

Nutzung von p-Kanal-Power-MOSFETs im Auto

# MOSFET statt Diode oder Relais

In der Automobilelektronik werden viele Leistungsanwendungen mit n-Kanal-Trench-Power-MOSFETs realisiert. Allerdings gibt es einige Applikationen, in denen die Nutzung eines p-Kanal-Trench-Power-MOSFETs wesentliche Vorteile bieten kann. *elektronik industrie* beschreibt die Vorteile eines p-Kanal-Power-MOSFETs in Standard-Automotive-Anwendungen wie Verpolungsschutz und H-Brücken-Ansteuerungen von Gleichstrommotoren.

Bei niedrigeren Schaltfrequenzen treten fast sämtliche Leistungsverluste eines Power-MOSFETs, der in einer getakteten Applikation zum Einsatz kommt, im eingeschalteten Zustand auf. Die momentane Verlustleistung im eingeschalteten Zustand ergibt sich für den Power-MOSFET aus der Formel  $P = I^2 \times R_{DS(on)}$ . Eine Möglichkeit, den  $R_{DS(on)}$  genannten Einschaltwiderstand eines Power-MOSFETs zu senken, besteht darin, die Zellenintegrität des Chips zu verbessern, indem fortschrittliche Design-Regeln und Trench-Techniken zum Einsatz kommen. So ist NEC Electronics mit Hilfe der Prozesstechnologie UMOS4 in der Lage, bei Design-Regeln von  $0,25 \mu\text{m}$  einen p-Kanal-Power MOSFET für 40 V zu realisieren, der einen spezifischen On-Widerstand von  $93,75 \text{ m}\Omega/\text{mm}^2$  aufweist.

Wenn Entwickler einen p-Kanal-Power MOSFET einsetzen, dann erhalten sie eine weitere Gelegenheit, um ihr Schaltungs-Design zu vereinfachen. Vom Prinzip her kann ein p-Kanal-Power-MOSFET all das erledigen, was ein n-Kanal-Power-MOSFET macht. Ein als Highside-Schalter genutzter n-Kanal-Power-MOSFET benötigt eine zusätzliche Ansteuerungsschaltung (Treiberschaltung) für sein Gate, während diese Schaltung beim p-Kanal-Power-MOSFET nicht erforderlich ist – und das beeinflusst natürlich die Komplexität einer Schaltung. In Anwendungen mit geringer oder mittlerer Leistung vereinfachen p-Kanal-Power-MOSFETs die Schaltungen – und genau das war

