

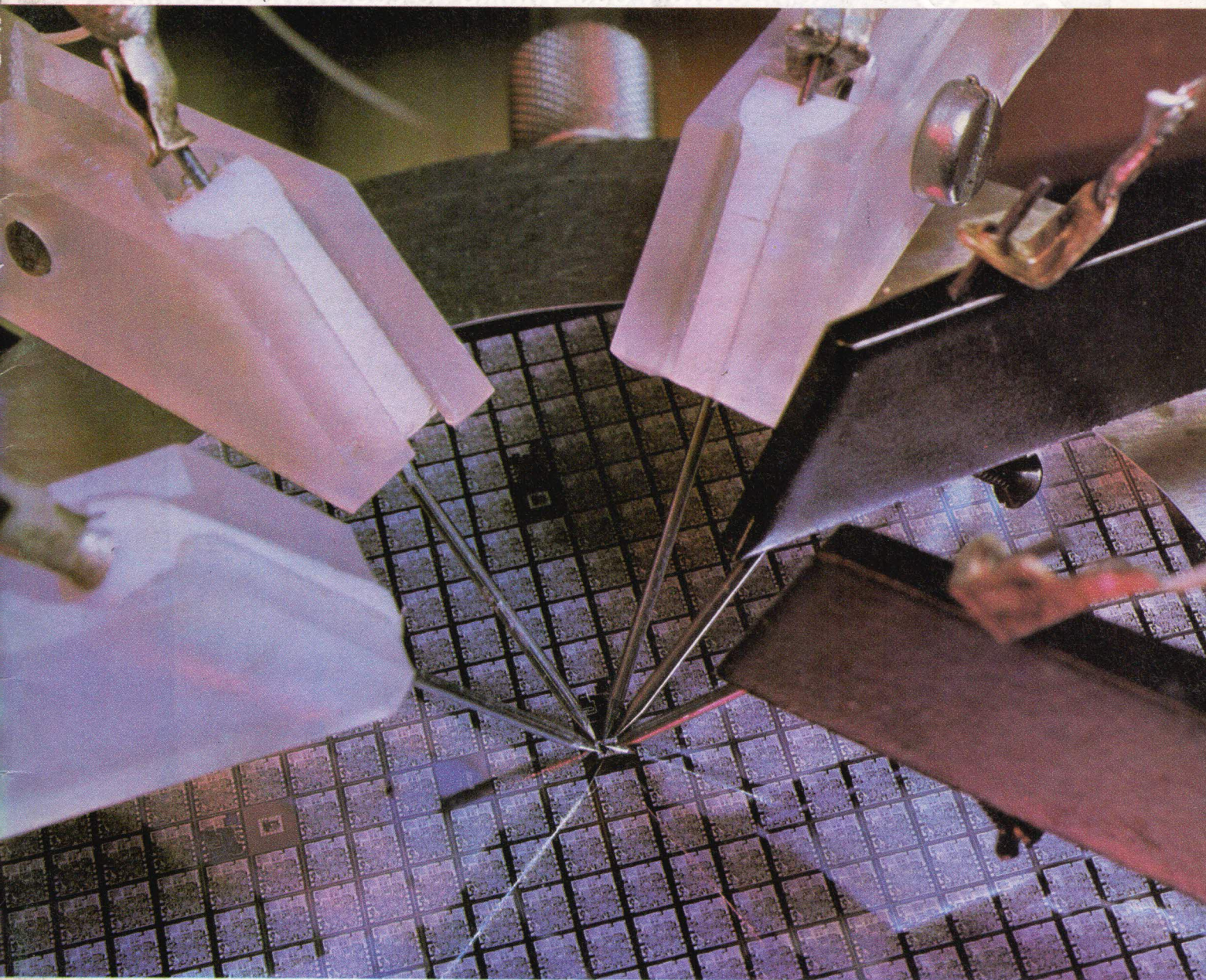
E

10'81

ISSN 0033-2089

WYDAWNICTWO NOT SIGMA

ELEKTRONIKA



15 lat

INSTYTUTU TECHNOLOGII ELEKTRONOWEJ



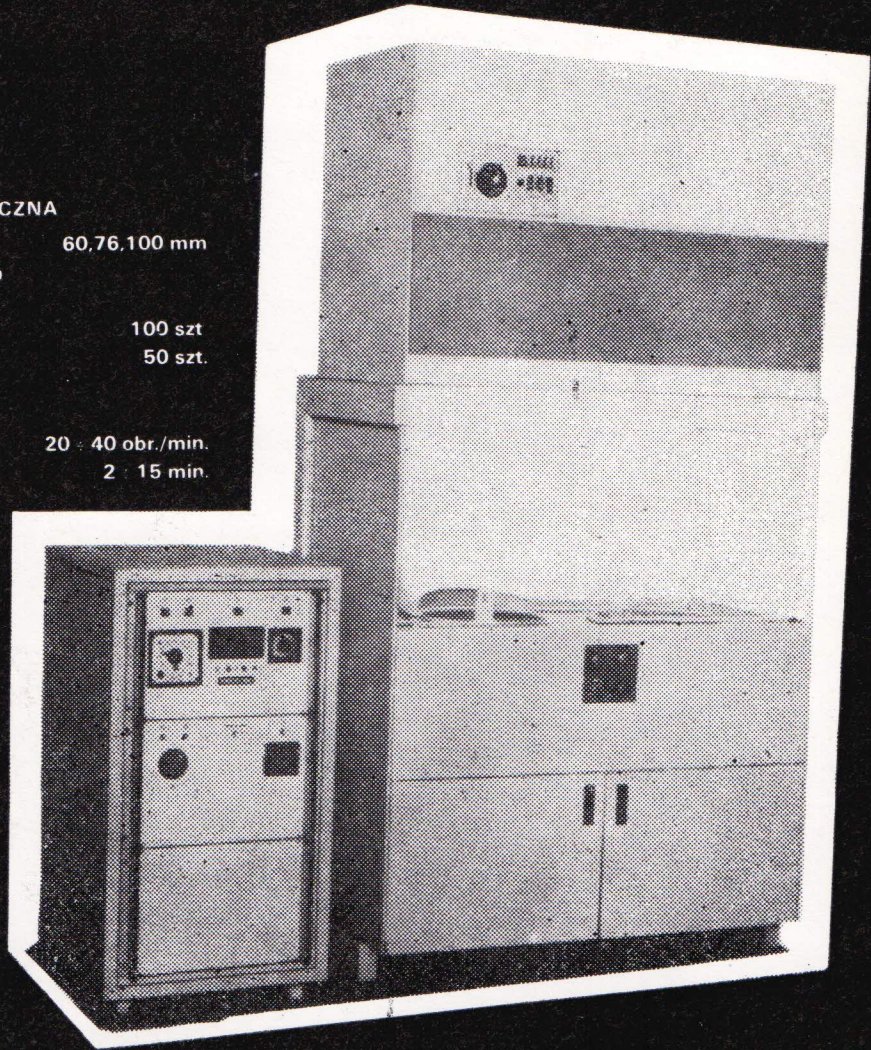
Nowoczesne wyposażenie
technologiczne dla przemysłu
elektronicznego

URZĄDZENIE DO TRAWIENIA PŁYTEK KRZEMOWYCH

zapewnia równomierne strawianie warstwy
powierzchniowej płytek metodą grupowego
trawienia w roztworze z utrzymaniem stałej
temperatury odczynnika na zadanym poziomie

CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA

Średnica trawionych płytek	60, 76, 100 mm
Liczba jednocześnie trawionych płytek	
o średnicy 60 i 76 mm	100 szt.
o średnicy 100 mm	50 szt.
Zakres regulacji częstotliwości obrotów wirnika (z okresową zmianą kierunku obrotów)	20 - 40 obr./min. 2 - 15 min.
Czas trawienia	



WSKAŹNIKI NIEZAWODNOŚCI URZĄDZENIA DLA POZIOMU UFNOŚCI P = 0,90 :

średni czas pracy	> 400 godz.
średni czas odnowy T_w	< 2 godz.
średnia trwałość T_r	> 3000 godz.



TECHMASHEXPORT

ZSRR, 117330, Moskwa, ul. Mosfilmowska 35, Telefon: 143-86-60; 143-87-51
Telex: 411068 TEHEX SU; 411228 TĖCEX SU

E01673/K/81 B

UKD 621.38

AMBROZIAK C. A.: 15 lat Instytutu Technologii Elektronowej

Elektronika nr 10'81 (XXII), s. 3

Omówiono niektóre fakty związane z historią i utworzeniem ITE. Omówiono także niektóre aktualne problemy, które należy rozwiązać w elektronice półprzewodników oraz barlery, które muszą być pokonane w celu dalszego rozwoju reprezentowanej przez ITE dziedziny.

UKD 621.389

DANĀDA J. i in.: Mikroelektronika MOS

Elektronika nr 10'81 (XXII), s. 6

Omówiono prace prowadzone w ITE w drugiej połowie lat siedemdziesiątych w dziedzinie układów MOS/LSI. Przedstawiono wyniki uzyskane przy rozwiązywaniu zagadnień projektowania (konstrukcji) oraz technologii struktur MOS, technologii mikromontażu układów LSI, miernictwa oraz diagnostyki (technologii i konstrukcji) układów MOS, a także zastosowania systemów mikroprocesorowych.

