

Strommessung mit LM3812/LM3813

Präzisions-Strommeß-ICs mit Digitalausgang

National Semiconductor stellt unter der Bezeichnung LM3812 und LM3813 zwei hochpräzise Strommeß-ICs vor, die sich für den Einsatz in Akku-Ladezustandsanzeigen, Diagnosesystemen für Bewegungssteuerungen sowie zum Messen des Ausgangsstroms von Stromversorgungen oder als rücksetzbare "Smart-Fuse" eignen.

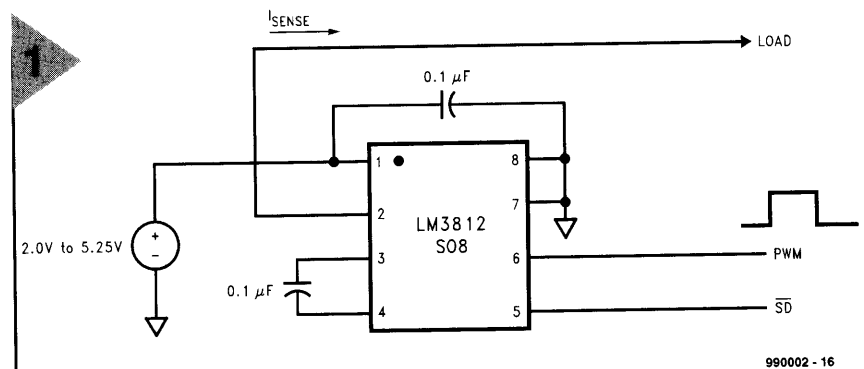


Bild 1. Grundapplikation des LM3812. Die Low-side-Variante ist ähnlich leicht zu applizieren. Das Datenblatt beschreibt aber auch Schaltungen für höhere Ströme und höhere Spannungen.

Die *Current Gauges* LM3812/LM3813 erlauben präzise Strommessungen nahezu ohne Verluste. Dazu sind beide Chips mit einem Lead-frame-Shunt-Widerstand von 0,004 Ω (mit einem Temperaturkoeffizienten von 2600 ppm/°C) ausgestattet, externe Widerstände sind nicht erforderlich. Dabei

macht der Widerstand Teil des Rahmens aus, in dem das Chip während der Montage sitzt. Ist das Gehäuse montiert, wird der größte Teil des Rahmens abgeschnitten. Übrig bleiben die Anschlußpins und eben der Lead-frame-Widerstand. Der LM3812 ermittelt Ströme zum positiven, der LM3813

Spezifikationen

- ⇒ Extrem niedriger Durchgangswiderstand von 0,004 Ω
- ⇒ Versorgungsspannungsbereich 2...5,25 V
- ⇒ Fehler ±2 % bei Zimmertemperatur (LM381xPM-1.0)
- ⇒ Niedrige Stromaufnahme im Shutdown-Modus von typisch 2,5 µA
- ⇒ Kein externer Shunt notwendig
- ⇒ Mikrocontrollerkompatibler PWM-Ausgang für Stromstärke und -richtung
- ⇒ Präzise Delta-Sigma-Technik
- ⇒ Weiter Arbeitstemperaturbereich
- ⇒ Zwei Mittelungszeiten wählbar
- ⇒ Zwei Strombereiche wählbar
- ⇒ Interne Filterung
- ⇒ Interner Power-On-Reset

zum negativen Betriebsspannungspotential der Last (High-Side und Low-Side). Beide ICs benutzen Analog/Digital-Wandler nach dem Delta-Sigma-Prinzip, die den Meßwert über 50 ms (precision mode) beziehungsweise über 6 ms (fast mode) ermitteln und somit Stromspitzen (spikes) wirkungsvoll unterdrücken. Die Wandler stellen ein hochpräzises pulsmoduliertes Ausgangssignal zur Verfügung, das Informationen über Stromhöhe und -richtung enthält und von jedem Mikrocontroller leicht weiterverarbeitet werden kann. Der maximale Fehler beträgt lediglich $\pm 2\%$ bei Zimmertemperatur. Die Applikationsschaltung in Bild 1 zeigt deutlich, daß außer zwei Kondensatoren keinerlei externe Bauteile verwendet werden müssen. Die Schaltung für das Low-side-IC ist entsprechend einfach.

