



Akku-Lade-Messgerät ALM 7010

Technischer Kundendienst

Für Fragen und Auskünfte stehen Ihnen unsere qualifizierten technischen Mitarbeiter gerne zur Verfügung.

ELV • Technischer Kundendienst • Postfach 1000 • D - 26787 Leer

Reparaturservice

Für Geräte, die aus ELV-Bausätzen hergestellt wurden, bieten wir unseren Kunden einen Reparaturservice an. Selbstverständlich wird Ihr Gerät so kostengünstig wie möglich instand gesetzt. Im Sinne einer schnellen Abwicklung führen wir die Reparatur sofort durch, wenn die Reparaturkosten den halben Komplettbausatzpreis nicht überschreiten. Sollte der Defekt größer sein, erhalten Sie zunächst einen unverbindlichen Kostenvoranschlag. Bitte senden Sie Ihr Gerät an:

ELV • Reparaturservice • Postfach 1000 • D - 26787 Leer



Akku-Lade-Messgerät ALM 7010

Als Nachfolger des 1000fach bewährten ALM 7002 ist das ALM 7010 eine konsequent weiterentwickelte Version mit serieller Schnittstelle zum Anschluss am PC, die mikroprozessorgesteuert nach neuester Ladetechnologie arbeitet. Das Gerät ist geeignet zum vollautomatischen Laden, Entladen, Testen, Warten und Auffrischen von NC-, NiMH-, Blei- und Li-Ionen-Akkus.

Allgemeines

Akkus werden in immer mehr Geräten eingesetzt und sind der wichtigste Bestandteil einer mobilen Stromversorgung. Leider wird die Lebensdauer des zum Teil recht teuren Akkupacks in Camcordern, Mobiltelefonen, Elektrowerkzeugen usw. häufig durch ungeeignete Lademethoden stark reduziert. Auch die im Modellbaubereich eingesetzten Akkus erreichen häufig bei weitem nicht die maximal mögliche Anzahl an Lade- und Entladezyklen. Besonders Tiefentladung und Überladung haben einen schädigenden Einfluss auf die

Lebensdauer der verschiedenen Energiespeicher.

Wird bei den unterschiedlichen Akkusystemen auch eine Schnell-Ladung bis herunter zu Zeiten von 15 Minuten gewünscht, so kommt man um eine intelligente Überwachung des Ladevorgangs nicht mehr herum.

Besonders empfindlich reagieren die aufgrund ihrer besseren Umweltverträglichkeit und erheblich höheren Kapazität beliebten Nickel-Metall-Hydrid-Akkus (NiMH) auf Überladung. Die Ladeenderkennung ist daher besonders wichtig, wobei mehrere Abschaltkriterien gleichzeitig aus Sicherheitsgründen empfehlenswert sind.

Basierend auf dem neuesten Stand der Technik, ermöglicht das ALM 7010 ein optimales, prozessorgesteuertes Laden, Entladen, Testen, Warten und Auffrischen von NC-, NiMH-, Blei- und Li-Ionen-Akkus. Das ALM 7010 arbeitet zur Verringerung der Verlustleistung mit einem sekundärgetakteten Schaltregler.

Zur Erhöhung der Ladeeffektivität erfolgt die Akkuladung nach einem speziellen Ladeprinzip.

Eine ständige Überwachung der zum jeweiligen Akkutyp gehörenden Ladekurve mit 14-Bit-Genauigkeit sorgt für optionale Ladeergebnisse bei bestmöglicher Schonung der angeschlossenen Akkus.

Beim ALM 7010 wird die Steigung der Akku-Spannung während des Ladevorganges ausgewertet und durch Gradientenbildung der Umkehrpunkt der Spannungssteigung ausgewertet. Sobald die Steigung d^2V/dt^2 null ist, wird die Schnell-Ladung beendet und automatisch auf Erhaltungsladung umgeschaltet.

Ist z. B. bei einem defekten Akku keine Spannungsgradientenauswertung möglich, so erfolgt die Beendigung des Ladevorganges nach dem Prinzip der negativen Spannungsdifferenz ($-\Delta U$ -Ladeverfahren). Aufgrund des geringen Spannungsabfalls nach dem Maximum bei NiMH-Zellen erfolgt die Abschaltung bereits bei einem $-\Delta U$ von 5 mV.

Sollte weder die Spannungsgradientenbildung noch die $-\Delta U$ -Auswertung möglich sein, so beendet ein Sicherheitstimer den Ladevorgang.

Als weiteres Abschaltkriterium für eine Schnell-Ladung gilt eine erhebliche Überschreitung der absoluten Ladeschlussspannung.

Durch eine stromlose Erfassung der Spannungswerte werden Spannungsabfälle innerhalb des Akkus und an den Anschlußleitungen bzw. an den Übergangswiderständen zwischen Anschlussklemmen und Akku ausgeschaltet.

Grundsätzlich ist beim ALM 7010 keine Vorentladung des Akkus erforderlich. Zur Verhinderung des Memoryeffektes bei NC-Akkus ist jedoch in regelmäßigen Abständen eine Entladung bis zur Entladeschlussspannung empfehlenswert.

Über einen extern anschließbaren Temperatursensor ist zusätzlich die Akkutemperatur abfragbar. Sowohl die Überschreitung der maximal zulässigen Zelltemperatur als auch ein erheblicher Temperaturanstieg am Akkugehäuse führen dann zur Beendigung des Schnell-Ladevorganges.

Durch einen sanften Anlauf zu Beginn des Schnell-Ladeprozesses wird eine optimale Schonung des angeschlossenen Akkus erreicht.

Nach Erkennen des Abschaltkriteriums bei der Schnell-Ladung wird noch 10 % Energie (entsprechend der neuen Kapazitätsvorgabe) als Übergangsladung zugeführt.

Danach schaltet das ALM 7010 zur Vermeidung des Memoryeffektes auf Impuls-Erhaltungsladung mit C/100- (Ladeimpulse).

Bevor wir uns der innovativen Technik dieses komfortablen Gerätes zuwenden, wollen wir zunächst die Bedienung ausführlich erläutern.

Bedienung und Funktion

Wie beim ALM 7002 ist das mit V24-Schnittstelle ausgestattete ALM 7010

für den Anschluss aller handelsüblichen Ni-ckel-Cadmium- (NC) und Blei-Akkus ausgelegt. Zusätzlich sind auch die umweltfreundlichen Nickel-Metall-Hydrid-Akkus, die unter der Bezeichnung Lead-acid-Battery bekannten Blei-Gel-Akkus und Li-Ionen-Akkus optimal ladbar. Die Kapazität des angeschlossenen Akkus darf dabei im Bereich von 0,1 Ah bis 600 Ah liegen, wobei einzelne NC- bzw. NiMH-Zellen mit 1,2-V-Zellenspannung genauso anschließbar sind wie 7-zellige Li-Ionen-Akkus mit 29,4-V-Ladeschlussspannung.

Grundeinstellung

Mit dem links auf der Frontplatte angeordneten Netztafter wird das Gerät eingeschaltet. Die Stromversorgung erfolgt direkt aus dem 230-V-Wechselspannungsnetz, bei einer maximalen Leistungsaufnahme von 100 VA.

Nach dem Einschalten nimmt das Gerät die zuletzt programmierten Einstellungen wieder an, und zwar auch dann, wenn zwischenzeitlich eine Netztrennung selbst über Jahre aufgetreten ist. Zum Backup der Bedienelemente und zum Speichern der letzten Daten bei einem Spannungsausfall dient ein ferroelektrisches EEPROM.

Tritt eine Netzunterbrechung während eines Bearbeitungsvorgangs auf, so nimmt das Gerät seine Tätigkeit unmittelbar nach Wiederkehr der Netzspannung exakt an der Stelle wieder auf, an der die Unterbrechung erfolgte.

Eingabe der Akku-Daten

Mit der oberhalb der Ausgangsbuchsen angeordneten Taste ist zunächst der gewünschte Ladekanal auszuwählen, wobei über dem jeweils angewählten, d. h. aktivierten Ausgangsbuchsenpaar eine Kontroll-LED leuchtet.

Als nächstes erfolgt die Erfassung des Akku-Typs mit Hilfe der rechts neben dem 4-stelligen Display angeordneten Cursortasten. Die Anzeige erfolgt links neben dem Display durch entsprechend beschriftete Kontroll-LEDs und zusätzlich auf dem 4-stelligen 7-Segment-Display.

Danach wird durch Betätigen der „Eingabe“-Taste auf den Eingabemodus für die Akku-**Nennkapazität** umgeschaltet, wobei die LED „Nennkapazität“ aufleuchtet. Der Einstellbereich erstreckt sich bis hin zu 599,9 Ah. Bei einer Nennkapazität von 0-99,99 Ah beträgt die Auflösung 0,01 Ah und darüber 0,1 Ah.

Veränderbar ist der eingestellte Wert auf folgende Weise:

Zunächst wird mit Hilfe der Pfeiltasten „↑“ und „↓“ die niederwertigste (rechte) Stelle eingestellt. Während der Programmierung blinkt dabei die betreffende Stelle. Ist die Einstellung des rechten Digits abgeschlossen, so wird durch Betätigung der

„←“-Taste auf die nächste Stelle (zweite von rechts) umgeschaltet. Zur Signalisierung der Programmierbereitschaft blinkt nun diese Stelle. Analog zur ersten Stelle erfolgt auch hier die Zifferneinstellung mit den beiden Pfeiltasten. Durch weitere Betätigungen der „←“-Taste wird jeweils zur nächsten Stelle weitergeschaltet.

