

LTSR: Capteurs de courant à boucle fermée basés sur un ASIC pour des courants de 6 A à 25 A nominaux avec accès à la référence



# LTSR: Capteurs de courant à boucle fermée basés sur un ASIC pour des courants de 6 A à 25 A nominaux avec accès à la référence

Par Stéphane Rollier, Christophe Benz & Hans Dieter Huber.

Le LTS 25-NP et les autres membres de la gamme LTS sont, du fait de leur conception novatrice, devenus une solution populaire pour la mesure isolée de courants dans des applications telles que les entraînements à vitesse variable et les alimentations sans interruption. Bien que ces produits répondent aux exigences d'un grand nombre d'applications, la mission de LEM de rester à la hauteur des besoins du marché de l'électronique de puissance, nous a incités à développer la nouvelle génération de LTS apportant des fonctions supplémentaires et des caractéristiques améliorées. Cette nouvelle famille, appelée LTSR,

permet la mesure de courants nominaux de 6 A efficaces avec le modèle LTSR 6-NP, 15 A efficaces avec le LTSR 15-NP et 25 A efficaces avec le LTSR 25-NP. (Fig. 1: une nouvelle famille de LTS)

Le R de LTSR vient de Référence: Le but de LEM était de créer la meilleure synergie entre la solution de mesure isolée et l'électronique de puissance client. La famille LTS s'oriente déjà dans cette direction, en utilisant une alimentation similaire à celle utilisée en électronique de puissance (0 à +5 V) contrôlée de plus en plus par les composants numériques (processeurs). Utilisant une nouvelle génération

d'ASIC LEM, la série LTSR également basée sur la technologie Boucle Fermée à effet Hall, est encore plus proche de l'électronique de commande qu'auparavant avec les modèles LTS, tout en maintenant ses précédents principaux avantages, à savoir leur compacité et leur prix avantageux. En effet, les capteurs LTSR peuvent fournir leur tension de référence à l'électronique environnante ou, encore mieux, peuvent recevoir une référence externe de tension des DSP (Digital Signal Processor) ou ADC (Analog Digital Converter) utilisés de plus en plus en électronique de puissance.

## Historique

Le LTS 25-NP est un petit capteur de courant conçu pour montage sur PCB. Le développement de ce produit a été un défi pour LEM, du fait des exigences de performances astreignantes, demandant l'utilisation de nouvelles technologies ainsi que des stratégies de production innovantes.

Le LTSR est un capteur de type **Boucle Fermée**. Son fonctionnement est basé sur le principe de la compensation du flux primaire. Cela signifie que le flux magnétique généré par le courant primaire (le courant mesuré) est capté par un élément de Hall. Cet élément de Hall pilote l'électronique qui fournit un courant à une bobine, ce qui génère un flux magnétique opposé pour compenser celui créé par le primaire. Le courant dans l'enroulement est une reproduction exacte du courant primaire (Fig. 2).

Cet appareil a été conçu pour répondre aux exigences suivantes: dimensions réduites et alimentation unipolaire 5V. Le petit boîtier et le sous-ensemble magnétique correspondant permettent une distance réduite entre les circuits primaire et secondaire du capteur. Cette construction donne lieu à un appareil avec une excellente immunité aux  $dv/dt$  élevés, rencontrés par exemple dans les entraînements de moteurs (le  $dv/dt$  est dû à la commutation du pont contrôlant le courant dans les 3 phases de la charge). (Fig. 3: Immunité du LTSR aux variations de  $dv/dt$ )

Tout composant électrique offrant une isolation galvanique entre les circuits primaire et secondaire, manifeste un couplage capacitif entre les potentiels isolés. Dans les applications utilisant des fréquences de commutation élevées et

ayant, par conséquent, des fronts raides (sauts de tension rapides dans le circuit primaire) ces derniers provoquent des influences EMI (EMI = **E**lectro **M**agnétique **I**nterference) intempestives. Du côté secondaire, c.à.d. à la sortie du composant, apparaît un signal parasite. Un saut de tension de  $10 \text{ kV}/\mu\text{s}$  génère, pour une capacité de couplage de  $10 \text{ pF}$ , un courant de sortie parasite de  $100 \text{ mA}$ . Dans le cas de la série LTSR cela correspondrait à huit fois le courant nominal.

La Fig. 3 illustre le comportement lors d'un saut de tension de  $6 \text{ kV}/\mu\text{s}$  pour une tension appliquée de  $1000 \text{ V}$  avec un LTSR 25-NP.

L'interférence de  $15.3\%$  de  $I_{PN}$  résulte principalement de l'arrangement des



Fig. 1: Un capteur de courant unique: le LTSR

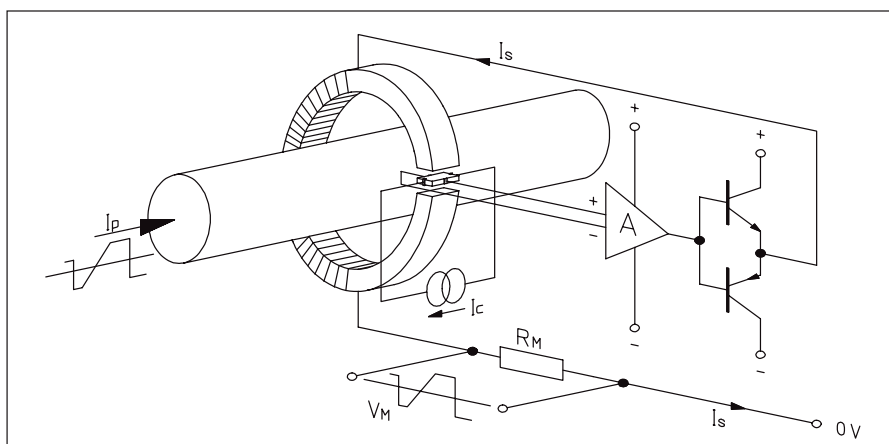


Fig. 2: Construction d'un capteur de courant à boucle fermée

## Caractéristiques principales & Différences entre le LTS et le LTSR

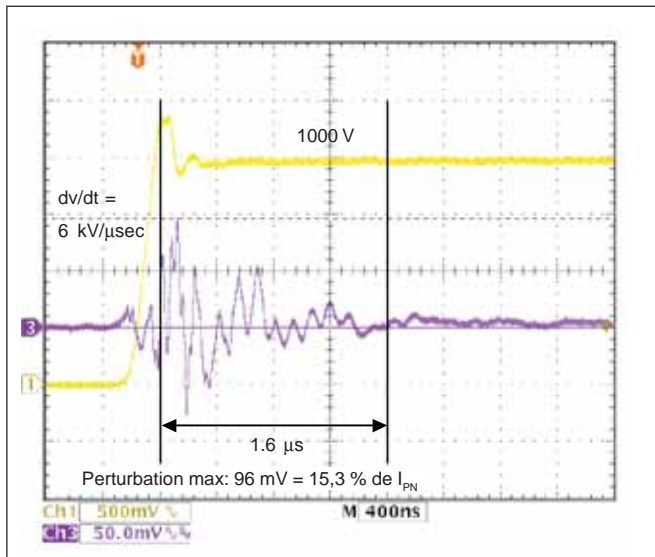


Fig. 3: Immunité aux variations de  $dV/dt$  du LTSR (LTSR 25-NP)

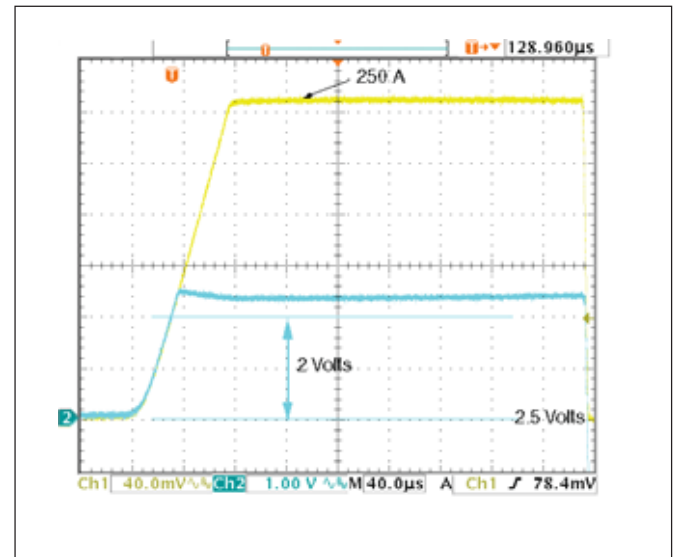


Fig. 5: Comportement de la sortie du LTSR pendant une surcharge positive de  $10 \times I_{PN}$

câbles du banc d'essai pendant la mesure. Notons la très courte durée, inférieure à 800 ns, de la perturbation qui peut être facilement filtrée (temps de récupération total: 1.6  $\mu$ s). Ceci est très important pour une utilisation avec les régulateurs numériques à modulation de largeur d'impulsion (MLI). Dans ce cas, il convient d'utiliser un petit filtre, afin de ne pas limiter la dynamique.

Le LTS 25-NP a été le premier capteur LEM utilisant la technologie ASIC. Une caractéristique unique de l'ASIC conçu pour le LTS, est l'intégration de l'élément de détection de champ sur le même substrat que l'électronique, offrant une solution pour compenser partiellement la dérive en température de la cellule de Hall.

