

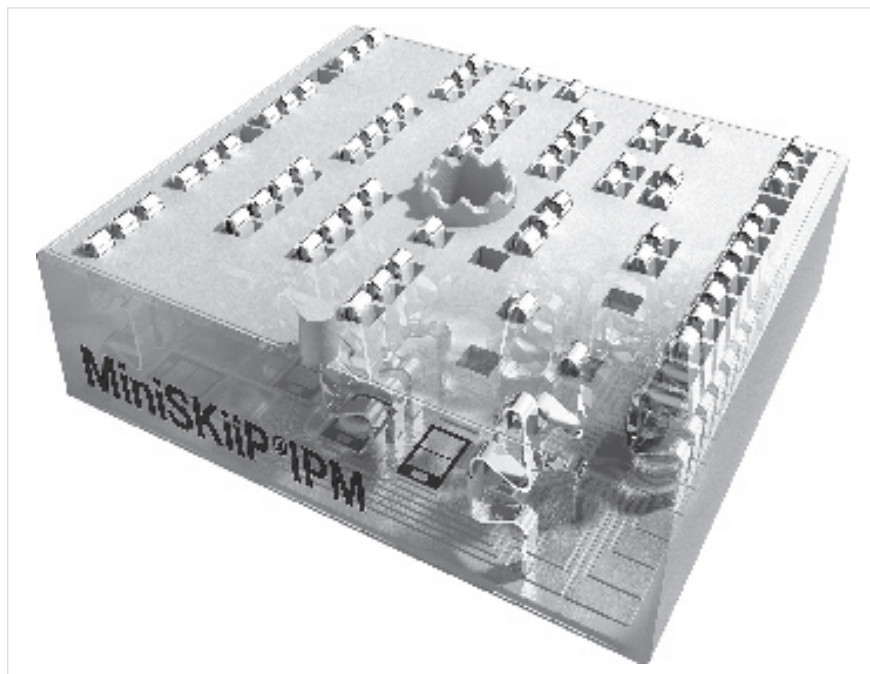
Ohne LötKolben montieren



Mit einer speziellen Kontakttechnik lassen sich intelligente Leistungsmodule ohne Löten verbauen

Um seine intelligenten Leistungsmodule (IPM-Module) im MiniSKIIP-Gehäuse zu montieren, greift der Leistungshalbleiterhersteller Semikron auf bodenplattenlose Druckkontakttechnik zurück. Damit können die Module mit integriertem Treiber von den Vorteilen der lötfreien Montage profitieren: optimale thermische Leistung, hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer.

■ Thomas Grasshoff



IPM-Module (Intelligent Power Management) integrieren neben dem Leistungsteil mit Eingangsgleichrichter auch den IGBT-Treiber (Insulated Gate Bipolar Transistors). Durch den Einsatz von Federn für die elektrischen Kontakte ist im Modul technisch keine zweite Ebene für den Treiber möglich. Deshalb müssen Leistungsteil und Treiber auf einer Ebene vereint werden.

Im Laufe der letzten zehn Jahre wurden in IPM-Modulen für Spannungen von 600 bis 1.200 V und Strömen bis zu 30 A immer häufiger konventionelle Hybridtreiber durch Hochspannungs-ICs (HVICs) ersetzt. Ziel waren kleinere Komponenten bei reduzierten Kosten und erhöhter Zuverlässigkeit. Der Einsatz von HVICs erlaubt es zudem, die Funktionen zu optimieren. Aktuelle Konzepte im Bereich

der Treiberentwicklung ermöglichen eine Erweiterung des klassischen Level-Shifter-Konzeptes auch auf einen höheren Leistungsbereich.

Gatetreiber mit differenzieller Signalübertragung

Neben klassischen Gate-Treiberschaltkreisen mit Pulstransformatoren oder Optokopplern zwischen Primär- und Sekundärseite werden Schaltungen mit Pegelumsetzern bei geringen Anforderungen an die Potenzialtrennung verwendet. Pegelumsetzer übertragen nur den Differenzpegel von „High“ nach „Low“ und umgekehrt. Wird das Potenzialverhältnis bei einem einfachen Pegelumsetzer geändert, findet keine Signalübertragung statt. Mit einem komplementären Pegelumsetzer lässt sich das vermeiden, wobei jedoch zusätzliche Hochspannungskomponenten notwendig sind. Bisherige pn-

Isolationstechniken in integrierten Treiberschaltungen unterstützen aber nur Komponenten unterhalb der negativen Versorgungsspannung. Werden die parasitären pn-Strukturen durch Niederspannungsspitzen beeinflusst, entsteht der so genannte Latch-up-Effekt, der zu Fehlfunktionen führen und das Leistungsmodul eines Umrichters zerstören kann.

