

ENCENDER un diodo LED con

¿Cómo es posible que un diodo LED de alta luminosidad que opera a una tensión de conducción de unos 3 voltios pueda ser alimentado con una pila de 1,5 voltios? La lectura de este artículo responde a esta pregunta.

Para que un **diodo LED** se ilumine se precisa alimentarlo con una tensión superior a su tensión de conducción, **limitando** la **corriente** mediante la utilización de una **resistencia** conectada en **serie** con un valor óhmico oportunamente calculado para que la corriente no supere los **20 mA** (este valor depende de la intensidad luminosa que se desee obtener del diodo LED).

De hecho nosotros mismos hemos utilizado este **procedimiento de cálculo** de forma práctica en varios artículos donde se describe la parte del esquema eléctrico referente al cálculo de la **resistencia limitadora** de los diodos LED.

No obstante, aunque parezca una cuestión banal, no son pocas las personas que nos han preguntado por qué al alimentar un diodo LED con una **pila común** de **1,5 voltios** no se enciende.

La respuesta es sencilla: Porque la **tensión de conducción** de un **diodo LED** es más alta. Por ejemplo, la tensión de un **diodo LED rojo** corriente está en torno a **1,8 voltios**, mientras que la tensión de conducción de un **diodo LED de alta luminosidad** blanco o azul es de unos **3 voltios**.

Esta es la teoría. Sin embargo en la práctica sí es posible **encender** un **diodo LED** con una **pila de 1,5 voltios**, incluso un diodo LED de alta luminosidad.

Esta cuestión es aparentemente tan banal que muy pocos explican como es posible. De hecho tampoco nosotros ... hasta hoy.

A partir de esta idea, y para obtener un **resultado práctico**, hemos desarrollado el **circuito** que presentamos en estas páginas.

FUNDAMENTOS

Para que un dispositivo funcione la **corriente eléctrica** tiene que **fluir** tanto en los **cables de conexión** como en el **elemento** a alimentar.

Es necesario que exista una "**diferencia de potencial**" que haga circular la **corriente eléctrica** por el cable, y así hacer funcionar el dispositivo. Esta diferencia de potencial genera la **energía** necesaria para que las **car-gas eléctricas** se **desplacen** de un punto a otro del circuito.

La **corriente continua** que alimenta los **dispositivos eléctricos** se puede comparar con el **agua** que circula por un **río**. La **diferencia de potencial** es similar a la **diferencia de al-**

Seguindo con la analogía del río, es como si se tratara de una catarata cuya **altura crece** en lugar de disminuir. Habría que ir **contra-co-rriente**, como los salmones.

También hay que tener en cuenta que diodos LED de **color** diferente tienen valores diferentes de **tensión de umbral**.

Por otro lado, modificando el **valor** de la **co-rriente directa** se logra, dentro de un límite, variar la **luminosidad**. Generalmente cuanto **más corriente** atraviesa el diodo LED **más luz** emite. No obstante la corriente **no** puede ex-ceder un determinado valor (corriente máxima), ya que de hacerlo se podría dañar el diodo LED permanentemente.

una PILA de 1,5 VOLTIOS

tura que se forma en una **catarata**, diferencia que provoca un flujo de agua en el río.

En el caso del río el **movimiento** de la masa de agua se debe a la **diferencia de altura**. En el caso de la **corriente eléctrica** para generar un **movimiento** se precisa una **diferencia de potencial**, es decir una diferencia de **voltaje** entre dos puntos del circuito.

El **diodo LED** necesita para iluminarse una tensión de alimentación **superior** al **umbral** de su **tensión de conducción** que provoque la circulación de una **corriente eléctrica**.

Consideramos un **diodo LED rojo** corriente, que, como ya hemos expuesto, tiene un umbral de tensión de **1,8 voltios**.

Si lo alimentamos con una pila de **1,5 voltios** ... ¿puede circular corriente? Evidentemente no, ya que:

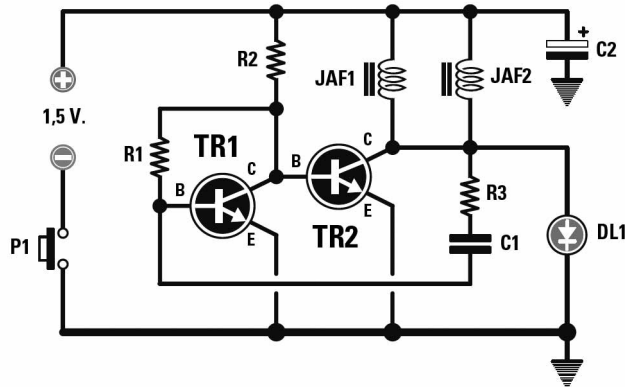
1,5 voltios (fuente) - 1,8 voltios (carga) = - 0,3

El resultado es un número **negativo**.

