

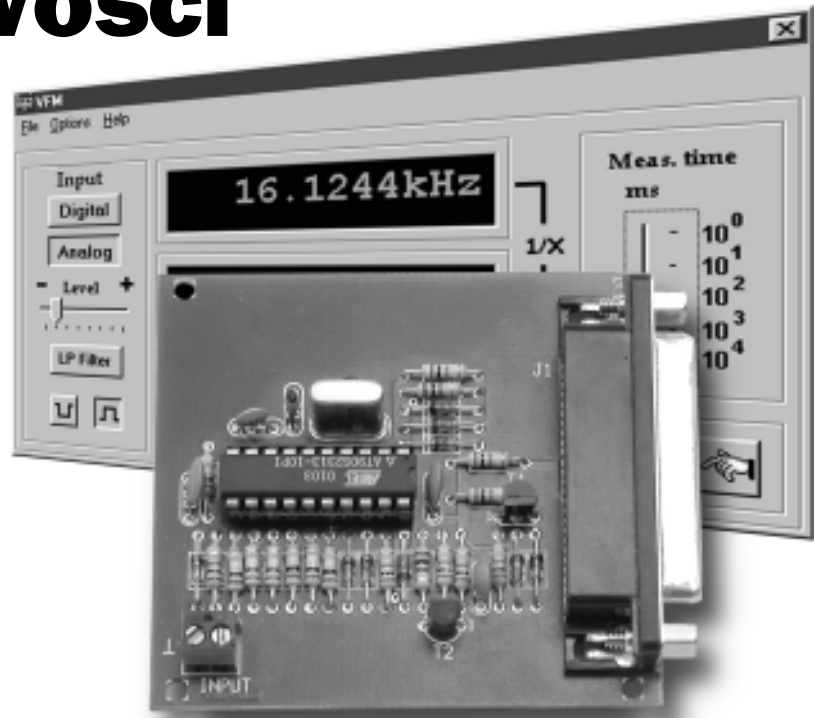
VFM

Wirtualny miernik częstotliwości

AVT-5103

Specjalizowane przyrządy pomiarowe, zwłaszcza renomowanych producentów, pozostają na ogół w sferze marzeń zwykłego śmiertelnika. Nie należy jednak załamywać rąk - Polak przecież potrafi. Może np. kupić tani miernik „noname” lub wykonać przyrząd wirtualny wykorzystujący stojący na biurku komputer PC. Drugie rozwiązanie jest o tyle atrakcyjne, że można je zrealizować robiąc przy okazji porządek w szufladzie.

Rekomendacje: przyrząd polecamy tym Czytelnikom, którzy chcą wzbogacić możliwości swojego PC-ta o funkcje pomiarowe przydatne w laboratorium elektronicznym.



Jak się okazuje, nie tylko Polak potrafi. Potrafi też Ukrainiec. W artykule opisujemy projekt miernika częstotliwości opracowany przez ukraińskiego inżyniera Jurija Kolokolowa. Na wstępie trzeba jednak wyjaśnić, że opisany miernik jest produktem częściowo komercyjnym i wykonanie go w pełnej konfiguracji będzie się wiązało z poniesieniem pewnych kosztów licencyjnych, o czym napiszemy dalej.

