

prof. dr hab. inż. Andrzej Kos

**Tel. 34.35, email: kos@uci.agh.edu.pl
Pawilon C3, pokój 505**

PROJEKTOWANIE UKŁADÓW VLSI

Forma zaliczenia: egzamin

PRODUCT INFORMATION

The LCI-SMARTpen™ is a fully functioning advanced wireless computer system, miniaturized so it fits and performs like a pen. Its biometric recognition of the way in which an individual writes, makes it the world's first wireless signature authentication device. From the Internet to security, LCI-SMARTpen™ will forever change electronic commerce.

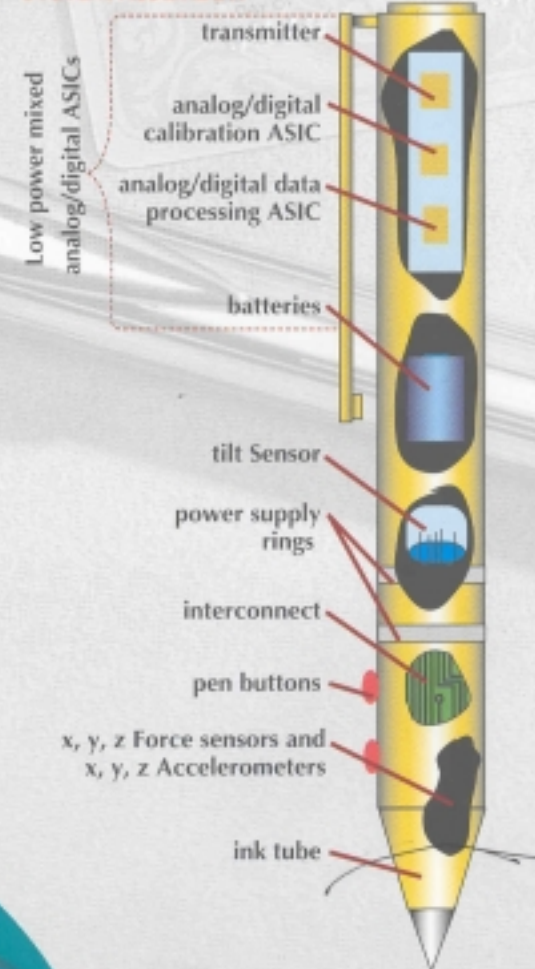
TECHNOLOGY INTEGRATION:

- Integrated Microsystem
- mechanical
- mixed analog/digital devices
- embedded control & data processing
- molded interconnect devices
- low power (battery powered)
- ASIC design and MCM implementation
- Integrated Manufacturing Processes

INTEGRATED MICRO SYSTEMS:



SYSTEM ASSEMBLY:

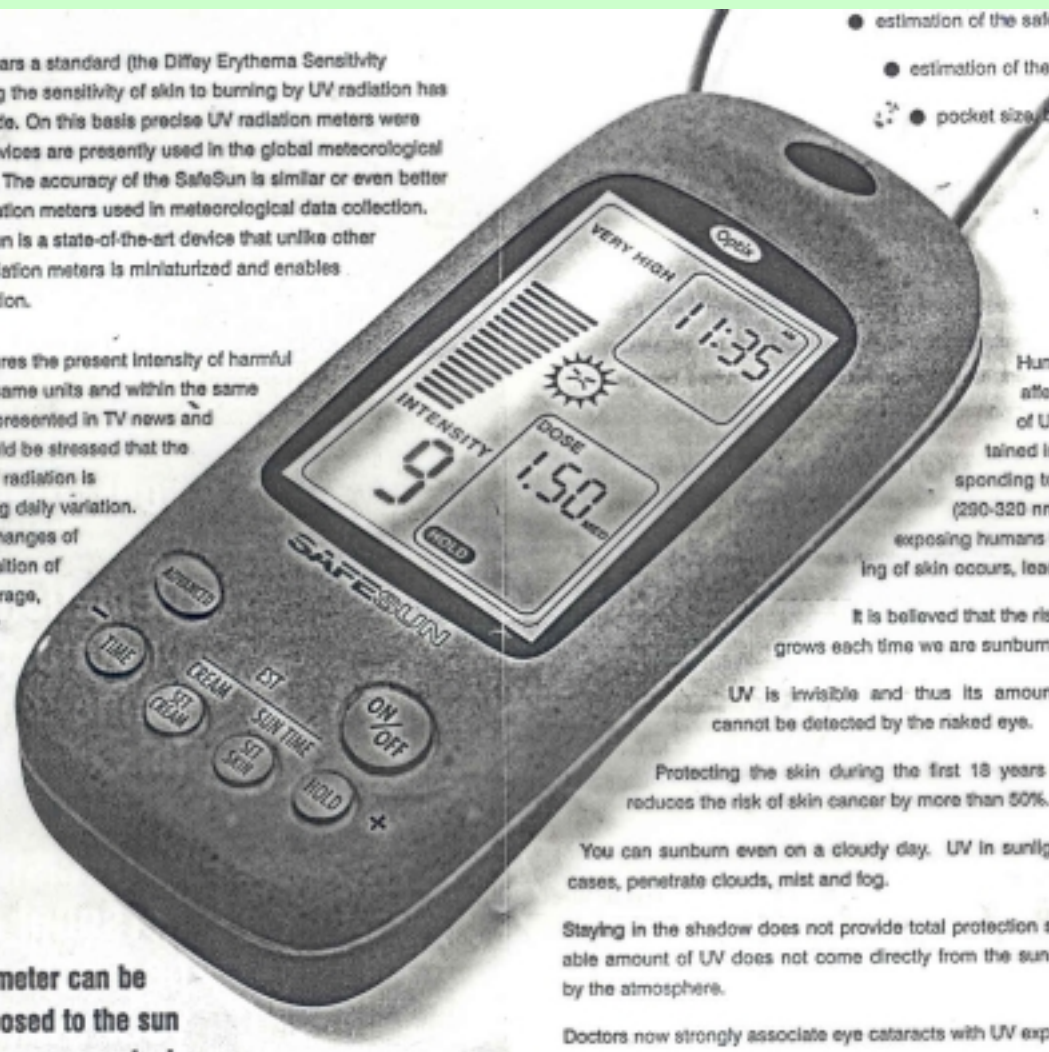


LCI SMARTpen

ears a standard (the Diffey Erythema Sensitivity
ing the sensitivity of skin to burning by UV radiation has
ide. On this basis precise UV radiation meters were
eveloped. These devices are presently used in the global meteorological
network. The accuracy of the SafeSun is similar or even better
than the radiation meters used in meteorological data collection.
SafeSun is a state-of-the-art device that unlike other
radiation meters is miniaturized and enables
portable use.

