

Ladecontroller TEA 1102

Kurzbeschreibung:

Schnelllade-IC für das Laden von NiCd-, NiMH-, Blei- und Lilon-Akkus mit programmierbaren Ladeverfahren, Erhaltungsladung, Temperaturüberwachung und Kurzschlußschutz.

Hersteller: Philips Semiconductors

- **Sicheres und schnelles Laden von NiCd-, NiMH-, Blei- und Lilon-Akkus**
- **Einstellbarer Schnell-Ladestrom (0,5C bis 5C)**
- **Impuls-Erhaltungsladung (NiCd/NiMH), Refresh-Funktion**
- **Temperaturüberwachtes Laden ($\Delta T/\Delta t$ -Ladeverfahren, NiCd, NiMH)**
- **Spannungsmaximum-Ladeverfahren ($-\Delta U = 0,25\%$), NiCd, NiMH)**
- **Laden auch bei angeschlossener Last möglich (NiCd, NiMH)**
- **Laden mit Konstantstrom/Konstantspannung für Blei- und Lilon-Akkus**
- **Analoges bzw. pulsbreitenmoduliertes Signal zur Ansteuerung eines externen Leistungstransistors, damit Anwendung als Linear- oder Schaltregler möglich.**
- **Schutzfunktionen: Temperaturfenster für Schnellladung, Zeitabschaltung, Leerlauf- und Kurzschlußüberwachung**

Pinbelegung

Der TEA 1102 ist in den Versionen TEA 1102 im DIP20-(DIL-) Gehäuse und als TEA 1102 T im SO20- (SMD-) Gehäuse erhältlich. Ein Derivat ist der TEA 1103, der nur die Behandlung von NiCd/NiMH-Akkus ermöglicht.

Tabelle 1: Pinbelegung des TEA 1102

Pin	Name	Funktion
1	V _{stb}	Eingang für Stand-by-Regelspannung (NiCd/NiMH)
2	IB	Ladestrom-Einstellung
3	GND	Masse
4	PSD	Programmiereingang $\Delta T/\Delta t$ -Abtastzyklus
5	LED	Anschluß für Ladekontroll-LED
6	POD	Programmiereingang Oszillator-Teilerfaktor
7	PTD	Programmiereingang Time Out
8	NTC	Eingang Temperatursensor
9	MTV	Spannungs-/Temperatur-Maximum
10	RFSH	Ein-/Ausgang für Refreshsteuerung
11	FCT	Programmiereingang für Einstellung des Ladeverfahrens und Akkutyps (LiIon/Blei)
12	V _p	Plus-Eingang Betriebsspannung
13	V _{sl}	geschalteter Referenzspannungsausgang
14	OSC	Anschluß für Oszillatorkapazität
15	PWM	Ausgang Pulsweitenmodulator
16	V _s	Ausgang stabilisierte Referenzspannung
17	LS	Eingang Regelschleifenkapazität
18	AO	Analog-Ausgang
19	V _{bat}	Abtasteingang Akkuspannung
20	R _{ref}	Referenzwiderstandeingang zur Stromeinstellung

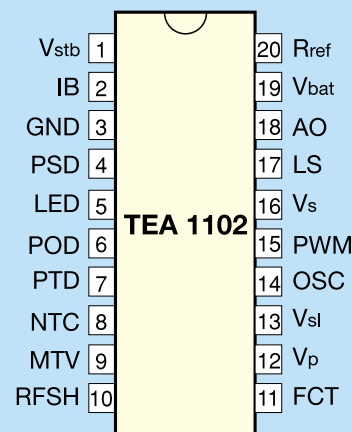


Bild 1:
Pinbelegung des Lade-ICs TEA 1102 (DIL-Gehäuse)

Tabelle 2: Grenzwerte des TEA 1102

Betriebsspannung positiv V _p	-0,5 bis +11,5 V
Ausgangsspannung an Pin 5	-0,5 bis +15 V
Spannung an PWM, LS und NTC	-0,5 bis +V _s
Spannung an Pin 2	-0,5 bis + 1,0 V
Ausgangsstrom Pin 16	-3,0 bis +0,01 mA
Ausgangsstrom Pin 13	-1,0 bis +0,3 mA
Ausgangsstrom Pin 5	12 mA
Ausgangsstrom Pin 18	-10 bis +0,05 mA
Ausgangsstrom Pin 15	-15 bis +14 mA
Ausgangsstrom Pin 20	-1,0 bis +0,01 mA
Stromaufnahme (T _j < 100°C)	max. 30 mA
Stand-by-Stromaufnahme (V _p = 4 V)	max. 45 µA
Dauerverlustleistung (TA = + 85°C)	
- Gehäuse DIP	1200 mW
- Gehäuse SO	600 mW
Arbeitstemperaturbereich	-20°C bis +85°C
Max. Sperrschichttemperatur	+150°C

