
Telemandos por infrarrojos

Desde hace algunos años, los montajes de telemando por infrarrojos se multiplican en las revistas de electrónica y en los catálogos de los fabricantes de "kits".

Paralelamente, cada vez más equipos para el "gran público" están equipados con tales telemandos: televisores, vídeos, máquinas de fotos, proyectores de diapositivas, electrodomésticos, cerraduras de coches, sistemas de alarma, etc. Por tanto, era normal que este libro contuviera un capítulo entero para describir estas técnicas, pero no más. Un análisis objetivo de las necesidades en materia de telemando demuestra que los sistemas de infrarrojos, realmente, sólo son convenientes en una selección limitada de aplicaciones.

Ciertamente, se pueden intentar ampliar estas aplicaciones mediante toda clase de acrobacias técnicas: esto puede motivar al "investigador", pero no se justifica cuando otras técnicas permiten obtener un resultado equivalente de forma más sencilla y económica. El lector encontrará en este libro los elementos de juicio que le permitirán tomar la decisión adecuada en su caso particular antes de pasar a la práctica.

NOCIONES DE ELECTROOPTICA

No hace tanto tiempo que la electrónica y la óptica eran técnicas extrañas la una para la otra. Sólomente las "células fotoeléctricas" permitían a la electrónica

5

contribuir a las propiedades de los rayos luminosos. Después, aparecieron los láser, los diodos electroluminiscentes, los fotodiodos y las fibras ópticas.

El aficionado a la electrónica moderna, necesita poseer algunos conocimientos rudimentarios de óptica para sacar el mayor provecho a los componentes optoelectrónicos de calidad, que ahora se le ofrecen a precios muy atractivos.

La electroóptica, alias optoelectrónica, se ocupa de la puesta en práctica de los componentes electrónicos capaces de transmitir o recibir ondas luminosas. La persona debe habituarse a trabajar con la "luz en sentido amplio", es decir, visible o invisible.

Es bien conocido que la luz "blanca" emitida por el sol o por una bombilla eléctrica, contiene todos los colores del arco iris, más los rayos invisibles, que son los ultravioletas y los infrarrojos. Al igual que el oído es incapaz de detectar los sonidos demasiados graves (infrasonidos), o demasiado agudos (ultrasonidos), el ojo tiene también una "banda de paso" limitada. Las películas fotográficas son capaces de poner de manifiesto los rayos "más violetas que el violeta" (ultravioletas) y "más rojos que el rojo" (infrarrojos), invisibles, pero que obedecen a las mismas reglas físicas que la luz blanca.

Por razones puramente tecnológicas, los componentes optoelectrónicos son de más calidad en el infrarrojo que en el espectro visible. Además, en muchos casos, es preferible que las radiaciones utilizadas en telemando o en antirrobo sean invisibles (¡discreción obliga!). Por ello, no es de extrañar el éxito de los componentes "I.R." en todo tipo de realizaciones.

COMPONENTES TRANSMISORES Y RECEPTORES DE INFRARROJOS

Los "diodos láser" están todavía prácticamente reservados al uso profesional por cuestiones de precio y seguridad. El aficionado se interesará esencialmente por los *diodos electroluminiscentes* (LED) y por los *fotodiodos*.

Para aplicaciones distintas del telemando, se podrán utilizar también los fototransistores y fotorresistencias. Los *diodos LED* son bien conocidos por los electrónicos, que los utilizan frecuentemente como indicadores luminosos rojos, verdes, o amarillos-anaranjados.

Estos componentes están basados en un principio físico que permite a los diodos hechos con un material especial (arseniuro de galio) emitir luz cuando una corriente apropiada los atraviesa, en sentido "directo", por supuesto.

En estas fuentes de luz denominadas "de estado sólido" no existe ni filamento, ni gas; es directamente la materia la que radia, de donde se deducen propiedades por completo excepcionales: luz prácticamente *monocromática* (color muy "puro"), longevidad extrema y, sobre todo, posibilidad de "parpadeo" a muy alta frecuencia, varios megahertzios si son necesarios (modulación).

Añadamos que la fuente luminosa propiamente dicha es muy pequeña (casi puntual), y que se sabe cómo realizar diodos capaces de transmitir una fuerte potencia óptica, al menos de cresta. El color de la radiación emitida depende únicamente de la formulación del material semiconductor utilizado: una "receta" apropiada permite obtener la emisión de infrarrojo puro, perfectamente invisible incluso con mucha potencia, pero puede ser peligroso para los ojos. Esta potencia es aproximadamente proporcional a la corriente que circula por el diodo, en general, algunas decenas de miliamperios por término medio, y hasta un amperio y más, para ciertas referencias.

Como muchos semiconductores, los diodos emisores resisten mal a las sobrecargas, lo que afecta a la potencia disipada o a la tensión inversa (3 V máximo en la mayoría de los casos: es poco...).

Los *fotodiodos* son diodos de silicio con encapsulado permeable a los rayos luminosos; transparentes, dejan pasar la luz visible y los infrarrojos; teñidos de negro, eliminan la luz visible para no dejar pasar más que el infrarrojo.

La iluminancia de la superficie activa (unión) de tal diodo implica dos fenómenos: aparición de una tensión (baja) en los bornes del diodo (comportamiento de tipo fopila o célula solar), y aumento neto de la corriente inversa (un poco como en el diodo zéner). Circuitos electrónicos apropiados permiten amplificar lo suficiente estos efectos para utilizarlos en toda clase de aplicaciones.

La mayoría de las aplicaciones de estos componentes están basadas en poner frente a frente un diodo emisor y un fotodiodo receptor; así, se encuentran en los bornes del segundo las señales eléctricas aplicadas al primero, aunque muy debilitadas.

Según la *potencia* transmitida y la *ganancia* de la electrónica de recepción, se obtendrá un *alcance útil* más o menos grande. Realmente, se pueden emplear artificios puramente ópticos, en paralelo con los elementos electrónicos para aumentar el alcance: *concentración de haces* por medio de lentes, o *conducción* por fibra óptica, o incluso por radio, o la utilización de

5

antenas directivas o de cables coaxiales. Es en buena parte esta posibilidad (a veces incluso esta necesidad) de combinar técnicas tan diferentes como la electrónica y la óptica, lo que da tanto atractivo, sobre todo para el aficionado, a los sistemas de infrarrojos...

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS INFRARROJOS

Se comportan exactamente igual que la luz visible, los rayos infrarrojos se benefician de las mismas posibilidades, pero sufren también las mismas limitaciones de propagación. Un haz de infrarrojos, evidentemente, atravesará sin gran atenuación la mayoría de las superficies transparentes (vidrios), pero se detendrá con los obstáculos opacos (tabiques), salvo si se practica con cuidado un agujero, que puede ser, perfectamente, muy pequeño.

Bien dirigido, un haz de infrarrojos puede reflejarse sobre un espejo y, por tanto, rodear algunos obstáculos. Un haz no demasiado estrecho y suficientemente potente es capaz, igualmente, de propagarse por toda una habitación; si se le dirige hacia el techo o una pared de color claro, será captado por cualquier receptor no directivo colocado en cualquier lugar de la habitación.

La naturaleza puramente óptica de los rayos infrarrojos hace que las transmisiones sean perfectamente insensibles a las perturbaciones electromagnéticas (parásitos de radio) o acústicas. Por el contrario, a larga distancia hay que contar con las brumas o humos, que pueden introducir pérdidas severas, al igual que la lluvia.

