

Sterowanie silnikami małej mocy

Można zaryzykować twierdzenie, że silnik elektryczny jest najczęściej stosowanym sposobem zamiany energii elektrycznej w mechaniczną. Jest używany do napędzania wentylatorów, serwo mechanizmów, układów wykonawczych, pojazdów, przenośników i innych urządzeń. Typowo, elektronik najczęściej ma do czynienia z silnikami o mocy najwyżej kilku, no może kilkuset wat, choć wśród nas są i osoby, które zajmują się napędami pojazdów, pompami czy urządzeniami przemysłowymi, wymagającymi sterowników o bardzo dużej mocy. Konstruując urządzenia elektroniczne wcześniej czy później napotkamy problem zasilania silnika elektrycznego – warto co nieco wiedzieć na temat gotowych rozwiązań, które oszczędzają czas i pieniądze.

Bodajże pierwszy silnik elektryczny został zademonstrowany przez Michaela Faradaya w 1821 r. Od tamtego czasu upłynęło blisko 200 lat, w trakcie których opracowano różne ich warianty oraz metody zasilania. Z tego powodu współcześnie dąży się przede wszystkim nie tylko do opracowywania nowych metod, ale do udoskonalenia już istniejących, uzyskania większej sprawności napędu i obniżenia jego ceny. Jest to w wielu sytuacjach powodem, dla którego silnika elektrycznego nie da się już traktować jako odrębnego urządzenia zasilanego „obojętnie jak”. Zwłaszcza w wypadku silnika elektrycznego typu BLDC, należy bardziej mówić o **zespole napędowym** tworzonym przez silnik i regulator jego obrotów (de facto pełniący w tym silniku rolę komutatora), niż odrębnie o każdym z tych komponentów.

Zasilanie silnika elektrycznego rodzi pewne problemy. Na przykład, najprostszą metodą regulowania prędkości obrotowej silnika szcztkowego zasilanego prądem stałym jest zmiana wielkości napięcia przyłożonego do jego zacisków, ale ze względu na straty mocy znacznie chętniej jest stosowano regulacja za pomocą PWM. Zasilanie uzwojeń silnika impulsami prostokątnymi powoduje indukowanie się napięcia o przeciwnym zwrocie, które przedostając się do driverów wyjściowych może je uszkodzić. Oprócz tego, komutatorowy silnik prądu stałego obracając się również przerywa obwody swoich uzwojeń, co powoduje przepięcia.

Układy scalone do zasilania silników, tzw. drivery silników, zawierają nie tylko elementy sterujące, ale mają wbudowane zabezpieczenia przed prądem płynącym od strony silnika, zabezpieczenia przed przegrzaniem, przepięciem czy przeciążeniem itp. Jednym zdaniem – chronią nie tylko same siebie, ale również system nadrzędny, sterujący silnikiem. Gama spotykanych rozwiązań jest przeogromna – od nieskomplikowanych mostków H wbudowanych w strukturę układu aż do funkcjonalnych, pełnych rozwiązań np. umożliwiających kontrolowanie silnika krokowego czy też wejść dla czujników Halla, które pozwalają na stosowanie tzw. czujnikowej metody sterowania silnikiem. O prędkości obrotowej silnika decydują szerokość impulsów zasilających (PWM) oraz ich częstotliwość. Silniki bezszczotkowe prądu przemiennego (BLSM) i stałego (BLDC) są rozróżniane zgodnie z kryterium kształtu napięcia rotacji. W silnikach BLDC kształt napięcia rotacji jest trapezoidalny, a BLSM – sinusoidalny.

Silniki prądu przemiennego

Najlepszą metodą regulacji prędkości silnika prądu przemiennego jest zmiana częstotliwości napięcia zasilającego. Pozwala na regulowanie prędkości wirowania pola magnetycznego, co przekłada się na prędkość obrotową wirnika. Ta metoda ta pozwala płynne regulowanie obrotów w bardzo szerokim zakresie, a zastosowanie odpowiednich algorytmów umożliwia precyzyjne wpływanie na moment obrotowy, skuteczne hamowanie i miękki start.

