

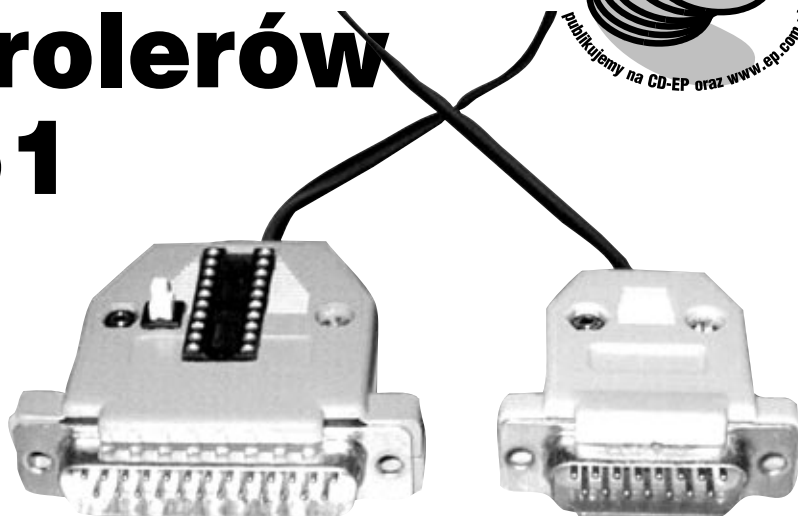
# Miniprogramator mikrokontrolerów AT89Cx051

## AVT-540

*Po publikacji mojego pierwszego artykułu otrzymałem wiele listów z pytaniami.*

*Najczęściej spotykałem się z jednym: „Czy można zrobić programator małych Atmeli AT89Cx051 sterowany przez port LPT”?*

**Rekomendacje:**  
*urządzenie zaprojektowane z myślą o początkujących konstruktorach stosujących w swoich opracowaniach „małe” mikrokontrolery Cx051 firmy Atmel.*



Z początku zadanie wydało się łatwe. Poszukiwania w Internecie dostarczyły pewien schemat programatora, jednakże potrafił on wyłącznie zapisać i skasować zawartość pamięci mikrokontrolera. Odczyt oraz weryfikacja jej zawartości oraz zapis bitów blokady były niedostępne. Poza tym urządzenie wymagało zewnętrznego zasilania dwoma napięciami o wartościach +5 V i +12 V. Pozyskanie takich napięć z komputera nie przedstawia trudności pod warunkiem, że możemy otworzyć jego obudowę. Co jednak zrobić, gdy jest na nim plomba gwarancyjna, lub pracujemy na laptopie?

Odpowiedzią na takie pytania może być opracowany przeze mnie programator, który zadowala się pojedynczym napięciem zasilania, a ponadto realizuje wszystkie ważne dla użytkownika zadania.

### Opis i działanie układu

Głównym założeniem przyjętym podczas realizacji projektu była minimalizacja kosztów. Drugorzędnymi: prostota konstrukcji, łatwość wykonania i niewielkie wymiary. Chęć umieszczenia kompletnego programatora w obudowie wtyczki DB-25 stanowiła zadanie dodatkowe. Programator miał być podłączany do portu drukarkowego (Centronics) komputera PC. Takie rozwiązanie pozwoliło wyeliminować układ pośredniczący, jaki byłby konieczny w przypadku programatora sterowanego za pośrednictwem portu szeregowego

RS232 czy też USB. Przyczyniło się również znacząco do redukcji kosztów.

Algorytm programowania mikrokontrolerów AT89Cx051 wymaga użycia ośmiu linii I/O do przesyłania danych, sześciu linii wyjściowych sterujących, jednej wejściowej odczytującej stan układu oraz napięcia 12 V dołączanego do wejścia RST. Podczas programowania mikrokontroler musi być zasilany stabilnym napięciem o wartości +5 V, aby uniknąć przekłamań zapisywanych danych.

Port drukarkowy Centronics składa się z ośmiu linii I/O (D0...D7), czterech linii wyjściowych (/STROBE, /ALF, /SELECT, /PRINTER, /INIT) oraz pięciu linii wejściowych (/BUSY, ACK, PAPER\_OUT, SELECT, ERROR). Zapewnia zatem wszystkie potrzebne linie I/O, a także cztery spośród sześciu linii wyjściowych oraz wejście. Do rozwiązania pozostaje sterowanie dwiema liniami wyjściowymi, zasilanie oraz pozyskanie napięcia 12 V.

