

26

# Mesure des inductances de puissance



Ton Giesberts (Elektor)

La plupart des inductancemètres sont adaptés aux petites bobines, mais ne font pas de mesure avec des courants élevés. Grâce au circuit présenté ici, une alimentation de labo à fort courant et un oscilloscope numérique, vous pourrez mesurer les caractéristiques principales des inductances de puissance.



La plupart des LCR mètres testent les composants avec un courant de quelques milliampères seulement. Cela convient pour les condensateurs et les résistances, mais l'inductance (et les propriétés en général) des inductances de puissance varie avec la valeur du courant (CC). Pour tester cette influence du courant sur l'inductance, il suffit d'une résistance série (détection du courant) de très faible valeur et d'une alimentation stabilisée avec un fort courant de sortie. Ce principe a été appliqué au fil des années de nombreuses façons différentes. Il faut un commutateur de puissance (souvent un MOSFET) générateur d'impulsions pour couper la tension aux bornes de l'inductance avant qu'elle ne soit trop élevée. On surveille le courant au travers de l'inductance avec un oscilloscope. C'est un circuit autonome. Le courant maximum est réglable et un signal de déclenchement pour l'oscilloscope est aussi fourni. Pas besoin de générateur d'impulsions externe. Un circuit imprimé (PCB) garantit que la résistance entre l'alimentation, l'inductance, le MOSFET et la résistance de détection de courant soit minimale.

## Circuit

Dans le schéma de la **figure 1**, on utilise deux minuteries d'un CMOS 4538. Le délai d'un 4538 est fixé par la constante RC (ici R8/C3, R9/C4). Pour IC2A cela donne  $1 \mu\text{F} \times 1 \text{ M}\Omega = 1 \text{ s}$ . IC2A active le MOSFET T3 toutes les secondes. La seconde minuterie sert à limiter le temps d'ouverture du MOSFET à 1 ms. Si une impulsion maximum d'impulsion est nécessaire, il faut augmenter la valeur de R9 en conséquence. Avec un rapport cyclique aussi faible, nul besoin de radiateur pour T3 et D3. On utilise un ampli-op rapide rail-à-rail E/S (IC1) de type AD8032 pour

Télécharger le projet



[www.elektormagazine.fr/summer-circuits-22](http://www.elektormagazine.fr/summer-circuits-22)

surveiller le courant au travers de la résistance de détection de courant de  $10 \text{ m}\Omega$  R4. Il sert de comparateur, et si la tension aux bornes de R4 est supérieure au niveau fixé par P1, la sortie de IC1A chute et remet à zéro IC2B, ce qui désactive le MOSFET. En même temps, IC2A est déclenché, la sortie Q (broche 6) devient haute et produit un signal de déclenchement pour l'oscilloscope sur K2. Une seconde après,  $\bar{Q}$  passe au niveau haut et déclenche IC2B, et T3 est activé pour le cycle de mesure suivant. Le courant au travers de l'inductance commence à croître et le processus se répète.

Les deux minuteries sont configurées en mode non réarmable. La sortie Q de IC2A est connectée à son entrée +TR, et la sortie  $\bar{Q}$  de IC2B à son entrée -TR pour éviter les transitoires qui pourraient rallonger les impulsions. C10 sert à rallonger l'impulsion de remise à zéro d'IC2B, mais surtout l'impulsion de déclenchement d'IC2A. Le niveau d'entrée de ce dernier doit être plus bas que l'impulsion de remise à zéro pour activer le déclenchement. Avec un réglage faible du courant (P1) – sans C10 – la sortie de IC1A ne chuterait pas suffisamment pour déclencher IC2A. S'il n'y a pas d'impulsion de déclenchement à la mise sous tension, on utilise le bouton-poussoir S1 pour démarrer la mesure. T1 et T2 servent à commuter T3 plus rapidement. Le courant de grille et la capacité parasite de l'inductance sous test provoquent un pic de tension aux bornes de R4 sans influence sur la mesure.

