



## Akku-Lade-Center ALC 3000 PC Teil 2

Eines der wichtigsten Merkmale beim Akku-Lade-Center ALC 3000 PC ist die besonders einfache Bedienbarkeit. Alle aktuellen Akku-Technologien am Markt (inkl. LiFePO4-Akkus) werden unterstützt und sämtliche Parameter lassen sich optimal an die eigenen Bedürfnisse anpassen. Im zweiten Teil des Artikels wird nun die detaillierte Schaltungsbeschreibung fortgesetzt.

### Displayeinheit

In Abbildung 6 ist die Displayeinheit des ALC 3000 PC dargestellt. Die wesentlichen Komponenten sind hier das ALC-Spezialdisplay (LCD 500) mit 16 COM- und 80 Segmentleitungen und der Mikrocontroller IC 500, der direkt mit den COM- und Segmentanschlüssen des Displays verbunden ist. Alle in Abbildung 6 dargestellten Komponenten befinden sich auf der Frontplatte des Gerätes.

Zur Takterzeugung sind Pin 22 und Pin 23 mit einem 4,19-MHz-Quarz (Q 500) und den Kondensatoren C 501, C 502 beschaltet.

Die Spannungsteilerkette R 507 bis R 512 mit den zugehörigen Abblock-Kondensatoren (C 505 bis C 509) dient zur Display-Kontrasteinstellung.

Die Displayhinterleuchtung des ALCs besteht aus vier Side-looking-Lamps (D 501 bis D 504). Aktiviert wird die Hinterleuchtung über den Transistor T 500, der direkt vom Displaycontroller (Port 0.0) gesteuert wird. Die Widerstände R 501 bis R 504 dienen in diesem Zusammenhang zur Strombegrenzung.

Wie bereits erwähnt, werden die Anschlüsse der Bedientaster TA 500 und TA 501 direkt zum Haupt-Mikrocontroller

der Basisplatte geführt. Der Drehimpulsgeber (Inkrementalgeber) DR 500 befindet sich innerhalb des Gehäuses und dient ausschließlich zum Geräteabgleich beim Bausatz und bei den Fertiggeräten in der Produktion.

Die Leuchtdiode D 500 dient zur Anzeige bei aktivem Lade-/Entladekanal und ist direkt über dem Ausgangsbuchsenpaar des Gerätes angeordnet. R 518 begrenzt den LED-Strom.

### USB-Schnittstelle

Die USB-Schnittstelle des Akku-Lade-Centers ALC 3000 PC basiert auf dem ELV-USB-Modul UO 100, welches bereits in verschiedenen ELV-Anwendungen, wie z. B. in den Ladegeräten ALC 5000 und ALC 8500, zum Einsatz kommt. Dieses Modul stellt das Bindeglied zwischen dem ALC und dem extern angeschlossenen PC dar, wobei durch den Einsatz von Optokopplern eine galvanische Trennung zwischen den Geräten besteht. Die Spannungsversorgung des Moduls erfolgt dabei aus der USB-Schnittstelle des PCs. Nach dem Verbinden mit dem USB-Host (PC) meldet sich das Modul und somit das ALC, wie bei USB-Geräten üblich, automatisch an. Das Betriebssystem meldet sich dann mit „neue Hardware-Kom-

