

**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 3 Akku-Lade-Center

**Das ALC 5000 Mobile ist das neueste Gerät aus der ELV-Ladegeräteserie und speziell für den mobilen Einsatz konzipiert, bietet aber auch alle Funktionen und Leistungsmerkmale eines stationären Hightech-Ladegerätes. Im vorliegenden dritten Teil kommen wir nun zur detaillierten Schaltungstechnik.**

## Blockschaltbild

Außergewöhnliche Leistungsmerkmale und eine große Funktionsvielfalt erfordern einen entsprechenden Schaltungsaufwand. Einen Überblick über die funktionellen Zusammenhänge der einzelnen Baugruppen verdeutlicht am besten ein Blockschaltbild (Abbildung 32).

Für viele ELV-Leser wird anhand des Blockschaltbildes sowie der Schaltbilder der einzelnen Baugruppen die „Verwandtschaft“ zum ALC 8500 Expert deutlich erkennbar sein. Die wesentlichsten Unterschiede bestehen bei der Lade-/Entlade-Endstufe 1, wo ein spezieller Step-up/Step-down-Schaltregler zum Einsatz kommt.

Doch nun zurück zum Blockschaltbild, wo das zentrale Bauelement des ALC 5000 Mobile der 8-Bit-AVR-Mikrocontroller mit RISC-Architektur und vielen Sonderfunktionen ist. Ein besonderes Leistungsmerkmal ist der im System programmierbare 128-KBit-Flash-Speicher.

Dadurch ist das ALC 5000 Mobile für die Zukunft gerüstet, da spätere Firmware-Updates und -Upgrades kein Problem sind. Zukünftige Akku-Systeme oder -Erweiterungen können ohne Hardware-Änderungen implementiert werden.

Der zentrale Mikrocontroller kommuniziert mit einem weiteren Mikrocontroller (im Blockschaltbild oben), der für die Ansteuerung des Grafik-Displays und alle weiteren Anzeigefunktionen zuständig ist.

Im Blockschaltbild links oben neben dem Haupt-Mikrocontroller ist ein Daten-Flash-Speicher eingezeichnet, der für die Datenloggerfunktion des ALCs zuständig ist. Hier können komplette Lade-/Entlade-Kurvenverläufe gespeichert werden, die auch nach dem Abschalten der Betriebsspannung erhalten bleiben.

Darunter befinden sich die Funktionsblöcke Inkrementalgeber (Drehimpulsgeber) und Bedientasten. Diese Komponenten sind direkt mit den entsprechenden Port-Pins des zentralen Mikrocontrollers verbunden. Der Drehimpulsgeber, in Verbindung mit der

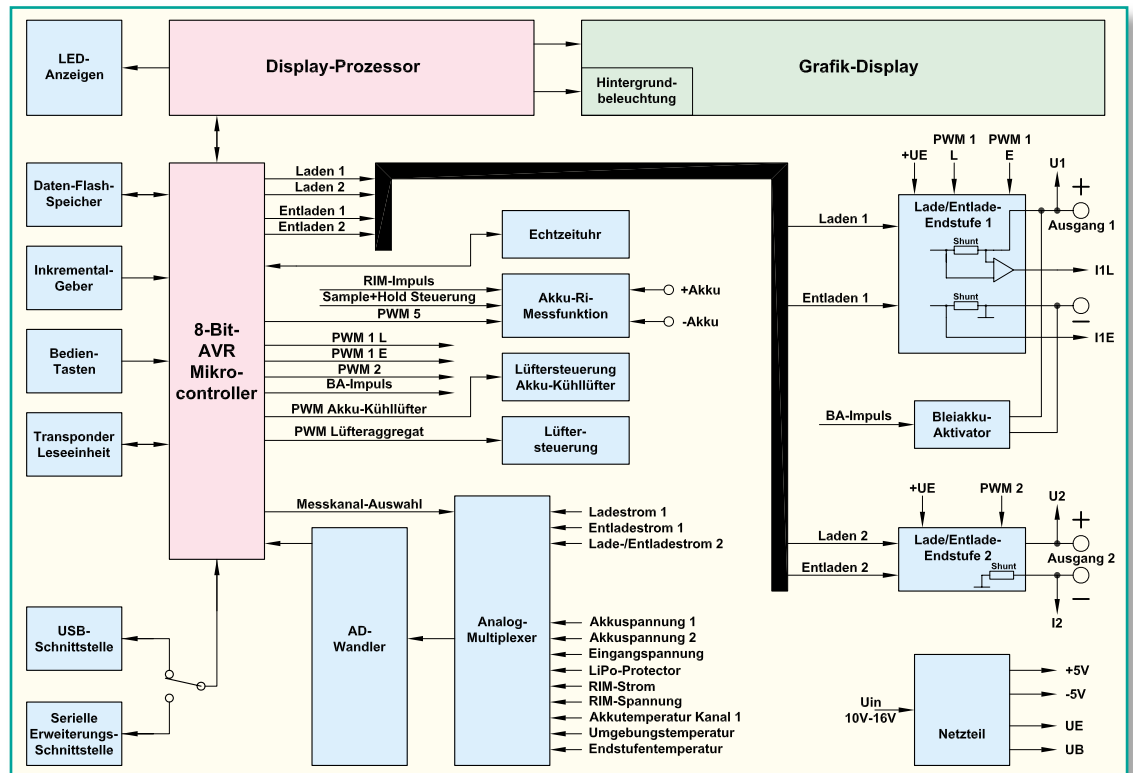
Menüsteuerung, sorgt für einen besonders hohen Bedienungskomfort.

