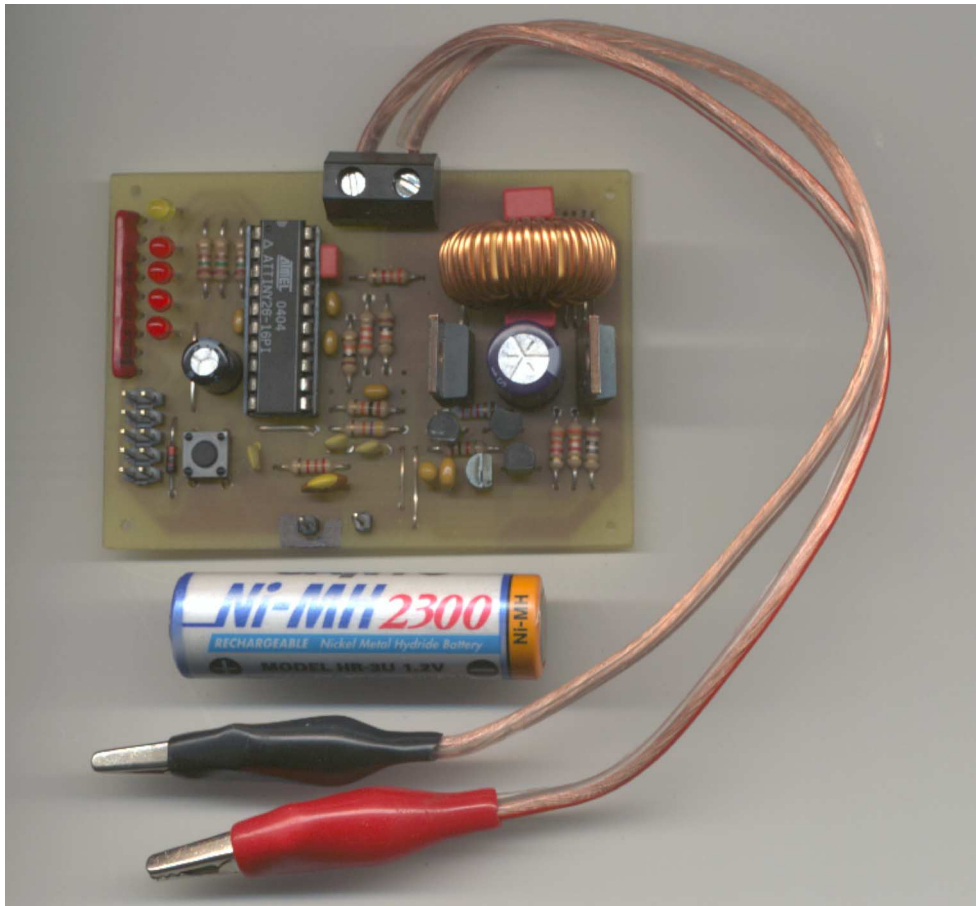


TRXCharger



Reflexladegerät für NiCd und NiMH Akkus

Hardwareversion 0.0.2c
Firmwareversion 1.1.4c

Copyright (C) 2005 Andreas Dittrich <dittrich@eit.uni-kl.de>

Haftungsausschluss

- Jeder verwendet die zur Verfügung gestellten Informationen auf eigene Verantwortung.
- Ich hafte in keinster Weise für Schäden, welche durch die Schaltungen oder durch sonstige Informationen von meiner Seite entstehen.
- Ich übernehme keine Funktionsgarantie und garantiere nicht für Fehlerfreiheit.
- Die angegebenen Schaltungen dürfen nur von einem Fachmann in Betrieb genommen werden welcher über die notwendigen Kenntnisse der Elektronik verfügt und die entsprechenden Sicherheitsvorschriften kennt.

Inhaltsverzeichnis

1	Leistungsmerkmale	1
2	Beschreibung	2
3	Anzeigen, Bedienungselemente	4
3.1	LED - Anzeigen	4
3.2	Wahl des Ladestroms	5
3.3	Schnellladen mit Reflex-Entladeimpulsen.	6
3.4	Normalladen (C/10)	6
3.5	Testmodi zur Bestimmung der Ladeströme und Reflexpulse	7
4	Testen der Schaltung und erste Inbetriebnahme	8
5	Einstellen der Ladestrom-Stufen	10
6	Übertragung der Meßwerte zum PC	12
7	Technische Daten	15
Anhang		16
A	Schaltplan	16
B	Layout	17
C	Stückliste.	18

1 Leistungsmerkmale

- Ladestrom bis ca. 6 A
- Einfacher und kleiner Aufbau (einseitige Platine: 75x50 mm), keine aktive Kühlung und keine Kühlkörper notwendig
- Schnellladen mit Refleximpuls(en) und dreifacher Ladeschlußerkennung (Peak-prediction, -dU, max. 3h)
- Langsamer Anstieg des Ladestroms (Softstart)
- Normalladen (Ladeschluß nach ca. 14h)
- Ein-Knopf-Bedienung
- 30 verschiedene Ladeströme wählbar (15 Schnellladeströme und 15 Normalladeströme)
- Monitoring von Spannung/Strom und Peak-prediction über serielle Schnittstelle möglich
- Testmodi zur Kalibrierung

