

# COMPONENTES Y CIRCUITOS OPTOELECTRÓNICOS



# Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN
2. COMPONENTES OPTOELECTRÓNICOS
  - 2.1. DIODO EMISOR DE LUZ (LED)
    - 2.1.1. Tipos de encapsulados
  - 2.2. DIODO LASER
  - 2.3. DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO
  - 2.4. DISPLAY DE SIETE SEGMENTOS
  - 2.5. FOTODETECTOR
    - 2.5.1. Fotorresistencia
    - 2.5.2. Fotodiodo
    - 2.5.3. Fototransistor
  - 2.6. OPTOACOPLADORES
  - 2.7. FIBRA ÓPTICA
3. CIRCUITOS OPTOELECTRÓNICOS
  - 3.1. CIRCUITOS CON LEDS
  - 3.2. CIRCUITOS CON DISPLAY DE SIETE SEGMENTOS
  - 3.3. CIRCUITOS FOTODETECTOR CONTROLADOS POR LUZ (LDR)
  - 3.4. OPTOACOPLADORES
4. MONTAJES DE CIRCUITOS OPTOELECTRÓNICOS
  - 4.1. MONTAJES DE CIRCUITOS CON LEDS
  - 4.2. MONTAJES DE CIRCUITOS CON FOTODETECTOR LDR
  - 4.3. MONTAJE DE CIRCUITOS CON FOTODIODO
  - 4.4. MONTAJES DE CIRCUITOS CON OPTOACOPLADORES
  - 4.5. MONTAJES DE CIRCUITOS CON DISPLAY DE SIETE SEGMENTOS

## 1. INTRODUCCIÓN

La óptica y la electrónica han caminado unidas de la mano en numerosas ocasiones. Ello ha dado lugar a la optoelectrónica, que estudia los dispositivos electrónicos capaces de interactuar con la luz visible, infrarroja o ultravioleta, es la rama de la electrónica que trata con la luz. Los semiconductores también juegan aquí un papel fundamental gracias a sus especiales propiedades.

La optoelectrónica se basa principalmente en el estudio de componentes que mediante inducción eléctrica producen una respuesta óptica (luz visible o no) o que mediante una inducción óptica generan una respuesta eléctrica.

Los componentes optoelectrónicos son dispositivos capaces de convertir energía luminosa en energía eléctrica o viceversa. Tienen muchas aplicaciones prácticas, entre las que podemos destacar las siguientes:

- Elementos de visualización
- Control remoto
- Detectores de luz
- Transporte e intercambio de información

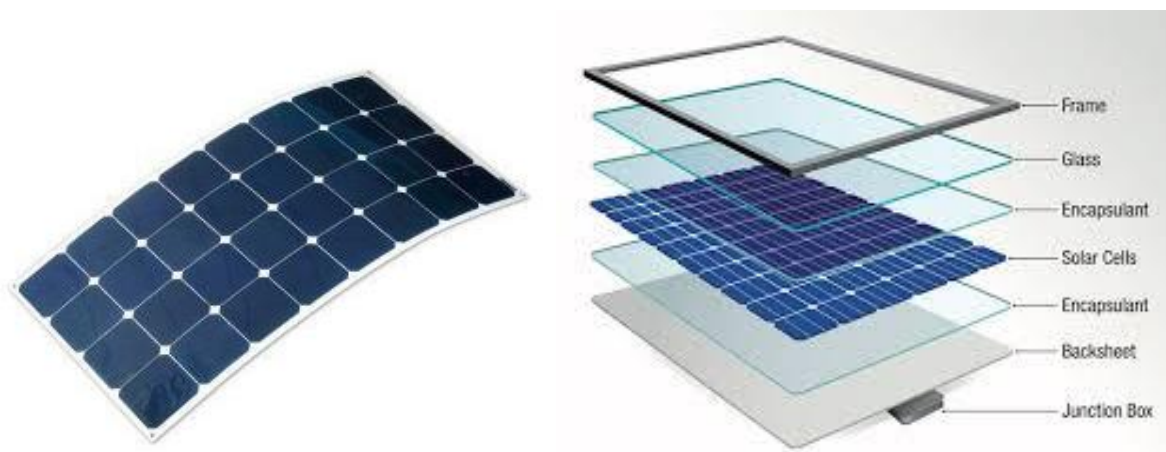
Estos componentes responden a una frecuencia específica de radiación. Básicamente hay tres bandas en el espectro óptico de frecuencias:

- ❖ **Infrarrojo:** Esta banda corresponde a las longitudes de onda de la luz que son muy largas para ser vistas por el ojo humano.
- ❖ **Visible:** Corresponde a las longitudes de onda a las cuales responde el ojo humano. Comprende aproximadamente entre los 400nm y 800nm de longitud de onda.
- ❖ **Ultravioleta:** Longitudes de onda que son muy cortas para ser vistas por las personas.

Cuando la luz incide sobre un componente de célula solar, su energía lumínica es absorbida por los electrones, permitiendo su movimiento y la producción de energía eléctrica. Las células solares se utilizan de forma individual o agrupada en paneles solares fotovoltaicos. En el mismo principio se basan los fotodetectores o los fotodiodos, en los que la incidencia de luz provoca que fluya la corriente eléctrica por un circuito electrónico externo. Su principal uso es como sensores en circuitos automáticos, receptores de infrarrojos, etc.

Una célula solar individual genera un voltaje de circuito abierto de aproximadamente 500 mV (dependiendo de intensidad de la luz) cuando está activo. Las celdas individuales se pueden conectar en serie para aumentar la disponibilidad voltaje terminal, o en paralelo para aumentar la corriente de salida disponible; bancos de células fabricados ya cableados de cualquiera de estas formas se conocen como paneles solares.

La corriente de salida disponible de una célula solar depende de la intensidad de la luz, de la eficiencia de la célula (típicamente solo un pequeño porcentaje), y en el tamaño del área activa de la cara de la célula. Tenga en cuenta que la energía lumínica disponible a nivel del mar suele estar en el rango de 0,5 a 2 kW/m<sup>2</sup> en un día soleado y brillante.



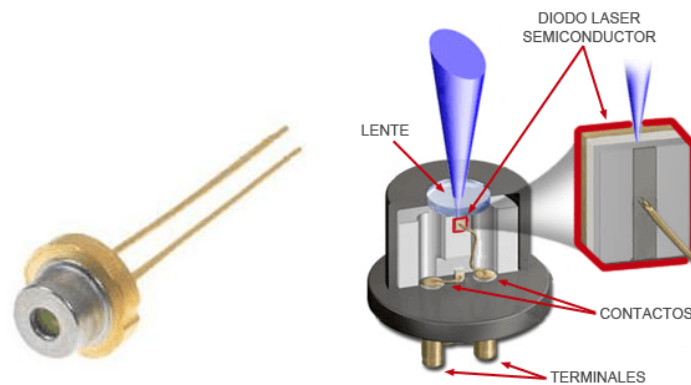
*Panel solar fotovoltaico formado de células solares y su construcción*

En cambio, otros dispositivos optoelectrónicos están basados en el fenómeno inverso, la electroluminiscencia, gracias al cual convierten la energía eléctrica en luz. Al hacer circular una corriente eléctrica por ellos, algunos electrones desprenden energía en forma de luz de un determinado color, que depende de las propiedades del material semiconductor con el que se haya fabricado el dispositivo (en particular de su GAP de energías prohibidas). Ejemplo de ello es el LED (acrónimo del inglés Light-Emitting Diode o diodo emisor de luz), de uso generalizado hoy en día en iluminación doméstica, exterior, señales de tráfico, retroiluminación de televisores y tabletas, mandos a distancia (luz infrarroja), etc.



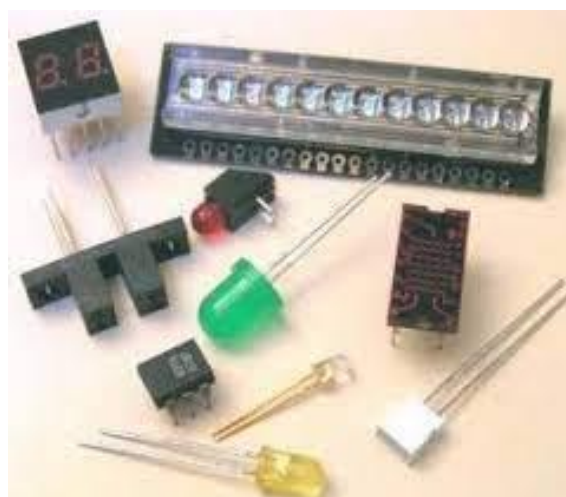
*Diodos LEDs de diferentes formas.*

Los láseres de semiconductor tienen multitud de usos cotidianos. La palabra láser es el acrónimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, es decir, amplificación de luz por emisión estimulada de radiación. Se trata de una fuente de luz que también puede surgir por el mecanismo de luminiscencia en uniones semiconductoras fabricadas de forma especial. La luz así emitida es de gran pureza espectral (color bien definido), coherente y muy direccional, y actualmente es imprescindible en lectores de CD/DVD o Blu-ray, punteros de señalización, impresoras y escáneres, lectores de código de barras, equipos de cirugía, maquinaria industrial o comunicaciones por fibra óptica.



*Constitución de un Diodo Laser*

El mercado de la optoelectrónica crece cada año en todo el mundo. Los dispositivos optoelectrónicos son esenciales en muchos sistemas de seguridad (imágenes de infrarrojos, sensores de movimiento, etc.) pero también se extienden a todos los aspectos de nuestra vida cotidiana, incluyendo los campos de la iluminación, control domótico, la generación de energía, los sistemas de comunicación, la vigilancia del medio ambiente, la salud, etc.



## 2. COMPONENTES OPTOELECTRÓNICOS

Los componentes optoelectrónicos son aquellos cuyo funcionamiento está relacionado directamente con la luz.

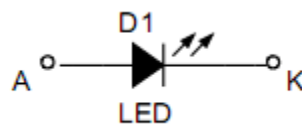
En este capítulo veremos de forma descriptiva los componentes optoelectrónicos más comunes o de más amplia difusión en la industria y en la domótica. Estos se dividen en:

- **Componentes emisores:** Emiten luz al ser activados por energía eléctrica como los diodos LED o los LÁSER (transforman la energía eléctrica en energía luminosa).
- **Componentes detectores:** Generan una pequeña señal eléctrica al ser iluminados como las Fotorresistencias, Fotodiodos, Fototransistores (transforman la energía luminosa en energía eléctrica).
- **Componentes fotoconductores:** Son dispositivos de emisión y recepción de luz que funciona como un interruptor excitado mediante la luz. Los fotoconductores son llamados optoacopladores como el optotransistor, optotiristor, optotriac (no producen transformaciones de energía).

### 2.1. DIODO EMISOR DE LUZ "LED"

Más conocido por sus siglas en inglés, LED (Light Emitting Diode), es básicamente un diodo que realmente tiene el único "efecto secundario" que produce luz mientras recibe corriente eléctrica en sus dos electrodos Ánodo-Cátodo polarizado directamente, positivo Ánodo (A) y negativo Cátodo (K) y controlados por corriente. Fue inventado en 1967 y había sido utilizado estrictamente como un dispositivo indicador.

Su símbolo es el siguiente:



Los diodos emisores de luz, LEDs, son esas pequeñas luces de colores que se ven en los equipos electrónicos, electrodomésticos, juguetes, letreros y muchos otros lugares. Los rojos, azules y verdes son los más comunes, ya que han existido desde hace mucho tiempo. Actualmente, hoy en día, los LEDs están disponibles en muchos colores y desde el rango infrarrojo hasta el ultravioleta.



*Múltiples Diodos LEDs de diferentes colores.*

Por lo general, los diodos LEDs son dispositivos controlados por corriente. Una fuente de alimentación proporciona esta corriente a través de una resistencia limitadora  $R_L$  de corriente. La mayoría de los LED, independientemente de su eficiencia, tienen un valor nominal de corriente de 20 mA, algunas unidades pueden llegar a usar hasta un máximo de 70 mA. Independientemente de la corriente nominal, el LED, debe mantener la corriente dentro de las especificaciones en todas las operaciones. Generalmente los LEDs más convencionales necesitan estar diseñados para trabajar con una corriente de 20 mA. En este caso la corriente se especifica para alcanzar su intensidad nominal.

Los LED están especificados para alcanzar su intensidad nominal a 10 mA. Hoy en día también los hay que trabajan con bajas corrientes y produce una alta intensidad de luz y son aquellos que pueden operar a su intensidad nominal con una corriente de 2 mA.

Los LED blancos son simplemente LED azules con material fluorescente para compensar el resto espectro (más o menos bien, depende del LED). La luz azul bombea el material fluorescente. Por lo tanto, no hay diferencia eléctrica entre los LED azules y los blancos.

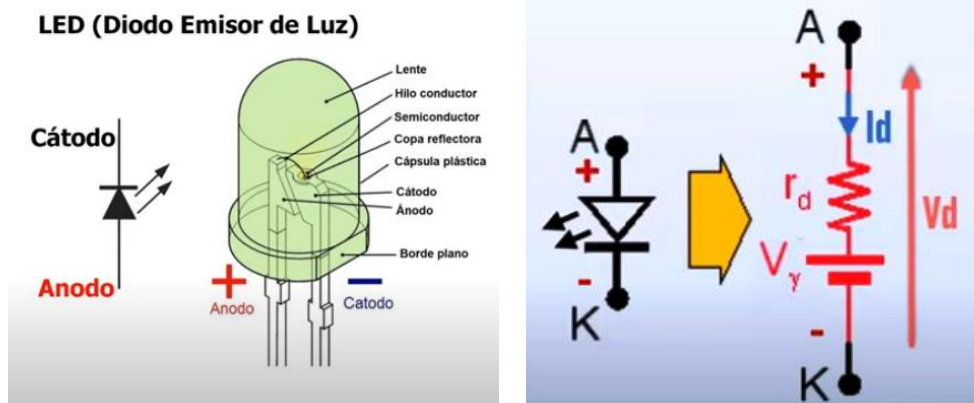


Desde un principio, el LED infrarrojo IR, no visible y formado de GaAs, fue el primer LED original, comercialmente más vendido, utilizándose especialmente para los mandos a distancia. El LED de color rojo visible formado de GaAsP en un sustrato de GaAs, fue también, comercialmente el más vendido, utilizándose muchos para la señalización e indicación en los equipos electrónicos, electrodomésticos, vehículos, etc. Luego vinieron los LED amarillos, después de eso, los LED verdes estuvieron disponibles y posteriormente llegaron los LED azules. Después de la introducción de los LED UV y de "luz blanca" se convirtieron también en los más utilizados.

Por lo tanto, el color del LED depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo, pudiendo variar desde el ultravioleta, pasando por el espectro de luz visible, hasta el infrarrojo, recibiendo éstos últimos la denominación de diodos IRED (Infra-Red Emitting Diode). En la siguiente tabla se muestra las características de cada tipo de LED, indicando también las caídas de voltaje de los diferentes LED a las corrientes de funcionamiento habituales (corrientes "habituales" alrededor de 20 mA):

<b>AsGa</b>	904 nm	<b>IR</b>	1 V
<b>InGaAsP</b>	1300 nm	<b>IR</b>	1 V
<b>AsGaAL</b>	750-850 nm	<b>Rojo</b>	1,5 V
<b>AsGaP</b>	590 nm	<b>Amarillo</b>	1,6 V
<b>InGaAlP</b>	560 nm	<b>Verde</b>	2,7 V
<b>Csi</b>	480 nm	<b>Azul</b>	3 V
<b>Csi</b>	480 nm	<b>Blanco</b>	3 V

Las marcas de polaridad en los LED parecen ser una causa común de confusión. La polaridad puede estar indicada por una sección plana en un lado del cuerpo que corresponde al Cátodo o por la longitud de las patas, una es más corto que el otro, la más larga corresponde al Ánodo. Pero los diferentes fabricantes no son consistentes en cuanto a qué corresponde la marca del Cátodo y al Ánodo. Los LED rectangulares y de otras formas a menudo se basan en las longitudes de las patas como única indicación.



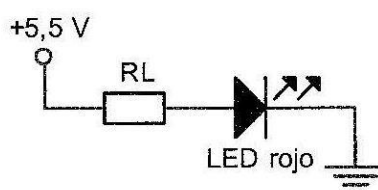
*Símbolo, encapsulado de un LED y circuito equivalente*

Para probar la polaridad del LED, puede conectar el LED a una batería a través de una resistencia de protección limitadora de corriente. Según se conecte la tensión en los extremos de las puntas del diodo LED, se encenderá en una dirección y no se enciende en la otra dirección. Cuando use la batería, tenga cuidado con el voltaje que usas. El voltaje inverso nominal máximo para un LED típico es de aproximadamente 4V, por lo que podría dañarlo si está utilizando una batería de 9V para la prueba.

