



# Mikroprozessor-4fach-Schnell-Ladegerät AML 4 für 1,5V-Alkali-Mangan-Akkus

**Überzeugende Argumente, wie eine geringe Selbstentladung, hohe Umweltverträglichkeit und eine Zellenspannung von 1,5 V sprechen für den Einsatz von wiederaufladbaren Alkali-Mangan-Zellen. Wir stellen nun das passende Mikroprozessor-Schnell-Ladegerät vor.**

## Allgemeines

Nach unterschiedlichen Aussagen haben wiederaufladbare Alkali-Mangan-Zellen in Amerika bereits nach kurzer Zeit mehr als die Hälfte des Marktes erobert. Angesichts der Vorteile, wie 1,5 V Zellenspannung und eine sehr geringe Selbstentladung von 0,2 % im Monat, dürften auch bei uns die nach der RAM-(Rechargeable Alkaline-Manganese) Technologie hergestellten Zellen rasch eine weite Verbreitung finden.

Obwohl das Entladeverhalten der alkalischen Primärbatterie gleicht, dürfen Alkali-Mangan-Akkus nicht mit dieser verwechselt werden. Alkali-Mangan-Primärbatte-

rien sind nicht ladbar und selbst das „Auffrischen“ ist auch mit dem hier vorgestellten Ladegerät nicht zulässig.

Aufgrund der technischen Daten sind wiederaufladbare Alkali-Mangan-Zellen auch für Anwendungen geeignet, die bis vor wenigen Jahren noch ausschließlich der Primär-Batterie vorbehalten waren.

Wenn man bedenkt, daß allein in Deutschland jährlich ca. 900 Millionen Einwegbatterien gekauft und verbraucht werden, sprechen auch ökologische Gründe für den Einsatz dieser nahezu schadstofffreien (0 % Quecksilber, 0 % Cadmium) Energiespeicher, da dadurch in erheblichem Maße Abfälle, Energie- und Ressourcenverbrauch vermieden werden.

Für die wiederaufladbaren Alkali-Man-

gan-Zellen von AccuCell und Big wurde bereits das Umweltzeichen „Blauer Engel“ vergeben.

Durch den äußerst geringen Selbstentladungseffekt kommen die Akkus vollgeladen in den Handel und sind somit nach dem Kauf ohne vorheriges Laden voll einsatzbereit. Im Gegensatz zu NC-Akkus haben Alkali-Mangan-Akkus keinen Memory-Effekt. Bei diesem Akkutyp erhöht ständiges Nachladen sogar die Lebensdauer der bis zu mehreren 100 Mal aufladbaren Zellen.

Lieferbar sind „RAM-Zellen“ in den gängigen Bauformen Micro, Mignon, Baby und Mono, wobei zum Laden jedoch unbedingt eine spezielle Ladetechnologie erforderlich ist.

### Technische Daten: AML 4

- 4 voneinander unabhängige Ladeschächte für Alkali-Mangan-Rundzellen
- ladbare Alkali-Mangan-Akkutypen: Mono, Baby, Mignon, Micro
- Mikroprozessorgesteuerte Ladung
- Ladespannungs-Begrenzung
- Stromlose Akku-Spannungsüberwachung
- Überladungsschutz
- Ladezeit: ca. 4 h (abhängig vom Zustand und Alter der Akkus)
- Statusanzeigen: 4 LEDs (grün) laden  
1 LED (rot) Betrieb
- Betriebsspannung: 230 V~/50 Hz
- Abmessungen (L x B x H): 230 x 115 x 66 mm

**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 das hier vorgestellte Ladegerät 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.**

Bevorzugte Einsatzgebiete für diese relativ neuen Zellen sind Anwendungen, die üblicherweise mit Einwegbatterien betrieben werden. Viele Geräte, die für Einwegbatterien konzipiert sind, funktionieren mit NC- und NiMH-Akkus nicht zufriedenstellend, da die Akkus nur zu einem Bruchteil entladen werden, wenn Warnanzeigen ansprechen oder eine automatische Zwangsabschaltung des Gerätes erfolgt.

Mit Alkali-Mangan-Akkus kommt die Warnanzeige vor dem Batterieende wie bisher gewohnt, da das Entladeverhalten von „RAM“-Zellen der alkalischen Primärbatterie gleicht.

Nur sporadisch benötigte, mit Alkali-Mangan-Akkus bestückte Geräte sind selbst nach Jahren noch voll einsatzbereit, da die Akkus nicht durch Selbstentladung verbraucht sind.

Diese neuen Zellen sind jedoch nicht für Hochstromanwendungen, wie etwa im Modellbaubereich geeignet. Ein weiterer Nachteil ist der im Vergleich zu NC-Akkus höhere Preis.

Während eine ständige Nachladung Vorteile bringt, führt eine Lagerung im tiefentladenen Zustand zur erheblichen Verkürzung der Lebensdauer.

