Capítulo 7
Los dimmers

Los circuitos integrados denominados «dimmers» no se limitan a las posibilidades que deja suponer la traducción literal de la palabra, es decir, graduador. Control por tecla sensible al tacto, iluminación progresiva, elección del modo de funcionamiento, posibilidad de controlar cargas inductivas, control a partir de varios lugares, etc., son algunas de las funciones ofrecidas por los «dimmers», además de las de graduadores. Gracias a la integración, los fabricantes proponen productos particularmente elaborados. Estos circuitos integrados bien merecen un estudio de su principio antes de abordar las realizaciones.

PRINCIPIO DE LOS DIMMERS

La figura 7.1 muestra un diagrama sinóptico general de los dimmers, que servirá para comprender el funcionamiento de estos circuitos integrados. Las funciones particulares de cada uno de los circuitos integrados se presentarán con las realizaciones.

El principio del «dimmer» –en español variador electrónico digital– es de hecho bastante sencillo. Responde a la comparación de dos números binarios para determinar el ángulo de cebado. Uno de los dos números representa el ángulo de cebado que el usuario ha ajustado por medio de la tecla sensible al tacto. Un circuito lógico de tratamiento de entrada permite distinguir la función interruptor de la función graduador propiamente dicha. Esto se consigue por la duración del contacto sobre la tecla: en general, un contacto corto permite la función marcha/paro, un contacto largo permite ajustar la iluminación.

Si el contacto es demasiado corto, no es tomado en cuenta, lo que permite mejorar la inmunidad del circuito a

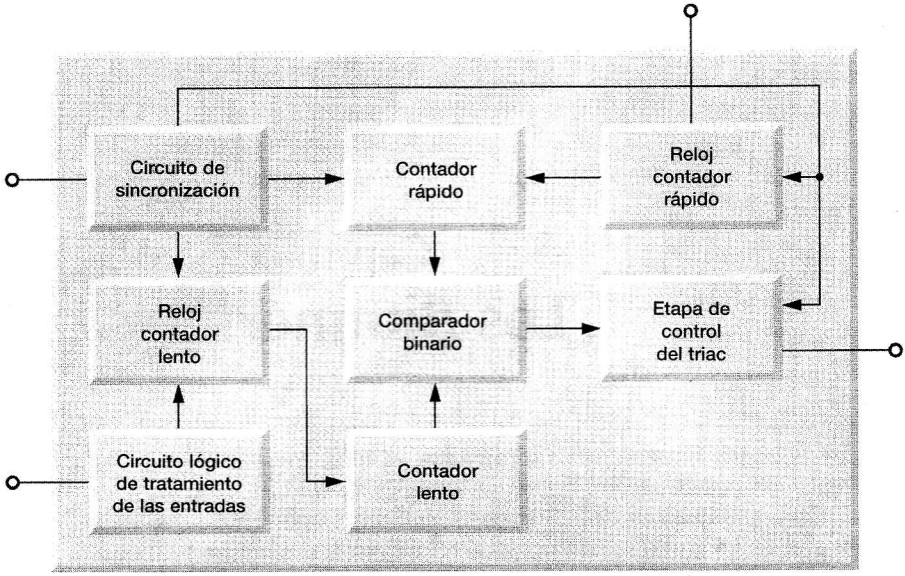


Figura 7.1. Diagrama sinóptico general de los dimmers.

los parásitos. El contacto corto genera un número binario predeterminado ya sea por el circuito, o bien por el modo de funcionamiento que se habrá programado cuando exista esta posibilidad. Este número es memorizado en un contador denominado «lento», porque es incrementado por una frecuencia creada a partir de la de red. Esta frecuencia incrementa el contador lento cuando los contactos sobre la tecla sensible son prolongados. El número binario así creado se va a comparar permanentemente con el segundo número binario que es creado por otro contador. Éste es incrementado por un oscilador de frecuencia elevada o un bucle de enganche de fase (PLL, en inglés: Phase Locking Loop) según el circuito integrado. En los dos casos, un circuito RC permitirá determinar la frecuencia del contador, o bien actuar sobre el filtro de paso bajo del PLL. El incremento se prolonga durante una alternancia completa y el contador es puesto a cero a cada paso por cero en el circuito de sincronización. Cuando el contenido del contador rápido iguala al del contador lento, se genera un impulso en la puerta del triac.

El ajuste del ángulo de cebado no es, por tanto, continuo sino paso a paso. El valor de un paso depende del número de bits del contador rápido y, así pues, de su frecuencia de incremento. Se puede decir que el valor del paso se puede calcular de la manera siguiente cuando se conoce la frecuencia del oscilador: $\alpha = 180°/0{,}01 \times f$. La variación de un paso a

otro no es perceptible, por lo que se tendrá la impresión de una evolución continua de la iluminación.

