

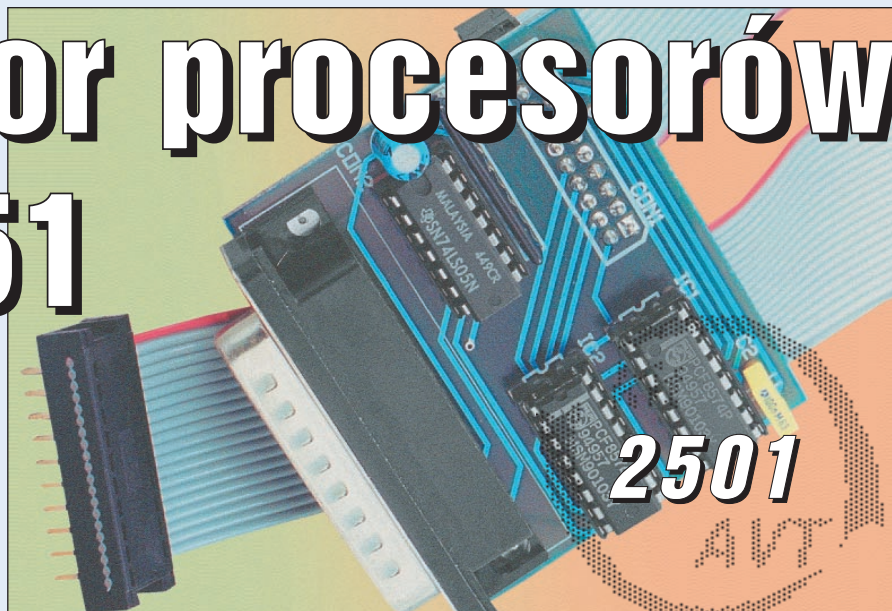


Emulator procesorów 89CX051

W ramach programu BASCOM College chciałbym zaproponować Moim Czytelnikom budowę jednego z najbardziej użytecznych dla konstruktora urządzeń: emulatora sprzętowego. Jednak zanim przejdziemy do bardziej szczegółowego opisu proponowanego układu, etyka zawodowa nakazuje mi złożyć następujące oświadczenie:

Emulator sprzętowy procesorów 89CX051, przeznaczony do współpracy z kompilatorami BASCOM, został opracowany przez firmę MCS Electronics i GRIFO. Nie jestem autorem tego urządzenia, a jedyną moją zasługą jest zaprojektowanie płytki obwodu drukowanego i przetestowanie układu. Schemat emulatora został wykorzystany za zgodą i aprobatą firmy GRIFO.

Emulator sprzętowy jest urządzeniem, które nie tylko ułatwia tworzenie programów na mikroprocesory. W wielu przypadkach pozwala on na pełne przetestowanie programu i zaprojektowanego układu wyłącznie za pomocą komputera i odpowiedniego oprogramowania, bez konieczności programowania procesora. Mówiąc najprościej: komputer połączony z uruchamianym urządzeniem za pomocą emulatora „udaje”, że jest włożonym w podstawkę procesorem. Jakie to daje korzyści programiście? Ogromne, a przede wszystkim znaczną oszczędność czasu. Procesory 89CX051 posiadają wprawdzie



pamięć EEPROM, w której przechowywana jest pamięć programu, ich programowanie i przeprogramowywanie jest bardzo proste, ale zawsze zajmuje cenny czas. Ponadto, programator procesorów jest urządzeniem dość kosztownym, a jego samodzielna budowa nie należy do najprostszych zadań. Stosowanie emulatorów programowego i sprzętowego pozwala odwrócić konieczność zaprogramowania procesora do ostatniej chwili, kiedy napisany program będzie już wielokrotnie przetestowany i poprawiony. Emulator sprzętowy, szczególnie w połączeniu z opisaną dalej płytką prototypową, daje też dostęp do techniki mikroprocesorowej kolejnej grupie hobbyistów: Kolegom, którzy uwielbiają prace programistyczne, ale wzięcie do ręki lutownicy jest dla nich jedynie smutną koniecznością.

Powiedzmy sobie teraz kilka słów o możliwościach i ograniczeniach proponowanego układu. Może on współpracować z dwoma programami – kompilatorami języka BASIC: BASCOM-em i 8051. Sprawdziłem działanie układu z obydwojema tymi programami i wyniki były więcej niż zachęcające! **Jednak**

bez posiadania jednego z wymienionych programów układ emulatora jest całkowicie bezużyteczny!

Emulator pozwala na symulację obecności w testowanym układzie wyłącznie procesorów typu AT89C2051 i AT89C4051. **Emulacja jakichkolwiek innych procesorów nie jest możliwa.** Ponieważ jednak umówiliśmy się, że na

początkowym etapie działalności naszej szkoły programowania procesorów w języku BASIC będziemy używać tylko tych procesorów, wada nie wydaje się być zbyt uciążliwa.

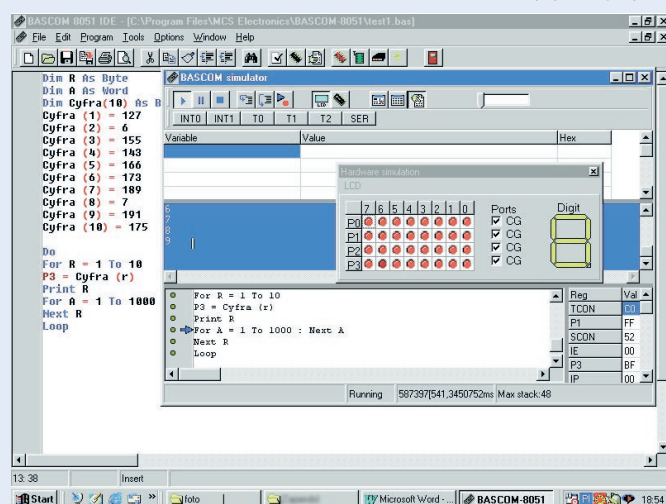
Za pomocą naszego emulatora możemy sprawdzić działanie **większości** funkcji wykonywanych przez testowany program i projektowane urządzenie mikroprocesorowe. **Większości, nie wszystkich!** Ograniczeniem jest szybkość pracy emulatora, już w założeniu znacznie mniejsza od szybkości pracy procesora. Tu w korzystnej sytuacji znajdą się szczęśliwi posiadacze komputerów w nowoczesnej konfiguracji, wyposażonych w procesory PENTIUM II lub lepsze. Im bowiem szybszy procesor komputera, tym bardziej emulacja mikroprocesora będzie odpowiadała rzeczywistym warunkom pracy testowanego układu.

Proponowany układ jest banalnie prosty i łatwy do wykonania. Całkowicie odpowiada to trendom, które lansujemy w naszej szkole programowania procesorów: prosty hardware, a cały „rozum” urządzenia umieszczony jest w jego oprogramowaniu. Dlatego też do wykonania emulatora zachęcam nawet zupełnie początkujących konstruktorów, a w szczególności tych, którzy nie za bardzo lubią lutować, a cały wysiłek wkładają w pisanie programów.

Jak to działa?