### Une nouvelle génération d'ASIC, meilleure dérive en température.

La nouvelle génération d'ASIC est basée sur une technologie de silicium différente de la première génération d'ASIC utilisée sur les produits LTS actuels. Cette technologie procure une meilleure dérive d'offset (après compensation de la dérive de la cellule de Hall) que l'ancienne technologie. C'est un facteur important lors de la conception de boucles de contrôle intégrant un capteur. Si la dérive est moindre, la stabilité de la boucle sous contrôle est meilleure.

	Out/0 V		Out/Ref.
	-40... -10 °C	-10... +85 °C	-40... +85 °C
<b>LTSR 6-NP</b>	250	200	150
<b>LTSR 15-NP</b>	164	114	64
<b>LTSR 25-NP</b>	137.5	87.5	37.5
<b>Dérive en température des LTSR en ppm/°C</b>			

Fig. 4: Dérive des différents modèles

Avec un LTS 25-NP, dans la gamme de température de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $+85^{\circ}\text{C}$ , nous atteignons une dérive d'offset max de 100 ppm/°C; avec un LTSR 25-NP, dans la même plage de température et utilisé dans la meilleure configuration, nous pouvons atteindre 37,5 ppm/°C (Fig. 4).

Le nouvel ASIC a aussi été amélioré pour être capable de fournir le courant de bobine nécessaire pour éviter une

chute de tension de sortie en dessous de la limite nécessaire pour une détection de court-circuit (c'est à dire que pour un courant primaire de  $10 \times$  le courant nominal, la tension de sortie ne devrait pas tomber en dessous de 2V référencés à 2,5 V pour assurer une détection de court-circuit correcte) (Fig. 5).

### Quelle est la différence entre un LTS et un LTSR ?

De même que le LTS, le LTSR est un capteur à Boucle Fermée, mais il comporte une pin additionnelle appelée REF. Cette pin est un accès à la référence de tension interne de l'ASIC, qui normalement se situe autour de 2,5 V. La pin REF a deux modes de fonction de base. (Fig. 6).

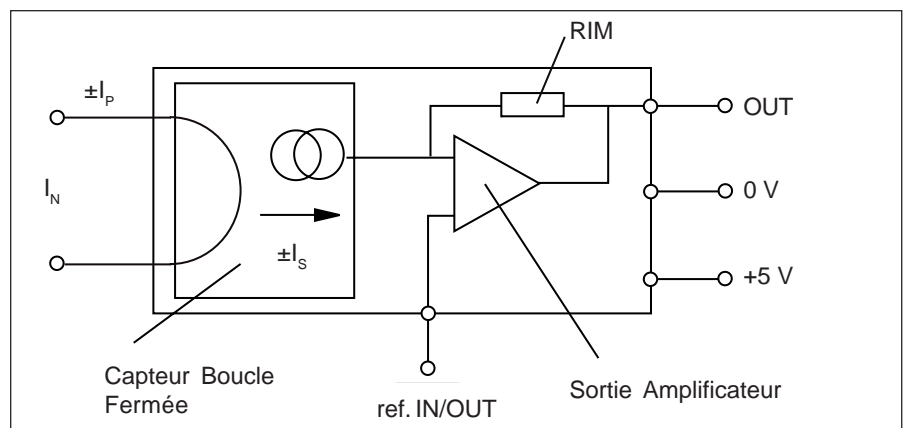


Fig. 6: LTSR 25-NP, Principe de fonctionnement

# Différences entre le LTS et le LTSR

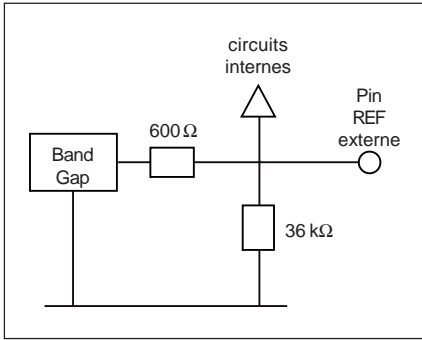


Fig. 7: Schéma de la pin REF

Le premier mode est appelé «mode ref out». Dans ce mode, pour un courant primaire nul, la tension de sortie est égale à la tension de la pin REF (en fait, il y a un offset de  $\pm 25$  mV max. entre la pin OUT et la pin REF). La tension sur la pin REF reste stable bien que le courant primaire change.

Le second mode s'appelle «mode ref in». Dans ce mode, il est possible d'appliquer une tension externe sur la pin REF pour imposer la référence interne de tension. La tension externe admise peut être de 1,9 V minimum et 2,7 V maximum. La source doit être capable de générer 1 mA minimum. Ce niveau est nécessaire pour assurer que la référence externe prendra le dessus sur la référence interne (Fig. 7). La tension de référence interne  $V_{ref}$  est égale à  $2,5 \text{ V} \pm 25 \text{ mV}$  @  $+ 25^\circ\text{C}$  et @  $I_{ref}$  égal à 0. La tension de la référence est fonction:

- du courant demandé  $I_{ref}$  défini par la charge connectée (mode Ref out). Pour maintenir la ref à  $2,5 \text{ V} \pm 25 \text{ mV}$ , nous imposons une charge min de  $220 \text{ k}\Omega$  et donc un  $I_{ref}$  min. En mode Ref out, le courant généré doit être limité à  $-125 \mu\text{A}$ . Au delà de cette valeur, un écroulement de la tension peut se produire.
- du courant fourni par la référence externe (mode Ref in). En mode Ref in, l'alimentation externe de la référence doit être en mesure de fournir ou recevoir (fournir quand la référence externe appliquée  $> V_{ref}$  interne =  $2,5 \text{ V} \pm 25 \text{ mV}$  ou recevoir lorsque la référence externe appliquée  $< V_{ref}$  interne) le courant indiqué en fonction du niveau de tension utilisé:  $V_{ref} = f(I_{ref})$ .

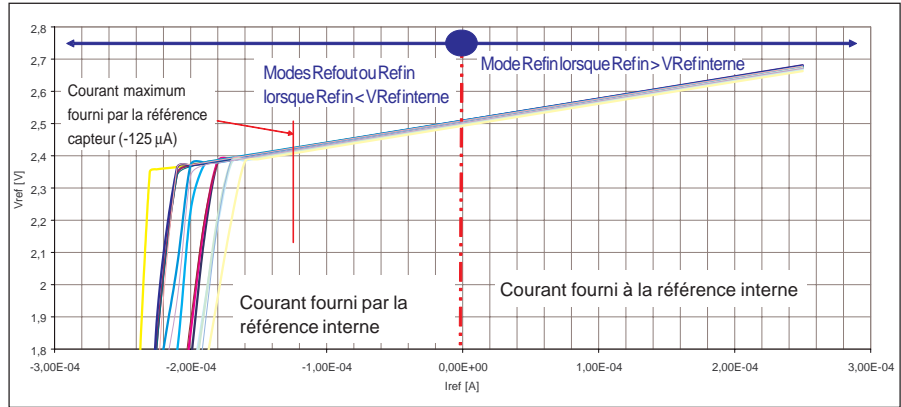


Fig. 8: Comportement de  $V_{ref}$  par rapport au courant de la référence

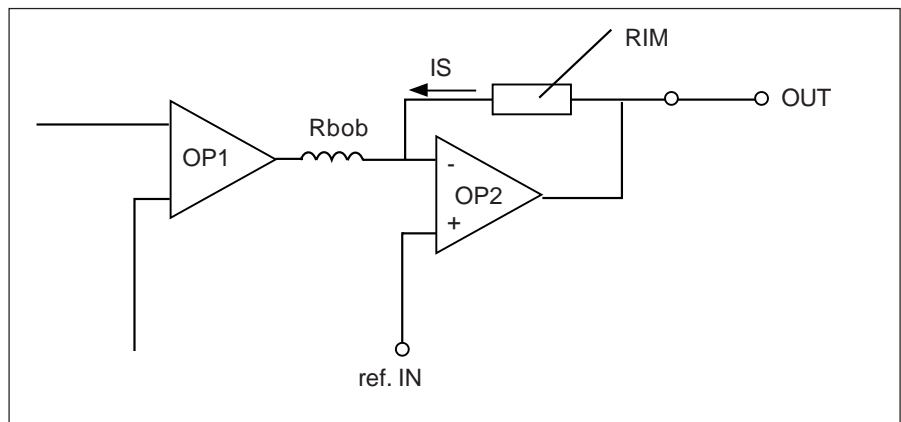


Fig. 9: Plage de mesure en mode Refin. Schéma de sortie du LTSR.

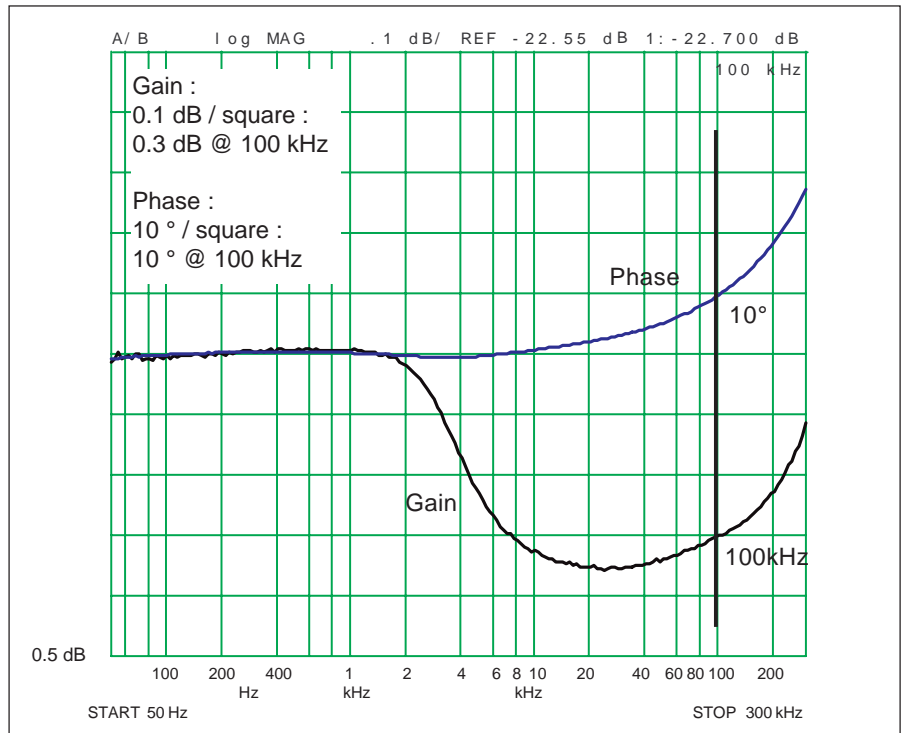


Fig. 10 & 11: Réponse en fréquence et erreur de phase du LTSR 25-NP.

