HF-Leistungsverstärker bieten modernste Lösungen für den digitalen Rundfunk

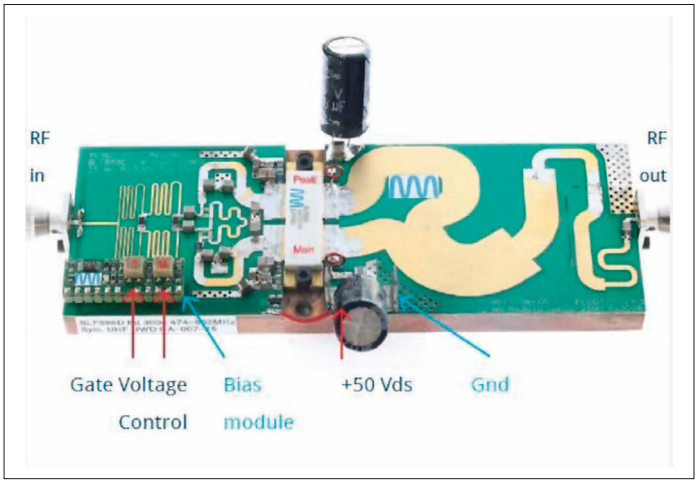

Bild 4: UWD-Doherty mit BLF888E (Quelle: Ampleon)

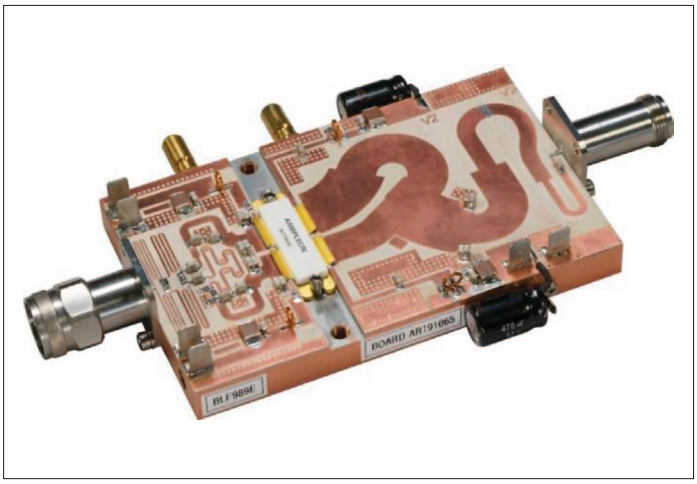

Bild 5: UWD-Doherty mit BLF989E (Quelle: Ampleon)

Dieser Artikel erläutert die aktuellen Markttrends ausführlicher und analysiert die technischen Folgen dieser Veränderungen sowie einige der Herausforderungen und verfügbaren Lösungen für die Entwickler leistungsstarker, hocheffizienter HF-Leistungsverstärker für den digitalen Rundfunk.

Co-Autoren:
Alan Hutton – Director Distribution Sales Manager
Walter Sneijers – Senior Principal Engineer Applications
Herm Titulaer – Senior Director Program Management
Houssem Schuick – Senior Director Marketing, Ampleon

Ampleon
www.ampleon.com

Die Rundfunkbranche befindet sich derzeit in einem tiefgreifenden Wandel. Die Einführung von Sendern für DVB-T2 (Digital Video Broadcasting, Second Generation Terrestrial) schreitet in ganz Europa fort. In den USA hat die Federal Communications Commission (FCC) auf die Verknappung von Frequenzbändern aufgrund der 5G-Einführung reagiert: Sie hat eine „Neuzuteilung" von Frequenzbereichen angestoßen und Rundfunkanstalten gezwungen, die Übertragungskanäle zu wechseln. Während dessen erneuert ein Großteil der betroffenen Rundfunkanstalten angesichts der bevorstehenden Einführung des neuen Standards ATSC-3.0 ihre Transmitter, indem sie zu neuen Kanälen wechseln. Dadurch bewältigen sie mehrere Veränderungen gleichzeitig und stellen zudem sicher, dass die Kunden nicht wiederholt Sendersuchläufe durchführen müssen. Durch diese Veränderungen wird in den nächsten Jahren die Nachfrage nach hochleistungsfähigen, noch effizienteren Transmittern steigen. HF-Leistungsverstärker sind wichtige Komponenten in Systemen für die Rundfunkübertragung, denn die Kosten der Rundfunkbetreiber hängen von Leistungsverstärkern ab, die über das gesamte UHF-Rundfunkspektrum effizient betrieben werden können.