Obroty silnika prądu przemiennego można też regulować w pewnym zakresie zmieniając napięcie zasilające, co zmienia poślizg rotora. Niestety, ten sposób regulacji pozwala na tylko nieznaczne podniesienie lub obniżenie prędkości obrotowej w stosunku do znamionowej, więc w efekcie, ta metoda praktycznie nie jest stosowana. Inną metodą jest zmiana rezystancji w wirnika, co też wpływa na poślizg. Pozwala to zachować stałą wartość maksymalnego momentu obrotowego oraz obniżyć prędkość obrotową aż do zatrzymania, poprzez zwiększanie rezystancji włączonej szeregowo w obwód wirnika. Niestety, z oczywistych względów, jest to metoda bardzo nieekonomiczna.

Zmianę szybkości obrotowej silnika prądu przemiennego można też uzyskać zwiększając lub zmniejszając liczbę par biegunów magnetycznych. Włączanie i wyłączanie dodatkowych obwodów powoduje skokową zmianę prędkości obrotowej i nie umożliwia regulacji ciągłej. Problemem może być też fakt, że technikę tę da się zastosować tylko w silnikach klatkowych, gdyż liczby par biegunów w wirniku i stojanie muszą sobie odpowiadać. W przypadku silnika z wirnikiem pierścieniowym zastosowanie tej metody byłoby bardzo trudne.

Sterowanie wektorowe

Najlepsze rezultaty pod względem energooszczędności i precyzji działania można uzyskać w silnikach trójfazowych sterowanych wektorowo. Falownik dostosowuje swoją pracę do aktualnego stanu silnika – panujących w nim sił i prędkości. Aby to było możliwe konieczne jest zastosowanie odpowiedniego układu przetwarzającego dane, który pozwoliłby na wystarczającą szybkością reagować na zmieniające się warunki pracy urządzenia. Ważny jest też sam algorytm, a przykładem najbardziej popularnego jest sterowanie zorientowane polowo (Field Oriented Control – FOC). Metoda ta pozwala praktycznie niezależnie sterować momentem obrotowym i szybkością obrotową. Dzięki temu możliwe jest nawet osiągnięcie momentu obrotowego większego niż znamionowy.

Silniki prądu stałego

Mówiąc o silniku prądu stałego najczęściej mamy na myśli silnik szcztkowy. Układy sterujące takimi silnikami najczęściej robią to na dwa sposoby. Pierwszy jest bardzo oczywisty – to po prostu zmiana wartości napięcia przyłożonego do zacisków silnika. Drugim sposobem jest zmiana wypełnienia przebiegu doprowadzonego do zacisków – im większe wypełnienie, tym większa prędkość obrotowa. W jednym i w drugim wypadku trzeba zadbać o przepięcia indukowane przy komutowaniu silnika. Niekiedy będziemy też mieli do czynienia z iskrzeniem komutatora, generującym zaburzenia EMI w bardzo szerokim widmie częstotliwości. Dlatego też – pomimo skomplikowanego sposobu sterowania – ogromną popularnością cieszą się silniki bezszczotkowe, w których rolę komutatora pełni specjalny układ regulatora obrotów, niekiedy zwany ESC.

Typowo, w silniki BLDC wirnik zbudowany z magnesów trwałych obraca się w polu generowanym przez uzwojenia rozmieszczone dookoła niego. Uzwojenia mogą być połączone w trójkąt lub w gwiazdę, a sam silnik jest charakteryzowany przez tzw. zęby i liczbę biegunów.. Najczęściej są stosowane silniki 3-fazowe ze względu na kompromis obejmujący umiarkowaną cenę sterownika silnika przy jednocześnie dobrych parametrach zespołu napędowego. aby zminimalizować tętnienia, na każdą z faz tworzy się po kilka odpowiednio umieszczonych uzwojeń. Warto dodać, że istnieją dwa warianty uzwojeń statora: trapezoidalne

i sinusoidalne, które różnią się charakterystyką powstających przeciwrotnych sił elektromotorycznych.