UKD 621.389

KOŁODZIEJSKI J.: Bipolarne układy scalone

Elektronika nr 10'81 (XXII), s. 10

Zamieszczono przegląd monolitycznych bipolarnych układów scalonych opracowanych w ITE CEMI na przestrzeni ostatniego dziesięciolecia. Szerzej omówiono najnowsze opracowania układów scalonych cyfrowych STTL oraz układów analogowych dla sprzętu powszechnego użytku. Wspomniano o kluczowych problemach technologicznych przy wytwarzaniu struktur układów bipolarnych.

UKD 621.389

KASSUR A.: Aktualne problemy projektowania i wytwarzania masek układów scalonych

Elektronika nr 10'81 (XXII), s. 15

Przedstawiono w sposób zwięzły aktualny stan prac w Instytucie Technologii Elektronowej CEMI w zakresie niektórych aspektów projektowania i wytwarzania masek układów scalonych. Wykazano podstawowe trudności i problemy, których rozwiązanie warunkuje dalszy rozwój produkcji układów scalonych LSI i VLSI w CEMI z punktu widzenia omawianej tematyki.

UKD 621.389

JANICKI T.: Rozwój technologii półprzewodnikowych źródeł promieniowania

Elektronika nr 10'81 (XXII), s. 16

Opisano najważniejsze etapy rozwoju prac nad metodami wytwarzania półprzewodnikowych źródeł promieniowania ze związków AIII₂BV. Omówiono opracowane w ITE technologie warstw epitaksjalnych, złączy p-n i kontaktów oraz technologie towarzyszące, wykorzystywane zarówno w produkcji przemysłowej DEL i PWC, jak i pracach rozwojowych ITE nad nowymi elementami optoelektronicznymi.

UKD 621.389

KLAMKA J. i in.: Półprzewodnikowe przyrządy dyskretne i podzespoły mikrofalowe

Elektronika nr 10'81 (XXII), s. 22

Przypomniano historię rozwoju ważniejszych grup dyskretnych przyrządów półprzewodnikowych, a zwłaszcza mikrofalowych oraz omówiono osiągnięcia w okresie 1977-81 w dziedzinie zarówno mikrofalowych, jak i niemikrofalowych przyrządów dyskretnych. Następnie podano wyniki prac w zakresie miernictwa i aplikacji przyrządów półprzewodnikowych opracowanych i produkowanych w Pionie DM Instytutu Technologii Elektronowej.

UKD 621.389

KUŹMA CZ.: Termistory

Elektronika nr 10'81 (XXII), s. 28

Omówiono osiągnięcia Instytutu Technologii Elektronowej na przestrzeni ostatnich lat w dziedzinie technologii, konstrukcji i zastosowań półprzewodnikowych rezystorów — termistorów. Prowadzone prace przyczyniły się do uruchomienia przemysłowej produkcji termistorów w oparciu o wyłącznie krajowe rozwiązania.

SPIS TREŚCI

C. A. AMBROZIAK — 15 lat Instytutu Technologii Elektronowej	3
J. DANĀDA i inni — Mikroelektronika MOS	6
J. KOŁODZIEJSKI — Bipolarne układy scalone	10
A. KASSUR — Aktualne problemy projektowania i wytwarzania masek układów scalonych	15
T. JANICKI — Półprzewodnikowe źródła promieniowania	16
J. KLAMKA i inni — Półprzewodnikowe przyrządy dyskretne i podzespoły mikrofalowe	22
Cz. KUŹMA — Termistory	28
Patenty, wynalazki	31
Z prasy zagranicznej	32
Prace doktorskie	33
Przegląd wydawnictw	34
Elektronika na świecie	36
Karty katalogowe	40

СОДЕРЖАНИЕ

Ц. А. АМБРОЗИЯК — 15 лет Института Электронной Технологии	3
Е. ДАНЬДА и др. — Микроэлектроника МОП	6
Е. КОЛОДЗЕЙСКИ — Випольярные интегральные схемы	13
А. КАССУР — Актуальные вопросы проектирования и производства шаблонов интегральных схем	15
Т. ЯНИЦКИ — Развитие технологии полупроводниковых источников излучения	16
Ю. КЛЯМКА и др. — Полупроводниковые дискретные приборы и микроволновые подузлы	22
Ч. КУЗЬМА — Термисторы	28
Изобретательство — патенты	31
Из зарубежной печати	32
Докторские диссертации	33
Обзор печати	34
Электроника на свете	36
Каталожные карты	40

CONTENTS

C. AMBROZIAK — 15 years of the Institute of Electron Technology	3
J. DANĀDA et al. — MOS microelectronics	6
J. KOŁODZIEJSKI — Bipolar integrated circuits	10
A. KASSUR — Current problems of IC photomasks design and manufacture in the IET	15
T. JANICKI — Development of semiconductor radiation sources technology in the IET	16
J. KLAMKA et al. — Discrete semiconductor devices and microwave subassemblies	22
CZ. KUŹMA — Thermistors	28
Invention — patents	31
From foreign source	32
Graduation doctor's	33
Publication review	34
Electronics in the World	36
Catalog cards	40

УДК 621.38

АМБРОЗЯК Ц. А.: 15 лет Института Электронной Технологии

Электроника № 10'81 (XXII), с. 3

В статье обсуждено некоторые факты по истории ИЭТ. Представлено тоже некоторые вопросы из области полупроводниковой электроники, которые следует еще решить, а также трудности, которые нужно преодолеть для дальнейшего развития области, которой представителем является Институт.

УДК 621.389

ДАНЬДА Е. И ДР.: Микроэлектроника МОИ

Электроника № 10'81 (XXII), с. 6

Обсуждаются работы проведенные в Институте Электронной Технологии в другой половине семидесятых годов в области схемы МОИ БИС. Представлено результаты решенных вопросов: проектирования (конструкции), технологии структур МОИ, технологии микромонтажа схем БИС, метрологии, диагностики (технологии и конструкции) схем МОИ, а также применения микропроцессорных систем.

УДК 621.389

КОЛОДЗЕЙСКИ Е.: Биполярные интегральные схемы

Электроника № 10'81 (XXII), с. 10

В работе помещен обзор монолитических биполярных схем разработанных в Институте Электронной Технологии ЦЭМИ на протяжении последнего десятилетия. Шире обсуждено новейшие разработки интегральных цифровых схем STTL и аналоговых схем для предметов домашнего обихода. Упомянуто тоже о узловых технологических вопросах при производстве биполярных структур.

УДК 621.389

КАССУР А.: Актуальные вопросы проектирования и производства шаблонов интегральных схем

Электроника № 10'81 (XXII), с. 15

В статье представлено кратким способом актуальный уровень работ в ИЭТ ЦЭМИ в области некоторых аспектов проектирования и производства шаблонов интегральных схем. Представлено основные трудности и проблемы, решение которых обуславливает дальнейшее развитие продукции интегральных схем БИС и ВБИС в ЦЭМИ с точки зрения обсуждаемой тематики.

УДК 621.389

ЯНИЦКИ Т.: Развитие технологии полупроводниковых источников излучения

Электроника № 10'81 (XXII), с. 16

Представлены важнейшие этапы работ над методом производства полупроводниковых источников излучения из соединений АШ ВУ. Обсуждение охватывает разработанные в ИЭТ технологии эпитаксиальных слоев, *p-n* переходов и контактов, а также сопровождающие технологии, которые использованы как в производстве DEL и PWC, так и в исследовательских работах ИЭТ над новыми оптоэлектронными элементами.

УДК 621.389

КЛЯМКА Ю. И ДР.: Полупроводниковые дискретные приборы и микроволновое подузлы

Электроника № 10'81 (XXII), с. 22

В работе представлена короткая история развития важнейших групп полупроводниковых дискретных приборов, особенно — микроволновых приборов. Обсуждены достижения на протяжении 1977—1981 гг. в области как микроволновых, так и немикроволновых дискретных приборов. Поданы тоже результаты работ на метрологии и аппликации полупроводниковых приборов, разработанных и производимых в Отделе ДМ нашего Института ИЭТ.

УДК 621.389

КУЗЬМА Ч.: Термисторы

Электроника № 10'81 (XXII), с. 28

Обсуждено достижения Института Электронной Технологии на протяжении последних лет в области технологии, конструкции и применений полупроводниковых резисторов-термисторов. Веденные работы способствовали цуску в ход производства термисторов, опираясь исключительно на отечественных решениях.

DK 621.38

AMBROZIAK C. A.: 15 years of the Institute of Electron Technology

Elektronika No 10'81 (XXII), p. 3

The paper describes some facts connected with the foundation and history of the Institute of Electron Technology. Some current problems to be solved in semiconductor electronics are discussed as well as the limitations that must be overcome on the route towards further development of the field represented by the IET.

UDK 621.389

DAŃDA J. et. al.: MOS Microelectronics

Elektronika No 10'81 (XXII), p. 6

The research work on MOS LSI circuits carried on in the Institute of Electron Technology in the second half of the seventies decade is reported in this paper. Results of the following problems considerations are presented here: MOS devices design and processing, LSI circuits assembly, MOS circuits testing and diagnostics (including design and processing) and microprocessor systems applications.

