



Akku-Lade-Meßgerät ALM 7003 Teil 1

Mikroprozessorgesteuertes Akku-Lade-Meßgerät zum vollautomatischen Laden, Entladen, Testen und Regenerieren (Zyklen) von NiCd- und NiMH-Einzelakkus sowie von Akkupacks bis hin zu 12 Zellen.

Allgemeines

Mit dem ALM 7003 wurde ein besonders preiswertes mikroprozessorgesteuertes Akku-Lade-Meßgerät mit intelligenter Ladeerkennung entwickelt. Darüber hinaus zeichnet sich das Gerät durch eine übersichtliche, komfortable Bedienung aus.

Das ALM 7003 basiert im wesentlichen auf der bewährten Technik des ALM 7002 und führt unabhängig vom aktuellen Ladezustand des angeschlossenen Akkus eine besonders schonende und dennoch schnelle Ladung durch.

Die maximale Ladespannung beträgt 18 V und der Ladestrom des ALM 7003 ist von 1 mA bis 999 mA einstellbar.

Ob Einzelakkus der Größen Mikro, Mignon, Baby, Mono oder Akkupacks bis hin

zu 12 Zellen, das ALM 7003 lädt immer auf 100 % der tatsächlich zur Verfügung stehenden Akkukapazität.

Beim ALM 7003 wertet der Mikrocontroller während des Ladevorgangs durch Gradientenbildung den Wendepunkt der Spannungssteigerung am Akku aus. Sobald die Steigungsgeschwindigkeit d^2V/dt^2 Null ist, wird der normale Ladevorgang beendet und der Akku bzw. der Akkupack durch eine Übergangsladung auf 100 % der speicherbaren Kapazität gebracht.

Nach der Übergangsladung erfolgt die Impuls-Erhaltungsladung. Der Akku darf nun unbegrenzt bis zum Gebrauch am Ladegerät angeschlossen bleiben. Neben der Spannungsgradientenauswertung erfolgt am Ende der Ladekurve die Auswertung der negativen Spannungsdifferenz. Zur Auswertung dienen mehrere aufeinander-

folgende Meßwerte, wobei die Abschaltung bereits bei einem $-\Delta U$ von 5 mV verfolgt.

Neben den primären Abschaltkriterien sind noch mehrfache Sicherheitsabfragen vorhanden. Sowohl bei einem Kurzschluß als auch bei der Überschreitung der zulässigen Maximalspannung wird der Ladevorgang automatisch abgeschaltet. Ein Sicherheitstimer wird entsprechend der Nennkapazitätseingabe gesetzt und läßt bis zu 50 % Kapazitätsreserven zu.

Erfolgt die Beendigung des Ladevorgangs durch Spannungsgradientenauswertung, wird noch 10 % Energie entsprechend der Nennkapazitätvorgabe nachgeladen. Danach geht das ALM 7003 in den Impuls-Erhaltungslade-Mode über.

Die Akkuspannung wird grundsätzlich im stromlosen Zustand ermittelt, so daß Spannungsabfälle innerhalb des Akkus oder

an den Anschlußklemmen nicht die Messung beeinflussen.

Mit dem ALM 7003 sind sowohl Nickel-Cadmium (NC) als auch Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH) schonend ladbar.

Eine ständige Überwachung der zum jeweiligen Akkutyp gehörenden Ladekurve mit 14 Bit Genauigkeit sorgt für ausgezeichnete Ladeergebnisse. Aufgrund des eingesetzten Ladeprinzips ist beim ALM 7003 keine Vorentladung des Akkus erforderlich. Zur Verhinderung des Memory-Effekts bei NC-Zellen ist jedoch in regelmäßigen Abständen eine Entladung bis zur jeweiligen Entladeschlussspannung empfehlenswert.

Durch einen sanften Anlauf zu Beginn des Schnellladeprozesses (bei Ladeströmen $> C/2$) wird eine sehr schonende Schnellladung sichergestellt. Ladbar sind Akkus mit Nennkapazitäten zwischen 0,01 Ah und 99,9 Ah.

