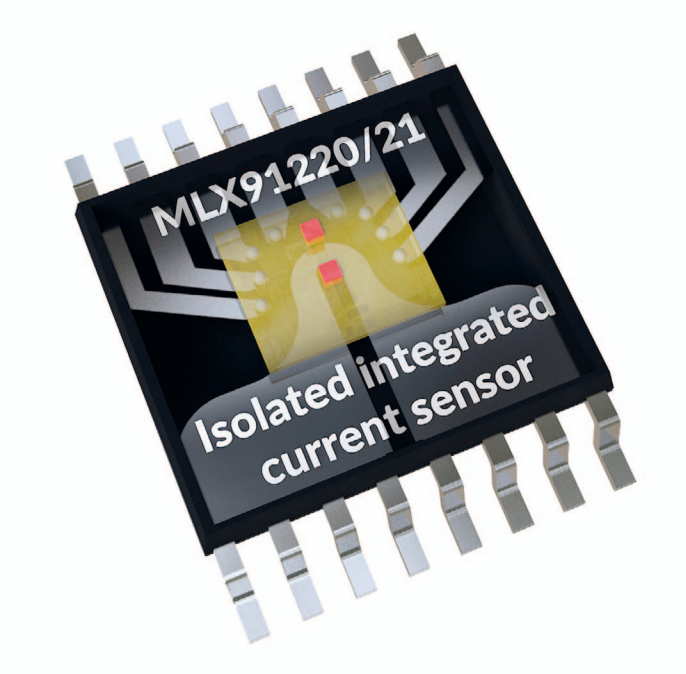
Halleffekt-basierende Differentialstromsensoren

Neuartige Lösung für die Strommessung



Der belgische Hersteller Melexis hat mit dem MLX91220 bspw. einen kompakten und sehr robusten Stromsensor für die präzise Messung von Gleich- und Wechselströmen in Hochspannungs-Leistungsanwendungen auf den Markt gebracht. Die Funktionsweise basiert auf einem proprietären Melexis-Design.

Wir digitalisieren, legen Wert auf Öko-Strom und tanken unser Auto in Zukunft wohl in der Garage. Wir arbeiten am Internet der Dinge, der Industrie 4.0 und dem autonomen Fahren - große Projekte, die einer ständig wachsenden Weltbevölkerung zur Verfügung gestellt werden müssen. Um das zu realisieren, benötigen wir Strom zukünftig aus der richtigen Quelle, in der richtigen Menge und an der richtigen Stelle.

Stromsensoren helfen uns mit ihrer Flexibilität und Vielfalt dabei, den Energieverbrauch zu überwachen und zu regulieren. Allerdings gibt es auch hier Einschränkungen: Durch parallellaufende Stromflüsse und elektromagnetische Strahlung entstehen ungewollte Beeinträchtigungen, die Messergebnisse verfälschen oder stören. Ist ein Stromsensor jedoch in der Lage, diese Streufelder auszublenden, so erweitert sich das potenzielle Einsatzgebiet und öffnet Türen zu den Applikationen der Zukunft.

Halleffekt-basierende Stromsensoren mit Streufeldunterdrückung sind in verschiedenen Varianten von wenigen Herstellern erhältlich.

Ein Beispiel

Nehmen wir als Beispiel den MLX91220. Der Stromsensor misst das Differenzmagnetfeld, das durch den Stromfluss im primären Kupfer-Leadframe des ICs in einem Standard-SMD-Gehäuse erzeugt wird. So erzielt er eine sehr kurze Ansprechzeit sowie eine hohe Immunität gegen externe Streufelder und Übersprechen. Damit eignet er sich ideal für kompakte Leistungselektronik- und Hochgeschwindigkeitsanwendungen. Ein zusätzlicher Überstromerkennungs- (Over Current Detection, OCD) Pin mit einer Ansprechzeit von 2 µs detektiert mögliche zerstörerische Überströme und/oder Kurzschlüsse, um die Leistungselektronik schnellstmöglich abzuschalten bzw. zu schützen.