## Caractéristiques principales

La Fig. 8 montre le comportement de la tension de référence par rapport au courant  $I_{ref}$  (pour différents modèles LTSR 6-15-25-NP).

En utilisant une référence externe, il est plus aisé de relier le capteur à des appareils tels que les ADC (Analog Digital Converter). Le prix à payer pour cet avantage est une réduction de la plage de mesure. Par exemple, si REF est ajustée à 1,9 V, il y a 0,6 V de moins sur la plage pour mesurer le courant primaire négatif et, du fait de l'architecture de l'ASIC, également pour le courant primaire positif.

Prenons un exemple avec  $Ref_{in} = 2,7$  V pour le modèle LTSR 25-NP:

- La gamme de mesure positive se définit ainsi: OP1 & OP2 (fig. 9) saturent au-dessus de 4,5 V et en dessous de 0,5 V.

La tension aux bornes de Rim est égale à: 4,5 V (sortie max. possible) -  $V_{Ref_{in}} = 4,5$  V - 2,7 V = 1,8 V.

Comme  $V_{Rim} = Rim \cdot I_s \rightarrow I_s = 36$  mA, avec  $Rim = 50 \Omega$ .

L'enroulement du LTSR 25-NP comporte 2000 spires et est égal à  $44 \Omega$  ( $R_{bob}$ ) à + 25 °C, donc:  
 $I_p = I_s \cdot 2000 = 72$  A crête, côté positif.

Vérifions que OP1 n'est pas saturé:

Tension de sortie de OP1 =  $2,7$  V -  $R_{bob} \cdot I_s = 1,116$  V.  
 $1,116$  V > 0,5 V = Niveau de saturation de OP1, donc c'est OK, pas de problème pour mesurer jusqu'à +72 A crête.

- La gamme de mesure négative se définit ainsi:  
 $V_{Rim} = V_{Ref_{in}} - 0,5$  V (sortie min. possible) =  $2,7$  V - 0,5 V = 2,2 V  
 Comme  $V_{Rim} = Rim \cdot I_s @ I_s = 44$  mA.  
 $I_p = I_s \cdot 2000 = -88$  A crête côté négatif.  
 Vérifions que OP1 n'est pas saturé: Tension de sortie OP1 =  $2,7$  V +  $R_{bob} \cdot I_s = 4,636$  V.

$4,636$  V > 4,5 V = Niveau de saturation OP1, donc ce n'est pas OK. La saturation de OP1 limite sa tension de sortie à 4,5 V. Donc,  $V_{bob}$  ne peut être plus élevée que:  $4,5$  V - 2,7 V = 1,8 V and  $V_{bob} = R_{bob} \cdot I_s$  &  $I_p = I_s \cdot 2000 \rightarrow I_p$  mesurable, côté négatif = - 81 A crête, ce qui conduit à  $V_{OUT} = 2,7$  V -  $V_{Rim} = 2,7$  V -  $50 \cdot 81/2000 = 0,675$  V > 0,5 V, donc OP2 n'est pas saturé.

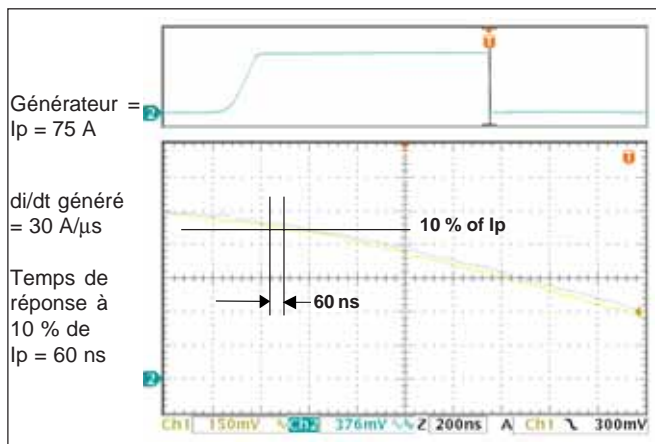


Fig. 12: Comportement de la série LTSR lors de changements de courant.

La même logique s'applique également avec une valeur  $V_{Ref_{in}}$  différente.

Mécaniquement, il y a aussi des changements du fait de la pin REF additionnelle. L'implantation PCB a changé. Maintenant, l'espacement entre les pins secondaires est de 1,905 mm au lieu des 2,54 mm que l'on retrouve avec la gamme LTS standard.

Le boîtier du LTSR reste le même que pour le LTS, ses pins primaires et secondaires ont subi une légère modification avec un raccourcissement à une longueur d'insertion de 3.5 mm.

### Large bande passante

Les excellentes caractéristiques de couplage se reflètent également dans la bande passante. La limite de 0,3 dB se situe environ à 100 kHz et dépasse donc largement toutes les valeurs obtenues avec des capteurs à effet Hall conventionnels. Pour les capteurs de courant à compensation, la limite de 3 dB se situait, jusqu'à présent, entre 100 et 200 kHz (Fig. 10 & 11).

### Reproduction fidèle de la forme d'onde à la sortie du capteur

La protection des commutateurs de puissance rapide, tels que les IGBTs (IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor), nécessite une détection très rapide des surintensités. Pour une pente de courant de 30 A/µs (Fig. 12), on ne peut pratiquement constater aucun décalage par rapport au courant primaire. Grâce à un excellent couplage entre le circuit primaire et l'enroulement de compensation, l'effet transformateur d'intensité peut être utilisé d'une façon optimale.

### Précision et stabilité en température exceptionnelles

La série LTSR atteint une précision totale du capteur de courant qui reste inférieure à  $\pm 0,2$  % à 25 °C. Cette valeur inclut toutes les tolérances spécifiques au capteur, telles que les erreurs de linéarité, les écarts du nombre de spires et les effets sur la stabilité à long terme.

Par opposition aux capteurs de courant à boucle fermée disponibles sur le marché, lesquels ont toujours une sortie en courant, ici la résistance de mesure est intégrée dans le capteur. LEM a choisi des résistances avec une précision de  $\pm 0,5$  % et une dérive en température de 50 ppm/K maxi.

La référence incorporée, qui est fournie à l'extérieur pour l'électronique de l'utilisateur, atteint une stabilité en température de 50 ppm/K max (-10...+85 °C) et 100 ppm/K max (-40...-10 °C). La précision absolue de la référence n'est pas importante puisque, dans la plupart des cas, elle peut être compensée par un µprocesseur, lorsque celui-ci utilise la référence mise à disposition (mode Ref out). Dérive en température et offset de la référence peuvent donc être connus à tout moment par le µprocesseur. (De la même manière, un ajustement de l'offset de sortie peut également être réalisé pour l'offset de sortie initial @  $I_p = 0$ )

## Caractéristiques principales

Cette possibilité s'offre également lorsque la référence est fournie au capteur, de l'extérieur par l'électronique de l'utilisateur, contrôlée par le  $\mu$ processeur, comme expliqué auparavant. Dans cette configuration (mode Ref in), il est possible de fournir entre 1,9 à 2,7 V à la référence capteur. Cette tension, puisque sous le contrôle du  $\mu$ processeur voit son offset et sa dérive en température abolis.

La tension de sortie  $V_{out}$  atteint une stabilité en température maximale de (pour le LTSR 25-NP dans une gamme de température de fonctionnement entre  $-10...+85\text{ °C}$  @  $I_p = 0$ ):

- 37.5 ppm/K par rapport à  $V_{ref}$  (valable également de  $-40$  à  $-10\text{ °C}$ ).
- 87.5 ppm/K par rapport à 0 V (137,5 ppm/K avec une gamme de température de fonctionnement de  $-40$  à  $-10\text{ °C}$ ).

Les 87.5 ppm/K sont constitués de la dérive de  $V_{out}$  par rapport à  $V_{ref}$  (37.5 ppm/K) + la dérive  $V_{ref}$  par rapport à 0 V (50 ppm/K).

(137.5 ppm/K du fait de la dérive de  $V_{ref}$  égale à 100 ppm/K dans une gamme de température de fonctionnement de  $-40$  à  $-10\text{ °C}$ ).

Comme expliqué auparavant, si le  $\mu$ processeur permet l'annulation de la dérive  $V_{ref}$ , de l'offset  $V_{ref}$  et l'offset initial  $V_{out}$  @  $I_p = 0$ , alors la précision obtenue est améliorée.

En additionnant toutes les tolérances dans une gamme de température de  $-10\text{ °C}$  à  $+85\text{ °C}$  par exemple, le LTSR 25-NP atteint la précision ci-contre, pour  $\Delta T = 60\text{ K}$  (en mode Ref out) (tableau 1).

