

TEMA 9

OPTOELECTRONICA

9.1 INTRODUCCION

La optoelectrónica es el nexo de unión entre los sistemas ópticos y los sistemas electrónicos. Los componentes optoelectrónicos son aquellos cuyo funcionamiento está relacionado directamente con la luz.

Los sistemas optoelectrónicos están cada vez más de moda. Hoy en día parece imposible mirar cualquier aparato eléctrico y no ver un panel lleno de luces o de dígitos más o menos espectaculares. Por ejemplo, la mayoría de los *walkman* disponen de un piloto rojo que nos avisa, siempre en el momento más inoportuno, que las pilas se han agotado y que deben cambiarse. Los tubos de rayos catódicos con los que funcionan los osciloscopios analógicos y los televisores, las pantallas de cristal líquido, los modernos sistemas de comunicaciones mediante fibra óptica,... son algunos de los ejemplos de aplicación de las propiedades ópticas de los materiales que nos disponemos a desglosar en este capítulo. Pero antes debemos recordar los conceptos elementales acerca de la luz.

9.1.1 LA RADIACION ELECTROMAGNETICA

No se pretende aquí realizar un estudio riguroso a cerca de la radiación electromagnética. Simplemente se recordarán algunos conceptos básicos, imprescindibles para comprender el capítulo.

1. La radiación electromagnética está formada por fotones.
1. Cada fotón lleva asociada una energía que se caracteriza por su longitud de onda según la ecuación

$$E=hc/\lambda$$

donde

- E = energía del fotón
- c = velocidad de la luz $3 \cdot 10^8$ m/s
- h = constante de Planck
- λ = longitud de onda del fotón.

El numerador de la expresión de la energía es una constante. Por eso, la energía de un fotón es **mayor** cuanto **menor** sea la longitud de onda, que se encuentra en el denominador.

1. La luz, tal y como la entiende la persona de a pie, no es mas que **una parte de la radiación** electromagnética que es capaz de excitar las células de la retina del ojo. La radiación electromagnética abarca un concepto más general.

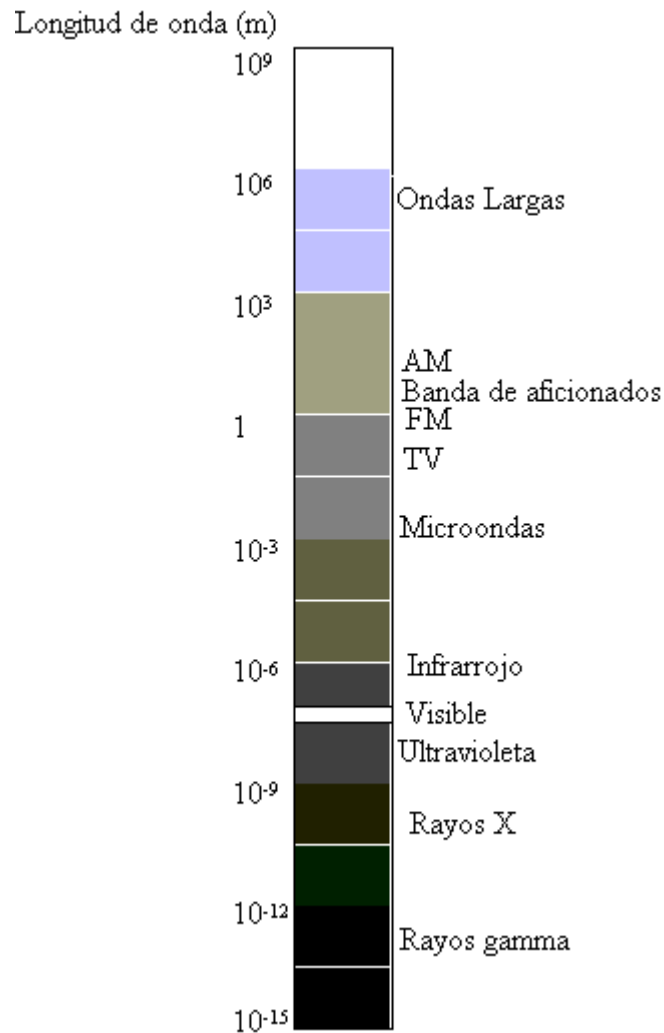


Figura 9.1: El espectro electromagnético

La radiación electromagnética queda dividida según su longitud de onda (Figura 9.1). A continuación se comentan algunos aspectos relativos a estas divisiones:

- Las **ondas de radio** son generadas por circuitos electrónicos, como osciladores LC, y son utilizadas en comunicaciones.
- Las **microondas** abarcan la zona desde 1 mm hasta 30 cm. Resultan adecuadas para los sistemas de radar, navegación aérea y para el estudio de las propiedades atómicas de la materia.
- Las **ondas infrarrojas** son llamadas también ondas térmicas ya que estas ondas son producidas principalmente por cuerpos calientes y son absorbidas fácilmente por la mayoría de los materiales. La energía absorbida aparece como calor. Estas ondas comprenden longitudes de onda desde 1 mm hasta 4×10^{-7} m.
 - La **luz visible** es la parte del espectro que puede percibir el ojo humano. Incluye las longitudes de onda desde 4×10^{-7} hasta 7×10^{-7} metros o lo que es lo mismo, desde 400nm hasta 700nm. Los diferentes colores corresponden a ondas de diferente longitud de onda.
 - La **luz ultravioleta** (6×10^{-8} - 3.8×10^{-7}) es producida principalmente por el sol. Es la causa de que la gente se ponga morena.

- Los **rayos X** y los **rayos gamma** son ondas de gran energía que dañan la estructura de los tejidos humanos.

La optoelectrónica se centra principalmente en la parte del espectro electromagnético correspondiente a la luz visible y la parte del infrarrojo cercano a la luz visible.

9.2.1 DISPOSITIVOS OPTOELECTRONICOS BASICOS

A nivel de componentes podemos distinguir tres tipos de dispositivos:

- **Dispositivos emisores:** emiten luz al ser activados por energía eléctrica. Son dispositivos que transforman la energía eléctrica en energía luminosa. A este nivel corresponden los diodos LED o los LÁSER.
- **Dispositivos detectores:** generan una pequeña señal eléctrica al ser iluminados. Transforma, pues, la energía luminosa en energía eléctrica.
- **Dispositivos fotoconductores:** Conducen la radiación luminosa desde un emisor a un receptor. No se producen transformaciones de energía.

Tras esta amena introducción, nos adentramos en el maravilloso mundo de la optoelectrónica.