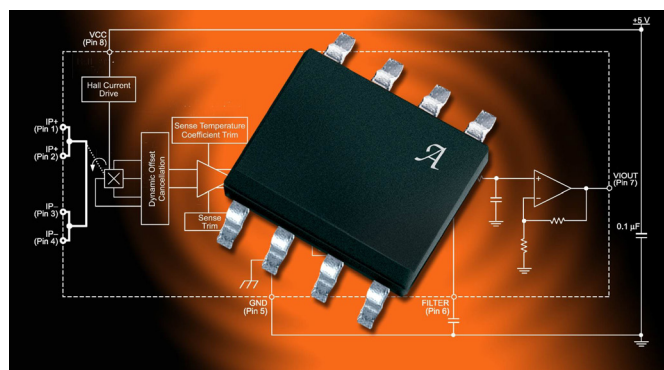
Klasyczne sterowanie silnikiem BLDC polega na zastosowaniu modulacji PWM wpływającej na kluczkowanie tyłu półmostków, ile jest faz zasilania. Przy zerowym wypełnieniu silnik nie jest napędzany. W miarę wzrostu współczynnika silnik nabiera obrotów aż do wymaganej szybkości lub docelowego momentu obrotowego. Straty w obwodzie sterowania PWM powstają głównie na rezystancji przewodzenia przełączających MOSFET-ów i diod zwrotnych, a sprawność układu osiąga 80 do 95%. Optymalna szybkość przełączania zależy od bezwładności silnika, indukcyjności jego uzwojeń i konkretnej aplikacji. Ogólnie rzecz ujmując, im częstotliwość PWM większa, tym większe są też straty. Niestety, zmniejszanie częstotliwości ogranicza zdolność precyzyjnego sterowania silnikiem.

Dawniej, do konstrukcji układu sterowania silnikiem bezszczotkowym stosowano głównie niezależne komponenty łącząc je ze sobą w osobne sterowniki bramek, zazwyczaj z sześcioma MOSFETami. Obecnie znacznie bardziej praktycznym rozwiązaniem wydaje się użycie scalonego sterownika lub wykorzystanie funkcji mikrokontrolera.

Praca układu sterującego może być oparta o czujniki Halla, które dostarczają informacji na temat aktualnej pozycji wirnika i pozwalają na zapewnienie synchronizacji. Wielu producentów silników BLDC wyposaża je w trzy czujniki Halla, każdy dostarczający w czasie wirowania stany wysokie i niskie. Czujniki te są rozmieszczone w wirniku zgodnie kątowo z polami trzech uzwojeń stojana. Takie rozwiązanie zapewnia możliwość regulowania obrotów silnika BLDC w szerokim zakresie.

W mniej wymagających rozwiązaniach stosuje się sterowanie bezczujnikowe, które wymaga doprowadzenia sprzężenia zwrotnego z uzwojeń silnika. Bezczujnikowa metoda sterowania silnikiem jest bardzo dobrze opisana w nocie aplikacyjnej firmy Microchip AN1160, w której to jednocześnie wyjaśniono, dlaczego do aplikacji tego typu warto zastosować mikrokontroler wyposażony w jednostkę wspomagającą cyfrowe przetwarzanie sygnałów. W celu wyznaczenia położenia rotora sygnał docierający z każdej fazy silnika jest filtrowany cyfrowo. Zastosowanie mikrokontrolera z jednostką DSC (nazewnictwo Microchip) pozwala na wyeliminowanie konieczności budowania skomplikowanych dolnoprzepustowych filtrów analogowych, które są w stanie wyodrębnić zwrotny sygnał BEMF (napięcie generowane przez uzwojenie) oraz współpracujących z nimi komparatorów. Ponieważ w tej metodzie wykorzystuje się napięcie indukowane na uzwojeniach silnika, a z kolei ono silnie zależy od prędkości obrotowej, to nadaje się ona przede wszystkim do tych aplikacji, w których obraca się on ze stosunkowo dużą prędkością.

