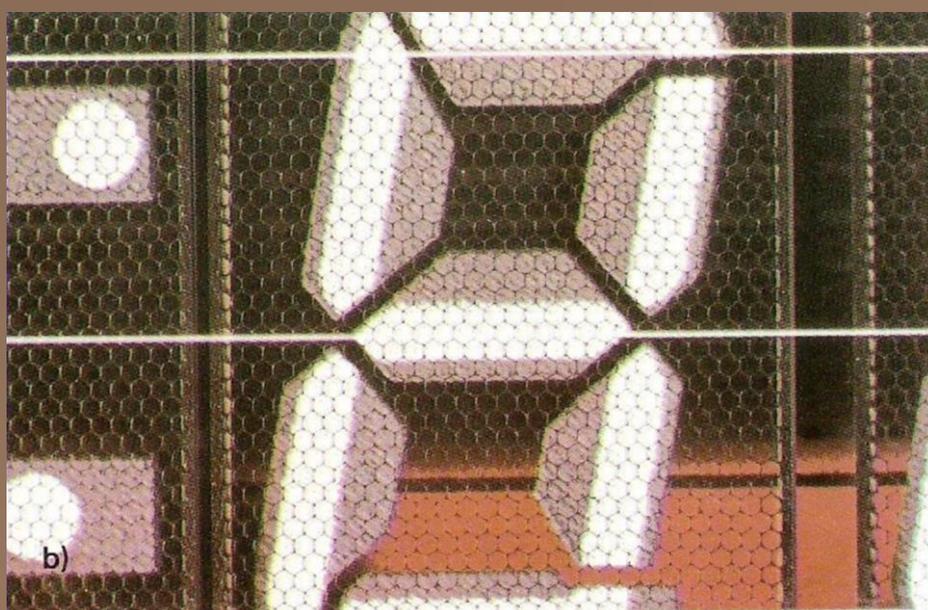
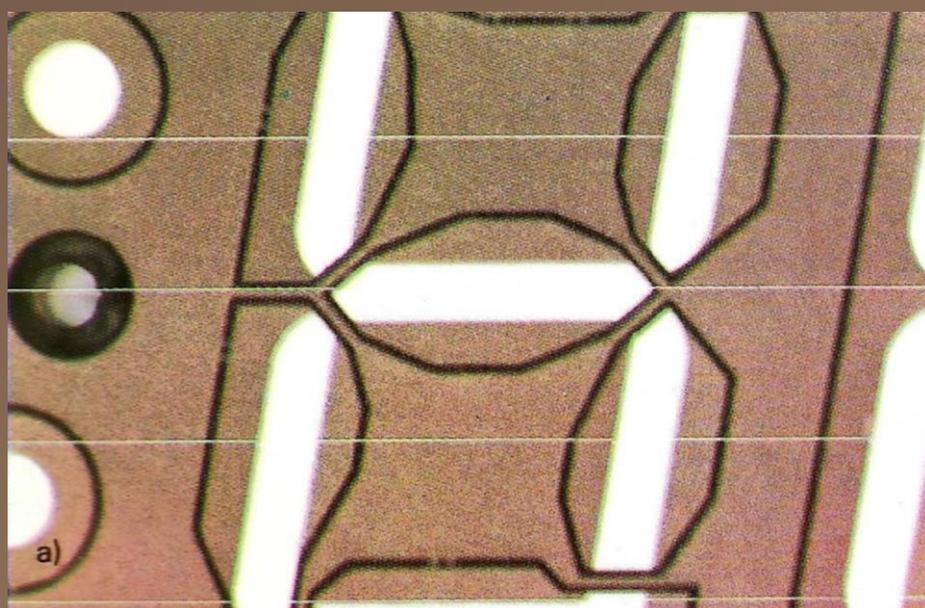


Componentes Optoelectrónicos



INTRODUCCIÓN

Se le conoce con la denominación de **Componentes Optoelectrónicos** a todos aquellos elementos o dispositivos semiconductores capaces de emitir o recibir una radiación luminosa comprendida dentro del espectro visible por los seres humanos o fuera del mismo (infrarrojos). Incluyéndose los componentes sensibles a la luz y cuyo funcionamiento está gobernado por ella.

Se van a considerar también otros dispositivos no semiconductores que aunque no presentan unas propiedades optoelectrónicas como los anteriores, pueden añadirse dentro de este grupo y se trata de los cristales líquidos.

Por último, también se incluyen otros componentes que se emplean como indicadores gráficos (displays), cuya estructura y principio de funcionamiento está basado en una técnica muy similar a las de las válvulas o tubos de vacío.

En resumen van a ser descritos los componentes siguientes:

- Diodos luminiscentes o LED.
- Fotodiodos.
- Indicadores gráficos o displays luminiscentes.
- Optoacopladores.
- Fototransistores.
- Indicadores gráficos o display por cristal líquido.
- Indicadores gráficos o displays fluorescentes.

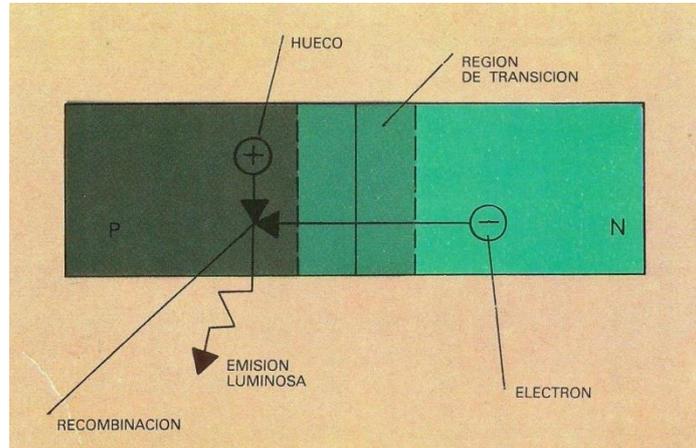
DIODOS LUMINISCENTES O LED

El principio de funcionamiento de los diodos luminiscentes o **LED**, del inglés (*Light Emitting Diode*), consiste en la emisión de una radiación luminosa por un elemento en estado sólido cuando se le somete a una determinada polarización eléctrica, excluyendo los efectos comunes de emisión de luz como consecuencia de la aplicación de una temperatura elevada (filamentos de las bombillas de iluminación doméstica).

El efecto que se va a analizar es la electroluminiscencia de la unión P-N similar en la mayor parte de sus propiedades a la de un diodo convencional.

Este fenómeno fue detectado, de una forma no provocada, en el año 1923 por Lossev cuando realizaba algunos experimentos sobre una unión P-N. Más recientemente, en el año 1962, algunos estudios y experiencias realizadas con el material denominado "**Arseniuro de Galio** (Ga As)" demostraron que era posible obtener unos elevados niveles de emisión luminosa partiendo de uniones P-N. A partir de este momento, varias compañías dedicaron sus esfuerzos a conseguir un diodo luminiscente con un proceso de fabricación que permitiera realizar una elevada producción, con unos costes lo más bajos posibles para llegar a la rápida expansión de este producto que se ha alcanzado en los últimos años.

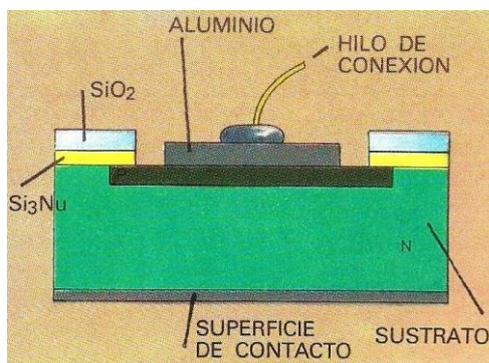
El efecto físico de la emisión de luz se genera en el interior de la unión P-N en el instante en que se produce una **recombinación** de un **hueco** con un **electrón**. La **recombinación** se realiza de la misma forma que se hace con el funcionamiento de un diodo y del transistor; este efecto puede estar o no acompañado de una radiación electromagnética, fruto de la energía liberada durante dicho fenómeno. En el caso de los semiconductores comunes no existe esta radiación y la energía se transforma en calor.



