codificar estas señales en una sola dando lugar a los distintos formatos de televisión existentes: PAL, SECAM ó NTSC.

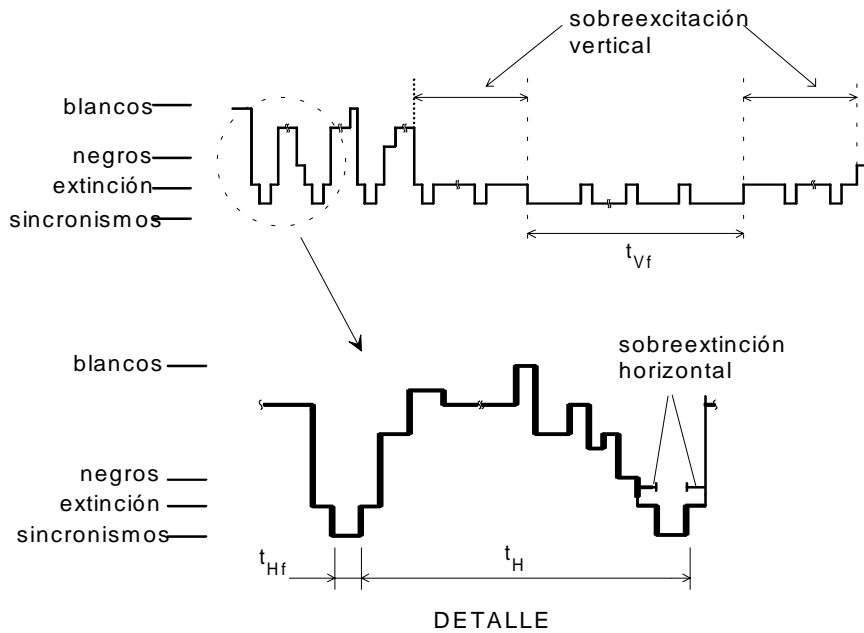


Fig. 5.10 Señal compuesta de vídeo, contiene información de vídeo y los sincronismos

Por el contrario en sistemas informáticos, y debido a que la distancia que separa la fuente de señal del monitor es relativamente pequeña, todas estas señales se envían por separado. Las dos señales de sincronismo se envían en modo simple y la información de vídeo en modo diferencial, por lo que, para un monitor de color, se necesitan un mínimo de 9 hilos (2 por cada uno de los tres colores básicos, 2 de sincronismo y una tierra común para los sincronismos).

Para aislar los sincronismos de la información de vídeo se utiliza el circuito separador de sincronismos. En la figura se observa una sobreextinción en los retornos horizontal y vertical. Esta sobreextinción consta de algunas líneas horizontales (el número depende del dispositivo controlador utilizado), antes y después del retorno vertical; y de una pequeña fracción del barrido horizontal; y su objeto es evitar pérdidas de información en los bordes de la pantalla.

Si el monitor es monocromo, en cada celdilla que corresponde a un punto en la pantalla, la señal de vídeo puede tener dos valores, uno que corresponde al nivel de blanco o punto iluminado y otro se corresponde con el nivel de negro o punto apagado.

En la mayoría de los monitores, existen dos mandos de ajuste desde el exterior, que son el brillo y el contraste. El mando de brillo actúa sobre el amplificador de vídeo y aumenta o disminuye la señal entera. El mando de contraste actúa sólo sobre la parte de la señal de vídeo que está por encima del nivel de negro; es decir, aumenta o disminuye la diferencia entre los niveles de blanco y negro. Los monitores más modernos añaden numerosos controles que tienen como objetivo actuar sobre las señales de sincronismo de forma que la imagen se puede desplazar ligeramente sobre la pantalla, cambiar su tamaño, inclinación, etc.

Veamos un ejemplo de cómo se forma un carácter en la pantalla. Supongamos que queremos representar una 'B' al comienzo de una línea. Para comprender mejor el proceso, puede suponerse que la pantalla está idealmente dividida en celdillas de puntos. Estas celdillas vienen determinadas por la resolución, así una señal de vídeo de 800x600 puntos de resolución, nos da una serie de 800 celdillas por cada una de las 600 líneas horizontales.

Supongamos también que el carácter se forma a partir de una matriz de 7x9 puntos, dejando el espacio de un punto entre dos caracteres consecutivos horizontalmente. Como hemos supuesto que el carácter a representar está en la primera posición de una línea, la señal de vídeo que forma

el carácter está precedida de un sincronismo horizontal. Tal señal está representada en la figura (5.11)

5.3.5 Magnitudes significativas

La figura (5.12) está descompuesta en dos partes. En la primera se observa con detalle que sucede en cada línea, es decir, entre dos sincronismos horizontales; y en la segunda se muestra una visión global de lo que sucede en la pantalla completa. En la tabla (5.1) se puede observar un ejemplo con los valores de las magnitudes que aparecen en la figura.

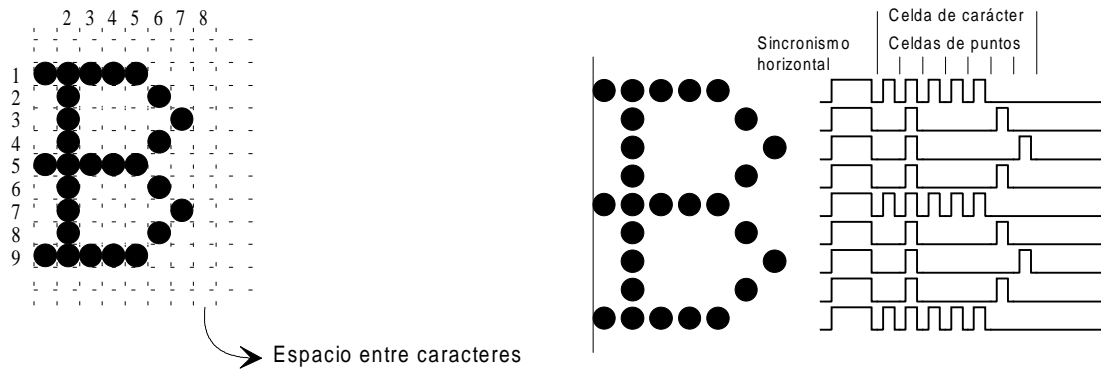


Fig. 5.11 Formación del carácter 'B' en la pantalla

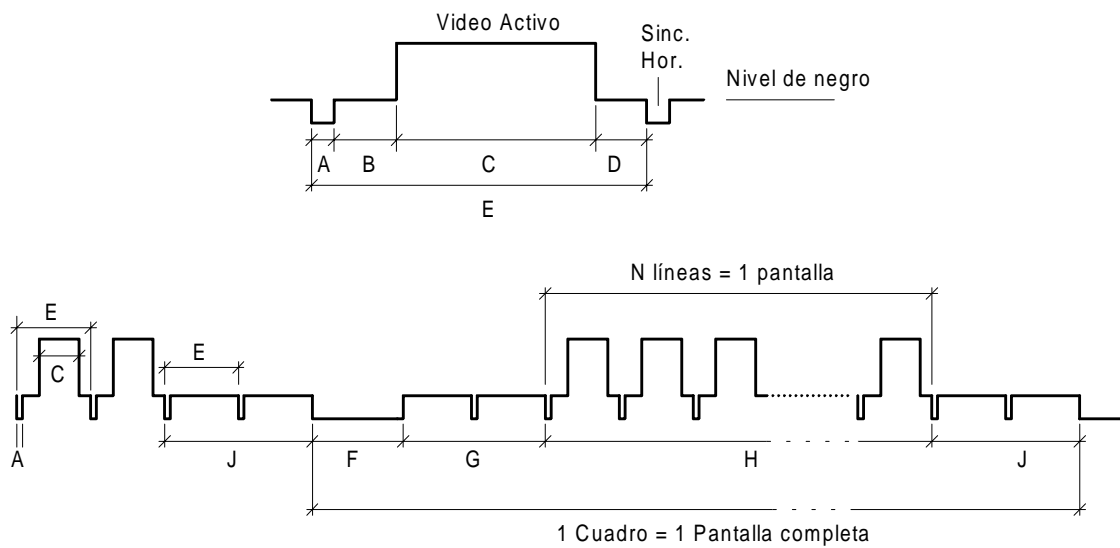


Fig. 5.12 Señal compuesta de vídeo. a) Detalle de una línea. b) Pantalla completa.

Magnitud	Valor típico	Significado
A	5.4 $\mu s$	Anchura de pulso de sincronismo horizontal. Tiempo que tarda el haz en retornar
B	8 $\mu s$	Intervalo horizontal inicial. Tiempo que va desde el retorno del haz hasta vídeo activo
C	44.7 $\mu s$	Tiempo de vídeo activo, en el cual se ve la imagen en pantalla
D	4.4 $\mu s$	Intervalo horizontal final. Tiempo que va desde que la imagen desaparece por la derecha hasta que el haz empieza a retornar a la izquierda.
E	62.6 $\mu s$	Tiempo total de la línea horizontal. Es la inversa del ancho de banda
F	0.19 ms	Anchura del pulso de sincronismo vertical. Tiempo efectivo de retorno vertical
G	1.82 ms	Intervalo vertical inicial. Tiempo que va desde que el haz comienza su recorrido descendente hasta la primera línea de vídeo visible
H	13.4 ms	Tiempo de vídeo visible por pantalla
J	0.87 ms	Intervalo vertical final. Tiempo que va desde que el haz desaparece por debajo hasta que empieza a subir
K	16.3 ms	Tiempo total efectivo de una pantalla completa

Tabla 5.1 Magnitudes características de la señal de vídeo compuesto

## 5.4 TIPOS DE MONITORES

Existen varias clasificaciones que se pueden hacer en los monitores, atendiendo a su ancho de banda, al tipo de señal de vídeo que soporten, etc. Comentaremos algunas de estas, que por cierto, no son mutuamente excluyentes.

### 5.4.1 Monitores mono y multi-frecuencia

Según la frecuencia de barrido horizontal se pueden clasificar los monitores en los que son monofrecuencia y multifrecuencia. Los monofrecuencia tienen un barrido horizontal en el que la distancia entre sincronismos horizontales es fija. Esta distancia dará una idea de la resolución máxima horizontal que soporta. Si la controladora de vídeo le envía una frecuencia distinta la imagen en pantalla no se logrará estabilizar y no se verá nada.

Los multifrecuencia tienen un rango de valores entre los que puede variar el sincronismo horizontal. En estos monitores, el sincronismo horizontal interno que gobierna el haz se consigue, al igual que en las comunicaciones serie o en los dispositivos de almacenamiento, por medio de un PLL ( 'Phase Latch Loop' o lazo de enganche de fase) interno alimentado por el sincronismo horizontal externo. El PLL tiene un margen de captura muy amplio, lo que hace que la frecuencia de sincronismo horizontal externa pueda variar bastante y aún así el PLL interno sincronizará con ella.

La ventaja de los monitores multifrecuencia radica en que pueden conectarse a una amplia gama de controladores, todos los que caigan dentro del margen de captura. Por ejemplo, un monitor que tenga un rango de captura horizontal desde 15.5 kHz hasta 36 kHz podrá soportar una resolución desde 640x200 hasta 720x480 sin necesidad de ningún ajuste externo.

