



Mikroprozessor-Schnell-Ladeschaltung für 1,5V-Alkali-Mangan-Akkus

Wiederaufladbare 1,5V-Alkali-Mangan-Akkus sind in vielen Anwendungen eine echte Alternative zu Einwegbatterien, erfordern jedoch eine spezielle Ladetechnologie. Die hier vorgestellte Ladeschaltung ermöglicht nun mikroprozessorgesteuert die Schnellladung dieser am Markt relativ neuen Akkus.

Allgemeines

Wiederaufladbare Akkusysteme vermindern Batteriemüll und sparen bares Geld. Dies gilt nicht nur in Hochstromanwendungen wie im Modellbau und bei Elektrowerkzeugen. Mit den noch relativ jungen 1,5V-Alkali-Mangan-Akkus heißt nun auch bei Anwendungen mit geringem Stromverbrauch, wie Fernbedienungen, Uhren, Taschenrechnern, Funk-Thermometern usw. „aufladen statt wegwerfen“ die Devise. Damit hat der Akku Einzug in Anwendungen gehalten, die bis vor wenigen Jahren noch ausschließlich der Primärbatterie vorbehalten waren.

Eine besondere Technologie ermöglicht die Aufladbarkeit von speziellen Alkali-Mangan-Akkus, die nicht mit Alkali-Mangan-Primärzellen verwechselt werden dür-

fen. Diese können allenfalls unter günstigen Umständen mit entsprechenden Ladegeräten aufgefrischt werden. Besonders eine Schnellladung ist bei Primärbatterien gefährlich und nicht zulässig.

Zu den zahlreichen Vorteilen des Alkali-Mangan-Akkusystems zählt vor allem die geringe Selbstentladung von ca. 0,2 % im Monat (100 bis 150mal weniger als bei NC-, NiMH-Akkus) und die den herkömmlichen Batterien entsprechende Zellenspannung von 1,5 V.

Da das Entladeverhalten im wesentlichen der alkalinen Primärbatterie gleicht, ist in fast jedem Fall ein Austausch gegen diese möglich. Alkali-Mangan-Akkus werden von unterschiedlichen Herstellern, wie Accucell, Big oder Rayovac angeboten und kombinieren die Leistungsfähigkeit einer alkalischen Batterie mit der Wirtschaftlichkeit eines aufladbaren Systems.

In Deutschland sind die Accucell-Batterien am weitesten verbreitet, so daß wir

Technische Daten: Alkali-Mangan-Ladeschaltung

- mikroprozessorgesteuertes Ladeverfahren
 - stromlose Spannungserfassung am Akku
 - LED-Anzeige für Laden und Voll
 - max. Ladestrom bis 3 A
 - Ladespannung wahlweise getrennt oder aus der Versorgungsspannung zuführbar
 - Parallelladen von mehreren Alkali-Mangan-Akkus möglich
- Betriebsspannung: 8 V - 16 V DC
Stromaufnahme
der Schaltung: < 30 mA
Abmessungen: 82 x 61 mm

unsere Schnell-Ladeschaltung besonders auf diesen Akkutyp angepaßt haben.

Durch den äußerst geringen Selbstentladungseffekt kommen die Akkus von Accu-cell voll geladen in den Handel und sind somit nach dem Kauf ohne vorheriges Laden voll einsatzbereit. Diese bis zu mehreren 100mal wieder aufladbaren Akkus haben keinen Memory-Effekt und sind somit im Gegensatz zu NC-Akkus jederzeit nachladbar. Ständiges Nachladen erhöht bei diesem Akkutyp sogar die Lebensdauer, und das Entladen vor dem Laden entfällt grundsätzlich.

Accu-cell-Batterien sind in den Größen Micro, Mignon, Baby und Mono lieferbar. Wie bereits erwähnt ist zum Laden eine spezielle Technologie erforderlich.