Aktuelle Entwicklung

Drei wichtige Faktoren treiben derzeit den Wandel in der weltweiten Rundfunkbranche voran:

- die laufende Einführung von DVB-T2
- das Aufkommen von ATSC-3.0
- die „Neuzuteilung" der Frequenzbereiche für Fernsehsender in den USA und in Zukunft möglicherweise auch in anderen Regionen.

Zu DVB-T2: Das European Telecommunications Standards Institute hat eine Reihe von Standards für den digitalen Rundfunk verabschiedet. Die 1997 veröffentlichte Spezifikation des DVB-T-Standards (Digital Video Broadcast –Terrestrial) wurde weltweit großflächig eingeführt und führte in vielen Ländern zur Abschaltung analoger Sender. Aufgrund der drohenden Verknappung des Frequenzspektrums in Europa gab der DVB den überarbeiten DVB-T2-Standard heraus, der eine effizientere Nutzung der Frequenzbereiche ermöglicht. Durch orthogonales Frequenzmultiplexverfahren (OFDM) mit einer großen Anzahl an Subträgern ist der DVB-T2 ein sehr flexibler Standard. Er bietet zudem den Vorteil, dass die Wiederverwendung bestehender Antennen möglich ist. Der ursprünglich 2009 veröffentlichte DVB-T2-Standard wurde bis zum Jahr 2014 in mehr als zwölf Ländern eingeführt. Das Marktforschungsinstitut Dataxis geht davon aus, dass 72% der europäischen Haushalte bis zum Jahr 2022 Zugang zu DVB-T2-basierten Ausstrahlungen haben werden.

Zu ATSC-3.0: Im Januar 2018 kündigte das Advanced Television Systems Committee (ATSC) die Veröffentlichung von ATSC 3.0 an, einer Reihe von Standards für den digitalen Rundfunk. Dies ist ein weiterer wichtiger Meilenstein bei der Entwicklung von Systemen für den Fernsehrundfunk. ATSC 3.0 umfasst etwa 20 Standards, die neue Technologien unterstützen, beispielsweise HEVC für Videokanäle von bis zu 2160p-4K-Auflösung mit 120 Bildern pro Sekunde, High Dynamic Range, Dolby AC-4 und MPEG-H 3D Audio, um nur einige zu nennen. ATSC 3.0 und DVB-T2 haben vieles gemeinsam, denn beide nutzen OFDM und bieten vergleichbare Leistung und Flexibilität. Während die Verwendung von DVB-

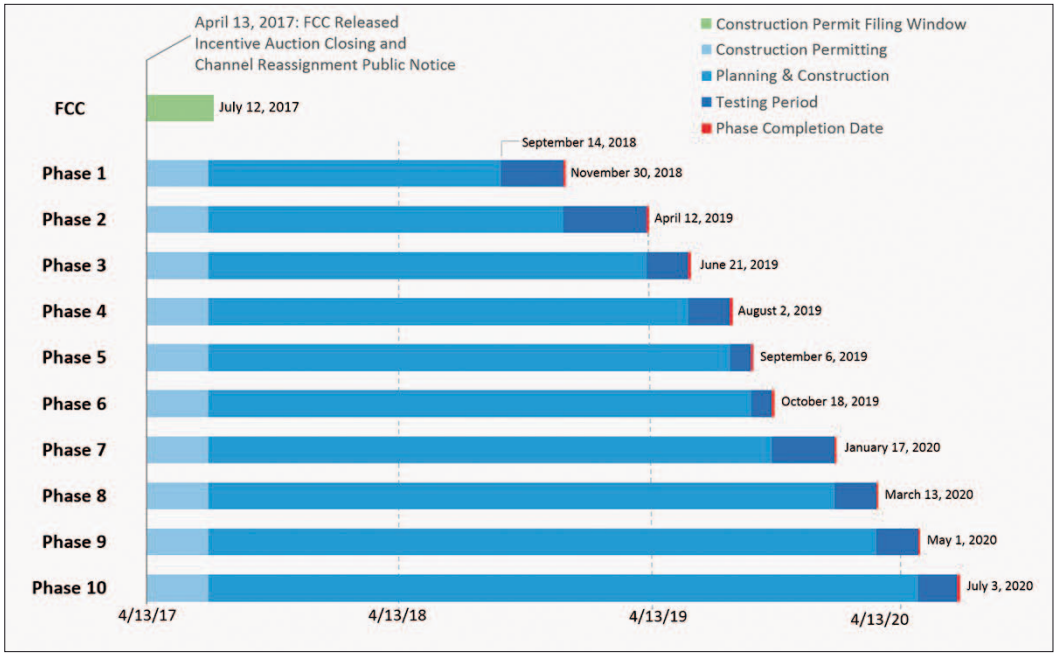

Bild 1: Zeitplan der FCC für die Neuzuteilung von Frequenzbereichen (Quelle: FCC)

T2 heute bereits weit verbreitet ist, etabliert sich der ATSC-3.0 hingegen gerade erst. Bis zum Jahr 2020 wird es voraussichtlich erste Fernsehgeräte für den Empfang von ATSC-3.0 geben.

