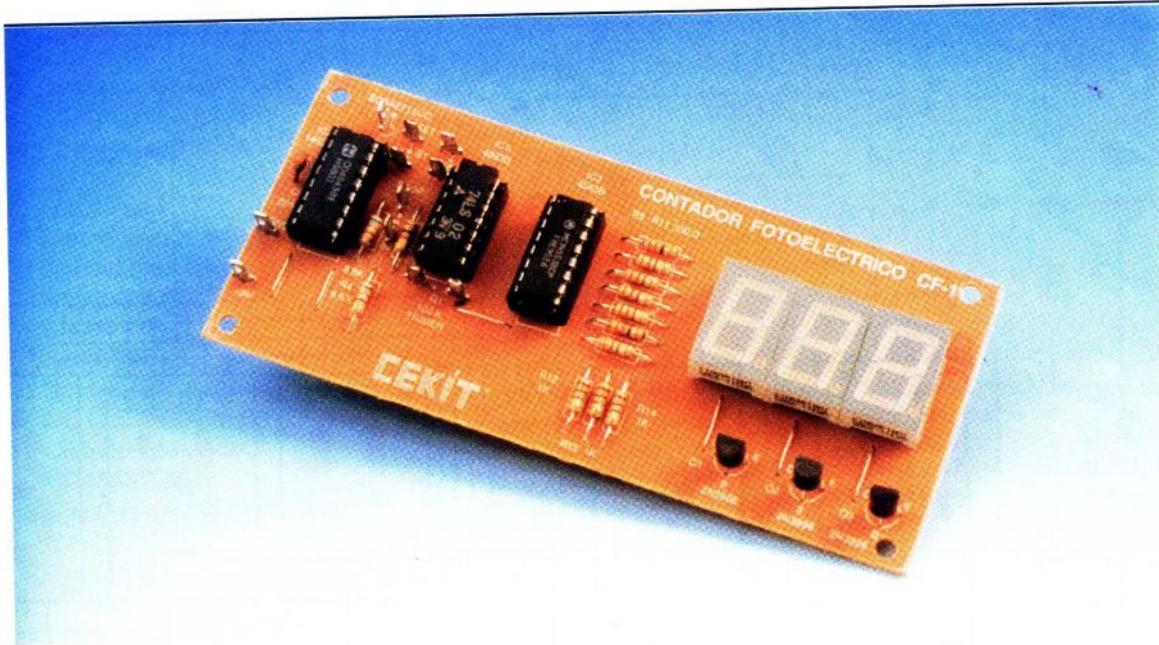


# Proyecto Nº 33



## Contador fotoeléctrico

*Al ensamblar este proyecto se obtiene un circuito que permite contar los objetos que pasan entre dos puntos determinados, en los cuales se ubican una fuente de luz y un detector óptico. El conteo se muestra en tres displays de siete segmentos lo que permite llegar a un valor máximo de 999.*