2 Beschreibung

Der TRXCharger ist ein kleines aber sehr leistungsfähiges Ladegerät für Nickel-Cadmium und Nickel-Metallhydrid Akkus. Es wurde entwickelt um mit hohen Strömen nach dem Reflexladeverfahren selbst einzelne Akku-Zellen mit gutem Wirkungsgrad laden zu können. Der Ladestrom kann mittels Ein-Knopf-Bedienung in 15 Schritten vorgegeben werden (typisch: 300 mA, 600 mA, ... 4500 mA). Das Ladeende wird zuverlässig durch Prädiktion des Spannungsmaximums erkannt. Als Sicherheit wird zusätzlich noch eine "-dU" Erkennung und eine Zeitabschaltung verwendet. Zur Formierung neuer Akkus ist ein Normallade-Modus (C/10) mit Zeitabschaltung implementiert.

Im wesentlichen besteht die Schaltung aus dem kleinen Mikrocontroller ATTiny26 von Atmel, zwei Power-MOSFETs, einem 470 uF Elko und einer 100 uH Spule. Die Stromregelung sowie das Ladeverfahren sind per Software realisiert.

Im Schnelllade-Modus wird mit dem eingestellten Strom geladen. Um zuverlässig den optimalen Ladeschluß-Zeitpunkt zu erkennen, sollte der Strom nicht kleiner als $C/2$ gewählt sein (mit C ist der Strom in Ampere (A) bezeichnet, welcher nominell der angegebenen Akku-Kapazität in Ampere-Stunden (Ah) entspricht).

Der Ladestrom wird beim Ladestart langsam bis zum Sollstrom erhöht. Die Ladung erfolgt dabei in dem dargestellten Zyklus nach Bild 2.1.

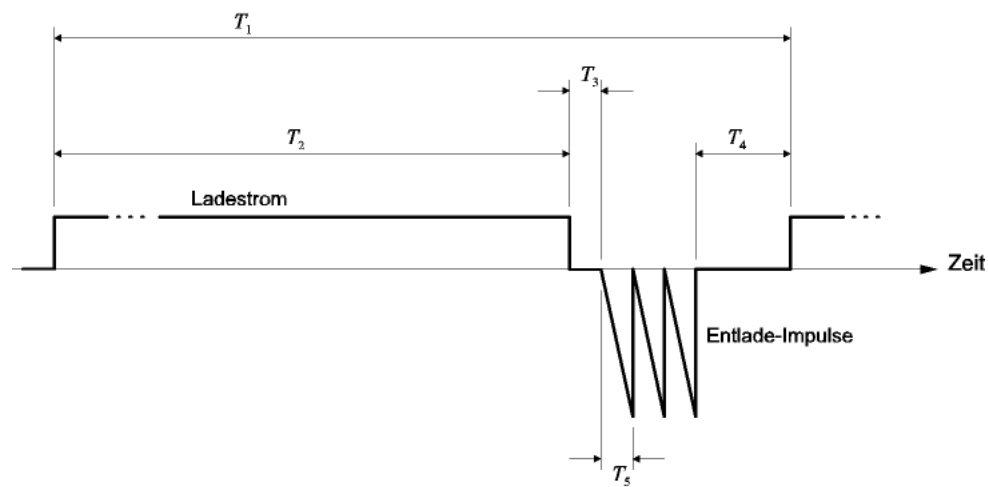


Bild 2.1: Stromverlauf während eines Ladezyklus

T_1 = Dauer eines Zyklus - ca. 1.02 s

T_2 = Laden mit Konstantstrom - ca. 1 s

T_3 = Pause zwischen Laden und Entladen - ca. 1 ms

T_4 = Pause zum Messen der Akkuspannung und z.B. Kommunikation mit PC, ca. 10 ms

T_5 = Dauer einer Entlade-Impuls-Rampe, abhängig von maximalem Entladestrom, verwendeter Induktivität und Akkuspannung - typisch 200 μ s

In der aktuellen Firmware wird der Akku mit drei aufeinanderfolgenden Entladeimpulsen mit dem 4-fachen Ladestrom als Spitzenwert beaufschlagt.

3 Anzeigen, Bedienungselemente

3.1 LED - Anzeigen

Auf der Oberseite befinden sich vier rote Leuchtdioden (Stromwahl-LEDs) und eine gelbe Leuchtdiode (Status-LED). Die Status-LED (rechts außen) zeigt den aktuellen Betriebszustand an. Die vier Stromwahl-LEDs zeigen die aktuelle Stromwahlnummer in binärcodierter Form an (siehe Tabelle 3.1). Der gewählte Ladestrom ergibt sich durch Multiplikation der Stromwahlnummer mit dem Basisladestrom (**I_{charge_min}**) von ca. 200 mA (je nach Kalibrierung). D.h. die Stromwahl-LED **LED_x8** bewirkt ein Strom von 8 x Basisstrom = 1600mA, **LED_x4** 800mA, **LED_x2** 400mA und **LED_x1** 200mA. Der Gesamtstrom ergibt sich dann durch Addition der einzelnen Ströme. Der Normalladestrom beträgt immer ein Zehntel des gewählten Schnellladestroms.

