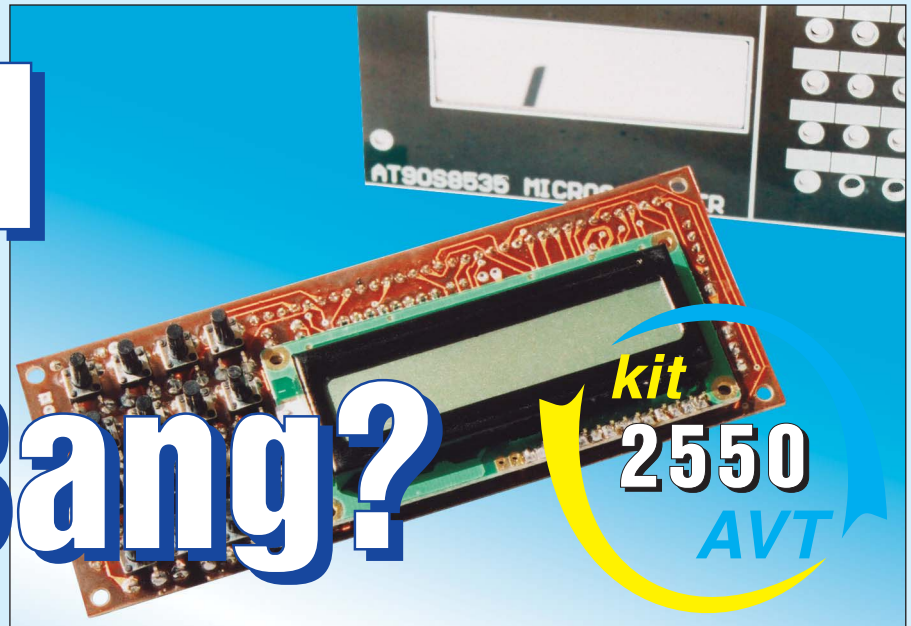




Pecel

a może

Big Bang?



kit
2550

AVT

Od redakcji:

Tego artykułu nie wolno przeoczyć. To absolutnie największe wydarzenie na łamach EdW w 2001 roku. W roku 2000 uczyliśmy się BASCOMa, a w tym roku naturalną tego konsekwencją jest opracowanie mikrokomputera, stanowiącego samodzielne urządzenie wyposażone we wszystkie elementy będące składnikami "dużych" komputerów. Posiada on monitor, klawiaturę, wszystkie stosowane w mini-komputerach rodzaje pamięci, kilka portów do komunikowania się z otoczeniem (I²C, 1WIRE i RS232) oraz to co chyba najważniejsze: możliwość rozbudowywania systemu tak, jak to ma miejsce w komputerach klasy PC.

Oto przedstawiamy taki mikrokomputer. Od dziś, jeśli będziesz potrzebował wyposażyć konstruowane przez Ciebie urządzenie w tak zwaną inteligencję - masz gotowe rozwiązanie. Nie zrobisz tego lepiej i prościej, niż programując przy pomocy BASCOMa nasz minikomputer. Jest to minikomputer osobisty każdego elektronika, dlatego nazwaliśmy go **Pecel** (Personal Computer for Electronicians). Ktoś zaczął też w redakcji lansować nazwę "**Big Bang**", wyrażając - z pewnością, przynajmniej, egzaltacją- przekonanie, że ten minikomputer otwiera nową epokę w konstrukcjach elektronicznych. Jakoś trzeba ten komputer nazwać, więc chwilowo pozostaliśmy przy nazwie Pecel, ale zapraszamy wszystkich Czytelników EdW do zgłaszania własnych propozycji w konkursie na najlepszą nazwę tego minikomputera.

część 1

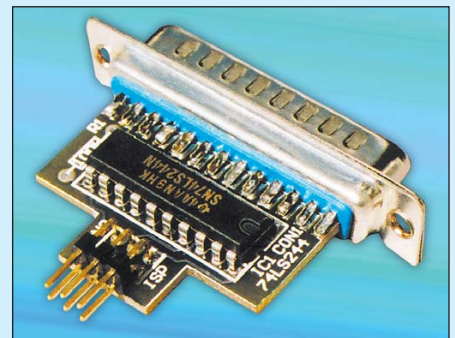
Chciałbym zaproponować Czytelnikom *Elektroniki dla Wszystkich* budowę komputera. No może trochę przesadziłem: nie komputera, ale mikrokomputera, który jednak będzie posiadał wszystkie elementy właściwe dla „dużych” maszyn, z komputerami klasy PC włącznie.

Budowanie minikomputerów ma już na łamach EdW pewne tradycje. Przebojem wśród kitów AVT był przez wiele lat i jest nim nadal słynny *Komputer Edukacyjny*, skonstruowany przez Sławka Surowińskiego. Maszyna ta umożliwiła nam pierwszy kontakt z techniką mikroprocesorową i trudno byłoby policzyć, ilu z Was zapoznało się dzięki temu układowi z programowaniem procesorów w języku asemblera. Komputer AVT-2250 jest układem typowo edukacyjnym i eksperymentalnym, chociaż istnieje także możliwość zastosowania go do celów praktycznych. Natomiast proponowany przeze mnie układ ma być przede wszystkim urządzeniem o rozlicznych zastosowaniach praktycznych, a jego walory edukacyjne wynikają z samych założeń konstrukcyjnych, narzucających użytkownikowi konieczność samodzielnego napisania programu sterującego mikrokomputerem.

W odróżnieniu od poprzednio budowanych minikomputerów i płyt testowych (np. AVT-2500) nasz nowy minikomputer jest urządzeniem w pełni funkcjonalnym, posiadającym wyjątkowo zwartą budowę, a nawet polecaną mu płytę czołową wyposażoną w stosowne napisy. Elementami decydującymi o wymiarach urządzenia był wyświetlacz alfanumeryczny i klawiatura, tak więc wymiary minikomputera niewiele wykraczają poza obrys wyświetlacza.

Sercem naszego mikrokomputera jest nowoczesny, wykonany w technologii RISC, bardzo szybki i wyposażony w wielką liczbę funkcji dodatkowych procesor typu AT90S8535. Oceniam, choć może to być ocena nieco subiektywna, że procesor ten należy do najlepszych w swojej klasie, a relacja pomiędzy jego możliwościami a ceną przedstawia się wyjątkowo korzystnie. Już sam fakt umieszczenia w strukturze procesora nieulotnej pamięci danych EEPROM, ośmiu przetworników analogowo-cyfrowych czy zegara czasu rzeczywistego, co zwalnia nas z konieczności stosowania wielu elementów zewnętrznych, przesądza o celowości zastosowania właśnie tego typu procesora.

Jest jeszcze jeden powód, dla którego AT90S8535 doskonale nadaje się do prac hobbystycznych: znaczny obszar pamięci programu, jaki mamy do dyspozycji i ogromna łatwość jej programowania. W strukturze tego procesora znalazło się miejsce na 8kB pamięci EEPROM. Jest to ogromny obszar pamięci i zręczny programista potrafi na tym



procesorze zrealizować prawdziwe cuda. Niestety, nie wszyscy jesteśmy wykwalifikowanymi programistami i taka pojemność pamięci programu to prawdziwy dar niebios także dla początkujących. Uwalnia to ich bowiem od ustawicznych stresów związanych z przekroczeniem rozmiaru programu przeznaczonego do umieszczenia w procesorze z 2, czy nawet 4kB EEPROM-em.