Ein „Highlight“ des ALC 5000 Mobile ist die Akku-Identifizierung mit Hilfe von Passiv-Transpondern, die direkt am Akku bzw. Akku-Pack befestigt werden. Die im Blockschaltbild unterhalb der Bedientasten eingezeichnete Transponder-Leseinheit ist optional und wird über eine sechspolige Westernmodular-Steckverbindung mit dem ALC 5000 Mobile verbunden.

Die USB-Schnittstelle (Block unterhalb der Transponder-Leseinheit) dient zur Kommunikation mit einem externen PC. Zur Signalumsetzung ist auf dem USB-Modul ein spezieller Chip vorhanden, der wiederum über Optokoppler (zur galvanischen Trennung) mit den entsprechenden Port-Pins des Mikrocontrollers verbunden ist.

Zukünftige Erweiterungen können an einer seriellen Schnittstelle angeschlossen werden, die an einer vierpoligen Westernmodular-Buchse zur Verfügung steht. Mit einem rückseitigen Umschalter kann

**Bild 32: Blockschaltbild des ALC 5000 Mobile**



zwischen der seriellen Schnittstelle für die Erweiterungen und der USB-Schnittstelle zur Kommunikation mit einem PC umgeschaltet werden.

Eine der wesentlichen Aufgaben des Mikrocontrollers ist die Steuerung der Lade-/Entlade-Endstufen. Neben der Aktivierung der Lade- und Entlade-Endstufen erfolgen auch sämtliche Sollwert-Vorgaben vom Mikrocontroller. Dazu stehen für die Lade-/Entladekanäle PWM-Signale (PWM 1 L, PWM 1 E, PWM 2) zur Verfügung. Durch Integration werden daraus in den Endstufen (im Blockschaltbild rechts) Steuer-Gleichspannungen gewonnen. Die schnelle Regelung innerhalb der Endstufen erfolgt hardwaremäßig durch Sollwert-Istwert-Vergleich.

Zum Abtransport der Abwärme, insbesondere bei der Funktion „Entladen“, dient ein leistungsfähiges Kühlkörper-Lüfteraggregat. Die Lüfterdrehzahl wird vom Mikrocontroller ebenfalls mit Hilfe eines PWM-Signals proportional zur Kühlkörpertemperatur gesteuert.

Ein weiteres PWM-Signal steuert einen optional anzuschließenden Akku-Kühlventilator in Abhängigkeit von der am externen Temperatursensor gemessenen Akku-Temperatur.

Eine mit Lithium-Batterie gepufferte Echtzeituhr liefert jederzeit die Uhrzeit und das Datum auf dem Display und sorgt dafür, dass die Datensätze im Datenlogger mit zugehöriger Uhrzeit und Datum gespeichert werden.

Wie im Blockschaltbild der Endstufen zu sehen ist, sind zur Lade-/Entlade-Stromerfassung in den Endstufen verschiedene

Shunt-Widerstände vorhanden. Der Ladekanal 1 ist auf Schaltungsmasse bezogen. Hier erfolgt die Ladestromerfassung im Pluszweig und die Entladestromerfassung im Minuszweig. Beim Ladekanal 2 hingegen werden sowohl der Ladestrom als auch der Entladestrom im Minuszweig des Akkus erfasst.

Sowohl die stromproportionalen Spannungen an den Shunt-Widerständen als auch die Akku-Spannungen werden dem im unteren Bereich des Blockschaltbildes eingezeichneten Analog-Multiplexer zugeführt. Weitere Signale, die dem Multiplexer zugeführt werden, sind die Eingangsspannung der Speisequelle (Kfz-Akku), das Signal eines optional anzuschließenden Lithium-Polymer-Protectors, die Strom- und Spannungswerte der Akku-Innenwiderstands-Messfunktion und proportionale Spannungen zur Endstufentemperatur, Umgebungstemperatur und der Temperatur des Akkus an Kanal 1 (sofern hier ein externer Sensor angeschlossen ist).