Utilizando hábilmente lentes y reflectores apropiados es posible realizar, en efecto, con medios electrónicos modestos, conexiones *fijas* para algunos centenares de metros en vista directa. Las operaciones para alinear el transmisor y el receptor son, por supuesto, delicadas, pero se consiguen combinar las ventajas del cable y de la radio. Ningún medio "material" a plantear, aunque con discreción y seguridad excelentes. En resumen, un verdadero "haz hertziano" a medida del aficionado.

UN TELEMANDO POR INFRARROJOS MUY SIMPLE

Para nuestras primeras manipulaciones, vamos a limitarnos a un alcance muy modesto: de 50 cm hasta 1.50 m aproximadamente, lo que ya es

suficiente para un buen número de aplicaciones del tipo "cerradura electrónica" (coches, puertas de garaje o de inmuebles, centrales de alarma, etc.).

Por tanto, nuestros dos primeros montajes serán, esencialmente, *amplificadores* de transmisión y recepción, que permiten efectuar la *adaptación* o la *interfaz* entre los componentes optoelectrónicos y los circuitos puramente electrónicos: *grosso modo*, bastará con aplicar una señal cuadrada de frecuencia razonable y amplitud suficiente al módulo transmisor, para encontrarla a la salida del módulo receptor si, por supuesto, los diodos transmisor y receptor están colocados frente a frente a menos de dos metros.

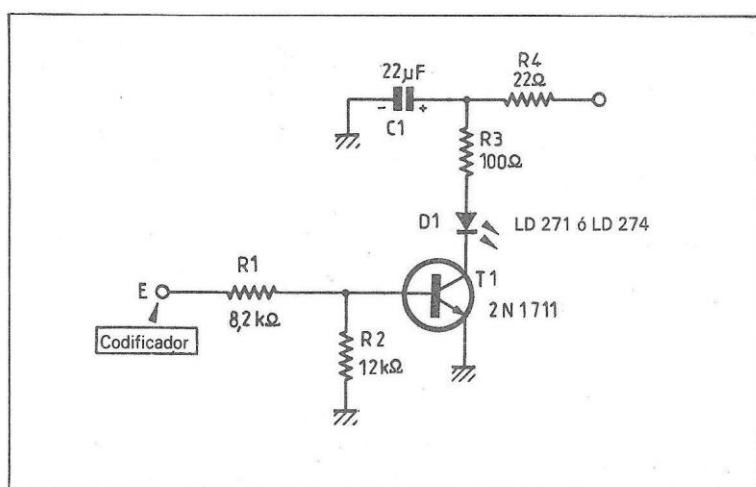


Fig. 5.1. Un transmisor de infrarrojos "mínimo".

Estos dos módulos especializados de "infrarrojos" podrán, por tanto, asociarse a toda clase de generadores de tonos y de detectores de tonos o de señal, para realizar sistemas de telemando muy sencillos, pero completamente operativos. No obstante, la mejor solución es añadirle los módulos *codificador* y *decodificador* de las figuras 2.25 y 2.27. Así, se obtendrán verdaderas "cerraduras" de alta seguridad, dignas de las que utilizan los fabricantes de coches de "lujo". Seamos lógicos y comencemos, por tanto, por el transmisor. El esquema de la figura 5.1 se puede utilizar en prácticamente todos los sistemas de telemando por infrarrojos, obteniéndose las características deseadas mediante la selección del tipo de diodo transmisor y de los valores de los elementos RC.

5

Pueden conseguirse transmisores muy directivos seleccionando el LD274 de SIEMENS (semángulo de radiación 10 grados). El LD271 tiene un buen compromiso entre alcance y comodidad de enfoque, mientras que el LD242, por ejemplo, posee un ángulo de radiación muy grande, pero por supuesto, en detrimento del alcance.

La mayor parte de los diodos a utilizar soportan al menos 100 mA en régimen permanente, y mucho más cuando únicamente se trata de breves impulsos con una relación cíclica baja. Sin embargo, es obligatorio que la *corriente media* (medida con un miliamperímetro corriente) no exceda la corriente permanente especificada por el fabricante. Con los valores de los componentes especificados, nuestro montaje limita a 60 mA aproximadamente la corriente que atraviesa al diodo, incluso si el transistor conduce permanentemente.

En régimen "de pulsos", el condensador juega completamente su papel de "depósito", y permite los puntos de corriente que alcanzan los 70 mA. Se podría conseguir mucho más disminuyendo R3, pero esto no es deseable en nuestro contexto de "alcance pequeño". Eventualmente, pueden acoplarse en serie dos diodos para acrecentar la potencia transmitida, o para reducir la directividad si se eleva ligeramente la polarización de éstos.

Tal como se ha descrito aquí, este circuito transmisor puede ser dirigido directamente por la salida CMOS del módulo codificador; con una pila miniatura de 9 V es, por tanto, fácil realizar un aparato transmisor muy compacto.

Interesémonos ahora por el receptor (figura 5.2). Colocado a una cierta distancia enfrente del diodo transmisor, un fotodiodo de "infrarrojos", tal como el BP140, es capaz de suministrar una corriente inversa muy baja cada vez que recibe un impulso. Por tanto, en los bornes de R2 se recoge una señal idéntica a la generada por el codificador, pero su amplitud es extremadamente menor:

El amplificador operacional TCA335 del receptor se monta de forma que se concilien varias exigencias a menudo contradictorias:

- Alta ganancia (1000)
- Alta impedancia de entrada (para no "perder" la señal)
- Respuesta en frecuencia amplia.

El único esquema que responde a estos imperativos es el montaje "no inversor", un poco pesado de realizar con una sola fuente de alimentación, pero que es perfectamente adecuado a esta aplicación. Aunque grande, la ganancia de este preamplificador no basta para la excitación directa de un

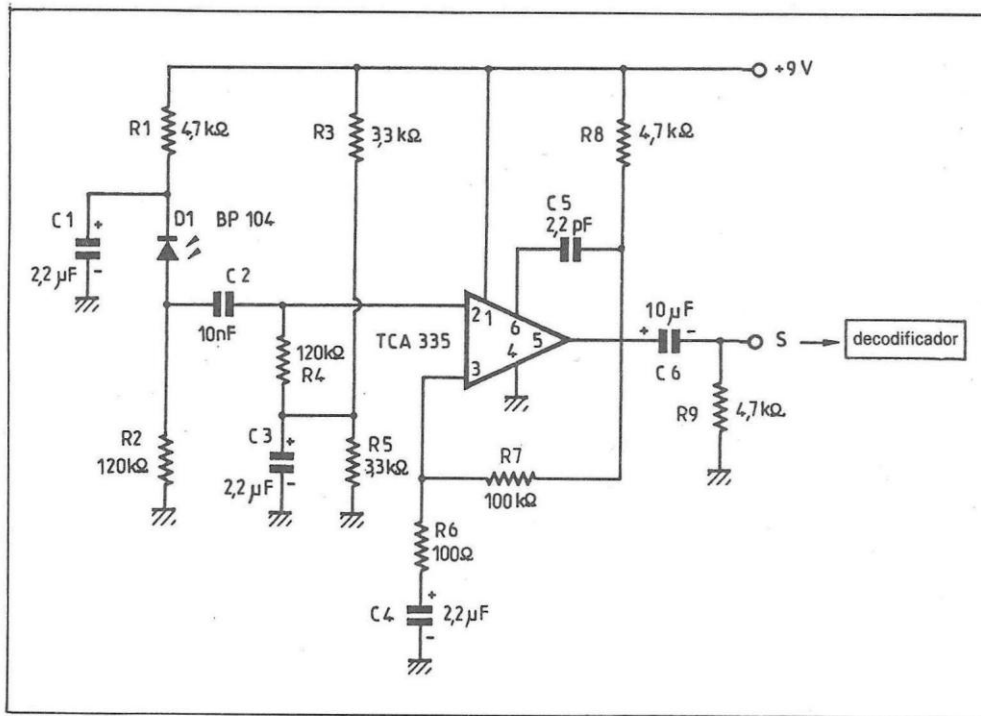


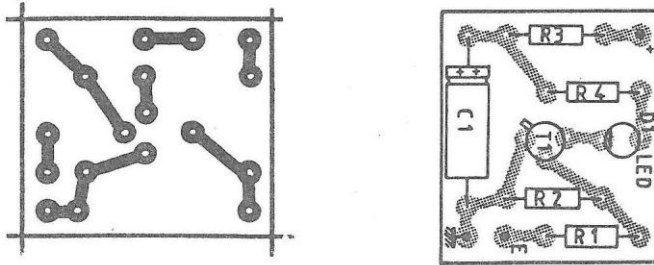
Fig. 5.2. Un receptor de infrarrojos relativamente sencillo.

