



Assembler

1



Kiedy assembler

- *Gdy potrzebny jest kod działający samodzielnie tzn. bez systemu operacyjnego*
 - *Gdy potrzebny jest kod o krytycznej wydajności*
 - *Gdy kod bezpośrednio współpracuje ze sprzętem*
 - *Gdy kod korzysta z rozkazów niedostępnych w językach wysokiego poziomu*
 - *Gdy zależy nam na ekstremalnie małym rozmiarze kodu*
 - *Gdy nie dysponujemy kompilatorem języka wysokiego poziomu na nowym typie procesora*
-
- *Gdy piszemy programy ładujące system operacyjny (bootloader), jądra systemów (kernel)*
 - *Gdy piszemy oprogramowanie o podstawowym znaczeniu dla działania systemu (BIOS)*



Wstępny program zajęć

- *Procesy RISC i CISC*
- *Architektura procesora RISC na przykładzie procesora ATmega z rdzeniem AVR*
- *Rodzaje pamięci w układach AVR, przestrzeń adresowa pamięci danych i pamięci programu*
- *Rejestry robocze*
- *Przestrzeń wejścia-wyjścia, rejestry funkcyjne*
- *Stos*

- *Elementy języka assembler (dyrektywy, makra, podstawowe instrukcje)*
- *Inicjalizacja stosu*
- *Środowisko programowe AVR Studio, pierwszy program, debugowanie*
- *Zestaw uruchomieniowy ZL3AVR*
- *Porty jako cyfrowe wejście-wyjście*
- *Programator USBASP*
- *Procedury w assemblerze*



WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rys historyczny

Od liczydła do komputera



WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój technik obliczeniowych

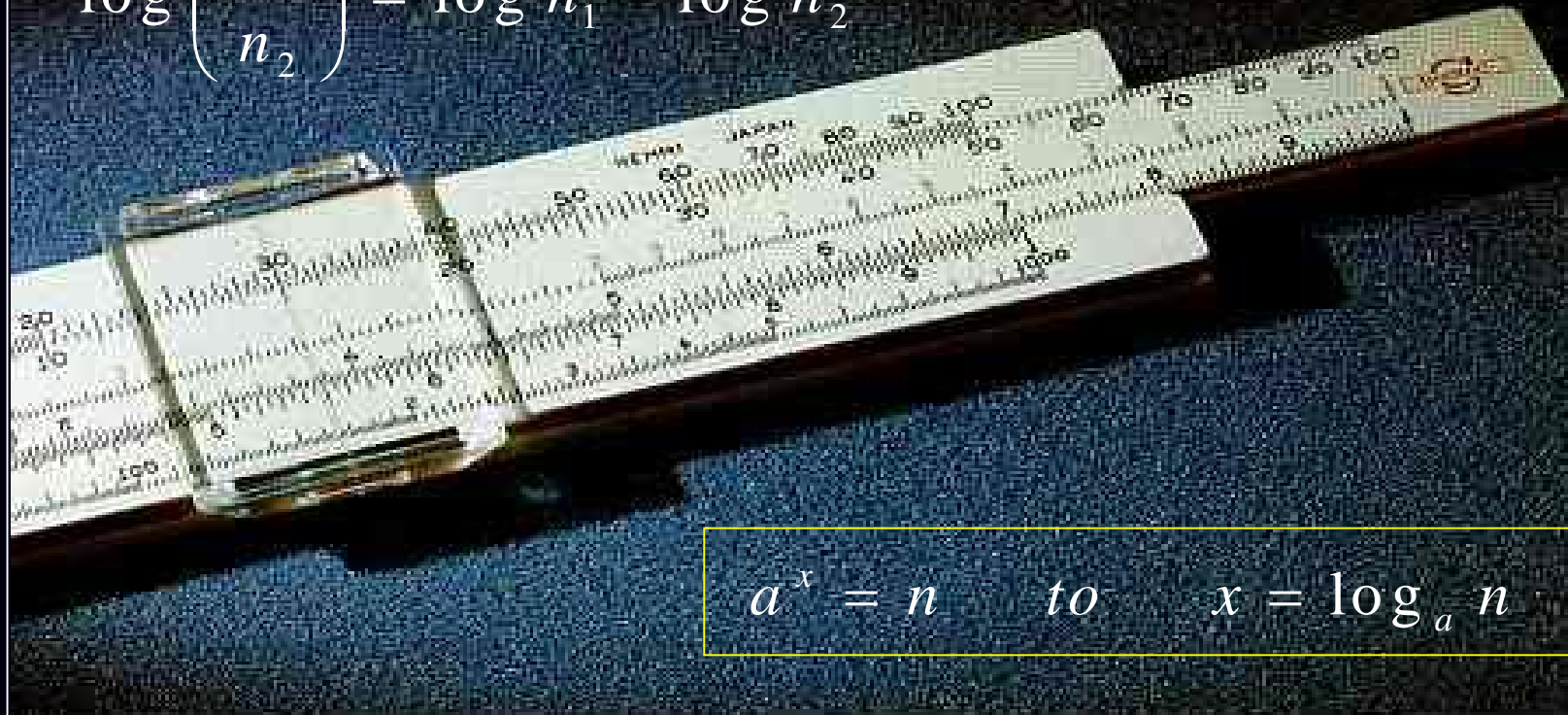




1600 Suwak logarytmiczny

$$\log(n_1 \cdot n_2) = \log n_1 + \log n_2$$

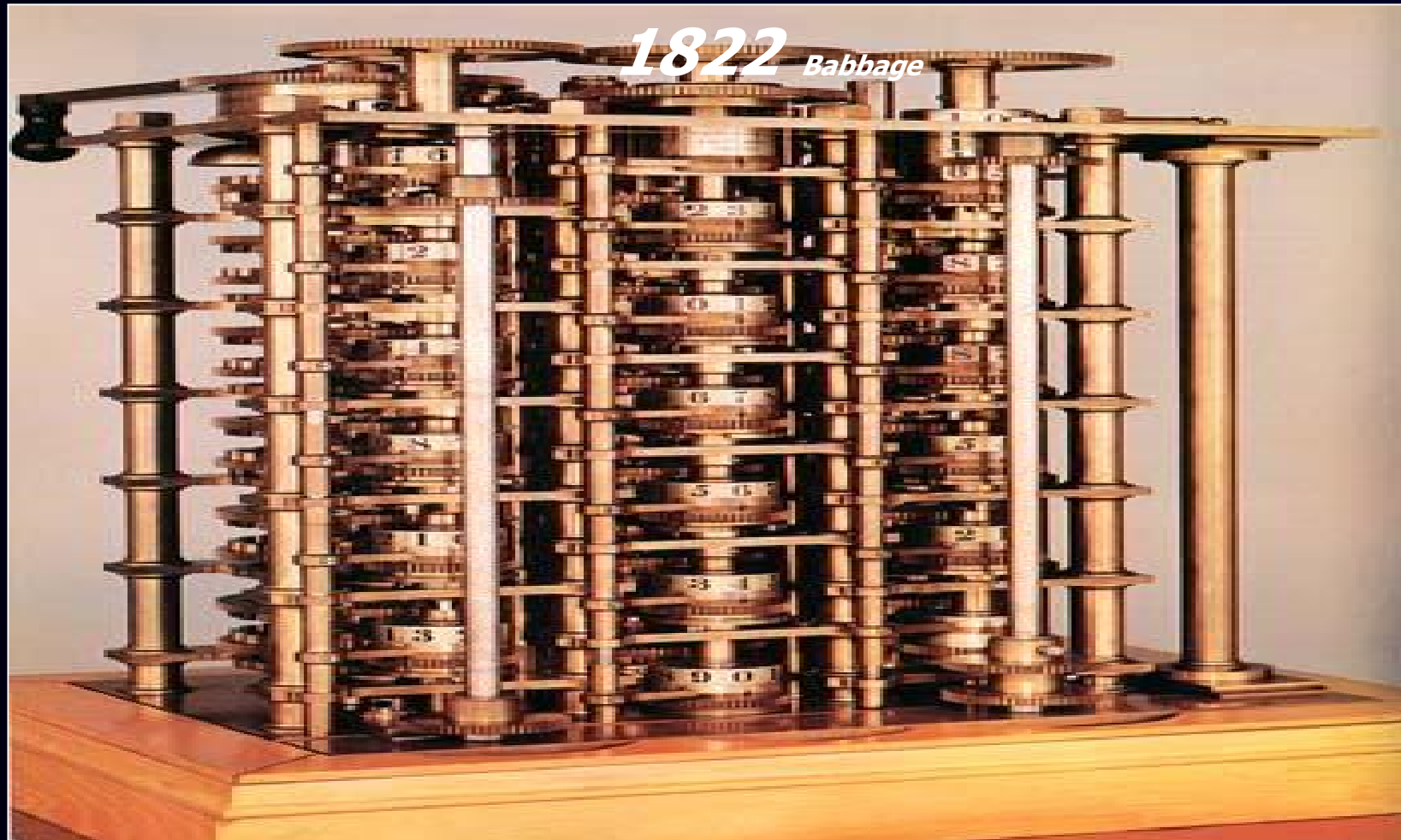
$$\log\left(\frac{n_1}{n_2}\right) = \log n_1 - \log n_2$$

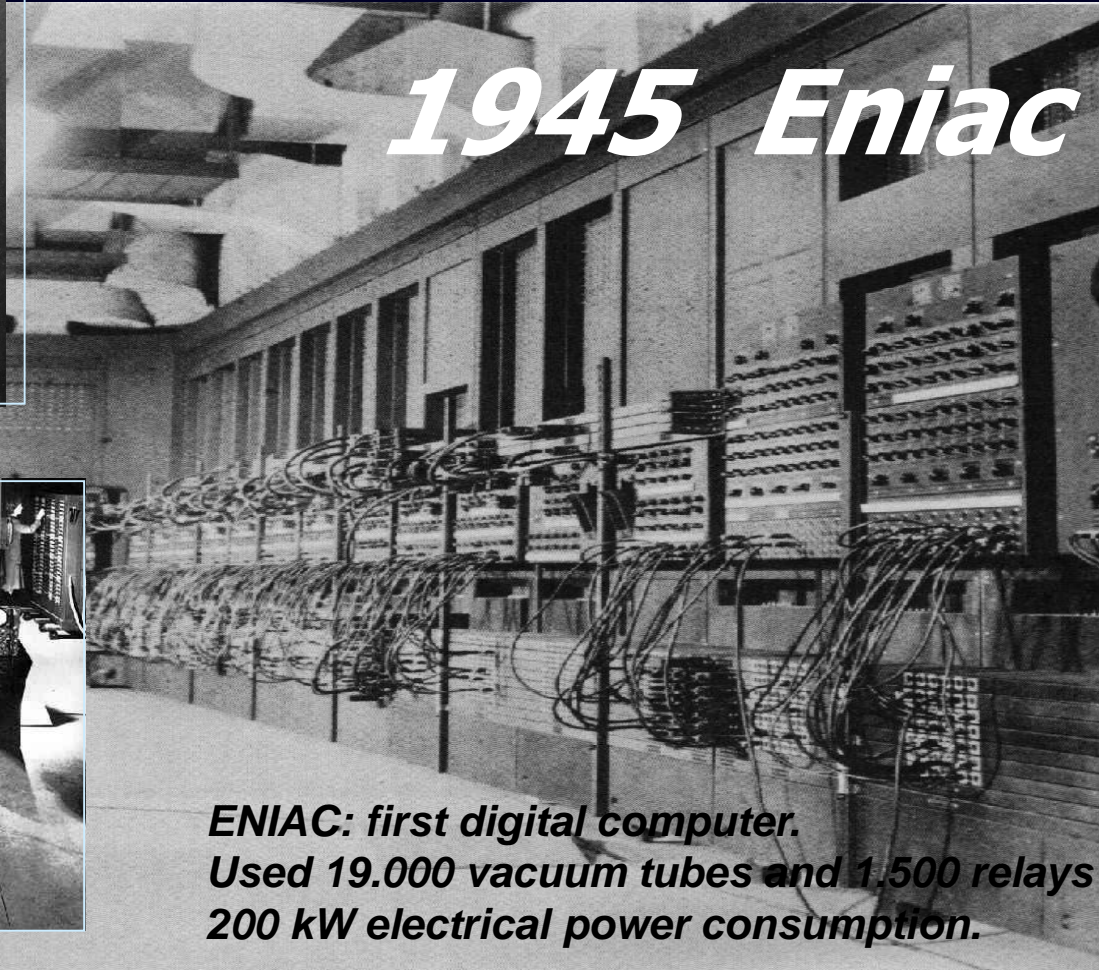
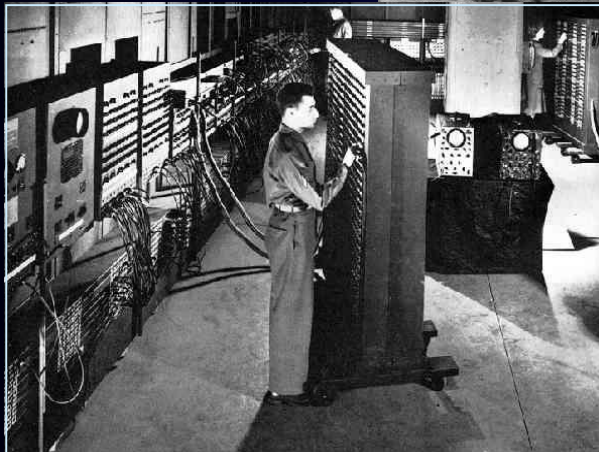
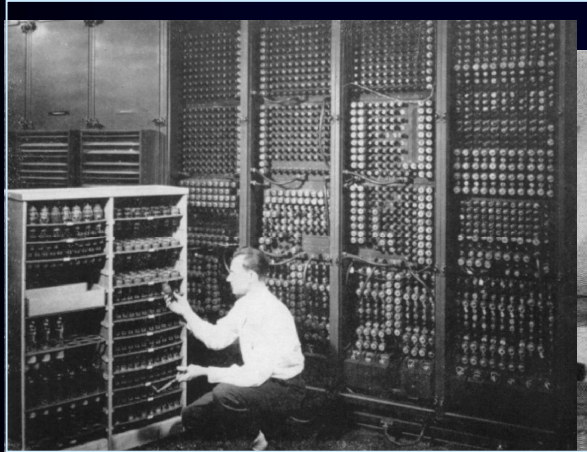




WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój technik obliczeniowych



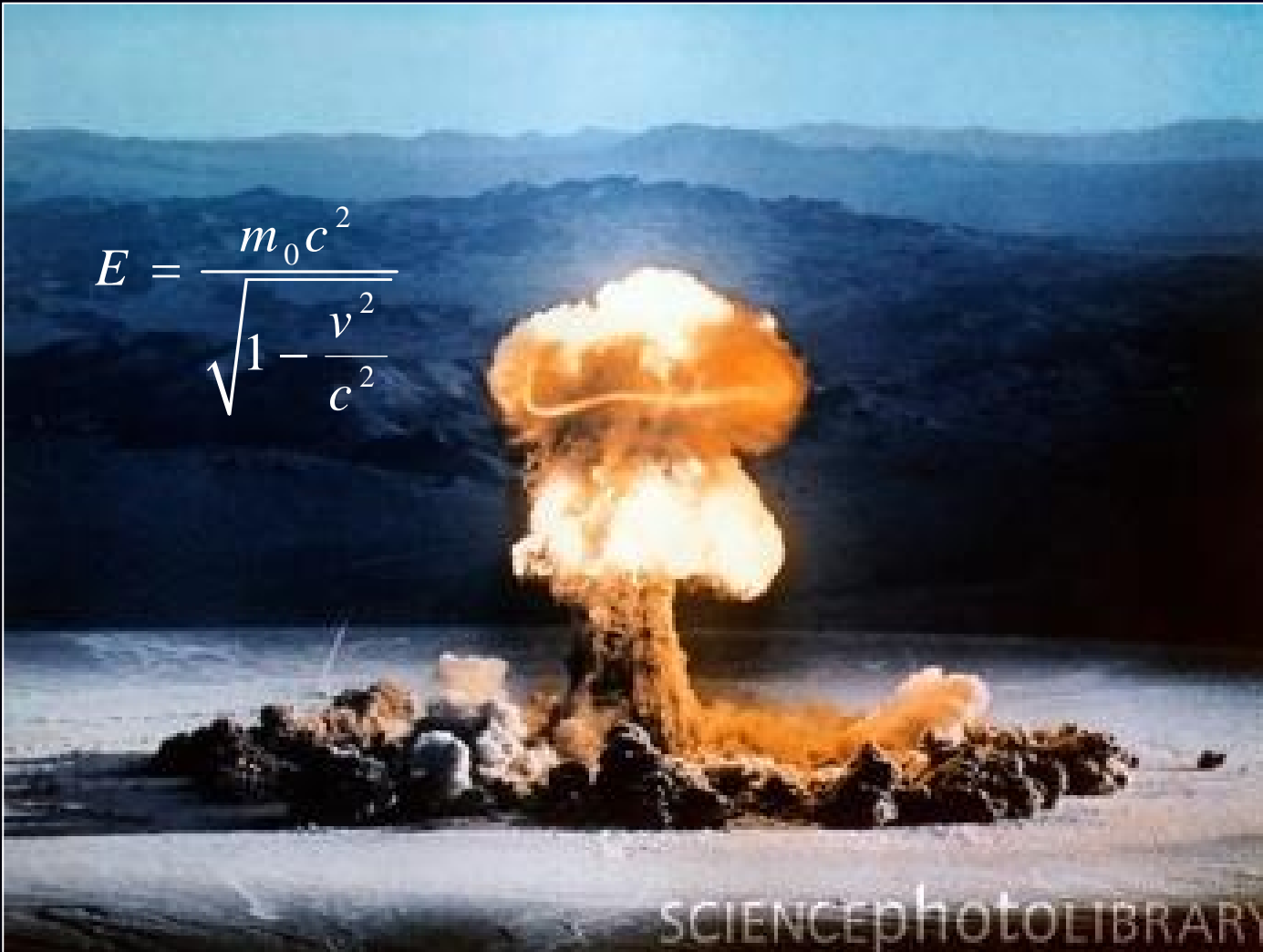


1945 Eniac

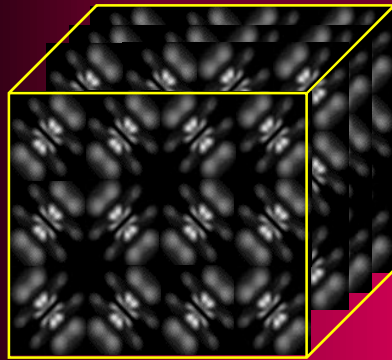
***ENIAC: first digital computer.
Used 19.000 vacuum tubes and 1.500 relays
200 kW electrical power consumption.***



Rozwój technik obliczeniowych



Nad projektem ENIAC, pracowała cała rzesza matematyków, fizyków i naukowców innych specjalizacji. Doradcą projektu był pochodzący z Węgier John von Neumann. ENIAC był już od początku projektem wojskowym, powstał z myślą o wykorzystaniu go w balistyce do wyliczania tabel strzelniczych na potrzeby marynarki wojennej. Służył również do prognozowania pogody, do badania promieniowania kosmicznego, do projektowania tuneli aerodynamicznych i także do pracy nad bronią atomową.



Równanie Schrodingera

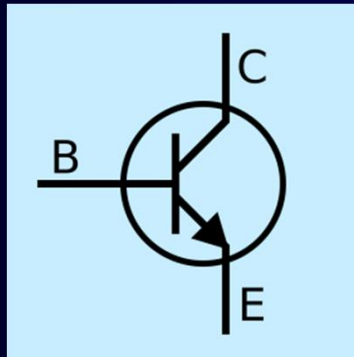
Co to jest półprzewodnik

$$\left\{ \sum_i \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta_i \right) + V \left(r_1 \dots r_n; R_1 \dots R_N \right) \right\} \varphi = E \varphi$$



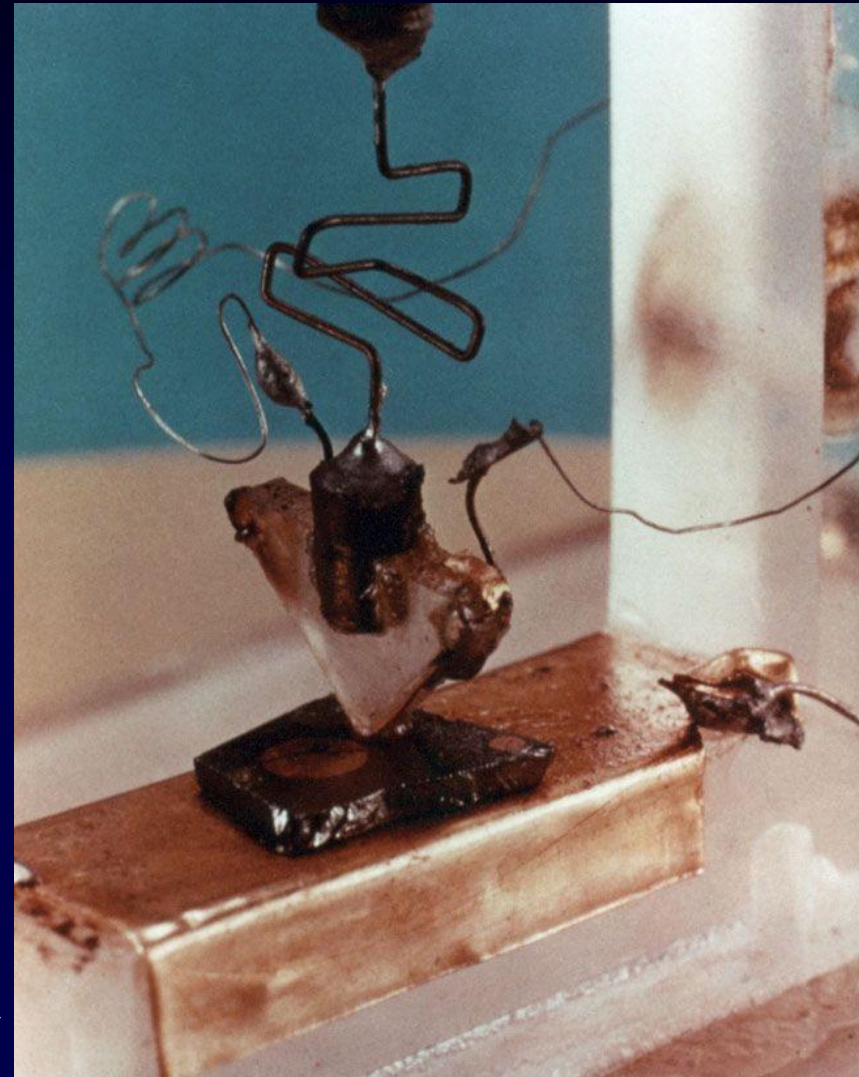
Transfer resistor

1947



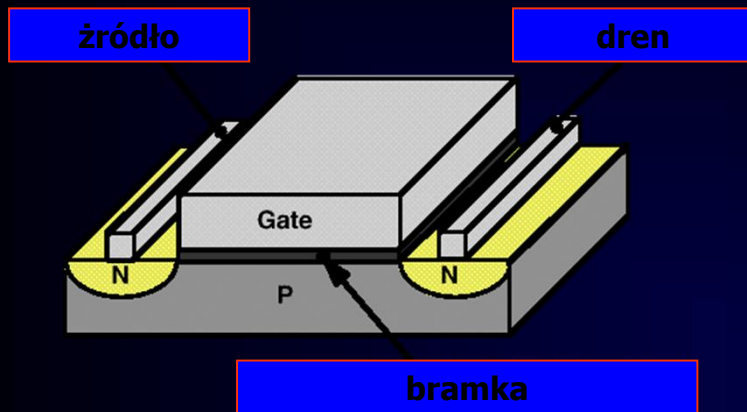
*John Bardeen
Walter Brattain
William Schockley*

Nagroda Nobla w 1956 roku

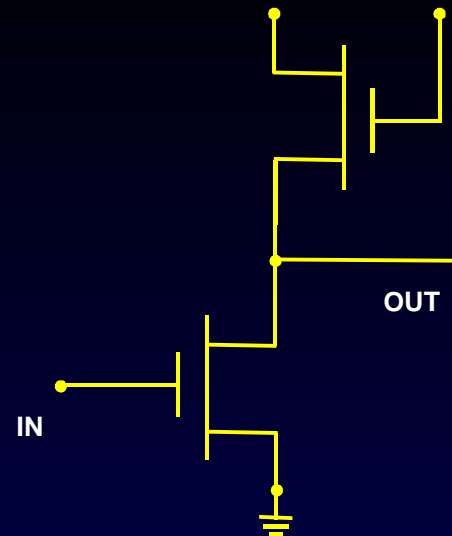
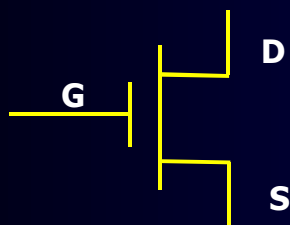


Tranzystor typu MOSFET

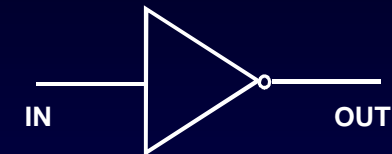
Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor
tranzystor polowy z izolowaną bramką



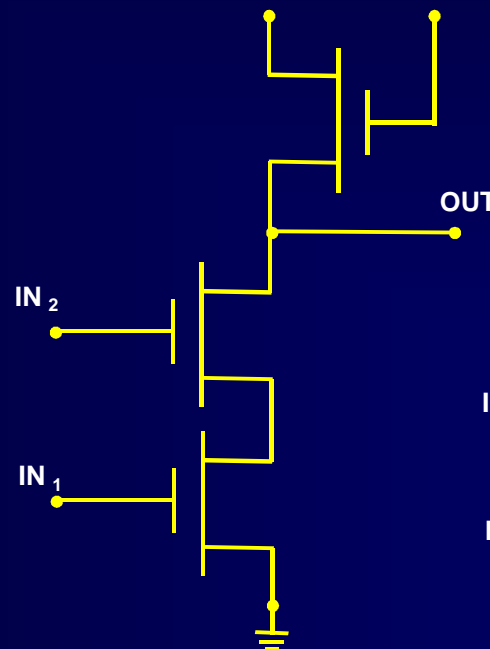
tranzystor



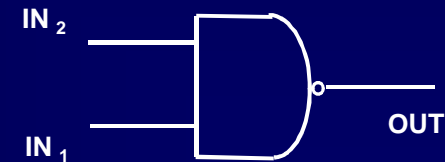
IN	OUT
0	1
1	0



Bramka NOT



IN ₁	IN ₂	OUT
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0



Bramka NAND

Tranzystor MOSFET – jak go zbudować ?