Ladegeräte für NC- und NiMH-Akkus sind nicht zum Laden von Alkali-Mangan-Akkus geeignet und können zur Beschädigung des Akkus und des Ladegerätes führen. Umgekehrt kann die hier vorgestellte Schnelladeschaltung keine NC- und NiMH-Akkus laden, da besonders die Ladeerkennung nach völlig unterschiedlichen Kriterien erfolgt. Überladung und letztendlich die Zerstörung des Akkus wären unweigerlich die Folge.

Neben Geräten mit geringem Stromverbrauch, wo es auf eine möglichst geringe Selbstentladung ankommt, sind wiederaufladbare Alkali-Mangan-Zellen aufgrund der 1,5V-Zellenspannung prädestiniert für den Einsatz in Anwendungen, die mit 1,2V-Akkus nicht oder nicht zufriedenstellend funktionieren.

Häufig sind NC- und NiMH-Akkus in Geräte, die für 1,5V-Zellenspannung konzipiert sind, nur zu einem Bruchteil entladen, wenn Warnanzeigen ansprechen oder eine automatische Zwangsabschaltung des Gerätes erfolgt. Mit Alkali-Mangan-Akkus kommt die Warnung vor dem Batterieende wie bisher gewohnt, da das Entladeverhalten der alkalinen Primärbatterie gleicht.

Ein weiterer Vorteil ist die wesentlich bessere Umweltverträglichkeit von Alkali-Mangan-Zellen, da diese nicht das gefährliche Umweltgift Cadmium enthalten.

Bei richtiger Behandlung sind mehrere 100 Ladezyklen möglich - das spart Umweltressourcen und Geld. Grundsätzlich gilt bei Alkali-Mangan-Akkus: je eher nachgeladen wird, desto länger ist die Lebensdauer. Schädlich ist eine Lagerung im entladenen Zustand und Tiefentladung führt ebenfalls zur Verkürzung der Lebensdauer.

Im Vergleich zu NC- und NiMH-Akkus sind die Nennkapazitäten hoch (Micro 500 mA/h, Mignon 1000 mA/h, Baby 3000 mA/h und Mono 6000 mA/h). Der Betriebstemperaturbereich erstreckt sich von 0 °C bis + 60 °C.

Natürlich sollen die Nachteile dieses Akkusystems auch nicht verschwiegen werden. So haben Alkali-Mangan-Akkus einen relativ hohen Innenwiderstand und sind nicht hochstromfähig. Der Einsatz in Elektrowerkzeugen und in vielen Anwendungen im Modellbaubereich scheidet daher aus. Der Dauerbetriebsstrom einer Mignonzelle sollte 500 mA nicht übersteigen. Ein weiterer Nachteil ist der vergleichsweise hohe Preis.

Doch in vielen Anwendungen, insbesondere mit geringem Stromverbrauch, überwiegen die Vorteile dieses Systems. Mit Alkali-Mangan-Akkus sind selten benötigte Geräte selbst nach Jahren noch voll einsatzbereit, da die Akkus nicht durch Selbstentladung entladen sind.

Erfolgt keine kontinuierliche Entladung des Akkus, sondern mit größeren Ruhepausen, sind bis zu 180 % der Nennkapazität zu entnehmen.

Die Anzahl der möglichen Ladezyklen ist noch geringer als bei den völlig ausgereiften NC- und NiMH-Akkus. Hier sind sicherlich in Zukunft noch Steigerungen zu erwarten.

Ladeverfahren

Alkali-Mangan-Akkus zeigen ein völlig anderes Ladeverhalten als NC- und NiMH-Akkus, so daß auch ein völlig unterschiedliche Ladeverfahren erforderlich sind. Da die Ladung mit Konstantspannung erfolgt, erinnert das erforderliche Ladeverfahren vielmehr an die Ladung von Bleiakku-

latoren. Um irreversible Reaktionen zu vermeiden, sollte die Ladung nicht kontinuierlich, sondern mit kurzen Unterbrechungen (Impulsladung) oder mit einem pulsierenden Gleichstrom (z. B. 50 Hz Wechselstrom nach der Gleichrichtung) erfolgen. Während das langsame Aufladen in 16 h bis 24 h bereits mit einfachsten Mitteln möglich ist, erfordert die Schnellladung den Einsatz einer intelligenten mikroprozessorgesteuerten Ladeschaltung.

