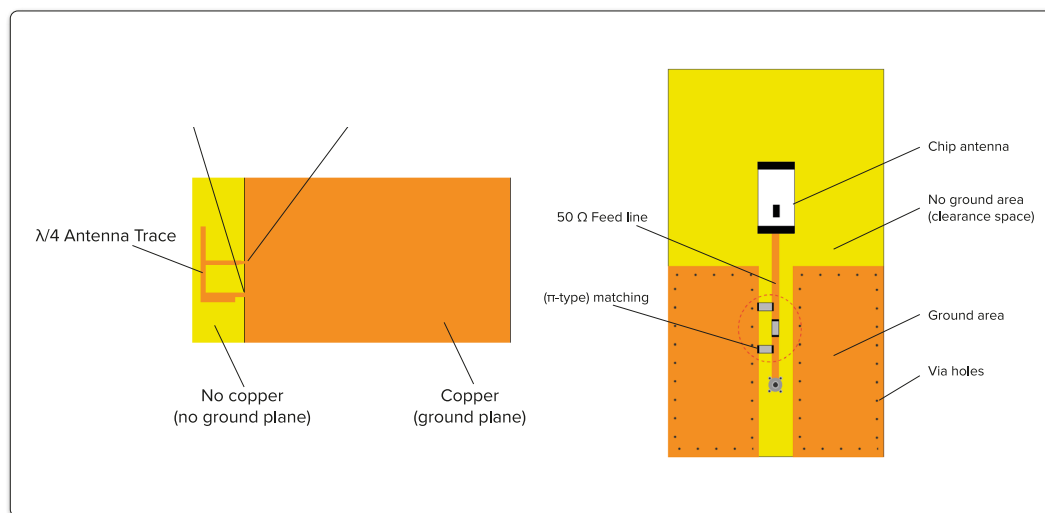


PCB-Leiterbahnen- und Chip-Antennen richtig entwerfen

Wer Baugruppen für moderne Funktechnologien konstruiert, kommt um Überlegungen zum Design von PCB-Leiterbahnen- und Chip-Antennen nicht vorbei.



Die moderne städtische Umgebung ist eine Herausforderung für Hochgeschwindigkeits-Designs auf Basis von Mobilfunk-, GNSS-, WiFi/Bluetooth/BLE/ZigBee- und LPWA-Protokollen: Zu beachten sind Reflexion, Brechung, Streuung, Beugung, Polarisation und Absorption von Signalen. Erforderlich sind hoch-effiziente HF-Ketten. Von allen Komponenten in der Kette spielt die Antenne die Schlüsselrolle bei der Herstellung der drahtlosen Konnektivität.

Auf Platine oder Chip?

Eine Leiterplattenantenne wird dann in Betracht gezogen, wenn es darum geht, die Gesamtkosten des Systems zu senken; Chip-Antennen bieten jedoch in den meisten Fällen eine bessere

Gesamtleistung in Bezug auf Größenselektivität und Effizienz.

Welche Strukturen werden typischerweise in PCB-Leiterbahnantennen verwendet?

Inverted-F- (IFA), Planar-Inverted-F- (PIFA) und Meandered-Inverted-F- (MIFA) Strukturen werden in der Regel für Leiterbahnantennen-Designs in Betracht gezogen, da sie ideal geeignet sind, wenn der Platz auf der Leiterplatte begrenzt ist und da es außerdem kostengünstige Lösungen sind.

Wie wird die Leiterbahnantenne entworfen?

Bei den genannten Antennen handelt es sich um Viertelwellenmonopole. Monopole benötigen ein „Gegengewicht“, praktisch eine gutleitende Grundfläche, die die Viertelwellenlänge gewissermaßen spiegelt, um effizient abstrahlen. Die Antenne sollte so entworfen werden, dass sich unter der Leiterbahnstruktur keine Grundfläche befindet. Diese muss in Verlängerung der Antenne nach unten neben dem Einspeisepunkt liegen.