circuito lógico; es por esto que ahora apreciaremos las etapas de amplificación incluidas en el módulo "decodificador".

Conectando la salida del módulo "receptor" a la entrada EA del decodificador, se obtiene un alcance conforme a nuestros objetivos de partida, pudiendo alcanzar alrededor de dos metros con un diodo transmisor muy directivo.

Dentro de poco abordaremos montajes un poco más complejos, que nos permitirán entrar en el dominio de "largo alcance".

Mientras tanto, pasemos a la construcción de estos dos módulos. El módulo "transmisor" se cablea sobre un pequeño circuito impreso, cuyo trazado se da en la figura 5.3. Después de cableado, según la figura 5.4, se obtiene un montaje de tamaño muy pequeño, que se podrá asociar fácilmente al módulo codificador. Aunque está previsto un emplazamiento para el LED emisor sobre el circuito impreso, puede ser ventajoso instalarlo a alguna distancia, especialmente en la parte delantera de un aparato de mano.



Figs. 5.3 y 5.4. Realización práctica del transmisor de infrarrojos.

NOMENCLATURA DEL TRANSMISOR DE INFRARROJOS (Fig. 5.4)

Resistencias 10 % 1/2 W

R1 8.2 k Ω

R2 12 k Ω

R3 100 Ω

R4 22 Ω

Condensadores

C1 22 μ F 16 V electrolítico

Transistores

T1 2N1711

Diodos

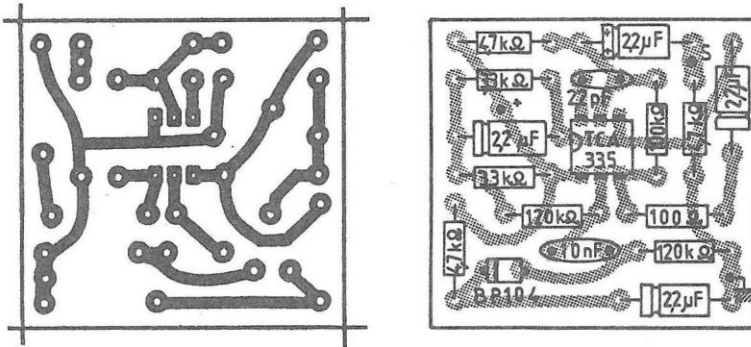
LED infrarrojo

(LD271 o LD274, ver texto)

El circuito impreso del módulo "receptor" está representado en la figura 5.5. Su cableado, según la figura 5.6, no plantea ningún problema especial. En esta ocasión se hará hincapié en cablear el diodo receptor directamente sobre la tarjeta, la gran impedancia de entrada del amplificador hace poco aconsejable la utilización de hilos de conexión.

Recordemos que el cátodo del BP104 se identifica mediante un pequeño punto azul en la pata correspondiente (se puede verificar con un óhmetro), y que el encapsulado negro de este diodo es, de hecho, un filtro que reduce la influencia de las luces parásitas. En entornos oscuros, es posible utilizar en su lugar un BPW34, que no lleva este filtro.

El conjunto receptor-decodificador constituye un dispositivo de dimensiones razonables, que es fácil de alojar casi en cualquier sitio. La única exigencia es prever un agujero de 5 a 6 mm de diámetro (provisto eventualmente de una tapa transparente) delante del diodo receptor.



Figs. 5.5 y 5.6. Realización práctica del receptor de infrarrojos.

NOMENCLATURA DEL RECEPTOR DE INFRARROJOS (Fig. 5.6)

Resistencias 10 % 1/4 W

R1 4.7 k Ω
 R2 120 k Ω
 R3 3.3 k Ω
 R4 120 k Ω
 R5 3.3 k Ω
 R6 100 Ω
 R7 100 k Ω
 R8 4.7 k Ω
 R9 4.7 k Ω

Diodos

D1 BP104 SIEMENS
 o equivalente (fotodiodo IR)

Condensadores

(electrolíticos 16 V o MKH)

C1 2.2 nF
 C2 10 nF
 C3 2.2 μ F
 C4 2.2 μ F
 C5 2.2 pF
 C6 10 μ F

Circuitos integrados

CI1 TCA 335 SIEMENS

Para usos muy especiales con aparato fijo, barreras invisibles por ejemplo, se puede pensar en equipar al transmisor y al receptor con lentes ópticas; entonces el alcance puede llegar a ser una docena de metros o más, pero la alineación es delicada.

¡AUMENTEMOS EL ALCANCE!

Estos dos módulos permiten realizar el más sencillo de los sistemas de telemando codificados sin hilo que es posible concebir. El alcance relativamente modesto así obtenido resulta, sin embargo, suficiente para un gran número de aplicaciones prácticas en el entorno doméstico.

Para "aumentar la velocidad", vamos a tener que contentarnos con transmitir directamente los impulsos de salida del codificador. A larga distancia, los riesgos de parásitos son demasiado grandes, mientras que las amplificaciones muy grandes, necesarias por otra parte terminarían por deformar de forma inadmisibile los mensajes codificados. Por tanto, vamos a tener que utilizar técnicas que se revelan más de radio que de baja frecuencia: modulación de una portadora, amplificación selectiva, control automático de ganancia, y demodulación.

Tratándose de telemandos que utilizan un aparato transmisor de mano, es de cualquier forma delicado intentar sobrepasar una docena de metros de alcance. En efecto, tengamos en cuenta que la emisión de los diodos de infrarrojos es *directiva*, y que más allá de cierta distancia, el enfoque del transmisor se vuelve delicado.

Utilizar diodos de menor directividad es un arma de doble filo: si se aumenta la comodidad del enfoque, se "diluye" también la potencia transmitida, lo que reduce el alcance. Evidentemente, nada impide multiplicar los diodos de emisión y sus circuitos de alimentación; esto es lo que se hace en cuestión de cascos sin hilo: se ilumina uniformemente el techo del local con múltiples diodos de gran potencia, de modo que un receptor colocado en cualquier lugar de la habitación recibe siempre la suficiente potencia.

Inversamente, si se aumenta mucho la directividad del transmisor y del receptor por medios ópticos (lentes), el alcance entre puntos fijos puede alcanzar los 200 metros, e incluso más, a costa de un trabajo de alineación nada despreciable.

