autocargador

seguridad y automatismo en la carga de acumuladores de plomo

Aunque los acumuladores de Ni-Cad son relativamente baratos, no han conseguido eliminar por completo a los clásicos de plomo. Ello se debe a su buena relación potencia/precio y a la sencillez del procedimiento de carga. Además, pueden conectarse en paralelo con la carga y en régimen permanente (sin que sea necesario preveer un circuito de conmutación) con la alimentación de red.
El circuito que presentamos no sólo carga acumuladores de plomo sino que también actúa como fuente de alimentación. Está protegido contra cambios de polaridad e incluye un limitador de corriente y de tensión.
Gestiona también el control de la carga y sirve como indicador de la polaridad. En resumidas cuentas, ¡aquí tienen un cargador a prueba de insensatos!

Los acumuladores de plomo estancos y compactos son muy interesantes para los aficionados al modelismo. Los más pequeños (del tipo de 6 o de 12 V y 1,1 amperios-hora) pueden alojarse en el compartimento de las «pilas» de muchos aparatos (TV, video, lectores de cassettes, etc.). En tales casos, los acumuladores sustituyen ventajosamente a las pilas (ruinosas) y a los acumuladores de Ni-Cad (claramente menos fáciles de recargar). Son más fáciles de recargar porque pueden permanecer en su lugar, dentro del aparato, durante el proceso de carga. Tan pronto como se corta la alimentación de la red, los acumuladores toman el relevo, sin que el usuario tenga que proceder a su conmutación. En resumen, basta poner un acumulador de plomo en el lugar correspondiente del aparato a alimentar. Cuando hay necesidad de recarga, se le conecta el cargador que asegurará la alimentación del aparato en cuestión. Para acabar, se desconecta el cargador y el conjunto «acumulador de plomo/aparato alimentado» se hace inmediatamente autónomo. Si no se desconecta el cargador inmediatamente después de haberse terminado la carga, una corriente bastante débil mantiene la plena carga durante tanto tiempo como el cargador siga conectado; no hay ningún límite de duración...

La placa de circuito impreso para el cargador se ha concebido para admitir diversas versiones, con una o dos modificaciones de poca importancia en los valores de los componentes. Puede elegirse entre una tensión de salida de 6 V con una corriente de carga máxima de 1 o de 3 A, o una tensión de salida de 12 V, también con una corriente de carga de 1 o de 3 A. El cargador está bien protegido contra toda clase de contingencias: cortocircuitos, inversión de polaridad, deficiente conexión del acumulador, ausencia de la tensión de alimentación, etc. Es casi imposible deteriorar las baterías o el cargador. Para facilitar las cosas, se incluye un LED que se ilumina cuando la batería está conectada de forma equivocada. Un segundo LED se ilumina cuando comienza a circular la corriente de carga y se apaga cuando dicha corriente se hace demasiado débil... o en caso de cortocircuito.

Una de las ventajas principales del circuito es su tamaño. A pesar de su carácter compacto, la placa de circuito impreso tiene espacio suficiente para todos los componentes. La placa del cargador más los componentes necesarios cuestan mucho menos que un cargador normalizado comercial.

Comparación entre los acumuladores de plomo y de níquel-cadmio

A pesar del hecho de que las pilas secas recargables han mejorado en los últimos años y no producen contaminación como sus contrapartidas de níquel-cadmio, esta forma de fuente de alimentación está perdiendo popularidad progresivamente.

Una de las razones principales para este fenómeno de retroceso es que las baterías en versión «seca» comienzan a estar disponibles a partir de una capacidad nominal de 1 amperio-hora, mientras que, por el contrario,

