



Generator funkcyjny FG-1

Generator FG-1 to zestaw do samodzielnego montażu. Dostarcza sygnału sinusoidalnego, trójkątnego lub prostokątnego o częstotliwości od 1 Hz do 200 kHz. Oferowany zestaw zawiera obudowę i kompletne, zmontowane płytki generatora, które należy jedynie zamocować i połączyć pomiędzy sobą oraz ze złączami wejść – wyjść.

Unikalny system cyfrowego strojenia generatora umożliwia precyzyjne ustalenie żądanej częstotliwości przebiegu wyjściowego, której wartość jest wyświetlana na 4-pozycyjnym wyświetlaczu cyfrowym. Cyfrowa kompensacja zmian termicznych zapewnia stabilną pracę generatora niezależnie od warunków otoczenia. Generator ma regulowaną amplitudę przebiegu wyjściowego (w zakresie 0...5 Vp-p) i wartość jego składowej stałej (w zakresie -2,5...+2,5 V). Można również wyłączyć składową stałą uży-

skując przebieg symetryczny. Ponadto, generator wyposażono w wejście umożliwiające modulowanie amplitudy generowanego sygnału sinusoidalnego i trójkątnego.

Budowa

Generator funkcyjny FG-1 zbudowano w oparciu o układ scalony XR2206. Przechodzenie częstotliwości sygnału wyjściowego w zakresie od 1 Hz do 200 kHz jest realizowane w 5 podzakresach. Zmiana zakresów generatora odbywa się poprzez przełączanie kondensatorów dołączonych do układu XR2206 za pośrednictwem przełączników. Płynne przechodzenie w obrębie zakresu jest zrealizowane przez zmianę natężenia prądu źródła prądowego sterującego układem. Jego liniową zmianę zapewnia 12-bitowy przetwornik PWM, którego sygnał wyjściowy jest zsumowany z sygnałem wyjściowym 3-poziomowego przetwornika C/A, dając w efekcie ponad 12000 poziomów przechodzenia układu w każdym podzakresie.

Część cyfrowa generatora składa się z dwóch popularnych, 8-bitowych mikrokontrolerów PIC16F57 taktowanych sygnałem o częstotliwości 4 MHz. Ich zastosowanie umożliwiło rozdzielanie funkcjonalności co znakomicie uprościło oprogramowanie generatora. Jeden z mikrokontrolerów obsługuje klawiaturę, wyświetlacz LED i blok przełączników ste-

Dodatkowe informacje:

Sara Wernau Sp. z o.o.
ul. Milionowa 21, 93-105 Łódź
+48 42 645 54 75, www.multisort.pl