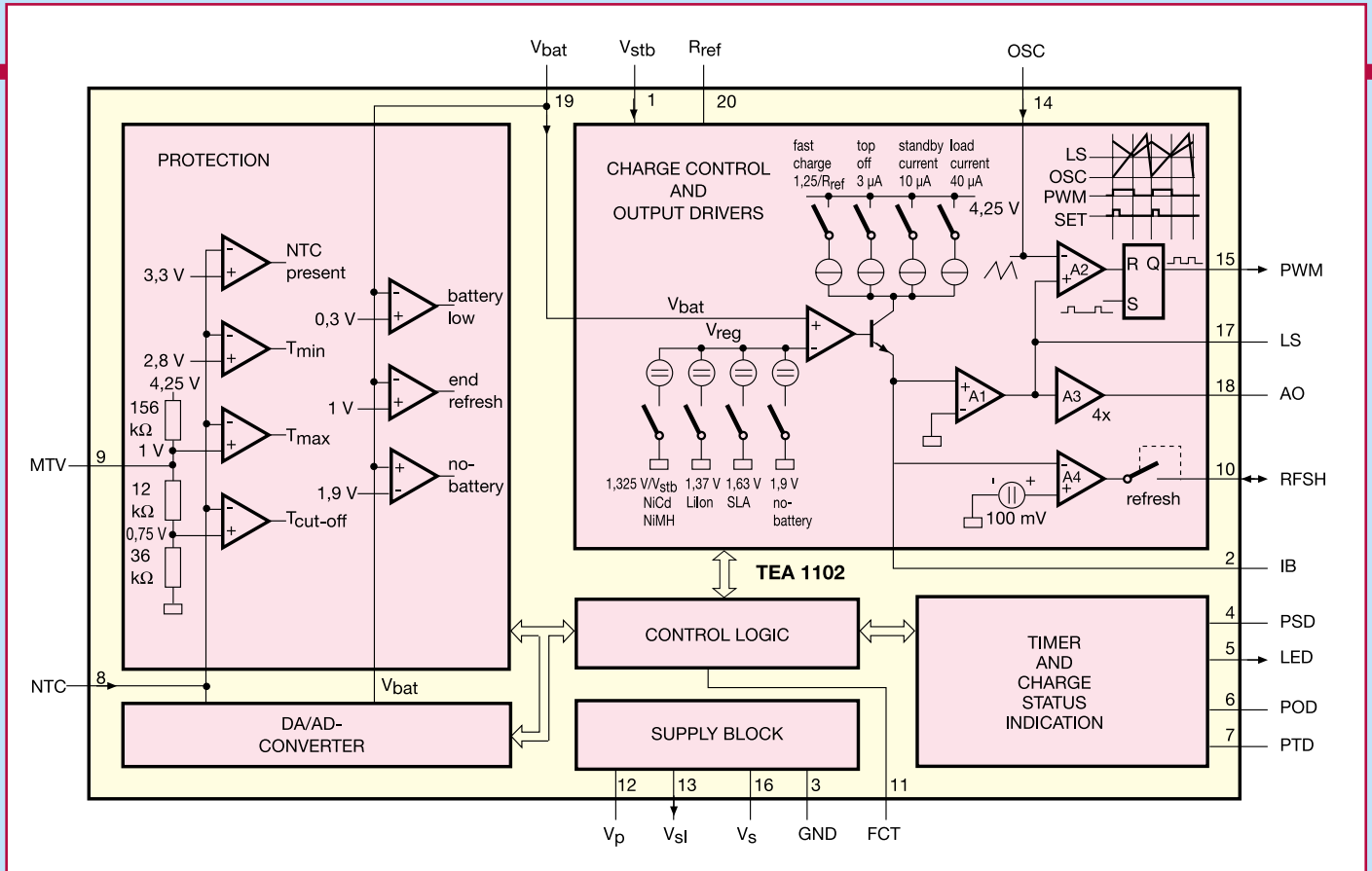


Bild 2: Blockschaltbild des Ladecontrollers TEA 1102

Allgemeine Beschreibung, Ladeverfahren

Der TEA 1102 ist ein Schnelllade-IC für die Akkutypen NiCd, NiMH, Blei (SLA) und LiIon.