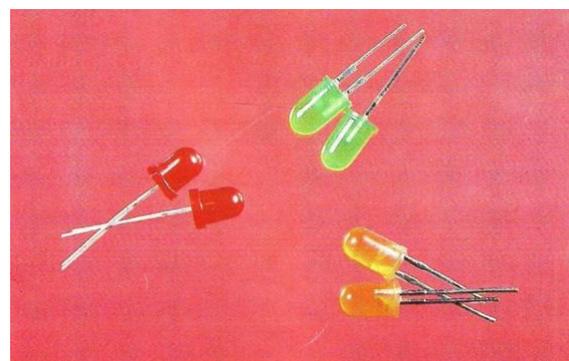
La recombinación entre un hueco y un electrón produce una emisión luminosa.

Los diodos luminiscentes aprovechan este fenómeno y generan radiaciones, comprendidas generalmente dentro del espectro visible, o fuera del mismo como es el caso de los **infrarrojos**. La frecuencia de la radiación depende de los materiales empleados en la unión P-N, con lo que pueden obtenerse diferentes colores, variando la composición de los mismos, según se observa en la siguiente tabla.

Materiales	Longitud de onda (nanómetros)	Color
Ga As	910	infrarrojo
Ga P	560	verde
Ga As ₆₀ P ₄₀	650	rojo



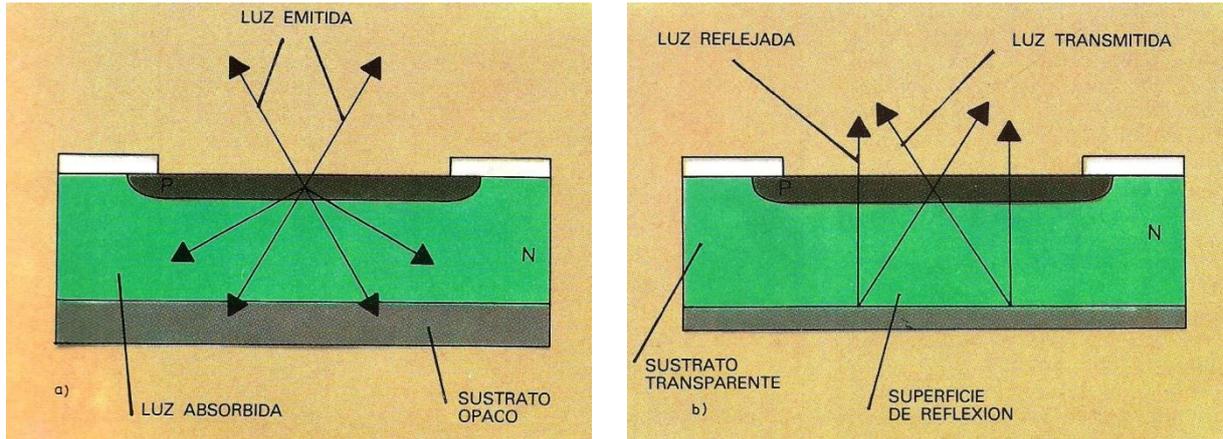
Estructura interna de un LED.



Varios modelos de diodos LED con diferentes colores.

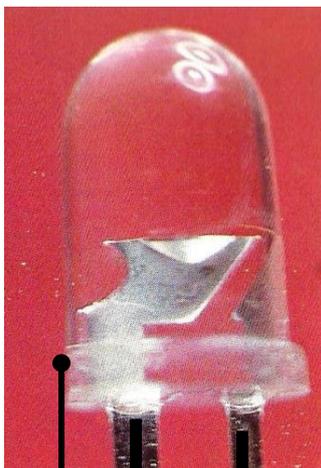
La **eficacia de radiación** luminosa depende fundamentalmente de la **corriente** que atraviesa el LED, así como del **área**, la geometría de la unión semiconductor y el tamaño del contacto eléctrico.

La **transparencia** u **opacidad** del sustrato es también un factor que afecta a la eficacia. En el caso de emplear Arseniuro de Galio (GaAs) se obtiene un sustrato opaco que absorbe una gran parte de la radiación, de forma que sólo se emite la que consigue salir dentro de un cierto ángulo. Por el contrario, si se emplea Fosfuro de Galio (GaP) el sustrato es mucho más transparente, lo que permite utilizar una base reflectora, la cual devolverá una parte muy considerable de la emisión que recibe, mejorando sustancialmente la eficacia. En el primer caso se obtienen rendimientos del orden de 15%, lo que significa que se pierde el 85% de la emisión de luz, sin embargo, para el segundo caso se ha llegado a alcanzar una eficacia del 76%.



La transparencia u opacidad del sustrato es un factor que afecta a la eficacia de radiación. a) Sustrato opaco en baja eficiencia. b) Sustrato transparente con una mayor eficiencia.

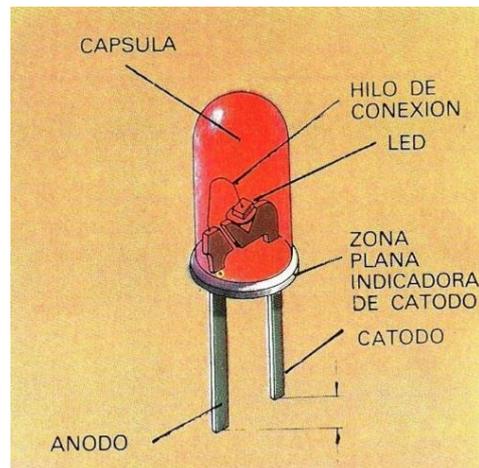
Una gran parte de las aplicaciones de los LED reside en la construcción de pequeñas lámparas, encapsulando el semiconductor en un recinto de plástico con una superficie transparente, situada en la región inmediatamente superior a la unión P-N.



Vista interna de las partes que componen un diodo LED. La superficie de mayor tamaño corresponde al cátodo y la superficie más pequeña o fina es el ánodo.

↓ Cátodo ↓ Ánodo

Zona plana achatada.
Señala que es el cátodo



Vista de las partes que se compone un diodo LED

La indicación de polaridad de los terminales se realiza haciendo que el terminal que corresponde al **ánodo** tenga una longitud mayor que el del **cátodo**. Además, se añade un pequeño aplanamiento en la cápsula en una zona próxima al terminal **catódico**.

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN DIODO LED

Los parámetros que caracterizan el funcionamiento de un LED y que sirven de base para la elección del modelo más adecuado para la aplicación concreta a que se le va a destinar, son los siguientes:

- Eficacia.
- Color.
- Directividad.
- Tensión directa.
- Corriente inversa.
- Disipación de potencia.

La **eficacia** es la relación entre la intensidad luminosa emitida, medida en unas unidades denominadas **milicandelas (mcd)** y la corriente eléctrica en mA que produce dicha radiación. Se representa por **I_v**. Los valores normales oscilan entre los 0,5 y 2 mcd a 20 mA. Pero los de **alta eficiencia** alcanzan hasta las 20 mcd a 10 mA.

El **color** depende de la frecuencia de la radiación, existiendo tres que son los que han estandarizado la mayoría de los fabricantes, se trata del color rojo, verde y amarillo-anaranjado. En el caso de LED de infrarrojos, la radiación no será visible y, por lo tanto, este factor no existirá.

La **directividad** está definida por el máximo ángulo de observación de luz que permite el tipo concreto de LED, respecto al eje geométrico del mismo. Este parámetro depende de la forma de encapsulado, así como de la existencia o no de una lente amplificadora incluida en el mismo. En los modelos de mayor directividad este ángulo es pequeño y tienen la apariencia de producir una intensidad luminosa más elevada que los otros, en los que la luz se reparte sobre una superficie mucho mayor.

