

The diagram illustrates the operating principle of the  $\mu$ ProSenz current transformer. A primary current  $I_P$  flows through a central conductor, which is encircled by a secondary winding. This winding is connected to an operational amplifier circuit. The circuit includes a +5V supply, a feedback resistor  $R$ , and a load resistor. The output voltage  $V_{out}$  is shown as a scaled-down version of the primary current waveform. The **ETA** logo is visible in the upper right corner of the diagram area.

The product image shows a blue rectangular component labeled **LEM<sup>®</sup> LAS 50-TP** with a CE mark and the part number **00-00 37**. The output terminals are labeled **Out**, **+**, **0**, and **Ref.**

The background of the lower section features four images: a power plant with cooling towers, a welder in a protective mask, a person on a subway escalator, and a robotic arm in an industrial setting.

# ASIC-basierte Eta-Wandler bis 50- und 100-A-Nennstrom

von Rüdiger Bürkel, Pierre Cattaneo, Steve Guex, Hans Dieter Huber, Bernard Richard & Stéphane Rollier.

Der Einsatz der Elektronik nimmt in allen Bereichen unseres täglichen Lebens immer mehr zu. Das beginnt im Haus mit Haushaltsgeräten, moderner Kommunikationstechnik, intelligenter Heizungs- und Klimaregelung und setzt sich fort in vielen Bereichen wie der Informationstechnologie und Automobiltechnik bis hin zur vollautomatischen Steuerung und Regelung von Industrieprozessen.

Auf dem Gebiet der Stromversorgungen hat sich in den 90er Jahren ein grundlegender Wandel der Schaltungstopologien vollzogen. Dabei gewinnen digitale Steuerungskomponenten immer mehr an Bedeutung. Auch in der Leistungselektronik

setzt sich dieser Trend durch. Zunehmend verlustärmere und kompaktere IGBT-Leistungsmodule (IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor) ermöglichen zusammen mit anderen elektronischen Komponenten die Konstruktion kleinerer, kompakterer Geräte. Das Ziel ist jeweils die Erhöhung der Leistungsdichte (Leistung pro Volumen) bei gleichzeitiger Kostenreduktion. Dieser Innovationstrend ist nur möglich, wenn neben der Vielzahl neuer Prozessoren auch geeignete Sensoren mit integrierter, galvanisch getrennter Schnittstelle zum Erfassen der Prozessgrößen in kleineren und preiswerteren Ausführungen auf den Markt kommen.

1997 führte LEM mit dem Stromwandler LTS 25-NP ein Bauteil ein, das die heutigen Strommessanforderungen des Leistungselektronikmarktes erfüllt, nämlich ein kostengünstiges Bauteil mit hohen Leistungsdaten, kompakter Baugröße, Beständigkeit gegen das immer rauer werdende elektrische Umfeld, Isolation und einer einzigen Versorgungsspannung von 0...+5 Volt. Diese Lösung entstand durch den Einsatz neuer Komponenten wie ASIC (Application Specific Integrated Circuit) und neuer Fertigungstechniken. Heute erweitert LEM diese Wandlerfamilie mit unipolarer Versorgungsspannung von 0...+5 V und der Bezeichnung  $\mu$ ProSenz mit dem LAS 50-TP, LAS 100-TP, LAS 50-TP/SP1 und LAS 100-TP/SP1, der eine andere Technologie mit dem Namen (Eta) benutzen, um die gleichen Ziele zu erreichen.

LEM bleibt seinem Ruf treu, auf die Marktanforderungen einzugehen, indem es neue innovative Technologien einführt, wie heute mit der Eta-Technologie.

Wie funktioniert diese Technologie? Um dies zu beantworten, muss man einen Überblick über die vorhandenen, bereits eingesetzten Topologien haben:

## Direktabbildende Technologie

Für die galvanisch getrennte Strommessung verwenden direktabbildende Stromwandler (Bild 1) einen Magnetkreis mit Luftspalt, der (ohne galvanischen Kontakt) um den Leiter mit dem zu messenden Strom angeordnet ist. Ein lineares Hallelement befindet sich im Luftspalt und liefert eine Hallspannung, die dem durch den Primärstrom erzeugten Fluss proportional ist. Diese Hallspannung wird dem Anwender mittels eines Operationsverstärkers zur Verfügung gestellt.

Direktabbildende Stromwandler bieten viele Vorteile:

- Einfache Elektronik.  
Im Gegensatz zu Kompensationswandlern wird kein Strom für die Sekundärwicklung benötigt, so dass sich eine teure Leistungsendstufe erübrigt.
- Gutes Preis/Leistungs-Verhältnis.
- Geringer Leistungsverbrauch.
- Kleine Baugröße bei höheren Strömen.

Die Nachteile sind

- Kleinerer Frequenzbereich.  
Bis zu 25 kHz und 50 kHz, je nach Elektronik und der Qualität des Magnetkreises.

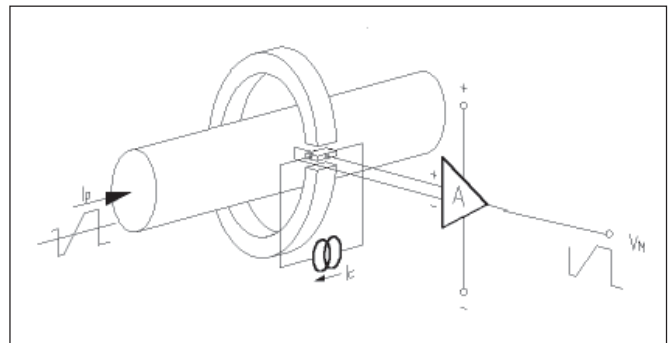


Bild 1: Prinzip der direktabbildenden Stromwandler.

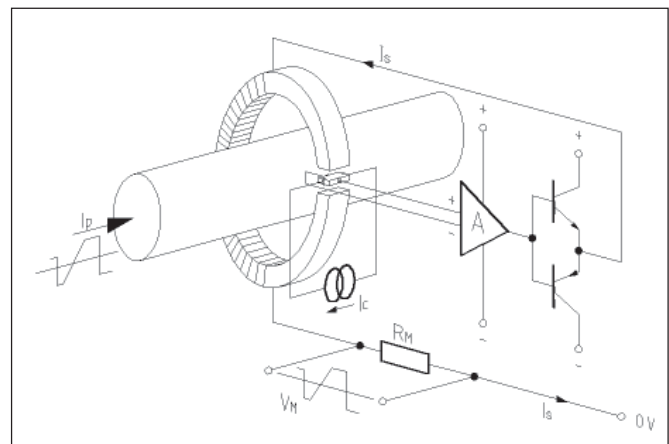


Bild 2: Kompensationsprinzip

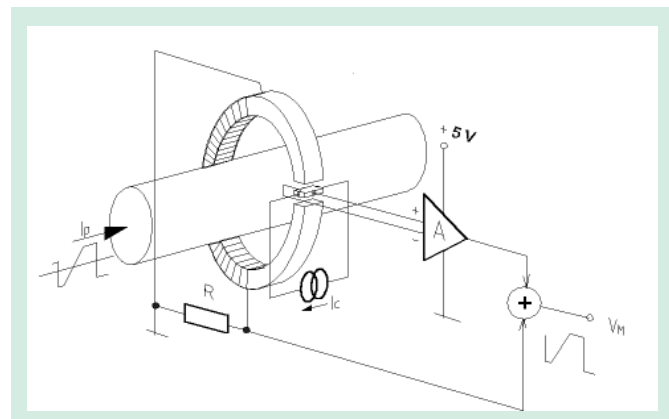


Bild 3: Eta - Prinzip

- Relativ hohe Offset- und Verstärkungsdrift.
- Geringere Genauigkeit beim Messen von Wechsel- und Gleichströmen. Bestimmte Parameter wie Luftspaltlänge beeinflussen die Genauigkeit.
- Überhitzung bei Hochfrequenzströmen wegen magnetischen Hysterese- und Wirbelstromverlusten.

## Kompensations-Technologie

Wie in Bild 2 gezeigt, wird bei diesem Prinzip das Hallelement im Luftspalt nur für die Erfassung von Fluss = 0 benutzt. Eine nachfolgende elektronische Schaltung treibt einen Kompensationsstrom durch eine Sekundärwicklung, bis die primären und sekundären Ampèrewindungen gleich sind. Der Kompensationsstrom kann an einem Lastwiderstand gemessen werden und ist ein getreues Abbild des Primärstroms.