NiCd-/NiMH-Akkus

Das IC verwertet beim Laden von NiCd- und NiMH-Akkus als Lade- bzw. Abschaltkriterien die $\Delta T/\Delta t$ (Temperaturgradientenverfahren)- und/oder Spannungsmaximumerkennung (V_{peak}) als bewährte Technologien. Der Schaltkreis schaltet automatisch vom $\Delta T/\Delta t$ -Verfahren auf V_{peak} um, sobald er erkennt, daß der zum $\Delta T/\Delta t$ -Verfahren gehörende Thermistor zur Temperaturüberwachung des Akkus defekt ist, eine Fehlfunktion aufweist oder fehlt.

Die $\Delta T/\Delta t$ -Erkennung paßt sich der Umgebungstemperatur an und vermeidet so eine falsche Kriterienerkennung.

Das Zusammenwirken beider Ladekriterien ist über den Pin 11 programmierbar (siehe Tabelle „Elektrische Kennwerte“).

Die Ladung erfolgt in 3 Stufen. An erster Stelle steht die Schnellladung bis zum Erreichen oben genannter Abschaltkriterien. Dann folgt die „Top-off“-Ladung mit verringertem Ladestrom, die ca. 1 Stunde dauert und den Akku bis auf nahezu 100% lädt. Anschließend wird der „Stand-by“-Mode erreicht, der den Akku entweder durch Impulserhaltungsladung oder Konstantspannungsladung auf 100% Ladung hält.

Die Impulserhaltungsladung dient zur

Kompensation der Akku-Selbstentladung. Bei Ladung des Akkus mit angeschlossener Last ist es sinnvoll, den Ladecontroller auf Konstantspannungsladung während der Stand-by-Phase zu programmieren. So kann dem Selbstentladen bzw. Entladen durch die Last, angepaßt an das Spannungsabfallverhalten des Akkus, vorgebeugt werden. Zum Schutz des Akkus werden dabei der maximale Ladestrom begrenzt sowie Akkuspannung und Akkutemperatur ständig überwacht.

Zur Vermeidung des Memory-Effekts bei NiCd-Akkus ist ein „Refresh-Modus“ aktivierbar, der den Akku vor dem Laden bis auf 1 V je Zelle entlädt. Nach der Entladung schaltet das IC automatisch auf Laden um.

Blei-/LiIon-Akkus

Dementgegen unterscheidet sich das Ladeverfahren für Blei- und LiIon-Akkus erheblich. Falls sich die Zellenspannung beim Start des Ladevorgangs unterhalb der Mindestspannung (0,9V bei LiIon und 0,45V bei Blei) befindet, wird der Akku zunächst mit einem konstanten Strom von 0,15C geladen. Intakte Akkus erreichen schon nach kurzer Zeit die Mindestspannung. Defekte Zellen erkennt der Controller daran, daß nach 1 Stunde Ladezeit die Mindest-Zellenspannung noch nicht erreicht ist. Das System sorgt dann für eine Sperrung des Analog- bzw. PWM-Steuerausgangs, die nur durch einen manuellen Power-On-Reset aufhebbar ist. So wird der Bediener sicher auf einen Defekt aufmerksam gemacht.

Ist die Mindestspannung erreicht, erfolgt eine Ladung des Akkus mit dem vorprogrammierten Schnelladestrom. Nach Erreichen der Abschaltspannung (mit dem IC einstellbar, regulär 4,1 V je Zelle für LiIon und 2,45 V bei Blei) schaltet das IC von Konstantstrombetrieb auf Konstantspannungsbetrieb (Fill-Up-Mode) um. Dabei verringert sich jetzt laufend der Ladestrom. Der Fill-Up-Mode ist nach ca. 1 Stunde beendet. Der nächste Schritt ist der Stand-by-Mode, in dem keine Ladung mehr erfolgt, da aufgrund der geringen Selbstentladung dieser Akkutypen auf eine Erhaltungsladung verzichtet werden kann.

Falls die Akkuspannung unter 3 V bei LiIon je Zelle bzw. 1,5 V bei Blei je Zelle absinkt, wird die Ladung erneut eingeleitet.

Zur Indikation und Überwachung kann das IC eine oder mehrere LEDs sowie einen Tonsignalgeber bedienen, z. B. zur Signalisierung, ob ein Akku eingelegt ist, für den Ladestatus, für die Akku-Voll-Anzeige und das Ansprechen von Schutzeinrichtungen.

