

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung



Muhammad Ali Khalid, Simon Mark, Dr. Richard Blakey

1. EINLEITUNG

Der Trend zur Miniaturisierung von drahtlosen Kommunikationsvorrichtungen führt zu verringerten PCB-Größen und erhöhten Komponentendichten. Obwohl dieser Übergang zur miniaturisierten Technologie viele Bereiche des elektronischen Designs unterstützt hat, beschränkt er das RF-Frontend-Design. Aufgrund der Art und Weise wie elektromagnetische Signale gesendet und empfangen werden, interagieren sie und werden von der gesamten Umgebung beeinflusst und sind extrem empfindlich gegenüber elektromagnetischen Feldern. Dies stellt HF-Ingenieure bei der Design-Integration vor große Probleme, sofern eine kleine Antenne mit guter Verstärkung und hohe Effizienz in einem definierten Frequenzbereich gefordert wird. Multilayer-Chip-Antennen sind eine interessante Wahl für Ingenieure, die durch Kosten- und Platzanforderungen in der drahtlosen Systemgestaltung eingeschränkt sind. Insbesondere gilt dies für Niedrigtemperatur-Co-fired-Ceramic (LTCC) -Vielschicht-Chipantennen, die aus mehreren dielektrischen Materialschichten gebildet und anschließend zu einer monolithischen Struktur gepresst und gebrannt werden. Jede dielektrische Schicht hat eine strukturierte Metallisierung auf der Oberfläche, die durch Vias mit anderen Schichten verbunden ist. Die Schichten und Vias bilden letztendlich eine Helix-Multilayer-Antenne. Dieser Anwendungshinweis erklärt, wie Sie die maximale Leistung der Würth Elektronik **WE-MCA** Multilayer Chip Antenne in Bezug auf die Platzierung der Antenne auf einer Leiterplatte und die effektive Impedanzanpassung erzielen.

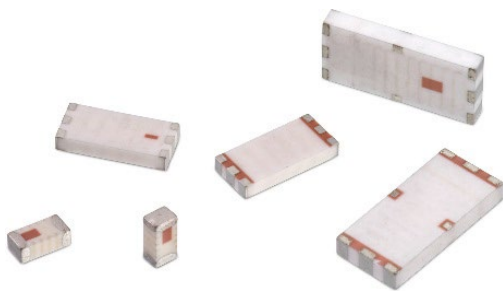


Abbildung 1: Die **WE-MCA** Multilayer-Chip-Antenne.

2. ANTENNENDESIGN UND -SIMULATION

Die Bedeutung der Antennenplatzierung wird verständlich, wenn man den Aufbau und das Funktionsprinzip einer Antenne genauer betrachtet. Zu diesem Zweck wurde die Multilayer Chip Antenne **WE-MCA 748 893 02 450** von Würth Elektronik in einem 3D elektromagnetischen Design Tool simuliert, um elektromagnetische Felder und Strahlungsmuster zu veranschaulichen. Die Multilayer-Chip-Antenne besteht aus metallischen Schichten, die durch Vias verbunden sind und von Keramik umgeben sind (Abbildung 2).

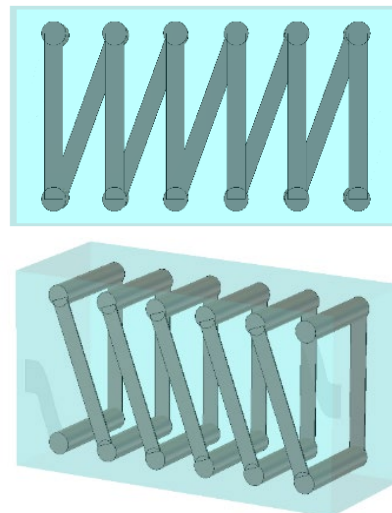


Abbildung 2: Interne Struktur der **WE-MCA** Multilayer-Chip-Antenne (**748 893 02 450**).

Die inneren Leiter und Vias bilden die strahlende, mehrschichtige Mäanderstruktur. Elektromagnetische Felder werden durch die Ströme am Innenleiter erzeugt (Abbildung 3).

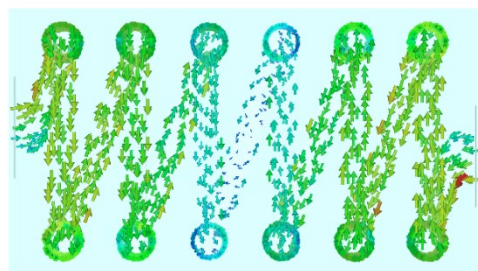


Abbildung 3: Simulierter Oberflächenstrom der **WE-MCA** bei einer Frequenz von 2,45 GHz.

