



Entwicklung von Kfz-Radio-Tunern

Die Entwicklung und Fertigung von AM/FM (MW/UKW)-Tuner ist eine technische Herausforderung, die nur wenige Halbleiterhersteller beherrschen. Im vorliegenden Beitrag werden die wichtigsten Kriterien für einen guten Radio-Empfang, wie beispielsweise Empfindlichkeit und Selektivität, Schutz gegen Intermodulationsverzerrung, UKW-Phasendiversity und Mehrwege-Handling, vorgestellt.

Hochleistungsfähige Radio-Tuner sind die Grundlage heutiger anspruchsvoller Infotainment-Plattformen in Fahrzeugen. Doch die Entwicklung und Fertigung von AM/FM (MW/UKW)-Tuner ist eine technische Herausforderung, die nur wenige Halbleiterhersteller beherrschen.

Zu diesen Herausforderungen zählt die hohe Mobilität, die von Kfz-Tunern verlangt, dass sie Signale selbst bei unterschiedlichsten Bedingungen empfangen müssen. Tuner müssen Signalbeeinträchtigungen wie Mehrwegeeffekte meistern, die durch Reflexion des Rundfunksignals an Bergen oder

Gebäuden entstehen. Die Amplitude und Phase des empfangenen Signals kann sich ändern, was zu Verzerrungen und/oder Verlust der Audio-Wiedergabe führt. Schwache Signale treten in entfernten Gegenden auf, was die Qualität beeinträchtigt. Stromleitungen und Funkmasten geben starke elektromagnetische Wellen ab, die Rundfunksignale stören können.

Im Fahrzeuginneren kann eine schlechte EMV-Abschirmung bei Elektromotoren sowie der Fahrzeugmotor selbst Störungen verursachen, genauso wie eine falsch angeschlossene Antenne. Zusätzliche Störquellen sind die DC/

DC-Wandler auf der Leiterplatte des Autoradios, LCD-Panels sowie andere störbehaftete, schnelle Digitalschaltkreise.

Nur wenige Anbieter sind imstande, ein fortschrittliches HF-CMOS-Design für Tuner-Digital-Architekturen mit niedriger Zwischenfrequenz (Low-IF) anzubieten. Zudem muss für das HF-Design, Leiterplatten-Layout und Automotive-Tests ein weltweiter Support vor Ort zur Verfügung stehen. Alle diese Anforderungen stellen eine hohe Barriere dar, daher sind nur wenige Halbleiterhersteller imstande, Tuner für den Automotive-Infotainment-Markt anzubieten.

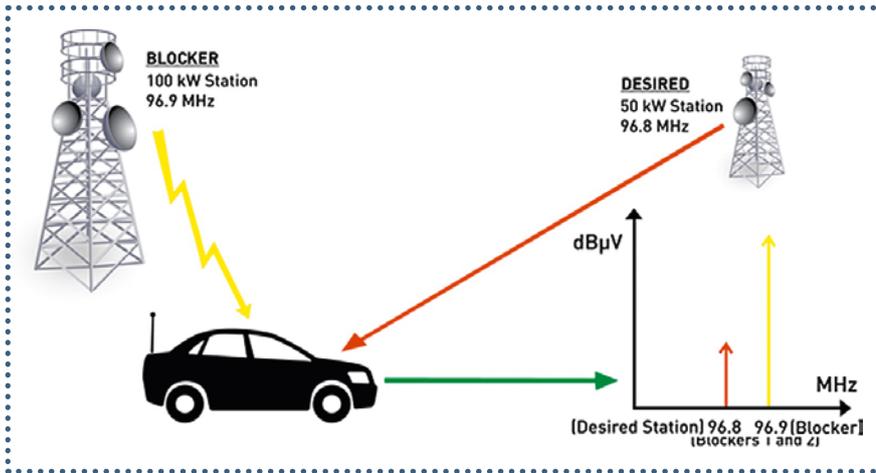


Bild 1: Hohe Selektivität und dynamische Bandbreitenregelung sind entscheidend beim Empfang schwacher Signale in Gegenwart starker Signale.

Empfindlichkeit und Abstimmsschärfe

Empfindlichkeit ist die Fähigkeit, auch schwache Sender empfangen zu können. Ein guter Tuner mit einer Empfindlichkeit von $-3,5\text{dB}\mu\text{V}$ kann ein Signal mit $0,5\mu\text{V}$ empfangen und erweitert den Empfangsbereich auf eine UKW-Station auf bis zu 160 km Entfernung.

