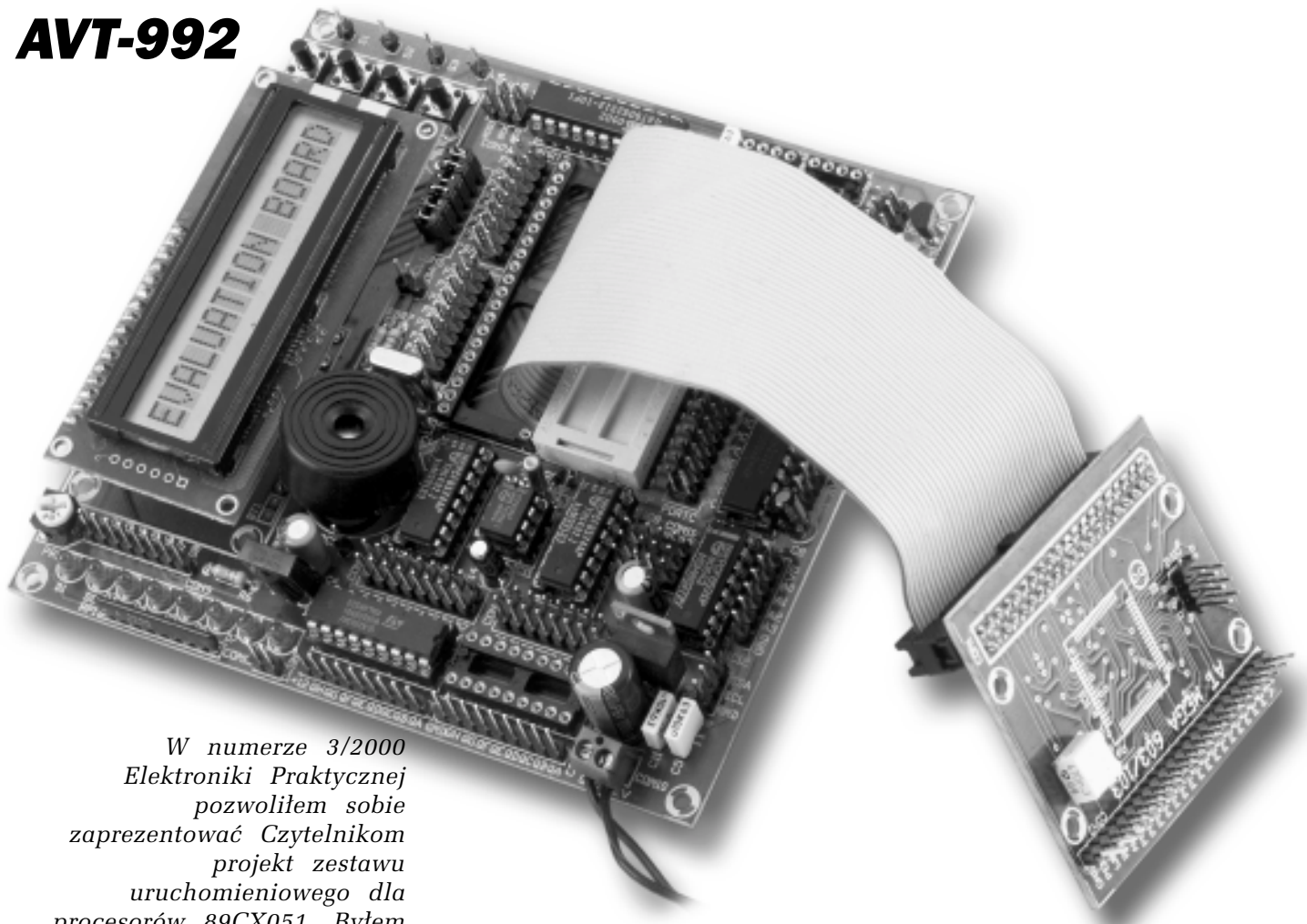


Zestaw uruchomieniowy dla procesorów rodzin AVR i '51, część 1

AVT-992



W numerze 3/2000 Elektroniki Praktycznej pozwoliłem sobie zaprezentować Czytelnikom projekt zestawu uruchomieniowego dla procesorów 89CX051. Byłem zaskoczony ogromnym zainteresowaniem, jakie wzbudził ten układ, spowodowanym zapewne niemałą atrakcyjnością „małych” procesorów z rodziny '51. Następstwem tego rezonansu czelniczego jest kolejny projekt doskonalszego zestawu uruchomieniowego.