Drivery scalone do sterowania silnikami małej mocy

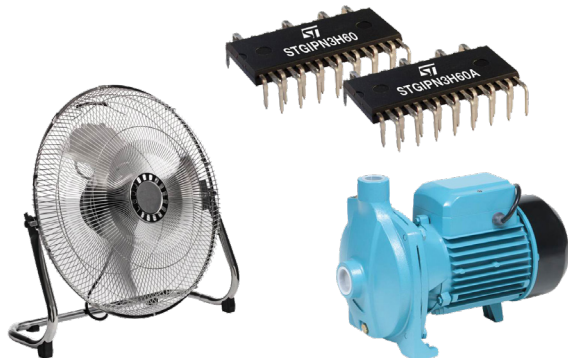


Allegro MicroSystems Firma jest jednym z wiodących, narzucających trendy, producentów układów scalonych mocy oraz czujników pola magnetycznego wykorzystujących zjawisko Halla. Oferuje wiele

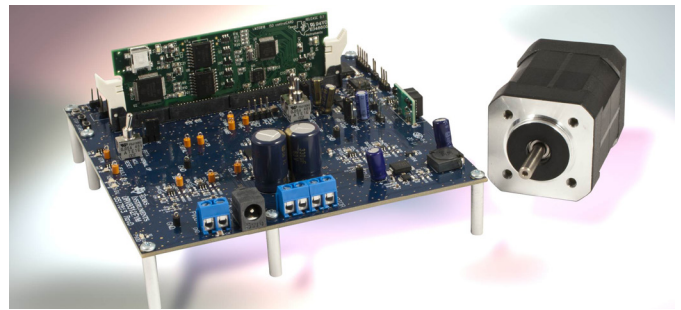
Tabela 1. Wybrane układy scalone driverów silników małej mocy firmy Allegro Microsystems

Typ układu	Skrócony opis	Napięcie zasilania silnika [V]	Prąd nominalny [A]
A4915		5...50 V	>10 A
A4931		8...38 V	1...10 A
A3935K	Driver silników DC	7...40 V	-
A4933K		7...50 V	-
A4935K		7...50 V	-
A3946K		7...60 V	-
A3930/31K		7...50 V	-
A4930		8...36 V	1...10 A
A4936	Driver BLDC. Komutacja z wykorzystaniem czujników	8...38 V	1...10 A
A4938		8...38 V	1...10 A
A3932		12...50 V	2...25 A
A3938		12...50 V	2...25 A
A3907	Driver BLDC. Komutacja bez użycia czujników.	2,3...5,5 V	102 mA
A3904		2,4...5,5 V	127 mA
A4941K		4,5...20 V	1,25 A
A4934		8...20 V	1,25 A
A4960K		7...50 V	-
A4910K		5,5...50 V	-
A4933K		7...50 V	-
A4942		8...16 V	1,45 A
A3901		2,5...5,5 V	400 mA
A3903		2,5...5,5 V	500 mA
A3908	Driver silników szczotkowych.	2,5 to 5,5	500 mA
A3906		2,5 to 9 V	1 A
A3918		2,5 to 9,1 V	1 A
A3921K		7...50 V	-
A4940K	Sterownik silników szczotkowych z wyjściowymi tranzystorami MOSFET.	5,5...50 V	-
A3941K		7...50 V	-
A3946		7...60 V	-
A4957		4,5...50 V	Wymaga st. mocy
A3968		Vcc...30 V	650 mA
A4950, A4950K	Zintegrowany kontroler silników szczotkowych.	8...40 V	3,5 A
A4952		8...40 V	2 A
A4953		8...40 V	2 A
A4973		5...50 V	1,5 A
A4954		8...40 V	2 A
A3949		8...36 V	2,8 A
A3950		8...36 V	2,8 A
A3959		9,5...50 V	3 A
A3998		9...50 V	1,5 A

gotowych rozwiązań przystosowanych do zasilania silników różnych typów. Wytwarzane przez nią układy scalone charakteryzują się: wyjściami o dużej obciążalności, szerokim zakresem temperatury pracy, wbudowanymi zabezpieczeniami przed przepięciami, przetężeniami, przegrzaniem. Skrócony wykaz układów scalonych z oferty Allegro MicroSystems zamieszczono w **tabeli 1**.



STMicroelectronics z rocznymi obrotami wynoszącymi ponad 10 mld dolarów jest największym producentem układów elektronicznych w Europie. Układy sterujące silnikami elektrycznymi są dobrze znane konstruktorom i Czytelnikom EP. Wspomnijmy chociaż bardzo rozpowszechniony w wielu konstrukcjach L298 – podwójny driver



zawierający dwa pełne mostki H. Firma ST od dawna dostarcza układy scalone dla przemysłu motoryzacyjnego. Zapewne dlatego oferowane przez nią komponenty, nawet w wykonaniu standardowym, charakteryzują się rozszerzonym zakresem temperatury pracy oraz bardzo dobrą odpornością na różne hazardy elektryczne. „Silnikowe” układy scalone produkcji STMicroelectronics zamieszczono w **tabeli 2**.

