

Die Bereitstellung breitbandiger Internetzugänge auf den Ozeanen verlangt nach weltraumtauglichen Mikrowellen-Datenwandlern

Nicolas Chantier, Product Marketing Manager High Reliability Semiconductor Solutions, e2v

Satellitenkommunikationsdienste sind nach wie vor die einzige Möglichkeit, auf den Weltmeeren eine Versorgung mit breitbandigen Internetzugängen bereitzustellen. Die Technik auf diesem Sektor wird ständig weiterentwickelt, und die Forschungs- und Entwicklungsarbeit widmet sich allen Bereichen von den Herstellern der Hardware für den Weltraum und das Equipment auf See und an Land bis zur Software und zu den Service Providern.

Die Breitbandversorgung auf den Ozeanen wartet bereits jetzt mit einem breiten Spektrum nützlicher Dienste auf, deren Palette dank der Kreativität der Service Provider ständig größer wird.

Moderne Schiffsnavigationssysteme sind erheblich komplexer als die Systeme, die man vom Auto kennt. Sie verursachen außerdem deutlich mehr Internet-Datenverkehr, denn sie benötigen Informationen wie etwa regelmäßig aktualisierte Navigationskarten, Differential-GPS-Daten, Routenplanungs- und Routenoptimierungs-Informationen, die zusammen mit den Betriebsleitstellen an Land erarbeitet werden, Wettervorhersagen mit spezifischen Daten über Niederschlag, Dünung, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie Angaben über Packeis und die Meeresoberflächentemperatur.

Flottenmanager haben außerdem die Möglichkeit, von ihren Zentralen an Land aus in Echtzeit Verbindung mit ihren Schiffen aufzunehmen, um Position, Kurs und Geschwindigkeit abzufragen, die Telemetriesysteme des Schiffs auszulesen und sich über den Zustand der Ladung zu informieren.

Auch die Fischereiindustrie profitiert von der Möglichkeit, Echtzeit-Informationen über den Fang abzufragen, damit die Fischerzeugnisse unmittelbar nach dem Einholen der Netze vermarktet werden können. Exakte Daten über die Art der gefangenen Fische und Krustentiere, Gewichtsangaben sowie Fotos und sogar Videos lassen sich in Echtzeit an die Einrichtungen im Hafen übermitteln – ganz abgesehen von der Live-Kommunikation zwischen der Schiffsbesatzung und dem Personal an Land.

Zu den weiteren verfügbaren Diensten gehört die Telemedizin. Die Möglichkeit, eine Telemedizin-Liveschaltung zu qualifiziertem medizinischem Personal an Land herzustellen, kann für Schiffe, die weit vom nächsten Hafen entfernt sind, ein wichtiges Sicherheitsmerkmal darstellen.

Für die Funktion dieses Systems werden geostationäre Nachrichtensatelliten in einer erdsynchronen kreisförmigen Umlaufbahn in einer Höhe von 35.786 km über dem Äquator positioniert. Diese Satelliten müssen Breitbandverbindungen zu verschiedenen Funkstellen an der Erdoberfläche und auf See aufbauen. Die Distanz zwischen Satellit und Erdfunkstelle wird als ‚Slant Path‘ bezeichnet.

Ein langer Übertragungsweg bzw. Slant Path mit dem daraus resultierenden Verlust an Signalstärke ist nicht die einzige Herausforderung, der sich die Designer von Funkübertragungssystemen stellen müssen. Es ist vielmehr notwendig, die Dämpfung und Phasenverschiebung der übertragenen Signale zu modellieren, zu quantifizieren und zu kompensieren.

Die Beeinträchtigung, die das Signal auf seinem Weg erfährt, hängt von sämtlichen Elementen und Phänomenen ab, die man in der Erdatmosphäre mit ihren absorbierenden Bestandteilen vorfindet. Zu letzteren gehören unter anderem Sauerstoff und Wasserdampf, aber auch Hydrometeore wie Regen, Hagel und Schnee. Hydrometeore tragen zum Rauschen und zur Signalverzerrung bei. Ihrem Einfluss, und insbesondere den Auswirkungen des Regens, wird beim Entwurf von Satellitenverbindungen viel Beachtung und Rechenaufwand gewidmet.

Es gibt eine Reihe digitaler Techniken, die mit Mikrowellen-Datenwandlern möglich werden und bei der Satellitenkommunikation zum Einsatz kommen.