Zur Neuzuteilung der Frequenzbereiche: In Erwartung der künftigen Verknappung wertvoller Frequenzbänder für den Rundfunk ermächtigte die US-amerikanische Regierung im Jahr 2012 die Federal Communications Commission (FCC), Fernsehanstalten dazu „anzuregen", einen Teil ihrer Frequenzbereiche aufzugeben. Von den ursprünglichen Sendefrequenzen von 470 bis 860 MHz der Fernsehanstalten wurde das obere Frequenzband über 600 MHz für die Verwendung durch Mobilfunkanbieter freigegeben. Gleichzeitig wurden die Sendeanlagen auf den neuen ATSC-3.0-Standard vorbereitet. Um diesen Prozess in Gang zu bringen, führte die FCC die erste Auktion ihrer Art durch, die Sendeanstalten Anreize für eine Neuzuteilung von Frequenzbändern bot. Bis zum Abschluss der Auktion im März 2017 hatten die Sendeanstalten 84 MHz des Spektrums von den Kanälen 38 bis 51 freigegeben sowie 70 MHz, gebündelt in 10-MHz-Paketen, an Mobilfunkbetreiber verkauft. Nach Durchführung der Auktion geht die FCC davon aus, dass etwa 1200 Fernsehsender von diesem Verfahren betroffen sind. Diese haben nun etwa drei Jahre Zeit, um zu neuen, niedrigeren Frequenzbändern zu wechseln. Die geplante „Neuzuteilung" umfasst zehn Stufen (Bild 1) mit gestaffelten Fertigstellungsterminen. Auf diese Weise soll die Beeinträchtigung der Sendeanstalten während der Übergangsphase möglichst gering bleiben.

Aufgrund der Neuzuteilung von Frequenzbereichen müssen viele Fernsehsender ihre Sendefrequenzen ändern, wofür eine sorgfältige Planung erforderlich ist. Falls die Sendestation für einen begrenzten Zeitraum auf beiden Frequenzen senden muss, wird unter Umständen eine zweite Antenne benötigt, was sich wiederum auf die Sendemasten, etwaige vorhandene Antennen, HLK-Anlagen und so weiter auswirkt. In vielen Fällen erscheint es Sendeanstalten daher vermutlich wirtschaftlicher, angesichts von begrenzter Leistung und anderen Einschränkungen die bestehenden Sendeanlagen zu ersetzen. Dies gilt insbesondere für Anlagen, die älter sind und ATSC-3.0 nicht unterstützen.

In dem Maße, wie Rundfunkbetreiber die zugeteilten Frequenzbereiche nutzen, werden die Herausforderungen bei der Umstellung auf DVB-T2, ATSC-3.0 und die Neuzuteilung der Frequenzbänder zu einem umfassenden Austausch der Sendeanlagen in Europa, in den USA und anderen Regionen führen.

Wichtige Überlegungen bei PAs für TV-Transmitter

Der übliche Übertragungsweg digitaler Rundfunkausstrahlungen umfasst einen Transmitter, der im Wesentlichen aus dem Erreger und dem HF-Leistungsverstärker (PA) besteht, s. Bild 2. Der Input in das System besteht aus dem Basisbandsignal das vom HF-Träger im Erreger moduliert wird, bevor es vom HF-Leistungsverstärkermodul verstärkt wird. Im Gegensatz zur Zeitsignalhüllkurve bei einem modulierten Signal, bei dem es zu großen Schwankungen bei den Hüllkurvenspitzen kommt, bleibt der durchschnittliche Leistungspegel konstant und die durchschnittliche Sendeleistung (Transmitter Output Power, TPO) bestimmt die Leistungsfähigkeit einer TV-Sendeanlage.

