

# Akku-Lade-Center Teil 4

## ALC 8000/ALC 8500 Expert

**Funktions- und Leistungsmerkmale, die bei keinem anderen Ladegerät zu finden sind, und die Unterstützung von allen wichtigen Akku-Technologien erfordern einen entsprechenden Schaltungsaufwand. Die Beschreibung der detaillierten Schaltungstechnik wird mit dem Analog-Digital-Wandler fortgesetzt.**

### Analog-Digital-Wandler

Der A/D-Wandler des ALC 8500 hat die Aufgabe, alle analogen Messwerte innerhalb des Gerätes in digitale Daten für den Mikrocontroller umzusetzen. Da innerhalb des ALCs eine ganze Reihe von analogen Messwerten zu verarbeiten sind, ist eine Messwertabfrage im Multiplexverfahren erforderlich. Der Schaltungsbereich des A/D-Wandlers ist in Abbildung 30 dargestellt. Hier handelt es sich um einen sehr genauen Dual-Slope-Wandler mit 14 Bit Genauigkeit und vorgeschaltetem Analog-Multiplexer. Die Grundelemente dieses trotz kostengünstigen Aufbaus sehr genauen Wandlers sind der als invertierende Integrator geschaltete Operationsverstärker IC 5 D und der Komparator IC 5 C. Das Grundprinzip dieses Wandlers basiert darauf, dass die Referenzspannung und die Mess-Spannung entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Die über R 47 mit Spannung versorgte Referenzdiode D 2 liefert eine Referenzspannung von -2,5 V, die eine geringe Drift aufweist. Sowohl die Referenzspannung als auch alle zu erfassenden Messwerte

gelangen auf die Eingangs-Multiplexer IC 1 und IC 2, die wiederum vom Haupt-Mikrocontroller über die Signale A0 bis A2 und EN-1, EN-2 gesteuert werden. Vom Ausgang des Mikrocontrollers gelangen alle analogen Spannungswerte über R 48 auf den Pufferverstärker IC 5 A, an dessen Ausgang die Analogwerte dann niederohmig zur Verfügung stehen.

Die Schalterstellung des Multiplexers IC 4 A ist davon abhängig, ob positive oder negative Messwerte zu verarbeiten sind. Negative Mess-Spannungen werden mit Hilfe des invertierenden Verstärkers IC 5 B invertiert.

Mit IC 5 D und externer Beschaltung ist ein Integrator aufgebaut, dessen Integrationskondensator C 1 im Ruhezustand über den CMOS-Schalter IC 4 B kurzgeschlossen ist. Sobald IC 4 B umschaltet, liegt am Integrationswiderstand R 1 der zu erfassende Messwert an.

Die Spannung an IC 5 D, Pin 14, wandert in negativer Richtung, wobei die Steigungsgeschwindigkeit von der Amplitude des Messwertes abhängig ist. Danach wird die Referenzspannung an R 1 angelegt, und der nachgeschaltete Komparator IC 5 C umgeschaltet, wenn die Ausgangsspannung

des Integrators wieder im Ruhezustand ist.

Die benötigte Zeit zum Umschalten ist direkt proportional zur Amplitude des Messwertes, der zum Abintegrieren des Wandlers führte. Der Kollektor des nachgeschalteten Transistors T 1 ist mit dem entsprechenden Port des Mikrocontrollers verbunden.

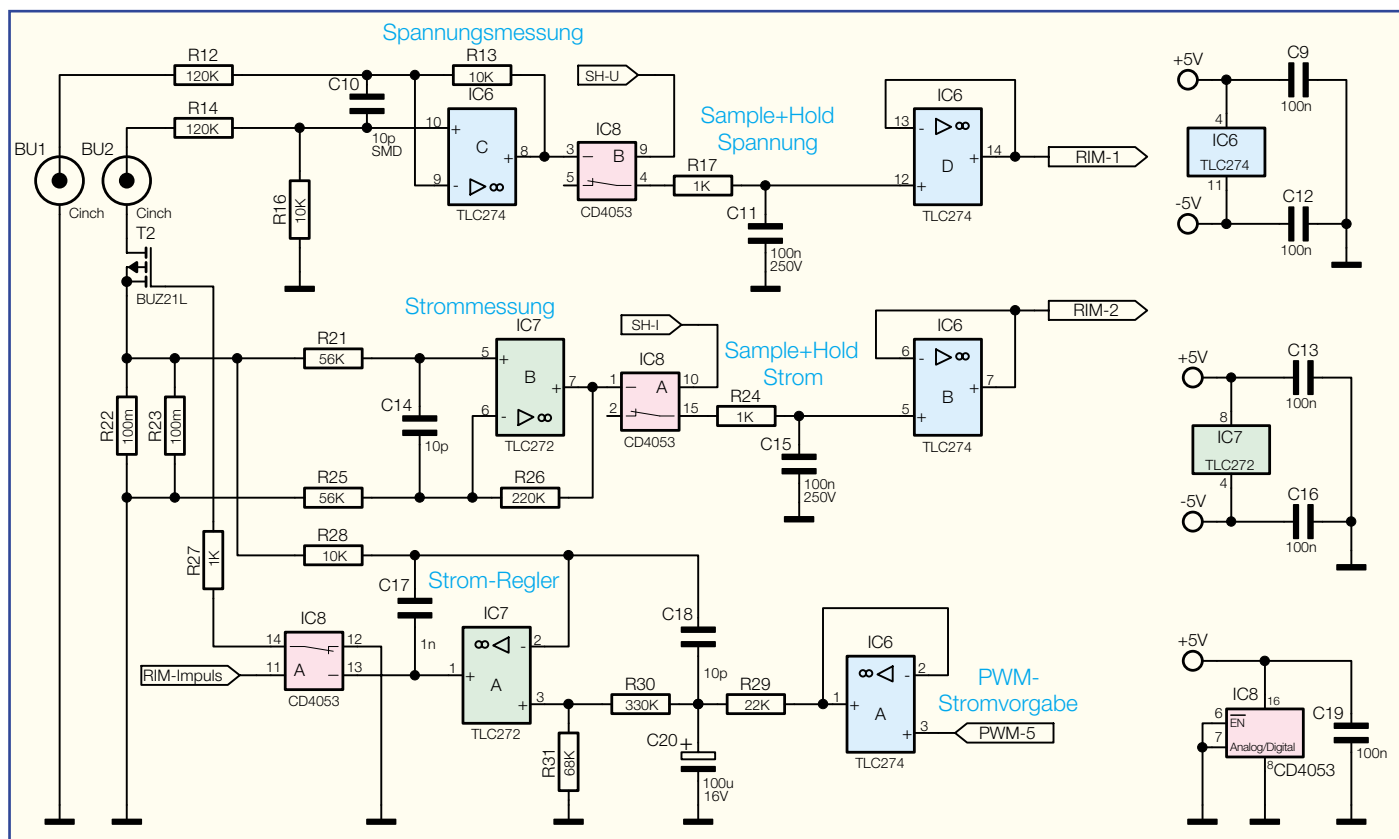
Damit der Offset des OPs keinen Einfluss auf die Messung hat, ist der positive Eingang von IC 5 D über den Spannungsteiler R 4, R 7 leicht negativ vorgespannt.