- Digitale Beamforming-Techniken werden benutzt, um das von einem Satelliten abgestrahlte Signal auf einen bestimmten Bereich der Erdoberfläche zu fokussieren und andere Bereiche auszusparen. Außerdem sollen damit einige Beeinträchtigungen des Signals auf seinem Übertragungsweg abgemildert werden.
- Eine Änderung des Modulationsverfahrens, die auf digitalem Weg bei laufendem Betrieb vorgenommen wird, stellt eine komfortable Möglichkeit dar, eine für wolkenlosen Himmel optimierte Modulationsart durch eine andere zu ersetzen, die sich im jeweils relevanten Frequenzbereich bei regnerischem Wetter besser bewährt.

Die Verfügbarkeit von Breitband-ADCs und DACs, die in der Lage sind, Mikrowellensignale mit einer Rate über 1 GSPS abzutasten, wird deshalb als überaus wichtig für die nächste Generation der digitalen Satellitenkommunikation angesehen.

Für die Raumfahrtbehörden in Europa war dieses Thema von so großer strategischer Bedeutung, dass sie die Entwicklung neuer Bauteile dieser Art aktiv vorantrieben.

ESTEC (das zur europäischen Raumfahrtbehörde ESA gehörende European Space Research Center) hat eine Ausschreibung gestartet und in diesem Zusammenhang an e2v ein Projekt in Zusammenarbeit mit den Payload-Herstellern EADS Astrium and Thales Alenia Space vergeben.

Das Resultat war die Markteinführung eines ADC der neuen Generation mit der Bezeichnung EV10AS180, dessen Design und Produktion in den Händen von e2v liegt. Der 10bit ADC mit einer Abtastrate von 1,5 GSPS kann Signale im L-Band ohne Abwärtswandlung in das Basisband digitalisieren. Die Produktion erfolgt mit der High-Speed-Bipolartechnologie B7HF200 der Infineon-Foundry in Regensburg.

Die französische Raumfahrtbehörde CNES hat ebenfalls an der Entwicklung eines neuen Mikrowellen-DAC mitgewirkt, der unter der Bezeichnung EV12DS130A für Raumfahrt-Anwendungen angeboten werden wird. Der 12bit D/A-Wandler mit 3 GSPS wurde auch von e2v in Frankreich entwickelt und wird von dem Unternehmen mit der B7HF200-Technologie von Infineon aus Regensburg hergestellt.

Die Besonderheit dieses DAC ist seine Fähigkeit zur Erzeugung von Mikrowellensignalen bis weit in das S-Band und bis in den Beginn des C-Bandes hinein – direkt am Ausgang des DAC und ohne Aufwärtswandlung.

Für die Designer von HF-Systemen ist dieser DAC besonders interessant, da er als erstes Bauelement den Weg ebnet, um von den traditionellen, auf das Basisband und die erste Nyquist-Zone der Datenwandler beschränkten Software-Defined-Radio-Techniken auf das neue Software-Defined-Microwave-Konzept in den höheren DAC-Nyquist-Zonen umzusteigen. Die Mikrowellensignale werden hier im digitalen Bereich geformt und am Ausgang des DAC direkt in analoge Mikrowellensignale verwandelt.

