

Comment mon appareil apprend-il à transmettre ?

applications avec interfaces WiFi

Dr. Heinz Zenkner,
Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG

À mesure que les appareils grand public et industriels deviennent de plus en plus connectés, le besoin d'une connectivité sans fil facile augmente. Généralement, cela est réalisé en mettant en œuvre une interface WiFi. Mais comment s'y prendre et quels sont les pièges potentiels ? Cet article explique comment concevoir un circuit « compatible RF », la conception et routage du circuit imprimé, l'adaptation de l'antenne et le choix des composants les plus appropriés.

En raison de l'énorme essor des applications IoT (Internet des objets) et de la décentralisation des contrôles, de nombreux développeurs sont confrontés au défi d'intégrer des connexions sans fil pour la communication de données entre le périphérique tel qu'un capteur et le contrôleur central. Les avantages sont évidents : plus besoin de se soucier de l'isolation galvanique ou de la pose de câbles fixes. Une connexion sans fil hautement fiable est nécessaire pour garantir une communication sécurisée, même dans des environnements à fortes interférences. Une connexion WiFi haute fiabilité nécessite une conception conforme RF qui répond à la fois aux exigences CEM et à l'intégrité du signal. La conception de l'interface d'antenne, décrite ci-dessous, comprend les circuits, les composants, la disposition et l'intégration du système.

Éviter les reflets sur l'antenne

Les contrôleurs WiFi fonctionnent numériquement et génèrent non seulement les signaux requis à leur sortie de transmission (port Tx), mais également des signaux parasites harmoniques. De plus, des interférences sont causées par des désadaptations dans le chemin de transmission, qui devrait idéalement avoir une impédance de 50Ω de l'étage de sortie de transmission jusqu'à et y compris l'antenne. Pour réduire les interférences harmoniques et améliorer l'adaptation à 50Ω , des filtres et des circuits d'adaptation sont fréquemment utilisés dans les canaux d'émission et de réception de l'interface WiFi. Les systèmes de transmission adaptés dans la gamme de fréquences correspondante garantissent la meilleure transmission possible du signal sur toute la bande passante.

Sélectionnez les composants de filtre appropriés pour RF

Dans un circuit, des composants tels que des condensateurs, des inductances et des résistances introduisent une combinaison de différentes impédances. Par conséquent, il est essentiel de se concentrer sur les propriétés les plus importantes des composants lors de leur utilisation dans des filtres dans la plage de fréquences supérieure à 500 MHz.

Condensateurs HF au-dessus de 500 MHz

Seuls certains types de condensateurs sont adaptés aux applications haute fréquence comme les condensateurs de la série WCAP-CSRF (n° 885392005010). Leurs paramètres électriques indiqués dans la fiche technique sont illustrés à la **Fig. 1** avec les spécifications correspondantes pour la fréquence de résonance, l'ESR, la dérive liée au DC-bias et la dérive en température. Ceux-ci peuvent également être simulés dans la plateforme de simulation en ligne « REDEXPERT ». La fréquence de résonance du condensateur est d'environ 3 GHz, la résistance série équivalente ESR est faible jusqu'à la fréquence de résonance et la dérive de polarisation CC et la dérive de température sont négligeables. En plus d'un facteur Q élevé de plus de 460, une