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung

Diese selbstschwingende Mäanderstruktur ermöglicht es, dass die Komponente kleiner als eine Monopolantenne ist, während eine vergleichbare Leistung erreicht wird. Die Antenne ist für den Betrieb bei einer Mittenfrequenz von 2,45 GHz (Bluetooth / Wi-Fi) sowie mit einer 10 dB-Bandbreite von mehr als 250 MHz mit mehr als 30 dB Rückflussdämpfung ausgelegt, wie die simulierten S-Parameter zeigen (Abbildung 4).

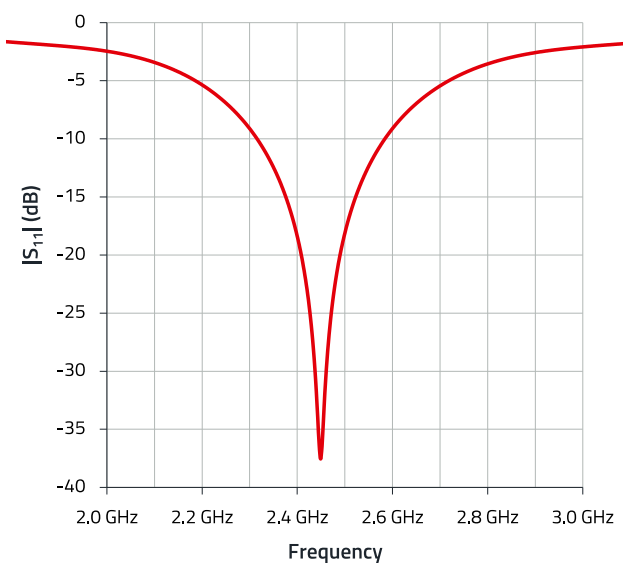


Abbildung 4: Simulierte S₁₁- und S₂₁-Parameter der WE-MCA (748 893 02 450) Multilayer-Chip-Antenne.

3. ÜBERLEGUNGEN ZUR PLATZIERUNG DER ANTENNENPLATINE

Die kritische Phase der Produktentwicklung einer Antennenanwendung stellt das Design der Platine und des Gehäuses dar. Antennen können extrem empfindlich auf Strom und Masse reagieren, wenn sie als $\lambda/4$ -Monopolantenne funktionieren. Wenn jedoch die Abmessungen der Zuleitung und der Masseebene beim Entwurf einer Chip-Antennen-PCB sorgfältig und vorausschauend berücksichtigt werden, kann eine mit einer $\lambda/2$ -Dipolantenne eine vergleichbare Leistung erreicht werden. Die richtige Positionierung ist entscheidend, um eine optimale Antennenverstärkung und -leistung zu erzielen. Im Allgemeinen gilt: Je näher ein geerdetes leitfähiges Material an der Antenne platziert wird, desto geringer wird die Leistung ausfallen.

3.1 Eckplatzierung

Die Platzierung der Antenne in einer Ecke der Platine ist im Allgemeinen die beste Variante und führt typischerweise zu einem besseren Antennengewinn. Wenn sich die Antenne in einer Ecke befindet, wird sie nur auf zwei Seiten von einer Erdungsebene umgeben. Um eine bestmögliche Antennenleistung zu erzielen, sollten die Designhinweise gemäß Abbildung 5 beachtet werden.

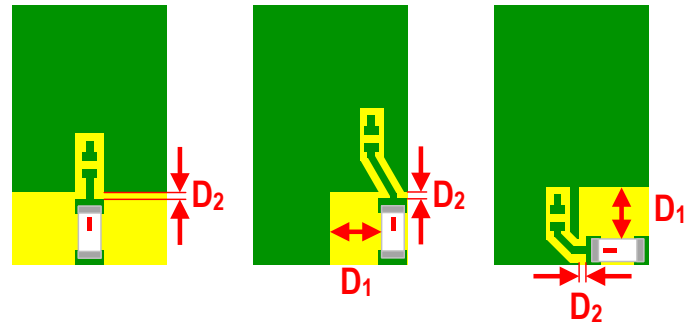


Abbildung 5: Konstruktionsregeln für die Eckplatzierung. W_0 , $D_1 > 2W$; $D_2 = 0,5 - 1 \text{ mm}$; und $A_1 = 1 - 2 \text{ mm}^2$ (gelbe Oberfläche). W = Antennenbreite.

3.2 Seitliche Platzierung

Sollte diese Art der Platzierung nicht möglich sein, so kann die Antenne stattdessen auf der Seite der Leiterplatte angeordnet sein, wo sie auf drei Seiten von der Massefläche umgeben ist. Allerdings muss mit einer geringeren Antennenleistung gerechnet werden. Um auch in dieser Position eine bestmögliche Sendeleistung gewährleisten zu können, sollte man die in Abbildung 6 dargestellten Entwurfsvorgaben einhalten.

