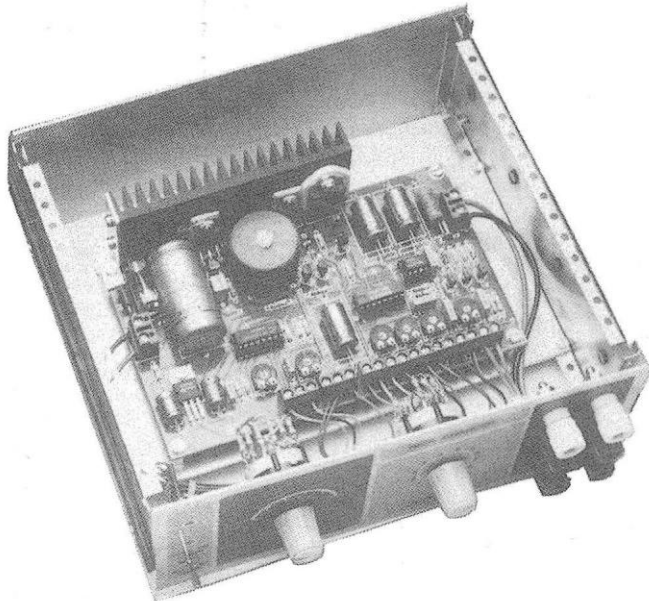


CARGADOR UNIVERSAL PARA BATERIAS DE Ni-Cd

La utilización de pilas de Ni-Cd está tan extendida en los equipos de uso diario que la mayoría de los hogares necesitan al menos un cargador apropiado. El que aquí presentamos puede utilizarse para cargar prácticamente cualquier tipo de pila de Ni-Cd.



El cargador se basa en el procesador U2400B de Telefunken, que ha sido especialmente desarrollado para esta aplicación. Este dispositivo contiene la mayoría de los circuitos lógicos que se requieren para controlar de forma automática la carga de las pilas Ni-Cd.

En principio, la carga tiene lugar en un periodo de tiempo predeterminado, después del cual se realiza una carga de mantenimiento. Dicha carga de mantenimiento, que puede prolongarse por períodos de tiempo bastante amplios, garantiza que la capacidad de la pila no se degrada durante la vida de ésta.

El cargador dispone de una serie de medidas de seguridad. Por ejemplo, si la temperatura se eleva demasiado o si la f.e.m. de la pila

sobrepasa cierto valor (predeterminado), el ciclo de carga se interrumpe inmediatamente. El procesador adopta entonces su estado de stand-by y permanece en él has-

ta que la temperatura o la f.e.m. caen por debajo de su valor límite.

En la Fig. 2 se muestra un diagrama de flujo del proceso de carga. Después de haber conectado la pila y haber activado el 'start/reset', el procesador se ocupa primeramente de descargar la pila. Durante el ciclo de descarga se controlan continuamente la temperatura ($T < T_{max}$) y la f.e.m. ($U < U_{min}$) de la pila. Cuando la f.e.m. cae por debajo del nivel de U_{min} , el procesador asume que la pila se ha descargado completamente y lo anota en su registro de descarga. El circuito conmuta entonces al modo de carga. Durante ésta, el tiempo de carga transcurrido se compara con el tiempo de carga prefijado ($t > t_{max}$), y la f.e.m. con la tensión máxima prefijada ($U > U_{max}$). Además se controlan continuamente los contenidos del registro de descarga y la temperatura de la

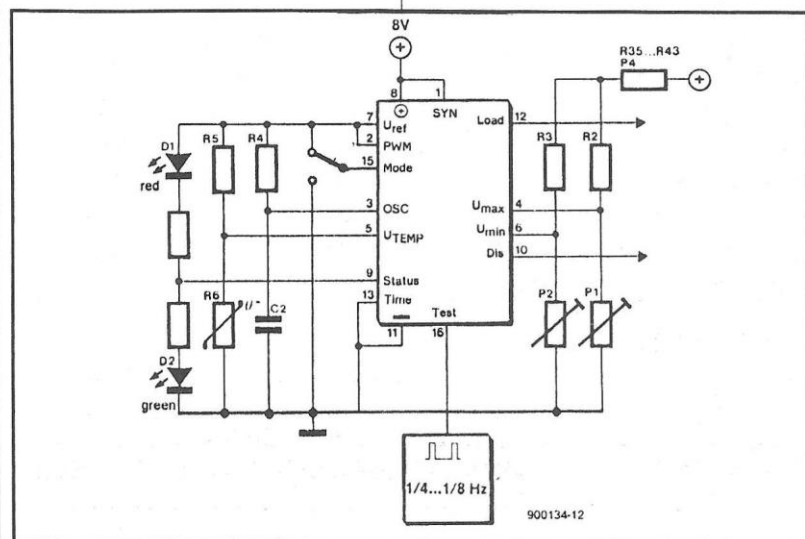


Figura. 1 Circuito básico con el procesador U2400B

D1	D2	S1	Función
(rojo) on	(verde) off	x	no hay pila conectada; pila defectuosa o vacía.
destella	off	x	ciclo de descarga
off	destella	x	ciclo de carga
off	on	x	carga de mantenimiento
destella	destella	E	carga continua de 2 errores
on	off	D	Carga de mantenimiento después de 2 errores