Der eingestellte Kapazitätswert kann selbstverständlich jederzeit wieder geändert werden, indem durch Betätigen der Taste „Eingabe“ das ALM 7010 in den Eingabemodus für die Akku-Nennkapazität gebracht wird.

Befindet sich das ALM 7010 noch im Programmiermode für die Akku-Nennkapazität und soll der gerade eingestellte Wert korrigiert werden, ist zunächst die „←“-Taste so oft zu betätigen, bis die rechte Stelle des Displays blinkt. Alsdann kann nun wiederum durch Betätigen einer der beiden Pfeiltaste zunächst die rechte Stelle der Akku-Nennkapazität eingestellt werden usw. Beendet wird die Programmierung der Nennkapazität durch Weiterschalten auf den nächsten Menüpunkt (Akku-Nennspannung).

Entsprechend der eingestellten Akku-Nennkapazität wird auch der Sicherheitstimer des ALM 7010 gesetzt, wobei maximal 50 % Kapazitätsreserven berücksichtigt werden.

Kommen wir nun zur Einstellung der Akku-**Nennspannung**.

An dieser Stelle kommt bereits eines der zahlreichen Komfortmerkmale des ALM 7010 zum Tragen: Am angewählten Kanal muss bereits ein Akku angeschlossen sein. Der Prozessor bestimmt die erforderliche Nennspannung dann innerhalb weniger Sekunden automatisch, wobei er die bereits erfolgten Eingaben von Akkutyp, Nennkapazität sowie die aktuell gemessene Spannung berücksichtigt.

Die automatische Spannungserkennung wird grundsätzlich nur dann aktiviert, wenn vorher der Akkutyp oder die Nennkapazität verändert wurden.

Sollte der Akku tiefentladen oder der Wert aufgrund von zu großen Spannungsabweichungen nicht zweifelsfrei ermittelbar sein, kann die Akku-Nennspannung über die genannten Cursortasten manuell programmiert werden.

Wird zuerst die „←“-Taste betätigt, so ist anstatt der Akkuspannung die Zellenzahl einzugeben.

Die erste Betätigung einer der Cursortasten bricht den automatischen Auswahlvorgang sofort ab, worauf die manuelle Spannungseingabe oder die Eingabe der Zellenzahl erfolgen kann. Auf diese Weise kann erforderlichenfalls auch eine Korrektur des ermittelten Spannungswertes vorgenommen werden, falls das Gerät eine offensichtliche Fehleinstufung vorge-

nommen hat. Zu Fehleinstufungen kann es kommen, wenn Akkupacks mit großen Zellenzahlen verwendet werden. Hierbei kann die Akkuspannung je nach Ladezustand um Werte größer 1,2 V (Nennspannung einer NC-Zelle) schwanken, wodurch das ALM 7010 nicht mehr in der Lage ist, die korrekte Nennspannung zu ermitteln. Des Weiteren können Teil-Zellendefekte zu Fehleinstufungen führen.

Bei der manuellen Einstellung werden gemäß der zuvor angewählten Akku-Typen Schritte von 1,2 V, 2 V bzw. 4,2 V vorgegeben.

Einstellen des Ladestroms

Bei Geräten, die aufgrund hoher Stromaufnahme mit einem Akkusatz nur eine relativ kurze Nutzungsdauer zulassen, sind Ladezeiten von 7 bis 14 Stunden nicht mehr zeitgemäß und vertretbar. Da besonders bei Elektrowerkzeugen und im Modellbau die schnelle Verfügbarkeit der Energiequelle eine wichtige Rolle spielt, wurde beim ALM 7010 viel Wert auf ein intelligentes Schnell-Ladekonzept unter Berücksichtigung aller Sicherheitskriterien gelegt. Zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades erfolgt die Stromzufuhr sinnvollerweise über einen Schaltregler.

Mit der Taste „Strom“ wird der gewünschte Ladestrom in Abhängigkeit von der Akku-Nennkapazität ausgewählt. Die besonders gängigen Lade- bzw. Entladestromwerte sind dabei direkt anwählbar.

Da die Kapazität eines Akkus keine konstante Größe ist, sondern u. a. entscheidend von der Entladestromstärke abhängt, sind besonders bei der Akku-Kapazitätsmessung definierte Entladeströme erforderlich. Je nach Akkutyp liegen den Kapazitätsangaben unterschiedliche Entladeströme zugrunde. Ein besonders gängiger Wert ist bei der Kapazitätsermittlung eines Blei-Akkus die Entladung mit einem 20-stündigen Entladestrom nach DIN72311.

C/20: Hierbei wird der Akku mit einem Strom geladen bzw. entladen (je nach eingestellter Funktion), der, gemessen in Ampere, einem Zwanzigstel seiner Nennkapazität (gemessen in Amperestunden) entspricht. Ein Akku mit einer Kapazität von z. B. 200 mAh würde also mit 10 mA geladen, ein solcher von 40 Ah mit 2 A. Aufgrund der langen Ladezeit von ca. 30 h ist dieser geringe Ladestrom nur bei Akkus mit sehr hoher Kapazität und im Testbetrieb sinnvoll.

C/10: In dieser Stellung wird der Akku mit einem Strom geladen bzw. entladen, der einem Zehntel seiner Nennkapazität entspricht. Unter Berücksichtigung eines Ladefaktors von 1,4 ist ein angeschlossener und völlig entladener NC- oder NiMH-Akku dann 14 h mit diesem Strom zu laden. Dieser Ladestrom wird von den meis-

ten Akkuherstellern auch angegeben, da selbst eine längere Überladung gefahrlos möglich ist, auch wenn dies keinesfalls zur langen Lebensdauer des Energiespeichers beiträgt. Einfache, nur mit einem Vorwiderstand ausgestattete Ladegeräte liefern in der Regel ebenfalls einen Ladestrom von C/10.

C/5: Ein angeschlossener Akku wird nun mit einem Strom geladen bzw. entladen, der einem Fünftel des Zahlenwertes seiner Nennkapazität entspricht. Dieser, auch als beschleunigtes Laden bezeichnete, Ladestrom verkürzt die Ladezeit eines völlig entladenen Akkus auf rund 7 h. Sofern eine intelligente Lade-Enderkennung wie beim ALM 7010 erfolgt, sind alle gängigen Akkus beschleunigt ladbar.

C/1: In dieser Stellung, die auch als Schnell-Ladung bezeichnet wird, erfolgt das Auf- oder Entladen des angeschlossenen Akkus innerhalb von nur einer Stunde auf ca. 70 bis 90 % der Nennkapazität. Der Akku wird hierbei mit einem Strom beaufschlagt, der dem Zahlenwert seiner Nennkapazität entspricht. Im Anschluss hieran erfolgt eine Übergangsladung bis auf 100%-Akkukapazität. Nahezu alle handelsüblichen NC-Akkus sind heute schnell-ladefähig.

Super-Schnell: Im Super-Schnell-Lademodus wird ein angeschlossener Akku maximal mit einem Strom beaufschlagt, der dem 4fachen Zahlenwert seiner Nennkapazität entspricht. In diesem Betriebsmodus dürfen nur schnell-ladefähige Akkus eingesetzt werden. Die Ladung eines 500-mA/h-NC-Akkus erfolgt im Super-Schnell-Lademodus mit einem Ladestrom von 2 A. Nach ca. 15 Minuten hat der Akku bereits den größten Teil der zugeführten Energie gespeichert. Durch eine anschließende Übergangsladung wird der Akku dann auf 100%-Kapazität gebracht.

Aus Sicherheitsgründen ist der SuperSchnell-Lademodus nur mit extern angeschlossenem Temperatursensor aktivierbar. Ein guter thermischer Kontakt zwischen Akku-Gehäuse und Sensor ist unbedingt sicherzustellen.

Manuell: In dieser Stellung ist der gewünschte Ladestrom mit Hilfe der beiden Cursortasten „↑“ und „↓“ einstellbar.

Damit die Einstellung des gewünschten Ladestromes schnell möglich ist, erfolgt die Eingabe analog zu der Kapazitätseinstellung, dies gilt auch für alle anderen Fälle der Display-Einstellung.

Ladeströme >C/1 sind nur mit angeschlossenen Temperatursensor programmierbar.

Ladefunktion ausschalten: Solange das ALM 7010 eine beliebige Funktion abarbeitet, blinkt der Dezimalpunkt des letzten Digits der 4-stelligen 7-Segment-Anzeige. Durch eine kurze Betätigung der Start-

Taste kann jede beliebige Funktion unterbrochen werden. Der Dezimalpunkt des letzten Digits erlischt, und der angewählte Ladefunktion ist abgeschaltet. Eine erneute Betätigung der Start-Taste führt zum weiteren Abarbeiten der zuvor ausgewählten Funktion.

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 der eingestellten Werte aufgeladen.

Beim ALM 7010 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 7010 ermöglicht unabhängig vom Zustand des Akkus eine optimale Kapazitätsnutzung.

Abgesehen von einer manuellen Unterbrechung wird der Lade- bzw. Schnell-ladevorgang 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 7010 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 7010 eine Entladung des angeschlossenen Akkus bis zur jeweiligen Entladeschlussspannung vor, unter Berücksichtigung der vorgewählten Daten (Entladestrom = Ladestrom). Den Abschluss des Entladevorgangs kennzeichnet das Blinken der LED „Entladen“.

Nach Abschluss des Entladevorganges wird die Akkukapazität vom ALM 7010 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 7010 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. 12 V/10 Ah bei 10-stündiger Entladung oder 12 V/48 Ah bei 20-stündiger Entladung).

Weit verbreitet ist die Angabe der Akku-Kapazität unter Zugrundelegung einer 10-stündigen 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.

