

Miniaturowy regulator mocy 12V z „twardym startem”

Płynna regulacja mocy dostarczonej do odbiornika pozwala dopasować jego działanie do potrzeb. Twardy start ułatwia rozruch silnika komutatorowego, który nominalnie ma pracować na niskich obrotach.

Do czego to służy?

Rolą tego układu jest zmniejszenie mocy dostarczanej do odbiornika zasilanego napięciem stałym o wartości 12V. Regulacji mocy dokonuje się przez modulację szerokości impulsu (PWM) i odbywa się płynnie, przy użyciu potencjometru montażowego.

Dodatkowym atutem prezentowanego rozwiązania jest tzw. twardy start (ang. *hard-start*), czyli rozruch obciążenia z pełną mocą przez krótki czas. To pozwala na rozpoczęcie pracy np. silnikom komutatorowym.

Jak to działa?

Schemat układu znajduje się na rysunku 1. Do cyklicznego załączania obciążenia służy tranzystor MOSFET z kanałem typu N. Dioda D1, wpięta między jego dren a dodatnią linię zasilania, służy do sfłumienia impulsów, jakie może wygenerować wyłączanie obciążenia o charakterze indukcyjnym.

Generator sygnału PWM został zrealizowany w trzech blokach. Pierwszym z nich jest generator sygnału prostokątnego o częstotliwości około 600Hz i ustalonej amplitudzie. Sygnał taki wytwarza komparator US1A, który został wykorzystany w roli przerzutnika Schmitta.

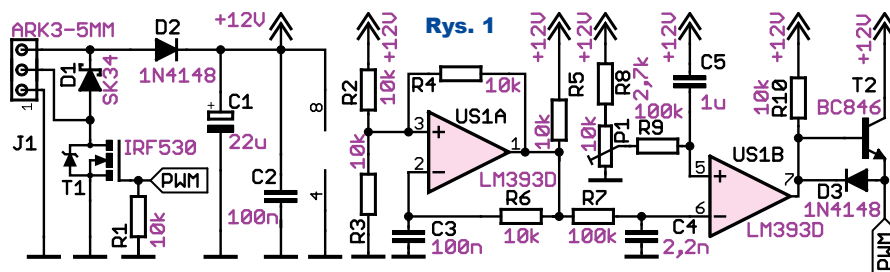
Rezystory R2 i R3 tworzą dzielnik napięcia zasilającego w stosunku 1:1, którego rezystancja wewnętrzna wynosi około 5kΩ. Rezystor R4, włączony między wyjście komparatora a jego wej-

ście nieodwracające, wprowadza histerezę, więc zmiana stanu wyjścia będzie następowała przy różnych wartościach napięcia na wejściu odwracającym.

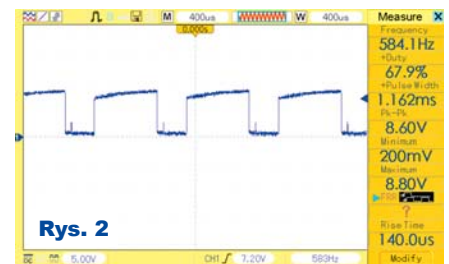
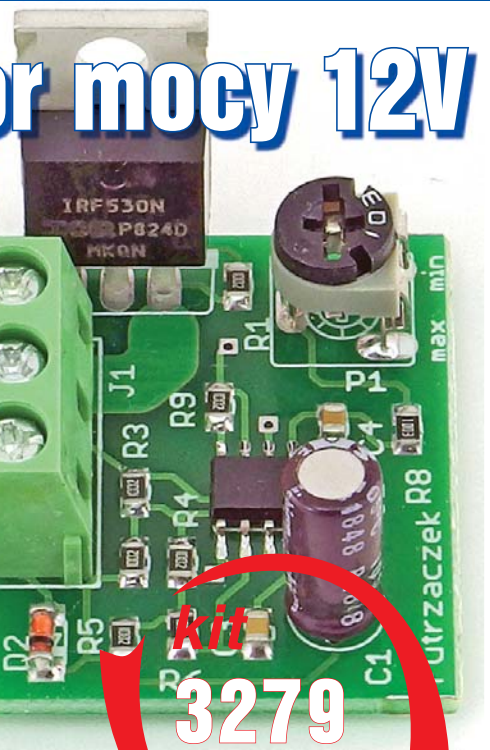
Ponieważ wyjście komparatora w układzie LM393 jest typu „otwarty kolektor”, dodanie rezystora R5 było niezbędne, aby móc uzyskać na wyjściu napięcie zbliżone do napięcia zasilającego. W tym układzie jednak to się nigdy nie wydarzy, ponieważ po zatkaniu tranzystora wyjściowego tworzy się dzielnik rezystancyjny. W jego skład wchodzi rezystory R4 i R5 oraz R2 i R3. Dlatego maksymalne napięcie wyjściowe w stanie wysokim wyniesie około 9,6V (przy zasilaniu 12V).

