

# MEMS-basierte Oszillatoren in der Automobilindustrie

MEMS-Oszillatoren vereinen geringen Stromverbrauch und extrem kleine Gehäuse mit außergewöhnlicher Frequenzstabilität und Jitter-Leistung über den gesamten Temperaturbereich.



Autor:  
Niels Hagen  
Teamleitung FCP,

WDI AG  
www.wdi.ag

**Fahrerassistenzsystem (FAS)**

- Fernbereichsradar
- Sichtsystem
- Front-, Rück- und Umgebungskameras

**User Interface**

- Infotainmentsystem
- Konnektivität (CAN/LAN)

**Intelligente Systeme**

- Getriebe- und Motorsteuerung

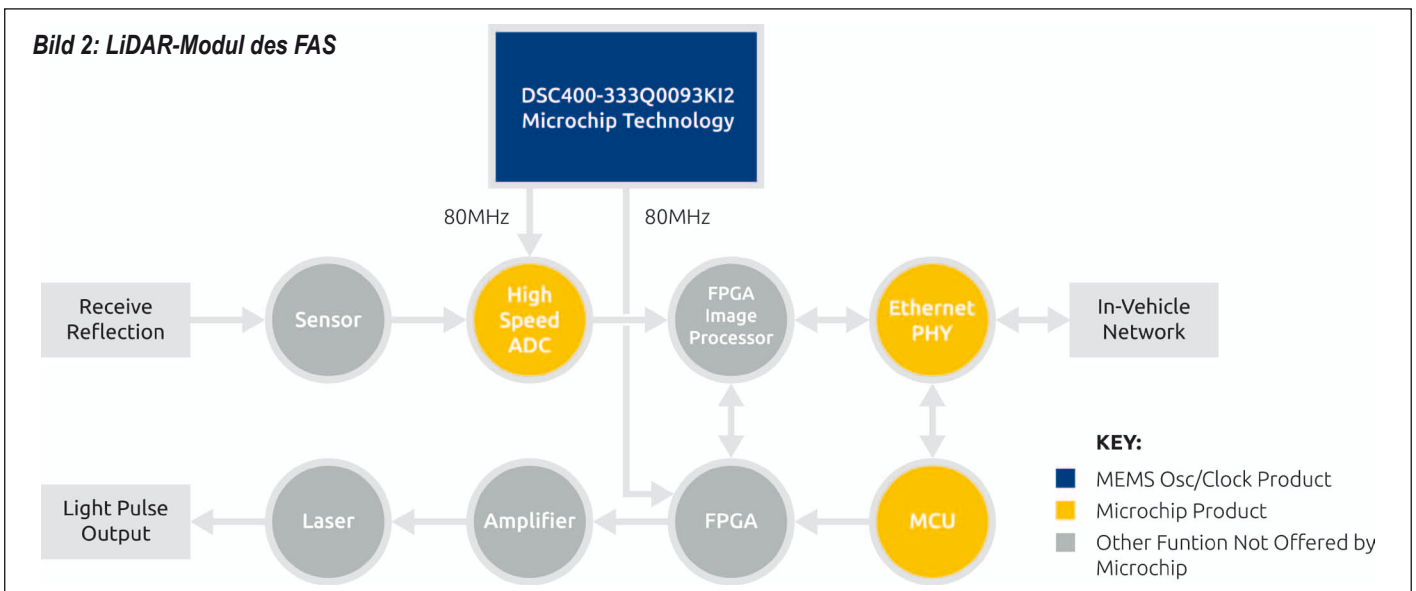
Bild 1: Anwendungsbereiche von MEMS-Oszillatoren

