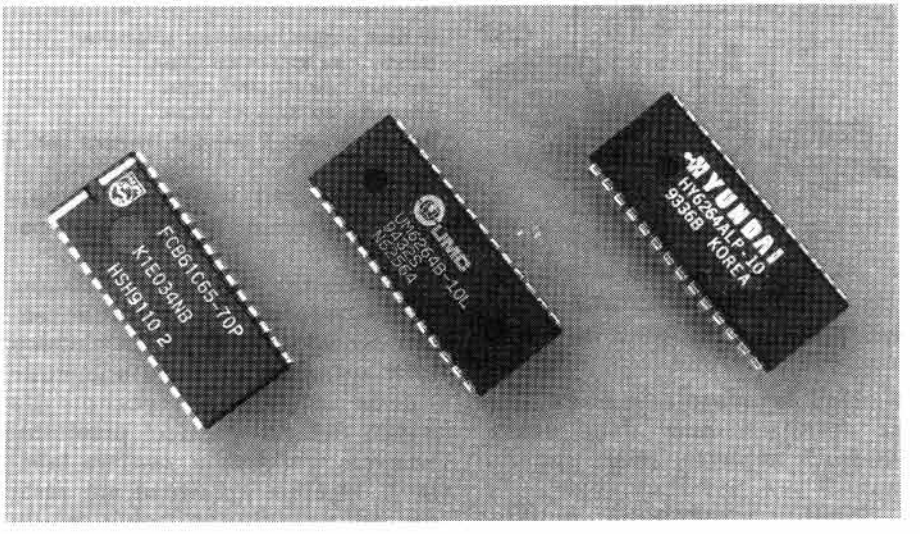
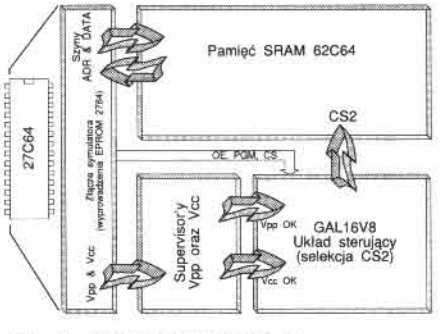
Symulator pamięci EPROM 2764 z pamięcią SRAM, część 1

AVT-260

Proponowany symulator pamięci EPROM opracowano na podstawie oryginalnego pomysłu zaczerpniętego z książki „Układy elektroniczne" U. Tietza i C. Schenka. W rozdziale poświęconym pamięciom EPROM autorzy książki zwrócili uwagę na fakt, że w czasie uruchamiania np. systemu mikroprocesorowego lub innego urządzenia wykorzystującego EPROMy, weryfikacja kolejnych wersji programu jest bardzo żmudna, głównie ze względu na długi czas (rzędu 15..25 min.) trwania procesu kasowania pamięci. Jest możliwe, oczywiście, zastosowanie sprzętowego symulatora pamięci stałej programowanego z komputera nadrzędnego, ale jest to z reguły rozwiązanie dość kosztowne.





Rys. 1. Schemat blokowy emulatora.

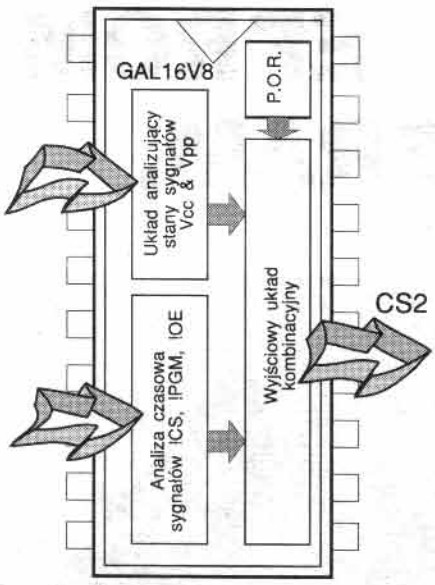
Pewnego rodzaju kompromisem pomiędzy wykorzystywaniem zwykłych EPROMów a zakupem profesjonalnego symulatora jest proponowany przez nas układ - specjalnie „obudowana" statyczna pamięć RAM z podtrzymywaniem zapisanej informacji przy pomocy akumulatorka NiCd. Tak więc w dalszym ciągu do zaprogramowania pamięci niezbędny będzie programator, ale jej kasowanie będzie możliwe poprzez np. ponowny zapis lub odłączenie zasilania bateryjnego. Uzyskamy więc znaczne oszczędności czasu, a dodatkowo jest możliwe pominięcie zakupu standardowego ultrafioletowego kasownika EPROMów, którego koszt kilkakrotnie przewyższa cenę podzespołów niezbędnych do wykonania emulatora. Prostota pomysłu jest, jak widać, niemal oszałamiająca, a uzyskiwane efekty naprawdę dobre, zwłaszcza jeżeli weźmiemy pod uwagę niewielki koszt urządzenia. Można uzyskać dodatkowe obniżenie kosztów, jeżeli w miejsce klasycznego akumulatorka zostanie zastosowany kondensator o pojemności rzędu 0,1F (100.000μF!) przeznaczony specjalnie do podtrzymywania zawartości pamięci RAM w systemach konfigurowalnych lub do zasilania np. zegarów w magnetowidach.

