

Un guide essentiel pour la conception d'antennes et les modules IoT

Par Edoardo Genovese, Technical Development Manager RF, TTI Europe

La connectivité sans fil est un élément essentiel de notre vie quotidienne, avec un nombre croissant de produits sur le marché. Il s'agit notamment de smartphones, d'ordinateurs portables, de dispositifs médicaux, d'appareils IoT industriels, de communications « vehicle-to-everything » (V2X), de passerelles, etc. Cette prolifération de la connectivité s'accompagne d'un besoin étendu de solutions d'antennes très efficaces. Dans le même temps, le design industriel évolue vers des appareils plus fins et de plus petite taille, tandis que le nombre d'antennes augmente, avec une demande de bande de fréquence plus large. Il s'agit là d'un défi de taille du point de vue des antennes. Cet article explique comment diverses solutions d'antennes peuvent vous aider à relever ces défis.

Paramètres à prendre en compte lors de la spécification d'une antenne

Efficacité de l'antenne

Lorsque l'on consulte la fiche technique (datasheet) d'une antenne standard, quelles sont les principales spécifications à prendre en compte ? La première est l'efficacité de l'antenne, à savoir le rapport entre la puissance totale rayonnée par la radio et la puissance d'entrée de l'antenne. Par exemple, si vous avez une puissance d'entrée de 1 W et que l'antenne rayonne 0,5 W, l'efficacité est de 50 %, ce qui peut être spécifié comme -3 dB. Bien entendu, l'objectif est d'obtenir une efficacité aussi élevée que possible.

Gain

Le deuxième paramètre à prendre en considération est le gain de l'antenne, qui indique la quantité de puissance transmise dans la direction du rayonnement maximal par rapport à une source dite isotrope. La source isotrope est une source ponctuelle théorique qui rayonne une onde sphérique, générant un diagramme de rayonnement uniforme dans toutes les directions.

Avec les antennes directionnelles, comme une antenne parabolique de télévision qui émet dans une seule direction, une légère rotation entraîne la perte du signal. Vous pouvez également avoir des antennes omnidirectionnelles, comme les dipôles. Ce sont des antennes à gain plus faible, car l'énergie est répartie sur une plus grande partie de l'espace. Par conséquent, vous pouvez vouloir une antenne à très haut gain pour satisfaire vos exigences, mais il est parfois préférable, pour une meilleure couverture, d'avoir une antenne à plus faible gain.

ROS – Return Loss

Le rapport d'onde stationnaire (ROS) et le rapport RL(dB), qui pourrait se traduire par « perte par réflexion », également comparable au coefficient de réflexion S11 de la famille des paramètres S, sont deux façons différentes de présenter la même information (voir la **Figure 1**).

