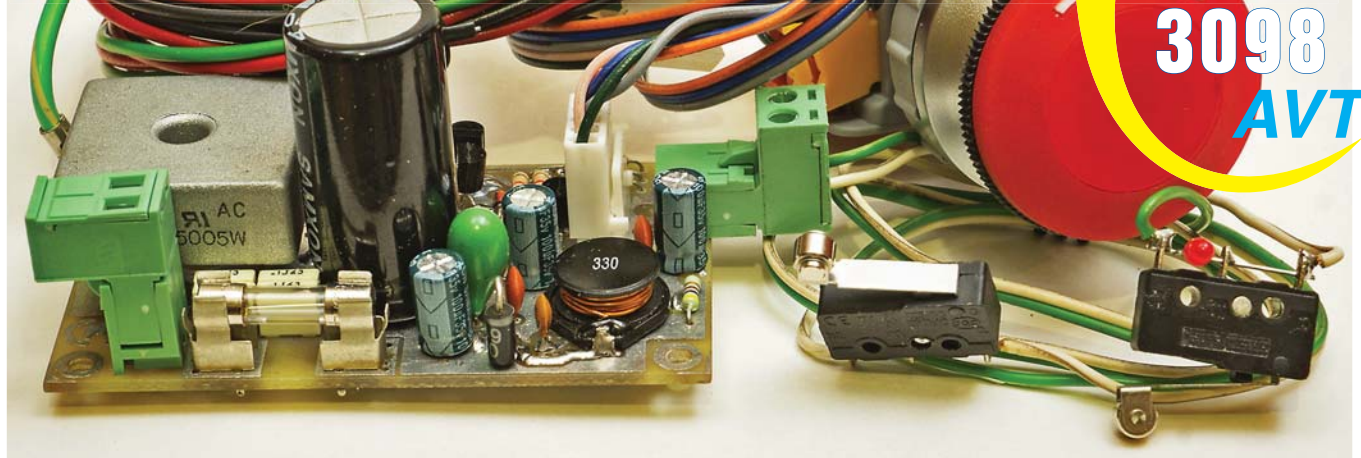


# Zasilacz mikrosterowników silników krokowych



**Układ eliminuje „niewygoda” konieczność zasilania dwoma napięciami prezentowanego w EdW 9/2013 mikrosterownika silników krokowych. Zapewnia zasilanie do czterech mikrosterowników i współpracującej z nimi części mikroprocesorowej.**

## Do czego to służy?

Układ jest modulem zasilającym przeznaczonym do wykorzystania w amatorskich urządzeniach (np. sterowniki CNC) opartych na mikrosterownikach silników krokowych AVT-3071. Zaletą jest możliwość zastosowanie transformatora o jednym uzwojeniu wtórnym. Jest to możliwe dzięki użyciu przetwornicy impulsowej w celu uzyskania napięcia +5V zasilającego logikę. Gdy istnieje potrzeba monitorowania „obszaru roboczego”, przewidziano obwody przydatne do realizacji czujników krańcowych (10mA pętla prądowa).

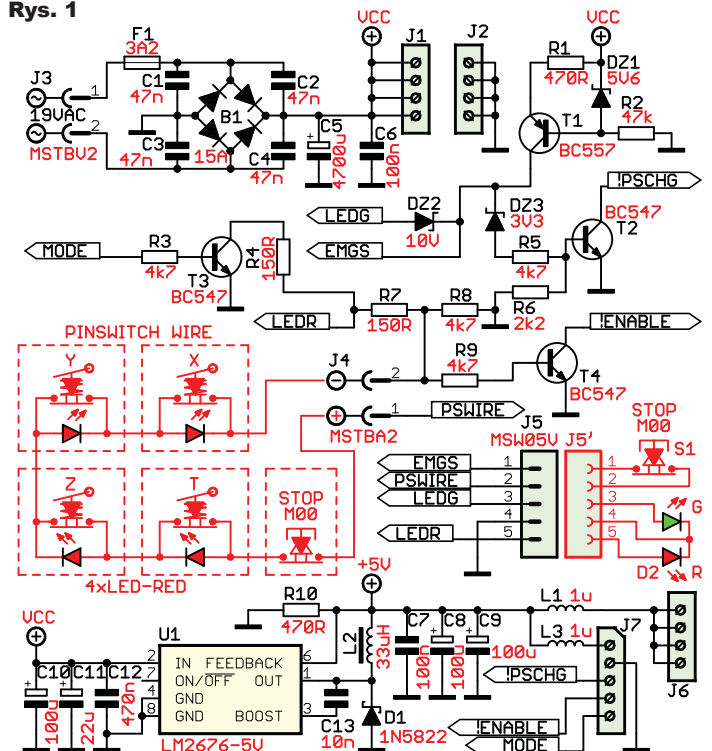
## Jak to działa?