Aufgrund des relativ hohen Innenwiderstandes dürfen Alkali-Mangan-Akkus direkt parallel geschaltet werden, ohne daß dabei hohe Ausgleichströme fließen. Selbst das Zusammenschalten eines vollständig entladenen und eines nur teilweise entladenen Akkus ist problemlos möglich. Dies gilt auch für den Ladevorgang.

Die Ladung von mehreren in Reihe geschalteten Akkus ist wesentlich problematischer und ohne im Akkupack eingebaute Schutzmaßnahmen nicht möglich. Zur Verhinderung einer Überladung ist die Begrenzung der einzelnen Zellenspannungen auf 1,65 V - 1,75 V erforderlich.

Als ideale Ladeschlußspannung gilt 1,73 V, die nur bei intelligenter Ladeüberwachung überschritten werden darf. Aufgrund von Exemplarstreuungen ist die Überwachung der Gesamtspannung beim Laden von Akkupacks nicht ausreichend. Beim Ladevorgang stehen Spannung und Strom im direkten Zusammenhang zur eingeladenen Kapazität, wo bei Erreichen der zulässigen (d. h. extern begrenzten) Maximalspannung von 1,73 V die Stromaufnahme kontinuierlich abnimmt.

Abbildung 1 zeigt dazu den typischen Strom- und Spannungsverlauf während des Ladevorganges an einer Zelle.

Wie Abbildung 2 zeigt, ist eine einfache Ladeschaltung, die den Alkali-Mangan-Akku in 18 h bis 24 h lädt, bereits mit sehr geringem Schaltungsaufwand realisierbar.

Die vom Netztrafo kommende Wechselspannung wird über R 1 auf einen Brückengleichrichter gegeben und an dessen Ausgang mit einer Z-Diode auf 5,1 V begrenzt. Dadurch erhalten wir eine pulsierende Gleichspannung mit trapezförmigem Verlauf, die über den Strombegrenzungswiderstand R 2 direkt zum Laden der Zelle dient. Die Spannungsbegrenzung auf ca. 1,7 V erfolgt mit Hilfe der beiden parallel geschalteten roten Leuchtdioden, die jedoch auf eine Flußspannung von ca. 1,7 V selektiert sein müssen. Die wesentlichen Nachteile dieser Schaltung sind die langen Ladezeiten von ca. 24 h und daß selektierte Leuchtdioden erforderlich sind.

Kürzere Ladezeiten und somit eine bessere Lösung sind nur mit einer intelligenten Ladeüberwachung, wie z. B. mit unserer Mikroprozessorklösung zu realisieren.