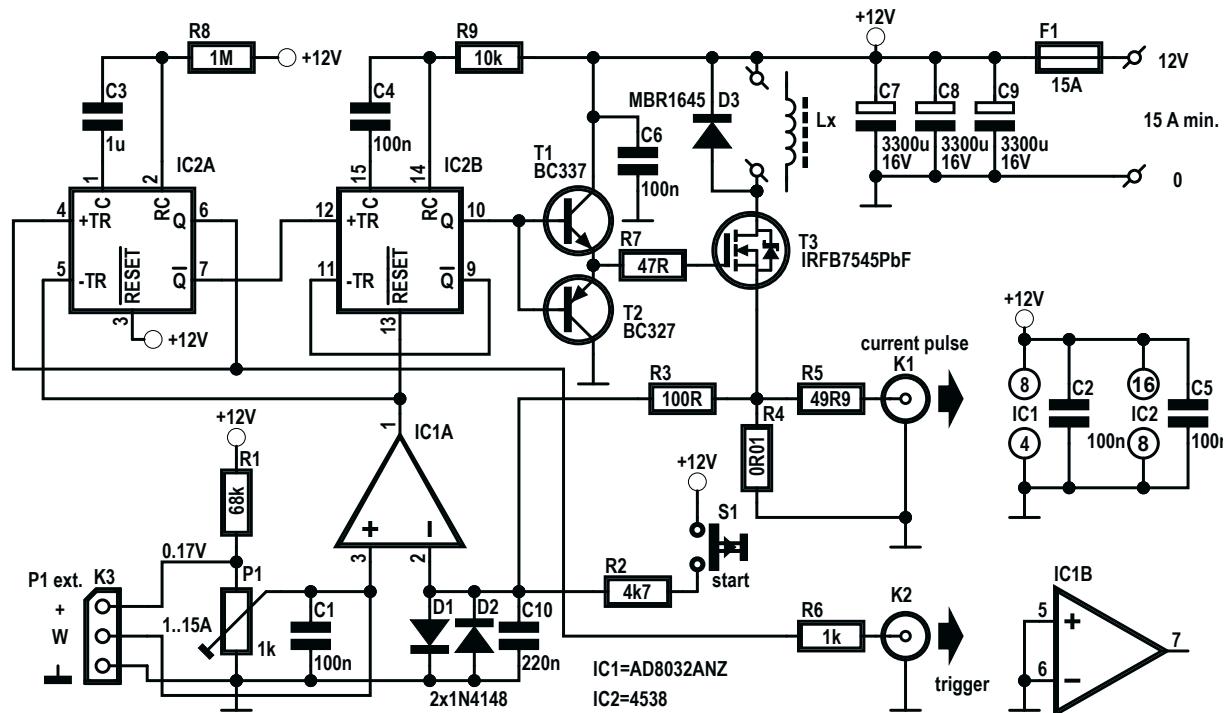


Figure 1. Schéma de l'inductancemètre.

## Exemple

À titre d'exemple, nous avons testé une inductance de puissance de chez Murata Power Solutions de type 1433445C, 330  $\mu$ H, spécifiée pour un courant CC maximum de 4,5 V. La fiche technique mentionne que, pour toutes les inductances de la série, le courant CC maximum spécifié est obtenu lorsque l'inductance chute à 60% ou pour une augmentation de température de 50°, selon la première occurrence. En observant les mesures sur la **figure 2**, on peut voir que la saturation du noyau intervient à environ 10 A. C'est bon à savoir pour cette inductance ou toute autre. Cela signifie qu'on peut l'utiliser dans des applications avec de fortes impulsions de courant à faible fréquence jusqu'à 10 A, sans perte d'inductance. Mais, assurez-vous toujours que le courant CC qui traverse l'inductance ne dépasse jamais la valeur spécifiée dans la fiche technique ! Le circuit est conçu pour un peu plus de 15 A.