### Blei-Akku-Aktivator-Funktion

Zur Verhinderung von kristallinen Sulfat-Ablagerungen an den Platten von Blei-Akkus ist das ALC 8500 Expert an Kanal 2 mit einer Blei-Akku-Aktivator-Funktion ausgestattet. Besonders wenn Blei-Akkus nur saisonweise genutzt, über längere Zeit gelagert oder mit geringen Strömen entladen werden, beginnen Sulfat-Ablagerungen die Bleiplatten zu bedecken. Diese Ablagerungen verringern die nutzbare Oberfläche und führen somit zur deutlichen Leistungsminderung des Akkus.

Mit der in Abbildung 31 dargestellten Schaltung werden periodische Spitzen-





**Bild 32: Schaltungsteil zur Messung des Akku-Innenwiderstands beim ALC 8500 Expert**

bestimmung ist einfach. Bei definiertem Entladestrom wird der Spannungsabfall gegenüber dem unbelasteten Zustand ermittelt. Die dabei gemessene Spannungsdifferenz dividiert durch den Belastungsstrom ergibt den Akku-Innenwiderstand.

Aufgrund der üblicherweise geringen Innenwiderstände von Akkus sind hohe Ströme erforderlich, um auswertbare Spannungsdifferenzen zu erhalten. Dabei sind aussagekräftige Ergebnisse nur dann möglich, wenn die Spannungserfassung direkt am Akku erfolgt. Spannungsabfälle auf den Messleitungen würden sonst das Mess-Ergebnis stark verfälschen. Die Belastung des Akkus erfolgt nur mit kurzen Stromimpulsen, da im anderen Fall eine zu hohe Verlustleistung zu verkraften wäre.

Zur Kontaktierung am Akku bzw. an den Messpunkten dienen Spezial-Messleitungen, die jeweils über zwei federnd gelagerte Mess-Spitzen verfügen. Die Messleitungen werden an BU 1 und BU 2 in Abbildung 32 angeschlossen, wobei die inneren Kontaktstifte der Cinch-Stecker mit den spitzen Mess-Spitzen verbunden sind und zur Spannungserfassung direkt am Prüfling dienen. Der Mess-Strom fließt über die äußeren Cinch-Stecker-Kontakte und die breiten Mess-Spitzen der Spezial-Messleitungen.

Die Spannungserfassung erfolgt mit Hilfe des Differenzverstärkers IC 6 C, an dessen Ausgang im belasteten und im unbelasteten Zustand die proportionale

Akku-Spannung ansteht.

Der Pluspol des Prüflings ist über die Prüfspitze mit dem äußeren Anschluss von BU 2 und der Minuspol des Prüflings mit dem äußeren Anschluss der Buchse BU 2 (Schaltungsmasse) verbunden. Über diese Anschlüsse und die breiten Kontakte der Mess-Spitzen fließt der impulsartige Entladestrom.

Während des Entladeimpulses wird der zu prüfende Akku mit der Reihenschaltung, bestehend aus R 22, R 23 und der Drain-Source-Strecke des Transistors T 2, belastet. Die parallel geschalteten Shunt-Widerstände dienen dabei zur Strommessung, wobei der stromproportionale Spannungsabfall über R 21, R 25 abgegriffen wird. Am Ausgang des Operationsverstärkers IC 7 B steht die Strominformation verstärkt zur Verfügung.

Zur Stromregelung dient IC 7 A mit externer Beschaltung. Mit Hilfe eines von der Mikrocontrollereinheit kommenden PWM-Signals erfolgt die Vorgabe des Soll-Wertes, wobei IC 6 A zur Pufferung dient. Der nachgeschaltete Tiefpass, bestehend aus R 29 und C 20, dient zur Integration des PWM-Signals, so dass wir an C 20 eine Gleichspannung zur Sollwert-Vorgabe erhalten.

