



Spezial:

LEISTUNGSELEKTRONIK



WIRELESS CHARGING

Mit GaN-HEMTs Kabel
überflüssig machen

BILD-SPONSOR: INFINEON TECHNOLOGIES

GAN-HEMTS

Effizienter kabellos laden...Seite 68

IGBTS RICHTIG ANSTEUERN

Sicher zum GateSeite 72

SIC-MOSFETS

Neuer SPICE-AnsatzSeite 76

FIRMENPROFIL

Fischer ElektronikSeite 79

FIRMENPROFIL

Fuji Electric EuropeSeite 80

FIRMENPROFIL

Hy-LineSeite 81

FIRMENPROFIL

Infineon Technologies ... Seite 82

FIRMENPROFIL

Mitsubishi Electric Seite 83

FIRMENPROFIL

Semikron Seite 84

GAN VERBESSERT CLASS-D-TOPOLOGIE

EFFIZIENTER OHNE KABEL

Das kabellose Laden portabler Geräte macht konventionelle Ladenetzteile, -kabel und -stecker überflüssig. Bisher war allerdings die übertragene Leistung zu gering und die Handhabung umständlich. In den Griff kriegen, lässt sich das mit GaN-HEMTs. Bei der Umsetzung müssen Entwickler aber einige Punkte beachten.

TEXT: Milko Paolucci, Peter Green, Stefan Schaecher, alle Infineon Technologies **BILDER:** Infineon Technologies; iStock, ArtHead-

Kabellose Ladesysteme, die zurzeit für Smartphones, Tablets und andere Geräte verfügbar sind, basieren meist auf dem induktiven Verfahren gemäß dem Qi-Standard. Dabei erfolgt eine induktive Kopplung bei Frequenzen im Bereich 100 bis 300 kHz. Mit diesem System ist nur das Laden eines einzigen Gerätes möglich, das genau auf das Ladegerät ausgerichtet und in dessen unmittelbarer Nähe platziert werden muss. Angesichts des wachsenden Interesses an der kabellosen Energieübertragung werden alternative Topologien wie Class D oder Class E Resonant für Entwickler immer interessanter, da sie dank der resonanten Kopplung Vorteile aufweisen. Diese Class-D- oder Class-E-Topologien sind nicht neu und kommen bereits in HF-Anwendungen zum Einsatz. Hauptvorteil dieser Topologien ist der hohe erreichbare Wirkungsgrad bei Betriebsfrequenzen im MHz-Bereich.

Die Air Fuel Alliance schlägt für kabellose Ladesysteme ein Verfahren mit einer Schaltfrequenz von 6,78 MHz im ISM-Band vor. Bei diesem ist durch resonante Kopplung mit Resonatoren mit hohem Q-Faktor eine Energieübertragung über wesentlich größere Distanzen und mit deutlich schwächeren Magnetfeldern möglich. Dadurch können mehrere Geräte gleichzeitig und unabhängig von ihrer Ausrichtung aufgeladen werden.

Nach dem Faradayschen Gesetz entsteht in einer Drahtspule ein elektrisches Potenzial, wenn sich der Magnetfluss durch diese Spule ändert. Bei der kabellosen Energieübertragung treibt ein HF-Leistungsverstärker eine Leistungsübertragungseinheit (PTU), bestehend aus einer Spule in einem abgestimmten Schwingkreis, um ein sich änderndes Magnetfeld zu erzeugen. In einer Empfangseinheit (PRU), ebenfalls bestehend aus einer Spule in einem auf die gleiche Frequenz abgestimmten Schwingkreis, wird durch dieses Magnetfeld eine Spannung induziert. Diese Spannung hängt von der Änderungsgeschwindigkeit des Magnetfelds und der Anzahl der Wicklungen ab. Die von der Empfängerspule gelieferte Energie wird gleichgerichtet und in eine für das aufzuladende Gerät geeignete Spannung umgewandelt. Die

Kopplung hängt vom Abstand zwischen den beiden Spulen ab. Der Kopplungsfaktor k zeigt die Art der Kopplung an. Bei $k < 0,5$ handelt es sich um ein lose gekoppeltes System, wie bei der magnetischen Resonanz-Kopplung. Zur Regelung der Energiemenge für die aufzuladenden Geräte werden Mikrocontroller mit Bluetooth-Datenbindung verwendet.

Die nebenstehende Abbildung zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild für einen Class-D-Verstärker. Zum besseren Verständnis der Funktion des Class-D-Verstärkers ist es hilfreich, das Blockschaltbild in zwei Hauptblöcke zu unterteilen:

- Die Schalter: diese erzeugen eine periodische Rechteckspannung mit der Amplitude V_{IN} .
- Der Filter: Der LC-Filter erzeugt aus dem eingehenden Rechtecksignal eine Sinuswelle mit der gleichen Frequenz und unterdrückt soweit wie möglich die Harmonischen. Der LC-Resonator blockiert außerdem die Gleichspannung, sodass an der Last nur ein Wechsellspannungssignal von fast null anliegt.

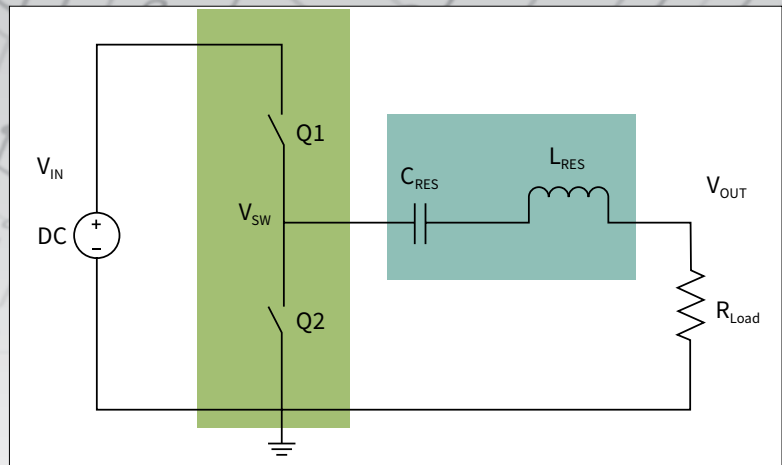
Ausgehend von dieser vereinfachten Funktionsbeschreibung lässt sich die Spannung an der Last einfach aus dem Sinuswellenstrom der ersten Oberwelle des Filters berechnen. Bei der Resonanzfrequenz ist die Impedanz des LC-Filters Null. Die Ausgangsspannung (Spitze-Spitze) an der Last beträgt unter Berücksichtigung der ersten Oberwelle:

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN} * 2}{\pi}$$

Für die Ausgangsleistung ergibt sich daher:

$$P_{OUT} = \frac{V_{OUT}^2}{R_{LOAD}}$$

Für die Funktionsweise eines Class-D-Leistungsverstärker sind vor allem die Schalter (hellgrüner Bereich) und der Filter (dunkelgrüner Bereich) relevant.



Beim Entwurf eines Senders zur kabellosen Übertragung der Ladeenergie ist normalerweise die Ausgangsleistung der Sendespule eine der Design-Vorgaben und die Eingangsspannung einer der Design-Parameter. Mit der angegebenen zweiten Gleichung lässt sich die Eingangsspannung bestimmen, die für die Ladeenergie erforderlich ist, falls die Ausgangsleistung bekannt ist. Dabei geht man von einem Wirkungsgrad von 100 Prozent aus.

$$V_{IN} = \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{P_{OUT} R_{LOAD}} \right)$$

Die Class-D-Topologie arbeitet mit ZVS-Kommutierung (Zero Voltage Switching) beim Einschalten, da die Betriebsfrequenz 6,78 MHz beträgt. Damit können die Kommutierungsverluste sehr hoch und der Wirkungsgrad niedrig sein. Der Wirkungsgrad hängt auch von der Eingangsspannung ab. Sendantennen sind normalerweise nicht in der Lage, hohe Ströme zu übertragen. Typische Ströme für Sendantennen liegen im Bereich von 1 bis 2 A. Deshalb müssen relativ hohe Eingangsspannungen von 50 bis 100 V verwendet werden. Die Kombination aus hoher Spannung und hoher Schaltfrequenz erfordert daher einen ZVS-Betrieb. Eine der häufigsten Methoden zur Implementierung des ZVS-Betriebs ist die Verwendung eines zusätzlichen seriellen LC-Netzwerkes, um einen Dreieck-Strom zu erzeugen, der höher ist als der Ladestrom.

Um den ZVS-Betrieb zu garantieren, muss der auf diese Weise erzeugte Strom den Mittelpunkt der Halbbrücke (VSW) vor dem Ende der Totzeit durchlaufen. Damit ergibt sich für die Class-D-Schalttopologie folgende Regel:

$$T_{COM} = \frac{Q_{OSS}}{\Delta I}$$

Hierbei ist Q_{OSS} die ermittelte Ausgangsladung des Schalters bei der Eingangsspannung und ΔI der durch das ZVS-Netz

