

Tips voor het ontwikkelen van een WiFi-interface

toepassingen uitrusten met WiFi-interfaces

Dr. Heinz Zenkner
(freelance consultant bij Würth Elektronik)

Door de toenemende onderlinge verbondenheid van consumenten- en industriële apparaten wordt de behoefte aan een eenvoudige draadloze verbinding groter. Zo'n verbinding wordt vaak tot stand gebracht door het implementeren van een WiFi-interface. Maar hoe pakt u dat aan en welke valkuilen liggen er op de loer? In dit artikel wordt uitgelegd hoe een RF-compatibel circuitontwerp en een RF-compatibel printplaatontwerp kunnen worden geïmplementeerd, hoe de antenne kan worden aangepast en welke componenten geschikt zijn.

De enorme groei van IoT-toepassingen (Internet of Things) en de decentralisatie van besturingen stelt veel ontwikkelaars voor de uitdaging om draadloze verbindingen voor de datacommunicatie tussen het randapparaat zoals een sensor en de centrale besturing te integreren. De voordelen liggen voor de hand: u hoeft zich geen zorgen te maken over galvanische isolatie en het leggen van kabels. De draadloze verbinding moet echter zeer betrouwbaar zijn, zodat deze ook in omgevingen met veel storing een veilige communicatie kan garanderen. Een hoge betrouwbaarheid van de WiFi-verbinding betekent dat er een RF-compatibel ontwerp moet worden gerealiseerd dat zowel

aan de EMC-eisen als aan de signaalintegriteit voldoet. Hieronder gaat het over het ontwerp van de antenne-interface, bestaande uit circuit, componenten, layout en de systeemintegratie.

Reflecties op de antenne voorkomen

WiFi-controllers werken op digitale basis en genereren op hun zenduitgang (Tx-poort) niet alleen gewenste signalen, maar ook harmonische stoorsignalen. Verder ontstaan er storingen door een mismatch in het zendpad, dat idealiter van de zendversterker tot en met de antenne een impedantie van 50 Ω moet hebben. Daarom worden er vaak filters en aanpassingsnetwerken in het zend- en ontvangstpad van de WiFi-interface gebruikt om harmonische storingen te dempen en de aanpassing aan 50 Ω te verbeteren. In het bruikbare frequentiebereik moet het transmissiesysteem aangepast zijn om het signaal over zijn volledige bandbreedte zo onbeïnvloed mogelijk te kunnen overdragen.

