

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

8 (174)

1978

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 18

WARSZAWA 1978

NR 8/174/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędzierski
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Krystyn Plewko

Redaktorzy działów:
doc. mgr inż. Władysław Cetner, doc. mgr inż. Adam Moniuszko

Adres Redakcji:
Instytut Łączności
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej
Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 620. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 6.07.1978 r.
Druk ukończono we wrześniu 1978 r.

Maria Tyrowicz

PRZEGLĄD MIKROPROCESORÓW ORAZ PRZEGLĄD PROGRAMÓW I URZĄDZEŃ
WSPOMAGAJĄCYCH PROJEKTOWANIE

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Przegląd mikroprocesorów	1
2.1. Wstęp	1
2.2. Mikroprocesory ogólnego przeznaczenia	4
2.3. Mikroprocesory jednoelementowe	5
2.4. Mikroprocesory modułowe	5
3. Aparatura i programy wspomagające uruchamianie systemów mikroprocesorowych	6
3.1. Wprowadzenie	6
3.2. Specjalnie oprogramowane systemy mikrokomputerowe	6
3.3. Analizatory stanów logicznych	7
3.4. Programatory pamięci stałych	7
3.5. Programy wykonywane przez komputery pomocnicze	8
4. Zakończenie	8
Wykaz literatury	23

WYBRANE ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW MIKROPROCESOROWYCH

1. Wprowadzenie	25
2. Przegląd telekomunikacyjnych zastosowań systemów mikroprocesorowych	31
Zakończenie	36
Wykaz literatury	37



1. WPROWADZENIE

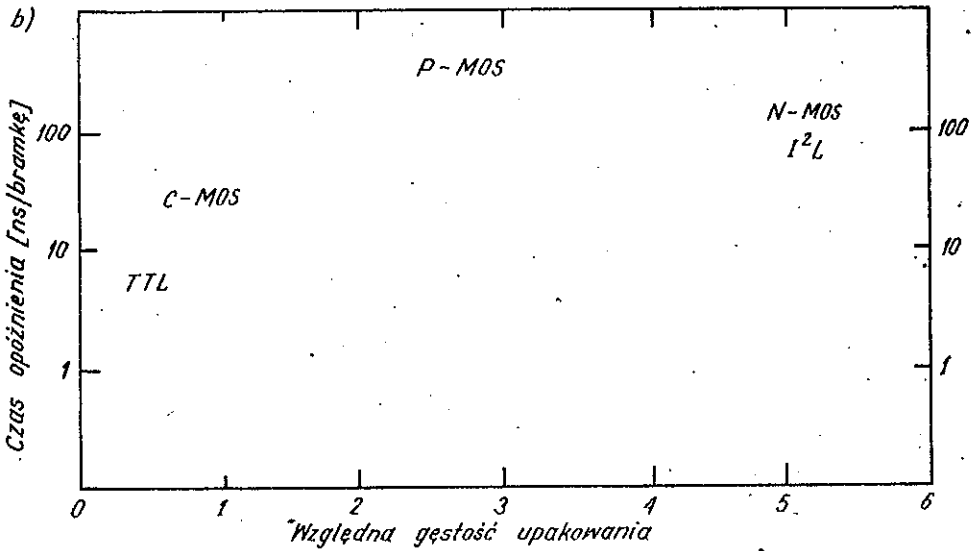
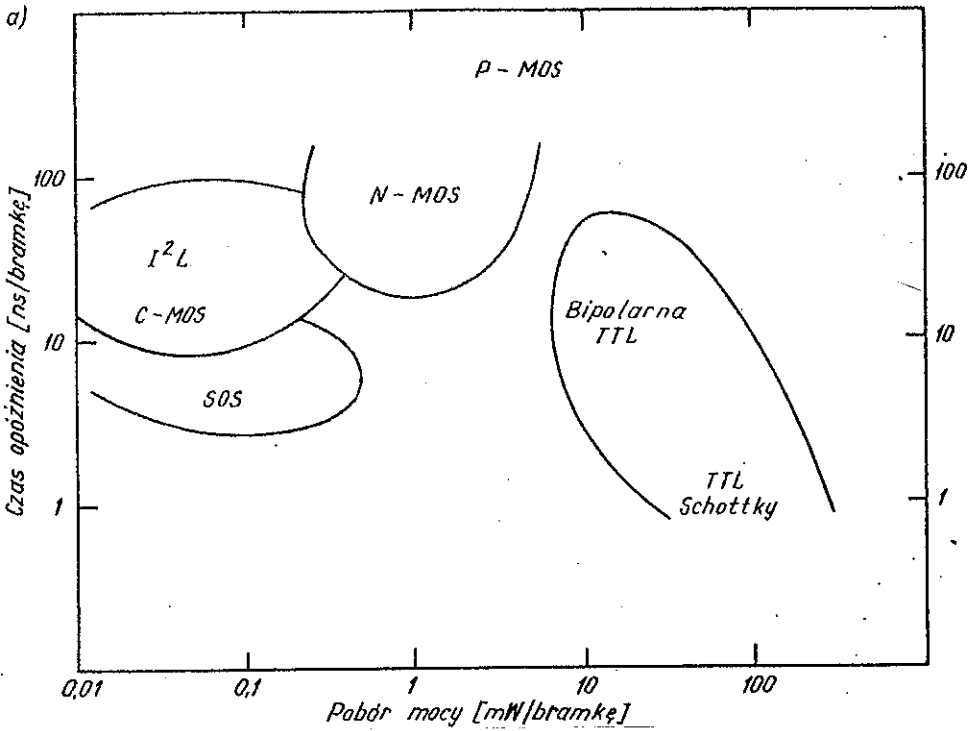
Poniższy artykuł stanowi trzecie z kolei opracowanie poświęcone zagadnieniom związanym z budową, programowaniem i zastosowaniem systemów mikroprocesorowych. Zawarto w nim omówienie podstawowych grup produkowanych obecnie mikroprocesorów oraz tablicowe zestawienie podstawowych parametrów poszczególnych mikroprocesorów. Oddzielnie przedstawiono krótki przegląd aparatury i programów ułatwiających projektowanie, uruchamianie oraz testowanie systemów mikroprocesorowych.

2. PRZEGLĄD MIKROPROCESORÓW

2.1. Wstęp

Obecnie produkuje się już około osiemdziesiąt różnych typów mikroprocesorów. Mikroprocesory te można różnie grupować - zgodnie z dowolnie wybranym parametrem. Jednakże najszerszej stosuje się obecnie podział mikroprocesorów ze względu na ich zasadnicze cechy architektury wewnętrznej oraz związaną z tym liczbę układów scalonych, tworzących pełny mikroprocesor. Wyodrębnia się trzy podstawowe "rodziny" mikroprocesorów - to znaczy mikroprocesory ogólnego stosowania /general-purpose/, mikroprocesory jednoelementowe /all-in-one/ oraz mikroprocesory modułowe /bit-slice/. Przegląd mikroprocesorów przeprowadzono zgodnie z powyższym podziałem. Po ogólnym omówieniu podstawowych cech poszczególnych mikroprocesorów przedstawiono tablicowe zestawienia parametrów poszczególnych typów mikroprocesorów, a poniżej przedstawiono parametry wykorzystywane następnie w tablicowym opisie mikroprocesorów.

1. Technologia - rodzaj procesu stosowanego przy wytwarzaniu struktury półprzewodnikowej mikroprocesora /wpływ rodzaju technologii na niektóre parametry struktury półprzewodnikowej przedstawiono na rys. na następnej stronie.
2. Długość słowa - liczba bitów jednocześnie przesyłanych i przetwarzanych przez system mikroprocesorowy.
3. Przestrzeń adresowa - liczba lokacji pamięci, którą można jednoznacznie zaadresować przy wykorzystaniu określonej szyny adresowej. Jednostką przestrzeni adresowej stanowi jeden kilobajt pamięci, co odpowiada 1024 słowom pamięci.
4. Pojemność pamięci wewnętrznej RAM - pojemność pamięci RAM wykonywanej wraz z mikroprocesorem na wspólnym podłożu /mikroprocesory jednoelementowe/. W opisie wewnętrznych pamięci RAM pierwsza liczba określa ilość słów, a druga - długość słowa pamięci.



Jakościowe porównanie różnych technologii wytwarzania układów scalonych wielkiej skali integracji

5. Pojemność pamięci wewnętrznej ROM /PROM/ - pojemność pamięci stałej wykonywanej wraz z mikroprocesorem na wspólnym podłożu./mikroprocesory jednoelementowe/. W opisie wewnętrznych pamięci stałych pierwsza liczba określa ilość słów, a druga - długość słowa pamięci.
6. Możliwość zewnętrznej rozbudowy pamięci - określa /mikroprocesory jednoelementowe/, czy dany mikroprocesor jest w stanie współpracować z dołączonymi do niego dodatkowymi pamięciami.
7. Liczba Instrukcji - ilość wzajemnie różnych Instrukcji języka wewnętrznego, które mogą być wykonywane przez określony mikroprocesor.
8. Maksymalna częstotliwość zegara - największa dopuszczalna częstotliwość sygnału zegarowego stosowanego do taktowania mikroprocesora.
9. Czas wykonania najkrótszej/najdłuższej Instrukcji - najmniejszy i największy z czasów realizacji poszczególnych Instrukcji języka wewnętrznego.
10. Kompatybilność z TTL - możliwość bezpośredniej współpracy z układami scalonymi wykonanymi w technologii TTL.
11. Arytmetyka BCD - możliwość wykonywania operacji arytmetycznych nie tylko na liczbach binarnych, ale również na liczbach dziesiętnych kodowanych binarnie.
12. System przerwania wewnątrz mikroprocesora - dany mikroprocesor zawiera wewnętrzny system sterowania przerwaniem.
13. Liczba poziomów przerwania - ilość priorytetów /w zakresie kolejności obsługi/, które można przypisać poszczególnym sygnałom żądania obsługi przerwania.
14. Liczba rejestrów ogólnego przeznaczenia - ilość rejestrów mikroprocesora, które można wykorzystywać do chwilowego przechowywania danych, wyników operacji lub adresów.
15. Liczba rejestrów stosu - pojemność pamięci stosowej. Przy stosie hardware'owym pamięć stosowa ma ściśle określoną pojemność /pierwsza liczba podana w tablicach określa ilość słów, a druga - długość słowa pamięci stosowej/. Przy stosie software'owym pamięć stosowa może być zlokalizowana dowolnie w obrębie pamięci RAM systemu mikroprocesorowego.
16. Liczba poziomów podprogramów - stanowi, dla mikroprocesorów jednoelementowych, odpowiednik objętości pamięci stosowej i określa, ile razy kolejno po sobie można wywoływać podprogramy bez powrotu z wywołanego już podprogramu.
17. Zegar wewnątrz mikroprocesora - określa, czy generator sygnału zegarowego znajduje się wewnątrz mikroprocesorowego układu scalonego, czy też potrzebny jest dodatkowy generator zewnętrzny.
18. Możliwość DMA - określa, czy istnieje możliwość pracy z bezpośrednim dostępem

do pamięci RAM systemu zbudowanego w oparciu o określony mikroprocesor.

19. Liczba końcówek - ilość wyprowadzeń z obudowy mikroprocesorowego układu scalonego. Mikroprocesory wykonywane są w obudowach prostokątnych typu "Dual In Line".
20. Napięcia zasilania - wymagane napięcia lub przedziały napięć zasilających poszczególnych typów mikroprocesorów.

W tablicowych zestawieniach parametrów poszczególnych mikroprocesorów podano także, jakiego typu dodatkowe wyposażenie oferuje producent. W ramach tego wyposażenia wyszczególniono:

- a/ specjalizowane pamięci i bloki wejścia/wyjścia,
- b/ systemy wspomagające projektowanie,
- c/ translatory języków typu assembler,
- d/ translatory języków wyższego rzędu.

2.2. Mikroprocesory ogólnego przeznaczenia

Mikroprocesory ogólnego przeznaczenia /general-purpose/ opracowano najwcześniej. Są to układy o stałej długości słowa i stałej liczbie instrukcji.