Zanim kupisz, wypróbuj

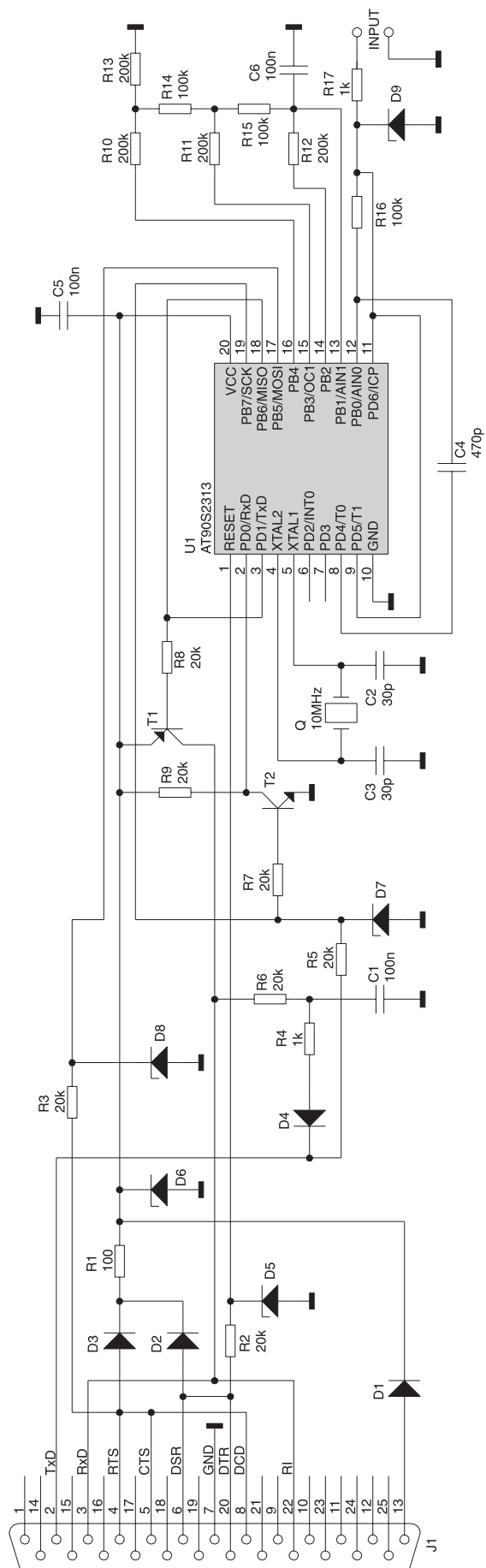
Miernik częstotliwości składa się z niewielkiego interfejsu z mikrokontrolerem AVR i specjalizowanego oprogramowania (VFM) na komputer PC. Rolą interfejsu jest przetworzenie sygnału z punktu pomiarowego i przekazywanie danych do komputera poprzez port szeregowy. Pozostałe operacje, czyli odpowiednie obliczenia i zobrazowanie wyników wykonuje program VFM, który jest dostępny w wersji dla Windows 95...2000. Podczas prób stwier-

dzono, że program spisuje się dobrze także z Windows XP.

Za pomocą tego zestawu można:

1. Mierzyć częstotliwość sygnału analogowego (0,1...250 kHz) lub cyfrowego (0,1...5 MHz), z czasami pomiaru (otwarcia bramki): 1 ms, 10 ms, 100 ms, 1 s, 10 s.
2. Mierzyć okres sygnału analogowego lub cyfrowego (10 μ s... 10s z rozdzielczością 0,1 μ s) - czas pomiaru jest równy 1, 10, 100, 1000 cykli sygnału.
3. Mierzyć czas trwania impulsu (od zbocza narastającego do opadającego lub od zbocza opadającego do narastającego) (10 μ s...10 s z rozdzielczością 0,1 μ s).
4. Zliczać impulsy.
5. Wykonać autokalibrację.

Aby nie kupować przysłowio-
wego „kota w worku”, warto przed zakupem zorientować się w możliwościach przyrządu. W tym celu można pobrać ze strony <http://home.skif.net/~yukol/purchase.htm> bezpłatne oprogramowanie dla komputera (2,1 MB, publiku-



Rys. 1. Schemat elektryczny miernika

jemy je także na CD-EP3/2002B) oraz demonstracyjny program dla mikrokontrolera (6 kB). Jest w nim zaimplementowana jedynie pierwsza opcja z wymienionych. Odblokowanie pozostałych wymaga dokonania wpłaty na konto autora. Na jego internetowej stronie można znaleźć stosowny formularz. Po spełnieniu zawartych w nim wymagań autor udostępnia pełny program dla mikrokontrolera. Koszt jedynie 8,95 USD.