Durch die Integration aller wichtigen Funktionsgruppen in das Gehäuse des Ladecontrollers ist nur eine minimale Außenbeschaltung erforderlich.

Funktionsbeschreibung

Mittelpunkt des Ladecontroller-ICs ist die Kontroll-Logik (Abbildung 2). Hier werden alle Programmierhandlungen, Meßwerte und Statusauswertungen verwaltet.

Elektrische Kennwerte

(Auswahl, Standard-Applikation, $V_p = 10\text{ V}$, $R_{ref} = 62\text{ k}\Omega$, T_A typisch $+25^\circ\text{C}$, wenn nicht anders aufgeführt)

Parameter	Symbol	Bedingungen	min.	typ.	max.	Einheit
Versorgungsspannung, Anschlußpins V_p, V_s						
Versorgungsspannung	V_p		5,45	-	11,5	V
Versorgungsstrom	I_p	Ausgänge aus; $V_p = 11,5\text{ V}$	-	4	6	mA
Startspannung	V_{start}		6,1	6,4	6,7	V
Unterspannungsschutz, Einsatz	V_{LSP}		4,65	5,05	5,45	V
Stabilisierte Referenzspannung	V_s	$I_s = 2\text{ mA}$	4,14	4,25	4,36	V
Referenzspannung	V_{ref}	$I_{ref} = 20\text{ }\mu\text{A}$; $V_p = 10\text{ V}$	1,21	1,25	1,29	V
Temperaturkoeffizient der Referenzspannung	$TC_{V_{ref}}$	$T_A = 0\text{ bis }45^\circ\text{C}$	0	± 60	± 120	ppm/K
Ladestromregelung Schnellladen	I_{IB}/I_{ref}	$V_{IB} = 0$	0,85	1,0	1,15	V
Refresh						
Refresh-Ende-Erkennung (Pin 19)	V_{bat}	NiCd/NiMH	0,9	1,0	1,1	V
Max. Refresh-Spannung	$V_{RFSH(max)}$	$I_{RFSH} = 1\text{ mA}$	2,7	-	-	V
Temperaturabhängigkeiten						
Spannung an Pin 8 zur Erkennung von Übertemperatur	V_{NTCh}	Pin 9 (MTV) offen	0,95	1	1,05	V
Übertemperatur-Abschalt-Schwelle an Pin 8	V_{NTCl}	Pin 9 (MTV) beschaltet	0,9 MTV	MTV	1,1MTV	V
$\Delta T/\Delta t$ -Erkennungsschwelle	$\Delta V_{NTC}/V_{NTC}$	$V_{NTC} = 2\text{ V}$; $T_j = 0\text{ bis }50^\circ\text{C}$	-	-0,25	-	%
Spannungsregelung						
Spannungseinstellung	V_{reg}	LiIon; $I_{ref} = 20\text{ }\mu\text{A}$	1,33	1,37	1,41	V
		Blei; $I_{ref} = 20\text{ }\mu\text{A}$	1,58	1,63	1,68	V
		NiCd/NiMH; Pin 1 (V_{stb}) offen	1,30	1,325	1,35	V
		NiCd/NiMH; Pin 1 (V_{stb}) = 1,5V	0,99 V_{stb}	V_{stb}	1,01 V_{stb}	V
		Kein Akku eingelegt	1,85	1,9	1,95	V
Programmier-Pin V_{stb} (Pin 1)						
Sperrmode	$V_{stb(im)}$		0	-	0,8	V
Stand-by Mode	$V_{stb(st)}$	NiCd/NiMH	1,0	-	2,2	V
Erhaltungsladung (Stand-by Mode)	$V_{stb(tc)}$	NiCd/NiMH	2,6	-	V_s	V
Programmier-Pins PSD, POD, PTD (Pins 4, 6, 7)						
Spannung Pin 4, 6, 7	$V_{4,6,7}$	Grundeinstellung, offen	1,9	2,1	2,3	V
Spannung Pin 4, 6, 7, Teiler=1	$V_{4,6,7(1)}$		0	-	1,2	V
Spannung Pin 4, 6, 7, Teiler=2	$V_{4,6,7(2)}$		1,6	-	2,5	V
Spannung Pin 4, 6, 7, Teiler=4	$V_{4,6,7(4)}$		3,1	-	V_s	V
Programmier-Pin FCT (Pin 11)						
Bleiakkuerkennung	$V_{FCT(SLA)}$	(SLA = Bleiakku)	0	-	0,7	V
LiIon-Akkuerkennung	$V_{FCT(LiIon)}$		0,9	-	1,6	V
Schnellade-Programmierung ($\Delta T/\Delta t$ oder V_{peak})	$V_{FCT(or)}$	NiCd/NiMH	2,0	-	3,3	V
Schnellade-Programmierung ($\Delta T/\Delta t$ und V_{peak})	$V_{FCT(and)}$	NiCd/NiMH	3,7	-	V_s	V
Spannung an Pin 11	V_{FCT}	Grundeinstellung (Pin 11 offen)	2,3	2,6	2,9	V
Oszillator Pin OSC (Pin 14)						
Umschaltspannung High-Level	$V_{OSC(H)}$		-	2,5	-	V
Umschaltspannung Low-Level	$V_{OSC(L)}$		-	1,5	-	V
Minimale Oszillatorfrequenz	$f_{OSC(min)}$	$R_{ref} = 125\text{ k}\Omega$; $C_{osc} = 400\text{ pF}$	19	21	23	kHz
Maximale Oszillatorfrequenz	$f_{OSC(max)}$	$R_{ref} = 12,5\text{ k}\Omega$; $C_{osc} = 400\text{ pF}$	130	165	200	kHz