Wszystkie procesory AVR, w tym oczywiście nasz '8583 mogą być programowane w języku MCS BASIC, zaimplementowanym w pakiecie BASCOM AVR, bracie bliźniaku znanego nam BASCOM-a 8051. Dialekt MCS BASIC stosowany w pakiecie BASCOM AVR praktycznie nie różni się od języka stosowanego w BASCOM-ie 8051. Różnice wynikają głównie z odmiennego nazewnictwa wyprowadzeń procesora i znacznie bogatszego zestawu funkcji zaszytych w strukturach procesorów AVR.

Doszliśmy w tym momencie do jeszcze jednego powodu, który wpłynął na decyzję o wyborze typu procesora zastosowanego w naszym minikomputerze. Pakiet BASCOM AVR stał się ostatnio „okrętem flagowym” firmy MCS Electronics, co oczywiście nie oznacza, że zaprzestano prac nad doskonałością BASCOM-a 8051. Można powiedzieć, że Mark doprowadził do perfekcji swoją ideę: „Co tu wymyślić, aby inni nie musieli myśleć?”. Opracowane ostatnio najnowsze polecenia języka MCS BASIC dla procesorów AVR sprowadzają wiele trudnych problemów programistycznych, nad którymi ja sam przesiedziałem kilka nocy, do wydania jednego

polecenia systemowego. W dalszej części opisu minikomputerka zapoznamy się z najnowszymi „fajerwerkami”, za pomocą których nawet bardzo skomplikowany program można napisać w ciągu kilku minut.

Z pewnością wielu z Was z niepokojem myśli już o jednej, niesłychanie ważnej pod czas tworzenia systemu mikroprocesorowego sprawie: o programowaniu procesora. Być może napisanie programu jest sprawą prostą, ale jak wprowadzić go do pamięci CPU? Programatory procesorów są z zasady urządzeniami bardzo skomplikowanymi i kosztownymi i co nam przyjdzie z posiadania minikomputera i napisanego dla niego programu, jeżeli nie będziemy mieli możliwości wprowadzenia go do pamięci procesora? Bardzo się mylicie, Moi Drodzy! Programator procesorów AVR, w tym procesora 90S8535, jest urządzeniem banalnie prostym i składającym się tylko z jednego standardowego układu TTL! Powiem więcej: można w ogóle obyć się bez programatora podłączając interfejs SPI umieszczony w strukturze procesora bezpośrednio do portu drukarkowego! Jest to jednak rozwiązanie awaryjne i na co dzień będziemy się posługiwać prostym programatorkiem, którego płytka PCB mieszcząca się wewnątrz typowej obudowy wtyku drukarkowego będzie dołączana za darmo do kitu minikomputera.

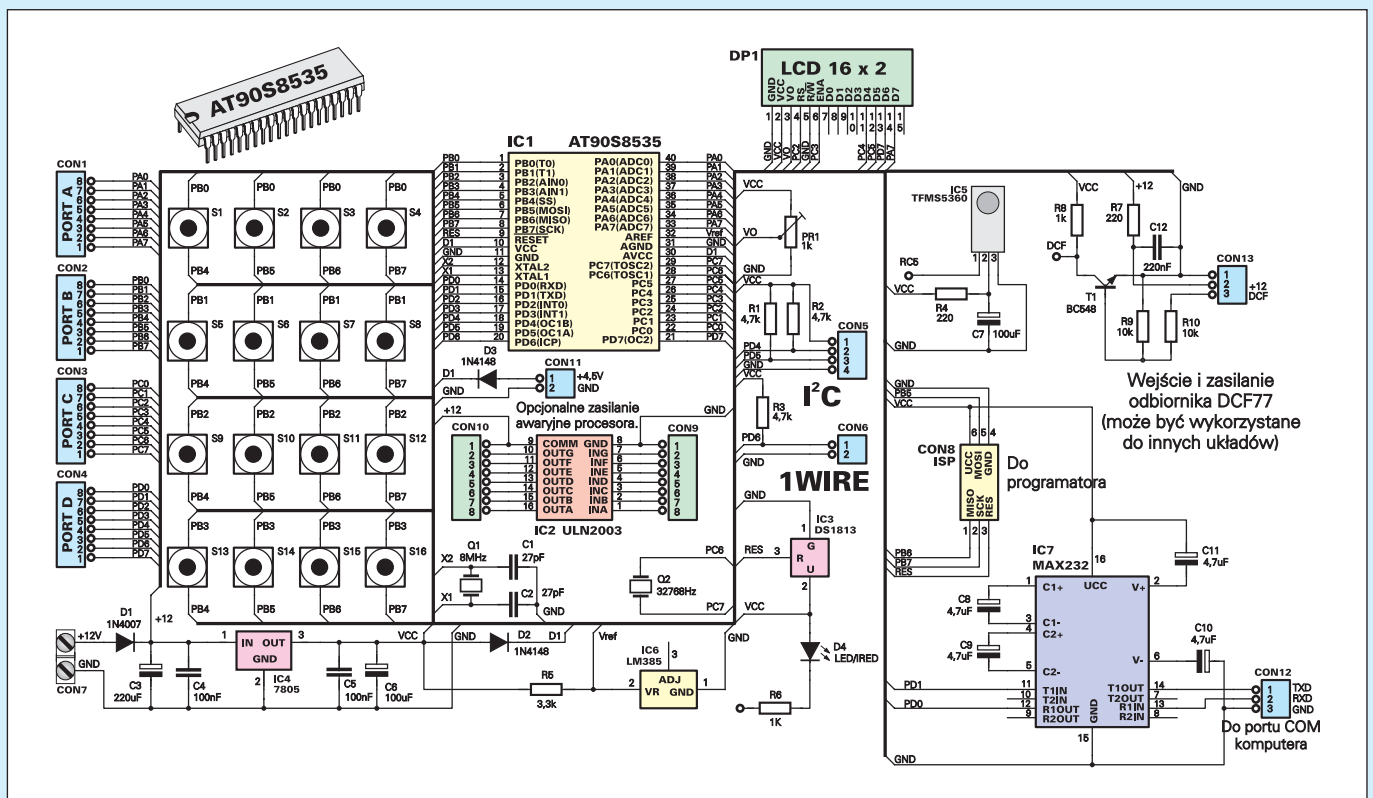
Bez najmniejszej przesady mogę stwierdzić, że dysponując naszym komputerkiem i niekiedy jednym czy dwoma opracowanymi dla niego urządzeniami dodatkowymi, będziemy mogli zbudować **KAŻDY** system

mikroprocesorowy, jaki tylko przyjdzie nam do głowy. Jeżeli nawet napotkamy problemy związane z ograniczeniami sprzętowymi, jakie istnieją w każdym bez wyjątku komputerze czy minikomputerze, to od czego bogowie dali nam ręce i głowę? Jeżeli zatem zajdzie rzeczywista potrzeba, to zbudowane zostaną nowe karty, rozszerzające i tak już bogate możliwości minikomputera.