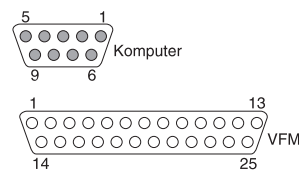
Oryginalna płytko została zaprojektowana z myślą o umieszczeniu jej w obudowie wtyku DB-25 z elementami SMD (włącznie z mikrokontrolerem). Rysunki ze schematem ideowym, mozaiką połączeń oraz rozmieszczeniem elementów zostały zamieszczone na internetowej stronie częstościomierza.

Układ interfejsu proponowany przez nas (montaż przewlekany), jest łatwiejszy w wykonaniu, bo płytko drukowana jest nieco większa. Schemat elektryczny interfejsu pokazano na rys. 1.

Do połączenia przyrządu z komputerem jest wykorzystywany kabel do transmisji szeregowo typu modem-modem. Od strony częstościomierza musi być zakończony wtykiem 25-stykowym, zaś od strony komputera złączem zależnym od posiadanego w komputerze. Połączenia dla DB-9 przedstawiono na rys. 2.

Przygotowanie do pracy

Przed przystąpieniem do pracy z częstościomierzem należy zainstalować w komputerze ściągnięty z Internetu program VFM. Chociaż pobieranie pliku *vfm.zip* nie stwarza żadnych problemów, to z instalacją były pewne



9 PIN D-SUB FEMALE
25 PIN D-SUB MALE

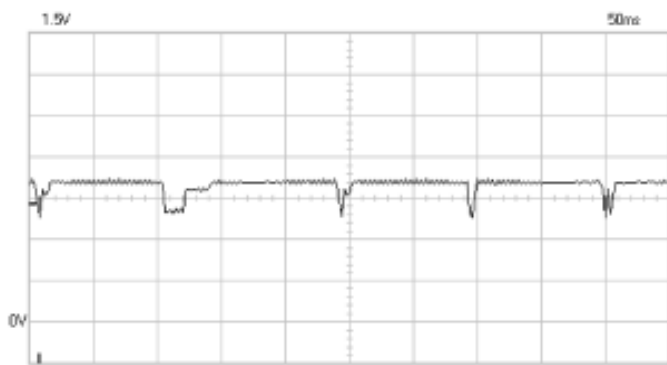
Nazwa sygnału	DSUB-9	SUB-25	Kierunek
Shield		1	—
Transmit Data	3	2	→
Receive Data	2	3	←
Request to Send	7	4	→
Clear to Send	8	5	←
Data Set Ready	6	6	←
System Ground	5	7	—
Carrier Detect	1	8	←
Data Terminal Ready	4	20	→
Ring Indicator	9	22	←

Rys. 2. Rozmieszczenie styków w gniazdach RS232, sposób połączenia sygnałów

kłopoty. Szczerze mówiąc na żadnym, dostępnym komputerze się to nie powiodło.

Instalację rozpoczyna się, uruchamiając program *setup.exe* i od tego momentu proces odbywa się automatycznie. Niestety podczas instalacji występował błąd uniemożliwiający pomyślne jej dokończenie. Jednak jeśli na naszym komputerze znajdują się już zainstalowane wcześniej - przy innej okazji - biblioteki, to jest szansa, że program VFM da się uruchomić. Trzeba go jedynie rozpakować „ręcznie“ z pliku *vfm.cab*. Do tego celu można wykorzystać program WinZip lub WinRAR.

Układ interfejsu częstościomierza jest zasilany bezpośrednio z portu szeregowo. Jest to możliwe dzięki połączeniu linii sygnałowych RTS i DTR poprzez diody D2 i D3 oraz wysterowaniu ich z komputera do poziomu wysokiego (wyzerowanie obu linii). Dba o to program VFM. Stosunkowo niewielki prąd pobierany przez mikrokontroler pozwala na takie rozwiązanie. Napięcie na nóżce zasilającej mikrokontrolera jest jednak silnie zakłócone (rys. 3). Wyraźnie widać zakłócenia przedostające się do zasilania podczas transmisji. Jeśli będzie to powodowało nieprawidłowe działanie objawiające się np. zrywaniem transmisji, można dołączyć kondensator elektrolityczny o pojemności min. 100 µF bezpośrednio do wyprowadzeń zasilających układ U1 (20 - plus i 10 - minus). Na płytce nie przewidziano na