Algunos monitores pueden sincronizar a distintas frecuencias, dentro de un conjunto de frecuencias predefinido, pero sólo se aplica el calificativo de multifrecuencia a aquellos que pueden sincronizar cualquier frecuencia dentro de un margen dado.

### 5.4.2 Monitores analógicos y digitales

Hasta ahora hemos supuesto señales de vídeo son generalmente señales digitales. En algunos casos, si el vídeo tiene carácter analógico todas las discusiones anteriores siguen siendo válidas, cambiando los colores por niveles de grises. En los monitores analógicos, la señal de vídeo puede tomar cualquier valor entre el nivel de negro y el de blanco. Esto adquiere especial significado en los monitores de color como veremos en el punto 5.4.4.

### 5.4.3 Entrelazado

Algunos monitores de gama baja, debido a que tienen un ancho de banda reducido, sólo presentan la mitad de las líneas en cada cuadro, dejando para el siguiente la otra mitad. Esto les permite llegar a mayores resoluciones con el mismo ancho de banda, a costa de reducir a la mitad la frecuencia real de refresco. A este tipo de monitores se les conoce como entrelazados. Hay que tener en cuenta que para que funcionen correctamente, la fuente de vídeo debe proporcionar la señal entrelazada.

### 5.4.4 Monitores de color

Los monitores en color sólo tienen una diferencia básica con los monocromo. En vez de tener un cañón de electrones tienen tres: uno para el color rojo, uno para el verde y otro para el azul; cada uno de ellos lanza un haz de electrones que chocan en la pantalla con puntos de fósforo de distintos tipos. Cada tipo de fósforo emite un color de la luz al ser excitado por los electrones. El material que recubre la pantalla es sensible a estos cañones de forma que producen el color básico si es bombardeado por uno de ellos o produce la composición si es bombardeado por varios a la vez.

En cuanto a los sincronismos, las discusiones anteriores siguen siendo válidas. La peculiaridad principal es que ahora la señal de vídeo está descompuesta en tres: la señal de rojo (R), la señal de verde (G) y la señal de azul (B).

Existen básicamente dos formas de generar la gama de colores en un monitor. Podemos distinguirlas como formas de gama fija y formas de gama variable.

La forma de gama fija consiste en que las señales básicas de generación de color son digitales, es decir, toman valores de 0 ó 1 en cada punto de la pantalla. Con este esquema, si disponemos sólo de tres señales básicas RGB podremos formar en cada punto de la pantalla una gama de 8 colores distintos, que corresponden a la combinación de los tres cañones de electrones.

La tabla (5.2) muestran los colores obtenidos. En ella un 0 indica que el cañón correspondiente está inactivo y un 1 significa que está activo.

R	G	B	Color
0	0	0	Negro
0	0	1	Azul
0	1	0	Verde
0	1	1	Cían (Azul cielo)
1	0	0	Rojo
1	0	1	Magenta
1	1	0	Amarillo
1	1	1	Blanco

Tabla 5.2 Formación de colores.

Una posibilidad de aumentar esta gama de colores consiste en añadir una señal extra de intensidad. Así tenemos la posibilidad de la codificación de 4 bits con este esquema y obtenemos una gama de 16 colores.

Una segunda posibilidad para generar una gama fija de colores pero más amplia es descomponer las tres señales de color en seis, dos de cada color. Así la interface dispondría de los sincronismos y de las señales R, G, B, R', G', B'. Con esta nueva estructura se obtiene una gama de 64 colores  $2^6$ , puesto que tenemos 6 señales digitales para codificar.

Finalmente, la solución más idónea es hacer que el monitor sea analógico. De esta forma la circuitería interna del monitor es sensible a cualquier nivel de tensión que le venga por las tres señales básicas. Este nivel será transmitido proporcionalmente a los cañones para que generen la composición en la pantalla. La composición así obtenida genera en teoría infinitos colores.

En la práctica, lo que se hace es dividir el nivel de continua analógico de las señales básicas en niveles cuantizados que nos dará una gama de colores limitada pero muy elevada. Debe tenerse en cuenta, que el ojo humano tiene una capacidad limitada para distinguir matices de colores, y por tanto, sería inútil disponer de una gama tan amplia en la que no se pudiesen distinguir los colores.

Si por ejemplo, cuantizamos el nivel de las señales RGB a 16 valores posibles dentro de los niveles TTL, obtenemos una gama de colores de:

$$\text{N}^\circ \text{ de colores} = 2^4 \cdot 2^4 \cdot 2^4 = 2^{12} = 4096 \text{ colores distintos}$$

Esto tiene la ventaja de que un mismo monitor, al admitir cualquier nivel de señal, puede ser excitado por cualquier fuente de vídeo (en cuanto a colores se refiere) con la única limitación de los márgenes de tensión a manejar. Esta es la razón por la que actualmente todos los monitores son analógicos. Actualmente suelen emplearse 8 bits de resolución para cada color, lo que proporciona 256 niveles para cada uno y un total de  $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$  colores distintos. Si tenemos en cuenta que un ojo humano entrenado sólo puede distinguir unos 4 millones de colores parece más que suficiente.

## 5.5 CONTROLADOR DE PANTALLA

En un visualizador gráfico, el controlador de pantalla (Fig. 5.13) es el dispositivo que tiene como misión transformar la información digital resultante del procesado, en las señales que gobiernan la pantalla.

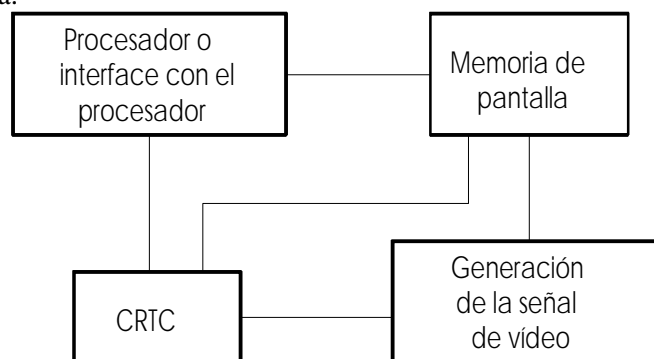


Fig. 5.13 Diagrama de bloques de un controlador de pantalla

Debido a que los monitores no presentan capacidad inherente de memoria, la imagen debe ser generada para cada barrido, es decir, se necesita una regeneración de la imagen a la frecuencia vertical. Esta continua regeneración de la imagen, que se denomina 'refresco de vídeo', requiere un continuo flujo de datos entre el procesador digital y el controlador de monitor. Esto supone una dedicación plena del procesador a la gestión del monitor.

Para evitar esta continua dedicación, el controlador del monitor está formado por dos dispositivos: una memoria digital, 'memoria de refresco' o 'memoria de pantalla' donde el

procesador digital almacena en forma de codificación binaria la imagen que se presentará en la pantalla del monitor, y un procesador gráfico, que leerá el contenido de la memoria y lo transformará en señal de vídeo (señal compuesta de vídeo).

Por lo general, las tarjetas de vídeo disponen de un circuito VLSI ('Very Long Scale Integration') sobre el que recaen las principales funciones de control y que será el que haga las funciones de procesado. A este circuito lo llamaremos CRTIC.

### 5.5.1 Memoria de pantalla

La memoria de pantalla tiene la función de almacenar la codificación binaria de la información correspondiente a uno o varios barridos de la pantalla. El procesador digital grabará la memoria con la codificación correspondiente a un barrido, y el procesador gráfico la leerá secuencialmente a medida que la necesite para generar la información serie de la señal compuesta de vídeo.

Existen tres aspectos fundamentales de la imagen que determinan la capacidad de la memoria de refresco. Estas son:

- Resolución
- Niveles de gris
- Formas de representación

#### **Resolución**

Como ya hemos dicho, las imágenes obtenidas por métodos de procesado digital no son continuos, es decir, se obtienen como una adecuada combinación de un número finito de puntos o elementos de la imagen.

Se denomina resolución al número total de elementos que forman la imagen. Cada uno de estos elementos se denomina 'pixel'. La resolución se expresa como NxM pixels, lo que significa que la imagen se ha obtenido utilizando una matriz de N elementos de ancho y M de alto.

El aumento de la resolución aumenta la calidad de imagen, pero también aumenta notablemente la capacidad de memoria de pantalla necesaria.

#### **Niveles de gris**

Cada pixel de que consta la imagen puede adoptar distintas tonalidades. El número de tonalidades posibles por pixel se denomina 'niveles de gris' (G), normalmente se dan como potencias de 2:  $G = 2^n$ . Al igual que ocurre con la resolución, el aumento del número de niveles de gris mejora la calidad de la imagen, pero también aumenta la capacidad de la memoria de pantalla.

#### **Formas de representación**

Existen varios métodos de transformar los datos almacenados en la memoria de pantalla de una imagen efectiva de vídeo.

El método más directo consiste en transmitir al monitor, bit a bit, la información almacenada en la memoria de pantalla. Cada '1' lógico se traducirá en un punto luminoso en la pantalla, y cada '0' lógico en un punto oscuro. Así por cada bit de la memoria de refresco existirá un punto en la pantalla del monitor. Un byte de dicha memoria se transforma, mediante una conversión paralelo-serie, en ocho puntos consecutivos en una línea de barrido horizontal. Esta forma de presentación corresponde a una representación puramente gráfica, y la denominaremos 'procesado a bit'. Esta

forma de representación no permite la representación de imágenes con más de dos tonalidades. Para aumentar el número de tonalidades posibles, se asocian varios bits de la memoria de pantalla a un solo punto de la pantalla. Para alcanzar  $G$  niveles de gris se necesitan  $n$  bits de la memoria por cada punto de la pantalla, donde  $n$  viene dado por la ecuación anterior ( $G = 2^n$ ). Esta forma de representación la denominaremos 'mapeado a  $n$  bits'

Los métodos de representación mediante mapeado tiene una gran versatilidad, pero también algunos inconvenientes:

- ♦ La gran capacidad de memoria de pantalla que se necesita para almacenar la información correspondiente a un barrido vertical de la pantalla. Por ejemplo, para la representación de una imagen con una resolución de 1024x768 puntos y con 16 niveles de gris (mapeado a 8 bits), se necesitan 6.291.496 bits (768 kB) de memoria de pantalla.
- ♦ Consecuencia de la elevada capacidad de la memoria de pantalla es el tiempo necesario para la representación.

La presentación en pantalla de letras y números únicamente, requiere una capacidad de memoria mucho menor. Una letra de un solo color sobre un fondo uniforme oscuro que ocupe ocho filas de ocho puntos cada una (matriz 8x8) necesita ocho bytes (64 bits) de memoria si la representamos mediante mapeado de bit, pero podemos codificar dicha letra en ASCII y solo necesitará un byte de memoria. Esto significa que en lugar de transmitir cada dato al monitor, es necesario decodificar cada carácter almacenado en la memoria de refresco y generar adecuadamente la información de vídeo. Este proceso lo realiza un dispositivo denominado 'generador de caracteres'.

La utilización de un byte por cada carácter hace que puedan generarse 256 caracteres distintos: un juego completo de mayúsculas, minúsculas, números, signos de puntuación y caracteres especiales. Esta forma de representación se denomina alfanumérica. No obstante, salvo en sistemas muy simples, ha dejado de emplearse debido fundamentalmente a dos razones:

Por una parte, la tecnología ha permitido abaratar las memorias y acelerar su acceso, atenuando los problemas originales, y por otra parte, los nuevos entornos de trabajo de naturaleza puramente gráfica resulta incompatible con los modos alfanuméricos.