Texas Instruments Potencjał TI dodatkowo wzmocnił zakup National Semiconductor, kolejnego znanego producenta półprzewodników. Mnie osobiście sterowanie silnikiem z użyciem układów od TI kojarzy się przede wszystkim ze znakomitymi procesorami sygnałowymi. Niemniej jednak, sam procesor nie wystarczy, więc w ofercie tego producenta można znaleźć również liczne drivery silników niejako dopełniające ofertę. Drivery te wymieniono w **tabeli 3**.

Tabela 2. Wybrane sterowniki silników małej mocy produkowane przez firmę STMicroelectronics

Typ układu	Skrócony opis	Napięcie zasilania silnika [V]	Prąd nominalny [A]
L6235	PowerSPIN: driver 3-fazowego silnika bezszczotkowego DC	8...52 V	2,8
L293D	2×pełny mostek, diody tłumiące, zabezpieczenie termiczne, 4 kanały push-pull.	4,5...36 V	0,6
L6202	Pełnomostkowy driver DMOS	12...48 V	1,0
L6229Q	PowerSPIN: driver DMOS dla 3-fazowych silników bezszczotkowych DC.	8...52 V	1,4
L6219D-SA	Driver silników krokowych.	10...46 V	0,75
L6230	PowerSPIN: driver DMOS dla 3-fazowych silników bezszczotkowych DC.	8...52 V	1,4
L2293Q	Driver dwumostkowy z zabezpieczeniem przed przegrzaniem.	2,8...36 V	0,6
L6227Q	PowerSPIN: podwójny, dwumostkowy driver DMOS o prądzie regulowanym za pomocą PWM.	8...52 V	1,4
L6229	PowerSPIN: driver DMOS dla 3-fazowych, bezszczotkowych silników DC.	8...52 V	1,4
L6225	PowerSPIN: podwójny driver DMOS.	8...52 V	1,4
L6228	Podwójny driver DMOS z regulacją prądu za pomocą PWM i logiką sterującą.	8...52 V	1,4
L6205	PowerSPIN: podwójny driver pełnomostkowy DMOS.	8...52 V	2,8
L6206Q	PowerSPIN: podwójny driver pełnomostkowy DMOS.	8...52 V	2,5
L6207Q	PowerSPIN: podwójny driver pełnomostkowy DMOS.	8...52 V	2,8
L6201	Pełnomostkowy driver DMOS.	12...48 V	1,0
L6234	PowerSPIN: driver silników 3-fazowych.	7...52 V	2,8
L6258E	Uniwersalny driver silników.	12...40 V	2,0
L298	Podwójny driver pełnomostkowy.	4,5...36 V	2,0
L293B	4-kanałowy driver z wyjściami push-pull.	4,5...36 V	1,0
L293E	4-kanałowy driver z wyjściami push-pull.	4,5...36 V	1,0
L6226Q	PowerSPIN: podwójny, pełnomostkowy driver DMOS.	8...52 V	1,4
L6203	Driver pełnomostkowy DMOS.	12...48 V	1,0
L6206	PowerSPIN: podwójny, pełnomostkowy driver DMOS z funkcjami diagnostycznymi.	8...52 V	2,8
L6207	PowerSPIN: podwójny, pełnomostkowy driver DMOS z regulacją prądu obciążenia za pomocą PWM.	8...52 V	2,8
L6258	Uniwersalny driver DMOS dla silników.	12...36 V	2,0
L6235Q	PowerSPIN: driver DMOS dla 3-fazowych silników bezszczotkowych DC.	8...52 V	2,8
L6208Q	PowerSPIN: podwójny, pełnomostkowy sterownik DMOS.	8...52 V	2,8
L6226	PowerSPIN: podwójny, pełnomostkowy driver DMOS z funkcjami diagnostycznymi.	8...52 V	1,4
L6227	PowerSPIN: podwójny, pełnomostkowy driver DMOS z regulacją prądu za pomocą PWM.	8...52 V	1,4