Si-P

Tranzystor - MOSFET

oksydacja



SiO_2

Si-P

Tranzystor - MOSFET

maska 1

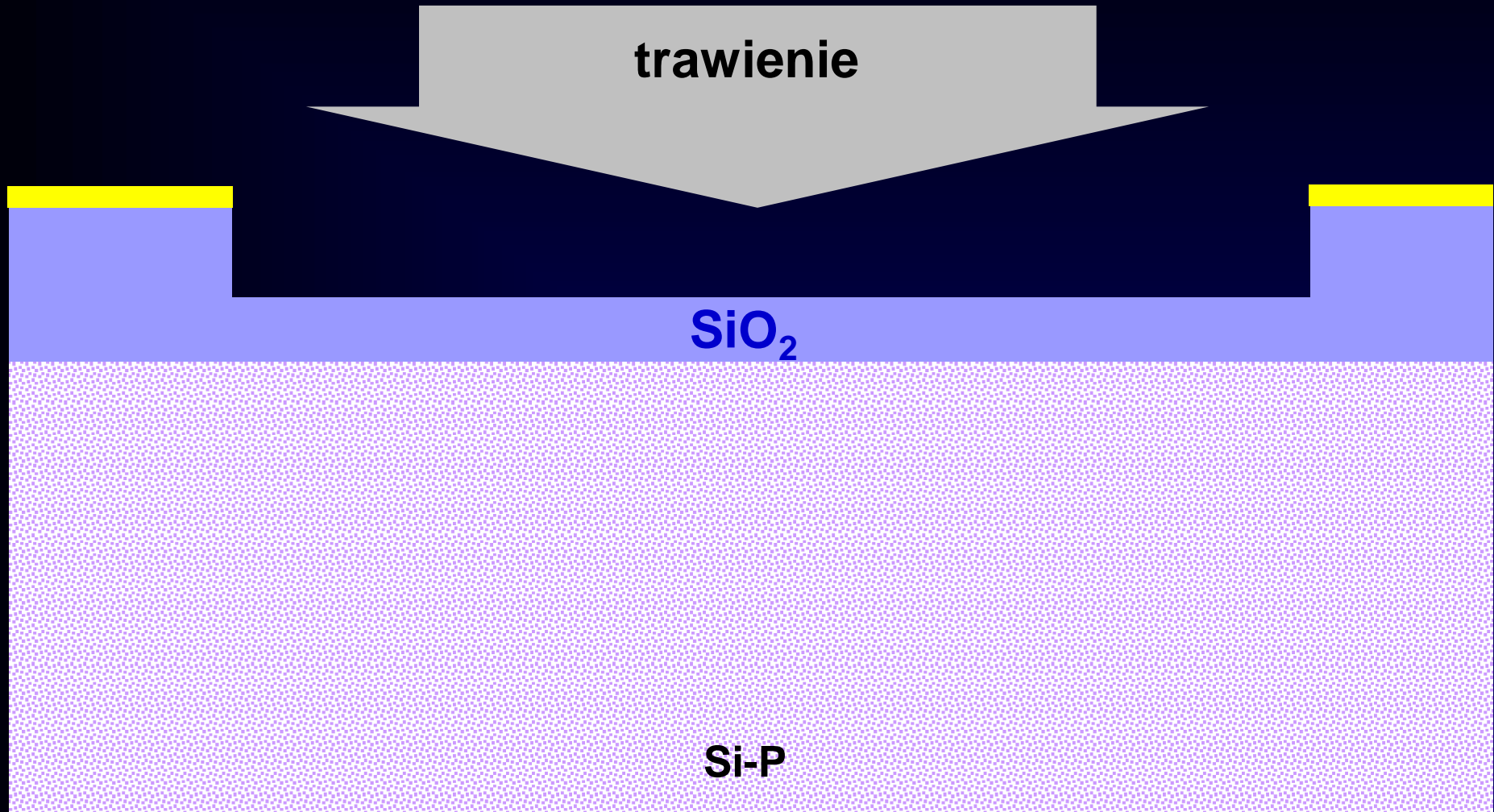


SiO_2

Si-P

Tranzystor - MOSFET

trawienie

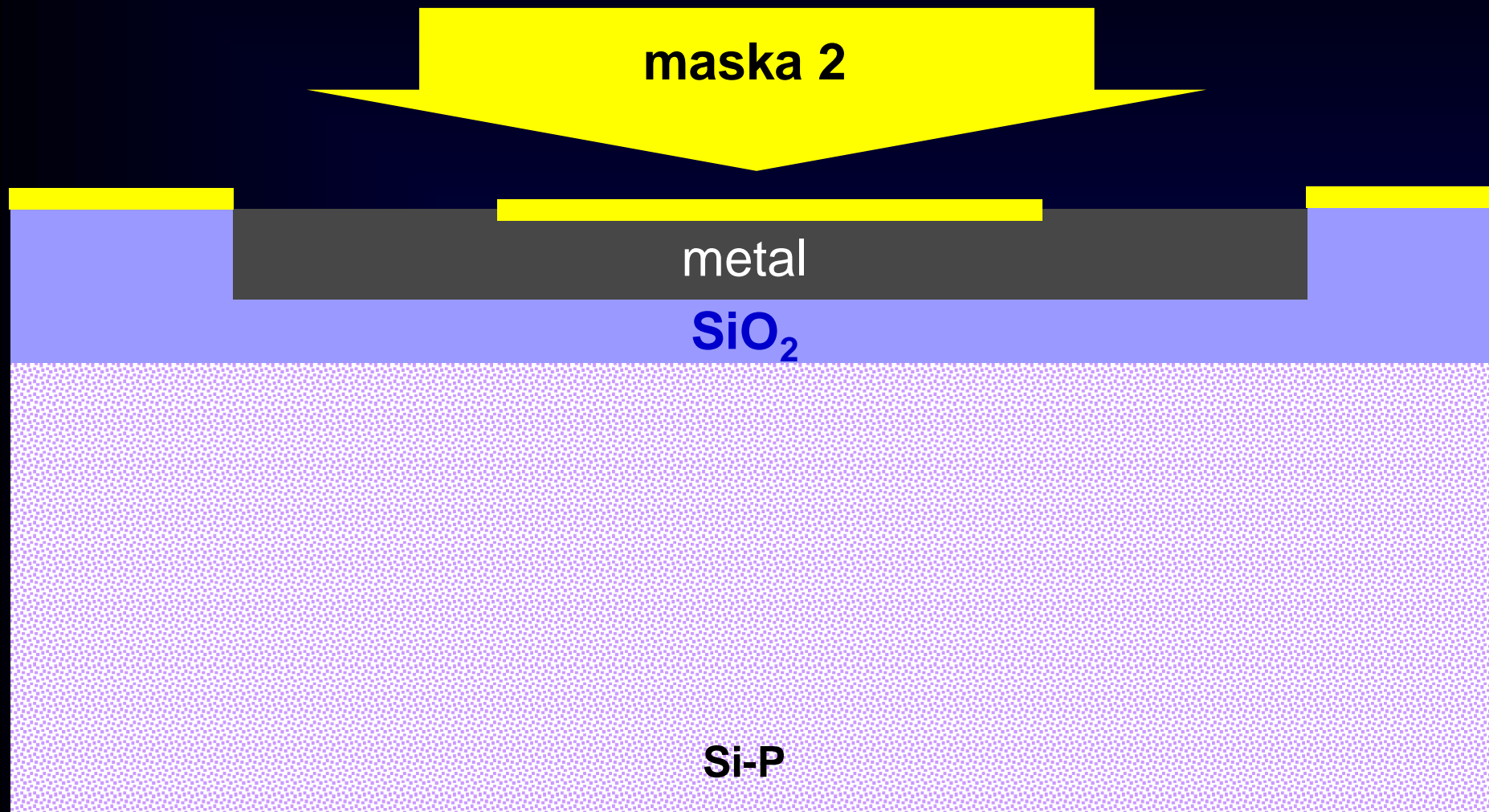


Tranzystor - MOSFET

depozycja metalu

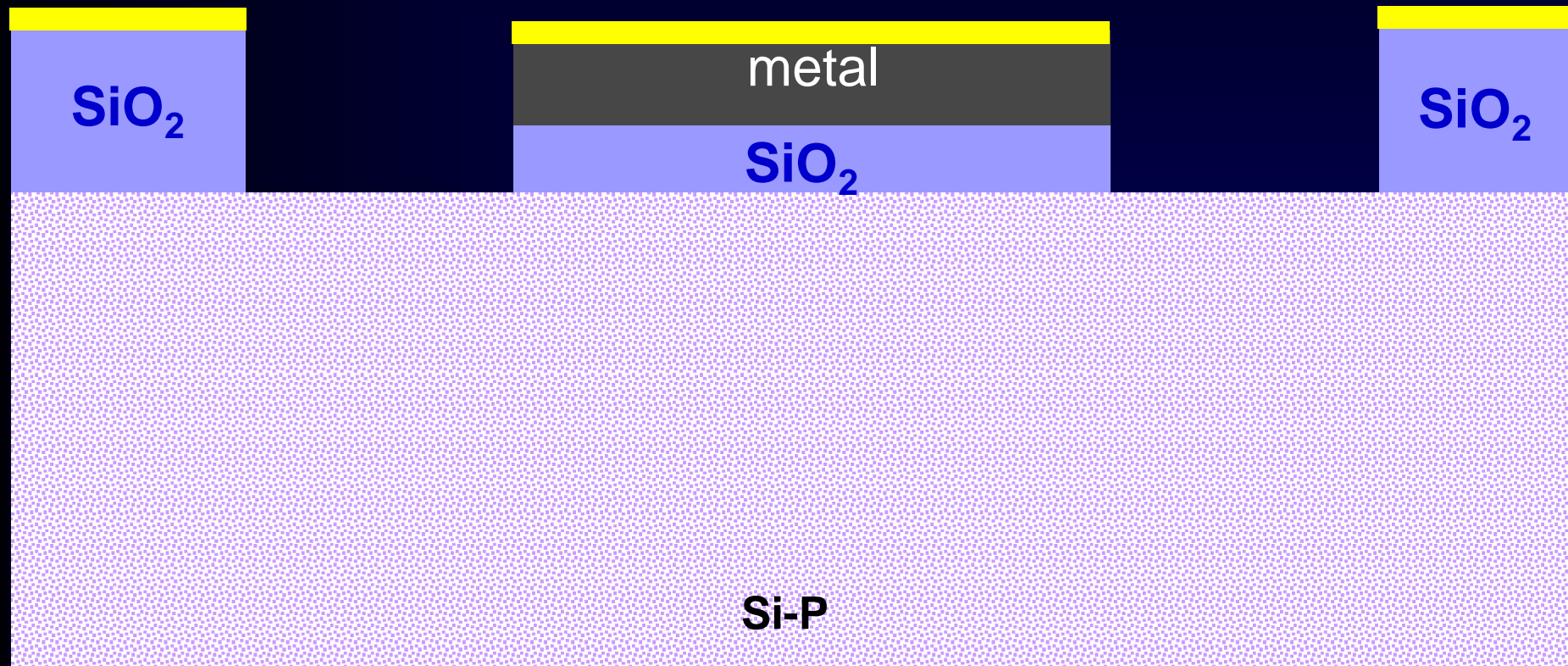


Tranzystor - MOSFET



Tranzystor - MOSFET

Trawienie metalu



Tranzystor - MOSFET

wymazywanie maski

SiO_2

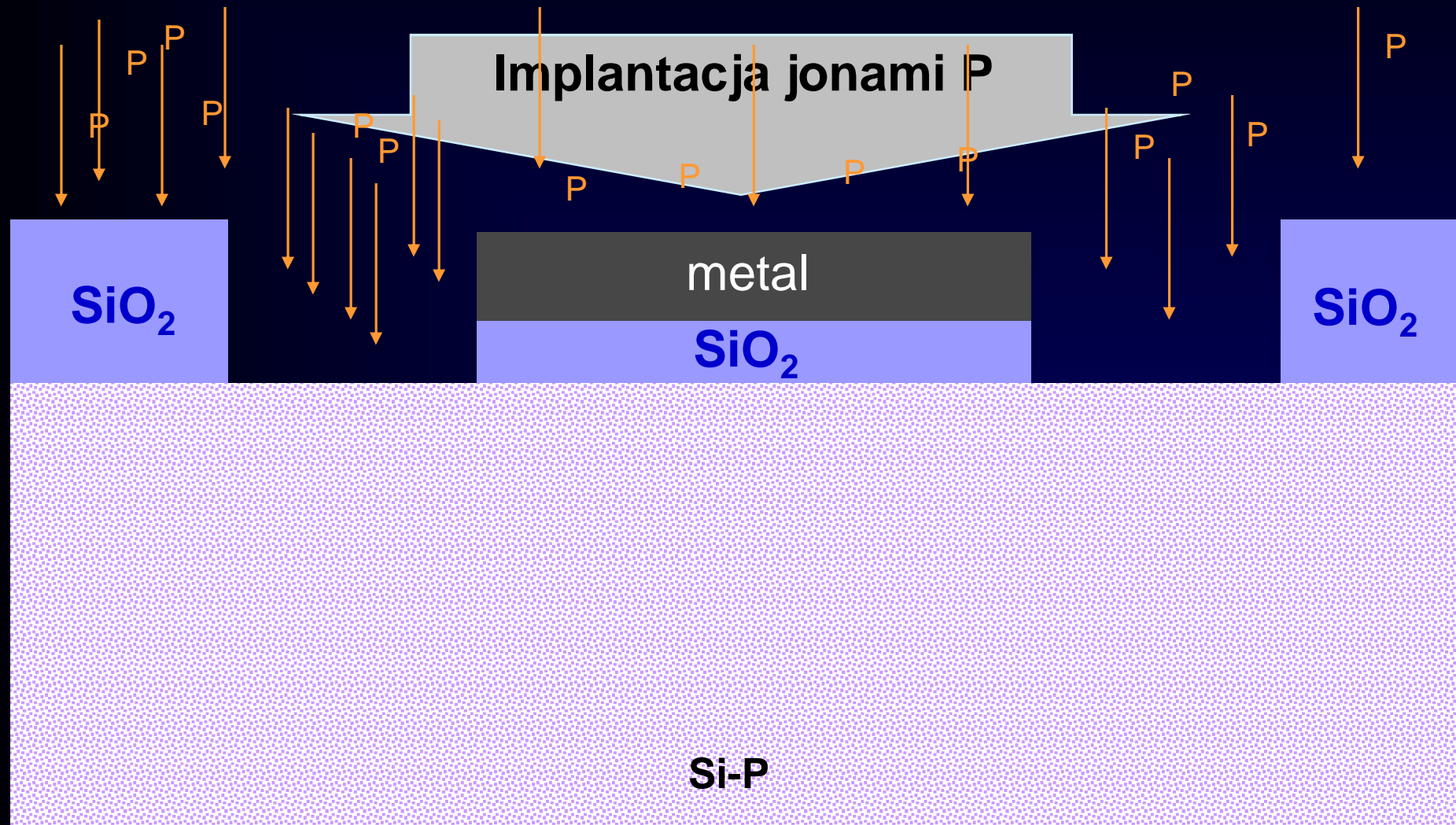
metal

SiO_2

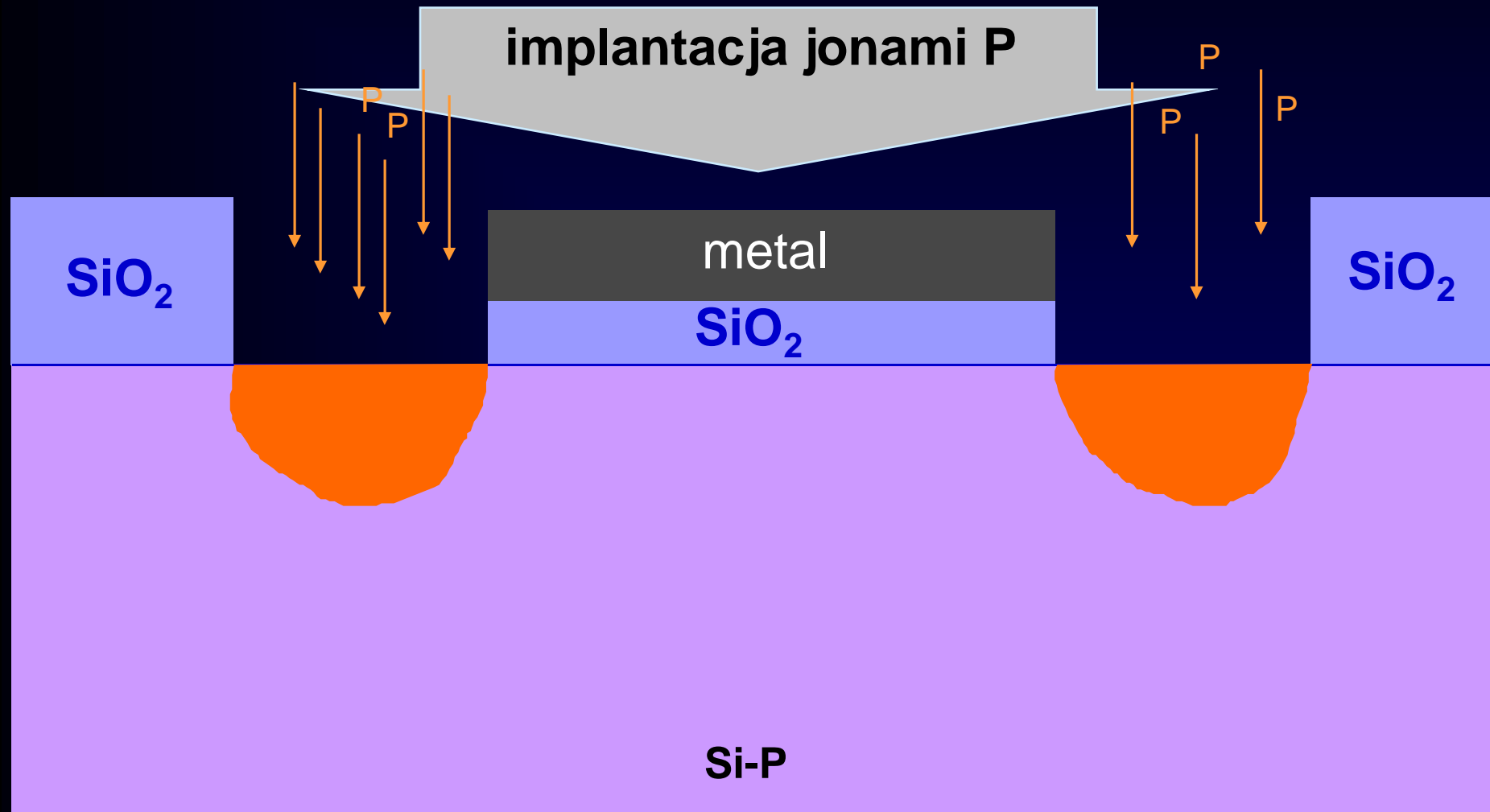