Le mieux est d'utiliser une alimentation avec ce courant maximum pour garantir que la tension ne chute pas, ce qui affecterait la précision de la mesure. Néanmoins, par sureté, l'alimentation est découpée avec trois condensateurs à très faible RSE (C7/C8/C9). En pratique, on peut bien sûr utiliser une alimentation avec moins de courant de sortie : à vous de décider. Un fusible rapide de 15 A est ajouté par sécurité en cas de court-circuit du MOSFET. Un inconvénient est une chute de tension supplémentaire aux bornes du fusible. La plupart des inductances de puissance sont dans la gamme de quelques centaines de  $\mu$ H, et la durée du pic de courant est très courte. Utilisez des fils épais pour connecter les bornes Lx et 12V du PCB respectivement à l'inductance sous test et à l'alimentation. Sinon, on peut connecter deux fils

en parallèle aux deux trous de 1,4 mm sur les empreintes du PCB. Sur l'écran de l'oscilloscope, le tracé rouge est le courant au travers de l'inductance avec 5 A/div, et le tracé bleu est le signal de sortie de déclenchement. Le transitoire au départ est causé par la commutation

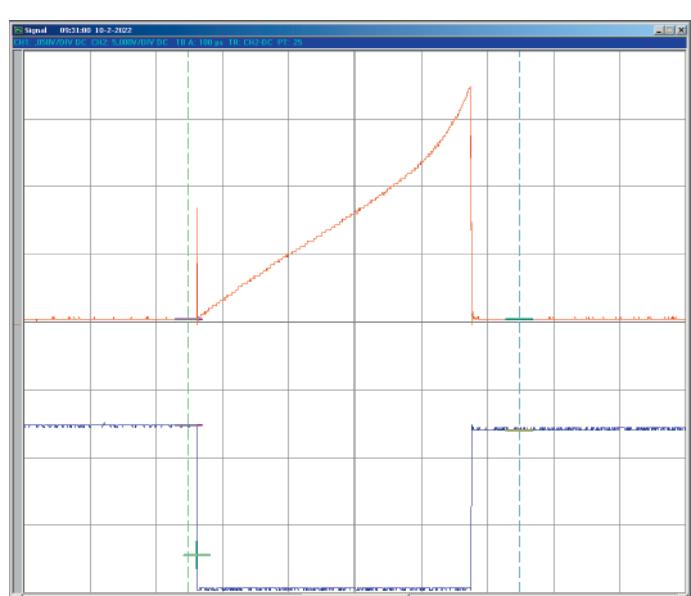


Figure 2. Écran de l'oscilloscope pour un cycle de mesure. Le tracé rouge représente le courant au travers de l'inductance, le bleu le signal de déclenchement.

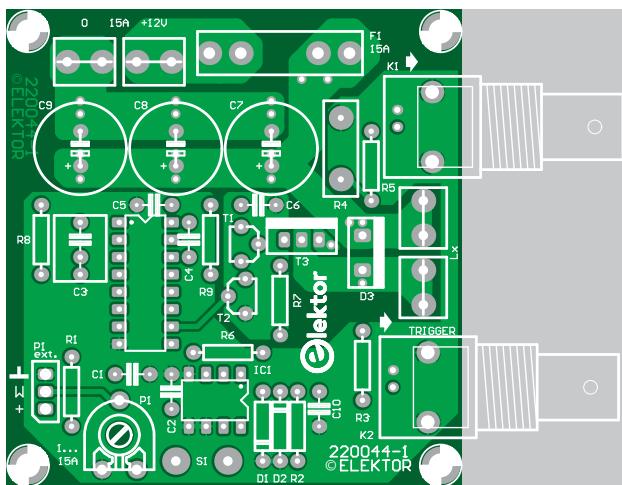


Figure 3. Le placement du PCB.

du MOSFET et est dû en partie à la charge de la capacité de grille et en partie à la capacité parasite de l'inductance.

On peut utiliser la formule standard pour la tension aux bornes de l'inductance pour calculer le temps nécessaire au courant pour atteindre la valeur fixée par  $P_1$  :

$$U = L * \frac{dI}{dt}$$

En réordonnant la formule :

$$dt = L * \frac{dI}{II}$$

Lorsqu'une inductance de puissance est connectée à une alimentation 12 V, le courant augmentera linéairement avec le temps, tant que le noyau ne saturera pas. Le temps pour atteindre 10 A au travers d'une inductance de 330  $\mu$ H serait de 275  $\mu$ s. Mais nous pouvons aussi calculer l'inductance réelle à partir du temps lu sur l'oscilloscope lorsque les 10 A sont atteints (290  $\mu$ s). L'inductance est  $U^*dt/dI$ , soit 348  $\mu$ H.