Vuélvase al funcionamiento de la tecla sensible al tacto. La idea parte de una constatación: para las instalaciones domésticas, la compañía eléctrica crea el neutro conectando un borne de sus transformadores de baja tensión (BT) a tierra. Cualquier persona está, así, conectada permanentemente al neutro de su instalación (puesto que está en contacto con el suelo, salvo quizá para aquellas personas que no tienen los pies sobre tierra). Así pues, basta que las personas en cuestión (las que tienen los pies en tierra) vuelvan a cerrar el circuito eléctrico entre fase y neutro para que el circuito detecte el paso de una corriente. Evidentemente, para eliminar el riesgo de que los usuarios perciban la corriente, la fase está en serie con una impedancia de varios megaohmios. El usuario está, pues, totalmente protegido. Véase un ejemplo en cifras, para convencerse definitivamente: el umbral de la percepción humana (no el umbral de dolor: matiz importante) se estima en 500 μA; la corriente de detección máxima para el SLB0586A es de 37 μA. Por tanto, los niños pueden continuar jugando con la luz con toda seguridad.

Además, este modo de control obliga al triac a recortar la fase (cuando no está controlado), lo que conecta la lámpara al neutro y sólo el condensador antiparasitario está en serie con la fase, lo que elimina el potencial en los bornes de la lámpara. Incluso si la seguridad no puede considerarse satisfecha cuando el triac no está controlado (no se tiene un circuito abierto), los riesgos de electrocución son reducidos en comparación con un corte que se efectúe en el neutro. La fase está conectada con la lámpara en este último caso, lo que es, por otra parte, contrario a las normas de seguridad de las instalaciones domésticas.

A este propósito, verifíquese la propia instalación: puede que fase y neutro estén invertidos (es a menudo el caso cuando la ha realizado personal no especializado o poco cuidadoso). Los fusibles deben cortar la fase y los electrodomésticos deben tener uno de sus polos conectado al neutro. Para hacer esto, basta un destornillador de electricista: cuando la lámpara de neón se ilumine, se está en la fase.

Un comentario sobre el circuito de sincronización: permite, como se ha visto, sincronizar el circuito con la red para el ángulo de cebado pero no únicamente. La frecuencia de cuenta del contador lento está elaborada a partir de esta entrada, y ciertos circuitos la utilizan como un umbral de tensión para limitar la duración del impulso de puerta. La alimentación del circuito está conectada a la red generalmente

a través de una red RC, lo que permite economizar la potencia activa consumida en comparación con una alimentación a través de resistencias. Esta alimentación será negativa ya que, para que la tecla sensible al tacto funcione, es necesario que el borne de alimentación positiva del circuito esté conectado a la fase. Sin esta conexión con la fase, no podría circular suficiente corriente en un circuito de alta impedancia. Por tanto, el usuario no estaría protegido.

El inconveniente de esta alimentación radica en que los condensadores sólo se cargan durante el tiempo de bloqueo del triac. El ángulo de conducción del triac está, pues, limitado a los alrededores de 150° para que la carga de los condensadores sea suficiente para alimentar el circuito. Este inconveniente es compensado por el hecho de que solamente se precisan dos hilos para alimentar los montajes. Por otra parte, el valor eficaz de la tensión de la lámpara para un ángulo de conducción de 150° es de $0{,}98 \times 220\ V = 215\ V$, que no afecta prácticamente la luminosidad de las lámparas, pero permite alcanzar la duración indicada por el fabricante. Otra ventaja para la duración de las lámparas es que ciertos dimmers aumentan progresivamente el ángulo de conducción del mínimo al máximo, al aplicar la tensión. Este aumento de la tensión eficaz en 0,5 s evita los choques térmicos del encendido, bien conocidos por estar en el origen de la renovación del alumbrado doméstico. En cuanto a los que someten las lámparas a la tensión máxima brutalmente, la punta de corriente es disminuida al 50%. Esta es la ventaja de la aplicación de tensión sincronizada con el paso por cero de la tensión. El ángulo de conducción ajustado por estos circuitos varía entre 40° para el mínimo, y 150° para el máximo. Estos valores son sólo indicativos y cambian según el dimmer utilizado. A señalar que el ángulo de conducción no es nulo. El margen de ajuste sin iluminación de los graduadores con desfase es, así, eliminado, lo que constituye una nueva ventaja de los dimmers.

El circuito de control de puerta proporcionará generalmente impulsos negativos al triac. Esto es debido al hecho de que los circuitos son alimentados negativamente con relación a la fase. De todos modos, algunos pueden proporcionar impulsos negativos durante las alternancias negativas, y positivos durante las alternancias positivas. En estas circunstancias, el control del triac es óptimo, puesto que está controlado en los dos cuadrantes preferentes, es decir, en los cuadrantes 1 y 3. Como se ha podido ver precedentemente, es en estos cuadrantes donde es mínima la corriente de puerta necesaria para el cebado, así como la corriente de en-

ganche I_L para mantener el triac cebado. El otro sistema (control en los cuadrantes 2 y 3), que es también el más difundido, permite conservar la ventaja de una pequeña corriente de puerta para el cebado del triac.

Se observará que las ventajas de los dimmers son numerosas:

- eliminación de cualquier mecánica de control, tanto interruptor como potenciómetro,
- utilización como interruptor o como graduador,
- no precisan margen de ajuste sin iluminación,
- mejora de la utilización de las lámparas incandescentes.