Pewnego komentarza wymaga jeszcze rozmiar emulowanego EPROMu - wybór padł na pamięć o organizacji 8 bitów x 8192 (odpowiednik 2764 i pochodnych - 27C64). Pamięć o takim rozmiarze spełnia doskonale większość typowych wymagań; stosunkowo rzadko w aplikacjach 8-bitowych procesorów lub mikrokontrolerów jest wymagana większa pamięć programu, a roszerzenie możliwości emulacyjnych na pozostałe układy typoszeregu 27XXX podniosłoby dość znacznie cenę rozwiązania.

Układ jest wyposażony w trójpunktowy system nadzorujący napięcie zasilania pamięci oraz dołączenia do układu napięcia programującego. Zadaniem tego systemu jest zabezpieczenie zawartości pamięci podczas operacji przenoszenia pamięci z programatora do urządzenia, w którym ma być ona eksploatowana.

Opis układu

Na **rysunku 1** przedstawiono schemat blokowy emulatora. Koncepcja rozwiązania jest, jak widać, bardzo prosta. Elementem bezpośrednio emulującym EPROM jest pamięć SRAM. Oprócz niej,



Rys. 2. Struktura wpisana do GALa.

w skład urządzenia wchodzi logika sterująca oraz dwa układy kontroli napięcia (ang. supervisors).

Logika wbudowana w układ GAL spełnia dwie funkcje - strobuje dostępy do pamięci, dopuszczając operacje na jej zawartości tylko w przypadku programowania lub odczytywania i jednocześnie kontroluje za pomocą dwóch prostych komparatorów napięcie zasilania i napięcie programujące. Jeżeli napięcie programujące ma zbyt małą wartość (poniżej 12V), a przebiegi sygnałów sterujących pracą pamięci odpowiadają procedurom programowania, to jest blokowany zapis do pamięci. Podobnie w przypadku zbyt niskiej wartości napięcia zasilającego modyfikowanie i odczyt zawartości pamięci są niemożliwe. Dodatkowym zabezpieczeniem zawartości pamięci przed przypadkowym zapisem jest wbudowany w GALa wewnętrzny supervisor linii zasilającej, który blokuje pracę układu przy zbyt niskim napięciu zasilania. Na **rysunku 2** znajduje się uproszczony schemat logiczny struktury wpisanej do GALa.

Schemat elektryczny symulatora przedstawiono na **rys. 3.** Pamięć RAM US1 jest standardową kostką serii CMOS o organizacji 8b (szerokość słowa) x 8192 (komórki). Układy tego typu wyposażone są w dwa wejścia selekcyjne - !CS1 (z polaryzacją aktywną ujemną) oraz CS2 (z polaryzacją aktywną dodatnią). Oprócz funkcji selekcyjnej wejścia te sterują także poborem mocy przez pamięć.

Tab.1. Parametry prądowe dla stanów pracy i oczekiwania dla pamięci typu 6264 stosowanych w prototypach.

