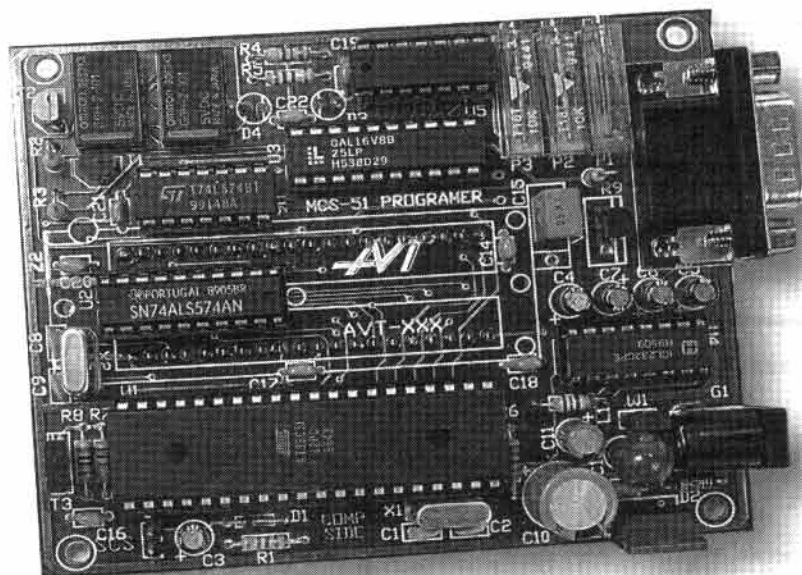


Programator procesorów serii MCS-51 z pamięcią "Flash", EPROM/OTP część 2

kit AVT-320

Drugą część artykułu poświęcamy szczegółowej prezentacji konstrukcji programatora i podstawowym zasadom obowiązującym podczas uruchomienia układu.



