

# Miniaturowy zasilacz impulsowy

Zasilacz, którego konstrukcję przedstawiamy w poniższym artykule stanowi źródło dwóch, stabilizowanych i niezależnych od siebie napięć, o wydajności prądowej do 100 mA. Najważniejszą cechą tego urządzenia jest to, że obwody wejściowe oraz wyjściowe są separowane od siebie galwanicznie. Separację galwaniczną zapewnia transformator, który przy odpowiedniej konstrukcji może zapewnić napięcie izolacji nawet kilku kV.

Czasami zachodzi konieczność zasilania pewnego fragmentu układu elektronicznego napięciem, którego potencjał różni się znacznie od potencjału zasilacza tego urządzenia, lub układ ten musi być separowany galwanicznie. Są to zazwyczaj układy pomiarowe, sygnalizacyjne lub sterujące połączone bezpośrednio z energetyczną siecią zasilającą. Dla układów tych należy zapewnić oddzielne źródło zasilania, separowane galwanicznie i dodatkowo ze względów bezpieczeństwa spełniające warunek wysokiego napięcia wytrzymałości izolacji. Można oczywiście zastosować dodatkowy transformator sieciowy, lub dowieść do istniejącego dodatkowe uzwojenie wtórne. Są to jednak zabiegi dość kłopotliwe, zwiększające koszty, masę oraz gabaryty urządzenia, a także wręcz niemożliwe w przypadku urządzeń o zasilaniu baterijnym. Rozsądną alternatywą dla tych rozwiązań jest zastosowanie impulsowej przetwornicy zasilanej napięciem stałym o typowej wartości 12 V. Proponowany przez nas zasilacz może zapewnić zasilanie dwóch niezależnych

układów napięciem od 5 do 12 V o poborze prądu do 100 mA na każde wyjście, co jest wartością w zupełności wystarczającą dla większości zakładanych zastosowań.