Sea cual sea la opción elegida respecto a la directividad, evidentemente el alcance depende mucho de los factores electrónicos: potencia del transmisor, por supuesto, y también sensibilidad del receptor. Como es sobre todo la potencia de cresta transmitida lo que condiciona el alcance, será interesante aprovechar las propiedades de algunos diodos "a encajonarse" en breves, aunque frecuentes, picos de corriente. Respecto a la recepción, no se podrán utilizar amplificadores de alta ganancia más que con la condición de que sean selectivos.

Si intercalamos nuestro módulo de la figura 4.1 entre el codificador y el circuito de transmisión por infrarrojos, el tiempo durante el cual el diodo de

transmisión se encuentra alimentado disminuye a la mitad; por tanto, no hay inconveniente en duplicar la corriente de cresta.

Se llega así al circuito de la figura 5.7, el cual excita el diodo con impulsos de alrededor de 150 mA, valor muy adecuado. Disminuyendo R4, con peligro de aumentar C1, nuestros lectores podrán pasar a una corriente incluso mayor, pero únicamente cuando el montaje esté *perfectamente a punto*, ya que D1 no resistiría durante mucho tiempo una alimentación permanente de más de 100 mA.

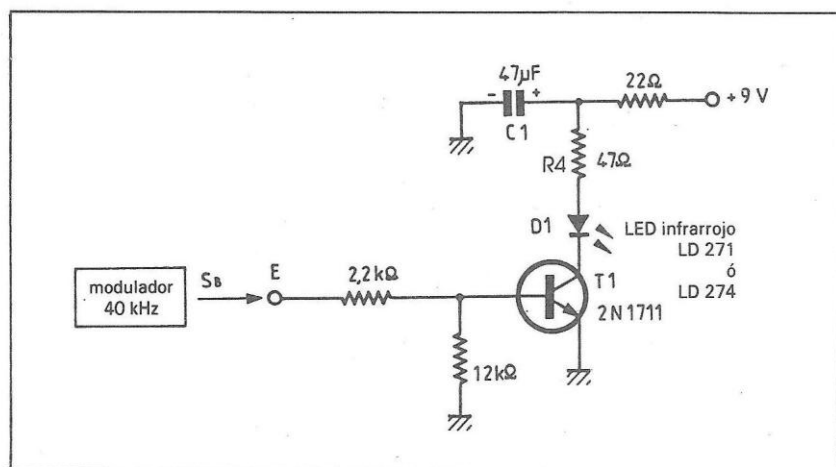


Fig. 5.7. Variante más potente del transmisor de infrarrojos.

El circuito impreso de la figura 5.3, que deben ya poseer nuestros lectores que han realizado nuestro telemando por infrarrojos de corto alcance, no tendrán más que ajustar la implementación de la figura 5.4 respetando los nuevos valores de los componentes.

Respecto a la recepción, vamos a utilizar nuestro *demodulador de 40 kHz*, y el módulo "decodificador". No obstante, todavía nos queda por construir un "receptor de infrarrojos", cuyo papel esencial será adaptar la impedancia del fotodiodo a la del TDA4050.

En efecto, no olvidemos que el diodo funciona en inversa, es decir, con corriente reducida: la señal útil está disponible en los bornes de una resistencia de valor grande (R6), mientras que la impedancia de entrada del demodulador es de aproximadamente 2000 Ω . Un sencillo transistor de efecto

5

de campo (2N3819) basta para realizar la adaptación necesaria sin introducir ganancia, ya que es el demodulador el que se encarga por completo de la amplificación. Bajo el control de un sistema CAG, esta amplificación se adapta automáticamente al nivel de las señales recibidas, lo que evita cualquier distorsión dañina a la decodificación.

Altamente selectivo, el amplificador elimina las señales de frecuencias distintas a 40 kHz, especialmente las componentes de 50 ó 100 Hz que proceden de la red.

Con estos seis módulos (codificador, modulador 40 kHz, transmisor IR, receptor IR, demodulador 40 kHz, y decodificador), es posible realizar un telemando por infrarrojos de características estimables. La elección del diodo de emisión entre los diversos tipos disponibles (LD271 y LD274, especialmente) permite favorecer bien la comodidad de enfoque, o bien el alcance según la aplicación que se haya previsto. Sin embargo, para llegar más lejos todavía, habrá que emplear recursos ópticos.

¡Pero, realicemos primero la parte óptica! Nuestro nuevo módulo, cuyo esquema aparece en la figura 5.8, es un simple "captador" o "transductor": suministra impulsos eléctricos de muy baja amplitud que corresponden a los impulsos infrarrojos recibidos. Su papel es exactamente el mismo que el del transductor de ultrasonidos anteriormente utilizado. Sencillamente, se trata de un transductor "activo", que necesita una alimentación, mientras que los transductores piezoeléctricos son "pasivos" y, por tanto, autónomos.

El circuito impreso de la figura 5.9 reúne todos los componentes de este pequeño preamplificador, así como el propio diodo (BP104 SIEMENS). Si las condiciones de uso lo exigen, este diodo podrá alejarse un poco de la

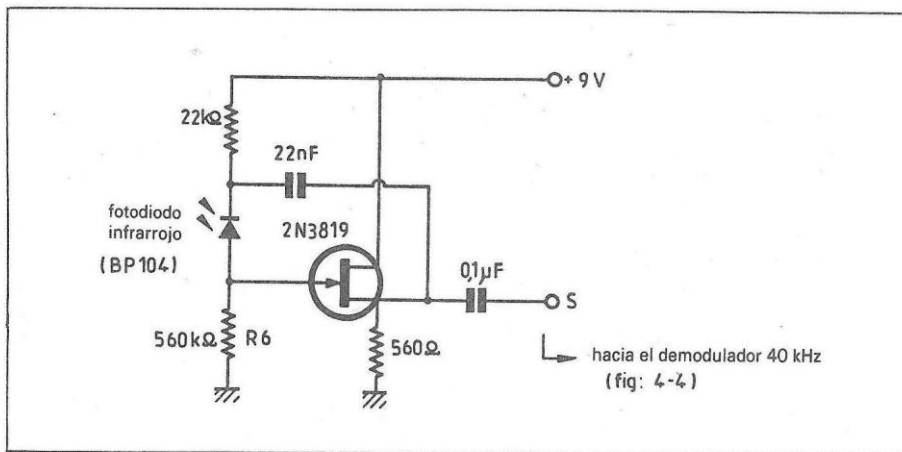


Fig. 5.8. Un "transductor de infrarrojos".

tarjeta, pero el cableado se hará tan corto como sea posible (¡alta impedancia!). Es importante vigilar la polaridad de este diodo: no vacilar en comprobarlo con el óhmetro antes soldarlo.

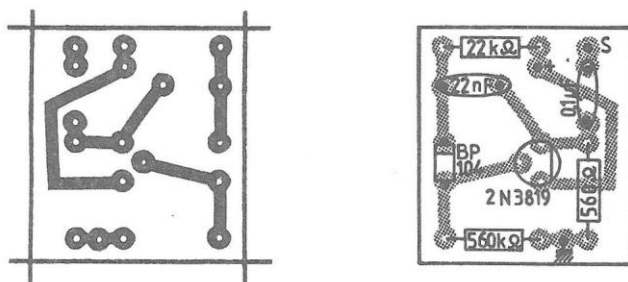


Fig. 5.9. Realización práctica del receptor de infrarrojos.