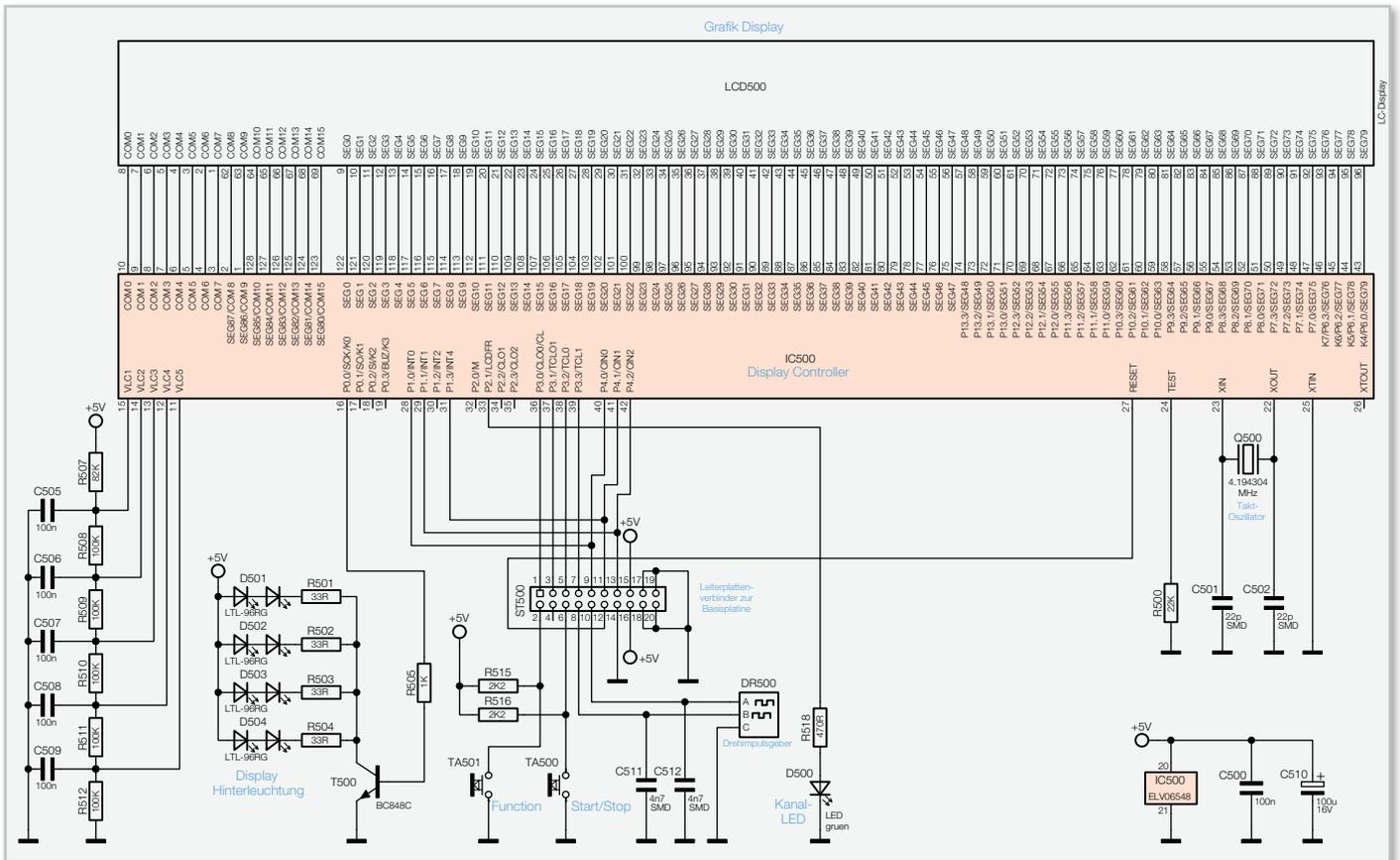


Bild 6: Displayeinheit des ALC 3000 PC

ponente gefunden“, und als Bezeichnung des gefundenen Peripherie-Gerätes erscheint „ALC 3000 PC“. Diese Bezeichnung ist werkseitig im EEPROM des Moduls abgelegt.

Nach der automatischen Erkennung startet der „Assistent für das Suchen neuer Hardware“, und die Installation des Treibers für das ALC kann erfolgen.

Die Schaltung des im ALC 3000 PC eingebauten USB-Moduls ist in Abbildung 7 zu sehen. Das Modul basiert auf einem Schnittstellenwandler, der die gesamte Konvertierung der Datensignale nach RS232 vornimmt. Zur Mikrocontroller-einheit des ALCs sind nur die beiden Leitungen TXD und RXD erforderlich.

Der Schnittstellenwandler des Typs FTU232 wird über Pin 7 und Pin 8 mit dem USB-Port des PCs verbunden, wobei die Widerstände R 9, R 10 zur Anpassung dienen. Außerdem wird dadurch ein gewisser Schutz der IC-Eingänge erreicht.

Die RS232-Signale stehen an den entsprechend bezeichneten Ausgängen (Pin 18 bis Pin 25) zur Verfügung, wobei in unserem Fall nur die Signale RXD (Pin 24) und TXD (Pin 25) genutzt werden. Wie bereits erwähnt, kommt die Betriebsspannung des Umsetzers vom USB-Port des PCs, wobei aber unbedingt aus EMV-Gründen eine sorgfältige Störunterdrückung direkt an den IC-Pins des Moduls erforderlich ist.

Als erste Entstörmaßnahme im Betriebsspannungsbereich dient das mit L 1 und mit C 9 bis C 12 aufgebaute Filter. C 1 dient dabei zur Pufferung am Spannungseingang. An den Versorgungspins des Wandlers (IC 2) sind Staffelblockungen zur Störunterdrückung (C 7, C 8, C 13, C 14, C 17, C 18) vorhanden. Eine von der digitalen Versorgung über R 1, C 4, C 5 entkoppelte Spannung dient zur Versorgung des internen Oszillators an Pin 30.

Die Reset-Schaltung ist mit dem Transistor T 1 und seiner Beschaltung, bestehend aus R 6, R 11, R 12 und C 19, realisiert. Im Einschaltmoment sorgt der Kondensator C 19 dafür, dass der Transistor gesperrt ist und der Reset-Eingang (Pin 4 von IC 2) auf „low“ liegt. Somit wird das IC in einen definierten Reset-Zustand versetzt. Weniger als eine Millisekunde, nachdem die 5-V-Betriebsspannung ansteht, ist der Kondensator so weit geladen, dass T 1 durchschaltet und so den Reset aufhebt.

Das Taktsignal für IC 2 wird mittels des Quarzes Q 1 und der Lastkondensatoren C 2 und C 3 generiert. Der hier erzeugte 6-MHz-Takt wird IC-intern durch entsprechende Vervielfacher auf maximal 48 MHz hochgetaktet.

In dem als EEPROM ausgelegten Speicher IC 1 sind die Erkennungsdaten des USB-Moduls abgelegt. Mit diesen Daten kann das Modul vom angeschlossenen PC-System eindeutig identifiziert werden.

Hinterlegt sind die Vendor-ID (Hersteller-Identifikation), die Product-ID (Produkt- oder Geräte-Identifikation), der „Product Description String“ (Produktname) und die Seriennummer. Die Kommunikation zwischen dem USB-Controller-Baustein IC 2 und dem EEPROM erfolgt über eine sogenannte Microwire-Verbindung.

Drei „Verbindungsleitungen“ sind hierfür notwendig: „CS“ = Chip Select, „SK“ = Clock und „Din“ bzw. „Dout“ = Datenein- bzw. -ausgang.

Mit diesen wenigen Bauteilen ist das IC schon voll funktionsfähig. Zur Signalisierung der Sende- bzw. Empfangsaktivität (Tx und Rx) auf der RS232-Schnittstelle befinden sich zusätzlich noch die beiden LEDs D 1 und D 2 auf dem Modul.

