



LTSR: ASIC-basierte Kompensations-Stromwandler von 6 A bis 25 A Nennstrom mit Referenz-Zugriff. Stéphane Rollier, Christophe Benz & Hans Dieter Huber.

Der LTS 25-NP und die anderen Mitglieder der LTS-Familie sind dank ihres innovativen Aufbaus eine beliebte Lösung für galvanisch getrennte Strommessungen in Anwendungen wie Umrichtern und USV geworden. Obwohl diese Produkte die technischen Anforderungen für eine Vielzahl von Anwendungen erfüllen, hat uns die Verpflichtung von LEM, mit den Marktanforderungen der Leistungselektronik Schritt zu halten, dazu veranlasst, die nächste Generation der LTS-Familie mit zusätzlichen Funktionen und verbesserten Eigenschaften auszustatten. Diese weiterentwickelte Familie heißt

LTSR und erlaubt Nennstrom-Messungen von 6 Aeff mit dem LTSR 6-NP, 15 Aeff mit dem LTSR 15-NP und 25 Aeff mit dem Typ LTSR 25-NP. (Bild 1). Das R in LTSR steht für Referenz: LEMs Ziel war es, optimale Synergien zwischen einer galvanisch getrennten Messlösung und der Leistungselektronik der Kunden zu schaffen. Die LTS-Familie war bereits ein Schritt dorthin, da man eine ähnliche Spannungsversorgung verwendet wie in der Leistungselektronik (0 bis +5 V), die zunehmend von digitalen Komponenten (Prozessoren) gemeistert wird. Mit dem Einsatz einer neuen Genera-

tion von LEM ASIC ist die Serie LTSR, die ebenfalls auf der Halleffekt-Technologie mit geschlossenem Regelkreis basiert, noch näher an der Umrichter-elektronik als vorher mit den LTS-Typen und wahrt dabei ihre bisherigen enormen Vorteile, nämlich Kompaktheit und Kosteneffizienz. In der Tat können die LTSR Produkte ihre Referenzspannung der umgebenden Elektronik zuführen oder gar eine externe Spannungsreferenz vom DSP (Digitaler Signal-Prozessor) oder ADC (Analog/Digital-Wandler) übernehmen, die man in der Leistungselektronik zunehmend einsetzt.

Einige Hintergrund-Informationen

Der LTS 25-NP ist ein kleiner Stromwandler für Leiterplattenmontage. Die Entwicklung dieses Produkts war wegen der anspruchsvollen Spezifikation, die den Einsatz neuer Technologien sowie innovative Fertigungsstrategien erforderlich machte, eine Herausforderung für LEM.

Der LTSR ist ein **Kompensations-Stromwandler**. Er arbeitet nach dem Prinzip der Primärflusskompensation. Das bedeutet, dass der durch den Primärstrom (zu messenden Strom) erzeugte magnetische Fluss von einem Hallelement erfasst wird. Dieses Hallelement steuert die Elektronik, die einer Spule einen Strom liefert, der einen entgegen gerichteten magnetischen Fluss hervorruft, um den Fluss der Primärspule zu kompensieren. Der Strom in der Wicklung ist ein maßstabgetreues Abbild des Primärstroms (Bild 2).

Dieses Produkt wurde entwickelt, um folgende Anforderungen zu erfüllen: kleine Baugröße und unipolare 5 V Versorgung für den Wandler. Das kleine Gehäuse und die zugehörige magnetische Baugruppe ergeben einen kurzen Abstand zwischen dem Primär- und dem Sekundärkreis des Wandlers. Diese Konstruktion schafft ein Produkt mit ausgezeichneter Störfestigkeit gegen hohe Spannungssprünge du/dt , die man beispielsweise in Motorsteuerungen antrifft (du/dt aufgrund des Schaltens der Brücke, die den Strom in den 3 Phasen der Last steuert) (Bild 3).

Jedes elektrische Bauteil mit galvanischer Trennung zwischen dem Primär- und dem Sekundärkreis hat eine kapazitive Kopplung zwischen den galvanisch getrennten Potenzialen. In Anwendungen mit hohen Schaltfrequenzen und folglich mit steilen Schaltflanken (d.h. schnellen Spannungs-

änderungen auf der Primärseite) führt dies zu unerwünschten Störeinflüssen (EMI = **E**lectro **M**agnetic **I**nterference). Auf der Sekundärseite, also am Ausgang des Bauteils, kommt es zu einem Störsignal. Ein Spannungssprung von $10 \text{ kV}/\mu\text{s}$ ergibt bei 10 pF Koppelkapazität einen parasitären Ausgangsstrom von 100 mA .

Das würde bei der Baureihe LTSR dem achtfachen Nennstrom entsprechen. Bild 3 zeigt das Verhalten bei einem Spannungssprung von $6 \text{ kV}/\mu\text{s}$ und einer angelegten Spannung von 1000 V am LTSR 25-NP. Die Beeinflussung von $15,3\%$ von I_{PN} ist hauptsächlich auf die Auslegung der Prüfstand-Verkabelung während der Messung zurückzuführen. Man beachte die sehr kurze Dauer der Störung von weniger als 800 ns , die sich leicht herausfiltern lässt (Gesamt-Erholzeit: $1,6 \mu\text{s}$). Das ist für den Einsatz von digitalen Regelkreisen mit



Bild 1: Ein einzigartiger Stromwandler: LTSR

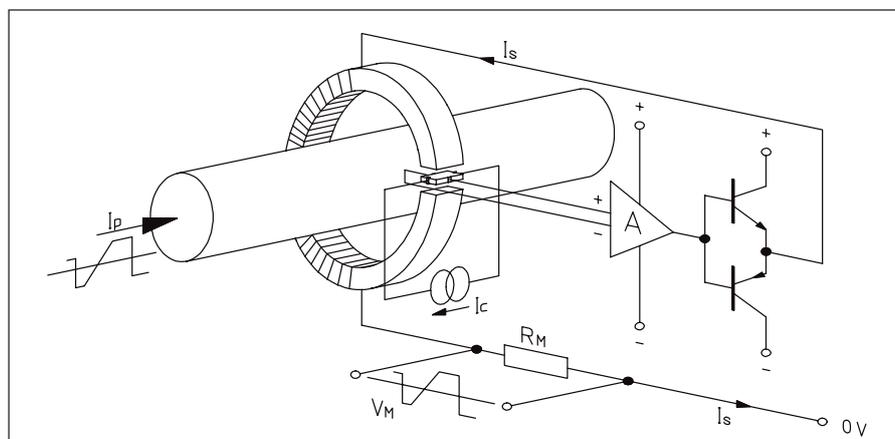


Bild 2: Aufbau eines Kompensations-Stromwandlers

Wichtige Kenndaten und Unterschiede zwischen LTS und LTRS

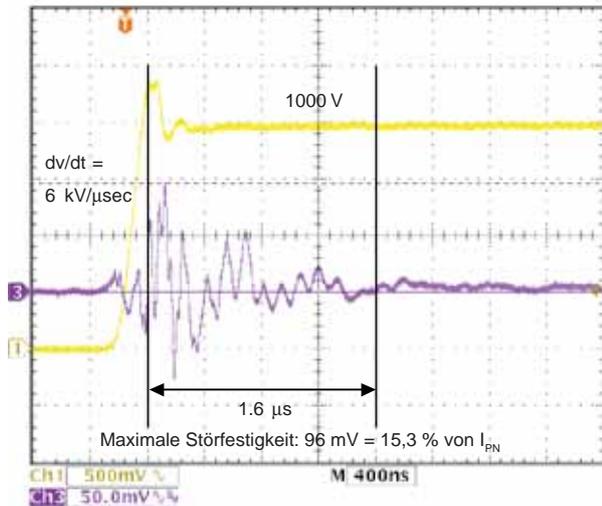


Bild 3: Störfestigkeit des LTRS (LTSR 25-NP) gegen du/dt-Sprünge

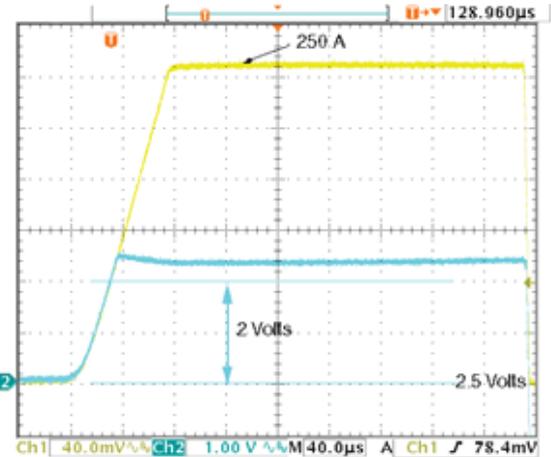


Bild 5: Verhalten des LTRS-Ausgangs während einer positiven Überlast von 10 x I_n

Pulsweiten-Modulation (PWM) sehr wichtig. Hier genügt zur Dämpfung ein kleiner Filter, damit die Dynamik nicht eingeschränkt wird.

Der LTS 25-NP war der erste LEM Wandler in ASIC-Technologie. Ein einzigartiges Merkmal des für den LTS entworfenen ASIC war die Integration des feldempfindlichen Elements auf dem gleichen Substrat wie die Elektronik, was zu einer Lösung führte, welche die Hallelement-Drift bei Temperaturänderungen teilweise kompensiert.

Eine neue Generation von ASIC, geringere Temperaturdrift.

Die neue ASIC-Generation basiert auf einer anderen Silizium-Technologie als die erste ASIC-Generation, die bis heute in LTS-Produkten benutzt wurde. Diese Technologie bietet nach der Kompensation der Hallelement-Drift eine geringere Offsetdrift als die alte Technologie. Das ist ein wichtiger Faktor beim Entwurf von Regelschleifen, in die man in den Wandler integriert. Bei geringerer Drift ist die Stabilität der Regelschleife besser.

Mit einem LTS 25-NP im Temperaturbereich von -40 bis +85 °C erreichen wir eine max. Offsetdrift von 100 ppm/K, mit einem LTRS 25-NP im gleichen Temperaturbereich und in der besten Konfiguration können wir 37,5 ppm/K erreichen (Bild 4).