Tabelle 3.1: Stromwahl-LEDs von links nach rechts für den voreingestellten Basisladestrom **I_{charge_min}** = 200 mA

LED_x8	LED_x4	LED_x2	LED_x1	Stromwahl Nr.	Schnell- Ladestrom	Normal- Ladestrom
aus	aus	aus	an	1	200 mA	20 mA
aus	aus	an	aus	2	400 mA	40 mA
aus	aus	an	an	3	600 mA	60 mA
aus	an	aus	aus	4	800 mA	80 mA
...					...	
...						
an	an	an	aus	14	2800 mA	280 mA
an	an	an	an	15	3000 mA	300 mA

Die Status-LED kann die folgenden Betriebszustände signalisieren:

Tabelle 3.2:

LED_Status	Betriebszustand
aus	Es liegt keine Spannung an. Kurzer Tastendruck bewirkt Änderung der Stromwahlnummer. Langer Tastendruck startet Normalladen (Initialladung für spannungslose Zellen).
an	Eine Spannung $>0,1$ V wird gemessen. Kurzer Tastendruck startet die Schnellladung, ein langer Tastendruck Normalladung
sehr schnelles Blinken	Schnellladung. Tastendruck oder Entfernen des Akku bewirkt Abbruch des Ladevorgangs und Rückkehr in den Ursprungszustand
schnelles Blinken	Normalladung. Tastendruck oder Entfernen des Akku bewirkt Abbruch des Ladevorgangs und Rückkehr in den Ursprungszustand.
langsames Blinken	Ladevorgang erfolgreich beendet. Tastendruck oder Entfernen des Akku bewirkt Rückkehr in den Ursprungszustand
alle LEDs blinken kurzzeitig auf	Eintritt in den Ursprungszustand
alle LEDs blinken schnell	Schwerwiegender Hardware/Software Fehler. Neustart nur durch Unterbrechung der Spannungsversorgung möglich

3.2 Wahl des Ladestroms

Nach dem Einschalten bzw. dem Anschließen der Spannungsversorgung leuchten kurz alle LEDs auf. Danach zeigen die Stromwahl-LEDs die Stromwahlnummer an, mit der zuletzt geladen wurde. Die Status-LED leuchtet, sobald ein Akku angeschlossen ist, dessen Spannung größer als 0,1 V ist. Wenn die Status-LED aus ist, d.h. kein Akku angeschlossen ist, kann die Stromwahlnummer durch kurzes Betätigen des Drucktasters um eins erhöht werden. Ist die Stromwahlnummer bereits auf dem Maximalwert von 15, führt ein erneuter Tastendruck wieder zur Stromwahlnummer 1.

3.3 Schnellladen mit Reflex-Entladeimpulsen

Ist ein Akku angeschlossen und die Status-LED leuchtet, wird der Schnellladevorgang mit einem kurzen Tastendruck gestartet. Die Status-LED blinkt sehr schnell. Der Ladevorgang wird automatisch beendet, wenn eine der folgenden Ladeschlusserkennungsarten zutreffen:

- peak prediction
- minus delta U
- Zeitabschaltung (maximale Ladezeit drei Stunden)

Wurde der Ladevorgang normal beendet, blinkt die Status-LED langsam im Sekundenrhythmus. Nach Entfernen des Akku oder Druck auf den Taster kehrt das Ladegerät wieder in den Ursprungszustand zurück. Durch Druck auf den Taster oder durch Entfernen des Akkus, kann der Ladevorgang auch während des Ladens jederzeit unterbrochen werden. Die Rückkehr in den Ursprungszustand wird durch kurzes Aufleuchten aller LEDs quittiert.

3.4 Normalladen (C/10)

Die Normalladung erfolgt mit einem Zehntel des gewählten (Schnell-)Ladestroms. Ist ein Akku angeschlossen und die Status-LED leuchtet, wird der Normalladevorgang gestartet, indem der Taster länger als drei Sekunden gedrückt wird. Leuchtet die Status-LED nicht, weil die Akku-Spannung kleiner als 0.1V ist, kann der Normalladevorgang ebenfalls durch langes Drücken (ca. 3 Sekunden) gestartet werden. Die dabei zunächst erfolgte Erhöhung der Stromwahlnummer wird dann wieder rückgängig gemacht. Die Status-LED blinkt schnell. Der Ladevorgang wird nach ca. 14 Stunden automatisch beendet. Wurde der Ladevorgang normal beendet, blinkt die Status-LED langsam im Sekundenrhythmus. Nach Entfernen des Akku oder Druck auf den Taster kehrt das Ladegerät wieder in den Ursprungszustand zurück. Durch Druck auf den Taster oder durch Entfernen des Akkus, kann der Ladevorgang auch während des Ladens jederzeit unterbrochen werden. Die Rückkehr in den Ursprungszustand wird durch kurzes Aufleuchten aller LEDs quittiert.

