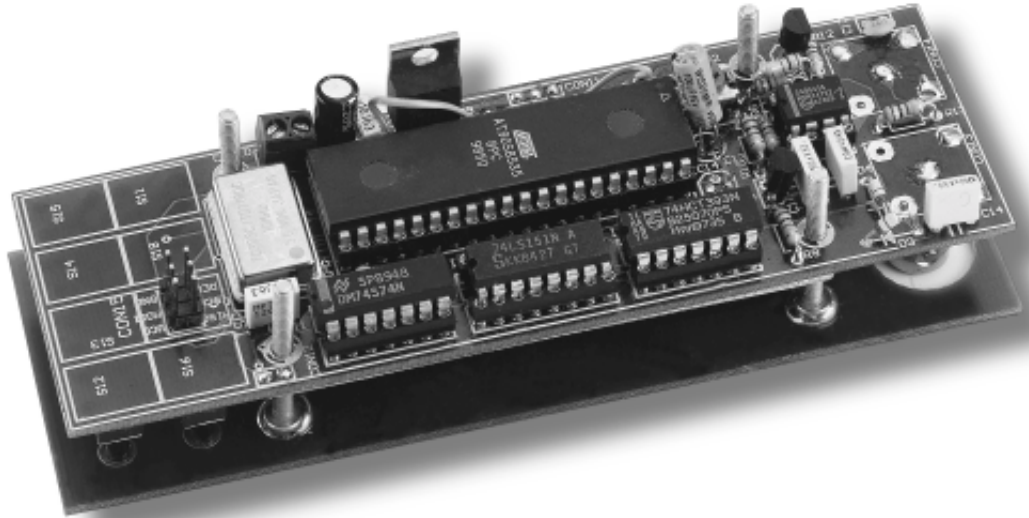


# Uniwersalny przyrząd laboratoryjny, część 1

## 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

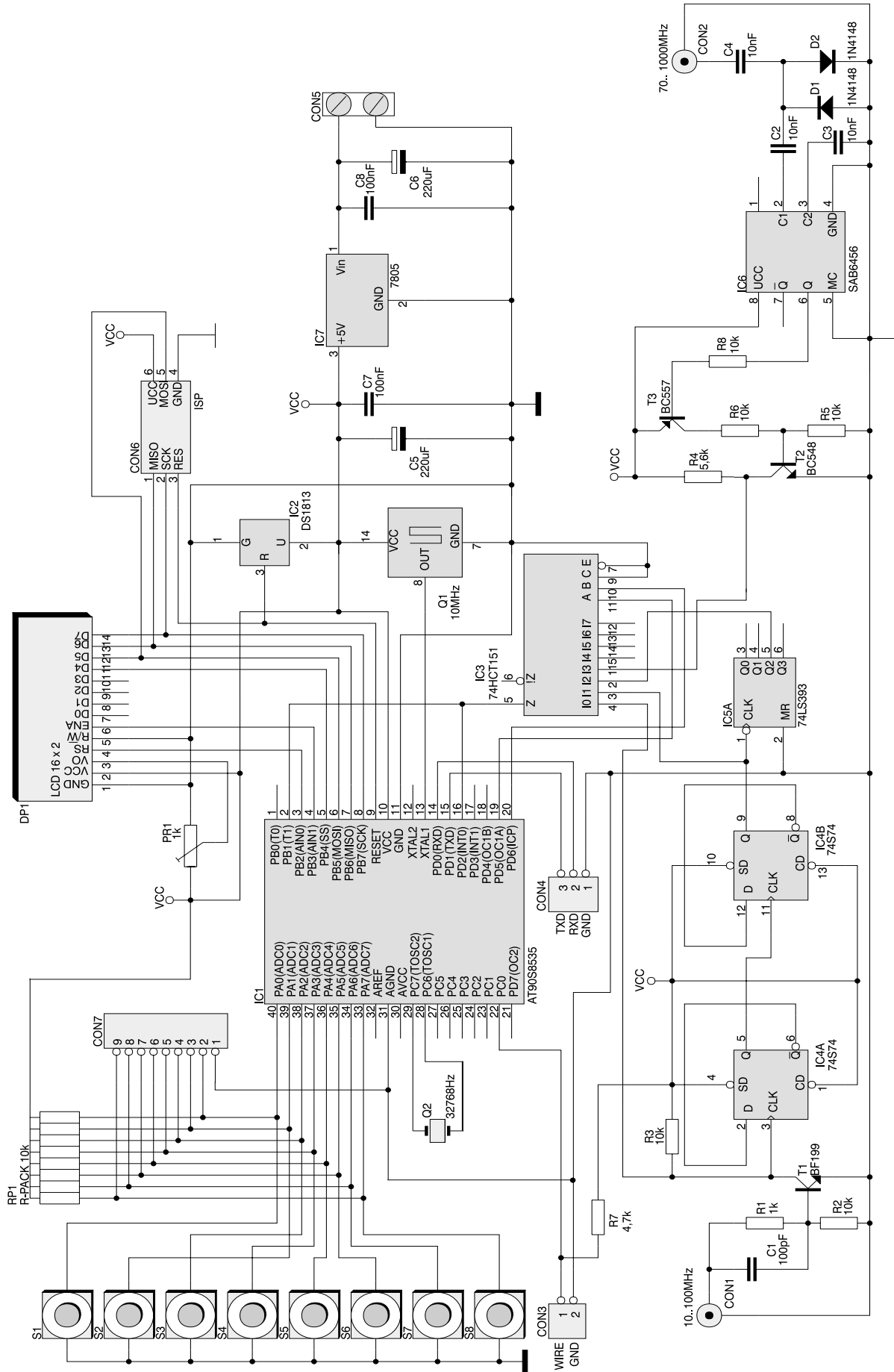
Schemat elektryczny miernika częstotliwości pokazano na **rys. 1**. Sercem układu jest procesor typu AT90S8535, który odpowiada za realizację wszystkich funkcji przyrządu. Pozostałe elementy pełnią funkcje pomocnicze lub służą wstępnemu dzieleniu częstotliwości mierzonego sygnału.

