



(Alle Bilder: WDI)

Design-Tipps für MEMS-Oszillatoren:

# Elektromagnetische Störungen reduzieren

**MEMS-Oszillatoren bieten zwei wichtige programmierbare Merkmale, die dazu beitragen können, die durch den Oszillator verursachten elektromagnetischen Störungen zu verringern und zu dämpfen.**

Von Hendrik Nielsen

**E**lektromagnetische Störungen (EMI = Electromagnetic Interference) sind für die Systementwickler in der Halbleiterindustrie schon seit jeher eine große Herausforderung. In den heutigen Systemdesigns – mit ihren dicht gepackten elektronischen Komponenten sowie

enormen Prozessorgeschwindigkeiten und Datenraten – mehr denn je. Eine Quelle von elektromagnetischen Störungen kann dabei der Oszillator sein.

MEMS-Oszillatoren erfreuen sich immer größerer Beliebtheit und ersetzen in Anwendungen, die eine Taktgenerie-

rung erfordern, zunehmend die Quarzoszillatoren. Unter anderem durch die Flexibilität in der Programmierung und Konfiguration können MEMS-Oszillatoren Vorteile gegenüber quarzbasierten Oszillatoren bieten. Die Programmierbarkeit der MEMS-Oszillatoren kann aber auch dazu beitragen, elektromagnetische Störungen zu reduzieren.

Auch der Oszillator trägt zu elektromagnetischen Störungen in einem System bei. Das Spektrum des Rechtecksignals hat eine Grundfrequenz sowie eine hohe Anzahl ungerader Oberschwingungen mit viel Energie. Je ge-

Treiberstärke (Drive Strength)	Anstiegszeit	Abfallzeit
Code 111 (stärkste)	1,46 ns	1,95 ns
Code 110	1,48 ns	1,97 ns
Code 101	1,58 ns	2,10 ns
Code 100	1,89 ns	2,35 ns
Code 010	2,04 ns	3,45 ns
Code 001	2,33 ns	3,58 ns
Code 000 (schwächste)	2,68 ns	4,38 ns

Anstiegs- und Abfallzeiten für verschiedene Treiberstärken (15 pF Last).

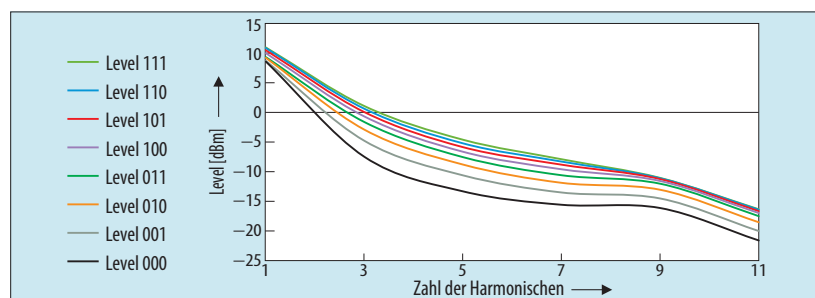


Bild 1. Pegel der Grund- und Oberschwingungen des MEMS-Oszillators für die acht verschiedenen Ausgangssignalleistungen (Drive Strengths).

nauer der Takt, desto energiereicher die Oberschwingungen, was eine höhere elektromagnetische Störung erzeugt. Übliche Methoden zur Reduzierung von elektromagnetischen Störungen sind ein sorgfältiges Design, Filterung und Abschirmung, was jedoch die Kosten und den Platzbedarf erhöht. Für die Takterzeugung wird daher vermehrt auf MEMS-Oszillatoren zurückgegriffen. Da MEMS-Oszillatoren Vorteile gegenüber Quarzen bieten können, haben sie in einigen Anwendungen im Consumer-, Industrie-, Automobil- und teilweise auch im Netzwerk- und Telekommunikationsbereich die Quarzoszillatoren bereits ersetzt.

### Viele Parameter von MEMS-Oszillatoren sind programmierbar

Einer dieser Vorteile ist, dass MEMS-Oszillatoren flexibel und in vielen Parametern programmierbar sind. Einer dieser Parameter ist die Leistung des Ausgangssignals, die mit der Anstiegs- und Abfallzeit des Taktsignals zusam-

menhängt. Da die abgestrahlte Energie mit dem Energiegehalt der Oberschwingungen zusammenhängt, reduzieren langsamere Anstiegs- und Abfallzeiten die Energie der Oberschwingungen des Taktgebers und mindern damit die elektromagnetische Störung. Ein weiterer programmierbarer Parameter ist das Spread Spectrum. Die Taktfrequenz wird über die Zeit moduliert und der Spitzenwert der spektralen Energie der Grundfrequenz und ihrer Oberschwingungen wird reduziert.

