

Elektronik

Industrie 4.0 & IIoT


Hilfsstromversorgung mit SiC-MOSFETs

Mit 1700 V für alle Fälle gerüstet

MQTT mit Sparkplug versus OPC UA für IIoT sowie Industrie 4.0

Anwendungen, Frequenzen und Erweiterungen in 5G NR Release 16

Elektronik automotive
Connected Cars & Autonomes Fahren



Die Top-Ten-Checkliste für bessere Tests von Fahrerassistenzsystemen
Zonen-Controller in der Energielieferhaltung und Datenübertragung

NEU

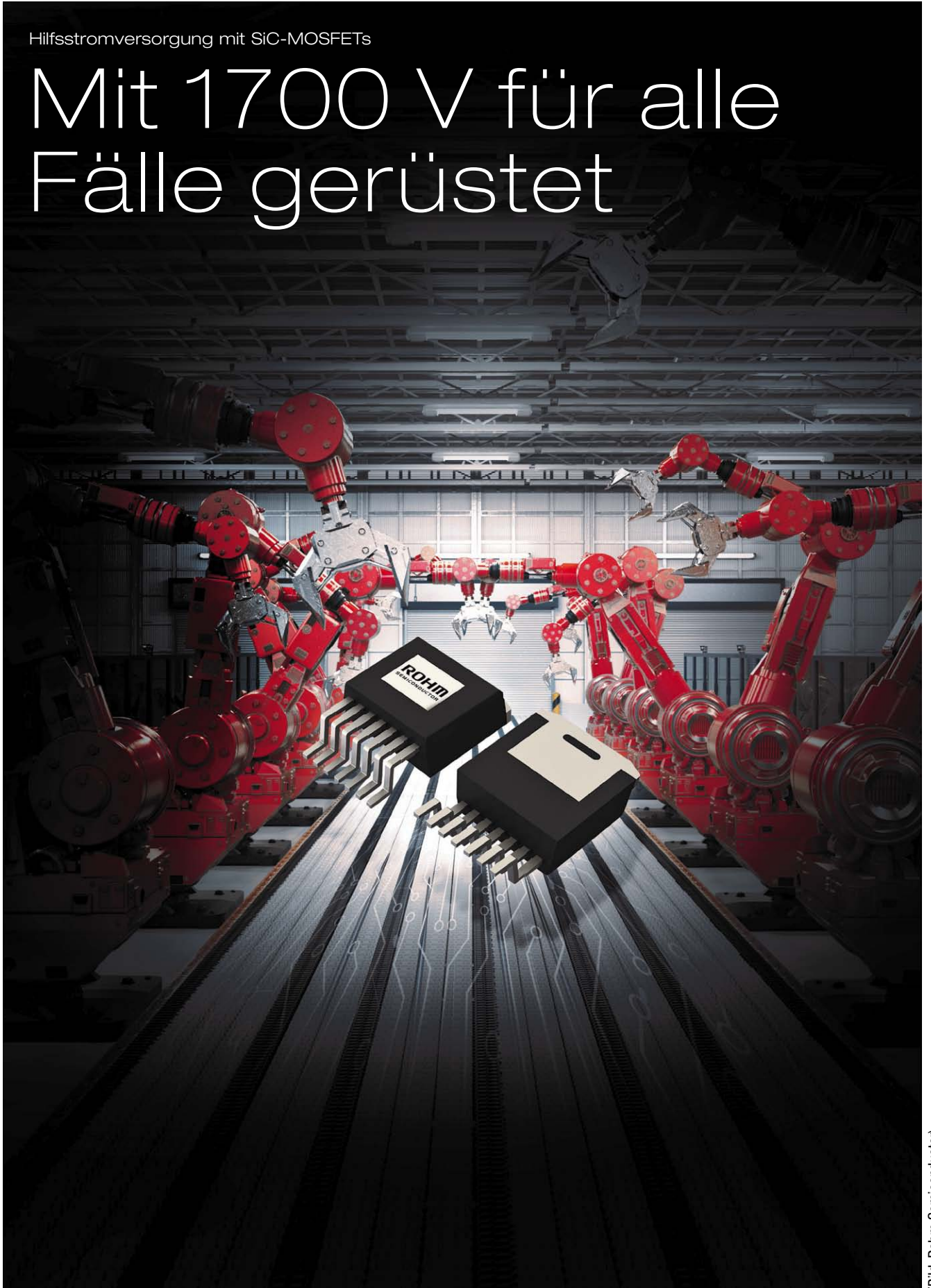
Jetzt 28 Seiten
Elektronik automotive
als Heft im Heft!