Diese Technologie hat mehrere Vorteile:

- Große Bandbreite aufgrund des Stromtransformator-Effekts (Frequenzmessung bis zu 100 kHz und sogar 200 kHz).
- Hervorragende Genauigkeit, keine Verstärkungsdrift. Die Verstärkung hängt nur von der Windungszahl ab.
- Vernachlässigbare Einfügungsinduktivität.

Die Kompensations-Technologie ist nicht frei von Nachteilen:

- Hoher Stromverbrauch; die Stromversorgung muss den Kompensationsstrom liefern.
- Aufwändige Elektronik für die Leistungsstufe.

Es war somit logisch, diese neue Eta-Technologie für die Entwicklung einer neuen Baureihe von Stromwandlern einzusetzen, da sie in der Lage ist, die besten Eigenschaften der beiden bewährten Technologien beizubehalten. Die ersten beiden Modelle dieser Baureihe, der LAS 50-TP und der LAS 100-TP, sind für einen Nennstrom von 50 A<sub>eff</sub> bzw. 100 A<sub>eff</sub> ausgelegt. Zusätzlich sind noch die Modelle LAS 50-TP/SP1 und LAS 100-TP/ SP1 verfügbar (Referenzeingang).

## Eta Technologie

Mit dem Eta-Prinzip hat LEM versucht, die positiven Eigenschaften von direktabbildenden und Kompensationswandlern zu vereinen. Dies wurde erst möglich, seitdem man die Genauigkeit von direktabbildenden Stromwandlern durch Verwendung spezieller ASICs deutlich erhöhen kann. Bild 3 zeigt diese Technologie.

Im Luftspalt des Magnetkreises befindet sich ein Hochleistungs-ASIC mit einem temperaturkompensierten Hallelement für die Messung des magnetischen Flusses. Dies erlaubt es dem Wandler, Gleich- und niederfrequente Ströme präzise zu messen. Bei Wechselströmen liefert die Sekundärspule die Ausgangsspannung am Lastwiderstand R. Beide Signale werden elektronisch überlagert, um ein gemeinsames Ausgangssignal zu bilden. Wie wir sehen, ist Eta eine Anwendung des Ampèreschen Theorems,

$$\Sigma I = \oint \vec{H} \times d\vec{l}$$

das es uns erlaubt, folgenden praktischen Fall (Bild 4) zu beschreiben:

$$I_p \cdot N_p = H_{air} \cdot l_{air} + H_{fe} \cdot l_{fe}$$

$$\text{und } I_p \cdot N_p = H_{air} \cdot l_{air} + n_s \cdot i_s$$

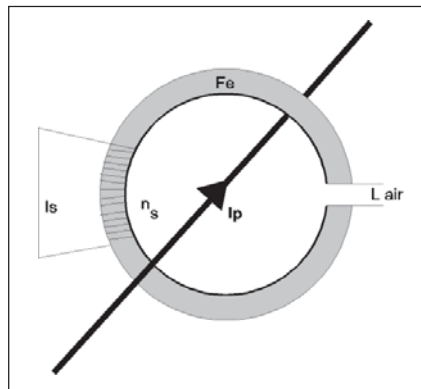


Bild 4 Prinzipschaltbild des magnetischen Kreises

## Vor- und Nachteile des Eta-Prinzips

- \* Die Eta-Stromwandler sind sehr genau bei Wechselstrommessungen.
- \* Durch Optimierung des Stromtransformators erreichen wir ein schnelles Ansprechen auf Transienten. Die Stromwandler können ein di/dt bis zu 100 A/μs und darüber exakt erfassen.

- \* Keine Überhitzung bei hochfrequenten Strömen, da der Fluss im Magnetkreis praktisch Null ist (Primäre AW = Sekundäre AW).
- \* Sehr geringer Stromverbrauch, z.B. unter 20 mA beim LAS 50-TP.
- \* Beim Messen eines leicht variierenden Gleichstroms arbeitet ein Eta-Wandler nach demselben Prinzip wie ein direktabbildender Wandler.

Daher muss der Magnetkreis so dimensioniert sein, dass er weit unter der magnetischen Sättigung bleibt. Trotz dieser Vorkehrung ist der Linearitätsfehler der gleiche wie bei einem direktabbildenden Wandler, nämlich 3 bis 4 mal größer als bei einem Kompensations-Stromwandler.

Da die LAS-Wandler eine Kombination von Wandlern mit offener und geschlossener Regelschleife sind, begegnet man wieder einigen Fehlern wie der Temperaturdrift von Offset und Verstärkung, die dem offenen Regelkreis eigen ist. Um diese Kennwerte zu verbessern, entwickelte LEM einen maßgeschneiderten ASIC, der eine erhöhte Genauigkeit ermöglicht, wenn der Wandler bei Gleichstrom und niedrigen Frequenzen direktabbildend arbeitet. So können nämlich die vorgenannten Fehler viel einfacher kompensiert werden.

Dieser ASIC, PACT genannt (Programmable ASIC for Current Transducer, siehe Bild 5), wurde für hohe EMV-Störfestigkeit konzipiert. Die Messprobleme beim Vorhandensein sehr hoher di/dt und du/dt fanden unsere besondere Aufmerksamkeit: es gelang uns, einen ASIC mit einer außergewöhnlichen Störfestigkeit zu schaffen.

Wir sehen, dass für den Ausgangsverstärker entweder eine eingebaute, stabile 2,5 V Referenz oder eine externe Referenz verwendet werden kann.

# Wichtigste Eigenschaften, Genauigkeit

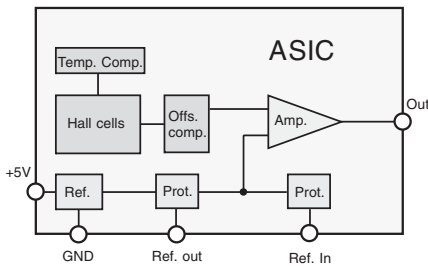


Bild 5: PACT ASIC, Prinzipschaltbild

Tabelle 1 Technische Daten der LAS Wandler

	LAS 50-TP	LAS 100-TP	LAS 50-TP/SP1	LAS 100-TP/SP1
Nominalstrom	50 A	100A	50 A	100 A
Messbereich	±150 A	±300 A	±150 A	±300 A
Genauigkeit @ +25 °C	1 %		1 %	
Versorgungsspannung	+ 5 V		+ 5 V	
Referenz	2,5 V ± 25 mV		Externe 2,5 ± 0,2 V	
Drift von $V_{out}/V_{ref}$ @ $I_P = 0$	50 ppm/K typ.		50 ppm/K typ.	
Frequenzbereich	DC.. 100 kHz (-1dB)		DC .. 100 kHz (-1dB)	
Temperaturbereich	-40 °C .. +85 °C		-40 °C .. +85 °C	
Isolationsspannung	5 kV		5 kV	
Leistungsaufnahme	0,08 W		0,08 W	

## Wichtigste Eigenschaften

Die wichtigsten Eigenschaften sind in der nebenstehenden Tabelle dargestellt.

Die Versorgungsspannung beträgt 0, +5V und passt somit für die am meisten verwendeten Prozessoren. Im Gegensatz zu den bestehenden Kompensationswandlern mit einem allgemeinen Strombereich/ Nennstrom-Verhältnis von 1,5 erreicht man mit der Serie LAS ein Verhältnis von 2,5 bis 3. Dies ist für die meisten Anwendungen ein Vorteil. Der LAS 50-TP (LAS 100-TP) kann Ströme bis zu 150 A (300 A) exakt messen, bei einem maximalen Nennstrom von 50 A (100 A). Der Referenzpunkt ohne jeglichen Primärstrom liegt bei 2,5 V, was genau der halben Versorgungsspannung entspricht. Die Steilheit des verstärkten Ausgangssignals beträgt 0,625 V/ $I_{PN}$ , was eine Ausgangsspannung von 4,375 V bei +150 A (+300 A) und 0,625 V bei -150 A (-300 A) ergibt.

## Genauigkeit

Je nach dem zu messenden Signal (Wechsel- oder Gleichstrom) arbeitet die Stromwandlerserie LAS entweder nach dem direktabbildenden Prinzip oder nach dem Transformatoreffekt (einer der Eigenschaften der Kompensations-Technologie), dies ist genau das Prinzip der Eta-Technologie.

