



Akku-Lade-Meßgerät ALM 9010 Teil 2

Ladetechnologie auf höchstem Niveau. Im zweiten Teil dieses Artikels wird die Beschreibung der herausragenden Funktion und der Bedienung fortgesetzt sowie die Schaltung des Digitalteils mit dem Single-Chip-Mikrocontroller vorgestellt.

Einstellen der Ladefunktion

Mit der Taste „Funktion“ wird der Lademodus vorgewählt. Auch hier schaltet jeder Tastendruck zur nächsten Funktion weiter.

Laden: In der oberen Stellung (LED „Laden“ leuchtet auf) wird ein angeschlossener Akku gemäß den eingestellten Werten aufgeladen.

Beim ALM 9010 ist vor Ladebeginn keine Entladung erforderlich. Der Akku wird unabhängig von einer eventuell vorhandenen Restladung auf 100 % seiner tatsächlichen Kapazität aufgeladen. Neuwertige Akkus können dabei durchaus mehr als die jeweils angegebene Nennkapazität speichern, während ältere Akkus die Nennkapazität nicht mehr erreichen. Das ALM 9010 ermöglicht unabhängig vom Zustand des Akkus eine ausgezeichnete Kapazitätsnutzung.

Abgesehen von einer manuellen Unterbrechung wird der Lade- bzw. Schnellladevorgang nach folgenden Kriterien automatisch beendet:

1. Steigungsumkehr der Ladekurve ($d^2U/dt^2 = 0$).
2. Negative Steigung der Zellenspannung ($-\Delta U$).
3. Ablauf der maximalen Ladezeit (Sicherheitstimer).
4. Überschreitung der maximal erlaubten Ladeschlußspannung.

5. Überschreitung der max. zulässigen Akkutemperatur (nur mit externem Temperatursensor).

Nach Beendigung des Ladevorgangs schaltet das ALM 9010 automatisch auf Impuls-Erhaltungsladung (Trickle Charge) um. Der dann noch fließende Rest-Ladestrom entspricht einem Hundertstel des Zahlenwerts der Nennkapazität.

Der Abschluß des Ladevorgangs wird durch Blinken der LED „Laden“ signalisiert.

Entladen: Durch einmalige Betätigung der Taste „Funktion“ wird auf „Entladen“ umgeschaltet. In dieser Position nimmt das ALM 9010 eine Entladung des angeschlossenen Akkus bis zur jeweiligen Entladeschlußspannung vor, unter Berücksichtigung des vorgewählten Entladestromes. Den Abschluß des Entladevorgangs kennzeichnet das Blinken der LED „Entladen“.

Nach Abschluß des Entladevorganges wird die Akkukapazität vom ALM 9010 automatisch gespeichert und erscheint auf dem Display. Zusätzlich leuchtet die LED „Kapazität“.

Entladen/Laden: In dieser Funktion leuchten die beiden LEDs „Laden“ und „Entladen“ gleichzeitig auf, und es wird zunächst eine Entladung, wie vorstehend beschrieben, vorgenommen und anschließend der oben ausgeführte Ladeprozess durchgeführt. Die momentan ablaufende Funktion (Laden oder Entladen) wird durch helles Leuchten der entsprechenden LED

angezeigt, während die zweite zur Entlade-/Ladefunktion gehörende Leuchtdiode „gedimmt“ wird. Auch hier geht das ALM 9010 nach abgeschlossener Ladung in den Erhaltungsladungs-Modus über.

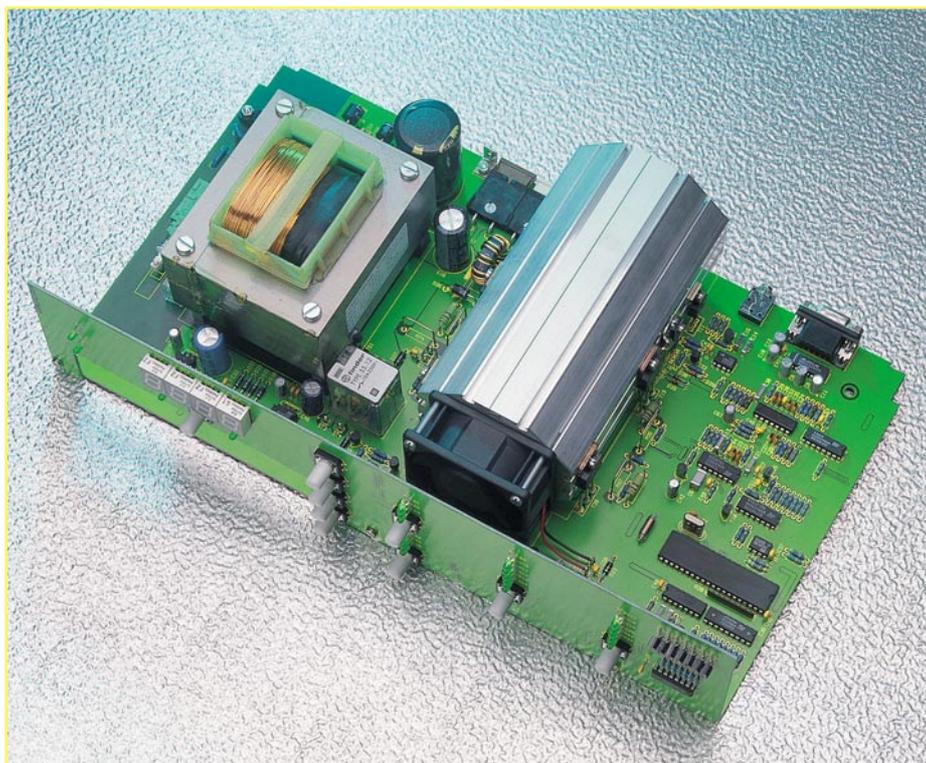
Der Abschluß des Ladevorgangs, d. h. die Funktion der Erhaltungsladung, wird durch Blinken der LED „Laden“ signalisiert.

