



# Akku-Lade-Center ALC 7000 Expert Teil 2

**Beim mikroprozessorgesteuerten ALC 7000 Expert mit hinterleuchtetem Multifunktions-LC-Display, sorgen 6 unterschiedliche Programme für die richtige Akku-Pflege und beste Ladeergebnisse. Nachdem im ersten Teil die Bedienung und Funktion vorgestellt wurden und das Blockschaltbild einen ersten Überblick über die Technik verschafft hat, kommen wir nun zur detaillierten Schaltungsbeschreibung.**

## Schaltung

Das ALC 7000 Expert ist zum Laden bzw. Schnellladen von NC-, NiMH-, Blei- und Blei-Gel-Akkus geeignet und kann darüber hinaus auch eine genaue Akku-Kapazitätsmessung vornehmen. Die Überwachung und Steuerung der vier Lade-/Entladekanäle erfolgt separat, wobei drei verschiedene Programme gleichzeitig ausgeführt werden können. Für jeden Kanal werden die Akkuspannung, der Strom und die Kapazität gleichzeitig auf dem Display angezeigt.

Zur Kommunikation mit einem externen PC ist eine serielle RS-232-Schnittstelle integriert.

Die große Funktionsvielfalt und die Unabhängigkeit der Ladekanäle erfordert einen entsprechenden Schaltungsaufwand.

Zur besseren Übersicht wurde daher das Gesamtschaltbild des ALC 7000 Expert in mehrere Teilschaltbilder, die wiederum in sich geschlossene Funktionsgruppen bilden, aufgeteilt. Gemessen am Leistungsspektrum ist der Schaltungsaufwand trotzdem recht übersichtlich.

Die insgesamt vier Teilschaltbilder bestehen aus der Mikroprozessor-Steuereinheit in Abbildung 9, dem Hochstromladezweig für Kanal 1 und Kanal 2 mit dem PWM Step-Down-Wandler (Abbildung 10), der linear geregelten Lade-/Entladeschaltung für die Kanäle 3 und 4 in Abbildung 11 sowie der in Abbildung 12 dargestellten Spannungsversorgung.

## Mikroprozessor-Steuereinheit

Wir beginnen die detaillierte Schaltungsbeschreibung nun mit der Mikroprozessor-

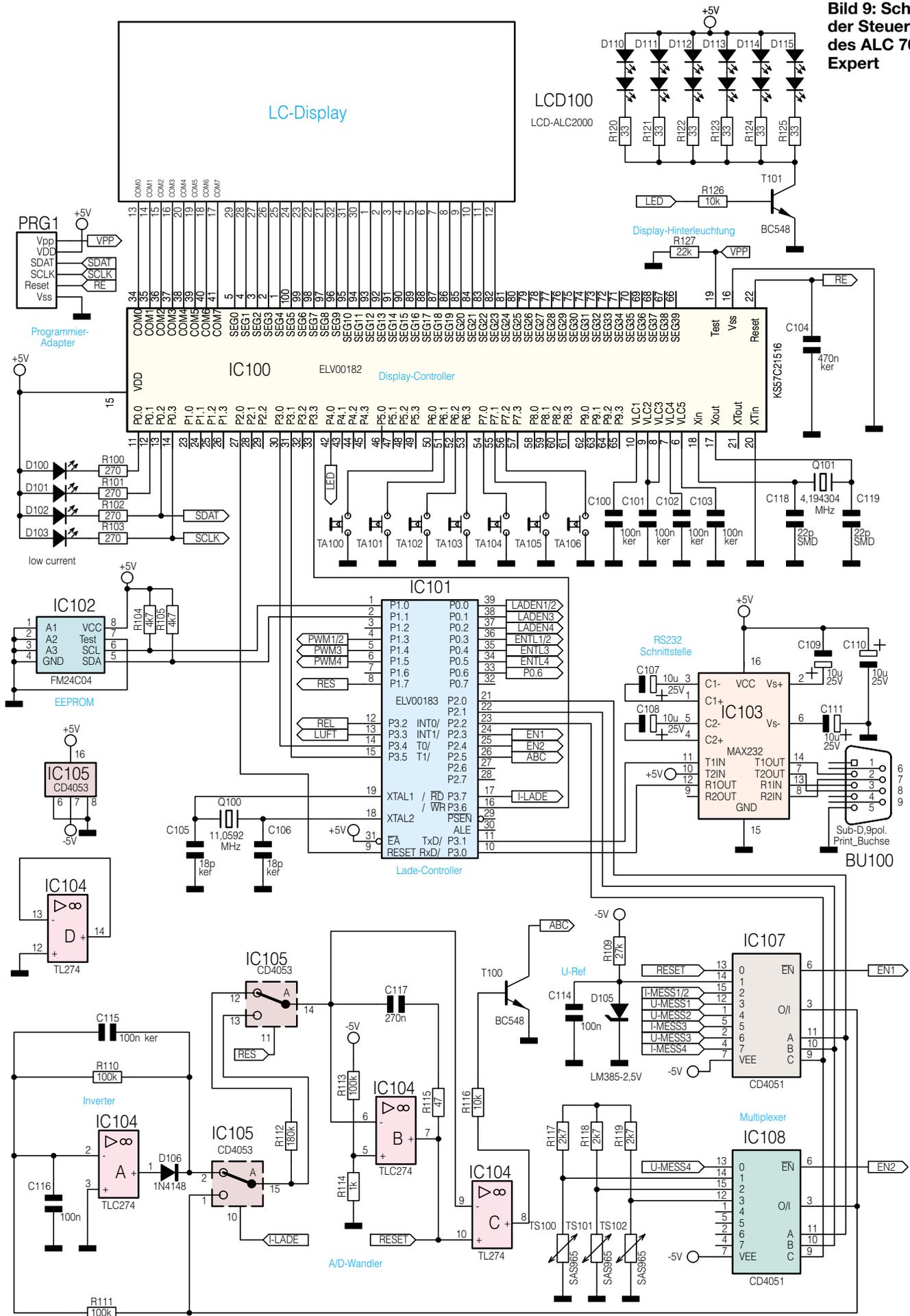
Steuereinheit und die dazugehörigen externen Komponenten.

