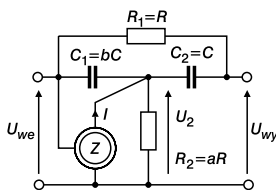


Generatory RC z filtrem zaporowym przestrajającym zmianą jednej rezystancji

Zastosowany w generatorze napięć sinusoidalnych środkowozaporowy filtr RC umożliwia regulację częstotliwości zmianą jednej rezystancji. Takie układy nie tylko nie mają głównych wad innych generatorów przestrajanych jednym elementem, ale są lepsze od popularnych, wykorzystujących mostek Wiena.

Konieczność strojenia generatora za pomocą równoczesnej zmiany dwóch rezystancji, jak to ma miejsce w konwencjonalnych układach generatorów RC, np. z mostkiem Wiena, znacznie utrudnia wykonywanie i praktyczne wykorzystanie takich układów. Inaczej jest w przypadku regulacji częstotliwości generatora tylko jednym rezystorem. Tworzą się wówczas możliwości nowych zastosowań, np. gdy do zmiany częstotliwości zostaną użyte fotorezystory lub termistory. Mimo oczywistych zalet generatory RC przestrajane zmianą tylko jednego elementu są rzadko stosowane. Wynika to z niedostatecznego upowszechnienia takich układów w dostępnej literaturze, ale przede wszystkim z ich niezbyt dobrych własności pogarszających się znacznie wraz z poszerzaniem zakresu zmienianych częstotliwości. Istnieje jednak układ nie posiadający głównych wad czwórników przestrajanych jednym rezystorem i o nim będzie mowa w artykule.



Rys. 1. Czwórnik zbocznikowany T ze źródłem prądu $I = U_{we}(b+1)/R$ jest filtrem środkowozaporowym dla częstotliwości $f_0 = 1/2\pi RC\sqrt{ab}$

Filtr środkowozaporowy z pomocniczym źródłem prądu przestrajającym zmianą jednej rezystancji

Na rys. 1 pokazany jest czwórnik „zbocznikowane T” z przyłączonym do jego węzła wewnętrznego źródłem prądu Z sterowanym napięciem. Jeśli prąd źródła wynosi:

$$I = \frac{U_{we}}{R} (b + 1)$$

to przy częstotliwości napięcia wejściowego U_{we} równej

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{ab}}$$

napięcie wyjściowe filtru $U_{wy} = 0$. Ponieważ prąd źródła nie zależy od rezystancji $R_2 = aR$, więc zmieniając tę rezystancję można regulować częstotliwość f_0 .

Układ według rys. 1 jest zatem filtrem środkowozaporowym, nadającym się do wykorzystania m.in. w generatorach napięć sinusoidalnych. Dla oceny własności takiego układu najlepiej jest posługiwać się wartościami względnymi odniesionymi do otrzymywanych z innymi popularnymi generatorami RC, np. z mostkiem Wiena. Obliczona w ten sposób względna stabilność S częstotliwości w stosunku do uzyskiwanej w podobnych warunkach z mostkiem Wiena wynosi

$$S = \frac{9\sqrt{ab}}{1 + a + ab}$$

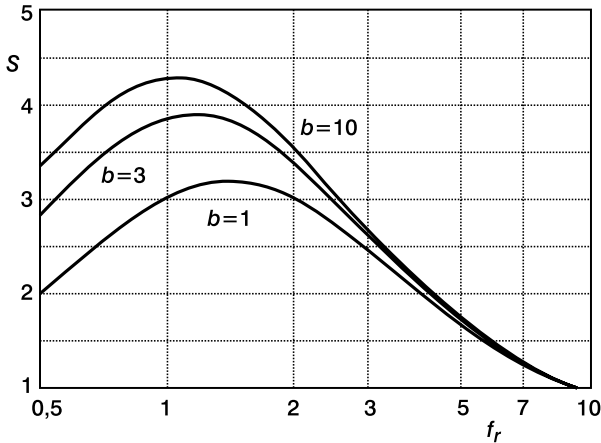
Oznaczając przez f_r stosunek częstotliwości f_0 do częstotliwości, gdy $ab=1$

