

Elektronik

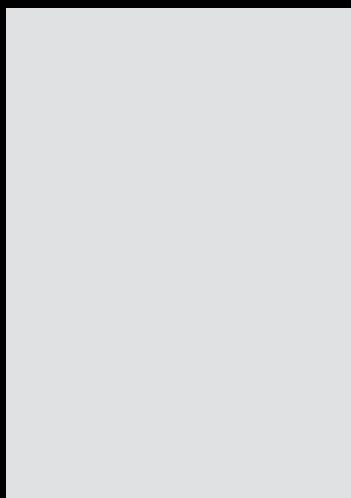
Industrie 4.0 & IIoT

Siliziumkarbid-MOSFETs

Die neue Generation kann mehr

Schnittstellen für
die Human-Robot-
Interaktion

Open RAN – neue
Spielregeln
im Mobilfunk



Extra 36 Seiten
als Heft im Heft!

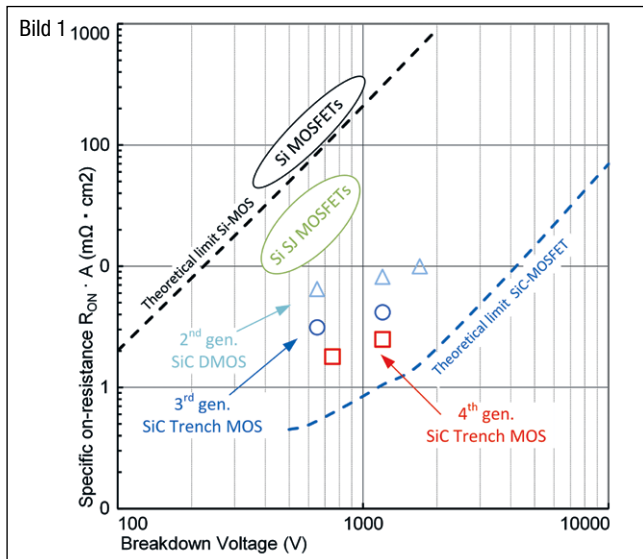


Die neue Generation kann mehr



(Bild: Rohm Semiconductor)

Über die letzten gut zehn Jahre hat Rohm mehrere Generationen an Siliziumkarbid-MOSFETs vorgestellt. Was bei der neuen, vierten Generation verbessert wurde und welche Entwicklungsunterstützung es gibt, das wird im folgenden Beitrag beleuchtet. Von Christian Felgemacher, Felipe Filsecker, Vikneswaran Thayumanasamy, C. Fuentes M. Murata, M. Terada, S. Kitagawa und A. Mashaly



Im Jahr 2010 brachte Rohm seine ersten kommerziell erhältlichen Siliziumkarbid-MOSFETs (SiC) auf den Markt. Seitdem hat das Unternehmen diese Bauteile für den Spannungsbereich von 650 V bis 1700 V stetig weiterentwickelt. Fünf Jahre später führte Rohm die ersten kommerziell erhältlichen SiC-MOSFETs in Trench-Technologie ein. Und nun, im Jahr 2021, kommt eine neue Generation von SiC-Trench-MOSFETs auf den Markt. Sie soll Anwendern eine bessere Performance bieten und sich einfacher einsetzen lassen. Die Bauteile werden sowohl als ungehäuste Chips zum Einsatz in Power-Modulen als auch in Gehäusen wie TO-247, TO-247-4L und TO-263-7L verfügbar sein und in Spannungsklassen von 750 V und 1200 V erscheinen.

Verbesserungen auf Bauteilebene

Ein Entwicklungsziel bei der vierten Generation bestand darin, den flächenspezifischen Durchlasswiderstand ($R_{DS(on)} \cdot A$) zu reduzieren. Dadurch sinken die Durchlassverluste bei gleicher Chipfläche. **Bild 1** zeigt die flächenspezifischen Durchlasswiderstände der drei Generationen der SiC-MOSFETs von Rohm, die kommerziell erhältlich sind. Zudem verläuft der $R_{DS(on)}$ über die Gate-Spannung U_{GS} im Bereich zwischen +15 V und +18 V viel flacher, sodass sich das Bauteil sowohl mit +15 V als auch mit +18 V einschalten lässt.

Neben den Durchlassverlusten konnte Rohm auch das Schaltverhalten verbessern. **Bild 2** zeigt die Schaltverluste für zwei SiC-MOSFETs mit einer Sperrspannung von 1200 V und vergleichbarem $R_{DS(on)}$ bei +25 °C im TO-247-4L-Gehäuse. Mit den gewählten Konfigurationen der Gate-Ansteuerung ergeben sich sowohl beim Aus- als auch beim Einschalten vergleichbare Werte beim di/dt . Die Ergebnisse zeigen, dass für die vierte Generation die Schaltverluste um bis zu 45 Prozent sinken.

