

A 664 309
CENTRUM INFORMACJI NAUKOWEJ, TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ

Ośrodek Informacji Centralnej

Seria A — do użytku służbowego

Egz. nr

001268

WYBRANE INFORMACJE TEMATYCZNE

5/79



ROZWÓJ I ZASTOSOWANIE

MIKROELEKTRONIKI NA ŚWIECIE I W POLSCE

KOMITET PROGRAMOWO-REDAKCYJNY

mgr Teresa Ferens /sekretarz/, mgr inż. Janina Golcz /redaktor serii WIT/,
mgr Andrzej Kowalewski, mgr inż. Sławomir Kozak, mgr Jan Krzesiński,
mgr inż. Zenon Milik /przewodniczący/, dr Bogdan Sobol, mgr Elżbieta
Szałpczyńska

Redaktor: mgr inż. Zofia Świątek-Laskowska

SPIS TREŚCI

	Str.
Streszczenie	1
Część I. Rozwój i zastosowanie mikroelektroniki na świecie	1
I. Dotychczasowe osiągnięcia w rozwoju mikroelektroniki światowej	1
II. Udział układów LSI w światowym rynku elektroniki	3
III. Wybrane zastosowania mikroelektroniki /układów scalonych LSI/	4
1. Systemy pamięci półprzewodnikowych	4
2. Kalkulatory elektroniczne	5
3. Cyfrowe zegarki elektroniczne	6
4. Systemy mikroprocesorowe	7
IV. Aktualny rozwój zastosowań mikroprocesorów	9
1. Zastosowania mikroprocesorów w elektronicznej technice przetwarzania informacji	9
2. Zastosowanie mikroprocesorów w automatyzacji procesów w przemyśle	10
3. Zastosowania mikroprocesorów w technice pomiarowej, kontrolnej i laboratoryjnej	11
4. Zastosowania mikroprocesorów w motoryzacji, komunikacji oraz w łączności	12
5. Zastosowania mikroelektroniki w sprzęcie powszechnego użytku	13
V. Perspektywy dalszego rozwoju mikroelektroniki światowej	14
VI. Efekty techniczno-ekonomiczne oraz społeczne w wyniku zastosowań mikroelektroniki	15
Część II. Rozwój mikroelektroniki w Polsce	18
I. Rozwój przemysłu półprzewodnikowego do 1975 r.	18
II. Rozwój mikroelektroniki w latach 1976-1980	20
Źródła wykorzystane	22



III 1.061.309

1979 CO 6375/2

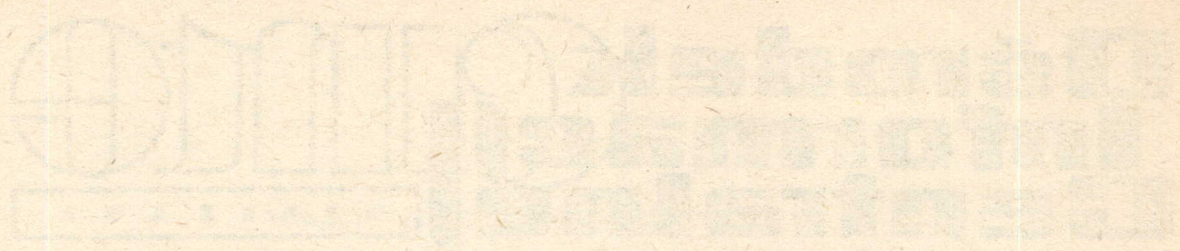
Ośrodek Informacji Centralnej

W A R S Z A W A

WIT 5/79

Seria A - do użytku służbowego

ROZWÓJ I ZASTOSOWANIE MIKROELEKTRONIKI
NA ŚWIECIE I W POLSCE



ROZWÓJ I ZASTOSOWANIE MIKROELEKTRONIKI NA ŚWIECIE I W POLSCE

Kierownictwo i opracowanie
informacyjne tematu:
mgr inż. Bohdan Kempirski

Opracował:
mgr inż. Józef Knysz

CZEŚĆ I. ROZWÓJ I ZASTOSOWANIE MIKROELEKTRONIKI NA ŚWIECIE

1. DOTYCHCZASOWE OSIĄGNIĘCIA W ROZWOJU MIKROELEKTRONIKI ŚWIATOWEJ

Uruchomienie w 1960 r. produkcji pierwszych układów scalonych zapoczątkowało powstanie mikroelektroniki i gwałtowny jej rozwój polegający na stałym zwiększaniu stopnia integracji tych układów. Integracja ta wzrastała od małej skali /SSI - Standardowa Skala Integracji/ poprzez średnią skalę integracji /MSI/ do układów o wielkiej skali integracji /LSI - Large Scale of Integration/. Produkcja układów LSI na skalę przemysłową rozpoczęła się od 1970 r. Dla zrozumienia co oznacza ten stopień integracji przyjmujemy założenie, że układy LSI zawierają nie mniej niż 1000 elementów półprzewodnikowych w jednej płytce krzemowej /tzw. strukturze/ zwanej w języku angielskim chip'em, o powierzchni mniejszej od 1 cm^2 .

W miarę rozpowszechniania zastosowania układów scalonych wzrastała ich produkcja światowa oraz następował gwałtowny spadek ich cen. Przeprowadzona w 1976 r. analiza ekonomiczna obejmująca 10-lecie 1966-1975 dała następujące wyniki:

- w 1965 r. przy produkcji światowej 12 mln szt. układów scalonych przeciętna cena 1 układu scalonego kształtowała się na poziomie 8,25 dol.,
- w 1970 r. przy produkcji światowej 575 mln szt. układów scalonych przeciętna cena 1 układu wynosiła 1,5 dol.,
- w 1975 r. przy produkcji światowej 2,4 mld szt. cena 1 układu spadła do poziomu 0,85 dol.

Zjawisku spadku cen układów scalonych towarzyszył stale wzrastający udział w produkcji układów scalonych o wielkiej skali integracji LSI.

Układy scalone LSI stanowią największe osiągnięcie elektroniki od czasu wynalezienia tranzystora /1947 r./ i mają podstawowe znaczenie dla współczesnej nauki i techniki. Znaczenie i zalety układów scalonych LSI ujawniają się przede wszystkim w parametrach sprzętu elektronicznego i w innych wyrobach przemysłu maszynowego, w których znajdują

zastosowanie. Wprowadzenie układów LSI w miejsce układów o standardowej skali integracji /SSI/ dało w efekcie ponad 10-krotne obniżenie kosztu sprzętu elektronicznego. Wynika to m.in. często z niższego kosztu samych układów LSI w porównaniu z sumarycznym kosztem stosowanych poprzednio układów SSI. Nastąpiło równocześnie zmniejszenie kosztów montażu sprzętu finalnego oraz powstały oszczędności materiałowe związane z miniaturyzacją gabarytów i ciężaru wyrobów finalnych, nastąpiło również dalsze zmniejszenie zużycia energii elektrycznej. Zastosowanie układów scalonych LSI w sprzęcie elektronicznym zwiększa jego niezawodność, co ma istotne znaczenie dla kształtowania się kosztów i innych parametrów jego eksploatacji.

W wyniku wprowadzenia układów LSI do sprzętu elektronicznego nastąpił gwałtowny spadek kosztów przypadających na 1 element układu zwany bramką logiczną. Świadczą o tym następujące dane: w 1970 r. w układach elektronicznych zbudowanych na elementach półprzewodnikowych dyskretnych / tranzystorach, diodach/ koszt 1 bramki kształtował się w wysokości 1 dol., obecnie w układach LSI koszt ten spada do wysokości 0,01 dol. /1 centa/.

Rozwój techniczny układów scalonych jest nadal dynamiczny, co wyraża się w stale rosnącym stopniu ich integracji. W krajach o najwyższym poziomie rozwoju przemysłu elektronicznego produkowane układy scalone zawierają ponad 20 000 elementów /funkcji tranzystorowych/ w jednej strukturze /płytkce/.

Jeśli tendencja wzrostu skali integracji nie ulegnie zmianie w ciągu najbliższych lat - a nic takiej zmiany nie zapowiada - to można przewidywać, że na początku lat osiemdziesiątych będzie technicznie możliwe i ekonomicznie opłacalne produkowanie układów scalonych LSI zawierających 1 mln i więcej funkcji na jednej płytce o powierzchni $1,44 \text{ cm}^2$. Według wypowiedzi uczonych granicę fizykalną w ilości 25 mln funkcji na jednej płytce będzie można osiągnąć w 2000 r.

Dostępność na rynku układów scalonych stworzyła ogromne możliwości konstruowania zupełnie nowych rodzajów wyrobów, takich jak np. kalkulatory kieszonkowe, elektroniczne zegarki na rękę, mikroprocesory oraz elektronizowany sprzęt precyzyjny, optyczny, telekomunikacyjny i inne wyroby.

Duże znaczenie układów scalonych dla rozwoju wielu gałęzi techniki jest już obecnie powszechnie znane i doceniane. Mniej powszechna jest natomiast świadomość faktu, że mikroelektronika, szczególnie układy scalone LSI, są syntezą szczytowych osiągnięć wielu dziedzin nauki i techniki /fizyki, chemii, mechaniki precyzyjnej, metalurgii, optyki elektro-nowej, elektrotermii i wielu innych dziedzin/. Wymagania stawiane przez technikę półprzewodnikową były i są motorem rozwoju tych dziedzin.