Gesteuert vom Hauptprozessor gelangt dann der jeweils gewählte Messwert auf den Eingang des Analog-Digital-Wandlers. Dieser Wandler setzt dann die analogen Messwerte mit hoher Auflösung in digitale Informationen für den Mikrocontroller um.

Das unten rechts eingezeichnete Netzteil liefert alle innerhalb des ALCs benötigten Betriebsspannungen.

### Schaltung

Aufgrund der Funktionsvielfalt und der außergewöhnlichen Leistungsmerkmale ist

die Schaltung des ALC 5000 Mobile recht komplex, so dass die Gesamtschaltung in mehrere Teilschaltbilder aufgeteilt ist, die in sich geschlossene Funktionsgruppen bilden. Dadurch wird auch ein besserer Schaltungsüberblick erreicht.

Zunächst kann eine grobe Aufteilung in einen Analogteil und einen Digitalteil erfolgen, da sowohl analoge als auch digitale Baugruppen zum Einsatz kommen. Leistungsfähige Mikrocontroller übernehmen die Steuerung von sämtlichen Funktionen und getrennte Lade-/Entlade-Endstufen sorgen für die Ladung und Entladung der angeschlossenen Akkus.

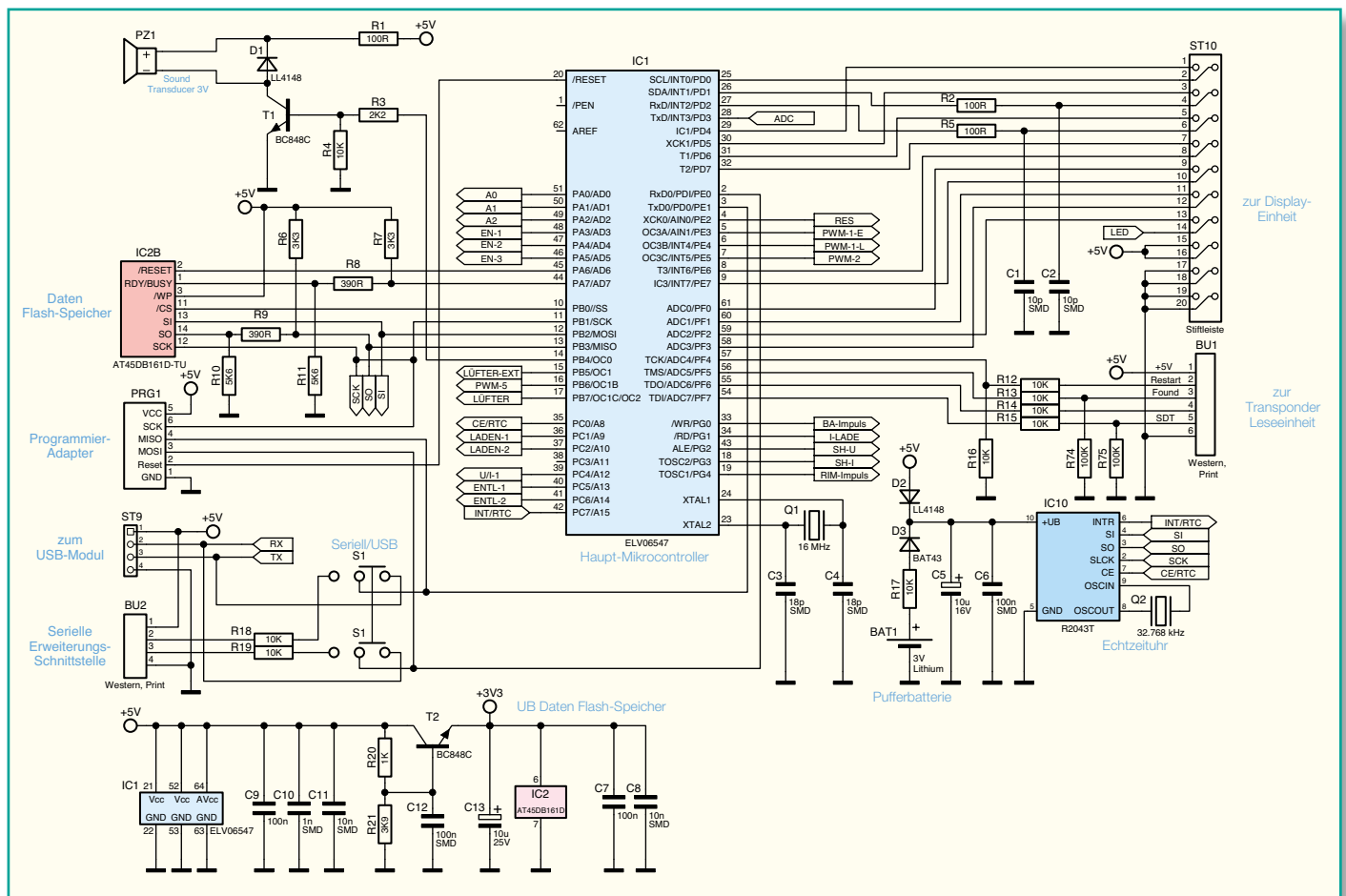
### Haupt-Mikrocontroller des Digitalteils