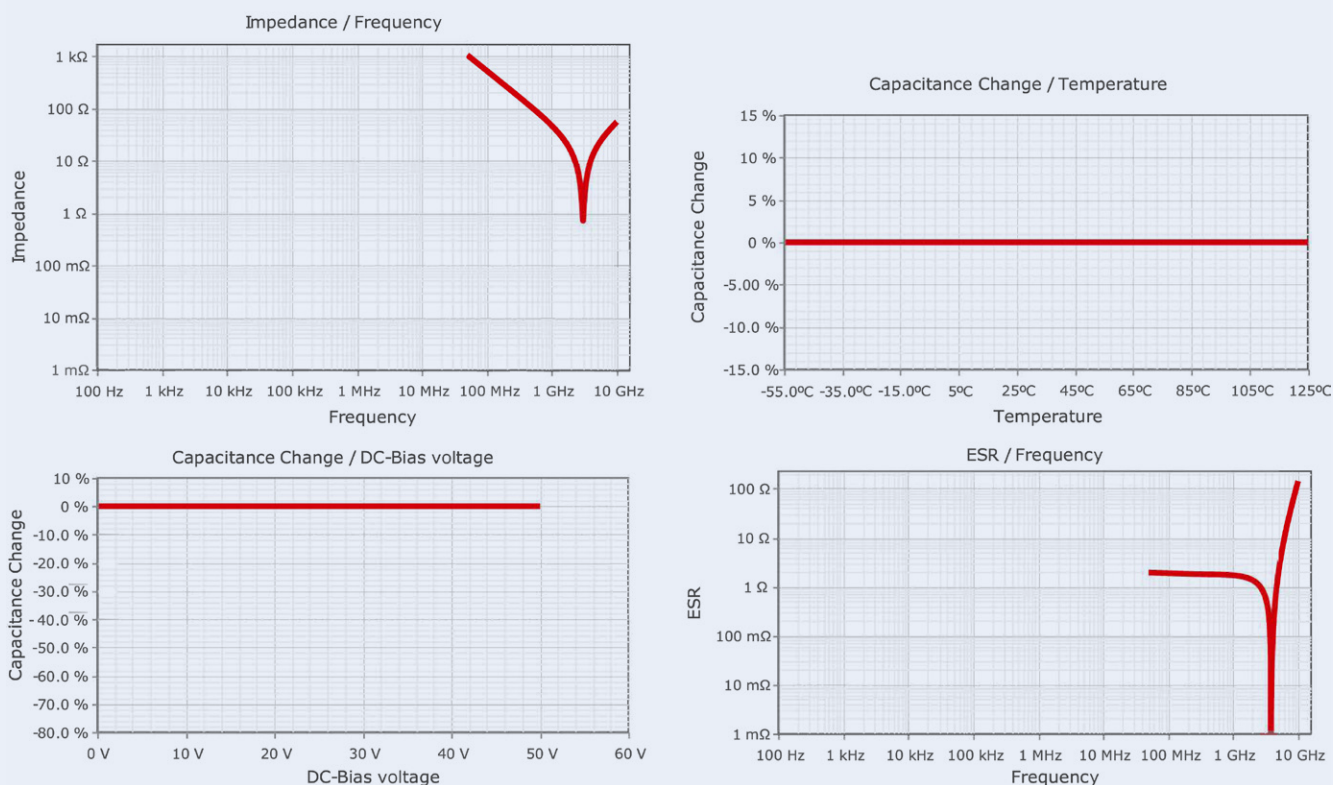


Figure 1. Caractéristiques électriques du condensateur RF de 3 pF WCAP-CSRF 885392005010

fréquence de résonance de 3 GHz entraîne une inductance parasite de 0,3 nH, ce qui est tolérable pour la plupart des applications. Ces valeurs sont essentielles pour le WiFi, le Bluetooth et d'autres applications fonctionnant dans la gamme GHz.

Inductances RF à partir de 500 MHz

Les inductances sans noyaux de ferrite sont courantes pour l'adaptation d'antenne comme les inductances à noyaux de ferrite le sont pour les filtres CEM. Lorsque les inductances ont un noyau de ferrite, le matériau ferromagnétique doit être soigneusement sélectionné en fonction des courbes d'impédance.

Pour l'application du filtre en tant que circuit d'adaptation d'antenne à faible perte, ou une application RF similaire, les inductances de la série WE-KI sont les plus appropriées. Pour atteindre un facteur Q élevé et de hautes fréquences de résonance, les enroulements de ces composants sont bobinés sur de la céramique (tableau 1).