Tabelle 3: Programmierpin-Funktionen

Funktion	FCT	NTC	RFSH	Vstb
Sperrfunktion (Inhibit)	x	x	x	low
LiIon-/Bleiakku-Erkennung	low	x	x	x
Refresh (NiCd/NiMH)	not low	x	low	not low
$\Delta T/\Delta t$ -Erkennung	open	)¹	not low	not low
$\Delta T/\Delta t$ - und V_{peak} -Erkennung	high	)¹	not low	not low
V_{peak} -Erkennung	not low	)²	not low	not low
Impuls-Erhaltungsladung in Stand-by	not low	x	not low	high
	not low	)²	not low	not low
Konstantspannungsbetrieb in Stand-by	not low	)¹	not low	floating) ³

- x - keine Auswertung, Spannung hat keinen Einfluß
-)¹ - NTC-Spannung unter 3,3 V, dann Erkennung des Vorhandenseins eines Thermistors
-)² - NTC-Spannung außerhalb des NTC-Erkennungsbereiches
-)³ - offen oder setzen auf eine Spannung entsprechend der Akku-Spezifikation
- not low - offen oder auf high

Initialisierung und Ladeverfahren

Beim Einschalten bzw. Anschließen eines Akkus startet die Kontroll-Logik die Initialisierung des Timer-Blocks.

Nach der Initialisierungszeit wechseln die Programmpins PSD, POD, PTD ihre Funktion und können zusammen mit dem Pin LED den Ladestatus des Akkus über mehrere LEDs anzeigen.

Gleichzeitig wird das Ladeverfahren ausgewählt. Dies erfolgt durch Auswertung der Spannung am Pin FCT. Ermittelt der Controller hier eine Spannung von 0 oder 1,25 V, geht dieser vom Anschluß eines Blei- bzw. LiIon-Akkus aus. Liegt die Spannung höher bzw. ist der Eingang offen (Floating Pin), so lädt der Controller die Akkus nach NiCd-/NiMH-Spezifikationen.

Nach dieser Ermittlung beginnt das Laden entsprechend den erkannten Akku-Eigenschaften.

Die Stand-by-Lademethode bei NiCd- bzw. NiMH-Akkus (Impulserhaltungsladung oder Konstantspannungsladung) wird durch den Spannungspegel an Vstb definiert.

Sind die Pins Vstb und Vs verbunden oder kein Temperaturfühler (NTC) vorhanden, wählt das System die Impuls-Erhaltungsladung. Beim Anlegen einer festgelegten Referenzspannung wird die Konstantladespannung auf die Referenzspannung reguliert.

Wird der Pin RFSH kurzzeitig mit Masse verbunden, entlädt der Controller über einen externen Transistor den angeschlossenen Akku. Der Entladestrom wird u. a. durch den externen Widerstand R_{sense} eingestellt. Das Entladeende ist erreicht, wenn bis auf 1 V je Zelle entladen wurde. Dieser

Bild 3: Anwendungsschaltung mit Linearregelung des Ladestroms

Modus ist nur für NiCd- und NiMH-Akkus anwendbar, bei Blei- und LiIon-Akkus ist er gesperrt.

