

Unterstützt alle aktuellen Akku-Technologien:

NiCd, NiMH, Li-Ion, Li-Po, Pb

- 10-A-Ladestrom
- 20-A-Entladestrom
- USB-Schnittstelle
- Datenlogger
- Intelligente Akku-Erkennung



ALC 5000 Mobile Teil 4 Akku-Lade-Center

Nachdem wir im „ELVjournal“ 6/2006 bereits einen wesentlichen Teil der Schaltung vorgestellt haben, wird nun die detaillierte Schaltungsbeschreibung fortgesetzt.

Analog-Digital-Wandler

Der A/D-Wandler des ALC 5000 Mobile 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 37 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 invertierender Integrator geschaltete Operationsverstärker IC 8 C und der Komparator IC 8 D. Das Grundprinzip dieses Wandlers basiert darauf, dass die Referenzspannung und die Mess-Spannung entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Die über R 55 mit Spannung versorgte Referenzdiode D 4 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 6 und IC 7, die wiederum vom Haupt-Mikrocontroller über die Signale A 0 bis A 2 und EN-1, EN-2 gesteuert werden. An den Multiplexer-Eingängen von IC 6 liegen direkt die analogen Informationen der Akku-Ri-Messung, der drei Temperatursensoren und der Referenzspannung an, während über IC 7 alle Strom- und Spannungsmesswerte erfasst werden. Von den Ausgängen der beiden Multiplexer gelangen alle analogen Spannungswerte über R 39 auf den Pufferverstärker IC 8 A, an dessen Ausgang die Analogwerte dann niederohmig zur Verfügung stehen.

Die Schalterstellung des Multiplexers IC 9 A ist davon abhängig, ob positive oder negative Messwerte zu verarbeiten sind. Negative Mess-Spannungen werden mit Hilfe des invertierenden Verstärkers IC 8 B invertiert.

Mit IC 8 C und externer Beschaltung ist ein Integrator aufgebaut, dessen Integrationskondensator C 26 im Ruhezustand über den CMOS-Schalter IC 9 B kurzgeschlossen ist. Sobald IC 9 B umschaltet, liegt am Integrationswiderstand R 40 der zu erfassende Messwert an.

Die Spannung an IC 8 C, Pin 8, wandert in negativer Richtung, wobei die Steigungsgeschwindigkeit von der Amplitude des Messwertes abhängig ist. Danach wird die Referenzspannung an R 40 angelegt und der nachgeschaltete Komparator IC 8 D umgeschaltet, wenn die Ausgangsspannung des Integrators wieder im Ruhezustand ist.

Die benötigte Zeit bis zum Umschalten ist direkt proportional zur Amplitude des Messwertes, der zum Abintegrieren des Wandlers führte. Der Kollektor des nachgeschalteten Transistors T 4 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 8 C über den Spannungsteiler R 47, R 53 leicht negativ vorgespannt.

Lade-/Entlade-Endstufe 1

Da die Energie der Speisequelle nicht unnötig in Abwärme umgesetzt werden soll, ist die Entlade-Endstufe 1 in Abbildung 38 mit einem Schaltregler mit hohem Wirkungsgrad realisiert. Zentrales Bauteil ist dabei der LTC 3780 von Linear Technology. Im LTC 3780 sind sämtliche Stufen, die

zum Aufbau eines hocheffizienten „Buck-Boost-Converters“ (Step-up/Step-down-Wandler) erforderlich sind, integriert. Der Wandler ermöglicht einen nahtlosen Übergang zwischen allen Betriebsarten, egal ob von Step-up nach Step-down oder umgekehrt gewechselt werden muss.

Für einen hohen Wirkungsgrad von bis zu 97 % sorgt ein Synchronbetrieb mit 4 Hochleistungs-Schalttransistoren (FETs), wie das Funktionsprinzip in Abbildung 39 zeigt.

Der Wandler arbeitet in unserer Schaltung mit einer in der Phase rastbaren Schaltfrequenz von ca. 200 kHz. In Abbildung 39 ist die Funktionsweise vereinfacht dargestellt und Abbildung 40 zeigt den internen Aufbau.

Wenn die Eingangsspannung höher ist als die eingestellte Ausgangsspannung, arbeitet der Baustein im „Buck-Mode“ (Step-down-Wandler). In dieser Betriebsart ist der FET T 1 ständig durchgesteuert und FET T 4 befindet sich ständig im Sperrzustand. Die FETs T 2 und T 3 werden dann alternierend im Takt der Schaltfrequenz durchgesteuert.

In der ersten Phase fließt der Strom über den FET T 2, die Speicherdrossel L 1 und den FET T 1 zum Ausgang bzw. in den Pufferelko C_{out}. In der zweiten Phase ist FET T 2 gesperrt und FET T 3 durchgesteuert. Durch die in der Speicherdrossel gespeicherte Energie bleibt der Stromfluss nun aufrechterhalten. Das Tastverhältnis, mit dem die beiden FETs (T 2, T 3) durch-

gesteuert werden, bestimmt die Ausgangsspannung. Über den Spannungsteiler R 1, R 2 misst der LTC 3780 die Ausgangsspannung, womit der Regelkreis geschlossen ist.