Der neue ASIC wurde auch verbessert, um in der Lage zu sein, den erforderli-

	Out/0 V		Out/Ref.
	-40... -10 °C	-10... +85 °C	-40... +85 °C
LTSR 6-NP	250	200	150
LTSR 15-NP	164	114	64
LTSR 25-NP	137.5	87.5	37.5

Bild 4: Drift der verschiedenen Typen

chen Spulenstrom zu liefern und somit einen Abfall der Spannung unter die Grenze zu vermeiden, die zur Kurzschluss-Erkennung nötig ist. D.h. bei einem Primärstrom von 10x dem Nennstrom darf die Ausgangsspannung nicht unter 2 V sinken, die auf 2,5 V Bezug nimmt, um einwandfreie Kurzschluss-Erkennung zu gewährleisten (Bild 5).

Was ist der Unterschied zwischen einem LTS und einem LTRS?

Wie der LTS, ist der LTRS ein Kompensationswandler, aber er hat einen zusätzlichen Pin mit der Bezeichnung REF. Dieser Pin bietet einen Zugriff auf die interne Spannungsreferenz des ASIC, die normalerweise auf ca. 2,5 V eingestellt ist. Der REF-Pin hat zwei grundlegende Betriebsarten (Bild 6).

Die erste Betriebsart heißt „Ref out-Mode“. In dieser Betriebsart ist, bei einem Primärstrom von 0 A, die Ausgangsspannung gleich der Spannung am REF-Pin (tatsächlich gibt es einen Offset von max. ±25 mV zwischen dem OUT-Pin und dem REF-Pin). Die Spannung am REF-Pin bleibt stabil, obwohl sich der Primärstrom ändert.

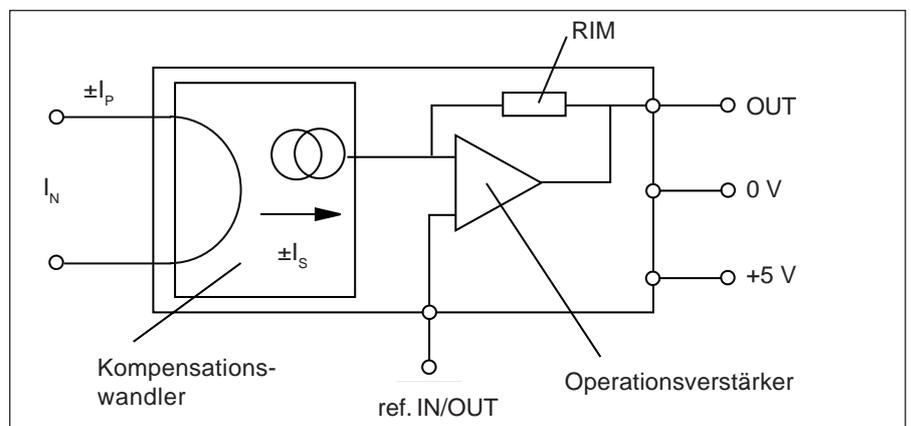


Bild 6: Funktionsprinzip des LTSR 25-NP

Unterschiede zwischen LTS und LTSR

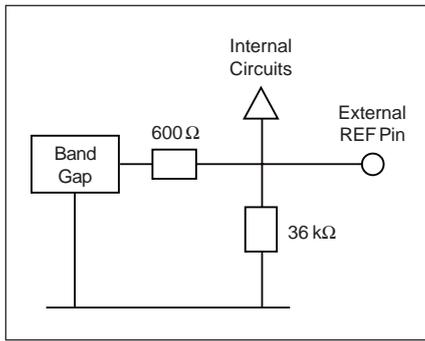


Bild 7: Schaltbild des REF-Pin

Die zweite Betriebsart heißt „Ref in-Mode“. In dieser Betriebsart können Sie eine externe Spannung an den REF-Pin anlegen, um die interne Spannungsreferenz zu übersteuern. Die zulässige externe Spannung beträgt mindestens 1,9 V und maximal 2,7 V. Die Quelle sollte mindestens 1 mA abgeben oder aufnehmen können. Dieser Pegel ist nötig, um sicherzustellen, dass die externe Referenz die interne Referenz übersteuert (Bild 7).

Die interne Referenzspannung V_{ref} beträgt $2,5\text{ V} \pm 25\text{ mV}$ bei $+25\text{ }^\circ\text{C}$ und bei $I_{ref} = 0$. Die Spannung der Referenz hängt ab von:

- dem Strom I_{ref} in Abhängigkeit von der angeschlossenen Last (Ref out-Mode). Um die Ref auf $2,5\text{ V} \pm 25\text{ mV}$ zu halten, fordern wir eine Mindestlast von $220\text{ k}\Omega$, um I_{ref} auf einem Minimum zu halten. In der Betriebsart Ref_{out} muss der Quellenstrom auf $-125\text{ }\mu\text{A}$ begrenzt werden. Oberhalb dieses Wertes kann ein Spannungseinbruch eintreten.
- dem von der externen Referenz gelieferten Strom (Ref in-Mode). In der Betriebsart Ref in muss die externe Referenz den erforderlichen Strom aufnehmen oder liefern können (liefern, wenn die angelegte externe Referenz $> V_{ref\text{ intern}} = 2,5\text{ V} \pm 25\text{ mV}$ oder aufnehmen, wenn die angelegte externe Referenz $< V_{ref\text{ intern}}$), in Abhängigkeit vom verwendeten Spannungspegel: $V_{ref} = f(I_{ref})$.

Bild 8 zeigt das Verhalten der Referenzspannung als Funktion vom Strom I_{ref} (für verschiedene LTSR 6-15-25-NP Typen).

Bei Verwendung einer externen Referenz ist es leichter, den Wandler an Geräte wie A/D-Wandler anzuschließen.

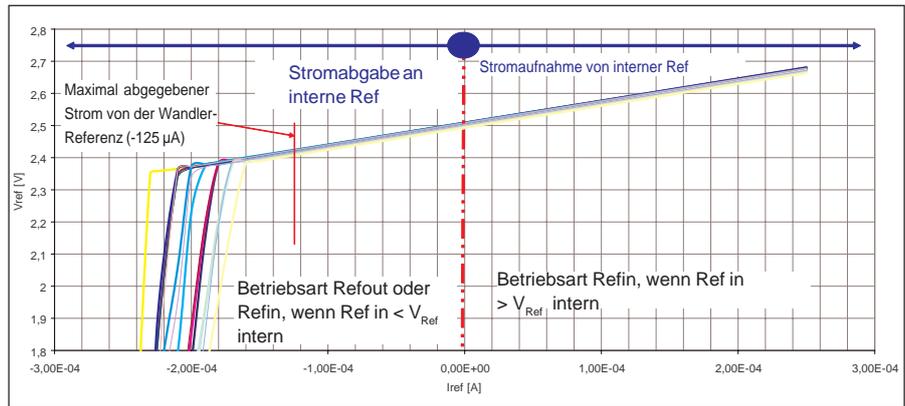


Bild 8: V_{ref} -Leistungsdaten in Abhängigkeit des Referenzstroms.

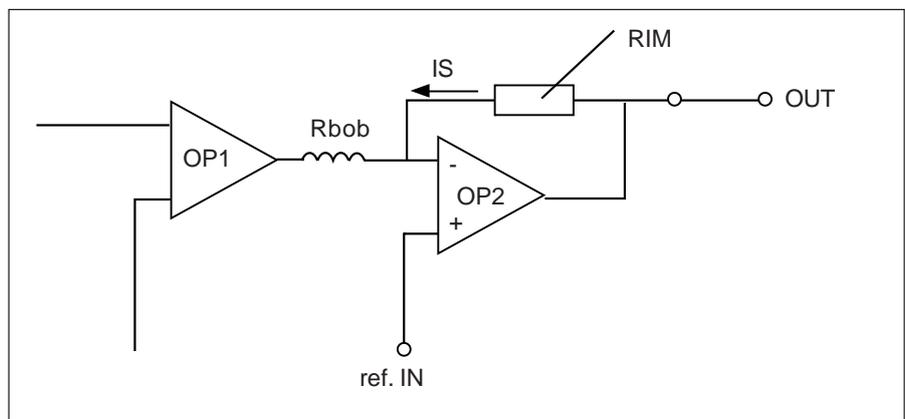


Bild 9: Messbereich in der Betriebsart Refin. LTSR Ausgangs-Schaltbild.

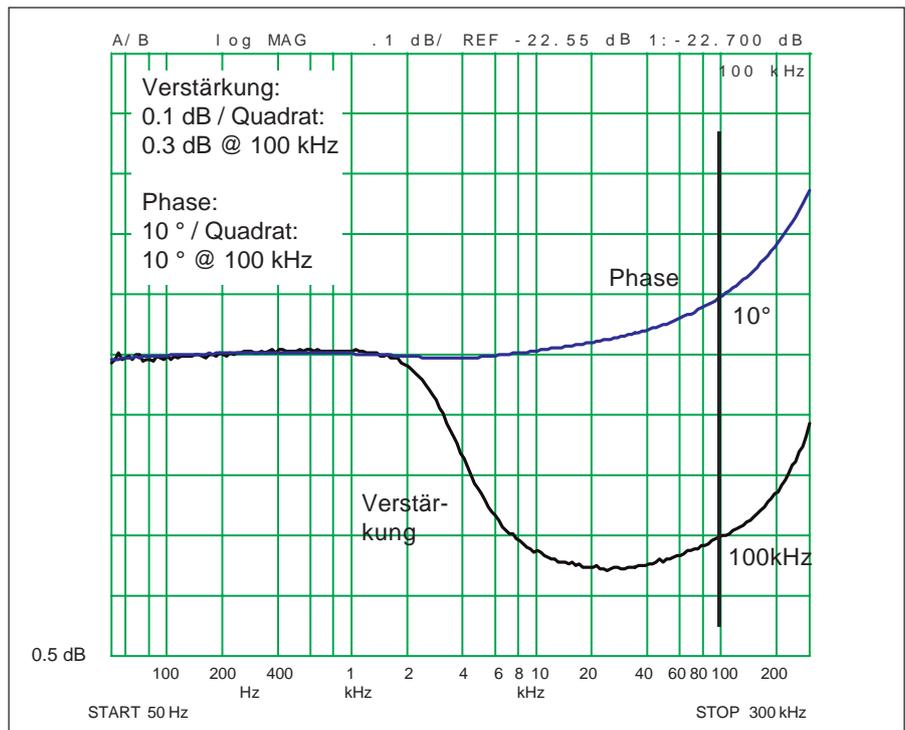


Bild 10 und 11: Amplituden- und Phasengang des LTSR 25-NP.