Wie bereits aus dem Blockschaltbild ersichtlich, arbeitet das ALC 7000 Expert mit einem 2-Prozessor-System, wobei der erste Prozessor die Bedien- und Anzeigefunktion übernimmt und der zweite Prozessor für die eigentlichen Ladefunktionen zuständig ist. Diese Aufgabenteilung bietet zudem den Vorteil, dass die Programmierung eines Kanals nicht die Lade-/Entladefunktion eines anderen Kanals unterbricht.

Doch nun zum Schaltbild der Steuereinheit in Abbildung 9, wo oben das LC-Display mit 24 Segmentleitungen und 8 Ebenen (COM 0 - COM 7) zu sehen ist. Sämtliche Displayleitungen sind direkt mit den zugehörigen Pins des Mikrocontrollers IC 100 verbunden.

Neben dem LC-Display stehen für die

**Bild 9: Schaltbild der Steuereinheit des ALC 7000 Expert**



005189301A

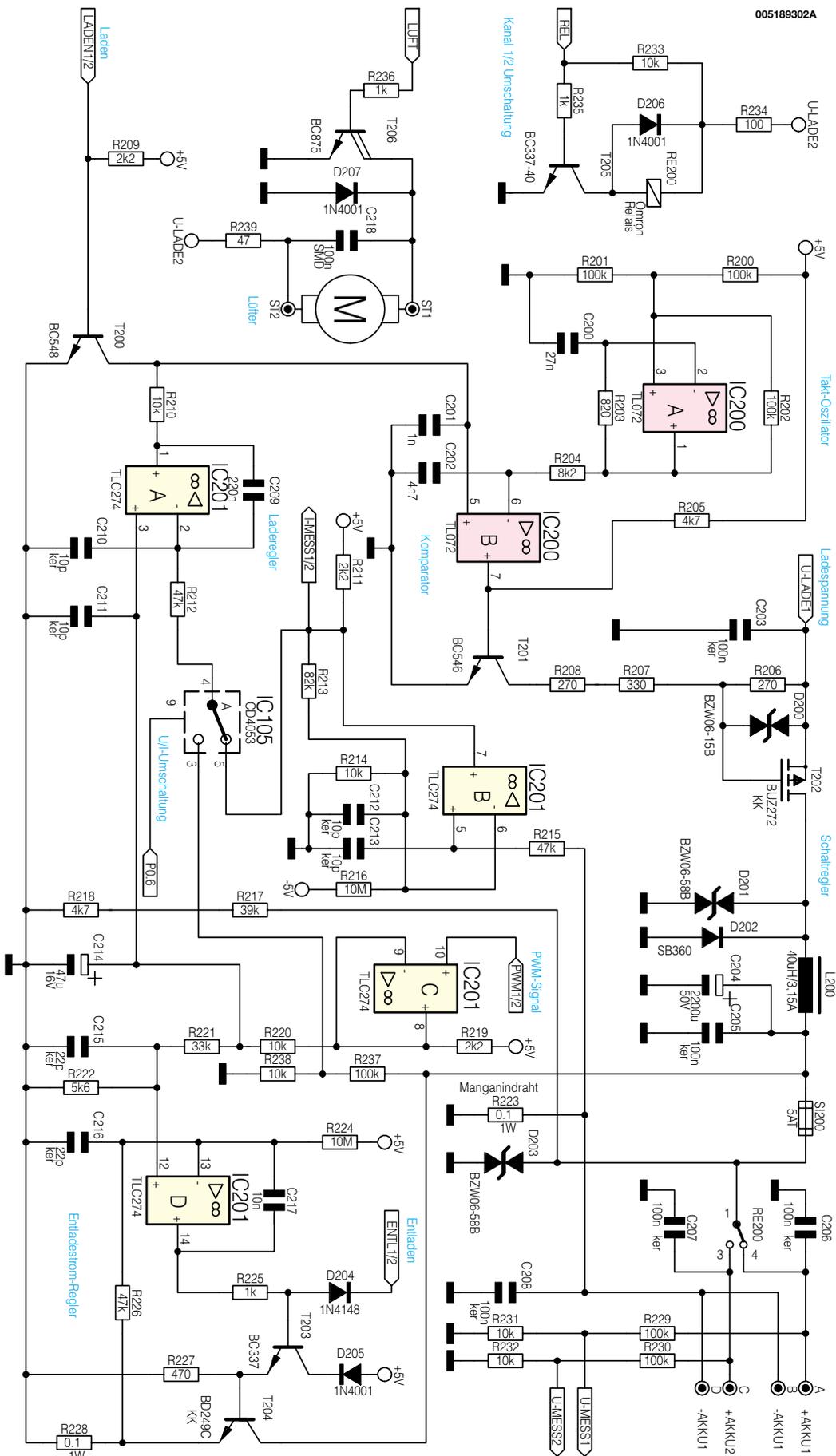


Bild 10: Schaltbild vom Hochstromladezweig für Kanal 1 und Kanal 2 mit dem PWM Step-Down-Wandler

Ladekanäle als Anzeigeelemente noch die Leuchtdioden D 100 bis D 103 zur Verfügung, die über die Strombegrenzungswiderstände R 100 bis R 103 von Port 1.0 bis Port 1.3 des Display-Controllers gesteuert werden.