Oberste Priorität besitzt der sog. Inhibit-Mode. Er sperrt beim Verbinden von Vstb mit Masse alle Ausgangssignale, Anzeigen und Timerabläufe. Er ist in allen Betriebsmodi verfügbar und kann z. B. Lade- und Entladevorgänge sofort stoppen.

Tabelle 3 zeigt einen Überblick über die bisher beschriebenen Funktionen.

Supply Block

Diese Funktionsgruppe erzeugt folgende Spannungen und Ausgangssignale:

1. Power On-Reset-Impuls für das Rücksetzen der Digitalbaugruppen bei Anlegen

der Betriebsspannung bzw. Einlegen eines Akkus. Nach einem Reset startet das System stets mit Schnellladen.

2. Stabilisierte Spannung von 4,25 V (Vs) zur externen Verwendung z. B. als Vorspannung für den Thermistor, zur Initialisierung der Programmabläufe, zur Versorgung externer Batterieindikator-Schaltkreise oder weiterer Hilfsschaltungen. Anwendungen werden in den Abbildungen 3 und 4 gezeigt.

3. Referenzspannung von 4,25 V (V_{sl}) zur Nutzung für weitere Anzeige-LEDs. Dieser Ausgang ist während der Initialisierungsphase gesperrt, um falsche Anzeigen der Zusatz-LEDs zu verhindern. Ein Anwendungsbeispiel ist in Abbildung 4 gezeigt.

Ladevorgang

Der Ladestrom (bzw. Entladestrom bei Refresh) wird über den niederohmigen Widerstand R_{sense} sowie über R_b gemessen, siehe Abbildung 3.

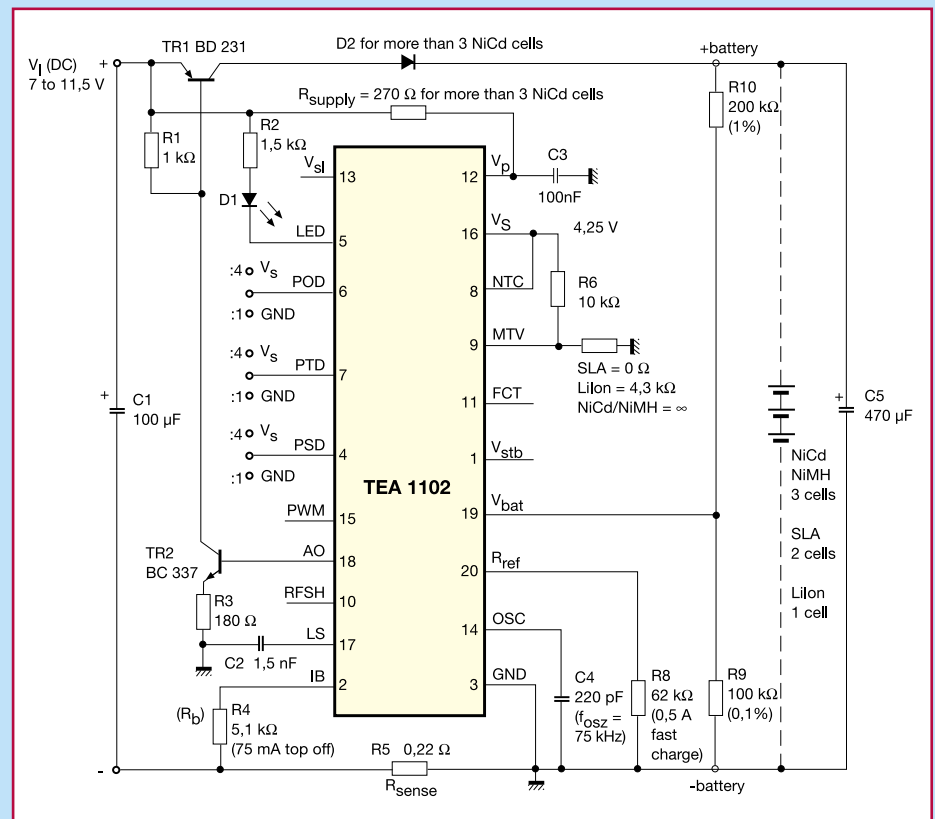
Die Berechnung des Ladestroms I_{fast} erfolgt über folgende Beziehung:

$$I_{fast} \cdot R_{sense} = R_b \cdot I_{ref}$$

I_{ref} wird über den Widerstand an Pin 20 (R_{ref}) mit I_{ref} = 1,25V/R_{ref} eingestellt.