Mikroprocesory ogólnego przeznaczenia wymagają dołączenia zewnętrznej pamięci RAM oraz ROM, zewnętrznych bloków wejścia/wyjścia, zwykle zewnętrznego generatora sygnału zegarowego, a niekiedy /mikroprocesor MC14500 f-my Motorola/ także zewnętrznego licznika rozkazów. Natomiast z reguły zawierają wewnętrzne układy sterowania systemem przerwań. Większość mikroprocesorów ogólnego przeznaczenia jest kompatybilna z układami scalonymi TTL oraz ma możliwość wykonywania operacji arytmetycznych na liczbach dziesiętnych kodowanych binarnie. Sam mikroprocesor składa się z jednego do kilku układów scalonych.

Pojemności przestrzeni adresowej mikroprocesorów ogólnego przeznaczenia wahają się od zera /przy braku licznika rozkazów wewnątrz mikroprocesora/ do 64 kbajtów /przy 16-bitowym liczniku rozkazów/. Pojemności pamięci stosowej natomiast zawierają się w przedziale od zera /mikroprocesory 8000 f-my General Instrument i SMS-300 f-my Scientific Microsystems/ do objętości równej pamięci RAM systemu mikroprocesorowego /ponad 50% mikroprocesorów/.

Mikroprocesory wykonywane są w obudowach prostokątnych typu "Dual In Line". Większość mikroprocesorów stanowią układy czterdziestokońcówkowe, ale zdarzają się również mikroprocesory o ilości wyprowadzeń równej 16, 18, 24, 28, 36, 42, 50 czy 64.

Na ogół wszystkie /poza najnowszyimi typami/ wyposażone są w oprogramowanie firmowe /translatory/ oraz systemy wspomagające projektowanie i uruchamianie.

Większość obecnie produkowanych mikroprocesorów ogólnego przeznaczenia zestawiono w tabelicy 1^{x/} [10, 13, 15, 17, 18, 19, 22, 23].

2.3. Mikroprocesory jednoelementowe

Mikroprocesory jednoelementowe /all-in-one/, a właściwie systemy mikroprocesorowe zawarte w pojedynczym układzie scalonym pojawiły się na rynku później niż mikroprocesory ogólnego przeznaczenia. Są one wynikiem kolejnego etapu prac nad coraz większym scaleniem struktury półprzewodnikowej oraz rozszerzeniem możliwości pojedynczego układu scalonego.

Mikroprocesory jednoelementowe zawierają w pojedynczym układzie scalonym, poza funkcjonalnie pełnym mikroprocesorem także pamięć RAM, pamięć ROM, PROM lub REPRM, bloki wejścia/wyjścia, generator sygnału zegarowego oraz układ sterowania systemem przerwań.

Jeden z najnowszych mikroprocesorów jednoelementowych - mikroprocesor 8022 firmy Intel - zawiera także wewnętrzny ośmiobitowy przetwornik analogowo-cyfrowy.

Mikroprocesory wyposażone w programowane przez producenta pamięci ROM projektowane są z myślą o konkretnym zastosowaniu. Jako przykład można podać mikroprocesory: TMS-1117 i TMS-1121 firmy Texas Instruments czy 7150 firmy ITT Semiconductor. TMS-1117 zaprojektowano dla kucharek mikrofalowych, TMS-1121 dla wieloczynnościowych liczników i sterowników czasowych, a 7150 dla pralek automatycznych.

Przeznaczenie mikroprocesorów wyposażonych w pamięci PROM lub REPRM zależy wyłącznie od użytkownika.

Ze względu na to, że mikroprocesory oraz pamięci wykonywane są na wspólnej płytce półprzewodnikowej, mikroprocesory jednoelementowe wytwarza się w tych technologiach, które stosuje się do realizacji pamięci półprzewodnikowych LSI - to znaczy w technologiach MOS. Ciekawą cechą większości mikroprocesorów jednoelementowych jest możliwość traktowania całej wewnętrznej pamięci RAM jako grupy rejestrów ogólnego przeznaczenia. Mikroprocesory jednoelementowe wykonywane są podobnie jak mikroprocesory ogólnego przeznaczenia w obudowach prostokątnych typu "Dual In Line". Na ogół wszystkie mikroprocesory jednoelementowe, z wyjątkiem mikroprocesorów o ukierunkowanym zastosowaniu, wyposażone są w system wspomagający projektowanie oraz translatory. Większość obecnie produkowanych mikroprocesorów jednoelementowych zestawiono w tabelicy 2 [10, 11, 12, 22, 23, 24, 31, 32].

2.4. Mikroprocesory modułowe

Technologia bipolarna pozwala wykonać układy scalone o szybkościach pracy ok.

^{x/} Tablice są zamieszczone na str. 9 + 22.

5 razy większych w stosunku do układów scalonych wykonanych w najszybszej technologii MOS - technologii NMOS. Jednakże technologia bipolarna nie pozwala uzyskać struktur półprzewodnikowych o stosunkowo dużych gęstościach upakowania. W związku z tym początkowo wykorzystywano technologie bipolarne do wykonywania tzw. "modułów" mikroprocesorowych /bit-slice/. Z modułów tych o długości słowa równych 2,4 czy nawet 8 bitów budowano następnie kompletne mikroprocesory. Wykorzystywano przy tym dwa podstawowe typy "modułów" - to znaczy jednostki arytmetyczno-logiczne oraz jednostki sterujące [10, 14, 22, 23].

W tabelicy 3 zestawiono większość obecnie produkowanych "modułów" mikroprocesorowych. Oddzielnie podano podstawowe parametry jednostek arytmetyczno-logicznych oraz parametry jednostek sterujących.

Ostatnio produkuje się już kompletne mikroprocesory bipolarnie w formie pojedynczych struktur półprzewodnikowych. Nie zaprzestano jednak produkcji mikroprocesorów modułowych ze względu na ich mikroprogramowalność [1, 14, 22].

3. APARATURA I PROGRAMY WSPOMAGAJĄCE URUCHAMIANIE SYSTEMÓW MIKROPROCESOROWYCH

3.1. Wprowadzenie

W czasie uruchamiania prototypu systemu mikroprocesorowego usuwa się z reguły ostatnie usterki z programu oraz projektu lub jego realizacji. Ponieważ przy tym system mikroprocesorowy jest cyfrowym urządzeniem sekwencyjnym o dużej liczbie stanów wewnętrznych, lokalizacja uszkodzeń jest kłopotliwa. Aby pomyłki projektowe i realizacyjne ograniczyć do minimum oraz ułatwić uruchamianie systemów mikroprocesorowych, opracowano szereg urządzeń oraz programów pomocniczych. Można wśród nich wyodrębnić: specjalnie oprogramowane systemy mikrokomputerowe, analizatory stanów logicznych, programatory pamięci stałych oraz programy wykonywane przez komputery pomocnicze. Poniżej krótko omówiono poszczególne z nich.

3.2. Specjalnie oprogramowane systemy mikrokomputerowe

Specjalnie oprogramowane systemy mikrokomputerowe [20, 22] są oferowane przez producentów mikroprocesorów. Jako przykład można podać systemy: MDS-800 firmy INTEL, EXORCISER firmy Motorola, TWIN firmy Signetics, TI 990 firmy Texas Instruments czy Z-80 Development System firmy Zilog. Większość systemów opracowano pod kątem zastosowania przy projektowaniu systemu opartego na konkretnym mikroprocesorze. Coraz częściej spotyka się jednak systemy dostosowane do kilku mikroprocesorów. Typowy system wspomagający składa się z mikrokomputera zawierającego pamięci RAM i ROM, pamięć dyskową, monitor ekranowy, drukarkę, czytnik taśmy papierowej oraz czasem programator pamięci stałych. Pamięć dyskowa oraz pamięć ROM zawierają programy pomocnicze ułatwiające opracowywanie nowych własnych progra-

mów. Programy pomocnicze, które zwykle zawierają systemy wspomagające przedstawiono w tablicy 4a. Dodatkową cechą niektórych systemów wspomagających są własności emulacyjne /in-circuit emulation/ [20], które umożliwiają testowanie prototypu oraz pełne uruchamianie programów użytkowych prototypu na kolejnych szczeblach realizacji. Testowanie odbywa się przy tym z zachowaniem rzeczywistych warunków pracy. Zapewnia to określoną przewagę nad testującymi programami symulacyjnymi [20, 21, 27].

3.3. Analizatory stanów logicznych

Analizatory stanów logicznych /logic state analyzers/ są nową gałęzią aparatury pomiarowej. Stanowią one cyfrowy odpowiednik wielokanałowych oscylatorów pamięciowych. Chociaż każdy typ analizatora posiada swoje szczególne cechy użytkowe, wszystkie pracują w oparciu o tę samą zasadę. Dane do obserwacji pobiera się z szyn systemu za pomocą zespołu sond, a następnie doprowadza się je do wejść pamięci sekwencyjnej /grupy rejestrów przesuwanych/. Pamięć taktowana jest sygnałem zegarowym testowanego systemu lub zegarem wewnętrznym analizatora. Jeśli na wejściach analizatora zostaje zidentyfikowane uprzednio zewnątrz zadane słowo charakterystyczne, następuje wyzwolenie analizatora. Stan ten blokuje dalszy dostęp danych do pamięci. Grupa rejestrów przesuwanych zamyka się w pętłę. Dane cyrkulują w pamięci i są wyświetlane na ekranie [4, 5, 6, 7]. Najlepsze obecnie analizatory stanów logicznych oferują firmy Hewlett-Packard, Tektronix oraz Biomation [25, 29, 30].

3.4. Programatory pamięci stałych

Wraz z wprowadzeniem na rynek pamięci stałych typu PROM i REPRON pojawiły się tak zwane programatory pamięci, to znaczy automatyczne aparaty, które służą do umieszczania programów w półprzewodnikowych pamięciach stałych oraz do wymazywania zawartości pamięci typu REPRON [8, 33]. Automatycznie ustawiają one żądane poziomy napięcie programujących. Określają czas programowania poszczególnych komórek pamięci. Sterują procesem wymazywania zawartości pamięci, to znaczy czasem naświetlania i natężeniem światła lub poziomami napięć i czasem ich doprowadzenia. Program, który ma zostać umieszczony w pamięci stałej wprowadza się z klawiatury dalekopisu, czytnika taśmy papierowej, klawiatury programatora itp. Programatory mają ponadto zwykle zdolność programowania pamięci zgodnie z zawartością innej pamięci - to znaczy powielania zawartości pamięci, a także zdolność weryfikowania zawartości zaprogramowanej pamięci. Programatory pamięci stałych wchodziły niekiedy w skład mikrokomputerowych systemów wspomagających [22, 27], a także oferowane są w formie oddzielnych urządzeń przez firmy, które nie zajmują się produkcją mikroprocesorów /na przykład PRO-LOG Corporation/ [33].

3.5. Programy wykonywane przez komputery pomocnicze

Wśród programów wykonywanych przy wykorzystaniu komputerów pomocniczych można wyodrębnić symulatory i programy porównawcze [2, 3, 21]. Zestawiono je w tabelicy 4b.

4. ZAKOŃCZENIE

Powyższy materiał kończy cykl artykułów poświęconych architekturze, programowaniu i zastosowaniu systemów mikroprocesorowych. Ze względu na ograniczoną objętość przedstawiono w nich jedynie wybrane zagadnienia. Bogate informacje na temat systemów mikroprocesorowych dostępne są przede wszystkim w czasopiśmie: *Electronics, Electronic Design, Computer, Microelectronics and Reliability* oraz *Spectrum* /numery z lat 1976, 1977, 1978/.

