

CARGADOR DE BATERÍAS

Con este moderno cargador de baterías wireless podréis cargar vuestras baterías de plomo NiCd y NiMh con toda seguridad sin necesidad de cables y sin ningún contacto eléctrico con el alimentador.

"Wireless" se ha convertido ya en un término de uso corriente gracias al creciente número de dispositivos "sin cables" que utilizamos a diario. Para la realización de este cargador hemos utilizado este sistema no para enviar información a distancia, sino para producir "energía" útil para cargar las baterías.

El principio de su funcionamiento es el mismo que inspiró al "inventor" del cepillo de dientes eléctrico: basta con apoyar el cepillo en el soporte apropiado para que la batería empiece a cargarse. Lo sorprendente es que no hay ningún contacto eléctrico entre las dos partes, ya que el cepillo de dientes y su

cargador están separados por una capa de plástico.

Por eso, pensamos en aplicar esta modalidad wireless a todos los dispositivos para lo que puede ser de indudable utilidad cargar la batería sin contacto directo. Por ejemplo, en todas las situaciones en las que es esencial aislar de la humedad el objeto a ser cargado. Es el caso, por ejemplo, de una lámpara LED para buceo **IP68** (inmersión total).

El cargador inalámbrico de baterías que presentamos consta de dos unidades:

- Una unidad, llamada **Master**, conectada a la red mediante una fuente de alimentación de **24 voltios**

de corriente alterna o continúa.

- Una unidad, llamada **Slave**, para incorporar al aparato, en el que hay que cargar la batería.

Por supuesto, el aparato al que se asociará el circuito **Slave** tendrá que depender exclusivamente de la batería para su funcionamiento y contendrá en su interior el circuito sin **ninguna conexión externa**.

Ambos dispositivos, **Master** y **Slave**, deben tener en común dos "zonas" de sus cuerpos o chasis, bajo las que se fijarán de antemano las bobinas **L1**. Entre la bobina **L1** del **Master** y la bobina **L1** del **Slave** tiene que haber paredes que actuarán como aislante.

ESQUEMA ELÉCTRICO

El proyecto consta de dos partes: un **transmisor**

(Master), que puede generar una señal electromagnética de una cierta intensidad, y un **receptor (Slave)**, que puede transformar la señal del transmisor en una tensión continua con una cierta intensidad de la corriente.

El conjunto funciona por el mismo principio del transformador de tensión de **50 Hz** (ver Figura 3), aunque como "medio" de transporte no se utiliza la placa de silicio de hierro (circuito magnético) para desarrollar un voltaje inducido, sino que se usa el aire.

Nuestro sistema funciona a una frecuencia 1.000 veces superior (unos **50.000 Hz**) y, por lo tanto, es capaz de propagarse a través del vacío como las ondas de radio (ver Figura 4).

Recogiendo la energía transmitida a través de un circuito sobre la misma frecuencia de emisión

WIRELESS

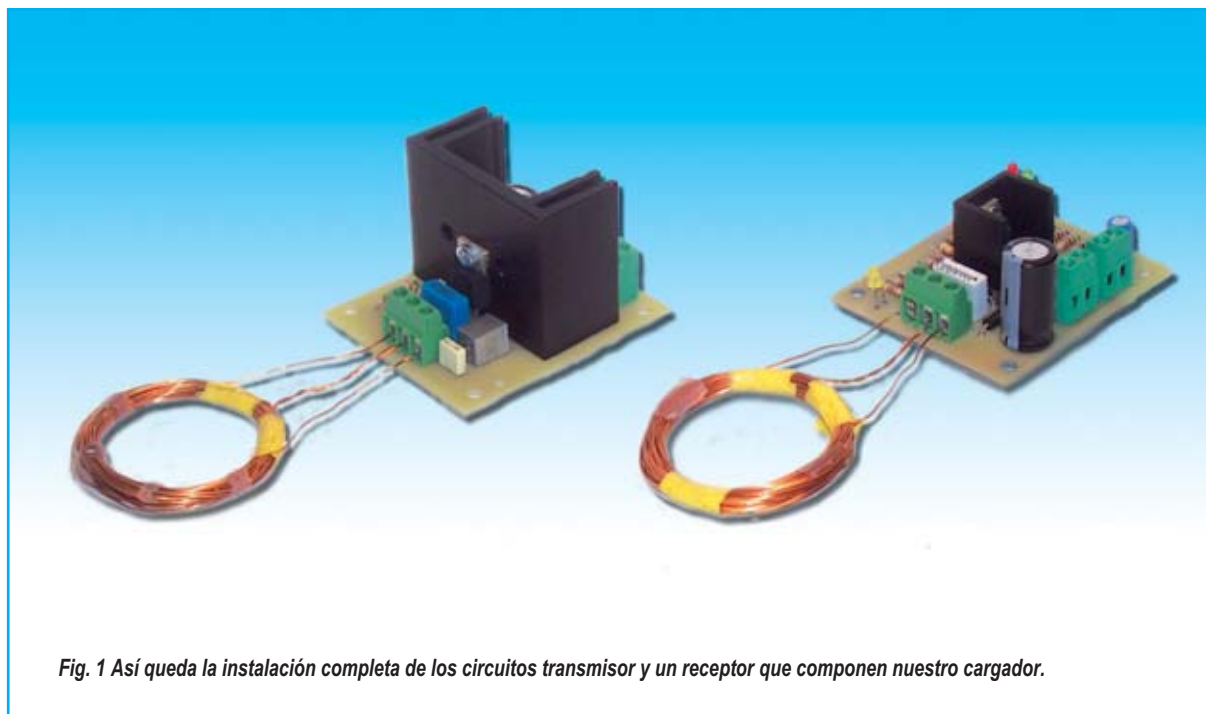


Fig. 1 Así queda la instalación completa de los circuitos transmisor y un receptor que componen nuestro cargador.