Über den mit R 30, R 31 aufgebauten Spannungsteiler gelangt der Soll-Wert auf den nicht invertierenden Eingang von IC 7 A (Pin 3).

Der Ist-Wert des Stromes kommt über R 28 direkt vom Shunt (R 22, R 23) und

wird auf den nicht invertierenden Eingang von IC 7 A gegeben. Während des RIM-Impulses an Pin 11 von IC 8 A wird der Ausgang des Stromreglers (IC 7 A, Pin 1) über R 27 mit dem Gate von T 2 verbunden. Abhängig von der Ausgangsspannung wird der Drain-Source-Widerstand des Leistungs-FETs gesteuert.

Da für die Messwerte von Strom und Spannung nur 100 ms zur Verfügung stehen, die A/D-Wandlung aber mehr Zeit in Anspruch nimmt, sind sowohl bei der Spannungs- als auch bei der Strommessung „Sample-and-Hold“-Glieder nachgeschaltet. Das „Sample-and-Hold“-Glieder für die Spannungsmessung ist mit IC 8 B, R 17, C 11 und dem Pufferverstärker IC 6 D aufgebaut, während das für die Strommessung zuständige Glied über IC 8 A, R 24, C 15 und IC 6 B realisiert wurde.

Die Kondensatoren C 9, C 12, C 13, C 16 und C 19 dienen zur Störabblockung an den Versorgungspins der einzelnen integrierten Schaltkreise.

## Lade-/Entlade-Endstufen für Kanal 1 und Kanal 2

Zu den wichtigsten Baugruppen innerhalb eines Ladegerätes zählen natürlich die Lade-/Entlade-Endstufen, die beim ALC 8000 insgesamt dreimal und beim ALC 8500 Expert viermal vorhanden sind. Mit Ausnahme des Widerstands R 232 sind beim ALC 8500 Expert die Lade-/

Entlade-Endstufen für Kanal 1 und 2 sowie für Kanal 3 und 4 jeweils vollkommen identisch. Die Bauteilnummerierung für den Ladekanal 1 (Abbildung 33) beginnt mit 1 als erster Ziffer und die Bauteilnummerierung für Kanal 2 demzufolge mit 2.

Auf die einzige Abweichung wurde bereits bei der Beschreibung der Blei-Akku-Aktivator-Funktion eingegangen.

Die Lade-Endstufen arbeiten als getaktete PWM-Schaltregler, und der im gleichen Schaltbild dargestellte Entladezweig arbeitet als Linearregler.

Betrachten wir zuerst den unten eingezeichneten Entladezweig, wo der zentrale Mikrocontroller die Sollwert-Vorgabe mit Hilfe eines pulswidenmodulierten Signals steuert. Dieses PWM-Signal gelangt über den Pufferverstärker IC 103 B auf die mit R 121, R 123, C 115 aufgebaute R/C-Kombination zur Mittelwertbildung. Gleichzeitig wird mit R 121, R 123 die Spannung

heruntergeteilt und auf den nicht invertierenden Eingang des mit IC 103 D aufgebauten Stromreglers gegeben.

Die Freigabe des Entlade-Stromreglers erfolgt mit einem „High-Signal“ an der Katode der Diode D 106 (von der Mikrocontrollereinheit gesteuert). Bei einem „Low-Signal“ hingegen bleibt der Transistor T 101 über die Diode D 106 gesperrt.

D 107 dient zur gegenseitigen Verriegelung der Lade-/Entlade-Endstufe. Die Entladung kann nur erfolgen, wenn die Katode von D 107 ebenfalls „High“-Pegel führt.

Während des Entlade-Vorgangs erhalten wir am Shunt-Widerstand R 124 einen dem Entladestrom proportionalen Spannungsabfall, der über R 122 auf den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 103 D geführt wird. Der Regler vergleicht nun die Mess-Spannung mit der Sollwert-Vorgabe an Pin 12.

Der OP-Ausgang steuert über R 119

den Emitterfolger T 101 und dieser wiederum den Entlade-Transistor T 102, so dass der Regelkreis wieder geschlossen ist.

Ebenfalls erhalten wir einen zum Entladestrom proportionalen Spannungsabfall am Shunt-Widerstand R 113. Dieser Spannungsabfall wird zur Strommessung über R 107 auf den nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 103 C gegeben, dessen Verstärkung durch den Widerstand R 114 im Rückkopplungsweig und den Widerstand R 116 bestimmt wird. Über den Multiplexer IC 2 im Digitalteil (Abbildung 30) gelangt die Mess-Spannung letztendlich zum A/D-Wandler und von hier aus als digitale Information zum Mikrocontroller.

Im Lademodus ist der im oberen Schaltungsbereich eingezeichnete PWM-Schaltregler aktiv und der Entladeregler über D 106 und D 107 gesperrt. Auch im Lademodus erhalten wir einen stromproportionalen Spannungsabfall am Shunt-Wi-