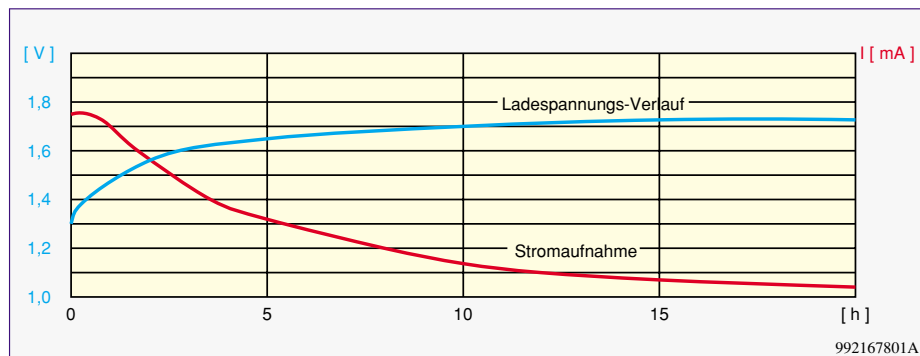


Bild 1: Typische Strom- und Spannungsverlauf während des Ladevorganges

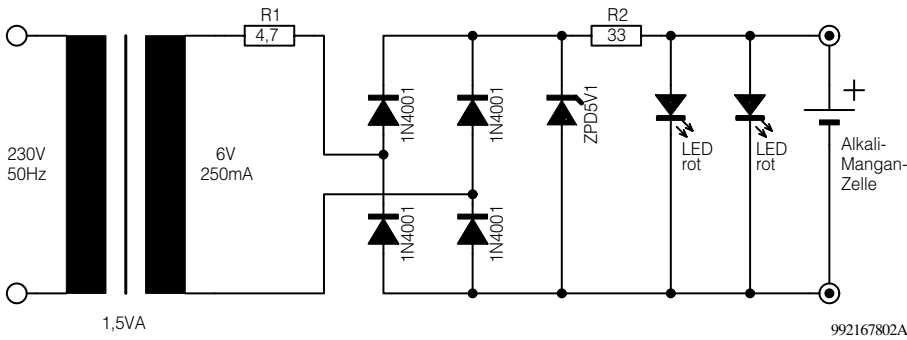


Bild 2: Einfache Ladeschaltung für Alkali-Mangan-Akku

Schaltung der Mikroprozessor-Alkali-Mangan-Schnell-Ladeschaltung

Die Gesamtschaltung unserer Schnell-Ladeschaltung ist in Abbildung 3 dargestellt. Durch eine intelligente Spannungsüberwachung werden angeschlossene Akkus sicher vor Überladung geschützt. Zwei Leuchtdioden zeigen dabei ständig den aktuellen Status des angeschlossenen Akkus an, wobei die rote Leuchtdiode solange aktiv ist, wie Ladestrom in den Akku einfließt.

Das Spannungsverhalten am Akku wird ca. alle 5 Sekunden überprüft, wobei nach einer kurzen Pause die grüne LED kurz aufblinkt. Sobald der Mikrocontroller einen vollgeladenen Akku erkennt, beginnt die grüne LED zu blinken. Da während der Schnellladephase nicht 100 % der max. speicherbaren Energie aufgenommen werden können, führt der Prozessor im Anschluß bei geringem Ladestrom noch eine Sättigungsladung durch. Unter diesen Betriebsbedingungen darf der Akku auch stän-

dig am Ladegerät angeschlossen bleiben. Der Akku steht nun zur Verwendung bereit oder kann gelagert werden, da eine Erhaltungsladung auf Grund der geringen Selbstentladung nicht erforderlich ist.

Links oben im Schaltbild ist ein mit R 1 bis R 6 aufgebaute Spannungsteiler zu sehen, dessen Abgriffe mit dem vom Prozessor gesteuerten CMOS-Analog-Multiplexer IC 1 verbunden sind. Am Spannungsteilerabgriff R 3, R 4 ist mit Hilfe des Spindeltrimmers R 1 eine Referenzspannung von genau 1,73 V einzustellen.

Der Multiplexer wird von Port 20 und Port 21 des Mikrocontrollers gesteuert, wobei gleichzeitig die Status-LEDs D 1 und D 2 angeschlossen sind.

Die Ausgänge des Multiplexers dienen zum Steuern der beiden in IC 2 integrierten Operationsverstärkern, wobei der Ausgang IC 2 A (Pin 1) eine Rückmeldung über den Akkuzustand an den Prozessor (P 00) gibt.

IC 2 B steuert über den Spannungsteiler R 13, R 14 den Treibertransistor T 1 und dieser wiederum die mit T 2 aufgebaute Ladeendstufe.

Die Ladeendstufe kann wahlweise über

ST 3 und ST 4 mit einer separaten Spannung von 3 V bis 5 V Gleichspannung versorgt werden oder erhält über R 18 die unstabilisierte Betriebsspannung der Schaltung.

Die zusätzliche Versorgung bietet den Vorteil, daß wesentlich höhere Ladeströme (ca. 2 A bei Mono-, 1 A je Mignon-Zelle) möglich sind, während bei der Versorgung über R 18 eine Gesamt-Strombegrenzung auf ca. 400 mA erfolgt. Weiterhin ist zu bedenken, daß an R 18 bis zu 4 W in Wärme umgesetzt werden.

