

Generator DDS



Nikogo nie trzeba przekonywać o użyteczności dobrego generatora sygnału sinusoidalnego w warsztacie elektronika konstruktora. Zależnie od zakresu generowanych częstotliwości taki generator przyda się przy wielu różnych pracach. Prezentujemy opis generatora DDS sygnału sinusoidalnego z układem AD9835. Prostota jego konstrukcji przy jednocześnie bardzo dobrych parametrach sprawiają, że warto zainteresować się tym rozwiązaniem.

Rekomendacje: przydatny, prosty w konstrukcji, niedrogi generator, który może przydać się na przykład do pomiarów parametrów toru audio.

Niegdyś generatory warsztatowe były konstruowane przy użyciu obwodów rezonansowych zbudowanych z komponentów biernych. Myślę, że wszyscy zajmujący się elektroniką znają podstawowe konfiguracje generatorów w układach Colpittsa, Meisnera, Clappa, mostek Vienna itp. Układy te generują sygnał sinusoidalny, jednak ze względu na nieliniowe charakterystyki komponentów trudno jest z nich uzyskać idealną, niezniekształconą sinusoidę. Odrębne zagadnienie stanowią kwestia ich stabilności temperaturowej i w funkcji czasu – problemy z tym związane również nie są łatwe do przezwyciężenia. Inną popularną grupą układów są generatory funkcyjne, jednak pomimo wielu zalet sygnał sinusoidalny z nich uzyskiwany jest wynikiem przekształcenia przebiegu trójkątnego. Takie rozwiązanie powoduje, że ten rodzaj generatorów wprowadza spore zniekształcenia nieliniowe.

Następujący w ostatnich czasach wzrost integracji układów scalonych i ich szybkości doprowadził do spopularyzowania metody generowania sygnału DDS (*Direct Digital Synthesis*). Dzięki nowoczesnym komponentom, budowa generatora DDS jest nieskomplikowana, a przy tym daje spore możliwości. W takim generatorze można precyzyjnie ustawić częstotliwość generowanego sygnału oraz uzyskać małe zniekształcenia. Dodatkową zaletą systemu DDS jest bardzo szybka reakcja na zmianę słowa sterującego często-

**AVT
5308**



tliwością generowanego przebiegu, co umożliwia wykorzystanie ich do budowy układów o modulowanej częstotliwości.

Generator DDS składa się z następujących bloków: licznika, pamięci ROM, przetwornika C/A. W pamięci ROM są przechowywane wartości próbek funkcji sinus lub innych sygnałów. Wyjście licznika adresuje pamięć ROM i na wejście przetwornika C/A jest podawana wartość cyfrowa funkcji sinus (dla odpowiedniego stanu licznika, a tym samym odpowiedniego momentu w czasie). Na wyjściu przetwornika C/A pojawia się gotowy sygnał analogowy, o częstotliwości którego decyduje częstotliwość taktowania licznika, liczba bitów i wartości inkrementacji.

W rzeczywistości liczba bitów licznika może być większa niż bitów adresowania pamięci ROM. W tej sytuacji do pamięci ROM podłączone są najstarsze bity słowa wyjściowego. Ponadto, licznik nie musi być zwiększany o 1. Wartość ta może być różna i zależy od niej częstotliwość sygnału wyjściowego. Ogólnie częstotliwość można wyrazić wzorem:

$$f = \text{częstotliwość zegarowa} \times \text{wartość inkrementacji licznika/liczba stanów licznika}$$

gdzie: liczba stanów licznika = 2^n (liczba bitów licznika)

Zazwyczaj przetworniki C/A wyposażone są w wejście napięcia odniesienia. Napięcie wyjściowe przetwornika jest proporcjonalne do tego napięcia. Wejście to można wykorzystać do regulacji amplitudy sygnału wyjściowego.