Diese Vorgehensweise hat mehrere Vorteile gegenüber Lösungen mit herkömmlichen Strommeß-ICs, die analoge Ausgangssignale erzeugen, die extern in digitale umgeformt werden müssen, bevor sie einem Mikrocontroller angeboten werden können. Meßfehler durch Verstärker-Offsets, Störeinflüsse und Toleranzen externer Widerstände müssen mühsam kompensiert werden. Außerdem wird durch das Prinzip des Sigma-Delta-Wandlers die größte Fehlerkomponente bei der Erfassung von Spannungen im Mikrovoltbereich, nämlich die Eingangs-Offsetspannung des Sensors, von vornherein ausgeschlossen.

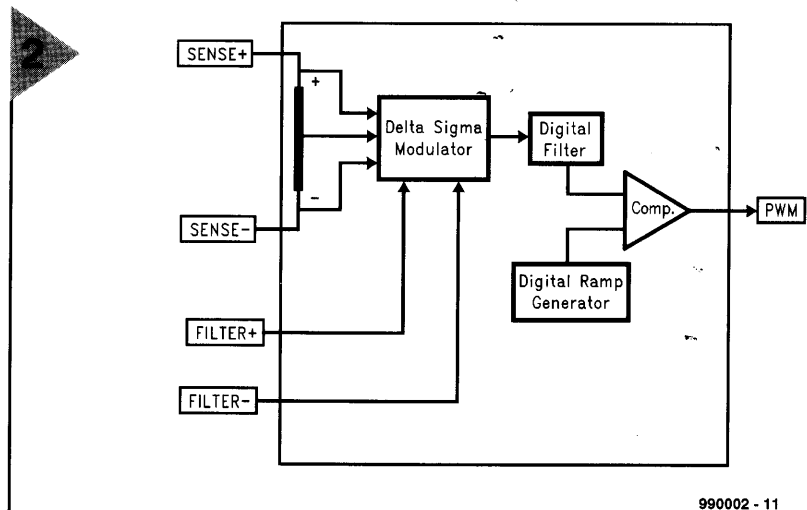
Beide Bausteine werden werksseitig auf einen der beiden Strombereiche ($-1...+1$ A oder $-7...+7$ A) und auf eine bestimmte Meßdauer von 50 ms oder 6 ms eingestellt. Die ICs verfügen außerdem über einen Shutdown-Modus, um Fehltriggerungen während des Einschaltens auszuschließen oder um im Ruhezustand die Stromaufnahme zu verringern.

Insgesamt sind acht verschiedene Versionen des Chips lieferbar, die samt und sonders in SO8-Gehäusen untergebracht sind. In der Bezeichnung LM381xYM-z.0 steht x für High-side ($x=2$) oder Low-Side ($x=3$), Y für eine lange ($Y=P$) oder kurze Mittelungszeit ($Y=F$) und z für den Strombereich ($z=1.0$ für ± 1 A, $z=7.0$ für ± 7 A).

INNENSCHALTUNG UND FUNKTIONEN

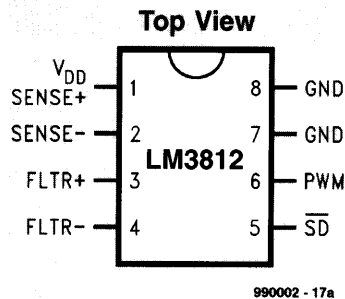
Der Strom wird von einem Delta-Sigma-Modulator erfaßt, wie er in Bild 2 eingezeichnet ist. Das Puls-Dichtesignal am Ausgang des Modulators wird digital gefiltert und mit dem Ausgangssignal eines digitalen Sägezahngenerators verglichen. Dieser Vergleich zieht ein PWM-Signal nach sich.

PULSBREITENMODULATION
Das Tastverhältnis des PWM-Signals ist

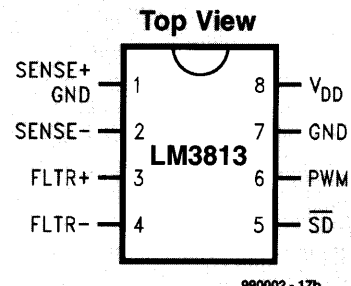


990002 - 11

Bild 2: Innenschaltung des LM381x mit einem Delta-Sigma-Wandler.