W **tab. 1** zestawiono wszystkie operacje możliwe do wykonania w trybie programowania mikrokontrolera. Funkcje oznaczone gwiazdkami wymagają impulsu dodatkowo na wejściu XTAL1 w celu inkrementacji wewnętrznego licznika adresującego matrycę Flash. Łatwo zauważyć, że do programowania potrzeba sześciu sygnałów sterujących (**rys. 1**). Uważne przestudiowanie noty katalogowej pozwala jednakże na pewne oszczędności.

Tab. 1. Opcje dostępne podczas programowania AT89Cx051

Operacja	RST/Vpp	P3.3	P3.4	P3.5	P3.7	P3.2/PROG
(*) Odczyt danych	H	L	L	H	H	H
(*) Odczyt sygnatury układu	H	L	L	L	L	H
(*) Zapis danych	12V	L	H	H	H	impuls ujemny
Zapis lock bit 1	12V	H	H	H	H	impuls ujemny
Zapis lock bit 2	12V	H	H	L	L	impuls ujemny
Kasowanie całego układu	12V	H	L	L	L	10 ms impuls ujemny

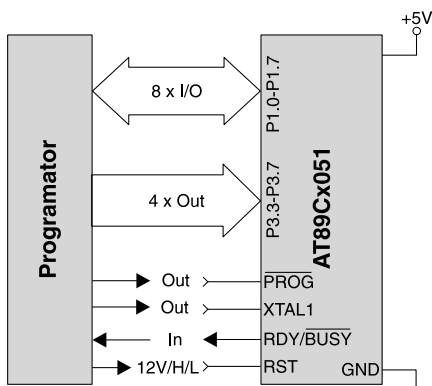
Od razu można zauważyć, że wejścia P3.5 i P3.7 mikrokontrolera zawsze mają identyczny stan podczas programowania. Należy zatem połączyć je razem i sterować z jednej linii wyjściowej. Głębsze przeanalizowanie tablicy trybów programowania prowadzi do kolejnej oszczędności. Podczas zapisu i kasowania matrycy zawsze co najmniej jedno z wejść P3.3 lub P3.4 jest w stanie wysokim. Tylko operacje odczytu danych lub sygnatury, wymagają niskich stanów na P3.3 i P3.4. Prowadzi to do wniosku, że wynik logicznej operacji LUB (OR) sygnałów P3.3 i P3.4 sygnalizuje fakt zapisu, a zatem potrzebę dostarczenia napięcia 12 V do wejścia RST. Sygnał ten oznaczono na schemacie (rys. 2) jako 12V\_ON. Jest on wykorzystywany między innymi do włączania przetwornicy, ale nie tylko. Trzy linie wyjściowe portu LPT: /STROBE, /SELECT\_PRINTER oraz INIT sterują trybami programowania. Pozostaje zatem jeszcze jedna wolna linia wyjściowa /ALF. Musi ona wysterować jednocześnie wejście /PROG, na którym ujemny impuls rozpoczyna zapis do matrycy Flash, a także wejście XTAL1, gdzie dodatni impuls zwiększa wewnętrzny licznik adresujący. Podłączenie tych sygnałów razem nie jest odpowiednie. Narastające zbocze na wejściu /PROG powodowałoby zwiększenie adresu zapisywanego, a następnie niskiego na wyjściu /ALF dostarczy narastającego zbocza dla wejścia XTAL1. Licznik zostanie zwiększony i procedurę zapisu można kontynuować. W przypadku odczytu układu zwiększenie adresu nie wymaga skomplikowanej procedury i ogranicza się jedynie do taktowania sygnałem /ALF. Rezystory R6 i R7 podciągają do plusa zasilania linie P1.0 i P1.1 mikrokontrolera. Jest to konieczne w przypadku portów LPT, które w trybie odczytu nie mają wewnętrznych rezystorów pull-up.