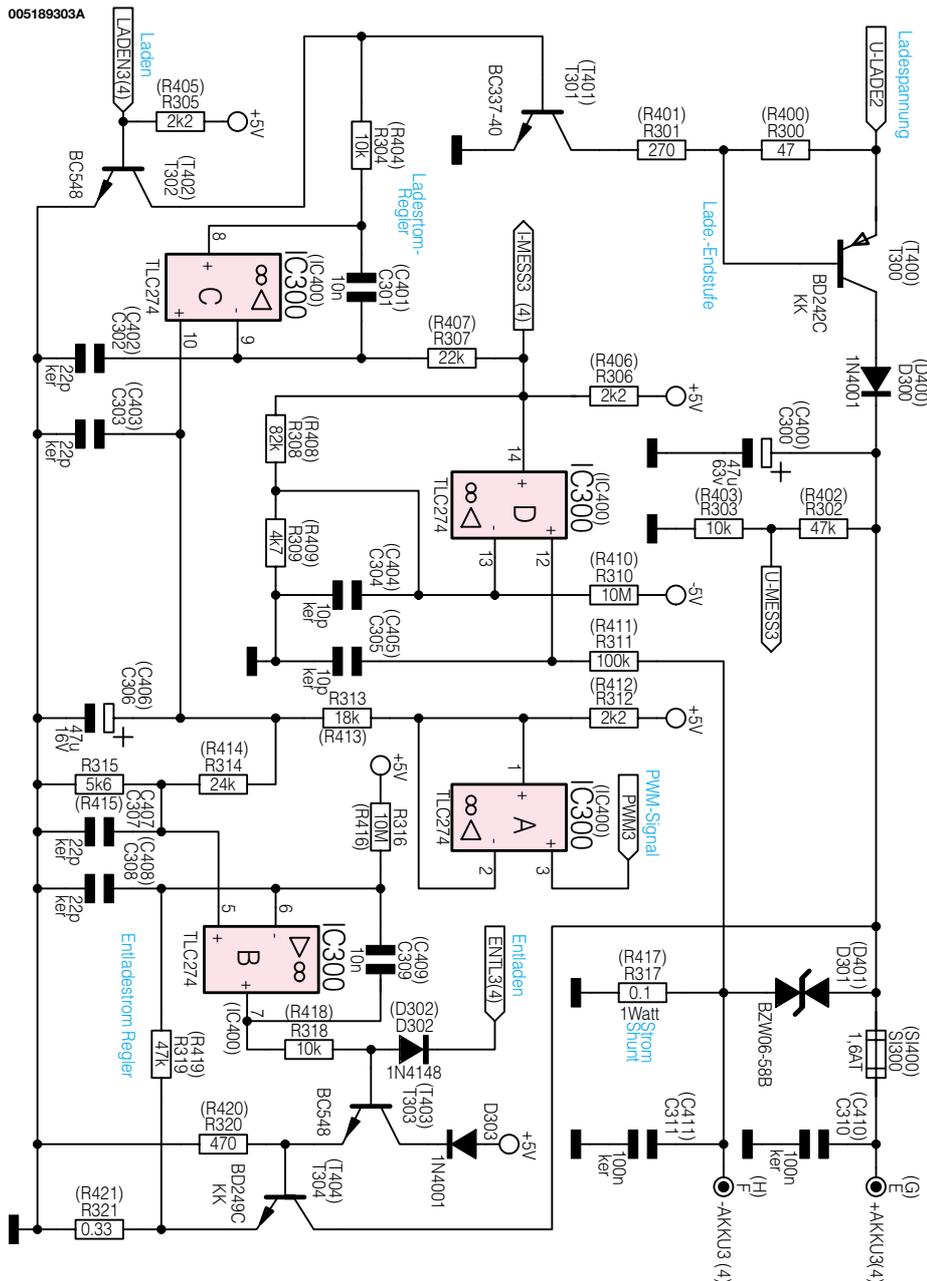
An Bedienelementen stehen beim ALC 7000 Expert neben dem Netzschalter 7 Taster zur Verfügung, die direkt mit Port 6.0 bis Port 6.3 sowie Port 7.0 bis Port 7.2 verbunden sind. Die mit internen Pull-Up-Widerständen versehenen Ports werden dann bei Tastenbetätigungen nach Masse gezogen. Dieser Prozessor benötigt an weiterer externer Beschaltung nur noch die Kondensatoren C 100 bis C 103 zur Pufferung der Backplane-Spannungen, den Quarz Q 101 und die dazugehörigen Kondensatoren C 118 und C 119.

Zwei Datenleitungen, angeschlossen an Port 3.0 und Port 3.1, dienen zur Kommunikation mit dem Hauptprozessor (IC 101).

Da der Display-Prozessor mit einer integrierten Watchdog-Schaltung ausgestattet ist, übernimmt dieser zusätzlich eine ständige Überwachung des Hauptprozessors über die Datenleitung. Solange die richtigen Informationen empfangen werden, wird der Reset-Pin des Hauptprozessors (Pin 9) auf „Low“-Potential gehalten. Sobald jedoch der Hauptprozessor (IC 101) nicht mehr korrekt arbeitet, führt der Display-Controller einen Reset des Hauptprozessors durch. Nach der Neuinitialisierung stellen sich dann die „normalen“ Betriebsbedingungen wieder ein.