Cuando se conecta un LED a un circuito antes de aplicar la tensión de alimentación de corriente continua hay que conectarle una resistencia en serie que limite la corriente a lo que es adecuado para LED para no destruirlo. Para ello, se accede a la hoja de datos del LED para determinar cuánta corriente soporta máxima y cuánto voltaje cae cuando fluye la corriente. El valor de la resistencia en serie, en ohmios, se determina mediante la siguiente formula:

$$Resistencia R_L = \frac{\text{voltaje suministro (V)} - \text{voltaje de LED (V)}}{\text{corriente de LED (A)}}$$

El voltaje está en voltios, la corriente está en amperios y la resistencia está en ohmios.





### 2.1.1. TIPOS DE ENCAPSULADOS

Los LEDs nos los podemos encontrar en múltiples encapsulados, entre los que podemos destacar los siguientes:

#### a) Encapsulado simple

Disponible en multitud de estilos (redondo, triangular, cuadrado...) y tamaños.

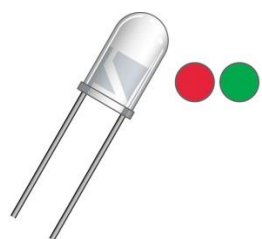
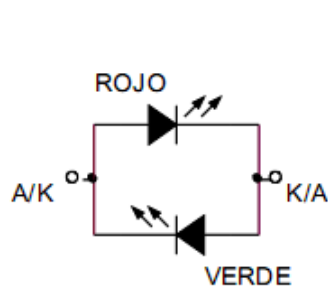


*Diferentes formas de LEDs*

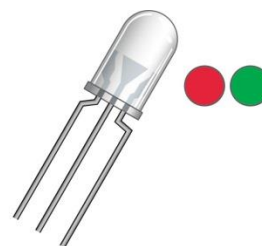
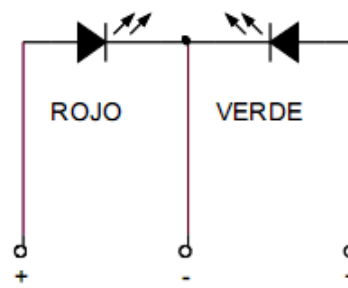
#### b) Encapsulado doble

Se suelen encapsular juntos un LED rojo con uno verde para así obtener LEDs bicolors o tricolores según la configuración.

La siguiente figura de la izquierda muestra un LED bicolor, dependiendo de la polarización lucirá el verde o el rojo, y la figura de la derecha nos representa uno tricolor, pueden lucir por separado el verde o el rojo, o ambos a la vez para obtener el naranja.



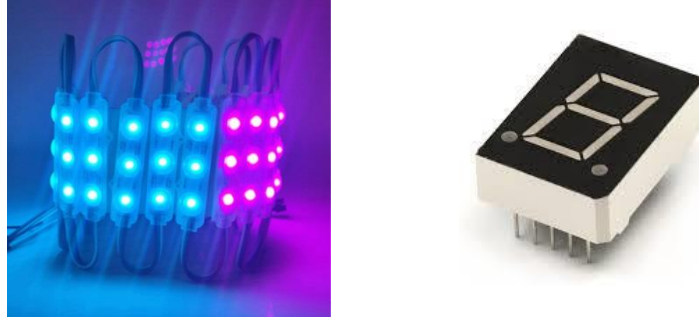
*Diodo LED Bicolor*



*Diodo LED Tricolor*

### c) Encapsulado múltiple

En este caso los LEDs se agrupan formando, barras, matrices o configuraciones para visualizar caracteres alfanuméricos como por ejemplo el visualizador de 7 segmentos que veremos más adelante.

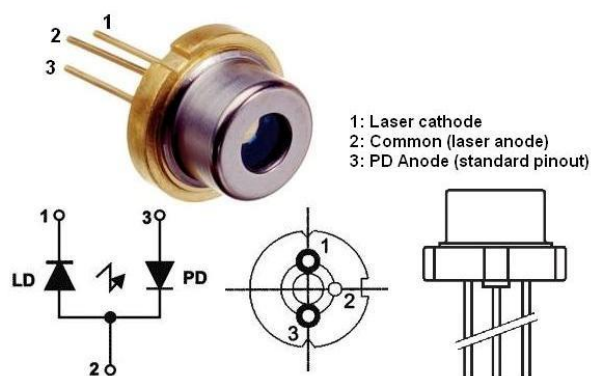


El uso de lámparas con LED en el ámbito de la iluminación (incluyendo la señalización de tráfico) es previsible que se incremente en el futuro, ya que aunque sus prestaciones son intermedias entre la lámpara incandescente y la lámpara fluorescente, presenta indudables ventajas, particularmente su larga vida útil, su menor fragilidad y la menor disipación y consumo de energía, además que para el mismo rendimiento luminoso producen luz de color, mientras que los utilizados hasta ahora tienen un filtro, lo que reduce notablemente su rendimiento.

Los LEDs nos rodean en nuestros teléfonos, automóviles semáforos e incluso en nuestros hogares. Cada vez que se enciende algo electrónico hay una buena posibilidad de que haya un led detrás. Están disponibles en una gran variedad de tamaños formas y colores. El diodo led o diodo emisor de luz tiene un funcionamiento similar al de diodo rectificador, o sea solo deja el paso de corriente en un sentido como indica su símbolo, sin embargo mientras que en un diodo rectificador cuando está polarizado directamente y circula corriente a su través, la potencia eléctrica consumida es disipada toda en calor.

## 2.2. DIODO LASER

Diodo LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Son dispositivos de amplificación de luz por emisión estimulada de radiación. Los láseres son aparatos que amplifican la luz y producen haces de luz coherente; su frecuencia va desde el infrarrojo hasta los rayos X.



*Simbología y patillaje de un diodo Laser*

Entre sus aplicaciones se encuentran:

- Lectura de datos digitales: Lector de discos compactos, lector de códigos.
- Industria: Soldadura láser, temperatura superior a 5500 °C, corte de materiales con haces de gran energía.
- Investigación: Acelerador de partículas, análisis químicos.
- Comunicaciones: Transmisión de datos por fibra óptica.
- Medicina: Operaciones, cirugía correctiva.
- Militar: Guiado por láser para misiles, aviones y satélites.

Las características principales de un diodo láser son:

1. La emisión de luz es dirigida en una sola dirección: Un diodo LED emite fotones en muchas direcciones. Un diodo láser, en cambio, consigue realizar un guiado de la luz preferencial en una sola dirección.
2. La emisión de luz láser es monocromática: Los fotones emitidos por un láser poseen longitudes de onda muy cercanas entre sí. En cambio, en la luz emitida por diodos LED, existen fotones con mayores dispersiones en cuanto a las longitudes de onda.
3. Debido a estas dos propiedades, con el láser se pueden conseguir rayos de luz monocromática dirigidos en una dirección determinada. Como además también puede controlarse la potencia emitida, el láser resulta un dispositivo ideal para aquellas operaciones en las que sea necesario entregar energía con precisión.

Los sensores láser, por su parte, detectarán todo movimiento que se produzca en el rango que sus rayos láser pueden alcanzar.

### 2.3. DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO

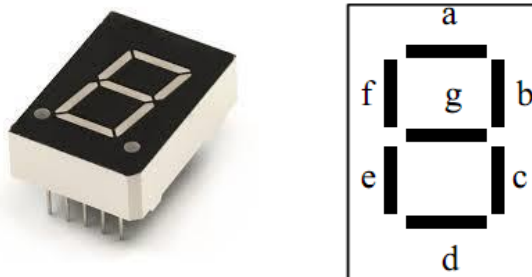
También es más conocido por sus siglas en inglés, **LCD** (Liquid Cristal Display). El cristal líquido no genera luz sino que trabaja con la reflexión de la luz. Son cristales líquidos formados por moléculas alargadas llamadas moléculas **nemáticas** y se alinean con una estructura simétrica. En este estado el material es transparente. Un campo eléctrico provoca que las moléculas se desalineen de manera que se vuelven opacas a la luz. Así, polarizando o no polarizando, podemos alternar con oscuridad o transparencia respectivamente.



La ventaja principal es su bajo consumo dado que no emiten luz, sino que aprovechan la luz ambiental. Obviamente, si no hay luz ambiental deberá de dotarse de una fuente de luz adicional.

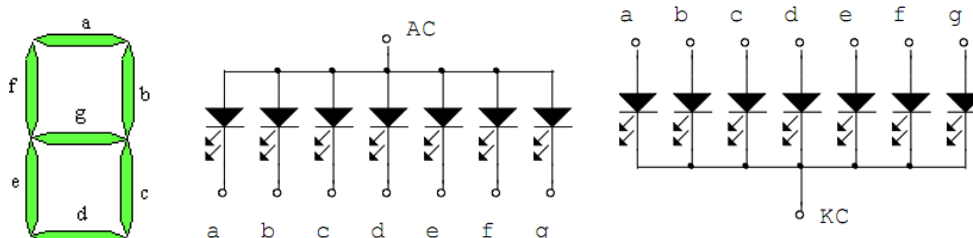
### 2.4. DISPLAY DE SIETE SEGMENTOS

Es uno de los componentes más comunes empleados para visualizar la representación de caracteres alfanuméricos. Un visualizador de este tipo consta de una matriz de siete segmentos luminosos (LED, LCD, fluorescente, etc.) dispuestos tal y como se representa en la figura.

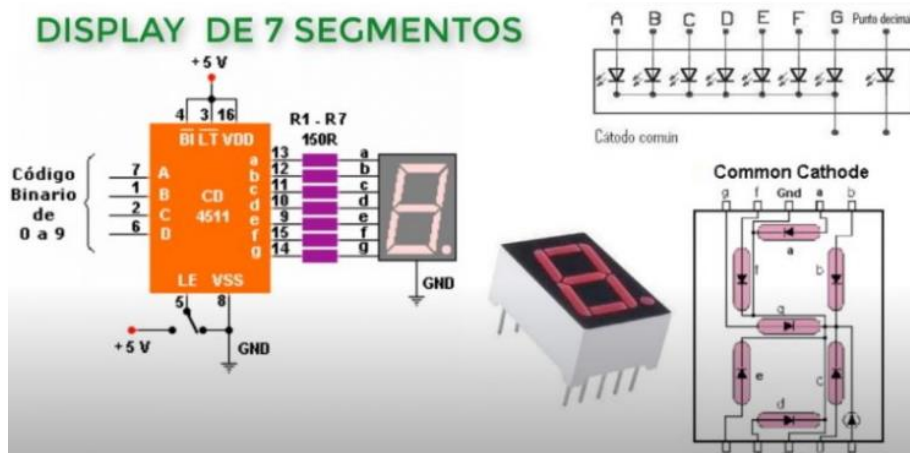


Cada segmento se identifica por una letra de la a a la g (a veces suele existir un punto que se identifica por dp) y es posible visualizar los dígitos 0 al 9 y las letras de la A a la F activando los segmentos apropiados.

Cuando los segmentos son LEDs nos podemos encontrar con dos configuraciones típicas: ánodo común (AC) y cátodo común (KC). Al polarizar un dispositivo de este tipo deberemos tener claro qué configuración posee. La siguiente figura muestra ambas configuraciones.

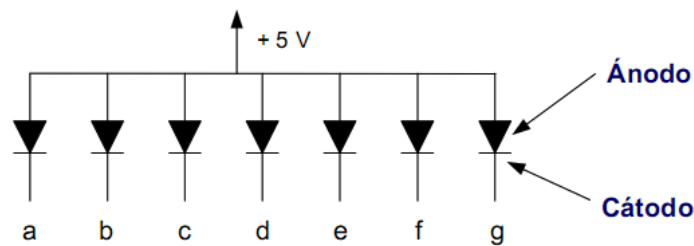


El display de siete segmentos formados por diodos LEDs nos permite representar dígitos decimales para lo cual será necesario disponer de un circuito integrado encargado de activar aquellos segmentos que se utilicen en la representación de un determinado dígito decimal. Este circuito es un decodificador BCD/ Siete segmentos.



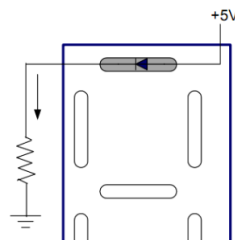
Este display, como se ha comentado anteriormente, está formado por 7 diodos LEDs y pueden estar conectados de una de las siguientes formas: en **ánodo común** los ánodos de todos los segmentos están unidos y conectados con Vcc., y en **cátodo común** que están unidos todos los cátodos y conectados a masa. La configuración dependerá del diseño.

La configuración de **cátodo común**, requiere a la entrada un nivel de tensión alto, para que ilumine un diodo LED. La configuración de **ánodo común**, requiere un circuito que proporcione un nivel de tensión bajo para que se ilumine un determinado segmento. Al aplicar un nivel bajo de tensión, el diodo está en polarización directa, y se iluminará.

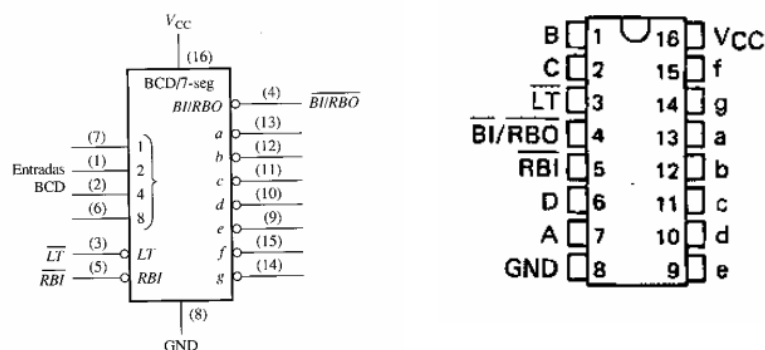


La corriente que tiene que circular por el diodo para que éste presente una luminosidad apreciable es de unos 10 a 20 mA. En estas condiciones de trabajo, la tensión ánodo-cátodo del diodo LED es de 1,7 V. Será necesaria por lo tanto una resistencia limitadora de 330Ω para cada segmento.

$$R_L = (5V - 1.7V) / 10mA = 330\Omega$$



La decodificación se realiza mediante el circuito integrado CMOS CD4511 o TTL 74LS47 en colector abierto de salida. Este circuito acepta un código BCD en sus 4 entradas ABCD y proporciona salidas capaces de controlar un display de siete segmentos para indicar un dígito decimal. Por ejemplo, estando los siete segmentos en Ánodo común, para visualizar por el display el número siete, en binario sería 1000, tendremos que poner en el pin 7 un nivel (0V), en el pin 1 un nivel (0V), en el pin 2 un nivel (0V) y en el pin 6 un nivel (+5V).



Además de las entradas y salidas mencionadas, dispone de otras adicionales como LT/, RBI/ y BI-RBO/ que permiten realizar la comprobación del display y la supresión de ceros no significativos.

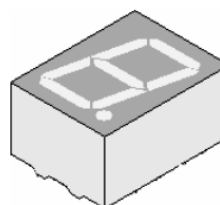
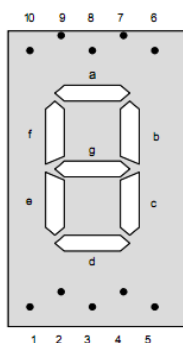
◆ Entrada de comprobación

Cuando la entrada LT/ está a nivel bajo y la entrada BI-RBO/ también está a nivel bajo, se encienden todos los segmentos del display. Esta comprobación permitirá verificar que ninguno de los segmentos esté fundido.

◆ Funcionamiento normal

Cuando se desea funcionamiento normal la entrada LT/ debe estar abierta o a nivel alto, al igual que las entradas RBI/ y BI-RBO/.

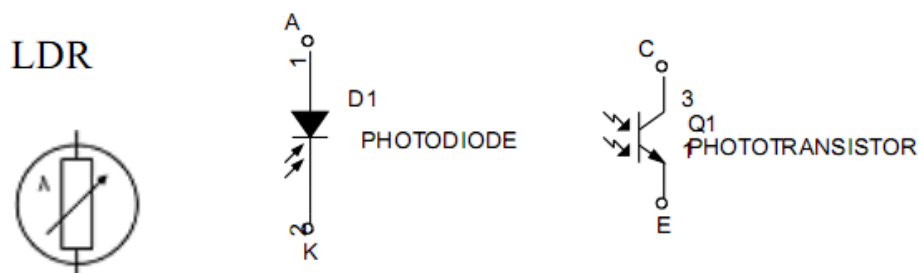
Las entradas ABCD del circuito integrado, se corresponde A con el de menor peso 1, B con el peso 2, C con el peso 4 y D con el peso 8.



- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1. Segmento e    | 6. Segmento b  |
| 2. Segmento d    | 7. Segmento a  |
| 3. Ánodo común   | 8. Ánodo común |
| 4. Segmento c    | 9. Segmento f  |
| 5. Punto decimal | 10. Segmento g |

## 2.5. FOTODETECTORES

Por fotodetector se conoce a todo componente que cambia sus características eléctricas en función de la intensidad luminosa. Los más conocidos son las fotorresistencias o LDR (Light Dependent Resistor), que son resistencias que varían su valor óhmico según la luz que le llegue. El fotodiodo, que comienza a conducir cuando recibe luz y el fototransistor, que pone el transistor en conducción cuando recibe la luz, sus símbolos se muestran a continuación.



*Simbología de la Fotorresistencia LDR, fotodiodo y fototransistor.*

La LDR es un componente cuya resistencia disminuye conforme aumenta la intensidad luminosa. El fotodiodo y el fototransistor son componentes semiconductores con una lente óptica que permite el paso de la luz.



*Fotorresistencias LDR*

*Fotodiodo*

*Fototransistor*

Las fotocélulas también conocida como foto control, fotocelda, foto sensor o interruptor crepuscular, son en realidad unidades fotovoltaicas que poseen internamente algún componente optodetector que convierten la luz directamente en energía eléctrica.

Las fotocélulas son especialmente dispositivos electrónicos empleados como sensores cuyos cometidos está en función de la intensidad de luz que perciben. Una de sus múltiples utilidades es como elemento de seguridad que detecta cuando se interpone un obstáculo y provoca que la puerta de un garaje no se cierre, o el control de las puertas de los ascensores, etc.



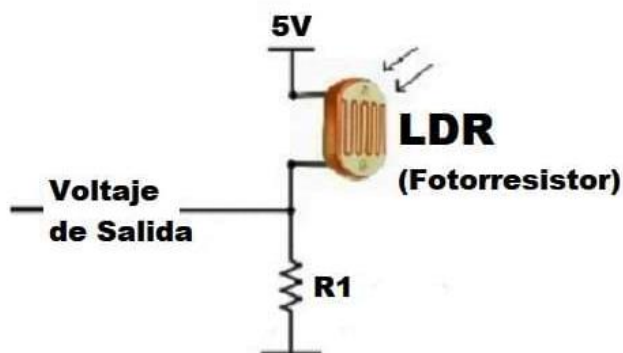
La fotocélula también se utiliza para encender en forma automática la luz de patios y entradas, ante la disminución de luz natural. En algunos lugares se las utiliza por cuestiones de accesibilidad y seguridad. También, por ejemplo, para el encendido y apagado automático de grupos de farolas de las calles y avenidas, en el control de la luz en espacios comunes de edificios de departamentos, etc. En circunstancias en las cuáles el control puede depender de más de una persona, evita el consumo eléctrico innecesario.



*Diferentes tipos de fotocélulas*

También suelen emplearse en accesos a instalaciones, donde se conectan a lámparas localizadas en pasillos para que estos se vayan iluminando a medida que va pasando una persona, o para iluminar automáticamente una estancia.

El circuito interno de una fotocélula está constituido especialmente de una fotorresistencia LDR.

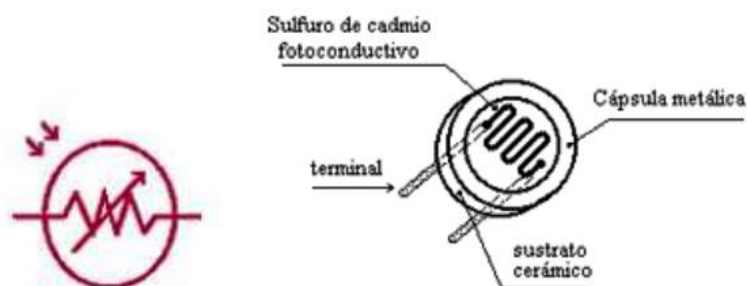


Es importante tener en cuenta la posición y colocación de las fotocélulas en los lugares más idóneas para conseguir una buena captación de la luz, eficacia y regulación del dispositivo detector.

### 2.5.1. Fotorresistencia LDR

Las fotorresistencias LDR son componentes optoelectrónicos sensibles a la luz, basados en la interacción entre los fotones de una radiación óptica y un material semiconductor. Dicha interacción produce un incremento de los portadores de carga y por ello modifica la resistencia del dispositivo.

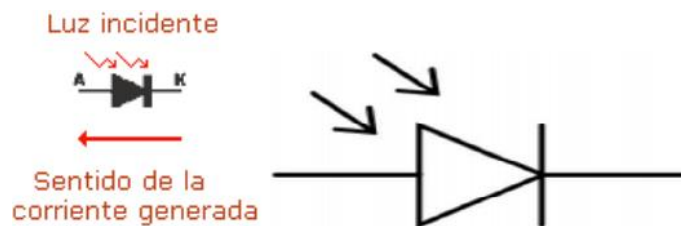
Básicamente este componente optoelectrónico está compuesto de un material semiconductor cuya resistencia se reduce en función de la cantidad de iluminación que le llegue. Se encuentra integrado como componente principal en los dispositivos de fotocélula.





### 2.5.2. Fotodiodo

Los fotodiodos son también componentes sensibles a la luz y es un diodo en el que se generan pares electrón-hueco cuando inciden sobre él fotones que poseen una energía superior a la banda prohibida. Está construido de material semiconductor con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz.



Si un fotodiodo iluminado se polariza inversamente, los electrones y los huecos generados por los fotones se desplazan hacia la zona N y la P respectivamente. En polarización directa se comporta como un diodo normal.

Si se cierra el circuito externo se produce una corriente denominada fotocorriente. La energía necesaria para que los electrones traspasen la banda prohibida depende del tipo de semiconductor utilizado. Por ello los fotodiodos son sensibles a radiaciones luminosas de diferente  $\lambda$  según el material con el que están contruidos.

Semiconductores	Energía de la banda prohibida, $E_h$ (eV)	Longitud de onda de corte, $\lambda_h$ (nm)
Si	1,12	1100
Ge	0,66	1870
InP	1,35	910
InGaAsP	0,89	1400
InGaAs	0,75	1650

*Valores de la energía de la banda prohibida y de la longitud de onda de corte para diferentes semiconductores.*

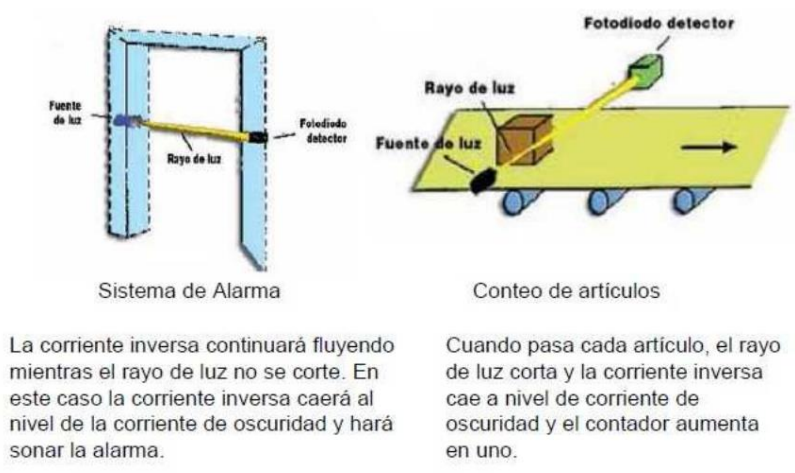
Parámetros que caracterizan el funcionamiento del fotodiodo:

1. **Corriente oscura** (dark current): Corriente en inversa del fotodiodo cuando no existe luz incidente.
2. **Sensibilidad**: Incremento de intensidad al polarizar el dispositivo en inversa por unidad de intensidad de luz, expresada en luxes.

La mayoría de los fotodiodos vienen equipados con una lente que concentra la cantidad de luz que le incide, de manera que su reacción a la luz sea más evidente.

A diferencia de la LDR o fotorresistencia, el fotodiodo responde a los cambios de oscuridad a iluminación y viceversa con mucha más velocidad, y puede utilizarse en circuitos con tiempo de respuesta más pequeño.

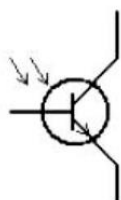
Aplicaciones:



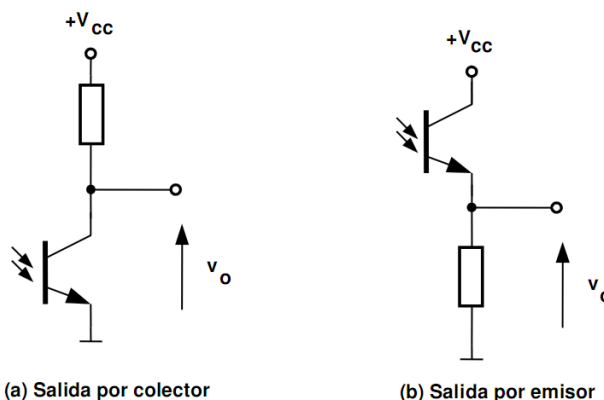
### 2.5.3. Fototransistor

El fototransistor es también un componente sensible a la luz, constituido por un transistor bipolar en el que la corriente de base se produce mediante el fenómeno fotoeléctrico de generación de pares electrón-hueco cuando incide un fotón con suficiente energía en la zona de transición colector-base.

Es un transistor sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos. La luz incide sobre la región de la base, generando portadores en ella. Esta carga de base lleva el transistor al estado de conducción.



Posee mayor ganancia que el fotodiodo. Depende más de la temperatura y tiene mayor tiempo de respuesta que el fotodiodo. Solo se utiliza como detector de nivel de luz en sensores todo-nada (On-off) o en optoacopladores.



*Circuitos básicos de acondicionamiento de fototransistores*

Características de funcionamiento de un fototransistor:

1. Operan sin terminal de base ( $I_b=0$ )
2. Sensibilidad de un fototransistor es superior a la de un fotodiodo
3. Las curvas de funcionamiento análogas a las del transistor

Aplicaciones:

- Comunicaciones ópticas.
- Fotómetros.
- Control de iluminación y brillo.
- Control remoto por infrarrojos.
- Enfoque automático y control de exposición en cámaras.
- Combinadas con una fuente de luz:
- Codificadores de posición.
- Medidas de distancia.
- Medidas de espesor.
- Detectores de proximidad y de presencia.
- Sensado de color para inspección y control de calidad.
- Agrupando varios sensores:
- Reconocimiento de formas.
- Lectores de tarjetas codificadas.

## 2.6. OPTOACOPLADORES

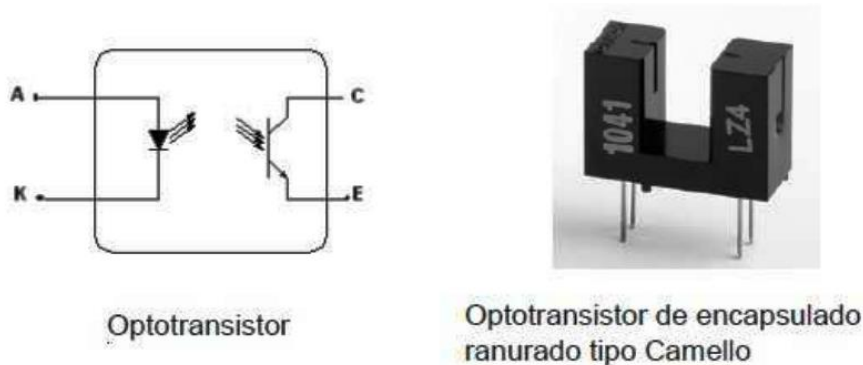
Un optoacoplador es un componente que está formado por la unión de un diodo LED infrarrojo y un fotodetector acoplado ópticamente a través de un medio conductor de luz y encapsulada en una cápsula cerrada y opaca a la luz.



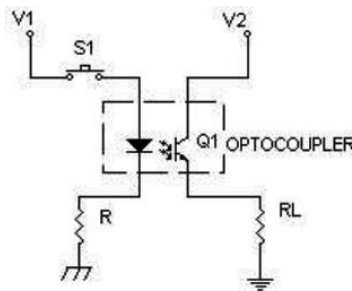
*Optoacopladores encapsulados tipos DIP de 6 y 4 pines*

La característica principal en todo circuito integrado optoacoplador es el aislamiento eléctrico entre los circuitos de control y el de la carga. Por eso también se denominan optoaisladores o dispositivos de acoplamiento óptico.

En la figura de la izquierda se muestra el símbolo del optoacoplador con transistor (optotransistor) a la derecha un optotransistor con ranura especialmente para aplicaciones de control y detección de velocidad.



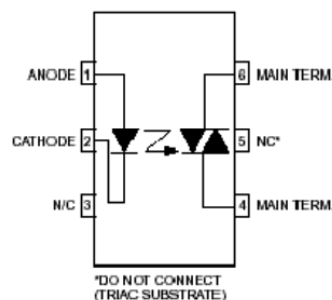
En el siguiente circuito se muestra la polarización de un optoacoplador. Su funcionamiento es bien sencillo: si no se actúa sobre el pulsador S1, el diodo LED no le llega tensión de V1 y por lo tanto el optotransistor Q1 permanece en corte y no conduce y la carga RL está sin alimentar. Si pulsamos S1 aplicamos tensión V1 al diodo LED que emite luz que incide sobre el optotransistor Q1 y se saturará alimentando la carga RL con V2.



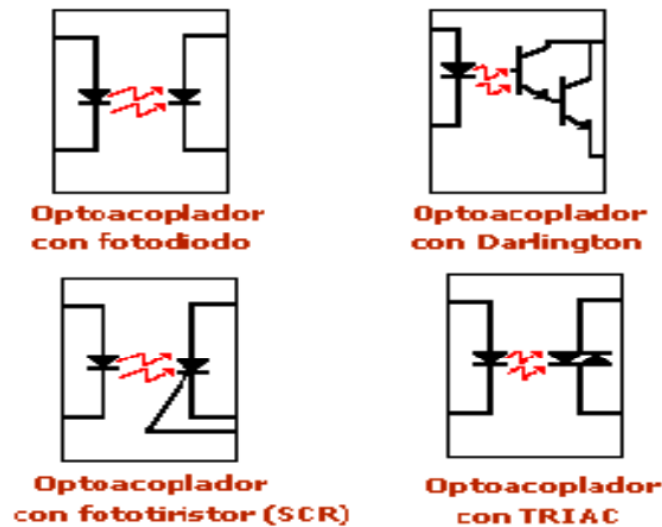
Características eléctricas de un optoacoplador MOC3021:

**Valores Típicos:** Es un optoacoplador compuesto por un led de infrarrojo y un optotriac, los valores típicos de las características principales son:

- Potencia disipada 330mW a 25°C.
- Corriente de disparo del LED 15 mA.
- Voltaje de ruptura 5300 Vac RMS.



Tipos de Optoacopladores:



Algunas aplicaciones como aislador de circuitos de mando y potencia. Estos dispositivos se encuentran diseñados para tiempos de respuesta tan pequeños que pueden utilizarse en transmisión de datos en el rango de los Megahercios.

## 2.7. FIBRA ÓPTICA

Los cables de fibra óptica transmiten señales de luz de un punto a otro con una inmunidad total a las interferencias electromagnéticas.

La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

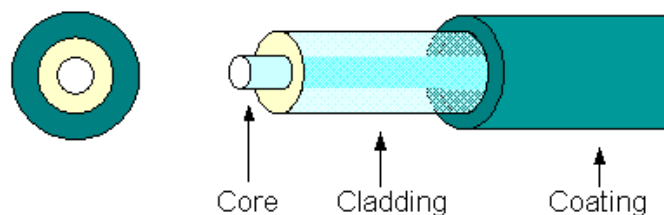
Las fibras ópticas se usan en la actualidad como los cables de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas).

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de unas pocas micras. Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro sin interrupción.



*Manguera con multitud de fibras ópticas*

Los diodos emisores de luz (LED) emiten luz en proporción a la corriente directa a través del diodo. Son dispositivos de bajo voltaje que tienen una vida más larga que las lámparas incandescentes y responden rápidamente a los cambios de frecuencias, muchos pueden alcanzar fácilmente hasta 10 MHz. Por ello, tienen aplicaciones como indicadores visibles en los dispositivos y en la comunicación por fibra óptica. Producen un estrecho espectro de luz visible (muchos colores disponibles) o infrarroja que puede ser bien alineadas.