Procedury zapisu oraz kasowania pamięci wymagają dostarczenia do wejścia RST napięcia 12 V. Jest ono wytwarzane w przetwornicy zbudowanej na tranzystorze T1, dławiku L1 oraz diodach D1 i D2. W celu ograniczenia emisji zakłóceń, zasilanie przetwornicy zostało odseparowane filtrem typu  $\pi$ , zbudowanym na elementach L2, C8 i C9. W pierwotnych zamierzeniach programator miał być zasilany wprost z portu LPT. Wymagało to przetwornicy o bardzo dużej sprawności, niewielkim poborze prądu i stałych parametrach pracy. Przejrzenie dostępnych na rynku oraz w programach próbkowych sterowników przetwornic nie przyniosło pozytywnych efektów. Oferowane rozwiązania spełniały swoje zadania bardzo dobrze, ale dla prądów wyjściowych ponad 50 mA i większych. Wymuszenia układowe sprawiły, że przetwornica musiała się zadowolić całkowitym prądem o natężeniu co najwyżej 1 mA. Należało więc opracować stosowne rozwiązanie we własnym zakresie. Katalogowo układy AT89Cx051 podczas programowania pobierają co najwyżej 250  $\mu$ A prądu przy napięciu z przedziału 11,5...12,5 V. Do takiego prądu została dostosowana przetwornica. Działanie przetwornicy sterowane jest sygnałem 12V\_ON. Stan wysoki tej linii powoduje jej uruchomienie. Diody DZ1 i D13 zabezpieczają wejście RST przed podaniem napięcia wyższego, niż 12,5 V. Kondensator C3 magazynuje energię przekazywaną z przetwornicy. Wejście RST mikrokontrolera sterowane jest za pomocą przełącznika. Ze względu na brak wolnych linii wyjściowych, zdecydowano się na przycisk mechaniczny. Podczas spoczynku styk centralny (Common) zwarty jest ze

nej danej w trakcie jej zapisywania. Sytuacja taka jest niedopuszczalna, co można zaobserwować na wykresach czasowych operacji zapisu w nocie katalogowej. Sygnały XTAL1 i /PROG muszą być od siebie niezależne. Rozwiązanie tego problemu najlepiej widać na schemacie elektrycznym.

Sygnały sterujące P3.3 i P3.4 wchodzą na wejścia bramki OR zbudowanej z diod D11 i D12. Rezystor R2 wymusza stan niski na linii 12V\_ON, podczas gdy P3.3 i P3.4 są nieaktywne. Sygnał ten steruje bezpośrednio bramką U1D, a po zanegowaniu bramką U1C. Pozwala to wykorzystać linię /ALF do sterowania wejściami /PROG oraz XTAL1. Podczas operacji zapisu i kasowania sygnał 12V\_ON jest w stanie wysokim. Bramka U1D przepuszcza zatem zanegowany stan linii /ALF na wejście /PROG. Jednocześnie na wyjściu bramki U1C panuje niezmienny stan wysoki. Po podaniu ujemnego impulsu na wejście /PROG, narastające zbocze rozpoczyna cykl programowania. W jego trakcie sygnał RDY/BUSY, odczytywany za pomocą wejścia ERROR portu drukarki, jest utrzymywany przez mikrokontroler w stanie niskim. Po zakończeniu zapisu sygnał powraca do stanu wysokiego. Przejście do następnego adresu wymaga podania dodatkowego impulsu na wejście XTAL1. Choć dane katalogowe mówią o pełnym impulsie, praktyka wykazuje, że wystarczy jedynie zbocze rosnące i późniejsze utrzymanie wejścia w stanie wysokim. Konstrukcja programatora powoduje, żeby w tym celu na wejściach P3.3 i P3.4 należy ustawić kombinację odczytu. Wtedy sygnał 12V\_ON będzie w stanie niskim i zablokuje bramkę U1D, a po zanegowaniu w bramce U1B odblokuje bramkę U1C. Po ostatniej operacji zapisu wyjście /ALF pozostaje w stanie niskim, zatem nie wywoła to zmiany na wejściu XTAL1. Ustawienie stanu wysokiego

go, a następnie niskiego na wyjściu /ALF dostarczy narastającego zbocza dla wejścia XTAL1. Licznik zostanie zwiększony i procedurę zapisu można kontynuować. W przypadku odczytu układu zwiększenie adresu nie wymaga skomplikowanej procedury i ogranicza się jedynie do taktowania sygnałem /ALF. Rezystory R6 i R7 podciągają do plusa zasilania linie P1.0 i P1.1 mikrokontrolera. Jest to konieczne w przypadku portów LPT, które w trybie odczytu nie mają wewnętrznych rezystorów pull-up.



