

22 isolateurs numériques

réalisation facile de l'isolation galvanique

Timur Uludag et Heinz Zenkner (Würth Elektronik eiSos)

Dans les environnements industriels, il y a de nombreux cas pour lesquels l'isolation galvanique des composants est nécessaire. L'isolation numérique capacitive simplifie l'implantation et transmet les signaux de l'utilisateur de façon sécurisée et fiable au travers d'une barrière isolante. L'exemple suivant montre comment les isolateurs capacitifs numériques peuvent être utilisés pour réaliser l'isolation galvanique d'appareils industriels éloignés.

La transmission des données sans interférence et la sécurité des personnes sont deux challenges pour l'électronique dans les environnements industriels classiques. Les champs magnétiques élevés, les surtensions, les pics de tension et les interférences électromagnétiques (EMC, Electromagnetic Compatibility) sont à l'ordre du jour. Si par exemple, le câble de transmission est situé de façon défavorable, proche d'un câble de commande d'un onduleur convertisseur de fréquence, les impulsions se trouvent couplées de façon capacitive aux signaux du câble de transmission qui varient alors selon les trains d'impulsions de l'onduleur. Ce type d'interférence peut rapidement atteindre un niveau tel qu'il peut provoquer des dysfonctionnements, voire de mettre en danger la sécurité des personnes.

Par exemple, quand la température d'un moteur est mesurée par un thermocouple, des tensions de l'ordre du millivolt sont

générées. Si ces tensions sont transmises par un câble de plusieurs mètres de longueur à une unité de contrôle centralisée associée à un potentiel de terre différent de celui du moteur, le signal mesuré se trouve perturbé par la différence entre les potentiels.

Si l'on résume les phénomènes décrits, les quatre challenges suivants se présentent :

- Une barrière de sécurité entre les tensions dangereuses et les utilisateurs
- Élimination des boucles de masse entre les circuits répartis
- Minimisation des interférences en mode commun
- Transmission des données sans interférences

La **figure 1** montre graphiquement la topographie du système de transmission. Afin de répondre aux besoins d'isolation des utilisateurs vis-à-vis des tensions dange-

reuses, tout en garantissant la transmission sans interférence des données, une isolation galvanique doit être mise en œuvre afin de séparer électriquement les différentes zones, c'est-à-dire en termes de potentiel, afin qu'elles puissent fonctionner séparément sans interférence. Les données transitent au travers du dispositif d'isolation. Les interférences et les courants d'égalisation des potentiels sont éliminés par l'isolation galvanique.

Évaluation de l'isolation de la tension d'une batterie

L'enregistrement déporté des paramètres physiques est associé aux progrès techniques, les puissants microcontrôleurs facilitent le traitement des données. Malgré cela, l'enregistrement des données relatives à un appareil est souvent problématique, et la transmission sans fils souvent impossible. Les données doivent être enregistrées au niveau de l'appareil de façon à ce que le capteur n'influence pas la variable mesurée, afin qu'une erreur de mesure ne se produise pas. Cela nécessite qu'un découplage électrique soit implémenté dans les circuits. Plus encore, la transmission par câble des données doit être libre de tout potentiel et symétrique, de façon à ce que la transmission ne soit pas perturbée par les couplages électromagnétiques et les boucles de masse. Dans cette application, l'utilisation de microcontrôleurs a été délibérément évitée, afin de démontrer qu'une conception avancée, insensible aux interférences peut être réalisée moyennant quelques précautions, en utilisant une technologie à base de circuits analogiques. Le système est divisé en deux circuits, un transmetteur et un récepteur. Le transducteur permet d'enregistrer une tension continue de ± 30 V maximum, avec une période de variation d'une seconde. La consommation électrique a été minimisée, <85 mA pour l'émetteur et <25 mA pour le récepteur, sous une tension de 15 V. Le transmetteur et le récepteur sont électriquement

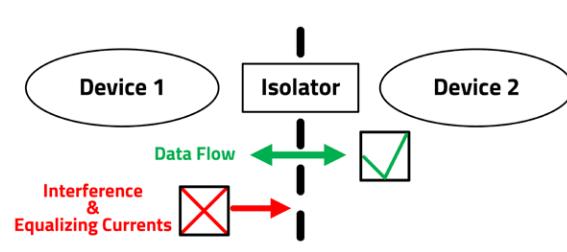


Figure 1. Concept de base d'un système d'isolation pour la séparation des différents potentiels.