Werkskalibrierte Plug-and-Play-Lösung mit Basisisolierung

Der Sensorausgang jedes ICs ist werkseitig für einen spezifischen Strombereich kalibriert. Seine Kompensation sorgt über die gesamte Lebensdauer hinweg für optimale Stabilität, unter anderem hinsichtlich Temperatur und damit für Langzeitgenauigkeit. Die Stromsensoren geben ein lineares Analogsignal

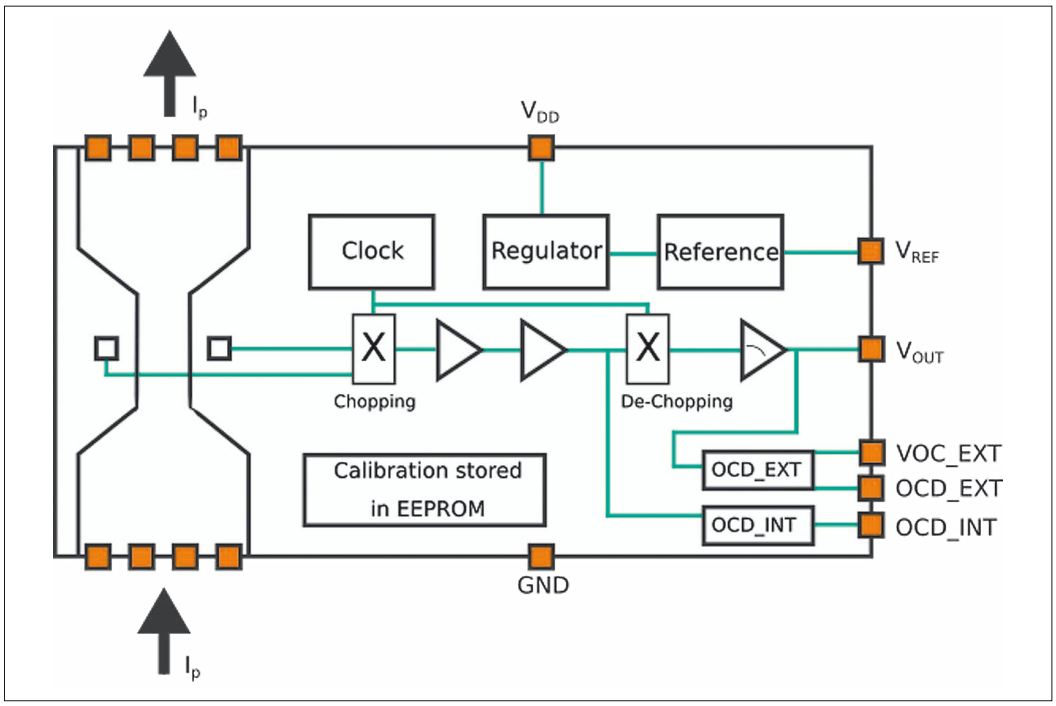


Bild 1: Blockdiagramm des Stromsensors MLX91220 (SOIC 16 pinout) (© Melexis)