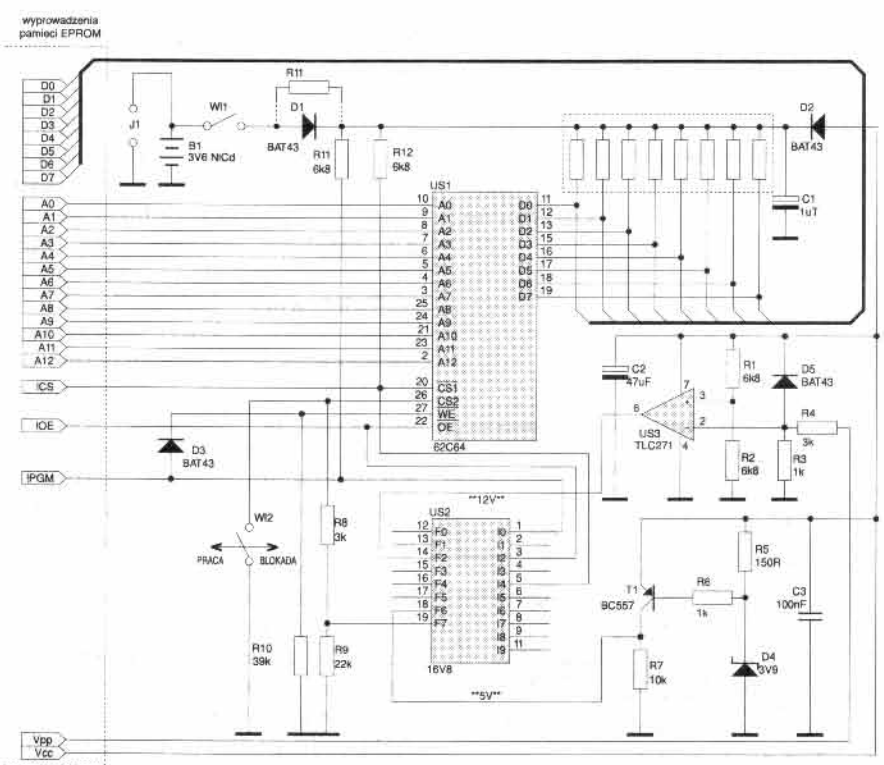
Parametr	UM6264	HY6264	FC861C65	Jedn.
Statyczny pobór prądu Icc	15	10	25	[mA]
Dynamiczny pobór prądu Icc1	45	55	70	[mA]
Dynamiczny pobór prądu Icc2	15	45	50	[mA]
Pobór prądu w stanie Standby Isb	3	2	3	[mA]
Pobór prądu w stanie Standby Isb1	100	70	100	[μA]
Pobór prądu w stanie Standby Isb2	100	70	100	[μA]

W tabeli przyjęto następujące oznaczenia:
Standby - dla !CE1=H lub CE2=L
Standby1 - dla !CE1=H i CE2=L
Standby2 - dla !CE1=H i CE2=L
Dane zaczerpnięto z katalogów firmowych UMC, Hyundai oraz Philips.

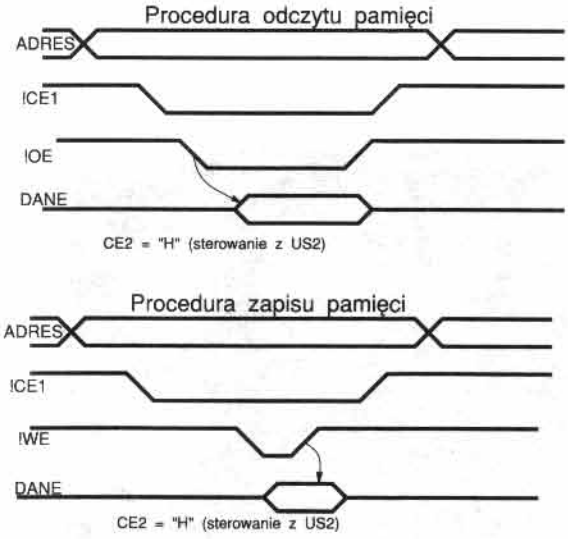
Parametry prądowe układów pochodzące od różnych producentów w zależności od kombinacji tych sygnałów są nieco odmienne - dane charakterystyczne dla trzech różnych pamięci przetestowanych w układzie zawiera **tabela 1**. Ogólnie sprawdza się zasada, że najmniejszy pobór prądu w stanie Standby osiąga się wtedy, gdy obydwa wejścia selekcyjne są w stanie nieaktywnym (tzn. !CS1=H i CS2=L).

Charakterystyczne dla pamięci SRAM wykresy czasowe przedstawia **rysunek 4. Tabela 2** stanowi tabelę prawdy dla wszystkich sygnałów sterujących pracą pamięci - kolumna oznaczona Izas odnosi się do danych zawartych w tab. 1.

W układzie symulatora wejście !CS1 spełnia rolę standardowego sygnału selekcyjnego, zastępując wejście !CS standardowego EPROMu. Wejście CS2 jest wykorzystane przez układ nadzorczy do blokowania dostępu do pamięci; wbudowano go w układ PLD typu GAL16V8, oznaczony jako US2. Jednocześnie jest możliwe wyłączenie pamięci na stałe za pomocą przełącznika Wl2. Równoległe połączenie wyjścia sterującego US2 z przełącznikiem Wl2 mogłoby doprowadzić do uszkodzenia tego wyjścia w przypadku włączenia napięcia zasilania. Zapobiegają temu dwa rezystory (R8 oraz R9), które odseparowują prądowo



Rys. 3. Schemat elektryczny symulatora.