Wenn die Eingangsspannung geringer ist als die Ausgangsspannung, arbeitet der LTC 3780 im „Boost-Mode“ (Step-up-Wandler). In dieser Betriebsart ist FET T 2 ständig durchgesteuert und FET T 3 befindet sich dauerhaft im Sperrzustand. Die FETs T 4 und T 1 werden nun alternierend im Takt der Schaltfrequenz gesteuert. Auch hierbei bestimmt wiederum das Tastverhältnis die Ausgangsspannung.

Wenn sich die Eingangsspannung in der Nähe der Ausgangsspannung befindet, sind die FETs T 2 und T 1 nahezu ständig durchgesteuert. Die FETs T 3 und T 4 werden nur noch kurz zum Regulieren der Ausgangsspannung in den leitenden Zustand versetzt.

Im so genannten Buck-Boost-Mode sind die Spitzenströme in der Induktivität deutlich geringer als bei konventionellen Buck-Boost-DC/DC-Wandlern. Die Synchron-Gleichrichtung mit 4 Schaltern und der geringe Stromripple in der Induktivität sorgen für einen hohen Wirkungsgrad.

Der Stromshunt (R_{Sense}) in der gemeinsamen Source-Leitung von FET T 3 und FET T 4 dient zur Stromerfassung. Dadurch ist in sämtlichen Betriebsmodi ein Schutz gegenüber zu hohen Spannungen, zu hohen Strömen und Kurzschluss vorhanden. Bei Standard-Boost-Konvertern (Step-up-Wandler) ist die Realisierung eines Kurz-

schluss-Schutzes äußerst schwierig. Beim LTC 3780 hingegen wird der Wandler zuerst zwangsweise in den Buck-Mode geschaltet und dann der Strom durch die Induktivität begrenzt.

Doch nun zur Schaltung in Abbildung 38, wo die Eingangsspannung zuerst mit C 103, C 104 gepuffert wird und direkt auf den Schalttransistor T 101 gelangt. Der LTC 3780 wird über R 104 mit Spannung versorgt, und an Pin 19 steht eine intern erzeugte stabilisierte Gleichspannung von 6 V zur Verfügung.

Die Schalttransistoren werden vom LTC 3780 über die Pins 13 bis 16, 18 und 22 bis 24 gesteuert, und der Kondensator C 118 an Pin 2 sorgt für einen „Softstart“ beim Anlegen der Betriebsspannung.

Die Sollwert-Vorgabe des Ladestromes erfolgt mit einem PWM-Signal an R 106, wobei C 125 für eine Integration sorgt und wir somit an Pin 5 von IC 101 B eine proportionale Gleichspannung erhalten. IC 101 B dient dabei zur Pufferung der PWM-proportionalen Gleichspannung.

Die Istwert-Erfassung des Ladestroms erfolgt mit IC 103 am Stromshunt R 100. Am Ausgang von IC 103 steht eine zum Ladestrom proportionale Gleichspannung zur Verfügung, die über R 125, IC 102 A auf Pin 10 des Integrators IC 101 C gegeben wird. IC 101 C übernimmt den Sollwert-Istwert-Vergleich und steuert über R 111 den LTC 3780 an Pin 6.

In der Funktion „Motortester“ arbeitet die Schaltung als Spannungsregler. In diesem