Der für die Steuerung von sämtlichen Ladefunktionen zuständige Hauptprozessor arbeitet mit einem Takt von 11,059 MHz. Der an Pin 18 und Pin 19 extern zugängliche Oszillator ist dazu mit einem entsprechenden Quarz (Q 100) und den Kondensatoren C 105, C 106 beschaltet.

Ein ferroelektrisches EEPROM (IC 102) ist über die I<sup>2</sup>C-Bus-Leitungen SCL und SDA mit Port 1.0 und Port 1.1 des Ladeprozessors verbunden. Das EEPROM dient zum Backup der Bedienelemente und zum Speichern der letzten Daten bei ei-



nem Spannungsausfall. Des Weiteren werden bei normalem Betrieb die gemessenen Akku-Kapazitäten hier gespeichert. Die zuletzt gespeicherten Daten bleiben bei einem Netzausfall selbst über Jahre erhalten.

An der 9-poligen Sub-D-Buchse BU 100 steht beim ALC 7000 Expert eine Standard RS-232-Schnittstelle zur Verfügung. Beim Ladeprozessor (IC 101) werden die Daten an Port 3.1 ausgegeben und die von einem externen PC kommenden Steuer-Kommandos an Port 3.0 empfangen. Der Treiberbaustein des Typs MAX 232 (IC 103) sorgt dabei für die erforderliche Pegelwandlung. An externen Komponenten werden in diesem Bereich lediglich die Elektrolytkondensatoren C 107 bis C 111 benötigt.

