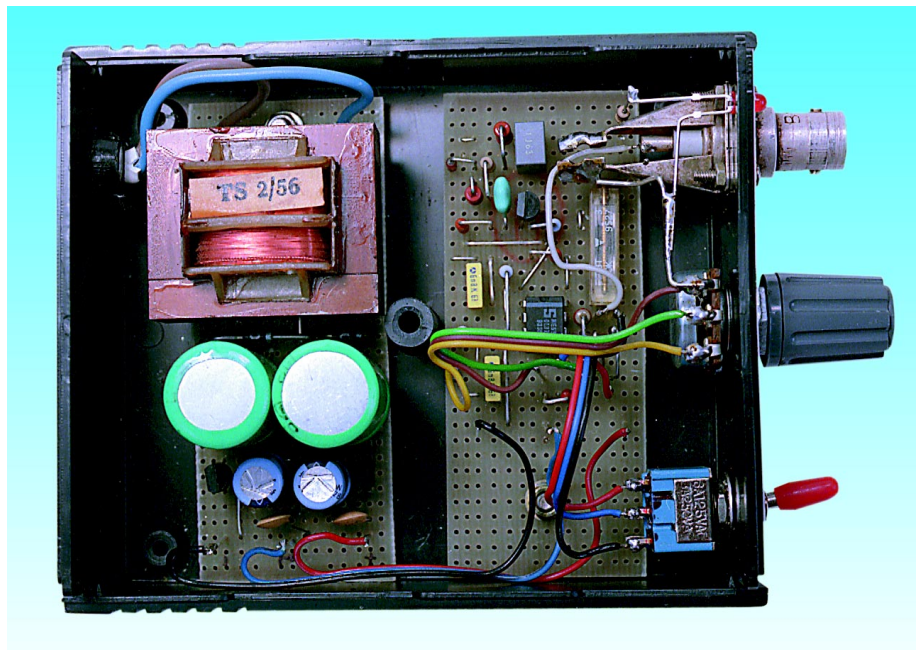


Wzorcowy generator audio



Generator o rewelacyjnie niskich zniekształceniach nieliniowych

- współczynnik zniekształceń nieliniowych rzędu 0,01 %
- prosta konstrukcja z użyciem popularnych i tanich elementów
- niski koszt wykonania
- estetyczna obudowa i płyta czołowa

Do czego to służy?

Każdy elektronik potrafi w ciągu kilku minut zmontować generator przebiegu prostokątnego. Jednak wykonanie dobrego generatora przebiegu sinusoidalnego nie jest już tak łatwym zadaniem. Tymczasem do testowania sprzętu audio, dobry generator sinusa jest wręcz niezbędny.

Przestrajany generator lub jeszcze lepiej wobulator obejmujący zakres częstotliwości od około 10Hz do około 100kHz służy do pomiaru szerokości przenieszonego pasma i nierównomier-

ności charakterystyki. Przy takich pomiarach nie jest wymagana duża "czystość" sinusoidy - wystarczy, aby zawartość zniekształceń nieliniowych nie przekraczała 1%.

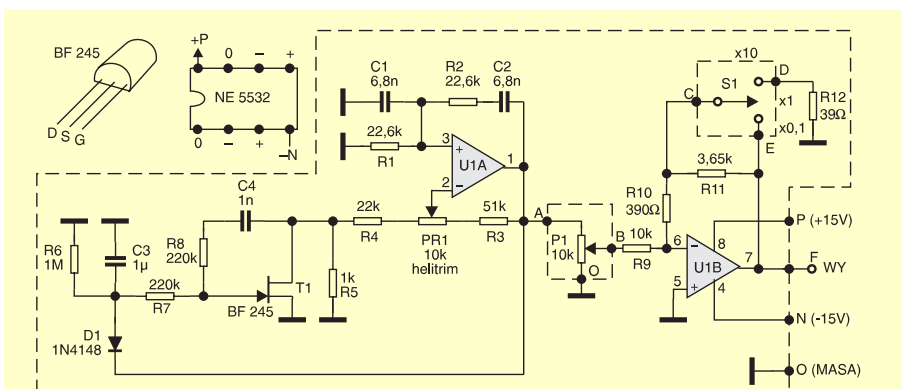
Ale nie wystarczy to przy pomiarze zniekształceń nieliniowych. We współczesnym sprzęcie audio, zniekształcenia rzędu 1% są uważane za niedopuszczalnie duże, pomimo że przeciętny słuchacz ledwie je zauważa. Do pomiaru współczynnika zniekształceń nieliniowych w urządzeniach najwyższej klasy potrzebny jest sprzęt pomiarowy, mający zniekształcenia własne rzędu 0,001%.

