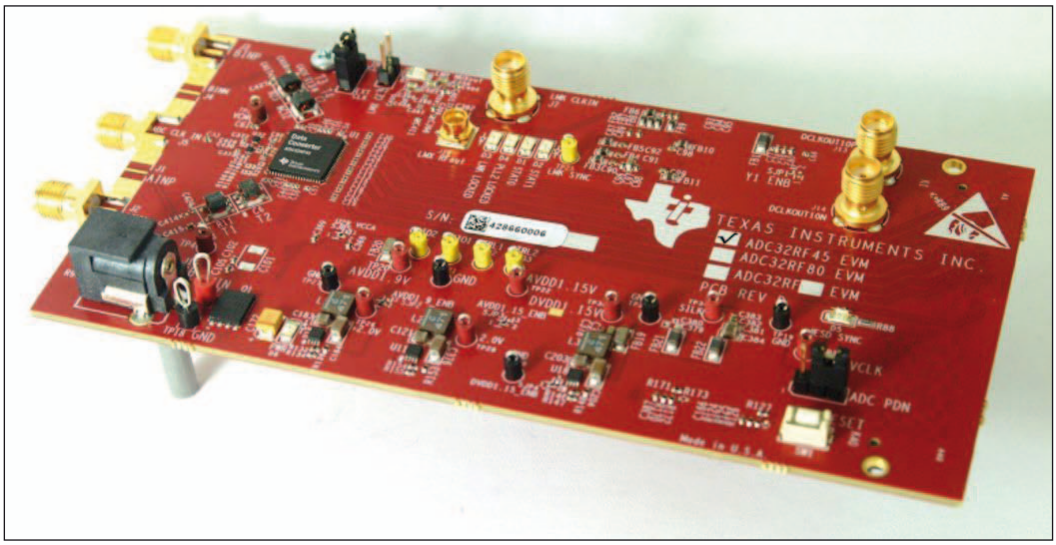
Multiband-HF-Sampling-Empfängerlösung

Bei der Direktabtastung (Direct Sampling) wird das empfangene HF-Signal direkt abgetastet und digitalisiert. In einer Multiband-Applikation sind die Signale selbst zwar nicht breitbandig, jedoch frequenzmäßig weit voneinander entfernt. Diese Applikationsschrift beschreibt den Einsatz des ADC32RF80, eines zweikanaligen 14-Bit-3-GSPS-HF-Sampling-Empfängerbausteins, bei solchen Anwendungen.



Die -3-dB-Eingangsbandbreite des ADC32RF80 beträgt 3 GHz, und aufgenommen werden können Signale mit Frequenzen bis 4 GHz. Der Baustein enthält auch zwei digitale Down-Konverter (Digital Down Converter, DDC) pro Kanal. Jeder DDC bietet dezimale Werte von 8 bis 32 und beinhaltet auch einen numerisch gesteuerten 16-Bit-Oszillator, um das aufgenommene Signal ins digitale Basisband herabzusetzen. Dank der hohen Sampling Rate des ADC32RF80 kann eine große Vielzahl von Signalen aus dem HF-Spektrum verarbeitet werden, wozu auch Signale in verschiedenen Bändern und potentiell unerwünschte Interferenzen zählen. Der DDC mischt unabhängig das gewünschte Band in ein digitales Basisband. Eine Dezimierung reduziert die Ausgangsdatenrate auf einen geringeren Wert und ermöglicht die digitale Filterung zur Hervorhebung des gewünschten Bands bzw. zur Eliminierung von Interferenzen. Insgesamt kommt es zur Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses (Signal-to-Noise Ratio, SNR). Dieses Feature ist aber kritisch bei Highend-Telekommunikations-Empfänger, weil diese in der Regel einen hohen Dynamikbereich aufweisen müssen.