Da beim ALC 7000 Expert vorwiegend analoge Messwerte zu verarbeiten sind, ist

ein A/D-Wandler mit entsprechender Genauigkeit erforderlich. Der hier eingesetzte Dual-Slope-Wandler erreicht eine Genauigkeit von 14 Bit. Die Grundelemente dieses, trotz kostengünstigen Aufbaus sehr genauen Wandlers, sind der als invertierender Integrator geschaltete Operationsverstärker IC 104B und der Komparator IC 104C. Grundvoraussetzung bei diesem 2-Rampen-Wandler ist, dass die Mess- und Referenzspannung entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Die eigentliche Messwert-Abfrage sowie die Messung der Referenzspannung von -2,5 V erfolgt über die beiden 8fach-Analogschalter IC 107, IC 108 im Multiplexverfahren. Jeweils von Pin 3 gelangen die Messspannungen dann über IC 105A auf den Integratoreingang.

Bei negativen Messspannungen nimmt der invertierende Verstärker IC 104 eine

**Bild 11: Schaltbild der linear geregelten Lade-/Entladeschaltung für die Kanäle 3 und 4**

Signalinvertierung vor. Zur Abfrage wird dann IC 105 A umgeschaltet.

Die Auswahl des Messeingangs erfolgt über Port 2.0 und Port 2.2 des Ladeprozessors.

Damit der Offset der OP's keinen Einfluss auf die Messung hat, ist der positive Eingang von IC 104 B über den Spannungsteiler R 113, R 114 leicht negativ vorgespannt.

Der nachgeschaltete Komparator (IC 104C) schaltet um, wenn die Ausgangsspannung des Integrators wieder im Ruhezustand ist. T 100 erzeugt dann eine Spannungsflanke an Port 2.5 des Mikrocontrollers IC 101.

Mit D 105 wird die für die Wandlung erforderliche Referenzspannung von -2,5 V generiert.

### Hochstrom-Ladeausgänge

Die beiden Hochstrom-Ladeausgänge Kanal 1 und Kanal 2 arbeiten mit einer getakteten PWM-Ladeschaltung (Abbildung 10). Sowohl der Ladezweig als auch der Entladezweig für diese beiden Kanäle sind im gleichen Schaltbild dargestellt.

Betrachten wir nun zuerst den unten rechts eingezeichneten Entladezweig, wo der Mikrocontroller die Sollwert-Vorgabe über ein pulsweiten moduliertes Signal an Port 1.3 steuert. Dieses PWM-Signal gelangt über den Pufferverstärker IC 201 C auf das mit R 220, C 214 aufgebaute R/C-Glied zur Mittelwertbildung. Durch Integration werden dann Steuergleichspannungen gewonnen, die über den Spannungsteiler R 221, R 222 dem nicht invertierenden Eingang des Stromreglers (IC 201 D) zugeführt werden.

Durch ein „High“-Signal an Port 0.3 erfolgt die Freigabe des mit IC 201 D und externer Beschaltung aufgebauten Entlade-Stromreglers. Solange dieser Port-Pin „Low“-Pegel führt, bleibt T 203 über die Diode D 204 gesperrt.

Während des Entladevorgangs entsteht am Entlade-Shunt R 228 eine direkt zum Entladestrom proportionale Messspannung, die über R 226 auf den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 201 D geführt wird. Der Regler vergleicht nun diese Messspannung mit der Sollwert-Vorgabe an Pin 12 von IC 201 D.

Der OP-Ausgang steuert über R 225 den Emitterfolger T 203 und dieser wiederum den Entladetransistor T 204, sodass der Regelkreis wieder geschlossen ist.

Für die Messung des Entladestromes wird der ebenfalls zur Entladestrom proportionale Spannungsabfall am Shuntwiderstand R 223 genutzt. Die Spannung wird mit Hilfe des nichtinvertierenden Verstärkers IC 201 B um den Faktor 9,2 verstärkt und von dessen Ausgang (Pin 7) auf den Multiplexer des A/D-Wandlers gegeben.

Im Lademode ist der PWM-Schaltregler im oberen Bereich des Schaltbildes aktiv und der Entladeregler über D 204 gesperrt.

Auch im Lademode erhalten wir einen stromproportionalen Spannungsabfall am Shuntwiderstand R 223, jedoch mit umgekehrtem Vorzeichen. Die mit IC 201 B verstärkte Ist-Größe wird nun über den Analogschalter IC 105 B dem linear arbeitenden Regler (IC 201 A) zugeführt (Konstantstrom-Regelung).