Die elektrischen Leistungsparameter, wie der Wirkungsgrad, hängen vom dielektrischen Substratmaterial (z.B. FR4), der Dielektrizitätskonstante und der Substratdicke ab. Die Abstrahlcharakteristik ist nahezu omnidirektional.

Wie können wir die Größe verringern? Was sind die Kompromisse?

Um den Platzbedarf der Antennen zu reduzieren, werden Viertelwellenlängen-Designs bevorzugt, bei denen die Arme kurz zur Grundplatte abgewinkelt werden. Das Aufmacherbild links ist ein typisches PCB-Lei-

terbahn-Layout einer invertierten F-Antenne. Das F als Buchstabe kommt dieser Form am nächsten.

Es sollte beachtet werden, dass die Belastung durch die Umwelt den Q-Wert (Betriebsgüte) der Antenne mindert und somit die effektive Bandbreite erhöht.

Außerdem sinkt der Gesamtwirkungsgrad der Strahlung, wenn die Oberfläche schrumpft.

Was sind die Nachteile einer Leiterbahnantenne?

Die beiden häufigsten Herausforderungen bei der Entwicklung von Antennen sind niedrige Frequenzen und hohe Bandbreiten.

Leiterbahnantennen für niedrige Frequenzen sind von der Größe her eine Herausforderung, da man auch hier an der Viertelwellenlänge festhalten muss. Nicht zu vergessen: Auch die spiegelnde Grundfläche muss zur Unterstützung der effektiven Strahlungseigenschaften mitwachsen. Beispielsweise beträgt die Viertelwellenlänge bei 433 MHz 172,5 mm. Solche PCB-Leiterbahnantennen werden physikalisch groß, wenn sie direkt auf der Leiterplatte entworfen werden, im Gegensatz zur Verwendung einer Chip-Antenne.

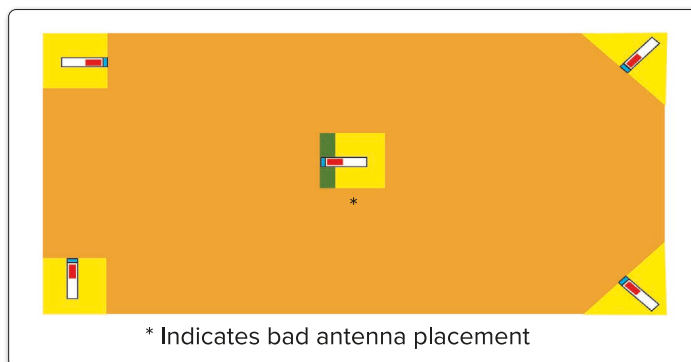


Bild 1: Mögliche optimale Platzierungen

Quelle:

PCB Trace vs. Chip Antenna Design Considerations
Roshni Prasad, MSEE
Associate Engineer RF & Connectivity
Abracon LLC
<https://abracon.com>
übersetzt von FS