AVT-5308 w ofercie AVT:
AVT-5308A – płytka drukowana

Podstawowe informacje:

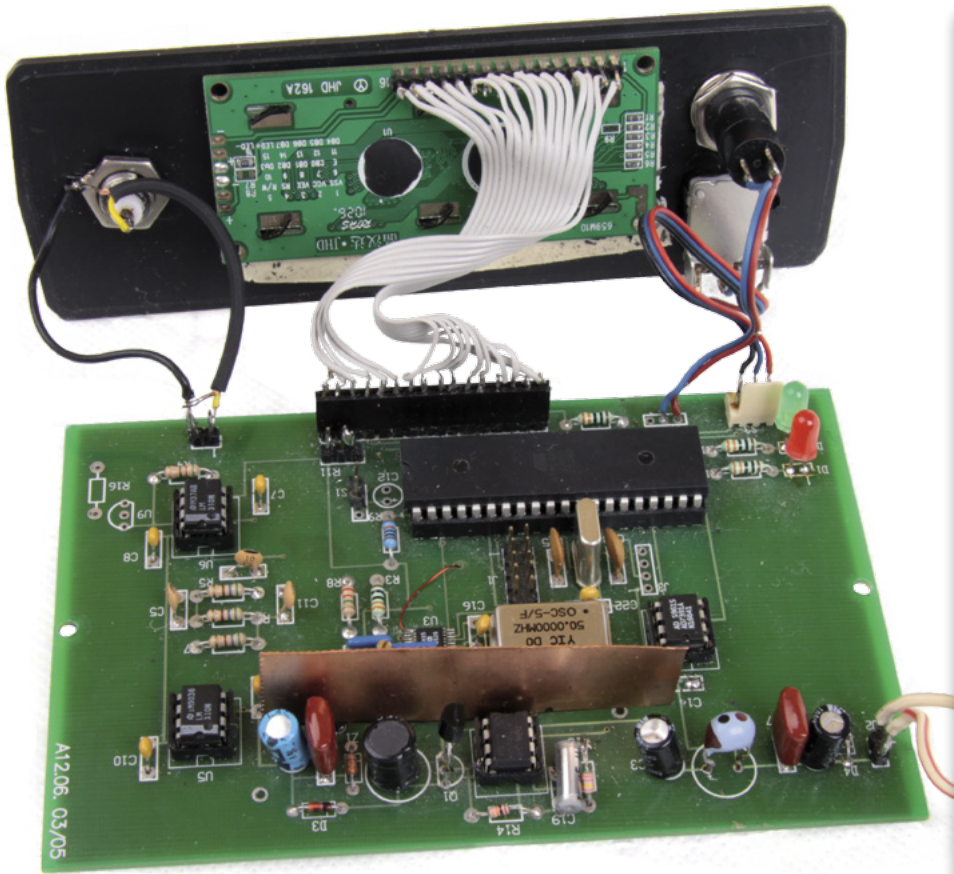
- Kształt przebiegu wyjściowego: sinusoidalny.
- Zakres częstotliwości generowanych sygnałów: 1 Hz...1 MHz.
- Dokładność ustawiania częstotliwości: 0,01 Hz.
- Zakres amplitudy napięcia wyjściowego: 1 mV...1 V.
- Niepewność amplitudy napięcia wyjściowego: ± 1 bit (LSB).
- rozdzielczość przetwornika A/C: 10 bitów.
- Napięcie zasilające

Dodatkowe materiały na CD/FTP:

- <ftp://ep.com.pl>, user: 19623, pass: 6c5r20n3
- wzory płytek PCB
 - karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

Projekty pokrewne na CD/FTP:

- (wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)
- AVT-5257 Generator DDS (EP 9/2010)
 - AVT-5155 Generator DDS (EP 10-11/2008)
 - AVT-1474 Generator fali prostokątnej o regulowanym współczynniku wypełnienia (EP 8/2008)
 - AVT-2869 Generator DDS (EdW 7/2008)
 - AVT-5124 Generator funkcyjny DDS (EP 2/2008)
 - AVT2846 Generator funkcyjny 0,1 Hz-20 MHz (EdW 11/2007)
 - AVT-1436 Generator zegarowy 1 kHz...30 MHz (EP 8/2006)
 - AVT-2771 Komputerowy generator funkcyjny (EdW 11/2005)
 - AVT-2764 Częstościomierz & generator na PC (EdW 9/2005)
 - AVT-456 Wielokanałowy generator sygnałów programowalnych (EP 6-7/2005)
 - AVT-2633 Generator impulsów (EdW 6/2002)
 - AVT-1327 Mini-generator funkcyjny (EP 10/2001)
 - AVT-2495 Uniwersalny generator (EdW 7/2001)
 - AVT-823 Tani generator funkcyjny (EP 9/1999)
 - Generator DDS (EP 3/2007)
 - Generator DDS (EdW 3/2007)