Da die Entladeschaltung für die Kanäle 1 und 2 neben den NC- und NiMH-Akkus auch Blei- und Blei-Gel-Akkus laden kann, ist neben der Konstant-Stromladung auch eine Konstant-Spannungsladung erforderlich. In diesem Fall wird der CMOS-Analogschalter IC 105 B vom Ladeprozessor umgeschaltet und die mit R 237 und R 238 heruntergeteilte Ladespannung zum Regler (IC 201A) geführt.

Der Regler vergleicht nun die vom Mikrocontroller kommende „Sollwert“-Vorgabe an Pin 3 mit dem „Istwert“ an Pin 2 und steuert über seinen Ausgang (Pin 1) das mit IC 200 B aufgebaute Stellglied. Unabhängig vom Regler ist vom Mikrocontroller der Ladevorgang mit Hilfe des Transistors T 200 abzuschalten.

Betrachten wir nun den ausschließlich mit konventionellen Bauelementen realisierten PWM-Schaltregler im oberen Bereich des Schaltbildes, dessen Schaltfrequenz durch den mit IC 200 A aufgebauten Oszillator bestimmt wird. Durch die externe Beschaltung mit den Widerständen R 200 bis R 202 arbeitet der Operationsverstärker zunächst als Inverter mit Schmitt-Trigger-Funktion. R 203 im Gegenkopplungsweig und C 200 erweitern die Schaltung dann zu einem Multivibrator. Aufgrund der Dimensionierung liegt die Schaltfrequenz bei ca. 22 kHz.

Das rechteckförmige Oszillator-Ausgangssignal wird auf den mit R 204 und C 202 aufgebauten RC-Tiefpass gegeben, der für einen sägezahnförmigen Signalverlauf an Pin 6 (invertierender Eingang) des Stellgliedes IC 200 B sorgt.

Die vom Regler kommende Gleichspannung an Pin 5 bestimmt nun die Schaltschwelle des Komparators. In Verbindung mit dem Sägezahn-Signal an Pin 6 ergibt sich am Ausgang (Pin 7) ein pulsweitenmoduliertes Signal.

Das PWM-Signal steuert über den Trei-

ber-Transistor T 201 direkt den selbst sperrenden P-Kanal-Leistungs-FET T 202.

Am Leistungstransistor entsteht nur wenig Verlustleistung, da dieser entweder vollständig durchgesteuert oder gesperrt ist. Das Puls-Pausenverhältnis des mit ca. 22 kHz getakteten Ausgangssignals bestimmt dabei letztendlich die Ausgangsspannung bzw. den Ausgangsstrom dieses Ladeausgangs.

Weitere wichtige Bauelemente der Leistungs-Endstufe des Step-Down-Wandlers sind die Speicherdrössel L 200 und die Schottky-Diode D 202. Solange T 202 durchgeschaltet ist, fließt ein Strom über die Speicherdrössel L 200 zum Akku bzw. Akkupack und über den Shunt-Widerstand R 223 zur Schaltungsmasse zurück.

In der darauf folgenden Phase wird der FET gesperrt. Aufgrund der in L 200 gespeicherten Energie bleibt der Stromfluss über die Diode D 202 aufrecht erhalten (Gegeninduktion).

Die Sicherung SI 200 dient zum Schutz des angeschlossenen Akkus bei Verpolung oder einem Defekt in der Endstufe.

Wie bereits erwähnt, arbeiten die beiden Hochstrom-Ladekanäle (Kanal 1 und Kanal 2) sequenziell. Zur Auswahl des gewünschten Kanals dient das Leistungs-Relais RE 200, das vom Mikrocontroller IC 101, Pin 12 (Port 3.2) gesteuert wird.

Die temperaturüberwachte Endstufe ist mit einem Lüfter-Kühlkörper-Aggregat ausgestattet. Der an ST 1 und ST 2 angeschlossene Lüfter wird dabei über den Darlingtons-Transistor T 206 eingeschaltet, der wiederum vom Ladeprozessor (IC 101, Port 2.7) gesteuert wird. D 207 schützt den Transistor T 206 vor Gegeninduktionsspannungen des Lüftermotors.

Spannungsspitzen in der Endstufe werden mit Hilfe der Transil-Schutzdioden D 200, D 201 und D 203 unterdrückt.

### Ladekanäle 3 und 4

Da die Elektronik für die Ladekanäle 3 und 4 mit bis zu 1 A Ausgangsstrom vollkommen identisch aufgebaut ist, zeigt Abbildung 11 ausschließlich die für einen Kanal zuständige Elektronik. Die in Abbildung 11 dargestellte Schaltung ist also im ALC 7000 Expert doppelt vorhanden. Die Bauteil-Nummerierungen für den Ladekanal 3 beginnen mit 3 als erste Ziffer und die Bauteil-Nummerierungen für den Ladekanal 4 demzufolge mit 4. Für die weitere Schaltungsbeschreibung beziehen wir uns grundsätzlich auf Kanal 3.