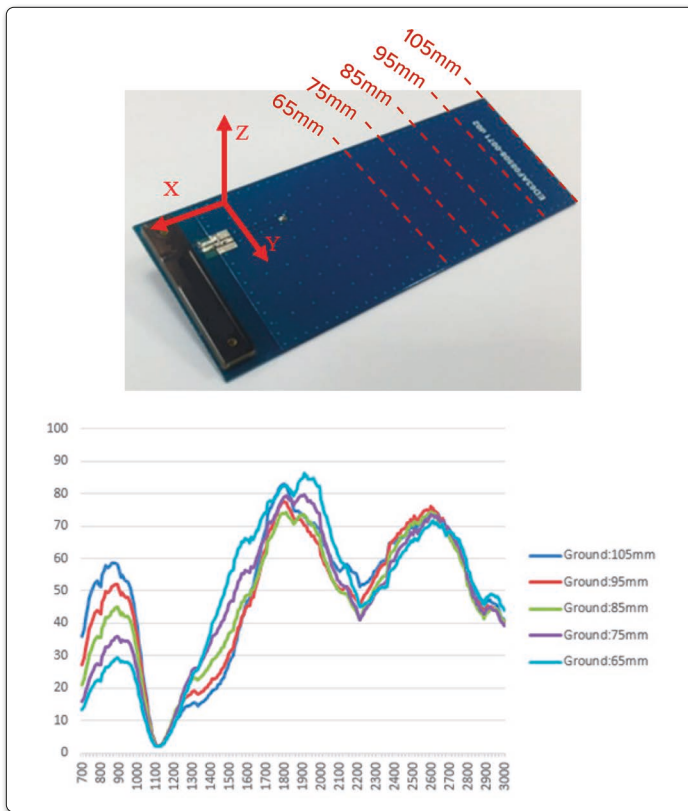


Bild 2: Leistungvariation der Chip-Antenne ACAR4008-S698 von Abracon bei verschiedenen Längen der Grundplatte

Bei Zellular-Designs ist es eine Herausforderung, einen breiten Frequenzbereich von 698 bis 960, 1710 bis 2170 und 2500 bis 2700 MHz abzudecken und dennoch das niedrigste LTE-Band (698 MHz) mit einem PCB-Design zu erreichen. In solchen Fällen sind Chip-Antennen die beste Alternative.

Wie implementiert man eine Chip-Antenne in ein Design?

Beim Entwurf einer Chip-Antenne für eine Leiterplatte spielen mehrere Faktoren eine Rolle bei Leistung und Strahlungseigenschaften: die Größe der Leiterplatte, das Layout der Leiterplatte, die Abmessungen des Masse-/Freiraums, die Anpassungsschaltung, die HF-Abschirmung und das Gehäuse.

Wenn Sie einen handelsüblichen Chip in ein Design implementieren, halten Sie sich genau an das Referenz-Layout, um Abstimmungs- oder Leistungsabweichungen zu vermeiden. Das Aufmacherbild zeigt rechts

ein typisches Chip-Antennen-Layout.

Die Chip-Antennen von Abracon verwenden dielektrische und LTCC-Multilayer-Technologie und schaffen Viertelwellen-Monopolstrukturen, die als kompakte und leichte Lösungen dienen. Die Chip-Antennen bieten eine

optimale Konvergenz von Größe, Kosten und Leistung. Die verschiedenen Formfaktoren variieren in Abhängigkeit von Gewinn

und Betriebsbandbreite. Die in Tabelle 1 aufgeführten Abracon-Chip-Antennen sind so konzipiert, dass sie

einen hohen Gewinn mit einer geeigneten Bandbreite kombinieren, was zu einer unübertroffenen Empfindlichkeit auf Systemebene im Vergleich zu typischen PCB-Leiterbahnantennen führt.

Wo sind die Chips am besten platziert?

Die Ausrichtung der Antenne spielt eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Strahlungseigenschaften, da diese von der Umgebung mitbestimmt werden. Die geeignete Platzierung für die optimale Ausrichtung eines Monopol-Designs ist an einer Ecke der Leiterplatte, wie in Bild 1 gezeigt. Vermeiden Sie Platzierungen

in der Nähe von Metallen oder anderen elektronischen Komponenten, da die Kopplung zwischen der Antenne und den umgebenden Elementen die Leistung der Chip-Antenne beeinträchtigen könnte. Verwenden Sie die Flächenabmessungen, wie im Datenblatt angegeben, wenn Sie den Chip auf einem PCB-Design entwerfen, das nicht dem Gesamt-Layout des Referenz-Designs folgen kann.

Wie wichtig ist die Grundplatte?

Bei den meisten Anwendungen sind sowohl die Chip- als auch die Leiterbahn-Antennenleistung von der Länge der Grundplatte abhängig. Abracon empfiehlt,

die niedrigste Frequenz des Betriebsbands/der Betriebsbänder im Auge zu behalten, wenn es um die Größe der Grundfläche geht.

Die Anfälligkeit von PCB-Leiterbahnantennen für verschiedene Faktoren führt zu einer hohen Wahrscheinlichkeit von Kompromissen bei der Effizienz, insbesondere bei minimalen Grundflächengrößen. Andererseits können sowohl Einzelband- als auch Breitband-Chip-Antennen die Effizianz Anforderungen mit minimalen Auswirkungen externer Faktoren erfüllen.

