WARSZTAT

PAMIĘĆ EMS DLA KOMPUTERA PC/XT

(część I)

Wszyscy użytkownicy komputerów PC/XT (co prawda nieco już dzisiaj przestarzałych) napotykają problemy z pamięcią operacyjną. Jest jej tylko 640 KB... co niekiedy nie wystarcza podczas pracy. Ci, którzy posiadają komputery klasy PC/AT lub 386 nie mają tych problemów – mogą po prostu rozszerzyć sobie pamięć (no, może nie tak zupełnie prosto, ale zawsze). Użytkownicy PC/XT nie mają tej szansy, bo po prostu procesor 8088 nie jest w stanie zaadresować więcej niż 1 MB pamięci.

W 1985 roku firmy Lotus, Intel i Microsoft ustanowiły standard EMS/LIM (ang. *Expanded Memory Specification Lotus–Intel–Microsoft*) definiujący sposób dołączania większej ilości pamięci do komputera, oczywiście oparty na tzw. sztuczkach. Popularność zyskała wersja 3.2 standardu, później wyparta przez wersję 4.0. Bardzo wiele programów potrafi rozpoznać i wykorzystać do swoich potrzeb pamięć EMS. Należą do nich m.in. Lotus 1–2–3, Turbo Pascal (wersje powyżej 4.0.), Turbo C, Sourcer, oraz bardzo popularna nakładka na system MS–DOS – 4DOS.

Niniejszy artykuł zawiera opis karty EMS możliwej do wykonania w warunkach amatorskich i oprogramowania sterującego tą kartą. Opis dotyczy wersji 3.2. Odpowiedź na pytanie dlaczego nie o wiele bogatszej w możliwości wersji 4.0 jest następująca: koszty wykonania wersji 3.2 są znacznie niższe niż 4.0. Lwią część kosztów wykonania karty pochłaniają pamięci, które są elementami na tyle uniwersalnymi, że można je wykorzystać przy zmianie komputera na lepszy, reszta – to popularne układy TTL.

Opisywana karta zawiera 1 MB pamięci z możliwością natychmiastowego rozszerzenia do 4 MB.

Przy tworzeniu niniejszego opisu przyjęto założenie, że Czytelnik jest zaznajomiony z podstawami techniki cyfrowej i mikroprocesorowej. Mającym wątpliwości i pragnącym pogłębić swoją wiedzę proponujemy dotarcie do następujących pozycji:

- w zakresie komputerów klasy PC – *Mikroklan* – sierpień, wrzesień i październik 1987, gdzie można znaleźć mapę adresową komputerów PC i pomocny przy analizie schematu karty EMS – schemat płyty głównej komputera PC–XT oraz komputerowa baza danych TECH prod. Flambeaux Software (komputer IBM),
- w zakresie zasady działania i sposobów sterowania pamięciami dynamicznymi RAM – książka J. W. Coffron, W. E. Long – *Techniki sprzęgania układów w systemach mikroprocesorowych*, WNT 1988,
- w zakresie definicji standardu pamięci EMS – artykuł W. Warskiego pt. *Co to jest pamięć EMS* (*Komputer* 3/1989), komputerowa baza danych *TECH* prod. Flambeaux Software (komputer IBM) oraz „Młody Technik" 10/1991 (dział: Informatyka).

Trzeba zdawać sobie sprawę, że uruchomienie karty jest przedsięwzięciem wymagającym doświadczenia w pracach z techniką cyfrową, i dlatego stanowczo odradzamy to początkującym. Pamiętajmy, że głupi błąd może sprawić, że nie dość, że nie uruchomimy karty, to jeszcze uszkodzimy komputer.