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

Ist in der Funktionseinstellung „Test“ weder eine Steigungsumkehr in der Ladekurve noch ein Abschalten nach dem ΔU -Verfahren möglich, so schaltet der Sicherheitstimer unter Berücksichtigung einer 50%-Kapazitätsreserve den Ladevorgang ab.

Zum Abschluss erfolgt dann wieder ein Aufladen mit anschließender Erhaltungsladung. Sobald das ALM 7010 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 7010 automatisch gespeichert und erscheint direkt auf dem 4-stelligen 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 optimale Voraussetzungen zur Erhaltung der Funktionstüchtigkeit.

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

Auffrischen: In dieser Einstellung wird vom ALM 7010 zunächst geprüft, ob aufgrund 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 7010 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 7010 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-Vorgangs, d. h. beim Übergang auf die Erhaltungsladung, beginnt die LED „Auffrischen“ zu blinken.

Zyklen

Die Funktion „Zyklen“ dient in erster Linie zur Belegung 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 Cursortasten für die Display-Einstellung) wird die Ladefunktion 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 7010 die Funktion fortführen.

Als besondere Sicherheitsmaßnahme wird die Temperatur der ALM 7010-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 7010 seine Arbeit genau an der Stelle wieder auf, an der die Unterbrechung erfolgte.

Digital-Anzeige

Während der Abarbeitung der eingestellten Funktion erscheint auf dem 4-stelligen Display des ALM 7010 jeweils die mit der Taste „Anzeige“ bzw. mit der Taste „Eingabe“ ausgewählte Größe. Als weiteres Komfortmerkmal besitzt das ALM 7010 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 7010 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 vom zuletzt angewählten Kanal, und dessen Akku wird geladen, während der zweite stromlos ist. Nach Beendigung des Ladevorgangs für den ersten Akku wird dann automatisch auf den zweiten 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 7010, der in einer permanenten, stündlich abwechselnden Erhaltungsladung von Akku 1 und Akku 2 (Ausnahme: Funktion „Entladen“).

Programmierung während des Betriebes

Während eines laufenden Entlade- oder Ladevorgangs ist eine Veränderung von dessen Programmierung nicht möglich. Hierzu muss der laufende Vorgang zunächst durch Betätigen der Start-Taste abgebrochen werden. Alsdann kann eine Neuprogrammierung erfolgen.

Trotz fortlaufender Funktion kann aber selbstverständlich der jeweils zweite, momentan gerade nicht aktivierte Ladekanal programmiert werden.

Hierbei geht man wie folgt vor:

Ohne vorher die „Start“-Taste zu betätigen, ist auf den zweiten Ladekanal umzuschalten. Anschließend sind die Akkudaten in gewohnter Weise einzugeben und der Ladevorgang zu starten. Nach Abschluss der Programmierung wird wieder die „Kanal“-Taste betätigt, worauf das ALM 7010 die Abarbeitung des ersten Kanals fortsetzt. Ist die Bearbeitung des ersten Kanals abgeschlossen, wird automatisch der zweite Kanal mit dem vorher eingegebenen Programmablauf aktiviert.

Abgespeicherte Entladekapazitäten

Neben der aktuellen Entladekapazität werden beim ALM 7010 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.

Besonderheiten

Einige der herausragenden Komfortmerkmale des ALM 7010 wurden im Verlauf der Bedienungsbeschreibung bereits erläutert, wobei die komplexen Programmabläufe zum Teil natürlich nur gestreift darstellbar sind. Insgesamt bietet das ALM 7010 eine optimierte Akku-Behandlung, die alle praktisch realistischen Anwendungsfälle abdeckt.

Umfangreiche Sicherheitsmaßnahmen, wie z. B. die ständige Überwachung der Akkuspannung und eine Watchdog-Schaltung sorgen für die optimale Betriebssicherheit des ALM 7010.

So führt neben den üblichen Abschaltkriterien ein abrupter Spannungsanstieg der Ladespannung genauso zur Sicherheitsabschaltung wie eine wesentlich zu niedrige Zellenspannung ($< 80 \text{ mV}$). In beiden Fällen erscheint auf dem Display „Err“, und die gerade ausgeführte Funktion wird abgebrochen. Hierdurch werden etwaige Kurzschlüsse in der Versorgungsleitung oder auch Defekte, die während des Ladevorgangs auftreten könnten, abgefangen.

Leistungsdaten

Bis zu einer Spannung von ca. 18 V liefert das ALM 7010 einen maximalen Ladestrom von 3,5 A (für Akkus bis zu einer Nennspannung von 12 V), während darüber hinaus ein maximaler Ladestrom von 2,5 A möglich ist (bis hin zu einer Akku-Nennspannung von 29,4 (Li-Ionen-Akku mit 7 Zellen).

Akkus mit größeren Kapazitäten bis hin zu 600 Ah sind mit dem ALM 7010 zwar ladbar, jedoch sind dann entsprechend lange Lade- und Entladezeiten anzusetzen.

Nachdem wir uns ausführlich mit den umfangreichen Möglichkeiten des ALM 7010 befasst haben, wenden wir uns nun der Schaltungstechnik dieses interessanten, prozessorgesteuerten Akku-Lade-Messgerätes zu.

Schaltung

Durch den Einsatz eines Single-Chip-Mikrocontrollers sowie eines modernen Ladekonzeptes mit Step-Down-Wandler ist der Schaltungsaufwand für das neue

ALM 7010 (Abbildung 1) gemessen an dem Leistungsspektrum sehr übersichtlich.

Digitalteil

Sämtliche Funktionen des ALM 7010 werden über den Mikrocontroller des Typs ELV9636-4 (IC 2) gesteuert.

Die Digit-Auswahl des im 7fach-Multiplexbetrieb arbeitenden 4-stelligen 7-Segment-Displays und der 23 Einzeleuchtdioden erfolgt über Port 0.0 bis Port 0.2 des Prozessors, den Leitungstreiber IC 5 und die als Digit-Treiber fungierenden Transistoren T 1 bis T 7.

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

Die Segment-Informationen gelangen vom Port 2.5 bis Port 2.7 auf die Eingänge des Segment-Treibers vom Typ ULN2803 (IC 4). Zur Segment-Strombegrenzung dienen in diesem Zusammenhang die Widerstände R 17 bis R 24.

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

Die Abfrage der 9 Bedientaster des ALM 7010 erfolgt in Verbindung mit der Displaysteuerung im Multiplexerbetrieb 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.

Das ALM 7010 nimmt nach einer Netzunterbrechung seine Tätigkeit unmittelbar nach Wiederkehr der Netzspannung exakt an der Stelle wieder auf, an der die Netzunterbrechung erfolgte. Die zuletzt gespeicherten Daten bleiben bei einem Netzausfall selbst über Jahre erhalten.

Sämtliche Akkudaten sowie die eingestellten Funktionen des ALM 7010 werden dabei im 3-Sekunden-Zyklus im ferroelektrischen EEPROM gesichert.

Zur Überwachung der Prozessorfunktionen ist mit IC 7 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. Obwohl 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 7 B stellt sich ein „High“-Pegel ein, der über D 21 den mit IC 7 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 7 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 8 C, D und externen Komponenten aufgebauten Dual-Slope AD-Wandler des ALM 7010, 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 6. Neben dem Lade-Strom (3), dem Entladestrom (4) und der Akkuspannung (5) werden noch 3 unterschiedliche Temperaturwerte (Trafo, Endstufe und Akkugehäuse BU 1) erfasst. Im Superschnell-Lademodus 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 Superschnell-Ladung zulässig. Der externe Sensor ist an die Klinkenbuchse BU 1 anzuschließen. Nach dem Aufintegrieren der Messwerte über die Widerstände R 30, R 31, R 33, R 34 und R 71 erfolgt die Deintegration über R 29. Für die Kommunikation mit einem PC ist das ALM 7010 mit einer Standard-V24-Schnittstelle ausgestattet, die an der 9-poligen Sub-D-Buchse BU 2 zur Verfügung steht. Der extern lediglich mit 5 Elkos beschaltete Treiber-Baustein des Typs MAX 232 (IC 20) sorgt für eine entsprechende Pegelwandlung.

Analogteil

Bevor wir uns mit der getakteten Ladeschaltung befassen, kommen wir erst zu der im unteren Bereich des Analogschaltbildes (Abbildung 2) dargestellten Lade- und Betriebsspannungsversorgung des Akku-Lade-Messgerätes.

Die 230-V-Netzwechselspannung wird der Schaltung an der Schraubklemme KL 1 zugeführt und gelangt über den 2-poligen Netzschalter S 1 und die Schmelzsicherung SI 1 auf die Primärwicklung des 100-VA-Netztransformators.

Die erste Sekundärwicklung gibt eine Wechselspannung von 2 x 8 V mit 500-mA-Strombelastbarkeit ab und dient zur Speisung der gesamten digitalen und analogen Steuerelektronik des ALM 7010.

Nach der Mittelpunkt-Zweiweggleichrichtung mit den Dioden D 29 und D 31 gelangt die positive unstabilisierte Gleichspannung über die Entstördrossel L 4 auf den Pufferelko C 25 und auf Pin 1 des Festspannungsreglers IC 12. Ausgangsseitig liefert IC 12 eine stabilisierte Spannung von

5 V, die direkt zur Versorgung sämtlicher digitaler Baugruppen des Gerätes dient.

Während die Schwingneigung des Reglers mit C 26 verhindert wird, sind die Keramik Kondensatoren C 27 bis C 33 zur hochfrequenten Störabblockung direkt an den Versorgungspins der einzelnen integrierten Schaltkreise angeordnet.