Wykaz elementów

Rezystory:

- R1: 3,6 kΩ
- R2: 1 kΩ (pot. wieloobrotowy, pionowy)
- R3: 330 Ω
- R4: 51 Ω
- R5...R7: 560 Ω
- R8: 1 MΩ
- R9: 100 kΩ
- R10: 470 Ω
- R11: 10 kΩ (pot. Wieloobrotowy, pionowy)
- R12, R13: 470 Ω
- R14: 10 kΩ
- R15: 4,7 kΩ
- R17: 8,2 kΩ

Kondensatory:

- C1: 10 nF
- C2: 100 nF
- C3, C18, C20, C21: 100 μF/16 V
- C4: 2,2 μF/25 V
- C5, C6: 10 pF
- C2, C8...C10, C12, C14, C17: 100 nF
- C11: 10 pF
- C13, C15: 33 pF
- C16: 100 pF
- C19: 4,7 nF

Półprzewodniki:

- D1, D2: dioda LED
 - D3, D4: 1N4148
 - Q1: BS250
 - U1: ATmega16L8
 - U3: AD9835
 - U4: AD7391
 - U5: LM310
 - U6: LM310
 - U7: generator kwarcowy 50 MHz (DIP14)
 - U8: ICM7555
 - Z1: dioda Zenera 15 V
- Inne:**
- J1: goldpin 2×5
 - J2: gniazdo zasilające
 - J3: goldpin 4×1.
 - J4: gniazdo „BNC”
 - L1: 100 μH
 - L2: 10 mH/30 mA
 - U2: wyświetlacz 2×16 znaków
 - S1: goldpin+zworka
 - S2: impulsator
 - S3: przełącznik monostabilny
 - X1: rezonator 8 MHz

Układ AD9835

Schemat blokowy układu AD9835 pokazano na **rysunku 2**. Jest on bardziej złożony niż podstawowy układ DDS opisywany wyżej. Ma on na przykład możliwość zaprogramowania dwóch częstotliwości, które można następnie cyklicznie przełączać oraz możliwość modulacji fazy. Fazę można zaprogramować w czterech rejestrach, które też można przełączać za pomocą sygnałów zewnętrznych. Licznik w układzie AD9835 ma pojemność 32 bitów, natomiast magistrała adresowa pamięci ROM ma szerokość 12 bitów. Magistrała danych pamięci, a co za tym idzie i przetwornika C/A, ma szerokość 10 bitów czyli umożliwia uzyskanie 1024 poziomów napięcia. Maksymalna częstotliwość wejścia zegarowego wynosi 50 MHz. Ponadto, układ

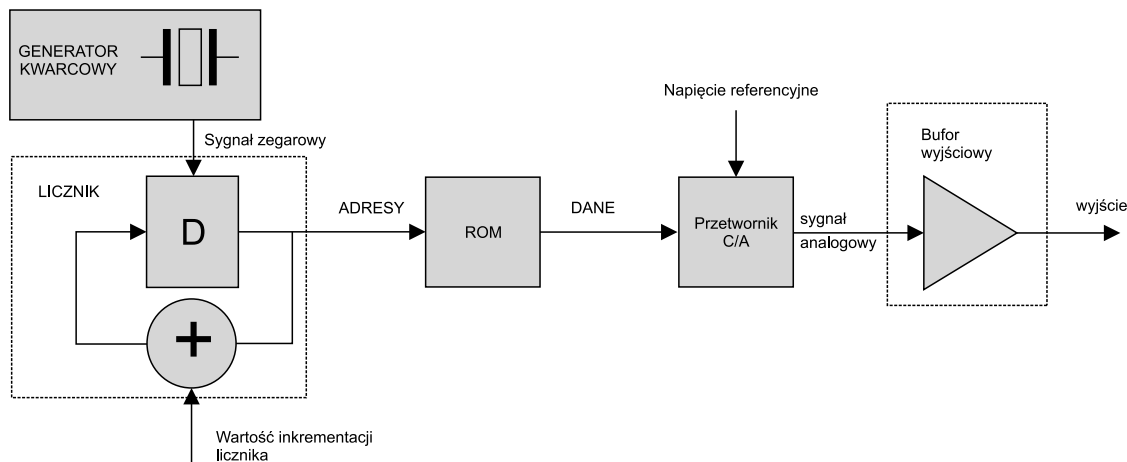
jest wyposażony w wewnętrzne źródło napięcia odniesienia (pin *REFOUT*), które nie jest dołączone bezpośrednio do wejścia napięcia odniesienia przetwornika. Dzięki temu można je użyć do regulacji amplitudy sygnału wyjściowego. Do precyzyjnej kalibracji napięcia wyjściowego za pomocą zewnętrznego rezystora można wykorzystać też doprowadzenie (*FS ADJUST*). Wejście *FSELECT* służy do przełączania rejestrów częstotliwości, a wejścia *PSELO* i *PSEL1* do przełączania rejestrów przesunięcia fazowego.

