

Universelles Ladegerät für NiCd-Akkus

Ulrich Bangert, DF6JB, Weddigenstraße 28, 5600 Wuppertal 22; Walter Ernst, DJ1MC, Am Bredtchen 58, 5600 Wuppertal 1

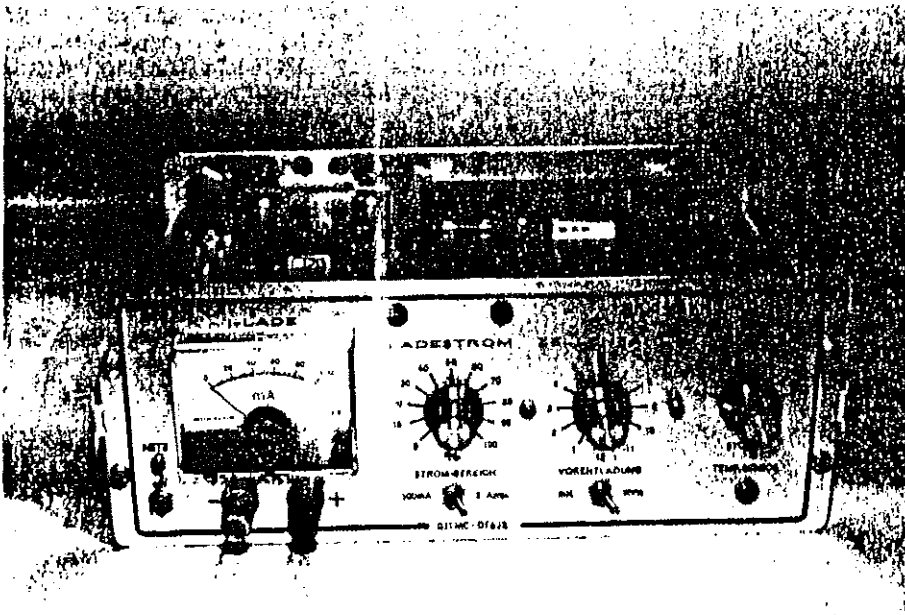


Abb. 1: Universelles Ladegerät für NiCd-Akkus.

Das Erscheinen des Bausteins U2400B von Telefunken (einem Spezialchip zur Ladung von NiCd-Akkus) hat zu einer Flut von Veröffentlichungen geführt, welche das notwendige „Drumherum“ für dieses IC beschreiben. Wenn an dieser Stelle nun schon wieder eine Schaltung zu diesem Thema erscheint, so liegt es daran, daß trotz der vielen Ansätze die „eierlegende Wollmilchsau“ auf diesem Gebiet bisher noch nicht realisiert worden ist. Die Autoren glauben nun, diesem Ziel ein Stück nähergerückt zu sein.

Herausgekommen bei unseren Überlegungen und Versuchen ist ein Gerät mit den folgenden Eigenschaften:

- Ladestrom zwischen 0 und ca. 2 Ampere stufenlos einstellbar
- zwei Einstell-/Ablesebereiche für den Ladestrom: 0 bis 100 mA/0 bis 2 A
- Ladezeiten: 0,5 h, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 16 h
- Ladung von 1 bis 12 Zellen
- Anzeigeelement für Ladestrom
- Stabilisierung des Ladestroms
- Vorentladung des Akkus (ein- und ausschaltbar) vor Ladebeginn
- Spannungsüberwachung vermeidet Beschädigungen des Akkus
- automatisches Umschalten auf Ladungserhaltung
- Temperaturüberwachung mit externem Sensor
- nur eine (vollkommen unkritische) Abgleichposition
- minimale Innenverdrahtung durch Zwei-Platinen-Technik

Da die Autoren den steten Kampf des OMs mit der Mechanik bestens kennen, wurde das ganze Projekt von vornherein so konzipiert, daß sich die Elektronik in einfachster Weise in ein formschönes Me-

talgehäuse einbauen läßt. Für dieses Gehäuse wiederum wurde eine Frontplatte entworfen, die dem potentiellen Nachbauer fertig gebohrt, bedruckt und eloxiert zur Verfügung steht. Auch eine bearbeitete Rückwand ist verfügbar, so daß sich der Zusammenbau mit Schraubendreher, Seitenschneider und Lötkolben bewerkstelligen läßt.

So kann im Selbstbau ein Gerät entstehen, welches nicht nur seine Funktion erfüllt, sondern auch problemlos neben japanischen Designwundern auf dem Stationstisch plaziert werden kann, wie **Abb. 1** andeutet.

Die Schaltung

Abb. 2 zeigt uns die Gesamtschaltung des Ladegerätes. Da der U2400B im Urzustand nur die kodierbaren Ladezeiten 0,5 h, 1 h und 12 h „kennt“, dies uns aber zu unflexibel erschien, erzeugt hier ein NE555 einen 1-Hz-Takt mit 8-V-Pegel, der am Punkt „f“ mit einem Oszilloskop oder einem Frequenzzähler nachgewiesen und mittels R 10 auf den korrekten Wert eingestellt werden kann (auf eine andere Ab-

gleichmöglichkeit werden wir gleich kommen).

Das Taktsignal gelangt über den Drehschalter S 3 entweder unmittelbar oder aber aus den Tellerausgängen des 4024 jeweils um den Faktor 2 geteilt auf den Takteingang (Pin 16) des U2400B und sorgt damit für die schaltbaren Ladezeiten.

555, 4024 und U2400B werden mit einer stabilisierten Spannung von 8 V versorgt, die vom Regler 7808 rechts oben erzeugt wird. Da die Leerlaufspannung am Ladeleko C 1 bei der projektierten Auslegung des Netztrafos bis zu 30 V betragen kann, sollte der 7808 auf einem Kühlkörper montiert werden.