Wichtige Kenndaten

Der Kompromiss, den man für diesen Vorteil eingehen muss, ist eine Verringerung des Messbereichs. Wenn beispielsweise REF auf 1,9 V eingestellt ist, verfügt man über 0,6 V weniger Ausgangsbereich, um einen negativen Primärstrom zu messen und, bedingt durch die Architektur des ASIC, auch für einen positiven Primärstrom.

Betrachten wir ein Beispiel mit $V_{ref\ in} = 2,7\ V$ für den Typ LTSR 25-NP:

- Der positive Messbereich ist wie folgt definiert: OP1 und OP2 (Bild 9) sind oberhalb von 4,5 V und unterhalb von 0,5 V gesättigt. Die Spannung an den R_{im} -Anschlüssen beträgt: 4,5 V (max. möglicher Ausgang) - $V_{ref\ in} = 4,5\ V - 2,7\ V = 1,8\ V$.

$$\text{Da } V_{Rim} = R_{im} \cdot I_S \rightarrow I_S = 36\ \text{mA.} \\ \text{mit } R_{im} = 50\ \Omega.$$

Die Wicklung des LTSR 25-NP hat 2000 Windungen und beträgt $44\ \Omega$ (R_{spule}) bei $+25\ ^\circ\text{C}$, daher:
 $I_p = I_S \cdot 2000 = 72\ \text{Aspitze}$ auf positiver Seite.

Zur Gewissheit, dass OP1 nicht gesättigt ist: OP1 Ausgangsspannung = $2,7\ V - R_{spule} \cdot I_S = 1,116\ V$.
 $1,116\ V > 0,5\ V = \text{OP1 Sättigungspegel}$; wir sehen, dass es kein Problem ist, bis zu $+72\ \text{Aspitze}$ zu messen.

- Der negative Messbereich ist wie folgt definiert: $V_{Rim} = V_{ref\ in} - 0,5\ V$ (min möglicher Ausgang) = $2,7\ V - 0,5 = 2,2\ V$. Da $V_{Rim} = R_{im} \cdot I_S \rightarrow I_S = 44\ \text{mA}$.
 $I_p = I_S \cdot 2000 = -88\ \text{Aspitze}$ auf negativer Seite.

Wir prüfen wieder, dass OP1 nicht gesättigt ist: OP1 Ausgangsspannung = $2,7\ V + R_{spule} \cdot I_S = 4,636\ V$.

$4,636\ V > 4,5\ V = \text{OP1 Sättigungspegel}$, somit ist dies nicht OK. Die OP1 Sättigung begrenzt dessen Ausgangsspannung auf 4,5 V. Dann kann V_{spule} nicht größer sein als: $4,5\ V - 2,7\ V = 1,8\ V$ und $V_{spule} = R_{spule} \cdot I_S$ und $I_p = I_S \cdot 2000 \rightarrow I_p$ messbar auf negativer Seite = $-81\ \text{Aspitze}$ und somit $V_{out} = 2,7\ V - V_{Rim} = 2,7 - 50 \times 81/2000 = 0,675\ V > 0,5\ V$, somit ist OP2 nicht gesättigt.

Die gleiche Logik gilt auch für einen anderen $V_{ref\ in}$ -Wert.

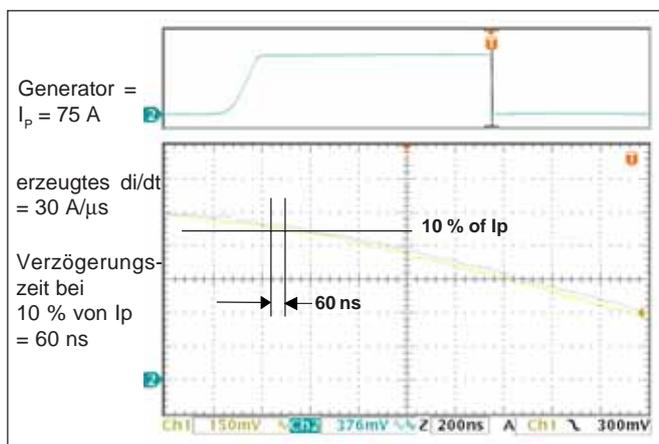


Bild 12: Verhalten der Serie LTSR bei einem Stromsprung.

Auch mechanisch gibt es einige Veränderungen wegen des zusätzlichen REF-Pins. Die Grundfläche hat sich geändert. Und der Abstand zwischen den Sekundärpins beträgt 1,905 mm anstatt 2,54 mm wie beim Standard-LTS.

Weiter Frequenzbereich

Die hervorragenden Kopplungseigenschaften spiegeln sich auch im Frequenzbereich wider. Die 0,3-dB-Grenze liegt bei ca. 100 kHz und übertrifft damit alle Werte herkömmlicher, moderner Halleffekt-Wandler. Bislang lag die 3-dB-Grenze bei Kompensations-Stromwandlern zwischen 100 und 200 kHz (Bild 10 und 11).

Exakte Wiedergabe der Stromform am Wandlerausgang

Schnelle Schaltvorgänge, wie bei IGBTs (IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor), erfordern zum Schutz eine sehr schnelle Erkennung von Überströmen. Bei einer Stromsteilheit von $30\ \text{A}/\mu\text{s}$ (Bild 12) ist praktisch keine Verzögerung zum Primärstrom zu sehen. Dank der optimalen Kopplung zwischen dem Primärkreis und der Kompensationswicklung kann der Transformator-Effekt optimiert werden.

Ausgezeichnete Genauigkeit und Temperaturstabilität

Die Stromwandler der Serie LTSR erreichen eine Gesamtgenauigkeit von besser als $\pm 0,2\ \%$ bei $25\ ^\circ\text{C}$. Darin sind alle möglichen wandlerspezifischen Ungenauigkeiten wie Linearitätsfehler, Abweichungen bei der Windungszahl und Auswirkungen auf die Langzeitstabilität enthalten.

Im Gegensatz zu den meisten heute am Markt vorhandenen Kompensations-Stromwandlern, die in der Regel einen Stromausgang haben, ist hier der Messwiderstand im Wandler integriert. LEM hat Widerstände mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\ \%$ und einer Temperaturdrift von max. 50 ppm/K gewählt.

Die eingebaute Referenz, die für den Anwender extern zugänglich ist, hat eine Temperaturstabilität von max. 50 ppm/K ($-10\ \dots +85\ ^\circ\text{C}$) und max. 100 ppm/K ($-40\ \dots -10\ ^\circ\text{C}$). Die absolute Genauigkeit der Referenz ist bei dem LTSR weniger wichtig, da diese in den meisten Fällen durch externe Beschaltung oder digitale Aufbereitung ausgeglichen werden kann (Betriebsart Ref out). Eine ähnliche Kompensation kann auch beim anfänglichen Ausgangsoffset bei $I_p = 0$ eintreten.

Auch wenn die Referenz dem Wandler durch die Elektronik des Anwenders extern zugeführt wird, regelt der Prozessor, wie oben erläutert, die Drift. In dieser Konfiguration (Betriebsart Ref in) können Sie der Wandler-Referenz zwischen 1,9 und 2,7 V zuführen, da diese Spannung vom Prozessor kontrolliert wird, ist der Offset somit aufgehoben, ebenso wie dessen Temperaturdrift.

Wichtige Kenndaten

Die Ausgangsspannung V_{out} erreicht eine max. Temperaturstabilität von (für LTSR 25-NP bei $-10...+85\text{ °C}$ als Betriebstemperaturbereich und $I_p = 0$):

- 37,5 ppm/K in Bezug auf V_{ref} (gilt auch von -40 bis -10 °C)
- 87,5 ppm/K in Bezug auf 0 V (137,5 ppm/K bei -40 bis -10 °C als Betriebs-temperaturbereich).

87,5 ppm/K ergibt sich aus V_{out} Drift gegen V_{ref} (37,5 ppm/K) + V_{ref} Drift gegen 0 V (50 ppm/K).

137,5 ppm/K wegen der Tatsache, dass V_{ref} Drift = 100 ppm/K im Betriebs-temperaturbereich von -40 bis -10 °C).

Wie vorher erklärt, verbessern Sie Ihre Genauigkeit, wenn der Prozessor V_{ref} Drift, V_{ref} Offset und V_{out} Anfangsoffset bei $I_p = 0$ ausschalten kann.

Durch Addition aller Toleranzen in einem Temperaturbereich von -10 bis $+85\text{ °C}$ erhält man zum Beispiel die folgende Genauigkeitstabelle für den LTSR 25-NP (für $\Delta T = 60\text{ K}$ in Betriebsart Ref out) (Tabelle 1).

Wichtige Kenndaten

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die wichtigsten Kenndaten der Stromwandler LTSR.

Die Versorgungsspannung beträgt $+5\text{ V}$, was auch für die meistbenutzten Prozessoren passt. Im Gegensatz zu den bestehenden Kompensations-Stromwandlern, die üblicherweise einen Faktor von 1,5 für das Verhältnis Strombereich zu Nennstrom aufweisen, kann ein Verhältnis von mehr als 3 erreicht werden. Dies ist ein großer Vorteil für die meisten Anwendungen.

Die Serie LTSR 25-NP kann Ströme bis 80 A für einen maximalen Nennstrom von 25 A genau messen.

Die Referenzspannung beträgt 2,5 V wenn kein Primärstrom fließt (in Betriebsart Ref out oder externe Referenzspannung in Betriebsart Ref in), was genau der halben Versorgungsspannung entspricht. Der Variationsbereich des verstärkten Ausgangssignals beträgt $0,625 V/I_{PN}$, was eine Ausgangsspannung von 4,5 V bei $+80\text{ A}$ und 0,5 V bei -80 A ergibt (z.B. LTSR 25-NP in Betriebsart Ref out). Die Stromwandler erfüllen auch die üblichen Normen für Leistungselektronik-Systeme.

