

**Podstawowe parametry:**

- wytwarzanie ujemnego napięcia stałego przy użyciu przetwornicy impulsowej,
- regulowana wartość napięcia wyjściowego w zakresie -26...-1,23 V,
- wejście wyłączające przetwornicę,
- prąd wyjściowy około 250 mA przy UWE=12 V i UWY=-12 V,
- zasilanie napięciem stałym z przedziału 5...35 V,
- pobór prądu około 10...30 mA, zależnie od napięcia wejściowego i wyjściowego.

* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja **[B]** nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji **[B]** zawiera elementy elektroniczne (w tym **[UK]** – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- **wersja [C]** – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw **[B]** (elementy wzlutowane w płytkę PCB),
 - **wersja [A]** – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji.
- Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytkę drukowaną **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
 - **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

- AVT5977 Stabilizator napięcia symetrycznego z regulacją współbieżną (EP 3/2023)
- AVT5963 Zasilacz warsztatowy cz. 1 i 2 (EP 12/2022 01/2023)
- Modułowy zasilacz warsztatowy (EP 5/2022)
- Regulowany zasilacz warsztatowy – RPS-02 (EP 4/2022)
- AVT5915 Zasilacz 5 V/1 A z szerokim zakresem napięć wejściowych (EP 1/2022)
- AVT5908 Beztransformatorowy impulsowy zasilacz sieciowy (EP 12/2021)
- AVT5872 Regulowany zamiennik stabilizatora 78xx (EP 7/2021)
- AVT1990 Regulowany zasilacz do płytek stykowych (EP 8/2018)
- Precyzyjny regulowany zasilacz stabilizowany (EP 2/2018)

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik PDF! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl

W ofercie AVT*

AVT6002

Regulowany zasilacz napięcia ujemnego

Ujemne napięcie bywa przydatne, zaś jego źródła mamy niewiele – zwłaszcza kiedy zasilamy urządzenie z akumulatora bądź nie mamy możliwości rozbudowy już istniejącego zasilacza sieciowego. Zaprezentowany układ nie dość, że potrafi „odwrócić” polaryzację napięcia, to na dodatek pozwala wyregulować jego wartość w szerokim zakresie.

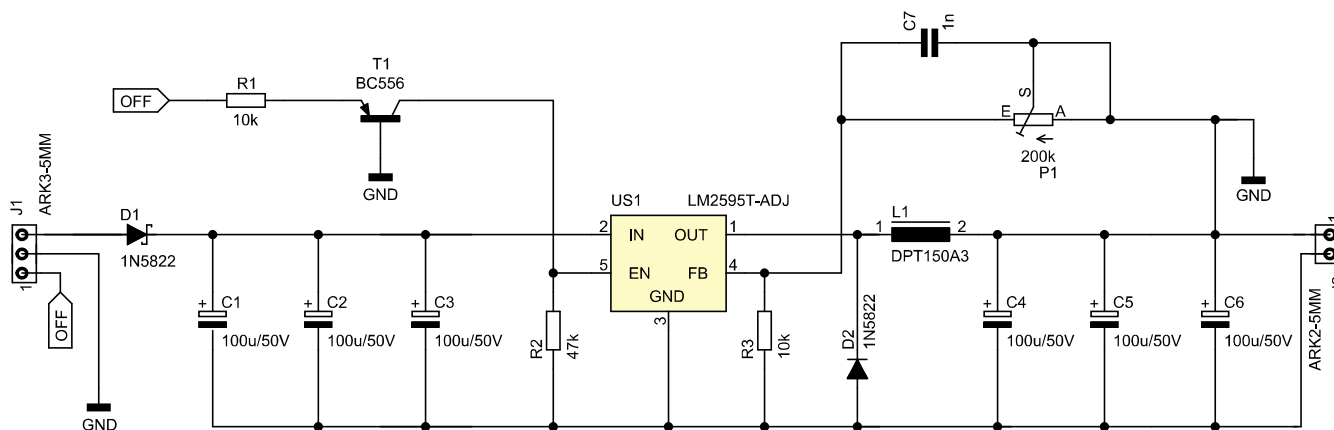
Szukałem gotowego modułu, który dawałby napięcie niższe niż 0 V i o wydajności kilkuset miliamperów, do ładowania zestawu ogniw Li-Ion, zasilających jedną z dwóch gałęzi układu analogowego. Ładowanie wszystkich ogniw (zarówno dla gałęzi ujemnej, jak i dodatniej) odbywało się z pojedynczego zasilacza wtyczkowego, więc wspomnianego napięcia ujemnego próżno szukać. Trzeba je było wytworzyć w układzie.

