

# Silniki krokowe od podstaw



## część 6 - właściwości i sterowniki

### Obwody prądu

Impulsowy sposób sterowania według idei z rysunku 49 wygląda bardzo obiecująco, jeśli chodzi o sprawność, należy jednak pamiętać, że w przerwach pomiędzy impulsami klucza S prąd w cewce musi płynąć, pomimo odłączenia napięcia. Wynika to z elementarnych właściwości cewki – indukcyjność nie lubi gwałtownych zmian prądu i reaguje na nie przepięciami, które próbują podtrzymać przepływ prądu.

Problem dotyczy nie tylko sterowania impulsowego według rysunku 49, ale także wszystkich prostszych układów sterujących, gdzie następuje wyłączenie prądu. W chwili przerywania obwodu prądu zawsze w indukcyjności uzwojeń powstają przepięcia, które przy niewłaściwie zaprojektowanym układzie mogą spowodować uszkodzenie tranzystorów sterujących. Aby wyeliminować takie ryzyko, trzeba przewidzieć i zapewnić obwody przepływu prądu cewki także po wyłączeniu tranzystora sterującego. Zazwyczaj realizują to dodatkowe diody.

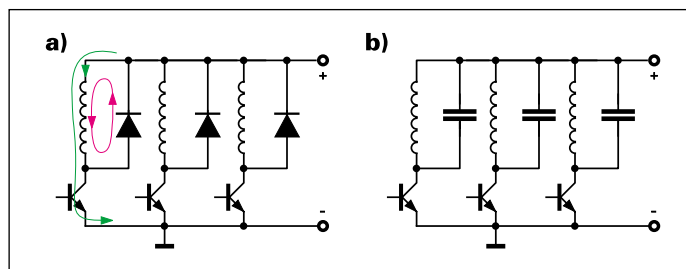
W przypadku silnika VR wystarczyłyby diody lub kondensatory według **rysunku 51**. Kolorem czerwonym zaznaczony jest obwód prądu po zatkaniu tranzystora.

Silnik unipolarny ma dzielone uzwojenie, które działa jak autotransformator. Jeśli na kolektorze wyłączającego się tranzystora pojawia się dodatni impuls przepięcia, to na kolektorze drugiego tranzystora (który np. przy sterowaniu półkrokowym pozostaje wyłączony) pojawia się impuls ujemny. Dlatego na schematach sterowników silników unipolarnych zazwyczaj znajduje się podwójna liczba diod według **rysunku 52a**. Zielona li-

nia pokazuje obwód prądu, gdy T1 jest otwarty. Gdy T1 zostaje zatkany (i T2 także nie przewodzi), energia zgromadzona w indukcyjności powoduje przepływ prądu w dwóch obwodach zaznaczonym kolorem czerwonym.

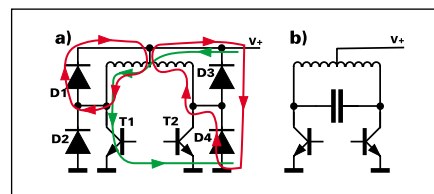
Można też zastosować kondensatory według **rysunku 52b**. W przypadku stosowania kondensatorów należałoby dobrać ich pojemność, żeby częstotliwość rezonansowa obwodu LC odpowiadała częstotliwości rezonansu mechanicznego. Zdecydowanie częściej stosuje się jednak sposób z diodami.