Die Spannung zur Versorgung der analogen Komponenten wird mit Hilfe des Siebgliebes L 5, C 40 aus der stabilisierten Versorgungsspannung gewonnen. Auch hier sind die HF-Abblock-Kondensatoren C 41 bis C 43 direkt an den entsprechenden Versorgungspins der ICs positioniert. C 40 dient zur Pufferung der Versorgungsspannung des Analogteils.

Über die mit D 30 und D 32 aufgebaute Mittelpunkt-Zweiweggleichrichtung wird der Negativregler (IC 13) versorgt. Die eingangsseitige Pufferung erfolgt mit C 44 und C 48 dient zur Schwingneigungsunterdrückung. C 46, C 47, C 49, C 50 und C 54 sind auch hier direkt an die negativen Versorgungspins der einzelnen Schaltkreise positioniert.

Zur Spannungsversorgung des Leistungsteils (PWM-Abwärts-Schaltregler) liefert die zweite Sekundärwicklung des Netztrafos eine Spannung von 27 V bei 3,5-A-Strombelastbarkeit. Nach der Brückengleichrichtung mit D 33 bis D 36 nimmt der Pufferelko C 39 eine Glättung der unstabilisierten, zur Versorgung des PWM-Schaltreglers dienenden Spannung vor. Störspitzen werden mit C 34 bis C 37 unterdrückt.

Die Steuerung des Entladestroms des ALM 7010 übernimmt der Mikrocontroller durch ein pulsweiten-moduliertes Signal an Port 3.5 (Pin 15). Das PWM-Signal des Prozessors gelangt über den Puffer-Verstärker IC 10 A auf das mit R 56 und C 51 aufgebaute R/C-Glied zur Mittelwertbildung. Die durch Integration gewonnene Steuergleichspannung wird anschließend über den Spannungsteiler R 57, R 58 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 Transistor T 14 über die Diode D 25 gesperrt.

Im Entlade-Mode wird eine dem Ausgangsstrom proportionale Messspannung am Entlade-Shunt R 63 gewonnen und über R 62 dem invertierenden Eingang des für die Entladestromregelung zuständigen Operationsverstärkers IC 10 B 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 60 den Emitterfolger T 14 und dieser wiederum den Endstufentransistor T 12, so daß der Regelkreis wieder geschlossen ist. R 59 dient zur leichten Vorspannung des invertierenden OP-Eingangs und C 21 zur Schwingneigungsunterdrückung. Hochfrequente Störeinflüsse werden mit C 19 und C 20 verhindert.

Im Entlademode erhalten wir einen zum Strom proportionalen Spannungsabfall am Shunt R 53. Dieser Spannungsabfall wird mit dem als invertierenden Verstärker geschalteten Operationsverstärker IC 10 C um den Faktor 8,2 verstärkt und über den AD-Wandler (IC 8 C, D) dem Mikrocontroller zugeführt.

Zur Auswahl des ALM 7010 Lade- bzw. Entladekanals dient das Leistungsrelais RE 1. Die Aktivierung des Relais treibers T 13 erfolgt vom Mikrocontroller (Port 3.2).

Im Lade-Mode erhalten wir ebenfalls einen stromproportionalen Spannungsabfall an R 53, jedoch mit umgekehrter Polarität als im Entlademode. Mit dem als nicht-invertierenden Verstärker arbeitenden Operationsverstärker IC 10 B erfolgt eine 9,2fache Spannungsverstärkung. Das an Pin 7 verstärkt zur Verfügung stehende „Ist-Signal“ dient über den CMOS-Schalter IC 14 A zur Steuerung des Step-Down-Wandlers. Gleichzeitig erhält der Mikrocontroller über den AD-Wandler die „Ist-Größen“. Während C 53 in erster Linie zur Schwingneigungsunterdrückung dient, verhindert C 52 hochfrequente Einkopplungen auf dem Messverstärker. Die Erfassung des Akku-Spannungsverlaufs erfolgt über den Spannungsteiler R 54 und R 55. Je nach Ladeverfahren (Konstantstrom oder Konstantspannung) wird über IC 14 A 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 8 B 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 56 und C 51 wird die Soll-Vorgabe dem Regler an seinem nicht-invertierenden Eingang (Pin 5) zugeführt.

Der linear arbeitende Regler (IC 8 B mit Zusatzbeschaltung) vergleicht die Eingangsgrößen (Soll-Spannung an Pin 5 und Ist-Spannung an Pin 6) miteinander und steuert über seinen Ausgang (Pin 7) das mit IC 9 A aufgebaute Stellglied.

Unabhängig von der Zeitkonstante des Reglers ist mit Hilfe des Transistors T 10 der Ladevorgang vom Mikrocontroller (Port 3.4) abschaltbar. Des Weiteren ist eine schnelle Abschaltung über die mit IC 9 B

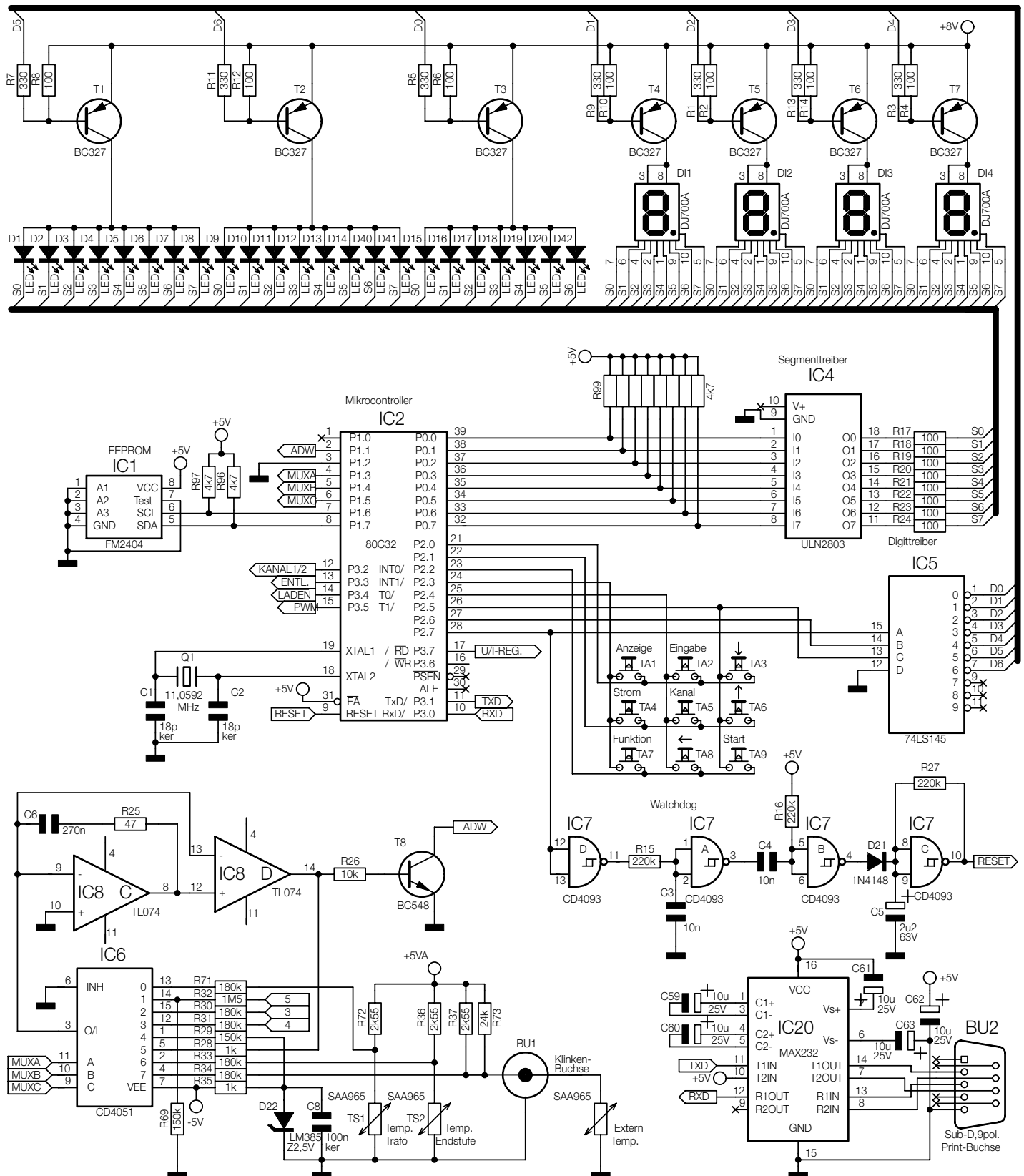


Bild 1: Digitalteil des ALM 7010 mit Mikrocontroller, AD-Wandler, Display-Ansteuerung und V24-Schnittstelle

