

# IGBT: tranzystory do zadań specjalnych

*Tranzystory IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) – mimo rosnącej popularności, są nadal mało znane wśród elektroników. Wynika to przede wszystkim ze specyfiki ich docelowych aplikacji – są to zazwyczaj rozwiązania z pogranicza elektroniki i energetyki – „rasowy” mikroprocesorowiec skrzętnie omija te rejony w swojej praktyce. Potrzeby rynku zmieniają się i wiele wskazuje na to, że tranzystory i moduły IGBT będą gościć coraz częściej w laboratoriach konstrukcyjnych.*

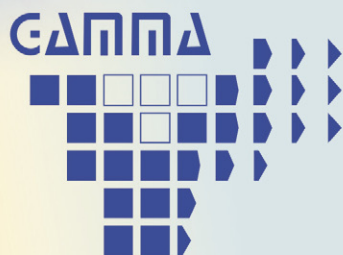


R E K L A M A

## Gamma prezentuje:

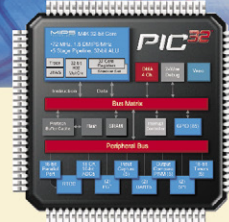
### 32-bitowe mikrokontrolery Microchipsa

- ▶ architektura MIPS32  
72 MHz, wydajność 1,5 DMIPS/MHz
- ▶ wspierany przez MPLAB i ICD2
- ▶ dostępny kompilator C32, GCC  
oraz oprogramowanie innych firm  
wspierających architekturę MIPS
- ▶ tani zestaw startowy – 49 USD



#### Gamma Sp. z o.o.

ul. Kacza 6 lok A, 01-013 Warszawa  
tel. +48 22 862 75 00, fax +48 22 862 75 01  
www.gamma.pl, email: info@gamma.pl





**Dlaczego IGBT?**

Tranzystory IGBT łączą zalety tranzystorów bipolarnych i MOSFET dużej mocy, o czym świadczy choćby schemat elektryczny (rys. 1) ilustrujący ich budowę wewnętrzną. Fizyczna budowa tranzystora IGBT przypomina tyrystor i tak jak tyrystory, tranzystory IGBT są wykonywane w monolitycznych strukturach. Struktury tranzystorów IGBT są przystosowane do większych gęstości prądu w porównaniu z tranzystorami bipolarnymi i połowami mocy. Powoduje to, że powierzchnia krzemowej struktury (przy takim samym natężeniu prądu) może być mniejsza, dzięki czemu cena elementów IGBT – relatywnie – nie jest wysoka.

Od strony wejściowej tranzystory IGBT „wyglądają” niemal jak klasyczny MOSFET, natomiast obciążenie „widzi” tranzystor bipolarny. Dzięki oryginalnemu połączeniu powstały elementy mocy umożliwiające przełączanie obciążeń o dużej mocy z wysokimi częstotliwościami, odporne na krótkotrwałe przetężenia, mogące pracować z bardzo wysokimi napięciami, sterowane w wygodny sposób („prawie” napięciowo), do tego nie

wprowadzające dużych strat energii w kluczowanym obwodzie.

**Aplikacje**

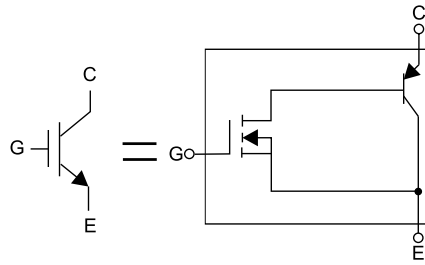
Tranzystory IGBT są elementami niezbędnymi w coraz większej liczbie nowoczesnych aplikacji elektroenergetycznych, przemysłowych systemach napędowych, dość szybko zdobywają popularność także w aplikacjach samochodowych. Ich podstawowym obszarem aplikacyjnym są wysokoczęstotliwościowe falowniki konwertujące napięcie stałe do jedno- lub wielofazowych przebiegów zmiennych, przy czym zazwyczaj za pomocą przebiegów o wysokiej częstotliwości są formowane przebiegi o obwiedni sinusoidalnej.

W niektórych aplikacjach tranzystory i moduły IGBT służą także do bezpośredniego zasilania obciążeń (np. silników elektrycznych). Zalety falowników są powszechnie wykorzystywane w systemach regulacji prędkości obrotowej i momentu obrotowego silników elektrycznych, a także w systemach „miękkiego” startu stosowanych w napędach różnego typu. W stosunku do tradycyjnych rozwiązań, rozwiązania elektroniczne redukują straty energii (nawet o 60%) i zapewniają lepsze parametry oraz szersze zakresy regulacji.

