

Zasilacz – sterownik miniwiertarki DC

Proste rozwiązanie zasilacza dla miniwiertarki mającej silnik DC z magnesami trwałymi. Zastosowana automatyka znacznie podniesie komfort przy ręcznym wierceniu otworów w amatorskich PCB.

Do czego to służy?

Korzystając z miniaturowej ręcznej wiertarki do wiercenia otworów w obwodach drukowanych wiedzą, jaką trudność sprawia szybko obracające się wiertło, uniemożliwiają precyzyjne trafienie w środek wierzonego punktu na PCB. Cykliczne włączanie, wyłączenie wiertarki jest niewygodne i nieefektywne. Na łamach EdW (09/99) był prezentowany sterownik korzystający z właściwości silnika komutatorowego DC z magnesami trwałymi do sterowania procesem wiercenia. W prezentowanym urządzeniu również wykorzystywana jest właściwość, że nieobciążony silnik pobiera stały prąd i że prąd zwiększa się przy zwiększaniu obciążenia wirnika. Nieobciążony wirnik silnika może zatem obracać się z małą prędkością umożliwiającą precyzyjne trafienie w wierzony punkt (bieg jałowy), a przyłożenie wiertła i jego lekkie dociśnięcie do wierzonego punktu spowoduje zwiększenie pobieranego prądu przez silnik, co powinno włączyć obroty maksymalne (bieg roboczy). Dzięki sterowaniu punktów (J1, J2) wiertarki zasilany jest przez tranzystor T1, który pracuje jako klucz. T1 sterowany jest z

regulację prędkości biegu jałowego, progu prądu silnika, przy którego przekroczeniu sterownik włącza bieg roboczy. Potencjometr progu włączania biegu roboczego można ustawić w takie położenie, aby możliwa była płynna zmiana prędkości obrotów w całym dostępnym zakresie bez zadziałania obwodu przełączającego obroty na maksymalne. W takim trybie pracy urządzenie jest klasycznym regulatorem PWM obrotów bez pętli sprzężenia zwrotnego.

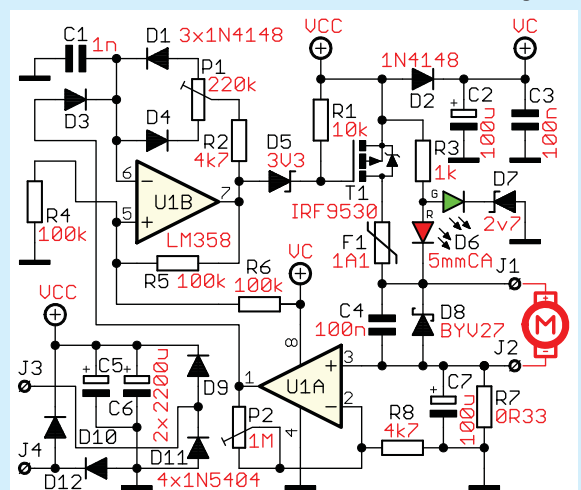
Jak to działa?

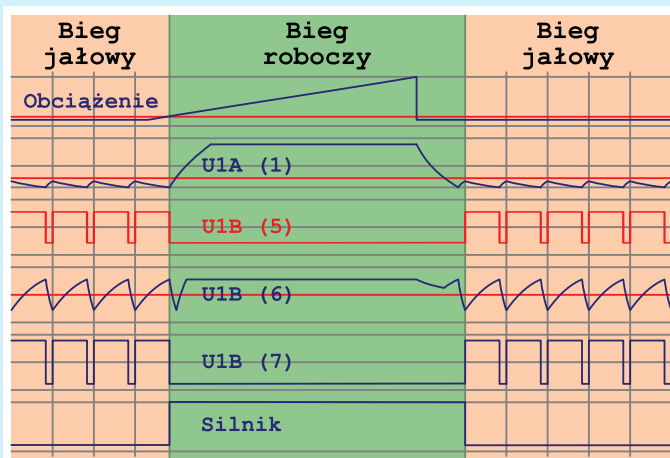
Na **rysunku 1** przedstawiono schemat ideowy. Zasilanie dołączane jest do punktów (J3, J4). Diody D9.. D12 tworzą mostek Graetza wymagany gdy układ zasilany jest prądem przemiennym z transformatora sieciowego.