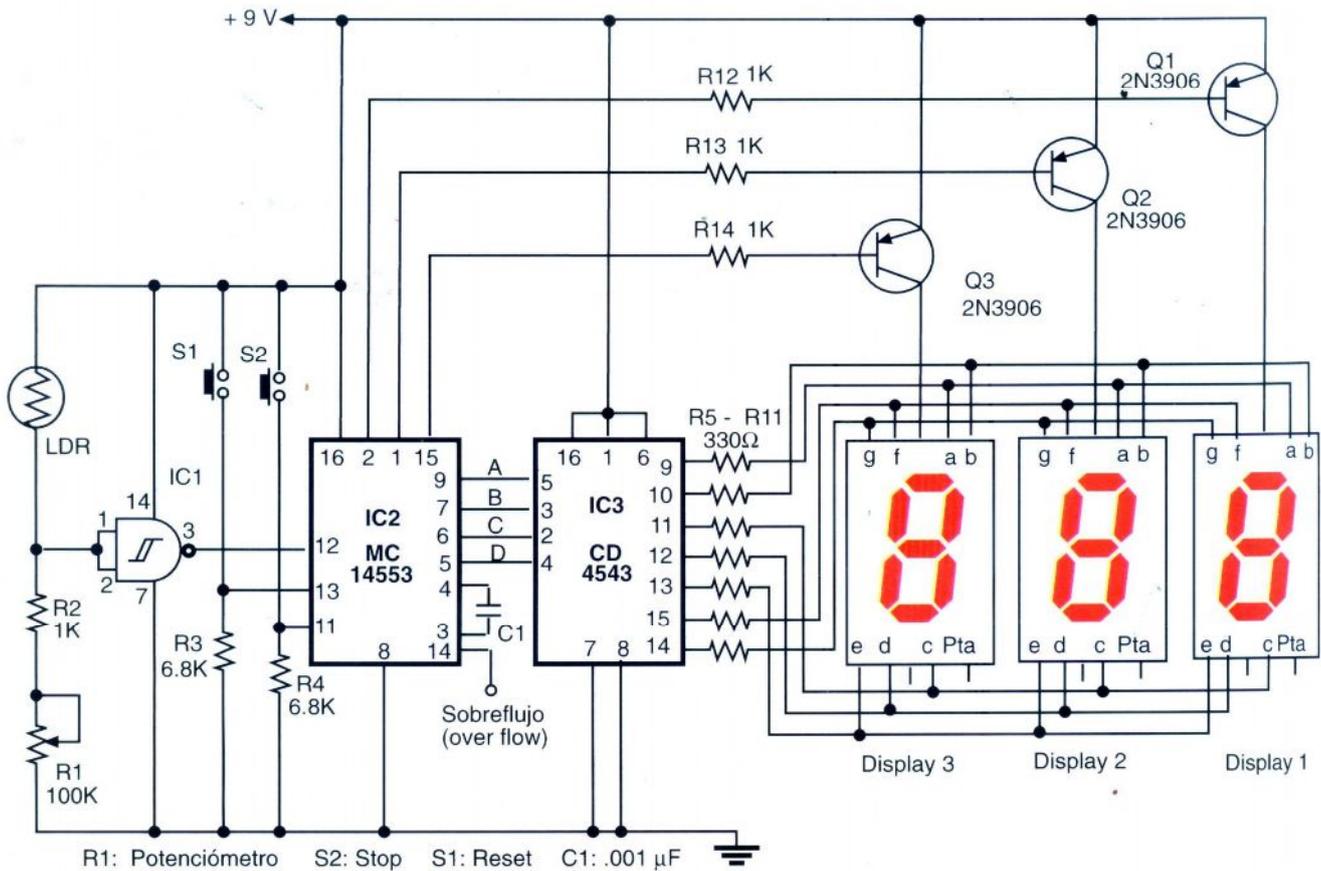
Los contadores son circuitos ampliamente utilizados en la industria ya que permiten establecer datos tan importantes como el número de objetos empacados en un contenedor, el número de objetos producidos en un tiempo determinado, etc. Además, su estudio es muy importante ya que ellos juegan un papel definitivo dentro de la electrónica digital.

El que vamos a construir en este proyecto, utiliza como sensor una fotocelda o LDR

(resistencia dependiente de la luz). La luz puede provenir de una fuente natural (sol) o artificial (lámparas incandescentes, fluorescentes, de neón, etc.). Al no existir contacto físico entre el sensor y el mundo externo, el sistema garantiza la ausencia de desgaste mecánico y permite contar objetos de cualquier índole, sin importar su forma o su peso. Cuando el conteo llega a su tope máximo (999), el circuito se reinicia nuevamente en 0 y envía una señal de so-

breflujo que puede ser utilizada externamente para ampliar la longitud de la cuenta a 4 ó más dígitos. El circuito también proporciona la facilidad de borrar el conteo (*reset*) o detenerlo (*stop*) en cualquier momento.