Autor:
Jens Rheinstädter, Product Sales Manager Analog & Sensors

Rutronik
www.rutronik.com

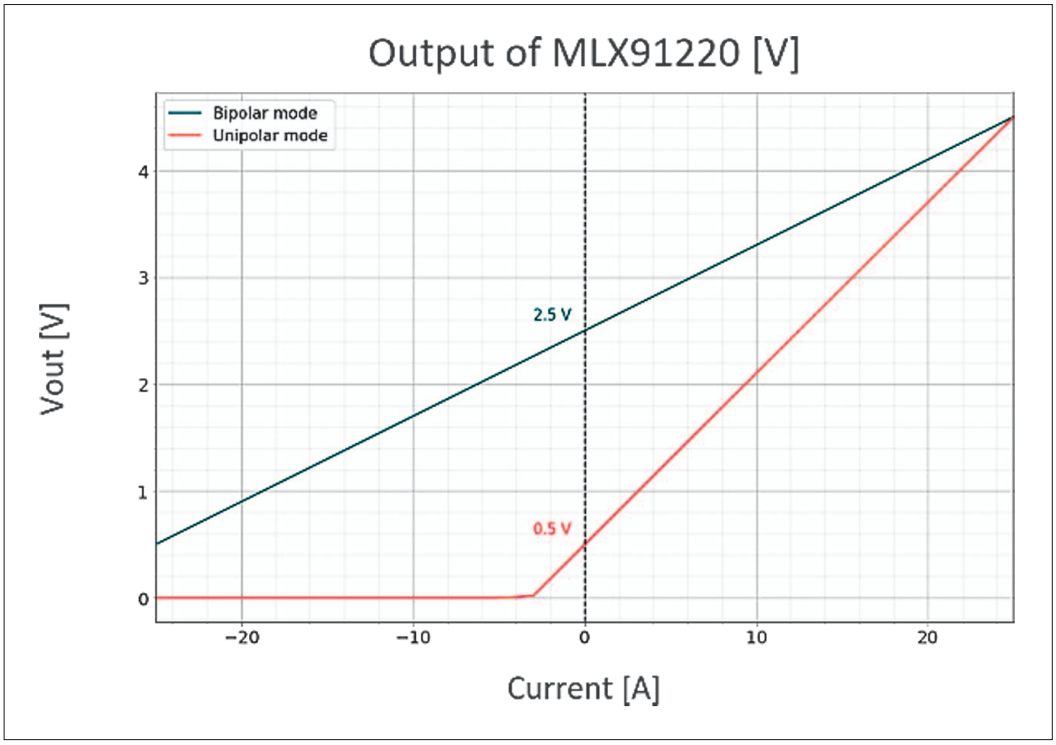


Bild 2: Bipolarer und unipolarer Ausgang des MLX91220 (© Melexis)

aus, das proportional zu dem Strom ist, der direkt durch den Leadframe des ICs fließt. Für Anwendungen mit unidirektionalem Strom lässt er sich so einstellen, dass er nur eine Strompolarität ausgibt. Dies ermöglicht einen höheren Ausgangsbereich und eine bessere Auflösung (Bild 2).

Evaluation Boards

Die Evaluation Boards (Bild 3) sind für 32 A_{rms} Dauerstrom sowie Stromspitzen von 100 A und mehr ausgelegt. Sie stellen eine komplette Plug-and-Play-Anwendungslösung dar: Es sind weder externe Abschirmungen noch Kerne erforderlich. Zudem liegt keine ferromagnetisch induzierte Sättigung oder Hysterese vor und es ist keine Kalibrierung durch den Endkunden nötig. Die Boards sind sowohl im SOIC-8-Gehäuse mit einer Bemessungsisolation von 2,4 kV_{rms} erhältlich als auch im breiten, oberflächenmontierbaren SOIC-16-Gehäuse mit einer Basisisolation von 4,8 kV_{rms} gemäß IEC/UL62368.

Stromsensoren für neue Mikrocontroller

Um die neueren Mikrocontroller-Trends zu unterstützen, fokussiert die neue Generation integrierter Stromsensoren zusätzliche Funktionen wie OCDs und eine weitere Option der Versorgungsspannung (3,3 V). Ein erhöhtes Signal-Rausch-Verhältnis (SNR, Signal-to-Noise Ratio) sorgt für höhere nutzbare Auflösung und Signalintegrität für die nachfolgenden ADCs in der Signalverarbeitungskette und erweitert gleichzeitig die Bandbreite um mehr als den Faktor vier im Vergleich zur ersten Generation.