Do wyjścia komparatora został dołączony człon całkujący RC w postaci rezystora R6 i kondensatora C3. Wprowadza on opóźnienie między wyjściem a wejściem tak powstałego przerzutnika Schmitta. Jest więc bezpośrednio odpowiedzialny za ustalenie częstotliwości wytwarzanego sygnału. Przebieg czasowy na wyjściu tegoż generatora można zobaczyć na rysunku 2. Jego wypełnienie nie jest dokładnie równe 50%, ponieważ rezystancja ładująca i rozładowująca C3 różnią się między sobą. Nie jest to jednak przeszkodą – ważniejsze, że ten sygnał prostokątny przyjmuje wartości 0V oraz około 9V.

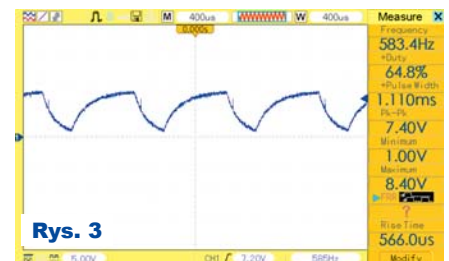
Aby móc wytworzyć sygnał typu PWM, trzeba spowolnić narastanie i opadanie tak powstałego sygnału. Najprost-



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

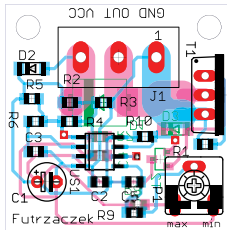
szym rozwiązaniem będzie użycie filtra dolnoprzepustowego, składającego się z R7 i C4. Usuwa on z sygnału wyższe harmoniczne, więc jego zbrocza stają się zdecydowanie łagodniejsze, a jednocześnie amplituda ulega zmianie w niewielkim stopniu – rysunek 3.

Komparator US1B porównuje ze sobą dwa napięcia: przebieg zmienny według rysunku 3 i napięcie stałe, zadane potencjometrem P1. Kondensator C5 na krótką chwilę od włączenia zasilania podnosi wartość tego napięcia, przez co zwiększa wtedy wypełnienie sygnału. Rezystor

R8 zmniejsza napięcie, jakie odkłada się na ścieżce oporowej P1, przez co w niemal całym zakresie ruchu jego ślizgacza odbywa się regulacja wypełnienia. Wynika to z przedziału wartości, jakie osiąga sygnał quasi-trójkątny z generatora. Tylko w położeniach bliskich skrajnym uzyska się wypełnienie zerowe (obciążenie wyłączone) i stuprocentowe (obciążenie w pełni załączone), co może być przydatne np. przy prowadzeniu testów całego systemu.

Jest jeszcze jedna zaleta takiego rozwiązania: przebieg napięcia na kondensatorze C4 dobrze wpasowuje się w zakres napięć akceptowanych przez wejścia komparatora LM393. A ten obejmuje napięcia od zera do napięcia zasilania pomniejszonego o ok. 1,5V, czyli – w tym przypadku – górną granicą jest ok. 10,5V.

Pomiędzy wyjściem komparatora a bramką tranzystora T1 znajduje się prosty obwód służący przyspieszeniu przeładowywania pojemności jego bramki. Przy podnoszeniu się napięcia wyjściowego z komparatora kluczową rolę odgrywa wtórnik na tranzystorze bipolarnym T2, który znacząco redukuje rezystancję wyjściową tej części układu. Z kolei obniżające się napięcie na wyjściu komparatora otworzy diodę D3, więc ładunek zgromadzony w bramce T1 zostanie „wessany” przez przewodzący tranzystor w komparatorze US1B.



Rys. 5



Rys. 4

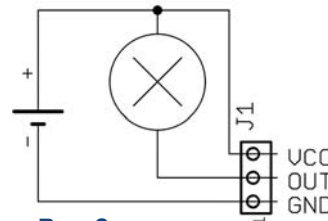
Dzięki tym zabiegom przebieg czasowy napięcia na bramce jest zbliżony do prostokątnego, co potwierdza oscylogram na rysunku 4. Potencjometr P1 był ustawiony w połowie drogi.