x = irrelevante
E = conectado a Uref

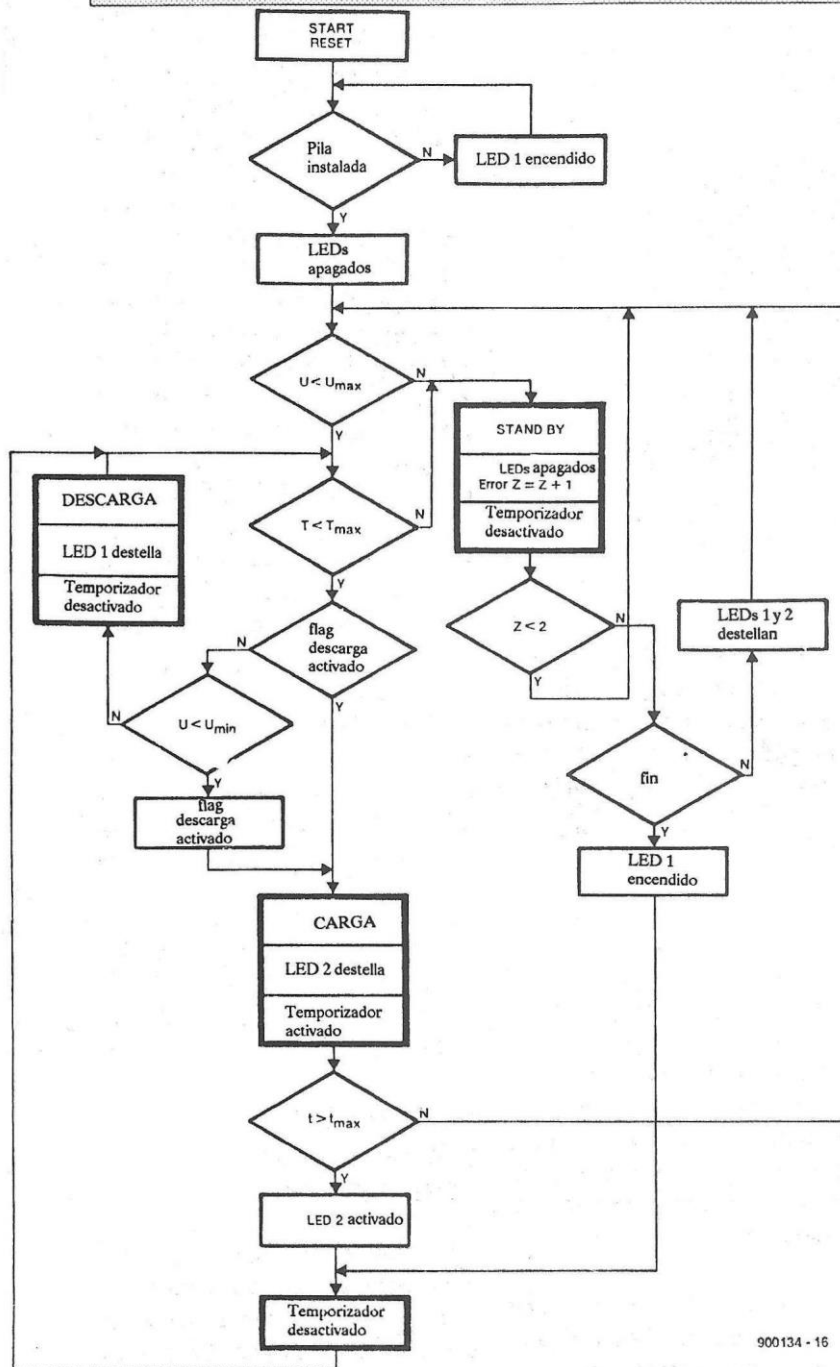


Figura. 2 Diagrama de flujo del cargador de pilas

pila. Al finalizar el tiempo de carga prefijado ($t > t_{max}$) se detiene el ciclo de carga y pasa al modo de carga de mantenimiento.

Tal como se ha mencionado anteriormente, si durante el tiempo de carga se sobrepasa alguno de los valores prefijados, la carga se interrumpe. Al mismo tiempo el estado del registro de error se incrementa en 1 y es leído de nuevo. Si no se había producido error anteriormente, el estado del contador después del último error será menor de 2 (Z). Si el estado del contador es menor de 2, se vuelven a verificar la f.e.m. y temperatura de la pila; si estos son correctos, el proceso de carga continúa. Si el contenido del registro de error es mayor o igual a 2, la carga continúa o se interrumpe en función de la posición de un interruptor, como ya se explicará más adelante.

Tal como se observa en la Fig. 1, el procesador requiere sólo un pequeño número de componentes externos para realizar las funciones descritas hasta ahora. Durante el ciclo de descarga, la f.e.m. de la pila se analiza a través de U_{min} (patilla 6). Para ello se hace uso de un divisor de tensión conmutable, R35-R43-R3-P2, el cual atenúa la tensión de la pila. Durante el ciclo de descarga la salida DIS (patilla 10) está activa y a nivel alto. Se supone que la descarga se ha completado cuando el nivel de tensión en la patilla 6 cae por debajo del nivel (0.53V) de la tensión interna de referencia.

Durante la carga, la salida LOAD (patilla 12) se pone activa y a nivel alto; la tensión de la pila se lleva entonces a la patilla 4 (U_{max}) a través del divisor de tensión R35-R43-R2-P1. Si la tensión en la patilla 4 es mayor que la tensión interna de referencia, el procesador conmutará al modo stand-by.

Dado que es importante que el usuario conozca el estado en que

se encuentra el procesador, se controlan dos LEDs mediante la salida STATUS en la patilla 9. La tabla 1 muestra el funcionamiento de estos diodos para los distintos modos de operación.