Wir beginnen nun mit dem unten rechts im Schaltbild eingezeichneten Entladeweig. Der Aufbau und die Funktionsweise dieses Schaltungssteils ist direkt mit der Entladeschaltung des zuvor beschriebenen Hochstrom-Kanals vergleichbar. Auch hier

handelt es sich um einen linearen Regler, der über ein PWM-Signal vom Lade-Controller gesteuert wird.

Mit Hilfe des RC-Gliedes R 313, C 306 erfolgt dann die Mittelwertbildung, wobei R 314, R 315 die Steuergleichspannung weiter herunterteilt. Die Sollwert-Vorgabe erfolgt somit an Pin 5 von IC 300 B.

Die zum Entladestrom proportionale Messspannung am Shuntwiderstand R 321 repräsentiert den Istwert, der über R 319 auf den nicht invertierenden Eingang von IC 300 B gegeben wird. Der Regler führt dann einen Ist-/Sollwertvergleich durch und steuert über den Transistor T 303 den Entladetransistor T 304, sofern die gesamte Stufe über ein High-Signal an der Katode von D 302 freigegeben ist.

Zur Messung des Entlade- und Ladestromes dient der Shuntwiderstand R 317. Die hier abfallende Spannung wird mit dem Operationsverstärker IC 300 D verstärkt und von dessen Ausgang (Pin 14) zur Prozessoreinheit geführt.

Im Lademode dient die an IC 300 D, Pin 14 anliegende Spannung gleichzeitig zur Steuerung des Ladereglers. Der mit IC 300 C aufgebaute Linearregler vergleicht die Sollwertvorgabe vom Mikrocontrollersystem mit dem Istwert des Ladestromes an IC 300 D, Pin 14. Über den Treibertransistor T 301 steuert der Reglerausgang direkt den PNP-Endstufentransistor T 300. Der Ladestrom gelangt über die zum Verpolungsschutz dienende Diode D 300 und die Feinsicherung SI 300 zum Akku, bzw. Akkupack.

Vom Mikrocontroller gesteuert erfolgt das Ein- und Ausschalten des Ladekanals mit Hilfe des Transistors T 302.

Die Akkuspannung wird mit dem Spannungsteiler R 302, R 303 heruntergeteilt und zum Dual-Slope-Wandler des Mikrocontrollers geführt. In den Ladepausen wird die Akkuspannung dann stromlos abgetastet.