9.2 DISPOSITIVOS EMISORES

Los dispositivos emisores son aquellos que varían sus propiedades ópticas con la aplicación de un determinado potencial. Estas propiedades pueden ser la emisión de luz o simplemente la absorción o reflexión de la luz

En este apartado se presentan los siguientes componentes:

- Diodos LED
- Diodos láser
- Tubo de rayos Catódicos
- Cristales líquidos

9.1.2 DIODOS EMISORES DE LUZ (LEDs)

Un diodo emisor de luz es un dispositivo de unión PN que cuando se polariza directamente emite luz.

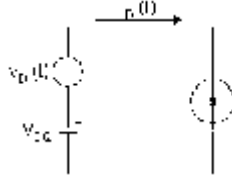
Al aplicarse una tensión directa a la unión, se inyectan huecos en la capa P y electrones en la capa N. Como resultado de ello, ambas capas tienen una mayor concentración de portadores (electrones y huecos) que la existente en equilibrio. Debido a esto, se produce una recombinación de portadores, liberándose en dicha recombinación la energía que les ha sido comunicada mediante la aplicación de la tensión directa.

Se pueden distinguir dos tipos de recombinación en función del tipo de energía que es liberada:

- **Recombinación no radiante:** la mayoría de la energía de recombinación se libera al cristal como energía térmica.
- **Recombinación radiante:** la mayoría de la energía de recombinación se libera en forma de radiación. La energía liberada cumple la ecuación:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Si se despeja la longitud de onda:



siendo E la diferencia de energía entre el electrón y el hueco que se recombinan expresada en electrón-voltios. Esta energía depende del material que forma la unión PN.

Para caracterizar la eficacia en la generación de fotones se definen una serie de parámetros:

La **eficacia cuántica interna** (η_s) es la relación entre el número de fotones **generados** y el número de portadores (electrones y huecos) que cruzan la unión PN y se recombinan. Este parámetro debe hacerse tan grande como sea posible. Su valor depende de las probabilidades relativas de los procesos de combinación radiante y combinación no radiante, que a su vez dependen de la estructura de la unión el tipo de impurezas, y sobre todo, del material semiconductor.

Sin embargo, la obtención de una alta eficacia cuántica interna no garantiza que la emisión de fotones del LED sea alta. La radiación generada en la unión es radiada en todas las direcciones. Es esencial que esa radiación generada en el interior del material pueda salir de él. A la relación entre el número de fotones **emitidos** y el número de portadores que cruzan la unión PN se le llama **eficacia cuántica externa** (η_{ext}). Las causas de que η_{ext} sea menor que η_s son tres:

- Sólo la luz emitida en la dirección de la superficie entre el semiconductor y el aire es útil.
- En la superficie entre el semiconductor y el aire se pueden dar fenómenos de reflexión, quedando los fotones atrapados en el interior del material.
- Los fotones pueden ser absorbidos por el material para volverse a formar un par electrón-hueco.

9.2.1.1 Consideraciones prácticas

En la Figura 9.2 se muestra el símbolo circuital más extendido del diodo LED.

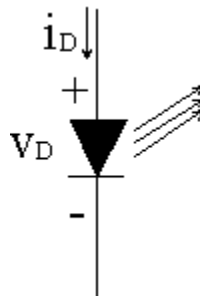


Figura 9.2: Símbolo circuital del diodo LED

En el análisis de un circuito, el diodo LED puede ser tratado de manera análoga a un diodo normal. Sin embargo conviene tener en cuenta que los diodos **LED no están fabricados de silicio monocristalino**, ya que el silicio monocristalino es incapaz de emitir fotones. Debido a ello, la tensión de polarización directa V_D **depende del material** con el que esté fabricado el diodo.

Cuando se utilizan LEDs con tensión alterna se suele utilizar el esquema de la Figura 9.3:

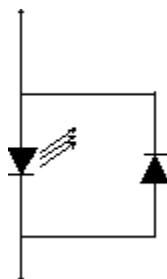


Figura 9.3: Diodo LED en alterna

Este esquema se utiliza para que el diodo LED no se encuentre nunca polarizado en inversa. Al situar un diodo normal en **antiparalelo**, la tensión máxima en inversa entre las terminales del LED es de 0,7 V. Esto se realiza así porque un diodo LED puede resultar dañado más fácilmente que un diodo normal cuando se le aplica una polarización inversa.

9.2.1.2 Materiales utilizados

Tal y como se ha expuesto anteriormente, los diodos LED no están fabricados de silicio monocristalino. El material que compone el diodo es importante ya que **el color de la luz emitida por el LED depende únicamente del material y del proceso de fabricación** (principalmente de los dopados).

En la tabla adjunta aparecen algunos ejemplos de materiales utilizados junto con los colores conseguidos:

AsGa	904 nm	IR	1 V
InGaAsP	1300 nm	IR	1 V
AsGaAl	750-850 nm	Rojo	1,5 V
AsGaP	590 nm	Amarillo	1,6
InGaAlP	560 nm	Verde	2,7 V
CSi	480 nm	Azul	3 V

- **9.2.1.3 Una aplicación de los LEDs: el *display* de 7 segmentos**

Una de las aplicaciones más populares de los LEDs es la de señalización. Quizás la más utilizada sea la de 7 LEDs colocados en forma de ocho tal y como se indica en la figura.

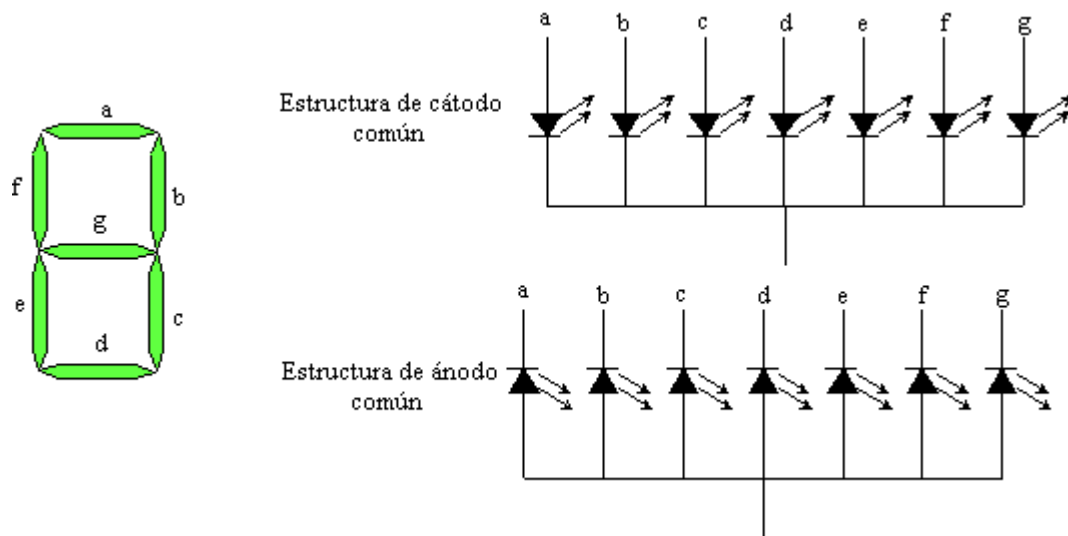


Figura 9.4: *Display* de 7 segmentos. A la izquierda aparecen las dos posibles formas de construir el circuito

Polarizando los diferentes diodos, se iluminarán los segmentos correspondientes. De esta manera podemos señalar todos los números en base 10. Por ejemplo, si queremos representar el número 1 en el *display* deberemos mandar señal a los diodos b y c, y los otros diodos deben de tener tensión cero. Esto lo podemos escribir así: 0110000(0). El primer dígito representa al diodo a, el segundo al b, el tercero al c,... y así sucesivamente. Un cero representa que no polarizamos el diodo, es decir, no le aplicamos tensión. Un uno representa que el diodo está polarizado, y por lo tanto, emite luz.