Bisher gab es keine Konzepte für die Umsetzung der negativen Pegel auf der Sekundärseite, sie sind aber für IPM-Module im mittleren Leistungsbereich von 4 bis 22 kW zwingend erforderlich. In Systemen mit höheren Schaltströmen überlagern sich negative und positive Spannungen, was Spannungsspitzen an parasitären Induktivitäten hervorruft. Die Überlagerungen können eine Verschiebung des Gate-Emitter-Potenzials am IGBT-Schalter verursachen und im Extremfall sogar ein unerwünschtes Schalten des IGBTs zur Folge haben. Der Einbau von

AUTOR

Thomas Grasshoff

leitet das internationale Produktmanagement bei Semikron in Nürnberg

T +49/911/6559-868

F +49/911/6559-492

thomas.grasshoff@semikron.com

TABELLE 1: MODUL-WIDERSTÄNDE BEI GLEICHEM CHIPRATING

600 V	IPM-Modul Mini-SKIIP	Wettbewerber A	Wettbewerber B
R_{th}	1,6 K/W	2 K/W	3 K/W
Motorleistung	5,5 kW	3,7 kW	3 kW

Shunt-Widerständen am IGBT-Emitter führt ebenfalls zu einer Verschiebung des Spannungspegels am Emitter. Im Treiberschaltkreis bedeutet dies eine Spannungspegelverschiebung zwischen Primär- und Sekundärseite.

Der HVIC-Treiber in SOI-Technik (Silicon On Insulator) nutzt eine differenzielle Signalübertragung mit zwei Zweigen pro Pegelumsetzer. Die beiden unabhängigen Übertragungspfade – einer für die Aufwärts- und ein komplementärer für die Abwärtsübersetzung – ermöglichen eine saubere Signalverarbeitung auf der Sekundärseite und bieten gleichzeitig maximalen Schutz gegen parasitäre Koppel-effekte.

Überstromschutz gewährleistet ein externer Shunt-Widerstand gegen Masse, der nötigenfalls den Treiber abschaltet. Unterspannungsüberwachung und Fehlerausgang komplettieren die Überwachungseigenschaften. Eine Treiberabschaltung kann auch durch Ansteuern des Shutdown-Eingangs mittels eines Controllersignals erfolgen. Brückenkurzschlüsse werden durch eine interne Verriegelungslogik verhindert.

7-Pack-Treiber in das IGBT-Modul integrieren

Durch die komplette dielektrische Isolation der Einzelschalter ermöglichen SOI-Chips für Hochspannungsanwendungen Schaltungen ohne Latch-up-Effekte. Im Vergleich zur pn-geregelten Potenzialtrennung entstehen bei der SOI-Technik niedrigere Kriechströme und Sperrschichttemperaturen bis 200 °C. Die Aufbaudichte ist hoch, die Integration eines 7-Pack-Treibers in ein kleines IC ist möglich. Lediglich die Gate-Widerstände befinden sich noch auf der DCB. Mit diesen technischen Voraussetzungen konnte ein intelligentes IGBT-Modul für Nennströme bis zu 100 A entwickelt werden (Abbildung 1).

Für die thermische Anbindung der Logikeinheit sorgt ein Keramiksubstrat. Die optimale Wärmeableitung von den HVIC-Chips erlaubt einen Betrieb mit hohen Ausgangsströmen. Durch die kurzen Drahtverbindungen zwischen IGBT-Chips und Treiber ist der Aufbau niederinduktiv, was sich positiv auf das EMV-Verhalten des Moduls auswirkt. Abbildung 2 zeigt ein IPM-Modul auf dem Keramiksubstrat eines Mini-SKIIP 2 mit einem 7-Pack-SOI-Treiber. Um die Anschlussbahnen der IC-Chips zu den anderen Bauteilen