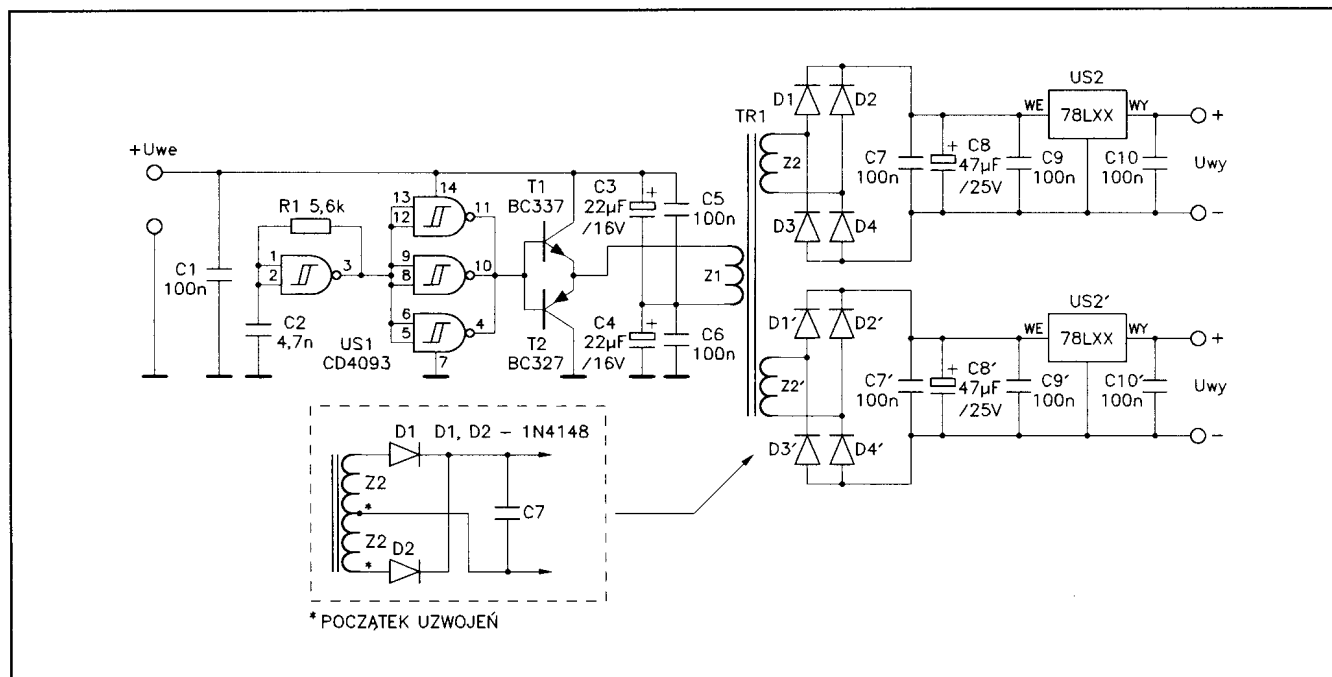
## Opis układu

W układzie zasilacza (rys. 1) możemy wyróżnić następujące bloki:

- falownik,
- transformator,
- prostownik, filtr i stabilizator.

Falownik jest źródłem napięcia przemiennego o przebiegu prostokątnym zasilającym uzwojenie pierwotne transformatora TR1. Falownik składa się z generatora przebiegu prostokątnego, stopnia sterującego oraz wzmacniacza mocy. Generator przebiegu prostokątnego zbudowany jest w oparciu o jedną bramkę Schmitta układu US1 CD 4093, która pracuje w układzie inwertera z histerezą (połączone wejścia – końcówki 1 i 2). Działanie generatora jest możliwe dzięki sprzężeniu zwrotnemu jakie zapewnia połączenie wyjścia inwertera z wejściem za pomocą rezystora R1. Dzięki takiemu połączeniu kondensator C2 ładuje się i rozładowuje cyklicznie pomiędzy dwiema progowymi wartościami przełączania bramki, górną –  $U_H$  i dolną –  $U_L$ . Częstotliwość pracy takiego generatora można wyznaczyć z przybliżonego wzoru:

$$f[\text{kHz}] = \frac{200}{R[\text{k}\Omega] \cdot C[\text{nF}]}$$



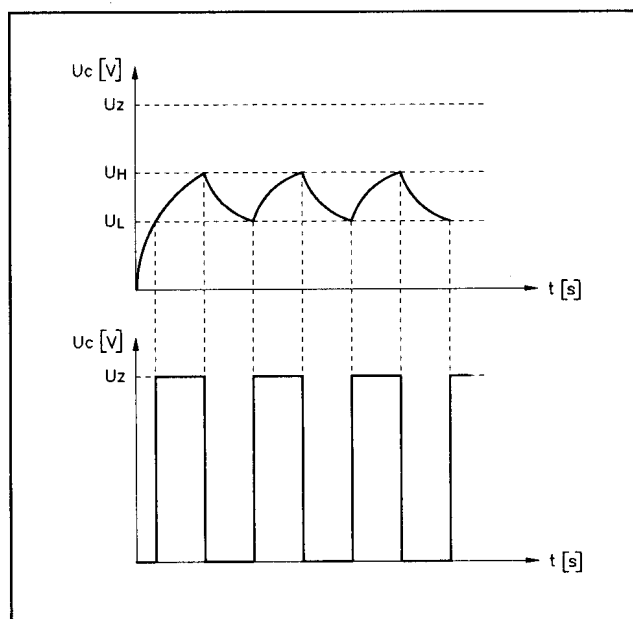
Rys. 1 Schemat ideowy zasilacza

Należy dodać, że na częstotliwość pracy generatora poza tym mają wpływ: napięcie zasilania oraz egzemplarz układu scalonego, w którym poziomy przełączania  $U_H$  i  $U_L$  mogą się różnić w zależności od producenta. Przebiegi napięć na kondensatorze C2, oraz na wyjściu generatora przedstawia rysunek 2.