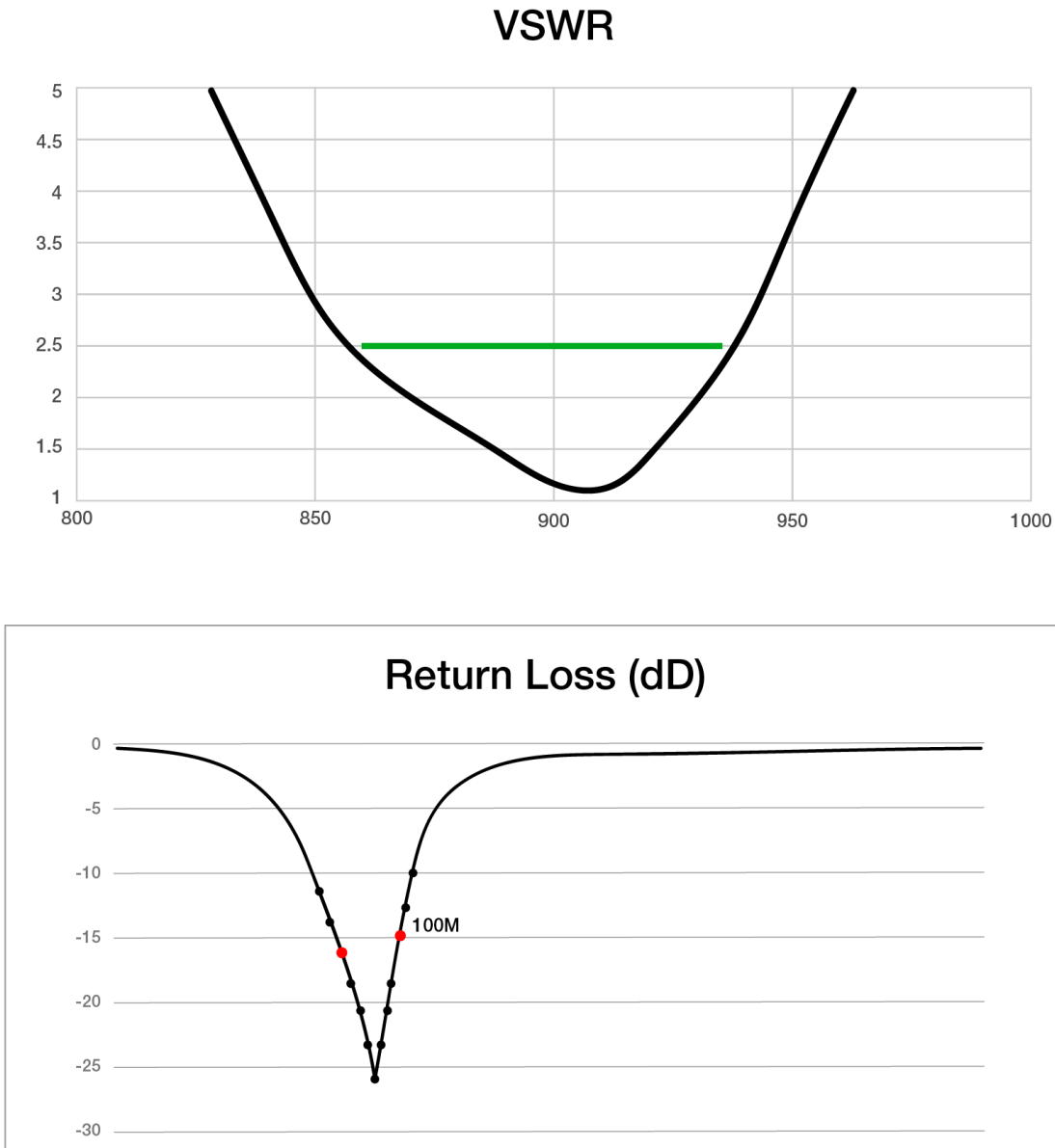


Figure 1 : ROS et Return Loss mesurés par un analyseur de réseau vectoriel

La fréquence de résonance et l'impédance de l'antenne peuvent être facilement mesurées à l'aide d'un analyseur de réseau vectoriel (VNA). Pour le gain et l'efficacité, il vous faut une chambre anéchoïque pour effectuer la mesure, mais pour le ROS, un VNA suffit.

Fréquence et longueur d'onde

Le nombre de périodes ou de cycles par seconde s'appelle la fréquence, mesurée en Hertz (Hz). Dans les communications sans fil, les fréquences couramment utilisées vont d'environ 3 kHz à 300 GHz. La longueur d'onde est le temps nécessaire pour accomplir un cycle complet de l'onde, de crête à crête ou de creux à creux. Elle dépend de la vitesse de l'onde (la vitesse à laquelle l'onde se déplace dans un milieu comme l'air) et de la fréquence. Pour calculer la longueur d'onde, on divise la vitesse de la lumière dans l'air (3×10^8 m/s) par

la fréquence. Ainsi, comme indiqué ci-dessous, pour une antenne Wi-Fi ou Bluetooth fonctionnant à 2,4 GHz, vous aurez besoin d'une antenne d'une longueur de 12,5 cm.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{30,000,000,000 \left(\frac{cm}{s}\right)}{2,400,000,000 (Hz)} = 12.5cm$$

Alors, si vous avez une montre connectée (smartwatch) avec un support de 4x4 cm et que vous voulez quand même avoir une antenne Wi-Fi entièrement fonctionnelle... comment insérer l'antenne ?