Création d'une interface WiFi

La figure 2 illustre une carte d'interface IoT avec une interface WiFi à titre d'exemple. La portée radio atteignable par une source de rayonnement limitée telle que le transceiver dépend fortement de la conception de l'antenne, du boîtier et du routage. Il n'est pas rare qu'à transceiver identiques et puissances équivalentes les performances RF varient drastiquement selon le layout et la conception de l'antenne. En pratique, la plupart des produits disposent d'un transceiver qui combine les fonctions d'émission et de réception. Bien sûr, cela implique que l'adaptation d'antenne, les lignes d'alimentation et l'antenne elle-même soient utilisées simultanément pour les opérations d'émission et de réception. Le canal de réception a généralement une large plage dynamique, avec une sensibilité > 95 dB et une sensibilité inférieure de 3 à 4 dB au niveau de l'antenne. Les ajustements de gain peuvent compenser les pertes dues à la désadaptation. L'opération d'émission, cepen-

dant, est critique, car une sensibilité inférieure de 3 dB de l'antenne, ou des pertes supérieures de 3 dB sur le trajet entre l'étage de sortie d'émission et l'antenne, nécessite deux fois plus de puissance de la part de l'émetteur. Si le circuit Tx est capable de générer la puissance d'émission, cela entraîne inévitablement une consommation de courant élevée et des proportions plus élevées d'interférences harmoniques dans le signal d'émission et peut-être même des problèmes de CEM. Cependant, le niveau de transmission maximal autorisé selon les directives CEM applicables doit être respecté. Étant donné que la loi réglemente le niveau de transmission maximal, il est encore plus essentiel de développer un système bien réglé côté récepteur qui fonctionne avec une puissance de signal reçue minimale. Il convient de noter que le fabricant de la puce d'émission-réception ou du module de communication stipule généralement les antennes les plus appropriées dans la spécification. Cela garantit la conformité aux exigences normatives applicables de la directive RED 2014/53/UE, en tenant compte de l'application. Si d'autres antennes sont utilisées ou si la conception recommandée n'est pas suivie, d'autres propriétés RF en résulteront !

Electrical Properties:

Properties		Test conditions	Value	Unit	Tol.
Inductance	L	250 MHz	10	nH	±5%
Q-Factor	Q	250 MHz	30		min.
Q-Factor	Q	900 MHz	66		typ.
DC Resistance	R_{DC}	@ 20 °C	0.13	Ω	max.
Rated Current	I_R	$\Delta T = 15$ K	700	mA	max.
Self Resonant Frequency	f_{res}		4800	MHz	min.

Tableau 1. Caractéristiques de l'inductance CMS 74476110A (données de la fiche technique)