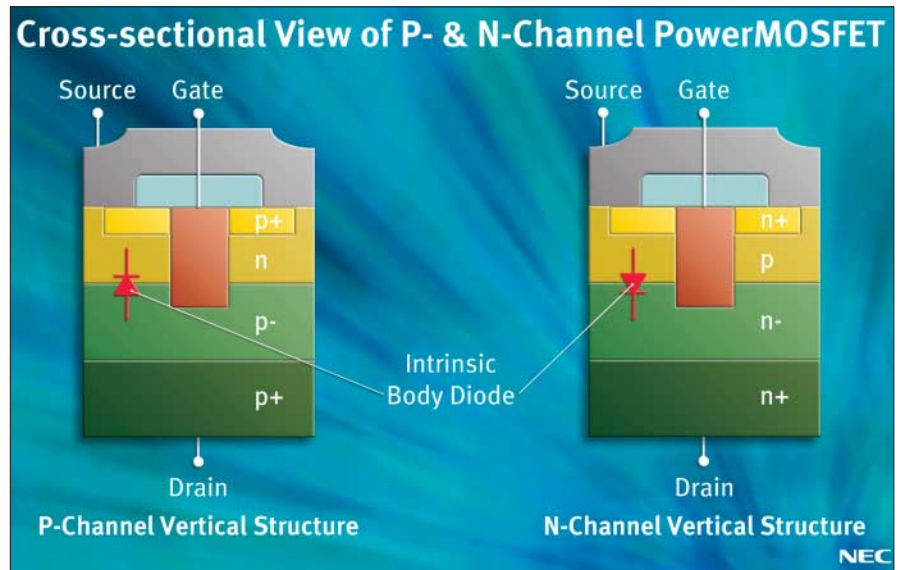


Bild 1: p-Kanal Power-MOSFET und n-Kanal-Power-MOSFET im Querschnitt

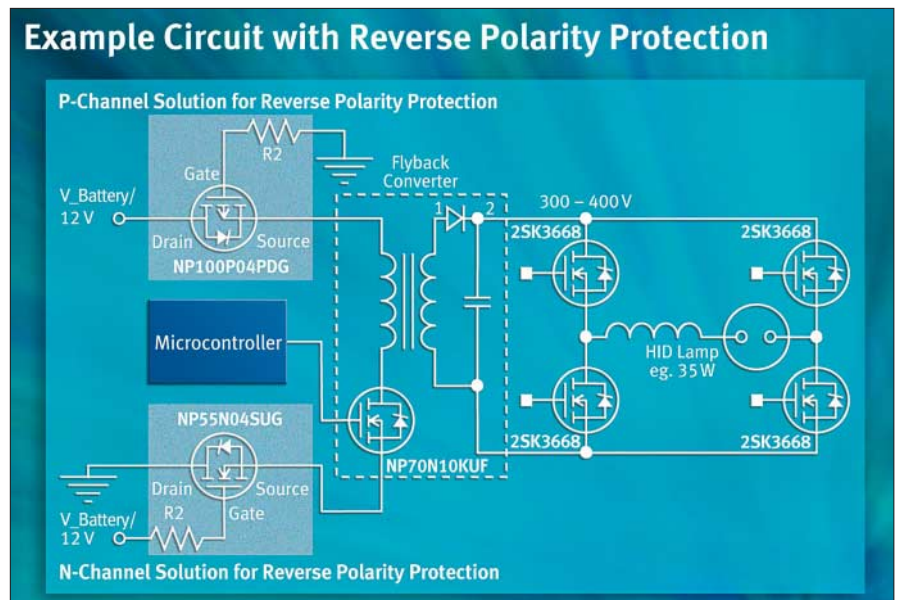


Bild 2: Schaltung mit Verpolungsschutz

(Quelle: NEC)

**AUTOR**



Peter Hogenkamp ist Assistant Manager in der Power Semiconductors Product Unit bei der NEC Electronics (Europe) GmbH

bisher der Hauptvorteil der p-Kanal-Typen. Jetzt sind auch p-Kanal-Power-MOSFETs mit sehr geringem  $R_{DS(on)}$  auf dem Markt, die für Anwendungen mit hoher Leistung geeignet sind.

Warum ist es nicht möglich, bei einem p-Kanal-Power-MOSFET einen gleich guten On-Widerstand zu erzielen wie bei einem n-Kanal-Power-MOSFET, wenn zu ihrer Herstellung die gleiche Fertigungstechnologie

zum Einsatz kommt? Die Driftzone in der vertikalen Struktur (**Bild 1** zeigt die vertikale Struktur eines n-Kanal-Power-MOSFETs sowie eines p-Kanal-Power-MOSFETs) bestimmt den Widerstand im eingeschalteten Zustand zu großen Teilen. In der Driftzone eines n-Kanal-Power-MOSFETs (Epitaxie-Schicht des Typs n) werden die Elektronen von dem zum Drain weisenden elektrischen Feld beschleunigt, während in einem p-Kanal-Power-MOSFET (Epitaxie-Schicht des Typs p) die Löcher beschleunigt werden. Auf Grund physikalischer Effekte ist die Beweglichkeit der Löcher geringer als die Beweglichkeit der Elektronen, so dass als Folge daraus der On-Widerstand beim p-Kanal-Bauelement stets kleiner ist.

Zwei Standard-Anwendungen im Automotive-Bereich zeigen die Vorteile eines p-Kanal-Power-MOSFETs. Im ersten Beispiel geht es um einen Verpolungsschutz – eine der wichtigsten Applikationen in nahezu allen elektronischen Steuerungseinheiten. Beim zweiten Beispiel handelt es sich um eine Ansteuerung für einen Gleichstrommotor, die mit einer komplexeren H-Brücken-Power-MOSFET-Konfiguration arbeitet.

### Verpolungsschutz

Besonders in Automobil-Anwendungen ist es erforderlich, die Schaltungen vor den Konsequenzen einer verpolten Batterie zu schützen. Ein einfacher und preisgünstiger Ansatz ist die Nutzung einer in Reihe geschalteten Diode. Wenn die Anode der Diode mit dem Pluspol der Spannungsquelle verbunden ist, dann kann der Strom nur in Vorwärtsrichtung fließen. Bei einer Verpolung sperrt die Diode ganz einfach. Diese Vorgehensweise hat jedoch einen großen Nachteil: Stets fällt eine Spannung von mindestens 0,4 V über der Diode ab, was eine hohe Verlustleistungsaufnahme der Diode zur Folge hat.