PCB

Un PCB a été conçu pour ce projet. On peut télécharger ses fichiers Gerber depuis [1]. Tout en conservant des dimensions réduites pour le PCB de la **figure 3**, certaines connexions sont faites en parallèle sur les deux faces pour maintenir la résistance de la boucle de mesure aussi faible que possible. Le MOSFET utilisé est un IRFB7545PBF en boîtier TO-220, avec une  $R_{DS(on)}$  d'environ 5 mΩ. La résistance totale du MOSFET et de la résistance de détection de courant est d'environ 15 mΩ et à 15 A la chute de tension est de 0,23 V, sans tenir compte des pistes du PCB et des fils de liaison. La diode de roue libre qui supprime les pics de tension lorsque le MOSFET est désactivé est une MBR1645 qui peut soutenir un courant moyen de 16 A et une tension inverse de 45 V. La tension d'alimentation maximum pour l'ampli-op est de 12 V, qui est aussi la tension maximum pour ce circuit. Même si le courant maximum au travers de l'inductance sous test est élevé, le courant d'alimentation moyen n'est que de quelques milliampères.

220044-04

## Liste des composants

## Résistances

R1 = 68 kΩ, 0,25 W, 5 %  
R2 = 4k7, 0,25 W, 5 %  
R3 = 100 Ω, 0,25 W, 5 %  
R4 = 0,01 Ω, 5 W, 10 %, radiale, faible inductance, pas 9 mm  
(Fukushima Futaba MPC75)  
R5 = 49,9 Ω, 0,25 W, 1 %  
R6 = 1 kΩ, 0,25 W, 5 %  
R7 = 47 Ω, 0,25 W, 5 %  
R8 = 1 MΩ, 0,25 W, 5 %  
R9 = 10 kΩ, 0,25 W, 5 %  
P1 = potentiomètre 1 kΩ, réglable par le dessus  
(Piher PT10LV10-102A2020-S)

## Condensateurs

C1, C2, C4, C5, C6 = 100 nF, 50 V, X7R, pas 5,08 mm  
 C3 = 1  $\mu$ F, 63 V, PET, pas 5/7,5 mm  
 C7, C8, C9 = 3300  $\mu$ F, 16 V, diam. 12,5 mm, pas 5 mm, 3,4 A, 15 m $\Omega$   
 (Rubycon 16ZL3300MEFC12,5X35)  
 C10 = 220 nF, 63 V, PET, pas 5 mm

## Semiconductreurs

D1, D2 = 1N4148, DO-35  
D3 = MBR1645, TO-220 2 broches  
T1 = BC337, 800 mA, TO-92  
T2 = BC327, 800 mA, TO-92  
T3 = IRFB7545PbF, 4,9 mΩ, 95 A, 60 V, TO-220  
IC1 = AD8032ANZ, DIP-8  
IC2 = 4538, DIP-16

## Autres

K1, K2 = connecteur BNC, montage PCB, angle droit, mâle, 50 Ω  
K3 = Barrettes 3x1, verticales, pas 2,54 mm  
F1 = support de fusible, 20 A, Littelfuse 01000020Z, pour 5x20mm  
F1 = fusible cartouche 5 x 20 mm, 15 A, action rapide  
S1 = bouton-poussoir, SPST, action momentanée  
S1, Lx, alimentation = 10 x Bornes à montage par pression, 1,3 mm  
(Ettinger 13.14.419)



## Produits

› Elektor 2 MHz LCR Meter Kit (SKU 19883)  
[www.elektor.fr/19883](http://www.elektor.fr/19883)

## LENS

## [1] Téléchargement des fichiers Gerber :

<https://www.elektormagazine.fr/summer-circuits-2022>

## Des questions, des commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur ([Ton.Giesberts@elektor.com](mailto:Ton.Giesberts@elektor.com)) ou contactez Elektor ([redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)).