

Version
04.00Juli
2005

TV Test Transmitter R&S® SFL

Digitale Signale für die Produktion

- ◆ Normgerechte DVB- und DTV-Signale
 - ◆ Weiter Ausgangsfrequenzbereich von 5 MHz bis 1,1 GHz oder 3,3 GHz
 - ◆ Großer Ausgangspegelbereich für Übertragungs-, Empfänger- und Bauteilmessung
 - ◆ Betriebsparameter in weiten Bereichen modifizierbar
 - ◆ Interne Testsignale
 - ◆ Spezialesignale und Fehlersignale für Grenzwerttests und Fehlersuche
 - ◆ Für den Einsatz in der Produktion
 - Verschleißfreie elektronische Eichleitung
 - Schnelle Einstellzeiten
 - ◆ Flexible Eingangsschnittstellen: ASI, SPI, SMPTE310
 - ◆ Eingang für I/Q-Signale
 - ◆ Rauschquelle für genaue C/N-Messung (Option R&S® SFL-N)
 - ◆ Interne Bitfehlerratenmess-einrichtung (Option R&S® SFL-K17)
 - ◆ Sweep-Modus für Frequenz und Pegel
 - ◆ Benutzerdefinierbare Korrektur-tabellen
- Verschiedene optimierte Modelle
- ◆ R&S® SFL-T: Antenne DVB-T/H
 - 2K, 4K und 8K COFDM
 - 5/6/7/8 MHz Bandbreite
 - Hierarchische Codierung
 - ◆ R&S® SFL-V: Antenne ATSC
 - 8VSB
 - ◆ R&S® SFL-I: Antenne ISDB-T
 - Modus 1/2/3 (2K, 4K, 8K)
 - Maximal 3 Layer (A, B, C)
 - 13 Segmente (einstellbar pro Layer)
 - ◆ R&S® SFL-C: Kabel DVB-C
 - Wählbar (16-/32-/64-/128-/256-QAM)
 - Data Interleaver Level 1 und Level 2
 - ◆ R&S® SFL-J: Kabel J.83-B
 - Wählbar (64-/256-QAM)
 - ◆ R&S® SFL-S: Satellit DVB-S/-DSNG
 - QPSK, 8PSK, 16-QAM


ROHDE & SCHWARZ

Für jeden digitalen Standard das passende Modell

R&S®SFL-T

- ◆ Für den digitalen Standard DVB-T: Terrestrische Übertragung über Antenne gemäß EN 300744
- ◆ Für den digitalen Standard DVB-H: Terrestrische Mobil-Übertragung über Antenne gemäß EN 302304

R&S®SFL-V

- ◆ Für den digitalen Standard 8VSB: Terrestrische Übertragung über Antenne gemäß ATSC Doc. A/53 (8VSB)

R&S®SFL-I

- ◆ Für den digitalen Standard ISDB-T: Terrestrische Übertragung über Antenne gemäß ARIB STD-B31, V1.0

R&S®SFL-C

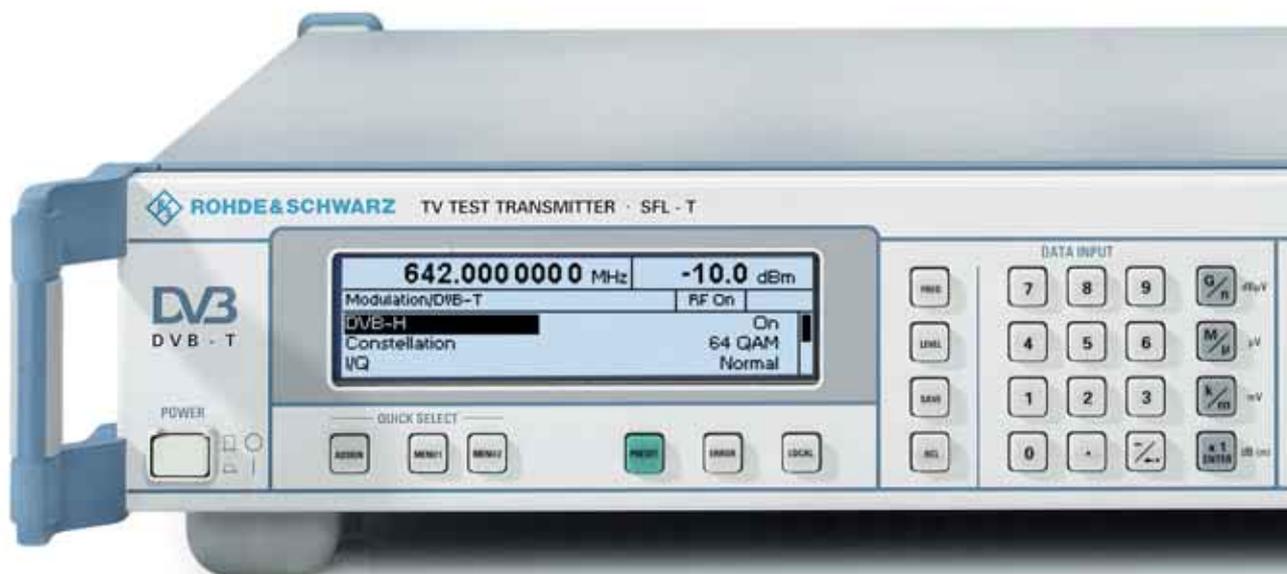
- ◆ Für den digitalen Standard DVB-C: Übertragung über Kabel gemäß ITU-T/J.83A, C und EN 300429

R&S®SFL-J

- ◆ Für den digitalen Standard J.83B: Übertragung über Kabel gemäß ITU-T/J.83B

R&S®SFL-S

- ◆ Für die digitalen Standards DVB-S und DVB-DSNG: Übertragung über Satellit gemäß EN 300421/EN 301210



Grundeigenschaften

- ◆ Großer Frequenzbereich von 5 MHz bis 1,1 GHz bzw. 3,3 GHz
- ◆ Weiter Pegelbereich von -140 dBm bis 0 dBm
- ◆ Verschleißfreie elektronische Eichleitung
- ◆ Schnelle Einstellzeiten
- ◆ Einfache, benutzerfreundliche Hardkey-/Softkey-Bedienung
- ◆ Übersichtliches Display mit den wichtigsten Parametern in der Kopfzeile
- ◆ Geräteeinstellungen speicherbar
- ◆ Listenfunktion für automatische Befehlsfolge, z.B. Messung von Frequenz- und Amplitudenverlauf
- ◆ Online-Hilfe
- ◆ IEC 625-/IEEE-Bus, RS-232-C
- ◆ Software-Update über RS-232-C



Allgemeines

Die TV Test Transmitter-Familie R&S® SFL ist eine Komplettlösung zum Prüfen digitaler TV-Empfänger und integrierter Empfangsbausteine sowie zum Testen digitaler TV-Strecken für die Übertragung über terrestrische Antenne und Kabel. Dabei werden alle wichtigen, zurzeit weltweit eingeführten oder vor der Einführung stehenden Standards abgedeckt.

