

Capítulo 1

LED's Y VARIABLES ELÉCTRICAS.

1.1 ¿Qué es un LED?

Es la sigla de las palabras en inglés de Light Emitting Diode (diodo emisor de luz) y son pequeños elementos de iluminación y transmisión comúnmente usados en equipos electrónicos como computadoras, equipos de sonido, electrodomésticos, señalizaciones, relojes digitales, controles remotos, pantallas gigantes, lectores de CD y DVD. Los LED's son diferentes de los ordinarios focos incandescentes o lámparas fluorescentes, por que no tienen un filamento o gas, generan muy poco calor, son ideales para usarse en aparatos que usan baterías como teléfonos, juguetes, computadoras portátiles, controles de TV, y ahora en iluminación. Hace unos años solo existían LED's de tonalidad roja, amarilla y verde, hoy en día existen más colores como azul, blanco, turquesa y variaciones de todos estos colores.

Un LED es un dispositivo de estado sólido, se les denomina de esta manera a todos los elementos construidos con materiales semiconductores, algunos ejemplos de estos son los transistores y diodos. Estos dispositivos los encontramos en todas partes, como en teléfonos celulares, controles remoto, reproductores MP3, cámaras digitales, computadoras, fuentes de alimentación eléctrica, electrodomésticos, radios, etc.

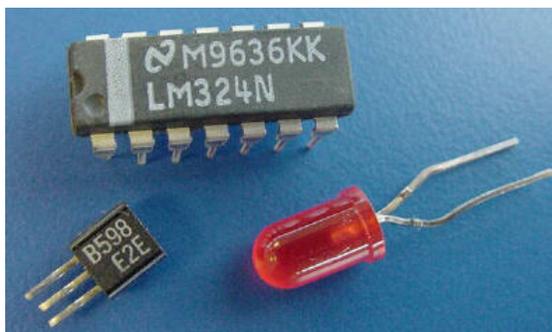


Ilustración 1

*Dispositivos de Estado Sólido: Circuito Integrado (LM324N), Transistor (B598), LED rojo.
Fuente: howstuffworks.com*

El primer reporte conocido sobre diodos emisores de luz fue hecho en 1907 por un científico inglés llamado Henry Joseph Round. Este científico es más conocido por sus logros en la radio y por ser asistente de Guglielmo Marconi. Específicamente se le atribuye la primera noción de un LED tal como lo describe en uno de sus reportes – “...durante una investigación del paso asimétrico de corriente a través de carborundum¹ y otras sustancias se vio un curioso fenómeno. Cuando se aplicaban 10 volts entre dos puntos de un cristal de carborundum, el cristal daba una luz amarillenta. ...En algunos cristales los bordes daban el tono verde amarillento y otros daban azul y naranja. En todos los casos probados el destello parecía venir del polo negativo, y una chispa azul-verde aparecía en el polo positivo. ...” **A Note on Carborundum**, H. J. Round, **Electrical World**, Nueva York, N.Y.

Posteriormente, un científico ruso llamado Oleg Vladimir Losev publicó “*Luminous carborundum detector and detection and oscillations with crystals*”, en este documento publicado en 1920 Losev observó que los diodos rectificadores usados en receptores de radio emitían luz al paso de corriente eléctrica. Este documento y los siguientes publicados de la época constituyen lo que conocemos actualmente como un LED debido a que con las investigaciones de Losev se tienen las bases y características del funcionamiento de los LED’s, desde el umbral de corriente necesario para encender un LED, estudios relacionados con la temperatura, la característica corriente-voltaje del LED y su importancia en las telecomunicaciones.

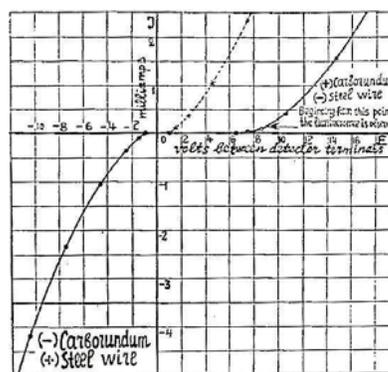
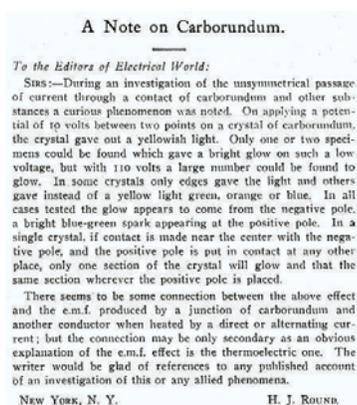


Ilustración 2

Artículo escrito por Round en Nueva York, característica corriente voltaje obtenida por Losev.

Fuente: The Life and times of the LED – a 100 year history.

¹ Carborundum. Nombre comercial para el carburo de silicio, compuesto cristalino de tonalidad negra usado como abrasivo.

El primer LED práctico se inventó en 1962 por Nick Holonyak en la compañía General Electric, se empezaron a comercializar en los últimos años de la década de los sesentas en tonalidad roja. Primeramente fueron usados para reemplazar indicadores incandescentes y en displays de siete segmentos en equipos de laboratorio y equipo electrónico de prueba, después en televisores, teléfonos y calculadoras.

Estos LED's rojos eran muy buenos como indicadores, no para iluminación. Al paso de los años se logró fabricar LED's con otros colores y conforme la tecnología LED ha ido creciendo, también la intensidad de la luz emitida y así ser considerados para iluminación.

1.1.1 Tipos y clasificación de LED's.

Hay varios tipos de LED's que pueden ser clasificados de diferente manera según sus características, propósito, potencia, etc. Aquí se clasifican en dos categorías y en ramas según su función.

Los LED's se dividen en dos categorías:

- LED's de baja potencia.
Comúnmente su tamaño es de $5[mm]$, sin embargo también los hay en $3[mm]$ y $8[mm]$. Típicamente consumen $0.1[W]$ de potencia, operan aproximadamente con $20[mA]$ y hasta $3.2[V]$ de corriente directa, producen muy poca luz entre $2[lm]$ y $4[lm]$.

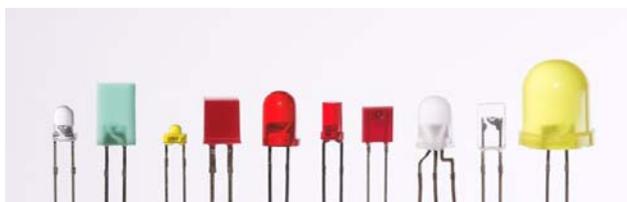
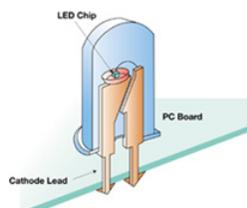


Ilustración 3
LED's de baja potencia.
Fuente: explicame.org

- LED's de alta potencia.