1

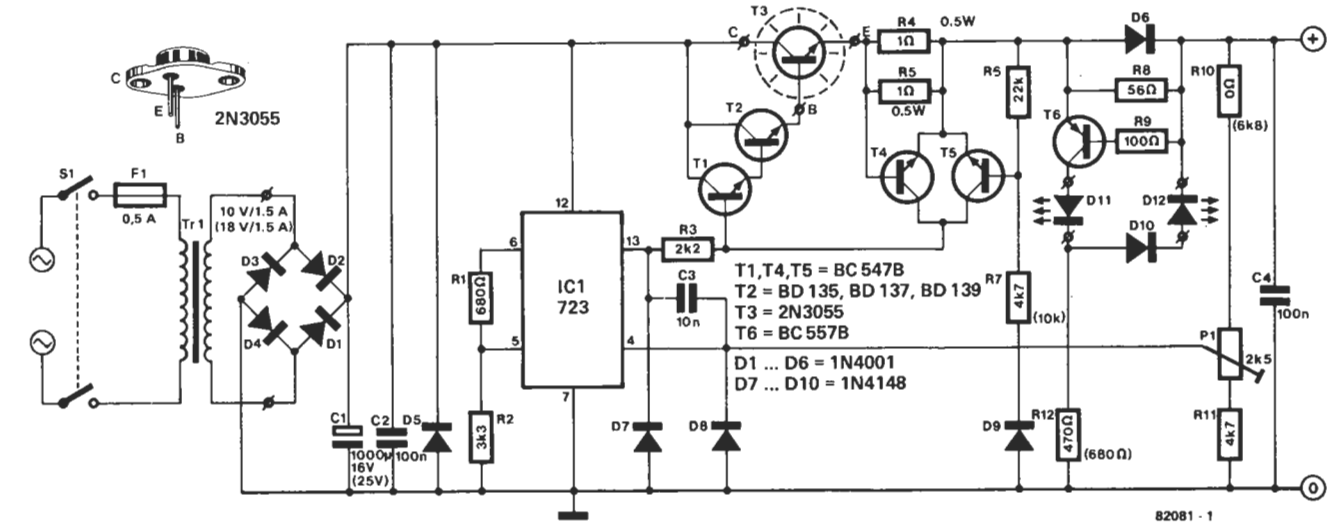


Figura 1. Circuito del cargador; se trata, básicamente, de una alimentación bien estabilizada y bien protegida contra todas las manipulaciones indebidas que este tipo de aparatos tiene el riesgo de sufrir. Los valores entre paréntesis se refieren a la versión de 12 V.

las de níquel-cadmio pueden adquirirse a valores mucho más bajos.
La tecnología del acumulador de plomo es ya centenaria y, sin embargo, presenta numerosas ventajas con respecto a la tecnología de níquel-cadmio:

- La tensión nominal de una célula es de 2 V, o lo que es lo mismo, un 66% más que su homóloga de NiCad.;
- El procedimiento de carga es fácilmente controlable mediante automatismo, gracias a una tensión de referencia de carga «completa» específica.
- Reaccionan mejor a las altas y bajas temperaturas.
- Tienen una notable estabilidad de plena carga: un 50% de la capacidad nominal sigue estando disponible después de 16 meses de almacenamiento a 20°C.
- No hay ningún peligro de deterioro ni de pérdida de capacidad debido al cambio de la polaridad, cuando las baterías están sobrecargadas.

El almacenamiento de acumuladores completamente descargados no ha de tener una duración superior a cuatro semanas.
También hemos de citar algunos inconvenientes de esta clase de acumuladores. Ya hemos aludido a la falta de formatos pequeños. A ello hay que añadir una vida útil algo inferior a la de los NiCad. Mientras que la mayor parte de los fabricantes reivindican, para los acumuladores de Ni-Cad, que proporcionan 500 veces la capacidad nominal, para los acumuladores de plomo deberán contentarse con 200 veces y hasta 1.000 ciclos de carga (con descarga parcial). Destacamos también que las cargas rápidas son tan desaconsejables como complicadas.
Finalmente, si no está interesado por los acumuladores estancos y su carga, puede encontrar una aplicación útil para el cargador aquí descrito, que actuará como una fuente de alimentación de 6 V o de 12 V bastante eficaz o para cargar las baterías de su automóvil.