Se aplica una tensión (nominal) de referencia de 3V a la patilla 7, la entrada PWM, al interruptor S1, a la red R4-C2, al divisor de tensión R5-R6, y a los dos LEDs conectados en serie.

La combinación de R4-C2 en serie, a la entrada del oscilador interno, patilla 3, forma un circuito que determina la frecuencia.

La supervisión de la temperatura de la batería es llevada a cabo por R6, la cual posee un coeficiente de

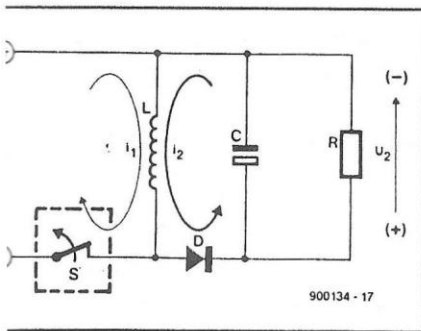


Figura 4. Concepto de fuente de alimentación

temperatura negativo. La tensión en la unión de R5-R6 se supervisa a través de la entrada Utemp (patilla 5). El proceso de carga se interrumpe cuando la temperatura de la pila alcanza los 40 °C; el valor de la resistencia R6 es entonces de unos 440 Ω.

La posición del interruptor S1 determina la selección realizada por el procesador cuando se han producido dos o más errores en el proceso de carga. Si el interruptor está conectado a la tensión de referencia, la carga continúa a pesar de haberse producido hasta dos errores (pero no más); sin embargo, si se encuentra conectado a masa, la carga se interrumpe y entra en funcionamiento la carga de mantenimiento.

El tiempo de carga se ajusta a través de la entrada TIME, en la patilla 13. Cuando se utiliza el oscilador interno de 200 Hz, un nivel alto en la patilla 13 produce un tiempo de carga de 1 hora. Si la patilla se conecta a masa (nivel bajo), el tiempo de carga será de 30 minutos.

El temporizador también puede ser controlado por un reloj externo, conectado a la patilla 16. Deberá entonces ponerse a masa la patilla 13. El oscilador interno sigue suministrando la señal de reloj para las restantes funciones del procesador. Una frecuencia de 0.5 Hz en la patilla 16 ajusta el tiempo de carga a 1 hora; para la mitad de esta frecuencia se obtiene el doble de tiempo. Mediante un reloj externo basado en un 4060, tal como muestra la Fig. 8, pueden obtenerse frecuencias de hasta 0.125 Hz, con lo que se conseguiría un tiempo de carga de 4 horas.

Carga

En el caso práctico de un cargador, el procesador no se encarga de controlar un simple transistor, sino una fuente de corriente más bien compleja, controlada tal como muestra la Fig. 3. La corriente de carga pasa a través de R22, produciendo una caída de tensión en la resistencia que es directamente proporcional a la corriente de carga:

$$U_{R22} = I_{load}R22.$$

Esta tensión se utiliza para controlar la corriente de carga. Obsérvese que la tensión negativa de la pila, Ubat, es en realidad más positiva que la tensión de alimentación, UV, debido a que el polo positivo de la pila se conecta a una segunda, y mayor, tensión de alimentación.

Dado que el transistor T5 viene conectado como un diodo, el emisor de T6 queda conectado a UV en todo momento. Por ello, la caí-

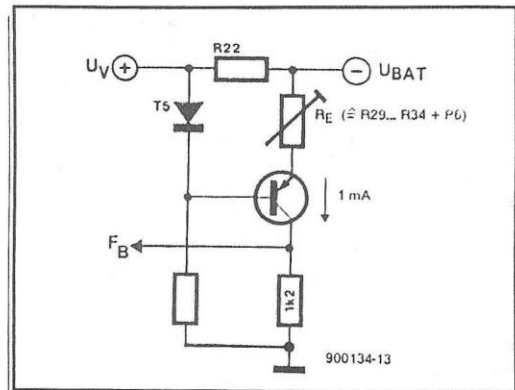


Figura 3 Parte del circuito que controla la corriente de carga.

da de tensión en la resistencia del emisor, Re, que constituye el equivalente a R29-R34-P6 en la Fig. 8, es exactamente la misma que la que cae en R22:

$$U_{Re} = U_{R22} = I_{Re}R_e.$$

Como ejemplo, supóngase $R22 = 0.1 \Omega$, $I_{load} = 1A$, y que se requiere una corriente de 1 mA a través del transistor. La caída en R22 es de 100 mV de forma que

$$R_e = 100 \times 10^{-3} / 10^{-3} = 100 \Omega$$

Dado que la corriente de emisor es ahora conocida, la caída de tensión en la resistencia de colector será

$$U_{Re} = 1,2 \times 10^{-3} \times 100 = 1,2 V.$$

Con esto queda claro que una variación en la corriente de carga trae consigo una variación de la tensión en FB.

Por ello, dicha tensión puede utilizarse para controlar el circuito de regulación de una fuente de alimentación conmutada.