DK 621.389

KOŁODZIEJSKI J.: Bipolar integrated circuits

Elektronika nr 10'81 (XXII), p. 10

The paper contains the review of monolithic bipolar integrated circuits developed and carried out in the Institute of Electron Technology in the last decade. The latest developments in the area of S-TTL circuits and analog ICs for consumer products are given more detailed treatment. The basic issues concerning bipolar chips processing are mentioned.

DK 621.389

KASSUR A.: Current problems of IC photomasks design and manufacture

Elektronika No 10'81 (XXII), p. 15

The paper presents in a concise manner the current state of research work on some aspects of designing and manufacturing the IC photomasks in the Institute of Electron Technology. There are shown basic difficulties and problems, solution of which presents a condition of further development of LSI and VLSI circuits in Semiconductor Center from the viewpoint of the described subject.

DK 621.389

JANICKI T.: Development of semiconductor radiation sources technology

Elektronika No 10'81 (XXII), p. 16

The paper described the most important development stages of work on manufacturing methods of semiconductor radiation sources of АШ ВУ group compositions. It covers the epitaxial layers *p-n* junctions and contacts producing processes developed in the Institute of Electron Technology as well as the accompanying processes utilized both in industrial production of LEDs and LCDs and in development works on new optoelectronic devices carried on in the IET. The description presented here is supplemented with the list of papers, patents and internal IET publications on the subject under consideration.

DK 621.389

KLAMKA J. et al.: Discrete semiconductor devices and microwave subassemblies

Elektronika No 10'81 (XXII), p. 22

In the introduction to this paper the history of some of the most important groups of discrete semiconductor devices, microwave ones in particular, has been reviewed. Next, the achievements in the area of both microwave and non-microwave discrete devices in the period of 1977 to 1981 are discussed. In the last part of the paper results concerning measuring and applications of semiconductor devices developed and manufactured in the DM Division of the Institute of Electron Technology are given.

DK 621.389

KUŹMA CZ.: Thermistors

Elektronika No 10'81 (XXII), p. 28

The latest achievements of the Institute of Electron Technology in the field of design, processing and applications of semiconductor resistors — thermistors are discussed. The works conducted in the IET have contributed to starting the industrial production of thermistors based solely on domestic developments.



**CZASOPISMO WYDAWANE
PRZY WSPÓŁPRACY
KOMITETU ELEKTRONIKI
I TELEKOMUNIKACJI
POLSKIEJ AKADEMII NAUK
ORAZ SEKCJI ELEKTRONIKI
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH**

rok XXII
miesięcznik

10' 81

ELEKTRONIKA

TECHNOLOGIA • MATERIAŁY • PODZESPOŁY • MIKROELEKTRONIKA • UKŁADY ELEKTRONICZNE



Prof. dr hab. inż.

CZESARY ANDRZEJ AMBROZIAK

15 lat Instytutu Technologii Elektronowej

W lipcu 1966 roku utworzony został Instytut Technologii Elektronowej Polskiej Akademii Nauk. Pod kilkoma względami historia i działalność ITE są unikalne w kraju. Nie ma prawdopodobnie drugiego instytutu, który z jednej strony sięga tak głęboko korzeniami w działalność naukowo-badawczą rozpoczynaną w Polskiej Akademii Nauk, a z drugiej strony odegrał tak zasadniczą rolę w rozwoju nowo powstającej gałęzi przemysłu w kraju. To ITE przypadła rola współtworzenia pierwszego w kraju centrum naukowo-produkcyjnego, jakim było powołane w roku 1970 Naukowo-Produkcyjne Centrum Półprzewodników. ITE ma na pewno największe doświadczenia i możliwość porównania wszystkich dodatnich i ujemnych stron bycia instytutem przemysłowym. Nasz Instytut ma jeszcze jedną unikalną cechę wpływającą na skalę jego osiągnięć w porównaniu do osiągnięć światowych — ITE od początku działa w dziedzinie elektroniki półprzewodników, tj. jednej z najszybciej rozwijających się w ostatnim 30-leciu dziedzin nauki, techniki i przemysłu na świecie, charakteryzującej się znacznie większymi niż inne dziedziny potrzebami inwestycyjnymi. Tylko przemysł atomowy i lotniczy są tu porównywalne pod względem nakładów niezbędnych na badania i inwestycje. Nie wolno o tym zapominać, charakteryzując osiągnięcia ITE i krajowego przemysłu półprzewodnikowego na tle osiągnięć światowych.

Mówiąc o 15 rocznicy utworzenia ITE, trzeba cofnąć się jeszcze dalej w czasie, do roku 1952, gdyż tam sięgają jego początki. W tym to roku kilkunastoosobowa grupa pod kierownictwem prof. dr inż. Janusza Groszkowskiego podjęła w Polskiej Akademii Nauk pierwsze w kraju opracowania w celu wytworzenia krzemowych i germanowych diod i tranzystorów ostrzowych, pierwszych monokryształów germanu i krzemu, a także termistorów. Prace te prowadzono wówczas bardzo prostymi środkami, a cała aparatura zarówno technologiczna, jak i pomiarowa wykonywana była we własnym zakresie. Był to okres, kiedy sprawdzano jeszcze podstawy fizyczne oczyszczania materiałów półprzewodnikowych i działanie najprostszyczych przyrządów ostrzowych. Nie istniały wówczas pojęcia uzysków, pomiarów ostrzowych itp.

Chodziło o potwierdzenie możliwości technicznej realizacji w kraju nowego typu czynnych podzespołów elektronicznych. Głównym celem badań było wówczas wykazanie konieczności rozwoju prac w dziedzinie półprzewodników, gdyż z techniki lampowej

nie zamierzano łatwo ustąpić. Gorące naukowe dyskusje „tranzystor czy lampa” były w tamtym czasie bardzo powszechne. To pracownicy z tego zespołu zbudowali pierwszy w kraju tranzystorowy odbiornik radiowy i zaprezentowali go ówczesnemu ministrowi łączności prof. W. Szymańskiemu jako dowód zasadniczego przełomu w technologii wytwarzania sprzętu elektronicznego budowanego wyłącznie na „ciele stałym”.

Kilka osób z tej pionierskiej grupy pozostało wiernymi półprzewodnikom i dotychczas pracuje w ITE. Niektórzy koledzy odeszli w ostatnich latach na emeryturę. Doc. dr hab. Zdzisław Majewski odszedł od nas w roku 1980 na zawsze.

Działalność tej grupy zapaleńców doprowadziła w stosunkowo krótkim czasie do opracowania technologii tranzystorów stopowych i — jak byśmy to dziś określili — wdrożenia ich do produkcji. Produkcję doświadczalną tranzystorów stopowych uruchomiono w Instytucie Łączności w latach 1954—57. Było to wielkim osiągnięciem, biorąc pod uwagę fakt, że w USA były one w produkcji masowej dopiero od roku 1954.

W Zakładzie Elektroniki Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN (kierowanym w latach 1953—1961 przez prof. dr Janusza Groszkowskiego, a w latach 1961—1966 przez prof. dr Witolda Rosińskiego), z którego wywiódł się ITE, powstawały opracowania nowych tranzystorów i diod, następnie produkowanych w gospodarstwie pomocniczym. Za osiągnięcia te pracownicy Instytutu otrzymywali kilkakrotnie Nagrody Państwowe I i II stopnia.

Kiedy na przełomie lat '50/'60 powstaje w kraju przemysł półprzewodnikowy, pracownicy Instytutu czynnie włączają się do jego rozwoju. W Zakładzie Produkcji Diod Półprzewodnikowych PEWA w Warszawie zostały wdrożone już w latach 1959/60 diody germanowe z ostrzem złotym. Instytut wytwarzał na potrzeby tego zakładu monokryształy germanu o wysokiej jakości.

Kiedy na początku lat sześćdziesiątych powstawała Fabryka Tranzystorów TEWA, kilku pracowników Instytutu było tam zatrudnionych w charakterze doradców. Pracownicy Instytutu wdrazali też w TEWIE opracowane przez siebie dyfuzyjne tranzystory mocy.

Bardzo wcześnie, bo już w roku 1960 zajęliśmy się zagadnieniem integracji elementów półprzewodnikowych w monolitycznych strukturach ciała stałego. W Instytucie opracowany został pierwszy w kraju układ scalony, na który został wydany pierwszy polski patent na układ scalony. Jak się później okazało z publikacji amerykańskiej, pierwszy patent w Japonii na podobny układ został wydany w dwa lata później.

Rozwój techniki półprzewodnikowej na świecie był nadal bardzo gwałtowny. W kraju postanowiono także nadać większą rangę badaniom w dziedzinie technologii półprzewodników. W roku 1966 z Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN uchwała Rady Ministrów wyodrębniony został Instytut Technologii Elektronicznej PAN. Pierwszym dyrektorem — założycielem ITE był profesor Bohdan Paszkowski.

W końcu lat sześćdziesiątych zaczęła powstawać w ITE kryzysowa sytuacja związana przede wszystkim z niedoinwestowaniem Instytutu. Światowy poziom w dziedzinie technologii planarnej wznosił się bardzo wysoko tak, że nie można go było osiągnąć w oparciu o krajowe urządzenia i bez właściwych urządzeń energetycznych, których nie można było instalować w instytucie zlokalizowanym w biurcu bankowym przy ul. Świętokrzyskiej. Przemysł krajowy był już wtedy znacznie lepiej wyposażony i nie widział w ITE PAN partnera, od którego będzie mógł przejąć jakiegokolwiek wdrożenia.