*Composición de un conductor de fibra óptica*

Las ventajas de la fibra óptica son:

- Ocupa poco espacio. Dado su pequeño tamaño, pero es sumamente flexible, lo cual facilita su instalación.
- Es liviana. Pesa ocho veces menos que un cable convencional.
- Presenta una gran resistencia.
- Es más ecológica.
- Inmune a interferencias electromagnéticas.
- Veloz, eficaz y segura.

Las desventajas son:

- El costo de instalación es elevado.
- El costo relativamente alto en comparación con los otros tipos de cable.
- Fragilidad de las fibras.
- Los diminutos núcleos de los cables deben alinearse con extrema precisión al momento de empalmar, para evitar una excesiva pérdida de señal.

Lo malo de la fibra óptica es su aplicación limitada: El cable de fibra óptica sólo se puede utilizar en tierra y no puede separarse del suelo ni funcionar con la comunicación móvil. A menudo se requiere un equipo especial para garantizar la calidad de la transmisión de fibra óptica.

### 3. CIRCUITOS OPTOELECTRÓNICOS

En este capítulo veremos el funcionamiento de algunos circuitos con componentes optoelectrónicos: Circuitos con LEDs, Circuitos con Display de siete segmentos, circuitos controlados por luz. Fotorresistencia y optoacopladores.

#### 3.1. CIRCUITOS CON LEDs

Los circuitos con diodos LEDs no son complicados para utilizarlo en cualquier parte de un equipo electrónico para señalar o indicar cualquier evento, solamente se tendrá en cuenta el valor de la resistencia limitadora de protección del diodo LED y la polarización de éste.

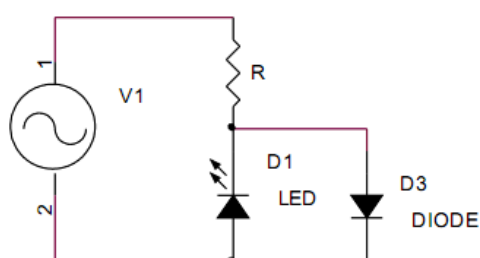
Al polarizar un LED se debe limitar la corriente para lo cual se puede utilizar un circuito que proporcione una intensidad constante, el más sencillo de los cuales es una simple resistencia limitadora R como se muestra en la siguiente figura. Esta resistencia limitadora R previene que se sobrepase la corriente máxima que soporta el LED para que éste no se funda.



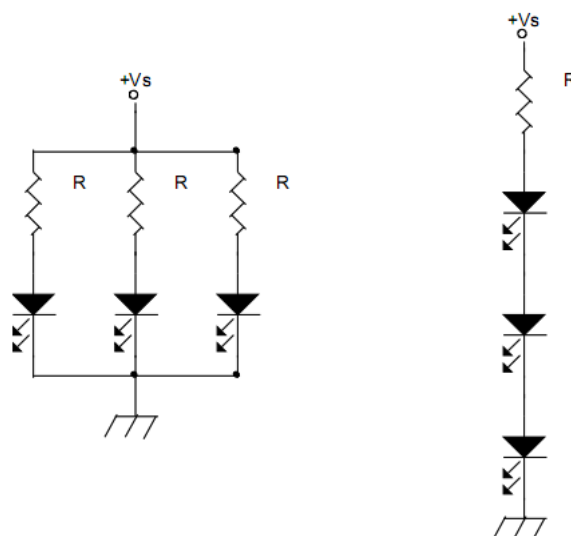
Por ejemplo, dada la intensidad que debe circular por el LED que es de 20mA, y cuya tensión de funcionamiento es de 2 voltios, y a una tensión de 12 V que se administra el valor de la resistencia limitadora RL se determina aplicando la ley de Ohm:

$$\text{Resistencia } R_L = \frac{\text{voltaje suministro (V)} - \text{voltaje de LED (V)}}{\text{corriente de LED (A)}} = \frac{12 \text{ V} - 2 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 500\Omega \rightarrow 470\Omega$$

Para alimentar un diodo LED en corriente alterna se suele poner un diodo rectificador en conexión antiparalelo y una resistencia limitadora de protección que limite la corriente aplicada al LED. Los LEDs son diodos, pero no se suelen utilizar especialmente como diodo rectificador por sus características constructivas. Si está utilizando CA, el enfoque más simple es colocar un diodo rectificador a través de él para tomar el voltaje inverso.



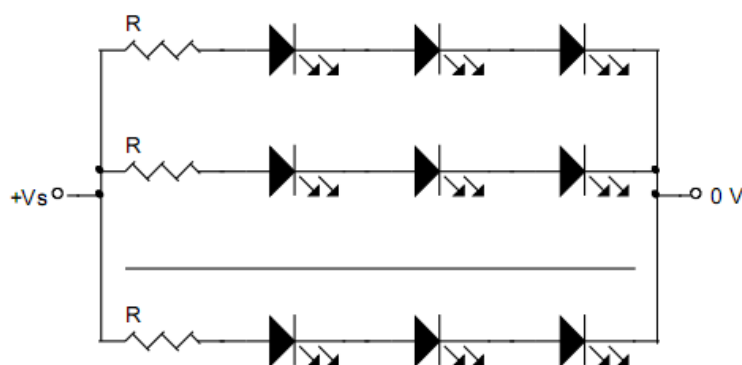
Cuando se necesita alimentar varios LEDs podemos elegir entre una de las dos opciones que se muestran a continuación, suponiendo que sean para tres LEDs, en paralelo o en serie.



En el caso de los diodos LEDs en serie tendremos que tener en cuenta y calcular la resistencia limitadora con la corriente de todos los LEDs y la tensión  $+V_s$  suministrada, por ejemplo, si cada diodo LED trabaja con tensión de 1,2 voltios, si sumamos las tensiones de cada led tenemos que suministrarle una tensión  $+V_s$  de más de 4 voltios para que se puedan encender. En éste caso de que se funda un diodo led el circuito se abre y no se iluminan los demás LEDs.

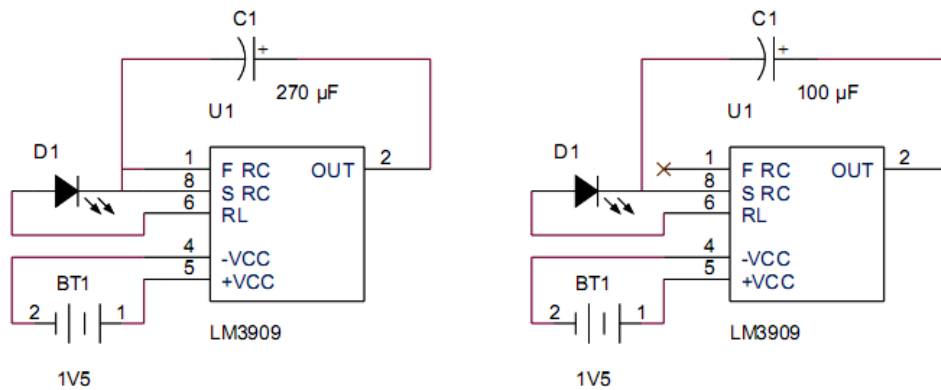
En definitiva la elección de uno u otro dependerá de la fuente de alimentación suministrada. En el circuito de los diodos LEDs en serie la f.e.m. deberá ser bastante mayor que la suma de las caídas de tensión de cada diodo LED, mientras que en el circuito de diodos LEDs en paralelo la fuente deberá suministrar más intensidad.

Cuando se deben alimentar muchos LEDs puede utilizarse la siguiente configuración.



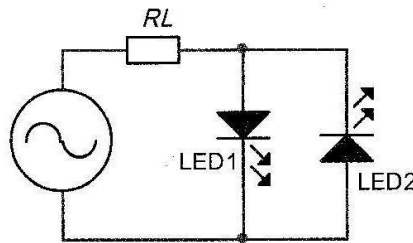


A continuación se muestra dos circuitos del tipo multivibrador realizados con el LM3909 que pueden ser alimentados a partir de una simple pila de 1,5 V.

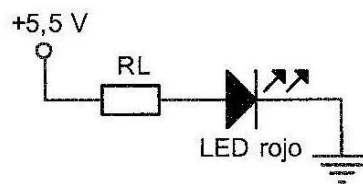


A continuación veremos diferentes ejemplos de funcionamiento de circuitos con LEDs que nos permitirá comprender mejor su funcionamiento.

En este primer circuito de la siguiente figura se visualiza el encendido continuo de los dos LEDs debido al efecto de la corriente alterna en cada uno de los semiciclos y a la frecuencia de la red eléctrica de 50Hz.

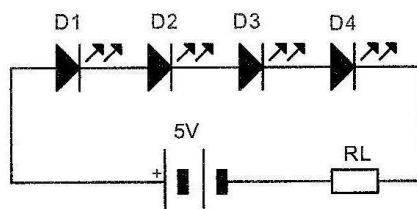


En este otro circuito podemos calcular la resistencia limitadora RL de protección del diodo LED rojo para que el diodo circule a 20 mA.

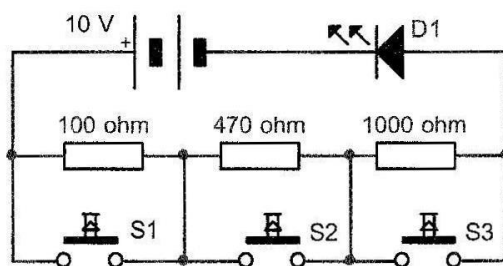


$$RL = 5,5V - 1,5V / 0,02A = 200 \Omega$$

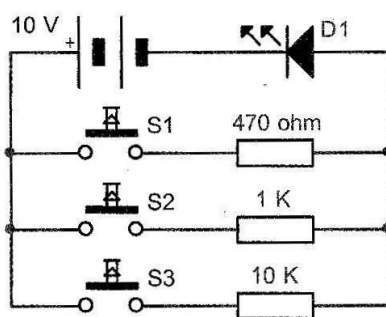
En este circuito práctico los diodos LEDs de color verde con caída de tensión de 2V cada uno, se encuentran conectados en series y no se encienden debido a la insuficiente tensión de alimentación suministrada de la batería que son de 5V, cuando necesitaría una tensión de más de 8 voltios.



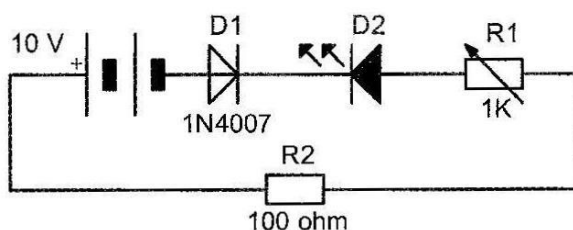
En este otro circuito de la figura el LED D1 luce más cuando pulsamos S3, esto es debido a que se cortocircuita la resistencia de 1000 Ω que es de mayor valor resistivo y por lo tanto deja pasar más voltaje y se ilumina más.



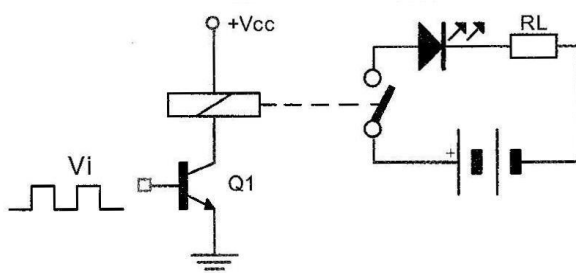
El LED del circuito de la siguiente figura luce más cuando pulsamos S1. Esto es debido a que la resistencia limitadora es más pequeña de valor óhmico que las demás, 470Ω y por tanto dejamos pasar más voltaje luciendo más el LED.



En el siguiente circuito el diodo D1 1N4007 se encuentra invertido con respecto a la polaridad de la batería y esto hace que no circule corriente por el circuito y por lo tanto el diodo LED D2 no se ilumina.



En este otro circuito de la figura siguiente el diodo LED se enciende intermitentemente debido a los impulsos de la onda cuadrada de entrada a la base del transistor Q1 que activa y desactiva el relé, encendiendo y apagando el LED.

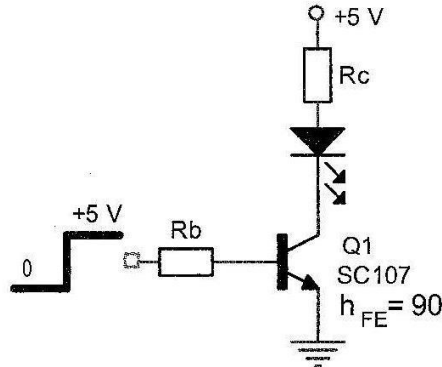


En el siguiente circuito el transistor trabaja en conmutación, con impulsos de 0V y +5V, para que circule una corriente por el LED de 30 mA, las resistencias deberán valer:

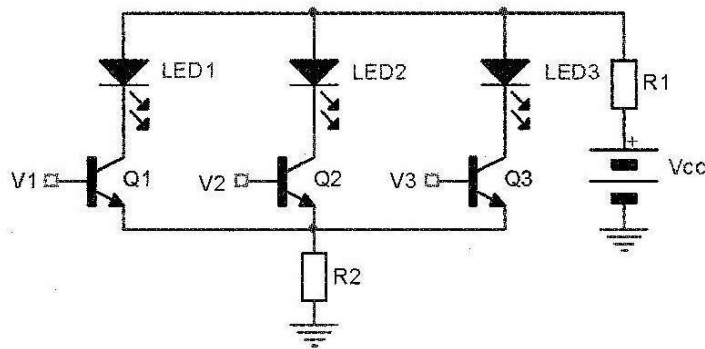
$$R_c = 5 - 1,5 - 0,3 / 0,03 = 100 \Omega$$

$$I_b = 2 \times 0,03 / 90 = 0,66 \text{ mA}$$

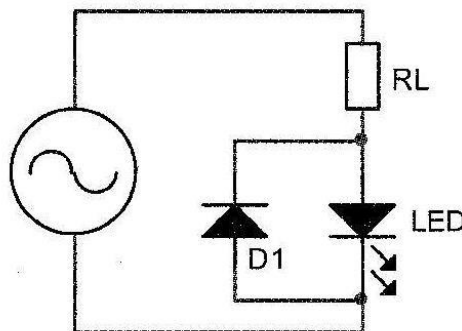
$$R_b = 5 - 0,7 / 0,66 = 6.515 \rightarrow 6K8\Omega$$



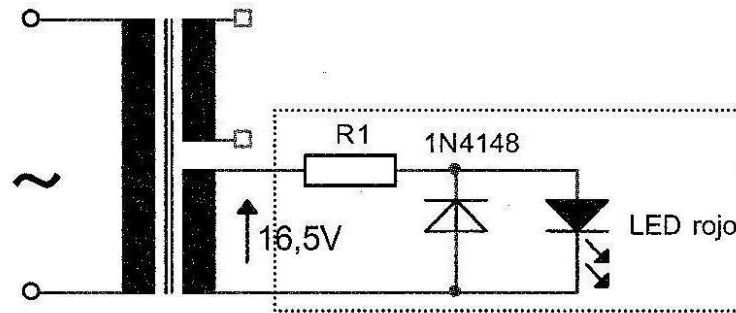
En este otro circuito práctico es un detector de nivel que enciende los diodos LED1, LED2 y LED3 conforme se le va aplicando más tensión positiva a las entradas V1, V2 y V3 de las bases de los transistores Q1, Q2 y Q3. En este caso para que se encienda solamente el diodo LED1 tendrá que llegarle a V1 un nivel de tensión más alto que los demás, es decir, V1=+5V, V2=0V y V3=0V.



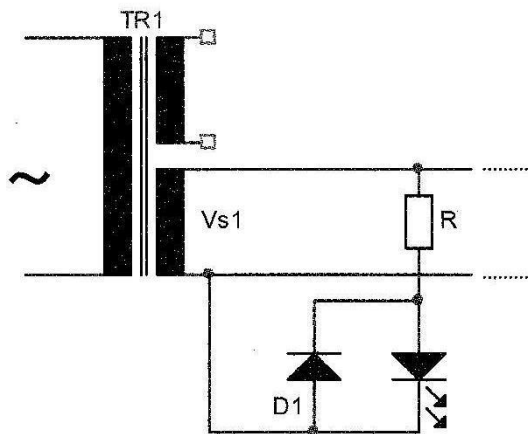
En el siguiente circuito para el correcto funcionamiento en corriente alterna de un LED, se coloca un diodo rectificador en antiparalelo de protección con el LED, tal y como se muestra en la siguiente figura, esto evitaría que en los semiciclos negativos destruyan el componente.



