

Design von GPS-Antennen für Automotive-Anwendungen

Das Design aktiver GPS-Antennen befasst sich im Wesentlichen mit drei Komponenten: Einem Patch-Element, einem Filter und einem rauscharmen Verstärker. Jede dieser Komponenten stellt einen wichtigen Teil der Gesamtantenne dar und ist kritisch für die optimale Leistung.

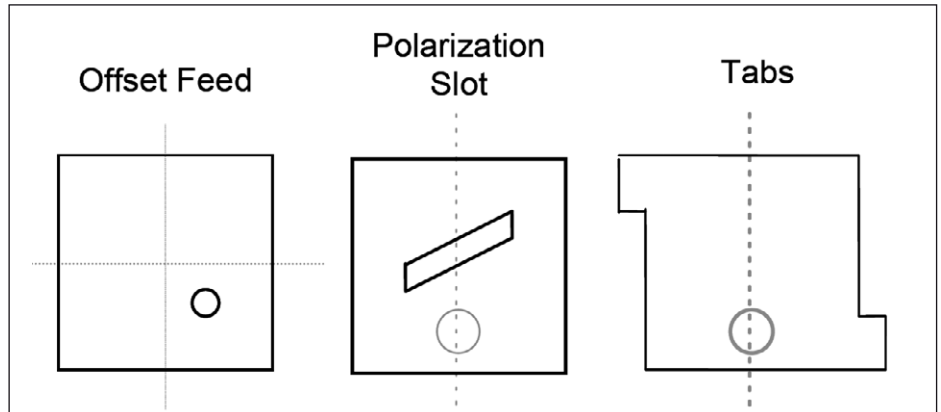


Bild 1: Verwendete Techniken zur Erzeugung von RHCP

Antennen-Element

Microstrip-Patch-Technologie wird oft zur Erstellung des Antennen-Elements für mobile GPS-Anwendungen verwendet. Die Abmessungen haben sich bis auf eine 1"-Rechteckfläche reduziert, bei Stärken von 0,16 bis 0,25". Die Dielektrizitätskonstante des keramischen Materials beträgt ungefähr 20. Verschiedene Techniken werden verwendet, um rechtsdrehende zirkulare Polarisation (RHCP) mit einem Patch Element zu erzeugen. Dazu gehören u.a. die Verwendung eines Polarisations-Schlitzes, Offset-Speisepunkte und Polarisations-Tabs. Die Auswahl liegt in der Entscheidung der Entwickler.

Axiales Verhältnis

Unabhängig vom jeweiligen Lösungsweg gibt es einige gemeinsame Auslegungs-Parameter, die für die Leistung der Antenne wesentlich sind. Um eine Antenne zu entwickeln, die im Hinblick auf die RHCP eine gute Leistung liefert, ist das axiale Verhältnis (ein Maß für die Reinheit der Antennen-Polarisation) kritisch. Je höher das axiale Verhältnis, um so elliptischer wird die Polarisation und desto niedriger die Verstärkung in Bezug auf die RHCP. Dieser Parameter ist das Resultat des Designs und der Prozesskontrolle. Ein gutes VSWR allein garantiert jedoch noch nicht