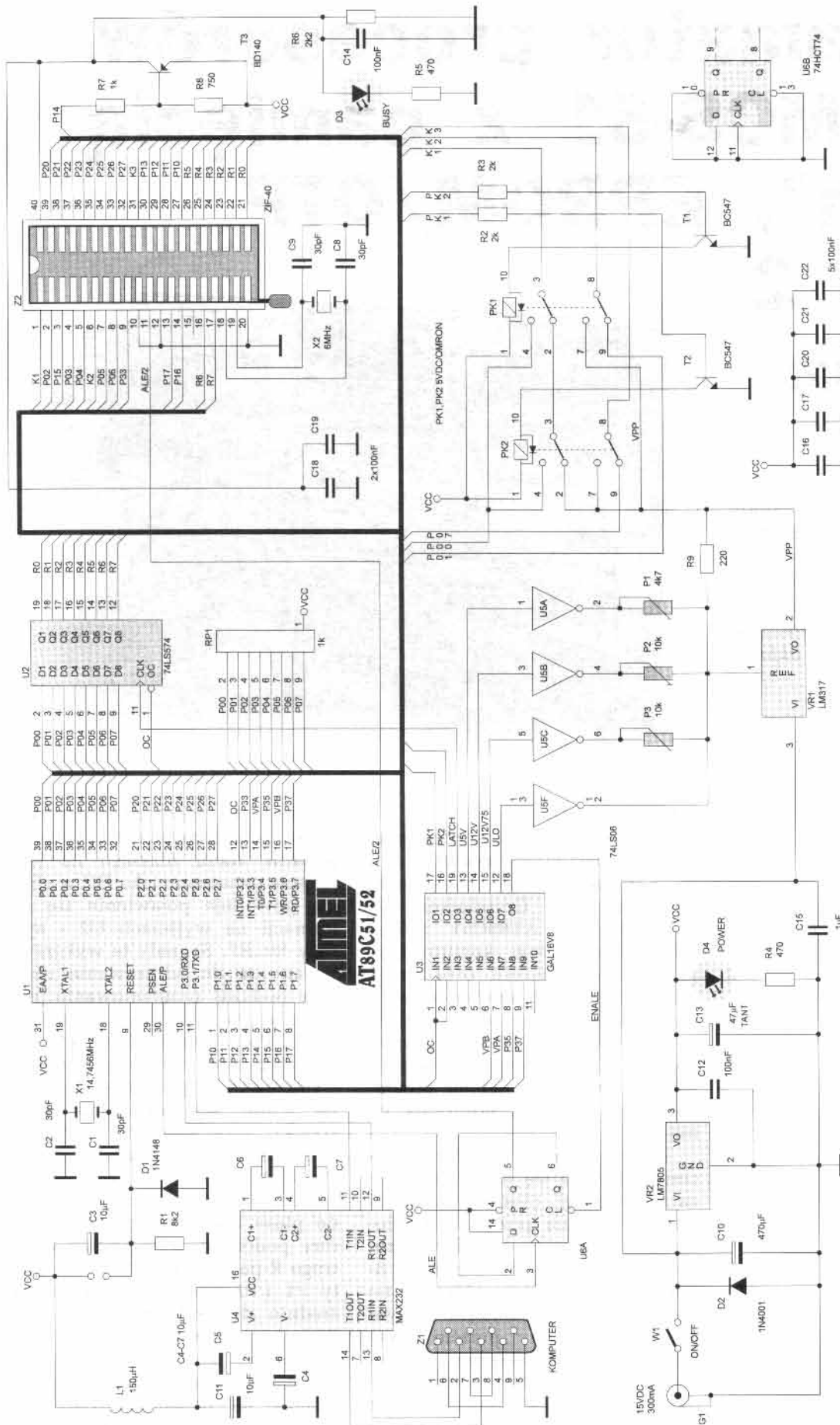
Opis układu

Schemat elektryczny programatora przedstawiono **rys.10**.

„Sercem“ całego urządzenia jest znany już Czytelnikom EP mikroprocesor AT89C51 (układ U1), który steruje komunikacją, przesyłaniem danych oraz informacją między komputerem nadrzędnym PC, wysterowuje odpowiednie piny podstawki programującej Z2 jak również dokonuje selekcji wielkości napięć programujących oraz ich położenia na niej.

Ponieważ liczba końcówek procesora okazała się niewystarczająca do obsługi pinów podstawki Z2 i sterowania pozostałymi blokami urządzenia, dodatkowo został użyty układ U2 w postaci 8-bitowego zatrząsku, który w tej konfiguracji jest niczym innym jak dodatkowym „portem“ wyjściowym mikroprocesora U1. Procesor sterujący U1 wystawiając daną do portu P0 oraz podając zbocznie wysokie na wejście CLK układu U2 powoduje zapis tej

informacji, zaś odblokowanie wyjść trójstanowych U2 poprzez podanie stanu niskiego na jego wejście oznaczone jako OC w efekcie powoduje pojawienie się informacji na wyjściach U2 - sygnały R0..R7. Sygnały te wykorzystywane są do adresowania układów podczas programowania procesorów w obudowach 40-pinowych. Po zapisaniu danej w układzie U2 port P0 może dowolnie wysterowywać pozostałe połączone z nim wyprowadzenia podstawki programującej Z2. Ze względu na to że wyjścia portu P0 są typu otwarty dren, dodatkowo podczepiono ich końcówki do plusa zasilania poprzez rezystory podciągające w postaci typowego R-pack'u RP1. Pozostałe porty P1 i P2 podłączone są bezpośrednio do podstawki ZIF. Port P3 mikroprocesora sterującego wykorzystano do wyboru poziomu napięcia programującego i jego położenia na podstawie Z2. Zbyt mała ilość wolnych pinów tego portu zmusiła do użycia układu



Rys. 10. Schemat elektryczny programatora.

U3 w postaci typowego układu GAL16V8. Zawarta w nim struktura logiczna umożliwiła sterowanie tymi funkcjami za pomocą tylko czterech wejść oznaczonych na schemacie jako: VPA, VPB - piny sterujące poziomem napięcia programującego oraz P35 i P37 - piny sterujące dołączeniem tego napięcia do odpowiedniej końcówki podstawki ZIF Z2. Dwa ostatnie piny prócz wspomnianej funkcji sterują także załączeniem sygnału zegarowego ALE/2 do podstawki programującej oraz dodatkowo kontrolują zatrzaśnięcie danej w układzie U2 - port R0..R7.