Bei einer Entladung mit größeren Ruhepausen sind bei diesem Akkutyp sogar bis zu 180 % der Nennkapazität entnehmbar.

### Ladeverfahren

Alkali-Mangan-Akkus zeigen ein völlig anderes Ladeverhalten als NC- und NiMH-Akkus, so daß auch ein völlig unterschiedliches Ladeverfahren erforderlich ist. Da die Ladung mit Konstantspannung erfolgt,

erinnert das erforderliche Ladeverfahren vielmehr an die Ladung von Bleiakkumulatoren. Um irreversible Reaktionen innerhalb der Zelle zu vermeiden, sollte die Ladung nicht kontinuierlich, sondern mit kurzen Unterbrechungen (Impulsladung) oder mit einem pulsierenden Gleichstrom (z. B. 50Hz-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.

Beim Ladevorgang ist die Ladeendspannung von 1,73 V im stromlosen Zustand ein wichtiges Kriterium. Sobald diese Spannung im Leerlauf überschritten wird, muß der Ladevorgang unterbrochen werden, da es sonst zur Beschädigung oder sogar zum Auslaufen der Zelle kommen kann. Unterschreitet die Zellenspannung im Leerlauf 1,69 Volt, so ist der Ladevorgang wieder neu zu starten.

Die erforderliche Ladezeit ist wesentlich vom Zustand und Alter des Akkus abhängig. Generell kann gesagt werden, je länger die Akkus im Ladegerät verbleiben, desto besser. Eine Überladung der Alkali-Mangan-Akkus ist mit dem AML 4 grundsätzlich nicht möglich.

Da die komplette Ladesteuerung für die 4 Akkus vollkommen automatisch abläuft, ist im Grunde genommen keine Bedienung erforderlich. Nach Einstecken des Netzsteckers in eine frei zugängliche Netzsteckdose ist das Ladegerät einsatzbereit. Jeder Ladeschacht wird vom Mikrocontroller getrennt überwacht. Sobald ein Akku im Ladeschacht eingesetzt wird, erkennt dies der Mikrocontroller und startet für den betreffenden Ladekanal den Ladevorgang.

Solange Strom in den Akku hineinfließt, leuchtet die betreffende Kontroll-LED, und im 3-Sekunden-Zyklus erfolgt eine stromlose Phase zur Spannungsüberprüfung. Mit fortschreitendem Ladevorgang werden die Ladephasen kürzer und die stromlosen Phasen entsprechend länger. Der Akku gilt als voll geladen, wenn die betreffende Kontroll-LED ca. 3 Minuten nicht mehr

aufleuchtet. Wie bereits erwähnt, kann mit dem AML 4 keine Überladung erfolgen, so daß die Akkus unbegrenzt im angeschlossenen Ladegerät verbleiben dürfen. Eine Lagerung im angeschlossenen Ladegerät erhöht sogar die Lebensdauer der Zellen.

### Schaltung

Das in Abbildung 1 dargestellte Hauptschaltbild des Mikrocontroller-Alkali-Mangan-Ladegerätes besteht im wesentlichen aus einem Mikrocontroller mit zugehöriger Peripherie, einer Referenzspannungserzeugung und vier identisch aufgebauten Ladeschaltungen für die vier voneinander unabhängigen Ladeschächte. Da die Ladeschaltungen sich lediglich in der Bauteilenummerierung unterscheiden, betrachten wir für die detaillierte Beschreibung nur die mit IC 1, IC 2 A und IC 5 A aufgebaute Teilschaltung.

Rechts oben im Schaltbild ist eine mit R 33 bis R 38 aufgebaute Spannungsteilerkette zu sehen, die insgesamt vier unterschiedliche Referenzspannungen liefert. Diese Spannungen werden für die maximale Ladespannung, die Ladeerkennung und die Akku-Detektierung (Akku im Ladeschacht eingesetzt oder nicht) benötigt.

Sämtliche Spannungsteilerabgriffe sind mit dem vom Prozessor gesteuerten CMOS-Analog-Multiplexer IC 1 verbunden.

Der oben links im Schaltbild eingezeichnete Prozessor (IC 9) steuert über Port 20 bis Port 27 jeweils über die Analog-Multiplexer IC 1, IC 3, IC 4 und IC 6 die vier voneinander unabhängigen Ladekanäle.

Der Single-Chip-Mikrocontroller des Typs ELV 9993 kommt mit einer sehr geringen externen Beschaltung aus. Lediglich der integrierte Taktoszillator des Controllers ist an Pin 6 und Pin 7 mit dem 455kHz-Keramikresonator Q 1 und den beiden Keramik Kondensatoren C 32 und C 33 beschaltet.

Der Ausgang des Multiplexers IC 1 A (Pin 13) ist direkt mit dem invertierenden Eingang des Komparators IC 2 A verbunden, während am nicht-invertierenden Eingang über R 2 die Akkuspannung anliegt.