W przypadku tranzystorów MOSFET układ można uprościć, bo tranzystor ma w swej strukturze włączoną równolegle do obwodu źródło-dren. W przypadku stosowania dużych tranzystorów MOSFET do sterowania małych silników krokowych można też zwykle pominąć „górne” diody, jak pokazuje **rysunek 53**. Energia „dodatniego” impulsu jest mała, bo dzięki działaniu autotransformatora większość energii przepływa przez diodę „ujemną”. Energia „dodatnia” związana jest z indukcyjnością rozproszenia takiego autotransformatora. Jest ona niezbyt duża i może być pochłonięta przez zatykający się tranzystor



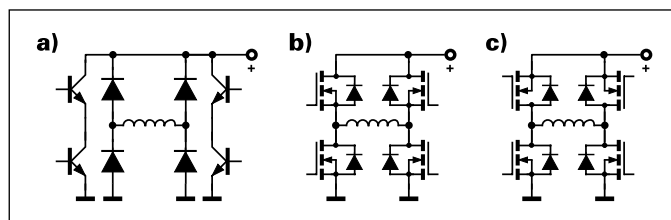
Rys. 51

Rys. 52



Rys. 53

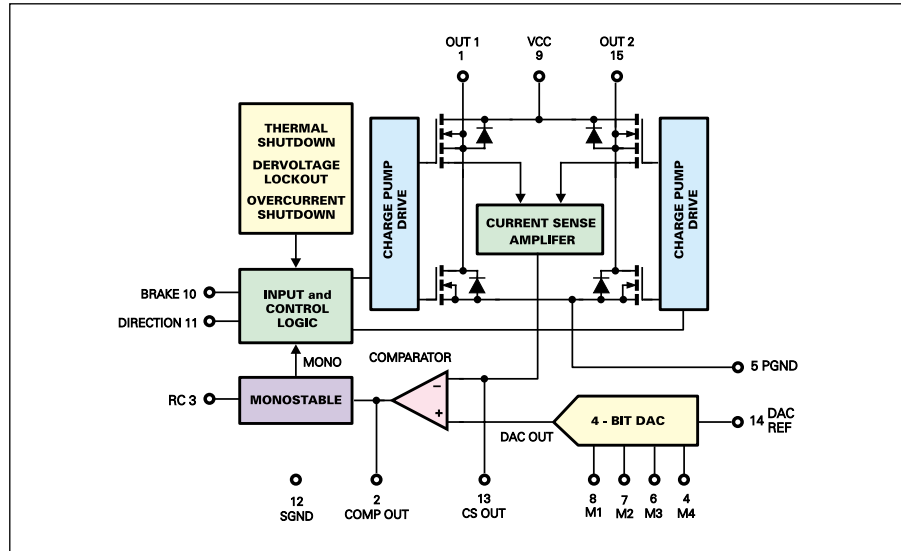
Rys. 54



Omawiany problem dotyczy też silników bipolarnych. Dlatego w układach sterowników mostkowych też występują dodatkowe diody według **rysunku 54a**. Choć silniki nie pracują przy dużych prędkościach obrotowych, nie zaszkodzi zastosowanie tu diod szybkich, a nie zwykłych prostowniczych. W przypadku tranzystorów MOSFET, zarówno z kanałem N, jak i P, problem zostaje rozwiązany przez wewnętrzne diody, jak pokazują **rysunki 54b, 54c**.

### Układy scalone

Produkowane są rozmaite układy scalone do sterowania silników krokowych. Można zakupić układy, które zawierają niemal kompletny sterownik z całą elektroniką sterującą i stopniem mocy. Są stopnie sterujące, wytwarzające potrzebne sekwencje impulsów. Dostępne są też same stopnie mocy, najczęściej zawierające dwa mostki potrzebne dla silników bipolarnych. W pierwszym odcinku cyklu (EdW 7/2002) był zaprezentowany układ ULN2803, który często jest stosowany do sterowania małych silników unipolarnych. Można też wykorzystać kostkę ULN2003, zawierającą nie osiem, tylko siedem stopni.



Rys. 57

Znanym od lat uniwersalnym stopniem mocy, produkowanym przez wiele firm, jest L298D. Schemat wewnętrzny pokazany jest na **rysunku 55**. Maksymalny prąd stopnia przy pracy impulsowej wynosi 1,2A, a maksymalne napięcie stopnia mocy sięga 50V. Wersja bez litery D (L298) nie zawiera diod zabezpieczających i trzeba takowe dołączyć z zewnątrz.

