

Mit bis zu 20 A Entladestrom kann die zur Verfügung stehende Kapazität von Einzelzellen unter realistischen Einsatzbedingungen ermittelt werden. Das HET 20 ist besonders zur Selektion von Zellen im Modellbaubereich geeignet, wobei alle wichtigen Technologien wie NC, NiMH, Blei, Lithium-Ionen und Lithium-Polymer unterstützt werden. Des Weiteren kann der Innenwiderstand der Zelle angezeigt werden.

Allgemeines

Bei Akkus im Hochstrombereich kommt es auf das Verhalten unter realistischen Lastbedingungen an. Neben der Kapazität ist entscheidend, wann die Spannung unter Lastbedingungen zusammenbricht. Je höher der Innenwiderstand, desto mehr ist die entnehmbare Kapazität von den Lastbedingungen abhängig.

Wenn es um die Konfektionierung von Akku-Packs geht, ist es für eine lange Lebensdauer wichtig, dass alle Einzelzellen die gleiche Kapazität aufweisen. Der gesamte Akku-Pack ist immer nur so gut wie die schwächste Zelle. Jede einzelne

Technische Daten: HET 20

Unterstützte Akku-Technologien: NC, NiMH, Pb,
Lithium-Ionen, Lithium-Polymer
Entladestrom: einstellbar von 0,1 A bis 20 A
Entladeschluss-Spannung: je nach Akku-Technologie konfigurierbar (min. 0,8 V)
Display: 2-Zeilen-Grafik-Display mit Hinterleuchtung
Anzeigemöglichkeiten Kapazität, Leerlauf-Spannung, Last-Spannung,
Entladestrom, Akku-Innenwiderstand
Bedienung: menügesteuert über 4 Tasten
Schutzfunktion: Endstufen-Temperaturüberwachung
Spannungsversorgung: 12–16 V_{DC}, 200 mA

Besonderheiten:

4-Leiter-Messtechnik, serielle Schnittstelle, kompakte Abmessungen,
Displayeinheit kann wahlweise liegend oder stehend montiert werden

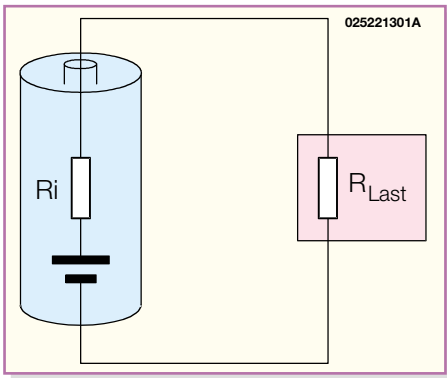


Bild 1: Das vereinfachte Ersatzschaltbild verdeutlicht, dass der Innenwiderstand des Akkus und die Last eine Reihenschaltung bilden.

Zelle besteht aus der Spannungsquelle und einem in Reihe geschalteten Innenwiderstand, wie das vereinfachte Ersatzschaltbild in Abbildung 1 zeigt. Bei mehrzelligen Akku-Packs addieren sich dann die Innenwiderstände der einzelnen Zellen zu einem Gesamtinnenwiderstand, der in Reihe zur angeschlossenen Last liegt.

Je höher der Entladestrom, desto geringer ist der Widerstand der Last und desto mehr Spannung fällt an dem in Reihe liegenden Innenwiderstand ab.

Während des Entladevorgangs eines Akkus steigt der Innenwiderstand kontinuierlich an und die Spannung am Verbraucher sinkt entsprechend ab. Die Leerlaufspannung bei unterschiedlichem Ladezustand ist hingegen nahezu gleich. Vergleichende Messungen des Innenwiderstandes sollten daher immer bei gleichem Ladezustand der Zelle durchgeführt werden.