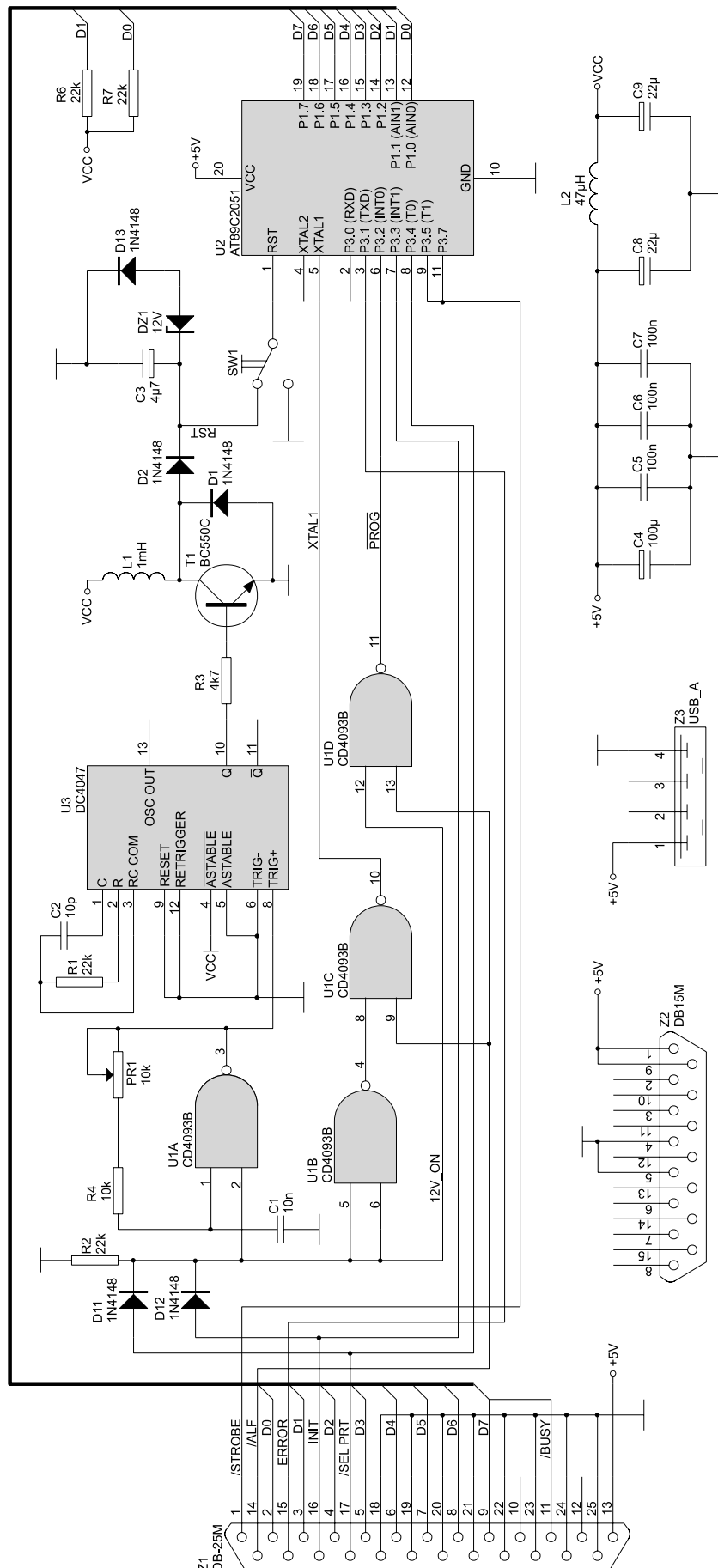
Rys. 1. Wymagania sprzętowe stawiane programatorowi