Bild 2 zeigt die Leistungsschwankungen der Chip-Antenne ACAR4008-S698 von Abracon bei verschiedenen Längen der Grundplatte. Das Diagramm zeigt einen signifikanten Einfluss der Größe der Grundplatte auf den Wirkungsgrad der Antenne.

Mit Ausnahme von Antennen-Designs, die eine extrem kleine Leiterplattenfläche erfordern, wie z.B. tragbare Anwendungen, sollten die Abmessungen der Referenzmassefläche eng an das Datenblatt angelehnt werden, um einen maximalen Wirkungsgrad zu erreichen.

Welche Herausforderungen ergeben sich aus der Frequenzabstimmung der Antenne während der Systemimplementierung oder -prüfung?

Da das PCB-Layout die Antennenleistung stark beeinflusst, ist eine Abstimmung erforderlich, um die Antenne für optimale Leistung auszugleichen. Eine exakte

PART NUMBER	ACAG0201-2450-T	ACAG0301-15752450-T	ACAG1204-433/868/915-T	ACAR3705-S698
FREQUENCY (MHz)	2450	1575, 2450	433, 868, 915	700~960, 1710~2170, 2500~2700
SIZE (mm)	2 x 1.25	3.2 x 1.6	12 x 4	37 x 5
BW (MHz)	-65	20, 100	10, 20, 15	260, 460, 200
EFFICIENCY (%)	72.7	57, 73	35, 52, 59	55, 70, 50
PEAK GAIN (dBi)	2.7	1.21, 3.18	-1.72, 2.63, 3.42	-1.13
GROUND PLANE SIZE (mm)	90 x 50	90 x 50	90 x 50	107 x 45

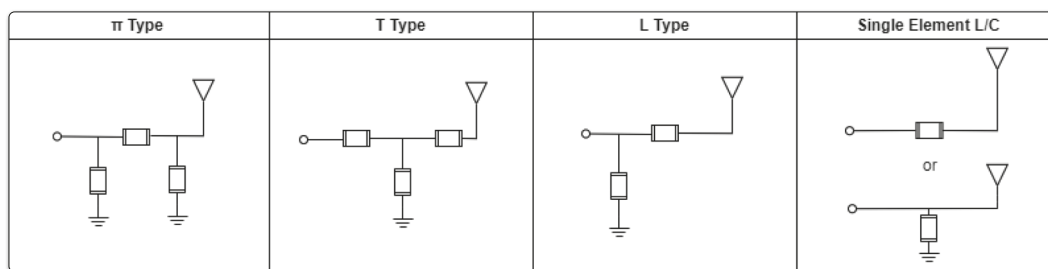


Bild 3: Anpassmöglichkeiten

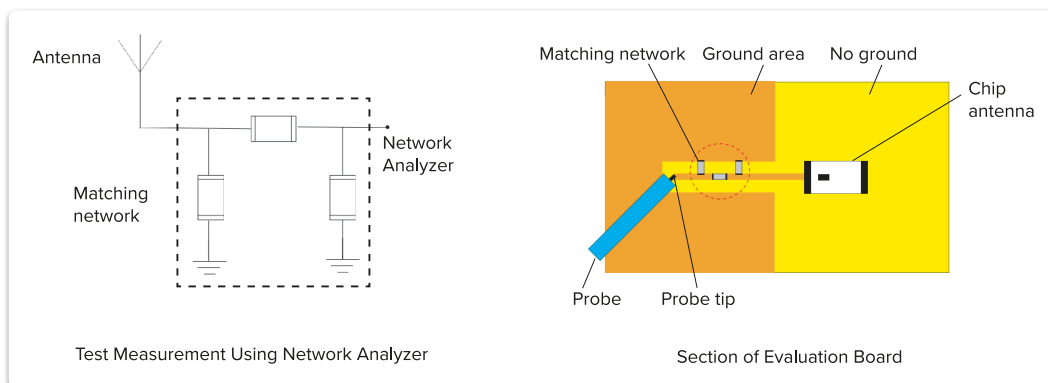


Bild 4: Zum richtigen Messen zwecks Optimierung

Impedanzanpassung führt zu einer maximalen Leistungsübertragung im gewünschten Band.