Tab. 2. Tabela prawdy dla wejść sterujących pracą pamięci typu 6264.

Tryb pracy	!CE1	CE2	!OE	!WE	Szyna danych	Izas
Standby	H	X	X	X	Z	Isb,Isb1
Standby	X	L	X	X	Z	Isb,Isb1
Blokada	L	H	H	H	Z	Icc,Icc1,Icc2
Odczyt	L	H	L	H	Dane WY	Icc,Icc1,Icc2
Zapis	L	H	X	L	Dane WE	Icc,Icc1,Icc2

Z - oznacza stan wysokiej impedancji wyjścia pamięci
L - oznacza stan niski (TTL)
H - oznacza stan wysoki (TTL)
X - oznacza stan dowolny (L lub H)
! - oznacza negację

Rys. 4. Przebiegi czasowe chrakterystyczne dla pamięci SRAM.

końcówkę 19 US1 i przełącznik Wl2. Separacja taka daje dobre efekty, ponieważ wejście CS2 pamięci US1 jest sterowane napięciowo (prąd wpływający do tego wejścia jest bliski wartości zero).

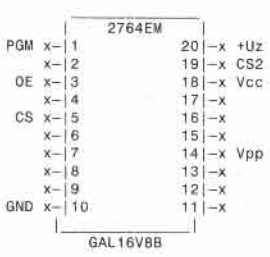
Sygnałami wejściowymi dla układu nadzorczego w układzie US2 są sygnały z dwóch prostych komparatorów - detektor napięcia programującego wykonano w oparciu o wzmacniacz operacyjny US3. Zastosowano wzmacniacz CMOS z rodziny TLC (lub TS), ponieważ może on bezproblemowo pracować ze stosunkowo niskimi napięciami zasilającymi; co więcej, jego stopień wyjściowy ma niewielkie marginesy napięcia wyjściowego (zakres nasycania) w stosunku do napięcia zasilania. Dzięki temu jest możliwa bezpośrednia współpraca wyjścia układu US3 z wejściem cyfrowym TTL, a do takiego standardu są dostosowane bufory wejściowe układu US2.

Rezystory R1 i R2 stanowią dzielnik napięcia zasilający wejście (+) US3. Napięcie ustalone na tym wejściu jest napięciem odniesienia dla komparatora. Wejście pomiarowe komparatora (jest to wejście (-) US3) jest także zasilane z dzielnika napięciowego, wykonanego z rezystorami R3 i R4. Dioda D5 spełnia rolę zabezpieczenia wejścia (-) przed pojawieniem się na nim napięcia większego od napięcia zasilania, co mogłoby spowodować uszkodzenie układu US3. Ponieważ wzmacniacz pracuje z otwartą pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego i nie posiada histerezy, detekcja poziomu napięcia programującego jest dość szybka i jednoznaczna. Sygnał z wyjścia komparatora (k.6 US3) jest podawany na wejście US2 oznaczone Vpp. Jeżeli napięcie na wejściu Vpp pamięci EPROM wzrośnie do wartości większej niż ok. 12V, na wyjściu komparatora pojawi się „0" logiczne, co jest odpowiednio interpretowane przez układ nadzorczy w US2: dokonanie wpisu danych do pamięci jest możliwe.

Nieco prostszy jest detektor poziomu napięcia zasilającego. Wykonano go na tranzystorze T1, a rolę źródła napięcia odniesienia pełni dioda Zenera D4. Jeżeli napięcie zasilające osiągnie wartość ok. 4,4..4,7V, dioda D4 z włączonym szeregowo złączem baza-emiter tranzystora T1 zacznie przewodzić, w wyniku czego na rezystorze R7 (włączonym w obwód kolektorowy T1) pojawi się logiczna „1". Stan taki sygnalizuje układowi nadzorczemu US2 (na wejściu Vcc, k.18) fakt pojawienia się napięcia zasilającego.

Diody D1 i D2 separują od siebie napięcia zasilające doprowadzone z akumulatora podtrzymującego (D1) oraz podstawki pamięci EPROM (D2). Są to diody Schottkyiego małej mocy, co znacznie obniża straty napięcia zasilającego. Na złączu p-n standardowej diody spadek napięcia wynosi 0,6..0,75V, natomiast na złączach diod zastosowanych w układzie nie przekracza on wartości 0,35..0,4V. Jeżeli w miejsce akumulatora zastosujemy kondensator o dużej pojemności, zamiast diody D1 należy zamontować zworę.

