

# Inteligentne klucze mocy



Najpopularniejszymi elementami wykorzystywanymi do sterowania obciążeń wysokoprądowych są przełączniki elektromechaniczne. Od pewnego czasu konkurują z nimi – z coraz większym powodzeniem – klucze półprzewodnikowe, których wysoka trwałość i coraz większa niezawodność spowodowały, że szturmem podbiły m.in. aplikacje samochodowe.

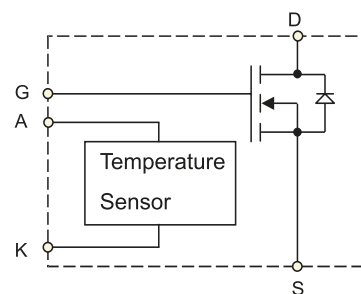
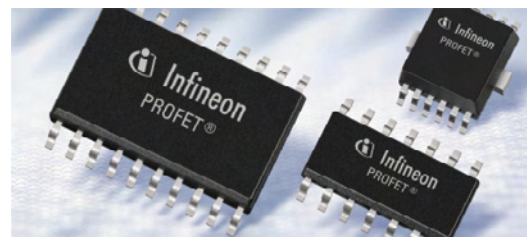
Jednym z największych producentów półprzewodnikowych kluczy wysokoprądowych jest firma Infineon. Oferuje ona kilka rodzin „inteligentnych” kluczy, przystosowanych zarówno do zasilania obciążeń dołączonych na stałe do plusa zasilania (*low-side switch* – rys. 1), jak i masy zasilania (*high-side switch* – rys. 2). Producent oferuje układy jedno- i wielokanałowe, przystosowane do sterowania obciążeń o różnych mocach, wyposażone w systemy zabezpieczeń, które minimalizują ryzyko uszkodzenia układu w wyniku przepięć lub przeciążeń. To właśnie mechanizmy ochronne zastosowane w układach prezentowanych w artykule są pretekstem do nazywania ich *smart-switchami*, co – biorąc pod uwagę sposób ich działania – nie jest specjalnym nadużyciem.

## Skromnie lecz skutecznie: TEMPFET

Klucze TEMPFET (*Temperature Protected FET*) to zmodyfikowane tranzystory MOSFET mocy (dostępne są wersje z kanałem *n*), wyposażone w zabezpieczenie termiczne, które po przekroczeniu

temperatury struktury półprzewodnikowej wynoszącej 150°C powoduje zwarcie bramki do źródła tranzystora. Za blokadę bramki odpowiada wewnętrzny tyrystor, który blokuje tranzystor do chwili spadku temperatury poniżej bezpiecznego progu i chwilowego odłączenia napięcia zasilającego bramkę. Permanentne zasilanie bramki nie spowoduje włączenia tranzystora po spadku temperatury, bowiem wewnętrzny tyrystor zabezpieczający będzie cały czas przewodził.

Klucze TEMPFET są zbudowane z dwóch struktur umieszczonych jedna na drugiej – jedna to tranzystor mocy, druga – czujnik temperatury. W klasycznych TEMPFET-ach konstruktor nie ma dostępu do wbudowanego w tranzystor czujnika temperatury, co bywa kłopotliwe w niektórych aplikacjach. Z tego powodu firma Infineon wprowadziła do produkcji nową rodzinę tranzystorów o nazwie Speed-TEMPFET (rys. 3), w których czujnik temperatury wyprowadzono na zewnątrz, dzięki czemu aplikacja może śledzić zmiany temperatury struktury tranzystora i odpowiednio na nie reagować.