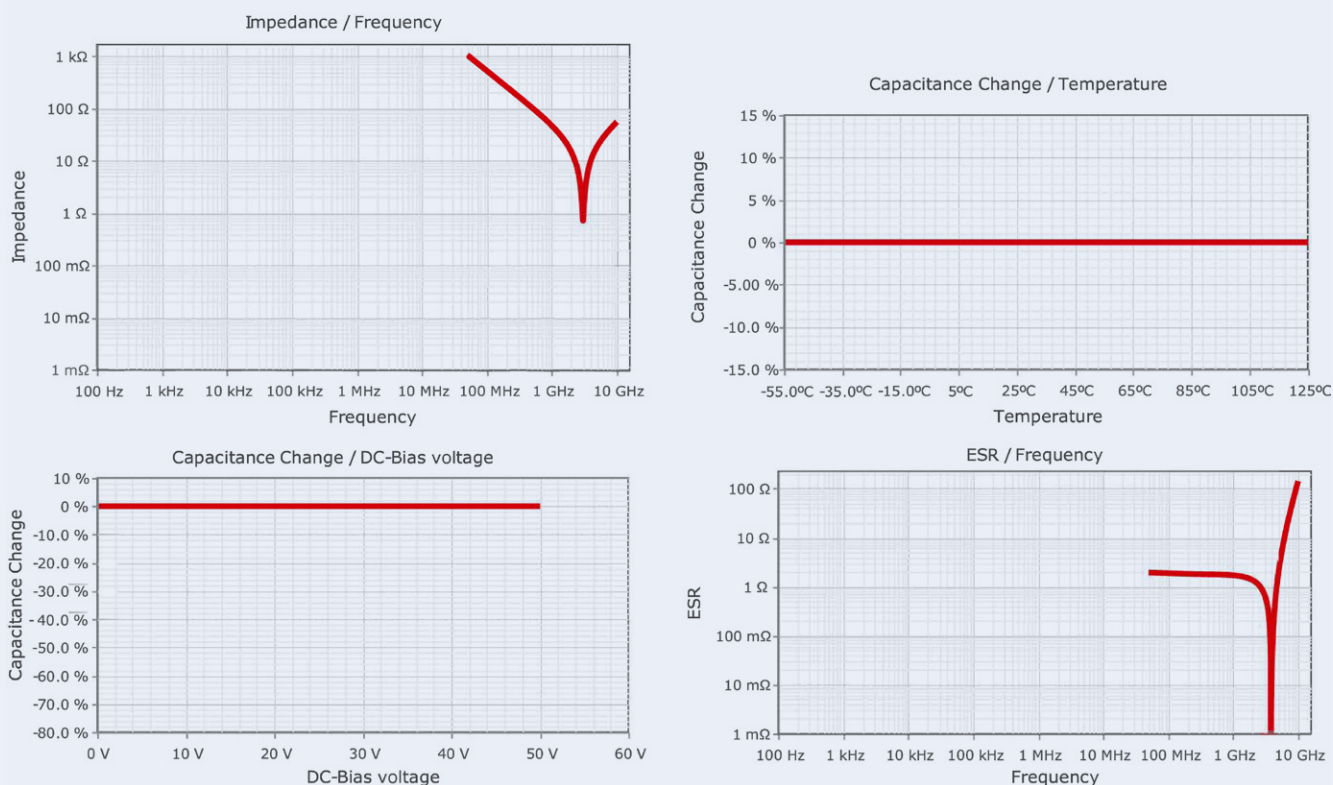
RF-compatibele filtercomponenten kiezen

Componenten zoals condensatoren, inductoren en weerstanden zorgen in een circuit voor een combinatie van verschillende impedanties. Dit verschijnsel neemt toe naarmate de frequentie stijgt. Dit betekent dat u zich voor het gebruik van componenten in filters in het frequentiebereik boven 500 MHz moet verdiepen in de belangrijkste parameters van de componenten.

RF-condensatoren vanaf 500 MHz

Alleen bepaalde condensatortypes zijn geschikt voor hoogfrequent gebruik. Hiertoe behoren de condensatoren uit de WCAP-CSRF-serie (nr. 885392005010). De elektrische parameters van deze condensatoren zijn in **figuur 1** conform het gegevensblad met de bijbehorende parameters Resonantiefrequentie, ESR, DC-bias-drift en Temperatuurdrift weergegeven. Deze zijn ook beschikbaar in de online-tool "RedExpert" [1] voor het simuleren.

De resonantiefrequentie van deze condensator is ongeveer 3 GHz,



Figuur 1. Elektrische eigenschappen van de 3-pF-RF-condensator WCAP-CSRF 885392005010.

de equivalente serieweerstand ESR is tot aan de resonantiefrequentie laag en zowel de DC-bias-drift als de temperatuurdift zijn te verwaarlozen. Een resonantiefrequentie van 3 GHz zorgt behalve voor een Q-factor van meer dan 460 ook voor een parasitaire inductiviteit van 0,3 nH, hetgeen acceptabel is voor de overgrote meerderheid van de toepassingen. Voor WiFi, Bluetooth en andere toepassingen in het GHz-bereik zijn dergelijke waarden absoluut noodzakelijk.

RF-inductoren vanaf 500 MHz

Vaak worden voor de antenneaanpassing inductoren zonder ferriet en voor de EMC-filters inductoren met een ferrietkern gebruikt. Bij inductoren met een ferrietkern moet het ferriet zorgvuldig aan de hand van de impedantiecurven worden gekozen.