Chciałbym jeszcze powrócić do jednej, uprzednio poruszonej ogólnikowo sprawy: wartości edukacyjnej proponowanego układu. Chciałbym, a mam nadzieję, że Czytelnicy zgodzą się ze mną, aby opis minikomputera był w jakimś sensie kontynuacją kursu BASCOM College. Wykłady BASCOM College zakończyły się dość szybko. Wiele ciekawych problemów związanych z programowaniem procesorów nie zostało nawet zasygnalizowanych, nie mówiąc nawet o ich dokładnym omówieniu. Mogę tu przykładowo wymienić sprawy związane z transmisją danych pomiędzy komputerem a procesorem, wykorzystującą interfejs RS232, o której opis domagało się wielu Czytelników. Nadarzy się zatem dokonana okazja, aby dysponując odpowiednim hardware (płytką AVT-2500 nie miała urządzeń sprzętowych niezbędnych do przeprowadzenia transmisji RS232) opisać dokładnie tę i inne sprawy.

Kurs BASCOM College zakończył się już dawno, kilka miesięcy temu, a przy tempie rozwoju oprogramowania oferowanego przez MCS Electronics jest to cała epoka. Podam

Rys. 1 Schemat ideowy



Wam tylko jeden przykład: na jednym z układów BC opisaliśmy metody odczytywania numerów seryjnych i zawartości rejestrów układów 1WIRE produkowanych przez firmę DALLAS. Przerobiliśmy tylko proste przykłady, a ja sam nie wiedziałem, jak np. odczytać numery wielu układów 1WIRE jednocześnie dołączonych do tej samej linii. Wiedziałem tylko, że da się to zrobić, ale że sprawa jest dość skomplikowana i że już kilku dobrych programistów połamało sobie na tym zęby. A jak ten problem wygląda w czerwcu 2001, kiedy piszę ten artykuł? Mark sprowadził go do kilku prostych poleceń, które zastosować potrafi nawet początkujący programista:

```
var = 1WIRECOUNT( ) - podaj liczbę układów 1WIRE
                        dołączonych do magistrali
var = 1WSEARCHFIRST( ) - podaj numer
                        seryjny pierwszego układu
var = 1WSEARCHNEXT( ) - podaj numery
                        seryjne dowolnej liczby układów
```

Czego właściwie będziemy potrzebować, aby rozpocząć korzystanie z naszego mini-komputera? Baza sprzętowa i programowa są w końcu nieraz rzeczami najważniejszymi, ponieważ decydują o kosztach, jakie będziemy musieli ponieść przed rozpoczęciem pracy i nauki. Na szczęście sprzęt, jakiego będziemy potrzebować, nie jest ani bardziej skomplikowany, ani kosztowny od wyposażania, które musieliśmy mieć do dyspozycji podczas przebrania programu BASCOM College.

1. Komputer klasy PC. Nie musi to być wcale jednostka z PENTIUM taktowanym zegarem 1GHz, ale jakikolwiek komputer, na którym można uruchomić system WINDOWS95/98/NT/2000. A zatem, w skrajnym przypadku możemy się zadowolić nawet maszyną z procesorem PENTIUM II! Oczywiście, jest to absolutne minimum, ale wymagania BASCOM-a są tak niewielkie, że w ostateczności możemy posłużyć się nawet takim muzealnym zabytkiem.

2. Programator procesorów AVR. Schemat tego programatora zostanie pokazany w dalszej części artykułu. Jak już wspominałem, jest to układ wręcz śmiesznie prosty i tani.

3. Kabelek do programatora, czyli zwykły kabel płaski zakończony dwoma zaciskanyymi wtykami 10 pin.

4. Bardzo przydatny może okazać się jeszcze jeden kabelek. Taki niezbyt długi, 1 ... 2mb, z trzema przewodami i zakończony żeńskim wtykiem DB9. Umożliwi on komunikację pomiędzy naszym komputerkiem a maszyną klasy PC. Komunikacja ta będzie odbywać się poprzez łącze RS232, a jak bardzo może okazać się użyteczna także podczas pisania i testowania programów, dowiecie się w dalszej części tego artykułu.

5. No i wreszcie najważniejsze: software! Potrzebny Wam będzie pakiet BASCOM

AVR, brat bliźniak dobrze Wam już znanego BASCOM-a 8051. Na początek wystarczy BASCOM AVR Demo, którego możliwości w obecnej chwili nie ustępują możliwościom jego wersji komercyjnej. Nawet ograniczenie długości kodu wynikowego zostało ostatnio zmniejszone i wynosi obecnie 2kB. Niestety, jest to za mało dla pełnego wykorzystania możliwości procesora '8535 i dlatego w przyszłości będziecie musieli pomyśleć o zakupie wersji komercyjnej. Jej cena wynosi niezmiennie 69USD + koszt, czyli przy zakupie bezpośrednio w MCS Electronics około 85USD. Nie jest to mało, ale cena BASCOM-a w relacji do jego możliwości jest po prostu rewelacyjnie niska! Sprawdźcie, ile kosztują inne kompilatory, np. Keil! A przecież BASCOM jest nie tylko kompilatorem, ale całym, potężnym zestawem narzędziowym. Pakiet BASCOM AVR DEMO jest dostępny za darmo na stronie internetowej EdW. Został on także umieszczony na płycie CD-EP wrześniowej Elektroniki Praktycznej.

Zajmijmy się teraz dalszymi konkretnymi, czyli możliwościami oferowanymi przez minikomputer.

Funkcje mikrokomputera realizowane bezpośrednio przez procesor AT90S8535:

- Wewnętrzna pamięć programu o pojemności 8kB. Porównując nasz mikrokomputer z maszynami klasy PC, jest to nic, ale dla systemu mikroprocesorowego, którym w istocie jest nasz układ taka ilość pamięci to prawie nieograniczone możliwości rozbudowy programu. Przypomnijcie sobie, ile ciekawych układów zaprojektowaliśmy wykorzystując procesory z 2kB pamięci (AT89C2051 czy AT90S2313), i wyobraźcie sobie, co można zdziałać mając do dyspozycji aż taki obszar pamięci.

- Wewnętrzna nieulotna pamięć danych EEPROM o pojemności 512B, która w większości przypadków pozwala na rezygnację ze stosowania pamięci zewnętrznych, prawie zawsze dodawanych do układów z procesorami '2051. W pamięci tej możemy zapisać 512 bajtów, czyli np. 512 różnych liczb. W dalszej części tego artykułu dowiecie się, że procedura zapisu i odczytu danych z EEPROM-a jest banalnie prosta i sprowadza się do wydania tylko jednego polecenia.

- Wewnętrzna pamięć danych SRAM o pojemności także 512B. Napisałem naprawdę sporo bardzo rozbudowanych programów na ten procesor, ale jeszcze nigdy „nie udało” mi się zapełnić tej pamięci nawet w połowie.