Filtr realizują pojemności C5, C6. Rozdzielenie obwodów zasilania zapewnią dioda D2, uniemożliwiająca rozładowywanie się pojemności C2, C3 filtrujących napięcie zasilania (VC) dla U1, gdy napięcie VCC pod wpływem obciążenia chwilowo zmniejszy swoją wartość. Silnik dołączonej do punktów (J1, J2) wiertarki zasilany jest przez tranzystor T1, który pracuje jako klucz. T1 sterowany jest z

klasycznego generatora PWM zrealizowanego na wzmacniaczu operacyjnym U1B (LM358). Częstotliwość przebiegu ($\approx 4\text{kHz}$) wyznaczają głównie elementy P1, C1. Rezystory R4 i R6 ustalają przesunięcie „symetrii” na przebiegu połowę napięcia zasilania U1. Potencjometr P1 oraz diody D1, D4 wyznaczają współczynnik PWM generowanego przebiegu naprzemiennie ładując, rozładowując C1 z wyjścia U1B. Czasy ładowania, rozładowania wyznaczają rezystancje składowe P1 rozdzielone suwakiem wraz z pojemnością C1. Gdy wyjście U1B jest w stanie bliskim masy zasilania, dioda D5 zaczyna wstecznie przewodzić i T1

Rys. 1





Rys. 2

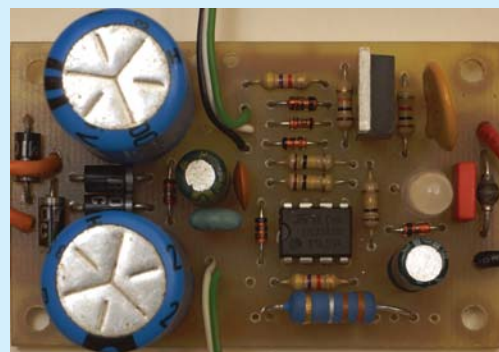
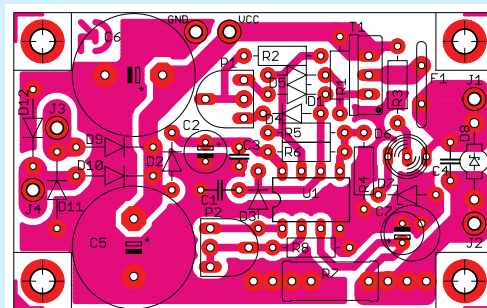
zostaje otwarty. Dołączony między źródło a bramkę rezystor R1 „dba o domykanie” T1. Takie rozwiązanie zostało przyjęte ze względu na maksymalne osiągalne napięcie na wyjściu U1B, które jest niższe $\approx 1,5V$ od VC (IRF9540 ma katalogowe napięcie otwarcia $-2...-4V$). Uśrednianie przebiegu PWM następuje na indukcyjności uzwojeń silnika, którego prędkość obrotowa liniowo zależy od przyłożonego napięcia. Opisana dotychczas część układu realizuje zatem płynną regulację obrotów silnika. Na drugim wzmacniaczu U1A zrealizowano „detektor” prądu silnika, ułatwiający precyzyjne ustawienie wiertła. Dla poniższego opisu należy założyć, że czas otwarcia T1 jest krótszy od czasu jego zamknięcia (bieg jałowy). Rezystor R7 pracuje jako czujnik prądu płynącego przez silnik. Proporcjonalny do prądu silnika spadek napięcia jest wzmacniany wzmacniaczem operacyjnym U1A. Pracuje on w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego, którego wzmacnienie wyznacza wzór $(K=P2[\Omega]/R8[\Omega]+1)$. Napięcie na wyjściu U1A ma zatem wartość: $U_{wy}[V]=U_{in}[V]*K$, gdzie U_{in} jest napięciem na wejściu nieodwracającym. Zmieniając ustawienie P2, zmieniamy próg prądowy, przy którym zostanie załączone pełne napięcie zasilające silnik. W praktyce oznacza to

