

6. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PANTALLAS DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD)

6.1. Introducción

Las Pantallas de Cristal Líquido (LCD del inglés, *Liquid Cristal Display*), están altamente difundidas en la actualidad. Son muy útiles porque permiten mostrar información o datos de manera muy clara. La mayoría de los electrodomésticos y diversos equipos electrónicos traen uno o varios de ellos porque presentan la gran ventaja del bajo consumo de potencia.

La magia de los LCD se debe a los “cristales líquidos”. En sí estas dos palabras suenan contradictorias, pero este material es la razón por la cual este dispositivo funciona. A continuación se ilustra la forma en que este dispositivo funciona, parte importante de este proyecto de grado.

6.2. Historia

El cristal líquido fue descubierto por el botánico austriaco Rheinitzer en 1888. Cristal líquido es un término que hace referencia al estado de una sustancia que no es ni líquida ni sólida. En 1963, Williams descubrió que la manera en que la luz pasaba a través del cristal líquido cambiaba cuando era estimulada por una carga eléctrica.

6.3. Los cristales líquidos

La materia puede estar en 3 estados típicos, a saber: sólido, líquido y gaseoso. En el estado sólido, las moléculas tienden a mantener su orientación y posición siempre de la misma forma. El estado líquido se caracteriza porque las moléculas cambian su orientación y se mueven a través del líquido. Hay sustancias que tienen un estado raro, en el cual las moléculas mantienen su orientación pero se pueden mover a otras posiciones. Es ésta la naturaleza de los cristales líquidos.

6.3.1. Tipos de cristales líquidos

Hay varias clases de cristales líquidos, dependiendo de su naturaleza y de la temperatura pueden estar en diferentes fases. Hay dos clases, los termotrópicos y los liotrópicos.

Los termotrópicos reaccionan ante cambios en la temperatura o a la presión. La reacción de los liotrópicos, los cuales son usados en elaboración de detergentes y jabones, depende del tipo de solvente que se utilice.

6.3.2. Fases de los cristales líquidos termotrópicos

Los cristales líquidos termotrópicos pueden ser isótropos o nemáticos. La diferencia entre ellos es que las moléculas en los cristales líquidos isótropos tienen una organización errática, mientras que las moléculas en los cristales líquidos nemáticos tienen un orden definido.

Por las razones antes vistas, el tipo de cristal líquido que se buscó fue termotrópico de fase Nemática.

Una cualidad de los cristales líquidos es que se ven afectados por la corriente eléctrica. Un tipo particular de cristal líquido es el *Twisted Nematics* y se caracteriza porque cuando se le aplica una corriente eléctrica las moléculas se “desenredan” (*untwist*) varios grados, dependiendo del voltaje aplicado. Este tipo de cristal líquido es usado en las pantallas, porque su reacción a la corriente es modelable y permite controlar el paso de luz.

6.4. LCD *Twisted Nematics*

Los LCD se basan en cuatro principios:

- La luz se puede polarizar
- Los cristales líquidos pueden transmitir y cambiar la luz polarizada
- La estructura de un cristal líquido puede ser cambiada por corriente eléctrica
- Hay sustancias transparentes que pueden conducir electricidad.

6.4.1. Conformación:

La estructura del LCD está entre dos placas de vidrio polarizado. La dirección de la polarización de cada placa debe estar en ángulo recto una de otra, es decir, una de ellas tiene surcos horizontales, la otra los tiene verticales. Entre los dos vidrios polarizados se aplican capas sucesivas de moléculas de cristal líquido del tipo *Twisted nematics*, las cuales se alinean a sí mismas con estos surcos. Cada capa tiene su propia orientación y se debe tener en cuenta que la orientación de las moléculas debe ir cambiando de ángulo entre capa y capa. Se aplican capas sucesivas hasta completar un giro de 90 grados. El resultado de este proceso es la creación de una celda helicoidal de cristal líquido. Al final de esta capa, se pone el otro vidrio polarizado.