Mikroprocesory ogólnego przeznaczenia

		1	2	3	4	5
1	Producent typ	Motorola MC 14500	Intel 4004	Intel 4040	NEC Microcomput μ PD 541	Fairchild 2 chip F8
2	technologia	CMOS	PMOS	PMOS	PMOS	NMOS
3	długość słowa /dane/instrukcje/	1/4	4/8	4/8	4/8	8/8
4	przestrzeń adresowa	0	4 k	8 k.	4 k	64 k
5	liczba instrukcji	16	46	60	69	69
6	maks. częstotliwość zegara [MHz]	1	0,74	0,74	0,5	2
7	czas wykonania najkrótszej/najdłuższej Instr.	1/1 [μ s]	10,8/21,6 [μ s]	10,8/21,6 [μ s]	6,4/38,4 [μ s]	2/13 [μ s]
8	kompatybilność z TTL	tak	nie	nie	tak	tak
9	arytmetyka BCD	nie	tak	tak	tak	tak
10	system przerw wewnątrz μ P/liczba poziomów	tak/1	tak/1	tak/1	tak/8	tak/1
11	liczba rejestrów ogóln. przeznac.	1	16	24	4	64
12	liczba rejestrów stosu	0	3x12	7x12	8x12	RAM
13	zegar wewnątrz mikroprocesora	tak	nie	nie	nie	tak
14	możliwość DMA	nie	nie	nie	tak	tak
15	specjalizowane pamięci i bloki we/wy	nie	tak	tak	tak	tak
16	system ułatwiający pracę nad prototypem	nie	nie	tak	tak	tak
17	liczba końcówek	16	16	24	42	40
18	napięcia zasilania [V]	+3, +18	+15	+15	+5, -5	+5, +12
19	translator języka assembler	nie	tak	tak	tak	tak
20	translatory języków	nie	tak	tak	nie	tak
21	komentarz	wymaga zewnętrznej licznika rozkaz.	poprzednik 4040	4-bitowy μ P ogólnego zastosow.		

Tablica 1 c.d.

	6	7	8	9	10	11
1	MOS Technology MCS-651x	MOS Technology MCS 650x	General Instrum. 8000	Intel 8008	Intel 8080A	Intel 8085
2	NMOS	NMOS	PMOS	NMOS	NMOS	NMOS
3	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8
4	64 k	64 k	1 k	16 k	64 k	64 k
5	56	56	48	48	78	80
6	4	4	0,8	0,8	2,6	3
7	0,5/3,5 [μs]	0,5/3,5 [μs]	1,25/3,75 [μs]	12,5/37,5 [μs]	1,5/3,75 [μs]	1,3/5,85 [μs]
8	tak	tak	nie	nie	tak	tak
9	tak	tak	tak	tak	tak	tak
10	tak/1	tak/1	tak/1	tak/1	tak/1	tak/4
11	0	0	48	6	8	8
12	RAM	RAM	0	7x14	RAM	RAM
13	nie	tak	nie	nie	nie	tak
14	nie	nie	nie	nie	tak	tak
15	tak	tak	tak	tak	tak	tak
16	tak	tak	tak	tak	tak	tak
17	40	40	40	18	40	40
18	+5	+5	+5,-12	+5,-9	+5,+12,-5	+5
19	tak	tak	nie	tak	tak	tak
20	tak	tak	tak	tak	tak	tak
21	podobny do MCS-650x ale wymaga zegara dwufazowego	wykorzystuje 13 metod adresowania pamięci	poprzednik mikroprocesora 8080	poprzednik 8080, ciągle w szerokim użyciu	Jeden z najbardziej popularnych mikroprocesorów ogólnego zastosowania	kody binarne instrukcji takie same jak dla 8080, posiada wewnętrzny zegar

T a b l i c a 1 c.d.

	12	13	14	15	16	17
1	National Semlc. SC/MP	NEC Microcomput. μ PD 8080A	RCA 1802	RCA 1803	Scientific Microsyst. SMS-300	Signetics 2650
2	PMOS lub NMOS	NMOS	CMOS	CMOS	Bipolarna	NMOS
3	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8
4	64 k	64 k	64 k	64 k	8 k	32 k
5	46	78	91	91	8	75
6	4	2	6,4	6,4	10	1,2
7	5/10 [μ s]	1,92/8,16 [μ s]	2,5/3,75 [μ s]	2,5/3,75 [μ s]		4,8/9,6 [μ s]
8	tylko NMOS	tak	tak	tak	tak	tak
9	tak	tak	tak	tak	nie	tak
10	tak/1	tak/1	tak/1	tak/1	nie	tak/1
11	0	8	16	16		7
12	RAM	RAM	RAM	RAM	0	8x15
13	tak	nie	tak	tak	nie	nie
14	tak	tak	tak	tak		tak
15	nie ^{1/1}	tak	tak	tak	tak	tak
16	tak	tak	tak	tak		tak
17	40	40	40	28	50	40
18	+5,-7	+5,+12,-12	+3,+12	+3,+12		+5
19	tak	tak	tak	tak	nie	tak
20	tak	tak	tak	tak	tak	tak
21		wykonuje instrukcję odejmowania w kodzie BCD	poprzednik wersji dwuelementowej RCA 1803		bardzo specjalizowana l-ba instrukcji	posiada wersję dwa razy szybszą

Tablica 1 c.d.

	18	19	20	21	22	23
1	Motorola M 6800	Motorola M 6809	Motorola M 6802	Toshiba T3 190	Data General Mn 601	Fairchild 9440
2	NMOS	NMOS	NMOS	PMOS lub NMOS	NMOS	I ² L
3	8/8	8/8	8/8	12/12	16/16	16/16
4	64 k	64 k	64 k	4 k	32 k.	64 k.
5	89	100	89	108	42	42
6	2	2	2	2,5	8,33	10
7	1/2,5 [μs]	2/5 [μs]	2/5 [μs]	10/30 [μs]	1,2/29,5 [μs]	
8	tak	tak	tak	tak	tak	tak
9	tak	tak	tak	nie	nie	nie
10	tak/1	tak/1	tak/1	tak/8	tak/1	tak/1
11	0	0	0	8	4	4
12	RAM	RAM	RAM	RAM	RAM	RAM
13	nie	tak	tak	tak	tak	tak
14	tak	tak	tak	tak	tak	tak
15	tak	tak	tak	tak	tak	tak ^{1/1}
16	tak	tak	tak	tak	nie	nie
17	40	40	40	36	40	40
18	+5	+5	+5	+5;-5	+5,+10,+14, -4;25	
19	tak	tak	tak	tak	tak	nie
20	tak	tak	tak	tak	tak	nie
21		posiada rozszerzoną listę instrukcji mikroprocesora M 6800	posiada wewnętrzną pamięć RAM 128x8	realizuje instrukcje mnożenia i dzielenia	wykonuje instrukcje minikomputera NOVA	wykonuje instrukcje minikomputera NOVA

	24	25	26	27	28	29	30
1	Zilog Z-80	Intersil 6100	General Instr. CP-1600	National Semic PACE	Panafacom L-1GA	Texas Instr. TMs 9980	Texas Instr. TMS 9900
2	NMOS	CMOS	NMOS	PMOS	NMOS	NMOS	NMOS 12L
3	8/8	12/12	16/16	16/16	16/16	16/16 ^{13/}	16/16
4	64 k	4 k	64 k	64 k	64 k	16 k	64 k
5	150	81	87	45	33	69	69
6	4	4	4	2	2	4	4
7	1/5,75 [μs]	2,5/5,5 [μs]	1,6/4,8 [μs]	2,5/5 [μs]	2/6 [μs]	3,2/49,6 [μs]	2/31 [μs]
8	tak	tak	tak	nie	tak ^{2/}	tak ^{2/}	tak ^{2/}
9	tak	nie	nie	tak	nie	nie	nie
10	tak/1	tak/1	tak/1	tak/6	tak/3	tak/4	tak/16
11	14	0	8	4	5	16	16
12	RAM	RAM	RAM	10x16	RAM	RAM	RAM
13	nie	tak	nie	nie	nie	tak	nie
14	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
15	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
16	tak	tak	tak	tak	nie	nie	nie
17	40	40	40	40	40	40	64
18	+5	+4,+11	+5,+12,-3	+5,+8,-12	+5,+12,-3	+5,+12,-5	+5,+12,-5
19	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
20	tak	tak	tak	tak	nie	tak	tak
21	zbiór instrukcji 8080 jest podzbiorem instrukcji Z-80	wykonuje instrukcje minikomputera PDP-8	wszystkie rejestry wewnętrzne mogą pełnić funkcje akumulatora			uproszczona wersja TMS 9900	wykonuje instrukcje minikomputera 990

Mikroprocesory jednoelementowe

		1	2	3	4	5
1	Producent Typ	General Instr. SBA	Essex Internat- ional Sx-200	ITT Semic. 7150	National Semic. MM 57109	National Semic. MM 57140/152
2	technologia	NMOS	PMOS	PMOS	PMOS	PMOS
3	długość słowa /dane/instr./	1/8	4/8		4/8	4/8
4	pojemność we- wnętrznej RAM	120x1	64x4		5x32	55x4
5	pojemność we- wnętrznej /P/20M	1024x8	1024x8	x	x	630x8
6	możliwość zewn. rozbudowy pamięci	nie	tak		tak	nie
7	liczba instrukcji	8	41		70	35
8	maks. częstotl. zegara /kHz/	800	400	25	400	280
9	wewnętrzny zegar	tak	tak	tak	nie	tak
10	najkrótszy/naj- dłuższy czas wyk. Instrukcji [μs]	1,25/1,25	20/20		1220/1s	16/16
11	kompatybilność z TTL	tak	nie		tak	zależy od wersji
12	arytmetyka BCD	nie	tak		tak	tak
13	wewn. system przerwań/linia poziomów	nie	tak/1		tak/1	nie
14	liczba poziomów podprogramów	16	1		4	2
15	liczba rejestrów ogólnego prze- znaczenia	RAM	RAM		1	4
16	liczba linii wejścia/wyjścia	31	16	14	11	24
17	liczba końcówek	40	28	14,18 lub 24	28	28
18	napięcie zasilania [V]	+5,+12	+10,+20	-15	+9	+7,9,+9,9
19	translator języ- ka assembler	nie	tak	nie	nie	tak
20	translatory języ- ków wyższego rzędu	nie	tak	nie	nie	nie
21	dotatkowe bloki specjalizowane	nie	nie	tak	tak	nie
22	komentarz	planowana jest bar- dziej roz- budowana wersja te- go mikro- procesora	posiada układ wej- ściowy dostosowa- wany do przetacz- ników ob- rotowych	zaprojekto- wany pod kątlem za- stosowania w myjniach automatycznych	posiada możliwo- ści rozbudowanego kalkulatora	

	6	7	8	9	10	11	12
1	NEC Microcomp. μ PD 545	Rockwell PPS-4	National Semic. MM 5799	National Semic. MM 5781/82	NEC Microcomp. μ PD 548.	NEC Microcomp. μ PD 546	NEC Microcomp. μ PD 547
2	PMOS	PMOS	PMOS	PMOS	PMOS	PMOS	PMOS
3	4/8	4/8	4/8	4/8	4/10	4/8	4/8
4	32x4	0	96x4	160x4	96x4	96x4	64x4
5	640x8	0	1536x8	2048x8	1920x10	2000x8	1000x8
6	nie	tak	nie	tak	tak	nie	nie
7	58	50	35	35	72	80	58
8	440	200/400 dwa zegary	400	400	200	440	440
9	nie	nie	tak	nie	nie	nie	nie
10	10/40	5/15	10/20	10/20	10/20	10/40	10/40
11	tak	nie	zależnie od wersji	zależnie od wersji	tak	tak	tak
12	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
13	tak/1	tak/1	0	0	tak/2	tak/1	tak/1
14	1	2	2	2	4	3	1
15	RAM	1	5	5	RAM	6	RAM
16	21	12 /możliwość rozbudowy/	23	24	35	35	35
17	28	42	28	28	42	42	42
18	-10	-17,-12,+5	+7,9,+9,5	+7,9,+9,5	-10	-10	-10
19	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
20	nie	nie	nie	nie	nie	nie	nie
21	nie	tak	tak	tak	nie	nie	nie
22		różne wersje tego mikroprocesora zawierają różne pamięci RAM, ROM oraz bloki we/wy	posiada szeregowy wejście/wyjście	zestaw dwuelementowy		posiada 6-bitowy programowany zegar	instrukcje są podzbiorem instr. mikroproc. μ PD 546