Ahora ya se sabe lo que son los dimmers. Realícese sin demora el circuito de potencia que sirve para las tres aplicaciones de este capítulo.

CIRCUITO DE POTENCIA

Se podrá utilizar este circuito con cualquiera de las realizaciones siguientes, independientemente que la carga sea resistiva o inductiva. Está previsto para controlar una carga cuya potencia esté comprendida entre 25 y 500 W, siendo la potencia máxima de 400 W a 25°C de temperatura ambiente para una cubierta cerrada (descuéntense 40 W por cada 5°C de temperatura ambiente suplementarios).

El esquema que se presenta en la figura 7.2 comprende una red LC, un fusible y, por supuesto, un triac. Obsérvese que contrariamente a los circuitos con «snubbers», el condensador no está conectado directamente a los bornes del

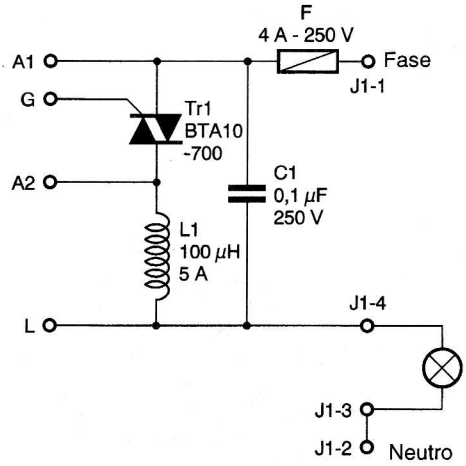


Figura 7.2. Circuito de potencia para dimmers.

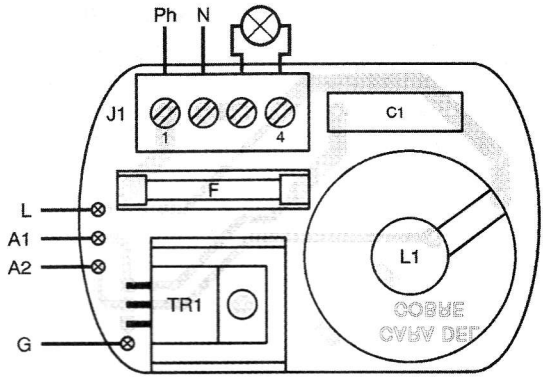


Figura 7.3. Realización de la placa de potencia.

triac. Este montaje acumula la ventaja de una corriente de cebado suficiente para alcanzar I_L con la de una di/dt limitada por la inductancia en serie con el triac. La corriente de carga del condensador resulta limitada por la impedancia de la carga, en este caso la resistencia de las lámparas incandescentes. El montaje del radiador se hará antes de soldar el triac; la figura 7.3 muestra la realización del circuito que no supone ninguna dificultad. La inductancia será fijada con una abrazadera Rilsan.

La figura 7.4 proporciona el dibujo del circuito impreso. El lector estará sin duda sorprendido por la forma particular de este circuito. Lo cierto es que todos los circuitos para «dimmers» están previstos para encajar en una caja empotrable. Así pues, tendrán todos la misma forma. No obstante, nada impide al lector adaptarlo a sus necesidades. El fusible será del tipo rápido o muy rápido, 5×20 250V, de Ferraz o Cehess, por ejemplo. La elección del fusible merece que un ejemplo práctico apoye las nociones vistas precedentemente. Las premisas para escoger correctamente el calibre de un fusible son las siguientes:

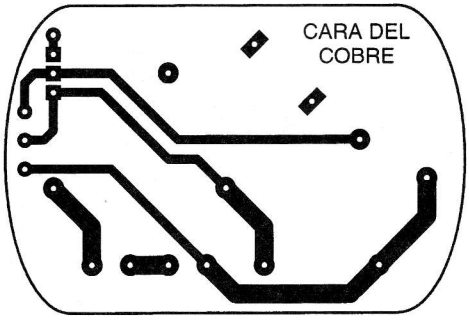


Figura 7.4. Circuito impreso de la placa de potencia.

- dejar pasar la punta de corriente,
- proteger el triac,
- trabajar en un lugar cerrado.

Para satisfacer las dos primeras condiciones, bastará que el esfuerzo térmico del fusible sea superior al impuesto por la punta de corriente e inferior al soportado por el triac. Por último, deberá tenerse en cuenta el coeficiente de reducción del calibre en función de la temperatura. En este ejemplo, el fusible será del tipo FA1 de Cehess-Schurter, cuya característica tiempo-corriente se reproduce en la figura 2.17.