Rysunek 5 przedstawia wyprowadzenia układu US2 wraz z przyjętymi oznaczeniami.



Rys. 5. Wyprowadzenia układu US2.

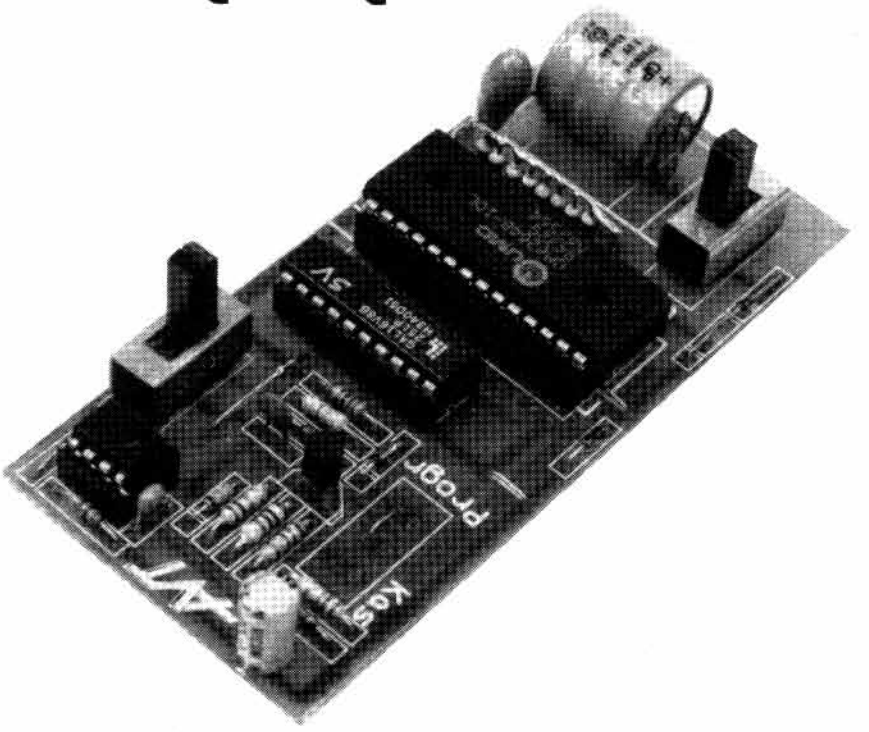
Piotr Zbysiński, AVT

Cd. w EP 6/95

Symulator pamięci EPROM 2764 z pamięcią SRAM Część 2

AVT-260

Prostota i niewielki koszt wykonania symulatora powinien zachęcić wielu Czytelników do stosowania tego rozwiązania w aplikacjach, w których dotąd niepodzielnie panowały pamięci EPROM. W drugiej części artykułu przedstawiamy opis płytki drukowanej układu oraz szereg wskazówek dotyczących montażu mechanicznego i elektrycznego.



Montaż i uruchomienie

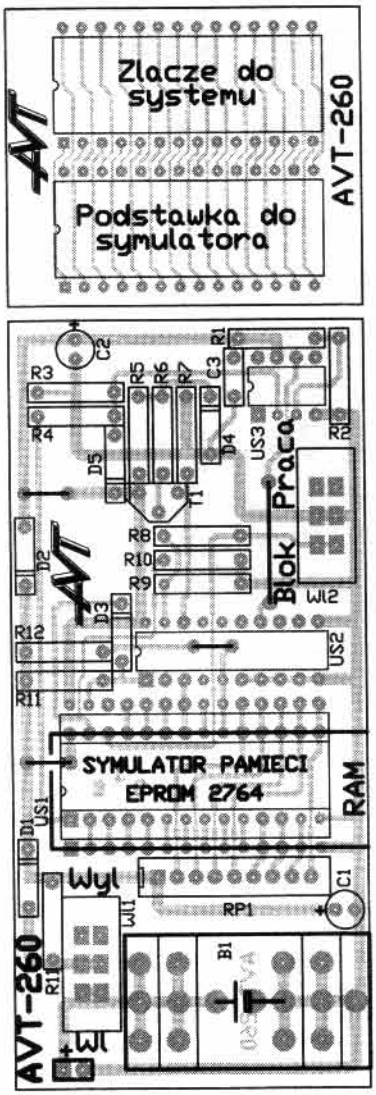
Symulator montuje się na jednostronnej płytce drukowanej wykonanej zgodnie z rysunkiem zamieszczonym na wkładce. Rozmieszczenie elementów na płytce przedstawia **rysunek 6**.