SiO_2

Si-P

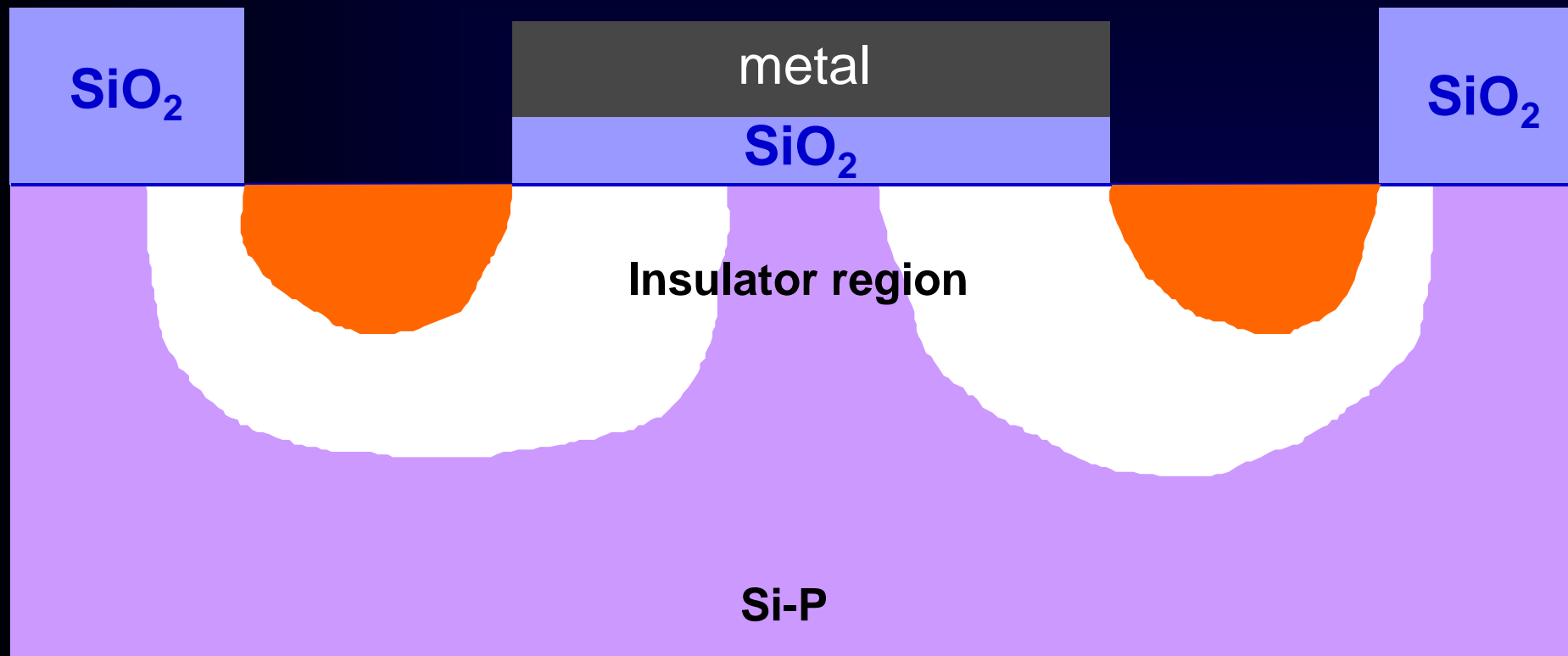
Tranzystor - MOSFET



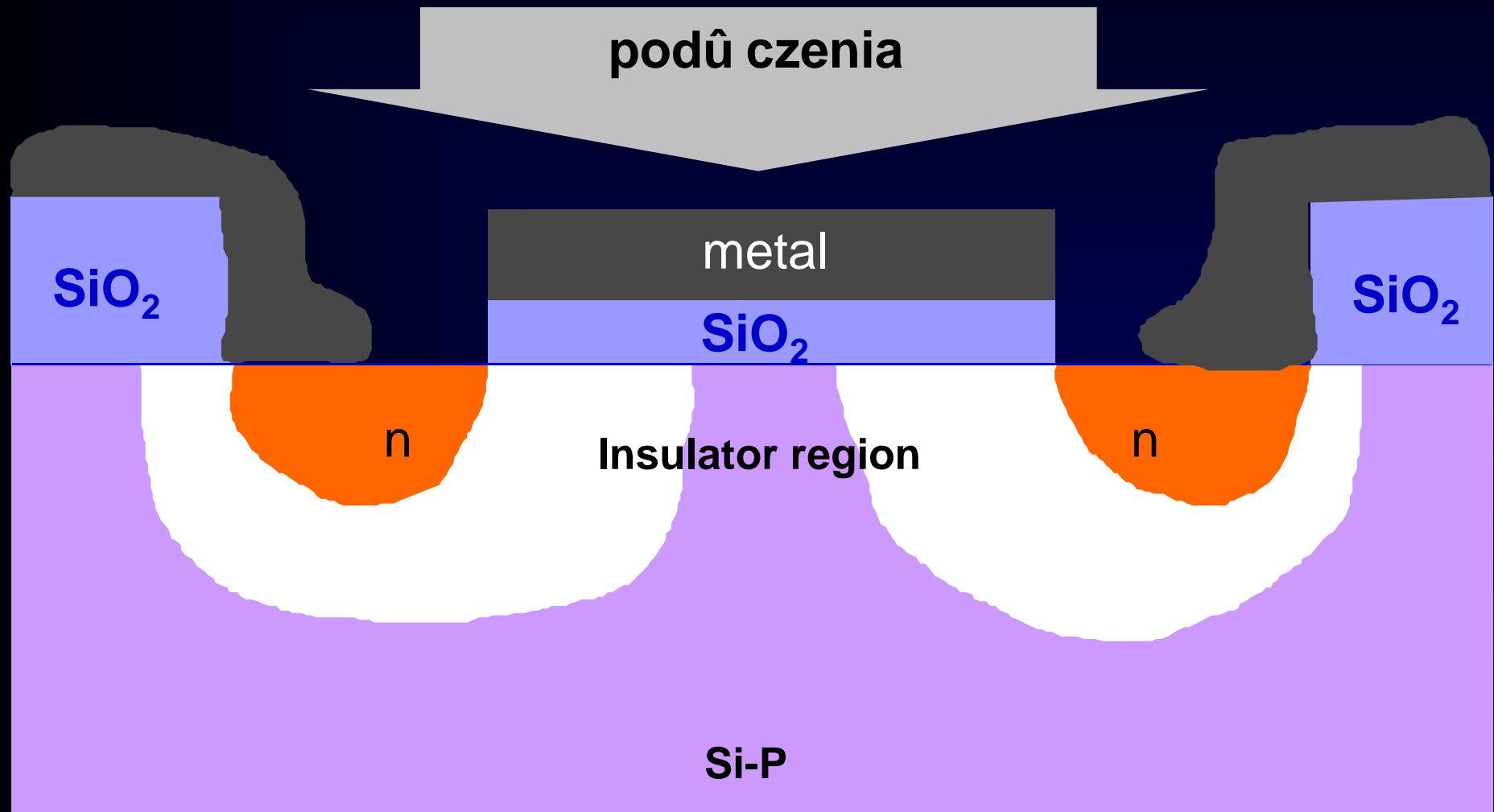
Tranzystor - MOSFET



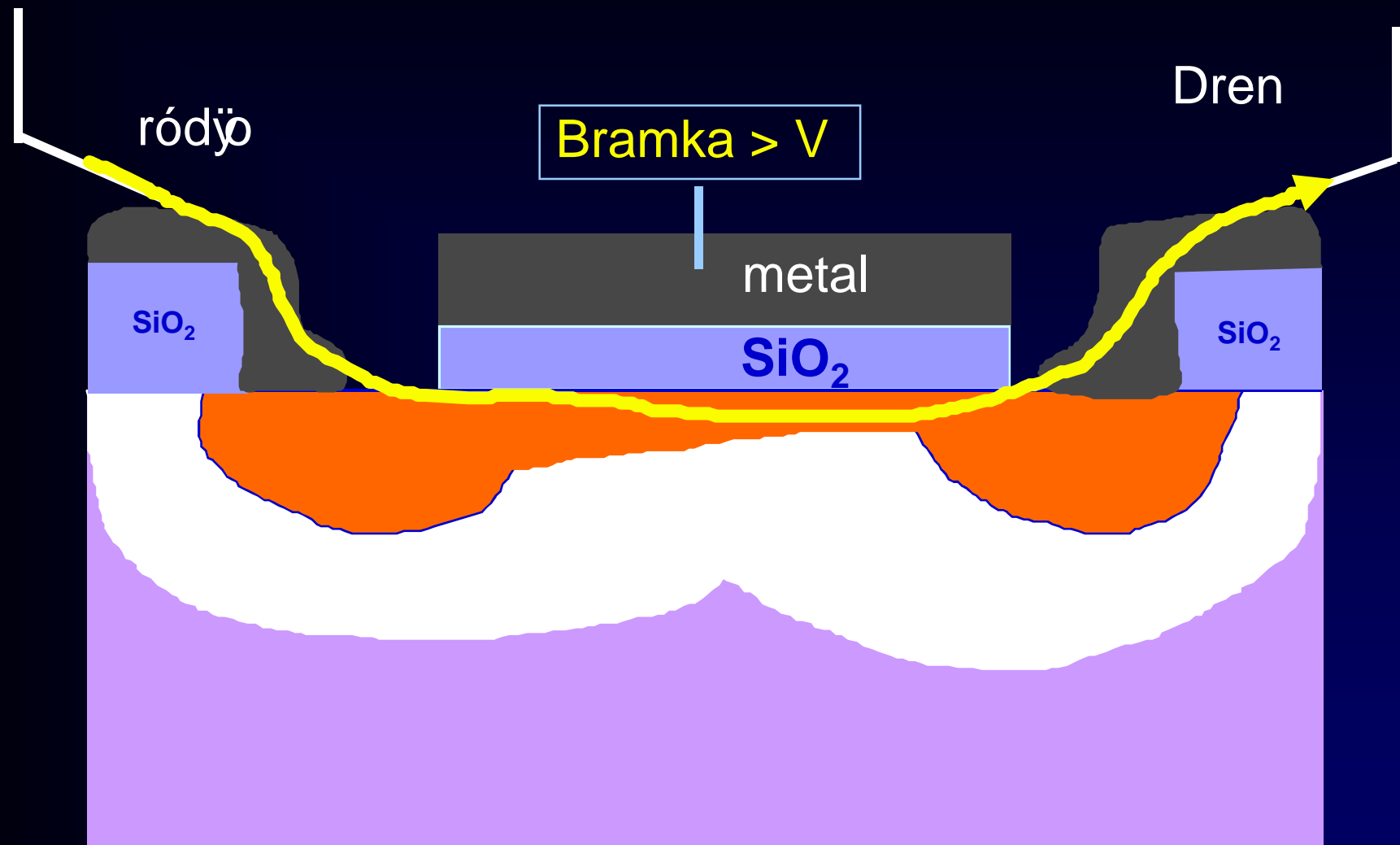
Tranzystor - MOSFET



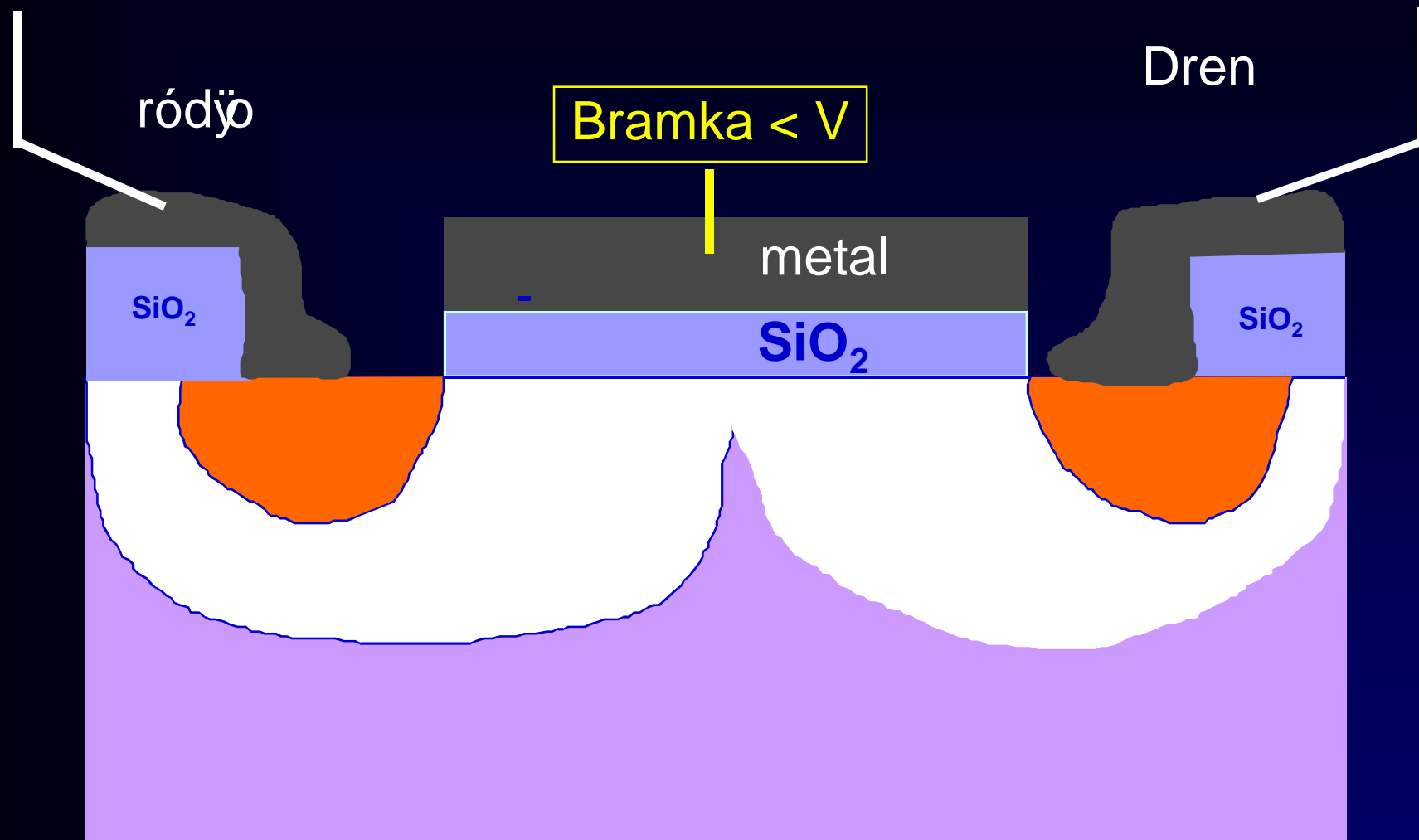
Tranzystor - MOSFET



Tranzystor - MOSFET



Tranzystor - MOSFET





WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

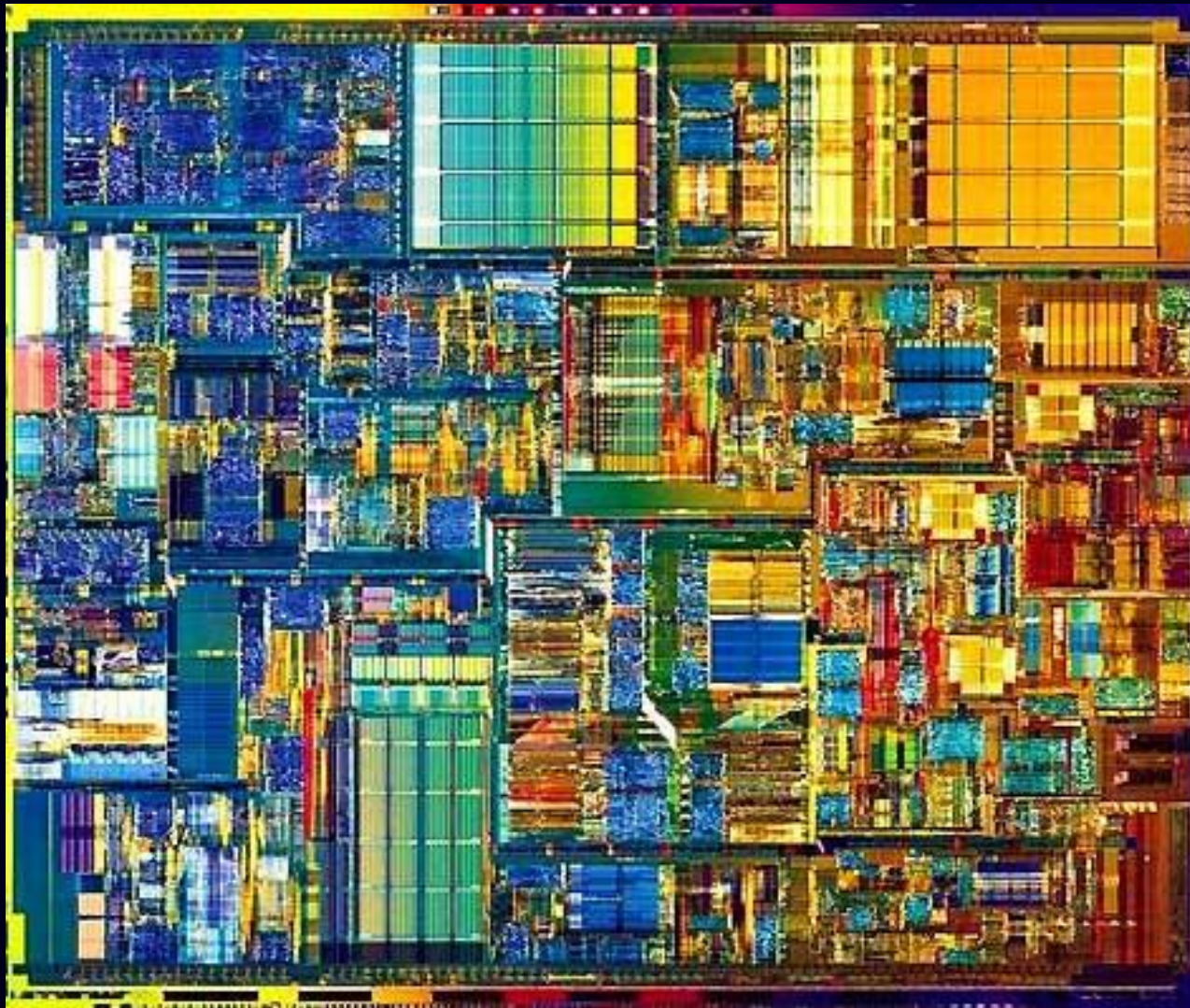
Rozwój elektroniki





WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój elektroniki





WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój elektroniki



*miliardy użytkowników –
miniaturyzacja!!!!!!!!!!!!*

Pablo Picasso

malarz

namalował kilkanaście/dziesiąt obrazów

sztuka byłaby uboższa o - dziesiąt obrazów



John Bardeen

fizyk

jeden z twórców tranzystora

iPod

MP4

GPS

Laptop

PC

Komórka

DVD/VIDEO

Cyfrowy aparat fotograficzny

Telewizja cyfrowa

Samoloty fly-by-wire

Sondy kosmiczne

Tomografia komputerowa

.....

.....

.....



WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

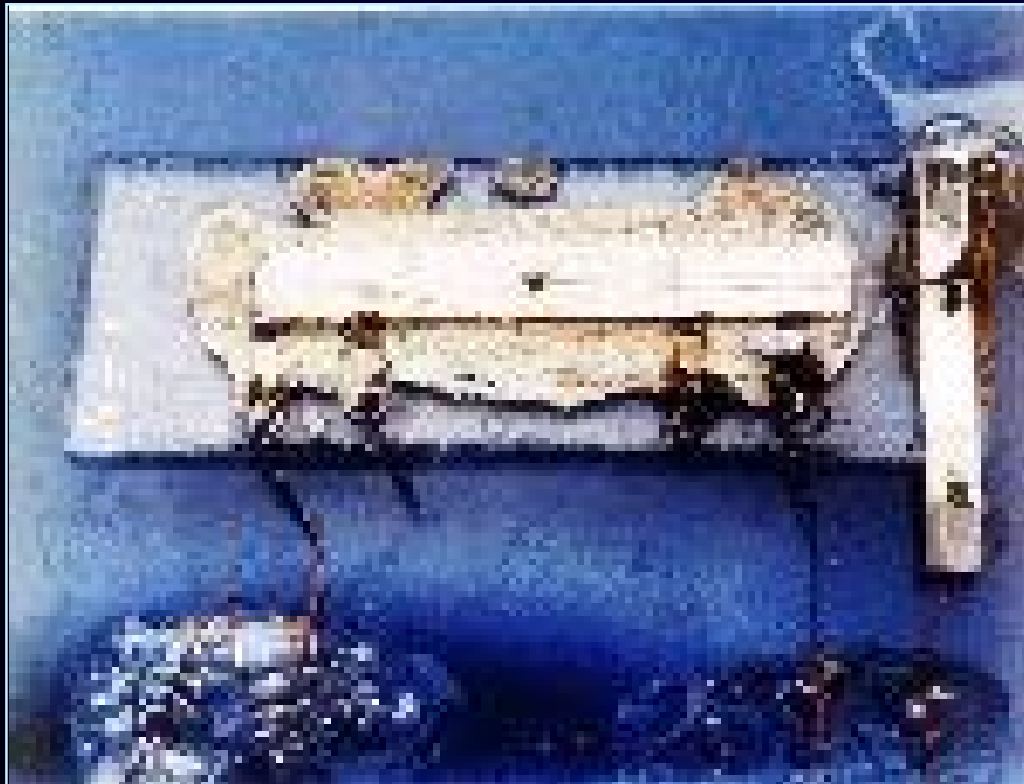
Rozwój elektroniki

***Początki Elektroniki
Cyfrowej
1958***



WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój elektroniki



1958

***Pierwszy układ
zintegrowany
(4 tranzystory)***

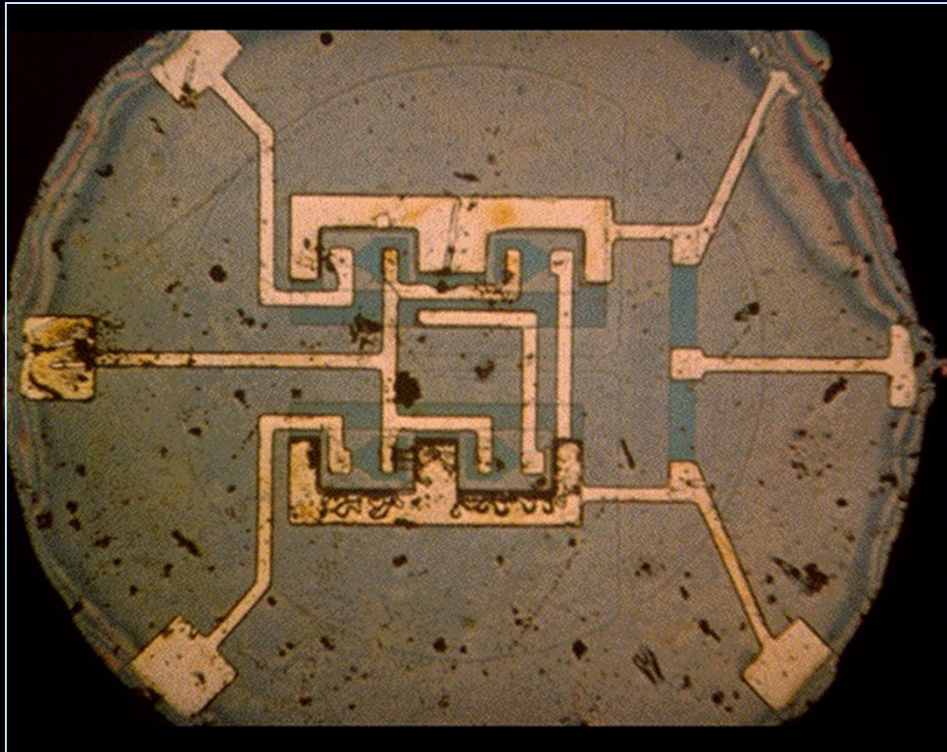
*First Integrated Circuit
(Texas Instruments, 1958)*

Jack Kilby



WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój elektroniki



1961

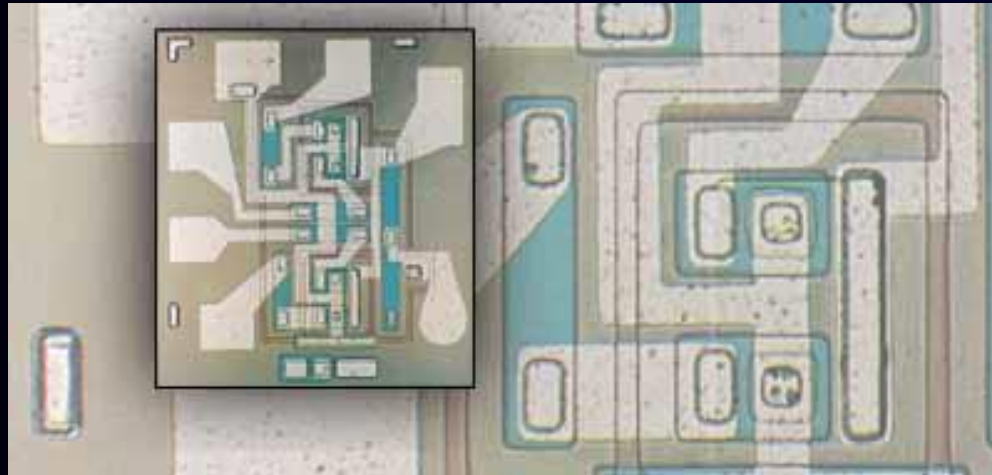
***Pierwszy układ
zintegrowany
w formie chipu***

Fairchild Camera

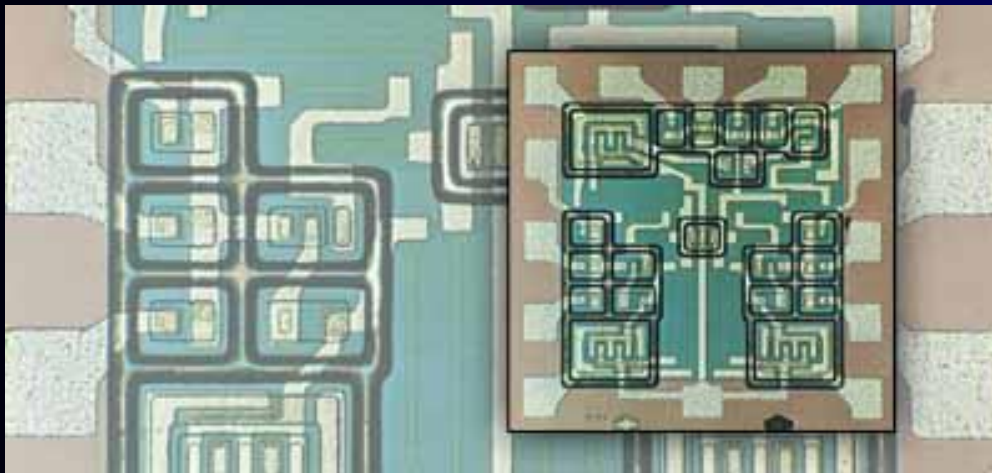
Robert Noice



Rozwój elektroniki



1963
**Pierwszy
zintegrowany układ
ECL, Fairchild**
*Emitter coupled logic – cyfrowe, najszybsza
logika 0.1 ns*

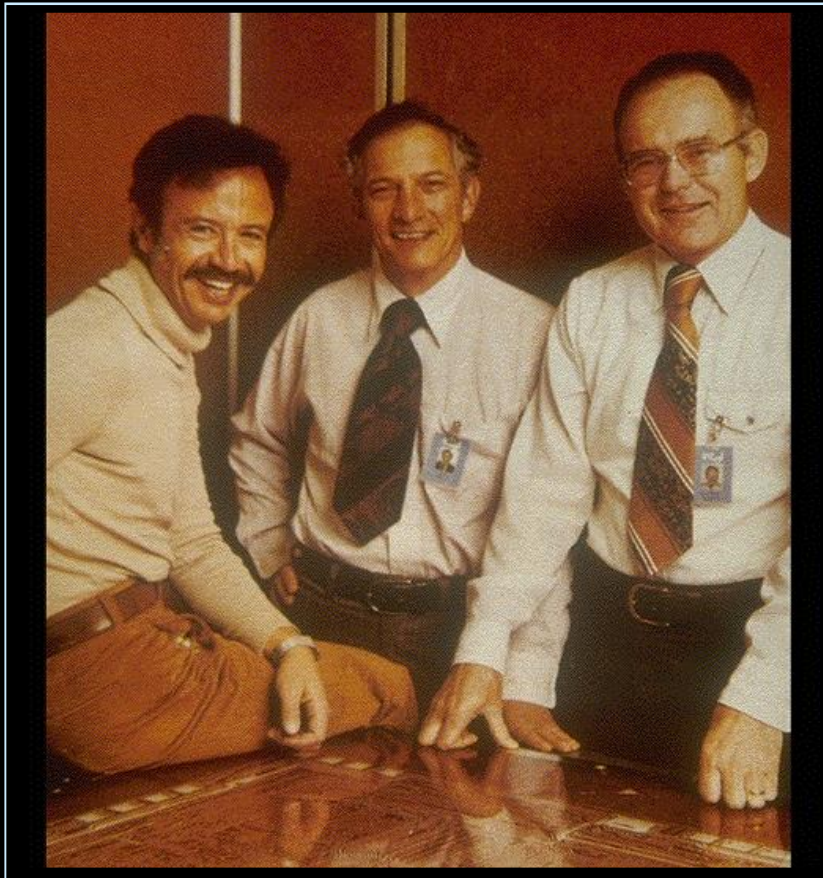


1965
**Pierwszy z układ
liniowy OpAmp
Fairchild**



WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój elektroniki - mikroprocesor



**Założyciele
INTELA**

***Andy Grove
Robert Noyce
Gordon Moore***

W roku 1969 Intel, był jeszcze mało znaną firmą założoną przez byłych pracowników Fairchild Semiconductors, specjalizującą się w pamięciach półprzewodnikowych.



Kalkulator

Wszystko zaczęło się od kalkulatora



*W roku 1969 japoński producent kalkulatorów, **Nippon Calculating Machine Corporation** (później **Busicom**), zwrócił się do **Intela** z ofertą opracowania zestawu 12 (wg innego źródła 8) układów scalonych, które miałyby stanowić serce najnowszego programowalnego kalkulatora biurkowego.*





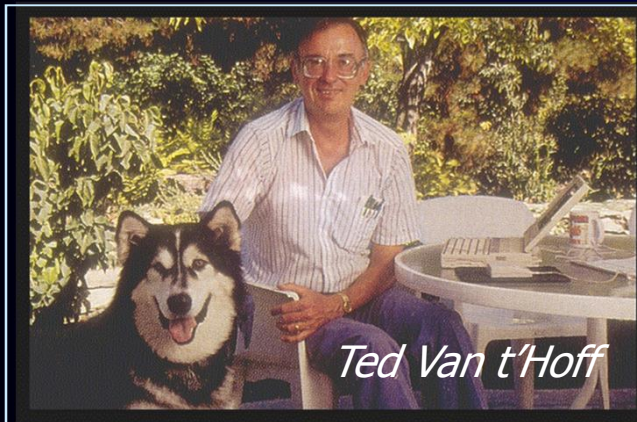
Intel nie miałymo liwo ci realizacji tego kontraktu, nie posiadająeksperta od układów logiki. Posiadałytylko dwóch specjalistów od projektowania układów scalonych oraz generalnie zbyt mało ludzi.

*Ponadto w kszo in ynierów była zaangażowana w projektach zwi zany z pami ci DRAM. Jednak e firma potrzebowały zamówie i umowa z Busicom zostają podpisana **6 lutego 1969 roku**.*

*Japo ski in ynier **Masatoshi Shima** w **czerwcu 1969** roku przywiózł ze sob plany potrzebnych układów. Pocz tkowo praca posuwają si do przodu bardzo powoli.*



*W sierpniu tego roku in ynier odpowiedzialny za realizacj projektu - **Ted Hoff** - zmieniy koncepcj konstrukcji układu.*



Ted Van t'Hoff

***Busicom**, pocz tkowo nastawiony do pomysłu sceptycznie, ostatecznie zgodziy si na zmiany (w **grudniu 1969**), ale projekt nadal nie posuwaÿ si do przodu.*



Na wiosnę 1970 Shima przybył do Intela zaznajomił się z postępiem prac. Zirytowany jego brakiem, pozostał w Intelu pomagając przy konstrukcji układów logicznych. Oprócz Hoff'a nad projektem pracowali także Stan Mazor odpowiedzialny za sprawy oprogramowania oraz Federico Faggin, który wynalazł technologię produkcji bramek logicznych w krzemie - technologia MOS (metal oxide semiconductor)

W lutym 1971 pierwszy zestaw nazwany MCS-4 (Microcomputer Set 4-bit) był gotowy do zbudowania prototypu kalkulatora. W składka tego kalkulatora wchodziły:

- cztery 4001 (czyli ęcznie 1KB),
- dwa 4002,
- dwa 4003
- jeden 4004 . CPU (mikroprocesor)

W połowie marca 1971 Busicom otrzymał pierwszą partię chipów.