generatora zostanie wstrzymana, a klucz T1 otwarty, czyli włączony bieg roboczy wiertarki. Do detekcji obciążenia wrzeczona nie jest wymagany precyzyjny komparator. Ze względu na dużą „bezwładność” prądową silnika i duże osiągalne wzmocnienie U1A, przekroczenie zadanego przez P2 progu prądowego ustawi wyjście U1A w stan zbliżony do VC. Oczywiście są możliwe przypadki, gdy na wyjściu U1A pojawiają się pośrednie napięcia, lecz nie ma to znaczącego wpływu na pracę sterownika. Bardzo uproszczone przebiegi w kluczowych punktach układu ilustruje **rysunek 2**. Rolą C7 jest wprowadzenie histerezy zapewniającej „bezpieczny obszar”, w którym nie występuje dodatnie elektroniczno-mechaniczne sprzężenie zwrotne objawiające się cyklicznym włączaniem, wyłączaniem biegu roboczego. Wpływ na histerezę mają pojemności filtrujące C5, C6. Im bardziej filtrowane napięcie VCC, tym mniejsza może być pojemność C7. Zmniejszenie obciążenia (prądu silnika) zaowocuje włączeniem generatora i przełączeniem wiertarki na bieg jałowy. Rezystor R2 zapobiega przepływowi zna-

zmianę czułości na siłę docisku wiertła do PCB. Jeżeli tylko napięcie na wyjściu U1A jest większe od napięcia na wejściu nieodwracającym U1B (uwzględniając V_f D3), wyjście U1B przerzucone zostanie do stanu niskiego. Prąd płynący przez D3 uniemożliwi cykliczne ładowanie, rozładowanie C1. Praca

zaczętego prądu między wyjściami U1A i U1B. Sytuacja taka mogłaby nastąpić gdy suwak P1 jest w skrajnym położeniu (przy D4) i włączony jest bieg roboczy. Zasilana przez R3 dwustrukturalna LED D6 sygnalizuje tryby pracy sterownika. Dioda D7 zwiększa V_f zielonej, względem V_f czerwonej „gałęzi” LED, umożliwiając pełne wygaszenie zielonej w przypadku zwarcia uzwojeń silnika. Kolor świecenia wizualnie odzwierciedla aktualnie ustawiony współczynnik PWM tj.: pomarańczowy – minimalne, zielony – maksymalne napięcie na silniku. Natomiast kolor czerwony sygnalizuje zadziałanie bezpiecznika PTC F1. Gdy wiertarka jest niepodłączona, D6 świeci kolorem zielonym, co sygnalizuje włączenie napięcia zasilającego. Kondensator C4 tłumi zakłócenia powstające na komutatorze silnika. Mimo że T1 zawiera w sobie diodę „wsteczną”, zastosowano szybką diodę D8 jako dodatkowe zabezpieczenie.

Rys. 3



R E K L A M A

Wykaz elementów**Rezystory:**

| | |
|------------|----------------------|
| R7 | 0,33Ω 2W |
| R3 | 1kΩ 1/4W |
| R2, R8 | 4,7kΩ 1/4W |
| R1 | 10kΩ 1/4W |
| R4, R5, R6 | 100kΩ 1/4W |
| P2 | 1MΩ A pot obr/mont |
| P1 | 220kΩ A pot obr/mont |

Kondensatory:

| | |
|--------|-----------------|
| C1 | 1n foliowy |
| C4 | 100n foliowy |
| C3 | 100n ceramiczny |
| C2, C7 | 100u/25V |
| C5, C6 | 1000–2200u/25V |

Półprzewodniki:

| | |
|-------------------|---------------------------|
| D1, D2, D3, D4 | 1N4148 |
| D7 | 2v7 |
| D5 | 3V3 |
| D9, D10, D11, D12 | 1N5404 |
| D8 | BYV27 |
| D6 | LED 5mm R/G wspólna anoda |
| T1 | IRF9530 |
| U1 | LM358 |

Inne:

| | |
|----|---|
| F1 | Bezpiecznik polimerowy PTC (> prąd rozruchowy silnika) |
|----|---|

Komplet podzespołów z płytka jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3082.