Antennes intégrées

Les antennes intégrées constituent l'un des types d'antennes les plus difficiles à concevoir. Prenons par exemple n'importe quelle antenne intégrée montée sur quatre cartes d'évaluation de différentes longueurs. Lorsque vous mesurez l'efficacité de chacune des cartes dans une chambre anéchoïque, l'efficacité aux basses et hautes fréquences peut chuter de façon spectaculaire si la carte est trop courte pour l'antenne. La taille du plan de masse joue donc un rôle essentiel dans la performance de l'antenne. Cela s'applique à toutes les antennes intégrées, quels que soient le fabricant, la technologie ou la fréquence.

C'est la raison pour laquelle il existe plusieurs types d'antennes intégrées et, en fonction de la taille du circuit imprimé, certains fonctionneront mieux que d'autres. Les cinq types d'antennes intégrées les plus courants sont les suivants : monopôle céramique/hélicoïdal, boucle magnétique céramique, PIFA multibande céramique/FR4, PIFA métal embouti et patch. Ces antennes standard sont disponibles auprès des fournisseurs de TTI, notamment Abracon, Amphenol, Pulse, AVX, Taoglas et TE Connectivity. Pour choisir le type d'antenne intégrée, il est probablement plus facile de comparer les deux extrêmes, à savoir les antennes monopôles et les antennes boucle.

Antennes monopôles en céramique

Les antennes monopôles en céramique sont les antennes intégrées les plus faciles à concevoir ; elles sont placées dans un angle du circuit imprimé. Elles fonctionnent de la même manière qu'un monopôle standard, en produisant un diagramme de rayonnement dipolaire. En général, vous avez besoin d'un composant en série et d'un composant en parallèle pour l'adaptation d'impédance, ce qui est assez simple si vous suivez l'abaque de Smith. Cependant, l'inconvénient de ce type d'antenne est que la zone d'exclusion de surface conductrice, celle autour de l'antenne, doit être relativement importante pour obtenir une efficacité de rayonnement maximale. Si vous ne disposez pas de beaucoup d'espace sur la carte de circuit imprimé, une antenne monopôle hélicoïdale pourrait être une bonne solution.

Antennes boucle en céramique

Le troisième type d'antenne est l'antenne boucle en céramique. Parmi les types d'antennes intégrées, elle offre dans le meilleur des cas l'efficacité de rayonnement la plus élevée et le gain RF le plus important. Elle est également plus tolérante aux effets de charge perturbateurs dus à l'interaction avec la main et convient donc mieux aux applications portables. L'un des principaux inconvénients des antennes boucle en céramique est que, en tant qu'antennes dipôles, elles ont besoin d'une surface de plan de masse plus grande que celle d'une antenne monopôle.