Über
10 Millionen
Produkte online
DIGIKEY.DE



Hilfsstromversorgung mit SiC-MOSFETs

Mit 1700 V für alle Fälle gerüstet



(Bild: Rohm Semiconductor)

Power Devices

Eine Hilfsstromversorgung an einem dreiphasigen 400-V-Netz lässt sich nicht mit einer einfachen Topologie und einem einzelnen Silizium-MOSFET realisieren – anders als mit einem Siliziumkarbid-MOSFET.

Von Youngku An und Muzaffer Albayrak

AC/DC-Wandler für den industriellen Bereich lassen sich in zwei Kategorien einteilen: Hauptstromversorgung und Hilfsstromversorgung (**Bild 1**). In beiden Fällen liegt am Eingang eine Wechselspannung an. Die Werte variieren in einem Bereich von 400 V bis 690 V. Der Unterschied zwischen den beiden Anwendungen besteht darin, dass die Hauptstromversorgung hauptsächlich dafür zuständig ist, Motoren und anderen Lasten (Servoantriebe, Fabrikautomation und Batteriemanagementsysteme) zu betreiben. Die Hilfsstromversorgung ist eher für Anwendungen mit geringer Leistung gedacht, die auf Dauer Spannungen bis zu einigen zehn Volt benötigen. Dazu zählen eingebettete Steuersysteme, Embedded-PCs, Sensoren etc.

Rohm Semiconductor schlägt eine Lösung vor, die einen SiC-MOSFET mit einem AC/DC-Wandler als klassischen Sperrwandler (Flyback) zur Stromversorgung von Hilfssystemen im industriellen Bereich kombiniert (**Bild 1**).

Nachdem das Unternehmen Anfang 2019 den BM2SCQ12xT-LBZ in Form

eines bedrahteten Bauteils (Through Hole Technology, THT) vorgestellt hatte, hat es mit dem BM2SC12xFP2-LBZ nun ein Produkt im SMD-Gehäuse mit sieben Pins (TO263-7L) eingeführt. Dieses Bauteil, das einen SiC-MOSFET mit 1700 V Sperrspannung enthält, ist für den Einsatz in Hilfsstromversorgungen vorgesehen und für die Anforderungen des industriellen Marktes an die Luft- und Kriechstrecke sowie Umgebungen mit hohem Verschmutzungsgrad gerüstet. Die Bausteine bieten sich besonders für industrielle Anwendungen an, die mit einem Drehstromnetz mit 400 V versorgt werden. Dazu gehören zum Beispiel Straßenlaternen, kommerzielle Wechselstromsysteme, Allzweck-AC-Servos und Wechselrichter, die in Geräten mit hoher Leistung eingesetzt werden.

Vorteile des integrierten SiC-MOSFETs

Gegenüber herkömmlichen Lösungen mit diskreten Bauteilen bieten Wandler mit dem BM2SCQ12xFP2-LBZ mehrere

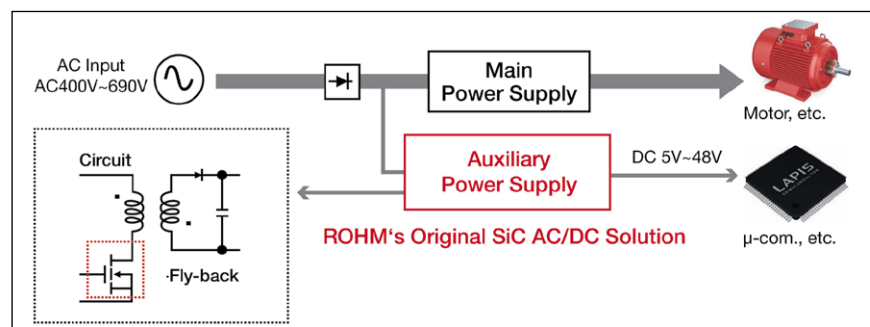


Bild 1. Eine Systemstromversorgung teilt sich in die Haupt- und die Hilfsstromversorgung auf. Die Hilfsstromversorgung lässt sich mit einem SiC-MOSFET mit 1700 V Sperrspannung auch als einfacher Sperrwandler (Flyback) realisieren. (Bild: Rohm Semiconductor)



TAIWAN
SEMICONDUCTOR

Power Devices

- Alle Standard-Dioden und Brückengleichrichter
- IGBTs und MOSFETs
- Standard-Komparatoren und OPs
- Festspannungsregler
- Low-Drop-Festspannungsregler
- Schaltregler
- LED-Treiber
- Hallsensoren

Distribution by Schukat electronic

- Über 250 Hersteller
- 97 % ab Lager lieferbar
- Top-Preise von Muster bis Serie
- Persönlicher Kundenservice