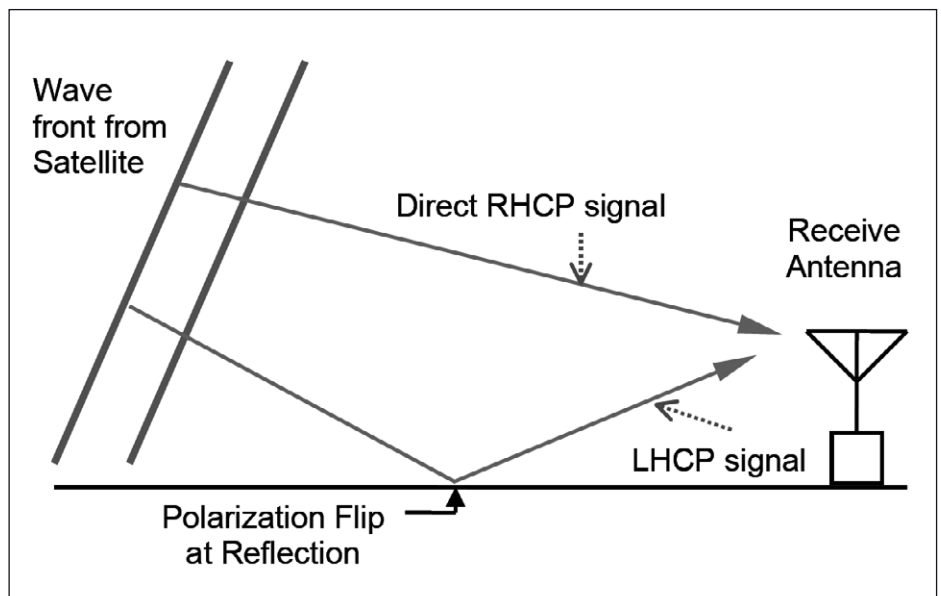


Bild 2: Polarisationsumkehrung von RHCP zu LHCP

M/A-COM Inc.
Application Note GPS01
"GPS Antenna Considerations for Automotive Applications"

die Qualität des axialen Verhältnisses der Antenne.

Die Wechselbeziehung zwischen Axial-Verhältnis und zirkularem Gewinn verdeutlicht die nachfolgende Formel, die einen Verstärkungs-Korrekturfaktor (GCF) für den Übergang von gemessener linearer Verstärkung und axialem Verhältnis zu zirkular liefert:

$$GCF (dB) = 20 \log [(1/\sqrt{2}) (1 + 10^{-AR/20})]$$

Wobei AR das axiale Verhältnis der Antenne in dB ist.

Man kann aus dieser Formel ersehen, dass eine Antenne mit einem axialen Verhältnis von 0 dB einen GCF von +3 dB hat. Das heißt, dass der zirkulare Gewinn der Antenne 3 dB höher als ihre maximale lineare Höchstverstärkung ist. Eine Antenne mit einem axialen Verhältnis von 8 dB hat einen Korrekturfaktor GCF von -0,1 dB und ist 3,1 dB schlechter als die Antenne mit 0 dB axialem Verhältnis.

M/A-COM hat eine Messprozedur entwickelt, die es ermöglicht, das axiale Verhältnis und das VSWR mit einer einzigen Messung zu verifizieren. Wir haben die Antennen anderer Hersteller daraufhin untersucht und wiederholt festgestellt, dass diese Parameter beträchtlich von den optimierten Werten abweichen. M/A-COM-GPS-Antennen weisen axiale Verhältnisse der Antennenreferenzachse von typisch 2 dB oder besser auf. Bei 2 dB beträgt die Abweichung des RHCP-Gewinns, aufgrund von Polarisationsmängeln, nur 1 dB gegenüber einer perfekten Antenne.

Eine Möglichkeit zur Kontrolle des axialen Verhältnisses ist die Mehrwege-Dämpfung. Werden RHCP-Signale, die vom Satelliten kommen, z.B. an der Seite von Gebäuden reflektiert, dann erfährt das Signal einen Polarisationsprung und wird LHC-polariert. Wenn der Pfad des reflektierten Signals noch in der Hauptstrahlkeule der GPS-Antenne liegt, dann ist die einzige Methode für die Unterdrückung des Mehrwegesignals eine hohe Reinheit der Polarisation. Eine Antenne mit gutem axialen Verhältnis und folglich guter Polarisations-Reinheit ermöglicht einen besseren Empfang des direkten RHCP-Signals als eine Antenne mit schlechtem axialem Verhältnis. Sie sorgt auch für eine bessere Unterdrückung des reflektierten LHCP-Signals.