Bei getrennter Ladenspannungsversorgung ist R 18 nicht zu bestücken.

Die Spannungsversorgung der Schaltung erfolgt an ST 1 und ST 2 mit einer unstabilisierten Gleichspannung von 8 V bis 16 V, dessen Strombelastbarkeit von der Ladestromversorgung der Endstufe abhängig ist. Während bei einer Versorgung über R 18 das Netzteil ca. 500 mA liefern muß, reichen bei zusätzlicher Ladestromversorgung (an ST 3, ST 4) bereits 30 mA Strombelastbarkeit aus. Zur Versorgung der gesamten Schaltung ist auch ein 12V/500mA-Steckernetzteil geeignet.

Nach der ersten Pufferung mit C 35 gelangt die unstabilisierte Betriebsspannung auf Pin 1 des Spannungsreglers IC 3. An dessen Ausgang stehen dann stabilisiert 5 V zur Versorgung der elektronischen Komponenten zur Verfügung.

Der im Mikrocontroller integrierte Oszillator ist an Pin 6 und Pin 7 extern zugänglich und lediglich mit einem 455kHz-Keramikresonator sowie den beiden Keramik-Kondensatoren C 32 und C 33 beschaltet.

Wie bereits erwähnt, dürfen Alkali-Man

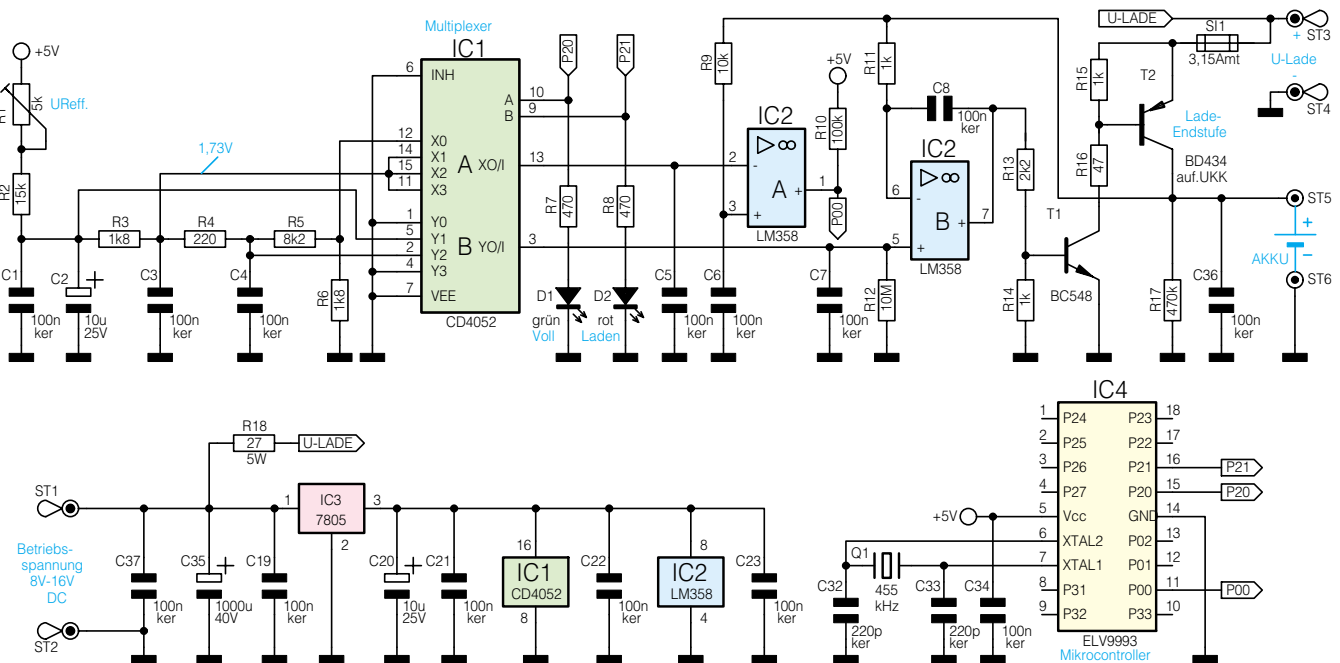


Bild 3: Schaltbild der Schnell-Ladeschaltung

992167803A

gan-Akkus für den Ladevorgang direkt parallel geschaltet werden. Die Anzahl der max. parallel zu ladenden Akkus ist bei unserer Mikroprozessor-Schnell-Ladeschaltung abhängig von der Ladestromversorgung, wobei die Endstufe bei Versorgung über ST 3 und ST 4 max. 6 Mikro, 3 Mignon- und jeweils eine Baby- bzw. Mono-Zelle gleichzeitig laden kann.