NOMENCLATURA DEL RECEPTOR DE INFRARROJOS (Fig. 5.9)

Resistencias

(5% 1/4 W salvo que se diga lo contrario)

560 Ω
22 k Ω
560 k Ω

Condensadores

22 nF
0.1 μ F

Semiconductores

2N3819
BP104 SIEMENS

Varios

módulo decodificador
alimentación 9 V

Y ADEMÁS CON ALGUNAS LENTES

Aunque invisibles, los rayos infrarrojos obedecen a las leyes de la óptica como cualquier luz. Con el desarrollo creciente de la *optoelectrónica*, el electrónico tiene que habituarse a utilizar componentes nuevos para él: espejos, prismas, fibras ópticas, y sobre todo, *lentes*. Es la *lente convergente* o *lupa* la que presenta mayor interés para las transmisiones por infrarrojos.

5

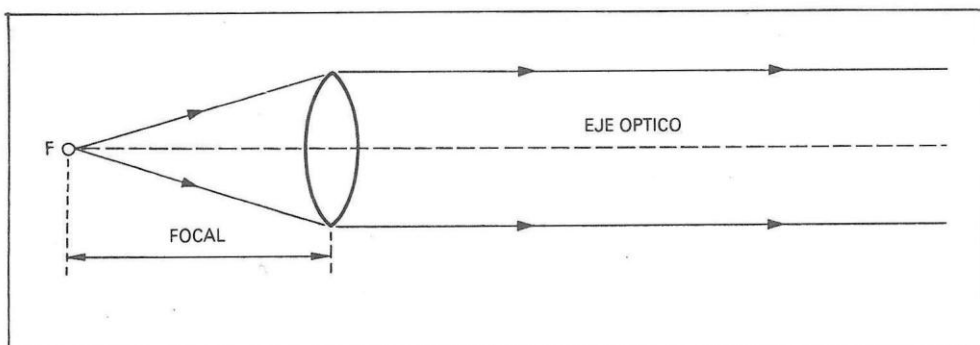


Fig. 5.10. Cómo hacer paralelo un haz de infrarrojos con la ayuda de una lente convergente (lupa).

La figura 5.10 muestra que una lente convergente puede, *si está perfectamente situada*, devolver paralelo un haz divergente de rayos. Quedando más concentrado, el rayo perderá mucha menos de su eficacia con la distancia pero, sin embargo, será mucho más delicado de dirigir sobre el receptor. Este efecto no se puede obtener si la fuente de infrarrojos está colocada exactamente en el *foco* F de la lente. El foco es un punto situado sobre el eje óptico de la lente, y situado a una distancia de la misma denominada *focal*. Si este ajuste óptico, análogo a la sintonización de un circuito resonante, no es perfecto, entonces el haz no será paralelo: ¡no se propagará tan lejos!

La figura 5.11 muestra cómo determinar la distancia focal de una lente desconocida: basta con formar sobre una superficie clara la imagen (invertida) de un objeto lejano (situado "en el infinito"). Cuando la imagen es nítida, la lente se coloca a una distancia de esta "pantalla" igual a su distancia focal.

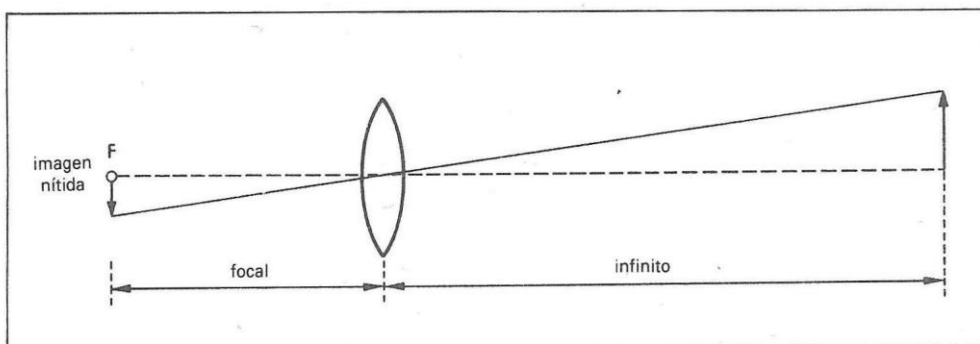


Fig. 5.11. Cómo determinar la distancia focal de una lupa.

Este sistema de determinación no es extremadamente preciso y, además, la focal de la lente no es exactamente la misma para la luz visible que para los infrarrojos; será de prever un ajuste final durante la puesta a punto del sistema.

Si se conoce la "potencia" de la lente (en dioptrías), es fácil deducir su distancia focal mediante la fórmula:

$$f \text{ (en metros)} = \frac{1}{d \text{ (en dioptrías)}}$$

Así, una lente de 10 dioptrías tiene una distancia focal de 10 cm, frente a los 5 cm para una de 20 dioptrías. En resumen, cuanto mayor es la lente más se acorta su distancia focal.

Esta idea es importante para la *adaptación* de una lente a un diodo transmisor (análoga a una adaptación de impedancias para una antena).

En efecto, la figura 5.12 muestra que para un diodo LD271, cuyo semiángulo de radiación vale 28° , se perderá potencia si el diámetro de la lente no es al menos igual a su distancia focal. Sin embargo, tales lentes a la vez grandes y potentes no son siempre fáciles de encontrar a un precio razonable.

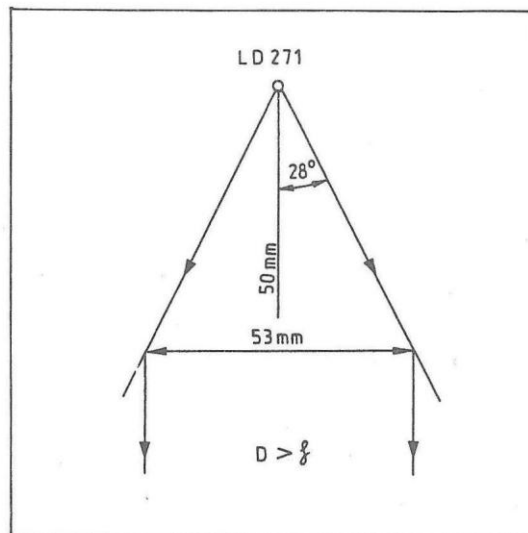
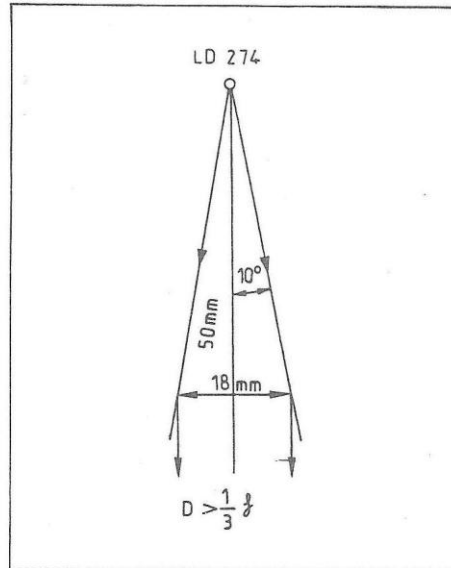


Fig. 5.12. Adaptación de una lente a un LD271.

5

La figura 5.13 muestra el caso del LD271, cuyo semiángulo no es más que 10° . Basta entonces, con que el diámetro de la lente sea al menos igual a un tercio de su distancia focal, lo que es mucho más corriente (lupas de todo tipo).



Figs. 5.13. Adaptación de una lente a un LD274.

El fenómeno aquí explicado es reversible: todos los rayos que llegan a una lente paralelamente a su eje óptico van a converger al foco (principio de la lupa para hacer fuego). Si colocamos un diodo receptor en el foco de la lente, la ganancia de eficacia será del orden de la relación de la superficie de la lente a la del diodo: ¡bastante considerable!. Equipando a la vez al transmisor y al receptor con lentes, se aumenta enormemente el alcance del telemando: el autor ha obtenido buenos resultados hasta 200 metros.