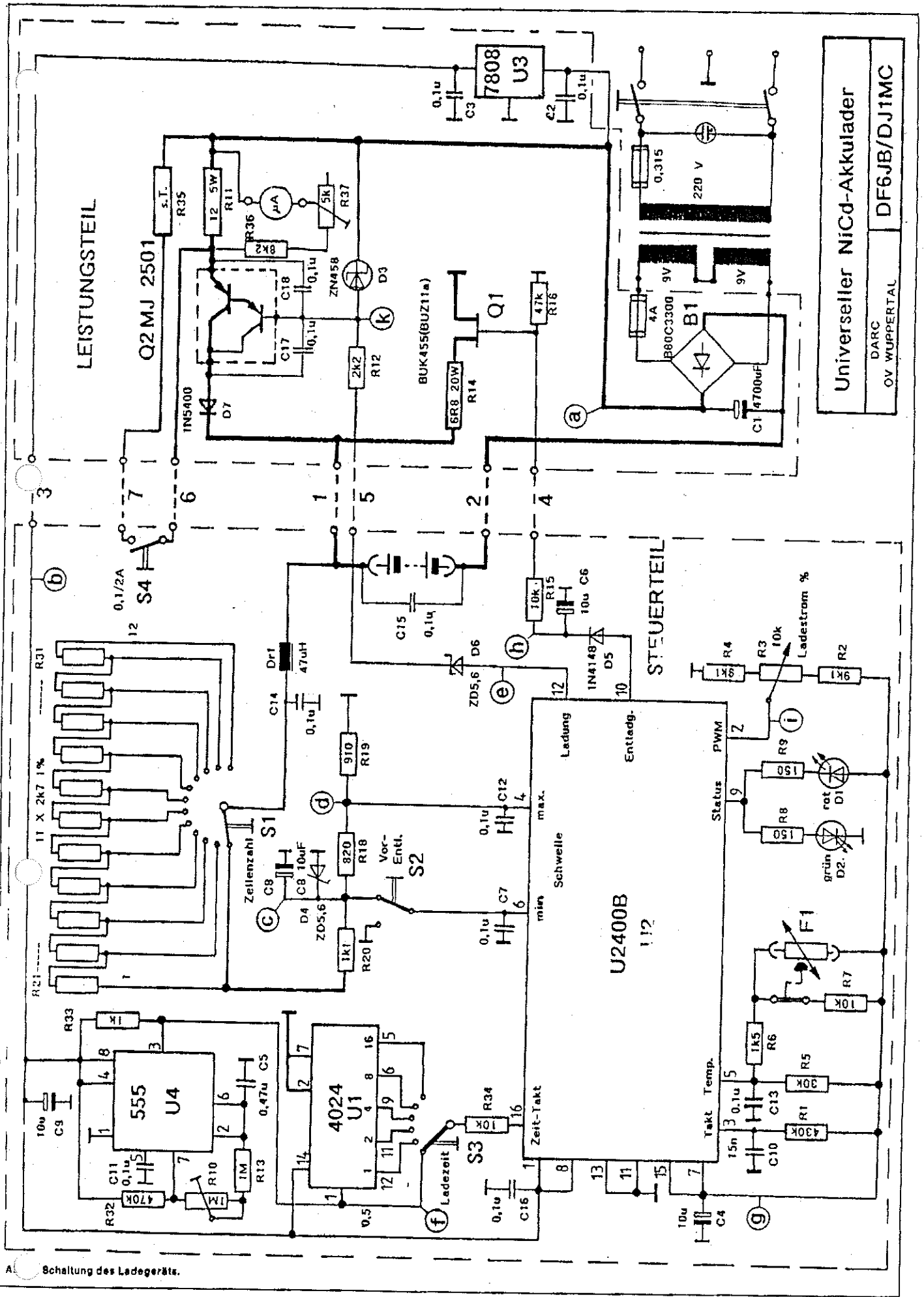
Die Pins 4 und 6 des U2400B sind Eingänge zu internen Komparatoren, welche eine feste Schaltschwelle bei 0,525 V haben und für die Überwachung der Akkuspaltung beim Entladen sowie beim Laden zuständig sind. Da die Schaltschwellen festliegen, ist für jede Zellenzahl eine geeignete Pegelanpassung vorzunehmen. Dies geschieht über den Spannungsteiler aus R 21 bis R 31, R 18, R 19 und R 20.

Während man sich in der Akkuliteratur weitgehend einig darüber ist, daß eine Kleinmessspannung unter 0,9 V pro Zelle unter Lastbedingungen auf einen vollkommen entladenen Akku hindeutet (der nun auch nicht weiterentladen werden sollte!), sind die Ansichten bezüglich der Akkuspaltung im vollgeladenen Zustand recht unterschiedlich. Man findet einerseits die Behauptung, daß je nach Ausführung des Akkus (offen/gasdicht, mit/ohne Sinterelektroden) eine Beurteilung des Ladezustandes über die Klemmenspannung gar nicht möglich ist, während andere Fachleute (?) das Ende der Ladezeit ausschließlich aus der Klemmenspannung ableiten, obwohl diese gegen Ende eines ganz normalen Ladevorgangs sogar wieder abnehmen kann, wie Experimente gezeigt haben.

In dieser Schaltung ist der Spannungsteiler so dimensioniert, daß die Entladung bei ca. 0,9 V pro Zelle angehalten und die Überspannungssicherung bei ca. 1,58 V pro Zelle aktiv wird.

Die Überspannungssicherung ist damit also ausdrücklich als Notbremse anzusehen, welche eine dauerhafte Schädigung des Akkus verhindern soll. Sie dient hingegen nicht als Auswertekriterium für den Ladezustand.

Die richtige Ladung des Akkus ist dann gewährleistet, wenn man den Empfehlungen des Akkuherstellers bezüglich Ladestrom und Ladezeit folgt. Kleine Abweichungen, wie z. B. eine empfohlene Ladezeit von 14 Stunden gegenüber den hier einstellbaren 16 Stunden, können durch entsprechende Anpassung des Ladestroms kompensiert werden.