Los contadores fotoeléctricos se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, domésticas e industriales, y sustituyen a los contadores electromecánicos convencionales en numerosas situaciones. Se



**Figura 33.1 Diagrama esquemático del contador fotoeléctrico.** El contador posee tres circuitos integrados digitales, construidos en tecnología CMOS, los cuales tienen como función detectar y acondicionar la señal entregada por la fotocelda, contar las veces en que dicha señal cambia de estado y por último, pasar dicho conteo a los displays para que puedan ser vistos por el usuario.

pueden emplear para contar personas y objetos como hojas, botellas, latas, cajas, bolsas, etc. En la figura 33.1 se muestra el diagrama esquemático del circuito. A continuación, haremos una breve descripción del mismo.

El sistema consta, básicamente, de un sensor de luz (LDR), un conformador de pulsos, un contador de 3 dígitos con salida multiplexada, un

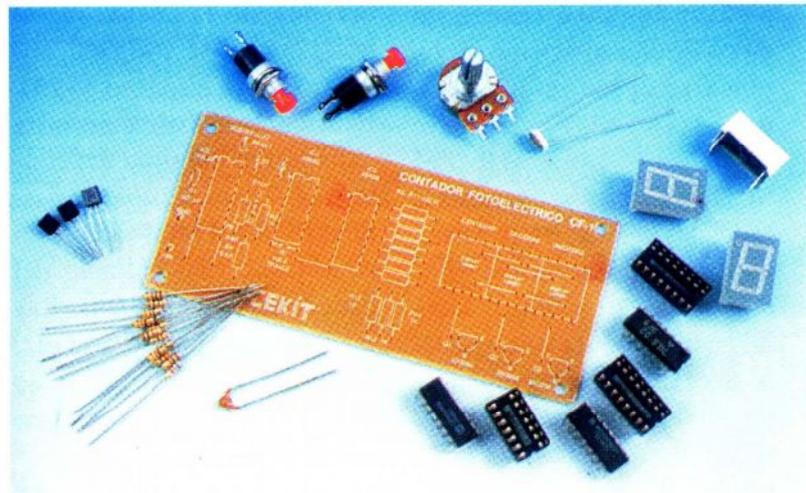
decodificador de BCD a siete segmentos y los displays que muestran los datos. En condiciones normales, la fuente de luz ilumina la fotocelda y su resistencia es muy baja. Como resultado, la entrada del inversor *Schmitt-trigger* (IC1) recibe una señal de nivel alto y su salida presenta un nivel bajo. Cuando se interpone un objeto entre el rayo de luz y la fotocelda, la resistencia de esta última aumenta, aplicando un ni-

vel bajo a la entrada del inversor *Schmitt-trigger*. Como respuesta, la salida del circuito realiza una transición de bajo a alto, es decir, produce un flanco de subida. Cuando el objeto deja de interrumpir el rayo de luz, la resistencia de la fotocelda disminuye y la salida del inversor se hace nuevamente baja. El resultado neto de este proceso es la emisión de un pulso positivo de voltaje. Este pulso se aplica al contador.

**Lista de materiales**

- 4 Resistencias de 1 K $\Omega$  a 1/4W (R2, R12, R13, R14)
- 2 Resistencias de 6.8 K $\Omega$  a 1/4W (R3, R4)
- 7 Resistencias de 330  $\Omega$  a 1/4W (R5 a R11)
- 1 Potenciómetro de 100 K $\Omega$  (R1)
- 1 Fococelda (LDR)
- 1 Condensador de 1nF (C1)
- 3 Transistores PNP 2N3906 (Q1 a Q3)
- 1 Circuito integrado CD4093B (IC1)
- 1 Circuito integrado MC14553 (IC2)
- 1 Circuito integrado CD4543B (IC3)
- 3 Displays sencillos de ánodo común
- 2 Pulsadores normalmente abiertos (S1, S2)
- 1 Base para integrado de 14 pines
- 2 Bases para integrado de 16 pines
- 1 Circuito impreso Ref. CF-1
- 11 Terminales para circuito impreso (espadines)
- 1 Cable dúplex AWG 22 (50 cm)
- 1 Alambre telefónico para puentes (30 cm)
- 1 Soldadura (1 m)