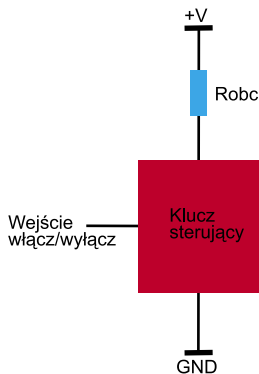
Rys. 3. Schemat ilustrujący budowę tranzystora BTS244 z rodziny Speed-TEMPFET

Zabezpieczenie w postaci monitorowania temperatury struktury tranzystora mocy jest dość skuteczne, bowiem niezależnie od przyczyny przegrzewania, wzrost temperatury jest najgroźniejszy dla trwałości tranzystora. Trzeba pamiętać, że ze względu na sposób działania wbudowanego w TEMPFET-y zabezpieczenia, sposób ich sterowania jest inny niż klasycznych MOSFET-ów – driver musi być przystosowany do pracy ze zwartym wyjściem, co zdarza się po przekroczeniu bezpiecznej temperatury.

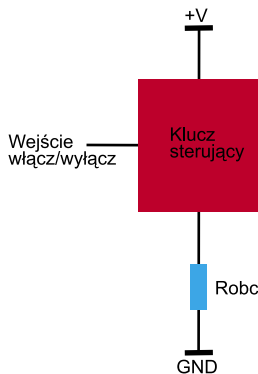
Tranzystory TEMPFET są dostępne w wersjach o maksymalnym prądzie drenu wynoszącym od 1,75 do 52 A, napięciu dren-źródło od 49 do 100 V i rezystancji kanału od 200 mΩ (BTC110) do 6,5 mΩ (BTS282).

## Więcej niż tranzystor: rodzina HITFET

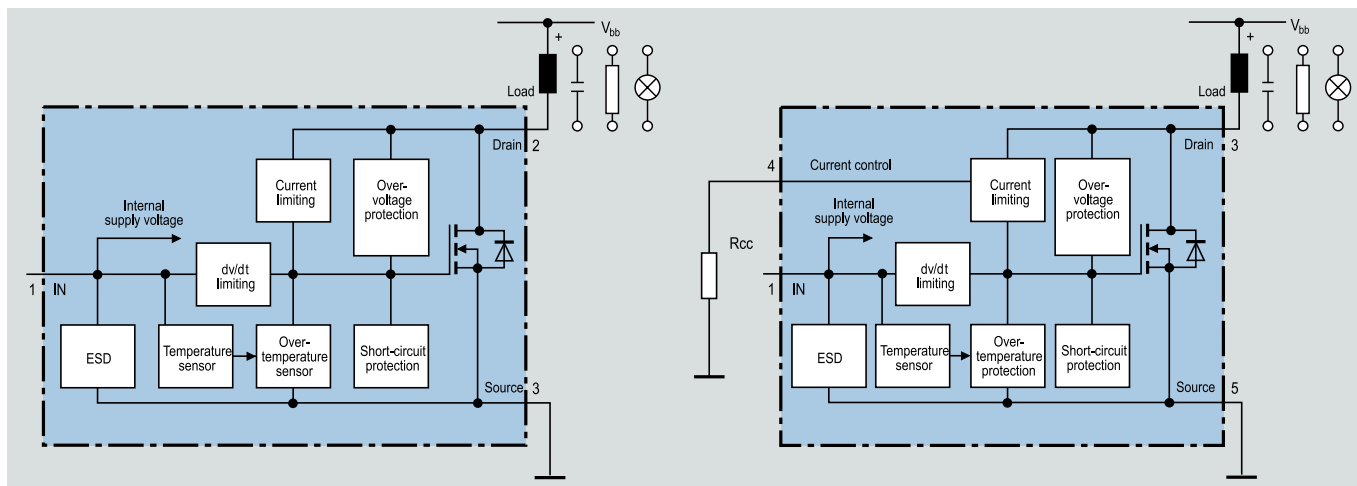
Prostota konstrukcyjna tranzystorów z rodziny TEMPFET i wynikające z niej niedogodności aplikacyjne powodują, że w aplikacjach wymagających zaawansowanej diagnostyki firma Infineon opracowała rodzinę kluczy zintegrowa-



