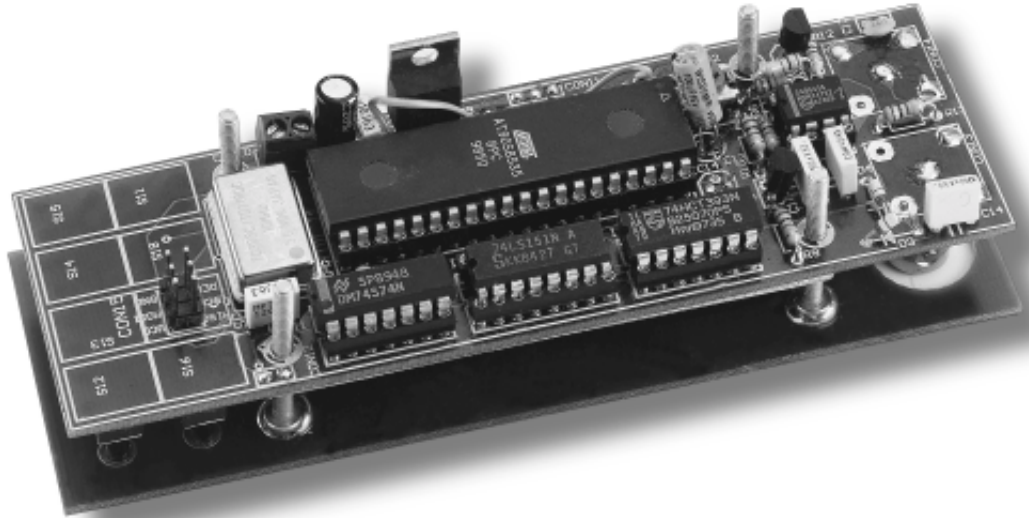


Uniwersalny przyrząd laboratoryjny, część 1

AVT-5034



Nie ulega wątpliwości, że dobry miernik częstotliwości jest jednym z najważniejszych przyrządów pomiarowych w pracowni elektronika, zarówno profesjonalisty, jak i hobbyisty. Zbudowanie takiego miernika w warunkach amatorskich nie jest trudne i były one budowane przez hobbyistów od zarania „ery techniki cyfrowej“.

W telegraficznym skrócie przedstawimy ewolucję budowy mierników częstotliwości. Wielu z nas pamięta jeszcze „klasyczne“ mierniki częstotliwości, budowane z szeregowo połączonych liczników TTL, zatrząsków, dekodatorów i wyświetlaczy. Były to niekiedy piękne i znakomicie działające mierniki, zbudowane z dziesiątków układów scalonych i pobierające nieraz po kilka amperów prądu. Ba, pamiętam jeszcze takie mierniki wykonane z wykorzystaniem lampek NIXIE, ale czy ktoś z młodszego pokolenia elektroników wie jeszcze, co to takiego było?

Później nastąpiła epoka bardziej wyspecjalizowanych układów scalonych, między innymi popularnych liczników z serii ICM. Pozwoliło to na radykalne uproszczenie konstrukcji mierników częstotliwości, które składały się już nie z kilkudziesięciu, ale z kilku układów scalonych. Prezentacja wyników pomiarów odbywała się prawie wyłącznie na wyświetlaczach siedmiosegmentowych LED.

Z upowszechnieniem się procesorów natychmiast zostały one wykorzystane do budowy przyrządów pomiarowych, w tym również mierników częstotliwości. Początkowo

były to mierniki stosunkowo proste, nie posiadające zbyt wielu funkcji, ale i tak był to ogromny krok naprzód w ich rozwoju. Taki miernik częstotliwości składał się z procesora, wyświetlaczy LED i kilku układów dodatkowych, najczęściej pełniących funkcje preskalatorów.