Consumen entre $1[W]$ y $5[W]$ y se esta incrementando. Funcionan en un intervalo de corriente de $0.35[A]$ a $1[A]$, pueden producir entre $40[lm/W]$ y $80[lm/W]$.

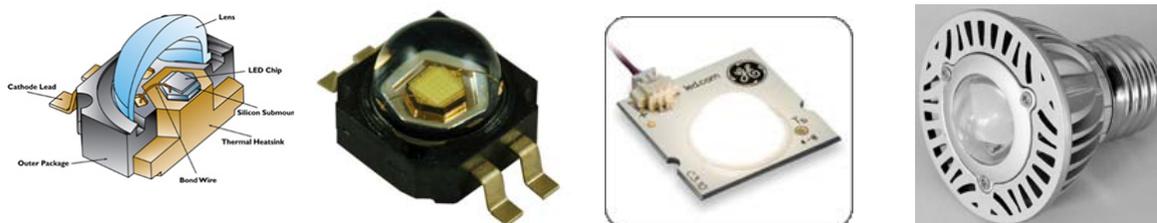


Ilustración 4
LED's de alta potencia.
Fuente: Philips, GE.

A su vez, estas categorías pueden ser divididas según el propósito del LED. Para la categoría de baja potencia se clasifican en:

- ✓ *Indicadores.*

El propósito más común de un LED, simplemente dan información al usuario sobre el estado de algún elemento, ejemplos de esto son el encendido o apagado de algún aparato, funciones activas en aparatos, apuntadores. También son usados en conjunto para desplegar información visual como marquesinas, anuncios, pantallas de diferentes tamaños, señalizaciones.

- ✓ *Iluminación.*

Aunque son pequeños y de baja potencia en conjunto pueden ser usados para iluminación, conforme ha ido evolucionando la tecnología LED es posible esto ya que proporcionan una buena intensidad de luz, un pequeño conjunto de 4 o incluso un solo LED puede ser usado como linterna o lámpara de mano.

- ✓ *Transmisión.*

Es otra rama donde se ha desarrollado el uso de LED's, en específico LED's ultravioleta e infrarrojos, desde la transmisión de señales en los controles

remotos de electrodomésticos, y otros. Lectura de CD's, DVD's. Displays, relojes, en fibra óptica para telecomunicaciones y en sensores.

✓ Cromoterapia.

Existen reportes médicos que afirman que ciertas longitudes de onda emitidas por LED's ayuda a pacientes con depresión, relajación de músculos, fototerapia con LED's azules y rojos reducen significativamente el acné en un periodo de 3 meses.

En la actualidad existen todos los colores del espectro visible en LED's, algunos difíciles de encontrar por no ser tan comunes, así como LED's infrarrojos y ultravioleta. También se están desarrollando pantallas con OLED's (LED's orgánicos) la siguiente generación de pantallas que remplazará al plasma y LCD.

Los LED's de alta potencia son tecnología reciente que esta creciendo para usarlos en iluminación, señalización y decoración. Ejemplos de estos son las lámparas de LED's existentes en el mercado, la sustitución de las luces en los automóviles, iluminación de carteles, edificios, monumentos, etc.

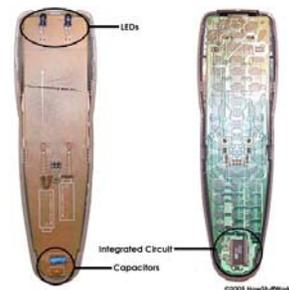


Ilustración 5

Ejemplos de uso de LED's: LED's con tonalidades de todo el espectro visible, display de un radio-reloj, control remoto de TV.

Fuente: howstuffworks.com

1.2 Funcionamiento.

La forma en que un LED produce luz es muy diferente de los focos incandescentes, lámparas fluorescentes o lámparas de halógeno. Cuando circula corriente eléctrica a través de una lámpara incandescente la luz se produce por el calentamiento de un filamento de tungsteno al vacío para evitar que se quemara o se destruyera durante el funcionamiento. En lámparas fluorescentes, al aplicar una tensión eléctrica excita átomos de mercurio los cuales emiten radiación ultravioleta, ésta a su vez excita una capa fluorescente que hay dentro del tubo y produce la luz (fotones). Un diodo emisor de luz sigue esta misma idea pero de otra forma.

Un diodo es el dispositivo más simple hecho de semiconductores (dispositivo de estado sólido). Un semiconductor es un compuesto formado por un elemento aislante convertido en un conductor pobre por añadir impurezas (átomos de otro elemento). En electrónica el material aislante es el silicio, este elemento posee una estructura electrónica similar al carbono y germanio por estar en el mismo grupo de la tabla periódica de los elementos, tienen en común 4 electrones en su último orbital lo que les permite compartir estos electrones con otros elementos del mismo grupo y formar una cuadrícula o estructura cristalina, de esta forma no hay electrones libres que puedan moverse. Cuando se añaden átomos de otros elementos de otros grupos a estos materiales es posible tener electrones libres o espacios para recibir electrones, dicho en otras palabras, se tienen impurezas, a este proceso de añadir impurezas es conocido como dopaje. En materiales dopados, la cantidad de electrones y espacios es pobre y es por esta razón que a estos materiales se les conoce como semiconductores.

Un material semiconductor con electrones extra se le denomina material tipo N ya que tiene más cargas negativas que positivas, generalmente se hace añadiendo fósforo (P) o arsénico (As) por tener cinco electrones en su última orbita, uno extra en la formación de la estructura cristalina. Un material semiconductor con espacios extra se logra añadiendo boro (B) o galio (Ga) por tener tres electrones en su última orbita lo que significa dejar un espacio para formar la estructura cristalina, se le denomina material

tipo P ya que tiene más espacios para recibir electrones extra. Cuando estos dos materiales se unen los electrones libres del material N tienden a ir hacia los espacios del material P, o dicho de otra forma los espacios van hacia donde están los electrones libres. Hay que hacer notar que cuando se construyen estos materiales existen portadores mayoritarios correspondientes a los descritos anteriormente libres para fluir, y los portadores minoritarios que son electrones o espacios en mucho menor cantidad pero que están ahí también libres de moverse debido a impurezas anteriores al proceso de fabricación que no pudieron eliminarse para tener silicio puro o de alguna excitación por el simple hecho de exposición a una fuente luminosa o de calor. En un material tipo N los portadores minoritarios son cargas positivas (espacios) y en el tipo P son cargas negativas (electrones).

Un diodo es la unión de los materiales P y N con electrodos en los extremos, al electrodo del material P se le llama ánodo (A) y al del material N se le denomina cátodo (K). Debido a que esta unión solo permite el sentido de conducción en una sola dirección, un diodo solo conduce corriente del ánodo al cátodo.