Test: In dieser Einstellung wird die Akku-Kapazität unter Nennbedingungen getestet. Hierzu muß man wissen, daß die einem Akku entnehmbare Energiemenge unter anderem auch vom jeweiligen Entladestrom abhängt. In der Praxis bedeutet dies eine Erhöhung der verfügbaren Akku-Kapazität, wenn der Entladestrom verringert wird, und umgekehrt.

Aus diesem Grunde wird die technische Angabe der Akku-Kapazität ergänzt durch die ihr zugrundeliegende Entladezeit (z. B. 12V/10Ah bei 10stündiger Entladung oder 12V/48 Ah bei 20stündiger Entladung).

Weit verbreitet ist die Angabe der Akku-Kapazität unter Zugrundelegung einer 10stündigen Entladezeit. In diesem Falle wäre mit der Taste „Strom“ der Wert „C/10“ anzuwählen. Bei Solar- bzw. Blei-Akkus wird häufig auch entsprechend DIN 72311 die Angabe „C/20“ eingesetzt, während NC-Akkus oft auch auf „C/5“ bezogen sind.

Der jeweils erforderliche Entladestrom ist mit der Taste „Strom“ zu wählen.



Innenansicht des ALM 9010

In der Funktionseinstellung „Test“ wird zunächst der Akku auf seine tatsächlich verfügbare Kapazität, d. h. bis zur Steigungsumkehr der Ladekurve und anschließender Übergangsladung aufgeladen. Danach schließt sich die Entladung unter den zuvor eingestellten Nennbedingungen an, bei fortlaufender Messung bis zur Entladeschlussspannung.

Zum Abschluß erfolgt dann wieder ein Aufladen mit anschließender Erhaltungsladung. Sobald das ALM 9010 auf Erhaltungsladung umschaltet, beginnt die LED „Test“ zu blinken und signalisiert damit das Ende des Testvorgangs. Nach Abschluß des Testvorganges wird die Akkukapazität vom ALM 9010 automatisch gespeichert und erscheint direkt auf dem 4stelligen Display, wobei die LED „Kapazität“ leuchtet.

Wartung: Diese Funktion ist vor allem für Blei-Akkus sinnvoll, die „überwintern“ sollen. Zur Unterbindung einer Verhärtung und Passivierung der Blei-Platten reicht es bei Pb-Akkus im allgemeinen nicht aus, diese nur mit einer Erhaltungsladung zu beaufschlagen. Vielmehr empfiehlt es sich, in etwa wöchentlichem Abstand eine 20%ige Entladung mit anschließender Aufladung durchzuführen, während der Akku ansonsten mit einer Erhaltungsladung beaufschlagt wird. Dieses Verfahren bietet für Blei-Akkus günstige Voraussetzungen zur Erhaltung der Funktionstüchtigkeit.

In der Einstellung „Wartung“ erfolgt ein entsprechender Ablauf vollautomatisch.

Auffrischen: In dieser Einstellung wird vom ALM 9010 zunächst geprüft, ob auf-

grund des aktuellen Innenwiderstandes des angeschlossenen Akkus ein langsames „Erholen“ oder ein impulsartiges „Wiederbeleben“ die Nutzbarkeit des Akkus wieder herstellen kann.

Bei einem hohen Innenwiderstand geht das ALM 9010 davon aus, daß aufgrund eines eingetretenen Memory-Effektes im Verlauf von 3 Entlade-/Ladezyklen eine deutliche Verbesserung der im Akku speicherbaren Kapazität möglich ist. Der erste Entlade-/Ladevorgang wird mit C/10 durchgeführt, der zweite mit C/5, der dritte und letzte mit C/10.

Während des letzten Entladezyklus mit C/10 wird die Akku-Kapazität gemessen, abgespeichert und angezeigt.

Sind im angeschlossenen Akku Teildefekte und Kurzschlüsse vorhanden, so nimmt das ALM 9010 ein Auffrischen über starke Stromimpulse vor, die einen etwaigen internen Schluß beseitigen können. Im Anschluß daran läuft der Auffrischvorgang wie beschrieben ab.