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.

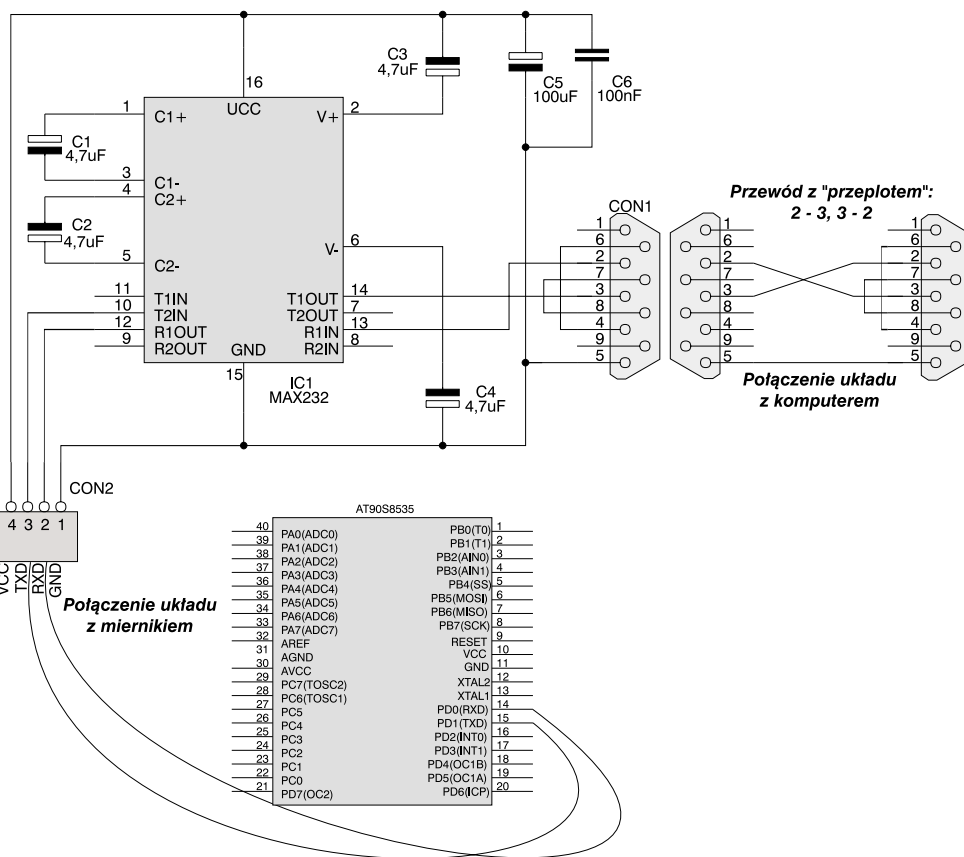


Rys. 1. Schemat elektryczny uniwersalnego przyrządu laboratoryjnego.