Universeller NiCd-Akkulader
 DARC
 OV WUPPERTAL
 DF6JB/DJ1MC

A1 Schaltung des Ladegeräts.

Der U2400B besitzt mit den Pins 12 und 10 zwei pulswellenmodulierte Steuerausgänge für die Lade/Entlade-Leistungsstufen. Die Pulsweite läßt sich durch eine Gleichspannung zwischen 1 und 2 V an Pin 2 (Meßpunkt „l“) zwischen 0 und 100 % einstellen. Da das IC an Pin 7 (Meßpunkt „g“) eine stabilisierte Referenzspannung von 3 V liefert, kann dieser Spannungsbereich bei der gegebenen Dimensionierung von R 2, R 3 und R 4 durch Einstellung von R 3 sicher überstrichen werden. Durch Bauteiltoleranzen fallen der 0- und der 100-%-Punkt allerdings nicht genau mit den Poti-Endstellungen zusammen. Verbindlich ist immer die Anzeige des Instruments.

Der Ladeausgang Pin 12 (Open collector) steuert eine aus Q 2, R 11, D 3 und R 12 bestehende Konstantstromquelle, die einen Strom von ca. 100 mA liefert. Wird durch den 100-mA-/2-A-Umschalter S 35 parallel zu R 11 geschaltet, so ergibt sich ein Konstantstrom von 2 A.

Die Ladestromeinstellung beruht auf dem schnellen Aus- und Einschalten eines Stromes, der im eingeschalteten Zustand auf einem konstanten Wert gehalten wird. Der Effektivwert des Ladestromes ist dann das zeitliche arithmetische Mittel zwischen Einschalt- und Ausschaltzeit multipliziert mit der Größe des Konstantstromes. Da das Schalten mit einer hohen Wiederholfrequenz (ca. 200 Hz, bestimmt durch R 1 und C 10) geschieht, integriert das Meßinstrument A durch seine mechanische Trägheit den Strom und zeigt den Effektivwert an. Die chemischen Prozesse innerhalb des Akkus verhalten sich genauso „mittelwertbildend“.

D 7 verhindert einen Rückstrom aus dem Akku über diesen Zweig bei ausgeschaltetem Ladegerät. Die Zenerdiode D 6 ist notwendig, weil der U2400B Spannungen über 26,5 V an Pin 12 nicht überlebt. Eine ähnliche Schutzfunktion hat Diode D 4. Sie verhindert zu hohe Spannungen an Pin 6 und damit automatisch auch an Pin 4, wie sie z. B. auftreten können, wenn in Stellung Zellenzahl = 1 ein Akku mit 12 Zellen angeschlossen wird. Bei diesen Pins liegt die kritische Grenze nämlich bei 6 V.

Im mit Q 1 und R 14 bewußt einfach gehaltenen Entladezweig der Schaltung ergibt die Pulsweitenmodulation am Entladeausgang Pin 10 keinen Sinn. Deswegen wird das pulswellenmodulierte Signal erst auf den Spitzenwert-Detektor/Speicher D 5/D 6 geleitet und über die Pegelanpassung aus R 15 und R 16 dem Gate des Schalttransistors Q 1 zugeführt, der dadurch in der Entladephase immer sicher durchgeschaltet bleibt.

Voraussetzung dafür ist allerdings, daß an Pin 10 überhaupt Impulse auftreten, und dies ist nur dann der Fall, wenn das Ladestrompoti R 3 auf einen gewissen Minimalwert (ca. 10 %) eingestellt wird.