W końcu lat sześćdziesiątych zauważono także, że między elektroniką polską a światową dystans technologiczny powiększa się bardzo szybko, że przemysł półprzewodnikowy na świecie staje się podstawą nowoczesnej elektroniki tak profesjonalnej, jak i powszechnego użytku, natomiast w kraju kadra jest rozproszona i nie wszędzie ma warunki do pracy z powodu barier inwestycyjnych i organizacyjnych. W wyniku decyzji rządu nastąpiła druga faza koncentracji i rozwoju przemysłu półprzewodnikowego w kraju.

W roku 1970 utworzono Naukowo-Produkcyjne Centrum Półprzewodników CEMI. W skład CEMI weszła m.in. TEWA, jako wiodący zakład produkcyjny i Instytut Technologii Elektronicznej jako instytut wiodący. W owym czasie była to śmiała, precedensowa decyzja połączenia organizacyjnego pod jednym kierownictwem zakładów produkcyjnych i instytutów dla uzyskania ścisłej między nimi współpracy.

Po trudnych latach docierania cel ten w kilku dziedzinach osiągnięto, uzyskując wiele obustronnych korzyści tak po stronie produkcji, jak i nauki.

Syntetycznie ujmując osiągnięcia ITE w okresie rozpatrywanego 15-lecia istnienia Instytutu, a w szczególności 10-lecia w CEMI, można je określić następująco:

- Samodzielnie, bez jakichkolwiek licencji opracowano i wdrożono do produkcji przemysłowej rodzinę termistorów, która zaspokaja potrzeby większości odbiorców krajowych. Zakład Doświadczalny Instytutu w Łęcznej został po rozbudowie i osiągnięciu produkcji wielkoseryjnej przeniesiony z działu „nauka” do działu „przemysł” i stanowi obecnie filię fabryki TEWA.
- Opracowano bez licencji rodzinę półprzewodnikowych elementów mikrofalowych, które są wytwarzane seryjnie w Instytucie na potrzeby odbiorców krajowych.
- Rozwinięto bez jakichkolwiek licencji dziedzinę optoelektroniki, opracowując szeroki asortyment diod LED emitujących promieniowanie podczerwone i widzialne, detektorów, transpotorów i wskaźników cyfrowych. Uruchomiono najpierw ich produkcję doświadczalną w Zakładzie Doświadczalnym Półprzewodników przy ITE, który to zakład po osiągnięciu produkcji wielkoseryjnej został włączony do fabryki TEWA jako odrębny zakład specjalizujący się w produkcji elementów optoelektronicznych.
- Opracowano i uruchomiono bez licencji, które mimo starań nie udało się nigdzie uzyskać ze względu na ścisłe embargo, produkcję układów o wielkiej

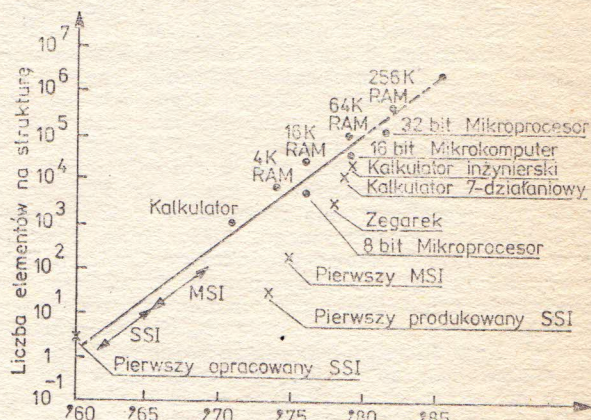
skali integracji MOS/LSI, takich jak układy do kalkulatorów, zegarków elektronicznych, pamięci, układów do zdalnego sterowania odbiornikami TV i inne. Opracowano także, niezależnie od licencji, szereg układów bipolarnych tak cyfrowych, jak i analogowych, a wśród nich niektóre układy TTLs do systemów mikroprocesorowych.

Aktualny stan osiągnięć w poszczególnych kierunkach technologii podzespołów półprzewodnikowych w ITE jest przedmiotem oddzielnych artykułów w niniejszym zeszycie „Elektroniki”.

Obecnie dla ITE istotne jest spojrzenie w przyszłość i ocena perspektyw dalszego rozwoju. Wydaje się, że tak jak pod koniec lat sześćdziesiątych uwidocznił się kryzys w rozwoju elektroniki półprzewodnikowej, po czym szczęśliwie przyszedł etap inwestycji i rozwoju, tak na przełomie lat 70/80 stanęliśmy wobec nowego kryzysu w elektronice w kraju, i wobec nowej bariery do pokonania, jaką jest VLSI.

Lata siedemdziesiąte w elektronice półprzewodnikowej do okres rozwoju idei integracji i powstawania układów scalonych i systemów o coraz większej skali integracji. Ze wzrostem skali integracji rosną bowiem korzyści techniczne i ekonomiczne uwidaczniające się w szczególności w gotowym sprzęcie elektronicznym.

Wzrost skali integracji układów scalonych na świecie, gdzie krzyżykami zaznaczono pozycję układów opracowanych w ITE, przedstawiono na rys. 1.



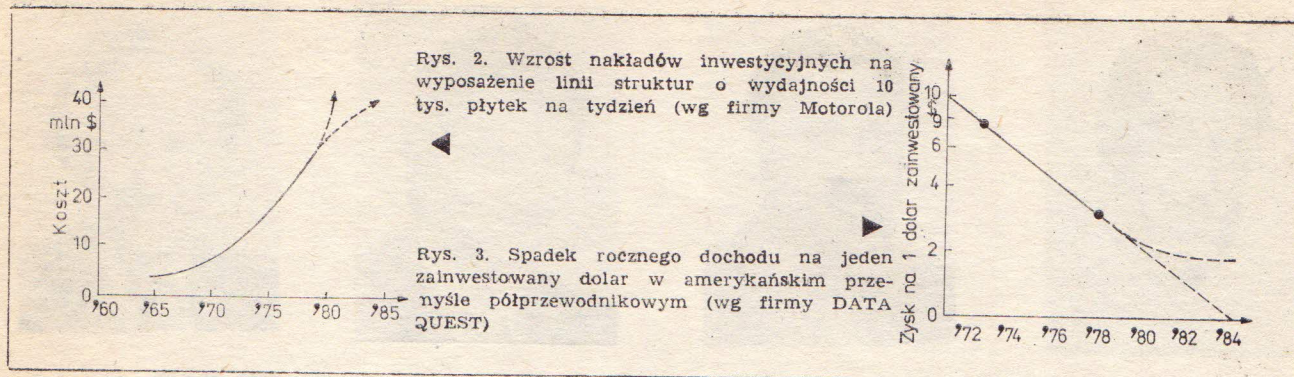
Rys. 1. Rozwój skali integracji (wg firmy Motorola)

Funkcyjna złożoność układów scalonych podwaja się co 2 do 2,5 lat. Prognoza przewiduje osiągnięcie 1 000 000 elementów w jednej strukturze około roku 1985. Jaki system będzie budowany na tym 1 000 000 elementów? Odpowiedzi nie może dać producent podzespołów elektronicznych. Stale rozszerza się przerwa między możliwościami technologii obróbki układów krzemowych, a metodologią w teorii obwodów i systemów. Powstają ogromne problemy inwestycyjne. Liczba krajów przekraczających barierę LSI i VLSI jest coraz mniejsza.

Dla krajów najbardziej rozwiniętych technologia elektroniczna, a w szczególności technologia półprzewodników jest głównym kluczem do rozwoju ekonomicznego tych krajów. Jerry Sanders, prezydent amerykańskiej firmy Advanced Micro Devices stwierdził, że Dolina Krzemowa (Silicon Valley) w Kalifornii, gdzie skupiony jest główny amerykański przemysł półprzewodnikowy, może w końcu lat osiemdziesiątych odegrać taką rolę jak OPEC.

Rozważmy, jaką barierę musimy pokonać, aby nastąpił trzeci etap rozwoju elektroniki półprzewodnikowej w kraju.

Do wytwarzania dużych układów LSI i VLSI stosowana jest technologia, wymagająca bardzo precyzyjnych urządzeń, gdyż pojedyncze elementy w układach scalonych mają rozmiary rzędu 2 i mniej μm i muszą być wytwarzane z dokładnością do dziesiątych części μm . Stąd też wiele typowych urządzeń



stosowanych do wytwarzania układów scalonych LSI, takich jak piece dyfuzyjne, implantatory jonów, urządzenia do fotolitografii projekcyjnej, urządzenia do wytwarzania warstw epitaksjalnych kosztuje od 200 do 800 tys. dolarów za sztukę, a systemy do projektowania układów, do elektronolitografii, czy złożone testery — 1 ÷ 2 mln dolarów. Z tego powodu koszt kompletnej linii technologicznej do wytwarzania układów LSI wzrasta w ostatnich latach bardzo gwałtownie. Wzrost kosztów linii zdolnej do obróbki 10 000 płytek krzemowych tygodniowo, która może dać produkcję o wartości około 80 mln dolarów rocznie, przedstawiono na rys. 2. W roku 1980 według danych firmy Motorola dla uzyskania produkcji VLSI o tej wartości niezbędna jest inwestycja 40 mln dolarów.