Na układ ten muszą być podane odpowiednie impulsy sterujące. Do ich wytworzenia można wykorzystać układ UC3517 (Unitrode) lub odpowiednik PBD3517/1 (Ericsson). Uproszczony schemat wewnętrzny pokazany jest na **rysunku 56**. Rozbudowane obwody wyjściowe umożliwiają różnorodne wykorzystanie. Układ '3517 może też bezpośrednio współpracować z małymi silnikami o prądzie do 0,5A.

Kostka, taktowana sygnałem prostokątnym podawanym na wejście STEP (nóżka 7), wytwarza potrzebne sygnały sterujące, zależnie od stanu wejść DIR (kierunek, nóżka 6) i HSM (praca pół-/pełnokrokowa, nóżka 10).

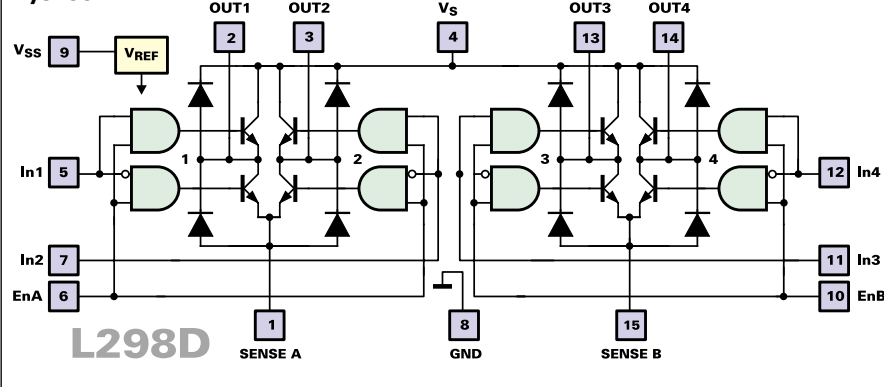
Układ '3517 może też sterować stopniem wykonawczym PBL3775/1 (Ericsson), zawierającym dwa kompletne mostki mocy. Kostka PBL3776 przeznaczona jest do sterowania mostków z zewnętrznymi tranzystorami mocy MOSFET. Pełny mostek MOSFET o prądzie maksymalnym 6A (w impulsie) oraz obwody sterujące i diagnostyczne zawiera też kostka TLE5205, produkowana przez Infineon (Siemens).

Jeden pełny mostek o prądzie 3A (6A w impulsie) i rozbudowane stopnie sterujące, pozwalające na pracę siekaną (chopper), zawiera układ LMD18245 (National Semiconductor). Schemat blokowy pokazany jest na **rysunku 57**. Układ IMT901 (Nanotec) zawiera stopnie mocy (2,5A w impulsie) i logikę sterującą, pozwalające w prosty sposób zrealizować także sterowanie mikro krokowe. Prędkość określa sygnał zegarowy podawany z zewnątrz. Układ sam wytwarza wszystkie przebiegi potrzebne do pracy mikro krokowej.