Genauigkeit bei $+25\text{ °C}$	$\pm 0,2\%$
Toleranz des Messwiderstands	$\pm 0,5\%$
Temperaturdrift des Messwiderstands 50 ppm/K, $\Delta T = 60\text{ K}$	$\pm 0,3\%$
Temperaturdrift von V_{ref} in Bezug auf I_{PN} (50 ppm/K Max) @ $I_p = 0$	$\pm 1,2\%$
Temperaturdrift von V_{OUT}/V_{ref} in Bezug auf I_{PN} (37.5 ppm/K Max) @ $I_p = 0$	$\pm 0,9\%$
Gesamtfehler	$\pm 3,1\%$
Gesamtfehler, wenn Temperaturdrift von V_{ref} kompensiert wird	$\pm 1,9\%$

Tabelle 1: LTSR 25-NP Genauigkeit

Primärer Nennstrom I_{PN} des LTSR 6/15/25-NP	Aeff	6 - 15 - 25
Messbereich	A	19,2 - 48 - 80
Genauigkeit des Wandlers bei $+25\text{ °C}$ (Unlinearität + Verstärkung + Langzeitstabilität)	% x I_{PN}	$\pm 0,2$
Gesamtfehler bei $+25\text{ °C}$ (0,2 % + 0,5 % vom eingebauten Widerstand)	% x I_{PN}	$\pm 0,7$
Versorgungsspannung	V	0, +5 ($\pm 5\%$)
Ausgangsspg. b. $I_p = 0$ in Betriebsart Ref out	V	$+2,5 \pm 1\%$
Referenzspannung Betriebsart Ref out	V	$+2,5 \pm 1\%$
Referenzspannung Betriebsart Ref in	V	$+1,9...+2,7$
Temperaturdrift der int. Referenzspannung (Max, $-10...+85\text{ °C}$) bei $I_p = 0$	ppm/K	50
(Max, $-40...-10\text{ °C}$) bei $I_p = 0$	ppm/K	100
Temperaturdrift von V_{out} bei $I_p = 0$ gegen Ref (Max, $-40...+85\text{ °C}$)	ppm/K	150 - 64 - 37,5
Ansprechzeit bei 90 % von IPN	ns	< 400
Frequenzbereich, < 0,5 dB	kHz	0...100
Prüfspannung, 50-60 Hz, 1 min	kV	3
Normen		EN 50178/IEC 60950-1
Abmessungen L x B x H	mm	9,3 x 22,2 x 24
Masse	g	10

Tabelle 2: Technische Daten der Serie LTSR

Mehr Flexibilität in Anwendungen

Mehr Flexibilität in Anwendungen Dank seiner zusätzlichen Funktionalität passt der LTSR in anspruchsvollere Topologien als sein Vorgänger. In den meisten Anwendungen ist der Ausgang des Wandlers an einen A/D-Wandler angeschlossen, dessen Ausgangssignal von einem DSP oder Mikroprozessor verarbeitet wird.

Der LTSR wurde so ausgelegt, dass man ihn direkt an einen mit 5 V gespeisten DSP anschließen kann, heutige DSPs oder A/D-Wandler werden häufig mit 3,3 V betrieben.

Die interne Referenz dieser 3,3 V DSPs oder A/D-Wandler kann auf 1,8 V sinken.

Falls Sie in dieser Anwendung eine interne Referenz im DSP mit externem Zugriff haben, können Sie diese dem Referenzeingang des Wandlers zuführen. Mit dieser Architektur können Sie mit der Referenz die Temperaturdrift ausschalten. Alternativ können Sie die interne Referenz des Wandlers

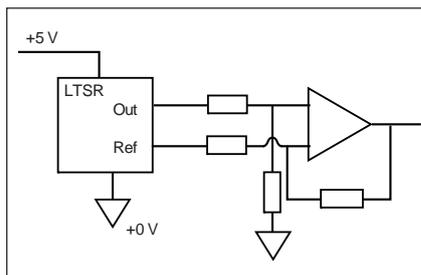


Bild 13: LTSR in Differenzverstärker-Konfiguration.

benutzen, um diese in einen A/D-Wandler einzuspeisen (Bitte vorher REFout-Messbereich beachten).

Es besteht auch die Möglichkeit, die Referenzpins von bis zu drei Wandlern zusammenzuschalten. Die resultierende Spannungsreferenz ist dann ein Ausgleich zwischen jeder dieser internen Referenzen. Diese Technik ist auch in „Betriebsart Ref in“ anwendbar.

Bilder 14, 15 und 16: Blockschaltbilder eines Systems, das drei Wandler verwendet, bei denen die REF-Pins zusammengeschaltet sind.

Bild 13 zeigt eine typische Anwendung wobei der Ref out in einem Differenzverstärker eingespeist wird, um den Ausgangsoffset auszuschalten. Außerdem erlaubt der auf Null bezogene Ausgang eine bequeme bipolare Signalbearbeitung.

Bild 14 zeigt eine typische Anwendung des Ref out-Signals, um einem A/D-Wandler eine Eingangsreferenz zu liefern.

Bild 16 verdeutlicht, wie der Refin benutzt werden könnte, um mehrere Wandler mit dem gleichen Referenzpegel zu synchronisieren. Der Widerstand am Ausgang des nachfolgenden Verstärkers in Bild 16 dient dazu ein Schwingen am Verstärkerausgang wegen der Belastung durch den 47-nF-Kondensator zu vermeiden, der intern am Ref-Pin des LTSR angeschlossen ist (Bild 17).

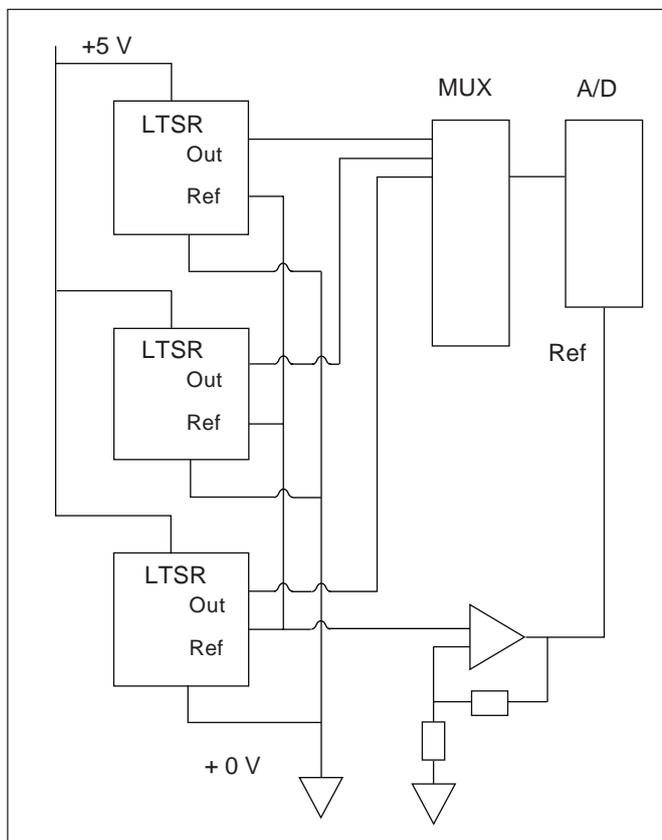


Bild 14: LTSR in Ref out-Konfiguration.

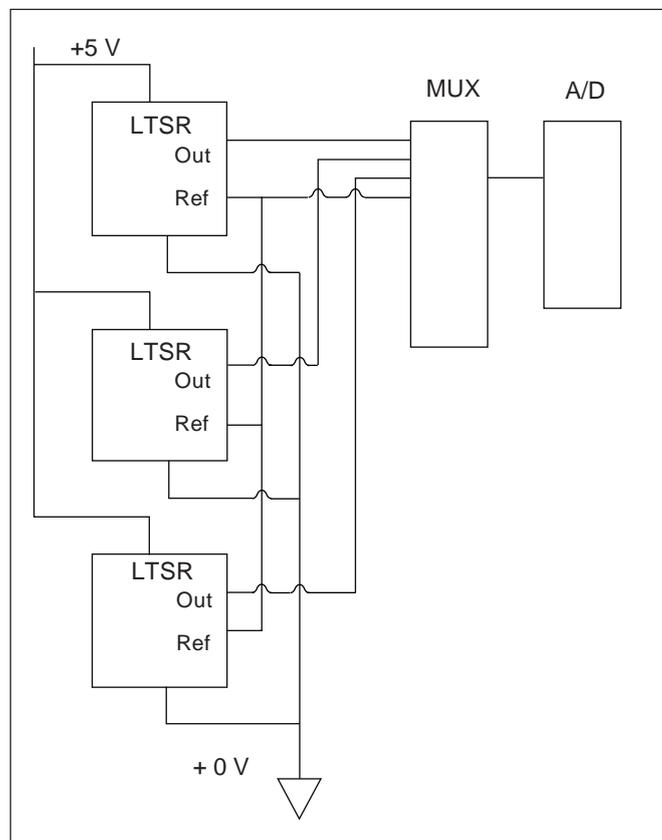


Bild 15: LTSR mit analog/digital gesteuertem Ref in.

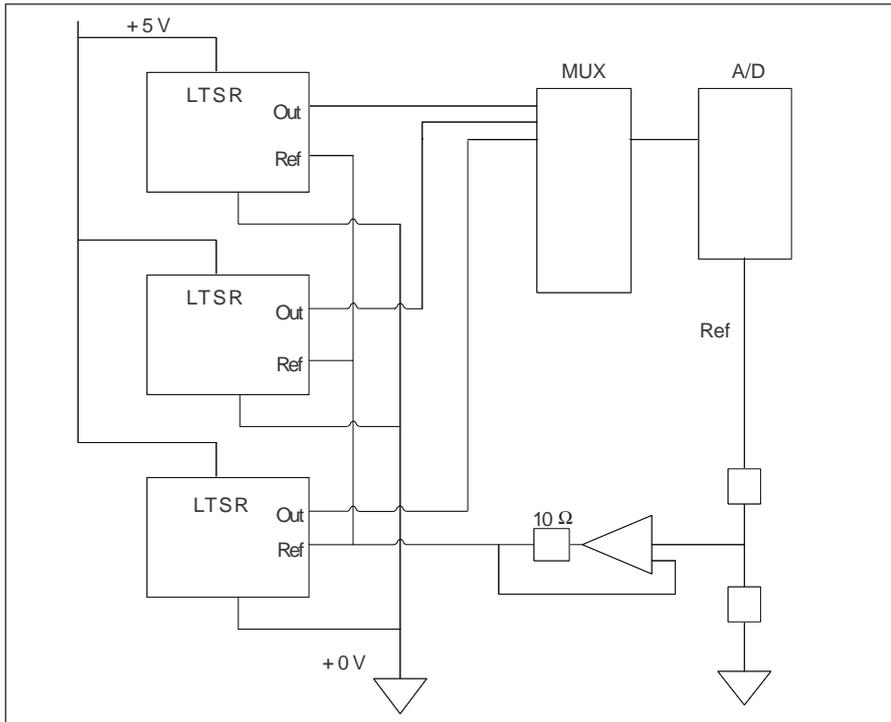


Bild 16: LTSR in Ref in-Konfiguration.