stykiem NC (normalnie załączony). Na wejście RST doprowadzone jest napięcie z przetwornicy (12 V lub 5 V). Naciśnięcie przycisku spowoduje zwarcie styku centralnego ze stykiem NO (normalnie otwarty) i podanie stanu niskiego na wejście RST. Powrót do stanu wysokiego kasuje wewnętrzny licznik adresujący matrycę Flash. Operacja ta jest konieczna podczas zapisu i odczytu danych, a także odczytu sygnatury układu. Praktyka wskazuje, że jako przełącznika SW1 można użyć także dwustykowego przycisku rozwiernego NC. Dzieje się tak dlatego, że wejście RST mikrokontrolera jest podłączone do masy przez wewnętrzny rezystor. Pozostawienie go w powietrzu umożliwia poprawne zerowanie układu w tym programatorze. Doprowadzenie masy do przełącznika można zatem pominąć.

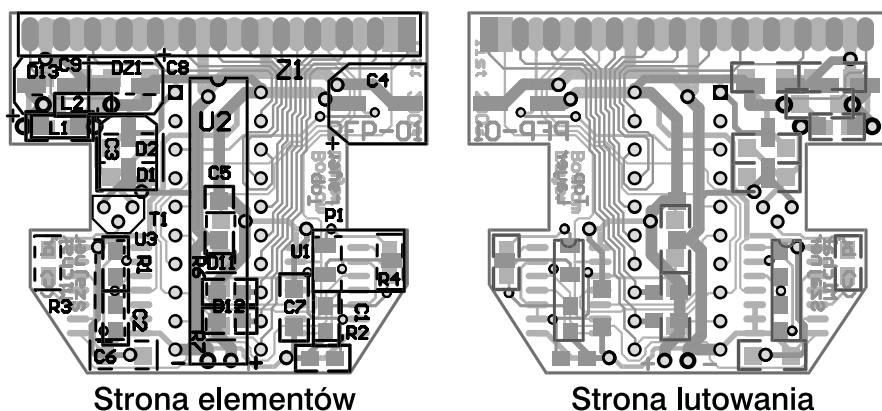
Zasilanie programatora w początkowej wersji miało być zrealizowane z linii danych portu LPT. Jednakże uzyskane w ten sposób napięcie było zbyt niskie dla mikrokontrolera. Układ wymagał poza tym dość długich przerw pomiędzy cyklami zapisu i odczytu w celu uzupełnienia energii. Zdecydowano się zatem na zasilanie zewnętrzne. Do wyboru są co najmniej trzy warianty. Napięcie +5 V może być pobierane z gniazda joysticka (wyprowadzenia 1, 9 – +5 V oraz 4, 5, 12 – GND), portu USB (styki 1 – +5V oraz 4 – GND) lub z zasilacza zewnętrznego. Cały programator wraz z mikrokontrolerem pobiera maksymalnie 10 mA prądu podczas pracy. W rzeczywistości wartość ta zależy od właściwego wyregulowania przetwornicy i może być niższa od 6 mA.

## Montaż

Układ zaprojektowano z myślą o umieszczeniu go w obudowie złącza DB-25. Kształt płytki (schemat montażowy pokazano na rys. 3) dopasowano do takiej właśnie obudowy. Miniaturyzacja wymusiła zastosowanie większości elementów do montażu powierzchniowego. Jedynie podstawka pod programowany procesor, dławiki oraz tranzystor są elementami przewlekkanymi. Płytkę drukowaną wykonano w wersji dwustronnej z metalizacją otworów. Przed montażem warto pokryć cyną wszystkie pola lutowani-