Q 1 hat einen extrem niedrigen Durchlaßwiderstand, so daß beim Entladen die

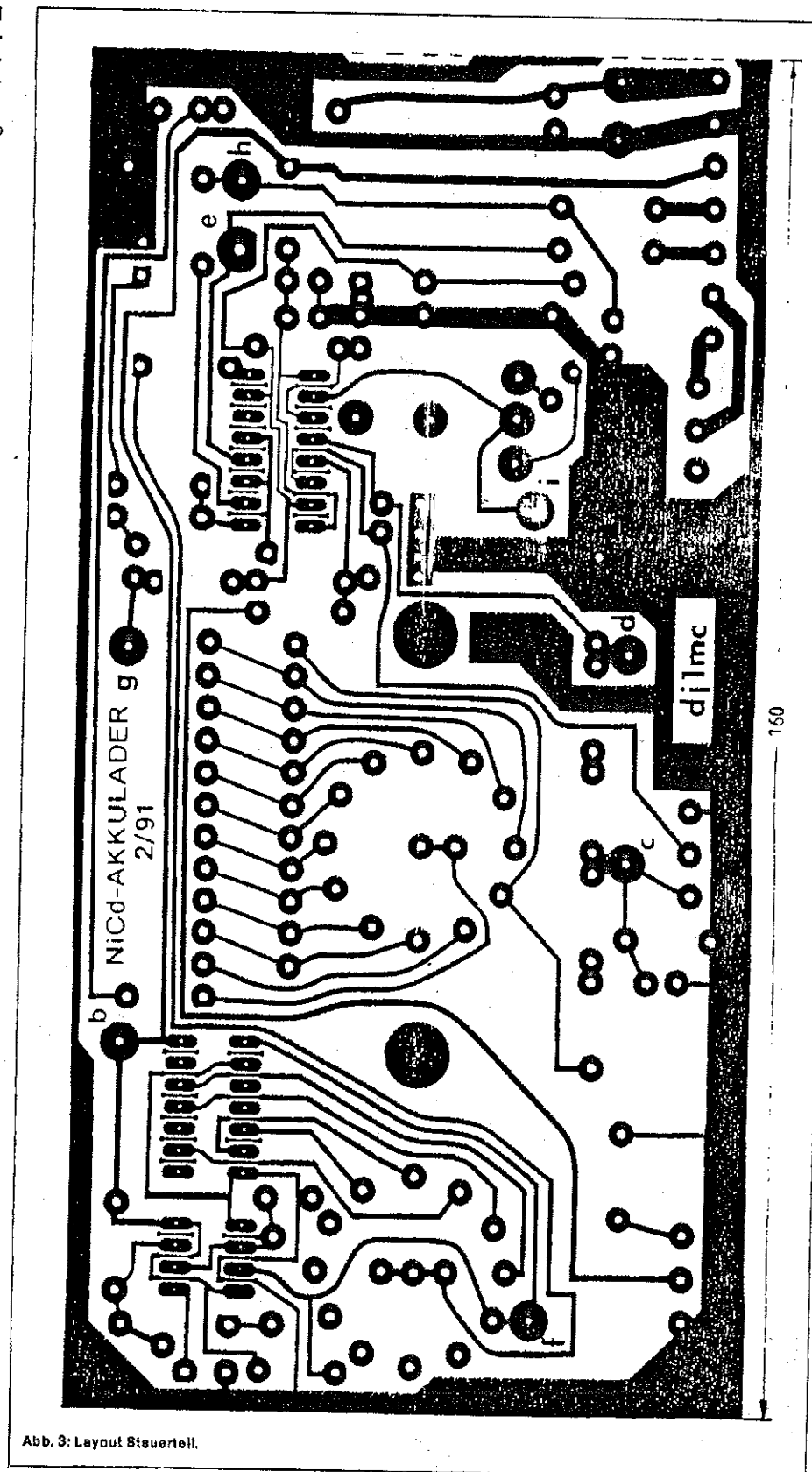


Abb. 3: Layout Steuerteil.

Akkuenergie fast vollständig in R 14 verbraucht wird (kühlen!). Die Entladeschaltung stellt einen Kompromiß zwischen Funktionalität und Aufwand dar. Wir wissen, daß man es noch raffinierter machen kann!

Nach einem Reset des U2400B (= Anschließen eines Akkus) testet dieses zunächst die Spannung an Pin 6. Ist diese

größer als 0,525 V, so wird die Entladephase gestartet. Narren wir ihn hingegen, indem wir Pin 6 mit S 1 auf Massepotential legen, so wird sofort die Ladephase gestartet. Ähnliches gilt für die Temperaturüberwachung aus R 5, R 6 und dem externen NTC. Wollen wir sie nicht benutzen, d. h. ist kein Stecker in der Anschlußbuchse für den Sensor, so wird dem IC über die

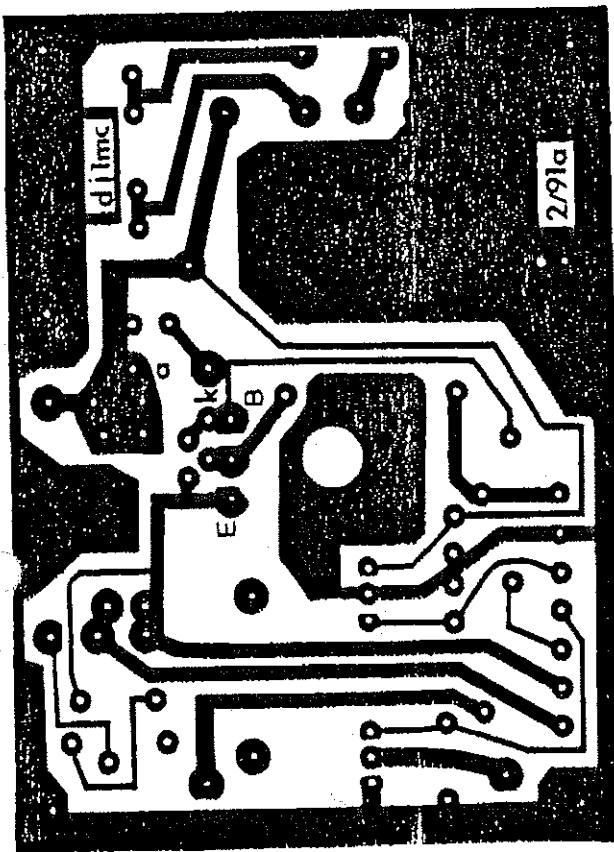


Abb. 4: Layout Leistungsteil.

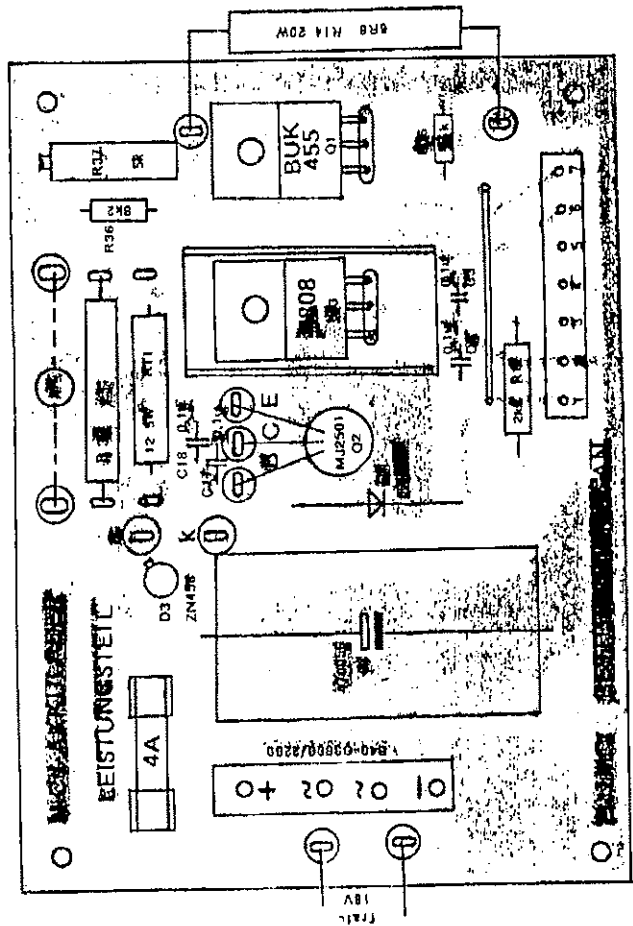


Abb. 8: Bestückungsplan Leistungsteil.