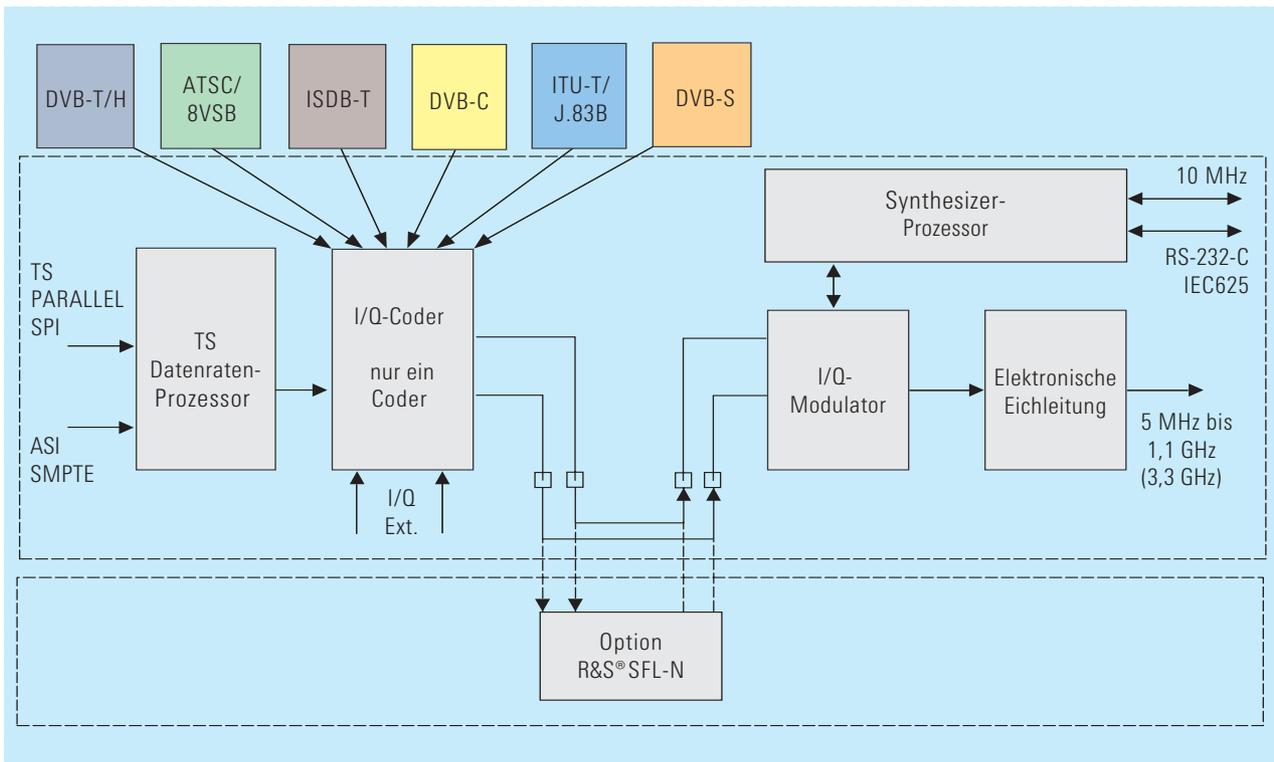
Die standardgemäßen Testsignale weisen eine hohe Präzision auf. Die Parameter der Testsignale lassen sich zum Bestimmen des vollen Funktionsumfangs und zum Ausloten der Funktionsgrenzen in weiten Bereichen variieren und mit definierten Fehlern versehen. Reale Übertragungs-/Empfangsbedingungen können mit der Rauschoption reproduzierbar simuliert werden.

Anwendung

Die Familie eignet sich aufgrund ihrer hohen Signalqualität sowie ihrer zahlreichen und großen Variationsmöglichkeiten besonders als Normsignalgenerator für den Einsatz in der Fertigung. Der weite Ausgangsfrequenzbereich erlaubt Tests über die vom jeweiligen Standard definierten Grenzen hinaus. Der große Pegelbereich macht es möglich, einerseits die Funktionsgrenzen hochintegrierter Schaltungen während der Fertigung schnell zu erfassen und zu protokollieren, andererseits eine Empfangsstrecke für einen TV-Empfänger einfach zu simulieren.

Die Betriebsparameter lassen sich mühelos umschalten, auch über die im Standard definierten Grenzen hinaus (z.B. Roll-Off, Punktierung, QPSK-Modus, QAM-Modus, Pilot-Pegel, Interleaver-Level). Um die echten Funktionsgrenzen zu finden oder Fehlfunktionen schnell zu erkennen, wird eine Reihe von Spezialesignalen oder von Signalen mit definierbaren Fehlern zur Verfügung gestellt; es können auch im Standard definierte Signaleigenschaften oder Teilfunktionen von Signalen abgeschaltet werden (z.B. Modulation, einzelne Träger und Trägergruppen, Pilot).

Unabhängig vom Modell stehen ein Sweep-Modus über den gesamten Frequenzbereich und ein externer I/Q-Eingang für Signale einer eigenen externen Codierung zur Verfügung.



Blockschaltbild des TV Test Transmitters R&S® SFL

R&S® SFL-T/SFL-S/SFL-C

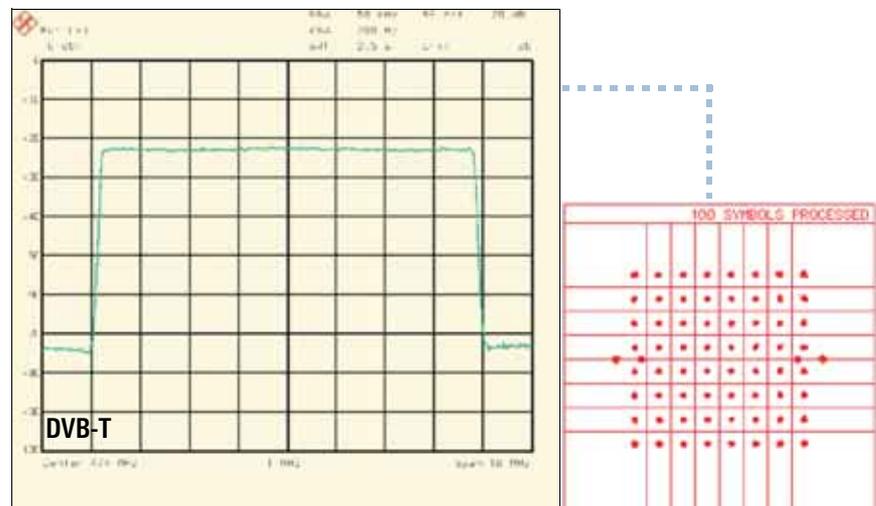
DVB: Codierung und Mapping für Antenne, Satellit und Kabel

Die DVB-Modelle des R&S® SFL codieren den eingespeisten Transportstrom für terrestrische Übertragung über Antenne, für Satelliten- oder Kabelübertragung normgerecht und bereiten ihn zu I- und Q-Signalen auf (Inphase, Quadrature). In den R&S® SFL kann ein MPEG-2-Transportstrom mit der Paketlänge 188 Byte oder 204 Byte eingespeist werden.

Die Eingangsschnittstellen sind synchron parallel (TS-parallel, SPI) und asynchron seriell (ASI). Bei R&S® SFL-C und R&S® SFL-S sind Eingangsdaten- und Symbolrate einstellbar. Bei R&S® SFL-T können die Kanalbandbreiten 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz und 8 MHz gewählt werden, diese Voreinstellungen der Kanalbandbreite lassen sich außerdem variieren.

Anstelle des von außen gelieferten Transportstroms (DATA) kann eine interne Datenquelle Null-Transportstropakete (NULL TS PACKET, wie in den „DVB Measurement Guidelines“ definiert) oder auch eine unpaketierte Zufallsfolge (PRBS) generieren. Die PRBS-Sequenz steht auch paketiert in den Null-Transportstropaketen zur Verfügung (NULL PRBS PACKET).

Der R&S® SFL warnt den Benutzer, sobald das Eingangssignal ausfällt, die eingestellte Datenrate mit der ankommenden nicht übereinstimmt oder aber die USEFUL DATA RATE zu hoch ist.



Bei DVB-T ist auch die hierarchische Codierung verfügbar. Dabei wird eine Priorität mit dem externen MPEG-2-TS, die jeweils andere mit dem internen MPEG-2-Signal „NULL PRBS PACKET“ moduliert. Somit ist nur ein externer MPEG-2-TS notwendig, es entfällt die Synchronisierung der beiden TS. Wegen des einfachen Signalwechsels zwischen den Prioritäten können sehr schnell alle Simulationen und Messungen an beiden Prioritäten durchgeführt werden, wobei die jeweils andere Priorität mit dem sehr kritischen PRBS-Signal belegt ist.

Der Eingangsdatenstrom wird zuerst mit einer Zufallsfolge verknüpft. Dadurch ist sichergestellt, dass die Energie des Signals immer gleichmäßig verteilt ist. Diese Energieverwischung lässt sich abschalten. Gleiches gilt für die SYNC BYTE-Invertierung. Nach der Energieverwischung sorgt ein Reed-Solomon-Coder (204,188) für den äußeren Fehlerschutz.

An die unveränderten 188 Datenbytes jedes Transportstrompaketes werden 16 Paritybytes angehängt. In diesen steckt die Redundanz, mit welcher der Empfänger acht fehlerhaft empfangene Bytes innerhalb eines Rahmens korrigieren kann.

Ein Faltungs-Interleaver verteilt die Daten so, dass ursprünglich aufeinander folgende Bits getrennt werden. Dabei zerteilt der

De-Interleaver auf dem Übertragungsweg Burstfehler zu Einzelfehlern, die vom Reed-Solomon-Decoder korrigiert werden können. Der Faltungs-Interleaver ist ebenfalls abschaltbar.