Evidentemente, no es cuestión de aplicarlo a los transmisores de mano, ya que la directividad es extremada, sino a aplicaciones que pueden encontrarse en el ámbito de los mandos fijos y de las barreras invisibles. En el exterior, se vigilará que él solo no pueda nunca colocarse enfrente de una lente: se corre el riesgo de destruir el diodo colocado en el foco.

No vacilen, amigos lectores, en experimentar largamente con este montaje; de este modo, se familiarizará progresivamente con las aplicaciones electrónicas de la óptica.

UN TELEMANDO POR INFRARROJOS "LLAVE EN MANO"

Hasta el momento, hemos visto cómo construir con infrarrojos sistemas de telemando que reúnen varios módulos, lo que deja al lector cierta iniciativa. Hemos pensado que sería interesante proponer, a nuestros lectores menos entrenados, un telemando simplificado compuesto únicamente por dos circuitos impresos: el transmisor y el receptor. Sin codificación compleja en este montaje, no ofrecerá, por tanto, una inviolabilidad total, pero sí una seguridad que satisfará completamente por un precio muy reducido.

El conjunto que vamos a describir se compone de dos aparatos herméticos idénticos: el transmisor y el receptor. El transmisor, equipado con dos LED, suministra impulsos de muy alta potencia de cresta, pero muy espaciados en el tiempo. En consecuencia, el alcance puede ser importante, a pesar de un consumo medio muy bajo. La directividad es media ($\geq 28^\circ$ a -3 dB) lo que simplifica los problemas de orientación sin comprometer el alcance, el cual además puede ser considerablemente aumentado mediante la adición de una lente. El receptor, cuya directividad es parecida a la del transmisor, contiene circuitos de tratamiento de la señal recibida y una etapa de control que excita a un relé.

Este relé se cierra cuando se recibe un haz de infrarrojos suficientemente significativo. Simultáneamente, un LED verde (por tanto, sin influencia sobre el receptor) se enciende con fines de control. Se puede suprimir cuando la discreción es de rigor (sistemas de protección antirrobo).

Si el receptor se alimenta permanentemente, puede controlarse sólo cuando el transmisor está dirigido hacia él y está alimentado. Así, se obtiene una conexión sencilla por infrarrojos, pudiéndose controlar una instalación fija a partir de un punto relativamente móvil, tanto interior como exterior. Las aplicaciones corrientes son el control de aparatos audiovisuales, apertura de cortinas, e incluso de puertas de garaje, el transmisor puede quedar fijado en la parte delantera del coche, y ser alimentado por la batería de 12 V.

La figura 5.14 muestra el esquema del transmisor construido alrededor de dos multivibradores con puertas NAND CMOS. El primero, autoriza el funcionamiento del segundo durante $400 \mu\text{s}$ cada 100 ms , para economizar la alimentación. El segundo, fija a 50 kHz la frecuencia de los impulsos de valor de pico 1.5 A , aplicados a los diodos de transmisión a través de una etapa Darlington. El condensador de $470 \mu\text{F}$ es el que suministra los picos de corriente necesarios. La resistencia de 330Ω limita la corriente en caso de cortocircuito del último transistor, con el fin de evitar cualquier peligro para los LED. El botón de transmisión de las órdenes (en configuración telemando) únicamente corta la alimentación de los multivibradores, garantizando así siempre una carga máxima del condensador de $470 \mu\text{F}$.

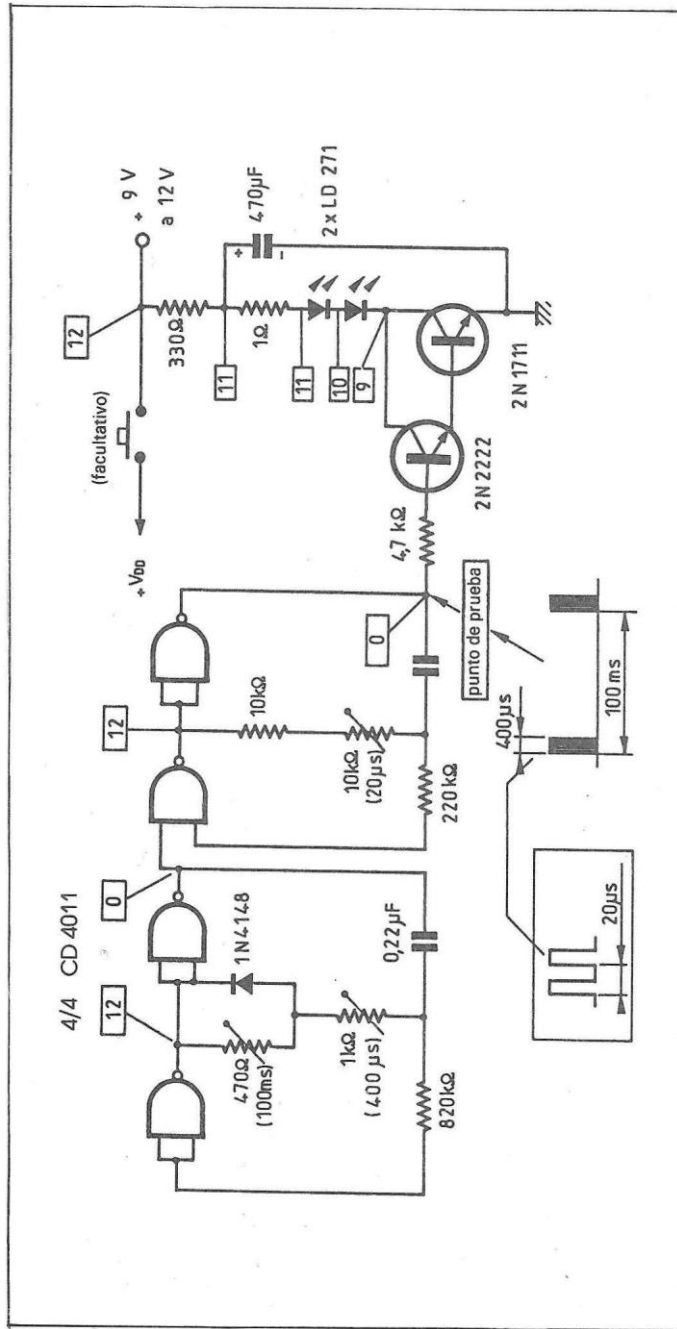


Fig. 5.14. Un transmisor de infrarrojos completo.

La figura 5.15 da el esquema del receptor: el fotodiodo PIN del receptor es del tipo BP104 con un filtro de infrarrojos incorporado. Para funcionamiento en la oscuridad (especialmente, detector de presencia) se puede obtener una ganancia en sensibilidad utilizando un BPW34, desprovisto de filtro. Este diodo se alimenta por una tensión filtrada y suministra, a través del condensador de 10 nF, una señal al amplificador operativo TCA335A. Se trata de un amplificador que, aunque realizado en tecnología completamente bipolar, presenta una alta impedancia de entrada gracias a las etapas Darlington. Esta impedancia se respeta, a pesar de la ganancia de 60 dB, gracias a un montaje no inversor.