Rys. 2. Schemat elektryczny programatora



Rys. 3. Schemat montażowy programatora

czy pod montowaną na krawędzi płytki wtyczkę DB-25M. Ułatwi to późniejsze lutowanie złącza i uszereżuje przed kłopotami podczas uruchamiania. Lutowanie rozpoczynamy od układów U1 i U3, które zostały umieszczone od strony dolnej. Technika lutowania układów SMD jest wiele, w zależności od upodobań. Na początku warto ustawić dokładnie układ na polach lutowniczych i unieruchomić go przylutowując dwa skrajne wyprowadzenia. Następnie należy po kolei przylutować resztę układu. Najlepsze do tego celu jest użycie specjalnej pasty i stacji lutowniczej na gorące powietrze. Po przylutowaniu skrajnych wyprowadzeń należy wprowadzić na grot nieco cyny (odcinek około 4 mm lutownia o średnicy 0,7 mm). Gorący jeszcze grot należy pokryć grubo kalafonią. Następnie włączamy lutownicę i czekamy, aż kalafonia zacznie dymić, a cyna będzie już płynna. Zdecydowanym i dość szybkim ruchem przesuwamy grot lutownicy po wyprowadzeniach układu SMD w kierunku od obudowy na zewnątrz. Jeśli kalafonii było odpowiednio dużo, cyna nie zewrze sąsiednich nóżek i układ będzie bardzo ładnie i mocno przylutowany. Operację powtarzamy po drugiej stronie układu. Podobnie lutujemy pozostałe elementy SMD. Na koniec lutujemy kondensatory elektrolityczne, dławiki, tranzystor oraz podstawkę.

W obudowie złącza DB-25 należy wyciąć prostokątny otwór (fot. 4) na podstawkę precyzyjną (tulipanową) DIL-20 pod programowany mikrokontroler oraz otwór na przycisk. Dogodnie jest to wykonać wierząc cztery otwory o średnicy 4 mm w rogach dokładnie wytraso-

wanego otworu, a następnie wypiłować pilnikiem resztę. W przypadku otworu pod przycisk należy dostosować otwór i metodą jego wykonania do posiadanego elementu.

Po wykonaniu otworów możemy nałożyć na podstawkę precyzyjną jeszcze drugą. Takie ustawienie zapewni odpowiednią wysokość gniazda nad obudowę. Teraz możemy ostatecznie sprawdzić, czy płytka z podstawką pasuje do wyfrezowanej połówki obudowy. Po pomyślnej próbie złożenia można wreszcie zabrać się za ostatnie lutowanie. Wkładamy drugą podstawkę w otwory pierwszej i mocno dociskamy. Teraz kropelką cyny należy połączyć dwie przeciwległe nóżki podstawek, aby utrzymać je razem. Zabezpiecza to przed wyciągnięciem górnej podstawki podczas wyjmowania programowanego układu. Na sam koniec należy przylutować złącze DB25, uprzednio pozycjonując je w obudowie. Ostatnią czynnością jest zamontowanie i podłączenie przełącznika DPST oraz przewodów zasilających razem z odpowiednią wtyczką. Po złożeniu obudowy i zakręceniu śrubek programator jest gotowy do pracy.

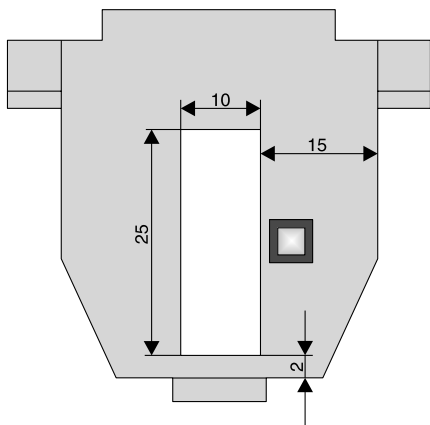
### Obsługa i regulacja

Program obsługujący zajmuje niecałe 500 kB i został napisany w języku C++. Można go uruchomić na każdym „okienkowym” systemie operacyjnym, nawet na starszych wersjach okienek (od wersji 3.11 wzwyż). Pewne problemy mogą jedynie wystąpić w przypadku najnowszych systemów, ze względu na bezpośrednie odwołania do rejestrów portu LPT. Instalacja nie jest konieczna, wystarczy uruchomić program i przystąpić do pracy. Typ i ustawienia sprzę-

towe portu LPT mają decydujące znaczenie dla pracy urządzenia. Aby wykorzystać w pełni wszystkie funkcje programatora port Centronics musi być dwukierunkowy. Problem może dotyczyć jedynie odpowiedniego ustawienia trybu w BIOS-ie. W przypadku nowych komputerów jest to najczęściej tryb *Normal* lub *Standard* (np. BIOS Award). Czasami w pobliżu jest jeszcze jedna opcja *Enable Bi-Directoy*, którą również należy ustawić. W bardziej egzotycznych przypadkach do poprawnej pracy trzeba niekiedy ustawić opcję SPP, lub EPP + SPP (np. BIOS AMI). Należy mieć na uwadze, że „czyste” tryby ECP, EPP lub ECP + EPP nie umożliwiają poprawnej pracy programatora.