$$f_r = \frac{1}{\sqrt{ab}}$$

otrzymujemy zależności przedstawione na wykresie z rys. 2. Zbliżone wartości odnoszą się także do tłumienia harmonicznym. Napięcie U_2 na rezystorze R_2 jest przesunięte fazowo względem napięcia wejściowego U_{we} o 90° i wynosi $|U_2| = U_{we}\sqrt{ab}$. Jeśli $ab > 1$, to $|U_2| > U_{we}$, więc gdy zastosowane rozwiązanie układowe nie pozwala na zbyt duże napięcie U_2 , to obszar częstotliwości $f_r < 1$ nie może być wykorzystany. Wykres z rys. 2 wyjaśnia, że przy niewielkim zakresie przestrajania filtr z rys. 1 ma ok. 3 razy lepsze własności od mostka Wiena. Gdy generator jest przestrajany w stosunku 1:10, własności te są nadal dobre, znacznie lepsze niż uzyskiwane w innych generatorach RC przestrajanych jednym rezystorem, np. wykorzystujących odmiany mostka Wiena. Korzystne jest także, że rezystor regulujący częstotliwość jest połączony bezpośrednio z przewodem zasilania lub masą. Jest to własność często potrzebna, np. w opisywanym niżej generatorze umożliwia włączenie tym samym stykiem zarówno zasilania, jak i rezystora decydującego o generowanej częstotliwości. Układ z rys. 1 może być oczywiście wykorzystywany także w filtrach i wzmacniaczach selektywnych.

Włączanie zasilanie generatora i wybranej częstotliwości jednym stykiem

W generatorze przedstawionym na rys. 3 czwórnik jest wstawiony w gałąź ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmacniacza (podobnie jak



Rys. 2. Stabilność częstotliwości generatora z układem wg rys. 1 w stosunku do stabilności uzyskiwanej z generatorem z mostkiem Wien’a w zależności od względnej częstotliwości $f_r = 1/\sqrt{ab}$

i w innych generatorach z filtrami zaporowymi), ale dodatkowo sprzężenie potrzebne do wzbudzenia układu uzyskuje się dzięki wspomagającemu działaniu źródła prądu, które sprawia, że napięcia wyjściowego czwórnika (tj. napięcie wejściowe wzmacniacza) jest przesunięte fazowo o 180° względem jego napięcia wejściowego. Dzięki dużemu wzmocnieniu wzmacniacza jego napięcie wejściowe jest tak małe, że praktycznie ważne są podane wyżej wzory, m.in. na prąd I i częstotliwość f_0 . Źródło prądu zestawione z tranzystora złączonego i wzmacniacza operacyjnego jest sterowane napięciem wyjściowym generatora ograniczanym działaniem diod. Taki sposób regulacji amplitudy zapewnia wymaganą w tym przypadku szybką stabilizację generowanego napięcia, ale powoduje jego zniekształcenia.

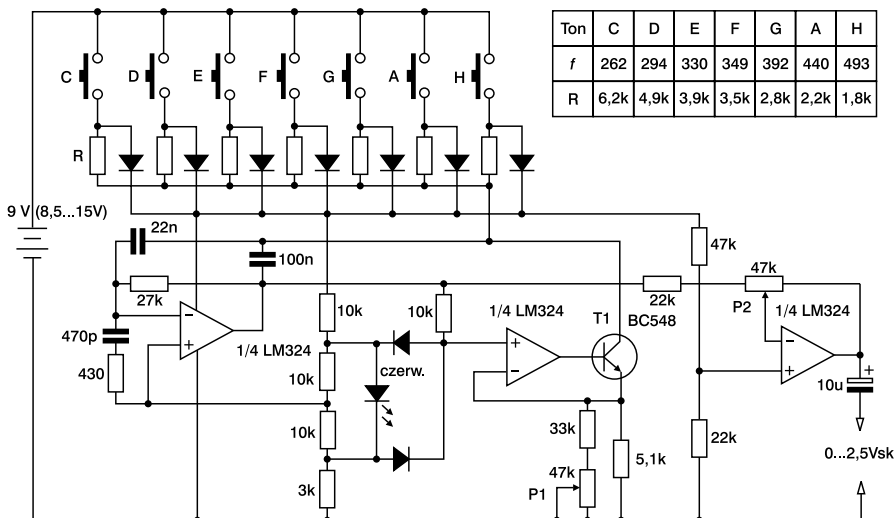
wynoszą ok. 0,2%.
W przykładowym wykonaniu generatora stykami łączone są z zasilaczem rezystory o rezystancjach obliczonych dla otrzymywania częstotliwości 7 tonów gamy C–dur. Równocześnie poprzez diody przyłączany jest do zasilacza także układ ze wzmacniaczami operacyjnymi. Spadek napięcia na załączonym rezystorze sprawia, że przewodzi tylko jedna dioda, a pozostałe są spolaryzowane w kierunku zaporowym. Niestety równoczesne zwarcie dwóch lub więcej styków powoduje generację niepożądanych częstotliwości. Takiej wady nie posiada układ, w którym rezystory ustalające częstotliwość są połączone szeregowo, ale wówczas niewielkie spadki napięcia na poszczególnych rezystorach mogą być za małe (jak to byłoby w opisywanym generato-