Treten bei einem Akku-Pack abrupte Spannungseinbrüche beim Entladevorgang auf, so ist dies eindeutig ein Indiz dafür,

dass nicht alle Zellen die gleiche Kapazität haben bzw. eine oder mehrere Zellen bereits geschädigt sind (deutlich zu sehen bei Akku 2 in Abbildung 2). Während des weiteren Entladeverlaufs kann es dann zum Umpolen und somit zur weiteren Schädigung dieser Zelle kommen. Gut selektierte Zellen hingegen sorgen immer dafür, dass Akku-Packs eine hohe Zuverlässigkeit und insbesondere eine lange Lebensdauer haben.

Neben dem Innenwiderstand der Akkus sind bei hohen Strömen natürlich auch Übergangswiderstände, hervorgerufen durch Kabel- und Steckverbindungen, für Spannungsverluste am Verbraucher verantwortlich.

Bei der Messwert-Erfassung unter Lastbedingungen, wie z. B. der Messung der Lastspannung, dürfen die parasitären Widerstände an den Anschlussklemmen nicht unberücksichtigt bleiben. Die parasitären Widerstände können durchaus größer sein als der Innenwiderstand der angeschlossenen Zelle.

Um Messfehler auszuschließen, wird beim HET 20 die 4-Leiter-Messtechnik eingesetzt. Bei dieser Technik fließt der Entladestrom über 2 Anschlussleitungen mit entsprechendem Querschnitt, und 2 zusätzlich, parallel an der Zelle anschließende „Sense“-Leitungen dienen zur Spannungserfassung direkt an der Zelle. Dadurch wird dann die tatsächliche Zellenspannung, unabhängig vom Laststrom, gemessen.

Funktion

Das HET 20 ist als recht kompaktes Modul aufgebaut, wobei für den Einbau in ein Gehäuse die Anzeigeinheit stehend oder liegend montierbar ist. Die Bedienung erfolgt menügesteuert über vier Tas-

ten und zur Anzeige dient ein zweizeiliges Grafik-Display mit zwei mal sechzehn Zeichen und Hintergrundbeleuchtung.

Die Auswahl des Entladestromes erfolgt menügesteuert im Bereich von 0 bis 20 A mit 0,1 A Auflösung. Des Weiteren ist die Akku-Technologie auszuwählen, und die Entladeschluss-Spannung kann bei jedem Akku-Typ im zulässigen Einstellbereich konfiguriert werden.

Da alle Komponenten inklusive Kühlkörper auf der Leiterplatte untergebracht sind, entsteht ein sehr kompaktes Modul, bei dem keine aufwändigen Verdrahtungen erforderlich sind.

Zur Spannungsversorgung der Elektronik ist eine Gleichspannung zwischen 12 V und 16 V erforderlich, die an einer Niederspannungsbuchse anzuschließen ist. Zur externen Weiterverarbeitung werden alle Messwerte zusätzlich in Form eines Datentelegramms an einer einfachen seriellen Schnittstelle ausgegeben.

Bedienung

Zur Bedienung stehen insgesamt vier Tasten unterhalb des Displays zur Verfügung, wobei mit der ersten Taste (links) die gewünschte Anzeige auszuwählen ist.



Ohne Tastenbetätigung wird während des Entladevorgangs die aufsummierte Kapazität bzw. nach Beendigung des Entladevorgangs der ermittelte Kapazitätswert angezeigt.

Neben der Kapazität kann die Anzeige des Entladestroms, der Leerlaufspannung, der Lastspannung und des Akku-Innenwiderstandes erfolgen. Die Auswahl der gewünschten Display-Anzeige erfolgt mit der Taste „Anzeige“, wobei die Taste eine Toggle-Funktion hat, das heißt, die Taste ist so oft zu betätigen, bis die gewünschte Anzeige im Display erscheint.

Verschiedene Einstellmenüs sind mit der rechts daneben angeordneten Toggle-Taste „Menü“ aufzurufen, wobei die Einstellung dann mit der Taste „Auswahl“ vorgenommen wird. Die Übernahme der jeweils getroffenen Einstellungen erfolgt mit der Taste „OK“.