Ist V_{peak} erreicht, schließt sich der Top-Off-Ladezyklus an. Nach diesem erfolgt der Übergang zum Stand-by-Modus.

Wenn Pin 1 mit Pin 16 verbunden wird oder kein Thermistor angeschlossen ist, erfolgt der Übergang zur Impuls-Erhaltungsladung. Der Impulserhaltungslade-



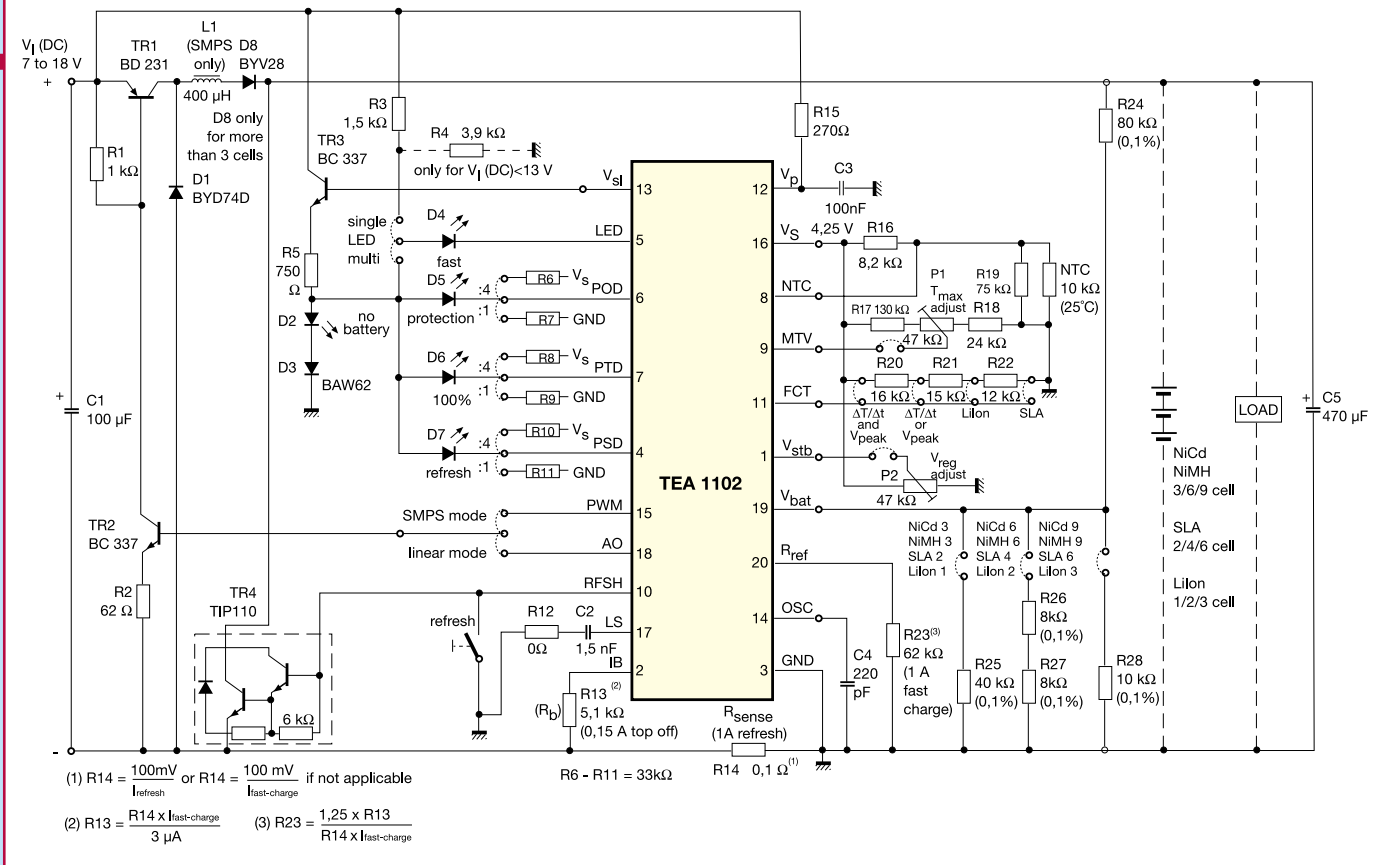


Bild 4: Komplett Applikations- und Testschaltung des TEA 1102

strom I_{trickle} läßt sich aus folgender Gleichung ermitteln:

$$I_{\text{trickle}} \cdot R_{\text{sense}} = R_b \cdot \frac{15}{16} \cdot 10^{-6}$$

Wenn an Pin 1 über externe Widerstände eine der Spezifikation des Akkus entsprechende Referenzspannung angelegt wird und ein Thermistor angeschlossen ist, so schaltet der Controller nach der Top-Off-Ladephase von Konstantstrom- auf Konstantspannungsbetrieb um.