La punta de corriente se eleva a 11 A durante un tiempo de 10 ms y la corriente nominal del montaje a 2,3 A. La primera idea que puede tenerse es elegir un calibre lo más próximo posible a la corriente nominal, o sea 2,5 A. Ahora bien, las características del fabricante especifican que el calibre del fusible está reducido a $0{,}9I_n$ a 70°C, es decir, $0{,}9\times2{,}5$ A=2,25 A. Este calibre parece adaptado si se tiene en cuenta el hecho de que el tiempo de fusión mínimo es de 1 h para $1{,}5I_n$, o sea, 3,37 A. Incluso teniendo en cuenta que la corriente nominal de 2,3 A, en el caso de una sobrecarga de 15%, da $1{,}15I_n$=2,65 A, queda por verificar si pasa la punta de corriente. Con lámparas incandescentes y sin dimmer, se puede alcanzar $10I_n$ (o sea, aquí 23 A). Usando un dimmer sin puesta en marcha progresiva (que corresponde al modo B del SLB586 o SLB587), la punta de corriente alcanza 11 A, lo que corresponde a 11 A/2,3 A=$4{,}8I_n$. Solamente una punta de 11 A durante 10 ms no pasa: en 10 ms, el fusible puede responder para $3I_n$, es decir, $3\times2{,}5=7{,}5$ A. El calibre 4 A se adaptará a la punta al aplicarle la tensión: $3\times4=12$ A. El triac se escoge en función del esfuerzo máximo de prearco, limitado por el fusible de 4 A, o sea: $(15\times4)2/0{,}01=36$ $A^2\cdot s$. El triac será un BTA10B o C, elegido ya que soporta 50 $A^2\cdot s$; el BTA08 solamente soporta 32 $A^2\cdot s$. La lista de los componentes recapitula todas las referencias necesarias para la realización del circuito de potencia.

Lista de componentes

C1: 0,1 µF, 250 $V_{c.a.}$ clase X2

L1: 100 µH 5 A

TR1: BTA10-700 sufijo B o C

F: fusible rápido 4 A 250 V tipo FA1 Cehess-Schurter

1 regleta de terminales de 4 bornes

1 abrazadera Rilsan

CONMUTADOR CON TECLAS SENSIBLES AL TACTO CON EL SLB586

Este conmutador satisfará al lector que desee ajustar la iluminación de una pieza de la casa desde varios puntos, como por ejemplo en un salón. La figura 7.5 muestra el esquema del conmutador con teclas sensibles al tacto. Se precisará, en seguida, que este montaje permite, como todos los dimmers, trabajar como graduador. También permite contro-

lar lámparas halógenas a 220 V, con la condición de que el montaje trabaje en el modo A o C. Se indicará que es deseable, en este caso, que la graduación de tensión no sea inferior a 85% de la tensión nominal. El ciclo de regeneración del tungsteno de las lámparas halógenas desaparecería para una temperatura demasiado pequeña, con lo cual se acortaría la duración de la lámpara.

Se habrá notado que el esquema se compone de dos partes, cada una de las cuales es un circuito impreso. La parte A constituye el graduador propiamente dicho y la parte B es una extensión electrónica que permite colocar una tecla sensible al tacto a distancia del graduador. Sin esta extensión, sería imposible realizar un conmutador, ya que la longitud del cable entre la tecla sensible y el SLB586 no puede ser más que de algunos centímetros. La extensión lleva esta distancia a varios metros. Si se desea, incluso se podrá no utilizar la tecla sensible (entrada S del dimmer) y colocar dos extensiones en paralelo en las entradas A1 y A del graduador. La última solución, si no le gustan al lector las teclas sensibles al tacto, es conectar dos pulsadores en paralelo en lugar de las extensiones. Se dispondrá de las mismas funciones que con las teclas sensibles, controlando la duración del contacto el comportamiento del dimmer en todos los casos.

Durante la realización, se deberá elegir entre tres modos colocando o no un «strap» en la patilla 2 del SLB586. El modo A se elige conectando esta patilla a 0 V, el modo C conectándola a +5 V, y el modo B no conectándola. La rea-