Rys. 1. Konfiguracja klucza low-side



Rys. 2. Konfiguracja klucza high-side



Rys. 4. Schematy blokowe ilustrujące budowę kluczy HITFET (z wewnątrz ustalonym progiem zadziałania ogranicznika prądowego – lewa część rysunku oraz z zewnątrz ustalonym progiem zadziałania ogranicznika prądowego – prawa część rysunku)

nych z kompletnym sterownikiem i systemem zabezpieczeń: termicznego, nadnapięciowego, zwarcioowego, a także ESD. Elementy te tworzą rodzinę o nazwie HITFET (*High-Integrated TEMPFET*). Na rys. 4 pokazano schematy blokowe

ilustrujące budowę kluczy z tej rodziny, w dwóch wersjach:  
 – z wewnątrz ustalonym progiem zadziałania ogranicznika prądowego (lewa część rys. 4),  
 – z zewnątrz ustalonym – za pomocą dodatkowego rezystora

– progiem zadziałania ogranicznika prądowego (prawa część rys. 4).  
 Ponieważ systemy zabezpieczające sterują bramką tranzystora wykonawczego w sposób niewidoczny na wejściu sterującym jego

R E K L A M A

# Pełna moc wymaga pełnej kontroli...



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



## Tranzystory MOSFET Układy TEMPFET™

- Zabezpieczone przetworniki Low Side (temperatura, przeciążenie)

## Układy HITFET™

- Zabezpieczone przetworniki Low Side:
  - Temperatura
  - Przeciążenie
  - Zwarcie
  - Przepięcia
  - Detekcja rozwarcia

## Układy PROFET™

- Zabezpieczone przetworniki High Side
  - Temperatura
  - Przeciążenie
  - Zwarcie
  - Przepięcia
  - Detekcja rozwarcia

- Wyjście diganostyczne
- Zintegrowana pompa ładunkowa
- Wersje wielokanałowe ze sterowaniem poprzez SPI (SPOC)

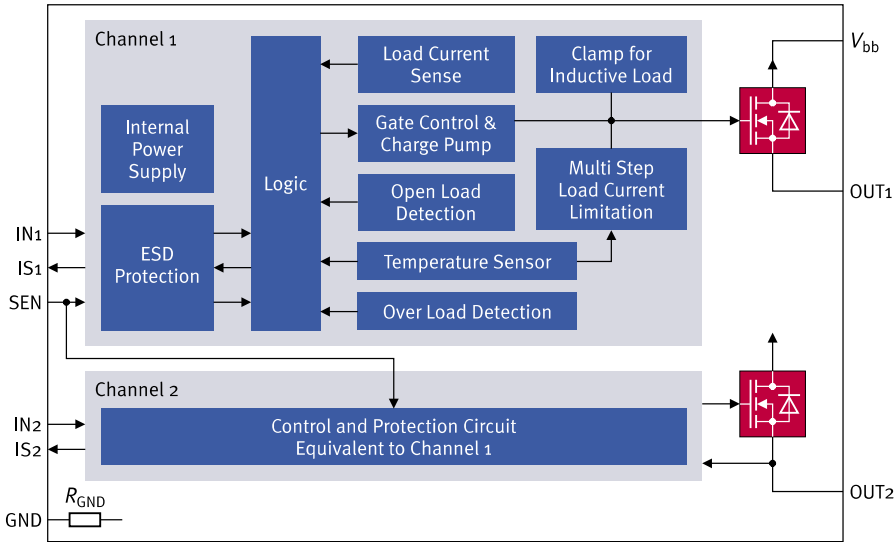
## Układy SmartPOWER

- Przetworniki wielokanałowe (SPIDER)
- Sterowniki silników DC
- Transceivery CAN/LIN
- Regulatory napięcia



www.rutronik.com  
 rutronik\_pl@rutronik.com  
 Żory +48 32 475 90 20  
 Gdynia +48 58 783 20 20  
 Warszawa +48 22 332 73 20