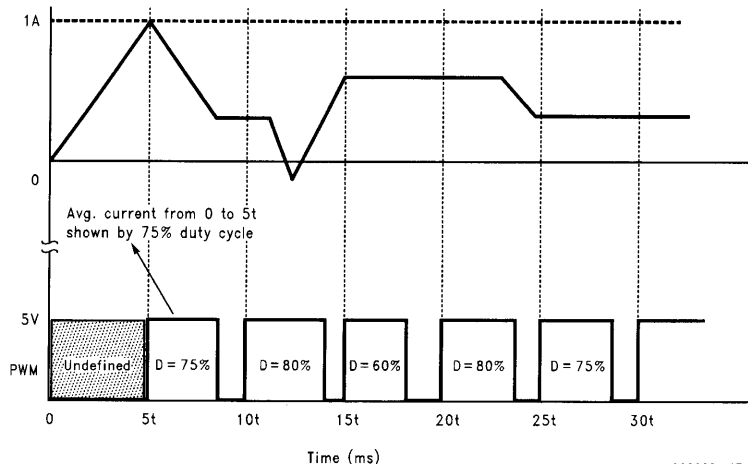
990002 - 17a



990002 - 17b

- 1 SENSE+ High-Side des internen Stromfühlers (LM3812: an V_{DD} , LM3813: an GND)
- 2 SENSE- Low-Side des internen Stromfühlers
- 3 FLTR+ Filtereingang, verhindert Aliasing des Delta-Sigma-Modulators
- 4 FLTR- Filtereingang
- 5 \overline{SD} Shutdown-Anschluß. Für normale Funktion über Pull-up-Widerstand an V_{DD} legen. Wenn Low, sinkt die Stromaufnahme auf etwa $3\mu A$
- 6 PWM PWM-Ausgang mit Stromstärke und -richtung.
- 7 GND Masse
- 8 GND/ V_{DD} Masse bei LM3812, V_{DD} bei LM3813

Bild 3: Der Zusammenhang zwischen einem digitalen Sägezahn (als periodischer positiver) Eingangssignal und dem resultierenden PWM-Ausgangssignal.



990002 - 15

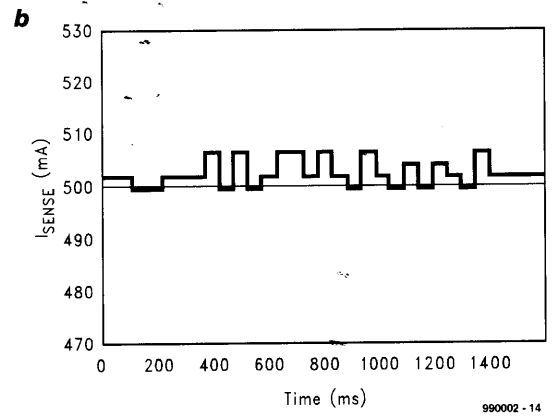
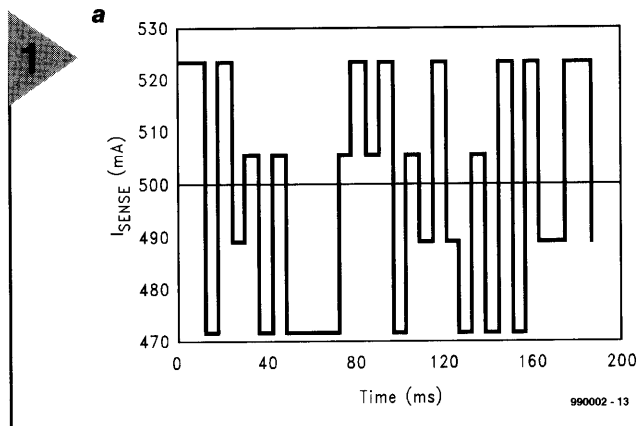


Bild 4. Typisches Verhalten des LM381x im Fast-Modus (a) und im Precision-Modus (b).

direkt proportional zur Stromstärke, aber auch die Richtung fließt in das Signal ein. Liegt das Tastverhältnis unter 50 %, so fließt der Strom in negative Richtung, darüber in die positive. Ein symmetrisches Signal mit einem Tastverhältnis von 50 % ist ein Zeichen dafür, daß kein Stromfluß stattfindet. Ein Tastverhältnis von 95,5 % (4,5 %) zeigt den maximalen (maximal negativen) Strom an. Das IC erfährt also Ströme von $-I_{MAX...} + I_{MAX...}$, je nach IC-Version also ± 1 A oder ± 10 A. **Bild 3** stellt den Zusammenhang zwischen einem willkürlichen Strom und dem PWM-Ausgangssignal dar. Das Verhältnis zwischen Strom und Tastverhältnis beschreibt die Formel $I_{SENSE} = 2,2 \cdot (D-0,5) \cdot I_{MAX}$ in der D das Tastverhältnis des PWM-Signals und I_{MAX} den maximalen Strom von 1 A oder 10 A darstellt. Umgekehrt ergibt sich für das Tastverhältnis $D = [I_{SENSE}/(2,2 \cdot I_{MAX})] + 0,5$. Der angegebene maximale Strom von 10 A beim LM381x-7.0 darf übrigens nur 200 ms lang fließen. Bei 7 A ist ein dauerhafter Betrieb möglich.