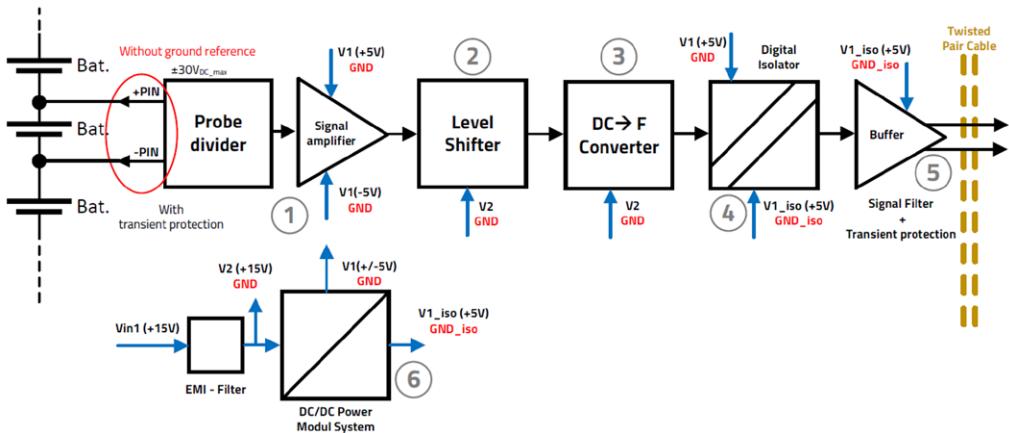


Figure 2. Schéma synoptique du transmetteur pour la mesure de tensions sans transmission de potentiel.

isolés, le transmetteur entre l'acquisition des données mesurées et le canal de transmission des signaux, le récepteur entre le canal de transmission et la sortie des données. Un module d'alimentation CC/CC, l'isolation galvanique numérique, et un couplage capacitif parasite particulièrement faible ont été utilisés pour réaliser l'isolation des circuits. Les signaux sont transmis entre le transmetteur et le récepteur par un câble bifilaire. Selon l'importance de l'influence des interférences environnementales, la distance peut atteindre plusieurs centaines de mètres.

Circuit de transmission

La **Figure 2** montre le schéma synoptique du transmetteur. Le circuit est divisé en six blocs :

1. probe : le transducteur avec le diviseur de tension et l'amplificateur permettant la mesure de tensions positives ou négatives.

2. level shifter : adaptation de la tension pour le convertisseur tension-fréquence.

3. voltage-frequency converter : convertisseur tension-fréquence, la fréquence du signal de sortie numérique dépend de la tension d'entrée.

4. digital isolator : isolation galvanique numérique entre la mesure de la tension et l'interface.

5. interface buffer : interface tampon, contrôle de la ligne de transmission à sortie symétrique, et à faible impédance.

6. power supply : convertisseur d'alimentation CC/CC, isolé galvaniquement de la section transducteur (probe).

les modules d'alimentation, afin d'atténuer les couplages à haute-fréquence (HF).

Circuit du récepteur

La **Figure 3** montre le schéma synoptique du récepteur. Le circuit est divisé en cinq blocs :

1. input buffer : tampon pour la réception du signal d'entrée disponible sur une ligne symétrique. Le voyant de liaison indique si une connexion au transmetteur est disponible.

2. digital isolator : isolation galvanique numérique entre le signal d'entrée et la section de traitement du signal / interface de sortie. Isolation galvanique additionnelle du signal d'entrée du tampon.

3. frequency-to-voltage converter : génération d'une tension de sortie à partir du signal numérique. La tension générée dépend de la fréquence du signal d'entrée.

4. interface buffer with polarity indicator : convertisseur de niveau du signal de sortie. Le signal de sortie est positif, l'indicateur de polarité indique une polarité positive du signal d'entrée.

5. power supply : convertisseur d'alimentation CC/CC alimentant la section secondaire.

Afin d'assurer un fonctionnement fiable, des dispositifs de protection contre les transitoires et des filtres sont prévus dans la section des capteurs et à la sortie du module de commande de ligne ; des filtres passe-bas sont également positionnés avant et après

De nombreuses protections contre les interférences magnétiques CEM sont également localisées dans la section du récepteur. Le circuit d'entrée du signal de la ligne de liaison à paire torsadée (twisted pair) est muni d'une protection contre les transitoires et d'un filtre en mode commun afin d'atténuer effectivement les interférences provenant de la ligne. Les alimentations du convertisseur CC/CC sont équipées de filtres passe-bas en entrée et sortie afin de réduire significativement les interférences électromagnétiques dues aux circuits de commutation des convertisseurs CC/CC à