SafeSun measures the present intensity of harmful
UV radiation in the same units and within the same
range as presented in TV news and
newspapers. It could be stressed that the
UV radiation is
not constant during daily variation.
SafeSun shows changes of
radiation of
position of
the sun, time of
day, etc.

meter can be
posed to the sun



- estimation of the safe
- estimation of the n
- pocket size, ba

Human
effect
of UV
radiation
is retained in
the skin
depending on
the wavelength
(290-320 nm)
exposing humans to
UV radiation
leading to skin
cancer, lead

It is believed that the risk
of skin cancer
grows each time we are sunburnt.

UV is invisible and thus its amount
cannot be detected by the naked eye.

Protecting the skin during the first 18 years of
life reduces the risk of skin cancer by more than 50%.

You can sunburn even on a cloudy day. UV in sunlight
cases, penetrate clouds, mist and fog.

Staying in the shadow does not provide total protection since
a considerable amount of UV does not come directly from the sun but
is scattered by the atmosphere.

Doctors now strongly associate eye cataracts with UV exposure.

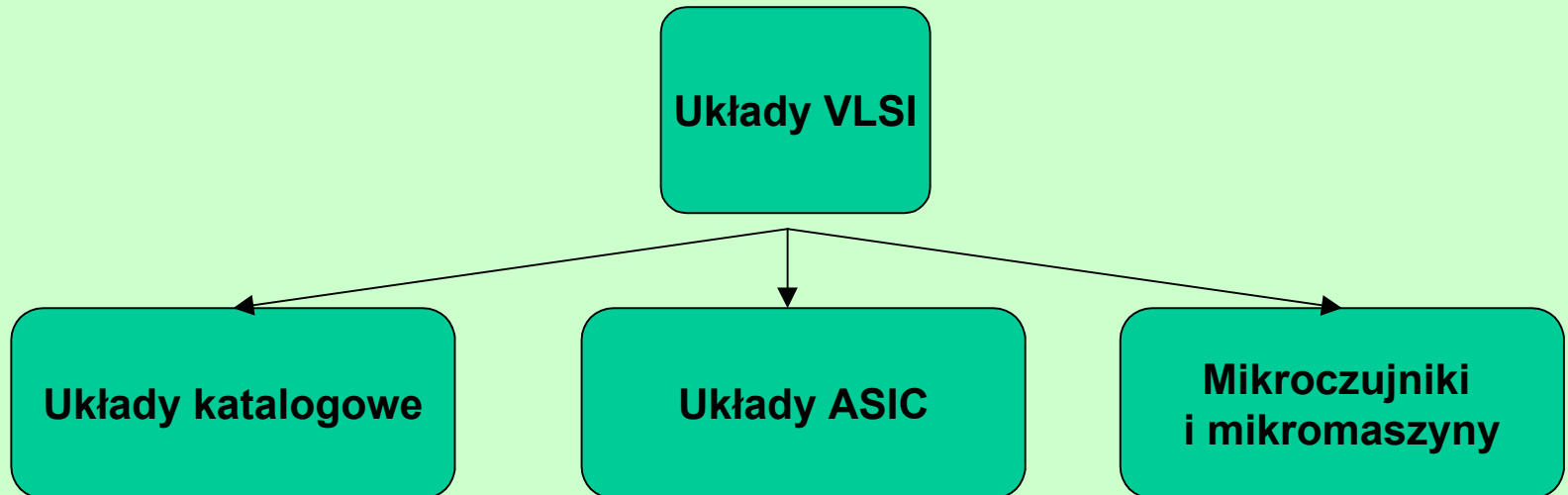
Układy VLSI wczoraj i dzisiaj

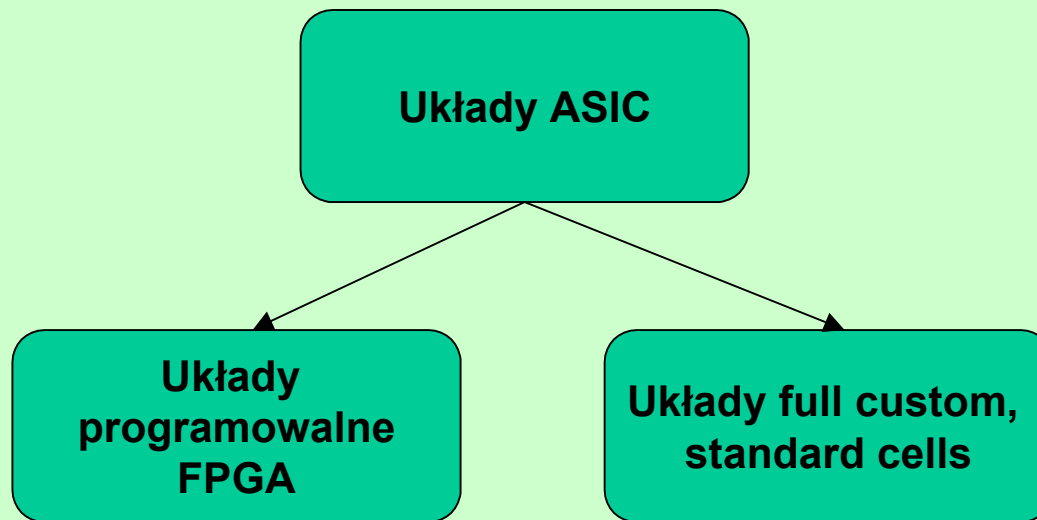


Pierwszy układ scalony - JACK KILBY, Texas Instruments, 1959r. Tranzystory widoczne gołym okiem.



