

Gepflegte Power - moderne Kleinakkus und ihre Ladetechnik

Für die neuen Generationen von Kleinakkus, wie sie uns täglich begegnen, sind immer ausgefeiltere Ladetechniken und viele Umgangsregeln zu beachten. Unser Artikel gibt einen Überblick über den Stand der Akkutechnik sowie der entsprechenden Ladetechnik und vermittelt Kenntnisse zur richtigen Pflege der wertvollen Akkus.

Batterien sind heute mehr denn je unverzichtbare Stromversorgungen für viele Elektronikgeräte. Dabei reicht die Spanne sehr weit: vom Walkman über das Funktelefon, den Laptop oder Camcorder bis hin zu Hörgeräten und Herzschrittmachern.

Allein diese Aufzählung zeigt, welche hohen Anforderungen an moderne Batterietechnik gestellt werden. Dabei geraten die traditionellen Primärbatterien, die nur einmal verwendbar sind, immer mehr ins Hintertreffen, genauso wie die aus Umweltschutzgründen heute oft schon verpönten herkömmlichen NiCd-Akkus.

Nickel-Metall-Hydrid stark im Kommen

Die wachsenden Müllhalden der Primärbatterien, der Blei- und NiCd-Akkus lösten vor einigen Jahren einen neuen technischen Entwicklungstrend der Batterietechnik aus; es wurde die umweltverträglichere NiMH (Nickel-Metall-Hydrid)-Technologie entwickelt. Hier fällt kein hochgiftiges Blei, Quecksilber oder gar Cadmium mehr an. Dazu kommt die bei dieser Technologie erreichte höhere Energiedichte, die ganz neue Anwendungsgebiete eröffnet. So sind Geräte, die vor Jahren noch vor allem wegen der fehlenden Akkutechnologie unhandlich groß ausfielen oder überhaupt nicht mobil eingesetzt werden konnten, heute dank der auch mechanisch äußerst flexiblen Technologie realisierbar geworden.

Trotz der systembedingten Nachteile der NiMH-Technik wie derzeit noch höherer Preis gegenüber den NiCd-Akkus, Nichteignung für Hochstromabgabe, wie sie etwa im Modellbau gefordert wird und komplizierter Ladetechnik kommt man auf längere Sicht wohl kaum an dieser Technologie vorbei, da sie derzeit die einzige umweltfreundliche Alternative zu herkömm-

lichen Akkusystemen darstellt.

Dazu kommt bei standardmäßiger Stromentnahme die gleichmäßigere Energieabgabe über einen wesentlich längeren Zeitraum als bisher.

Parallel dazu arbeiten Hersteller wie Sony an der sogenannten Li-Ion (Lithium-Ion)-Technologie, die eine nochmals gesteigerte Kapazität bei geringem Gewicht und Volumen bietet. Allerdings sind derartige Akkus aufgrund ihres sehr hohen Preises derzeit nur ganz wenigen Anwendungen vorbehalten.

Li-Ion - kompakte Power

Sony zeigte sie bei der diesjährigen CeBit etwa für den speziellen Einsatz in den neuen Mini-Mobilnetztelefonen. Sie werden nahezu ausschließlich für die Nennspannung von 3,6 V bereitgestellt, um die Bedürfnisse der modernen 3V-Halbleitertechnologie zu befriedigen.

Li-Ion-Akkus weisen gegenüber den herkömmlichen Akkus eine nochmals flachere Entladekurve auf, ermöglichen also längeren Betrieb bei prinzipiell gleichbleibender Stromabgabe. Sie decken in geradezu idealer Weise den Strombedarf moderner Mobiltelefone, Notebooks, Notebooks, MD-Player usw., die ja gerade mit ihren kompakten Maßen glänzen, denen sich die Batterietechnik rasant anpassen muß.

Für die Ewigkeit - Alkali-Mangan

Wer hier nur Primärbatterien vermutet, irrt. Seit einiger Zeit sind unter dieser Bezeichnung auch wiederaufladbare Akkus zu haben, die sich vor allem durch ihre sehr geringe Selbstentladung auszeichnen. Sie sind ideal geeignet für den selten, meist nur im Urlaub benötigten Weltempfänger, aber nicht als Racing-Pack für das Modellauto.