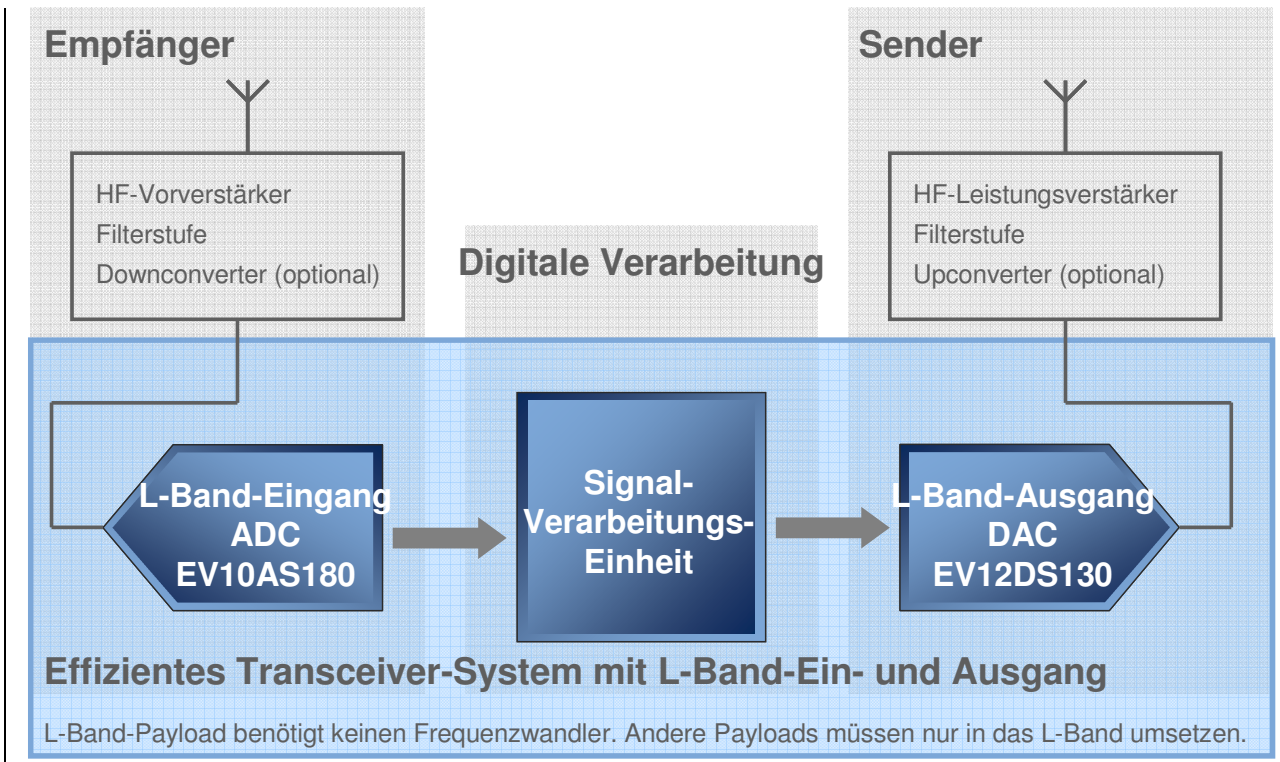


Bild 1. L-Band-Payload-Transceiver mit reduzierten Frequenzumwandlungsstufen

Betrachtet man ferner aus dem Blickwinkel der Shannon-Hartley-Theorie die Kanalkapazität C der einzelnen in die Payload eingebauten Hardwarekanäle, so bedeutet eine hohe, weit im GSPS-Bereich angesiedelte Abtastrate, dass eine breite Nyquist-Zone existiert, in die eine große nutzbare Bandbreite B passt:

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + 10^{\left(\frac{SNR_{dB}}{10} \right)} \right)$$

B ist hier die in GHz angegebene nutzbare Bandbreite, die in die Nyquist-Zone eines ADC oder DAC passen muss. Die Kanalkapazität C (in GBit/s) nimmt mit der Abtastrate des ADC/DAC sowie mit dem Rauschabstand (SNR) zu.

Die große Bandbreite B lässt sich mit einer großen Anzahl von FDMA-Kanälen bestücken und kann in hohen Nyquist-Zonen angesiedelt werden, um im System ohne Frequenzumwandlungsstufen auszukommen.