Fester und ratiometrischer Modus

Dieser Stromsensor kann je nach Anwendung in einem von zwei Modi verwendet werden. Beide beruhen darauf, dass die Ausgangsspannung des Sensors proportional zum Stromfluss ist, die Differenz jedoch im Ausgangssignal liegt. Im ratiometrischen Modus steigt die Ausgangsspannung proportional zur Versorgungsspannung VDD. Der Offset beträgt bei bipolaren Anwendungen 50 % von V_{DD}, bei unipolaren 10 %.

Im festen Modus ist der Ausgang immun gegen Schwankungen der Versorgungsspannung. Die Ausgangsspannung entspricht stets dem Wert von V_{REF} bei einem Stromfluss von 0 A durch den Primärleiter. Bei der 5-V-Version ist sie auf 2,5 V eingestellt, bei der 3,3-V-Version auf 1,65 V im bipolaren Modus bzw. 0,5 V im unipolaren Modus, unabhängig von V_{DD}. Es ist jedoch auch möglich, für das Ausgangssignal ein externes Referenzsignal zu nutzen, das vom Applikationsboard kommt und vom Sensor verwendet wird.

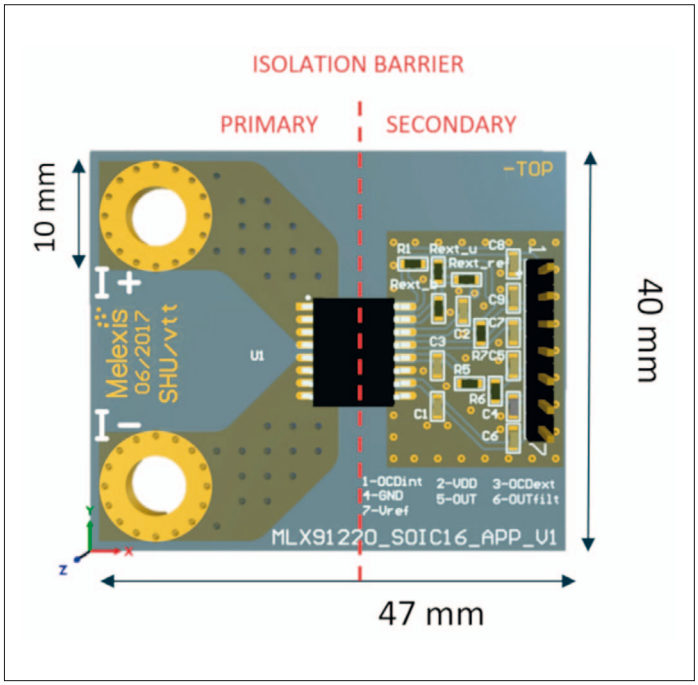


Bild 3: Evaluation Board für den MLX91220 SOIC-16 (© Melexis) für einfache Integration des Sensors

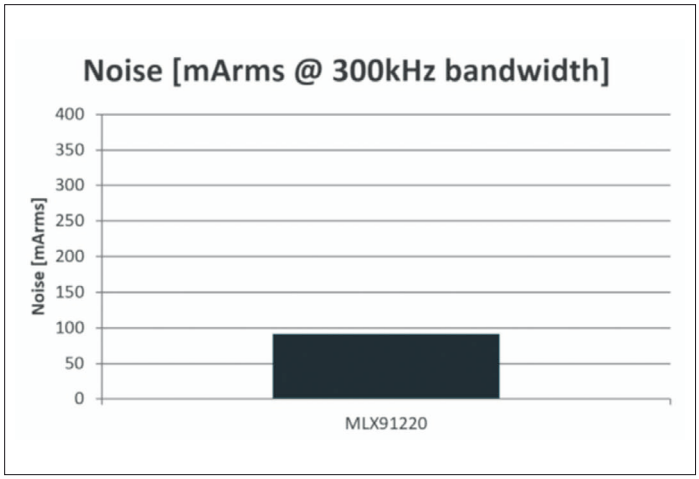


Bild 4: Typisches eingangsbezogenes Rauschen für den MLX91220 mit 80 mV/A Empfindlichkeit bei 5 V. (© Melexis)