Poszukiwania nie przyniosły efektów – większość układów wytwarzających napięcie ujemne względem masy bazuje na pompie ładunkowej. To sprytnie i tanie rozwiązanie, lecz cechuje je bardzo niska wydajność prądowa, ponadto ma ono silne ograniczenia dotyczące napięcia wyjściowego. Opracowany przeze mnie moduł

bazuje na sprytnie podłączonej przetwornicy impulsowej, więc jego wydajność prądowa jest znacznie wyższa. Potencjometrem można wygodnie regulować napięcie wyjściowe w bardzo szerokim zakresie, zaś kolejnym atutem jest łatwość uruchomienia i duża dostępność podzespołów.

**Budowa i działanie**

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Najważniejszym



Rysunek 1. Schemat ideowy regulowanego zasilacza napięcia ujemnego

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczyńska 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory: (o mocy 0,25 W)
R1, R3: 10 kΩ
R2: 47 kΩ
P1: 200 kΩ montażowy pionowy 3296W

Kondensatory:
C1...C6: 100 μF 50 V Low ESR (10 mm, raster 5 mm),

np. EGF107M1HG1BRRSHP SAMXON
C7: 1 nF MKT 5 mm

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N5822
T1: BC556
US1: LM2595T-ADJ (TO220-5)

Pozostałe:
J1: ARK2/500
J2: ARK3/500
L1: DPT150A3 Ferrocore
Ew. radiator (opis w tekście)

elementem jest scalona przetwornica impulsowa US1 typu LM2595 w obudowie TO220-5 i w wersji z regulowanym napięciem wyjściowym (LM2595T-ADJ). Warto zwrócić uwagę, że zacisk GND tego układu nie jest połączony z masą zasilania, lecz prowadzi do zacisku wyjściowego złącza J2. Z kolei napięcie wyjściowe, generowane przez tę przetwornicę pracującą w klasycznym układzie buck, jest... połączone z masą! Nie, to nie błąd. W ten sposób możemy uzyskiwać napięcie ujemne, gdyż dla układu US1 potencjał masy jest tym wyższym, zaś potencjał jego linii GND – niższym. Zatem z punktu widzenia US1 wszystko jest w porządku. Z kolei napięcie wejściowe, przykładane do zacisków złącza J1, trafia między zaciski IN oraz wyjście tej przetwornicy.

Zatem jak ona jest zasilana? Wystarczy przyrzeć się pojemnościowemu dzielnikowi napięcia, jaki tworzy się z dwóch pojemności: równolegle połączonych C1...C3 oraz równolegle połączonych C4...C6. Ich pojemności elektryczne są – w przybliżeniu – równe, więc napięcie zasilające dzieliłoby się po połowie między obie te grupy kondensatorów, jednak C4...C6 są zwarte przez P1 i R3, więc nie naładują się prawie wcale – większość napięcia wejściowego odłoży się na C1...C3. W takich warunkach układ US1 może rozpocząć działanie. Nawiasem mówiąc, ta przetwornica pracuje inaczej niż w tradycyjnym układzie buck – wartość międzyszczytowa tętnień prądu jest wyższa niż w układzie buck.

Potencjometr P1 wraz z rezystorem R3 tworzą dzielnik napięcia wyjściowego. Ich zadaniem jest zamknięcie pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego, aby napięcie wyjściowe mogło zawsze znajdować się na tym samym poziomie, ustalonym uprzednio przez potencjometr P1. Maksimum napięcia wyjściowego, które da się w tym układzie ustawić, to -1,23 V – tyle wynosi napięcie referencyjne układu LM2595. Z kolei minimum, jakie wynika z dzielnika R3+P1, to około -26 V. Kondensator C7 przyspiesza działanie pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego dla wysokich częstotliwości, poprawiając stabilność pracy przetwornicy.

W tym układzie zastosowano po trzy kondensatory wejściowe i trzy wyjściowe. Taka decyzja nie była podyktowana rozrzutnością, lecz chęcią zmniejszenia natężenia składowej zmiennej prądu, jaki płynie przez te elementy. Użyte w prototypie elementy firmy SAMXON mają impedancję 120 mΩ, zaś dopuszczalny prąd tętnień

wynosi 760 mA. Połączenie równoległe trzech kondensatorów po trzykroć poprawia te parametry: zastępuje impedancja wynosi około 40 mΩ, zaś dopuszczalny prąd tętnień wzrasta do ponad 2,2 A.