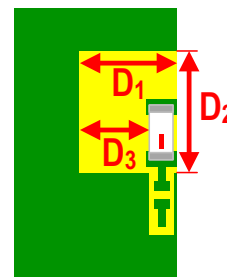


Abbildung 6: Konstruktionsregeln für die seitliche Platzierung. W_0 , $D_1 > 4W$; $D_2 > 2L$; und $D_3 > 3W$. L = Antennenlänge.

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung

3.3 GND-Lagen-Platzierung

In ungünstigen Fällen kann die Antenne über oder zwischen den Platinebenen angeordnet werden. Hier sei allerdings daran erinnert, dass eine Metallfläche oder eine Batterie über oder unter der Antenne ebenfalls zu einer erheblichen Verschlechterung der Antennenleistung führt. Sollte es keine andere Alternative geben, als den Bereich über oder unter der Antenne zu nutzen, muss während der Entwurfs- und Prototypstufen eine ausreichende große Antennenverstärkungsleistung sichergestellt werden. In diesem Fall müssen die Masseflächen mindestens 6 mm über oder unter der Antennenfläche liegen (Abbildung 7).

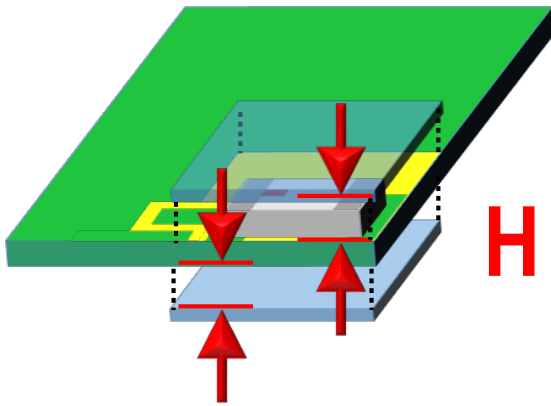


Abbildung 7: Konstruktionsregeln bei Überlappung von Metallflächen und GND-Lagen. Wo, $H > 6 \text{ mm}$.

3.4 Platzierung im Gerätegehäuse

Besondere Überlegungen müssen angestellt werden, sobald eine Antenne in ein Gehäuse integriert wird. Ein vollständiges Ummanteln der Antenne in einem (Metall-)gehäuse ist auszuschließen, da hierbei der Großteil der Antennenleistung ins Gerät zurückreflektiert wird. Gehäuse aus nichtleitenden Materialien wie Kunststoff und Glas lassen sich ungleich einfacher ins Gehäusedesign integrieren als leitfähige Materialien. Hinzu kommt, dass abhängig von der Permittivität des nichtleitenden Materials und der Nähe zur Antenne signifikante Frequenzverschiebungen von mehreren hundert MHz auftreten können. Dies wiederum hätte zur Folge, dass eine Korrektur mit einer geeigneten Impedanzanpassung vorgenommen werden müsste.

4. IMPEDANZANPASSUNGEN SIND UNVERMEIDBAR

Wenn eine Chipantenne entworfen wird, werden die elektrischen Spezifikationen gewöhnlich auf einer Testplatine im freien Raum gemessen. Diese decken sich allerdings nicht mit den realen Bedingungen und führen dazu, dass für die Antenne Impedanzanpassungen vorgenommen werden müssen. Wenn eine Chipantenne entworfen wird, werden die elektrischen Spezifikationen gewöhnlich auf einer Testplatte eines Herstellers im freien Raum gemessen. In Wirklichkeit wird eine Antenne in einer Umgebung betrieben, die zu einer Impedanztransformation führt, unabhängig davon, ob dies beabsichtigt ist oder nicht, wobei die Impedanzfehlanspassung für jedes Gerät unterschiedlich ist. Die Antennen-Rückflussdämpfung ist ein gutes Maß dafür, wie gut eine Antenne an ihre Zuleitung angepasst ist. Die Rückflussdämpfung quantifiziert die Energiemenge, die von der Antennenfehlanspassung zurück zur Quelle reflektiert wird (Gleichung 1). In einer idealen Welt würde eine perfekt angepasste Antenne 100 % der einfallenden Energie mit 0 % Rückflussdämpfung übertragen. Da keine Komponenten ideal sind, entstehen immer unerwünschte Verluste. Eine Rückflussdämpfung von 10 dB ist akzeptabel und bedeutet 90% Leistungsübertragung, während eine Rückflussdämpfung von 20 dB einer 99 % -igen Leistungsübertragung entspricht.

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log \frac{P_{\text{incident}}}{P_{\text{reflected}}} \quad (1)$$

Die Impedanzanpassung wird also durchgeführt, um Fehlanpassungen zu verringern, die durch Platinenplatzierung, die umgebenden Komponenten, das Gehäuse und das Vorhandensein oder Fehlen von überlappenden Grundflächen verursacht werden. Dies macht u.a. eine zusätzliche Kapazität oder Induktivität – ergänzend zur Antennenschaltung – erforderlich, die sicherstellt, dass Spannung und Strom in Phase sind. Diese Vorgehensweise minimiert die Menge an reflektierter Leistung und verbessert das Stehwellenverhältnis (VSWR).