Denn ähnlich wie die NiMH-Akkus sind sie für geringe Stromentnahme, allerdings über einen langen Zeitraum konzipiert, weisen also eine sehr flache Entladekurve auf. Ihre Nominalspannung beträgt gegenüber den NiCd- und NiMH-Akkus 1,5 V. Hier gibt es gewisse Spannungsreserven, ideal also geeignet für Anwendungen, die bisher ausschließlich mit Primärbatterien einwandfrei arbeiten. Sie sind allerdings sehr empfindlich gegen übermäßige Entladung, solch eine Behandlung „danken“ sie uns mit verringerter Gesamtlebensdauer.

NiCd - Altgedient und ausgereift

NiCd-Zellen bestehen aus positiven Sinterelektroden und negativen Elektrodeposit-Elektroden. Diese sind hochporöse, bei runden Zellen spiralförmig aufgewickelte Träger mit wirksamen aktiven Massen. Die Elektrolyten befinden sich in dicht verschlossenen Stahlblechgehäusen. Zylindrische Zellen sind mit einer ventilartigen Drucksicherung am Zellendeckel versehen, damit bei einer unzulässigen Überschreitung der Lade-Entladeströme oder bei Falschpolung keine zu hohen Innendrucke in der Zelle entstehen (Bild 1).

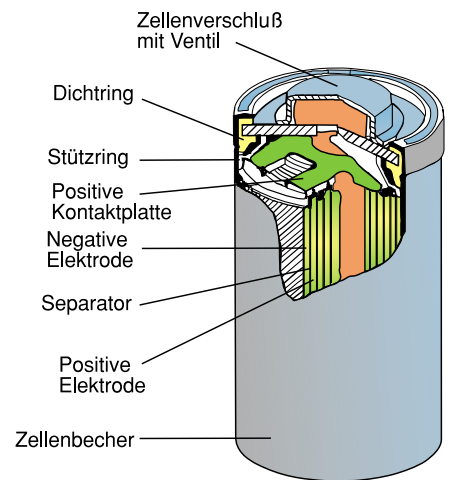


Bild 1: Aufbau einer zylindrischen NiCd-Zelle (Quelle: Varta)

Für das Verständnis der chemischen Vorgänge innerhalb des Akkus ist es wichtig, sich vor Augen zu halten, daß diese Vorgänge stets reversibel sein müssen.

Voraussetzung für den Betrieb eines gasdichten NiCd-Akkus ist es, die Bildung von Wasserstoffgas zu vermeiden und das gegen Ende der Ladung und beim Überladen entstehende Sauerstoffgas mit Hilfe einer Ladereserve zu verzehren. Generell ist die negative Elektrode gegenüber der positiven Elektrode überdimensioniert. Das „Mehr“ an negativem Elektrodenmaterial steht als Lade- und auch als Entladereserve zur Verfügung (Bild 2).

Durch die negative Ladereserve (in Form

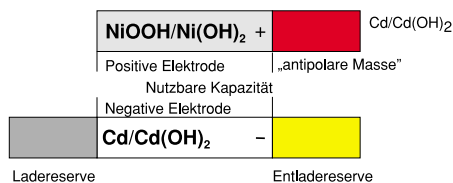


Bild 2: Schematische Darstellung der Elektroden einer NiCd-Zelle (Quelle: Varta)

von Cd(OH)₂ wird die Wasserstoffentwicklung an der Cadmiumelektrode verhindert.