Układy zawierają 1000 000 000 tranzystorów w jednym module scalonym, a wymiar tranzystora jest mniejszy od długości fali promieniowania widzialnego.





Rodzaje układów ASIC i ich zastosowania - bardziej detalicznie

- Układy projektowane w stylu „full custom”
- Układy z komórek standardowych
- układy matrycowe
- Układy programowane przez użytkownika
- Zalety, wady i zakres zastosowań

Układy projektowane indywidualnie - „full custom”

- Największa uniwersalność
- Najlepsze wykorzystanie powierzchni
- Najniższy koszt w produkcji wielkoseryjnej
- Bardzo pracołłonne projektowanie

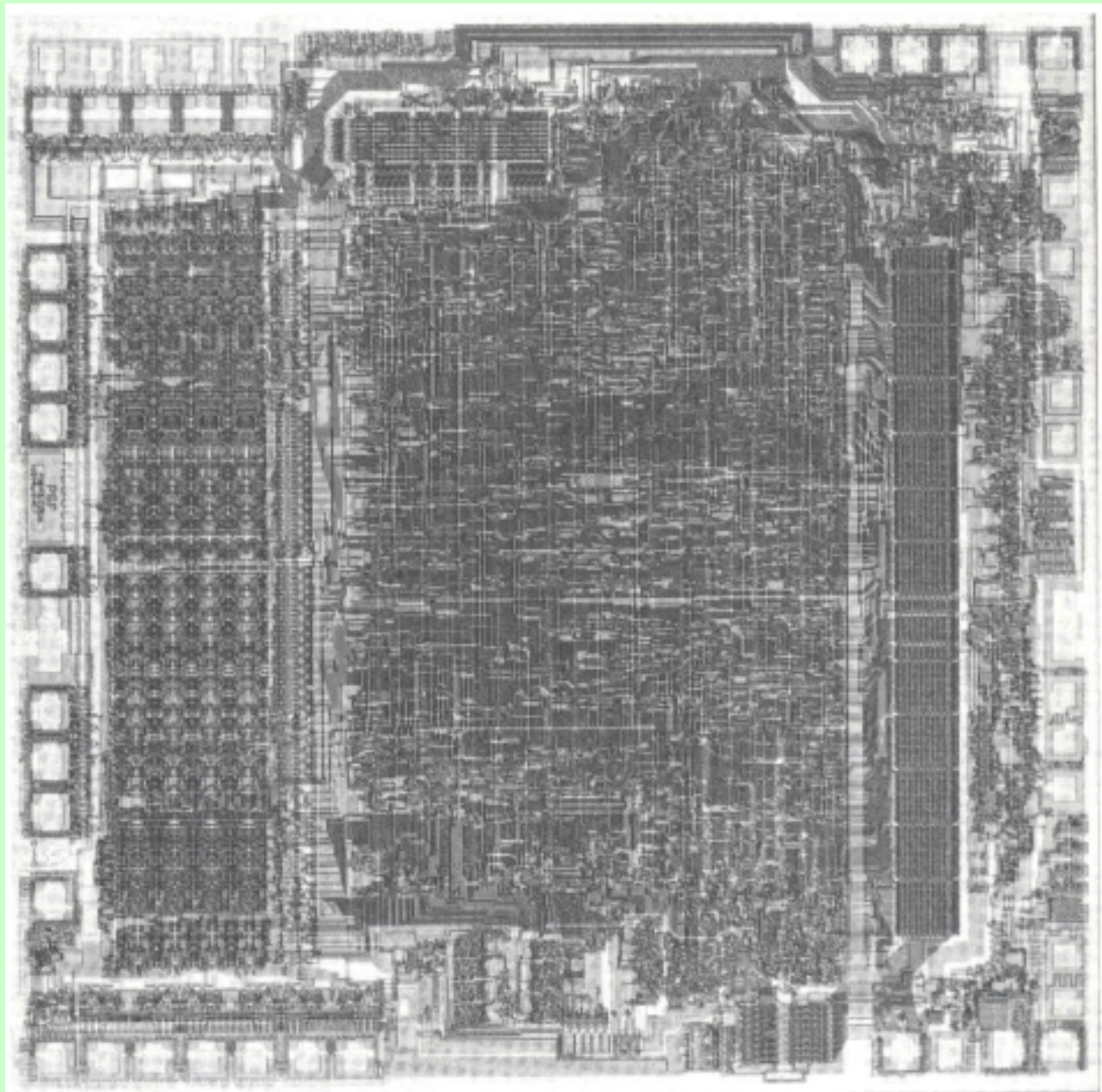
Magia liczby $\sqrt{2}$

CO TRZY LATA:

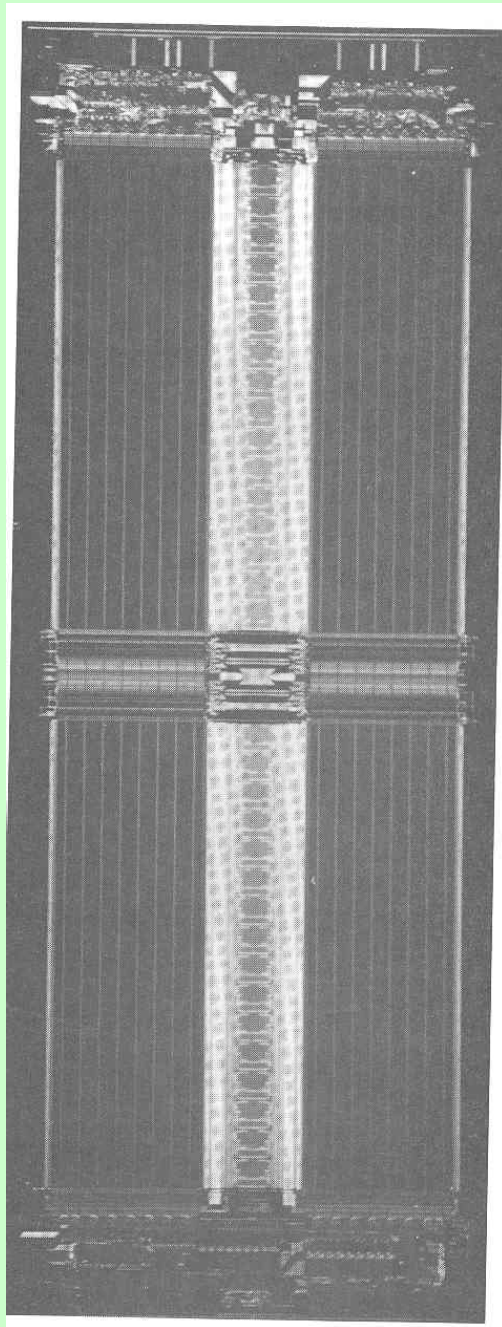
1. Minimalny wymiar tranzystora maleje 1.4 raza
2. Maksymalna powierzchnia układu rośnie 1.4 raza
3. Maksymalna liczba tranzystorów w układzie rośnie CZTEROKROTNIE
4. Maksymalna szybkość działania układów wzrasta TRZYKROTNIE (2001 - 2 GHZ !
mikrofale !?!?!?)