### **5.5.2 El procesador gráfico**

Este dispositivo, al igual que la memoria de pantalla, forma parte del controlador de pantalla, y su misión es la lectura de la información binaria almacenada en la memoria para transformarla en la señal de vídeo. El texto (lo llamamos de esta forma aunque la información sea gráfica) debe ser generado carácter a carácter y línea a línea. Una vez terminada su reproducción en la pantalla, debe comenzarse nuevamente para obtener una imagen perfectamente estable.

Los caracteres a reproducir se hallan almacenados en la memoria de pantalla utilizando el código ASCII, o cualquier otro código: el código correspondiente a cada carácter debe ser leído por el procesador gráfico y convertido a señal de información de vídeo, para luego superponer a esta señal los impulsos de sincronismo y obtener la señal compuesta de vídeo.

Como consecuencia de lo expuesto, se deduce que un procesador gráfico estará compuesto por dos partes fundamentales:

- El generador de la señal de información de vídeo.
- El generador de las señales de control y temporización.

## 5.6 GENERACIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO

### 5.6.1 Generador de caracteres

Para representar los caracteres en la pantalla del monitor se utiliza un formato basado en una matriz de puntos (en lo sucesivo nos referiremos al formato 5x7). La información correspondiente a las matrices de puntos de los distintos caracteres, que admitan representación en el procesador gráfico utilizado, está almacenada en una memoria ROM que se denomina 'generador de caracteres' (Fig. 5.14). A la entrada del generador de caracteres, como direccionamiento de la memoria, se presenta el código del carácter y la fila de la matriz que corresponde a la línea actual del barrido horizontal; a la salida, como dato de la memoria, obtenemos en paralelo la información correspondiente a dicha fila.

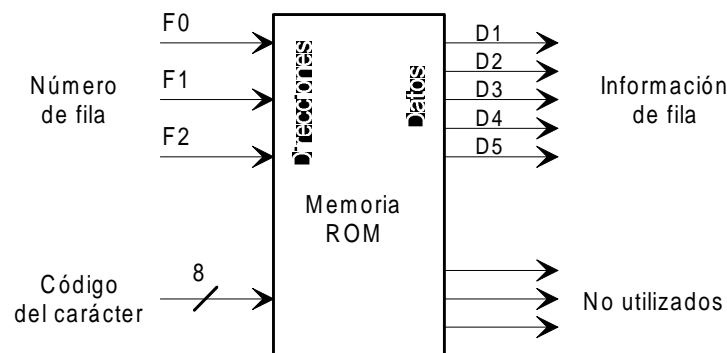


Fig. 5.14 Esquema de un generador de caracteres

Veamos a continuación como se puede representar una línea de texto formada por  $q$  caracteres. Si utilizamos una matriz de puntos de formato 5x7, necesitamos como mínimo 8 barridos horizontales de la pantalla, 1 barrido por cada fila de la matriz y otro, como mínimo, para conseguir la separación entre dos líneas de caracteres.

En el primer barrido se representan los  $q$  grupos de 5 puntos de los  $q$  caracteres de la línea que corresponden a la primera fila de la matriz de puntos; en el segundo barrido se hace lo mismo para la segunda fila y así sucesivamente hasta conseguir la representación de las 7 filas de la matriz de puntos.

Para representar una línea completa de caracteres se van leyendo de la memoria los códigos de éstos en forma secuencial, tantas veces como filas tiene la matriz de puntos; es decir, deben leerse los códigos de todos los caracteres en forma secuencial en cada barrido horizontal. Es necesario, por tanto, un contador que nos indique cual es el número de carácter de la línea que se está representando en aquel momento, y otro contador que nos indique cual es el número de la fila de la matriz de puntos que debemos visualizar.

Como se dispone también de un contador de líneas de texto, en todo momento está determinada la dirección absoluta de la posición de memoria que se debe leer en cada momento para obtener el código del carácter a visualizar. Este código se introduce en el generador de caracteres y, mediante tres líneas de control, se selecciona la fila de la matriz de puntos que debe visualizarse. A la salida tenemos en paralelo la información correspondiente a la fila de la matriz de puntos direccionada, información que se carga en paralelo en un registro de desplazamiento gobernado mediante una señal de reloj, cuya frecuencia coincide con la frecuencia de visualización de los puntos en la pantalla (Fig. 5.15). Este registro de desplazamiento es de 8 bits, tres más que salidas tiene el generador, y que corresponden a los espacios de separación entre dos caracteres consecutivos, por lo que se encuentran fijados a nivel lógico bajo.

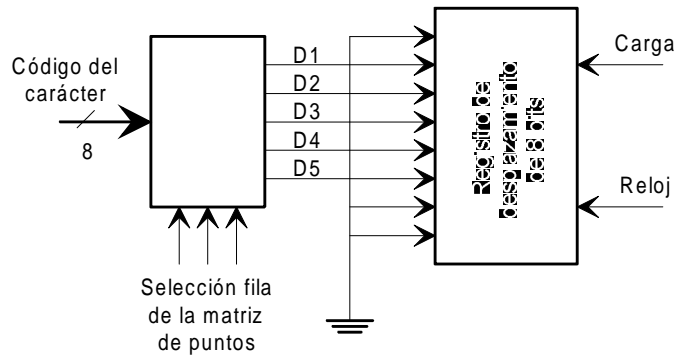


Fig. 5.15 Generador de caracteres con registro de desplazamiento

En la generación de una línea de texto deberá tenerse en cuenta el tiempo de extinción horizontal, durante el cual debe suspenderse la presentación, para reiniciarla en una nueva línea poniendo a cero el contador del número de carácter de línea y repitiendo nuevamente el proceso.

La generación de una página de texto que contenga 8 líneas de carácter se realiza repitiendo 8 veces el proceso descrito. Al igual que durante la extinción horizontal, durante la extinción vertical se actuará suspendiendo la presentación (y por tanto la lectura de memoria), y poniendo a cero el contador de líneas para comenzar un nuevo barrido vertical.

### El generador de señales de control y temporización

Este generador, normalmente denominado 'generador de sincronismos', produce señales H y V de control del monitor junto con señales adicionales que controlan de forma temporal los contadores y registros asociados al procesador gráfico.

El generador de sincronismos está basado en un oscilador cuya frecuencia debe ser múltiplo simultáneamente de la frecuencia de línea ( $f_H$ ), de la frecuencia de cuadro ( $f_V$ ) y de la frecuencia de visualización de puntos, ya que están relacionadas a través de números enteros, es decir, cada línea tiene un número entero de puntos, y cada pantalla tiene un número entero de líneas.

Las frecuencias de línea y de cuadro dependen del tipo de monitor utilizado y están relacionadas por:

$$f_V = f_H / M'$$

donde  $M'$  representa la máxima resolución vertical, que coincide con el número de líneas horizontales,  $n_r$ .

Calculemos a continuación la frecuencia fundamental del generador de sincronismos. El período entre dos puntos será:

$$T = \frac{t_{Hr} \mu\text{seg} / \text{línea}}{N' \text{ puntos} / \text{línea}}$$

donde:

$t_{Hr}$  = tiempo efectivo de barrido horizontal (excluido el retorno)

$N'$  = N° total de puntos en una línea

Si consideramos por ejemplo que  $t_{Hf} = 0.2t_H \Rightarrow t_{Hr} = t_H - t_{Hf} = 0.8t_H$

Así tenemos que:  $T = \frac{0.8t_H}{N'} \mu\text{seg}$

Con lo que la frecuencia del oscilador será:

$$f_{osc} = \frac{1}{T} = \frac{N'}{0.8t_H} = \frac{N' f_H}{0.8}$$

y si la expresamos en función de  $f_V$ :

$$f_{osc} = \frac{N' M'}{0.8} f_V \text{ MHz}$$

A partir de la frecuencia base se obtienen las frecuencias necesarias:

$$f_{puntos} = f_{osc}$$

$$f_{carácter} = f_{osc} / p$$

$$f_{lin} = f_H = M' f_V$$

$$f_{cuadro} = f_V$$

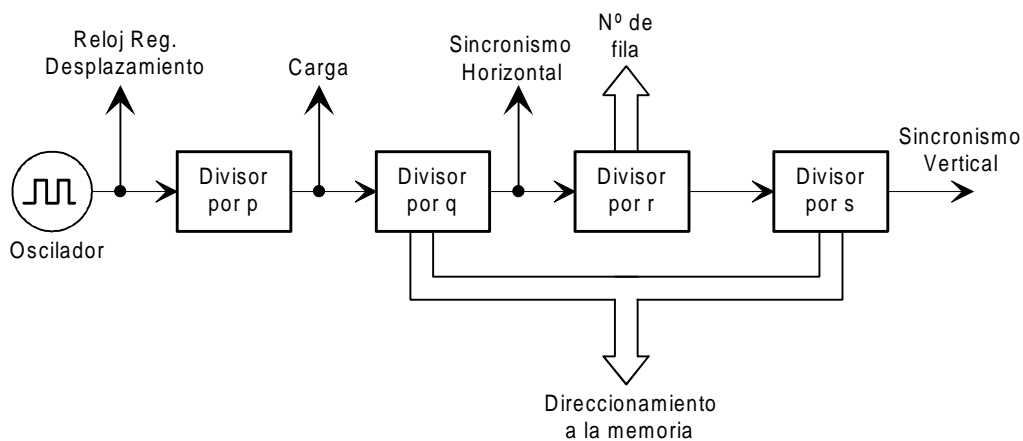


Fig. 5.16 Composición del circuito generador de sincronismos en un procesador gráfico

La forma de construir el generador de sincronismo consiste en ir añadiendo en cascada, a partir del oscilador principal diversos divisores que nos vayan dando las frecuencias necesarias (Fig. 5.16). Los contadores y duración de los impulsos de sincronismo pueden realizarse a partir de las salidas de los divisores y de una pequeña circuitería lógica adicional.

La conexión del circuito generador de sincronismo con el generador de información de vídeo y con la memoria de refresco se muestra en la figura 5.17.