Sämtliche Einstellungen werden im

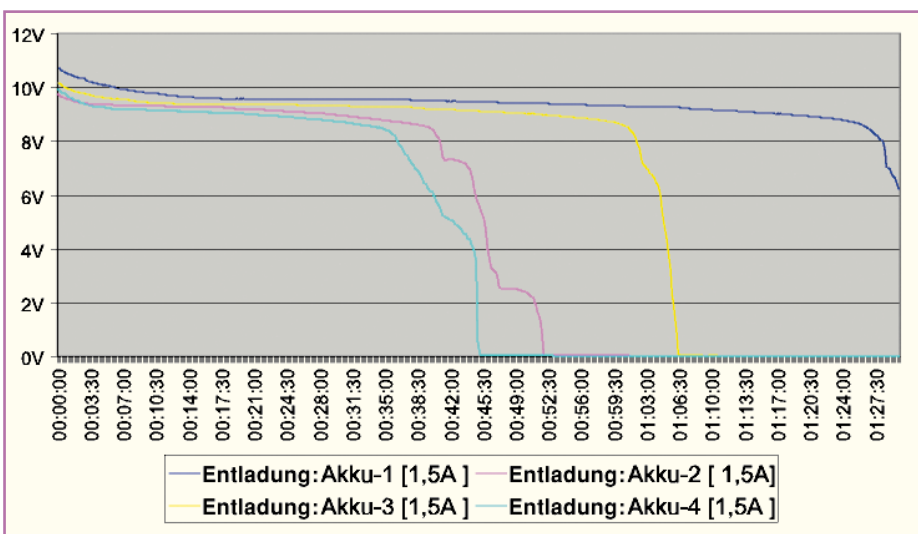


Bild 2: Entladekurven von 4 unterschiedlichen 9,6-V-Akku-Packs bei gleichen Entladebedingungen

EEPROM-Bereich des Prozessors gespeichert und bleiben auch ohne Betriebsspannung nahezu unbegrenzt erhalten.

Betrachten wir nun die Menüs mit den Auswahlmöglichkeiten im Einzelnen:

Menü Stromvorgabe



In diesem Menüpunkt kann mit der Taste „Auswahl“ die Einstellung des gewünschten Entladestromes zwischen 0 und 20 A erfolgen, wobei die Übernahme erst mit Betätigung der Taste „OK“ erfolgt. Auf dem Display erscheint wieder die normale Anzeige.

Menü Akku-Technologie



Der nächste, mit der Taste „Menü“ aufrufende Menüpunkt ist die Akku-Technologie. Hier stehen zur Auswahl NC/NiMH, Pb, Lithium-Ionen und Lithium-Polymer. Nach Auswahl der gewünschten Akku-Technologie ist zur Übernahme wieder die „OK“-Taste zu betätigen oder für weitere Einstellungen zum nächsten Menüpunkt zu wechseln.

Menü Entladeschluss



Je nach verwendeter Akku-Technologie ist die Zellenspannung und somit auch die Entladeschluss-Spannung unterschiedlich. Auf die jeweilige Akku-Technologie angepasst, kann in diesem Menüpunkt eine Veränderung innerhalb der zulässigen Einstellungsgrenzen erfolgen. Tabelle 1 zeigt die zur Verfügung stehenden Einstellungsgrenzen, und die Übernahme des eingestellten Grenzwertes erfolgt wiederum mit der Taste „OK“, sofern nicht zuvor weitere Einstellungen im Menü erfolgen sollen.

Menü Licht



Das zweizeilige Grafik-Display des Hochstrom-Entlade-Testgerätes ist mit einer Displayhinterleuchtung ausgestattet. Mit der Taste „Auswahl“ kann nun bestimmt werden, ob die Beleuchtung ständig ausgeschaltet, ständig eingeschaltet oder nach jeder Tastenbetätigung für 5 Sekunden, 10 Sekunden, 30 Sekunden oder auch 60 Sekunden aktiviert werden soll.