Cada modelo de LED dispone de una curva de directividad en la que se representa el nivel de intensidad luminosa en función del ángulo de observación. Esta curva resulta de mucha utilidad para la elección de un modelo determinado.

La **tensión directa** (VF) es la diferencia de potencial que se produce entre los dos terminales del LED cuando le atraviesa la corriente de excitación. Está comprendida entre 1,5 y 2,2 voltios para la mayoría de los modelos.

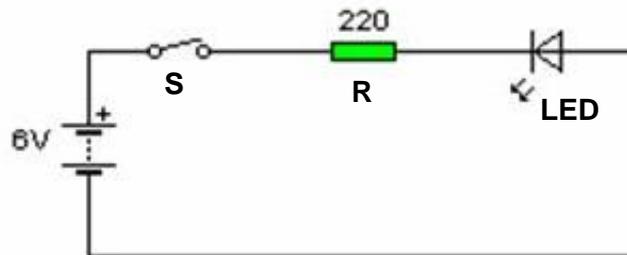
La **corriente inversa** (I_r) es la máxima corriente que es capaz de circular por el diodo LED cuando se le somete a una polarización inversa. Valores típicos de este parámetro se encuentran alrededor de los 10 μA (microamperios).

La **disipación de potencia** es la fracción de la potencia que absorbe el diodo LED y no transforma en radiación visible, teniéndola que disipar al ambiente en forma de calor.

En las aplicaciones clásicas de los diodos LED se necesitan una resistencia en serie con el mismo, con la misión de limitar la corriente que circula por él, absorbiendo la diferencia de potencial entre la fuente de alimentación y la **tensión directa** (V_F). El valor de esta resistencia R se calcula mediante la fórmula siguiente:

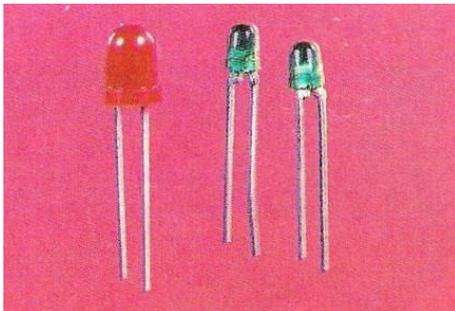
$$R = \frac{V_A - V_F}{I_F}$$

en la que V_A es el valor en voltios de la tensión de la fuente, V_F es la tensión directa ya conocida e I_F es la corriente directa que debe de circular por el LED para alcanzar la intensidad luminosa esperada. La forma exterior de los diodos LED es variada, aunque puede decirse que existen algunas formas y tamaños prácticamente normalizados.

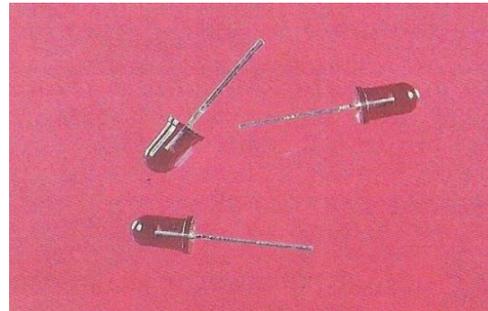


Circuito básico de un led y su simbología.

Existen dos tamaños básicos, denominados T-1 $\frac{3}{4}$ y T-1 en el que el número que sigue a la T indica el diámetro expresado en octavos de pulgada. La lente exterior puede tener una forma semiesférica u otra con una menor altura. En una época más reciente se han realizado otras formas de encapsulado como la rectangular, de un tamaño parecido a la T-1 $\frac{3}{4}$.



Dos tipos de LED con tamaños diferentes



Modelo de LED de radiación infrarroja.

Los diodos luminiscentes aprovechan este fenómeno y generan radiaciones, comprendidas generalmente dentro del espectro visible, o fuera del mismo como es el caso de los **infrarrojos**.

En el caso de los diodos LED **infrarrojos** éstos no generan radiaciones dentro del espectro visible externo, más bien, emiten una frecuencia que son utilizadas principalmente para todas aquellas relacionadas con el control a distancia de aparatos eléctricos, para evitar que sufran alteraciones producidas por la luz solar o artificial.

Recuerda que...

Al encenderse un diodo LED no ocasiona ningún aumento de temperatura en el interior del mismo, ya que la radiación luminosa no proviene del calentamiento de ningún material.

El fenómeno interno causante de la radiación luminosa en un diodo LED es la recombinación de huecos o portadores de carga positiva con los electrones con carga negativa, neutralizándose ambas cargas y produciendo una emisión de energía en forma electromagnética.

El factor que determina el color de la luz emitida por un LED es la frecuencia de la radiación electromagnética producida.

La frecuencia de radiación y el color del LED dependen del material empleado, ya que cada material o compuesto de ellos presenta una frecuencia fija e invariable de emisión.

Afecta el sustrato semiconductor, sobre el que se genera la unión P-N sobre la eficiencia, ya que dependiendo de su transparencia, da lugar a una mayor o menor absorción de la luz generada.

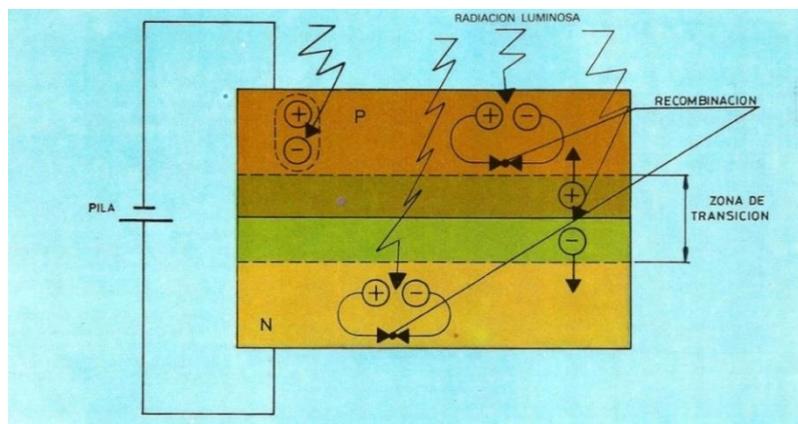
Las aplicaciones que pueden tener los diodos LED de infrarrojos, cuya radiación no es visible, son principalmente todas aquellas relacionadas con el control a distancia de aparatos eléctricos, para evitar que sufran alteraciones producidas por la luz solar o artificial.

LOS FOTODIODOS

Los fotodiodos son unos dispositivos semiconductores contruidos a base de una unión **P-N**, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja.

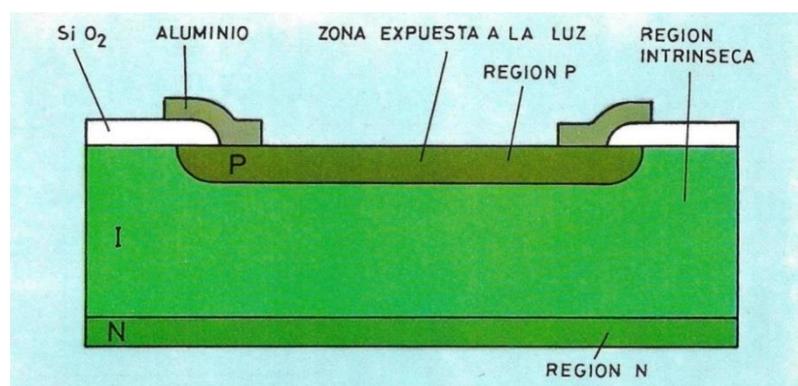
Su funcionamiento está basado en el fenómeno inverso de los LED, es decir, que en este caso se produce una separación de **huecos** y **electrones**. Como consecuencia de la absorción de la energía de la luz incidente sobre la estructura del semiconductor.