Na **rysunku 1** został pokazany schemat elektryczny układu sprzętowego emulatora procesorów 89CX051. Jednak odpowiedź na postawione wyżej pytanie będzie tym razem dość trudna. Jak już wiecie, nie jestem autorem tego układu i ... nie bardzo wiem, jak to działa. Bez wnikania w zasady działania programów BASCOM, które z kolei są tajemnicą producenta, możemy jedynie stwierdzić, że przesyłanie informacji pomiędzy emulatorem a komputerem odbywa się zgodnie

Rys. 4



z protokołem transmisji danych w szynie I²C. Do transferu danych wykorzystane zostały dwa dwukierunkowe konwertery I²C – 8-bitowa szyna danych. Emulator obsługuje wszystkie wyprowadzenia procesora z wyjątkiem wejść oscylatora kwarcowego i wejścia RESET. Ważne jest, że wyprowadzenia te nie są do niczego podłączone i że podczas pracy z emulatorem nie musimy wylutowywać z układu kwarcu, ani też zmieniać niczego w układzie resetowania procesora.

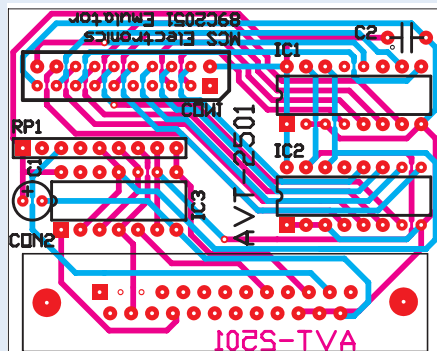
Układ emulatora zasilany jest zawsze z testowanego układu.

Montaż i uruchomienie

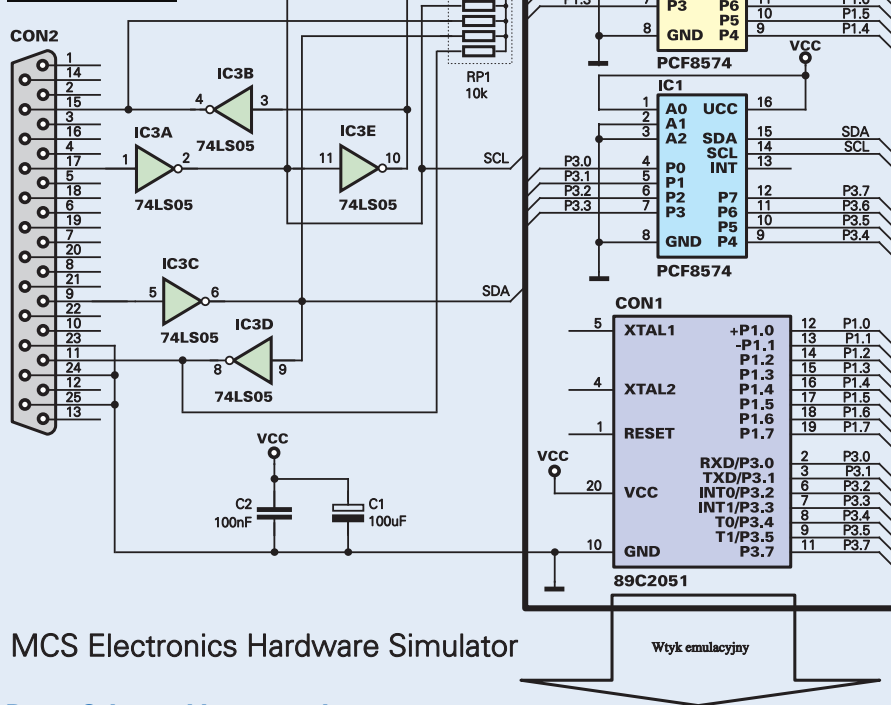
Na rysunku 2 została pokazana mozaika ścieżek płytki obwodu drukowanego, wykonanego na laminacie dwustronnym z metalizacją. Montaż układu wykonujemy w typowy sposób, rozpoczynając od wlutowania w płytkę podstawek pod układy scalone, a kończąc na zamontowaniu złącza CON2 i przewodu z wtykiem emulacyjnym.

Warto szerzej omówić sprawę montażu wtyku emulacyjnego, co bynajmniej nie jest tak proste, jak mogłoby się wydawać. W zestawie znajduje się odcinek przewodu taśmowego 20-żyłowego i dwa wtyki: jeden, znany już nam wtyk zaciskany na przewodzie taśmowym, który dołączymy do złącza CON1 na płytce, i drugi, z wyglądu podobny do podstawki pod układ scalony. Sposób zaciskinięcia na kablu pierwszego z wtyków został już wyczerpująco opisany w jednym z poprzednich numerów EdW, natomiast drugi wtyk, emulacyjny, jest dla nas jeszcze nowością. Przeglądając wykaz elementów uważni Czytelnicy z pewnością zauważą, że wymieniona w nim jest podstawka typu DIL20, podczas gdy na płytce nie ma miejsca na układ o tej liczbie nóżek. Ta druga podstawka jest tylko elementem pomocniczym do montażu na kablu wtyku emulacyjnego i, niestety, ulegnie podczas tej operacji całkowitemu zniszczeniu. Kolejność postępowania podczas montażu wtyku emulacyjnego będzie następująca:

1. Wtyk emulacyjny wkładamy do “dodatko-wej” podstawki DIL20.



Rys. 2 Schemat montażowy



MCS Electronics Hardware Simulator

Rys. 1 Schemat ideowy emulatora

2. W szczelinę we wtyku emulacyjnym wsuwamy jeden koniec przewodu taśmowego.

3. Całość ściskamy w imadle aż do usłyszenia cichego trzasku, świadczącego o zamknięciu się wtyku emulacyjnego. Podczas wykonywania tej czynności podstawka zostanie całkowicie zniszczona, ale jest to jedyna pewna metoda zabezpieczenia końcówek wtyku emulacyjnego przed uszkodzeniem.

Układ emulatora zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga już więcej jakichkolwiek czynności i po dołączeniu do portu drukarkowego komputera z zainstalowanym jednym z programów BASCOM powinien działać poprawnie. Użytkowanie emulatora opisane będzie dokładnie w cyklu artykułów opisujących program BASCOM i dlatego teraz podam Wam jedynie najpotrzebniejsze informacje.

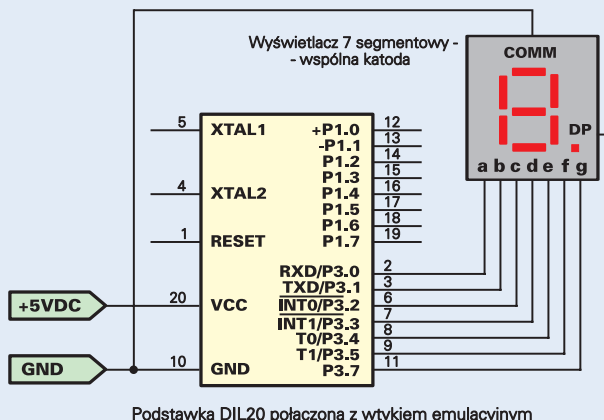
Wtyk emulacyjny układu powinien zostać umieszczony w testowanym urządzeniu, zamiast procesora. Badany układ powinien być zasilany odpowiednim dla niego napięciem, tj. 5VDC. Po połączeniu ze sobą (przy wyłączonym zasilaniu) trzech układów: komputera, emulatora i testowane-

go urządzenia włączamy zasilanie i uruchamiamy na komputerze program BASCOM LT lub BASCOM8051. Ładujemy program, którego działanie chcemy sprawdzić, kompilujemy go i uruchamiamy symulator.