Nieco uwagi wymaga montaż podstawki pod pamięć US1. Wynika to z faktu pokrywania się miejsc montażu końcówek stanowiących styki symulatora (emulowanej pamięci EPROM) oraz podstawki pod ten układ. Na płytce drukowanej została poprowadzona dodatkowa linia obrysowa wraz z komentarzem „RAM" - tam właśnie należy montować podstawkę. Podstawki warto zastosować także pod pozostałe układy - znacznie ułatwiają one dokonywanie ewentualnych napraw.

W przypadku stosowania akumulatora NiCd lub podobnej baterii jako źródła napięcia podtrzymującego jest zalecane przyklejenie ogniwa do płytki za pomocą kleju, najlepiej z pistoletu klejowego (popularne w Polsce „Glue Gun"). Zapobiegnie to możliwości ułamania się wyprowadzeń akumulatora podczas operacji programowania i częstego przenoszenia. Jakość montażu ma duże znaczenie, ponieważ akumulatory NiCd mają bardzo dużą żywotność (możliwe jest więc długie korzystanie z takiego akumulatora) i są stosunkowo drogie.

Podstawowe parametry układu:

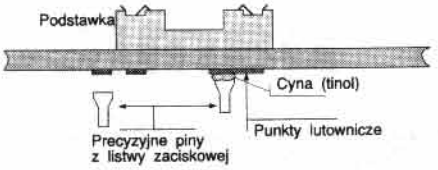
- możliwości emulacji: pamięci o organizacji 8x8k, możliwy zapis lub odczyt dowolnie wybranego obszaru pamięci;
- czas dostępu (od ustalenia adresu): max. 120..150ns;
- napięcie zasilania (w systemie, praca): 4,5..6V (zalecane 5V±10%);
- dopuszczalny zakres zmian napięcia zasilania (tylko w trybie Standby): 2..4,8V (typowo 3,6V);
- pobór prądu w czasie normalnej pracy (Ucc=5V): 50..130mA. Duże znaczenie dla wartości maksymalnego poboru prądu ma typ zastosowanego w urządzeniu GALa US2;
- pobór prądu w trybie Standby (przy Ucc=3,6V): ok. 2..35mA;
- przybliżony czas podtrzymywania zawartości pamięci (akumulator NiCd 3,6V o pojemności 60mAh): do 2000h (ok. 83 dni). Podczas trwających 14 dni testów egzemplarza modelowego nie wystąpiły żadne problemy z podtrzymaniem zawartości pamięci. W przypadku stosowania kondensatora podtrzymującego zamiast akumulatora czas ten ulega skróceniu do ok. 1..5min, przy czym należy uwzględnić wsteczny prąd pobierany z końcówki zasilania pamięci RAM przez układy wyjściowe programatora;
- zalecany algorytm programowania: tryb „Inteligentny" (25..50-krotny wpis impulsami o czasie trwania 1ms). Testowano także tryb „Standard" oraz „Flashrite" z wynikiem pozytywnym. Próby przeprowadzono na programatorach HiLo ALL-03A oraz SEPROG;
- dopuszczalne napięcia programowania Vpp: 12,5..25V.



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płytce

Kolejną trudnością, z jaką Czytelnicy mogą się spotkać podczas montażu układu, są końcówki umożliwiające instalowanie symulatora w urządzeniu. W modelowym egzemplarzu zastosowano typowe listwy z końcówkami precyzyjnymi, z których odłamano dwa rzędy po 28 styków. Zostały one następnie przylutowane do płytki drukowanej w miejscach przewidzianych dla wyprowadzeń pamięci EPROM. Taki montaż jest nieco kłopotliwy w wykonaniu, ale cechuje go prostota, łatwość zdobycia złącza i niska cena. W nieco uproszczony sposób przedstawia to **rysunek 7**.

Montaż pozostałych elementów nie wymaga specjalnego omówienia, należy przeprowadzić go zgodnie z klasycznymi zasadami. Do uruchomienia wstępnego montujemy wszystkie elementy bierne, tranzystor T1 oraz układ US3. Pozostałe układy scalone montujemy później.