Die Genauigkeit ist dabei unterschiedlich, je nach dem zu messenden Signal:

- (Fall 1) DC oder Niederfrequenz: In diesem Fall arbeitet der Wandler als direktabbildender Wandler.
- (Fall 2) AC: In diesem Fall arbeitet der Wandler als Transformator.

Der ungünstigste Fall bezüglich der Genauigkeit ist, wenn der Wandler als direktabbildender Wandler arbeitet. In diesem Fall beträgt der max. mögliche Fehler ±1 % von  $I_{PN}$  bei +25 °C (ohne elektrischen und magnetischen Offset sowie Linearitätsfehler), was mit der Genauigkeit direktabbildender Wandler vergleichbar ist.

Der Gesamtfehler eines direktabbildenden Wandlers umfasst (Hinweis: in Klammern die LAS 50-TP Werte):

- Statischer elektrischer Offset bei +25 °C und  $I_P = 0$  ( $U_{ref} \pm 25$  mV, mit  $U_{ref} = 2,5$  V ± 25 mV). Dieser kann durch den Controller kompensiert werden.
- Verstärkungsfehler (typisch ±0,5 % von  $I_{PN}$ , max. ±1 % von  $I_{PN}$ )
- Magnetischen Offset:  $U_{OM}$  (±0,5 % von  $I_{PN}$  nach einer Aussteuerung mit  $I_{PN} = 50$  A)
- Linearitätsfehler (±0,8 % von  $I_{PN}$ ), dieser Fehler beinhaltet den magnetischen Offset von 0,5%.

Der magnetische Offset  $U_{OM}$  kommt von der Remanenz des Magnetkreises nach einer positiven oder negativen Aussteuerung im Wandler-Messbereich.

Was genau passiert eigentlich?

Um dies zu beantworten, muss man sich etwas tiefer mit dem Wandler beschäftigen.

Betrachten wir einmal das Verhalten des Magnetkreises. Ein Magnetkreis ist wie folgt durch einen Hysteresezyklus definiert.

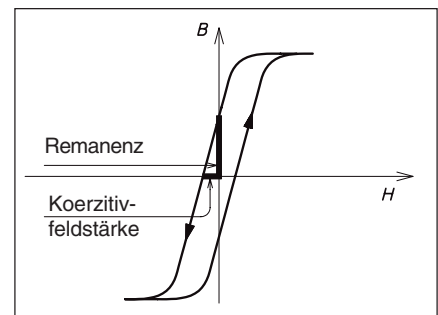


Bild 6. Hysteresezyklus des Magnetkreises.

H ist eine Funktion vom gemessenen Strom ( $I_P$ ), und B eine Funktion von H und dem verwendeten Magnetkreis.

Die Wahl des Magnetkreises und seines zugehörigen Hysteresezyklus legen den Messbereich des direktabbildenden Wandlers fest. Wenn der zu messende Strom zunimmt, wächst H proportional und damit auch B, entsprechend dem Hysteresezyklus des Magnetkreises.

Der max. zu messende Strom ist erreicht, wenn die Magnetkreis-Sättigung eintritt. Die Sättigung tritt ein, wenn B sich abzuflachen beginnt, und ist vollendet, wenn B konstant bleibt. Wenn der zu messende Strom abnimmt, sinkt H proportional und dann auch B, entsprechend dem Hysteresezyklus des Magnetkreises.

Theoretisch sollten B und H zu ihren Ausgangspunkten auf 0 zurückkehren. In Wirklichkeit ist dies jedoch anders, und wenn H tatsächlich auf 0 zurückgeht, erreicht B einen gewissen Wert, der etwas von 0 abweicht.

## Wichtigste Eigenschaften, Genauigkeit

Diesen Wert bezeichnet man als Remanenz (Restmagnetismus), und er ist größer, wenn die Sättigung erreicht wird. Sein anderer Name ist magnetischer Offset  $V_{OM}$ , und nach einer Aussteuerung mit  $2 \cdot I_{PN}$  kann er  $\pm 5$  mV max. betragen, und  $\pm 3$  mV max. ( $\pm 0,5\%$  von  $I_{PN}$ ) nach einer Aussteuerung mit bis zu  $1 \cdot I_{PN} = 50$  A beim LAS 50-TP.

Beim LAS 50-TP wurde der Fehler  $V_{OM}$  (nach einer Aussteuerung mit  $\pm I_{PN}$ ) in den Linearitätsfehler integriert. Der Linearitätsfehler ist als der Fehler definiert, der sich aus der Differenz zwischen dem gemessenen Wert und dem idealen Bezugswert ergibt. Der ermittelte max. Wert wird dann auf den Nennwert des Wandlers bezogen und für den gesamten Messbereich. Im vorliegenden Fall ergibt sich für den Linearitätsfehler ein Wert  $\pm 0,7\%$  von  $I_{PN}$ . (LAS 50-TP).

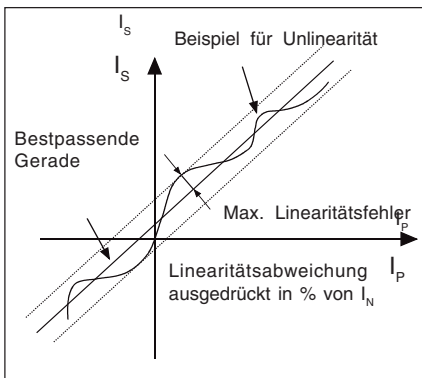


Bild 7. Definition der Linearität.

Wenn der LAS 50-TP mit Gleichstrom arbeitet, beträgt die typische thermische Drift der Verstärkung im gesamten Temperaturbereich 150 ppm/K.

Bei Wechselstrom-Messungen lässt sich der LAS 50-TP bezüglich der Genauigkeit mit einem Kompensationswandler vergleichen, da er nach dem gleichen Transformator-Effekt arbeitet wie Kompensationswandler.

Um in diesem Fall die gleiche Ausgangsspannung wie unter DC-Einsatzbedingungen beizubehalten, wurde in den Wandler der Bürdenwiderstand eingebaut. LEM hat Widerstände mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,5\%$  und einer Temperaturdrift von maximal 50 ppm/K verwendet.

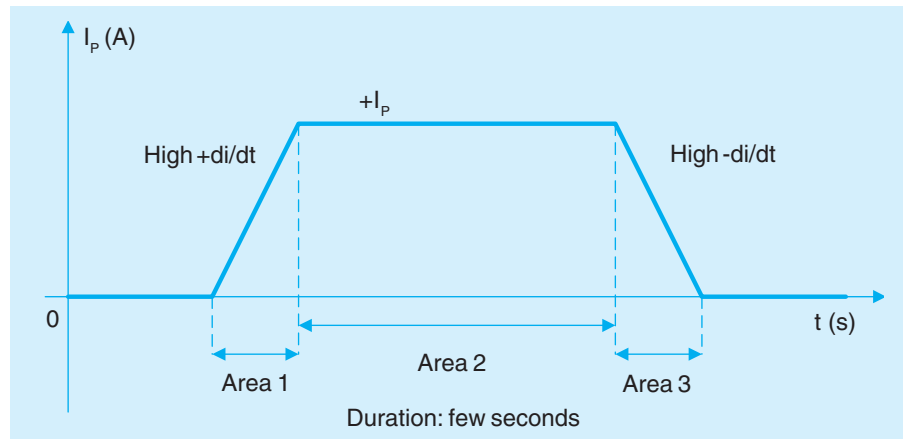


Bild 8 Typischer Strompuls

Im Bereich 1 arbeitet der LAS 50-TP als Stromtransformator ohne Remanenz bei hohem positivem  $di/dt$ . Innerhalb des Bereichs 2 arbeitet der LAS 50-TP als direktabbildender Wandler mit einem bestimmten Remanenzwert, da die Dauer nicht als kurzes Ereignis betrachtet werden kann. Im Bereich 3 arbeitet der LAS 50-TP als Stromtransformator bei hohem negativem  $di/dt$ . Dies erlaubt es, einen Großteil des vorherigen Remanenzwerts abzubauen.