Dane odnośnie do zwrotu nakładów inwestowanych w przemysł podzespołów półprzewodnikowy zebrane przez firmę Data Quest przedstawione są na rys. 3. Efektywność inwestowania bardzo spada w ostatnich latach i przewiduje się osiągnięcie stosunku 1:1 do roku 1985. Zahamowanie spadku efektywności inwestowania na poziomie nie gorszym niż 2:1 (dzięki np. stabilizacji cen) pokazano na rys. 3 linią przerywaną.

Jednym z realnych rozwiązań tego problemu inwestycyjnego w świecie jest zachodząca w szybkim tempie tzw. integracja pionowa. Maleje liczba producentów wytwarzających na wolny rynek tylko podzespoły półprzewodnikowe. Tak drogie inwestycje, jakie są potrzebne do rozwoju i produkcji podzespołów półprzewodnikowych, nie mogą iść tylko na rachunek producenta podzespołów, lecz muszą być rozliczane łącznie ze sprzedażą sprzętu elektronicznego, który, dzięki uproszczeniu i potaniu kosztów projektowania i montażu sprzętu, głównie korzysta ze skutków tego inwestowania. Zyski otrzymywane na poziomie sprzętu muszą pokrywać koszty ogromnych inwestycji niezbędnych do rozwoju produkcji materiałów i podzespołów. Przykładem firmy najlepiej rozwiązującej ten problem jest IBM.

Drugim niezbędnym warunkiem rozwoju wspólczesnej elektroniki jest zwiększony udział całej gospodarki i budżetu państwa w podtrzymywaniu niezbędnych inwestycji w elektronice.

W wielu krajach w ostatnim dziesięcioleciu elektronika rozwija się szybciej niż inne przemysły. Jedną z przyczyn jest to, że poprawia ona wyniki innych przemysłów, szczególnie poprzez automatyzację, komputeryzację i telekomunikację uzyskuje się wzrost wydajności pracy oraz zwiększa eksport wyrobów innych przemysłów w silnej konkurencji międzynarodowej. Z tego m.in. powodu elektronika jest w wielu krajach szczególnie nadzorowana i popierana przez rządy, które w różnych formach dostarczają funduszy na jej rozwój.

Problem został dostrzeżony najbardziej przez rząd japoński, ponieważ technologia elektroniczna jest naprawdę podstawowa dla przyszłości ekonomicznej dużych krajów. Rząd japoński od wielu lat należał do tych, które stosunkowo mało dotowały przemysł prywatny, znacznie poniżej dotacji rządu amerykań-

skiego i niektórych rządów w krajach europejskich. Jednak Japończycy jako pierwsi uruchomili rządowo-przemysłowy program rozwoju VLSI, przeznaczając na ten cel 250 mln dolarów, gdyż ocenili, że na tym poziomie niezbędnych inwestycji same firmy nie dadzą rady. Za japońskim poszły szybko rządy USA, RFN, Wielkiej Brytanii i Francji, aby nie zostać poza konkurencją. Nawet w tych krajach, w których duże firmy prywatne niechętnie wiążą się z instytucjami rządowymi poprzez przyjmowanie programów rządowych i dotacji państwowych, elektronika coraz bardziej staje się przemysłem państwowym.

U nas w kraju po kilku latach wyraźnie przyspieszonego tempa rozwoju elektroniki nastąpiły w ostatnim okresie zjawiska negatywne, przeciwdziałające rozwojowi elektroniki. Należy do nich zaliczyć:

- zlikwidowanie pionu elektroniki w Ministerstwie Przemysłu Maszynowego,
- dezintegrację, rozdrabnianie branż, brak koncentracji i niezdrową konkurencję zjednoczeń elektronicznych zamiast integracji pionowej i silniejszego powiązania branż podzespołowych ze sprzętowymi,
- utratę zdolności inwestycyjnej i degradację programu rządowego PR3 „Rozwój materiałów i podzespołów dla elektroniki”.

Czego więc należy życzyć zasłużonej dla rozwoju polskiej elektroniki załozce ITE na następnych 15 lat i co jest konieczne, aby mimo bieżących trudności ekonomicznych elektronika mogła się rozwijać i jak najszybciej pomóc w przełamaniu tych trudności?

W ramach przygotowywanej reformy gospodarczej należy:

- **doprowadzić do integracji pionowej elektroniki w Polsce** i całą działalność programową, inwestycyjną, produkcyjną i handlową bilansować kompleksowo w ramach jednego zarządu (zrzeszenia, zjednoczenia lub resortu);
- **dokonać wyboru specjalizacji w rozwoju sprzętu i skoncentrować się na wybranych dziedzinach**, gdyż nie da się w skali naszego kraju produkować efektywnie i na poziomie światowym komputerów, minikomputerów, odbiorników TV, radiodbiorników, central telefonicznych, aparatów telefonicznych, sprzętu pomiarowego, elektroniki motoryzacyjnej i innych. Nie ma szans, aby sprostać rozwojowi w kraju tak szerokiego asortymentu podzespołów, jaki jest niezbędny do wytwarzania takiej gamy sprzętu;
- **przywrócić programowi rządowemu PR3 jego rangę**, aby faktycznie stał się programem rządowym, a nie programem jednego resortu i nadać mu moc koordynacyjną i inwestycyjną.

Miejmy nadzieję, że na elektronikę społeczeństwo spojrzy znowu przyjaźniej, jako na podstawowy składnik nowoczesnej gospodarki, a nie tylko przez pryzmat hałaśliwego sprzętu, tak modnego wśród nastolatków w latach siedemdziesiątych, a który dla wielu był synonimem elektroniki.



Mgr inż. JERZY DAŃDA



dr inż.
MAREK T. JANKOWSKI



mgr inż.
JERZY KALBARCZYK



prof. dr hab.
ANDRZEJ KOBUS

Mikroelektronika MOS

W pierwszej połowie lat siedemdziesiątych w Instytucie Technologii Elektronowej NPCP prowadzono w niewielkim zakresie badania struktur metal-tlenek-półprzewodnik (MOS). Stały się one zależkami prac nad zastosowaniem tych struktur do konstrukcji układów scalonych MOS. Intensyfikacja prac konstrukcyjnych i technologicznych nastąpiła w 1976 r. doprowadzając w tym samym roku do opracowania konstrukcji i technologii pierwszego w kraju układu scalonego MOS o wielkiej skali integracji (LSI), a wdrożenia go do produkcji w roku 1978. W drugiej połowie lat siedemdziesiątych w ITE NPCP powstał zespół obejmujący swoim działaniem główne kierunki badań nad konstrukcją i technologią układów MOS/LSI. W szczególności badania dotyczyły następujących zagadnień:

- konstrukcji układów MOS z uwzględnieniem metodyki projektowania,
- procesów i technologii wytwarzania struktur MOS,
- technologii montażu układów LSI,
- miernictwa układów MOS/LSI,
- diagnostyki technologii i konstrukcji układów MOS,
- wybranych zagadnień zastosowań układów mikroprocesorowych.

Celem tych badań było opracowanie techniki projektowania, technologii i miernictwa wybranych dziedzin układów MOS. W latach 1976 ÷ 81 dążono do opanowania podstawowych technologii MOS umożliwiających opracowanie i uruchomienie produkcji układów przeznaczonych do sprzętu powszechnego użytku — głównie zegarkowych, kalkulatorowych i sprzętu radiowo-telewizyjnego oraz profesjonalnych — głównie pamięci i układów z rodziny uniwersalnego mikroprocesora 8-bitowego.

Obecnie, poza kontynuowaniem badań nad układami do sprzętu powszechnego użytku, przewiduje się rozszerzenie prac nad układami mikroprocesorowymi oraz wprowadzenie nowego kierunku poświęconego układom dla telekomunikacji.

Omówimy pokrótce główne kierunki prac nad układami MOS.

