

textOsFtextTOsFliningLFliningTLFtextosflininglftabulartabproportionalprosuperiorSup
superiorSup
fontspechyperref

CONTROL Y DESPLIEGUE DE IMÁGENES EN MONITOR (VGA) MEDIANTE EL USO DE LENGUAJE VHDL Y UNA PLACA NEXYS 2

Miguel Ángel López Prada, M. en C. Álvaro Anzueto
Ríos

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería
y Tecnologías Avanzadas UPIITA-IPN

malopez.91@gmail.com

aanzuetor@ipn.mx

Referencia de este artículo [1].

Introducción

Los monitores con tecnología CRT (Tubo de Rayos Catódicos) funcionan mediante tres cañones de electrones que emiten un haz de luz de cada color básico (rojo, verde y azul). Mediante una bobina, su posición es modificada con el propósito de enfocar los tres haces en un punto de la pantalla. Los haces inciden en la pantalla de visualización después de ser separados por una máscara para finalmente incidir en una capa fosforescente con zonas receptivas para cada color.

El color de cada punto de la pantalla está definido por el color del cañón usado y de la máscara de separación, mientras que la intensidad del color dependerá de la potencia de cada haz de electrones. Esta señal es de carácter analógico y es independiente para cada color.

La estandarización de estas señales comprende a la norma VGA (Video Graphics Array), la cual tiene como estándar 640 x 480 píxeles en video activo, utilizada para los monitores CRT y vigente para los monitores LCD. Para generar una imagen completa o "frame", el haz de electrones deberá de recorrer toda la pantalla, definiendo el color y la intensidad de cada píxel. El desplazamiento de los cañones se realiza mediante el uso de la bobina que genera un campo magnético, el cual desplaza los generadores de luz. Este desplazamiento comienza en la esquina superior izquierda llevándose a cabo de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

La temporización de las señales que definen la posición vertical y horizontal de los cañones de electrones tiene como base la frecuencia de la corriente eléctrica de 60Hz y tienen un carácter analógico. Debido a que los monitores actuales utilizan tecnología LCD, las señales de cada color y de sincronía deben de tener un carácter digital, pero se sigue utilizando la misma estructura de tiempo para señales VGA.

La señal de sincronización horizontal y vertical está definida en la señal diente de sierra la cual es creada a partir de la señal sinusoidal de 60Hz. En la señal diente de sierra se pueden distinguir 3 partes principales, las cuales están descritas en la Figura 1.

La parte principal de la señal corresponde a la rampa continua en la cual se despliega la información en la pantalla. Durante este intervalo de tiempo, los 640 píxeles son excitados por los haces provenientes de los cañones de electrones. Finalizando esta etapa, el desplazamiento continúa pero los cañones se apagan. Este tiempo se conoce como "regreso" que está conformada por una etapa definida como "back porch" en la cual los cañones se siguen moviendo de izquierda a derecha, hasta que la señal de sincronización vertical provoca que los cañones regresen de nuevo al lado izquierdo de la pantalla pero modificando su posición una fila hacia abajo. En este instante, una nueva etapa comienza denominada "front porch" en la cual tampoco se despliega información pero el cañón se desplaza hacia la derecha hasta que comienza la rampa continua que permite el despliegue de los 640 píxeles de información.