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 $\Omega$

RP1: R-PACK 10k $\Omega$

R1: 1k $\Omega$

R2, R3, R5, R6, R8: 10k $\Omega$

R4: 5,6k $\Omega$

R7: 4,7k $\Omega$

**Kondensatory**

C1: 100pF

C2..C4: 10nF

C5, C6: 220 $\mu$ 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.

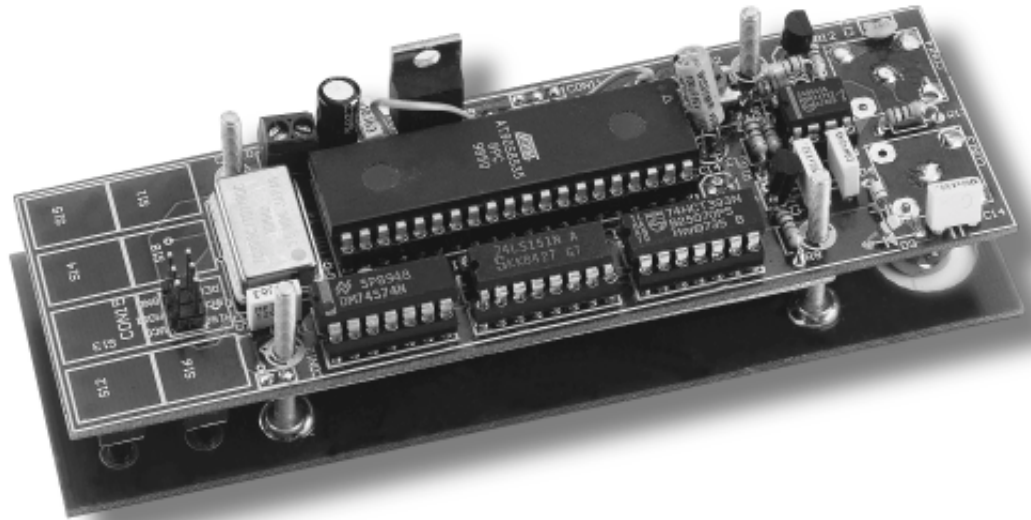
Na tym zakończyliśmy omawianie części sprzętowej miernika. Zapoznanie się z działaniem miernika wymaga „uruchomienia” przyrządu i zapoznania się z fragmentami sterującego nim programu, czym zajmiemy się w drugiej części artykułu.

**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.*

# Uniwersalny przyrząd laboratoryjny, część 2

## AVT-5034



*Zgodnie z zapowiedzią sprzed miesiąca, kończymy opis budowy uniwersalnego przyrządu laboratoryjnego, który może spełniać szereg różnorodnych funkcji testowo-pomiarowych, ale może być także wykorzystywany jako termometr, zegar itp.*

### Obsługa przyrządu

Bezpośrednio po włączeniu zasilania układ wyświetla menu główne (wygląd wyświetlacza pokazano na rys. 3), z którego poziomu mamy dostęp do wszystkich funkcji miernika. Do poruszania się po menu służą dwa klawisze oznaczone strzałkami na płycie czołowej miernika. Wybór aktualnie wyświetlonej funkcji potwierdzamy za pomocą klawisza ENTER, a po zakończeniu pomiarów wychodzimy z niej, naciskając klawisz ESC. Omówmy teraz szczegółowo wszystkie funkcje miernika.

