

photosonde pour oscilloscopes

Mesure de fluctuation de luminosité des systèmes d'éclairage

Alfred Rosenkränzer (Allemagne)

La mesure de signaux électriques à l'oscillo ne vous suffit pas, vous voulez mesurer aussi des signaux optiques ? Bonne idée, mais il vous faut donc une sonde *optique* ou une photosonde qui convertisse les fluctuations de l'intensité lumineuse en tensions mesurables par un oscilloscope. Vous pouvez construire une telle sonde vous-même à faible coût.

Vous souvenez-vous de cet article sur les problèmes des lampes à LED intitulé *pollution électromagnétique causée par les lampes à LED* dans Elektor de mars/avril 2018, page 12 ? En faisant mes mesures de compatibilité électro-

magnétique pour cet article (voir le lien ci-dessous), je m'étais également intéressé aux variations de luminosité des lampes qui fonctionnent à 100 Hz ainsi qu'à la fréquence de commutation de leur alimentation à découpage.

Scintillement

Pour cette étude, j'avais construit un prototype de photosonde sur carte d'essais. Peu après, on a remplacé les lampes fluorescentes du bureau sans cloisons où je travaille par des lampes à LED à culot compatibles. Bien qu'assez silencieuses, ces nouvelles lampes scintillaient visiblement, à la fréquence du secteur ou un multiple.

Cela passait d'autant moins inaperçu que les écrans de nos téléphones de bureau semblaient soudain clignoter, en raison d'une interférence du clignotement des lampes avec le rafraîchissement des afficheurs. La plupart des appareils photo numériques souffrent également de telles interférences entre le scintillement d'une lampe et la fréquence de balayage du capteur (et de l'afficheur).

La généralisation de ce scintillement lié aux nouvelles lampes m'a incité à chercher à élucider ce phénomène. Et ça m'a motivé à mettre au propre mon prototype de photosonde, avec carte, boîtier et connexion par câble.

Le circuit

Le circuit de la sonde (**fig. 1**) est archi simple : la conversion de la lumière en signal électrique est faite par la photodiode D5, ici une BPW34, mais d'autres font aussi l'affaire, avec l'ampli op IC3a. La tension ainsi obtenue est multipliée

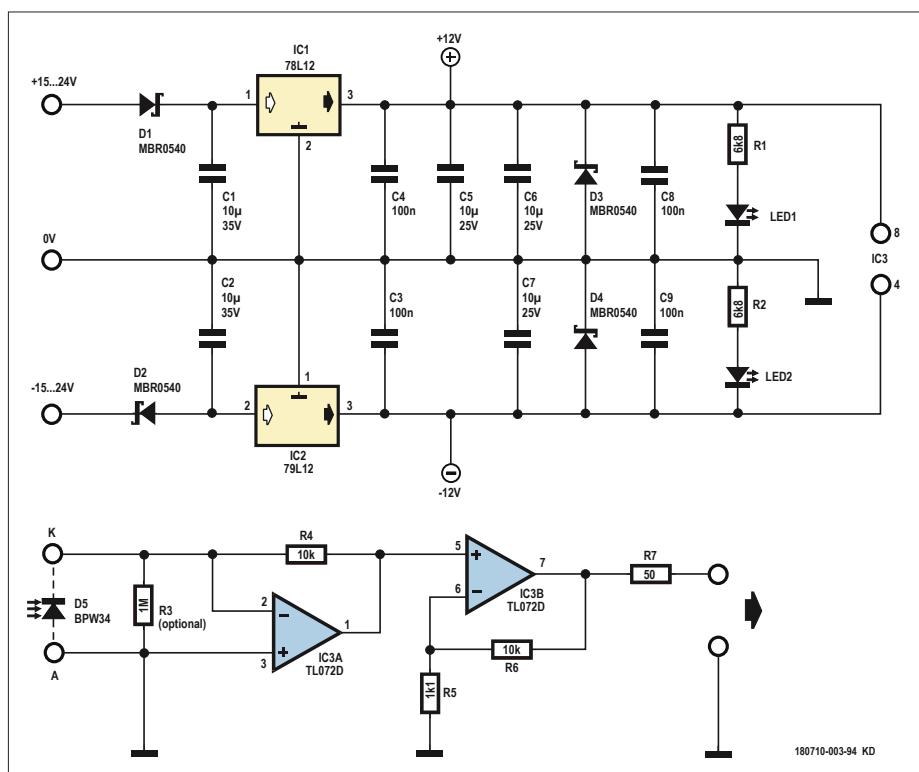


Figure 1. Schéma du circuit de la photosonde.

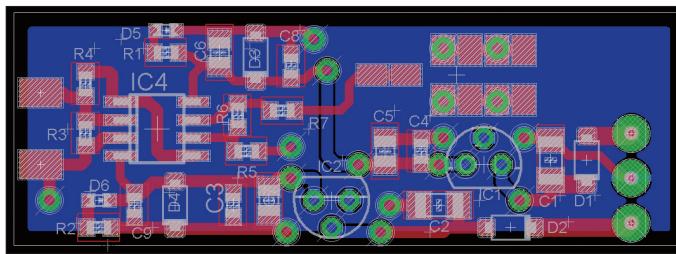


Figure 2. Disposition des composants de la sonde, alimentation comprise. Le fichier Eagle est disponible sur la page web de cet article.