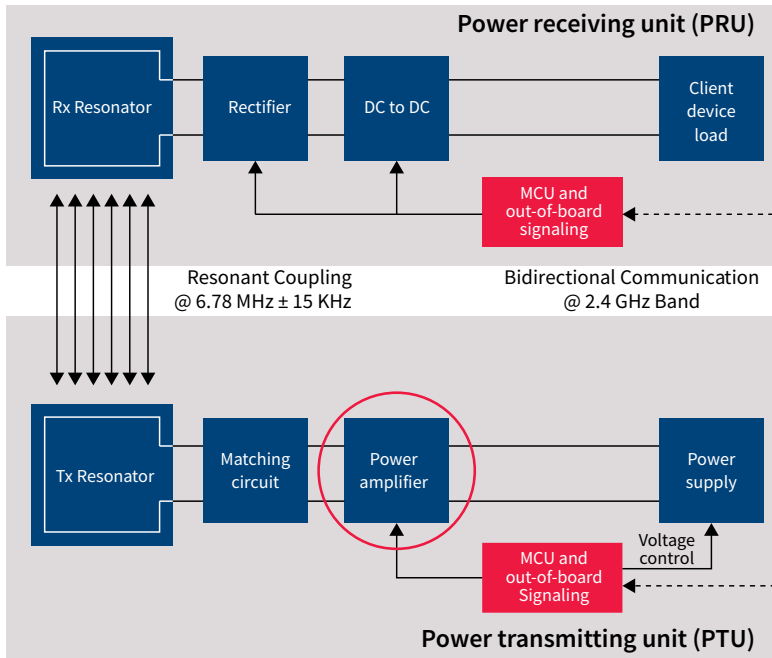
erzeugte Ripple-Strom (LZVS + CZVS). Je niedriger die Ausgangsladung des Schalters ist, desto niedriger ist der ZVS-Ripple-Strom. Bei fixiertem Ripple-Strom ist deshalb die Ausgangsladung geringer und eine ZVS-Übertragung lässt sich einfacher gewährleisten. Die Leistungsverluste im ZVS-Netzwerk sind die dominierenden Verluste. Sie können wie folgt berechnet werden:

$$P_{ZVS} = I_{ZVS_RMS}^2 ESR_{ZVS}$$

Hierbei ist I_{ZVS_EFF} der Effektivstrom durch das ZVS-Netz und ESR_{ZVS} der äquivalente parasitäre Widerstand des ZVS-Netzwerkes. Er wird hauptsächlich von der ZVS-Induktivität bestimmt. Der ZVS-Betrieb hängt vom Scheinwiderstand der Last ab. Dadurch ist eine entsprechende Impedanz-Anpassung im Netz erforderlich. Das System erhält den ZVS-Betrieb innerhalb definierter Grenz-Impedanzwerte aufrecht. Diese werden als Impedanz-Box bezeichnet. Es sollten vorzugsweise elektronische Schalter mit einer niedrigen Gate-Drain-Ladung Q_{GD} verwendet werden. Dadurch lassen sich geringere Verluste beim Nicht-ZVS-Betrieb erreichen.

Auf Systemebene entstehen Verluste hauptsächlich durch den Gleichstromwiderstand der ZVS-Induktivität und durch andere Widerstände im ZVS-Pfad. Auf diese entfallen zusammen mehr als 50 Prozent der Verluste. Sobald eine bestimmte ZVS-Induktivität ausgewählt ist, können diese Verluste zum Ripple-Strom und damit auch der Ausgangsladung Q_{OSS} in Bezug gebracht werden. Eine Verringerung der Ausgangsladung Q_{OSS} reduziert die Verluste deutlich. Die restlichen Verluste sind gleichmäßig zwischen dem oberen und dem unteren Schalter verteilt, weil bei dieser Topologie mit einem Taktverhältnis von 50 Prozent gearbeitet wird.

Auf Bausteinebene entstehen Verluste vor allem durch die Gate-Ladung Q_G . Daher muss ein Baustein mit einer niedrigen



Die Leistungsübertragungseinheit (PTU) erzeugt ein Magnetfeld, das in der Spule der Empfangseinheit (PRU) eine Spannung induziert. Sie muss danach in eine für das zu ladende Gerät passende Spannung umgewandelt werden.

Gate-Ladung und einer niedrigen Schwellenspannung, gewählt werden. Dadurch sinkt die Treiberspannung und die Ansteuerungsverluste reduzieren sich. GaN bietet im Vergleich zu Si geringere Verluste. Durch GaN lassen sich die Leistungsverluste um etwa 30 Prozent reduzieren. Die Bauelementefläche ist bei GaN außerdem nur halb so groß. Ihre Leistungsdichte ist somit größer. GaN-Bauelemente bieten außerdem für Class-D-Schalttopologie weitere Vorteile.

GaN-Leistungsbaulemente werden in der Regel mit einer Gate-Spannung von 5 V angesteuert, normale Si-MOSFETs mit etwa 10 V. Die Gate-Ladung Q_G für GaN-ICs liegt bei etwa einem Fünftel der Gate-Ladung für MOSFETs bei vergleichbarem $R_{DS(on)}$ und V_{BRR} . Das ergibt einen deutlich niedrigeren Gate-Strom und signifikant geringere Verluste im Gate-Treiber-IC. Um die Gate-Ladungsverluste zu minimieren, sollte nicht nur auf niedrige Werte für Q_G geachtet werden, sondern auch eine Bauelemente-Technologie mit niedriger Gate-Schwellenspannung gewählt werden. Damit kann der Entwickler eine niedrigere Treiber-Spannung nutzen und so die Gesamtverluste für die Treiber-Schaltung reduzieren. Die Gate-Ladungsverluste lassen sich wie folgt berechnen:

$$P_{GATE} = (Q_{G_SYNC} * f_{SW} * V_{dr})$$

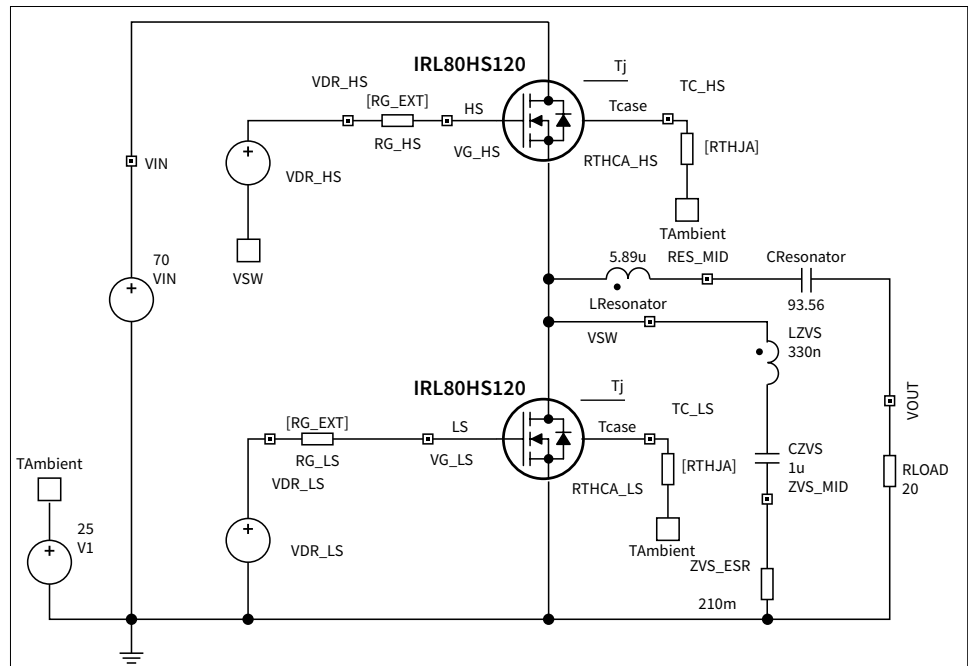
Hierbei ist Q_{G_SYNC} die Gate-Ladung bei der Spannung V_{dr} ohne Q_{GD} , falls ein ZVS-Betrieb vorliegt. f_{SW} ist die Schaltfrequenz und V_{dr} die Treiberspannung.

GaN-HEMTs haben zwar keine Body-Diode wie MOSFETs, verhalten sich jedoch ähnlich wie eine Diode. Eine weitere wichtige Ursache für Systemverluste ist die Vorwärtsspannung der Body-Diode, die bei GaN-Geräten tatsächlich höher ist. Verluste entstehen beim Einschalten durch die ZVS-Kommutierung. Diese können relativ hoch sein, wenn lange Totzeiten ausgewählt werden. Um mit GaN in Class-D-Schaltssystemen die beste Leistung zu erzielen, sollte die Totzeit reduziert werden, um ein Leiten der Body-Diode zu verhindern. Bei der Bewertung der Verluste durch die Body-Diode muss der richtige Wert für V_{SD} berechnet werden, der sich je nach Strom und Temperatur ändert. Er kann mit folgender Formel bestimmt werden:

$$P_{DT} = (V_{SD} * I_{OUT} * f_{SW} * T_{DT})$$

Einen schwierig zu quantifizierenden Einfluss auf die Verluste hat auch die Umkehr-Erholungsladung Q_{RR} , wenn die Body-Diode während der Totzeit leitet. Da GaN-Systeme eigentlich keine Body-Diode aufweisen, ist Q_{RR} null. Die Quantifizierung dieser Verluste ist deswegen schwierig, weil Q_{RR} vor allem von folgenden Betriebsbedingungen abhängt: dem Vorwärtsstrom der Diode, di/dt , der Rückspannung und der Temperatur. Die in den Datenblättern angegebenen Werte beziehen sich auf Messungen unter spezifischen Bedingungen und sind daher für die eigentliche Anwendung kaum relevant. Ungeachtet dessen ergibt sich aus der relativ hohen Schaltfrequenz bei der Energieübertragung mit magnetischen Resonatoren, dass eine niedrigere Q_{RR} zu geringeren Verlusten führt. GaN-Leistungshalbleiter bieten aber nicht

Die Class-D-Topologie arbeitet mit ZVS-Kommutierung. Dabei ergeben sich häufig hohe Kommutierungsverluste und ein geringer Wirkungsgrad.



nur Chancen. Einige ihrer Eigenschaften erfordern besondere Beachtung bei der Systementwicklung.