Procesory z rodziny '51 są wieczne: były „zawsze”, są nadal chętnie stosowane i nic nie wskazuje, aby w najbliższym czasie ich popularność zaczęła maleć. Nie oznacza to bynajmniej, abyśmy nie interesowali się innymi rodzinami procesorów, szczególnie tymi, które są pewnego rodzaju „następcami” rodziny '51. Mam tu na myśli nowoczesne procesory AVR produkowane przez firmę Atmel i zdobywające sobie coraz większą popularność zarówno na świecie, jak i w naszym kraju.

Dlaczego napisałem prowokacyjnie, że procesory AVR są następcami rodziny '51? Przecież są to jednostki o zupełnie odmiennej architekturze i z pozoru nie mają nic wspólnego z popularnymi '51. Miałem na myśli inną, wspólną cechę tych układów: identyczne rozmieszczenie wyprowadzeń większości procesorów AVR i '51, od której to reguły wyjątkami są jedynie procesory AVR w obudowach 8-nóżkowych.

Procesory AVR posiadają liczne cechy, które predestynują je do zastosowania nie tylko w profes-

jonalnych konstrukcjach. Ze względu na łatwość programowania, dużą uniwersalność i relatywnie niską cenę są także idealnymi elementami konstrukcyjnymi dla zaawansowanych amatorów. A oto cechy tych procesorów, które uważam za szczególnie istotne:

- Wszystkie bez wyjątku procesory AVR mogą być programowane w systemie poprzez złącze SPI. Jakże to daje korzyści, nie trzeba chyba nikomu tłumaczyć. Budowa programatorów tych procesorów jest banalnie prosta. Programowanie ISP daje ogromne oszczędności czasu, szczególnie kiedy używamy tak popularnego ostatnio pakietu BASCOM AVR. Po napisaniu programu, w momencie kiedy chcemy sprawdzić jego działanie, wystarczy tylko naciśnięcie jednego klawisza, aby po kilku - kilkunastu sekundach móc przystąpić do jego testowania w uruchamianym układzie.
- Wszystkie procesory AVR wyposażone są w wewnętrzną nielotną pamięć danych typu EEPROM. A zatem, w większości przypadków zbędne jest dołączanie do nich zewnętrznej stałej pamięci danych.
- Ogromne znaczenia ma ich kompatybilność „pinowa“ z procesorami '51. AVR-y są bez porównania szybsze od procesorów '51 i kiedy np. procesor z rodziny '51 „nie wyrabia się“ w jakimś układzie, to możemy bez większych przeróbek zastąpić go nowocześniejszą i szybszą jednostką AVR. Przeróbki będą polegać jedynie na zmianie układu zerowania procesora i ewentualnej wymianie rezonatora kwarcowego, a niekiedy także na usunięciu zbędnej już zewnętrznej pamięci EEPROM.
- Wielu Czytelników z pewnością zauważy, że sama kompatybilność „wyprowadzeniowa“ procesorów niewiele nam daje. Przecież są to procesory o zupełnie innej architekturze, programowane za pomocą zupełnie innych języków. Jest to prawda, ale nie zawsze prawda. Jeżeli program na „stara“ '51 był napisany w języku MCS BASIC, to możemy go bez większych przeróbek zastosować do zaprogramowania procesora AVR! Ję-

zyki stosowane w pakietach BASCOM8051 i BASCOM AVR praktycznie nie różnią się od siebie, a różnice polegają głównie na odmiennym nazwaniu pinów poszczególnych portów i dodatkowych funkcjach występujących w procesorach AVR (np. obsługa wewnętrznej pamięci danych EEPROM, watchdog czy też przetworników analogowo-cyfrowych). Różnice w kodzie maszynowym procesorów są już wyłącznie „zmartwieniem“ kompilatora! Przeróbka programu napisanego w MCS BASIC z procesora '51 na AVR będzie najczęściej polegała na wykonaniu kilku całkowicie automatycznych czynności, wykorzystujących polecenia *find* i *replace*.