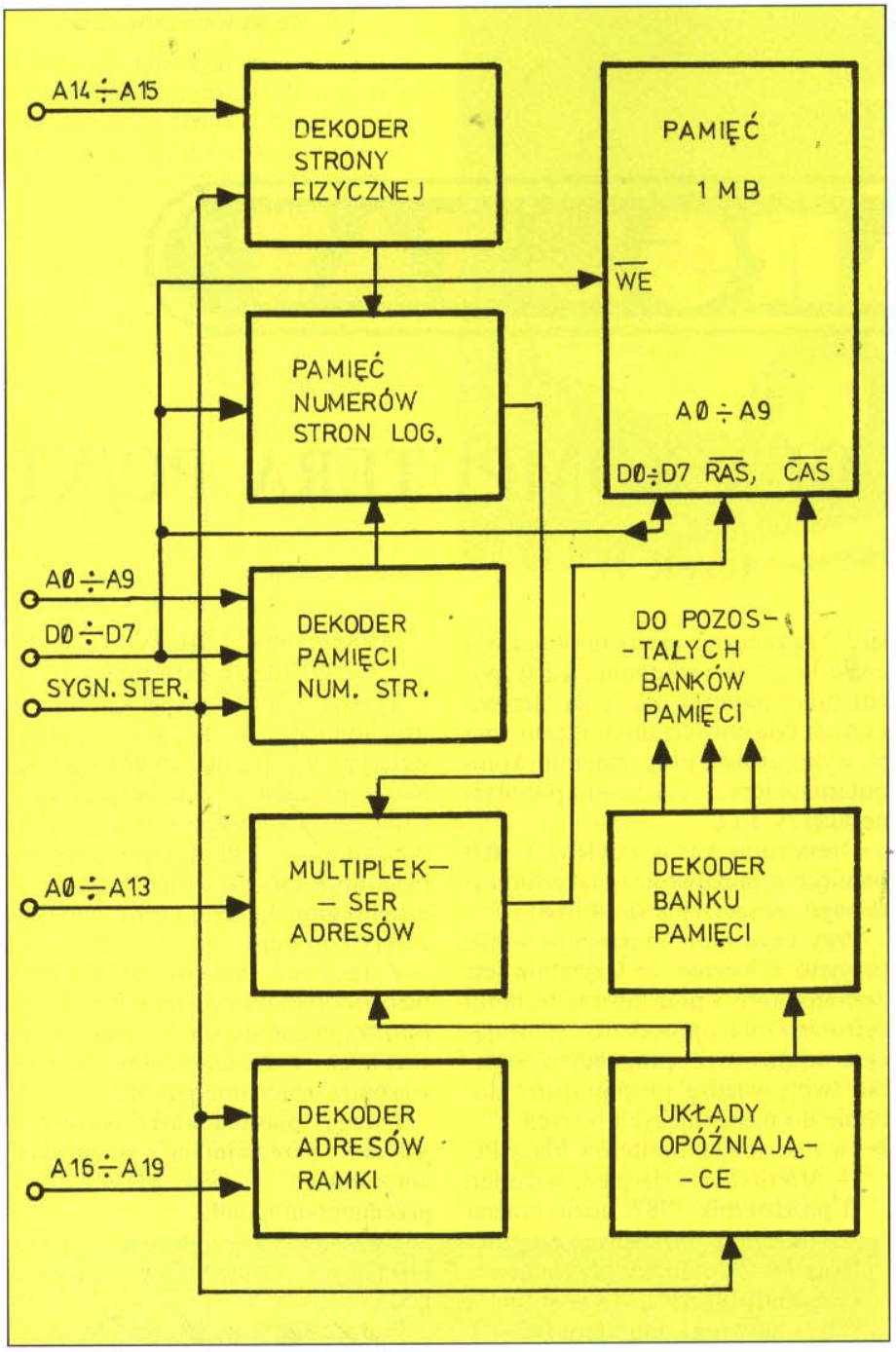
Z tego też powodu pewne problemy dotyczące uruchamiania karty potraktowano dość pobieżnie, pozostawiając je do szczegółowego rozwiązania uruchamiającemu.

Uwaga: opisana karta może być jedynie przedmiotem konstrukcji amatorskich i NIE MOŻE być przedmiotem handlu.

Na wstępie kilka słów opisu przybliżających Czytelnikowi standard EMS.

Pamięć EMS nie jest bezpośrednio widoczna przez procesor komputera. Istnieje niejako „gdzieś obok", a do jej zarządzania służy specjalny program obsługi. Jej obszar podzielony jest na fragmenty o długości 16 KB każdy, tzw. strony. W polu adresowym procesora znajduje się obszar o długości 64 KB zwany ramką. Jest on umownie podzielony na tzw. strony fizyczne, czyli cztery następujące po sobie fragmenty, każdy o długości 16 KB. Strony te są ponumerowane począwszy od najniższego adresu numerami od 0 do 3.