$p = \text{n}^\circ$  de puntos por carácter

$q = \text{n}^\circ$  de caracteres por línea

$r = \text{n}^\circ$  de barridos por línea de caracteres

$s = \text{n}^\circ$  de líneas de caracteres por cada pantalla

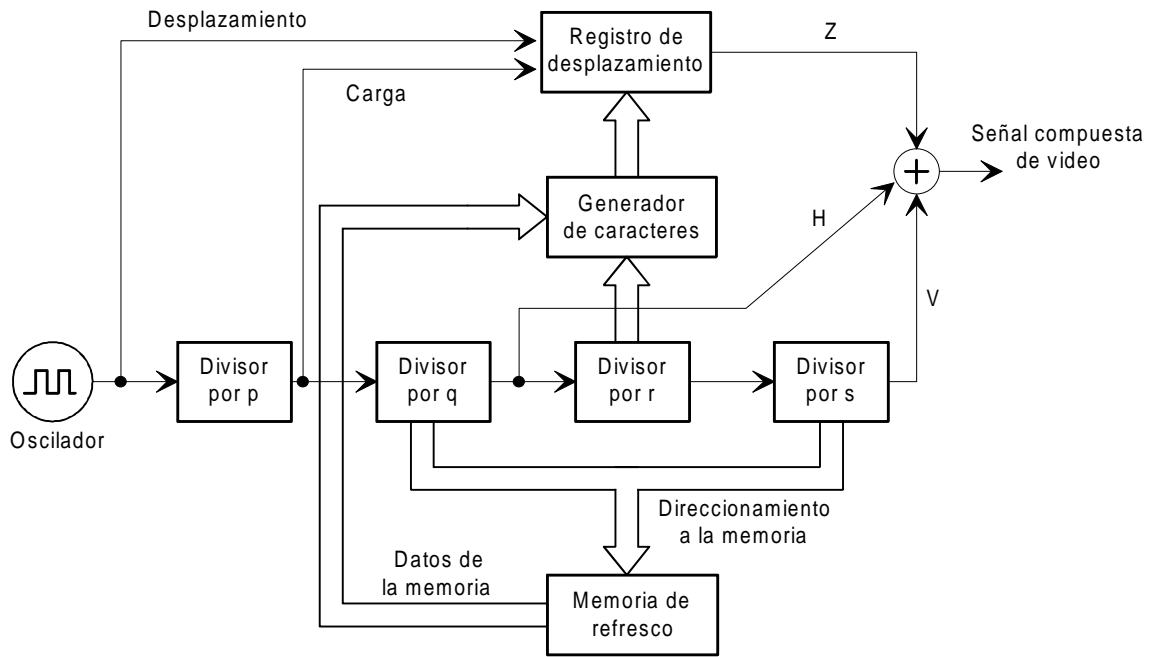


Fig. 5.17 Diagrama de bloques de un circuito controlador de pantalla alfanumérico

Los contadores y registros asociados a la cadena de divisores proporcionan, en forma implícita, las coordenadas del haz sobre la pantalla en cualquier momento, y la dirección y coordenadas del carácter que se está visualizando.

Como registros básicos podemos mencionar:

Indicadores de las coordenadas del haz electrónico:

- Registro del número de línea de barrido
- Registro de posición del haz dentro de la línea

Indicadores de las coordenadas del carácter visualizado:

- Registro del número de línea de caracteres
- Registro del número de carácter en la línea
- Registro del número de fila de la matriz de puntos
- Registro del número de columna de la matriz

La dirección absoluta en la memoria del carácter a visualizar se obtiene a partir de la dirección del primer carácter del texto a visualizar, del registro de línea de caracteres, y del registro de posición del carácter dentro de la línea.

Todo lo expuesto en este apartado es igualmente válido, aunque con algunas simplificaciones para procesadores gráficos que utilicen la forma de representación del mapeado a bit. Este tipo de procesadores gráficos elimina el generador de caracteres, ya que la correspondencia es directa; la información obtenida de la memoria se presenta directamente del registro de desplazamiento que lo serializa para formar la señal de vídeo, lo que permite la eliminación de algunos registros y contadores.

## 5.6 EJEMPLOS DE TARJETAS

### MDA

La tarjeta MDA fue diseñada para utilizarse con un monitor monocromo de 80 columnas y 25 filas de texto alfanumérico.

- Resolución: 720x350
- Matriz de carácter: 9x14
- Modo gráfico: no tiene

### CGA

- Modo texto: 25 filas por 80 columnas
- Matriz de carácter: 8x8
- Modo gráfico: 640x200

### HGC, HGC+, EGA, Hercules InColor, MCGA, VGA

Todas las tarjetas tienen partes de su hardware programables, con lo que podríamos controlar la operación de la tarjeta y su presentación en pantalla.

En la figura 5.18 podemos observar los componentes programables del subsistema de vídeo. Estudiaremos cada uno de ellos por separado, comenzando por el buffer de vídeo, que es un bloque RAM donde se almacenan los datos que van a ser presentados por pantalla y que están dentro del mapa de direcciones de la CPU del ordenador.

#### - Hardware de visualización del color y los caracteres:

Es el hardware adicional el que se encarga de leer y decodificar los datos del buffer de vídeo, como pueden ser el generador de caracteres, el decodificador de atributos, etc.

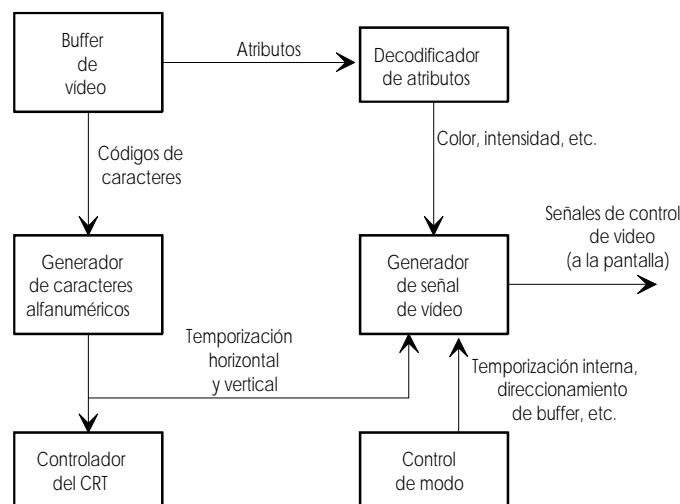


Fig. 5.18 Componentes programables del subsistema de vídeo

#### - El controlador de CRT (CRTC):

Este dispositivo genera las señales de sincronismo horizontal y vertical. También incrementa un contador de direcciones del buffer de vídeo a una velocidad sincronizada con las señales de barrido. La circuitería de vídeo de la pantalla lee los datos del buffer de vídeo utilizando los valores de las direcciones de CRTC, decodifica los datos y envía las señales resultantes de color y brillo al monitor con las señales de barrido del CRTC. De esta forma el CRTC sincroniza la pantalla de datos desde el buffer de vídeo con las señales de barrido que controlan la pantalla.

El CRTC realiza también otras funciones. Por ejemplo, determinar el tamaño y posición del cursor que se visualiza en la pantalla, seleccionar la parte del buffer de vídeo que se ha de presentar en pantalla, mostrar subrayado, y detectar las señales del lápiz óptico.

En MDA, CGA y tarjetas Hercules, el CRTC es un único chip: el 6845 de Motorola. En EGA el CRTC es un chip LSI diseñado por IBM. En MCGA el CRTC es una parte de su matriz controladora de memoria. Y el CRTC de VGA es un componente del propio chip VGA.

Registro	Nombre	Nombre original	Acceso lectura/escritura
00H	Total horizontal	<i>Horizontal Total</i>	SE
01H	Visualización horizontal	<i>Horizontal Displayed</i>	SE
02H	Posición de sincronismo horizontal	<i>Horizontal Sync Position</i>	SE
03H	Ancho del pulso de sincronismo horizontal	<i>Horizontal Sync Pulse Width</i>	SE
04H	Total vertical	<i>Vertical Total</i>	SE
05H	Ajuste total vertical	<i>Vertical Total Adjust</i>	SE
06H	Visualización vertical	<i>Vertical Displayed</i>	SE
07H	Posición de sincronismo vertical	<i>Vertical Sync Position</i>	SE
08H	Modo entrelazado	<i>Interlace Mode</i>	SE
09H	Línea del barrido máxima	<i>Maximun Scan Line</i>	SE
0AH	Comienzo del cursor	<i>Cursor Start</i>	SE
0BH	Fin del cursor	<i>Cursor End</i>	SE
0CH	Dirección alta de comienzo	<i>Start Address High</i>	SE
0DH	Dirección baja de comienzo	<i>Start Address Low</i>	SE
0EH	Posición alta del cursor	<i>Cursor Location High</i>	L/E
0FH	Posición baja del cursor	<i>Cursor Location Low</i>	L/E
10H	Lápiz óptico alto	<i>Light Pen High</i>	SL
11H	Lápiz óptico bajo	<i>Light Pen Low</i>	SL

Tabla 5.3 Registros de datos del CRTC 6845 de Motorola  
(Utilizado en los adaptadores de vídeo: Hércules, MDA y CGA)

### 5.6.1 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR DEL CRT

#### MDA

El CRTC del adaptador de pantalla monocromo, el 6845 de Motorola, tiene 19 registros internos de datos de 8 bits (tabla 5.3). El contenido de cada registro de control varía con las señales de barrido generadas por el 6845. Uno de estos registros es un registro de direcciones, su contenido indica cual de los otros 18 registros puede ser accedido. La mayoría son sólo de escritura pero en los registros 0EH y 0FH, que controlan la posición del cursor, se puede escribir y leer. En MDA, el registro de direcciones del 6845 está configurado en el puerto de E/S 3B4h y el resto, 18 registros está en el siguiente puerto, de E/S 3B5h.

Para acceder a los registros de datos del 6845 primero se debe escribir el número de registro en el registro de direcciones del 6845 (puerto E/S 3B4h), luego se puede acceder al registro de datos deseado con una lectura o escritura E/S del puerto 3B5h.

## CGA

Funciona igual que MDA puesto que también tiene un CRTC 6845 (Tabla 5.3), sin embargo, el registro de direcciones del CRTC está configurado en el puerto E/S 3D4h y se accede a los registros de datos por el puerto 3D5h. Si en un momento dado, queremos saber si nuestro sistema de vídeo es MDA o CGA lo podemos ver en la variable ADDR\_6845, que está localizada en la dirección 0040:0063 en el área de datos de vídeo de BIOS.

## ADAPTADORES HERCULES

Las tarjetas HGC, HGC+ y la InColor utilizan el 6845 en los puertos E/S en las direcciones 3B4h y 3B5h.

Registro	Nombre	Nombre original	Acceso lectura/escritura
00H	Total horizontal	<i>Horizontal Total</i>	L/E
01H	Visualización horizontal	<i>Horizontal Displayed</i>	L/E
02H	Comienzo del sincronismo horizontal	<i>Start Horizontal Sync</i>	L/E
03H	Ancho del pulso de sincronismo	<i>Sync Pulse Width</i>	L/E
04H	Total vertical	<i>Vertical Total</i>	L/E
05H	Ajuste total vertical	<i>Vertical Total Adjust</i>	L/E
06H	Visualización vertical	<i>Vertical Displayed</i>	L/E
07H	Comienzo del sincronismo vertical	<i>Start Vertical Sync</i>	L/E
08H	(Reservado)		L/E
09H	Líneas de barrido por carácter	<i>Scan Lines Per Character</i>	L/E
0AH	Comienzo del cursor	<i>Cursor Start</i>	L/E
0BH	Fin del cursor	<i>Cursor End</i>	L/E
0CH	Dirección alta de comienzo	<i>Start Address High</i>	L/E
0DH	Dirección baja de comienzo	<i>Start Address Low</i>	L/E
0EH	Posición alta del cursor	<i>Cursor Location High</i>	L/E
0FH	Posición baja del cursor	<i>Cursor Location Low</i>	L/E
10H	Control de modo	<i>Mode Control</i>	L/E
11H	Control de interrupción	<i>Interrupt Control</i>	L/E
12H	Generador de caracteres, polaridad de sincronismo	<i>Character Generator, Sync Polarity</i>	L/E
13H	Puntero al generador de caracteres	<i>Character Generator Pointer</i>	L/E
14H	Contador del generador de caracteres	<i>Character Generator Count</i>	L/E
20-3FH	(Reservado)		L/E

Tabla 5.4 Registros de datos del controlador de memoria MCGA.

