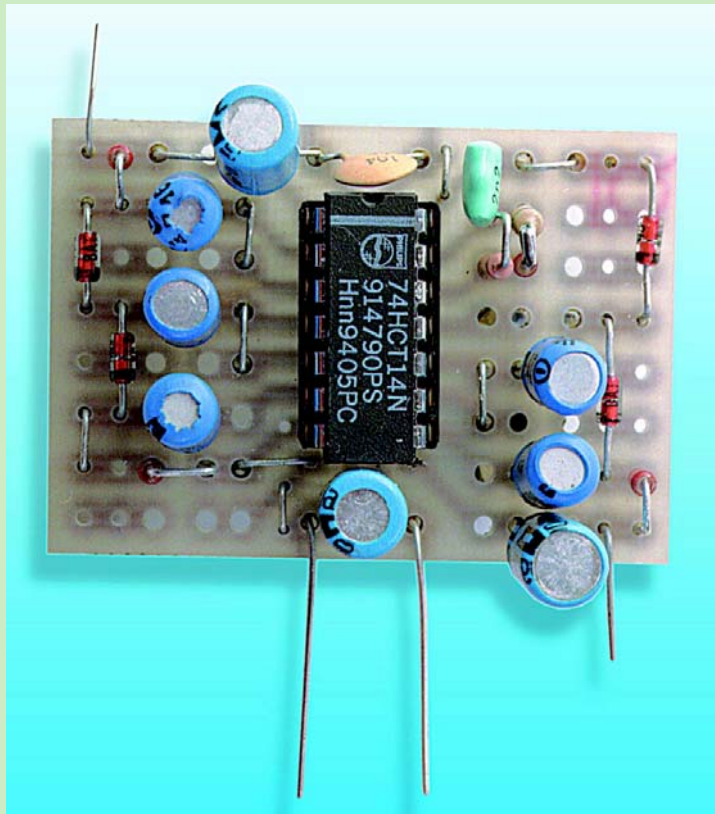


Przetwornica napięcia



- prosta konstrukcja i łatwość wykonania
- niska cena wynikająca z zastosowania popularnych elementów
- duża sprawność przetwarzania
- możliwość zmontowania na płytce uniwersalnej

Do czego to służy?

W praktyce elektronika zdarza się dość często, że na jednej płytce drukowanej umieszczone są zarówno układy analogowe, jak i cyfrowe. Układy cyfrowe najczęściej zasilane są pojedynczym napięciem 5V, natomiast analogowe zwykle wymagają napięć symetrycznych, rzędu $\pm 10V$ lub większych. Potrzebne są więc dwa oddzielne zasilacze, albo trzeba zastosować odpowiednią przetwornicę. Na rynku dostępne są specjalne scalone przetwornice, zarówno wykorzystujące cewkę indukcyjną, jak i pojemnościowe. Niektóre takie kostki mają rzeczywiście świetne parametry i do wykonania kompletnej przetwornicy, oprócz układu scalonego, potrzebne jest tylko kilka zewnętrznych

elementów biernych. Niestety póki co, nie każdy hobbysta może takie kostki kupić: są jeszcze za mało popularne, a przy tym dość drogie.

Czytelnicy EdW póki co, nie projektują sprzęgów analogowo-cyfrowych, pracujących z rozdzielczością 10...12 bitów i częstotliwością przetwarzania rzędu dziesiątek megaherców. W takich precyzyjnych i szybkich układach pomiarowych zawierających układy analogowe i cyfrowe problem zasilania, a w szczególności sposób prowadzenia mas, jest jednym z najważniejszych zadań, jakie stają przed konstruktorem.