Abstimmsschärfe (Selektivität) ist erforderlich, um schwache Sender in Gegenwart stärkerer Sender bei kleinen Frequenzabständen zu empfangen (Bild 1). Dies ist vor allem in Stadtgebieten besonders wichtig. Die Nachbarkanal Selektivität bezieht sich auf die

Unterdrückung von Signalen, die $\pm 100\text{kHz}$ von der eingestellten Frequenz entfernt sind. Dies trifft vor allem auf den europäischen Markt zu, da Nachbarkanal-Blocker nur $\pm 100\text{kHz}$ für UKW-Radio in Grenzregionen betragen dürfen. Ein leistungsfähiger Automotive-Tuner benötigt daher mindestens 65 dB Selektivität mit $\pm 100\text{-kHz}$ -Blockern. Einige Tuner erreichen dies mit Radio-DSP-Algorithmen, die die gewünschte Kanalbandbreite dynamisch optimieren, indem mehrere Signalmetriken gemessen werden, einschließlich Nachbarkanal- und Alternativkanal-Bedingungen. In der Gegenwart von Blockern verringern sie die Kanalbandbreite.

Schutz gegen Intermodulationsverzerrung

IP3 ist eine Gütezahl für die Linearität eines Tuners. Eine höhere IP3 bedeutet bessere Linearität und weniger Verzerrung. Die höchste Verzerrung ist die Intermodulationsverzerrung dritter Ordnung (IMD3), die durch zwei eng aufeinanderfolgende Blocker entsteht, die sich auf dem Kanal des gewünschten Senders zeigen (Bild 2). Tuner mit niedriger IP3 benötigen teure High-Q-Tracking-Filter, um IMD3 zu vermeiden. Fortschrittliche Automotive-Tuner bieten einen IP3 von $117\text{dB}\mu\text{V}$ sowie eine Empfindlichkeit von $-3,5\text{dB}\mu\text{V}$ bei voller HF-Verstärkung. Diese Tuner bieten einen weiten IMD-Dynamikbereich und schützen ohne externe Filter gegen IMD3.

Überprüfung alternativer Frequenzen

Die Überprüfung alternativer Frequenzen (AF) erleichtert das Abstimmen auf eine andere Frequenz des gleichen Senders, wenn das erste Signal zu schwach wird. In Europa erfolgt die AF-Überprüfung mittels RDS; d.h., die AF-Liste wird über die RDS-Daten übermittelt. In hochwertigen Fahrzeugen kommt im Hintergrund ein Begleit-Tuner zum »

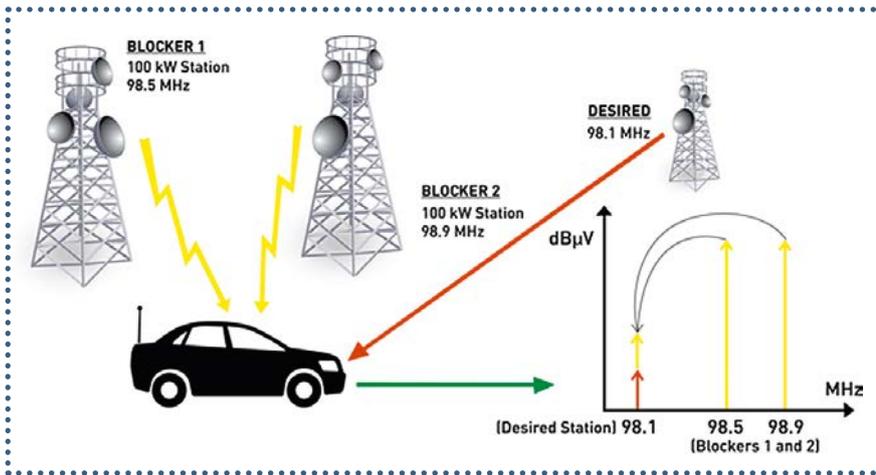


Bild 2: Eine guter IP3-Wert schützt gegen Intermodulationsverzerrungen.

Einsatz, um die AF-Liste zu scannen. Dabei werden AF-Senderdaten an den Host übermittelt, der dann entscheidet, auf die AF-Station zu wechseln. Bei kostengünstigen Radios (wenn zwei Tuner zu teuer wären), ist der Haupt-Audio-Tuner auf die AF-Station eingestellt, um diese zu qualifizieren, und wird dann neu auf den Hauptsender abgestimmt, ohne die Audioübertragung zu unterbrechen. Die AF-Überprüfung muss innerhalb 10 µs erfolgen. Die meisten Tuner qualifizieren nur die RSSI (Received Signal Strength Indication) der AF-Station. Fortschrittlichere Varianten führen eine AF-Überprüfung in 6 ms oder weniger durch und qualifizieren vier Stationswerte: RSSI, SNR, Frequenz-Offset und Mehrwege-Interferenz.