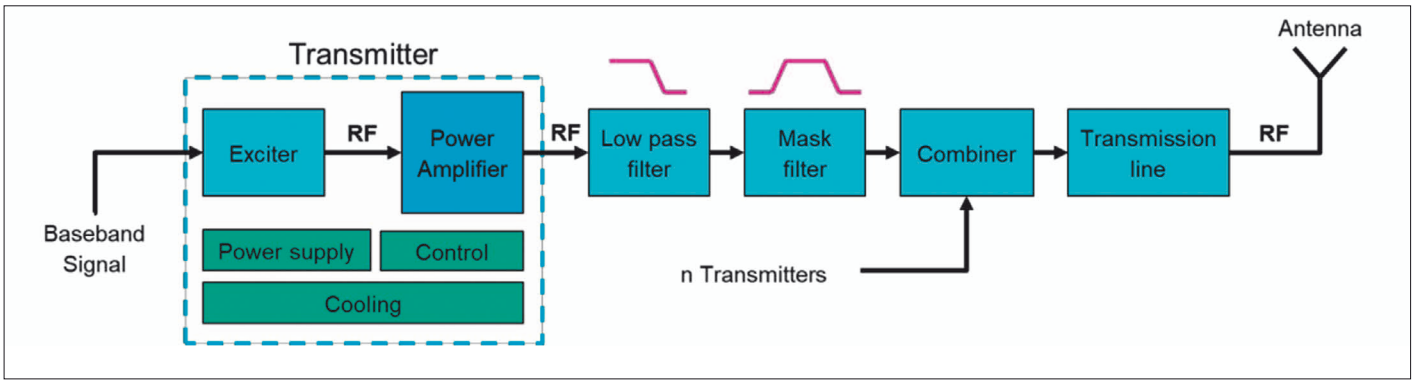

Bild 2: Typische Sendeanlage für digitales Fernsehen (Quelle: Ampleon)

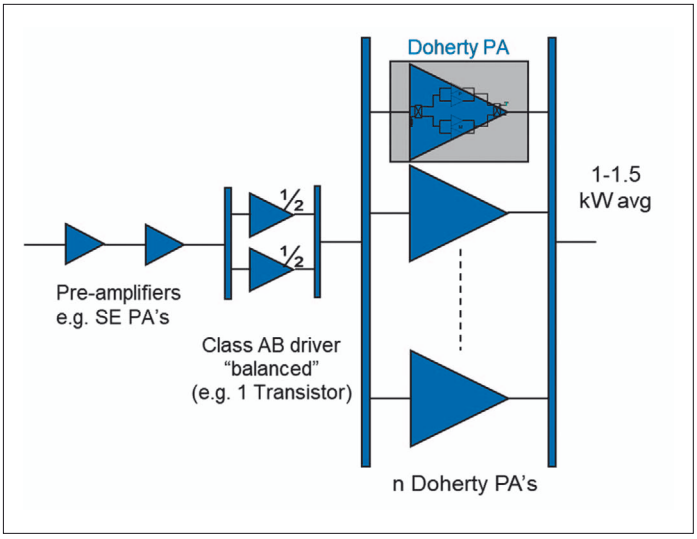

Bild 3: Ein typisches Leistungsverstärkermodul (Quelle: Ampleon)

In den Jahren nach ihrer Einführung entwickelten sich HF-Transistoren auf LDMOS-Basis zur wichtigsten Lösung für zahlreiche Leistungsverstärker, insbesondere innerhalb der Rundfunkbranche. Für diese Entwicklung gibt es zwei unterschiedliche Erklärungen. Einerseits basiert sie auf dem hohen Wirkungsgrad und der großen Leistungsfähigkeit der LDMOS-Technologie, andererseits auf den „Euros pro Watt" – der Kosteneffizienz der Lösung.

Eine typische Sendestation liefert durchschnittlich 25 kW HF-Leistung, indem mehrere Verstärkermodule parallel mit vier oder mehr Verstärkerpaletten kombiniert werden sowie mit einer Treiberstufe mit zwei „symmetrischen" Schnittstellen und jeweils einem Vorverstärker für die einzelnen Verstärkermodule (Bild 3). Das Aufkommen der leistungsstarken HF-Transistoren auf LDMOS-Basis in den letzten paar Jahren hat einen Paradigmenwechsel bei der Leistungsfähigkeit von HF-Verstärkern herbeigeführt. Während HF-Komponenten anfangs einige hundert Watt bewältigten, geht ihre Leistungsfähigkeit inzwischen weit über 1,5 kW hinaus. Tatsächlich erwarben sich solche Transistoren schnell einen ausgezeichneten Ruf für ihre Leistungsstärke, den hohen Wirkungsgrad und ihre äußerst starke Robustheit als führenden Standard.