Im Zuge der Konstruktion und Entwicklung eines Produktes muss bei der Leiterplattenkonstruktion Platz für HF-Induktivitäten und/oder -Kondensatoren vorgesehen werden. Außerdem müssen deren Werte während der Prototypingphase bestimmt und anschließend optimiert werden. Entsprechende Anpassungsnetzwerke werden so nah wie möglich an der Last oder Quelle implementiert werden, da die Länge der Speiseleitung sich auf die Impedanzanpassung und die Leistungsübertragung auswirkt.

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung

In typischen Szenarien werden nur zwei reaktive Komponenten (Induktivität und Kondensator) benötigt, um die Impedanz an 50Ω anzupassen, aber ein Pi-Netzwerk sollte immer im PCB-Design implementiert werden, um später im Entwicklungsprozess maximale Flexibilität zu bieten. Anhand der Prinzipien in Abbildung 9 kann visualisiert werden, welche Komponenten in welcher Topologie verwendet werden müssen, um die gewünschte Übereinstimmung zu erzielen.

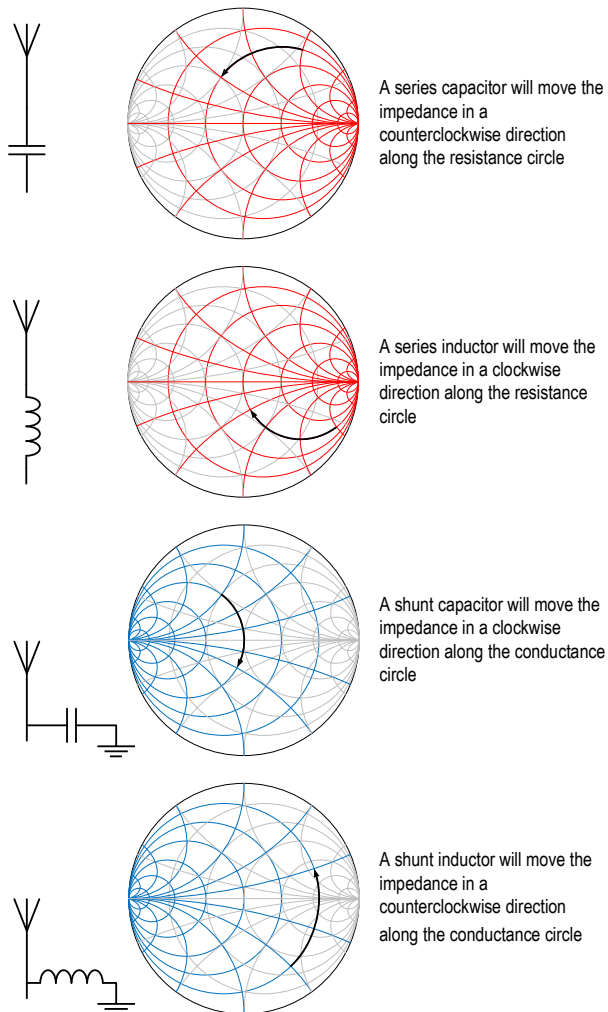


Abbildung 9: Die Auswirkung passiver Komponenten auf die Impedanz des Anpassnetzwerkes.

5. WE-MCA PASSENDES BEISPIEL

Bekannt sind nun die Designregeln, die benötigt werden, um die besten Leistungsmerkmale der **WE-MCA** zu erreichen. Im Folgenden wird ein Beispiel für den Matching-Prozess demonstriert. Grundlage ist dabei eine Demonstrationsplatte mit HF-Induktivitäten aus dem SMD-Induktivitäts-Design-Kit WE-MK (744 784) von Würth Elektronik sowie ein Vektor-Netzwerkanalysator (VNA) vom Typ Keysight E5071C.

Der VNA wurde vor der Kalibrierung auf einen Frequenzbereich eingestellt, der das gesamte interessierende Band und ein wenig mehr abdeckt. Im konkreten Fall deckt die WE-MCA (748 891 02 450) einen Frequenzbereich von 2,4 bis 2,5 GHz ab, so dass der VNA auf 2 bis 3 GHz eingestellt wurde. Es ist wichtig, den VNA gemäß den Herstellerspezifikationen korrekt zu kalibrieren, um die durch das Verbindungskabel verursachte Phasenverschiebung auszugleichen. Ohne eine korrekte Kalibrierung ist es immer noch möglich, eine angepasste Antenne zu erhalten, aber es wird sehr viel schwieriger sein, die Smith-Chart-Daten zu interpretieren. Um die Qualität der Kalibrierung zu überprüfen, können eine kurzgeschlossene, ferner eine offene Last und anschließend eine definierte Last an das Kabel angeschlossen und die Messungen im Smith-Diagramm angezeigt werden. Die Kurve sollte links (kurz), rechts (offen) und zentriert (Last) des Smith-Diagramms erscheinen, wenn die Kalibrierung korrekt ist. Danach werden Marker im unteren und oberen Frequenzbereich der Antenne gesetzt.

