

Dział "Projekty Czytelników" zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane **oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany**. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Miniaturowy częstotliwościomierz mikroprocesorowy - skala częstotliwości

Projekt
070

Pomiar częstotliwości jest jednym z podstawowych pomiarów w radiotechnice. W literaturze jest dużo opisów częstotliwościomierzy i każdy może wybrać coś dla siebie. Przedstawiamy kolejny projekt mikroprocesorowego częstotliwościomierza przeznaczony dla entuzjastów radia. Może on z powodzeniem służyć miłośnikom CB i szerokiego gronu radioamatorów.



Opisany poniżej częstotliwościomierz ma następujące funkcje:

- bezpośredni pomiar częstotliwości "bez arytmetyki",
- pomiar częstotliwości "z arytmetyką", tj. dodawanie i odejmowanie od wyniku pomiaru zaprogramowanych uprzednio częstotliwości,
- przyjazne programowanie przy użyciu czterech klawiszy bez zewnętrznego programatora,
- współpraca z preskalerem o podziale przez 64,
- zatrzymanie wyniku pomiaru „hold“ przy współpracy z preskalerem,
- kalibrowanie przyrządu.

Możliwość wykonania operacji arytmetycznych jest o tyle ważna, zwłaszcza dla krótkofalowców, że jeżeli częstotliwościomierz jest podłączony do heterodyny, to poprzez dodanie lub odjęcie częstotliwości pośredniej otrzymujemy na polu odczytowym modułu wyświetlacza częstotliwość odbioru.

Kiedy przeanalizujemy wymienione wyżej możliwości przyrządu, to wynika z nich, że możemy zbudować w domu transceiver czy odbiornik radiowy na dowolny zakres częstotliwości itd.

Opis działania

Konstrukcja przyrządu jest tradycyjna (schemat na rys. 1): układ formujący, bramkowanie, licznik i pole odczytowe. Formowanie sygnału odbywa się w szerokopasmowym wzmacniaczu LM733 o wzmacnieniu 400 ustalonym poprzez zwarcie pinu 4 i 11. Przy tym wzmacnieniu szerokość pasma przenoszenia wynosi 60MHz. Wyjście wzmacniacza jest połączone z wejściem dzielnika poprzez kondensator oddzielający C3.

Jeżeli podzielimy 5V przez wzmacnienie wzmacniacza równe 400 otrzymamy czułość wejściową przyrządu wynoszącą 12,5 mV. Praktyczna czułość to 30 mV, począwszy od 30 kHz do 40MHz. O najniższej częstotliwości pomiaru decydują pojemności sprzęgające C1 (na wejściu) i C3 (na wyjściu) szerokopasmowego

wzmacniacza. Miernik może mierzyć częstotliwości od 2 kHz pod warunkiem, że będą to sygnały o poziomie TTL. Układ scalony dzielnika U3 zawiera diody na wejściu: jedną do masy, a drugą do plusa zasilania. Nie musimy się obawiać, że zbyt duży sygnał wejściowy spowoduje uszkodzenie tego układu.

Temat odporności układów scalonych na złe traktowanie jest obszerny. Ze swoich skromnych doświadczeń mogę jednak podzielić się jednym, że włożony odwrotnie w podstawkę kontroler ATMELA AT89C2051 przeżył ten „eksperyment”. Nie był to test kontrolerów tej firmy, lecz wynik zmczenia po całodziennej pracy. Układ scalony U3 pełni w przyrządzie dwie funkcje: dzielnika i bramki. W chwili, kiedy kontroler wystawia na pinie 2 sygnał wysoki, to licznik U3 jest zerowany i nie liczy, bo zerowanie ma większy priorytet przed zliczaniem. Od niskiego stanu na linii P3.0 (pin 2) rozpoczyna się zliczanie. Podzielony przez 4 sygnał jest doprowadzany do licznika typu PCF8583 (układ U1). Kosztka PCF8583 jest zegarem czasu rzeczywistego z wewnętrzną pamięcią RAM.