3.5 Testmodi zur Bestimmung der Ladeströme und Reflexpulse

In der normalen Firmware gibt es zwei Testmodi, mit denen zum einen ein dauerhafter Ladestrom erzwungen werden kann, oder zum anderen ständig wiederholende Entladeimpulse generiert werden können.

a) Dauerhafter Ladestrom (Stromquelle):

Ladegerät bei gedrückter Taste einschalten und Taste gedrückt halten (ca. 3 Sekunden) bis die Stromwahl-LEDs den Wert 10 anzeigen. Nach dem Loslassen der Taste wird mit dem konstanten Strom von 10 x Basisstrom geladen. Die Status-LED blinkt sehr schnell.

Als Last kann ein Ohmscher Widerstand verwendet werden, so dass mindestens eine Spannung von ca. 0.5 V bis 5V abfällt. Die abfallende Spannung darf nicht größer als die maximale Ladespannung werden.

Der Strom kann mittels Multimeter gemessen werden und daraus kann die korrekte Ladestrom-Konstante **I_charge_factor** ermittelt werden.

b) Wiederholende Entladeimpulse (Reflex-Puls-Stromsenke):

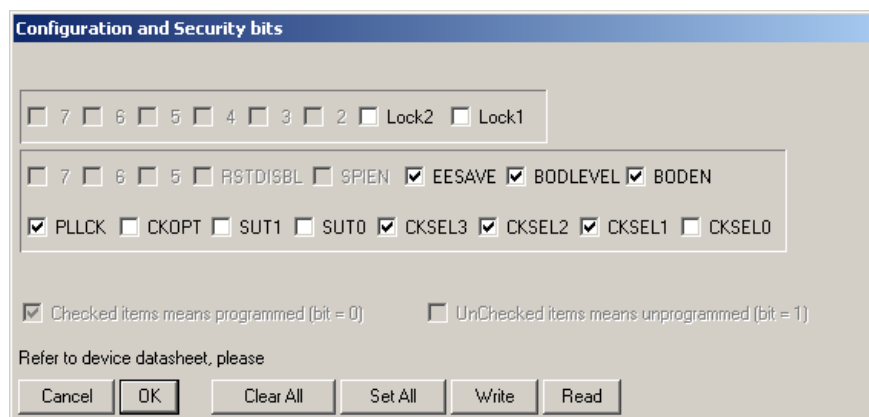
Bei einem weiteren Tastendruck werden kontinuierliche Reflexpulse (Entladeimpulse) erzeugt, die bei der Einstellung von 10xBasistrom während des Ladens benutzt werden. Die Status-LED ist aus, die Stromwahl-LEDs blinken sehr schnell. Es muss eine äußere Spannungsquelle (Akku) vorhanden sein. Ein erneutes Betätigen des Tasters bewirkt die Rückkehr in den Normalzustand.

Der Spitzenwert des Entladestroms kann z.B. mittels Oszilloskop und dem Shuntwiderstand gemessen werden und daraus die Reflexpuls-Konstante **T_discharge_factor** ermittelt werden. Alternativ kann diese Konstante auch mittels der anderen Bauteilwerte abgeschätzt werden.

4 Testen der Schaltung und erste Inbetriebnahme

(I) Fuse-Bits zu setzen: (0xF0, 0x71)

Lock2:	unprogrammed (1)
Lock1:	unprogrammed (1)
RSTDISBL:	unprogrammed (1)
SPIEN:	programmed (0)
EESAVE:	programmed (0)
BODLEVEL:	programmed (0)
BODEN:	programmed (0)
PLLCK:	programmed (0)
CKOPT:	unprogrammed (1)
SUT1:	unprogrammed (1)
SUT0:	unprogrammed (1)
CKSEL3:	programmed (0)
CKSEL2:	programmed (0)
CKSEL1:	programmed (0)
CKSEL0:	unprogrammed (1)



(II) Test-Prozedur:

Test-Firmware programmieren und Schaltung in Betrieb nehmen. Alle LED sollten nach dem Anschluss der Spannungsversorgung leuchten. Durch Tastendruck werden ab jetzt die einzelnen Testprogramme abgerufen.

- (A) LED-Test

Alle LEDs sind an. Durch Tastendruck wird jeweils eine LED ausgeschaltet.