Lokalizacja początku adresu ramki zależna jest od konfiguracji nasze-



Rys. 1. Schemat blokowy karty pamięci EMS

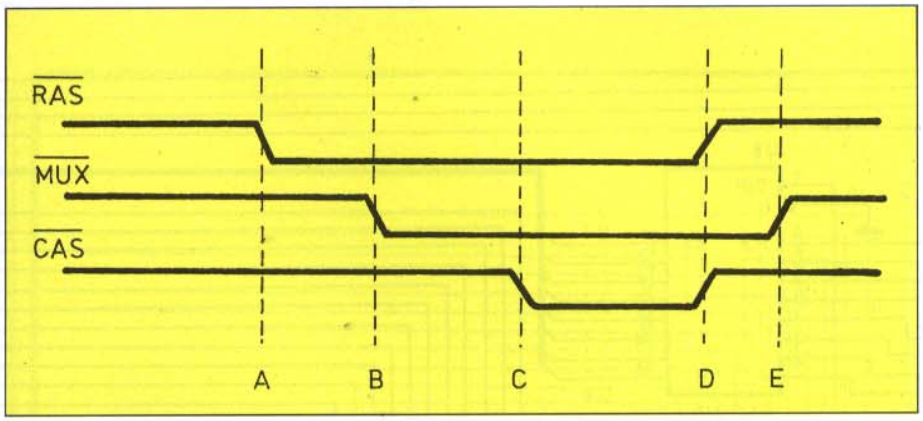
go komputera – jeżeli założymy, że musi się ona mieścić w zakresie pierwszego megebajta pamięci (co na komputerach XT jest koniecznością, bo tylko tyle wynosi zakres adresowy procesora 8088), i że początek ramki musi zaczynać się od wielokrotności 64 KB (łatwość konstrukcji), to będziemy mieli niewiele adresów do wyboru. Obszar 9ffffh jest zajęty przez pamięć RAM komputera, obszar 0a0000h – 0bffffh zarezerwowany jest dla pamięci sterowników graficznych, w obszarze 0c0000h – 0cffffh umieszczona jest pamięć zawierająca BIOS sterownika dysku sztywnego, w obszarze 0f0000h – 0fffffh umieszczony jest BIOS komputera... Co zostaje? Obszar 0d0000h – 0effffh. Z tym, że i tu trzeba postępować ostrożnie, bo niektóre nietypowe karty mogą zajmować lokacje adresowe z tego zakresu.

Przykładowo, niech ramka zaczyna się od adresu 0e0000h (czyli, w stosowanej w zapisie asemblera procesora 80X86 notacji segment : przesunięcie – e000 : 0000). Adresy początków kolejnych stron fizycznych (w kolejności 0, 1, 2, 3) są wówczas następujące: 0e0000h, 0e4000h, 0e8000 i 0ec000h (czyli e000:0000, e000:4000, e000:8000 i e000:c000).

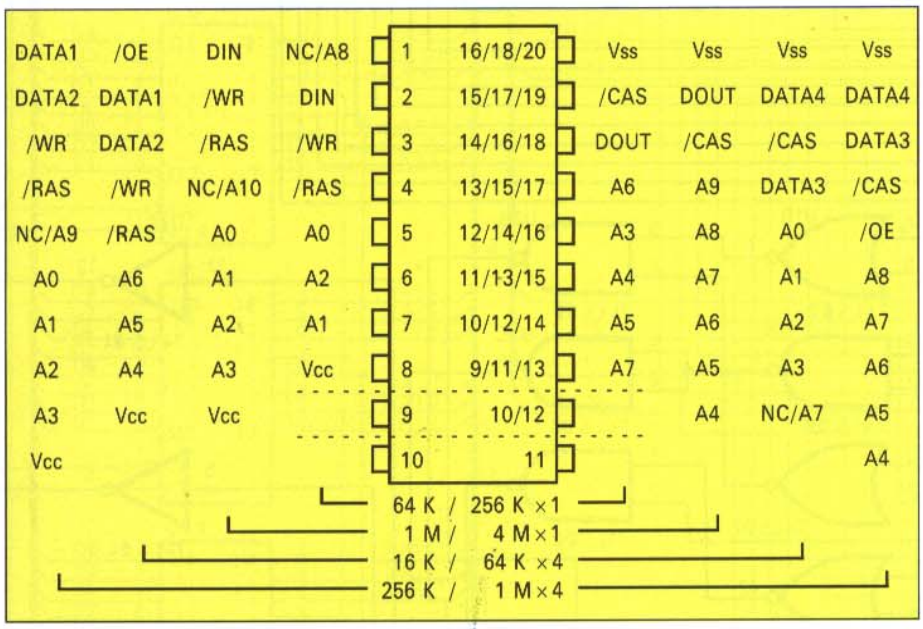
Program obsługi pamięci EMS ma możliwość dokonywania na życzenie użytkownika rezerwacji obszarów pamięci o specyfikowanej przez niego długości (musi być ona wielokrotnością długości strony). Każdy tak zarezerwowany obszar otrzymuje swój numer, czyli identyfikator zbioru stron, a należące do niego strony (zwane stronami logicznymi) numery kolejne począwszy od zera. Obszarów takich może być na raz zdefiniowanych wiele, ale pomimo to każda strona logiczna może być jednoznacznie zidentyfikowana poprzez numer obszaru (zbioru stron logicznych), do którego należy i swój numer w ramach tego obszaru.