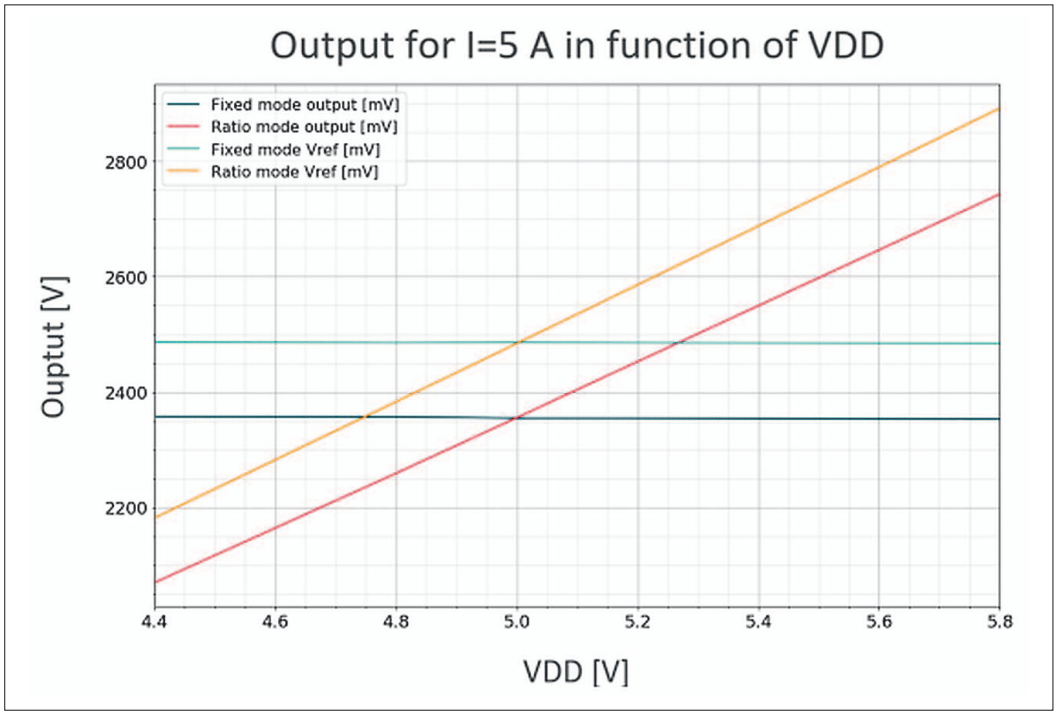


Bild 5: Vergleich des festen und ratiometrischen Modus' des MLX91220, kalibriert auf 5 V. (© Melexis)

Überstrom-Erkennung

Für das SOIC 16-Gehäuse bietet das genannte Beispiel zwei OCD-Funktionen, die es ermöglichen, einen an den integrierten Sensor primär angelegten Überstrom zu erkennen. Der interne OCD (OCD_{int}) ist werkseitig abgeglichen und kann auf Wunsch auf einen Schwellenwert zwischen 20 % und 288 % des Skalenendwerts festgelegt werden.

Den externen OCD (OCD_{ext}) kann der Kunde über einen ohmschen Teiler einstellen. Der Schwellenwert wird durch den Ausgabebereich begrenzt.

Bild 6 zeigt eine bidirektionale Konfiguration der externen OCD. Hier gilt:

$$VOC_{EXT} = V_{REF} \cdot \frac{R_{ext_bi}}{R_{ext} + R_{ext_bi}}$$

Von VOC_{EXT} lassen sich zwei Schwellenwerte ableiten:

Lower threshold = VOC_{EXT}
Higher threshold = 2 V_{REF} - VOC_{ext}

Liegt V_{OUT} außerhalb des Bereichs, der durch die beiden Schwellenwerte definiert ist, wird der OCD_{ext}-Pin mit der Open-Drain-Implementierung auf dem IC nach Masse gezogen.