Jednak wykonanie urządzeń pomiarowych o tak dobrych parametrach nie jest zadaniem łatwym nawet dla doświadczonego konstruktora. Na szczęście w praktyce elektronika-hobbysty, zazwyczaj wystarczy generator ze zniekształceniami rzędu 0,03...0,01%. Nie musi to też być generator przestrajany. Wystarczy, aby generował przebiegi o kilku określonych częstotliwościach (100Hz, 1kHz i 10kHz), albo nawet o jednej częstotliwości równej 1kHz.

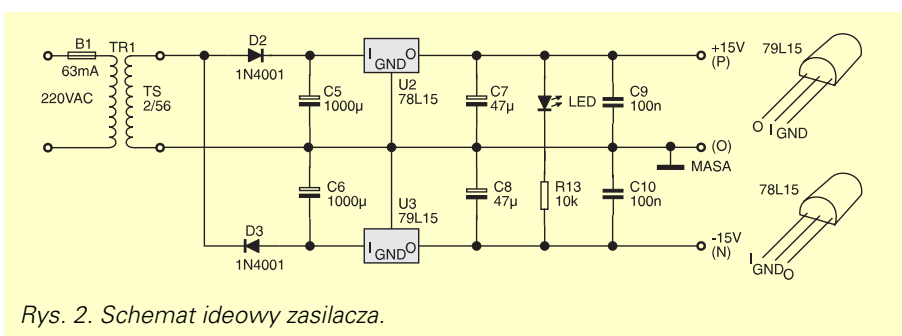
Taki właśnie generator pokazany jest na fotografii.

Jak to działa?

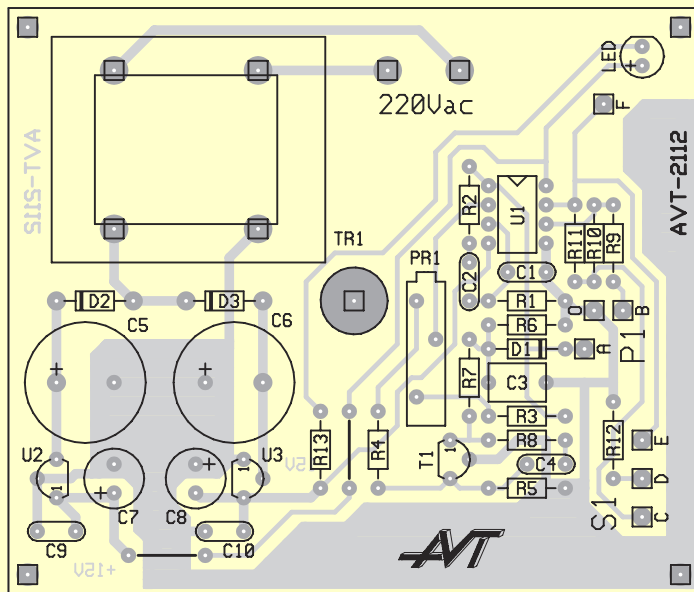
Schemat ideowy generatora pokazany jest na **rysunku 1**. Jest to klasyczny generator ze wzmacniaczem operacyjnym (U1A) i mostkiem Wiena umieszczonym w gałęzi dodatniego sprzężenia zwrotnego (elementy R1C1R2C2). Obwód ujemnego sprzężenia zwrotnego składa się z elementów R3, PR1, R4, R5 i T1. Jak widać, do stabilizacji amplitudy przebiegu sinusoidalnego został użyty tranzystor polowy złączowy (T1). Obwód stabilizacji amplitudy zawiera elementy D1, R6, C3. Stała czasowa R6C3 jest wy-



Rys. 1. Schemat ideowy generatora.