Los registros 00H a 0FH son comparables a algunos del controlador de CRT de CGA

## EGA

El CRTC de la EGA es un LSI con un conjunto de registros diferentes a los que se utilizan en el 6845 (Tabla 5.4). La interface de programación es similar a la del 6845, pero la asignación de registros y formatos es lo suficientemente diferente como para que los programas escritos para uno y otro tipo de tarjeta no sean compatibles. El CRTC de EGA soporta un conjunto más amplio de funciones de control que el 6845

## MCGA

Aquí, las funciones del CRTC están integradas en un componente del circuito denominado Memory Controller Gate Array. Los primeros 16 registros del controlador de memoria son

análogos a los del 6845 (Tabla 5.4). Como en CGA, todos los registros del controlador de memoria MCGA, incluyendo los registros del CRTC, están indexados en un registro de direcciones del puerto E/S ED4h. Puede acceder a los registros de datos a través del puerto 3D5h

Hay algunas características propias del CRTC de MCGA que hacen que se distinga del 6845 de CGA: todos los registros del controlador de memoria son tanto para lectura como para escritura; aún más, los registros 00H hasta 07H, pueden designarse como sólo lectura, de forma que los parámetros de barrido horizontal y vertical no se pueden perder por equivocación. Los registros 00H hasta 07H, se protegen poniendo a 1 el bit del registro de control de modo del controlador de memoria (10H)

Registro	Nombre	Nombre original	Acceso lectura/escritura
00H	Total horizontal	<i>Horizontal Total</i>	SE
01H	Fin de la activación de pantalla horizontal	<i>Horizontal Display Enable End</i>	SE
02H	Comienzo del blanqueo horizontal	<i>Start Horizontal Blanking</i>	SE
03H	Fin del blanqueo horizontal	<i>End Horizontal Blanking</i>	SE
04H	Comienzo del retrazo horizontal	<i>Start Horizontal Retrace</i>	SE
05H	Fin del retrazo horizontal	<i>End Horizontal Retrace</i>	SE
06H	Total vertical	<i>Vertical Total</i>	SE
07H	Desbordamiento	<i>Overflow</i>	SE
08H	Preselección del barrido de línea	<i>Preset Row Scan</i>	SE
09H	Dirección de la línea de barrido máxima	<i>Maximun Scan Line Address</i>	SE
0AH	Comienzo del cursor	<i>Cursor Start</i>	SE
0BH	Fin del cursor	<i>Cursor End</i>	SE
0CH	Dirección alta de comienzo	<i>Start Address High</i>	L/E
0DH	Dirección baja de comienzo	<i>Start Address Low</i>	L/E
0EH	Posición alta del cursor	<i>Cursor Location High</i>	L/E
0FH	Posición baja del cursor	<i>Cursor Location Low</i>	L/E
10H	Comienzo del retrazo vertical	<i>Vertical Retrace Start</i>	SE
10H	Lápiz óptico alto	<i>Light Pen High</i>	SL
11H	Fin del retrazo vertical	<i>Vertical Retrace End</i>	SE
11H	Lápiz óptico bajo	<i>Light Pen Low</i>	SL
12H	Fin de la activación de pantalla vertical	<i>Vertical Display Enable End</i>	SE
13H	Desplazamiento (ancho línea lógica)	<i>Offset (Logical Line Width)</i>	SE
14H	Posición del subrayado	<i>Underline Location</i>	SE
15H	Comienzo blanqueo vertical	<i>Start Vertical Blanking</i>	SE
16H	Fin blanqueo vertical	<i>End Vertical Blanking</i>	SE
17H	Control de modo	<i>Mode Control</i>	SE
18H	Comparar línea	<i>Line Compare</i>	SE

SE= sólo escritura; SL= sólo lectura; L/E= Lectura/ escritura

Tabla 5.5 Registros de datos del controlador del CRT de EGA y VGA

### 5.6.1.1 Cálculos elementales del CRTC

Para usar efectivamente el CRTC debe ser capaz de realizar los cálculos elementales necesarios para especificar correctamente las temporizaciones del CRTC; estos cálculos se basan

en tres parámetros: el ancho de banda de la señal de vídeo enviada al monitor y las frecuencias de sincronismo vertical y horizontal del monitor.

### Reloj de puntos

Los subsistemas de vídeo del PC visualizan los pixels a una velocidad determinada por el hardware. Esta frecuencia es conocida en el mundo de la electrónica con diferentes nombres: ancho de banda de vídeo, frecuencia de puntos o frecuencia de pixels. El oscilador que genera la frecuencia se denomina reloj de puntos.

La MDA, CGA y Hercules utilizan solo un reloj de puntos. En EGA y VGA, por el contrario, se utilizan varios de estos relojes. Mientras más alta sea la frecuencia del reloj de puntos, mejor será la resolución de la pantalla.

Dado un ancho de banda de vídeo, se puede programar el CRTC de tal forma que las frecuencias de barrido horizontal y vertical enviadas a la pantalla estén limitadas por las frecuencias que puede manejar.

Subsistema IBM	Ancho de banda de vídeo en MHz	Frecuencia de barrido horizontal en KHz	Frecuencia de barrido vertical en Hz
<b>MDA, HGC</b>			
720 X 350 mono	16.257	18.43	50
<b>CGA</b>			
640 X 200 color	14.318	15.75	60
<b>EGA</b>			
640 X 350 color	16.257	21.85	60
640 X 200 color	14.318	15.75	60
720 X 350 mono	16.257	18.43	50
<b>InColor</b>			
720 X 350 color	19.000	21.80	60
<b>MCGA</b>			
640 X 400 mono/ color	25.175	31.50	70
640 X 480 mono/ color	25.175	31.50	60
<b>VGA</b>			
640 X 400 mono/ color	25.175	31.50	70
720 X 400 mono/ color	28.322	31.50	70
640 X 480 mono/ color	25.175	31.50	60
640 X 350 mono/ color	25.175	31.50	70

Tabla 5.6 Barridos básicos para los subsistemas de vídeo de IBM

### VGA

Desde el punto de vista funcional, los registros del CRTC de VGA constan de un superconjunto que incluye los registros de CRTC de EGA (Tabla 5.5). El conjunto de registros del CRTC de VGA es direccionable desde los mismos puertos E/S y los de EGA.

El punto más importante es que las especificaciones de los registros del CRTC de EGA han sido llevados al de VGA. Por dicha razón, los programas escritos para los registros de CRTC de EGA pueden funcionar, sin hacer ningún cambio, en el hardware de VGA.

## Barrido horizontal

Vamos a ver como se calcularán los valores de los registros típicos de CRTC para una MDA con un monitor monocromo. El ancho de banda de vídeo MDA (velocidad de puntos) es de 16,257 MHz, o lo que es lo mismo: 16.257.000 puntos por segundo. La frecuencia de barrido horizontal de monitor monocromo es de 18,432 (18.432 líneas por segundo). Dividiendo la frecuencia de puntos por la de barrido horizontal se obtienen 882 puntos por línea. Cada carácter visualizado por MDA tiene un ancho de 9 puntos, por tanto, el número total de caracteres en cada línea es 882/9, o lo que es lo mismo, 98.

Este valor se utiliza para programar el registro total horizontal del CRTC. En el caso del CRTC de MDA, 6845 de Motorola, el valor almacenado en este registro debe ser uno menos que el calculado anteriormente, 97 (61h) (Tabla 5.7). Durante este periodo se visualizan realmente 80 caracteres (este es el utilizado por el registro de visualización horizontal, Horizontal Displayed). Las otras 18 frecuencias de caracteres se utilizan en el margen horizontal y en el retraso horizontal.

La duración del intervalo de retraso horizontal es del 10 al 15% del valor del total horizontal. El valor exacto depende del subsistema de vídeo. En MDA, el retraso horizontal se define a 15 caracteres, almacenando dicho valor en el registro de Ancho de sincronismo horizontal del CRTC (Horizontal Sync Width). Esto origina tres caracteres de margen horizontal. Las señales de retraso horizontal se programan para comenzar dos caracteres después de que se visualiza el carácter de más a la derecha al almacenar el valor 82 (52h) en el registro de posición de Sincronismo Horizontal de CRTC; así pues, hay dos caracteres de margen horizontal derecho y uno de margen izquierdo.

Registro	Nombre	Parámetro	Descripción
00H	Total horizontal	97 (61H)	(Total de caracteres por línea barrida)- 1
01H	Visualización horizontal	80 (50H)	Caracteres visualizados en cada línea barrida
02H	Posición de sincronismo horizontal	82 (52H)	Posición donde comienza el retraso horizontal en la línea barrida
03H	Ancho del pulso de sincronismo horizontal	15 (0FH)	Duración del intervalo de retraso horizontal
04H	Total vertical	25 (19H)	Total filas de caracteres en una trama
05H	Ajuste total vertical	2	Restantes filas barridas en una trama
06H	Visualización vertical	25 (19H)	Filas de caracteres visualizadas en cada trama
07H	Posición de sincronismo vertical	25 (19H)	Posición donde comienza el retraso vertical en la línea barrida
08H	Modo entrelazado	2	Siempre a 2
09H	Línea de barrido máxima	13 (0DH)	(Peso de un carácter en líneas de barrido - 1)

Tabla 5.7 Parámetros típicos CRTC para el adaptador de pantalla monocromo (MDA)

## Barrido vertical

Al igual que en el caso anterior, se realizan las mismas consideraciones de programación de CRTC para generar el barrido vertical apropiado. La frecuencia de barrido horizontal nominal para

MDA es de 18.432 kHz (18432 líneas por segundo) con una frecuencia vertical de 50 Hz (50 tramos por segundo) de tal forma que el número de líneas de una trama es 18432/50 o lo que es lo mismo, 368. Puesto que cada carácter en la pantalla de 14 líneas, con 25 filas de caracteres se alcanzan las 350 líneas. El CRTC de MDA siempre utiliza 16 líneas para el retrazo vertical, esto permite 2 líneas de margen vertical: 368-(350+16).

La programación de CRTC sigue estos cálculos. El peso de cada carácter visualizado se especifica en el valor de registro de línea de barrido máximo del CRTC. Como los caracteres tienen una altura de 14 líneas de barrido, el valor de línea de barrido máximo es de 13 (0Dh). Considerando los valores total vertical (25 filas de caracteres) y ajuste total vertical (2 líneas de barrido) se obtiene el número total de líneas de barrido en una trama.

El número de filas de caracteres visualizado (25) está indicado en el registro de visualización vertical. La posición en la trama donde comienza el retrazo vertical (25) se especifica en el valor del registro de posición de sincronismo vertical.