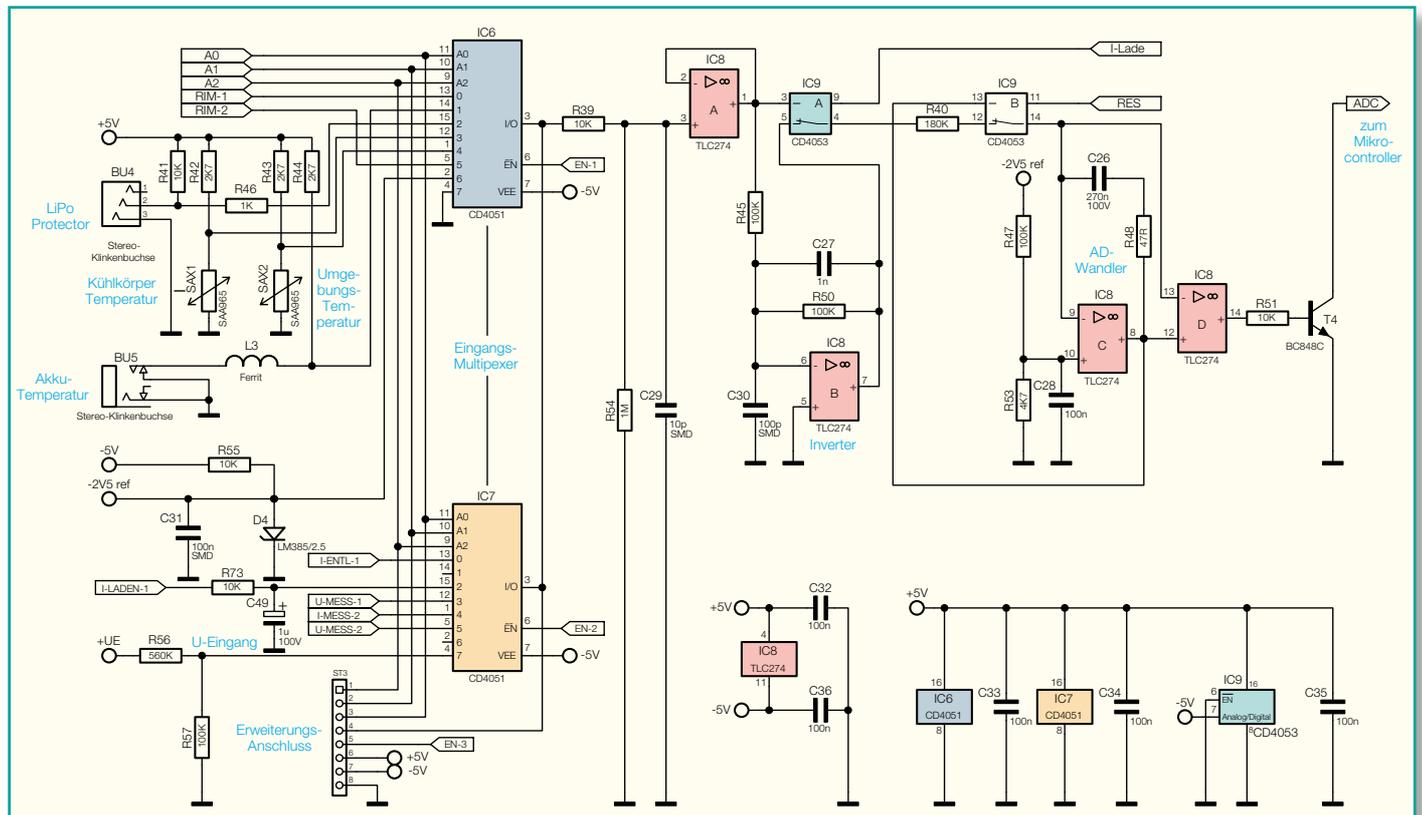


Bild 37: A/D-Wandler mit Eingangs-Multiplexer des ALC 5000 Mobile

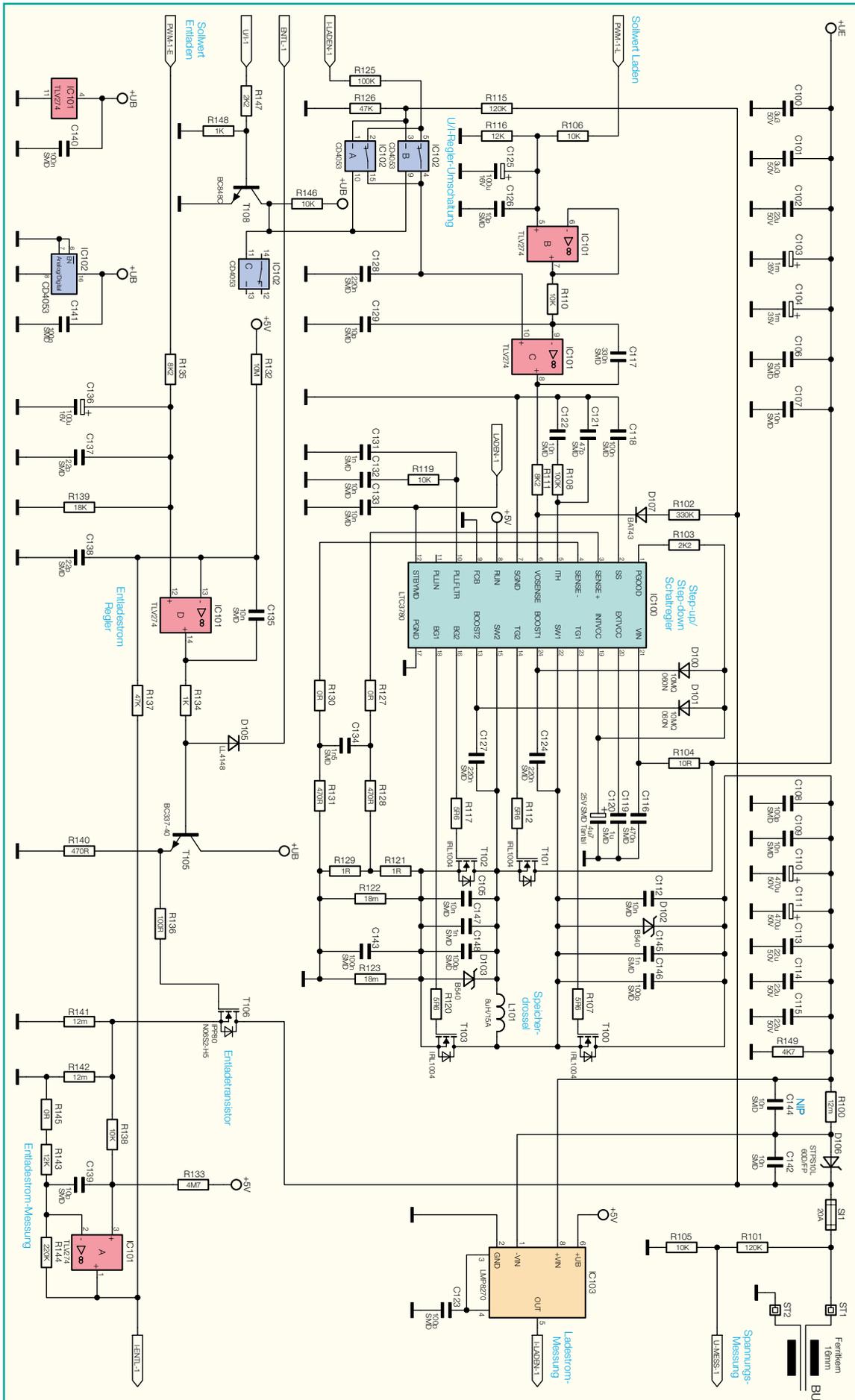


Bild 38: Schaltung der Lade-/Entlade-Endstufe für Kanal 1

Fall wird der Ist-Wert der Spannung über den Spannungsteiler R 115, R 126 und IC 102 auf Pin 10 von IC 101 C gegeben.

Bei der Strom-Spannungsregler-Umschaltung arbeitet T 108 als Pegelwandler.

Zur Begrenzung des Maximalstroms wird der Spannungsabfall an den Shunt-Widerständen R 122, R 123 ermittelt und Pin 3, Pin 4 des LTC 3780 zugeführt.

Das komplette Ein- und Ausschalten der Lade-Endstufe wird vom Mikrocontroller an Pin 12 des LTC 3780 gesteuert.

Der interne Taktoszillator des Bausteins kann an Pin 11 extern synchronisiert werden, und an Pin 10 wird die interne PLL-Schaltung mit einem Tiefpassfilter (R 119, C 131, C 132) beschaltet.

Ausgangsseitig wird die Spannung mit C 110, C 111 gepuffert, wobei die weiteren parallel geschalteten Kondensatoren zur hochfrequenten Störunterdrückung dienen. Über die Verpolungsschutzdiode D 106 und die Sicherung SI 1 gelangt die Ladespannung letztendlich zu den Ausgangsbuchsen des Ladekanals 1. Die Ausgangsspannung dieses Ladekanals wird über den Spannungsteiler R 101, R 105 vom Mikrocontroller erfasst.