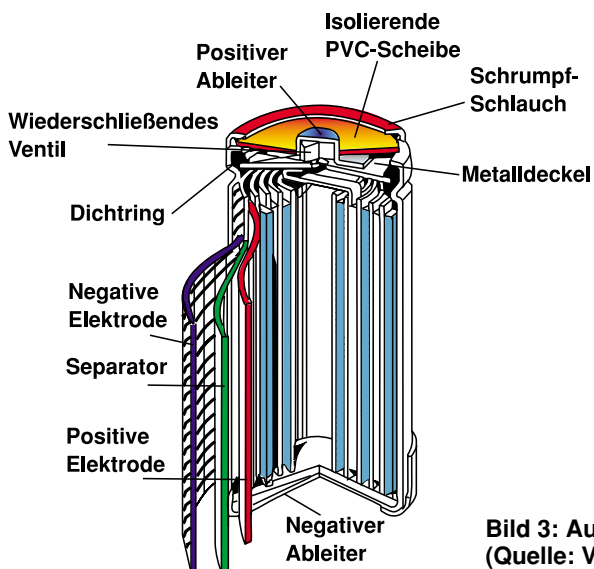
Die negative Entladereserve (in Form von Cd) dient bei Hochstromentladungen als leicht ausnutzbare Kapazitätsreserve (Cd → Cd(OH)₂). Bei NiCd-Knopfzellen für niedrige und mittlere Entladeströme wird eine zusätzliche antipolare Masse (APM) in Form von Cd(OH)₂ an der positiven Elektrode vorgesehen. Diese verzehrt bei Umpolung der Zelle den entstehenden Sauerstoff. Die APM wird bei weiterem Stromfluß während der Tiefentladung geladen. Dadurch wird die Masse aus Cd(OH)₂ zu metallischem Cadmium reduziert. Bei NiCd-Rundzellen wird auf die APM zugunsten der nutzbaren Kapazität verzichtet, da die APM bei höheren Entladeströmen nicht genügend wirksam ist.

Als Elektrolyt dient stets Kalilauge (KOH).

NiMH - wässrige Lösung

Für die meisten herkömmlichen Anwendungen bietet jedoch die NiMH-Technik den State of Art. Wie eine solche Batterie ohne die giftigen Schwermetalle funktioniert, soll der folgende Abschnitt zeigen.

Tatsächlich, die Typenbezeichnung sagt es schon, basiert die Wirkung der NiMH-Technologie auf der chemischen Reaktion zwischen Wasserstoff und einer Nickelverbindung. Dabei besteht der wesentliche



Unterschied zwischen den herkömmlichen NiCd-Zellen und NiMH-Zellen darin, daß das hochgiftige Cadmium durch eine Wasserstoff speichernde Metallegierung in der negativen Elektrode ersetzt wird. Durch die Zusammensetzung der Legierung ergeben sich spezifische Eigenschaften der NiMH-Zellen.

So ist die Wasserstoff-Speicherfähigkeit sehr hoch, wodurch sich die hohe Entladekapazität erklärt. Der Wasserstoff wird drucklos gespeichert, die Handhabung der Zellen bei Ladevorgängen ist also gefahrloser als früher. Und schließlich weisen die Zellen eine hohe Oxydationsstabilität für eine lange Lebensdauer auf.

Im Aufbau der Akkus findet man dann auch die Erklärung für den Begriff „Hydrid“ in der Produktbezeichnung. Die negative Elektrode (siehe Bild 3) besteht aus einer Metallegierung, die Wasserstoff aufnehmen kann, ihn gewissermaßen aufsaugt. Dabei bewegen sich die Wasserstoffteilchen frei zwischen den Metallatomen der Legierung.

Bei der Entladung findet eine Art Aufspaltung des Wasserstoffs statt. Während die positiven Teilchen in die alkalische Lösung, die den Elektrolyten bildet, wandern, bleiben die negativen Teilchen in der Metallegierung zurück. Die Zelle ist entladen, wenn sich alle Wasserstoffteilchen im Elektrolyten befinden. Kehrt man den Entladevorgang um, so findet ein Rücktransport der Wasserstoffteilchen in die Metalllegierung statt.

Die im Rahmen des Ladens an der positiven Elektrode erzeugten Sauerstoffteilchen werden bei der gasdichten NiMH-Technik verzehrt, um einen Druckaufbau im Innern der Zelle zu verhindern. Zusätzlich ist eine Entladereserve notwendig, die eine Oxydation der negativen Elektrode gegen Ende der Entladung verhindert. Daher ist die negative Elektrode gegenüber der positiven Elektrode überdimensioniert.