Program obsługi pamięci EMS daje możliwość wpisania dowolnej strony logicznej w stronę fizyczną. Należy to rozumieć tak, że strony fizyczne są niejako „okienkami", w których mogą się pojawiać strony logiczne. Po wpisaniu strony logicznej w obszar strony fizycznej pojawia się tam ona jako normalna pamięć RAM i może podlegać zapisowi i odczytowi. Stan ten utrzymuje się tak długo, aż w tę samą stronę fizyczną zostanie wpisana inna strona logiczna. W szczególności ta sama strona logiczna może zostać wpisana w dwie różne strony fizyczne oraz w stronę fizyczną może nie zostać wpisana żadna strona; w tym ostatnim przypadku obszar strony fizycznej będzie zachowywać się tak, jakby nie było w nim żadnej pamięci.

Zarządzanie pamięcią EMS realizuje specjalny program obsługi (ang. *driver*), najczęściej o nazwie EMM.SYS (od ang. *expanded memory manager*). Program ten instaluje się w pamięci jako urządzenie logiczne o nazwie EMMXXXX0 (jest to taka sama nazwa jak np. PRN, LPT, CON). Można się do niego odwoływać z poziomu systemu operacyjnego, ale nie ma to większego sensu, gdyż właściwe zarządzanie zasobami pamięci EMS odbywa się poprzez przerwanie int 67h, którego wektor



Rys. 3. Przebiegi sterujące pamięcią dynamiczną RAM



Rys. 4. Topologia wyprowadzeń pamięci dynamicznych RAM

przejmuje program obsługi w trakcie swojej instalacji. W dalszej części artykułu zawarty jest wydruk programu generującego kod programu obsługi pamięci EMS i dokładny opis funkcji przerwania int 67h.

Schemat blokowy układu karty pamięci EMS jest przedstawiony na rys. 2. Jego centralnym punktem jest **pamięć numerów stron**; jest to zespół czterech ośmiobitowych rejestrów. Każdy z rejestrów przyporządkowany jest jednej ze stron fizycznych, a jego zawartość jest numerem strony logicznej wpisanej w tę stronę fizyczną. **Dekoder pamięci numerów stron** steruje procesem wpisywania danych do pamięci numerów stron przyporządkowujących jej cztery kolejne lokacje adresowe z obszaru we/wy komputera. **Dekoder strony fizycznej** steruje procesem odczytu pamięci numerów stron powodując, że na jej wyjściach pojawia się zawartość właściwego rejestru (oznaczona jako XA14 – XA19).

Tak uzyskany numer strony logicznej jest traktowany jako wyższa część adresu układów pamięci, podczas gdy część niższa (A0 – A13) pobierana jest bezpośrednio z szyny adresowej. W **multiplekserze adresów** następuje złożenie obu części i przetworzenie na właściwą dla układów pamięci dynamicznych dwuczłonową formę. Procesem dostępu do pamięci dynamicznych zarządzają **układy opóźniające**. Generują one właściwe sekwencje sygnałów w przypadku cyklu zapisu lub odczytu (co jest wykrywane przez **dekoder adresu ramki**), lub w przypadku odświeżania zawartości pamięci.