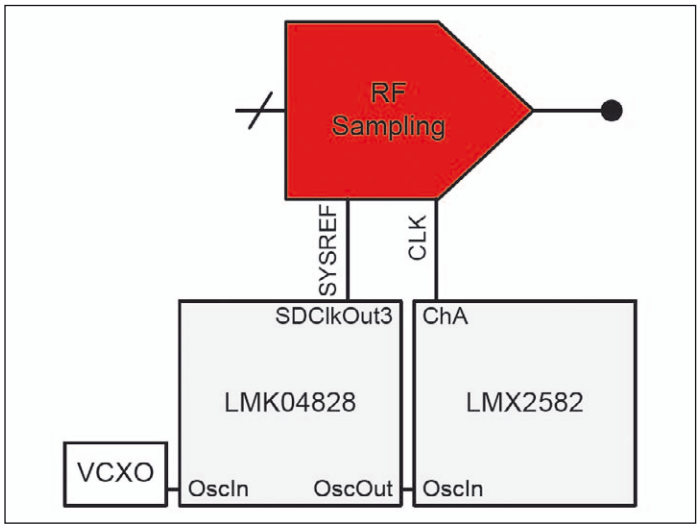


Bild 1: Blockaufbau des ADC32RF80-EVM-Referenzdesigns

Systembeschreibung

Dieses Referenzdesign implementiert einen HF-Sampling-Empfängerbaustein, der in der Lage ist, Signale in verschiedenen Bändern zu erfassen. In der entsprechenden breitbandigen HF-Sampling-Implementation diktiert die Abtastrate des Analog/Digital-Wandlers die maximal mögliche Bandbreite. Beim Umgang mit verschiedenen Bändern enthält das Spektrum außerhalb dieser Bänder keine nützliche Information. Von dort können aber durch Interferenzen Störsignale eingestreut werden, die ausgefiltert werden müssen. Im ADC32RF80 enthält jeder DDC dezimierende Filter und einen Numerically Controlled Oscillator (NCO), um das Nutzsignal in verschiedenen Bändern zu gewinnen. Der ADC32RF80 unterstützt das JESD204B Serial Interface mit Datenraten bis zu 12 Gbps bei Nutzung von bis zu vier Schichten (Lanes) per ADC. Der Eingang des Bausteins ist mit einer internen 50-Ohm-Termination (differentiell) versehen.

Der LMK04828 ist ein dualer PLL Jitter Cleaner und Taktgenerator. Ein Onboard-122,88-MHz-VCXO liefert die Referenzfrequenz. Diese kann auf Wunsch an eine externe 10-MHz-Referenz angebunden werden. Der LMK04828 liefert die für

Quelle:

Russell J. Hoppenstein: Multi-Band RF Sampling Receiver Solution, Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265, www.ti.com, 2016

übersetzt von FS

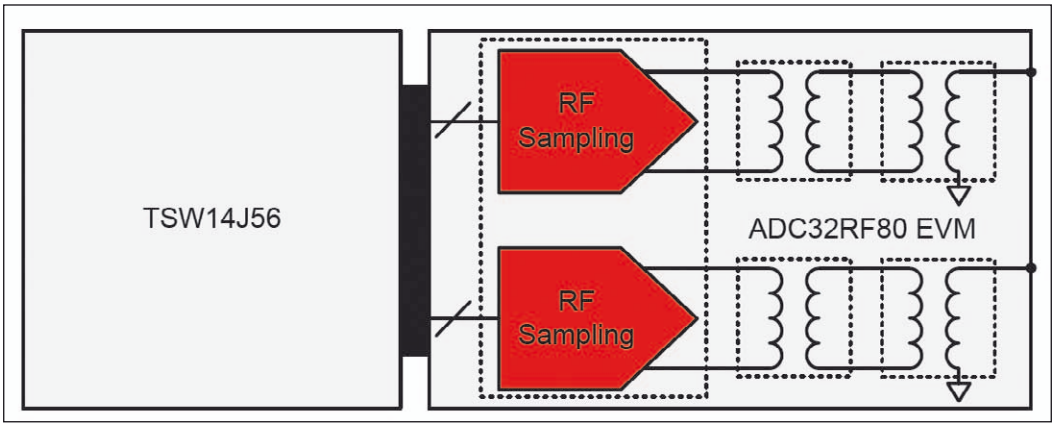


Bild 2: Das Test Setup

JESD204B SYSREF erforderlichen Taktsignale an den ADC und an ein FPGA und lässt das 122,88-MHz-Referenzsignal an den LMX2582 gelangen, um dort die Referenz zu bilden.