Durch die dargestellten Maßnahmen ist in vielen Fällen eine Erhöhung der Akku-Kapazität möglich, und zum Teil können auch schadhafte Akkus für eine weitere Verwendung zurückgewonnen werden.

Nach Abschluß des Auffrisch-Vorganges, d. h. beim Übergang auf die Erhaltungsladung, beginnt die LED „Auffrischen“ zu blinken.

Zyklen

Die Funktion „Zyklen“ dient in erster

Linie zur Belebung von Akkus, die über einen längeren Zeitraum gelagert und nicht genutzt wurden. Das Programm führt in dieser Funktion so lange den Lade-/Entladezyklus durch, bis eine nennenswerte Kapazitätssteigerung (0,01 Ah) der bei jedem Entladezyklus gemessenen Kapazität nicht mehr festzustellen ist.

Nach Beendigung des „Wiederbelebungsprogramms“ blinkt die LED „Zyklen“.

Start des Ladevorgangs

Zur Ausführung der per Taster „Funktion“ vorgewählten Operation muß der betreffende Akku an die Buchsen des zugehörigen Ladekanals (Kanal 1 oder Kanal 2) angeschlossen sein.

Durch Betätigen der Taste „Start“ (unter den Cursorstasten für die Display-Einstellung) wird die eingestellte Funktion gestartet. Nach Beendigung des Ladevorgangs beginnt die entsprechende Funktions-LED, als Kennzeichnung einer Erhaltungsladung zu blinken. Der Akku wird jetzt mit einem Strom, dessen Zahlenwert einem Hundertstel der Akku-Nennkapazität entspricht, weitergeladen (Impuls-Erhaltungsladung).

Eine Ausnahme bildet die Funktion „Entladen“. In diesem Fall erfolgt natürlich keine Erhaltungsladung.

Abbruch des Ladevorgangs

Wird während des laufenden Betriebes die Start-Taste betätigt, so unterbricht dies den jeweiligen Lade- oder Entladevorgang. Eine erneute kurze Betätigung der Taste läßt das ALM 9010 die Funktion fortführen.

Als besondere Sicherheitsmaßnahme wird die Temperatur der ALM 9010-Endstufe und des Netztransformators mit Hilfe von Temperatursensoren überwacht.

Tritt eine Überhitzung auf (zu hohe Umgebungstemperaturen oder ein sonstiger Defekt), so wird der gerade laufende Lade- oder Entladevorgang unterbrochen. Auf dem Display erscheint die Anzeige „Hot“. Normalisiert sich die Temperatur wieder, so nimmt das ALM 9010 seine Arbeit automatisch wieder auf.

Digital-Anzeige

Während der Abarbeitung der eingestellten Funktion erscheint auf dem 4stelligen Display des ALM 9010 jeweils die mit der Taste „Anzeige“ bzw. mit der Taste „Eingabe“ ausgewählte Größe. Als weiteres Komfortmerkmal besitzt das ALM 9010 einen Funktions-Speicher, d. h., nach dem Einschalten des Gerätes wird die letzte Geräteeinstellung automatisch wieder angenommen.

Betrieb mit 2 Akkus

Als weitere wichtige Besonderheit bietet das ALM 9010 die Möglichkeit, gleichzeitig 2 Akkus anzuschließen, die auch vollkommen verschiedene Daten aufweisen dürfen.

Die Programmierung der Ladefunktion für Kanal 2 erfolgt in der eingangs beschriebenen Weise; lediglich wird nun mit der zugehörigen Taste oberhalb der Ausgangsbuchsen auf Kanal 2 geschaltet. Alle weiteren Funktionen sind in der beschriebenen Weise, vollkommen unabhängig vom ersten Kanal, programmierbar.

Sobald nun die Taste „Start“ gedrückt wird, beginnt der Programmablauf mit der Aktivierung des zuletzt angewählten Kanals, und dessen Akku wird geladen, während der zweite stromlos ist. Nach Beendigung des Ladevorgangs für den ersten Akku wird dann automatisch auf den anderen Kanal und dessen Akku umgeschaltet und anschließend das eingestellte Programm abgearbeitet. Der zuerst geladene Akku ist während dieser Zeit stromlos.

Arbeitet der bereits aktivierte Ladekanal mit Ladeströmen $> C/1$, so ist die Programmierung des zweiten Ladekanals aus Sicherheitsgründen gesperrt. Die Zuordnung des Temperatur-Sensors ist somit nicht verwechselbar.

Ist auch der Ladevorgang des zweiten Akkus abgeschlossen, beginnt ein neuer Betriebsmodus des ALM 9010, in der eine permanent stündlich abwechselnde Erhaltungsladung von Akku 1 und Akku 2 (Ausnahme: Funktion „Entladen“) erfolgt.