Resonanzfrequenz

In gleicher Weise wichtig ist beim Design von GPS-Antennenelementen die Einhaltung der Resonanzfrequenz. Dazu ist ein vollständiges Verständnis für die Einflüsse von Radomen auf die Antennen-Resonanzfrequenz erforderlich. Die Gehäuse, die wir

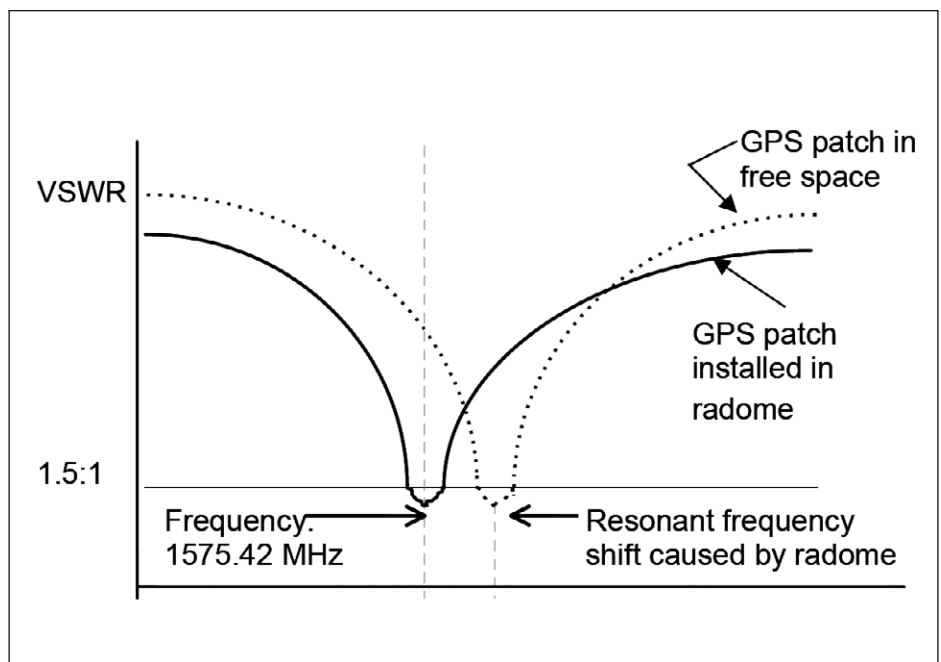


Bild 3: Einfluss des Radoms auf die endgültige Resonanzfrequenz

für GPS-Antennen benutzen, wurden bereits bei der Spezifikation des Resonanzfrequenzverhaltens der Patch-Antenne selbst berücksichtigt. SWR und axiales Verhältnisses, die vorher behandelt wurden, werden in einem spezifischen Frequenzbereich eingestellt. Dieser Bereich liegt höher als das endgültige Arbeitsfrequenzband von 1575 MHz ± 3 MHz, um zu erreichen, dass jede Antenne nach der Endmontage optimal im korrekten Frequenzband arbeitet. Diese Charakteristiken werden an jedem Antennenelement überprüft, desgleichen die Betriebsparameter jeder fertigen Baugruppe.

Das Verständnis für den Einfluss von dielektrischen Ladungen auf Radomen ist sehr wichtig, um Hardware mit identischen Eigenschaften produzieren zu können. Ohne Beachtung dieser Einflüsse weisen manche Antennen Verschiebungen der Resonanzfrequenz von 1535 bis 1595 MHz auf.

Die Resonanzfrequenz einer Patch-Antenne ist je nach der Größe ihrer Groundplane unterschiedlich. Der Designer muss den Einfluss der Groundplane-Größe auf die Antenne so lange minimieren, bis er die kleinstmöglichen Abmessungen erreicht hat, von denen aus weitere Änderungen nur noch vernachlässigbaren Einfluss auf das Antennenverhalten haben.