Die detaillierte Schaltungsbeschreibung beginnen wir mit dem Haupt-Mikrocontroller (mit zugehöriger Peripherie) in Abbildung 33. Dieser Controller kommuniziert mit einem weiteren Mikrocontroller, der für alle Anzeigeaufgaben und für die direkte Steuerung des Displays zuständig ist.

Doch zuerst zum Haupt-Mikrocontroller, dessen interne Struktur in Abbildung 34 zu sehen ist. Hierbei handelt es sich um einen AVR-Controller mit 128-KBit-Flash (In-System-Programmable), wodurch die Update-Fähigkeit des ALC 5000 Mobile erst möglich ist.

Neben dem Programm-Flash verfügt der Controller über eine ganze Reihe an weiteren Besonderheiten, wie auch anhand des Prozessor-Blockschaltbildes in Abbildung 34 verdeutlicht wird.

Neben dem Flash-Speicher sind noch 4 KBit S-RAM und 4 KBit EEPROM im



**Bild 33: Haupt-Mikrocontroller mit zugehöriger Peripherie**

Mikrocontroller integriert. Des Weiteren werden bis zu 64 KBit externer Speicher unterstützt.

Insgesamt stehen bei diesem Mikrocontroller 53 programmierbare Ein-/Ausgänge zur Verfügung, die vielseitig zu nutzen sind. Unter anderem sind 6 PWM-Kanäle mit einer programmierbaren Auflösung von 2 bis 16 Bit, ein programmierbarer Watchdog-Timer mit On-Chip-Oszillator und ein 8-Kanal-10-Bit-A/D-Wandler (ADC) vorhanden.

An Besonderheiten ist ein interner kalibrierter RC-Oszillator, eine per Software selektierbare Taktfrequenz und ein integrierter Power-on-Reset mit programmierbarer Brown-out-Detection zu nennen. Doch nun zurück zum Mikroprozessor-Hauptschaltbild in Abbildung 33.

Der Taktoszillator des Mikrocontrollers ist an Pin 23 und Pin 24 extern zugänglich und mit dem 16-MHz-Quarz Q 1 sowie den Kondensatoren C 3, C 4 beschaltet.

Die Aktivierung der Lade-/Entlade-Endstufen erfolgt über die Ports PC 1, PC 2, PC 5 und PC 6. Wie auch im Blockschaltbild zu sehen ist, erfolgen die Sollwert-Vorgaben beim ALC 5000 Mobile über PWM-Signale. Dabei dienen PWM-Signale am Port PE 3 bis PE 5 zur Lade-/Entladestromvorgabe.

Das zur Wärmeabfuhr dienende Kühlkörperaggregat wird über eine PWM-Signal,

geliefert von Port PB 7, gesteuert und die Geschwindigkeitsvorgabe des extern anzuschließenden Akku-Kühlventilators wird über ein PWM-Signal an Port PB 5 des Mikrocontrollers gesteuert.

Ein weiteres PWM-Signal (PWM 5) wird zur Einstellung des Stromimpulses bei der Akku-Innenwiderstandsmessung genutzt.

Für die Motortesterfunktion kann die Endstufe eins über Port PC 4 in den Spannungsregler-Mode umgeschaltet werden.

In Abbildung 33 rechts unten ist die Schaltung der Echtzeituhr zu sehen. Der Uhrenbaustein (IC 10) wird, wie bereits erwähnt, mit einer Lithium-Batterie gepuffert, deren Lebensdauer mehr als zehn Jahre beträgt. Die Uhr läuft somit unabhängig von der Betriebsspannung kontinuierlich weiter. Die Dioden D 2 und D 3 dienen zur Entkopplung der Betriebsspannung und der Pufferspannung, die von der Lithium-Batterie geliefert wird. Die Kommunikation des Bausteins mit dem Mikrocontroller erfolgt über ein serielles Interface, das mit Port PB 1 bis Port PB 3 und Port PC 0 des Hauptprozessors verbunden ist. Des Weiteren ist der Interruptausgang (Pin 6) mit Port PC 7 des Mikrocontrollers verbunden.