- ośmiokrotny 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy. Przetwornik korzysta z zewnętrznego źródła napięcia odniesienia, równego lub mniejszego od napięcia zasilania. A zatem, wszelkie operacje związane z pomiarem wartości analogowych za pomocą naszego komputera będą wymagały w najgor-

szym wypadku tylko tego jednego elementu zewnętrznego, a pomiarów będziemy mogli dokonywać aż w ośmiu punktach jednocześnie. Dokładność pomiarów jest w większości przypadków aż nadto wystarczająca. Dla przykładu: dokonując pomiaru w zakresie do 5V dysponujemy rozdzielczością 4,8mV.

- sprzętowy UART, czyli układ umożliwiający transmisję danych z wykorzystaniem protokołu RS232. A więc, nasz mikrokomputer może bezpośrednio „porozumiewać się” z dużymi maszynami klasy PC, a także z każdym innym komputerem lub systemem mikroprocesorowym wyposażonym w interfejs RS232. UART umieszczony w strukturze procesora wspomagany jest sprzętowo przez dodatkowy hardware umieszczony na płycie głównej naszego mikrokomputera.

- RTC – zegar czasu rzeczywistego, a właściwie osobny oscylator + timer, który z zewnętrznym kwarem 32768Hz automatycznie generuje przerwania co 1 sekundę. Zegar czasu rzeczywistego otrzymał ostatnio potężne wsparcie software'owe w języku MCS BASIC. Czy wiecie, jak teraz wygląda programowa konstrukcja zegara, pokazującego aktualny czas i datę? Ano, tak: LCD TIME\$ i LCD DATE\$. To wszystko.

- Trzy sprzętowe timery, w tym jeden (Timer2) mogący współpracować z dodatkowym zewnętrznym rezonatorem kwarcowym. Ten właśnie timer wykorzystywany jest do realizacji funkcji zegara czasu rzeczywistego. Wszystkie timery są wyposażone w bardzo rozbudowane funkcje, takie jak preskalery, sprzętowa generacja PWM i inne.

- Dwa zewnętrzne źródła przerwań sprzętowych: INTO i INT1

- Wbudowany sprzętowy interfejs SPI. Jest to jedna z największych zalet procesora '8535. Interfejs SPI umożliwi nie tylko komunikację z innymi układami i systemami mikroprocesorowymi, ale także **programowanie procesora bez konieczności wyjmowania go z podstawki**. Do złącza CON8 umieszczonego na płycie głównej mikrokomputera możemy dołączyć prosty programator ISP (In System Programming) i po napisaniu programu bądź jego fragmentu wprowadzić go do pamięci procesora naciskając tylko jeden klawisz. Programowanie w systemie nie tylko znakomicie upraszcza i przyspiesza pracę nad nowym programem, ale także eliminuje ryzyko uszkodzenia wyprowadzeń procesora podczas częstego wyjmowania i wkładania go w podstawkę.

- Sprzętowy watchdog, czyli dodatkowy, wyspecjalizowany timer skutecznie zabezpieczający procesor przed „zawieszeniem się” na przykład na skutek wystąpienia silnych zakłóceń zewnętrznych.

Funkcje mikrokomputera realizowane przy współpracy z hardware umieszczonym na płycie głównej:

- Wyświetlacz alfanumeryczny LCD. Element ten jest podstawowym układem służącym przekazywaniu informacji opracowanej przez komputer i przetłumaczonej na „ludzki” język cyfr, liter i znaków specjalnych. W mikrokomputerze można zastosować, zależnie od potrzeb i możliwości finansowych wyświetlacz 16*1 lub 16*2 znaki, z podświetlaniem lub bez.

- Klawiatura szesnastoprzyciskowa. Klawiatura ta, zbudowana z tanich i łatwych do nabycia przycisków, po odpowiednim oprogramowaniu umożliwia wprowadzanie do komputera nie tylko liczb, ale także wszystkich znaków alfanumerycznych. Programowa obsługa klawiatury zostanie szczegółowo omówiona w dalszej części artykułu, ale już teraz mogę Wam powiedzieć, że sprowadza się ona do jednego polecenia języka MCS BASIC: GETKBD! Tym Czytelnikom, którym nie wystarczy taka prosta klawiatura i którzy chcieliby wprowadzać do minikomputera dane za pomocą typowej konsoli od PC, mogę już teraz powiedzieć, że dołączenie takiej klawiatury do naszego układu jest sprawą banalnie prostą, a wprowadzanie z niej danych odbywa się przy pomocy tylko jednego polecenia programowego.

- Magistrala PC jest jednym z najważniejszych elementów naszego mikrokomputera, który umożliwia praktycznie nieograniczoną rozbudowę systemu. Większość układów peryferyjnych opracowanych dla mikrokomputera sterowana jest poprzez magistralę PC, a ponadto do dyspozycji będziemy mieli także ogromną ilość modułów PC spełniających najróżniejsze funkcje, których opisy zostały opublikowane w Elektronice Praktycznej.

- Magistrala 1WIRE obsługująca układy opracowane przez firmę DALLAS, w tym termometry cyfrowe, przełączniki i oczywiście „magiczne” tabletki z serii i-BUTTON.

- Moduł odbiornika kodu RC5 lub innego transmitowanego w podczerwieni, z nośną o częstotliwości zbliżonej do 36kHz. Moduł ten może okazać się użyteczny nie tylko do odbierania informacji z pilota od sprzętu RTV, ale i do komunikowania się z innymi procesorami lub wspomnianym sprzętem. Po opracowaniu przez MCS Electronics polecenia SENDRC5 generowanie kodu sterowania na zakresie podczerwieni stało się naprawdę banalnie proste, podobnie jak generacja kodu DTMF (DTMFOUT), wykorzystywanego w telefonii.

- Bezpośrednie sterowanie odbiornikami prądu stałego umożliwia umieszczony na płycie głównej mikrokomputera układ typu ULN2003, zawierający w swojej strukturze siedem driverów mocy, o maksymalnym prądzie do 500mA każdy. Z wyjść tych driverów możemy bezpośrednio sterować silniczkami elektrycznymi DC, w tym czterofazowymi silnikami krokowymi, przekaźnikami, elek-

tromagnesami, a także żarówkami na napięcie 12V i girlandami diod świetlnych.

- Jednym z najważniejszych układów umożliwiających komunikację komputera z innymi urządzeniami elektronicznymi jest pełny interfejs RS232 zrealizowany na popularnym układzie MAX232. Za pomocą tego układu, wspieranego przez sprzętowy UART wbudowany w strukturę procesora AT90S8535, możemy nawiązać łączność z dowolnym komputerem wyposażonym w interfejs RS232 (czyli z każdą maszyną klasy PC) lub innym urządzeniem elektronicznym.

- Na płycie głównej został także umieszczony dodatkowy rezonator kwarcowy o częstotliwości podstawowej 32768Hz, czyli popularny „kwarc zegarkowy”. Element ten umożliwia uruchomienie wewnętrznego sprzętowego generatora czasu rzeczywistego, bloku wręcz bezcennego nie tylko dla konstruktorów zegarów, ale także innych urządzeń wymagających pomiaru czasu, w tym mierników częstotliwości.