Onlineshop mit stündlich aktualisierten Preisen und Lagerbeständen

schukat.com

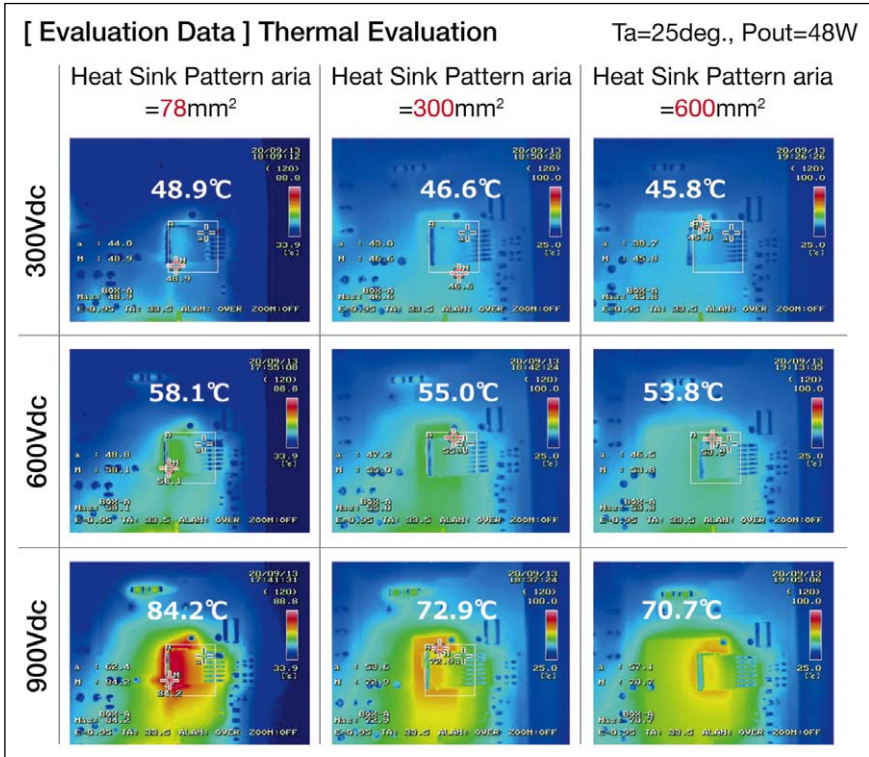


Bild 2. Thermische Scan-Analyse an den drei Leiterplatten mit 78 mm², 300 mm² und 600 mm² Kühlfläche (U_{in} = 300 V bis 900 V (DC), U_{out} = 24 V, I_{out} = 2 A, P_o = 48 W, T_a = +25 °C). (Bild: Rohm Semiconductor)

Vorteile. Die Lösung kombiniert die Leistungsfähigkeit eines SiC-MOSFETs, der hohen Arbeitsspannungen standhalten kann und einen sehr niedrigen Einschaltwiderstand aufweist, mit dem hohen Wirkungsgrad, der durch einen nahezu resonanten Betrieb mit einem integrierten Controller erreicht wird. Die Hauptvorteile dieses Bauteils lassen sich wie folgt zusammenfassen:
 → Erhebliche Reduzierung der benötigten Komponenten: Im Vergleich zu traditionellen diskreten Lösungen verringert diese integrierte Lösung

die Anzahl der benötigten Komponenten von zwölf (PWM-Controller, zwei Silizium-MOSFETs mit 800 V Sperrspannung, drei Zener-Dioden, sechs Widerstände, zu denen noch ein Kühlkörper hinzugefügt werden muss) auf nur einen Baustein. Ein einziges Bauteil senkt auch die Wahrscheinlichkeit, dass Fehler in der Schaltung auftreten. Leistungstransistoren auf Basis von Siliziumkarbid erleichtern wegen der niedrigeren Verluste zudem das Wärmemanagement.

→ Eignet sich für industrielle Anwendungen mit 690 V dreiphasiger Eingangsspannung (ca. 1000 V Gleichspannung). Der 1700-V-SiC-MOSFET reicht aus, um die Summe aus hoher Eingangsspannung, reflektierter Ausgangsspannung und der Spannungsspitzen am Drain des MOSFETs abzudecken.

→ Erhöhung des Wirkungsgrads um fünf Prozentpunkte und eine Reduzierung der Verlustleistung um 28 Prozent: Aufgrund dieser Eigenschaften lässt sich der Wandler deutlich verkleinern. Gleichzeitig verbessern sich Zuverlässigkeit und Leistungsaufnahme – wesentliche Anforderungen in industriellen Anwendungen.

→ Die hohe Sperrspannung des SiC-MOSFETs und seine Störfestigkeit ermöglichen es, die Abmessungen der rauschunterdrückenden Komponenten zu reduzieren.