Muchas veces aparece un octavo segmento, entre paréntesis en el ejemplo anterior, que funciona como punto decimal.

9.2.2 DIODOS LASER

LASER es un acrónimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Las aplicaciones de estos diodos son muy diversas y cubren desde el corte de materiales con haces de gran energía hasta la transmisión de datos por fibra óptica.

9.2.2.1 Características: ventajas frente a los diodos LED

Los diodos láser son constructivamente diferentes a los diodos LED normales. Las características 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 una sola dirección.

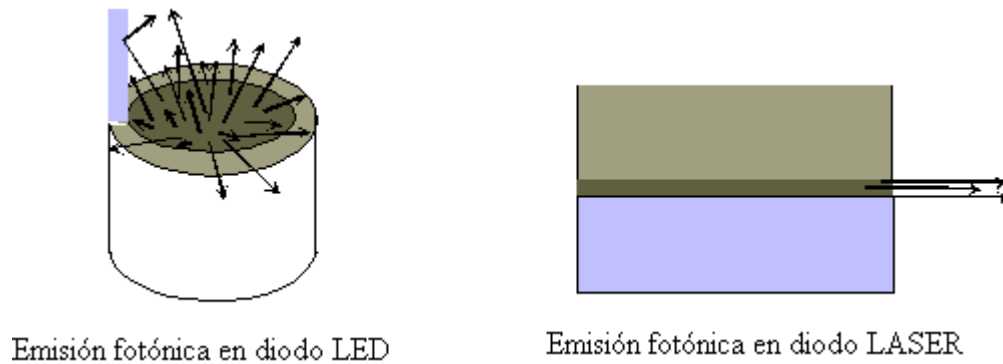


Figura 9.5: Corte esquemático de la emisión de luz en diodos LED y láser

1. **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.

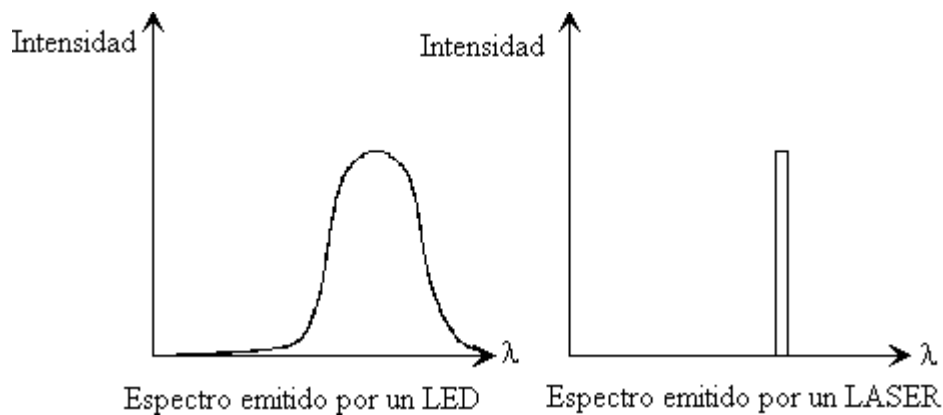


Figura 9.6 :Intensidad de luz en función de la longitud de onda para diodos LED y láser

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.

9.2.2.2 Materiales utilizados

Los materiales utilizados para la fabricación de diodos láser son prácticamente los mismos que en diodos LED. En comunicaciones se utilizan predominantemente diodos láser que emiten en el infrarrojo. También se utilizan de luz roja.

9.2.2.3 Ejemplo de aplicación: El lector de discos compactos

Una de las muchas aplicaciones de los diodos láser es la de lectura de información digital de soportes de datos tipo CD-ROM o la reproducción de discos compactos musicales. El principio de operación de uno y otro es idéntico.

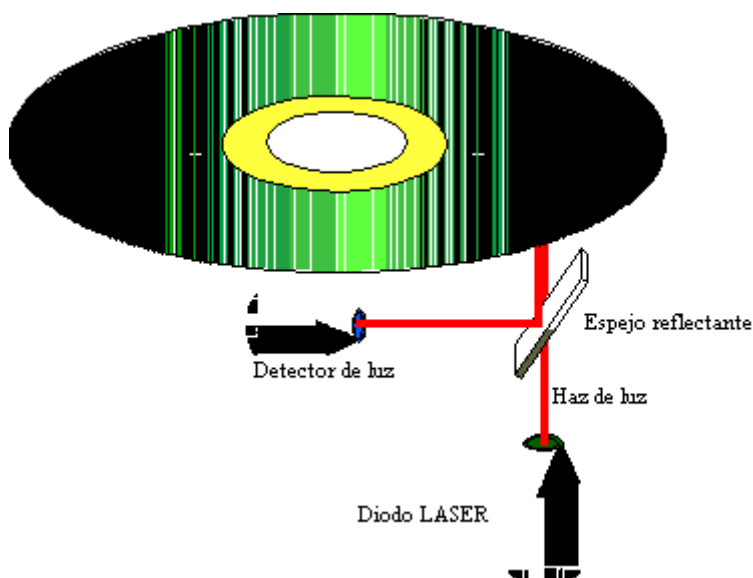


Figura 9.7: Esquema del funcionamiento del CD-ROM

Un haz láser es guiado mediante lentes hasta la superficie del CD. A efectos prácticos, se puede suponer dicha superficie formada por zonas reflectantes y zonas absorbentes de luz. Al incidir el haz láser en una zona reflectante, la luz será guiada hasta un detector de luz: el sistema ha detectado un uno digital. Si el haz no es reflejado, al detector no le llega ninguna luz: el sistema ha detectado un cero digital.

Un conjunto de unos y ceros es una información digital, que puede ser convertida en información analógica en un convertidor digital-analógico. Pero esa es otra historia que debe de ser contada en otra ocasión.