	13	14	15	16	17	18	19
1	Rockwell PPS 4/1, MM77	Rockwell MM88	Rockwell MM76	Rockwell MM 76/C	Rockwell MM 76/D	Rockwell MM 76/E	Rockwell MM 76/L
2	PMOS	PMOS	PMOS	PMOS	PMOS	PMOS	PMOS
3	4/8	4/8	4/8	4/8	4/8	4/8	4/8
4	96x4	128x4	48x4	48x4	48x4	48x4	48x4
5	1344x8	2048x8	640x8	640x8	640x8	1024x8	640x8
6	tak, ale tylko RAM	tak, ale tylko RAM	tak, ale tylko RAM	tak, ale tylko RAM	tak, ale tylko RAM	tak, ale tylko RAM	tak, ale tylko RAM
7	50	50	50	50	50	50	50
8	100	100	100	100	100	100	100
9	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
10	10/40	10/40	10/40	10/30	10/30	10/30	10/30
11	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
12	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
13	tak/1	tak/1	tak/1	tak/1	tak/1	tak/1	tak/1
14	2	2	1	1	1	1	1
15	2+RAM	2+RAM	1+RAM	1+RAM	1+RAM	1+RAM	1+RAM
16	31	31	31	39	37	31	31
17	42	42	42	52	52	42	40
18	-15,-10, +5	-15,-10, +5	-15,-10, +5	-15,-10, +5	-15,-10, +5	-15,-10, +5	+6:+11
19	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
20	nie	nie	nie	nie	nie	nie	nie
21	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
22	wejście/ /wyjście zawiera kanał transmi- sji sze- regowej	lista in- strukcji jest ta- ka sama jak dla mikro- proceso- ra MM77		posiada wewnętrz- ny licznik impulsów zewnętrz- nych	posiada wewnętrz- ny prze- twornik A/C	posiada większą pamięć ROM niż MM 76/D	

T a b l i c a 2 c. d.

	20	21	22	23	24	25
1	Rockwell PPS 4/2	Rockwell MM 75	Texas Instr. TMS 1000	Texas Instr. TMS 1100	Texas Instr. TMS 1018	Texas Instr. TMS 1117
2	PMOS	PMOS	PMOS/NMOS	PMOS/NMOS	PMOS	PMOS
3	4/8	4/8	4/8	4/8	4/8	4/8
4	0	48x4	64x4	128x8	64x4	128x8
5	0	670x8	1024x8	2048x8	x	x
6	tak	tak, ale tylko RAM	nie	nie	nie	nie
7	50	50	43	40	43	43
8	200/400 dwa zegary	100	400	400	400	400
9	tak	tak	tak	tak	tak	tak
10	5/15	10/40	15/15	15/15	15/15	15/15
11	nie	tak	tak	tak	tak	tak
12	tak	tak	tak	tak	tak	tak
13	nie	tak/1	tak/1	tak/1	nie	nie
14	2	1	1	1	x	x
15	1	1+RAM.	2	2	x	x
16	12 /możliwość rozbudowy/	22	23/25	23/28	4	19
17	42	28	28/40	28/40	28	28
18	-17, -12, +5	+5, -15, -10	+15	+15	+15	+15
19	tak	tak	tak	tak	nie	nie
20	nie	nie	tak	tak	nie	nie
21	tak	tak	tak	tak	nie	tak
22	odpowiednik PPS-4, ale posiada zegar wewnętrzny	posiada mniejszą liczbę linii we/wy niż MM/76	dostępna również wersja o napięciu zasilania +35 V	kompatybilny z TM 91000 pod względem końcówek układu scalonego	procesor do specjalizowanego zastosowania	zaprojektowany do stosowania w układach mikrofalowych

	26	27	28	29	30	31	32
1	Motorola 6400	Motorola 6801	Western Digital 1872	Fairchild Micromachine	General Instr. PIC-1650	Intel 8048/8748	Mostek 3870
2	NMOS	NMOS	PMOS	NMOS	NMOS	NMOS	NMOS
3	8/8	8/8	4/10	8/8	8/12	8/8	8/8
4	32x8		4x32	64x8	32x8	64x8	64x8
5	1024x8		512x10	2048x8	512x12	1024x8	2048x8
6	tak	tak	nie	tak	tak	tak	tak
7			37	70	31	96	70
8	8000	2000	150	4000	1000	6000	4000
9	tak		tak	tak	tak	tak	tak
10			6,25/12,5	1/6,5	4/8	2,5/5	1/6,5
11	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
12		tak	tak	tak	tak	tak	tak
13			tak/1	tak/4	tak/1	tak/1	tak/4
14			1	RAM	2	8	RAM
15	RAM		RAM	RAM	RAM	RAM	RAM
16			27	32	32	27	32
17		40	40	40	40	40	40
18	+5	+5	+12	+5	+5	+5	+5
19	1978 rok	1978 rok	tak	tak	tak	tak	tak
20	1978 rok	1978 rok	tak	tak	tak	tak	tak
21	tak	tak	nie	tak	nie	tak	tak
22	przeznaczony do pełnienia funkcji sterujących, a nie obliczeniowych		pamięć RAM przechowuje dane w kodzie BCD	kompatybilny z F-8 pod względem listy Instrukcji	dostępna również wersja ze zwiększoną ROM oraz zmniejszonym we/wy	8748 posiada pamięć REPR0M wymazywalną światłem nadfioletowym	kompatybilny z F-8 pod względem listy Instrukcji

	33	34	35	36	37	38	39	40
1	Toshiba T3444	Toshiba T3472	Panasonic MN 1400	Panasonic MN 1402	Panasonic MN 1498	Rockwell PPS-8	Rockwell PPS-812	Zilog 7-8
2	NMOS	NMOS	NMOS	NMOS	NMOS	PMOS	PMOS	NMOS
3	4/8	4/8	4/8	4/8	4/8	8/8	8/8	8/8
4	16x4	16x4	64x4	32x4	64x4	0	0	96x8
5	256x24	256x24	1024x8	768x8		0	0	2048x8
6	tak	tak	nie	nie	tak	tak	tak	tak
7		67	75	57	68	100	100	
8	800	1000	300	300	300	256	200	4000
9	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	tak
10		33/360	10/20	10/20	10/20	4/12	5/15	0,75/
11	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	tak
12		tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
13	tak/1	tak/2	tak/1	tak/1	tak/1	tak/3	tak/3	tak/
14	8	8	2	2	2	16	16	
15	RAM	RAM	RAM	RAM	RAM	2	2	RAM
16	16	16	30	19	18	0	0	32
17	40	42	40	28	40	42	42	40
18	+5	+5	+5	+5	+5	-17,-12,+5	-17,-12,+5	+5
19	tak	tak	nie	nie	nie	tak	tak	1978 rok
20	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	1978 rok
21	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
22		zaprojektowany do współpracy z klawiaturą i monitorem		węższa wersja 1400		wymagane dodatkowo bloki we/wy	wymagane dodatkowo bloki we/wy	zawiera dwa zegary/liczniki

Mikroprocesory modułowe

		1	2	3	4	5	6
1	Producent Typ	Advances Micro Dev 2900	Fairchild Macro- logic	Fairchild 100 k 8-bit	Intel 3000	Monolithic Memories 5700/6700	Motorola 10800
2	technologia	STTL	STTL	ECL	STTL	STTL	ECL
3	ALU - typ elementu	2901A	9405/34705	ADIU	3002	57/6701	10800
4	ALU - długość słowa	4	4	8	2	4	4
5	ALU - liczba in- strukcji	64	64	27	40	32	100
6	Arytmetyka BCD	nie	nie	tak	nie	nie	tak
7	ALU - max. częstotl. zegara [MHz]	10	10	20	10	5	20
8	ALU - l-ba rejestrów ogólnego przeznaczenia	16	8	1	11	16	0
9	ALU - l-ba końcówek	40	24	x	28	40	48
10	sterownik [ST]- typ elementu	2909/11	9406	x	3001	6710	10801
11	ST - l-ba bitów adresowych	4	4	x	9	9	4
12	ST - max. częstotl. zegara [MHz]	10	10	x	10	10	20
13	ST - l-ba rozkazów	12	4	x	11	8	16
14	ST - pojemność stosu	4x4	16x4	x	0	0	4x4
15	ST - l-ba końcówek	28/20	24	x	40	40	48
16	kompatybilność z TTL	tak	tak	x	tak	tak	nie
17	napięcia zasilania	+5	+5	-4,5,-2	+5	+5	-2,-5,2
18	system wspomagający projektowanie	tak	tak	1978 rok	tak	tak	tak
19	oprogramowanie pomocnicze	tak	tak	1978 rok	tak		tak
20	dodatkowe bloki specjalizowane	tak	tak	1978 rok	tak	nie	tak
21	komentarz	jest produkowany przez największą liczbę firm	wersja 34705 pracuje z max. częstotliwością zegara równą 2 MHz	moduły wyłącznie ośmiobitowe			najszybszy mikroprocesor modułowy

Tablica 3 c.d.

	7	8	9	10	11	12
1	National Semic. IMP-4	National Semic. IMP-8	National Semic. IMP-16	Texas Instr. SBP-0400A	Texas Instr. SBP-0401A	Texas Instr. 74S481
2	PMOS	PMOS	PMOS	1 ² L	1 ² L	STTL
3	00A/520	00A/520	00A/520	SBP 0400	SBP 0401	74S481
4	4	4	4	4	4	4
5	8	8	8	512	512	24,780
6	nie	nie	nie	nie	nie	nie
7	5,714	5,714	5,714	5	5	10
8	20	20	20	10	10	0
9	24	24	24	40	40	48
10	4A/521	8A/521	16A/521	74S482	74S482	74S482
11	4	8	16	4	4	4
12	5,714	5,714	5,714	20	20	20
13	100	100	100	64	64	64
14	stos w ALU	stos w ALU	stos w ALU	4x4	4x4	4x4
15	24	24	24	20	20	20
16	tak	tak	tak	tak	tak	tak
17	+5,-12	+5,-12	+5,-12			5
18	tak	tak	tak	tak	tak	tak
19	tak	tak	tak	nie	nie	nie
20	nie	nie	nie	nie	nie	tak
21						ALU posiada bardzo rozbudowaną listę instrukcji

Tablica 4

Programy wykonywane przez system wspomagający

Program edytor /editor/ ^{1/}	Program ładujący /loader/
<p>Pobiera program zrealizowany w języku źródłowym np. z klawiatury czytnika taśmy papierowej itp. oraz umieszcza go w pamięci pomocniczej systemu, którą może być pamięć dyskowa, pamięć taśmowa, itp. Akceptuje rozkazy dotyczące dodawania, usuwania lub wymiany fragmentów programu źródłowego w pamięci pomocniczej [21].</p>	<p>Pobiera program zrealizowany w języku wynikowym z nośnika informacji /na przykład z taśmy papierowej/ i wprowadza go do pamięci RAM systemu mikroprocesorowego. Akceptuje rozkazy dotyczące przesuwania programu wynikowego w pamięci RAM, dokonuje przy tym readresowania instrukcji adresowych [21].</p>
Program testujący /debugger/	Program tłumaczący /translator/
<p>Testuje program wynikowy w rzeczywistych warunkach pracy systemu. Akceptuje rozkazy dotyczące wyświetlenia lub drukowania zawartości wybranych lokacji pamięci czy wybranych rejestrów wewnętrznych mikroprocesora, a także rozkazy dotyczące modyfikacji zawartości wybranych lokacji pamięci, zadawania adresu startu i adresu zatrzymania się wykonywanego programu [21].</p>	<p>Dokonuje przekładu programu napisanego w języku symbolicznym na program w języku wewnętrznym komputera. Podczas tłumaczenia programu translator sprawdza czy tłumaczony program jest zgodny pod względem formalnym z regułami danego języka programowania oraz sporządza tabulogram programu [21].</p>
Program symulacyjny /simulator/	Program porównujący /benchmark program/
<p>Stanowi programowy opis /model/ rzeczywistego systemu mikroprocesorowego na wybranym poziomie ogólności, np. na poziomie przesłań międzyrejestrowych czy listy rozkazów /cross-assembler/. Programowy model może być łatwo zmieniany i testowany. Programy symulacyjne są bardzo użyteczne w początkowej fazie projektowania nowego systemu mikroprocesorowego [1,2,21].</p>	<p>Służy do porównywania mocy obliczeniowych różnych typów mikroprocesorów. Na podstawie list rozkazów i czasów wykonywania poszczególnych instrukcji daje odpowiedź, który z porównywanych mikroprocesorów szybciej wykona dany program oraz który z porównywanych mikroprocesorów będzie wymagał mniejszej objętości pamięci do zapisania danego programu [1,2,21].</p>

^{1/}W nawiasach podano odpowiedniki angielskie nazw polskich.