Zaprojektowany przeze mnie miernik został skonstruowany według nieco odmiennych zasad niż przyrządy, których opisy publikowaliśmy dotąd. Sądzę, że minęły już czasy prostych, rzekłbym nawet „siermiężnych“ układów mikroprocesorowych budowanych przez amatorów. Mamy obecnie do dyspozycji elementy, które jeszcze kilka lat temu były bądź niedostępne, bądź zbyt kosztowne dla hobbyistów. Procesory o dużej pojemności pamięci programu stały się obecnie relatywnie tanie, a podobnie ma się sprawa z innymi elementami, takimi jak na przykład wyświetlacze alfanumeryczne.

Dlatego projektując nowy miernik częstotliwości starałem się zapewnić duży komfort jego obsługi. Żadnych jumperków konfiguracyjnych, diodek sygnalizacyjnych i tym podobnych elementów! Wszystkie informacje pomiędzy przyrządem a użytkownikiem

Podstawowe dane techniczne uniwersalnego przyrządu laboratoryjnego:

- ✓ Pomiar częstotliwości w dwóch zakresach: do 100MHz i od 70MHz do 1GHz. Zakres do 100MHz został podzielony na dwa przełączane automatycznie podzakresy: do 4,9MHz i od 4,8 do 100MHz. Na pierwszym podzakresie pomiar dokonywany jest z rozdzielczością 1Hz, na drugim 1kHz.
- ✓ Licznik o pojemności 4 294 967 293 impulsów. Licznik może zliczać impulsy o maksymalnej częstotliwości nie przekraczającej 5MHz. Należy zauważyć, że nawet przy maksymalnej częstotliwości zliczania przepełnienie licznika nastąpi dopiero po ponad 14 minutach.
- ✓ Pomiar temperatury w zakresie od -40 do +125 stopni Celsjusza.
- ✓ Zliczanie układów jednocześnie dołączonych do magistrali 1WIRE oraz odczytywanie ich numerów seryjnych.
- ✓ Wskazywanie bieżącego czasu i daty.
- ✓ Stoper o zakresie pomiarowym od 1 sekundy do 65535 godzin, 59 minut i 59 sekund.
- ✓ Do prezentacji wyników pomiarów został wykorzystany wyświetlacz alfanumeryczny LCD 2x16 znaków. Można zastosować zarówno wyświetlacz z podświetlaniem, jak i bez.
- ✓ Oprogramowanie miernika umożliwia przekazywanie wyników pomiarów do komputera za pośrednictwem interfejsu RS232. Jednak korzystanie z tej funkcji wymaga dodania do układu prostej przystawki, zrealizowanej z wykorzystaniem popularnego układu MAX232, dopasowującej poziomy TTL do poziomów napięć standardu RS232. Transmisja danych odbywa się z prędkością 9600bd.
- ✓ Miernik powinien być zasilany napięciem stałym o wartości 7..16VDC, niekoniecznie stabilizowanym lub (po pominięciu wbudowanego w przyrząd stabilizatora) napięciem stabilizowanym o wartości 5VDC.
- ✓ Pobór prądu zależy głównie od rodzaju zastosowanego wyświetlacza. Jeżeli wykorzystywać będziemy wyświetlacz bez podświetlania, to nie powinien on przekroczyć 60..70mA. Zastosowanie podświetlanego wyświetlacza może drastycznie zwiększyć pobór prądu nawet do 300mA.

muszą być przekazywane w „ludzkim“ języku, a sterowanie miernikiem musi odbywać się z czytelnego, słownego menu. Zastosowanie ośmioprzyciskowej klawiatury funkcyjnej pozwoliło uniknąć stosowania kombinacji klawiszy do wywołania danej funkcji.

Wspomniałem o „ludzkim“ języku, w jakim będziemy porozumiewać się z miernikiem. Muszę teraz zaznaczyć, że wszystkie komunikaty wyświetlane przez przyrząd zredagowane są w języku angielskim, podobnie jak w każdej produkowanej obecnie aparaturze pomiarowej. Złożyło się na to wiele powodów, ale najważniejszym była chęć zmieszczenia na ekranie 2x16 znaków jak najczy-

telniejszej informacji. Każdy tekst czy tylko prosty komunikat napisany w języku angielskim będzie zawsze znacznie krótszy od tekstu w języku polskim. Ponieważ każdy elektronik „zna“ angielski, to angielskie teksty nie będą dla nikogo utrudnieniem.