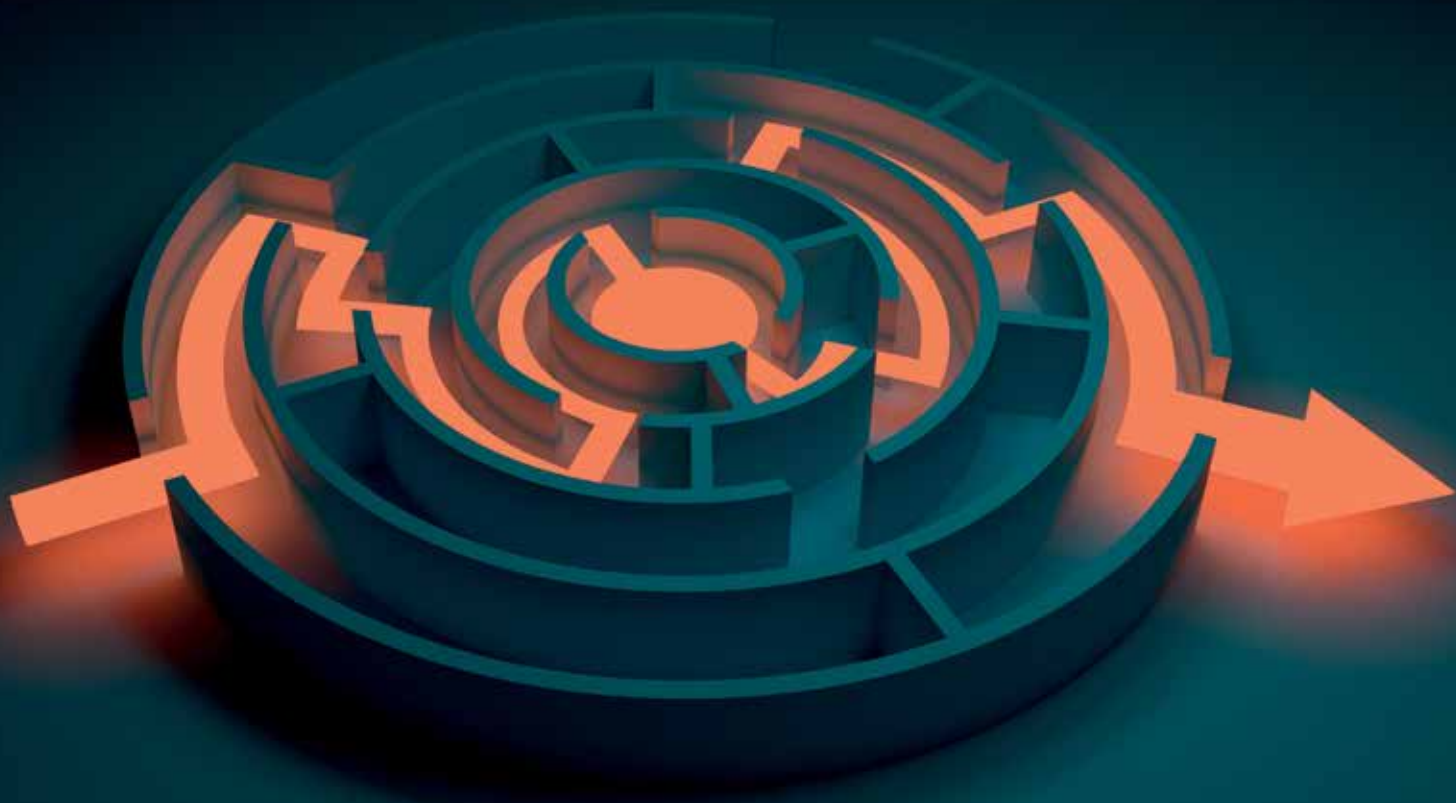
Die absolute maximale Nennspannung V_{GS} für MOSFETs liegt üblicherweise bei ± 20 V. Dadurch hat der Entwickler einen gewissen Spielraum, um den Spannungsregler der Steuerstufe relativ einfach und kostengünstig auszulegen. Das ist bei GaN nicht der Fall. Die absolute maximale Nennspannung ist auf 5 bis 6 V begrenzt. Das liegt vor allem an den Dioden-Eigenschaften der Gate-Struktur. Wenn während des Betriebs die Gate-Source-Spannung diesen Grenzwert übersteigt, kann es im Extremfall zu schweren Schäden des Bauelementes kommen. Aus diesem Grund muss der Spannungsregler für die Treiberspannung sehr sorgfältig ausgelegt werden. Die Probleme, die Gate-Source-Spannung unter der absoluten maximalen Nennspannung zu halten, hängen nicht nur mit der Genauigkeit des Spannungsreglers zusammen. Entscheidend ist auch der Betrieb während der Totzeit und der erneuten Aufladung des Bootstrap-Kondensators zur Ansteuerung des oberen Schalters bei der Implementierung eines Class-D-Schaltverstärkers.

Aufgrund des Totzeitbetriebs wird der Bootstrap-Kondensator über die Body-Diode des unteren Schalters erneut aufgeladen. Bei GaN-Systemen erfolgt über die Body-Diode bei hoher Vorlaufspannung eine zusätzliche Aufladung des Bootstrap-Kondensators, so dass die absolute maximale Nennspannung des Bauelementes sowohl durch Spannungsspitzen als auch im Dauerbetrieb überschritten werden könnte. Diese Überladung hängt von der Vorwärtsspannung der Bootstrap-Diode, der Drain-Source-Vor-

wärtsspannung der Diode, der Totzeit und der Temperatur ab. Diese müssen genau berücksichtigt werden.

Das Verhalten unterscheidet sich von Silizium-Halbleitern, bei denen das Gate über einen Gate-Oxid-Isolator gesteuert wird. Die Gate-Verbindung für GaN-Systeme ist eine Art Schottky-Barriere, deren Leckstrom folglich nicht im Nanoampere-Bereich (nA), sondern im Milliampere-Bereich (mA) liegt. Bei der Auswahl der Gate-Steuerspannung und der Stuenetzkomponenten sollte vorsichtig gearbeitet werden.

GaN-Bauteile besitzen wie erwähnt eine höhere Leistungsdichte durch den niedrigeren FoM-Wert ($R_{DS(on)} \times \text{Fläche}$). Das führt zu einer hohen Leitfähigkeit des Elektronengases (2DEG) und ist für Entwickler sehr attraktiv, die die Leistungsdichte ihrer Anwendungen erhöhen wollen. Es bringt jedoch auch einige Probleme mit sich. Die kleinere Fläche bedeutet auch, dass die Kontaktfläche zur Abfuhr der Verlustleistung in Form von Wärme im Bauelement kleiner ist. Während der Layout-Phase ist die Auslegung der Stromanschlüsse zwischen den Bauelementen und der Platine problematischer und eventuell der Wärmewiderstand schlechter. Da der wichtigste Faktor für den Wärmewiderstand die Sperrschicht zur Umgebung ist, die vor allem von den Eigenschaften der Platine abhängt, sollten die kleineren Abmessungen des GaN-Systems allerdings keinen wesentlich höheren Wärmewiderstand erzeugen. In jedem Fall muss beim Design der Platine sorgfältig darauf geachtet werden, dass der Wärmewiderstand minimal bleibt. Ansonsten wiegt die kleinere Fläche des GaN-Systems teilweise ihre Vorteile wieder auf. □



TREIBERSCHALTUNG VON IGBTs UND MOSFETs

Sicher zum Gate

IGBTs und MOSFETs sind leicht anzusteuern, weil sie spannungsgesteuerte Bauelemente sind. Doch es gibt einige spezielle Anforderungen an die Treiberschaltung und deren Stromversorgung. Je nach Leistungsklasse sind dabei unterschiedliche Lösungen sinnvoll.

TEXT: Wolf-Dieter Roth, Hy-Line **BILDER:** Hy-Line; iStock, Evgeny Gromov

MOSFETs und IGBTs scheinen ideale Leistungsschalter zu sein: Sie werden über ein Gate und nur mit Spannung gesteuert, also extrem leistungsarm. Um die Verluste gering zu halten, sind jedoch kurze Schaltzeiten notwendig. Entsprechend schnell muss die Gate-Kapazität umgeladen werden. Hierzu sind dann einige Ampere an Strom erforderlich – also ist doch wieder Leistung gefragt. An diesem Gedankenang wird deutlich, dass solch ein Leistungsschalter nur theoretisch direkt aus ei-

ner CMOS-Prozessorschaltung heraus gesteuert werden kann. In der Praxis würde er viel zu langsam umschalten und dabei infolge der hohen Schaltverluste zerstört. Zudem bestünde die Gefahr einer Rückwirkung: Transienten würden die Prozessorlogik stören oder gar beschädigen. Entsprechend sind spezielle MOSFET- und IGBT-Treiber notwendig.

IGBTs schalten sauberer ab und bleiben auch zuverlässiger abgeschaltet, wenn

hierzu nicht nur die positive Einschaltspannung abgeschaltet und das Gate kurzgeschlossen, sondern zusätzlich eine negative Sperrspannung angelegt wird. Das erfordert allerdings eine bipolare Spannungsversorgung. Dadurch steigt die Anzahl der benötigten Bauteile. Eine elegante Alternative sind SCALE-Treiber mit stark integrierten ASICs. Da solche Treiber die bipolare Spannung intern erzeugen, ist nur eine unipolare Spannungsversorgung notwendig. Zudem enthalten sie ausgedehnt-



Die SCALE2+-Core-Driver von Power Integrations eignen sich für IGBT-Schaltspannungen bis 6.500 V und Schaltströme von über 4.000 A.

te Sicherheitsschaltungen, die bei einem Überstrom oder Kurzschluss eine Entsättigung beziehungsweise Überlastung des Leistungshalbleiters verhindern und Fehlschaltungen, etwa das gleichzeitige Einschalten beider Zweige einer Halbbrücke, vermeiden.

IGBTs sauberer abschalten

Ein weiteres prinzipielles Problem besteht darin, dass IGBT- und MOSFET-Gegentaktbrücken nicht mit Komplementärhalbleitern arbeiten, wie man es von bipolaren Transistorendstufen kennt. Sie werden nicht um einen gemeinsamen Nullpunkt herum angesteuert, sondern

mit einer niedrigen Spannung zwischen Gate und Source beziehungsweise Emitter. Während das auf der Low Side, wo alle Source- und Emitter-Anschlüsse auf einem gemeinsamen Bezugspunkt enden, problemlos funktioniert, ist die Sache auf der High Side komplizierter: Hier gibt es bei einer Drehstrombrücke für jeden IGBT oder MOSFET einen anderen, mit hohen Transienten auf einem hohen Spannungspegel schwankenden Bezugspunkt!