Rys. 7. Sposób przylutowania wyprowadzeń modułu do płytki drukowanej

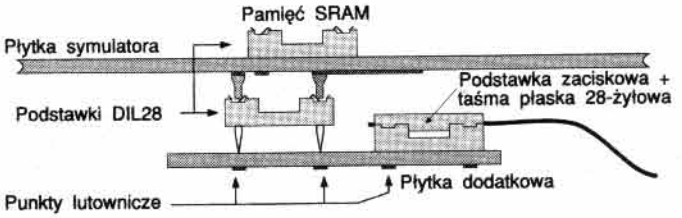
Uruchomienie urządzenia rozpoczynamy od kontroli pracy Supervisorów napięć: programującego i zasilającego. Potrzebny do tego będzie zasilacz regulowany o zakresie napięcia wyjściowego 0..15V, zasilacz stabilizowany +5V oraz miernik uniwersalny lub oscyloskop. Na wyjściu zasilacza ustawiamy napięcie ok. 0,0V, podłączamy (+) i (-) zasilania układu (z k.28 pamięci EPROM) do wyjścia zasilacza, a miernik uniwersalny dołączamy równolegle do rezystora R7. Następnie zwiększamy napięcie na wyjściu zasilacza i jednocześnie kontrolujemy poziom napięcia wskazywany przez miernik. Przy napięciu wyjściowym zasilacza ok. 4,5..4,7V miernik powinien wskazać napięcie (zmiana powinna być skokowa) powyżej 3,8V. Za napięcie progowe przełączania odpowiada dioda Zenera D4, dlatego w przypadku znacznych odchyłek wartości napięć (w stosunku do podanych) należy ją sprawdzić. Podczas dobierania napięcia zasilającego należy zwrócić uwagę aby nie podać na układ napięcia wyższego niż 6V, ponieważ może to spowodować uszkodzenie elementów.

Nieco inaczej przebiega procedura kontrolowania Supervisora napięcia programującego. Do linii zasilającej (jak w poprzednim punkcie) podłączamy stabilizowane napięcie +5V. Minus zasilacza regulowanego łączymy z masą układu, a jego plus z k.1 pamięci EPROM. Jest to wejście napięcia programującego. Miernik uniwersalny podłączamy do wyjścia układu US3 (k.6). Dla napięć wejściowych z zakresu 0..11V na wyjściu tego układu powinien być stan logiczny „1" (napięcie z zakresu 3,8..4,5V). Po przekroczeniu progu 11,5..12,0V stan na wyjściu układu zmienia się na „0" logiczne.

Na tym można zakończyć podstawowe procedury uruchomieniowe. Układ US2 jest dość trudny do przetestowania w warunkach domowych, dlatego wszystkie układy oferowane do sprzedaży (oprócz standardowej symulacji funkcjonalnej) są badane dynamicznie przy pomocy testera ALL-03A. Także pamięci SRAM, dostarczane w zestawach AVT-260, są kontrolowane na testerze badającym za pomocą 7 wzorów jakość odwzorowania informacji we wszystkich komórkach. Tak więc nie powinny wystąpić żadne trudności z uruchomieniem układu. Jedynym potencjalnym źródłem błędów może być montaż (należy wykonać go bardzo starannie!).

Uwagi końcowe

Jak wspomniano na początku artykułu, podstawowym źródłem zasilania symulatora jest akumulator NiCd o napięciu 3,6V. Większość producentów dostarcza do handlu akumulatory nienaładowane, co ma zapobiegać potencjalnym uszkodzeniom podczas przypadkowych zwarć wyprowadzeń. Wskazane jest więc naładowanie akumulatora przed wlutowaniem go w płytkę drukowaną. Najłatwiej to zrobić w następujący sposób: w szereg z akumulatorem włączamy rezystor ok. 220Ω oraz miliamperomierz (zakres do 20mA) i całość podłączamy do zasilacza stabilizowanego 5V. Jeżeli prąd płynący w układzie przekroczy 10mA, należy zwiększyć wartość oporności rezystora. Optymalnym prądem ładowania jest ok. 6..10mA (dla akumulatora o pojemności 60mAh), a ładowa-



Rys. 8. Sposób wykorzystania płytki pomocniczej

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory
R1, R2, R11, R12: 6,8kΩ
R3, R6: 1kΩ
R4, R8: 3kΩ
R5: 150Ω
R7: 10kΩ
R9: 22kΩ
R10: 39kΩ
R11: dobierany (opcja)
RP: 8x10kΩ (SIP9)

Kondensatory
C1: 1μF/10V, tantalowy
C2: 47μF/10V
C3: 100nF

Półprzewodniki
D1...D3, D5: BAT43
D4: dioda Zenera 3,9V
T1: BC557
US1: 62C64 (patrz tekst)
US2: GAL16V8 (zaprogramowany)
US3: TLC271