Suponiendo un **fotodiodo** inversamente polarizado por la acción de una tensión exterior, se generará en el mismo una **región de transición**, similar a la del caso de un diodo convencional, en las zonas próximas a la superficie de contacto entre el lado **P** y el **N**. En ésta región es donde estará aplicada la gran mayoría de la tensión externa ya que es la zona de máxima resistencia de la estructura. Si el **fotodiodo** recibe una radiación luminosa, se producirá la separación de cargas, antes citadas, en cualquiera de las tres regiones: **P**, **región de transición** y **N**.



En las zonas **P** y **N**, estas cargas se **recombinarán** ya que no existe una tensión eléctrica que las pueda hacer circular, por lo tanto no ejercerán ninguna influencia. Sin embargo, las cargas eléctricas, en forma de **huecos** y **electrones** producidas en la región de transición se separarán rápidamente, forzadas por la tensión aplicada, dirigiéndose los **huecos** hacia el lado **P** y los **electrones** hacia el lado **N**, dando lugar a la circulación de una corriente eléctrica.

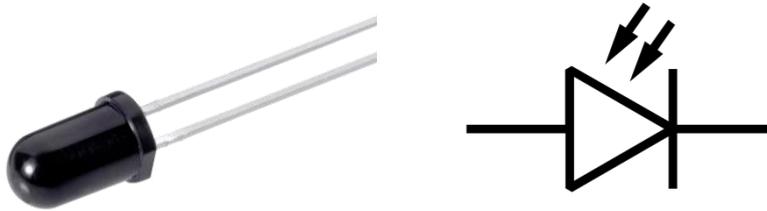
Este fenómeno será tanto mayor cuanto más ancha sea la región de transición, por lo tanto en la fabricación de estos componentes se recurre a producir una zona de elevada resistividad a base de introducir entre la región **P** y la **N** una tercera zona semiconductora sin "dopar" o en estado intrínseco **I**, formándose un diodo **P-I-N**.



La estructura geométrica del **fotodiodo** es vertical, de forma que la capa **N** es la inferior, sobre ella se encuentra la zona **I** y en la parte superior la **P**, por lo tanto la luz incide en ésta última capa que debe de ser atravesada para poder alcanzar la zona “activa”.

Como puede deducirse, la aplicación de estos componentes en los circuitos se realiza de forma que queden inversamente polarizados, con lo que producirán una cierta circulación de corriente en los momentos en que sean excitados por la luz exterior.

Una característica destacable en los **fotodiodos** es su capacidad de comportarse como **células fotovoltaicas**, es decir que en ausencia de una tensión exterior, generan un débil potencial con el positivo en el **ánodo** y el negativo en el **cátodo**.



Encapsulado de un fotodiodo y su simbología.

Otro de los dispositivos semiconductores muy utilizados y que son también sensibles a la incidencia de la luz visible, son los **fototransistores**.

Un **fototransistor** es un transistor sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos. La luz incide sobre la región de base, generando portadores en ella. Esta carga de base lleva el transistor al estado de conducción. El fototransistor es más sensible que el fotodiodo por el efecto de ganancia propio del transistor. Posee dos o tres terminales.

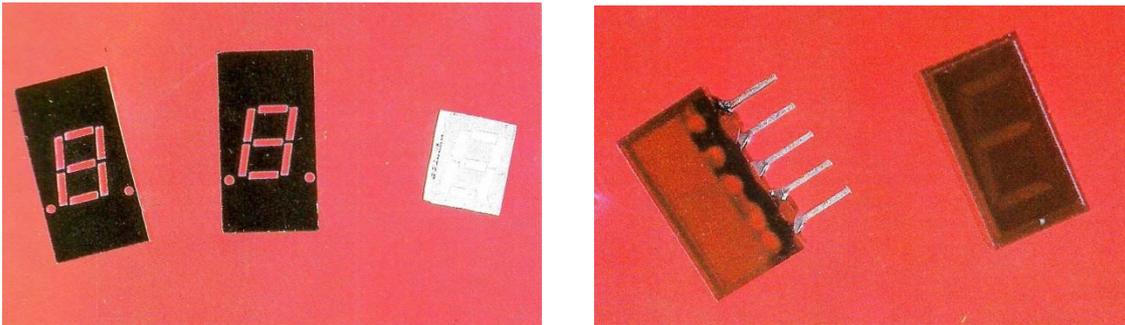


Encapsulado de un fototransistor y su simbología.

LOS DISPLAYS

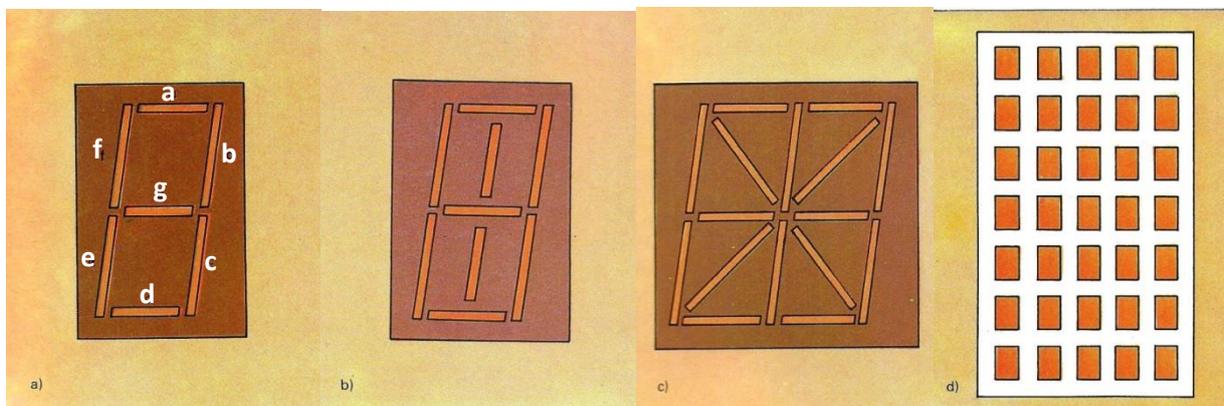
Los **displays**, termino cuya traducción puede ser la de presentadores o indicadores gráficos, son unos componentes cuya función principal es la de ofrecer indicaciones de números, ilustraciones, imágenes o símbolos. Su aplicación principal es, entonces, la de facilitar las comunicaciones hombre-máquina.

Existen varias tecnologías para la fabricación de **displays** siendo la basada en los **LED**, una de la más importante hasta la fecha, aunque actualmente tiende a ser desplazada por el fuerte desarrollo de los dispositivos fluorescentes y de cristal líquido (**LCD**).



Varios modelos de displays de un solo dígito con diferentes tamaños. Todos responden a la estructura de siete segmentos.

Los **displays**, a base de LED, se fabrican en una gama muy amplia de formas y tamaños. Una de las más extendidas de representación es la de **siete segmentos** formados por un conjunto de trazos rectos, que contienen un LED cada uno, con una estructura geométrica similar a un 8. Los segmentos se designan con las letras a, b, c, d, e, f y g. Esta forma de displays permite representar todos los números pero presentan muchas limitaciones a la hora de reproducir caracteres alfabéticos siendo de fácil utilización desde el punto de vista electrónico, existiendo incluso circuitos integrados que transforman una señal decimal a la necesaria para el encendido de los segmentos. Una extensión de este modelo es el de nueve segmentos que presenta mayor capacidad de representación alfabética, llegando al modelo de 16 segmentos que permite realizar la totalidad de los caracteres alfanuméricos, aunque no ha sido muy aceptado en la práctica.