*15 listopada 1971 zestaw 4000 pod nazwą **MCS-4** (Microcomputer System 4-bit), został oficjalnie wprowadzony i przedstawiony w prasie fachowej jako "a new era of integrated electronics" oraz "computer on a chip". Cena wynosiła początkowo \$200 za sztukę .*

W roku 1974 procesor 4004 został opatentowany (U.S. Patent No. 3,821,715) jako: Memory System for a Multi-Chip Digital Computer

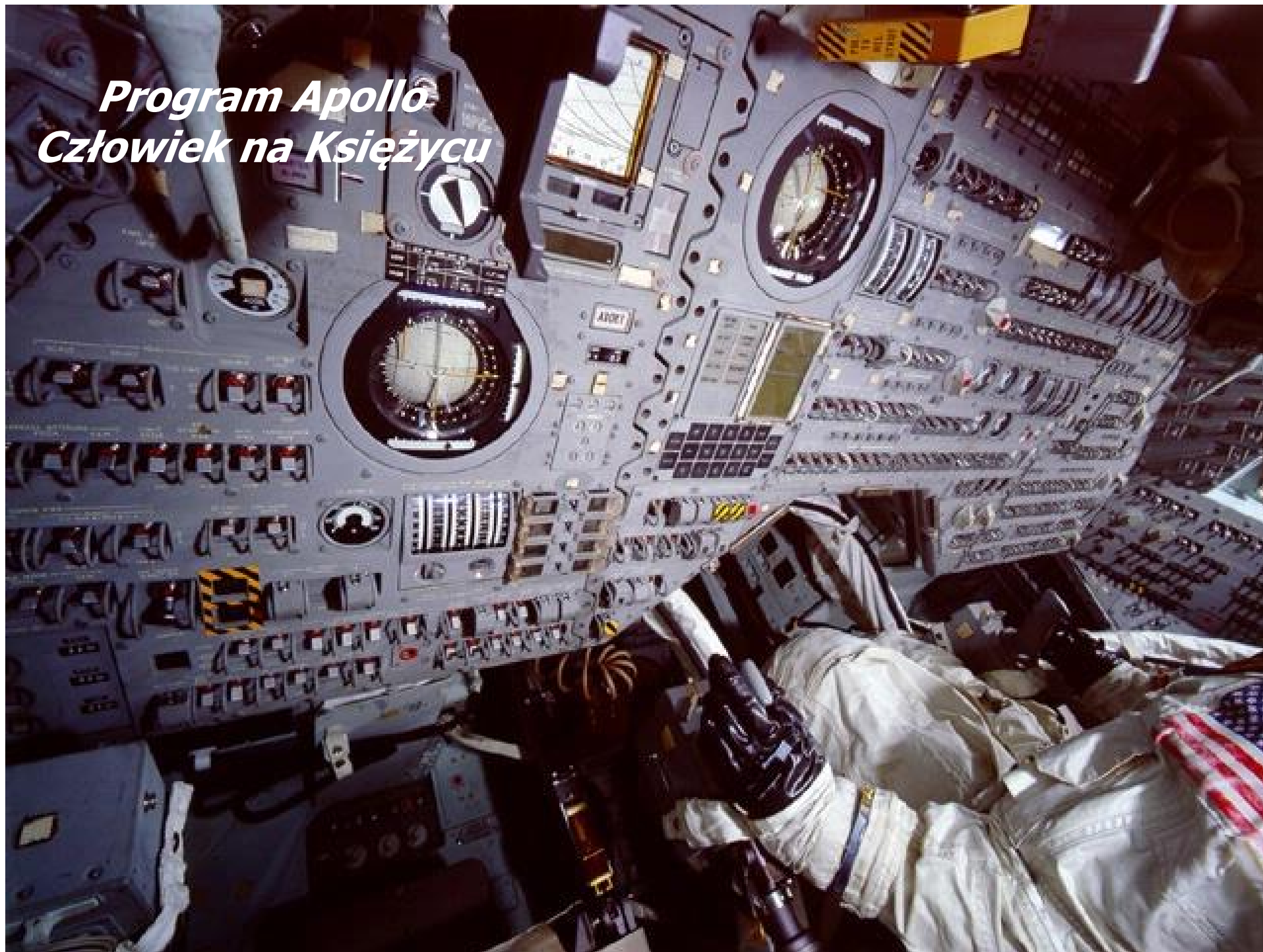
***Od tego czasu, można tak powiedzieć,
zaczęła się era mikroprocesorów!!!***



Ciekawostka: Na początku lat siedemdziesiątych wiele firm rozwijającego się przemysłu półprzewodnikowego często nie było w stanie dostarczyć na czas zamówionych u nich elementów. Intel postanowił przeciwstawić się temu zjawisku i nie ogłaszał wprowadzenia nowych produktów, dopóki nie były one dostępne w wystarczającej ilości. Intel wykreował wówczas hasło reklamowe "Intel Delivers", zmienione później na "Intel Inside".

Ciekawostka: i4004 został wykorzystany przy budowie sondy *Pioneer 10* wystrzelonej 2 marca 1972. Po wykonaniu zdjęcia Jowisza opuściła ona układ słoneczny i jest najdalej od Ziemi wysłanym obiektem zbudowanym przez człowieka, a i4004 pierwszym mikroprocesorem, który zawadza tak daleko. Jeśli sonda ta kiedykolwiek zostanie znaleziona przez przedstawicieli obcej cywilizacji, to wciąż nie Intel 4004 będzie jednym z przyrodów ziemskiej technologii.

*Program Apollo
Człowiek na Księżycu*



Program Apollo - Człowiek na Księżycu



Pamięć stała miała pojemność 74 kB. Co istotne, pojęcie bajt **nie pojawia się w dokumentacji tego sprzętu** – AGC posługiwał się słowami maszynowymi mającymi długość 16 bitów. Pamięć kasowalna, czyli odpowiednik dzisiejszego RAM-u, miała pojemność 2048 16-bitowych słów, czyli 4 kB, a jednostka obliczeniowa Apollo Guidance Computer pracowała z częstotliwością 2,048 MHz.

***Program Apollo
Człowiek na Księżycu***



Ziemia







WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

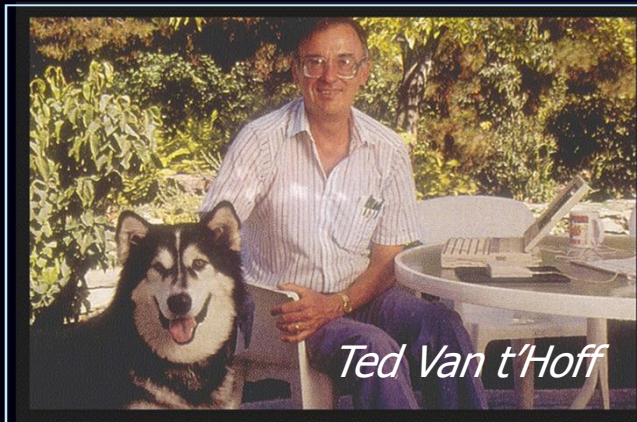
Rozwój elektroniki - mikroprocesor

1971

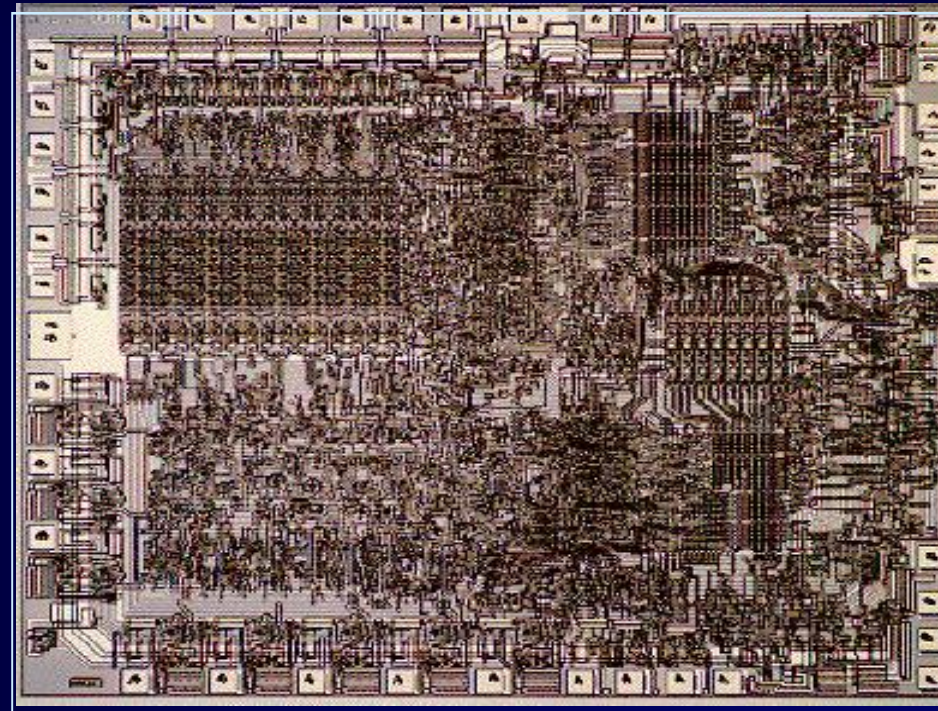
Intel i4004
pierwszy układ
zintegrowany
będący **mikroprocesorem**



2250 tranzystorów
Technologia 10 μm

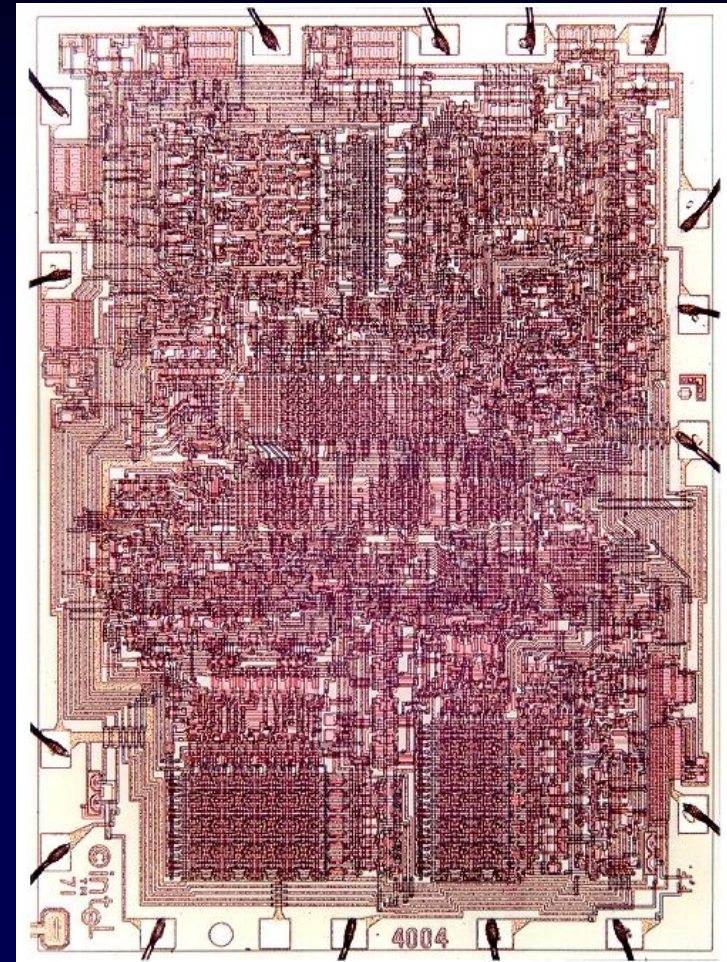


Ted Van t'Hoff



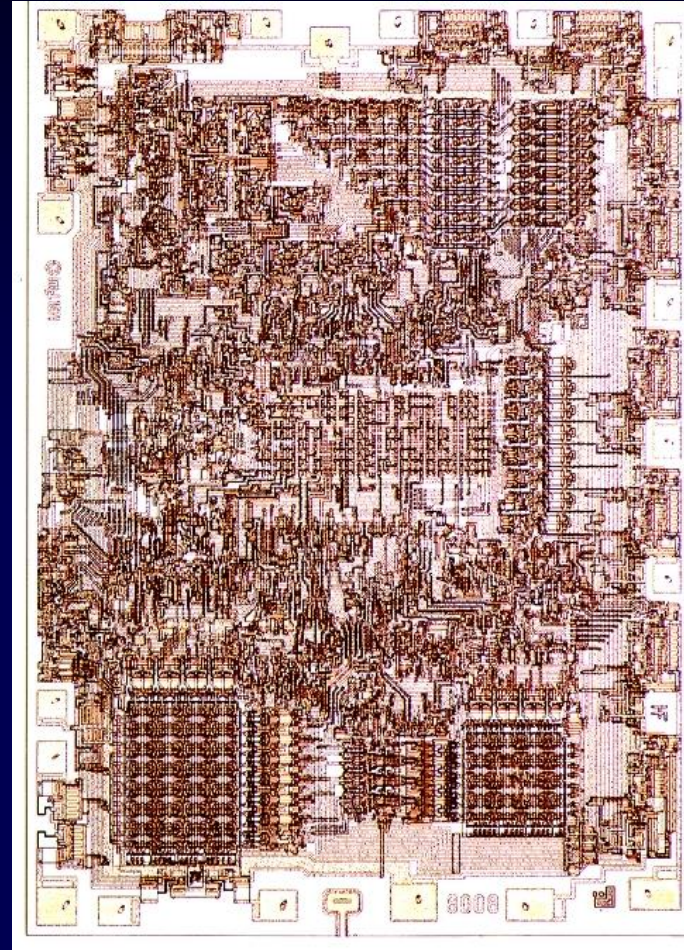
Rozwój elektroniki - 4004

- First microprocessor (1971)
 - For Busicom calculator
- Characteristics
 - 10 μm process
 - 2300 transistors
 - 400 – 800 kHz
 - 4-bit word size
 - 16-pin DIP package
- Masks hand cut from Rubylith
 - Drawn with color pencils
 - 1 metal, 1 poly (jumpers)
 - Diagonal lines (!)