Tab.3 szczegółowo objaśnia zasadę działania układu U3. Wnikliwy czytelnik zauważy, że ze względu na kompletne wykorzystanie wszystkich pinów sterujących układu U1, do zatrzaśnięcia danej w rejestrze U2 wykorzystano zmianę stanów logicznych na wejściach P35 i P37 w sekwencji: 11->01->11, która powoduje podanie wysokiego poziomu na wspomniane wcześniej wejście CLK układu U2. Nie ulega przy tym przyporządkowanie sygnałów na końcówkach podstawki programującej ani panujące na nich stany logiczne.

Przełączanie napięcia programującego pomiędzy wspomniane końcówki

Tab. 3 Sposób sterowania sygnałami poprzez wejścia P35 i P37.

Wejścia		Piny: 1, 6 i 31 podstawki ZIF			Funkcje dodatkowe		Typ układu
P35	P37	K1 (1)	K2 (6)	K3 (31)	ENALE	LATCH	
0	0	Vpp	P0.1	P0.7	0	0	89C1051, 2051
1	0	P0.0	Vpp	P0.7	1	0	87C748...752
1	1	P0.0	P0.1	Vpp	0	0	Pozostałe układy w obudowach DIL-40
0	1	P0.0	P0.1	Vpp	0	1	

podstawki ZIF, w zależności od typu programowanego procesora, dokonywane jest przez dwie podwójne sekcje styków umieszczonych w miniaturowych przełącznikach PK1 i PK2.

Zastosowanie tych elementów, choć może wydawać się „nieeleganckie”, doskonale sprawdziło się w praktyce i okazało się znakomitą sposobem na uniknięcie trzech potrójnych sekcji elektronicznych układów komutacyjnych, które przełączałyby wejścia 1, 6 i 31 pomiędzy napięcie Vpp a piny portu układu sterującego U1 i podstawki ZIF. Jak widać na schemacie elektrycznym cewki przełączników sterowane są bezpośrednio w wyjściu układu U3. W tabeli 3 nie zawarto informacji o stanach logicznych bezpośrednio oddziałujących na tranzystory załączające cewki przełączników, podano jedynie końcowy efekt współpracy układu U3 z PK1 i PK2.

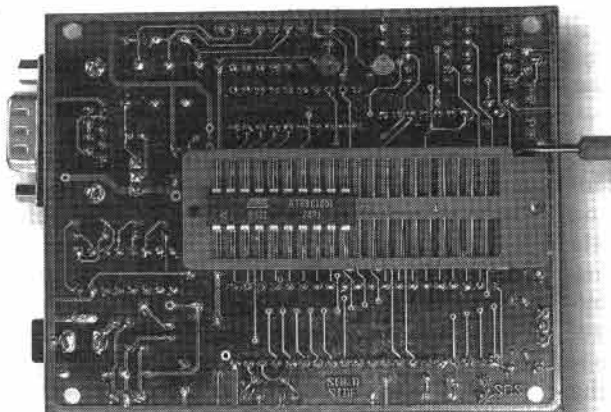
Uważny czytelnik zapewne sam prześledzi sposób sterowania nimi w zależności od stanów na wejściach P35 i P37.

Dla zilustrowania być może skomplikowanego na pierwszy rzut oka sposobu sterowania posłużmy się przykładem kiedy użytkownik chce zaprogramować kostkę typu 87C750. Procesor U1 wystawia stany logiczne na wejścia P35 i P37 jak w tabeli (w kolejności „1 i 0”), co w efekcie powoduje:

- dołączenie pinu K1 podstawki Z2 (1) do portu P0.0 układu U1,
- podanie na pin K2 podstawki Z2 (6) napięcia programującego Vpp,
- dołączenie pinu K3 (31) bezpośrednio do portu P0.7 mikroprocesora U1.

Dodatkowo odblokowany zostaje sygnał zegarowy ALE/2, poprzez podanie stanu wysokiego na wejście zerujące przerzutnika U6a.