Rys. 3. Wygląd sygnału na linii zasilającej mikrokontroler



Rys. 4. Wygląd okna programu VFM

niego miejsca. Jeśli i to nie pomoże, trzeba nasz częstotliciomierz zasilić z zewnętrznego zasilacza. Aby nie wprowadzać dodatkowych połączeń z płytką interfejsu, zostało do tego celu przewidziane niewykorzystywane wyprowadzenie złącza DB-25 (styki 13 - plus zasilania). Masę (minus zasilania) dołączamy do styku 7. Zewnętrzne zasilanie będzie potrzebne tak czy inaczej, jeśli będziemy chcieli samodzielnie programować mikrokontroler za pomocą programatora ISP.

Interfejs wirtualnego częstotliciomierza komunikuje się z komputerem w obydwie strony. W standardzie RS232 do transmisji danych są stosowane bipolarne impulsy napięciowe. Najczęściej do wytworzenia ujemnego napięcia wykorzystuje się popularny układ MAX232, lecz na schemacie elektrycznym interfejsu nie widzimy go. Do zapewnienia odpowiednich poziomów napięcia na liniach transmisyjnych służą tranzystory T1 i T2 wraz z sąsiednimi elementami. Stanowi spoczynkowemu linii od strony układu (logiczne „1”) odpowiada napięcie -3...-25 V (*mark*) od strony interfejsu RS232. Stanowi logicznemu „0” odpowiada od strony RS232 napięcie +3...+25 V (*space*).

Rozważmy przypadek, w którym komputer „nasłuchuje”, a mikrokontroler interfejsu częstotliciomierza wysyła dane. Trzeba w tym miejscu zaznaczyć, że częstotliciomierz nie wykorzystuje transmisji dwupolewej, przyjęcie powyższego założenia jest zatem zasadne. Wyjście TXD komputera pozostaje w spoczynku, tym samym na wyprowadzeniu 2 gniazda GN1 występuje napięcie ujemne. Jeśli mik-

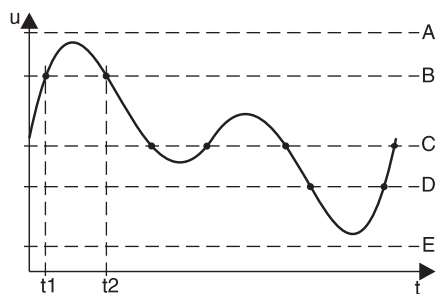
rokontroler będzie wysyłał bit o wartości „1”, to tranzystor T1 będzie zatkany, a na wyprowadzeniu 3 gniazda GN1 wystąpi napięcie ujemne „pobierane” z wyprowadzenia 2 GN1. Jak wiemy odpowiada to logicznej jedynce. Gdy wysyłany bit będzie miał wartości „0”, tranzystor T1 zostanie włączony i napięcie na wyprowadzeniu 2 GN1 będzie miało wartość bliską +5 V. Wartość ta mieści się w przedziale przewidzianym dla stanu „0” (*space*). W drugą stronę sprawa wygląda znacznie prościej. Tranzystor T2 zamienia polaryzację sygnału odbieranego z interfejsu RS232 i jednocześnie ogranicza poziom napięcia do wartości z przedziału 0...+5 V, akceptowanej przez mikrokontroler.