### 1. Bezpośredni pomiar częstotliwości

Po wybraniu tej opcji pomiar częstotliwości przebiega całkowicie automatycznie, ze stałym czasem bramkowania wynoszącym 1 sekundę. Zmiana podzakresów odbywa się całkowicie bez ingerencji ze strony użytkownika i sygnalizowana jest podaniem jednostki wyniku pomiaru bezpośrednio po wyniku. Pomiar na zakresie do 5MHz odbywa się z rozdzielczością 1Hz i taka właśnie jednostka wyświetlana jest na LCD. Po przekroczeniu częstotliwości 5MHz (dokładnie 4,9MHz) miernik automatycznie zmienia podza-

kres pomiarowy, podając jednocześnie na wyświetlaczu nową jednostkę: kHz. Przekroczenie zakresu pomiarowego, czyli dojście do częstotliwości 99MHz jest sygnalizowane wyświetleniem komunikatu „OVERLOAD“.

Poprawna praca miernika jest sygnalizowana cyklicznym, odbywającym się co sekundę wyświetlaniem napisu „GATE“ w lewym górnym rogu wyświetlacza.

Zapisywanie wyników pomiarów na kartce papieru jest raczej niewygodne, szczególnie jeżeli jednocześnie z tymi wynikami musimy zanotować czas, w którym zostały zmierzone. Jeżeli w naszej pracowni posiadamy komputer, co obecnie jest właściwie regułą, to możemy wykorzystać go do gromadzenia wszelkich wyników pomiarów pochodzących z naszego miernika. Po naciśnięciu klawisza PRINT aktualny wynik pomiaru przekazywany jest za pośrednictwem interfejsu RS232 do komputera i tam zapisywany.

Naciskanie klawisza PRINT podczas dokonywania pomiaru częstotliwości powoduje wysłanie do komputera informacji o zmierzonej częstotliwości, stosowanej jednostce i czasie, w którym dokonany został pomiar:

Frequency: 2499993 Hz



Rys. 3. Wygląd wyświetlacza w trybie pomiaru częstotliwości.



Rys. 4. Wygląd wyświetlacza podczas konfigurowania preskalera.



Rys. 5. Wygląd wyświetlacza w trybie pomiaru temperatury.



Rys. 6. Wygląd wyświetlacza w trybie testowania 1Wire.



Rys. 7. Wygląd wyświetlacza w trybie konfigurowania timera.



Rys. 8. Wygląd wyświetlacza w trybie ustawiania daty i czasu.

```
00:03:01
Frequency: 2499993 Hz
00:03:02
Frequency: 2499993 Hz
00:03:03
Frequency: 2499994 Hz
00:03:04
Frequency: 2499994 Hz
00:03:33
```

## 2. Pomiar częstotliwości z preskalerem 1:256

Pomiar częstotliwości większych od 100MHz, z punktu widzenia obsługi miernika, niczym nie różni od pomiaru na niższym zakresie. Wynik wyświetlany jest zawsze w kHz. Musimy jednak pamiętać, że najniższa częstotliwość jaką możemy zmierzyć na tym zakresie wynosi ok. 70MHz. Pomiar mniejszych częstotliwości będzie obciążony znacznym błędem, tym większym, im mniejsza będzie częstot-

liwość mierzonego sygnału. Jeżeli na wejście CON2 nie jest podawany żaden sygnał, to miernik będzie wyświetlał kompletne „bzdury“. Jest to jednak zjawisko normalne, wynikające z cech zastosowanego preskalera. Widok ekranu wyświetlacza w tym trybie pomiarowym pokazano na **rys. 4**.

Podobnie jak podczas bezpośredniego pomiaru częstotliwości, naciśnięcie klawisza PRINT spowoduje wysłanie do komputera wyniku pomiaru wraz z informacją o czasie, w jakim został wykonany.

## 3. Pomiar temperatury

Jest to pierwsza z dodatkowych funkcji miernika, która może okazać się bardzo użyteczna, np. podczas dokonywania eksperymentów z doborem radiatorów lub stosowaniem wymuszonego chłodzenia. Do pomiaru temperatury zastosowano popularny termometr cyfrowy firmy DALLAS - DS1820.