9.3.2 DISPLAY DE CRISTAL LIQUIDO (LCDS)

Los LCDs difieren de otros tipos de *displays* en que no generan luz sino que trabajan con la reflexión de la luz. El principio de funcionamiento es sencillo. Estos cristales líquidos están formados por unas moléculas alargadas con forma de puro, que se llaman moléculas nemáticas y se alinean con una estructura simétrica. En este estado el material es transparente. Un campo eléctrico provoca que las moléculas se desalinen de manera que se vuelven opacas a la luz. De esta manera, aplicando o no aplicando un campo eléctrico (es decir, polarizando o no polarizando), podemos jugar con oscuridad o transparencia respectivamente. Si aplicamos el campo localmente en geometrías iguales al *display* de 7 segmentos, conseguiremos un *display* análogo al de los LEDs pero con cristal líquido.

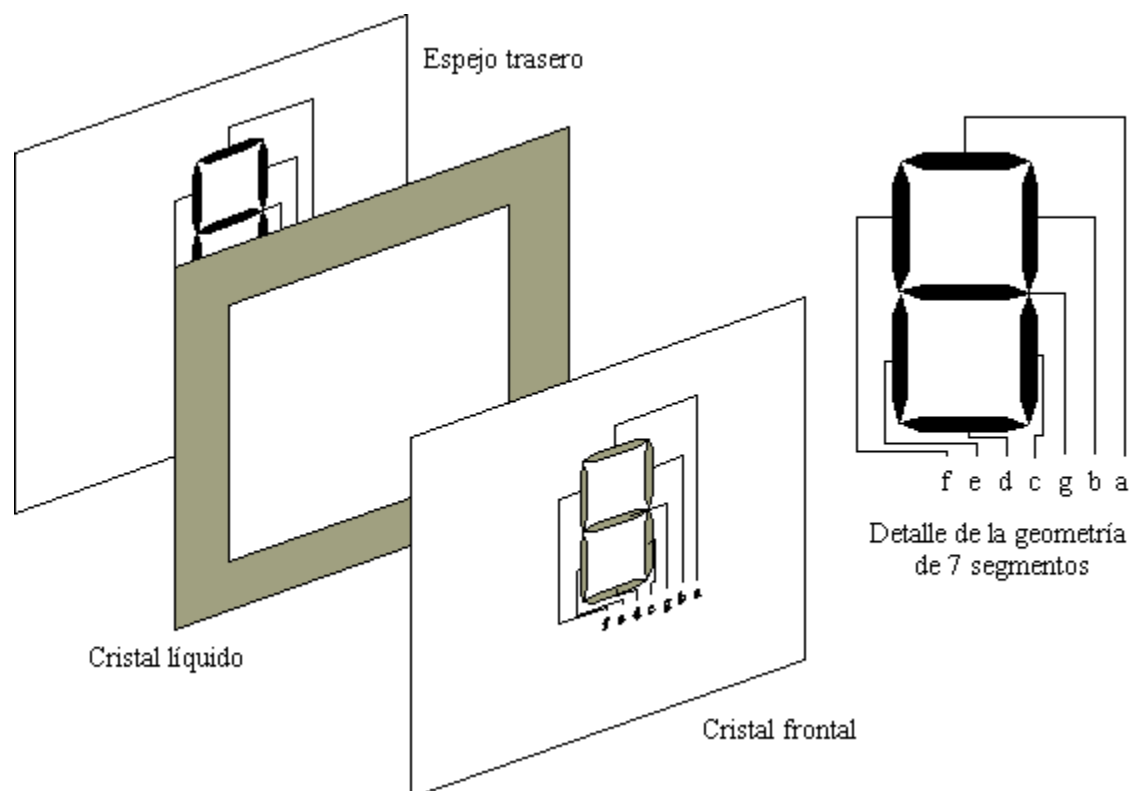


Figura 9.8: Esquema constructivo de un LCD

En la construcción de un LCD se depositan electrodos transparentes en la cara interior de los cristales, tal y como aparece en la figura superior. Estos electrodos tienen la geometría deseada, por ejemplo, el *display* de 7 segmentos. El espesor del cristal líquido es muy pequeño, del orden de 0.01mm.

Ya tenemos nuestro invento preparado. Si no se polarizan los terminales, al incidir la luz sobre el cristal frontal, pasa a través del cristal líquido y es reflejada por el espejo incidiendo en el ojo que está mirando. El resultado: todo se ve de color claro.

Si polarizamos un electrodo, por ejemplo, el electrodo a, el cristal líquido pegado al electrodo se vuelve opaco, negro, oscuro. La luz ya no es reflejada.

9.2.3.1 Características eléctricas del LCD

Desde el punto de vista eléctrico, se puede representar el LCD como una capacidad de valor muy pequeño en paralelo con una resistencia muy grande.

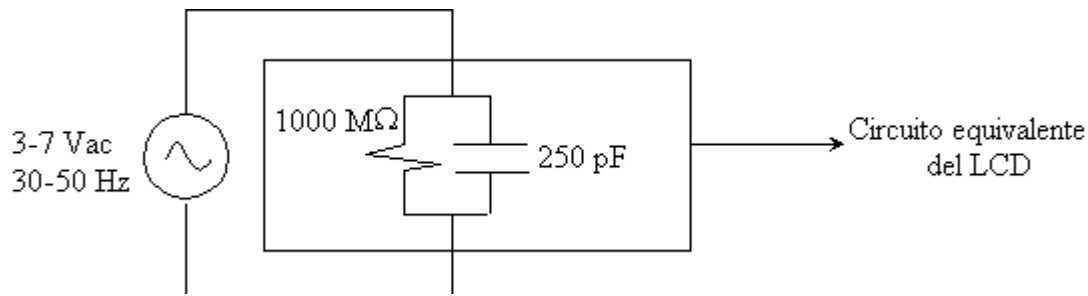


Figura 9.9: Circuito equivalente de un LCD.

Se necesita una señal pequeña en AC de 3 a 7 voltios para polarizar el LCD. Tensiones mayores romperían la fina capa de cristal líquido. La frecuencia de la tensión puede variar entre 30 y 50 Hz. Frecuencias más bajas producen un efecto de parpadeo, frecuencias más altas producen un aumento del consumo.

9.3 FOTODETECTORES

Ya se ha explicado que los componentes fotodetectores son aquellos componentes que varían algún parámetro eléctrico en función de la luz.

Todos los componentes fotodetectores están basados en el mismo principio. Si construimos un componente con un material semiconductor de manera que la luz pueda incidir sobre dicho material, la luz generará pares electrón - hueco. Esta generación se realiza de manera análoga a la generación térmica de portadores ya estudiada.