Sowohl die Temperatur des Netztransformators als auch die Kühlkörpertemperatur der Lade-/Entladeendstufe des ALM 7003 werden ständig vom eingebauten Mikroprozessor überwacht. Bei Übertemperatur erscheint auf dem 7-Segment-Display die Anzeige „Hot“, und die gerade ablaufende Funktion wird unterbrochen. Erst bei Unterschreiten der unteren Temperaturschwelle, d. h., wenn der Netztrafo oder die Endstufe weitgehend abgekühlt sind, wird die Funktion weiter ausgeführt.

Das ALM 7003 verfügt über ein ferroelektrisches EEPROM zum Backup der Bedienelemente und zum Speichern der letzten Daten bei einem Spannungsausfall.

Tritt eine Netzunterbrechung während eines Bearbeitungsvorgangs auf, so nimmt das ALM 7003 unmittelbar nach Wiederekehr der Netzspannung seine Tätigkeit in der jeweiligen Funktion wieder an der Stelle auf, an der die Unterbrechung erfolgte.

Nach dem Einschalten nimmt das Gerät die zuletzt programmierten Einstellungen automatisch wieder an, und zwar auch dann, wenn zwischenzeitlich eine Netztrennung, selbst über Jahre, aufgetreten ist.

Der praktische Aufbau des ALM 7003 ist besonders einfach, da kein Hardware-Abgleich erforderlich ist. Lediglich ist vor der ersten Inbetriebnahme ein einfacher und in wenigen Minuten zu bewerkstelliger Software-Abgleich durchzuführen.

Bedienung und Funktion

Die Bedienung des ALM 7003 ist sehr anwenderfreundlich und ausgesprochen übersichtlich. Zuerst erfolgt bei angeschlossenem Akku die Eingabe der Akku-Daten, wo neben der Nennkapazität noch die Nennspannung und der gewünschte Ladestrom

einustellen sind. (Die Nennspannung bzw. die Zellenzahl ermittelt das ALM 7003 auch selbständig.)

Nach der Eingabe der Akkudaten wird die gewünschte Funktion ausgewählt. Es stehen die Funktionen Laden, Entladen, Entladen/Laden, Testen und Regenerieren (Zyklen) zur Verfügung. Nach einer kurzen Betätigung der Starttaste beginnt das ALM 7003 dann mit dem Abarbeiten der gewählten Funktion, wobei der letzte Dezimalpunkt der dreistelligen 7-Segment-Anzeige blinkt.

Eingabe der Akkudaten

Zuerst ist die Eingabe der **Akkunennkapazität** vorzunehmen, wobei die entsprechende, über der Eingabetaste angeordnete LED „Nennkapazität“ aufleuchtet. Der Einstellbereich erstreckt sich bis hin zu 99,9 Ah. Bei einer Nennkapazität von 0 bis 9,99 Ah beträgt dabei die Auflösung 0,01 Ah und darüber 0,1 Ah.

Veränderbar ist der eingestellte Wert auf folgende Weise: Zunächst wird mit Hilfe der Pfeiltasten „ \uparrow “ und „ \downarrow “ 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 „ \leftarrow “-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 „ \leftarrow “-Taste wird zur letzten Stelle weiterschaltet.

Der eingestellte Kapazitätswert kann selbstverständlich jederzeit wieder geändert werden, indem durch Betätigen der Taste „Eingabe“ das ALM 7003 in den Eingabemodus für die Akku-Nennkapazität gebracht wird.

Befindet sich das ALM 7003 noch im Programmiermode für die Akku-Nennkapazität und soll der gerade eingestellte Wert korrigiert werden, ist zunächst die „ \leftarrow “-Taste so oft zu betätigen, bis die zu ändernde Stelle des Displays blinkt. Entsprechend der eingestellten Akku-Nennkapazität wird auch der Sicherheitstimer des ALM 7003 gesetzt, wobei maximal 50 % Kapazitätsreserven berücksichtigt werden.

Kommen wir nun zur Einstellung der Akku-Nennspannung.