Schemat ideowy układu karty pamięci EMS przedstawia rys 3. Pamięć numerów stron zrealizowana została przy użyciu czterech rejestrów 74LS374 (U10 – U14), co jest rozwiązaniem tańszym niż stosowanie specjalnej pamięci scalonej. Dekoder pamięci numerów stron to układy: U1 (74LS02), U2 (74LS00) i U7 (74LS138). Realizują one funkcję wykrywania czterech adresów we/wy począwszy od lokacji 310h.

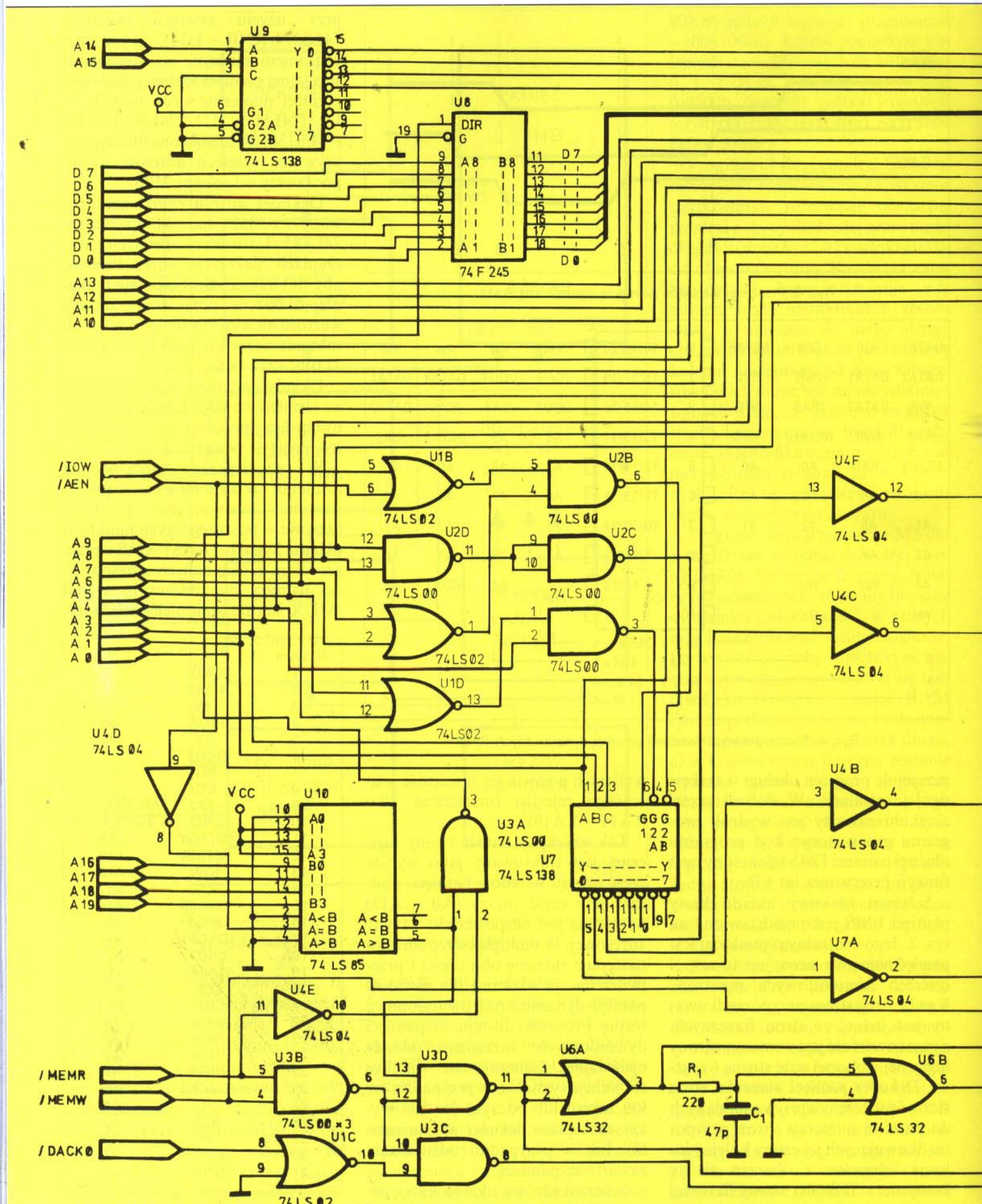
Dekoder adresu ramki zrealizowany został na komparatorze 74LS85 (U10). Przy obecnych połączeniach dekoduje adres 0e000h; aby to zmienić, trzeba podać (zmieniając obecne połączenia) żądaną wartość na wyprowadzenia A3 – A0 (aktualnie jest tam podobna wartość 1110b, czyli 0eh).