Abgespeicherte Entladekapazitäten

Neben der aktuellen Entladekapazität werden beim ALM 9010 für jeden Kanal bis zu 3 zuvor ermittelte Entladekapazitäten abgespeichert. Zur Anzeige auf dem Display ist die Taste „Anzeige“ zu betätigen und so lange festzuhalten, bis die LED „Kapazität“ blinkt. Nun können mit der „Eingabe“-Taste die einzelnen Kapazitäten abgefragt werden.

Der Anzeige-Mode wird automatisch verlassen, wenn länger als 5 Sekunden keine Tastenbetätigung erfolgt. Um den Anzeige-Mode sofort zu verlassen, ist die Taste „Anzeige“ kurz zu betätigen.

Leistungsdaten

Das ALM 9010 ist in der Lage, NiCd-, NiMH- und Bleiakkus mit Nennspannungen von 1,2 V bis 24 V zu laden.

Der maximal programmierbare Ladestrom beträgt 5 A, während Entladeströme bis zu 20 A programmierbar sind. Ein

großzügig dimensioniertes Lüfteraggregat ist in der Lage, mehr als 150 W Wärmeleistung abzutransportieren. Am ALM 9010 sind Akkus mit Nennkapazitäten von 0,1 Ah bis 599,9 Ah anschließbar.

Schaltung des Digitalteils

Durch den Einsatz eines Single-Chip-Mikrocontrollers sowie eines modernen Ladekonzeptes mit Step-Down-Wandler ist der Schaltungsaufwand für das neue ALM 9010 gemessen an dem Leistungsspektrum übersichtlich.

Wir beginnen die Schaltungsbeschreibung mit dem in Abbildung 2 dargestellten, digitalen Schaltungsteil.

Sämtliche Funktionen des ALM 9010 werden über den Mikrocontroller des Typs ELV 9636-5 (IC 2) gesteuert.

Die Digit-Auswahl des im 7fach-Multiplexbetrieb arbeitenden 4stelligen 7-Segment-Displays und der 22 Einzelelektroden erfolgt über Port 2.5 bis Port 2.7 des Prozessors, den Leitungstreiber IC 4 und die als Digit-Treiber fungierenden Transistoren T 1 bis T 7.

Zur Spannungsversorgung der Transistoren dient die unstabilierte Gleichspannung von 8 V, so daß der Spannungsregler im Netzteil nicht mit dem Displaystrom belastet wird.

Die Segment-Informationen gelangen vom Port 0.0 bis Port 0.7 auf die Eingänge des Segment-Treibers vom Typ ULN 2803 (IC 3). Zur Segment-Strombegrenzung dienen in diesem Zusammenhang die Widerstände R 21 bis R 28.

Der an Pin 18 und Pin 19 des Controllers extern zugängliche Taktoszillator ist mit dem Quarz Q 1 und den beiden Keramikkondensatoren C 1 und C 2 beschaltet.

Die Abfrage der 9 Bedientaster des ALM 9010 erfolgt in Verbindung mit der Displaysteuerung im Multiplexbetrieb an Port 2.0 bis Port 2.5 des Prozessors.

Das zum Backup der Bedienelemente und zur Speicherung der letzten Daten bei einem Spannungsausfall erforderliche ferroelektrische EEPROM (IC 1) ist über den 2-Draht-Inter-IC-Bus (I²C) mit Port 1.6 und Port 1.7 des Single-Chip-Mikrocontrollers verbunden.

Sämtliche Akkudaten sowie die eingestellten Funktionen des ALM 9010 werden dabei im 3-Sekunden-Zyklus im ferroelektrischen EEPROM gesichert und bleiben bei einem Netzausfall selbst über Jahre erhalten.

Zur Überwachung der Prozessorfunktionen ist mit IC 5 und den zugehörigen externen Komponenten eine Watchdog-Schaltung realisiert. Solange die Multiplex-Ansteuerung des Displays an Port 2.7 arbeitet, wird der Reset-Pin des Prozessors

(Pin 9) auf „Low“-Potential gehalten. Sowohl eine zu hohe als auch eine zu niedrige bzw. keine Frequenz an Port 2.7 führen zum Reset. Liegt die Display-Frequenz im zulässigen Bereich, wird C 4 ständig wieder entladen. Am Ausgang des Gatters IC 5 B stellt sich ein „High“-Pegel ein, der über D 24 den mit IC 5 C aufgebauten Oszillator stoppt. Der Ausgang des Oszillators und somit der Reset-Pin des Prozessors führen „Low“-Pegel.

Sobald die Display-Ansteuerung nicht mehr arbeitet, gibt IC 5 B den Oszillator frei, und nach einem Reset des Controllers stellen sich die „normalen“ Betriebsbedingungen wieder ein.

Betrachten wir als nächstes den mit dem 4fach Operationsverstärker IC 6 C, D und externen Komponenten aufgebauten Dual-Slope AD-Wandler des ALM 9010, der im Schaltbild unterhalb des Mikrocontrollers eingezeichnet ist.