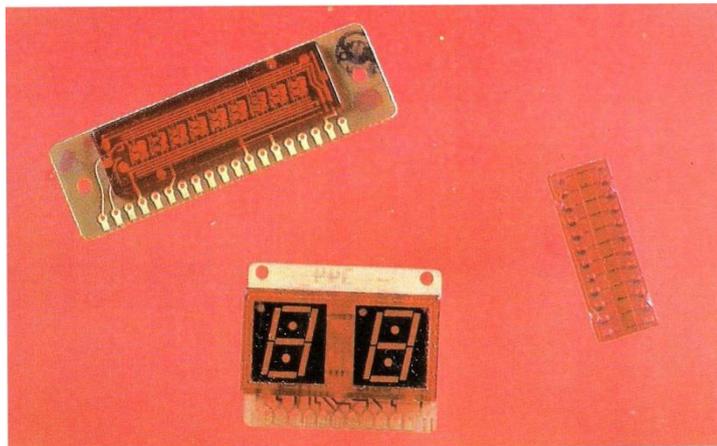
Diferentes formas de representación de caracteres: a) 7 segmentos. b) 9 segmentos. c) 16 segmentos. d) Matriz 5x7 puntos.

Otros **displays** están realizados a base de puntos, conteniendo un LED, que aumenta las posibilidades de representación a costa de una mayor complejidad electrónica para realizar su excitación.

Además de los **displays** individuales de un solo dígito o carácter, hay otros en los que se agrupan varios caracteres sobre una misma base, existiendo modelos que alcanza los 15 dígitos.

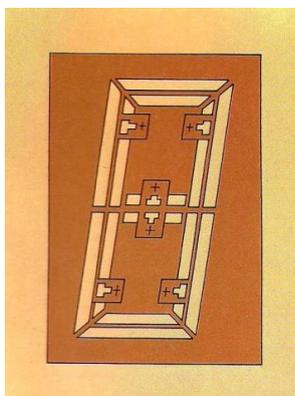
La construcción de estos displays múltiples se realiza en dos posibles formas:

1. A base de LED independientes, interconexionados entre sí por un circuito impreso que realiza también la función de soporte mecánico de la estructura.

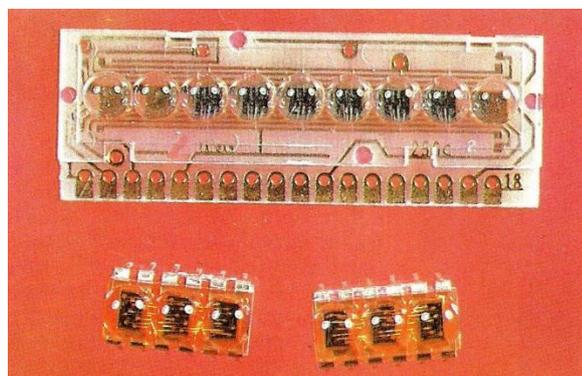


Displays de varios dígitos. Están contruidos sobre un circuito impreso soporte.

2. En forma **monolítica** en la que los segmentos individuales de cada dígito están formados a partir de un único sustrato de **GaAsP**, que se sitúa sobre un circuito impreso soporte junto con el resto de dígitos, estando todos interconectados mediante unos hilos que los enlazan eléctricamente a las pistas de circuito base. Los displays **monolíticos** suelen incorporar una lente plástica que les recubre por la zona visible, aumentando el tamaño del carácter, ya que éstos no suelen superar los 4,5 mm.



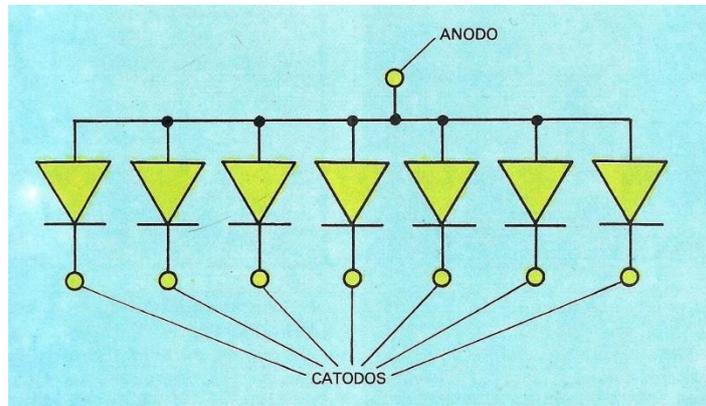
Estructura de un dígito en un display monolítico.



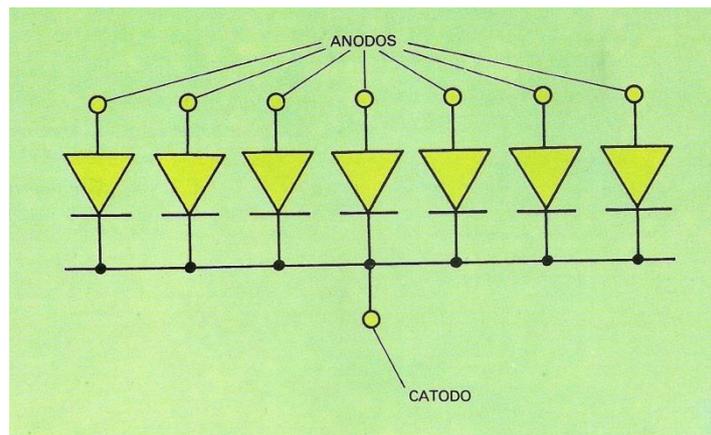
Dos diferentes modelos de displays monolíticos. Todos presentan una lente amplidora del tamaño del dígito.

Las conexiones internas entre los LED que componen el segmento suelen realizarse en dos formas básicas:

- **Ánodo común**, en la que todos los ánodos están unidos entre sí, realizándose la conexión individual a través de los cátodos.
- **Cátodo común** que es similar a la anterior pero invirtiendo los papeles entre cátodo y ánodo.



Conexión de un display de siete segmentos en la configuración de ánodo común.

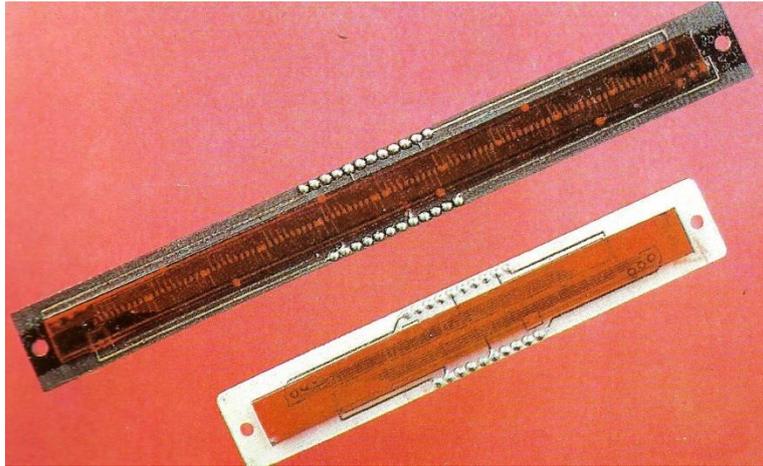


Conexión de un display de siete segmentos en la configuración de cátodo común. Cada diodo representa un segmento.

Las características que normalmente deben tenerse en cuenta en la elección de un tipo determinado de display son las siguientes:

- Número de dígitos o caracteres.
- Composición de los caracteres segmentos o puntos.
- Tamaño de los caracteres.
- Colores de los segmentos o puntos de entre los tres posibles: rojo, verde y amarillo.
- Eficiencia: expresada en milicandelas (mcd) para una corriente determinada de excitación, elegida de entre alta eficiencia o normal.