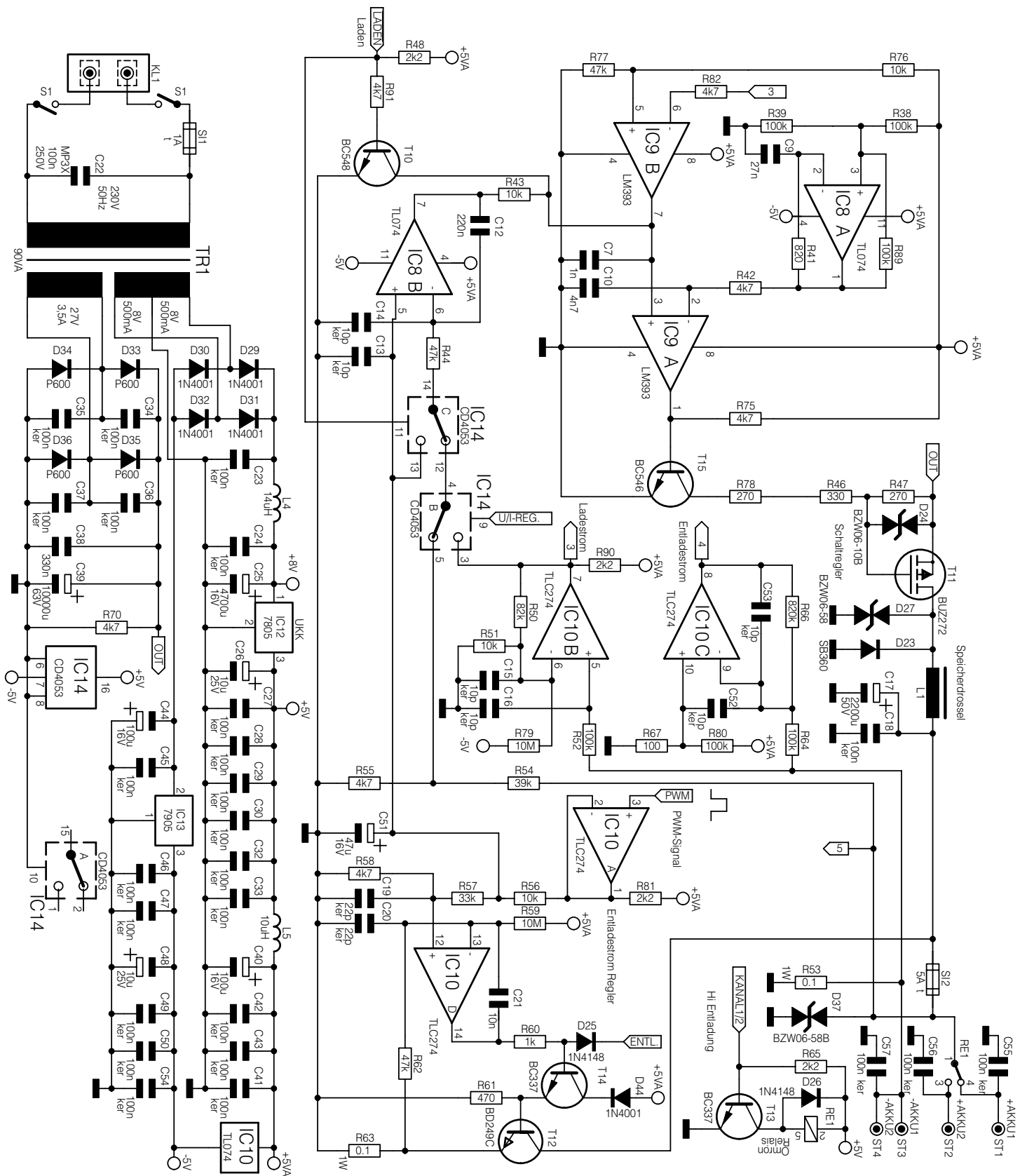


Bild 2: Analoge Schaltungskomponenten des ALM 7010

realisierte Schutzschaltung möglich.

Sobald die stromproportionale Spannung an Pin 6 des IC 9 B die Spannung an Pin 5 übersteigt, wird schlagartig die Endstufe gesperrt.

Die Schaltfrequenz des Wandlers wird durch den mit IC 8 A aufgebauten Oszillator bestimmt. Durch die externe Beschaltung mit den Widerständen R 38, R 39 und R 89 arbeitet der OP als Inverter mit Schmitt-Trigger-Funktion. Mit dem Widerstand R 41 im Gegenkopplungsweig und dem Kondensator C 9 wurde diese Stufe zu einem Multivibrator erweitert.

Durch die Dimensionierung der Bauelemente R 41 und C 9 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 42, C 10) in ein sägezahnförmiges Signal umgewandelt und dem Stellglied IC 9 A an Pin 2 zugeführt.

Die Schaltschwelle des Komparators IC 9 A wird durch die vom Regler kommende Gleichspannung an Pin 3 (nicht-invertierender Eingang) bestimmt. In Verbindung mit dem Sägezahn-Signal an Pin 2 ergibt sich am Ausgang ein pulsweitenmoduliertes Rechtecksignal. Dieses PWM-Signal steuert über den Treiber-Transistor T 15 den selbstsperrenden P-Kanal Leistungs-FET T 11. Neben dem mit 22 kHz getakteten Leistungs-FET (T 11) sind die Speicherdrossel L 1 und die Diode D 23 die wichtigsten Bauelemente des Step-Down-Wandlers. Solange T 11 durchgesteuert ist, fließt der Strom über die Speicherdrossel L 1 zum Akku bzw. Akkupack und über den Shunt-Widerstand R 53 zur Schaltungsmasse zurück.

Bei gesperrtem FET bleibt aufgrund der in L 1 gespeicherten Energie der Stromfluss über die Diode D 23 aufrechterhalten (Gegeninduktion). Der in den Akku hineinfließende Ladestrom ist neben der Versorgungsspannung vom Tastverhältnis des PWM-Signals abhängig. Über die Messung des am Shunt (R 53) auftretenden Spannungsabfalls ist der Regelkreis wieder geschlossen.

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

Nachbau

Dank des ausgereiften Leiterplattenlayouts und des Einsatzes von hochwertigen doppelseitig durchkontaktierten Leiterplatten ist der Nachbau des ALM 7010 einfach

und in wenigen Stunden zu bewerkstelligen. Innerhalb des ALM 7010 ist kein Hardware-Abgleich erforderlich, so dass zum Nachbau keine speziellen Messmittel erforderlich sind. Lediglich für den softwaremäßig durchzuführenden Abgleich ist ein möglichst genaues Multimeter (Strom, Spannung) sowie eine Gleichspannungsquelle (1 V, 30 V) erforderlich.

Wichtig: Bevor wir nun mit dem praktischen Aufbau beginnen, müssen wir allerdings darauf hinweisen, dass Aufbau und Inbetriebnahme des ALM 7010 aufgrund der darin frei geführten Netzspannung ausschließlich von Fachleuten durchgeführt werden dürfen, die hierzu aufgrund ihrer Ausbildung befugt sind. Die einschlägigen VDE- und Sicherheitsvorschriften sind zu beachten.

Die Schaltung des ALM 7010 ist auf zwei Leiterplatten, bestehend aus Basis- und Frontplatine, untergebracht. Wir beginnen den Aufbau mit der Frontplatine, wo in erster Linie die Bedien- und Anzeigeelemente untergebracht sind.

Die Anschlussbeinchen der Widerstände sind 2 mm hinter dem Gehäuseaustritt abzuwinkeln und durch die zugehörigen Bohrungen der Platine zu führen. Nach Festlöten und Abschneiden der überstehenden Drahtenden, wie im übrigen auch bei allen nachfolgend einzusetzenden bedrahteten Bauteilen, werden die vier 7-Segment-Anzeigen bestückt.

Im Anschluss hieran müssen alle Kleinsignal-Transistoren so tief wie möglich eingesetzt werden, d. h., die Gehäuseoberseite darf nicht weiter als die Oberseite der 7-Segment-Anzeigen vorstehen.

Beim Einbau der Printtaster ist unbedingt eine zu große Hitzeeinwirkung zu vermeiden.

Die 3-mm-Leuchtdioden benötigen einen Einbauabstand von 8 mm, gemessen von der Spitze des Bauelementes bis zur Platinenoberfläche.

Nach Einlöten von IC 9 mit korrekter Polarität ist die Frontplatine schon komplett bestückt, und wir wenden uns als nächstes dem Aufbau der Basisplatine zu.

Nacheinander sind die einzelnen passiven und aktiven Bauteile entsprechend der Stückliste und dem Bestückungsplan einzusetzen.

Auch bei der Basisplatine beginnen wir mit den niedrigsten Bauelementen, in unserem Fall sind dies die Widerstände und die Dioden. Dabei ist zu beachten, dass die Leistungsdioden D 33 bis D 36 und die Schottky-Diode D 23 mit 5–10 mm Abstand zur Platinenoberfläche einzulöten sind.

Zum Anschluss der Ausgangsleitungen werden vier Lötstifte mit Öse stramm in die zugehörigen Bohrungen der Platine gepresst und mit ausreichend Lötzinn festgesetzt.

Die Spannungsregler IC 12 und IC 13 sind mit einer Schraube M 3 x 8 mm und zugehöriger Mutter liegend auf die Leiterplatte zu schrauben. Erst danach sind die IC-Anschlüsse zu verlöten.

Es folgt das Einsetzen der Keramik- und Folienkondensatoren mit beliebiger Polarität. Der 2-polige Netzschalter muss vor dem Verlöten mit allen Auflagepunkten an der Platine anliegen.

Als nächstes werden die zur HF-Störunterdrückung dienenden Drosselspulen L 4 und L 5 eingesetzt.

Die Anschlussbeinchen der Kleinsignaltransistoren sind so weit wie möglich durch die zugehörigen Bohrungen der Leiterplatte zu führen und an der Platinenunterseite zu verlöten.

Bei den Elektrolyt-Kondensatoren handelt es sich um gepolte Bauteile, die entsprechend zu bestücken sind. Üblicherweise ist der Minuspol gekennzeichnet.

Nach Einlöten der 3,5-mm-Klinkenbuchse zum Anschluss des externen Temperatursensors, der 9-poligen Sub-D-Buchse der seriellen Schnittstelle und der Platinensicherungshalter (SI 1, SI 2), in die gleich die Feinsicherungen eingesetzt werden, ist das Leistungsrelais unter Zugabe von ausreichend Lötzinn einzubauen.

Als Berührungsschutz erhält die Feinsicherung SI 1 eine Kunststoffabdeckung.