Direkt aus einer vorhandenen Nieder-volt-Versorgungsspannung können die Treiber der High-Side-Leistungshalbleiter also nicht betrieben werden. Zudem ist für ihre Ansteuerung eine kapazitätsarme

galvanische Trennung notwendig. Die einzelnen Versorgungsspannungen können auch nicht aus einfachen Netzteilen oder DC/DC-Wandlern gewonnen werden – vielmehr verlangen die Transienten nach speziellen Lösungen, um Fehlzündungen der Leistungshalbleiter oder Beschädigungen der Stromversorgung auszuschließen. Aber welche Lösungen kommen für derartige Aufgaben in Frage? Und welche Bauteile sollte man sinnvollerweise einsetzen?

Eine an der Bergischen Universität Wuppertal verfasste Dissertation mit dem Titel „Ansteuerung von Hochvolt-IGBTs über optimierte Gatestromprofile“ zeigt die zunächst naheliegende Lösung mit

Programmierbare DC Labornetzgeräte und elektronische Lasten

Autoranging, NetZRückspeisung, viele Schnittstellen
Optionen, bis 1.500 VDC, 510 A, 15 kW



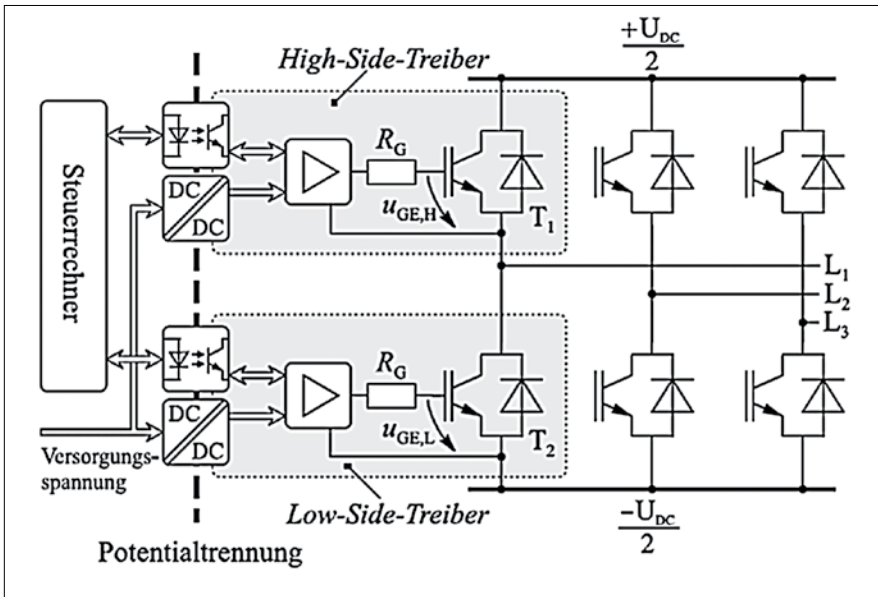
Elektro-Automatik



EA-PS & PSI 3000 und 9000, EA-EL 3000 und 9000:
Desk-Top- und Tower Bauform, DC Labornetzgeräte und elektronische Lasten
100W bis 1500W, 0-40V bis 0-750V, bis 60A



EA-PS & PSI 9000 2U, 3U, EA-EL & ELR 9000:
Programmierbare DC Labornetzgeräte und elektronische Lasten, konventionell und netzrückspeisend, für 0-40V bis 0-1500V, 0-1kW bis 0-15kW, bis 510A



Ein Brückenarm in einer dreiphasigen IGBT-Leistungsendstufe mit jeweils separaten DC/DC-Wandlern und Isolatoren funktioniert, ist aber sehr aufwändig.

jeweils sechs eigenen Treiberstufen, DC/DC-Wandlern und galvanischen Isolatoren (in der entsprechenden Abbildung als Optokoppler symbolisiert) – letztere sogar doppelt, falls ein Rückkanal zum Abschalten bei Überlast oder Kurzschluss benötigt wird. Die Schaltung funktioniert zwar, ist aber ziemlich aufwendig. Geht es nicht günstiger?

Ja, geht es! In der unteren Hälfte der Brücke (Low Side) ist die Situation relativ unkompliziert. Zwar liegt hier der Steuerungspegel nahe an der negativen Versorgungsspannung, doch der Pegel ist statisch und alle drei Zweige lassen sich mit einer geringen Spannung steuern. In der Praxis kommt man mit einer einzigen Spannungsversorgung für alle drei Zweige aus – inklusive der drei Steuerschaltungen, die sogar auf eine galvanische Trennung verzichten können, wenn die negative Versorgungsspannung als gemeinsamer Masse-Bezugspunkt verwendet wird. Auf der High Side gibt es dagegen keinen gemeinsamen Bezugspunkt: Die Emitter sitzen auf den drei unterschiedlichen und schnell wechselnden Potentialen L1, L2 und L3 – und damit auch die Steuerspannung. Immerhin: Jetzt werden nur maximal vier und nicht mehr sechs Spannungsversorgungen benötigt.

Für die Versorgung der Low Side sind Standard-DC/DC-Wandlermodule normalerweise ausreichend. Bei der Versorgung der High Side gibt es damit jedoch Probleme: Die schnell wechselnden Potentiale führen über die Kapazität zwischen dem Ein- und Ausgang des DC/DC-Wandlers zu Fehlsteuerungen – mit der Gefahr, dass der Leistungsschalter wie auch der Wandler beschädigt werden. Spezielle DC/DC-Wandler aus dem Hause Phi-Con, die an die Bedürfnisse der Gate-Ansteuerung auf der High Side angepasst sind, schaffen Abhilfe: Sie sind transientenfest und kapazitätsarm, isolieren selbst 300 V_{AC} sicher und liefern auf Wunsch auch die negative Spannung zum schnellen Sperren des IGBTs.

Wandler auf der High Side

Schaltungen, wie sie beispielsweise in intelligenten Power Modulen (Intelligent Power Modul, IPM) genutzt werden, lassen sich auf ähnliche Weise auch außerhalb eines Moduls mit einer diskreten Treiberschaltung bestehend aus Optokopplern, Steuerlogik und DC/DC-Wandlern aufbauen. Notwendig ist dabei eine galvanische Trennung sowohl für die Signale, etwa mit Optokopplern realisiert, als auch für die Versorgung, beispielsweise

durch einen DC/DC-Wandler. Problematisch sind dabei der hohe Aufwand, die geringe Geschwindigkeit und das Altern der Optokoppler, das in den einzelnen Zweigen unterschiedlich schnell verlaufen kann. Zudem ist es in der Praxis mit der reinen Ansteuerung – dem klassischen „Treiben“ von der Steuerung zum Leistungsschalter – nicht getan: Um Überlast- und Defektzustände zu erkennen, ist auch eine Rückmeldung in die Gegenrichtung erforderlich – und damit im Normalfall eine weitere galvanisch zu trennende Übertragungsstrecke mit einem zweiten Satz isolierender Koppler. Eine Alternative hierfür sind Datenkoppler nach dem GMR-Prinzip.

Eine andere Variante sind Steuerschaltungen, die das Potential entsprechend verschieben, um eine geeignete Steuerspannungsversorgung zu erzeugen (Level-Shift). Integrierte Lösungen wie die DIP-IPM-Bausteine von Mitsubishi arbeiten nach diesem Prinzip: Eine Versorgungsspannung von 15 V reicht für die Ansteuerung aus, die galvanische Trennung wird auf die Seite des Mensch-Maschine-Interface verlegt. Die Bausteine selbst liegen auf Netzpotential. Dabei ist jedoch zu beachten, dass rein kapazitiv arbeitende Level-Shifter leistungsmäßig

begrenzt sind und, dass ihre Verdrahtung sehr kompakt sein muss, damit keine Probleme mit Streukapazitäten entstehen. Mit der DIP-IPM+-Serie lassen sich Inverter bis zu 5,5 kW realisieren – bei höheren Leistungen stößt die Schaltung an ihre Grenzen. Ist zudem keine Schutzbeschaltung wie in den DIP-IPMs vorgesehen, können negative Transienten gefährlich für die Leistungsschalter werden.

Übertrager für Signale und Strom

Die klassische galvanische Trennungsmethode ist der Übertrager als induktives Bauelement, beispielsweise die TI-Serie der Impulsübertrager von Sirio oder die Treiber- und Zündtransformatoren von Rö-Lo. Der Vorteil des Übertragers: Neben Signalen kann auch die notwendige Steuerleistung übertragen werden – eine separate Stromversorgung ist nicht erforderlich. Bei Thyristoren wird auf diese Weise die gesamte Zündenergie über Trenntransformatoren mit einer hohen Isolationsspannung (3 bis 7 kV) geführt. Wegen der geringen Bandbreite von Übertragern ist diese Methode jedoch auf kurze Zündimpulse und Frequenzen unter 30 kHz beschränkt. Für IGBTs und MOS-

FETs, die spannungs- und nicht – wie der Thyristor – stromgesteuert schalten, ist sie mit zusätzlicher Beschaltung und der genannten Einschränkung bei der Taktfrequenz nutzbar.

Eine interessante Lösung für den Leistungsbereich von 5,5 bis 110 kW (400 kW mit Booster-Stufe), Taktfrequenzen bis 250 kHz und Schaltspannungen bis 1.700 V ist der SCALE-iDriver von Power Integrations. Er schließt dort an, wo die DIP-IPM-Lösungen aufhören, und nutzt dafür ebenfalls hoch integrierte Technologie. Nur die IGBT-Module sind wegen der höheren Leistung nicht mehr integriert.

Im IC selbst werden die Signale über ein eigenes Protokoll galvanisch getrennt bidirektional übertragen – also sowohl vom Treiber zum IGBT-Modul als auch vom IGBT-Modul zurück zum Treiber. So lassen sich die Module perfekt gegen fehlerhafte Betriebsbedingungen schützen. Entsprechende Verfahren, die einen Überstrom oder Kurzschluss erkennen, sind bereits integriert. Lediglich zur Spannungsversorgung ist noch ein externer Übertrager erforderlich. Die Regelung der Versorgungsspannungen erfolgt wiederum auf dem Chip selbst. Referenzdesigns

ermöglichen einen schnellen Aufbau von kompletten IGBT-Treibern.