Der Impuls der Blei-Akku-Aktivatorfunktion wird an Port PG 0 (Pin 33) ausgegeben.

Ein weiterer Impuls wird an Port PG 4

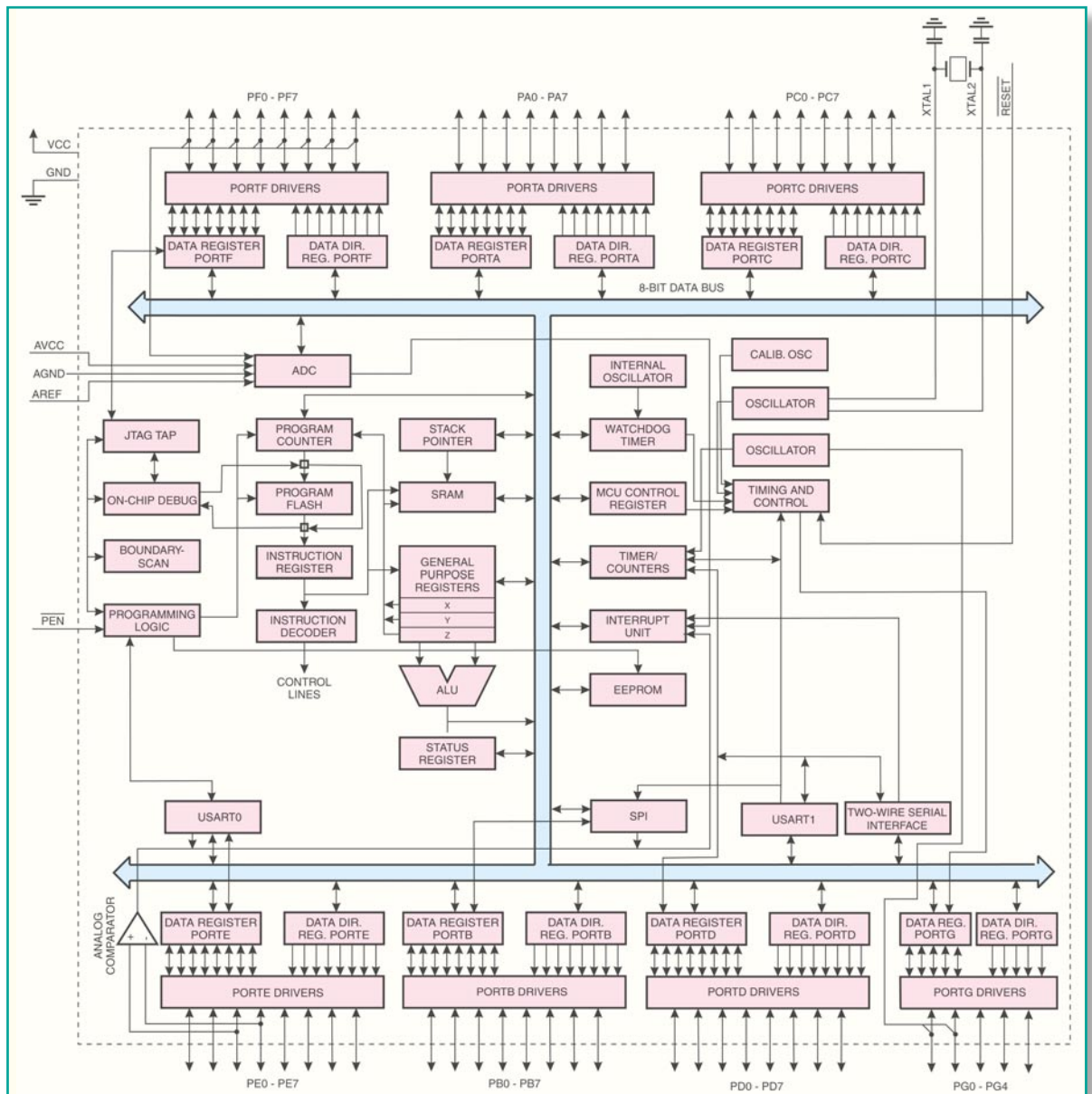
(Pin 19) des Mikrocontrollers ausgekoppelt, der zur Aktivierung des Stromimpulses für die Akku-Innenwiderstandsmessung dient. Die Signale SH-U und SH-I (Port PG 2 und PG 3) steuern die „Sample and Hold“-Glieder zur Strom- und Spannungsmessung bei der Akku-Innenwiderstands-Messfunktion. Das Signal I-Lade an Pin 34 wird zur Polaritätsumschaltung im Zusammenhang mit der Lade-/Entladestromerfassung über den A/D-Wandler genutzt.