Sobald die Akkuspannung die jeweils selektierte Referenzspannung überschreitet, wechselt der Pegel am Ausgang des Komparators von „Low“ nach „High“. Am entsprechenden Port-Eingang des Prozessors (P00, Pin 11) wird nun zu bestimmten Zeiten der Logik-Pegel am Komparatorausgang abgefragt. Die Rückmeldung gibt dann Aufschluß über den Ladezustand des Akkus im betreffenden Ladeschacht.

Zusammen mit dem Multiplexer IC 1 wird auch die über R 1 mit Spannung versorgte Lade-Kontroll-LED D 1 gesteuert.

Über den CMOS-Multiplexer IC 1 B wird die als Spannungsregler arbeitende

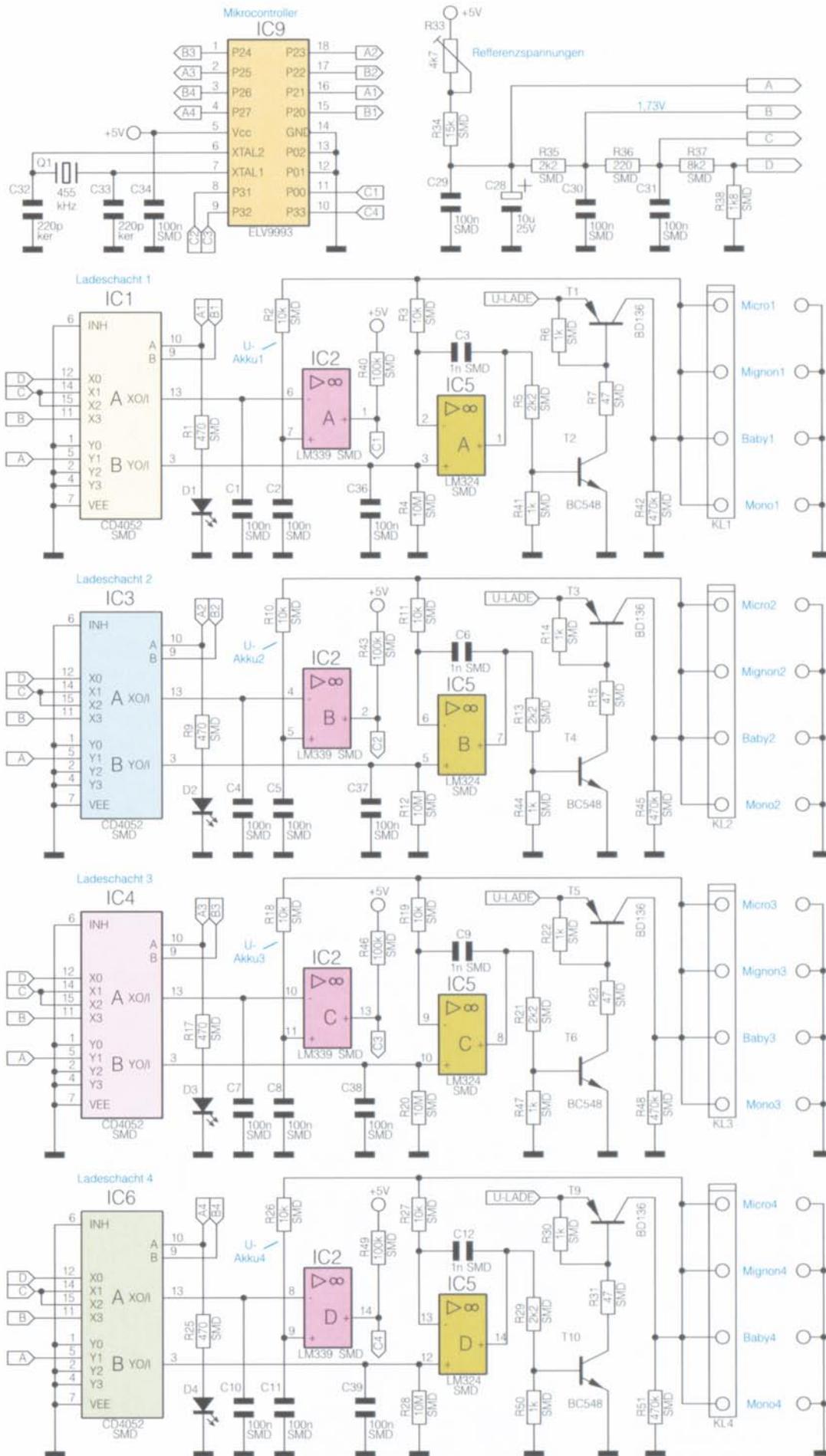
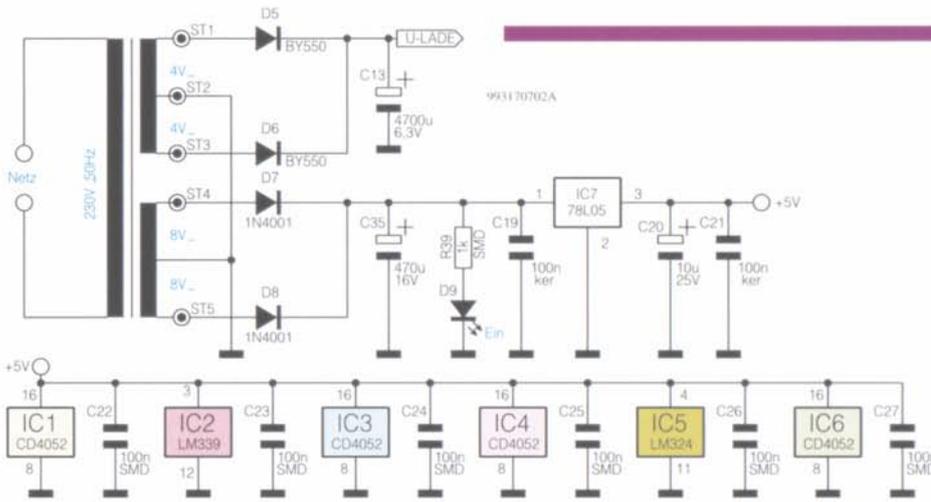