Budowa generatora

Schemat ideowy proponowanego układu generatora DDS jest zamieszczony na **rysunku 3**. Jego „sercem” jest AD9835 nadzorowany przez mikrokontroler ATmega16L.

Do komunikacji z mikrokontrolerem służy interfejs szeregowy.

Układ *U₄* (AD7391) to przetwornik C/A służący do regulacji amplitudy napięcia wyjściowego układu generatora. Na jego wejście referencyjne jest podawane napięcie z wewnętrznego źródła odniesienia napięcia układu generatora AD9835. Wyjście układu przetwornika C/A jest dołączone do wejścia referencyjnego przetwornika C/A układu generatora co umożliwia precyzyjną kontrolę napięcia wyjściowego przez mikrokontroler



Rysunek 1. Schemat blokowy generatora DDS

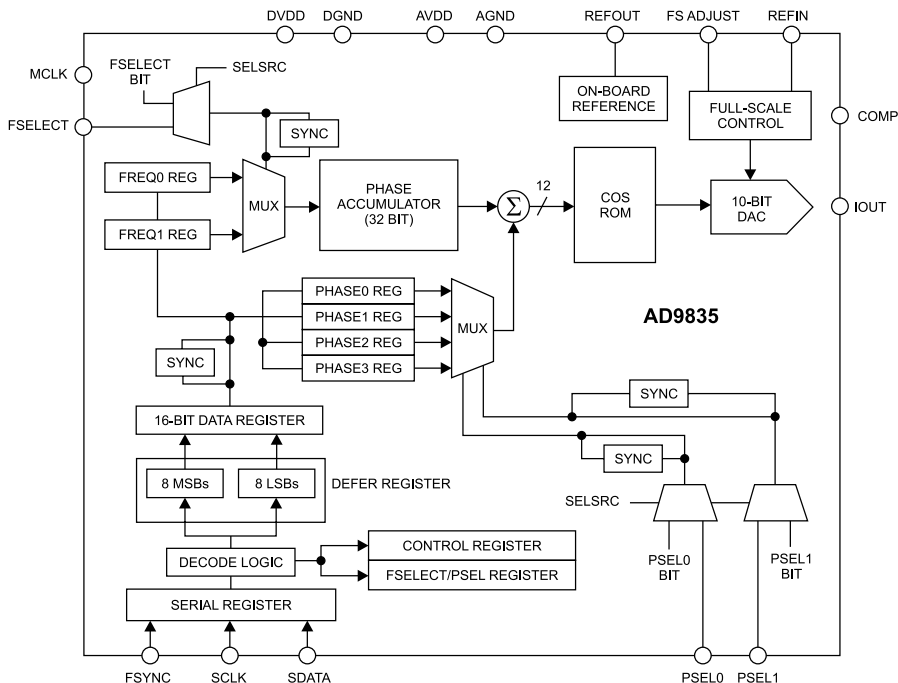


host. Rezystory R_1 i R_2 dołączone do pinu 1 układu AD9835 służą do precyzyjnej kalibracji amplitudy. Napięcie wyjściowe jest pobierane z rezystora R3.

Do obróbki sygnału analogowego służą wzmacniacze U5 i U6 (LM310). Są to wtórniki napięciowe o parametrach doskonale nadających się do tego układu. Mają bardzo dużą rezystancję wejściową oraz niewielki prąd polaryzacji, co jest bardzo pożądane zwłaszcza w aplikacji układu U3. Ponadto, charakteryzują się sporą częstotliwością graniczną wynoszącą w tym układzie pracy powyżej 20 MHz.