Główne nurty mikroelektroniki na świecie i producenci

- Standardowe układy katalogowe (Intel, Motorola, Siemens, Samsung, Toshiba, ...)
- Układy specjalizowane ASIC (liczne wytwórnie krzemowe: Belgia, Francja, Australia, Niemcy itd.)
- Układy specjalizowane programowalne ASIC (wielkie firmy)
- Mikroczipy i mikromechanizmy (liczne nowe firmy)



**Topografia procesora Motorola 6809. Styl projektowania „random logic”
Pierwsze duże projekty: Motorola 68000, Intel 8080. Nadmiar „wolnej przestrzeni”.**

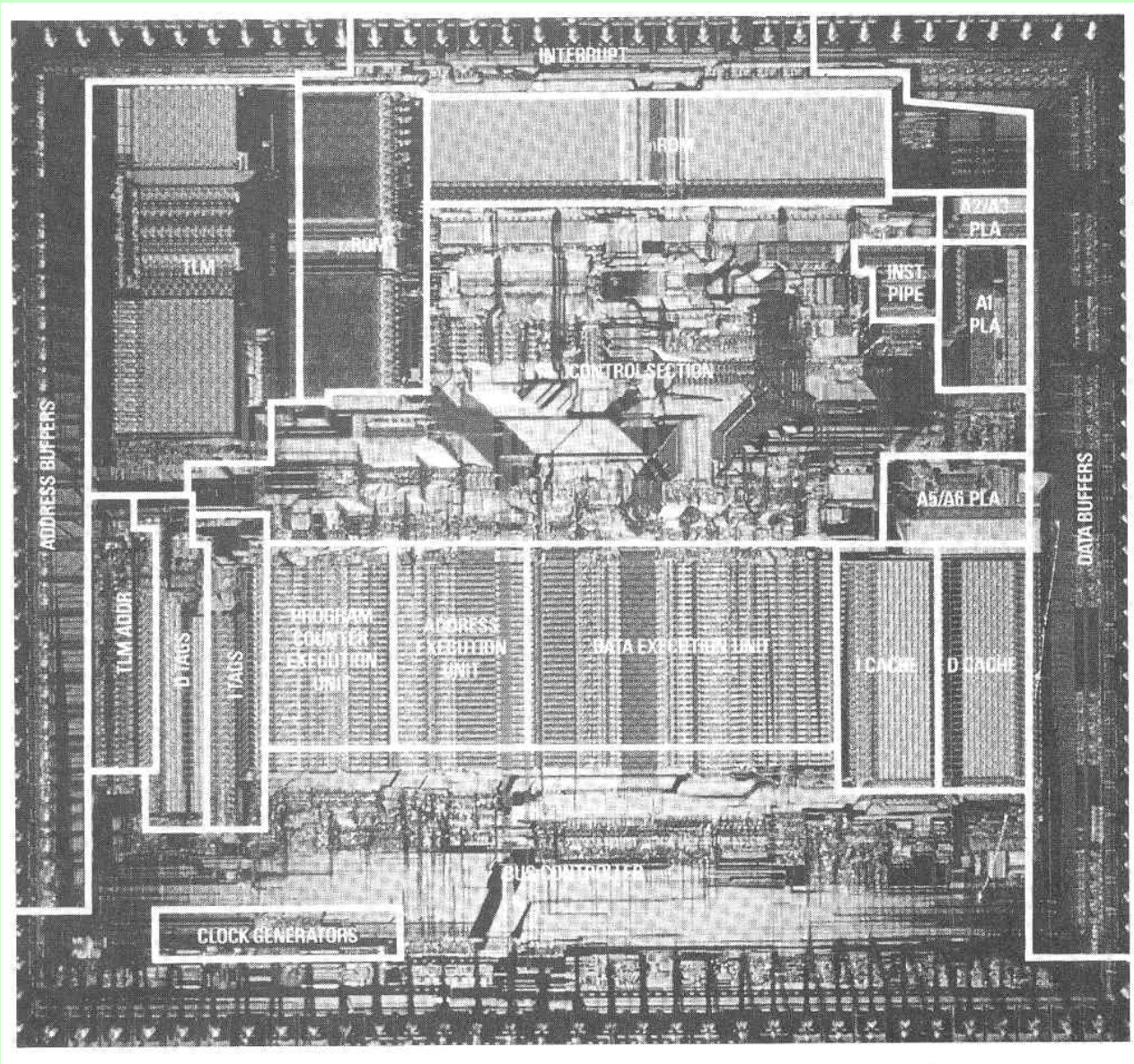


Topografia pamięci Texas Instruments 1M-bit DRAM Przykład logiki strukturalnej (większe „upakowanie”)