Das TXD-Signal des Wandlerbausteins wird auf den Treiber-

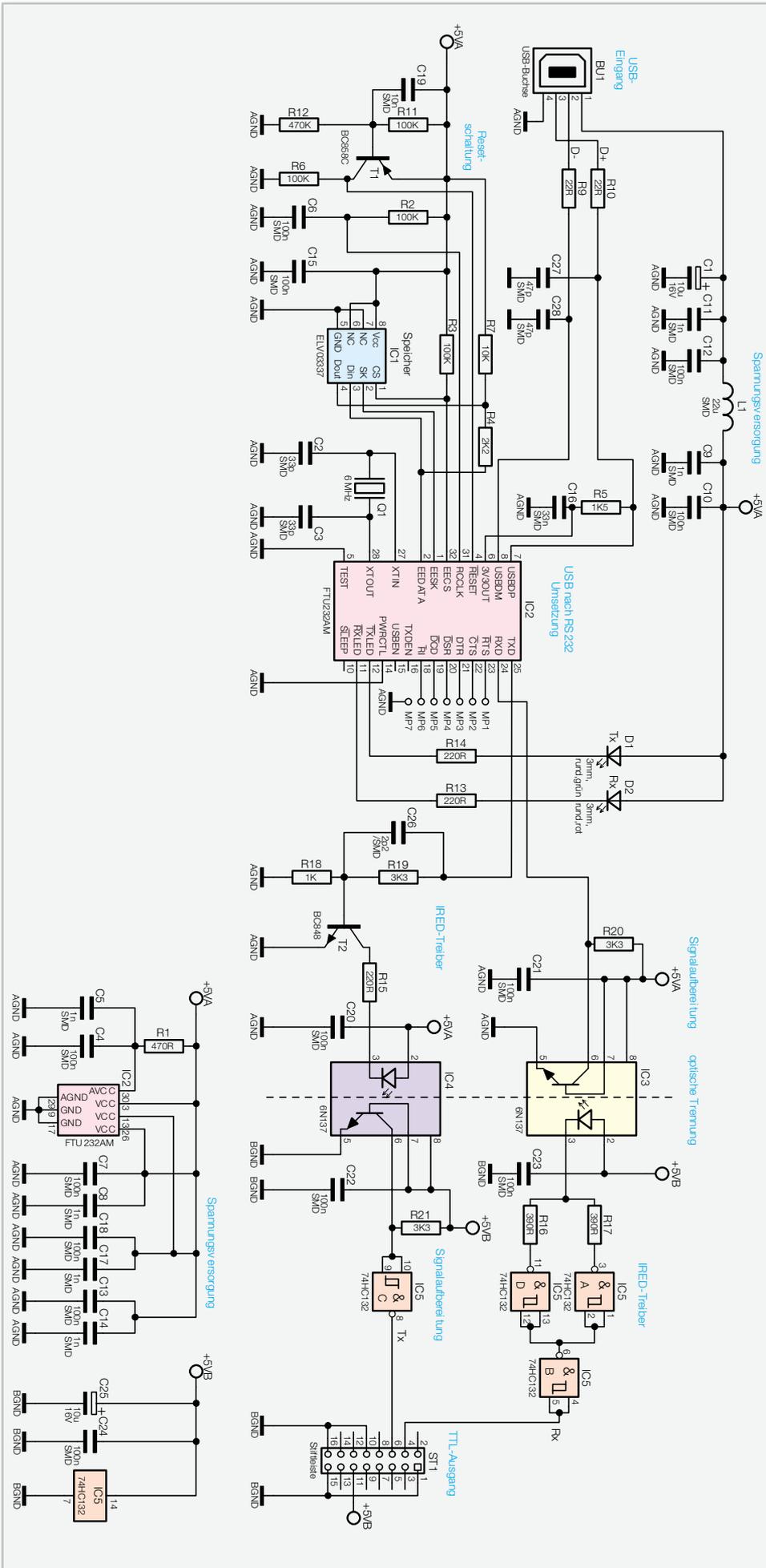


Bild 7: Schaltung des im ALC 3000 PC verwendeten galvanisch getrennten USB-Moduls

transistor T 2 gekoppelt, in dessen Kollektorzweig sich die im Optokoppler IC 4 integrierte Sendediode und der Strombegrenzungswiderstand R 15 befinden. Auf der Transistorseite des Optokopplers steht das Signal dann galvanisch entkoppelt zur Verfügung und wird danach mit dem nachgeschalteten Schmitt-Trigger-Gatter IC 5 C aufbereitet.

Die vom Mikrocontroller des ALCs kommenden Informationen gelangen zunächst auf das Gatter IC 5 B und dann auf den mit IC 5 A, IC 5 D aufgebauten Treiber für die in IC 3 integrierte Sendediode.

Der Transistor des Optokopplers IC 3 liefert die vom ALC kommenden Informationen galvanisch entkoppelt zum Schnittstellenbaustein (IC 2).

Auf der ALC-Seite wird die Sendediode von IC 3, das Schmitt-Trigger-Gatter IC 5 und der Transistor des Optokopplers IC 4 mit einer über ST 1, Pin 11 zugeführten Spannung versorgt. Hier dienen C 22 bis C 24 zur Störnerdrückung und C 25 zur Pufferung.

### Analog-Digital-Wandler

Der A/D-Wandler des ALC 3000 PC 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 8 dargestellt. Hier handelt es sich um einen sehr genauen Dual-Slope-Wandler mit 14-Bit-Auflösung und vorgeschaltetem Analog-Multiplexer. Die Grundelemente dieses trotz kostengünstigen Aufbaus sehr genauen Wandlers sind der als invertierender Integrator geschaltete Operationsverstärker IC 201 D und der Komparator IC 201 C. Das Grundprinzip dieses Wandlers basiert darauf, dass die Referenzspannung und die Mess-Spannung entgegengesetzte Vorzeichen haben.