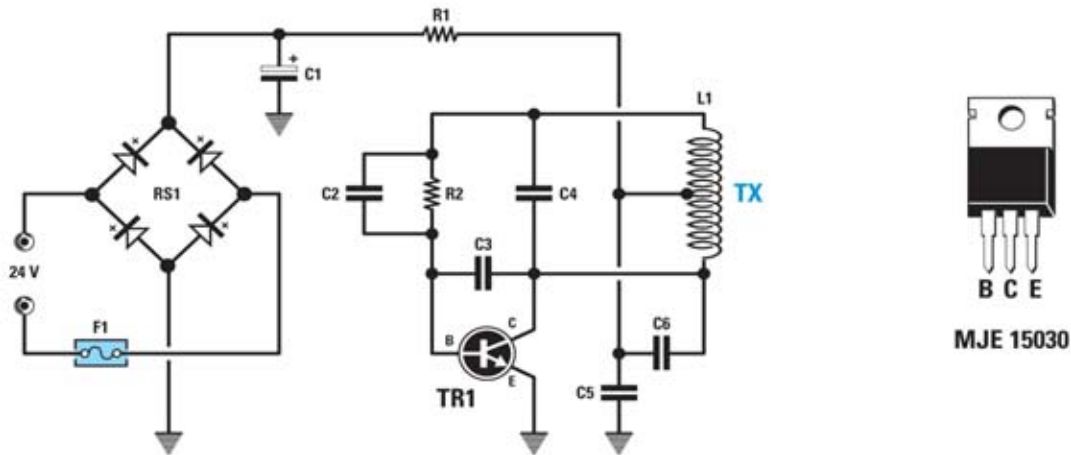


Fig. 2 Esquema del transmisor LX.1773 y de las conexiones del transistor NPN vistas frontalmente y, debajo, la lista completa de los componentes utilizados para el montaje.

LISTA DE PIEZAS DEL LX.1773

R1 = 1 ohm 1 / 2 W

R2 = 6.800 ohmios

C1 = 1.000 microF. electr. 50 V

C2 = 33000 pF pol. 100 V

C3 = 22000 pF pol. 100 V

C4 = 47000 pF pol. 400 V

C5 = 1 microF. 100 V

C6 = 22000 pF pol. 100 V

RS1 = rectificador 100 V 1 A

TR1 = NPN tipo MJE15030

L1 = véase texto

F1 = fusible 1 Amp

podemos desarrollar, una vez rectificada y nivelada, una **tensión continua** que se podrá usar para cargar baterías y todo ello sin que haya contacto eléctrico entre las dos partes, sólo acercando las dos bobinas que tienen en sus circuitos.

CIRCUITO ELÉCTRICO DEL TX

Mirando el diagrama de la figura 2, podemos ver que se trata de un circuito que funciona de forma sumamente sencilla gracias a un transistor de potencia media **NPN** del tipo **MJE15030** (Ver **TR1**).

Este transistor se hace oscilar a una frecuencia de **50 kHz** a través de un circuito sintonizado **L/C**, compuesto por la misma bobina **L1** de emisión y por el condensador **C4** de **47.000 pF** conectado en paralelo a la misma.

De este modo, tendremos un oscilador de potencia altamente fiable cuya absorción de corriente y, por tanto, la potencia emitida dependen solamente de la distancia entre la bobina transmisora y la receptora de la que se "extrae" la corriente. Si las bobinas están alejadas y no interfieren, se absorberá un nivel mínimo de corriente (ver fig. 5), pero si están cerca habrá un aumento de la corriente hasta llegar a valores adecuados para cargar la batería (ver fig. 6).

Hemos elegido el transistor **MJE15030** no sólo porque ofrece robustez, de hecho tolera una tensión **VCE** de **150 V** y una corriente de colector **Ic** de menos de **8 amperios**, sino también porque tiene características "dinámicas" que lo hacen especialmente indicado para circuitos osciladores de energía.

Fig. 3 En el dibujo se ve el funcionamiento esquematizado de un transformador con núcleo ferromagnético. Como se puede ver el generador de corriente alterna (50 Hz) genera un flujo magnético en el núcleo del primario y una tensión en el envoltimiento del secundario.

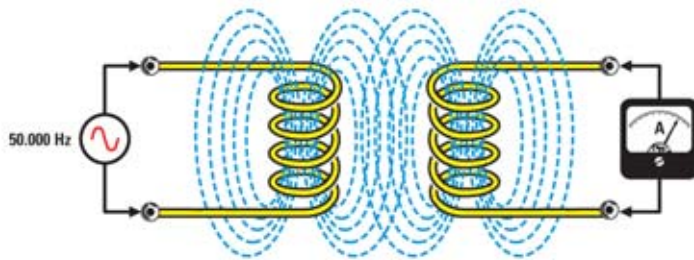
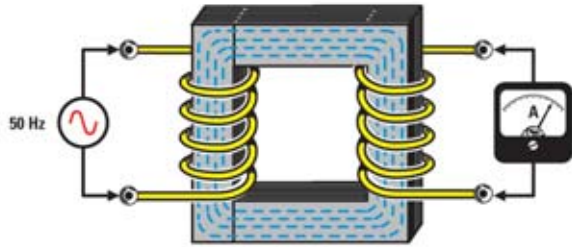


Fig. 4 En el aire, para aumentar la transferencia de potencia y el tamaño de las bobinas es necesario aumentar la frecuencia del generador.