Dalsze czynności zależne są od funkcji wykonywanych przez testowany program.

Co jednak mają zrobić niecierpliwi konstruktorzy, którzy nie mają jeszcze przygotowanego żadnego układu z procesorami 89CX051, ani płytki testowej, a chcieliby przetestować działania emulatora? Można to zrobić w bardzo prosty sposób.

Do podstawki DIL20 lutujemy “w pająku” zgodnie z rysunkiem 3 wyświetlacz siedmiosegmentowy LED. Musi to być



Rys. 3

wyświetlacz ze wspólną katodą! Do podstawki dołączamy zasilanie 5VDC (nóżka 20 +, nóżka 10 -) i łączymy ją z emulatorem. Następnie piszemy w edytorze BASCOM-a króciutki programik:

Po jego skompilowaniu uruchamiamy emulator (rys.4) i obserwujemy zachowanie wyświetlacza. Jeżeli zaczną się na nim pojawiać cyfry od 0 do 9 wyświetlane w pętli, to nasz układ emulatora możemy uznać za sprawny i gotowy do testowania napisanych programów.

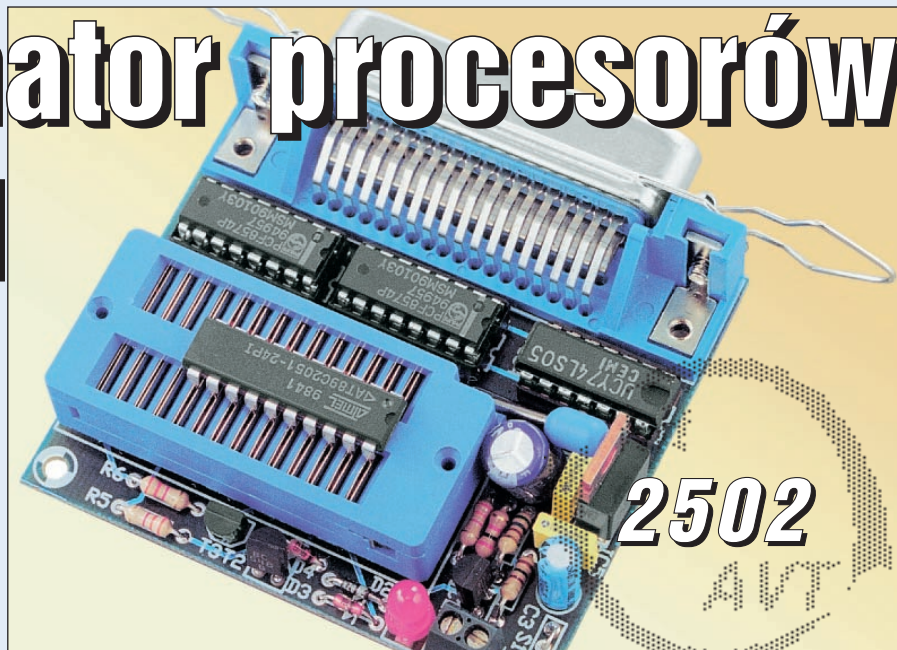
```
Dim R As Byte 'deklaracja zmiennej, niezbędna w dialekcie BASCOM
Dim A As Word 'deklaracja zmiennej, niezbędna w dialekcie BASCOM
Dim Cyfra(10) As Byte 'deklaracja tablicy, niezbędna w dialekcie BASCOM
Cyfra (1) = 127 'definicja wyświetlania cyfry "0"
Cyfra (2) = 6 'definicja wyświetlania cyfry "1"
Cyfra (3) = 155 'definicja wyświetlania cyfry "2"
Cyfra (4) = 143 'definicja wyświetlania cyfry "3"
Cyfra (5) = 166 'definicja wyświetlania cyfry "4"
Cyfra (6) = 173 'definicja wyświetlania cyfry "5"
Cyfra (7) = 189 'definicja wyświetlania cyfry "6"
Cyfra (8) = 7 'definicja wyświetlania cyfry "7"
Cyfra (9) = 191 'definicja wyświetlania cyfry "8"
Cyfra (10) = 175 'definicja wyświetlania cyfry "9"
Do
For R = 1 To 10
P3 = Cyfra (r)
Print R
For A = 1 To 1000 : Next A 'pętla opóźnienia zależna od szybkości komputera
Next R
Loop
```

Wykaz elementów

- Kondensatory:**
 C1100µF/10
 C2100nF
- Rezystory:**
 RP1R-pack SIL 10kΩ
- Półprzewodniki:**
 IC2, IC1PCF8574P
 IC374LS05
- Pozostałe:**
 CON1złącze zaciskane 20 pin lutowane w płytce
 CON2złącze DB25/M lutowane w płytce
 Wtyk emulacyjny 20 pin
 Przewód taśmowy ok. 1 mb
 Podstawki pod układy scalone + podstawka DIL20
 Goldpin 2 x 10 pin

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2501

Programator procesorów 89CX051



Jak już zapewne wiecie, sam program BASCOM to za mało: potrzebne są jeszcze proste narzędzia hardware'owe umożliwiające mu kontakt z procesorem. Jednym z tych narzędzi jest opisany emulator sprzętowy, a drugim, którym zajmiemy się teraz – programator, bez którego wykonywanie układów z mikroprocesorami jest absolutnie niemożliwe.

Programator MCS Flash Programmer został opracowany przez firmę MCS Electronics, która w swej uprzejmości udzieliła mi zgody nie tylko na publikację schematu programatora, ale także na wykonanie płytki obwodu drukowanego, przetestowanie układu i następnie rozprowadzanie go pod postacią kitu.

Programator firmy MCS Electronics jest urządzeniem wręcz uderzającym swą prostotą. Zbudowany został z wykorzystaniem zaledwie trzech tanich i bardzo łatwo dostępnych układów scalonych i garstki elementów dyskretnych. Jego wykonanie jest absolutnie możliwe nawet dla początkujących elektroników, a układ nie wymaga jakiegokolwiek regulacji ani uruchamiania. Jednak "coś za coś", prostota i taniość układu została okupiona dwoma, niezbyt zresztą dokuczliwymi ograniczeniami:

- 1. Proponowany programator może pracować wyłącznie z programem BASCOM LT lub BASCOM8051.**
- 2. Za pomocą opisanego niżej urządzenia możemy programować wyłącznie procesory serii 89CX051, czyli 89C1051, 89C2051 i 89C4051.**

Jeżeli jednak komuś z Was nie odpowiada koncepcja budowy programatora o nieco ograniczonych możliwościach, to w ofercie AVT znajduje się uniwersalny programator obsługujący całą rodzinę '51, zaprojektowany przez Sławomira Surowińskiego. Jest to kit AVT-320, idealne narzędzie dla bardziej zaawansowanych konstruktorów.