OFFSET

Das PWM-Signal quantifiziert 1024 Strompegel im Precision- und 128 im Fast-Modus. Aus diesem Grund kann sich das Tastverhältnis auch nur in Stufen von 1/1024 (1/128) ändern. Zwischen Ein- und Ausgangssignal tritt eine Verzögerung von 0,5 Quantisierungszyklen auf. Der Quantisierungsfehler kann - wenn gewünscht - für präzisere Anwendungen korrigiert werden, indem man vom gemessenen Tastverhältnis einfach ein 2048tel (oder ein 256tel) abzieht. Ohne Korrektur stellt der zusätzliche halbe Zyklus einen Gleichspannungsoffset von 1/2 bit dar, das im Präzisionsmodus mit 1,1 mA/A bei 1-A-ICs und 11 mA/A bei 7-A-Versionen zu Buche schlägt. Im Fast-Modus verachtfacht sich der Einfluß des Fehlers auf 8,8 mA/A beziehungsweise 88 mA/A.

PRECISION VS. FAST

Bild 4 zeigt das typische unterschiedli-

che Verhalten eines ± 1 -A-Strommessers im Fast- und im Precision-Modus bei einem Strom von 500 mA (die Pulsbreite wird direkt als Strom dargestellt). Ein Vergleich der Grafiken zeigt, daß die Unterschiede zwischen nacheinanderfolgenden Messungen im Fast-Modus größer ist als im Precision-Modus. Diese Unterschiede machen sich übrigens als störender Jitter oder Rauschen im Ausgangssignal und letztendlich in der Genauigkeit des Meßergebnisses bemerkbar. Um den Fehler so gering wie möglich zu halten, sollte man immer mehrere Messungen mitteln. In dem Beispiel würde eine Mittelung im Fast-Modus einen Strom von 497,5 mA ergeben, im Precision-Modus 502,3

mA. Diese Werte erreichen den Eingangswert von 500 mA fast exakt. Je mehr Messungen man in die Mittelung einbezieht, desto genauer wird auch das Ergebnis.

(990002)rg

Quelle:

Datenblatt LM3812/LM3813 Current Gauge with Ultra Low Sense Element and PWM Output (www.national.com)

Elektrische Kenndaten ($V_{DD} = 5,0$ V, Entkoppelkondensator: 1 μ F, Filterkondensator 0,1 μ F)						
Parameter			Min.	Typ.	Max.	
I_{ACC}	Strom-Genauigkeit (gemittelt)	LM381xPM-1.0	0,882/ 0,864	0,9	0,918/ 0,936	A
		LM381xFM-1.0	0,868/ 0,850	0,9	0,932/ 0,950	A
		LM381xPM-7.0	2,400/ 2,350	2,5	2,600/ 2,650	A
		LM381xFM-7.0	2,350/ 2,288	2,5	2,650/ 2,712	A
e_n	effektives Ausgangsrauschen	LM381xPM-1.0		2		mA
		LM381xFM-1.0		12		mA
		LM381xPM-7.0		20		mA
		LM381xFM-7.0		120		mA
I_{Q1}	Ruhestrom	Normal Mode		100	160	μ A
		Shutdown Mode		2,5	10	μ A
D_{RES}	PWM-Auflösung	Precision Mode		0,1		%
		Fast Mode		0,8		%
t_s	Mittelungszeit	Precision Mode	40	52	80	ms
		Fast Mode	4	6	10	ms
f_p	PWM-Frequenz	Precision Mode	12,5	20	25	Hz
		Fast Mode	100	160	250	Hz
V_{OH}	PWM-Ausgangspegel High	Laststrom=1 mA	$V_{DD} - 0,2$	$V_{DD} - 0,05$		V
V_{OL}	PWM-Ausgangspegel Low	$2V \leq V_{DD} \leq 5,25V$		0,04	0,2	V
P_I	Leitungswiderstand	$I_{SENSE} = 1$ A		0,004		Ω

Anmerkungen: Mager gedruckte Angaben gelten für $T_a = 25$ °C, fettgedruckte für den gesamten Arbeitstemperaturbereich von -40...+125 °C.