Pomiar temperatury odbywa się z rozdzielczością 0,1°C, w zakresie od -55 do +125 stopni. Podobnie jak podczas dokonywania pomiarów częstotliwości wyniki mogą być przekazywane do komputera. Należy jednak zwrócić uwagę, że odczyt temperatury przekazywany jest bez punktu dziesiętnego i że np. zapis „286“ oznacza w rzeczywistości 28,6°C. Widok ekranu wyświetlacza pokazano na **rys. 5**.

```
Temperature: 260
12:09:43
Temperature: 289
12:09:44
Temperature: 446
12:09:45
Temperature: 518
12:09:46
Temperature: 540
12:09:48
```

## 4. Tester magistrali 1WIRE

Kolejną funkcją dostępną z poziomu menu głównego jest testowanie magistrali 1WIRE. Przyrząd umożliwia określenie liczby układów dołączonych w danym momencie do magistrali 1WIRE oraz odczytanie ich numerów seryjnych. Maksymalna liczba układów dołączonych do badanej magistrali wynosi 65536.

Wszystkie wymienione informacje są przekazywane użytkownikowi dwiema drogami: poprzez złącze RS232 do terminala progra-

mowego komputera lub na dołączony do układu wyświetlacz alfanumeryczny LCD. Wysłanie informacji do komputera wymaga naciśnięcia i przytrzymania przez czas analizowania magistrali klawisza PRINT. Widok ekranu wyświetlacza pokazano na **rys. 6**.

## 5. Timer

Wbudowany w miernik timer umożliwia śledzenie upływu czasu z rozdzielczością jednej sekundy. Timer obsługiwany jest identycznie jak licznik zdarzeń: klawisz ENTER uruchamia zliczanie czasu, naciśnięcie PAUSE powoduje chwilowe (aż do ponownego naciśnięcia ENTER) wstrzymanie zliczania, a klawiszem CLEAR możemy wyzerować rejestry timera. Maksymalny czas, który możemy zmierzyć za pomocą timera wynosi 65535 godzin, 59 minut i 59 sekund, czyli nieco ponad 7 lat! Należy zaznaczyć, że wyjście z funkcji timera podczas jego pracy nie powoduje jej wstrzymania ani wyzerowania rejestrów. Timer będzie nadal pracował w tle, podobnie jak licznik zdarzeń i zegar. Stan liczników timera możemy w każdej chwili przesłać do komputera za pomocą naciśnięcia klawisza PRINT. Widok ekranu wyświetlacza pokazano na **rys. 7**.