Durch eine kurze Betätigung der Eingabetaste wird die Programmierung der Akku-Nennkapazität beendet. Der Mikroprozessor des ALM 7003 bestimmt die Nennspannung des angeschlossenen Akkus automatisch, wenn zuvor die Nennkapazität verändert wurde. Sollte der Akku tiefentladen oder der Wert aufgrund von zu großen Spannungsabweichungen nicht zweifelsfrei ermittelbar sein, kann die Akku-Nenn-

spannung über die genannten Cursortasten in 1,2V-Stufen manuell programmiert werden.

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

Auf diese Weise kann erforderlichenfalls auch eine Korrektur des ermittelten Spannungswertes vorgenommen werden, falls das Gerät eine offensichtliche Fehleinstufung vorgenommen 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 7003 nicht mehr in der Lage ist, die korrekte Nennspannung zu ermitteln. Des Weiteren können Teilzellendefekte zu Fehleinstufungen führen.

Lade-/Entladestrom

Durch eine kurze Betätigung der Eingabetaste gelangen wir in den Menüpunkt zur Eingabe des Lade- bzw. Entladestromes mit 1 mA Auflösung. Wie bei der Nennkapazität erfolgt auch hier die Eingabe mit den Cursortasten.

Nach der Stromeingabe erfolgt die Auswahl der gewünschten Funktionen des ALM 7003.

Funktion

Das ALM 7003 stellt die Funktionen „Laden“, „Entladen“, „Entladen/Laden“, „Testen“ und „Regenerieren“ (Zyklen) zur Verfügung. Die Auswahl erfolgt mit der Taste „Funktion“, wobei jeder Tastendruck zur nächsten Funktion weiterschaltet.

Laden

Das ALM 7003 führt den Ladevorgang entsprechend den eingestellten Akku-Daten und dem gewünschten Ladestrom durch.

Nach Beendigung des Ladevorgangs schaltet das ALM 7003 automatisch auf Impuls-Erhaltungsladung um, so daß der Akku bei guter Pflege unbegrenzt am Ladegerät angeschlossen bleiben darf.

Der Ladevorgang kann jederzeit durch eine Betätigung der Start-Taste manuell unterbrochen werden. Eine weitere Tastenbetätigung setzt dann die zuvor ausgeführte Funktion fort.

Die Beendigung des Ladevorgangs erfolgt durch Spannungsgradientenauswertung und zusätzlich durch eine $-\Delta U$ Erkennung. Des Weiteren wird nach Ablauf der maximalen Ladezeit (Sicherheitstimer), Überschreitung der max. zulässigen Absolutspannung oder bei einem Kurzschluß am Ladeausgang abgeschaltet.