Im Entladezweig erfolgt die Sollwert-Vorgabe mit einem PWM-Signal an R 135, wobei die RC-Kombination R 135, R 139, C 136 zur Mittelwertbildung dient. Gleichzeitig wird dabei die Spannung heruntergeteilt und auf den nicht-invertierenden Eingang des mit IC 101 D aufgabebauten Stromreglers gegeben. Die Freigabe des Entlade-Stromreglers erfolgt mit einem „High“-Signal an der Katode der Diode D 105 (von der Mikrocontrollereinheit gesteuert). Bei einem „Low“-Signal hingegen bleibt der Transistor T 105 über die Diode D 105 gesperrt.

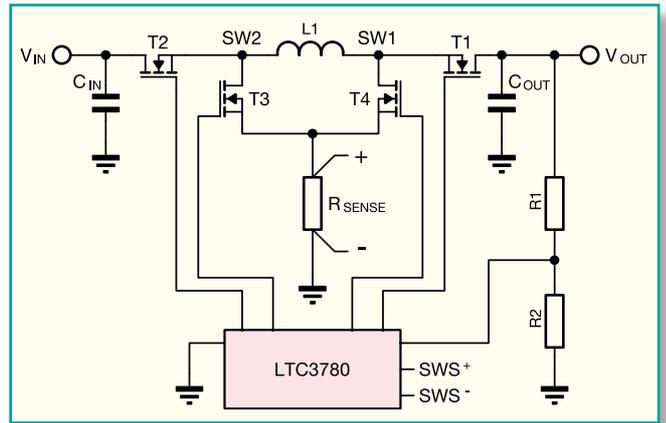
Während des Entlade-Vorgangs erhalten wir am Shunt-Widerstand R 141, R 142 einen dem Entladestrom proportionalen Spannungsabfall. Da es sich je nach Entladestrom um einen recht geringen Spannungsabfall handeln kann, erfolgt zunächst eine Verstärkung mit IC 101 A. Vom Ausgang des Verstärkers gelangt die Spannung dann über R 137 auf den invertierenden Eingang des Stromreglers IC 101 D. Der Regler vergleicht nun die Mess-Spannung mit der Sollwert-Vorgabe an Pin 12.