### 5.6.1.2 Registro de estado del CRT

Existe un registro de estado del CRT (CRT status [Tabla 5.8]) de sólo lectura configurado en el puerto E/S 3BAh en el caso del MDA y el 3DAh en los adaptadores Hercules, CGA, MCGA. En EGA y VGA este registro puede estar configurado en diferentes puertos, según tengan configuraciones monocromas o de color. En el primer caso, está en el puerto E/S 3BAh, y en el segundo, en el 3DAh. Generalmente de los 8 bits que hay en este registro, dos reflejan el estado actual de las señales de barrido horizontal y vertical generados por el CRTC. Estos bits de estado se pueden utilizar para sincronizar las actualizaciones del buffer de vídeo con el ciclo de refresco de pantalla, minimizando así las interferencias con la imagen de la pantalla.

	Registro	Bit 7	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
MDA	3BA	0=Sinc. vertical	Controlador de vídeo		1=Trigger del lápiz óptico	1=Sinc. horizontal
HGC, HGC+, InColor	3BA		Controlador de vídeo			1=Sinc. horizontal
CGA	3DA		1=Sinc. vertical	1=Conmutación del lápiz óptico desactivada	1=Trigger del lápiz óptico	0= Activación de pantalla
EGA	3BA-3DA		1=Sinc. vertical	1=Conmutación del lápiz óptico desactivada	1=Trigger del lápiz óptico	0= Activación de pantalla
VGA	3BA-3DA		1=Sinc. vertical			0= Activación de pantalla
MCGA	3DA		1=Sinc. vertical *			0= Activación de pantalla

\* 0= Sincronismo vertical en modo color de 640x480

Tabla 5.8 Asignaciones de bits para el registro de estado del CRTC

### 5.6.1.3 Control del modo de vídeo hardware

En general, para establecer un modo de vídeo en el subsistema del PC, se requiere, además de especificar los parámetros del CRTC, una programación del modo específico. Por ejemplo, se debe activar el generador de caracteres alfanuméricos para los modos alfanuméricos y desactivarlo en los modos gráficos. Así mismo, el reloj de caracteres interno del subsistema, que determina el número de pixels generados para cada código de carácter alfanumérico leído desde el buffer de vídeo, puede correr a diferentes velocidades según los distintos modos.

### MDA

El registro de control de modo es un registro de sólo escritura configurado en el puerto 3B8h (Tabla 5.9). Sólo 3 de los 8 bits son usados. El bit 0 es puesto a 1 cuando se enciende el ordenador y debe estar siempre con ese valor. El bit 3, cuando está a 1, activa el refresco de vídeo, y cuando está a 0, borra la pantalla. El bit 5 es el bit de activación del parpadeo, que controla el posible parpadeo de los caracteres.

Bit	Asignación
0	1= Adaptador activo (siempre a 1)
1	(No usado, siempre a 0)
2	(No usado, siempre a 0)
3	1=Vídeo activo
4	0=Vídeo desactivado (pantalla en blanco)
5	1=Atributo de parpadeo activado 0=Atributo de parpadeo desactivado
6	(No usado, siempre a 0)
7	(No usado, siempre a 0)

Tabla 5.9 Asignación de bits del registro de control para MDA (3B8h)

Bit	Asignación
0	1= Modos alfanuméricos de 80 caracteres 0= Modos alfanuméricos de 40 caracteres
1	1= Modo gráfico de 320 puntos de ancho 0= Otros modos de vídeo
2	1= Burst de color desactivado (sólo en CGA) 1= Color de imagen desde el registro 7 del DAC de vídeo (sólo en MCA) 0= Burst de color activado (sólo en CGA) 0= Color de imagen desde el registro DAC de vídeo especificado en los bits 0-3 del registro de paleta (3D9h) (sólo en MCGA)
3	1= Vídeo activo 0= Vídeo desactivado (pantalla en blanco)
4	1= Modo gráfico de 640 puntos de ancho 0= Otros modos de vídeo
5	1= Atributo de parpadeo activado 0= Atributo de parpadeo desactivado
6	(No usado, siempre a cero)
7	(No usado, siempre a cero)

Tabla 5.10 Asignación de bits del registro de control para CGA y MCGA (3D8h)

### CGA y MCGA

El registro de control de modo de CGA y MCGA se encuentra en 3D8h (Tabla 5.10). Los cinco bits de orden más bajo controlan los tiempos de barrido interno para los modos de vídeo seleccionados, mientras que el bit 5 es un bit de activación de parpadeo.

MCGA tiene dos registros de control de modo no implementados en CGA. El registro de control de modo del controlador de memoria (3D4h / 3D5h). Un registro de control de modo extendido configurado en el puerto E/S 3DDh. Este registro sólo se utiliza durante el arranque en frío del ordenador y no tiene un uso práctico en programas de aplicación.

Número de modo del BIOS	Descripción	Valor del registro de control de modo
0	Alfanumérico 40 X 25 ( <i>Burst</i> de color desactivado)	00101100b (2CH)
1	Alfanumérico 40 X 25	00101000b (28H)
2	Alfanumérico 80 X 25	00101101b (2DH)
3	Alfanumérico 80 X 25 ( <i>Burst</i> de color desactivado)	00101001b (29H)
4	Gráfico 320 X 200	00101010b (2AH)
5	Gráfico 320 X 200 ( <i>Burst</i> de color desactivado)	00101110b (2EH)
6	Gráfico 640 X 200	00011100b (1CH)
7	Alfanumérico 80X25 (sólo en MDA)	00101001b (29H)
11 H	Gráfico 640 X 480 (sólo en MCGA)	00011000b (18H)

Tabla 5.11 Opciones del registro de control del modo de MDA, CGA y MCGA

Bits	Asignación
0	1= Modo 256 colores 320 X 400 0= (Otros modos)
1	Modo 2 colores 640 X 480 0= (Otros modos)
2	(Reservado)
3	1= Parámetros de barrido horizontal calculados para el modo de vídeo 0= Parámetros de barrido horizontal como se especifica en los registros 00-03H
4	1= Activa reloj de puntos (siempre a 1)
5	(Reservado)
6	1= Inverso del bit 8 del registro de Visualización vertical (06H)
7	0= Permite la actualización de los registros 00-07H

Tabla 5.12 Asignación de bits del registro de control de modo del controlador de memoria de MCGA

### EGA y VGA

Cuando se establece un modo de vídeo de EGA y VGA, se puede controlar la temporización interna y el direccionamiento de los diferentes componente de vídeo del subsistema; esto incluye el secuenciador, el controlador de gráficos y el controlador de atributos, cada uno de los cuales tiene varios registros de control. También hay un registro de salida misceláneo que controla el puerto E/S y el direccionamiento del buffer de vídeo y selecciona la frecuencia del reloj de barrido.

#### 5.6.1.3 Secuenciador

Genera la temporización interna para el direccionamiento de la RAM de vídeo. Tiene cinco registros de datos programables configurados en los puertos 3C4h y 3C5h de manera análoga al mapa de registros de CRTC (Tabla 5.15).

Bit	Asignación
0	(No usado)
1	1= Modo gráfico 720 X 348 0= Modo alfanumérico 80 X 25
2	(No usado, siempre a 0)
3	1= Vídeo activo 0= Vídeo desactivado (pantalla en blanco)
4	(No usado, siempre a 0)
5	1= Atributo de parpadeo activado 0= Atributo de parpadeo desactivado
6	(No usado, siempre a 0)
7	1= <i>Buffer</i> de modo gráfico visualizado desde B800:0000 (página de vídeo 1) 0= <i>Buffer</i> de modo gráfico visualizado desde B800:0000 (página de vídeo 0)

Tabla 5.13 Asignación de bits del registro de control de modo Hércules (3D8h). Este registro es el mismo para HGC, HGC+ y tarjeta InColor

Bit	Asignación
0	1= Permite modo gráfico 0= Evita modo gráfico
1	1= Activa los 32 KB altos del <i>buffer</i> de vídeo de modo gráfico en B800:0000 0= Desactiva los 32 KB altos del <i>buffer</i> de modo gráfico
2-7	(No usados)

Tabla 5.14 Asignación de bits del registro de conmutación de configuración Hércules (3BFh). Este registro es el mismo para HGC, HGC+ y tarjeta InColor

Registro	Nombre	Nombre original
0	<i>Reset</i>	<i>Reset</i>
1	Modo reloj	<i>Clocking Mode</i>
2	Máscara de mapa	<i>Map Mask</i>
3	Selección de mapa de caracteres	<i>Character Map Select</i>
4	Modo de memoria	<i>Memory Mode</i>

Tabla 5.15 Registros del secuenciador de EGA y VGA (3C4h y 3C5h)

#### 5.6.1.4 Controlador de gráficos

El controlador de gráficos media tanto entre el flujo de datos del buffer de vídeo y la CPU como desde el buffer de vídeo al controlador de atributos. El controlador de gráficos tiene 9 registros de datos, además de un registro de direcciones, este último configurado en el puerto 3CEh y el registro de datos, en el 3CFh (Tabla 5.16).

Registro	Nombre	Nombre original
0	<i>Set/ Reset</i>	<i>Set/ Reset</i>
1	Activación de <i>Set/ Reset</i>	<i>Enable Set/ Reset</i>
2	Comparar color	
3	Rotar dato/ Seleccionar función	<i>Data Rotate/ Function Select</i>
4	Selección del mapa de lectura	<i>Read Map Select</i>
5	Modo gráfico	<i>Graphics Mode</i>
6	Misceláneo	<i>Miscellaneous</i>
7	<i>Color Don't Care</i>	<i>Color Don't Care</i>
8	Máscara de bit	<i>Bit Mask</i>

Tabla 5.16 Registros del controlador de gráficos de EGA y VGA (3CBh y 3CFH)

### 5.6.1.5 Controlador de atributos

Soporta una paleta de 16 colores tanto en EGA como en VGA. También controla el color de la pantalla durante los intervalos de imagen. El registro de direcciones del controlador de atributos y los 21 registros de datos están configurados en el puerto E/S 3C0h. Dependiendo del valor de un biestable interno del controlador de atributos, los valores escritos en el puerto 3C0h son almacenados en el registro de direcciones o en un registro de datos. Para establecer el biestable, se realiza una lectura E/S (IN AL, DX) del registro de estado del CRT (3BAh para monocromos, 3DAh para color) (Tabla 5.17).

Registro	Función
0-0Fh	Paleta
10h	Control de modo de atributo
11h	Color del margen
12h	Activación del plano de color
13h	Panorámica de pixel horizontal
14h	Selección de color (sólo en VGA)

Tabla 5.17 Registros del controlador de atributos de EGA y VGA (3C0h y 3C1h)

## 5.6.2 MODOS ALFANUMÉRICOS

A excepción del MDA (que no tiene modo gráfico), el resto de los sistemas de vídeo del PC y PS/2 se pueden programar para presentar los caracteres tanto en modo gráfico como alfanuméricos.

### 5.6.2.1 Representación de datos alfanuméricos

Cada carácter se representa mediante una sencilla estructura de datos de dos bytes (Fig. 5.19). Los cuales se almacenan en el buffer en una secuencia lineal que se dirige hacia la parte derecha e interior de la pantalla.

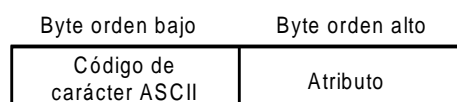


Fig. 5.19 Codificación de un carácter. Código ASCII y atributo de pantalla

El generador de caracteres hardware convierte cada código de carácter en el patrón adecuado de puntos de pantalla. Al mismo tiempo, la circuitería del decodificador de atributos genera los atributos adecuados de cada carácter: color, intensidad (brillo, parpadeo,...) puesto que cada código de carácter del buffer de vídeo está acompañado por un byte de atributos, se pueden controlar independientemente los atributos de visualización para cada carácter en la pantalla.