Pomiary

Przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów należy wskazać w programie VFM (widok okna działającego programu pokazano na **rys. 4**) port szeregowy, przez który będzie prowadzona komunikacja między częstotliciomierzem a komputerem. W tym celu należy wybrać polecenie *Options* z menu *Options*, a następnie wybrać z rozwijanej listy odpowiedni port. W dolnej części okna znajduje się pole, w którym określa się czas pomiędzy kolejnymi pomiarami. Minimalna i moim zdaniem optymalna wartość to 1 sekunda. Następną czynnością, jaką powinno się wykonać przed rozpoczęciem pomiarów, jest kalibracja przyrządu. Po naciśnięciu przycisku ekranowego *Calibration* (z symbolem trójkąta), a następnie przycisku *Cyclical Mode* (dwie zaokrąglone strzałki), powinna zostać wyświetlona wartość częstot-

liwości 10 MHz, której odpowiada okres 0,1 μ s. Jest to wartość wyświetlana bez podawania sygnału na wejście przyrządu. Jeśli wynik będzie rażąco różnił się od wartości wzorcowej, może to świadczyć o nieprawidłowym działaniu układu. Trzeba wówczas sprawdzić, czy został włączony odpowiedni rezonator kwarcowy (8 MHz) i czy oscylator mikrokontrolera pracuje prawidłowo. Bezpośrednio przed przystąpieniem do pomiarów zasadniczych trzeba zdecydować, jaki rodzaj sygnału mierzymy (analogowy czy cyfrowy). Służą do tego klawisze *Digital* i *Analog*. Od tego wyboru zależy, która procedura pomiarowa i komponenty mikrokontrolera zostaną wykorzystane. W przypadku sygnału cyfrowego będą to tylko timery/liczniki. Mierząc sygnał analogowy, do pomiaru dodatkowo będzie „zaprzęgnięty” komparator analogowy zaimplementowany w strukturze mikrokontrolera. Niestety, w drugim przypadku zakres pomiarowy zostanie zwiężony. Teraz można doprowadzić mierzony sygnał do wejścia interfejsu częstotliciomierza i wybrać odpowiedni zakres pomiarowy.

Pierwszym pomiarem (jedynym w wersji demonstracyjnej) jest pomiar częstotliwości. Najczęściej będziemy stosować tryb cykliczny, w którym stan wyświetlacza jest odświeżany w sposób ciągły z ustaloną częstotliwością. Po wybraniu rodzaju pomiaru - w tym przypadku będzie to naciśnięcie klawisza *Frequency measurement* (z literką „F”) - inicjujemy pomiar przez wciśnięcie klawisza *Cyclical Mode*. Od tej chwili na wyświetlaczu powinna pojawiać się ak-



Rys. 5. Wpływ regulacji składowej stałej mierzonego sygnału na wynik pomiaru

tualna częstotliwość mierzonego sygnału. Bardzo istotne jest prawidłowe ustawienie suwaka *Level* podczas pomiaru analogowego. Za jego pomocą wybiera się napięcie odniesienia dla komparatora. Jest ono wytwarzane przez drabinkę R-2R dołączoną do portu PB2...PB4 mikrokontrolera. Drabinka pełni rolę prostego, 3-bitowego przetwornika cyfrowo-analogowego. Stosując zasadę superpozycji i zakładając, że wyjścia poszczególnych portów mikrokontrolera na poziomie niskim stanowią idealne zwarcie do masy, można wykazać, że napięcie na wyjściu drabinki będzie się zmieniało proporcjonalnie do stanu binarnego wyjść PB2...PB4, przy czym najmniej znaczącym jest bit PB4. Wyjścia PB2...PB4 są bezpośrednim odzwierciedleniem stanu suwaka *Level*. Poziom odniesienia komparatora powinien być tak ustawiony, aby liczba przecięć prostej odpowiadającej napięciu odniesienia z krzywą napięcia mierzonego w ciągu okresu była równa dokładnie 2. Na rys. 5 odpowiadają temu tylko przypadki „B” i „D”. Z tego względu podczas pomiarów napięć bez składowej stałej, najbezpieczniej jest ustawić suwak w pozycji „0”. Nieprawidłowe ustawienie suwaka może powodować, że na wyświetlaczu będzie wyświetlana wartość zero lub wartość niezgodna z rzeczywistością. Zmniejsza to nieznacznie komfort pracy, gdyż nie zawsze jesteśmy pewni, że wyświetlane wyniki są poprawne. Czasami (zwłaszcza podczas pomiaru okresu przebiegu) prowadzi to do irytującego zawieszania się transmisji, a nieumiejętne wyjście z tej sytuacji kończy się zawieszeniem programu *VFM* i koniecznością zakończenia zadania syste-

mu Windows. Jeśli więc pojawi się komunikat „*Connection Error*”, należy przerwać transmisję, zwalniając przycisk *Cyclical Mode* i bezzwłocznie usunąć przyczynę powstania błędu. Niekiedy niezbędne jest ponowne określenie portu komunikacyjnego.

