

PODZESPOŁY



Zintegrowane układy przełączników dużej mocy

W aplikacjach komunikacyjnych i przemysłowych dla kontroli przepływu energii przez linie zasilające konstruktorzy muszą stosować różnego rodzaju przełączniki. Aby wytrzymać duże prądy rozruchu oraz przepięcia przełącznik taki powinien mieć małą rezystancję przewodzenia i dużą tolerancją napięciową. Rozwiązania elektromechaniczne oraz oparte o dyskretne tranzystory MOSFET nie spełniają aktualnych wymagań konstrukcyjnych, stąd potrzebne są bardziej wysublimowane rozwiązania zapewniające diagnostykę i funkcje zabezpieczające.

Przełączniki mocy są wykonywane w dwóch podstawowych topologiach: przełączane od strony masy (Low-Side Switch, LS) lub przełączane od strony dodatniej szyny zasilającej (High-Side Switch, HS). Aktualnie można zauważyć rosnące znaczenie przełączników HS. Nawet w przypadku „pływających” obciążeń, jak silniki czy solenoidy, ze względu na potencjalną odporność na zwarcia jest lepiej, aby w stanie wyłączenia obciążenie było na potencjale masy. Przełączniki HS mają służyć również do dystrybucji zasilania, szczególnie w systemach wymagających dużej mocy.

Inteligentne przełączniki HS

Przez „inteligentne” rozumie się przełączniki wyposażone w szereg dodatkowych własności, które są trudne do realizacji w rozwiązaniach dyskretnych. W realizacji dyskretniej – poza głównym tranzystorem MOSFET – potrzebnych jest wiele rezystorów, kondensatorów, tranzystorów w sterowniku bramki, logice sterującej, zabezpieczeniach itp. Układ scalony przełącznika elektronicznego może

to zawierać w jednej obudowie. Z inżynierskiego punktu widzenia istotne jest także zmniejszenie rozmiarów płytki drukowanej, skrócenie czasu projektowania oraz kosztu urządzenia.

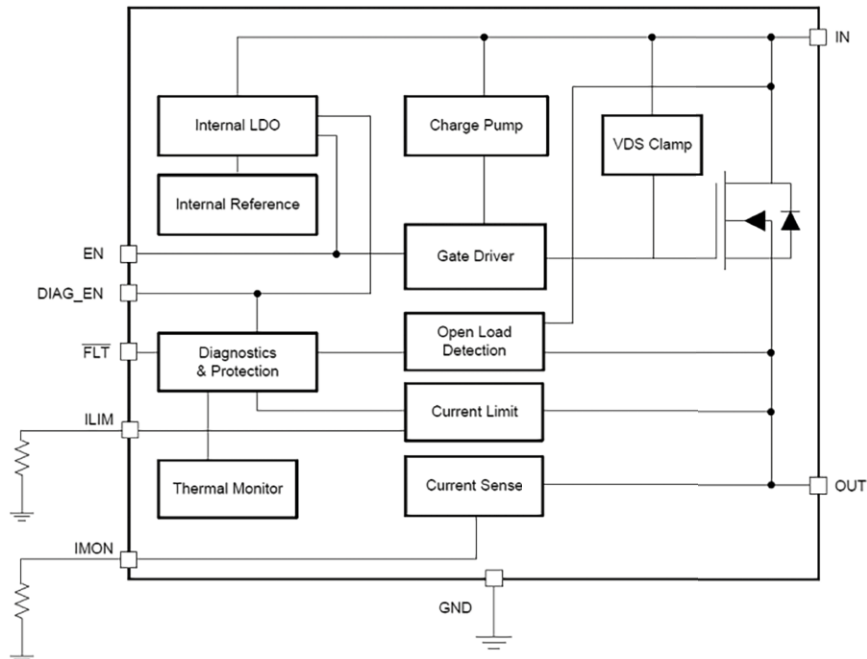
Budowa oraz podstawowe parametry przełączników HS zostaną pokazane na przykładzie układu TPS27S100 firmy Texas Instruments (**rysunek 1**). Jest to jednokanałowy przełącznik HS przeznaczony do pracy w zakresie napięcia 3,5...40 V, z tranzystorem MOSFET o rezystancji włączenia typowo 80 mΩ i prądzie nominalnym do 4 A.