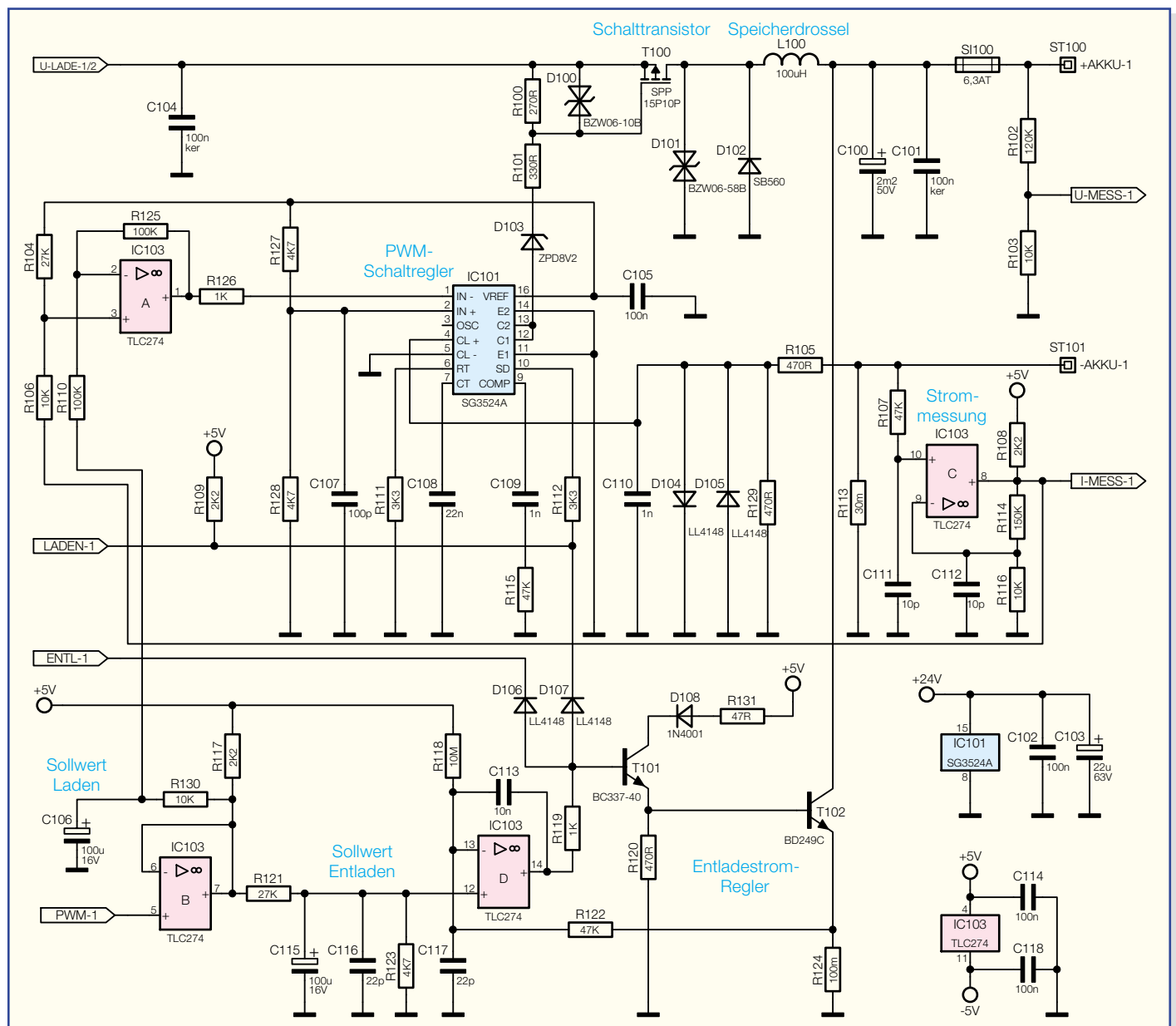
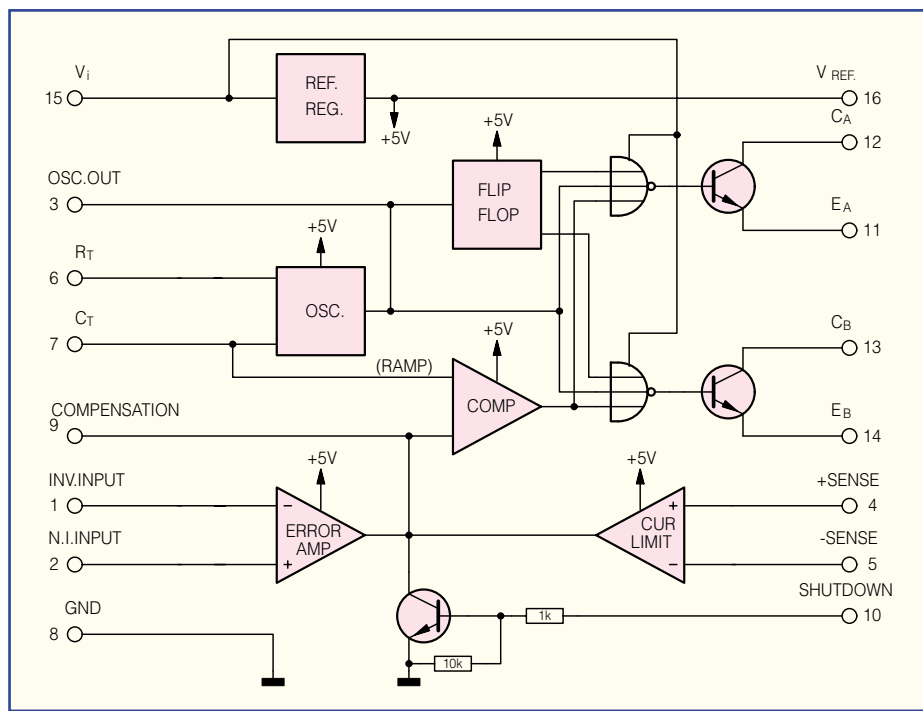


Bild 33: Schaltung der Lade-/Entlade-Endstufe für Kanal 1



**Bild 34: Interner Aufbau des SG 3524**

derstand R 113, jedoch mit umgekehrter Polarität.