Existen, además de los displays que representan caracteres, otro sistema a base de LED en forma de una línea horizontal de una determinada longitud denominada “**Bargraph**” en la que puede controlarse el largo del trazo encendido a base de excitar un número mayor o menor de LED. Su construcción es similar a la de los displays de varios caracteres. En algunas aplicaciones de los displays se necesita recurrir a utilizar unos filtros ópticos situados sobre la superficie visible, con objeto de mejorar el contraste y la definición de los segmentos, estos filtros realizados en plástico permiten únicamente la transmisión de una frecuencias determinadas que deben coincidir con la emisión de los LED, evitando al mismo tiempo que la luz incidente perjudique la visibilidad de los caracteres.



Dos displays del tipo Bargraph con diferentes longitudes.

Recuerda que...

La luz afecta al fotodiodo produciendo una separación de cargas positivas (huecos) y negativas (electrones) en el interior del semiconductor.

La región de transición es la zona de máxima caída de tensión del diodo, con polarización inversa.

El diodo P-I-N está formado por tres regiones semiconductoras, una P, una N y otra situada entre las dos anteriores en estado intrínseco I.

El display monolítico es aquel en que los segmentos que componen cada dígito están formados a partir de un único sustrato, a diferencia del tipo convencional realizado a base de LED independientes por segmento.

El display de cátodo común es aquel en el que todos los dígitos y segmentos que le forman tienen los terminales catódicos unidos entre sí, saliendo al exterior en forma de terminal común.

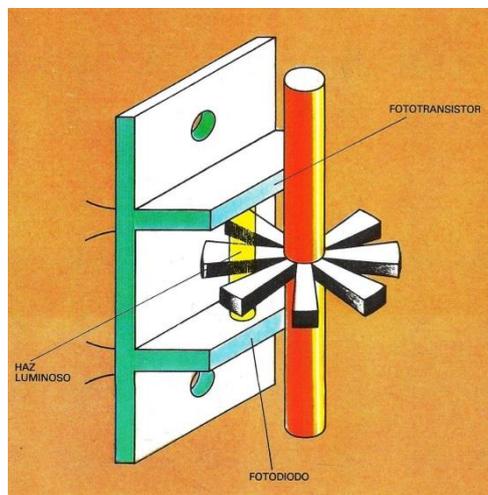
Las aplicaciones que puede tener un Bargraph es la de indicación de niveles de líquidos, termómetro e indicadores de sintonía en receptores de radio.

OPTOACOPADORES

Los componentes denominados **Optoacopladores** u **Optoaisladores** están formados por un elemento emisor de luz, que suele ser un diodo LED en la mayoría de los casos y un receptor o detector de esa radiación luminosa, que puede consistir en un **fotodiodo** o un **fototransistor**.

Existen una amplia gama de combinaciones entre estos elementos con diferentes formas de encapsulados, obteniendo así una gran variedad de posibilidades en la elección de características de entrada, salida y acoplamiento.

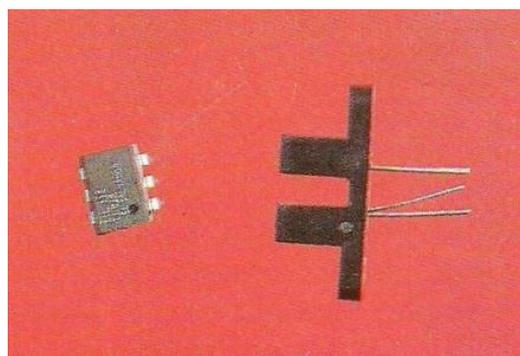
Sus principales aplicaciones residen en el acoplamiento entre dos etapas de un circuito electrónico, entre las que debe existir un elevado aislamiento eléctrico. También se emplea, en algunos de los posibles modelos, para detectar el movimiento de motores o de piezas que giran, accionadas por éstos.



Aplicación de un optoacoplador para medir la velocidad de un eje de giro.

El modelo más generalizado consta de un diodo **LED** situado a muy corta distancia de un fototransistor, estando ambos dispuestos en un encapsulado común cuya forma exterior es la de un cuerpo rectangular con seis terminales dispuestos en dos filas paralelas (Dual-in-Line). Dos de estos terminales corresponde al ánodo y cátodo del LED y dos o tres de los restantes serán los puntos de conexión del fototransistor según exista o no una conexión eléctrica con la base.

Otro tipo de capsula, muy diferente de la anterior, es en la forma de una **U**, con los elementos emisor y receptor situados en los brazos verticales, de forma que pueda interrumpirse su acoplamiento óptico mediante cualquier objeto plano y opaco que se introduzca entre ambos. Los terminales de conexión aparecen, por separados en la zona interior.



Dos modelos diferentes de Optoacopladores. El de la izquierda es del tipo Dual-in Line con seis patillas. El de la derecha del tipo U permite la interrupción del acoplamiento introduciendo un objeto opaco entre los dos brazo.

Las principales características que se han de tomar en consideración a la hora de elegir un tipo determinado son las siguientes:

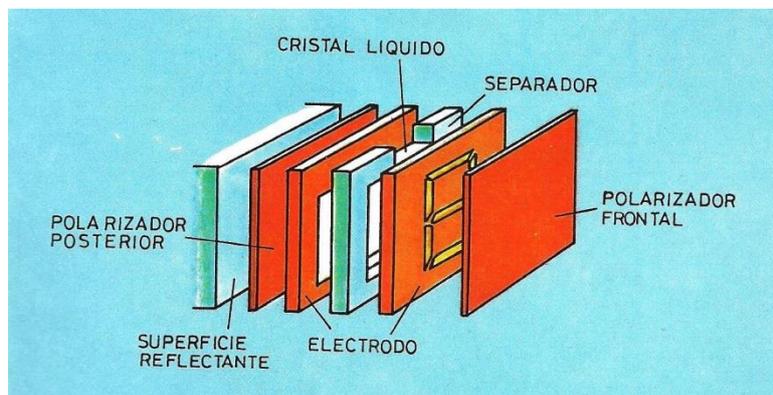
- Tensión directa del LED. V_f
- Tensión inversa máxima del LED. V_r
- Corriente directa del LED. I_f
- Tensiones máximas del fototransistor. BC_{ceo} , BV_{cbo} .
- Corriente de oscuridad. I_{co}
- Relación de transferencia del LED. Transistor CTR (%).
- Aislamiento LED-Transistor.

De todas las características anteriores es de destacar la relación de transferencia entrada-salida (LED-transistor) **CTR** (del inglés *Current Transfer Ratio*). Se define por la relación o cociente entre la corriente de salida y la de entrada y se expresa como un porcentaje de esta última.

Para clarificar lo mejor posible este parámetro supongamos un optoaislador por el que circula una corriente de 5mA a través del LED. Esta corriente genera otra en el transistor de 10mA. El **CTR** será por lo tanto la relación entre éstos dos valores, es decir: $CTR=10/5=2$ o bien el 200%.

DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD)

Además de los componentes optoelectrónicos basados en las propiedades de los semiconductores como emisores y receptores de radiaciones luminosas, existen otros dispositivos no basados en estos efectos que también son muy empleados en la práctica. Uno de estos elementos es el **Display de Cristal Líquido (LCD)**.



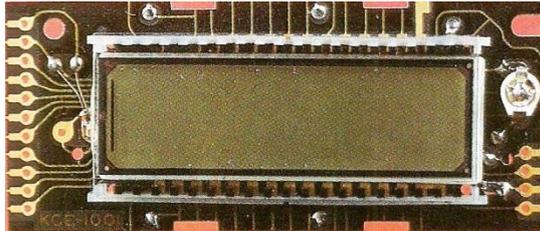
Estructura y composición de un display de cristal líquido

El fenómeno electro-óptico del cristal líquido es un descubrimiento muy reciente que se remonta al año 1970 en el que *Shadt-Helfrich* descubrió que algunos líquidos formaban cristales polarizadores de la luz cuando se les sometía a una diferencia de potencial.