II. UDZIAŁ UKŁADÓW LSI W ŚWIATOWYM RYNKU ELEKTRONIKI

Aktualnie wartość przyrządów /elementów i zespołów funkcjonalnych/ półprzewodnikowych zastosowanych w sprzęcie finalnym stanowi w skali światowej ok. 7% ogólnej wartości tego sprzętu. Dzięki jednak coraz szerszemu zastosowaniu układów scalonych, a szczególnie układów LSI, udział ten wzrasta i przewiduje się, że w latach osiemdziesiątych osiągnie 12-15%. Jeżeli chodzi o wyroby finalne przemysłu elektronicznego, to dzięki zastosowaniu układów scalonych LSI, ich wartość w tych wyrobach stanowi 50%, a nawet ponad 80% wartości wyrobów finalnych /np. zespoły półprzewodnikowych pamięci komputerowych, kalkulatory elektroniczne, zegarki elektroniczne itp./.

Z danych statystycznych wynika, że układy scalone stanowią coraz większą część światowego zapotrzebowania na przyrządy półprzewodnikowe ogółem. Jednocześnie udział układów scalonych w całkowitej produkcji przyrządów półprzewodnikowych w poszczególnych krajach staje się wskaźnikiem określającym stopień nowoczesności przemysłu elektronicznego tych krajów.

Można więc przytoczyć przykłady jak kształtuje się ten wskaźnik w krajach, w których przemysł półprzewodnikowy jest wysoko rozwinięty. I tak w 1976 r. udział wartości wyprodukowanych układów scalonych w całkowitej wartości wyprodukowanych przyrządów półprzewodnikowych wynosił:

- w USA	ok. 63%
- w Japonii	ok. 49%
- w krajach Europy Zachodniej	ok. 44%

Analizując rozkład geograficzny światowej produkcji układów scalonych należy stwierdzić, że kraje Europy Wschodniej /w tym ZSRR/ wyprzedziły począwszy od drugiej połowy 1974 r., pod względem produkcji układów scalonych kraje Europy Zachodniej /bez uwzględnienia produkcji firm USA, działających na terenie Europy Zachodniej/.

Udział układów scalonych LSI w produkcji ogółem układów scalonych wyraźnie wzrósł w ostatnich latach i w 1976 r. wynosił: w USA i Japonii ok. 40%, a w krajach Europy Zachodniej ok. 24%. Udział ten będzie nadal wzrastać i przewiduje się, że w USA w 1980 r. wyniesie ponad 50%.

Największym producentem układów scalonych są USA, wartość ich produkcji w 1977 r. wynosiła ok. 1,8 mld dol. Wartość zakupionych w tym roku na świecie układów scalonych wynosiła 4 mld dol., co stanowi 5% wartości sprzedaży w skali światowej branży przemysłu elektronicznego. W 1980 r. przewiduje się, że zapotrzebowanie na układy scalone LSI w skali światowej wyniesie ok. 5,5 mld dol.

III. WYBRANE ZASTOSOWANIA MIKROELEKTRONIKI /UKŁADÓW SCALONYCH LSI/

Dzięki swym różnorodnym zaletom układy scalone LSI znajdują coraz szersze zastosowanie w różnych grupach wyrobów. Aktualnie większość światowej produkcji układów scalonych znajduje zastosowanie w następujących grupach wyrobów o przeznaczeniu profesjonalnym i rynkowym:

- systemy pamięci półprzewodnikowych w komputerach,
- kalkulatory elektroniczne,
- zegary i zegarki elektroniczne,
- systemy mikroprocesorowe,
- sprzęt i urządzenia telekomunikacyjne,
- elektroniczne gry i zabawy,
- zelektronizowany sprzęt muzyczny,
- zelektronizowany sprzęt fotograficzny.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe osiągnięcia w opracowaniu ograniczono się do omówienia czterech spośród wymienionych zastosowań.

1. Systemy pamięci półprzewodnikowych

Korzystne parametry techniczne, jak również stosunkowo niski /i nadal malejący/ koszt, stały się przyczyną, dla której systemy pamięci półprzewodnikowych zbudowanych na układach LSI zdobywają coraz większą część rynku pamięci komputerowych. Obecnie cena w przeliczeniu na 1 bit /jednostka informacji zawartej w pamięci/ w systemie pamięci półprzewodnikowej, zbudowanej na układach LSI jest znacznie niższa /0,3 dol./ niż w systemie pamięci magnetycznej rdzeniowej /0,6 dol./. Należy przy tym wziąć pod uwagę fakt, że w pamięci rdzeniowej ze względu na wysokie koszty montażu płyt pamięci koszt samych rdzeni stanowi niewielki procent ogólnego kosztu systemu pamięci. Natomiast w pamięciach półprzewodnikowych koszt układów scalonych stanowi 50-70% kosztów całego systemu pamięci. W wyniku stale rosnącej integracji układów LSI koszt produkcji układów pamięci półprzewodnikowych w przeliczeniu na 1 bit zawartości jest nadal malejący w miarę zwiększania się ilości bitów w jednym układzie. W tym zakresie można zanotować następujące wyniki: w 1974 r. uzyskiwano układy o pojemności 4096 bitów, obecnie osiąga się pojemność w układach LSI 16384 bitów, a w 1980 r. przewiduje się uzyskanie układów o pojemności 65536 bitów.

Wzrostowi pojemności pamięci półprzewodnikowych towarzyszy wzrost ich produkcji dostarczanej na rynek światowy, o czym świadczą następujące dane: w 1976 r. wartość

tych dostaw wynosiła 504 mln dol., a w 1977 r. wzrosła do 757 mln dol. W powyższych danych nie uwzględniono produkcji krajów RWPG oraz produkcji firm komputerowych, które produkują pamięci półprzewodnikowe dla własnych potrzeb.

Należy również zaznaczyć, że ponad 70% światowej produkcji pamięci półprzewodnikowych zbudowanych na układach LSI jest wykorzystywane w USA.

2. Kalkulatory elektroniczne

Rozwój kalkulatorów w ciągu ostatnich 15 lat jest jednym z przykładów radykalnej poprawy parametrów sprzętu, dzięki zastosowaniu w ich budowie układów scalonych LSI.

Pierwsze kalkulatory elektroniczne /stołowe/, pozwalające na wykonywanie czterech działań podstawowych, pojawiły się na rynku w 1966 r. Były one zbudowane na elementach dyskretnych, zawierały ok. 1000 diod i tranzystorów, ważyły kilkadziesiąt kg, a ich cena wynosiła od 2000-3000 dol. Konkurowały one już skutecznie ze stosowanymi wcześniej kalkulatorami mechanicznymi.

W latach 1968-1969 pojawiły się kalkulatory zbudowane na ok. 100 układów scalonych małej skali integracji, waga ich znacznie zmalała, a cena spadła do wysokości 250-350 dol. Już jednak w 1972 r. pojawiły się na rynku kalkulatory kieszonkowe zbudowane zaledwie na kilku, a następnie na jednym układzie scalonym LSI, przy czym cena ich spadła poniżej 100 dol. za sztukę. Cena ta gwałtownie spadała w miarę obniżania się ceny układów LSI oraz wskaźników cyfrowych tak, że w 1976 r. kalkulatory kieszonkowe 4-działaniowe zbudowane na jednym układzie LSI sprzedawane były na rynku zachodnim po cenie ok. 10 dol.

Jednocześnie poprawie parametrów technicznych i spadkowi cen kalkulatorów towarzyszył gwałtowny wzrost ich produkcji. W 1975 r. produkcja światowa kalkulatorów 4-działaniowych wynosiła ok. 24 mln szt., w 1976 r. wzrosła do 35 mln szt., a w 1977 r. osiągnęła poziom 43,5 mln szt.

Wraz z rozwojem masowej produkcji kalkulatorów 4-działaniowych pojawił się na rynku szeroki wachlarz kieszonkowych kalkulatorów elektronicznych o większych możliwościach obliczeniowych, takich jak kalkulatory z pamięcią, do obliczeń naukowych /wyposażone w możliwości obliczania funkcji trygonometrycznych, wykładniczych, logarytmów itp., łącznie na ok. 40 różnych funkcji/ oraz kalkulatory programowane z klawiaturą. Obecnie kalkulatory elektroniczne stały się artykułem powszechnego użytku, wypierając i zastępując tak nieodzowny do niedawna dla każdego technika suwak logarytmiczny.

W tablicy podano produkcję i zakup kalkulatorów elektronicznych w 1976 r.

Produkcja i zakup kalkulatorów elektronicznych w 1976 r.

Wyszczególnienie	Japonia	USA	Europa	Pozostałe kraje świata	Ogółem
	w mln szt.				
Produkcja	20	7	5	3	35
Zakup	6	19	7	1	33

Zródło: opracowanie własne autora.

Jak wynika z danych zawartych w tej tablicy USA zakupują ponad 2,5-krotnie więcej kalkulatorów elektronicznych w porównaniu z własną produkcją, natomiast w Japonii produkcja jest ponad 3-krotnie wyższa w stosunku do własnych potrzeb, co potwierdza wielką zdolność eksportową Japonii oraz wielką chłonność rynku wewnętrznego USA na te wyroby.

Koszt przyrządów półprzewodnikowych użytych do budowy kalkulatora elektronicznego /w zależności od typu kalkulatora i jego wyposażenia/ stanowi 50-85% kosztu produkcji całego kalkulatora. W 1976 r. ogólny koszt przyrządów półprzewodnikowych stosowanych do produkcji kalkulatorów elektronicznych wynosił ok. 195 mln dol., w tym układów scalonych LSI 125 mln dol. /64%/.