Der LMX2582 ist ein breitbandiger HF-Synthesizer mit einem Bereich von 20 bis 5500 MHz. Dieser Baustein zeichnet sich durch extrem niedriges Phasenrauschen aus und begünstigt daher das kritische HF-Sampling durch die entsprechenden ADCs. Das Phasenrauschen am 3-GHz-Ausgang bei 1 MHz Offset beträgt -140 dBc/Hz. Diese Performance rivalisiert mit der von Versuchsaufbau-Test-Equipment. Der LMX2582 ist programmiert auf 2949,12 MHz, und sein Ausgang bedient den ADC32RF80-Takteingang.

Den Blockaufbau des ADC32RF80-EVM-Referenzdesigns zeigt Bild 1.

Das Test Setup

Im Testaufbau ist der ADC32RF80 EVM an die TSW14J56 EVM Capture Card gekoppelt, wie in Bild 2 zu sehen. Die TSW14J56-Karte ist für die HSDC Pro Software ausgelegt, um die aufgenommenen Signalmuster anschauen und analysieren zu können.

Das Eingangstestsignal ist in Bild 3 dargestellt. Das Signal hat einen 20-MHz-LTE-Träger, zentriert um 1950 MHz, das Zentrum des UMTS-Empfangsbands. Daneben gibt es noch einen 20-MHz LTE Carrier, zentriert um 2650 MHz. Ein drittes Signal ist auf 2300 MHz angesiedelt. Dieses Signal repräsentiert eine unerwünschte Interferenz mit einer Leistung gleich der Leistung jedes erwünschten Signals.

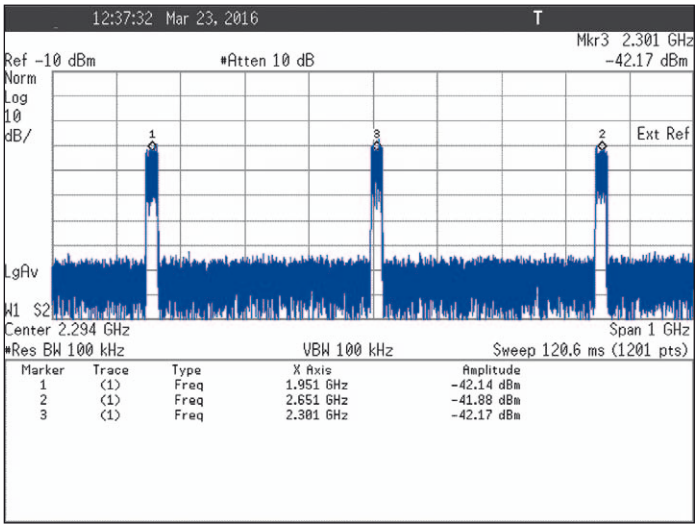


Bild 3: Das Multiband-Eingangssignal mit störender Interferenz

Nun zum ADC32RF80 EVM GUI Setup. Der ADC32RF80 EVM ist in einen Decimate-by-16-Modus gesetzt. Die Taktrate beträgt 2949,12 MHz. Die Ausgangsdatenrate ist 184,32 MHz (2949,12 MHz/16). Die komplexe Ausgangs-Nyquist-Rate beträgt 184,32 MHz, was recht viel ist für einen 20-MHz LTE Carrier.