Cuando están unidos los materiales P y N los electrones libres más cercanos a los espacios más cercanos se combinan formando una región de agotamiento creando un equilibrio en la juntura dejando electrones libres y espacios en los respectivos materiales libres para fluir.

Cuando se aplica una tensión eléctrica al diodo existen dos posibles comportamientos, el primero es cuando la parte positiva de la tensión es conectada al ánodo y la parte negativa al cátodo (polarización directa) aquí los espacios considerados cargas positivas son repelidos por la fuente de tensión sin tener otra opción de ir hacia la región de agotamiento y a su vez los electrones del material N son repelidos hacia la región de agotamiento, hasta que la tensión eléctrica sea suficiente para superar la región de agotamiento se establecerá una conducción eléctrica es decir los espacios fluyen hacia el material N y los electrones hacia el material P. Esta conducción de corriente es exponencial, la tensión necesaria para superar la región de agotamiento se conoce

como voltaje del diodo (V_D) y éste varía según los materiales usados para construir el diodo, entre mayor sea el voltaje del diodo, mayor será la frecuencia de la radiación que emite el diodo, es decir, el voltaje del diodo denota la tonalidad de la luz que éste emite.

Para el caso del ánodo conectado al terminal negativo y cátodo al terminal positivo los espacios del material P son atraídos por los electrones de la fuente de tensión mientras que los electrones del material N son atraídos por las cargas positivas de la fuente de tensión, en el diodo se incrementa la región de agotamiento y no existe la conducción. Debido a la existencia de portadores minoritarios hay una corriente de baja magnitud conocida como corriente de saturación inversa que es de algunos microamperes. Si se aumenta la tensión, el diodo puede llegar a la región Zener, en esta región el diodo aumenta el flujo de corriente de saturación inversa instantáneamente hasta que se destruya, los fabricantes proporcionan el límite de tensión antes de la región Zener como PIV (Peak Inverse Voltage).



Ilustración 6

*Diodo: comportamiento en polarización directa e inversa.
Fuente: howstuffworks.com*

La luz generada en un LED es liberada de átomos, esta luz es compuesta de pequeños paquetes de energía sin masa llamados fotones que son la unidad básica de luz. En un átomo los electrones se mueven en orbitales alrededor del núcleo, estos electrones tienen diferente cantidad de energía dependiendo del orbital en el que se encuentren, entre más alejado del núcleo mayor es la cantidad de energía. Estos electrones pueden cambiar de orbital, si un electrón salta de un orbital menor a uno mayor necesita una excitación (energía externa), en cambio si un electrón va de un orbital mayor a uno menor libera energía en forma de fotón.

Como ya se mencionó anteriormente, los electrones libres pueden caer en espacios del material P, cuando esto sucede los electrones caen a un orbital menor por lo tanto liberan energía, liberan fotones. Esto sucede en cualquier diodo, pero solo se puede ver la luz cuando el diodo esta compuesto de ciertos materiales. Los diodos de silicio están contruidos de tal manera que los electrones liberan poca cantidad de energía y generan fotones de baja frecuencia correspondientes a los rayos infrarrojos, invisibles para el ojo humano. Los LED's que emiten luz visible al ojo humano están hechos con otros materiales. Por ejemplo, los primeros LED's que se fabricaron fueron de color rojo, el material usado es arseniuro de galio-aluminio (AlGaAs). LED's azules están hechos con nitruro de galio-indio (InGaNi) y LED's verdes hechos con fosfuro de galio-aluminio (AlGaP). Los LED's de tonalidad blanca se crean al combinar luz roja verde y azul (RGB) o también poniendo una capa fluorescente amarillenta a LED's azules.

La dirección en que los fotones son liberados es aleatoria, además de que el propio material absorbe algunos de estos fotones, por esta razón es necesario concentrar los fotones para poder iluminar y esto se logra encapsulando el diodo en un material plástico transparente especialmente contruido para dirigir los fotones en una determinada dirección. Hay diferentes tipos de encapsulado que cubren al LED con el propósito de manipular la luz que emiten, existe el encapsulado transparente utilizado en LED's de alta potencia con el fin de que esta cubierta no absorba la luz generada por el LED. El encapsulado coloreado es similar al anterior pero con tonalidad, se usa en LED's indicadores o donde sea necesario identificar el color del LED aunque esté apagado. Los LED's de encapsulado difuso son también de tonalidad y tienen la característica de esparcir la luz del LED, lo que implica una menor iluminación pero más expandida. Los LED's milky son difusos sin tonalidad, es decir blancos, especialmente diseñado para LED's multicolores.

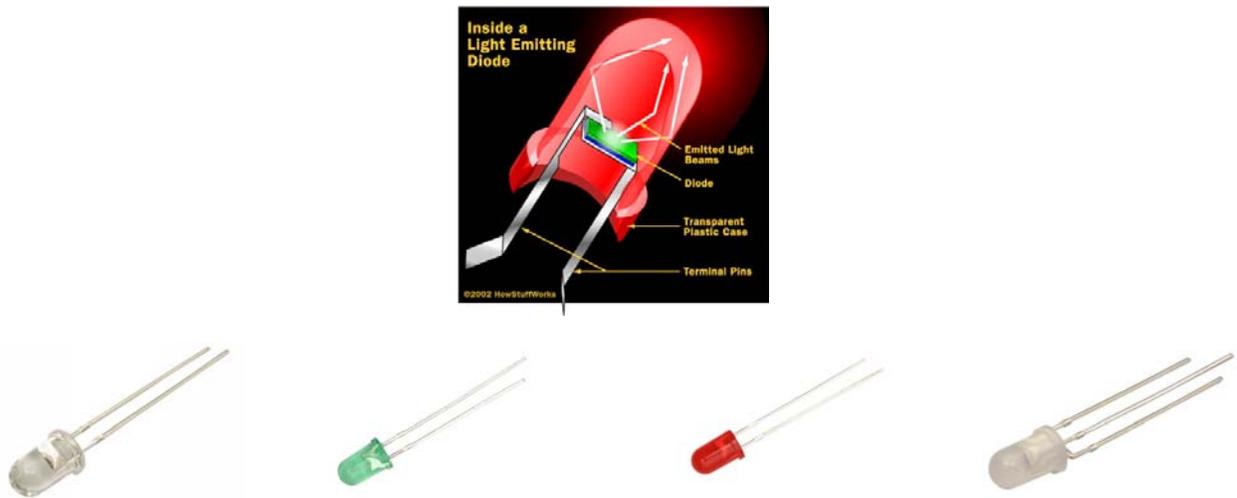


Ilustración 7

*Encapsulados de LED's: Concentración de los haces de luz, transparente, coloreado verde, difuso rojo, milky bicolor.
Fuente: howstuffworks.com, STEREN.*

1.3 Aplicaciones con LED's.

Existe una infinidad de aplicaciones con LED's algunas ya citadas anteriormente como ejemplos y propósitos de un LED, aquí se abunda más en donde se puede encontrar un LED y cual es su propósito.