Drugą, równie ważną jak komfort obsługi cechą miernika powinna być możliwość przekazywania wyników pomiaru do komputera w celu ich archiwizacji lub dalszej obróbki. Komputery klasy PC od dawna zadomowiły się w pracowniach elektroników i moim zdaniem każdy sensownie zaprojektowany przyrząd pomiarowy powinien mieć możliwość komunikacji z nimi. Jeżeli na przykład będzie nas interesować zmiana częstotliwości w funkcji czasu, to idealnym sposobem jej zobrazenia może okazać się wykres graficzny. Dysponując wieloma pomiarami częstotliwości dokonanymi w ustalonych momentach, możemy przekazać wyniki pomiarów do komputera, a następnie korzystając z dowolnego arkusza kalkulacyjnego przedstawić je w poglądowej formie graficznej. Tak więc, nasz miernik jest samodzielnym przyrządem pomiarowym, ale możemy go także traktować jako inteligentną przystawkę do komputera. Wielkim ułatwieniem podczas przygotowywania miernika do współpracy z PC była możliwość pakietu BASCOM AVR archiwizowania danych odbieranych przez komputer poprzez interfejs RS232.

Miernik częstotliwości, jak prawie każdy układ mikroprocesorowy, którego inteligencja zawarta jest w jego części programowej, jest stosunkowo łatwy w montażu.

Opis działania

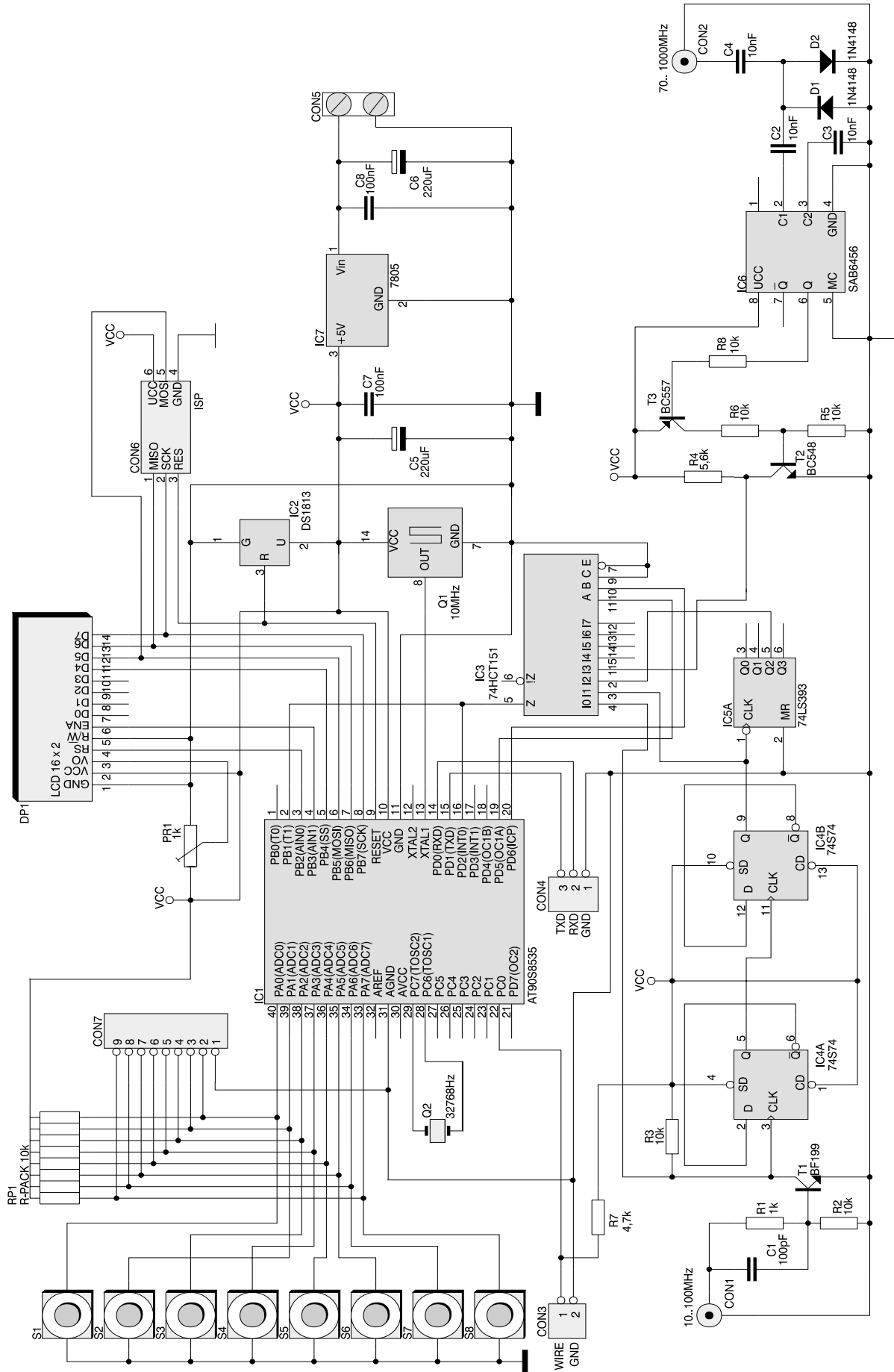
Schemat elektryczny miernika częstotliwości pokazano na **rys. 1**. Sercem układu jest procesor typu AT90S8535, który odpowiada za realizację wszystkich funkcji przyrządu. Pozostałe elementy pełnią funkcje pomocnicze lub służą wstępnemu dzieleniu częstotliwości mierzonego sygnału.