- (B) Port-Test (Pins: PA2, PA4, PA6, PA7)

Die Status-LED blinkt langsam (ca. 1000 ms Zyklus). Die roten LEDs zeigen die folgenden Testnummern an:

- 1: [0001] - PA2 high
- 2: [0010] - PA2 low
- 3: [0011] - PA2 high Z
- 4: [0100] - PA4 high
- 5: [0101] - PA4 low
- 6: [0110] - PA4 high Z
- 7: [0111] - PA6 high
- 8: [1000] - PA6 low
- 9: [1001] - PA6 high Z
- 10: [1010] - PA7 high
- 11: [1011] - PA7 low
- 12: [1100] - PA7 high Z

- (C) FET-Test

Die Status LED blinkt schnell (100 ms)

- 1: [0001] - N-FET on
- 2: [0010] - N-FET off
- 3: [0011] - P-FET on
- 4: [0100] - P-FET off

- (D) Lade-Test

Die Status LED blinkt sehr schnell (50 ms)

- 1: [0001] - low current charge ($I_{\text{charge_min}}/10$)
- 2: [0010] - normal current charge ($I_{\text{charge_min}}$)
- 3: [0011] - high current charge ($I_{\text{charge_min}}*10$)
- 4: [0100] - maximum current charge ($I_{\text{charge_min}}*15$)

Ein erneutes Betätigen des Druckknopfes startet die Testsequenz wieder bei (A)

(III) Aufspielen der regulären Firmware und Programmierung des EEPROM mit den ermittelten Konstanten **$I_{\text{charge_factor}}$** und **$T_{\text{discharge_factor}}$** .

5 Einstellen der Ladestrom-Stufen

Zur korrekten Funktionsweise müssen die beiden Konstanten **I_charge_factor** und **T_discharge_factor** ermittelt werden und im EEPROM an die folgenden Speicherstellen geschrieben werden.

```
----- 8< -----
.EQU I_charge_factor = 14100
.EQU T_discharge_factor = 2050
.ESEG
.dw I_charge_factor ; unsigned 16 bit integer
.dw T_discharge_factor ; unsigned 16 bit integer
----- 8< -----
```

Im Weiteren wird beschrieben, wie diese beiden Konstanten berechnet werden.

a) Shuntwiderstand **R_shunt** messen oder abschätzen bzw. berechnen:

R_shunt = **R12** || **R17** || **R18** || **R19** (Parallelschaltung der vier Widerstände bzw. Widerstandsdraht)

b) kleinste Ladestufe **I_charge_min** je nach Wunsch auswählen. Der Maximal mögliche Ladestrom ist dann 15 mal so groß.

Berechnung von **I_charge_factor**:

$$\mathbf{I_charge_factor} = \frac{\mathbf{I_charge_min} \cdot \mathbf{R_shunt}}{1\text{V}} \cdot 20 \cdot 1024 \cdot 100$$

Wichtig: **I_charge_factor** muss kleiner als 17408 sein, da sonst der interne ADC Eingangsbereich übersteuert ist, und der Ladestrom nicht mehr geregelt werden kann. Ggf. ist der Shunt-Widerstand zu verkleinern.

c) Spannungsteilerverhältnis berechnen: **R14** / (**R13** + **R14**)

d) Die Induktivität der Spule **L1** messen oder abschätzen.

e) Maximalen Entladestrom **I_peak** bei der kleinsten Ladestromvorgabe nach Wunsch auswählen. Typisch ist der 4-fache Ladestrom.

Berechnung von **T_discharge_factor** (Einheiten beachten! Der Gesamtausdruck ist einheitslos):

$$\mathbf{T_discharge_factor} = \mathbf{I_peak} \cdot \frac{\mathbf{R14} \cdot \mathbf{L1}}{\mathbf{R14} + \mathbf{R13}} \cdot 2,56 \text{ V} \cdot 10 \mu\text{s} \cdot 2048$$

f) Optional: Nachjustierung der berechneten Konstanten.

Mittels Testmodus und Messgerät den tatsächlichen Ladestrom **I_charge_10x_measure** messen und die Konstante **I_charge_factor** anpassen:

$$\mathbf{I_charge_factor} = \frac{\mathbf{I_charge_factor_old} \cdot \mathbf{I_charge_min} \cdot 10}{\mathbf{I_charge_10x_measure}}$$

Ebenso den Spitzenwert des Entladeimpulses **I_discharge_10x_measure** messen und die Konstante **T_discharge_factor** anpassen:

$$\mathbf{T_discharge_factor} = \frac{\mathbf{T_discharge_factor_old} \cdot \mathbf{I_peak} \cdot 10}{\mathbf{I_discharge_10x_measure}}$$

Anmerkungen:

Der Ladestrom ist hauptsächlich vom Shunt-Widerstand abhängig.

Der Entladeimpuls wird durch Kurzschließen des Akkus und der Spule in Serie für eine definierte Zeitspanne erzeugt. Dafür wird intern folgendes Verfahren angewendet:

Zuerst wird die Akku-Spannung mittels des Spannungsteilers **R13-R14** gemessen und die entsprechende Kurzschluss-Zeitspanne aus dem eingestellten Ladestrom berechnet, so dass der Entladeimpuls proportional zum eingestellten Ladestrom ist.

Somit ist der Entladeimpulsstrom hauptsächlich von dem Widerstand **R13, R14** und der Induktivität der Spule **L1** abhängig.