La figura 47 muestra las diferentes capas que conforman el LCD, enunciadas anteriormente:

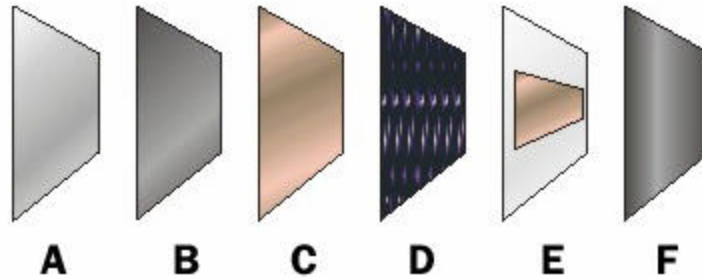


Figura 47. Capas de un LCD *Twisted Nematics*

FUENTE: HOW STUFF WORKS. How LCD Works. [En Línea] Estados Unidos, 2003

<www.howstuffworks.com>

[Consulta: julio 9 de 2004]

Un LCD comercial sencillo se conforma de: Un vidrio en la parte de atrás (A), un vidrio polarizado con ranuras (B), un electrodo de iridio (C). Capas de moléculas de cristal líquido (D). Luego sigue un vidrio con un electrodo (E) y, finalmente un vidrio polarizado (F) en ángulo recto con relación al primero.

6.4.2. Funcionamiento

La filosofía de funcionamiento es la siguiente: la luz incidente golpea el primer filtro, y es polarizada. Las moléculas de cada capa de cristal líquido guían la luz desde su respectiva capa a la siguiente al cambiar el ángulo de vibración (polarización) natural de ella. Ya cuando llega a la última capa de cristal líquido, la luz llega con el mismo patrón de polarización del último vidrio polarizado y la luz logra salir.

Cuando se aplica un voltaje a las moléculas de cristal líquido por medio de los electrodos, la vía helicoidal que guiaba la luz se destruye y todas las moléculas quedan alineadas de un mismo modo. La nueva vía que recorre la luz no coincide con la dirección de polarización del último vidrio polarizado, por lo tanto, la luz no pasa a través del filtro. El píxel no se prende.

Este desarrollo se ve mejor a través de la siguiente secuencia de la figura 48:

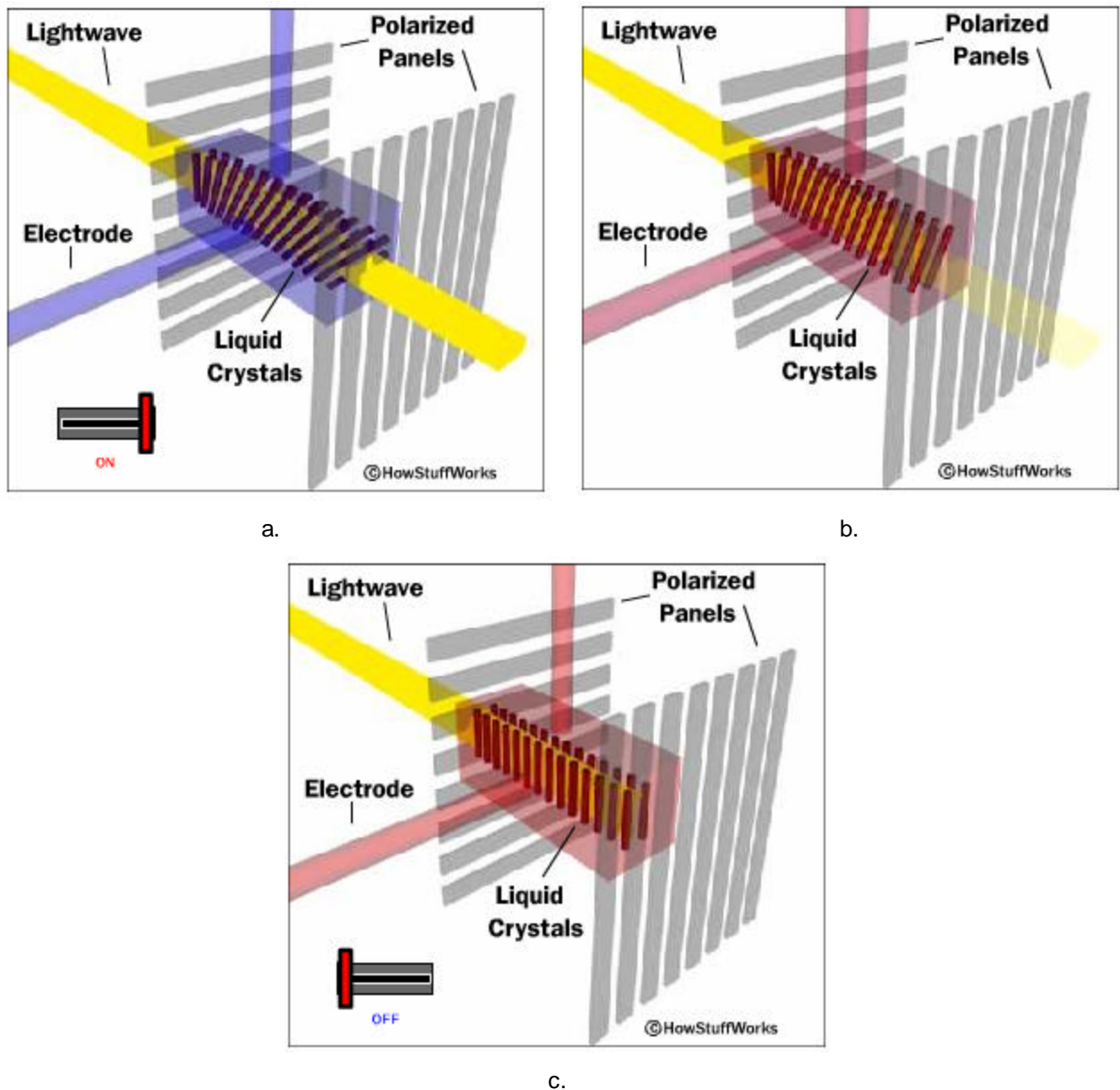


Figura 48. Comportamiento de los cristales líquidos ante la presencia de un campo eléctrico.

FUENTE: HOW STUFF WORKS. How LCD Works. [En Línea] Estados Unidos, 2003

<www.howstuffworks.com>

[Consulta: julio 9 de 2004]

En la figura 48(a) los cristales líquidos no están excitados por un voltaje externo. La vía helicoidal se forma naturalmente y la luz puede pasar. Al aplicarse un campo eléctrico, en la figura 48(b) se aprecia que las moléculas se empiezan a alinear y la luz se vuelve más débil. En la figura 48(c) las moléculas se encuentran totalmente alineadas entre capas y el patrón de polarización final no coincide. La luz no puede pasar.

Los LCD tienen otra división, que se expondrá a continuación:

6.5. Reflectivos y *Backlit*

Las moléculas de cristal líquido no son emisoras de luz. Esta división hace referencia al método que se usa para recoger la luz que va a pasar a través de las moléculas de cristal líquido helicoidal. Y depende del costo.

6.5.1. Reflectivos:

Los LCD reflectivos son los que usan una fuente externa de luz para trabajar. Son muy baratos, se usan en relojes más que todo. El reloj es un buen ejemplo: los números aparecen en donde los electrodos generan una corriente, la cual hace que las moléculas de cristal líquido se alineen y no dejen pasar la luz. La figura 49 hace referencia a este método:

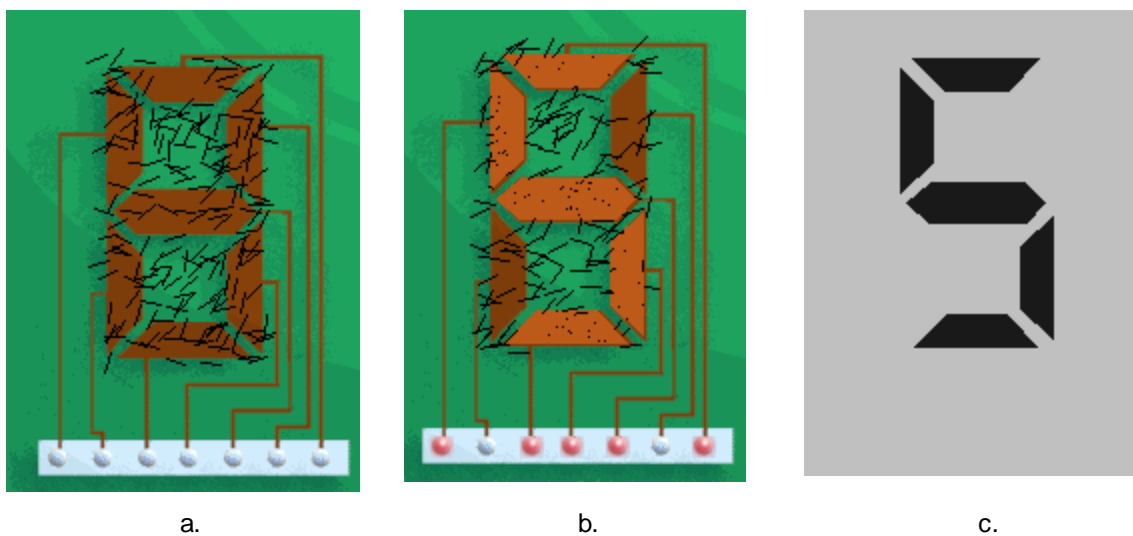


Figura 49. Comportamiento de un LCD reflectivo

FUENTE: HOW STUFF WORKS. How LCD Works. [En Línea] Estados Unidos, 2003

<www.howstuffworks.com>

[Consulta: julio 9 de 2004]