Zabezpieczenia układu przed uszkodzeniem dotyczą: zwarcia wyjścia do masy GND, przeciążenia (wartość ograniczenia prądu ustawiana jest zewnętrznym rezystorem na wyprowadzeniu ILIM), ujemnych przepięć dren-źródło (w wyniku przełączania obciążeń indukcyjnych), odłączenia obciążenia na wyjściu, zwarcia wyjścia OUT do zasilania IN, napięć statycznych (ESD), oraz przekroczenia maksymalnej temperatury struktury. Po ostygnięciu układ wraca automatycznie do normalnego działania.

W wersji TPS27S100A nieprawidłowa praca jest zgłaszana poprzez układ diagnostyki na wyjściu FLT. Wersja TPS27S100B ma wyjście monitorujące IMON, którego prąd wyjściowy jest proporcjonalny do prądu obciążenia, dzięki czemu można śledzić w sposób ciągły sposób działania układu dołączonego do wyjścia przełącznika. Wejście kontrolne EN można sterować w logice 3,3 V lub 5 V. W stanie wyłączenia (Standby) układ pobiera z zasilania IN 0,5 μA. Obudowa o wymiarach 4,40 mm×5,00 mm jest wyposażona w pad termiczny do odprowadzania ciepła przez warstwy miedzi na płytce drukowanej.

Inny układ z tej samej firmy, TPS1HA08-Q1 (mający kwalifikację Automotive) jest przeznaczony do współpracy z 12-woltową instalacją samochodową i obciążeniem do 90 amperów. Możliwe jest to dzięki zastosowaniu tranzystora MOSFET o rezystancji w stanie przewodzenia 8 mΩ.

W ofercie producentów układów scalonych znajduje się wiele typów inteligentnych przełączników HS o rezystancji włączenia od 1 mΩ



Rysunek 1. Schemat blokowy typowego przełącznika elektronicznego HS

do 2,5 Ω, zarówno jedno- jak i wielokanałowych. Ważną cechą współczesnych przełączników HS jest możliwość ciągłego monitoringu stanu układu i jego otoczenia, co jest przejawem rosnących wymagań odnośnie do jakości, niezawodności i elastyczności urządzeń oraz całych systemów.

Wybrane scalone przełączniki HS

Firma STMicroelectronics ma w swoim portfolio rodzinę przełączników z kwalifikacją Automotive VIPower, w skład której wchodzi układy jednokanałowe VN7xxxA o rezystancji MOSFET-a w stanie przewodzenia RON od 3,5 mΩ do 140 mΩ, dwukanałowe VND7xxxA o rezystancji RON od 4 mΩ do 140 mΩ oraz czterokanałowe VNQ7xxxA o rezystancji RON od 40 mΩ do 140 mΩ. Choć poszczególne układy z rodziny mogą się między sobą różnić, ich struktura jest podobna. Zostanie tu omówiona na przykładzie układu VN7003ALH, który w rodzinie przeznaczony jest do obciążeń o największej mocy.

Układ jest produkowany w obudowie Octapack o wymiarach 6,50 mm×9,70 mm o małej rezystancji termicznej (rysunek 2). Jest