Inductoren uit de WE-KI-serie zijn geschikt voor het gebruik van het filter als verliesarm antenneaanpassingsnetwerk of voor het gebruik van een soortgelijke RF-toepassing. De draadwindingen zijn bij deze componenten op keramiek gewikkeld om een hoge kwaliteit en hoge resonantiefrequenties te bereiken (tabel 1).

WiFi-interface implementeren

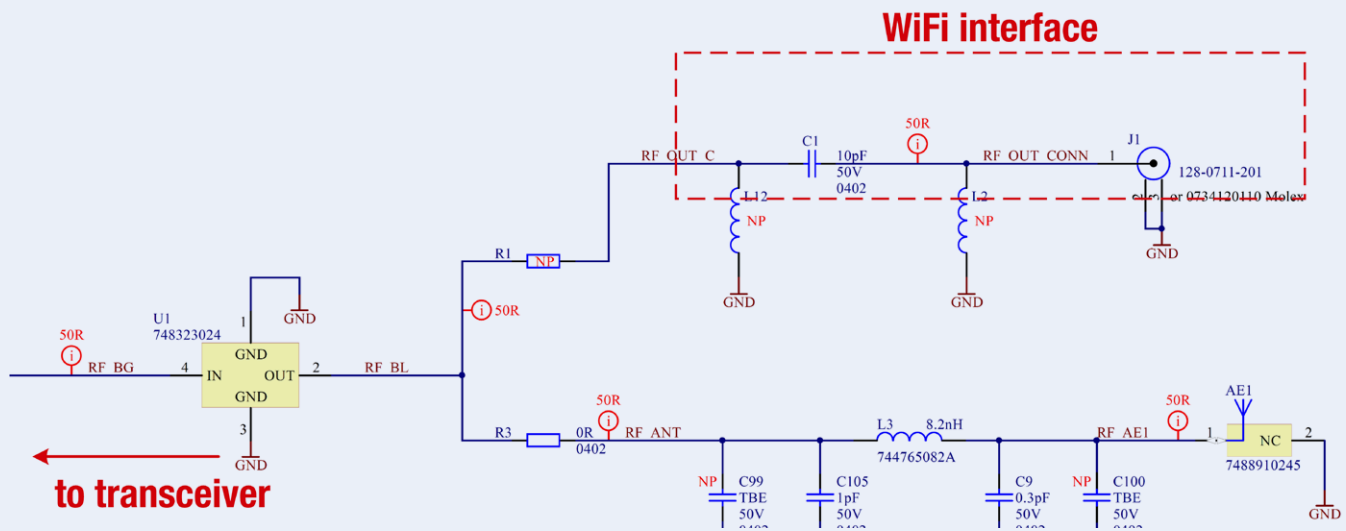
In **figuur 2** is een voorbeeld te zien van een WiFi-interface die deel uitmaakt van een IoT-interfacekaart. Het draadloze bereik dat een gebruiker met een beperkte stralingsbron zoals de transceiver eruit haalt, is sterk afhankelijk van het antenneontwerp, de behuizing en een geschikte layout van de print. Het is niet ongebruikelijk dat de RF-prestatiegegevens voor circuits met dezelfde chipset en hetzelfde vermogen, maar met een andere layout en een ander antenneontwerp sterk variëren. In de praktijk hebben de meeste producten een gecombineerd zend-/ontvangstelement, de transceiverchip. Dit betekent natuurlijk ook dat de antenneaanpassing, toevoerleidingen en de antenne zelf zowel voor het zenden als voor het ontvangen worden gebruikt. Het ontvangstkanaal heeft over het algemeen een hoge dynamiek, meestal een gevoeligheid van > 95 dB en een 3 tot 4 dB lagere gevoeligheid