Układy opóźniające zrealizowano na elementach RC. Ten (krytykowany bardzo) sposób okazuje się jednak być prosty i pewny.

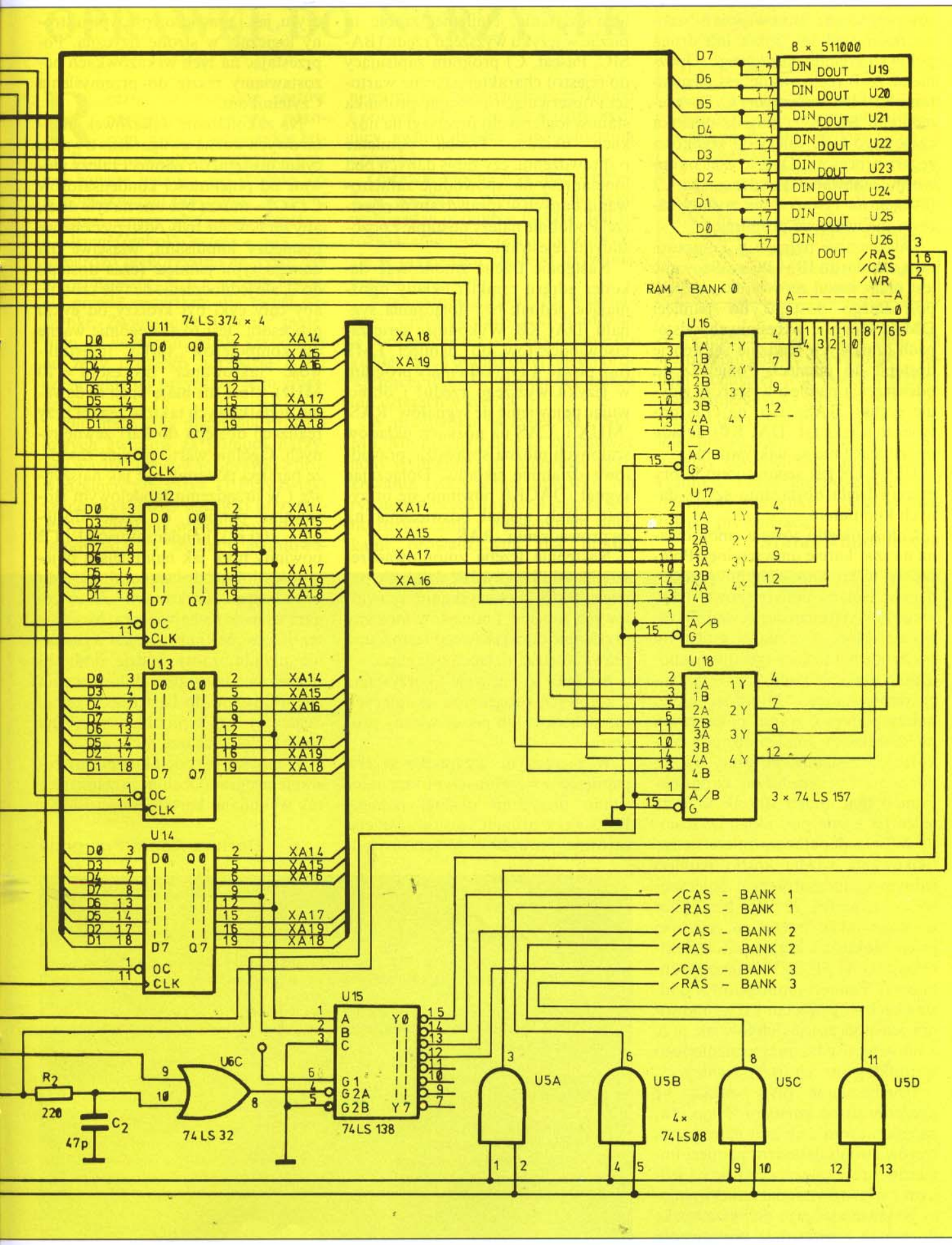
W celu lepszego zobrazowania działania układu na rys. 3. przedstawiono schematycznie przebiegi czasowe w poszczególnych punktach układu. Sygnały /RAS i /CAS sterują procesem zapisu danych adresowych do pamięci dynamicznych, sygnał /MUX steruje multiplekserem adre-