El circuito... bien protegido

El automatismo para la carga de acumuladores estancos es muy simple: basta vigilar que la tensión de carga no sobrepase los 2,3 V por célula, con lo que se evita toda sobrecarga. A diferencia con las baterías de Ni-Cad, el estado de carga inicial (descarga parcial) carece de importancia en absoluto. Basta, pues, una alimentación estabilizada. Además, la corriente de carga debe limitarse también para evitar una condición de sobrecarga, puesto que pueden tolerarse corrientes de carga iniciales altas. El circuito cargador de baterías de plomo se basa en el indispensable C.I. 723, que cumple con los requisitos de limitación de la corriente y de la tensión de salida precisamente calibrada. Queda el problema que plantea la eventual inversión de polaridad de un acumulador, que no soportaría el circuito durante mucho tiempo. Es, pues, absolutamente necesario incluir un circuito de protección por una parte y una forma de indicación de la corriente de carga y de la polaridad del acumulador por otra parte.
En la figura 1 se muestra el resultado. En oposición al circuito 723 normal mostrado en la figura 2, la versión de la figura 1 utiliza menos conexiones de patillas pero más componentes externos. Estas medidas tenían que tomarse para proteger al C.I. contra las tensiones negativas en el caso de una batería incorrectamente conectada. Evidentemente, cuantas menos patillas haya que conectar tanto más difícil será la protección del C.I. El 723 actúa, ahora, simplemente, como una fuente de tensión de referencia y los transistores T1 ... T5 constituyen el amplificador operacional, la etapa de salida y el limitador de corriente.
El divisor de tensión R1/R2 divide la tensión de referencia de 7,15 V, presente en la patilla 6, hasta 6 V en la patilla 5. Ello permite una tensión de salida de 6,9 V para la versión de 6 V del cargador. La patilla 5 es la entrada no inversora del amplificador operacional que contiene el 723. La tensión de salida se reinyecta hacia la entrada inversora (patilla 4), a través del puente divisor R10/R11.
Entre esta patilla 4 y la de salida (patilla 13) está el clásico condensador (C3) que sirve para evitar la oscilación.
Los diodos D7 y D8 protegen al circuito contra inversiones de polaridad, limitando la tensión negativa a 0,7 V. La etapa de salida Darlington está constituida por T1 ... T3 y proporciona la amplificación de corriente necesaria. La potencia a disipar, resultante de la diferencia de potencial entre la tensión no regulada en bornas del condensador de carga C1 y la tensión (y corriente) de salida, no es excesiva para un transistor del tipo 2N3055 (T3).
La limitación de la corriente de salida se efectúa a través de T4. Tan pronto como la caída de tensión en las «resistencias del sensor de corriente» R4 y R5 alcanza una magnitud aproximada de 0,6 V, T4 se pone a conducir y extrae la corriente de excitación de la base de T1. Ello impide que se eleve todavía más la corriente de salida.
¿Por qué se conecta el transistor T5 en paralelo con T4? En condiciones normales, T5 no conduce puesto que su tensión de base no tiene posibilidad de hacerse más positiva que la existente en el emisor. Esta situación sólo se alterará si se conecta una batería con la polaridad equivocada. D9 estará, ahora, polarizando en sentido directo, y el transistor recibe, a través de R7, una corriente de base suficiente para que se ponga a conducir, cortocircuitando inmediatamente la tensión base-emisor producida por T1 ... T3. Estos últimos transistores serán, pues, incapaces de conducir con lo que habremos conseguido nuestro objetivo: ninguna corriente puede circular ahora a través de esta sección del circuito. Sin esta medida, la batería se «cortocircuitaría» por medio de D5 (o a través de D2 y de D3, si D5 no está incluido). D5 es un diodo para la protección de la patilla 12 del circuito integrado.