op de antenne. Verliezen als gevolg van een mismatch kunnen door middel van een versterker circuit worden gecompenseerd. Het zenden is echter kritiek, omdat een 3 dB lagere gevoeligheid van de antenne of 3 dB hogere verliezen op het traject tussen de zendversterker en de antenne een twee keer zo hoog vermogen van de zender vereisen. Dit leidt, voor zover de Tx-chip het zendvermogen kan genereren, onvermijdelijk tot een hoog stroomverbruik en een groter aandeel harmonischen in het zendsignaal en bovendien mogelijk tot EMC-problemen. Het maximaal toegestane uitgangsniveau volgens de relevante EMC-richtlijnen moet daarbij echter in acht worden genomen. Aangezien het maximale uitgangsniveau aan een normatieve of wettelijke beperking is onderworpen, is het des te belangrijker om aan de ontvangerzijde een goed afgestemd systeem te ontwikkelen dat met een minimale ontvangstveldsterkte werkt. Hier moet worden opgemerkt dat de bijpassende antennes normaal gesproken door de fabrikant van de transceiverchip, of van de communicatiemodule, in de specificatie worden vermeld. Dit zorgt ervoor dat er met rekening houdend met de toepassing wordt voldaan aan de toepasselijke normatieve eisen in het kader van de RED-richtlijn 2014/53/EU. Als er andere antennes worden gebruikt of als er wordt afgeweken van de aanbevolen

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.

Tabel 1. Karakteristieken van de SMD-inductor 74476110A (gegevens uit de datasheet).



Figuur 2. Schema van de WiFi-interface van een IoT-interfacekaart.

opbouw, zijn er andere RF-eigenschappen te verwachten.

Keramische chipantennes

Keramische chipantennes bieden verschillende voordelen. Ze zijn klein en niet zo gevoelig voor elektromagnetische invloeden van aangrenzende componenten. Veranderingen in het printplaatontwerp of de printplaat-layout kunnen eenvoudig zonder simulatie worden aangebracht. De antenne kan eenvoudig aangepast of zelfs door een andere vervangen worden. Chipantennes worden vaak gebruikt in mobiele en hoogfrequente toepassingen zoals GPS of 2,4GHz-radioapparatuur. **Figuur 3** toont verschillende meerlaagse chipantennes WE-MCA die geschikt zijn voor WiFi-interfaces.

Aanpassing van de impedantie van het transmissiepad

Het maximale vermogen wordt overgedragen wanneer de impedantie van de bron gelijk is aan de impedantie van de belasting. Dat wil zeggen dat de transmitter (uitgang van de zender) met zijn impedantie Z_T de bron is die een spoor met een impedantie $Z_L = Z_T$ voedt. Dit spoor draagt het vermogen op zijn beurt over naar de antenne met de impedantie Z_A , die idealiter dezelfde impedantie als het spoor en de bron moet hebben. Het maximale vermogen wordt dus overgedragen wanneer alle impedanties dezelfde waarde hebben. Bij een niet-ideale aanpassing wordt een signaal met de amplitude V_{IN} door de transceiver in het spoor ingekoppeld en komt slechts een deel van het signaal bij de antenne aan. De rest van het signaal wordt gereflecteerd door het onderlinge verschil in impedanties. Dit gebeurt enerzijds op de overgangen tussen de transceiver en het spoor en anderzijds tussen het spoor en de antenne.

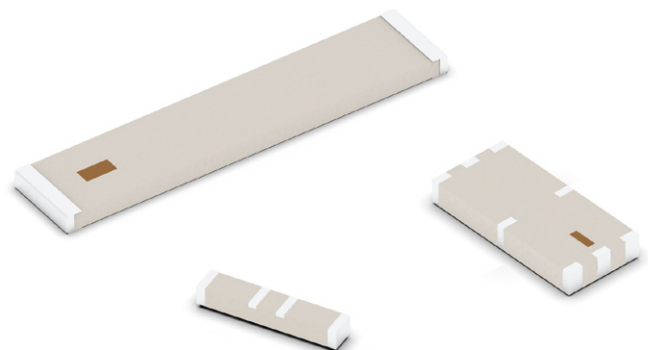
Een dergelijke mismatch kan flink worden gereduceerd door het invoegen van een aanpassingsnetwerk, meestal een π -, T-, LL- of LC-netwerk. De capaciteits- en inductiviteitswaarden in het netwerk liggen in het bereik van pF en nH. Het is zinvol om over sample-dozen met de bereiken 0,5...20 pF en 0,5...20 nH voor het aanpassen te beschikken. Het is bijvoorbeeld nodig om plekken voor de antenneaanpassing in de layout van de WiFi-interface op te nemen. In **figuur 4** zijn het schema en het bijbehorende gedeelte van de printplaat te zien. De layout en positionering van de L/C-componenten en van de chipantenne op de printplaat zijn cruciaal: de componenten voor aanpassing moeten zich zo dicht mogelijk bij de antenne of de antenneaansluiting