### Caractéristiques principales

Le tableau 2 donne un aperçu des caractéristiques principales des capteurs de courant LTSR.

La tension d'alimentation est de 0 à +5 V et correspond à celle des processeurs généralement utilisés. Contrairement aux capteurs de courant à boucle fermée existants, lesquels ont un facteur de 1,5, le rapport plage de mesure/courant nominal réalisé ici est supérieur à 3. Ceci est très avantageux pour la plupart des applications. Pour le courant nominal maximal de 25 A, le capteur LTSR 25-NP est à même de mesurer 80 A avec précision.

Précision à + 25 °C	±0,2 %
Tolérance de la résistance de mesure	±0,5 %
Dérive thermique de la résistance de mesure 50 ppm/K, $\Delta T = 60\text{ K}$	±0,3 %
Dérive thermique de $V_{ref}$ par rapport à $I_{PN}$ (50 ppm/K Max) @ $I_p = 0$	±1,2 %
Dérive thermique de $V_{out}/V_{ref}$ par rapport à $I_{PN}$ (37.5 ppm/K Max) @ $I_p = 0$	±0,9 %
<b>Erreur totale</b>	<b>±3,1 %</b>
<b>Erreur totale si la dérive thermique de <math>V_{ref}</math> est annulée</b>	<b>±1,9 %</b>

Tableau 1: Précision du LTSR 25-NP

Courant primaire nominal $I_{PN}$ pour LTSR 6/15/25-NP	A eff	6 - 15 - 25
Plage de mesure	A	19,2 - 48 - 80
Précision du capteur à +25 °C (Non-linearité + Gain + stabilité à long-terme)	% x $I_{PN}$	± 0,2
Précision totale à +25 °C (0.2%+ 0.5% de la résistance de mesure intégrée)	% x $I_{PN}$	± 0,7
Tension d'alimentation	V	0, + 5 (±5%)
Tension de sortie @ $I_p = 0$ en mode Ref out	V	+2,5 ± 1 %
Tension de référence en mode Ref out	V	+2,5 ± 1 %
Tension de référence en mode Ref in	V	+1,9...+2,7
Dérive thermique de la tension de référence interne (Max, $-10...+85\text{ °C}$ ) @ $I_p = 0$	ppm/K	50
(Max, $-40...-10\text{ °C}$ ) @ $I_p = 0$	ppm/K	100
Dérive thermique de $V_{out}$ @ $I_p = 0$ par rapport à Ref (Max, $-40...+85\text{ °C}$ )	ppm/K	150 - 64 - 37,5
Temps de réponse @ 90 % de $I_{PN}$	ns	< 400
Bande passante, < 0,5 dB	kHz	0...100
Tension d'essai, 50-60 Hz, 1 min	kV	3
Normes		EN 50178/CEI 60950-1
Dimensions L x l x h	mm	9.3 x 22.2 x 24
Masse	g	10

Tableau 2: Caractéristiques techniques de la série LTSR

## Exemples d'applications

Le point de référence pour un courant primaire nul se situe à 2,5 V (en mode Ref out ou à la tension de référence externe en mode Ref in), ce qui correspond exactement à la moitié de la tension d'alimentation. La variation du signal de sortie (gain) est de  $0,625 \text{ V/I}_{\text{PN}}$ , de sorte que la sortie affiche 4,5 V pour + 80 A et 0,5 V pour - 80 A (p. ex. LTSR 25-NP en mode Ref out).

En outre, les capteurs de courant sont conformes aux normes applicables aux systèmes rencontrés dans l'électronique de puissance.

### Plus de flexibilité dans l'application

Le LTSR, du fait de sa fonctionnalité additionnelle s'adapte mieux que son prédécesseur aux topologies plus exigeantes. Dans la plupart des applications, la sortie du capteur est reliée à un ADC dont la sortie est traitée par un DSP ou un micro-contrôleur.

Le LTSR a été conçu pour être relié directement à un DSP (Digital Signal Processor) alimenté en 5 V; les DSPs ou ADCs actuels sont alimentés en 3,3 V. La référence interne de ces DSPs

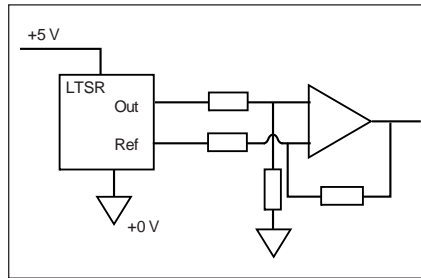


Fig. 13: LTSR en configuration Amplificateur Différentiel.

ou ADCs à 3,3 V peut descendre jusqu'à 1,8 V. Dans cette application, lorsque vous avez une référence interne dans le DSP avec accès externe, vous pouvez alimenter la référence du capteur avec celle-ci. Avec cette architecture, la dérive en température de la référence peut être annulée.

Sinon, la référence interne du capteur peut être utilisée pour alimenter la référence d'un ADC (Voir précédemment pour le niveau de courant délivrable en mode refout).

Il est également possible de relier ensemble les pins de référence de trois capteurs; la référence de tension

résultante serait un équilibre entre chacune des références internes. Cette technique peut aussi s'appliquer en «mode refin».

Figures. 14, 15 & 16: Schémas bloc d'un système utilisant trois capteurs avec leurs pins REF reliées.

La Fig. 13 représente une utilisation possible de la sortie du capteur et de la référence, avec un amplificateur différentiel. Ce dernier permet d'amplifier la différence entre la sortie et la référence du capteur (selon la valeur sélectionnée pour les résistances).

En résumé, ce montage permet de se défaire des 2,5 V (en mode Ref out) d'offset à la sortie du capteur. Par exemple @  $I_p = 0$ , le signal de sortie de l'amplificateur différentiel sera nul auquel se superposera un signal amplifié de la tolérance ( $\pm 25 \text{ mV max}$ ) de l'offset de sortie initial du capteur.

Dans les montages des fig. 14 et fig 16, un amplificateur opérationnel et quelques résistances sont utilisés pour adapter le signal de référence aux signaux d'entrée permis de soit la référence capteur (fig.16, mode Ref in)