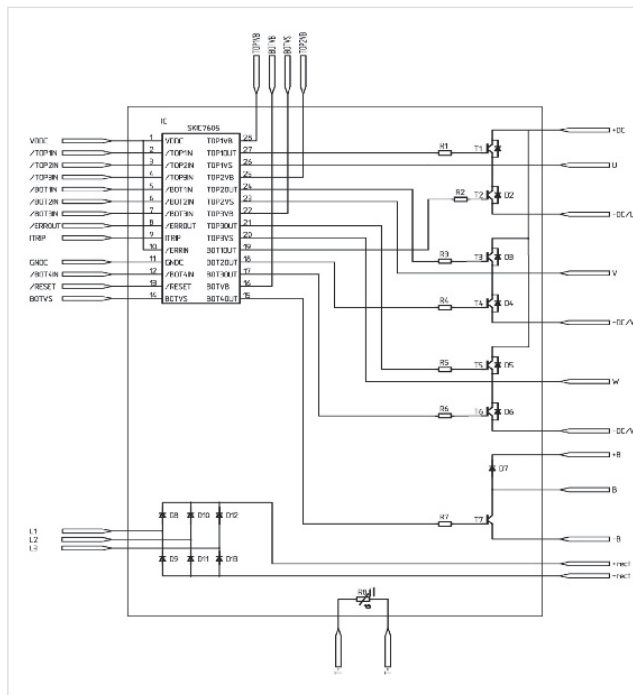


Abb. 1:
Schaltbild eines
600-V-CIB-Moduls mit
integriertem Treiber

möglichst effizient zu gestalten und die Fläche des DCB-Substrats optimal zu nutzen, wurde eine Fine-Pitch-Keramik verwendet. Die IC- und SMD-Komponenten (Surface Mounted Devices) werden mit Leitkleber aufgebracht, die elektrische Anbindung erfolgt in Dünndrahttechnik. Die Leitwege auf dem Substrat sind kurz und kompakt, die Induktivität gering. Silikon-Gel schützt das Keramiksubstrat und die darauf montierten Bauteile.

Alle Federkontakte für die Treiberschnittstelle sind rechts am Modul positioniert. Dadurch lässt sich der Controller einfach anbinden und die Kriechstrecken können optimiert werden. Das IPM ist äußerlich nur durch die Federpositionen vom Standardgehäuse zu unterscheiden. Damit lassen sich Erfahrungen in der Be-

schaltung und mechanischen Anbindung nutzen.

Die effektive Kühlung der IGBT- und Freilaufdioden-Chips in Verbindung mit der bodenplattenlosen Druckkontakttechnik ermöglicht eine höhere Stromausnutzung bei gleichen Chipgrößen. Erkennbar ist das am thermischen Widerstand (am Beispiel der Freilaufdiode). Durch die kleineren Siliziumflächen bei gleicher Chiptemperatur ergibt sich für den Anwender ein Kostenvorteil. Die Ursache ist in der Aufbautechnologie zu finden.

Im Gegensatz zu kunststoffumspritzten Gehäusen mit schlechter thermischer Anbindung nutzt Semikron einen bewährten Aufbau mit guten Kühleigenschaften (Tabelle 1). Die bodenplattenlose Technik bietet im Vergleich zu traditionel-