Treiber für 6.500 V und 4.000 A

Noch mehr Leistung mit IGBT-Schaltspannungen bis 6.500 V und Schaltströmen bis über 4.000 A ist mit den SCALE2+-Core-Drivern von Power Integrations möglich. Diese Treiber setzen ebenfalls auf hoch integrierte ASICs – nun getrennt für die Steuer- und die Leistungsseite – und lassen sich als komplette Baugruppe mittels Übertrager leicht an jedes gängige IGBT-Modul anpassen. Möglich sind ebenfalls Master-Slave-Treiber und Steuerwege, die über Lichtwellenleiter absolut sicher galvanisch getrennt sind. Außerdem gibt es für diese „Härtefälle“ bis 6.500 V spannungs- und transientenfeste DC/DC-Wandler von Power Integrations.

Die galvanisch getrennte bidirektionale Signal- und Leistungsübertragung werden bei vermeintlich einfachen, diskreten Lösungsansätzen oft zum Kostenfresser und Qualitätsengpass. Bei allen vorgestellten Treiberbausteinen lassen sie sich hingegen zuverlässig und dennoch kostengünstig umsetzen. □



40–800 W Medizin- und ITE-Netzteile

- Medizinzulassung nach 3rd Edition 60601-1
- Bis zu 100 % Peakleistung
- Single- & Dual-Spannungsausgang
- Ausgangsspannung 5–60 VDC
- Wirkungsgrad > 90 %
- Kleinste Bauhöhe nur 27,1 mm
- Remote Control
- Applikationsberatung
- Entwicklungsbegleitung
- Design-In



SPICE-MODELLIERUNG FÜR SiC-LEISTUNGS-MOSFETs

Willkommene Weiterentwicklung

Durch die Einführung von SiC-MOSFETs mit großer Bandlücke stehen der Elektronikbranche völlig neue Möglichkeiten bei der Schaltkreis- und Produktentwicklung zur Verfügung. Um die Vorteile dieser Bauteile nutzen zu können, sind jedoch neue, präzise SPICE-Modelle erforderlich.

TEXT: James Victory, Mehrdad Yazdi, beide On Semiconductor

BILDER: On Semiconductor; iStock, Undefined Undefined

Analogschaltungen bringen zahlreiche Herausforderungen mit sich. Geeignete SPICE-basierte Plattformen zur präzisen Simulation der Leistungsfähigkeit eines Schaltkreises helfen Chipentwicklern jedoch verlässlich dabei, die Schaltungen trotz manch unerwarteter Eigenschaften gut zu handhaben. Für Bauteile aus der Leistungselektronik waren solche Plattformen lange Zeit nicht gut genug, was zu fehleranfälligen und unnötig ineffizienten Design-Flows führte. Bisher basierten die SPICE-Modelle solcher Bauteile auf einfachen Teilschaltungen oder komplexen nicht-physikalischen Modellen. Die bisherigen Modelle für Siliziumkarbid-MOS-

FETs (SiC) sind da keine Ausnahme: Die einfachen Subcircuit-Modelle sind zu unvollständig, um alle relevanten Bauteileigenschaften abzudecken, insbesondere das Schalt- und Wärmeverhalten. Zudem treten Konvergenzprobleme auf, die Modelle sind nicht auf andere Simulationsplattformen übertragbar und die Skalierbarkeit des Chip-Floorplans ist nicht ersichtlich.

ON Semiconductor hat nun ein neuartiges, skalierbares SPICE-Modell für SiC-Leistungs-MOSFETs entwickelt. Das Modell verfolgt einen völlig neuen Ansatz in der diskreten Modellierung – mit großen Vorteilen für das Schaltungs- und

Systemdesign. Vor einer detaillierten Erläuterung des Modells ist es jedoch ratsam, die Wirkungsweise von SiC-MOSFETs genauer zu beleuchten.

Vorteile der großen Bandlücke

Seit den 1990er Jahren bis heute waren Silizium-IGBTs die erste Wahl, wenn schnelle und zuverlässige Schalter von 1 bis 6 kV in der Leistungselektronik benötigt wurden. Der Grund dafür ist deren ausgezeichnete Mischung aus niedrigen Leitungs- und Schaltverlusten, einem positiven Temperaturkoeffizienten, hoher Eingangsimpedanz und großen sicheren

Leistungselektronik entwärmen

- verschiedenartige Entwärmungskonzepte zur Wärmeabfuhr hoher Verlustleistungen
- sehr guter thermischer Wirkungsgrad
- kompakter Aufbau und homogene Wärmeverteilung
- exakt plangefräste Halbleitermontageflächen
- Entwärmung mittels Luft oder Flüssigkeit
- kundenspezifische Sonderlösungen



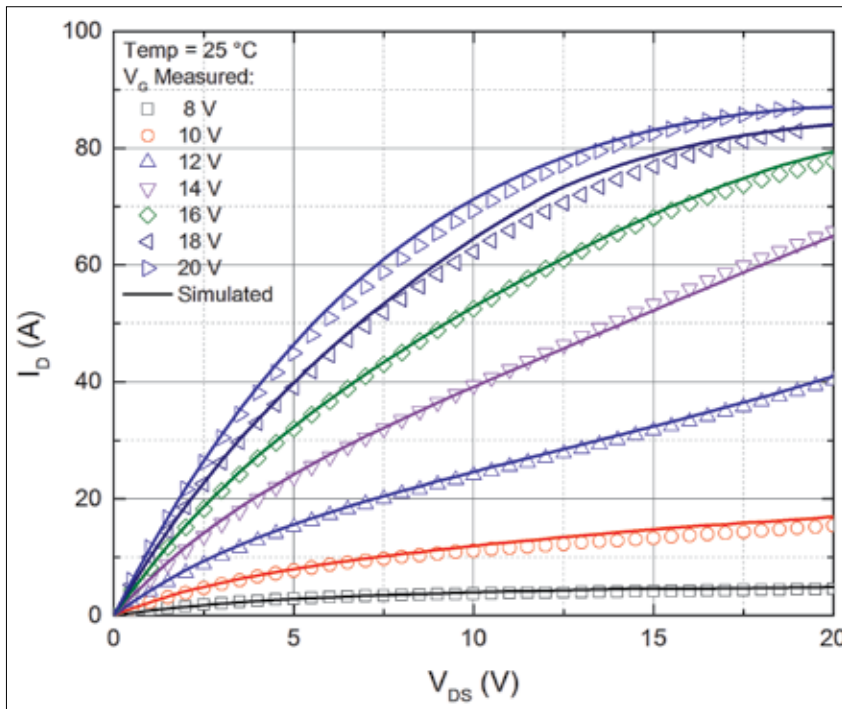
Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

Nottebohmstraße 28
 58511 Lüdenscheid
 DEUTSCHLAND
 Telefon +49 2351 435-0
 Telefax +49 2351 45754
 E-mail info@fischerelektronik.de



Wir stellen aus:
 „electronica“ in München
 13. - 16.11.2018
 Halle A2, Stand 410



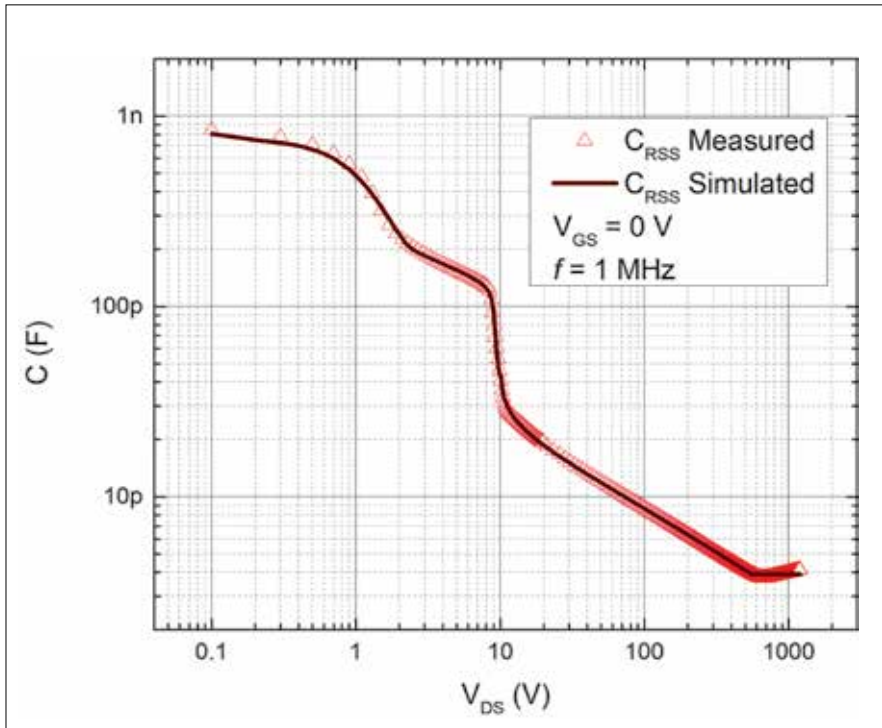
Beispiel für eine Strom-Spannungs-Charakteristik des neuen SPICE-Modells

Betriebsbereichen. Mit der Einführung von SiC-MOSFETs mit großer Bandlücke (WBG; Wide Band Gap) wird sich die Marktlage aber drastisch verändern, da diese Bauteile die Leitungs- und Schaltverluste bei typischen Betriebsbedingungen um fast eine Größenordnung verringern. SiC hat eine dreifach so breite Bandlücke wie Silizium und ermöglicht deshalb höhere elektrische Felder, niedrigere Leckströme bei erhöhter Temperatur und eine bessere Wärmeleitfähigkeit. Da SiC-MOSFETs unipolare Bauelemente sind, benötigen sie keinen Deaktivierungsstrom und lassen sich mit viel höheren Anstiegsgeschwindigkeiten schalten. Dabei sind Schaltfrequenzen von mehr als 100 kHz möglich. Dank der integrierten, nahezu sperrverzögerungsfreien Body-Diode erübrigt sich in den meisten Anwendungen eine externe Freilaufdiode, und Schaltverluste werden reduziert.