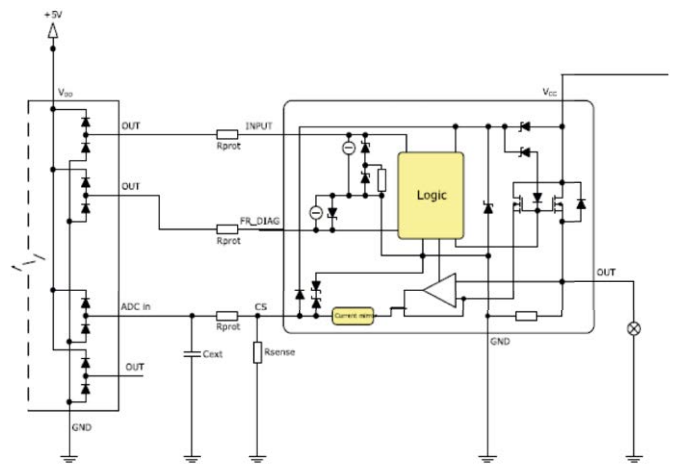


Rysunek 2. Wygląd zewnętrzny VN7003ALH

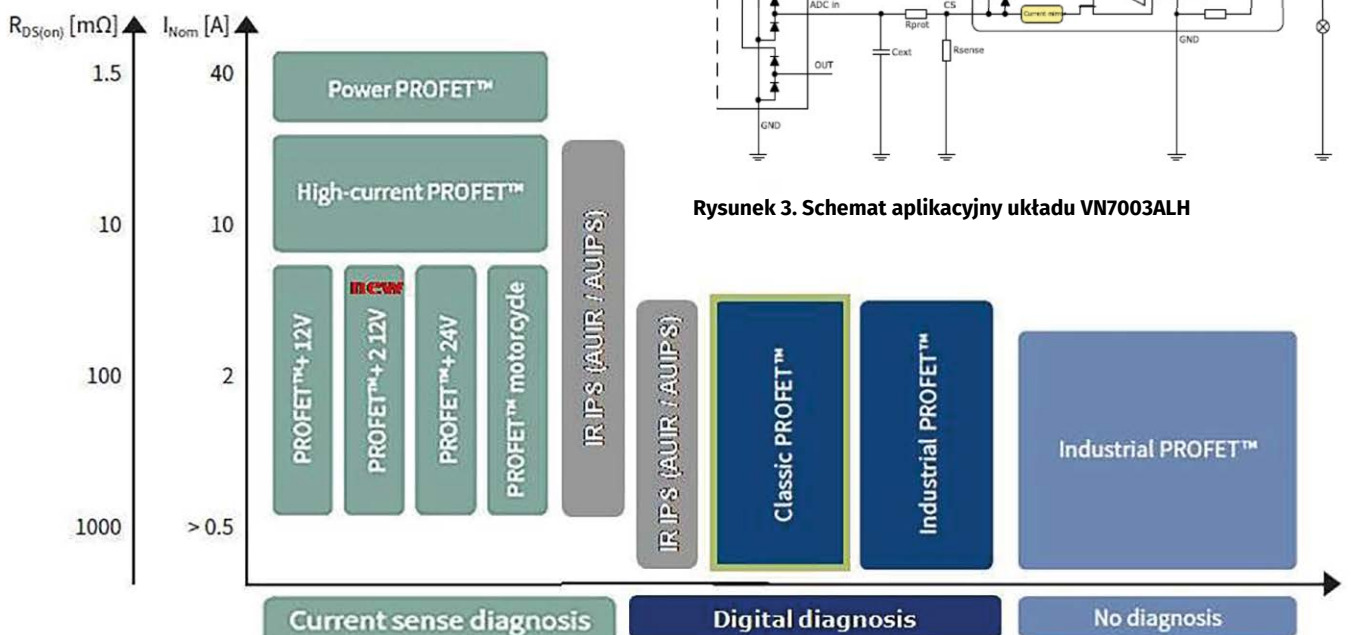
przeznaczony do pracy w zakresie napięcia 4...28 V, lecz wykazuje odporność na impulsy i przepięcia o znacznie wyższych wartościach zgodnie z rygorystycznymi normami ISO. W razie zwarcia wyjścia, przeciążenia lub dużej wartości prądu w trakcie rozruchu, prądu wyjściowy jest ograniczony od wartości (typowo) 135 A. Tranzystor MOSFET jest wprowadzony w zakres pracy aktywnej. Chroni to przed uszkodzeniem układu przełącznika, ale także okablowania, ścieżek na płytce, złącza oraz obciążenie. Przekroczenie dopuszczalnej mocy wydzielanej w układzie oraz maksymalnej temperatury skutkuje wyłączeniem przełącznika i sygnalizacją

na wyjściu diagnostycznym.