Na **rysunku 1** przedstawiono schemat ideowy. Klasyczny zasilacz niestabilizowany z prostownikiem dwupółkowym oparty na elementach F1, B1, C1...C6 zapewnia zasilanie części mocy mikrosterowników (VCC). Napięcie przeznaczone do zasilania logiki (+5V) uzyskiwane jest z przetwornicy sterowanej kontrolerem U1 (LM2676-5.0) o ustalonym przez producenta napięciu wyjściowym, która pracuje w typowej konfiguracji obniżającej. Na pojedynczy cykl pracy przetwornicy składają się dwa stany klucza ( tranzystor MOSFET) zawartego w strukturze U1.

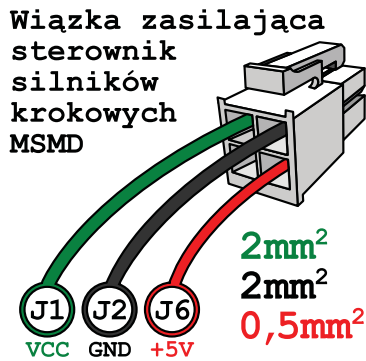
Otwarcie klucza powoduje gromadzenie energii w polu magnetycznym dławika L2 i przekazywanie jej do obciążenia. Po zamknięciu klucza wytworzona na L2 różnica potencjałów polaryzuje w kierunku przewodzenia diodę usprawniającą D1, zapewniając ciągłość przepływu prądu do obciążenia i cykl się powtarza. Przy wartościach elementów jak na schemacie, przetwornica pracuje w tzw. trybie ciągłym. Oznacza to, że wartość prądu płynącego przez L2 w trakcie cyklu nie spada do zera. Kontroler U1 tak reguluje wypełnienie przebiegu PWM (czasy otwarcia/zamknięcia klucza), aby po jego uśrednieniu filtrem opartym na elementach L2, C7...C9 na wejściu wzmacniacza błęd FEEDBACK U1(6) dołączonego do wyjścia przetwornicy, napięcie było jak najbardziej zbliżone do +5V. Kondensator C13 skracza czas przełączania klucza, co przekłada się na

poprawę sprawności przetwornicy. Stosunkowo wysoka częstotliwość kluczenia (typowo 260kHz) korzystnie wpływa na gabaryty zastosowanego dławika (mniejsza indukcyjność), mniejsza jest też wymagana pojemność kondensatorów „wyjściowych”. Sprawność przetwornicy osiąga wartość powyżej 80%, a straty ciepłe powstają głównie w momencie przełączania klucza, w jego rezystancji  $R_{DS(ON)}$  i w rezystancji parazytywnej L2.