Fuente de alimentación conmutada

Se utiliza una fuente de alimentación conmutada para permitir que el cargador suministre carga de forma simultánea para hasta diez pilas. Podría utilizarse una fuente

convencional, pero su disipación sería muy alta a la hora de cargar sólo unas pocas pilas. El funcionamiento básico de la fuente se muestra en la Fig. 4. El conmutador electrónico S se activa y desactiva mediante circuitos eléctricos. Al cerrarse circula una corriente i_1 desde el terminal + a masa, a través del inductor L, creándose un campo magnético alrededor del inductor. El diodo D se corta y el condensador C, por ello, no actúa sobre el circuito, aunque puede descargarse a través de la resistencia R (que representa a las pilas a cargar). Cuando S se abre, la autoinductancia de L genera una corriente i_2 de sentido contrario a i_1 , y con ello C se carga a través del diodo.

El nivel de tensión de salida, U_2 , depende de las propiedades del inductor, de la lógica de conmutación, y de la frecuencia de conmutación del interruptor. En este cargador se utiliza un inductor comercial: no es recomendable fabricarlo uno mismo. El esquema de la fuente utilizada se muestra en la Fig. 5. Está basado en el LT 1070 de Linear Technology. Un oscilador de 40 kHz proporciona la trama de pulsos cuadrados que se utilizan para conmutar un transistor a través de una etapa excitado-

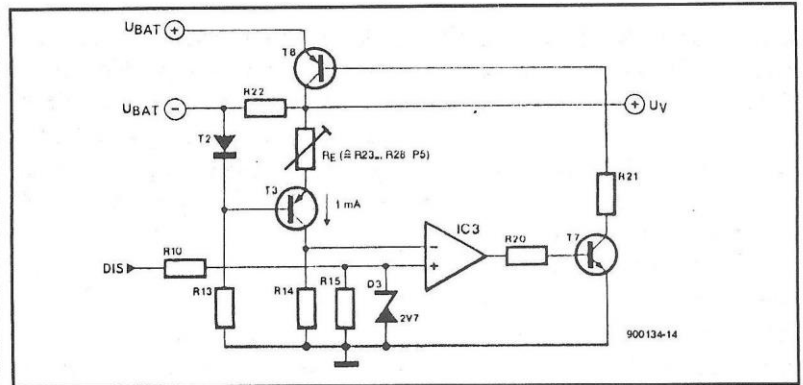


Figura. 6 Circuito para el control de la corriente de descarga. La salida DIS del U2400B proporciona la tensión de referencia para IC3.

ra. El factor de trabajo se determina mediante la tensión de salida del amplificador (diferencial) de error.

La tensión de colector de T6 es de 1.2 V cuando el regulador se encuentra en condiciones estables. Debido a su tensión interna de referencia de 1.24 V, el amplificador de error no influye en la conmutación del transistor de salida. Al aumentar la corriente de carga hasta un valor demasiado elevado, U_c aumenta, y la salida del amplificador de error se pone a nivel bajo. Como consecuencia disminuye la frecuencia de conmutación del transistor, con lo que la corriente de carga también disminuye. El diodo zener D6 limita la tensión de carga a 18 V.

Descarga

El circuito de descarga que se muestra en la Fig. 6, tiene algunos puntos en común con el circuito de la Fig. 3. De nuevo se utiliza la caída de tensión en la resistencia de emisor, R22. La tensión de alimentación y la tensión de la pila han intercambiado sus posiciones, dado que la corriente de descarga fluye en dirección contraria a la corriente de carga.

La entrada no inversora del comparador en el colector de T3, se mantiene a 2.7 V mediante el diodo zener D3.

El valor de R14 se determina con la corriente de colector (1 mA) y la tensión de referencia:

$$R14 = 2,7/10^{-3} = 2,7 \text{ K}\Omega$$

Las pilas conectadas se descargan a través de R22 y T8, el cual, junto con T7, forma un darlington a la salida del comparador.

Supervisión de la tensión

El procesador supervisa continuamente la tensión de la pila mediante sus patillas 4 y 6. Dado que estas entradas miden la tensión con respecto a masa, y el polo negativo de la pila queda conectado al terminal + de la alimentación, no puede utilizarse un circuito sencillo como el de la Fig. 1. Esto significa que la

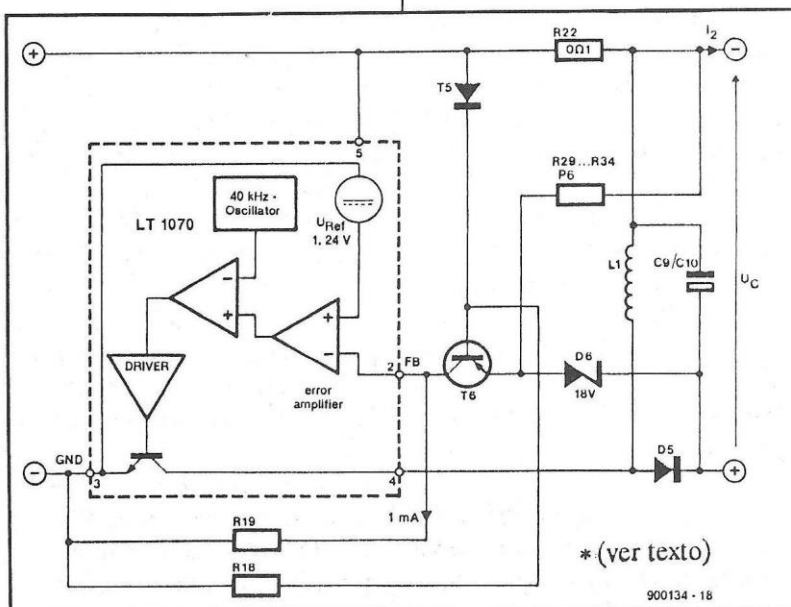


Figura. 5 Esquema de la fuente de alimentación conmutada. (Véase la Fig. 8)

tensión de la pila ha de transformarse de forma que pueda ser medida con respecto a masa.