3. Cyfrowe zegarki elektroniczne

Drugim przykładem sprzętu elektronicznego powszechnego użytku, który swój rozwój zawdzięcza układom scalonym LSI, jest elektroniczny zegarek na rękę z odczytem cyfrowym. Produkcja masowa zegarków elektronicznych w skali światowej datuje się od 1973 r. Gwałtowny jej wzrost nastąpił od 1975 r., osiągając poziom 30 mln szt. w 1977 r. W 1978 r. nastąpi podwojenie tej produkcji i stanowić będzie 35% ogólnej produkcji zegarków, a w 1980 r. przewiduje się osiągnięcie poziomu ok. 100 mln szt. elektronicznych zegarków na rękę. Powyższemu wzrostowi produkcji towarzyszy gwałtowny spadek cen zegarków elektronicznych. W 1970 r. jeden z pierwszych elektronicznych zegarków na rękę amerykańskiej firmy Pulsar kosztował ok. 2500 dol. Gwałtowny spadek cen nastąpił od 1973 r., tak, że w 1976 r. średnia cena jednostkowa zegarka elektronicznego wynosiła już ok. 50 dol. Obecnie firma Texas Instruments produkuje elektroniczne zegarki na rękę w cenie ok. 10 dol. Obecnie zegarki elektroniczne produkuje 1500 firm i należy oczekiwać, że koszt przy produkcji masowej osiągnie w 1980 r. poziom ok. 5 dol.

Obecnie dominują kwarcowe zegarki elektroniczne wskazujące godziny, minuty i sekundy /niektóre również dzień i datę/ przez półprzewodnikowe wskaźniki cyfrowe /PWC/ lub

ciękle kryształy. Te ostatnie mają tę zaletę, że do odczytania nie trzeba przyciskać guzika. Jednak renomowane firmy, np. Omega w celu zapewnienia większej trwałości zegarków stosują PWC.

Obecny poziom techniki umożliwił konstruktorom zaprojektowanie elektronicznych zegarków wielofunkcyjnych. Oprócz stoperów mierzących czas z dokładnością do 1/100 sek. jak np. zegarek japońskiej firmy Seiko, a nawet do 1/10000 sek., jak zegarek firmy Chronosplit, poszczególne firmy zaczęły umieszczać w zegarkach kalkulatory 4-działaniowe, np. w nowym modelu zegarka firmy Pulsar, a nawet 34-funkcyjny kalkulator jak w zegarkach firmy Novus.

Dalszym osiągnięciem w omawianej dziedzinie jest zegarek firmy Hewlett-Packard zaprezentowany latem ubiegłego roku. Jest to dosłownie minikalkulator na rękę. Poza wskazywaniem czasu i daty /kalendarz zaprogramowany na 200 lat/ ma też elektroniczną pamięć, do której można wprowadzić szereg informacji.

Do szczytowych osiągnięć należy zaliczyć przygotowanie kolejnej generacji zegarków elektronicznych. Firma Bulowa zapowiedziała wyprodukowanie zegarka na rękę chodzącego z dokładnością do 1 sek. na 300 tys. lat. Jest to swego rodzaju atomowy wzorzec czasu.

4. Systemy mikroprocesorowe

Jednym z najnowszych i najbardziej obiecujących osiągnięć mikroelektroniki są systemy mikroprocesorowe. Przez mikroprocesor rozumie się urządzenie mieszczące się w jednym mikroukładzie / chip'ie/ wielkiej skali integracji i zdolne do całkowitego przetwarzania informacji, tj. takiego, jaki zachodzi w procesorze komputera /tzn. przynajmniej do wykonywania operacji arytmetycznych, operacji pamiętania i odczytywania z pamięci zgodnie z zadaniem programem oraz do zmiany kolejności wykonywanych rozkazów programu/.

Mikroprocesor jest to standardowy układ scalony LSI, może on stanowić centralną jednostkę arytmetyczną i kontrolną mikrokomputera. Tak więc mikroprocesory umożliwiły wprowadzenie do eksploatacji tzw. mikrokomputerów. Współczesny typowy mikrokomputer składa się z następujących części:

- mikroprocesora, który wykonuje funkcje arytmetyczne i kontrolne,
- pamięci półprzewodnikowej stałej /ROM-Read Only Memory/, w której zapisany jest program, dostosowujący działanie systemu do konkretnych zadań, jakie ma on do spełnienia,
- pamięci o zmiennej programowo zawartości /tzw. pamięci z dostępem swobodnym - RAM -Random Access Memory/,

- układów interface /dla połączeń zewnętrznych i sterowania/,
- układu zegarowego,
- układów urządzeń zewnętrznych, tj. wejściowych i wyjściowych.

Główną zaletą systemów mikroprocesorowych jest łatwość z jaką ze standardowych układów LSI można zbudować mikrokomputer, który przez odpowiednie zaprogramowanie zostaje przystosowany do spełnienia konkretnych zadań.

Mikrokomputery są urządzeniami uniwersalnymi, tzn. mogą wykonać dowolny program mieszczący się w ich pamięci, podczas gdy kalkulatory mogą wykonać tylko pewną ograniczoną liczbę prostych programów /np. mnożenie dwóch liczb, wyciąganie pierwiastków itp./, przewidzianych w momencie ich zaprojektowania i wykonania. Ponadto mikrokomputery mogą sterować urządzeniami zewnętrznymi /czytnikiem, drukarką, monitorem/ podłączonymi do części centralnej mikrokomputera.

Mikroprocesory, których początek datuje się od 1971 r., przeszły bardzo szybką drogę rozwojową. W ich rozwoju można wyróżnić dwie generacje. Mikroprocesory I generacji zawierały tylko jednostkę przetwarzającą informację. Sterowanie było dobudowane oddzielnie. Wykonywały one ok. 80 tys. operacji na sekundę.

Mikroprocesory II generacji zawierają w jednym układzie zarówno jednostkę przetwarzającą informację, jak i sterowanie. Mogą one wykonać 500 tys. operacji/sek. Informacja przetwarzana w nich równocześnie jest 16-krotnie większa niż w mikroprocesorach I generacji.

Obecnie wiodącymi firmami w produkcji mikroprocesorów są: Intel, National, Semiconductor, Motorola, Rockwell, Monolithic Memories, Toshiba. W Europie Zachodniej pierwszy mikroprocesor opracowała zachodniemiecka firma AEG-Telefunken.

W mikrokomputerach opartych na mikroprocesorach II generacji zastosowano tzw. mikroprogramowanie, które polega na tym, że rozkazy złożone /np. mnożenie/ są wykonywane jako ciąg operacji elementarnych, jak np. dodawanie, pamiętanie. Operacje elementarne odpowiadające poszczególnym rozkazom są przechowywane w specjalnej części pamięci, zwanej pamięcią stałą mikroprogramu.

Współdziałanie mikroprocesora z pamięciami i urządzeniami zewnętrznymi następuje przy użyciu tzw. "magistrali", dzięki której informacja z mikroprocesora jest doprowadzana do wszystkich jego bloków, a o tym, przez który blok informacja ta będzie przyjęta, decyduje adres wysłany przez mikroprocesor. Ta sama magistrala służy też do transmisji informacji z pamięci i bloków zewnętrznych do mikroprocesora.

Obszar zastosowań mikroprocesorów stale się rozszerza. Wiąże się to z dużymi możliwościami funkcjonalnymi i elastycznością w zakresie oprogramowania, a także z małymi rozmiarami i stale malejącymi ich cenami.

W 1974 r. wartość produkcji mikroprocesorów w USA wynosiła ok. 10 mln dol., a w 1980 r. przewiduje się ok. 800 mln dol. przy spadku cen ok. 10-krotnym. Obecnie w RFN można kupić mikroprocesor za 20 DM.

To tempo rozwoju systemów mikroprocesorowych podane na przykładzie USA wpływa na rozwój układów scalonych LSI, które należą do grupy najszybciej rozwijających się układów scalonych. Tempo tego rozwoju ilustrują dane dotyczące produkcji tych układów w USA, Japonii i w krajach Europy Zachodniej. Z danych tych wynika, że w USA w 1978 r. wartość produkcji układów LSI do systemów mikroprocesorowych wyniesie ok. 250 mln dol., w Japonii 100 mln dol., w krajach Europy Zachodniej 110 mln dol. Mówiąc o dynamice rozwoju produkcji i zastosowań mikroprocesorów należy zdać sobie sprawę z faktu, że obecnie jesteśmy świadkami początku "ery mikroprocesorów" i nie jesteśmy jeszcze w stanie ściśle określić w jakich dziedzinach i jak szerokie zastosowanie znajdą te systemy w latach osiemdziesiątych. Ocenia się jednak, że w 1980 r. zaledwie 50% wyprodukowanych systemów mikroprocesorowych znajdzie zastosowanie, które obecnie można przewidzieć. Pozostałe 50% mikroprocesorów zostanie wykorzystane w nowych dziedzinach, obecnie trudnych do przewidzenia.