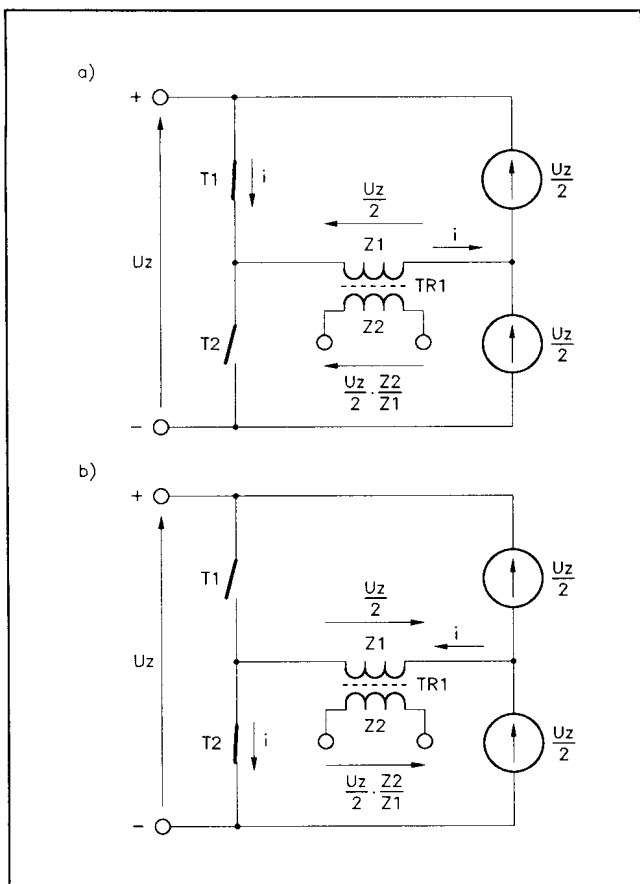
Prostokątny przebieg z wyjścia generatora (nóżka 3 US1) podawany jest na wejście stopnia sterującego, złożonego z trzech połączonych równolegle, pozostałych bramek układu scalonego US1. Zadaniem tego stopnia jest separacja generatora od stopnia końcowego, aby ten nie miał wpływu na częstotliwość pracy generatora. Przeciwny stopień mocy zbudowany jest z komplementarnej pary tranzystorów T1 i T2. Stopień ten w układzie wspólnego kolektora (wtórnik emiterowy), charakteryzujący się niską opornością wyjściową, zwiększa wydajność prądową źródła zasilającego transformator TR1, czego nie byłyby w stanie zapewnić nawet trzy połączone równolegle bramki układu US1. Brak wstępnej polaryzacji tranzystorów T1 i T2 wyklucza możliwość równoczesnego załączania obu tranzystorów, nie dopuszczając tym samym do przepływu prądu przez T1 i T2 pomiędzy zasilaniem a masą. W ten prosty sposób został zrealizowany tzw. dead time (ang. martwy czas)

Uzwojenie pierwotne transformatora TR1 przyłączone jest do wyjścia stopnia mocy (emiter tranzystorów T1 i T2), oraz do pojemnościowego dzielnika napięcia złożonego z kondensatorów C3, C4, C5 i C6. Kondensatory ceramiczne C4 i C6 przyłączone równolegle do kondensatorów elektrolitycznych C3 i C4 mają za zadanie zmniejszyć dynamiczną impedancję wewnętrzną tych ostatnich, co może mieć, ze względu na impulsowy charakter pracy układu, znaczący wpływ na uzyskane parametry.

Pracę falownika można prześledzić na uproszczonym schemacie, przedstawionym na rysunku 3. Uzwojenie pierwotne transformatora TR1 włączone jest w przekątną mostka, którego jedną gałąź stanowią połączone szeregowo tranzystory T1 i T2. Na tym schemacie są one przedstawione jako dwa wyłączniki, które mogą być albo włączone albo wyłączone, co jest zgodne z rzeczywistością. Drugą gałąź mostka stanowią połączone szeregowo kondensatory C3 i C4. Ze względu na jednakową pojemność tych kondensatorów na każdym z nich odkłada się napięcie będące połową napięcia zasilającego  $U_Z$ . Kondensatory te więc faktycznie stanowią źródła napięcia o wartości  $U_Z/2$ , o pomijalnie małej impedancji wewnętrznej. Stąd na



Rys. 2 Przebiegi w układzie generatora z bramką Schmitta



Rys. 3 Zasada pracy falownika

schemacie z rysunku 3 zamiast kondensatorów pojawiły się dwa szeregowo połączone źródła napięcia, każde o wartości  $U_z/2$ .