Bei Einsatz dieser Betriebsart erfolgt keine Entladung des Akkus bei Betrieb der Last. Bleibt der V_{stb} -Pin unbeschaltet, sorgt das IC für eine Spannungsregulierung auf 1,325 V/Zelle während des Stand-by-Modus (NiCd/NiMH). Dabei ist der Ladestrom auf 0,5C begrenzt. Wird dieser Ladestrom für mehr als 2 Stunden beansprucht, wird der Ladevorgang gestoppt.

Außerdem stoppt der Controller das Laden komplett, wenn die Temperatur den festgelegten Wert T_{max} überschreitet.

Da sich die Spannungsregelung auf den Wert einer Zelle bezieht, muß an V_{bat} die Akkuspannung, dividiert durch die Anzahl der angeschlossenen Zellen, liegen (NiCd/NiMH).

Das Ladeverfahren für LiIon- und Bleiakkus unterscheidet sich vom NiCd-/NiMH-Ladeverfahren, wie im Abschnitt „Ladeverfahren“ bereits ausführlich geschildert.

Durch die Beschaltung des Pins 11 (FCT) entsprechend der Applikationsschaltung Abbildung 4 ist so auch eine gemischte

Bestückung mit verschiedenen Akkutypen möglich.

Timer

Der Timer sorgt, gesteuert durch den internen Oszillator, von dem alle Systemzeiten abgeleitet werden, z. B. für die Festlegung der maximalen Ladezeit bis zum sogenannten „Time out“.

Diese Time-out-Zeit kann über den Anschluß PTD (Programmable Time Out Divider - Teilung wahlweise durch 1, 2 oder 4 - durch Beschaltung gemäß Abbildung 4) nach folgender Beziehung festgelegt werden:

$$t_{\text{time out}} = 2^{26} \times \text{POD} \times \text{PTD} \times t_{\text{osc}}$$

Der Time-out-Timer wird angehalten bei zu geringer Akkuspannung, Ansprechen des Temperaturschutzes und während des Sperr-Modus.

Der Eingang POD (Programmable Oscillator Divider) ermöglicht das Erhöhen der Oszillatorfrequenz ohne Beeinflussung von Prozeßzeit und Time-out.

Das Erhöhen der Oszillatorfrequenz erlaubt gleichzeitig die Verkleinerung induktiver Komponenten z. B. bei PWM-Betrieb.

LED-Anzeigen

Der TEA 1102 kann mittels an die Programmieringänge und an den LED-Ausgang angeschlossener LEDs zahlreiche Statusanzeigen realisieren. Die Programmierpins wechseln ihre Funktion nach der Initialisierungsphase.

Folgende Anzeigen sind möglich (vgl.

Abbildung 4):

- Ansprechen der Schutzschaltung
- Refresh-Anzeige (Entladen)
- Schnellladen
- 100% Kapazität erreicht
- Kein Akku eingelegt, erkannt, Akku defekt

Auch der LED-Ausgang Pin 5 allein kann mittels einer einzigen LED schon folgende Anzeigen realisieren:

- LED an - Schnellladen
- LED aus: 100% oder Refresh
- LED blinkt: Schutzschaltung oder Sperr-Mode sind aktiviert

An diesem Ausgang kann bei Bedarf auch ein aktiver Piezosummer angeschlossen werden, der die Signalisierung dann akustisch realisiert.

AD-Konverter

Der aktuelle Spannungswert wird mit Hilfe des 14bit-AD-Wandlers digitalisiert und abgespeichert. Ist der darauffolgende Abtastwert um 0,25% kleiner, wird die Vollaftung erkannt. Um Spannungsabfälle an den Batteriekontakten auszuschalten, wird der Ladestrom für die Zeit der Messung abgeschaltet. Soll die $\Delta T/\Delta t$ -Erkennung als Abschaltkriterium dienen, wird die NTC-Spannung dem AD-Wandler zugeführt.

Ausgangstreiber

Die Ladestromregelung kann durch 2 verschiedene Methoden erfolgen: Pin AO (Pin 18) stellt ein Signal für einen Linearregler zur Verfügung, während der Pin PWM (Pin 15) einen Schaltregler ansteuern kann.