→ Verfügbarkeit mehrerer integrierter Schutzfunktionen, die die Zuverlässigkeit weiter erhöhen, einschließlich Überlastschutz (FB OLP), Überspannungsschutz an den Pins der Stromversorgung (VCC OVP) und hochpräzise thermische Abschaltung (TSD). Diese Funktionen sind besonders für industrielle Stromversorgungen relevant, die einen Dauerbetrieb erfordern. Sie verbessern die Systemzuverlässigkeit erheblich.

→ Der Regelkreis in quasi-resonanter Topologie ermöglicht einen effizienteren Betrieb im Vergleich zu herkömmlichen Sperrwandlern, die pulsweitenmoduliert (PWM) geregelt

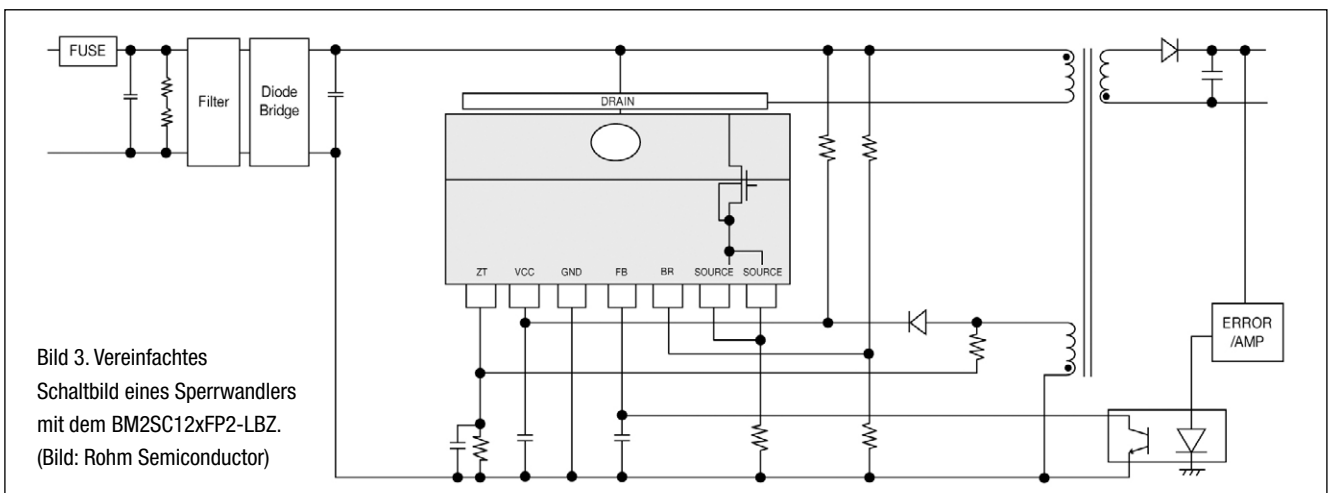


Bild 3. Vereinfachtes Schaltbild eines Sperrwandlers mit dem BM2SC12xFP2-LBZ. (Bild: Rohm Semiconductor)