Jeśli nie ma pewności, czy port w komputerze jest dwukierunkowy, można zrobić prosty test. Po uruchomieniu programu należy ustawić adres bazowy portu równoległego. W tym celu naciskamy przycisk *Base* i wybieramy właściwy adres. Wartością domyślną jest \$378H. Po ustawieniu adresu możemy zainstalować programator w gnieździe LPT, podłączyć zasilanie i przystąpić do pracy. Jednakże w celu przetestowania komunikacji dwukierunkowej nie podłączamy programatora i pozostawiamy port wolny. Po potwierdzeniu wyboru adresu klawiszem OK otrzymujemy komunikat o braku programatora. W tym czasie port drukarki przestawiony zostaje w tryb odczytu danych. Zwieramy wyprowadzenie sygnału D0 (styk 2 złącza) do masy za pomocą rezystora około 47 kΩ i mierzymy napięcie na porcie. Jeśli woltomierz wskazuje napięcie powyżej 1 V, można użyć mniejszego rezystora np. 22 kΩ i ponowić pomiary. Wartość napięcia powyżej 4 V z dołączonym rezystorem (o rezystancji nie mniejszej niż 10 kΩ) wskazuje, że port nie znajduje się w trybie dwukierunkowym. W takim wypadku należy poeksperymentować z ustawieniami BIOS-u, zmieniając rodzaj portu. Gdy i to nie przyniesie efektu, pozostaje wymiana portu na dwukierunkowy (np. na dodatkowej karcie).

Zmontowany poprawnie programator jest wykrywany automatycznie po wyborze adresu bazowego portu LPT. Podczas wykrywania podstawka powinna być pusta.



Fot. 4. Rysunek konstrukcyjny górnej części obudowy złącza DB25

Uaktywniona zostaje opcja *Zapisu Flash* (skrót klawiszowy: F6). Otwiera ona okno obsługi programatora. Przy pierwszym uruchomieniu warto skorzystać z przycisku *TEST*. Wywołuje on prostą procedurę, umożliwiającą wykrycie niektórych błędów montażu. Pierwszy test sprawdza dwukierunkowość portu w sposób opisany wyżej. Drugi wymusza na liniach D0...D7 portu naprzemienne stany 0 i 1, a następnie 1 i 0. Pozwala to sprawdzić sygnały na pinach podstawki i wykryć ewentualne zimne luty lub zwarcia. W drugim etapie program ustawia naprzemienne stany na liniach sterujących, które sprawdzamy analogicznie. Trzeci test sprawdza dostarczanie sygnału XTAL1 do podstawki pod programowany układ. Ostatni test wymusza start przetwornicy i umożliwia regulację napięcia. Najkorzystniej jest go przeprowadzić, zwierając otwór pod nóżkę RST (wyrowadzenie 1) z masą (wyrowadzenie 7) za pomocą rezystora 47 kΩ. Mierzmy napięcie na wyjściu i regulujemy je do około 11,8 V za pomocą potencjometru PR1. Jeśli nie uda się osiągnąć takiego napięcia, należy wymienić rezystor R4 na mniejszy. Praktyka wskazuje, że pobór prądu przez programowany mikrokontroler nigdy nie jest tak duży, jak w katalogu. Jeśli napięcie jest zbyt małe (około 11 V na obciążeniu), ostateczny test należy wykonać programując mikrokontroler. W większości przypadków odbędzie się to prawidłowo i nie będzie konieczna wymiana R4.