Die mechanisch kleinere positive Elektrode bestimmt somit die nutzbare Zellenkapazität (Bild 4).

So einfach dieses Wirkungsprinzip klingt, so schwer ist es in der Anwendung, den komplizierten Prozeß der Wasserstoffrückgewinnung tatsächlich zu beherrschen. Obwohl man bereits viele Jahre an dieser Technologie arbeitet, ist man in der Anwendung dieser Akkus vor Überraschungen leider

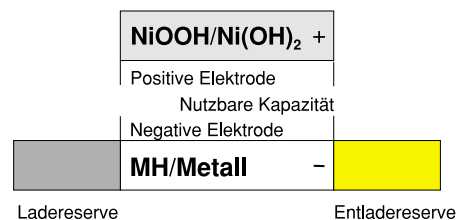


Bild 4: Schematische Darstellung der Elektroden einer NiMH-Zelle (Quelle: Varta)

nicht ganz sicher, falls man nicht speziell für diese Technologie geeignete Ladegeräte einsetzt. So weisen diese Akkus eine erhöhte bzw. rasche Selbstentladung bei Nichtgebrauch auf, man muß sie also ständig in Erhaltungsladung bzw. Entladung betreiben, um die hohe Lebensdauer zu erreichen.

Durch die beschriebenen Wirkungsprinzipien beim Laden und Entladen von NiMH-Akkus kommt es bei diesen Akkus nicht zum bei NiCd-Akkus oft beobachteten Memory-Effekt: Erfolgt bei NiCd-Akkus mehrfach eine Ladung vor der vollständigen Entladung, so kommt es in der Folge nicht mehr zum kompletten Ionenaustausch, die Zelle „merkt“ sich den Kapazitätsverlust und wird zunehmend unbrauchbarer.

Dagegen sind NiMH-Akkus wesentlich empfindlicher gegen Überladung. Dem muß mit aufwendiger Ladetechnik begegnet werden.

Laden ist nicht gleich Laden

Diese Zeile würde uns jeder Akku aufpassen, könnte er sich zu den Mißhandlungen äußern, die wir ihm oft genug antun.

Diese beginnen bei monatelangem Nichtgebrauch und enden noch lange nicht bei Falschpolungen und Einsatz von Billigladegeräten, die Zellen nach Ende der nominellen Ladezeit förmlich glühen lassen. Akkus, die so behandelt werden, danken dies mit baldigem Totalausfall.

Nachdem man die Probleme bei der Aufladung erkannt hatte, entwickelten die Techniker alsbald spezielle Ladeverfahren, die den Lade-/Entladecharakteristiken der Akkus (Bild 5) entsprechen. Die Industrie stellt heute eine große Anzahl spezieller Lade-ICs bereit, die den unterschiedlichsten Anforderungen genügen.

Ziel all dieser Entwicklungen war es, die nominelle Lebensdauer der Akkus optimal auszunutzen, Memoryeffekte zu verhindern bzw. gar zu reparieren, schnell zu laden und eine artgerechte Erhaltungsladung sicherzustellen.

Vom Konstantstrom zum Prozessor

Die einfachsten NiCd-Ladegeräte arbei-

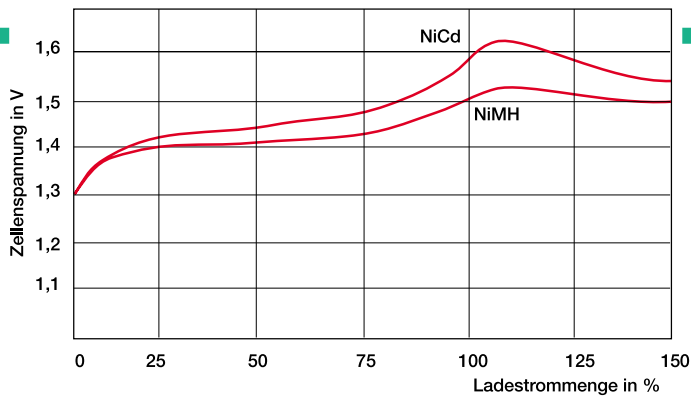


Bild 5: Ladecharakteristik von NiCd- und NiMH-Akkus (Quelle: Varta)

ten auf Konstantstrombasis, d.h., der Akku wird mit einem konstanten Strom, der auf eine Standard-Ladezeit, meist 14 Stunden, ausgelegt ist, geladen (Ladestrom meist 1/10 der aufgedruckten Gesamtkapazität auch mit 0,1 C bezeichnet).

