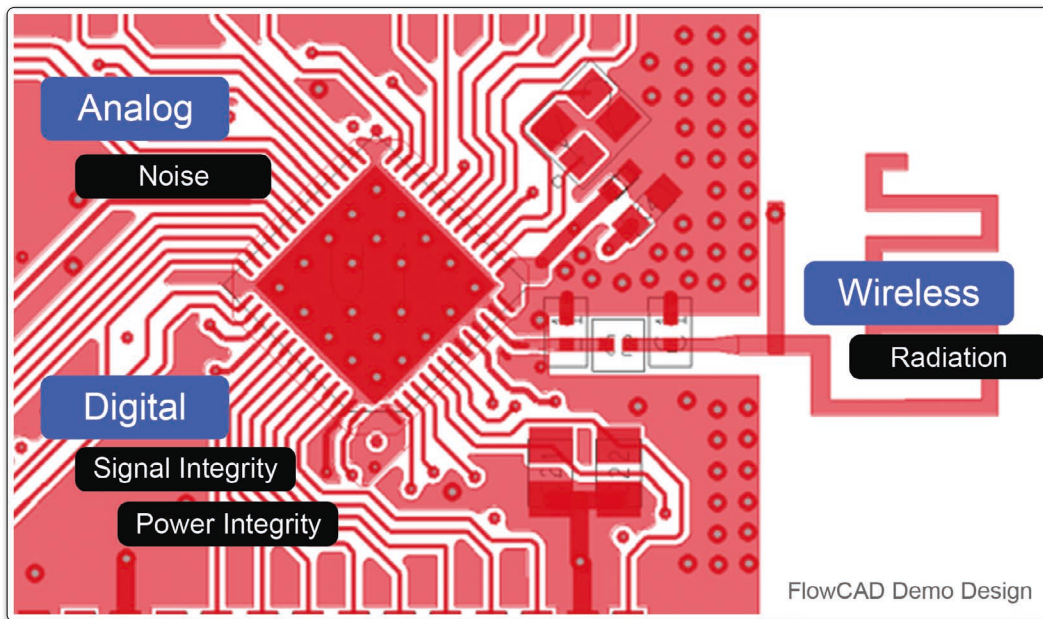


Schritt für Schritt

Optimierung einer IIoT-Antenne

Eine Antenne zu entwerfen und zu optimieren ist kein leichtes Unterfangen. Will man eine industrielle IoT-Antenne bauen, kann man ein Referenz-Design als Ausgangspunkt verwenden. Aber was sollte man ändern, um dieses optimal in ein Endprodukt zu implementieren?



eine Reihe von What-if-Analysen durchgeführt, um die Auswirkungen dieser Änderungen zu verstehen und die richtige Strategie zu finden, um unsere beiden Ziele zu erreichen.

Import und Einrichten der Entwurfsdaten in Cadence AWR Microwave Office waren einfach. Die Simulations-Ports wurden automatisch eingerichtet, und wir mussten nur einige Parameter für die Mesh-Größe eingeben. Weiterhin wurden die realen Materialwerte für unsere Produktionsleiterplatte mit den richtigen Dicken- und Dielektrizitätswerten eingegeben (FR-4: Standard ISOLA HR 370 $\epsilon_r = 4$).

Es heißt oft, ein erfahrener Designer kann das problemlos. Aber was ist ein erfahrener Designer? Oft machen Experten ihren Job schon eine ganze Zeit lang und haben über einen langen Zeitraum aus Gesehenen und eigenen Fehlern gelernt. Das Problem ist, dass sich die technologischen Standards schnell verändern und junge Ingenieure nicht mehr die Zeit haben, Fehler zu machen. Außerdem müssen sie in einer kürzeren Markteinführungszeit „First Time Right“ entwerfen. Die Lösung ist ein EDA-Tool, mit dem der elektronische Entwurf bis zu einem gewissen Grad automatisiert wird.

Ziel des hier beschriebenen industriellen IoT-Projekts war es, eine Bluetooth-Antenne in das Produkt zu integrieren, das Display zu entfernen und das Gerät mit einer App auf einem Smartphone zu konfigurieren. Dies ist eine gängige Aufgabe und kann für eine Vielzahl von Produkten verwendet werden.

Die Suche im Internet nach Referenz-Designs mit passenden Daten kann schwierig sein. Für uns bot sich das BLE-Referenz-Design von Cypress an, das nicht als Modul in Produkten verwendet werden soll. Es ist also dafür gedacht, im Labor zu arbeiten, und man kann Kommunikations-Software für die Bluetooth-Schnittstelle entwickeln, bevor die eigene Leiterplatte entworfen wird.

Die Design-Daten für Schaltplan, Stücklisten (BOM) und PCB-Layout lagen im Cadence Allegro-Format vor – der ideale Ausgangspunkt für unsere Optimierung. Das Referenz-Design verfügt über große Anschlüsse

als Steckverbinder für den Betrieb im Labor.