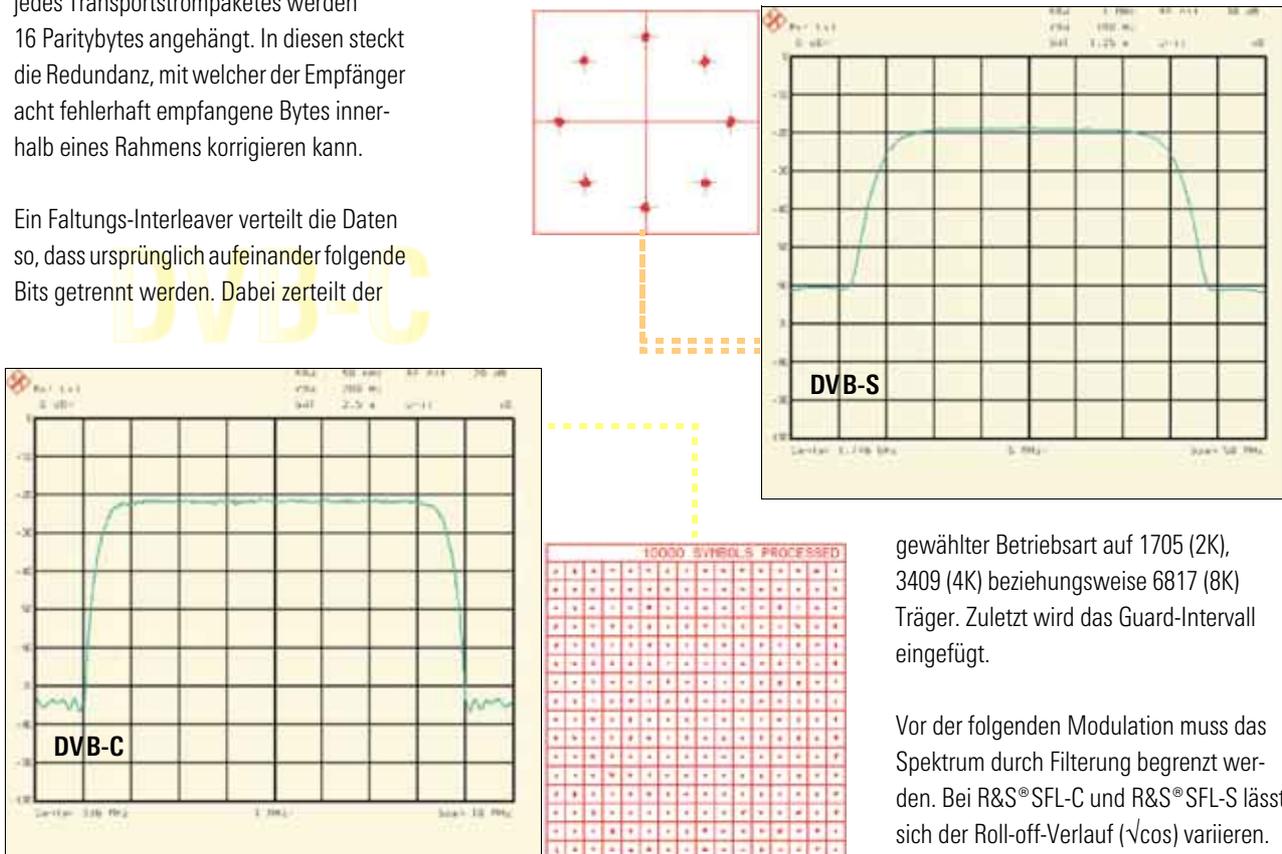
Die Codierung ist bis nach dem Faltungs-Interleaver für Antenne (COFDM), Satellit (QPSK, 8PSK, 16-QAM) und Kabel (QAM) identisch. Bei der Kabelübertragung gibt es keinen weiteren Fehlerschutz, da die Störungen durch Rauschen, Nichtlinearitäten und Unterbrechungen weniger wahrscheinlich sind als bei einer Satellitenstrecke oder Antennenausstrahlung. Bei der Kabelübertragung erfolgt nun das Mapping in den I- und Q-Zweig.

Bei der terrestrischen Übertragung über Antenne und bei Satellitenübertragung folgt nach dem Faltungs-Interleaver noch ein innerer Fehlerschutz: der Faltungs-Encoder (Convolutional Encoder). Damit wird die Datenrate verdoppelt. In einem weiteren Schritt wird punktiert, das heißt,

dass nach einem festgelegten Algorithmus bestimmte Bits nicht übertragen werden und somit die Datenrate wieder verringert wird.

An dieser Stelle erfolgt bei der DVB-S-Satellitenübertragung das Mapping in den I- und Q-Zweig. Für DVB-DSNG-Satellitenübertragung wird ein so genanntes „Pragmatic Trellis Coding“ anstelle des Convolutional Encoders (DVB-S) verwendet.

Bei der Codierung für terrestrische Übertragung werden wegen der ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen weitere Übertragungsschutzmaßnahmen durchgeführt. Es folgen der innere (antennennähere) Bit-Interleaver und der Symbol-Interleaver. Darauf folgt das Mapping entsprechend der gewählten Konstellation QPSK, 16-QAM oder 64-QAM. Nach dem Einfügen der Pilot- und TPS-Träger (Transmission Parameter Signalling) im Frameadapter folgt mit Hilfe der inversen Fast-Fourier-Transformation der Übergang vom Frequenzbereich in den Zeitbereich, je nach



gewählter Betriebsart auf 1705 (2K), 3409 (4K) beziehungsweise 6817 (8K) Träger. Zuletzt wird das Guard-Intervall eingefügt.

Vor der folgenden Modulation muss das Spektrum durch Filterung begrenzt werden. Bei R&S®SFL-C und R&S®SFL-S lässt sich der Roll-off-Verlauf ($\sqrt{\cos}$) variieren.

R&S®SFL-V

ATSC/8VSB: Codierung und Mapping für Antenne

Der TV Test Transmitter R&S®SFL für 8VSB codiert den eingespeisten Transportstrom für terrestrische Übertragung über Antenne normgerecht und bereitet ihn zu I- und Q-Signalen auf (Inphase, Quadrature).

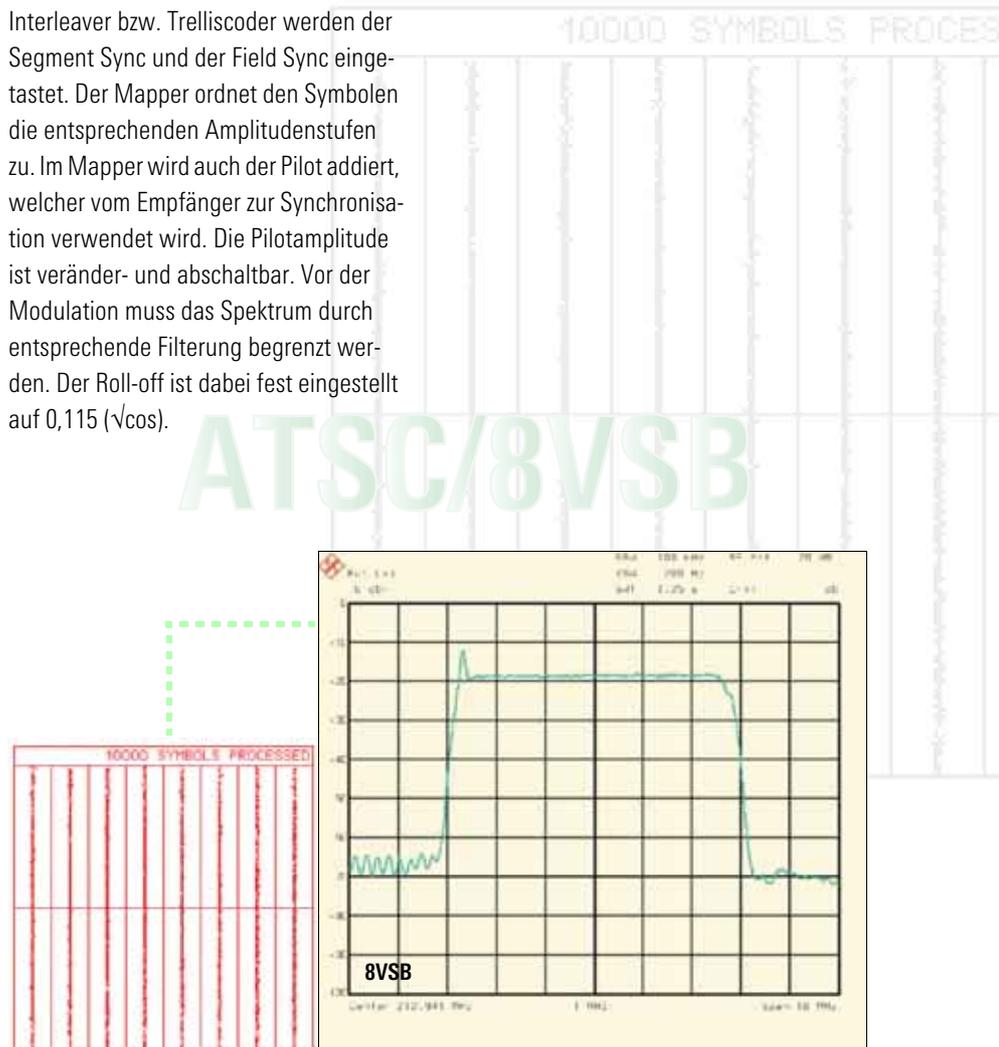
In den R&S®SFL kann bei 8VSB ein MPEG-2-Transportstrom mit der Paketlänge von 188 Byte eingespeist werden. Die Eingangsschnittstellen sind synchron parallel (TS-Parallel, SPI) und asynchron seriell (ASI und SMPTE310). Die Eingangsdatenrate kann bei Nutzung des TS-Parallel-Eingangs 19,3926 Mbit/s $\pm 10\%$ betragen.