Jako sygnał zegarowy wykorzystano wyjście ALE układu U1, na którym przez cały czas pracy programatora, występuje fala prostokątna o częstotliwości równej $Xtal / 6$, gdzie Xtal to częstotliwość rezonatora kwarcowego X1 dołączonego do układu U1, w tym



przypadku dla wartości $X1 = 14,7456$ MHz. Sygnał ALE ma wartość 2,4576MHz, a po dodatkowym podzieleniu przez 2 w przerzutniku U6a otrzymujemy sygnał ALE/2 o częstotliwości 1,2288MHz. Jest to wartość wystarczająca do poprawnej pracy programowanego układu, bowiem najmniejszą podawaną przez producentów częstotliwością wymaganą do poprawnej pracy tych procesorów podczas programowania jest 1,2MHz. Omawiany przerzutnik U6a poza funkcją podziału sygnału ALE przez 2, jest także częścią pokazanego wcześniej na rys.7 „układu kontroli trybu”. Pozostała część, zapewniająca właściwą transmisję słowa konfiguracyjnego, wykonywana jest programowo przez układ U1.

Wykorzystanie kwarcu X1 o tej wartości dodatkowo umożliwi wybór kilku

W efekcie sygnał ten, niezbędny do poprawnej pracy programowanego układu, trafia na pin 11 podstawki ZIF Z2.

prędkości transmisji danych pomiędzy programatorem a komputerem PC bez występowania tzw. „błędów synchronizacji” podczas przesyłania informacji przez łącze szeregowe RS-232c.

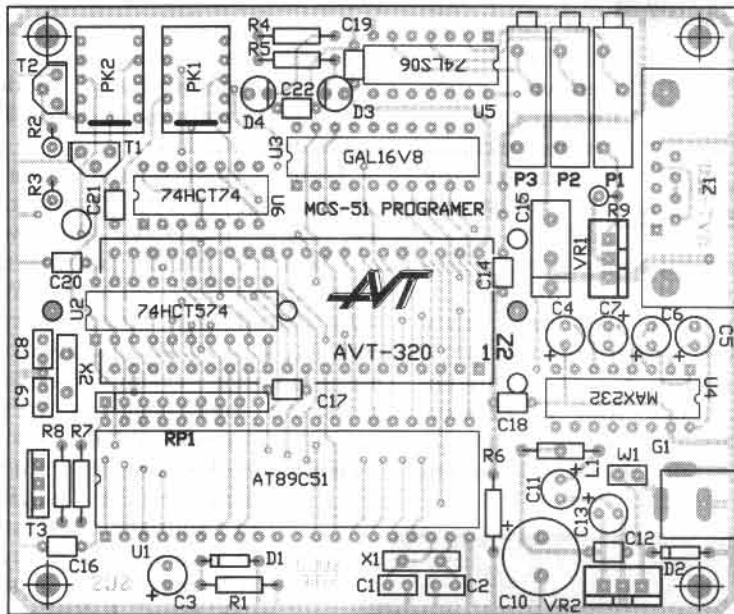
Układ dostarczający napięcie programujących Vpp o wartościach 5V, 12V i 12,75V zbudowano z wykorzystaniem popularnego stabilizatora VR1 - LM317. W zależności od tego który z rezystorów P1, P2 czy P3 jest zwarty do masy poprzez wystąpienie niskiego stanu logicznego na wyjściu jednej z bramek układu U5, na wyjściu stabilizatora otrzymujemy odpowiednie napięcie programujące. Zastosowanie jako P1...P3 precyzyjnych rezystorów nastawnych typu „helitrim” pozwala na dokładną kalibrację wszystkich poziomów napięć programujących. Dodatkowa bramka U5f zwiera wejście REF stabilizatora VR1 do masy, co powoduje spadek napięcia Vpp do wartości bliskiej zeru, co jest konieczne w sytuacji, kiedy programowany mikroprocesor trzeba wyjąć lub włożyć do podstawki Z2.

Wtedy na wszystkich pinach Z2 panuje potencjał równy zeru, co jest wymagane do prawidłowej inicjalizacji przez programowanie oraz dodatkowo zabezpieczenia programowany układ przed przypadkowym uszkodzeniem ładunkami elektrostatycznymi, które mogą się pojawić podczas wyjmowania lub wkładania układu do podstawki ZIF. W tab.4 podano zależność napięcia programującego od sygnałów sterujących VPA i VPB.

Układ U1 wyposażony jest w programowany układ transmisji szeregowej UART zgodny ze standardem RS-232c na poziomie protokołu transmisji asynchronicznej. Dzięki temu możliwa jest komunikacja pomiędzy programatorem

Tab. 4. Zależność poziomu napięcia Vpp od sygnałów sterujących VPA i VPB.