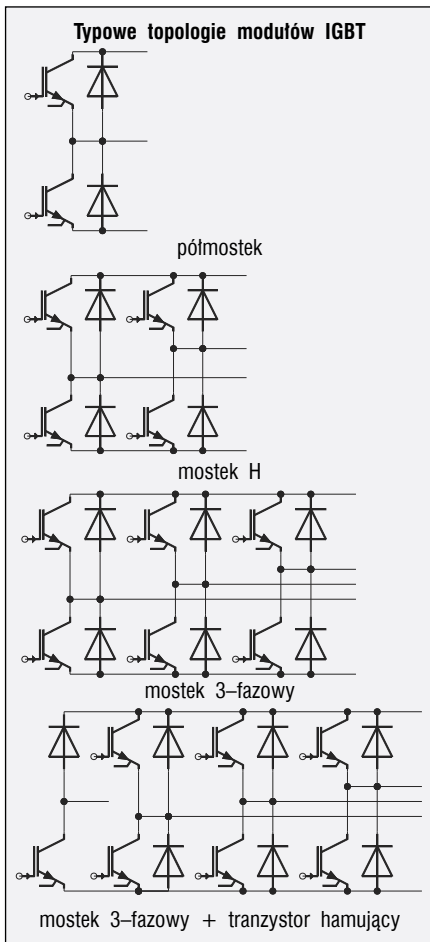
W dobie optymalizacji zużycia energii stosowanie falowników jest niezbędną koniecznością, umożliwiając one bowiem regulację mocy dostarczanej do obciążenia oraz konwersję energii (jak w przypadku UPS-ów) z minimalnymi jej stratami – dlatego znalazły one zastosowanie także w nowatorskich samochodach hybrydowych (wyposażonych w mieszany napęd spalinowo-elektryczny).

**Możliwości z Infineona**

Jednym z największych producentów tranzystorów IGBT i wielotranzystorowych modułów IGBT jest firma

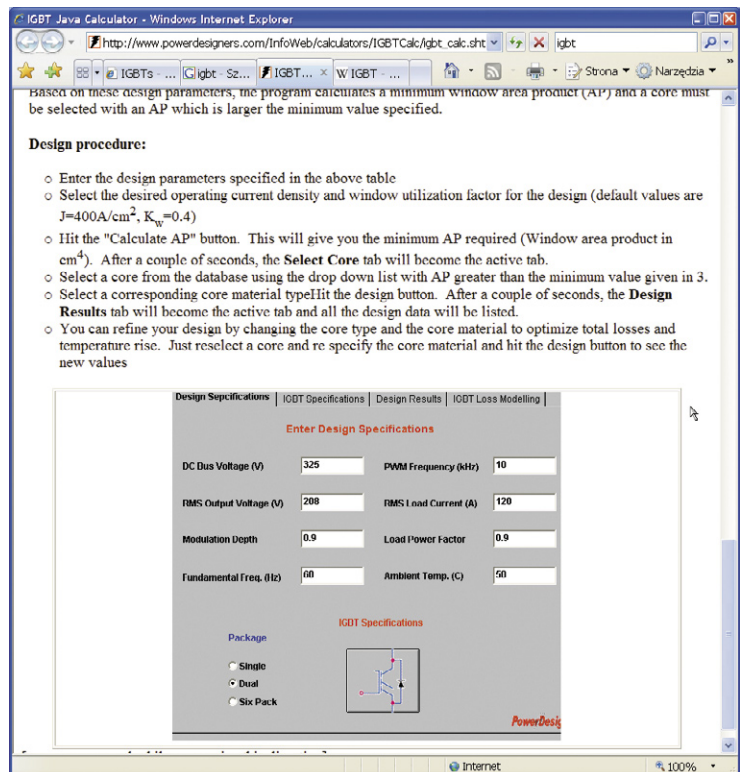


Rys. 1. Schemat ilustrowujący (w sposób uproszczony) budowę tranzystora IGBT



**Pod adresem**

[http://www.powerdesigners.com/InfoWeb/calculators/IGBTCalc/igbt\\_calc.shtm](http://www.powerdesigners.com/InfoWeb/calculators/IGBTCalc/igbt_calc.shtm) jest dostępny kalkulator umożliwiający obliczenie strat w tranzystorach IGBT i diodach zwrotnych pracujących w inwerterze VSI (Voltage Source Inverter). Domyślna konfiguracja pracy inwertera zakłada pracę przy napięciu 220 VAC, prądzie obciążenia 110 i częstotliwości kluczowania 10 kHz, ale użytkownik może zmienić te wartości.