Der R&S®SFL warnt den Benutzer, wenn das Eingangssignal ausfällt oder die USEFUL DATA RATE zu hoch ist. Anstelle des von außen angelieferten Transportstroms (DATA) kann eine interne Datenquelle Null-Transportstropakete (NULL TS PACKET, NULL PRBS PACKET) generieren. Für Bitfehlerauswertungen in Empfängern ist eine SYNC PRBS implementiert. Eine unpaketierte Zufallsfolge ist einstellbar. Die PRBS-Einspeisung vor (PRBS BEFORE TRELLIS) oder nach dem Trelliscoder (PRBS AFTER TRELLIS) steht zur Auswahl. Die PRBS steht auch pakettiert in den Null-Transportstropaketen (NULL PRBS PACKET) zur Verfügung.

An die Erzeugung des normgerechten Rahmens schließt sich ein abschaltbarer Randomizer an, der für gleiche Energieverteilung im Kanal sorgt. Nach der Energieverwischung folgt ein Reed-Solomon-Coder (208,188) für den Fehlerschutz.

An die unveränderten 188 Datenbytes werden 20 Paritybytes angehängt. Somit sind bis zu zehn Fehler pro Segment korrigierbar. Ein Faltungs-Interleaver verändert die Position der einzelnen Bytes, so dass aufeinander folgende Bytes getrennt werden. Burst-Fehler auf dem Übertragungsweg werden vom Empfänger in Einzelfehler zerteilt und können vom Reed-Solomon-Decoder korrigiert werden. Der Interleaver ist abschaltbar.

Es folgt nun der Trellis-Coder, der einen weiteren Fehlerschutz darstellt. Nach Interleaver bzw. Trelliscoder werden der Segment Sync und der Field Sync eingetastet. Der Mapper ordnet den Symbolen die entsprechenden Amplitudenstufen zu. Im Mapper wird auch der Pilot addiert, welcher vom Empfänger zur Synchronisation verwendet wird. Die Pilotamplitude ist veränder- und abschaltbar. Vor der Modulation muss das Spektrum durch entsprechende Filterung begrenzt werden. Der Roll-off ist dabei fest eingestellt auf $0,115 (\sqrt{\cos})$.



ISDB-T: Codierung und Mapping für Antenne

Der ISDB-T-Coder (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting) codiert normgerecht im R&S®SFL einen MPEG-2-Datenstrom für die Übertragung im RF-Kanal. Zunächst durchläuft der Transportstrom den Outer-Coder, in dem der Reed-Solomon-Code auf jedem Transportstrompaket angewandt wird. Der Empfänger ist damit in der Lage, bis zu acht fehlerhafte Bytes in einem Transportstrompaket zu korrigieren.

Der auf diese Weise fehlergeschützte Datenstrom durchläuft einen Splitter, in dem die Transportstrompakete auf die bis zu drei hierarchischen Layer aufgeteilt werden. Das folgende Energy Dispersal-Modul addiert eine Pseudo Random Binary Sequence (PRBS) zum Datenstrom, um eine ausreichende Anzahl binärer Wechsel sicherzustellen.

Abhängig von den Übertragungsparametern Modulation und Code Rate ergibt sich durch das byteweise stattfindende Interleaving im Sender und das De-Interleaving im Empfänger eine unterschiedliche Verzögerung des Datenstroms auf den drei Zweigen. Um den Aufwand im Empfänger gering zu halten, wird im Coder ein Delay Adjustment durchgeführt. In diesem Modul werden die drei Datenströme so verzögert, dass spätere Laufzeitunterschiede vorab ausgeglichen werden. Der byteweise vorgehende Interleaver trennt ursprünglich benachbarte Bytes voneinander und macht das Signal somit robust gegen Burstfehler.

Der Convolutional Coder mit integriertem Punktierer fügt dem Datenstrom weitere Redundanz hinzu, um eine Fehlerkorrektur im Empfänger zu ermöglichen (Viterbi Decoder). Die Coderate kann entsprechend den gewünschten Übertragungseigenschaften des Systems gewählt werden.

Es folgt die Modulation. Hierzu gehören ein bitweise stattfindendes Interleaving mit Laufzeitausgleich und das Mapping in das Konstellationsdiagramm der Modulation. Mögliche Konstellationen bei ISDB-T sind DQPSK, QPSK, 16-QAM und 64-QAM. Die Konstellation kann entsprechend den gewünschten Übertragungseigenschaften des Systems gewählt werden. Das bitweise stattfindende Interleaving und der Laufzeitausgleich werden automatisch passend hierzu gewählt.

Anschließend erfolgt die Synthese des hierarchischen Datenstroms. Dazu werden die komplexen, gemappten Daten aus jedem der maximal drei Zweige zu einem seriellen Datenstrom aneinander gehängt. Nach der Synthese folgt das symbolweise stattfindende Time Interleaving. Es handelt sich hier um einen Intra-segment-Time-Interleaver, dessen Tiefe für jeden Layer unabhängig eingestellt werden kann.

Auch dem Time Interleaver ist ein Laufzeitausgleich zugeordnet, um unterschiedliche Laufzeiten in den Zweigen auszugleichen.

Das folgende Frequency Interleaving verwürfelt die Daten innerhalb eines OFDM-Symbols, d.h. in der Frequenzebene.

Zunächst wirkt ein Intersegment-Interleaver zwischen jenen OFDM-Segmenten, welche dieselbe Modulation aufweisen. Es folgt ein Intra-segment-Interleaver, der die Daten innerhalb eines Segments rotieren lässt. Zuletzt durchlaufen die Daten einen Intra-segment-Randomizer, der die Daten innerhalb eines Segments an quasi zufällige Positionen verschiebt.

Es folgt die OFDM-Rahmenbildung: Diese erfolgt durch Hinzufügen von Pilotträgern aus jeweils 204 OFDM-Symbolen. Abhängig vom Modus und der gewählten Modulation werden an unterschiedlichen Positionen im Datenstrom Pilotträger eingefügt. Außerdem werden TMCC-Träger (Transmission and Multiplexing Configuration Control) und AC-Träger (Auxiliary Channel) hinzugefügt. Die so erzeugten Daten werden einer inversen Fast-Fourier-Transformation (IFFT) unterzogen, um sie vom Frequenzbereich in den Zeitbereich zu überführen, wie es bei der OFDM-Modulation üblich ist. Die Länge der IFFT ist abhängig vom gewählten ISDB-T-Modus und kann 2K, 4K bzw. 8K betragen.

Nach der IFFT erfolgt das Einfügen des Guard Intervals. Dieses Schutzintervall verlängert die OFDM-Symbole um einen bestimmten Faktor (1/4, 1/8, 1/16 oder 1/32). Die Empfangseigenschaften bei Mehrwegeausbreitung und mobilem Empfang werden mit dieser Maßnahme positiv beeinflusst.

ISDB-T

ITU-T/J.83B: Codierung und Mapping für Kabel

Die Symbolrate des Coders und somit die Bandbreite des Ausgangssignals lassen sich in einem weiten Bereich von ±10% der Normsymbolrate verändern.

Interne Testsequenzen (NULL TS PACKETS, NULL PRBS PACKETS, SYNC PRBS) können das eingespeiste Datensignal substituieren und sind bei Bitfehlermessungen hilfreich.

Verarbeitungsstufen des Coders: Der Coder nimmt einen MPEG-2-codierten, normgerechten Eingangsdatenstrom mit einer Paketlänge von 188 Bytes entgegen.

J83.B schreibt auf Transportstromebene einen zusätzlichen Fehlerschutz vor. Aus dem Inhalt der Transportstropakete wird eine gleitende Checksumme berechnet, die das Syncbyte ersetzt. Der Empfänger kann dadurch zusätzlich zur Paketsynchronisation aufgetretene Fehler erkennen.

Der anschließende FEC-Layer bearbeitet die Daten ohne Synchronisation auf die Transportstruktur.