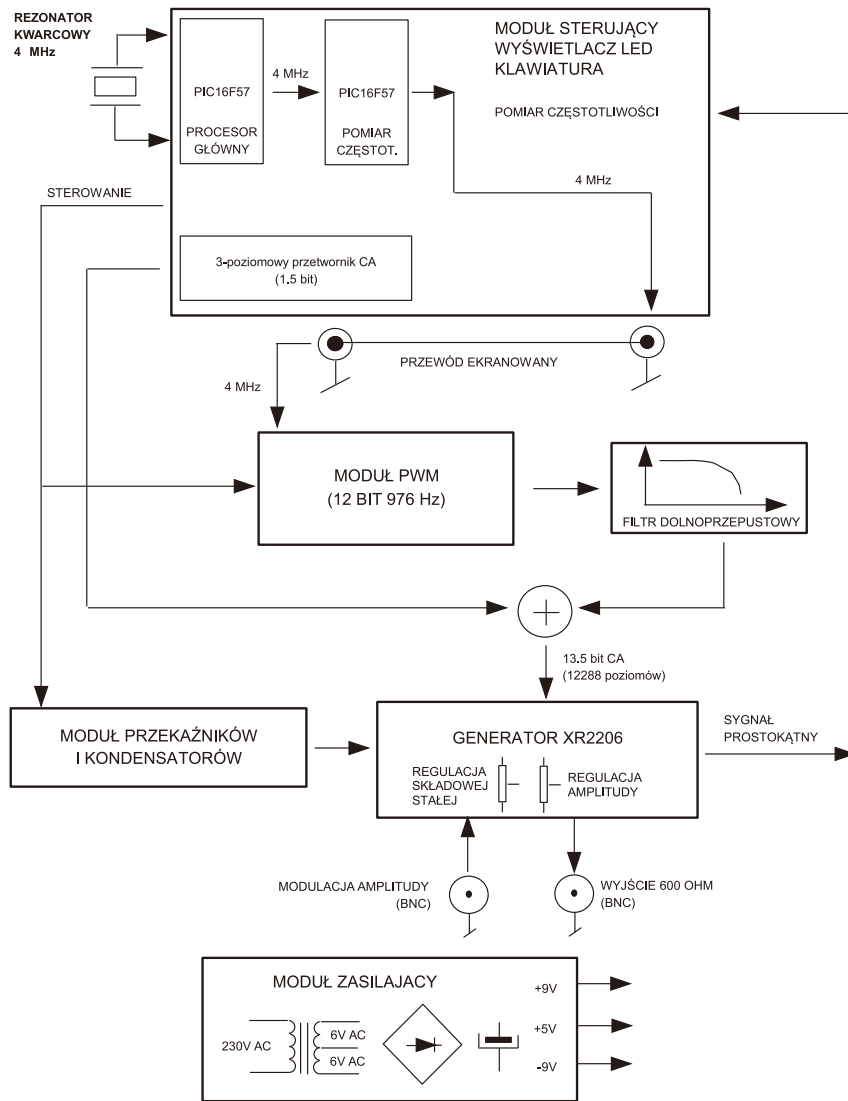
rujących przełączaniem podzakresów i funkcji generatora, a drugi jest przeznaczony wyłącznie do pomiaru częstotliwości generowanego przebiegu wyjściowego. Wyniki cyklicznie wykonywanych pomiarów wysyłane są do procesora głównego, który obsługuje wszystkie pozostałe funkcje generatora. Generator jest zasilany za pomocą typowego zasilacza dostarczającego stabilizowanych napięć +9 V, +5 V i -9 V. Schemat blokowy generatora pokazano na **rysunku 1**.

Zasilacz

Jak wspomniano, generator wymaga trzech napięć zasilających: symetrycznego ± 9 V oraz asymetrycznego +5 V. Napięcia +9 V i -9 V zasilają część analogową generatora, a napięcie +5 V zasilają jego część cyfrową. Pierwotny schemat ideowy zasilacza przedstawiono na **rysunku 2**. Ponieważ ze względów bezpieczeństwa w wersji do samodzielnego montażu zrezygnowano z wewnętrznego transformatora sieciowego i zastąpiono go zewnętrznym transformatorem wtyczkowym 9 V AC, pojawił się problem wytworzenia napięcia dla stabilizatora +5 V (LDO). Jest on obciążony prądem rzędu 300 mA, więc zasilanie filtra wejściowego stabilizatora z gałęzi 9 V AC wiązałoby się z dużymi stratami mocy na stabilizatorze. Problem rozwiązano poprzez zastosowanie dodatkowego obwodu stabilizującego w sposób bezstratny napięcie na filtrze wejściowym stabilizatora napięcia

Parametry generatora:

- Sygnały wyjściowe: sinusoidalny, trójkątny, prostokątny.
- Zakres częstotliwości sygnału wyjściowego: 1 Hz...200 kHz.
- Impedancja wyjściowa: $600 \Omega \pm 10\%$.
- Amplituda sygnału wyjściowego: regulowana w zakresie 0...5V p-p.
- Składowa stała: regulowana w zakresie od -2,5...+2,5 V.
- Zniekształcenia nieliniowe sygnału sinusoidalnego: $\leq 3\%$ (dla $f=1$ kHz, $V_{out}=0,5$ Vrms).
- Nierównomierność poziomu sygnału wyjściowego: -1,0 dB w zakresie 1 Hz...100 kHz w odniesieniu do poziomu sygnału o częstotliwości 1 kHz.
- Liniowość sygnału trójkątnego: nie gorsza niż 95% w zakresie 1 Hz...100kHz, od 10% do 90% sygnału wyjściowego.
- Czas narastania i opadania zboczy sygnału prostokątnego: ≤ 500 ns.
- Dzielnik wyjściowy: -20 dB.
- Modulacja amplitudy: sygnałem zewnętrznym o napięciu od -5 V do +5 V.
- Zasilanie : 9 V AC / 1 A / 50 Hz.
- Pobór mocy: ok. 8 VA



Rysunek 1. Schemat blokowy generatora z wbudowanym transformatorem sieciowym

+5 V. Schemat koncepcyjny układu zasilacza po zmodyfikowaniu pokazano na **rysunku 3**.