Neuer SPICE-Ansatz

Beim herkömmlichen diskreten Entwicklungsansatz werden Bauele-

mente zunächst in zeitaufwendigen FEM-TCAD-Simulationen entworfen. Ist das Bauteildesign abgeschlossen und für gut befunden, wird das SPICE-Modell extrahiert oder mittels Kurven-Fit an die gemessenen Eigenschaften angepasst. Anschließend steht es für die Anwendungssimulation zur Verfügung. Ein physikalisches SPICE-Modell, das auf Prozessparameter- und Layout-Störeinflüsse reagiert, verfolgt hingegen einen anderen Ansatz: Hier wird die Simulation als entscheidendes Kriterium für den Entwicklungsprozess angesehen. Dieses Vorgehen ist weitaus effektiver als herkömmliche Entwicklungsansätze und verkürzt die Zykluszeiten, indem es die Lücken zwischen TCAD, Schaltungsentwurf und Fertigung überbrückt. Schaltungsentwickler können neue Technologien in einem frühen Entwicklungsstadium per Simulation anstatt durch Fertigungsiterationen bewerten. Anschließend lassen sich die Bausteine auf der Basis realistischer Anwendungssimulationen optimieren, um möglichst hohe Leistungsmerkmale auf Systemebene zu erzielen.



Die C_{RSS} -Kapazitäten des SiC-MOSFETs werden durch einen MOS-Kondensator erfasst, der von verschiedenen Prozess- und Layoutparametern abhängt.

ON Semiconductors neues skalierbares SPICE-Modell für SiC-Leistungs-MOSFETs verfolgt genau diesen Ansatz. Das Modell basiert auf Prozess- und Layoutparametern und ermöglicht Designoptimierungen durch eine direkte Verbindung zwischen SPICE, Anwendungsdesign und Prozesstechnologie. Für jeden Bereich des Bausteins – zum Beispiel den Kanal, den JFET oder die Epitaxie – gibt es einen physikalischen Ansatz.

Skalierbares SPICE-Modell

Beispielsweise wird der Kanal durch das bekannte BSIM3v3-Modell beschrieben, das alle relevanten Attribute enthält. Insbesondere werden die Übergänge durch Unterschwellenbereiche, schwache und starke Inversion genau erfasst. Die Region zwischen den p-Wannen erzeugt einen nichtlinearen Effekt, der oft als JFET-Effekt bezeichnet wird. Auch dieser Effekt wird durch die physikalischen Gleichungen, die dem Modell zugrunde liegen, abgebildet.

Die entscheidenden C_{GD} - beziehungsweise C_{RSS} -Kapazitäten des SiC-MOSFETs werden durch einen robusten, verhaltensunabhängigen MOS-Kondensator erfasst, der von Prozess- und Layoutparametern wie der Gateoxiddicke, dem Abstand der p-Wanne und der Dotierung abhängt. Da die Dotierung in der JFET-Region häufig so ausgelegt ist, dass sie nichtlineare Effekte bei der Kapazität und dem Strom ausgleicht, weist die gemessene Kapazität mehrere Übergangsbereiche auf, die sowohl von der Dotierung als auch von der Geometrie abhängen.

SiC-MOSFETs schalten schnell und mit lediglich geringen Verlusten. Das Modell kann die damit einhergehenden Ein- und Ausschalttransienten mit hoher Präzision erfassen. Um die gewünschte Skalierbarkeit erzielen zu können, enthält das Modell physikalische Komponenten für alle parasitären Kapazitäten und Widerstände, die in den Ecken des Chips, an den Gate-Kontaktschienen und am Gate-Pad entstehen.

Der neue Modellierungsansatz für SiC-Leistungs-MOSFETs liefert präzise Ergebnisse für alle realen Betriebsbedingungen auf Baustein- und Systemebene. Die Modellierung von Strom-Nichtlinearitäten und des Wärmeverhaltens ermöglicht eine zuverlässige Vorhersage statischer Verluste im System. Darüber hinaus lassen sich kritische Ladungen und Kapazitäten wie C_{RSS} über den gesamten Bias-Bereich hinweg genau erfassen, was eine präzise dynamische Schaltungssimulation ermöglicht. Durch die skalierbare Modellierung des Baustein-Layouts und der Prozessstreuwerte können Entwickler zuvor erkannte, aber nicht zugängliche Bauteiloptimierungen in der Simulation freischalten.

Das robuste SPICE-Modell ist kompatibel mit den meisten branchenüblichen Simulationsplattformen und unterstützt zahlreiche Kundenanwendungen. Ähnliche Modelle sind für alle Leistungselektronikbauteile von ON Semiconductor erhältlich. □



Anschrift

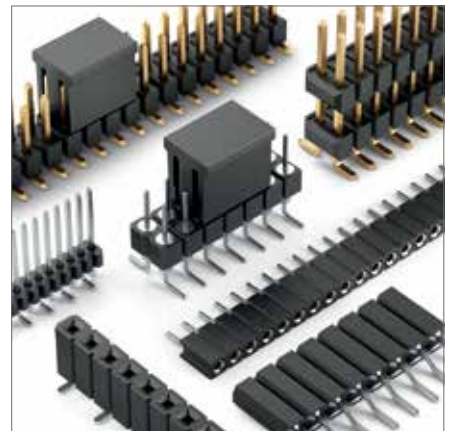
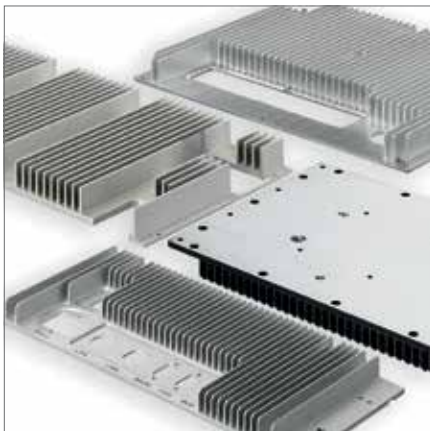
Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
 Nottebohmstraße 28
 58511 Lüdenscheid, Germany
 T +49/2351/435-0
 F +49/2351/45754
 info@fischerelektronik.de
 www.fischerelektronik.de

Firmenbeschreibung

Fischer Elektronik ist seit 1968 ein vielseitiger und flexibler Hersteller von mechanischen Elektronikkomponenten am Standort Deutschland. Man beschäftigt am Hauptsitz in Lüdenscheid in Nordrhein-Westfalen und in den Verkaufsbüros mehr als 400 Mitarbeiter, denen hochmoderne Produktionsanlagen, Betriebsmittel und Verwaltungstools zur Verfügung stehen. Mit eigenen Verkaufsbüros in Österreich, der tschechischen Republik sowie der Slowakei sichert Fischer Elektronik den Zugang in neue Märkte im Osten Europas. Langjährige Vertriebspart-

ner im In- und Ausland ermöglichen es die Produkte weltweit in mehr als 90 Länder zu verkaufen. Namhafte Branchen- und Marktführer haben Fischer Elektronik Produkte einedesigned. Mit mehr als 17.000 Kunden der Elektro- und Elektronikindustrie ist Fischer Elektronik eine echte Brand für mechanische Elektronikkomponenten, die auch in den Katalogen der wichtigsten international tätigen Katalogdistributoren zu finden ist. Das Herstellungsprogramm umfasst Kühlkörper und Systeme für die Halbleiterentwärmung, Steckverbindungen rund um die Leiterplatte sowie ein komplettes 19“ Aufbausystem und systemunabhängige Gehäuselösungen. Die Varianz der Standardartikel unter Berücksichtigung verschiedener Oberflächen, Polzahlen und Längen beträgt weit mehr als 75.000 Einzelartikel, die man in dem am Markt bekannten dreiteiligen Produktkatalog wiederfindet. Durch frühe Beteiligungen an Forschungsprojekten und in Entwicklungsverbänden steht man in der ersten Reihe bei

Kunden aus den Gebieten erneuerbare Energien, LED-Lighting und Brennstoffzellen. Die Stärke des Unternehmens liegt zum einen in der Vorhaltung eines Lagers für mehr als 650 verschiedene Aluminium-Kühlkörperprofile. Eigens hierfür hat man antizyklisch im Krisenjahr 2009 in ein rund 3.200 Tonnen fassendes Hochregal-Wabenlager investiert. Zum anderen besteht die Möglichkeit, aus den Standards spezielle, kundenspezifisch bearbeitete Lösungen generieren zu können, die in puncto Stückzahl, Qualität und Preis den hohen Kundenanforderungen entsprechen. Ein hohes Maß an Qualitäts- und Umweltbewusstsein sowie die Fokussierung auf die Wünsche und Belange der Kunden gehören zur Unternehmensphilosophie. Der Zertifizierungsstand nach ISO 9001, ISO 14001, ISO 27001 und AEO-C zeugen hiervon. Um auch weiterhin im nationalen und internationalen Kontext erfolgreich agieren zu können, wurde das komplette Unternehmen 2014 auf SAP umgestellt. □





Anschrift

Fuji Electric Europe GmbH
 Goethering 58
 63067 Offenbach am Main, Germany
 T +49/69/669029-0
 F +49/69/669029-56
 info.semi@fujielectric-europe.com
 www.fujielectric-europe.com

Firmenprofil

Die heutige Fuji Electric Co., Ltd. wurde 1923 in Japan als eine Kapital-und Technologie-Allianz zwischen Furukawa Electric Co., Ltd und der Siemens AG gegründet. Der Firmenname wurde abgeleitet von diesen beiden Unternehmen, mit „Fu“ und „Si“ und dem höchsten Berg in Japan, Mt. Fuji.

Die Fuji Electric Europe GmbH entstand 1984 in Deutschland und ist eine 100%ige Tochtergesellschaft der Fuji Electric Co., Ltd.. Seit über 30 Jahren beliefert Fuji Electric erfolgreich den Europäischen Markt mit Leistungshalbleitern für Energieumwandlungssysteme.