Fig.5 Nuestras bobinas se han realizado de una forma compacta: al aumentar la distancia disminuye la corriente disponible.

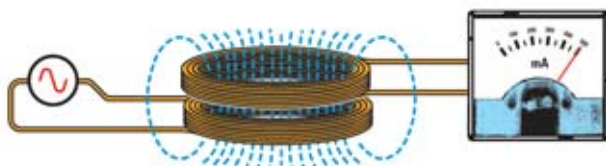
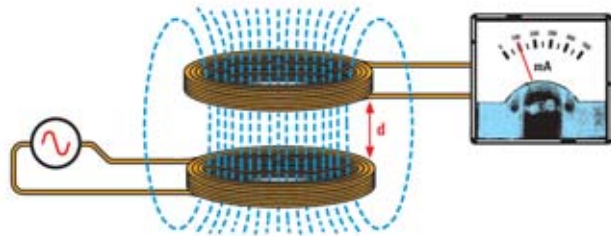


Fig. 6 Al acercarse las bobinas entre sí, como se ejemplifica en el dibujo, se obtiene la máxima corriente de salida.

CIRCUITO ELÉCTRICO DEL RX

La resistencia **R2** de **6.800 ohms** en paralelo con el condensador **C2** de **33.000 pF**, además de polarizar el transistor **TR1** introduce el feedback necesario para conectar el oscilador.

En el colector hay una tensión de más de **60 Voltios** de amplitud de forma sinusoidal con un período de **20 microsegundos** correspondientes a una frecuencia de **50.000 Hz**.

La resistencia **R1** de **1 ohm** tiene como misión desacoplar el oscilador de la alimentación.

La inductancia de la bobina consta de **20 + 20 vueltas** y tiene un valor de unos **110 microhenrios** que, junto con la capacidad del condensador **C4** de **47.000 pF** y a la de los otros dos condensadores **C3** y **C6** de **22.000 pF**, determina la frecuencia de oscilación.

Cuando la bobina no se coloca cerca del receptor, el consumo de corriente "en reposo" será de unos **100 miliamperios**. Este valor se incrementará cuando la bobina esté colocada en las proximidades del receptor.

Hay que tener en cuenta que durante su funcionamiento normal, el transistor **TR1** se calienta un poco y el calor producido se eliminará por un pequeño disipador de calor.

Como **alimentación** continua el circuito requiere una tensión no regulada de unos **32 voltios** como máximo, que se logra con una simple operación de rectificación y nivelación de una tensión alterna de **24 Vac**.

Si no se tiene un transformador de recuperación con estas características, se puede utilizar nuestro **transformador TN01.34** perfectamente adecuado para este propósito.

El fusible de 1 amperio puesto en serie con la tensión alterna de **24 voltios**, protegerá el transformador en caso de que hubiese un fallo en el circuito que provocara un consumo de corriente superior a **1 amperio**. En este caso, el fusible se interrumpiría.

La bobina receptora **L1** (ver fig. 7) recogerá el campo electromagnético generado por la bobina de transmisión y desarrollará en sus extremos una tensión alterna con la misma frecuencia que la emitida por la bobina emisora, que es de unos **50 kHz**. Como hemos dicho, el valor de esta tensión será el máximo cuando las dos bobinas estén una sobre la otra (ver fig. 5) y se reducirá a medida que aumente la distancia entre ambas (ver fig. 6).

Nota: Para extraer la máxima señal posible y por tanto la mayor corriente, las dos **bobinas** se deben colocar lo **más cerca posible**.

A diferencia de la transmisora, la bobina receptora está compuesta por 30 + 30 vueltas y la inductancia de sus extremos tiene un valor de unos **230 microhenrios** que, junto con la capacidad de **33.000 pF** del condensador **C1** puesto en paralelo, forman un circuito de resonancia sintonizado en una frecuencia igual a la de la señal transmitida. De esta manera se obtiene la máxima transferencia de energía entre los dos circuitos.

Esta tensión, siendo AC, no puede cargar ninguna batería por lo que hemos utilizado para enderezarla dos diodos rápidos del tipo **BYW100**, denominados **DS1** y **DS2**.

La inductancia **JAF1** de **100 microhenrios**, puesta entre los dos cátodos de los diodos **DS1** y **DS2** y el positivo del condensador **C2**, tiene la tarea de "aislar" este último de la frecuencia doble con respecto a la de entrada: los dos diodos **DS1** y **DS2** junto a la toma central de la bobina componen, de hecho, un rectificador de doble semi-onda que genera una señal de **100 kHz** y mejora el rendimiento del circuito.

El valor de la tensión inducida que se desarrolla entre los dos cátodos de los diodos rectificadores y la masa asume un valor máximo de aproximadamente 40 voltios.