Fazit

Sensoren wie diese sind eine ideale Lösung für kleine, robuste, genaue und kostengünstige Strommessungen. Ihre Stärke besteht darin, dass sie das Sensorelement, die Signalaufbereitung und die Isolierung auf einer Fläche von wenigen Quadratmillimetern kombinieren und ihre thermischen Verluste sehr gering sind – ein erhebliches Plus gegenüber herkömmlichen Shunt-basierten Schaltungen.

Sind die Sensoren hinsichtlich Strommessbereich, Strommesspolarität, ratiometrischem oder festem Ausgang, Überstromerfassungspegel und Stromversorgungswerte kundenspezifisch anpassbar, öffnet sich ein sehr breiter Einsatzbereich: Im Automobilmarkt eignen sie sich hervorragend für die High-Side-Strommessung von DC/DC-Wandlern und die 50/60 Hz-Phasenstrommessung am Eingang von On-Board-Chargern (OBC) – typischerweise ein Teil der PFC- (Power Factor Correction) Schaltung. Weitere Automotive-Anwendungen umfassen die PTC- (Positive Temperature Coefficient) Heizstromüberwachung, HVAC- (Heating, Ventilation and Air Conditioning) Kompressorsysteme sowie die verteilte Stromüberwachung am 12-V-Bordnetz und an Sicherungskästen.

Im industriellen Markt reicht die Anwendungspalette von kleinen Antrieben und Servos über Stromversorgungen (unterbrechungsfreie und Schaltnetzteile) bis hin zu Solaranwendungen, DC-Eingangsstrommessungen und MPPT- (Maximum Power Point Tracking) Wandlermessungen, HVAC-Systeme sowie industrielle Ladegeräte bis zu 15 - 20 kW. Zudem wird es damit möglich, Weiße Ware mit effizienteren Elektromotoren sowie einer besseren Diagnose und Überwachung des Energieverbrauchs auszustatten - einer der Grundsteine für Themen wie die Predictive Maintenance oder das Internet der Dinge. ◀

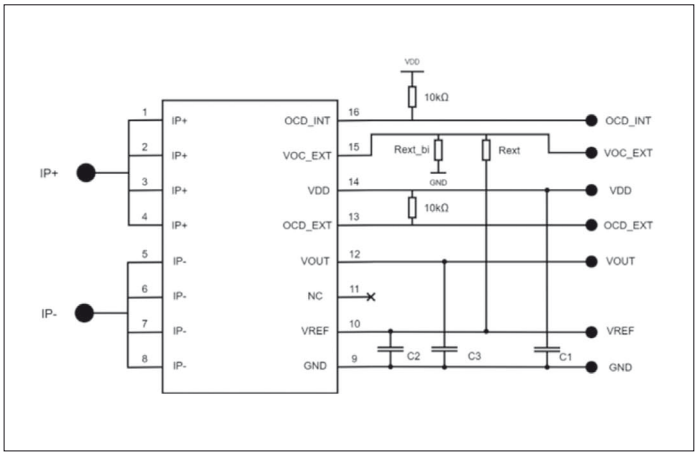


Bild 6: Applikationsdiagramm für den Stromsensor MLX91220 im SOIC-16-Gehäuse (© Melexis)

	OCD_{INT}		OCD_{EXT}	
	Min	Max	Min	Max
Typical Application	Short-circuit detection		Out-of-range detection	
Overcurrent effect	OCD_{INT} pin to V_{SS}		OCD_{EXT} pin to V_{SS}	
Detection mode	Bidirectional		Unidirectional / bidirectional	
Accuracy	Lower		Higher	
Threshold trimming	EEPROM		Voltage divider on VOCEXT	
Response time	1,4 µs	2,1 µs	10 µs typical	
Required Input holding time	1 µs		1 µs	
OCD output dwell time	10 µs		10 µs	