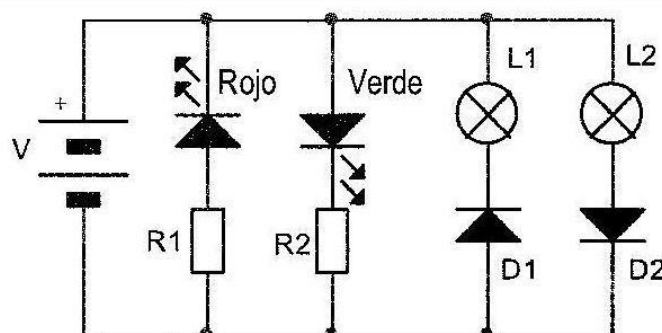
En este otro circuito sí R1 es igual a  $1000\Omega$  alimentando con Corriente Continua el bloque señalado debería valer si lo alimentamos en Corriente Alterna la mitad del orden de  $500\Omega$ .



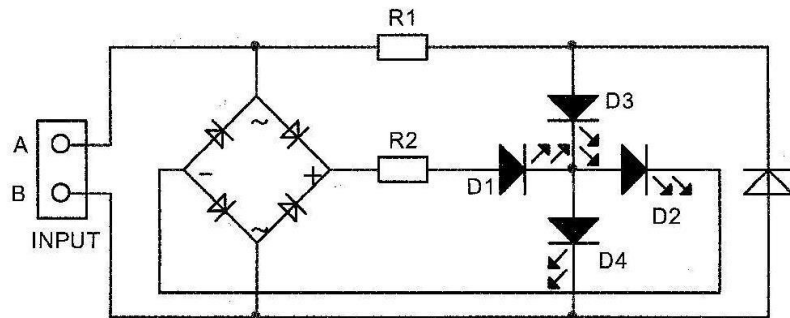
En el esquema de la siguiente figura el diodo D1 actúa como protección del diodo LED ya que éste soporta una tensión inversa muy pequeña y al estar sometido a la corriente alterna podría destruirse en los semiciclos de no conducción.



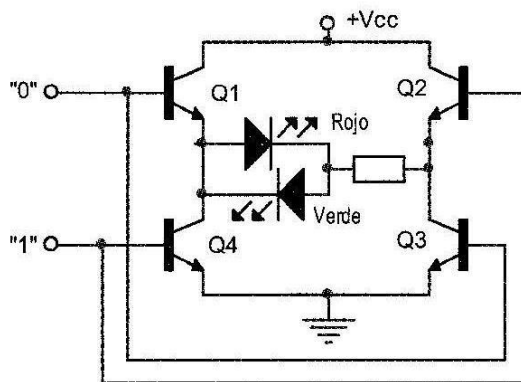
En el siguiente circuito se enciende el LED verde y la lámpara L2 por encontrarse los diodos D2 y el diodo LED verde polarizado directamente con la tensión de la batería. Encontrándose invertidos el diodo D1 y el diodo LED Rojo con respecto a la tensión de la batería.



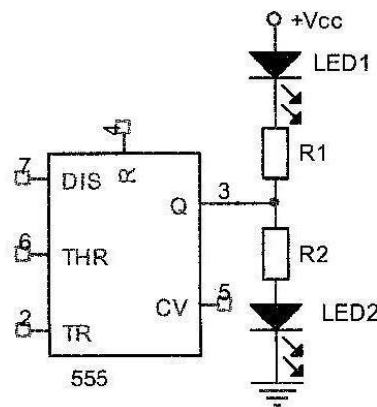
En el siguiente circuito cuando el indicador de polaridad de la figura se aplica a la entrada A hay potencial (+) con respecto a la entrada B se encienden los diodos LEDs D1 y D2.



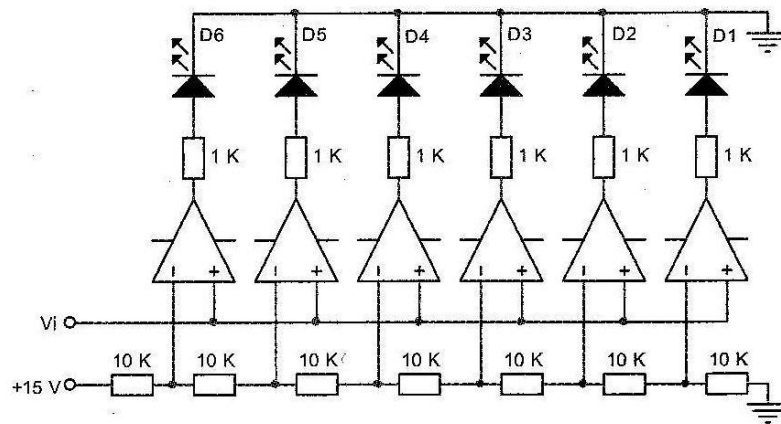
En el circuito de la siguiente figura, con los niveles lógicos aplicados en las entradas de los transistores Q1, Q2, Q3 y Q4, se enciende el LED verde. Esto es que al aplicar el nivel 1 a las bases de Q2 y Q4, empiezan a conducir, Q2 deja pasar corriente de +Vcc hacia el ánodo del diodo LED verde y su cátodo encuentra potencial negativo a través de Q4 que está conduciendo.



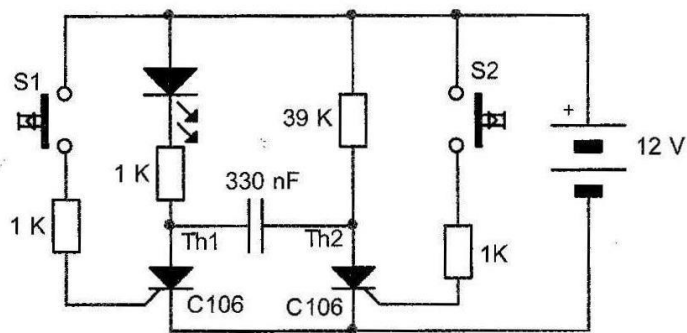
En el siguiente circuito, en el CI 555 cuando la salida, en el terminal 3 hay un nivel bajo se enciende el LED1 y cuando el nivel sea alto se encenderá el LED2.



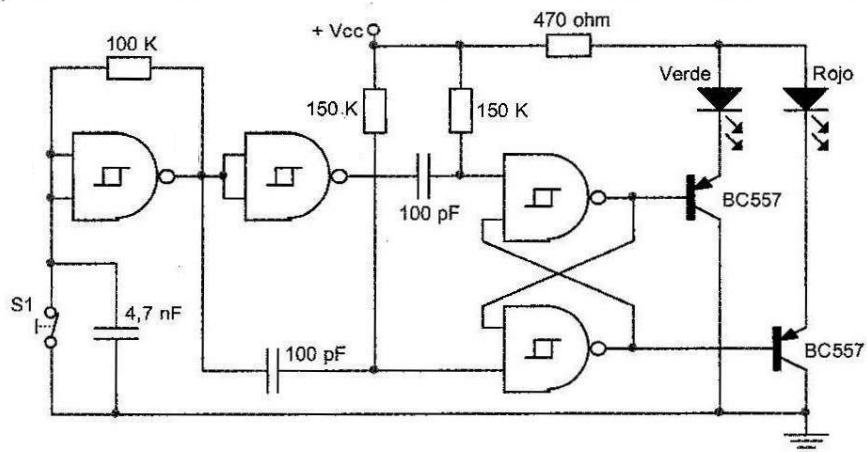
En este otro circuito que consiste en un VU-METER a medida que la tensión que aplicamos en V1 vaya siendo mayor, se va encendiendo progresivamente todos los LED iniciando la secuencia en D6.



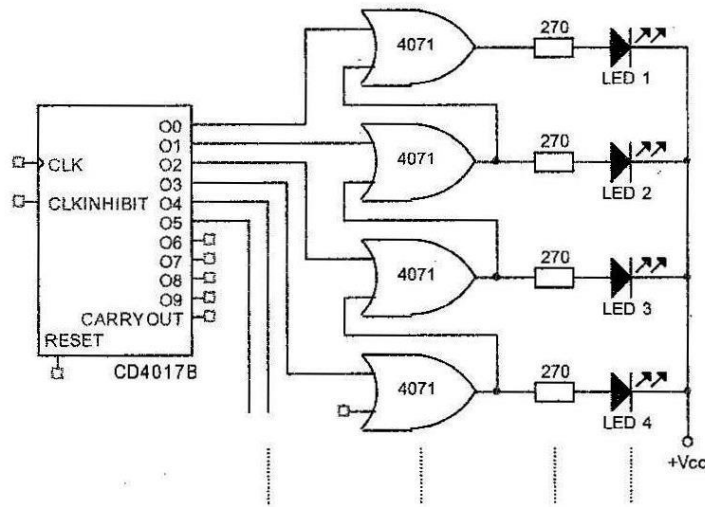
En este otro circuito para que se encienda el LED tendremos que pulsar S1. De este modo hacemos circular corriente positiva a la puerta del Tiristor Th1 que se activa y deja pasar corriente negativa hacia el cátodo del LED, encendiéndose.



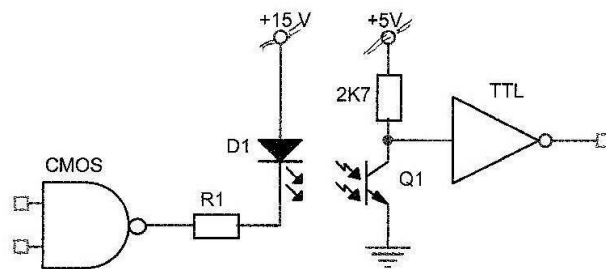
Cuando en el circuito de la siguiente figura se abre el pulsador S1 ambos LEDs parpadean alternativamente.



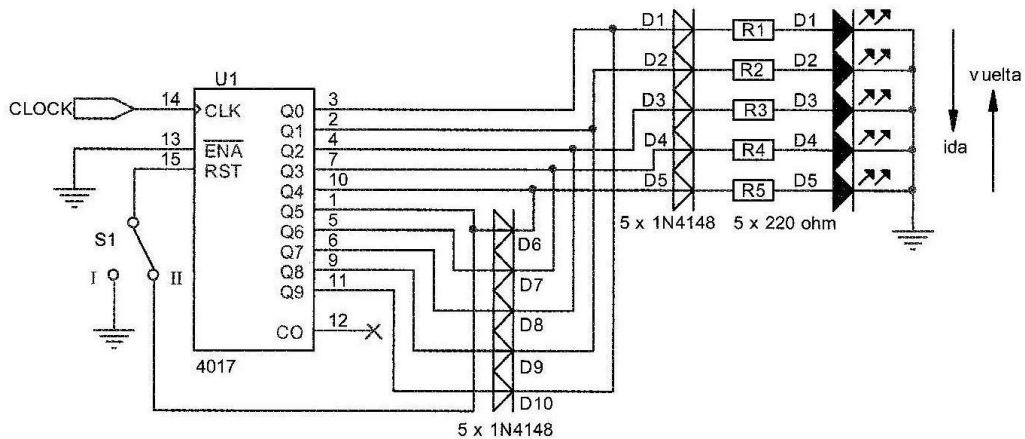
En este circuito a medida que se van activando las salidas del CD4017B, los LEDs se encenderán según la secuencia



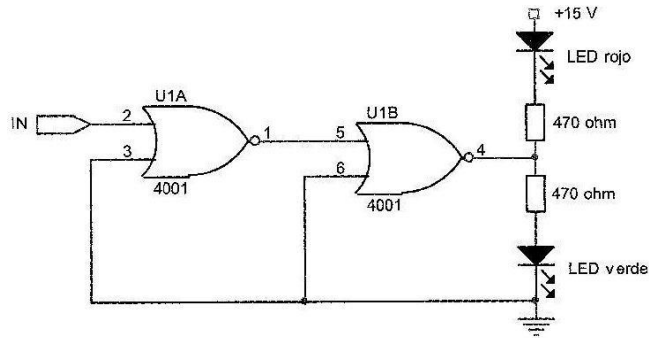
En el siguiente circuito se muestra el montaje de un diodo LED D1 frente a un Fototransistor Q1 que pueden ser sustituido perfectamente por un CI optoacoplador.



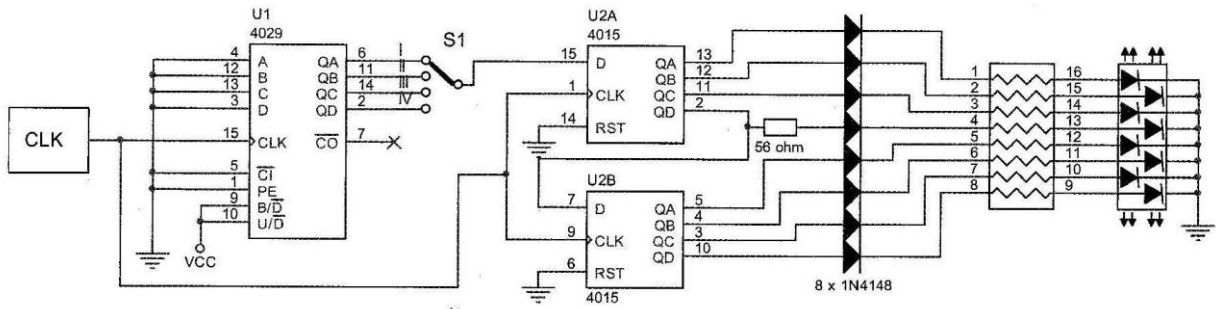
En este otro circuito de la siguiente figura para que los LEDs se enciendan con efecto vaivén, es necesario que el conmutador S1 esté en la posición II. La velocidad de encendido de los LEDs D1 a D5 depende de la frecuencia de la señal de reloj aplicada al pin 14 de U1.



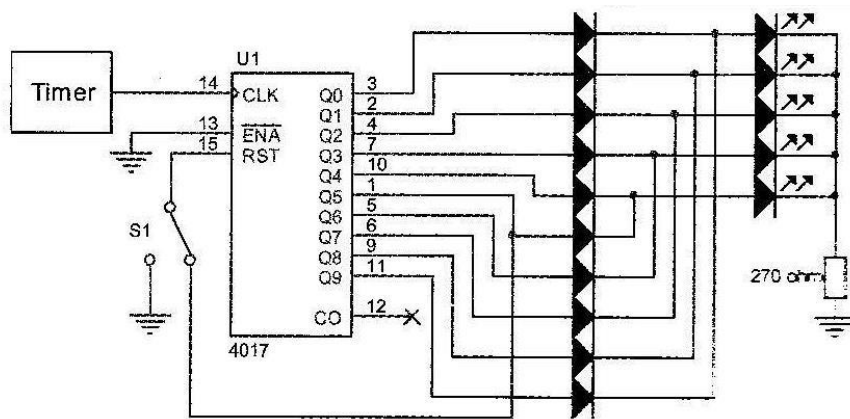
En el circuito de la siguiente figura, que corresponde a un detector de nivel lógico, cuando en la entrada IN de la puerta NOR U1A se aplica un 1 lógico, se enciende el diodo LED VERDE, cuando aplicamos un nivel lógico 0 se enciende el diodo LED ROJO.



En la siguiente figura se muestra un circuito que para conseguir la salida una secuencia de 4 LEDs encendidos seguida de 4 LEDs apagados el conmutador S1 debe estar en la posición III. Los circuitos integrados U2A y U2B forman un registro de desplazamiento de 8 bits.



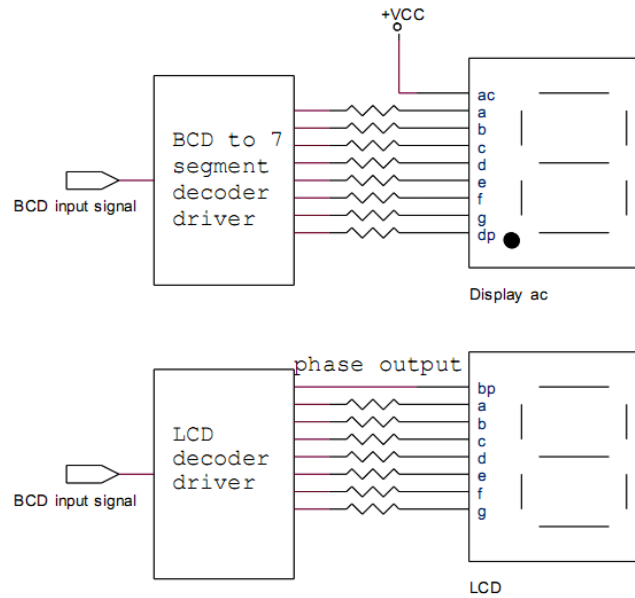
En el siguiente circuito es un secuenciador que tiene dos efectos de encendido de los LEDs. Dispone de un conmutador S1 para seleccionar los distintos modos de encendido de los LEDs y necesita una señal de baja frecuencia para que el encendido de los LEDs sea visible.