Wszystkie funkcje układu są programowane poprzez ma-

Podstawowe parametry techniczne miernika:

- ✓ Pomiar częstotliwości w zakresie od 0,002..40MHz z rozdzielczością 10Hz,
- ✓ Pomiar z zastosowaniem preskalera od 20..1200MHz z rozdzielczością 1kHz,
- ✓ Czułość w zakresie do 40MHz lepsza od 50mV,
- ✓ Czułość w zakresie do 1200MHz około 30mV,
- ✓ Zasilanie 12V,
- ✓ Maksymalne napięcie wejściowe 5V,
- ✓ Pobór prądu około 50mA,
- ✓ Stabilność wzorca około 2ppm,
- ✓ Liczba pomiarów w ciągu sekundy: 2,
- ✓ Wymiary modułu: 36x80mm,
- ✓ Wymiary pola odczytowego: 13x64,5mm.

gistrą I²C. W naszym przypadku kostka jest zaprogramowana jako licznik impulsów zewnętrznych o pojemności 99 999 999. Układ zlicza impulsy o częstotliwości mniejszej od 10MHz. Proszę zwrócić uwagę na wejście adresowe A0 (pin 3) tego układu połączone z masą. Powód jest prosty. Każdy podłączony do magistrali układ ma swój indywidualny adres. Ponieważ ten sam adres sprzętowy, ustalony przez twórcę magistrali firmy Philips, ma zarówno U1 jak i U5, stąd dla rozróżnienia tych układów piny wejść adresowych w obydwu układach są podłączone do masy lub plusa zasilania. Sercem przyrządu jest kontroler firmy Atmel typu AT89C2051.

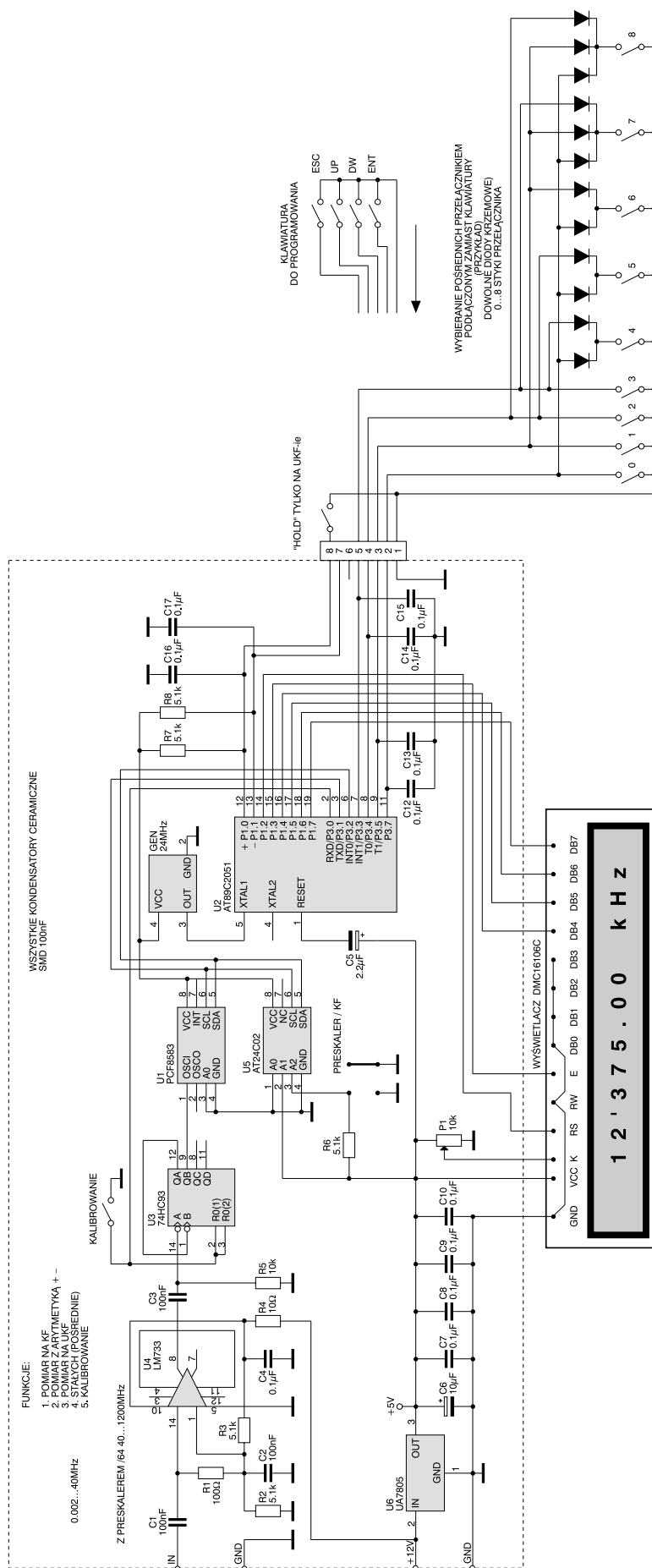
Programowo jest on zgodny z procesorami popularnej rodziny MCS51. Może pracować z napięciem zasilania przyciąższy od 2,7V do 7V. Częstotliwość taktowania od 0..24MHz. Ponadto, zawiera on w swojej strukturze 128 bajtów pamięci RAM i 2kB pamięci programu. Pamięć programu jest kasowana elektrycznie i może być przeprogramowywana 1000 razy. Kontrolery są coraz tańsze i jeżeli ten trend się utrzyma, to hobbysta w drodze do szkoły lub pracy otrzyma go jako dodatek kupując Elektronikę Praktyczną.