Obwód stabilizacji bezstratnej

Stabilizator bezstratny wykorzystuje właściwość przebiegu sinusoidalnego (napięcie zmienne na wyjściu transformatora sieciowego), jaką jest skończona szybkość narastania napięcia takiego przebiegu. W klasycznym układzie zasilającym: prostownik – kondensator, napięcie, do którego ładuje się kondensator jest równe maksymalnemu napięciu przebiegu

sinusoidalnego (pomijamy straty napięcia na diodach prostowniczych). W układzie stabilizatora bezstratnego napięcie na kondensatorze wyjściowym osiąga stałą, ściśle określoną wartość, niezależnie od amplitudy sinusoidalnego sygnału wejściowego. Schemat stabilizatora bezstratnego wykorzystanego do zasilania generatora funkcyjnego przedstawia **rysunek 4**.

Dioda D1 separuje układ od ujemnego napięcia wejściowego. Dzielnik zbudowany z rezystorów R2 i R1 ustala próg napięcia wejściowego, przy którym następuje załączenie tran-

zystora T1, odcięcie tranzystora T2 i wyłączenie klucza Q1. Dioda Zenera D2 chroni bramkę tranzystora Q1 przed przekroczeniem napięcia 10 V. Kondensator C1 wprowadza opóźnienie przy załączaniu klucza Q1, aby nie nastąpiło zbyt wczesne jego załączenie przy opadającym zboczku sygnału sinusoidalnego.

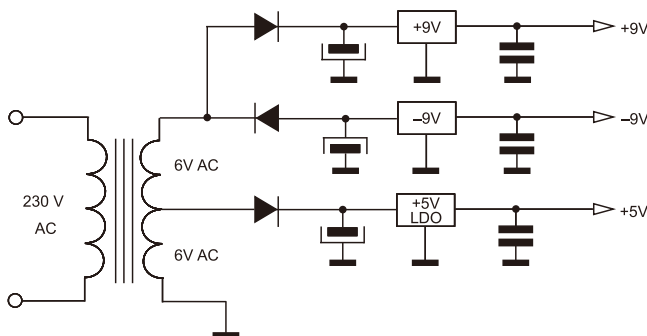
Przy napięciu wejściowym poniżej wartości powodującej załączenie tranzystora T1, załączony jest klucze Q1, a napięcie na kondensatorze wyjściowym stabilizatora *Cload* narasta wspólnie z narastaniem wartości napięcia wejściowego przebiegu sinusoidalnego. Po przekroczeniu progu załączania tranzystora T1 (dzielnik R2/R1), klucze Q1 zostaje odcięte, a kondensator wyjściowy *Cload* pozostaje naładowany do napięcia, przy którym nastąpiło odcięcie klucza. Szybkość narastania napięcia sinusoidalnego ma ściśle określoną, ograniczoną wartość, więc klucze Q1 przewodzi w czasie ładowania kondensatora wyjściowego prąd o określonej, ograniczonej od góry wartości. Gdyby rezystancja kanału załączonego klucza Q1 była zerowa, w obwodzie ładowania kondensatora wyjściowego nie byłoby strat mocy.

Pewnego wyjaśnienia wymaga moment odcięcia klucza Q1. Ponieważ w rzeczywistym transformatorze zasilającym cały układ występuje indukcyjność rozproszenia, to gwałtowne przetrwanie przepływu prądu (poprzez zamknięcie klucza Q1) w obwodzie wtórnym transformatora generuje przepięcie. To przepięcie może zniszczyć układ – wartość przepięcia będzie tym wyższa, im większy był prąd ładowania kondensatora i im większa jest wartość indukcyjności rozproszenia. Dlatego w układzie stabilizatora bezstratnego należy stosować dodatkowe obwody tłumiące przepięcie do wartości niezagrażającej układowi. W prezentowanym układzie te obwody są zbędne, ponieważ przepięcie generowane przez obwód stabilizatora bezstratnego jest stłumione przez układ prostownika obwodu zasilacza +9 V. Innymi słowy, energia tego przepięcia zasila obwód prostownika +9 V, który jest połączony równolegle ze stabilizatorem bezstratnym. Szerszy opis obwodu stabilizatora bezstratnego wraz z obwodem tłumienia przepięć można znaleźć w Internecie. Przebiegi napięć w układzie zasilania z wykorzystaniem stabilizatora bezstratnego przedstawia **rysunek 5**.