A nivel informativo adjuntamos los valores de tensión de conducción de diodos LED de diferentes colores. Para los **diodos LED rojos** la tensión de umbral es de **1,8 voltios**, mientras que para los **diodos LED amarillos y verdes** es de, aproximadamente, **2 voltios**. Los **diodos LED azules y blancos** tienen una tensión de umbral de unos **3 voltios**.



Fig.1 Aspecto del circuito LX.1664 instalado en su mueble contenedor.



LISTA DE COMPONENTES LX.1664

- R1 = 2.200 ohmios
- R2 = 1.000 ohmios
- R3 = 1.000 ohmios
- C1 = 470 pF cerámico
- C2 = 100 microF. electrolítico
- JAF1-JAF2 = Impedancias 220 microHenrios
- DL1 = Diodo LED de alta luminosidad
- TR1 = Transistor NPN ZTX.653
- TR2 = Transistor NPN ZTX.653
- P1 = Pulsador

Fig.2 Esquema eléctrico y lista de componentes de la linterna con diodo LED. Para encender un LED de alta luminosidad con una pila de 1,5 voltios hemos elevado su tensión mediante un circuito convertidor DC-DC step-up formado por dos transistores NPN tipo ZTX.653 y dos inductancias conectadas en paralelo (JAF1-JAF2). Las resistencias utilizadas en el circuito son de 1/4 vatio.

Para encender un **diodo LED rojo** es preciso utilizar al menos **dos pilas de 1,5 voltios** conectadas en **serie** para obtener una tensión total de **3 voltios**. Además hay que utilizar una **resistencia** para **limitar** la **corriente** que circula por el diodo.

En efecto, la corriente que circula por el LED debe limitarse con un **valor óhmico** adecuadamente **calculado**, ya que de esta forma se **evita** que el diodo LED sea **destruido** por una **corriente excesiva**.

De forma general se utiliza la siguiente fórmula, que no es más que la aplicación de la **Ley de Ohm** al circuito formado por la alimentación (V_{cc}), el **diodo LED** y la **resistencia limitadora**:

$$\text{ohmios} = [(V_{cc} - V_{led}) : \text{mA}] \times 1.000$$

Para una corriente de **15 mA**, un **diodo LED rojo** y una **alimentación de 3 voltios** la **resistencia limitadora** tiene un valor de:

$$[(3 - 1,8) : 15] \times 1.000 = 80 \text{ ohmios}$$

Para encender **diodos LED blancos** o **azules** de **alta luminosidad** se precisan valores más altos de tensión de alimentación, ya que, como hemos expuesto, tienen una caída de tensión de unos **3 voltios**.

Al igual que para los diodos LED rojos normalmente debería utilizarse una fuente de ali-

mentación **mayor** de este valor y conectar una **resistencia limitadora** de corriente para que no se supere el máximo valor permitido, que suele estar en torno a **20-30 mA**.

Así pues se deberían conectar en serie al menos **3 pilas de 1,5 voltios** para obtener una tensión total de **4,5 voltios** y conectar una resistencia de **82** o **100 ohmios**, en función de la luminosidad que se desee obtener.

Esta solución **no** siempre puede utilizarse, ya que a veces se tienen **problemas de espacio**. Además **no** es un esquema muy **eficiente** ya que una de las pilas se utiliza para asegurar que se supera la tensión de **3 voltios**, lo que

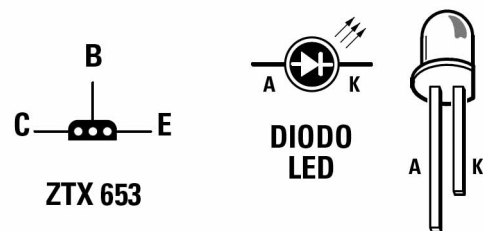


Fig.3 El transistor NPN ZTX.653, cuyas conexiones se muestran vistas desde abajo, es especialmente adecuado para aplicaciones de conmutación (switching) de baja tensión ya que tiene un valor V_{ce} en saturación muy bajo. El Ánodo (A) del diodo LED se reconoce fácilmente ya que es más largo que el Cátodo (K).

produce una apreciable caída de tensión en los contactos de la resistencia limitadora.