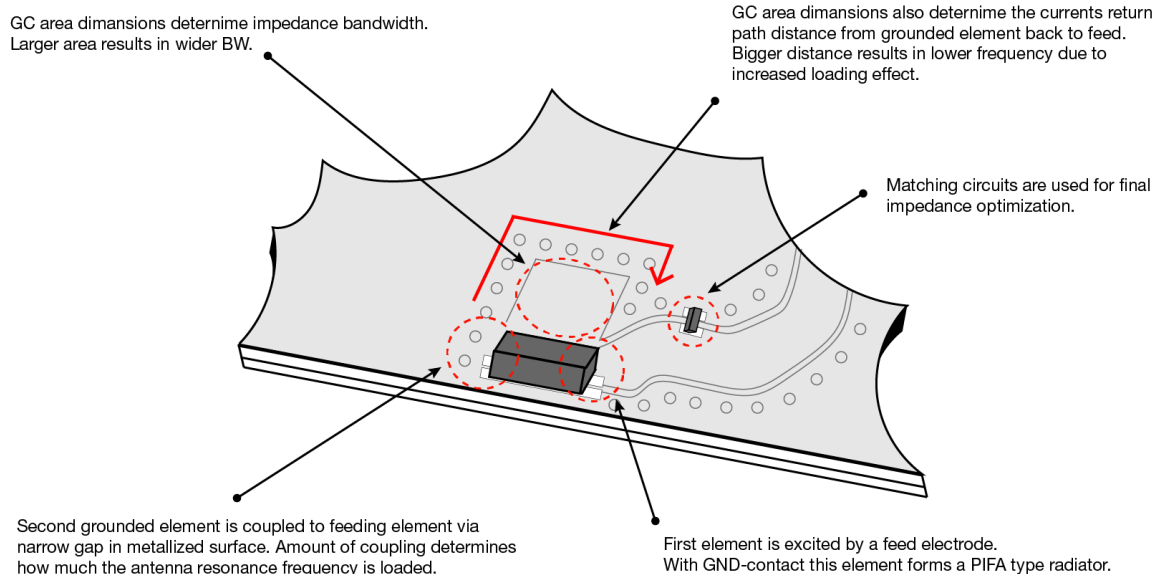


Figure 2 : Fonction de la zone d'exclusion d'une antenne boucle

GC area dimensions also determine impedance bandwidth. Larger area results in wider BW.	Les dimensions de la zone d'exclusion déterminent également la plage de fréquences d'impédance. Une plus grande surface se traduit par une bande plus large.
GC area dimensions also determine the currents return path distance from grounded element back to feed. Bigger distance results in lower frequency due to increased loading effect.	Les dimensions de la zone d'exclusion déterminent également la distance de retour du courant de l'élément mis à la masse vers l'alimentation. Une plus grande distance se traduit par une fréquence plus basse en raison de l'augmentation de l'effet de charge.
Matching circuits are used for final impedance optimization.	Des circuits d'adaptation sont utilisés pour optimiser l'impédance finale.
First element is excited by a feed electrode. With GND-contact this element forms a PIFA type radiator.	Le premier élément est excité par une électrode d'alimentation. Avec un contact de masse, cet élément forme un radiateur de type PIFA.
Second grounded element is coupled to feeding element via narrow gap in metallized surface. Amount of coupling determines how much the antenna resonance frequency is loaded.	Le deuxième élément mis à la masse est couplé à l'élément d'alimentation par un espace étroit dans la surface métallisée. L'importance du couplage détermine le niveau de charge de la fréquence de résonance de l'antenne.

La zone d'exclusion de surface conductrice est particulièrement importante pour une antenne boucle en raison de la façon dont elle est connectée à la carte (**Figure 2**) avec une alimentation et un élément mis à la masse d'un côté et un second élément mis à la masse de l'autre, ce qui fait que le courant surfacique qui fait demi-tour circule autour de la zone d'exclusion en formant une boucle – d'où son nom. Il est possible d'influencer la façon dont le courant circule en modifiant la zone d'exclusion, plus précisément en réglant l'impédance et la fréquence à la hausse ou à la baisse. Le deuxième facteur à prendre en compte est le champ électromagnétique et son apparence sur la carte.

Puisque l'antenne boucle utilise le plan de masse comme un dipôle, la majeure partie du rayonnement provient du circuit imprimé. La longueur totale doit être d'une demi-longueur d'onde, comme expliqué précédemment, avec un quart de longueur d'onde d'un côté et la même chose de l'autre. Comme la longueur d'onde varie avec la fréquence, la longueur requise du circuit imprimé varie. Si le circuit imprimé est trop court pour une fréquence donnée, l'antenne boucle ne fonctionnera pas comme prévu. Ces deux facteurs font des antennes boucle les antennes intégrées les plus exigeantes en termes d'ingénierie. Leur conception doit être confiée à des ingénieurs RF expérimentés.