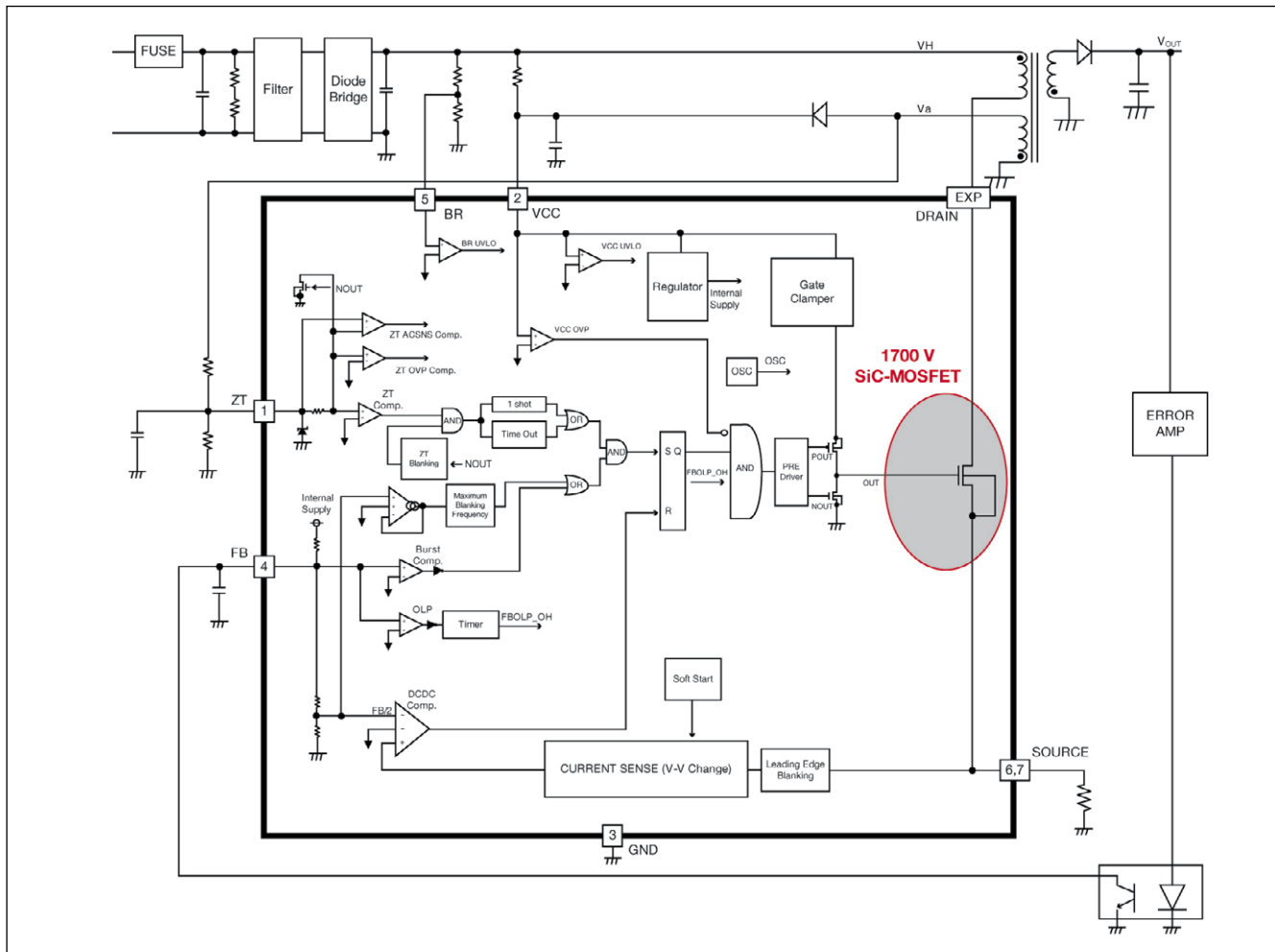


Bild 4. Detaillierteres Blockschaubild des Sperrwandlers mit dem BM2SC12xFP2-LBZ. (Bild: Rohm Semiconductor)

werden. Dies minimiert die elektromagnetische Störaussendung, die in Industrieanlagen entstehen.

→ Die Bauelemente sind im Gehäuse zur Durchsteckmontage für Leistungen bis 100 W (über 36 W ist der Einsatz eines Kühlkörpers erforderlich) und im SMD-Gehäuse TO-263-7L für Leistungen bis 48 W ohne Kühlkörper erhältlich.

Besonderheiten des Gehäuses

Aufgrund von Problemen beim Einhalten der Luft- und Kriechstrecken ist die Verwendung eines Bauteils zur Durchsteckmontage auf bestimmte Applikationen beschränkt, zum Beispiel industrielle Anwendungen.

Um am Gehäuse Schäden durch hohe elektrische Spannungen zu vermeiden, definiert die IEC 60950 Mindestkriechstrecken mit drei Kategorien: Verschmutzungsgrad (PD), Material-

gruppe (Index) und Eingangsspannung (RMS). Das neue SMD-Gehäuse von Rohm eignet sich für einen Verschmutzungsgrad von $PD = 2$, ist der Materialgruppe 2 zugeordnet und der Eingangsspannung $950 \text{ V} (U_{in} 900 \text{ V} + U_{OR} 100 \text{ V} + U_{spike} 400 \text{ V} = 1400 \text{ V})$.

Um die Anforderungen zu erfüllen, ist daher eine Kriechstrecke zwischen 5,6 mm bis 7,1 mm notwendig. Die Kriechstrecke des SMD-Bauteils BM2SC12xFP2-LBZ ist mit 6,8 mm (typ.) spezifiziert und erfüllt damit die Marktanforderungen. Außerdem fallen bei SMD-Bauteilen keine zusätzlichen Kosten für einen Kühlkörper an und es werden keine elektromagnetischen Abstrahlungen erzeugt, wie sie bei THT-Bauteilen am Drain-Pin üblicherweise entstehen.

