

# Ist der DAC auf Zack?

## Kritische D/A-Wandler-Parameter für GSM/EDGE-Transmitter mit Mehrfachträger

Dipl.-Ing. (FH) Tanja C. Hofner

**In neu entstehenden drahtlosen Kommunikationsstandards (Breitband, Mehrfachträger), die immer häufiger niedrige Verzerrungs- und Rauschwerte fordern, sind Digital-Analog-Wandler (DACs) im Sendepfad eines solchen Systems zu Schlüsselbauelementen bei der analogen Signalerzeugung geworden, denn sie können das endgültige dynamische Verhalten des Systems nachhaltig beeinflussen. Der folgende Beitrag erläutert, worauf Entwickler beim Einsatz eines D/A-Wandlers in derartigen Systemen achten müssen.**

Die Sendestufen der Basisstation-Transceiver-Systeme (BTS) mit Mehrfachträgern für GSM/EDGE konfrontieren Hersteller von Kommunikations-DACs mit der schwierigen Aufgabe, Bausteine mit hoher Auflösung und schnellen Update-Raten bei hohen Ausgangsfrequenzen herzustellen – und das sogar mit verringertem Rauschen bei störenden Ausstrahlungen über einen großen Bandbreiten-Bereich.

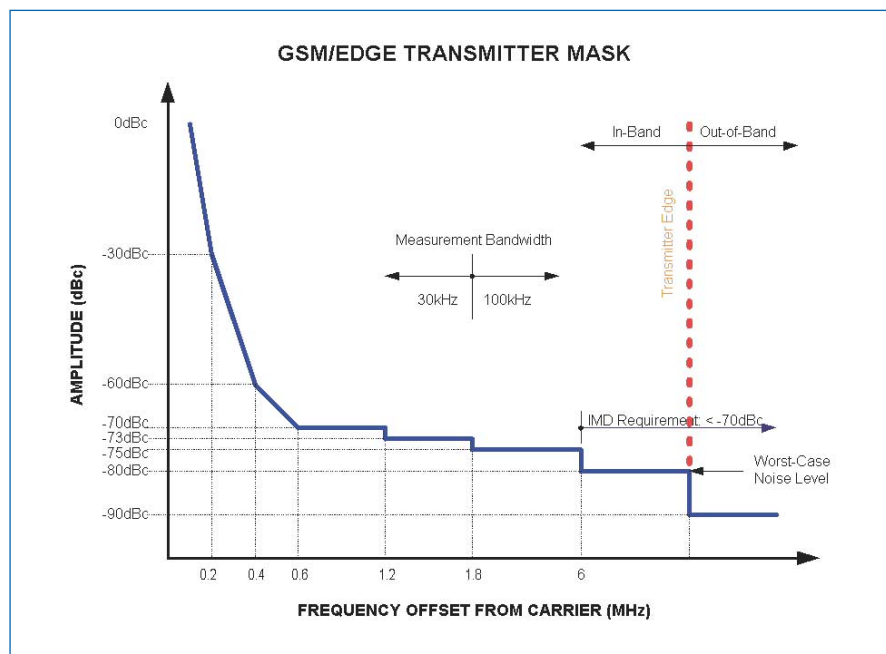
Infolge dieser Anforderungen betrachten Systementwickler Kommunikations-DACs nur dann als einsetzbar, wenn sie Schlüssel-spezifikationen in vier Rausch- und Verzerrungskategorien erfüllen können. Zu diesen Spezifikationen gehören die folgenden Kenndaten:

- ▷ Störsignal-freier Dynamik-Bereich (SFDR)
- ▷ Signal-Rausch-Verhältnis (SNR)

- ▷ Intermodulationsverzerrung (IMD)
- ▷ Multi-Tone-Leistungsverhältnis (MTPR, Multi-Tone Power Ratio).

All diese vier Parameter sind für die Einhaltung der Störsignal- und IMD-Ziele in Transceiver-Systemen maßgebend.