Zentrales Bauelement der Lade-Endstufe ist das bekannte Schaltregler-IC SG 3524 (IC 101), dessen interner Schaltungsaufbau in Abbildung 34 dargestellt ist. Mit Ausnahme des Leistungs-Schalttransistors enthält dieses IC sämtliche Stufen, die zum Aufbau eines PWM-Schaltreglers erforderlich sind.

Eine interne Referenzspannung steht an Pin 16 zur Verfügung und dient zunächst zur Speisung des mit R 127 und R 128 aufgebauten Spannungsteilers an Pin 2 (nicht invertierender Eingang des Fehlerverstärkers). Der Ist-Wert gelangt über den Widerstand R 126 auf den invertierenden Eingang des integrierten Fehlerverstärkers.

Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers IC 103 A ist wiederum abhängig vom gemessenen Ausgangsstrom und von der Sollwert-Vorgabe des Mikrocontrollers. Mit Hilfe der R/C-Kombination R 130, C 106 wird aus dem PWM-Signal des Mikrocontrollers der arithmetische Mittelwert gebildet.

Die zum Ausgangsstrom proportionale Spannung kommt direkt vom Stromverstärker IC 103 C und wird über R 106 auf den nicht invertierenden Eingang von IC 103 A gegeben. Dieser Eingang wird über R 104 zusätzlich vorgespannt.

Der Regler vergleicht ständig die Eingangsgrößen miteinander und steuert über seinen an Pin 9 mit einer R/C-Kombination beschalteten Ausgang den integrierten Komparator und somit das PWM-Ausgangssignal (Puls-Pausen-Verhältnis).

Die Schaltfrequenz des Step-down-Wandlers wird durch die externe Oszillatorbe-

schaltung an Pin 6 und Pin 7 (R 111, C 108) bestimmt.

Zwei integrierte Treibertransistoren an Pin 11 bis Pin 14 dienen zur Steuerung des selbstsperrenden P-Kanal-Leistungs-FETs T 100. Der Spannungsteiler R 100, R 101 sowie die Diode D 103 dienen zusammen mit der Transil-Schutzdiode D 100 zur Begrenzung der Drain-Source-Spannung.

Die am Shunt-Widerstand R 113 abfallende Spannung ist direkt proportional zum Ladestrom. Über den mit R 105, R 129 aufgebauten Spannungsteiler gelangt die Spannung zur schnellen Maximalstrombegrenzung auf die Chip-interne Strombegrenzerschaltung (Pin 4, Pin 5).

Solange der PWM-Ausgang des SG 3524 den P-Kanal-Leistungs-FET (T 100) durchsteuert, fließt der Ladestrom über diesen Transistor, die Speicherdrossel L 100 und die Sicherung SI 100 zum Ausgang (Akku) und über den Shunt-Widerstand R 113 zurück.

Aufgrund der in L 100 gespeicherten Energie bleibt der Stromfluss bei gesperrtem FET (T 100) über die schnelle Schottky-Diode D 102 aufrechterhalten. Der Ausgangsstrom ist direkt abhängig vom Tastverhältnis, wobei der Elko C 100 zur Glättung dient.

Die Transil-Schutzdiode D 101 eliminiert Störimpulse, und die Sicherung SI 100 dient zum Schutz des angeschlossenen Akkus und der Endstufe im Fehlerfall oder bei einem verpolten Akku.

## Lade-/Entlade-Endstufen für Kanal 3 und Kanal 4

Wie bereits erwähnt, ist die Elektronik

für die Ladekanäle 3 und 4 ebenfalls identisch aufgebaut. Die in Abbildung 35 dargestellte Schaltung ist also doppelt vorhanden. Alle Bauteilnummerierungen für den Ladekanal 3 beginnen mit 3 als erster Ziffer und die Nummerierungen für Kanal 4 grundsätzlich mit 4. In der Schaltungsbeschreibung beziehen wir uns auf den Ladekanal 3.

Betrachten wir zuerst den Ladezweig im oberen Bereich des Schaltbildes. Von der Mikrocontrollereinheit gesteuert, erfolgt das Ein- und Ausschalten des Ladezweiges mit Hilfe des Transistors T 302. Der Laderegler ist mit IC 300 A und externen Komponenten realisiert, wobei es sich um einen Stromregler handelt.

Zur Messung des Lade- und Entlade-Stroms dient der Shunt-Widerstand R 309, dessen Spannungsabfall über R 304 auf den nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 300 B gegeben wird. Die Verstärkung ist abhängig vom Widerstand R 306 im Rückkopplungs-zweig und vom Widerstand R 310.

Die am Ausgang zur Verfügung stehende stromproportionale Spannung zur Steuerung des Ladereglers wird gleichzeitig zur Messung der Prozesseinheit zugeführt. Im Entladebetrieb erhalten wir einen Spannungsabfall mit entgegengesetztem Vorzeichen.

Der mit IC 300 A aufgebaute Linearregler vergleicht die Sollwert-Vorgabe an Pin 3 mit dem Ist-Wert des Ladestroms, der von IC 300 B, Pin 7 geliefert wird.

Der Reglerausgang steuert über den Treibertransistor T 301 direkt den PNP-Entstufentransistor T 300.

Über die zum Entladeschutz bei ausgeschaltetem Gerät eingesetzte Diode D 300 und die Schmelzsicherung SI 300 gelangt die Ladespannung zum Ausgang ST 300. D 305 dient bei verpolt angeschlossenem Akku zum Schutz des Ladegerätes und des Akkus, indem die Schmelzsicherung SI 300 dann gezielt anspricht.