Este voltaje cargará el condensador **C2** de **1.000**

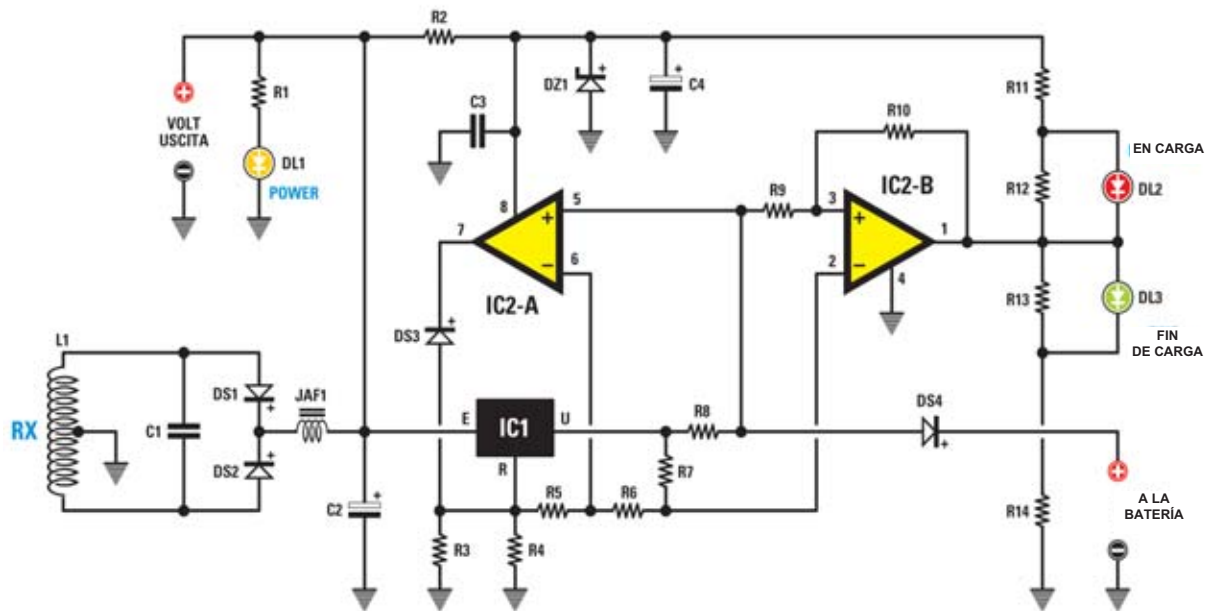


Fig.7 Esquema eléctrico del receptor LX.1774 y, debajo, la lista completa de los componentes utilizados para el montaje.

- | | | |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------|
| R1 = 2200 ohms | R11 = 1000 ohms | DS1 = diodo tipo BYW100 |
| R2 = 470 ohms | R12 = 1000 ohms | DS2 = diodo tipo BYW100 |
| R3 = 4.700 ohms | R13 = 1000 ohms | DS3 = diodo tipo 1N.4148 |
| R4 = 4700 ohms | R14 = 1000 ohms | DS4 = diodo tipo 1N4007 |
| R5 = 100 ohms | C1 = 33000 pF pol. 250 V | DL1 = diodo LED (amarillo) |
| R6 = 120 ohms | C2 = 1.000 microF. electr. 50 V | DL2 diodo LED (rojo) |
| R7 = 4,7 ohms | C3 = 100.000 pF poliéster | DL3 = diodo LED (verde) |
| R8 = 4,7 ohms 1 / 2 W | C4 = 100 microF. electrolítico | IC1 = integrado tipo LM317 |
| R9 = 1.000 ohms | JAF1 = impedancia 100 microhenrios | IC2 = integrado tipo LM358 |
| R10 = 10 megaohms | | L1 = véase texto |
| | DZ1 = zener 24 V 1/2 vatios | |

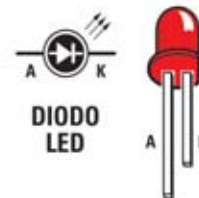
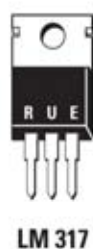


Fig.8 Conexiones del integrado LM358 vistas desde arriba y con la marca de referencia a la izquierda, el integrado LM317 y el diodo LED vistos frontalmente.

El terminal ánodo (A) se reconoce por su longitud superior a la del terminal cátodo (K).

microfaradios logrando que la tensión continua nivelada sea capaz de ofrecer picos de corriente según necesidad.

La intensidad de encendido del diodo led **DL1 amarillo**, conectado en paralelo con el condensador **C2** a través de la resistencia de **2.200 ohmios**, ofrece una indicación visual de la tensión desarrollada.

La posición de las dos bobinas, por lo tanto, se adaptará para obtener el **máximo brillo del diodo**, correspondiente a la tensión máxima recogida por el circuito transmisor **LX.1773**.

Gracias a la tabla podemos determinar cuánta **tensión** y cuánta **corriente** se pueden obtener conectándonos a la salida auxiliar si se desea utilizar un circuito diferente a este cargador:

Vout dc (V)	Iout dc (mA)
35	0 (en vacío)
32	32
28	60
24	100
22	150
19	190
16	340
5	500

Nota: La tabla muestra cómo el voltaje disponible en **RX disminuye** dependiendo de la corriente absorbida.

La tensión continua obtenida así se utiliza para alimentar el resto del circuito es decir, el regulador de corriente de carga con limitación de tensión está compuesto por el regulador de voltaje **IC1** denominado **LM317**, que se asocia a un simple operacional **IC2/B** para obtener una indicación visual del estado de funcionamiento del cargador.

El cargador es **adecuado sólo para baterías plomo**, pero también se puede utilizar para otros tipos de baterías como las de **Ni-Cd** y **Ni-MH** limitando a valores de "seguridad" la corriente y las tensiones de carga.

OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

El regulador **IC1 LM317** se utiliza como regulador de voltaje normal en el que para determinar el valor de la tensión de salida, se usa la relación típica:

$$V_u = 1,25 \times [R_X : (R_5 + R_6 + R_7)] \quad 1$$

Nota: la resistencia **RX** de la fórmula es igual al paralelo de las dos resistencias **R3** y **R4** y, teniendo éstas el mismo valor de **4.700 ohmios**, será igual a su mitad, es decir, **2.350 ohms**.

En nuestro caso obtenemos que la tensión de salida para cargar una batería de plomo de **12 voltios** tendrá un valor de **14,3 voltios**.

De hecho, la tensión que se aplicará a los extremos de la batería tendrá un valor ligeramente inferior, ya que el diodo **DS4** y la resistencia **R8** de **4,7 ohmios** introducen una caída de tensión de unos **1,3 voltios** en total.

En cualquier caso, no se aplicará a la batería un voltaje superior a:

$$14,3 - 1,3 = 13 \text{ voltios}$$

Además de la limitación de tensión hay limitar también la corriente con el fin de no dañar la batería conectada. Esta tarea ha sido confiada al primer operacional **IC2/A** incluido en el **LM358** junto con la resistencia **R8** de **4.7 ohm** puesta en serie con la batería y el valor fijo de tensión presente entre los terminales **R/U** del regulador **LM317**.

El uso de las dos resistencias, una de **4,7 ohm (R7)** y otra de **120 ohm (R6)** genera dos tensiones constantes de referencia, una de **26 milivoltios** y otra de unos **693 milivoltios**.

Nosotros usamos la primera para el comparador de voltaje formado por el segundo operacional **IC2/B** incluido en el **LM358**, cuya tarea es apagar el diodo LED rojo y encender el verde cuando la corriente de carga sea menor que el valor dado por:

$$I = V : R$$

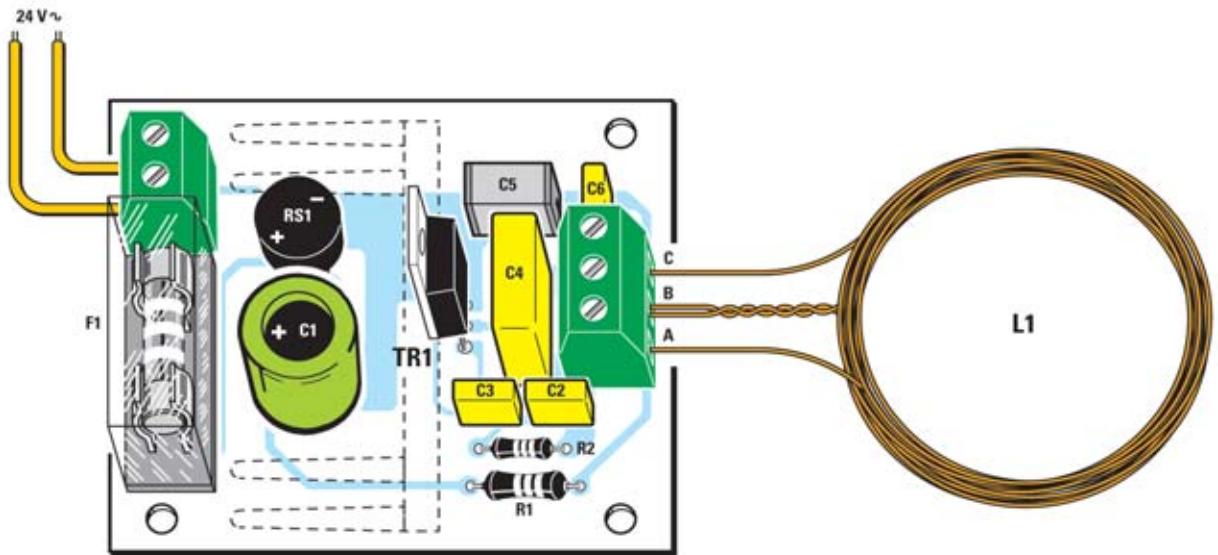


Fig. 9 Esquema de montaje de la tarjeta del transmisor. Antes de montar el transistor TR1 en el circuito impreso, hay que fijarlo sobre el disipador de calor cuya silueta hemos trazado.