Montaż i uruchomienie

Jednobarstwowy obwód drukowany widoczny jest na rysunku 3. Kolejność lutowania elementów w uprzednio sprawdzony (brak zwarc, brak pęknięć ścieżek) PCB jest dowolna. Uruchomienie sprowadza się do dołączenia zasilania i współpracującej wiertarki. Jeżeli nie będzie wykorzystywana funkcja płynnej regulacji obrotów (ustawiona na stałe prędkość biegu jałowego i próg przełączania), zamiast przewodów łączących wyprowadzenia „zewnętrznych” potencjometrów obrotowych z padami na PCB, można zamontować potencjometry montażowe. Zmontowany bezbłędnie i ze sprawnych elementów układ działa „od pierwszego włączenia”. Ponieważ napięcie zasilające (VCC) powinno mieć wartość napięcia nominalnego silnika współpracującej wiertarki (U_m) napięcie wtórne transformatora zasilającego wynika z zależności: $(U_{AC}[V]) = (U_m[V] / \sqrt{2}) - (2 * V_f)$; gdzie V_f jest napięciem przewodzenia diody mostka prostowniczego. Przy zasilaniu prądem stałym należy uwzględnić tylko $2 * V_f$. Przy wyższych napięciach zasilających diodę Zenera D5 należy wymienić na taką (większe U_z), która nie pozwoli na przekroczenie napięcia V_{gs} T1. W zależności od napięcia zasilania (uwarunkowanego napięciem znamionowym wiertarki) należy dobrać wartość rezystora R3, aby nie przekroczyć prądów maksymalnych LED D6. Wartości bezpiecznika F1 powinna być nieco większa od prądu rozruchowego silnika, który należy odczytać z tabliczki znamionowej lub przy jej braku dokonać pomiaru. Potencjometrem P2 należy ustawić wzmocnienie U1A na minimalne (x1, suwak w skrajną lewą pozycję). Obroty wiertarki powinny zmieniać się w całym zakresie wraz ze zmianą współczynnika wypełnienia potencjometrem P1, bez zadziałania układu włączającego bieg roboczy. Przygotowanie „automatyki do wiercenia” polega na zmniejszeniu współczynnika wypełnienia potencjometrem P1

tj. ustawieniu akceptowalnych obrotów dla „wstrzelenia się” w wiercony punkt. Obciążając wrzeciono (próba wiercenia), ustawić odpowiadający użytkownikowi próg włączenia pełnych obrotów (siłę docisku) potencjometrem P2. W praktyce ustawienie P2 sprowadza się do znalezienia takiego położenia suwaka (przy nieobciążonym wrzecionie), w którym nastąpi włączenie biegu roboczego (naprzemienne włączanie/wyłączanie efektu generowanego dodatnim elektroniczno-mechanicznym sprzężeniem zwrotnym) i lekkie zmniejszenia wzmocnienia U1A (suwak odrobinę przesunąć w kierunku odwrotnym do kierunku wskazówek zegara) do zaniku cyklicznego włączania, wyłączania biegu roboczego. Próba „przyhamowania” wrzeciona zaowocuje włączeniem biegu roboczego i powrotem do biegu jałowego po zmniejszeniu obciążenia. Zmiany świecenia LED D6 powinny być zgodne z opisem w poprzednim śródtytule. Pobór prądu przez układ (pomijając prąd silnika wiertarki) wyniósł 10mA w czuwaniu, 12mA w „trybie wiercenia” z czego około 9...10mA płynie przez LED D6 zależnie od zaświeconej struktury. Jeżeli istotna jest minimalizacja poboru prądu (zasilanie z akumulatora) elementów D6, D7, R3 można nie montować. Pomiar realizowany był przy napięciu zasilającym (VCC) równym 13,7V. Układ był testowany z wiertarką Veleman VTHD01 o napięciu pracy 12V. Prąd średni silnika na biegu jałowym wyniósł ≈ 90 mA przy ustawionych minimalnych obrotach, co dało uśrednione napięcie na silniku $\approx 1,5$ V. Zależnie od sposobu zasilania różnie będzie się kształtować koncepcja obudowy układu. Układ można zasilac z zewnętrznej adaptora AC lub zamontować płytkę wewnątrz posiadanego zasilacza warsztatowego, co pozostawiam do przemyślenia i realizacji Szanownym Czytelnikom.

Cyprian Kamil Kowalski
c4v2@o2.pl