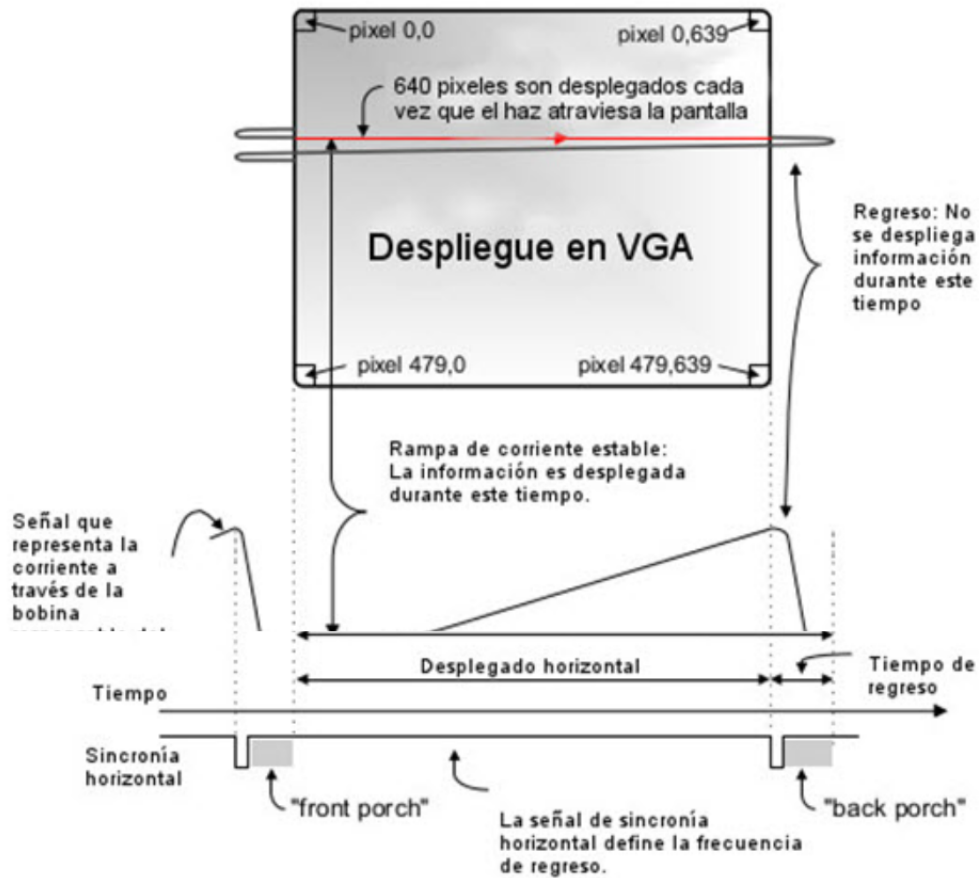


Figura 1: Señales de sincronía en despliegue mediante VGA.

La sincronía de video vertical puede ser de dos tipos; video continuo o video compuesto. En el video continuo, todas las filas son excitadas por el cañón de electrones. En cambio, en el video compuesto primero se provee de información a las filas impares y en el siguiente frame a las filas pares. Esto se realiza a 60 frames por segundo, por lo que el ojo humano no lo percibe y da la apariencia de una imagen continua con movimiento fluido. Sin importar el caso, al finalizar el despliegue de todas las filas de un frame, la señal de sincronización vertical obliga al cañón a regresar a su posición superior con una señal semejante a la sincronización horizontal debido a la presencia de un "front porch" y un "back porch" en el tiempo de regreso [1].

Para enviar estas señales hacia el monitor, la tarjeta NEXYS 2 cuenta con un conector DB15 para el estándar VGA. Esto nos permite conectar un monitor CRT o un monitor LCD a la tarjeta para el despliegue de la información. Las terminales de salida se pueden observar en la Figura 2 [1].

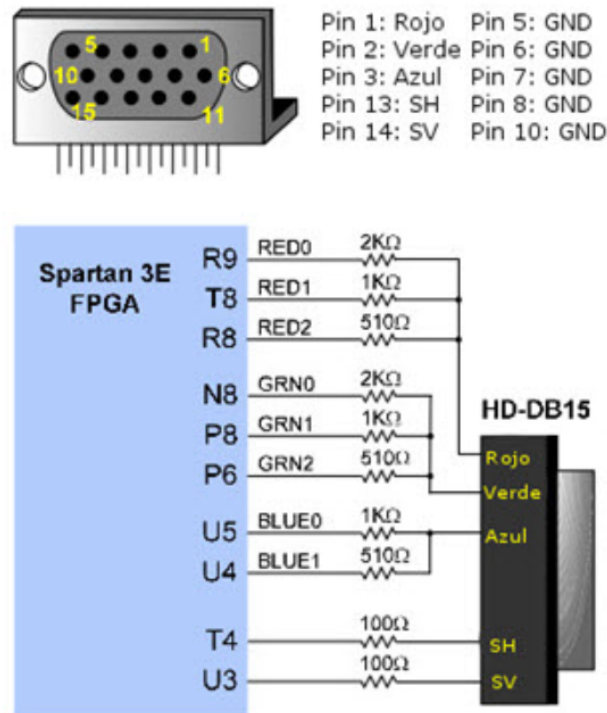


Figura 2: Disposición de pines de salida en el conector DB-15.