Wewnętrzny oscylator procesora został wyłączony i jego funkcje przejął generator zewnętrzny Q1 dołączony do wejścia XTAL1 procesora. Napotykamy tu na pewne

odstępstwo od reguł projektowania: zgodnie z danymi zawartymi w karcie katalogowej procesora '8535, może on być taktowany z maksymalną częstotliwością równą 8MHz. Jednak ponieważ zwiększenie częstotliwości zegara procesora w znaczący sposób upraszcza konstrukcję miernika i zwiększa jego walory użytkowe, zdecydowałem się dokonać eksperymentu polegającego na zastosowaniu generatora zewnętrznego o częstotliwości o 2MHz większej od maksymalnej. Takie taktowanie procesora było testowane przez dłuższy czas, w najrozmaitszych warunkach zewnętrznych i z różnymi egzemplarzami '8535. Wyniki badań wykazały, że overclocking nie doprowadził do żadnych zakłóceń w pracy procesora i że dane zawarte w karcie katalogowej były podane z pewnym „marginem bezpieczeństwa“.

Zastosowanie zewnętrznego generatora kwarcowego zostało poddyktowane tym, że stabilność częstotliwości wytwarzanej przez generator jest zawsze o rząd wielkości lepsza od stabilności częstotliwości sygnału generowanego przez wewnętrzny oscylator procesora z zewnętrznym rezonatorem kwarcowym, a tym bardziej od stabilności częstotliwości sygnału wytwarzanego przez generator z kwarcem 32768Hz, który także został wbudowany w strukturę procesora i jest wykorzystywany w naszym układzie jako generator pomocniczy.