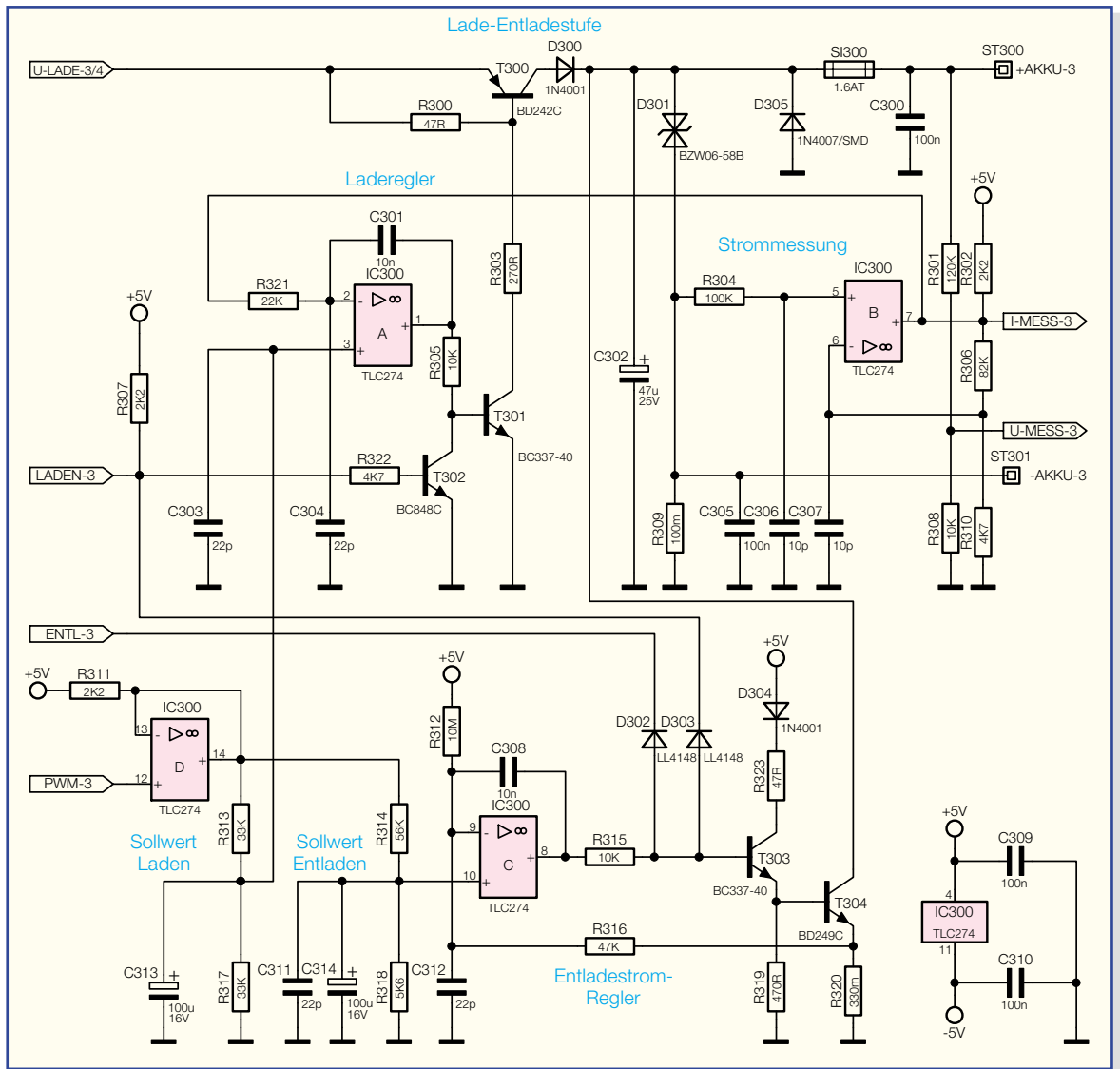
Zur Messung wird die Akku-Spannung mit R 301, R 308 heruntergeteilt und auf den Eingangs-Multiplexer des Dual-Slope-A/D-Wandlers in Abbildung 30 geführt.

Die Sollwert-Vorgabe des Ladestroms erfolgt mit Hilfe eines PWM-Signals von der Mikrocontrollereinheit. Dieses Signal wird mit IC 300 D (im Schaltbild unten links) gepuffert und anschließend mit Hilfe eines nachgeschalteten Integrationsgliedes der Gleichspannungsmittelwert gewonnen. R 313 und R 317 dienen dabei gleichzeitig als Spannungsteiler.

Vom Mikrocontroller gesteuert, erfolgt das Ein- und Ausschalten des Entladekanals über die Diode D 303.

Die Entlade-Endstufe ist im unteren Bereich des Schaltbildes zu finden. Auch hierbei handelt es sich um einen linearen

**Bild 35: Schaltung der Lade-/Entladestufe für Kanal 3**



Regler, der über dasselbe PWM-Signal vom Mikrocontroller gesteuert wird.

Mit Hilfe des RC-Gliedes R 314, R 318, C 314 erfolgt dann die Mittelwertbildung, wobei der Spannungsteiler R 314, R 318 die Steuergleichspannung weiter herunterteilt. Die Sollwert-Vorgabe erfolgt somit an Pin 10 von IC 300 C.