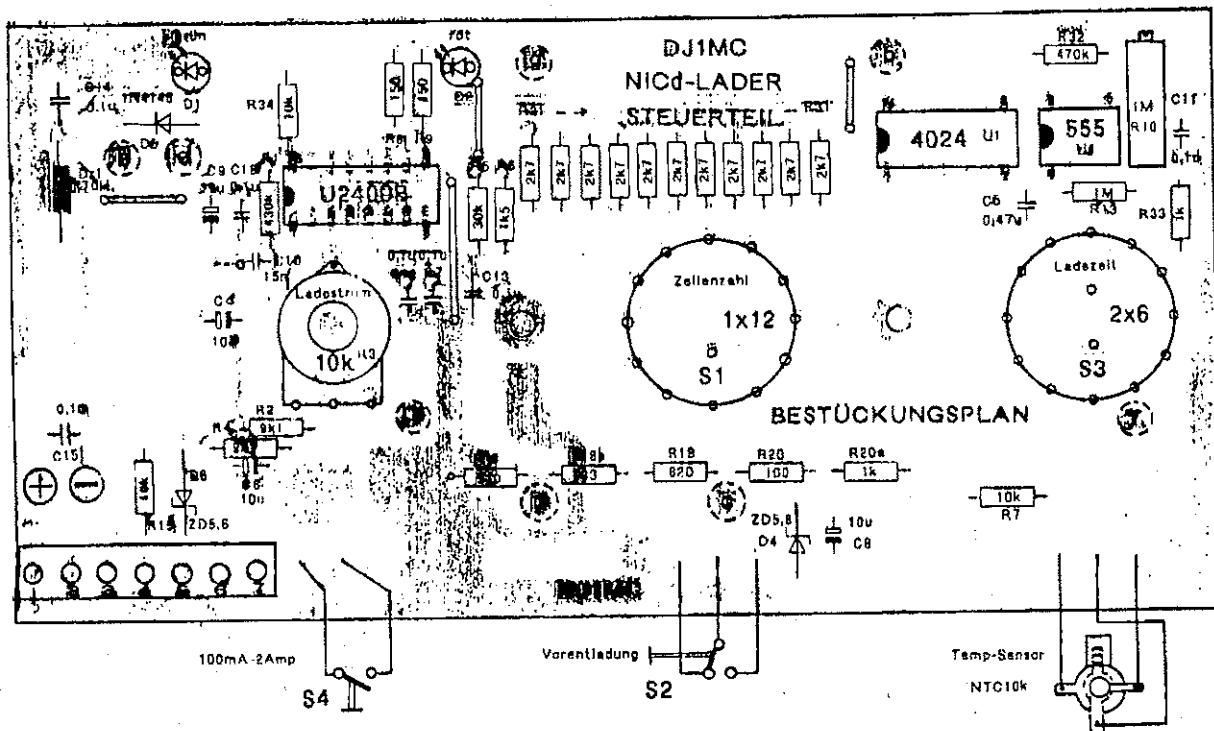


Abb. 5: Bestückungsplan Steuerteil.

Schaltklinke und R 7 das Vorhandensein eines Temperatur-OK-Signals vorgespiegelt.

D 1 und D 2 zeigen den Status des U2400B an. Rotes Dauerlicht bedeutet: Kein Akku angeschlossen bzw. Drahtbruch. Grünes Dauerlicht bedeutet: Ladezeit zu Ende geführt mit nicht mehr als einmaligem Auftreten eines Fehlers (Überspannung oder Übertemperatur). Rotes Blinklicht sagt: Entladephase, grünes Blinklicht meint: Ladezeit. Beide LEDs „aus“ signalisieren: Es ist eine Fehlerbedingung aufgetreten (Überspannung oder Übertemperatur), und die Bedingung liegt gegenwärtig noch an. Rot/grünes Wechselblinken bedeutet auf jeden Fall: Es ist öfters als zweimal ein Fehler aufgetreten.

Da in dieser Schaltung der U2400B so kodiert ist, daß er auch nach zweimaligem Auftreten eines Fehlers die Ladung fortsetzen soll (der Ladezeitgeber wird für die Dauer der Fehlerbedingung angehalten), muß man in diesem Fall genauer hinsehen: Fließt während des Wechselblinkens noch ein Ladestrom, so befinden wir uns noch in der Ladezeit. Fließt nur alle paar Sekunden ein kurzer Ladestrompuls, so sind wir in der Ladeerhaltungsphase. In der sind wir natürlich auch, wenn wir grünes Dauerlicht sehen.

Neben den bereits angesprochenen Bauelementen sind einige Cs zu finden, die kritische Punkte der Schaltung gegen HF abblocken. Gerade beim beabsichtigten Einsatz im Shack sollte man diese unter keinen Umständen vergessen.

Aufbau

Der Aufbau weist keinerlei Besonderheiten auf. Die Schaltung verteilt sich auf zwei Platinen, einen Steuer- und einen Leistungsteil. Das Layout der beiden Platinen wird in den Abb. 3 und 4 gezeigt. Abb. 5 und 6 zeigen die entsprechenden Bestückungspläne.

Q 2 wird elektrisch isoliert auf einem Kühlkörper des Typs SK01 montiert. R 2 wird an der Innenseite der Rückwand befestigt. Hat man keinen schraubbaren Widerstand (z. B. von Dale) greifbar, so wird ein Keramikwiderstand der gleichen Leistung mit einer kleinen Menge wärmebeständigen Zwei-Komponenten-Klebers auf der Innenseite der Rückwand fixiert.