Dopiero teraz można przystąpić do pracy. W menu *Plik* znajdują się dwie opcje: odczyt (skrót klawi-

szowy: F1) i zapis (skrót: F2) bufora danych programu. Rozmiar załadowanego pliku można sprawdzić w menu *System>Informacje* (lub F3). Okno programowania ułatwia przeprowadzenie wszystkich możliwych operacji. Na początek warto skorzystać z przycisku *Wykryj*. Jeśli po lewej stronie przycisku nie zobaczymy symbolu układu, to być może nie zostało podłączone zasilanie, lub przycisk działa niewłaściwie. W normalnych warunkach będzie tam pełna nazwa mikrokontrolera. Pojawienie się dwóch liter XX na początku oznacza, że nie wciśnięto przycisku kasowania, lub układ nie został wyprodukowany przez firmę Atmel. Gdy wszystko jest w porządku, można zabrać się za programowanie. Przyciski *Kasuj*, *Zapisz* i *Odczytaj* wywołują odpowiednie operacje. Z kolei *Lock bit 1* i *Lock bit 2* programują bity blokady. Ostatni przycisk *Weryfikuj* służy do sprawdzenia zawartości układu po zaprogramowaniu. Jego wciśnięcie wywołuje procedurę odczytującą dane z mikrokontrolera i porównującą je z obecnymi w buforze. Obok przycisku wyświetlany jest komunikat o ilości błędów. Napis 0 BAD oznacza bezbłędną weryfikację. W tym miejscu należy pamiętać, że weryfikacja nie powiedzie się po zaprogramowaniu drugiego bitu blokady. Należy ją zatem wykonać przed ostatecznym zablokowaniem układu.

### Uwagi końcowe

Wytwarzanie napięcia programującego w przetwornicy wymaga wprowadzenia niewielkiego opóźnienia pomiędzy jej włączeniem, a początkiem programowania. Jeśli mikrokontroler nie programuje się od początku lub wcale, konieczne jest zwiększenie opóźnienia. Należy tego dokonać wchodząc w opcję *System*, a następnie *Informacje* lub wciskając po prostu przycisk *F3*. Wartość opóźnienia startu przetwornicy trzeba dobrać eksperymentalnie. Należy zaznaczyć, że ta wartość nie zależy tylko od szybkości komputera, ale od użytych do budowy elementów. Programator został przetestowany zarówno na systemie 486DX4/133 MHz, jak i na PIII 667 MHz. W pierwszym przypadku wystarczyło ustawienie domyślne, natomiast w drugim programator działał poprawnie na opóźnieniu równym 5. Zapis mi-

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1, R2, R6, R7: 22 kΩ SMD  
R3: 4,7 kΩ SMD  
R4: 10 kΩ SMD  
PR1: 10 kΩ MINIATUROWY SMD

#### Kondensatory

C1: 10 nF SMD  
C2: 10 pF SMD  
C3: 4,7 μF/25 V SMD  
C4: 100 μF/6,3 V SMD  
C5, C6, C7: 100 nF SMD  
C8, C9: 22 μF/10 V SMD

#### Półprzewodniki

D1, D2, D11 - D13: 1N4148 SMD  
DZ1: Dioda Zenera 12 V SMD  
T1: BC550C  
U1: 4093 SMD  
U3: 4047 SMD

#### Różne

L1: 1 mH  
L2: 47 μH  
SW1: przełącznik SPDT  
U2: podstawka precyzyjna DIP-20 - 2 sztuki  
Z1: wtyczka DB-25M  
Z2: wtyczka DB-15M  
Z3: wtyczka USB-A  
obudowa wtyczki DB-25  
obudowa wtyczki DB-15

krokontrolera typu AT89C2051 firmy Atmel w warunkach normalnych trwa około dwóch, do trzech sekund, w zależności od ustawionego opóźnienia. Odczyt zaś dokonywany jest niemal natychmiast.

Programator nie nadaje się do zapisywania układów AT90S2313 w trybie równoległym. Możliwość taka wymaga dokonania poważnych zmian w układzie i nie została uwzględniona w tej wersji urządzenia.

Program sterujący jest ciągle rozwijany i ulepszany, dlatego informacje o wszelkich błędach pozwolą na ich wyeliminowanie w nowszych wersjach. Adres e-mail dla tego typu korespondencji został umieszczony w menu *Pomoc* programu.

**Michał Szajner**  
**mi\_sza@op.pl**

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: **pcb.ep.com.pl** oraz na płycie CD-EP11/2004B w katalogu **PCB**.