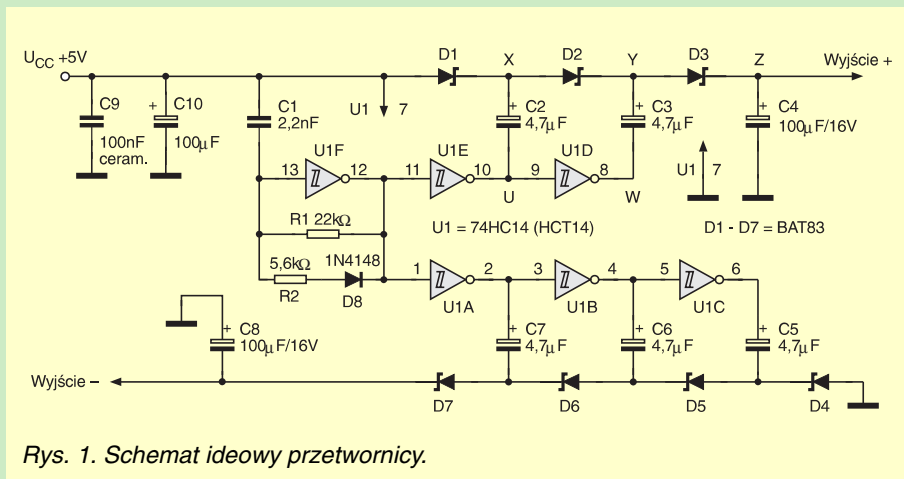
Natomiast Czytelnicy EdW potrzebują przetwornicy na przykład do zasilania wzmacniaczy operacyjnych z baterii lub akumulatorów, do uzyskania wymaganych poziomów w łączy szeregowym

RS232, lub do zasilania komparatorów czy wzmacniaczy operacyjnych współpracujących z układem cyfrowym.

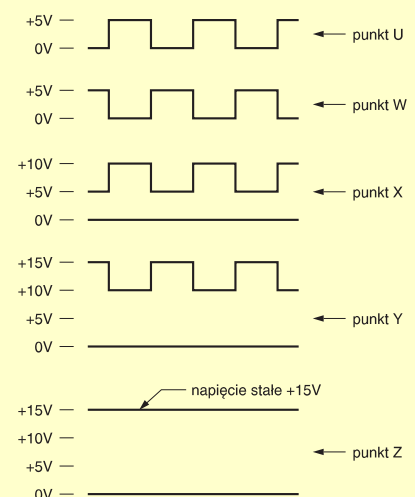
Przedstawiony dalej prosty układ okaże się bardzo pożyteczny, gdy potrzeba z pojedynczego napięcia wytworzyć napięcia symetryczne o większej wartości, a wymagany prąd nie jest większy niż 5...10mA.

Jak to działa?

Schemat ideowy układu pokazany jest na rysunku 1. Widać tu w zasadzie dwie przetwornice: jedną podwajającą z inwerterami U1E, U1D i drugą potrającą z inwerterami U1A, U1B, U1C.



Rys. 1. Schemat ideowy przetwornicy.



Rys. 2. Przebiegi napięć w ważniejszych punktach układu.

Pracą obu przetwornic steruje generator zbudowany na inwerterze U1F.

Zasada pracy przetwornicy pojemnościowej jest bardzo prosta; dla ułatwienia analizy układu, na **rysunku 2** przedstawiono przebiegi napięć w ważniejszych punktach układu.

Przy analizie działania dla uproszczenia założymy, że diody są idealne, i w kierunku przewodzenia nie występuje na nich żaden spadek napięcia. Na początek przyjmijmy, że przetwornica nie jest obciążona, czyli pracuje w stanie jałowym.

Gdy na wyjściu bramki U1E występuje stan niski, kondensator C2 naładuje się przez diodę D1 do napięcia równego napięciu zasilania. W następnej fazie cyklu pracy, na wyjściu bramki U1E pojawia się stan wysoki, a na wyjściu U1D - niski. Naładowany kondensator C2 jest niejako podniesiony i napięcie na jego dodatniej okładzinie (punkt X) mierzone w stosunku do masy jest dwa razy większe niż napięcie zasilające układ (Ucc). W tej fazie dioda D1 jest spolaryzowana zaporowo, nie płynie przez nią żaden prąd. Prąd płynie natomiast przez diodę D2 i ładuje kondensator C3. Ponieważ napięcie na wyjściu bramki U1D jest równe zeru, kondensator C3 naładowałby się do napięcia dwa razy większego niż napięcie zasilania. Jeśli pojemność kondensatora C3 byłaby dużo mniejsza od pojemności C2, to już w tej fazie kondensator C3 naładowałby się praktycznie do napięcia, jakie występuje w punkcie X. Ponieważ jednak pojemność C3 jest równa pojemności C2, kondensator naładuje się do takiego napięcia, dopiero po pewnej liczbie cykli pracy.