6 Übertragung der Meßwerte zum PC

Im Bereitschaftszustand (Status LED ist dauerhaft aus oder dauerhaft an) wird ca. jede Sekunde die anliegende Spannung an den Eingangsklemmen sowie der Spannungsabfall über dem Shunt-Widerstand gemessen und der entsprechende ADC-Wert über den Ausgangspin **PA6** in einem seriellen Datenformat ausgegeben. Dadurch ist es z.B. möglich eine einfache Kapazitätsmessung des Akkus durchzuführen, indem der Akku über einen Lastwiderstand und den Shuntwiderstand in Serie entladen wird.

Während dem Schnellladen bzw. Reflexladen wird pro Zyklus die Spannung am Akku sowie das interne Abschaltkriterium übertragen.

Es werden immer Pakete von je 10 Byte in folgendem Format übertragen:

packet() {	(bit)	(datatype)
sync_startbyte = 0xED	8	uint8
value_1	16	
value_2	16	
value_3	16	
packet_id	8	uint8
checksum	8	uint8
sync_stopbyte = 0x4D	8	uint8
}		

Die Prüfsumme **checksum** ist die Summe aller Bytes modulo 256, außer **sync_startbyte**, **checksum** und **sync_stopbyte**.

Die Datenrate beträgt 19200 Baud. Ein Byte wird mit Start- und Stopbit ohne Parity-Bit übertragen.

Je nach Betriebszustand werden die folgenden Werte übertragen:

Tabelle 6.1:

Zustand	packet_id	value_1	value_2	value_3
Idle / Bereitschaft	0x51	V_big	V_shunt	-
Schnellladen	0x50	V_small or V_big	cyclecounter	stopcounter

uint16_t **V_big** == Summe aus 32 AD-Wandlungen mit je 10 bit Auflösung bezüglich interner Spannungsreferenz ($U_{\text{ref}} \approx 2,56 \text{ V}$). Die Spannung an den Eingangsklemmen wird bei eingeschaltetem Spannungsteiler **R2-R10** ermittelt. Somit ergibt sich die dort anliegende Spannung zu:

$$U_{\text{akku}} = \frac{\mathbf{V_big}}{32 \cdot 1024} \cdot U_{\text{ref}} \cdot \frac{\mathbf{R2} + \mathbf{R10}}{\mathbf{R2}}$$

uint16_t **V_small** == Summe aus 32 AD-Wandlungen mit je 10 bit Auflösung bezüglich interner Spannungsreferenz. Die Spannung an den Eingangsklemmen wird direkt gemessen. Somit ergibt sich die anliegende Spannung zu:

$$U_{\text{akku}} = \frac{\mathbf{V_small}}{32 \cdot 1024} \cdot U_{\text{ref}}$$

uint16_t **V_shunt** == Summe aus 32 AD-Wandlungen mit je 10 bit Auflösung bezüglich interner Spannungsreferenz. Die Spannung über dem Shunt-Widerstand wird gemessen. Der Strom ergibt sich dann zu:

$$I_{\text{shunt}} = \frac{\mathbf{V_shunt}}{32 \cdot 1024} \cdot \frac{U_{\text{ref}}}{\mathbf{R_shunt}}$$

uint16_t **cyclecounter** == kontinuierlicher aufsteigender Paketzähler

int16_t **stopcounter** == Abschaltkriterium. Ist der Wert Null erreicht, wird die Ladung beendet.

Mit der Schaltung in Bild 6.1 kann die serielle Schnittstelle des PC mit dem Ausgangspin **PA6** verbunden werden.