Sygnały		Wyjścia bramek				Wartość Vpp
VPA	VPB	U5a	U5b	U5c	U5f	
0	1	1	1	0	1	12,75 V
0	0	1	0	1	1	12 V
1	0	0	1	1	1	5 V
1	1	0	0	0	0	bliskie 0V



Rys. 11. Rozmieszczenie elementów na płytce programatora.

a sterującym komputerem PC. Konwersję poziomów sygnałów logicznych ze standardu TTL na RS-232c i odwrotnie zapewnia układ U4. Wykorzystano tu popularny MAX232. Transmisja odbywa się bez wykorzystania sprzętowych sygnałów gotowości i potwierdzenia, co zmniejsza liczbę niezbędnych do połączenia przewodów do trzech (RXD, TXD i masa).

Układ złożony z elementów R7, R8 i tranzystora T3 zapewnia odłączenie napięcia zasilającego od podstawki programującej ZIF Z2. Fakt załączenia tego zasilania dodatkowo sygnalizowany jest diodą LED D3, nazywaną dalej „BUSY”. Podczas świecenia tej diody nie należy wyjmować programowanego procesora z podstawki.

Elementy C3 i R1 stanowią obwód zerowania układu sterującego U1, a dioda D1 dodatkowo zapewnia szybkie rozładowanie kondensatora C3 po wyłączeniu napięcia zasilającego cały układ.

Programator zasilany jest napięciem stałym o wartości około 15V. Stabilizator VR2 dostarcza napięcia +5V do wszystkich układów sterujących urządzenia, a kondensatory po jego stronie pierwotnej i wtórnej dodatkowo filtrują napięcie i zapobiegają wzbudzeniu się układu. Dioda D2 zabezpiecza programator przed omyłkową zmianą polaryzacji zasilania, co mogłoby spowodować nieodwracalne uszkodzenie ukła-

du. Dioda D4 w kolorze zielonym nazwana dalej „POWER” sygnalizuje załączenie układu.

Montaż układu

Przed rozpoczęciem montażu programatora należy krawędzie płytki drukowanej (rys.11) zeszlifować drobnym pilnikiem. Do lutowania należy stosować dobrej jakości lutownicę o mocy 40W. Bardziej wprawni elektronicy mogą oczywiście posłużyć się popularną „pistoletówką”, lecz muszą uważać aby nie przegrzewać punktów lutowniczych, co może doprowadzić do ich uszkodzenia i w efekcie wypadnięcia.

Wszystkie elementy z wyjątkiem podstawki programującej ZIF oraz diod świecących LED D3 i D4 umieszczone są po stronie płytki drukowanej z opisem elementów, zaś te ostatnie po drugiej. Z tego względu radzę trzymać się kolejności montażu podanej niżej, dzięki czemu można uniknąć ewentualnych rozczarowań, kiedy np. okazuje się że nie można wlutować jakiegoś elementu, bo inny zasłania pola lutownicze z drugiej strony. Przy montażu z zachowaniem przedstawionych zasad ze sprawdzonych elementów układ bez problemu zostanie uruchomiony od razu po włączeniu zasilania i dołączeniu komputera PC.

Montaż należy rozpocząć od elementów niskoprofilowych, a więc montujemy wszystkie re-

zystory, za wyjątkiem tych stojących: R2, R3, R9. W dalszej kolejności po drugiej stronie płytki (ang. solder side) lutujemy diody świecące D3 (czerwoną) i D4 (zieloną), przy czym staramy się wcisnąć je jak najniżej (do końca w płytkę), tak aby odległość od powierzchni płytki drukowanej do szczytu diody wynosiła około 6 mm. Umożliwi to potem poprawne umieszczenie w obudowie.

Teraz odwracamy płytkę i po obcięciu końcówek pozostałych po montażu diod, lutujemy w kolejności: kondensatory stałe, dławik L1, diody D1 i D2, przekaźniki PK1 i PK2, podstawki pod układy scalone U1..U5 zwracając uwagę na ich kierunek, kondensatory elektrolityczne (uwaga na polaryzację!), tranzystory T1 i T2, potencjometry montażowe P1..P3, stabilizatory VR1 i VR2. Na końcu należy wlutować gniazdo Z1 do połączenia z komputerem, wcześniej wciskając je w płytkę oraz gniazdo zasilające G1. Pozostaje jeszcze zamontowanie rezonatorów kwarcowych X1 i X2.