Im Folgenden werden Überlegungen angestellt, wie man die Programmierbarkeit der Anstiegs- und Abfallzeit von MEMS-Oszillatoren sowie die Fähigkeit zur Frequenzspreizung zur Reduzierung und Dämpfung von elektromagnetischen Störungen nutzen kann.

### Programmierbare Anstiegs-/Abfallzeit

Einige MEMS-Oszillatorserien von Microchip, wie beispielsweise DSC11xx und DSC2010, bieten die Möglichkeit, die

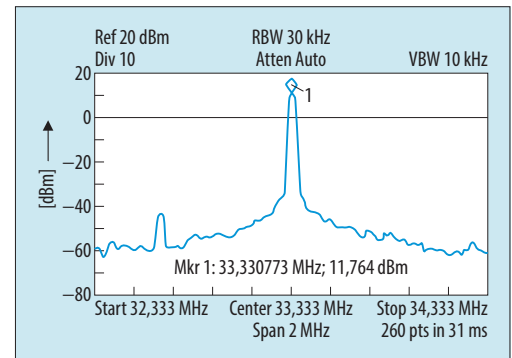


Bild 2. Spreizspektrum des DSC6331 bei 33,333 MHz mit abgeschalteter Modulation.

Stärke des CMOS-Ausgangssignals (Drive Strength) zu programmieren, was wiederum auch die Anstiegs- und Abfallzeit des Ausgangssignals beeinflusst. Der DSC2010 bietet drei Eingänge (OS0, OS1, OS2), die eine von acht möglichen Treiberstärken (Drive Strengths) ermöglichen. Der DSC1101 ist werkseitig auf die höchste, der DSC1105 auf die niedrigste Treiberstärke programmiert.

Eine hohe Leistung ist vorteilhaft, wenn entweder für die Anwendung

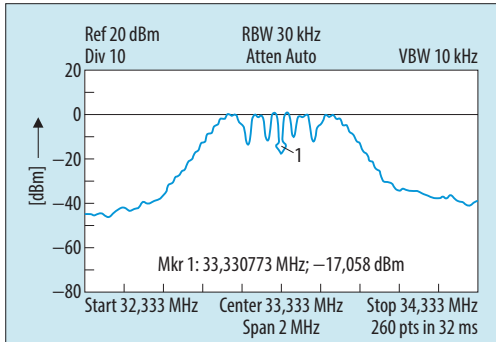


Bild 3. Spreizspektrum des DSC6331 bei 33,333 MHz mit eingeschalteter Modulation.

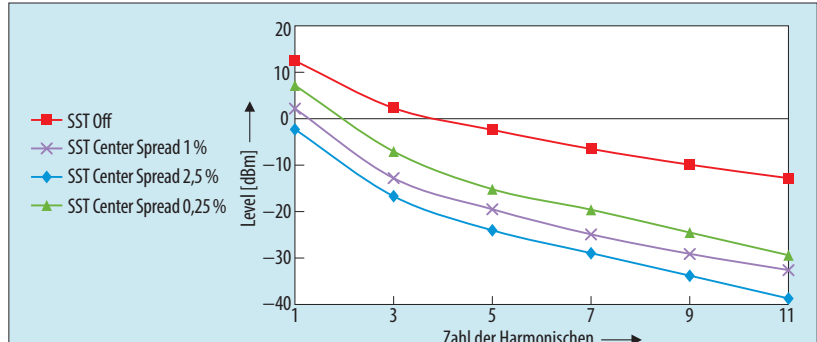


Bild 4. Oberschwingungslevel des SC6331 mit verschiedenen Spread-Spectrum-Optionen.

schnelle Anstiegs- und Abfallzeiten erforderlich sind oder wenn das Gerät eine hohe Lastkapazität ansteuern muss. Sie hilft zudem, den Einfluss des Stromversorgungsrauschens auf den Jitter des Oszillators zu reduzieren.

Die niedrigste Treiberstärke entspricht der langsamsten Anstiegs-/ Abfallzeit gemäß der Tabelle. Unter diesen Bedingungen weist das Taktsignal eine geringe Flankensteilheit, den geringsten Oberschwingungsenergiegehalt und damit die höchstmögliche Reduzierung der elektromagnetischen Störungen auf. Bild 1 zeigt, wie mit abnehmender Treiberstärke des Ausgangssignals die Oberschwingungen gedämpft werden.