Jak to działa?

Schemat elektryczny proponowanego układu został pokazany na **rysunku 1**. Ponieważ układ jest banalnie prosty i opisanie go nie zajmie wiele miejsca, możemy poświęcić chwilę na sprecyzowanie, na czym właściwie polega programowanie procesorów i jaki jest jego algorytm w przypadku kostek rodziny 89CX051.

Zapewne wszyscy wiecie, że mikroprocesor sam jako taki nie "potrafi" dosłownie nic. Aby go "ożywić" i zmusić do wykonywania niekiedy bardzo skomplikowanych czynności, potrzebny jest napisany przez człowieka program, który musi zostać umieszczony w miejscu łatwo "dostępnym" dla procesora.

Każdy mikroprocesor musi dysponować co najmniej dwoma rodzajami pamięci: pamięcią programu i pamięcią danych. Jako pamięć danych wykorzystuje się zwykle pamięć RAM lub/i EEPROM, umieszczone na zewnątrz lub wewnątrz procesora, natomiast pamięć programu jest z zasady pamięć stała, obecnie najczęściej reprogramowalna (przynajmniej w procesorach stosowanych w konstrukcjach amatorskich). Dawniej jako repro-

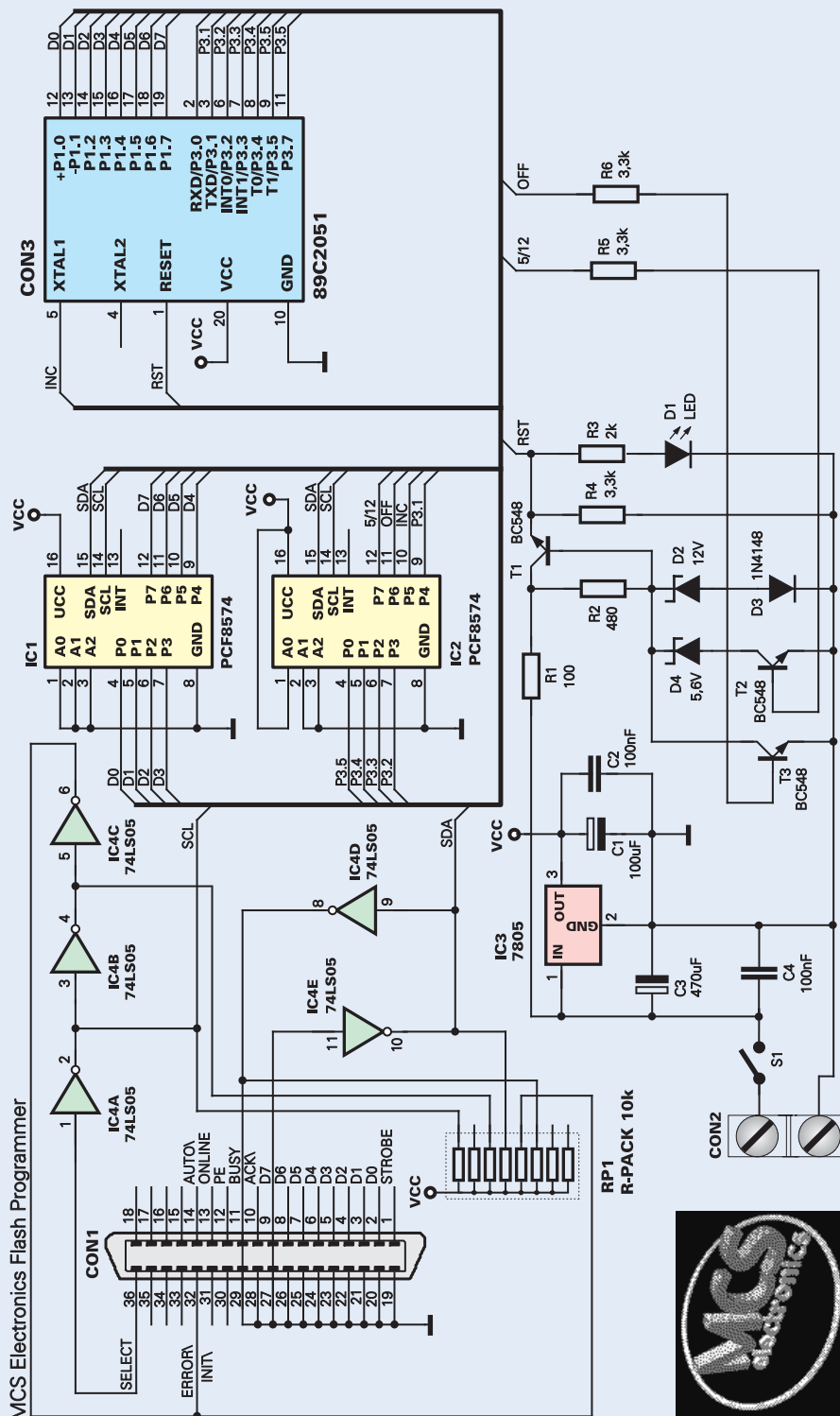
gramowalną pamięć programu stosowano zwykle wewnętrzne lub zewnętrzne pamięci EPROM, obecnie coraz większe uznanie uzyskują pamięci EEPROM, których kasowanie nie wymaga stosowania specjalnych urządzeń i może odbywać się w każdym przystosowanym do tego celu programatorze.

Zalety procesorów z pamięcią programu typu EEPROM szczególnie powinni docenić amatorzy. Taki procesor możemy przeprogramować

praktycznie w nieskończoność, poprawiać napisany program i wpisywać do jego pamięci nowy. Do tego celu potrzebny nam jest jedynie programator, choćby tak banalnie prosty, jak opisywany w tym artykule.

Jakie czynności właściwie wykonuje programator? Przyjrzyjmy się bliżej algorytmowi programowania procesorów serii 89CX051. Pomocą będzie też rysunek 2. Po umieszczeniu procesora przeznaczanego do zaprogramowania w podstawce programatora muszą zostać wykonane następujące czynności:

1. Wymuszenie stanu niskiego na wejściu RST na okres nie krótszy niż 10ms.
2. Wymuszenie stanu wysokiego na wejściach RST i P3.2.
3. Ustawienie odpowiedniej kombinacji stanów logicznych, właściwych dla funkcji, która ma zostać wykonana na wejściach P3.3, P3.4, P3.5 i P3.7. W tabeli poniżej zestawione zostały wszystkie tryby pracy procesora podczas programowania i odpowiadające im stany logiczne na wejściach portu P3.
4. Programowanie i weryfikacja zapisanych danych. Na wejściach portu P1 musi zostać ustawiona kombinacja logiczna odpowiadająca pierwszemu bajtowi wpisywanego do pamięci programu (adres 000H).
5. Dołączenie do wejścia RST napięcia dokładnie równego +12VDC.
6. Podanie na wejście P3.2 krótkiego impulsu ujemnego powodującego zapisanie bajtu w pamięci.