IV. AKTUALNY ROZWÓJ ZASTOSOWAŃ MIKROPROCESORÓW

1. Zastosowania mikroprocesorów w elektronicznej technice przetwarzania informacji

Biorąc pod uwagę taniść, niezawodność, małe rozmiary oraz łatwość konserwacji mikroprocesory mogą stanowić w oparciu o mikrokomputery wyposażenie ośrodków obliczeniowych w małych instytucjach, nie posiadających dotychczas komputerów. Dużą atrakcyjnością zestawu z mikroprocesorem jest jego modułowa budowa, umożliwiająca dobieranie przez użytkownika w zależności od potrzeb, funkcjonalnych zespołów różnego typu oraz rozbudowywanie całości systemu metodą dodawania nowych urządzeń jako dalszych modułów całości zestawu /systemu/.

W dużych systemach informatycznych, posiadających cechę wielodostępności, która pozwala korzystać z usług dużego komputera wielu użytkownikom jednocześnie, mikroprocesory będą zastosowane jako układy sterujące współpracą centralnej jednostki przetwarzającej z urządzeniami zewnętrznymi /peryferyjnymi/. W ten sposób cenny czas tracony przez duży komputer na takie czynności, jak obsługa komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi, może być poświęcony na efektywne obliczenia. Rozwiązanie to nie jest nowe,

jeśli chodzi o koncepcję, bo w poprzednich okresach rozwoju elektronicznej techniki przetwarzania danych już organizowano takie systemy, używając dużej maszyny cyfrowej i kilku minikomputerów, ale dzięki mikrokomputerom będzie ono realizowane mniejszym nakładem kosztów.

Na obecnym etapie rozwoju sprzętu informatycznego przyspieszenie obliczeń w komputerze może być jedynie dokonane przez przejście na równoległy proces przetwarzania informacji, tzn. przejście z tradycyjnego, sekwencyjnego wykonywania programu do liczenia kilku jego fragmentów równocześnie. Obecnie badania zmierzają do tego, aby stworzyć metody pozwalające formułować programy w sposób, dzięki któremu można stosować równoległe przetwarzanie informacji.

W tym zakresie osiągnięto już pewne efekty, jeśli chodzi o metody, a dogodnym narzędziem wykonawczym mogą być mikroprocesory połączone w system tworzący sieć do równoległego przetwarzania. Tego typu konfiguracja ma wiele cech wspólnych z naturalnym ośrodkiem obróbki informacji, jakim jest mózg.

2. Zastosowanie mikroprocesorów w automatyzacji procesów w przemyśle

Główne kierunki zastosowania mikroprocesorów w automatyzacji procesów technologicznych w przemyśle prezentowane były na międzynarodowych wystawach maszyn i obrabiarek w latach 1976-1978, a w szczególności na 2 wystawach - International Machine Tool Show /IMTS 76/ zorganizowanej we wrześniu 1976 r. w Chicago oraz Europejskiej Wystawie Obrabiarek zorganizowanej we wrześniu 1977 r. w Hanowerze /RFN/. Wystawa w Chicago wykazała, że komputerowe sterowanie numeryczne będzie w najbliższej przyszłości decydować o nowoczesności obrabiarek. Ponad 50% wystawionych obrabiarek było wyposażonych w mikroprocesory, pełniące podstawową rolę w komputerowym sterowaniu numerycznym obrabiarek. Zgodnie z danymi stwierdzonymi przez wystawców nowoczesne wyposażenie obrabiarek sterowanych za pomocą mikroprocesorów jest ok. 80% tańsze w porównaniu z tradycyjnym wyposażeniem komputerowym.

Te same tendencje w sterowaniu obrabiarek potwierdziła druga Europejska Wystawa Obrabiarek zorganizowana we wrześniu 1977 r. w Hannowerze. W wystawie tej wzięło udział ok. 1550 wystawców. W wystawionych obrabiarkach dominowało również komputerowe sterowanie numeryczne, dzięki zastosowaniu układów scalonych o wielkiej skali integracji, występujących w postaci mikroprocesorów oraz pamięci półprzewodnikowych.

Wystawa ta wykazała, że sterowanie mikroprocesorem /sterowanie CNC-Computer Numerical Control/ objęło również maszyny przeznaczone do obróbki bezwiórowej, eksponując takie maszyny wyposażone w mikroprocesory do sterowania numerycznego, jak np. prasy

rewolwerowe, automaty do prasowania żłobków, wykrojnice, maszyny do profilowania prętów stalowych, do wyginania rur itd.

Komputerowe sterowanie numeryczne za pomocą mikroprocesorów ma zastosowanie również w urządzeniach kuźniczych i walcarkach, w tym w walcarkach do zimnego walcowania blach.

Osobną grupę urządzeń sterowanych automatycznie z zastosowaniem mikroelektroniki stanowią rozpowszechniane obecnie roboty przemysłowe. Sterowanie ich pracą w pełni zautomatyzowaną dokonuje się za pomocą różnych typów mikroprocesorów w zależności od czynności wykonywanych przez te roboty. Równoległe z rozwojem zastosowania mikroelektroniki do sterowania typowych obrabiarek i urządzeń technologicznych, w tym robotów przemysłowych, rozwinęły się prace badawcze i konstrukcyjne nad zaprojektowaniem i wykonaniem komputerowych systemów dla zautomatyzowania produkcji ściśle określonych wyrobów przemysłowych lub zautomatyzowania określonych ciągłych procesów technologicznych. W opracowaniu takiej kompleksowej automatyzacji z zastosowaniem mikroelektroniki wyspecjalizowały się różne firmy. Należy do nich zaliczyć firmę amerykańską Honeywell /USA/, która opracowała system TDC 2000 /Total Distributed Control/. Jest to kompletny zdecentralizowany system automatyzacji złożony z mikroprocesorów, urządzeń przetwarzania danych i szybkich dróg połączeniowych, łączących wzajemnie elementy całego systemu. System ten wyposażony jest w pakiety programów użytkowych, ściśle związanych ze sterowaniem określonych procesów technologicznych. System ten jest głównie stosowany do sterowania procesami chemicznymi i petrochemicznymi, hutniczymi oraz energetycznymi.

Z innym systemów przewidzianych do kompleksowej automatyzacji wymienić należy mikrokomputerowy system 210 firmy Siemens AG, bazujący na mikroprocesorze typu SAB 8080A oraz system Logitrol 500 opracowany przez firmę General Electric USA, który niezależnie od sterowania automatycznego pracą urządzeń technologicznych steruje również rozdziałem materiałów na poszczególne stanowiska robocze. Są to tylko przykładowo podane systemy. W chwili obecnej producenci mają do dyspozycji cały szereg systemów automatyki z zastosowaniem mikroprocesorów, z których użytkownicy mogą dokonać wyboru stosownie do wymagań, wynikających ze specyfiki procesu technologicznego, który ma być przedmiotem automatyzacji.

3. Zastosowania mikroprocesorów w technice pomiarowej, kontrolnej i laboratoryjnej

Osobną dziedziną zastosowania mikroprocesorów jest dziedzina pomiarów. Współczesne wysokie wymagania techniki pomiarowo-kontrolnej stosowanej w produkcji przemysłowej,

w eksploatacji środków łączności, w badaniach nuklearnych i innych oraz wymagania stawiane aparaturze pomiarowej stosowanej w medycynie mogą być obecnie łatwo i tanio spełnione, dzięki zastosowaniu odpowiednich systemów pomiarowo-kontrolnych, w których główną rolę odgrywają mikroprocesory. W zależności od funkcji jaką mają spełniać te systemy dokonuje się wyboru mikroprocesora. Obecnie w produkcji tych systemów specjalizują się firmy amerykańskie, japońskie, zachodnoniemieckie i in.

4. Zastosowania mikroprocesorów w motoryzacji, komunikacji oraz w łączności

Zastosowanie mikroprocesorów ma duże znaczenie w motoryzacji, a w szczególności w regulacji dopływu paliwa do cylindrów silnika oraz w systemie hamowania pojazdów. W pierwszym przypadku mikroprocesor steruje dopływem mieszanki powietrzno-benzynowej do cylindrów silnika. W zależności od temperatury i wilgotności atmosfery, temperatury silnika, szybkości obrotów wału korbowego i nacisku na pedał przyspieszający-mikroprocesor oblicza optymalny w danych warunkach skład mieszanki i steruje układem wtryskowym. Poza oszczędnością paliwa i możliwością zwiększenia mocy silnika zaopatrzonego w urządzenie do elektronicznego sterowania wtryskiem, dzięki pełnemu spalaniu mieszanki uzyskuje się znaczne zmniejszenie szkodliwego działania spalin. Ten system regulacji przyjęło już wielu producentów, m.in. firma General Motors w USA.

Następnym ulepszeniem w eksploatacji pojazdów samochodowych jest system elektronicznego sterowania siłą hamowania /system ABS-Anti-Blockier-System/. W ciężkich warunkach atmosferycznych na śliskiej jezdni zbyt silne naciśnięcie pedału hamulca powoduje, że koła przestają się obracać i samochód wpada w poślizg. Aby temu przeciwdziałać, na obwodzie kół wmontowuje się czujniki, które sygnalizują poślizg elektronicznemu urządzeniu sterującemu, automatycznie zmniejszającemu siłę hamowania za pomocą zaworu hydraulicznego, redukującego ciśnienie w cylindrach hamulcowych. Za pomocą regulatora ABS możliwe jest skrócenie drogi hamowania o 40% /przy prędkości 140 km/godz./.