Korzystne jest, że ogranicznik napięcia nie działa bezpośrednio na napięcie wyjściowe, a tylko na sterowanie źródła prądu, ale wraz ze zmniejszaniem rezystancji R_2 (rys. 1) maleje także skuteczność działania takiej stabilizacji amplitudy. Dlatego trudno całkowicie uniezależnić napięcie wyjściowe od częstotliwości. Jednak rezystorem P1 można ustawić prąd źródła, przy którym stabilność napięcia generatora jest zadawalająca, a zniekształcenia

rze), aby zapewnić całkowity brak przewodzenia nie załączonych diod. Wspomniana wada sprawia, że opisywany generator nadaje się do wykorzystania raczej w sygnalizatorze akustycznym niż w prostym instrumencie muzycznym.

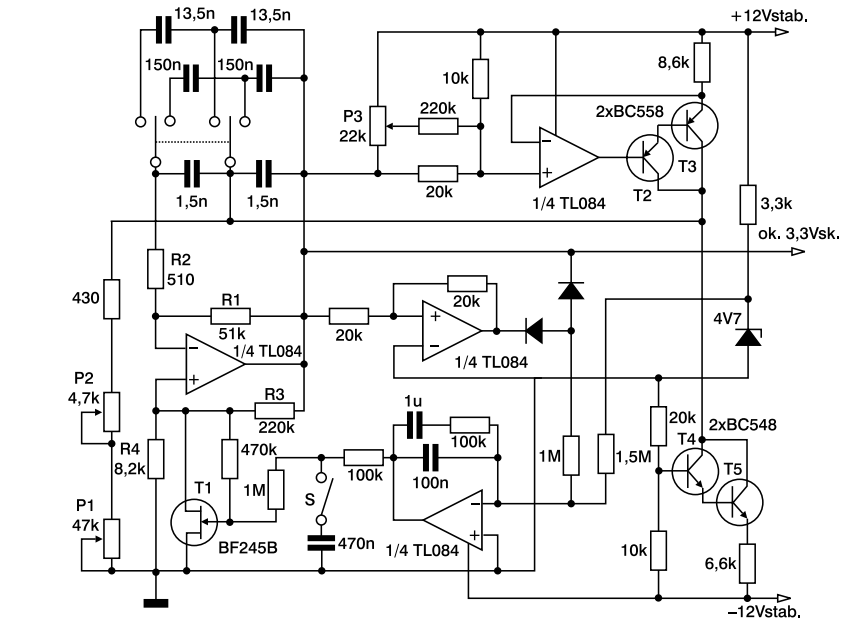
Generator częstotliwości od ok. 20 Hz do ok. 20 kHz