**Rys. 1**

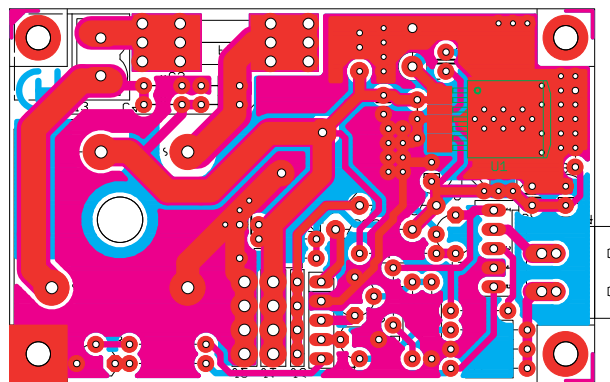
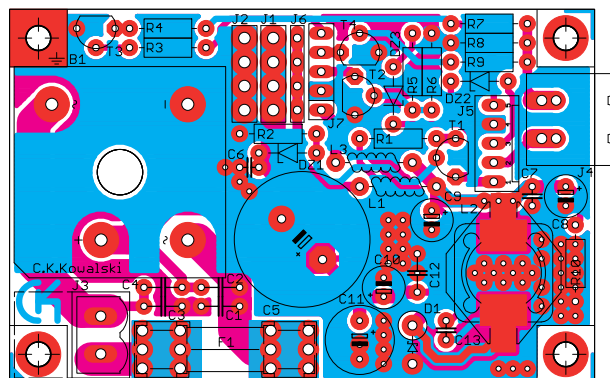
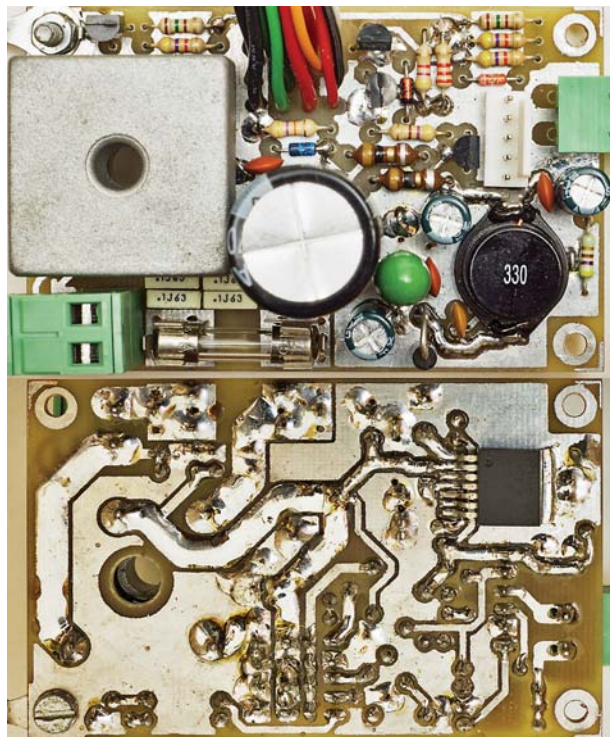