Bild 1: Hauptschaltbild des Mikrocontroller-Alkali-Mangan-Ladegerätes AML 4

9937901A



**Bild 2:**  
Spannungsversorgung des  
Mikrocontroller-Alkali-Mangan-  
Ladegerätes

Ladeendstufe gesteuert, wo bei aktivierter Ladung 2,1 V auf den nicht-invertierenden Eingang von IC 5 A gegeben wird. IC 5 A vergleicht nun über R 3 die am Akku anliegende Spannung mit der am nicht-invertierenden Eingang anliegenden Referenzspannung und steuert über den mit R 5 und R 41 aufgebauten Spannungsteiler den Treibertransistor T 2, der wiederum über R 6 und R 7 den Ladeendstufentransistor T 1 so weit durchsteuert, bis 2,1 V am Akku anliegen. Während des Ladevorgangs wird somit die Akkuspannung auf 2,1 V stabilisiert bzw. begrenzt.

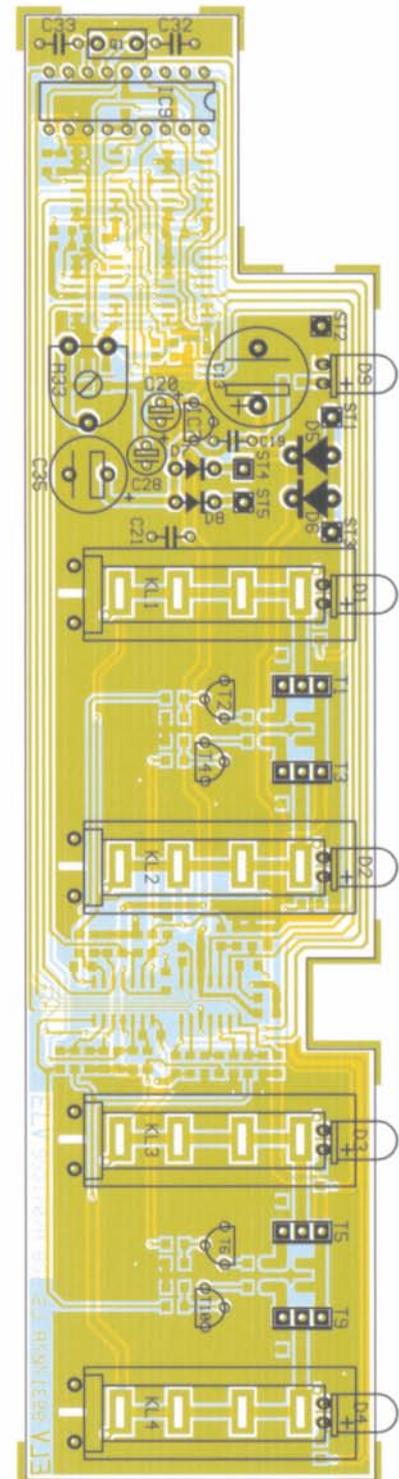
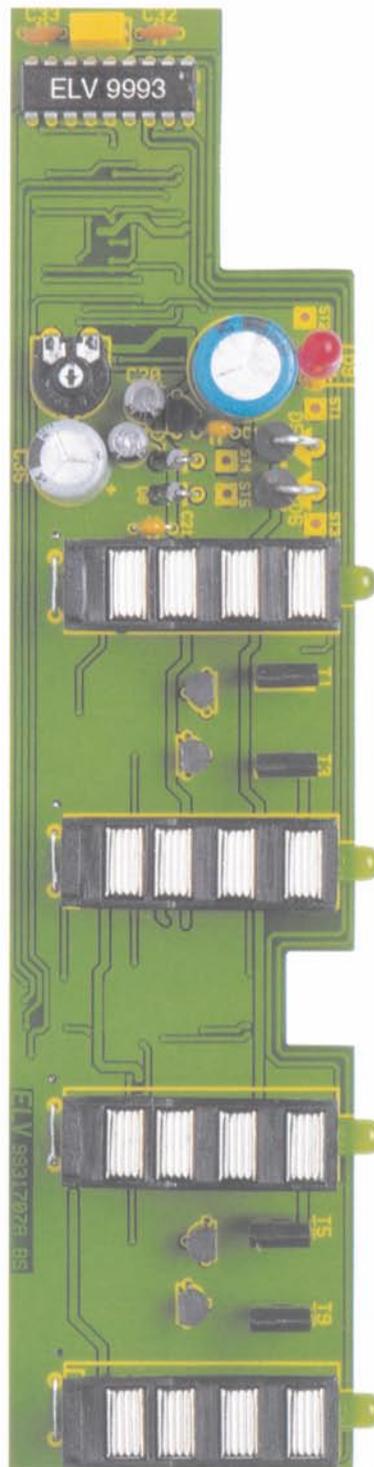
Wichtig für die Ladeerkennung ist hingegen die Akkuspannung im stromlosen Zustand (0 V an IC 5 A, Pin 3), die im 3-Sekunden-Zyklus abgefragt wird.