Das optionale Transponder-Modul zur komfortablen Akku-Identifikation wird an die Westernmodular-Buchse BU 1 angeschlossen. Über diese Buchse wird das Modul auch mit Spannung (+5 V) versorgt. Die Signalleitungen sind über R 12 bis R 15 mit Port PF 4 bis Port PF 7 des Hauptcontrollers verbunden.

Die vom Analog-Digital-Wandler kommenden Messwerte werden dem Mikrocontroller an Port PD 3 (Pin 28) zugeführt, wobei die Messwertauswahl über PA 0 bis PA 5 erfolgt. Über diese Port-Pins werden dann die Eingangs-Multiplexer des A/D-Wandlers gesteuert.

Für akustische Meldungen und Quitzungstöne ist das ALC 5000 Mobile mit einem Sound-Transducer (PZ 1) ausgestattet, der über PB 4 und den Treibertransistor T 1 mit einem Signal von ca. 2 kHz angesteuert wird.

**Bild 34: Interner Aufbau des Atmega 128**



Der Programmieradapter PRG 1 ist ausschließlich zum Programmieren des Mikrocontrollers in der Produktion vorgesehen, während Software-Updates und -Upgrades über die USB-Schnittstelle des Gerätes erfolgen können.

Zur Kommunikation mit einem PC dient ein potentialfreies, optisch isoliertes USB-Modul, das an ST 9 angeschlossen wird und über den Umschalter S 1 mit Port PE 0 und PE 1 des Mikrocontrollers verbunden ist.

Die Buchse BU 2 ist für externe Erweiterungen des ALC 5000 Mobile vorgesehen. Anstatt des USB-Moduls kann mit Hilfe des Schalters S 1 die serielle Schnittstelle an BU 2 ausgewählt werden.

Zur Aufzeichnung von kompletten Lade-/Entlade-Kurvenverläufen ist das ALC 5000 Mobile mit einem Datenlogger ausgestattet. Zur Datenspeicherung dient der 2-MBit-Flash-Speicher (IC 2). Da der Baustein mit einer abweichenden Betriebsspannung von 3,3 V arbeitet,

sind die Widerstände R 6 bis R 11 zur Amplitudenanpassung erforderlich. Die Betriebsspannung des externen Data-Flash-Speichers wird mit T 2 und externen Komponenten erzeugt.

Um hochfrequente Störeinflüsse zu vermeiden, sind der Mikrocontroller und der externe Speicher mit entsprechenden Stabfblockungen (C 7, C 8 und C 9 bis C 11) direkt an den entsprechenden Versorgungspins beschaltet.

Wie bereits erwähnt, steht für alle Anzeigeaufgaben ein weiterer Mikrocontroller zur Verfügung, der über die Steckverbindung ST 10 mit dem Hauptprozessor verbunden ist. Über diesen Steckverbinder sind auch die Bedienelemente des ALCs an den Hauptprozessor angeschlossen.

### Displayeinheit

In Abbildung 35 ist die Displayeinheit des ALC 5000 Mobile dargestellt. Die wesentlichen Komponenten sind hier