A. Indicadores.

Esta es la primer aplicación desde la creación de los LED's de tonalidad roja y tal como su nombre lo dice, indicaban la situación en que se encontraba algún aparato o función, indicar si estaba encendido o apagado, ejecutándose, o alguna alarma. Estos LED's se pueden encontrar en dispositivos muy simples como reguladores de voltaje con o sin respaldo de energía, en computadoras, indicadores de las teclas Bloq Mayus, Bloq Num, Bloq despl, encendido del CPU, uso del procesador, status de la batería para

computadoras portátiles, memorias USB, electrodomésticos recientes, en la industria, todo tipo de aparatos. Indicadores VU de equipos de sonido. Indicadores en todo tipo de transportes, automóviles, aviones, barcos, ferrocarriles.



Ilustración 8

Indicadores: Teclado de computadora, automóvil.

Fuente: Internet.

B. Displays.

Otra forma de indicar pero dando información precisa. Un display es un conjunto de LED's organizados de tal forma que puedan formar un número, letra o carácter. Se pueden encontrar en relojes digitales, elevadores, en aparatos industriales de todo tipo desplegando todo tipo de información como tipo de operación de algún sistema (manual/automático), magnitudes como temperatura, velocidad, posición, voltaje, corriente. Algunos electrodomésticos como radios, televisores.



Ilustración 9

Displays: De 7 segmentos, en una calculadora.

Fuente: Internet.

C. Iluminación a baja escala.

La luz generada por un LED es suficiente para iluminar un área pequeña y cercana al LED. Se pueden encontrar en relojes de mano, calculadoras, dispositivos portátiles como teléfonos celulares, reproductores de música, traductores, agendas electrónicas,

todo dispositivo que tenga pantalla para desplegar información y tenga la posibilidad de iluminarse, es seguramente mediante un LED.

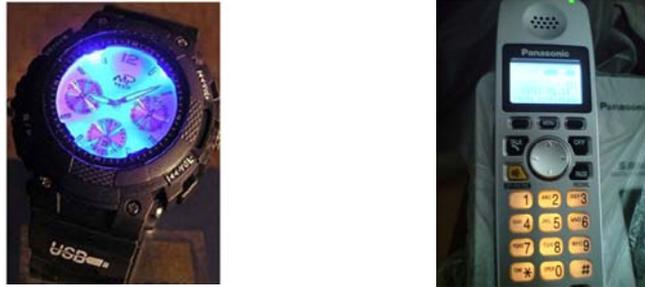


Ilustración 10

Iluminación: Luz azul en un reloj, teclas y pantalla en un teléfono.

Fuente: Internet.

D. Láser.

Es un dispositivo capaz de emitir un haz de luz coherente (fotones que se propagan en fase y a una misma frecuencia) de cualquier frecuencia, desde infrarrojo hasta rayos X. Existen distintos tipos de láser, uno de estos es el láser semiconductor donde están involucrados los LED's.

Algunas impresoras láser usan LED's como una fuente de luz dentro de ésta, esto en sustitución de un solo láser que incluye partes móviles. El cabezal de impresión incluye una barra de LED's lo que permite una mayor resolución, es rígido y no tiene partes móviles, abarca todo el ancho de la página y crea la imagen en el tambor de impresión.

Otros dispositivos que utilizan láser semiconductor son los lectores de CD, DVD y Blu-Ray. La función del LED es la de emitir el haz de luz hacia la superficie del CD DVD o disco blu-ray, la superficie tiene perforaciones previamente hechas correspondiente a la información en éste. El haz de luz será reflejado según las perforaciones que haya, el reflejo es detectado y convertido en una señal digital, después esta señal digital es decodificada o convertida a señal analógica según el tipo de dato que sea (audio, imágenes, texto, etc).

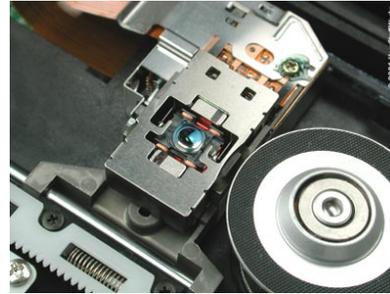
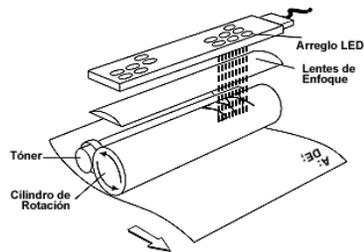


Ilustración 11

Láser: Arreglo de LED's en una impresora láser, lente del láser de un reproductor de CD's.

Fuente: Okidata, howstuffworks.com

E. LED Infrarrojo.

Usados principalmente para transmisión inalámbrica. En controles remoto de televisiones, videograbadoras, ventiladores, aire acondicionado están este tipo de LED's. Cuando se presiona un botón del control se hace una conexión interna, un chip codifica la conexión en una señal digital que es amplificada y enviada a través del LED al receptor del aparato, luego la decodifica y hace la función correspondiente. La luz emitida por este tipo de LED no es perceptible al ojo humano, esta debajo del rango visible, debajo de la luz roja.

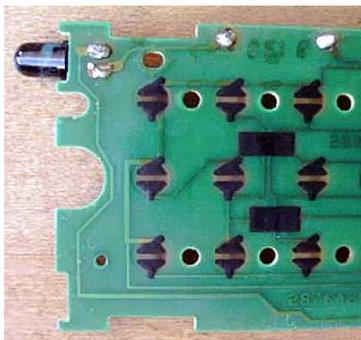


Ilustración 12

LED Infrarrojo: Controlés remotos.

Fuente: Internet.

F. LED Ultravioleta.

La radiación ultravioleta es invisible al ojo humano, pero usando materiales fosforescentes se puede convertir en luz visible. Existen lámparas ultravioleta (UV) que se están sustituyendo por UV LED's por las ventajas que tiene el uso de LED's. Las aplicaciones de estos son en la identificación de fugas en maquinaria, por ejemplo si un aire acondicionado tiene fuga, se le puede añadir una sustancia fosforescente al refrigerante e iluminar con luz UV la maquinaria hasta que se encuentre el área iluminada, es decir, la fuga. En la identificación de documentos falsos como credenciales, dinero, entre otros documentos que cuenten con una tira o sello solamente visible a la exposición de luz ultravioleta. En la identificación de huellas, y algunas sustancias producidas por seres vivos ya sea añadiendo sustancias fosforescentes o por la misma naturaleza fosforescente de lo que se esté buscando. También se usa para potabilizar agua y eliminación de bacterias ya que la radiación ultravioleta es capaz de destruir microbios.



Ilustración 13

LED UV: Autenticidad, sangre en escena de crimen.