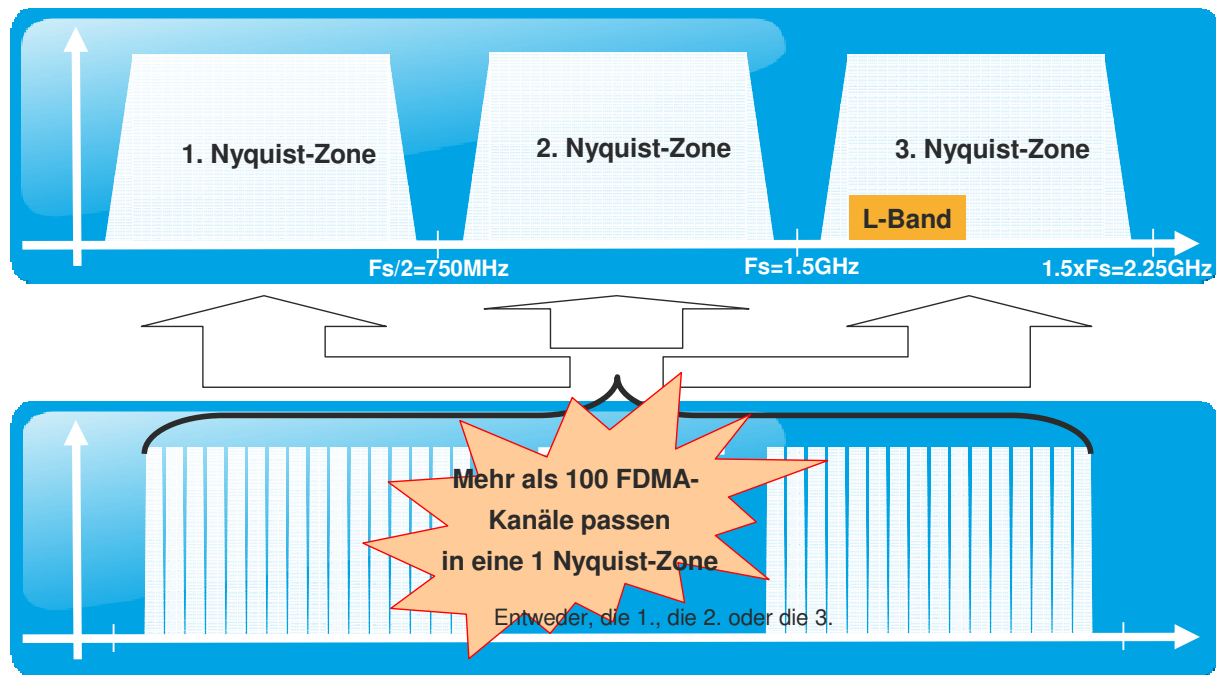


Bild 2. Hohe Abtastraten haben große Nyquist-Zonen zur Folge, was wiederum mehr FDMA-Kanäle pro Signalkette ermöglicht.

Vermeidung nicht reparabler Ausfälle an bereits gestarteten Satelliten:

In Anbetracht der hohen Kosten, die für den Bau und Start eines Satelliten entstehen, sowie der enormen Einnahmeverluste, die bei irreparablen Ausfällen an Satelliten im Orbit hinzunehmen sind, sind mit der Bewertung des potenziellen Risikos von In-Orbit-Ausfällen der Bordelektronik von Satelliten erhebliche finanzielle Konsequenzen verbunden.

Für die Zuverlässigkeit weltraumtauglicher Bauelemente und der Leiterplatten, auf denen sie montiert werden, gelten bestimmte Umgebungsbedingungen, die sich aus der Kombination folgender Aspekte ergeben:

1. Die Reparatur eines Satelliten, der beim Start oder in der Umlaufbahn defekt wird, ist nicht möglich.
2. Die Nutzungszeit eines Satelliten beträgt in den meisten Fällen mehr als 10 Jahre
3. Die Elektronik in Satelliten muss häufige und starke Temperaturschwankungen verkraften und wird zwei Arten von Strahlung (ionisierende Strahlung und Schwerionen-Strahlung) ausgesetzt.

Die Konfrontation mit Strahlung kann zum Ausfall von Bauelementen oder zu gravierenden Performance-Drifts führen, als deren Folge es zu schwerwiegenden und nicht reparablen Ausfällen an Satelliten im Orbit kommen kann.

Aus diesen Gründen lassen sich Ausfälle an Satelliten nach Erreichen der Erdumlaufbahn nur durch den Bau äußerst zuverlässiger Elektronik vermeiden. Dies wiederum setzt die Verwendung von Bauelementen voraus, die nach den einschlägigen Standards für weltraumtaugliche Elektronik qualifiziert wurden.

Es gibt zwei Standards für die Qualifikation von Halbleiter-Bauelementen, die in der Raumfahrtelctronik-Industrie eingesetzt werden und breite Akzeptanz gefunden haben. Es handelt sich dabei um den von der US-Regierung definierten QMLV-Standard und die Norm ESCC9000 der ESA.

Über die zwingenden Vorschriften von QMLV und ESCC9000 hinaus haben sich Satellitenhersteller sowie deren Kunden und Versicherer auf gewisse Mindestanforderungen bezüglich der Strahlungsfestigkeit geeinigt.

Der DAC des Typs EV12DS130 und der ADC EV10AS180 werden mit der von sich aus strahlungsfesten Siliziumtechnologie B7HF200 von Infineon produziert, sodass beide Bauelemente in dieser Hinsicht den gängigen Anforderungen gerecht werden.

Über den Autor

Nicolas Chantier absolvierte 1994 an der Universität Coventry (Vereinigtes Königreich) ein Studium der Elektrotechnik und der Satellitenkommunikationstechnik. Er war von 1998 bis 2007 bei der National Semiconductor GmbH in Fürstfeldbruck in verschiedenen Funktionen im Marketingbereich tätig und arbeitet zurzeit im Produktmarketing bei der e2v High Reliability Semiconductor Solutions Division im französischen Grenoble.