Um Rauschen und störende Ausstrahlungen in Basisstationen zu spezifizieren, wird eine so genannte GSM/EDGE-Tx-Maske verwendet, welche die Identifizierung von DAC-Anforderungen für diese Parameter unterstützt. Diese Maske zeigt, dass die zulässigen Rauschpegel und störenden Ausstrahlungen von der Offset-Frequenz der gesendeten Trägerfrequenz abhängen. Die GSM/EDGE-Maske und ihre Spezifikationen basieren auf einem einzelnen Aktivträger, während alle anderen Träger im Sender abgeschaltet sind.



**Bild 1:** Anhand der Tx-Maske kann man die Rausch- und Verzerrungsgrenzen für DACs bestimmen, die im Sendepfad von GSM/EDGE-BTS-Systemen zum Einsatz kommen. Grafik: Maxim

Die in **Bild 1** dargestellten Spezifikationen unterstützen Ausgangs-Leistungspegel pro Träger von 20 W oder höher. Niedrige Ausgangs-Leistungspegel ermöglichen es, die Strahlungsanforderungen etwas lockerer zu formulieren.

### SFDR

GSM/EDGE-Systeme fordern, dass der Analogsignal-Aufbaublock (DAC) bei Offset-Frequenzen ab 6 MHz eine störende Ausstrahlung von weniger als -80 dBc aufweist. Störende Produkte vom DAC können sich sowohl mit eingestreutem Rauschen als auch mit störenden Produkten anderer Schaltungselemente mischen. Um auch diesen Störquellen vorzubeugen sollten daher die störenden Produkte des DAC um mindestens weitere 6 dB reduziert werden.

Die Anzahl der Träger sowie deren auf den Vollbereich bezogene Signalpegel spielen eine wichtige Rolle. Anders als bei einem Vollausschlags-Sinus, in dem die Spektralenergie des Signals über eine definierte Bandbreite verteilt ist, besitzt das Multi-Tone-Signal ein höheres Verhältnis zwischen Spitzen und Effektivwert, was zu einer Klemmung des Signals führen kann, wenn der Signalpegel nicht ausreichend verringert wurde. Wenn ein Sender mit vier In-Band-Trägern sendet, muss jeder einzelne Träger eine Amplitude von >12 dB unter dem Vollbereichswert haben, um eine Klemmung des Signals zu verhindern. Bei acht Trägern liegt diese Anforderung bei >18 dB unter dem Vollbereichswert.

Das folgende Beispiel erläutert, wie dies in der Praxis aussieht: Eine EDGE-basierende Modulation weist ein Spitze-zu-Effektivwert-Verhältnis von 4 dB für die verwendete 8-PSK-Modulation (Phase-Shift Keying) auf. Dies erfordert, dass die Trägerfrequenz um weitere 4 dB reduziert wird. Zusätzlich ist ein weiterer Abstand von -6 dB nötig, um die Kompensation anderer Bauelemente zu ermöglichen. Für Systeme mit vier/acht Trägern pro designierter Bandbreite muss jeder einzelne Träger einer Amplituden-Anforderung von >18 dB/-24 dB (oder kleiner) Vollausschlag genügen.

### SNR

Wie bereits erwähnt, können die SNR-Anforderungen für ein GSM/EDGE-basierendes System von der GSM/EDGE Tx-Maske (**Bild 1**) abgeleitet werden. Legt man den schlechtesten Fall mit einem Rauschpegel von -80 dB bei Frequenz-Offsets von >6 MHz zu Grunde und nimmt eine gemessene Bandbreite von 100 kHz an, dann wird die minimale Rauschdichte pro Hertz wie folgt berechnet:

$$SNR_{MIN} = -80 \text{ dB} - 10 \log_{10} (100 \times 10^3 \text{ Hz})$$

$$SNR_{MIN} = -130 \text{ dB/Hz}$$



**all-electronics.de**  
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema auf  
all-electronics.de!

**Hier klicken & informieren!**





Anzahl der Träger	Träger-Amplitude	SNR-Anforderung an den DAC
2	-12 dB bei FS	-152 dB <sub>FS</sub> /Hz
4	-18 dB bei FS	-158 dB <sub>FS</sub> /Hz
8	-24 dB bei FS	-160 dB <sub>FS</sub> /Hz

(FS: Full Scale; etwa: Vollbereich, Vollaussteuerung)

Da sich eingestreutes DAC-Rauschen zu störenden Tönen und eingestreutem Rauschen anderer Bauelemente addiert, ist es empfehlenswert, die Grenzen der Spezifikation um etwa 10 dB zu verringern. Damit ist die Einhaltung der GSM/EDGE Maskenwerte gewährleistet, weil diese Rauschbeiträge berücksichtigt sind.