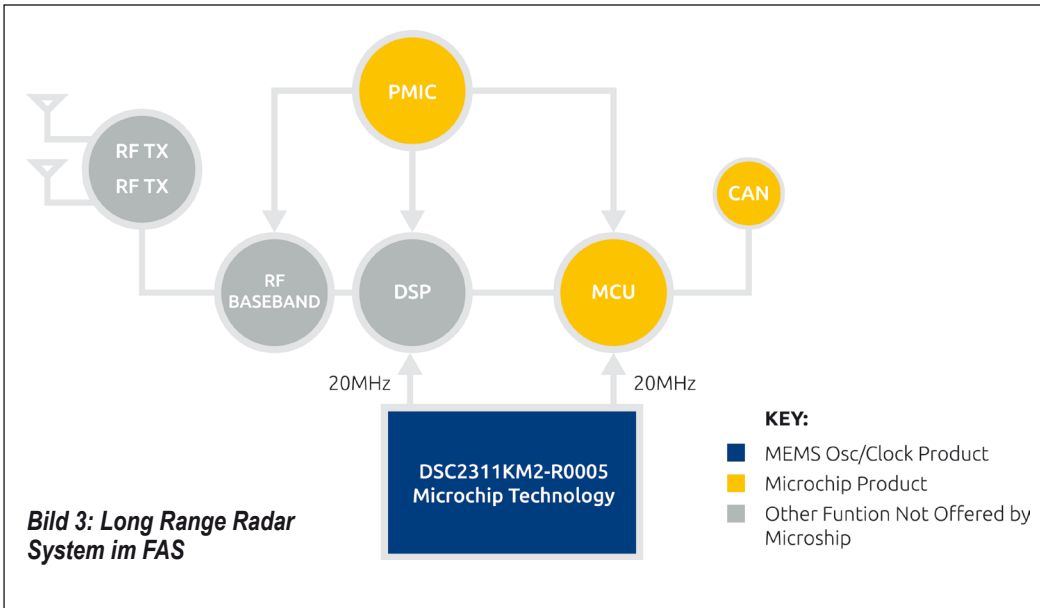
Seit Jahrzehnten sorgen Quarze in Oszillatoren als Taktgeber für stabile Frequenzen und in vielen Anwendungen werden sie nach wie vor erfolgreich eingesetzt. Vor etwa zehn Jahren kamen jedoch mikroelektro-

mechanische Systeme (MEMS) auf den Markt. Hier werden in Oszillatoren MEMS-Resonatoren anstelle von Quarzen eingesetzt und diese neue Technologie gewinnt nach und nach an Bedeutung. MEMS-basierte

Oszillatoren punkten mit hoher Zuverlässigkeit, einem größeren Betriebstemperaturbereich, geringer Baugröße und niedrigem Stromverbrauch. Durch die im Jahr 2015 erfolgte Übernahme von Micrel, das seiner-

Bild 2: LiDAR-Modul des FAS





Der Prozessor erkennt und meldet Kollisionswarnungen an das Fahrzeug-Bordnetz.

Ein DSC400 MEMS-Taktgeber steuert den Highspeed-ADC und die FPGA-Prozessoren. Der DSC400 ist ein Taktgeber mit vier Ausgängen und geringem Phasenrauschen, ideal für Hochgeschwindigkeits-FPGAs und in AEC-Q100 möglich.

Bild 3 zeigt ein Long Range Radar-System im FAS. Der DSP (digitaler Signalprozessor) erzeugt Pulswellenformen, die in der RF-Base Band Einheit in Modulationssignale umgewandelt werden und den 77-GHz-Sender (RF TX) steuern.

seits zuvor Discera übernommen hatte, konnte Microchip die MEMS-Technologie erwerben. Discera lieferte 2008 seine erste Oszillatorensérie aus und hat seitdem fast 100 Millionen Einheiten hergestellt und verkauft.

MEMS-basierte Oszillatoren und Taktgeber werden in der Automobilindustrie hauptsächlich in drei Bereichen angewendet. Wie Abbildung 1 zeigt, sind dies das Fahrerassistenzsystem (FAS), die Benutzeroberfläche, die Infotainment und Konnektivität beinhaltet, sowie intelligente Systeme, die für die Getriebe- und Motorsteuerung verantwortlich sind.