Para ofrecer una **solución eficaz** a estos problemas, consiguiendo encender incluso diodos LED de alta luminosidad con una **única pila** de **1,5 voltios**, hay que elevar la tensión de modo que se supere la tensión de umbral del diodo LED y hacer circular la corriente necesaria para iluminarlo.

Nuestro circuito es un ejemplo de la **forma de proceder** para alcanzar este objetivo.

ESQUEMA ELÉCTRICO

El método más eficiente consiste en la realización de un circuito **convertidor DC-DC step-up**, también denominado **Booster**, capaz de proporcionar la tensión y la corriente necesarias para iluminar un **LED flash** con una **única pila** de **1,5 voltios**.

Para alcanzar este objetivo hemos utilizado **dos transistores NPN** tipo **ZTX.653**, ya que tienen una **tensión Colector-Emisor (Vce) muy baja en saturación**, por lo que son muy adecuados para aplicaciones de **conmutación (switching)** de **baja tensión**.

De hecho en aplicaciones de **baja tensión** el dato **más importante** de un transistor es que su **tensión Colector-Emisor (Vce)** sea **muy baja en saturación** para "no desperdiciar" parte de la tensión de la pila y así **optimizar** el rendimiento del circuito.

Estos transistores (ver **TR1-TR2** en el esquema eléctrico de la Fig.2) forman un **oscilador** con una frecuencia de unos **90 KHz**.

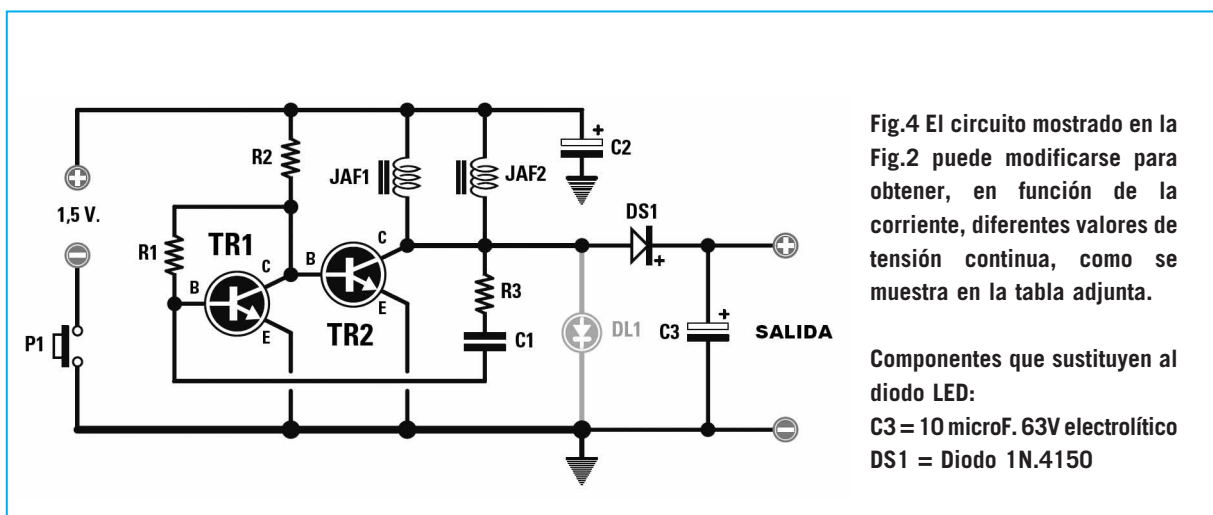
El valor de esta **frecuencia** está determinado por el valor de las inductancias **JAF1-JAF2**, conectadas en paralelo, y por la capacidad del condensador de realimentación **C1**.

Seguramente muchos os preguntéis por qué hemos utilizado **dos inductancias** conectadas en **paralelo** en lugar de utilizar solo una. En efecto, dos inductancias en **paralelo** de idéntico valor tienen un **valor equivalente** a la **mitad** de una de las dos.

El motivo es el siguiente: Al tratarse de inductancias de **dimensiones muy reducidas**, y por tanto envueltas con **hilo muy fino**, presentan una **resistencia parásita** nada despreciable para este tipo de aplicación. Al conectar en paralelo las dos inductancias también la **resistencia equivalente** se reduce a la **mitad**, mejorando así las prestaciones del circuito.

La señal en forma de onda cuadrada presente en el Colector del transistor **TR2** provoca que se **almacene** en las dos inductancias cierta cantidad de **energía (Ton)** que se aplica al **diodo LED (Toff)** como una tensión **superior** a la de alimentación.