Der LMK04828 ist programmiert für eine Taktrate von 2949,12 MHz, um die notwendigen SYSREF-Signale für den ADC32RF80 zu unterstützen. Der LMX2582 ist weiterhin programmiert für eine Ausgangsfrequenz von 2949,12 MHz für den ADC-Takt. Der ADC32RF80 nutzt das Konfigurations-File "ADC32RF80_16xIQ_lmfs8821", um die Register für das Teilen durch 16 in einem komplexen Ausgang zu laden.

Jeder NCO ist so gesetzt, dass das HF-Eingangssignal herunter in das digitale Basisband gemischt wird. Ein NCO ist

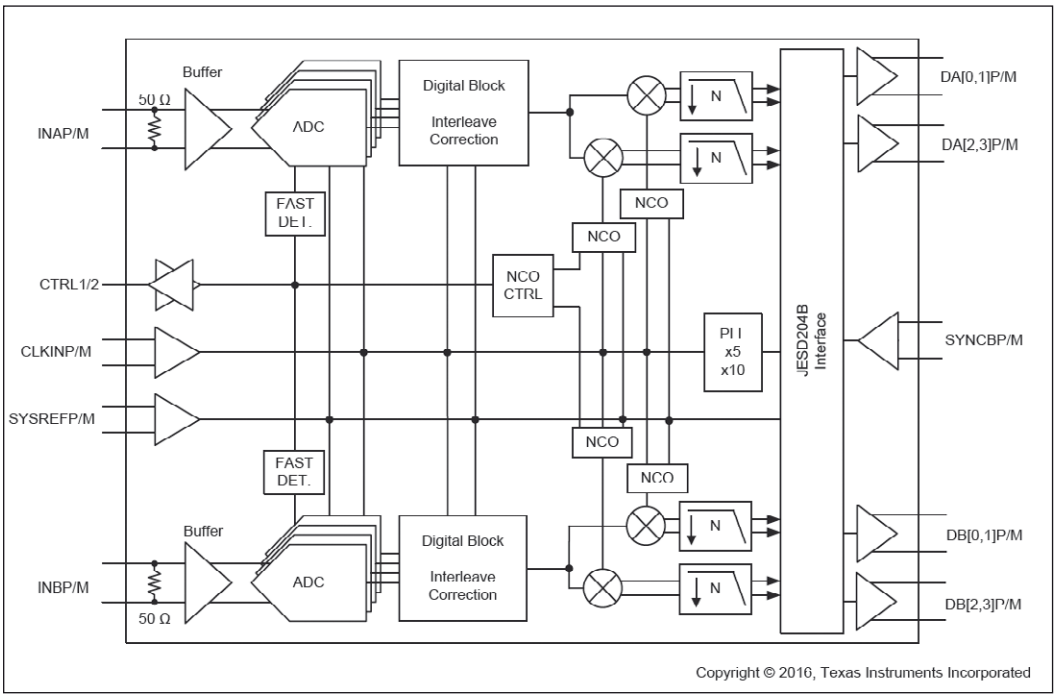


Bild 4: Blockaufbau des ADC32RF80

Bild 5: DDC-Ausgangssignal 1950 MHz

Bild 6: DDC-Ausgangssignal 2650 MHz

auf 1950 MHz gesetzt, der andere auf 2650 MHz. Da der ADC32RF80 lediglich über einen 16-Bit-NCO verfügt, sind die exakt gewünschten Frequenzwerte nicht erreichbar. Für diese Tests wurden die nächstliegenden Frequenzen genutzt.