Zadaniem układu w którym pracuje U5 jest odcięcie składowej stałej sygnału celem otrzymania sygnału symetrycznego względem masy. Wzmacniacz U6 pracuje jako filtr dolnoprzepustowy oraz stopień wyjściowy. Układ LM310 ma stosunkowo niewielki ujemny prąd wyjściowy (ok. 2 mA) jednak ma dodatkowe wejście programujące (pin 5) pozwalające na zwiększenie tego prądu.

Układem sterującym całym urządzeniem jest mikrokontroler ATmega16L DIP40 –(U1). Do jego zadań należy: kontrola częstotliwości generatora AD9835, kontrola amplitudy wyjściowej przy wykorzystaniu układu U4 (AD7391), wyświetlanie ustawionych wartości częstotliwości i amplitudy na wyświetlaczu LCD oraz obsługa interfejsu użytkownika.

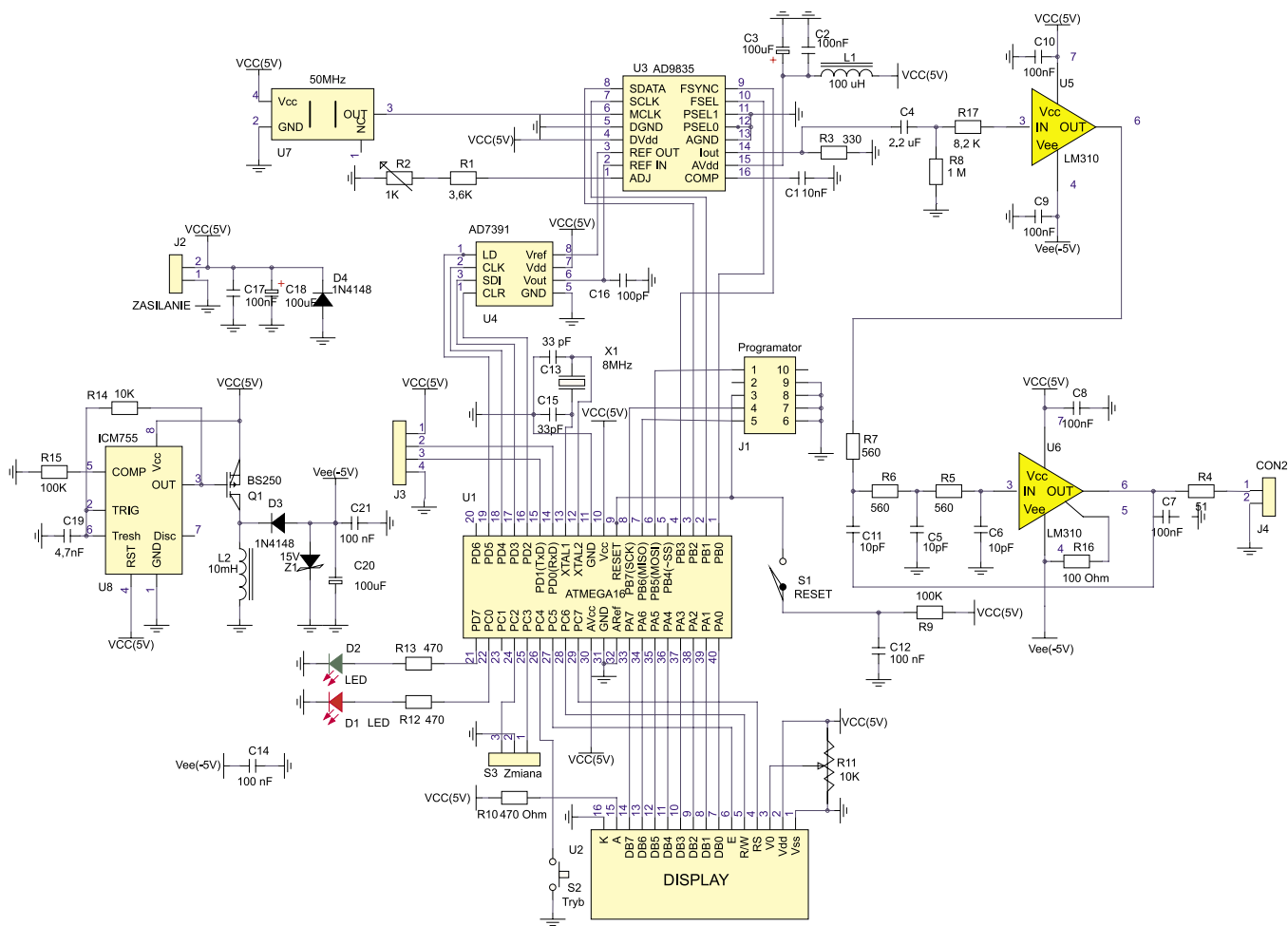


Rysunek 2. Schemat blokowy układu AD9835

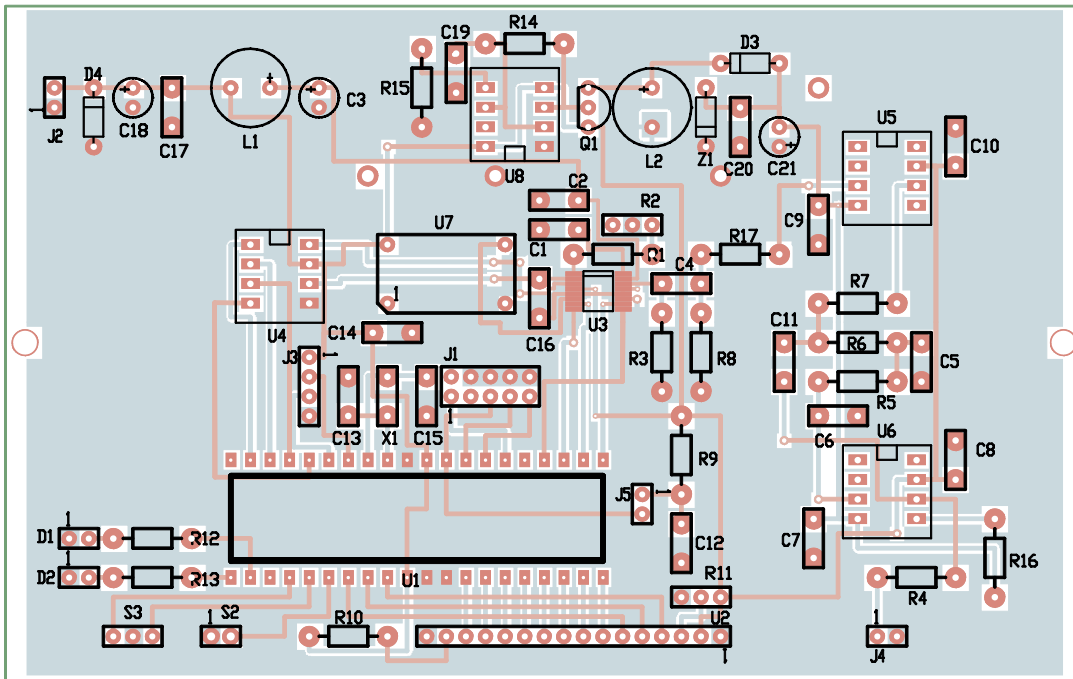
Elementami umożliwiającymi zmianę parametrów urządzenia są impulsator S3 oraz przełącznik monostabilny S2. Przełącznik służy do zmiany trybów regulacji:

- tryb zmiany amplitudy poziom 1 co 1 mV,

- tryb zmiany amplitudy poziom 2 co 10 mV,
- tryb zmiany częstotliwości poziom 1 co 0,01 Hz,
- tryb zmiany częstotliwości poziom 2 co 1 Hz,