Start/Stop



Zum Start des Entladevorgangs ist ausgehend vom normalen Anzeigemodus kurz die „OK“-Taste zu betätigen. Nun erscheint im Display oberhalb der beiden mittleren Tasten „Start“ und „Stop“.

Mit der Taste unterhalb von „Start“ kann der Entladevorgang gestartet werden, und die Taste unterhalb von „Stop“ dient zum vorzeitigen Abbruch eines bereits gestarteten Entladevorgangs. Der aktivierte Entladevorgang wird zusätzlich mit einer roten LED angezeigt.

Sobald die eingestellte Entladeschluss-Spannung unterschritten wird, erfolgt die automatische Beendigung des Entladevorgangs. Die rote Entlade-Kontroll-LED erlischt daraufhin, und auf dem Display wird die aufsummierte Kapazität angezeigt.

Temperatur-Schutzschaltung

Das Hochstrom-Entlade-Testgerät ist mit einer Übertemperatur-Schutzschaltung ausgestattet, deren Temperatursensor direkt am Kühlkörper montiert ist. Bei Übertemperatur wird der Entladevorgang unterbrochen und automatisch fortgesetzt, sobald die Temperatur wieder auf zulässige Werte abgesunken ist. Während der Übertemperatur erfolgt eine entsprechende Display-Anzeige.

Tabelle 1:
Einstellbereich der
Entladeschluss-Spannung

Akku-Technologie	Einstellbereich
NC	0,8–1,1 V
NiMH	0,8–1,1 V
Blei	1,7–2,0 V
Lithium-Ionen	2,7–3,1 V
Lithium-Polymer	2,7–3,2 V

Schnittstelle

An einer 6-poligen Western-Modular-Buchse steht eine serielle Schnittstelle zur Verfügung, die direkt mit der RS-232-Schnittstelle eines PCs verbunden werden kann. Hier wird im Normalbetrieb ca. alle 500 ms ein Datentelegramm gesendet. Während des Zugriffs auf das Menü erfolgt keine Datenausgabe. Die Datenübertragung erfolgt mit 19.200 Baud, 1 Startbit, 8 Datenbits, 1 Paritätsbit (even) und 1 Stoppbit, wobei das Datentelegramm den in Tabelle 2 dargestellten Aufbau hat.

Die Datenbytes sind vorzeichenbehaftete Integer-Werte, die zum Übertragen in Low-Byte und High-Byte aufgeteilt wurden.

Schaltung

Die Schaltung des Hochstrom-Entlade-Testgerätes ist in Abbildung 3 dargestellt. Durch den Einsatz eines modernen Flash-Mikrocontrollers und eines direkt ansteuerbaren Grafik-Displays hält sich der Schaltungsaufwand in Grenzen. Neben dem 4-KByte-Flash-Speicher verfügt der AVR-Controller (IC 1) über einen integrierten 8-Kanal-A/D-Wandler mit 10 Bit Auflösung, 256 Byte EEPROM und 512 Byte RAM. Abbildung 4 zeigt die interne Struktur dieses interessanten Mikrocontrollers. Die Referenzspannung für den intergrierten A/D-Wandler wird ebenfalls intern generiert.

Das zweizeilige Grafik-Display mit jeweils 16 Zeichen verfügt über einen eigenen Controller und kommuniziert über einen 4-Bit-Bus mit dem AVR-Controller IC 1. Neben dem an PB 2 bis PB 5 angeschlossenen Datenbus sind noch die Leitungen RS, R/W und CE mit dem Haupt-Mikrocontroller verbunden.

Der über R 2 mit Spannung versorgte Einstelltrimmer R 1 dient zur Einstellung des Display-Kontrastes.