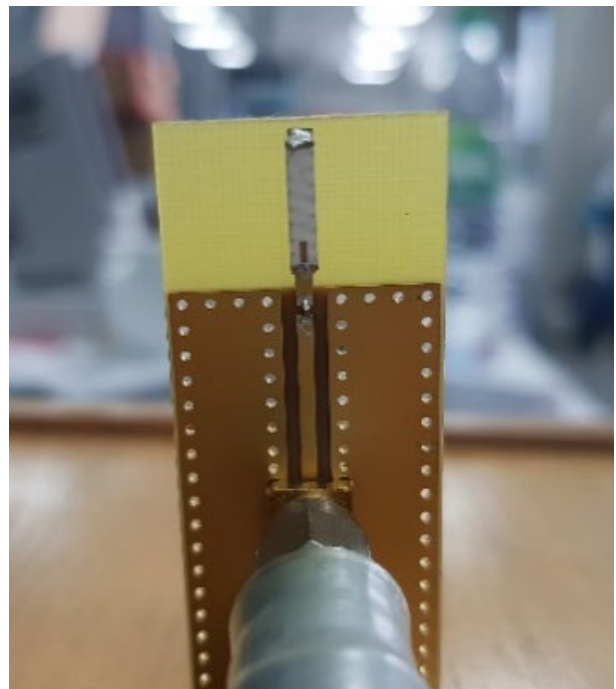


Abbildung 10: Kurzschluss des Anpassnetzwerkes mit einem 15 pF Kondensator.

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung

Bei Antennen mit niedrigerer Frequenz ist es möglich, einen $0-\Omega$ -Widerstand zu verwenden, um das Pi-Netzwerk kurzzuschließen, um zu sehen, wie die Antenne ohne ein passendes Netzwerk arbeitet. Bei höheren Frequenzen wird jedoch die parasitäre Induktivität eines $0-\Omega$ -Widerstands signifikant genug, um das Netzwerk zu beeinflussen. Daher kann ein Kondensator mit seiner Eigenresonanzfrequenz bei der Antennenfrequenz als Kurzschluss verwendet werden. Theoretisch sollte, wenn der Kondensator an seinem SRF verwendet wird, die Impedanz resistiv und nicht reaktiv sein. Obwohl der Kondensator eine ohmsche Impedanz hat, arbeitet er bei diesen Frequenzen als Kurzschluss ohne reaktives Element. Dies ist besser als ein Widerstand mit parasitärer Reaktanz. Für das konkrete Beispiel wurde ein 15-pF-HF-Kondensator verwendet: Die Messungen der S-Parameter und der komplexen Impedanz entsprechend dabei der Abbildung 11 und Abbildung 12.

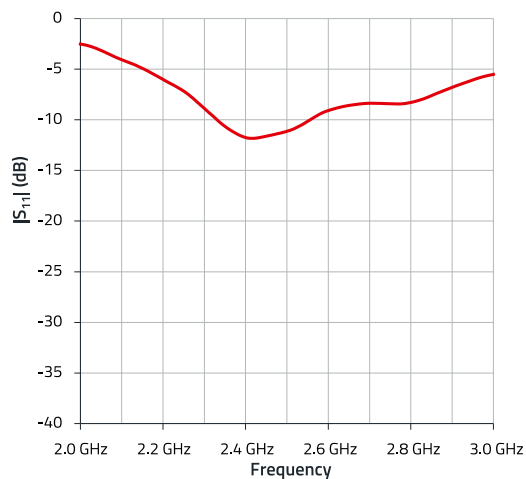


Abbildung 11: Die S11-Parameter der kurzgeschlossenen **WE-MCA**.

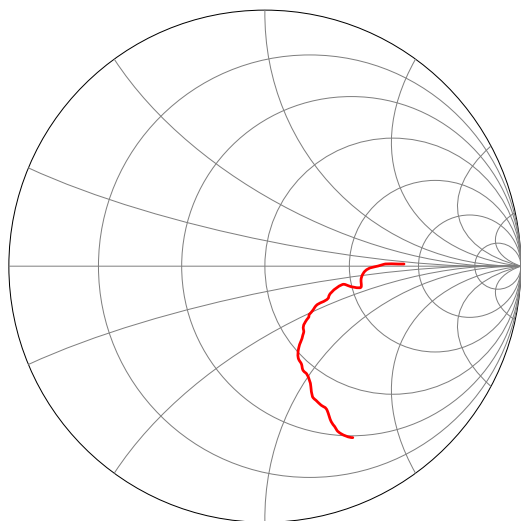


Abbildung 12: Die komplexe Impedanz in einem Smith Chart der kurzgeschlossenen **WE-MCA**.