Pole odczytowe to typowy moduł LCD (jedna linia 16 znaków) typu DMC160106C firmy Optrex, programowo zgodny z HD4470. Jest on sterowany czterema liniami danych DB0..DB4 i dwoma liniami RS, E. Nie wykorzystywany sygnał RW jest połączony z masą. Do regulacji kontrastu służy potencjometr montażowy P1. Moduły wyświetlaczy LCD są niezwykle atrakcyjne. Po pierwsze, niewielki pobór prądu, możliwość pisania tekstem i migający kursor. W odróżnieniu od multipleksowanych pól odczytowych LED, wprowadzają mniej zakłóceń i dają się odczytać przy silnym dziennym oświetleniu, czego nie da się powiedzieć o wyświetlaczach siedmiosegmentowych. Spróbujmy uporządkować całość.

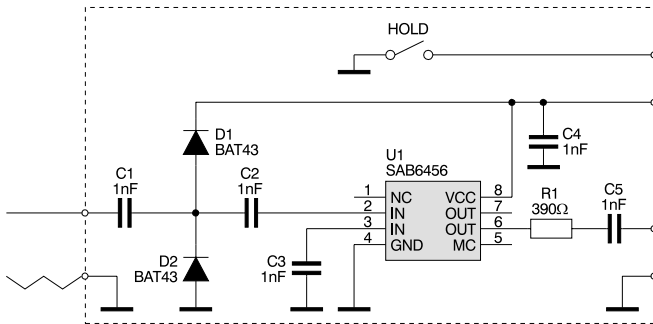
Po włączeniu zasilania kontroler programuje moduł wyświetlacza LCD i kostkę licznika PCF8583. Na wyświetlaczu przez moment jest wyświetlane logo autora SP6HES 1999 V3.2. Po chwili sprawdzane są klawisze ESC,