Entladen

Entsprechend den zuvor eingestellten Akkudaten wird die Entladung des Akkus

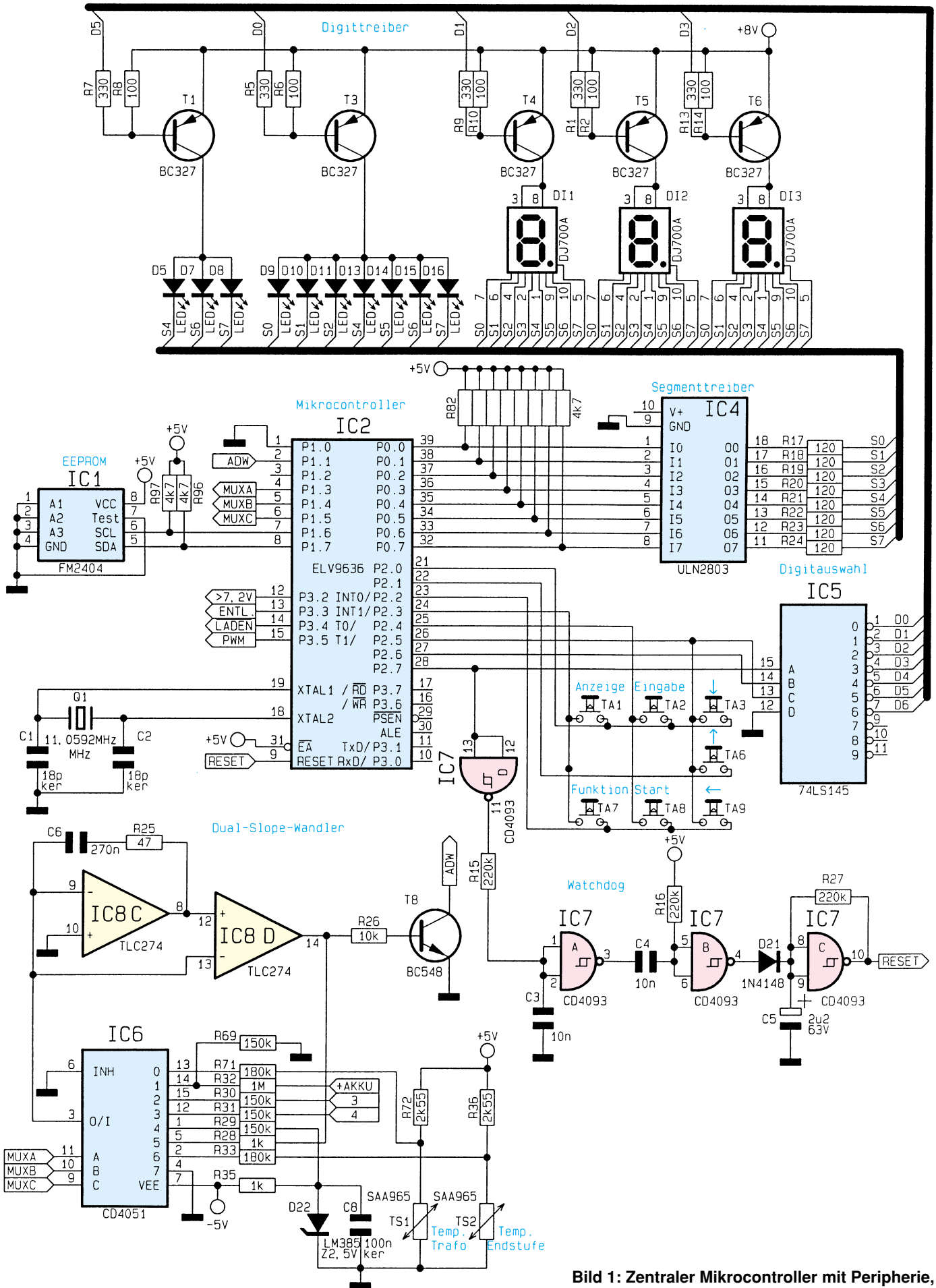


Bild 1: Zentraler Mikrocontroller mit Peripherie, AD-Wandler, Display und Bedientasten

bzw. des Akkupacks bis zur Entladeschlussspannung vorgenommen. Auf dem Display wird während des Entladevorgangs die Akkukapazität mit 0,01 Ah Auflösung aufsummiert. Nach Erreichen der Entladeschlussspannung beendet das ALM 7003 den Entladevorgang und die LED „Entladen“ blinkt.

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 vorstehend 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 7002 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. Während des Entladevorgangs wird auch hier die Akkukapazität ermittelt.

Testen

In dieser Funktion wird ein Akkustest unter Nennbedingungen durchgeführt. Zur genauen Messung der speicherbaren Akkukapazität erfolgt zunächst die Ladung mit den eingestellten Parametern. Danach wird der angeschlossene Akku bis zur Entladeschlussspannung entladen und die ermittelte Kapazität auf dem Display angezeigt. Als dann führt das ALM 7003 wieder eine Vollladung mit anschließender Impuls-Erhaltungsladung durch.

Regenerieren (Zyklen)

Zur Belebung von Akkus, die über einen längeren Zeitraum nicht genutzt wurden, führt das Programm so lange den Lade-/Entladezyklus mit dem eingestellten Strom durch, bis keine nennenswerte Kapazitätssteigerung (0,01 Ah) mehr feststellbar ist.

Zuletzt führt das ALM 7003 eine Vollladung mit Übergang auf Erhaltungsladung durch, wobei nach Beendigung des Ladevorgangs die LED „Zyklen“ blinkt.

Anzeige

Mit Hilfe der Taste „Anzeige“ kann jederzeit bei angeschlossenem Akku und nach Eingabe der Nennspannung die Akkuspannung, der aktuell fließende Ladestrom und die aufsummierte Akkukapazität abgefragt werden.