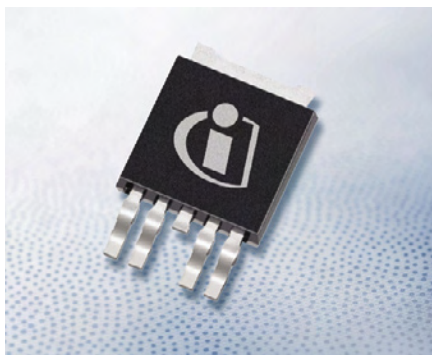
Rys. 5. Schemat blokowy układu BTS5231-2GS (klucz PROFET)

pracą, tranzystory HITFET można sterować m.in. za pomocą standardowych układów cyfrowych, bez konieczności stosowania zabezpieczeń obwodów wyjściowych drivera, jak miało to miejsce w przypadku tranzystorów TEMPFET.

Tranzystory HITFET są dostępne w wersjach o nominalnych prądach drenu od 0,35 A do 7,8 A, rezystancji kanału od 0,7 Ω do 0,01 Ω i napięciu dren-źródło od 42 V do 60 V. Producent oferuje jedno- i dwukanałowe wersje tranzystorów HITFET, oferowane w niewielkich obudowach przystosowanych do montażu SMD.

**Od strony „plusa”: rodzina PROFET**

„Tranzystory” PROFET (**PRO**-**TECTED FET**) składają się z kluczy *high-side* wyposażonych w aktywowane przez użytkownika zaawansowane systemy zabezpieczeń, minimalizujące ryzyko uszkodzenia zarówno sterownika, jak i końcówki mocy wbudowanej w PROFET. Schemat blokowy podwójnego „tranzystora” z tej rodzi-



ny (typ BTS5231-2GS) pokazano na rys. 5.

Podobnie jak w przypadku elementów z rodziny HITFET, także klucze PROFET są zabezpieczone przed przeciążeniem, wyposażono je także w detektor odłączenia obciążenia oraz wyjście sygnalizujące aktywizację systemu zabezpieczeń, co pozwala szybko wykryć awarię w obwodzie sterowania. Ponieważ każdy kanał wyposażono w jedno (wspólne dla wszystkich modułów zabezpieczających) wyjście sygnalizujące awarię, wykrycie przyczyny awarii należy do użytkownika.

W ramach rodziny PROFET firma Infineon oferuje układy 1-, 2-, 4- i 8-kanałowe, przystosowane do zasilania napięciem o maksymalnej

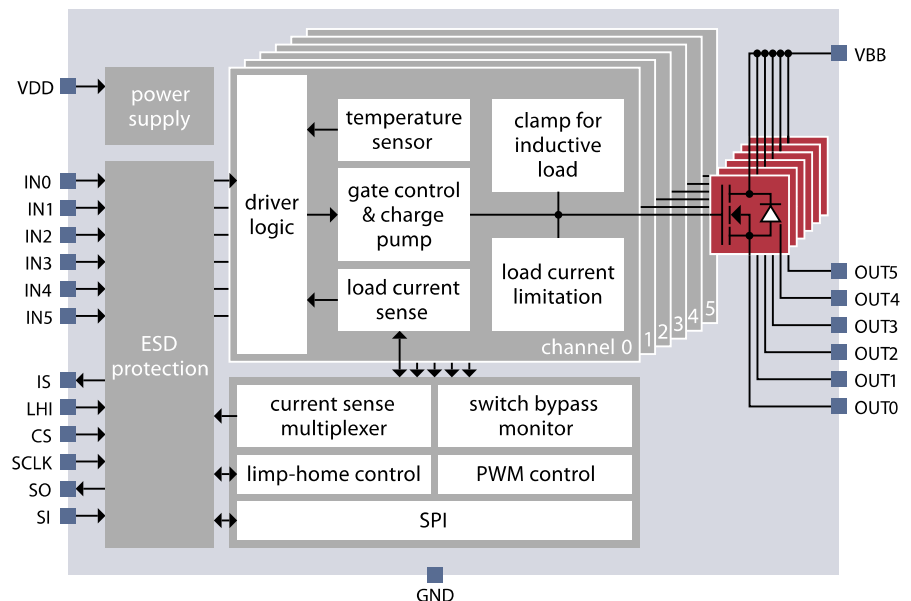
wartości od 28 VDC do 65 VDC i rezystancji włączonego kanału od 4 mΩ do 3 Ω (przy temperaturze złącza 150°C, przy niższych temperaturach rezystancje są nawet o 50% mniejsze).