Miniaturisierung und Optimierung der Antennenleistung waren die Ziele. Erstes kann erreicht werden, wenn Steckverbinder durch eine starre, flexible Leiterplatte ersetzt werden. Aber hat dies Auswirkungen auf die Antennenleistung? Wir haben

Zunächst wurden die Länge der MIFA (Meandered Inverted F-Antenna) und das Impedanzanpassungs-Netzwerk zwischen Chip und Antennenstruktur untersucht.

Ein Simulations-Sweep durch eine Kombination verschiedener Antennenlängen lieferte die richtige Länge für die minimale Rückflussdämpfung der

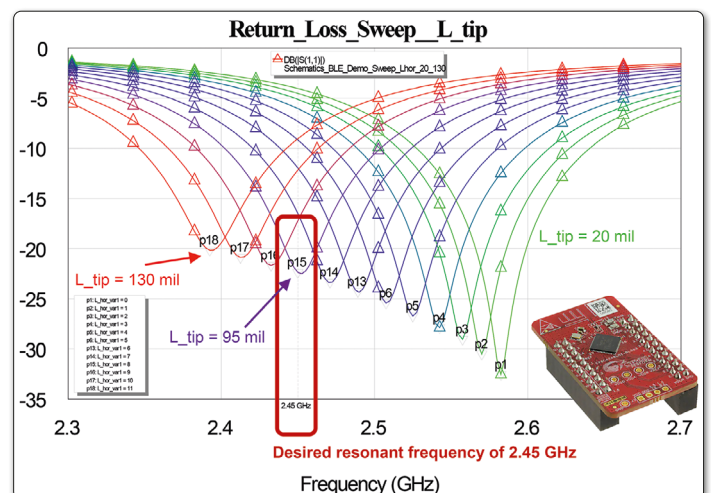


Bild 1: Rückflussdämpfung bei verschiedenen Antennenlängen
© FlowCAD/Cadence AWR Microwave Office

Autoren:
Dirk Müller
Dirk Linnenbrügger
FlowCAD
www.flowcad.com

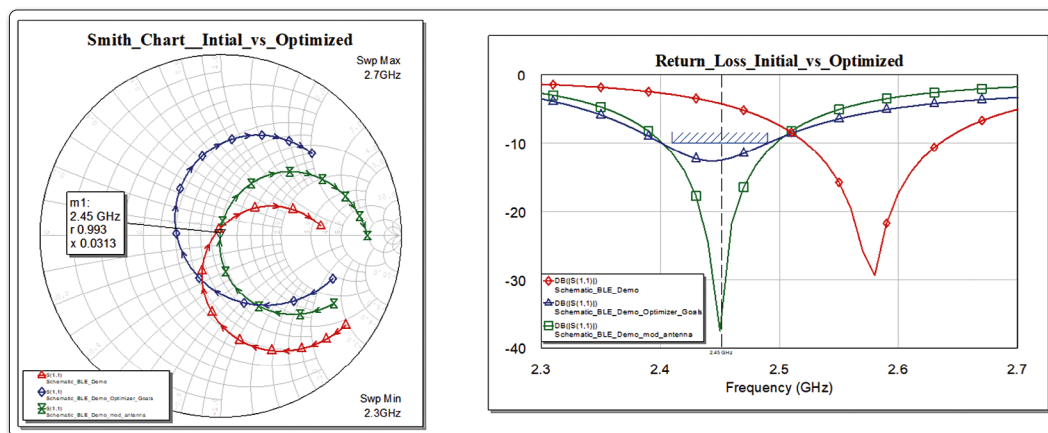


Bild 2: Automatische Optimierung des Impedanzanpassungs-Netzwerks

Antenne bei unserer gewünschten Frequenz 2,45 GHz (Bild 1).

Ein weiterer automatischer Sweep mit vielen Analysen und einer Kombination aus verfügbaren diskreten Bauteilen aus unserer realen Bauteilbibliothek verbesserte die Leistung des Impedanzanpassungs-Netzwerks in Kombination mit unseren Werten für das zu verwendende Leiterplattenmaterial. Allein diese wenigen Analysen würden zu einer Verbesserung der Antennenleistung um 2 dB führen. Dabei war die Miniaturisierung noch nicht berücksichtigt.

Die Miniaturisierung von Antennen stellt ein Problem dar, da Monopole genügend Masse (Ground, GND) benötigen, um zu funktionieren. Verringert man den Formfaktor, wird die Massefläche auf der Leiterplatte kleiner. Das Massesystem im Referenz-Design besteht aus zwei Ebenen, mehreren Durchkontaktierungen und einem externen Kabel, das mit GND verbunden ist.