Bei sehr einfachen Geräten muß man diesen Ladevorgang manuell beenden. Wird er insbesondere bei höheren Ladeströmen weitergeführt, führt die überschüssige Sauerstoffproduktion in der Zelle zu starker Erwärmung der selben. Im Extremfall wird hierbei die chemische Struktur der Zelle zerstört.

Bessere Geräte verfügen wenigstens über einen Timer, der nach der fest eingestellten Ladezeit den Ladestrom entweder abschaltet oder ihn zur Erhaltungsladung mit einem weit geringeren Erhaltungsladestrom absenkt (0,01 bis 0,05 C), der in der Größenordnung von einem Zehntel des nominalen Ladestroms liegt.

Das Entladen von Akkus geschieht bei dieser Geräteklasse meist durch eine definierte Belastung des Akkus, bis er die entsprechende Entladeschlußspannung (bei 1,2V-Zellen sind dies 0,8 - 1 V, je nach Herstellerangaben) erreicht hat. Dabei wird die Akkuspannung ständig überwacht und auf Laden umgeschaltet, wenn die Entladeschlußspannung erreicht ist. Das Laden erfolgt in der Regel per Konstantstromladung, bis der Timer entweder abschaltet oder auf Erhaltungsladung (geringer Konstantstrom) umschaltet. Dabei ist der Timer so eingestellt, daß eine etwa 140 bis 150prozentige Kapazität gegenüber der Nennkapazität eingeladen wird.

Die nächste Evolutionsstufe dieser einfachen Ladegeräte besteht in der Möglichkeit der Schnellladung. Dabei wird der Akku mit einem etwa dreimal höheren Strom (0,3 C) wie bei der Normalladung, aber über eine deutlich kürzere Ladezeit, meist 5 Stunden aufgeladen. Hier ist ein installierter Timer unabdingbar, anderenfalls ist ein so überladener Akku schnell unbrauchbar.

Dabei weisen NiCd- und NiMH-Akkus unterschiedliche Ladecharakteristiken auf (Abbildung 5).

Den ebenfalls verschiedenen Entlade-

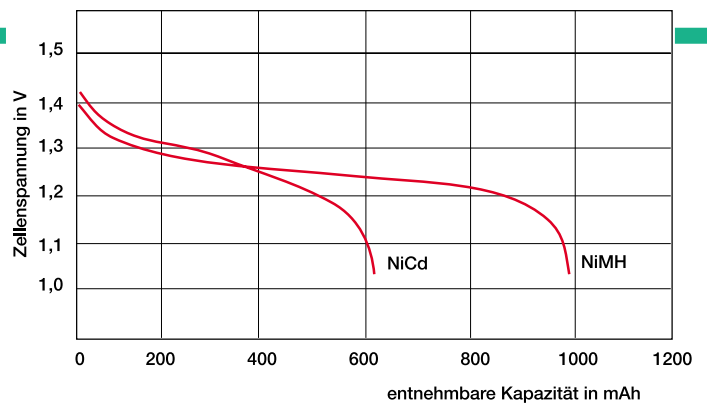


Bild 6: Vergleich der Entladespannungsverläufe von NiCd- und NiMH-Zellen (Quelle: Varta)

kurven beider Akkutypen kann man sehr deutlich entnehmen, wie unterschiedlich die Einsatzgebiete dieser Akkus sind (Abbildung 6).

Um den unterschiedlichsten Charakteristika der Akkus gerecht zu werden, ja sogar einzelne Zellen unterschiedlichen Zustands individuell laden zu können, paßte man bald die Ladeschaltungen an die Ladekurven der Akkus an.

