

# Application Note

## Extrem kompakte, isolierte Versorgung für HV SiC/GaN Gate Treiber (6 - 10 W)



ANP082 // ANDREAS NADLER / ELEAZAR FALCO / EMIL NIERGES

### 1 Einleitung

Leistungshalbleiter-Bauelemente mit großer Bandlücke wie Siliziumkarbid (SiC)-MOSFETs erfreuen sich wachsender Beliebtheit in vielen modernen Anwendungen wie E-Mobilität oder erneuerbare Energien. Ihre extrem schnelle Schaltgeschwindigkeit trägt dazu bei, die Effizienz zu erhöhen sowie die Baugröße und Kosten des Systems insgesamt zu reduzieren. Allerdings stellt das schnelle Schalten in Verbindung mit typisch hohen Betriebsspannungen und steigenden Schaltfrequenzen große Herausforderungen an das Gate-Treibersystem dar. Eine robuste galvanische Trennung, Einhaltung von Sicherheitsstandards, Störfestigkeit des Steuersignals und die Einhaltung der EMV sind nur einige der wichtigsten Aspekte, die es zu berücksichtigen gilt. Ein optimales Design der isolierten Stromversorgung, welche die Spannungen zur Ansteuerung des SiC/GaN-Bausteins liefert, ist entscheidend, damit die Gate-Treiberschaltung die vielen Anforderungen erfüllt, welche von modernen Anwendungen gestellt werden.

### 2 Übersicht und Anforderung einer typischen HV SiC/GaN Gate Ansteuerung

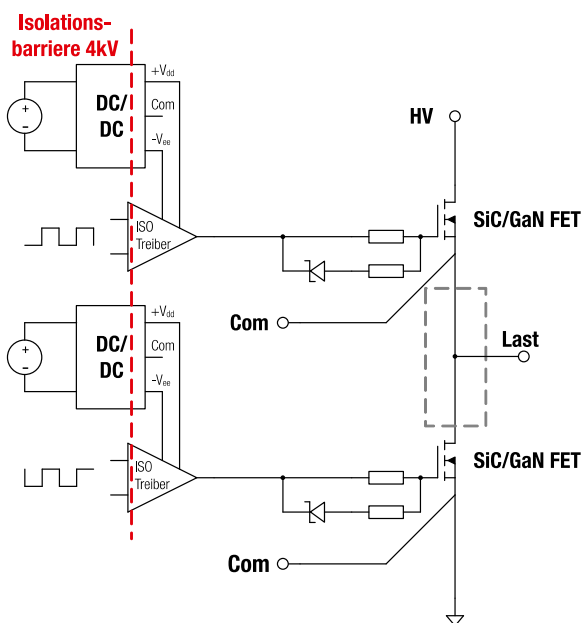


Abbildung 1: Übersicht einer HV Halbbrücken Ansteuerung des Highside & Lowside SiC-FET

Bei Anwendungen mit SiC/GaN-Hochspannungs-Halbleiterbauelementen im Hartschaltbetrieb ist eine galvanische Trennung aus Sicherheits- und Funktionsgründen eine häufige Anforderung, und je nach Anwendung ist eine Basis- oder verstärkte Isolierung erforderlich. In den meisten Fällen ist eine Basis Isolation ausreichend. Daraus ergeben sich je nach Betriebsspannung, Isoliermaterial, Verschmutzungsgrad und Norm die

benötigten Mindest-Luft- & Kriechstrecken sowie die Stoßspannungsfestigkeit für alle passiven und aktiven Bauelemente. Es sind aber nicht nur die eigentlichen High Speed Gate Treiber (z.B. TI UCC21520) welche diese Isolations Barriere überbrücken. Jeder Gate Treiber benötigt für die „HV Seite“ ebenfalls eine galvanisch getrennte Versorgungsspannung. Die aktuell modernen SiC FET's benötigen für ein schnelles Einschalten ca. +15 V und für ein sicheres Ausschalten ca. -4 V am Gate. Für das Gate eines Gallium Nitrid FET's (GaN 650 V) werden in der Regel nur +5 V und 0 V benötigt. Je nach Hersteller und SiC/GaN FET können diese Werte jedoch variieren. Die Halbbrücke in Abbildung 1 stellt hier die einfachste Ausführung einer Schaltstufe dar. Für Inverter werden mindestens drei dieser Halbbrücken benötigt. Für jeden einzelnen Power FET wird ein eigener Gate Treiber verwendet und jeder der Treiber benötigt seine eigene, galvanisch getrennte Spannungsversorgung. Dies ermöglicht nicht nur die individuelle Steuerung jedes SiC/GaN-Bauelements, sondern hilft auch, die Gate-Stromschleife klein und lokal am Bauelement zu halten. Dadurch verringern sich die Auswirkungen der parasitären Induktivität und somit des Potentialsprungs, welcher durch das sehr hohe  $\Delta I/\Delta t$  während des Schaltens verursacht wird. (Abbildung 2 und Abbildung 3).