WYKAZ LITERATURY

1. Organizacja maszyn cyfrowych i mikroprogramowanie. Tom 2. Warszawa: PWN 1977.
2. Adkins G., Pooch W.: Computer Simulation - a Tutorial. Computer. 1977 Nr 4.
3. Srinl V.P.: Fault diagnosis of microprocessor systems. Computer. 1977 Nr 1.
4. Farnbach W.A.: Systematic "turn-on" of microprocessor systems using logic state analyzers. Hewlett-Packard Application Note No 167-19.
5. Farly B.G.: The role of logic state analyzers in microprocessor based design. Hewlett-Packard Application Note No 167-13.
6. Tektronix and analysis. Tektronix 1977.
7. Logic state analyzer for microprocessor based system design. Hewlett-Packard Technical Data 1 Sept. 1976.
8. Bursky D.: PROM-programmers have grown - some have both brains and personality. Electronic Design 1977. Vol. 12, Nr 7.
9. Gebler P.: Microprocessors. Electronic June 1977.
10. Bursky D., Barnes D.: Choosing a μ P by its capabilities is a growing "family affair". Electronic Design 1977, Vol. 14 Nr 5.
11. Pittman P.: A Complete Microcomputer on a Chip. Microelectronics and Reliability Vol. 16, pp. 413-417.
12. Bryant J.D., Longley R.: TMS 9940-A Single Chip Microcomputer. Microelectronics and Reliability Vol. 16, pp. 617-626.
13. TMS 9900 - Microprocessor Data Manual. Texas Instr. 1975 Nr 11. /Opis techniczny/.
14. Microprocessor SF C92900 - Sescosem /opis techniczny/.
15. RCA 1800 Microprocessors /katalog/.
16. Z-80 Mostek /opis techniczny/.
17. Beckett P.: The Z-80 Microcomputer Family and its Applications. Microelectronics and Reliability Vol. 16 pp. 403-411.
18. 8080 Microprocessor, Intel Co. /opis techniczny/.
19. Wickes W.E.: A Microprocessor Chip Designed with the user in Mind. Computer 1977 Nr 1.
20. Designers need and are getting plenty of help. Electronics 1976 Vol. 15 Nr 4.
21. Software becomes the real Challenge. Electronics 1976 Vol. 15 Nr 4.

22. Bursky D.: Microprocessor selection guide. Electronic Design 1977 Nr 11.
23. Microprocessor data page. Electronic Design 21 1977 Nr 11.
24. Dozier H.W., Green R.S.: Single-chip microcomputer expands its memory. Electronics 1978 Vol. 11 Nr 5.
25. Logic analyzer is streamlined. Electronics 1978 Vol. 11 Nr 5.
26. Shoemaker W.E., Wilson D.W.: Digital testing oscilloscope cushions against mounting costs of troubleshooting. Electronics 1978 Vol. 16 Nr 3.
27. Rosenfeld P.: Next-generation development systems are costing less and doing more. Electronics 1978 Vol. 16 Nr 3.
28. Gasperini R.: A guide to digital troubleshooting. Instruments & Control Systems, February 1978.
29. Santoni A.: The latest logic analyzers offer more functions and less cost. Electronic Design 3 1978 Vol. 1 Nr 2.
30. Farly B.: Logic analyzers aren't all alike. Electronic Design 3 1978 Vol. 1 Nr 2.
31. Dance M.: Microcomputers. Electronic Industry 1978 Nr 2.
32. Check W., Chong E.: Microcontroller Includes and convertor for lowest-cost analog interfacing. Electronics 1978 Vol. 25 Nr 5.
33. PROM User's Guide. PRO-LOG Corporation. May 1977.

Maria Tyrowicz

WYBRANE ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW MIKROPROCESOROWYCH

1. WPROWADZENIE

Poniższe opracowanie poświęcono omówieniu niektórych kierunków zastosowań systemów mikroprocesorowych^{1/}. Główny nacisk położono przy tym na zastosowania telekomunikacyjne. Zasygnalizowano także niektóre inne gałęzie zastosowań.

Systemy mikroprocesorowe zbudowane są z układów scalonych wielkiej skali integracji. Mają zdolność pamiętania i przetwarzania informacji oraz wykonywania operacji decyzyjnych. Wszystkie operacje kolejno wykonywane przez systemy mikroprocesorowe realizowane są zgodnie z programami umieszczonymi w ich pamięci. Systemy mikroprocesorowe można traktować jako pewnego rodzaju uniwersalne, programowane cyfrowe bloki obliczeniowe i sterujące. Możliwości funkcjonalne współczesnych systemów mikroprocesorowych są przy tym porównywalne z możliwościami funkcjonalnymi typowych minikomputerów, a nawet komputerów [17, 18].

Ponieważ systemy mikroprocesorowe budowane są z układów LSI, ceny więc systemów mikroprocesorowych kształtują się proporcjonalnie do cen układów scalonych LSI, a ich możliwości funkcjonalne - odpowiednio do rozwoju technologii wytwarzania układów LSI. Ceny cyfrowych układów scalonych LSI spadają około dwa razy w skali rocznej. Jednocześnie każdy następny rok przynosi cyfrowe układy scalone o podwojonym, w stosunku do roku poprzedniego, stopniu złożoności. Należy przy tym podkreślić, że ceny cyfrowych układów scalonych spadają szybciej niż ceny analogowych układów scalonych oraz bez porównania szybciej niż ceny elementów elektromechanicznych [5]. Czynnikiem ekonomicznym odgrywa więc dość poważną rolę we wzroście zainteresowania różnymi zastosowaniami systemów mikroprocesorowych. Nie mniejsze znaczenie we wzroście zakresu zastosowań systemów mikroprocesorowych mają także ich parametry użytkowe takie jak wysoka niezawodność, niski pobór mocy oraz małe gabaryty i ciężar. Parametry użytkowe są również ściśle związane ze specyfiką cyfrowych układów scalonych LSI.

Obecnie można wyróżnić kilka podstawowych klas zastosowań systemów mikroprocesorowych. Pierwsza z nich obejmuje obszar, w którym dotychczas stosowano minikomputery. Zastosowanie systemów mikroprocesorowych jest w tym przypadku korzystne ze względu na ich niższą cenę przy równorzędnych lub prawie równorzędnych możliwościach funkcjonalnych. Druga klasa zastosowań obejmuje systemy cyfrowe,

^{1/} Niżejjszy materiał jest czwartym z kolei artykułem dotyczącym systemów mikroprocesorowych. Poprzednie artykuły pt. "Architektura systemów mikroprocesorowych" oraz "Programowanie systemów mikroprocesorowych" ukazały się w Biuletynie Informacyjnym nr 7/173/.

które uprzednio realizowano przy wykorzystaniu kombinacyjnych i sekwencyjnych cyfrowych układów scalonych małej i średniej skali integracji. Zastosowanie systemu mikroprocesorowego prowadzi w tym przypadku do zmniejszenia liczebności układów scalonych, realizujących określony system cyfrowy oraz do "uelastycznienia" tego systemu. Poszczególne funkcje systemu mikroprocesorowego określone są bowiem przez program zawarty w jego pamięci, a nie przez stałą konfigurację układów scalonych. W związku z tym można łatwo wpłynąć na zmianę funkcji systemu poprzez odpowiednią modyfikację programu. Uważa się, że korzystnie jest stosować system mikroprocesorowy do zastąpienia układu logicznego składającego się już z pięćdziesięciu bramek logicznych [17]. Należy jednak zauważyć, że zastąpienie określonego układu logicznego systemem mikroprocesorowym prowadzi z reguły do obniżenia szybkości wykonywania jego funkcji. Szybkość ta stanowi niekiedy kryterium decydujące o możliwości zastąpienia układu logicznego systemem mikroprocesorowym.

Kolejna klasa zastosowań obejmuje wykorzystanie systemów mikroprocesorowych jako elementów składowych wielkich komputerów lub rozbudowanych komputerowych systemów sterowania. Co prawda w tym przypadku pojedynczy system mikroprocesorowy nie jest w stanie przejąć na siebie wszystkich zadań zastępowanego układu, ale w wielu sytuacjach może to uczynić zespół współpracujących ze sobą systemów mikroprocesorowych. Przy zastępowaniu komputera rozbudowanym zespołem systemów mikroprocesorowych dokonuje się podziału wszystkich zadań komputera na pewne fragmenty, a następnie każdemu z systemów mikroprocesorowych przydziela się określony fragment tego zadania. Taka droga postępowania prowadzi w wielu przypadkach do uproszczenia problemów związanych z opracowaniem programu opisującego wszystkie zadania komputera [9].

Zespół systemów mikroprocesorowych, z których każdy realizuje swoje własne zadanie, nosi nazwę systemu wielomikrokomputerowego. W systemie takim programy wykonywane przez poszczególne systemy mikroprocesorowe są dostosowane do ich zadań. Istnieje przy tym możliwość wzajemnego komunikowania się ze sobą poszczególnych systemów mikroprocesorowych. Zastąpienie komputera zespołem systemów prowadzi do otrzymania struktury modularnej. Poszczególne systemy mają zwykle podobne konfiguracje układowe, a różnią się programami zawartymi w pamięciach. Konstrukcyjna struktura modularna ułatwia konserwację oraz zmniejsza problemy z częściami zamiennymi. Dodatkową zaletą systemu wielomikrokomputerowego stanowi podwyższona niezawodność całego układu. Każdy z systemów mikroprocesorowych lub oddzielny system może okresowo sprawdzać poprawność pracy pozostałych systemów. Co prawda w razie stwierdzenia uszkodzenia nie może on przejąć na siebie zadań wadliwie pracującego systemu, ale może na przykład zasygnalizować wykryte uszkodzenie.

Oddzielną klasę struktur stanowią tak zwane systemy wielomikroprocesorowe.

Podstawową cechą systemów tego typu jest współpraca wszystkich mikroprocesorów wchodzących w skład systemu z jedną, wspólną pamięcią programu, a więc wykonywanie wspólnego, tego samego zadania. Każdy z mikroprocesorów jest przy tym w stanie samodzielnie wykonywać całe zadanie. Systemy wieloprocesorowe wykorzystuje się w tych przypadkach, w których dominującym wymaganiem jest niezawodność systemu. Podwyższoną niezawodność można uzyskać kilkoma metodami. Na przykład mikroprocesory mogą pracować w systemie całkowicie równoległym. Poszczególne operacje wykonywane są wtedy jednocześnie przez wszystkie mikroprocesory. Wyniki operacji są ze sobą porównywane i weryfikowane metodą "głosowania"^{1/}. Inną metodą zwiększania niezawodności polega na automatycznym wykluczeniu z pracy uszkodzonego mikroprocesora i włączeniu na jego miejsce innego, zapasowego, o którym wiadomo, że jest sprawny. Metoda ta nosi nazwę konfiguracji systemu [9, 10, 11, 12, 18].