**Współczynnik wielokrotnego wykorzystania
bloków standardowych**

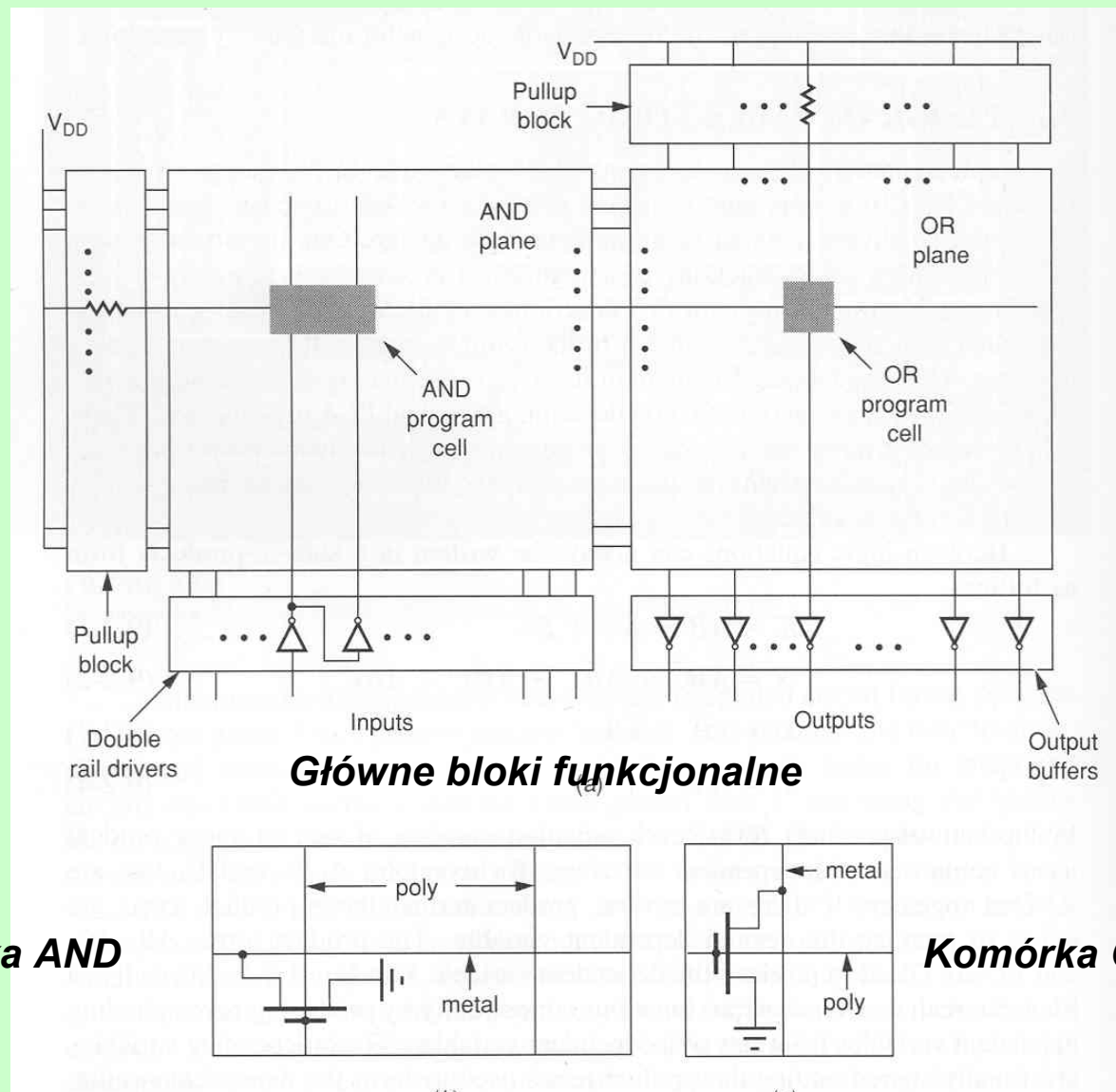
Chip name	Number of devices	Regularity factor
8080	4,600	1.1
8085	6,200	3.1
8086	29,000	4.4
Z8000	17,500	5.0
68000	68,000	12.1
iAPX-432	110,000	7.9
RISC	44,000	27.5

**Czas projektowania topografii „full custom”
ok. 5-10 elementarnych bloków (bramek,
 tranzystorów) na dzień. Czas całkowity =
czas projektu + czas rozmieszczenia +
czas symulacji, weryfikacji itp.**