bevinden. De antennepositie, de grootte van het verzonken gebied rond de antenne en de afstand tussen de antenne en het referentie-grondvlak hebben invloed op de resonantiefrequentie van de antenne en op de antenne-impedantie.

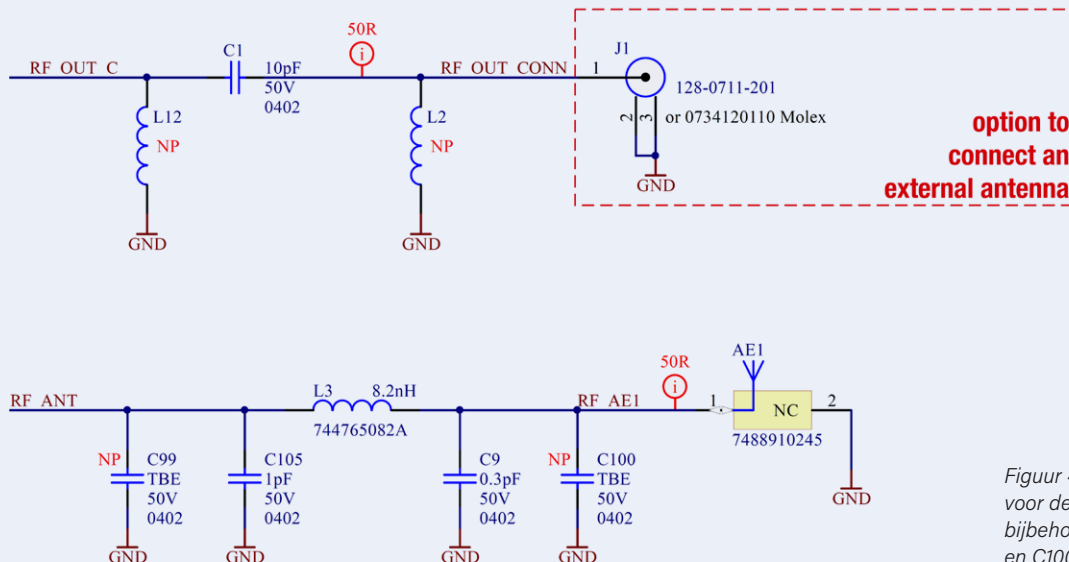
In dit voorbeeld is de antenne in de hoek van de printplaat geplaatst. Zo is de antenne niet omgeven door extra componenten en daardoor presteert de antenne goed (**figuur 5**). Het spoor naar de antenne moet worden beschouwd als onderdeel van het antennesysteem. De massavlakken, het randgebied rond de antenne-uitsparing, zijn in alle vier de lagen door middel van via's verbonden. Dit zorgt ervoor dat de antenne een stabiele referentiemassa krijgt. De lengte van het spoor dat de antenne voedt en de lengte en breedte van het grondvlak bepalen of het systeem als een dipool of als een monopool werkt. Als het massavlak ca. 3...4 cm lang en ongeveer 1...2 cm breed is, werkt het systeem als een dipool. Als het massavlak groter is, werkt het systeem als een monopool-antenne.

Aanpassing van een keramische chipantenne

In het voorbeeld gaat het om de aanpassing van de meerlaagse chipantenne WE-MCA (nr. 7488910245) voor een maximale vermogensoverdracht. De aanpassing wordt met een netwerkanalysator gemeten,



Figuur 3. Meerlaags chipantennes WE-MCA in verschillende uitvoeringen.