Im Vergleich zum Durchsteckgehäuse, das eine flexible Gestaltung des Kühlkörpers unterstützt, wird das TO263-Gehäuse direkt auf die Leiterplatte

montiert. Daher lässt sich ein Kühlkörper, der die Verlustwärme ableitet, nicht integrieren. Folglich hängt die Ausgangsleistung des ICs stark davon ab, wie die Leiterplatte gelayoutet wurde. Im Hinblick auf diesen relevanten Aspekt, verwendete Rohm für die thermische Evaluierung des ICs drei unterschiedliche Leiterplatten mit unterschiedlicher Kupferfläche zur Kühlung des ICs: 78 mm^2 , 300 mm^2 und 600 mm^2 (Bild 2). Abgesehen von der Tatsache, dass steigende Eingangsspannungen die Oberflächentemperatur des ICs erhöht, sinkt die Oberflächentemperatur mit größerer Kupferfläche. Zum Beispiel sinkt die Temperatur von $+84,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ($U_{in} = 900 \text{ V}$) bei einer Kupferfläche von 78 mm^2 auf $+70,7 \text{ }^\circ\text{C}$ bei einer Kupferfläche von 600 mm^2 – jeweils bei einer Raumtemperatur von $+25 \text{ }^\circ\text{C}$. Da die Umgebungstemperatur die Oberflächentemperatur des ICs stark beeinflusst, sollten die Entwickler ihre volle Aufmerksamkeit

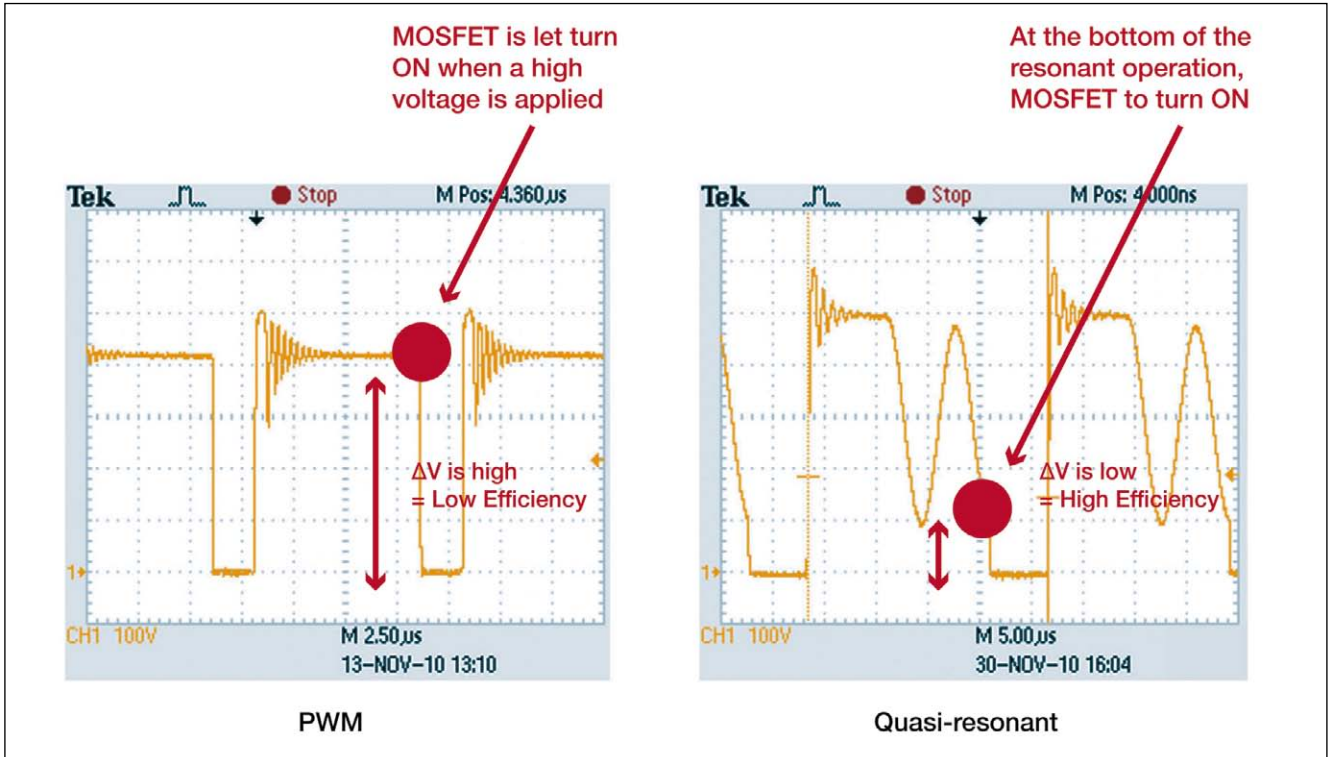


Bild 5. Oszillogramme der Spannung am Schaltknoten eines Sperrwandlers mit einer herkömmlichen PWM-Regelung und im quasiresonanten Betrieb.

auf die Handhabung des ICs und das Design der Leiterplatte mit SMD-Bauelementen ohne Kühlkörper richten. Sie sollten auch genügend Platz auf der Leiterplatte reservieren, um die Wärme hinsichtlich Systemsicherheit und Ausgangsleistung abzuführen.