Así pues, se utiliza un circuito como el que se muestra en la Fig. 7. Toda la tensión de la pila cae en la resistencia del emisor, R_e , compuesto por las resistencias R35-R43 (véase Fig. 8). Dado que R_e posee un valor de $1\text{ K}\Omega$ por cada pila conectada, la corriente de colector, I_c , a través de T1 vale

$$I_c = n \times U_z / n \times R_e = U_z / R_e$$

donde U_z es la tensión de zener.

Cuando las pilas están cargadas, la

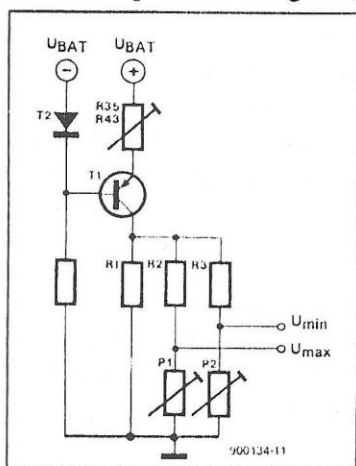


Figura 7. Circuito para medir la tensión de la pila con respecto a masa.

corriente de colector es de $1,45/103 = 1,45\text{mA}$, y la caída de tensión en R1 y los divisores de tensión R2-P1 y R3-P2 es de 1.74 V. Esta tensión posee la polaridad correcta con respecto a masa. El punto de trabajo óptimo se ajusta mediante los dos potenciómetros: con ello no importa el número de pilas que se conectan al cargador.

El circuito completo

Gran parte del esquema de la Fig. 8 ya ha sido discutido. Obsérvese que la fuente de alimentación conmutada solo opera cuando la patilla 1 del LT 1070 queda conectado a masa a través de la salida LOAD del procesador y de T4.

Dado que las resistencias que ocupan posiciones equivalentes en S4a y S4b poseen el mismo valor, las corrientes de carga y de descarga de las pilas serán iguales. Resulta esencial que el interruptor S3 sea ajustado en el número correcto de pilas conectadas (máximo 10).

El interruptor S1 selecciona el modo a utilizar cuando se detectan uno o dos errores durante el ciclo de carga (véase tabla 1). Cuando S2 se encuentra en su posición central, el procesador utiliza su ajuste temporizador estándar de 1 hora. Su patilla 1 se conecta entonces a masa. Si esto coincide con lo que Ud. esperaba, puede omitir el reloj externo consistente en el 4060 (IC2), R11, R12, C4, P3 y S2.

De otro modo, R11, R12, P3 y C4 ajustan la frecuencia del oscilador del 4060 a 100-150 Hz. El divisor incluido en el 4060 genera las frecuencias de señal adecuadas en las salidas Q8 y Q9. Los tiempos de carga de 2 y 4 horas asociados con las frecuencias permiten cargar pilas de tipo U7 y U11, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

El potenciómetro P3 permite ajustar correctamente los períodos de carga de 2 horas (posición A) y 4 horas (posición B). Si ello no fuera posible, puede incrementarse el valor de C4 (períodos mayores) o reducirse (períodos menores). Si se desea un tiempo estándar de 30 minutos en lugar de 1 hora (S2 en su posición central), desconecte la patilla del U2400B de masa. Si se sustituye C4 por otro con un valor de 10 nF , pueden seleccionarse períodos de 30 minutos (posición central), 1 hora (S2 en la posición A) y de 2 horas (S2 en posición B).

Para la carga de mantenimiento se utiliza el circuito de carga normal, pero la frecuencia de conmutación se ajusta a 1:179, con lo que se reduce la corriente media de carga

de 1800 mA a 10 mA. El nivel de las corrientes de carga y descarga es independiente del período de carga seleccionado, y puede ajustarse en 6 valores constantes mediante S4. Si es necesario que una pila se cargue completamente en 30 minutos, la corriente de carga seleccionada habrá de tener dos veces el valor de la capacidad de la pila. La corriente de carga en miliamperios corresponde a las capacidades mostradas en el panel frontal (véase Fig. 10). Es decir en la posición 500 mAh, la corriente de carga es de 500 mA. Independientemente de esto, puede doblarse la corriente de carga formando un shunt con la resistencia R22 y una segunda resistencia de $0,1\ \Omega$, 1 W. Sin embargo, esto sólo puede realizarse si el consumo total, $I_{load} \times U_{load}$, no excede los 25 W, ya que de lo contrario podría sobrecargarse la fuente de alimentación conmutada.

Además, han de observarse la corriente máxima a través del inductor, a través del fusible (máx. 8A), y la corriente máxima de descarga.

Montaje

El cargador de baterías se construye de forma óptima sobre el circuito impreso mostrado en la Fig. 9. Preste mucha atención a la polaridad de parte de los componentes, y asegúrese de realizar soldaduras de calidad sobre todo en aquellos puntos por los que fluirá una corriente elevada.

Los componentes que necesiten refrigeración, como son IC5, D5, y T8, se agrupan en el borde de la tarjeta para permitir que se acoplen directamente a un disipador de características adecuadas ($\geq 3,2\text{ KW}^{-1}$ para un consumo $\leq 25\text{ W}$).

Asegúrese que la parte posterior del LT1070 quede conectada eléctricamente a la conexión de masa que existe entre las conexiones de alimentación de C7 e IC5.