Rysunek 3. Schemat ideowy generatora DDS



Rysunek 4. Schemat montażowy generatora DDS

- tryb zmiany częstotliwości poziom 3 co 100 Hz,
- tryb zmiany częstotliwości poziom 4 co 10000 Hz.

Do zmiany wartości wybranego parametru służy impulsator S1.

Urządzenie jest zasilane z zewnętrznego zasilacza o napięciu 5 V. Jednak występujące w układzie wtórniki LM310 wymagają ujemnego napięcia zasilania. Do wytworzenia tego napięcia służy przetwornica. Minimalne napięcie zasilania układów LM310 wynosi ± 5 V. Przetwornica musi więc wytwarzać napięcie co najmniej -5 V. Została ona zaprojektowana w taki sposób, aby przy maksymalnym obciążeniu wytwarzać napięcie nieznacznie większe od 5 V. Napięcie wyjściowe jest proporcjonalne do stosunku czasów włączenia i wyłączenia klucza Q1 oraz oczywiście do napięcia zasilania. Do generowania przebiegu sterującego służy popularny układ czasowy 555 w wersji CMOS (U8). Układ w tej technologii ma zasadnicze zalety w porównaniu z układem bipolarnym. Najważniejszą z nich jest to, że napięcie wyjściowe osiąga wartości równe bliskie napięciu zasilającemu U8. Umożliwia to uzyskanie przebiegu o współczynniku wypełnienia równym 50%. Ponad-