Wie bereits erwähnt, verfügt das Display über eine integrierte LED-Hinterleuchtung. Diese wird vom Controller über den Treibertransistor T 1 gesteuert und über R 8 mit Spannung versorgt.

Tabelle 2: Datentelegramm der seriellen Schnittstelle

STX	Kapazität		Entladestrom		Leerlaufspannung		Lastspannung		Innenwiderstand	
0 x 02	hi byte	lo byte	hi byte	lo byte	hi byte	lo byte	hi byte	lo byte	hi byte	lo byte

Alle Zeichen zwischen den Start- und Stoppzeichen müssen so bearbeitet werden, dass kein STX und kein ETX darin vorkommen können. Die Bearbeitung erfolgt nach folgendem Schema:

< STX >	(0 x 02)	wird gesendet als	< ENQ >	(0 x 05)	< DC2 >	(0 x 12)
< ETX >	(0 x 03)	wird gesendet als	< ENQ >	(0 x 05)	< DC3 >	(0 x 13)
< ENQ >	(0 x 05)	wird gesendet als	< ENQ >	(0 x 05)	< NAK >	(0 x 15)

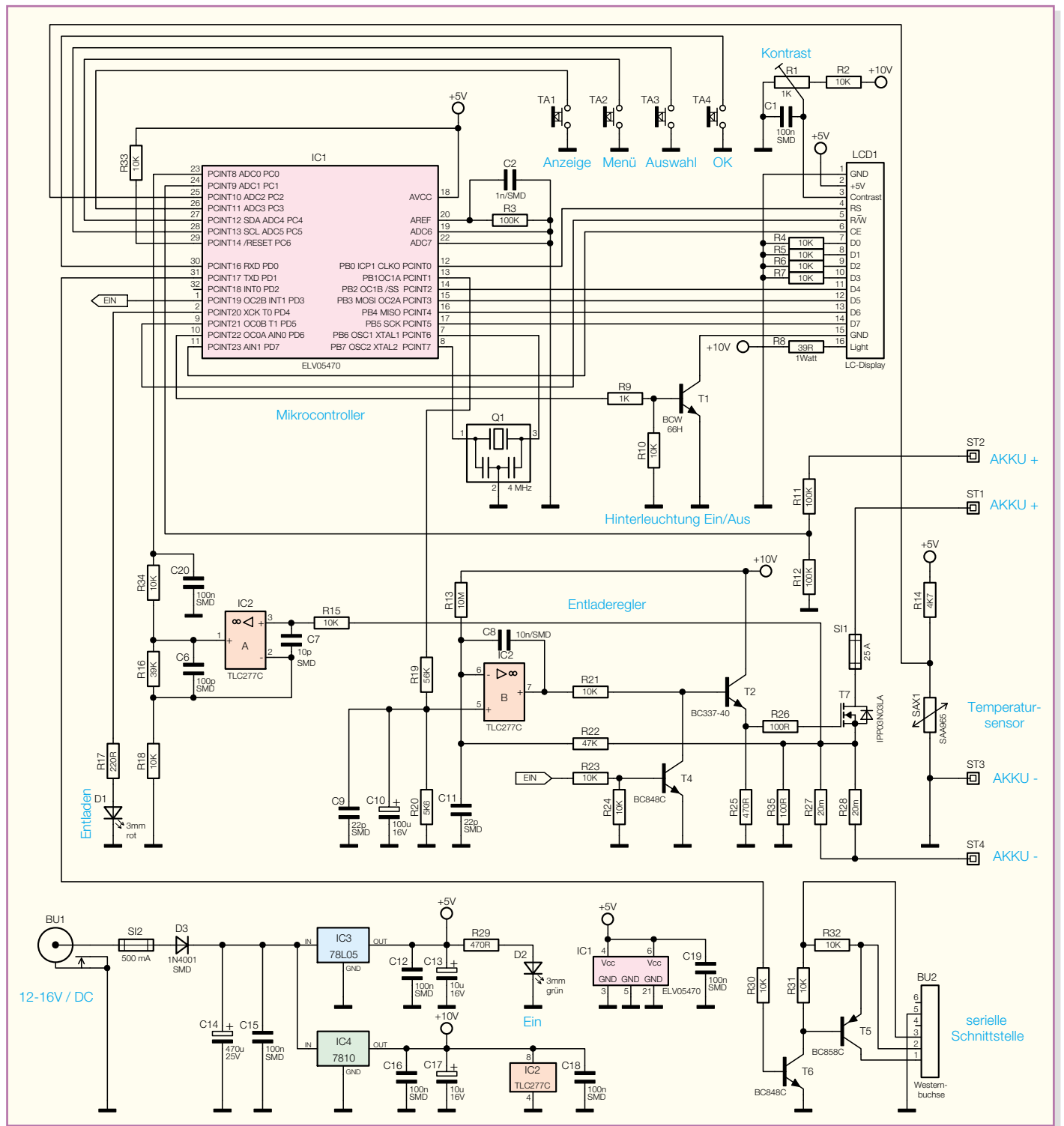


Bild 3: Schaltbild des Hochstrom-Entlade-Testgerätes HET 20

Die Bedientaster des Mikrocontrollers sind ohne weitere externe Beschaltung direkt an Port PC 3 bis PC 5 und Port PD 0 angeschlossen.

Der integrierte Taktoszillator ist an Pin 7 und Pin 8 extern zugänglich und mit dem 4-MHz-Quarzbaustein Q 1 beschaltet. Die erforderlichen Kondensatoren sind integriert.

Unterhalb des Digitalteils ist der analoge Schaltungsteil zu sehen, der im Wesentlichen aus einem Stromregler und

der Leistungsendstufe besteht.

Die Sollwert-Vorgabe für den Endlade-strom erfolgt mit Hilfe eines PWM-Signals von Port PB 1 des Mikrocontrollers. Mit Hilfe des Integrationsgliedes, bestehend aus R 19, R 20 und C 10, wird eine zum Tastverhältnis proportionale Steuer-gleichspannung gewonnen, die als Soll-Wert direkt am nicht-invertierenden Eingang von IC 2 B anliegt.

