

IPM bestück mit 7G IGBTs von Fuji Electric

Kurzfassung

Höhere Effizienz, höhere Zuverlässigkeit und so klein wie nur möglich. Dieser Markttrend spiegelt sich ebenfalls bei 3-phasige AC Motoren wieder. Insofern sind Leistungsstarke und kompakte Leistungshalbleiter gefragt. Das intelligente und hoch integrierte Leistungsmodul von Fuji Electric, bestückt mit IGBTs der 7. Generation (X-Serie) realisiert diese Miniaturisierung bei höchster Zuverlässigkeit und Sicherheit mit dem „Small IPM“.

Artikel

Intelligente Leistungsmodule mit implementierten Schutzfunktionen sind seit vielen Jahren im asiatischen Markt sehr beliebt und etabliert. Der Einsatz solcher Module wird auch im europäischen Markt immer beliebter und zunehmend in vielen verschiedenen Applikationen eingesetzt. Besonders im kleinen Leistungsbereich bis 2.5kW ist der Einsatz von intelligenten Leistungstransistoren maßgebend zur Miniaturisierung des Systems. Beispielsweise ist der Antrieb eines 1,5 kW Motors im Regelfall aus diskreten Transistoren (IGBT – Insulated-Gate Bipolar Transistor) aufgebaut wobei die Ansteuerung dieser Schalter über eine Leiterplatte (PCB – Printed Circuit Board) stattfindet. Schutzfunktionen sind dabei noch nicht vorhanden und müssen aufwendig auf der PCB hinzugefügt werden. Die Herausforderung dabei ist es einen Schaltkreis aufzubauen, der möglichst keinen Einfluss auf andere Bauelemente der Leiterplatte hat. Oftmals treten aber unerwünschte Oszillationen auf dessen Ursprung nur schwer zu finden ist. Mit dem Einsatz des „Small IPM“ ist es möglich die aufwendigen Schaltungen auf der PCB zu umgehen. Das hochintegrierte, mit drei Phasen versehene, Small IPM vereint Schutzfunktionen und ermöglicht ein Überwachen der Temperatur des Moduls. Des Weiteren ist aufgrund der eingebauten Schaltung die Ansteuerung der Transistoren implementiert welches zum optimalen Steuern der Halbleiter führt.

Aufbau des Small IPMs

Das Small IPM besteht aus sechs IGBTs und sechs Freilaufdioden (FWD – Free-Wheeling Diode) die zusammen einen 3 phasigen Ausgang bilden (Bild 1). Die oberen IGBTs auf der Hochseite des Potentials werden von drei unabhängigen HVIC (high voltage integrated circuits) geregelt. Aus Sicherheitsgründen sollte eine galvanische Trennung der HVIC auf der externen PCB vorgenommen werden. Jeder dieser HVIC benötigt eine eigene Versorgungsspannung die durch implementierte Gleichspannungswandlern oder sogenannten Ladungspumpen die die nötige Gleichspannung liefert. Bootstrapp Dioden helfen dabei die Potentialänderung am Eingang im gleichen Maße an den HVIC weiter zu geben. Somit wird jede Potentialänderung oder Potentialschwankung registriert. Auf der Niederspannungsseite befinden sich die LVIC (low voltage integrated circuit) welche mit den unteren IGBTs verbunden sind. Aufgrund der implementierten ICs ist es möglich den einzelnen IGBT zu überwachen und zu schützen. Insofern kann in einem Fehlerfall das Modul ein Fehlersignal herausgeben sowie sich anschließend selbst abschalten.