Dioda D1, włączona w szereg z zasilaniem elektroniki znajdującej się na płytce, chroni ją przed uszkodzeniem w razie pomyłki w podłączeniu zasilania. A dodatkowo jej rolą jest także cykliczne doładowywanie kondensatora elektrolitycznego C1, ponieważ napięcie zasilające układ może być obciążone tętnieniami wynikającymi z cyklicznego przełączania obciążenia o dużej mocy. Bez tej diody wpływ C1 na poziom tętnień byłby znikomy – dopiero kondensator o naprawdę dużej pojemności mógłby dać zauważalną poprawę, a zastosowanie takowego mija się z celem.

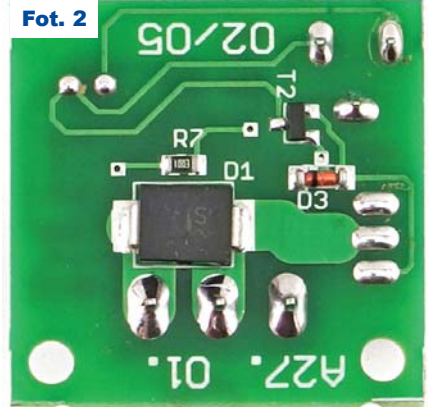
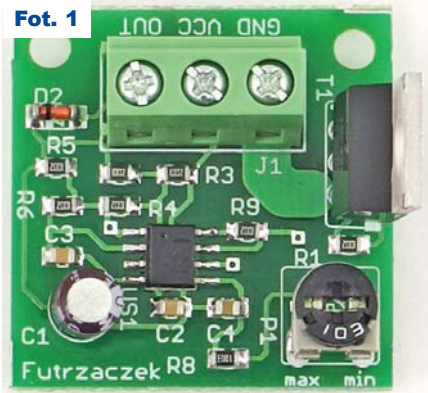
Montaż i uruchomienie

Układ prototypowy został zamontowany na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 30×30mm, której wzór ścieżek i schemat montażowy przedstawia rysunek 5. W odległości 3mm od krawędzi płytki (przy złączu J1) znalazły się dwa otwory montażowe.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów umieszczonych na spodniej stronie płytki, tj. C4, D1, D3, R7...R9 i T2. Potem można przylutować pozostałe elementy SMD, a na końcu potencjometr P1, złącze J1, kondensator C1 i tranzystor T1. Użyty w prototypie tranzystor wykonawczy T1 cechuje się dość dużą rezystancją otwartego kanału około 160mΩ, co powoduje, że przy większych prądach płynących przez obciążenie, moc na nim wydzielana będzie znacząca. Przy prądzie znamionowym obciążenia powyżej



Rys. 6



ok. 2A polecam dodać do niego radiator albo wymienić go na model o mniejszych stratach, np. BUZ11 ($R_{DSon} = 40m\Omega$) czy IRFZ44N ($R_{DSon} = 17,5m\Omega$). Można również rozważyć zastosowanie diody o większym prądzie maksymalnym, np. SK54.

Zmontowany układ można zobaczyć na fotografii 1 i 2. Jeżeli lutowanie przebiegło poprawnie, układ jest od razu gotowy do działania. Napięcie zasilania powinno wynosić ok. 12V i może pochodzić np. z akumulatora kwasowego. Regulator pobiera około 4mA prądu.

Podłączenie do źródła zasilania i obciążenia należy zrealizować zgodnie z rysunkiem 6. Częstotliwość sygnału PWM została tak dobrana, żeby umożliwić poprawną pracę silnikom elektrycznym o dużej indukcyjności uzwojeń, co wiąże się ze słyszalnym dźwiękiem dochodzącym z wnętrza.

Michał Kurzela

michal.kurzela@ep.com.pl

Wykaz elementów

R1-R6, R10	10kΩ SMD0805
R7,R9	100kΩ SMD0805
R8	2,7kΩ SMD0805
P1	10kΩ montażowy leżący
C1	22μF/25V
C2,C3	100nF SMD0805
C4	2,2nF SMD0805
C5	1μF SMD0805
D1	SK34 (opis w tekście)
D2,D3	1N4148 MiniMELF
T1	IRF530 (opis w tekście)
T2	BC846 lub podobny
US1	LM393 S08
J1	ARK3 5mm

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3279