Der OP-Ausgang steuert über R 134 den Emitterfolger T 105 und dieser wiederum den Regelkreis wieder geschlossen ist. Zur Entladestrom-Erfassung wird die stromproportionale Spannung am Ausgang von IC 101 A (Pin 1) der Mikrocontrollereinheit zugeführt.

Lade-/Entlade-Endstufe 2

Die Lade-/Entlade-Endstufe 2 in Abbil-

Bild 39: Grundsätzliches Funktionsprinzip des Universal-Schaltreglers



dung 41 ist mit einem Linearregler realisiert. 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 202. Der Laderegler ist mit IC 200 B und externen Komponenten realisiert, wobei es sich um einen Stromregler handelt.

Zur Messung des Lade- und Entladestroms dient der Shunt-Widerstand R 208, dessen Spannungsabfall über R 204 auf den

nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 200 A gegeben wird. Die Verstärkung ist abhängig vom Widerstand R 209 im Rückkopplungszweig und vom Widerstand R 212.

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

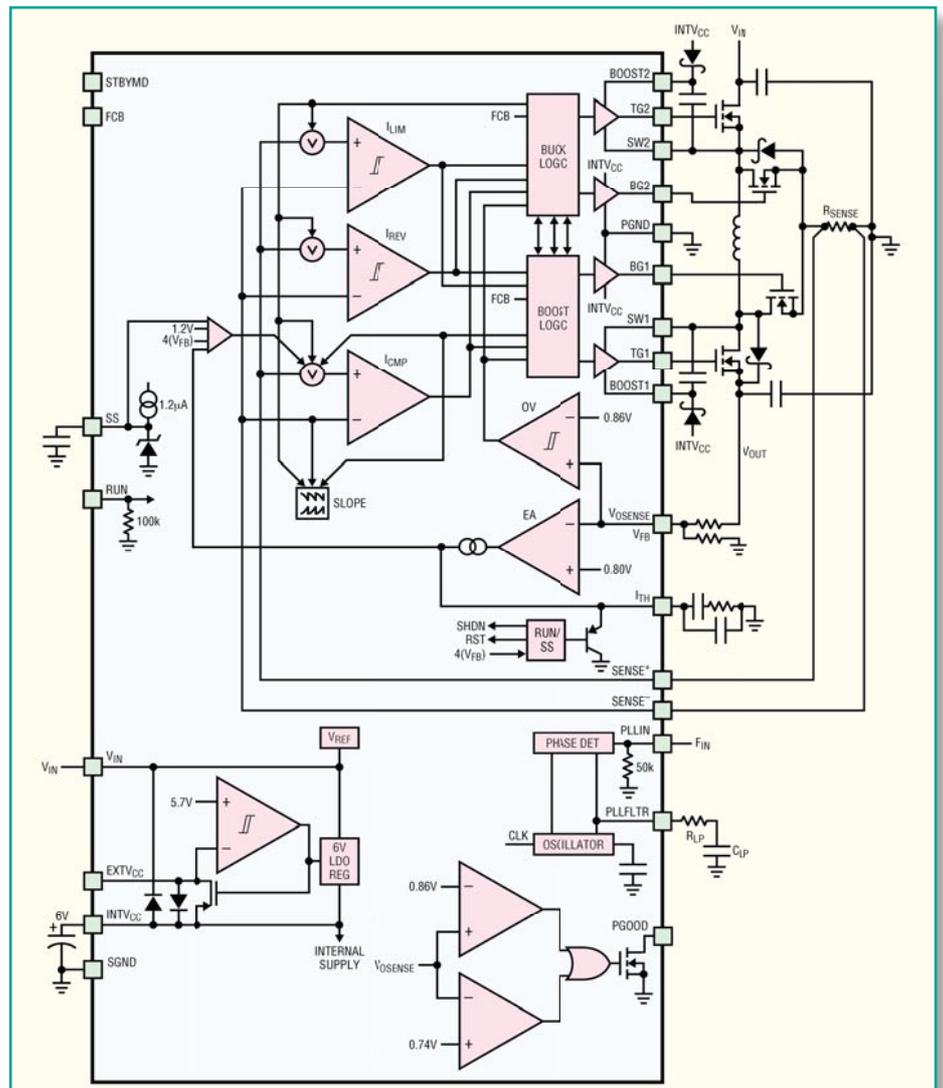


Bild 40: Blockschaubild mit den im LTC 3780 integrierten Stufen

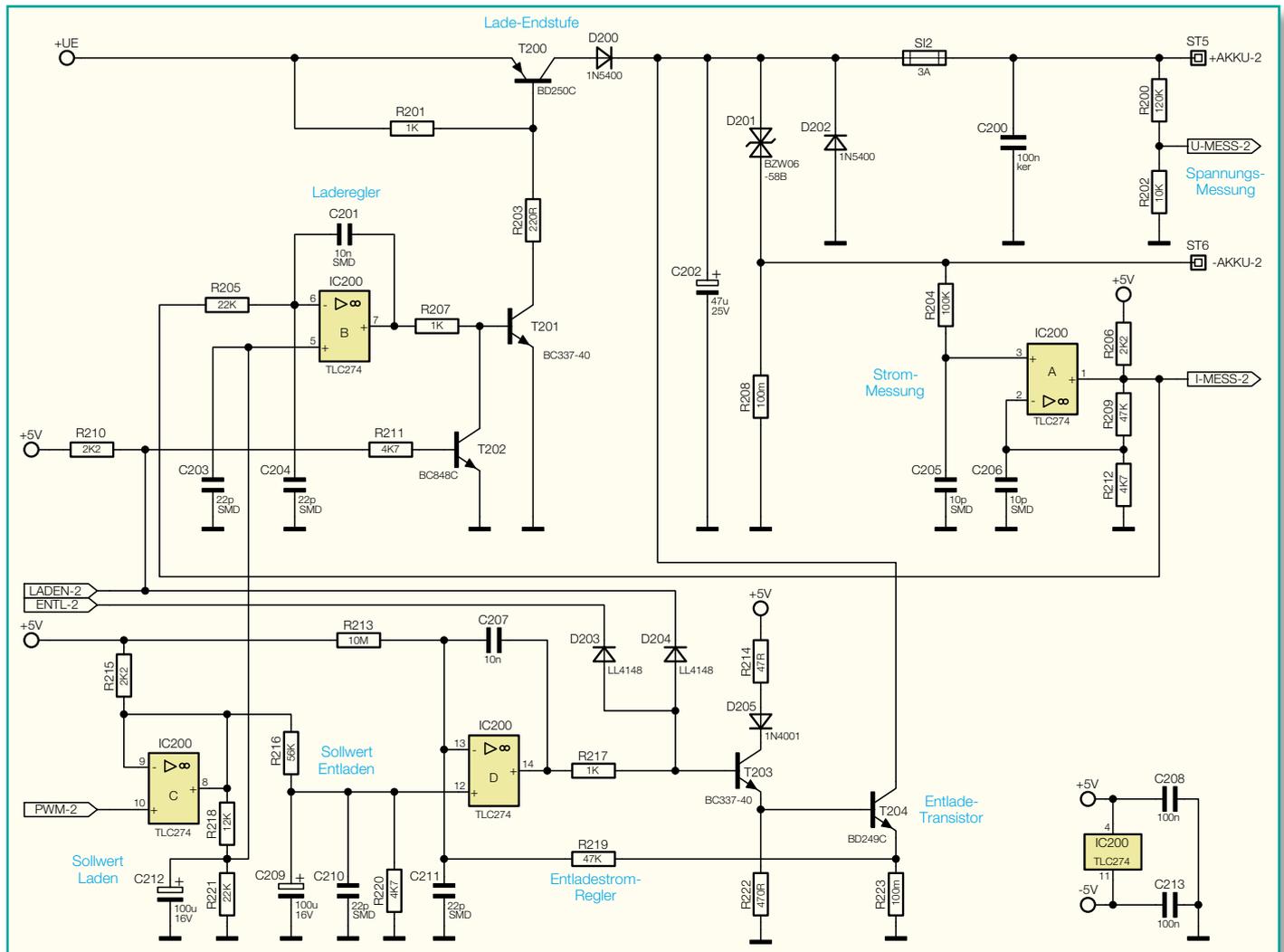


Bild 41: Schaltung der Lade-/Entlade-Endstufe für Kanal 2

Der mit IC 200 B aufgebaute Linearregler vergleicht die Sollwert-Vorgabe an Pin 5 mit dem Ist-Wert des Ladestroms, der von IC 200 A, Pin 1 geliefert wird.

Der Reglerausgang steuert über den Treibertransistor T 201 direkt den PNP-Endstufentransistor T 200.

Über die zum Entladeschutz bei ausgeschaltetem Gerät eingesetzte Diode D 200 und die Schmelzsicherung SI 2 gelangt die Ladespannung zum Ausgang ST 5. D 202 dient bei verpolt angeschlossenem Akku zum Schutz des Ladegerätes und des Akkus, indem die Schmelzsicherung SI 2 dann gezielt anspricht.

Zur Messung wird die Akku-Spannung mit R 200, R 202 heruntergeteilt und auf den Eingangs-Multiplexer des Dual-Slope-A/D-Wandlers in Abbildung 37 geführt.