Wszystko to, co napisałem sprawiło, że postanowiłem zaprojektować dla Was kolejny zestaw uruchomieniowy - uniwersalną płytę testową przeznaczoną tym razem dla większości procesorów AVR. Podczas projektowania układu pominąłem tylko jeden typ procesora AVR: AT90S2333 (AT90S4433). Rozbudowywanie płytki o jeszcze jedną, tym razem 28-pinową podstawkę nie wydawało mi się celowe, tym bardziej, że podstawek pod procesory mamy na niej już aż 5! Aby jednak umożliwić korzystanie także i z tego typu procesora, zaprojektowałem dodatkową płytkę - reduktor umożliwiającą umieszczenie procesora AT90S2333 w podstawce przeznaczonej dla AT90S8535 i jego odpowiedników. Problem powstał także z procesorami typu AVR ATMEGA 103/603. Są to potężne maszyny, dysponujące aż sześcioma portami wejściowo-wyjściowymi, pamięcią programu o pojemności 128kB i kilkoma innymi „sympatycznymi“ cechami.

Na płytce testowej znajduje się wiele elementów umożliwiających przeprowadzenie interesujących eksperymentów z procesorami AVR, a także przetestowanie programów przed zaprojektowaniem docelowej płytki obwodu drukowanego. Nie umieściłem jednak na niej podzespołów, które używane są dość powszechnie w układach procesorowych: wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED.

Układ jest przeznaczony przede wszystkim do stosowania procesorów AVR. Nie oznacza to, że nie możemy na naszej płytce uruchomieniowej testować układów z procesorami na '51. Wspomniana już kompatybilność wyprowadzeniowa umożliwi umieszczenie na płytce prawie wszystkich procesorów '51. Jednak tryb programowania w systemie będzie dostępny tylko w przypadku niektórych procesorów (np. '8252). Oczywiście, bez najmniejszych problemów możemy stosować programator „Quasi ISP“ - AVT-887.

Opis układu

Schemat elektryczny zestawu uruchomieniowego pokazano na **rys. 1**. Składa się on z następujących elementów:

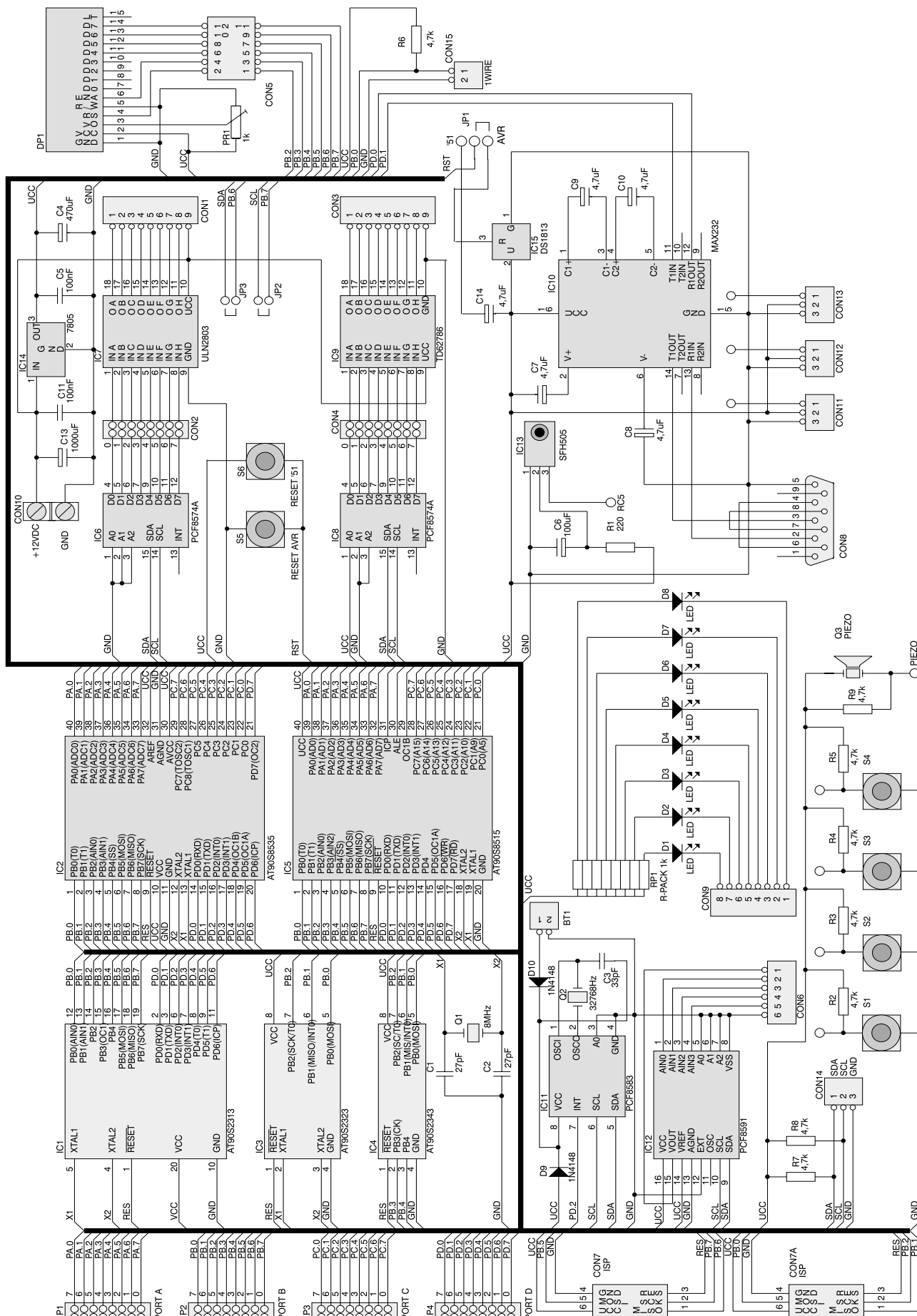
1. Podstawka pod procesory w obudowach 20-pinowych. Można w niej umieścić układ typu AT90S2313, AT90S1200 oraz procesory z rodziny '51 - 'X051. Podstawka ta oznaczona jest na płytce jako IC1.