Straty na D1 są zależne od jej  $V_f$ . Zastosowane przy U1 kondensatory C8...C11 powinny charakteryzować się niską wartością ESR. Mimo że wydajność prądowa przetwornicy to około 3A, to maksymalną wartość prądów, jakie mogą wypływać z wyjść J6, J7, wyznacza obciążalność prądowa dławików L1, L3, których rolą jest separacja obwodu zasilania logiki sterowników (J6) od zasilania mikrokontrolera sterującego (J7). Rezystor R10 zapewnia wstępne obciążenie przetwornicy (10mA) wymagane, gdy różnica napięć między jej wejściem a wyjściem jest większa niż 10V. Pozostałe elementy realizują „nieobowiązkowy” obwód monitorowania „obszaru roboczego”. Prąd ze źródła prądowego o wydajności około 10mA zrealizowanego na elementach T1, DZ1, R1, R2 płynie przez pętlę szeregowo łączonych czujników krańcowych, która jest dołączona do złącza J4. Przewidziano dwa rodzaje czujników: Czujnik „miękki” składający się z włącznika normalnie zwartego (NC) i połączonej równolegle czerwonej LED i czujnik „twardy”, włącznik (NC). Pierwszy rodzaj czujnika jest przeznaczony do kalibracji (punktu startowego), a drugi do awaryjnego sprzętowego zatrzymania (w G-Code funkcja M00). Zastosowanie pętli prądowej ma ceną zaletę, jaką jest stosunkowo duża odporność na zakłócenia. Wyjście !ENABLE jest sprzętowym zabezpieczeniem wyłączającym sterowniki silników (oraz inne układy wykonawcze) w sytuacjach awaryjnych z pomięciem mikrokontrolera (którego czas reakcji może być dłuższy). Gdy pętla czujników krańcowych nie jest podłączona lub przerwana (rozwarły „twardy” czujnik lub awaria), prąd płynie przez DZ2 i zieloną strukturę dołączonej do złącza J5 dwustrukturalnej LED D2. Tranzystor T4 jest zatłoczony i na wyjściu !ENABLE jest stan wysokiej impedancji. Gdy pętla czujników jest podłączona, napięcie na kolektorze T1 jest wyznaczane spadkiem napięcia na R7 i  $V_f$  czerwonej struktury D2 (około +3V). Wartość napięcia jest sporo mniejsza od sumy napięć  $V_z$  DZ2 i  $V_f$  D2(G) (około +13V) i LED D2 świeci kolorem czerwonym. T4 zostaje nasycony i na wyjściu !ENABLE jest stan L. Wyjście !ENABLE będzie w stanie wysokiej impedancji, gdy nastąpi zwarcie przewodów pętli do masy (przy zwartych przełącznikach) i w konsekwencji wyłączone zostaną układy wykonawcze. Stan na wyjściu OC !PSCHG informuje o wystąpieniu zmiany w pętli czujników (naruszenia dowolnego czujnika).



Rys. 3

Gdy wszystkie przełączniki są zwarte, na wyjściu jest stan wysokiej impedancji. Rozwarcie „miękkiego” czujnika spowoduje zwiększenie napięcia na kolektorze T1 (+3V) o  $V_f$  LED czujnika. Czerwona LED naruszonego czujnika zostanie zaświecona. DZ3 zaczyna przewodzić, nasycając T2 i !PSCHG jest w stanie L. Oczywiście stan L pojawia się również, gdy rozwarły zostanie „twardy” czujnik lub pętla zostanie przerwana. Mimo że takie rozwiązanie nie zapewnia bezpośrednio identyfikacji osi, w której nastąpiło naruszenie czujnika, to od strony „okablowania” jest to minimalistyczne rozwiązanie (dwa przewody). Identyfikację naruszonego czujnika na podstawie informacji, który silnik się obracał i w którą stronę, powinien zapewnić mikrokontroler. Jeżeli w tym samym momencie zostanie naruszonych więcej niż jeden czujnik, nie stanowi to problemu, ponieważ taka sytuacja wystąpi jedynie podczas wykonywania programu sterującego z koordynatami spoza zakresu wartości roboczych. Oznacza to błąd i zatrzymanie procesu (M00). Przy kalibracji należy zadbać jedynie o to, aby kalibracja każdej z osi była przeprowadzana pojedynczo. Gdy współpracujący system mikroprocesorowy ma wejścia niezależne dla końcówek dla każdej z osi, to dla każdej z osi można włączyć w pętlę stosowną do potrzeb liczbę włączników „twardych”, uzyskując sprzętowe zabezpieczenie przed „wyjazdem” jednostki roboczej (np. wrzeciono, laser) poza obszar roboczy. Układ pętli czujników pracuje poprawnie