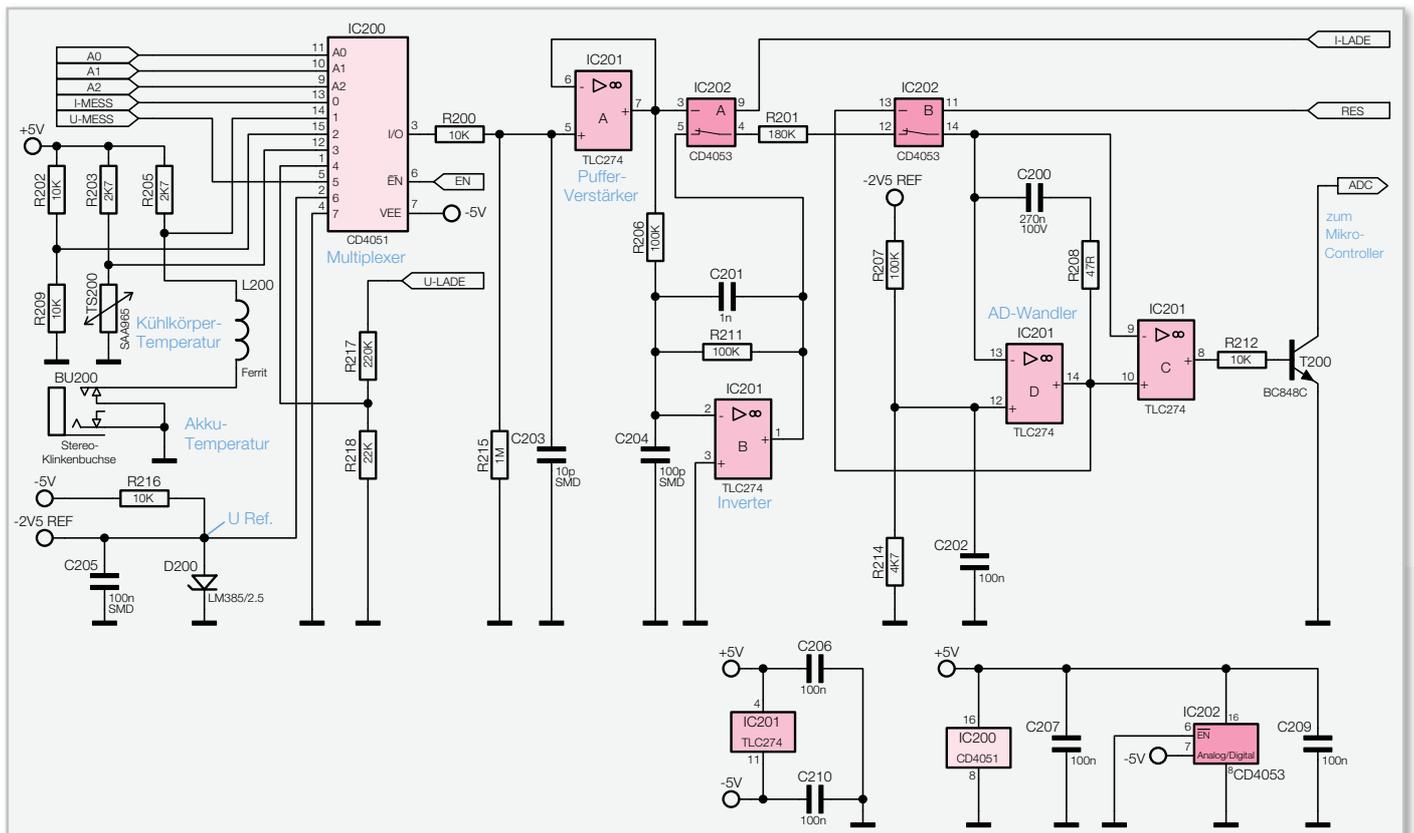


Bild 8: Analog-Digital-Wandler des ALC 3000 PC

Die über R 216 mit Spannung versorgte Referenzdiode D 200 liefert eine Referenzspannung von  $-2,5\text{ V}$ , die eine geringe Drift aufweist. Sowohl die Referenzspannung als auch alle zu erfassenden Messwerte gelangen auf den Eingangs-Multiplexer IC 200, der wiederum vom Haupt-Mikrocontroller über die Signale A 0 bis A 2 und EN gesteuert wird. An den Multiplexer-Eingängen von IC 200 liegen direkt die analogen Informationen der Strom- und Spannungsmessung, der Geräte-Eingangsspannung, des externen Temperatursensors zur Erfassung der Akku-Temperatur und des Endstufen-Temperatursensors an.

Vom Multiplexerausgang gelangen alle analogen Spannungswerte über R 200 auf den Pufferverstärker IC 201 A, an dessen Ausgang die Analogwerte dann niederohmig zur Verfügung stehen. Die Schalterstellung des Multiplexers IC 202 A ist davon abhängig, ob positive oder negative Messwerte zu verarbeiten sind. Negative Mess-Spannungen werden mit Hilfe des invertierenden Verstärkers IC 201 B invertiert.

Mit IC 201 D und externer Beschaltung ist ein Integrator aufgebaut, dessen Integrationskondensator C 200 im Ruhezustand über den CMOS-Schalter IC 202 B und R 208 kurzgeschlossen ist. Sobald IC 202 B umschaltet, liegt am Integrator über den Widerstand R 201 der zu erfassende Messwert an.

Die Spannung an IC 201 D, Pin 14, wandert in negativer Richtung, wobei die Steigungsgeschwindigkeit von der Amplitude des Messwertes abhängig ist. Danach wird die Referenzspannung an R 201 angelegt und der nachgeschaltete Komparator IC 201 C 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 200 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 201 D über den Spannungsteiler R 207, R 214 leicht negativ vorgespannt.

Die Abblock-Kondensatoren C 206, C 207, C 209 und C 210 sind direkt an den entsprechenden Versorgungsanschlüssen der ICs zur hochfrequenten Störunterdrückung positioniert.