Figuur 4. Aanpassingsnetwerken voor de antennes, schema en bijbehorend layout-gedeelte. C99 en C100 zijn niet gemonteerd.

waarbij het gemeten signaal de reflectiedemping S_{11} is. Bij reflectie in het signaalpad wordt een deel van het van de zender afkomstige signaal gereflecteerd als gevolg van de verschillende impedanties tussen de transceiver en de antenne. Aangezien de impedantie van het signaalpad over het algemeen frequentieafhankelijk is, is de reflectie ook frequentieafhankelijk. Hoe kleiner de impedantieverschillen in het transmissiefrequentiebereik, des te geringer de reflecties. Met de in het circuit (figuur 4) vermelde waarden wordt een reflectiedemping van 29 dB bereikt, d.w.z. een VSWR (staande-golfverhouding) van 1,06. In **figuur 6** is de reflectiedemping in relatie tot de frequentie te zien. Voor degenen die zich niet zelf willen bezighouden met de antenne-aanpassing, biedt Würth Elektronik naast de hierboven genoemde componenten ook een antenneaanpassingsservice aan. ▶

220369-03

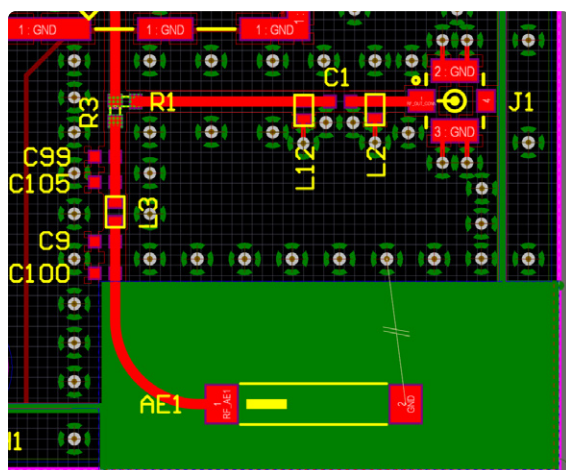
Dr.-Ing. Heinz Zenkner werkt als freelancer bij Würth Elektronik op de afdelingen Technical Marketing en Application Engineering en geeft colleges over EMC aan de Technische Academie. Hij is tevens een door de Duitse overheid aangestelde en beëdigde deskundige op het gebied van EMC. Zenkner schrijft al jarenlang voor verschillende vaktijdschriften en heeft ook meerdere boeken geschreven. Daarnaast heeft hij als docent gewerkt aan verschillende universiteiten, bij de Duitse Kamer van Koophandel en sprak hij bij tal van seminars.



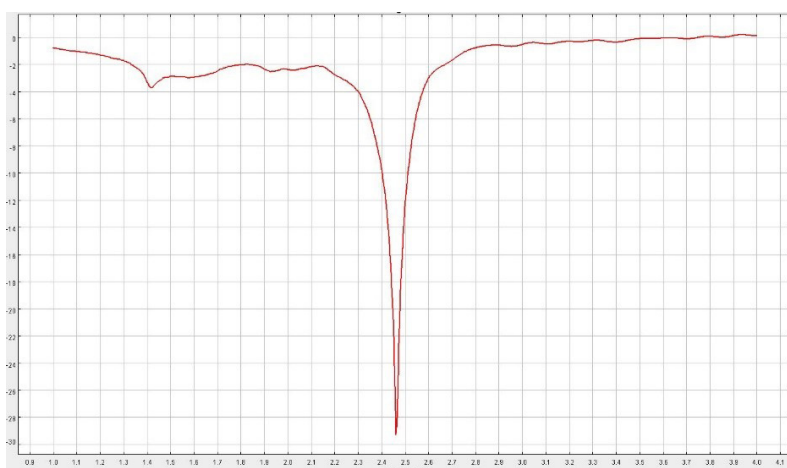
Over de auteur

WEBLINK

[1] Componenten-simulatietool "RedExpert":
<https://redexpert.we-online.com/redexpert/#/>



Figuur 5. Layout-gedeelte van de WiFi-interfacekaart in de buurt van de WiFi-antenne.



Figuur 6. Reflectiedemping van de WiFi-antennepoort met aanpassingsnetwerk en hybride antenne in relatie tot de frequentie.