En este capítulo se estudiarán principalmente el funcionamiento de tres componentes:

- Fotorresistencias
- Fotodiodos
- Fototransistores

9.1.3 FOTORRESISTENCIAS

Una fotorresistencia se compone de un material semiconductor cuya resistencia varía en función de la iluminación. La fotorresistencia reduce su valor resistivo en presencia de rayos luminosos. Es por ello por lo que también se le llama resistencias dependientes de luz (*light dependent resistors*), fotoconductores o células fotoconductoras.

Cuando incide la luz en el material fotoconductor se generan pares electrón - hueco. Al haber un mayor número de portadores, el valor de la resistencia disminuye. De este modo, la fotorresistencia iluminada tiene un valor de resistencia bajo.

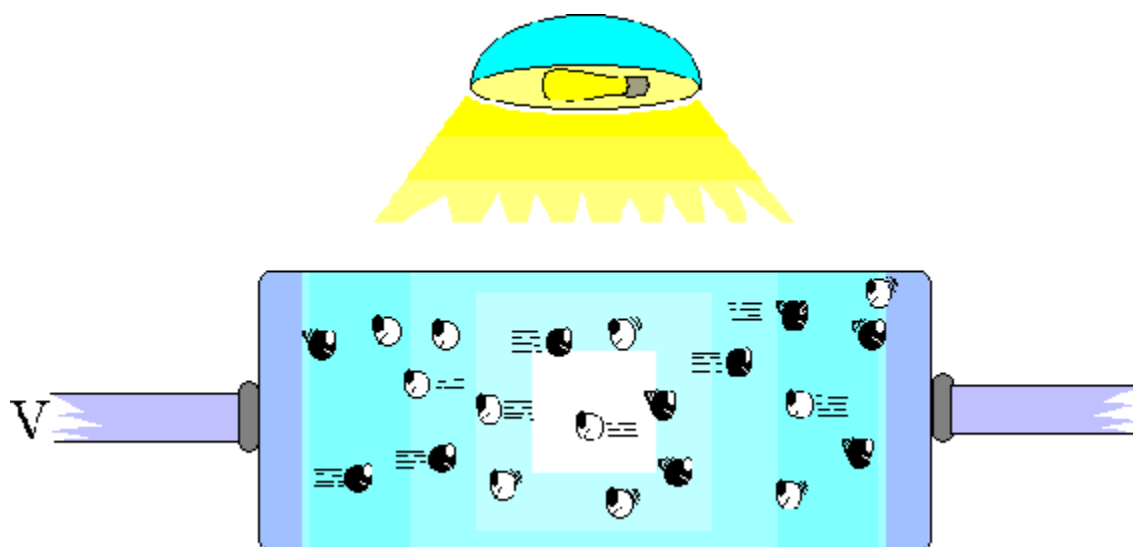


Figura 9.10: Fotogeneración de portadores

Si dejamos de iluminar, los portadores fotogenerados se recombinarán hasta volver hasta sus valores iniciales. Por lo tanto el número de portadores disminuirá y el valor de la resistencia será mayor.

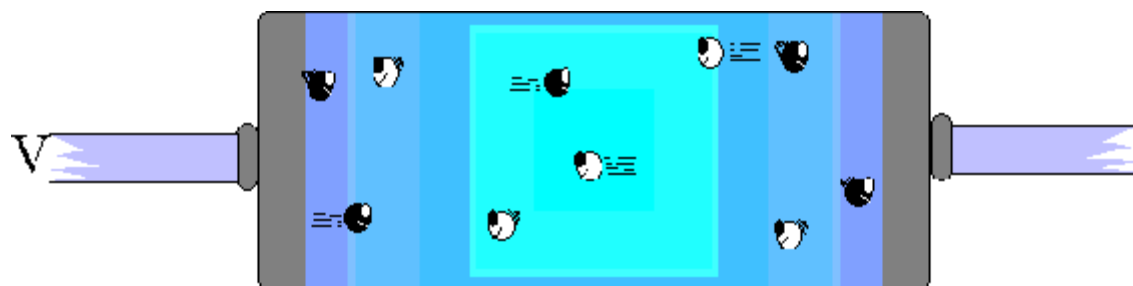


Figura 9.11: Estado de conducción sin fotogeneración

Por supuesto, el material de la fotorresistencia responderá a unas longitudes de onda determinadas. Es decir, la variación de resistencia será máxima para una longitud de onda determinada. Esta longitud de onda depende del material y el dopado, y deberá ser suministrada por el proveedor. En general, la variación de resistencia en función de la longitud de onda presentan curvas como las de la figura siguiente.

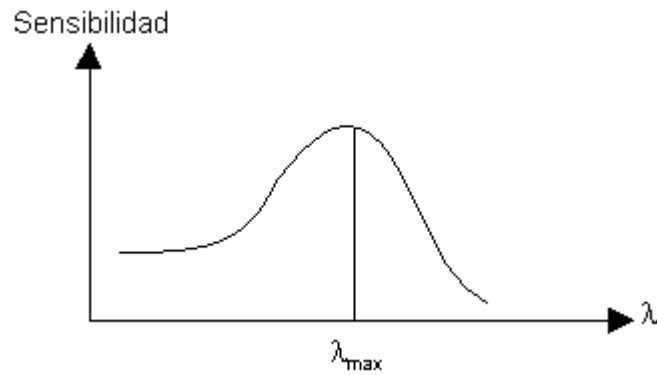


Figura 9.12: Variación de resistencia en función de la longitud de onda de la radiación.

El material mas utilizado como sensor es el CdS, aunque también puede utilizarse Silicio, GaAsP y GaP.

9.2.3 FOTODIODOS

Los fotodiodos son diodos de unión PN cuyas características eléctricas dependen de la cantidad de luz que incide sobre la unión. En la figura siguiente se muestra su símbolo circuital.

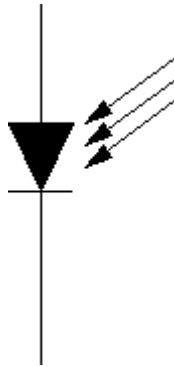


Figura 9.13: Símbolo circuital del fotodiodo

9.3.2.1 Características

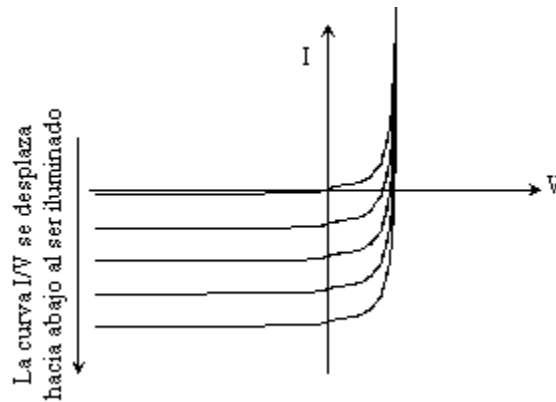


Figura 9.14: Curvas características de un fotodiodo

El efecto fundamental bajo el cual opera un fotodiodo es la generación de pares electrón - hueco debido a la energía luminosa. Este hecho es lo que le diferencia del diodo rectificador de silicio en el que, solamente existe generación térmica de portadores de carga. La generación luminosa, tiene una mayor incidencia en los portadores minoritarios, que son los responsables de que el diodo conduzca ligeramente en inversa.