Rys. 2. Schemat ideowy zasilacza.



Rys. 3. Płytką drukowaną.

starczająco duża, żeby usunąć z przebiegu sterującego bramkę tranzystora T1 pulsacje o częstotliwości przebiegu wyjściowego, czyli także zniekształcenia nieliniowe. Elementy R7, R8 i C4 tworzą obwód lokalnego sprzężenia zwrotnego, dodatkowo redukujący zniekształcenia.

Dla uzyskania niskiego poziomu zniekształceń, zastosowano wzmacniacz operacyjny o odpowiednio dobrych parametrach - kostkę NE5532.

Sygnal z wyjścia układu U1A podawany jest na potencjometr regulacji amplitudy i dalej na wzmacniacz o skokowo regulowanym wzmocnieniu. Pozwala to na regulację napięcia wyjściowego w trzech zakresach. Dzięki ciekawemu obwodowi regulacji wzmocnienia wzmacniacza U1B, udało się uzyskać sekwencję nastawień wzmocnienia x0,1 x1 x10 przy użyciu popularnego i taniego przełącznika trzypozycyjnego.

Poziom napięcia wyjściowego zależy nieco od użytego tranzystora polowego, a ściślej biorąc, od jego napięcia odcięcia bramki U_{GSS} . W razie potrzeby, dla osiągnięcia potrzebnego zakresu napięć na gnieździe wyjściowym, można zmieniać

wartość R9 w granicach od 6,8k Ω do nawet 100k Ω .

Częstotliwość generowanego przebiegu jest wyznaczona przez wartość elementów R1C1R2C2 i wynosi około 1kHz. Nie jest i nie musi to być częstotliwość dokładnie równa 1kHz, ważne żeby zniekształcenia przebiegu były jak najmniejsze. Dlatego można zmieniać w szerokich granicach wartości elementów R1C1R2C2, byle tylko ich wartości były parami równe.

Do zasilania układu potrzebne jest napięcie symetryczne $\pm 12... \pm 15V$. W modelu zapewnia je prosty zasilacz zawierający transformator TS2/56 i dwa stabilizatory 15-woltowe. Schemat ideowy zasilacza pokazany jest na rysunku 2.

Układ nie zawiera wyłącznika zasilania, bowiem jako przyrząd pomiarowy będzie dołączony do listwy zasilającej zawierającej takowy wyłącznik.

Montaż i uruchomienie

Model pokazany na fotografii został zmontowany na płytce uniwersalnej. Nabywcy zestawu AVT-2112 otrzymają płytkę drukowaną przedstawioną na ry-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R2: 22,6k Ω
- R3: 51k Ω
- R4: 22k Ω
- R5: 1k Ω
- R6: 1M Ω
- R7, R8: 220k Ω
- R9, R13: 10k Ω
- R10: 390 Ω
- R11: 3,6k Ω
- R12: 39 Ω
- PR1: helitrim 10k Ω
- P1: 10k Ω A potencjometr obrotowy

Kondensatory

- C1, C2: 6,8nF
- C3: 1 μ F stały
- C4: 1nF
- C5, C6: 470...1000 μ F/35...40V
- C7, C8: 47 μ F/16V
- C9, C10: 100nF ceramiczny

Półprzewodniki

- D1: 1N4148
- D2, D3: 1N4001...7
- T1: BF245
- U1: NE5532
- U2: 78L15
- U3: 79L15
- LED: czerwona 3mm

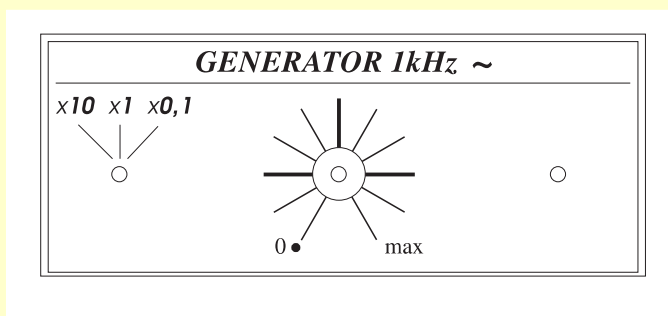
Różne

- TR1: transformator TS2/56
- przełącznik trzypozycyjny jednoobwodowy
- gniazdo wyjściowe BNC
- pokrętko potencjometru
- przewód sieciowy z wtyczką
- obudowa KM-35N
- naklejka samoprzylepna na płytę czołową

sunku 3, przedstawiającym rozmieszczenie elementów na płytce, oraz naklejkę na płytę czołową.