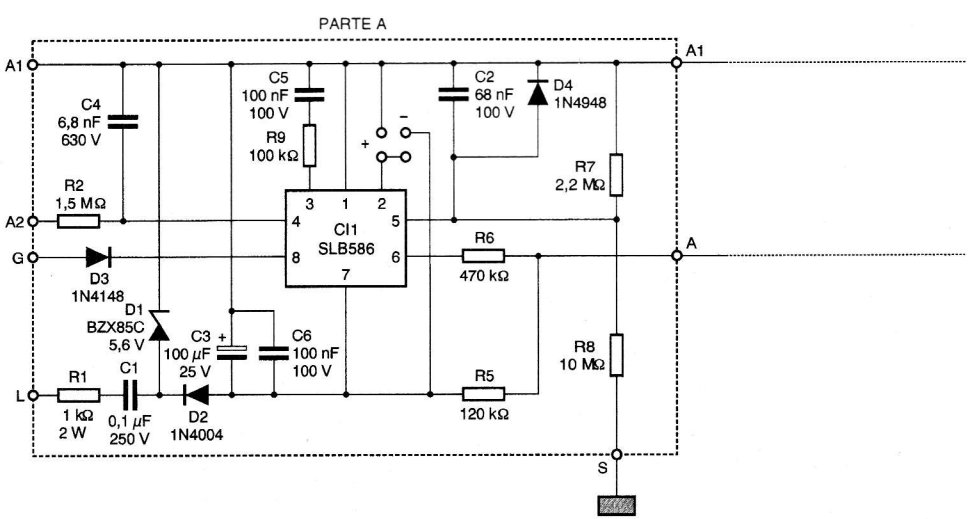


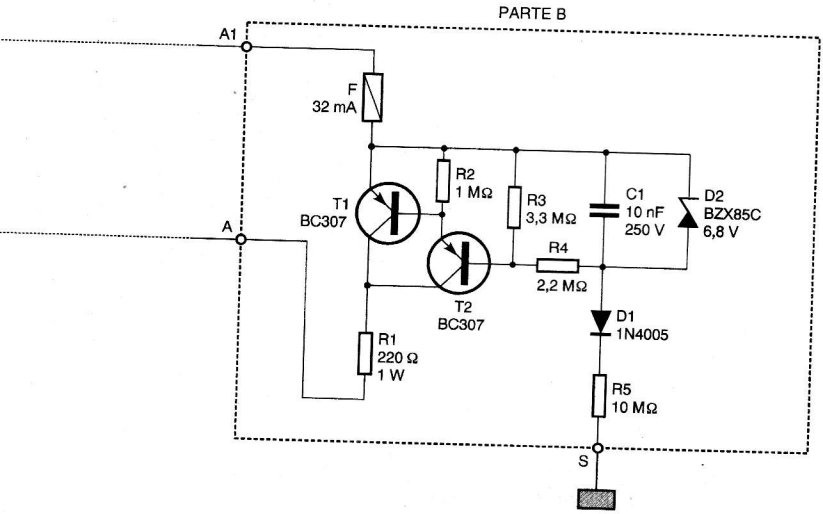
Figura 7.5. Esquema del conmutador con el SLB586.

lización de la figura 7.6 indica dónde se encuentran los «straps»: strap – para el modo A, strap + para el modo C. La figura 7.8 describe la acción de cada uno de los modos, que se explica en el párrafo siguiente. Los modos A y C aplican la tensión máxima a las lámparas o la suprimen en caso de un contacto corto (entre 40 y 400 ms) en las teclas sensibles al tacto. Solamente los modos A y C hacen variar el ángulo de conducción progresivamente del mínimo al máximo en 380 ms.

La punta de corriente en el encendido es así reducida al mínimo. Los «flashes» en el encendido precoz serán eliminados con este procedimiento. El flash del fin de la vida de las lámparas incandescentes no será evitado, ya que es debido a la tecnología de este tipo de lámparas. Los flashes que, recuérdese, son provocados por la fusión del filamento en los estrechamientos microscópicos (apenas algunos micrómetros de estrechamiento) de fabricación, agravados por la combustión del tungsteno en la bombilla. Una aplicación progresiva de la tensión permite retardar este fenómeno disminuyendo el esfuerzo térmico en el encendido. El modo B aplica a la lámpara directamente la tensión que la alimentaba en el momento de la extinción. Hay una memorización del ángulo de conducción en la extinción.

Las otras diferencias son las siguientes:

- Modo A: cuando hay graduación (contacto sobre la tecla >400 ms), el ángulo de conducción parte de un mínimo de unos 40° (ver más adelante). Cuando se alcanza el



máximo, el ángulo disminuye hacia este mínimo. Cuando hay contactos repetidos, la graduación se reanuda a partir del último ángulo y en la dirección precedente.

- Modo B: la graduación parte del valor precedentemente memorizado en la dirección opuesta al último sentido de

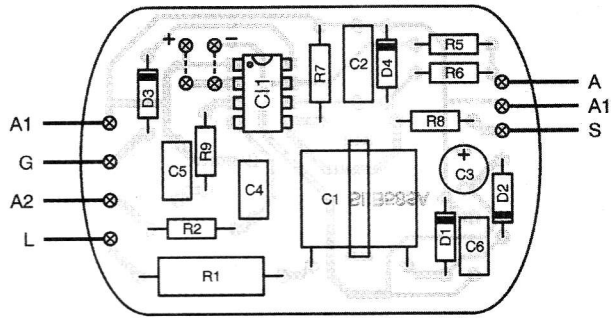


Figura 7.6. Realización de la placa de control del conmutador con teclas sensibles al tacto.