Ponieważ napięcie na wyjściu stabilizatora bezstratnego utrzymywane jest na stałym poziomie ok. 6,5 V, to straty mocy na 5-woltowym stabilizatorze LDO napięcia +5 V są niewielkie (poniżej 0,5 W dla prądu obciążenia rzędu 300 mA) i stabilizator w obudowie TO-220 nie wymaga radiatora. Stabilizatory +9 V i -9 V są stabilizatorami serii L (100 mA) w obudowach TO-92.

Przetwornik cyfrowo – analogowy

Płynne przestrajanie dla każdego podzakresu generatora jest zrealizowane poprzez zmianę natężenia prądu źródła prądowego sterowanego z przetwornika C/A o rozdzielczości 12288



Rysunek 2. Schemat zasilacza w wersji z wbudowanym transformatorem sieciowym 2x6 V



Uwaga! Mamy do rozdania pomiędzy Czytelników, którzy do dnia 15 maja 2013 napiszą do nas do czego chcieliby użyć generatora, aż 3 opisywane zestawy do samodzielnego montażu. Prosimy o nadsyłanie listów za pomocą e-mail na adres konkurs@ep.com.pl. W temacie wiadomości należy wpisać „Generator FG-1”. Listę osób obdarowanych opublikujemy na stronie internetowej Elektroniki Praktycznej.

poziomów (13,5 bitu). Przetwornik o takiej rozdzielczości skonstruowano w oparciu o 12-bitowy (4096 poziomów) przetwornik z wejściem PWM i 3-poziomowy (1,5 bitu) przetwornik C/A wykonany z użyciem pojedynczego, wolnego wyprowadzenia mikrokontrolera.

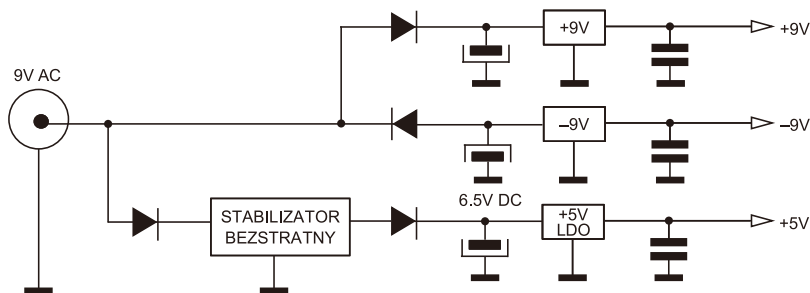
Wyjaśnienia wymaga sposób łączenia dwóch przetworników C/A, tak aby uzyskać wypadkowy przetwornik o większej rozdzielczości. Wykorzystano tu specyficzną właściwość przetwornika C/A zbudowanego w oparciu o układ PWM. Otóż nieliniowość różniczkowa takiego przetwornika jest znacznie mniejsza niż dopuszczalne 1/2 najmniej znaczącego bitu (LSB). Wynika to z faktu, że 12-bitowy przetwornik PWM taktowany zegarem stabilizowanym kwarcem daje przyrosty kolejnych bitów dokładnie równe 1/4096 zakresu przetwarzania. Te przedziały zostały podzielone na trzy poziomy za pomocą dodatkowego przetwornika C/A, utworzonego z użyciem wyprowadzenia I/O mikrokontrolera (rysunek 6).

W ten sposób wykonano przetwornik C/A o rozdzielczości $4096 \times 3 = 12288$ poziomów. Przetwornik PWM o takiej rozdzielczości wymagałby dla częstotliwości sygnału PWM równej 1 kHz taktowania sygnałem zegarowym o częstotliwości 12,288 MHz. Realizacja takiego przetwornika na układach CMOS-TTL byłaby trudna ze względu na wymagany krótki czas propagacji (ok. 80 ns).