En la figura (a) ninguno de los electrodos está generando un campo eléctrico que altere la estructura helicoidal (representados por unas rayas) del cristal líquido. Los sentidos de polarización coinciden, la luz que entra es la misma que sale reflejada por el vidrio trasero y no se forma número alguno. Ya en la figura (b) se han prendido cinco electrodos y sus correspondientes estructuras helicoidales del cristal líquido se destruyen y no dejan pasar luz. Al no haber reflejo de luz, queda más oscuro que el resto de la pantalla. En a figura (c), se aprecia el efecto final.

6.5.2. *Backlit*:

Estos LCD no dependen de la luz del ambiente. Los LCD *Backlit* tienen una luz fluorescente en la parte trasera. Esta luz se distribuye uniformemente para asegurar un patrón de iluminación igual en cualquier punto. Es esta luz la que viaja a través de las moléculas de cristal líquido. Este tipo de LCD es más caro. La figura 50 muestra un corte transversal de un LCD *backlit*.

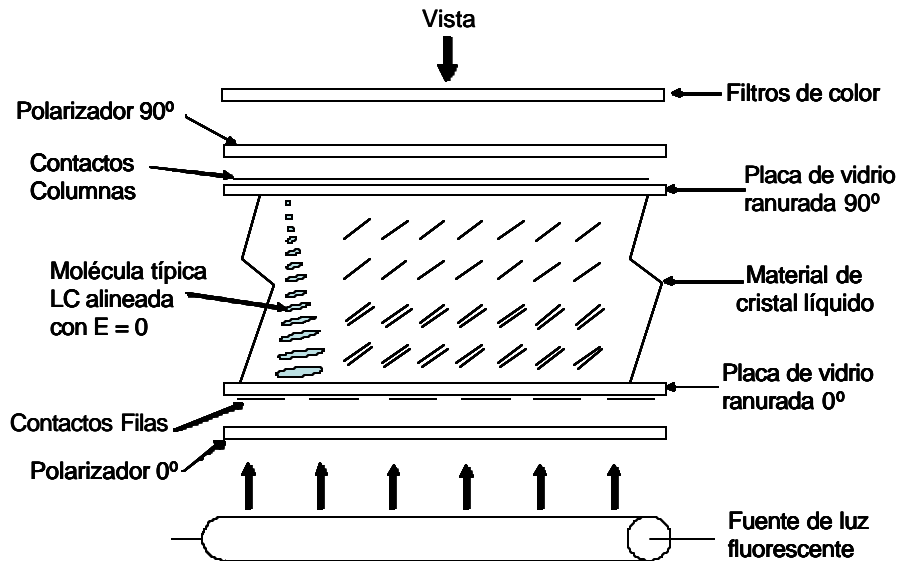


Figura 50. Sección transversal de un LCD *backlit*

FUENTE: LÓPEZ, Marcial. Las Pantallas de Cristal Líquido. [En Línea] Perú, 2004

<<http://aniak.uni.edu.pe/tv/digvdisp.ppt>>

[Consulta: julio 10 de 2004]

6.6. Matriz pasiva y matriz activa

Existe otra clasificación para los LCD. Consiste en el método que usan para excitar las moléculas de cristal líquido.

6.6.1. Matriz pasiva:

Los LCD de matriz pasiva usan una grilla para dar voltaje a un píxel particular en la pantalla. Esta grilla está hecha de dos sustratos de vidrio conductores transparentes. A uno de los sustratos se le asignan las columnas y al otro las filas. Estas filas y columnas están conectadas a un circuito integrado a través de un electrodo, que controla a cual columna o fila se le debe aplicar voltaje y aterrizar a tierra. Entre estas dos placas de sustrato va el cristal líquido. Este se presenta en la figura 51:

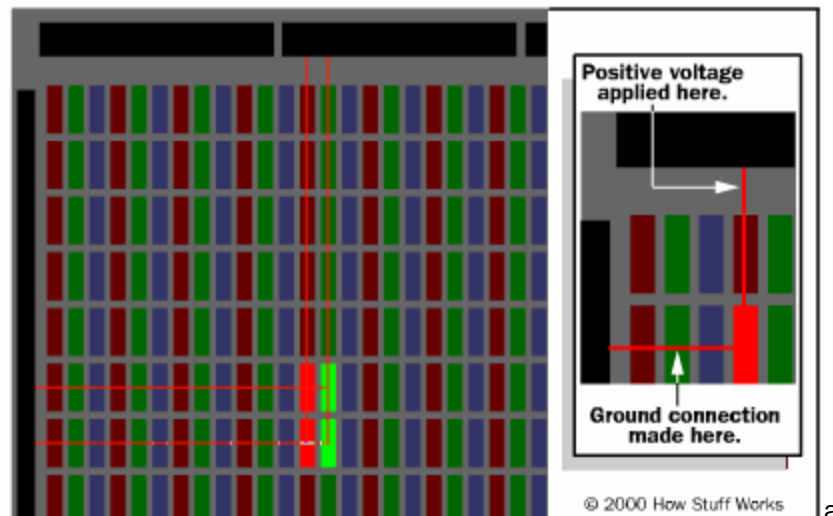


Figura 51. Modo de encendido de píxeles

FUENTE: HOW STUFF WORKS. How LCD Works. [En Línea] Estados Unidos, 2003

<www.howstuffworks.com>

[Consulta: julio 9 de 2004]

Este método es muy práctico pero tiene dos inconvenientes:

- Bajo tiempo de respuesta: se refiere a que el LCD se demora mucho tiempo en refrescar la imagen que se muestra. Se manifiesta en “fantasmas” o remanencia de imagen al generar una animación.
- Control impreciso de voltaje aplicado: hace referencia al efecto de aplicar un voltaje a un píxel determinado y que los cristales líquidos circundantes se vean afectados también y alcanzan a “desenroscarse” un poco. Se manifiesta en una imagen borrosa y de mal contraste.

Estos problemas se solucionen con un LCD de matriz activa.

6.6.2. Matriz activa

Este tipo de LCD depende de unos transistores especiales llamados en inglés *thin film transistors* (TFT). Son pequeños transistores y condensadores que trabajan como un suiche y se soldan en forma de matriz en un sustrato de vidrio. La estructura interna de un LCD de matriz activa se muestra en la figura 52

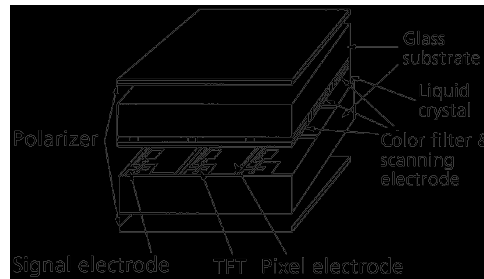


Figura 52. Estructura interna de un píxel en un LCD de matriz activa

FUENTE: UNIVERSIDAD AUTÒNOMA DE MADRID En: Tecnologías de Visualización. España, 2004. <<http://www.ii.uam.es/~siguenza/visualizacion.ppt>>

[Consulta: julio 10 de 2004]

Su funcionamiento es como sigue:

Cuando se ordena a un determinado píxel que se prenda, el sistema de direccionamiento identifica el transistor correspondiente a la columna del píxel que se necesita encender. Por medio del transistor se envía la carga a la columna. Como todas las filas que interceptan las columnas están a potencial cero, sólo el condensador del píxel designado recibe la carga. El condensador retiene la carga hasta el próximo ciclo de refrescamiento. El transistor permite controlar el voltaje que se envía al píxel permitiendo variar la cantidad de luz que puede pasar. De esta forma se crea una escala de grises.

Este tipo de LCD presenta la ventaja de tener un mejor contraste y una respuesta más rápida. Además, es más exacto en la asignación de voltaje a un píxel individual.

6.7. Ventajas sobre pantallas de rayos catódicos

Las pantallas que funcionan con tubos de rayos catódicos (CRT del inglés *Catodic Ray Tube*) se usan todavía, pero ya se está migrando a las pantallas de cristal líquido. Las ventajas que tienen los LCD respecto a las pantallas CRT son:

- 60% menos de consumo de potencia.
- 50% menos de peso.
- 4 veces menos espacio necesario en el escritorio.
- Imagen sin distorsiones en las esquinas.
- Claridad de píxel.
- Influencias magnéticas mínimas.
- No produce calor.
- No exige la vista del usuario.