- Jak już wiemy, procesor AT90S8535 został wyposażony w wewnętrzny ośmiokanałowy przetwornik analogowo-cyfrowy o rozdzielczości 10 bitów. Niewiele jest on jednak wart bez zewnętrznego, wysokostabilnego źródła napięcia odniesienia, które na szczęście zostało umieszczone na płycie głównej. Jako źródło napięcia odniesienia 2,5V został zastosowany układ LM385.

- Każdy, kto choćby trochę zapoznał się z zasadami konstruowania układów zrealizowanych w technice mikroprocesorowej, wie, jakie znaczenia ma prawidłowy start procesora po włączeniu zasilania. Zamontowany na płycie reset sprzętowy typu DS1813 nie tylko zapewnia właściwe warunki startu procesora, ale także nadzoruje poziom napięcia zasilającego. Spadek tego napięcia poniżej poziomu dopuszczalnego dla procesora AT90S8535 mógłby, w przypadku dalszej pracy procesora, mieć nieobliczalne następstwa, polegające głównie na uszkodzeniu zawartości pamięci danych EEPROM.

- Wiem, że bardzo lubicie konstruować zegary. Nasz minikomputer daje w tym zakresie ogromne, wręcz nieograniczone możliwości. Możecie zbudować zarówno prosty zegarek, jak i bardzo rozbudowane układy nadzorujące w funkcji czasu dziesiątki urządzeń peryferyjnych. Tylko że dokładność takiego zegara będzie taka, jaka będzie dokładność zastosowanego w nim rezonatora kwarcowego 32768Hz, czyli niekiedy niezbyt wielka. A co powiecie, Moi Drodzy, na zegar, którego dokładność będzie wynosić **1 sekundę na ... pięć milionów lat**? Taki właśnie zegar lub sterownik pracujący z absolutną z ludzkiego punktu widzenia precyzją, będziecie mogli zbudować, wykorzystując dodatkowe elementy umieszczone na płycie minikomputera oraz zewnętrzny odbiorniczek

radiowy. Reszta to tylko kilkanaście, no, powiedzmy, kilkadziesiąt linijek programu, dokładnie omówionego w dalszych częściach tego artykułu.

- Z przyczyn, o których wspomniemy w dalszej części artykułu, procesor sterujący pracą naszego minikomputera zasilany jest napięciem obniżonym o 0,6V w stosunku do napięcia zasilającego resztę układu (+5VDC). Obniżenie napięcia zostało zrealizowane za pomocą diody krzemowej, która jednocześnie separuje zasilanie procesora od reszty układu. Nic więc prostszego, aby dodając dodatkową diodę i złącze umożliwić sobie awaryjne zasilanie samego tylko procesora z dodatkowego źródła, np. baterii 4,5V. Procesor pobiera znikomo mały prąd, szczególnie po wprowadzeniu go w stan IDLE lub POWER DOWN i takie rozwiązanie może być niezwykle cenne np. w konstrukcjach zegarów.

Funkcje mikrokomputera realizowane za pomocą specjalnie dla niego opracowanego, dodatkowego sprzętu.

- Na płycie głównej naszego mikrokomputera zostały umieszczone drivery mocy umożliwiające sterowanie odbiornikami prądu stałego, o poborze prądu nie przekraczającym 500mA. Nie jest to zbyt wiele i dlatego zaprojektowana została oddzielna karta rozszerzająca, na której można umieścić do 8 przekaźników typu RM-86. Każdy z nich posiada dwie pary przełączanych styków o obciążalności prądowej do 8A. Karta może służyć do zasilania urządzeń prądem stałym lub przemiennym o napięciu do 250VAC.

- Komputer bez karty dźwiękowej? To chyba niemożliwe i dlatego nasz układ został wyposażony w kartę, na której umieszczony został dobrze wszystkim znany „silnikofon”, czyli ISD25120. Karta sterowana jest za pomocą magistrali PC i umożliwia nagrywanie i odtwarzanie sekwencji akustycznych o łącznym czasie trwania do 2 minut. Należy sądzić, że karta ta okaże się bardzo użyteczną dla konstruktorów, którzy zajmą się konstruowaniem „mówiących” zegarów czy innych układów domowej automatyki.

- W praktyce konstruktora hobbysty bardzo często spotykamy się z koniecznością „ożywiania” wykonanych konstrukcji i do tego celu najczęściej wykorzystujemy silniki elektryczne różnych typów. Silniki prądu stałego o małej mocy możemy sterować bezpośrednio z płyty głównej mikrokomputera, ale ograniczeniem jest tu pobierany z niej maksymalny prąd i napięcie. Ponadto, do sterowania np. krokowym silnikiem czterofazowym niezbędne byłoby wykorzystanie aż czterech wyjść procesora, a sterowanie silnikami krokowymi dwufazowymi jest w ogóle niemożliwe. Dlatego też został zaprojektowany dodatkowy moduł rozszerzający możliwości

komputera, sterowany magistralą I²C, za pomocą którego możemy zasilac:

- Dwa silniki krokowe dwufazowe,
- Dwa silniki krokowe czterofazowe,
- Cztery silniki komutatorowe DC z możliwością zmiany kierunku i prędkości obrotowej,
- Osiem silników DC bez możliwości zmiany kierunku obrotów lub osiem dowolnych urządzeń zasilanych prądem stałym o napięciu do 35V i pobieranym prądzie nie większym niż 500mA.

- Jak wiadomo, apetyt rośnie w miarę jedzenia. Procesor AT90S8535 to potężna jednostka, o ogromnych możliwościach i obszernej pamięci programu. Jednak nie zdziwiłbym się, gdyby bardziej ambitnym Konstruktorom nawet jego możliwości pewnego dnia przestały wystarczać i okazałoby się np., że napisany skomplikowany program wykracza swoimi rozmiarami ponad 8kB kodu wynikowego. Dla tych Konstruktorów przygotowałem chyba miłą niespodziankę: co powiecie na procesor o pamięci programu ... 128kB, sześciu portach wejściowo-wyjściowych, 4kB pamięci EEPROM i 4kB pamięci SRAM? Procesorem tym jest kolejny produkt firmy ATMEL: AT MEGA103. Jednak umieszczenie tego procesora w podstawie na płycie głównej naszego mikrokomputera jest absolutnie niemożliwe, i to z dwóch powodów: posiada on aż 64 wyprowadzenia i produkowany jest wyłącznie w obudowie przeznaczonej do montażu SMD. Jednak nie takie trudności już przezwyciężaliśmy: zaprojektowałem dla Was specjalną kartę rozszerzającą, dołączaną do podstawki procesora na płycie głównej mikrokomputera. Na karcie tej umieszczony zostanie procesor AT MEGA103 i złącza do dwóch dodatkowych portów.