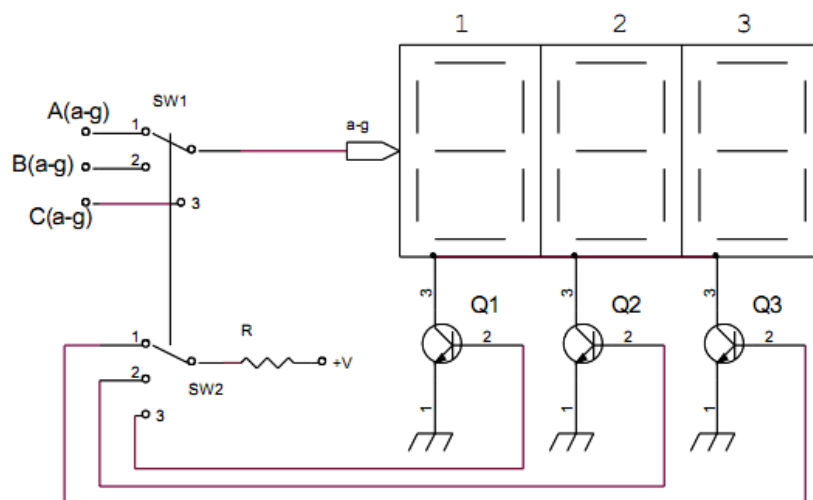


### 3.2. CIRCUITOS CON DISPLAY DE SIETE SEGMENTOS

Las dos configuraciones básicas para este tipo de componentes son la visualización estática y la dinámica. La primera se utiliza, por lo general, cuando hay un solo visualizador. En los siguientes esquemas de bloque se pueden ver las configuraciones para visualizadores con LEDs y con cristal líquido.

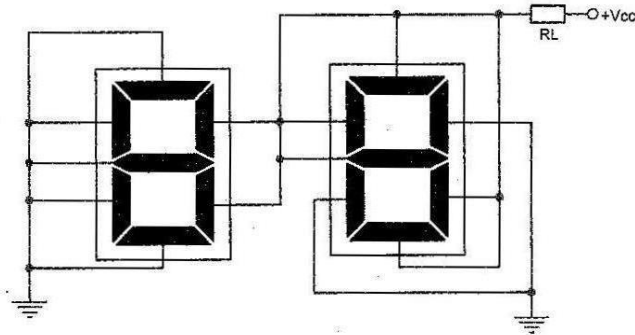


Cuando se necesitan varios visualizadores se suele utilizar la visualización dinámica cuyo esquema de bloques se muestra a continuación.

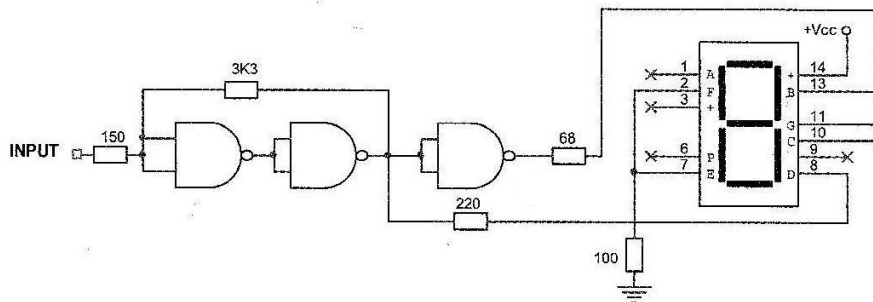


Mediante el control de los interruptores conseguimos que en cada instante sólo uno de los visualizadores esté activado. Sincronizando S1 y S2 conseguiremos que cada elemento visualice un dato; en el ejemplo, el dato A en el visualizador 1, el B en el 2 y el C en el 3. Si S1 y S2 varían a una frecuencia apropiada para el ojo humano conseguiremos ver los tres visualizadores con sus respectivos datos.

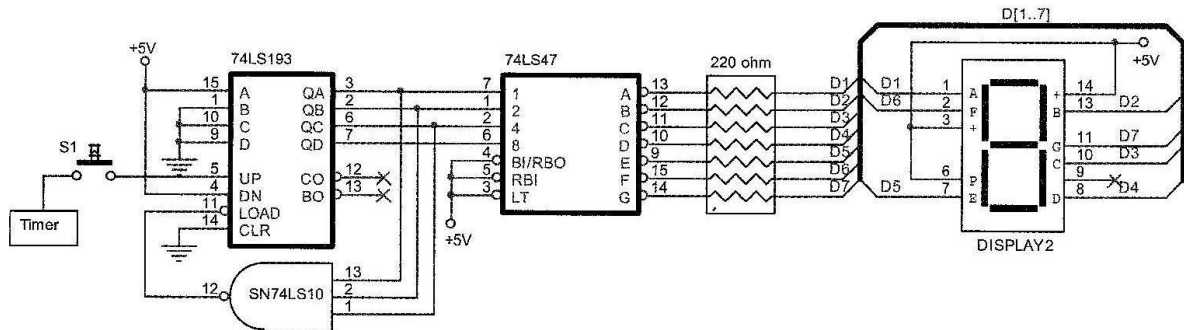
En este otro circuito se representa dos display de siete segmentos de cátodo común cuya configuración de sus conexiones los dígitos que aparece en los display es el 15. La tensión aplicada +Vcc y mediante la resistencia limitadora RL se alimenta en el display primero a los segmentos b y c, formando el dígito 1, en el segundo display se aplica a los segmentos a, c, d, f y g, formando el dígito 5.



En este otro circuito se muestra un tester lógico que visualiza los niveles lógicos en el display mediante una L= Low=0; y H= High=1.



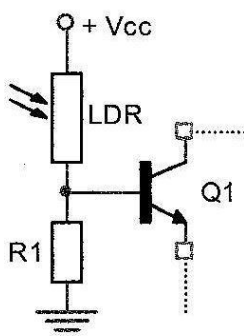
En el siguiente circuito cuando pulsamos S1 aparece en el display un número comprendido entre el 0 y 7, ello es debido a que la puerta NAND de tres entradas cuando les llega los tres niveles alto pone a 0 lógico la salida y activa nuevamente la carga LOAD del circuito integrado 74LS193.



### 3.3. CIRCUITOS CONTROLADOS POR LUZ. FOTORRESISTENCIA

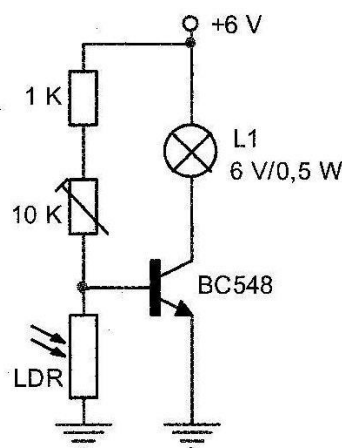
Estos circuitos que utilizan componentes fotodetectores con fotorresistencia LDR son muy utilizados en el sector industrial y domótica en la detección y control.

En este circuito básico de control de iluminación se coloca una LDR para convertir las variaciones luminosas en variaciones eléctricas.

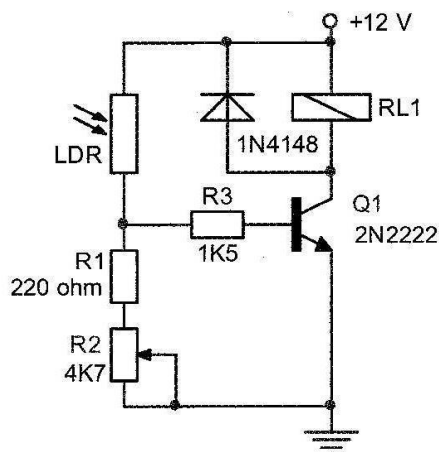


En este otro circuito que es un interruptor crepuscular la lámpara se enciende cuando la iluminación cae por debajo de cierto nivel. La LDR se caracteriza por disminuir su valor resistivo cuando detecta luz y al contrario sube su nivel resistivo cuando no está iluminada. Por ello, al llegarle luz baja su valor óhmico y el transistor BC548 NPN no conduce y apaga la lámpara L1 y al contrario cuando no tiene iluminación su resistencia aumenta de valor y el transistor se pone en conducción y enciende la lámpara L1.

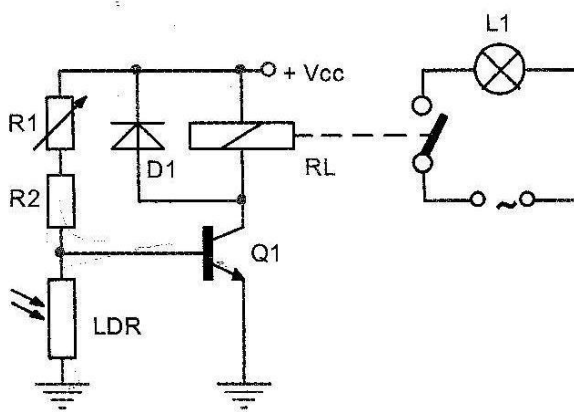
- ❖ LDR SIN LUZ > RESISTENCIA
- ❖ LDR CON LUZ < RESISTENCIA



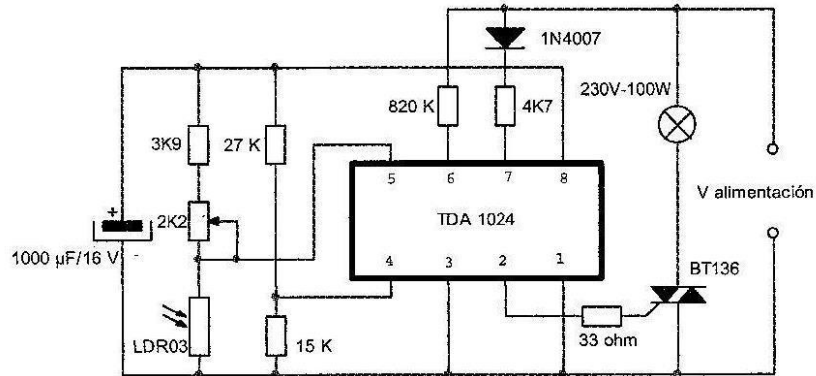
En la siguiente figura el relé RL1 se activa cuando la luz incide sobre la LDR excede la sensibilidad prefijada mediante R2. Al bajar la resistencia de la LDR polariza positivamente la entrada del transistor Q1 activando el relé. En el supuesto contrario que no le llega luz incidente en la LDR el transistor deja de conducir y desactiva el relé.



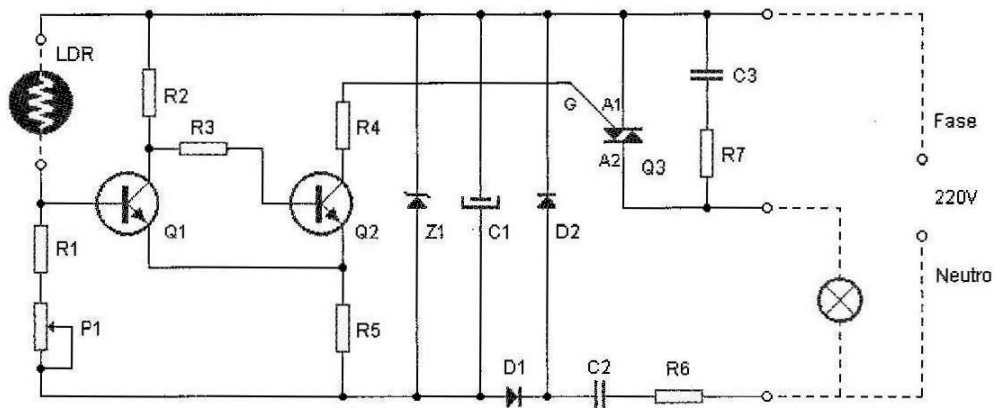
En este otro circuito de la siguiente figura se controla el encendido y apagado de la lámpara L1 mediante la fotorresistencia LDR que cuando incide luz sobre ella su resistencia disminuye de valor y por lo tanto no conduce el transistor Q1 que lo lleva al corte y el relé no se activa y la lámpara L1 no se enciende, al contrario si la fotorresistencia LDR no le incide luz la resistencia aumenta de valor y la base de Q1 se polariza positivamente poniendo en conducción Q1 y activando el relé haciendo encender la lámpara L1.



En el siguiente circuito la tensión de alimentación del interruptor crepuscular de la figura debe funcionar a la tensión de red de 230V C.A. El circuito integrado TDA 1024 está diseñado internamente para trabajar en corriente alterna y realiza todas las funciones de detección con la fotorresistencia LDR, pin 5, y su activación de salida hacia el Triac BT136, pin 2, quien enciende y apaga la lámpara, cuando la LDR no le incide luz y cuando sí.



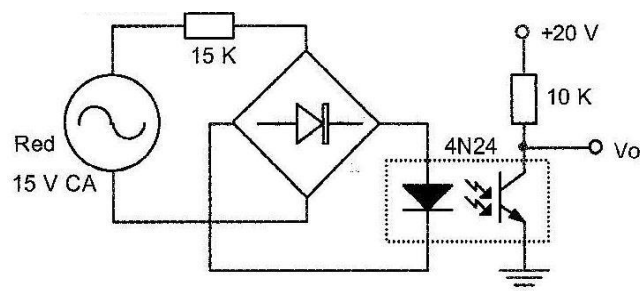
El montaje del circuito de la siguiente figura es un interruptor crepuscular mediante la detección de la fotorresistencia LDR y ajuste de la sensibilidad mediante P1.



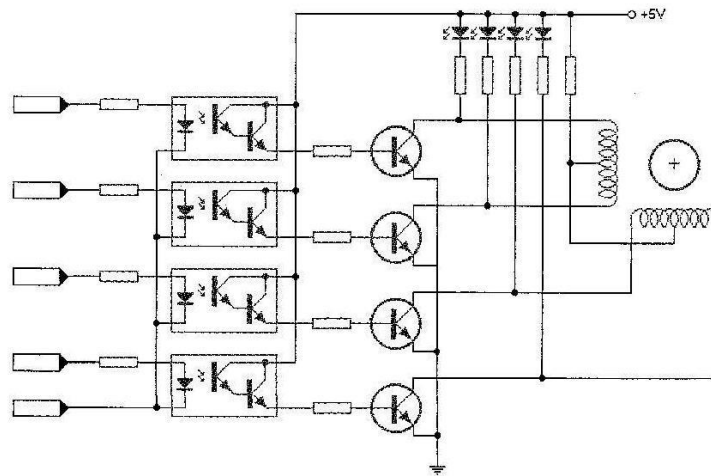
### 3.4. OPTOACOPLOADORES

El uso principal de un optoacoplador es la de servir de interfaz, esto es, un circuito de conexión entre dos circuitos con diferentes alimentación que deben estar aislados eléctricamente entre sí. Seguidamente se muestran dos circuitos típicos.

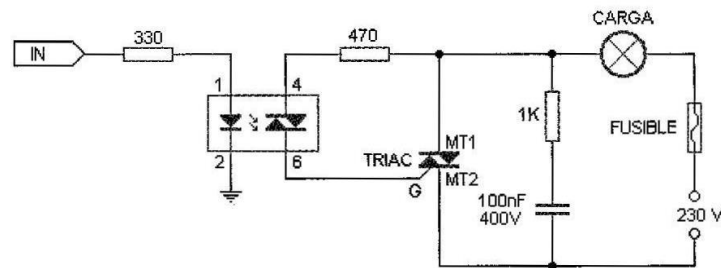
En el circuito de la siguiente figura detecta la tensión alterna de red 15 Vca y mediante el rectificador polariza en continua el optoacoplador 4N24 para el control de la tensión de salida  $V_o$ .



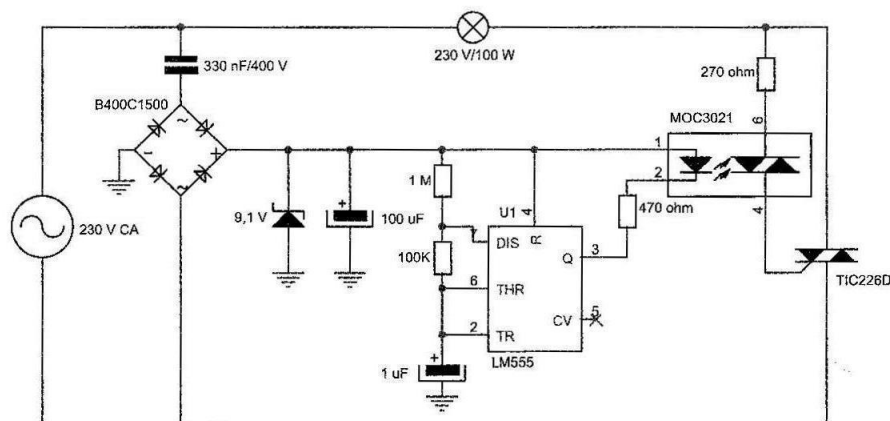
En el siguiente circuito se muestra un interface para controlar un motor paso a paso de corriente continua a través de circuitos integrados optoacopladores y señalizados por diodos LEDs.