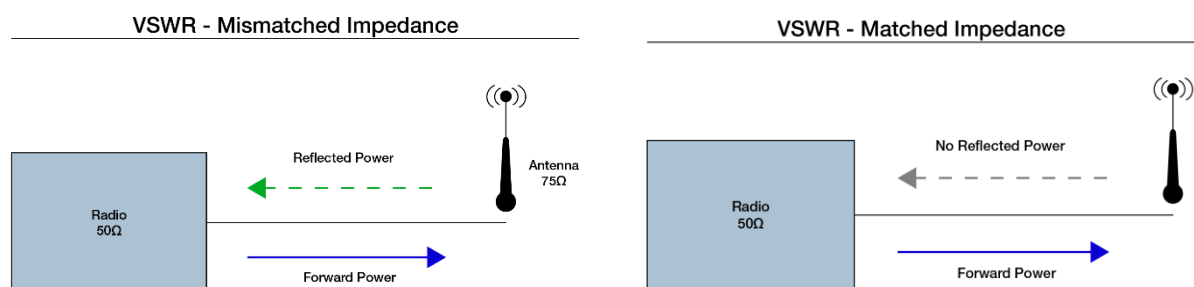
Antennes patch en céramique

Les antennes patch fonctionnent mieux pour les applications GPS si l'on sait que l'appareil sera toujours orienté vers le ciel. Elles disposent d'un gain élevé et d'une polarisation circulaire. Toutefois, si la position de l'appareil est aléatoire, comme dans le cas d'un dispositif portable, par exemple, une antenne à puce constitue une bonne alternative, car elle présente un diagramme de rayonnement omnidirectionnel.

L'importance de la conception d'une antenne

Une antenne est conçue pour une fréquence de fonctionnement donnée, ce qui signifie qu'elle peut être utilisée pour n'importe quelle norme ou application si elle couvre la bande de fréquences. Par exemple, une antenne bi-bande 2,4/5 GHz peut être utilisée pour Bluetooth, Bluetooth Low Energy (LE) et Wi-Fi, et uniquement pour des applications 2,4 GHz comme Zigbee et Thread.

Chaque fois que vous constatez une baisse de votre ROS ou de votre return loss à une fréquence donnée, cela signifie que l'antenne résonne à cette fréquence. Si l'antenne n'est pas accordée à la bonne impédance ou à la bonne fréquence du module radio, cela crée un déséquilibre d'impédance à l'entrée de l'antenne – une perte de retour (voir la **Figure 3**). Ce déséquilibre d'impédance entraîne la réflexion de la puissance de l'antenne vers la radio. Dans ce cas, vous devrez peut-être augmenter la puissance de sortie du module radio, ce qui, pour les appareils IoT alimentés par batterie, accélérera l'épuisement de la batterie. En outre, le bilan de liaison entre l'appareil IoT et le récepteur sera plus faible.



VSWR – Mismatched impedance	ROS – Impédance non adaptée
Radio 50Ω	Radio 50 Ω
Reflected Power	Puissance réfléchie
Antenna 75Ω	Antenne 75 Ω
Forward Power	Puissance transmise
VSWR – Matched Impedance	ROS – Impédance adaptée
No Reflected Power	Pas de puissance réfléchie

Figure 3 : Différence entre une antenne adaptée et une antenne non adaptée

Il est donc important d'adapter l'impédance pour minimiser la perte par réflexion, ce qui permet de réduire la puissance de sortie du module radio et d'augmenter la durée de vie de la batterie. Naturellement, le bilan de liaison sera bien meilleur. L'objectif est d'avoir un ROS aussi proche que possible de 1, ou un return loss inférieur à -10 dB à la fréquence de résonance souhaitée.

Conclusion

Supposons que vous choisissiez un module sans fil avec l'antenne adaptée prêt à être intégré sur le circuit imprimé principal. Dans ce cas, TTI Europe dispose de solutions cellulaires, Wi-Fi, Bluetooth, Bluetooth LE, LoRa et UWB précertifiées. Les avantages du choix d'un module sont la réduction du temps de conception, l'amélioration des performances et la réduction du coût global. Qu'il s'agisse d'une conception RF personnalisée ou d'un module sans fil prêt à l'emploi, TTI Europe dispose d'une équipe dédiée de spécialistes RF qui peuvent fournir des conseils techniques et des explications.

TTI Europe propose une large gamme de types d'antennes. Les composants d'antenne sont conçus pour des applications spécifiques, fournissent de meilleures performances et sont plus compacts que les antennes à circuit imprimé. Vous trouverez des antennes externes, adhésives ou à puce pour les applications Wi-Fi, Bluetooth, ISM, Zigbee, GPS, LPWAN, cellulaires, RFID et NFC. Les antennes sont disponibles auprès des fournisseurs suivants : Abracon, Amphenol, JAE, Kyocera AVX, Pulse Electronics, Taoglas, TE Connectivity, etc.