Konstruktorzy sprzętu motoryzacyjnego wspólnie z elektronikami opracowali centralne sterowanie, obejmujące: sterowanie kierunkowskazami, sterowanie sygnałem akustycznym przekroczenia dopuszczalnej prędkości, sygnalizacją pracy silnika; wszystko to umieszczone w jednym ośrodku regulacyjnym jest sterowane za pomocą mikroprocesora. W najbliższych latach przewiduje się rozpowszechnienie samochodowych antykolizyjnych urządzeń radarowych.

Spśród innych zastosowań mikroelektroniki na uwagę zasługuje elektroniczny system zapobiegający tworzeniu się korków komunikacyjnych w wielkich miastach. Kierowca przed rozpoczęciem jazdy określa miejsce, do którego ma zamiar dojechać, za pomocą zakodowa-

nej informacji wprowadzonej do nadajnika samochodowego i przekazywanej przez niego do centralnego komputera sterującego ruchem. Przed każdym skrzyżowaniem kierowca za pośrednictwem swego odbiornika otrzymuje wskazówki dotyczące kierunku oraz szybkości jazdy. Ze względu na to, że komputer ma informacje o ruchu wszystkich pojazdów objętych systemem sterowania automatycznego, podana przez niego trasa przejazdu pozwala na jak najszybsze osiągnięcie celu jazdy.

Mikroelektronika w postaci układów scalonych LSI i mikroprocesorów ma również zastosowanie w telekomunikacji. Wprowadzenie modulacji impulsowo-kodowej w systemach urządzeń teletransmisyjnych oraz techniki cyfrowej w centralach telefonicznych zbudowanych na elementach elektronicznych w dalszym swym rozwoju będzie opierało się na układach scalonych LSI, a mikroprocesory zastąpią minikomputery obecnie stosowane do sterowania organami połączeniowymi w centralach w pełni zelektronizowanych.

Również zmieni się tradycyjna budowa aparatu telefonicznego, gdyż w miarę jak nowoczesny aparat telefoniczny będzie powiększał swe funkcje nastąpi wprowadzenie układów scalonych, odpowiednio zaprojektowanych w celu spełnienia tych funkcji.

Mikroprocesory w telekomunikacji przejmą również funkcję kontroli parametrów eksploatowanych urządzeń telekomunikacyjnych oraz dokonywać będą wykrywania błędów w pracy tych urządzeń.

5. Zastosowania mikroelektroniki w sprzęcie powszechnego użytku

Oddzielnym obszarem zastosowania mikroelektroniki jest szerokie wprowadzenie jej do sprzętu powszechnego użytku. W skali światowej poza zastosowaniem w sprzęcie motoryzacyjnym układy scalone powszechnie wchodzi do zmechanizowanego sprzętu gospodarstwa domowego oraz do sprzętu elektronicznego /odbiorniki radiowe i telewizyjne, magnetofony i gramofony, gry telewizyjne/. W sprzęcie gospodarstwa domowego, tj. w zamrażalnikach chłodni, w piekarnikach, w pralkach automatycznych, w zmywarkach naczyń itp. układy scalone spełniają funkcje sterownicze w oparciu o ustalone programy. Zastosowanie cyfrowych wskaźników określających temperaturę w zamrażalniku, stosowanie różnych programów pieczenia wraz ze zmianą temperatury w piekarnikach, dostosowaną do rodzaju pożądanego wypieku, wprowadzenie odpowiednich programów w pralkach w zależności od rodzaju pranych tkanin ułatwiają prace w gospodarstwie domowym, a równocześnie układy scalone, dzięki którym wymienione funkcje są spełniane, zapewniają większą niezawodność wymienionego sprzętu w jego eksploatacji.

Należy również zaznaczyć, że mikroelektronika wchodzi coraz szerszym frontem do życia codziennego ludności przez wprowadzenie do powszechnego użytku kalkulatorów i zegar-

ków elektronicznych, zelektronizowanego sprzętu fotograficznego i muzycznego, podnosząc wartość użytkową tych wyrobów.

V. PERSPEKTYWY DALSZEGO ROZWOJU MIKROELEKTRONIKI ŚWIATOWEJ

Rozwój mikroelektroniki wyraża się przede wszystkim w rozwoju techniki układów scalonych LSI w kierunku dalszego wzrostu ich skali integracji. Ogromne korzyści techniczne i ekonomiczne, wynikające z masowego zastosowania układów scalonych LSI spowodowały, że w krajach wysoko uprzemysłowionych szczególną wagę przywiązuje się do dalszego rozwoju tej dziedziny nauki i techniki. Wyraża się to w finansowaniu prac zmierzających do opracowania układów o coraz to wyższym stopniu złożoności, układów scalonych o bardzo wielkiej skali integracji /VLSI - Very Large Scale of Integration/ lub o super skali integracji /SLSI - Super Large Scale of Integration/. Są to układy zawierające ponad 100 tys. elementów w jednej strukturze półprzewodnikowej.

W krajach wysoko uprzemysłowionych opracowanie układów scalonych VLSI wiąże się najczęściej z programem rozwoju nowych generacji komputerów, zakładając jednak osiągnięcie znacznych korzyści także i w wielu innych dziedzinach. Rząd USA od wielu lat finansuje ok. 50% wydatków na badania i rozwój elektroniki podzespołowej, w tym mikroelektroniki. Udział ten wyraża się sumą ok. 500 mln dol. rocznie. Znana firma IBM specjalizująca się głównie w produkcji komputerów i produkująca rocznie sprzęt elektroniczny o wartości ok. 9 mld dol., wydaje ok. 670 mln dol. rocznie na opracowanie nowej generacji komputerów. Znaczna część tych nakładów skierowana jest na opracowanie układów VLSI.

Temu działaniu w USA odpowiada odpowiednia mobilizacja sił i środków w innych krajach wysoko uprzemysłowionych. Na pierwszy plan wysuwa się działalność rządu i czołowych firm elektronicznych w Japonii, gdzie ustalono 5-letni program, w wyniku którego w 1981 r. a najpóźniej w 1982 r. ma być opracowana nowa generacja japońskich komputerów, które mają skutecznie rywalizować na rynkach światowych z komputerami firmy amerykańskiej IBM. Program ten realizuje wiele firm japońskich, takich jak Fujitsu, Hitachi, Mitsubishi, Nippon Electric, Toshiba i in., przy czym w programie tym główny nacisk kładzie się na opracowanie układów VLSI. Całość programu przewiduje wydatkowanie 830 mln dol., z tego ok. 320 mln przypada na opracowanie techniki układów scalonych VLSI. Program ten w 47% zrealizowany jest z dotacji rządu japońskiego, reszta wydatków pokrywana jest przez uczestniczące w programie firmy japońskie. Na podkreślenie zasługuje fakt, że w celu zrealizowania programu badań związanych z opanowaniem techniki układów VLSI dwie organizacje

naukowo-badawcze inwestują rocznie ponad 33 mln dol. w zakup nowych urządzeń technologicznych i pomiarowych.

Kraje EWG również doceniając znaczenie dalszego rozwoju układów scalonych LSI dla rozwoju techniki w swych krajach, opracowały wspólny program finansowania ze strony rządów dla wsparcia działalności organizacji przemysłowych nad opanowaniem produkcji układów VLSI. Trzy kraje, tj. RFN, Francja i Wielka Brytania, przeznaczają kilkadziesiąt milionów dolarów rocznie na dofinansowanie prac badawczych z zakresu układów scalonych. Rada Ministrów Wspólnoty oceniła w październiku 1976 r., że dotychczasowa realizacja w tym zakresie wymaga zwiększenia nakładów i lepszego skoordynowania działalności poszczególnych firm europejskich, przynajmniej do skali w jakiej prowadzone są prace nad VLSI w Japonii. Zweryfikowany program zakłada, że do 1985 r. kraje Europy Zachodniej powinny opracować własne układy pamięci VLSI o pojemności 10^6 bitów.

VI. EFEKTY TECHNICZNO-EKONOMICZNE ORAZ SPOŁECZNE W WYNIKU ZASTOSOWAŃ MIKROELEKTRONIKI

Na skutek elektronizacji wyrobów i automatyzacji ich produkcji powstają efekty techniczno-ekonomiczne zarówno wymierne, jak i niewymierne. Do efektów wymiernych należy zaliczyć:

- możliwość ograniczenia poziomu zatrudnienia w wyrobach o automatyzowanej produkcji od 30 do 70%, wskutek zmniejszenia pracochłonności,
- zmniejszenie zużycia materiałów i surowców o ok. 5 do 30% rocznie, co uzyskuje się dzięki miniaturyzacji wyrobów w wyniku zastosowania mikroelektroniki,
- możliwość zmniejszenia zapasów materiałowych o ok. 3% rocznie,
- zmniejszenie zużycia energii od 2 do 25%,
- zwiększenie wydajności pracy od 20 do 60%.

Do efektów niewymiernych należy zaliczyć:

- poprawę jakości i niezawodności wyrobów,
- przyspieszenie dynamiki rozwoju wielu gałęzi gospodarki narodowej,
- utrzymanie konkurencyjności wyrobów na rynkach światowych,
- unowocześnienie wielu wyrobów w różnych działach gospodarki,
- poprawa warunków bhp w eksploatacji wyrobów,
- wzrost poziomu technicznego i kulturalnego społeczeństwa.

Powyższe dane /dotyczące efektów wymiernych/ odnotowane są głównie w naszych warunkach wytwarzania, gdy wielkość produkcji osiąga skalę seryjną lub wielkoseryjną. W warunkach masowej produkcji efekty są jeszcze większe.