Analysiert wurde der kleine Bereich der Leiterplatte, auf dem sich die Antenne und die Schaltung befinden. Dabei wurde festgestellt, dass die Masse im starren Bereich nicht ausreicht, damit die Antenne wie gewünscht funktioniert. Es musste also eine zusätzliche Massefläche auf dem flexiblen Teil der Leiterplatte vorgesehen werden. Wenn dies als solide Ebene auf dem flexiblen Teil implementiert wird, wäre

es in Simulationen einfach und schnell. Wendet man jedoch eine schraffierte Struktur an, um das Biegen des flexiblen Bereichs zu ermöglichen, ohne das Kupfer zu brechen, erhöhen sich die Anzahl der notwendigen Maschen und somit auch die Simulationszeit.

Ein Vergleich zwischen verschiedenen Strukturen und -größen zeigte jedoch, wie sehr man die Struktur für die What-if-Analyse vereinfachen konnte, ohne den Simulationsfehler signifikant zu vergrößern. Trotzdem soll die endgültige Simulation am Schluss der Entwicklung immer so genau wie möglich sein, auch wenn es dann ggf. Stunden dauert.

Eine weitere Sweep-Analyse untersuchte den Mindestabstand zwischen dem Gehäuse aus Kunststoff und der Antenne.

Hier haben wir gesehen, dass ab einem Abstand von etwa 10 mm das Gehäuse das Verhalten der Antenne nicht mehr wesentlich beeinflusst.

Als nächstes stellt sich die Frage, wie groß die Auswirkungen sind, wenn man die Form des flexiblen Teils der Leiterplatte ändert. Durch Entwerfen verschiedener Formen in 2D oder durch Falten und Biegen in 3D, s. Bild 2. Nachdem die Einbauposition im Produkt bestätigt und die Länge sowie Form des flexiblen Teils bestimmt worden war, stellte sich die nächste Frage, wie das starre Teil der Leiterplatte montiert werden sollte.

Eine weitere Analyse von Schraubenpositionen machte deutlich, dass die beste mechanische Position für eine Schraube einen sehr negativen Einfluss

auf die Antennenleistung haben würde. Auf der Suche nach alternativen Befestigungsmöglichkeiten wurde eine Snap-In-Lösung im Plastikgehäuse bevorzugt. Dies wiederum würde Ausschnitte in der Leiterplatte erfordern.

Die Visualisierung der Stromdichte in der Leiterplatte (Bild 3) zeigte, dass Ausschnitte mit 90°-Ecken oder Montagelöcher hohe Ströme in den Ecken aufweisen, was zu EMV-Problemen führt. Daraufhin erfolgten mehrere Änderungen im Layout, um die EMV-Probleme zu minimieren.

Am Ende war die Fläche der Leiterplatte auf 53% der ursprünglichen Größe des Referenz-Designs reduziert. Zudem wurde die Bandbreite vergrößert und die Leistung der PCB-Antenne um 6 dB erhöht.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein Antennen-Design kritisch wird, wenn man es miniaturisiert. Auf mechanische Montagebedingungen wie Befestigungslöcher, Abstände und Gehäusematerial sowie EMV-Probleme muss unbedingt geachtet werden. Schließlich war das Design, nach den virtuellen Simulationen, auf Anhieb richtig. Die Zeit bis zur Markteinführung wurde entsprechend verkürzt im Vergleich zur Herstellung eines zusätzlichen Prototypen mit neuem Design. ◀

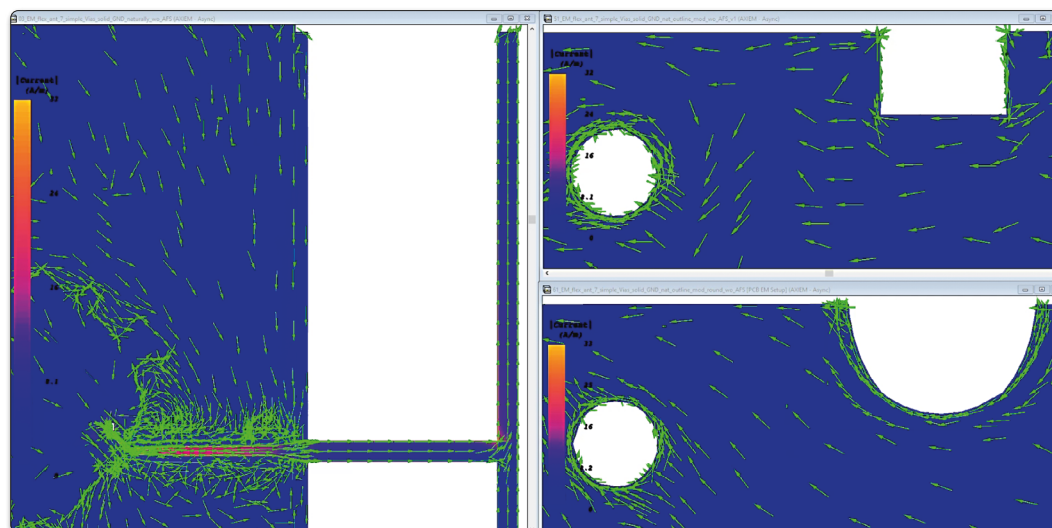


Bild 3: Stromdichteverteilung von modifizierten Leiterplattenformen