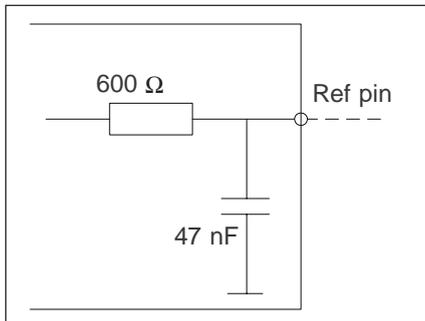


Bild 17: REF pin des LTSR

Multifunktionaler Primärkreis

Die Konstruktion stellt drei Primäranschlussbügel und eine zusätzliche kreisförmige Öffnung im Gehäuse zur Verfügung. Dies bietet dem Entwickler eine größere Flexibilität, um den Messbereich des Stromwandlers optimal an seine Anwendung anzupassen. Bild 18 zeigt die verschiedenen Anschlussmöglichkeiten.

In **Variante 1** werden alle drei Anschlussbügel parallel geschaltet. Dies erlaubt den maximalen Messbereich auszunutzen.

Variante 2 ergibt durch die Reihenschaltung der Anschlussbügel einen dreifach reduzierten Messbereich und damit eine dreifach höhere Genauigkeit bei kleinen Strommessungen.

Variante 3 ermöglicht die Messung von Differenzströmen. Der gemessene Strom ist die Differenz der Ströme $I_1 - I_2$. Ganz bewusst wird der zweite Strom durch die Öffnung geführt, da so beliebige Abstände je nach Potenzialdifferenz zwischen zwei Phasen auf der Leiterplatte realisiert werden können.

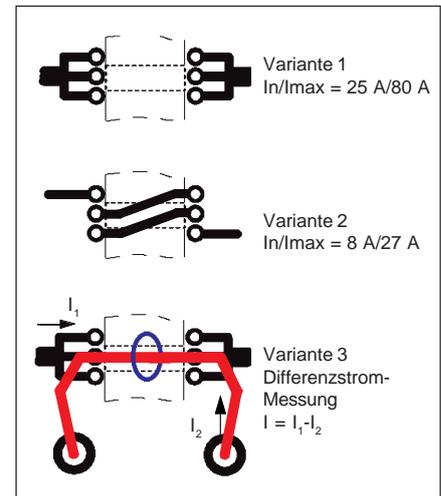


Bild 18: Die verschiedenen Möglichkeiten, den Primärstromkreis anzuschließen (z.B. LTSR 25-NP)

Normen

Normen

Alle Werkstoffe sind UL-gelistet (UL = Underwriters Laboratories).

Der Aufdruck des CE-Kennzeichens auf dem Produkt bestätigt die Konformität mit der europäischen EMV-Richtlinie 89/336 EWG und der Niederspannungs-Richtlinie 72/23 EWG.

Beim Entwickeln der Serien LTS und LTSR wurden die Vorschriften der Norm EN 50178 berücksichtigt.

Alle Produkte widerstehen der Isolations-Prüfspannung von 3 kV AC, mindestens aber 1,5 kV Glimmaussetzspannung (bei 10 pC) und einer Impulsspannung (1,2/50 µs: Wellenform gemäß der Norm EN 50178) von mehr als 8 kV.

Der für das Gehäuse verwendete Werkstoff ist IIIa-gelistet als Isolierstoffgruppe nach der vorgenannten Norm. Durch all diese Elemente kann eine Bemessungsspannung erreicht werden (bei Beachtung der in der Norm EN 50178 beschriebenen Richtlinien), die noch von den Einsatzbedingungen in der Anwendung abhängt.

Als mögliche Einsatzbedingungen können wir anführen: Einfacher oder erhöhter Isolationsbedarf, Verschmutzungsgrad entsprechend der Anwendung, die Überspannungskategorie, Leiterbahnenlayout auf der Leiterplatte (zur Festlegung der Luft- und Kriechstrecken, bei Leiterplattenmontage sowie anwendungsspezifischen Bedingungen).

Stromversorgung	Wandler-Isolationsbedarf	Kategorie
Masse angeschlossen	Einfach	CAT III 600 V _{eff}
keine Masseverbindung	Zweifach	CAT III 300 V _{eff}

Tabelle 3: IEC 61010-1 Standard

Anwendungsbeispiel gemäß der Norm EN 50178 mit den LTSR-Typen:

Luftstrecke:

Dies ist der Mindestabstand in der Luft zwischen den Primär- und Sekundär-Potenzialen. Im Fall des LTSR ist dies der Abstand auf der Leiterplatte → **Luftstrecke: 6,27 mm (Bild 19) (einschließlich Lötmuster)**

Lassen Sie uns Folgendes annehmen:

- Einfache Isolation
- Überspannungskategorie: OV3 oder Kategorie III (IEC 61010-1)
- Verschmutzungsgrad: PD2
- U = 849 V Spitze → d = 5,5 mm = erforderlicher Abstand.
- U = 1410 V Spitze → d = 8 mm = erforderlicher Abstand.

Wir wählen die Nenn-Isolationsspannung von 849 V Spitze als Primärspannung (600 V_{eff}). Dies entspricht der Norm IEC 61010-1 (Tabelle 3).

Kriechstrecke:

Dies ist die Mindeststrecke beim Entlangkriechen am Werkstoff zwischen dem Primär- und Sekundär-Potenzial. Auf der Leiterplatte → **Kriechstrecke: 6,27 mm**

Am Gehäuse → **Kriechstrecke: 15,35 mm** (Bild 20 und 21) (d1 + d2 mit d1 = 3,22 mm + 3,61 mm + 2 x 0,5 mm und d2 = 7,52 mm) (3,61 mm wegen der runden Form).

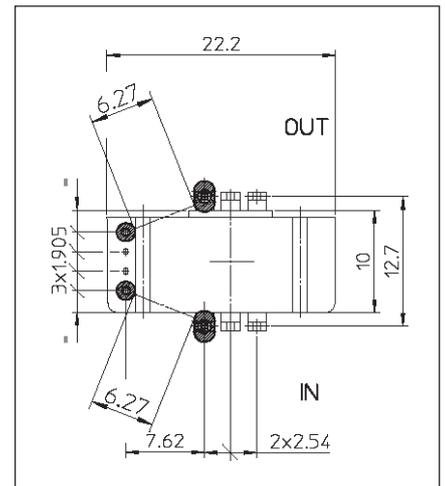
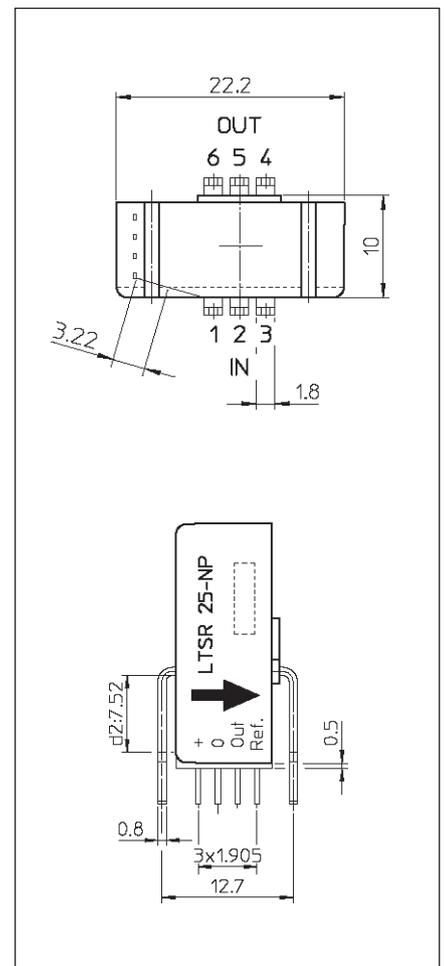


Bild 19: Luftstrecke



Bilder 20 + 21: Kriechstrecke

Lassen Sie uns Folgendes annehmen:

- Einfache Isolation
- Überspannungs-Kategorie: OV3
- Verschmutzungsgrad: PD2
- Wir wählen $U_{\text{eff}} = 320 \text{ V}_{\text{eff}}$
- CTI = 175 (IIIa)
- Somit $d=3,2 \text{ mm}$ = erforderlicher Abstand für Gehäuse und $d=1,6 \text{ mm}$ = erforderlicher Abstand bei Montage auf der Leiterplatte.

Da die Kriechstrecke $>$ oder $=$ Luftstrecke sein muss, erlauben die LTSR Luft- und Kriechstrecke in diesem Beispiel eine Nenn-Isolationsspannung (bei erforderlicher einfacher Isolation) von $320 \text{ V}_{\text{eff}}$ mit oder ohne Verwendung einer Leiterplatte.

Gemäß den Normen EN 50178 und IEC 61010-1 ergibt sich die folgende Arbeitsspannung bezüglich des erforderlichen Isolationstyps und der an den LTSR-Typen vorhandenen Kriechstrecken (auf der Leiterplatte oder am Gehäuse):

Isolationsart Abstände	Einfach	Zweifach
Leiterplatte (d = 6,3 mm)	1250 Veff	630 Veff
Gehäuse (d = 12,5 mm)	1250 Veff	630 Veff

Weiterhin gemäß den Normen EN 50178 und IEC 61010-1, unter Berücksichtigung der Luft- und Kriechstrecke der LTSR-Typen (auf Leiterplatte oder am Gehäuse) bei den vorherigen Einsatzbedingungen, können wir für ein einfaches Isolationsniveau eine Arbeitsspannung von 600 Veff erreichen, und für ein zweifaches Isolationsniveau eine Arbeitsspannung von 300 Veff.