Abgesehen von den beiden Kondensatoren am Mikrocontroller dienen alle weiteren Keramik-Kondensatoren in Abbildung 1 zur Störunterdrückung und HF-Abblockung.

Kommen wir nun zur Spannungsversorgung des Ladegerätes, die in Abbildung 2 zu sehen ist. Die 230V-Netzwechselspannung gelangt direkt auf die Primärwicklung des im Fehlerfall durch eine integrierte Temperatursicherung geschützten Netztransformators.

Sekundärseitig stehen dann zwei getrennte Wicklungen, jeweils mit Mittelanzapfung, zur Verfügung. Die obere Wicklung dient dabei zur Versorgung der Ladeendstufen, wobei nach der Mittelpunkt-Zweiggleichrichtung mit D 5 und D 6 eine Pufferung der unstabilisierten Spannung mit C 13 erfolgt. Während der positiven Halbwelle fließt der Strom dabei über D 5 und während der negativen Halbwelle über D 6. Die unstabilisierte Ladespannung wird direkt auf die Emitter der Ladeendstufentransistoren gegeben.

Die untere Sekundärwicklung mit Mittelanzapfung speist ebenfalls eine Mittel-

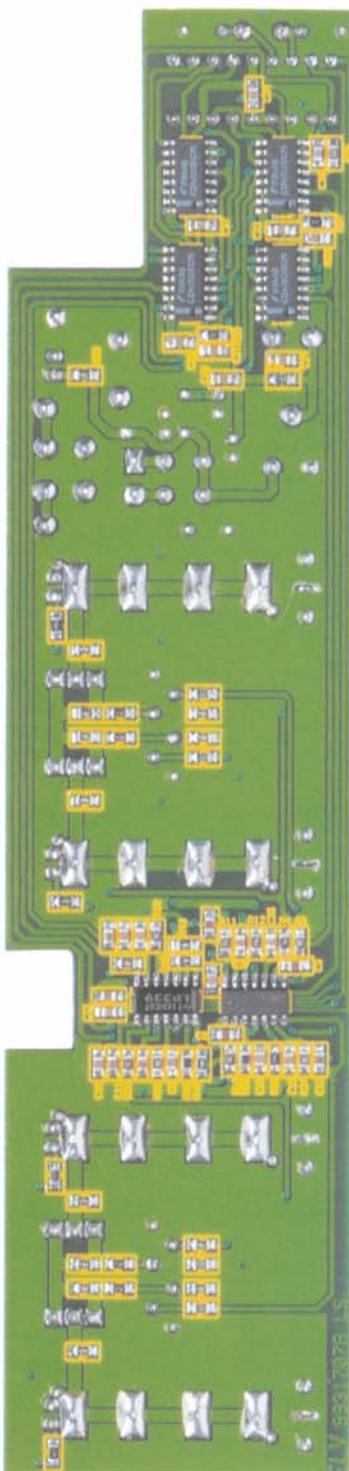


**Ansicht der fertig bestückten Platine von der Bestückungsseite mit zugehörigem Bestückungsplan des Mikrocontroller-Alkali-Mangan-Ladegerätes**

punkt-Zweiweg-Gleichrichterschaltung, die mit D 7 und D 8 sowie dem Pufferelko C 35 aufgebaut ist. Nach der Gleichrichtung gelangt die ungestabilisierte Spannung dann direkt auf Pin 1 des Spannungsreglers IC 7, an dessen Ausgang stabilisiert 5 V zur Verfügung stehen. C 20 und C 21 dienen am Ausgang des Reglers zur Schwingneigungs- und Störunterdrückung.