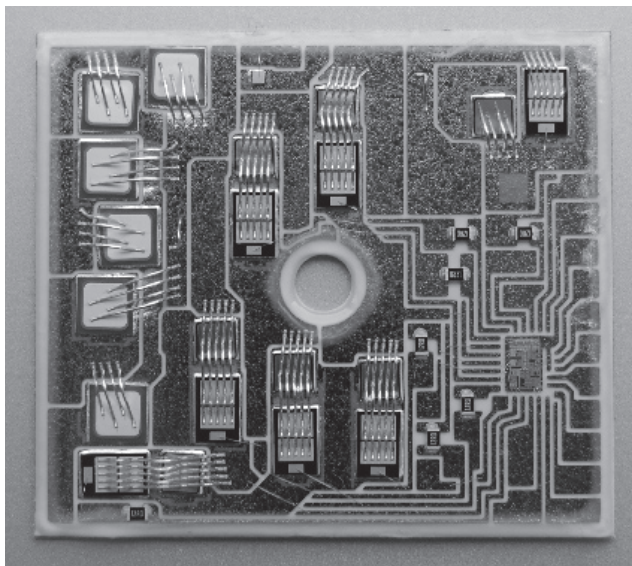


Abb. 2:
Aufbau eines 50-A-/
600-V-CIB-IPM

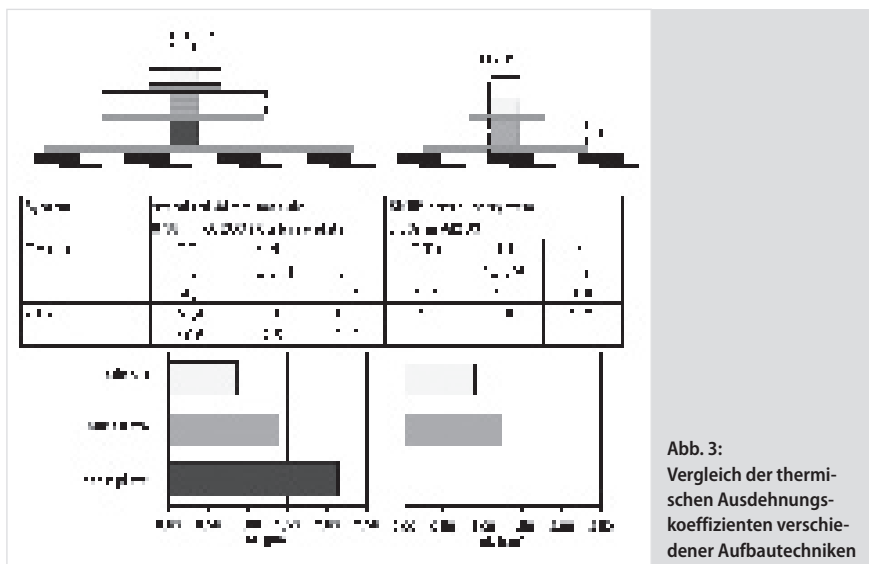


Abb. 3:
Vergleich der thermischen Ausdehnungskoeffizienten verschiedener Aufbautechniken

len Bodenplattendesigns Vorteile bei der thermischen Leistung (Abbildung 3). Zur Veranschaulichung wurde bei einem dreidimensionalen Modell eine IGBT-Fläche von $13,6 \text{ mm} \times 13,6 \text{ mm}$ mit einer Verlustleistung von 270 W beaufschlagt. Unter Annahme einer homogenen Temperaturverteilung auf einer $3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ großen Fläche wurden Temperaturanstieg und lineare thermische Ausdehnung durch gegebene Koeffizienten im Vergleich zur Kühlkörpertemperatur für beide Systeme berechnet. Die Sperrschichttemperatur der Systeme mit Bodenplatte ist etwas niedriger, was an der Wärmespreizung der Platte und der dünneren Keramikschicht liegt.

Allerdings sind durch den geringeren Temperaturunterschied im bodenplattenlosen System die thermischen Ausdehnungsunterschiede geringer, da die Keramik mit dem größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten näher am Kühlkörper liegt. Der Chip mit dem kleineren Koeffizienten ist etwas wärmer. Deshalb ist der Stress in der Lötage zwischen Chip und Keramik beim bodenplattenlosen System geringer, was es letztlich auch langlebiger und zuverlässiger macht.

Am Beispiel identisch bestückter Mini-SKIIP-Module mit 50-A-/600-V-IGBT3- und 50-A-/600-V-CAL3-HD-Freilaufdioden wurde der Einfluss des Treibers

ermittelt. Dazu wurden ein Standard-CIB mit einem leistungsstarken externen Treiber und ein Mini-SKIIP-IPM mit dem internen SOI-Treiber verglichen.

Schaltverluste lassen sich mit Einsatz eines starken Treiber-ICs senken

Das CIB-Modul schaltet schneller (höheres di/dt) und verursacht höhere Schaltverluste bei der Diode. Das IPM-Modul dagegen schaltet mit niedrigerem di/dt , was die Verlustleistung der Diode reduziert, aber höhere Schaltverluste beim IGBT erzeugt. Beim Ausschalten verhalten sich die Module ähnlich, da die Spannungsregelung am IGBT-Gate kaum Auswirkungen auf die Schaltzeit hat (Tabelle 2). Die Gesamtschaltverluste ($E_{\text{on}} + E_{\text{off}} = 4,5 \text{ mJ}$) sind größer als bei einem vergleichbaren Mini-SKIIP ($3,4 \text{ mJ}$) mit externem Hybridtreiber, da der Treiberstrom beim HVIC begrenzt ist ($500 \text{ mA}/650 \text{ mA}$). Eine Möglichkeit, Schaltverluste zu reduzieren, ist der Einsatz eines leistungsstärkeren Treiber-ICs.

Der Gate-Treiber-HVIC beweist im Aufbau eine hohe Störfestigkeit und niedrige Übersprechanfälligkeit. Entscheidend für die Leistungsfähigkeit von IPM-Modulen ist die Phasensymmetrie. Hierbei zeigt der Treiber mit der kurzen Anbindung zu den IGBT-Chips ein optimales Schaltver-

halten. Das Mini-SKIIP-IPM wird in unterschiedlichen Leistungsklassen von 30 bis 100 A im Mini-SKIIP-2- und Mini-SKIIP-3-Gehäuse als CIB angeboten.