Teraz należy odwrócić płytkę drukowaną i przymierzyć się do wlutowania podstawki ZIF. Wszystkie pola lutownicze które znajdują się pod jej powierzchnią należy jak najmocniej skrócić, tak aby podstawka dała się włożyć w otwory w płytce jak najgłębiej. Od strony spodniej podstawka programująca na rogach posiada cztery okrągłe wystające wysepki, z których jedno jak się okaże po wstępnym włożeniu w płytkę należy ściąć (najlepiej nożykiem introligatorskim). Po odpowiednim ścięciu końcówek elementów wysepki te powinny dotykać powierzchni płytki drukowanej, tak aby podstawki ZIF była dokładnie równoległa do powierzchni płytki. Autor przed jej montażem w celu skrócenia wspomnianych pozostałości po lutowaniu pozostałych elementów użył drobnego pilnika, którym delikatnie zeszlifował do wysokości około 1 mm wszystkie pola lutownicze w obrębie podstawki programującej. Należy przy tym uważać aby niechcący nie „zetrzeć” ścieżek sygnałowych, a może to nastąpić w wyniku nierównoległego prowadzenia pilnika podczas tej operacji.

Ta kosmetyka umożliwi nam bezproblemowe wlutowanie kosztownej podstawki ZIF.

Bezpośrednio przed zalutowaniem końcówek można dodatkowo (co jest wskazane) przy pomocy dwóch wkrętów M2 oraz odpowiednich nakrętek przykręcić całą podstawkę do płytki drukowanej wykorzystując otwory w podstawie ZIF i płytce.

Po tej czynności ostrożnie lutujemy wszystkie wyprowadzenia ZIF a rozpoczynając od położonych najdalej siebie (1,20,40,21). Uwaga! Podstawka powinna być otwarta, podczas lutowania. Należy przy tym zwracać uwagę aby nie przypiec sąsiadujących z punktami lutowniczymi elementów oraz aby nie przegrzewać końcówek, co może spowodować ich zapiecenie i późniejsze wadliwe działanie. Po zakończeniu tej operacji podstawka powinna łatwo się otwierać i zamykać. Na zdjęciu widać prawidłowy kierunek montażu ZIF a. Na koniec pozwolę sobie przypomnieć czytelnikom o wizualnym sprawdzeniu poprawności montażu wszystkich elementów oraz usunięciu ewentualnych zwarc lub zimnych lutów.

Uruchomienie

Do uruchomienia naszego programatora potrzebne będą: zasilacz sieciowy stabilizowany (popularna „wtyczka“) o napięciu 15VDC i prądzie obciążenia min. 150mA (zasilacze takie znajdują się w ofercie handlowej AVT), kabel połączeniowy typu RS z krzyżowanymi przewodami transmisji RX i TX. Z jednej strony kabel powinien być zakończony małą wtyczką DB9/F (żeńską, by pasowała do naszego urządzenia) z drugiej również żeńską, tyle że w zależności od posiadanego wolnego gniazda w komputerze, szeroką lub wąską. Kabel taki najprościej nabyć w sklepie z artykułami komputerowymi.

Pierwszą czynnością przed włożeniem układów scalonych w podstawki na płytce drukowanej jest dołączenie zasilania do gniazda G1 i skontrolowanie napięcia zasilającego układy scalone U1..U6, powinno ono wynosić 5V z dopuszczalną odchyłką 5%. Jego poziom najlepiej sprawdzić mierząc na końcówkach zasilających

w podstawkach DIL. Po wyłączeniu zasilania wkładamy ostrożnie układy scalone w podstawki i łączymy kablem RS nasz programator z komputerem PC (do wolnego gniazda COM np. od myszki). Załączamy ponownie zasilanie. Na dyskietce dołączanej do kitu znajduje się program obsługi programatora o nazwie „PROG51.EXE“, który należy uruchomić pod systemem DOS poleceniem:

PROG51.EXE /U:n /VPP

gdzie litera „n“ to numer portu COM do którego podłączony jest programator, tzn. 1 - COM1, 2 - COM2 itd. Parametr „VPP“ jest konieczny, bowiem to właśnie on pozwoli nam na uruchomienie zmontowanego układu programatora.