Die Verhältnisse der parasitären Kapazitäten der SiC-MOSFETs zueinander wurden bei der vierten Generation optimiert, um unerwünschte Effekte zu minimieren. Besonders hervorzuheben ist das Verhältnis von Gate-Source-Kapazität C_{GS} zu Gate-Drain-Kapazität C_{GD} , das nun viel größer ist. Folglich beeinflussen selbst sehr schnelle Spannungstransienten (dU_{DS}/dt), die durch Schaltvorgänge eines Kommutierungspartners in einer Halbbrücke auf den SiC-MOSFET wirken, die Gate-Spannung U_{GS} weniger. Dies reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass sich der SiC-MOSFET durch positive U_{GS} -Spitzen parasitär wieder einschaltet und dass negative Spannungsspitzen am Gate auftreten.

Vielfältige Simulationswerkzeuge

Um das Produktportfolio zu ergänzen, hat Rohm eine Reihe von Werkzeugen

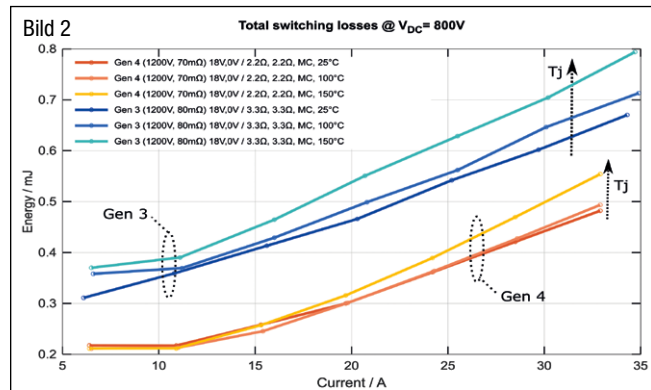


Bild 1, links: Verbesserung des flächenspezifischen On-Widerstands $R_{DS(on)} \cdot A$ für die verschiedenen Generationen von SiC-MOSFETs von Rohm.
Bild 2, oben: Schaltverluste für einen SiC-MOSFETs der dritten und der vierten Generation von Rohm (Sperrspannung 1200 V, vergleichbarer $R_{DS(on)}$ bei +25 °C, Gehäuse TO-247-4L) (beide Bilder: Rohm Semiconductor)

geschaffen, die Entwickler dabei unterstützen sollen, effiziente, robuste und kostengünstige Spannungswandler zu entwickeln. Hierzu gehören verschiedene Simulationssysteme, auf Bauteile oder Anwendungen fokussierte Evaluationskits und technische Informationen.

Simulationen sind wie in anderen Bereichen auch bei der Entwicklung leistungselektronischer Systeme vorteilhaft. Rohm bietet verschiedene Simulationswerkzeuge, die sich für unterschiedliche Phasen in der Entwicklung eignen (**Bild 3**).

Um Schaltverläufe zu untersuchen oder den Effekt parasitärer Elemente im Umfeld der Leistungshalbleiter zu betrachten, eignen sich SPICE-Modelle. Diese sind sowohl für Leistungshalbleiter als auch für IC-Produkte verfügbar, was die Simulation der Interaktion von Komponenten wie Gate-Treibern und Leistungshalbleitern ermöglicht. Zusätzlich lassen sich einfache Schaltungsbeispiele auf Basis von SIMetrix von der Webseite von Rohm herunterladen. Auch ein erweitertes Portfolio von PLECS-Modellen steht bereit.

Außerdem gibt es den Rohm Solution Simulator, eine Simulationsumgebung, die auf der Webseite genutzt werden kann [1]. Diese Software kann leistungselektronische Schaltungen mit Produkten des Unternehmens simulieren, wobei der Kunde nur einige wenige Betriebsparameter festlegen muss. Zur Verfügung stehen Simulationsschal-