An den beiden Shunt-Widerständen R 27, R 28 erhalten wir einen Spannungsabfall,

der direkt proportional zum Entladestrom ist und somit den Ist-Wert repräsentiert. Diese Spannung wird über R 22 auf den invertierenden Eingang des Reglers IC 2 B gekoppelt.

Der Reglerausgang (Pin 7) steuert über R 21 den Treibertransistor T 2, der wiederum über R 26 das Gate des FET-Leistungstransistors T 7 steuert.

Abhängig von der Gate-Spannung wird die Drain-Source-Strecke des Transistors niederohmiger oder hochohmiger.

Die Reihenschaltung, bestehend aus der Sicherung SI 1, der Drain-Source-Strecke des Leistungs-FETs T 7 und der parallel geschalteten Shunt-Widerstände R 27 und R 28, belasten den an ST 1 und ST 2 angeschlossenen Akku.

Zur Messung des Entladestromes wird die Spannung an den Shunt-Widerständen abgegriffen und über R 15 auf den mit IC 2 A aufgebauten nicht-invertierenden Verstärker gegeben. Das um den Faktor 4,9 verstärkte Signal gelangt über R 34 auf den im Mikrocontroller integrierten A/D-Wandler zur Spannungsmessung. Das mit R 34 und C 20 aufgebaute RC-Glied dient dabei gleichzeitig zur Störunterdrückung. Schwingneigungen des OPs unterdrückt C 6, und C 7 verhindert HF-Einkopplungen auf die OP-Eingänge.

Zur Spannungsmessung ist der am Pluspol des Akkus angeschlossene Spannungsteiler R 11, R 12 direkt mit dem A/D-Wandler-Eingang PC 1 verbunden.