Todos los potenciómetros se agru-

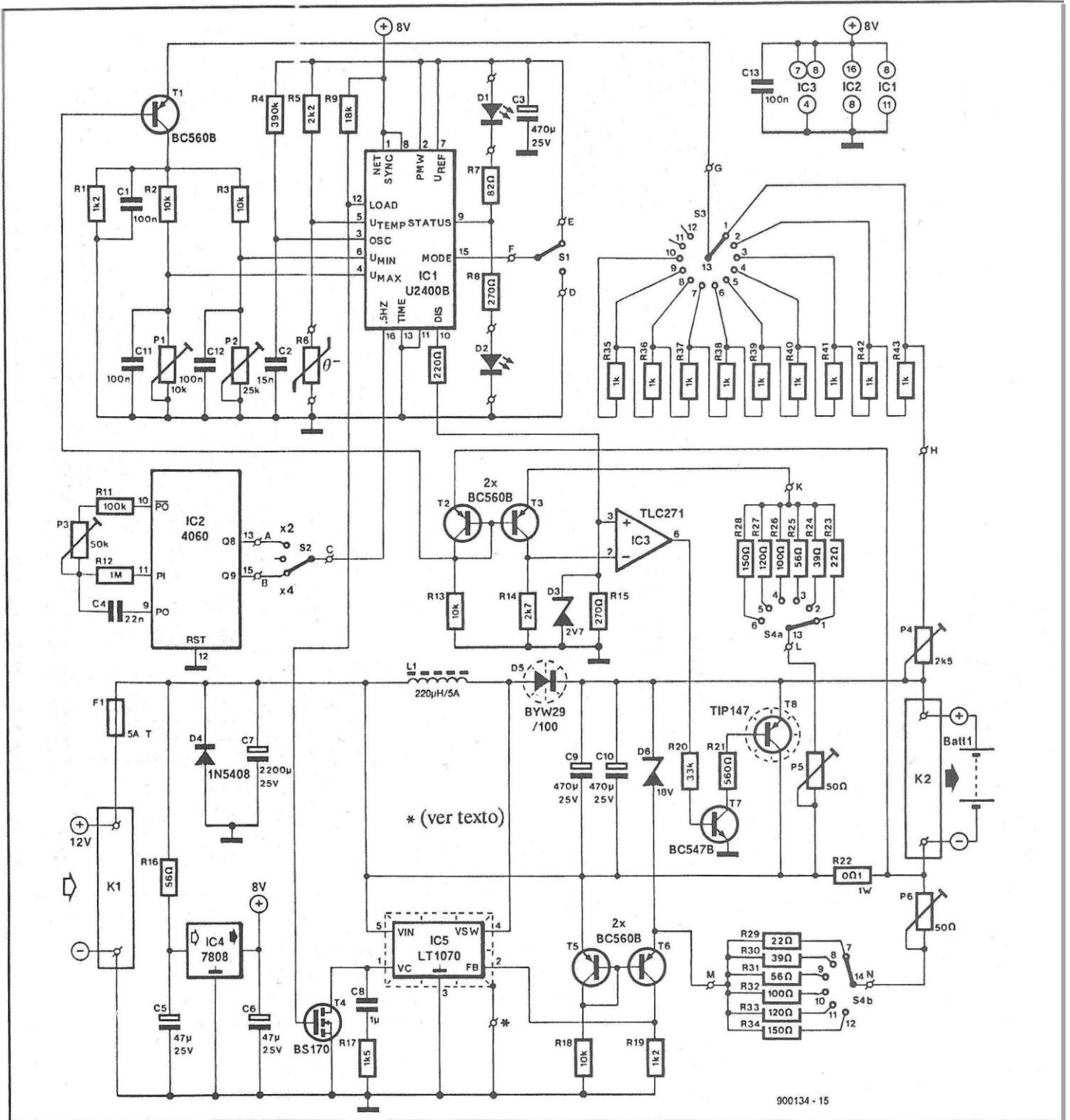


Figura. 8 Esquema eléctrico completo del cargador de pilas de Ni-Cd.

pan en uno de los lados de la tarjeta.
 Las resistencias R23-R43 no se encuentran sobre la tarjeta, sino que van soldadas directamente a los conmutadores rotatorios. Estos conmutadores deben montarse sobre el panel frontal. Las partes de éstos que deben fijarse a la tarjeta

vienen marcados con G/H, K/L, y M/N.

Los zócalos para conectar la resistencia NTC, R6, la alimentación (K1) y las pilas (K2) se encuentran en la parte derecha del panel frontal.

Calibración

Existen unos pocos ajustes que deben llevarse a cabo, aunque afortunadamente no resultan muy críticos. En primer lugar no monte aún IC1.