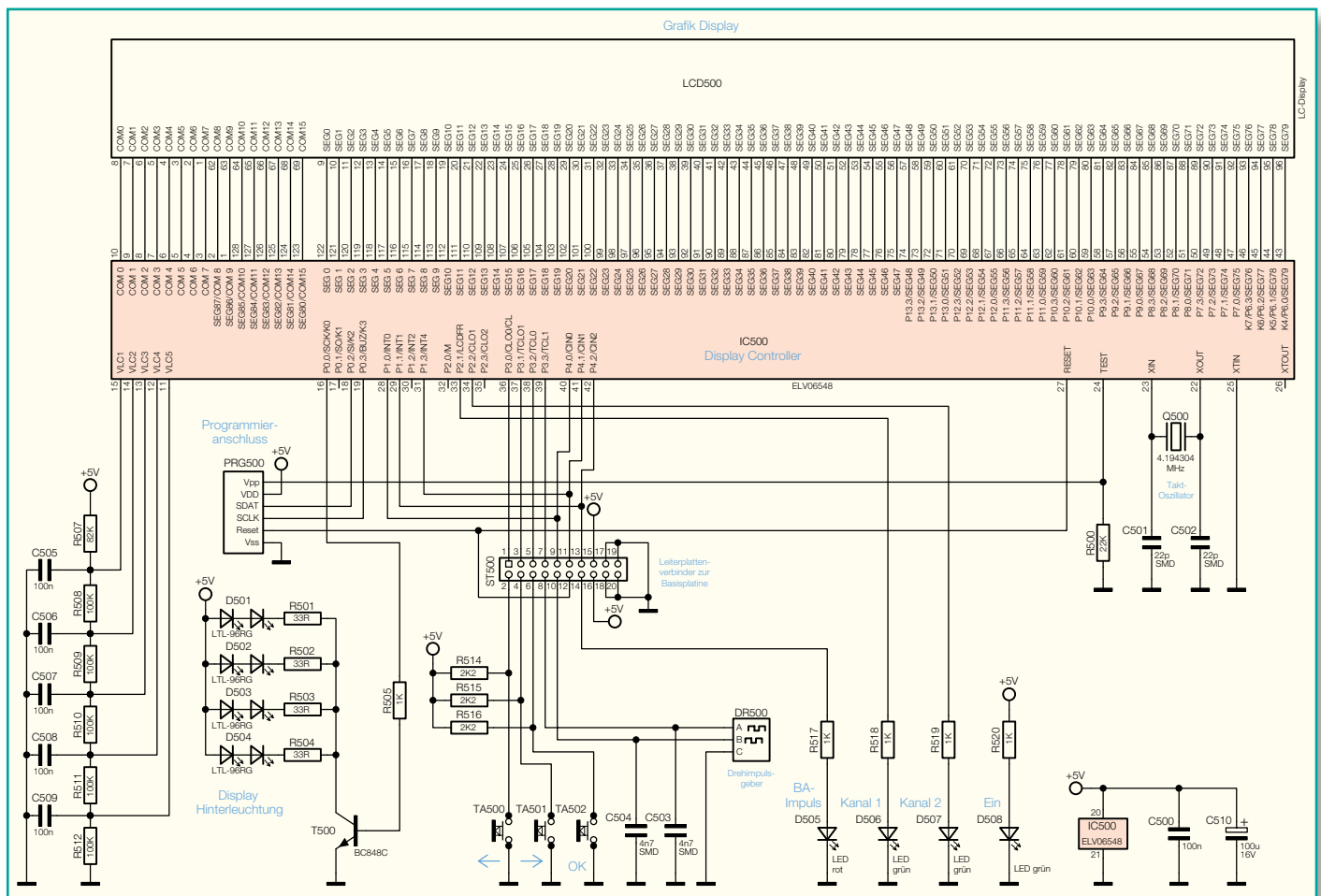
das ALC-Spezialdisplay (LCD 500) mit 16 COM- und 80 Segmentleitungen und der Mikrocontroller IC 500, der direkt mit den COM- und Segmentanschlüssen des Displays verbunden ist. Alle in Abbildung 35 dargestellten Komponenten befinden sich auf der Frontplatte des Gerätes.

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

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

Wie beim Hauptprozessor dient auch beim Displaycontroller der Programmieranschluss PRG 500 ausschließlich zum Programmieren des Mikrocontrollers in der Produktion.

Die Displayhinterleuchtung des ALCs besteht aus vier Side-Looking-Lamps (D 501 bis D 504). Aktiviert wird die Hinterleuchtung über den Transistor T 500,



**Bild 35: Displayeinheit des ALC 5000 Mobile**

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 bis TA 502 sowie des Drehimpulsgebers DR 500 über ST 500, ST 10 direkt zum Haupt-Mikrocontroller der Basisplatine geführt.

Die Leuchtdiode D 508 dient zur Betriebsanzeige und die Kanal-LEDs (D 506, D 507) sind direkt über die entsprechenden Ausgangsbuchsenpaare des Gerätes angeordnet. D 505 dient zur Anzeige des Blei-Akku-Aktivator-Impulses, und die Widerstände R 517 bis R 520 sorgen für die erforderliche Strombegrenzung.

## USB-Schnittstelle

Die USB-Schnittstelle des Akku-Lade-Centers ALC 5000 Mobile basiert auf dem ELV-USB-Modul UO 100, welches bereits in verschiedenen ELV-Anwendungen 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-Komponente gefunden“, und als Bezeichnung des gefundenen Peripherie-Gerätes erscheint „ALC 5000“. 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 5000 Mobile eingebauten USB-Moduls ist in Abbildung 36 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 FT8U232 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 R232-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.

Trotz der komplexen Abläufe innerhalb des ICs ist die externe Beschaltung gering, die im Wesentlichen aus der Zuführung der Betriebsspannung, einer Reset-Schaltung, einem Quarz und einem EEPROM besteht.

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 Spannungsbereich 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 Staffblockungen 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 Einschaltzustand 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-Controllerbaustein IC 2 und dem EEPROM erfolgt über eine so genannte Microwire-Verbindung.