2. Podstawka pod procesory w obudowach 40-pinowych z zasilaniem doprowadzonym do końcówek 10 i 11 (czyli IC2). W podstawie tej doskonale czuje się procesor AT90S8535, a także jego kuzyni o takiej samej liczbie wyprowadzeń i identycznie dołączonym zasilaniu.

3. Bardzo interesującymi układami są „małe“ AVR, czyli np. AT90S2323. Ten mały procesorek znajdzie dla siebie miejsce w podstawie oznaczonej jako IC3.

4. Pora na mojego faworyta, czyli „maleńkiego“ AT TINY22 i jego odpowiednika AT90S2343. Przeznaczona dla niego podstawka jest jedyną, do której nie został dołączony rezonator kwarcowy. Powód tej decyzji jest prosty: te małe procesorki doskonale obydwaj się bez zewnętrznych rezonatorów, pracując z kompletnym oscylatorem wewnętrznym o częstotliwości 1MHz. Można je umieścić w podstawie oznaczonej jako IC4.

5. I wreszcie kolej na układy 40-nóżkowe, z zasilaniem dołączonym „po przekątnej“, czyli do nóżek 20 i 40. Przedstawicielem tej grupy może być procesor AT90S8515, a także jego „pino-



Rys. 1. Schemat elektryczny zestawu uruchomieniowego.

wy“ odpowiednik z rodziny '51 - AT89S8252. Procesor ten może być także programowany poprzez magistralę SPI i znajdzie dla siebie miejsce w podstawce IC5.

6. Jednym z najważniejszych elementów naszego układu jest złącze do programowania procesorów w systemie, czyli I(n) S(ystem) P(rogramming). Jednak z tym właśnie złączem pojawił się mały problem. Otóż, w procesorach 40- i 20-końcówkowych wszystkie aktywne końcówki łączy SPI doprowadzone są do tych samych wyprowadzeń tego samego portu: MOSI do PB5, MISO do PB6, SCK do PB7, no i oczywiście RST do wejścia zerującego procesorów.

Niestety, inaczej jest w przypadku procesorów w obudowach 8-końcówkowych. Początkowo myślałem o zastosowaniu elektronicznego przełącznika, ale w końcu postawiłem nadmiernie nie komplikować układu i poszedłem na łatwiznę, umieszczając na płytce dwa złącza ISP: jedno dla procesorów 8-końcówkowych, a drugie dla pozostałych. Są to złącza CON7 i CON7A, w których rozkład wyprowadzeń odpowiada rozkładowi sugerowanemu przez firmę ATMEL. Tak więc wystarczy jedynie połączyć płytkę testową z programatorem AVR AVT-871 i w BASCOM-ie AVR nacisnąć klawisz F7, aby po paru sekundach mieć zaprogramowany w systemie procesor!