So entstand zunächst das bei Ladegeräten mittlerer Preisklassen recht verbreitete $-\Delta$ -Peak-Ladeverfahren. Es zieht das charakteristische Spannungsmaximum der Akkuspannung bei etwa 100% der Ladekapazität, den „Buckel“ (Peak), zur Auswertung heran, um den Ladevorgang gezielt abzubrechen bzw. umzuschalten.

Der Spannungsabfall nach dem Maximum entsteht durch Erwärmung des Akkus, da der Akku bei Erreichen von 100 % Kapazität keine Energie mehr aufnehmen kann und diese in Wärme umsetzt. Das Delta im Namen des Verfahrens rührt daher, daß die Auswerteschaltung Spannungsdifferenzen zur Beurteilung des Ladezustands heranzieht.

Aber noch immer bleiben bei diesem Verfahren die typischen Schwachstellen

des NiCd-Prinzips übrig, insbesondere der gefürchtete Memory-Effekt.

Wird ein NiCd-Akku wiederholt nicht bis zur Entladeschlußspannung entladen, so „erinnert“ sich der Akku sozusagen daran, nur eine Teilkapazität abzugeben zu haben. Des weiteren kann der durch mehrere Entlade-/Ladezyklen reversible Speicher-Effekt auch durch Tiefentladung oder Dauerladung mit einem geringen Strom entstehen.

Um diesem zu begegnen, entwickelte man das Reflexladeprinzip. Es beruht vor allem im verbesserten Gasaustausch innerhalb der Zelle durch periodische Lade-/Entladezyklen. Dabei wird gezielt die verbesserte Ladefähigkeit von NiCd-Akkus bei höheren Ladeströmen ausgenutzt. Man hat erkannt, daß diese Akkus mit weit höherem Wirkungsgrad geladen werden, je höher der Ladestrom ist.

Durch gepulstes Laden mit bis zu 1 C und Entladen mit bis zu 3 C im Zeitverhältnis von etwa 1 : 100 wird erreicht, daß die beim Laden an der Elektrode ständig gebildeten Sauerstoffmoleküle intervallartig abgebaut werden und so gewissermaßen immer wieder Platz für neuen Gasaustausch in der Zelle entsteht. Dabei steigt die Lade-

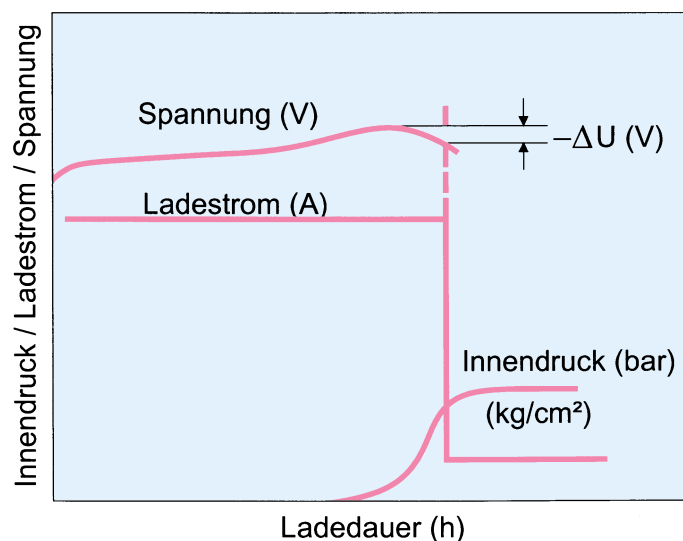


Bild 7: So komplex sieht die innere Struktur eines modernen Lade-ICs aus (Philips TEA1101)

effektivität bis nahe 100 % gegenüber etwa 60 % bei herkömmlichen Ladeverfahren an.

Für dieses Verfahren gibt es, wie fast schon zu vermuten, ein spezielles IC, das einen kompletten Ladeprozessor darstellt, mit der Typenbezeichnung ICS 1700. Die Definition der Ladeendabschaltung funktioniert auch hier ganz ähnlich dem beschriebenen Δ -Peak-Verfahren, ist jedoch durch eingebaute Fehlerprüfalgorithmen weiter optimiert.