Der Wandler zur Erfassung der analogen Meßwerte erreicht eine Genauigkeit von 14 Bit. Die Meßwertabfrage erfolgt im Multiplexverfahren über den 8fach-Analogschalter IC 7. Neben dem Ladestrom (3), dem Entladestrom (4) und der Akkuspannung (+ Akku) werden noch 3 unterschiedliche Temperaturwerte (Trafo, Endstufe und Akkugehäuse an BU 1) erfaßt. Im Super-Schnelllade-Modus ist die Erfassung der Akku-Gehäusetemperatur unbedingt erforderlich. Nur wenn die Akkutemperatur innerhalb des zulässigen Fensters von +15°C bis +45°C liegt, ist die Super-Schnellladung zulässig. Der externe Sensor ist an die Klinkenbuchse BU 1 anzuschließen.

Für die Kommunikation mit einem PC ist das ALM 9010 mit einer Standard-V24-Schnittstelle ausgestattet, die an der 9poligen Sub-D-Buchse BU 2 zur Verfügung steht. Der extern lediglich mit 5 Elkos beschaltete Treiber-Baustein des Typs MAX 232 (IC 8) sorgt für eine entsprechende Pegelwandlung.

Über den Portausgang P 3.6 wird der Lüfter des ALM 9010 gesteuert. Sobald die Kühlkörpertemperatur 65° C überschreitet, wird der Open-Drain-Ausgang des Prozessors gesperrt und T 9 über den Pull-Up-Widerstand R 17 durchgesteuert. Dadurch wird gleichzeitig der Darlington-Transistor T 8 in den leitenden Zustand versetzt und der im Kollektorkreis liegende Lüfter mit Spannung versorgt. Erst bei Unterschreiten von 45° C deaktiviert der Prozessor den Lüfter wieder.

Analogteil

Der analoge Schaltungsteil des ALM 9010 ist in Abbildung 3 zu sehen.

Wir beginnen die Schaltungsbeschreibung mit der im unteren Bereich darge-

stellen Betriebsspannungs-Versorgung.

Über die Schraubklemme KL 1, den zweipoligen Netzschalter S 1 und die Schmelzsicherung Si 1 gelangt die Netzwechselspannung zunächst auf die Primärwicklung des 175VA-Netztransformators. Sekundärseitig ist der Netztransforma-

tor mit zwei unterschiedlichen Wicklungen ausgestattet.

Die erste Wicklung mit Mittelanzapfung gibt eine Spannung von $2 \times 8 \text{ V}$ mit 800 mA Strombelastbarkeit ab und dient zur Speisung der gesamten Steuerelektronik.

Zunächst erfolgt im positiven Zweig eine Mittelpunkt-Zweizweig-Gleichrichterschaltung mit den Dioden D 30 und D 32. Die unstabilisierte Spannung gelangt dann auf den Pufferelko C 34 und Pin 1 des Spannungsreglers IC 12.