to charakteryzuje się większą maksymalną częstotliwością wynoszącą 500 kHz. W naszym przypadku chcemy, aby czas włączenia klucza był dłuższy niż wyłączenia – chcemy uzyskać napięcie wyższe niż 5 V, zrekompenzować straty na rezystancji dławika L2 oraz spadek napięcia na diodzie D3. Do zmiany współczynnika wypełnienia służy rezystor R15. Dioda Z1 zabezpiecza układ przetwornicy przed przepięciami przy braku obciążenia.

Możliwości rozbudowy

Program w prezentowanej wersji steruje tylko podstawowymi funkcjami układu generatora, czyli umożliwia dokonywanie zmian amplitudy i częstotliwości. W takim zastosowaniu zupełnie wystarczające jest taktowanie rdzenia mikrokontrolera za pomocą generatora RC. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, aby modyfikując program dodać możliwość modulacji amplitudy lub częstotliwości generowanego przebiegu. W takiej sytuacji może przydać się taktowanie rdzenia wyższą częstotliwością z zewnętrznego źródła sygnału zegarowego. Dlatego na płytce przewidziałem miejsce na elementy generatora kwarcowego, oraz umieściłem gniazdo ISP służące do programowania mi-

crokontrolera. Można również układ umożliwić sterowanie generatorem za pomocą poleceń przesyłanych przez interfejs RS232 lub USB. Do tego celu nie wystarczy jednak sama modyfikacja programu. Do układu trzeba dobudować odpowiedni konwerter poziomów napięć lub standardu transmisji (np. FT232R – USB/UART).

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy generatora przedstawiono na rysunku 4. Montaż generatora wykonuje się typowo i nie wymaga szczególnego opisu. Do podłączenia przełącznika, impulsatora i zasilania można użyć złą-

czy typu goldpin i żeńskich nakładek. Dla celu wyeliminowania zakłóceń wytwarzanych przez przetwornicę na płytce przewidziałem miejsce na ekran. Można go wykonać na przykład z blachy miedzianej o grubości 0,3 mm i przylutować do metalowych kołków wlotowanych w otwory przeznaczone do mocowania ekranu.

Prawidłowo zmontowany układ działa od razu po włączeniu zasilania i zaprogramowaniu mikrokontrolera. Jego uruchomienie sprowadza się do skalibrowania amplitudy napięcia wyjściowego za pomocą potencjometru R2 i ustawienia kontrastu wyświetlacza LCD (R11).

Program napisałem w assemblerze przy użyciu pakietu *AVR Studio*. Mikrokontroler można zaprogramować, w zależności od posiadanego programatora, za pomocą pakietu *AVR Studio* lub innego programu do obsługi programatora np. *AVRDUDE*, który obsługuje większość programatorów procesorów z rodziny AVR. Ważne jest, aby odpowiednio ustawić bity konfigurujące, tzw. *fuse bits*. W tej aplikacji musimy włączyć wewnętrzny oscylator o częstotliwości 8 MHz oraz wyłączyć interfejs JTAG. Wartości słów *fuse bits* wynoszą odpowiednio:

$$HFUSE = FF, LFUSE = E4.$$

Tomasz Krogulski
tomaszkro@op.pl

REKLAMA

Narzędzia ze stali hartowanej

PEREL TOOLS

www.sklep.avt.pl
tel.: (22) 257 84 50

<p>HP03 15,- PLN</p>  <p>Szczypce tnące boczne 165/200mm</p>	<p>HP01 13,- PLN</p>  <p>Szczypce kombinerki 165/200mm</p>	<p>HP02 22,- PLN</p>  <p>Ściągacz izolacji 165mm</p>	<p>HP07 14,- PLN</p>  <p>Szczypce radiotechniczne: wygięte 165mm</p>
		<p>HP08 15,- PLN</p>  <p>Szczypce radiotechniczne: proste 165/200mm</p>	<p>HP06 18,- PLN</p>