NOTA: Se utiliza el mismo principio de funcionamiento que en los **alimentadores conmutados step-up (boost)**.



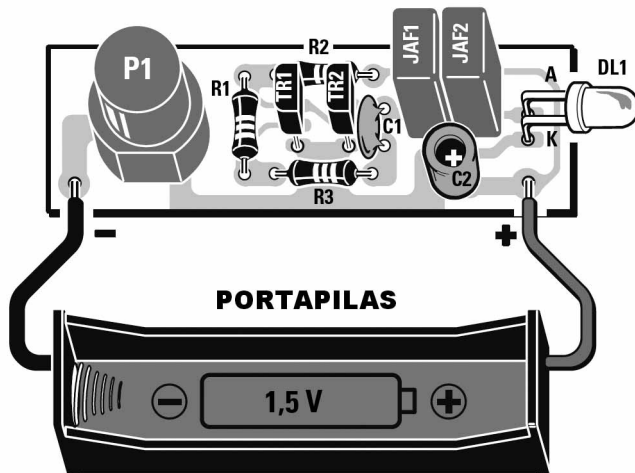


Fig.5 Esquema práctico de montaje del circuito LX.1664. Los transistores ZTX.653 se instalan orientando la parte plana de sus cuerpos hacia la derecha.

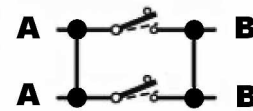
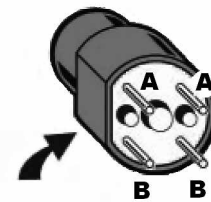


Fig.6 El pulsador P1 dispone de doble contacto. Para realizar correctamente su montaje hay que orientar su lado rebajado hacia abajo.

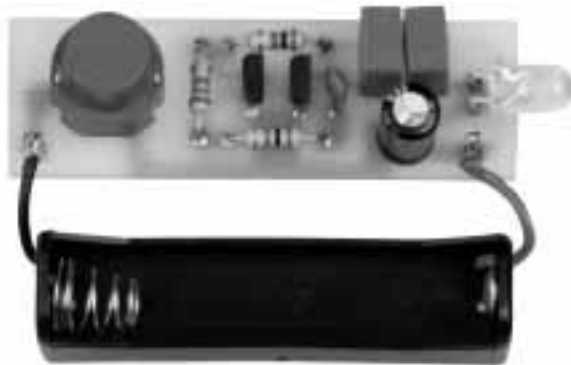


Fig.7 Fotografía del circuito una vez concluido el montaje. Como se puede observar el diodo LED se monta después de haber doblado sus terminales en forma de L. También se muestra una fotografía del circuito impreso instalado en su mueble contenedor. Antes de instalar el circuito en el mueble hay que realizar dos agujeros, uno para el pulsador y otro para el diodo LED flash blanco.

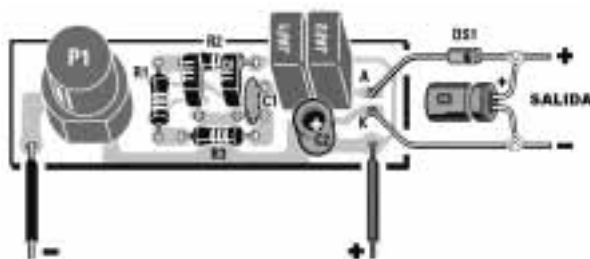


Fig.8 Esquema práctico de montaje del circuito mostrado en la Fig.3. El diodo DS1 se conecta al cable procedente del agujero A, orientando su lado marcado con una franja negra hacia el exterior. El terminal positivo del condensador electrolítico C3 se conecta al diodo, mientras que el terminal negativo se conecta al cable procedente del agujero K.



Superando el valor de la tensión directa del diodo LED la corriente puede circular y excitar el LED, que vemos **encendido** de forma **uniforme** debido a la persistencia visual de la imagen en la retina del ojo. En realidad el **diodo LED** se enciende con **picos de tensión** a una frecuencia de **90 KHz**.

No es necesaria ninguna **resistencia limitadora** ya que la **corriente** es **muy baja**, estando limitada por la arquitectura de las inductancias a unos **15-20 mA**, valor suficiente para encender hasta **dos diodos LED** conectados en **paralelo**.

Hemos querido HACER MÁS

Sustituyendo el diodo LED por un **diodo de silicio** y por un **condensador electrolítico** (ver **DS1** y **C3** en la Fig.4) se puede utilizar este circuito para conseguir una **tensión continua** cuyo valor está en función de la **corriente obtenida**, tal como se muestra en la tabla adjunta.