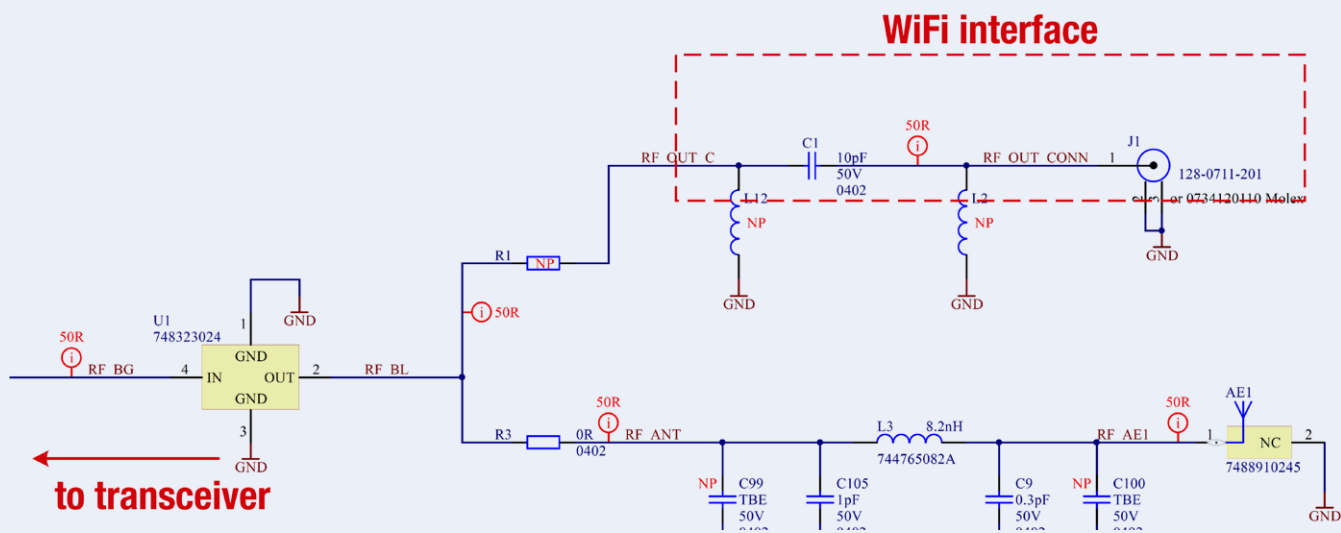


Figure 2. Circuit de l'interface wifi d'une carte d'interface IdO.

Antennes céramique

Les antennes à puce céramique offrent plusieurs avantages. Elles sont petites et donc moins sensibles aux interférences électromagnétiques des composants à proximité. Des modifications de la conception ou du routage de la carte peuvent facilement être apportées sans simulation. L'antenne peut simplement être modifiée ou même remplacée par une autre. Les applications mobiles et à haute fréquence telles que le GPS ou les radios 2,4 GHz utilisent fréquemment des antennes céramiques. La **figure 3** montre diverses antennes à puce multicouche WE-MCA adaptées aux connexions WiFi.

Adapter l'impédance de la ligne de transmission

Lorsque l'impédance de la source est égale à l'impédance de la charge, la puissance maximale est transmise. Cela signifie que la source est l'émetteur (sortie de l'émetteur) avec son impédance Z_T , qui alimente un chemin de circuit avec une impédance $Z_L = Z_T$. La puissance est transmise à l'antenne avec une impédance Z_A , qui devrait idéalement être identique à celle de la trace et de la source. Lorsque toutes les impédances ont des valeurs égales, la puissance est maximale. Si la correspondance n'est pas parfaite, le transceiver envoie un signal d'amplitude V_{IN} dans le circuit, et seule une partie du signal atteint l'antenne. Le signal restant est réfléchi aux interfaces entre la source et la ligne d'une part et entre la ligne et l'antenne d'autre part.

Une telle discordance peut être considérablement réduite en insérant un circuit correspondant, généralement un filtre π -, T-, LL- ou LC-. Les valeurs de capacité et d'inductance du réseau sont de l'ordre du pF et nH. Il est utile d'être équipé de design-kits contenant des valeurs allant de 0,5 pF à 20 pF et de 0,5 nH à 20 nH prêtes à apparier. Par conséquent, les emplacements de placement correspondant à l'antenne doivent être inclus dans la disposition de l'interface WiFi. La **figure 4** représente le schéma et sa section correspondante sur carte.

Le placement et routage des composants L/C et de l'antenne céramique sur le PCB sont critiques : les composants pour l'adaptation doivent être aussi proches que possible de l'antenne ou du connecteur d'antenne. La position de l'antenne, la taille de la zone en retrait autour de l'antenne et la distance entre l'antenne et le plan de masse affectent la fréquence de résonance et l'impédance de l'antenne.