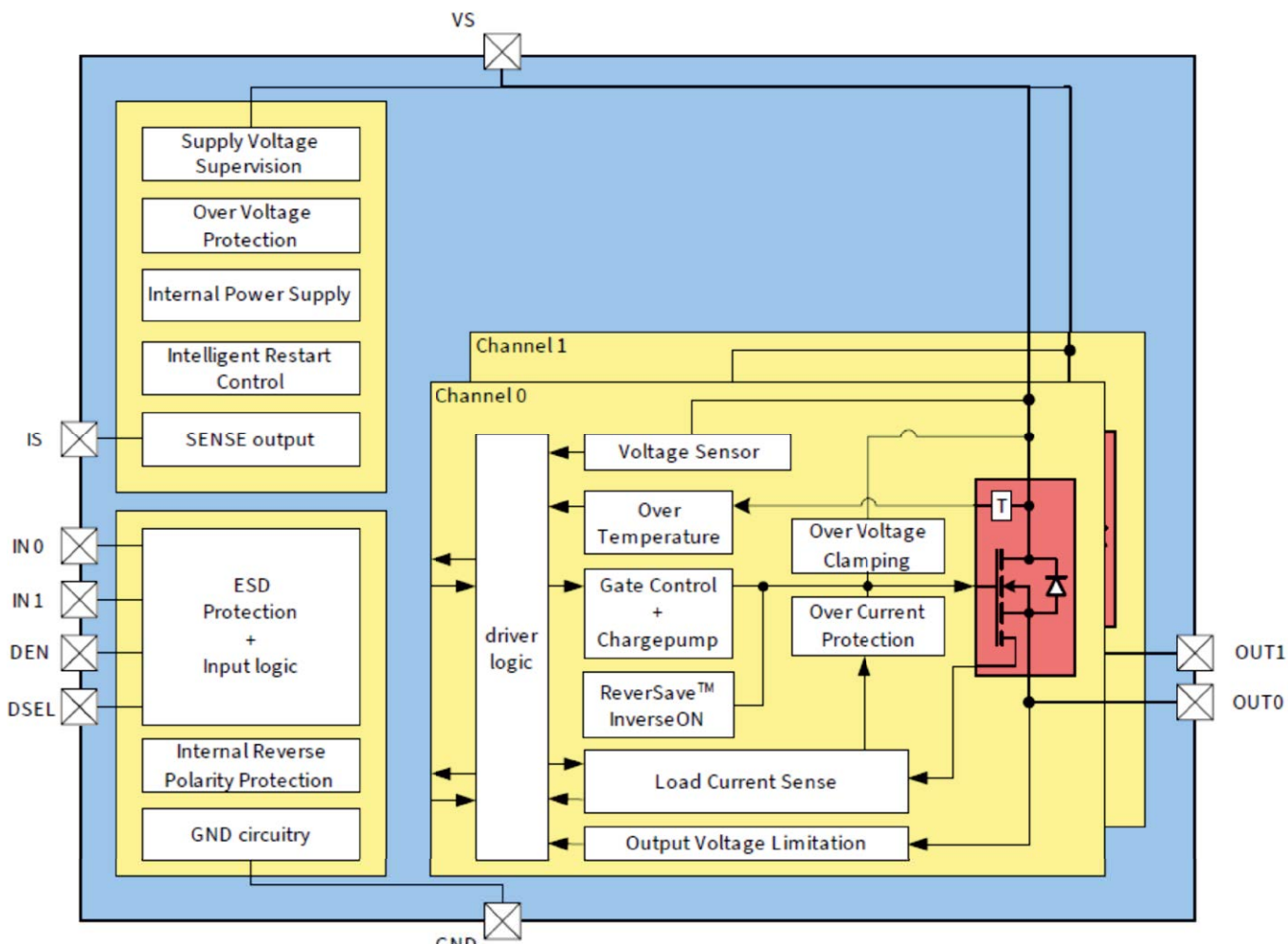
Uproszczony schemat aplikacyjny układu VN7003ALH przedstawia rysunek 3. Wyjście OUT jest zabezpieczone przed uszkodzeniem przez ujemne impulsy powstające podczas przełączania obciążeń indukcyjnych. W wypadku odwrotnego dołączenia napięcia zasilania żaden z wewnętrznych komponentów nie ulegnie uszkodzeniu, a ujemny prąd do obciążenia (maks. 38 A) będzie przepływał nie przez diodę podłożową, lecz przez uaktywniony tranzystor MOSFET. Dzięki