Po uruchomieniu na ekranie komputera pojawi się menu przy pomocy którego możliwa jest kalibracja napięć programujących oraz sprawdzenie wszystkich pinów podstawki ZIF. Jeżeli układ został prawidłowo zmontowany komputer nawiąże transmisję z programatorem i w linii statusu pojawi się komunikat:

Polaczenie COM1 OK!

kiedy programator podłączony jest do portu szeregowego COM1. W przeciwnym przypadku, kiedy transmisja nie zostanie nawiązana, zamiast słowa „OK!“ pojawi się

Polaczenie COM1 Brak!

po czym program zakończy działanie. W tym przypadku należy wyłączyć zasilanie programatora i jeszcze raz sprawdzić:

- czy prawidłowo dołączyliśmy urządzenie do komputera,
 - czy wybraliśmy właściwy port szeregowy
 - czy dany port szeregowy nie jest obsługiwany przez inny program obsługi np. myszki, jeżeli tak jest należy ten driver zdeaktywować, ewentualnie zrestartować komputer bez niego
 - czy użyty w połączeniu kabel RS jest właściwy, szczególnie czy przewód ma skrzyżowane linie TX i RX (najłatwiej to sprawdzić rozbierając z obu końców wtyczki kabla i spojrzeć na kable łączące na końcówkach 2 i 3 (dla wtyczki DB9 - małej)
- Jeżeli wszystko jest jak należy a komputer nie może nawiązać

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 8,2kΩ
R2, R3: 2kΩ
R4, R5: 470Ω
R6: 2,2kΩ
R7: 1kΩ
R8: 750Ω
R9: 220Ω
RP1: 1kΩ rpack-8 SIL
P2, P3: 10kΩ helitrim
P1: 4,7kΩ helitrim

Kondensatory

C1, C2, C8, C9: 30p
C3, C4, C5, C6, C7, C11: 10µF/16V
C10: 470µF/25V
C13: 22...47µF/16V tantalowy
C15: 1µF/16V
C12, C14, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22: 100nF

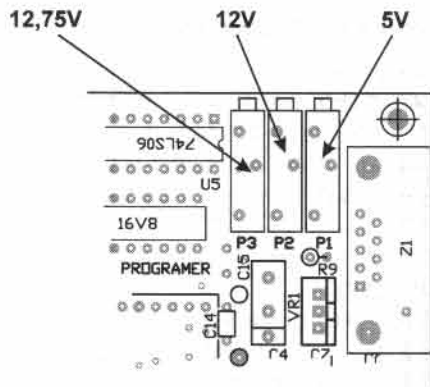
Półprzewodniki

D1: 1N4148
D2: 1N4001
D3, D4: LED czerwona i zielona
T1,T2: BC547
T3: BD140
U1: AT89C51-16PC zaprogramowany
U2: 74LS574
U3: GAL16V8 zaprogramowany
U4: MAX232
U5: 74LS06
U6: 74HCT74
VR1: LM317
VR2: LM7805

Różne

X1: 14,7456 MHz
X2: 6 MHz
L1: dławik 150µH
W1: wyłącznik suwakowy
G1: gniazdo zasilające
PK1, PK2: przekaźnik 5V OMRON
Z1: złącze DB9/męskie
Z2: podstawka ZIF-40 uniwersalna podstawki: DIL40, DIL20-2 szt., DIL-16, DIL-14-2 szt.
obudowa KM-35
folia czołowa: AVT-320-folia
oprogramowanie: dyskietka AVT-320

transmisji z programatorem należy sprawdzić poprawność montażu, szczególnie należy sprawdzić ciągłość połączeń w torze transmisji szeregowy począwszy od gniazda Z1 poprzez układ U4 MAX232 (sprawdzić polaryzację wlutowanych kondensatorów C4..C7), aż



Rys. 12. Umieszczenie potencjometrów ustalających napięcie Vpp.

do wyprowadzeń RXD i TXD procesora U1, zgodnie ze schematem ideowym.