Die über R 39 mit Spannung versorgte Leuchtdiode D9 dient zur Betriebsanzeige des Gerätes.

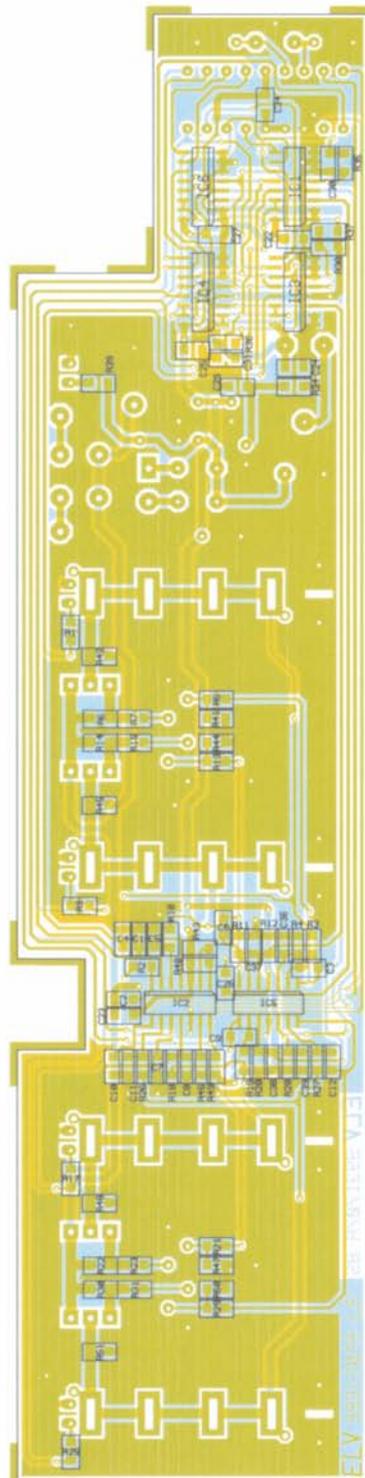
**Ansicht der fertig bestückten Platine von der Lötseite mit zugehörigem Bestückungsplan der SMD-Komponenten**



**Nachbau**

Zum praktischen Aufbau des Ladegerätes steht eine doppelseitig durchkontaktierte Leiterplatte zur Verfügung, die sowohl mit konventionellen, bedrahteten Bauelementen als auch mit SMD-Komponenten zu bestücken ist.

Wir beginnen entsprechend der Stückliste und des Bestückungsplanes mit dem Auflöten der SMD-Bauteile an der Lötsei-



**Stückliste:  
Mikroprozessor-4fach-  
Schnellladegerät AML 4**

**Widerstände:**

47Ω/SMD .....	R7, R15, R23, R31
220Ω/SMD .....	R36
470Ω/SMD .....	R1, R9, R17, R25
1kΩ/SMD .....	R6, R14, R22, R30, R39, R41, R44, R47, R50
1,8kΩ/SMD .....	R38
2,2kΩ/SMD .....	R5, R13, R21, R29, R35
8,2kΩ/SMD .....	R37
10kΩ/SMD .....	R2, R3, R10, R11, R18, R19, R26, R27
15kΩ/SMD .....	R34
100kΩ/SMD .....	R40, R43, R46, R49
470kΩ/SMD .....	R42, R45, R48, R51
10MΩ/SMD .....	R4, R12, R20, R28
PT10, liegend, 4,7kΩ .....	R33

**Kondensatoren:**

220pF/ker .....	C32, C33
1nF/SMD .....	C3, C6, C9, C12
100nF/SMD .....	C1, C2, C4, C5, C7, C8, C10, C11, C22-C27, C29-C31, C34, C36-C39
100nF/ker .....	C19, C21
10µF/25V .....	C20-C28
470µF/16V .....	C35
4700µF/6,3V .....	C13