M/A-COM hat die Resonanzfrequenz und die Bandbreite des Patch-Designs so eingestellt, dass diese Forderung erfüllt wird. Änderungen der Abmessungen der Groundplane von 0 bis zu 7,5 cm Durchmesser haben einen bekannten und ausgewogenen

Effekt auf die Leistung unserer Patch-Designs. Diese Änderungen gehen in einen konstanten Wert über, wenn ein Durchmesser von ungefähr 6“ erreicht ist. Weitere Vergrößerungen der Ground-Plane über diesen Wert hinaus haben einen vernachlässigbaren Effekt auf das Antennenverhalten. Ohne diese Designüberwachung kann es jedoch zu signifikanten Änderungen im Strahlungsdiagramm kommen,

Bandbreite

Die Bandbreite ist ein Schlüsselparameter der Antenne. Es ist wichtig, eine möglichst große Bandbreite in Hinblick auf das VSWR und die CP-Reinheit zu erreichen, um die Produktionserträge zu erhöhen und die Kosten zu senken. Gleichzeitig muss die Bandbreite aber auch relativ schmal sein, um die Außer-Band-Unterdrückung erhöhen, da ja nur ein Antennenelement zur Verfügung steht. Dies hilft bei der Verarbeitung der Nutzsignale, die am LNA ankommen und verringert die Anforderungen an das Bandpassfilter.

Das von M/A-COM verwendete Konzept der Patch-Antenne optimiert die CP-Bandbreite über den VSWR-Bereich. Der Frequenzbereich über den die Antenne ein akzeptierbares CP-Verhalten aufweist bietet ist nur ein wenig kleiner als die VSWR-Bandbreite, so dass die Unterdrückungseigenschaften außerhalb der Bandbreite erhalten bleiben. Die Wahl eines dünnen Dielektrikums (0,160 Inch) hilft bei einem Antennendesign, welches die CP-Bandbreiten-Performance erweitert.



Bild 4: Antennen-Zenit-Gewinn als Funktion der Ground-plane-Abmessungen

SWR-Verhältnis

Wenn auch die VSWR-Messung des Patchelements selbst allein nicht genügt, so kann sie doch auch nicht ignoriert werden. Schlechtes VSWR resultiert in geringerer Verstärkung aufgrund des durch die Fehlanpassung verursachten Signalverlusts. Die von MA/COM entwickelten Antennenelemente haben ein In-Band-VSWR von 1.5:1 oder besser. Daraus ergibt sich ein Fehlanpassungsverlust von nur 0,28 dB, gemäß folgender Beziehung:

$$\text{Fehlanpassungsverlust (dB)} = 10 \log [1 - \{(VSWR-1)/(VSWR + 1)\}^2]$$

LNA

Bei den LNAs, die in M/A-COMs aktiven Antennen verwendet werden, handelt es sich um Hochleistungs-GaAs-MMICs in einem

preiswerten 8-lead-SOIC-Plastikgehäuse zur Oberflächenmontage. Diese LNAs enthalten drei monolithische Verstärkerstufen mit eigener Bias-Erzeugung, sowie ein einfaches Anpassungs-Netzwerk für minimales Rauschen. Der LNA kann überall dort ideal eingesetzt werden, wo niedriges Rauschen, hohe Verstärkung, hohe Dynamikwerte und geringer Leistungsverbrauch gefordert werden. Der LNA wird unter Verwendung eines 0,5-Mikron-GaAs-Prozesses hergestellt, der volle Passivierung für erhöhte Leistung aufweist.

Die LNAs sind an das PC-Board für das Betriebsband von 1575 MHz angepasst. Die gleichbleibende Mittelfrequenz des Antennenelements, gekoppelt mit einem LNA, der auch für 1575 MHz optimiert ist, ergibt eine sehr effiziente, optimierte Einheit.

Filter

Das in einer aktiven GPS-Antenne verwendete Bandpassfilter ist eine wichtige Komponente des Systems. Die Unterdrückung von Außerbandsignalen kann ein kritischer Faktor sein, wenn die GPS-Anlage auch in Anwesenheit interferierender Signale, wie z.B. Zellularfunk, einwandfrei funktionieren soll.