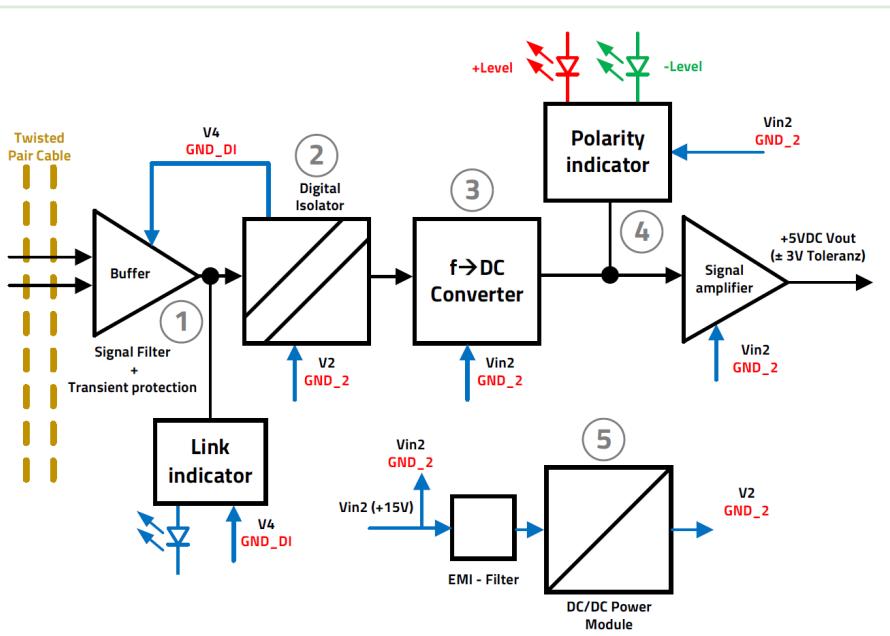


Figure 3. Schéma synoptique du récepteur pour la mesure des tensions sans transmission de potentiel.

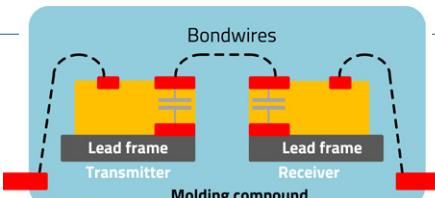


Figure 5. Structure de base d'un isolateur numérique Würth Elektronik.

l'extérieur et à l'intérieur du circuit. Cela garantit un rapport signal – bruit élevé et un niveau de fiabilité fonctionnelle important.

Isolateurs capacitifs numériques

L'isolateur numérique de Würth Elektronik [1][2] est constitué d'un oscillateur et d'un modulateur du côté primaire, et d'un démodulateur et d'un tampon pour le signal du côté secondaire. Les composants du côté primaire sont isolés de ceux de la partie secondaire par une structure capacitive avec une barrière d'isolation réalisée en silice (SiO_2).

Le signal est transmis au travers de la barrière d'isolation selon un processus de modulation par tout ou rien (on/off keying). L'oscillateur intégré au chip est utilisé pour moduler le signal d'entrée, qui comporte une bascule de Schmitt (Schmitt trigger). Le modulateur génère un signal différentiel qui est transmis par l'intermédiaire des lignes à isolation capacitive.

La **Figure 4** montre le schéma-bloc de l'isolateur capacitif. Le démodulateur, côté secondaire de l'isolateur, fournit les fonctions d'amplification, filtrage et reconstruction du signal d'entrée. Le délai et la distorsion du signal sont minimes. Un tampon route le signal de sortie du modulateur à la sortie générale, cependant que l'amplificateur élève le signal au niveau requis. La **Figure 5** est une illustration de la structure interne.

Les isolateurs numériques sont réalisés en employant la technologie CMOS, utilisant des matériaux et procédés bien connus, et qui ont fait leurs preuves. Les condensateurs situés dans la section transmetteur et dans celle du récepteur sont montés sur un support en plomb. Les condensateurs, qui sont représentés en gris sur la Figure 5, sont situés entre les deux contacts en rouge. Le matériau diélectrique entre les électrodes et celles-ci constituent la barrière isolante galvanique.