Programowanie minikomputera

- Nasz minikomputer bez sterującego nim programu może być co najwyżej niezbyt efektowną ozdobą na biurko. Program można napisać w dowolnym języku posiadającym kompilator umożliwiający utworzenie kodu binarnego przeznaczonego do umieszczenia w pamięci procesora AVR. Szczególnie jednak polecam pakiet BASCOM AVR, ze względu na łatwość programowania i ogromny komfort pracy. Napisany program musi oczywiście zostać umieszczony w pamięci procesora i do tego celu potrzebny będzie programator obsługujący transmisję SPI i umożliwiający zaprogramowanie procesora bez konieczności wyjmowania go z podstawki. Na szczęście, w przeciwieństwie do programatorów równoległych taki programator jest urządzeniem wręcz śmiesznie prostym i tanim. Do naszego minikomputera został opracowany specjalny programator (**rysunek 2**), zrealizowany z wykorzystaniem zaledwie jednego układu scalonego z rodziny TTLs, mieszczący się w typowej

obudowie wtyku DB25. **Płytką tego programatora będzie za darmo dodawana do kitu minikomputera.** W dalszej części artykułu podane zostaną liczne przykłady programowana w MCS BASIC, dialekcie przeznaczonym dla procesorów AVR.

- Co jednak mają czynić ci Koledzy, którzy nie posiadli jeszcze umiejętności programistycznych w stopniu wystarczającym do napisania dość skomplikowanego programu? Dla nich przygotowywana jest specjalna niespodzianka: otóż w kicie nie będzie, jak można by się było spodziewać, dostarczany „czysty” procesor, ale zaprogramowany układ umożliwiający natychmiastowe korzystanie z minikomputera. Jakie funkcje będzie wykonywał ten „fabryczny” minikomputer do wiecie się w dalszej części artykułu. Ważne jest jedno: jeżeli jego funkcje przestaną Wam wystarczać albo jeżeli będziecie chcieli stworzyć zupełnie nowe urządzenie, to sterujący nim program **nie będzie w żaden sposób zabezpieczony przed kopiowaniem** i zawsze będziecie mogli zapisać go na dysku, zaprogramować procesor po swojemu i w dowolnym momencie powrócić do „fabrycznego” programu. Program, który dla Was napisałem (jego funkcje są jeszcze niespodzianką) jest bardzo, ale to bardzo rozbudowany i zajmuje praktycznie całą pamięć EEPROM. Mogłoby to wywołać obawy, że posiadacze wersji Demo BASCOM-a AVR nie będą mogli skopiować go na dysk i ponownie zaprogramować nim procesora. Na szczęście takie obawy byłyby absolutnie bezzasadne: **ograniczenia długości kodu wynikowego występujące w wersji Demo dotyczą wyłącznie samej kompilacji programu, a nie operacji na już skompilowanych plikach.**

- W dalszej części artykułu omówimy szczegółowo wszystkie ważniejsze polecenia języka MCS BASIC, specyficzne dla procesorów AVR i nie omawiane podczas kursu BASCOM College.

Jak to działa?

Podobnie jak płytką testowa używana podczas kursu BASCOM College w ogóle nie działa i działać będzie dopiero po zaprogramowaniu procesora, czy to programem napisanym samodzielnie, czy programem fabrycznym, zaszytym w procesorze dostarczonej w kicie. Jednak działanie tego programu omówimy później, a na razie zajmijmy się opisem hardware pokazanego na schemacie. A zatem, zmieniamy tytuł tego fragmentu artykułu na:

Z czego to się składa?

Zanim jednak rozpoczniemy tę pracę, chciałbym zwrócić się do zupełnie początkujących Czytelników i wyjaśnić im pewną sprawę. Bardziej doświadczeni konstruktorzy proszeni są o opuszczenie tego fragmentu artykułu. Chodzi mi o sposób rysowania schematu,

niewielki odmienny od tego, do którego jesteście przyzwyczajeni. Na większości schematów publikowanych w EdW wszystkie połączenia pomiędzy elementami zaznaczone były jako osobne linie. Jest to metoda dobra, ale jedynie w przypadku prostych układów. Przy rysowaniu schematów układów bardziej rozbudowanych, a w szczególności układów cyfrowych i mikroprocesorowych, do łączenia elementów używamy tzw. BUS, czyli jakby arterii komunikacyjnych, od których rozchodzą się odgałęzienia, każde zaopatrzone w indywidualną nazwę. Wiecie, do czego to można porównać? Do rozbebeszonej elektrycznej instalacji samochodowej! Tam także mamy grube, oplecione taśmą izolacyjną wiązki przewodów, od której odchodzą pojedyncze kable prowadzące do różnych elementów samochodowej instalacji. Różnica polega na tym, że w samochodzie przewody łączące ze sobą wspólne punktu układu oznaczone są kolorami, a na naszym schemacie tzw.etykietami, czyli niepowtarzalnymi nazwami.

Po tej małej dygresji przystąpmy wreszcie do inwentaryzacji dóbr widocznych na schemacie.

Złącza:

1. Sercem naszego minikomputera jest, oczywiście opisany już wyżej procesor typu AT90S8535 – IC1. Jednak sam procesor, bez niezbędnej mu eskorty niewiele by zdziałał.
2. Q1, C1, C2 są elementami niezbędnymi do funkcjonowania wewnętrznego oscylatora systemowego procesora. W układzie zastosowano rezonator kwarcowy o częstotliwości podstawowej 8MHz, czyli najwyższej dopuszczalnej dla procesora '8583.
3. CON1, CON2, CON3 i CON4 są złączami, do których doprowadzone zostały wszystkie aktywne wyprowadzenia procesora, czyli porty A, B, C i D. Do złącz tych możemy podłączyć ewentualne układy peryferyjne, a także aparaturę pomiarową.
4. CON5 jest jednym z najważniejszych elementów mikrokomputera. Umożliwia ono komunikację z dosłownie setkami układów peryferyjnych sterowanych magistralą I²C. Do tego samego złącza możemy dołączyć także klawiaturę od komputera PC, która wprawdzie nie jest układem I²C, ale wymaga identycznych połączeń.
5. CON6 spełnia podobną rolę co CON5 i obsługuje magistralę 1WIRE, czyli umożliwia kontakt z DOWOLNĄ liczbą układów produkcji firmy DALLAS. Do tego jednego wyprowadzenia możemy dołączać termometry, zdalnie sterowane przełączniki i „magiczne tabletki” DALLAS-a.
6. CON7 jest punktem, do którego doprowadzamy napięcie zasilające minikomputer, czyli 12VDC. Dioda D1 zabezpiecza układ przed katastrofalnymi skutkami odwrócenia polaryzacji napięcia zasilającego.
7. CON8, czyli coś dla wygodnych i dbających o bezpieczeństwo procesora. Jest to

złącze pełniące szczególnie ważną funkcję: umożliwia ono wielokrotne programowanie procesora bez konieczności wyjmowania go z podstawki. W dalszej części artykułu dowiedzie się, jak nieprawdopodobny komfort pracy zapewnia to małe złącze!

