

Moiré patterns with color LCD displays Franjas de Moiré sobre pantallas LCD en color

Francisco Javier Salgado-Remacha

Departamento de Física Aplicada; Facultad de Ciencias; Universidad de Zaragoza

E-mail: fjsalgado@unizar.es

Received: 01/12/2015

Accepted: 23/02/2016

DOI: 10.7149/OPA.49.1.51

ABSTRACT:

Liquid Crystal Displays consist of a regular weave of pixels, each of them made up by three sub-pixels corresponding to Blue, Green and Red colors. In this work a simple experiment showing the internal structure of a common display is performed. Simply putting an amplitude grating on a display, a Moiré pattern is formed. When the lines of the grating are placed along the vertical direction, the fringes show a colorful shape, whereas when the lines are horizontal the fringes show a black and white modulation. An explanation based on the internal structure of the display is given, resulting in a simple and interesting experiment for docent and divulgation activities.

Key words: Moiré, Liquid Crystal Displays, Color

RESUMEN:

Las pantallas LCD están formadas por un entramado regular de píxeles. Cada uno de estos píxeles, a su vez, está formado por tres subpíxeles que emiten en rojo, verde y azul. En este trabajo se expone un sencillo experimento que pone de manifiesto la estructura interna de una matriz LCD a simple vista. Superponiendo una rejilla de líneas paralelas sobre una pantalla es posible observar patrones de Moiré. Si se usan pantallas comunes, al colocar las líneas de la rejilla en dirección vertical se aprecian franjas de colores, mientras que al colocar las líneas en dirección horizontal las franjas son en blanco y negro. En el texto se da una explicación a este hecho, relacionándolo con imágenes de los píxeles. El experimento es muy sencillo de realizar y es de alto interés para acciones divulgativas.

Palabras clave: Moiré, Pantallas de Cristal Líquido, Color.

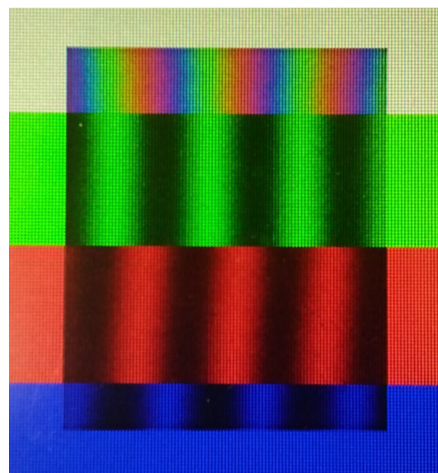


Fig. 1. Rejilla impresa sobre un papel transparente colocada sobre una pantalla LCD. Se observan los patrones de Moiré debidos a la subestructura de cada píxel.

REFERENCES AND LINKS / REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] V. Saveljev, S-K. Kim, "Experimental observation of moiré angles in parallax barrier 3D displays," Opt. Express 22 (14), 17147-17157 (2014).
<http://dx.doi.org/10.1364/OE.22.017147>
 - [2] T. Rössler, "Moiré methods for measurement of displacement and topography," Czechoslovak J. Phys. 56 (2), 101-124 (2006).
<http://dx.doi.org/10.1007/s10582-006-0073-y>
 - [3] J. S. Sirkis, Y-M. Chen, H. Singh, A. Y. Cheng, "Computerized optical fringe pattern analysis in photomechanics: a review," Opt. Eng. 31 (2), 304-314 (1992).
<http://dx.doi.org/10.1117/12.56063>
 - [4] E. Keren, O. Kafri, "Diffraction effects in moiré deflectometry," J. Opt. Soc. Am. A 2 (2), 111-120 (1985).
<http://dx.doi.org/10.1364/JOSAA.2.000111>
 - [5] <https://inkscape.org/es/>
-

1. Introducción

Uno de los fenómenos ópticos más sencillos de observar es el fenómeno Moiré. Este efecto consiste en la superposición de dos frecuencias espaciales. De la misma forma que en el tratamiento del movimiento ondulatorio utilizamos las interferencias para describir la superposición de dos o más ondas, el efecto Moiré puede describirse matemáticamente como la suma de dos o más frecuencias espaciales, dando lugar a patrones típicamente interferenciales (Fig. 1). El efecto toma su nombre de un tipo de tejido en el que, debido precisamente al entramado regular que lo conforma, es fácil observar ondulaciones similares a los batidos. Aparte de la importancia que tiene este efecto en técnicas de reproducción de imágenes (particularmente siempre que usemos medios digitales con entramados regulares vamos a poder apreciar estos patrones) [1], existe una gran variedad de técnicas basadas en el efecto Moiré para la medida de topografías superficiales o para la detección de desplazamientos lineales o angulares [2-4]. Si superponemos dos entramados regulares, definidos por sendas frecuencias espaciales a lo largo de una dimensión (p_1 y p_2 respectivamente), el efecto visible es la aparición de una frecuencia espacial con un periodo $p_{\text{Moiré}}$ que es siempre mayor que p_1 y p_2 . Este periodo viene descrito por la expresión [2],