Die Bezugsmasse für die Messung wird über die an ST 3 angeschlossene „Sense“-Leitung zum Minusanschluss der zu messenden Zelle geführt.

Der Temperatursensor SAX 1 überwacht die Endstufentemperatur direkt am Kühlkörper. Der Widerstand des Sensors und somit auch die Spannung am SAX 1 ändert sich mit der Temperatur. Zur Messung gelangt die Spannung auf den A/D-Wandler-Eingang PC 2 des Mikrocontrollers.

Eine aktivierte Entladung zeigt die Leuchtdiode D 1 an, die über R 17 vom Controller gesteuert wird.

Die vom Mikrocontroller erfassten Messdaten werden als serielles Daten-telegramm an Port PD 1 ausgegeben. Über R 30 gelangen die Daten auf die mit T 6 und T 5 aufgebaute Stufe, die an BU 2 eine RS-232-Schnittstelle zur Verfügung stellt.

Das Netzteil des HET 20 ist recht einfach und besteht im Wesentlichen aus zwei Festspannungsreglern. Zum Betrieb ist eine unstabilierte Gleichspannung zwischen 12 und 16 Volt erforderlich, die an die Niederspannungsbuchse BU 1 anzulegen ist.

Über die Sicherung SI 1 und die Verpolungsschutzdiode D 3 gelangt die unstabilierte Spannung auf den Pufferelko C 14 und die Eingänge der Spannungsregler IC 3 und IC 4.

Während IC 3 ausgangsseitig eine stabilisierte Spannung von 5 V zur Verfügung stellt, liefert IC 4 stabilisiert 10 V. Die Elkos C 13 und C 17 dienen zur Schwingneigungsunterdrückung an den Spannungsreglern und die übrigen Keramik-Kondensatoren verhindern hochfrequente Störeinkopplungen.

Der Nachbau und die Inbetriebnahme des Hochstrom-Entlade-Testgerätes werden im nächsten „ELVjournal“ ausführlich beschrieben.