## Fahrerassistenzsystem

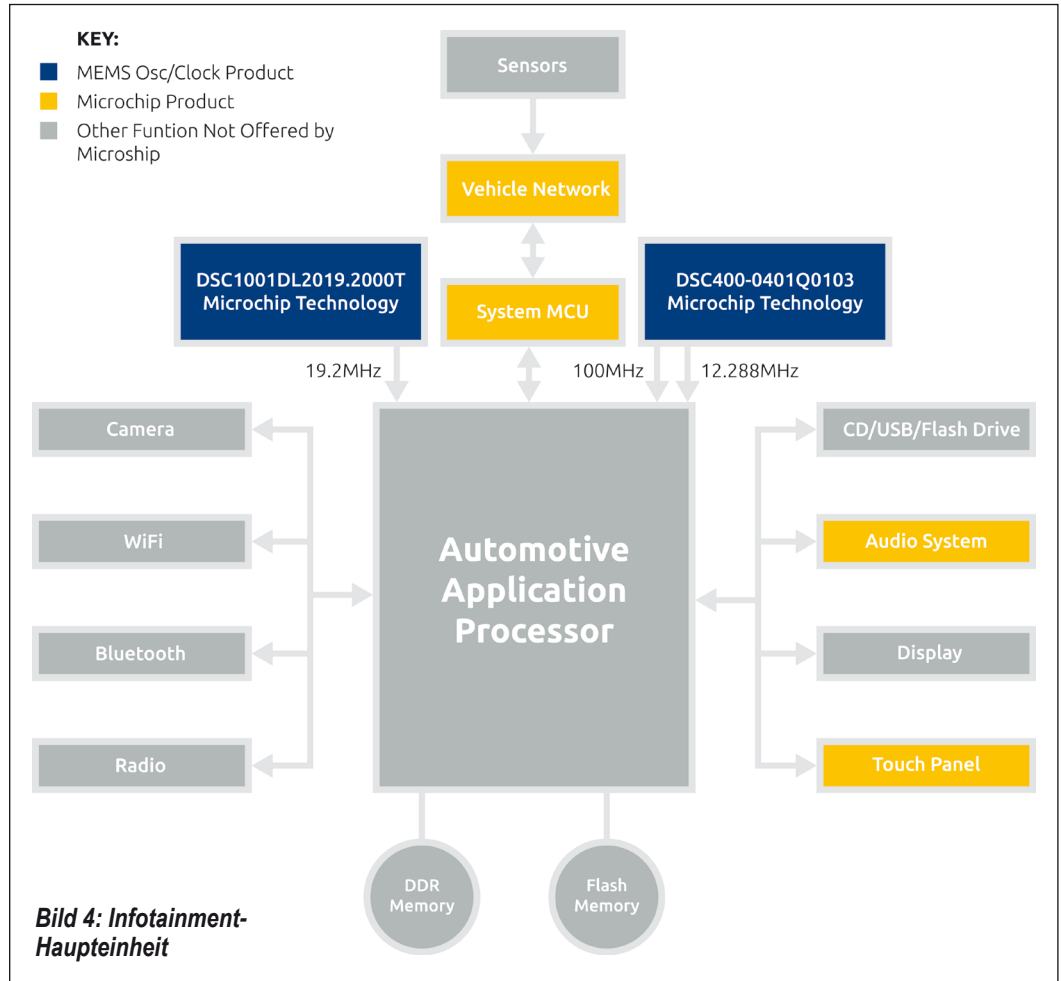
Ein Fahrerassistenzsystem (FAS) soll die Sicherheit erhöhen, indem es frühzeitig über ein Kollisionsrisiko informiert, den Fahrer alarmiert und in einigen Fällen die Kontrolle über das Fahrzeug übernimmt. Dabei wird Videoanalysetechnik einschließlich Objekterkennung und -verfolgung eingesetzt. Dies beinhaltet mehrere Sensoren wie Kameras, LiDAR-Systeme und Radar, welche am Fahrzeug montiert werden.

Darüber hinaus können Daten von anderen Fahrzeugen und mit dem Internet verbundenen Datenquellen per Funk empfangen werden.

Bild 2 zeigt ein LiDAR-Modul eines FAS. Ein FPGA (Field Programmable Gate Array) sorgt für die Signalerzeugung und die Systemsteuerung. Die vom FPGA erzeugten Impulse werden verstärkt und an einen

Laser gesendet. Die empfangenen Reflexionen werden dann von einem Microchip Hochgeschwindigkeits-ADC erfasst und digitalisiert. Anschließend werden die Daten an einen zweiten FPGA-Bildprozessor gesendet.