1. Ajuste S4 a 500 (mA), S3 a 8

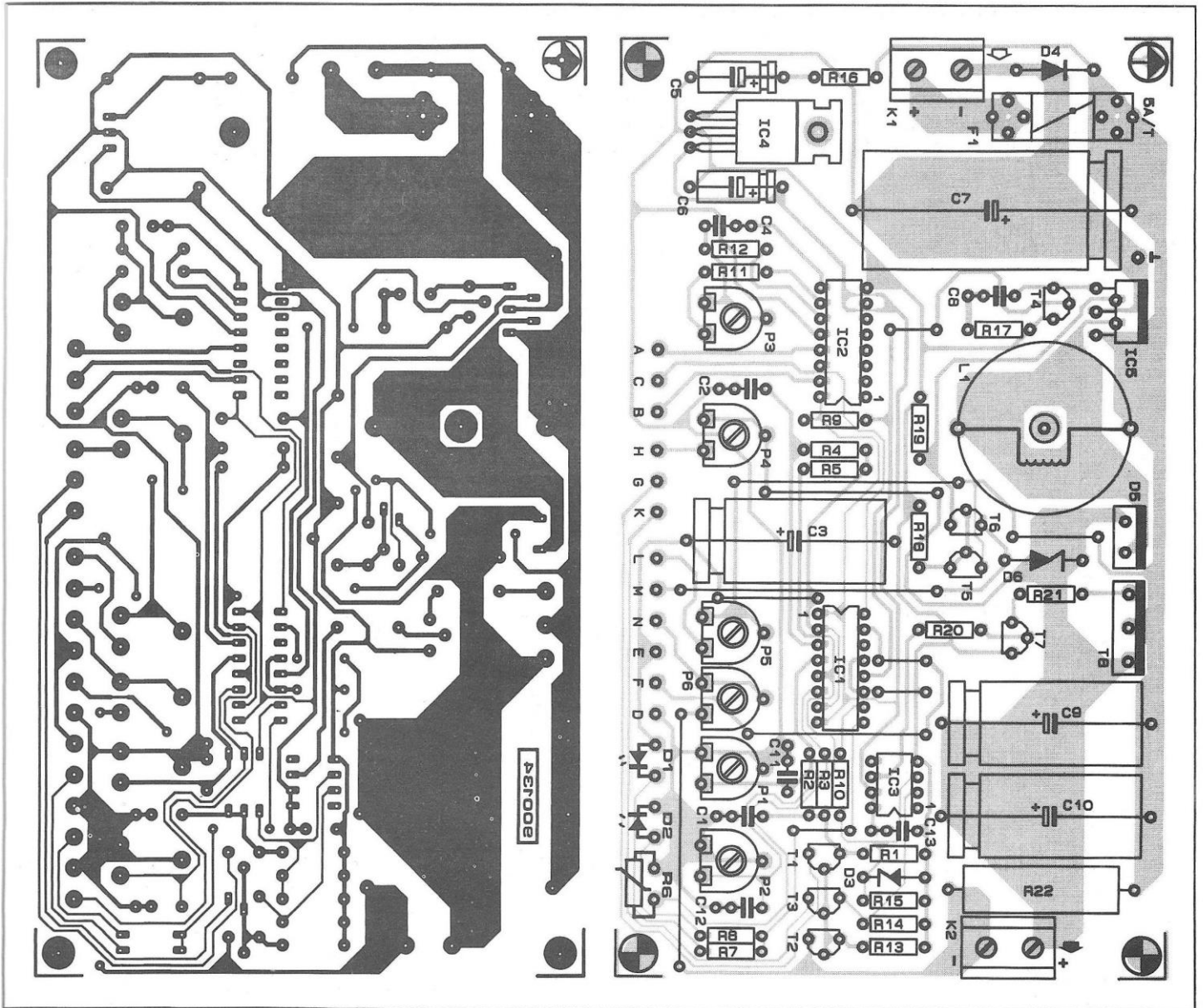


Figura. 9 Distribución de componentes e imagen de espejo del trazado de pistas de la tarjeta de circuito impreso para el cargador de pilas de Ni-Cd.

(pilas), S2 en su posición central y todos los potenciómetros al centro de su recorrido.

2. Conecte una alimentación de 12V, 2A a K1. (¡Obsérvese la polaridad!).

3. Conecte una alimentación auxiliar de 8V a K2. (¡Obsérvese la polaridad!).

4. Conecte un multímetro entre el terminal + de K2 y el punto G de la tarjeta, y ajuste P4 hasta que la tensión medida sea exactamente la misma a la que exista entre los terminales de K2.

5. Sitúe S3 en la posición 10 y ajuste P2 hasta que, con una tensión auxiliar de 8-8.5 V en K2, se mida una tensión de 0.53 V entre la unión de

P2-R3-C12 y masa. Esto garantiza que todas las pilas se descargarán hasta quedar con una f.e.m. de 0.8-0.85 V.

6. Sitúe S3 en la posición 10 y ajuste P1 hasta que con una tensión auxiliar en K2, que sea 10 veces superior al máximo especificado (por el fabricante) para la tensión de célula, se mida una tensión de 0.53 V entre la unión de P1-R2-C11 y masa. La tensión máxima de célula es normalmente de 1.65 V, pero puede variar entre 1.55 V y 1.7 V.

7. El reloj externo se ajusta mediante P3, y la mejor forma de hacerlo es con ayuda de un osciloscopio. La frecuencia de la señal en la patilla 6 de IC2 ha de ser de 1 Hz.

Si Ud. no posee osciloscopio, utilice un tester lógico con indicación de LED. El destello del LED puede compararse con el segundero del reloj.

8. Retire la alimentación auxiliar de K2, apague la tensión de alimentación e inserte IC1 y R6. En caso de emergencia puede utilizarse una resistencia de 1KΩ en lugar de R6.