Der Quarz Q 1 ist stehend zu bestücken und die integrierten Schaltkreise sind so einzusetzen, dass die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Bestückungsdruck übereinstimmt.

Die Anschlussbeinchen der Speicherdrossel L 1 sind mit ausreichend Lötzinn festzusetzen.

Zum Anschluss der 2-adrigen Netzzuleitung dient eine 2-polige Schraubklemmleiste (KL 1).

Vor dem Einbau des Leistungskühlkörpers sind die beiden Leistungstransistoren und der Temperatursensor zu montieren wobei zur elektrischen Isolation beide Leistungs-Transistoren mit Glimmerscheiben und Isolierbuchsen zu montieren sind. Zur besseren thermischen Kopplung zwischen Transistorgehäuse und Kühlkörper sind die Glimmerscheiben auf beiden Seiten mit etwas Wärmeleitpaste zu bestreichen. Die eigentliche Montage erfolgt mit einer einzigen Schraube M 3 x 16 mm und zugehöriger Mutter.

Der Temperatursensor der Endstufe wird mit möglichst langen Anschlussbeinchen angelötet, wobei die abgeflachte Seite zum Kühlkörper weisen muss. Auch hier ist die thermische Kopplung durch etwas Wärmeleitpaste zu verbessern. Mit einer Metallschelle und einer gewindeschneidenden Schraube erfolgt die mechanische Befestigung des Sensors am Kühlkörper.

Erst dann erfolgt mit 2 selbstschneiden-

den Schrauben die Montage des Kühlkörpers auf der Leiterplatte. Im Anschluss hieran sind die Anschlusspins der am Kühlkörper montierten Bauteile sorgfältig zu verlöten.

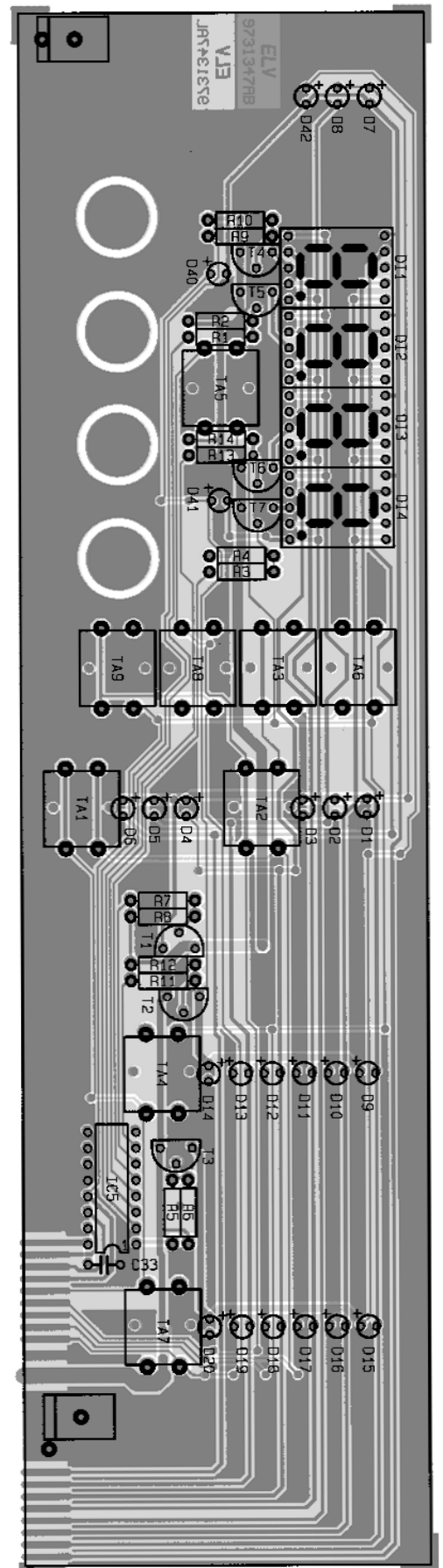
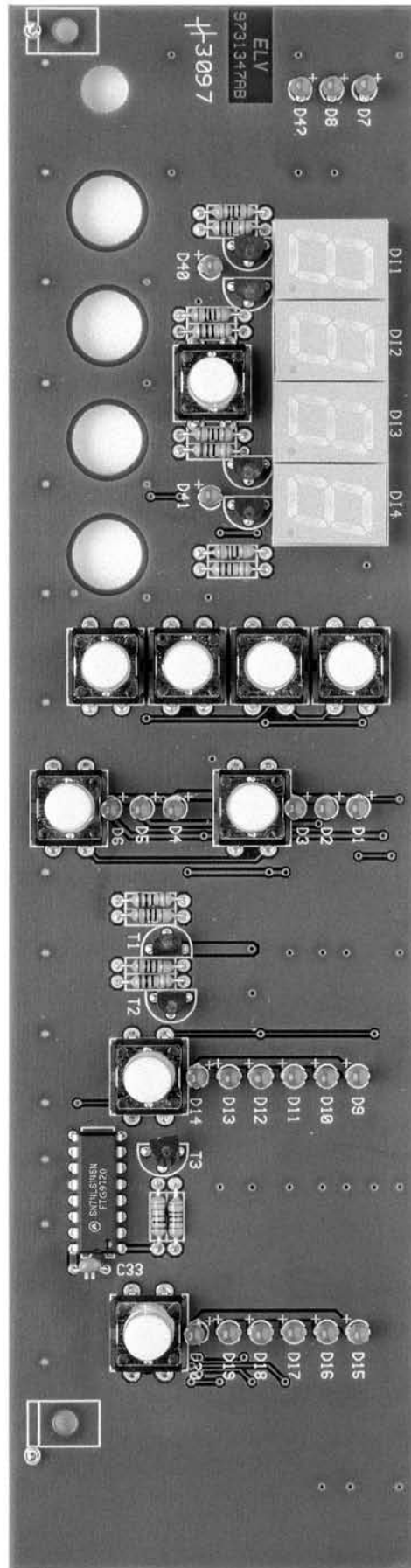
Zum Anschluss der Ausgangspolklemmen an die Lötösen ST 1 bis ST 4 sind einadrige isolierte Leitungen mit einem Mindestquerschnitt von $1,5 \text{ mm}^2$ anzulöten. Die zu Akku 1 führenden Leitungen (ST 2, ST 4) sollen dabei eine Länge von 11 cm und 9,5 cm, und die zu Akku 2 führenden Leitungen eine Länge von 8,5 cm aufweisen.

Aus 7 cm Manganindraht mit $1,513 \Omega/\text{m}$ ist der Strom-Shunt R 53 herzustellen. Dazu sind auf dem Schaft eines M4-Bohrers 4 Windungen des Widerstandsdrahtes aufzubringen, so dass ein „Rastermaß“ von ca. 1,7 cm entsteht. Beim Einlöten der „Widerstandswendel“ an die dafür vorgesehene Stelle der Leiterplatte ist unbedingt darauf zu achten, dass keine Windung die Platinenoberfläche berührt (ca. 2–3 mm Abstand). Durch das Verlöten bleiben ca. 6,6–6,7 cm des Widerstandsdrahtes wirksam.

Aufgrund des softwaremäßigen Abgleichs ist für die Genauigkeit des ALM 7010 nicht der Absolutwert des Shunt-Widerstandes, sondern vielmehr der Temperaturkoeffizient (Temperaturdrift) entscheidend. Die hier verwendete Präzisions-Widerstandslegierung zeichnet sich durch einen sehr geringen Temperaturkoeffizienten ($\pm 10 \text{ ppm}$ im Temperaturbereich von 20°C bis 80°C) aus.

Danach kommen wir zum Einbau des 100-VA-Netztransformators. Der Trafo wird mit vier Schrauben M4 x 55 mm befestigt. Diese werden von der Platinenunterseite eingesteckt, wonach auf der Bestückungsseite je eine 15 mm lange, vernickelte Messing-Distanzhülse aufgeschoben wird. Darauf folgt der Trafo, dessen Anschlusspins sauber in die zugehörigen Lötäugen fassen müssen. Sie werden nach Anziehen der M4-Muttern auf der Platinenunterseite verlötet.

Die Anschlussbeinchen des am Netztrafo zu positionierenden Temperatur-Sensors sind mit zwei 15 mm langen Silberdrahtabschnitten zu verlängern. Die Drahtenden sind so zu biegen, dass der Sensor federnd gegen den Trafokern drückt. Thermische Übergangswiderstände werden durch reichlich Wärmeleitpaste verringert.



Ansicht der fertig bestückten Frontplatine mit zugehörigem Bestückungsplan

Danach erfolgt die Verbindung der beiden fertig aufgebauten Leiterplatten miteinander. Zur exakten Höhenausrichtung dienen zwei 1,3-mm-Lötstifte, die von der Bestückungsseite her mit der langen Seite voran durch die an der linken und rechten Seite der Frontplatine befindlichen Bohrungen zu führen sind.