L'épaisseur de l'isolant, de l'ordre de quelques dixièmes de microns, est déterminée par le procédé de fabrication. Dans les isolateurs numériques, la silice (SiO_2) constitue le matériau isolant du condensateur en raison de sa haute résistance diélectrique de $500 \text{ V}/\mu\text{m}$, ce qui réduit considérablement l'épaisseur de l'isolant. D'autres matériaux isolants communs comme les polyamides ont une résistance diélectrique de seulement $300 \text{ V}/\mu\text{m}$. Les deux condensateurs sont reliés électriquement en série par un fil de liaison comme indiqué sur le schéma par blocs de la Figure 4. Afin de protéger l'ensemble de la structure, la matrice et la couche de support du circuit sont réalisées selon un procédé classique de fabrication des circuits intégrés.

Sécurité et fiabilité

En cas de danger, les isolateurs numériques sont conçus pour la protection du personnel vis-à-vis des tensions dangereuses. Ils doivent donc satisfaire aux critères de protection et de durabilité les plus élevés. Les isolateurs numériques des séries CDIP et CDIS de Würth Elektronik ont été certifiés en Allemagne par VDE, conformément aux standards récents les plus exigeants DIN EN IEC 60747-17 (VDE 0884-17):2021-10 «coupleurs capacitifs et magnétiques pour l'isolation standard et renforcée» (**Tableau 1**).

Mais que signifient réellement les termes «de base» et «renforcée», vis-à-vis de la sécurité des personnes ? Les standards en fournissent une définition assez abstraite, voir DIN EN IEC 60747-17 (VDE 0884-17): 2021-10.

Dès lors, quand doit-on utiliser l'isolation de base, ou l'isolation renforcée ? Seuls les points «condition à défaut unique» (single fault condition) et «condition d'opération normale» (normal operating conditions) sont importants pour le déterminer. L'isolation renforcée assure une protection contre les chocs électriques en fonctionnement normal, même en cas de défaut unique. L'isolation de standard (de base), est effective uniquement en opération normale, c'est-à-dire sans considérer un défaut unique. 

VF : Jean Boyer — 240341-04

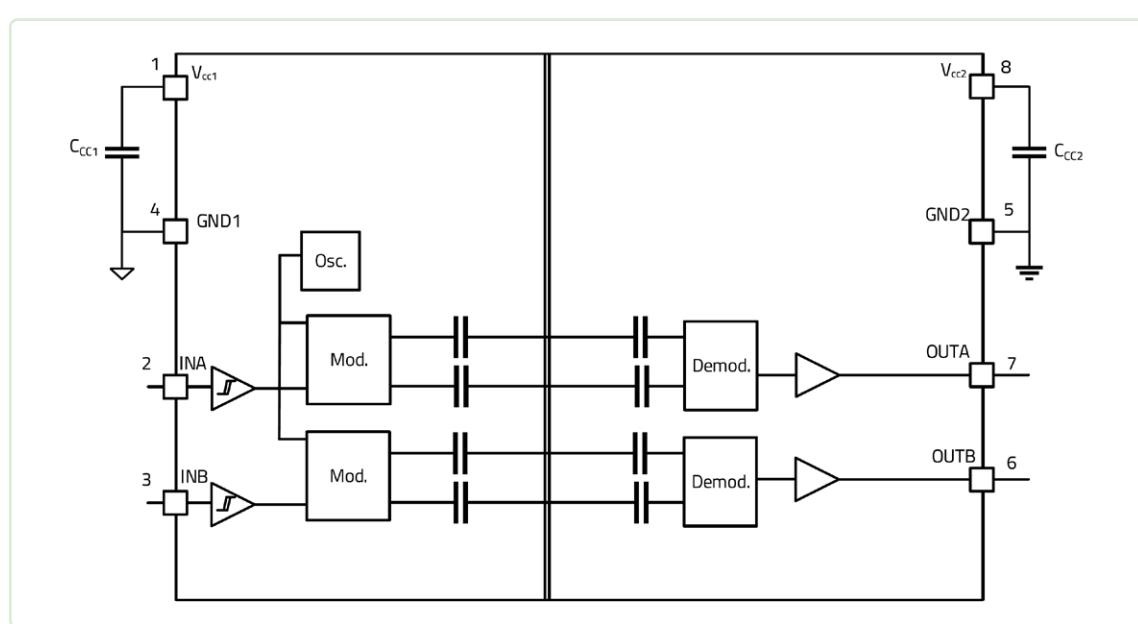


Figure 4. Schéma synoptique de l'isolateur numérique CDIS 18012x15411x de Würth Elektronik.

Tableau 1. Standards récents IEC 60747-17 (VDE 0884-17).