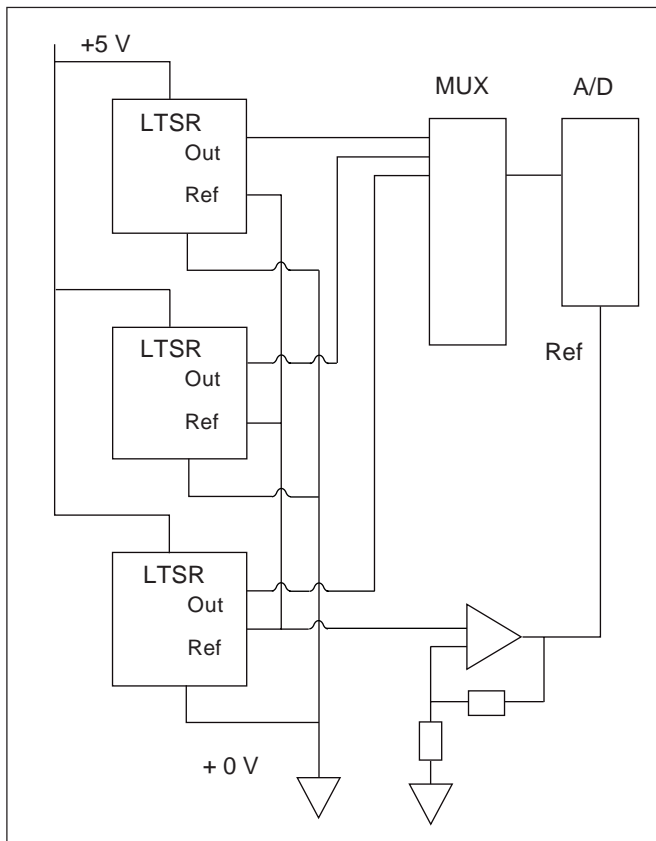


Fig. 14: LTSR en configuration Refout

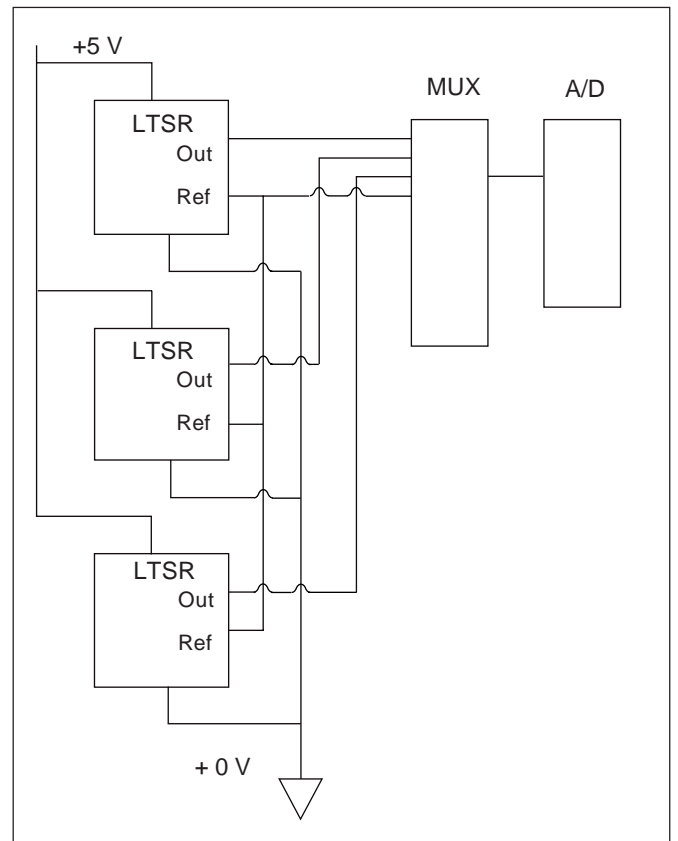


Fig. 15: LTSR avec Refin traitée par un A/D

# Circuit primaire multifonctionnel

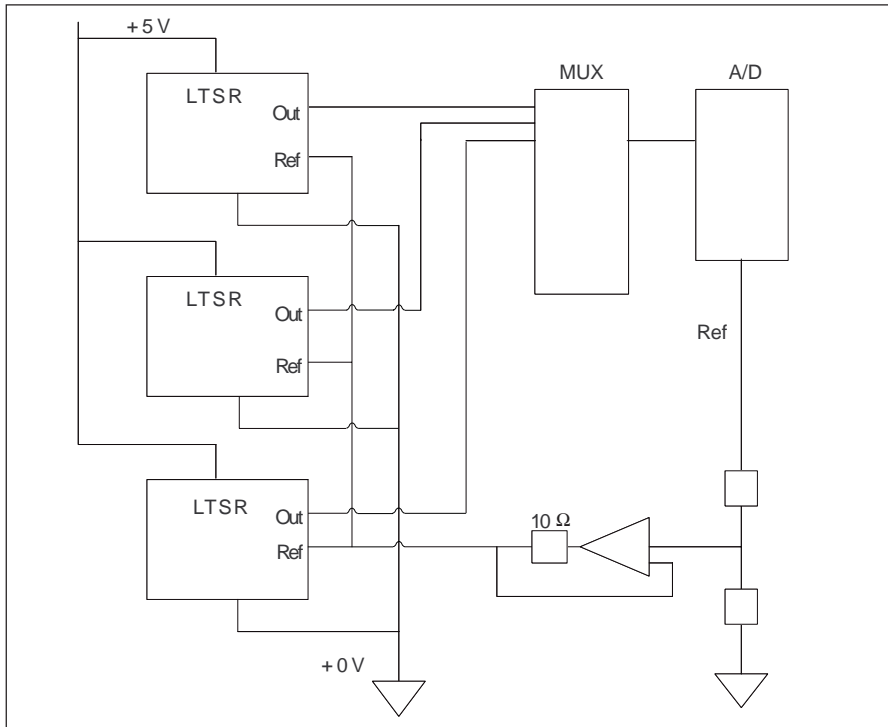


Fig. 16: LTSR en configuration Ref in.

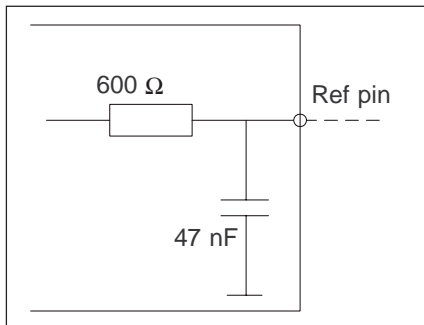


Fig. 17: Pine Ref du LTSR

ou la référence de l'ADC (fig. 14, mode Ref out).

Fig. 16: l'amplificateur est utilisé comme suiveur et réalise notamment l'adaptation d'impédance, pour permettre l'alimentation en courant de la pin Ref en mode Ref in.

Vous pouvez remarquer une résistance (environ 10 Ω) à la sortie de l'amplificateur. Cette résistance est un moyen d'éviter les oscillations à la sortie de l'amplificateur, provoquées par le condensateur de 47 nF situé à l'entrée de la pine Ref dans le capteur (fig. 17).

## Circuit primaire multifonctionnel

La solution de construction avec 3 conducteurs primaires en U et un trou de passage circulaire supplémentaire offre, à l'ingénieur de développement, une multitude de variantes, qui lui permettent une adaptation optimale de la plage de mesure du capteur de courant à son application. La figure 18 montre les différentes possibilités de raccordement.

Dans la **variante 1**, les trois primaires en U sont connectés en parallèle. Ceci permet de mesurer le courant primaire maximum.

La **variante 2**, basée sur la connexion en série des primaires en U, offre une plage de mesure réduite d'un facteur 3 et, par conséquent, une précision 3 fois supérieure pour la mesure de faibles courants.

Grâce à la **variante 3**, il est possible de mesurer des courants différentiels. Le courant mesuré est la différence des courants  $I_1 - I_2$ . Le deuxième courant a été sciemment passé à travers le trou, car cela permet de réaliser, sur le circuit imprimé, les distances adaptées à la différence de potentiel entre les deux phases.

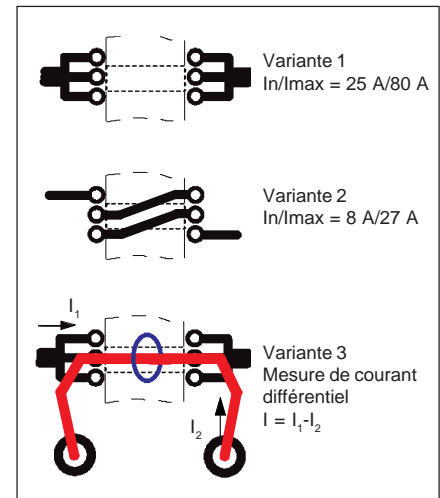


Fig. 18: Les différentes possibilités pour raccorder le circuit primaire (p. ex. le LTSR 25-NP)

# Normes

## Normes

Tous les matériaux sont listés UL (UL = Underwriter's Laboratories).

La mise sur le marché du produit marqué CE certifie sa conformité avec la Directive Européenne CEM 89/336 CEE et la Directive basse tension 72/23 CEE.

Lors de la conception des séries LTS et LTSR, les directives de la norme EN 50178 ont été prises en considération.

Tous les produits satisfont une tension de test d'isolation de 3 kV AC, une tension d'extinction des décharges partielles de plus de 1,5 kV (@10 pC) et résistent à une tension impulsionnelle (1,2/50 µs: forme du signal selon la norme EN 50178, tension de tenue aux chocs) de plus de 8 kV.

Le matériau utilisé pour le boîtier est répertorié IIIa comme groupe de matériaux isolants, selon la même précédente norme. A partir de ces éléments, il est facile d'en déduire une tension de dimensionnement (en appliquant les directives décrites dans la norme EN 50178) selon les conditions d'utilisation dans l'application.

Comme conditions d'utilisation, nous pouvons énumérer: Besoin d'isolation simple ou renforcée, Degré de Pollution selon l'application, la catégorie de surtension, la disposition des pistes sur PCB (pour définir les distances de fuite et de contournement lorsque le produit est monté dans une application PCB) et celles-ci sont inhérentes à l'application.

A titre d'exemple d'application selon la Norme EN 50178 avec les modèles LTSR:

### Distance d'isolement ("clearance distance"):

C'est la distance minimale dans l'air entre les potentiels primaire (haut) et secondaire (bas) et, dans le cas du LTSR, c'est sur le PCB

→ **Distance d'isolement: 6,27 mm (fig. 19) (y compris la pastille de soudure)**

### Supposons le besoin et les conditions d'utilisation suivants:

- Isolation simple
- Catégorie surtension: OV3 ou Catégorie III (CEI 61010-1)
- Degré de Pollution: PD2
- U = 849 V crête → d = 5.5 mm = distance requise.
- U = 1410 V crête → d = 8 mm = distance requise.

Nous choisissons la tension d'isolement assignée de 849 V crête comme tension primaire (600 V<sub>eff</sub>). Ceci est conforme à la norme CEI 61010-1 (tableau 3).

### Distance de contournement (ligne de fuite: "Creepage distance"):

C'est la distance minimale en rampant le long des matériaux entre les potentiels primaire (haut) et secondaire (bas).

Sur le PCB → **Distance de contournement: 6,27 mm**

Sur le Boîtier → **Distance de contournement: 15,35 mm (fig. 20+21)**  
(d1 + d2 avec d1 = 3.22 mm + 3.61 mm + 2 x 0.5 mm & d2 = 7.52 mm) (3.61 mm du fait de la forme ronde).