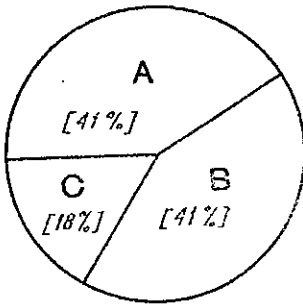
Kolejną, ostatnią już grupę zastosowań systemów mikroprocesorowych obejmują rozwiązania, które stały się możliwe lub opłacalne do realizacji dopiero przy wykorzystaniu mikroprocesorów oraz innych układów scalonych LSI. Do tej grupy zastosowań można zaliczyć przede wszystkim samochodowe, mikroprocesorowe systemy kontrolno-pomiarowe. Zadaniem takich systemów jest optymalne sterowanie poszczególnymi zespołami pojazdu na przykład silnikiem czy podwozłem w oparciu o informacje pobrane z czujników rozmieszczonych w różnych punktach pojazdu [14, 21, 26].

Innym przykładem z tej grupy zastosowań mogą być systemy mikroprocesorowe instalowane coraz powszechniej w aparaturze pomiarowej. Przyrządy pomiarowe, wyposażone w systemy mikroprocesorowe, posiadają dodatkowo własności autotestujące i autokalibrujące. Są przy tym szczególnie wygodne w obsłudze. Z reguły posiadają możliwość automatycznego wyboru zakresu pomiarowego oraz przetwarzania wyników pomiarowych zgodnie z zadanym programem [3, 4, 19, 20, 23, 28, 34, 39, 40].

Do tej klasy zastosowań systemów mikroprocesorowych należy również wieloraki sprzęt powszechnego użytku. Systemy mikroprocesorowe stosuje się między innymi w układach sterowania programowanych pralek, kuchenek i maszyn do szycia [17, 18, 24, 25].

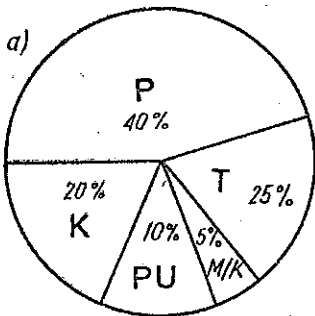
Obecnie największą popularnością cieszą się mikroprocesory o długości słowa równej czterem, osiem i szesnastu bitów. Mikroprocesory o długości słowa równej czterem i osiem bitów stanowią przy tym ok. 82% światowego rynku mikroprocesorowego, natomiast układy szesnastobitowe stanowią ok. 18% tego rynku. Obrazuje to rys. 1 [7].

^{1/} Metoda "głosowania" polega na tym, że za prawidłowy wynik operacji obliczeniowej uważa się ten wynik, który został uzyskany przez większość równoległe pracujących mikroprocesorów, np. przez dwa z trzech.

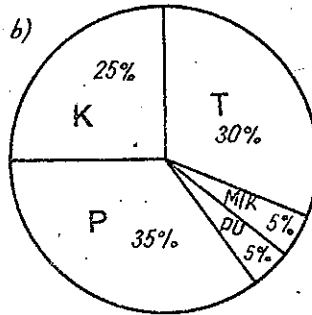


Rys. 1. Struktura zapotrzebowania na mikroprocesory o różnej długości słowa

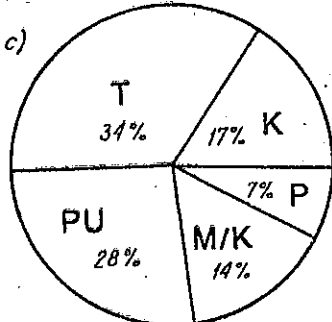
A - mikroprocesory czterobitowe i proste mikroprocesory ośmiobitowe, B - rozbudowane mikroprocesory ośmiobitowe, C - mikroprocesory szesnastobitowe



Mikroprocesory czterobitowe (proste mikroprocesory ośmiobitowe)



Rozbudowane mikroprocesory ośmiobitowe



Mikroprocesory szesnastobitowe

Rys. 2. Struktury zastosowań mikroprocesorów: a/ czterobitowych i prostych ośmiobitowych, b/ rozbudowanych ośmiobitowych, c/ oraz szesnastobitowych

P - aparatura przemysłowa, K - sprzęt komputerowy, T - sprzęt telekomunikacyjny, PU - sprzęt powszechnego użytku, M/K - sprzęt militarny i kosmiczny

Mikroprocesory czterobitowe oraz ośmiobitowe o mała rozbudowanych możliwościach obliczeniowych znajdują szereg zastosowań w systemach sterowania. Najwięcej z nich /40% w skali światowej/ znajduje zastosowanie w przemysłowych systemach sterowania, następnie kolejno w sprzęcie telekomunikacyjnym /25%, w sprzęcie komputerowym /20%, w sprzęcie powszechnego użytku /10%/ oraz w sprzęcie militarnym i kosmicznym /5%/ /rys. 2/.

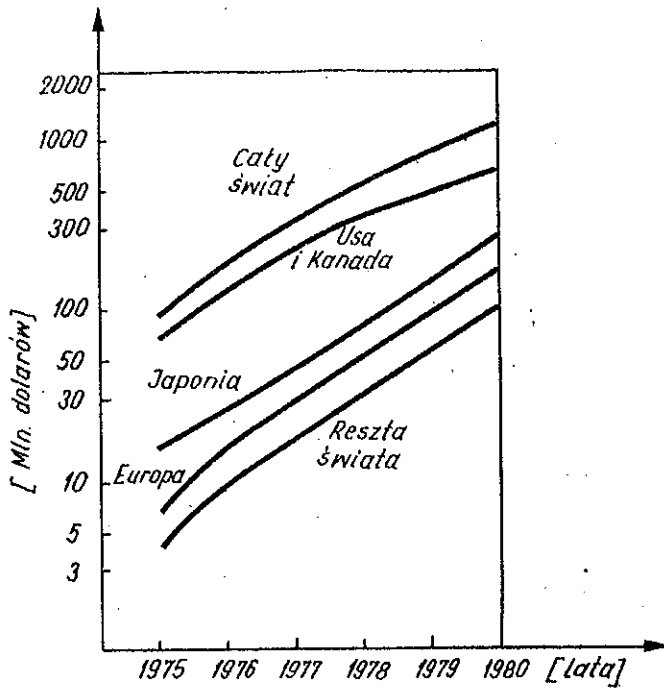
Rozbudowane mikroprocesory ośmiobitowe znajdują również zastosowanie głównie w przemysłowych systemach sterowania /35% w skali światowej/, a następnie kolejno w sprzęcie telekomunikacyjnym /30%, w sprzęcie komputerowym /25%, w sprzęcie powszechnego użytku /5%/ oraz w sprzęcie militarnym i kosmicznym /5%/ /rys.2/.

Mikroprocesory szesnastobitowe są najczęściej stosowane w sprzęcie telekomunikacyjnym /34% w skali światowej/, a następnie kolejno w sprzęcie powszechnego użytku /28%, w sprzęcie komputerowym /17%, w sprzęcie militarnym i kosmicznym /14%/ oraz w przemysłowych systemach sterowania /7%/ /rys. 2/.

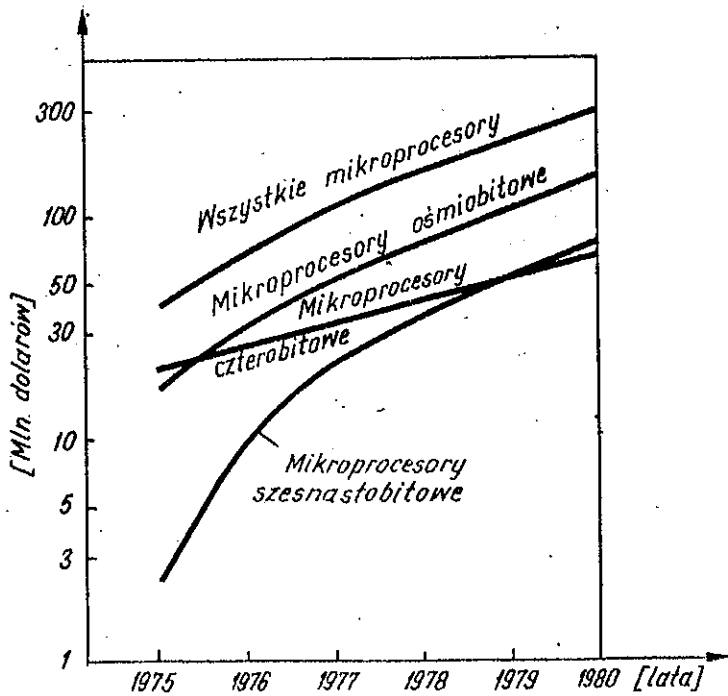
Sumując powyższe informacje można stwierdzić, że podstawową gałąź zastosowań mikroprocesorów stanowi sprzęt telekomunikacyjny /29,7% w skali światowej/, a następnie przemysłowe systemy sterowania /27,3%, sprzęt komputerowy /20,7%, sprzęt powszechnego użytku /14,3%/ oraz sprzęt militarny i kosmiczny /8,0%/.

Obroty handlowe związane ze sprzedażą mikroprocesorów i systemów mikroprocesorowych stanowią pewnego rodzaju wskaźnik liczebności zastosowań. Na rysunku 3 przedstawiono w funkcji czasu wykres dotychczasowych oraz przewidywanych w najbliższych latach obrotów handlowych na ogólnoswiatowym rynku systemów mikroprocesorowych. Oś czasu obejmuje przedział od 1975 r. do 1980 r. W roku 1975 światowe obroty pieniężne wynosiły w tej dziedzinie ok. 100 mln. dolarów. Przewiduje się przy tym przekroczenie przed końcem 1980 roku kwoty jednego miliarda dolarów. Na rysunku 3 przedstawiono dodatkowo oddzielnymi krzywymi obroty handlowe USA i Kanady, Japonii, Europy oraz pozostałej części świata.

Na rysunku 4 przedstawiono w funkcji czasu dotychczasowe oraz przewidywane światowe obroty pieniężne w handlu wszystkimi mikroprocesorami oraz dodatkowo mikroprocesorami czterobitowymi, ośmiobitowymi i szesnastobitowymi. Oś czasu również obejmuje przedział od 1975 r. do 1980 r. W 1975 roku handlowe obroty pieniężne wynosiły około 2 mln. dolarów dla mikroprocesorów szesnastobitowych, ok. 11 mln. dolarów dla mikroprocesorów ośmiobitowych i ok. 12 mln. dolarów dla czterobitowych. Przewiduje się, że w roku 1980 powyższe obroty handlowe wynosić będą odpowiednio ok. 70 mln, ok. 150 mln. i ok. 60 mln. dolarów. Obroty pieniężne w handlu wszystkimi mikroprocesorami wynosiły w roku 1975 ok. 40 mln. dolarów. Przewiduje się, że w 1980 roku wzrosną do ok. 300 mln. dolarów [5, 7].



Rys. 3. Światowe obroty handlowe na rynku systemów mikroprocesorowych



Rys. 4. Światowe obroty handlowe na rynku mikroprocesorów

2. PRZEGLĄD TELEKOMUNIKACYJNYCH ZASTOSOWAŃ SYSTEMÓW MIKROPROCESOROWYCH

Jak już wspomniano we wstępie, sprzęt telekomunikacyjny jest jednym z głównych obszarów zastosowań systemów mikroprocesorowych. Ma to ścisły związek z coraz szerszym stosowaniem techniki cyfrowej w telekomunikacji. Biorąc pod uwagę, że sieci telekomunikacyjne wykorzystują duże ilości sprzętu elektronicznego - telekomunikacja uważana jest za potencjalnie głównego odbiorcę systemów mikroprocesorowych. Przewiduje się, że do 1985 roku wartość systemów mikroprocesorowych wykorzystywanych dla potrzeb światowej telekomunikacji przekroczy miliard dolarów [5].