Im negativen Zweig erfolgt mit D 31 und

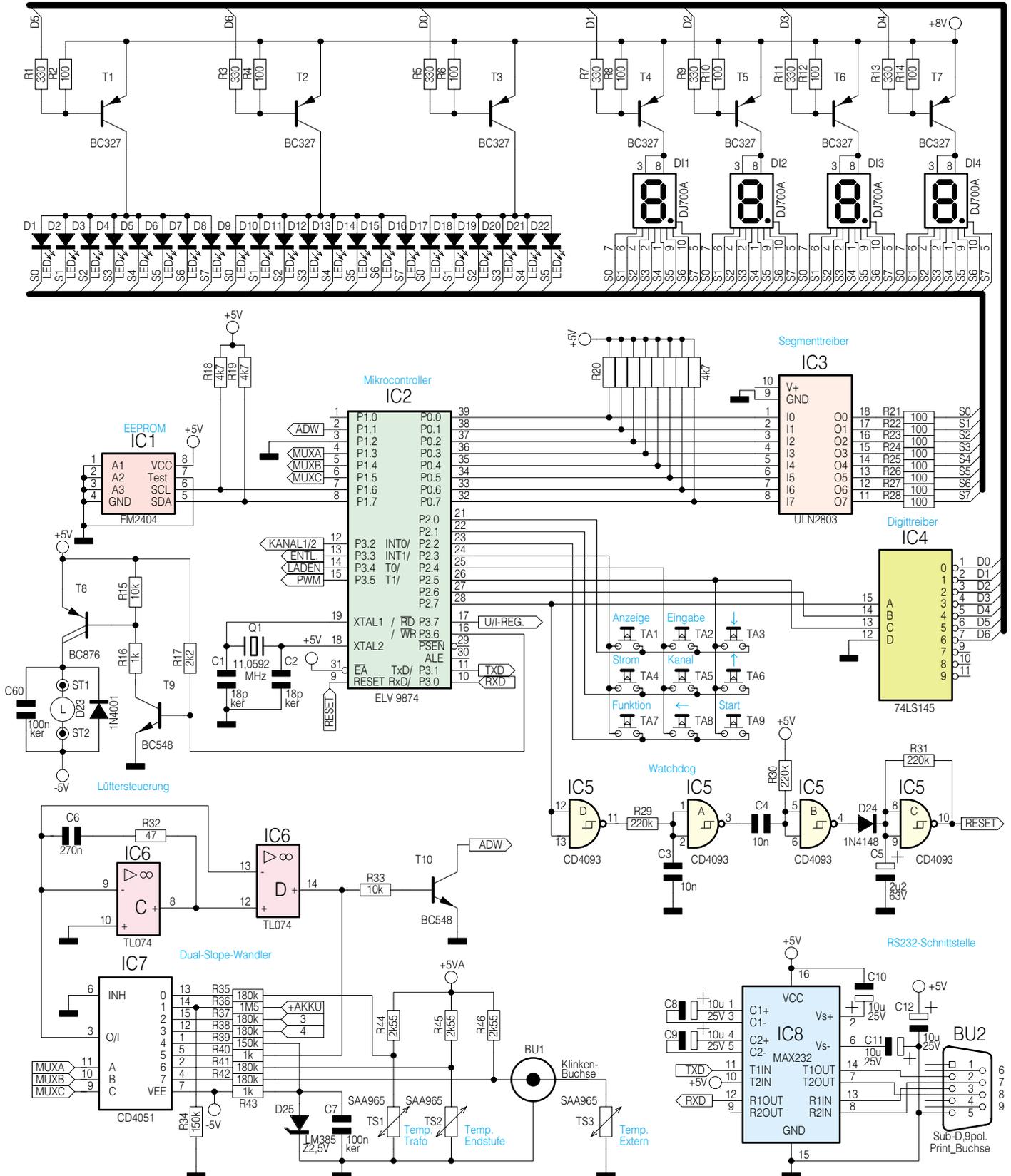


Bild 2: Schaltbild des Digitalteils des ALM 9010

985158901A

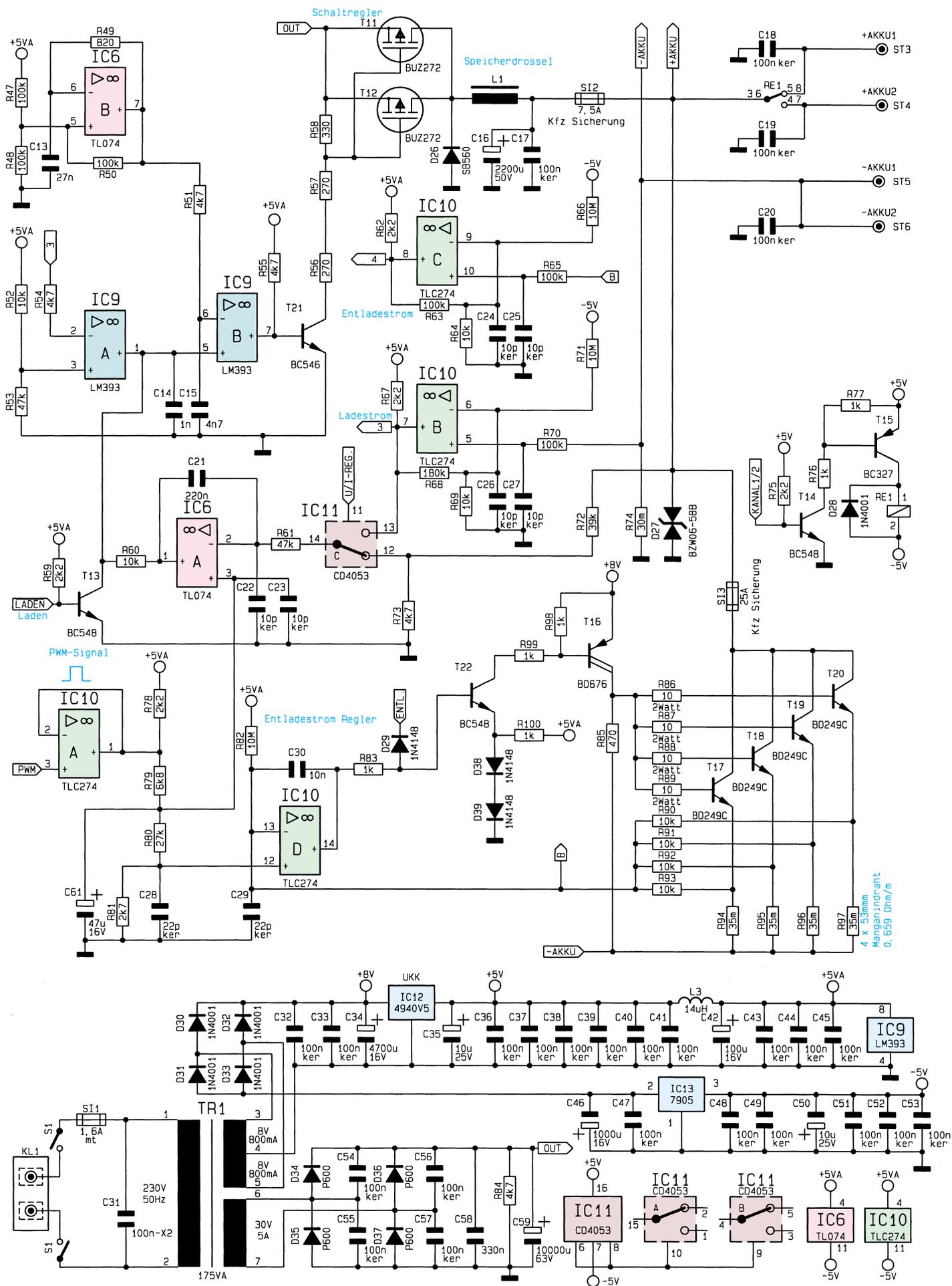


Bild 3: Schaltbild des Analogteils des ALM 9010

985158902A

D33 ebenfalls eine Mittelpunkt-Zweiweg-Gleichrichtung. Die unstabilisierte, negative Spannung gelangt auf Pin 2 des Reglers IC 13, wobei C 46 eine erste Pufferung vornimmt. Ausgangsseitig stehen dann an IC 12 stabilisiert +5 V und an IC 13 stabilisiert -5 V zur Versorgung der elektronischen Komponenten bereit.

Die Kondensatoren C 35 und C 50 dienen zur Schwingneigungsunterdrückung und die Keramik-Kondensatoren C 36 bis C 41 sowie C 48, C 49 und C 51 bis 53, sind zur HF-Blockung direkt an die Versorgungs-Pins der einzelnen ICs angeordnet.

Zur Versorgung der analogen Komponenten wird mit L 3 und C 42 eine weitere Siebung vorgenommen. Auch hier sind zur HF-Abblockung C 43 bis C 45 direkt an die Versorgungs-Pins der entsprechenden ICs angeordnet.

Zur Spannungsversorgung des Leistungsteils (PWM-Abwärts-Schaltregler) liefert die zweite Sekundärwicklung des Netztrafos eine Spannung von 30 V bei 5A-Strombelastbarkeit. Nach der Brückengleichrichtung mit D 34 bis D 37 nimmt der Pufferelko C 59 eine Glättung der unstabilisierten, zur Versorgung des PWM-Schaltreglers dienenden Spannung vor. Störspitzen werden mit C 54 bis C 58 unterdrückt. Die unstabilisierte Ladespannung gelangt direkt auf die beiden parallel geschalteten Leistungs-FETs T 11 und T 12.

Im Lademode erhalten wir zunächst einen stromproportionalen Spannungsabfall am Shunt-Widerstand R 74, der mit dem als nicht-invertierender Verstärker arbeitenden Operationsverstärker IC 10 B um dem Faktor 19 verstärkt wird. Das an Pin 7 verstärkt zur Verfügung stehende „Ist-Signal“ dient über den CMOS-Schalter IC 11 C zur Steuerung des Step-Down-Wandlers. Gleichzeitig erhält der Mikrocontroller über den AD-Wandler die „Ist-Größe“.