W następnej fazie znów zmieniają się stany na wyjściach bramek: na wyjściu U1E pojawi się stan niski, a na wyjściu U1D - wysoki. Tym razem "podniesiony" zostanie kondensator C3, i na jego dodatniej okładzince (punkt Y) napięcie w stosunku do masy będzie trzykrotnie większe od napięcia zasilającego Ucc. Dioda D2 będzie teraz spolaryzowana zaporowo, natomiast prąd popłynie przez diodę D3 i naładuje kondensator C4. Znow, jeśli pojemność C4 byłaby dużo, dużo mniejsza od pojemności C3, kondensator wyjściowy C4 od razu naładowałby się do napięcia trzykrotnie większego niż napięcie Ucc.

Wzajemne ładowanie kondensatorów możemy porównać do przelewania wody ze szklanki do szklanki. Poziom wody w szklance odpowiada napięciu elektrycznemu. Woda może płynąć tylko z naczynia gdzie jest wyższy poziom, do naczynia gdzie poziom wody jest niższy, a jest jasne, że poziom wody w szklance (napięcie) zmniejsza się jeśli woda w niej zawarta przepływa do innej szklanki (ładujemy następny kon-

densator). Jeśli przelewalibyśmy wodę z bardzo dużej do bardzo małej szklanki, to poziom wody w dużej szklance niewiele zmieniłby się nawet po napełnieniu małej szklanki. Ponieważ w naszym układzie wszystkie szklanki (kondensatory C2, C3, C4) mają równą pojemność, trzeba kilkakrotnie powtórzyć cykl przelewania, aby uzyskać na wyjściu potrzebne podwyższone napięcie.

W praktyce pojemność kondensatorów nie gra większej roli, o ile tylko odpowiednio duża jest częstotliwość pracy przetwornicy. Natomiast nigdy nie uda się uzyskać napięcia dokładnie trzy razy większego, niż napięcie zasilające - napięcie wyjściowe zawsze jest mniejsze. Wynika to po pierwsze ze spadku napięcia na diodach (w kierunku przewodzenia), a po drugie ze strat w wyjściowej rezystancji wewnętrznej bramek. Oczywiście, napięcie wyjściowe zależy od prądu obciążenia.

Druga, dolna część układu - przetwornica napięcia ujemnego - składa się z inwerterów U1A, U1B i U1C. Pracuje ona na identycznej zasadzie, ale ponieważ potrzebne są napięcia symetryczne względem masy, musi zawierać o jeden stopień więcej niż przetwornica napięcia dodatniego.

Dla uzyskania najlepszych rezultatów, w układzie należy zastosować diody Schottky'ego, mające niewielki spadek napięcia w kierunku przewodzenia, oraz układy 74HC14 (lub ewentualnie 74HCT14), mające małą rezystancję wyjściową. Dużo gorszym rozwiązaniem jest użycie zwykłych diod krzemowych i kostki CMOS 40106, która ma takie same funkcje i układ wyprowadzeń, ale znacznie większą rezystancję wyjściową.

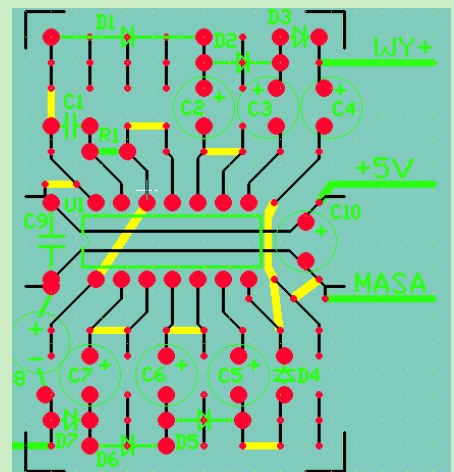
Przy zasilaniu napięciem 5V, na wyjściach WYJŚCIE+ i WYJŚCIE- w stanie jałowym uzyskuje się napięcia wynoszące około +14,85V i -14,6V względem masy. Przy obciążeniu obu wyjść prądem rzędu 5mA napięcia wyjściowe wynoszą: +11,9V i -10,7V, a przy obciążeniu prądem 10mA: +9,5V i -8,2V.