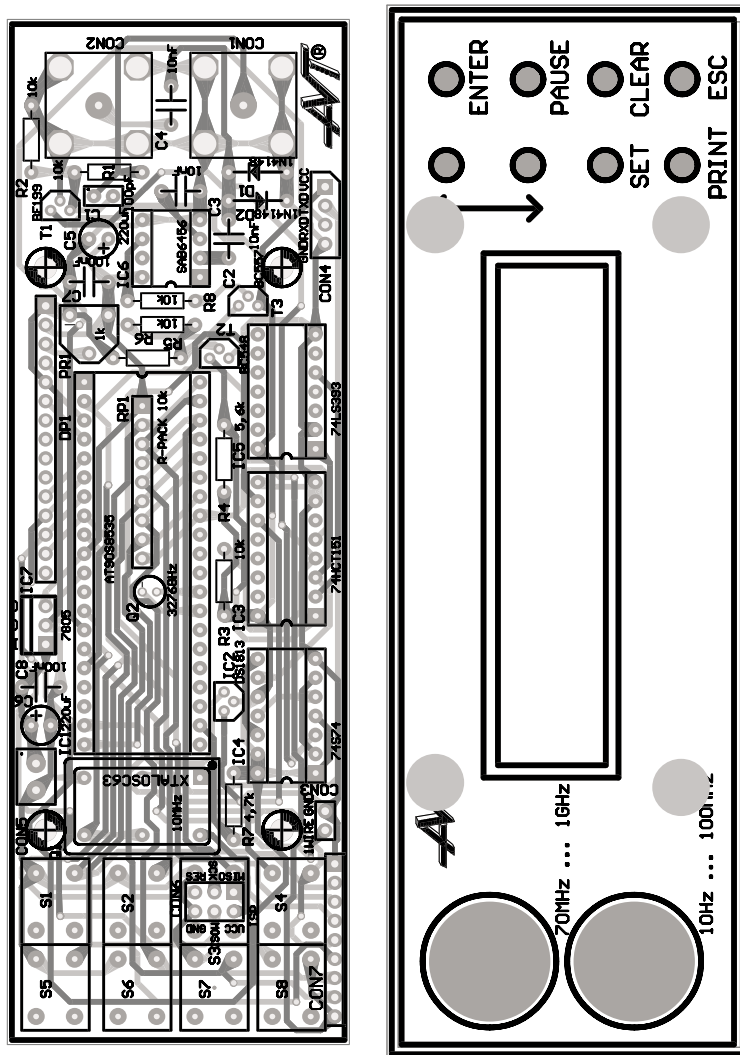
## 6. Zegar czasu rzeczywistego

Ostatnią z funkcji wbudowanych w miernik jest zegar czasu rzeczywistego, wskazujący aktualny czas i datę. Po wybraniu tej funkcji na ekranie rozpoczyna się wyświetlanie tych informacji. W każdej chwili możemy dokonać korekty wskazywanego czasu, naciskając przycisk SET. Po wejściu w tryb ustawiania czasu aktywne są następujące klawisze:

- klawisze oznaczone strzałkami służą do zmiany aktualnie ustawianej wartości.
- klawisz SET służy do zatwierdzenia ustawionej wartości (kolejno: godzin, minut, dnia miesiąca i roku).

Nie przewidziano osobnej funkcji zerowania sekundnika zegara. Licznik sekund ustawiany jest na zero w momencie wprowadzenia nowej wartości minut.

Zegar czasu rzeczywistego jest jedyną funkcją miernika, która nie



Rys. 9. Rozmieszczenie elementów na płytkach drukowanych miernika.

może być dokumentowana przez komputer. Sądzę, że przesyłanie do komputera informacji o czasie i dacie nie miałyby najmniejszego sensu. Widok ekranu wyświetlacza w „zegarowym“ trybie pracy pokazano na rys. 8.

### Montaż i uruchomienie

Na rys. 9 pokazano schemat montażowy płytki drukowanej. Jest na nim widoczna także druga płytka, na której jednak nie będziemy umieszczać żadnych elementów elektronicznych. Płytką tą może służyć jako względnie efektywna i estetyczna płyta czołowa, wykonana z laminatu i w prosty sposób łączona z płytką układu elektronicznego i z wyświetlaczem.

Montaż układu przeprowadzamy typowo, rozpoczynając od elementów o najmniejszych gabarytach: rezystorów, R-packa i podstawek pod układy scalone. **Przyciski S1..S8, podobnie jak wy-**

**świetlacz LCD i złącza BNC, muszą być zamocowane OD STRONY DRUKU.** W miejscu przeznaczonym na wyświetlacz wlotujemy w płytkę **OD STRONY DRUKU** rząd goldpinów, do którego po bardzo starannym sprawdzeniu poprawności montażu przylutowujemy wyświetlacz.

Ostatnią czynnością, jaką będziemy musieli wykonać, będzie zamocowanie płyty czołowej. Do tego celu będą nam potrzebne cztery śruby o średnicy 3mm i nakrętki M3. Kolejność postępowania jest następująca:

1. Pomiędzy wyświetlacz a przylutowaną do niego płytkę elektroniki miernika wsuwamy tulejki dystansowe o odpowiedniej długości i skręcamy całość za pomocą śrubek tak, aby ich łebki wystawały ok. 5 mm ponad powierzchnię płytki wyświetlacza. Na każdą śrubkę nakręcamy w związku z tym dwie nakrętki.

2. Tak zmontowaną konstrukcję układamy na płycie czołowej i starannie wyrównujemy. Następnie lutujemy łebki śrubek do dużych punktów lutowniczych wykonanych na spodniej stronie płyty czołowej.

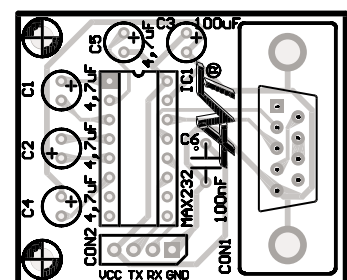
3. Jak zauważyliście, płyta czołowa jest nieco większa od płytki miernika. Pozwoli to na łatwe dobudowanie tylnej części i boków obudowy, które możemy wykonać z kawałków laminatu lub tworzywa sztucznego.

Na rys. 10 przedstawiono rozmieszczenie elementów na dodatkowej płytce przystawki umożliwiającej połączenie miernika z komputerem PC. Montaż tak prostego układu możemy pozostawić bez komentarza.