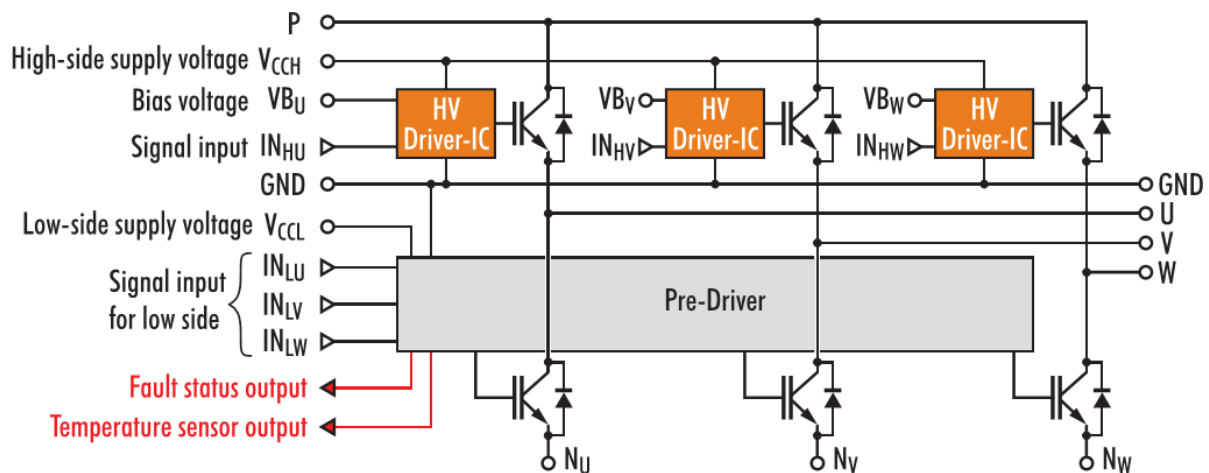
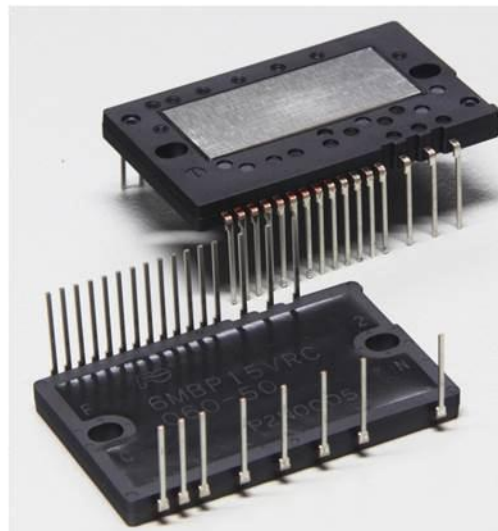
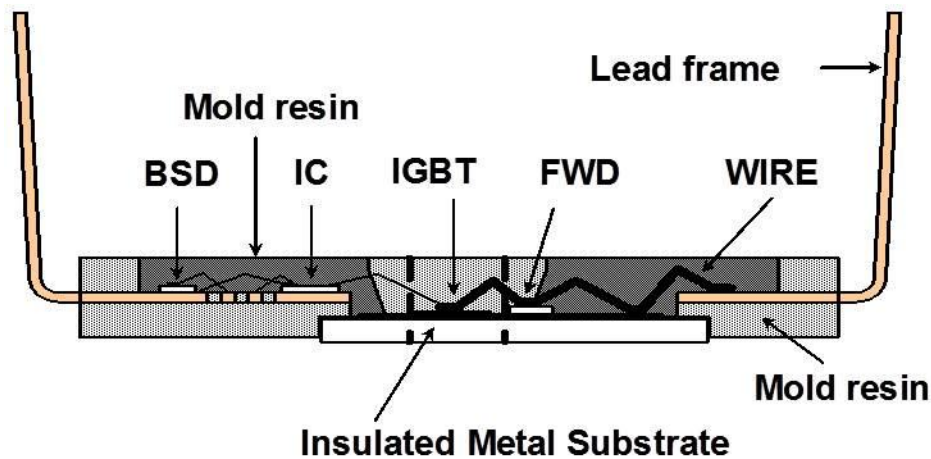


Bild 1: Blockdiagramm des internen Aufbaus [1]. Vorgeschaltete Treiber überwachen Strom, Versorgungsspannung und Temperatur der Halbleiterschalter und garantieren optimales Schalten der IGBTs.