Las fotoceldas no responden inmediatamente a los cambios en la intensidad de la luz incidente y, por tanto, generan señales lentas. Esta es la razón por la cual se emplea una compuerta *Schmitt-trigger* como dispositivo conformador de pulsos. El potenciómetro R1 permite ajustar la sensibilidad de la fotocelda de acuerdo a la intensidad de la luz incidente. La resistencia R2 sirve de protección,



**Figura 33.2 Componentes que forman el kit.** Antes de iniciar el ensamble del circuito debemos estar seguros de tener todos los componentes necesarios. De esta forma, el trabajo se hace más rápido ya que no hay interrupciones; para esto debemos revisar con cuidado la lista de materiales adjunta.

evitando que circule una corriente excesiva cuando el potenciómetro está en su posición de mínima resistencia y la LDR está iluminada.

El contador de pulsos es el corazón de este proyecto. Está desarrollado alrededor de un circuito integrado MC14553 (IC2). Este *chip* consta de tres contadores BCD conectados en cascada (BCD significa *Binary Coded Decimal* o Decimal Codificado en Binario). El primer contador registra las unidades, el segundo las decenas y el tercero las centenas del número de pulsos. Por ejemplo, si han ingresado 319 pulsos, en las salidas del primer contador se tendrá el código BCD 1001 (9), en las salidas del segundo el código 0001 (1) y en las salidas del tercero el código 0011 (3).

Estos tres códigos se rotan secuencialmente en las salidas del contador MC14553, apareciendo cada uno durante una pequeña fracción de tiempo (1,6 ms). Esta forma de presentar información digital se conoce como *multiplexaje* por división de tiempo. Las salidas del contador alimentan un decodificador 4543B (IC3), el cual convierte cada código BCD en un código de siete segmentos que maneja los displays encargados de visualizar las unidades, decenas y centenas del conteo.

Los pulsos provenientes del conformador se aplican al pin 12 del MC14553. Para que la cuenta ocurra, las líneas MR (*reset* maestro, pin 13) y DIS (inhibidor, pin 11) deben estar ambas en nivel bajo. Para iniciar la cuenta

a partir de 000 ó cancelarla en cualquier momento, debe pulsarse el botón de borrado S1 (RESET). De este modo, la línea MR del MC14553 recibe un alto y todas las salidas BCD de sus contadores internos se hacen iguales a 0000. Para detener la cuenta y congelarla en el último valor registrado, sin borrarla, debe pulsarse el botón de paro S2 (STOP). Cuando esto se hace, la línea DIS del MC14553 recibe un alto y se inhibe la operación de los contadores BCD internos.

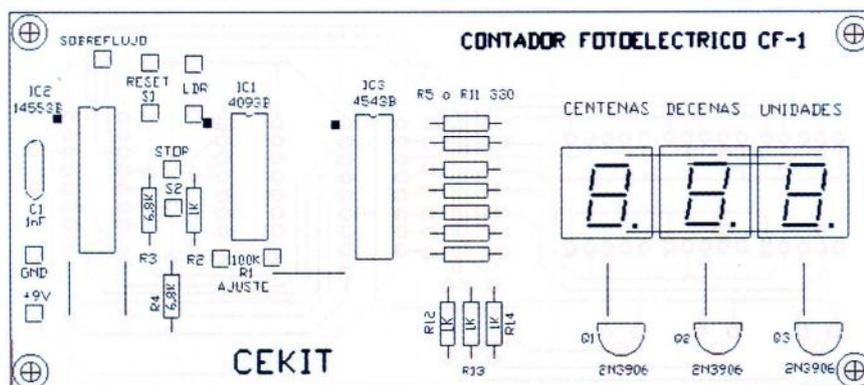
El condensador C1 determina la frecuencia de exploración, es decir, la rapidez con la cual el MC14553 muestra secuencialmente en sus salidas los códigos de las unidades, decenas y centenas de la cuenta actual. La línea de sobreflujo (OF, pin 14) es normalmente baja y se hace

alta cuando la cuenta registrada por el MC14553 alcanza su valor máximo (999). Esta característica permite expandir la longitud del conteo a 4 ó más dígitos. Las salidas BCD del MC14553 están conectadas a las entradas del decodificador CD4543. Las salidas de este último, a su vez, manejan los tres *displays* de presentación de los datos.