## Lade-/Entlade-Endstufe

Zu den wichtigsten Baugruppen innerhalb eines Ladegerätes zählt natürlich die Lade-/Entlade-Endstufe. Die Lade-Endstufe arbeitet beim ALC 3000 PC als getakteter PWM-Schaltregler und der im gleichen Schaltbild (Abbildung 9) dargestellte Entladeweig als Linearregler. Betrachten wir zuerst die Lade-Endstufe, wobei wir zunächst annehmen, dass der im oberen Schaltungsbereich eingezeichnete PWM-Schaltregler (IC 301 und externe Komponenten) aktiv ist und der Entladeregler sich über D 306, D 307 im gesperrten Zustand befindet.

Zentrales Bauelement der Lade-Endstufe ist das bekannte Schaltregler-IC SG 3524 (IC 301), das mit Ausnahme des Leistungs-Schalttransistors sämtliche Stufen enthält, 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 304 und R 314 aufgebauten Spannungsteilers an Pin 2 (nicht-invertierender Eingang des Fehlerverstärkers). Der Ist-Wert gelangt über den Widerstand R 307 auf den invertierenden Eingang des integrierten Fehlerverstärkers.

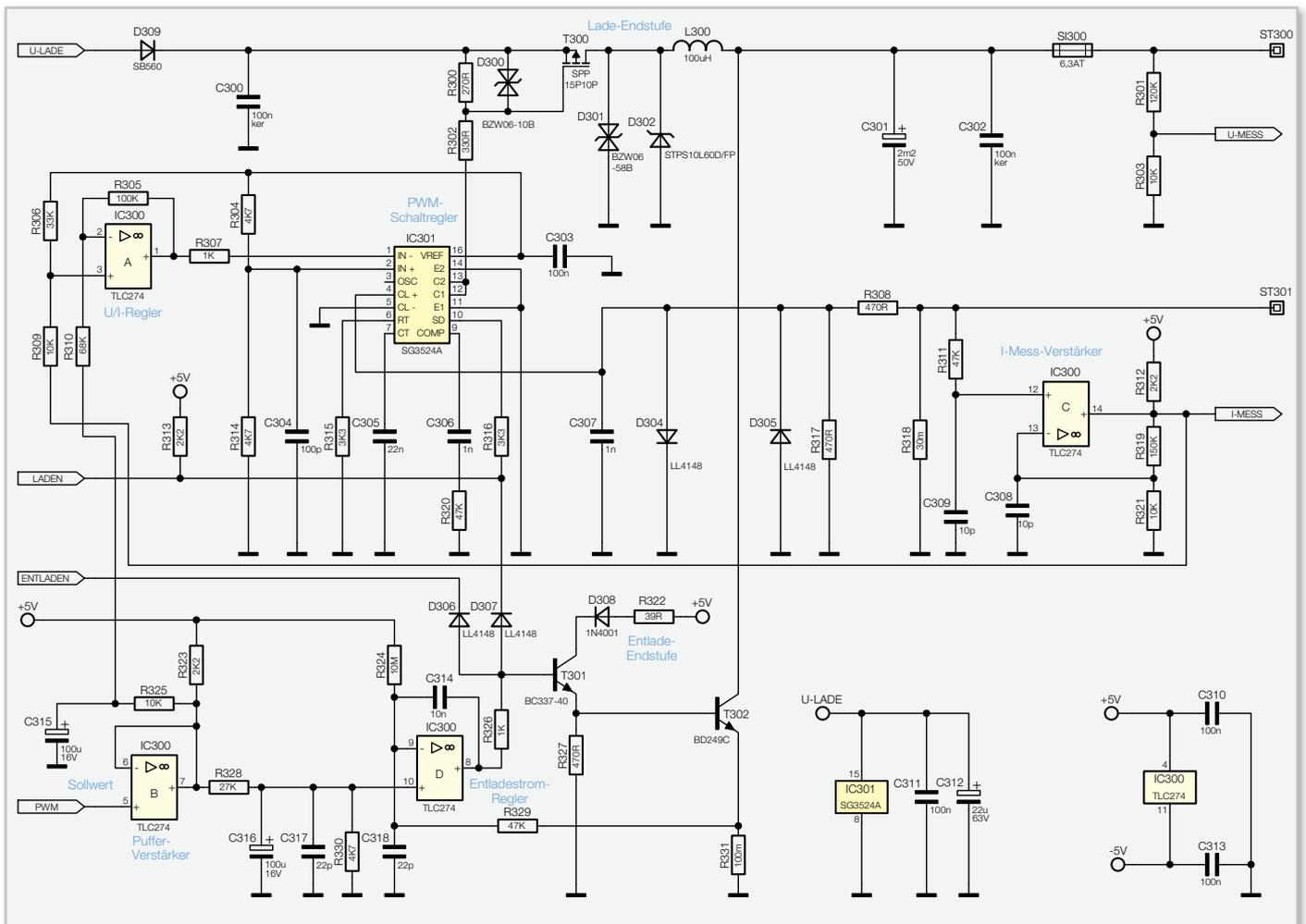


Bild 9: Lade-/Entlade-Endstufe des ALC 3000 PC

Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers IC 300 A ist wiederum abhängig vom gemessenen Ausgangsstrom und von der Sollwert-Vorgabe des Mikrocontrollers. Mit Hilfe der R/C-Kombination R 325, C 315 wird aus dem PWM-Signal des Mikrocontrollers der arithmetische Mittelwert gebildet. Im Lademodus erhalten wir einen stromproportionalen Spannungsabfall am Shunt-Widerstand R 318, der über R 311 auf den nicht-invertierenden Eingang von IC 300 C gelangt. Mit IC 300 C wird der stromproportionale Spannungsabfall dann um den Faktor 16 verstärkt. Die Ausgangsspannung des Stromverstärkers wird über R 309 auf den nicht-invertierenden Eingang von IC 300 A gegeben und zusätzlich der Eingang von IC 300 A über R 306 vorgespannt.