$$p_{\text{Moiré}} = \frac{p_1 \cdot p_2}{|p_1 - p_2|}; \quad (1)$$

Según esta expresión, para conseguir unos batidos de Moiré apreciables es conveniente que p_1 y p_2 sean parecidos, aunque no iguales. Un método muy sencillo para producir estos patrones es imprimir sobre un papel transparente un entramado (por lo general con un espaciado regular, aunque no necesariamente). Vamos a centrarnos en una rejilla (o red) con un cierto periodo espacial a lo largo de una única dirección, compuesta por una serie de líneas verticales opacas alternadas de forma regular con otras transparentes, como se muestra en la Fig. 2. La separación entre dos líneas opacas nos da el periodo p de esta red.

En nuestro caso vamos utilizar una impresora láser con una resolución de 300 ppp (puntos por pulgada). Con esta resolución es posible fabricar redes con periodos cercanos a la décima de milímetro. Por lo general, tanto las tecnologías de impresión digital como los displays y pantallas LCD están diseñadas en pulgadas. Para evitar problemas de "aliasing" (que es también un fenómeno Moiré, que aparece al superponerse dos entramados regulares) vamos a diseñar nuestra rejilla en pulgadas. Para realizar este experimento es suficiente con construir una red con periodo $p = 0.01$ pulgadas, que equivale a un periodo de $p = 0.254$ mm. Este periodo es ideal para conseguir un buen contraste en el experimento si se utilizan pantallas LCD comunes, como veremos más adelante. Para hacer el diseño se ha utilizado el software libre de dibujo vectorial *Inkscape* [5]. Estas redes se imprimen sobre una lámina de acetato transparente. En la Fig. 2 se muestra también una vista de la red fabricada a través del microscopio. Es importante hacer notar que la proporción de zona transparente en esta red es aproximadamente un tercio del periodo total. Este hecho, en realidad, es beneficioso para el resultado final del experimento.

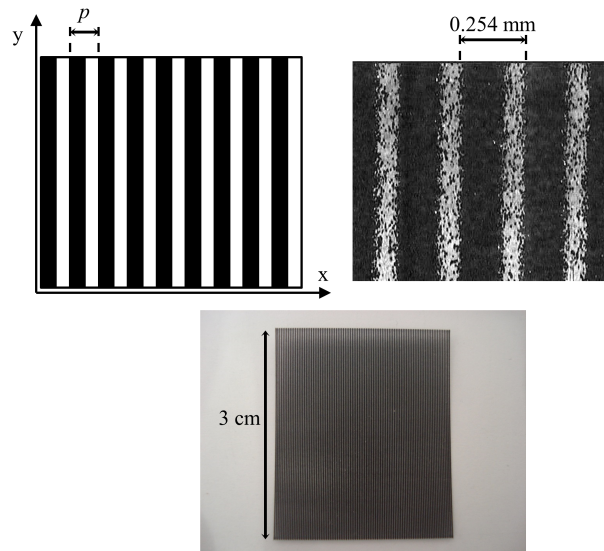


Fig. 2. Izquierda: Red de Ronchi, con periodo espacial p en una dirección. Derecha: Detalle de la red vista con un microscopio. Abajo: aspecto de la rejilla completa.

Por lo general, los textos que hablan sobre el efecto Moiré se refieren a patrones en blanco y negro o con un solo color. En nuestro caso vamos a observar patrones en el espacio de color RGB. Esto se debe a la tecnología utilizada por las pantallas de cristal líquido para conseguir controlar el color. En la Fig. 3 se muestra una foto a través de un objetivo microscópico de un monitor de ordenador. Esta pantalla tiene una resolución de 1920 x 1080 píxeles con un tamaño diagonal de 23 pulgadas (58.4 cm). Todo ello implica un tamaño de píxel de 0.265 mm (lo que concuerda con las especificaciones dadas por el fabricante). Cada píxel, en realidad, está formado por tres subpíxeles de forma rectangular, alineados en paralelo. Cada uno de estos subpíxeles emite luz en uno de los colores primarios. Al observar a ojo desnudo la pantalla no es posible observar cada subpíxel por separado, por lo que sobre la retina se ve una superposición de la luz proveniente de cada uno de ellos, formándose una imagen en color dentro de la escala RGB. Sin embargo, si tomamos una foto con un sistema óptico de mayor aumento lateral es posible observar cada subpíxel por separado, como se aprecia en la Fig. 3.