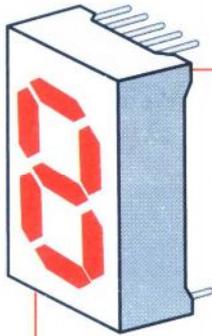
Observe que todos los segmentos (a, b, c, etc.) de los *displays* están unidos entre sí y sus ánodos están conectados al positivo de la fuente a través de los transistores Q1, Q2 y Q3. El estado de estos transistores lo controlan las líneas de selección DS1, DS2 y DS3 del contador. Cuando el código BCD disponible en las salidas del contador es el correspondiente a las unidades, la línea DS1 (pin 2) se hace baja, el transistor Q1 se energiza y el

display de la izquierda visualiza el dígito menos significativo de la cuenta.

Cuando el código disponible es el de las decenas, se hace baja la línea DS2 (pin 1), el transistor Q2 conduce y el dígito correspondiente se visualiza en el *display* del centro. Del mismo modo, cuando el código suministrado por el contador es el de las centenas, la línea DS3 (pin 15) se hace baja, el transistor Q3 conduce y el respectivo dígito se visualiza en el *display* de la derecha. Una vez terminado este ciclo, que dura aproximadamente 5 milisegundos, la secuencia se repite. Los tres *displays* se energizan uno tras otro, a una velocidad tal que da la impresión de que todos están permanentemente iluminados, aunque en realidad la información que ellos representan está multiplexada en el tiempo.



**Figura 33.3** Guía de ensamble y circuito impreso. El contador fotoeléctrico se ensambla sobre un circuito impreso referencia CF-1 de CEKIT, en el cual se incluyen todos los componentes y las conexiones para los pulsadores, la fuente de alimentación y el potenciómetro de ajuste de sensibilidad. Se debe tener mucho cuidado para ubicar los componentes en forma correcta ya que una equivocación puede causar un mal funcionamiento del circuito.

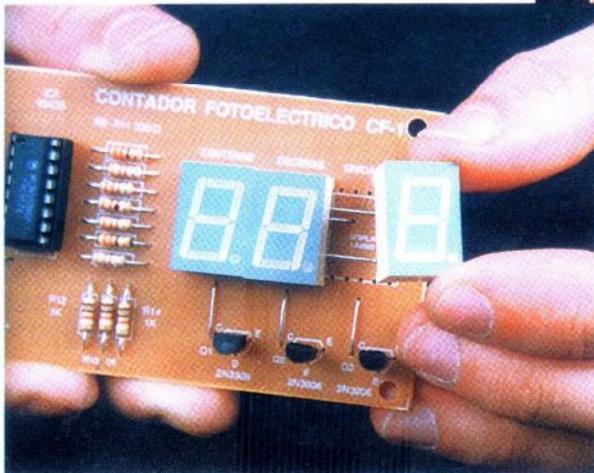
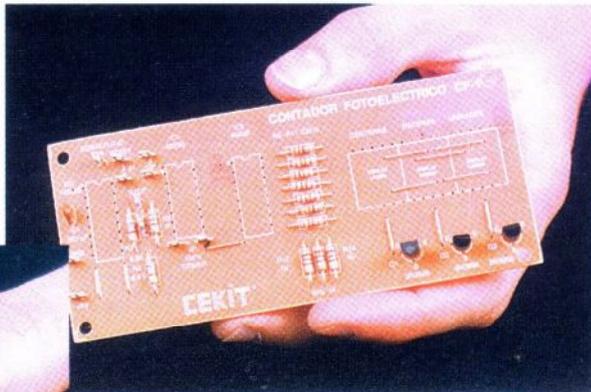


**El display de siete segmentos**

Este componente está formado por un conjunto de LEDs distribuidos de tal forma que, cuando se encienden algunos de ellos, se pueden formar los números del 0 al 9. Este dispositivo es muy utilizado en electrónica ya que permite mostrar números o datos provenientes de algún proceso. Se consiguen en dos versiones, de ánodo común y de cátodo común. El primero, tiene unidos los ánodos de todos los LEDs lo que implica que para encender uno de ellos se deba poner una señal de nivel bajo en el cátodo correspondiente y un nivel alto en el pin común. Para el segundo, la conexión es inversa.