UP, DW, ENT i jeżeli wszystkie są wciśnięte program przechodzi do edycji pośrednich. Jeżeli przyciski są zwolnione, sprawdzany jest stan pinu 2 kontrolera wystawiającego sygnały bramkujące. Po wykryciu logicznego zera uruchamiana jest procedura kalibrowania przyrządu. W przeciwnym przypadku uruchomiona zostaje procedura sprawdzająca, czy przyrząd ma mierzyć w zakresie 0,002..40MHz lub czy współpracuje z preskalerem. Samo sprawdzanie czy zwoła jest ustawiona w pozycji preskaler, czy UKF przebiega z wykorzystaniem sygnału potwórzona przez urządzenie „slave” podłączone do I²C. Kontroler wpisuje do urządzenia, które ma na magistrali I²C, adres odpowiadający pozycji przełącznika KF. Jeżeli nie otrzyma od urządzenia potwierdzenia oznacza to, że przełącznik jest rozwarty. Sposób ten pozwala zaoszczędzić jeden bit w porcie kontrolera i jest godny polecenia, bo w kontrolerach 20-pinowych nie jest ich zazwyczaj zbyt dużo.

Procedura pomiaru zarówno na KF jak i z preskalerem wygląda podobnie. Rozpoczyna się od zerowania licznika PCF8583, sygnał bramki ma poziom wysoki, a dzielnik jest zablokowany. Po wyzerowaniu licznika niski sygnał bramkujący uruchamia dzielnik i jednocześnie uruchamiana jest procedura odliczania czasu bramkowania. Po upływie czasu bramkowania blokowany jest dzielnik. Kontroler odczytuje stan licznika i sprawdza czy musi dodać lub odjąć częstotliwość pośrednią. Jeżeli tak, to odczytuje z pamięci EEPROM,



Rys. 1.



Rys. 2.

ROM odpowiadającą stanowi wyprowadzeń ESC, UP, DW, ENT wartość i wykonuje arytmetyczne dodawanie lub odejmowanie. Dodawanych lub odejmowanych od wyniku pomiaru jest 9 pośrednich częstotliwości, bo tylko tyle kombinacji ESC, UP, DW, ENT (oprócz wszystkie zwarte) jest możliwych. Arytmetyka akceptuje pośrednie z zakresu od 0,00 do 99 999,00.

Montaż

Wszystkie zastosowane układy scalone są w obudowach DIP, a rezystory i kondensatory typu SMD (obudowa 0805). Dwustronna płytką drukowana bez metalizacji jest zaprojektowana w taki sposób, że przejścia na druga stronę znajdują się w miejscach pinów układów scalonych lub wyprowadzeń kondensatorów tantalowych. Moduł wyświetlacza LCD jest przykręcony czterema dystansownikami do wyfrezowanej ramki z PCW. Do dystansowników jest przykręcona płytką drukowana. Na czołowej stronie ramki z PCW jest naklejona samoprzylepna folia z kolorowym nadrukiem, wykonana na drukarce atramentowej. Projekt nalepił wykonałem programem Autocad. Połączenie pomiędzy płytką drukowaną a modułem wyświetlacza LCD wykonałem za pomocą przewodu taśmowego.

Mocowanie płytki z elementami do obudowy jest nieskomplikowane. Wystarczy w płycie czołowej wyciąć prostokątny otwór o wymiarach 36x80mm. Po włożeniu płytki w otwór należy ją unieruchomić od wewnętrznej strony, np. klejem na gorąco.

Programowanie przyrządu

Przed załączeniem zasilania wciśnij cztery przyciski ESC, UP, DW, ENT i włącz zasilanie. Na wyświetlaczu pojawi się napis:

PROGRAMOWANIE

i pozostaje do chwili zwolnienia wszystkich przycisków.

Po zwolnieniu wszystkich przycisków na wyświetlaczu pojawia się częstotliwość pośrednia 0 ze znakiem, jeżeli była zaprogramowana

0+20 000.30kHz

lub znaki, jak niżej, jeżeli pamięć EEPROM nie jest zaprogramowana

0??? ????.??kHz

Przyciskami UP i DW możesz przeglądać wszystkie częstotliwości pośrednie:

0+20 000.30kHz

.....