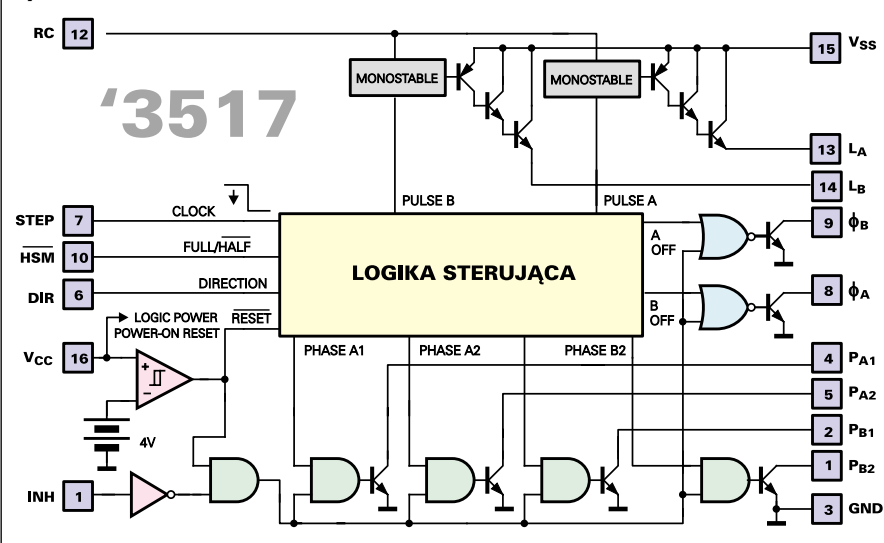
Szczegółowe omówienie tych i jeszcze innych interesujących układów wykracza poza ramy artykułu. Zainteresowani tematem zechcą samodzielnie przeanalizować karty katalogowe, które można też ściągnąć z polskiej strony [www.wobit.com.pl](http://www.wobit.com.pl)

Ciąg dalszy na stronie 26.

Rys. 55



Rys. 56



Ciąg dalszy ze strony 23.

### Piękno silników krokowych

Pierwszy artykuł kończącego się właśnie cyklu udowodnił, że silniki krokowe można sterować w bardzo prosty sposób za pomocą czterech MOSFET-ów i dwóch układów scalonych kosztujących w detalu złotówkę. Kolejne odcinki pokazały, że można w pełni wykorzystać możliwości tych interesujących silników, stosując zaawansowane sposoby sterowania.

Obecnie coraz częściej stosuje się silniki bipolarne – lepiej wykorzystane są wtedy możliwości silnika, a koszt scalonych sterowników i tak jest znacznie mniejszy od ceny silnika hybrydowego. Często przy sterowaniu bipolarnym można zastosować mniejszy i tańszy silnik. Wtedy różnica cen większego i mniej-

szego silnika pokrywa koszt bardziej skomplikowanego sterownika. Warto przypomnieć, że podczas pracy silnik krokowy może być bardzo gorący. Temperatura uzwojeń nie powinna przekroczyć +130°C, co oznacza, że metalowa obudowa silnika może mieć +90°C. Ponieważ maksymalna moc silnika ograniczona jest przez temperaturę uzwojeń, można i warto zastosować radiator chłodzący, co pozwoli wykorzystać mniejszy i znacznie tańszy silnik.

Warto dodać, że tylko w nielicznych przypadkach zachodzi potrzeba dogłębnej analizy wszystkich niuansów tego obszernego zagadnienia. Profesjonalny konstruktor, mając przed sobą cel, określa warunki pracy silnika i dobiera z szerokiej oferty rynkowej zarówno silnik, jak i obwody sterowania. Uwzględnia wszystkie czynniki, a celem jest zaprojektowanie możliwie taniego systemu, spełniającego podane wymagania.

Hobbysta zazwyczaj jest w innej sytuacji. Najczęściej wykorzystuje silniki z odzysku, a sterowniki wykonuje, wykorzystując stosunkowo proste sposoby i układy (silnik unipolarny, sterowanie półkrokowe).

Informacje podane w kolejnych częściach cyklu zawierają wszystkie kluczowe kwestie związane z silnikami krokowymi. Ale siłą rzeczy nie obejmują wszystkich szczegółów. Czytelnicy zainteresowani dalszymi informacjami zechcą samodzielnie przeanalizować poszczególne rozwiązania sterowników. Pomocą będą obfite zasoby Internetu. Można zacząć od polskojęzycznej strony [www.silniki.pl](http://www.silniki.pl) i wspomnianej strony firmy Wobit.

Przy dalszych poszukiwaniach warto wpisać do wyszukiwarki „silnik\* krokow\*” oraz „stepper moto\*”.

**Leszek Potocki**