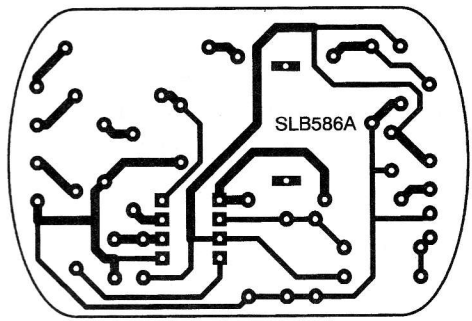
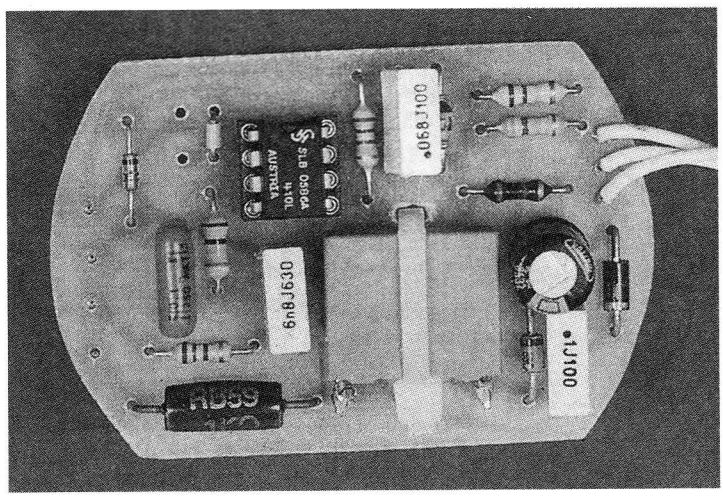


Figura 7.7. Plano del circuito impreso de la placa de control del conmutador con teclas sensibles al tacto.



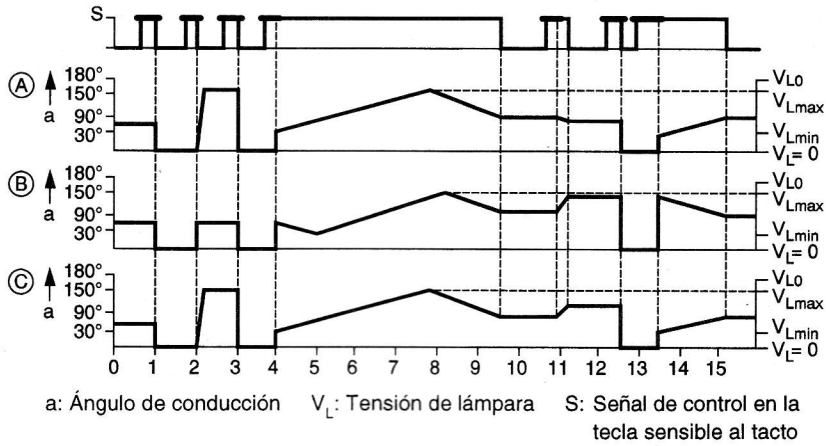


Figura 7.8. Modos de funcionamiento del SLB586.

graduación. Una vez alcanzado el máximo, disminuye de nuevo el ángulo. A cada nueva graduación sin extinción, la dirección de ésta cambia.

- Modo C: éste funciona como el modo A, con la diferencia de que el sentido de graduación cambia con cada nuevo contacto.

Se precisará de nuevo que hay una graduación únicamente cuando la duración del contacto con la tecla supera los 400 ms, lo cual es válido para todos los modos.

La figura 7.9 da el patillaje del SLB586 y la tabla 7.1 la designación de las patillas. En el diagrama sinóptico del SLB586 de Siemens (figura 7.10), se identifican los contadores lentos y rápidos así como el comparador de la etapa de salida. Como se ha visto, estas funciones están presentes en todos los dimmers. El reloj interno es aquí un bucle de enganche de fase (PLL), que sirve también para crear el reloj

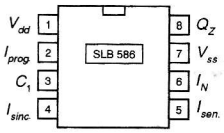


Figura 7.9. Patillaje del SLB586.

Tabla 7.1. Designación de las patillas del SLB586.

PATILLA	INDICACIÓN	FUNCIÓN
1	V_{dd}	Masa
2	$I_{prog.}$	Entrada de programación
3	C_1	Integrador
4	$I_{sinc.}$	Entrada de sincronización
5	$I_{sen.}$	Entrada del sensor
6	I_N	Entrada de la extensión
7	V_{ss}	Alimentación negativa
8	Q_Z	Salida de puerta

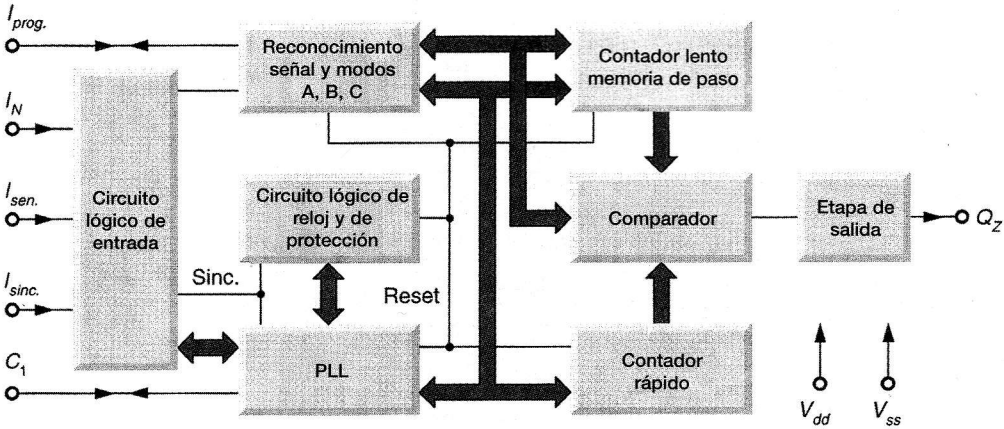
Tabla 7.2.
Influencia de C4.