Únicamente con la tensión proporcionada por una **pila de 1,5 voltios** este circuito puede utilizarse para alimentar un **sintonizador FM**, ya que puede alimentar perfectamente diodos varicap. También puede alimentar **circuitos** que utilicen **operacionales**.

TABLA

Iout	Vo
0	60,0 volt
400 microamperios	40,0 volt
1,6 miliamperios	20,0 volt
2,6 miliamperios	15,0 volt
3,6 miliamperios	12,0 volt
7,0 miliamperios	7,0 volt
10,0 miliamperios	5,0 volt
25,0 miliamperios	2,5 volt

REALIZACIÓN PRÁCTICA

El circuito **LX.1664** incluye muy **pocos componentes**, por lo que es bastante fácil de montar.

En primer lugar aconsejamos instalar las **tres resistencias** y los **dos condensadores** en los orificios correspondientes del circuito impreso.

A continuación hay que montar los **transistores TR1-TR2**, orientando la parte plana de sus cuerpos hacia la derecha. Una vez realizada esta operación se puede proceder al montaje de las **inductancias JAF1-JAF2**.

El **pulsador P1** se instala al lado de la resistencia **R1**, orientando hacia abajo la parte plana de su cuerpo.

El **diodo LED** se suelda directamente al circuito impreso doblando en forma de **L** sus terminales. Al montar este componente hay que recordar que su terminal **más largo** corresponde al **Ánodo**, terminal que ha de insertarse en el agujero identificado con una letra **A**.

Como hemos descrito en el artículo, realizando unas sencillas modificaciones se puede conseguir una **variante** del circuito que presenta diferentes tensiones de salida.

Para realizar esta **variante** del circuito **LX.1664** hay que instalar **dos terminales tipo pin** en el lugar correspondiente a los orificios del **diodo LED**. A estos terminales hay que conectar dos trozos de **cable**.

En el **cable** procedente del agujero marcado con la letra **A** hay que conectar un diodo de silicio tipo **1N.4150**, orientando su lado marcado con una **franja negra** hacia la parte **opuesta** al **cable**, es decir hacia el exterior del circuito impreso (ver Fig.8).

El terminal marcado con la **franja negra** del diodo corresponde al **borne positivo** de la **salida** del circuito. A este terminal hay que soldar el **terminal positivo**, el **más largo**, del **condensador electrolítico** de **10 microfarradios**.

El **terminal negativo** del **condensador** se conecta al **cable** procedente del agujero del circuito impreso identificado con la letra **K**.

Con el kit proporcionamos un pequeño **mueble contenedor** rectangular de plástico negro para alojar el circuito y la pila.

Como se puede apreciar en la fotografía mostrada en la Fig.7 hay que realizar un **agujero** de **5 mm** en uno de los lados más pequeños para hacer salir la **cabeza** del **diodo LED** y un **agujero** de **10 mm** en la tapa para el **pulsador**.

Las medidas del circuito impreso han sido ideadas para que pueda **adaptarse** a cualquier contenedor, incluso se puede instalar en el cuerpo de un **bolígrafo**.

Utilizando el cuerpo de un **rotulador** o de un **bolígrafo** que tenga un diámetro de **30-40 mm** se puede transformar en una **linterna** utilizando un **diodo LED** de **alta luminosidad**.

En primer lugar hay que **vaciar** el cuerpo del bolígrafo (o del rotulador). A continuación hay que **ensanchar** el agujero de la **punta** para que sobresalga un poco la **cabeza** del **diodo LED**.

Ahora es el momento de introducir el **circuito impreso** y, acto seguido, la **pila** de **1,5 voltios**. Una vez instalados los elementos hay que **fijarlos** para que no se muevan, utilizando, por ejemplo, un poco de **esponja**.

PRECIO de REALIZACIÓN

LX1664: Precio de todos los componentes necesarios para realizar el circuito mostrado en las Figs.5-7, incluyendo circuito impreso, un diodo LED blanco de alta luminosidad, pulsador, portapilas y el **mueble** contenedor de plástico **MOX00**44,70 €
LX1664: Circuito impreso1,15 €

Bajo petición expresa podemos proporcionar **diodos LED** de **alta luminosidad** adicionales a los siguientes precios:

LB.10: Diodo LED de alta luminosidad **azul**1,75 €
LG.80: Diodo LED de alta luminosidad **amarillo**2,25 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.