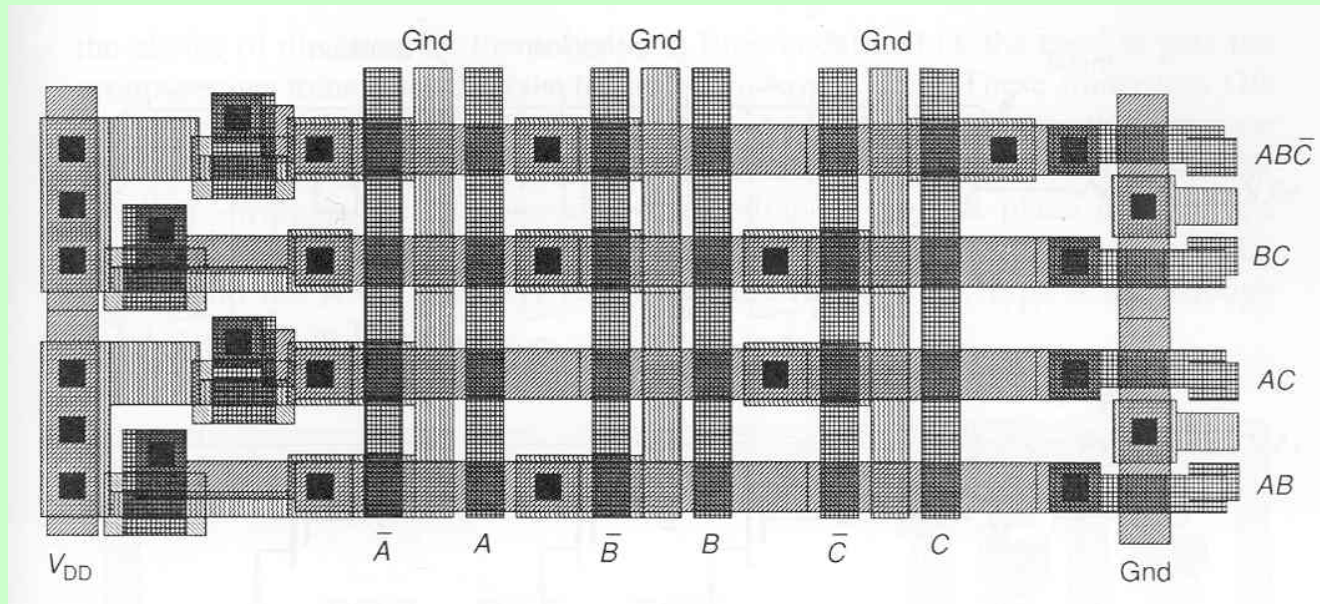


Motorola 68030
logika strukturalna

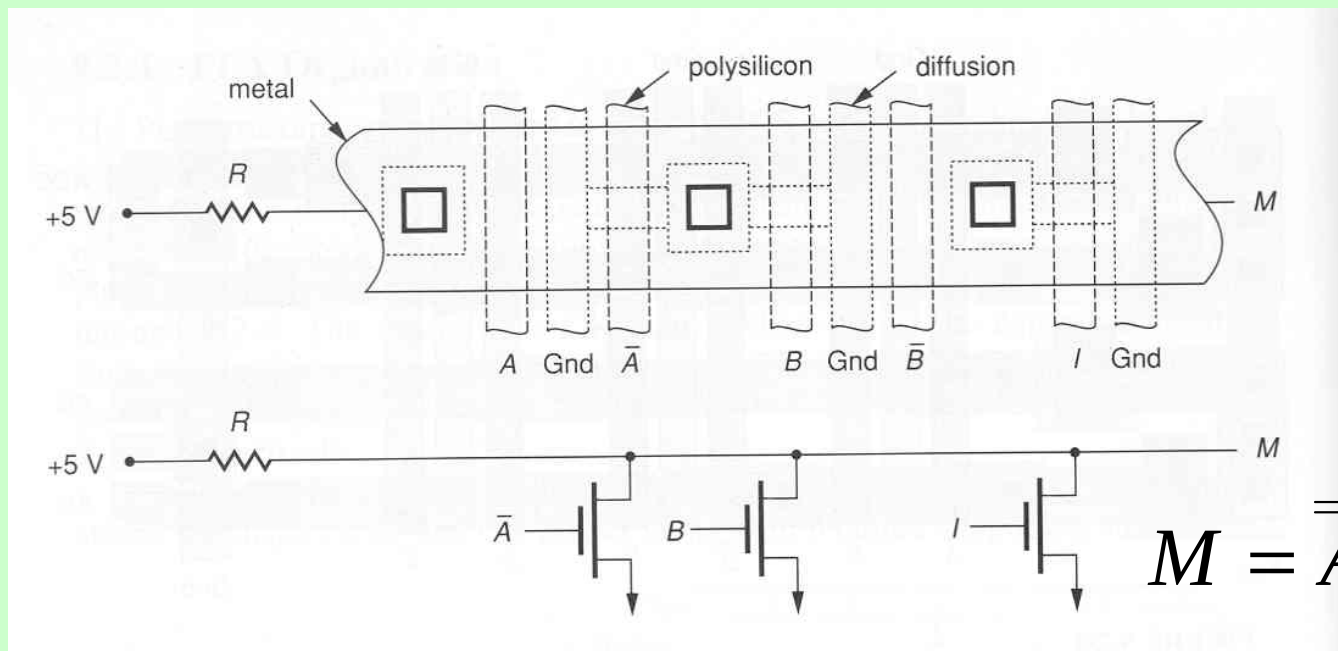
UŁADY PROGRAMOWALNE



Uproszczona architektura PLA (programmable logic array)