Die FEC besteht bei J83.B aus vier Verarbeitungsstufen, die einen zuverlässigen Datentransport via Kabelübertragungskanal ermöglichen. Diese sind:

- ◆ Eine Reed-Solomon-Codierung (128, 122) als äußerer Fehlerschutz, bei der bis zu drei Symbole in einem Reed Solomon-Block korrigiert werden können
- ◆ Ein daran anschließender Faltungs-Interleaver, der aufeinanderfolgende Symbole gleichmäßig über den Datenstrom verteilt und diesen somit gegen burstartige Übertragungsstörungen schützt
- ◆ Ein Randomizer, der für gleichmäßige Leistungsdichte im Kanal sorgt
- ◆ Eine Trellis-Codierung als innerer Fehlerschutz, die eine Faltungscodierung der Daten durchführt und gezielt redundante Information in die Symbole einfügt

Randomizer, Interleaver und Reed-Solomon-Coder lassen sich abschalten, was bei der Entwicklung von Empfängern sehr hilfreich ist.

Alle in der J83.B-Spezifikation definierten Interleavermodi sind implementiert (Level 1 und Level 2) und ermöglichen eine flexible Anpassung des Systems an unterschiedliche Übertragungsbedingungen.

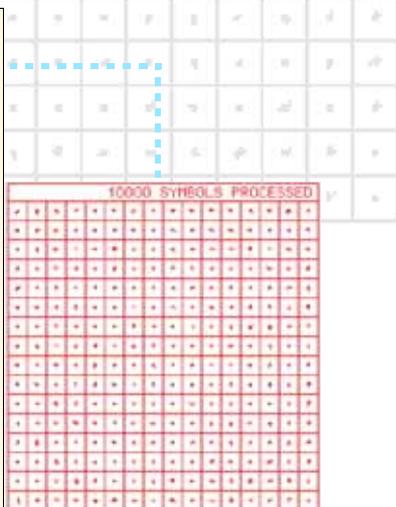
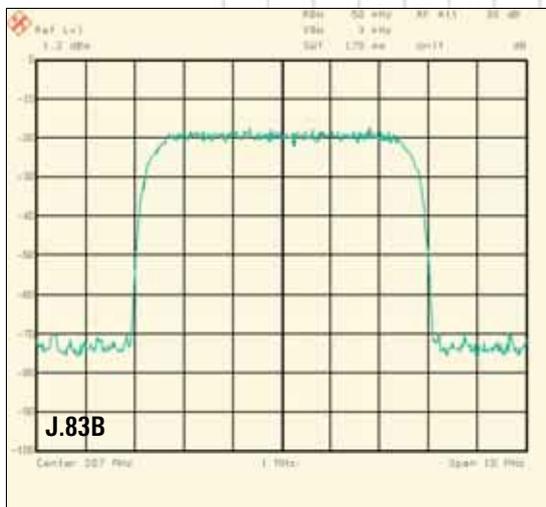
FEC-Rahmenbildung: Bei 64-QAM wird nach 60 Reed-Solomon-Paketen ein sogenannter Frame Sync-Trailer eingetastet und damit ein FEC-Frame gebildet (bei 256-QAM nach 88 Reed-Solomon-Paketen).

Der Frame Sync-Trailer dient zur FEC-Synchronisation im Empfänger und überträgt codierte Information über die aktuelle Interleaverkonfiguration. Der Trailer wird unmittelbar vor dem Trellis-Coder eingefügt.

Der Trellis-Coder für 64-QAM führt eine Differenz- und Faltungscodierung mit anschließender Punktierung durch (CR = 14/15). Die Ausgangssymbolbreite des Trellis-Coders beträgt 6 bit entsprechend der Ordnungszahl von 64-QAM.

Der Differenzcoder/Convolutional Encoder im Trellisblock für 256-QAM ist identisch aufgebaut, erzeugt aber eine Gesamt-Coderate von 19/20. Die Ausgangssymbolbreite ist 8 bit entsprechend der Anzahl von 256 Konstellationspunkten.

Nach dem Mapper und vor der eigentlichen Modulation wird das Ausgangsspektrum durch ein digitales $\sqrt{\text{cos}}$ -Roll-off-Filter impulsgeformt und bandbegrenzt. Der Roll-off beträgt normgerecht bei 64-QAM 0.18 und bei 256-QAM 0.12.



Dateneingänge

Für jede Anwendung hält der R&S®SFL den passenden Dateneingang bereit. Über die Eingänge TS PARALLEL (mit LVDS-Format) und SMPTE310 wird das Eingangssignal ohne Veränderung zur Codierung weitergeleitet. Damit hängt die Symbolrate direkt von der Eingangsdatenrate ab. Die Eingänge SPI und ASI passen das Signal vor der Codierung mit Hilfe der Stuffing-Funktion der gewünschten oder notwendigen Symbolrate an.

Diese Eingänge erlauben die Einstellung der Symbolrate unabhängig von der Eingangsdatenrate bzw. machen die Eingangsdatenrate unabhängig von der DVB-T/H und 8VSB-Kanalbandbreite. Dazu werden zunächst alle Nullpakete

entfernt. Die für eine bestimmte Symbolrate bzw. Bandbreite notwendige Datenrate wird durch Stuffing erreicht, das heißt durch Einfügen neuer Nullpakete. Die PCR-Werte (Program Clock Reference) werden angepasst. Ein eingebauter Synthesizer sorgt bei allen Eingängen für einen präzisen Datentakt. Ist die Synchronisation mit einem Empfänger gefordert, kann statt des internen Taktes bei ASI und SPI ein externer Takt angelegt werden.

I/Q-Modulation

Im I/Q-Modulator werden die orthogonalen I- und Q-Komponenten des HF-Signals mit den vom Coder kommenden Analogsignalen I und Q in Amplitude und Phase gesteuert. Aus der Addition beider HF-Komponenten resultiert ein in Amplitude und Phase beliebig moduliertes Ausgangssignal. Beim R&S®SFL ist die I- und Q-Zuordnung vertauschbar, was eine

Spiegelung des HF-Signals (Kehrlage) bewirkt. An den I/Q-Modulator werden speziell für höherwertige Quadratur-Amplitudenmodulationen hohe Anforderungen gestellt.

Die interne Kalibrierung des R&S®SFL sorgt dafür, dass die I- und Q-Zweige gleichgroße Verstärkung haben, die Phasenlage exakt 90° und die Trägerunterdrückung mindestens 50 dB beträgt. Nichtideales Verhalten eines I/Q-Modulators kann im R&S®SFL durch gezieltes Verstellen von Amplitude, I/Q-Imbalance, Phasenfehler und Trägerrest simuliert werden. Bitfehler sind dann die Folge, die eine Qualitätsbeurteilung von Empfangsgeräten oder Demodulatoren gestatten.



Rückansicht des R&S®SFL

Rauschgenerator (Option R&S®SFL-N)

Ein TV Test Transmitter wird normalerweise zum Generieren von möglichst idealen Signalen verwendet. Bei Empfängertests ist jedoch eine Simulation der Sende- und Empfangsbedingungen notwendig. Zu diesem Zweck wurde die Option R&S®SFL-N entwickelt.

Die Option wird mechanisch mit dem Grundgerät verschraubt und an der Rückseite über die elektrischen Kontakte verbunden.

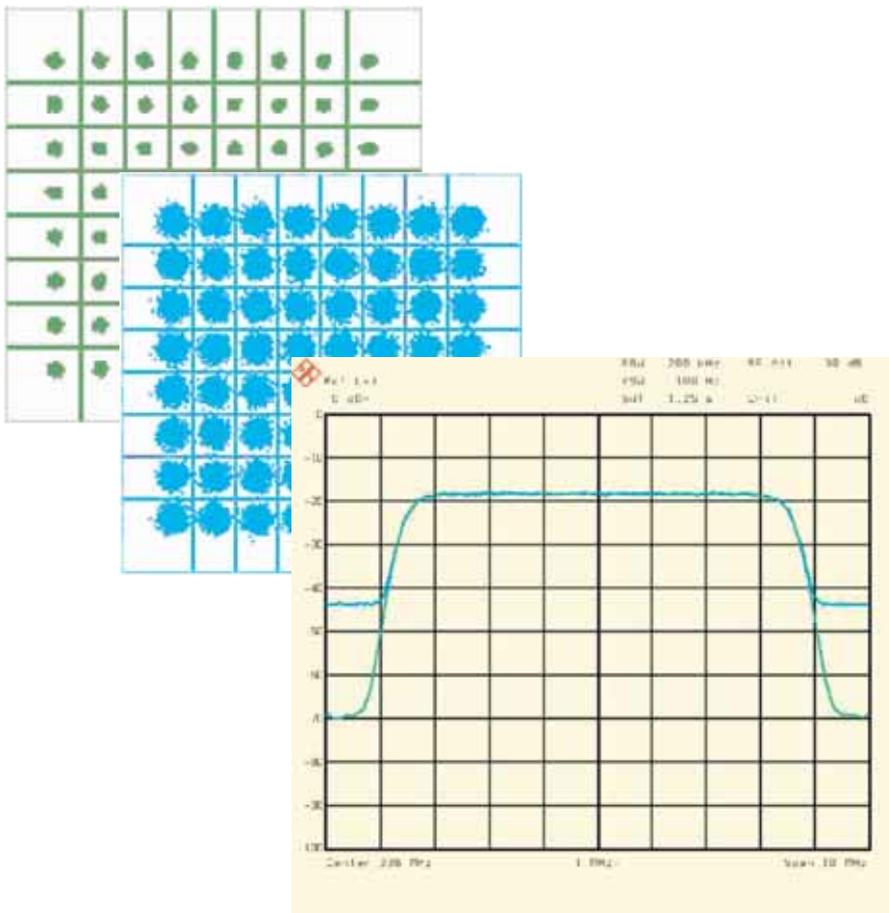
Mit Hilfe eines Rauschgenerators, der ein Additives Weißes Gauß'sches Rauschen (AWGN) liefert, kann das Ausgangssignal