2

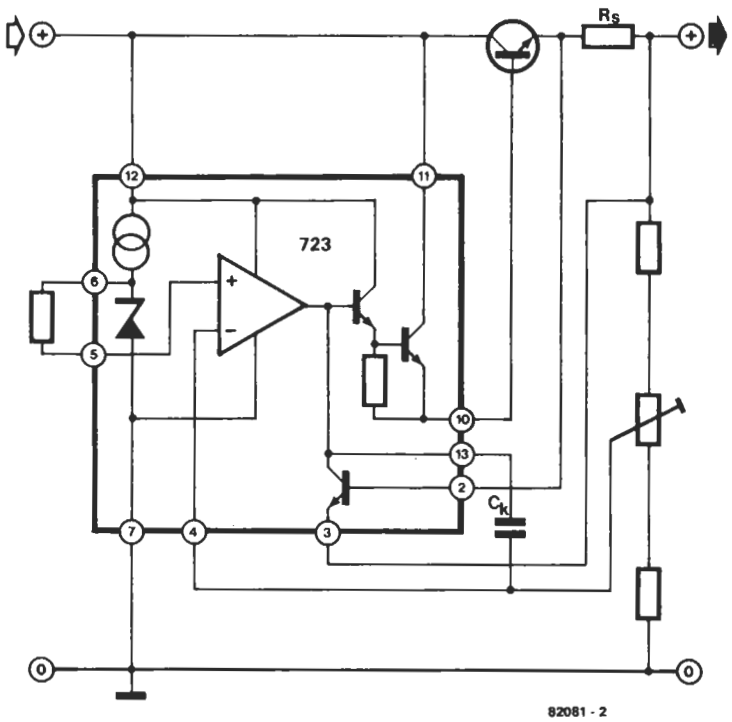
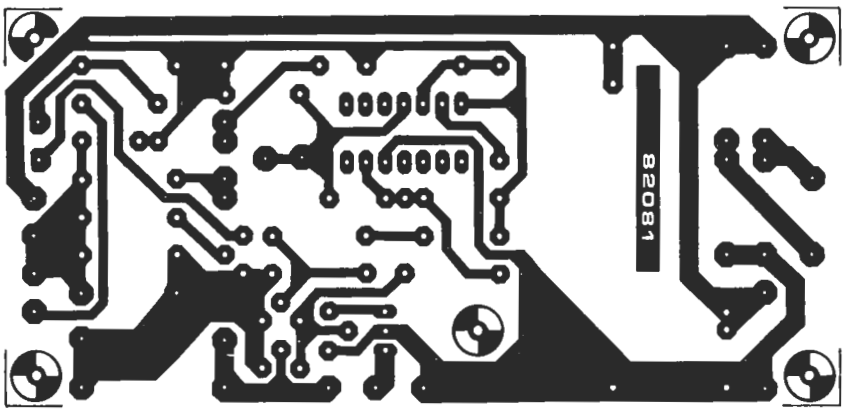


Figura 2. Circuito de alimentación ordinario construido sobre la base del integrado 723.

Nos queda por dilucidar el funcionamiento de la etapa indicadora. El diodo LED D12 está inactivo en condiciones normales y no se enciende más que cuando la pinza de cocodrilo « + » tiene aplicada una tensión negativa, mientras que la pinza «—» recibe un potencial positivo; es decir, cuando se haya invertido la polaridad, lo que se produce si la batería está incorrectamente conectada. D11 está montado en el circuito de colector de T6 y se ilumina, pues, cuando dicho transistor entra en conducción, es decir, cuando la caída de tensión en R8 alcanza el valor de la tensión de umbral base-emisor (0,6 V aproximadamente) de este transistor. 56 ohmios es un valor relativamente elevado para R8 y este umbral se alcanzará, pues, con bastante rapidez. Será suficiente una corriente de salida de 10 mA. Por consiguiente, este diodo LED D11 constituye un indicador de carga notable: se ilumina en el momento en que comienza a circular la corriente de carga nominal. El diodo D6 está conectado en paralelo con R8, con el fin de permitir a la corriente de carga alcanzar un valor superior a 10 mA.
Cuando no circula ninguna corriente de carga, D11 no se ilumina (estando el acumulador cargado o desconectado) ni tampoco cuando hay una inversión de polaridad o un cortocircuito en la salida del cargador.

3



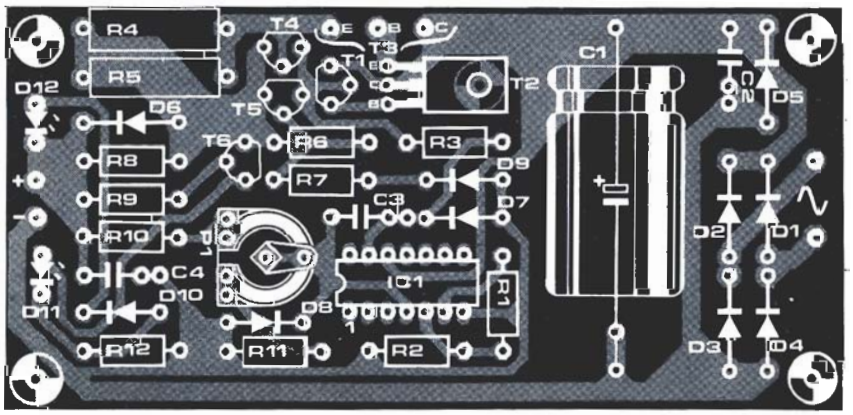


Figura 3. Placa de circuito impreso del cargador. Sólo algunos componentes deben modificarse para la adaptación a las diferentes versiones posibles (tensión de salida de 6 o de 12 V, con una corriente de salida de 1 o de 3 A). La lista de componentes da entre paréntesis los valores de la versión de «12 V», así como los de la versión de «3 A».