Fuente: Internet.

G. Sensores.

Muchos ratones ópticos usan LED's que iluminan la superficie en que se encuentra el ratón y es detectada por un sensor. Este sensor envía las imágenes iluminadas a un procesador digital de señales (DSP) para análisis. El DSP detecta patrones en las imágenes enviadas y determina si han cambiado de posición y que distancia, luego envía las coordenadas correspondientes a la computadora y ésta mueve el cursor a las

coordenadas recibidas, esto sucede cientos de veces por segundo por eso el movimiento del cursor es continuo.

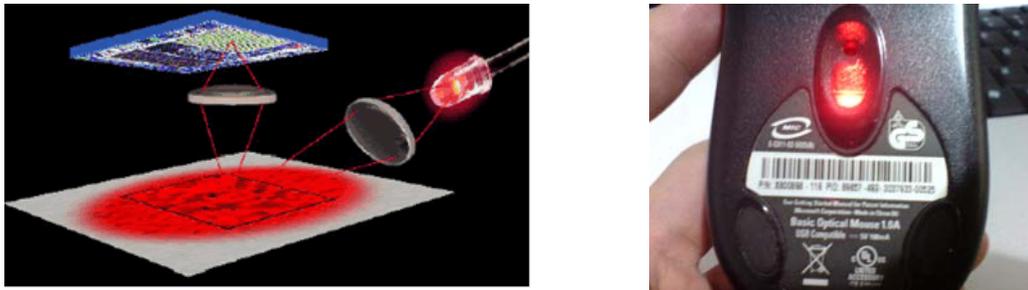


Ilustración 14
Sensor: Dentro del ratón, LED rojo.
Fuente: Internet.

H. Pantallas.

Las pantallas gigantes de 10 a 30 metros que se encuentran en estadios, conciertos, plazas comerciales, edificios y famosas áreas públicas están hechas con LED's. Un punto de la pantalla consiste en un arreglo de LED's de color rojo azul y verde que pueden diferir en la cantidad por punto, es decir, puede haber más de tres LED's por punto, un sistema de cómputo se encarga de ver la imagen a mostrar, determina que LED's encender y a que intensidad para obtener en cada punto el tono correspondiente a la imagen.

Se están desarrollando pantallas domesticas a base de tecnología LED, esta variante llamada OLED's permite tener imágenes de alta definición, pantallas de mayores dimensiones, muy delgadas y menor consumo de energía. Un OLED significa LED orgánico y son dispositivos de estado sólido con un grosor de 100 a 500 nanómetros compuestos de una película delgada de moléculas orgánicas o polímeros que generan luz cuando se les hace pasar una corriente eléctrica. Actualmente teléfonos celulares y cámaras digitales usan pantallas con OLED's.

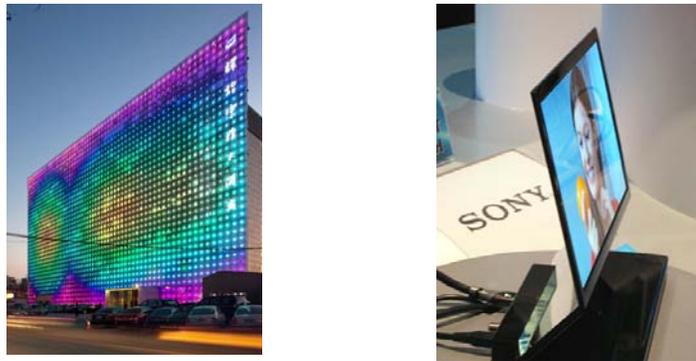


Ilustración 15

Pantallas: Frente de un edificio, pantalla OLED Sony.

Fuente: Internet.

1.3.1 Los LED's en la iluminación.

Desde que la tecnología LED avanzó, se consideró que podrían ser usados con propósitos de iluminación y con muy buenas ventajas sobre las tradicionales fuentes de luz. En iluminación se le denomina al uso de LED's como SSL (Solid State Lighting). Por una parte los LED's no tienen filamento que se queme para producir luz, por lo tanto su duración es mayor, el material que los cubre es un plástico duro que los hace más resistentes a golpes. La principal ventaja es su eficiencia, en lámparas incandescentes la producción de luz involucra la generación de calor que no es una ventaja en la iluminación, esa energía se pierde y debido a que una gran porción de la energía producida en centros de generación es para iluminación estas pérdidas son considerables, en cambio los LED's no generan calor, gran parte de la energía empleada para encender un LED es precisamente para iluminar.

Un LED produce más luz por watt que las lámparas incandescentes, esto resulta muy útil en dispositivos que funcionan con baterías, como linternas o dispositivos que necesitan iluminación. Pueden emitir todos los colores del espectro visible y las

regiones extremas del espectro electromagnético (radiaciones infrarrojas y ultravioleta). En aplicaciones donde se controle la intensidad de la luz los LED's no cambian su tonalidad como en las lámparas incandescentes donde la tonalidad varía entre amarillo y naranja. Los LED's son ideales para aplicaciones de encendido y apagado donde las lámparas fluorescentes con el tiempo se queman y aparece una tonalidad negra en sus extremos. Se degradan mucho menos que las lámparas tradicionales, se ha calculado que un LED puede funcionar entre 50,000 y 100,000 horas, lámparas fluorescentes hasta 30,000 horas y focos incandescentes entre 1,000 y 2,000 horas. El encendido de un LED es instantáneo en comparación con las lámparas fluorescentes, ni contienen mercurio. No emiten radiación infrarroja o ultravioleta.

Como todas las cosas no todo tiene solo ventajas, también hay desventajas. Debido a que la iluminación con LED's está desarrollándose y no es común, su costo inicial es alto comparado a las lámparas convencionales, sin embargo esta desventaja a largo plazo es insignificante por la durabilidad y bajo consumo de energía de un LED. El ángulo de esparcimiento de luz (ángulo de radiación) de un LED es bajo comparado a lámparas convencionales, debido a que el encapsulado del LED concentra la luz para poder iluminar, se necesitan varios LED's para sustituir la luz proporcionada por una lámpara incandescente o fluorescente. Se necesitan elementos adicionales para encender un LED, no se pueden conectar directamente a la red eléctrica aunque ya existen lámparas de LED's que incluyen estos elementos adicionales en su interior. Son sensibles a temperaturas extremas lo que puede dañarlos y disminuir su durabilidad.



Ilustración 16
Iluminación: Ornamental, semáforo.
Fuente: Internet.

La tecnología LED para iluminación ya existe en el mercado y esta expandiéndose, se pueden encontrar en linternas, lámparas de escritorio, vitrinas, aparadores, lugares exteriores para indicar límites como en estacionamientos y caminos; en cámaras fotográficas en sustitución del flash, señalizaciones de tráfico, iluminación ornamental.