El generador de caracteres hardware visualiza cada carácter alfanumérico en una matriz rectangular de pixels. Dentro de esa matriz, el carácter está formado por un conjunto de pixels de fondo. Los colores de los pixels de fondo e imagen del carácter se especifican con los nibbles alto y bajo del correspondiente byte de atributos.

### 5.6.2.2 Atributos

Un byte de atributo puede interpretarse de varias formas. En general se forma el byte de atributos con 2 nibbles de 4 bits; el byte de orden más bajo (desde el bit 0 hasta el 3) determina los atributos de imagen del carácter, esto es el color e intensidad del carácter. El nibble de orden más alto indica los atributos de fondo de carácter, aunque el bit 7 también puede controlar el parpadeo en situaciones determinadas.

#### MDA

Aunque se pueden especificar cualquiera de los 16 (2 elevado a 4) atributos tanto para los atributos de fondo como para los de imagen, MDA sólo reconoce determinadas combinaciones. Sin embargo, puede generar una variedad útil de atributos de carácter combinando adecuadamente la intensidad, parpadeo y subrayado.

El bit 7 del byte de atributo puede servir como controlador del parpadeo definiéndolo a 1 si el bit de registro de control de modo CRT está puesto a 1. Si este bit de activación de parpadeo es 0, el bit 7 se utilizará como un bit más de intensidad.

#### CGA

La CGA utiliza el mismo esquema de atributos para imagen y fondo de la MDA. Sin embargo la circuitería de decodificación de atributos de la CGA reconoce cualquiera de las 16 combinaciones posibles de los cuatro bits de cada nibble del byte de atributos.

Los colores disponibles son combinaciones sencillas de los colores primarios rojo (R), verde (G), azul (B) (Fig. 5.20).

El bit de orden más alto (bit 7) de cada byte de atributos controla tanto la intensidad de fondo como el parpadeo, dependiendo del estado de un bit dentro del registro de control.

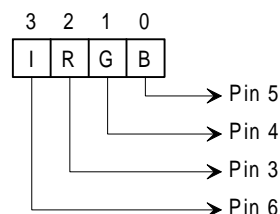


Fig. 5.20 Asignación de pines en el conector.

#### EGA

En los modos alfanuméricos de 16 colores, EGA utiliza el mismo formato de byte de atributos de CGA. Sin embargo, los valores de los 4 bits de fondo e imagen no se corresponden

directamente con los colores presentados en pantalla. En vez de esto, cada valor de 4 bits está enmascarado con los 4 bits de orden más bajo del registro de activación del plano de color del controlador de atributos, el valor de los 4 bits restantes designan uno de los 16 registros de paleta de EGA (Fig. 5.21). Cada bit de los 6 bits de color, que se encuentran en el registro de paleta designado, se corresponde con una de las seis señales RGB, 3 que controlan el monitor.

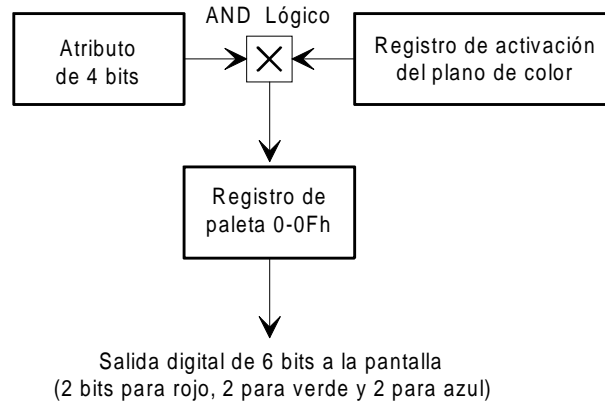


Fig. 5.21 Atributos y colores de EGA

Un monitor color compatible con EGA se controla con seis señales de color: tres primarios (intensidad alta) y tres secundarios (intensidad baja). Todas las 64 combinaciones de estas seis señales se presentan como intensidades y/o colores diferentes (Fig. 5.22).

El método que utiliza EGA para generar colores indirectamente a través de los registros de paleta es más complejo que el esquema directo de CGA, pero mucho más flexible. Se puede seleccionar y además, producir cambios globales en el color actualizando los valores de un registro de paleta determinado.

El bit 3 del registro de control de modo del controlador de atributos de EGA (registro 10h en el puerto E/S 3C0h) es el bit de activación de parpadeo. Poniendo este bit a 1 se activa el parpadeo, así que sólo los 3 bits de orden más bajo del nibble de fondo designan los registros de paleta. De este modo, cuando el parpadeo está activado sólo podemos referenciar los ocho primeros registros de paleta para seleccionar el color de un carácter.

### VGA

En general, VGA emula la decodificación de atributos alfanuméricos de EGA. Sin embargo, VGA tiene tanto un DAC de vídeo como un juego de 16 registros de paleta del controlador de atributos. Cada valor de los registros de paleta selecciona uno de los 256 registros de color del DAC de vídeo. El valor del registro DAC de vídeo seleccionado determina el color que se visualiza en la pantalla.

Dependiendo del valor del bit 7 del registro de control de modo del controlador de atributos se pueden utilizar los valores de los registros de paleta para seleccionar el registro de color del DAC de vídeo de dos formas distintas:

- Cuando está a 0 (Fig. 5.23), el controlador de atributos combina el valor del registro de paleta de 6 bits ( con los que selecciona un registro dentro de un grupo de 64) con los bits 2 y 3 de su registro de selección de color 14h (con los que se selecciona uno de los 4 grupos de 64 registros de color del DAC), para producir un valor de 8 bits.

- Cuando está a 1 (Fig. 5.24), sólo los cuatro bits menos significativos de cada registro de paleta son tenidos en cuenta (seleccionan uno de los 16 registros del grupo) y los cuatro bits restantes se

obtienen a partir de los bits del registro de selección de color (con lo que se selecciona uno de los 16 grupos de los registros de color del DAC).

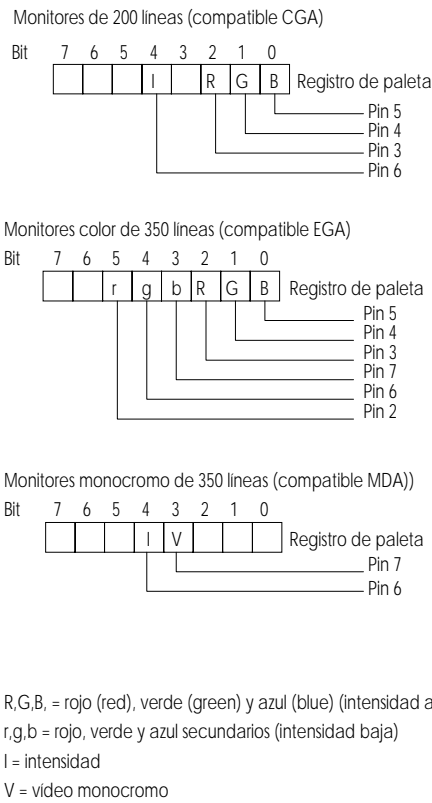


Fig. 5.22 Valores del registro de paleta de EGA y señales de control del monitor

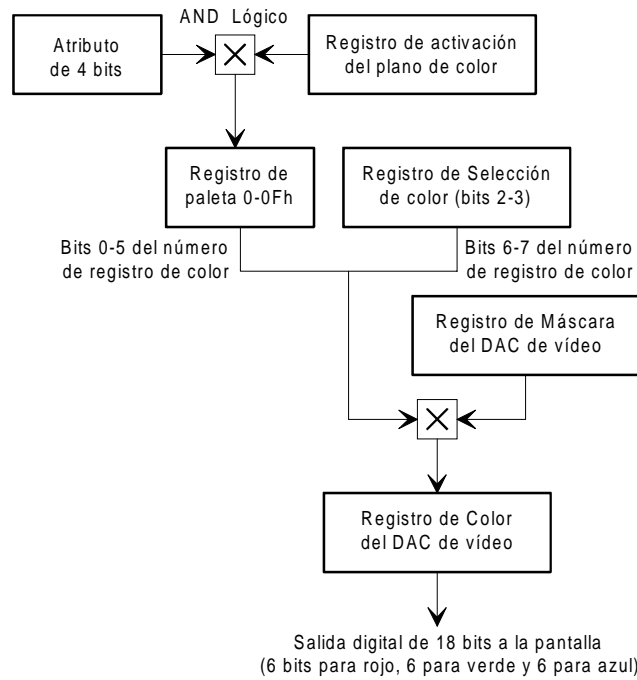


Fig. 5.23 Atributos y colores de VGA (cuando el bit 7 del registro de control de modo del controlador de atributos está a 0)

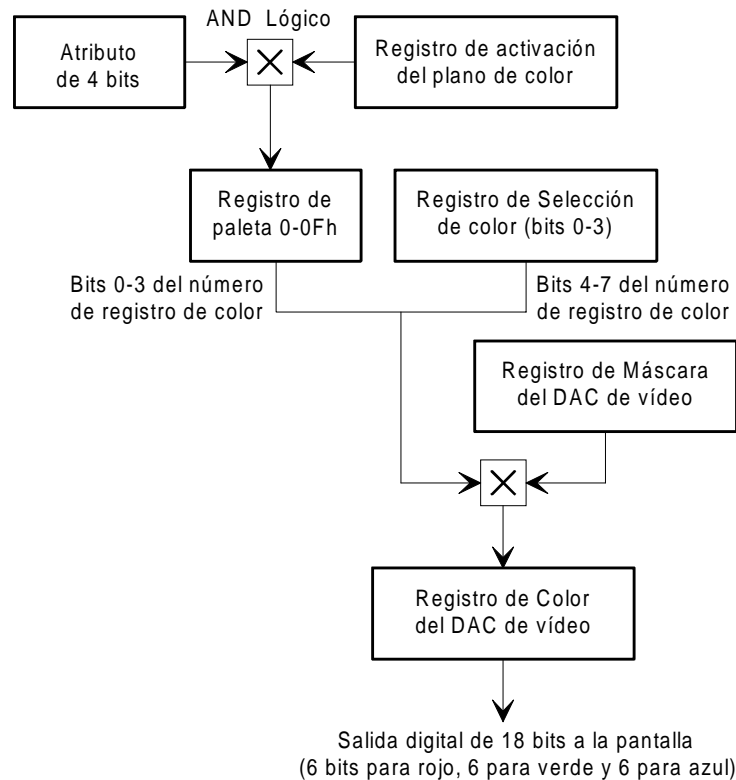


Fig. 24 Atributos y colores de VGA

(cuando el bit 7 del registro de control de modo del controlador de atributos está a 0)

### 5.6.3 MODOS GRÁFICOS

En los modos gráficos se puede manejar el color de cada pixel individual de la pantalla, por lo que el número de datos que se maneja es mayor. Esto se reflejará en menores prestaciones, en el caso de que el sistema no sea lo suficientemente potente.