Die zum Entladestrom proportionale Mess-Spannung am Shunt-Widerstand R 320 repräsentiert den Ist-Wert, der über R 316 auf den invertierenden Eingang von IC 300 C gegeben wird. Der Regler führt dann einen Ist-/Soll-Wert-Vergleich durch und steuert über den Transistor T 303 den Entladetransistor T 304, sofern die gesamte Stufe über „High“-Signale an den Katen von D 302 und D 303 freigegeben ist.

Alle weiteren Kondensatoren im Bereich der Lade-/Entlade-Endstufe dienen zur Verhinderung von hochfrequenten Störeinflüssen und zur Schwingneigungsunterdrückung.

### Lüftersteuerung

Zur Abfuhr der insbesondere im Entla-

debetrieb entstehenden Abwärme ist das ALC 8000/ALC 8500 Expert mit einem hochwertigen Kühlkörper-Lüfteraggregat ausgestattet, dessen Lüfter über die in Abbildung 36 dargestellte Schaltung versorgt wird. Die Lüfter-Drehzahl wird dabei abhängig von der Kühlkörpertemperatur mit Hilfe eines PWM-Signals von der Mikrocontrollereinheit gesteuert.

Das PWM-Signal zur Lüftersteuerung wird über R 61 direkt auf die Basis des Transistors T 60 gegeben, in dessen Kollektorzweig sich der 12-V-Lüfter mit dem Vorwiderstand R 60 befindet. Überspannungen am Lüfter werden mit der Z-Diode D 60 verhindert und D 61 unterdrückt Gegeninduktionsspannungen am Transistor T 60. Der Elko C 60 und der Kondensator C 61 dienen zur Störunterdrückung am Lüftermotor.

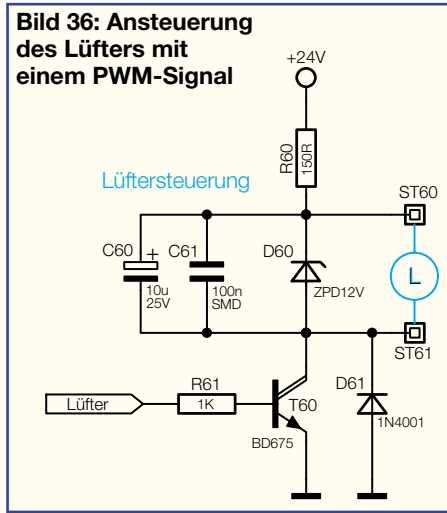
### Spannungsversorgung

Die Spannungsversorgung des Akku-Lade-Centers ist in Abbildung 37 und Abbildung 38 zu sehen, wobei die in Abbildung 37 dargestellten Komponenten direkt

mit der 230-V-Netzspannung verbunden sind. Von BU 1000 gelangt die Netzspannung dann über die Netzsicherung SI 1000 und den 2-poligen Netzschalter S 1000 zur Schraubklemme KL 1000. An dieser Klemme sind direkt die Primärleitungen des Netztransformators angeschlossen. Der X2-Kondensator C 1000, parallel zur Primärwicklung, dient zur Störunterdrückung.

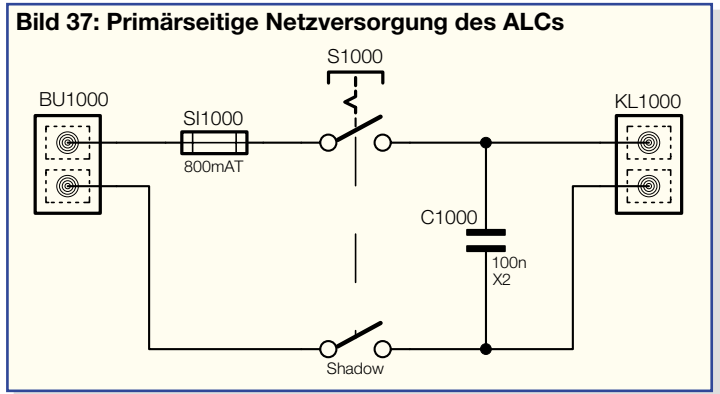
Der in Abbildung 38 links eingezeichnete Netztransformator verfügt über drei Sekundärwicklungen und liefert alle Spannungen, die innerhalb des ALCs benötigt werden.

Zunächst ist für die Hochstromkanäle 1 und 2 die obere Trafowicklung (ST 1, ST 2) zuständig. Diese Wicklung liefert eine Wechselspannung von ca. 32,5 V bei einem Maximalstrom von 2,75 A. Nach der Gleichrichtung mit D 10 bis D 13 übernimmt der Elko C 29 die Pufferung der un-stabilisierten Spannung. Die direkt parallel zu den Gleichrichterdiolen liegenden Keramik-Kondensatoren C 26, C 27, C 30 und C 31 verhindern Störspitzen im Schaltbereich der Dioden und C 28 dient zur weiteren Störabblockung.



Bei ausgeschaltetem Ladegerät verhindert die Diode D 22 die Entladung eines eventuell am Ladeausgang angeschlossenen Akkus und R 44 entlädt definiert bei ausgeschaltetem Gerät den Elko C 29.

Zur Versorgung der Laderegler in den Endstufen wird eine Spannung von 24 V benötigt, die der Festspannungsregler IC 13 liefert. Damit im Leerlaufbetrieb der Eingangs-Spannungsbereich von IC 13 nicht überschritten wird, sorgt R 53 für einen entsprechenden Spannungsabfall. C 40 und C 41 dienen zur Blockung am Spannungsreglereingang.



Die zweite Sekundärwicklung in Schaltbildmitte liefert die Spannungen zur Versorgung der gesamten Steuerelektronik und der Mikrocontrollereinheit des ALCs. Hier werden sowohl eine positive als auch eine negative Spannung von 5 V benötigt.