Rys. 1 Schemat ideowy programatora

Wykaz elementów

Kondensatory:

- C1100µF/16
- C4, C2100nF
- C3470µF/25

Rezystory:

- RP1R-PACK 10kΩ
- R1100 Ω
- R2470 Ω
- R32kΩ
- R4, R5, R63,3kΩ

Półprzewodniki:

- D1LED
- D2dioda Zenera 12V
- D31N4148
- D4dioda Zenera 5,6V
- IC1, IC2PCF8574 AP
- IC37805
- IC474LS05
- T1, T2, T3BC548

Pozostałe:

- CON1 ...złącze CENTRONICS 36 lutowane w płytce
- CONARK2 (3,5mm)
- CON3Podstawka DIL20 precyzyjna

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2502

7. Aby zweryfikować zapisane dane (bajt), należy teraz obniżyć napięcie na wejściu RST do poziomu logicznej jedynki, ustawić odpowiednią kombinację logiczną (odczyt danych) na wejściach portu P3 i dokonać odczytu danych z wyjść portu P1. (Uwaga, weryfikacja danych może być także dokonana „hurtowo”: po zapisaniu całej zawartości pamięci odczytujemy cały program i porównujemy z oryginałem znajdującym się na dysku komputera).
8. Po sprawdzeniu poprawności zapisu bajtu zwiększamy wartość wewnętrznego licznika pamięci programu o „1” przez podanie pojedynczego impulsu na wejście XTAL1.
9. Powtarzamy operacje opisane w punktach 5 do 8 aż do zapisania całej zawartości pamięci, czyli dla układu bagatelka: 2048 razy!
10. Opcjonalnie wpisujemy do pamięci procesora bity zabezpieczające. Ustawiamy stan niski na wejściu XTAL.
11. Ustawiamy stan niski na wejściu RST.
12. Odłączamy wszystkie wyprowadzenia procesora.

Funkcja	RST	P3.2	P3.3	P3.4	P3.5	P3.7
Zapis danych	12V	IMP*)	L	H	H	H
Odczyt danych	H	H	L	L	H	H
Protekcja – bit 1	12V	IMP	H	H	H	H
Protekcja – bit 2	12V	IMP	H	H	L	L
Kasowanie	12V	IMP	H	L	L	L
Odczyt sygnatury	H	H	L	L	L	L

*) IMP- ujemny impuls 1 ms (kasowanie 10 ms)

owane są z komputera poprzez cztery linie złącza CENTRONICS i przekazywane na wejścia procesora za pośrednictwem interfejsów linia I²C – wyjście równoległe, wykorzystujących popularne układy PCF8574.

Wyjaśnienia może wymagać jeszcze sprawa układu z tranzystorami T1 ... T3. Ten fragment układu nie jest niczym innym jak programowanym stabilizatorem, dostarczającym napięć potrzebnych do sterowania wejściem RST programowanego procesora. Napięcia przełączane są stanem na linii 5/12 wyprowadzonej z wyjścia 12 IC2. Stan

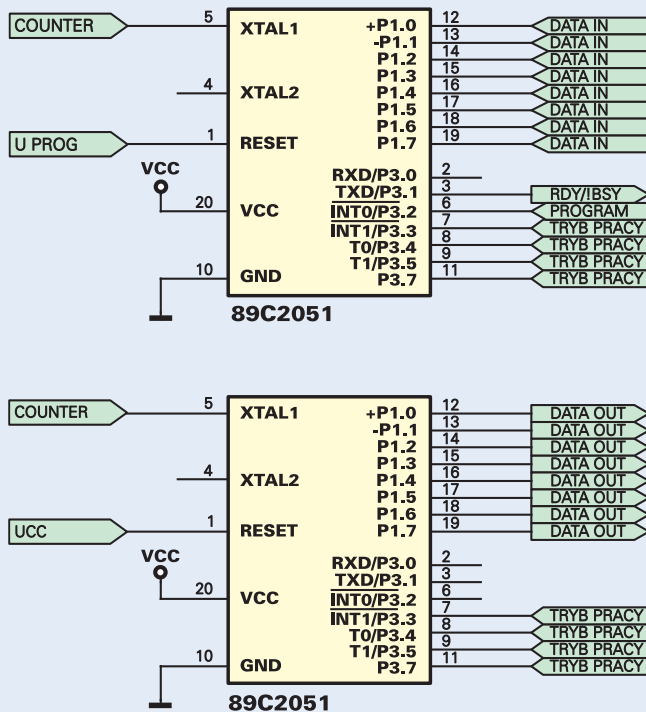
wysoki na tym wyjściu powoduje dostarczenie do wejścia RST procesora napięcia równego 5V, a stan niski pozwala na programowanie procesora poprzez wymuszenie na wejściu RST napięcia +12V. Natomiast wystąpienie na wyjściu 11 IC2 stanu wysokiego powoduje odłączenie jakiegokolwiek napięcia od wejścia RST i wyzerowanie procesora.

Dioda LED służy jedynie do wizualnej kontroli pracy programatora, włączając się podczas każdej wykonywanej przez układ operacji.

nien być wyposażony w podstawkę typu ZIF (Zero Inserting Force) umożliwiającą łatwą wymianę programowanych układów. Jednak koszt takiej podstawki przekroczy z pewnością koszt wszystkich pozostałych elementów potrzebnych do budowy programatora! Jeżeli więc macie zamiar programować procesory jedynie sporadycznie, do nie warto kupować drogiej podstawki ZIF i zamiast niej zastosować zwykłą podstawkę, byle dobrej jakości (taki element będzie dostarczany w kicie). Jeżeli jednak zdecydujecie się na podstawkę ZIF, to należy ją zakupić osobno.

Montaż układu przeprowadzamy w typowy sposób, unikając wzorowania się na modelu pokazanym na fotografii. Dlaczego? A no, przez wrodzone mi rozróżnienie zamocowałem tam odwrotnie podstawkę ZIF tak, że pomimo iż układ pracował poprawnie, wkładanie procesorów do podstawki było bardzo utrudnione (dźwignia zawadzała o stabilizator napięcia i kondensator elektrolityczny).

Warto jeszcze poruszyć sprawę zasilania zmontowanego układu. Z uwagi na stosowane w urządzeniu stabilizatory napięcia, musimy dostarczyć do niego napięcie stałe z przedziału 13 ... 16VDC. Napięcie większe może spowodować uszkodzenie lub wadliwe działanie stabilizatora IC3, a mniejsze może doprowadzić do obniżenia napięcia na wejściu RST procesora poniżej 12V.



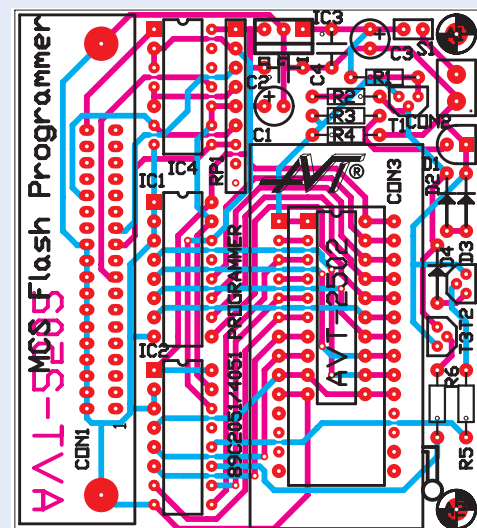
Rys. 2 Programowanie i weryfikacja

Teraz możemy już wyjąć zaprogramowany procesor z podstawki, wstawić go do uruchamianego układu, stwierdzić, że napisany podczas nieprzespanej nocy program zawiera jeszcze błędy, poprawić je i ... zacząć całą zabawę od początku! Pociężające jest tylko to, że cały opisany wyżej algorytm programowania wykonywany jest automatycznie przez komputer w czasie nie dłuższym niż kilka sekund!