Arbeitsweise des Bausteins

Bild 3 zeigt das vereinfachte Schaltbild des Bauteils. Dank des integrierten SiC-MOSFETs (angeschlossen zwischen den Drain- und Source-Anschlüssen) ist die Schaltung einfach und kompakt. Sie erfordert nur eine geringe Anzahl externer passiver Komponenten. Das Rückkoppelsignal, das für eine korrekte Regelung der Ausgangsspannung bei variablen Lastbedingungen notwendig ist, wird an den Eingangs-Pin FB (Feedback) des Wandlers angelegt.

Bild 4 zeigt eine detaillierte Blockschaltung des Wandlers. Die zur BM2SC12xFP2-LBZ-Serie gehörenden Bauelemente verwenden eine auf der Pulsfrequenzmodulation (PFM) basierende Regelungstechnik. Insbesondere den Status der FB-, ZT- und SOURCE-Pins überwacht das IC kontinuierlich, um die Ein- und Ausschaltperioden des SiC-MOSFETs zu bestimmen und so den Wirkungsgrad zu optimieren und elektromagnetische Störungen zu reduzieren.

Um zu verhindern, dass beim Einschalten des Wandlers ein hoher Strom fließt, enthält die BM2SC12xFP2-LBZ-Serie eine Softstartfunktion. Diese wird aktiviert, wenn die Spannung am VCC-Pin unter ca. 14,0 V (typ.) fällt. Die Softstartfunktion führt unmittelbar nach dem Einschalten die folgenden Aktionen durch:

- Vom Zeitpunkt des Einschaltens bis 1 ms setzt das IC die Strombegrenzung des Source-Stromes im MOSFET auf 25 Prozent des Normalwerts.
- Von 1 ms nach dem Einschalten bis 4 ms setzt das IC die Strombegrenzung auf 50 Prozent des Normalwerts.
- Nach 4 ms geht es in den Normalbetrieb.

Die implementierte thermische Abschaltfunktion schützt die integrierte Schaltung vor Hitzeschäden. Der normale Schaltungsbetrieb sollte immer innerhalb der maximalen Sperrschichttemperatur des ICs erfolgen. Werden die Nennwerte jedoch für einen längeren Zeitraum überschritten, steigt die Sperrschichttemperatur T_j an und aktiviert die TSD-Schaltung, die die Leistungsausgang-Pins abschaltet. Um den normalen Betrieb wieder aufzunehmen,

	SIC-MOSFET	Controller	Überlastschutz (OLP)	Überspannungsschutz (OVP)
BM2SC121FP2-LBZ	1700 V / 4 A, $R_{DS(on)}$ 1,2 Ω	Quasi-resonant; max. Schaltfrequenz 134 kHz	Auto Restart	Latch
BM2SC122FP2-LBZ			Latch	Latch
BM2SC123FP2-LBZ			Auto Restart	Auto Restart
BM2SC124FP2-LBZ			Latch	Auto Restart

Tabelle 1: Das Produktspektrum des BM2SC12xFP2-LBZ (SMD-Typ).

sollte der IC an diesem Punkt aus- und wieder eingeschaltet werden, da die TSD-Schaltung die Ausgänge auch dann ausgeschaltet hält, wenn T_j unter den TSD-Schwellenwert fällt.

Vorteile des quasiresonanten Betriebs

Der quasiresonante Betrieb reduziert im Vergleich zu traditionellen lückenden und nicht-lückenden Betriebsarten, die in Sperrwandlern verwendet werden, die Schaltverluste erheblich. Dadurch steigt der Wirkungsgrad und das Wärmemanagement gestaltet sich einfacher. Außerdem sind die in dieser Betriebsart erzeugten elektromagnetischen Störungen vergleichsweise gering, insbesondere bei den (relativ niedrigen) Spannungen und Strömen der Anwendungen, in denen diese Wandler eingesetzt werden. Der in dieser Schaltung erzeugte Frequenzjitter senkt die elektromagnetischen Störungen weiter. Dadurch verteilt sich das Rauschen gleichmäßig, was die Konstruktion vereinfacht und die Wirksamkeit von EMV-Filtern verbessert. Im klassischen Sperrwandler, der PWM-gesteuert im lückenden Betrieb arbeitet, schaltet das IC den MOSFET mit einer festen Frequenz ein, ohne die durch den Frequenzjitter erzeugten Effekte zu beachten. Wenn der eingestellte Strompegel erreicht ist, schaltet das IC den MOSFET wieder aus. Nach diesem Prozess wird der Schaltzyklus unbegrenzt wiederholt. Das Problem ist, dass die Zeitpunkte, in denen der MOSFET eingeschaltet wird, nicht mit der am Drain-Anschluss auftretenden Resonanz synchronisiert sind. Dadurch kann der MOSFET zeitweise einschalten, wenn die Spannung am Drain sehr hoch ist, was jedoch den Wirkungsgrad verschlechtert. Im Vergleich zur PWM-Technik arbeitet ein quasiresonanter Wandler nicht mit einer festen Schaltfrequenz, sondern schaltet im unteren Bereich des Resonanzbetriebs (**Bild 5**). Bei hohen Eingangsspannungen verbessert sich der Wirkungsgrad und die elektromagnetischen Störungen sinken. Bei leichter Last verkürzt sich die Zeit im eingeschalteten Zustand, sodass sich