En caso de funcionamiento en la oscuridad, se puede siempre aumentar la sensibilidad reemplazando $R = 100 \text{ k}\Omega$ por una de $1 \text{ M}\Omega$, o incluso más. El amplificador sólo está compensado por el condensador de 2.2 pF montado entre sus patas 5 y 6 (valor normal 22 pF), lo que permite obtener una ganancia más adecuada, incluso a la frecuencia de 50 kHz. La señal amplificada (aunque no forzosamente recortada) se superpone a una tensión continua de 6.2 V que representa la polarización de la entrada más (+). Esto permite introducir, fácilmente, un umbral para tener en cuenta las señales al nivel del comparador con histéresis que utiliza el amplificador operativo TAA765A. El potenciómetro ajustable de $100 \text{ k}\Omega$ permite elegir este umbral y, por tanto, la sensibilidad deseada, así como optimizar la inmunidad a la luces pulsadas parásitas (especialmente tubos fluorescentes).

La salida en "colector abierto" de este amplificador excita a una red RC de filtrado, y a la entrada de un monoestable CMOS. La red RC suministra los picos de duración $400 \mu\text{s}$ que corresponden a los trenes de ondas recibidos, aunque eliminados de la ondulación debida a la portadora de 50 kHz. Por tanto, estas crestas accionan el monoestable, cuya constante de tiempo es de aproximadamente 100 ms. Un valor insuficiente de la capacidad de temporización ($0.22 \mu\text{F}$) hará batir al relé al ritmo de los trenes de ondas, ya que este monoestable sirve para integrar los trenes de ondas. De esta forma, a pesar del gran espaciamiento en el tiempo de las informaciones transmitidas, se dispone a la salida del receptor de una orden continua, siempre que el transmisor esté activado.

Los dos montajes están previstos para ser alojados en carcasas herméticas SAREL con cobertura transparente. Por tanto, la instalación podrá hacerse de la forma más sencilla posible, siempre que los circuitos impresos estén preparados para recibir tornillos de paso 5.08 que evitan cualquier soldadura después de la instalación.

El circuito impreso de la figura 5.16 es el del transmisor. Estando los ángulos abatidos según el trazado indicado, quedan por taladrar dos agujeros de diámetro 4 mm para la fijación de la carcasa sobre dos travesaños aislantes. El cableado a partir de la figura 5.17 es particularmente sencillo. Se respetará la orientación de los planos de los dos LED.

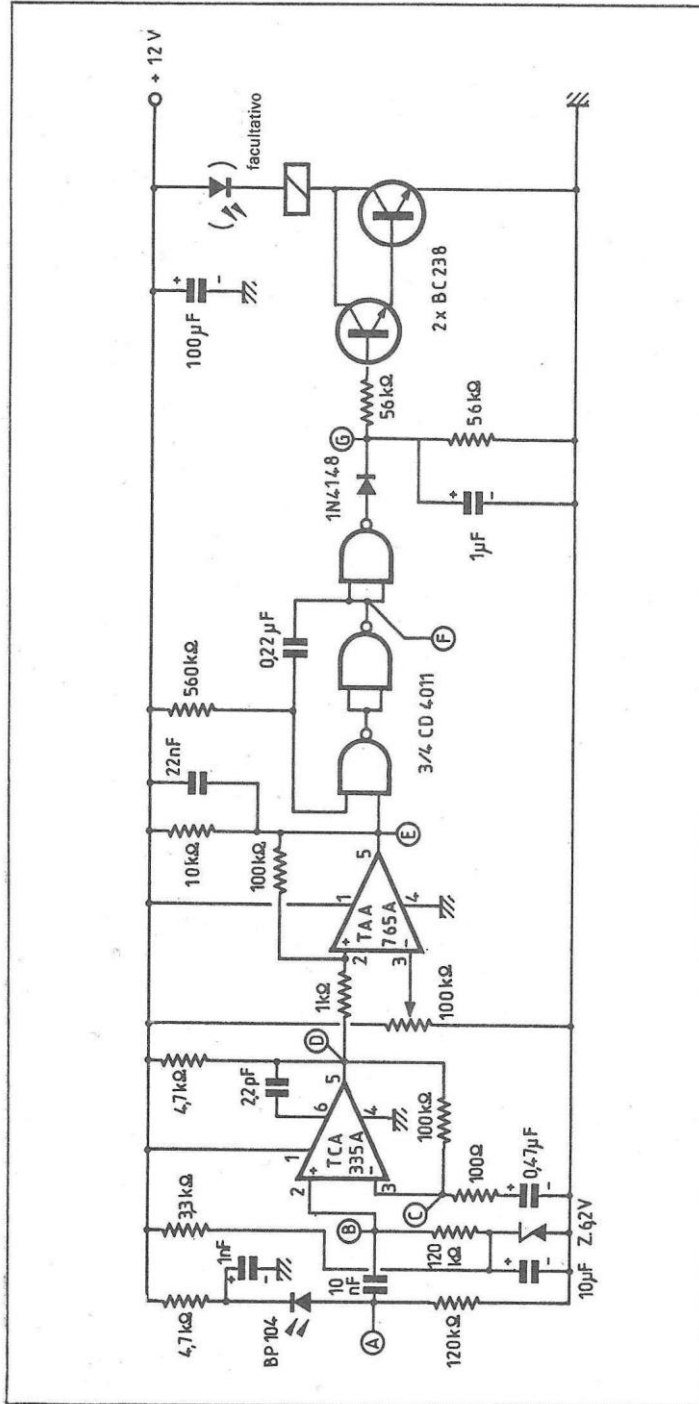
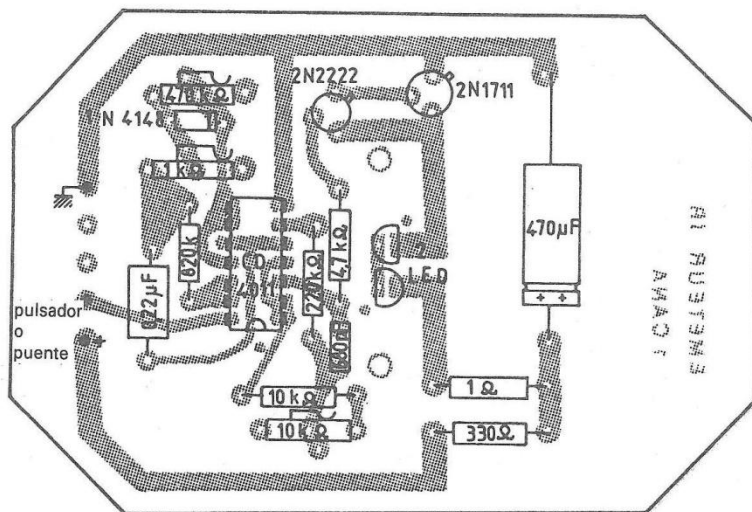
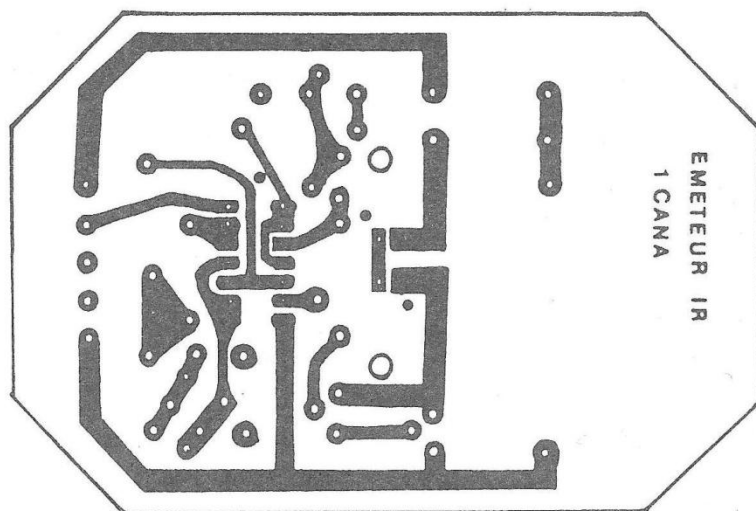


Fig. 5.15. Un receptor de infrarrojos completo.