Las señales a la salida son cinco; tres señales de color siguiendo el código RGB y dos señales de sincronía (horizontal y vertical). Ya que la tarjeta NEXYS 2 opera con señales digitales, todas las salidas deberán ser de la misma clase. Las señales de sincronía denominadas VGA_HSINC y VGA_VSINC utilizan niveles estándar de tensión TTL o CMOS. Las señales para cada color tienen un carácter digital y tienen la siguiente composición:

- Para las tonalidades rojas, 3 bits.
- Para las tonalidades verdes, 3 bits.
- Para las tonalidades azules, 2 bits.

Por lo tanto, el color de cada pixel estará conformado por 8 bits de información. Si a la salida se presenta un valor de "11100000", se tendrá un color rojo puro. En cambio, un valor de "11000000" dará un color oscuro con tintes rojizos. Las señales correspondientes a cada color se unen a una sola terminal de salida en el conector de salida DB15. [2]

Los principales colores que se pueden obtener con la combinación de los 8 bits se pueden observar en la Figura 3.

Bits Rojo	Bits Verde	Bits Azul	Color resultante
000	000	00	Negro
000	000	11	Azul
000	111	00	Verde
111	000	00	Rojo
111	111	11	Blanco

Figura 3: Colores principales a desplegar mediante la NEXYS 2 en formato de 8 bits.

Al no contar con una señal analógica como base para las señales de sincronía, se obtendrá una señal de la misma duración pero ahora como una señal digital.

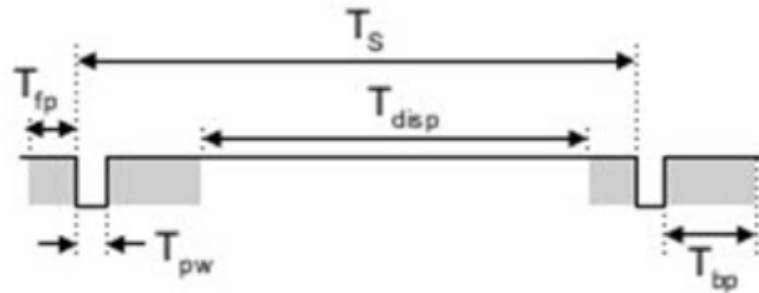


Figura 4: Señales de sincronización.

En la Figura 4, se observa la disposición de los tiempos de las señales de sincronización. T_s corresponde a un ciclo completo de la señal de sincronía horizontal. Este comprende de los tiempos T_{pw} (tiempo muerto), T_{disp} (tiempo de despliegue de los 640 pixeles), T_{bp} (tiempo de "back porch") y T_{fp} (tiempo de "front porch").

La generación de los tiempos de sincronía utiliza como base la señal de reloj disponible en la tarjeta NEXYS 2 que tiene como frecuencia máxima 50Mhz. El primer paso consiste en dividir la frecuencia para generar una señal de reloj de 25Mhz (la duración del periodo consta de 40ns). La resolución de la imagen a desplegar es de 640 x 480 pixeles de video activo a 60Hz. Sin embargo, se requiere de otros tiempos de sincronía en los cuales no se desplegará información por lo que la resolución real consta de 800 x 521. La duración de todos los tiempos de sincronía se encuentra en la Figura 5. [3]

Símbolo	Parámetro	Sincronía vertical			Sincronía horizontal	
		Tiempo	Ciclos	Líneas	Tiempo	Ciclos
T_s	Tiempo de pulso de sincronía	16.7 ms	416,800	521	32 μ s	800
T_{DISP}	Tiempo de despliegue	15.35 ms	384,000	480	25.6 μ s	640
T_{PW}	Ancho de pulso	64 μ s	1,600	2	3.85 μ s	96
T_{FP}	Front porch	320 μ s	8,000	10	640 ns	16
T_{BP}	Back porch	928 μ s	23,200	29	1.92 μ s	48

Figura 5: Duración de los tiempos de sincronía horizontal y vertical.