Eine einfache Lösung, bei der fast gar kein Spannungsabfall auftritt, lässt sich mit Hilfe eines Relais realisieren. Wenn dabei am Pluspol eine positive Spannung anliegt, dann schaltet das Relais ein. Mit einer negativen Spannung kann das Relais jedoch nicht eingeschaltet werden. Das Relais ist eine sehr einfache und preisgünstige Lösung, aber die Zuver-

lässigkeit und der hohe Platzbedarf der Gehäuse sprechen gegen seine Verwendung als Verpolungsschutz. Da Zuverlässigkeit und Platzbedarf wichtige Aspekte bei der Entwicklung von Automobil-Anwendungen sind, kann die Nutzung eines Power-MOSFETs hier eine überlegene Lösung sein.

### n-Kanal- oder p-Kanal-Power-MOSFET?

Rein prinzipiell betrachtet gibt es zwei unterschiedliche Möglichkeiten, einen Power-MOSFET als Verpolungsschutz zu nutzen. **Bild 2** zeigt die wesentlichen Elemente einer Xenonlampe (HID) und ihre Arbeitsweise. Die Lampe wird von einer 12-V-Batterie über einen DC / DC-Sperrwandler sowie über einen in H-Brücken-Topologie realisierten Power-MOSFET-DC/AC-Wandler versorgt, wobei die durchschnittliche Lampenleistung 35 W beträgt. Die Schaltung zeigt die Basis-Konfiguration des Verpolungsschutzes mit einem n-Kanal- und einem p-Kanal Power MOSFET.

Der Drain-Anschluss des p-Kanal-Power-MOSFETs ist mit dem Pluspol der Stromversorgung und der Source-Anschluss mit der ECU-Seite (ECU: Electronic Control Unit, Steuergerät) verbunden, während das Gate über einen Widerstand von zirka 10 k $\Omega$  auf Masse gelegt wird. Auf den ersten Blick scheint diese Lösung nicht korrekt zu sein, weil der Power-MOSFET invers beschaltet ist. Für den ordnungsgemäßen Betrieb sollte das Potential der Source positiver sein als der Drain-Anschluss. Bei einer positiven Stromversorgung ist es in der Tat so, dass der p-Kanal-Power-MOSFET herausragende Leitungseigenschaften in Vorwärtsrichtung aufweist. Jetzt kommt ein unverzichtbares Element des Power-MOSFETs zur Geltung: die intrinsische Body-Diode. Im Grunde genommen sind die Anode der intrinsischen Body-Diode mit dem Drain-Anschluss und die Kathode mit dem Source-Anschluss verbunden. Wird das Steuergerät nun verpolt angeschlossen, wird der p-Kanal-Power-MOSFET hochohmig und die Diode sperrt den Stromfluss. Auf diese Art und Weise lässt sich der p-Kanal-Power-MOSFET als Schutzelement nutzen. ►

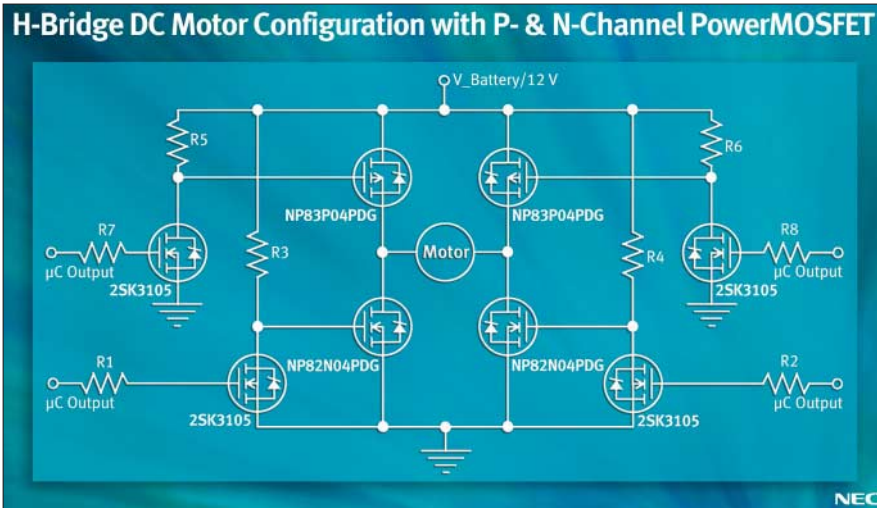


Bild 3: Gleichstrommotor-Konfiguration mit H-Brücke auf Basis von p- und n-Kanal-Power-MOSFETs

### P-Channel NP-Series in U MOS-4

V <sub>DSS</sub> [V]	R <sub>DS(ON)</sub> max. [mΩ] @ V <sub>GS</sub> =		I <sub>D</sub> [A]	P <sub>D</sub> [W] @ T <sub>c</sub> = 25° C	SMD	
	10 V	4.5 V			TO-252ZK	TO-263ZK/ZP
- 40	17	23.5	-36	56		NP36P04KDG
	10	15	-50	100		NP50P04KDG
	5.3	8	-83	200		NP83P04PDG
	3.5	5.1	-100	288		NP100P04PDG
- 60	30	40	-36	56	NP36P06SLG	
	29.5	37.5	-36	56		NP36P06KDG
	17	23	-50	100		NP50P06KDG
	8.8	12	-83	200		NP83P06PDG
	6	7.8	-100	288		NP100P06PDG