Los subsistemas de vídeo almacenan los valores de los pixels como un grupo de bits que los representan, de modo que dicho valor determina directa o indirectamente el color del pixel correspondiente. El formato del mapa de pixels o mapa de bits dentro del buffer de vídeo depende del número de bits requeridos para representar cada píxel, así como de la arquitectura de la RAM de vídeo (su capacidad). Obviamente, el número de colores que podemos visualizar al mismo tiempo en un determinado modo gráfico está restringido por el número de bits utilizados para representar cada pixel.

Cuando los valores de pixel ocupan menos de ocho bits, los pixels se mapean en campos de bits de izquierda a derecha dentro de los bytes. Esto es válido para todos los subsistemas de vídeo del PC y PS/2.

#### CGA

En CGA cada pixel se representa mediante 2 bits si estamos en el modo 320x200 con 4 colores y mediante un bit si estamos en el modo 640x200 con 2 colores.

El valor de un pixel se mapea en dos mitades entrelazadas de 16 Kbytes del buffer. El valor de pixel para las 100 líneas pares comienza en B8000:0000, y para las impares, en B800:0000 (Fig. 5.25).

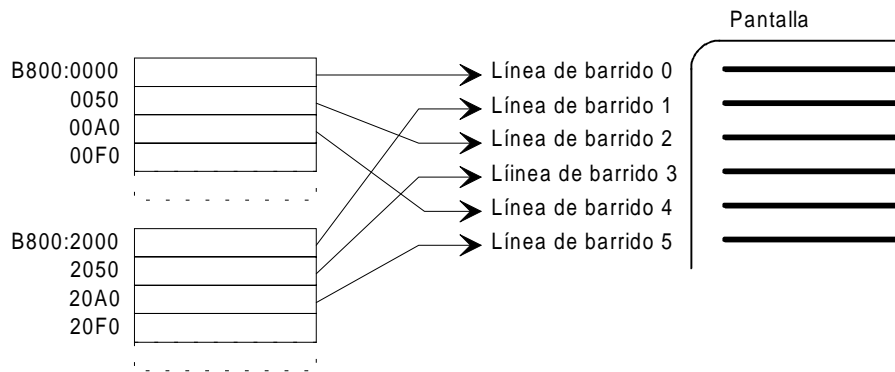


Fig. 5.25 Entrelazado del buffer de vídeo en los modos gráficos de CGA

### HERCULES (HGC)

La representación de pixels en los modos gráficos 720x348 de HGC y HGC+ es similar al modo 640x200 de CGA. Cada pixel está representado por un bit, que indica encendido o apagado (blanco y negro).

Sin embargo, las 348 líneas de 90 bytes (720 columnas / 8 bits por byte) cada una, se entrelazan de manera distinta: usa cuatro áreas del buffer de vídeo, cada una de ellas conteniendo 87 (348 líneas / 4 áreas) líneas (Fig. 5.26)

### EGA

Cuando se configura una EGA para que emule un modo gráfico CGA, los pixels se mapean en el buffer de vídeo igual que en la CGA. Sin embargo, en los modos gráficos propios de EGA (modo de 16 colores y 200 líneas y todos los modos de 350 líneas), los pixels se mapean siempre ocho por byte (Fig. 5.27).

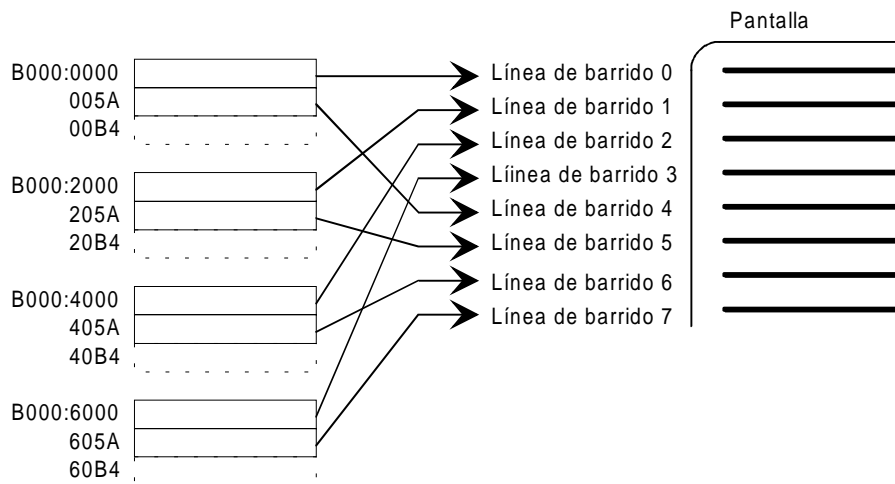


Fig. 5.26 Entrelazado del buffer de vídeo en el modo gráfico de Hércules

Esta configuración está dictada por la arquitectura del buffer de vídeo de EGA. Los 256 Kb del buffer se dividen en cuatro mapas o bancos paralelos de RAM, de 64 Kb cada uno. Estos mapas son paralelos en el sentido de que ocupan el mismo rango de direcciones en el banco de direccionamiento de la CPU; el secuenciador permite accesos a los mapas de forma individual o bien paralela.

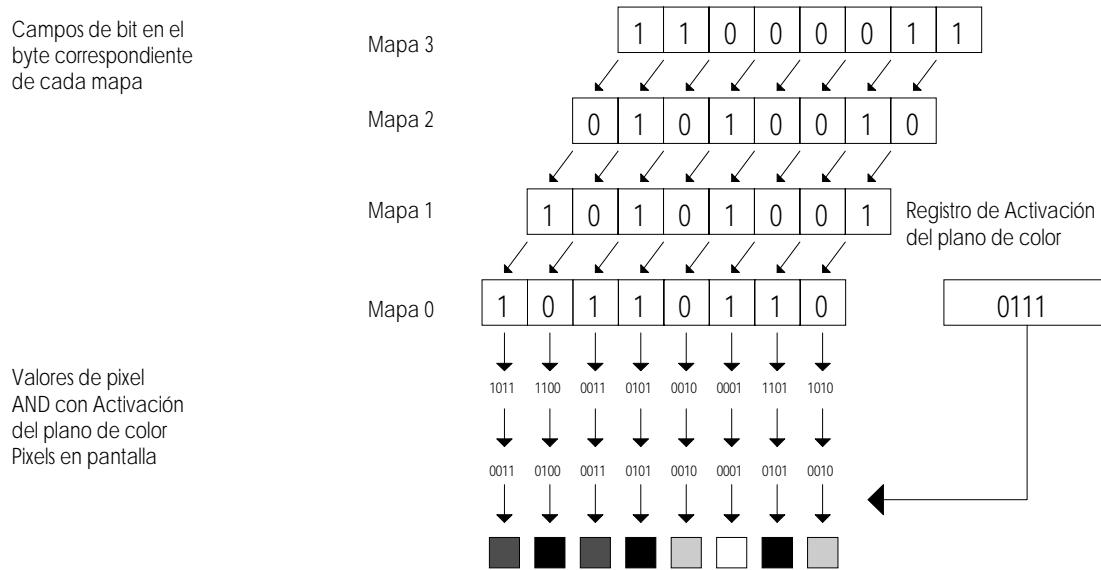


Fig. 5.27 Mapeo de pixels en los modos gráficos originales (propios) de EGA

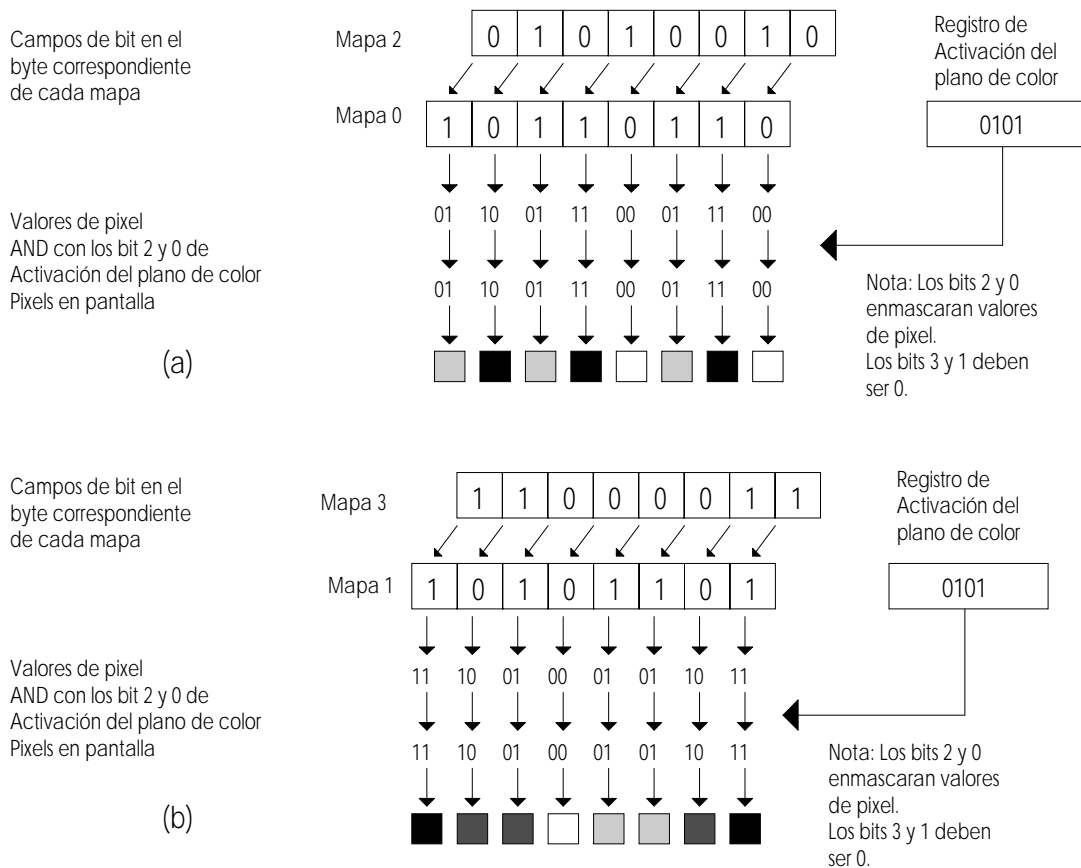


Fig. 5.28 Buffer de vídeo en los modos gráficos de 350 líneas (EGA con 64 Kb de RAM)  
 Los valores de pixel en las direcciones pares son almacenados en los mapas 0 y 2 (figura 4.5a); los pixels en las direcciones impares son almacenados en los mapas 1 y 3 (figura 4.5b)

Un valor de pixel viene determinado por la concatenación de los bits (determinados por un cierto desplazamiento) de los cuatro mapas. Por ello, los mapas son también denominados planos de bits (Fig. 5.28)

#### MCGA y VGA

Los subsistemas de vídeo del PS/2 soportan tres modos gráficos nuevos, es decir, que no estaban en los adaptadores de vídeo anteriores: el modo 640x480 con 2 colores (MCGA y VGA) y el modo 640x480 con 16 colores (sólo VGA). Ambos utilizan un mapa de pixel lineal que comienza en A000:0000. También se utiliza un mapa de pixel lineal parecido en el modo de 256 colores 320x200 (MCGA y VGA), con una diferencia importante: cada byte en el buffer de vídeo representa un pixel, por lo que cada pixel puede tener hasta 256 ( $=2^8$ ) colores diferentes.