Elektrostatistische Entladung: EMV-Verträglichkeit

- Test auf Festigkeit gegen elektrostatische Entladung IEC 61000-4-2 (+ 6 kV Indirekte Kontakt-Entladungen): Kategorie B.
- Test auf Festigkeit gegen elektromagnetische Störausstrahlung IEC 61000-4-3 (10 V/m AM bei 1 kHz, 80 % (80 MHz - 1 GHz)): Kategorie A mit Abweichung $<5 \%$ von I_{PN} .
- Test auf Festigkeit gegen schnelle elektrische Spannungsspitzen IEC 61000-4-4 ($\pm 2 \text{ kV}$): Kategorie B.
- Festigkeit gegen leitungsgebundene Störungen IEC 61000-4-6 (10 V AM bei 1 kHz, 80 % (150 kHz-80 MHz)): Kategorie A mit Abweichung $<10 \%$ von I_{PN} .
- Test auf Festigkeit gegen Netzfrequenz-Magnetfeld IEC 61000-4-8 (100 A/m (DC und AC 50 Hz)):

Kategorie A mit Abweichung $<1 \%$ von I_{PN} für LTSR 15 und 25-NP und $<1,5 \%$ von I_{PN} für LTSR 6-NP.

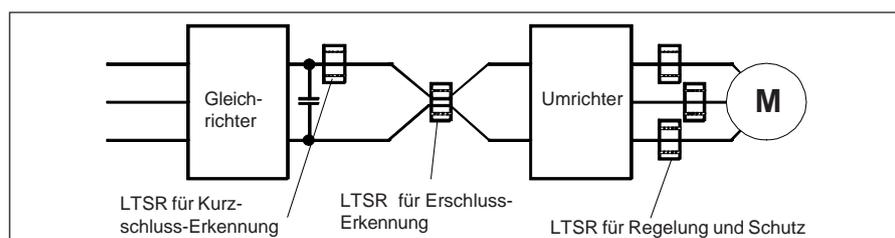


Bild 22: Möglichkeiten galvanisch getrennter Strommessungen durch den Einsatz der Serie LTSR in einem Umrichter

Praktische Beispiele

1. Galvanisch getrennte Strommessungen an einem Umrichter

Eine typische Anwendung des LTSR ist der klassische Frequenzumrichter. Dank seiner ausgezeichneten Genauigkeit und Festigkeit gegen dv/dt -Sprünge eignet sich der Wandler auch ideal für Servoantriebs-Anwendungen.

Bild 22 gibt einen Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten einer Strommessung.

Vorteile

- hervorragende Linearität für exakte Messungen des Motorstroms,
- schnelles Ansprechen, um kurze Abschaltzeiten bei Fehlerzuständen wie Erdschluss oder Kurzschluss zu erreichen,
- gute Temperaturstabilität erlaubt genaue, wiederholbare Messungen,
- Festigkeit gegen große kapazitive Stromänderungen, die bei langen Motorkabeln auftreten können.

2. Allgemeine Stromüberwachung und-Regelung

Die Anwendungsmöglichkeiten sind zahlreich: Wo Ströme genau erfasst, geregelt und überwacht werden müssen, bietet die Serie LTSR Möglichkeiten, die vielleicht bislang noch nicht ernsthaft in Betracht gezogen wurden. Dies gilt vor allem für Systeme, bei denen bisher nur Wechselstrom gemessen wurde. Nichtlineare Lasten erzeugen zunehmend nicht-sinusförmige Wellenformen, die Gleichstromanteile enthalten. Hier bietet die Serie LTSR eine gute Alternative zu den klassischen Transformatoren, da sie mit dem gleichen Wandler sowohl Gleich- als auch Wechselströme messen können. Sie ist auch in Gleichstrom-Einrichtungen wie Stromversorgungen, batteriebetriebenen Geräten oder Gleichstrom-Antrieben einsetzbar.

In diesem Fall bietet die Serie LTSR gegenüber einem Shunt-Widerstand folgende Vorteile:

- erheblich geringere Leistungsverluste,
- galvanische Trennung,
- bessere elektromagnetische Störfestigkeit.

Zusammenfassung

Tabelle 4 zeigt alle Vorteile und Anwendungen der Serie LTSR.

Vorteile der Serie LTSR

- Bei Verwendung einer unipolaren Stromversorgung 0/+5 V können positive und negative Ströme gemessen werden.
- Zugriff auf die interne Referenzspannung: Betriebsart Ref out
- Die Möglichkeit, die Wandler-Referenz von einer externen Versorgung aus zu speisen: Betriebsart Ref in
- Hohe Temperaturstabilität und geringe Drift.
- Die Einstellbarkeit auf mehrere Messbereiche erlaubt es, mit dem Wandler einen weiten Bereich von Primärströmen zu messen.
- Geringer Leistungsverbrauch.
- Das Kompensationsprinzip sorgt für ausgezeichnete Linearität, weiten Frequenzbereich mit kurzer Ansprechzeit, weiten Messbereich und die Fähigkeit, kurze Stromimpulse zu messen.
- Produktionsfreundlich durch einfache Montage.
- Kostengünstige Lösung.

Anwendungen

Der LTSR erschließt alle Anwendungen in energiesparenden elektronischen Systemen wie drehzahlveränderbaren Antrieben, elektrischen Antrieben für industriellen Einsatz in Heizungen, Lüftung und Klimaanlage sowie in Hausgeräten und industriellen Einrichtungen, Servoantrieben, kleinen unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV), Stromversorgungen und Verstärkern, Energiemanagement-Systemen, Gabelstaplern und allgemeine Stromüberwachung.

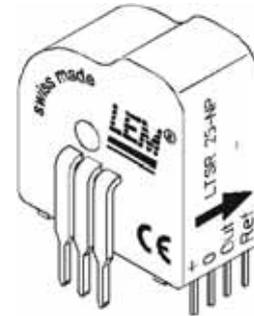
Tabelle 4 : Vorteile und Anwendungen des Stromwandlers LTSR in einer Übersicht

Mehrbereichs-Stromwandler

$$I_{PN} = 6 - 15 - 25 \text{ A}$$

LTSR 6-NP, LTSR 15-NP, LTSR 25-NP

Für die elektronische Messung von Strömen: Gleich-, Wechsel-, Impuls- und Mischströmen mit galvanischer Trennung zwischen dem Primärkreis (Starkstromkreis) und dem Sekundärkreis (elektronischer Kreis).



Elektrische Daten

I_{PN}	Primärstrom, effektiv	6/15/25	At
I_P	Primärstrom, Messbereich	0 .. ± 19.2/48/80 ¹⁾ At	
V_{OUT}	Ausgangsspannung @ I_P	2,5 ± (0.625 · I_P / I_{PN})	V
	$I_P = 0$	2,5 ²⁾	V
V_{REF}	Spannungsreferenz (int. Referenz) Betriebsart Refout	2,5 ³⁾	V
	Spannungsreferenz (ext. Referenz), Betriebsart Refin	1,9 .. 2,7 ⁴⁾	V
N_S	Anzahl von Sekundärwindungen (± 0.1 %)	2000	
R_L	Eingangsimpedanz des Messkreises	≥ 2	kΩ
C_L	Kapazitive Belastung	500	pF
R_{IM}	Interner Messwiderstand (± 0.5 %)	208.33/83.33/50	Ω
TCR_{IM}	Temperaturdrift von R_{IM}	< 50	ppm/K
V_C	Versorgungsspannung (± 5 %)	5	V
I_C	Stromaufnahme bei @ $V_C = 5 \text{ V}$	Typ 28 + $I_S^{(5)} + (V_{OUT} / R_L)$	mA
V_d	Prüfspannung, effektiv, 50/60 Hz, 1 mn	3	kV
V_e	Glimmaussetzspannung, effektiv @ 10 pC	> 1,5	kV
V_w	Stehstoßspannung 1,2/50 μs	> 8	kV

Genauigkeit - Dynamische Leistungsdaten

X	Genauigkeit @ I_{PN} , $T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.2	%
	Genauigkeit mit R_{IM} @ I_{PN} , $T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.7	%
ϵ_L	Linearität	< 0,1	%
		Max.	
TCV_{OUT}	Temperaturdrift v. V_{OUT} / V_{REF} @ $I_P = 0$	- 40°C .. +85°C	150/64/37.5 ppm/K
TCE_G	Temperaturdrift der Verstärkung	- 40°C .. +85°C	50 ⁶⁾ ppm/K
V_{OM}	Restspannung @ $I_P = 0$, nach einer Überlast v. $3 \times I_{PN}$	± 0.5	mV
	$5 \times I_{PN}$	± 2	mV
	$10 \times I_{PN}$	± 2	mV
TCV_{REF}	Temperaturdrift der internen V_{REF} @ $I_P = 0$	- 10°C .. + 85°C	50 ppm/K
		- 40°C .. - 10°C	100 ppm/K
t_{fa}	Reaktionszeit @ 10 % von I_{PN}	< 100	ns
t_f	Ansprechzeit @ 90 % von I_{PN}	< 400	ns
di/dt	di/dt bei optimaler Kopplung	> 15/35/60	A/μs
f	Frequenzbereich (0 .. - 0.5 dB)	DC .. 100	kHz
	(- 0.5 .. 1 dB)	DC .. 200	kHz

Merkmale

- Mehrbereichs-Kompensations-Stromwandler auf Halleffekt-Basis
- Unipolare Spannungsversorgung
- Kompakter Aufbau für Leiterplattenmontage
- Gehäuse aus isolierendem, selbstlöschendem Material UL 94-V0
- Eingebauter Messwiderstand
- Erweiterter Messbereich
- Zugriff auf die interne Spannungsreferenz
- Möglichkeit, eine externe Referenzspannung einzuspeisen.