Projektowanie układów MOS

Opracowane w Instytucie układy scalone MOS/LSI reprezentują klasę złożonych układów cyfrowych zawierających od kilkuset do kilkunastu tysięcy tranzystorów. Układ elektryczny o tak dużym stopniu złożoności jest odwzorowywany na płycie krzemowej za pośrednictwem kilku do ponad stu tysięcy figur geometrycznych umieszczonych na sześciu do dziesięciu warstwach odpowiadających kolejnym maskom układu. Opis topografii średniego lub większego układu scalonego wielkiej skali integracji wymaga użycia kilkuset tysięcy danych. Operowanie tak wielką liczbą danych wymaga, do ich obróbki zastosowania komputera, gdyż człowiek staje się zbyt zawodny:

- Projektowanie układu wielkiej skali integracji (LSI) składa się z kilku etapów:
- projektowania logicznego, z wykorzystaniem symulacji komputerowej prowadzonej w zależności od złożoności układu na jednym lub dwóch poziomach szczegółowości. Do nich należy m.in.: symulacja na poziomie przesłań międzyrejestrowych (duże układy) i symulacja logiczna na poziomie bramek (podukłady, małe układy),
 - projektowania elektrycznego polegającego na szczegółowej analizie i optymalizacji charakterystyk elektrycznych podukładów, szybkości przechodzenia sygnału, rozpraszania mocy z uwzględ-

TABELA 1. Zestawienie przykładowych układów scalonych MOS/LSI skonstruowanych w ITE-NPCP

Technologia	Oznaczenie układu	Nazwa układu	Rok opracowania	Rozmiary struktury [mm]	Liczba tranzystorów	Gęstość upakowania elementów [1/cm ²]
PMOS-SI	MCY7506N	rejestr przesuwający 2×100 b odbiornik zdalnego sterowania	1976	1,9×1,8	1 200	350
	MC1025N		1981	3,2×4,2	3 000	223
PMOS-AI	MC74007N	kalkulator 8-funkcyjny	1977	4,5×4,5	10 500	520
	MC14008N	kalkulator inżynierski	1981	5,2×5,4	18 000	640
CMOS-AI	MCX1201	układ zegarkowy (LED)	1978	4,1×4,4	2 000	110
	MCX1202	układ zegarkowy (LCD)	1980	3,2×4,2	3 000	216
	MC14013	układ kalkulatorowy 7-działalowy	1981	5,4×4,6	10 000	400
NMOS-SI	MCY7102N	statyczna pamięć RAM-1 K	1979	3,4×3,6	8 700	710
	MCY7501/5N	rejestr przesuwający 2/1 Kbitów	1979	3,3×3,6	12 500	1074



mgr inż. JAN KOSZUR

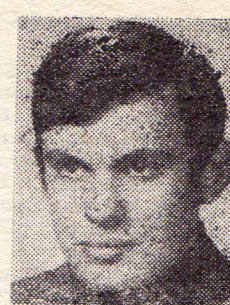
dr inż.
ARTUR OWCZAREKdoc. dr inż.
HENRYK PRZEWŁOCKImgr inż.
JANUSZ TAFF

TABELA 2. Charakterystyki opracowanych dotychczas w Instytucie układów MOS/LSI

Oznaczenie	Nazwa układu, technologia wykonania	Opis funkcjonalny	Napięcie zasilania maks. pobór prądu	Obudowa
MC74005N	Układ kalkulatora 5-funkcyjnego, PMOS	+, -, x, :, %, wyświetlacz LED - 8 cyfr	-6 > -9,5 V 12 mA	DIL 28
MC74007N	Układ kalkulatora 8-funkcyjnego, PMOS	+, -, x, :, %, \sqrt{x} , $1/x$, x^2 , pełne sterowanie pamięcią, wyświetlacz LED - 8-cyfrowy	-6 > -9,5 V 12 mA	DIL 28
MC14008N	Układ kalkulatora inżynierskiego, PMOS	działania arytmetyczne, funkcje trygonometryczne i odwrotne, funkcje logarytmiczne i wykładnicze, 2 poziomy nawiasów, pełne sterowanie pamięcią, wyświetlacz LED - 12-cyfrowy	-6 > -9,5 V 12 mA	DIL 28
MC14013G	Układ kalkulatora 7-funkcyjnego, CMOS	+, -, x, :, %, \sqrt{x} , x^2 , pełne sterowanie pamięcią, wyświetlacz LCD - 8-cyfrowy	-3 V, 180 μ A	plaska 52
MCX1201 MC1201N	Układ zegarkowy, CMOS Układ zegarkowy, CMOS	godz., min., s, data, wyświetlacz LED - 4-cyfrowy	3 V, 11 μ A 3,6 > 5,25 V 50 μ A	struktura DIL 28
MCY1202	Układ zegarkowy, CMOS	godz., min., s, data, dzień tygodnia, wyświetlacz LDC - 4-cyfrowy, w tym 2 znaki alfa- numeryczne	1,5 V, 5 μ A 1,5 V, 3 V 20 μ A	struktura DIL 40
MC1209N	Układ zegara programowanego do radio- odbiorników, PMOS	godz., min., s, data, alarm, „sleep” ¹⁾ , „snooze” ²⁾ , wybra- ny dzień w miesiącu, wyświetlacz LCD - 4-cyfrowy	-7 > -11 V maks. 10 mA	DIL 40
MC1210N	Układ zegara analogowego, CMOS	wo - 4.19 MHz, wy - 0,5 Hz	1,2 > 1,7 V 120 μ A	DIL 8
MC1024N	Nadajnik zdalnego sterowania, CMOS	80 komend w paśmie częstotliwości ultradźwiękowych	7 + 9 V, 10 μ A (spocz.) 3 mA (praca)	DIL 16
MC1025N	Odbiornik zdalnego sterowania, PMOS		17 + 19 V 35 mA	DIL 16
MCY7506N	Dynamiczny rejestr przesuwający 200 bitów, PMOS	2 x 100 bitów, f_{min} = 1 kHz, f_{max} = 2 MHz	-5 V, 5 V, 8,5 mA	DIL 8
MCY7501N MCY7505N	Dynamiczne rejestry przesuwające 2 x 1K, 1 K z recyrkulacją, NMOS	2 x 1024 bitów, 1 x 1024 bitów, f_{min} = 1 kHz, f_{max} (100 pF) = 1 MHz	5 V, 70 mA	DIL 16
MCY7102N	Statyczna pamięć RAM 1K, NMOS	1024 x 1 bit, t_A = 250, 350, 450 i 650 ns	5 V, 55 lub 65 mA	DIL 16
MCY7804	Pamięć ROM 4K	512 x 8 bitów, t_A = 625 ns	5 V, 50 mA	DIL 24

1) „sleep” - funkcja umożliwiająca uruchamianie timera, które następuje w momencie nastawienia zawartości licznika rewersyjnego minut na różną od zera, przy czym stan wyjścia ON/OFF jest zamieniany na nieaktywny;

2) „snooze” - funkcja umożliwiająca wyłączenie sygnału budzenia na 9 min.; wyłączenie to może być powtarzane wielokrotnie w całym zakresie aktywności budzika, tzn. w ciągu 99 min., bez zmiany stanu wyjścia ON/OFF.

nieniem wrażliwości na zmiany parametrów technologicznych,

- projektowania topografii układu, a więc rozmieszczenia tranzystorów i innych elementów oraz połączeń pomiędzy nimi zgodnie z projektem logicznym i elektrycznym oraz tzw. regułami projektowania, tj. zasadami konstruowania topografii wynikającymi z możliwości technologii, za pomocą której układ będzie wykonywany.

Podział na etapy projektowania w rzeczywistości jest umowny, gdyż w zasadzie wszystkie etapy są w różny sposób ze sobą powiązane. Złożoność układów LSI powoduje istotne różnice w procesie projektowania logicznego i topografii w porównaniu z układami małej i średniej skali integracji. Różnice w projektowaniu elektrycznym są znacznie mniejsze, gdyż analizę elektryczną prowadzi się na stosunkowo niewielkich podukładach.

Informację o układach opracowywanych w ITE w latach 1976 ÷ 81 przedstawiono w tab. 1.

Pierwszym układem skonstruowanym w ITE był dynamiczny rejestr przesuwały o pojemności 2×100 bitów (MCY7506N) wykonany technologią PMOS z bramką krzemową. Najbardziej złożonymi układami są, jak dotychczas, układy kalkulatorowe typu MC14008 — wykonane technologią PMOS z bramką Al i typu MC14013 — wykonane technologią CMOS z bramką Al. Z tabeli 1 wynika, że opanowano konstruowanie układów wykonywanych czterema technologiami: PMOS-Al, PMOS-Si, CMOS-Al i NMOS-Si o rozmiarach struktury do około 5×5 mm i liczbie tranzystorów do kilkunastu tysięcy.

Podstawowe właściwości opracowanych dotychczas układów MOS/LSI zestawiono w tabeli 2.

Technologia struktur MOS

Głównymi kierunkami prac nad technologią struktur MOS są:

- opracowanie procesów znajdujących zastosowanie w technologii wytwarzania struktur układów scalonych MOS,
- opracowanie technologii produkcji układów scalonych MOS/LSI,
- wdrożenie opracowanych technologii do produkcji,
- nadzór technologiczny produkcji struktur układów scalonych MOS/LSI.

Do chwili obecnej zostały opracowane i wdrożone technologie PMOS z bramką aluminiową, NMOS z bramką krzemową, miskonapłściowa technologia CMOS z bramką aluminiową.

W wersji laboratoryjnej została opracowana technologia LOCOS NMOS oraz PMOS z bramką krzemową.

W wyżej wymienionych technologiach są wykorzystywane następujące nowoczesne procesy technologiczne: utlenianie z mieszaniny H_2 i O_2 , utlenianie w obecności HCl, osadzanie warstw poli Si i Si_3N_4 metodą LPCVD (*Low Pressure Chemical Vapour Deposition*), automatyczne centrowanie masek oraz implantacja jonów.

W ramach opieki technologicznej nad linią produkcyjną w FP TEWA są prowadzone prace w następujących dziedzinach:

- stałej optymalizacji technologii i operacji technologicznych w warunkach produkcyjnych, mającej na celu powiększenie uzysku i oszczędności materiałowe,
- analizy i zmniejszenia pracochłonności produkcji struktur,
- stałego szkolenia załogi produkcyjnej,
- opracowywania planów rozwoju linii produkcyjnej,
- nadzoru nad prawidłową realizacją technologii i rozwiązywania bieżących problemów.