Das Small IPM bemisst sich mit 43 x 26 x 3,7mm in Länge, Breite und Höhe. Dieses kompakte Gehäuse wurde maßgeblich für energieeffizientes und energiesparendes arbeiten entwickelt. Die Temperaturabfuhr ist durch ein spezielles Substrat mit sehr kleinem thermischem Widerstand realisiert. Dieses Metallsubstrat ist mit einer dielektrischen Schicht versehen die isolierende Eigenschaften aufweist. Auf der Isolationschicht befindet sich eine Kupferfolie welche das hohe Potential für die Halbleiter dient. Die IGBTs und FWDs sind über kurz-Aluminiumdrähte miteinander verbunden welches die niedere Potentialeseite repräsentiert. Die Aluminiumdrähte wurden bewusst so kurz wie möglich gehalten, um die Streuinduktivität im Modul zu minimieren. Zudem ist die neueste Chipgeneration, die X-Serie von Fuji Electric verbaut dessen Schaltverluste sowie Durchlassverluste auf ein Minimum reduziert sind. Ein Epoxidharz füllt das Small IPM aus und garantiert somit die elektrische Isolation der einzelnen integrierten Schaltkreise. Zusätzlich reduziert dieses steife Material die mechanischen Belastung aufgrund verschiedener thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Materialien.

Das IPM mit Nennstrom von 15A ist auf eine maximale DC-Bus Spannung von 450V ausgelegt und die maximale Chiptemperatur beträgt 150°C.



Dimension: 43x26x3,7mm

Bild 2: Oben: Querschnitt des Small IPMs mit spezieller Keramik (IMS) mit niedrigem thermischen Widerstand. Rechts: Gehäuseoberseite und Unterseite geprägt von einem Epoxidharz sowie Metallsubstrat auf der Rückseite. Dieses Gehäuse misst 43x26x3,7mm (BxTxH) [1].

Höchster Grad von Sicherheit

Trotz bestmöglicher Steuerung der IGBTs durch integrierte Schaltungen kann es zu Fehlern auf der Eingangsseite oder Ausgangseite des Small IPMs kommen. Eingangsseitig muss eine Versorgungsspannung für die ICs anliegen. Andererseits werden die Transistoren nicht optimal gesteuert welches die Funktionalität des Moduls beeinflusst und die Last am Ausgang nicht mit der vollen Leistung des Moduls versorgt wird. Sollte es jedoch zu dem Fall kommen und die Versorgungsspannung einbricht, detektiert der IC diesen Fehlerfall und schaltet sich selbst aus, um die Zerstörung des Moduls zu vermeiden. Aufgrund der ständigen Überwachung des Ausgangsstroms kann ebenfalls ein Kurzschluss auf der Ausgangsseite detektiert werden. Geschieht beispielsweise ein Kurzschluss im Motor, so wird dieser erkannt und das Small IPM fährt sich sicher herunter. Dasselbe passiert auch wenn die Temperatur über einen Schwellwert steigt.

Für jede der genannten Schutzfunktion wird beim Eintreten des Fehlerfalls ein Signal an die Schnittstelle des Treiberboards gesendet und das intelligente IPM schaltet sich sicher ab. Das sichere Abschalten verhindert die Zerstörung des Moduls und seiner Umgebung. Anschließend nach der Fehlerbehebung kann es wieder verwendet werden. Der Fehlermodus kann anhand der Pulsbreite des Fehlersignals analysiert werden. Es ist somit sehr einfach den Fehlermechanismus zu erkennen sowie zu beheben. Wie anhand der Kurvenform in Bild 2 zu erkennen ist, repräsentiert die türkisenene Linie das Pulssignal des Alarms. Die Pulsbreite beträgt dabei 2ms für einen Kurzschluss bzw. Überstrom, 4ms für das einbrechen der Versorgungsspannung und 8ms wenn die Temperatur des IGBT zu hoch ist.