No tak, podczas opisywania algorytmu programowania procesora 89C2051 przy okazji wyczerpująco odpowiedzieliśmy na pytanie „Jak to działa?”! Wszystkie dane transmi-

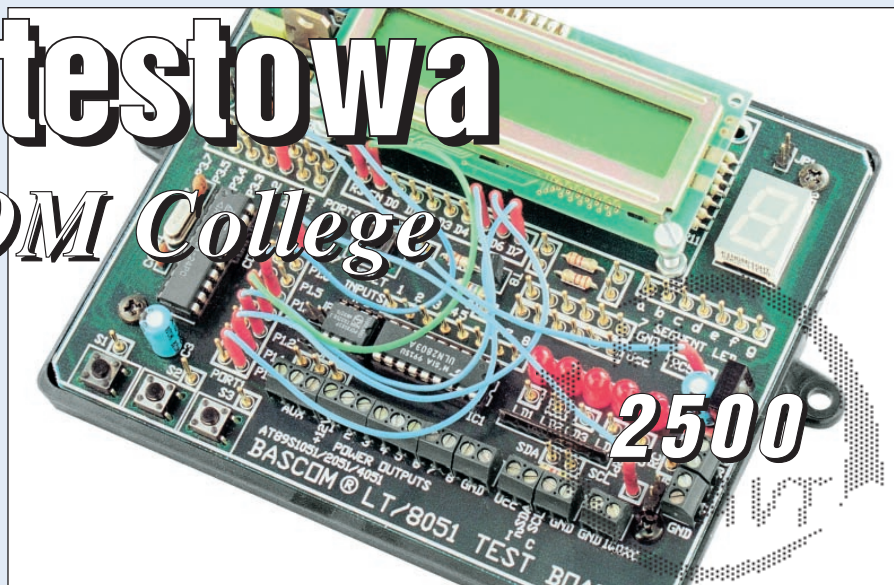
Montaż i uruchomienie

Na rysunku 3 została pokazana mozaika ścieżek płytki drukowanej, wykonanej na laminacie dwustronnym z metalizacją oraz rozmieszczenie na niej elementów. Jeszcze przed rozpoczęciem montażu powinniśmy chwilę się zastanowić i podjąć ważną decyzję. Pomyślmy, jakie są nasze zamiary na przyszłość i czy chcemy opracowywać wiele układów wykorzystujących procesory 89CX051? W zasadzie każdy programator, do którego z założenia często wkładamy i wyjmujemy programowane układy powi-



Rys. 2 Schemat montażowy

Płytkka testowa dla BASCOM College

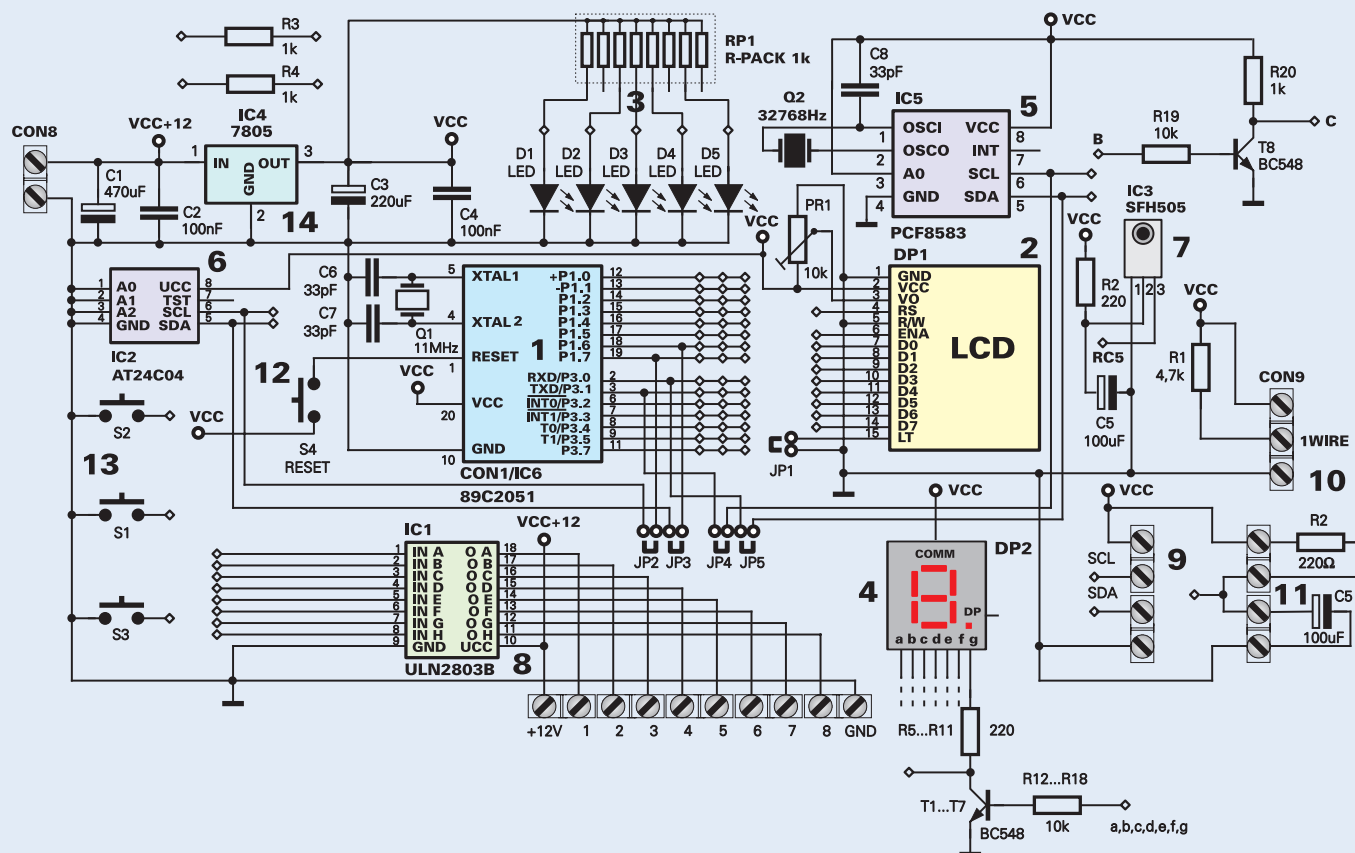


Teraz chciałbym zaprezentować moim Czytelnikom budowę trzeciego układu z serii urządzeń BASCOM College, które umożliwi nam nie tylko rozpoczęcie nauki programowania procesorów, ale także będzie służyć jako pomoc w konstruowaniu i testowaniu nowych układów mikroprocesorowych. Jednak w odróżnieniu od dwóch poprzednich układów z tej serii, płytka testowa nie jest nierozłącznie związana z pakietem BASCOM i może służyć także do testowania układów z procesorami zaprogramowanymi w innym środowisku. Jed-

nakże tylko współpraca z BASCOM-em umożliwia testowanie układów mikroprocesorowych bez konieczności posiadania i programowania jakiegokolwiek procesora. Łącząc płytka testową bezpośrednio z opisanym wcześniej emulatorem sprzętowym obsługiwany przez BASCOM, możemy sprawdzić znaczną część funkcji wykonywanych przez napisany program. Znaczną, co nie oznacza, że wszystkie. Program, którego działanie emulowane jest przez komputer, będzie zawsze pracował znacznie wolniej, niż wykonywany bez-

pośrednio przez procesor, co utrudni, a nawet uniemożliwi wykonywanie pewnych instrukcji realizowanych w czasie rzeczywistym (np. nie jest możliwe symulowanie programu wykorzystującego instrukcję GETRC5).