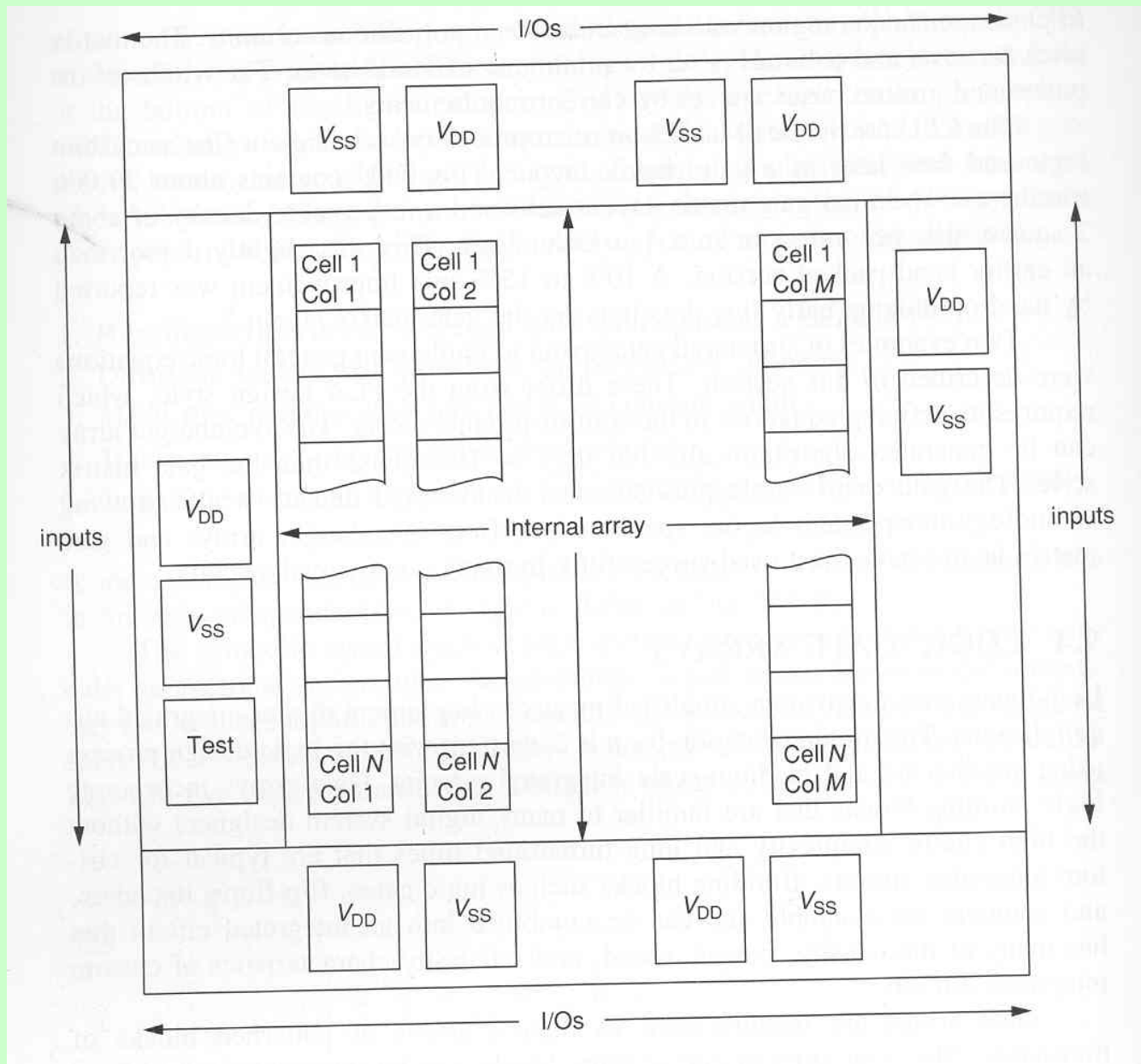


Topografia komórek AND (PLA)

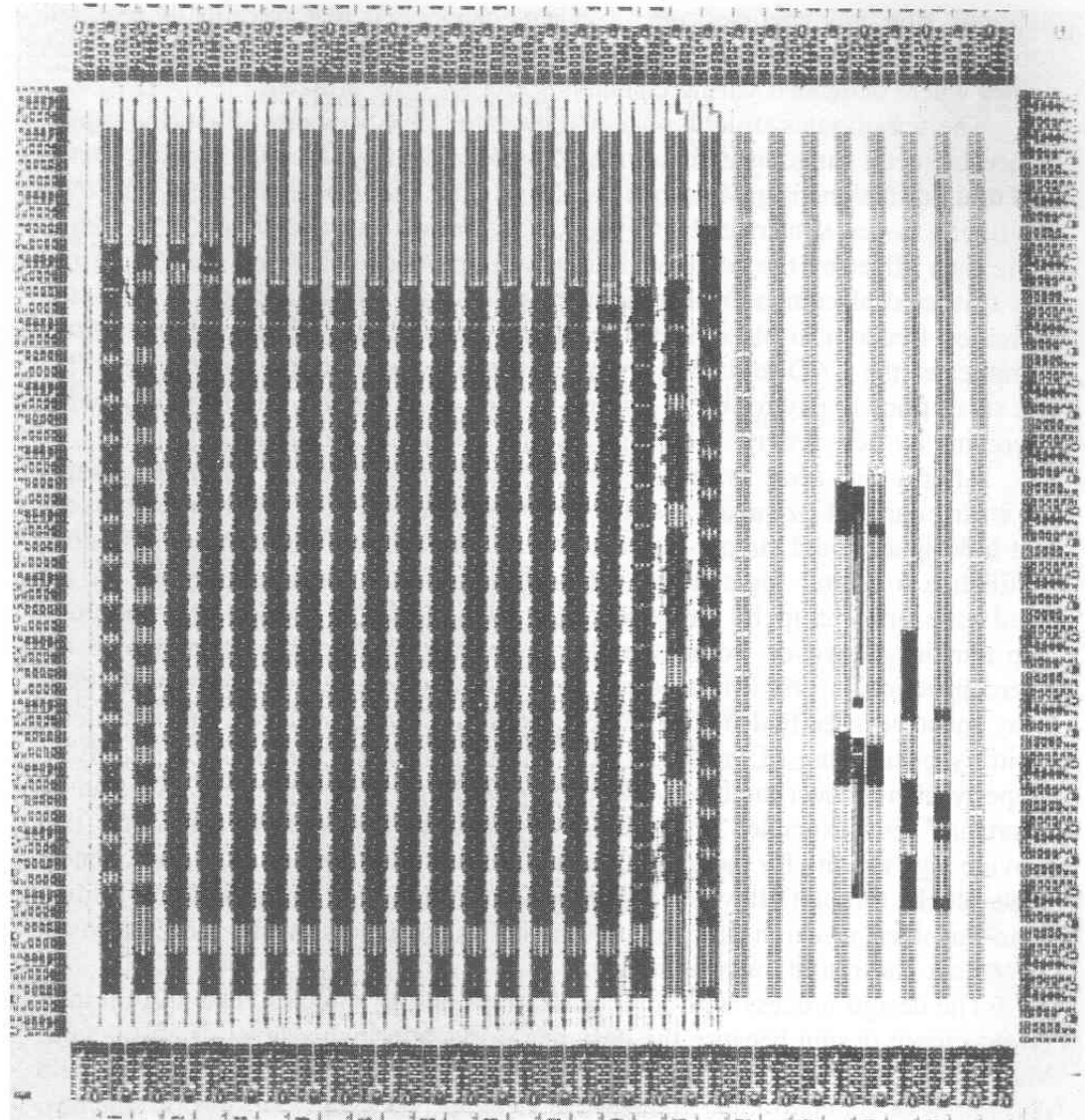


Struktura NOR macierzy AND (PLA)

$$M = \overline{\bar{A} + B + I} = \overline{\bar{A}} \overline{B} \overline{I}$$



Typowa struktura gate-array



Przykładowa topografia matrycy gate-array

SZYBKOŚĆ DZIAŁANIA, A TECHNIKA ASIC

Prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej:

1s —————> 300 000 km

1ns —————> tylko 30 cm !