Die Sollwert-Vorgabe des Ladestroms erfolgt mit Hilfe eines PWM-Signals von der Mikrocontrollereinheit. Dieses Signal wird mit IC 200 C (im Schaltbild unten links) gepuffert und anschließend mit Hilfe eines nachgeschalteten Integrationsglieders der Gleichspannungsmittelwert gewonnen. R 218 und R 221 dienen dabei gleichzeitig als Spannungsteiler.

Vom Mikrocontroller gesteuert, erfolgt das Ein- und Ausschalten des Entladekanals über die Diode D 203.

Die Entlade-Endstufe ist im unteren Bereich des Schaltbildes zu finden. Auch hierbei handelt es sich um einen linearen Regler, der über dasselbe PWM-Signal gesteuert wird wie der Ladezweig vom Mikrocontroller.

Mit Hilfe des RC-Gliedes R 216, R 220, C 209 erfolgt dann die Mittelwertbildung, wobei der Spannungsteiler R 216, R 220 die Steuergleichspannung weiter herunterteilt. Die Sollwert-Vorgabe erfolgt somit an Pin 12 von IC 200 D.

Die zum Entladestrom proportionale Mess-Spannung am Shunt-Widerstand R 223 repräsentiert den Ist-Wert, der über R 219 auf den invertierenden Eingang von IC 200 D gegeben wird. Der Regler führt dann einen Istwert-Sollwert-Vergleich durch und steuert über den Transistor T 203 den Entladetransistor T 204, sofern die gesamte Stufe über „High“-Signale an den Katoden von D 203 und D 204 freigegeben ist.

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

Störeinflüssen und zur Schwingneigungsunterdrückung.

Akku-Ri-Messfunktion

Eine wichtige Funktion des ALC 5000 Mobile ist die Möglichkeit, den Akku-Innenwiderstand zu messen. Abbildung 42 zeigt das dafür zuständige Schaltungsteil. Bei Hochstromanwendungen ist die Spannungslage unter Lastbedingungen ein wichtiges Kriterium für die Qualitätsbeurteilung eines Akkus oder Akku-Packs.

Das Grundprinzip der Innenwiderstandsbestimmung 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