Nr wypr.	A	B
1	GND	I/OCHK
2	RESET	D7
3	+5V	D6
4	IRQ2	D5
5	–5V	D4
6	DRQ2	D3
7	–12V	D2
8	NC	D1
9	+12V	D0
10	GND	I/OCHKRDY
11	/MEMW	AEN
12	/MEMR	A19
13	/IOW	A18
14	/IOR	A17
15	/DACK3	A16
16	DRQ3	A15
17	/DACK1	A14
18	DRQ1	A13
19	/DACK0	A12
20	CLK	A11
21	IRQ7	A10
22	IRQ6	A9
23	IRQ5	A8
24	IRQ4	A7
25	IRQ3	A6
26	/DACK2	A5
27	T/C	A4
28	ALE	A3
29	+5V	A2
30	OSC	A1
31	GND	A0

Rys. 5. Rozkład wyprowadzeń magistrali komputera PC/XT



Rys. 2. Schemat ideowy karty pamięci EMS


8 × 511000
DIN DOUT U19
DIN DOUT U20
DIN DOUT U21
DIN DOUT U22
DIN DOUT U23
DIN DOUT U24
DIN DOUT U25
DIN DOUT U26 /RAS /CAS /WR
RAM - BANK Ø
74 LS 374 × 4
U11
U12
U13
U14
XA14
XA15
XA16
XA17
XA19
XA18
XA 18
XA 19
XA 16
U15
U16
U17
U18
3 × 74 LS 157
/CAS - BANK 1
/RAS - BANK 1
/CAS - BANK 2
/RAS - BANK 2
/CAS - BANK 3
/RAS - BANK 3
U6C
74 LS 32
74LS 138
U5A
U5B
U5C
U5D
4× 74LS08
R2
220
C2
47p

sów powodując, że na wejścia adresowe podawana jest jedna lub druga połówka sygnału adresowego. Opóźnienie A–B realizowane jest elementami R1 i C1, opóźnienie C–D – elementami R2 i C2, długość odcinka czasowego C–D zależy od szybkości zegara procesora, D–E to czas ponownego ładowania kondensatora C2 (uwaga: na rysunku nie zostały zachowane właściwe proporcje).

Odświeżanie pamięci w komputerach standardu IBM PC realizowane jest przez kanał zerowy układu bezpośredniego dostępu do pamięci DMA, który w określonych odstępach czasowych realizuje sekwencje dostępu do pamięci. Ponieważ do odświeżenia pamięci wystarczy jedynie sygnał /RAS, więc na czas odświeżania (sygnał /DACKØ) układy opóźniające nie są uaktywniane.

Układ U8 jest separatorem, który przeciwdziała obciążaniu szyny danych komputera.

Całość układu została zmontowana na tzw. karcie uniwersalnej. Połączenia wykonano cienkim przewodem w izolacji polietylenowej (tzw. kynar) z wyjątkiem doprowadzeń zasilania, które wykonano grubszym przewodem w izolacji igelitowej (chodziło o uzyskanie mniejszej rezystancji doprowadzeń). Montując układ należy pamiętać o (nie pokazanych na schemacie) kondensatorach blokujących zasilanie. Powinny być to kondensatory ceramiczne bezindukcyjne o pojemności 100 nF w ilości jeden na każde pięć układów scalonych TTL; dodatkowo zaleca się zablokowanie każdej kostki pamięci jednym kondensatorem o pojemności co najmniej 22 nF. Na płytce umieścić także trzeba co najmniej jeden blokujący kondensator elektrolityczny 47 μF/16 V (najlepiej tantalowy). Pamięci montujemy w podstawkach – i pamiętamy o wyjmowaniu ich podczas jakichkolwiek prac z lutownicą, gdyż niespełnienie tego warunku grozi ich uszkodzeniem.

Uruchamianie płyty zaleca się przeprowadzać partiami. Najpierw, po zmontowaniu bloków pamięci numerów stron i dekodera pamięci numerów stron należy wymusić na jednym z rejestrów sygnał uaktywniający go (zwierając jego pierwszą nóżkę do masy) i sprawdzić poprawność jego działania. Najlepiej zrobić to pisząc w języku wyższego rzędu (BASIC, Pascal, C) program zapisujący do rejestru charakterystyczne wartości i obserwując (używając próbnika stanów logicznych) przebiegi na nóżkach układu. Trzeba pamiętać o sprawdzeniu, czy zapis danych pod inne adresy nie spowoduje zafałszowania danych w sprawdzanym rejestrze! Podobnie należy postąpić z pozostałymi rejestrami.