Kostkę 74HC14 można zasilać napięciem w zakresie 3...6V, 74HCT14 - 4,5...5,5V.

Montaż i uruchomienie

Montaż układu można wykonać w dowolny sposób. Egzemplarz modelu pokazany na fotografii zmontowany na małej płytce uniwersalnej PU-03. **Rysunek 3** będzie pomocą w montażu. Układ zwór (połączeń) nie jest krytyczny, należy jednak minimalizować długość połączeń.

Układ bezbłędnie zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchomienia. Przy montażu na płytkach uniwersalnych łatwo jednak o pomyłki,



Rys. 3. Schemat montażowy (płytki nie w skali).

więc w przypadku kłopotów sprawdzenie układu należy zacząć od generatora z bramką U1F, którego częstotliwość powinna wynosić kilkadziesiąt kHz. W przypadku kostki 74HC14 generowany przebieg prostokątny powinien mieć mniej więcej jednakowe czasy impulsu i czasy przerwy. Przy kostce 74HCT14 współczynnik wypełnienia byłby inny, ponieważ układy te mają inne poziomy progów logicznych (zgodnie z poziomami TTL). Dlatego w przypadku zastosowania kostek 74HCT14 dobrze jest dla uzyskania równych czasów impulsu i przerwy, wlotować rezystor R2 (5,6k Ω) i diodę D8 (1N4148). Ale uwaga! Elementy te nie są potrzebne, jeśli użyta jest kostka 74HC14.

Gdy czasy impulsu i przerwy będą równe, średnie napięcia na wszystkich wyjściach bramek (mierzone woltomierzem wskazówkowym) powinny być mniej więcej równe połowie napięcia zasilającego.

Cd. na str. 46

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 22k Ω

Kondensatory

C1: 2,2nF

C2, C3, C5, C6, C7: 4,7...22 μ F/16V

C4, C8, C10: 47...100 μ F/16V

C9: 100nF ceramiczny

Półprzewodniki

D1-D7: diody Schottky 0,1...0,2A np. BAT83

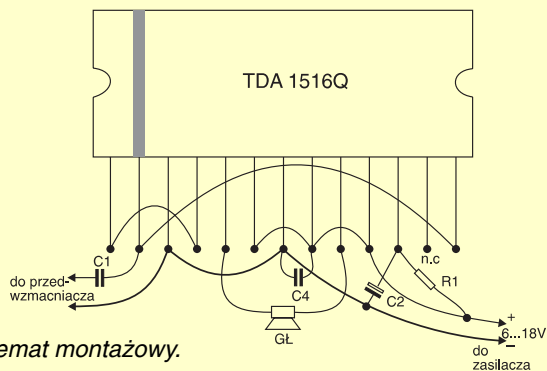
U1: 74HC14

Elementy używane przy zastosowaniu jako U1: 74HCT14

(nie wchodzi w skład kitu AVT-2210)

R2: 5,6k Ω

D8: 1N4148



Rys. 2. Schemat montażowy.

Montaż i uruchomienie

Pomocą w montażu układu będzie **rysunek 2**. Do tak prostego układu nie potrzeba płytki drukowanej - w ogromnej większości przypadków warto zastosować montaż przestrzenny.

Do budowy modelu użyto niewielkiego radiatora z blachy aluminiowej. Prawdopodobnie okaże się on za mały dla uzyskania pełnej mocy 24W przy pracy ciągłej, bowiem wtedy moc strat wynosi około 15W. Jednak do urządzeń, gdzie rzadko będzie wykorzystywana cała moc wzmacniacza, taki radiator z powodzeniem wystarczy. Oczywiście kostka ma wbudowane zabezpieczenia,

w tym termiczne, które nie dopuszczają do uszkodzenia, gdyby radiator okazał się za mały.