Mit einem starken Team aus Vertriebs-, Applikations- und Entwicklungsingenieuren stehen wir unseren Kunden aus ganz Europa sowohl bei kommerziellen und technischen Fragen als auch bei kundenspezifischen Entwicklungswünschen stets zur Seite.

Darüber hinaus gewährt unser international aufgestelltes Distributionsnetzwerk eine besondere Servicequalität und Kundennähe. Fuji Electric bietet innovative Energietechnologien, um weltweit in den Bereichen der sozialen und industriellen Infrastruktur einen nachhaltigen Beitrag zu leisten. Durch Bevöl-

kerungswachstum und rasanten industriellen Fortschritten werden Energiemanagement und Umweltschutz zunehmend wichtiger. Deshalb strebt Fuji Electric kontinuierlich die Weiterentwicklung und Verbesserung existierender Technologien an. Unsere innovativen Produkte in der Energie- und Umwelttechnologie erzielen eine hohe Wertschöpfung, hervorragende Umweltfreundlichkeit, sowie Energie mit maximalem effizientem Nutzen.

Anwendungsportfolio

Lange Zeit waren die Haupteinsatzgebiete unserer Leistungshalbleiter die elektrische Antriebstechnik (Frequenzumrichter, Servo-Antriebe) sowie die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Basierend auf diesen Anwendungen wurde der Grundbaustein für hervorragende Qualität, hohe Zuverlässigkeit und Implementierung neuester Technologien gelegt.

Das Anwendungsportfolio wächst stetig an und umfasst heute neue Einsatzmöglichkeiten wie: Erneuerbare Energien (Windenergie, Photovoltaik), Hybrid-/Elektro-Mobilität, Energieversorgung und -verteilung (Smart Grid), Traktion, etc.. Die Technologieentwicklung fordert immer neue technische und effiziente Lösungen mit langer Lebensdauer sowie höchster Qualität. Unsere hochmodernen Front-End und Back-End Produktionsstandorte sowie Lagerstandorte gestatten es, die weltweit wachsende Kundenanzahl mit Leistungshalbleitern zu versorgen. Dies ermöglicht eine flexible Verfügbarkeit unserer Produkte und ein exzellentes Preis-Leistungs-Verhältnis.

Unsere 7. IGBT-Generation (X-Serie) löst momentan die älteren Generationen im Markt ab. Die neuen Produkte können existierende Produkte problemlos, aufgrund ihrer elektrischen und mechanischen Kompatibilität, ersetzen und dabei die Verluste weiter reduzieren. Mehr Informationen zu unseren Produkten finden Sie unter: https://www.fujielectric-europe.com/gallery/download/download_535/fuji_shortform_2018.pdf

Qualitätsmanagement

ISO/TS16949 und ISO 9001 zertifiziert.

Logistikleistung

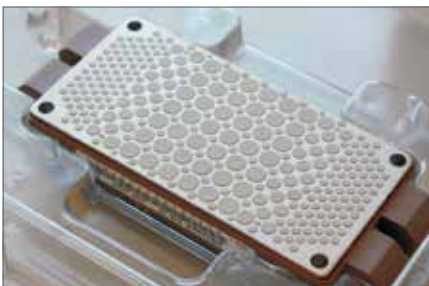
Unser Logistik-Center in Frankfurt bietet unseren Kunden eine hohe Verfügbarkeit und ermöglicht kurze Lieferzeiten sowie umfangreiche Logistikleistungen.

Technischer Support

Bei spezifischen Kundenfragen rund um das Thema Technik bietet unser kompetentes Team fachgerechte Applikationsunterstützung von A bis Z sowie spezielle technische Lösungen. Darüber hinaus unterstützen Sie unsere Entwickler bei Design-in-Lösungen vor Ort fachgerecht und zuverlässig.

Dienstleistung für Wärmeleitpaste

Unser automatisierter Bedruckungsprozess garantiert durch präzise Druckausrüstung, optimierte modulspezifische Druckmuster und Softwareüberwachung einen einheitlichen Druck und weit verbesserte Wärmeleitfähigkeit. □



HY-LINE®

POWER COMPONENTS

Anschrift

HY-LINE Power Components Vertriebs GmbH
 Inselkammerstr. 10
 82008 Unterhaching
 Tel.: +49/89/614503-10
 Fax: +49/89/614503-20
 power@hy-line.de
 www.hy-line.de/power

Gründungsjahr 1988

HY-LINE Power Components – Ihr Partner für Leistungselektronik

HY-LINE Power Components liefert Ihnen alle Kernbauteile und -komponenten der Leistungselektronik und kann Sie daher in allen relevanten Fragen beratend unterstützen.

Sie finden bei HY-LINE Power Components hochwertige IGBT Module mit innovativem Gehäuseaufbau, kompakte IGBT-Treiber mit vielen integrierten Funktionen, Gleichrichter und Diodenmodule in robusten Industrie Mehrfachpacks, AC/DC- und DC/DC-Wandlermodule, GaN HEMTs, Einzelhalbleiter sowie passive Bauelemente.

Von der SMD-Miniaturdrossel über Ansteuerübertrager bis zu Hochleistungs-drosseln und Leistungs-Transformatoren für Schaltfrequenzen im kHz-Bereich bieten wir die gesamte Palette der Induktivitäten. Super- und Hochvolt-Folien-Kondensatoren ergänzen unser Programm.

Im Portfolio sind unter anderem Bauelemente und Module von Mitsubishi, Power Integrations, Powersem, Vicor, PHI-CON, Transphorm, Eaton, Sirio, Rö-Lo, Electronicon und Maxwell. Auch für die Bus-Kommunikation der Leistungselektronik bieten wir passende Bauteile wie z. Bsp. isolierte Datenkoppler.

Zielmärkte

Alle Bereiche industrieller Elektronik mit Schwerpunkten in Leistungselektronik, Stromversorgungstechnik, Telecom, Bahntechnik, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik, Steuerungstechnik und Automatisierung

Dienstleistungen

Als hoch spezialisierter Vertriebspartner und Herstellerrepräsentant verfügt die HY-LINE Power Components über ein umfassendes anwendungsspezifisches Know-how. Unsere Applikationsingenieure können Ihre Entwicklerteams bereits in der Designphase bei der Bauteileauswahl und der Konfiguration aufeinander abgestimmter Subsysteme unterstützen. Sie profitieren durch umfassend geschulte Produktspezialisten, aktuelle Datenblätter, Application Notes und Trainings / Workshops zu Spezialthemen, Entwicklungskits und Design-tools.

Präsenz

Zentrale in Unterhaching bei München, Vertriebsbüros im gesamten Bundesgebiet und eigene Niederlassung in der Schweiz.

Lagerstandort

Unterhaching bei München

Qualitätsmanagement

ISO 9001-zertifiziert

Firmenphilosophie

HY-LINE setzt auf innovative Technologien zu wettbewerbsfähigen Preisen. Der Kunde erhält individuelle Beratung, Applikationsunterstützung und interessante Produkte von Herstellern, die sich durch neue technische Lösungen von anderen abheben. Seit der Gründung vor über 30 Jahren verfolgt HY-LINE ein kundenorientiertes Unternehmenskonzept, das die



hohe Innovationsrate der Elektronik und die damit verbundenen Anforderungen an applikationsspezifischem Know-how berücksichtigt.

Die HY-LINE Gruppe gliedert sich in Deutschland in drei selbstständige Firmen mit spezialisierten Produktbereichen. Jedes der Unternehmen bedient ein spezielles Anwendungssegment mit eigenem Know-How für diese Applikationen und verfügt über eigene Support-Mitarbeiter, Produktspezialisten sowie Applikations- und Vertriebsingenieure. Die Entwicklungsunterstützung geht deutlich über die reine Produktvorstellung hinaus. Oft erschließt sich der Vorteil eines Bauteiles erst dann, wenn man die Auswirkung auf die Gesamtschaltung betrachtet. Dazu ist ein Know-How für die Anwendung nötig, welches Sie bei uns finden.

HY-LINE Power Components ist spezialisiert auf alle Fragen und Produkte rund um Leistungselektronik, Steuern & Regeln, passive Bauelemente und Stromversorgung. HY-LINE Power Components ist Vertragsdistributor und Repräsentant von renommierten Elektronikherstellern. Bei der Auswahl der Hersteller achten wir darauf, dass jeder in seinem Fachgebiet als Spezialist mit einzigartigem Know-how gilt. Von dieser hohen Lösungskompetenz können Sie bei Ihren Anwendungen profitieren. Zudem wählen wir unsere Hersteller und deren Produkte auch nach der Nutzung von Synergien aus. Dadurch können wir Ihnen für viele Anwendungen komplette Lösungen anbieten. □



Anschrift

Infineon Technologies AG
 Am Campeon 1-15
 85579 Neubiberg bei München, Germany
 T +49/89/234-0
 www.infineon.com

Über Infineon

Infineon entwirft, entwickelt, fertigt und vertreibt eine Vielzahl an Halbleiter- und Systemlösungen. Dabei liegt der Fokus auf der Automobil- und Industrieelektronik sowie auf mobilen Geräten, Hochfrequenzanwendungen und hardwarebasierter Sicherheit. Als weltweit führender Anbieter von Halbleitern verbindet Infineon unternehmerischen Erfolg mit verantwortungsvollem Handeln. So macht Infineon den Alltag einfacher, sicherer und umweltfreundlicher. Kaum wahrnehmbar, sind Halbleiter unverzichtbarer Begleiter unseres täglichen Lebens. Komponenten von Infineon kommen zum Einsatz, wo elektrische Energie effizient erzeugt, übertragen und genutzt wird. Sie sichern ferner unseren digitalen Datenaustausch, senken den Schadstoffausstoß von Autos und erhöhen die Sicherheit im Straßenverkehr.