Lista de componentes:

Valores entre paréntesis: versión 12 V

Resistencias:
R1 = 680 Ω
R2 = 3k3
R3 = 2k2
R4,R5 = 1 Ω/0.5 W,
for 3 A: 0.33 Ω/1 W
R6 = 22 k
R7 = 4k7 (10 k)
R8 = 56 Ω
R9 = 100 Ω
R10 = puente (6k8)
R11 = 4k7
R12 = 470 Ω (680 Ω)
P1 = 2k5 ajustable

Condensadores:
C1 = 1000 μ/16 V (25 V),
para 3 A: 2200 μ/16 V (25 V)
C2,C4 = 100 n
C3 = 10 n

Semiconductores:
D1 . . . D6 = 1N4001
para 3 A: 1N5041
D7 . . . D10 = 1N4148
D11,D12 = LED
T1,T4,T5 = BC547B
T2 = BD 135, BD 137, BD 139
T3 = 2N3055, for 12 V/3 A:
2 x 2N3055
T6 = BC557B
IC1 = 723

Varios:
Tr1 = Transformador de red para:
6 V/1 A: 10 V/1.5 A sec.
12 V/1 A: 18 V/1.5 A sec.
6 V/3 A: 10 V/5 A sec.
12 V/3 A: 18 V/5 A sec.
S1 = interruptor de red
F1 = fusible lento de 500 mA

Las versiones de 1 amperio

El circuito puede construirse para 6 V o para 12 V. Los valores de los componentes para la versión de 12 V se indican entre paréntesis en el esquema del circuito y en la lista de componentes. Aparte del transformador y del condensador electrolítico, sólo han de modificarse tres resistencias (R7, R10 y R12), si se escoge la versión de 12 voltios.
Para preparar la carga de acumuladores de 6 V, es preciso ajustar la tensión de salida del cargador a 6,9 V (±0,1 V), con la ayuda de P1 y sin carga, por supuesto. En el caso de baterías de 12 V, la tensión de reposo del cargador debe ajustarse a 13,8 (±0,1), El transistor T3 requiere un enfriamiento proporcional a la corriente. Sin embargo, en las aplicaciones de 1 A el disipador de calor puede ser relativamente pequeño, o incluso puede omitirse si el transistor está montado en la parte posterior de una caja metálica.

Las versiones de 3 amperios

Lo anteriormente expuesto también se aplica a los circuitos de 6 V/3 A y de 12 V/3 A. Para poder suministrar una corriente de salida de esta intensidad, hay que adaptar el transformador, el condensador de carga C2, los diodos D1 ... D6 y R4/R5. Los valores requeridos para estos componentes se indican en la lista correspondiente. En los circuitos con corriente de salida de 3 A, el enfriamiento del transistor T3 es más crítico. Para una tensión de salida de 6 V, un disipador de 2°C por vatio garantizará suficiente disipación de calor, incluso si un eventual cortocircuito tiene una duración bastante larga. A la tensión de 12 V, los transistores tienen que disipar una cantidad de energía considerable. En el caso de un cortocircuito, T3 ha de disipar unos 50 vatios. Si el cortocircuito no dura más que algunos minutos, la resistencia térmica del radiador podrá ser de 1,5°C/W. Si el circuito ha de estar a prueba de cortocircuitos de mayor duración, es recomendable distribuir la potencia de salida entre dos transistores, como se indica en la figura 3.