des R&S®SFL überlagert werden. Das Verhältnis des Trägers zum Rauschen (C/N) kann dabei mit hoher Auflösung/Genauigkeit über einen großen Bereich variiert werden. Dies ermöglicht zum Beispiel präzise Empfindlichkeitsmessungen von Empfängerschaltungen mit einem definierten C/N. Für die Generierung des AWGN-Signals wird die digitale Signalverarbeitung (I und Q-Signale) im Basisband benutzt. Dies gewährleistet eine hohe Genauigkeit und exzellente Reproduzierbarkeit der Messungen:

- ◆ Überlagertes Rauschsignal (AWGN)
- ◆ Variables C/N-Verhältnis über einen großen Bereich
- ◆ Breite Rauschbandbreite (16 MHz)

Applikationen

- ◆ Simulation eines verrauschten Empfangskanals
- ◆ Simulation des Rauschens einer Empfängereingangsstufe
- ◆ Empfindlichkeitsmessung von Digitalempfängern zur Ermittlung der BER bei definiertem C/N



DVB-C-Spektrum ohne und mit Rauschen (24 dB C/N), zugehörige I/Q-Konstellationen



Front- und Rückansicht des Grundgerätes mit Option R&S®SFL-N

BER-Messung (Option R&S®SFL-K17)

Die interne Bitfehlerratenmesseinrichtung erlaubt die Messung der BER an Empfängern ohne externes Equipment. Die demodulierten Datenströme werden dem R&S®SFL hierbei wieder zugeführt.

Es kann zwischen den seriellen Eingängen für DATA, CLOCK (BNC-Buchsen, TTL-Pegel, High Impedance) und dem parallelen Eingang für MPEG-2-Signale (Sub-D-Buchse, LVDS-Pegel) gewählt werden. Die Bitfehlerratenmessung ist in der Funktion unabhängig von anderen Einstellungen und lässt sich bei allen

R&S®SFL-Typen anwenden. Die Anzeige der aktuellen Bitfehlerrate ist ständig sichtbar.

Nach ITU-T Rec.0151 kann eine PRBS $2^{23}-1$ oder $2^{15}-1$ ausgewählt und ausgewertet werden. Diese gewährleistet die Synchronisation des Empfängers; Messungen sind in einem sehr weiten Bitfehlerratenbereich möglich.

Seriell ist die Bitfehlerratenmessung nach dem Demapper durchführbar. Für die parallele Messungen an Übertragungssystemen von MPEG-2-Signalen wird beispielsweise ein MPEG-2-Signal benötigt, dessen Null Packet eine PRBS

als Payload hat. Der R&S®SFL bietet hierzu „NULL PRBS PACKET“ als MPEG-2-Transportstrom an. Außerdem verwendet er dieses Packet für die Stuffing-Funktion. Damit lässt sich die Bitfehlerratenmessung vor dem Reed-Solomon-Decoder durchführen, wenn der Empfänger-Decoder abgeschaltet ist. Die Bestimmung der Bitfehlerrate von Settop-Boxen kann hierbei mit Hilfe einer Adapterkarte für das Common-Interface (R&S®SFQ-Z17) erfolgen.

Technische Daten

Die technischen Daten werden unter folgenden Bedingungen gewährleistet:
30 min Einlaufzeit, die spezifizierten Umgebungsbedingungen und der Kalibrierzyklus sind eingehalten, eine Eigenkalibrierung ist durchgeführt.

| Frequenz | |
|--|---|
| Bereich | 5 MHz bis 1,1 GHz R&S®SFL-S: 5 MHz bis 3,3 GHz |
| Auflösung | 0,1 Hz |
| Fehler | $<1 \cdot 10^{-6}$ |
| Alterung (nach 30 Tagen Betrieb) | $<1 \cdot 10^{-6}$ /Jahr |
| Temperatureinfluss (0°C bis 55°C) | $<1 \cdot 10^{-6}$ |
| Ausgang interne Referenzfrequenz | 10 MHz |
| Ausgangsspannung (U_{eff} Sinus) | $>0,5$ V an 50Ω |
| Innenwiderstand | 50Ω |
| Eingang für externe Referenzfrequenz | 10 MHz |
| Zulässige Frequenzabweichung | $5 \cdot 10^{-6}$ |
| Eingangsspannung (U_{eff} Sinus) | 0,5 V bis 2 V an 50Ω |
| Eingangswiderstand | 50Ω |
| Spektrale Reinheit | |
| Störsignale | |
| Harmonische | <-30 dBc für Pegel ≤ 0 dBm |
| Subharmonische | <-50 dBc |
| Nichtharmonische (Offset >10 kHz vom Träger) | |
| $f \leq 250$ MHz | <-60 dBc |
| $f > 250$ MHz bis 1,1 GHz | <-70 dBc |
| $f > 1,1$ GHz bis 2,2 GHz | <-64 dBc |
| $f > 2,2$ GHz bis 3,3 GHz | <-58 dBc |
| Einseitenbandphasenrauschen ($f=500$ MHz, Trägerabstand 20 kHz, 1 Hz Bandbreite) | <-115 dBc |
| Stör-AM | $<0,05\%$ (0,03 kHz bis 20 kHz) |
| Pegel | |
| Bereich | |
| CW | -140 dBm bis $+7$ dBm |
| R&S®SFL-C, R&S®SFL-T, R&S®SFL-I, R&S®SFL-S, R&S®SFL-V, R&S®SFL-J | -140 dBm bis 0 dBm -140 dBm bis -3 dBm |
| Auflösung | 0,1 dB |
| Gesamtfehler (für Pegel ≥ -127 dBm) (Betriebszeit >1 h, Temperaturänderung $<5^\circ\text{C}$) | $<\pm 0,8$ dB ¹⁾ |
| Wellenwiderstand | 50Ω |
| VSWR | |
| $f < 1,5$ GHz | $<1,6$ |
| $f > 1,5$ GHz | $<2,3$ |
| Unterbrechungsfreie Pegeleinstellung ²⁾ | 0 dB bis -20 dB vom aktuellen Pegel |
| Überspannungsschutz | schützt das Gerät vor extern einge- speister HF-Leistung und Gleichspan- nung ($50\text{-}\Omega$ -Quelle) |
| Maximal zulässige HF-Leistung | |
| $f \leq 2,2$ GHz | 50 W |
| $f > 2,2$ GHz | 25 W |
| Maximal zulässige Gleichspannung | 35 V |
| I/Q-Modulator | |
| Modulationsfrequenzgang | |
| 5 MHz bis 1100 MHz | |
| DC bis 3,5 MHz | $<\pm 0,2$ dB |
| R&S®SFL-S: 425 MHz bis 3000 MHz, | |
| DC bis 5 MHz | $<\pm 0,4$ dB |
| DC bis 25 MHz | $<\pm 0,8$ dB |
| DC bis 50 MHz | $<\pm 2$ dB |