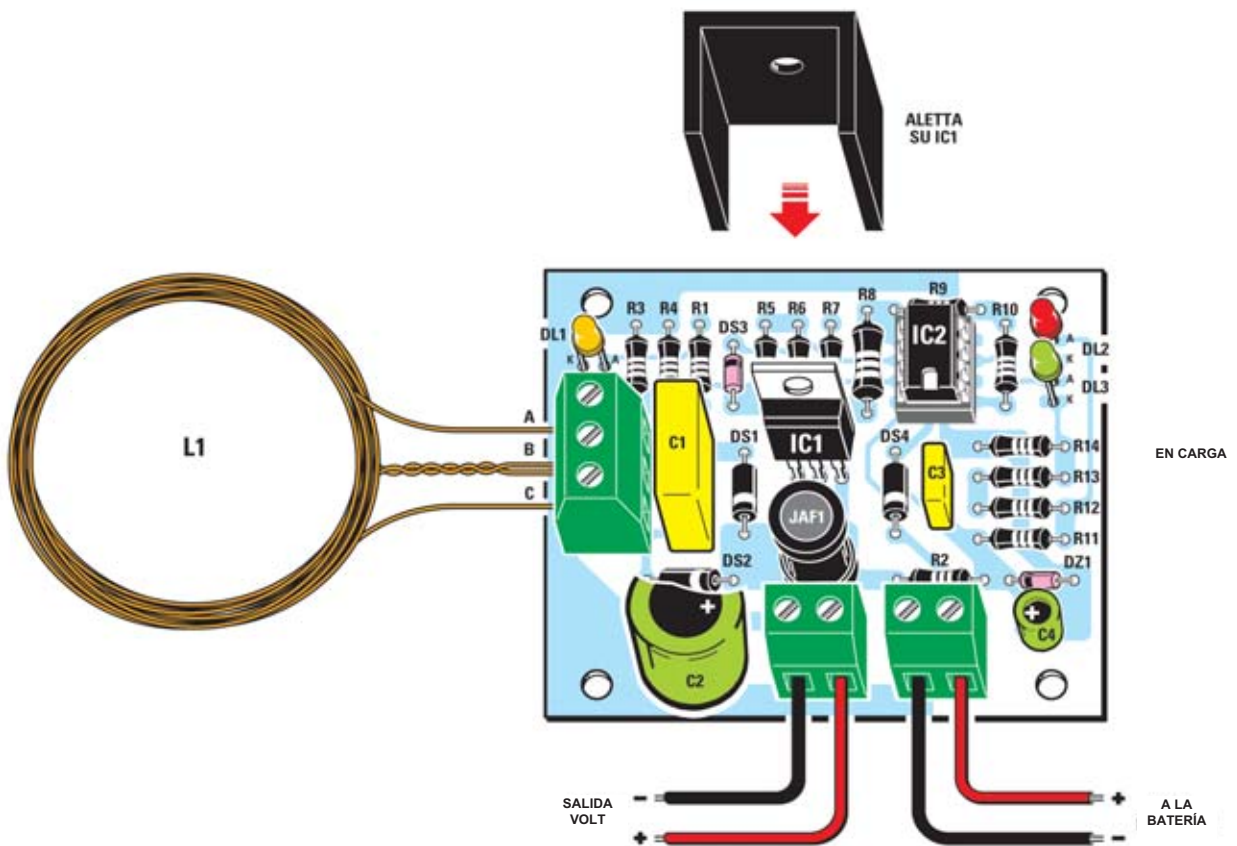


Fig. 10 Esquema de montaje de la tarjeta del receptor. En este caso, hay que fijar el integrado IC1 sobre el disipador de calor antes de soldar los terminales en los agujeros en el centro de la placa.

donde:

V = tensión de referencia

R = valor de la resistencia **R8**

En nuestro caso, con los valores introducidos, éste es de aproximadamente:

0.026: 4,7 = 5,5 mA

Es decir, cuando la batería conectada absorba una corriente por debajo de este valor, la podremos considerar cargada y desconectarla.

Para corrientes por encima de este valor se encenderá el LED **rojo** de carga, que indicará que la batería no se ha terminado de cargar.

En cambio, el valor de la corriente de carga máxima la determina la relación:

$$I = V: R$$

En este caso, y con los valores introducidos, será igual a:

0.693: 0.147 = 4,7 amperios equivalentes a **147 mA**

Este será el valor **máximo** de la **corriente** de **carga**.

El diodo **1N4007** (ver **DS4**) conectado entre la salida del cargador y el positivo de la batería, tiene la misión de **evitar** que la tensión de la batería revierta en el circuito regulador y altere su buen funcionamiento.

El diodo Zener de **24 voltios** limita la tensión de alimentación del operacional **LM358** a este valor, ya que tensiones superiores a los 30 voltios podrían destruir el circuito.

Quien quiera utilizar sólo el rectificador, tendrá que aplicar la tensión disponible (ver Volt Salida en la tabla) a un cargador específico para el tipo de batería a cargar, ya que así se podrán excluir del circuito todos los componentes del regulador, es

decir, el integrado **LM317** y el integrado **LM358** como algo superfluo: en ausencia de carga inútil, se obtendrá el máximo voltaje y la corriente a través del condensador **C2**.

EJECUCIÓN PRÁCTICA

Para construir este cargador se prevé la instalación de dos circuitos, es decir,

uno para el transmisor **TX** denominado **LX.1773** (ver Fig. 9) y otro para receptor **RX** denominado **LX.1774** (Ver fig.10). Le sugerimos que comience la instalación de la tarjeta el transmisor que, como se puede ver, tiene pocos componentes.

En primer lugar, hay que soldar las dos resistencias **R1** y **R2** que se pueden identificar por su tamaño.

Continuar con los condensadores de poliéster y el electrolítico **C1**, que se debe colocar sobre el circuito impreso de modo que el lado positivo de su cuerpo esté hacia la izquierda.

Como se puede ver en la Fig. 9, en las inmediaciones hay que soldar el puente rectificador **RS1** y, en el margen izquierdo del circuito, el porta fusibles dentro del cual hay que insertar el **fusible de 1 amperio**.

En este punto, sacar el **disipador del calor**, fijar su cuerpo en el transistor **TR1** apretando el tornillo y después poner el conjunto en la posición adecuada para soldar los terminales del transistor en los agujeros que hay en el impreso.

Para finalizar la instalación hay que fijar en la parte superior izquierda la clema para la conexión a **24 voltios** y a la derecha una de 3 pines para la conexión a la bobina externa **L1** (Ver figura 9).

La realización de este último no es especialmente difícil y se puede hacer en pocos minutos.