Rysunek 3. Schemat aplikacyjny układu VN7003ALH



Rysunek 4. Rodzina układów PROFET



Rysunek 5. Schemat blokowy przełącznika HS typu BTS7008-2EPA

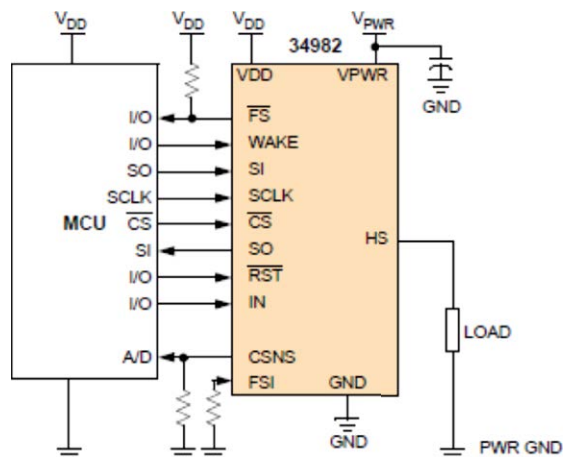
takiej samej wartości omowej nie należy spodziewać się wydzielania dodatkowej mocy w stosunku do pracy normalnej.

Dane diagnostyczne układu oraz stan obciążenia dostępne są na analogowym wyprowadzeniu CS. W stanie włączenia i prawidłowego działania przełącznika HS (włączając w to warunki przeciążenia) jest to czujnik obciążenia – wyjście źródła prądowego o wartości (typowo) 16450 razy mniejszej niż prąd wyjściowy. Wartość tego prądu może być łatwo przekształcona na napięcie i zmierzona, jak na **rysunku 3**. W razie zadziałania ogranicznika mocy (temperatury) jest to sygnalizowane przez przekształcenie wyjścia CS w źródło napięciowe o wartości min. 5 V z limitem prądu wyjściowego.

Sygnal kontrolny INPUT można doprowadzić w logice od 3 V lub 5 V. W stanie wyłączenia (Standby) układ pobiera z zasilania VCC prąd 0,5 μ A. Kombinacja sygnałów INPUT i FR_DIAG pozwala na zatrzaśnięcie wyjścia w stanie wyłączenia w razie sygnalizacji błędu, usunięcie tego zatrzaśnięcia, a także na wykrycie (w stanie wyłączenia INPUT=0) zwarcia obciążenia do szyny wejściowej VCC.

Ważnym graczem na polu przełączników HS jest Infineon. Rodzina układów PROFET dzieli się na szereg kategorii o różnorodnym przeznaczeniu, jak to pokazano na **rysunku 4**. „Najsilniejszy” przedstawiciel tej rodziny to BTS50010-1TAD z kategorii „Power”. Wewnętrzny schemat funkcjonalny jest podobny do wyżej opisanych przełączników, a cechy wyróżniające to: bardzo mała rezystancja RON=1 m Ω , prąd pracy do 80 A z ogranicznikiem prądu zwarcia rzędu 200 A, duża dokładność czujnika prądu obciążenia oraz odporność na odwrotne podłączenie zasilania.