Po zmontowaniu układu i włożeniu układów scalonych w podstawki, włączamy zasilanie miernika. Urządzenie może być zasilane napięciem stałym o wartości 9..16VDC, niekoniecznie stabilizowanym. Po włączeniu zasilania (po upływie ok. 1 sekundy) na wyświetlaczu powinien ukazać się napis „F[kHz]= 0“ i pojawiający się co sekundę napis GATE, co świadczy o poprawnym działaniu układu.

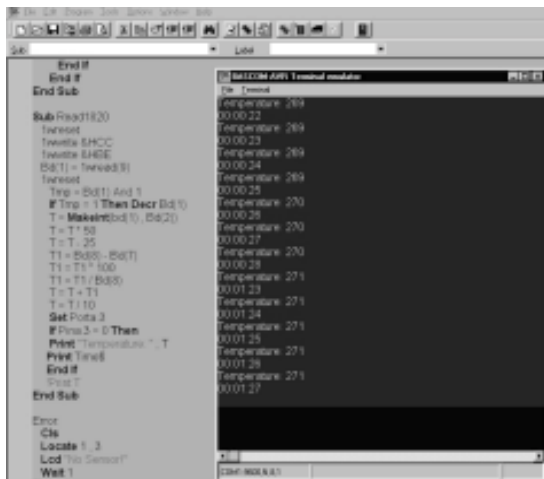
Możemy teraz podłączyć do miernika źródło sygnału o przebiegu prostokątnym i częstotliwości mieszczącej się w zakresie pomiarowym miernika i dokonać pierwszego pomiaru.

Na zakończenie chciałbym jeszcze poruszyć temat transmisji danych do komputera i dalszej ich obróbki. Jak wspomniałem, podczas testów miernika do transmisji danych wykorzystywałem rewelacyjny program terminala RS232, będący częścią składową pakietu BASCOM AVR (lub BASCOM8051). Oczywiście, można także użyć dowolnego innego programu terminala RS232. Jednak ze wszystkich przetestowanych przeze mnie



Rys. 10. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej interfejsu.





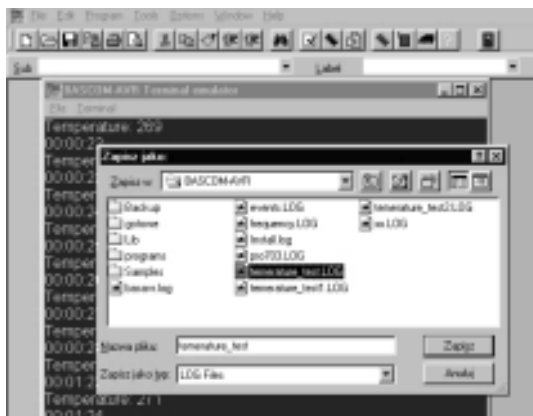
Rys. 11. Widok okna terminala.

programów terminalowych, program stanowiący część BASCOM-a okazał się najdogodniejszy.

Przed przystąpieniem do odbierania danych z miernika musimy odpowiednio skonfigurować terminal BASCOM-a, podobnie zresztą jak każdy inny terminal. Najważniejsze będzie ustawienie szybkości transmisji na **9600 baud**. Parametr ten ustawiamy w okienku `OPTIONS\COMUNICATION\BAUDRATE`, a następnie z submenu `TOOLS` wybieramy opcję `TERMINAL EMULATOR`.

Na rys. 11 został pokazany sposób korzystania z terminala. Jeżeli mamy zamiar zapisywać wszystkie dane nadsyłane przez miernik, to z poziomu okienka terminala musimy wybrać opcję `TERMINAL\OPEN LOG` (rys. 12). Po podaniu nazwy pliku docelowego, wszystkie informacje otrzymywane z miernika będą zapisywane w tym pliku.

Pliki tworzone przez terminal są plikami ASCII i zawarte w nich dane mogą być z łatwością przeniesione do edytora tekstowego lub np.