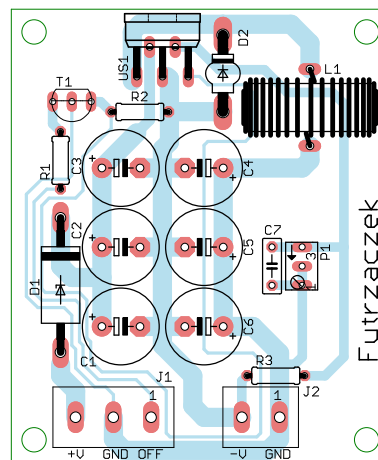
Ostatnim obwodem, który nie był dotychczas omówiony, jest zagadkowy tranzystor T1 wraz z rezystorami R1 i R2. Na dodatek T1 jest wpięty w układzie wspólnej bazy, po co...? Otóż ta przetwornica jest normalnie włączona: rezystor R2 polaryzuje wejście EN układu US1 potencjałem równym potencjałowi nóżki GND tego układu. Aby go wyłączyć, trzeba podać tam potencjał wyższy. Tylko jak to zrobić, jeżeli wszystko rozgrywa się na potencjałach niższych niż 0 V? Właśnie w tym może nam pomóc T1, który służy jako sterowane prądem źródło prądowe. Z jego kolektora płynie w stronę R2 prąd o takim samym (z dokładnością do prądu bazy) natężeniu, jakie wpływa do jego emitera. Ten prąd jest ograniczany przez rezystor R1 do ułamka miliampera, jeżeli podane na J1 napięcie włączające wynosi kilka woltów – na przykład 5 V albo 3,3 V z mikrokontrolera. Ponieważ rezystancja R2 jest kilkukrotnie większa niż R1, to odłożone na nim napięcie również będzie kilkukrotnie wyższe niż na R1. US1 na pewno się wyłączy, lecz nie grozi mu uszkodzenie, bo natężenie prądu wypływającego z kolektora T1 jest niewielkie.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na niewielkiej, jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 50 × 60 mm. Jej schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najniższych obudowach, czyli rezystorów i diody D1. Dioda D2 jest montowana pionowo, zwrócona katódą w stronę układu US1. Pod układem US1 znajduje się fragment ścieżki odsłonięty spod maski lutowniczej, polecam dodatkowo pogrubić go cienkim drutem lub chociaż warstwą spoiwa lutowniczego – prowadzi on prąd wejściowy dla US1, zatem jego impedancja powinna być możliwie niska.

Prawidłowo zmontowany układ nie wymaga żadnych czynności uruchomieniowych i jest od razu gotowy do pracy. Zanim jednak zostanie wpięty w docelowe miejsce, polecam podłączyć go do zasilacza o napięciu kilku woltów i ustawić żądane napięcie wyjściowe przy pomocy potencjometru P1, bez



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

żadnego obciążenia. Dlaczego? Dopuszczalne napięcie wejściowe układu LM2595T-ADJ wynosi 40 V. W układzie z rysunku 1 układ US1 „widzi” na swoim wyprowadzeniu IN potencjał napięcia wejściowego (pomniejszony o niewielki spadek na diodzie D1), zaś na zacisku GND potencjał napięcia wyjściowego. Różnica potencjałów daje napięcie, więc w tym układzie musi być spełniony warunek $U_{WE} - U_{WY} < 40$ V. Jeżeli ustawione napięcie wyjściowe byłoby wysokie, to US1 może ulec uszkodzeniu po przyłożeniu wysokiego napięcia wejściowego.

Dużą zaletą tego układu jest możliwość ustawienia dowolnego napięcia wyjściowego: zarówno (co do wartości bezwzględnej) niższego, jak i wyższego względem napięcia wejściowego. Trzeba jedynie pamiętać o powyższym warunku, jak i o tym, że przy niskich napięciach wejściowych spada sprawność układu oraz dopuszczalny prąd wyjściowy, ponieważ rośnie natężenie prądu płynącego przez klucz wbudowany w US1. Źródło zasilania dla tego układu powinno mieć wysoką wydajność prądową, a jeszcze lepiej, gdyby było możliwe uruchomienie tej przetwornicy z pewnym opóźnieniem względem podania napięcia zasilającego. Ma to na celu szybkie naładowanie kondensatorów w układzie.

Na koniec – jedna uwaga dotycząca ewentualnych modyfikacji. Przestrzegam przed bezwiednym wlutowaniem układu LM2596T-ADJ w tę płytkę – jego układ wyprowadzeń jest inny niż użytego w projekcie LM2595T-ADJ. Mimo, że jest to mocniejszy bliźniak, to dwa jego wyprowadzenia (IN oraz OUT) są zamienione miejscami. Warto mieć to na uwadze, by nie puścić układu z dy-mem zaraz po pierwszym włączeniu.

Michał Kurzela, EP