8+20 000.30kHz

Jeżeli którąkolwiek z nich chcesz zaprogramować lub przeprogramować, wciśnij przycisk ENT.

Wtedy w miejscu edytowanego znaku pojawia się mrugający kursor. Przyciskami UP i DW możesz zmieniać znak i cyfry, a po ich ustawieniu musisz wcisnąć ENT. Po zaprogramowaniu wszystkich cyfr pośredniej o numerze 0, na wyświetlaczu pojawi się pośrednia o numerze 1:

1+20 000.30kHz

Po zakończeniu programowania, wciskając wielokrotnie ESC wychodzisz z opcji edycji. Możesz również wyłączyć zasilanie. Wszystko, co zaprogramowałeś jest pamiętane, a operację programowania możesz powtarzać 10000 razy.

W przypadku kiedy wybierzesz pośrednią, która nie jest zaprogramowana, układ nie doda ani nie odejmie od tego co zmierzył żadnej wartości.

Kalibrowanie przyrządu

Wzorcem częstotliwości odniesienia jest scalony generator o nominalnej częstotliwości 24MHz. Kontroler odlicza zadaną liczbę taktów zegara, wytwarzając impuls bramkujący. Niestety, 24MHz to częstotliwość nominalna,

a poszczególne egzemplarze generatorów różnią się pomiędzy sobą nawet o 200Hz.

Częstotliwość scalonego generatora można zmieniać poprzez niewielką zmianę napięcia zasilania. Sposób ten odrzuciłem jednak ze względu na małą stabilność potencjometrów montażowych. Pozostała jedynie programowa zmiana czasu bramkowania.

Realizowana jest w następujący sposób: przed załączeniem zasilania musisz zerwać do masy pin 2 kontrolera. Po włączeniu zasilania częstotliciomierz przedstawia się i czeka na pojawienie się wysokiego stanu na pinie 2. Jeżeli usuniesz zwarcie, rozpoczyna się cykl pomiarowy z zadanym parametrem. W celu wyróżnienia kalibrowania od standardowego pomiaru, na wyświetlaczu są wyświetlane litery KAL. Po podaniu na wejście sygnału o znanej częstotliwości, możesz przyciskami UP i DW zmieniać czas bramkowania. W chwili, kiedy częstotliwość wyświetlana na module LCD jest taka sama jak wzorcowa, wciskamy klawisz ENT. Powoduje to zapisanie do pamięci EEPROM parametru. Kalibrowanie najlepiej przeprowadzać na możliwie najwyższych częstotliwościach, jakie mierzy przyrząd.

Kilka lat temu wykorzystywałem w charakterze sygnałów wzorcowych nośną częstotliwość średniofalowego nadajnika radia Wrocław. Niestety został on wyłączony.

Wstępny dzielnik częstotliwości (prescaler)

Każdy szczęśliwy posiadacz częstotliciomierza bez zakresu powyżej 30 MHz może bez większego wysiłku powiększyć jego możliwości pomiarowe przez podłączenie na wejście dzielnika. Wybór układów scalonych jest coraz większy, począwszy od układów firmy Temic (dawny Telefunken), poprzez Pleeseya, a skończywszy na firmie Philips.

Większość układów scalonych, a przynajmniej tych najpopularniejszych, dzieli przez 64, 128, 256. Sygnał wyjściowy większości preskalerów to 100mV. Dlatego jest on wzmacniany do poziomu sygnału TTL. Jak widać, jest dobrze, ale nie najlepiej. Po kilkumiesięcznym używaniu ta-