Das HSDC Pro Software Interface mit dem TSW14J56 dient der Aufnahme und Analyse der digitalen Daten vom ADC32RF80. Das Ini File wird auf ADC32RF80_LMF_8821 gesetzt, um den seriellen Ausgangsdatenstrom des ADCs zu erhalten. Da der DDC aktiviert ist, müssen die normalen ADC-Kalkulationen für die digitale Mischerfunktion modifiziert werden. Der Gear Selector neben der ADC-Ausgangsdatenrate-Box bringt ein Popup-Fenster zur Anzeige, in das die Parameter für NCO-Eingang und Dezimierung (Teilung) eingegeben werden können, natürlich für jeden Träger. Die Taktrate ist auf 2,94912 GHz, die ADC-Eingangsfrequenz auf 2,65 bzw. 1,95 GHz gesetzt. Der NCO ist gemäß den Werten in der ADC32RFxx-Software eingestellt. Die Auflösung von 16 Bit zwingt hier zu einer kleinen Abweichung. Der Teilerfaktor ist 16.

Der ADC32RF80 ist ein zweikanaliger Baustein, aber jeder Kanal enthält effektiv zwei komplexe (I/Q) Down-Konverter. Insgesamt stehen physikalische vier (Bild 4), aber effektiv acht Konverter zur Verfügung. Daher wird der Parameter M bei JESD204B, der diese Anzahl betrifft, auf 8 gesetzt. Jeder Träger beansprucht ein Paar (I/Q) effektiver Kanäle. In diesem Fall liegt der 1950-MHz Carrier auf Kanal 1 oder 2 und der 2,65-GHz Carrier auf Kanal 3.

Messergebnisse

In Bild 5 und 6 sind die Spektren der empfangenen Nutzsignale dargestellt. Der 20-MHz Carrier wurde herabgemischt auf 0 Hz. Mit der beschriebenen Lösung wurden die Signale auf 1950 und 2650 MHz sehr gut aufgenommen. Das interferierende Störsignal auf 2300 MHz ist ausgefiltert. Die Signalleistung des 1950-MHz-Trägers liegt bei -30 dBFS; die Leistung des 2650-MHz Carriers beträgt etwa -35 dBFS. Die Differenz entsteht teilweise durch Abweichungen bei der Signalquelle und infolge der mit der Frequenz zunehmenden Dämpfung im Empfangsteil.

Das Abklingen des Rauschens an den Bandgrenzen wird durch die Dezimierungsfilter bewirkt. Diese Filter begrenzen die nutzbare Ausgangsbandbreite auf etwa 90% der insgesamt verfügbaren Bandbreite. In diesem Beispiel bewirkt die Teilung durch 16 eine maximale Bandbreite für die Signale von etwa 165 MHz. Der Rauschflur für jeden Signalverarbeitungszweig liegt unter -110 dBFs. Ein Teil davon stammt auch vom breitbandigen Rauschen in der Signalquelle. Das Dezimierungsfilter begrenzt das Außerbandrauschen und bewirkt eine Verbesserung beim Gesamt-SNR. Mit höheren Teilerfaktoren sinken Rauschen als auch verfügbare Bandbreite.

Schlussbemerkungen

Der ADC32RF80 arbeitet mit Multiband-Signalen. Er ist sehr wirkungsvoll dabei, wenn es darum geht, Nutzsignale aus verschiedenen Bändern aufzunehmen und unerwünschte Interferenzen auszufiltern, sodass eine hohe Empfangsqualität vorliegt. Durch die Möglichkeit der Dezimierung kann das Rauschen gesenkt werden, wobei die Nutzsignale unangetastet bleiben. Dies verbessert die SNR-Performance mit einem Faktor von 10log (Decimation). Der DDC erlaubt eine geringere Ausgangsdatenrate, die Bandfilterung und die Verbesserung des SNR. ◄

Design Features

- 3-GSPS-HF-Sampling-Receiver-Lösung
- geringes Rauschen, hoher Dynamikbereich
- programmierbare Dezimierung von 8 bis 32
- dualer digitaler Down-Converter mit unabhängigem NCOs

Bevorzugte Applikationen

- Multiband oder Multimode-Empfänger für drahtlose Basisstationen
- Multicarrier-GSM-Empfänger
- digitaler Pre-Distortion-Feedback-Empfänger
- Telecommunications Receiver
- Carrier Aggregation Receiver