**Diagnostyka na wysokim poziomie: SPOC/SPOC II**

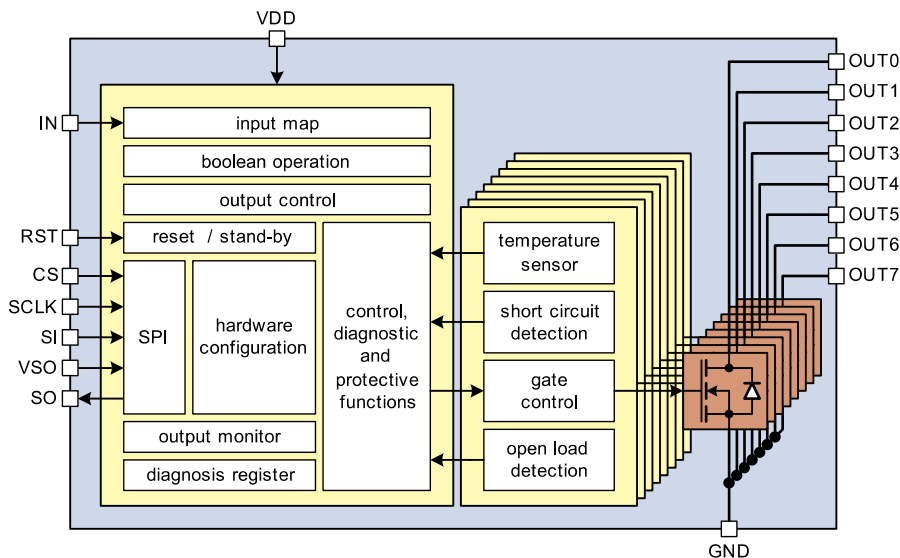
Klucze z rodziny SPOC (**SPI Power Controller**) są zbliżone konstrukcyjnie do kluczy PROFET, co oznacza, że są to także klucze mocy *high-side* (5 lub 6 w jednej obudowie) wyposażone w system zabezpieczeń i diagnostyczne stopnie wykonawcze. Podczas doboru układu SPOC do aplikacji warto pamiętać, że wydajność prądowa poszczególnych kanałów nie jest jednakowa – maksymalne obciążenia trzeba dobrać do ich parametrów.

Użytkownik ma dostęp do systemu diagnostycznego wbudowanego w układy SPOC za pomocą interfejsu SPI, który umożliwia ponadto indywidualne konfigurowanie nastaw w poszczególnych kanałach (np. próg zadziałania ogranicznika prądowego) oraz kontrolę ich aktualnego stanu. Za pomocą interfejsu SPI można także uaktywnić generatory PWM na wybranych wyjściach i zadać im parametry pracy.

Schemat blokowy układu BTS5672E (6-kanałowy klucz SPOC) pokazano na rys. 6. Układy z serii SPOC II wyposażono w timer-watchdog, który może być



Rys. 6. Schemat blokowy układu BTS5672E (6-kanałowy klucz SPOC)



Rys. 7. Schemat blokowy układu TLE7230G (8-kanalowy klucz z rodziny SPIDER)

wykorzystywany do zabezpieczenia systemu sterowania np. przed zawieszeniem.

Prezentowane układy są przeznaczone do stosowania w systemach zasilanych napięciem 12/24 VDC i mają wbudowane zabezpieczenia przeciwprzepięciowe do 41 VDC.