Umgekehrt werden die Pulsreflexionen, die den 77-GHz-Empfänger (RF RX) erreichen, von der Base Band Einheit demoduliert und vom DSP verarbeitet. Eine Microchip 32-Bit-MCU mit CAN-Schnittstelle sorgt für die Gesamtsystemsteuerung; Micro-



chip Power Management-ICs regeln die Versorgung aus dem Bordnetz des Fahrzeugs.

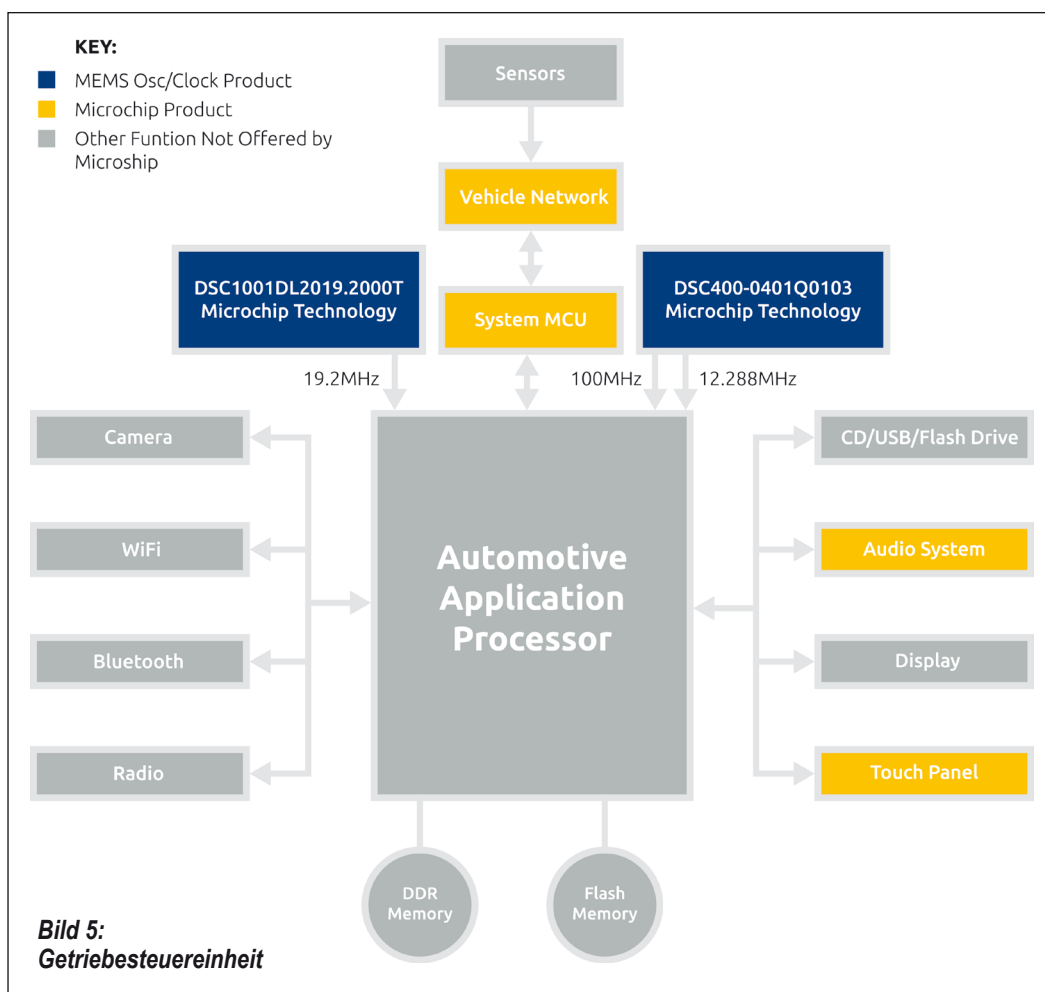
Der DSC2311 ist ein MEMS-Taktgeber mit zwei Ausgängen, einem ähnlich niedrigem Phasenrauschen wie der DSC400 und AEC-Q100-zertifiziert.

## User Interface

Zur Kategorie Benutzeroberfläche gehören das Bordunterhaltungssystem (ICE: In-Car Entertainment) und das In-Vehicle Infotainmentsystem (IVI). Diese Systeme liefern Audio- und Video-Unterhaltung sowie Fahrerinformationen, z. B. Navigation.