El comportamiento del fotodiodo en inversa se ve claramente influenciado por la incidencia de luz. Conviene recordar que el diodo real presenta unas pequeñas corrientes de fugas de valor I_s . Las corrientes de fugas son debidas a los portadores minoritarios, electrones en la zona P y huecos en la zona N. La generación de portadores debido a la luz provoca un aumento sustancial de portadores minoritarios, lo que se traduce en un aumento de la corriente de fuga en inversa tal y como se ve en la figura.

El comportamiento del fotodiodo en directa apenas se ve alterado por la generación luminosa de portadores. Esto es debido a que los portadores provenientes del dopado (portadores mayoritarios) son mucho más numerosos que los portadores de generación luminosa.

Para caracterizar el funcionamiento del fotodiodo se definen los siguientes parámetros:

- Se denomina **corriente oscura** (*dark current*), a la corriente en inversa del fotodiodo cuando no existe luz incidente.
- Se define la **sensibilidad** del fotodiodo al incremento de intensidad al polarizar el dispositivo en inversa por unidad de intensidad de luz, expresada en luxes o en mW/cm^2 .

$$S = \frac{dI}{dH} = K$$

Esta relación es constante para un amplio intervalo de iluminaciones.

El modelo circuital del fotodiodo en inversa está formado por un generador de intensidad cuyo valor depende de la cantidad de luz. En directa, el fotodiodo se comporta como un diodo normal. Si está fabricado en silicio, la tensión que cae en el dispositivo será aproximadamente 0,7 V.

Los fotodiodos son más rápidos que las fotorresistencias, es decir, tienen un tiempo de respuesta menor, sin embargo solo pueden conducir en una polarización directa corrientes relativamente pequeñas.

9.3.2.2 Geometría

Un fotodiodo presenta una construcción análoga a la de un diodo LED, en el sentido que necesita una ventana transparente a la luz por la que se introduzcan los rayos luminosos para incidir en la unión PN. En la Figura 9.15, aparece una geometría típica. Por supuesto, el encapsulado es transparente a la luz.

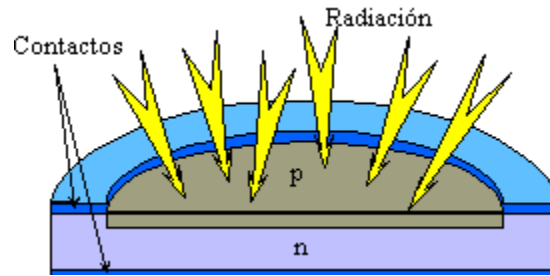


Figura 9.15: Corte transversal de un fotodiodo comercial

9.3.3 FOTOTRANSISTOR

Se trata de un transistor bipolar sensible a la luz.



Figura 9.16: Símbolo del fototransistor

La radiación luminosa se hace incidir sobre la unión colector base cuando éste opera en la RAN. En esta unión se generan los pares electrón - hueco, que provocan la corriente eléctrica.

El funcionamiento de un fototransistor viene caracterizado por los siguientes puntos:

1. Un fototransistor opera, generalmente sin terminal de base ($I_b=0$) aunque en algunos casos hay fototransistores tienen disponible un terminal de base para trabajar como un transistor normal.
2. La sensibilidad de un fototransistor es superior a la de un fotodiodo, ya que la pequeña corriente fotogenerada es multiplicada por la ganancia del transistor.
3. Las curvas de funcionamiento de un fototransistor son las que aparecen en la Figura 9.17. Como se puede apreciar, son curvas análogas a las del transistor BJT, sustituyendo la intensidad de base por la potencia luminosa por unidad de área que incide en el fototransistor.

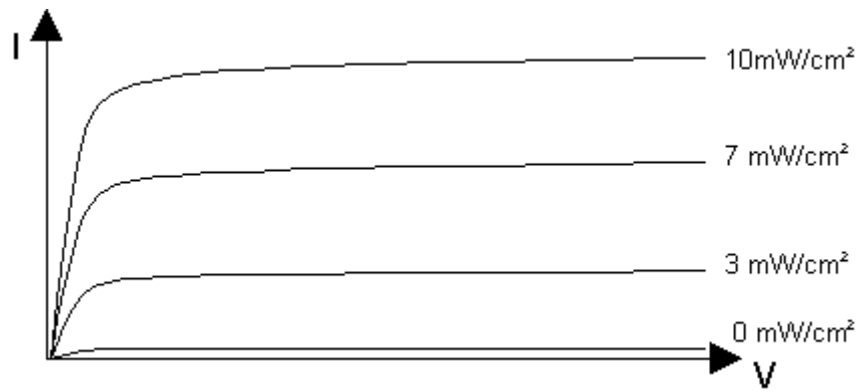


Figura 9.17: Curvas características de un fototransistor típico

9.4 EL OPTOACOPLADOR

Un optoacoplador es un componente formado por la unión de un diodo LED y un fototransistor acoplados a través de un medio conductor de luz y encapsulados en una cápsula cerrada y opaca a la luz.

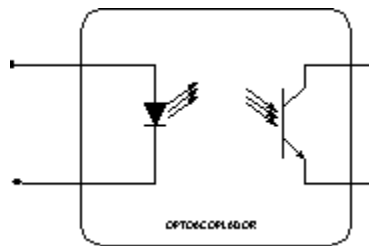


Figura 9.18: Esquema de un optoacoplador

Cuanta mayor intensidad atraviesa el fotodiodo, mayor será la cantidad de fotones emitidos y, por tanto, mayor será la corriente que recorra el fototransistor. Se trata de una manera de transmitir una señal de un circuito eléctrico a otro. Obsérvese que no existe comunicación eléctrica entre los dos circuitos, es decir existe un trasiego de información pero no existe una conexión eléctrica: la conexión es óptica.

Las implementaciones de un optoacoplador son variadas y dependen de la casa que los fabrique. Una de las más populares se ve en la Figura 9.19. Se puede observar como el LED, en la parte superior, emite fotones que, tras atravesar el vidrio, inciden sobre el fototransistor.