Układy z kategorii PROFET™+2 w porównaniu do innych produktów charakteryzuje bardzo dobry stosunek rezystancji RON do wielkości obudowy. Dwukanałowy przełącznik BTS7008-2EPA mieści się w 14-pinowej obudowie o wymiarach 4,9 mm×3,9 mm (odstęp

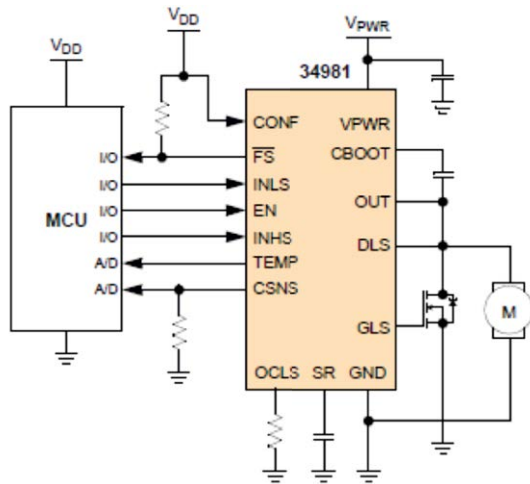


Rysunek 6. Schemat aplikacyjny układu MC34982

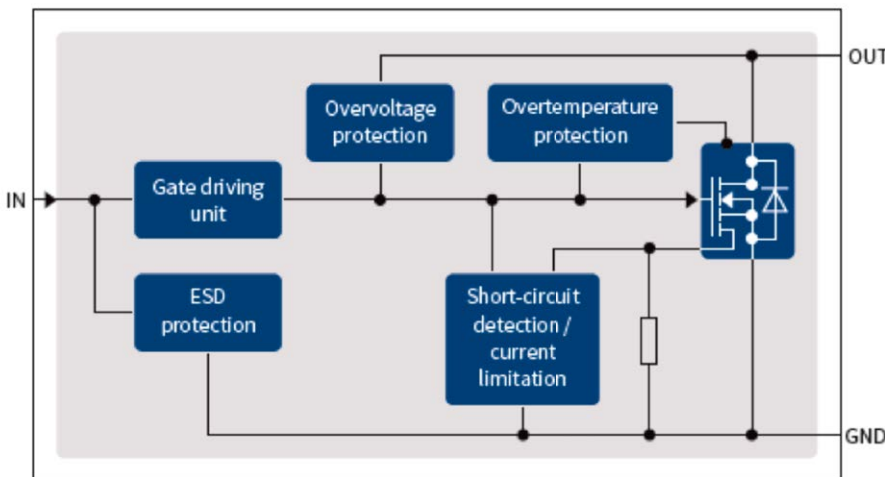
wyprowadzeń 0,65 mm, pole do odprowadzania ciepła przez warstwy miedzi). W stosunku do typowej obudowy DPAK zajmowana powierzchnia jest o 50% mniejsza. Układ przełącznika wyposażono w bloki diagnostyki i zabezpieczeń. Przy rezystancji RON=8 m Ω prąd nominalny każdego z kanałów to 7,5 A (**rysunek 5**).

Przełączniki HS w zastosowaniach przemysłowych często wymagają większego napięcia zasilającego. Układ IPS4200S ma zakres napięcia pracy 6...52 V z zabezpieczeniem nadnapięciowym 62 V. Może przełączać przekaźniki oraz wszelkiego typu obciążenia rezystancyjne, indukcyjne i pojemnościowe o nominalnym prądzie do 1,2 A. Ma typowe zabezpieczenia i diagnostykę, mieści się w obudowie SO-8.

SMARTMOS to nazwa rodziny kolejnego producenta przełączników HS, jakim jest NXP. W ofercie są układy od jedno- do pięciokanałowych,