Rys. 2

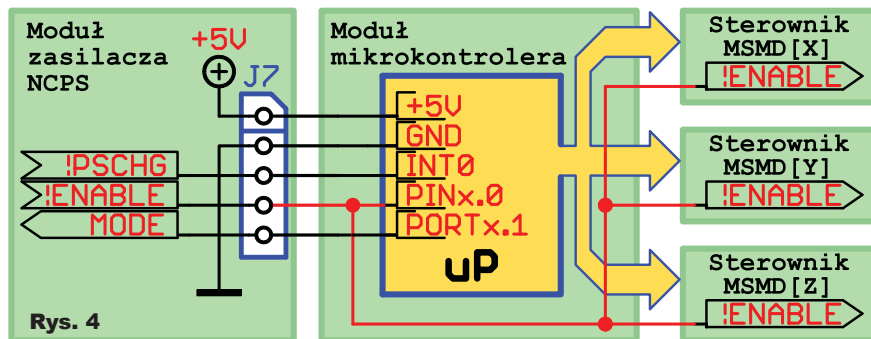
w zakresie napięć VCC +18...+32V. Liczba czujników „miękkich” w pętli dowolna, byle tylko nie było możliwości jednoczesnego rozwarcia więcej niż czterech czujników (zaświecenia czterech diod czujników). Sterowany z wejścia MODE tranzystor T3, wraz z rezystorami R3, R4, umożliwia sygnalizację błyskową (np. trybu pracy) przez wyłączanie świe-



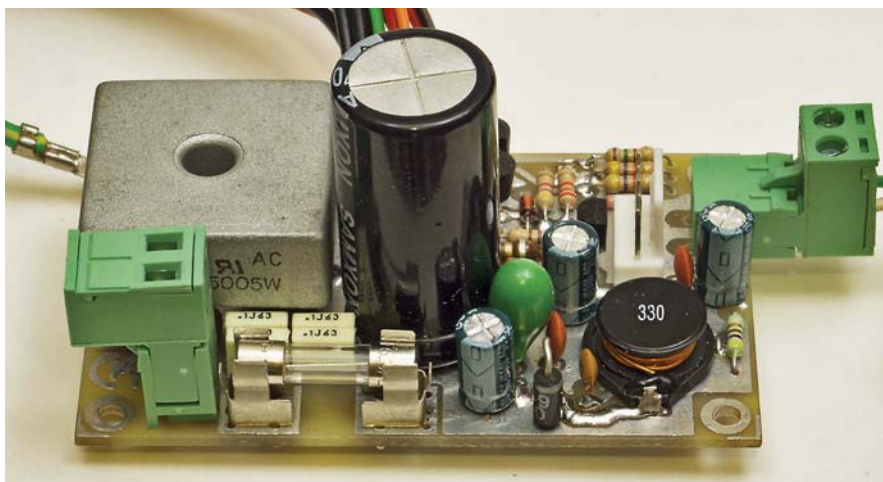
cenia czerwonej struktury LED D2 przez zwieranie jej do masy.

## Montaż i uruchomienie

Dwuwarstwowy obwód drukowany widoczny jest na rysunku 2. Po sprawdzeniu PCB na występowanie zwarc i pęknięć można przystąpić do montażu. Choć kolejność montażu elementów jest dowolna, to warto lutować i uruchamiać poszczególne bloki. Kolejno: zasilacz VCC, przetwornica +5V i jeżeli będą wykorzystywane obwody pętli czujników. PCB umożliwia zamontowania dławika L2 w jednym z dwóch wariantów obudowy. Aby zapewnić poprawność działania niezależnie od wahań napięcia sieciowego, transformator zasilający powinien zapewnić napięcie około ~19V (moc transformatora powinna być większa od przewidywanej mocy obciążenia). Uruchomienie zasilacza VCC i przetwornicy sprowadza się do podłączenia do gniazda J3 uzwojenia wtórnego transformatora i pomiaru napięć wyjściowych (pod stosownym obciążeniem). Przy pomiarze napięcia do zasilania logiki należy uwzględnić spadek napięcia na parazytowej rezystancji dławików L1 i L3, zależnie od pobieranego prądu. Wiązkę przełącznika J5', S1, LED D2, wiązkę czujników krańcowych (do czterech czujników „miękkich”, liczba „twardych” zależnie od potrzeb) należy wykonać według rysunku 1. W roli S1 należy zastosować przełącznik awaryjnego zatrzymania NC. Wiązki zasilające sterowniki silników krokowych należy wykonać według rysunku 3 w liczbie odpowiedniej liczbie sterowników. Przewody należy wlotować odpowiednio w punkty lutownicze J1, J2, J6. Płytkę pozwala na bezpośrednie wlotowanie do czterech wiązek. Przykładowe połączenie układu i mikroprocesorowego układu sterującego obrazuje rysunek 4. Rysunek nie uwzględnia złącza, jakie powinno znajdować się na wiązce od strony płytki mikrokontrolera (przewody są wlotowane w płytkę zasilacza). Żółtymi strzałkami obrazowano sygnały sterujące sterownikami silników (STEP, DIR etc.). Obwód !ENABLE umożliwia sprzętowe wyłączenie sterowników w przypadku naruszenia „twardej” krańcówki (kolizja, rozwartry przycisk S1). Mikrokontroler jest o tym fakcie informowany z wejścia PINx.0. Informacja o naruszeniu którejkolwiek z krańcówek trafia na podciągnięte wejście przerwania INT0 wyzwalam z boczem opadającym. Mikrokontroler zależnie od oprogramowania powinien podjąć odpowiednie działanie. Podczas montażu w obudowie należy zadbać o elektryczne połączenie masy zasilacza z obwodem ochronnym PE gniazda zasilającego (tzw. bolec ochron-