Bei Versorgung über R 18 besteht keine Begrenzung in der Anzahl der parallel zu ladenden Akkus, da R 18 automatisch für eine Strombegrenzung sorgt. Hier wird sich dann jedoch die Ladezeit entsprechend erhöhen.

Die Ladezeiten sind abhängig vom Zustand und Restenergieinhalt des Akkus. Eine bis zur Entladeschlussspannung von 1 V entladene Mignon-Zelle ist mit unserer Schnell-Ladeschaltung in ca. 4 h ladbar.

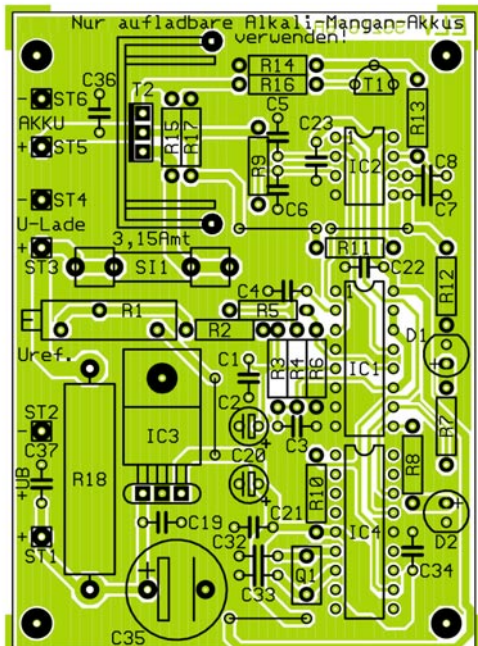
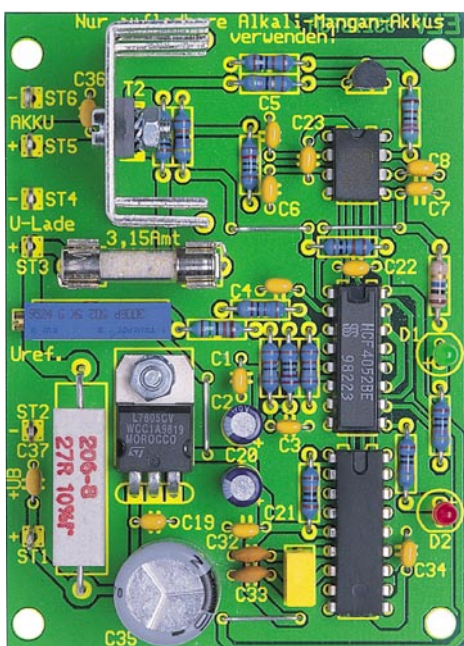
Nachbau

Der praktische Aufbau dieser interessanten Ladeschaltung ist einfach, da ausschließlich konventionelle, bedrahtete Bauelemente zum Einsatz kommen.

Anhand der Stückliste und des Bestückungsplanes werden die Bauteile nacheinander auf die Leiterplatte gesetzt und festgelötet. Wir beginnen mit 4 Brücken aus versilbertem Schmelzdraht, die vor dem Einsetzen auf Rastermaß zu biegen sind. Nach dem Festlöten sind, wie auch bei allen nachfolgend zu bestückenden Bauteilen, die überstehenden Drahtenden direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden.

Nun werden 6 Lötstifte mit Öse stramm in die zugehörige Leiterplattenbohrungen gepreßt und mit ausreichend Lötzinn festgesetzt.