Die eingebaute Referenz steht dem Anwender zusätzlich an einem Anschlusspin zur Verfügung, was neu ist. Die analoge Ausgangsspannung bei  $I_{PN} = 0$  erreicht eine Temperaturstabilität von typ. 80 ppm/K. Ihre absolute Genauigkeit bei  $+25^\circ\text{C}$  ist nicht wichtig, da sich diese in den meisten Fällen mit einem Prozessor in der Kundenanwendung kompensieren lässt. Die Temperaturdrift-Korrelation zwischen eingebaute Referenz und analoger Ausgangsspannung bei  $I_{PN} = 0$  beträgt typ. 50 ppm/K.

Die Verfügbarkeit der eingebauten Referenz und die Korrelation zum Ausgang bieten dem Anwender die Möglichkeit, den Temperaturfehler der Referenz auszugleichen. Dies erledigt in der Regel ein DSP (Digital Signal Processor), der immer häufiger in leistungselektronischen Schaltungen verwendet wird.

Bei der Ausführung SP1 wird die Referenz vom Anwender an einem Anschlusspin zur Verfügung gestellt und ersetzt die eingebaute Referenz des LAS 50-TP.

Diese Referenz muss einen Wert zwischen 2,3 V und 2,7 V haben. In diesem Fall kann eine Referenz für mehrere Wandler verwendet werden und die Offsetdrift wird minimiert.

### Spannungsversorgung

Digitale Steuersysteme arbeiten im allgemeinen mit einer Versorgungsspannung von 0...+5 V. Dies trifft nicht immer für periphere, aktive Komponenten zu, wie es bei den heute am Markt verfügbaren Stromwandlern der Fall ist, da sie normalerweise für den Betrieb  $\pm 12$  V oder  $\pm 15$  V benötigen. Bislang wurden die Signale mit analogen Wandlerschaltungen (Bild 9) aufbereitet.

Die LAS und LTS Serien ProSenz (Bild 10) kommen ohne diese Umwandlung aus, indem sie den A/D Wandler direkt ansteuern. Der Anwender kann nun Kosten sparen, sowohl am Bauteil selbst als auch an den nicht benötigten Komponenten:

- Wegfall von zusätzlichen Operationsverstärkern, Messwiderstand und externer Referenzspannung,
- kleinere Abmessungen der Leiterplatte, da einige Bauteile wegfallen,
- der Schaltungsentwurf braucht evtl. keine Versorgungsspannung  $\pm 15$  V

Gleichzeitig ist der Leistungsverbrauch des LAS 50-TP wirklich gering (ca. 0,08 W) und war bisher in Hall- Stromwandlern noch nie so niedrig. Dies wurde durch den Einsatz der Eta-Technologie möglich, aber auch dank des ASIC (und dessen Technologie), der für den Betrieb wenig Strom benötigt.

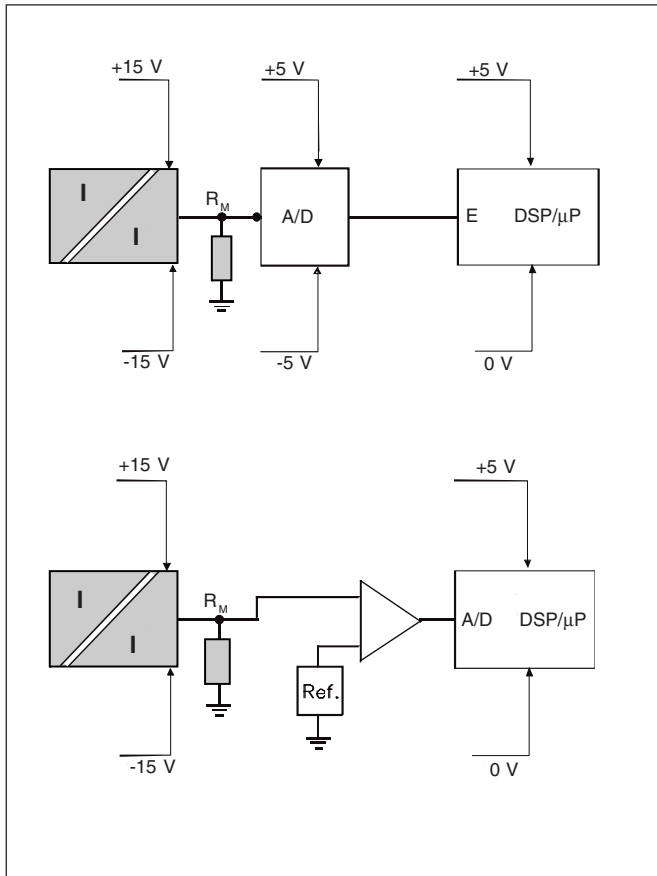


Bild 9. Blockschaltbild existierender digitaler Systeme für Strommessungen.

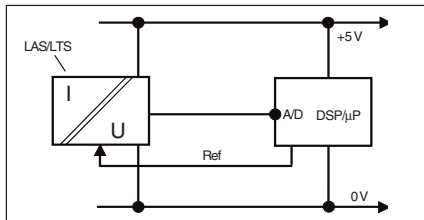


Bild 10. Blockschaltbild eines digitalen Systems für Strommessungen mit den Baureihen LTS und LAS.

## Großer Frequenzbereich

Bild 11 und Bild 12 zeigen den Frequenzgang des LAS 50-TP. Sie sehen das sehr gute Ansprechen bis über 100 kHz hinaus. Der Grund dafür ist die hervorragende Anpassung des ASIC-Teils und des Transformator-Teils mit einer sehr guten Kopplung an den Primärkreis.

Die 0,3-dB-Grenze liegt bei etwa 150 kHz und erreicht somit einen Spitzenwert unter modernen Halleffekt-Wandlern.

## du/dt-Verhalten

Jedes elektrische Bauteil mit einer galvanischen Trennung zwischen Primär- und Sekundärstromkreis besitzt eine kapazitive Kopplung zwischen den getrennten Potentialen. In Anwendungen mit hohen Schaltfrequenzen und damit steilen Schaltflanken (also bei schnellen Spannungsänderungen auf der Primärseite) führt das zu unerwünschten elektromagnetischen Störeinflüssen.

Auf der Sekundärseite, also am Ausgang des Bauteils, kommt es zu einem Störsignal. Ein Spannungssprung von 10 kV/μs ergibt bei 10 pF Koppelkapazität einen parasitären Ausgangsstrom von 100 mA. Das würde beim LAS 50-TP dem Zweifachen des Nennstroms entsprechen.

Bild 13 zeigt das Verhalten bei einem Spannungssprung von 6 kV/μs und einer angelegten Spannung von 1000 V und Strom = 0 am Primärleiter. Die maximal festgestellte Störspannung

beträgt 440 mV, was zirka 70 % von  $I_{PN}$  entspricht. Man beachte, dass 200 ns nach dem Ende der störenden Transienten das Ausgangssignal des LAS 50-TP störungsfrei ist. Durch die kurze Dauer der Störung, lässt sie sich leicht herausfiltern. Das ist für die Abtastzeitpunkte von digitalen Regelungen mit Pulsbreiten-Modulation (PWM) sehr wichtig. Hier genügt zur Dämpfung ein kleiner Filter, um die Dynamik nicht einzuschränken.

## Normen

Beim Entwurf der Baureihe LAS wurden die Vorschriften der Norm EN 50178 berücksichtigt. Sie erfüllt die 5 kV Wechselspannungs-Isolation und mehr als 2 kV Teilentladungsaussetzspannung, alle Anforderungen für Sicherheits-Isolation bis zu einer Arbeitsspannung von 600 V für Überspannungskategorie III. Alle Werkstoffe sind UL-gelistet (UL = Underwriter's Laboratories). Mit dem Aufdruck des CE-Kennzeichen wird die Konformität mit der Niederspannungs-Richtlinie 72/23/EWG dokumentiert.

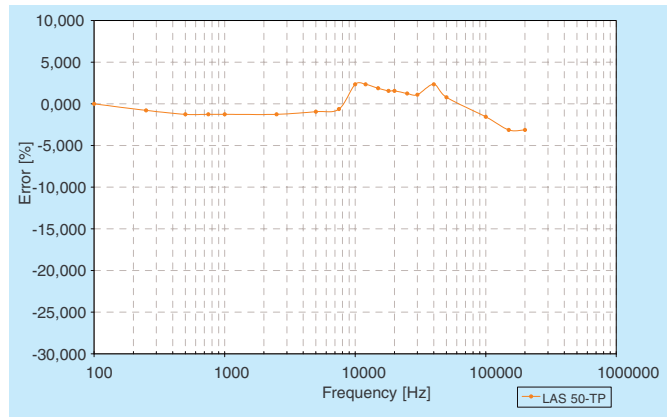


Bild 11. Amplitudenfehler in Abhängigkeit von der Frequenz.