Rys. 12. Widok okna zapisu pliku z zarejestrowanymi danymi.

do arkusza kalkulacyjnego. Stwarza to ogromne możliwości graficznej prezentacji danych, chociażby pod postacią wykresów generowanych przez arkusz MS Excel. Dla przykładu wykonałem prosty eksperyment z pomiarem temperatury. Doświadczenie było banalnie proste i powiedzialbym mało odkrywcze. Polegało na „przy-  
pieczeniu” czujnika temperatury DS1820 końcem lutownicy i „pozwoleniu” mu na powolne ostygnięcie.

Efekt tego eksperymentu został pokazany na rys. 13 (wykres wykonano za pomocą kreatora wykresów arkusza Excel).

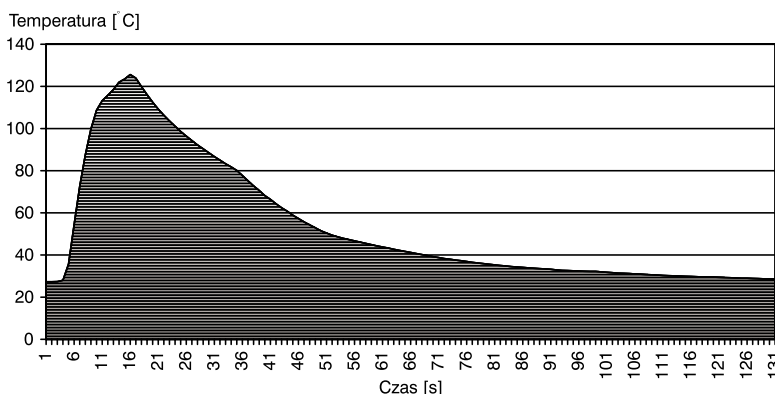
Na zakończenie chciałbym, abyśmy wspólnie uświadomili sobie pewien fakt, niezwykle istotny przy korzystaniu ze zbudowanego przyrządu. Do tej pory mówiliśmy o nim jako o mierniku częstotliwości czy też wielofunkcyjnym przyrządzie pomiarowym.

Myślę, że naszemu miernikowi możemy nadać jeszcze jedną nazwę: „Wielofunkcyjny **REPROGRAMOWALNY** przyrząd pomiarowy”. Przecież program, który napisałem i umieściłem w pamięci miernika, jest tylko jednym z tysięcy możliwych programów, dostosowanych do najróżniejszych okoliczności i wymagań użytkowników. Podam tylko jeden, prosty przykład: przekazywanie danych do komputera odbywa się w naszym przyrządzie po naciśnięciu klawisza `PRINT`. Wyobraźmy sobie, że np. chcielibyśmy dokonać pomiaru temperatury w czasie powiedzmy jednego tygodnia, z zapisem danych co 1 go-

dzinę. Co mamy zrobić w takiej sytuacji? Siedzieć przez tydzień w laboratorium i co godzinę naciskać przycisk `PRINT`? Kompletny nonsens, już lepiej dobudować do miernika prosty układzik z kluczem dublującym klawiaturę, który co godzinę zwierałby go do masy. Ale i to nie jest „eleganckim” rozwiązaniem, w dodatku możliwym do zastosowania tylko w opisanym, prostym przykładzie. Rozwiązaniem idealnym byłaby tymczasowa lub stała zmiana programu sterującego miernikiem, dodanie kilku dodatkowych linijek, których napisanie w języku MCS BASIC nikomu nie sprawi trudności. Jeżeli już w naszym laboratorium stoi komputer, to nie ma przeszkód, aby zainstalować na nim odpowiednie oprogramowanie, podłączyć do gniazda drukarkowego prosty programator procesorów AVR (np. AVT-871 współpracujący bezpośrednio z BASCOM-em) i dokonać pożądanych zmian w oprogramowaniu miernika. W taki sam sposób możemy dodawać nowe funkcje i modyfikować istniejące aż do momentu, kiedy „skończy się” pamięć EEPROM procesora. Tego jednak nie musimy się zbytnio obawiać: według danych producenta pamięć EEPROM procesorów AVR wytrzymuje do 1000 operacji kasowania i zapisu, ale wydaje się, że informacja ta została podana w karcie katalogowej z ogromnym zapasem bezpieczeństwa.

**Andrzej Gawryluk, AVT**

*Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/pazdziernik01.htm> oraz na płycie CD-EP10/2001B w katalogu PCB.*



Rys. 13. Przykładowy wykres temperatury przygotowany za pomocą programu Excel.