9. Conecte una pila de 500 mAh parcialmente descargada a K2, ajuste S4 a 500 y S3 a 1.

10. Vuelva a conectar la alimentación de 12V a K1, después de lo cual se iluminará el LED rojo.

11. Conecte un multímetro digital (ajustado a 1-2 A cc) en serie con

LISTA DE COMPONENTES

Resistencias

R1, R19 = 1,2 K
 R2, R3, R13, R18 = 10 K
 R4 = 390 K
 R5 = 2,2 K
 R6 = 1K NTC
 R7 = 82 Ω
 R8, R15 = 270 Ω
 R9 = 18 K
 R10 = 200 Ω
 R11 = 100 K
 R12 = 1 M
 R14 = 2.7 K Ω
 R16, R25, R31 = 56 Ω
 R17 = 1,5 K
 R20 = 33 K Ω
 R21 = 560 Ω
 R22 = 0,1 Ω , 1 W
 R23, R29 = 22 Ω
 R24, R30 = 39 Ω
 R26, R32 = 100 Ω

R27, R33 = 120 Ω
 R28, R34 = 150 Ω
 R35 a R43 = 1 K
 P1 = 10 K ajus.
 P2 = 25 K ajus
 P3 = 50 K ajus
 P4 = 2,5 K ajus
 P5, P6 = 50 Ω ajus

Condensadores

C1, C11, C12, C13 = 100 nF
 C2 = 15 nF
 C3, C9, C10 = 470 μ F 25 V
 C4 = 22 nF
 C5, C6 = 47 μ F 25 V
 C7 = 200 μ F 25 V
 C8 = 1 μ F

Bobinas

L1 = choke 200 μ H, 5 A

Semiconductores

D1 = LED rojo
 D2 = LED verde

D3 = zener 2,7 V, 400 mW
 D4 = 1N5408
 D5 = BYW 29/100
 D6 = zener 18 V, 400 mW
 T1, T2, T3, T5, T6 = BC560B
 T4 = BS170
 T7 = BC547B
 T8 = TIP147
 IC1 = U2400B
 IC2 = 4060
 IC3 = TLC271
 IC4 = 7808
 IC5 = LT1070

Varios

S1 = 1 cir 2 pos
 S2 = 1 cir 3 pos
 S3 = 1 cir 12 pos
 S4 = 2 cir 6 pos
 F1 = fusible 5 A con zocalo
 K1, K2 = clema 2 cir C.I.
 Placa: 900134
 Frontal: 900134-F

la pila. Unos 2 segundos después de realizar la conexión con la pila, el LED se apaga y empieza la descarga de la pila. Ajuste P5 hasta que la lectura del multímetro sea de 500 mA.

12 Después de un pequeño período de tiempo, la pila quedará descargada, y empezará la carga por lo que se iluminará el LED verde. La corriente a través del multímetro

tro cambiará entonces de dirección: ajuste P6 hasta que la lectura sea de 500 mA.

13. El cargador de pilas está ahora a punto para ser utilizado.

Por último

Antes de comenzar la carga, ajuste siempre los conmutadores en la posición correcta. A continuación

puede encenderse el cargador y conectar las pilas a éste. Si se conecta otra pila o conjunto de pilas al cargador, reinicialice el procesador apagando momentáneamente la alimentación.

Caja Recomendada para esta serie, ESM.EC20/08.
 Precio aproximado 1.950 pts.-

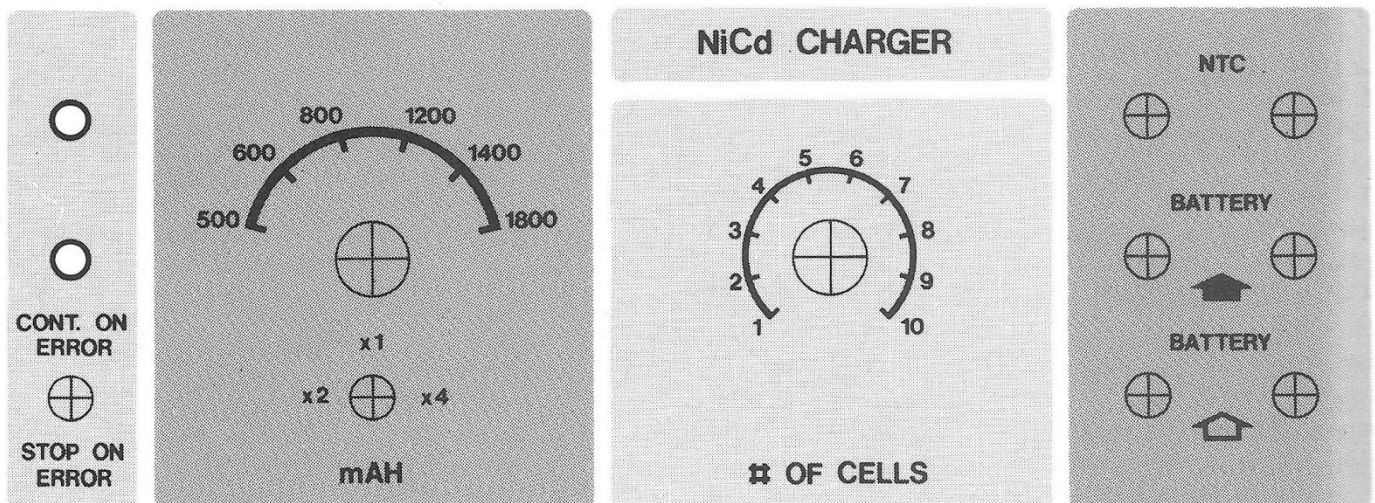


Figura. 10 Carátula del panel frontal para el cargador de pilas (196x77 mm) que suministra nuestro 'Servicio al Lector'.