Algunos de estos productos tienen un buen desempeño pero la calidad de luz y eficiencia varía en estos productos por las siguientes razones.

La SSL está en desarrollo, significa que cada 4 o 6 meses se pueden encontrar nuevos productos. Los LED's son sensibles a condiciones extremas de temperatura y eléctricas por lo que los fabricantes están en constante cambio de diseños de lámparas e integrando los LED's en estos diseños. Hay grandes diferencias entre SSL y la iluminación convencional que ha creado la necesidad de hacer nuevos estándares y procedimientos de prueba que surgirán en el futuro. Muchos de estos productos están hechos con pequeños LED's de $3[mm]$ y $5[mm]$ de baja potencia que en conjunto pueden iluminar, los LED's de alta potencia están hechos con empaques más complejos por que necesitan disipar el calor, esto aumenta su costo además de producir mayor cantidad de luz.

1.4 Adquisición y medición de variables eléctricas.

La adquisición de una variable física es importante por el hecho de conocer su comportamiento, analizarlo, medirlo, y obtener beneficios en un fin determinado manipulando la variable. Las variables físicas de nuestro interés son las eléctricas como son la corriente, tensión, resistencia y potencia.

La corriente eléctrica es el flujo de portadores de carga eléctrica (por convención la dirección que siguen las cargas positivas) en un material que permita el movimiento de

estos. Se mide en amperes (A) y su magnitud depende de la tensión eléctrica y de la resistencia del material por donde circula la corriente. Solo es posible que exista corriente eléctrica cuando un circuito está cerrado, es decir, hay una excitación que ocasiona el movimiento de los portadores de carga eléctrica a través del circuito. En nuestra vida diaria podemos encontrar dispositivos que funcionan con electricidad, estos presentan una corriente directa o corriente alterna. La corriente directa es aquella donde el flujo de corriente es en una sola dirección, mientras que la alterna cambia de dirección.

La resistencia eléctrica, es la oposición que presenta un material al flujo de la corriente eléctrica, esta resistencia depende de la longitud del material, su área transversal por donde circula la corriente y su resistividad, única para cada material. Se mide en Ohms (Ω).

La tensión eléctrica o diferencia de potencial se define como el trabajo por unidad de carga por un campo eléctrico sobre un portador de carga eléctrica necesario para moverlo de un punto a otro. En otras palabras, es la excitación que ocasiona que los portadores de carga se muevan. Al igual que la corriente eléctrica puede ser una tensión directa o una tensión alterna. Su unidad es volt (V).

La potencia eléctrica es la razón con la que se transfiere energía. Esta potencia puede tener un fin determinado, o ser disipado en forma de calor como sucede en las resistencias. Se mide en watts (W).

Hay que mencionar que las variables eléctricas generan señales analógicas, esto es señales capaces de dar infinidad de información conforme transcurre el tiempo, resulta imposible tener un control de toda esta información por lo que su adquisición se hace de manera digital, es decir, tomando muestras cada determinado tiempo, de esta forma se convierte una señal analógica a una digital. La adquisición de estas variables consiste en convertir estos fenómenos físicos en datos que el usuario o algún instrumento puedan interpretar y usar, esta conversión se hace por medio de un transductor,

generalmente se convierte la variable en una señal eléctrica, después se acondiciona la señal, esto quiere decir que la señal se ajusta a niveles que puedan ser manejados por un instrumento. Acondicionar una señal implica hacerle cambios sin modificar sus características; un caso común es la amplificación, las señales eléctricas amplificadas mejoran la exactitud en la señal digital resultante y reducen los efectos del ruido. Las señales deber ser amplificadas lo más cerca de la fuente que genera la señal, de esta manera cualquier ruido contenido en la señal se elimina. Otro factor importante en la adquisición es la linealización, en ocasiones los elementos transductores tiene una respuesta no lineal ante un fenómeno que es lineal, por lo tanto hay que linealizar la respuesta del transductor, esto generalmente se presenta en elementos que miden temperatura. Para proteger los dispositivos acondicionadores de señal se utiliza el aislamiento, esto es que no exista una conexión directa entre la variable que se esta adquiriendo y el acondicionador.

Las mediciones son esenciales cuando se adquieren señales, ya sea para saber la magnitud de una señal, cumplir con un valor de magnitud establecido para el funcionamiento de un sistema, etc. Para realizar una medición eléctrica hay que considerar que los dispositivos electrónicos de medición tienen circuitos independientes de los circuitos donde se desea medir las señales. Se debe tener en cuenta que la referencia de los circuitos es diferente por ser estos independientes. Para esto existen diferentes formas de medir variables eléctricas.

Se tienen los sistemas de medición diferenciales, en este caso ninguna de las entradas de un sistema de medición diferencial esta unida a una referencia fija, tal como la tierra del dispositivo de medición o la tierra del lugar donde se efectúe la medición. Equipos de mano, instrumentos alimentados por baterías son ejemplos de sistemas diferenciales de medición.

En la siguiente ilustración se observa que la referencia del sistema de medición (AI GND), no esta conectada a la referencia de las señales de entrada (AI 0-, AL 1-,....).

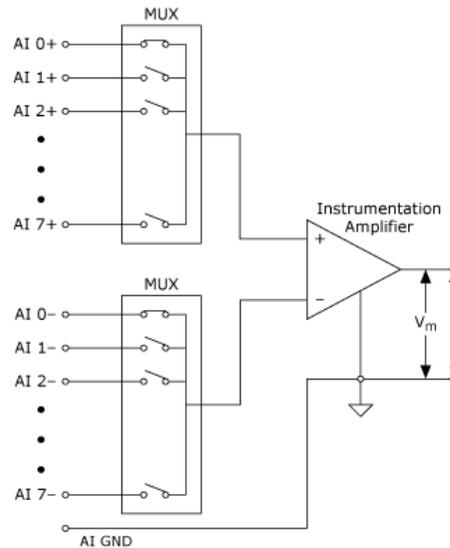


Ilustración 17
Medición Diferencial
Fuente: National Instruments.

Los sistemas de medición de fin único referenciado son similares a las fuentes aterrizadas en cuanto se toma la medición con respecto a una tierra. Un sistema de medición de fin único referenciado mide tensiones con respecto a la tierra GND, la cual es conectada directamente a la tierra del sistema de medición.

El criterio que se sigue para la elección de la medición es considerando la diferencia de potencial que existe entre las referencias (tierras) de los circuitos que se van a conectar, si la diferencia es pequeña o nula una conexión de fin único es la optima, mientras que para una diferencia considerable en las referencias es preferible una medición diferencial.