Antes de nada, hay que coger alambre esmaltado de **0,5 mm** y envolverlo en torno a un soporte guía que tenga un diámetro de **40 mm**. Las primeras 20

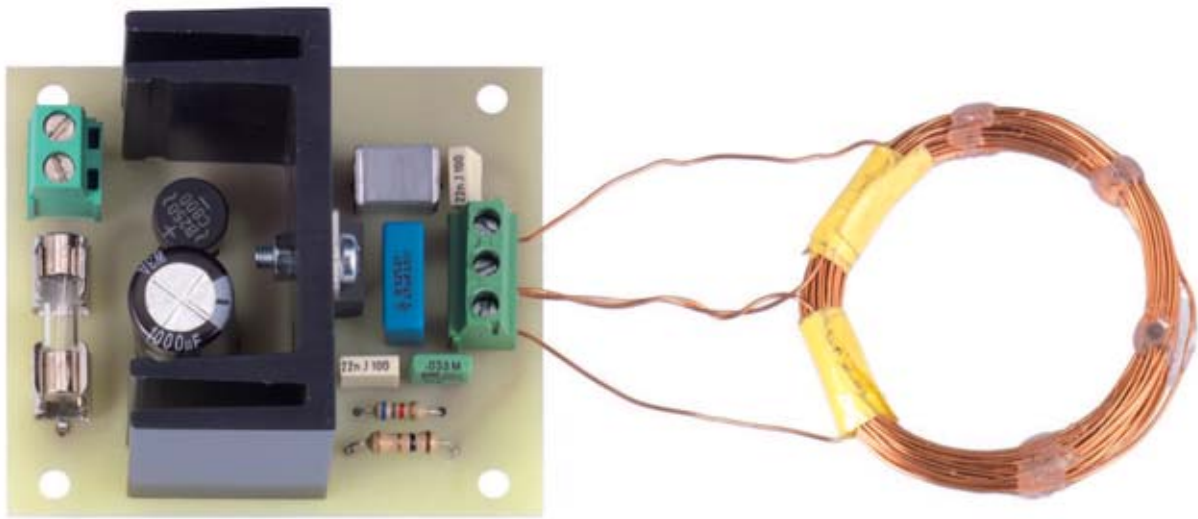


Fig.11 Esta foto reproduce el transmisor. Antes de hacer la bobina L1, es mejor leer las sugerencias prácticas descritas en el artículo.

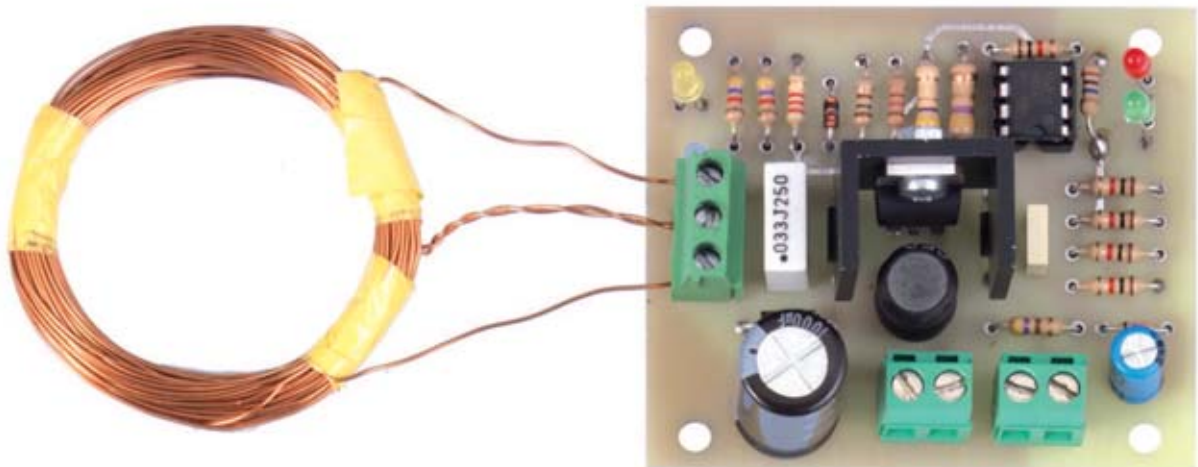


Fig. 12 Esta foto reproduce el esquema eléctrico del receptor que hemos hecho junto al transmisor de la figura 11 para realizar todas nuestras pruebas de laboratorio.

vueltas se darán dejando unos 15-20 cm de alambre libre, con el que realizar la conexión a la clema.

A las **20 vueltas**, hay que pararse, después de trenzar los dos extremos del alambre por otros **15-20 cm** para la toma central, continuar envolviendo de la misma manera las restantes **20 vueltas** para acabar la bobina que tendrá que corresponder a la de la Fig. 9.

***Advertencia:** Antes de meter los 3 extremos de alambre en la clema hay que raspar el barniz aislante que tienen en superficie y soldarlos. Sólo entonces se podrá insertar en la clema respetando la secuencia **C-B-A** que se muestra en la fig.9 y apretar los tornillos.*

En este punto se puede pasar al montaje del receptor **LX.1774** (ver figura 10), mediante la inserción de circuito impreso en la ranura para el integrado **IC2** y continuar luego con todas las resistencias de **1/4 vatios**, con la excepción de la **R8** de **1/2 vatios**, que se distingue por su tamaño.

Soldar los dos condensadores de poliéster **C1** y **C3** en forma de paralelepípedo y los dos electrolíticos **C2** y **C4** de forma cilíndrica respetando la polaridad de los terminales.