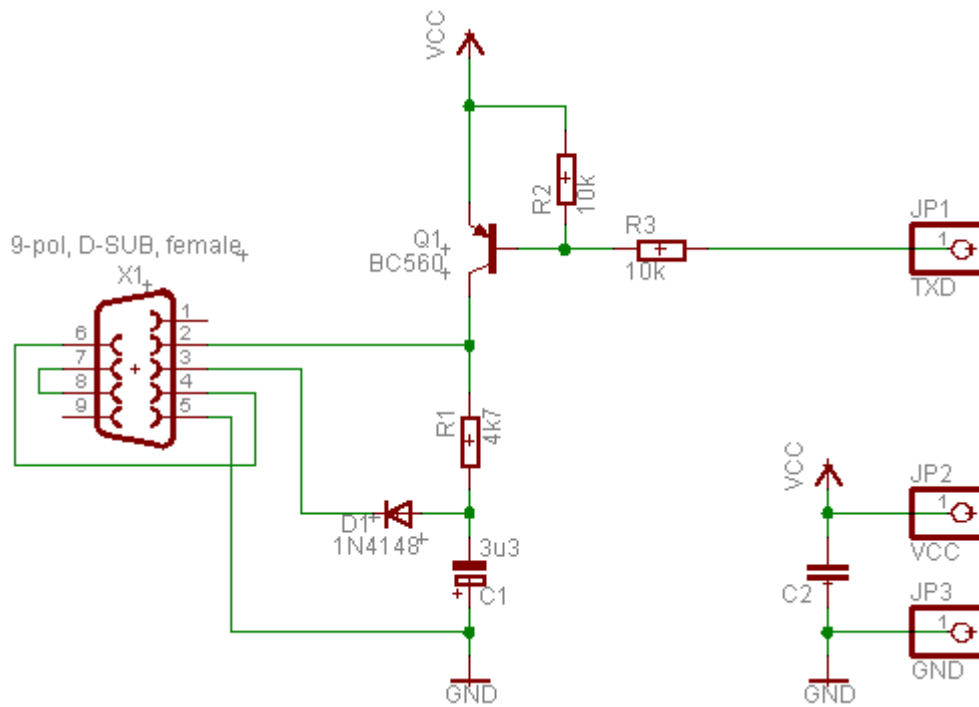


Bild 6.1: Adapter zur Übertragung der Meßwerte an den PC

7 Technische Daten

- Betriebsspannung: 9 V .. 25 V
- Ladestrom: 0 .. 6 A
- Ladespannung: 0.5 V .. 8 V
maximal 2/3 der Betriebsspannung, maximal 4 NiCd Zellen / 5 NiMH Zellen

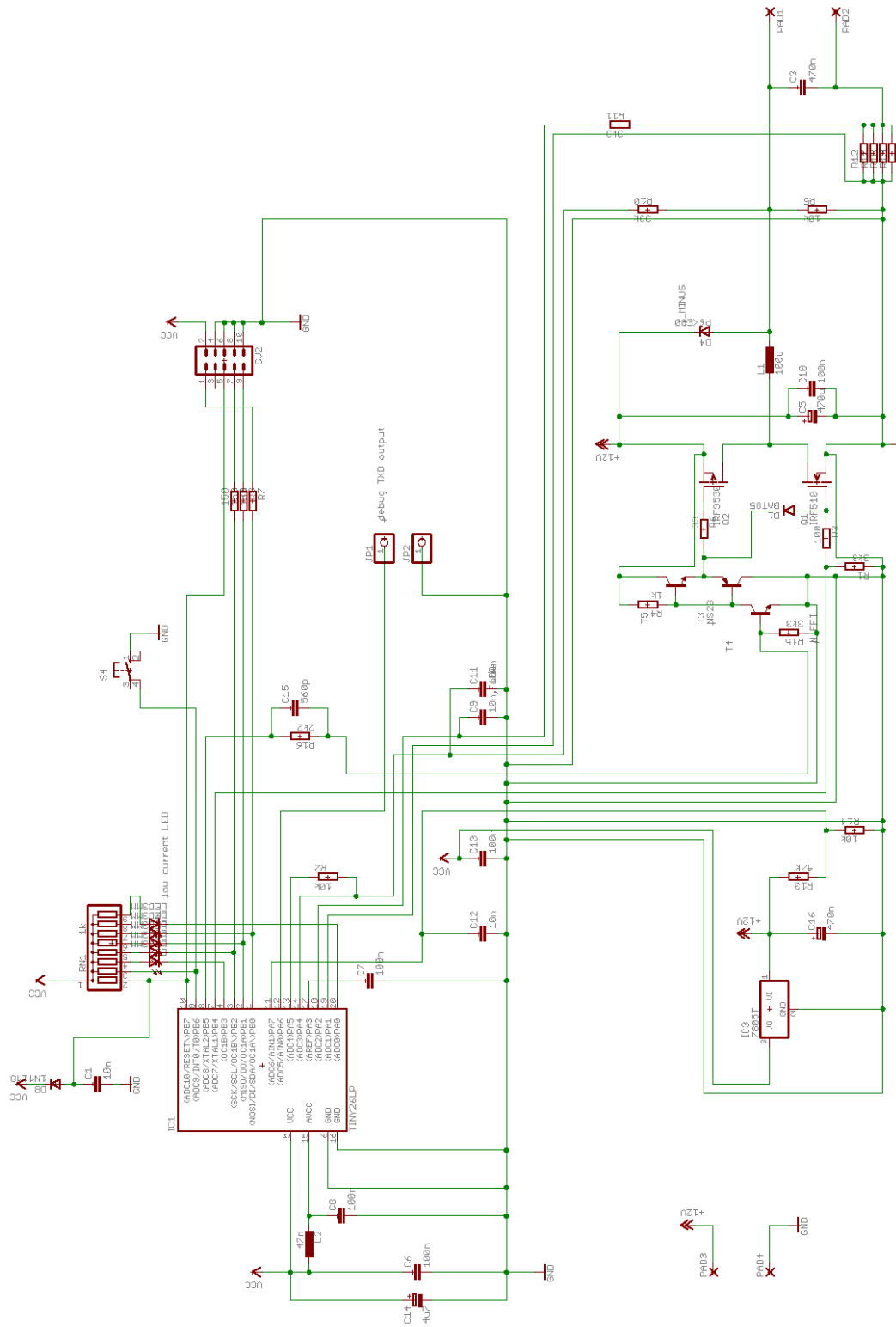
Wichtig:

Die Betriebsspannungsquelle muss die mittlere Ladeleistung zur Verfügung stellen können und darf während dem Betrieb nicht unter die minimal angegebene Betriebsspannung sinken, da sonst der P-MOSFET nicht mehr richtig geschaltet werden kann und dadurch möglicherweise zerstört wird.