7. Wszegobecnym elementem każdego systemu mikroprocesorowego jest rezonator kwarcowy. Nie inaczej jest na naszej płytce, gdzie został umieszczony rezonator Q1, o częstotliwości podstawowej 8MHz, akceptowanej przez wszystkie typy procesorów AVR i oczywiście także przez '51.

8. Jednym z najważniejszych elementów na naszej płytce uruchomieniowej jest magistrala I²C. Zainstalowanie tego „układu krwionośnego“ systemów mikroprocesorowych i doprowadzenie go nie tylko do elementów, które możemy umieścić na płytce, ale także do dostępnego z zewnątrz złącza CON14, otwiera przed nami ogromne możliwości. Mam tu na myśli możliwość wykorzysta-

nie ogromnej liczby układów peryferyjnych sterowanych „i kwadratem“. Trudno mi nawet policzyć, ile opisów takich układów zamieściliśmy już w Elektronice Praktycznej, ale wiem, że sam mam na sumieniu kilka takich modułów. Magistrala I²C dołączona jest do pinów PB6 i PB7 procesorów w obudowach 20- i 40-końcówkowych. Dołączanie I²C do najmniejszych procesorów nie wydawało mi się celowe, ale zawsze możemy to uczynić, wykorzystując P1...P4. Do złącz P1, P2, P3 i P4 doprowadzone zostały wyprowadzenia wszystkich portów procesorów. Każde złącze składa się z podwójnego szeregu goldpinów, co umożliwia wygodne dołączanie do nich nawet dwóch przewodów montażowych jednocześnie.

10. Do zainstalowanej w systemie magistrali I²C dołączone są dwa ekspandery typu PCF8574 - IC6 i IC8. W taki to prosty sposób uzyskujemy dwa dodatkowe, ośmiobitowe porty wejściowo-wyjściowe, które mogą okazać się wręcz bezcenne przy pracy z procesorami o mniejszej liczbie dostępnych wyprowadzeń. Wyjścia ekspanderów dołączone są do złącz CON2 i CON4. Wysyłanie danych do układów PCF8574 jest z poziomu języka MCS BASIC wyjątkowo proste i sprowadza się do wydanie polecenia:

```
I2CSEND [adres do zapisu], [dane]
```

Adres do zapisu układu IC8 został sprzętowo ustawiony na 114, a układu IC6 na 112. Odczytu danych z dodatkowych portów dokonujemy (po uprzednim ustawieniu „1“ na wejściach, których stany mamy odczytać) za pomocą polecenia:

```
I2CRECEIVE [adres do odczytu], [dane].
```

Adresami do odczytu układów IC6 i IC6 są odpowiednio 113 i 115.

11. Do złącz CON2 i CON4 możemy za pomocą jumperów dołączyć wejścia układów IC7 - drivera mocy zasilającego dołączone do jego wyjść odbiorniki od strony masy i IC9 - drivera zasilającego układy o dużym poborze prądu od strony plusa zasilania. Oczywiście, dołączanie wejść tych driverów do układów

PCF8574 nie jest jedynym rozwiązaniem. Równie dobrze możemy połączyć je za pośrednictwem wyprowadzeń złącz CON2 i CON4 bezpośrednio z wyjściami procesora, a ekspandery PCF8574 wykorzystać do innych celów lub w ogóle zrezygnować z ich stosowania. Warto jeszcze zauważyć, że zasilanie układu TD62786 zostało dołączone nie do „cyfrowego“ napięcia zasilania wynoszącego +5VDC, ale do złącza CON10, na którym występuje napięcie +12VDC. Daje to nam możliwość zasilania urządzeń wymagających właśnie takiego napięcia, w tym przekładników, silników krokowych, silników prądu stałego i innych. Ponieważ dysponujemy możliwością zasilania tych układów zarówno od strony napięcia +12V, uzyskujemy możliwość sterowania silnikami krokowymi dwufazowymi, które wymagają zmiany biegunowości napięcia na ich cewkach. Zmiana biegunowości zasilania odbiorników prądu stałego, uzyskana przez zastosowanie komplementarnych driverów, może być także wykorzystana do sterowania silników prądu stałego z możliwością nie tylko regulacji prędkości obrotów, ale także zmiany ich kierunku.