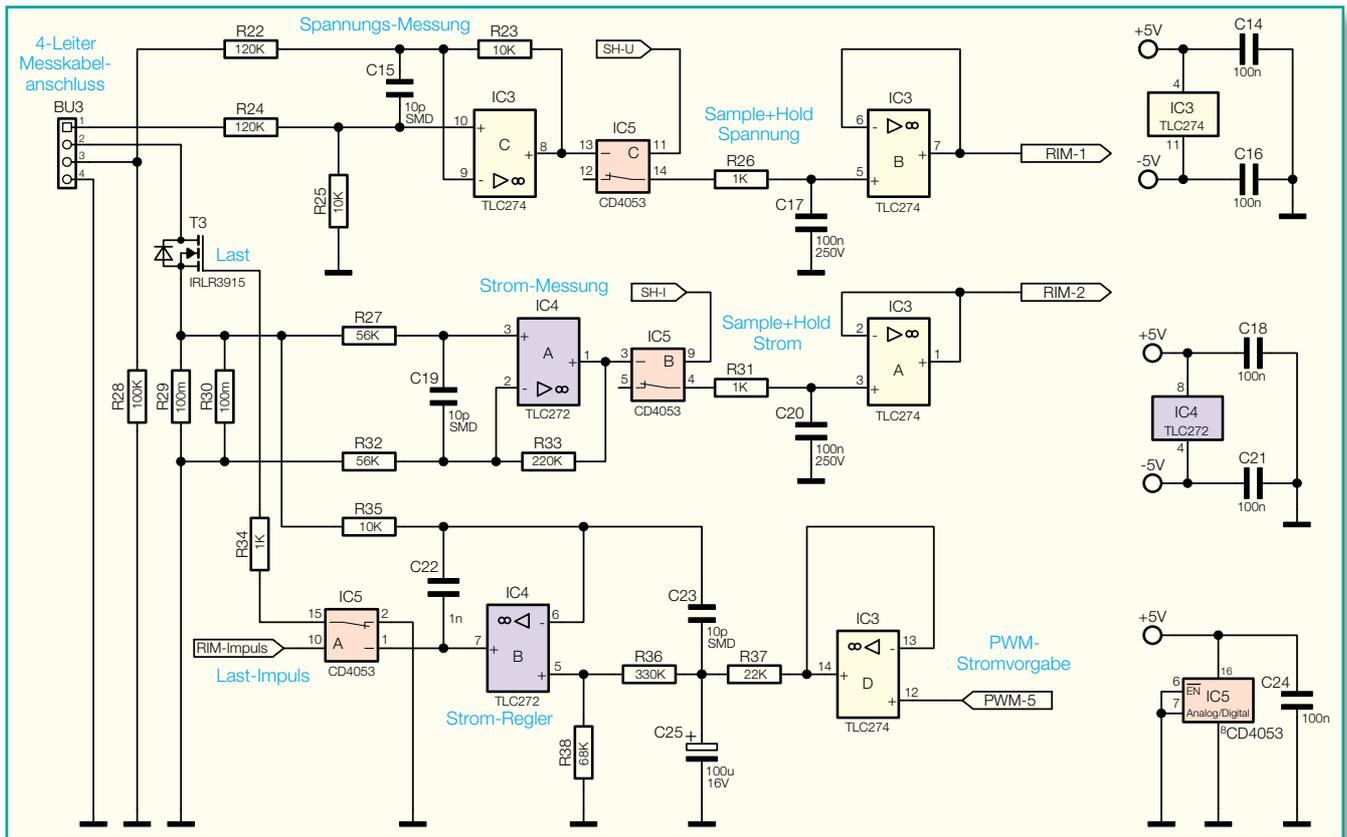


Bild 42: Schaltung zur Messung des Akku-Innenwiderstandes beim ALC 5000 Mobile

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 3 angeschlossen. Vier-Leiter-Messkabel erlauben dabei die Spannungserfassung direkt am Prüfling. Da der Mess-Strom über getrennte Leitungen geführt wird, kommt es nicht zur Beeinträchtigung der Spannungsmessung während des Lastimpulses. Die Spannungserfassung erfolgt letztendlich mithilfe des Differenzverstärkers IC 3 C, an dessen Ausgang im belasteten und im unbelasteten Zustand die proportionale Akku-Spannung ansteht.

Während des Entladeimpulses wird der zu prüfende Akku mit der Reihenschaltung, bestehend aus R 29, R 30 und der Drain-Source-Strecke des Transistors T3, belastet. Die parallel geschalteten Shunt-Widerstände dienen dabei zur Strommessung, wobei der stromproportionale Spannungsabfall über R 27, R 32 abgegriffen wird. Am Ausgang des Operationsverstärkers IC 4 A steht die Strominformation verstärkt zur Verfügung.

Zur Stromregelung dient IC 4 B mit externer Beschaltung. Mit Hilfe eines von der Mikrocontrollereinheit kommenden PWM-Signals erfolgt die Vorgabe des Soll-

Wertes, wobei IC 3 D zur Pufferung dient. Der nachgeschaltete Tiefpass, bestehend aus R 37 und C 25, dient zur Integration des PWM-Signals, so dass wir an C 25 eine Gleichspannung zur Sollwert-Vorgabe erhalten.

Über den mit R 36, R 38 aufgebauten Spannungsteiler gelangt der Soll-Wert auf den nicht-invertierenden Eingang von IC 4 B (Pin 5).

Der Ist-Wert des Stromes kommt über R 35 direkt vom Shunt (R 29, R 30) und wird auf den invertierenden Eingang von IC 4 B gegeben. Während des RIM-Impulses an Pin 10 von IC 5 A wird der Ausgang des Stromreglers (IC 4 B, Pin 7) über R 34 mit dem Gate von T 3 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 5 C, R 26, C 17 und dem Pufferverstärker IC 3 B aufgebaut, während das für die Strommessung zuständige Glied über IC 5 B, R 31, C 20 und IC 3 A realisiert wurde.

Die Kondensatoren C 14, C 16, C 18, C 21 und C 24 dienen zur Störabblockung

an den Versorgungspins der einzelnen integrierten Schaltkreise.

Blei-Akku-Aktivatorfunktion

Zur Verhinderung von kristallinen Sulfat-Ablagerungen an den Platten von Blei-Akkus ist das ALC 5000 Mobile mit einer Blei-Akku-Aktivatorfunktion ausgestattet. Mit der in Abbildung 43 dargestellten Schaltung werden periodische Spitzenstrom-Entladeimpulse bis zu 80 A erzeugt, die Ablagerungen an den Bleiplatten verhindern.

Da die Impulsdauer des alle 30 Sek. auftretenden Entladeimpulses nur 100 µs beträgt, wird dem Akku trotz des hohen Stromes nur wenig Energie entzogen.

Die Reihenschaltung, bestehend aus D 5, R 59 und der Drain-Source-Strecke des Transistors T 8, ist direkt mit den Klemmen des angeschlossenen Akkus verbunden.

Gesteuert wird die Funktion vom zentralen Mikrocontroller, der bei aktivierter Funktion alle 30 Sek. einen 100-µs-Impuls über R 65 auf die Basis des Transistors T 7 gibt. Der Basis-Spannungsteiler des Transistors T 5 ist wiederum mit dem Kollektor von T 7 verbunden, so dass bei durchgesteuertem Transistor T 7 auch T 5 durchgesteuert wird.

Während der 100-µs-Impulsdauer liegt am Kollektor von T 5 und somit auch am Gate von T 8 nahezu die volle Betriebsspannung an. Dadurch wird die Drain-