Die Erfassung des Akku-Spannungsverlaufs erfolgt über den Spannungsteiler R 72 und R 73. Je nach Ladeverfahren (Konstantstrom oder Konstantspannung) wird über IC 11 B die heruntergeteilte Ausgangsspannung oder die stromproportionale Spannung am Ausgang des IC 10 B zur Steuerung des Step-Down-Wandlers zurückgekoppelt und auf den invertierenden Eingang des IC 6 A geführt. Diese Stufe bildet den Regler für die Stabilisierung des Ausgangsstromes (Konstantstromladung) oder der Ausgangsspannung (Konstantspannungsladung).

Die Soll-Vorgabe erfolgt durch ein PWM-Signal vom Mikrocontroller. Nach der Mittelwertbildung mit R 79 und C 61 wird die Soll-Vorgabe dem Regler an seinem nicht-invertierenden Eingang (Pin 3) zugeführt.

Der linear arbeitende Regler (IC 6 A mit

Zusatzbeschaltung) vergleicht die Eingangsgrößen (Soll-Spannung an Pin 3 und Ist-Spannung an Pin 2) miteinander und steuert über seinen Ausgang (Pin 1) das mit IC 9 B aufgebaute Stellglied.

Unabhängig von der Zeitkonstante des Reglers ist mit Hilfe des Transistors T 13 der Ladevorgang vom Mikrocontroller (Port 3.4) abschaltbar. Des weiteren ist eine schnelle Abschaltung über die mit IC 9 A realisierte Schutzschaltung möglich.

Sobald die stromproportionale Spannung an Pin 2 des IC 9 A die Spannung an Pin 3 übersteigt, wird schlagartig die Endstufe gesperrt.

Die Schaltfrequenz des Wandlers wird durch den mit IC 6 B aufgebauten Oszillator bestimmt. Durch die externe Beschaltung mit den Widerständen R 47, R 48 und R 50 arbeitet der OP als Inverter mit Schmitt-Trigger-Funktion. Mit dem Widerstand R 49 im Gegenkopplungszweig und dem Kondensator C 13 wurde diese Stufe zu einem Multivibrator erweitert.