Inbetriebnahme

Netzschalter auf „Ein“ stellen. Nun muß die rote LED leuchten. Die Schalter für Zellanzahl und Ladezeit werden auf die richtigen Werte für einen „Testakku“ eingestellt. Der Schalter „Vorentladung“ steht auf „Aus“.

Der einzige Abgleich ist nun das Einstellen des Trimmers R 10 auf 1-Hz-Takt (Periodenmessung) an Punkt „f“. Steht kein Zähler zur Verfügung, so bringt man R 10 in Mittelstellung und führt mehrere Ladezyklen mit 0,5 Stunden Ladezeit hintereinander durch. Dabei bemerkt man Abweichungen der echten Ladezeit, die mittels R 10 in kleinen Schritten auf 0 gebracht werden.

Stückliste

1 Leiterplatte DJ1MC 2.91, 160 x 80 mm (Steuerseite)
 1 Leiterplatte 2.91 a, 110 x 80 mm (Leistungsseite)
 1 Frontplatte, 247 x 95 x 1,5 mm, elox. Spezialanfertigung
 1 Rückwand, 247 x 95 x 1,5 mm, elox.
 1 Gehäuse, 250 x 100 x 185, 2 Halbschalen und Zubehör: 2 Alu-Profil Schienen, 4 Gummifüße, 8 Schrauben M4 x 10, 8 Treiberschrauben 3 x 6 mm
 1 Netztrafo Pdh 38.2.09, 2 x 9 V/2 Amp./36 VA
 1 Einbau Sicherungshalter, 12-mm-Bohrung
 2 Print-Sicherungshalter RM, 5 mm
 1 Gleichrichter B40 C 3300/2200
 1 Drehschalter, 1 x 12 Print Alpha (Zellanzahl)
 1 Drehschalter, 2 x 6 Print Alpha (Ladezeit)
 1 Drehspulenmeßwerk, 60 x 47 mm, 100 Mikro-Amp., 38 mm Durchmesser
 2 Kipp-Umschalter, 1polig, 6 mm Durchm. (Vorentladung u. Maßber.)
 1 Kipp-Umschalter, 2polig, 8 mm Durchm. (Netz)
 2 Relistenklammern, 7polig, 5 mm Rastermaß
 1 Polklemme, rot, 4-mm-Buchse, isoliert
 1 Polklemme, blau, 4-mm-Buchse, isoliert
 1 Schaltbuchse, 3,5 mm, 2polig mit U-Kontakt
 1 Drehknöpfe, 15 mm Durchm., 8 mm Achse
 1 Drehknopf, 15 mm Durchm., 4 mm Achse
 1 Kabeleinführung, 10-mm-Bohrung
 1 Feinsicherung, 5 x 20 mm, mtr. 0,315 A
 1 Feinsicherung, 5 x 20 mm, mtr. 4 Amp.
 1 Signal-Glimmlampe, 220 V, ca. 4,5 mm Durchmesser
 1 D 1 Leuchtdiode, rot, 5 mm Durchmesser, 35 mm Gesamtlänge
 1 D 2 Leuchtdiode, grün, 5 mm Durchmesser, 35 mm Gesamtlänge
 2 Halteringe für 5 mm LED
 1 Leuchterklemme, 2polig mit Mittelbefestigung und Drahtschutz
 1 Kühlkörper SK 01, 115 x 75 x 26 mm mit TO3-Lochung
 1 Kühlkörper, U-Form, 35 x 17 mm (für 7808)
 1 Glimmerscheibe TO3
 2 Isolierbuchsen für TO3, 3 mm Innendurchmesser
 4 Gew.-Zyl.-Kopfschraube M4 x 10, vernickelt (Trafobefestigung)
 4 Gew.-Muttern M4, vernickelt
 5 Gew.-Zyl.-Kopfschraube M3 x 15, vernickelt
 5 Gew.-Muttern M3, vernickelt
 6 Distanzboizen, 8-Kant M3 x 25 mm, beidseitig Innengewinde
 12 Gew.-Zyl.-Kopfschrauben M3 x 8 mm, (Befestigung Leiterplatten)
 25 Lötflächen, 1,3 mm Durchmesser (Meßpunkte, Meßwiderstände)
 Halbleiter:
 Q 1, MOS-FET-Leistungstransistor BUZ 11 A oder BUK 455 (SGS)

Q 2, PNP-Darl. Transistor MJ 2501 (MJ 2500)
 U 1, MOS-IC 4024 Binär-Teiler
 U 2, Spezial-IC für NC-Lader U 2400 B (Telefonkurve)
 U 3, 8-Volt-Spannungsregler LM 7808
 U 4, Timer-IC 555
 D 3, Referenzelement, 2,45 Volt, ZN 458 (Ferranti)
 D 4, Zener-Diode ZD 5,6
 D 5, Si-Diode 1 N 4148
 D 6, Zener-Diode ZD 5,6
 D 7, Si-Leistungsdioden 1 N 5400
 B 1, Brückengleichrichter B 40 3300/220u
 F 1, NTC-Widerstand, 10 k/25 Grad Cels.

