

Effet piézoélectrique des condensateurs

Comment traiter les vibrations ou les faibles bourdonnements audibles

Note technique de Denis Lachapelle, ing., et Francis Thiffault, ing., juillet 2015

Révisé par Frédéric Longchamps, ing. jr., février 2021

Selon notre expérience, le fait que certains condensateurs céramiques multicouches peuvent présenter des caractéristiques piézoélectriques demeure méconnu. Cet effet survient dans des condensateurs ferroélectriques (classes II et III) avec des constantes diélectriques moyennes à élevées, tels les X5R, X7R, X8R, Y5V, Y5U et Z5U. L'effet piézoélectrique peut faire vibrer le condensateur; si cela se produit à des fréquences audibles (20 Hz à 20 kHz), le condensateur « siffle » de façon audible.

La susceptibilité du condensateur à l'effet piézoélectrique ne suffit pas pour créer ce bourdonnement puisque l'amplitude de ce dernier est trop faible. Plusieurs conditions doivent être présentes pour que le sifflement soit perceptible. Hormis la fréquence du signal et la conception et la fabrication du condensateur, l'effet est principalement influencé par la polarisation en CC et l'ondulation de l'amplitude du signal appliqué au condensateur. Le circuit imprimé lui-même et la disposition jouent aussi un rôle important, ainsi que l'influence possible de la température.

L'effet piézoélectrique peut également être inversé. Une pression mécanique externe

peut faire produire un signal mesurable en microvolts au condensateur et donc, à certaines conditions, potentiellement transformer le condensateur en microphone qui capture certains bruits acoustiques et les intègre au système.

Application

Cet effet peut être nuisible ou inoffensif, selon l'application. L'effet piézoélectrique n'a aucun effet sur la fiabilité des composants. Par contre, pour certains dispositifs comme les circuits amplificateurs et les appareils portatifs, le bruit causé ou ajouté au système peut poser problème.

Nous avons déjà croisé ce genre de problème dans le circuit amplificateur d'un microphone. Le microphone était de type à alimentation fantôme et le signal audio était couplé à l'amplificateur à l'aide d'un condensateur céramique de 1uF monté en surface. Une carte de compensation d'écho était installée dans un PC. Le circuit fonctionnait parfaitement, sauf qu'un bruit de disque dur était audible, même en isolant le microphone. À l'origine, une vérification du couplage par les rails d'alimentation était prévue; un léger

accrochage de la carte lors de la vérification a causé un « tic » audible, ce qui nous a indiqué que le problème en était un de couplage mécanique. Le problème a disparu une fois le condensateur céramique de 1uF monté en surface remplacé.

Solutions

Une façon de réduire l'effet piézoélectrique consiste à utiliser des condensateurs à trou traversant ou dotés de terminaisons métalliques qui réduisent grandement les vibrations en découplant le mouvement du circuit imprimé. Les condensateurs au tantale, électrolytiques d'aluminium et de type COG et NPO sont peu enclins à produire cet effet.

Une autre façon consiste à améliorer le signal; puisque l'ondulation de l'amplitude est directement proportionnelle à l'effet piézoélectrique, sa réduction diminue le bruit. Un facteur d'utilisation qui se rapproche de 10 % ou de 90 %, plutôt que de 50 %, peut également aider. Une fréquence de signal hors du spectre audible empêcherait également l'utilisateur d'entendre un bourdonnement.

De plus, l'utilisation d'un circuit imprimé plus épais, qui résiste mieux à la déformation qu'une carte plus mince, contribuera à réduire l'effet. Positionner le condensateur près d'un bord, plutôt qu'au centre de la carte, devrait lui laisser une moins grande surface sur laquelle entraîner des vibrations et donc réduire le bruit. Enfin, une disposition symétrique des condensateurs sur les couches supérieure et inférieure, l'une sur l'autre, devrait faire en sorte que la déformation de chaque paire de condensateurs s'annule.

Conclusion

Lorsque des condensateurs céramiques sont utilisés dans des circuits sensibles, des précautions s'imposent pour atténuer l'effet piézoélectrique, particulièrement lorsqu'il s'agit de condensateurs céramiques à constante diélectrique élevée comme les X7R et les ZU5.

Références

1. https://web.archive.org/web/20190402155252/https://product.tdk.com/en/contact/faq/31_singing_capacitors_piezoelectric_effect.pdf
2. <https://sh.kemet.com/Lists/TechnicalArticles/Attachments/88/2006%2007%20ArrowAsiaTimes%20-%20MLC%20Noise.pdf>
3. <https://www.edn.com/reducing-mlccs-piezoelectric-effects-and-audible-noise/>
4. https://e2e.ti.com/blogs_/b/powerhouse/posts/how-to-reduce-acoustic-noise-of-mlccs-in-power-applications
5. R. Nelson and L. Davidson, Electrical noise generated from the microphonic effect in capacitors, 2002 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Minneapolis, MN, USA, 2002, pp. 855-860 vol.2, doi: 10.1109/IEMC.2002.1032708.