Bei Leiterbahnen auf der Leiterplatte ist es schwierig, die Antenne abzustimmen und die gewünschte Leistung zu erreichen, da das Antennen-Design von der Gesamtkonstruktion der Leiterplatte abhängt. Außerdem macht die niedrige Dielektrizitätskonstante der Leiterplatte die Antenne sehr empfindlich gegenüber Design-Änderungen und Toleranzschwankungen. In

solchen Szenarien ist eine Neuentwicklung (Re-Spinning) der Leiterplatte erforderlich, um die gewünschte Antennenleistung zu erzielen.

Bei Chip-Antennen können die Anpassungselemente variiert werden, um die systeminterne Verstimmung auszugleichen. Das Pi-Filter ist die bevorzugte Technik, da sie maximale Flexibilität bei der Abstimmung der Betriebsbandbreite bietet. Andere Anpassungsmethoden sind der T-Typ, der L-Typ und

ein einzelnes Serien/Shunt-Element, s. Bild 3.

Beim Entwurf des geeigneten Anpassungsnetzwerks kann ein Vector Network Analyzer (VNA) die Testschaltung auf der Platine messen und die Impedanz am Antenneneingang bestimmen, s. Bild 5. Mit Messung der

S-Parameter und der SWR-Bandbreite wird die Leistung der Chip-Antenne auf der Platine analysiert. Eine Abstimmung

kann die Antennenleistung weiter verbessern.

Kosten-Nutzen-Analyse: Leiterbahn- oder Chip-Antenne?

Tabelle 2 fasst die oben diskutierten Ideen zusammen und wägt die Überlegungen zum PCB-Design für PCB-Leiterbahnantennen gegenüber Chip-Antennen ab. Auf der Grundlage der Design-Anforderungen können Sie den Antennentyp wählen, der

am besten für die Anwendung geeignet ist.

Auf den Punkt gebracht

Die Leistung der Antenne wird durch die Umgebung beeinflusst, z.B. durch die Nähe zu anderen Komponenten oder dem Gehäuse.

In den meisten Fällen ist eine Abstimmung erforderlich, nachdem die Patch-Antenne

in der Endanwendung montiert ist, insbesondere wenn die Betriebsbandbreite der Antenne eng ist.

Es gibt verschiedene Methoden, die Patch-Antenne abzustimmen, wie z.B. das Verschieben des Speisepunktes, das Ändern der Form der oberen Silberelektrode und das Entfernen der Ecken oder Seiten der oberen Silberplatte.

Bei Chip-Antennen hängt der Wirkungsgrad der Antenne hauptsächlich von der Größe und Form der Massefläche ab, auf der sie montiert ist, sowie von der Impedanzanpassung der Antenne.

Ein höherer Wirkungsgrad bedeutet mehr Strahlungsleistung und einen größeren Betriebsbereich für die Antennen.

Dienstleister wie Abracon bieten systeminterne Abstimmungsdienste für Patch- und Chip-Antennen an. Durch die Charakterisierung der Antennenleistung im Endsystem oder -produkt nimmt dieser Service das Rät-selraten aus der HF-Verifizierung und bietet gleichzeitig Korrekturmaßnahmen zur Neuabstimmung des Systems. ◀

PARAMETER	PCB TRACE ANTENNA	CHIP ANTENNA
IN-HOUSE RF EXPERTISE	Required	Not Required
DESIGN CHANGES	Difficult	Different design configurations possible
SENSITIVITY	Highly sensitive to PCB changes	Less sensitive
SYSTEM LEVEL DE-TUNING	Requires a PCB re-spin (cost)	Can be achieved with input/output matching optimization (change L & C values)
EFFICIENCY	Poor	Good
SELECTIVITY	Poor	Good
SYSTEM COST	Cheapest	Moderate
SYSTEM LEVEL OPTIMIZATION SERVICE	Not available	Available from Abracon (see details below)