Darunter fällt dann auch die Überwachung der Ladecharakteristik des zu ladenden Akkus. Das IC erkennt so auch bereits geladene, überladene und defekte Akkus.

Und schließlich ist hier eine Überwachung der Gehäusetemperatur des Akkus integriert, denn eine Überschreitung einer gewissen Gehäusetemperatur (etwa 50°C) signalisiert sicher den Beginn einer Überladung.

Dieses IC ermöglicht also eine recht sichere und nahezu perfekte Ladung von NiCd-Akkus und relativiert einige der systembedingten Nachteile der NiCd-Akkus, wie Memory-Effekt und unzureichende Kapazitätsnutzung. Auch die definierte Entladung nicht bis zur Ladeschlußspannung entladener Zellen gehört hier zum Standard.

NiMH benötigt High Tech

Wesentlich genauere Ladeverfahren hingegen erfordert der NiMH-Akku. Wie bereits erwähnt, ist er besonders empfindlich gegen Überladung und weist auch eine andere Lade-/Entladecharakteristik auf. Da diese Akkus zudem noch recht teuer sind, lohnt sich die Investition in ein intelligentes Ladegerät auf jeden Fall, zumal den NiMH-Akkus durch deren Hersteller weit aus höhere Lebenserwartungen als bei der NiCd-Technik prognostiziert werden.

Da man auch hier natürlich Schnelllade-

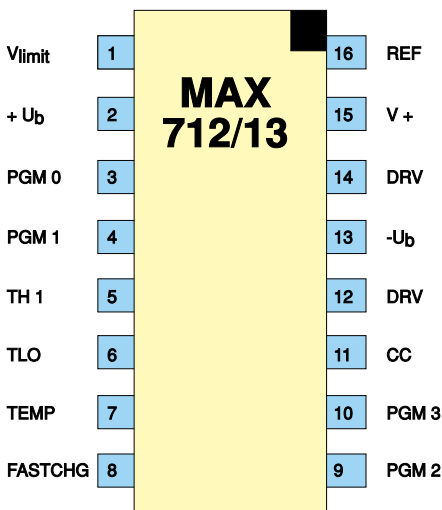


Bild 8: Anschlußbeschriftung des Schnellladecontrollers MAX 712/13

möglichkeiten ausschöpfen will, kommen nur spezialisierte IC-Lösungen in Betracht, wie sie etwa Philips mit dem TEA 1101 (Innenschaltung Bild 7), MAXIM mit der Reihe MAX 712/713 (Bild 8) oder ICS mit dem RISC-Prozessor ICS 1720 (Innenschaltung Bild 9) anbieten.

von Schmutz, wie es ja im Modellbau oft vorkommt. Regelmäßiges Reinigen vermeidet Kriechströme und Schlüsse.

Der Hersteller liefert Akkus zwar voll geladen aus, durch die unterschiedlich langen Wege bis zum Endverbraucher unterliegen diese jedoch einer Selbstentladung,