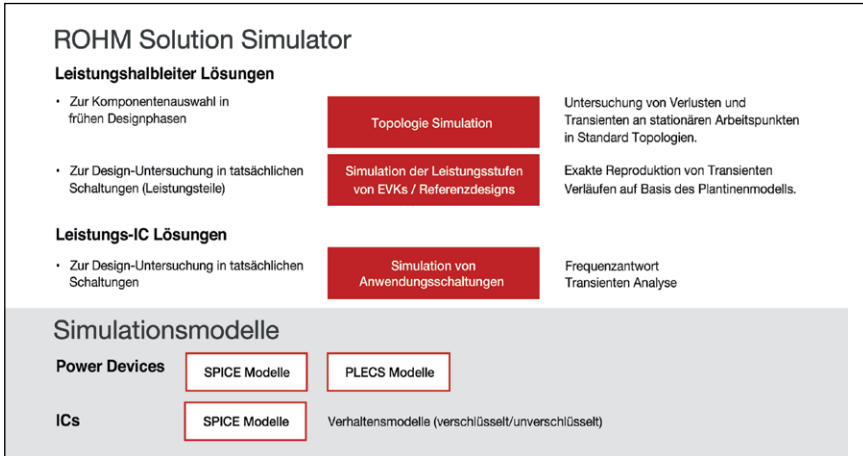


Bild 3: Übersicht über die Simulationswerkzeuge von Rohm. (Bild: Rohm Semiconductor)

tungen, die Leistungshalbleiter wie SiC-MOSFETs, Stromversorgungs-ICs oder Schaltregler enthalten. Auch die Referenzdesigns und Leistungsstufen von Evaluationskits (EVKs), die weiter unten besprochen werden, sind im Solution Simulator nachgebildet. Dabei besteht die Leistungsstufe aus Leistungshalbleitern, Gate-Treiber-Schaltungen und Schutzbeschaltungen. Die Simulationen sind optimiert, um das Verhalten der tatsächlichen Hardware, insbesondere der Schaltverläufe der Leistungshalbleiter, möglichst genau nachzubilden. Denn das Schaltverhalten ist unter anderem von den parasitären Induktivitäten, der Beschaltung der Gate-Ansteuerung und weiteren physischen Eigenschaften des Platinendesigns abhängig. Damit die Simulation möglichst genaue Ergebnisse liefert, wurden die elektromagnetischen Felder analysiert, um die parasitären Elemente zu extrahieren und diese in der Simulation zu berücksichtigen.

Vielfältige Evaluationskits

Mit der Halbbrücken-Evaluationsplatine können Kunden die Performance der SiC-MOSFETs der vierten Generation in SMD-Gehäusen (TO-263-7L) im Zusammenspiel mit dem isolierten Gate-Treiber-IC BM61M41RFV-C untersuchen (Bild 4). Bei dem isolierten Gate-Treiber-IC handelt es sich um einen einkanaligen Treiber mit einer Isolationsspannung von 3,75 kV (Effektivwert) und einer integrierten aktiven

Miller-Clamp-Funktion. Auch weitere benötigte Funktionen wie eine isolierte Spannungsversorgung für die Sekundärseite der Gate-Treiber und ein Spannungsregler für die 5-V-Versorgung der Primärseiten der Gate-Treiber sind auf der Platine integriert. Mit recht wenig Aufwand lassen sich Einschaltspannungen von +15 V oder +18 V sowie Ausschaltspannungen von 0 V, -2 V oder -4 V konfigurieren. Aufgrund der Halbbrückenstruktur lässt sich die 120 mm x 100 mm große Platine für verschiedene Anwendungen nutzen. So ist es möglich, die SiC-MOSFETs einem Doppelpulstest

zu unterziehen oder auch kontinuierlich bei kleinen Leistungen arbeitende Spannungswandler mit Topologien wie Hochsetzsteller, Tiefsetzsteller oder Inverter zu realisieren. Um diese Evaluierungen bei höheren Leistungen durchzuführen, lässt sich ein Kühlkörper auf der Unterseite der Platine installieren.

Das Evaluationskit stellt eine Plattform bereit, mit der sich das Verhalten der SiC-MOSFETs der vierten Generation unter variablen Betriebsbedingungen und Ansteuerungskonfigurationen analysieren lassen. Die weiteren implementierten Schaltungsbestandteile wie die isolierte Spannungsversorgung können dem Nutzer als Startpunkt für eigene Entwicklungen dienen. Als Beispiel für ein stärker auf die Applikation fokussiertes Werkzeug sei noch auf ein Evaluationskit verwiesen, das eine vollständige Totem-Pole-PFC-Stufe umfasst. In dieser Schaltung sind nicht nur die Leistungshalbleiter (hier SiC-MOSFETs der vierten Generation und siliziumbasierte Superjunction-MOSFETs) und deren Gate-Ansteuerung integriert, sondern auch alle zum Betrieb der Schaltung notwendigen Messschaltungen sowie die Regelung und weitere in einem typischen, auf