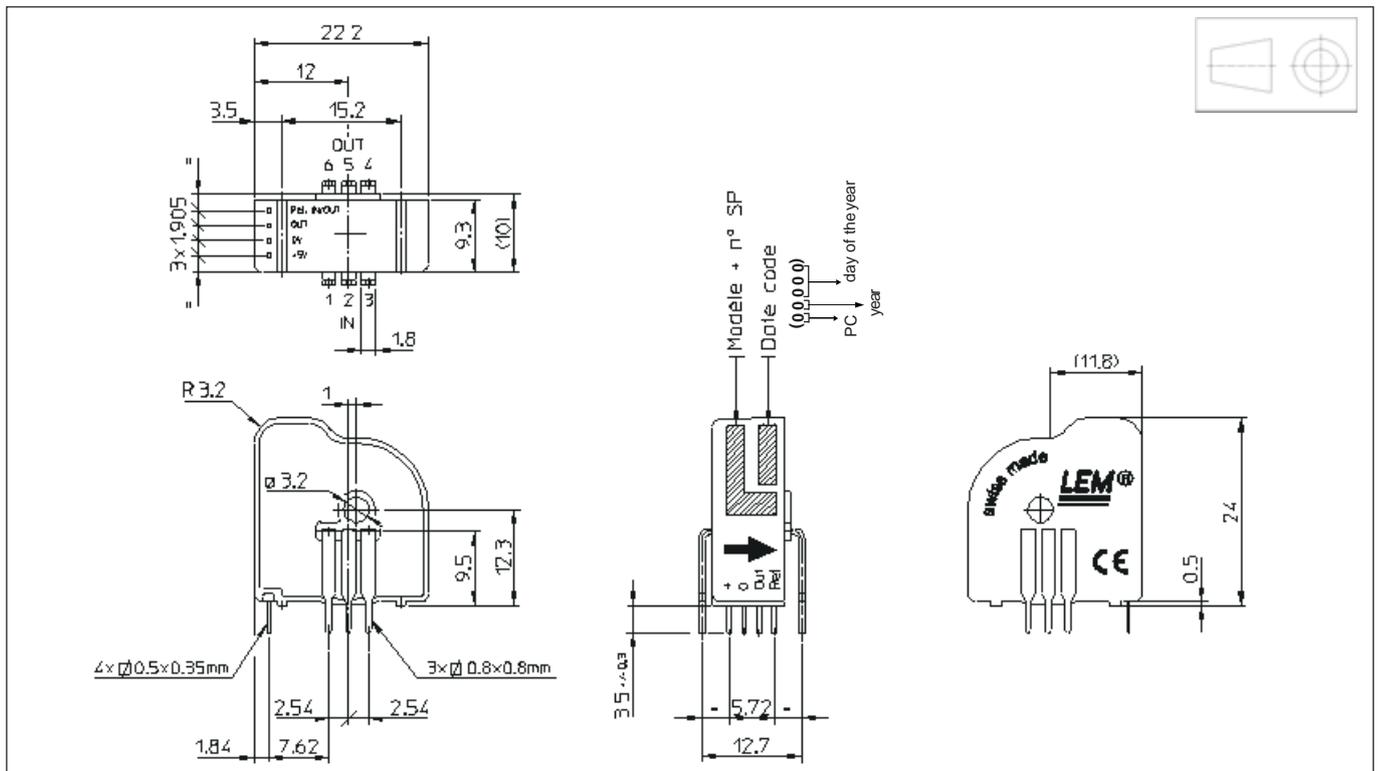
Vorteile

- Ausgezeichnete Genauigkeit
- Sehr gute Linearität
- Sehr geringe Temperaturdrift
- Optimierte Ansprechzeit
- Breiter Frequenzbereich
- Keine Einfügungsverluste
- Geringe Störanfälligkeit gegenüber Fremdfeldern
- Überstehen Überströme ohne Schaden.

Anwendungen

- Drehzahlveränderbare AC-Antriebe und Servomotor-Steuerungen
- Stromrichter für Gleichstromantriebe
- Batteriebetriebene Anwendungen
- Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV)
- Schaltnetzteile
- Stromversorgungen für Schweißanwendungen.

Abmessungen LTSR 6, LTSR 15, LTSR 25-NP (in mm. 1 mm = 0.0394 inch)



Anzahl Primärwindungen	Effektiver Primärnennstrom I_{PN} [A]	Ausgangsspannung V_{OUT} [V]	Primärwiderstand R_p [mΩ]	Primärinduktivität L_p [μH]	Empfohlene Verbindungen
1	LTSR 6-NP ± 6 LTSR 15-NP ± 15 LTSR 25-NP ± 25	$V_{REF}^* \pm 0,625$	0,18	0,013	
2	LTSR 6-NP ± 3 LTSR 15-NP ± 7.5 LTSR 25-NP ± 12	$V_{REF}^* \pm 0,625$ $V_{REF}^* \pm 0,625$ $V_{REF}^* \pm 0,600$	0,81	0,05	
3	LTSR 6-NP ± 2 LTSR 15-NP ± 5 LTSR 25-NP ± 8	$V_{REF}^* \pm 0,625$ $V_{REF}^* \pm 0,625$ $V_{REF}^* \pm 0,600$	1,62	0,12	

* $V_{REF} = 2,5 V \pm 25 mV$ in Betriebsart Ref out, $V_{REF} =$ Externe Referenz (1,9...2,7 V ± 25 mV) in Betriebsart Ref in

Mechanische Kenndaten

- Allgemeine Toleranz ± 0,2 mm
- Befestigung und Anschluss der Empfohlene Leiterplattenbohrung 6 pins 0,8 x 0,8 mm 1,3 mm
- Befestigung und Anschluss der Empfohlene Leiterplattenbohrung 4 pins 0,5 x 0,35 mm 0,8 mm
- Zusätzliche primäre Durchgangsöffnung ∅ 3.2 mm

Hinweis

- V_{OUT} ist positiv, wenn I_p von den Anschlüssen 1, 2, 3 zu den Anschlüssen 6, 5, 4 fließt.
- Der Einbau des Wandlers in der Anwendung muss den in der Norm IEC 61010-1 festgelegten Einbauvorschriften entsprechen.
- Die angegebenen Leistungswerte werden erreicht, wenn die vorhandenen Primärbügel verwandt werden.

LEM behält sich das Recht vor, an seinen Wandlern ohne Vorankündigung Änderungen vorzunehmen, um sie zu verbessern.

LTSR 6, LTSR 15, LTSR 25-NP

Allgemeine Daten

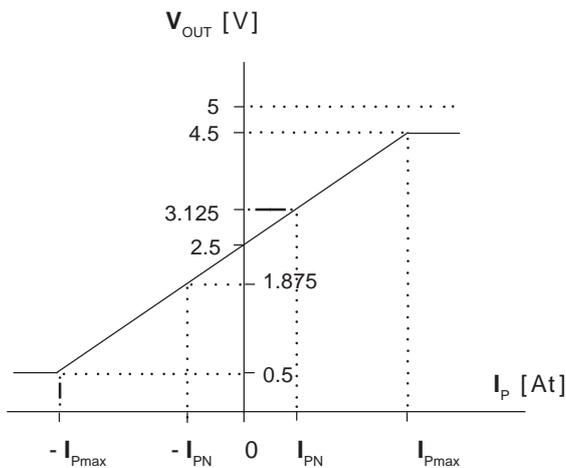
T_A	Umgebungstemperatur	- 40 .. + 85	°C
T_S	Lagertemperatur	- 40 .. + 100	°C
	Isolierstoffklasse	III a	
m	Masse	10	g
	Normen ⁷⁾	EN 50178 (01.10.97)	
		IEC 60950-1 (26.10.01)	

Hinweise:

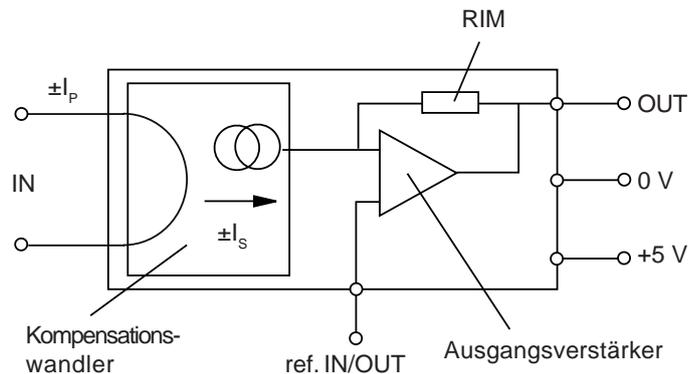
- 1) Nur im Ausgangsmodus oder mit einer externen Referenzspannung im Bereich zwischen 2,475V und 2,525 V. Für eine externe Referenzspannung außerhalb dieser Grenzen, siehe Broschüre mit Hinweisen über die LTSR Serie.
- 2) V_{OUT} ist gemäß Aufbau mit V_{REF} verbunden, der Potentialunterschied zwischen diesen zwei Punkten, bei $I_p = 0A$ ist maximal ± 25 mV, $2,475$ V < V_{OUT} < $2,525$ V.
- 3) Im Referenzspannungs-Ausgangs Betrieb bei $T_A = 25$ °C, $2,475$ V < V_{REF} < $2,525$ V muss der minimale Lastwiderstand am REF Pin > 220 k Ω betragen. Die interne Impedanz beträgt 600 Ω .
Falls das Ausgangssignal durch einen A/D-Wandler verarbeitet werden soll, empfiehlt es sich in aller Regel, das Ausgangssignal des Wandlers zu puffern.
- 4) Bei Verwendung einer externen Bezugsspannung ($1,9$ V < V_{ref} < $2,7$ V) muss diese mindestens ± 1 mA liefern können.
- 5) Siehe obiges Funktionsschema.
- 6) Nur auf TCR_{IM} zurückzuführen.
- 7) Spezifikationen gemäß IEC 1000-4-8 gelten nicht für DC; die Abweichung beim LTSR 6-NP beträgt 1,5 % anstatt 1 %, bezogen auf zwei Achsen.

Ausgangsspannung - Primärstrom

$$V_{REF} = 2,5$$



Funktionsprinzip



$$I_s = I_p / N_s = \pm 3 \text{ mA} @ I_p = \pm 6 \text{ At für LTSR 6-NP}$$

$$I_s = I_p / N_s = \pm 7.5 \text{ mA} @ I_p = \pm 15 \text{ At für LTSR 15-NP}$$

$$I_s = I_p / N_s = \pm 12.5 \text{ mA} @ I_p = \pm 25 \text{ At für LTSR 25-NP}$$



Fünf Jahre Garantie für LEM Strom- und Spannungswandler

LEM entwickelt und fertigt Produkte mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit für seine Kunden in der ganzen Welt.

Seit 1972 haben wir mehrere Millionen Strom- und Spannungswandler geliefert. Sie werden überwiegend in Antriebssystemen (AC, DC, Servo), USV-Anlagen, Schweißgeräten und vielen anderen Anwendungen eingesetzt und erfüllen hohe Ansprüche.

Unsere 5-Jahres-Garantie erstreckt sich auf alle LEM-Wandler, die ab 1. Januar 1996 geliefert werden und gilt neben der gesetzlichen Gewährleistung. Sie gilt unter folgenden Bedingungen: Die Garantie gilt für alle Datenblatt-Werte und erstreckt sich über eine Dauer von 5 Jahren (60 Monaten) ab Lieferdatum.

Während dieses Zeitraums reparieren oder ersetzen wir auf unsere Kosten eventuelle fehlerhafte Teile im Werk, soweit diese aus fehlerhaftem Material oder falscher Bearbeitung stammen sollten.