**Spread Spectrum (Frequenzspreizung)**

Die Frequenzspreizung ist eine langsame Modulation der Taktfrequenz über die Zeit. Der PLL im MEMS-Oszillator wird mit einer Dreiecksschwingung bei 33 kHz moduliert. Bei solch einer langsamen Modulation wird der Spitzenwert der spektralen Energie der Grundfrequenz und aller dazugehörigen Oberschwingungen über einen größeren Frequenzbereich verteilt. So wird die Energie deutlich reduziert und gleichzeitig eine Reduzierung der elektromagnetischen Störung erreicht. Die Dreiecksschwingung wird wegen ihrer flachen spektralen Dichte gewählt.

Die MEMS-Oszillatorserie DSC63xx von Microchip bietet verschiedene Modulationsmöglichkeiten. Die Spreizung erfolgt entweder mittig oder abwärts in Bezug auf die Taktfrequenz. Die mittige Spreizung liegt im Bereich von ±0,25 % bis ±2,5 %, die Abwärts-Spreizung im Bereich von -0,25 % bis 3 %.

Bei einer Taktfrequenz von 100 MHz und einer mittigen Spreizung von ±1 % liegt der Ausgangstakt im Bereich von 99 MHz bis 101 MHz. Wird eine Abwärts-spreizung von 2 % gewählt, liegt der Ausgangstakt im Bereich von 98 MHz bis 100 MHz.

Die Bilder 2 und 3 zeigen ein Beispiel des Spektrums des DSC6331 mit einem 33,333-MHz-Takt, moduliert mit einer mittigen Spreizung von ±1 %. Auffällig ist, dass durch die Frequenzspreizung eine Reduzierung der Leistungsspitze um etwa 10 dB erreicht wird. Eine solche Verminderung kann auch durch die Gleichung geschätzt werden:

$$EMI_{Reduction} = 10 \times \log_{10} (|S| \times f_c / RBW)$$

Dabei gelten:

- S = Spreizungs-Prozentsatz Spitze-zu-Spitze (in diesem Beispiel 1 %)
- f<sub>c</sub> = Trägerfrequenz (in diesem Beispiel 33,333 MHz)
- RBW = Auflösungs-Bandbreite des Spektrumanalysators (in diesem Beispiel 30 kHz)

Die theoretische Berechnung für dieses Beispiel ergibt 10,45 dB, was der Messung entspricht. Ebenso wie die Grundfrequenz, werden alle Oberschwingungen in ähnlicher Weise gespreizt und gedämpft.

Bild 4 zeigt, wie die Grundfrequenz des DSC6331 bei 33,333 MHz und seine ungeraden Oberschwingungen durch die verschiedenen Modulationsarten gedämpft werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in Bild 4 nur die mittigen Spreizungsoptionen dargestellt. Eine Abwärts-spreizung mit einem entsprechenden Prozentsatz liefert jedoch den gleichen Grad an Oberschwingungsdämpfung (z. B. ergibt eine mit-

tige Spreizung von ±1 % die gleiche Oberschwingungsdämpfung wie eine Abwärts-spreizung mit -2 %).

**Zwei Funktionen reduzieren elektromagnetische Störungen**

Elektromagnetische Störungen sind eine echte Herausforderung im modernen Elektronikdesign, und der Oszillator ist einer ihrer Quellen. MEMS-Oszillatoren bieten zwei wichtige programmierbare Merkmale, die dazu beitragen können, die durch den Oszillator verursachte elektromagnetische Störung zu verringern und zu dämpfen.

Das erste Merkmal ist die programmierbare Anstiegs- und Abfallzeit. Langsamere Anstiegs- und Abfallzeiten verringern die mit der Oberschwingung jedes Taktsignals verbundene Energie, die mit elektromagnetischer Störung einhergehen. Das zweite Merkmal ist eine langsame Modulation der Taktfrequenz: Frequenzspreizung oder Spread Spectrum. Dieses Merkmal bewirkt ebenfalls eine erhebliche Reduzierung der mit den Oberschwingungen verbundenen Energie.

Diese beiden programmierbaren Merkmale der MEMS-Oszillatoren verringern die elektromagnetische Störung und vereinfachen die Auslegung der entsprechenden Filterung und Abschirmung, was sich wiederum günstig auf die Kosten und den Platzbedarf der Platine auswirken kann. go



**Hendrik Nielsen**  
ist bei der WDI AG im Produktmarketing FCP (Frequency Controlled Products) tätig.  
hnielsen@wdi.ag