Różne
Wl1, Wl2: przełączniki hebelkowe
B1: kondensator 0,1F/5,5V (lub 3V6/60mAh NiCd)
J1: jumper 2x1

nie powinno trwać ok. 10h. Tak przygotowany akumulator nadaje się już do eksploatacji. Ponieważ podczas używania symulatora akumulator wyładowuje się, przewidziano na płytce drukowanej złącze dla zewnętrznej ładowarki. Dodatkową opcją jest możliwość włączenia rezystora R11 równolegle do diody separacyjnej D1. Podczas normalnej pracy akumulator, dzięki zastosowaniu tego rezystora, jest ciągle podładowywany. Ma to także swoje ujemne strony: akumulatory NiCd słyną ze swojej „pamięci" i jeżeli nie pracują w pełnym cyklu ładowanie-rozładowanie, wtedy stopniowo tracą pojemność. Lepiej jest więc korzystać z zewnętrznej ładowarki. Taki sposób pracy nie jest zbytnio uciążliwy, zwłaszcza że zastosowane w układzie pamięci mają właściwość pewnego podtrzymywania danych przy niskich napięciach zasilających.

Możliwe jest także zastosowanie zamiast akumulatora NiCd specjalnego kondensatora o dużej pojemności. Mają one mniejsze od akumulatorów wymiary, a zgromadzony w nich ładunek wystarcza na podtrzymanie zawartości pamięci na czas od kilku do kilkunastu minut. Zaletą takiego rozwiązania jest znacznie niższa cena (w stosunku do standardowego akumulatora), a w praktyce, w typowych zastosowaniach, nie jest konieczne dłuższe podtrzymywanie pamięci. Na płytce przewidziano miejsce zarówno na akumulator, jak i kondensator. W zestawach AVT-260 będzie dostarczany kondensator; diodę D1 należy zewrzeć (w jej miejsce wlutować zworę).

Pierwotnie zamiast układu US3 zastosowano komparator HA3454 firmy Harris dostosowany do pracy przy niskich napięciach zasilania, z wyjściem w standardzie TTL. Ze względu na duże trudności z zakupem tego typu układów zdecydowano się na wykorzystanie wzmacniacza CMOS typu TLC271 zamiast tego komparatora. Wymagane jest jednak wykonanie dodatkowego połączenia przewodem (od spodu płytki) - końcówkę 8 należy zewrzeć z masą zasilania.

Tab. 3. Typy pamięci różnych producentów, dla których sprawdzono jakość emulacji.

AMD/MMI	Am2764, Am2764A/AP/C64
Atmel	AT27HC64/L,
Catalyst	CAT2764A
Fujitsu	MBM2764, MBM27C64
Hitachi	HN482764/27C64
Hyundai	27C64
Intel	D2764, D2764A/C64, D87C64
Microchip	27C64/HC64
Mitsubishi	M5L2764
NS	NM27LC64, NMC27C64/B
OKI	MSM2764A, MSM2764AS
Philips	27C64A
Ricoh	27C64
Seeq	DQ2764
SGS-Thomson	27/C64A, TS2764
TI	TMS2764, TMS27C64/PC64
VLSI	VT27C64

W niektórych zastosowaniach mogłyby wystąpić trudności z zainstalowaniem symulatora w testowanym układzie. Wynika to głównie z dość dużych rozmiarów płytki drukowanej. Z tego powodu zaprojektowano dodatkową płytkę drukowaną (pokazano ją na wkładce wraz z płytką główną symulatora), służącą wraz ze specjalnym kablem jako przelotka pomiędzy płytką symulatora i testowanym układem. **Rysunek 8** przedstawia sposób wykorzystania tej płytki.

Praca z symulatorem

Przed rozpoczęciem programowania należy włączyć napięcie zasilania (podtrzymujące) przełącznikiem Wl1 (pozycja Wł). Przełącznik Wl2 przełączamy do pozycji PRACA. Wkładamy podstawkę symulatora do podstawki programatora, ładujemy do bufora kopiowany program i po wybraniu określonego typu pamięci (dowolna wersja 2764) i algorytmu rozpoczynamy programowanie układu.

W **tabeli 3** zestawiono typy pamięci EPROM, dla których sprawdzono jakość symulacji opisywanego układu. Testy wykonano przy pomocy programatora ALL-03A. Na **rysunku 9** przedstawiono widok ekranu programu obsługującego programator z otwartym oknem wyboru algorytmu programowania.

Piotr Zbysiński, AVT

Rys. 9. Widok ekranu z programem sterującym programatora HiLo ALL03A