Następnie trzeba zmontować dekoder adresu ramki i układy opóźniające, jednak bez dołączania sygnału /DACKØ. Wykonując serię zapisów/odczytów do pamięci EMS (np. pisząc w tym celu mały program w języku wyższego rzędu) i obserwując pojawienie się sygnałów /RAS, /MUX i /CAS na nóżkach układów scalonych można sprawdzić prawidłowe działanie układu. Dołączając sygnał /DACKØ powinno się otrzymać ciągły sygnał odświeżania na wyprowadzeniu /RAS.

Następnie trzeba zmontować resztę układu i sprawdzić działanie pamięci EMS. Po uzyskaniu prawidłowych zapisów i odczytów możemy przystąpić do właściwego testowania prawidłowości działania pamięci.

Można to uczynić korzystając z gotowych programów testujących (np. Checkit) lub pisząc własny program.

W pierwszym przypadku trzeba pamiętać o wcześniejszym zainstalowaniu programu obsługi pamięci EMS, zaś w drugim – testować trzeba zarówno prawidłowość zapisu i odczytu, jak i prawidłowość wpisu strony logicznej w stronę fizyczną. Poprzestając na tych wskazówkach pozostawiamy resztę do przemyślenia Czytelnikom.

Na zakończenie wskazówek montażowych ważna uwaga: czas trwania cyklu dostępu do pamięci zależy głównie od pojemności kondensatorów C1 i C2 – muszą być one na tyle duże, aby zachowane były odstępy czasowe pomiędzy impulsami, właściwe dla danego typu pamięci (czas dostępu do !), ale jednocześnie na tyle krótkie, aby cały cykl był krótszy od cyklu procesora. Jest to szczególnie ważne dla komputerów „turbo" (częstotliwość taktowania procesora = 10 MHz), które nie mają opcji dodawania dodatkowych taktów zegara przy realizacji dostępu do kart zewnętrznych. Ogólnie warto przyjąć zasadę, że pamięci powinny być jak najszybsze (w urządzeniu modelowym stosowano pamięci o czasie dostępu = 100 ns), kondensatory C1 i C2 powinny mieć jak najmniejszą pojemność (dobrać doświadczalnie), a do prób liczbę dodatkowych taktów zegara ustawić na największą. Może się też okazać, że konieczne jest wykonanie układu, który będzie dodawał dodatkowe takty przy dokonywaniu cyklu dostępu do kart rozszerzenia. Schematy tego typu układów można znaleźć w literaturze fachowej.

W następnym odcinku opisany zostanie program obsługi zarządzający tak wykonaną kartą pamięci EMS.

Dariusz Adam Przygoda

ROZWIĄZANIE KONKURSU DLA UŻYTKOWNIKÓW KUCHENEK MIKROFALOWYCH

W listopadowym numerze „MT", na str. 36, ogłosiliśmy konkurs dla Czytelników interesujących się techniką mikrofalową. Prawidłowa odpowiedź na pytanie konkursowe powinna brzmieć:

Potrawy przygotowywane w kuchni mikrofalowej nie tracą witamin ani soli mineralnych, zachowują smak i aromat, a ich przygotowanie jest o 60–70% krótsze niż gotowanie tradycyjne.

A oto lista uczestników konkursu, którzy wylosowali nagrody – książki pt. „Sekrety kuchni mikrofalowej" – ufundowane przez Wydawnictwo „KLEKS" z Bielska-Białej:

1. Maria Stachurska z Olkusza,
2. Rafał Trzepocki z Łodzi,
3. Ryszard Nosal z Sosnowca,
4. Dariusz Osys z Kędzierzyna-Koźla,
5. Antoni Śledź z Ustki,
6. Zofia Kozłowska z Bełchatowa,
7. Tomasz Kotkowski z Białegostoku,
8. Zenobia Okrzeja z Siemiatycz,
9. Elżbieta Wróblewska z Gliwic,
10. Teresa Kowalewska z Gdyni.

Gratulujemy! Książki wyślemy pocztą.