Zajmijmy się teraz elementami bezpośrednio związanymi z pomiarem częstotliwości. Badany sygnał, o częstotliwości mniejszej od 100MHz, podawany jest na wejście CON1. Ze względu na zastosowanie tranzystora wejściowego T1, amplituda tego sygnału może mieć wartości zgodne z poziomem TTL, a także może być zarówno mniejsza, jak i większa. Impulsy prostokątne podawane na wejście miernika kierowane są do dwóch bloków układu: do przełącznika zbudowanego na multipleksersze typu 74HCT151 i na wejście wstępnego dzielnika częstotliwości - preskalera zbudowanego z dwóch szybkich przelutników D typu 74S74 (IC4) i z licznika binarnego typu 74LS393 - IC5A.

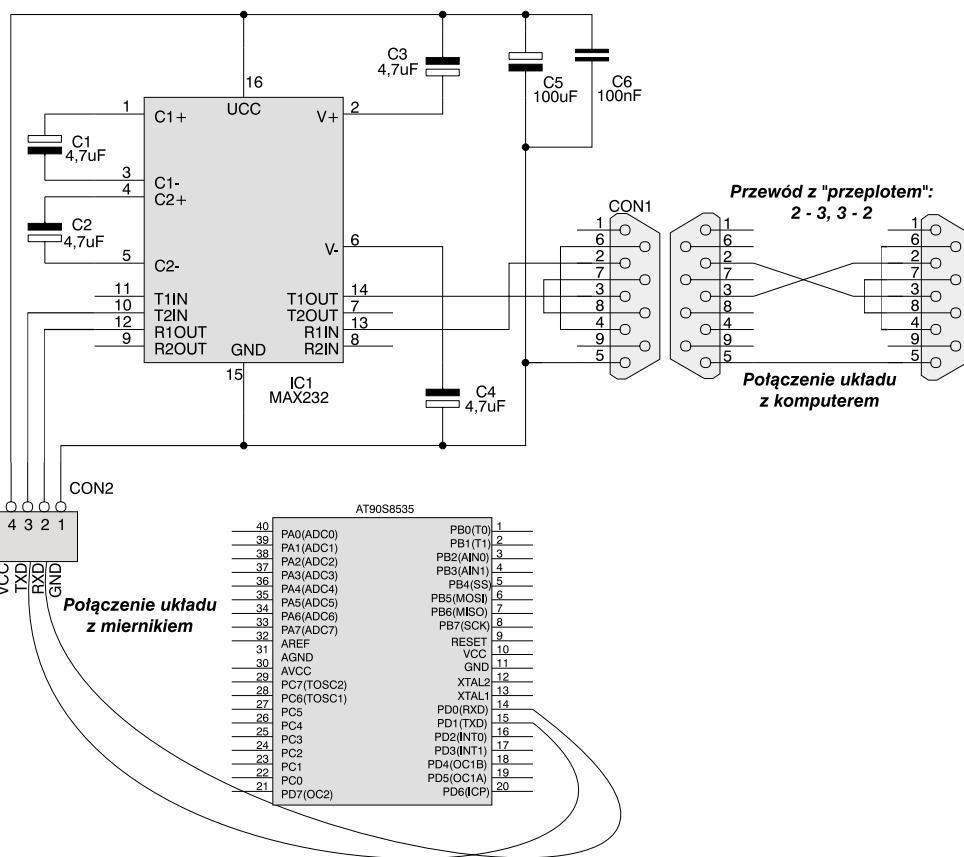


Rys. 1. Schemat elektryczny uniwersalnego przyrządu laboratoryjnego.