Technologia mikromontażu układów LSI

Do głównych zadań w dziedzinie mikromontażu układów scalonych MOS/LSI należy opracowywanie nowych technologii montażu i hermetyzacji. Wyniki opracowań i badań sprawdza się wykonując serie modelowe, prototypowe oraz ewentualnie krót-

kie serie laboratoryjne nowo opracowanych układów scalonych.

Można wydzielić cztery główne kierunki prac Zakładu:

- opracowywanie technologii mikromontażu na potrzeby nowo opracowywanych układów scalonych (zarówno w obudowach z tworzyw sztucznych jak i ceramicznych),
- optymalizacja istniejących technologii montażu i hermetyzacji, w tym prace nad eliminacją złota z operacji montażowych, wprowadzenia operacji klejenia struktur, wprowadzenia materiałów krajowych itp.,
- podstawowe prace w zakresie zjawisk fizyko-chemicznych zachodzących w operacjach montażowych i hermetyzacji,
- prace nad opracowaniem nowych technologii montażowych: montaż bezdrutowy, montaż w pakietach.

Do najważniejszych wyników prac w zakresie mikromontażu układów MOS należy opracowanie technologii montażu i hermetyzacji układów scalonych w obudowach z tworzyw sztucznych, dwurzędowych wielowyprowadzeniowych o 28 wyprowadzeniach, które wdrożono do produkcji i o 40 wyprowadzeniach — wdrażanych obecnie. Ponadto w końcowej fazie opracowania jest hermetyzacja układów w obudowach czterostronnych o 52 wyprowadzeniach.

Miernictwo układów MOS/LSI

Miernictwo układów scalonych MOS/LSI ma wiele cech zbliżonych z projektowaniem tych układów. Od strony elektrycznej pomiary różnią się (np. w porównaniu z układami bipolarnymi) nie tylko wartościami prądów, ale i mniejszymi szybkościami ich działania.

Natomiast znacznie większa złożoność układów LSI (szczególnie o budowie nieregularnej, jak układy kalkulatorowe, mikroprocesorowe), ze względu na konieczność operowania dużo większą liczbą danych wymaga użycia do badań funkcjonalnych testerów opierających się na znacznie potężniejszych komputerach niż ma to miejsce w przypadku układów o małej i średniej skali integracji.

Niezwykłej wagi nabiera problem wyboru algorytmu testowania. W przypadku zastosowania algorytmu testującego wszystkie kombinacje logiczne typowego układu LSI proces testowania trwałby bardzo długo (dni, miesiące, lata), co jest nie do przyjęcia ze względów ekonomicznych. Ograniczenie długości algorytmu prowadzi niekiedy do przechodzenia przez testowanie układów wadliwych. Podstawowe znaczenie w testowaniu układów LSI — poza konstrukcją testerów — ma opracowywanie algorytmów testowania optymalnych ekonomicznie (konieczny jest tu kompromis pomiędzy kosztami testowania i szkodami wynikłymi z przepuszczania przez tester układów wadliwych).

Uzupełnieniem pomiarów wykonywanych na testerach jest badanie układów w makietach układów aplikacyjnych. Umożliwiają one sprawdzanie układów scalonych w rzeczywistych warunkach pracy (kalkulatorów, zegarów, systemów mikroprocesorowych).

Diagnostyka technologii i konstrukcji układów

Głównym celem prac w dziedzinie diagnostyki układów MOS jest opracowywanie, wdrażanie i eksploatacja (w produkcji seryjnej w FP TEWA) systemów diagnostyki technologicznej w celu stworzenia możliwości stałej poprawy uzysku produkcyjnego, minimalizacji tzw. „wahnięć uzysku” oraz poprawy niezawodności i zmniejszenia rozrzutu parametrów wyrobów. Opracowane systemy diagnostyczne umożliwiają realizację tych celów m.in. poprzez szybkie wskazywanie przyczyn zmian uzysku, wskazywanie tendencji zmian parametrów (zanim przekroczone zostaną ich wartości dopuszczalne) i ułatwienie podjęcia właściwej korekty technologii produkcji.

Systemy te opierają się przede wszystkim na automatycznie wykonywanych pomiarach struktur próbnych, których wyniki, wraz z wynikami pomiarów międzyoperacyjnych oraz innymi informacjami o stanie linii, rejestrowane są w bazie danych minikomputera HP 9835 A, a następnie poddawane odpowiednim analizom i opracowaniom statystycznym. Wyniki tych analiz statystycznych przedstawiane są technologowi prowadzącemu produkcję, który na ich podstawie — lub po wykonaniu dodatkowych badań metodami diagnostyki szczegółowej — może podjąć trafną decyzję dotyczącą ewentualnej korekty technologii produkcji.

Dotychczas opracowano dwie wersje systemów diagnostycznych: system SD10 dla technologii NMOS i SD20 dla technologii PMOS.

Systemy SD znajdują się obecnie w stadium eksploatacji próbnej prowadzonej wspólnie przez ITE i Wydział Produkcji Układów MOS FP TEWA. Systemy te są stale doskonalone w ten sposób, aby wyniki ich działania dawały technologowi jak najpełniejszy zestaw informacji o stanie linii produkcyjnej, przy minimalnych kosztach działania systemu.

Zastosowanie systemów diagnostycznych w produkcji układów MOS/LSI oraz wiele innych przedsięwzięć technicznych i organizacyjnych dokonanych w ramach programu podniesienia poziomu technicznego produkcji układów MOS/LSI, stało się przyczyną radykalnej poprawy wyników produkcji. W szczególności średni uzysk w produkcji układów MOS/LSI w 1980 r. był znacznie wyższy niż w 1979 r.; dla układu typu MC74007 o 23,3%, dla układu typu MCY7102 o 126,9%, a dla układu typu MCX1201 o 104,4%.

Oszczędności na materiałach, wynikające z tych wartości produkcji, obliczone dla okresu luty—wrzesień 1980 r. wyniosły około 60 mln zł. Ocenia się, że w skali roku oszczędności te przekroczyły sumę 100 mln zł.

Zastosowania systemów mikroprocesorowych

Prace nad zastosowaniami systemów mikroprocesorowych w zakresie sprzętu

Do prac nad zastosowaniami systemów mikroprocesorowych w zakresie sprzętu należą:

- analiza i ocena architektury mikrokomputerów oraz sformułowanie wniosków i wymagań odnośnie do zestawów mikroukładów (a także oprogramowania podstawowego) dla określonych zastosowań,
- wypracowanie metody uruchamiania i badań systemów mikrokomputerowych, rozumianych jako zespolenie sprzętu (czysto mikroprocesorowego, ale również np. indywidualnie projektowanych kontrolerów), oprogramowania i algorytmów użytkownika.

Powyższe zakresy działalności są realizowane w postaci praktycznych i konkretnych systemów użytkowych dla wybranych zastosowań. W ten sposób, niejako przy okazji, zapewnia się rozwiązywanie określonych problemów systemowych (tzn. łącznie sprzętowych i programowych) np. na użytek CEMI bądź dla użytkowników spoza CEMI.

Prace te są ukierunkowane przede wszystkim na systemy mniejsze, o nie przekraczających 4 Kbajtów pojemnościach pamięci programów ROM (EPROM); niezależnie od ograniczonych możliwości wykonawczych zespołu, ocenia się bowiem, że takie systemy stanowią około 50% wszystkich realizowanych na świecie systemów mikrokomputerowych. Zarazem przede wszystkim w takich systemach uwydatnia się specyfika zastosowań systemów mikrokomputerowych.

W początkowym okresie działalności skoncentrowano się na wypracowaniu propozycji odnośnie do architektury mikrokomputerów przewidzianych do produkcji w CEMI, ze szczególnym uwzględnieniem określenia minimalnego zestawu typów mikroukładów. Ponadto wykonywano analizę i kompletowano narzędzia typu MDS do uruchomienia i badań syste-

mów mikroprocesorowych, wliczając w to również procesorowych, wliczając w to również pracę w trybie emulacji sprzętowej (ICE), a także aspekty pracy w czasie rzeczywistym.

W następnym okresie, trwającym do chwili obecnej, opracowywano inteligentne mikrokomputerowe terminale graficzne, wykorzystujące standardowe monitory studyjne (bądź telewizory) do wyświetlania obrazów. Takie terminale stanowią podstawowe wyposażenie współczesnych systemów, a zarazem wydaje się, że potencjalnie mogą one stanowić przedmiot produkcji CEMI.

W czasie prowadzenia badań opracowano kolejno cztery modele mikrokomputerowych terminali graficznych, przy czym wypracowane zostały metody wyświetlania obrazu z wykorzystaniem jego odwzorowania w wydzielonej pamięci RAM, tzw. mapy obrazu. Poszczególne modele różnią się między sobą przede wszystkim pojemnością i zasadami dostępu do pamięci mapy obrazu, a także zasadami kodowania obrazu, mającymi na celu jego kompresję.