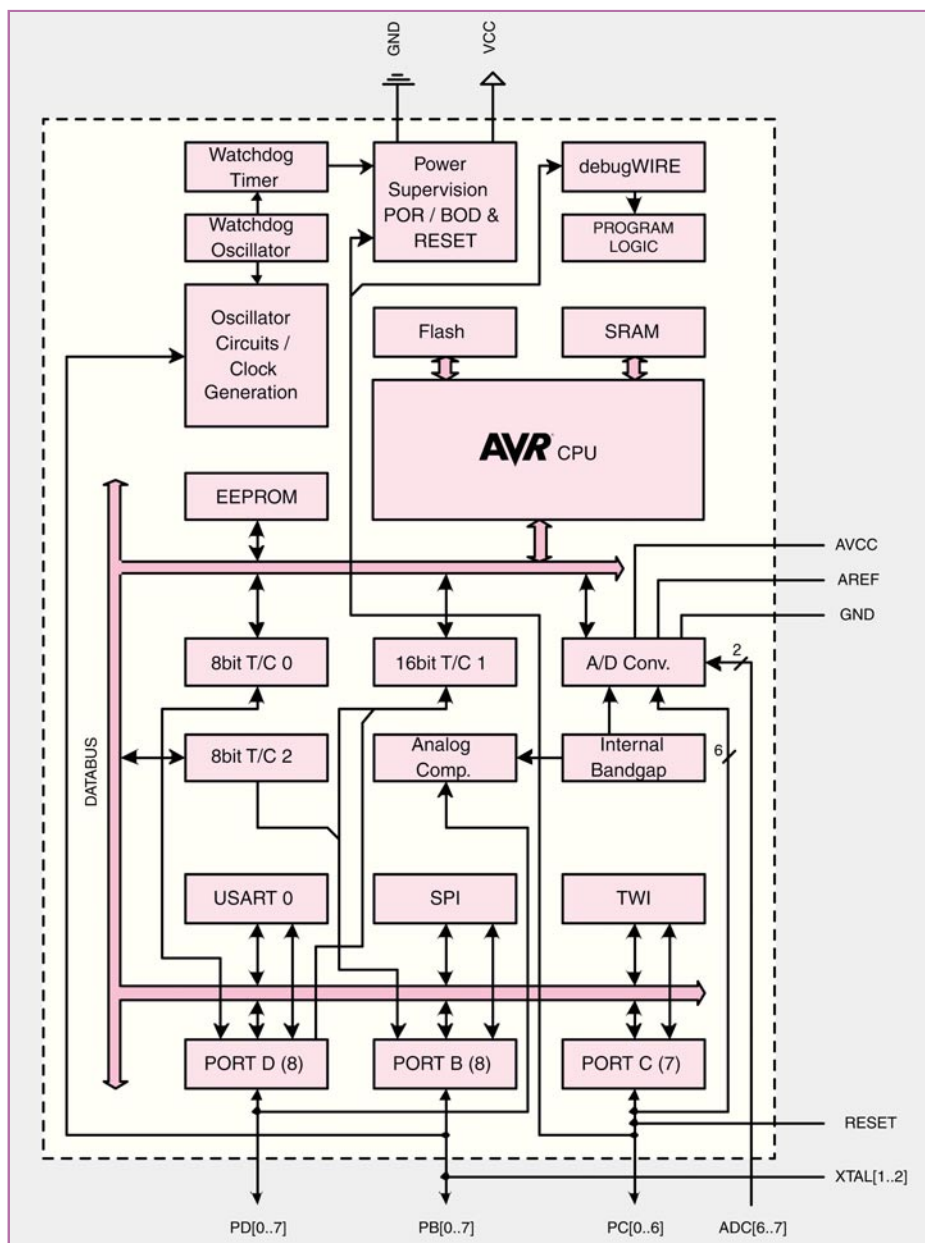
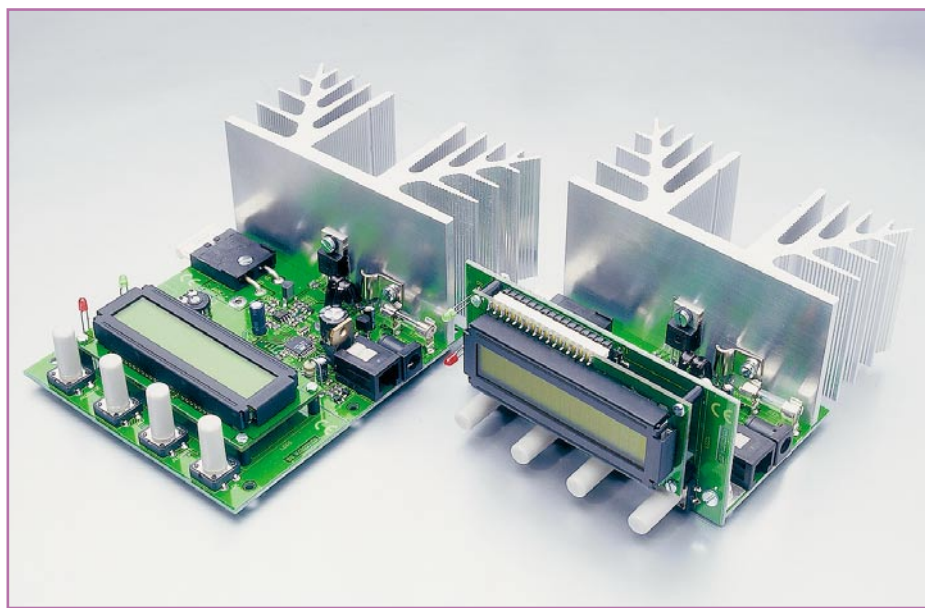


Bild 4: Interner Aufbau des Mikrocontrollers



Ansicht der Montagemöglichkeiten der Displayeinheit