W zasadzie elementy układu mogą być montowane w dowolnej kolejności, ale najlepiej zacząć od zmontowania i uruchomienia zasilacza. Gdy zasilacz okaże się sprawny, można zmontować wszystkie elementy generatora. Ponieważ tranzystor polowy T1 jest dość delikatny, dobrze jest wlutować go na samym końcu.

Po zmontowaniu układ należy wyregulować. Nie jest do tego konieczny miernik zniekształceń, potrzebny będzie tylko oscyloskop, który trzeba dołączyć do wyjścia generatora U1A (punkt oznaczony A), lub po prostu podłączyć do gniazda wyjściowego.



Rys. 4. Projekt płyty czołowej.

Cd. na str. 49

Cd. ze str. 49

W jednym skrajnym położeniu potencjometru montażowego PR1 (wielobrotowego helitrima) drgania nie wystąpią, a w jego drugim skrajnym położeniu amplituda przebiegu będzie sięgać napięć zasilania i wierzchołki sinusoidy będą obcięte.

Należy pokręcać potencjometrem PR1 i pomiędzy tymi skrajnymi położeniami znaleźć punkt, w którym amplituda przebiegu w punkcie A wyniesie 1...3V (zależnie od egzemplarza tranzystora T1) i będzie stabilna, a przebieg będzie prawidłową sinusoidą. Punkt ten można bardzo łatwo znaleźć, gdy potencjometr PR1 jest wielobrotowym helitrimem. Nie należy tu stosować zwykłego jednoobrotowego PR-ka, właśnie dla ułatwienia procesu regulacji, ewentualnie; aby zwiększyć ten zakres, można zwiększyć

wartość rezystora R5 do 2,2kw lub nawet więcej.

Poza ustawieniem PR1, żadna inna regulacja nie jest potrzebna.

W egzemplarzu modelowym w zależności od egzemplarza tranzystora T1 i ustawienia potencjometru PR1 zawartość zniekształceń wynosiła od 0,01...0,03%.

Gdyby się okazało, że użyty tranzystor połowy ma duże napięcie odcięcia i amplituda przebiegu na gnieździe wyjściowym jest zbyt duża, można zwiększyć wartość R9 do 22...33kw.

Dla zmniejszenia wrażliwości układu na przydzwięk sieciowy, wszystkie połączenia przewodowe z potencjometrem P1 i przełącznikiem S1 powinny być możliwie krótkie i należy je wykonać taśmką lub stosować skręcone trójki przewodów.

Wszelkie prace z niebezpiecznym napięciem sieci energetycznej, osoby niepełnoletnie mogą wykonywać wyłącznie pod nadzorem wykwalifikowanych osób dorosłych.

Uruchomiony układ można umieścić w typowej plastikowej obudowie KM-35N. Na **rysunku 4** pokazano projekt płyty czołowej, który można skopiować na papier samoprzylepny i po polakierowaniu przykleić na płytę czołową.

Pod taką czołówką warto podkleić kawałek czystego papieru samoprzylepnego, aby czarna płyta nie prześwitywała przez polakierowany papier. Doświadczenie uczy, że warto najpierw nakleić naklejki, a dopiero potem równo wiercić niezbędne otwory. Żeby nie obniżyć stopnia bezpieczeństwa urządzenia, do mocowania płytek w obudowie nie należy stosować metalowych wkrętów. Zamiast tego należy użyć odpowiedniej ilości gąbki, albo innego wypełniacza, aby unieruchomić płytki wewnątrz obudowy.

**Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski**

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako "kit szkolny" AVT-2112.