La carga de los acumuladores

La versión de 3 A es especialmente adecuada para la carga de baterías de coches. Unos 36 amperios-hora pueden cargarse durante la noche. Con el empleo de las tensiones de salida indicadas de 6,9 V o de 13,8 V, las baterías del automóvil se pueden recargar al 75% de su capacidad nominal, lo que debe ser suficiente para volver a poner en servicio una batería agotada. Asimismo, la batería puede conectarse durante un tiempo ilimitado a estos nivieles de tensión. Los lectores que pretendan utilizar el cargador para esta finalidad solamente, deben ajustar la tensión de salida a un valor más alto con miras a una mayor seguridad. A razón de 2,4 V por célula, el acumulador podrá recargarse hasta el 80% de su valor nominal, mientras que con 2,65 V por célula, se puede esperar una recarga al 100%. Una vez que la batería esté completamente cargada, con los valores indicados, puede quedar conectada sin límite de duración y sin riesgo. Pero, por el contrario, si se trata de una carga integral, ya no puede pensarse en una duración ilimitada y cuando se someta una batería a una carga nocturna bajo la tensión de 8 a 16 V, según la tensión nominal, no habrá que olvidar desconectarla a la mañana siguiente. Los componentes R4 y R5 pueden sustituirse por una sola resistencia, de un valor de 0,47 ohmios por ejemplo, pero con una potencia de disipación dos veces más elevada: 1 W (para 1 A). El color de los diodos LED no tiene ninguna importancia para el funcionamiento del circuito. En nuestro prototipo, hemos utilizado un LED rojo para D12 y un LED verde para D11.

4

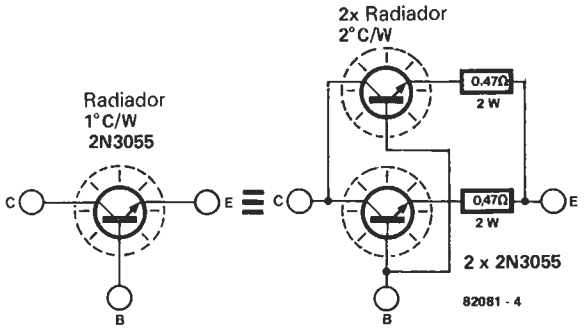


Figura 4. En algunos casos, es necesario sustituir T3 por dos transistores. Otra solución es montar T3, sin arandela de mica, sobre un disipador de calor que tenga una resistencia térmica de menos de 1°C/W y aplicar entre ambos pasta termoconductora.

5

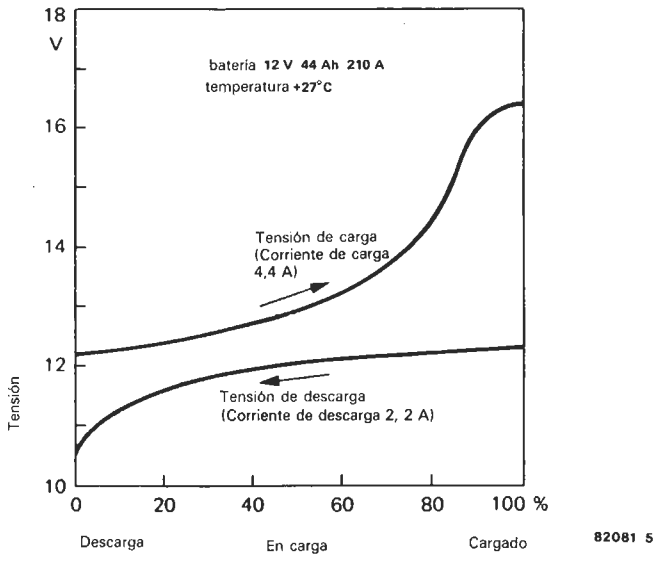
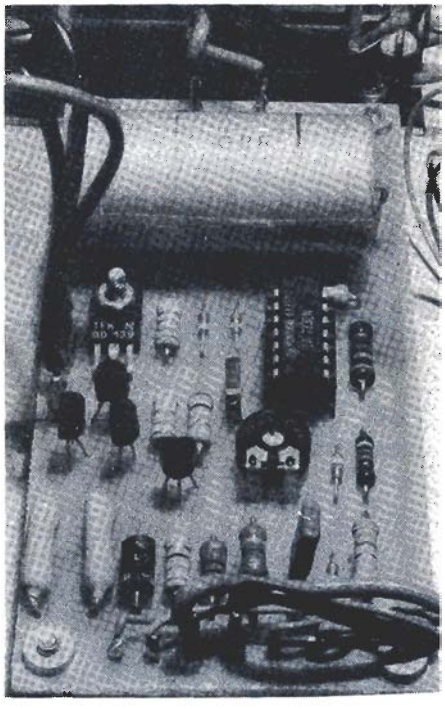



Figura 5. Curva de variación de la tensión nominal suministrada a (o entregada por) una batería de 12 V. La tensión de salida debe ajustarse a unos 16 V para lograr la carga completa de una batería de automóvil.