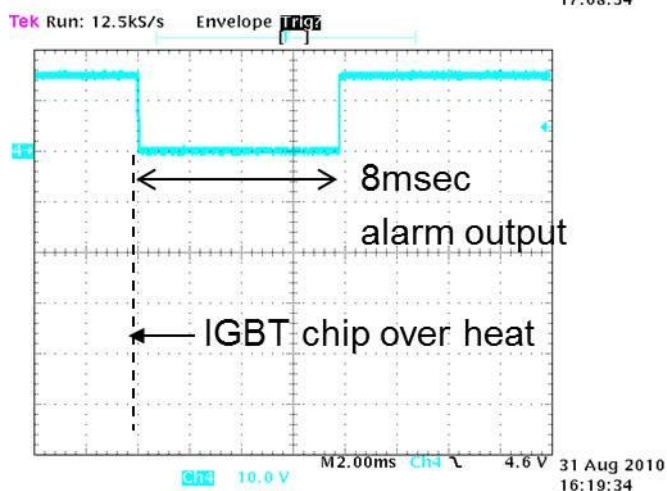
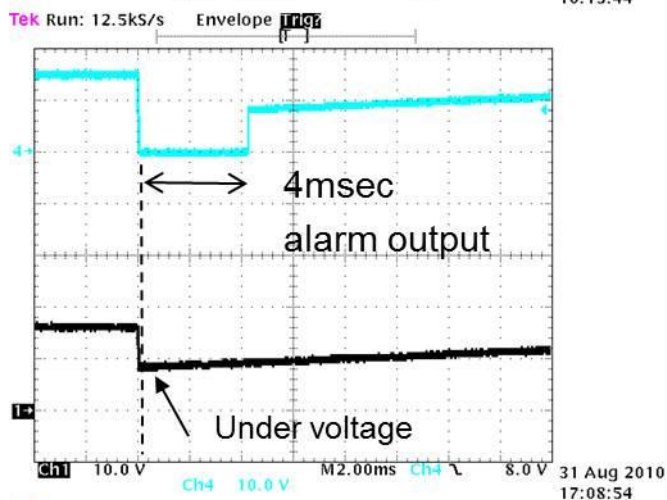
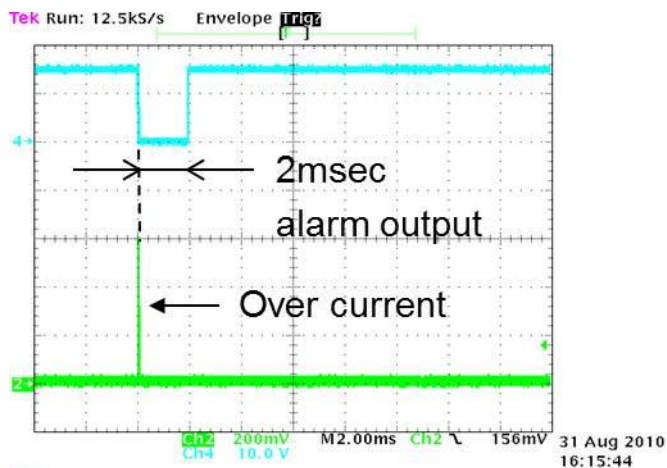


Bild 3: Alarmausgangssignal der Schutzfunktionen. Die Pulsbreite beschreibt den Fehlermodus. Beginnend mit einem 2ms breiten Signal für einen Überstrom über 4ms mit dem Einbruch Versorgungsspannung bis hin zu 8ms für eine Übertemperatur.

Zusammenfassung

Die Kombination aus neuesten IGBT und Dioden Chips und implementierten Sicherheitsschaltungen macht das Small IPM prädestiniert für alle Anwendungen im kleinen Leistungsbereich. Bekannte und altbewährte sowie neue Technologien wurden miteinander vereint, um ein effizientes und energiesparendes Produkt zu realisieren.

08.03.2017

Stolz Electronics AG

Im Langacker 20

5405 Baden Dättwil

+41 56 484 90 11

Peter.heimgartner@stolzelectronics.ch