Tabela 3. Wybrane drivery silników małej mocy firmy Texas Instruments

Typ układu	Opis skrócony	Napięcie zasilania silnika [V]	Prąd nominalny [A]
DRV8844-5A	Driver silnika szczotkowego.	8,0...60,0	3,5
DRV8312-6.5A	Driver 3-fazowego silnika bezszczotkowego z zabezpieczeniem przed przeciążeniem.	0...52,5	3,5
DRV8332-13A	Driver 3-fazowego silnika bezszczotkowego z zabezpieczeniem przed przeciążeniem.	0...52,5	8,0
DRV8412-6A	Podwójny driver silnika szczotkowego lub pojedynczy silnika krokowego.	0...52,5	3,0
DRV8432-12A	Podwójny driver silnika szczotkowego lub pojedynczy silnika krokowego.	0...52,5	7,0
DRV8802-1.6A	Podwójny driver silnika szczotkowego z zabezpieczeniem przed przeciążeniem.	8,0...45,0	1,1
DRV8812-1.6A	Driver bipolarnego silnika krokowego z możliwością wyboru 4 prądów wyjściowych.	8,2...45,0	1,1
DRV8813-2.5A	Driver bipolarnego silnika krokowego z możliwością wyboru 4 prądów wyjściowych.	8,2...45,0	1,75
DRV8814-2.5A	Podwójny driver silnika szczotkowego z zabezpieczeniem przed przeciążeniem.	8...45,0	1,7
DRV8840-5A	Driver silnika szczotkowego z zabezpieczeniem przed przeciążeniem.	8...45,0	3,5
DRV8841-2.5A	Podwójny driver silnika szczotkowego.	8,2...45,0	1,75
DRV8842-5A	Driver silnika szczotkowego.	8,2...45,0	3,5
DRV8843-2.5A	Podwójny driver silnika szczotkowego.	8,2...45,0	1,75
DRV8800-2.8A	Driver silnika szczotkowego.	8,0...36,0	2,0
DRV8801-2.8A	Driver silnika szczotkowego z funkcją pomiaru prądu.	8,0...36,0	2,0
DRV8801-Q1-2.8A	Driver silnika szczotkowego z funkcją pomiaru prądu w wykonaniu dla przemysłu motoryzacyjnego.	8,0...36,0	2,0
DRV8823-1.5A	Poczwórny driver silników szczotkowych.	8,0...32,0	1,0
DRV8823-Q1-1.5A	Poczwórny driver silników szczotkowych w wykonaniu dla przemysłu motoryzacyjnego	8,0...32,0	1,0
DRV777	7-bitowy, zintegrowany driver silników i przekaźników.	5,0...20,0	1,0
DRV8835-1.5A	Pojedynczy/podwójny driver silników szczotkowych.	2,0...11,0	1,5
DRV8837-1.8A	Driver niskonapięciowych silników szczotkowych.	1,8...11,0	1,8
DRV8833-2A	Podwójny driver niskonapięciowych silników szczotkowych.	2,7...10,8	1,5
DRV8836-1.5A	Niskonapięciowy driver jednego/dwóch silników szczotkowych.	2,0...7,0	1,5
DRV8830-1A	Niskonapięciowy driver silników szczotkowych z regulacją prędkości obrotowej.	2,75...6,8	1,0
DRV8832-1A	Niskonapięciowy driver silników szczotkowych z regulacją napięcia (kontrola za pomocą IN1/IN2).	2,75...6,8	1,0

Tabela 4. Drivery silników małej mocy firmy Toshiba Components

Typ układu	Skrócony opis	Napięcie zasilania silnika [V]	Prąd nominalny [A]
TB6549FG/PG	Drivery szczotkowych silników DC	10...30	3,5
TB6549HQ		10...30	4,5
TB6552FNG/FTG		2,5...13,5	0,8
TB6559FG		10...50	2,5
TB6561FG/NG		10...40	1,5
TB6568KQ		10...50	3,0
TB6569FG		10...50	4,5
TB6593FNG		2,5...15	1,2
TB6612FNG		2,5...15	1,2
TB6613FTG		2,5...5,5	0,6
TB6614FNG		2,5...15	1,2
TB62216FNG/FTG/FG		10...40	0,8
TB6617FNG		4,5...50	1,2
TB6640AFTG		4,5...40	1,0
TB6641FG		10...50	1,5
TB6642FG		10...50	1,5
TB6643KQ		10...50	1,5
TC78H600FNG/FTG		Do 18	1,0
TB62212FNG/FTAG	Driver uniwersalny	10...40	1,0