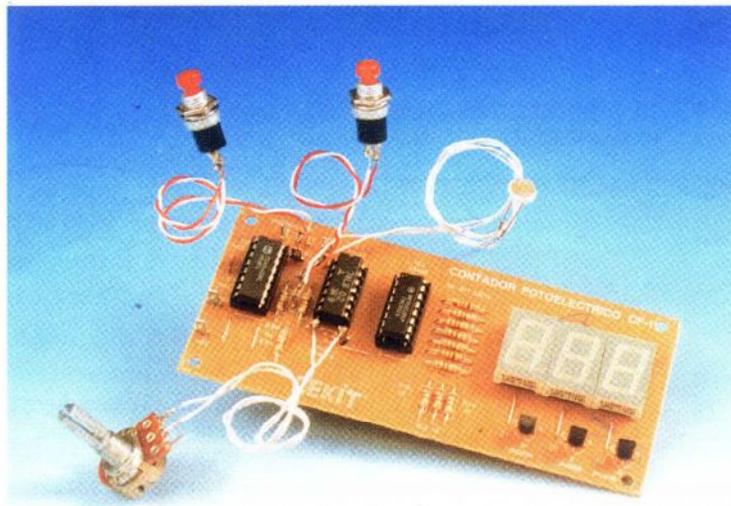
**Figura 33.4 El proyecto es muy fácil de armar.**

Comience por soldar todos los puentes, principalmente los que quedan por debajo de los displays. Continúe con todas las resistencias, el condensador C1 y los transistores. Por último, suelde las bases para los circuitos integrados. Oriéntelos por la muesca que éstos traen en la esquina correspondiente al pin 1.