Die Messkurven liefern wichtige Informationen über die Impedanz der Antenne in der wirklichen Applikation und zeigen an, welche Kapazität und Induktivität zu der Anpassungsschaltung hinzugefügt werden müssen, um die Markierungen in die Mitte des Smith-Diagramms zu bringen; also, um eine angepasste Impedanz zu erreichen. Software und Online-Tools können auch verwendet werden, um die Komponentenwerte auszuwählen. Aus der Smith Chart kann man ablesen, dass konkret 4,8 nH der Parallelinduktivität und 1,6 pF der Reihenkapazität hinzugefügt werden müssen, um die Spannung und den Strom für maximale Antenneneffizienz in Phase zu bringen. Da Standard-HF-Induktivitäten und -Kondensatoren nur in einer begrenzten Anzahl an Werten verfügbar sind, wurden hier eine 4,7- μ H-Induktivität und ein 1,5-pF-Kondensator verwendet.

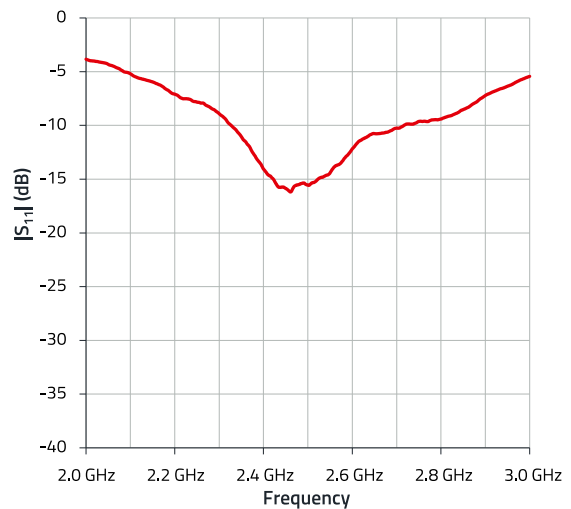


Abbildung 13: Die S11-Parameter der teilweise angepassten **WE-MCA**.

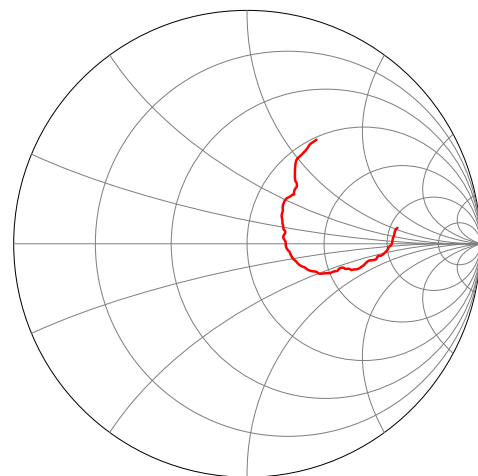


Abbildung 14: Die komplexe Impedanz in einem Smith-Diagramm der teilweise übereinstimmenden **WE-MCA**.

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung

Die im Anschluss gemessenen S-Parameter entsprechen der roten Linie in Abbildung 16. Man erkennt, dass, obwohl die WE-MCA besser funktioniert als die nicht angepasste Antenne, die Anpassung von Verstärkung und Impedanz immer noch suboptimal ist. Hier zählen sich Wissen, Praxis und Erfahrung bei der Optimierung der -Schaltung aus. Es wird normalerweise eine gewisse Anzahl von iterativen Schritten benötigen, um eine optimale Anpassung zu erreichen. Im behandelten Beispiel wurde die 4,7-nH-Induktivität durch eine 3,9-nH-Induktivität ersetzt und die Antenne neu gemessen.

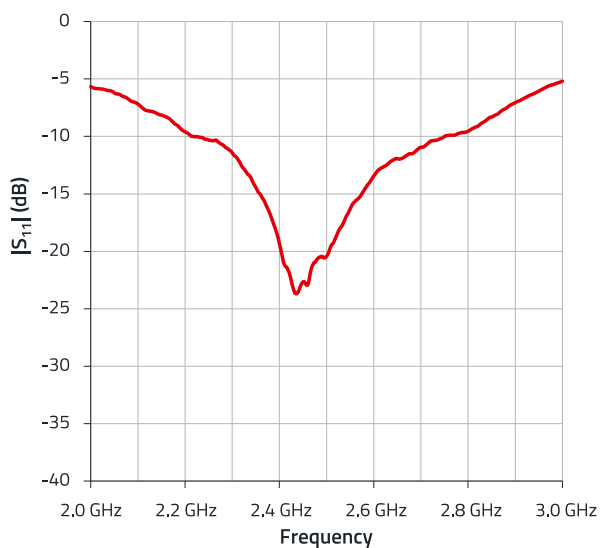


Abbildung 15: Die S11-Parameter des nicht optimal abgestimmten WE-MCA.