## IMD und MTPR

Zu den Faktoren für die Auswahl eines DAC für den Tx-Pfad eines Mehrfachträger-GSM/EDGE-Systems zählt eine erhöhte IMD- und MTPR-Leistungsfähigkeit. Mehrere Träger in einem zugewiesenen Band generieren unerwünschte Intermodulations-Verzerrungen (IMD) zwischen den einzelnen Trägerfrequenzen. Ein Multi-Tone-Testvektor enthält normalerweise Träger mit gleichen Frequenzabständen (üblicherweise vier) und identischen Amplituden. Jeder dieser Träger repräsentiert einen Kanal innerhalb der definierten Interessen-Bandbreite. Um MTPR zu verifizieren, werden einer bzw. mehrere Töne unterdrückt, so dass die Intermodulations-Verzerrungen des DAC analysiert werden können. Die mit dem DAC ver-

bundenen Nichtlinearitäten erzeugen störende Töne, welche wiederum in den Bereich des unterdrückten Tons zurückfallen und dabei das Träger-Rausch-Verhältnis eines Kanals begrenzen. Andere Störkomponenten, die außerhalb des Interessenbands fallen, könnten auch wichtig sein; dies ist abhängig von der Spektralmaske des Systems sowie von Filteranforderungen. Die IMD-Spezifikation für angrenzende Träger (siehe Tx-Maske) ändert sich teilweise unter den verschiedenen GSM Standards. Für PCS1800- und GSM850-Standards sollte für die Intermodulations-Verzerrungen ein Durchschnittswert von -70 dBc eingehalten werden. Die folgende Tabelle fasst die dynamischen Leistungsanforderungen für die gesamte Tx-Signalkette in einem GSM/EDGE-System

Spezifikation	Tx-Ausgangspegel	DAC-Anforderungen mit Sicherheitsabständen	Spezifikationen des MAX5195
<b>SFDR</b>	80 dBc bis 83 dBc	88 dBc	83 dBc
<b>SNR</b>	-133 dBc/Hz	-158 dB <sub>FS</sub> /Hz	-160 dB <sub>FS</sub> /Hz
<b>IMD</b>	-70 dBc	-75 dBc	-77 dBc
<b>Träger-Amplitude</b>	Nicht spezifiziert	-18 dB <sub>FS</sub>	-18 dB <sub>FS</sub>

Anmerkung: Beim spezifizierten SFDR-Wert des MAX5195 handelt es sich um den Einzelträger-SFDR-Wert, der innerhalb eines 25-MHz Fensters beobachtet wurde. Obwohl der DAC die SFDR-Spezifikation nicht vollständig erfüllt, kann ein niedrigerer Einzelträger-SFDR-Wert akzeptiert und mit geeigneter Frequenzplanung für die Nichterfüllung dieses Parameters kompensiert werden.

mit vier Trägern zusammen und vergleicht die vorher festgelegten Wandler-Anforderungen mit einem der leistungsfähigsten DACs auf dem Markt.

Bei dem mit 260 MSample/s arbeitenden 14-bit-IC MAX5195 handelt es sich um den ersten DAC, der zur GSM/EDGE-Signalerzeugung mit vier Trägern kompatibel ist. Er bietet die erforderliche dynamische Leistung und entspricht allen Anforderungen der GSM/EDGE-Spektralmaske.

Maxim **354**

**Dipl.-Ing. (FH) Tanja C. Hofner** ist als Senior Member of Technical Staff (Applications Engineering) für Maxims Abteilung High-Speed Signal Processing in Sunnyvale, Kalifornien tätig.