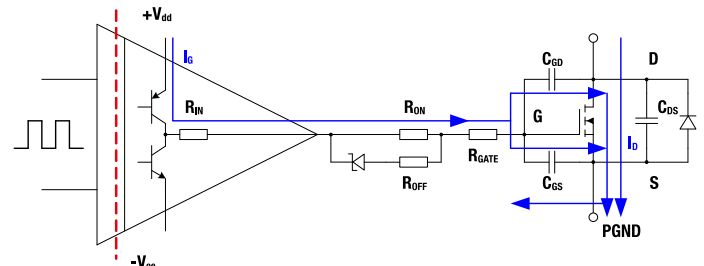


Abbildung 2: High  $\Delta I/\Delta t$  Stromschleifen während des Einschaltens eines SiC/GaN FET's.

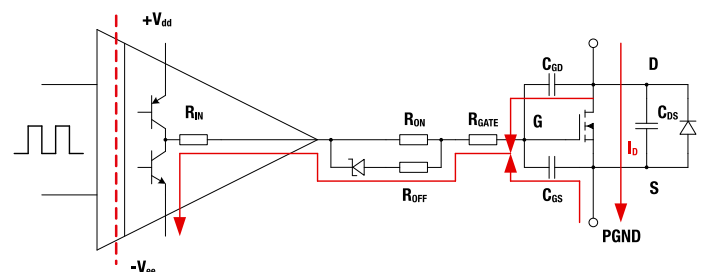
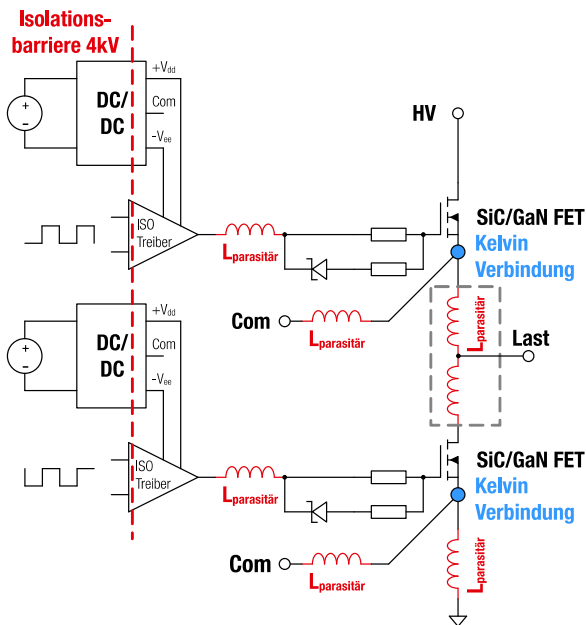


Abbildung 3: High  $\Delta I/\Delta t$  Stromschleifen während des Ausschaltens eines SiC/GaN FET's.

Andernfalls kann dies zum unkontrolliertem Ein- und Ausschalten des MOSFETs und so zu thermischen Problemen führen. Einige SiC-MOSFETs sind mit einem zusätzlichen niederimpedanten Kelvin-Source-Anschluss (Abbildung 4) für einen Gate-Strom-Rückweg versehen.