Rysunek 7. Schemat aplikacyjny układu MC34981



Rysunek 8. Schemat blokowy przełącznika LS typu BTS3035TF

ze względu na bogatą funkcjonalność i dużą liczbę wyprowadzeń, są one oferowane w większych obudowach niż układy opisane poprzednio. Przykładowy układ typu MC34982 ma zakres napięcia pracy 6...27 V (maks. 41 V) oraz tranzystor MOSFET o rezystancji $R_{ON}=2\text{ m}\Omega$. Uproszczony schemat aplikacyjny układu pokazano na **rysunku 6**. Sterowanie, programowanie i diagnostyka przełącznika są przeprowadzane za pośrednictwem interfejsu szeregowego SPI, co daje dużą elastyczność w dostosowaniu parametrów pracy układu do konkretnej aplikacji. Przykładowo, ograniczenie prądowe można zaprogramować w zakresie 15...50 A z krokiem 5 A, a opóźnienie czasu wyłączenia 0...525 ms z krokiem 75 ms. Dla zapewnienia bezpiecznej pracy przełącznik ma wbudowany Watchdog (aktywowany wejściem WAKE) o programowalnym czasie 310...2500 ms. Istnieje możliwość pomiaru wartości prądu poprzez wyjście analogowe (CSNS). Poza możliwością pełnej kontroli układu przez interfejs SPI,

przełącznik ma możliwość bezpośredniej kontroli wyjścia HS poprzez wejście IN (PWM do 300 Hz) oraz detekcji prawidłowego działania poprzez wyjście diagnostyczne FS. Nietypowa obudowa PQFN ma wymiary 12 mm×12 mm.

Nieco podobny układ typu MC34981 pozbawiony jest interfejsu SPI, lecz w zamian charakteryzuje się dużą szybkością działania. Może być sterowany sygnałem o modulowanym współczynniku wypełnienia PWM do 60 kHz. Ciekawym rozwiązaniem jest możliwość podłączenia dodatkowego N-MOSFETA, aby utworzyć dodatkowy przełącznik od strony masy (typu LS). Umożliwia to użycie układu MC34981 np. do sterowania silnikiem (**rysunek 7**).

Scalone przełączniki LS

Przełączniki mocy przełączane od strony masy (Switch low-side, LS) są teoretycznie łatwiejsze do wykonania oraz tańsze od porównywalnej mocy opisanych wyżej przełączników HS, jednak bardzo często koszt systemowy użycia tych drugich jest mniejszy. Wynika to z tego, że w systemach samochodowych i przemysłowych prawdopodobieństwo zwarcia do masy jest dużo większe, niż zwarcia do szyny zasilającej. Zabezpieczenie oraz okablowanie w przypadku odbiornika włączanego od strony zasilania jest łatwiejsze. Niemniej jednak inteligentne przełączniki LS mają ciągle swoje miejsce w urządzeniach o dużej mocy.

Nowa, skalowalna linia HIT-FET+ z Infineona zawiera przełączniki LS o rezystancji R_{ON} z zakresu 35...125 m Ω w standardowych obudowach TO252 oraz SO-8. Schemat blokowy układu LS typu BTS3035TF przedstawia **rysunek 8**. Jest on optymalizowany do zastosowań komunikacyjnych z szyną zasilającą 12 V, lecz może pracować do 31 V. Jest zabezpieczony

przed przepięciami na drenie tranzystora MOSFET możliwych w wyniku przełączania obciążeń indukcyjnych. Podukład zabezpieczenia zwarcia ogranicza prąd do wartości (typowo) 30 A aż do momentu zadziałania wyłącznika termicznego. Dla pewnego działania zabezpieczenia termicznego czujnik temperatury umieszczony jest wewnątrz struktury tranzystora wyjściowego. Mechanizm autostartu włączy ponownie przełącznik po spadku temperatury; wartość histerezy termicznej wynosi 15 K. Prąd pobierany w stanie wyłączenia to maksymalnie 0,6 Ω . Układ jest na tyle szybki, że może pracować w trybie PWM do częstotliwości ponad 20 kHz.

Podsumowując – stosowanie zintegrowanych przełączników HS i LS dużej mocy to skuteczny sposób rozwiązywania problemów konstrukcyjnych, zmniejszenia liczby komponentów, powierzchni płytki PCB, a także całkowitego kosztu projektu.

Mirosław Sadowski



Najlepszy Mobilny Adres w Sieci
<http://m.ep.com.pl>