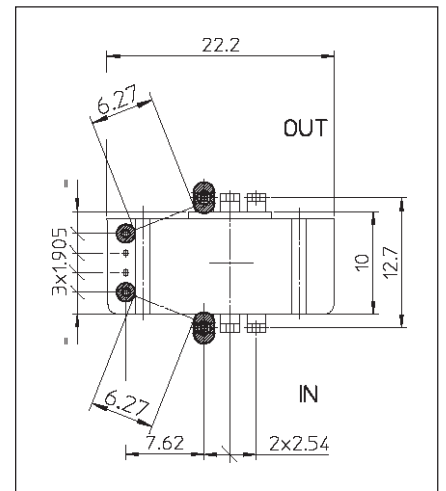


Fig. 19: Distance d'isolement

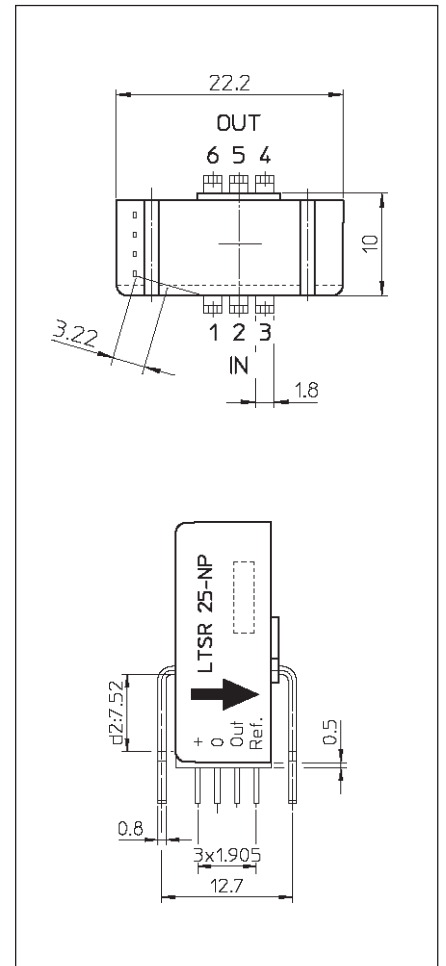


Fig. 20 + 21: Distance de contournement

Alimentation	Exigence d'Isolation du Capteur (type d'isolation)	Catégorie
Reliée à la terre	Simple	CAT III 600 Veff
Pas de connexion à la terre	Double	CAT III 300 Veff

Tableau 3: Norme CEI 61010-1

## Supposons le besoin et les conditions d'utilisation suivants

- Isolation simple
- Catégorie de surtension: OV3
- Degré de pollution: PD2
- Tension de fonctionnement désirée:  $U_{\text{eff}} = 320 V_{\text{eff}}$
- CTI = 175 (IIIa)
- Alors  $d = 3,2 \text{ mm}$  = distance requise pour boîtier &  $d = 1,6 \text{ mm}$  = distance requise pour un montage sur PCB.

Puisque la distance de contournement doit être  $>$  ou  $=$  à la distance d'isolement, les distances d'isolement et de contournement du LTSR permettent dans cet exemple une tension de dimensionnement (pour un besoin en isolation simple) de  $320 V_{\text{eff}}$  avec ou sans l'utilisation d'un PCB.

Le tableau ci-après définit la tension de fonctionnement en fonction du type d'isolation recherché et des distances de contournement trouvées sur les modèles LTSR (sur PCB ou sur Boîtier), selon les Normes EN 50178 et CEI 61010-1:

Type d'isolation / Distances	Simple	Double
PCB ( $d = 6.3 \text{ mm}$ )	1250 Veff	630 Veff
Boîtier ( $d = 12.5 \text{ mm}$ )	1250 Veff	630 Veff

Toujours selon les Normes EN 50178 et CEI 61010-1, en tenant compte des distances d'isolement et de contournement des modèles LTSR (sur PCB ou Boîtier) dans les conditions précédentes d'utilisation, nous pouvons alors atteindre pour un niveau d'isolation simple une tension de fonctionnement (ou dimensionnement) jusqu'à  $600 V_{\text{eff}}$  et pour un niveau d'isolation double une tension de fonctionnement de  $300 V_{\text{eff}}$ .

## Compatibilité ESD-CEM

- Test d'immunité aux décharges électrostatiques selon CEI 61000-4-2 (+ 6 kV Décharges dans l'air): Catégorie B.
- Test d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques selon CEI 61000-4-3 (10 V/m AM @ 1 kHz, 80 % (80 MHz - 1 GHz)): Catégorie A avec déviation  $< 5\%$  de  $I_{\text{PN}}$ .
- Test d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves selon CEI 61000-4-4 ( $\pm 2 \text{ kV}$ ): Catégorie B.
- Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques selon CEI 61000-4-6 (10V AM @ 1kHz, 80% (150kHz-80MHz)) : Catégorie A avec déviation  $< 10\%$  de  $I_{\text{PN}}$ .
- Test d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau selon CEI 61000-4-8 (100 A/m (DC and AC 50 Hz)): Catégorie A avec déviation  $< 1\%$  de  $I_{\text{PN}}$  pour les LTSR 15 & 25-NP et  $< 1.5\%$  de  $I_{\text{PN}}$  pour le LTSR 6-NP.

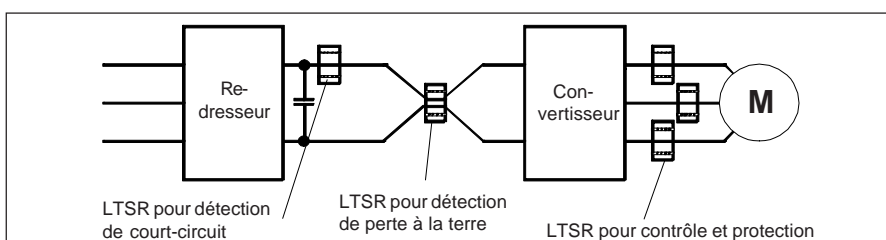


Fig. 22: Possibilités de mesures de courant isolées sur un convertisseur de fréquence avec la série LTSR

## Exemples pratiques

### 1. Mesures de courant isolées dans un convertisseur

Un domaine typique d'utilisation pour la série LTSR est celui du convertisseur de fréquence classique. Grâce à sa haute précision et à son immunité aux  $dv/dt$ , elle convient parfaitement aux applications d'asservissement. La figure 19 donne un aperçu des différentes possibilités de mesure de courant avec isolation galvanique dans un convertisseur.

#### Avantages:

- Excellente linéarité permettant la mesure précise des courants moteurs.
- Réponse rapide en cas de défaillances telles que fuites à la terre ou courts-circuits, afin de réaliser des commutations (coupures) immédiates.
- Bonne stabilité en température assurant de bonnes mesures reproductibles
- Immunité aux forts changements de courants capacitifs pouvant résulter, par exemple, de câbles de moteur trop longs.

### 2. Surveillance générale du courant et régulation

Les possibilités d'utilisation sont très variées: Partout où il est nécessaire de mesurer, réguler ou de surveiller des courants avec précision, la série LTSR offre des possibilités qui n'ont, peut-être, pas encore été considérées. Ceci est vrai pour les systèmes où, jusqu'à présent, seul le courant alternatif est mesuré. Un nombre croissant de charges non-linéaires génère des formes d'onde non-sinusoïdales contenant des composantes de courant continu. Dans ces cas, la série LTSR offre une bonne alternative aux transformateurs classiques puisqu'elle peut mesurer à la fois des courants continus et alternatifs.

Le LTSR peut également être utilisé pour les systèmes à courant continu tels que les alimentations, les appareils alimentés par batteries ou les entraînements à courant continu.

Ici, la série LTSR offre les avantages suivants par rapport au shunt:

- Pertes sensiblement réduites,
- Isolation galvanique,
- Meilleure immunité aux interférences électromagnétiques (EMI).

## Résumé

En tout état de cause, pour voir si ce capteur vous convient, veuillez contacter votre représentant LEM pour obtenir des échantillons.

### Résumé

#### Avantages de la série LTSR

- En utilisant une alimentation unipolaire 0; +5 V, des courants positifs et négatifs peuvent être mesurés.
- Accès à la tension de référence interne: Mode Ref out.
- Possibilité d'alimenter la référence capteur à partir d'une source d'alimentation externe: Mode Ref in.
- Haute stabilité en température et faible dérive.
- Conception multi-calibres permettant une multitude de raccordements du primaire.
- Faible consommation de puissance.
- Le principe à boucle fermée offre une excellente linéarité, une large bande passante avec un temps de réponse court, une large plage de mesure et la possibilité de mesurer de courtes impulsions de courant.
- Convivialité de production du fait du montage simple.
- Solution peu coûteuse.

#### Applications

Le capteur LTSR ouvre toutes les applications dans les systèmes électroniques à faible puissance, telles que variateurs de vitesse, entraînements électriques pour utilisation industrielle dans les équipements de chauffage, ventilation et de climatisation ainsi que dans les appareils électroménagers et industriels, les entraînements asservis, les petites alimentations sans coupure (UPS), les alimentations et amplificateurs, les systèmes de gestion d'énergie, les chariots élévateurs et les applications générales de surveillance de courant.

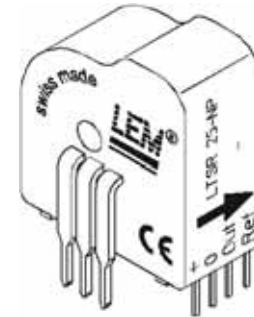
Tableau 4: Aperçu des avantages et applications de la série LTSR.

# Multi-Calibre Capteur de courant

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

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

Pour la mesure électronique des courants: DC, AC, impulsions, mixtes, avec une isolation galvanique entre le circuit primaire (courant fort) et le circuit secondaire (circuit électronique).