Cykl pracy falownika składa się z dwóch faz. W pierwszej fazie przewodzi tranzystor T1 a T2 jest zatkany. Prąd uzwojenia pierwotnego transformatora

TR1 płynie od dodatniego bieguna źródła zasilania  $U_z$  do środkowego punktu połączenia źródeł napięcia  $U_z$ . Napięcie występujące w tym czasie na uzwojeniu pierwotnym transformatora TR1 wynosi  $U_z/2$ . Napięcie wyindukowane w uzwojeniu wtórnym transformatora TR1 będzie miało wartość  $(U_z/2) \cdot (Z_2/Z_1)$ , gdzie  $Z_1$  jest ilością zwojów uzwojenia pierwotnego, a  $Z_2$  ilością zwojów uzwojenia wtórnego transformatora TR1. Iloraz  $Z_2/Z_1$  zwany jest powszechnie przekładnią zwojową transformatora i oznaczany literą  $\eta$  (gr. eta). Podczas drugiej fazy, w której rozwarty jest tranzystor T1 a zwarty T2 zachodzą te same procesy co w fazie pierwszej, z tym, że kierunki prądów i biegunowości napięć są przeciwne.

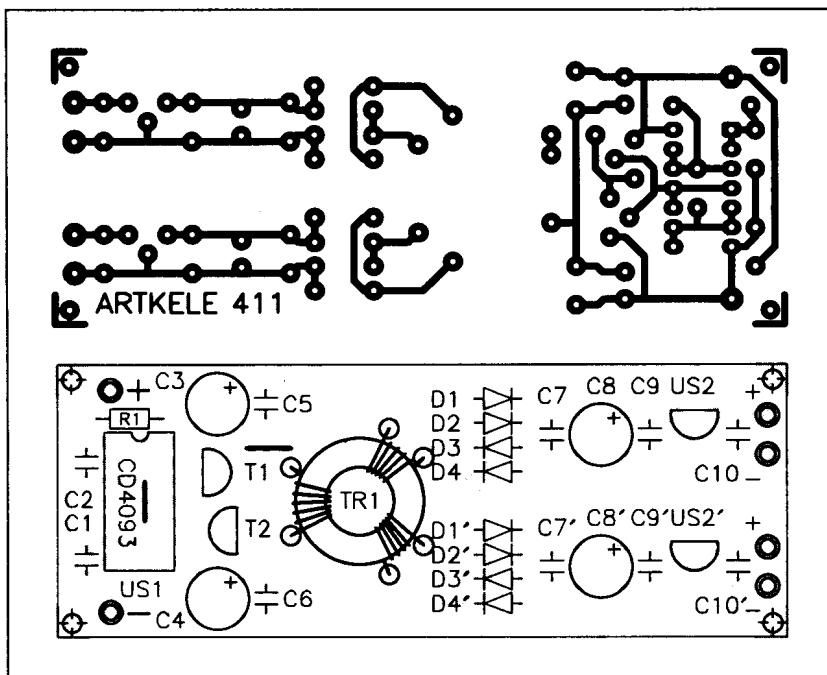
Napięcie z uzwojeń wtórnych jest prostowane, filtrowane i stabilizowane w typowych układach, których podawanie zasad działania jest zbędne. Należy tylko dodać, że układ prostownika można wykonać na dwa sposoby, jako mostkowy z czterema diodami albo dwudiodowy, z dzielonym uzwojeniem. W tym drugim przypadku uzyskuje się mniejsze spadki napięcia na diodach prostowniczych, ale za to konieczna jest podwójna ilość uzwojeń wtórnych.