C4 (nF)	ÁNGULO DE CONDUCCIÓN (°)	INMUNIDAD A LAS INTERFERENCIAS (V)
3,3	151 a 43	20 V
6,8	148 a 40	↓
10	147 a 39	
15	144 a 36	
33	136 a 28	30 V

del contador lento. La elección de los modos de funcionamiento está gestionada por un bloque particular que determina el sentido de la cuenta del contador lento. Los eventos exteriores son tratados por el circuito lógico de entrada para ser explotables por los otros bloques y particularmente por el circuito lógico de reloj y de protección que gestiona los límites del ángulo de cebado y la sincronización del PLL y de los contadores. El SLB586, como todos los dimmers, tiene un ángulo máximo de conducción que es de 152° sin el condensador C4. Tiene también un ángulo mínimo de conducción que confiere una ventaja a este circuito: la graduación se efectúa con un margen de extinción mínimo para la lámpara. La iluminación sigue así una característica casi lineal desde el punto de vista fisiológico. El SLB586 tarda unos 3,8 s entre los ángulos de conducción extremos. Los datos de la tabla 7.2 indican la influencia de C4 sobre el margen del ángulo de conducción y sobre la inmunidad del circuito de sincronización.

La inmunidad para 33 nF alcanza 30 V para la amplitud de una interferencia de 150 a 1500 Hz superpuesta a la red.

Figura 7.10.
Diagrama sinóptico del SLB586.



La entrada de sincronización (patilla 4) reacciona para el nivel alto a una tensión de $0{,}5 \cdot V_{ss} + 1{,}8$ V y para el nivel bajo a $0{,}5 \cdot V_{ss} - 1{,}8$ V, siendo la corriente de entrada típica de 207 µV. Los valores de C5 = 100 nF y R9 = 100 kΩ son los típicos del circuito PLL. R9 debe permanecer entre 22 y 680 kΩ para C5 = 100 nF, y si durante el funcionamiento son constatadas modulaciones de luz, se podrá actuar sobre R9, pudiendo variar C9 de 68 a 330 nF (con R9 = 200 kΩ) según las necesidades de inmunidad al ruido.

La alimentación del SLB586 es negativa y debe estar comprendida entre $-4{,}5\ \text{V} > V_{ss} > -5{,}6$ V. En este montaje, la alimentación se realiza con el conjunto R1, C1, D1, D2, C3, y C6.

La inmunidad de las patillas 5 y 6 es de unos 50 ms sobre los parásitos eléctricos y, en el caso de caída de tensión, los ajustes quedan memorizados. Si $V_{ss} > -3{,}6$ V, el circuito queda interrumpido.

El SLB586 consume poco (0,5 mA), disipa 10 mW (máximo) y es capaz de suministrar 25 mA de pico en su salida (patilla 8). Los impulsos son negativos y duran 39 µs para 50 Hz. Hay que advertir que el SLB586 puede funcionar con una frecuencia de red comprendida entre 47,5 y 63 Hz, y que los tiempos indicados para 50 Hz son reducidos proporcionalmente para 60 Hz.

La corriente de la entrada de la tecla sensible al tacto (patilla 5) es típicamente de 33 µA (39 µA como máximo), por la que R8 vale 10 MΩ, para proteger tanto al usuario como el circuito integrado. Nótese que el nivel de tensión de disparo alto es de $0{,}5 \cdot V_{ss} + 1{,}1$ V, y de $0{,}5 \cdot V_{ss} - 1{,}1$ V para el nivel bajo. La resistencia R7 permite ajustar la sensibilidad de la tecla y puede variar entre 1 y 4,7 MΩ. La entrada de extensión (patilla 6) ve su nivel alto en $0{,}5 \cdot V_{ss} + 1{,}1$ V y su nivel bajo en $0{,}5 \cdot V_{ss} - 1{,}1$ V. El circuito lógico interno de esta entrada permite eliminar las interferencias aportadas por las capacidades parásitas del cableado entre la extensión y el SLB586.

El esquema de la extensión muestra que T1 y T2 están bloqueados en ausencia de contacto del cuerpo humano. El paso de la corriente sólo se realiza con la circulación de una corriente entre la fase y tierra a través del cuerpo humano. Ni que decir tiene que esta corriente es inofensiva, con un valor que aquí es de 31 µA de pico en el peor de los casos.