### Caractéristiques électriques principales

$I_{PN}$	Courant primaire efficace nominal	6/15/25	At
$I_P$	Courant primaire, plage de mesure	0 .. $\pm 19.2/48/80$	<sup>1)</sup> At
$V_{OUT}$	Tension de sortie analogique @ $I_P$ $I_P = 0$	$2.5 \pm (0.625 \cdot I_P / I_{PN})$	V
		2.5 <sup>2)</sup>	V
$V_{REF}$	Tension de référence - sortie (mode Refout)	2.5 <sup>3)</sup>	V
	Tension de référence - entrée (mode Refin)	1.9 .. 2.7 <sup>4)</sup>	V
$N_S$	Nombre de spires secondaires ( $\pm 0.1 \%$ )	2000	
$R_L$	Résistance de charge	$\geq 2$	k $\Omega$
$C_L$	Charge capacitive Max.	500	pF
$R_{IM}$	Résistance de mesure interne ( $\pm 0.5 \%$ )	208.33/83.33/50	$\Omega$
$TCR_{IM}$	Dérive en température de $R_{IM}$	< 50	ppm/K
$V_C$	Tension d'alimentation ( $\pm 5 \%$ )	5	V
$I_C$	Courant de consommation @ $V_C = 5 \text{ V}$ Typ	$28 + I_S^{(5)} + (V_{OUT} / R_L)$	mA
$V_d$	Tension efficace d'essai diélectrique, 50/60 Hz, 1 mn	3	kV
$V_e$	Tension efficace d'extinction des décharges partielles @ 10 pC > 1.5		kV
$V_w$	Tension de tenue aux chocs 1.2/50 $\mu$ s	> 8	kV

### Precision - Performances dynamiques

$X$	Précision @ $I_{PN}, T_A = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	%	
	Précision avec $R_{IM}$ @ $I_{PN}, T_A = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0.7$	%	
$\mathcal{E}_L$	Linéarité	< 0.1	%	
		Max.		
$TCV_{OUT}$	Dérive en température de $V_{OUT} / V_{REF}$ @ $I_P = 0$ -40 $^\circ\text{C}$ .. +85 $^\circ\text{C}$	150/64/37.5	ppm/K	
$TCE_G$	Dérive en température du gain -40 $^\circ\text{C}$ .. +85 $^\circ\text{C}$	50 <sup>6)</sup>	ppm/K	
$V_{OM}$	Tension résiduelle @ $I_P = 0$ , après une surintensité de	$3 \times I_{PN}$ $5 \times I_{PN}$ $10 \times I_{PN}$	$\pm 0.5$ $\pm 2$ $\pm 2$	mV mV mV
$TCV_{REF}$	Dérive en température de $V_{REF}$ interne @ $I_P = 0$ -10 $^\circ\text{C}$ .. +85 $^\circ\text{C}$ -40 $^\circ\text{C}$ .. -10 $^\circ\text{C}$	50 100	ppm/K ppm/K	
$t_{ra}$	Temps de réaction @ 10 % de $I_{PN}$	< 100	ns	
$t_r$	Temps de retard @ 90 % de $I_{PN}$	< 400	ns	
$di/dt$	di/dt correctement suivi	> 15/35/60	A/ $\mu$ s	
$f$	Bande passante (0 .. -0.5 dB) (-0.5 .. 1 dB)	DC .. 100 DC .. 200	kHz kHz	

### Généralités

- Capteur de courant multi-calibre de type boucle fermée (à compensation) utilisant l'effet Hall
- Tension d'alimentation unipolaire
- Conception compacte pour montage sur circuit imprimé
- Boîtier injecté en matière isolante auto-extinguible de classe UL 94-V0
- Résistance de mesure incorporée
- Plage de mesure étendue
- Accès à la tension de référence interne
- Possibilité d'appliquer une tension de référence externe.

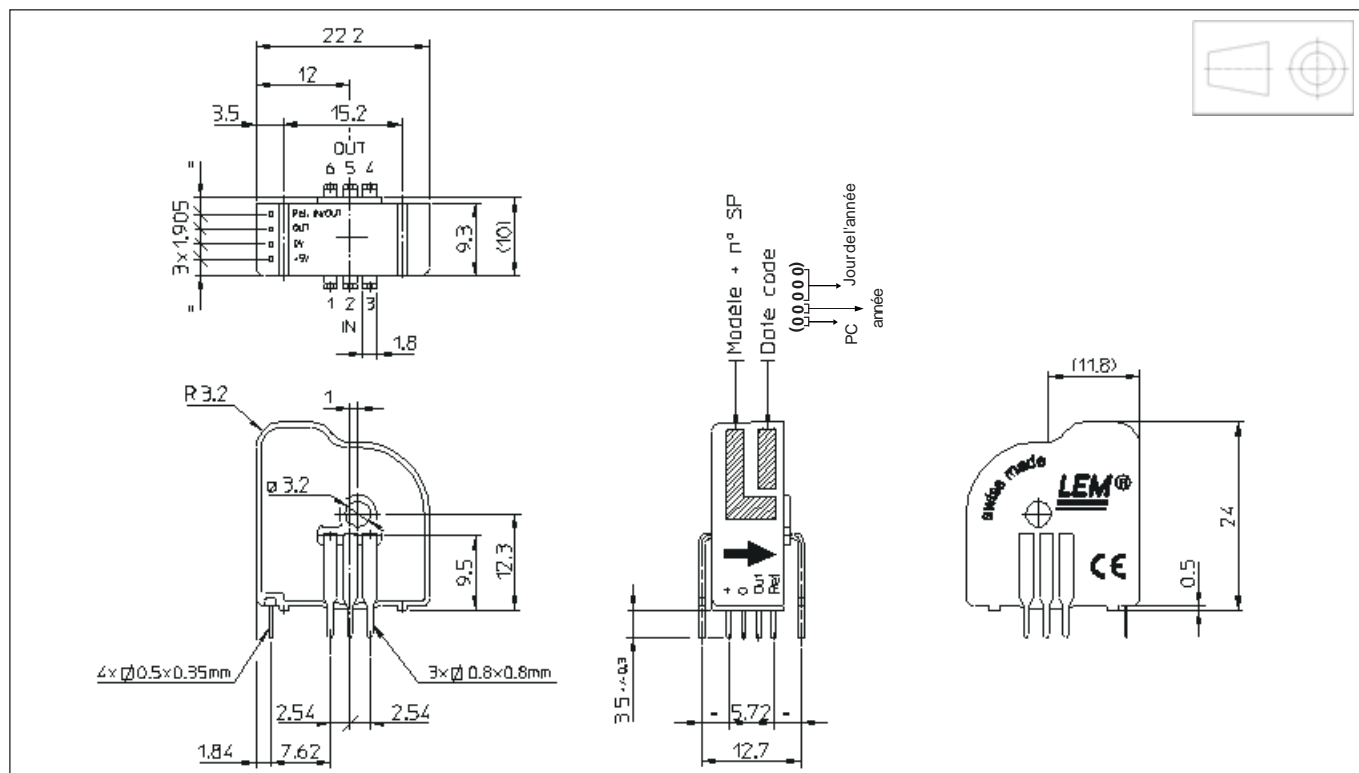
### Avantages

- Excellente précision
- Très bonne linéarité
- Faible dérive en température
- Temps de retard optimal
- Bande passante élevée
- Pas de pertes d'insertion apportées dans le circuit à mesurer
- Grande immunité aux perturbations extérieures
- Surcharges de courant supportées sans dommage.

### Applications

- Variateurs de vitesse et entraînements à servomoteur AC
- Convertisseurs statiques pour entraînements à moteur DC
- Applications alimentées par batteries
- Alimentations Sans Interruption (ASI)
- Alimentations à découpage
- Alimentations pour applications de soudage.

## Dimensions LTSR 6, LTSR 15, LTSR 25-NP (en mm)



Nombre de spires primaires	Courant primaire efficace nominal $I_{PN}$ [A]	Tension de sortie nominale $V_{OUT}$ [V]	Résistance primaire $R_p$ [mΩ]	Inductance d'insertion primaire $L_p$ [μH]	Raccordement recommandé
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	

\* En mode sortie (Ref out),  $V_{REF} = 2.5 V \pm 25 mV$ . En mode entrée (Ref in),  $V_{REF} =$  Référence de tension externe ( $1.9 \dots 2.7 \pm 25 mV$ ).

### Caractéristiques mécaniques

- Tolérance générale  $\pm 0.2$  mm
- Fixation et connexion primaire 6 pins 0.8 x 0.8 mm  
 $\varnothing$  de perçage recommandé 1.3 mm
- Fixation et connexion secondaire 4 pins 0.5 x 0.35 mm  
 $\varnothing$  de perçage recommandé 0.8 mm
- Trou de passage primaire supplémentaire  $\varnothing 3.2$  mm

### Remarque

- $V_{OUT}$  est positif lorsque  $I_p$  circule des bornes 1, 2, 3 vers les bornes 6, 5, 4.
- Le capteur doit être installé dans l'application en respectant les règles d'installation définies par la norme CEI 61010-1
- Les performances indiquées sont obtenues en utilisant le conducteur primaire intégré au boîtier.

LEM se réserve le droit d'apporter certaines modifications sur ses capteurs dans le sens d'une amélioration, ceci sans avis spécial.

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

### Caractéristiques générales

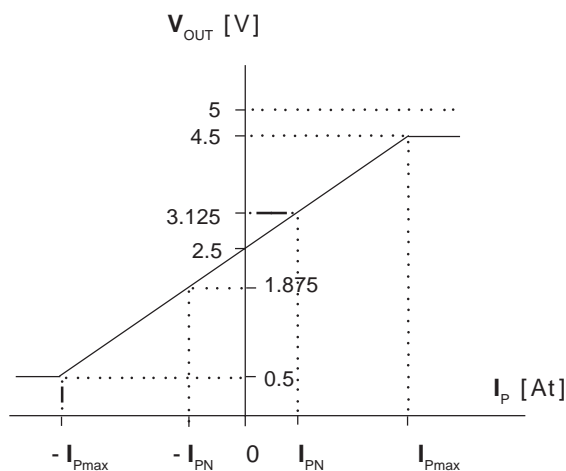
$T_A$	Température ambiante de service	- 40 .. + 85	°C
$T_S$	Température ambiante de stockage	- 40 .. + 100	°C
	Groupe de matériau	III a	
$m$	Masse	10	g
	Normes <sup>7)</sup>	EN 50178 (01.10.97)	
		CEI 60950-1 (26.10.01)	