Die modernen Standards DVB-T2 und ATSC-3.0 nutzen OFDM-Signale. Dies wirkt sich auf alle Teile des Übertragungswegs aus, insbesondere auf die HF-Leistungsverstärker, denn dabei wird ein höherer PAR-Wert (Peak-to-Average-Ratio) von etwa 8 dB benötigt, um Sättigung im Leistungsverstärker zu vermeiden, und damit eine Intermodulation der Subträger und Interferenzen außerhalb des Frequenzbands. Diese Probleme lassen sich durch eine reduzierte Verstärkerleistung beheben. Allerdings verringert dies den Wirkungsgrad, was sich auf die Leistungsaufnahme auswirkt und damit den Energieverbrauch und somit die Betriebskosten beeinflusst.

Die Herausforderung für die Entwickler von HF-Leistungsverstärkern besteht deshalb im optimalen Ausgleich zwischen Leistungsfähigkeit und Wirkungsgrad, um einen Verstärker herzustellen, der über einen großen Bereich unterschiedlicher Betriebsbedingungen effizient arbeitet. Da viele neue Transmitter, die im Rahmen der Neuzuteilung zum Einsatz kommen, zunächst auf den alten Frequenzbereichen der Rundfunkanstalten betrieben werden, bevor sie auf neu zugeteilten Frequenzbändern eingesetzt werden, müssen HF-Leistungsverstärker über das gesamte UHF-Rundfunkspektrum von 470 MHz bis 806 MHz effizient arbeiten.

Aktuelle und künftige PAs für DVB-T2 und ATSC-3.0

Die Aufgabe der Entwickler wurde durch zwei relativ neue technologische Entwicklungen bei HF-Leistungsverstärkern begünstigt. So wurde einerseits mithilfe von symmetrischen sowie asymmetrischen Doherty-Architekturen im Ultra-Breitband-Bereich (UWD-Doherty) ein höherer Wirkungsgrad erzielt. Andererseits bietet eine neue Generation an Leistungstransistoren auf LDMOS-Basis bisher unerreichte Robustheit sowie branchenweit den besten Ertrag und Wirkungsgrad.

Ampleon ist einer der weltweit führenden Hersteller von Leistungselektronik für Rundfunkanwendungen und hat erhebliche Ressourcen in die Entwicklung von UWD-Referenzdesigns investiert. Diese Lösungen zeigen, wie Designs unter Verwendung des Transistors BLF888 (Bild 4) eine durchschnittliche DVB-T-Leistung von 150 W über den vollen Frequenzbereich von 470 bis 700 MHz liefern können. Die Transistorfamilie BLF888 hat sich am Markt bereits erfolgreich etabliert. Viele Hersteller von Rundfunktechnologie verwenden diese Bauelemente in ihren Transmittern für den Fernsehrundfunk, damit sie für die Anforderungen gewappnet sind, die sich durch die „Neuzuteilung" der Frequenzbereiche und die