T1 y T2 se saturan una vez que C1 es cargado a través del rectificador-eliminador de picos D1, D2, R5, lo que requiere unos 2 ms para una tensión continua de 220 V. Una vez se interrumpe el contacto a través de la tecla sensible, C1 se descarga en unos 30 ms. La inmunidad queda preser-

Lista de componentes del graduador

R1: 1 kΩ 2 W
R2: 1,5 MΩ 1/4 W
R5: 120 kΩ 1/4 W
R6: 470 kΩ 1/4 W
R7: 2,2 MΩ 1/4 W
R8: 10 MΩ 1/4 W
R9: 100 kΩ 1/4 W

C1: 0,1 µF 250 $V_{c.a.}$ clase X2
C2: 68 nF 100 V
C3: 100 µF 25 V
C4: 6,8 nF 630 V
C5, C6: 100 nF 100 V

D1: BZX 5V6 85C
D2: 1N4004
D3: 1N4148
D4: 1N4948 o diodo de germanio o Schottky

CI1: SLB586

1 abrazadera Rilsan

Lista de componentes de la extensión electrónica

R1: 220 Ω 1 W
R2: 1 MΩ 1/4 W
R3: 3,3 MΩ 1/4 W
R4: 2,2 MΩ 1/4 W
R5: 10 MΩ 1/4 W

C1: 10 nF 250 V

D1: 1N4005
D2: BZX 6V8 85C

T1, T2: BC307 o BC307B

1 portafusibles 5×20
1 fusible ultrarrápido 32 mA 5×20

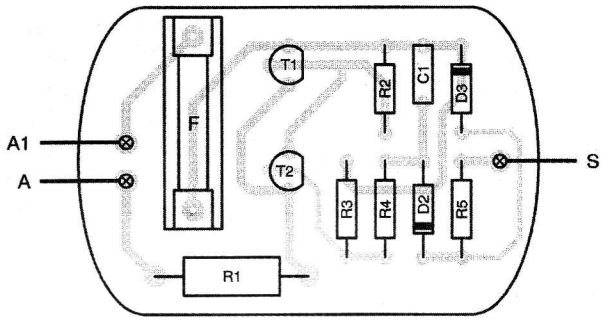


Figura 7.11. Realización de la extensión para el conmutador electrónico.

vada ya que la constante de descarga es inferior a la de carga para las microcorrientes (unos 100 ms para una corriente de 1 μA), participando el diodo D2 en el retardo de carga por su corriente de fuga. El cableado de los componentes requiere que se le preste atención en cuanto a las polaridades de los componentes que sean para el graduador (realización de la figura 7.6) o para la extensión (realización de la figura 7.11). Estos montajes están conectados a la red de 220 V. Esto no debe olvidarse ni para el cableado ni al aplicarle tensión. Los planos de los circuitos impresos son facilitados en las figuras 7.7 y 7.12.

El condensador C1 del graduador está fijado sobre el lado por una abrazadera Rilsan.

Para el cableado entre placas, comiéncese por conectar el graduador con la placa de potencia respetando cuidadosamente los puntos de referencia.

Sin colocar el SLB586 en su soporte, verifíquese que haya unos −5,6 V entre las patillas 1 (− del voltímetro) y 7 (+ del voltímetro). Verificado esto, desconecte el montaje, aguárdese hasta que el condensador del circuito de potencia esté descargado, colóquese CI1 y cabléese la extensión (préstese atención a los puntos de referencia) y las teclas sensi-

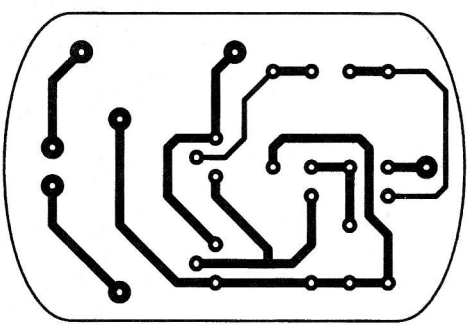
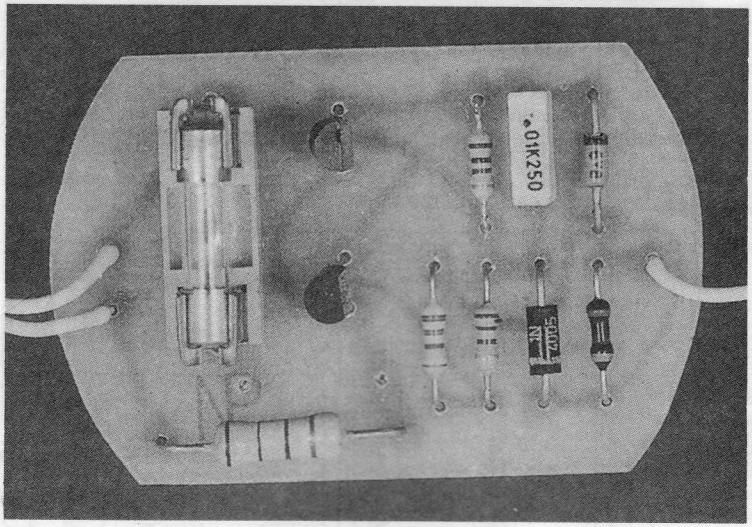


Figura 7.12. Circuito impreso de la extensión para el conmutador electrónico.



bles al tacto. Compruébese que están cableadas en las entradas referenciadas con S en las realizaciones antes de manipularlas (¡téngase cuidado con la fase!). El montaje está ya operativo.