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

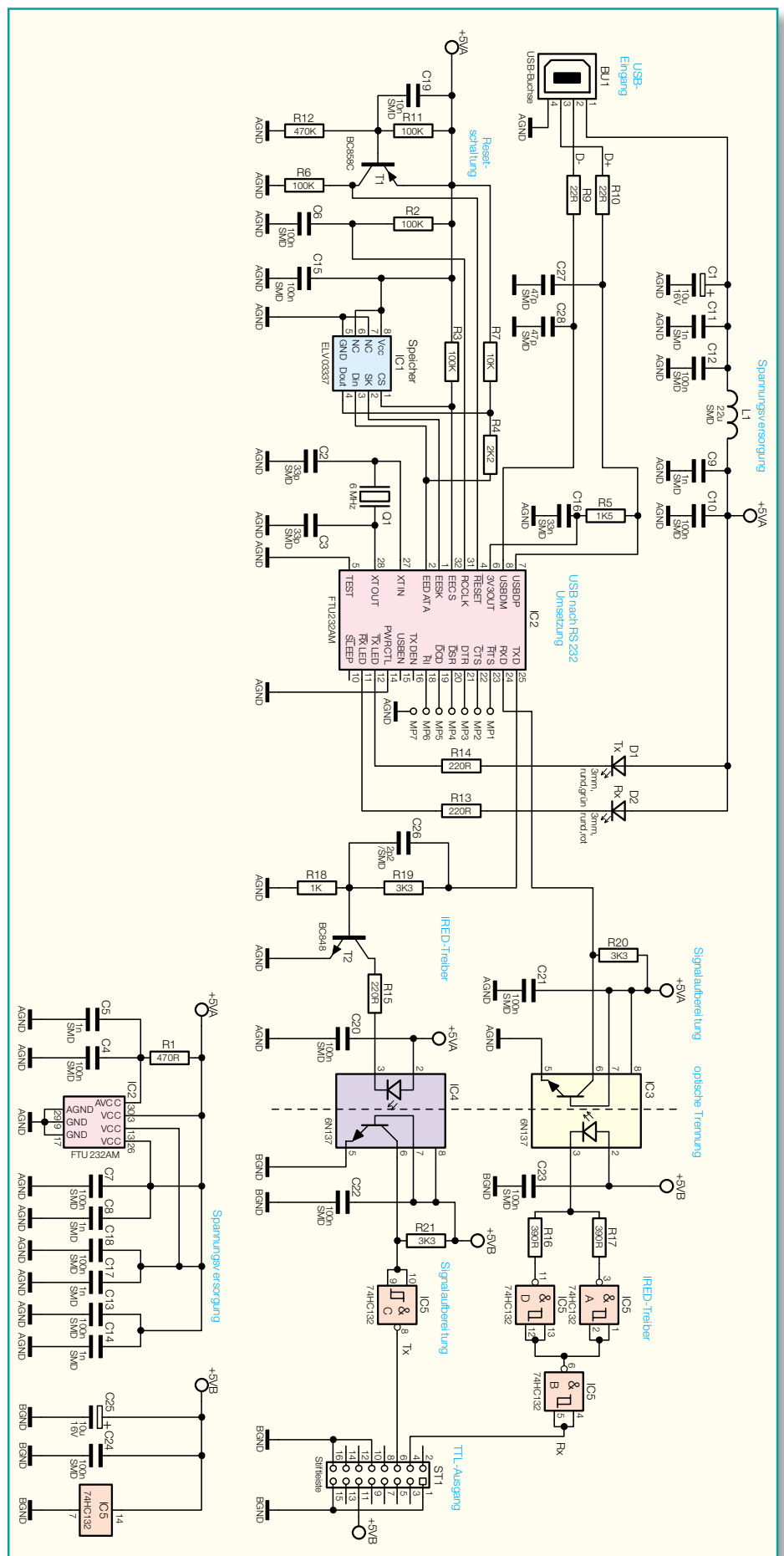
Das TXD-Signal des Wandlerbausteins wird auf den Treibertransistor T 2 gekoppelt, in dessen Kollektorzweig sich die im Optokoppler IC 4 integrierte Sendediode und der Strombegrenzungswiderstand R 15 befinden. Auf der Transistorseite steht das Signal dann galvanisch entkoppelt zur Verfügung und wird danach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

Die vom Mikrocontroller des ALC 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 Störunterdrückung und C 25 zur Pufferung.

Im vierten Teil des Artikels wird die detaillierte Schaltungsbeschreibung fortgesetzt.



**Bild 36:** Schaltung des im ALC 5000 Mobile verwendeten galvanisch getrennten USB-Moduls