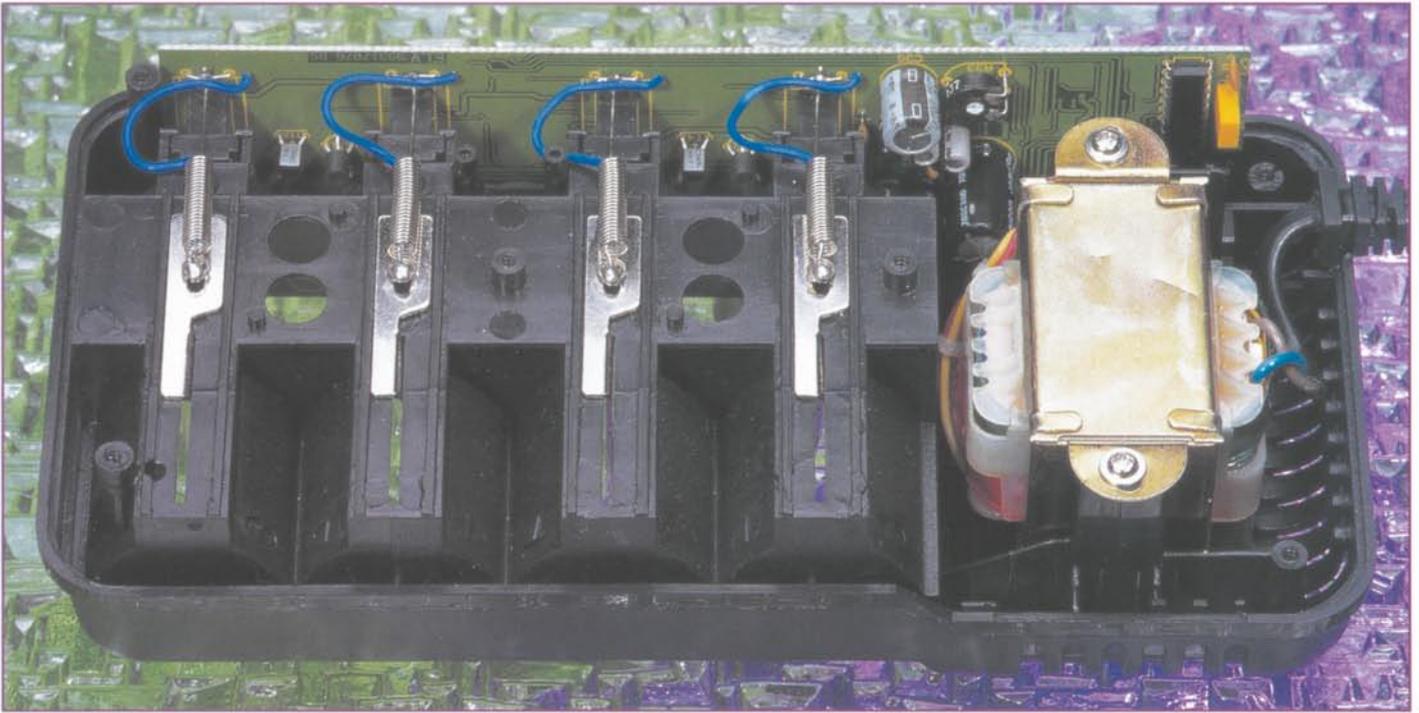
**Halbleiter:**

CD4052/SMD .....	IC1, IC3, IC4, IC6
LM339/SMD .....	IC2
LM324/SMD .....	IC5
78L05 .....	IC7
ELV9993 .....	IC9
BD136 .....	T1, T3, T5, T9
BC548 .....	T2, T4, T6, T10
BY550 .....	D5, D6
1N4001 .....	D7, D8
LED, 5mm, grün .....	D1-D4
LED, 5mm, rot .....	D9

**Sonstiges:**

- Keramikschwinger, 455 kHz .....
- 1 Präzisions-IC-Fassung, 18polig
- 1 Trafo mit Netzleitung und Zugentlastung, 16VA, 2 x 4V, 2 x 8V
- 4 Ladekontaktplatten
- 4 Minuspol-Kontakte
- 4 Federn für Minuspol-Kontakte
- 2 Knippingschrauben, 2,9 x 11 mm
- 1 Gehäuse für AML 4, komplett
- 6 cm Silberdraht
- 30 cm 1adrige flexible Leitung

te der Leiterplatte. Bei etwas Löterfahrung und entsprechendem Werkzeug, wie z. B. ein LötKolben mit sehr feiner Lötspitze, dünnes SMD-Lötzinn und eine Pinzette zum Fassen der Miniatur-Bauelemente, sind SMD-Teile ohne Probleme von Hand zu verarbeiten.



**Innenansicht des Mikroprozessor-4fach-Schnell-Ladegerätes AML 4 für 1,5V-Alkali-Mangan-Akkus**

Entgegen der sonst üblichen Vorgehensweise werden dabei als erstes die integrierten Schaltkreise aufgelötet. Dazu ist für jedes IC ein Lötpad vorzuverzinne (vorzugsweise an einer Gehäuseecke), dann das Bauteil mit der Pinzette unter Beachtung der korrekten Polarität zu positionieren und am vorverzinnten Lötpad anzulöten. Durch eine Abschrägung an der Pin 1 zugeordneten Gehäusesseite ist die korrekte Polarität der ICs leicht erkennbar.

Bevor dann alle Anschluß-Pins angelötet werden, kann ggf. noch leicht eine Korrektur stattfinden.