Zusammenfassung

Das aktuelle CIB-IPM für mittlere und hohe Leistungen bis 22 kW ist ein Modul mit hohem Integrationsgrad in bewährter Aufbautechnik. Die IGBTs werden über einen robusten 7-Pack-SOI-Treiber angesteuert. Ein neuartiges Konzept der Pegelumsetzung garantiert dabei volle Funktionalität bei jeglicher Referenzspannung auf der Sekundärseite. Das IPM-Modul im Mini-SKIIP-Gehäuse bietet sehr gute Schalteigenschaften. In Umrichteranlagen bis zu 15 kW Leistung ist der Einsatz von IPMs von Vorteil. Ein geeignetes IGBT-Modul mit Treiber lässt sich einfach in ein bestehendes Leistungssystem integrieren. Die konstruktive Nähe von IGBT und HVIC sorgt für eine verbesserte EMV. Die enge Platzierung hat keinen negativen Einfluss auf die Schaltleistung und verbessert die Störfestigkeit des Treibers. Der Einsatz der bodenplattenlosen Druckkontakttechnik sorgt für optimale thermische Leistung und hohe Zuverlässigkeit. Das IPM-Modul wird ohne Lötungen montiert. Es muss erst in der Endmontagephase des Umrichters eingebaut werden, was den Fertigungsaufwand der Steuerplatine reduziert. Bei Mini-SKIIP-Modulen werden Leistungsschalter, Leiterplatte und Kühlkörper in einem einzigen Schritt miteinander verbunden. Der Schaltungsaufbau wird nicht auf die Leiterplatte gelötet, sondern mithilfe der Druckkontakttechnik mit dem Board verbunden. ■

Literatur

- [1] M. Roßberg, B. Vogler, R. Herzer, 600V Gatedriver IC with extended level shifter concept for medium and high power applications
- [2] T. Letavic, M. Simpson, E. Arnold, E. Peters, R. Aquino, J. Curcio, S. Herko, S. Mukherjee, „600V Power Conversion System-on-a-Chip Based on Thin Layer Silicon-on-Insulator“, Publikation zur ISPSD 1999, S. 325–328
- [3] B. Vogler, M. Roßberg, R. Herzer, L. Reusser, T. Wurm, „600V Converter/Inverter/Brake (CIB) - Module with integrated SOI Gate Driver IC for Medium Power Applications“, Publikation zur CIPS 2008
- [4] The Road to the Next Generation Power Module – 100% Solder-Free Design, Uwe Scheuermann, Semikron Elektronik GmbH & Co. KG, Nürnberg, Germany, Peter Beckedahl, Semikron International GmbH, Nürnberg, Germany CIPS 2008; 5th International Conference on Integrated Power Electronics Systems, March 11-13 2008, Nürnberg / Germany 2008