Doświadczenia uzyskane przy opracowaniu tych modeli pozwoliły na wyciągnięcie wniosków co do architektury mikroprocesora 8080 (a zwłaszcza odnośnie do niezbędnych interfejsów oraz co do praktycznej przydatności poszczególnych mikroukładów tej rodziny). Ponadto w praktycznych układach zostały wykorzystane i przebadane pierwsze mikroukłady mikroprocesorowe produkcji CEMI: pamięć o pojemności 1 Kbit, zegar i kontroler systemowy. Równolegle uzyskano doświadczenia w zakresie eksploatacji systemu wspomagającego uruchomienie i badanie systemów mikrokomputerowych, co z jednej strony uzmysłowiło jego ograniczenia (w zakresie uruchamiania sprzętu, a także pracy w czasie rzeczywistym), ale z drugiej strony pozwoliło na przeszkolenie kilkudziesięciu pracowników różnych instytucji.

Prace nad zastosowaniami systemów mikroprocesorowych w dziedzinie oprogramowania

Postępy w konstrukcji i technologii mikroukładów powodują bardzo szybka obniżkę kosztów sprzętowych składników systemów informatycznych. Nie towarzyszy temu procesowi szybka obniżka kosztów składników programowych. Według różnych ocen autorów zachodnich, koszt opracowania programów sięga 60 ÷ 80% łącznych kosztów opracowania systemu informatycznego. W związku z tym, wprowadzaniu mikroprocesorów na rynek krajowy powinny towarzyszyć wieloaspektowe działania producenta systemów mikroprocesorowych w dziedzinie oprogramowania.

Działający w ramach Pionu zespół oprogramowania systemów mikroprocesorowych w okresie swojego istnienia prowadził działania mające na celu obniżenie społecznych kosztów tworzenia oprogramowania. Zdecydowano się to uzyskać w następujący sposób:

- skłonić użytkowników do stosowania przy programowaniu metod postępowania uznawanych powszechnie za efektywne,
- stworzyć przesłanki techniczno-organizacyjne do zminimalizowania dublowania prac programistycznych,
- przygotować potencjalnych użytkowników systemów mikroprocesorowych do szybkiego wejścia w dziedzinę programowania.

Pierwszy cel był realizowany przez opracowanie metody programowania pochodnej od sprawdzonego już w praktyce podejścia zwanego programowaniem strukturalnym. Metoda ta, nazwana przez nas modelowaniem strukturalizowanym, polega na podziale procesu tworzenia programu na dwie fazy — w pierwszej tworzy się model obiektu sterowanego i programów sterujących, w drugiej tworzy się właściwe programy. W pierwszej stosuje się wyższy język programowania — Simule, w drugim język symboliczny mikroprocesora — łącząc wygodę programowania w języku wyższego szczebla ze specyfiką systemów mikroprocesorowych, wymagających na ogół efektywnego, w sensie pojemności pamięci i czasu działania, programu. W większości przypadków

można to uzyskać tylko poprzez napisanie ostatecznej wersji programu w języku symbolicznym. Równocześnie dysponowanie modelem obiektu sterowanego, który powstaje w zastosowanej metodzie w pierwszej fazie prac, znacznie przyspiesza prace przy uruchamianiu programów, gdyż model ten stanowi naturalne źródło sygnałów testujących działanie programu sterującego. Metodę weryfikowano, pisząc według jej wymagań program elektronicznej gry w bilard, który tu posłużył jako prosty model procesów współbieżnych w czasie, oraz program sterownika pieca dyfuzyjnego (we współpracy z PIE NPCP). Uproszczony wariant metody stosowano również przy pisaniu dużo prostszych programów, służących do wspomagania przetwarzania wyników testów psychologicznych, tzw. kwestionariuszy osobowości Eysencka i Cattella.

Drugi cel był realizowany poprzez przygotowanie pewnej liczby programów mogących mieć szerokie zastosowanie, a mianowicie programów realizujących operacje arytmetyczne zmienoprzecinkowe i staoprzecinkowe w różnych formatach, procedury konwersji danych, podstawowe operacje na tekstach oraz przygotowanie systemu informatycznego automatyzującego operacje administracyjno-edytorskie biblioteki programów mikroprocesorowych B ITE M (Biblioteka ITE Mikroprocesorowa). Badanie przygotowania tego systemu i prowadzenia wstępnej eksploatacji biblioteki B ITE M wykonuje kooperant ITE ZETO Łódź, z którym zawarta została odpowiednia wieloletnia umowa w tym zakresie.

Prace już wykonane nie przesądzają o sukcesie. Dopiero jeśli użytkownicy systemów mikroprocesorowych zaczną korzystać z biblioteki zarówno czynnie, tzn. wzbogacając jej zbiory swoimi programami, jak i biernie, tzn. sprawdzając czy w zbiorach B ITE M znajduje się potrzebny im program i nabywając go zamiast podejmować opracowanie programu od nowa, to wtedy będzie można uznać, że akcja się powiodła. Wydaje się, że sukces zależy przede wszystkim od odpowiednich rozwiązań ekonomicznych. Programy, które zostały przekazane do biblioteki B ITE M, jako jej zaczątek, przez ITE NPCP, powstały w czasie wykonywania programów, służących do weryfikowania metody modelowania strukturalizowanego, w związku z czym przechodziły okres testowania wystarczająco długi, aby można było usunąć większość błędów.

Trzeci cel realizowano współpracując z Centrum Szkoleń Informatycznych ZETO Łódź prowadząc cykl kursów mikroprocesorowych. Tematyka tych kursów obejmowała zarówno zagadnienia architektury systemów mikroprocesorowych, jak i programowanie w języku symbolicznym oraz wyższym języku programowania PLM/80, a także stosowanie metody modelowania strukturalizowanego. Dla uczestników tych kursów opracowano również materiały pomocnicze w postaci skryptów oraz folii i przezroczyci dla wykładów.

Sprawom perspektywicznych zastosowań mikroprocesorów służy m.in. umowa z Instytutem Informatyki Uniwersytetu Warszawskiego, który prowadzi prace teoretyczne na temat wieloprocessorowości i jej mikroprocesorowych realizacji, problemów synchronizacji procesów współbieżnych i zapisu synchronizacji w wyższych językach programowania oraz umowa z Instytutem Maszyn Matematycznych MERA, który realizuje dla ITE translator skrośny języka Modula. Spodziewamy się wykorzystać te prace w zastosowaniach przemysłowych (np. wieloprocessorowe systemy sterowania w centralach telefonicznych), a także u innych użytkowników, np. przez wykorzystanie translatora języka Modula za pośrednictwem biblioteki B ITE M.

Z powodu zmniejszonej objętości zeszytu artykuł doc. dr hab. Bohdana Mroziewicz pt. „Optoelektronika półprzewodnikowa” zostanie zamieszczony w nr 1/82 „Elektroniki”.



Doc. dr inż.
JERZY F. KOŁODZIEJSKI

Bipolarne układy scalone

Pierwsze w kraju bipolarne układy scalone opracowane zostały w skali laboratoryjnej w latach sześćdziesiątych, a ich produkcja seryjna rozpoczęła się w 1972 r. w istniejącym wówczas Zakładzie Doświadczalnym Półprzewodników przy Instytucie Technologii Elektronicznej. Początkowo były to układy scalone cyfrowe, realizujące podstawowe funkcje logiczne takie, jak bramki NAND, układy AND-OR-INVERT i ekspandery [1, 2]. W roku 1973 rozpoczęto produkcję układów analogowych przeznaczonych do sprzętu powszechnego użytku, przede wszystkim do odbiorników radiowych i telewizyjnych.

Te początkowe działania w zakresie produkcji układów scalonych, choć opierały się na pomocy specjalistów zagranicznych oraz wykorzystywały zakupione za granicą urządzenia technologiczne i pomiarowe, to również zależały w istotny sposób od doświadczenia zebranego przez kadre inżyniersko-techniczną i pracowników naukowych z własnych prac badawczych i laboratoryjnych. Doświadczenie to stało się także podstawą wprowadzanych następnie modernizacji i modyfikacji produkowanych wyrobów oraz posłużyło do podjęcia opracowań wielu nowych typów układów scalonych.

W latach 1973—76, które możemy przyjąć umownie za drugi etap rozwoju bipolarnych układów scalonych, opracowano w ITE i wdrożono do produkcji grupę scalonych układów cyfrowych średniej skali integracji oraz układy dla sprzętu powszechnego użytku.

W grupie układów cyfrowych były to:

- UCY 7442N — dekodery dziesiętne,
- UCY 74151 N — 8-wejściowy selektor (multiplexer),
- UCY 74153N — podwójny 4-wejściowy selektor (multiplexer),
- UCY 74157N — poczwórny 2-wejściowy selektor (multiplexer),
- UCY 74180N — ośmiobitowy generator.

W grupie układów analogowych opracowano zarówno układy o szerokim i różnorodnym przeznaczeniu takie, jak typu UL 1101 stanowiący dwa niezależne wzmacniacze różnicowe i typu UL 1111 — para różnicowa i trzy tranzystory *n-p-n*, oraz układy specjalizowane do sprzętu radiowo-telewizyjnego. Wśród tych układów były:

- UL 1242N — wzmacniacz p.c. fonii FM z demodulatorem koincydencyjnym [3, 4, 5, 6],
- UL 1261N — selektor i separator impulsów linii i pola dla tyrystorowego układu odchyłania poziomego OTV,
- UL 1262N — o funkcjach takich jak powyżej dla tranzystorowego stopnia odchyłania [7, 8].

Opracowany również został układ typu UL 1350N stanowiący wzmacniacz mikrofonowy do mikrofonu elektronicznego aparatu telefonicznego [10, 11].