Widerstände:

R 1, 430 k Ω 1/4 W, 10 mm Raster
 R 2, 9,1 k Ω 1/4 W, 10 mm Raster
 R 3, 10 k Ω 1/4 W, 5 mm Printausf.
 R 4, 9,1 k Ω 1/4, 10 mm
 R 5, 30 k Ω 1/4, 10 mm
 R 6, 1,5 k Ω 1/4, 10 mm
 R 7, 10 k Ω 1/4, 10 mm
 R 8, 150 Ω 1/4, 10 mm
 R 9, 150 Ω 1/4, 10 mm
 R 10, 1 M Ω Spindeltrimmer, 19 mm RM
 R 11, 12 Ω , 5 Watt, 25 mm RM
 R 12, 2,2 k Ω 1/4 W, 10 mm RM
 R 13, 1 M Ω 1/4 W, 10 mm RM
 R 14, 6,8 Ω , 20 Watt Metallgeh. (Dale)
 R 15, 10 k Ω 1/4 W, 10 mm RM
 R 16, 47 k Ω 1/4 W, 10 mm
 R 18, 820 Ω 1/4 W, 10 mm R 18 ges. 853 Olim
 R 18 a, 33 Ω 1/4 W, 10 mm
 R 19, 910 Ω 1/4 W, 10 mm
 R 20, 1 k Ω 1/4 W, 10 mm R 20 ges. 1k1
 R 20 a, 100 k Ω 1/4 W, 10 mm
 R 21 - R 31, 2,7 k Ω 1% 1/4 W, 10 mm
 R 32, 470 k Ω 1/4 W, 10 mm
 R 33, 1 k Ω 1/4 W, 10 mm
 R 34, 10 k Ω 1/4 W, 10 mm
 R 35, 0,47 Ω , 5 Watt
 R 36, 8,2 k Ω
 R 37, Spindeltrimmer 4,7 k Ω , 19 mm lang

Kondensatoren:

C 1, 4700 μ F, 35/40 Volt Rollausf., max. 42,5 RM
 C 2, 0,1 μ F, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm
 C 3, 0,1 μ F, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm
 C 4, 10 μ F, Elko 16 V, stehend, RM, 5 mm
 C 5, 0,47 μ F, Folie 63 V RM, 5 mm
 C 6, 10 μ F, Elko 35 V, stehend, RM, 5 mm
 C 7, 0,1 μ F, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm
 C 8, 10 μ F, Elko 35 V, stehend, RM, 5 mm
 C 9, 10 μ F, Elko 16 V, stehend, RM, 5 mm
 C 10, 15 μ F, Folie 32 V RM, 5 mm (7,5)
 C 11, 0,1 μ F, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm
 C 12 - C 18, 0,1 μ F, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm

Nun die Verbindung zum Akku herstellen. Es muß die grüne LED blinken. Prüfen, ob sich der Ladestrom mittels R 3 verändern läßt. Wenn das geht und man beim Bestücken des Spannungstellers keine Fehler gemacht hat, kann man davon ausgehen, daß das Gerät nun einsatzbereit ist.

Letzte Tips für den praktischen Betrieb: Alle Einstellungen mit Ausnahme des Ladestroms sollten bereits durchgeführt werden, bevor man die Verbindung zum Akku herstellt, weil bei den Umschaltvorgängen undefinierbare Bedingungen an den IC-Eingängen vorkommen können („Break-before-make“-Schalter), die vom U2400B als Fehler interpretiert werden.

Das Ladestrompoti stellt man zunächst auf 10 bis 15 % und dann in der Ladezeit auf den korrekten Wert ein. Soll mit Vorentladung gearbeitet werden, so legt man zuerst den Schalter für Vorentladung auf „Aus“ (U2400B beginnt sofort zu laden), verbindet den Akku und stellt den beabsichtigten Ladestrom ein. Dann wird der Akku abgetrennt, der Schalter „Vorentla-

dung“ auf „Ein“ gestellt und der Akku wieder angeschlossen.

Die Auswertung, ob ein Akku angeschlossen ist oder nicht, erfolgt U2400B durch einen dritten Komparator intern an Pin 4 angeschlossen ist. Bedingung „Akku angeschlossen“ wird dadurch erkannt, daß das Gesamtpotential pro Zelle mindestens noch eine Spannung von ca. 0,5 V hat. Sollte dies ein nicht der Fall sein (wegen Tiefstladung), so schließt man den Akku an, hilft mit einer parallelgeschalteten externen Spannungsquelle nach, um über den Punkt hinwegzukommen.

Für Interessenten halten die Autoren eine begrenzte Zahl von Platinen, Frontplatten, bearbeiteten Gehäusen sowie Klebbausatzen bereit. Den Bausätzen neben dem kompletten Material noch zwölfseitige ausführliche Aufbauanleitung, die es auch dem geübten OM ermöglicht, das Gerät aufzubauen. Interesse melden sich bitte bei DJ1MC.