Der Regler (IC 301) vergleicht ständig die Eingangsgrößen miteinander und steuert über seinen an Pin 9 mit einer R/C-Kombination beschalteten Ausgang (C 306, R 320) den integrierten Komparator und somit das PWM-Ausgangssignal (Puls-Pause-Verhältnis).

Die Schaltfrequenz des Step-down-Wandlers wird durch die externe Oszillatorbeschaltung an Pin 6 und Pin 7 (R 315, C 305) bestimmt.

Zwei integrierte Treibertransistoren an Pin 11 bis Pin 14 dienen zur Steuerung des selbstsperrenden P-Kanal-Leistungs-FETs T 300. Der Spannungsteiler R 300, R 302 dient zusammen mit der Transil-Schutzdiode D 300 zur Begrenzung der Drain-Source-Spannung.

Wie bereits beschrieben, ist die am Shunt-Widerstand R 318

abfallende Spannung direkt proportional zum Ladestrom. Über den mit R 308, R 317 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 300) durchsteuert, fließt der Ladestrom über diesen Transistor, die Speicherdrossel L 300 und die Sicherung SI 300 zum Ausgang (Akku) und über den Shunt-Widerstand R 318 zurück.

Aufgrund der in L 300 gespeicherten Energie bleibt der Stromfluss bei gesperrtem FET (T 300) über die schnelle Schottky-Diode D 302 aufrechterhalten. Der Ausgangsstrom ist direkt abhängig vom Tastverhältnis, wobei der Elko C 301 zur Glättung dient.

Die Transil-Schutzdiode D 301 eliminiert Störimpulse, und die Sicherung SI 300 dient zum Schutz des angeschlossenen Akkus und der Endstufe im Fehlerfall oder bei einem verpolten Akku.

Betrachten wir nun den unten eingezeichneten Entladezweig, wo der zentrale Mikrocontroller die Sollwert-Vorgabe ebenfalls mit Hilfe eines pulswertenmodulierten Signals steuert. Auch dieses PWM-Signal gelangt über den Pufferverstärker IC 300 B auf die mit R 328, R 330, C 316 aufgebaute R/C-Kombination zur Mittelwertbildung. Gleichzeitig wird mit R 328, R 330 die Spannung heruntergeteilt und auf den nicht-invertierenden Eingang des mit IC 300 D aufgebauten Stromreglers gegeben.

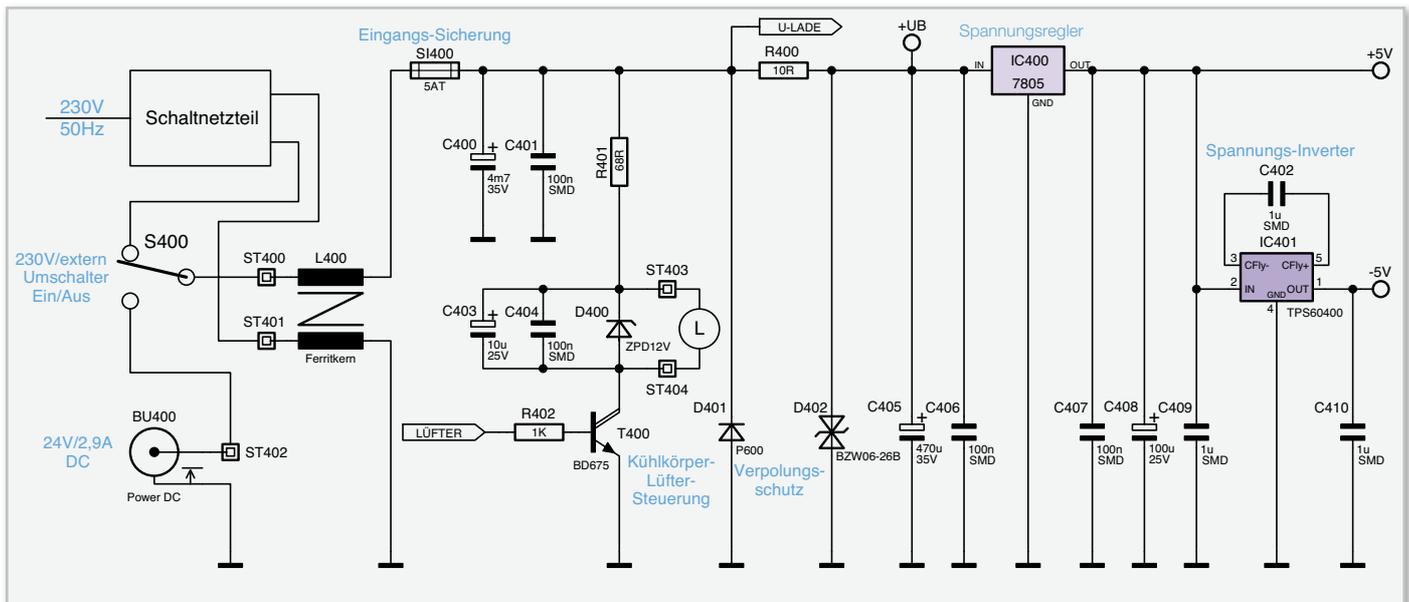


Bild 10: Spannungsversorgung und Lüftersteuerung

Die Freigabe des Entlade-Stromreglers erfolgt mit einem „High“-Signal an der Katode der Diode D 306 (von der Mikrocontrollereinheit gesteuert). Bei einem „Low“-Signal hingegen bleibt der Transistor T 301 über die Diode D 306 gesperrt.

D 307 dient zur gegenseitigen Verriegelung der Lade-/Entlade-Endstufe. Die Entladung kann nur erfolgen, wenn die Katode von D 307 ebenfalls „High“-Pegel führt.

Während des Entlade-Vorgangs erhalten wir am Shunt-Widerstand R 331 einen dem Entladestrom proportionalen Spannungsabfall, der über R 329 auf den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 300 D geführt wird. Der Regler vergleicht nun die Mess-Spannung an Pin 9 mit der Sollwert-Vorgabe an Pin 10.