WYKAZ ELEMENTÓW

Preskaler

Rezystory

R1: 390Ω

Kondensatory

C1..C5: 1nF

Półprzewodniki

D1: BAT43

D2: BAT43

U1: SAB6456

Miernik

Rezystory

P1: 10kΩ

R1: 100Ω

R2, R3, R6..R8: 5,1kΩ

R4: 10Ω

R5: 10kΩ

Kondensatory

C1..C4, C7..C17: 100nF

C5: 2,2μF/10V

C6: 10μF

Półprzewodniki

D1..D12: 1N4148

U1: PCF8583

MOD. LCD: DMC16106C

U2: AT89C2051

U3: 74HC93

U4: LM733

U5: AT24C02

U6: UA7805

Różne

J1: GOLD PIN

G1: 24MHz - generator

kiej technicznej zdobyć, z chęcią byśmy się jej pozbyli, nawet z dopłatą. Na szczęście kontroler wraz z zawartym w nim oprogramowaniem upora się z mnożeniem i wyświetlaniem „śpiewająco”.

Schemat na rys. 2 przedstawia dzielnik wstępny z układem SAB6456 firmy Philips. A teraz kilka danych technicznych. Napięcie zasilania 5V. Pobór prądu 20mA. Największe dopuszczalne napięcie wejściowe 5V. Układ może dzielić częstotliwość wejściową przez 64 lub 256. Jeżeli wyprowadzenie 5 tego układu (MC-mode control) nie jest podłączone, układ dzieli przez 64. Przy zwarciu tego wyprowadzenia do masy układ dzieli przez 256. Diody D1 i D2 ograniczają napięcie wejściowe do wartości dopuszczalnej. Układ ma symetryczne wejście. Jedno z tych wejść jest zwarte do masy (dla wielkiej częstotliwości) kondensatorem C3. Sygnał wyjściowy poprzez rezystor R1 i kondensator C5 jest doprowadzany do wejścia pomiaro-

wego częstotliwościomierza.

I jeszcze dwie wskazówki dotyczące sposobu korzystania z dzielnika. W jednym z nich zastosujemy niewielką pętlę o średnicy 1cm zbliżaną do obwodu rezonansowego - sprzężenie indukcyjne. W chwili, gdy na wyświetlaczu jest stabilny wynik, zatrzaskujemy go wciskając przycisk „hold”. Powtórne wciśnięcie przycisku „hold” uruchamia pomiar. W drugim sposobie przylutujemy do kondensatora C1 krótki, około 1cm, odcinek izolowanego przewodu.

Masę sondy łączymy możliwie krótkim przewodem z masą w badanym urządzeniu, a grot sondy zbliżamy do badanego obwodu - sprzężenie pojemnościowe. Podobnie jak poprzednio, po ustabilizowaniu się wyniku możesz go zatrzasknąć. Dużą zaletą oprogramowania jest zaokrąglanie wyniku pomiaru zgodnie z regułami i wyświetlanie go wprost bez konieczności uciążliwego przeliczania. Pomimo że najniższa gwarantowana przez producenta częstotliwość wejściowa wynosi 70MHz, po dołączeniu sondy

do generatora 24MHz umieszczonego na płytce na wyświetlaczu otrzymasz również 24MHz. Warto o tym wiedzieć, że jeżeli na wejście preskalera nie jest podany żaden sygnał, generuje on na częstotliwościach określonych parametrami sondy.

Uwagi

Nazewnictwo przycisków przyjąłem z terminologii komputerowej

- ESC ucieczka
- UP góra
- DW dół
- ENT akceptowanie

Przyrząd stosowany jako skala częstotliwości wymaga ekranowania, najlepiej białą blachą o grubości 0,35mm. Poprawienie parametrów przyrządu umożliwi lepszy wzorzec częstotliwości lub stabilizacja cieplna wzorca umieszczonego na płytce. Po załączeniu zasilania i podaniu na wejście sygnału o częstotliwości 20MHz, przyrząd „płynie” 20..30Hz. Zważywszy jednak jego wielkość i cenę jest to chyba niewiele.

Wiesław Szyszka
ws_pki@predom.provider.pl