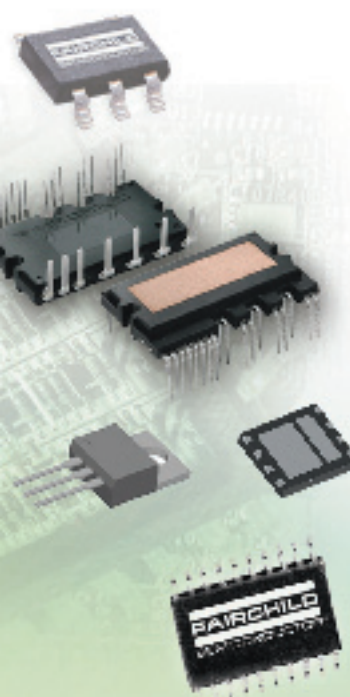
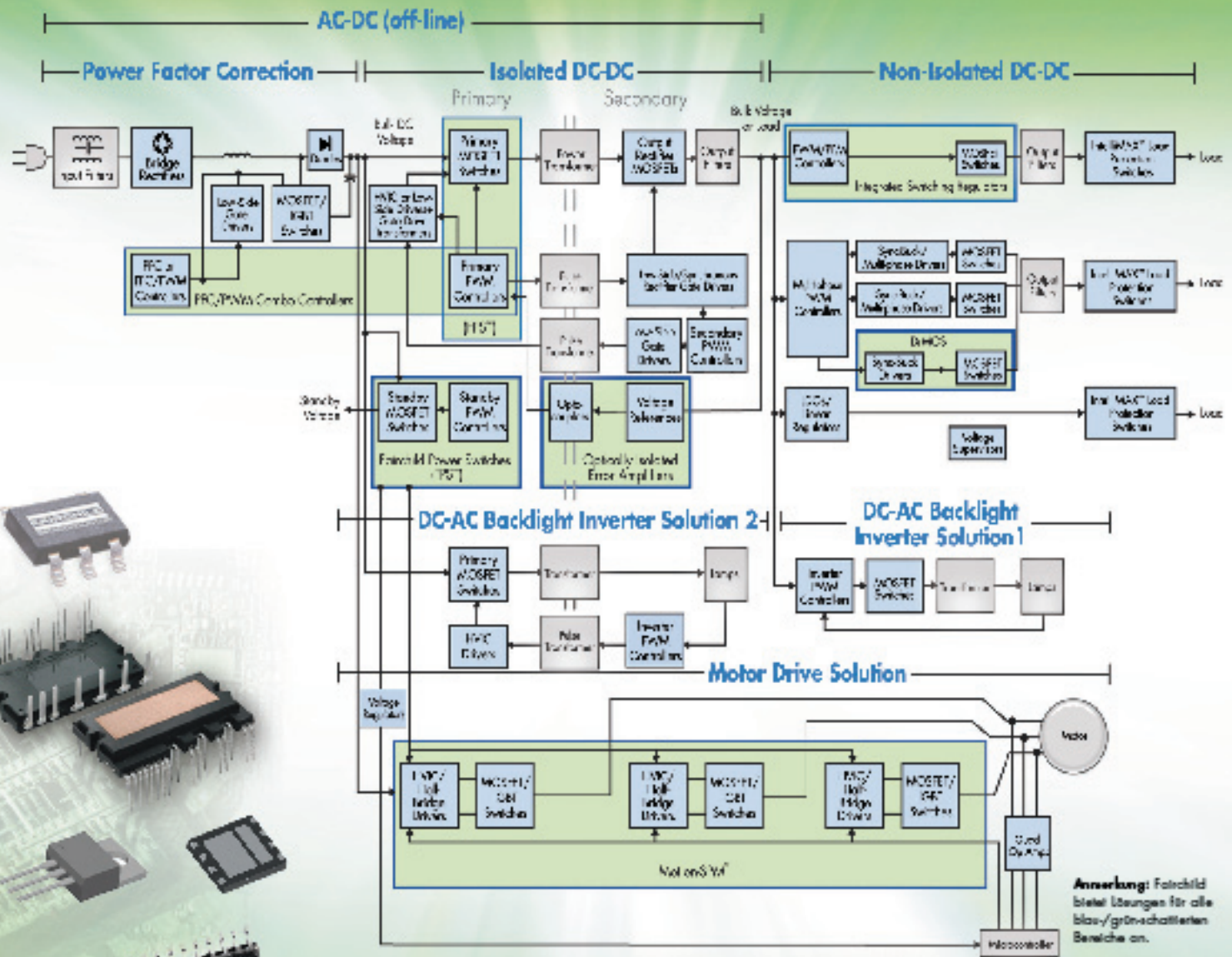
Dieser Beitrag als PDF und weiterführende Informationen (ähnliche Beiträge, technische Daten, Direktlinks zum Hersteller etc.) sind online verfügbar auf www.EuE24.net

more @ click **EEK81005**

TABELLE 2: DYNAMISCHE VERLUSTE BEI CIB- UND IPM-MODULEN

	CIB-Modul mit externem Treiber	IPM-Modul
IGBT E_{on}	1,7 mJ	2,8 mJ
IGBT E_{off}	1,7 mJ	1,7 mJ
Diode E_{rr}	1,8 mJ	0,8 mJ

Tausende Produkte und ein Ziel: Energieeffizienz.



Energieeffiziente Lösungen für Designer. Und ihre 6 Milliarden Nachbarn.



Von analogen bis hin zu diskreten Power-Produkten über Online-Tools und FAEs, Fairchild hat die Ressourcen, die Sie für die Entwicklung energieeffizienter Designs für Ihre Anwendungen benötigen.

Die "Power Solutions Brochure" von Fairchild steht für Sie zum Download bereit unter:
www.fairchildsemi.com/power

Anmerkung: Fairchild bietet Lösungen für alle blau-/grün-schattierten Bereiche an.