UKW-Mehrwege-Handling

Mehrwegeverzerrung tritt auf, wenn zwei oder mehr Signale aus der gleichen Quelle aufgrund von Reflexionen zu unterschiedlichen Zeiten, mit unterschiedlichen Phasen und verschiedenen Dämpfungspegeln am Empfänger ankommen. Das Radiosignal, das zuerst am Empfänger ankommt, kann Amplituden- und Phasenänderungen aufgrund von zwei Mehrwege-Fading-Arten aufweisen: Flat Fading und frequenzselektives Fading. In städtischen Umgebungen erzeugen Reflexionen von Gebäuden ein Mehrwege-Fading mit kurzer Verzögerung, das Breitband-Deep-Fading verursacht. Alle Spektralkomponenten des Signals erfahren gleichzeitig eine Amplitudendämpfung (Flat Fading), die Audio-Pops und Ausfälle verursacht. Lange Mehrwegeverzögerun-

gen (frequenzselektives Fading) entstehen durch die Reflexionen an Objekten, die mehrere Kilometer entfernt sind, z. B. an Hügeln oder hohen Gebäuden. Dabei werden bestimmte Spektralkomponenten gedämpft, was tiefe Aussparungen in der Kanal- und Audioverzerrung verursacht.

Mehrwegeeffekte werden durch Rückmischung von Stereo auf Mono gemildert. Dabei kommen Tiefpass-Audiofilter (Hi-Cut und Hi-Blend), Audio-dämpfung und Soft Muting zum Einsatz. Tuner-Abschwächungsfunktionen laufen automatisch und dauerhaft und werden durch Signalqualitätsmerkmale aktiviert und überwacht.

Moderne Automotive-Tuner bieten einen UKW-Kanal-Equalizer, um frequenzselektives Mehrwege-Fading auszuschließen. Dabei ergibt sich eine Audioqualität mit minimaler Verzerrung. Der Anpassungsalgorithmus des Equalizers versucht, durch das frequenzselektive Fading gedämpfte Spektralkomponenten wieder herzustellen. Dabei wird das Signal wieder hergestellt, selbst wenn sich das Fahrzeug durch mehrere Fading-Situationen hindurch bewegt. Das Audiosignal wird weniger gedämpft und es treten weniger Verzerrungen auf.

UKW-Phasendiversity

Automobilhersteller in Europa verwenden heute Glas-/Patch-Aktivantennen. Die Kombination zweier solcher Antennen erhöht die Signalstärke und den Widerstand gegen Mehrwege-Fading. Der Signalausbreitungspfad einer Antenne kann einen Deep-Fade erfahren, wäh-

rend der andere Pfad davon verschont bleibt.

Um sowohl Flat Fading als auch frequenzselektives Fading zu adressieren, werden Automotive-Tuner mit Dual-Tuner Phasendiversity-Systemen und Kanal-Equalizer ausgestattet. Die Dual-Tuner-Ausgänge werden kombiniert, und im Phasendiversity-System empfangen zwei optimal platzierte, unkorrelierte Antennen das HF-Signal.

Dual-Tuner Antennenphasendiversity erleichtert die Kombination mehrerer Antennenausgänge, um einen schlechten Signalempfang durch Flat Fading zu minimieren. Die zwei Empfänger nutzen einen gemeinsamen Referenztakt, damit sie auf die gleiche Kanalfrequenz eingestellt sind und das ZF-Signal sowie zugehörige Signalqualitätsmerkmale vom sekundären zum primären Empfänger streamen können. Die beiden ZF-Signale werden im primären Empfänger mithilfe von Phasendiversity-Algorithmen phasengleich kombiniert. Das kombinierte ZF-Signal durchläuft den Kanal-Equalizer, die UKW-Modulation, MPX-Dekodierung und Signalaufbereitung im primären Empfänger. Der Ausgang ist ein Stereosignal, das in eine Audiosignalverarbeitungseinheit gespeist wird.

Blick in die Zukunft

Entwickler von Infotainment-Systemen verlangen eine immer höhere Radioqualität zu geringeren Systemkosten, und Verbraucher erwarten CD-Qualität von ihren Autoradios. Die Fahrzeughersteller und ihre Tier-1-Zulieferer reagieren auf diese Forderungen durch Infotainment-Systeme, die Automotive-Tuner mit hoher Empfindlichkeit, Selektivität, IP3 Performance und UKW-Phasendiversity-Empfang enthalten, wie beispielsweise die Si475x- und Si476x-Serien von Silicon Labs. Viele der neuen Tuner unterstützen auch Digitalradio-Standards wie iBiquity HD Radio in den USA und Digital Audio Broadcasting (DAB) in Europa. ■ (oe)

» www.silabs.com



Arthur Chan ist Senior Product Marketing Manager bei Silicon Labs.