Paramètre	IEC 60747-17 (VDE 0884-17)	
	Basic Isolation	Reinforced Isolation
Boîtier	SOIC-8NB	SOIC-16WB
VIOSM - surtension maximale d'isolation	5000 Vpk	7070 Vpk
Test	VTEST = 1,3 × VIOSM VTEST = 6,5 kV	VTEST = 1,6 × VIOSM VTEST = 11,3 kV
Taux d'erreur pendant la durée de vie	≤1000 ppm	≤1 ppm

À propos de Timur Uludag

Timur Uludag est diplômé en ingénierie mécatronique par l'université des sciences appliquées de Regensburg. Il a ensuite travaillé comme ingénieur de conception, dans les domaines des alimentations à découpage et la conception de circuits analogiques. Depuis 2015, Uludag a travaillé en tant que Manager en marketing technique chez Würth Elektronik eiSos dans la business unit Mag³C Power Modules. Il s'est spécialisé dans la planification du développement et du lancement commercial de nouveaux modules d'alimentation.



À propos de Dr. Heinz Zenkner

Le Dr. Heinz Zenkner a étudié l'ingénierie électronique avec un focus particulier sur les communications et les technologies radiofréquences, il est titulaire d'un doctorat. Il a été publiquement nommé et désigné expert juridique dans le domaine des EMC (CEM ou compatibilité électromagnétique) durant plusieurs années. En plus de nombreuses publications techniques, il est régulièrement l'auteur de travaux sur la CEM. Heinz a également travaillé en tant de conférencier pour différentes universités, à la Chambre d'Industrie et du Commerce, et dans de nombreux séminaires. Il a été impliqué dans l'industrie électronique durant de nombreuses années, depuis la conception d'un produit à sa production en série. Il est particulièrement intéressé par la transmission sans fil de l'énergie, pour laquelle il a développé sa propre théorie et des concepts pratiques.

LIENS

- [1] Uludag, T., "Reliable Galvanic Isolation, Simplified," Power Electronics News, December 2023, p. 6 et suiv. : <https://powerelectronicsnews.com/reliable-galvanic-isolation-simplified>
- [2] Digital Isolators WPME-CDIS from Würth Elektronik: <https://we-online.com/en/components/products/DIGITAL-ISOLATORS-WPME-CDIS>



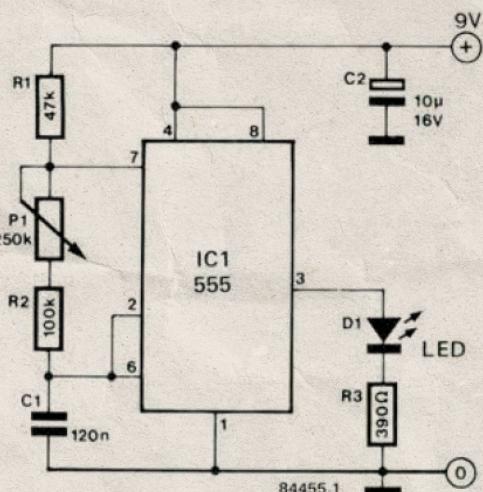
testeur de fatigue (pour les rédacteurs)

L'œil humain a un certain retard « naturel ». Ce fait est exploité pour les films, les téléviseurs et les lampes fluorescentes, car au-delà d'une certaine fréquence de clignotement, l'œil cesse de percevoir toute discontinuité. Il est intéressant de noter que la fréquence de clignotement la plus élevée perceptible par une personne est influencée par des facteurs tels la fatigue et la consommation d'alcool. Un petit circuit peut être utilisé pour déterminer précisément cette fréquence à tout moment du jour ou de la nuit.

Comme le montre le schéma, le circuit est très simple. Il est basé sur un composant bien connu, le timer 555, configuré ici en multivibrateur astable. Sa sortie est connectée à une LED qui clignote à

une fréquence définie. Il est possible de faire varier cette fréquence entre 20 et 50 Hz avec un potentiomètre P1. La fréquence la plus élevée que la plupart des gens peuvent percevoir se situe entre 30 et 40 clignotements par seconde. Cependant, un test réalisé sur les membres de la rédaction d'Elektor un lundi matin a entraîné de nombreux regards perplexes, accompagnés de la question : « Quelle LED ? »

Étant donné la simplicité du circuit, il n'est pas étonnant que sa consommation de courant soit d'environ 25 mA seulement, ce qui rend une batterie de 9 V parfaitement adéquate pour l'alimenter.



Elektor - numéro de juillet et août 1984

240360-04