Drugim pomiarem, alternatywnym w stosunku do omówionego wyżej, jest pomiar okresu przebiegu. Rozpoczynamy go, naciskając przycisk *Period measurement* (z literką „T”). W obydwu trybach pomiarowych, na wirtualnym wyświetlaczu przyrządu jest wyświetlana zarówno częstotliwość, jak i okres mierzonego sygnału. Z tego względu ten tryb pomiarowy wydaje się być zdublowaniem omawianego wcześniej i w zasadzie zbędnym.

Następny tryb - *Interval measurement* służy do pomiaru czasu trwania impulsu i może być przydatny w praktyce. Kształt impulsu wybieramy jednym z dwóch klawiszy znajdujących się w lewej dolnej części panela częstościomierza. Pomiar czasu trwania impulsu w przypadku sygnału cyfrowego nie budzi żadnych wątpliwości. W tym trybie można również mierzyć sygnał analogowy. Szerokość impulsu jest wtedy określona jako czas pomiędzy kolejnymi przecięciami poziomu odniesienia komparatora z sygnałem mierzonym. Odpowiadają temu chwile t_1 i t_2 na rys. 5.

Wirtualny częstościomierz może być zastosowany w roli licznika impulsów doprowadzonych do wejścia. Stan licznika jest odświeżany w odstępach czasu ustawionych w opcjach programu, co przy małej częstotliwości impulsów wejściowych jest nieco mylące. Spodziewamy się bowiem zmodyfikowania wskazań natychmiast po wystąpieniu impulsu. Ten tryb pomiarowy wybiera się klawiszem *Scoring of number of pulses* (ze znakiem S).

A więc warto, czy nie?

Mamy już mniej więcej pełny obraz możliwości wirtualnego częstościomierza. Pora podejmować decyzje o jego zrobieniu (kupieniu). Nie chciałbym niczego sugerować.

Dziwię się, jak przez długie lata praktyki w elektronice mog-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 100Ω
R2, R3, R5...9: 20kΩ
R4, R17: 1kΩ
R10...13: 200kΩ
R14...16: 100kΩ

Kondensatory

C1, C5, C6: 100nF
C2, C3: 30pF
C4: 470pF

Półprzewodniki

D1...4: 1N4148
D5...9: C4V7
T1: BC557
T2: BC547
U1: AT90S2313

Różne

J100: gniazdo DSUB-25 (żeńskie)
Rezonator kwarcowy 10MHz
Łączówka ARK2 (3,5mm)

łem obywać się bez częstościomierza w swoim laboratorium. Do zakupu gotowego przyrządu zniechęcały ceny, a do zrobienia własnym sumptem brakowało czasu i chęci. Jeśli ktoś z Czytelników znajduje się w podobnej sytuacji, to ma teraz okazję do szybkiego i taniego wykonania przyrządu, któremu trochę brakuje do miana sprzętu „profesjonalnego”, ale w wielu amatorskich pracach może okazać się przydatny.

Pierwsze spostrzeżenie, jakie nasunęło mi się po wykonaniu kilku prób, jest takie, że częstościomierz ma trochę za mały zakres pomiarowy. Być może Jurij już nad tym pracuje.

Następna sprawa to zawieszanie się transmisji w przypadku złych nastaw miernika. Myślę, że jest to błąd w programie, który powinien być usunięty. Po nabraniu pewnej wprawy można jednak takich sytuacji unikać. Niewątpliwą zaletą częstościomierza jest jego niewielki koszt i łatwość montażu.

Jarosław Doliński, AVT
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/marzec03.htm> oraz na płycie CD-EP3/2003B w katalogu PCB.