12. Magistrale I²C i SPI nie są jedynymi kanałami komunikacyjnymi, za pomocą których procesor umieszczony na naszej płytce może komunikować się ze światem zewnętrznym. Mamy jeszcze do dyspozycji wbudowany w większość procesorów AVR i 51 port RS232. Połączenie procesora z komputerem, wykorzystujące transmisję po złączu szeregowym zrealizowane jest za pomocą znanego każdemu elektronikowi układu scalonego typu MAX232 - IC10. Wyprowadzenie T1IN i R1OUT tego układu zostały dołączone odpowiednio do wyprowadzeń TXD i RXD procesorów, oczywiście z wyjątkiem „małych“, 8-nóżkowych procesorów AVR.

13. Kolejnym kanałem informacyjnym umożliwiającym komunikację procesorów z układami peryferyjnymi jest magistrala 1WIRE, szeroko stosowana w popularnych układach firmy DAL-

LAS. Złączeniem, do którego możemy dołączyć „magiczne“ tabletki DALLAS-a, termometry cyfrowe, przełączniki i inne układy akceptujące transmisję 1WIRE jest CON15, które przekazuje przesyłane informacje do pinu 0 portu B procesorów. Warto podkreślić, że transmisja z protokołem 1WIRE jest obsługiwana z poziomu języka MCS BASIC również prosto jak magistrali I²C. Służy do tego zestaw poleceń: **1WRESET**, **1WREAD** i **1WWRITE**. Ponieważ jestem zagorzałym fanem pakietów BASCOM, podam Wam prosty przykład obsługi transmisji 1WIRE. Te kilka linijek pozwala na odczytanie np. numeru seryjnego „tabletki“ DS1990:

```
Config 1wire = Portb.0
Dim Dane(8) As Byte, I As Byte
1wreset
1wwrite &H33
For I = 1 To 8
  Dane(I) = 1wread()
Next
```

14. Pora pomyśleć o jakimś systemie transmisji danych niewymagającym połączenia przewodowego. Wyjątkowa łatwość dekodowania sygnałów kodu RC5 skłoniła mnie do zastosowania właśnie tego medium i wyposażenia naszej płytki testowej w scalony odbiornik kodu RC5 typu TFMS5360 - IC13. Układ ten, odbierający sygnały nadawane z częstotliwością nośną 36kHz może być dołączony do dowolnego z wyprowadzeń procesorów, z tym że wybór wejścia będącego jednocześnie źródłem przerwania zewnętrznego może znacznie ułatwić programowanie. Na poniższym listingu znajduje się procedura odbioru danych przesyłanych torem podczerwieni.

```
Lcd "Waiting for RC-5"
Cursor Off
Do
  If Kod = 1 Then
    Disable Int0
    Cls
    Lcd "Rc5 received!"
    Lowerline
    Lcd "Com: "; Command; ",Adr: ";
    Subaddress
    Kod = 0
    Enable Int0
```

```
End If
Loop

Receiverc5:
  Getrc5(subaddress, Command)
  Kod = 1
Return
```

15. Prawie każdy system mikroprocesorowy powinien być wyposażony w urządzenie umożliwiające prezentację danych w „ludzki“ języku. Na płytce zestawu uruchomieniowego zamontowany został wyświetlacz alfanumeryczny LCD, sterowany w trybie czterobitowym. Możemy wykorzystywać dwa rodzaje wyświetlaczy: 16*1 i 16*2, z tym że zalecanym typem jest wyświetlacz dwuliniowy. Obecnie różnica w cenie tych dwóch typów wyświetlaczy jest minimalna, a możliwości dokładnie dwukrotnie większe. Wyprowadzenia wyświetlacza mogą być, za pośrednictwem jumperów założonych na złącze CON5, dołączone do portu B procesorów lub za pomocą przewodów połączone z dowolnymi innymi wyprowadzeniami procesorów. Kontrast wyświetlacza możemy regulować za pomocą potencjometru montażowego PR1.