| Trägerrest bei 0 V Eingangsspannung, bezogen auf Nominalwert | <-50 dBc (nach I/Q-Kalibrierung im CALIB-Menü) |
|---|--|
| Carrier Suppression (Restträger) | |
| Einstellbereich | 0% bis $+50\%$ |
| Auflösung | 0,1% |
| I/Q-Amplitude (Imbalance) | |
| Einstellbereich | -25% bis $+25\%$ |
| Auflösung | 0,1% |
| Quadraturoffset (Phasenfehler) | |
| Einstellbereich | -10° bis $+10^\circ$ |
| Auflösung | 0,1° |
| Externer I/Q-Eingang | |
| Modulationseingänge für I- und Q-Einspeisung | Frontplatte |
| Eingangswiderstand | 50Ω |
| VSWR (DC bis 30 MHz) | $<1,1$ |
| Eingangsspannung für Vollaussteuerung | $(I^2 + Q^2)^{1/2} = 0,5$ V (1 V EMK, 50Ω) |
| Anschluss | BNC-Buchsen |
| Dateneingang | |
| Eingang TS PARALLEL | synchron parallel, ohne Stuffing (LVDS) |
| Eigenschaften | gemäß EN 50083-9 |
| Eingangswiderstand | 100Ω |
| Eingangsspegel | 100 mV bis 2 V |
| Anschluss | 25-polige Buchse, geschirmt |
| Eingang SPI | synchron parallel, mit Stuffing (LVDS) |
| Eigenschaften | gemäß EN 50083-9 |
| Eingangswiderstand | 100Ω |
| Eingangsspegel (U_{ss}) | 100 mV bis 2 V |
| Anschluss | 25-polige Buchse, geschirmt |
| Eingang ASI | asynchron seriell mit Stuffing |
| Eigenschaften | gemäß EN 50083-9 |
| Eingangswiderstand | 75Ω |
| Eingangsspegel (U_{ss}) | 200 mV bis 880 mV |
| Anschluss | BNC-Buchse |
| Eingangssignal | 270 Mbit |
| Stuffing Bytes | Single Byte und Block Mode |
| Eingang SMPTE310 | asynchron seriell (nur bei R&S®SFL-V) |
| Eigenschaften | gemäß SMPTE310M |
| Eingangswiderstand | 75Ω |
| Eingangsspegel (U_{ss}) | 400 mV bis 880 mV |
| Anschluss | BNC-Buchse |
| Datenrate | 19,393 Mbit/s |
| Symbolrate | |
| TS PARALLEL, SMPTE310 | direkt abhängig vom anliegenden MPEG-2-Signal |
| ASI, SPI | unabhängig vom MPEG-2-Signal ein- stellbar (Stuffing) |
| Interner Datentakt | |
| Fehler | $<\pm 1 \cdot 10^{-5}$ |
| Externer Takt | umschaltbar auf externe Bit/Byte- Synchronisation |
| Signal | Rechteck |
| Pegel | TTL |
| Eingangswiderstand | hochohmig |
| Anschluss | BNC-Buchse |

¹⁾ ALC Off Mode = Sample & Hold.

²⁾ Spektrale Reinheit entsprechend beeinflusst.

R&S®SFL-T

| DVB-T/H-Coder | |
|---------------------------------|---|
| Eigenschaften | gemäß EN 300744/EN 302304 |
| Mode | |
| DATA | MPEG-2-Eingangssignal mit Synchronisierung auf die Eingangsdatenrate |
| NULL TS PACKET | Null-Transportpakete nach Definition in Measurement Guideline |
| NULL PRBS PACKET | NULL TRANSPORT PACKET mit PRBS (PRBS entspricht $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151) |
| PRBS vor Convolutional Encoder | $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| PRBS nach Convolutional Encoder | $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| PRBS vor Mapper | $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| Hierarchische Codierung | |
| MPEG-2-TS | externes MPEG-2-TS und internes NULL PRBS Packet |
| Zuordnung zu Prioritäten | umschaltbar |
| Spezialfunktionen | Scrambler, Sync-Byte-Inversion, Reed Solomon Encoder, Convolutional Interleaver, Bit-Interleaver und Symbol-Interleaver abschaltbar |
| Symbol-Interleaver | native/indepth |
| Time-Slicing | On/Off |
| MPE-FEC | On/Off |
| Bandbreite | umschaltbar: 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz, einstellbar für variable Bandbreite 4,75 MHz bis 7,962 MHz |
| Konstellation | QPSK, 16-QAM, 64-QAM |
| Coderate | 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 |
| Guardintervall | 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, OFF |
| FFT-Mode | 2K-, 4K- und 8K-OFDM |
| Trägermodifikation | Abschalten von Trägern bzw. Trägergruppen Abschalten der Modulation für Trägergruppen |
| Modulationsfrequenzgang | $\pm 0,2$ dB |
| Schulterabstand | 48 dB |

R&S®SFL-V

| ATSC/8VSB-Coder | |
|-----------------------------------|--|
| Eigenschaften | gemäß ATSC Doc. A/53 (8VSB) |
| Mode | |
| DATA | MPEG-2-Eingangssignal mit Synchronisierung auf die Eingangsdatenrate |
| NULL TS PACKET | Null-Transportpakete nach Definition in Measurement Guideline |
| NULL PRBS PACKET | NULL TRANSPORT PACKET mit PRBS (PRBS entspricht $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151) |
| SYNC PRBS | Sync-Byte mit 187 Byte PRBS-Payload |
| PRBS vor Trellis | $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| PRBS nach Trellis | $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| Symbolrate | 10,762 Msps |
| Bereich | $\pm 10\%$ |
| Bandbreite | 6 MHz |
| Bereich | $\pm 10\%$ |
| Pilot Addition | abschaltbar |
| Nominal | 1,25 für 8VSB |
| Bereich | 0 bis 5, in Stufen von 0,125 für 8VSB |
| Impulsfilterung ($\sqrt{\cos}$) | 0,115 Roll-off |
| Spezialfunktionen | Reed-Solomon, Randomizer, Interleaver abschaltbar |

| | |
|-------------------------|---------------|
| Modulationsfrequenzgang | $\pm 0,25$ dB |
| Schulterabstand | 53 dB |
| MER | 41 dB |

R&S®SFL-I

| ISDB-T-Coder | |
|---------------------------------|--|
| Eigenschaften | gemäß ARIB STD-B31, V1.0 |
| Mode | |
| DATA | PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| NULL TS PACKET | PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| PRBS TS PACKET | PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| PRBS vor Convolutional Encoder | PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| PRBS nach Convolutional Encoder | PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| Spezialfunktionen | Scrambler, Reed-Solomon, Byte-Interleaver, Frequenz-Interleaver, Alert Broadcasting Flag abschaltbar |
| Bandbreite | 6 MHz |
| Träger | die Modulation der Data- SP-, CP-, TMCC- und AC-Träger und die Träger selbst sind abschaltbar |
| Segmente | alle Träger eines Segments abschaltbar |
| ISDB-T-Mode | Mode 1 (2K), Mode 2 (4K), Mode 3 (8K) |
| Anzahl der Layer | maximal 3 Layer (A, B, C) |
| Anzahl der Segmente | 13 |
| Modulationsart | DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM |
| Coderate | $1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$ |
| Guard Interval | $1/4, 1/8, 1/16, 1/32, \text{OFF}$ |
| Time Interleaving | 0, 1, 2, 4, 8, 16 (einstellbar abhängig vom ISDB-T-Mode) |
| AC Information | PRBS, alle Bits = 1 |
| Spectrum Mask | entsprechend ISDB-T-Spezifikationen |

R&S®SFL-C

| DVB-C-Coder | |
|-----------------------------------|--|
| Eigenschaften | gemäß EN 300429, ITU-T J.83A, C |
| Modulationsart | 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM, 256-QAM |
| Symbolraten | 0,1 Msps bis 8 Msps einstellbar |
| Impulsfilterung | $\sqrt{\cos}$ Roll-off, $\alpha = 0,15$ Roll-off variabel (0,1 bis 0,2) |
| Energy Dispersion | abschaltbar |
| Reed Solomon Coder (204,188, t=8) | abschaltbar |
| Convolutional Interleaver | abschaltbar |
| Mode | |
| DATA | MPEG-2-Eingangssignal (ohne Eingangssignal automatische Umschaltung auf PRBS bei TS PARALLEL, Stuffing bei ASI, SPI) |
| NULL TS PACKET | Nullpakete (PID = 1FFF, payload = 0) |
| NULL PRBS PACKET | Nullpakete (PID = 1FFF, payload = PRBS, $2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151) |
| PRBS vor Mapper | $2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| Modulationsfrequenzgang | $\pm 0,25$ dB |
| Schulterabstand (6,9 Msps) | 48 dB |
| MER | 41 dB |

R&S®SFL-J

| J.83B-Coder | |
|-----------------------------------|---|
| Eigenschaften | gemäß ITU-T J.83B |
| Mode | |
| DATA | MPEG-2-Eingangssignal mit Synchronisierung auf die Eingangsdatenrate |
| NULL TS PACKET | Null-Transportpakete nach Definition in Measurement Guideline |
| NULL PRBS PACKET | NULL TRANSPORT PACKET mit PRBS (PRBS entspricht $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151) |
| SYNC PRBS | Sync-Byte mit 187 Byte PRBS Payload (PRBS entspricht $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151) |
| PRBS vor Trellis | $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| PRBS nach Trellis | $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| Symbolrate | 5,0569 Msps (64-QAM), 5,360 Msps (256-QAM) |
| Bereich | $\pm 10\%$ |
| Bandbreite | 6 MHz |
| Bereich | $\pm 10\%$ |
| Impulsfilterung ($\sqrt{\cos}$) | 0,18 (64-QAM), 0,12 (256-QAM) |
| Data Interleaver | Level 1 und Level 2 abschaltbar |
| Spezialfunktionen | Reed-Solomon, Randomizer, Interleaver abschaltbar |
| Modulationsfrequenzgang | $\pm 0,25$ dB |
| Schulterabstand | 53 dB |
| MER | 42 dB |