O wpływie mikroelektroniki na kształtowanie się poziomu zatrudnienia np. w przemyśle świadczą dane dotyczące RFN. Wskutek gwałtownego przenikania mikroelektroniki do wielu grup wyrobów finalnych szeregu gałęzi przemysłu w RFN nastąpił w latach 1970-1977 spadek zatrudnienia wynoszący ponad 1,23 mln pracowników /spadek z poziomu 9,07 mln osób w 1970 r. do poziomu 7,84 mln w 1977 r./. Gwałtowny spadek zatrudnienia w przemyśle RFN nastąpił w latach 1973-1976, kiedy to zatrudnienie spadło z 8,8 mln osób w 1973 r. do 7,9 mln w 1976 r. Spadek zatrudnienia wynikał głównie ze spadku pracochłonności poszczególnych wyrobów finalnych. Dla przykładu można przytoczyć powstałą sytuację w przemyśle zegarkowym, zlokalizowanym na południu RFN. W przemyśle tym na początku lat siedemdziesiątych stan zatrudnienia wynosił 32 tys. osób. Do chwili obecnej stan ten zmalał do 18 tys. osób. Wynikło to z przejścia od produkcji zegarków mechanicznych do produkcji zegarków elektronicznych i radykalnego zmniejszenia pracochłonności w przemyśle zegarkowym, gdzie z poprzedniego wykonawstwa ok. 1000 operacji mechanicznych pozostał w zakładach tego przemysłu montaż pięciu części, tj. baterii zasilania, kwarcowego zespołu drgającego, wskaźników cyfrowych, elektronicznego układu scalonego oraz korpusu zegarka.

Jak dalece mikroelektronika wprowadzona do dalekopisu elektromechanicznego dotychczas produkowanego w RFN /Phorzheim/ w jednym z przedsiębiorstw amerykańskiego koncernu I T T obniżyła nakład pracy - świadczą o tym następujące dane: dotychczasowe sterowanie elektromechaniczne tego dalekopisu stanowił zespół funkcjonalny składający się z 936 elementów, częściowo na miejscu w Phorzheim produkowanych. Czas na wykonanie tych części i zmontowanie wynosił 75 godz. Po całkowitym przekonstruowaniu dalekopisu i po wprowadzeniu do niego jako elementu sterującego układu scalonego LSI /o wielkości znaczka pocztowego/ zakupowanego w ramach kooperacji, czas zmontowania całości dalekopisu ograniczył się do 11 godz.

Można nadal przytaczać wiele przykładów jak maleje nakład pracy, gdy do wyrobu finalnego wprowadzona zostanie mikroelektronika. Na przykład w maszynie do szycia typ Atena 2000 firmy Singer zastąpiono jednym układem mikroelektronicznym /LSI/ 300 elementów mechanicznych. W firmie Kienzle produkującej m.in. liczniki samochodowe wprowadzono w miejsce elementów mechanicznych elementy mikroelektroniki, uzyskując skrócenie czasu montażu z 11,7 godz. do 3,7 godz., w firmie Siemens w Bruchsal, produkującej łącznice telefoniczne, w wyniku wprowadzenia układów scalonych skrócono czas montażu z 98 900 godz. do 17 500 godz., a więc ponad 5,5-krotnie.

Po wprowadzeniu mikroelektroniki do wyrobów finalnych następuje nie tylko zmniejszenie pracochłonności w ich produkcji, ale uproszczony jest ich proces montażu nie wymagający wysokich kwalifikacji robotników. Zjawisko to wyraźnie występuje tam, gdzie są zainstalowane uniwersalne roboty przemysłowe.

Mikroelektronika poprzez powszechne wprowadzenie mikrokomputerów m.in. do handlu ma również wpływ na jego usprawnienie, a przez to zmniejszenie stanu zatrudnienia w tym dziale usług. Tak np. w RFN przy wzroście obrotów w handlu z poziomu 185,8 mld DM w 1970 r. do poziomu 321,9 mld DM w 1977 r. zatrudnienie w tym dziale usług spadło ze stanu 2 240 tys. pracowników w 1970 r. do stanu 2 170 tys. w 1977 r., a więc przy wzroście obrotów o 73% w ciągu 7 lat zatrudnienie w handlu w RFN zmalało w tym czasie o 70 tys. pracowników.

Wobec dalszego rozwoju nauki i techniki prof. Karol Steinbuch z Karlsruhe w prognozie dotyczącej rynku pracy widzi w przyszłości następujący rozwój sytuacji:

- nadal będzie ubywała ilość miejsc pracy,
- bardzo szybko będzie malało zapotrzebowanie na mało kwalifikowaną kadrę robotników,
- zachowana będzie równowaga pomiędzy zapotrzebowaniem na wysoko kwalifikowanych robotników a możliwością pokrycia tego zapotrzebowania, ale stale będą wzrastały wymagania w stosunku do najbardziej wykwalifikowanej kadry.

Powstają więc w krajach wysoko uprzemysłowionych nowe problemy społeczne i polityczne dotyczące rozwiązania obecnego nadmiaru rąk do pracy i rosnącego bezrobocia, jakie wynikło m.in. z rozwoju techniki w oparciu o mikroelektronikę.

Niektórzy ekonomiści w krajach Europy Zachodniej widzą pewną poprawę wzrostu zapotrzebowania na siłę roboczą i poprawę koniunktury gospodarczej tych krajów w tym, że wzrośnie zapotrzebowanie na unowocześnione i technicznie udoskonalone wyroby konsumpcyjne w postaci sprzętu gospodarstwa domowego o rozwiniętym asortymencie oraz sprzętu elektronicznego, głównie odbiorników telewizji kolorowej, zegarków elektronicznych, gier telewizyjnych, zabawek elektronicznych oraz wielu nowych wyrobów, które wynikną z dalszej elektronizacji sprzętu o przeznaczeniu profesjonalnym.

Zmniejszenie nakładu pracy przez stale wzrastające zastosowanie mikroelektroniki i towarzysząca temu zjawisku wzrastająca wydajność pracy powinno prowadzić nie do wzrostu bezrobocia w krajach wysoko uprzemysłowionych, lecz do zmniejszenia czasu pracy w tygodniu oraz do wzrostu potencjału produkcji, przy równoczesnym zmniejszeniu kosztów produkcji i cen rynkowych. Takie są głosy postępowych ekonomistów w tych krajach.

CZEŚĆ II. ROZWÓJ MIKROELEKTRONIKI W POLSCE

I. Rozwój przemysłu półprzewodnikowego do 1975 r.

Rozwój mikroelektroniki w Polsce rozpoczął się stosunkowo późno. Do 1970 r. krajowy przemysł półprzewodnikowy nie posiadał odpowiedniego zaplecza naukowego oraz właściwego wyposażenia w nowoczesne urządzenia technologiczne i pomiarowe, wykazywał więc rosnące opóźnienie w porównaniu z osiągnięciami światowymi, pozostawał również w tyle w stosunku do osiągnięć innych krajów RWPG, takich jak ZSRR, NRD, Węgry, CSRS oraz Bułgaria.

Potrzebne warunki dla opanowania w kraju techniki półprzewodnikowej stworzone zostały w wyniku uchwały Rady Ministrów z 1970 r. Na mocy tej uchwały utworzone zostało Naukowo-Produkcyjne Centrum Półprzewodników w Warszawie, skupiające dwa współpracujące ze sobą pionierzy: produkcyjny i badawczy. Pion produkcyjny tworzyły dwa zakłady przemysłowe: Fabryka Półprzewodników TEWA w Warszawie, produkująca diody i tranzystory oraz Zakłady Elektroniczne w Koszalinie, produkujące elementy konstrukcyjne diod i tranzystorów w postaci przepustów i obudów. Pion badawczy utworzyły trzy jednostki zaplecza naukowo-badawczego, tj. Instytut Technologii Elektronowej, przeniesiony z PAN, Przemysłowy Instytut Elektroniki o zmienionym profilu badań, nastawionym na zagadnienia elektroniki półprzewodnikowej oraz nowo powołany Ośrodek Badawczo-Produkcyjny Materiałów Półprzewodnikowych.

Działalność wymienionych jednostek zaplecza naukowo-badawczego nastawiona była na kompleksowe rozwiązanie problemu elektroniki półprzewodnikowej w kraju, tzn.:

- opracowanie technologii epiplanarnej i zastosowanie jej w produkcji krzemowych diod i tranzystorów oraz układów scalonych,
- opracowanie technologii i uruchomienie produkcji układów hybrydowych cienko- i grubowarstwowych,
- opracowanie technologii i uruchomienie produkcji materiałów półprzewodnikowych oraz innych o czystości wymaganej w produkcji przyrządów półprzewodnikowych,
- opracowanie konstrukcji i wykonanie wielu unikalnych urządzeń technologicznych i aparatury pomiarowo-kontrolnej dla wyposażenia linii technologicznych do produkcji diod, tranzystorów oraz układów scalonych.

Wymienione zagadnienia ujęte zostały w planie koordynacyjnym problemu węzłowego - "Rozwój elementów półprzewodnikowych i układów scalonych w latach 1971-1975".

Na realizację prac badawczych i rozwojowych przeznaczono odpowiednie środki finansowe, w tym także dewizowe m.in. na zakup licencji na produkcję określonych typów diod, tranzystorów oraz układów scalonych. Całość przedsięwzięć dotyczących rozwoju elektroniki półprzewodnikowej w latach 1971-1975 weszła również do kompleksowego programu rozwoju przemysłu elektronicznego, który zatwierdzony został decyzją Prezydium Rządu z października 1971 r.