Bei einem Ladestrom von ca. 2 Ampere werden die MOSFETs nur "handwarm". Sollte ein MOSFET sehr heiß werden, liegt ein Fehler im Aufbau vor.

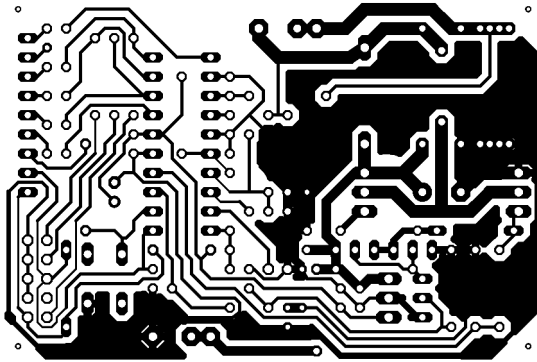
Anhang

A Schaltplan

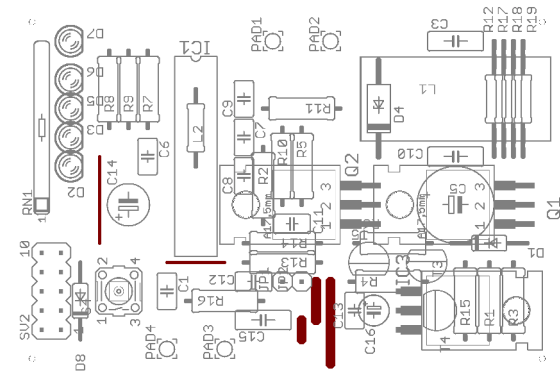


B Layout

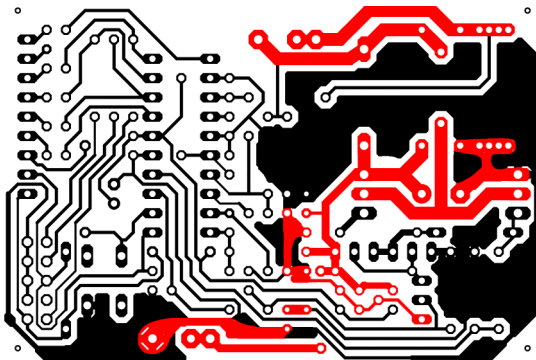
Layout (Sicht von der Bestückungsseite „durch“ die Platine)



Bestückung (rote Leiterbahnen sind Drahtbrücken):



Zu verstärkende Leiterbahnen:



C Stückliste

IC1	TINY26LP, 16MHz interne PLL-clock -> Fuse-Bits setzen!
IC2	7805, 5V Festspannungsregler
Q1	IRL3803, N-FET, $R_D = 0.009 \text{ Ohm}$ @ $V_{GS} = 4.5V$
Q2	IRF5305, P-FET, $R_D = 0.06 \text{ Ohm}$ @ $V_{GS} = -10V$
T3	BC327
T4	BC547
T5	BC337
L1	100u, Drossel, $I > 5A$
L2	47n, Festinduktivität oder dünne Drahtbrücke
S4	Drucktaster
SV2	Stiftleiste 5x2
D1	BAT85, Schottky-Diode
D8	1N4148, Standard Silizium-Diode
D4	P6KE30, Überspannungs-Schutzdiode 30V
D2, D3, D5, D6, D7	LED3MM (low current!), 4xrot = Stromwahlanzeige
D7	LED3MM (low current!), 1xgelb = Statusanzeige
R6	33
R3	100
R7, R8, R9	150
R4	1k
R16	2k2
R1, R11, R15	3k3
R2, R5, R14	10k
R10	33k
R13	47k
RN1	1k, Widerstandsnetzwerk SIL9
R12, R17, R18, R19	Widerstandsdraht. Maximaler Spannungsabfall bei I_{max} : $U_{max} = 0.125V$. z.B. 4*1.5cm mit 5 Ohm/m => 0.0187 Ohm, $I_{max}=6.7A$.
C1, C12	10n, RM2.5, Keramik
C9	10n, RM2.5, Folie (WIMA)
C6, C7, C8, C11, C13	100n, RM2.5, Vielschicht, 20%
C10	100n, RM5.0, Folie, 20%
C15	560p, RM5.0, Keramik
C3	470n, 63V, RM5.0, Folie, 20%
C16	470n, 35V, RM2.5, Elko oder Vielschicht, 20%
C5	470u, 35V, RM5.0, Elko
C14	4u7, >5V, RM2.5, (Subminiatur-) Elko
JP1, JP2	Anschlüsse für serielle Kommunikation
o---o	5 x Drahtbrücke (z.B. D=0.6mm versilberter oder verzinnter Kupferdraht)
====	Kupferdraht oder dicke Zinnschicht zur Verstärkung der Leiterbahn
PAD1,2,3,4	2x Klemmen 2pol., RM7.5 oder RM5.0