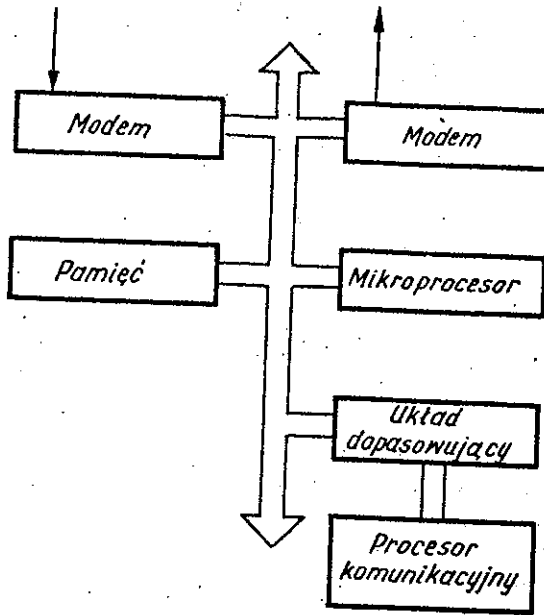
W ramach telekomunikacyjnego obszaru zastosowań systemów mikroprocesorowych należy wyszczególnić i podkreślić ich wykorzystanie w wielkich sieciach komputerowych, w sprzęcie telefonicznym, w systemach identyfikacyjnych, w telekomunikacyjnej aparaturze kontrolno-pomiarowej oraz aparaturze pomocniczej, takiej jak na przykład filtry cyfrowe.

W wielkich sieciach komputerowych do budowy łączy transmisji danych wykorzystywane są głównie łączy telefoniczne /łączy podkładowe/. Pomiędzy łączyem transmisyjnym i głównym komputerem pracuje zwykle tak zwany procesor komunikacyjny. Systemy mikroprocesorowe pracują coraz częściej jako bloki takiego procesora. Pełnią poszczególne z jego funkcji. Mogą na przykład pełnić funkcję utrzymania ustalonego harmonogramu pracy, funkcje sterowania wielodostępem, sterowania nadajnikiem i odbiornikiem danych, generowania kodu protekcyjnego oraz sprawdzania i korekcji błędów, synchronizacji, formatowania itp.

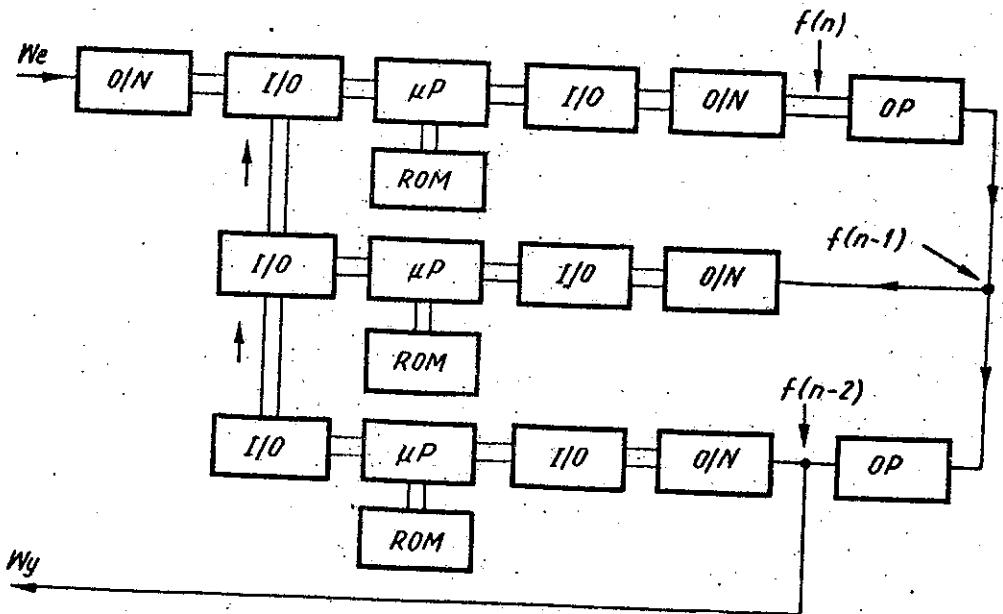
Rysunek 5 przedstawia schemat blokowy systemu mikroprocesorowego, który pracuje jako blok pośredniczący pomiędzy procesorem komunikacyjnym a łączyem transmisji danych.

Elektroniczne centrale telefoniczne stanowią szeroką grupę systemów komputacyjnych od małych central abonenckich o pojemności poniżej stu numerów do wielkich central miejscowych czy międzymiastowych o pojemności dziesiątek tysięcy zakończeń. Możliwości pojedynczych systemów mikroprocesorowych są wystarczające do sterowania centralami abonenckimi o niewielkiej pojemności. Jako przykład można podać centralę abonencką typu GTD-120 firmy GTE Automatic Electric Laboratories [5] dołączoną do sieci miejskiej. Centrala ta obsługuje do 120 abonentów i 28 linii miejskich. Jako główny element sterujący wykorzystuje ona system mikroprocesorowy zbudowany w oparciu o mikroprocesor Intel 8080. Innym przykładem może być centrala telefoniczna typu 580 firmy Wescom Incorporated [16]. Centrala ta jest bardziej rozbudowana. Dla wykonywania swoich funkcji wykorzystuje zestaw sześciu systemów mikroprocesorowych, z których każdy zbudowany jest w oparciu o mikroprocesor Intel 8080.

W wielkich elektronicznych centralach telefonicznych systemy mikroprocesorowe



Rys. 5. Schemat blokowy systemu mikroprocesorowego współpracującego z procesorem komunikacyjnym



Rys. 6. Schemat blokowy mikroprocesorowego rekursywnego filtra cyfrowego

μP - mikroprocesor, I/O - blok wejścia/wyjścia, O/N - odbiornik/nadajnik, OP - blok opóźniający

stosuje się do realizacji poszczególnych zadań w centralnym systemie sterującym. Poszczególne systemy mikroprocesorowe mogą na przykład wykonywać funkcje przepatrywania linii i impulsowania, sprawdzania możliwości zestawienia połączenia czy taryfikacji. Zastosowanie poszczególnych systemów mikroprocesorowych do realizacji pojedynczych zadań centrali umożliwia wykonywanie wielu zadań równoległe. W centralach telefonicznych systemy mikroprocesorowe pełnią także zadania diagnostyki centrali oraz diagnostyki łącz telefonicznych.

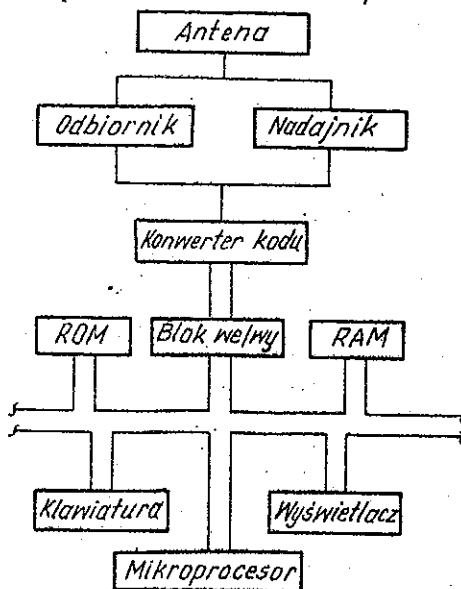
Ostatnio coraz szerzej stosuje się systemy mikroprocesorowe przy cyfrowym kodowaniu mowy zarówno w systemach PCM, jak i systemach wykorzystujących modulację delta. W koderach i dekoderach PCM i o modulacji delta systemy mikroprocesorowe zgodnie ze swoim programem, pełnią funkcje próbkowania sygnału oraz testowania i dokonywania odpowiedniej konwersji kodowej. Pełnią również funkcje związane z autotestowaniem.

Duży potencjalny obszar zastosowań systemów mikroprocesorowych stanowią tak zwane filtry cyfrowe. Filtry te są urządzeniami, które wytwarzają określony cyfrowy sygnał wyjściowy w odpowiedzi na zadany cyfrowy sygnał wejściowy. Znajdują one zastosowania m.in. w telefonii i technice radarowej. Filtry cyfrowe budowane są z bloków, które realizują funkcje mnożenia, dodawania, opóźniania i pamiętania sygnałów cyfrowych. Jak wiadomo, istnieją dwa podstawowe rodzaje filtrów cyfrowych - filtry rekursywne i filtry nierekursywne. Sygnał wyjściowy filtru rekursywnego zależy od aktualnego sygnału wejściowego oraz od poprzednich sygnałów wyjściowych. Sygnał wyjściowy filtru nierekursywnego zależy wyłącznie od aktualnego sygnału wejściowego. Rysunek 6 przedstawia schemat blokowy cyfrowego filtru rekursywnego zbudowanego w oparciu o trzy systemy mikroprocesorowe. Poszczególne systemy mikroprocesorowe zastępują bloki generatorów, układów mnożących i sumatorów realizowanych uprzednio z wielu układów scalonych typu SSI i MSI. Dodatkową zaletę rozwiązania mikroprocesorowego stanowi w tym wypadku łatwość zmiany charakterystyki filtru. Można bowiem dokonać jej poprzez wymianę programów poszczególnych systemów mikroprocesorowych wchodzących w skład filtru.

Kolejną gałąź zastosowań systemów mikroprocesorowych stanowią tak zwane systemy radiotelefoniczne. Systemy te wykorzystywane są do obrazowania ruchu i sterowania ruchem pojazdów, takich jak na przykład autobusy, pojazdy policyjne, pojazdy pogotowia ratunkowego itp. Obrazowanie ruchu pojazdów i sterowanie ruchem odbywa się w centralnym punkcie nadzorczym. Operator, na podstawie aktualnej informacji o lokalizacji pojazdu, wysyła do niego odpowiednie polecenia.

Na rysunku 7 przedstawiono uproszczony schemat blokowy przykładowego urządzenia radiotelefonicznego, które może być zainstalowane w poruszającym się pojeździe. Praca urządzenia polega na ciągłym odbiorze poleceń z punktu centralnego i przedstawianiu ich na specjalnym wyświetlaczu lub monitorze oraz na przyjmowaniu, z klawiatury, informacji od obsługi pojazdu i transmitowaniu ich do punktu

centralnego. System znajdujący się w centralnym punkcie nadzorczym może również być sterowany mikroprocesorowo. Jako przykład można podać system radiotelefoniczny opracowany przez firmę Martin Marietta [15]. Centralny system nadzorczy zbudowany jest przy wykorzystaniu mikroprocesora RCA 1802. Cały program sterowania i koordynacji pracy systemu oraz program współpracy z klawiaturą, wyświetlaczami i wskaźnikami zawiera się w 3000 słów ośmiobitowych.



Rys. 7. Schemat blokowy mikroprocesorowego radiotelefonu instalowanego w obudowie ruchomym

Ciekawy system mikroprocesorowy do współpracy obiektów ruchomych z telefoniczną siecią miejską powstał w firmie Rydax Inc. [15]. System ten, zbudowany przy wykorzystaniu kilku systemów mikroprocesorowych, przyjmuje zgłoszenia od obiektów ruchomych, a następnie kieruje je do miejskiej sieci telefonicznej. Każdy z systemów mikroprocesorowych, umieszczony w oddzielnym module, pełni własne zadania. Na przykład jeden z systemów określa, na podstawie informacji z pojazdu, czy rozmowa ma być miejscowa czy zamiejscowa. Dla rozmów miejscowych generuje impulsy wybierające, natomiast dla rozmów zamiejscowych generuje odpowiednie sygnały tonowe w celu wybrania łącząca. Kolejny system mikroprocesorowy pobiera i przechowuje "numer" obiektu, który zgłosił żądanie połączenia oraz "numer" abonenta, z którym należy zestawić połączenie. Inne systemy mikroprocesorowe przyporządkowują kanały poszczególnym łączom, zestawiają połączenia; prowadzą taryfikację rozmów itd. Cały program pracy systemu zawiera się w 8500 słowach ośmiobitowych.