# Application Note

## Extrem kompakte, isolierte Versorgung für HV SiC/GaN Gate Treiber (6 - 10 W)



**Abbildung 4: Kelvin Verbindungen und kritische parasitäre Induktivitäten in einer Halbbrücke**

Dieser Anschluss führt nicht den hohen Schaltstrom und hat somit ein niedrigeres Störpotenzial als der Source-Anschluss, was die Gate-Ansteuerung erheblich verbessert (z.B. Infineon IMZ120R045M1 1200V / 52A). Die Stromversorgung sollte kompakt sein und deren Ausgangskondensatoren (mit minimalem ESL und ESR) sollten sehr nahe am Gate-Treiber und am SiC / GaN-Gerät angeordnet sein, um die Gate-Stromschleife und die damit verbundenen parasitären Effekte zu minimieren.

### 3 Wichtige Elektrische Parameter für eine isolierte SiC Gate Spannungsversorgung

Auf dem Markt findet man aktuell eine große Auswahl an kompakten, isolierten 1 - 2W DC/DC Konvertern von verschiedenen Herstellern. Der Grund dafür liegt auf der Hand: Für einen einzelnen SiC FET wie den Infineon IMZ120R045M1 1200 V / 52 A, reichen 1 W pro SiC FET locker aus (Beispielrechnung (1)). Hat der Kunde allerdings eine Applikation mit einer Schaltleistung von mehr als nur 5 kW, so kommt man um den Einsatz fertiger SiC Module (z.B. ROHM BSM600D12P3G001 1200 V / 600 A), oder mehrerer parallel geschalteter diskreter FETs nicht vorbei. In den Modullösungen sind mehrere Halbleiter parallel geschaltet um den eigentlichen SiC-MOSFET zu bilden. Diese Technik reduziert den effektiven  $R_{ds(on)}$ , führt aber zu einer sehr hohen "Total Gate Charge", was einen höheren Leistungsbedarf für die Stromversorgung des Gate-Treibersystems zur Folge hat (Beispielrechnung(2)). Oberhalb einer notwendigen Ansteuerleistung von 2 W gibt es nur eine sehr kleine Auswahl an isolierten DC/DC-Wandlermodulen auf dem Markt, die trotz

ihrer Zweckmäßigkeit oft groß, schwer und teuer sind und deren Wirkungsgrad unter 79 % liegt.

$$P_{GATE} = P_{Driver} + (Q_{Gate} \cdot F_{SW} \cdot \Delta V_{Gate})$$

$P_{Gate}$  Gesamte Benötigte Leistung für die Gate Treiber

$P_{Driver}$  Verlustleistung der Gate Treiber Schaltung (ca. 0,3 W)

$Q_{Gate}$  Total Gate Charge Wert aus dem jeweiligen Datenblatt

$F_{SW}$  Maximale Schaltfrequenz

$\Delta V_{Gate}$  Maximaler Spannunghub am Gate von  $-V_{ee}$  bis  $+V_{dd}$   
(-4 V bis +15 V = 19 V)

Beispielrechnung (1) mit Infineon IMZ120R045M1 1200V/52A:

$$P_{GATE} = 0,3 \text{ W} + (62 \text{ nC} \cdot 100 \text{ kHz} \cdot 19 \text{ V}) = 0,42 \text{ W}$$

Beispielrechnung (2) mit ROHM BSM600D12P3G001 1200V/600A:

$$P_{GATE} = 0,3 \text{ W} + (1900 \text{ nC} \cdot 100 \text{ kHz} \cdot 19 \text{ V}) = 3,91 \text{ W}$$

Es gibt zahlreiche SiC Module auf dem Markt, die zum Teil eine Total Gate Charge von über 3000 nC besitzen.

Die derzeit erhältlichen SiC-MOSFET-Module zeichnen sich durch eine Total Gate Charge von bis zu 3000 nC aus. Bei einer Erhöhung der Schaltfrequenz oder der Ausgangsleistung (die mehr parallelgeschaltete SiC-Bausteine mit der entsprechenden Erhöhung der gesamten Gate-Ladung erfordert) kann mit einem Leistungsbedarf des Treibersystems von 6 - 10 W für die meisten derzeitigen und zukünftigen Applikationen gerechnet werden.

Unter den verfügbaren Lösungen, die die obige Spezifikation erfüllen, weist eines der besten isolierten 6 W-Wandlermodule auf dem Markt derzeit die folgende Spezifikation auf:

- Eingangsspannungsbereich: 9 - 18 V.
- Ausgangsspannung: +15 V / -5 V bei 6 W.
- Abmessungen: 40 x 28 x 9 mm
- Wirkungsgrad: 76-79 %
- Parasitäre Kopplungskapazität: 15 pF
- Gewicht: 12 g
- Basisisolierung für  $V_{Bus}$ : 800 V.