Bild 4 zeigt, wie Datenströme von einer Rückfahrkamera, dem WLAN und Bluetooth im Fahrzeug, einem AM/FM-Radio und einem CD/DVD-Laufwerk empfangen und an einen Automotive-Anwendungsprozessor übertragen werden. Der Prozessor dekodiert die eingehenden Datenströme und wandelt sie in Audio und Video um. Der Benutzer teilt dem System über ein Touchpanel seine Auswahl der Infotainment-Menüoptionen mit, und die gewünschten Medien werden auf dem Audiosystem und dem Display präsentiert.

Der DSC1001 ist ein AEC-Q100 qualifizierter Oszillator mit



**Bild 5:**  
**Getriebesteuereinheit**

geringer Leistungsaufnahme, der sich ideal für die Taktung von Mikrocontrollern und Mikroprozessoren eignet. In diesem System werden die beiden Ausgänge des DSC400 für die Audi-

overarbeitung (12,288 MHz) und die PCIe-Kommunikation (100 MHz) zum Flash-Speicher verwendet. Zwei zusätzliche Ausgänge stehen für weitere Peripheriegeräte zur Verfügung.

## Getriebesteuereinheiten

Eine Getriebesteuereinheit (TCU: Transmission Control Unit) ist ein System, das

Faktor	Quarz-Oszillator	MEMS-Oszillator	Funktionsmerkmale
Frequenzstabilität über den Temperaturbereich	Mittel	Optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEMS bietet <math>\pm 10</math> ppm über einen weiten Temperaturbereich</li> <li>MEMS erreicht eine überlegene Alterung</li> </ul>
Größe	Gut	Optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEMS bietet eine extrem kleine Grundfläche (1,6 x 1,2 mm)</li> <li>branchenführend in der Größenreduktion</li> </ul>
Zuverlässigkeit	Mittel	Optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEMS-Wafer in hermetischer Versiegelung</li> <li>getrennte Gehäuse für Quarz und ASIC</li> </ul>
Close-in Jitter / Phasenrauschen	Gut	Mittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quarz basierter Oszillator ist überlegen mit reduziertem Close-in-Phasenrauschen</li> <li>bei hohem Frequenz-Offset sind MEMS- und Quarz-basierter Oszillator vergleichbar</li> </ul>
Funktionen	Schlecht	Optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>wählbare Frequenzen an einem Ausgang</li> <li>jederzeit OTP-programmierbar bei jeder Frequenz</li> </ul>
Start-Up	Mittel	Optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEMS erreicht schnelle Anlaufzeiten (&lt;2 ms)</li> </ul>
Integration	Schlecht	Optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>mehrere Ausgänge von einem einzigen Gerät</li> <li>verwendet hochintegrierte ASICs</li> </ul>

das automatische Getriebe des Fahrzeugs steuert. Das System verarbeitet den Input von mehreren Sensoren, um den Gangwechsel zu optimieren. Dies wiederum führt zu einer Verbesserung der Motor Emissionen, des Kraftstoffverbrauchs, einem stabileren Fahrverhalten und höherer Zuverlässigkeit des Schaltsystems.

Bild 5 zeigt die Getriebesteuer-einheit, die den Input aus mehreren Sensoren (u.a. Raddrehzahl und Drosselklappenstellung etc.) über eine 32-Bit-MCU verarbeitet. Die Ausgangsdaten werden über Verstärker-Treiber an Magnetspulen gesendet, die im Getriebe die Übersetzung, den Gangwechsel und den Drehmomentwandler steuern. Darüber hinaus werden Daten mit dem Fahrzeug-Bordnetz ausgetauscht, um mit anderen Sensoren und Fahrerdisplays zu kommunizieren.

Ein DSC1104 ist ein MEMS-basierter HCSL-Taktgeber mit einem Ausgang, der sich ideal für PCIe-Transaktionen vom Prozessor zum Speicher eignet. Er ist PCIe Gen1-, 2-, 3- und 4-qualifiziert.