Der OP-Ausgang steuert über R 326 den Emitterfolger T 301 und dieser wiederum den Entlade-Transistor T 302, so dass der Regelkreis wieder geschlossen ist.

Ebenfalls erhalten wir einen zum Entladestrom proportionalen Spannungsabfall am Shunt-Widerstand R 318. Dieser Spannungsabfall gelangt (wie beim Ladevorgang, jedoch mit umgekehrter Polarität) über R 311 auf den nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 300 C, dessen Verstärkung durch den Widerstand R 319 im Rückkopplungszweig und den Widerstand R 321 bestimmt wird. Über den Multiplexer IC 200 im Digitalteil (siehe Abbildung 8) gelangt die Mess-Spannung letztendlich zum A/D-Wandler und von hier aus als digitale Information zum Mikrocontroller.

## Spannungsversorgung und Lüftersteuerung

In Abbildung 10 ist die Spannungsversorgung des ALC 3000 PC und die Steuerung für den Lüfter des Kühlkörper-Lüfteraggregats zu sehen.

Üblicherweise erfolgt die Spannungsversorgung des ALC 3000 PC mit einem eingebauten, leistungsfähigen, primär getakteten Schaltnetzteil (24 V/3 A). Die vom Schaltnetzteil kommende Spannung gelangt über den Netzschalter S 400

(Umschalter mit Mittelstellung) auf die Platinenanschlüsse ST 400 und ST 401 der Basisplatine. Alternativ zum Netzbetrieb kann die Versorgung des ALC 3000 PC auch mit einer an BU 400 anzuschließenden Gleichspannung erfolgen, die für den mobilen Einsatz z. B. von einem Kfz-Akku kommen kann. Bei externer Versorgung liegt die Spannung auch über den Schalter an ST 400 der Basisplatine an.

Über eine Ferritspule zur hochfrequenten Störunterdrückung (L 400) und die Eingangssicherung SI 400 gelangt die Spannung direkt zur Lade-Endstufe des Gerätes. Die Diode D 401 dient zum Verpolungsschutz und sorgt für das Ansprechen der Sicherung SI 400, bevor es zur Beschädigung des ALC 3000 PC kommen kann.

Eine Siebung der Versorgungsspannung für die internen Stufen wird mit dem Widerstand R 400 und dem Elko C 405 vorgenommen. Am Ausgang des Spannungsreglers IC 400 steht letztendlich eine stabilisierte Spannung von 5 V zur Verfügung, wobei die Kondensatoren C 406, C 407 und der Elko C 408 zur hochfrequenten Stör- und Schwingneigungsunterdrückung dienen.

Die im ALC 3000 PC erforderliche negative Spannung von -5 V wird mit dem Spannungsinverter IC 401 generiert. Dieser Baustein benötigt an externer Beschaltung nur 3 Kondensatoren C 402, C 409 und C 410.

Der Lüfter des eingebauten Kühlkörperaggregats wird mit einem PWM-Signal über den Transistor T 400 gesteuert. Im Kollektorkreis dieses Transistors befindet sich der Lüfter (angeschlossen an ST 403, ST 404), der über den Vorwiderstand R 401 mit Spannung versorgt wird. Der Elko C 403 und der Keramik-Kondensator C 404 dienen zur Störunterdrückung und die Diode D 400 verhindert am Lüfter eine zu hohe Spannung und zusätzlich die Entstehung einer Gegeninduktionsspannung.

## Transponder-Leseinheit

Die Transponder-Leseinheit ist optional an der 6-poligen Western-Modular-Buchse des ALC 3000 PC anzuschließen