Diese Sekundärwicklung mit Mittelanzapfung (ST 3 bis ST 5) speist die mit D 14 bis D 17 aufgebauten Mittelpunkt-Zweig-Gleichrichterschaltungen. D 14 und D 15 versorgen dabei den Positivregler IC 11 am Eingang (IN) mit der unstabilierten Gleichspannung und D 16, D 17 den negativen Spannungsregler IC 12. Ausgangsseitig stehen dann stabilisiert +5 V und -5 V zur Verfügung.

Die Pufferung der Eingangsspannungen in diesem Bereich übernehmen die Elkos C 33 und C 36, während C 32, C 35

hochfrequente Störeinflüsse am Eingang der Regler verhindert. Schwingneigungen an den Ausgängen werden mit C 34 und C 37 unterdrückt.

Die dritte Sekundärwicklung im unteren Bereich des Schaltbildes ist für die Ladekanäle 3 und 4 zuständig und speist den mit D 18 bis D 21 aufgebauten Brückengleichrichter. Gepuffert wird die unstabilierte Spannung mit C 39, wobei R 45 den Elko im ausgeschalteten Zustand entlädt. Hochfrequente Störeinflüsse werden mit C 38 unterdrückt.

Die Beschreibung sämtlicher Stufen innerhalb des ALC 8500 Expert ist damit abgeschlossen, so dass wir uns im nächsten Teil dem praktischen Aufbau dieses interessanten Ladegerätes zuwenden können.

ELV

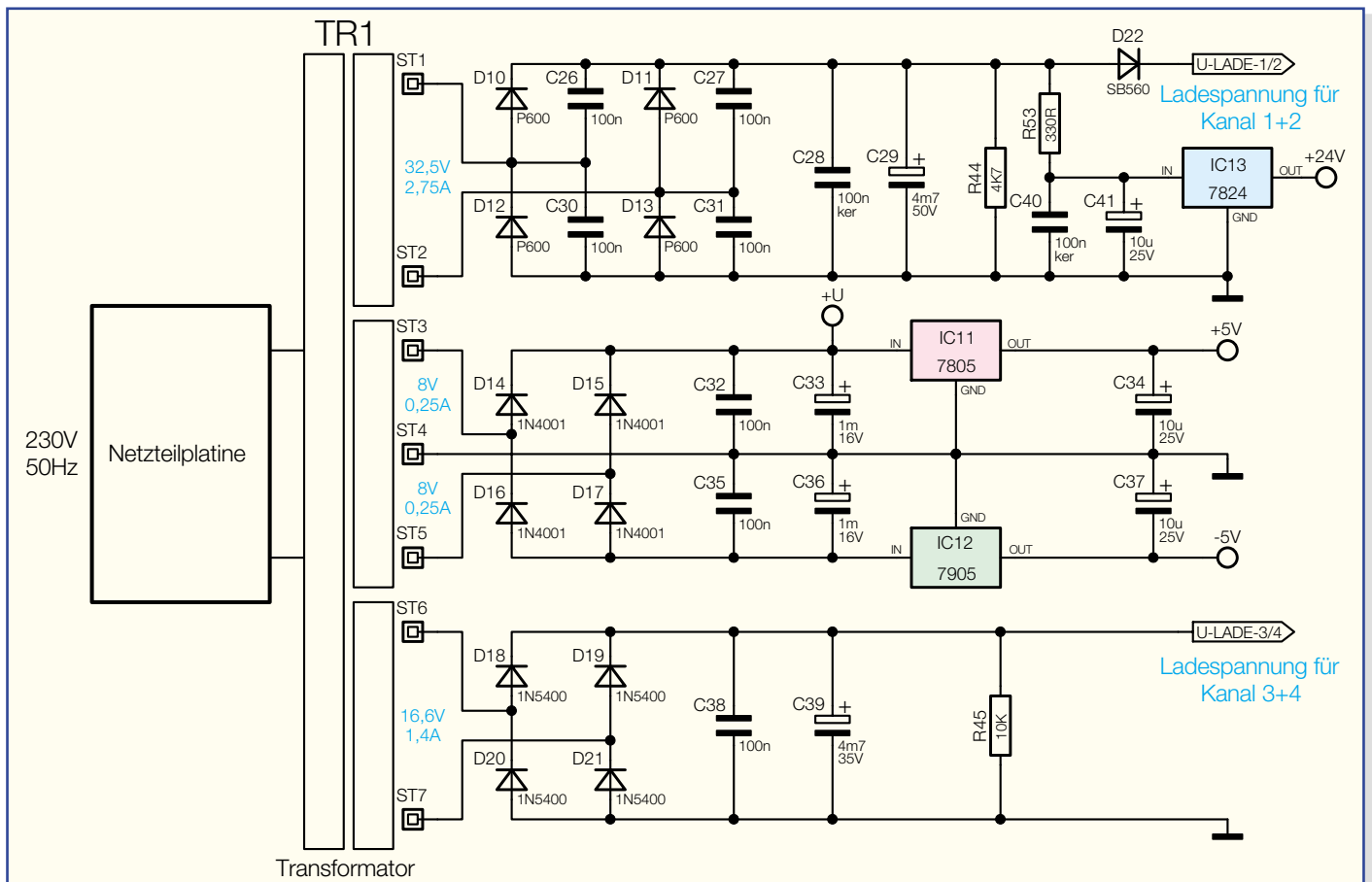


Bild 38: Netzteil des ALC 8000/ALC 8500 Expert