## Vorteile einer MEMS-Lösung

Gegenüber herkömmlichen Quarzlösungen bieten die MEMS-basierten Oszillatoren und Taktgeber von Microchip einige Vorteile: Frequenzstabilität, kleine Baugröße, hohe Zuverlässigkeit, Flexibilität, viele programmierbare Funktionen, ein schneller garantierter Start-up und eine hohe Integrationsfähigkeit. Alle MEMS-basierten Taktgeber sind nach AEC-Q100 zertifiziert bzw. erfüllen die aktuellen Automotive-Standards.

## Leistung MEMS-basierter Oszillatoren

Eine umfassende Darstellung der von Microchip angebotenen MEMS-Technologie und ihrer Leistung finden Sie innerhalb des MEMS-Whitepapers, welches Sie unter der URL [www.wdi.ag/mems](http://www.wdi.ag/mems) herunterladen können. Diese Applikations-schrift beschäftigt sich mit der Frequenzstabilität und der Alterung (Aging) bei extremen Temperaturen (Automotive Grade 1, -40°C bis +125°C).

## Frequenzstabilität

MEMS-basierte Oszillatoren messen die Bauteiltemperatur und kompensieren digital alle Frequenzschwankungen, die sich aus dem Temperaturkoeffizienten des MEMS-Resonators ergeben. Auf diese Weise wird die Frequenzstabilität, anders als

bei traditionellen quarzbasierten Oszillatoren, erreicht.

## Alterung (Aging)

Bei einer Stichprobe von 16 Stück DSC60xxx MEMS Oszillatoren wurden nach über 1.000 Stunden beschleunigter Alterung (+85°C) eine Frequenzabweichung von maximal 2,5 ppm gemessen. 1.000 Stunden Alterung bei +85°C entsprechen etwa 12 Jahren Betrieb bei Raumtemperatur (+25°C).

## Zusammenfassung

Die MEMS-basierten Oszillatoren von Microchip sind aufgrund ihrer hohen Zuverlässigkeit, Frequenzstabilität und des erweiterten Betriebstemperaturbereichs ideal für Anwendungen im Automobilsektor geeignet. Die Produkte sind AEC-Q100 zertifiziert bzw. erfüllen die aktuellen Automotive-Standards.

## Fachbücher für die Praxis



### Smith-Diagramm Einführung und Praxisleitfaden

Joachim Müller, 21 x 28 cm, 117 Seiten, zahlreiche, teilweise farbige Abbildungen, beam-Verlag 2009, ISBN 978-3-88976-155-2, Art.-Nr.: 118082, 29,80 €

Das Smith-Diagramm ist bis heute das wichtigste Instrument zur bildlichen Darstellung der Anpassung und zum Verständnis der Vorgänge in HF-Systemen. In der einschlägigen Fachliteratur findet man zwar viele Stellen zum Smith-Diagramm, sie erfordern aber meist erhebliche mathematische Kenntnisse: Eine grundlegende Einführung sucht man vergeblich. Diese Lücke schließt dieses Buch als praxisnahe Einführung in den Aufbau und die Handhabung des Diagramms. Mathematikkenntnisse die zu einer elektrotechnischen Ausbildung gehören, reichen dabei aus.

### Aus dem Inhalt:

- Der Weg zum Smith-Diagramm - Komplexe Zahlen
- Reflexion bei Einzelimpulsen und kontinuierlichen Sinussignalen - Reflexionsfaktor - Rückflusdämpfung, VSWR, Kreisdiagramme; Reflexionsdiagramm
- Schmidt-Buschbeck-Diagramm - CarterDiagramm
- Praxis mit dem Smith-Diagramm; Kompensation von Blindanteilen, Ortslinie über Frequenz - Leitung als Transformator, elektrisch kurze bzw. lange Leitung, S-Parameter und Smith-Diagramm - Leitwert-Smith-Diagramm - Darstellung von Leitwerten im Smith-Diagramm, Parallelschaltung von Bauelementen
- Grundelemente unter der Lupe - Ortslinien von Induktivitäten und Kapazitäten, das Bauelement Leitung - Stubs - Anpassung mit dem L-Glied - Hilfsmittel für die Arbeit mit dem Smith-Diagramm - Software
- Messtechnik

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter [www.beam-verlag.de](http://www.beam-verlag.de)  
oder bestellen Sie über [info@beam-verlag.de](mailto:info@beam-verlag.de)