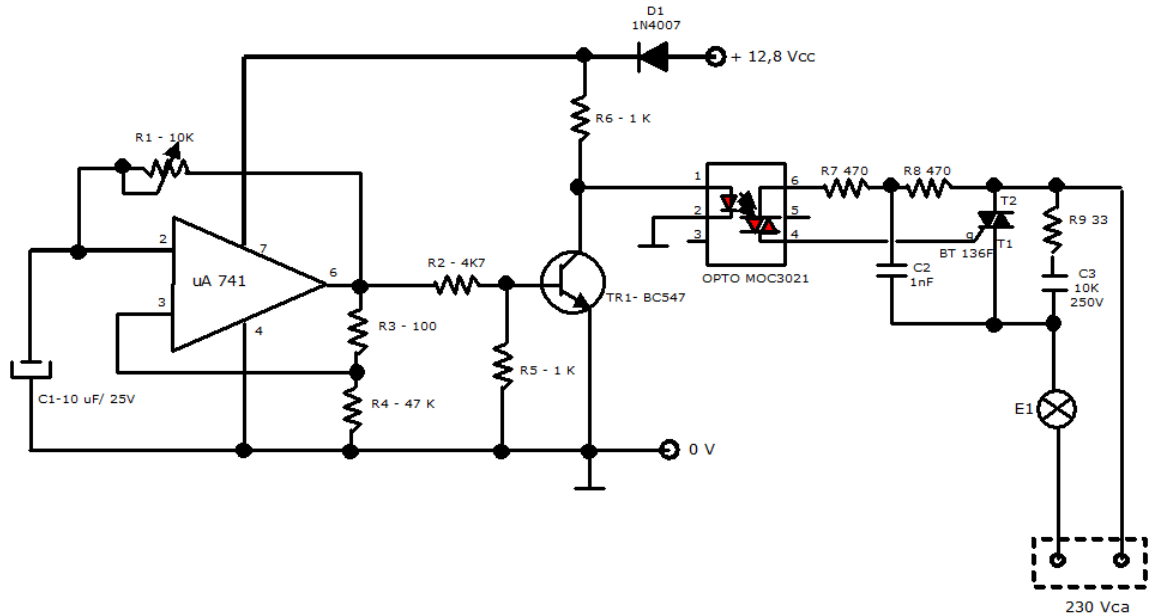
En el siguiente circuito con CI optoacoplador los elementos de protección del circuito son el fusible, cuando exista una sobre carga y la resistencia de 1K y el condensador de 100nF/400V que absorben los picos de la componente alterna y evita que se destruya los componentes del circuito.



En este otro circuito de la figura el encendido de la lámpara es intermitente debido a la configuración del CI U1 LM555 en el modo astable, con niveles alto y bajo. El optoacoplador MOC3021 permite que cuando la salida de U1 terminal 3 tenga un nivel alto el optoacoplador active el DIAC y éste la puerta del TRIAC TIC2280 y se ponga en conducción encendiendo la lámpara.



En el siguiente circuito, muy parecido al anterior, la lámpara de 230V en alterna se enciende intermitentemente. Esto es debido a la configuración de un amplificador operacional como multivibrador astable uA741 que realiza la oscilación del encendido y apagado de la lámpara mediante el optoacoplador MOC3021 que aísla la tensión alterna de 220V y la continua de 12 V. En este caso la tensión continua de 12 voltios puede proceder de una batería o de una fuente de 12 voltios de un equipo electrónico, por ejemplo, de un sistema de alarma.



## 4. MONTAJES DE CIRCUITOS OPTOELECTRÓNICOS

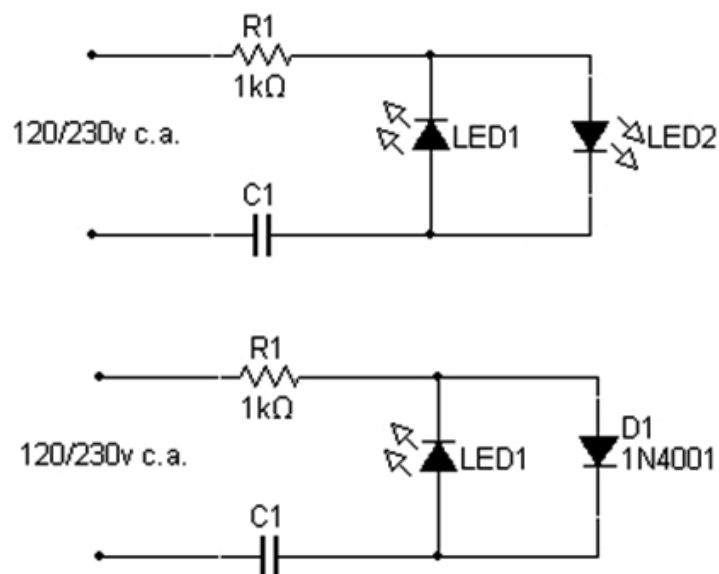
En este capítulo veremos algunos montajes prácticos donde se integran los componentes optoelectrónicos más utilizados.

### 4.1. MONTAJES DE CIRCUITOS CON LEDS

En la actualidad existen muchos dispositivos de iluminación basados en los diodos LEDs. Normalmente se utilizan para indicar un estado, por ejemplo, un led rojo indicar fallo del sistema, un led verde todo está correcto, un led naranja algunos elementos están fallando, etc.

En este primer montaje consiste en el funcionamiento y polarización de diodos LEDs alimentados en corriente alterna. Este circuito está diseñado para alimentar uno a dos diodos LED conectados directamente a una tensión alterna de 120/230 voltios. Con ayuda de un condensador y una resistencia, conseguimos reducir la tensión a una apropiada para que los diodos puedan trabajar sin quemarse. El circuito es muy simple que nos permitirá familiarizarnos y practicar con las impedancias capacitivas.

El primer LED1 dará paso al semiciclo negativo de la onda y el segundo LED 2 al semiciclo positivo. Si queremos solo poner un diodo LED1 es necesario poner un diodo normal sustituyendo al LED2, en la misma posición, si no hacemos esto, el LED1 trabajaría en inversa en una parte del semiciclo de la señal y se quemaría.



R1 se utiliza para evitar posibles picos de tensión, pero se desprecia a la hora de realizar cálculos, pues la mayoría de la caída de tensión se da en el condensador C1.

Con C1 de 0.22  $\mu\text{F}$  sin polaridad se tiene una reactancia de 14375 $\Omega$  ohmios, que permitirá el paso de 16 mA por el o los LEDs.

$X_c = 1 / (2 \pi f C)$  Fórmula de la reactancia capacitiva.

$I = V / X_c$  Ley de Ohm con la reactancia capacitiva.

$X_c = V / I$  Obtendremos la reactancia necesaria en el circuito. (I = I del LED)

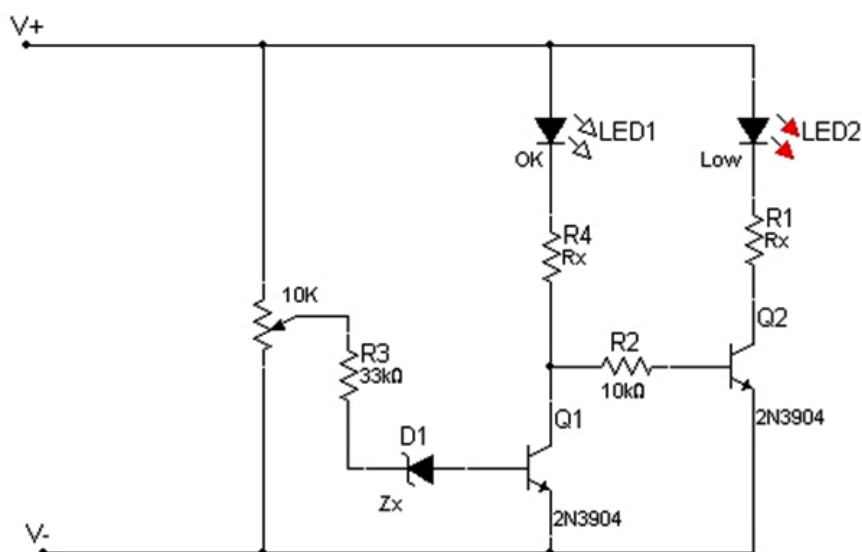
$C = 1 / (2 \pi f X_c)$  Obtendremos el valor del condensador.



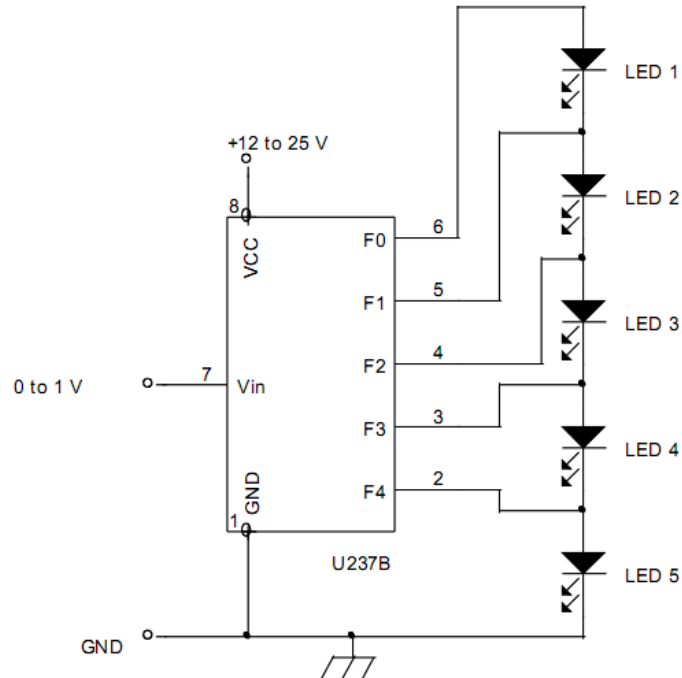
En el montaje siguiente es un circuito indicador del estado de la batería. Este circuito nos permitirá, por medio de dos LEDs saber el estado de la carga de cualquier batería. Se enciende el diodo LED rojo cuando todavía no está cargada la batería o tiene algún fallo y se enciende el LED verde cuando la batería está completamente cargada.

El circuito es bastante sencillo. Cuando la tensión en el cursor de la resistencia ajustable supera el valor del diodo zéner D1 más la tensión base-emisor del transistor Q1 más la caída de tensión de la resistencia R3 el transistor empieza a conducir, haciendo que el LED verde LD1 se encienda. Al saturarse este transistor Q1 el segundo transistor Q2 queda con su base a masa lo cual hace que el LED rojo LED2 no se ilumine.

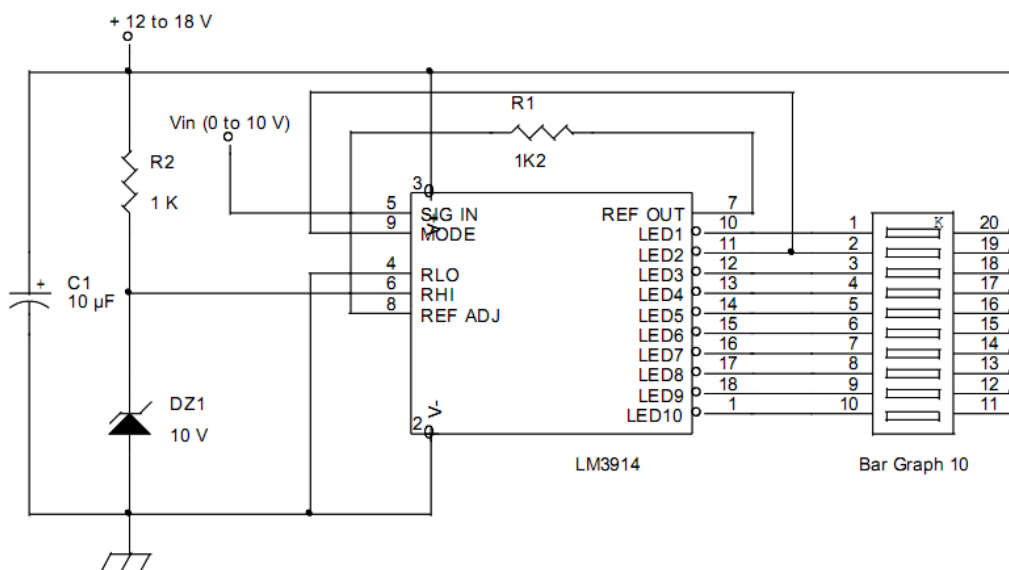
Ahora, si la tensión presente en la base del primer transistor Q1 cae por debajo del nivel de disparo el transistor se pone en corte y no conduce, quedando sin masa el LED verde LED1 lo que hará que éste se apague. En este momento el LED verde LED1 se comporta como un diodo en directa, haciendo que la base del segundo transistor Q2 quede excitada y obligándolo a conducir. Al conducir este transistor hace que el LED rojo LED2 se ilumine. De esta forma tenemos un LED verde LD1 que se ilumina cuando la tensión de entrada por medio de la resistencia ajustable alcanza o supera la tensión del diodo zéner D1 y, cuando esta tensión no logra el nivel requerido, el LED rojo LD2 es el que se enciende.



En el siguiente montaje se trata de un circuito detector de nivel de tensión que mediante la visualización de cinco diodos LEDs, LED1 a LED5, nos va señalizando, encendiéndose, conforme los niveles de tensión de entrada  $V_{in}$  del circuito integrado U237B sea de 0 a 1 voltio.



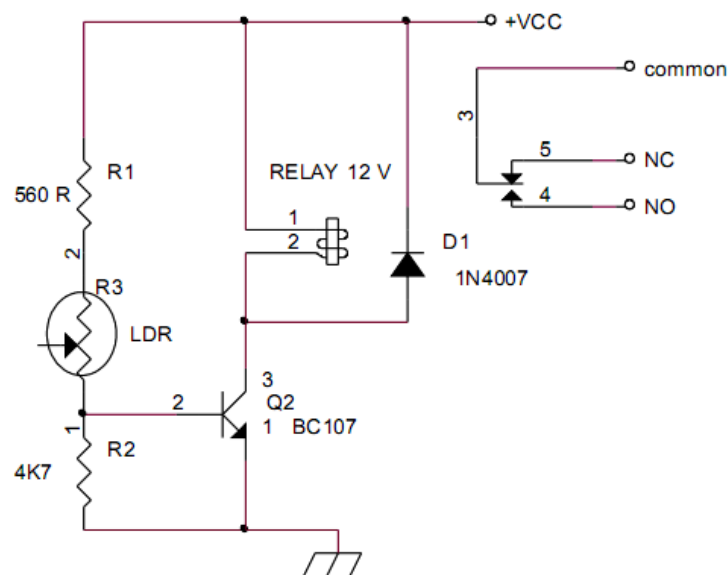
En este otro montaje es un circuito que detecta y visualiza, mediante una barra de LEDs, el nivel de tensión aplicado a la entrada  $V_{in}$ , de 0 a 10 voltios en la entrada del pin 5 del circuito integrado LM3914 cuya salida conectada a una barra de LEDs se irán iluminando o apagando conforme el nivel de tensión de entrada vaya aumentando o disminuyendo. Con un nivel de tensión de 10 voltios se encenderán todos los LEDs y con un nivel de 0 voltios estarán todos apagados.