Produktspektrum

- **Automotive:** 32-Bit-Mikrocontroller für Antriebsstrang, Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, diskrete Leistungshalbleiter, Druck- und Magnetfeldsensoren, IGBT-Module, Industrie-Mikrocontroller, Leistungs-ICs, Radar-Sensor-ICs (77 GHz), Spannungsregler, Transceiver (CAN, LIN, Ethernet, FlexRay)
- **Industrial Power Control:** „Bare Die“-Geschäft, diskrete IGBTs, IGBT-Module für niedrige, mittlere und hohe Leistungsklassen, IGBT-Modul-Lösungen inkl. IGBT-Stacks, Siliziumkarbid-Module, Treiber-ICs
- **Power Management & Multimarket:** Ansteuer-ICs, Chips für Silizium-Mikrofone, diskrete Niedervolt- und Hoch-

volt-Leistungshalbleiter, Galliumnitrid (GaN)-Transistoren, Drucksensoren, GPS-Signalverstärker, HF-Antennenschalter, HF-Leistungstransistoren, kundenspezifische Chips (ASICs), Niedervolt- und Hochvolt-Treiber-ICs, Radar-Sensor-ICs (24 GHz, 60 GHz), Schutzdioden gegen elektrostatische Entladung

- **Chip Card & Security:** Eingebettete Sicherheitscontroller, kontaktbasierte Sicherheitscontroller, kontaktlose Sicherheitscontroller, Sicherheitscontroller mit kontaktloser sowie kontaktbasierter Schnittstelle (Dual-Interface)

Präsenz

36 Forschungs- und Entwicklungsstandorte, 18 Fertigungsstandorte und rund 44 Vertriebsbüros weltweit □

GRÜNDUNG

1999

MITARBEITER

37.479 weltweit (Stand 30. September 2017)

UMSATZ

€7.063 Mio. im Geschäftsjahr 2017

PRODUKTPORTFOLIO

Halbleiter





for a greener tomorrow



Anschrift

Mitsubishi Electric Europe B.V.
Semiconductor European Business Group
Mitsubishi-Electric-Platz 1
40882 Ratingen, Germany
T +49/2102/486-0
F +49/2102/486-4140
semis.info@meg.mee.com
www.mitsubishichips.eu

Qualitätsmanagement

- Deutsche Niederlassung: ISO 9001, 14001
- ISO/TS22163 (Leistungselektronik)
- IATF 16949 (TFT Automotive)

Mitsubishi Electric Europe B.V. – Semiconductor European Business Group

Mitsubishi Electric gehört zu den weltweit führenden Unternehmen in Herstellung und Vertrieb von elektrischen und elektronischen Produkten für die vielfältigsten industriellen Anwendungen und Alltagsbereiche. Seit 1978 ist Mitsubishi Electric in Deutschland vertreten. Die deutsche Niederlassung in Ratingen, Nordrhein-Westfalen, ist für die Durchführung der technischen Service-, Vertriebs- und Marketingaktivitäten in Deutschland verantwortlich. Für den Geschäftsbereich Semiconductor werden von Ratingen aus auch die Exportaktivitäten für EMEA gesteuert.

Im Bereich der Halbleiter nimmt Mitsubishi Electric weltweit eine führende Rolle ein. Innovatives Denken, Investitionen in moderne Produktionsstätten und leistungsfähige Entwicklungsabteilungen sichern diese Spitzenposition. Unsere Kunden profitieren von umfassenden technischen Serviceleistungen sowie einem breiten Vertriebs- und Distributionsnetz. Unser Erfolg in der Halbleitertechnologie basiert auf den vier Produktbereichen Hochfrequenz, Optoelektronik, Leistungselektronik sowie TFT-LCD Module für industrielle Anwendungen und Automotive.

Leistungselektronik / Technologien

Mitsubishi Electric verfügt über eine mehr als 60-jährige Erfahrung in der Entwicklung und Produktion von Leistungshalbleitern. Als weltweit erstes Unternehmen, das alle erforderlichen Technologien beherrschte, entwickelte Mitsubishi Electric das Konzept der Intelligenten Power Module (IPMs). In diesem Bereich wie auch in der IGBT Technologie (Insulated Gate Bipolar Transistor) sind wir seither führend und stellen für jede Leistungsklasse die passenden Module zur Verfügung, etwa zur Motorsteuerung, Bahn-technik oder Automotive.

Zudem hat Mitsubishi Electric als erstes japanisches Unternehmen die Zertifizierung nach IRIS (International Railway Industry Standard) erhalten. Die Nutzung und Entwicklung neuer Materialien und neuer Prozesse sind auch zukünftig die Ziele von Mitsubishi Electric, wie z. B. der Einsatz von SiC als Beitrag zu höherer Effizienz und zur System-Kostenoptimierung auf Kunden-seite.

Produktportfolio

Power Modules

- SiC Modules
- IGBT Modules
- Intelligent Power Modules (IPMs, DIPIPM+, DIP-/Mini-DIP-IPMs, DIPPPFC, SLIMDIP, MISOP)
- Automotive Modules (6in1 Pin-fin Power Modules, 2in1 Transfer-molded Power Modules)
- MOSFET Modules
- Diode Modules
- HV Integrated Circuits

High Power Semiconductors

- HV-IGBT Modules (up to 1000A/6.5kV, 1500A/4.5kV, 1800A/3.3kV, 3600A/1.7kV)
- HV-IPM
- HV Diode Modules

Zielmärkte

Bahn-technik, USV, HGÜ, Automotive, Regenerative Energien, Motorsteuerung, Medizintechnik, Aufzüge, Weiße Ware, Schweißtechnik, Automatisierung, Pumpen, Gabelstapler. □



SEMIKRON

innovation + service

Anschrift

SEMIKRON INTERNATIONAL GmbH
Sigmundstraße 200
90431 Nürnberg, Germany
T +49/911/6559-0
sales@semikron.com
www.semikron.com
shop.semikron.com

Ansprechpartner

Werner Dorbath
Marketing Communication International
T +49/911/6559-75217
werner.dorbath@semikron.com

FIRMENPROFIL

Das Familienunternehmen ist ein weltweit führender Hersteller für Leistungshalbleiter mit Hauptsitz in Nürnberg. Es wurde 1951 gegründet und hat heute weltweit über 3.200 Beschäftigte. Ein internationales Netzwerk aus 25 Gesellschaften mit Produktionsstandorten in Brasilien, China, Deutschland, Frankreich, Indien, Italien, Korea, Slowakei und den USA garantiert eine schnelle und umfassende Betreuung der Kunden vor Ort. Mit der Gründung eines Online Shops im Jahr 2009 hat SEMIKRON seine Präsenz für Kunden erweitert. Der SEMIKRON ONLINE SHOP bietet eine 24-Stunden-Erreichbarkeit, eine weltweite Lieferung und kompetente technische Beratung in mehreren Sprachen. SEMIKRON stellt Leistungselektronik-Komponenten und -Systeme vorwiegend im mittleren Leistungssegment (ca. 2 kW bis 10 MW) her. Zu den Anwendungen gehören drehzahlgeregelte Industrieantriebe, Automatisierungstechnik, Schweißanlagen und Aufzüge. Weitere Anwendungsbereiche sind unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV), erneuerbare Energien (Wind, Solar) sowie Elektro- und Hybridfahrzeuge (Nutzfahrzeuge, Flurförderfahrzeuge).



Produkte

Die Produktpalette reicht von Chips, diskreten Halbleitern, IGBT-, Dioden- und Thyristor-Modulen über kundenspezifische Lösungen bis zu integrierten Leistungselektronik-Systemen. SEMIKRON ist mit einem Anteil von 24,9 % Marktführer bei Dioden- und Thyristor- Halbleitermodulen. (Quelle: IHS Research, Power Semiconductor Intelligence Service Annual Market Report – 2016 Edition).

1500 VDC in Solaranlagen – SEMIKRON bietet alles, was Kunden brauchen

Eine Erhöhung der PV-Spannung in Solaranlagen auf bis zu 1500 VDC ermöglicht eine signifikante Senkung der Systemkosten wie auch die Optimierung des jährlichen Energieertrags. Um diese anspruchsvollen Anforderungen zu erfüllen bietet SEMIKRON ein umfassendes Produktportfolio für Ihren 1500 V-Wechselrichter: von Leistungsmodulen in 2-Level- und 3-Level-Topologien über leistungsstarke SKiiP 4-IPMs

bis hin zu gebrauchsfertigen Power-Stacks – SEMIKRON ist der Partner in allen Integrationsstufen.

Maximale Leistungsdichte für kompakte Stringwechselrichter-Designs

MiniSKiiP erobert den Solarmarkt: Der neue MiniSKiiP Dual Split MLI bietet die hohe Zuverlässigkeit der MiniSKiiP-Technologie jetzt auch für Solaranwendungen.

Der MiniSKiiP Dual Split MLI kombiniert einen Nominalstrom von 400 A bei 1200 V Chips mit den bekannten Vorteilen der MiniSKiiP SPRiNG Technologie und deren einfachen Montageprozess. Diese neuen Module erlauben ein bodenplattenloses Design mit direkter Leiterplattenmontage für Stringwechselrichter bis zu 180 kW in 1500 VDC-Photovoltaiksystemen und setzen damit einen neuen Maßstab in dieser Klasse. Die Anordnung der SPRiNG Kontakte im MiniSKiiP Dual erlaubt eine niederinduktive Zwischenkreis-anbindung, einfache Treiberintegration und parallele AC Anschlüsse. □



Mit uns können Sie einpacken



Folienschweißgerät



Folienbeutel

- **Pink-Poly (auch mit Zip)**
- **schwarz, leitfähig**
- **Shielding (auch mit Zip)**
- **Dry-bag**

Vakuumkammer



**Vakuum-
Schweißgerät**



Technische Änderungen vorbehalten.

Mehr Informationen zu unseren Produkten erhalten Sie unter www.bjz.de

BJZ GmbH & Co. KG
Berwanger Str. 29 • D-75031 Eppingen/Richen

Telefon: +49 -7262-1064-0
Fax: +49 -7262-1063
E-Mail: info@bjz.de
Web: www.bjz.de