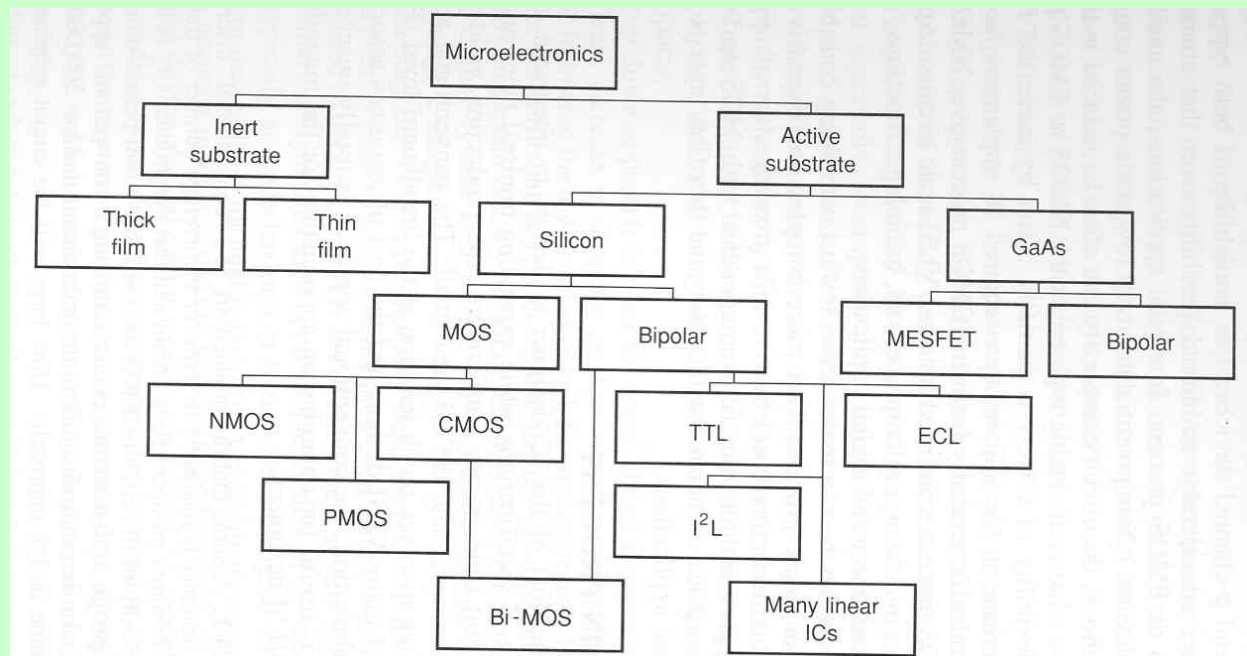
Odległość między elementami na płycie drukowanej: kilka centymetrów

Odległość między elementami w układzie scalonym : kilka mikrometrów

W układzie „full custom” optymalna (minimalna) długość połączeń

W układzie FPGA narzucona (nadmiarowa) długość połączeń.

Wybór techniki i technologii decyduje o parametrach fizycznych i cenie produktu:



MIKROSYSTEMY I MIKROUKŁADY

Problemy:

1. Koszt
2. Niezawodność
3. Mikroelektronika na świecie - tendencje rozwoju
4. Mikroelektronika w Polsce - bariery, czy można je pokonać ?

KOSZT

Średni koszt procesora komputera:

10 000 \$ - 1000 000 \$ w 1975r.

0.1 - 10\$ w 2001r.

Obniżka ceny jednostkowej ok. 100 000 razy !

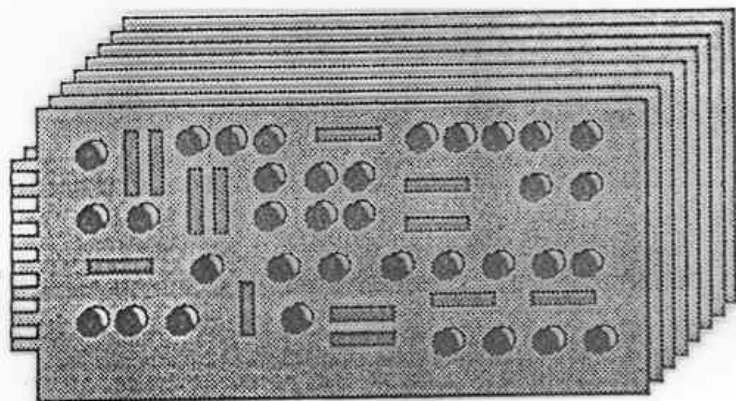
NIEZAWODNOŚĆ

Średni czas bezawaryjnej pracy procesora komputera:

kilkadziesiąt godzin w 1975r.

kilkadziesiąt lat (lub więcej) w 2001r.

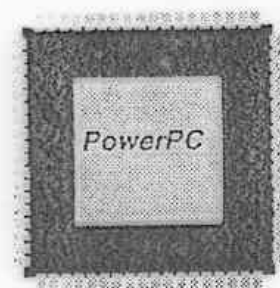
Wzrost niezawodności ok. 10 000 razy !



1975

**Tysiące pakietów drukowanych
dziesiątki tysięcy elementów**

**1 000 000 tranzystorów
3 000 000 wyprowadzeń
i punktów lutowniczych**



2001

Mikroprocesor

**1 000 000 000 tranzystorów
600 wyprowadzeń
i punktów lutowniczych**

Częstotliwość uszkodzeń pojedynczego elementu wynosi s , zaś częstotliwość uszkodzeń układu lub systemu złożonego z N elementów wynosi Ns .

W poprawnie skonstruowanej aparaturze elektronicznej uszkodzeniom nie ulegają tranzystory, lecz połączenia !

Dlaczego właśnie układy ASIC ?

1. Wyższa niezawodność
2. Mniejsza pracochłonność i koszt produkcji
Indywidualizacja wyrobów (nowe funkcje, lepsze parametry)
3. Ochrona myśli technicznej

Odrobina fizyki

Gęstość atomów krzemu: $5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$. To znaczy, że średnia odległość atomów wynosi 0.27 nm, czyli w technologii 2.7 μm (zabytkowej) liczba atomów wzdłuż boku bramki wynosi 10 000, ale w technologii 0.27 μm tylko 1000, podczas gdy dla $L=27\text{nm}$ zaledwie 100 atomów.

Wytrzymałość dielektryczna dwutlenku krzemu wynosi 5-10 MV/cm. Czyli napięcie 5V przy grubości warstwy izolacyjnej 10nm (ok. 30 atomów) jest na granicy wytrzymałości !

Warstwa „1 atomowa” wytrzymuje napięcie ok. 0.17 V.