Bild 4: Die neuen p-Kanal-Power-MOSFETs für Automobil-Anwendungen im Überblick

Bausteine nutzen zu können. Dadurch steigt die Design-Komplexität der Gate-Ansteuerung: eine n-Kanal-Halbbrücke benötigt eine Ladungspumpe, die eine Gate-Spannung oberhalb der Motor-Spannungsschienen erzeugt, um den Highside-Schalter einzuschalten. Eine größere Komplexität beim Design führt in der Regel zu erhöhtem Entwicklungsaufwand sowie wie zu einem höheren Platzbedarf.

Der prinzipielle Aufbau einer Motorsteuerung mit komplementärer Power-MOSFET-Konfiguration in H-Brücken-Anordnung ist aus Bild 3 ersichtlich. In dieser Konfiguration wird der Highside-Schalter mit einem p-Kanal-Power-MOSFET realisiert, wodurch sich das Design der Gate-Ansteuerung ganz erheblich vereinfacht. Dabei ist nämlich keine Ladungspumpe für den Highside-Schalter er-

forderlich. Der Power-MOSFET kann leicht direkt vom Mikrocontroller über einen Kleinsignal-MOSFET wie beispielsweise den 2SK4105 angesteuert werden, der in einem kleinen Gehäuse des Typs SOT-23 untergebracht ist. Eine Halbbrücke mit p-Kanal-Power-MOSFET weist in der Regel einen höheren On-Widerstand auf oder sie ist größer und teurer als eine n-Kanal-Version, aber in punkto Entwicklung und Platzbedarf handelt es sich dabei um eine Alternativlösung.

Eine integrierte H-Brücken-Treiberkonfiguration stellt eine Alternative zu einer diskreten Lösung dar, aber ein Treiber dieser Art passt oft nur zu Anwendungen im Low-Power-Bereich, weil die Gehäuse nicht in der Lage sind, die Verlustleistung abzuführen. Darüber hinaus opfert der Entwickler einen Teil seiner Flexibilität bei der Entwicklung.

## Die neuen p-Kanal-Power-MOSFETs der Produktfamilie NP

Bild 4 zeigt sämtliche p-Kanal-Power-MOSFETs, die mit der Prozess-Technologie U MOS-4 gefertigt werden. Die neue p-Kanal-Serie NP weist folgende wesentliche Eigenschaften auf:

- ▶ Besonders geringer R<sub>DS(on)</sub> von 3,5 mΩ im D2PAK für U<sub>DSS</sub> = 40 V
- ▶ Hohe Gleichstrombelastbarkeit von bis zu 100 A
- ▶ Maximale Kanaltemperatur 175 °C
- ▶ Spezifizierte Avalanche-Energie
- ▶ RoHS-konform mit reiner Zinn-Oberfläche

Sämtliche Bauelemente sind gemäß des Qualifikations-Ablaufs AEC-Q101 für Automotive-Anwendungen qualifiziert, und sie erfüllen die Qualitätsanforderungen von Applikationen im Automobilbereich.

## Schlussfolgerung

In Leistungselektronik-Anwendungen für den Einsatz im Automobil gibt es einen wachsenden Trend, p-Kanal Power MOSFETs als Alternative zu n-Kanal-Power MOSFETs oder gar zu einem einfachen Relais einzusetzen. Wenn die Entwickler einen p-Kanal-Power-MOSFET verwenden, dann steht ihnen eine weitere, leicht einsetzbare Alternative zur Optimierung und Verbesserung des Schaltungsdesigns zur Verfügung. Bei einer p-Kanal-Konfiguration, die als Verpolungsschutz dient, kann das Steuergerät fest an Masse gelegt werde, um den Entwickler vor einer „schwimmenden“ Erdung zu bewahren. Zur Umsetzung einer komplementären H-Brückenschaltung für den p-Kanal-Highside-Schalter ist keine komplexe Treiberschaltung erforderlich. Zusammengefasst bieten diese Vorteile dem Entwickler eine einfache Möglichkeit, sein Design zu verbessern sowie die Zuverlässigkeit des Produkts zu erhöhen.

(av)

**321eio907**

**infoDIRECT**

[www.elektronik-industrie.de](http://www.elektronik-industrie.de)

▶ [Link zu NEC](#)