Jak zwykle przy montażu wzmacniacza mocy, należy zwrócić uwagę na przebieg połączenia masy do źródła zasilania i do ewentualnego przedwzmacniacza. Połączenie to powinno być możliwie krótkie i wykonane grubym przewodem. W modelu w roli C3 zastosowano dwa kondensatory o pojemności po 1000µF. Jeśli układ zasilany byłby z zasilacza posiadającego duże kondensatory filtrujące, kondensatora C3 nie trzeba stosować. Podobnie nie jest on potrzebny, jeśli wzmacniacz zasilany byłby z blisko umieszczonego akumu-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 33kΩ

Kondensatory

C1: 220nF

C2: 100µF/16V

C3: 2200µF/25V (lub 2x1000µF/25V)

C4: 100nF, ceramiczny

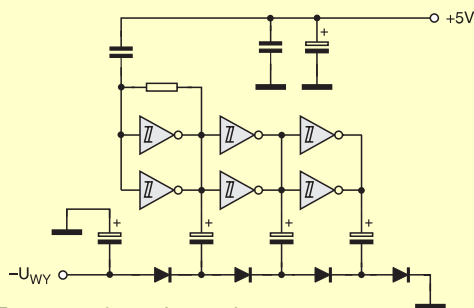
Półprzewodniki

latora. Jeśli jednak miałby być zasilany z baterii, pojemność kondensatora C3 być może trzeba będzie zwiększyć, żeby zabezpieczyć przed samowzbudzeniem na niskich częstotliwościach przy częściowo wyczerpanych bateriach, gdy ich rezystancja wewnętrzna wzrośnie.

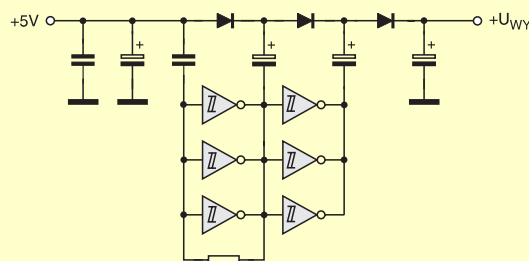
Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchomienia i od razu pracuje poprawnie.

Piotr Górecki

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako "kit szkolny" AVT-2111.



Rys. 4. Przetwornica odwracająca.



Rys. 5. Zwiększanie stopnia powielenia.

Cd. ze str. 44

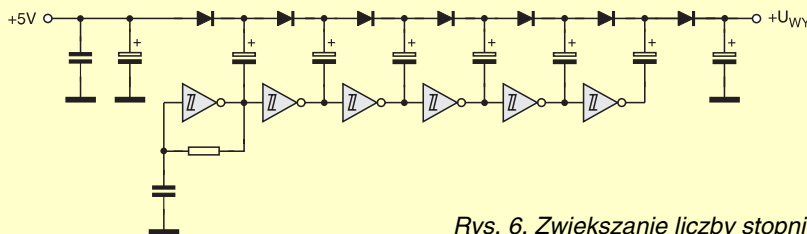
Przy praktycznym stosowaniu opisanego modułu należy zwrócić uwagę na zakłócenia impulsowe, jakie mogą przedostawać się z przetwornicy do innych części urządzenia. Aby je zminimalizować, w niektórych układach trzeba będzie oprócz kondensatorów C9 i C10 zastosować dławik o indukcyjności od kilkudziesięciu do kilkuset mikrohenrów, włączony szeregowo w obwód szyny zasilającej +5V.

Uwagi końcowe

Układ pokazany na rysunku 1 jest przetwornicą dostarczającą napięcie symetrycznych. W wielu wypadkach potrzebne jest tylko wytworzenie napięcia ujemnego. Wtedy można wykorzystać

układ z **rysunku 4**. Z uwagi na równoległe połączenie bramek, może on dostarczyć prądu znacznie większego niż podana wcześniej przetwornica napięcia symetrycznych. Podobnie układ potrąca napięcia z **rysunku 5**.

Tak samo, jeśli potrzebne byłoby napięcie dodatnie wyższe niż 12...14V, można zwiększyć liczbę stopni przetwor-



Rys. 6. Zwiększanie liczby stopni.

nicy według **rysunku 6**. Należy jednak pamiętać, że zmniejsza się wtedy wydajność prądowa.

Piotr Górecki

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako "kit szkolny" AVT-2110.