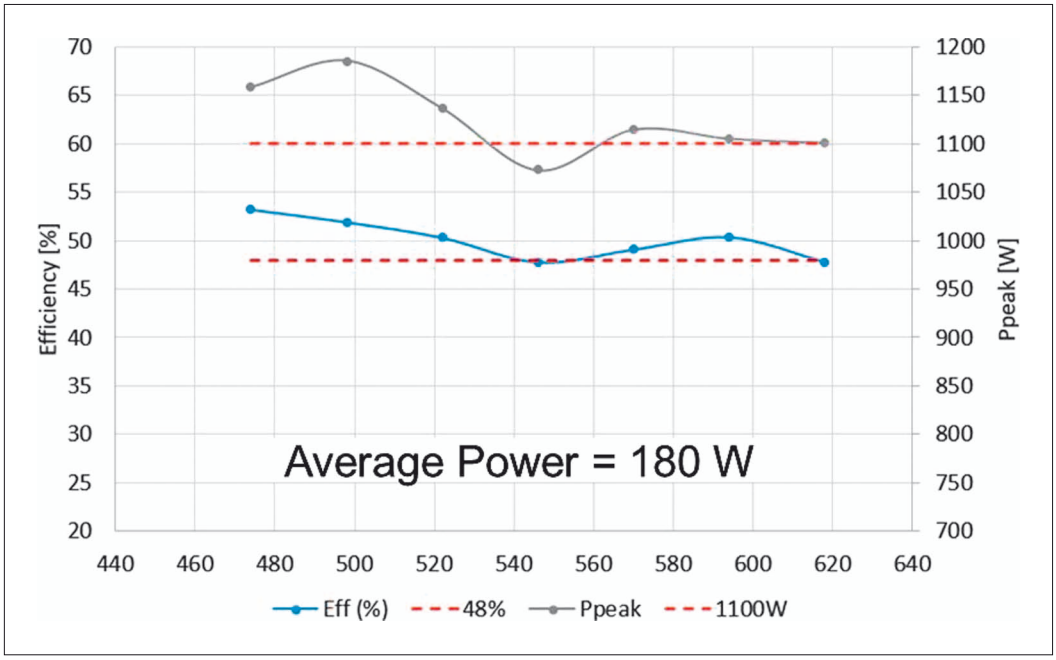

Bild 6: Wirkungsgrad und Leistung des BLF989E in Abhängigkeit vom Frequenzbereich (Quelle: Ampleon)

Einführung von ATSC-3.0 in den USA ergeben.

Auf Grundlage des Erfolgs von BLF888 und angesichts der zu erwartenden Marktnachfrage nach noch größerer Leistung und höherem Wirkungsgrad, hat Ampleon kürzlich die HF-Leistungsverstärker der nächsten Generation eingeführt – den BLF989 und den BLF989E. Der BLF989 bietet den höchsten Wirkungsgrad im Schmalbandbereich von bis zu 55% bei DVB-T, 8K-OFDM bei einem extremen durchschnittlichen Leistungspegel von 200 W sowie 950 W Spitzenleistung pro Transistor und deckt einen Frequenzbereich von 470 bis 494 MHz ab. Der BLF989E (Bild 5) bietet eine Durchschnittsleistung von 180 W mit einem typischen Wirkungsgrad von 50 %. Zudem deckt der Transistor einen Ultra-Breitband-Bereich von 470 bis 620 MHz ab.

Die Wirkungsgrad- und Leistungskurven des BLF989E in Abhängigkeit des Frequenzbereichs (Bild 6) zeigen, wie durch eine spezielle asymmetrische Doherty-Architektur höchste UWD-Wirkungsgrade erreicht werden können. Die neuen, hocheffizienten UWD-Verstärker sind die kosteneffizientesten HF-Leistungsverstärker, die derzeit für Rundfunkanlagen erhältlich sind. Darüber hinaus verfügen sie über ausgefeilte innovative Funktionseigenschaften, mit denen sich Wirkungsgrad, Bandbreite und Zuverlässigkeit auf höchstem Niveau realisieren lassen.

Schlussfolgerungen

Die derzeitige Einführung von DVB-T2, das Aufkommen von ATSC-3.0 und die Neuzuteilung von Frequenzbereichen bieten Herstellern von Sendeanlagen neue Chancen, da Rundfunkanstalten in diesem Zusammenhang die Erneuerung ihrer Systeme anstreben. Da weitere Regionen gezwungen sind, sich mit der Verknappung an Frequenzbereichen auseinanderzusetzen, wird der Markt weiter wachsen.

Moderne Modulationsverfahren wie OFDM, die bei DVB-T2 sowie ATSC-3.0 eingesetzt werden, stellen besondere Herausforderungen an das Design von Hochfrequenzverstärkern, denn über das gesamte UHF-Sendespektrum muss ein Ausgleich zwischen höherer Leistung und besserem Wirkungsgrad gefunden werden.

Jüngste Fortschritte bei der Entwicklung von LDMOS-Transistoren und UWD-Architekturen zielen genau auf diese Aspekte ab. Die Nachfrage nach Leistungsverstärkern mit größerer Leistung und höherem Wirkungsgrad wird nicht so schnell nachlassen. Außerdem ist zu erwarten, dass sich der radikale Wandel im Rundfunkmarkt fortsetzen wird und das Preis-Leistungs-Verhältnis von LDMOS weiter verbessert, ohne dass Abstriche bei der Qualität erfolgen. Als weltweit führender Hersteller von Leistungstransistoren für den Rundfunkbereich ist Ampleon ideal aufgestellt, um die Akteure im Ökosystem der Rundfunkbranche zu unterstützen.

Die maßgebenden Transistoren der BLF888-Serie spielen eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung einer großen Auswahl an Lösungen für die Branche. Angesichts der unablässigen Forderung nach mehr Leistung und größerer Effizienz werden Transistoren der Serie BLF989 und BLF989E wegweisend für die künftige Entwicklung sein. ◄