W generatorze pokazanym na rys. 4 rezystory R1 i R2 oraz R3 i tranzystor połowy T1 wraz z rezystorem R4 tworzą mostek, a układ stabilizacji amplitudy jest podobny jak w innych generatorach RC. Tranzystory T2 i T3 pracują wraz ze wzmacniaczem operacyjnym jako sterowane źródło prądu, którego wydajność praktycznie nie zależy od zmian małego prądu bazy tranzystorów dzięki układowi Darlingtona. Składowa stała prądu sterowanego źródła jest kompensowana prądem drugiego źródła zestawionego z tranzystorów T4 i T5, co sprawia, że napięcie na rezystorach regulacji częstotliwości może być relatywnie duże. Przyjęto zgodnie z wykresem przedstawionym na rys. 2, że częstotliwości mogą być zmieniane w stosunku 1:10 przy zachowaniu dobrej jakości generatora. Stąd podany wyżej przedział częstotliwości wystarczyło podzielić na 3 zakresy. Te dla częstotliwości mniejszych są tworzone przez dołączanie równolegle do kondensatorów filtru pojemności większych, jak pokazano na rys. 4. Ponieważ prąd źródła nie powinien się zmieniać wraz ze zmianą zakresu częstotliwości, przyjęto $C1=C2$, (tzn. $b=1$), jest bowiem łatwo wybrać parę kondensatorów o jednakowej pojemności. Do tego wystarczający będzie przyrząd o dobrej rozdzielczości, a niekoniecznie dobrej dokładności. Od zachowania stałego stosunku pojemności b przy zmianie zakresu częstotliwości oraz od właściwego ustawienia wydajności źródła prądu potencjometrem P3 zależy zminimalizowanie napięcia na elemencie nieliniowym, jakim jest tranzystor T1, i związana z tym zawartość harmonicznych. W tym generatorze przyjęto, że napięcie to wynosi ok. 1% napięcia wyjściowego generatora. Jest to wartość dostatecznie mała, aby wraz z dobrym tłumieniem harmonicznych (rys. 2) zapewnić bardzo małe zniekształcenia generowanego przebiegu sinusoidalnego. W przypadku



Rys. 3. Generator, w którym ten sam styk włącza zarówno zasilanie układu, jak i rezystor decydujący o generowanej częstotliwości

zmiany częstotliwości w stosunku 1:10 rezystancja rezystora musi się zmieniać w stosunku 1:100, więc dla uzyskania lepszej rozdzielczości takiej regulacji częstotliwość jest zmieniana niezależnie dwoma szeregowo połączonymi rezystorami P1 i P2. Rezystor o mniejszej rezystancji P2 ułatwia ustawienie większej częstotliwości wybranego zakresu. Zastosowany typowy układ stabilizacji amplitudy zapewnia dobrą niezależność napięcia wyjściowego generatora od częstotliwości, jednak szczególnie dla częstotliwości najmniejszych (podobnie, jak w innych generatorach RC), ustalanie generowanego przebiegu nie jest natychmiastowe. Aby je zmniejszyć przyjęto relatywnie niezbyt duże stałe czasowe w układzie stabilizacji amplitudy, ale na zakresie najmniejszych częstotliwości trzeba stykiem S włączyć dodatkowy człon RC celem wygładzenia napięcia sterującego tranzystor polowy i uniknięcia w ten sposób zniekształceń generowanego przebiegu. Na pozostałych zakresach częstotliwości styk ten powinien być otwarty, gdyż włącza-



Rys. 4. Generator częstotliwości od ok. 20 Hz do ok. 20 kHz

ny nim człon RC wprowadza tendencje do niestabilności w obwodzie regulacji amplitudy (szczególnie, gdy rezystancje P1 i P2 są małe).

Zastąpienie w generatorze RC mostka Wiena opisywanym filtrem może przynieść istotne korzyści. Prze-

de wszystkim przestrzajanie generatora staje się nieporównywalnie łatwiejsze, ale także można spodziewać się polepszenia innych własności wpływających na jakość generatora, np. mniejszych zniekształceń nieliniowych.

mgr inż. Jan Szrednicki

R
E
K
L
A
M
A

Zasilacz

0...25,5V

0...2,55A

www.sklep.avt.pl
tel. 022 257 84 50

AVT2757

Zasilacz charakteryzuje się dużą funkcjonalnością. Urządzenie umożliwia płynną zmianę napięcia wyjściowego i ograniczenia prądowego. Wszystkie regulacje dokonywane są na drodze analogowej, za pomocą potencjometrów. Dla użytkowników systemów mikroprocesorowych przewidziano możliwość dołączenia do zasilacza dodatkowego modułu sterującego (nie wchodzi w skład kitu) - wtedy wszystkie nastawy uzyskiwane są na drodze cyfrowej.

AVT2757 A - w zestawie płytka drukowana i dokumentacja. Cena: 13zł
AVT2757 B - w zestawie płytka drukowana, komplet elementów i dokumentacja. Cena: 83zł