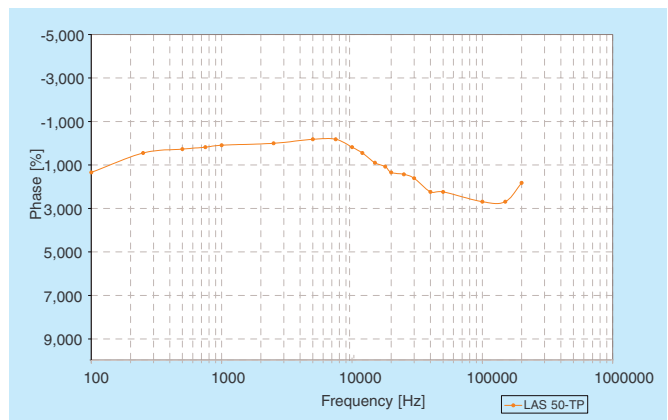


Bild 12. Phasenfehler in Abhängigkeit von der Frequenz.

# Einige Ratschläge und Informationen

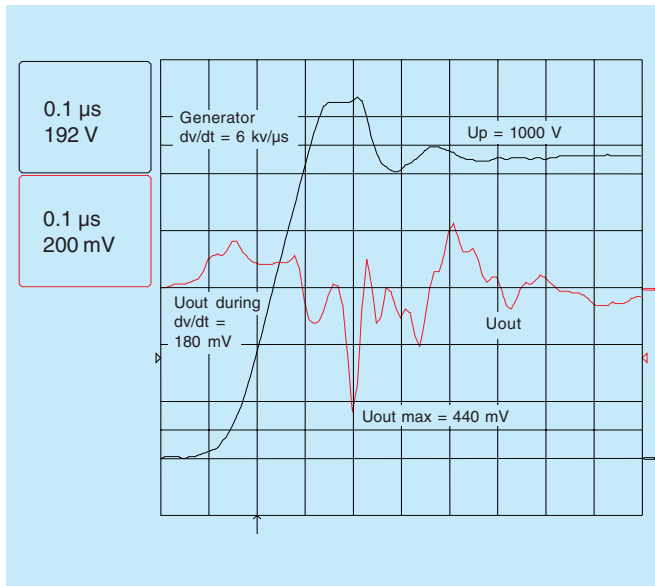


Bild 13 du/dt-Verhalten (LAS 50-TP)

Tabelle 2. Vorteile und Anwendungen der Stromwandler LAS in einer Übersicht.

### Vorteile der Serie LAS

- ▲ Bei Verwendung einer unipolaren Versorgungsspannung 0...+5 V können positive und negative Ströme gemessen werden.
- ▲ Sehr geringer Leistungsverbrauch
- ▲ Die Eta-Technologie bietet einen weiten Frequenzbereich mit kurzer Ansprechzeit, einen großen Messbereich und die Möglichkeit der Messung kurzer Stromimpulse.
- ▲ Fertigungsfreundlichkeit durch einfachen Einbau.
- ▲ Kostengünstige Lösung.

### Anwendungen

Der LAS erschließt alle Anwendungen in elektronischen Systemen mit kleiner Leistung wie drehzahlveränderbare Antriebe, elektrische Antriebe für industriellen Einsatz in Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage sowie in Haushalts- und Industriegegeräten, Servoantrieben, kleinen unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV) und Schaltnetzteilen, Energiemanagement-Systemen und allgemeinen Anwendungen der Stromüberwachung.

### Einige Ratschläge und Informationen

- Kopplung zwischen primären und sekundären Leiterbahnen (Bild 14)  
Eine kapazitive Kopplung zwischen Leiterbahnen ist ein unerwünschter Effekt. Diese Kopplung tritt auf, wenn zwei Leiterbahnen zu nahe beieinander liegen, oder wenn sie auf einer zu langen Strecke parallel liegen, wenn ein hoher Spannungssprung dU/dt erfolgt. Dieser Effekt lässt sich mildern, indem man die zwei empfindlichen Leiterbahnen von einander trennt (in unserem Fall hauptsächlich den Wandlerausgang „Out“ und eine der primären Leiterbahnen).

**Hinweis:** Es gibt auch die Möglichkeit einer abschirmenden Leiterbahn, indem man sie an ein festes Potential anschließt (achten Sie jedoch darauf, die Isolationsabstände einzuhalten). Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn sich eine Leiterbahn auf einem Layer der Leiterplatte befindet und die zweite Leiterbahn auf einem anderen Layer der selben Leiterplatte, aber beide Leiterbahnen über einander liegen.

- Störspannung am Ausgang  
Die Störspannung der LAS-Serie wird vom ASIC erzeugt. Die gemessene maximale Störspannung beträgt 10 mVss. Diese kann leicht mit einem kleinen Filter reduziert werden.

### Zusammenfassung

Tabelle 2 zeigt alle Vorteile und Anwendungen der Serie LAS. Dieses Produkt ist das Ergebnis eines langen Entwicklungsprozesses, der auf vielen anwendungsspezifischen Lösungsdetails basiert. Diese entstanden in Partnerschaft und Zusammenarbeit mit Entwicklungs- und Konstruktionsingenieuren, wobei der Austausch von Ideen und Informationen eine wichtige Rolle spielte. Die Zielsetzung war die Verbesserung der Kundenprodukte in einem starken Wettbewerbsumfeld. Dies ermöglicht es LEM, innovative und kostengünstige Produktlösungen zu schaffen, die dem Anwender und dem Hersteller neue Möglichkeiten automatisierter Fertigung mit reproduzierbaren Leistungsdaten und hohem Qualitätsniveau bieten.

Mit der neuen Technologie ist es möglich, eine Baureihe von 5-V-Wandlern zu entwickeln, die ungefähr die Genauigkeit eines Kompensationstyps aufweisen. Ein großer Vorteil ist die sehr geringe Leistungsaufnahme von ca. 5 % im Vergleich zu einem herkömmlichen Typ. Die LAS-Wandler gehören zur Familie der µProSenz.

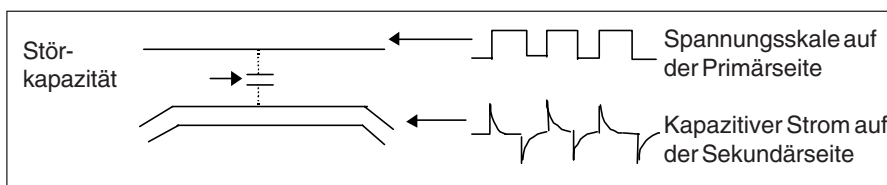


Bild 14 Einfluss kapazitiver Kopplung

## Stromwandler LAS 50-TP & LAS 100-TP

Für die elektronische Strommessung: DC, AC, Impuls...,  
mit galvanischer Trennung zwischen dem Primärkreis  
(Starkstromkreis) und dem Sekundärkreis (elektronischer Kreis).