Durch die Dimensionierung der Bauelemente R 49 und C 13 liegt die Schaltfrequenz des Oszillators bei ca. 22 kHz und somit über der Hörschwelle des Menschen. Hierdurch werden, besonders bei hohen Strömen, eventuell auftretende mechanische Schwingungen an der Drossel nicht mehr als störend empfunden.

Das Rechteck-Ausgangssignal des Oszillators wird mit Hilfe eines Tiefpasses (R 51, C 15) in ein sägezahnförmiges Signal umgewandelt und dem Stellglied IC 9 B an Pin 6 zugeführt.

Die Schaltschwelle des Komparators IC 9 B wird durch die vom Regler kommende Gleichspannung an Pin 5 (nicht-invertierender Eingang) bestimmt. In Verbindung mit dem Sägezahn-Signal an Pin 6 ergibt sich am Ausgang ein pulsweitenmoduliertes Rechtecksignal. Dieses PWM-Signal steuert über den Treiber-Transistor T 21 die beiden parallel geschalteten P-Kanal-Leistungs-FETs T 11 und T 12. Neben den beiden mit 22 kHz getakteten Leistungstransistoren sind die Speicherdrossel L 1 und die Diode D 26 die wichtigsten Bauelemente des Step-Down-Wandlers. Solange T 11 und T 12 durchgesteuert sind, fließt der Strom über die Speicherdrossel L 1 zum Akku bzw. Akkupack und über den Shunt-Widerstand R 74 zur Schaltungsmasse zurück.

Bei gesperrtem FET bleibt aufgrund der in L 1 gespeicherten Energie der Stromfluß über die Diode D 26 aufrechterhalten (Gegeninduktion). Der in den Akku hineinfließende Ladestrom ist neben der Versorgungsspannung besonders vom Tastverhältnis des PWM-Signals abhängig. Über die Messung des am Shunt (R 74) auftretenden Spannungsabfalls ist der Re

Zum Schutz der angeschlossenen Akkus bei Verpolung oder einem Defekt in der Endstufe (T 11, T 12) dient die Sicherung SI 2.

Besonders hohe Anforderungen werden beim ALM 9010 an den Entladezweig gestellt, wo Entladeströme bis zu 20 A zulässig sind.

Die Steuerung des Entladestromes erfolgt ebenfalls vom Mikrocontroller durch ein pulsweitenmoduliertes Signal an Port 3.5. Über den mit IC 10 A aufgebauten Pufferverstärker gelangt das PWM-Signal dann auf das mit R 79, C 61 aufgebaute RC-Glied zur Mittelwertbildung.

Die durch Integration gewonnene Steuergleichspannung wird anschließend über den Spannungsteiler R 80, R 81 dem nicht-invertierenden Eingang des mit IC 10 D aufgebauten Stromreglers zugeführt.

Die Freigabe des Entlade-Mode erfolgt durch ein High-Signal an Port 3.3 des Mikrocontrollers (IC 2). Solange Port 3.3 des Controllers „Low-Pegel“ führt, bleibt der Treiber-Transistor T 22 über die Diode D 29 gesperrt.

Die mit einem Hochleistungs-Lüfteragregat ausgestattete Entladeendstufe besteht im wesentlichen aus den 4 Leistungstransistoren T 17 bis T 20 mit externer Beschaltung.

Die an den Emitter-Widerständen R 94 bis R 97 gewonnene ausgangsstromproportionale Meßspannung wird über die Widerstände R 90 bis R 93 zusammengefaßt und auf den invertierenden Eingang des für die Entladestromregelung zuständigen Operationsverstärkers IC 10 D zugeführt. Dieser dem Entladestrom proportionale Ist-Wert wird mit dem integrierten PWM-Signal am nicht-invertierenden Eingang verglichen.

Der Ausgang des OPs (IC 10 D) steuert über R 83 den mit T 16, T 22 aufgebauten Treiber und dieser wiederum die Endstufen-Transistoren, so daß der Regelkreis auch hier wieder geschlossen ist. R 82 dient zur leichten Vorspannung des invertierenden OP-Eingangs und C 30 zur Schwingneigungsunterdrückung. Hochfrequente Störeinflüsse werden mit C 28 und C 29 verhindert.

Die am invertierenden Eingang von IC 10 D anliegende, entladestromproportionale Spannung wird mit Hilfe des nicht-invertierenden Verstärkers IC 10 C um den Faktor 11 verstärkt und über den AD-Wandler (IC 6 C, IC 6 D und IC 7) dem Mikrocontroller zugeführt.

Die Auswahl des Lade- bzw. Entladekanals erfolgt beim ALM 9010 mit dem Hochlastrelais RE 1, wobei die Steuerung über T 14 und T 15 vom Mikrocontroller erfolgt.

Den Nachbau und die Inbetriebnahme dieses innovativen Ladegerätes stellen wir ausführlich im „ELVjournal“ 6/98 vor **ELV**