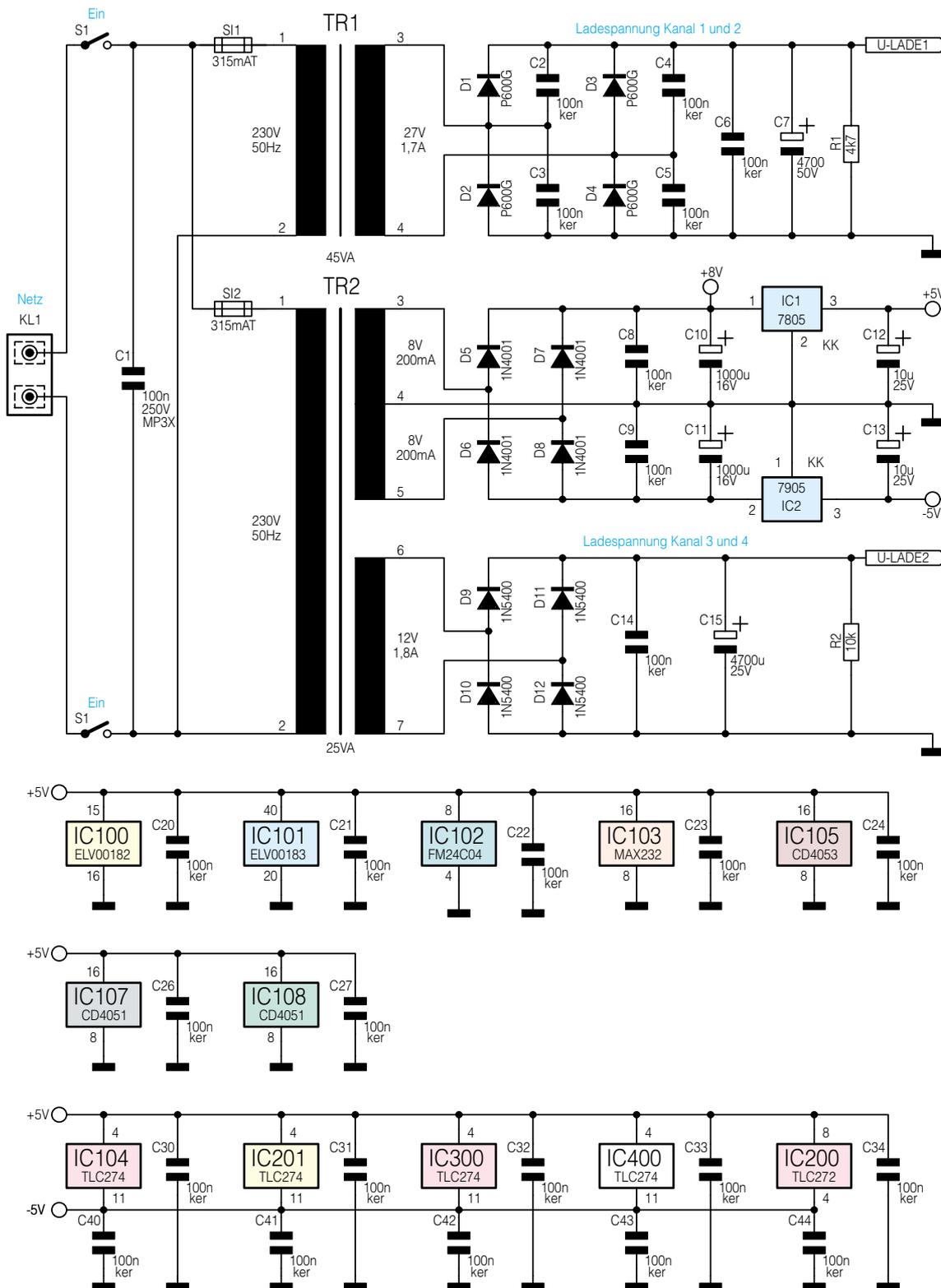
Die über SI 300 parallel zum Akku liegende Transil-Schutzdiode D 301 schützt die Ladeendstufe vor Spannungsspitzen.

### Spannungsversorgung

Die mit 2 Netztransformatoren ausgestattete Spannungsversorgung des ALC 7000 Expert ist in Abbildung 12 dargestellt. Die Netzspannung wird an die Schraub-Klemmleiste KL 1 angelegt und gelangt über den 2-poligen Netzschalter S 1 sowie die primärseitigen Netzsicherungen SI 1 und SI 2 auf die Primärwicklungen der Netztransformatoren.

Der im oberen Bereich des Schaltbildes eingezeichnete Trafo liefert die Ladespannung für die Hochstromkanäle. Nach der sekundärseitigen Gleichrichtung mit D 1 bis D 4 übernimmt der Elko C 7 die Puffe-

**Bild 12: Schaltbild der Spannungsversorgung des ALC 7000 Expert**



005189304A

nung der unstabilierten Spannung. Die direkt parallel zu den Dioden liegenden Keramikkondensatoren verhindern Störspitzen im Schaltbereich der Dioden und C 7 dient zur weiteren Störunterdrückung.

Der zweite Netztrafo (TR 2) liefert die Spannungen zur Versorgung der Steuer elektronik und für die Ladekanäle 3 und 4.

Die obere Sekundärwicklung mit Mittelanzapfung speist zwei mit D 5 bis D 8 aufgebaute Mittelpunkt-Zweiweg-Gleich-

richterschaltungen. D 5 und D 7 versorgen dabei den Positivregler IC 1 an Pin 1 mit der unstabilierten Gleichspannung und D 6, D 8 den negativen Spannungsregler IC 2. Ausgangsseitig steht an IC 1 die positive Versorgungsspannung von +5 V und an IC 2 die negative Versorgungsspannung von -5 V zur Verfügung. In diesem Schaltungsbereich dienen C 8 und C 9 zur Störunterdrückung und C 10 bis C 13 zur Pufferung.

Die untere Trafowicklung von TR 2 speist den mit D 9 bis D 12 aufgebauten Brückengleichrichter. Mit C 15 wird die zur Versorgung der Ladekanäle 3 und 4 dienende unstabilierte Spannung gepuffert. Damit ist die komplette Schaltungsbeschreibung des ALC 7000 Expert abgeschlossen. Im „ELVjournal“ 1/2001 wird dann ausführlich der praktische Aufbau und die Inbetriebnahme beschrieben.

**ELV**