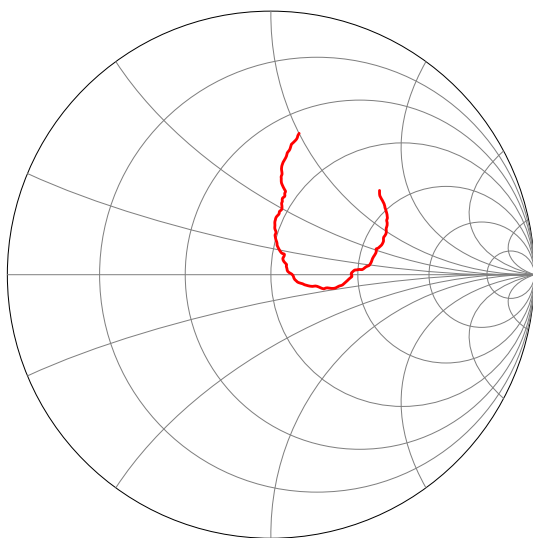


Abbildung 16: Die komplexe Impedanz in einem Smith-Diagramm der suboptimal angepassten WE-MCA.

Das Ergebnis entspricht nun der roten Linie: Die Impedanz stimmt zwar nahezu überein, die Rückflussdämpfung jedoch liegt nicht unter 25 dB. Dies wird für die meisten Anwendungen, bei denen eine große Bandbreite benötigt wird, mehr als ausreichend sein. Im letzten Schritt, wurde die Induktivität des Anpassungsnetzwerkes durch Austauschen der 3,9 nH-Induktivität mit einer 3,3 nH-Induktivität zu verringert.

Dies führte zu einer nahezu optimalen Impedanzanpassung, da der Datenpunkt der Resonanzfrequenz nun sehr nahe an der Mitte des Smith-Diagramms (Abbildung 18) liegt. Für die Rückflussdämpfung gilt nun ein Wert von etwa 30 dB unter Beibehaltung einer 10-dB-Bandbreite von 500 MHz (Abbildung 17).

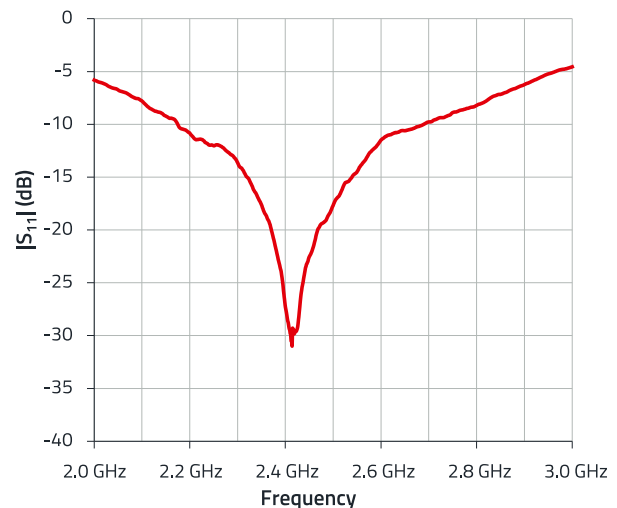


Abbildung 17: Die S11-Parameter der optimal aufeinander abgestimmten WE-MCA.

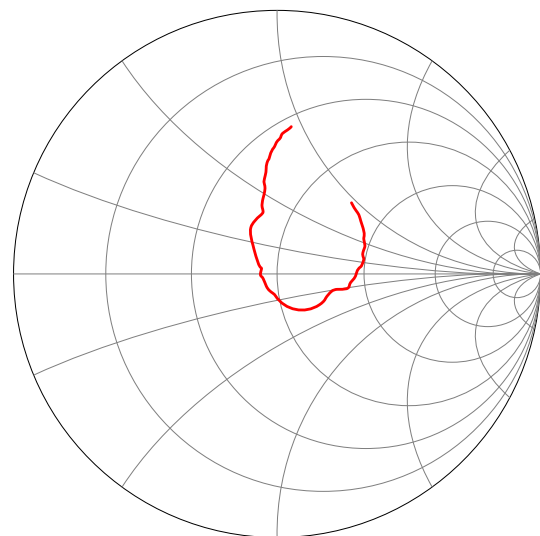


Abbildung 18: Die komplexe Impedanz in einem Smith-Diagramm der optimal angepassten WE-MCA.