Jak już wspomniano we wstępie, systemy mikroprocesorowe znajdują także zastosowanie w telekomunikacyjnej aparaturze pomiarowej. Zastosowanie systemów mikro-

procesorowych umożliwia w tym przypadku znaczne rozszerzenie możliwości funkcjonalnych tej aparatury. Przykładem może być zewnętrznie programowane, wstępne przetwarzanie wyników pomiarowych oraz możliwości autotestowania i autokalibracji.

Jako przykład można podać nowy oscyloskop firmy Hewlett-Packard-model 1722A. Korzystając z przycisków na płycie czołowej oscyloskopu można zaprogramować wykonywanie szeregu pomiarów parametrów badanych sygnałów, a między innymi pomiar różnicy napięć pomiędzy wybranym punktem przebiegu na ekranie i napięciem odniesienia, pomiar czasu trwania impulsu, pomiar czasu narastania i opadania zboczy impulsów czy pomiar okresu. Wyniki pomiarów przedstawiane są na wyświetlaczu cyfrowym na płycie czołowej oscyloskopu.

Firma Solartron zastosowała systemy mikroprocesorowe w dwóch typach woltomierzy - modele 7055 i 7065. Zestaw programów pracy tych woltomierzy obejmuje między innymi mnożenie mierzonego napięcia przez zadaną wartość, obliczanie względnego odchylenia tego napięcia od zadanego napięcia odniesienia, obliczanie stosunku mierzonego napięcia i napięcia odniesienia - w tym również wyrażanie wyniku w decybelach. Zestaw programów pracy obejmuje także szereg obliczeń statystycznych i pomiaru czasu.

W tablicy poniżej zestawiono niektóre, obecnie produkowane typy przyrządów pomiarowych i aparatury pomocniczej, zbudowanych z wykorzystaniem systemów mikroprocesorowych.

T a b l i c a

Niektóre przyrządy pomiarowe zrealizowane w oparciu o systemy mikroprocesorowe

Producent	Typ przyrządu	Model
Solartron	licznik programowany	2710
Solartron	licznik programowany	2711
Solartron	woltomierz cyfrowy	7055
Solartron	woltomierz cyfrowy	7065
Hewlett-Packard	cyfrowy miernik LRC	4262 A
Hewlett-Packard	oscyloskop	1722 A
Hewlett-Packard	miernik amplitudy napięcia	5342 A
Hewlett-Packard	analizator stanów logicznych	1611 A
Hewlett-Packard	pisak programowany	9872 A
Hewlett-Packard	końcówka transmisji danych	2641 A

c.d. tablicy

Producent	Typ przyrządu	Model
Hewlett-Packard	zestaw pomiarowy do selektywnych pomiarów poziomu	3745
Gen Rad	cyfrowy miernik LRC	GR.1657
Rohde-Schwarz	zestaw kontrolno-pomiarowy radiotelefonów	SMPU
Schlumberger	licznik programowany	2700
Systron-Donner	cyfrowy miernik uniwersalny	7115
Hewlett-Packard	woltomierz cyfrowy	3455 A
Tektronix	pisak programowany	4663

ZAKOŃCZENIE

W niniejszym opracowaniu skupiono się głównie na zagadnieniu telekomunikacyjnych zastosowań systemów mikroprocesorowych. Telekomunikacja stanowi obecnie główny obszar zastosowań systemów mikroprocesorowych, jednakże systemy te wkraczają coraz szerzej w zasadzie do wszystkich współczesnych gałęzi techniki. Wymienić tu można choćby aparaturę elektromedyczną [27], elektroniczne systemy sterowania pojazdów samochodowych [14, 21, 26], przemysłowe systemy sterowania [32], czy elektroniczną aparaturę kontrolno-pomiarową [28]. Systemy mikroprocesorowe znajdują coraz szersze zastosowanie także w sprzęcie powszechnego użytku. W USA przewiduje się, że do 1980 roku w każdym domu znajdować się będzie średnio 7 - 10 systemów mikroprocesorowych [24]. Systemy mikroprocesorowe są bowiem od pewnego czasu wykorzystywane w sprzęcie domowym, takim jak np. programowane pralki automatyczne, programowane kuchenki mikrofalowe czy maszyny do szycia. Zastosowanie systemów mikroprocesorowych obniżyło koszty produkcji tych urządzeń przy jednoczesnym zwiększeniu ich możliwości funkcjonalnych. Jako przykład można podać programowaną kuchenkę mikrofalową typu 460 Memorymatic firmy Litton sterowaną mikroprocesorem TMS 1000 czy też maszynę do szycia typu Athena firmy Singer sterowaną specjalnie do tego celu zaprojektowanym mikroprocesorem.

Systemy mikroprocesorowe stosowane są coraz częściej w odbiornikach telewizyjnych. Umożliwiają na przykład wyświetlanie na ekranie numeru odbieranego kanału oraz aktualnego czasu. Obsługują zdalne wybieranie kanałów czy też programowanie czasu włączenia lub wyłączenia odbiornika [25, 33].

Niektóre typy telewizorów wyposażone są dodatkowo w zestawy mikroprocesorowych gier elektronicznych. Jako przykład można podać odbiorniki telewizyjne firmy Magnavox. Poza elektronicznymi grami telewizyjnymi instalowanymi w odbiorni-

kach są obecnie w sprzedaży gry przyłączane do odbiorników telewizyjnych. Wśród nich można wyróżnić gry o narzuconych zasadach oraz gry do własnoręcznego programowania warunków gry [22, 25].

O popularności tego typu przystawek telewizyjnych świadczy sześć milionów sztuk programowanych gier telewizyjnych sprzedanych w 1977 roku za ogólną sumę 400 milionów dolarów [25].

Poza grami telewizyjnymi produkuje się obecnie także mikroprocesorowe automaty, które pełnią rolę partnerów szachowych. Jako przykład można podać mikroprocesorowego "partnera szachowego" opracowanego przez firmę Fidelity Electronics Ltd [25].

Systemy mikroprocesorowe zastosowano ostatnio także w gramofonach. Użytkownik gramofonu Accutrac 4000 sterowanego mikroprocesorem ma możliwość, przy użyciu odpowiedniego nadajnika wyposażonego w klawiaturę, zdalnego włączania i wyłączenia gramofonu, sterowania powtarzaniem wybranych fragmentów płyty czy też zmiany płyty na następną.

Należy zauważyć, że stosunkowo tanie mikrokomputery ogólnego zastosowania zbudowane przy wykorzystaniu mikroprocesorów stanowią także przedmiot zainteresowania wielu odbiorców indywidualnych, którzy traktują programowanie i samodzielne rozbudowywanie systemów mikroprocesorowych jako hobby [24].

Podsumowując należy zauważyć, że trudno jest obecnie wymienić wszystkie potencjalne możliwości zastosowań systemów mikroprocesorowych - miniaszyn matematycznych najnowszej generacji. O tym jednak, że przewiduje się ich powszechne stosowanie może świadczyć fakt nauczania BASIC'u - jednego z podstawowych języków programowania - w amerykańskich szkołach poziomu podstawowego.

WYKAZ LITERATURY

1. Hammond D.: Chips scans keyboard without hardware interface. Electronics 1977, Vol. 6 Nr 1.
2. Denker J.: Direct microprocessor link loadstimeshared program. Electronics 1977 Vol. 17, Nr 3.
3. Banks W., Majithia J.C.: Microprocessor: Design and Applications in Digital Instrumentation and Control. IEEE Trans. on Instrum. and Measurement. 1976, Vol. IM-25 No.3.
4. Microprocessor-controlled frequency counter thinks fast, acts smart and costs less. Microwaves 1977, Nr 11.
5. Garen E.R., LaZar L.: Microprocessors in telecommunications. Telecommunications 1976, Nr 4.
6. Gundlach R.: Large-scale integration is ready to answer the call of telecommunications. Electronics 1977, Vol. 28 Nr 4.

7. Amendt A.J.: The obsolescence of the microprocessor. *Microelectronics and Reliability* 1977, Vol. 16.
8. Kornstein H.: Third generation microcomputers. *Microelectronics and Reliability*, 1977 Vol. 16.
9. Russe P.M.: Interprocessor communication for multi-microcomputer systems. *Computer* 1977, Nr 4.
10. Baker K.D.: Functional decomposition on multi-microprocessor systems. *The Radio and Electronic Engineer* 1977, Vol. 47 No 11.
11. Huges P., Doone T.: Multi-processor systems. *Microelectronics and Reliability* 1977, Vol. 16.
12. Burton T.: Multi- μ P systems combine the efficiency of dedicated microcomputers with... *Electronic Design* 1977, Vol. 16 Nr 2.
13. Findley G.I., Leabo D.P., Slutmann A.C.: Control of the IBM 3800 Printing Subsystem. *IBM J. Res. Develop.* 1978, Vol. 22 No 1.
14. Puckett G., Marley J., Gragg J.: Automotive electronics II: The microprocessor is in. *IEEE Spectrum* 1977, Nr 11.
15. Falk H.: Microprocessors talk it up. *IEEE Spectrum* 1977, Nr 3.
16. Gundlach R.: Fiber optics, LSI expand system capabilities. *Electronics* 1977, Vol. 27 Nr 10.
17. Hilburn J.L., Julich P.N.: *Microcomputers/Microprocessors: Hardware, Software, and Applications*. Prentice-Hall Inc. 1976.
18. McGlynn D.R.: *Microprocessors Technology, Architecture, and Applications*. A Wiley-Interscience Publications, John Wiley & Sons Inc. 1976.
19. Hewlett-Packard Technical Data, May 1977, Digital LCR Meter 4262 A.
20. Hewlett-Packard Application Note 185, Waveform parameter measurements using the microprocessor controlled oscilloscope ... Model 1722 A.
21. Czerniewska A.: Scentralizowane systemy sterowania i automatyzacji samochodu. *Biuletyn Informacyjny Przemysłu Motoryzacyjnego* 1977 Nr 4.
22. Mennie D.: Self-contained electronic games. *IEEE Spectrum* 1977, Nr 12.
23. Karty katalogowe firm Solartron, Hewlett-Packard, Gen-Rad, Schlumberger, Rohde-Schwarz, Systron-Donner.
24. Doerr J.: Low cost microcomputing- the personal computer and single board computer revolutions. *Proc. of the IEEE* 1978, Nr 2.
25. Russo P.M.: Microprocessors in Consumer Products. *Proc. of the IEEE* 1978, Nr 2.

26. Marley J.: Evolving microprocessors which better meet the needs of automotive electronics. Proc. of the IEEE 1978, Nr 2.
27. King V.: Biomedical applications of microprocessors. Proc. of the IEEE 1978, Nr 2.
28. Randle W., Kerth N.V.: Microprocessors in instrumentation. Proc. of the IEEE 1978, Nr 2.
29. Melvin D.: Microcomputer applications in telephony. Proc. of the IEEE 1978.
30. Stanzione D.: Microprocessors in telecommunication systems. Proc. of the IEEE 1978.
31. Ausländer D.: Direct digital process control: Practice and algorithms for microprocessor applications. Proc. of the IEEE 1978.
32. Shum M.: Modem design using microprocessors. Electronic Eng. 1978, Nr 3.
33. Dreiske E.J., Benjamin R.J.: Using a one-chip microprocessor for TV tuning and remote control. IEEE Trans. on Consumer Electronics 1978, Vol. CE-24 Nr 1.
34. Trottier L., Matic B.: One chip controls keyboard and display. Electronics 1978, Vol. 11 Nr 5.
35. Rockwell develops own one-chip design. Electronics 1978, Vol. 11 Nr 5.
36. Munn J.F.: Data acquisition for 6800 system. Electronics Eng. 1978, Nr 3.
37. Kornstein H.: The 8048 microcontroller in process control. Electronic Industry 1978, Nr 4.
38. μ P controls pay-phone calls and collections. Electronic Design 1978, Nr 1.
39. C-size plotter is fast and smart thanks microprocessor. Electronics 1978, Vol. 25 Nr 5.