M/A-COM verwendet eine zweistufige Filterung in seinen aktiven GPS-Produkten vor. Beide Filter sind keramische Bandpässe, eins ein Zweipol das andere ein Dreipol. In jedem Fall werden die einzelnen Filter auf ihre Mittelfrequenz, die Einfügungsdämpfung und die Außerbandunterdrückung bei ±50 MHz (oder anderen Frequenzen) überprüft, bevor man sie in die Baugruppe integriert.

Die Positionierung dieser drei Elemente ist für die Gesamttauschzahl der Baugruppe wichtig. Durch das Anbringen des LNAs direkt hinter dem Antennenelement und vor dem Filter (in einem Empfänger) ist die Rauschzahl der Antenneneinheit im wesentlichen gleich der des LNA. Wichtig ist auf jeden Fall die Unterdrückung unerwünschter Eingangssignale durch das Patchelement, um das Niveau der Außerbandsignale am LNA-Eingang zu verringern.

Auslegung der Platine

Ein schlechtes Platinenlayout kann zerstören was andererseits ein gutes Design hätte sein können. Die Platine muss so ausgelegt werden, dass keine unerwünschte HF-Kopplung zwischen Leitungen auftritt, welche die Leistung verschlechtern könnte. DC-Biasleitungen müssen an allen wichtigen Schaltungspunkten angemessene HF-Drosseln haben. An HF-Leitungen müssen ausreichend große Kondensatoren zur DC-Trennung vorgesehen werden, damit jeder LNA richtig vorgespannt wird. Die gedruckte Schaltung muss den erforderlichen angepassten Eingang und Ausgang zum LNA zur Verfügung stellen.

Zur Verbesserung der ohnehin schon vorhandenen HF-Entkopplung aller Ausgangsleitungen und DC-Anschlüsse enthält jede aktive Antenne eine HF-Abschirmung, welche die Bestückungsseite der gedruckten Schaltung abdeckt und damit HF-Einkopplung und Rück-Abstrahlung vom Patch-Element in die Antenne verhindert. Vor dem Zusammenbau werden das Patch-Element, die LNAs und die Filter auf die geforderten Spezifikationen getestet. Der endgültige Abgleich umfasst die SWR-Messung, den gewobbelten Gain und die Außenband-Unterdrückung.

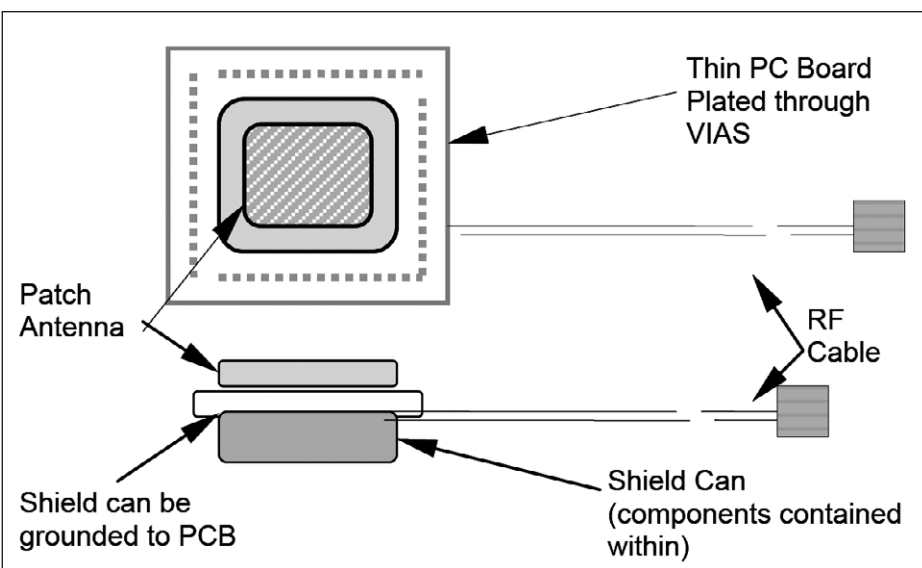


Bild 5: HF-Abschirmung für aktive GPS-Antennen

■ M/A-COM Inc.
www.macom.com