Stückliste

1 Leiterplatte DJ1MC 2.91, 160 x 80 mm (Steuerteil)
 1 Leiterplatte 2.91 a, 110 x 80 mm (Leistungssteil)
 1 Frontplatte, 247 x 95 x 1,5 mm, elox. Spezialanfertigung
 1 Rückwand, 247 x 95 x 1,5 mm, elox.
 1 Gehäuse, 250 x 100 x 185, 2 Halbschalen und Zubehör: 2 Alu-Profil Schienen, 4 Gummifüße, 8 Schrauben M4 x 10, 8 Treiberschrauben 3 x 6 mm
 1 Netztrafo Pdh 36.2.09, 2 x 9 V/2 Amp./36 VA
 1 Einbau Sicherungshalter, 12-mm-Bohrung
 2 Print-Sicherungshalter RM, 5 mm
 1 Gleichrichter B40 C 3300/2200
 1 Drehschalter, 1 x 12 Print Alpha (Zellenzahl)
 1 Drehschalter, 2 x 6 Print Alpha (Ladezeit)
 1 Drehaputenmeßwerk, 60 x 47 mm, 100 Mikro-Amp., 38 mm Durchmesser
 2 Kipp-Umschalter, 1pollig, 6 mm Durchm. (Vorentladung u. Meßber.)
 1 Kipp-Umschalter, 2pollig, 6 mm Durchm. (Netz)
 2 Reihenklemmen, 7pollig, 5 mm Rastermaß
 1 Polklemme, rot, 4-mm-Buchse, isoliert
 1 Polklemme, blau, 4-mm-Buchse, isoliert
 1 Schallbuchse, 3,5 mm, 2pollig mit U-Kontakt
 2 Drehknöpfe, 15 mm Durchm., 6 mm Achse
 1 Drehknopf, 15 mm Durchm., 4 mm Achse
 1 Kabeleinführung, 10-mm-Bohrung
 1 Feinsicherung, 5 x 20 mm, mtr. 0,315 A
 1 Feinsicherung, 5 x 20 mm, mtr. 4 Amp.
 1 Signal-Glimmlampe, 220 V, ca. 4,5 mm Durchmesser
 1 D 1 Leuchtdiode, rot, 5 mm Durchmesser, 35 mm Gesamtlänge.
 1 D 2 Leuchtdiode, grün, 5 mm Durchmesser, 35 mm Gesamtlänge.
 2 Halteringe für 5 mm LED
 1 Leuchterklemme, 2pollig mit Mittelbefestigung und Drahtschutz
 1 Kühlkörper SK 01, 115 x 75 x 26 mm mit TO3-Lochung
 1 Kühlkörper, U-Form, 35 x 17 mm (für 7808)
 1 Glimmerscheibe TO3
 2 Isolierbuchsen für TO3, 3 mm Innendurchmesser
 4 Gew.-Zyl.-Kopfschraube M4 x 10, vernickelt (Trafobefestigung)
 4 Gew.-Muttern M4, vernickelt
 5 Gew.-Zyl.-Kopfschraube M3 x 15, vernickelt
 5 Gew.-Muttern M3, vernickelt
 6 Distanzbolzen, 6-Kant M3 x 25 mm, beidseitig Innengewinde
 12 Gew.-Zyl.-Kopfschrauben M3 x 8 mm, (Befestigung Leiterplatten)
 25 Löffhaken, 1,3 mm Durchmesser (Meßpunkte, Meßwiderstände)
Halbleiter:
 Q 1, MOS-FET-Leistungstransistor BUZ 11 A oder BUK 455 (SGS)

Q 2, PNP-Darl. Transistor MJ 2501 (MJ 2500)
 U 1, MOS-IC 4024 Binär-Teiler
 U 2, Spezial-IC für NC-Lader U 2400 B (Telefonker) U 3, 8-Volt-Spannungsregler LM 7808
 U 4, Timer-IC 555
 D 3, Referenzelement, 2,45 Volt, ZN 458 (Ferranti),
 D 4, Zener-Diode ZD 5,6
 D 5, Si-Diode 1 N 4148
 D 6, Zener-Diode ZD 5,6
 D 7, Si-Leistungsdioden 1 N 5400
 B 1, Brückengleichrichter B 40 3300/2200
 F 1, NTC-Widerstand, 10 k/25 Grad Cels.

Widerstände:

R 1, 430 kΩ 1/4 W, 10 mm Raster
 R 2, 9,1 kΩ 1/4 W, 10 mm Raster
 R 3, Poti 10 kΩ lin, 5 mm Printausf.
 R 4, 9,1 kΩ 1/4, 10 mm
 R 5, 30 kΩ 1/4, 10 mm
 R 6, 1,5 kΩ 1/4, 10 mm
 R 7, 10 kΩ 1/4, 10 mm
 R 8, 150 Ω 1/4, 10 mm
 R 9, 150 Ω 1/4, 10 mm
 R 10, 1 MΩ Spindeltrimmer, 19 mm RM
 R 11, 12 Ω, 5 Watt, 25 mm RM
 R 12, 2,2 kΩ 1/4 W, 10 mm RM
 R 13, 1 MΩ 1/4 W, 10 mm RM
 R 14, 6,8 Ω, 20 Watt Metallgeh. (Dale)
 R 15, 10 kΩ 1/4 W, 10 mm RM
 R 16, 47 kΩ 1/4 W, 10 mm
 R 18, 820 Ω 1/4 W, 10 mm R 18 ges. 853 Ohm
 R 18 a, 33 Ω 1/4 W, 10 mm
 R 19, 910 Ω 1/4 W, 10 mm
 R 20, 1 kΩ 1/4 W, 10 mm R 20 ges. 1k1
 R 20 a, 100 kΩ 1/4 W, 10 mm
 R 21 - R 31, 2,7 kΩ 1% 1/4 W, 10 mm
 R 32, 470 kΩ 1/4 W, 10 mm
 R 33, 1 kΩ 1/4 W, 10 mm
 R 34, 10 kΩ 1/4 W, 10 mm
 R 35, 0,47 Ω, 5 Watt
 R 36, 8,2 kΩ
 R 37, Spindeltrimmer 4,7 kΩ, 19 mm lang

Kondensatoren:

C 1, 4700 µF, 35/40 Volt Rollaufst., max. 42,5 RM
 C 2, 0,1 µF, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm
 C 3, 0,1 µF, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm
 C 4, 10 µF, Eiko 16 V, stehend, RM, 5 mm
 C 5, 0,47 µF, Folie 63 V RM, 5 mm
 C 6, 10 µF, Eiko 35 V, stehend, RM, 5 mm
 C 7, 0,1 µF, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm
 C 8, 10 µF, Eiko 35 V, stehend, RM, 5 mm
 C 9, 10 µF, Eiko 16 V, stehend, RM, 5 mm
 C 10, 15 µF, Folie 32 V RM, 5 mm (7,5)
 C 11, 0,1 µF, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm
 C 12 - C 18, 0,1 µF, ker., 32 V Scheibe RM, 5 mm

Nun die Verblindung zum Akku herstellen. Es muß die grüne LED blinken. Prüfen, ob sich der Ladestrom mittels R 3 verändern läßt. Wenn das geht und man beim Bestücken des Spannungsteilers keine

Verblindung" auf „Ein“ gestellt und der Akku wieder angeschlossen.

Die Auswertung, ob ein Akku angeschlossen ist oder nicht, erfolgt