Abgespeicherte Entladekapazitäten

Neben der aktuellen Entladekapazität werden beim ALM 7003 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 „Nennkapazität“ 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 7003 ist in der Lage, bis zu 12 in Reihe geschaltete NC- oder NiMH-Zellen (maximale Nennspannung 14,4 V) zu laden. Während des Ladevorgangs stellt das ALM 7003 bis maximal 18 V zur Verfügung. Der Ladestrom ist von 1 mA bis hin zu 999 mA programmierbar. Die Eingabe der Akku-Nennkapazität erstreckt sich von 0,01 Ah bis hin zu 99,9 Ah.

Schaltung

Der Schaltungsaufwand des ALM 7003 ist gemessen an dem Leistungsspektrum sehr übersichtlich. Während in Abbildung 1 der zentrale Mikrocontroller mit Peripherie, der Dual-Slope-AD-Wandler, sowie das Display und die Bedientasten dargestellt sind, zeigt Abbildung 2 die analogen Schaltungskomponenten des Ladeteils, den Entladestromregler und die Spannungsversorgung.

Digitalteil

Wir beginnen die Schaltungsbeschreibung mit dem Prozessorteil in Abbildung 1. Zentrales Bauelement des ALM 7003 ist der maskenprogrammierte Mikrocontroller des Typs ELV 9636 (IC 2), der sämtliche Funktionen des ALM 7003 steuert.

Das dreistellige 7-Segment-Display und die 10 Einzelleuchtdioden werden im 5fach Multiplex-Betrieb angesteuert. Die Digitalauswahl erfolgt über den BCD zum Dezimal-Decoder IC 5 und die als Digtreiber fungierenden PNP-Transistoren T1 und T3 bis T6.

Zur Spannungsversorgung dient die un-stabilisierte Gleichspannung von 8 V, so daß der Spannungsregler im Netzteil nicht mit dem Display-Strom belastet wird.

Die von Port 0.0 bis Port 0.7 des Mikrocontrollers gelieferten Segment-Informationen gelangen auf die Eingänge des in IC 4 integrierten Segment-Treibers vom Typ ULN 2803. Ausgangsseitig dienen in diesem Zusammenhang die Widerstände R 17 bis R 24 zur Segment-Strombegrenzung.

Die Abfrage der 7 Bedientaster des ALM 7003 erfolgt in Verbindung mit der Display-Steuerung ebenfalls im Multiplex-

Betrieb an Port 2.0 bis Port 2.5 des Prozessors.

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. 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 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.

Zum Backup der Bedienelemente und zur Speicherung der Akkudaten bei einem Spannungsausfall dient das ferroelektrische EEPROM des Typs FM 2404 (IC 1). Die Kommunikation zwischen Speicherchip und Mikrocontroller erfolgt über den von Port 1.6 und Port 1.7 des Prozessors zur Verfügung gestellten 2-Draht Inter-IC-Bus (I²C).

An Pin 18 und Pin 19 des Prozessors ist der chipinterne Taktoszillator extern zugänglich, der lediglich mit einem 11,059MHz Quarz und zwei keramischen Kondensatoren (C 1, C 2) beschaltet wird.

Betrachten wir als nächstes den mit dem 4fach Operationsverstärker IC 8 C, D und externen Komponenten aufgebauten Dual-Slope AD-Wandler des ALM 7003, 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 Ladestrom (3), dem Entladestrom (4) und der Akkuspannung werden noch 2 unterschiedliche Temperaturwerte (Trafo und Endstufe) erfaßt.

Nach dem Aufintegrieren der Meßwerte über die Widerstände R 30 bis R 33 und R 71 erfolgt die Deintegration über R 29. D 22 stellt in diesem Zusammenhang eine exakte Referenzspannung von 2,5 V zur Verfügung. Der Temperatursensor TS 1 ist am Trafokern und TS 2 an der Lade-/Entladeendstufe angeordnet.

Die analogen Schaltungskomponenten, der praktische Aufbau sowie der einfach durchzuführende Software-Abgleich werden im zweiten Teil dieses Artikels ausführlich beschrieben. 