8. CON9 i CON10 są wejściami i wyjściami bufora mocy ULN2803

9. CON11 - złącze alternatywnego zasilania procesora. Warto tu zwrócić uwagę na nietypowy sposób zasilania procesora, który jest dołączony do szyny zasilającej VCC o napięciu +5VDC za pośrednictwem diody D2. W związku z tym napięcie zasilania procesora jest zmniejszone o ok. 0,6V i wynosi tylko ok. 4,4VDC. Co spowodowało zastosowanie tak nietypowego rozwiązania? Otóż, jest to cała historia. Podczas uruchamiania kilku układów z procesorem AT90S8535 wykorzystujących wbudowany w jego strukturę oscylator i generator przerw RTC napotkałem na nieoczekiwane i dziwaczne trudności. W niektórych układach oscylator nie działał w ogóle, a w innych pracował w niekontrolowany sposób, włączając się i wyłączając w nieoczekiwanych momentach. Ani sprawdzania części hardware'owej układu ani kodu napisanego programu nie dawało rezultatu, podobnie jak wertowanie karty katalogowej procesora. Na rozwiązanie problemu natknąłem się dopiero podczas lektury erraty do karty katalogowej, gdzie firma ATMEL umieściła wręcz kuriozalne stwierdzenie:

„When using an external 32 kHz crystal as asynchronous clock source for Timer2, the timer may count incorrectly at voltages above 4.0V. Keep the supply voltage below 4.0V when clocking Timer2 from an external crystal.”

No comments! Nie wnikać, dlaczego budowa generatora kwarcowego 32768Hz o napięciu zasilania 5V okazała się zbyt trudna dla konstruktorów ATMEL-a. Ważne jest tylko to, że obniżenie napięcia o 0,6V spowodowało natychmiastowe usunięcie problemów ze sprzętowym RTC. W naszym układzie dioda D2 jest elementem opcjonalnym: jeżeli nie będziecie wykorzystywać sprzętowego zegara czasu rzeczywistego, to można po prostu zastąpić ją zwrorą.

10. CON12 pełni także ważną funkcję. Umożliwia ono połączenie naszego minikomputera z portem szeregowym komputera PC lub innego urządzenia elektronicznego wyposażonego w sprzętowy interfejs RS232.

11. CON13 jest złączem o szczególnym charakterze. Nie było go na płytce pierwszego prototypu

naszego komputera i zostało dodane później. Jego zadaniem jest umożliwienie dołączenia do minikomputera typowego odbiornika sygnału DCF77 nadawanego na falach długich. Odebranie i zdekodowanie tego sygnału umożliwi nam budowę układów wykorzystujących atomowy wzorzec czasu o dokładności 1 sekundy na 5 milionów lat.

Układy scalone:

IC1 – najważniejszy element konstrukcji minikomputera, z którym dobrze się zapoznamy w najbliższym czasie.

IC2 – zawiera w swojej strukturze osiem driverów mocy. Każdy z nich może zasilac od strony masy układu pobierając prąd o wartości do 500mA. Zadaniem układu ULN2003 jest bezpośrednie sterowanie przekaźnikami, żarówkami, silnikami i innymi urządzeniami wykonawczymi.

IC3 – jest układem resetującym procesor w przypadku spadku napięcia zasilającego poniżej wartości minimalnej, a także zapewnia pewny start procesora po włączeniu zasilania.

IC4 – to zwykły, znany Wam bardzo dobrze scalony stabilizator napięcia +5VDC.

IC5 – to także nasz dobry znajomy. Jego zadaniem jest odbieranie transmisji danych nadawanych w podczerwieni z częstotliwością nośną ok. 36kHz.

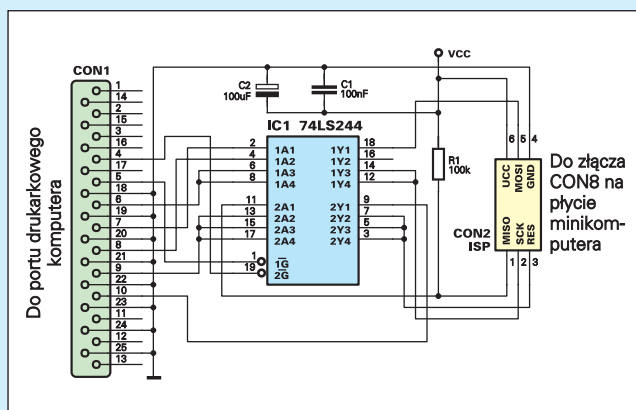
IC6 – to wzorzec napięciowy. Na jego wprowadzeniu VR występuje napięcie dokładnie równe 2500mV, stabilne w funkcji temperatury i napięcia zasilającego. Jest to bardzo ważny element układu minikomputera w przypadku, kiedy będziemy chcieli dokonywać pomiaru wartości analogowych i wykorzystywać zawarty w strukturze procesora 8535 osmiokrotny przetwornik analogowo-cyfrowy.

IC7 - zapewnia nawiązanie łączności pomiędzy naszym minikomputerem a maszynami klasy PC lub innymi urządzeniami elektronicznymi wyposażonymi w interfejs RS232.

Pozostałe elementy konstrukcji komputera:

- Klawiatura, składająca się z szesnastu klawiszy S1 ... S16 połączonych w matrycę 4x4 umożliwia wprowadzanie do komputera wszelkiego typu danych, tak liczb jak i tekstów.

Rys. 2 Schemat ideowy programatora



- Wyświetlacz alfanumeryczny LCD – DP1. Możemy zastosować dwa typy wyświetlaczy: 16x1 i 16x2 znaki. Zdecydowanie polecałbym wyświetlacz drugiego typu (taki będzie dostarczany w kicie). Natomiast sprawą do dyskusji jest to, czy wyświetlacz ma być podświetlany, czy nie. Wyświetlacz z podświetlaniem jest z pewnością bardziej efektywny i lepiej czytelny, ale za te zalety trzeba zapłacić nieco większą cenę, a także liczyć się ze zwiększonym poborem prądu.

Montaż i uruchomienie

Na rysunku 3 została pokazana płytka obwodu drukowanego naszego minikomputera. Ze względu na znaczną komplikację połączeń płytka została zaprojektowana na laminacie dwustronnym z metalizacją.

Montaż minikomputera nie powinien nastreczyć nikomu większych trudności, pod warunkiem że będziecie przestrzegać kilku wskazówek, których za chwilę Wam udzielię. Przede wszystkim pamiętajcie o

Wykaz elementów

Rezystory:

PR1	.....	1kΩ
R1, R2, R3	.....	4,7kΩ
R4, R7	.....	220Ω
R5	.....	3,3kΩ
R6, R8	.....	1kΩ
R9, R10	.....	10kΩ

Kondensatory:

C1, C2	.....	27pF
C3	.....	220μF
C4, C5	.....	100nF
C6, C7	.....	100μF
C8, C9, C10, C11	.....	4,7μF
C12	.....	220nF

Półprzewodniki:

D1	.....	1N4007
D2, D3	.....	1N4148
D4	.....	LED
IC1	.....	AT90S8535
IC2	.....	ULN2003
IC3	.....	DS1813
IC4	.....	7805
IC5	.....	TFMS5360
IC6	.....	LM385 2,5V
IC7	.....	MAX232
T1	.....	BC548

Pozostałe:

CON1, CON2, CON3, CON4, CON9, CON10	.....	8 x goldpin
CON6, CON11	.....	2 x goldpin
CON7	.....	ARK2 (3,5mm)
CON8	.....	3x2 goldpin
CON12, CON13	.....	3x2 goldpin
DP1	.....	wyświetlacz alfanumeryczny LCD 16x2
Listwa goldpinów 16x1	.....
Q1	.....	rezonator kwarcowy 8MHz
Q2	.....	rezonator kwarcowy 32768Hz
S1 ... S16	.....	microswitch 10 mm