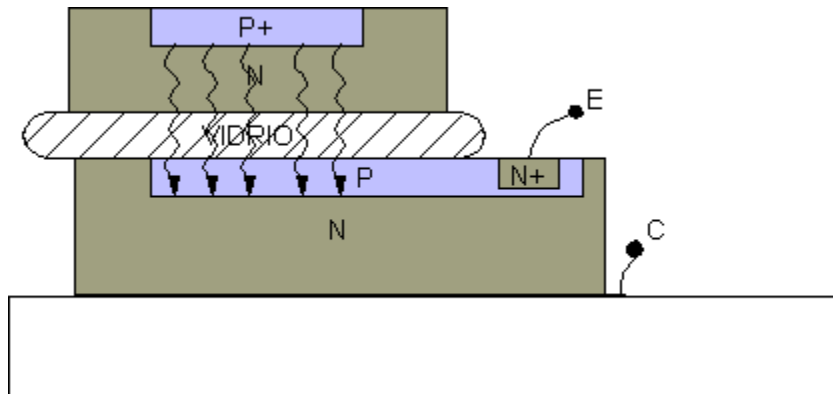
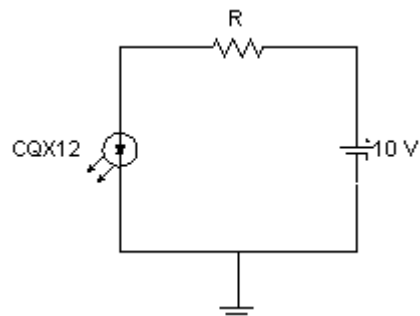


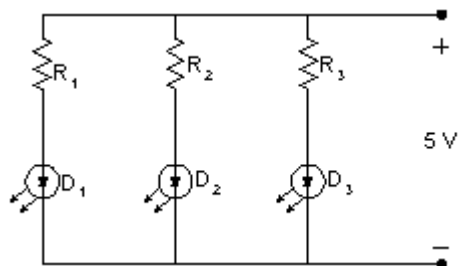
Figura 9.19: Esquema constructivo de un optoacoplador

Obsérvese también el aislamiento eléctrico entre fototransistor y LED ya mencionado.

1. Calcular el valor mínimo de la resistencia R si se quiere que el LED CQX12 no sufra ningún daño al conectar la fuente de tensión.



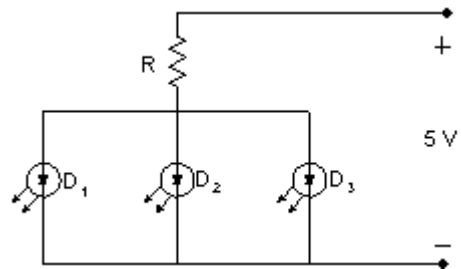
1. En el siguiente circuito, D_1 es un LED de color rojo, D_2 naranja y D_3 verde. Calcular los valores de R_1 , R_2 y R_3 para que se iluminen los tres diodos con $I_f = 20 \text{ mA}$ al conectarse la fuente de tensión.



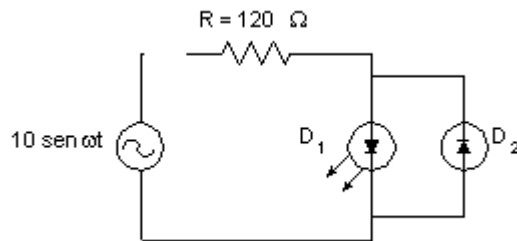
DATOS: Caída de tensión (Voltios) en los diodos para $I_f = 20 \text{ mA}$:

rojo	naranja	verde
1.8	2	2.2

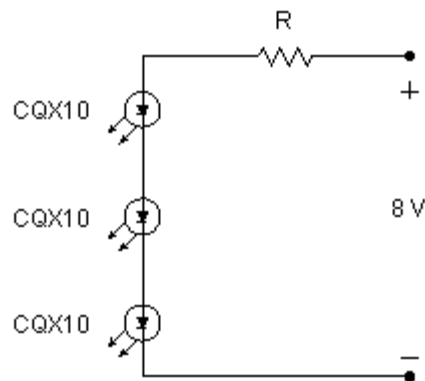
1. Calcular el mínimo valor de R para que se enciendan los diodos de la figura sin sufrir ningún daño, sabiendo que D_1 es rojo, D_2 naranja y D_3 verde (tomar los datos del problema anterior).



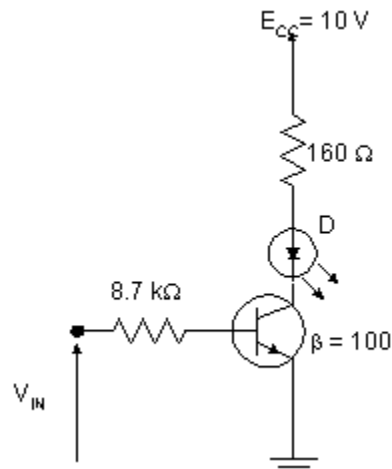
1. El montaje de la figura se utiliza cuando se quiere conectar un LED en AC. Como su tensión de ruptura en inversa es muy pobre, se conecta en paralelo un diodo convencional, para que conduzca en el semiciclo negativo y el LED no sufra daños. Se pide seleccionar el LED si se quiere que sea rojo.



1. Calcular el valor de R para que cuando se conecte la fuente de alimentación de 5 Voltios se enciendan los tres LED a la vez, con una corriente de 20 mA.

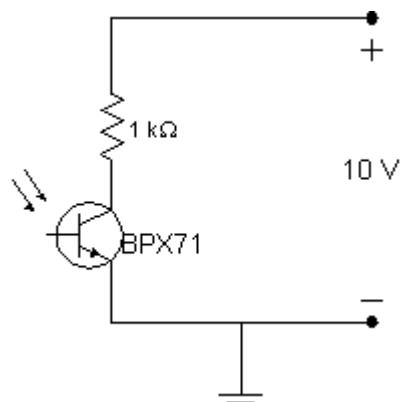


1. Se quiere que cuando se apliquen señales lógicas en la entrada, se encienda un LED de la serie SOD-76. ¿Qué colores podemos escoger?. ¿Qué señal habría que aplicar en la entrada para saturar Q? (Usar la guía rápida de selección).