R&S®SFL-S

| DVB-S/-DSNG-Coder | |
|-----------------------------------|--|
| Eigenschaften | gemäß EN 300421/EN 301210 |
| Modulationsart | QPSK, 8PSK, 16-QAM |
| Coderate | QPSK: $1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$ 8PSK: $2/3, 5/6, 8/9$ 16-QAM: $3/4, 7/8$ |
| Symbolraten | 0,1 Msps bis 80 Msps einstellbar |
| Impulsfilterung | $\sqrt{\cos}$ Roll-off, $\alpha = 0,35$ Roll-off variabel (0,25 bis 0,45) |
| Energy Dispersal | abschaltbar |
| Reed-Solomon-Coder (204,188, t=8) | abschaltbar |
| Convolutional Interleaver | abschaltbar |
| Convolutional Encoder | abschaltbar |
| Mode | |
| DATA | MPEG-2-Eingangssignal (ohne Eingangssignal automatische Umschaltung auf PRBS bei TS PARALLEL, Stuffing bei ASI, SPI) |
| NULL TS PACKET | Nullpakete (PID=1FFF, payload=0) |
| NULL PRBS PACKET | Nullpakete (PID=1FFF, payload=PRBS, $2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec.0.151) |
| PRBS vor Convolutional Encoder | $2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec.0.151 |
| Modulationsfrequenzgang | $\pm 0,25$ dB |
| Schulterabstand | 48 dB |

Optionen

Rauschgenerator

| Option R&S®SFL-N | |
|---|---|
| Rauscheigenschaften | |
| Bandbreite | |
| Einstellbare Empfängerbandbreite | 0,1 MHz bis 10 MHz max. 10 Msps bei Satellit |
| HF Rauschbandbreite (-1 dB) | 16 MHz |
| C/N-Einstellungen | |
| Variationsbereich | 60 dB |
| Minimal einstellbares C/N | 0 dB (Trägerbandbreite ≥ 6 MHz) |
| Auflösung | 0,1 dB |
| C/N-Fehler | |
| Absoluter Fehler | <0,3 dB (nach Kalibrierung), typ. 0,2 dB |
| HF-Eigenschaften | |
| Zusätzlicher Frequenzgang (bis 5 MHz Offset vom Träger) | <0,4 dB |
| Begrenzung des maximalen HF-Ausgangspegels | >0 dB bis 18 dB (in Schritten von 6 dB) |
| Restträger | typ. -50 dBc |
| Min. HF-Frequenz bei Noise On | >15 MHz |

BER-Messung

| Option R&S®SFL-K17 | |
|----------------------------|---|
| Eingangsdatenrate | max. 63 Mbit/s seriell, 80 Mbit/s parallel |
| PRBS-Sequenzen | $2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| Eingang | |
| Seriell | BER DATA/BER CLOCK |
| Eingangswiderstand | Hochohmig |
| Eingangsspegel | TTL |
| Anschluss | BNC-Buchse |
| Takt, Daten | normal, invertiert |
| BER-Mode | |
| PRBS | $2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151 |
| Parallel | TS PARALLEL |
| Eigenschaften | entspricht EN50083-9 |
| Eingangswiderstand | 100 Ω |
| Eingangsspegel | 100 mV bis 2 V, LVDS |
| Anschluss | 25-polige Buchse, geschirmt |
| BER-Mode | |
| PRBS, PRBS INVERTED | MPEG-2-TS Payload |
| NULL PRBS PACKET | Auswertung der Payload als PRBS ¹⁾ |
| PID FILTER FOR PRBS PACKET | Auswertung der Payload mit der PID 1FFFhex als PRBS ²⁾ |

¹⁾ Auswertung eines Standard-Transportstroms. Die vier Header-Bytes werden entfernt und die 184 bytes Payload als PRBS ausgewertet. Dies entspricht dem NULL PRBS PACKET Mode im R&S®SFL.

²⁾ Auswertung eines Standard-Transportstroms. Der PID-Filter selektiert Null Packets mit der PID=1FFFhex. Nur die Payload dieser Packets wird als PRBS ausgewertet. Dies entspricht dem ASI- oder SPI-Mode im R&S®SFL, bei dem NULL PRBS PACKETS für Stuffing verwendet werden.

Allgemeine Daten

| | |
|----------------------------------|---|
| Speicher für Geräteeinstellungen | 50 |
| Fernsteuerung | IEC 60625 (IEEE 488) RS-232-C |
| Befehlssatz | SCPI 1995.0 |
| Betriebsbereich | +5 °C bis +45 °C |
| Gebrauchsbereich | 0 °C bis +50 °C |
| Lagertemperaturbereich | -40 °C bis +70 °C |
| Mechanische Belastbarkeit | |
| Sinusvibration | 5 Hz bis 150 Hz, max. 2 g bei 55 Hz, max. 0,5 g im Bereich 55 Hz bis 150 Hz, erfüllt IEC 60068-2-6, IEC 61010 |
| Randomvibration | 10 Hz bis 300 Hz, Beschleunigung 1,2 g (eff.) |
| Schock | 40-g-Schockspektrum, erfüllt MIL-STD-810D |
| Klimabelastung | |
| Feuchte Wärme | 95% relative Luftfeuchte bei +25 °C/ +40 °C zyklisch; erfüllt IEC 60068 |

| | |
|------------------------------------|---|
| Elektromagnetische Verträglichkeit | EMV-Richtlinie der EU |
| Festigkeit gegen Störfelder | 10 V/m |
| Elektrische Sicherheit | EN61010-1, IEC61010, UL3111-1, CSA-C22.2 No.1010.1 |

Grundgerät

| | |
|-------------------------|---|
| Stromversorgung | 100 V bis 120 V (AC), 50 Hz bis 60 Hz 200 V bis 240 V (AC), 50 Hz bis 60 Hz max. 250 VA |
| Abmessungen (B × H × T) | 427 mm × 88 mm × 450 mm (2 HE) |
| Gewicht | 11 kg |

Option R&S®SFL-N

| | |
|---|---|
| Stromversorgung | 100 V bis 240 V (AC), 50 Hz bis 60 Hz max. 60 VA |
| Abmessungen (B × H × T) mit Grundgerät | 427 mm × 55 mm × 450 mm (1 HE) 427 mm × 154 mm × 450 mm (3 HE) |
| Gewicht mit Grundgerät | 5 kg 16 kg |

Bestellangaben

| Bezeichnung | Typ | Bestellnummer |
|---|--------------------|------------------------------|
| TV Test Transmitter DVB-T/H | R&S®SFL-T | 2084.4005.20 |
| TV Test Transmitter ATSC/8VSB | R&S®SFL-V | 2084.4005.30 |
| TV Test Transmitter ISDB-T | R&S®SFL-I | 2084.4005.50 |
| TV Test Transmitter DVB-C | R&S®SFL-C | 2084.4005.15 |
| TV Test Transmitter J.83B | R&S®SFL-J | 2084.4005.40 |
| TV Test Transmitter DVB-S/DVB-DSNG | R&S®SFL-S | 2084.4005.10 |
| Option | | |
| Rauschgenerator | R&S®SFL-N | 2084.4040.02 |
| BER-Messung | R&S®SFL-K17 | 2084.5682.02 |
| Empfohlene Ergänzungen | | |
| Service-Kit | | 2084.4340.02 |
| Service-Handbuch | | 2084.4128.22 |
| 19"-Adapter für Gestelleinbau für Grundgerät | R&S®ZZA-211 | 1096.3260.00 |
| 19"-Adapter für Gestelleinbau für R&S®SFL-N | R&S®ZZA-111 | 1096.3254.00 |
| Anpassglieder 50 Ω/75 Ω beidseitige Anpassung, Dämpfung 5,7 dB, keine DC-Trennung einseitige Anpassung, Dämpfung 1,7 dB | R&S®RAM R&S®RAZ | 0358.5414.02 0358.5714.02 |
| Tasche (2 HE) | R&S®ZZT-214 | 1109.5119.00 |



Weitere Informationen unter
www.rohde-schwarz.com
(Suchbegriff: SFL)



ROHDE & SCHWARZ

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG · Mühlendorfstraße 15 · 81671 München · Postfach 801469 · 81614 München · Tel. (089) 4129-0
www.rohde-schwarz.com · CustomerSupport: Tel. +49 1805124242, Fax +(089) 4129-13777, E-Mail: CustomerSupport@rohde-schwarz.com