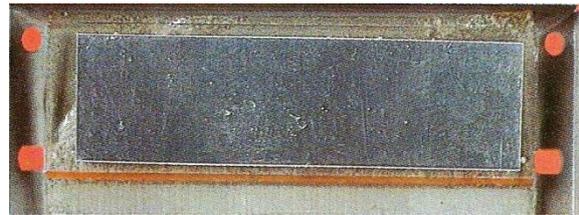
El desarrollo industrial de este descubrimiento fue muy rápido ya que a partir del año 1973 han aparecido en el mercado una gran variedad de displays de este tipo, aplicados a relojes digitales, calculadoras e instrumentos de medida.

El fenómeno del **LCD** está basado en la existencia de algunas sustancias que se encuentran en estado sólido y líquido simultáneamente, con lo que las moléculas que les forman tienen una capacidad de movimiento elevado, como en los líquidos, presentando además una tendencia a ordenarse en el espacio de una forma similar a los cuerpos sólidos cristalinos.

El display o visualizador **LCD** está formado por una capa muy delgada de cristal líquido del orden de 20 micras (1 micra = 0,001mm) encerrada entre dos superficies planas de vidrio sobre las que están aplicados unos polarizadores ópticos que sólo permiten la transmisión de la luz según un plano horizontal o vertical.

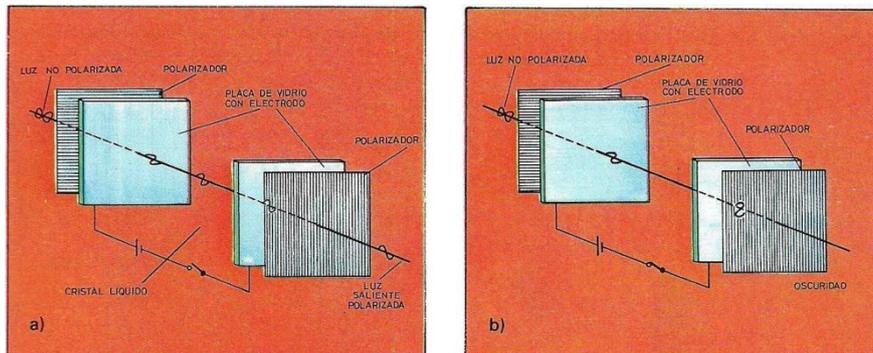


Aplicación de un display de cristal líquido incorporado en un reloj digital modular.



Display de cristal líquido utilizado en una calculadora.

El cristal líquido ejerce una acción de cambio de polarización de la luz incidente en un ángulo de 90° , por lo tanto si la luz entra con polarización horizontal, es girada 90° por el cristal y si encuentra un polarizador vertical situado en el vidrio posterior, podrá pasar a través del mismo. Si se aplica una determinada tensión eléctrica entre las superficies que encierran al cristal, las moléculas del mismo dejarán pasar la luz sin introducir ningún cambio sobre la misma, entonces al llegar al polarizador posterior será detenida, comportándose el conjunto como un cuerpo opaco.



Esquema de funcionamiento de un cristal líquido. a) Sin tensión aplicada, la polarización de la luz gira 90° saliendo por la zona de la derecha. b) Con tensión, no se produce ningún giro y la luz no puede atravesar el dispositivo.

Los electrones situados sobre las superficies planas del cristal de disponen en forma de segmentos rectos para poder ser excitados por separado y permitir la representación de caracteres numéricos e incluso alfabéticos, pudiendo realizarse cualquier gráfica o imagen según el diseño particular de cada cliente (**custom design**).

Existen tres tipos de displays **LCD**: Transmisivos, Reflectivos y Transflectivos.

Los primeros de ellos, **LCD Transmisivos**, responden a la estructura descrita anteriormente, en la que existen dos caras y la luz les atraviesa de un lado a otro.

Los **LCD Reflectivos** poseen una superficie reflectante situada sobre la cara posterior, reflejando hacia adelante la luz que llega a ella. Este modelo es el más conocido dada su amplia utilización en relojes, calculadoras, etc.

El tipo de **LCD Transflectivo** es una combinación de los dos anteriores, en el que la superficie posterior no es absolutamente reflectante y permite que le atraviese una cierta cantidad de la luz incidente. Una de las grandes ventajas de estos displays es su bajísimo consumo de energía ya que además de la baja tensión de excitación, no consumen apenas corriente (algunos microamperios) por ser dispositivos electrostáticos, con lo que pueden dejarse funcionar permanentemente con pequeñas fuentes de energía como es el caso de los relojes.

La excitación suele realizarse con tensión alterna a una frecuencia de 32 Hz ya que las tensiones continuas provocan que los electrodos se ensucien por el efecto de atracción de moléculas cargadas de impurezas que se acumularían, haciendo que se perdieran progresivamente las propiedades de transmisión de luz.

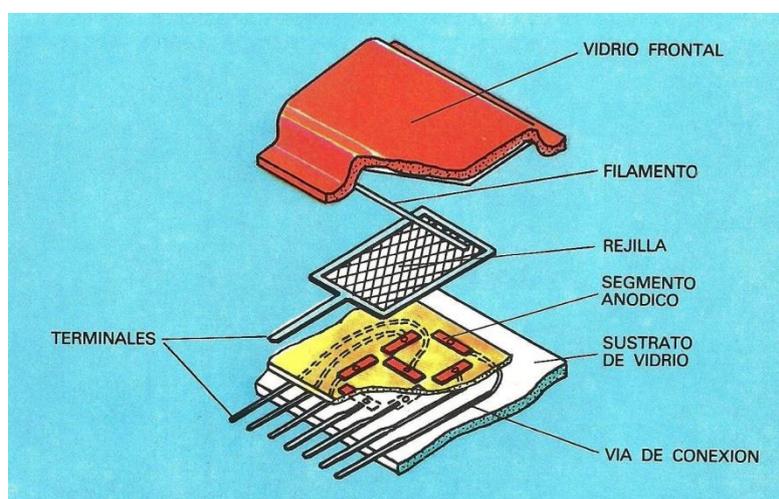
Las características que es necesario considerar en la elección de estos cristales son las siguientes:

- Tensión de funcionamiento (entre 3 y 9 voltios eficaces).
- Frecuencia de excitación (generalmente de 32 Hz).
- Corriente por cm^2 (de 2 a 5 μA).
- Angulo de visión o directividad (generalmente de $\pm 45^\circ$ desde la vertical).

DISPLAY FLUORESCENTE DE VACÍO

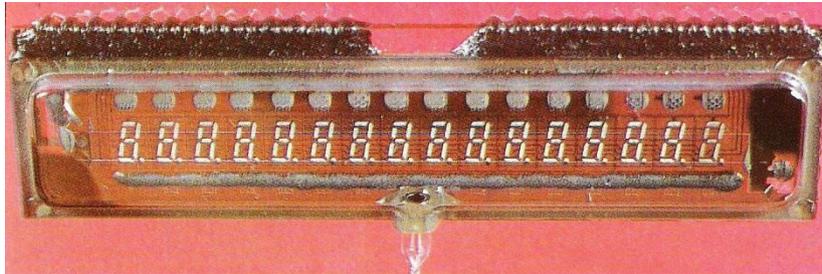
El último dispositivo electro-óptico que se va a considerar es el **display fluorescente de vacío**.

Su funcionamiento está basado en unos principios físicos semejantes a los de una válvula electrónica de vacío del tipo tríodo, en la que se deposita sobre la placa o ánodo una capa de material fluorescente que produce una radiación luminosa cuando es excitado por la corriente electrónica que incide sobre él, este efecto es parecido al de encendido de la pantalla de un tubo de rayos catódicos.