Rys. 4



ny). Służy temu pozbawiona warstwy przeciwlutowicznej płaszczyna przy jednej ze śrub montażowych. „Uziemienie masy” uchroni od niespodzianek w postaci możliwości zawieszania się poszczególnych elementów systemu, spowodowanych zastosowaną w sterownikach i zasilaczu technologią impulsową, która jest źródłem zakłóceń. Zapobiegnie również przepływowi prądów wyrównawczych przez masę nieizolowanego galwanicznie interfejsu łączącego z komputerem PC. Bez uziemienia masy, przy korzystaniu z interfejsu USB, w momencie podłączania wtyku „na gorąco” do komputera PC mogą pojawiać się zakłócenia prowadzące do zawieszania sterowników. Przewody wiązek zasilających w celu minimalizacji zakłóceń o częstotliwościach radiowych można „przepleść” przez pierścień ferrytowy (przy złączu). Długości przewodów wiązek należy dobrać stosownie do odległości poszczególnych modułów w obudowie. Obwody pętli czujników trzeba sprawdzić, rozwierając przełączniki czujników. Reakcja LED D2 oraz wyjść OC powinna być zgodna z opisem zawartym w poprzednim śródtytuł. Rozstrzygnięcie problemu odkłócania drgań styków krańcówek (sprzętowe, programowe) pozostawiam do rozważenia Szanownym Czytelnikom.

Cyprian Kamil Kowalski  
c4v2@o2.pl

### Wykaz elementów

R4, R7	150Ω 1/4W
R1, R10	470Ω 1/4W
R6	2,2kΩ 1/4W
R3, R5, R8, R9	4,7kΩ 1/4W
R2	47kΩ 1/4W
C13	10n ceramiczny
C1, C2, C3, C4	47n foliowy
C6, C7	100n ceramiczny
C12	470n ceramiczny
C11	22u/35V tantalowy
C8, C9, C10	100u/35V niskoimpedancyjny
C5	4700u/35V
L1, L3	1uH/1,2A
L2	33uH/3A
D1	1N5822

D2	LED 5mm R/G wspólna katoda
DZ1	5V6
DZ3	3V3
DZ2	10V
B1	KBPC25005W
T1	BC557C
T2, T3, T4	BC547C
U1	LM2676S-5.0
F1	3,2A + blaszki mocujące
J5	MSW05V – Złącze 2,54mm
J5'	FSW05V – Złącze 2,54mm na wiązkę
J4	MSTBA2 – Złącze śrubowe rozłączne kątowe
J3	MSTBV2 – Złącze śrubowe rozłączne proste
S1	Przełącznik bistabilny (awaryjnego zatrzymania)

Płytkę drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3098.