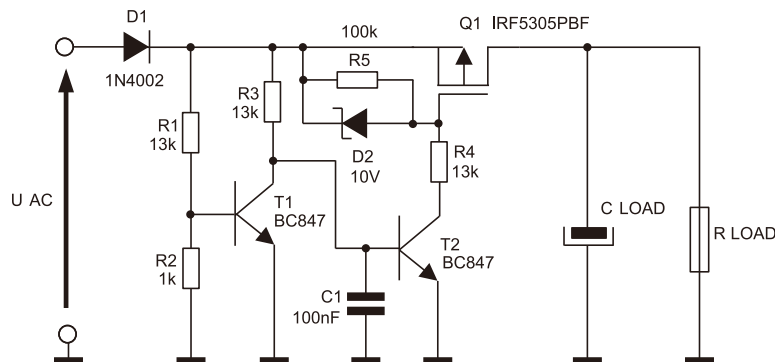
Zastosowanie

Rozwiązania zastosowane w generatorze są gwarancją jego długiej, stabilnej pracy. Przyrząd jest przeznaczony dla szerokiej rzeszy elektroników i osób pracujących w dziedzinach pokrewnych. Nieskomplikowana i intuicyjna obsługa predestynuje go do zastosowań edukacyjnych – w szkołach zawodowych, technikach i na uczelniach wyższych. Cyfrowy odczyt częstotliwości w połączeniu z wygodną i dokładną możliwością ustawienia żądanej częstotliwości umożliwia szybkie i łatwe wykonanie pomiarów testowanych obwodów takich jak filtry, układy rezonansowe czy wzmacniacze. Zaoferowanie generatora w formie zestawu do samodzielnego montażu pozwoliło na uzyskanie konkurencyjnej ceny.

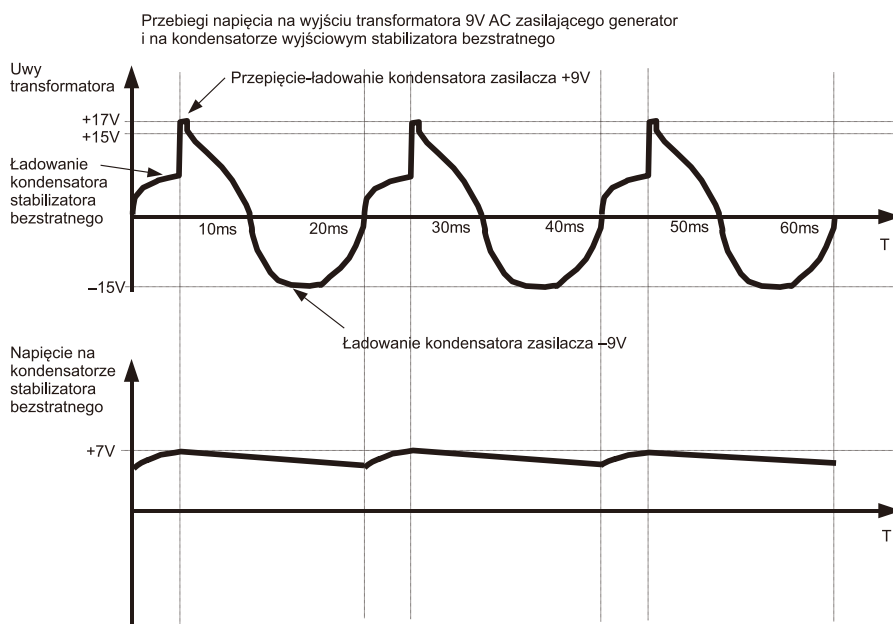
Mariusz Kulawiński



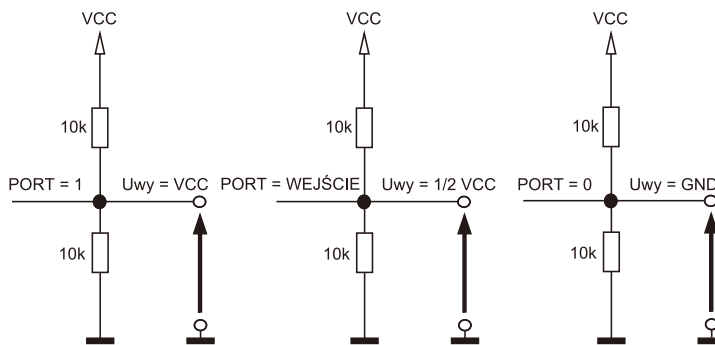
Rysunek 3. Schemat zasilacza w wersji z zewnętrznym transformatorem wtyczkowym 9 V AC



Rysunek 4. Schemat stabilizatora bezstratnego (bez obwodu tłumienia przepięć)



Rysunek 5. Przebiegi napięcia na wyjściu transformatora 9 V AC zasilającego generator i na kondensatorze wyjściowym stabilizatora bezstratnego



Rysunek 6. Sposób generowania trzech poziomów napięcia z wykorzystaniem jednego wyjścia mikrokontrolera