Danach sind die Anschlußbeinchen der



Ansicht der fertig bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan

Stückliste: Ladeschaltung für wiederaufladbare 1,5V-Alkali-Mangan-Zellen

Widerstände:

27Ω/5W	R18
47Ω	R16
220Ω	R4
470Ω	R7, R8
1kΩ	R11, R14, R15
1,8kΩ	R3, R6
2,2kΩ	R13
8,2kΩ	R5
10kΩ	R9
15kΩ	R2
100kΩ	R10
470kΩ	R17
10MΩ	R12
Spindeltrimmer, 5kΩ	R1

Kondensatoren:

220pF/ker	C32, C33
100nF/ker	C1, C3-C8, C19, C21-C23, C34, C36, C37
10µF/25V	C2, C20
1000µF/40V	C35

Halbleiter:

CD4052	IC1
LM358	IC2
7805	IC3
ELV9993	IC4
BC548	T1
BD434	T2
LED, 3mm, grün	D1
LED, 3mm, rot	D2

Sonstiges:

- Keramikschwinger, 455 kHz
- Lötstifte mit Lötöse
- Sicherung, 3,15 A, mittelträge
- 1 Platinensicherungshalter (2 Hälften)
- 1 Kühlkörper, FK216
- 1 Zylinderkopfschraube, M3 x 6 mm
- 1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm
- 2 Muttern, M3
- 2 Fächerscheiben, M3
- 12 cm Schmelzdraht, blank, versilbert

1%igen Metallfilmwiderstände auf Rastermaß abzuwinkeln und in der gleichen Weise wie die Drahtbrücken zu verarbeiten.

Es folgen die Keramik Kondensatoren, die mit beliebiger Polarität einzubauen sind.

Bei den Elektrolyt-Kondensatoren handelt es sich um gepolte Bauelemente, die auch dementsprechend zu bestücken sind. Üblicherweise sind Elkos am Minuspol gekennzeichnet.

Als dann folgt der Spindeltrimmer R 1, der beim Lötvorgang nicht zu heiß werden darf.

Der 5V-Spannungsregler IC 3 ist vor dem Anlöten der Anschlußbeinchen mit einer Schraube M3 x 6 mm und zugehöriger

ger Mutter und Zahnscheibe liegend auf die Leiterplatte zu montieren.

Die integrierten Schaltkreise sind so einzulöten, daß jeweils die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt.

Nun sind der Keramikresonator Q 1 und der Kleinsignaltransistor T 1 an der Reihe.

Danach wird der Leistungstransistor der Ladeendstufe mit einer Schraube M3 x 8 mm, Mutter und Zahnscheibe von innen in den zugehörigen Finger-U-Kühlkörper geschraubt. Der Transistor ist dann zusammen mit dem Kühlkörper auf die Leiterplatte zu löten.

Der Hochlastwiderstand R 18 ist nur dann einzulöten, wenn die Versorgung der Ladeendstufe mit der an ST 1 zugeführten Betriebsspannung erfolgen soll. Der Widerstand wird im Abstand von 1 cm bis 1,5 cm Abstand von der Leiterplatte eingebaut und darf keine anderen Bauteile berühren.

Als letzte Bauelemente bleiben nur noch die beiden Leuchtdioden D 1 (grün) und D 2 (rot) zu verarbeiten. Die Lage und Einbauhöhe ist abhängig vom verwendeten Gehäuse und somit von den individuellen Gegebenheiten. Im Bedarfsfall besteht auch die Möglichkeit, die Anschlußbeinchen mit einadrig isolierten Leitungsabschnitten zu verlängern. Nach Anschluß der Versorgungs- und Ladespannung sowie den Einbau in ein geeignetes Kunststoffgehäuse ist das Schnell-Ladegerät für die modernen Alkali-Mangan-Akkus fertiggestellt.

Ein Kostenvergleich mit Primär-Batterien wird zeigen, daß sich die Ladeschaltung und die Anschaffung von Alkali-Mangan-Akkus schnell amortisieren. **ELV**