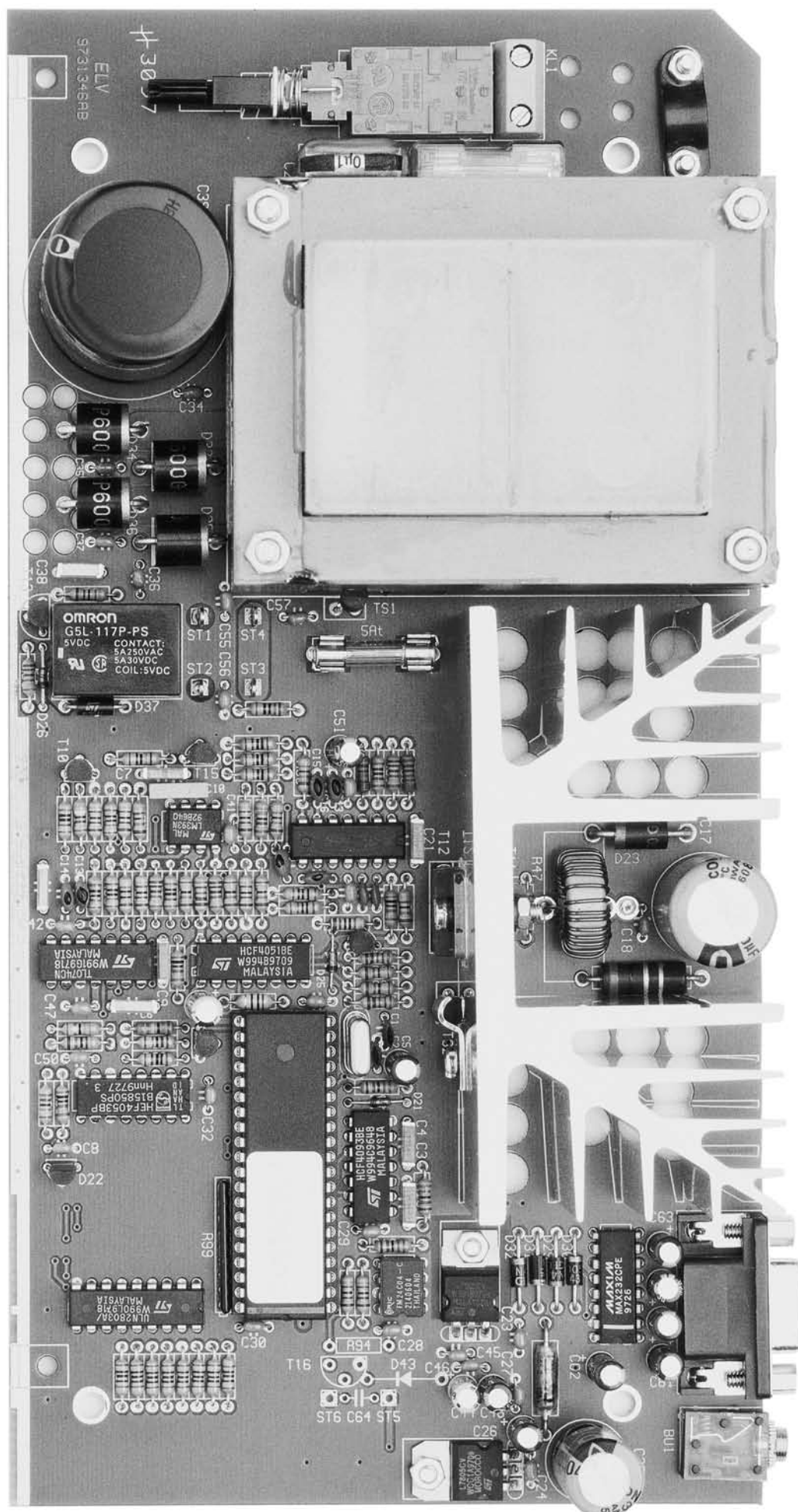
Nach exakter seitlicher Ausrichtung, d. h., die zusammengehörenden Leiterbahnpaare fluchten miteinander, wird auf jeder Seite eine provisorische Punktlötung vorgenommen. Falls erforderlich, kann nun noch eine leichte Korrektur stattfinden. Wenn beide Platinen einen rechten Winkel zueinander bilden, erfolgt das Verlöten sämtlicher Leiterbahnpaare unter Zugabe von ausreichend Lötzinn.

Die Metallschubstange für den Netzschalter ist wie in Abbildung 3 skizziert zu biegen und mit einem Kunststoff-Druckknopf sowie einem Kunststoff-Verbindungsstück zu versehen.

Sowohl der Druckknopf als auch das Verbindungsstück sind unbedingt mit dünnflüssigem Klebstoff (Sekundenkleber) festzusetzen. Nach dem Einrasten der fertig montierten Einheit auf dem Netzschalter ist auch hier das Verbindungsstück mit Sekundenkleber zu sichern.

Es folgt der Anschluss der 230-V-Netzzuleitung. Zuerst ist eine Gummidurchführungsstülle in die zugehörige Bohrung der Gehäuserückwand zu drücken. Danach wird das 2-adrige Netzkabel von außen durchgeführt und die äußere Ummantelung auf 35 mm Länge entfernt. Nun sind die beiden Innenadern auf 5 mm abzuisolieren und Aderendhülsen aufzuquetschen. Die Leitungsenden werden jeweils so durch 2 Bohrungen der Leiterplatte geführt, dass ein versehentliches Lösen auszuschließen ist. Danach werden die Leitungsenden in die 2-polige Netzschraubklemmleiste geführt und sorgfältig festgeschraubt.

Anschließend ist die Netzzuleitung mit einer Zugentlastungsschelle und M3 x 12-mm-Schrauben, die von der Platinenunterseite einzusetzen sind, und Muttern



**Fertig bestückte
Basisplatine des ALM 7010**

auf der Platine festzusetzen.

Nachdem die Leiterplattenkonstruktion so weit fertiggestellt ist, folgt eine gründliche Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehler.

Die 4 Ausgangsbuchsen (Polklemmen) sind in die bedruckte Frontplatte des ALM 7010 zu schrauben und an die zugehörigen von ST 1 bis ST 4 kommenden Leitungen anzulöten. Dabei gilt folgende Zuordnung:

Plus-Akku 1	=	ST 1
Minus-Akku 1	=	ST 4
Plus-Akku 2	=	ST 2
Minus-Akku 2	=	ST 3.

Beim Anlöten ist sorgfältig darauf zu achten, dass kein Kurzschluss zur Massefläche der Frontplatte entstehen kann.

Die auf der Leiterplatte mit T 16, D 43, C 64, R 94, ST 5 und ST 6 bezeichneten Bauelemente sind nicht zu bestücken.

Zur zusätzlichen Isolation ist zwischen dem Netztransformator und dem Kondensator C 22 eine Pertinax-Isolierplatte (50x30mm) erforderlich, die (z. B. mit Heißkleber) im rechten Winkel auf die Basisplatte zu kleben ist. Die Isolierplatte ist dabei so festzusetzen, dass auch unter mechanischen Belastungen ein Lösen auszuschließen ist.

Gehäuseeinbau

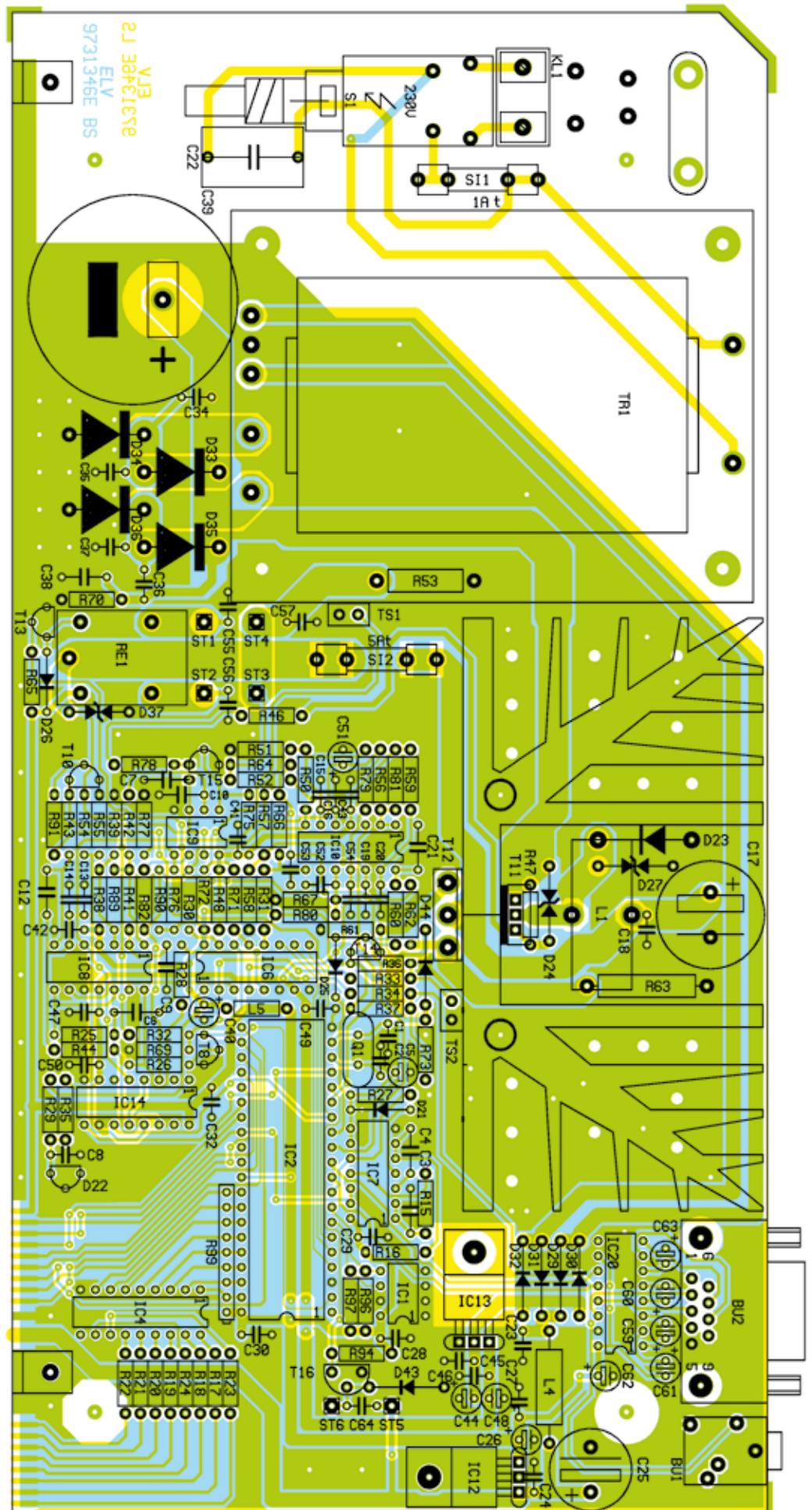
Da innerhalb des ALM 7010 kein Hardware-Abgleich erforderlich ist, kann gleich nach dem Zusammenbau der Gehäuseeinbau erfolgen.