Der Wirkungsgrad, das Gewicht und vor allem die parasitäre Kopplungskapazität sind oft kritische Parameter in High-Performance Systemen. Vor allem bei höheren Schaltfrequenzen der Wandler und der damit einhergehenden, sehr steilen Schaltflanken müssen die harmonischen Oberschwingungen kapazitiv zwischen Wandlerendstufe/Gatetreiber und der Systemstromversorgung, d.h. vom DC-DC-Wandler entkoppelt werden.

# Application Note

## Extrem kompakte, isolierte Versorgung für HV SiC/GaN Gate Treiber (6 - 10 W)



Die parasitäre Kopplungskapazität ( $C_P$ ) zwischen Primär- und Sekundärseite wird maßgeblich durch den Übertrager des DC/DC Wandlers bestimmt. Moderne SiC FETs erreichen beim Schalten bereits ein  $\Delta U/\Delta t$  von 100 kV/us! Bei dieser Flankensteilheit bewirken 10pF parasitäre Kapazität schon einen dielektrischen Spitzenstrom von 1 A, der vom Schalttransistor über die Isolationsbarriere gekoppelt wird. Ein hoher dielektrischer Verschiebestrom lässt auf Dauer die Isolationsbarriere degradieren, stört die Steuersignale und führt zu Common Mode Strömen im entsprechenden Gerät, welche sich als typische EMV Probleme bemerkbar machen. Generell sollte die parasitäre Kopplungskapazität  $C_P$  10 pF nicht überschreiten.

$$I_P = C_P \cdot \frac{\Delta U}{\Delta t}$$

$I_P$  Dielektrischer Verschiebestrom

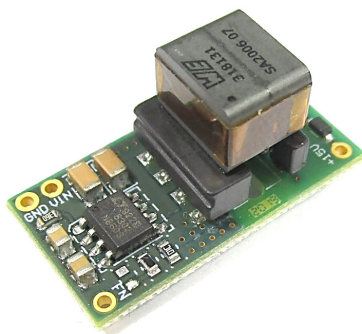
$C_P$  Parasitäre Koppelkapazität

Würth Elektronik hat sich den oben genannten Herausforderungen gestellt und präsentiert mit seinem neuen Referenzdesign für das SiC-Gate-Treiber-Netzteil eine optimierte Lösung.

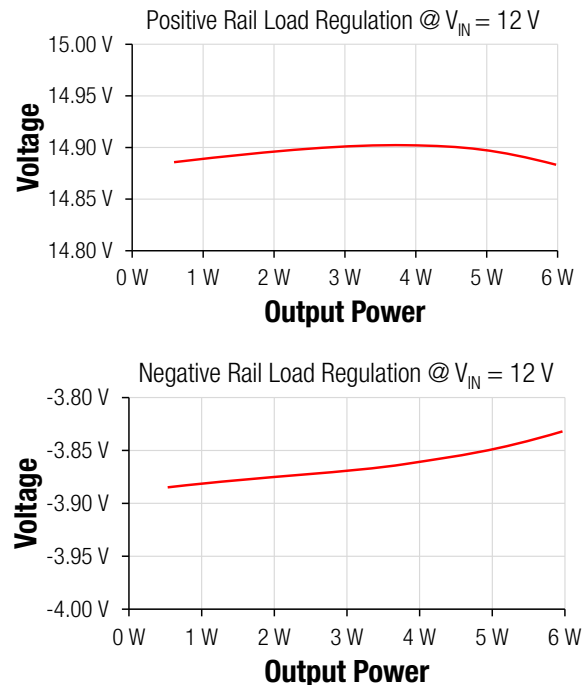
### 4 Würth Elektronik Lösung bis 6 W

Die High-Performance Lösung von Würth Elektronik bietet folgende Spezifikation:

- Eingangsspannungsbereich 9 - 18 V
- Ausgangsspannung Bipolar +15 V / -4 V oder Unipolar 15 - 20 V
- Leistung bis zu 6 W
- Parasitäre Kopplungskapazität weniger als 7 pF
- Wirkungsgrad bis zu 86 % (83 % @ 6 W)
- 50 % kleiner als vergleichbare DC/DC Lösungen, welche aktuell auf dem Markt verfügbar sind 27 x 14 x 14mm (L x B x H)
- Gewicht weniger als 4 g
- Basisisolation für  $V_{Bus}$  800 V
- 4000 V<sub>rms</sub> Stoßspannungsfest Pri-Sek



**Abbildung 5: Würth Elektronik Referenz Design für einen kompakten, galvanisch getrennten DC/DC Wandler für HV SiC/GaN/IGBT Anwendungen**



**Abbildung 6: Positive & Negative Ausgangsspannungen vs Ausgangsleistung (@  $V_{IN}$  (nominal) = 12 V)**

Neben der Steuerung (Analog Devices) ist der neue Leistungstransformator (WE-AGDT-750318131) die Schlüsselkomponente des Designs. Es wurde ein kompaktes maßgefertigtes EP7-Gehäuse verwendet und optimiert, um die folgenden Anforderungen zu erfüllen:

- Breiter Eingangsspannungsbereich: 9 - 36 V.
- Hoher Sättigungsstrom von 4,5 A.
- Typ mit sehr geringer Wicklungskapazität. 6,8 pF
- Sehr niedrige Streuinduktivität für höchsten Wirkungsgrad
- SMD Pick & Place bereit
- Luft- und Kriechstrecke min. 5 mm
- Sicherheitsnorm IEC-62368-1, IEC-61558-2-16
- Basisisolierung für 800 V<sub>Bus</sub>
- Dielektrische Isolation min. 4 kV AC
- Temperaturklasse B 155 °C.
- AEC-Q200-Qualifikation

# Application Note

## Extrem kompakte, isolierte Versorgung für HV SiC/GaN Gate Treiber (6 - 10 W)



Ein umfassendes Referenzdesigndokument **RD001** steht zusammen mit den entsprechenden PCB-Layout-Designdateien zum Download zur Verfügung (6 W-Bipolarlösung für SiC-MOSFET).

Bitte beachten Sie, dass die Leistung mit einem EP10-Transformatorkern und der entsprechenden Anpassung einiger Komponenten problemlos auf 10 W gesteigert werden kann.

Die neue Gate-Treiber Serie **WE-AGDT** von Würth Elektronik verfügt über sechs verschiedene Transformatoren, die jeweils für unterschiedliche Spezifikationen und ein eigenes Referenzdesign optimiert sind. Diese Transformatoren bieten Flexibilität, Benutzerfreundlichkeit und eine Kombination aus bipolaren sowie unipolaren Ausgangsspannungs Optionen. Damit lassen sich die Gate-Ansteuerungsanforderungen nicht

nur von hochmodernen SiC-MOSFETs, sondern auch von GaN-FETs und den weit verbreiteten Silizium-IGBTs und Power-MOSFET-Bauelemente abdecken.

### 5 Zusammenfassung

Mit der neuen Übertragerserie WE-AGDT und dem zugehörigen Referenz Design beweist Würth Elektronik seine Innovationskraft für die zukünftigen Herausforderungen auf dem Feld der Leistungselektronik und eMobility. Erstmals hat der Entwickler die Möglichkeit, bei hohen Treiberleistungen eine kompakte, effiziente und flexible Gate Treiber Versorgung bis 6 W möglichst einfach zu implementieren.

# Application Note

## Extrem kompakte, isolierte Versorgung für HV SiC/GaN Gate Treiber (6 - 10 W)



### WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht. Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von [www.we-online.com](http://www.we-online.com) heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden hierdurch weder eingeräumt noch

ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

### NÜTZLICHE LINKS



Application Notes

[www.we-online.de/apnotes](http://www.we-online.de/apnotes)



**REDEXPERT** Design Plattform

[www.we-online.de/redexpert](http://www.we-online.de/redexpert)



Toolbox

[www.we-online.de/toolbox](http://www.we-online.de/toolbox)



Produkt Katalog

[www.we-online.de/produkte](http://www.we-online.de/produkte)

### KONTAKTINFORMATION

[apnotes@we-online.de](mailto:apnotes@we-online.de)

Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG  
Max-Eyth-Str. 1 · 74638 Waldenburg · Germany

[www.we-online.de](http://www.we-online.de)