Fot. 2. Wygląd i wymiary obudowy układów CiPoS firmy Infineon

Infineon, w ofercie której znajdują się elementy IGBT:

- małej mocy, dostępne w ramach rodzin Easy i Econo,
- średniej mocy, dostępne w ramach rodzin EconoDUAL, EconoPACK, EconoPACK+ oraz trzech rodzin modułów o szerokości obudowy 34 mm oraz 62 mm,
- dużej mocy, dostępne w ramach rodzin PrimePACK oraz IHM.

W ramach wymienionych rodzin producent oferuje moduły jedno- i dwutranzystorowe, także mostki, mostki trójfazowe, moduły zintegrowane z diodami zwrotnymi i kompletnymi

mi prostownikami (także 3-fazowymi), dostępne są także moduły z wbudowanymi termistorami NTC, które służą do pomiaru temperatury wewnątrz obudowy.

Najmniejsze oferowane moduły IGBT są przystosowane do zasilania obciążen prądami o natężeniu 6 A przy napięciu 600 VDC. Moduły o największej mocy pozwalają zasilac obciążenia prądem o natężeniu do 3,6 kA przy napięciu 1700 VDC, dostępne są także wersje o maksymalnym prądzie wyjściowym do 1200 A przy napięciu zasilania do 6500 VDC.

Trzeba brać pod uwagę, że poda-

## PODZESPOŁY

### Kluczowanie w praktyce

Maksymalne częstotliwości kluczowania tranzystorów IGBT zależą od ich mocy wyjściowej i wynoszą (na przykładzie modułów oferowanych przez firmę Infineon):

- 14 kHz w przypadku modułów małej mocy,
- 10 kHz w przypadku modułów średniej mocy,
- 4 kHz w przypadku modułów dużej mocy.

ne wartości mocy wyjściowych dotyczą podzespołów odpowiednio chłodzonych. Wystarczająco dobre warunki chłodzenia (pozwalające utrzymać obciążoną strukturę w temperaturze ok. 25°C) nie występują w typowych aplikacjach, co powoduje ograniczenie pola mocy pracy elementów.

### Parę słów o sterowaniu

Tranzystory IGBT są sterowane napięciowo, co jednak nie oznacza, że sterownik bramki nie musi mieć dużej wydajności prądowej. Co prawda, ze względu na odizolowanie bramki od kanału tranzystora sterującego MOS, prąd bramki w stanie ustalonym (tranzystor włączony lub wyłączony) jest równy zero, ale problem powsta-

R E K L A M A

# Duża moc w kompaktowej obudowie – – nowoczesne moduły IGBT



### EasyPIM™, EasyPACK

Zakres parametrów  
600V: 6A - 200A  
1200V: 10A - 150A

#### Główne cechy

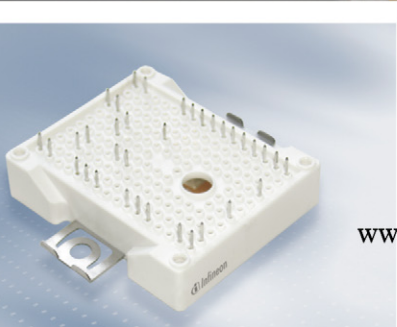
- Kompaktowa obudowa
- Duża gęstość energii
- Elastyczność konfiguracji
- Niski koszt projektu z użyciem modułów Easy
- Moduły bez płytki podłożowej
- Metalowe uchwyty do mocowania
- Najnowsza technologia IGBT4 1200V
- Technologia IGBT3 600V
- Temperatura pracy tjop=150°C
- Zautomatyzowana linia produkcyjna
- Technologia bezołowiowa

### EconoPIM™, EconoPACK™

Zakres parametrów  
600V: 10A - 200A  
1200V: 10A - 200A  
1700V: 50A - 100A

#### Główne cechy

- Moduły z miedzianą płytką podłożową
- Zoptymalizowane rozpraszanie ciepła
- Wbudowany termistor NTC
- Duża gęstość energii
- Najnowsza technologia IGBT4
- Nowa technologia montażu Press-Fit



[www.infineon.com/HighPower](http://www.infineon.com/HighPower)

**infineon**  
Never stop thinking

**EBV**Elektronik  
I An Avnet Company I

PL-50-062 Wrocław  
+48 71 34-229-44  
[www.ebv.com](http://www.ebv.com)



**IGBT w skrócie**  
 Tranzystory IGBT łączą zalety tranzystorów unipolarnych (niewielki prąd sterujący) i bipolarnych (odporność na zwarcia), dzięki czemu powstały półprzewodnikowe łączniki mogące kluczować obciążenia o dużej mocy (nawet do setek kW) z częstotliwością dochodzącą do dziesiątek kHz. Maksymalne wartości blokowanego napięcia przekraczają 6 kV, co umożliwia stosowanie tranzystorów IGBT w urządzeniach zasilanych bezpośrednio z sieci o napięciu skutecznym 400 VAC i wyższym. Dopuszczalne natężenia prądu kolektora dochodzą do 4 kA.