**Dla oszczędzających (wyprowadzenia mikrokontrolera): SPIDER**

W odróżnieniu od dotychczas prezentowanych, także klucze wyjściowe w układach z rodziny SPI-

DER (*SPI Driver for Enhanced Relay*) są obsługiwane poprzez interfejs SPI. Dzięki takiemu rozwiązaniu można oszczędzić w aplikacji sporą liczbę wyprowadzeń I/O mikrokontrolera sterującego, bowiem obsługa 4 lub 8 kanałów (lub ich krotności, po połączeniu szeregowo kilku układów tego typu) jest możliwa za pomocą 3 lub 4 wyprowadzeń (dla pierwszego układu w łańcuchu SPI, plus – opcjonalnie – po jednym wyprowadzeniu dla każdego kolejnego układu). Interesującą możliwością dostępną w układach SPIDER jest sterowa-

nie wyjść mocy za pomocą jednego lub kilku bezpośrednich wejść, które można programowo przypisać do wybranych wyjść.

W układach z serii SPIDER zastosowano stopnie końcowe w konfiguracji *low-side*, przy czym rezystancja kanałów mieści się w przedziale od 0,6 do 2,2 Ω, w zależności od typu układu i temperatury struktury.

**Podsumowanie**

Układy prezentowane w artykule są przeznaczone do stosowania w systemach sterowania niskonapięciowym oświetleniem oraz innymi obciążeniami (w tym indukcyjnymi), wymagającymi dostarczenia prądu o stosunkowo dużym natężeniu.

Prezentowane układy są dostarczane w obudowach o małej rezystancji cieplnej, co ułatwia ich stosowanie w urządzeniach pracujących w otoczeniu o wysokiej temperaturze – o co w praktyce nietrudno.

Różnorodność wariantów kluczy prądowych w ofercie firmy Infineon, pozwala precyzyjnie dobrać ich możliwości i parametry (i oczywiście cenę) do wymogów aplikacji, co w dobie silnej „optymalizacji” kosztów ma bardzo duże znaczenie.

**Tomasz Jastrun**

R	E	K	L	A	M	A
<b>ZAJRZYJ NA TE STRONY</b>			<b>ZAJRZYJ NA TE STRONY</b>			
aparatura pomiarowa, technika lutownicza <a href="http://www.biall.com.pl">www.biall.com.pl</a> końcówki kablowe, narzędzia, oscyloskopy			<b>TONSIL</b> sklep internetowy zestawy hi-fi głośniki <a href="http://www.e-tonsil.pl">www.e-tonsil.pl</a>			
<b>IG</b> nadajemy kształt elektronice <a href="http://www.lcel.com.pl">www.lcel.com.pl</a> • klawiatury • obudowy • materiały • wsparcie • płyty czołowe • akcesoria • pomocnicze • technologiczne			<b>GAMMA</b> <a href="http://www.gamma.pl">www.gamma.pl</a> info@gamma.pl <b>PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE</b>			
<b>P</b> <a href="http://www.piekarz.pl">www.piekarz.pl</a> Hurtownia części elektronicznych firma@piekarz.pl tel. 022-835-50-37 fax 022-213-92-82			<b>MERSERWIS</b> aparatura kontrolno pomiarowa, elementy automatyki, serwis ul. Gen. Wł. Andersa 10 00-201 Warszawa fax/tel: +48 22 831 42 56 <a href="http://www.merserwis.pl">www.merserwis.pl</a>			
e-sklep <b>SIGMA</b> <a href="http://www.wiazki.pl">www.wiazki.pl</a> Wiazki kablowe Transformatory Elementy indukcyjne			WIĘCEJ NIŻ PROFESJONALNA DYSTRYBUCJA <b>M ARTHE</b> <a href="http://www.marthel.pl">www.marthel.pl</a> UKŁADY SCALONE WINBOND, WARYSTORY TERMISTORY, KOMPUTERY PRZEMYSŁOWE			