die Schaltfrequenz und damit möglicherweise die Schaltverluste erhöhen. Diese löst der BM2SC12xFP2-LBZ jedoch dadurch, dass er die Frequenz reduziert. Diese Funktion lässt sich über eine minimale und eine maximale Spannungsschwelle programmieren und begrenzt die maximale Schaltfrequenz. Dadurch wird der doppelte Vorteil eines hohen Wirkungsgrads und geringer EMV-Störungen erreicht. Das Bauelement integriert sowohl Schutzschaltungen gegen Überlast (FB OLP), Überspannung (VCC OVP) des Versorgungsspannungs-Pins und eine thermische Abschaltfunktion (TSD), die bei einer Umgebungstemperatur von $+185\text{ °C}$ auslöst, als auch Schutzmaßnahmen gegen Überstrom und sekundärseitige Überspannung. Die Integration mehrerer Schutzschaltungen für industrielle Stromversorgungen mit Dauerbetrieb ist dafür gedacht, die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer des Systems zu verbessern. rh



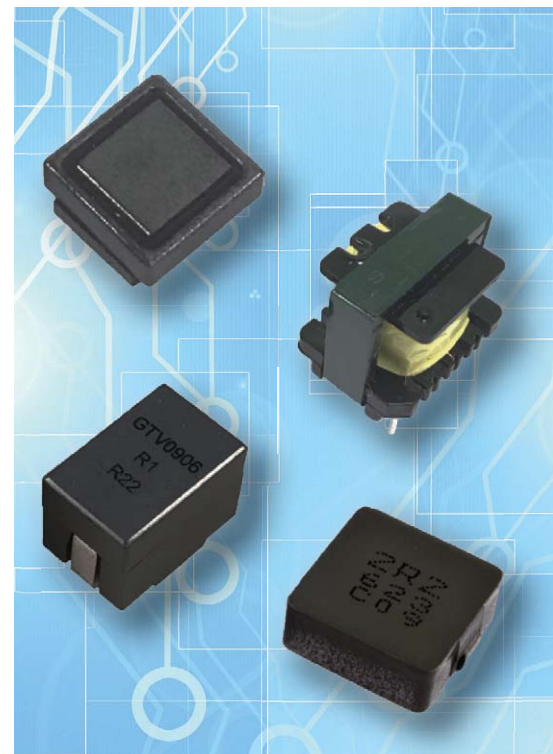
Youngku An

Youngku An ist als Field Application Engineer (FAE) im Application and Technical Solution Center tätig, wo er AC/DC-ICs, Standard-ICs und Motorsteuerungen betreut. An verfügt über einen Bachelor-Abschluss in Elektrotechnik der Universität von Seoul in Südkorea. Seine berufliche Laufbahn begann er bei Panasonic Semiconductor als FAE für AC/DC-Anwendungen, im Anschluss arbeitete er bei Shindengen mit diskreten MOSFETs und Leistungsmodulen sowie mit Hochleistungs-DC/DC-Wandlern und OBCs für Automobilanwendungen.



Muzaffer Albayrak

Muzaffer Albayrak arbeitet seit 2020 als Application Marketing Manager bei Rohm Semiconductor Europe und hat Mechatronik-Ingenieurwesen an der FH Aachen studiert. Erste berufliche Erfahrung sammelte er bei Siemens, Conti Temic microelectronic und Mitsubishi Electric.



Induktivitäten von Gotrend

-  **GDLW**
 Chip-Gleichtakt-Drosselspule
 passend für Strom- & Signalleitung
-  **GSTC**
 Hochstrominduktivität
 hohe Leistung / niedriges Profil
-  **SGTV**
 SMD Leistungsinduktivität
 hohe Stromkapazität bis 70A
-  **EI25**
 Standard DIP Transformator

GUDECO

ELEKTRONIK



Elektronische und elektromechanische
Baulemente - sofort ab Lager

WWW.GUDECO.DE