Wir beginnen mit 4 Schrauben M4 x 70 mm, die von unten durch die Montagesockel der Gehäuseunterhalbschale (Lüftungsgitter weist nach vorne) geführt werden. Auf der Innenseite folgt je ein 5 mm langes Distanzröllchen.

Dann wird das vorbereitete Chassis zusammen mit der Front- und Rückplatte bis zum Einrasten in die Führungsnuten in die Gehäuseunterhalbschale abgesenkt.

Auf die im Chassis hochstehenden Schraubenenden kommt nun je eine 1,5 mm dicke Futter-scheibe sowie je ein 55 mm langes Distanzröllchen.

Bestückungsplan der Basisplatte des ALM 7010



Stückliste: ALM 7010

Widerstände:

0,1Ω/1W	R63
7 cm Manganindraht	R53
47Ω	R25
100Ω	R2, R4, R6, R8, R10, R12, R14, R17-R24, R67
270Ω	R47, R78
330Ω	R1, R3, R5, R7, R9, R11, R13, R46
470Ω	R61
820Ω	R41
1kΩ	R28, R35, R60
2,2kΩ	R48, R65, R81, R90
2,55kΩ	R36, R37, R72
4,7kΩ	R42, R58, R55, R70, R75, R82, R91, R96, R97
10kΩ	R26, R43, R51, R56, R76
24kΩ	R73
33kΩ	R57
39kΩ	R54
47kΩ	R44, R62, R77
82kΩ	R50
100kΩ	R38, R39, R52, R64, R80, R89
150kΩ	R29, R69
180kΩ	R30, R31, R33, R34, R71
220kΩ	R15, R16, R27
820kΩ	R66
1,5MΩ	R32
10MΩ	R59, R79
1 Widerstandsarray 4,7 kΩ	R99

Kondensatoren:

10pF/ker	C13-C16, C52, C53
18pF/ker	C1, C2
22pF/ker	C19, C20
1nF	C7
4,7nF	C10
10nF	C3, C4, C21
27nF	C9
100nF/ker	C8, C18, C23, C24, C27-C30, C32-C37, C41-C43, C45-C47, C49, C50, C54-C57
100nF/250V, MP3X	C22
220nF	C12

270nF	C6
330nF	C38
2,2μF/63V	C5
10μF/25V	C26, C48, C59-C63
47μF/16V	C51
100μF/16V	C40, C44
2200μF/50V	C17
4700μF/16V	C25
10000μF/63V	C39

Halbleiter:

FM2404	IC1
ELV9636-4	IC2
ULN2803	IC4
74LS145	IC5
CD4051	IC6
CD4093	IC7
TL074	IC8
LM393	IC9
TLC274	IC10
MAX232	IC20
7805	IC12
7905	IC13
CD4053	IC14
BC327	T1-T7
BC548	T8, T10
BC337	T13, T14
BUZ272	T11
BD249C	T12
BC546	T15
1N4148	D21, D25, D26
LM385-2,5	D22
SB360	D23
1N4001	D29-D32, D44
P600	D33-D36
BZW06-10B	D24
BZW06-58B	D27, D37
LED, 3 mm, grün	D1-D20, D40-D42
DJ700, grün	DI1-DI4

Sonstiges:

Quarz, 11,059 MHz	Q1
Speicherdrossel, 40μH	L1
Entstördrossel, 14μH	L4
Festinduktivität, 10μH	L5

SAA965	TS1, TS2
Taster, B3F-4050	TA1-TA9
Klinkenbuchse, 3,5 mm, mono	BU1
Sub-D-Buchse, 9-polig	BU2
Trafo, 1 x 8 V/500 mA, 1 x 27 V/3,5 A	TR1
Omron-Leistungsrelais	RE1
Sicherung, 1 A, träge	SI1
Sicherung, 5 A	SI2
Shadow-Netzschalter	S1
1 Adapterstück	
1 Verlängerungsachse	
1 Druckknopf	
2 Platinensicherungshalter (2 Hälften)	
1 Sicherungsschutzkappe	
9 Tastkappen	
1 IC-Sockel, 40-polig	
1 Kabelschelle	
3 Aluschrauben	
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 8 mm	
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 12 mm	
1 Zylinderkopfschrauben, M3 x 16 mm	
4 Zylinderkopfschrauben, M4 x 55 mm	
5 Muttern, M3	
4 Muttern, M4	
4 Metallabstandsrollen, 15 mm	
1 Netzkabel, 2-adrig, grau	
1 Netzschraubklemme, 2-polig	
2 Aderendhülsen	
1 Zugentlastungsschelle	
1 Netzkabeldurchführungsstülpe	
1 Glimmerscheibe für TO220	
1 Glimmerscheibe für TO-3P	
2 Isolierbuchsen	
4 Lötstifte mit Lötstifte	
2 Lötstifte, 1,3 mm	
1 Kühlkörper, SK88, bearbeitet	
2 Polklemmen, 4 mm, rot	
2 Polklemmen, 4 mm, schwarz	
25 cm flexible Leitung, 1,5 mm, rot	
25 cm flexible Leitung, 1,5 mm, schwarz	
1 Pertinax-Isolierplatte	
5 cm Schaltdraht, blank, versilbert	

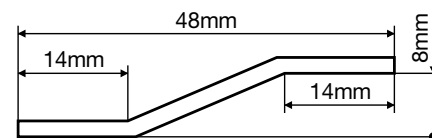
Nach Aufsetzen der Gehäuseoberhalb-
schale mit nach hinten weisendem Lüf-
tungsgitter wird in jedem Montagesockel
von oben eine M4-Mutter eingelegt. Mit
Hilfe eines kleinen Schraubendrehers sind

nacheinander die Gehäuseschrauben aus-
zurichten und von unten fest zu verschrau-
ben.

Sind alle Montageschrauben angezogen,
erfolgt das Einsetzen der Abdeck- und
Fußmodule, in die zuvor die Gummifüße
eingedrückt wurden. Die Abdeckzylinder
für die nicht benutzten Mittel-Montage-
Öffnungen der Gehäusehalbschalen werden
flächenbündig eingepresst.

Software-Abgleich

Der softwaremäßige Abgleich des
ALM 7010 ist ausgesprochen einfach und
in wenigen Minuten zu bewerkstelligen.



**Bild 3: Biegeskizze der Metallschub-
stange für den Netzschalter**

Nach dem ersten Einschalten des Gerä-
tes erscheint auf dem 4-stelligen 7-Seg-
ment-Display die Anzeige U1. An den
Eingangsbuchsen des Ausgang 1 ist zuerst
eine möglichst genaue Gleichspannung von
1 V anzulegen. Danach wird kurz die Taste
„Eingabe“ betätigt. Auf dem Display er-

**Stückliste:
externer Temp.-Sensor**

- 1 Temperatur-Sensor SAX 1000
- 1 Klinkenstecker, 3,5 mm, mono
- 1 m abgeschirmte Leitung, 1adrig
- 3 cm Schrumpfschlauch, 2 mm Ø
- 3 cm Schrumpfschlauch, 10 mm Ø

scheint nun die Anzeige U30. Die Spannung an den Buchsen des ALM 7010 wird jetzt auf exakt 30 V erhöht und erneut die „Eingabe-Taste“ betätigt.

Zum Stromabgleich erscheint danach auf dem Display die Anzeige I0. Bei offenem ALM-Ausgang ist die „Eingabetaste“ zu betätigen, worauf das Display 2.500 anzeigt. Der ALM-Ausgang ist über ein Ampere-meter kurzzuschließen und der gemessene Stromwert auf dem Display einzustellen.

Nach Betätigung der Taste „Eingabe“ führt das ALM 7010 automatisch die Kali-

brierung durch, und nach einigen Sekunden erscheint auf dem Display wieder die Anzeige 2.500.

Zum Ausmessen der Regelparameter ist im letzten Abgleichschritt über das Amperemeter ein Strom in das ALM 7010 einzuspeisen.

Als Stromquelle kann z. B. ein Akku dienen, sofern ein Strom von mindestens 3 A geliefert werden kann. Ansonsten ist ein entsprechendes Netzgerät (Spannung 5 V–15 V) anzuschließen. Der gemessene Stromwert ist wieder auf dem Display ein-

zustellen. Alsdann ist kurz die „Eingabetaste“ zu betätigen, womit der Abgleich des ALM 7010 bereits vollständig abgeschlossen ist.

Ein Neu-Abgleich des ALM 7010 ist jederzeit möglich. Um in den Abgleich-Mode zu gelangen, ist bei gedrückter „↑“- und „Start“-Taste das ALM 7010 einzuschalten.

Damit sind alle Aufbauarbeiten am ALM 7010 abgeschlossen, auf dessen komfortable Arbeitsweise Sie in Zukunft sicherlich nicht mehr verzichten möchten. **ELV**

Entsorgungshinweis

Gerät nicht im Hausmüll entsorgen!

Elektronische Geräte sind entsprechend der Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte über die örtlichen Sammelstellen für Elektronik-Altgeräte zu entsorgen!