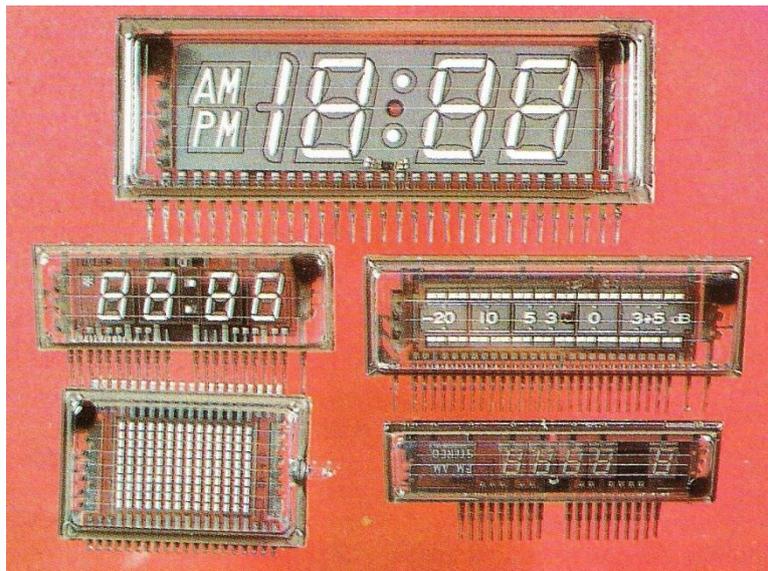
Estructura y composición de un dígito en un display fluorescente.

Éstos se componen de uno o varios filamentos que en forma de hilos muy finos, apenas perceptibles a simple vista, se encuentran próximos a la cubierta de vidrio; sobre cada carácter o dígito y a cierta altura está situada una rejilla individual y en la superficie inferior dispuestos los ánodos también individuales.



Display fluorescente de 16 dígitos

Los dígitos adoptan la estructura clásica de siete segmentos aunque en algunos modelos de displays se incluyan caracteres especiales y en otros casos se realizan diseños adaptados a una aplicación específica tal como los indicadores de hora para relojes, indicadores de sintonía e incluso medidores de nivel de salida de aparatos de sonido con una escala calibrada en decibelios.



Varios modelos de displays fluorescentes con diseños adaptados a una aplicación específica.

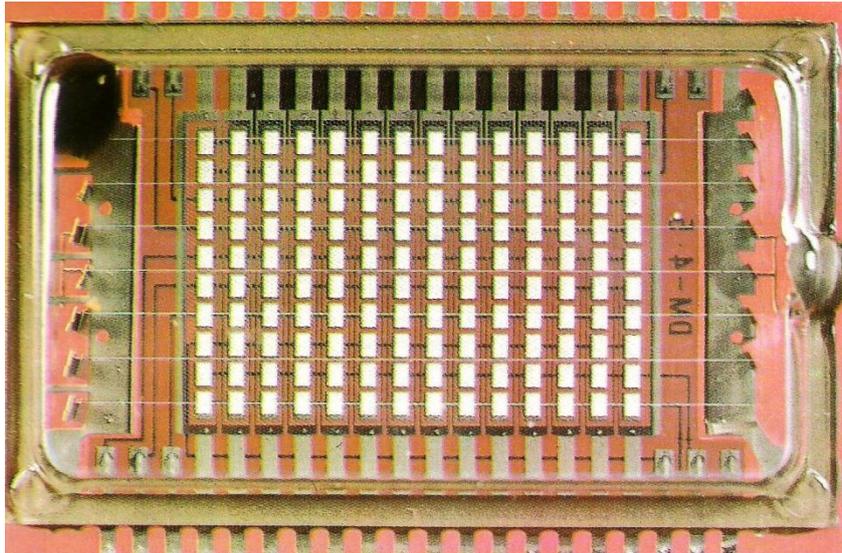
Los ánodos de los segmentos homólogos de cada dígito están unidos eléctricamente adoptando la configuración denominada de ánodo común.

Para realizar su encendido es necesario disponer de una tensión de alimentación del filamento, además de las necesarias para la excitación de rejilla y ánodo de los caracteres que hayan de ser activados en cada momento. Las características que los definen son las siguientes:

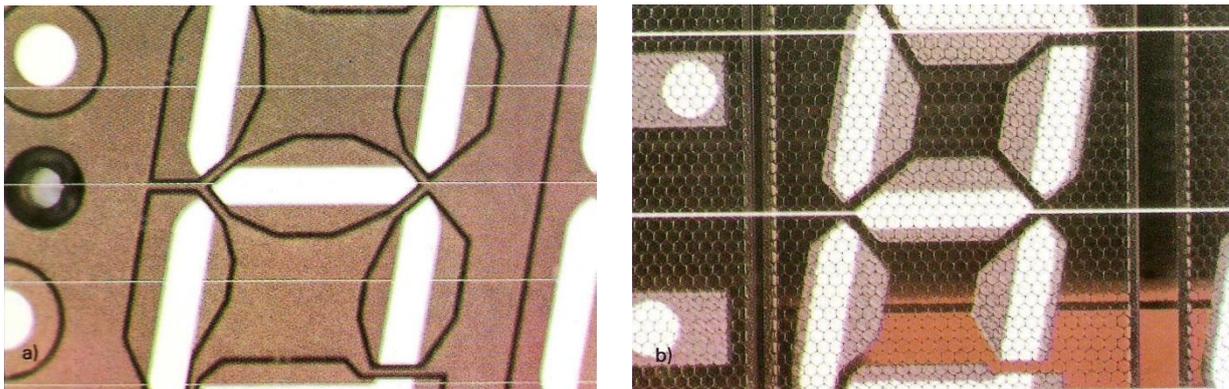
- Tensión de encendido de filamento. E_f (de 3 a 7 V eficaces).
- Corriente de filamento. I_p (de 7 a 100 mA eficaces).
- Tensión de corte o de referencia. E_k (de 5 ó 8V).
- Tensión de polarización de ánodo o rejilla. E_b, E_c (de 15 a 45 V).

- Corriente de ánodo por dígito. I_b (de 1 a 20 mA).
- Potencia consumida. (de 7 a 100 mW/dígito).
- Intensidad luminosa por dígito.

El display completo está contenido en un recinto hermético de vidrio rectangular sellado en el que se ha practicado el vacío. Los terminales de conexión asoman al exterior a lo largo de uno o de los dos bordes laterales del dispositivo, encontrándose además la porción del tubo de vidrio que fue empleado para extraer el aire, durante el proceso de fabricación.



Detalle de un display fluorescente en forma de matriz de 10x14 puntos, con lo que se pueden representar caracteres alfanuméricos o gráficos.



Elementos internos de un display fluorescente. a) Hilos transversales del filamento y ánodos con los segmentos fluorescentes. b) Detalle de la rejilla que cubre cada dígito.

Recuerda que...

La principal aplicación de un optoacoplador u optoaislador es la de conectar dos zonas de circuitos, con diferentes potenciales, de forma que entre ellas se consiga un elevado aislamiento eléctrico.

Existe variación con el tiempo de la relación de transferencia CTR en un optoacoplador, debido al progresivo envejecimiento del material transparente situado entre el LED emisor y el fototransistor, lo que provoca un oscurecimiento del mismo.

El principio de funcionamiento de un display de cristal líquido es el cambio en la polarización de la luz que le atraviesa cuando no hay tensión eléctrica aplicada sobre él.

El bajo consumo de energía de los displays de cristal líquido se debe a la extremadamente débil corriente que les atraviesa, ya que su funcionamiento es prácticamente electrostático.

El encendido de un dígito en un display fluorescente se produce debido a la incidencia del haz de electrones que desprende el filamento, de una forma parecida a la pantalla de un tubo de rayos catódicos.

La función que realiza la rejilla en un display fluorescente de ánodo común es la de seleccionar el dígito o dígitos que se quieren excitar en un instante determinado.