### Montaż i uruchomienie

Budowę układu rozpoczynamy od wykonania transformatora TR1. W tym celu pierścień ferrytowy na którym nawiniemy uzwojenia należy najpierw owinać taśmą izolacyjną. Następnie nawijamy uzwojenie  $Z_1$  – 8 zwojów i uzwojenia  $Z_2 = Z_2' - 20$  zwojów dla napięć wyjściowych  $5 \div 8$  V, lub 30 zwojów dla napięć wyjściowych  $10 \div 12$  V. Uzwojenia wykonuje się drutem nawojowym w emalii DNE o średnicy  $\phi 0,20 \div 0,30$  mm, lub przewodem w izolacji z PCV lub teflonu (CYNAR).

Uzwojenia należy układać tak, aby odległość między nimi była jak największa. Uzyskamy wtedy odpowiednio wysoką wytrzymałość napięciową izolacji między uzwojeniami.

W przypadku, gdy wykonujemy prostownik jako dwudiodowy, każde z uzwojeń wtórnych nawijamy jednocześnie dwoma przewodami (bifilarnie). Liczba zwojów jest taka sama jak w przypadku pojedynczego uzwojenia. Aby nie pomylić początków uzwojeń na jednym końcu każdego z drutów nawojowych zawiązujemy supeł (jest to łatwe gdyż drut jest cienki). Potem druty składamy razem, tak aby koniec z supełem na pierwszym drucie znajdował się obok końca bez supeła na drugim drucie. Następnie nawijamy potrzebną liczbę zwojów. Oba końce drutów z supełem łączymy razem, będzie to środkowe wyprowadzenie uzwojenia. Dwa pozostałe zakończenia są końcówkami uzwojenia.



Rys. 4 Płytki drukowane i rozmieszczenie elementów

Układ montujemy na płytce drukowanej zamieszczonej na rysunku 4. W wersji z prostownikiem Graetza (czterodiodowym) na płytce drukowanej montuje się wszystkie diody prostownicze D1÷D4 i D1'÷D4', końce uzwojeń Z2 i Z2' wlotowuje się w otwory obok transformatora. Natomiast w wersji z dwoma diodami i uzwojeniem bifilarnym Montowane są tylko diody D1 i D2, oraz D1' i D2'. Skrajne końce uzwojeń montuje się w otwory obok transformatora, a odczep wlotowuje się w miejsce anody diody D3, dla drugiego uzwojenia w miejsce anody D3'. Po przylutowaniu przewodów rdzeń transformatora można przykleić do płytki drukowanej żywicą epoksydową, lub „klejem na gorąco”.

Uruchomienie polega na podłączeniu do układu napięcia zasilającego 12 V i sprawdzeniu napięć na poszczególnych wyjściach zasilacza.

#### Wykaz elementów

|           |                                                         |
|-----------|---------------------------------------------------------|
| US1       | – CD 4093                                               |
| US2, US2' | – LM 78LXX, w zależności od napięcia wyjściowego 5÷12 V |
| T1        | – BC 337-16                                             |

|                                            |                                                                   |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| T2                                         | – BC 327-16                                                       |
| D1÷D4, D1'÷D4'                             | – 1N4148                                                          |
| R1                                         | – 5,6 kΩ/0,125 Ω                                                  |
| C1, C5, C6, C7, C7',<br>C9, C9', C10, C10' | – 100 nF/63 V MKSE-20                                             |
| C2                                         | – 4,7 nF/63 V MKSE-20                                             |
| C3, C4                                     | – 22 μF/16 V 04/U                                                 |
| C8, C8'                                    | – 47 μF/25 V 04/U                                                 |
| TR1                                        | – rdzeń toroidalny (pierścieniowy)<br>RP 16x9, 6x6 F-2001         |
| Z1                                         | – 8 zwojów                                                        |
| Z2, Z2'                                    | – 20 zwojów dla $U_{wy}$ 5÷8 V,<br>30 zwojów dla $U_{wy}$ 10÷12 V |

płytką drukowaną numer 411

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem pocztowym. Płytki można zamawiać w redakcji PE.

Cena: 2,42 zł + koszty wysyłki.

Podzespoły elektroniczne można zamawiać w firmie LARO – patrz IV strona okładki.

♦ J.D.T.