### Notes :

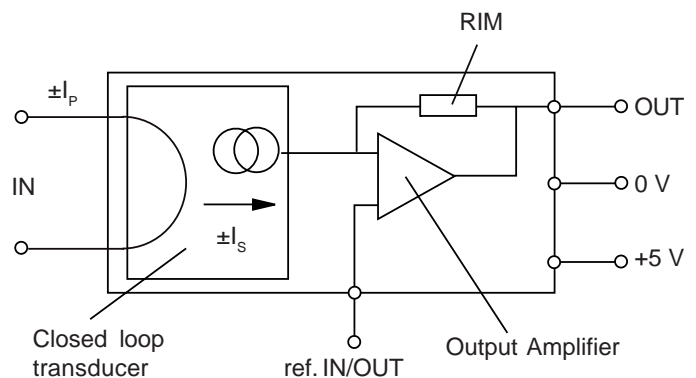
- 1) En mode sortie (Refout) uniquement ou avec une  $V_{REF}$  externe (mode Refin) comprise entre 2.475V et 2.525V. Pour une  $V_{REF}$  externe au-delà de ces limites, voir la brochure dédiée à la série LTSR.
- 2)  $V_{OUT}$  est reliée à  $V_{REF}$ , par conception, la différence de potentiel entre ces deux points pour  $I_p = 0$  est de  $\pm 25$  mV au maximum,  $2.475 V < V_{OUT} < 2.525V$ .
- 3) En mode sortie (Refout) à  $T_A = 25^\circ C$ ,  $2.475 V < V_{REF} < 2.525 V$ .  
L'impédance minimale de charge de la pin REF doit être  $> 220$  k $\Omega$ .  
Impédance interne = 600  $\Omega$ .  
Pour la plupart des applications, il faut insérer un amplificateur suiveur pour pouvoir délivrer du courant, par exemple pour référencer un ADC .
- 4) Pour imposer une tension de référence externe (comprise entre 1.9 V et 2.7 V), il faut disposer d'une source capable de délivrer  $\pm 1$  mA.
- 5) Veuillez vous référer au principe de fonctionnement ci-dessous.
- 6) Seulement dû à  $TCR_{IM}$ .
- 7) Spécification selon CEI 1000-4-8 non respectée en DC, erreur selon deux axes 1,5 % au lieu de 1 % pour le LTSR 6-NP.

### Tension de sortie - Courant primaire

$V_{REF} = 2.5$  V (dans cet exemple)



### Schéma de principe



$I_s = I_p / N_s = \pm 3$  mA @  $I_p = \pm 6$  At pour LTSR 6-NP  
 $I_s = I_p / N_s = \pm 7.5$  mA @  $I_p = \pm 15$  At pour LTSR 15-NP  
 $I_s = I_p / N_s = \pm 12.5$  mA @  $I_p = \pm 25$  At pour LTSR 25-NP



## 5 Ans de Garantie pour les Capteurs LEM

LEM crée et fabrique des produits de haute qualité et haute fiabilité pour ses clients du monde entier.

Depuis 1972, nous avons fourni plusieurs millions de capteurs de courant et de tension qui sont, pour la plupart, toujours en service, sur des véhicules de traction, des variateurs de vitesse industriels, des systèmes d'alimentation de secours et de nombreuses autres applications exigeant des critères de haute qualité.

Notre garantie de 5 ans s'étend sur tous les capteurs LEM livrés dès le 1er janvier 1996 et elle est accordée comme supplément à la garantie légale. La garantie sur nos capteurs s'étend sur une période de 5 ans (60 mois) à dater de leur livraison.

Pendant cette période nous réparerons ou remplacerons à nos frais toutes les pièces défectueuses (pour autant que le défaut soit dû à un matériau ou une fabrication défectueux). Tous les défauts doivent nous être communiqués immédiatement et les produits concernés doivent être renvoyés à l'unité de fabrication avec la description du défaut.

D'autres réclamations ainsi que les réclamations concernant la compensation des dommages qui ne se sont pas produits sur le matériel livré, ne sont pas couvertes par cette garantie.

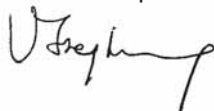
Les réparations sous garantie sont exécutées à notre discrétion. Les frais de transport sont à la charge du client. Une extension de la durée de la garantie suite à la réparation sous garantie ne peut être accordée.

La garantie devient caduque si l'acheteur a modifié ou réparé, ou a fait faire des réparations du matériel par des tiers sans l'accord écrit de LEM.

La garantie ne couvre aucun dommage causé par de mauvaises conditions d'utilisation et des cas de force majeure, ou si les conditions de paiement convenues n'ont pas été respectées. Aucune responsabilité ne sera assumée à l'exception des prescriptions juridiques concernant la Responsabilité Civile Produits.

La garantie exclut expressément toute réclamation au-delà des conditions ci-dessus.

LEM, Genève, le 1 janvier 2001  
Division Composants



Paul Van Iseghem  
Président de LEM Components

# Réseau commercial international LEM

Europe • Moyen Orient • Afrique

## Afrique du Sud

Denver Technical Products Ltd.  
P.O. Box 75810  
SA-2047 Garden View  
Tel. 011/626 2023  
Fax 011/626 2009  
e-mail: denverttech@pixie.co.za

## Allemagne

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

## Autriche

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

## Belgique et Luxembourg

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

## Croatie

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

## Danemark

Deltron-Conelec A/S  
Banemarksvej 50 B  
2605 Broendby  
Tel. 043434342  
Fax 043293700  
e-mail: sales@conelec.dk

## Espagne

SUMELEC  
Doris de Schade S.L.  
Avd. Sancho Rosa 66  
E-28708 San Sebastian de los Reyes  
Tel. 91/6236828  
Fax 91/6236702  
e-mail:  
abisum@santandersupernet.com

## Finlande

Etra-Dielectric Oy  
Lampputie 2  
SF-00740 Helsinki 74  
Tel. 09/3699366  
Fax 09/3699311  
e-mail: hans.akerberg@etra.fi

## France

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

## Hongrie

Orszaczky Trading Co. Ltd  
Korányi Sandor U. 28  
H-1089 Budapest  
Tel. 1/3144225  
Fax. 1/3144225  
email: orszaczky@axelero.hu

## Italie

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

## Israël

Ofer Levin Technological Application  
PO Box 18247  
IL-Tel Aviv 611 81  
Tel. 03/5586279  
Fax 03/5586282  
e-mail: ol\_teap@netvision.net.il

## Norvège

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

## Pologne

DACPOL Co., Ltd.  
Teren Zakladu Lamina  
Ul. Pulawska 34  
PL-05-500 Piaseczno  
Tel. 022/7570713  
Fax 022/7570764  
e-mail: dacpol@dacpol.com.pl

## Portugal

Maquindus Engenharia e  
serviços, Lda  
Rua da Ponte, 5  
P-4435 Rio Tinto  
Tel. 01/2485 0280/1  
Fax 01/2485 0290  
e-mail: xcarvalho@mailtelepac.pt

## Roumanie

SYSCOM-18 S.r.l.  
Calea Plevnei 139, sector 6  
R-77131 Bucarest  
Tel. 222 91 76  
Fax 222 91 76  
e-mail: georgeb@syscom.ro

## Russie

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

## Royaume Uni et Irlande

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

## Slovenie

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

## Suède

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

## Suisse

SIMPX Electronic AG  
Binzackerstrasse, 33  
CH-8622 Wetzikon  
Tel. 01/931 1010  
Fax 01/931 1011  
e-mail: contact@simpex.ch

## Suisse

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

## Tchéquie

PE & ED Spol. S.R.O.  
Koblovska 101/23  
CZ-71100 Ostrava/Koblov  
Tel. 069/6239256  
Fax. 069/6239531  
email: petr.chlebis@vsb.cz

## Turquie

Özdisan Elektronik Pazarlama  
Galata Kulesi Sokak N°34  
TR-80020 Kuledibi/Istanbul  
Tel. 0212/2520884  
Fax 0212/2445943  
e-mail: oabdi@ozdisan.com

Amérique

## Brésil

Intech Engenharia Ltda  
5 Andar CJ 52  
Av. Adolfo Pinheiro, 1010  
BR-04734-002 Sao Paulo  
Tel. 011/55481433  
Fax 011/55481433  
e-mail:  
intech@intech-engenharia.com.br

## Canada

Alliance Components Inc.  
270 Warden Avenue  
CAN-Scarborough, ON M1N 3A1  
Tel. 416/690 7810  
Fax 416/690 7811

## Chili

ELECTROCHILE  
Freire 979 of. 303-304  
Quilpue  
Tel. 032/923222  
Fax 032/923222  
e-mail: elecchile@entchile.net

## États-Unis

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

## États-Unis

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

## États-Unis

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

Asie • Australie

## Australie

Fastron Technologies Pty Ltd.  
25 Kingsley Close  
Rowville  
Melbourne  
Victoria 3178  
Tel. 03/97635155  
Fax. 03/97635166  
e-mail: sales@fastron.com.au

## Chine

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

## Corée

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

## Inde

Globetek  
122/49, 27th Cross  
7th Block, Jayanagar  
IN-Bangalore-560082  
Tel. 80/6635776  
Fax 80/6581556  
e-mail: globetek@blr.vsnl.net.in

## Japon

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

## Singapour

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. 02/5095480  
Fax 02/5043161  
e-mail: tope@ms1.hinet.net

## Taiwan

LECTRON Co., Ltd.  
9F, NO 171, SEC.2,  
Tatung. RD. Hsichih City  
Taipei Hsien 221  
Taiwan, R.O.C  
Tel. 02/86926023  
Fax. 02/86926098  
e-mail: silas@electron.com.tw

BAC/F, 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

Publication CH 23103 F (12.03 • 1,5 • CDH)

Distributeur