Do dokładniejszego sprawdzenia toru transmisji szeregowej możemy także użyć oscyloskopu oraz specjalnej procedury kontrolującej połączenie PC ta z naszym urządzeniem. Należy w tym celu przy wyłączonym programatorze zewrzeć końcówkę portu P14 procesora U1 do masy (na schemacie załącza ona poprzez rezystor R7 zasilanie podstawki ZIF, a następnie włączyć programator. Wtedy układ nasz znajdzie się we wspomnianym trybie testowania i procesor U1 będzie nieprzerwanie wysyłał poprzez końcówkę TXD (pin 11 - U1) dane co powinno być widoczne na ekranie oscyloskopu po dołączeniu sondy w postaci nieregularnej fali prostokątnej o amplitudzie bliskiej napięciu zasilania. Następnie sprawdzamy przebieg na końcówce wyjściowej przetwornicy U4 - pin 14, amplituda tego samego sygnału na niej powinna wynieść około 12V. Jeżeli w tym samym czasie mamy dołączony komputer PC

możemy dodatkowo odczytać znaki wysyłane przez programator. W tym celu należy uruchomić program obsługi programatora podając polecenie:

PROG51.EXE /U:n /TESTIN

Na ekranie komputera pojawia się wspomniane dane kontrolne wysyłane przez programator w postaci napisu:

„Programator AVT-320,Programator AVT-320,Progr...“

Transmisję w drugą stronę, tzn. z komputera PC do programatora można sprawdzić uruchamiając program:

PROG51.EXE /U:n /TESTOUT

Przed tą operacją należy tylko zdeaktywować funkcję kontrolną programatora przez przerwanie połączenia pinu P14 z masą. Wtedy program pozwoli nam na transmisję dowolnych znaków wprowadzanych z klawiatury do programatora, co pozwoli zaobserwować transmisję danych z komputera poprzez układ U4 aż do końcówki wejściowej procesora U1 - RXD (pin 10).

Wróćmy teraz do omówienia sposobu kalibracji napięć programujących VPP. Jak wspomniano wcześniej programator generuje 3 takie napięcia o wartościach 5V, 12V i 12,75V. Wspomniane wcześniej uruchomienie programu obsługi z parametrem „/VPP“ umożliwia ich dokładne ustawienie. Używając klawiszy „A“, „B“, „C“ można wybrać odpowiednie napięcie do kalibracji, natomiast klawisze „1“, „2“ i „3“ przełączają te napięcie pomiędzy pinami 1, 6 i 31 podstawki ZIF. W ten sposób można sprawdzić i skalibrować poziom Vpp na wymaganym poziomie mierząc napięcie na wybranym pinie ZIF a oraz

dokonywać regulacji za pomocą potencjometrów montażowych P1..P3 (rys.12). Dodatkowo podczas tej operacji należy obciążyć mierzony pin podstawki rezystorem ok. 10kΩ (do masy) dla kalibracji 12V i 12,75V oraz rezystorem 4,7kΩ dla napięcia 5V.

Po zakończeniu regulacji napięcie VPP możemy dodatkowo przy pomocy opcji programu (klawisz „Z“) sprawdzić poziomy logiczne na pozostałych pinach podstawki programującej, stosując się do wskazówek pojawiających się na ekranie komputera.

Ze względu na ich prostotę nie będziemy ich tu omawiać. Niezgodność poziomu napięcia na badanej końcówce ze wskazaniem na ekranie komputera świadczy o braku połączenia lub zwarciu na płytce drukowanej, które należy zlokalizować i usunąć. Na tym można zakończyć procedurę uruchamiania układu i przystąpić do umieszczenia zmontowanej płytki programatora w obudowie.

W skład zestawu AVT-320 wchodzi obudowa z odpowiednimi otworami na podstawkę ZIF, oraz gniazda zasilające G1 i komputera Z1. Należy tylko wywiercić dwa otwory o średnicy 3,5 mm pasujące pod diody LED D3 i D4 oraz przewiercić cztery otwory w narożnikach obudowy (w części górnej i dolnej) wykorzystując wysępki wewnątrz niej, tak aby pasowały do otworów w płytce drukowanej układu programatora. Następnie za pomocą czterech śrub oraz tulejek dystansowych całość skręcamy. Na koniec zostaje naklejenie folii płyty czołowej, która znajduje się w zestawie.

Sławomir Surowiński, AVT