Figs. 5.16 y 5.17. Realización práctica del transmisor de infrarrojos.

NOMENCLATURA DEL TRANSMISOR (Fig. 5.17)

Resistencias

(5% 1/4 W salvo que se diga lo contrario)

330 Ω

4.7 k Ω

10 k Ω

220 k Ω

820 k Ω

pot. ajustable 1 k Ω

pot. ajustable 10 k Ω

pot. ajustable 470 k Ω

Condensadores

680 pF

0.22 μ F

470 μ F 10 V

Semiconductores

CD4011B

1N4148

2N2222

Varios

pila 9 V

botón-pulsador de contacto

2N1711

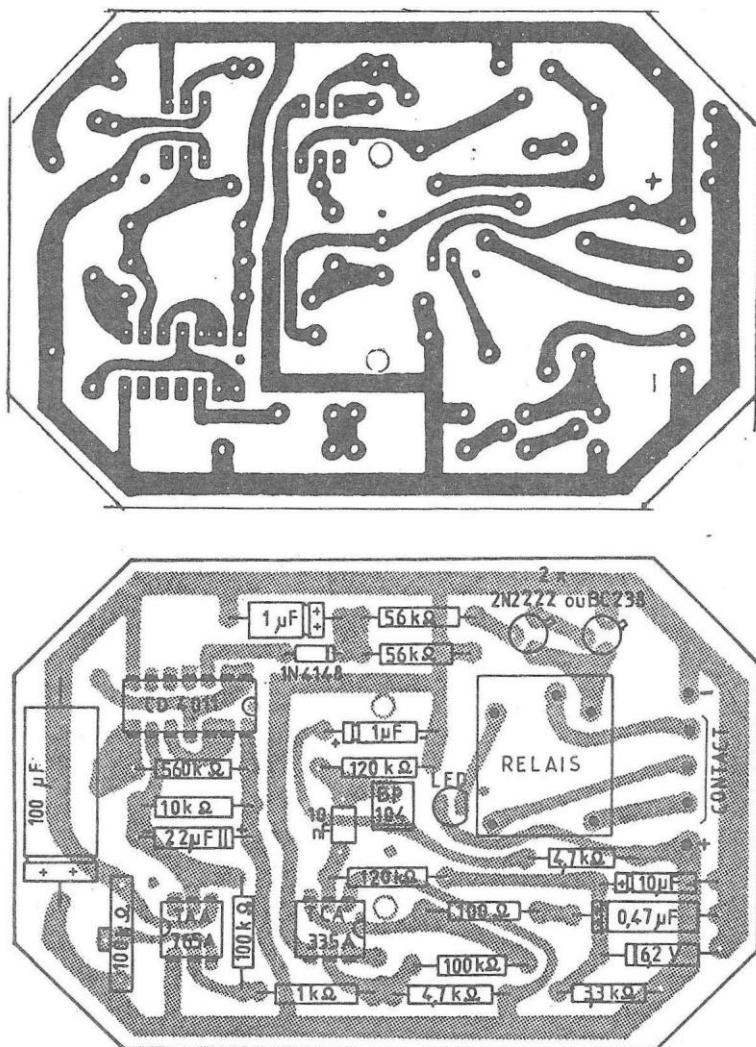
2 \times LD271 o similar

En el caso de un funcionamiento permanente, las dos salidas previstas para el interruptor con pulsador se puentearán juntas a los +12 V. El ajuste se hará por medio de un osciloscopio conectado al punto de prueba, ajustando sucesivamente las tres duraciones indicadas en la figura 5.14. Por defecto, se ajustará el potenciómetro de 470 k Ω de forma que se obtenga un consumo de 7 mA con 12 V; después los otros dos, una vez terminado el receptor, con el fin de evitar cualquier batido del relé. Hecho esto, se retocará el ajuste de los 7 mA (aproximadamente). El circuito impreso del receptor se representa en la figura 5.18. Después de su cableado a partir de la figura 5.19, se vigilará la correcta orientación de los tres circuitos integrados y del fotodiodo, el cátodo de éste está referenciado por un punto azul sobre la pata correspondiente. El montaje de este circuito en la carcasa se hará como para el transmisor.

El ajuste del receptor se limita al de la sensibilidad; se manipulará el potenciómetro ajustable de 100 k Ω hasta que se apague el LED (apertura del relé).

Correctamente realizados y ajustados, estos montajes son susceptibles de proporcionar apreciables servicios en numerosos campos. Tal como se han descrito, presentan una sensibilidad importante aunque no óptima con el fin de evitar cualquier parasitación por las iluminaciones fluorescentes. Si el funcionamiento correcto no exige más que penumbra, la ganancia puede

aumentarse de manera importante a nivel del amplificador y el fotodiodo. Así, se puede aumentar notablemente el alcance de los detectores de presencia por reflexión. Para las barreras fijas, es preferible prever elementos ópticos que, incluso rudimentarios, pueden introducir una mejora considerable. Nuestros lectores podrán sacar partido de la utilización de nuestras indicaciones relativas a los sistemas ópticos destinados a las transmisiones a larga distancia por infrarrojos.



Figs. 5.18 y 5.19. Realización práctica del receptor de infrarrojos.

NOMENCLATURA DEL RECEPTOR (Fig. 5.19)

Resistencias

(5% 1/4 W salvo que se diga lo contrario)
 100 Ω
 1 k Ω
 3.3 k Ω
 2 \times 4.7 k Ω
 10 k Ω
 2 \times 56 k Ω
 2 \times 100 k Ω
 2 \times 120 k Ω
 560 k Ω
 pot. ajustable 100 k Ω

Varios

relé 9 V 1 inversor
 alimentación 12 V

Condensadores

2.2 pF
 10 nF
 22 nF
 0.22 μ F
 0.47 μ F 16 V
 2 \times 1 μ F 16 V
 10 μ F 16 V
 100 μ F 16 V

Semiconductores

BP104 SIEMENS
 zéner 6.2 V 1/4 W
 TCA335A
 TAA765A
 CD4011
1N4148
 2 \times BC238 o similar
 diodo LED

LAS FIBRAS OPTICAS

Si los rayos infrarrojos circulan muy bien por el espacio libre, también circulan muy fácilmente por *fibra óptica*. Actualmente, estos "cabellos de vidrio" consiguen funcionamientos completamente extraordinarios, fundamentales para las necesidades de las telecomunicaciones.

Realmente, la fabricación de un cable telefónico transatlántico con fibra óptica es asunto de especialistas más que sagaces. No obstante, las fibras con muy poca atenuación que hay que desarrollar para este uso estarán muy pronto disponibles por metros en las tiendas de componentes. Bastará entonces con conectar a nuestros montajes diodos de emisión y de recepción ópticamente aptos para recibir un extremo de la fibra (¡ya existen!), y poder así realizar telemandos de gran alcance.

Por supuesto, habrá que instalar físicamente la fibra "sobre el terreno", pero este medio de comunicación es mucho más fino que cualquier cable eléctrico, y transparente, por tanto muy discreto. No transportan ninguna corriente eléctrica, este "cable óptico" podrá instalarse sin segunda intención en los locales más o menos peligrosos: locales húmedos, tuberías de gas, etc., por lo que hay muchas aplicaciones en perspectiva...