je podczas (koniecznego) szybkiego ładowania/rozładowania pojemności pasożytniczych (Millera i kondensatora bramkowego). Chwilowe prądy przeładowania pojemności pasożytniczych mogą dochodzić nawet do 2 A. Szybkie przeładowywanie tych pojemności jest konieczne do zapewnienia poprawnej pracy tranzystorów IGBT jako kluczy dużej mocy. Zazwyczaj włączenie tranzystora IGBT wymaga przyłożenia napięcia bramka-emiter o wartości  $U_{GE} +13...15$  V. Wyłączenie można uzyskać poprzez zwarcie bramki do potencjału emitera, ale w większości przypadków producenci

zalecają wyłączenie za pomocą napięcia  $U_{GE} -15...-13$  V.

Niezależnie od przyjętego sposobu, średnia moc niezbędna do sterowania pracą tranzystorów IGBT jest znacznie mniejsza niż w przypadku tranzystorów bipolarnych, co ma istotny wpływ na wypadkową sprawność energetyczną urządzenia.

Chcąc zapewnić wygodę konstruktorom i dobre warunki pracy tranzystorom IGBT ich producenci oferują wyspecjalizowane, scalone sterowniki (przykładowo Infineon produkuje rodzinę układów xED020I12 przystosowanych do pracy w urządzeniach zasilanych napięciem do 1200 V oraz trójfazowy sterownik 6ED003L06 przystosowany do pracy w systemach zasilanych napięciem do 600 V), które w wielu przypadkach także nadzorują pracę elementów mocy, zabezpieczając je przed uszkodzeniem.

**Wariacje**

Tranzystory IGBT są wdzięcznymi elementami wykonawczymi, do tego względnie łatwo można je integrować w jednej obudowie na przykład

ze sterownikami i elementami pomocniczymi. Wykorzystując te możliwości Infineon wprowadził do produkcji układy CiPoS (*Control integrated Power System*), w których zintegrowano trójfazowy sterownik, trzy półmostki IGBT z diodami zwrotnymi, zabezpieczenie termiczne, nadnapięciowe i zwarciove, a także pompę ładunkową (*bootstrap*) podnoszącą napięcie zasilania bramek.

Całość mieści się w niewielkich obudowach (fot. 2) i może – przy zapewnieniu odpowiedniego chłodzenia – służyć do sterowania obciążen 12 A/600 V.

Konstruktorzy mają do dyspozycji także wiele rodzin tranzystorów IGBT w klasycznych obudowach, w niektórych przypadkach pozbawionych wewnętrznych „dodatków” w postaci diod, termistorów itp. Dla każdego...

**Andrzej Gawryluk, EP**

**Dodatkowe informacje...**  
 ...na temat podzespołów mocy firmy Infineon są dostępne pod adresem:  
<http://www.infineon.com/powersemiconductors>

R E K L A M M A

Jeżeli projektujesz, produkujesz albo wspierasz technicznie, XTAG dostarczy Ci niewspółmiernych korzyści.

- XJEase ■ XJAnalyser ■ XJRunner
- XJDemo ■ XJAPI ■ XJLink

**Czym jest JTAG?**

JTAG jest rozwiązaniem kontrolującym urządzenia "od wewnątrz", poprzez użycie prostego 4 pinowego interfejsu zlokalizowanego na płycie. Jest to szczególnie użyteczne dla zestawów urządzeń, takich jak układy scalone stosowane w technologii BGA, gdzie poszczególne piny (sygnały) są niedostępne dla konwencjonalnych sond.

XJTAG pozwala Ci drastycznie skrócić długość cyklu prób i poprawek oraz zredukować koszty weryfikacji prototypu i wprowadzenia nowego produktu na rynek.

**XJTAG**

[www.quantum.com.pl](http://www.quantum.com.pl)  
[www.embedded.com.pl](http://www.embedded.com.pl) [www.qnx.com.pl](http://www.qnx.com.pl)  
 tel. 0-71/362-63-56

**TWT**

**AUTOMATYKA**

- Indukcyjne czujniki zbliżeniowe
- Czujniki optyczne – odbiciowe – refleksyjne – bariery
- Indukcyjne czujniki ruchu
- Sygnalizatory poślizgu

TWT s.c.  
 ul. Wafiłowa 1  
 02-971 Warszawa  
 tel./fax (22) 648 20 89  
 Tel. kom. (0) 501 777 938  
 E-mail: [twt@twt.com.pl](mailto:twt@twt.com.pl)  
[www.twt.com.pl](http://www.twt.com.pl)

*zainteresowanym wysyłamy bezpłatnie katalogi*