A partir de la información anterior, es posible generar y visualizar diferentes figuras en la pantalla. El código del programa para la visualización de 4 patrones diferentes se encuentra en el siguiente link:

Para ver el código dar click [AQUÍ](#)

La primer parte del programa consiste en definir las constantes y señales que se requieran para el control de la pantalla de visualización. De igual manera, es necesaria la división de la señal de reloj para así obtener una frecuencia de 25Mhz, que será la frecuencia base en todo el sistema. Posteriormente, se encuentran los contadores horizontales y verticales los cuales respetan los tiempos definidos en la Figura 5.

Los contadores de posición únicamente realizan el barrido de la pantalla respetando las dimensiones máximas de resolución, pero es independiente de las señales de sincronía vertical y horizontal que son transmitidas hacia la pantalla. Estas señales de sincronía se activan en nivel en bajo o en un '0' lógico.

La sincronización horizontal tendrá el valor de '1' lógico hasta que el contador horizontal alcance el valor de 128. Esto significa que durante $5.12 \mu s$ se encuentra desactivada la lectura de datos por parte de la pantalla. Si observamos la Figura 5, esta es la duración aproximada del parámetro TPW, en el cuál es importante que no se despliegue información ya que representa el regreso del cañón de electrones a su posición de inicio en el lado izquierdo.

"000XXXXXXX"

$$T_{PW} = (2^7)(40ns) = 5,12\mu s \quad (1)$$

En cambio, la sincronía vertical tiene una duración en estado alto de 2 líneas, cuya duración es de $64 \mu s$ correspondiendo al mismo parámetro en la Figura 5.

"000000000X"

$$T_{PW} = (2^1)(32\mu ss) = 64\mu s \quad (2)$$

Finalmente, la última parte del código consiste en diseñar los patrones a visualizar. Las formas serán definidas utilizando los contadores vertical y horizontal como límites de las figuras, como sucede en el rectángulo. En cambio, las líneas se visualizaran cuando el valor del contador sea el múltiplo de un valor definido. Para indicar en qué momento se debe visualizar el patrón, una señal de control será considerada la cual tiene un valor válido dentro de la resolución de 480×640 pixeles. Un selector externo, tal como los interruptores de la placa NEXYS 2, será usado para elegir entre los patrones de despliegue.

El archivo .ucf contiene la asignación de los puertos de salida de la placa NEXYS 2. En el caso de la placa NEXYS 2, la salida RGB deberá ser mediante los 8 puertos de salida. Cada uno de los 8 bits de información de salida deberá ser asignado de manera independiente. La señal de reloj es obtenida de manera interna y también deberá ser asignado el puerto de entrada.

Este programa nos permitirá desplegar figuras rectangulares o líneas de hasta 256 colores diferentes. De esta manera, se pueden dibujar letras que se puedan formar mediante rectángulos, por ejemplo la letra H y F. En cambio, las figuras circulares presentan mayor dificultad al tener que definir el intervalo de despliegue para cada línea. Este programa nos permite comenzar en el control y presentación de imágenes en un monitor mediante el uso de un FPGA el cual se encuentra en la placa NEXYS 2. Este tipo de hardware nos permite realizar despliegue de video en tiempo real mediante una webcam, procesamiento de imágenes y envío de datos a una computadora para su uso en algún software.

Referencias

- [1] <http://www.robotis.com/x/darwin/en>
- [2] Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals, Padmaraja Yedamale Microchip Technology Inc.
- [3] Técnicas de control para motores Brushless Comparativa entre conmutación Trapezoidal, conmutación Sinusoidal y Control Vectorial, Roger Juanpere Tolrà.

Referencias

- [1] Albert Einstein, Isaac Newton, Marie Curie, Galileo Galilei, Charles Darwin
(mayo - junio, 2025) *La teoría de la evolución biológica. Boletín UPIITA. año 19, (108) 2025* liga del artículo