Timery - liczniki procesora '8535 pracującego z generatorem o częstotliwości 10MHz są w stanie zliczać impulsy zewnętrzne o maksymalnej częstotliwości dochodzącej do 5MHz. Wynika to z następującego uwarunkowania: przy pracy w trybie timera, inkrementacja licznika następuje w każdym kolejnym cyklu maszynowym, a zatem maksymalna częstotliwość zliczania jest równa częstotliwości zegarowej mikrokontrolera lub może być mniejsza w przypadku zastosowania sprzętowego preskalera. W przypadku wykorzystywania układu w trybie licznika, jego zawartość jest zwiększana w odpowiedzi na opadające zboczne sygnału wejściowego. Detekcja zbocza odbywa się jednak synchronicznie z cyklem pracy mikroprocesora - przez testowanie stanu w odpowiedniej linii wejściowej, w każdym kolejnym cyklu maszynowym. Jeśli testowanie wykazuje

poziom wysoki linii w jednym cyklu maszynowym oraz poziom niski linii w następnym cyklu maszynowym, zawartość licznika jest zwiększana. Tak więc, aby zagwarantować wykrycie wszystkich impulsów, każdy (zarówno niski, jak i wysoki) poziom testowanej linii wejściowej musi trwać co najmniej jeden pełny cykl maszynowy. Skutkiem tego maksymalna częstotliwość pracy układu w trybie licznika jest ograniczona do 1/2 częstotliwości zegarowej mikrokontrolera. Należy tu zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku procesorów '51 ograniczenie to wynosiłoby 1/24 częstotliwości oscylatora mikroprocesora!

Częstotliwość podawana na wejście preskalera jest wstępnie dzielona przez 4 za pomocą dwóch połączonych szeregowo przerzutników typu D, pracujących w układzie dwójek liczących. Przerzutniki te, czyli układ IC4 - 74S74 z serii „S”, gwarantują pracę z częstotliwościami do 100MHz. Dalszy podział następuje w liczniku binarnym typu 74LS393 - IC5A. Ponieważ prze-



Rys. 2. Schemat elektryczny przystawki, zapewniającej połączenia miernika z portem RS232 dowolnego komputera.

bieg wyjściowy pobierany jest z wyjścia Q2 tego licznika, częstotliwość wejściowa zostanie ostatecznie podzielona przez 32. Zakładając, że na wejście miernika podany zostanie sygnał o częstotliwości maksymalnej 100MHz, to na wejściu timera procesora wystąpi sygnał o częstotliwości jedynie 3125kHz, czyli o wartości akceptowanej „z zapasem” przez timer.

Sygnał o częstotliwości, której wartość przekracza 100MHz musimy doprowadzić do wejścia CON2 i podać na wejście preskalera IC6 - SAB6456. Układ SAB6456 jest 8-nóżkowym układem scalonym, pełniącym rolę programowanego dzielnika częstotliwości. Na jego wejście możemy podawać impulsy o częstotliwości dochodzącej do 1GHz i amplitudzie 10mV RMS. W zależności od stanu logicznego na wejściu MC, układ dzieli częstotliwość sygnału wejściowego przez 256 (MC=0) lub przez 64 (MC=1 lub „wiszące w powietrzu”).

SAB6456 jest dobrym i tanim preskalerem, ale posiada dwie

wady, o których muszą pamiętać projektanci.

1. Minimalna częstotliwość wejściowa wynosi 70MHz. Podanie na wejście SAB6456 sygnału o częstotliwości mniejszej powoduje, że wartość częstotliwości wyjściowej staje się nieprzewidywalna.

2. Poziomy napięcie na wyjściu Q lub !Q tego układu nie są zgodne z poziomami standardu TTL. Poziomy wysoki napięcia jest równy napięciu zasilania, natomiast poziomy niski - napięciu zasilania-0,8V.

Pamiętając o nietypowych poziomach wyjściowych i chcąc osiągnąć pewność działania preskalera bez dobierania precyzyjnego dzielnika napięcia, zastosowałem na jego wyjściu dwa tranzystory T2 i T3.