Dans cet exemple, l'antenne est positionnée dans le coin de la carte. De cette façon, l'antenne n'est pas entourée de composants supplémentaires, ce qui se traduit par de bonnes performances d'antenne (**Fig. 5**). La ligne d'alimentation de l'antenne doit être considéré comme faisant partie de l'antenne. La zone de bord autour de la découpe de l'antenne, les plans de masse, sont reliées aux quatre couches. Cela garantit une masse de référence stable pour l'antenne. La longueur de la piste alimentant l'antenne et les longueur et largeur du plan de masse influencent le fonctionnement du système en dipôle ou en monopôle. Si le plan de masse mesure environ 3 à 4 cm de long et environ 1 à 2 cm de large, le système fonctionnera comme un dipôle ; si le plan de masse est plus grand, le système agira comme une antenne monopôle.

Adaptation d'une antenne céramique

L'exemple d'étude de cas porte sur l'adaptation de l'antenne céramique multicouche WE-MCA (n° 7488910245) pour une transmission de puissance maximale. Un analyseur de réseau mesure l'adaptation. Le signal mesuré est l'atténuation de réflexion S11. En raison des impédances différentes entre l'émetteur-récepteur et l'antenne, une partie du signal provenant de l'émetteur se reflète dans le chemin du signal. Étant donné que l'impédance du de la ligne du signal dépend

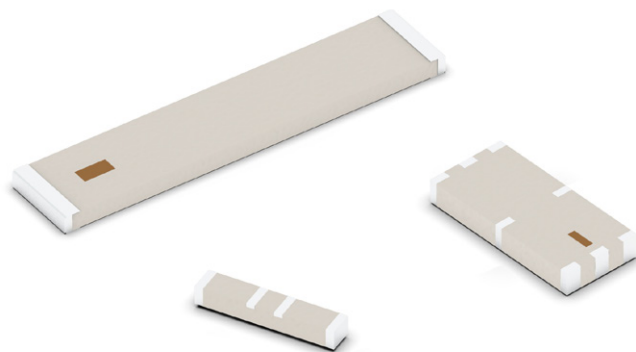


Figure 3. Antennes à puce multicouches WE-MCA dans différents modèles.

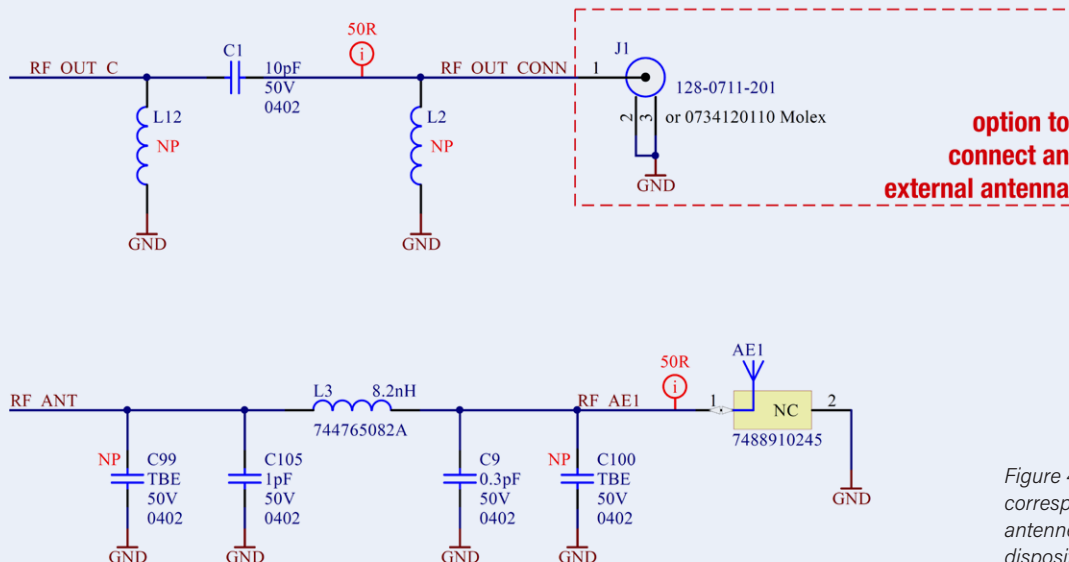


Figure 4. Réseaux de correspondance pour les antennes, circuit, et section de la disposition correspondante. C99 et C100 ne sont pas montés.