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2550

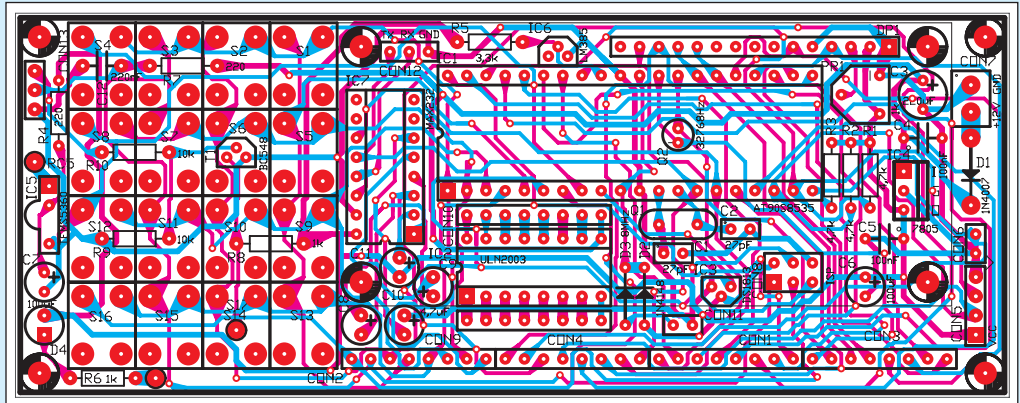
mądrej zasadzie „Festina lente” i wszystkie czynności podczas montażu komputerka wykonujecie powoli i z rozmysłem. Wylutowywanie nieprawidłowo zamontowanych elementów z płytki dwuwarstwowej nie należy do przyjemności!

No tak, postraszyłem Was trochę, a tak naprawdę to wszystkie te zastrzeżenia dotyczą tylko dwóch elementów, na które musicie zwrócić szczególną uwagę: klawiatury i szeregu goldpinów, do których następnie będziecie musieli przylutować wyświetlacz alfanumeryczny. Elementy te zostawmy sobie na sam koniec pracy, a teraz zamontujmy pozostałe. Ten etap montażu wykonujemy „po Bożemu”, rozpoczynając od wlotowania na płytkę rezystorów i podstawek pod układy scalone, a kończąc na kondensatorach elektrolitycznych i stabilizatorze napięcia. Bez obaw **lutujemy także te elementy, które znajdują się w obrębie klawiatury: jej przyciski będą zamontowane po przeciwnej stronie płytki.**

Po wlotowaniu tych elementów odwracamy płytkę na drugą stronę i lutujemy szereg 16 goldpinów od strony (umownej) ścieżek, czyli po przeciwnej stronie co pozostałe elementy. Goldpiny lutujemy do szeregu punktów lutowniczych oznaczonych na płycie jako DPI.

Pora teraz na najważniejszą czynność, jaką musimy wykonać przed zamontowaniem wyświetlacza: **na kilkukrotne sprawdzenie poprawności montażu już wlotowanych elementów.** Pamiętajmy, że **po zamontowaniu wyświetlacza utracimy dostęp do wielu punktów lutowniczych i dokonanie jakichkolwiek poprawek będzie bardzo, bardzo trudne!**

Jeżeli stwierdziliśmy ponad wszelką wątpliwość, że montaż został przeprowadzony poprawnie, to możemy teraz przylutować wyświetlacz. Czynność tę musimy przeprowadzić wyjątkowo starannie, montując wyświetlacz jak najbliżej powierzchni płytki i idealnie do niej równolegle. Aha, przed wlotowaniem wyświetlacza musimy jeszcze zagiąć metalowe łapki, mocujące obudowę wyświetlacza do jego płytki, tak aby ściśle



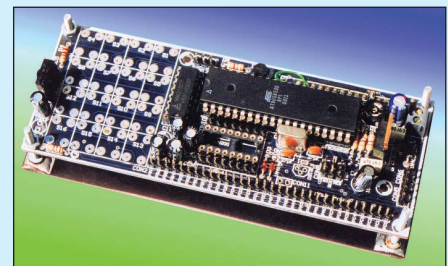
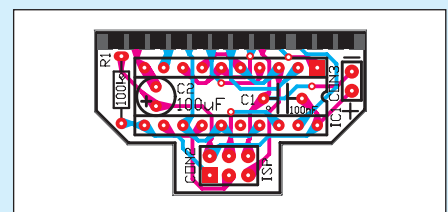
Rys. 3

przylegały do jej powierzchni. Czynność tę należy wykonać bardzo delikatnie, za pomocą małych kombinerek.

Ostatnią czynnością montażową będzie budowa szesnastkowej klawiatury, a jej przebieg zależeć będzie od rodzaju zastosowanego wyświetlacza. Jeżeli użyliśmy wyświetlacza bez podświetlania, to przyciski lutujemy tak, jak inne elementy, oczywiście podobnie jak złącze wyświetlacza od spodniej strony płytki. Na pewne problemy napotkamy jedynie w przypadku zastosowania wyświetlacza z podświetlaniem, który ze swej natury jest o kilka milimetrów grubszy od swojego uboższego krewnego nie świecącego w ciemności. W takim wypadku microswitche muszą zostać odsunięte jak najdalej od powierzchni płytki, tak aby ich przyciski wystawały co najmniej o 2 milimetry ponad powierzchnię wyświetlacza. A zatem, jeżeli zdecydowaliśmy się na wyświetlacz z podświetlaniem, to przyciski lutujemy „powierzchniowo”, nie przewlekając ich końcówek przez otwory w punktach lutowniczych.

Montaż klawiatury jest ostatnią czynnością jaką musimy wykonać podczas budowy płyty głównej naszego komputera. Dla tych, którzy przebrnęli przez ten etap będzie fraszą połączenie płyty głównej z płytą czołową komputerka, widoczną na wkładce w środku numeru. To tego celu najlepiej wykorzystywać tulejki dystansowe lub po prostu cztery śrubki M3, których łebki lutujemy do punktów lutowniczych płyty czołowej i łączymy całość z płytą główną za pomocą ośmiu nakrętek M3.

Rys. 4 Płytkę drukowaną programatora



W dalszych częściach artykułu zapoznam Was z następującymi sprawami:

1. Budową programatora ISP, stanowiącego nierozłączną całość z naszym minikomputerem.
2. Metodami programistycznymi potrzebnymi do „ożywienia” wykonanego układu i z najnowszymi „fajerwerkami” pakietu BASCOM AVR.
3. „Fabrycznym” programem obsługi minikomputera.

Zbigniew Raabe

zbigniew.raabe@edw.com.pl

KONKURS na nazwę **Pecel** czy **Big Bang** czy jeszcze inaczej?

(ten kupon należy wysłać do 31. 09)

Wśród czytelników konkursu rozlosujemy 1 nagrodę w postaci kitu B oraz 5 nagród w postaci kitów A (komplet płytek) komputera opisywanego w tym artykule.

Wybieram nazwę **Pecel**

Wybieram nazwę **Big Bang**

Mam własną propozycję - nazwę

Imię i Nazwisko

Miejscowość

Ulica, nr domu

kod, poczta