Toshiba Components Skrócony przegląd oferty firmy zamieszczono w tabeli 4. Po więcej szczegółów warto sięgnąć na stronę internetową. Dawniej główną przeszkodą w stosowaniu tych układów scalonych była trudność w ich zakupie, jednak teraz – w dobie dystrybutorów globalnych – nie powinno być z tym problemu.

ON Semiconductor Skrócony przegląd oferty firmy umieszczono w tabeli 5. Pełna ich lista obejmuje ponad 200 pozycji, w różnych obudowach, o różnych parametrach stopnia mocy, z różnymi kontrolerami zawartymi w strukturach poszczególnych układów scalonych, korzystając z jej strony internetowej (adres w tab. 5) oraz wygodnych narzędzi filtrujących.

Microchip Ten producent nie oferuje rozbudowanych, wyspecjalizowanych układów scalonych, ale uniwersalne mikrokontrolery, noty aplikacyjne i stopnie mocy. Dlatego, mimo iż jego oferta wygląda dosyć skromnie w tabeli 6, można bez większych trudności zbudować układ sterowania dowolnym silnikiem korzystając z driverów mocy i not aplikacyjnych, których wiele zamieszczono na stronie internetowej firmy. Co ważne, można tam znaleźć dokumentację opisującą działanie silnika od ogółów (np. jak działa silnik szczotkowy i jakie problemy można napotkać budując obwody jego zasilania) do szczegółów (którego mikrokontrolera użyć, jak wygląda jego aplikacja i gotowy program sterujący).

Jacek Bogusz, EP

Bibliografia:

- Marcin Karbowiczek „Regulowanie obrotów napędów elektrycznych”, EP 3/2013
- Grzegorz Michałowski „Sterowanie i regulacji w układach napędowych”, EP 3/2013

Tabela 5. Wybrane drivery silników małej mocy firmy ON Semiconductor

Typ układu	Skrócony opis	Napięcie zasilania silnika [V]	Prąd nominalny [A]
LB11650	Drivery silników szczotkowych DC.	8...30	1,5
LB11651		8...30	3
LB1641	Driver PWM, czujnik rezystancyjny.	5...18	1,6
LB1830MC		3...9	0,5
LB1843V		2,2...10,5	0,8
LB1930MC		2,2...11	1,0
LB1938FA		2,2...10	0,8
LB1941T		2,5...10,5	0,6
LV8011V		2...7,5	1
LV8013T		2...16	1,2
LV8018W		1,2...5,5	0,5
LV8019LP		3...8,4	1,2
LV8019V		3...8,4	1,2
LV8475LP		2,5...6	0,5
LV8400V		4...16	1,2
LV8401V		4...16	1,2
LV8417CS		2...12,6	1
LV8760T		9...38	3
LV8761V		9...38	3
LV8762T	9...38	1	
NCV7703B	5,5...40	3	
NCV7708B	5,1...40	1,8	
NCV7729	5...40	9,6	
STK681-300	Do 52	2,9	
STK681-310	Do 52	4,2	
STK681-320	Do 52	5,2	
STK681-332-E	Do 52	8,5	
STK681-352-E	Do 38	6,4	
TDA1085C	16...110	0,19	

Tabela 6. Wybrane drivery silników małej mocy firmy Microchip

Typ układu	Skrócony opis	Napięcie zasilające [V]	Prąd nominalny [A]
MTD6501C	Drivery silników bezszczotkowych.	2...14	0,8
MTD6501D		2...14	0,5
MTD6501G		2...14	0,8
MTD6502B		2...5,5	0,
MTD6505		2...5,5	0,75

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

teraz zawsze z Tobą w wersji mobilnej



ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

na facebook

<https://www.facebook.com/ElektronikaPraktyczna>

REKLAMA

m.ep.com.pl