Sterowanie wyświetlaczami alfanumerycznymi LCD jest w języku MCS BASIC wyjątkowo proste. Do obsługi takiego wyświetlacza przeznaczony jest specjalny pakiet poleceń umożliwiający nie tylko umieszczenie napisu na ekranie, ale także lokalizowanie kursora na dowolnej pozycji dowolnego rzędu, przewijanie tekstu i realizację wielu innych funkcji. Kiedy posługujemy się pakietem BASCOM, przestają istnieć jakikolwiek problemy z polskimi znakami diakrytycznymi, ponieważ za pomocą specjalnego edytora graficznego możemy zdefiniować dowolny znak mieszczący się w matrycy wyświetlacza LCD.

16. Drugim sposobem przekazywania informacji z procesora do otaczającego go świata jest sygnalizacja za pomocą diod LED. Takich diod umieszczono na płytce osiem i mogą one być dołączone do dowolnych wyprowadzeń procesorów, a także do wyjść ekspanderów PCF8574. Diody włą-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

PR1: potencjometr montażowy miniaturowy 1kΩ

RP1: R-PACK SIL 1kΩ

R1: 220Ω

R..R9: 4,7kΩ

Kondensatory

C1, C2: 27pF

C3: 33pF

C4: 470μF/10V

C5, C11, C12: 100nF

C6: 100μF/10V

C7..C10: 4,7μF/16V

C13: 1000μF/16V

Półprzewodniki

D1..D8: LED

IC6, IC8: PCF8574A

IC7: ULN2803B

IC9: TD62786

IC10: MAX232

IC11: PCF8583

IC12: PCF8591

IC13: SFH505

IC14: 7805

IC15: DS1813

Różne

Q1: rezonator kwarcowy 8MHz

Q2: rezonator kwarcowy 32768Hz

Q3: przetwornik piezo

S1..S4: przycisk microswitch

DP1: wyświetlacz alfanumeryczny 16*1 lub 16*2

IC1: podstawka precyzyjna DIL20

IC2, IC5, IC16: podstawka precyzyjna DIL40

IC3, IC4: podstawka precyzyjna DIL8

IC17: podstawka precyzyjna DIL20S

P1, P2, P3, P4, CON2, CON4, CON5: 8x2 goldpin

CON7, CON7A: 3x2 goldpin

CON8: złącze DB9F kątowe, do druku

CON1, CON3, CON6, CON9: 10 goldpin

CON11...CON15: 3 goldpin

CON10: ARK2 (3,5mm)

15x goldpin + złącze szufladkowe do montażu wyświetlacza

Podstawka precyzyjna DIL 40 (do montażu przejściówki)

2 szeregów po 20 goldpinów (jw.)

czane są po dołączeniu ich wolnych wyprowadzeń do minusa zasilania.

17. Niestety, choćbyśmy nie wiem jak bardzo nie lubili techniki analogowej, to nie uciekniemy przed pomiarami wartości elektrycznych, a pośrednio także nieelektrycznych. Jeżeli na naszej płytce uruchomieniowej umieszczone jest np. procesor typu AT90S8535, to problem mamy z głowy: 8-wejściowy dziesięciobitowy przetwornik ADC z pewnością wystarczy nawet w bardzo skomplikowanych układach analogowo-cyfrowych. Gorzej, jeżeli zastosujemy procesor niewyposażony w jakiegokolwiek wejścia analogowe lub jedynie w prosty komparator napięcia. Jedynym ratunkiem może być wtedy zastosowanie zewnętrznego przetwornika ADC, np. czterokanałowego PCF8591. Posiada on wprawdzie tylko ośmiobitową rozdzielczość, ale za to dodatkowo także ośmiobitowy przetwornik DAC. W trafności decyzji o zastosowaniu tego elementu utwierdziła mnie możliwość sterowania go z magistrali I²C. Podam tutaj przykład prostego programu, za pomocą którego możemy zmierzyć napięcie kolejno we wszystkich czterech kanałach PC8591:

```
Config Sda = Pinb.6
Config Scl = Pinb.7
Dim Factor As Single
Dim Volt As Single
Dim Temp1 As Word
Dim Temp2 As Byte
Const Pcf8591_write = &B10010000
Const Pcf8591_read = &B10010001
Dim R As Byte
Dim Channel(4) As Byte
Channel(0) = &B01000000
Channel(1) = &B01000001
Channel(2) = &B01000010
Channel(3) = &B01000011
Dim Voltage As Word
Declare Sub Conversion
Factor = 5000/255
Do
  For R = 0 To 3
    Temp1 = Channel(r)
    Call Conversion
    Volt = Temp2
    Volt = Volt * Factor
    Voltage = Volt
    Lcd "Kan."; R; " ";
Voltage; " mV"
    Wait 1
  Next R
```

```
Print
Loop
End
Sub Conversion
  I2Cstart
  I2Cwbyte Pcf8591_read
  I2Crbyte Temp2, Ack
  I2Crbyte Temp2, Nack
  I2Cstop
End Sub
```