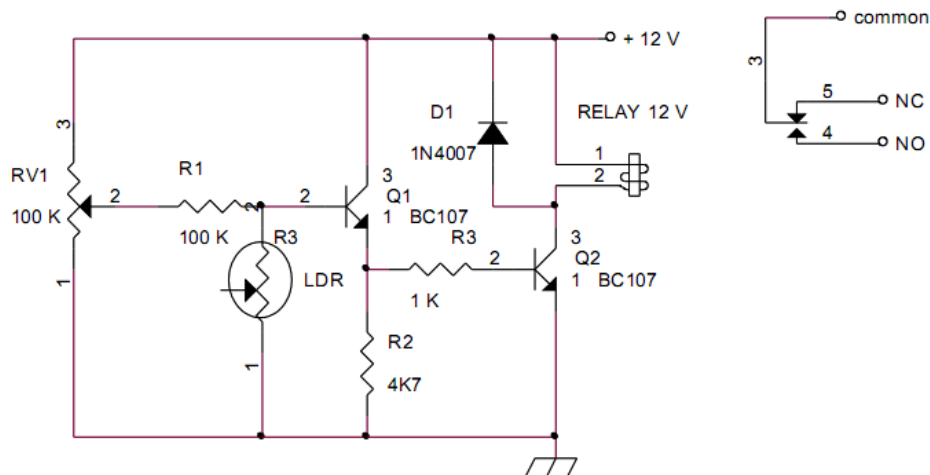
#### 4.2. MONTAJES DE CIRCUITOS CON FOTODETECTOR LDR

El siguiente montaje se va a utilizar una fotorresistencia LDR que nos permitirá cuando incida luz sobre ella, apagar un grupo de lámparas conectadas a la corriente alterna de 230Vca y, al contrario, cuando no le incida luz se encienda el grupo de lámparas de corriente alterna de 230Vca.

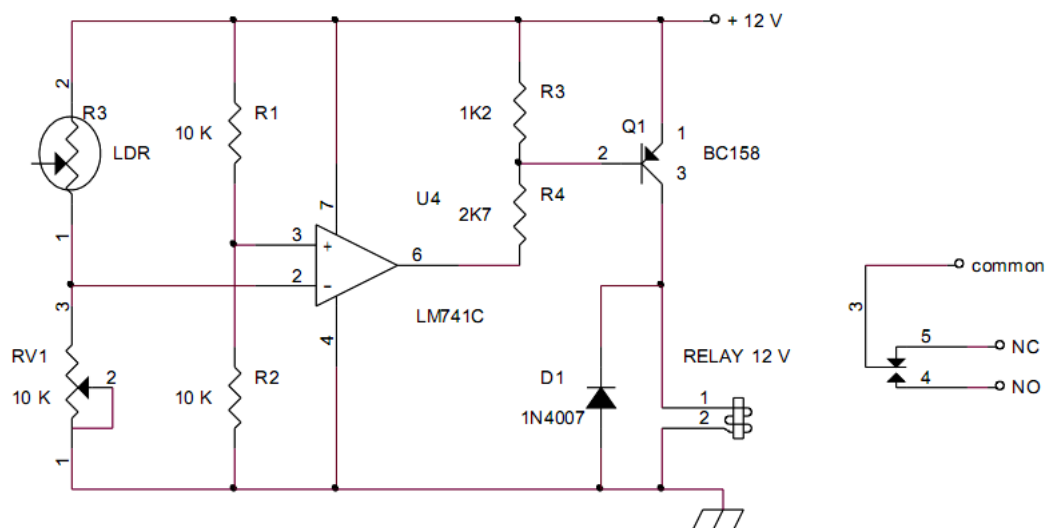
En este circuito se consigue que al incidirle luz a la LDR el valor de su resistencia disminuye haciendo conducir el transistor Q2 NPN y activando el relé de 12 voltios, pasando sus contactos de salida de común-NC a común-NA, apagando el grupo de lámparas de 230Vca. Y a la inversa si no incide luz en la LDR, su resistencia aumenta de valor, dejando el transistor Q2 en corte y desactivando el relé, volviendo sus contactos a su estado de reposo, común-NC y encendiendo el grupo de lámparas de 230Vca.



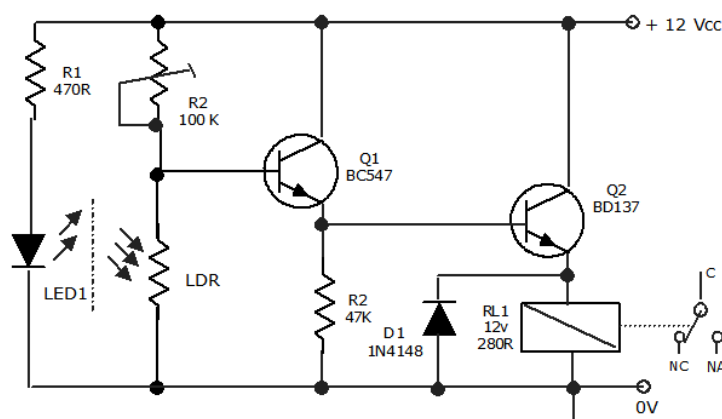
En este otro circuito, la configuración de la LDR permite que cuando le incida luz, el valor de su resistencia disminuya llevando a Q1 al corte y por lo tanto Q2 también, no activándose el relé y por tanto sus contactos no conmutan. En el caso de que no le incida luz en la LDR, el valor de su resistencia aumenta, y a través de RV1 y R1 el transistor Q1 conduce lo mismo que Q2 haciendo activar el relé y éste la conmutación de sus contactos de salida de común-NC a común-NA. Permitiendo en estos contactos colocar un grupo de lámparas de 230Vca.



En el siguiente montaje el circuito utiliza un amplificador operacional en la configuración de comparador. Las dos tensiones que se van a comparar son la tensión fija en la entrada no inversora (+) pin 3 del operacional y la tensión de control variable, por LDR, en la entrada inversora (-) pin 2. El estado que alcance la salida dependerá de la relación entre los niveles de las tensiones de entrada, de forma que si la tensión en la entrada inversora (-) pin 2 es menor, no incide luz en la LDR, que la tensión fija en la entrada no inversora (+) del pin 3, en este caso la tensión de salida, pin 6, será positiva, puesto que el nivel de tensión en la entrada no inversora (+) pin 3 es superior a la de entrada inversora (-) pin 2, la salida pin 6 tendrá un valor positivo y por lo tanto el transistor Q1 PNP no conducirá y el relé no se activará. Al contrario si la tensión de entrada inversora (-) en el pin 2 es mayor, incide luz en la LDR, en este caso la tensión de salida será negativa, puesto que el nivel de tensión en la entrada inversora (-) pin 2 es superior al de la entrada no inversora (+) pin 3 y por lo tanto tendrá un valor de tensión negativo en el pin 6, poniendo en conducción el transistor Q1 PNP y activando el relé.



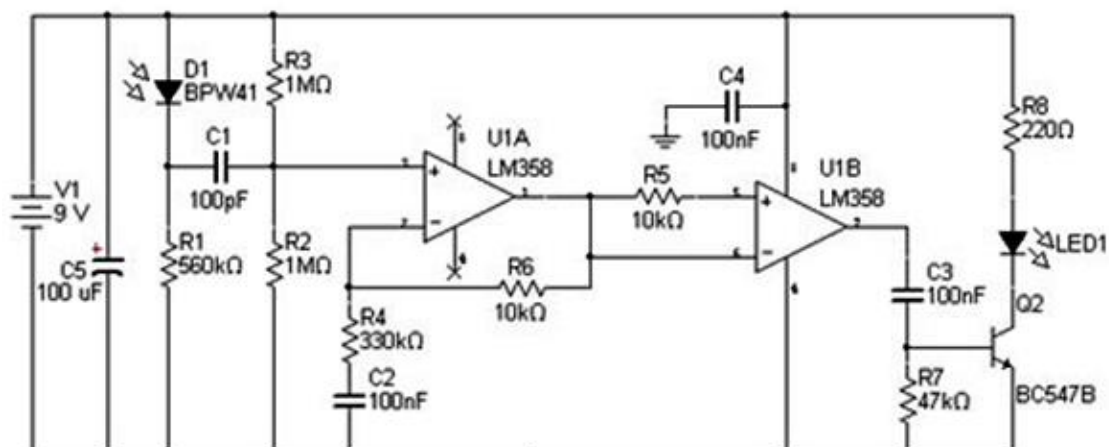
En el siguiente circuito práctico se utiliza un diodo LED1 emparejado y enfrentado con una fotorresistencia LDR que realizan la función de interruptor por obstrucción. El diodo LED1 está continuamente alimentado y emitiendo luz a la LDR que la recibe, por lo tanto el transistor Q1 se encuentra en corte y no conduce y por lo tanto Q2 tampoco y no se activa el relé RL1. De lo contrario cuando ponemos un obstáculo entre el LED1 y la LDR la resistencia aumenta su valor y pone en conducción el transistor Q1 lo mismo que Q2 que activa el relé.



### 4.3. MONTAJE DE CIRCUITOS CON FOTODIODO

El montaje del siguiente circuito es un comprobador de señales infrarrojas que permite analizar y detectar la recepción de señales infrarrojas mediante el fotodiodo e indicarnos por medio de un diodo LED la recepción de señales infrarrojas. Muy útil para la reparación de mandos a distancia o comprobar el funcionamiento de componentes u otros dispositivos emisores de señales infrarrojas.

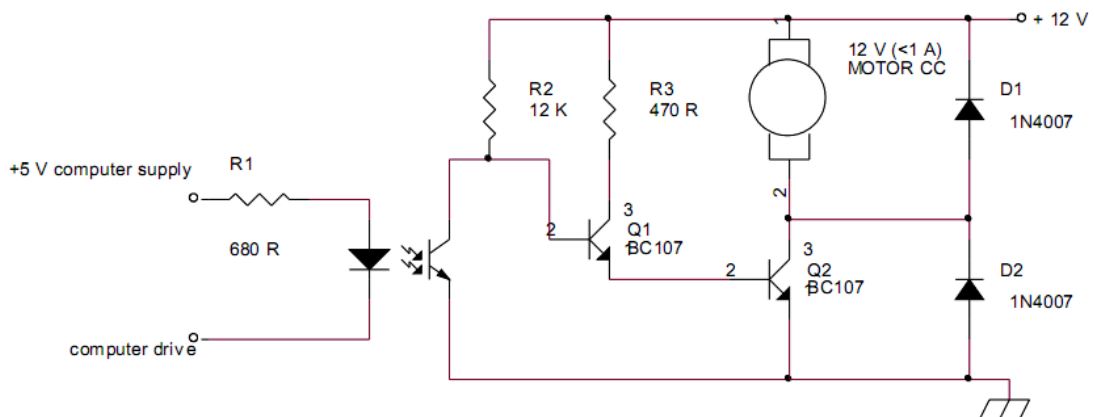
El circuito se alimenta con una tensión continua de 9 voltios filtrado por el condensador C5. El fotodiodo infrarrojo al recibir una señal infrarroja varía su conductividad provocando una variación de corriente que se entiende por una señal alterna gracias a los componentes R1 que polariza a D1, y C1 que es el encargado de transmitir la señal hasta el amplificador operacional. La señal en este último punto, es amplificada y transmitida al siguiente amplificador operacional, quien dará una tensión positiva por su salida (pin 7) al recibir la señal. La señal es aplicada a la base de Q2 permitiendo que LED1 quede polarizado y con ello se encienda.



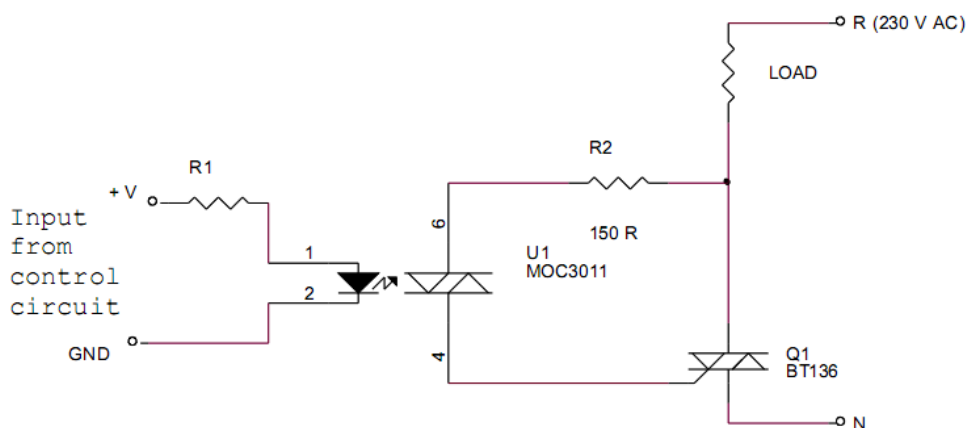
#### 4.4. MONTAJE DE CIRCUITOS CON OPTOACOPADORES

En este primer montaje con componentes optoacopladores se muestra sencillamente dos partes con diferentes circuitos y alimentación. En este caso la parte de control se encuentra en el lado del diodo LED del optoacoplador, que se controla mediante la alimentación fija de +5 voltios del ordenador, la resistencia limitadora de protección R1 y el control de la señal de activación del LED que en este caso debe ser un valor negativo de la salida del ordenador.

El circuito controlará un motor de corriente continua. Cuando se aplica una tensión negativa al cátodo del diodo LED del optoacoplador mediante el ordenador, el fototransistor se pone en conducción poniendo el transistor Q1 NPN en corte y lo mismo que Q2 NPN quedando el motor desactivado. Si no se aplica la tensión negativa del ordenador al cátodo del diodo LED, el fototransistor no conduce y por lo tanto Q1 se pone en conducción mediante R2 y Q2 lo mismo poniendo el motor en funcionamiento..



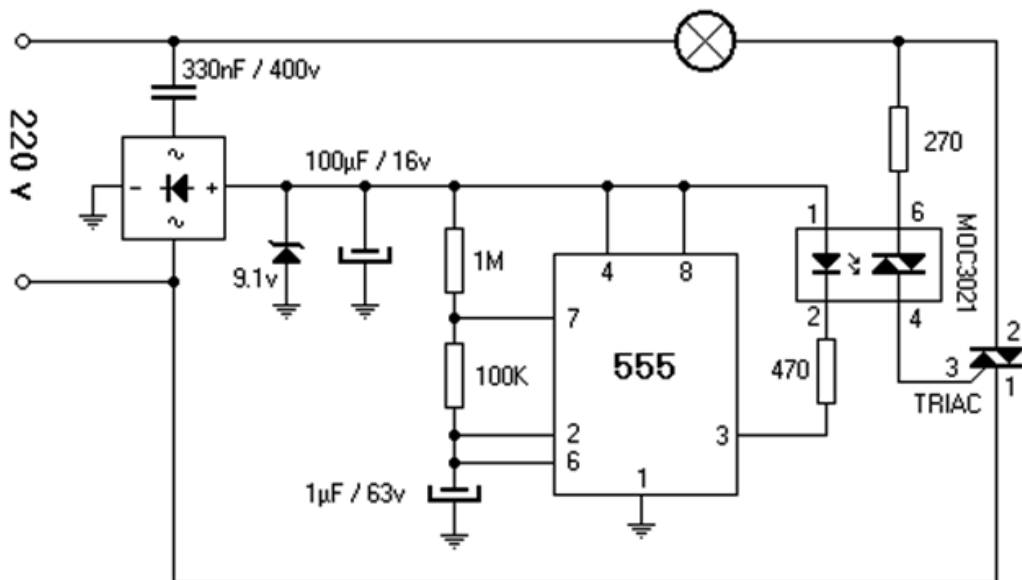
En este segundo montaje es un circuito típico de optoacoplador con optotriac que permite controlar y aislar dos circuitos alimentados con diferentes tensiones. El circuito de control de entrada al diodo LED del optoacoplador se activa con una tensión continua de +V y GND e incide sobre el optotriac que polariza la puerta del Triac BT136 y activa la carga.



En el siguiente montaje es un circuito que enciende de forma intermitente una o varias bombillas de 230V con una potencia máxima de 800W.

La fuente de alimentación de este circuito se genera a partir de los 220 voltios de alterna y consta de un condensador de 330nF/400v, el puente rectificador, un diodo zéner de 9,1voltios y el condensador de filtro de 100uF/16V. Estos forman la fuente de alimentación, en la cual obtenemos aproximadamente unos 9 voltios para trabajar con el circuito integrado 555.

El integrado 555 y sus componentes anexos generan el tren de pulsos que lo aplicamos a un optoacoplador para aislar el circuito de pulsos del circuito de potencia. Este último acciona a su vez intermitentemente al triac haciendo que la bombilla se encienda y apague continuamente.



#### 4.5. MONTAJE DE CIRCUITOS CON DISPLAY DE SIETE SEGMENTOS

En este circuito práctico que se muestra en la siguiente figura corresponde a un contador de 0 a 9 con el circuito integrado TTL, U1 74LS90 y, el decodificador en BCD, U2 74LS47 de siete segmentos en ánodo común. Cuando pulsamos en el contador de entrada U1 obtenemos un código de salida binario QA, QB, QC y QD que aplicamos a la entrada de U2, A, B, C, D, donde decodifica ese código y lo representa a la salida mediante un display de siete segmentos que puede ser desde un 0 a 9 y ordenadamente cada vez que pulsemos.