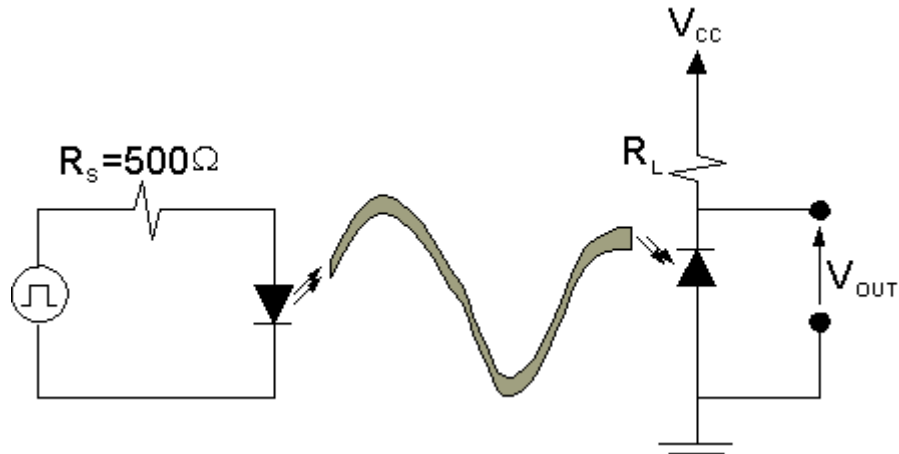
1. Para la pantalla de un termómetro digital se ha utilizado un dispositivo tipo CQ216X, que incluye dos dígitos en el mismo soporte. Para que en el dígito de la derecha se lea el número dos, ¿qué tensiones hay que aplicar en los terminales de dicho dispositivo?. ¿Qué potencia se estará consumiendo en él si se alimentan con 10 mA?

1. En el circuito de la figura:

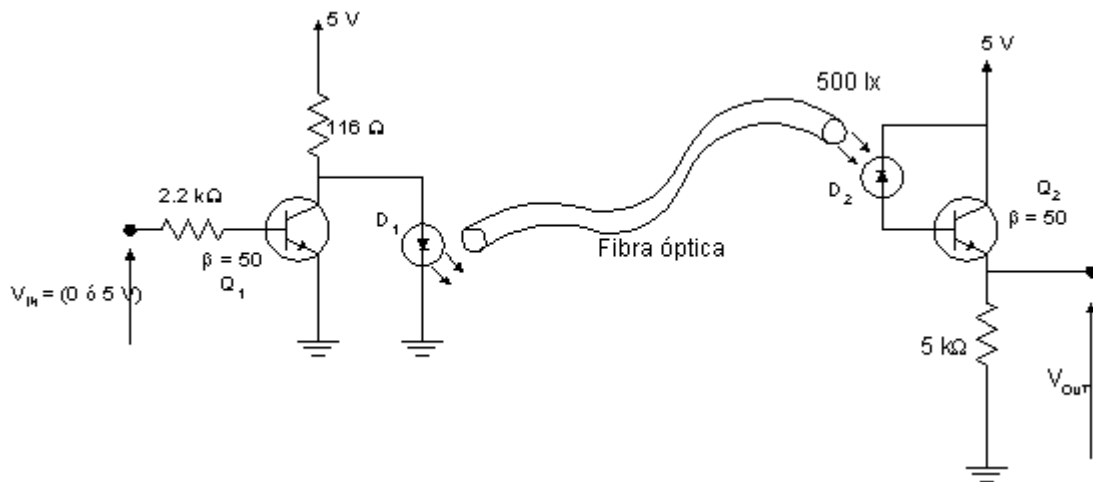


1. Calcular la corriente que atravesará al transistor cuando se ilumine con una luz de 10 W/m^2 .
1. ¿Podría realizarse con este transistor el esquema de la figura 2?. ¿Por qué?.
1. Un fotodiodo con sensibilidad $S=25\mu\text{A por mW/cm}^2$ debe ser utilizado para vigilar la intensidad de la luz solar que incide sobre una estación de energía solar. Diseñe un circuito con dicho fotodiodo, que pueda proporcionar una señal en el rango de 0-5V que sea indicativo de la luz incidente. La intensidad pico promedio de la luz solar a medio día es aproximadamente 0.1 mW/cm^2 en la mayor parte de las regiones de la tierra.
1. Un fotodiodo con sensibilidad de $20\mu\text{A por mW/cm}^2$ de iluminación, se utiliza para decodificar una señal digital enviada a través de un cable de fibra óptica utilizando el arreglo que se muestra en la figura. En el extremo transmisor, un diodo LED de eficacia

$E=50\text{mW/mA}$ y $V_f=1.3\text{V}$ está alimentado por una fuente de tensión que conmuta entre los niveles lógicos de 0 y 5V. El circuito hace que el LED produzca una señal óptica digital en el cable de fibra óptica. El arreglo físico es tal que el 20% de la luz emitida por el LED queda acoplado al cable de fibra óptica. En el extremo receptor, el 80% de la luz del cable se acopla al fotodiodo en un área de 1mm^2 . Si se desea reproducir los niveles lógicos de 0 y 5V, determinar los valores apropiados de V_{CC} y R_L .



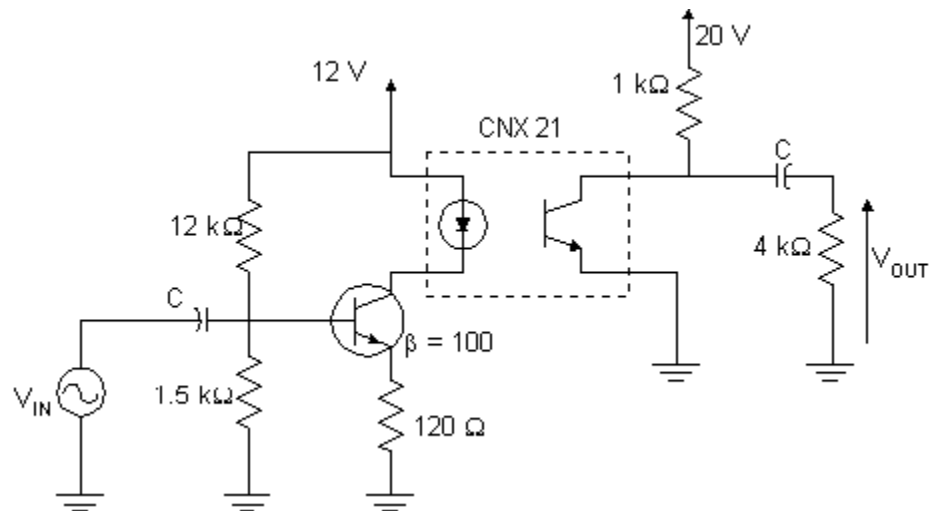
1. Se quiere transmitir una señal de pulsos (V_{IN}) a través de un entorno con ruidos electromagnéticos. Para ello, se piensa en utilizar fibra óptica, ya que no se ve afectada por dichos ruidos (un cable convencional sí se vería afectado y falsearía la información).



Si los transistores Q_1 y Q_2 funcionan únicamente en corte y saturación:

1. Explicar el funcionamiento del circuito
2. Seleccionar D_1 y D_2

1. Dado el dispositivo de la figura:



- 1.- Explicar qué tipo de circuito es y su funcionamiento.
- 2.- Comprobar que el diodo del optoacoplador no sufre ningún daño cuando $V_{IN}=0$.
- 3.- Calcular la corriente absorbida de la fuente de 20 V cuando no se aplica ninguna señal de la entrada.

[| Retroceder |](#)