$I_{PN} = 50 \text{ \& } 100 \text{ A}$



Elektrische Daten		LAS 50-TP	LAS 100-TP	
$I_{PN}$	Primärnennstrom, effektiv	50	100	A
$I_P$	Primärstrom, Messbereich	0 .. ± 150	0 .. ± 200	A
	Bei einer Frequenz > 1 kHz		0 .. ± 300	A
$V_{OUT}$	Ausgangsspannung @ $I_P$	$V_{REF} \pm (0.625 \cdot I_P / I_{PN})$		V
	$I_P = 0$	$V_{REF} \pm 0.025$		V
$V_{REF}$	Spannungsreferenz - Ausgang	2.5 ± 0.025		V
	Last von $V_{REF}$	≥ 1		MΩ
$R_L$	Eingangsimpedanz des Messkreises	≥ 2		kΩ
$R_{OUT}$	Ausgangsimpedanz	< 20		Ω
$C_L$	Max. kapazitive Belastung	1		nF
$V_C$	Versorgungsspannung (± 5 %)	5		V
$I_C$	Stromaufnahme @ $V_C = 5 \text{ V Typ}$	17		mA
$V_d$	Prüfspannung, effektiv, 50/60 Hz, 1 mn	5		kV
$V_e$	Glimmaussetzspannung, effektiv, @ 10 pC	2		kV
$\hat{V}_w$	Stehstoßspannung 1.2/50 μs	8		kV

Genauigkeit - Dynamisches Verhalten					
$X$	Genauigkeit <sup>1)</sup> @ $I_{PN}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	< ± 1		%	
$\epsilon_L$	Linearitätsfehler 0 .. $I_{PN}^{2)}$	< 0.7	< 0.9	%	
		Typ	Max	Typ	Max
$TCV_{OUT}$	Temperaturdrift von $V_{OUT}$ @ $I_P = 0$ @ $T_A$	80	120	80	120
$TCV_{OUT}/V_{REF}$	Temperaturdrift von $V_{OUT}/V_{REF}$ @ $I_P=0$ @ $T_A$	50	80	50	80
$TC\epsilon_G$	Temperaturdrift der Verstärkung @ $T_A$	150	300	300	500
$V_{OM}$	Restspannung @ $I_P = 0$ , als Folge eines Primärstroms von $2 \times I_{PNDC}$	< ± 5		< ± 6	
$t_{ra}$	Reaktionszeit @ 10 % von $I_{PN}$	< 200		ns	
$t_r$	Ansprechzeit @ 90 % von $I_{PN}$	< 500		ns	
$di/dt$	$di/dt$ bei optimaler Kopplung	> 100		A/μs	
	Ausgangsrauschen ohne externen Filter	< 10		mVpp	
$f$	Frequenzbereich (- 1 dB)	DC .. 100		kHz	

Allgemeine Daten		
$T_A$	Umgebungstemperatur	- 40 .. + 85 °C
$T_S$	Lagertemperatur	- 40 .. + 100 °C
$m$	Masse	20 g
	Isolierstoffklasse	I
	Normen	EN 50178 (011097)

Alle Werte sind mit  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$  gemessen.

Anmerkungen <sup>1)</sup> Ohne elektrischen, magnetischen Offset und Linearität

<sup>2)</sup> Magnetischer Offset ist enthalten.

### Eigenschaften

- Eta-Technologie Stromwandler
- Unipolare Versorgungsspannung
- Kompakte Bauweise zur Montage auf gedruckten Schaltungen
- Gehäuse aus isolierendem, selbstlöschendem Material UL 94-V0
- Grosser Messbereich.

### Vorteile

- Hervorragende Messgenauigkeit
- Sehr gute Linearität
- Geringe Temperaturdrift
- Verbesserte Ansprechzeit
- Weiter Frequenzbereich
- Keine Zusatzverluste im Messkreis
- Geringe Störanfälligkeit gegenüber Fremdfeldern
- Überstehen Überströme ohne Schaden.

### Anwendungen

- Drehstrom und Servoantriebe
- Stromrichter für Gleichstromantriebe
- Batteriebetriebene Anwendungen
- Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV)
- Schaltnetzteile
- Stromversorgungen für Schweißanlagen.

Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

040226/0

## Stromwandler LAS 50 .. 100-TP/SP1

Für die elektronische Strommessung: DC, AC, Impuls...,  
mit galvanischer Trennung zwischen dem Primärkreis  
(Starkstromkreis) und dem Sekundärkreis (elektronischer Kreis).

$I_{PN} = 50 \text{ \& } 100 \text{ A}$



Elektrische Daten		LAS 50-TP/SP1	LAS 100-TP/SP1	
$I_{PN}$	Primärnennstrom, effektiv	50	100	A
$I_P$	Primärstrom, Messbereich	0 .. $\pm 150$	0 .. $\pm 200$	A
	Bei einer Frequenz > 1 kHz		0 .. $\pm 300$	A
$V_{OUT}$	Ausgangsspannung @ $I_P$ $I_P = 0$	$V_{REF} \pm (0.625 \cdot I_P / I_{PN})$		V
		$V_{REF} \pm 0.025$		V
$V_{REF}$	Spannungsreferenz - Eingang	2.5 $\pm$ 0.2		V
	Last von $V_{REF}$	$\geq 1$		M $\Omega$
$R_L$	Eingangsimpedanz des Messkreises	$\geq 2$		k $\Omega$
$R_{OUT}$	Ausgangsimpedanz	< 20		$\Omega$
$C_L$	Max. kapazitive Belastung	1		nF
$V_C$	Versorgungsspannung ( $\pm 5 \%$ )	5		V
$I_C$	Stromaufnahme @ $V_C = 5 \text{ V Typ}$	17		mA
$V_d$	Prüfspannung, effektiv, 50/60 Hz, 1 mn	5		kV
$V_e$	Glimmaussetzspannung, effektiv, @ 10 pC	2		kV
$\hat{V}_w$	Stehstoßspannung 1.2/50 $\mu$ s	8		kV

### Eigenschaften

- Eta-Technologie Stromwandler
- Unipolare Versorgungsspannung
- Kompakte Bauweise zur Montage auf gedruckten Schaltungen
- Gehäuse aus isolierendem, selbstlöschendem Material UL 94-V0
- Grosser Messbereich.

### Besonderheit

- Referenzeingang.

### Vorteile

- Hervorragende Messgenauigkeit
- Sehr gute Linearität
- Geringe Temperaturdrift
- Verbesserte Ansprechzeit
- Weiter Frequenzbereich
- Keine Zusatzverluste im Messkreis
- Geringe Störanfälligkeit gegenüber Fremdfeldern
- Überstehen Überströme ohne Schaden.

### Anwendungen

- Drehstrom und Servoantriebe
- Stromrichter für Gleichstromantriebe
- Batteriebetriebene Anwendungen
- Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV)
- Schaltnetzteile
- Stromversorgungen für Schweissanlagen.

Copyright. Alle Rechte vorbehalten.

Genauigkeit - Dynamisches Verhalten						
$X$	Genauigkeit <sup>1)</sup> @ $I_{PN}, T_A = 25^\circ\text{C}$	$< \pm 1$				%
$\epsilon_L$	Linearitätsfehler 0 .. $I_{PN}^{2)}$	$< 0.7$		$< 0.9$		%
$TCV_{OUT} / V_{REF}$	Temperaturdrift von $V_{OUT} / V_{REF}$ @ $I_P = 0 @ T_A$	Typ	Max	Typ	Max	ppm/K
$TC\epsilon_G$	Temperaturdrift der Verstärkung @ $T_A$	50	80	50	80	ppm/K
$V_{OM}$	Restspannung @ $I_P = 0$ , als Folge eines Primärstroms von $2 \times I_{PN DC} < \pm 5$			$< \pm 6$		mV
$t_{ra}$	Reaktionszeit @ 10 % von $I_{PN}$	$< 200$				ns
$t_r$	Ansprechzeit @ 90 % von $I_{PN}$	$< 500$				ns
$di/dt$	di/dt bei optimaler Kopplung	$> 100$				A/ $\mu$ s
	Ausgangsrauschen ohne externen Filter	$< 10$				mVpp
$f$	Frequenzbereich (- 1 dB)	DC .. 100				kHz

Allgemeine Daten			
$T_A$	Umgebungstemperatur	- 40 .. + 85	$^\circ\text{C}$
$T_S$	Lagertemperatur	- 40 .. + 100	$^\circ\text{C}$
$m$	Masse	20	g
	Isolierstoffklasse	I	
	Normen	EN 50178 (011097)	