Danach sind die durch einen Aufdruck gekennzeichneten SMD-Widerstände an der Reihe. Beim Aufdruck gibt grundsätzlich die letzte Ziffer die Anzahl der Nullen an, d. h. daß z. B. auf einem 10k $\Omega$ -Widerstand die Ziffer 103 aufgedruckt ist.

Besondere Vorsicht ist hingegen bei den SMD-Kondensatoren geboten, da diese Bauelemente nicht gekennzeichnet sind. Nachdem die Kondensatoren aus der Verpackung entnommen sind, besteht somit eine hohe Verwechslungsgefahr.

Wenn alle SMD-Teile verarbeitet wurden, wenden wir uns den wenigen konventionellen bedrahteten Bauelementen an der Bestückungsseite der Leiterplatte zu. Hier sind zuerst die Keramik-Kondensatoren mit möglichst kurzen Anschlußbeinchen einzusetzen.

Danach werden der Keramik-Resonator Q 1, der Einstelltrimmer R 33 und der 18polige IC-Sockel für den Mikrocontroller (IC 9) bestückt. Vorsicht, diese Bauteile dürfen beim Lötvorgang nicht zu heiß werden.

Die Bestückung der Gleichrichterdioden erfolgt in stehender Position.

Nach dem Abschneiden von allen überstehenden Drahtenden direkt oberhalb der Lötstellen, werden die Transistoren und der Spannungsregler, IC 7, so tief wie möglich mit viel Lötzinn verarbeitet.

Da es sich bei den Elektrolyt-Kondensatoren um gepolte Bauelemente handelt, sind diese am Minuspol gekennzeichneten Komponenten unbedingt mit korrekter Polarität einzulöten.

Während die Anschlußbeinchen der vier grünen Kontroll-LEDs direkt hinter dem Gehäuseaustritt abzuwinkeln sind (Polarität beachten!), werden die Anschlußbeinchen der roten Betriebsanzeige mit 11 mm Abstand abgewinkelt. Die grünen LEDs sind ohne Abstand zur Leiterplatte einzulöten, und die rote LED benötigt einen Abstand von 5 mm. Die Katodenseite (-) der LEDs ist jeweils im Bereich des unteren Gehäusekragens abgeflacht.

Nach Einsetzen des Mikrocontrollers in den zugehörigen Sockel kommen wir zur Montage der mechanischen Komponenten.

Auf der Leiterplatte werden dabei zuerst entsprechend des Platinfotos die Pluskontakte mit den zugehörigen Kunststoffrahmen eingelötet.

Danach sind zur Aufnahme der Zugfedern der Minus-Schiebekontakte vier Drahtbrücken einzulöten, in die die Zugfedern eingehakt werden. Mit viel Lötzinn sind die Zugfedern dann an die Drahtbrücken anzulöten.

Zur Verringerung des Übergangswiderstandes wird jeweils neben der Drahtbrücke eine ladrig-isolierte Leitung von 70 mm Länge eingelötet und von innen durch die zugehörige Zugfeder gezogen.

Nun erfolgt der Anschluß der Trafoan-

schlußleitungen an die Leiterplatte, wobei folgende Zuordnung gilt:

ST 1 und ST 3 je eine rote Leitung.

ST 4 und ST 5 je eine gelbe Leitung.

ST 2 schwarze Leitung.

Es folgt eine gründliche Überprüfung der soweit fertiggestellten Konstruktion hinsichtlich Bestückungsfehler, Lötzinspritzer und kalter Lötstellen.

Als dann wird die fertig bestückte Platine mit den Kunststoffrahmen der Pluskontakte in die dafür vorgesehenen Führungsnuten der Gehäuseoberhalbschale abgesenkt und der Netztransformator mit 2 Knippschrauben 2,9 x 11 mm festgeschraubt.

Danach sind die Minus-Schiebekontakte in das Gehäuse einzusetzen und die zugehörigen Zugfedern einzuhaken. Die durch die Zugfedern geführten ladrig-isolierten Leitungen sind im Anschluß hieran, wie auf dem Foto zu sehen, an die Minuskontakte anzulöten.

Im nächsten Arbeitsschritt erfolgt der Abgleich der Referenzspannungen mit Hilfe des Einstelltrimmers R 33. Dazu ist ein Multimeter mit dem Minuspol an die Schaltungsmasse (z. B. eine Zugfeder der Minus-Schiebekontakte) anzuschließen und mit dem Pluspol die Spannung an Pin 11 von IC 1, IC 3, IC 4 oder IC 6 zu messen. Nach Einstecken des Netzsteckers in die Netzsteckdose ist dann eine Spannung von 1,73 V  $\pm$  10 mV einzustellen.

Zuletzt bleibt dann nur noch das Aufsetzen und Verschrauben der Gehäuseunterhalbschale mit den zugehörigen Schrauben. Mit dem AML 4 sind die modernen Alkali-Mangan-Akkus nun schonend und schnell ladbar. **ELV**