Weitere Ansprüche, auch Ansprüche auf Ersatz von Schäden, die nicht am Liefergegenstand selbst entstehen, werden von dieser Garantiehafung nicht erfasst.

Alle Reklamationen müssen uns sofort gemeldet werden.

Das fehlerhafte Produkt ist zusammen mit der Fehlerbeschreibung an die für Sie zuständige LEM Vertriebsgesellschaft zurückzuschicken.

Ersatz oder Reparatur wird nach unserer technischen Begutachtung ausgeführt.

Der Kunde trägt dabei die Transportkosten.

Eine Verlängerung der Garantiezeit nach der Reparatur kann nicht gewährt werden.

Es gilt das erste Auslieferungs-Datum.

Die Garantie gilt nicht, wenn der Kunde ohne schriftliche Zusage von LEM Änderungen oder Reparaturen am Produkt (Material) vorgenommen hat oder dieselben durch Drittpersonen hat vornehmen lassen.

Die Garantie gilt nicht bei falschen Einsatzbedingungen und höherer Gewalt.

Das gleiche gilt bei Nichteinhaltung vereinbarter Zahlungsbedingungen. Produkthaftung besteht nur im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen.

Weitere Ansprüche, die über oben genannte Bedingungen hinausgehen, sind von der Garantie ausdrücklich ausgeschlossen.

LEM, Genf 1. Januar 2001
Unternehmensbereich Komponenten



Paul Van Iseghem
Präsident der LEM Components

Internationale LEM Verkaufs-Niederlassungen

Europa • Naher Osten • Afrika

BeNeLux
LEM BE sa/nv
Avenue Newton, 8
B-1300 Wavre
Tel. 010 22 67 16
Fax 010 22 69 98
email: lbe@lem.com

Dänemark
Deltron-Conelec A/S
Banemarksvej 50 B
2605 Broendby
Tel. 043 43 43 42
Fax 043 29 37 00
e-mail: sales@conelec.dk

Deutschland
LEM Deutschland GmbH
Frankfurter Straße 74
D-64521 Groß-Gerau
Tel. 06152/9301-0
Fax 06152/846 61
e-mail: postoffice.lde@lem.com

Deutschland, Süd
Hauber & Graf GmbH
Wahlwiesenstr. 3
D-71711 Steinheim
Tel. 07144/28 1503/04
Fax 07144/28 1505
e-mail: hauber_graf@t-online.de

Finnland
Etra-Dielectric Oy
Lampputie 2
SF-00740 Helsinki
Tel. 09/3699 366
Fax 09/3699 311
e-mail: hans.akerberg@etra.fi

Frankreich
LEM France Sarl,
La Ferme de Courtaboeuf
19 avenue des Indes
F-91969 Courtaboeuf Cedex
Tel. 01/69 18 17 50
Fax 01/69 28 24 29
e-mail: lfr@lem.com

Großbritannien und Irland
LEM U.K.Ltd
Geneva Court, 1
Penketh Place, West Pimbo,
Skelmersdale
Lancashire WN8 9QX
Tel. 01695/72 07 77
Fax 01695/507 04
e-mail: luk@lem.com

Italien
LEM Italia Srl
via V. Bellini, 7
I-35030 Selvazzano Dentro, PD
Tel. 049/805 60 60
Fax 049/805 60 59
e-mail: lit@lem.com

Israel
Ofer Levin Technological Application
PO Box 18247
IL-Tel Aviv 611 81
Tel. 03/5586 279
Fax 03/5586 282
e-mail: ol_teap@netvision.net.il

Kroatien
Proteus Electric
Via di Noghère 94/1
I-34147 Muggia-Aquillina
Tel. +39/40/232 188
Fax +39/40/232 440
e-mail: dino.fabiani@proteuselectric.it

Norwegen
Holst & Fleischer A/S
Box 5404 Majorstuen
N-0305 Oslo
Tel. 22 06 63 50
Fax 22 06 63 51
e-mail:
knut.ameberg@oslo.online.no

Österreich
LEM NORMA GmbH
Liebermannstraße F 01
A-2345 Brunn am Gebirge
Tel. 02236/69 15 01
Fax 02236/69 14 00
e-mail: lna@lem.com

Polen
DACPOL Co., Ltd.
Teren Zakladu Lamina
Ul. Pulawska 34
PL-05-500 Piaseczno
Tel. 022/757 07 13
Fax 022/757 07 64
e-mail: dacpol@dacpol.com.pl

Portugal
Maquindus Engenharia e
serviços, Lda
Rua da Ponte, 5
P-4435 Rio Tinto
Tel. 01/24 85 02 80/1
Fax 01/24 85 02 90
e-mail: xcarvalho@mailtelepac.pt

Rumänien
SYSCOM-18 S.r.l.
Calea Plevnei 139, sector 6
R-77131 Bucarest
Tel. 1/22291 76
Fax 1/22291 76
e-mail: georgeb@syscom.ro

Russland
TVLEM
Marshall Budlonny Str.
170023 TVER
Tel. 0822/44 40 53
Fax 0822/44 40 53
e-mail: tvelem@lem.com

Schweden
Beving Elektronik A.B.
Jägerhorns väg 8
S-14105 Huddinge
Tel. 08/6801199
Fax 08/6801188
e-mail:
information@bevingelektronik.se

Schweiz
SIMPEX Electronic AG
Binzackerstrasse, 33
CH-8622 Wetzikon
Tel. 01/931 10 10
Fax 01/931 10 11
e-mail: contact@simpex.ch

Schweiz
LEM SA
8, Chemin des Aulx
CH-1228 Plan-les-Ouates
Tel. 022/706 11 11
Fax 022/794 94 78
e-mail: lsa@lem.com

Slowenien
Proteus Electric
Via di Noghère 94/1
I-34147 Muggia-Aquillina
Tel. +39/40/23 21 88
Fax +39/40/23 24 40
e-mail: dino.fabiani@proteuselectric.it

Spanien
SUMELEC
Doris de Schade S.L.
Avd. Sancho Rosa 66
E-28708 San Sebastian de los Reyes
Tel. 91/623 68 28
Fax 91/623 67 02
e-mail: abisum@santandersupernet.com

Südafrika
Denver Technical Products Ltd.
P.O. Box 75810
SA-2047 Garden View
Tel. 011/626 20 23
Fax 011/626 20 09
e-mail: denvertch@pixie.co.za

Tschechien
PE & ED Spol. S.R.O.
Koblovska 101/23
CZ-71100 Ostrava/Koblov
Tel. 069/6239 256
Fax 069/6239 531
email: petr.chlebis@vsb.cz

Türkel
Özdisan Elektronik Pazarlama
Galata Kulesi Sokak N°34
TR-80020 Kuledibi/Istanbul
Tel. 0212/252 0884
Fax 0212/244 59 43
e-mail: oabd@ozdisan.com

Ungarn
Orszaczky Trading Co. Ltd
Korányi Sandor U. 28
H-1089 Budapest
Tel. 1/314 42 25
Fax. 1/314 42 25
email: orszaczky@axelero.hu

Amerika

Brasilien
Intech Engenharia Ltda
5 Andar CJ 52
Av. Adolfo Pinheiro, 1010
BR-04734-002 Sao Paulo
Tel. 011/554 81 433
Fax 011/554 81 433
e-mail:
intech@intech-engenharia.com.br

Chile

ELECTROCHILE
Freire 979 of. 303-304
Quilpue
Tel. 032/92 32 22
Fax 032/92 32 22
e-mail: electchile@entchile.net

Kanada
Alliance Components Inc.
270 Warden Avenue
CAN-Scarborough, ON M1N 3A1
Tel. 416/690 78 10
Fax 416/690 78 11

USA
LEM U.S.A., Inc.
6643 West Mill Road
USA Milwaukee, WI 53218
Tel. 414/ 353 07 11 or
800/236 53 66
Fax 414/353 07 33
e-mail: lus@lem.com

USA
LEM U.S.A., Inc.
27 Rt 191A
PO Box 1207
USA-Amherst, NH 03031
Tel. 603/672 71 57
Fax 603/672 71 59
e-mail: gap@lem.com

USA
LEM U.S.A., Inc.
7985 Vance Drive
USA Arvada, CO 80003
Tel. 303/403 17 69
Fax 303/403 15 89
e-mail: dlw@lem.com

Asien • Australien

Australien
Fastron Technologies Pty Ltd.
25 Kingsley Close
Rowville
Melbourne
Victoria 3178
Tel. 03/9763 5155
Fax. 03/9763 5166
e-mail: sales@fastron.com.au

China
Beijing LEM Electronics Co. Ltd
No. 1 Standard Factory
Building B
Airport Industria Area
CN-Beijing 101300
Tel. 10/80 49 04 70
Fax 10/80 49 04 73
e-mail: hzh@lem.com

Indien
Globetek
122/49, 27th Cross
7th Block, Jayanagar
IN-Bangalore-560082
Tel. 80/663 57 76
Fax 80/658 15 56
e-mail: globetek@blr.vsnl.net.in

Japan
NANALEM K.K.
2-1-2 Nakamachi
J-194-0021 Tokyo
Tel. 042/725 8151
Fax 042/728 8119
e-mail: nle@lem.com

Korea
Youngwoo Ind. Co.
C.P.O. Box 10265
K-Seoul
Tel. 02/312668858
Fax 02/312668857
e-mail: c.k.park@ygwoo.co.kr

Singapur
Overseas Trade Center Ltd.
03-168 Bukit Merah L.1
BLK 125/Alexandra VII.
RS-150125 Singapore
Tel. 272 60 77
Fax 278 21 34
e-mail: octpl@signet.com.sg

Taiwan
Tope Co., Ltd.
P.O. Box 101-356
3F, No. 344, Fu Shing Road
ROC-10483 Taipei
Tel. 02/509 54 80
Fax 02/504 31 61
e-mail: tope@mst1.hinet.net

Taiwan
LECTRON Co., Ltd.
9F, NO 171, SEC. 2,
Tatung, RD. Hsichih City
Taipei Hsien 221
Taiwan, R.O.C
Tel. 02/86 92 60 23
Fax. 02/86 92 60 98
e-mail: silas@electron.com.tw

BAC/D, 12.03



LEM Components
8, Chemin des Aulx, CH-1228 Plan-les-Ouates
Tel. +41/22/706 11 11, Fax +41/22/794 94 78
e-mail: lsa@lem.com; www.lem.com

Druckschrift CH 23103 D (12.03 • 3 • CDH)

Vertragshändler