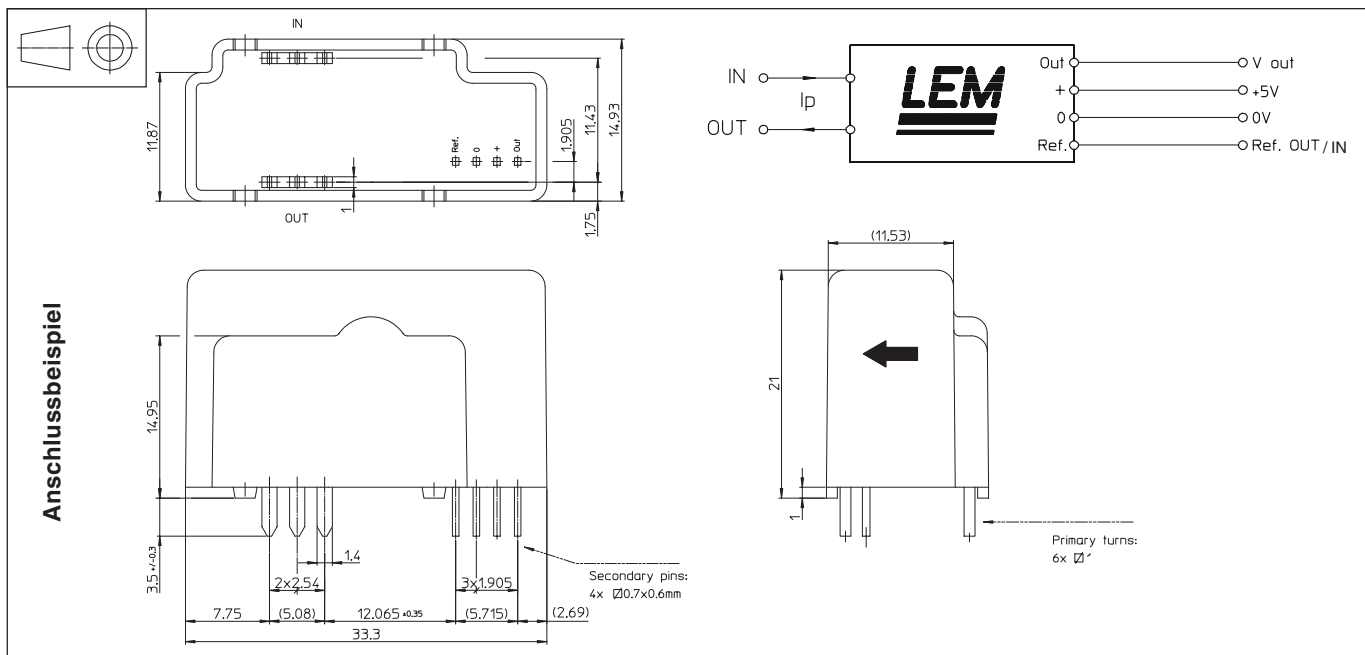
Alle Werte sind mit  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$  gemessen.

Anmerkungen <sup>1)</sup> Ohne elektrischen, magnetischen Offset und Linearität

<sup>2)</sup> Magnetischer Offset ist enthalten.

040226/0

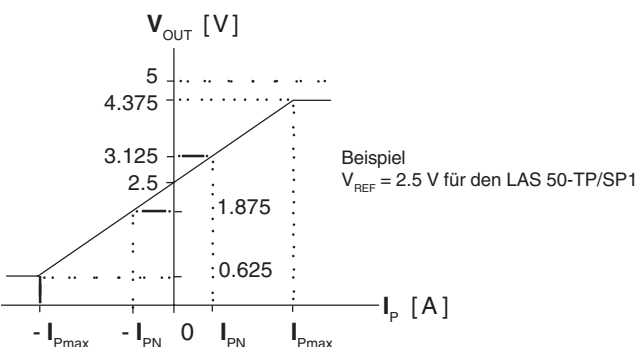
## Abmessungen LAS 50..100-TP& LAS 50..100-TP/SP1(in mm.)



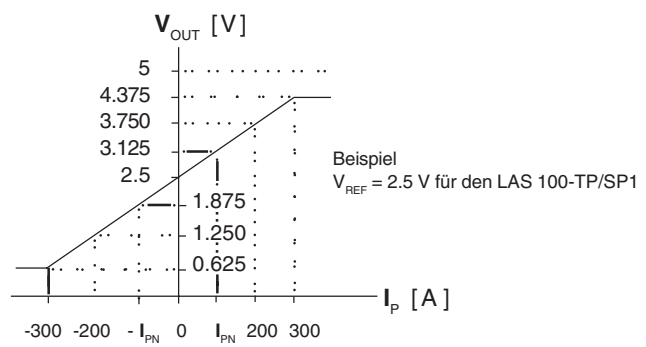
	Anzahl Primärwindungen	Primärstrom		Ausgangsspannung $V_{OUT}$ V	Primärwiderstand $R_p$ mΩ	Primärinduktivität $L_p$ μH
		Nominal $I_{PN}$ A	Maximal $I_p$ A			
LAS 50-TP LAS 50-TP/SP1	1	50	150	$V_{REF} \pm 0,625$	0,12	0,008
LAS 100-TP LAS 100-TP/SP1	1	100	200 (300)	$V_{REF} \pm 0,625$	0,12	0,008

### Ausgangsspannung - Primärstrom

LAS 50-TP und LAS 50-TP/SP1



LAS 100-TP und LAS 100-TP/SP1



### Mechanische Eigenschaften

- Allgemeine Toleranz ± 0,2 mm
- Befestigung und Primäranschlüsse 6 Pins 1,4 x 1 mm  
Empfohlener Bohrungsdurchmesser 2 mm
- Befestigung und Sekundäranschlüsse 4 Pins 0,7 x 0,6 mm  
Empfohlener Bohrungsdurchmesser 1,2 mm

### Bemerkungen

- $V_{OUT}$  ist positiv, wenn  $I_p$  von den Anschlüssen "IN" zu den Anschlüssen "OUT" fließt.
- Die Temperatur des Primärleiters darf 100°C nicht übersteigen.

LEM behält sich das Recht vor, Änderungen im Sinne einer Verbesserung vorzunehmen, ohne Sie zu informieren.



## **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 Garantiehaftung 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 • Mittlerer Osten

**BeNeLux**  
LEM BE SA  
Avenue Newton 8  
B-1300 Wavre  
Tel. +32 10 22 67 16  
Fax +32 10 22 69 98  
e-mail: lbe@lem.com

**Dänemark**  
Delltron-Conelec A/S  
Banemarksvej 50 B  
2605 Broenclby  
Tel. +45 43 43 43 42  
Fax +45 43 29 37 00  
e-mail: sales@conelec.dk

**Deutschland**  
Zentrale:  
LEM Deutschland GmbH  
Frankfurter Strasse 74  
D-64521 Gross-Gerau  
Tel. +49 61 52 93 01 0  
Fax +49 61 52 8 46 61  
e-mail: postoffice.lde@lem.com

Hauber & Graf Electronics GmbH  
Bayern / Baden Württemberg  
Wahlwiesenstr. 3  
D-71711 Steinheim  
Tel. +49 71 44 28 15 03/04  
Fax: +49 71 44 28 15 05  
e-mail:  
electronics@hauber-graf.de

**Finnland**  
Etra-Dielectric Oy  
Lampputie 2  
SF-00741 Helsinki  
Tel. +358 207 65 160  
Fax +358 207 65 23 11  
e-mail: markku.soittila@etra.fi

Field Applications Engineer  
Dominique Roggo  
Tel. +358 40 564 22 91  
e-mail: dro@lem.com

**Frankreich**  
LEM France Sarl  
La Ferme de Courtaboeuf  
19 avenue des Indes  
F-91969 Courtaboeuf Cedex  
Tel. +33 1 69 18 17 50  
Fax +33 1 69 28 24 29  
e-mail: lfr@lem.com

**Großbritannien und Irland**  
LEM UK Sales  
Geneva Court, 1  
Penketh Place, West Pimbo  
Skelmersdale  
Lancashire WN8 9QX  
Tel. +44 1 695 72 07 77  
Fax +44 1 695 5 07 04  
e-mail: luk@lem.com

**Israel**  
Ofir Levin Technological Application  
PO Box 18247  
IL - Tel Aviv 61 1 81  
Tel. +972 3 5586279  
Fax +972 3 5586279  
e-mail: ol\_teap@netvision.net.il

**Italien**  
LEM Italia Srl  
via V. Bellini, 7  
I-35030 Selvazzano Dentro, PD  
Tel. +39 049 805 60 60  
Fax +39 049 805 60 59  
e-mail: lit@lem.com

**Kroatien**  
Proteus Electric  
Via di Noghère 94/1  
I-34147 Muggia-Aquillina  
Tel. +39 040 23 21 88  
Fax +39 040 23 24 40  
e-mail: dino.fabiani@proteuselectric.it

**Norwegen**  
Holst & Fleischer A/S  
Stanseveien 6B  
N-0975 Oslo  
Tel. +47 2333 8500  
Fax +47 2333 8501  
e-mail: knut@inf-elektro.no