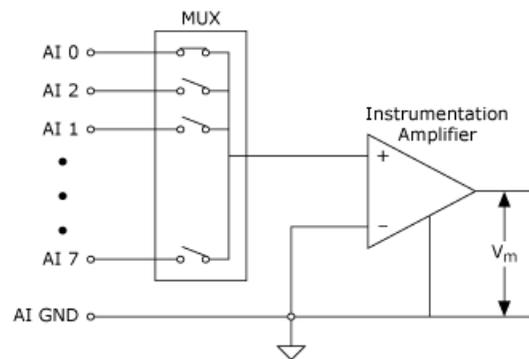


Ilustración 18
Medición de Fin Único.
Fuente: National Instruments.

Nótese que tiene una referencia común las señales de entrada como el sistema de medición (AI GND).

1.5 Tipos de control de iluminación.

Un control de iluminación es aquel que permite variar la intensidad de la luz de una lámpara, comúnmente se les conoce como dimmer. Consiste en ajustar la tensión de alimentación de una lámpara para que pueda dar diferentes intensidades de luz.

Los primeros dimmers constaban de un simple elemento, una resistencia variable. Esta resistencia variable era conectada en serie al circuito de la lámpara, se tenía un buen control de la intensidad de luz pero la pérdida de energía por calor en la resistencia era considerable, además de que eran elementos pesados, grandes y alcanzaban temperaturas intolerables para el ser humano al contacto.

La forma actual de controlar la intensidad de luz en una lámpara es abriendo y cerrando la alimentación del circuito para reducir la pérdida de energía en resistencias. En lugar

de conectar una resistencia variable en serie con la lámpara, se conectan otros dispositivos como resistencias, inductores, capacitores y semiconductores que actúan como un interruptor que se abre y se cierra varias veces por segundo.

La alimentación de energía eléctrica en los hogares es una tensión alterna senoidal con una frecuencia de 60 Hertz (60 ciclos por segundo) y una magnitud de 127 volts eficaces. Cuando se aplica esta tensión a un circuito con dimmer, la lámpara en lugar de recibir una onda senoidal reducida en magnitud como era el caso del resistor variable, recibe la magnitud máxima de tensión (127 volts) pero con una duración menor. El dimmer corta la onda senoidal desde que la señal cambia de polaridad hasta que el usuario defina la intensidad de luz a través de la posición del dimmer, esto ocurre 120 veces por segundo. El usuario controla la posición por medio de un elemento giratorio o un deslizador. Entre mayor la intensidad de la luz, menor es el corte hecho por el dimmer, caso contrario para una intensidad menor de luz ya que el corte de la alimentación es mas prolongado.

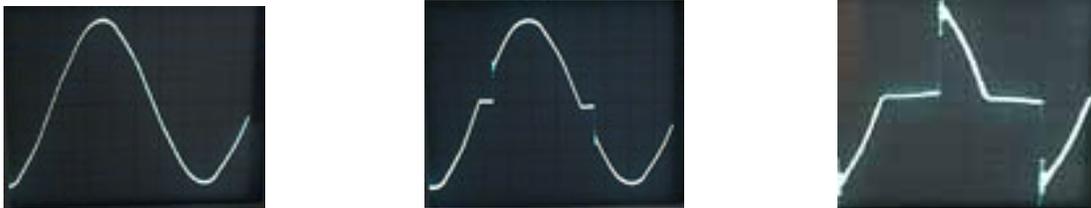


Ilustración 19

Dimmer: Señal de alimentación, cortes hechos por el dimmer.

Fuente: Internet.

Esta forma de controlar la intensidad luminosa permite tener varias ventajas sobre el primer tipo de control. La primera es el cambio de un resistor pesado y grande por un conjunto de elementos pequeños. Ahorro de potencia por que la disipación de calor es menor por el hecho de cortar la alimentación del circuito cuando no se necesita. Estas ventajas se deben al uso de dispositivos semiconductores, estos elementos hechos con los mismos materiales P y N de los LED's permiten que un dimmer funcione como interruptor, a estos dispositivos se les conoce como tiristores.

Un tiristor es un arreglo de varias capas P y N con distribución específica para cada tipo de tiristor, tienen 3 terminales una de ellas es la compuerta, la principal característica de estos elementos es que permiten el flujo de corriente a través de estos cuando reciben una corriente y tensión de excitación por su compuerta con polarización directa y regresan a su estado de no conducción cuando se polarizan en inversa. Existen variedad de tiristores con diferentes características para diferentes propósitos, algunos de estos son los SCR, LASCR, TRIAC, GTO, IGBT, MOSFET, MCT, etc.

Es muy común usar un TRIAC en dimmers ya que por sus características permite controlar los dos lóbulos de la señal alterna senoidal. El TRIAC es un interruptor activado por corriente, la corriente en la compuerta del TRIAC es la acción que cierra el interruptor, y una resistencia variable junto con un capacitor definen el momento en que la corriente es aplicada a la compuerta.

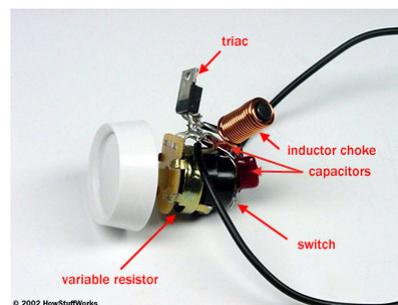
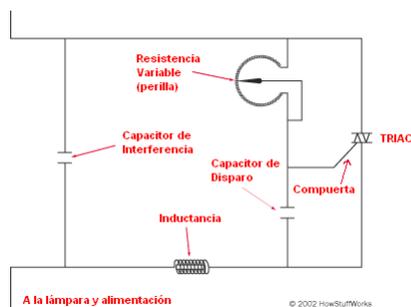


Ilustración 20

Dimmer: Circuito básico.

Fuente: howstuffworks.com

Cuando hay tensión entre las terminales del TRIAC y un pequeño voltaje en la compuerta, no hay suficiente corriente de excitación y el circuito permanece abierto. Para que el TRIAC actúe como un interruptor cerrado o conmute se necesita superar la corriente en la compuerta definida por el fabricante. La tensión necesaria para alcanzar el nivel indicado de corriente en la compuerta es el mismo siempre pero se puede ajustar su duración, para esto se usa el capacitor. La corriente circula por la rama formada por el resistor variable y el capacitor, el tiempo que tarda en cargarse el capacitor depende del valor de la resistencia, cuando el capacitor alcanza un nivel de tensión también definido por el fabricante (tensión de disparo) es que empieza a

conducir corriente por la compuerta permitiendo que el TRIAC conduzca hasta que cambie de polaridad la tensión de alimentación y se inicie los pasos otra vez.