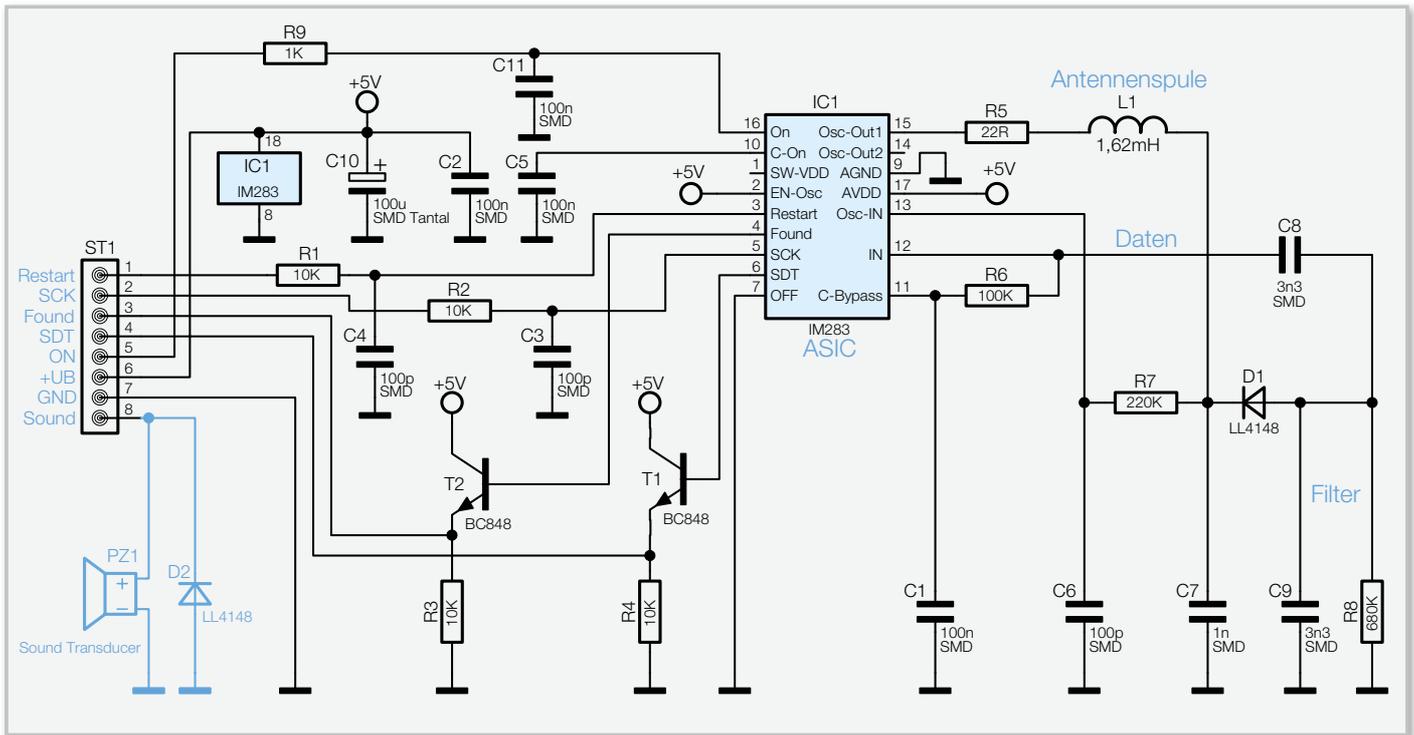


Bild 11: Schaltbild der Transponder-Leseinheit

und dient zur kontaktlosen Akku-Identifikation. Über das fest mit der Leseinheit verbundene 1,5 m lange Anschlusskabel wird die Verbindung zur zugehörigen Buchse des ALC 3000 PC hergestellt und das Gerät erkennt dann automatisch den Anschluss der Leseinheit, ohne dass dazu eine Konfiguration erforderlich ist. Da auch die Spannungsversorgung der Leseinheit über dieses Kabel erfolgt, sind keine weiteren Verbindungen zum Betrieb der Transponder-Leseinheit (RFID 125) erforderlich.

Zur Identifikation werden am Akku bzw. Akku-Pack kleine Passiv-Transponder-Chips befestigt, die eine eindeutige Zuordnung des Akkus zu den in der Datenbank des ALC 3000 PC abgelegten Daten erlauben. Die Transponder bestehen aus einem Chip (Mikrocontroller mit Speicher), einer Antennenspule und einem Kondensator.

Dank Miniaturbauweise (20 x 0,5 mm) sind die Transponder recht einfach am Akku zu befestigen. Die Energieversorgung von Passiv-Transpondern erfolgt aus dem elektrischen Feld der Lesespule, so dass keine Spannungsversorgung oder Batterie erforderlich ist. Zur Erfassung ist die Leseinheit einfach in die Nähe des Transponders zu bringen (1 bis 3 cm Abstand), und das ALC 3000 PC quittiert die korrekte Identifikation mit einem kurzen Quittungssignal.

Die Schaltung der mit einem hochintegrierten ASIC-Baustein aufgebauten Leseinheit ist in Abbildung 11 zu sehen. In diesem ASIC (IC 1) sind alle analogen und digitalen Baugruppen des Lesesystems integriert, so dass, abgesehen von zwei Treibertransistoren, nur noch wenige passive Komponenten erforderlich sind.

Das wichtigste externe Bauelement ist die Antennenspule L 1, die mit C 7 einen Resonanzkreis bildet und auf ca. 125 kHz abgestimmt ist. Über den Oszillatorkreis (Pin 15) des ASICs wird der Schwingkreis angestoßen und mit Energie versorgt. Sobald der auf Resonanz abgestimmte Codeträger in das Feld der Antennenspule gebracht wird, erfolgt die Energieversor-

gung. Der Codeträger schaltet daraufhin die Modulation für die zu übertragenden Daten (Identifikationscode) ein und belastet durch Absorptionsmodulation den Schwingkreis des Lesers im Datenrhythmus.

Dadurch erhalten wir bei der 125-kHz-Trägerfrequenz an C 7 im Datenrhythmus leichte Amplitudenschwankungen, die mit Hilfe der Bauelemente D 1, C 9 und R 8 ausgefiltert werden.

An der Anode von D 1 steht die reine Dateninformation zur Verfügung, die über C 8 auf den Demodulator-Eingang von IC 1 geführt wird. Chip-intern wird dieses Signal nochmals gefiltert und zu einem reinen Digital-Signal aufbereitet.

Über dem mit R 6, C 1 aufgebauten Tiefpass liegt Pin 11 auf dem Gleichspannungsmittelwert des an Pin 12 anliegenden Signals. Die Rückkopplung des Oszillatorsignals erfolgt über R 7 auf Pin 13 des Chips.

In der linken Schaltungshälfte sind die digitalen Ein- und Ausgänge des ASICs zu sehen, die in erster Linie als Interface zum ALC 3000 PC dienen.

Im Bereich der Eingangssignale dient jeweils ein Tiefpassfilter, aufgebaut mit R 1, C 4, R 2, C 3 und R 9, C 11 zur Störunterdrückung, und die Ausgangssignale werden über die beiden als Emitterfolger arbeitenden Transistoren T 1 und T 2 ausgekoppelt.

Der akustische Signalgeber PZ 1 (Sound-Transducer) wird von der Mikrocontrollereinheit gesteuert und gibt bei einem schaltberechtigten Transponder einen kurzen Signalton ab, während nichtberechtigte Transponder durch einen langen Ton signalisiert werden.

Über die Western-Modular-Buchse des ALC 3000 PC wird die Leseinheit mit Spannung versorgt, wobei der Elko C 10 zur Pufferung und allgemeinen Stabilisierung dient und C 2 direkt am ASIC hochfrequente Störeinkopplungen verhindert.

Im nächsten Teil des Artikels wird ausführlich der praktische Aufbau dieses interessanten Ladegerätes beschrieben. **ELV**