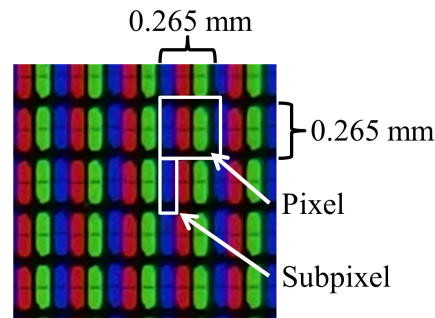


Fig. 3. Imagen microscópica de la pantalla LCD. Cada píxel ocupa un área cuadrada de lado 0.265 mm, y está compuesto por 3 subpíxeles correspondientes a cada uno de los 3 colores fundamentales.

Podemos apreciar, por tanto, que la pantalla LCD está formada por dos entramados diferentes. En la dirección horizontal tenemos una alternancia de subpíxeles azul, rojo y verde, formando tres tramas con el mismo periodo pero desplazadas un tercio del periodo entre ellas. Por el contrario, en la dirección vertical no existe este desplazamiento, y cada subpíxel ocupa un periodo. Si tomamos en la ecuación (1) $p_1 = 0.265$ mm (el periodo espacial de la matriz de píxeles) y $p_2 = 0.254$ mm (el periodo de la red fabricada con la impresora), vemos que las franjas de Moiré tendrán un periodo de 6.7 mm, que es visible a ojo desnudo. En este trabajo, por tanto, vamos a observar patrones de Moiré sobre este tipo de entramados. Veremos que es posible deducir la estructura de estas pantallas LCD sin necesidad de recurrir a imágenes microscópicas.

2. Experimento

Para llevar a cabo el experimento, simplemente colocamos las redes fabricadas en la impresora sobre el monitor. En primer lugar colocamos la red de forma que las franjas negras queden alineadas en vertical. Dado que en la dirección horizontal tenemos tres patrones de Moiré, cada uno de un color, y desplazadas cada una regularmente, esperamos ver tres patrones de Moiré, cada uno de ellos con el mismo periodo de 6.7 mm en la dirección horizontal. Vemos en la Fig. 4 (imagen de la izquierda) que efectivamente se obtiene el resultado esperado. La alternancia de colores sigue, además, el orden que se observa en el pixelado de la pantalla (azul, verde y rojo).

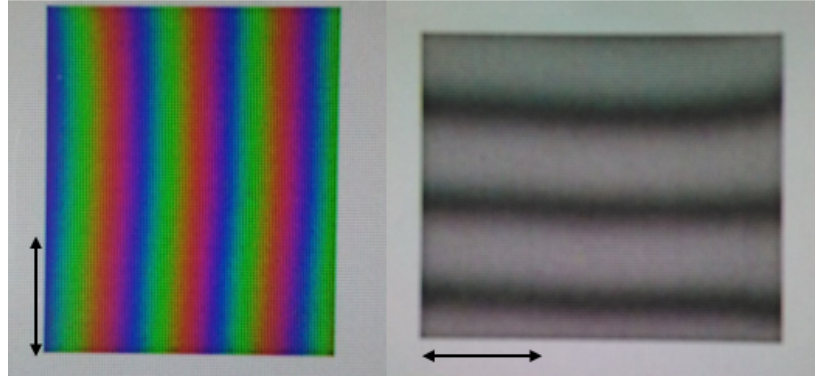


Fig. 4. Red de difracción con periodo $p=0.254$ mm superpuesta sobre la pantalla LCD. La doble flecha señala la dirección paralela a las franjas de la red, y a su vez mide exactamente 1 cm. En la figura de la izquierda, con las franjas verticales, se observan franjas de colores equidistantes, siguiendo el orden azul-verde-rojo. En la imagen de la derecha, con las franjas horizontales, se observa un patrón de Moiré en escala de grises, con las franjas negras alineadas en horizontal. La falta de verticalidad u horizontalidad en las franjas se achaca a una mala colocación sobre la pantalla.

Podríamos pensar que al girar 90 grados la red y colocarla con las franjas en posición horizontal tendríamos que esperar un resultado similar. Sin embargo, en la imagen derecha de la Fig. 4 vemos que efectivamente tenemos un patrón de Moiré, pero esta vez en escala de grises. Esto ocurre porque al colocar la red en esta posición ya no resolvemos la estructura interior de cada píxel, comportándose simplemente como una fuente de luz blanca a ojo desnudo. La distancia entre dos franjas negras en la figura de la derecha es la misma que hay entre dos franjas del mismo color en la figura de la izquierda, señalando que un píxel completo tiene el mismo tamaño en horizontal y en vertical.