El filamento de un foco incandescente tiene la forma de un resorte, es decir, es alambre ondulado. El dimmer provoca grandes variaciones de tensión alterna, estas variaciones a su vez provocan que se genere un campo magnético dentro del foco y hace que vibre el filamento, lo que se traduce en un zumbido. El zumbido es mayor cuando se le aplica la mitad de potencia al foco ya que la variación de tensión es máxima (de 0 a 180 volts en un instante), el campo magnético es más intenso, además este campo magnético genera débiles señales de radiofrecuencia que pueden interferir radios y televisiones cercanas. Para eliminar este zumbido e interferencia se le añaden al circuito un alambre enrollado en un núcleo ferromagnético llamado inductancia y un capacitor de interferencia, ambos elementos pueden retener energía temporalmente lo que ayuda a que no se generen campos magnéticos intensos que provoquen el zumbido ni la interferencia.

Este control de iluminación es solo para lámparas incandescentes, el funcionamiento de una lámpara fluorescente no permite usar o es muy deficiente la variación de intensidad de luz por medio de un dimmer. En una lámpara fluorescente si se reduce la potencia no será capaz de excitar los átomos de mercurio y no encender la lámpara, el efecto de encendido y apagado continuo degrada las lámparas fluorescentes.

Una lámpara fluorescente necesita de un elemento externo llamado balastro para encender, la función del balastro es simplemente de proporcionar una alta tensión y una corriente de baja magnitud. Si se desea variar la intensidad de esta lámpara es necesario pre-calentarla, mantenerla así para poder variar la intensidad. Este precalentamiento se puede hacer manteniendo la tensión en la lámpara y para poder hacer la variación de intensidad de luz hay que variar la corriente que circula por ésta. No es muy común encontrar estos controles ya que son complejos, ni son tan eficientes como un dimmer.

Otra forma de controlar la intensidad luminosa de lámparas es usando componentes electrónicos o microprocesadores que generen pulsos que van a la compuerta de los tiristores, este método presenta una mayor eficiencia por la reducción de la pérdida de potencia. Dentro de este tipo de control se puede encontrar el PWM (Pulse Width Modulation), significa modulación por ancho de pulso y consiste en tener control de la tensión aplicada a una carga precisamente por el ancho del pulso aplicado a la compuerta.

Para poder aprovechar las ventajas del PWM es necesario trabajar con otro tipo de semiconductores, recordemos que el TRIAC solo puede conmutar cuando cambia de polaridad o tenga una conmutación forzada, en otras palabras, no puede cambiar su estado de no conducción una vez que esta permitiendo el paso de corriente hasta que haya un cambio de polaridad o se fuerce su conmutación lo cual implica hacer circuitos muy complejos. El otro tipo de semiconductores usados para aprovechar el PWM son los MOSFET. Estos elementos usados también en otras de aplicaciones de alta potencia tienen la característica de activarse con bajas magnitudes de tensión y corriente controlando altas tensiones y corrientes, actúan como interruptor cerrado solo si existe una tensión de excitación entre su compuerta (G) y la terminal fuente (S), a diferencia del TRIAC, un MOSFET deja de ser un interruptor cerrado cuando ha cesado la excitación.

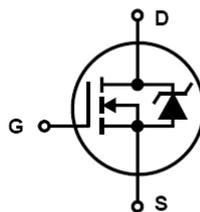


Ilustración 21
MOSFET: Símbolo.
Fuente: datasheet.com

En los LED's el control de la intensidad de luz puede hacerse por medio de estos semiconductores, para el caso del uso de MOSFET resulta conveniente que la alimentación de los LED's sea una tensión directa, además de que es mejor una alimentación de tensión directa que una alterna para controlar la intensidad luminosa. EL LED es un dispositivo semiconductor, solo permite el paso de la corriente en un solo sentido, si se le alimenta con una tensión alterna implica que solo conduce la mitad del ciclo de la señal senoidal y esto significa que la intensidad luminosa es menor, también hay que reducir la tensión alterna de 127 volts porque un LED no está diseñado para funcionar con esta tensión, superaría el PIV lo que daña o destruye el LED. Si se desea variar su intensidad usando tensión alterna hay que considerar que se tiene una magnitud pico de unos cuantos volts y la tensión del diodo, estos dos términos forman un intervalo muy pequeño funcional para poder variar la intensidad luminosa, es decir, se tendría muy poca variación en la intensidad luminosa.

Supongamos que tenemos un LED de luz blanca con un $V_D = 3[V]$, $PIV = 7[V]$. En la siguiente gráfica se tiene en eje horizontal la escala del tiempo en milisegundos, la amplitud en volts en el eje vertical, una señal senoidal en color morado de 7 volts pico que representa la señal de alimentación de 127 V reducida, un nivel de tensión directa de 7 V en verde, un nivel de tensión de directa rojo de 3 V correspondiente al V_D . Para el primer lóbulo de la señal senoidal el diodo está polarizado en directa por lo que existe una corriente eléctrica circulando por éste, el diodo enciende hasta que se supera la línea roja (V_D), la zona amarilla representa el intervalo en el que el diodo está encendido, para el siguiente lóbulo el diodo no conduce por que está polarizado en inversa y está en el límite de su PIV (bajo esta operación el LED se daña y deja de funcionar), aquí se puede ver que solamente la zona amarilla es aprovechada para mantener encendido el LED. En cambio, si se usa como alimentación una tensión de directa, es posible aprovechar el intervalo entre la línea verde y la línea roja para mantener encendido el LED además de que se puede incrementar el nivel de alimentación (línea verde) y así tener un mayor intervalo de variación de la intensidad.

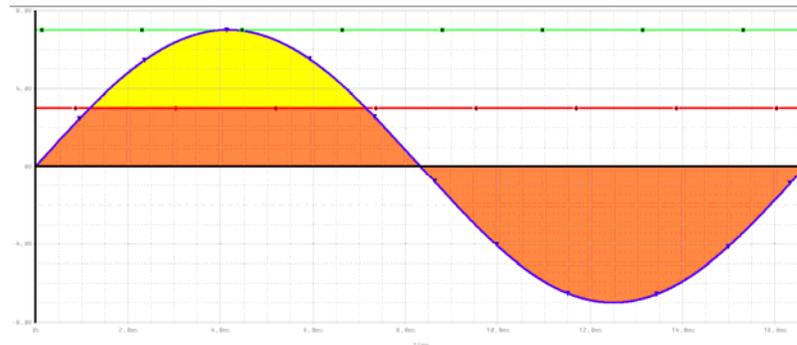


Ilustración 22
Alimentación Alterna.

EL PWM aplicado en combinación con una tensión directa permite tener una variación de intensidad luminosa muy amplia, desde tener la lámpara apagada (circuito abierto) hasta tener la máxima intensidad de luz (totalidad de la tensión aplicada al LED), o en su caso aplicar pulsos de tensión y obtener un valor promedio de tensión equivalente a la máxima intensidad luminosa que pueda proporcionar el LED.

Por lo tanto el uso de una alimentación de tensión directa en combinación con un PWM para el control de intensidad de luz resulta ser la forma más eficaz de controlar la intensidad luminosa de una lámpara de LED's.