Introduzca todos los diodos prestando atención a posicionar la franja de referencia de su cuerpo tal y como se muestra en el dibujo de la figura 10.

Como se puede ver en la imagen, esta franja es blanca en el caso de los diodos **DS1 DS2-DS4**, mientras que es negra en el caso del pequeño diodo **DS3**.

Ahora se puede montar a la izquierda el diodo led **DL1** y a la derecha los dos led **DL2-DL3** respetando la polaridad de sus terminales: el polo positivo está marcado con la letra **A** (ánodo) y el negativo con la letra **K** (cátodo).

En este punto, hay que proceder al montaje de la impedancia **JAF1** de cuerpo cilíndrico y del integrado **IC1**.

Este último se debe colocar con la parte metálica

del cuerpo sobre el disipador de calor (que se sacará antes del blister), de modo que se pueda fijar uno sobre otro con un pequeño tornillo.

A continuación, se introducen los terminales del integrado en los tres agujeros preparados en el impreso, soldándolo con cuidado. Para completar la instalación se fijan abajo los dos terminales para la carga de una batería externa de plomo y/o la de un cargador de baterías externo.

***Nota:** En este segundo caso, no es necesario montar sobre el impreso los 3 componentes (la resistencia **R2** y los integrados **IC1** e **IC2**).*

Insertarlos en la ranura del integrado **IC2**, poniendo hacia abajo la marca de referencia.

En este punto se procederá a la ejecución de la bobina **L1** para la cual se pueden las indicaciones dadas para la bobina emisora. La única diferencia es el número de vueltas, que en este caso no son **20+20**, sino **30+30**.

Esto significa que, después de haber dados las primeras **30 vueltas** alrededor del soporte, habrá que sacar un extremo del cable a la longitud deseada y volver atrás para dar las otras **30 vueltas** hasta obtener la bobina que se muestra en la figura 10.

Se finaliza la instalación introduciendo los **3** extremos del alambre de cobre en la clema de **3 polos**, soldada previamente a la izquierda del impreso, respetando la secuencia **C-B-A** indicada en la fig.10, apretando los tornillos.

Ya no queda nada más que usar el cargador para los dispositivos que se quieran.

OTROS USOS con diferentes valores de VOLTAJE Y CORRIENTE

Nuestro cargador wireless está predispuesto para la carga de baterías de plomo de **12 voltios** con corriente limitada a unos **150 miliamperios**. Sin embargo, puede adaptarse cambiando algunos valores, a otros tipos de baterías.

Para entenderlo, basta un ejemplo sencillo. Supongamos que desea recargar las baterías de **1,2 Voltios 750 mA** para un total de **tres baterías** puestas en serie con una tensión total de:

$$1,2 + 1,2 + 1,2 \text{ voltios} = 3,6 \text{ voltios } 750 \text{ miliamperios}$$

Lo primero es cambiar el valor de las resistencias **R3** y **R4** (del RX), de modo que la tensión de salida vaya en consonancia con la tensión de las baterías.

Esta tensión es igual a la suma de la tensión de una sola batería multiplicada **x1,25** y en nuestro caso, obtendremos:

$$(1,2 \times 1,2 \times 1,2) \times 1,25 = 4,5 \text{ Volt}$$

Valor al que hay que añadir la caída de **0,7 voltios** introducida por el diodo **DS4**, por lo que:

$$\text{Voltaje de salida} = 4,5 + 0,7 = 5,2 \text{ voltios}$$

Para lograr esta tensión, vamos a tener que cambiar el valor de las resistencias **R3** y **R4**:

$$\begin{aligned} R3 - R4 &= [(tensión \text{ de salida: } 1,25) - 1] \times 450 \\ [(5,2: 1,25) - 1] \times 450 &= 1.422 \text{ ohms} \\ (\text{que podemos redondear a } 1500 \text{ ohmios}) \end{aligned}$$

Por tanto:

$$R3 = 1.500 \text{ ohmios}$$

$$R4 = 1500 \text{ ohmios}$$

La corriente de carga depende del tiempo de búsqueda, es decir, después de cuánto tiempo se recarga la batería.

Normalmente se elige un valor de 1/10 de actual capacidad de la batería, lo que corresponde un tiempo de recarga de aproximadamente 14 horas, por lo que:

$$\text{Corriente de carga} = 1/10 \text{ de la actual capacidad de la batería}$$

$$(1: 10) \times 750 \text{ mA} = 75 \text{ mA}$$

Al realizar la operación inversa de la fórmula se obtiene:

Corriente de salida = 0,693: 4.7 (que son los ohms de la R8)

$$R8 = 0,693: 0,075 = 9,24 \text{ ohmios}$$

que se redondea a **100 ohmios 1/2 vatios**.

Nota: El número 0,075 corresponde a 75 mA convertidos en amperios.



COSTE DE REALIZACIÓN

Todos los componentes necesarios para construir el transmisor **LX.1773** (ver figura 9), incluyendo el circuito impreso y el cable esmaltado cuestan **25,00 euros**.

Todos los componentes necesarios para construir el receptor **LX.1774** (ver figura 10), incluyendo el circuito impreso y el cable esmaltado cuestan **30,00 euros**.

Transformador TN01.34 :	14,50 euros.
Circuito impreso CS.1773 :	8,20 euros.
Circuito impreso CS.1774 :	10,00 euros.

Los precios **no** incluyen el **IVA**, ni gastos de envíos a domicilio.