Stworzone warunki materialne i organizacyjne oraz przyznane środki finansowe, jak też niezbędne wzmocnienie potencjału zaplecza badawczego spowodowały radykalną poprawę sytuacji w przemyśle półprzewodnikowym. Świadczą o tym następujące dane: w 1975 r. osiągnięto poziom produkcji 110 mln szt. przyrządów półprzewodnikowych /diod i tranzystorów/, z których 90% stanowiły nowoczesne elementy krzemowe, podczas gdy w 1970 r. produkowano tylko 26 mln szt. diod i tranzystorów, z których 85% stanowiły przestarzałe elementy germanowe. W 1974 r. rozpoczęto produkcję seryjną układów scalonych o małej i średniej skali integracji, a w 1975 r. wyprodukowano ich ok. 10 mln szt. W latach 1971-1975 przemysł półprzewodnikowy uruchomił produkcję ok. 230 nowych typów elementów krzemowych, z tego 180 typów w oparciu o własne opracowania, a ok. 50 typów w oparciu o zakupione licencje. W latach 1974-1975 uruchomiono produkcję ok. 73 typów układów scalonych /analogowych i cyfrowych/, z tego większość w oparciu o własne rozwiązania, a pozostała część na podstawie licencji. Produkcja układów liniowych /23 typy/ znalazła zastosowanie w odbiornikach radiowych i telewizyjnych, a układów cyfrowych /50 typów/ w urządzeniach automatyki, w aparaturze pomiarowej oraz w komputerach.

W zakresie półprzewodnikowych elementów optoelektronicznych uruchomiono produkcję małoseryjną ponad 30 typów w oparciu o własne rozwiązania. Są to diody elektroluminescencyjne emitujące promieniowanie podczerwone, diody emitujące światło widzialne czerwone i zielone, transoptory /element półprzewodnikowy zamieniający sygnał elektryczny w sygnał optyczny/, fotodiody, fototranzystory, oświetlacze itp.

W zakresie hybrydowych układów scalonych opanowano produkcję układów grubowarstwowych w oparciu o zakupioną licencję oraz układów cienkowarstwowych na podstawie własnych opracowań.

W 1974 r. w Instytucie Technologii Elektronowej Centrum Półprzewodników wykonano serie modelowe pierwszego polskiego układu scalonego o wielkiej skali integracji wg technologii MOS /Metal Oxide Semiconductor, struktura: metal, tlenek, półprzewodnik/. Układ ten o wymiarach struktury 1,8 x 1,9 mm zawiera 1206 tranzystorów.

Równolegle z opracowaniem nowoczesnej technologii i uruchomieniem wielkoseryjnej produkcji krzemowych elementów półprzewodnikowych i układów scalonych - w Ośrodku Badawczo-Produkcyjnym Materiałów Półprzewodnikowych opracowano technologię i uruchomio-

no produkcję szeregu asortymentów materiałów związanych z produkcją diod, tranzystorów, układów scalonych oraz elementów optoelektronicznych.

W trzeciej jednostce zaplecza naukowo-badawczego Centrum Półprzewodników, tj. w Przemysłowym Instytucie Elektroniki w latach 1971-1975 opracowano konstrukcję oraz wykonano modele i prototypy ponad 100 asortymentów urządzeń technologicznych i aparatury pomiarowej, stanowiących fragmenty wyposażenia linii technologicznych do produkcji elementów półprzewodnikowych i układów scalonych. Wykonanie tych urządzeń jako pojedynczych egzemplarzy dokonane zostało w Zakładzie Doświadczalnym Przemysłowego Instytutu Elektroniki, a niektóre asortymenty urządzeń powielone zostały w Zakładach UNIMA, specjalizujących się w produkcji urządzeń technologicznych dla potrzeb przemysłu elektronicznego. Obecnie krajowa zdolność produkcyjna w zakresie urządzeń technologicznych i pomiarowych dla przemysłu półprzewodnikowego nie zaspokaja jeszcze niezbędnych potrzeb.

Ogólnie można stwierdzić, że w latach 1971-1975 stworzono podstawy do rozwoju polskiego przemysłu półprzewodnikowego oraz zapoczątkowano rozwój mikroelektroniki i optoelektroniki.

II. Rozwój mikroelektroniki w latach 1976-1980

Zadania postawione przed przemysłem półprzewodnikowym w obecnym 5-leciu zakładają dalszy jego dynamiczny rozwój, w szczególności w dziedzinie mikroelektroniki. Wyraża się to zarówno w uruchamianiu produkcji nowych typów układów scalonych o stale rosnącej skali integracji, jak też w zwiększaniu zdolności produkcji przez dalszą rozbudowę przemysłu półprzewodnikowego. Rozwój mikroelektroniki i szczegółowe rozwinięcie zadań w tej dziedzinie przedstawione zostały w rządowym programie badawczo-rozwojowym pod nazwą "Rozwój materiałów i podzespołów dla potrzeb elektronizacji". Realizacja tego programu stanowić będzie podstawę do rozwijania w Polsce elektronizacji poszczególnych działów gospodarki narodowej. Program elektronizacji na lata 1976-1990, jak też wytyczne dla programu rządowego zatwierdzone zostały przez Biuro Polityczne KC PZPR i Prezydium Rządu.

Na podstawie wymienionych wytycznych opracowano szczegółowy plan koordynacyjny zatwierdzony uchwałą Prezydium Rządu w 1977 r. Przyznane w planie środki finansowe, aczkolwiek ograniczone w stosunku do potrzeb, przyczyniły się do utrzymania wysokiej dynamiki produkcji przemysłu półprzewodnikowego. W myśl zatwierdzonego planu koordynacyjnego wzrosnie do 1980 r. produkcja elementów dyskretnych /diod i tranzystorów/ oraz układów scalonych. Zakłada się również zwiększenie w tym czasie produkcji ukła-

dów scalonych o wielkiej skali integracji /LSI/ w asortymencie obejmującym ok. 10 typów. Szybko wzrasta produkcja układów scalonych o standardowej /SSI/ i średniej /MSI/ skali integracji, przy czym uruchomiona będzie produkcja ok. 100 nowych typów tych układów.

Wielkość krajowej produkcji przyrządów półprzewodnikowych nie zaspokaja jednak wszystkich tych potrzeb, które wynikają z programu elektronizacji gospodarki narodowej. Jak ocenia się, potrzeby te będą przewyższać o ok. 60% założenia planu na 1980 r.

W zakresie mikroelektroniki prace badawcze i wdrożeniowe koncentrują się wokół trzech grup układów scalonych, których asortyment odpowiada potrzebom branż przemysłowych, intensyfikujących elektronizację swych wyrobów. Prace te obejmują:

- analogowe układy scalone przeznaczone dla sprzętu elektronicznego powszechnego użytku, a w szczególności 7 typów układów scalonych do odbiorników telewizyjnych, 6 typów do odbiorników radiowych, magnetofonów i gramofonów oraz 4 typy układów do wzmacniaczy mocy,

- cyfrowe układy scalone bipolarne^{1/}, standardowej- i średniej skali integracji, przeznaczone do sprzętu komputerowego, urządzeń automatyki i aparatury pomiarowej /łącznie ok. 90 nowych typów/,

- układy scalone wielkiej skali integracji /technologia MOS/, przeznaczone do sprzętu komputerowego, kalkulatorów i zegarków elektronicznych /łącznie ok. 10 typów/.

Plan koordynacyjny programu rządowego w odniesieniu do układów scalonych o wielkiej skali integracji /LSI/ zawiera następujące zadania:

- opracowanie i uruchomienie produkcji układu LSI do elektronicznych zegarków na rękę,
- opracowanie i uruchomienie produkcji układów LSI do kalkulatorów elektronicznych prostych i inżynierskich,

- opracowanie i wdrożenie do produkcji podstawowego asortymentu pamięciowych układów LSI, w tym pamięci o swobodnym dostępie typu RAM - jest to pamięć, w której czas dostępu jest niezależny od miejsca informacji zawartej w pamięci o pojemności 1024 bitów^{2/} oraz pamięci stałych typu ROM o pojemności maksymalnej 4096 bitów,

- rozpoczęcie prac badawczych nad kilkoma typami układów mikroprocesorowych, których produkcja może być uruchomiona dopiero po 1980 r.

^{1/} Układy bipolarne zawierają elementy czynne - tranzystory, których działanie oparte jest na przepływie dwóch rodzajów nośników, tj. elektronów i dziur.

^{2/} Bit jest jednostką informacji; w systemie dwójkowym liczb zawiera jedną tylko cyfrę: 0 lub 1.

Analiza przebiegu realizacji zadań w latach 1976-1977 wynikających z programu rządowego PR-3 przeprowadzona na początku br. wykazała pewne opóźnienia w harmonogramie prac związanych głównie z układami LSI. Opóźnienia te dotyczą układów pamięci półprzewodnikowych typu RAM i ROM oraz układów mikroprocesorowych. Na opóźnienia te niewątpliwym wpływ miały ograniczone nakłady dewizowe na zakup niezbędnej aparatury badawczej.