Multiplexer IC3 pełni funkcje przełącznika sterowanego przez procesor, którego zadaniem jest wybór przebiegu, którego częstotliwość ma być zmierzona i skierowanie go na wejście INTO procesora. W zależności od stanu jego wejść, mierzyć będziemy:

WYKAZ ELEMENTÓW**Rezystory**

PR1: miniaturowy potencjometr
montażowy 1k Ω

RP1: R-PACK 10k Ω

R1: 1k Ω

R2, R3, R5, R6, R8: 10k Ω

R4: 5,6k Ω

R7: 4,7k Ω

Kondensatory

C1: 100pF

C2..C4: 10nF

C5, C6: 220 μ F/16V

C7, C8: 100nF

Półprzewodniki

D1, D2: 1N4148

IC1: AT90S8535 (zaprogramowany)

IC2: DS1813

IC3: 74HCT151

IC4: 74S74

IC5: 74LS393

IC6: SAB6456

IC7: 7805

T1: BF199

T2: BC548

T3: BC557

Różne

Termometr cyfrowy DS1820

Q1: generator kwarcowy 10MHz

Q2: rezonator kwarcowy 32768Hz

DP1: wyświetlacz alfanumeryczny
LCD 2x16

CON1, CON2: gniazdo BNC
lutowane w płytce

CON3: 2 goldpin

CON4: 4 x goldpin

CON5: ARK2 (3,5mm)

CON7: 9 x goldpin

S1..S8: microswitch 10mm

Wejście IC3 Rodzaj pomiaru

A	B	
0	0	Bezpośrednio z wejścia CON1
0	1	Z wejścia CON1, preskaler 1:32
1	1	Z wejścia CON2, preskaler 1:256

Pozostałe elementy wchodzące w skład naszego miernika to prosta klawiatura zbudowana z przycisków S1..S8, zasilacz dostarczający napięcia +5VDC (zbudowany z wykorzystaniem monolitycznego stabilizatora napięcia typu 7805) i układ resetu procesora - DS1813. Piny RXD i TXD procesora, będące wyprowadzeniami wewnętrznego układu UART, zostały dołączone do złącza CON4, służącego do połączenia miernika z interfejsem RS232 komputera.

Złącze CON7 dubluje styki klawiatury miernika i podczas

normalnej eksploatacji przyrządu pozostaje niewykorzystywane. Może być jednak bardzo użyteczne podczas ewentualnej rozbudowy układu. Umożliwia bowiem sterowanie nie z klawiatury, a z jakichś innych układów zewnętrznych.

Złącze CON3 służy do dołączenia do miernika magistrali 1WIRE. Zwykle będzie się na niej znajdował tylko jeden układ - cyfrowy termometr typu DS1820, wykorzystywany przez przyrząd do pomiarów temperatury. Możemy do tego złącza dołączyć także istniejącą magistralę 1WIRE i sprawdzić, jakie układy i o jakich numerach seryjnych znajdują się na niej.

Na uwagę zasługuje jeszcze jeden element, który jednak nie ma najmniejszego wpływu na pracę miernika. Mam tu na myśli złącze CON6 umożliwiające programowanie procesora w systemie. Złącze to, bezcenne podczas pisania programu i uruchamiania prototypu, nie ma w zasadzie zastosowania w układzie podczas normalnej eksploatacji. Nie zostało jednak usunięte ani ze schematu, ani z płytki PCB. Może ono bowiem okazać się wielce użyteczne dla tych Kolegów, którzy zechcą samodzielnie napisać program obsługi miernika lub zmodyfikować program napisany przeze mnie.

Na rys. 2 pokazano schemat przystawki do miernika, której zadaniem jest zapewnienie połączenia układu z portem RS232 dowolnego komputera. Przystawka została zaprojektowana z wykorzystaniem popularnego układu MAX232, konwertującego poziomy TTL do poziomów napięć standardu RS232 i odwrotnie.

Na tym zakończyliśmy omawianie części sprzętowej miernika. Zapoznanie się z działaniem miernika wymaga „uruchomienia” przyrządu i zapoznania się z fragmentami sterującego nim programu, czym zajmiemy się w drugiej części artykułu.

Andrzej Gawryluk, AVT

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/wrzesien01.htm> oraz na płycie CD-EP09/2001B w katalogu PCB.