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung

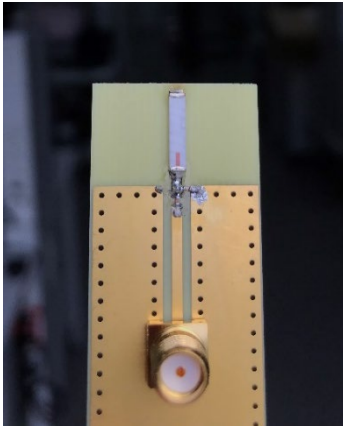


Abbildung 19: Belegung des Anpassungsnetzwerkes mit einem 3,3 nH-Induktor und einem 1,5 pF-Kondensator.

Das Beispiel zeigt, wie wichtig es ist, Theorie und einen iterativen Prozess zusammenzubringen, um eine optimale Antennenleistung zu erzielen (Abbildung 20). Weiterhin sollte beachtet werden, dass dieser Abgleichprozess möglicherweise in zahlreichen Phasen des Entwurfsprozesses zur Systemverifizierung wiederholt werden muss.

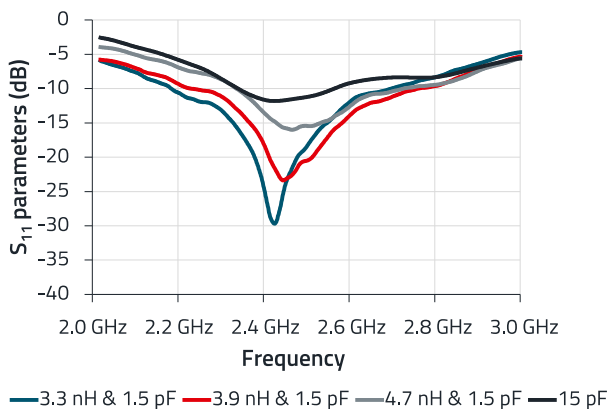


Abbildung 20: Der Effekt der abnehmenden Parallelinduktivität im Anpassungsnetzwerk einer WE-MCA Multilayer-Chip-Antenne.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die WE-MCA Multilayer-Chip-Antenne kann für eine Vielzahl von drahtlosen Datenanwendungen wie Bluetooth, GSM, ZigBee und WLAN verwendet werden. Ihr Vorteil liegt in ihrem niedrigen Profil und Gewicht bei gleichzeitig hoher Verstärkung und Temperaturstabilität. Vor allem kann die Chipantenne ohne großes Fachwissen oder tiefe HF-Kenntnisse einfach implementiert werden, während die Leistung beibehalten wird. Auch die Anpassung der WE-MCA Multilayer-Chip-Antennen kann ein einfacher Prozess sein, wenn die Grundlagen der Impedanzmessung und -anpassung verstanden sind und ein logischer iterativer Prozess folgt.

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung

A. ANHANG

A.1 Literatur

[1] W. N. Caron and A. R. R. League, *Antenna Impedance Matching*. American Radio Relay League, 1989

[2] B. S. Yarman, *Design of Ultra Wideband Antenna Matching Networks: Via Simplified Real Frequency Technique*. Springer Netherlands, 2008

A.2 Bill of Materials

| Description | Size | Value | Order Code |
|------------------|--------------|--|--------------------------------|
| WE-MCA | 7 x 2 mm | SMD Chip-Antenna, 2400-2500 MHz | 748 891 02 450 |
| WE-MCA | 4,2 x 1,6 mm | SMD Chip-Antenna, 2400-2500 MHz | 748 893 02 450 |
| WE-MK Design Kit | | WE-MK 0402 (A-type) Multilayer Ceramic SMD Inductors | 744 784 |
| Evaluation Board | | | 748 891 0EB |

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung

WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden

hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfälle ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes

www.we-online.com/appnotes



REDEXPERT Design Platform

www.we-online.com/redexpert



Toolbox

www.we-online.com/toolbox



Produkt Katalog

www.we-online.com/products

KONTAKT INFORMATION



appnotes@we-online.com

Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG

Max-Eyth-Str. 1 74638 Waldenburg Germany

www.we-online.com

APPLICATION NOTE

ANP057 | WE-MCA Multilayer-Chipantenne Platzierung und Anpassung

REVISIONSHISTORIE

| Dokument Version | Veröffentlichungsdatum | Änderungen |
|------------------|------------------------|---|
| ANP057a | 2018/09/19 | Ursprüngliche Version der Application Note |
| ANP057a | 2026/04/24 | Überführung in ein neues Grafikdesign ohne Änderung an den Inhalten |
| | | |
| | | |

Hinweis: Die aktuelle Version des Dokuments und das Veröffentlichungsdatum sind in der Fußzeile jeder Seite dieses Dokuments angegeben.