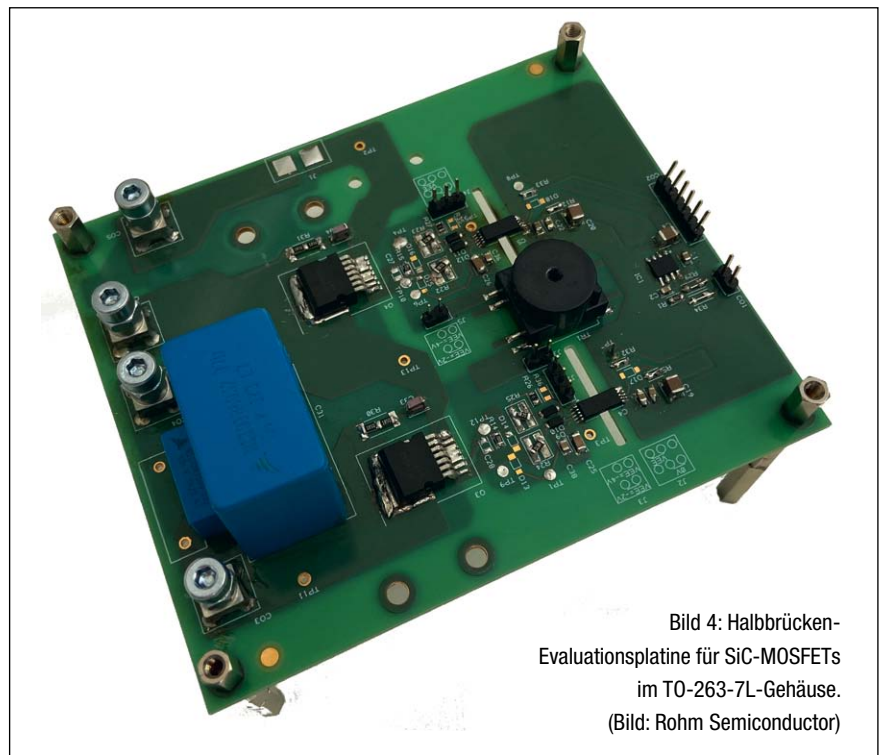


Bild 4: Halbbrücken-Evaluationsplatine für SiC-MOSFETs im TO-263-7L-Gehäuse. (Bild: Rohm Semiconductor)

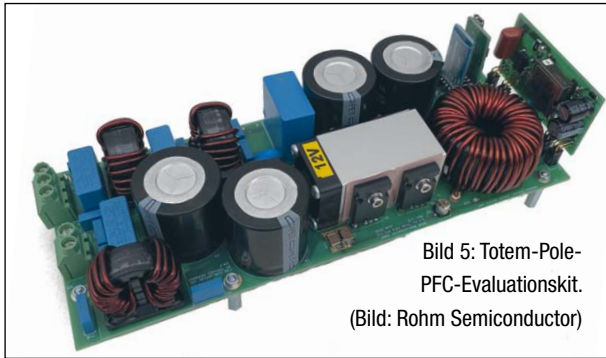


Bild 5: Totem-Pole-PFC-Evaluationskit.
(Bild: Rohm Semiconductor)

dieser Topologie basierenden Industriennetzteil erforderlichen Bestandteile integriert.

Bild 5 zeigt das 210 mm × 90 mm × 55 mm große Evaluationskit mit einer Nennleistung von etwa 3 kW bei einer Eingangsspannung von 230 V. Mit diesem Kit lassen sich die implementierte Topologie im Detail untersuchen und applikationsspezifisches Benchmarking durchführen, um beispielsweise zu bewerten, wie die Wahl der Halbleiter den Wirkungsgrad der Schaltung beeinflusst.

Weitergehende Unterstützung

Zusätzlich zu den Evaluationskits und Simulationswerkzeugen steht eine ständig wachsende Auswahl an Applikationsschriften und weiteren Dokumentationen bereit, um Entwickler bei ihren Designaktivitäten mit Leistungshalbleitern von Rohm zu unterstützen. Viele dieser Dokumente geben Hinweise dazu, wie Messungen in Schaltungen mit sehr schnellen Bauteilen wie z.B. SiC-MOSFETs durchzuführen sind. Ein Überblick zu diesen Materialien findet sich in [2].

Schlussendlich stehen sowohl in Europa, wo das Unternehmen unter anderem ein Applikationslabor für Leistungselektronik betreibt, als auch in Japan Teams aus erfahrenen Ingenieurinnen und Ingenieuren zur Unterstützung bereit. rh

Referenzen

[1] Rohm Solution Simulator,
www.rohm.com/solution-simulator

[2] SiC Support Page,
www.rohm.com/power-device-support

Eine Bezugsquelle für Ihre Stücklisten



Aktuellste und größte Auswahl
elektronischer Bauelemente auf Lager



**MOUSER
ELECTRONICS**