Realizacja zadań związanych z układami dużej skali integracji wymaga dalszego zwiększenia sił i środków, natomiast w przypadku układów standardowych i średniej skali integracji przebiega ona pomyślnie. W latach 1976-1977 opracowano i uruchomiono seryjną produkcję 56 nowych typów układów, w tym 12 typów średniej skali integracji oraz uruchomiono pilotową produkcję układów LSI przeznaczonych do kalkulatorów 4-działaniowych i do zegarków elektronicznych. Uruchomiono również produkcję układu scalonego LSI, przeznaczonego do kalkulatora elektronicznego 8-działaniowego. Układ ten zawiera ponad 8 tys. tranzystorów na jednej strukturze krzemowej o wymiarach 4,5 x 4,5 mm.

W następnym 5-leciu 1981-1985 planuje się pełne opanowanie produkcji układów LSI mikroprocesorowych oraz rozwinięcie prac badawczych związanych z opracowaniem technologii układów scalonych o bardzo wielkiej skali integracji /VLSI/.

ŹRÓDŁA WYKORZYSTANE

1. Przewłocki H.: Układy scalone wielkiej skali integracji. Referat naukowy Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN, Warszawa, kwiecień 1977.
2. Sowiński A.: Mikroprocesor: jutro elektroniki. Elektronika, 1977, nr 3, s. 89-92.
3. Kielbasiński J., Sobczyk J.: Mikroprocesory. Informatyka, 1974, nr 9, s. 10-12.
4. Mikroprozessor revolutioniert der Technik. Der Spiegel, 1978, nr 16, s. 85.
5. Rudziński K.: Mikroprozessoren verwandeln die technische Welt. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 19 X 1977, s. 35-36.
6. Microprocessors don't always Work. New Scientist, 18 V 1978, s. 454.
7. Seiko's Smash. The quartz watch overwhelms the industry. Business Week, 5 VI 1978, s. 86-89.
8. Zastosowania mikroprocesorów. Referat zbiorczy ZIHD dla Ministerstwa Nauki i Techniki w NRD, 1977.

9. Uchwała Rady Ministrów z dnia 1 IV 1970 r. w sprawie powołania i zorganizowania Naukowo-Produkcyjnego Centrum Półprzewodników w Warszawie.
10. Decyzja Prezydium Rządu nr 148 z dnia 26 X 1971 r., zatwierdzająca program rozwoju przemysłu elektronicznego i sprzętu komputerowego w latach 1971-1975.
11. Plan koordynacyjny problemu węzłowego 06.2.2. obejmujący rozwój elementów półprzewodnikowych i układów scalonych w latach 1971-1975.
12. Sprawozdanie Naukowo-Produkcyjnego Centrum Półprzewodników z realizacji planu koordynacyjnego problemu węzłowego 06.2.2. w latach 1971-1975, marzec 1976.
13. Założenia programu rządowego PR-3 - Rozwój materiałów i podzespołów dla potrzeb elektronizacji, wrzesień 1975.
14. Plan koordynacyjny programu rządowego PR-3 zatwierdzony uchwałą Prezydium Rządu nr 48/77 z dnia 29 IV 1977.
15. Sprawozdanie MPM z realizacji programu PR-3 w latach 1976-1977, luty 1978.



WYDAJE: OŚRODEK INFORMACJI CENTRALNEJ-CINTE,
00-033 Warszawa, ul. Górskiego 9, tel. 27-05-44
ABONAMENT WYDAWNICTW OIC: tel. 27-31-79
DRUK: CENTRUM INFORMACJI NAUKOWEJ, TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ
Warszawa, al. Niepodległości 186, tel. 25-12-41
Nakład: 1260+20 + egz., format A4, zam. 165/79

WIT 5/79

Serie A – do użytku służbowego

ROZWÓJ I ZASTOSOWANIE MIKROELEKTRONIKI NA ŚWIECIE I W POLSCE

Kierownictwo i opracowanie
informacyjne tematu:
mgr inż. Bohdan Kempański

Opracował:
mgr inż. Józef Knysz

Streszczenie

Mikroelektronika stanowi nową dziedzinę elektroniki. Jej początek datuje się od 1960 r. tj. od chwili rozpoczęcia produkcji pierwszych układów scalonych. Dalszy kierunek rozwoju tej dziedziny elektroniki polega na stałym zwiększaniu stopnia integracji układów do tzw. wielkiej skali integracji LSI, których produkcję uruchomiono w 1970 r. Jest to osiągnięcie największe w elektronice od czasu wynalezienia tranzystora /1947 r./.

Rozwój techniczny mikroelektroniki w skali światowej jest nadal dynamiczny. Jeżeli w 1970 r. w układzie scalonym LSI występowało 1000 elementów funkcyjnych /tranzystorów/, to obecnie w laboratoriach światowych firm uzyskuje się ponad 100 tys. takich elementów na jednej strukturze. Wyścig ten nie jest jeszcze zakończony, a naukowcy zapowiadają, że na początku lat osiemdziesiątych będzie technicznie możliwe i ekonomicznie opłacalne produkowanie układów scalonych zawierających 1 mln i więcej funkcji na jednej płytce o powierzchni 1,44 cm².

Wraz z rosnącym stopniem integracji układów scalonych maleje koszt jednego elementu tych układów /zwanego bramką logiczną; w latach 1965-1975 cena ta spadła 100-krotnie/ oraz wielokrotnie zwiększa się zakres zastosowań układów scalonych.

Równoległe z rosnącym zastosowaniem układów scalonych LSI powstają nowe wyroby elektroniczne, np. kalkulatory kieszonkowe, zegarki na rękę, mikroprocesory itp., których produkcja bez układów scalonych LSI nie byłaby możliwa.

Obecnie trwa wyścig w zakresie udoskonalenia technologii mikroprocesorów oraz obszaru ich zastosowań. Zastosowanie mikroprocesorów w wyrobach finalnych stało się warunkiem konkurencji na rynkach światowych. Mikroprocesory stanowią nową kategorię podzespołów funkcjonalnych; są one przystosowane do realizacji określonego zbioru czynności w ramach wieloukładowego systemu. Przenikanie mikroprocesorów do wielu dziedzin gospodarki stało się procesem nieuniknionym.

Szerokie zastosowanie mikroprocesorów wynika z takich ich cech, jak duże możliwości funkcjonalne, elastyczność w zakresie wykonywania funkcji arytmetyczno-logicznych, małe wymiary oraz sukcesywnie obniżająca się cena. W chwili obecnej mikroprocesory typu uniwersalnego znajdują zastosowanie w takich dziedzinach, jak urządzenia automatyki przemysłowej /w tym do numerycznego sterowania obrabiarek/, urządzenia peryferyjne w systemach komputerowych, aparaturze pomiarowej, w elektronice medycznej i optycznej, w telekomunikacji i innych urządzeniach. Specjalizowane mikroprocesory znajdują zastosowanie w pralkach automatycznych, lodówkach, kuchniach elektrycznych, maszynach do szycia, urządzeniach motoryzacyjnych i sterowania ruchem ulicznym, urządzeniach rozrywkowych i in.

Głównymi efektami wymiernymi wynikającymi z zastosowania mikroelektroniki w wielu wyrobach są: zmniejszenie ich pracochłonności, co wpływa na zmniejszenie zatrudnienia, zmniejszenie zużycia materiałów i surowców oraz zużycia energii elektrycznej w toku eksploatacji wyrobów, a do podstawowych efektów niewymiernych należą: poprawienie jakości i niezawodności wyrobów, utrzymanie ich konkurencyjności na rynkach światowych, poprawa warunków bhp w eksploatacji wyrobów.

Na tle światowego rozwoju mikroelektronika w Polsce wykazuje znaczne opóźnienie, które wynikało z opóźnionego rozwoju technologii elektronicznej w kraju. Przełom na tym odcinku nastąpił w 5-leciu 1971-1975, gdy na mocy uchwały Rady Ministrów z 1970 r. i uchwały Prezydium Rządu z 1971 r. stworzono warunki organizacyjne i materialne dla rozwoju przemysłu półprzewodnikowego. Zorganizowanie /w 1970 r./ Naukowo-Produkcyjnego Centrum Półprzewodników i ścisłe powiązanie pracy nowo utworzonego zaplecza badawczego /złożonego z trzech instytutów/ z produkcją przemysłu półprzewodnikowego oraz kompleksowe rozwiązywanie opanowania technologii półprzewodnikowych przez wykorzystanie licencji i działalności badawczej krajowego zaplecza badawczego, jak też równoczesne rozwiązywanie zagadnień materiałowych i wyposażenia technologicznego umożliwiło opanowanie nowoczesnych technologii w przemyśle półprzewodnikowym, a tym samym uruchomienie seryjnej produkcji nowoczesnych elementów dyskretnych oraz układów scalonych.

Uruchomienie produkcji układów scalonych /1973 r./ stanowi początek nowego etapu w rozwoju polskiej elektroniki. Jej dalszy rozwój, a szczególnie rozwój mikroelektroniki, wytyczony został w zatwierdzonym uchwałą Prezydium Rządu programie badawczo-rozwojowym. Przyznane w tym programie środki finansowe pozwalają na uruchomienie produkcji nowych typów układów scalonych średniej - i wielkiej skali integracji oraz pokaźne rozwinięcie produkcji układów scalonych, w tym układów LSI.

Dzięki dotychczasowym osiągnięciom przemysł półprzewodnikowy rozwija produkcję układów LSI do kalkulatorów kieszonkowych 4- i 8-działaniowych oraz układów do elektronicznych zegarków na rękę. Opanowanie produkcji układów LSI do budowy pamięci półprzewodnikowych i systemów mikroprocesorowych nastąpi na początku 5-lecia 1981-1985.