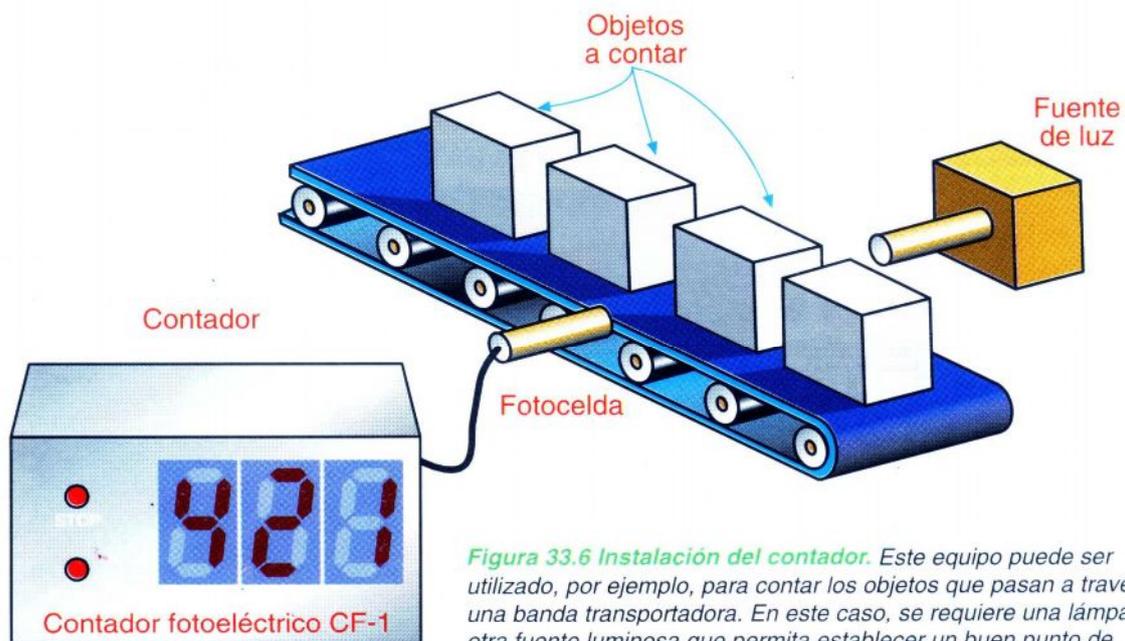
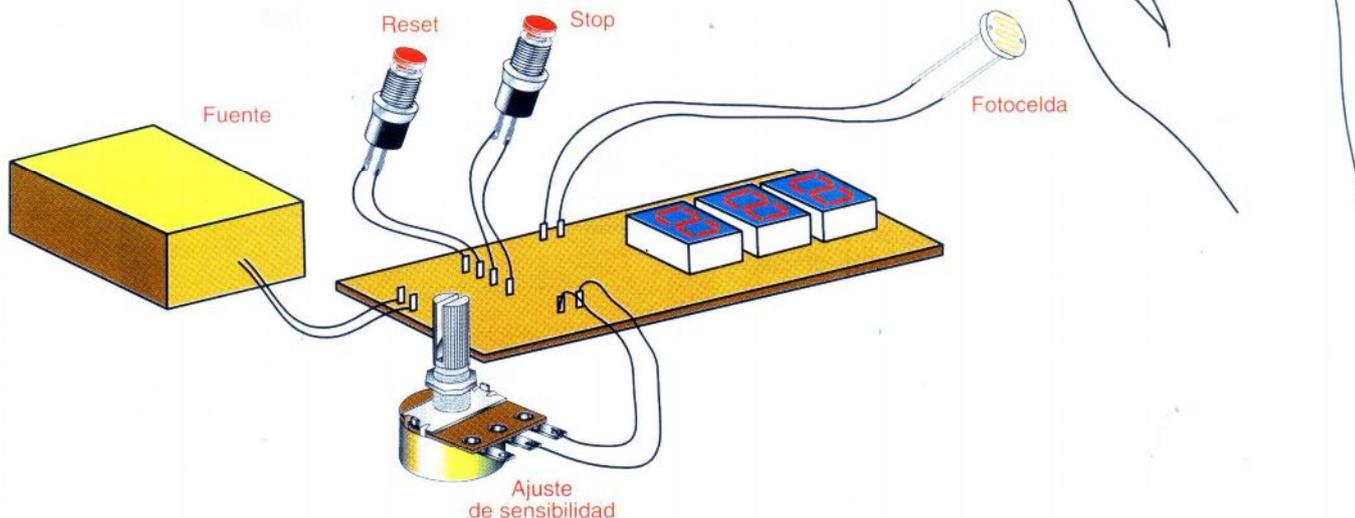


Siga con la instalación de los displays, cuidando que el punto decimal quede localizado en la parte inferior derecha. Después, instale los circuitos integrados en sus bases, fijándose muy bien que el pin N° 1 quede correctamente orientado. Cuando esté listo el circuito, asegúrese de que todos los componentes están bien colocados, comparando su posición con la que les corresponde de acuerdo a la figura.

Para que el contador opere correctamente, la fotocelda debe recibir el rayo de luz de la mejor manera posible, evitando que luz natural o la luz reflejada de lámparas y otras fuentes artificiales, altere el proceso de conteo. Una forma sencilla de lograr esto último es montando la fotocelda en un pequeño tubo de material plástico de color negro. Recuerde que la fotocelda se puede adaptar a diferentes niveles de luz mediante el control de sensibilidad (R1).



**Figura 33.5 Prueba del circuito.** Cuando esté seguro de que todo el montaje ha sido realizado correctamente, conecte la fuente de alimentación de 9V. Presione el botón de reset, el display del contador debe marcar el número 000. Luego, dirija el sensor hacia un rayo luminoso proveniente, por ejemplo, de una linterna. Interrumpa con la mano el rayo de luz, en ese momento el contador debe incrementarse.



**Figura 33.6 Instalación del contador.** Este equipo puede ser utilizado, por ejemplo, para contar los objetos que pasan a través de una banda transportadora. En este caso, se requiere una lámpara u otra fuente luminosa que permita establecer un buen punto de referencia para la fotocelda. Obviamente, antes de empezar el trabajo, se debe realizar el proceso de ajuste de sensibilidad.