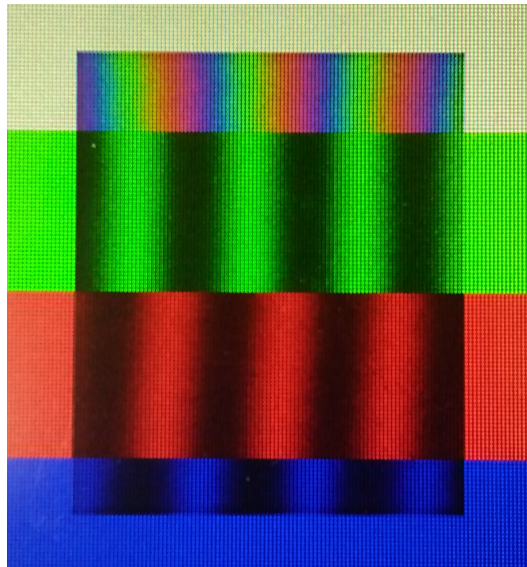


Fig. 5. Red con las franjas en vertical sobre la pantalla LCD, en la que se muestran diferenciados los colores blanco, verde, rojo y azul. Se observa que las franjas de los colores primarios están desplazadas entre sí. También se observa que en la zona blanca tenemos la gama completa de colores, mostrando también la superposición de colores primarios.

Con la idea de observar mejor el fenómeno, visualizamos sobre la pantalla (con ayuda de cualquier programa de dibujo) cuatro bloques rectangulares contiguos, cada uno de un color (blanco, verde, rojo y

azul). Sobre este dibujo colocamos la red fabricada. El resultado se muestra en la Fig. 5. Se aprecia claramente que en cada zona tenemos patrones de Moiré con franjas verticales, cada una de ellas con el mismo periodo pero desplazadas cada una respecto a la otra. Es decir, los subpíxeles están colocados de forma regular uno al lado del otro. Vemos también que los bordes de las franjas de cada color llegan a superponerse entre sí. Por esta razón, en las franjas sobre fondo blanco, es posible observar no solo los colores rojo, verde y azul, sino también sus mezclas, como el amarillo, morado o cian (los complementarios correspondientes). En la Fig. 6 se muestra una imagen ampliada, donde se pueden observar los colores complementarios.

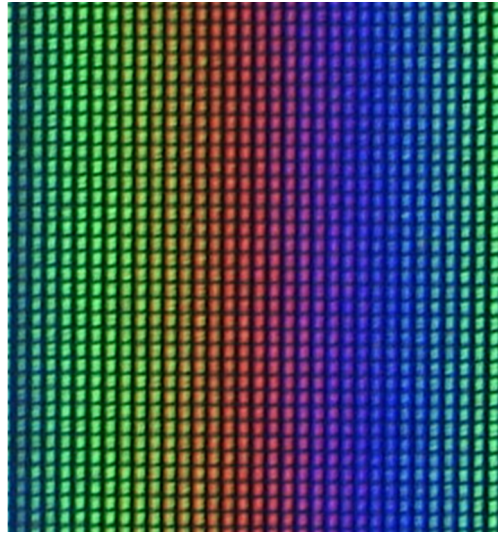


Fig. 6. Red con las franjas en vertical sobre la pantalla LCD con fondo blanco, ampliada. Se observan los colores primarios (Verde, Rojo y Azul) además de las mezclas de estos tres colores.

3. Conclusiones y otras consideraciones

Mediante un método muy sencillo se ha puesto de manifiesto la estructura interna de los píxeles de una pantalla de cristal líquido. Esta estructura, formada por tres subpíxeles de colores azul, verde y rojo, no se puede apreciar a simple vista. Sin embargo, utilizando una rejilla de franjas transparentes y opacas impresas sobre un acetato transparente, es posible observar patrones de Moiré que nos describen la estructura interna de cada píxel. Se puede deducir que en la dirección horizontal los píxeles están divididos en tres subpíxeles, todos ellos de igual tamaño y equidistantes entre sí, con los colores azul, verde y rojo. Esta distribución hace que al colocar la red con las franjas en horizontal, se observen franjas blancas y negras también horizontales. Sin embargo, al colocar la red con las líneas verticales, se producen franjas de colores con el mismo periodo pero desplazadas entre sí. De este comportamiento puede inferirse la estructura interna de cada píxel. El experimento es fácilmente reproducible, y resulta de gran interés y vistosidad para diferentes ámbitos docentes y charlas divulgativas.