**Österreich**  
LEM NORMA GmbH  
Liebermannstrasse F01  
A-2345 Brunn am Gebirge  
Tel. +43 2236 69 15 01  
Fax +43 2236 69 14 00  
e-mail: ina@lem.com

**Polen**  
DACPOL Sp. z o.o.  
Ul. Pulawska 34  
PL-05-500 Piaseczno K. Warszawa  
Tel. +48 22 7500868  
Fax +48 22 7035 101  
e-mail: dacpol@dacpol.com.pl

**Portugal**  
Q Energia, Lda  
Praceta Cesário Verde - 10 S/Cave  
P-2745-740 Massamá  
Tel. +351 214 309320  
Fax +351 214 309299  
e-mail: qenergia@qenergia.pt

**Rumänien**  
SYSCOM -18 Srl  
Rotopopescu 10, bl. 4. ap 2 Sector 1  
RO-011728 Bucharest  
Tel. +40 21 310 26 78  
Fax +40 21 310 26 79  
e-mail: georgeb@syscom.ro

**Russland**  
Zentrale:  
TVELEM  
Marshall Budionny Str. 11  
170023 Tver / Russia  
Tel. +7 822 44 40 53  
Fax +7 822 44 40 53  
e-mail: tvelem@lem.com

TVELEM  
Leningradski Avenue, d. 80  
Korp. 32, 3d floor, room 19.  
125190 Moscow  
Tel. +7 095 363 07 67  
Fax +7 095 363 07 67  
e-mail: tvelem@lem.com

TVELEM  
V.O., 2 linia, 19, Liter „A“  
199053 S. Petersburg  
Tel. +7 812 323 83 83  
Tel. +7 812 323 83 83  
e-mail: tvelem@lem.com

**Schweden**  
Beving Elektronik A.B.  
Jägerhorns väg 8  
S-14105 Huddinge  
Tel. +46 8 6801199  
Fax +46 8 6801188  
e-mail:  
information@bevingelektronik.se

**Schweiz**  
SIMPEX Electronic AG  
Binzackerstrasse 33  
CH-8622 Wetzikon  
Tel. +41 1 931 10 10  
Fax +41 1 931 10 11  
e-mail: contact@simpex.ch

LEM SA  
8, Chemin des Aulx  
CH-1228 Plan-les-Ouates  
Tel. +41 22 796 11 11  
Fax +41 22 794 94 78  
e-mail: isa@lem.com

**Slowenien**  
Proteus Electric  
Via di Noghère 94/1  
I-34147 Muggia-Aquillina  
Tel. +39 040 23 21 88  
Fax +39 040 23 24 40  
e-mail: dino.fabiani@proteuselectric.it

**Spanien**  
Zentrale:  
LEM Components  
Stefan Lüscher  
Tel. +34 93 886 0228  
Mobile +34 64 756 0903  
Fax +34 93 886 0087  
e-mail: slu@lem.com

AVANZEL  
COMPONENTES, S.L.  
Region Madrid  
Avda. Sancho Rosa 66  
E-28708 San Sebastián de los Reyes  
Tel. +34 91 6236828  
Fax +34 91 6236702  
e-mail: ventas@avanzel.com

**Tschechien**  
PE & ED Spol. S.R.O.  
Koblovska 101/23  
CZ-71100 Ostrava/Koblov  
Tel. +420 59 6239256  
Fax +420 59 6239531  
e-mail: peedova@peed.cz

**Türkei**  
Özdisan Elektronik Pazarlama  
Galata Kulesi Sokak N° 34  
TR-80020 Kuledibi / Istanbul  
Tel. +90 212 2499806  
Fax +90 212 2436946  
e-mail: oabdi@ozdisan.com

**Ungarn**  
Orszaczky Trading LTD.  
Korányi Sandor U, 28  
H-1089 Budapest  
Tel. +36 1 314 4225  
Fax +36 1 324 8757  
e-mail: orszaczky@axelero.hu

## Afrika, Amerika

**Brasilien**  
Intech Engenharia Ltd  
5 Andar C.J 52  
Av. Adolfo Pinheiro 1010  
BR-04734-002 Sao Paulo  
Tel. +55 11 5548 1433  
Fax +55 11 5548 1433  
e-mail: intech@intech-engenharia.com.br

**Chile**  
ELECTROCHILE  
Freire 979 of. 303-304  
Quilpué  
Tel. +56 32 92 32 22  
Fax +56 32 92 32 22  
e-mail: elechile@entchile.net

**Kanada**  
Optimum Components Inc.  
7750 Birchmount Road Unit 5  
CAN-Markham ON L3R 0B4  
Tel. +1 905 477 9393  
Fax +1 905 477 6197  
e-mail:  
mikep@optimumcomponents.com

**Südafrika**  
Denver Technical Products Ltd.  
P.O. Box 75810  
SA-2047 Garden View  
Tel. +27 11 626 20 23  
Fax +27 11 626 20 29  
e-mail: denvertch@pixie.co.za

**USA**  
Zentrale:  
LEM U.S.A., Inc.  
6643 West Mill Road  
USA Milwaukee, WI 53218  
Tel. +1 414 353 07 11  
Toll free: 800 236 53 66  
Fax +1 414 353 07 33  
e-mail: lus@lem.com

LEM U.S.A., Inc.  
999, Pennsylvania Ave.  
USA-Columbus, OH 43201  
Tel. +1 614 298 84 34  
Fax +1 614 540 74 36  
Mobile +1 614 306 73 02  
e-mail: afg@lem.com

LEM U.S.A., Inc.  
27 Rt 191A  
PO Box 1207  
USA-Amherst, NH 03031  
Tel. +1 603 672 71 57  
Fax. +1 603 672 71 59  
e-mail: gap@lem.com

LEM U.S.A., Inc.  
7985 Vance Drive  
USA Arvada, CO 80003  
Tel. +1 303 403 17 69  
Fax. +1 303 403 15 89  
e-mail: dlw@lem.com

## Asien • Pazifik

**Australien und Neuseeland**  
Fastron Technologies Pty Ltd.  
25 Kingsley Close  
Rowville - Melbourne -  
Victoria 3178  
Tel. +61 39 763 51 55  
Fax +61 39 763 51 66  
e-mail: sales@fastron.com.au

**Indien**  
Globetek  
122/49, 27th Cross  
7th Block, Jayanagar  
IN-Bangalore-560082  
Tel. +91 80 2 663 57 76  
Fax +91 80 2 653 40 20  
e-mail: globetek@vsnl.com

**Japan**  
NANALEM K.K.  
2-1-2 Nakamachi  
J-194-0021 Tokyo  
Tel. +81 42 725 81 51  
Fax +81 42 728 81 19  
e-mail: nle@lem.com

**Korea**  
Youngwoo Ind. Co.  
C.P.O. Box 10265  
K-Seoul  
Tel. +82 2 312 66 88 58  
Fax +82 2 312 66 88 57  
e-mail: c.k.park@ygwoo.co.kr

**Malaysia**  
Acei Systems SDN BHD  
No. 3, SB Jaya 7  
Taman Industri SB Jaya  
47000 Sungai Buloh  
Selangor, Malaysia  
Tel. +60 36157 85 08/55 08  
Fax +60 36157 15 18  
e-mail: sssbhallar@aceisys.com.my

**Singapur**  
Overseas Trade Center Ltd.  
03 - 168 Bukit Merah L. 1  
BLK 125/Alexandra Vll  
RS-150125 Singapore  
Tel. +65 6 272 60 77  
Fax +65 6 278 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. +886 2 509 54 80  
Fax +886 2 504 31 61  
e-mail: tope@ms1.hinet.net

LECTRON Co., Ltd.  
9F, No 171, SEC. 2  
Tatung, RD, Hsichih City  
Taipei Hsien 221  
Taiwan, R.O.C.  
Tel. +886 2 8692 6023  
Fax +886 2 8692 6098  
e-mail: silas@lectron.com.tw



LEM Components  
8, Chemin des Aulx, CH-1228 Plan-les-Ouates  
Tel. +41/22/7 06 11 11, Fax +41/22/7 94 94 78  
e-mail: isa@lem.com; www.lem.com

Druckschrift CH 24102 D (05.04 • 3 • CDH)

Vertragshändler

BAC/D, 05.04