Nawet biorąc pod uwagę ograniczenia występujące podczas emulacji komputerowej, płytka testowa może oddać nam nieocenione usługi tak podczas nauki programowania, jak i przy konstruowaniu nowych układów wykorzystujących procesory 89C2051. Umożliwi ona natychmiastowe sprawdzenie



Rys. 1 Schemat ideowy płytki testowej

większości, nawet tych najbardziej zwariowanych pomysłów, jakie mogą nam przyjść do głowy, bez konieczności przygotowywania płytki obwodu drukowanego lub mozolnego klecenia niechlujnej konstrukcji montowanej na tzw. pająka. Na płytce testowej umieszczony został zestaw elementów najczęściej stosowanych w konstrukcjach wykorzystujących mikroprocesory, a także układy mogące służyć rozbudowywaniu systemu poprzez dołączanie do niego dodatkowych urządzeń zewnętrznych. Sam tylko dostęp do magistrali I²C daje nam praktycznie nieograniczone możliwości konstruowania nawet bardzo rozbudowanych urządzeń.

Pewne zastrzeżenia może budzić zastosowanie jako podstawowego elementu komunikowania się ze światem zewnętrznym wyświetlacza LCD. Wyświetlacze takie posiadają wszelkie możliwe zalety i jedną ogromną wadę: są mało czytelne i trudne do obserwowania z dużej odległości. Jednak w układach prototypowych wada ta ma pomijalne znaczenie, a w przypadku układów funkcjonalnych znajdziemy na nią w najbliższym czasie znakomite lekarstwo.

Zastosowanie wyświetlacza LCD jako podstawowego elementu umożliwiającego komunikację procesora ze światem zewnętrznym ma jeszcze jedną zaletę: pozwala na wysyłanie przez procesor odpowiednio zredagowanych komunikatów ułatwiających uruchomienie i "odpluskwienie" napisanego programu. Nie zapominajmy także, że procesory typu 89CX051, z którymi będziemy pracować, posiadają jedynie 15 aktywnych wyprowadzeń. Aby np. wyświetlić liczbę czterocyfrową na typowo skonfigurowanych wyświetlaczach LED, musimy wykorzystać aż 12 nóżek procesora, co niejednokrotnie komplikuje a nawet uniemożliwia wykonanie projektowanej konstrukcji. Umieszczenie na płytce prototypowej jednego wyświetlacza LED nie oznacza jednak bynajmniej, że mamy zrezygnować z testowania i opracowywania konstrukcji np. zegarów wyposażonych w z daleka widoczne wyświetlacze.

Wszystkie operacje związane z montażem układów prototypowych czy doświadczalnych będziemy mogli wykonać na naszej płytce testowej bez konieczności lutowania, posługując się odpowiednio przygotowanymi przewodami i złączami, które zostaną opisane w dalszej części artykułu.

Układ płytki testowej procesorów 89CX051 przeznaczony jest przede wszystkim dla was – początkujących elektroników hobbystów. Nie oznacza to bynajmniej, że nie może on okazać się użyteczny także dla bardziej zaawansowanych konstruktorów. Znakomita większość moich konstrukcji, opartych na procesorach 89C2051, była wstępnie testowana na płytce doświadczalnej i dopiero po sprawdzeniu poprawności układu i napisaniu wersji beta programu przychodziła kolej

na wykonanie płytki obwodu drukowanego i "doszlifowanie" całości.

Sądzę, że płytką testową powinna zainteresować się jeszcze jedna grupa elektroników – nauczyciele z Techników Elektronicznych oraz nauczyciele prac ręcznych ze szkół o innym profilu. Nasze urządzenie (szczególnie po dodaniu do niego wyświetlacza alfanumerycznego LED, powinno stanowić bezcenną pomoc w prowadzeniu lekcji na temat budowy układów mikroprocesorowych i ich programowania.

Jak to działa?

W ogóle nie działa, układ jest martwy jak posąg Galatei, a Waszą rolą będzie zabawienie się w Pigmaliona i technicie w niego "elektronicznego" życia. Do dyspozycji mamy tu sporą ilość elementów elektronicznych, z których bez konieczności lutowania możemy zmontować wiele interesujących układów doświadczalnych, a nawet w pełni funkcjonalnych urządzeń. Do dyspozycji mamy:

1. Podstawkę, w której możemy umieścić zarówno wtyk emulatora sprzętowego, jak i zaprogramowany procesor typu 89CX051. Na płytce znajduje się zarówno rezonator kwarcowy, jak i kondensatory umożliwiające prawidłową pracę procesora, a nie przeszkadzające podczas emulacji komputerowej.
2. Wyświetlacz alfanumeryczny LCD, który może służyć nie tylko jako element wykonawczy zaprojektowanego systemu, ale także jako dodatkowy monitor ułatwiający testowanie tworzonego oprogramowania.
3. 5 diod LED, które można dołączyć do dowolnych wyprowadzeń procesora jako elementy sygnalizacyjne.
4. Wyświetlacz siedmiosegmentowy LED ogólnego przeznaczenia.
5. Układ generatora czasu rzeczywistego PCF8583. Jest to jeden z najpotrzebniejszych elementów naszego systemu, umożliwiający konstruowanie próbnych układów zegarów, timerów, kalendarzy i innych rozbudowanych urządzeń pracujących w czasie rzeczywistym.
6. Małą pamięć EEPROM pracującą z szyną danych I²C o pojemności 256 bajtów. Jest to szczególnie cenne uzupełnienie systemu, ponieważ procesory rodziny 89CX051 nie posiadają wbudowanej nieulotnej pamięci danych.
7. Odbiornik transmisji danych w podczerwieni, ze szczególnym uwzględnieniem kodu RC5.
8. Układ wyjściowy dużej mocy umożliwiający naszemu systemowi sterowanie układami pobierającymi znaczne moce (żarówki, przekładniki, silniki DC i krokowe). Jest to bardzo istotny element systemu, umożliwiający także jego praktyczne zastosowanie jako sterownika.
9. Układ wejściowo-wyjściowy szyny danych I²C pozwalający na komunikowanie się systemu z dowolną ilością urządzeń sterowanych za pomocą magistrali I²C.
10. Układ wejściowo-wyjściowy transmisji danych za pomocą toru 1WIRE. Element ten

Wykaz elementów

Kondensatory:

C1	.....	470µF/16
C2, C4	.....	100nF
C3	.....	220µF/10
C5	.....	100µF/10
C6, C7, C8	.....	33pF

Rezystory:

RP1	.....	R-Pack SIL 1kΩ
PR1	..	potencjometr montażowy miniaturowy 10kΩ
R1	.....	4,7kΩ
R2, R5 ... R11	.....	220Ω
R3, R4, R20	.....	1kΩ
R12 ... R19	.....	10kΩ

Półprzewodniki:

D1 ... D5	.....	dioda LED f5mm
IC1	.....	ULN2803
IC2	.....	AT24C04 lub odpowiednik
IC3	.....	TFMS5360
IC4	.....	7805
IC5	.....	PCF8583
T1 ... T8	.....	BC548 lub odpowiednik

Pozostałe:

DP1	..	wyświetlacz alfanumeryczny LCD 1*16 znaków
DP2	.....	wyświetlacz siedmiosegmentowy LED wsp. anoda
Q1	.....	rezonator kwarcowy 11,059 MHz
Q2	.....	rezonator kwarcowy 32768Hz
S1... S4	.....	przycisk typu microswitch
Podstawka DIL20 precyzyjna		
Goldpin 16 pin		
Goldpin 5 x 2 pin		
Złącze szufladkowe 16 pin		
Obudowa typu KM-38		
Złącze DB25M ... przeznaczone do demontażu 5szt.		
Złącze DB25F ... przeznaczone do demontażu 2 szt.		
Koszulka termokurczliwa Ø3mm		
Przewód montażowy linka ok. 3mb		
* Uwaga! Wyświetlacz LCD nie wchodzi w skład kitu AVT-2500.		

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2500

pozwała procesorowi na komunikowanie się ze słynnymi układami firmy DALLAS, a tym samym na konstruowanie układów próbnych immobilizerów, wieloczułkowych termometrów i innych "cudeniek" wymyślonych przez firmę DALLAS.

11. Doświadczalny układ RC mogący stanowić bazę do testowania prostych mikroprocesorowych przyrządów pomiarowych.

12. Przycisk RESET umożliwiający rozpoczęcie od początku pracy procesora.

13. Trzy dodatkowe przyciski chwilowe ogólnego przeznaczenia.

14. Pojedynczy tranzystor NPN, który można wykorzystać np. jako inwerter odwracający polaryzację sygnału cyfrowego.

15. Dwa rezystory ogólnego przeznaczenia.

16. Układ zasilania, z którego możemy pobierać prąd o napięciu +5VDC do zasilania podstawowych elementów systemu, oraz wyższe napięcie do zasilania ewentualnych układów wykonawczych.

Schemat elektryczny podstawowych elementów naszej płytki doświadczalnej został pokazany na **rysunku 1**. Pamiętajmy jednak, że schemat ten w żadnym wypadku nie przedstawia jakiegoś urządzenia elektronicznego, ale jedynie zestaw części do jego zbudowania.

Otwarte pozostaje pytanie, jak to wszystko łączyć ze sobą? Metoda jest bardzo prosta: do konstruowania układu elektronicznego wykorzystamy zamiast ścieżek wytrawionych na laminacie połączenia przewodowe. Nie będziemy jednak musieli ich lutować,

ponieważ przygotowujemy sobie odpowiednią liczbę przewodów wyposażonych w miniaturowe wtyki pasujące do gniazdek umieszczonych przy wyprowadzeniach każdego z elementów systemu. W dalszej części artykułu omówimy szczegółowo sposób wykonania przewodów i gniazd połączeniowych.

Montaż i uruchomienie

Na **rysunku 2** została pokazana mozaika ścieżek płytki obwodu drukowanego, wykonanego na laminacie jednostronnym, oraz rozmieszczenie na niej elementów. Montaż naszej płytki testowej nie różni się niczym od montażu innych urządzeń opisywanych już w EdW. Musimy jednak wykonać go szczególnie starannie, ponieważ układ zostanie obudowany tylko od spodniej strony płytki, a w ferworze pracy nad nową konstrukcją nie trudno o jego uszkodzenie (zawsze na szczęście łatwe do naprawy – laminat jednostronny!). Pod układy scalone obligatoryjnie należy zastosować podstawki, a podstawa pod IC6 lub wtyk emulacyjny musi być najwyższej jakości, najlepiej tzw. precyzyjna.

Wyświetlacz alfanumeryczny LCD montujemy w następujący sposób: najpierw lutujemy do płytki pojedynczy, szesnastopinowy rząd goldpinów, a do wyświetlacza złącze szufladkowe. Następnie łączymy ze sobą obydwa te elementy i wyświetlacz dodatkowo mocujemy do płytki za pomocą czterech śrubek M3 i tulejek dystansowych odpowiedniej długości.

Ostatnią, nieco nużącą czynnością, będzie wykonanie przewodów montażowych, za pomocą których będziemy łączyć ze sobą poszczególne elementy systemu. W tym celu musimy dokonać wyjątkowo brutalnego zabiegu: doszczętnie zniszczyć dwa złącza DB25F i dwa DB25m, rozbierając je na części i wyjmując z ich wnętrza 25 miniaturowych złączy ze złożonymi stykami, wręcz idealnie nadających się do zastosowania w naszym układzie. Złącza typu M lutujemy w płytkę, w miejscach oznaczonych na stronie opisowej kółkami. Następnie tniemy dostarczony w kicie przewód montażowy na odcinki o różnej długości (od 3 do ok. 10cm) i do ich końców lutujemy złącza typu F (z dziurką). Jednak tak wykonane wtyki byłyby bardzo delikatne i podatne na uszkodzenia i dlatego zabezpieczamy je za pomocą odcinków izolacji termokurczliwej o długości ok. 2cm (patrz **rysunek 3**).



Rys. 3

Płytkę prototypowa została bardzo dokładnie zwymiarowana pod obudowę typu KM-38, z tym, że wykorzystana będzie wyłącznie dolna jej część. Mocujemy w niej gotową płytkę za pomocą czterech krótkich blachowkrętów,

co pozwoli na uzyskanie zwartej i estetycznie wykonanej całości. Taki sposób obudowania układu ma jeszcze jedną zaletę: pozwala łatwo zamocować naszą płytkę testową na większej tablicy i wykorzystywać ją do pokazów i szkolenia (np. w Technikach Elektronicznych).

Układ testowy powinien być zasilany napięciem stałym o wartości ok. 12VDC. Takie napięcie zasilania pozwoli na wykorzystywanie go do zapatrywania w prąd ewentualnych urządzeń wykonawczych do wyjścia mocy.

Jeżeli zamontowany na płycie wyświetlacz LCD nie posiada możliwości podświetlania ekranu, to stabilizator napięcia nie musi posiadać jakiegokolwiek radiatora. Jeżeli jednak zdecydujemy się na zastosowanie podświetlania, to układ ten musi zostać wyposażony w radiator. W takim przypadku lepiej przylutować stabilizator napięcia od strony druku i zastosować radiator wykonany z blachy aluminiowej o rozmiarach ok. 8x8 cm.

Zbigniew Raabe

Rys. 2 Schemat montażowy płytki testowej