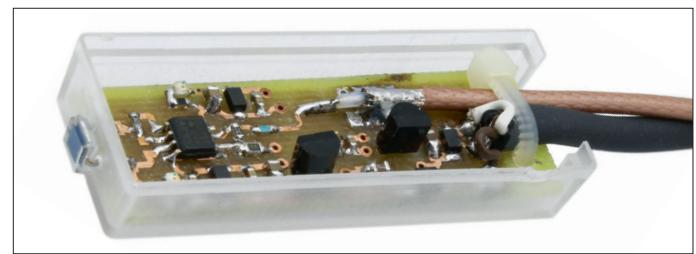


Figure 3. Ma photosonde avec circuit imprimé fraisé. À l'avant (à gauche sur la photo), vous pouvez voir la photodiode.

par dix par un autre ampli op (IC3b). La résistance R7 de $50\ \Omega$ assure l'adaptation d'impédance au câble coaxial connecté à la sortie.

IC3 est un double ampli op en boîtier SO8, mais d'autres types conviennent aussi. Le TL072, rapide et à faible bruit, utilisé ici présente l'avantage d'une forte impédance d'entrée (FET). La résistance R3 parallèle à la photodiode est optionnelle. Elle a été omise ici.

La photodiode et les amplis op sont alimentés par une tension symétrique stabilisée de $\pm 12\text{ V}$, fournie par les deux régulateurs de tension linéaires 78L12 et 79L12. Pour IC1 et IC2, j'ai opté pour la version traversante afin d'élargir le choix. Si les amplis op le supportent, vous pouvez également utiliser des versions avec une tension de sortie de 5, 8, 9 ou 15 V. La tension d'entrée des régulateurs devra être plus élevée d'au moins 3 V. Les diodes D1 et D2 servent de protection des entrées contre les inversions de polarité. Lors de la mise en marche et lors de la coupure de l'alimentation, D3 et D4 empêchent que la tension positive ne devienne négative et que la tension négative ne devienne positive. Les LED1 et LED2 indiquent la présence des tensions de service.

L'alimentation électrique peut être assurée par une alim de labo (symétrique) ou par un petit bloc d'alimentation composée à partir d'un transformateur de 1,5 VA avec par exemple au secondaire $2 \times 12\text{ V}$, un pont redresseur et deux condensateurs de lissage de $220\ \mu\text{F}$ chacun. Vérifier la rigidité diélectrique des condensateurs électrolytiques qui doivent tenir au moins 25 V. Évitez de surcharger la tension d'entrée des régulateurs – la plupart tolère jusqu'à 35 V.

Disposition

Le circuit imprimé à double face (fig. 2) a été dessiné pour un boîtier qui ressemble à celui d'une clé USB, lequel a déjà

fait ses preuves pour d'autres de mes sondes. Les vias sont placés de telle manière que la carte puisse également être produite par fraisage mécanique. Dans ce cas, les manchons doivent être insérés manuellement et soudés de part et d'autre de la carte.

Sonde terminée

Sur la fig. 3, vous pouvez voir mon exemplaire de la photosonde. Avec la photodiode BPW34 et un TL072, on a obtenu une réponse en fréquence de plusieurs centaines de kHz. Cela permet de voir facilement non seulement la fréquence du réseau (ou le double de sa fréquence), mais aussi de mesurer les fluctuations de luminosité à haute fréquence (fig. 4), qui résultent de l'ondulation de l'alimentation à découpage de certaines lampes LED (typiquement 30 à 60 kHz). On distingue aussi très bien le scintillement des lampes à LED commandées par un gradateur. Pour ces fréquences, il n'est pas nécessaire de charger le câble avec $50\ \Omega$ à l'entrée de l'oscillo. Une telle terminaison aurait d'ailleurs pour conséquence, en présence de fortes amplitudes, de malmenner la plupart des amplis op, car le maximum typique de 20 mA donne seulement 1 V à $50\ \Omega$. Le test de fonctionnement peut être effectué facilement avec une LED, alimentée directement par un générateur de fonctions. Une résistance série appropriée doit être utilisée pour les sorties à faible impédance. Si sur le générateur de fonctions utilisé il faut régler non seulement l'amplitude de la tension alternative, mais aussi son décalage (offset), alors ces deux réglages seront faits de



Figure 4. Oscilloscopage de l'ondulation de la lumière à 100 Hz, surmonté de composantes de fréquence plus élevée.

manière à ce que le courant maximum de la LED (typiquement 20 mA) ne soit pas dépassé et qu'un très faible courant ($<1\text{ mA}$) traverse la LED durant la demi-onde négative. Le courant peut facilement être visualisé sur l'oscillo comme une chute de tension au niveau de la résistance série. Le résultat est une lumière pulsée avec une luminosité minimale et maximale réglable. Si votre générateur est un modèle plus simple, une onde carrée fera l'affaire. La tension sinusoïdale ou triangulaire produit d'intéressantes courbes écrêtées. Il va sans dire que la LED doit éclairer directement la photodiode. Tourner la photodiode pour inverser la polarité de son signal de sortie. Sur la page de cet article sur le site d'Elektor [1], vous trouverez le tracé de la carte au format *Eagle* ainsi qu'une vidéo qui montre bien l'interférence du scintillement des LED avec le capteur de la caméra. ▶

(180710-04)

Liens

- [1] Vidéo et fichier CAO : www.elektormagazine.fr/180710-04
- [2] pollution électromagnétique causée par les lampes à LED : www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-201803/41401/