généralement de la fréquence, la réflexion dépend également de la fréquence. Plus les différences d'impédance dans la gamme de fréquences de transmission sont petites, plus les réflexions sont faibles. Avec les valeurs indiquées dans le circuit illustré à la **figure 4**, il est possible d'obtenir une atténuation de la réflexion de 29 dB, ce qui donne un VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) de 1,06. La **figure 6** montre l'atténuation de la réflexion en fonction de la fréquence. Würth Elektronik propose un service d'adaptation d'antenne en complément des composants mentionnés ci-dessus. ◀

220369-04

À propos de l'auteur

Le Dr. Zenkner travaille en indépendant chez Würth Elektronik, spécialisé dans le marketing technique et l'ingénierie d'application. En tant que chargé de cours EMC sur le sujet à la Würth Elektronik Technical Academy* et expert publiquement nommé et assermenté pour EMC, il est un contributeur régulier et faisant autorité à diverses revues et livres techniques. En outre, il a travaillé comme chargé de cours dans diverses universités et à la Chambre de commerce et d'industrie allemande, et a participé et dirigé de nombreux séminaires.



LIEN

Wireless Product Guide: we-online.com/wcs-product-guide

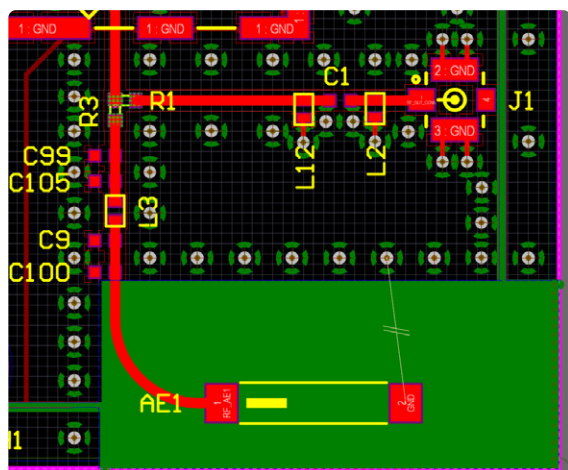


Figure 5. Section de la disposition de la carte d'interface wifi dans la zone de l'antenne.

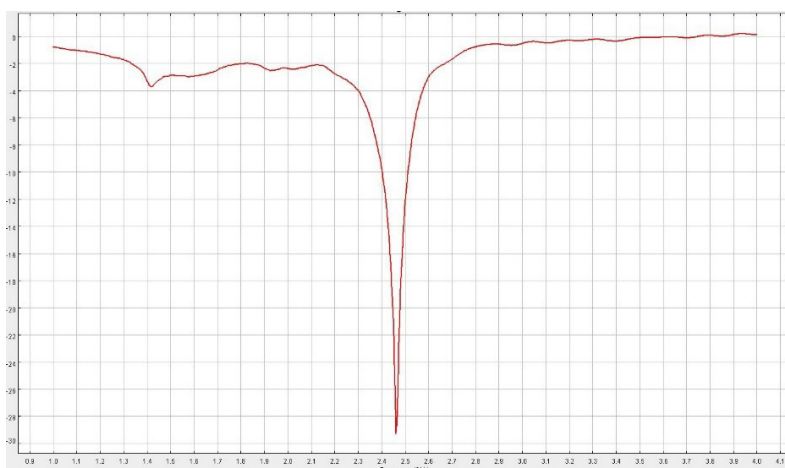


Figure 6. Atténuation de la réflexion du port de l'antenne wifi avec le réseau d'adaptation et l'antenne hybride au-dessus de la fréquence.