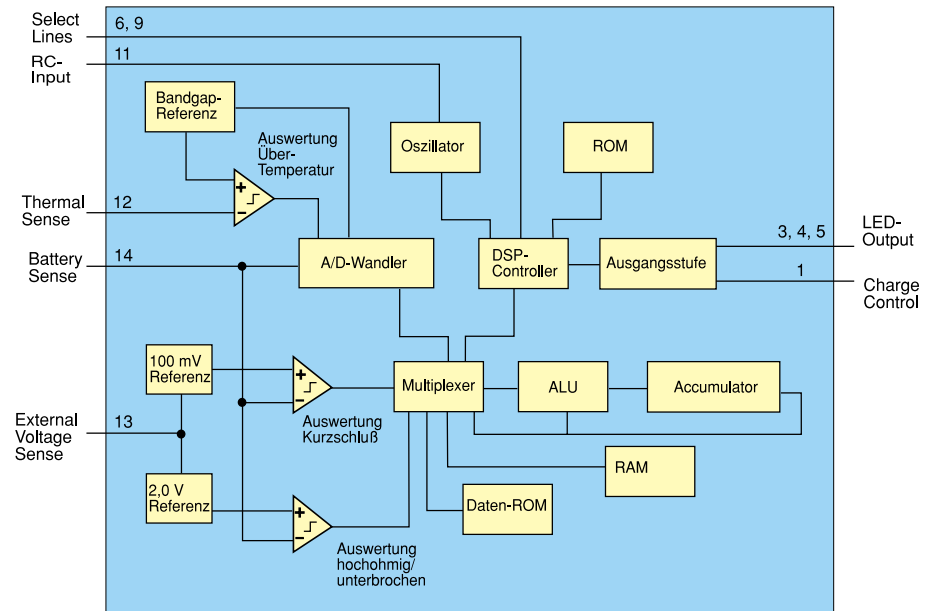


Bild 9: Ein kompletter Mikrorechner steckt in dem RISC-Ladecontroller ICS 1720

Darüber hinaus gibt es weitere Speziallösungen, meist mit integrierten Prozessoren ausgestattet, mit dem Ziel des schnellstmöglichen Ladens ohne Schäden für den Akku. Zahlreiche Sensoreingänge sorgen für die ständige Überwachung von Akkuspannung, Temperatur, Kurzschluß, Unterbrechung, Belegung der Akkufächer mit Akkus unterschiedlicher Kapazitäten usw.

Ein Beispiel für ein solch hochintegriertes, aber sehr einfach aufzubauendes System hat unser Artikel in der Ausgabe 6/94 erst unlängst geliefert. Auch die Reihe unserer Prozessor-Multi-Lader zeigt, welche technischen Aufwand hochwertige Ladegeräte heute erfordern.

Die meisten Geräte dieser Art arbeiten heute nicht mehr mit konstanten Ladeströmen, sondern mit Ladeimpulsen hoher Intensität, um erstens sehr schnell aufladen zu können und zweitens den Memory-Effekt bei NiCd-Akkus zu umgehen. Diese intelligenten Ladekonzepte sorgen für einen wenigstens teilweisen Ausgleich der systembedingten Nachteile von NiCd-Akkus und gleichzeitig für absolut schonendes und klar definiertes Laden.

Behandle sie gut!

Beachtet man einige wenige Grundsätze beim Umgang mit Akkus, danken es Ihnen diese durch ein langes Leben. Dazu gehört zu allererst die Vermeidung der Ablage-

so daß der Hersteller stets eine komplette Erstladung vor der ersten Inbetriebnahme vorschreibt. Erst nach zwei bis drei normalen Lade-/Entladezyklen erreicht ein Akku seine volle Nennkapazität.

Auf jeden Fall sollte man Akkus in regelmäßigen Abständen, d. h. nach jedem 5. bis 10. Ladevorgang, bis zur Entladeschlußspannung entladen, bevor man sie lädt. Die meisten modernen Akkulader tun dies bereits automatisch, um den Memory-Effekt zu vermeiden.

Entladen gelagerte Akkus benötigen nur einen Aufladezyklus bis zum Erreichen der vollen Kapazität.

Auf keinen Fall sollte man direkt an den Akkus löten, in aller Regel weisen diese konfektionierte Anschlüsse auf, die den vorgesehenen Einsatzbedingungen genügen. Eine Ausnahme bilden hier Akkus, die direkt in Leiterplatten eingelötet werden. Hier sollte allerdings eine Lötzeit von max. 10 s nicht überschritten werden.

Selbstverständlich gelten auch für Akkus die Umgangsregeln für normale Batterien wie: nicht kurzschließen, nicht ins Feuer werfen, nicht öffnen oder sonst mechanisch beschädigen.

Aus unserem kleinen Exkurs durch die Welt der wiederaufladbaren Batterien kann man ersehen, daß die unscheinbaren Akkus hinter den Kulissen ein kleines Stück High Tech darstellen, das sorgfältig behandelt werden will, denn von seiner Zuverlässigkeit hängt oft genug viel ab. **ELV**