18. Znaczna liczba systemów mikroprocesorowych wymaga do swojego działania pomiaru czasu rzeczywistego. Najczęściej wykorzystujemy w tym celu wbudowane w procesory timery, za pomocą których tworzymy programowe zegary czasu rzeczywistego. Zegary takie mają jedną wadę: wymagają do prawidłowego działania stałego zasilania procesora. Ponadto, ich realizacja zajmuje stosunkowo dużo pamięci RAM i programu, co w przypadku procesorów o mniejszej pojemności tych pamięci może nastęrczać programiście wiele problemów. Dlatego też dość powszechnie stosowane są sprzętowe zegary RTC, z których chyba najpopularniejszym jest PCF8583, umieszczony na naszej płytce jako IC11. Zegar PCF8583 komunikuje się z procesorem za pomocą magistrali I²C i dlatego do jego obsługi potrzebne będą tylko dwa wyprowadzenia procesora. RTC naszej płytki testowej wyposażony został w podtrzymujące źródło zasilania (BT1), którym może być dowolna bateryjka 1,5..3V, nawet typu „zegarkowego“. Godne polecenia są też cieniutkie baterijki litowe 3V, które bez najmniejszych problemów można umieścić pod wyświetlaczem alfanumerycznym. Odczytywanie i zapisywanie danych do układu RTC jest także proste, podobnie jak każda operacja na magistrali I²C, programowana w MCS BASIC. Oto prosty przykład odczytu czasu i daty z układu PCF8583:

```
Sub Gettime
  I2Cstart
  I2Cwbyte &HA0
  I2Cwbyte 2
  I2Cstart
  I2Cwbyte &HA1
  I2Crbyte S , Ack
  I2Crbyte M , Ack
  I2Crbyte H , Ack
  I2Crbyte Yd, Ack
  I2Crbyte Wm, Nack
```

```
I2Cstop
End Sub
```

19. Układ zerowania mikrokontrolera po włączeniu zasilania jest niezbędny w każdym systemie mikroprocesorowym. Na naszej płytce umieszczony został wyspecjalizowany układ scalony typu DS1813 (IC15), zerujący procesor także w przypadku spadku napięcia poniżej określonego (4,75V) poziomu. Problem powstał jedynie z zerowaniem procesorów '51, które wymagają wysokiego poziomu napięcia. Dlatego też na płytce został dodany przełącznik - jumper JP1 i kondensator C14 umożliwiające przełączanie rodzaju zerowania sprzętowego. Na płytce umieszczone zostały także dwa przyciski umożliwiające ręczne wyzerowanie procesorów. Przyciski te usytuowane zostały pod wyświetlaczem alfanumerycznym i dostępne są tylko od spodniej strony płytki.

20. Nasz system uruchomieniowy wyposażony został w bardzo cichutki element generacji dźwięku - przetwornik piezoceramiczny Q3. Jednak nawet tak prosty przetwornik powinien umożliwić nam dokonywanie ciekawych eksperymentów z generacją sygnałów akustycznych i sprawdzenie działania polecenia SOUND [czas trwania, częstotliwość].

Bardziej wymagającym „melomanom“ polecam „gadający“ moduł z układem ISD2560, sterowany poprzez magistralę I²C.

21. Układ zasilania zestawu uruchomieniowego składa się ze scalonego stabilizatora napięcia 7805 (IC14), wraz z niezbędnymi do jego pracy kondensatorami blokującymi zasilanie. Do złącza CON10 powinno zostać doprowadzone napięcie o wartości bliskiej 12VDC, niekoniecznie stabilizowane. Pobór prądu przez układ jest tak mały, że stosowanie jakiegokolwiek radiatora wspomagającego chłodzenie stabilizatora napięcia jest całkowicie zbędne.

Zbigniew Raabe, AVT
zbigniew.raabe@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pcb.html> oraz na płycie CD-EP01/2001 w katalogu PCB.