Rozwój elektroniki - 8008

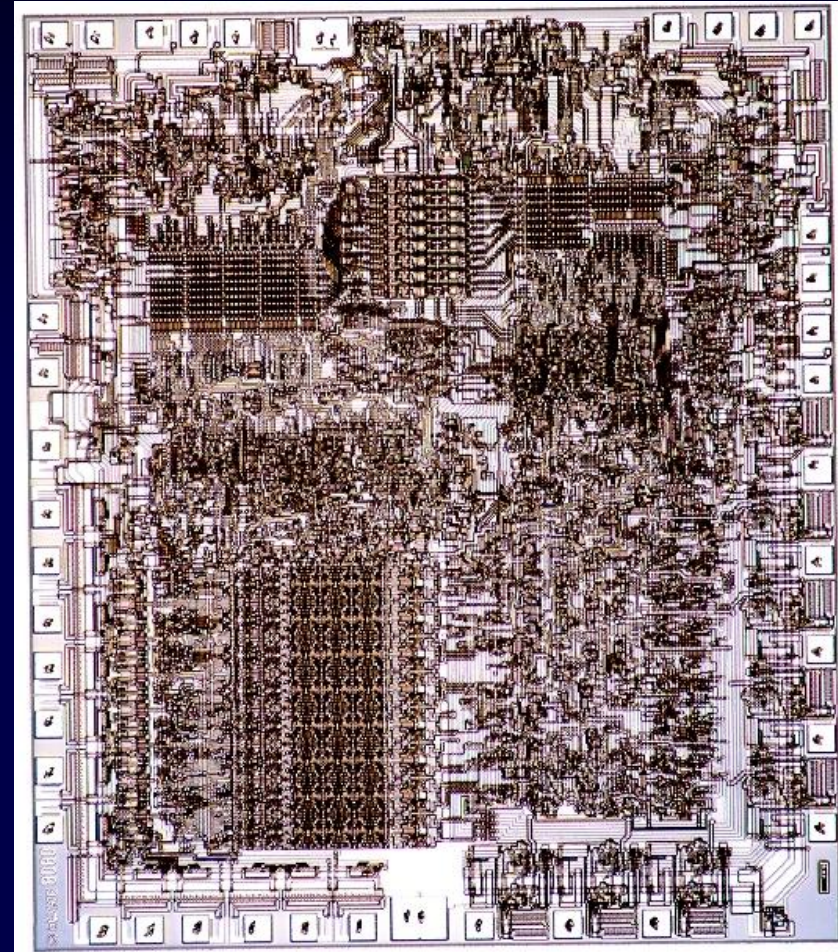
- 8-bit follow-on (1972)
 - Dumb terminals
- Characteristics
 - 10 μm process
 - 3500 transistors
 - 500 – 800 kHz
 - 8-bit word size
 - 18-pin DIP package
- Note 8-bit datapaths
 - Individual transistors visible





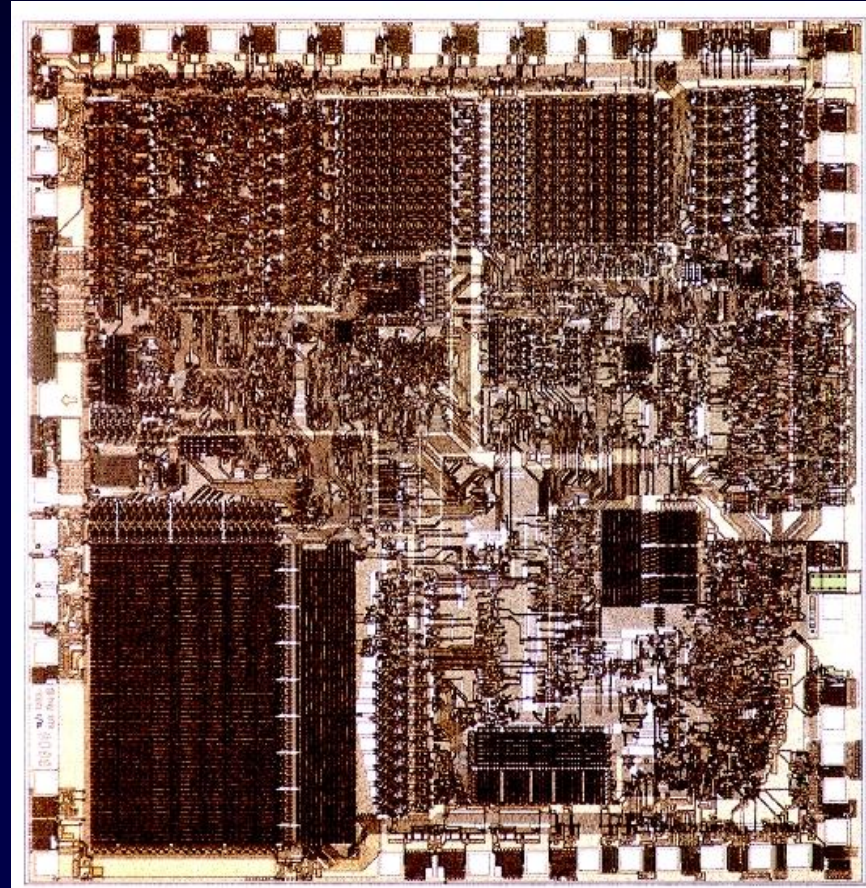
Rozwój elektroniki - 8080

- 16-bit address bus (1974)
 - Used in Altair computer
 - (early hobbyist PC)
- Characteristics
 - 6 μm process
 - 4500 transistors
 - 2 MHz
 - 8-bit word size
 - 40-pin DIP package





- 16-bit processor (1978-9)
 - IBM PC and PC XT
 - Revolutionary products
 - Introduced x86 ISA
- Characteristics
 - 3 μm process
 - 29k transistors
 - 5-10 MHz
 - 16-bit word size
 - 40-pin DIP package
- Microcode ROM





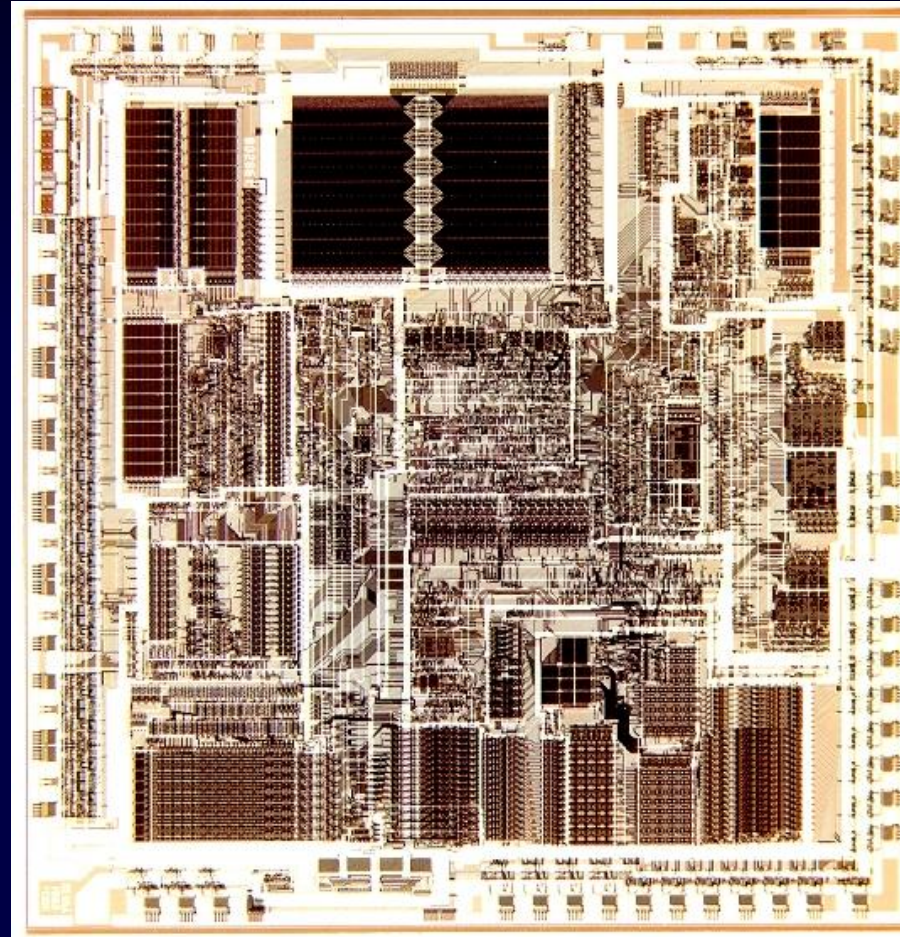
Rozwój elektroniki – 8086/8088



Podstawowa wersja PC/XT pracowała z zegarem 4,77 MHz, lecz później pojawiły się wersje działające w tzw. trybie turbo – z zegarem 6,5 MHz, 7,16 MHz, 9,54 MHz, 10 MHz, a nawet szybciej. Komputery nadal mogły być przełączane do prędkości 4,77 MHz, ponieważ niektóre programy (a w dużej mierze gry) zakładały, że są uruchamiane przy takiej właśnie, a nie innej, częstotliwości zegara. Wtedy programy pisane dla konkretnej częstotliwości taktowania mikroprocesora nie były niczym szczególnym. Uruchomienie gry na szybszym komputerze oznaczało szybsze jej działanie, co utrudniało lub uniemożliwiało rozgrywkę. PC/XT był początkowo dostarczany z 128 kB pamięci RAM, potem 256 kB, 512 kB, a w końcu zawierały maksymalną dla tego typu wielkość 640 kB. Był on też fabrycznie wyposażony w dysk twardy 5,25" o pojemności w pierw 10 MB, a od 1985 roku – 20 MB Seagate ST-225. W 1986 roku wprowadzono do sprzedaży model XT 286 oparty o 6 MHz mikroprocesor Intel 80286.

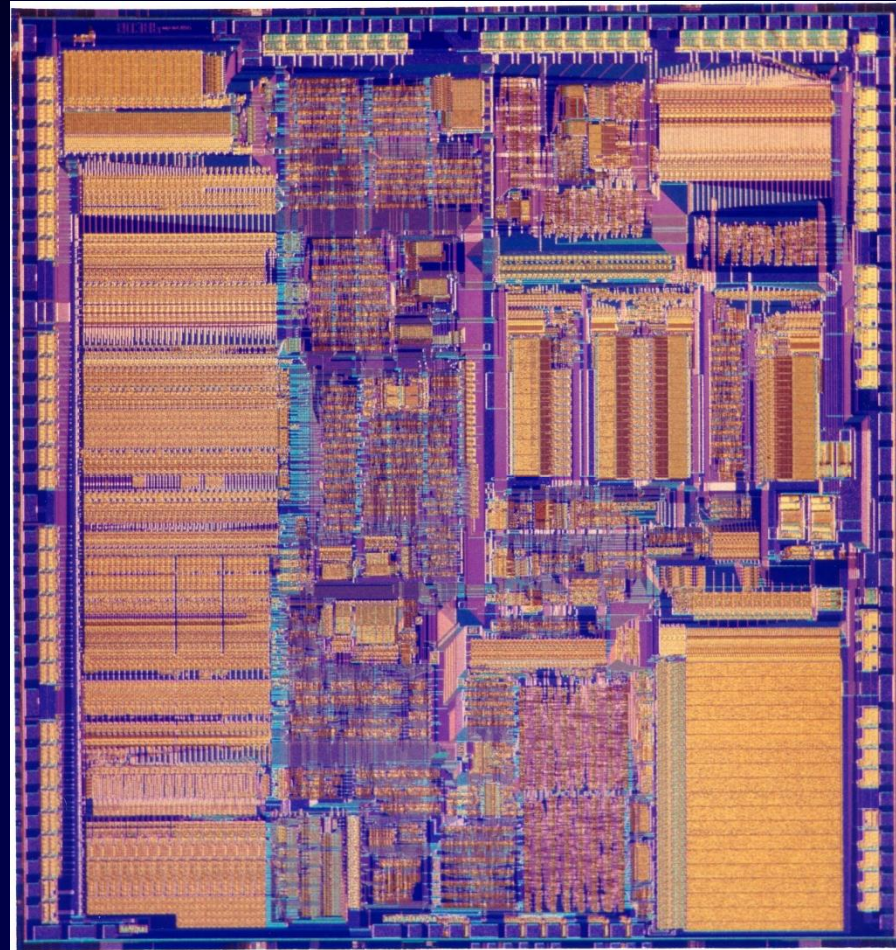


- Virtual memory (1982)
 - IBM PC AT
- Characteristics
 - 1.5 μm process
 - 134k transistors
 - 6-12 MHz
 - 16-bit word size
 - 68-pin PGA
- Regular datapaths and ROMs
Bitslices clearly visible



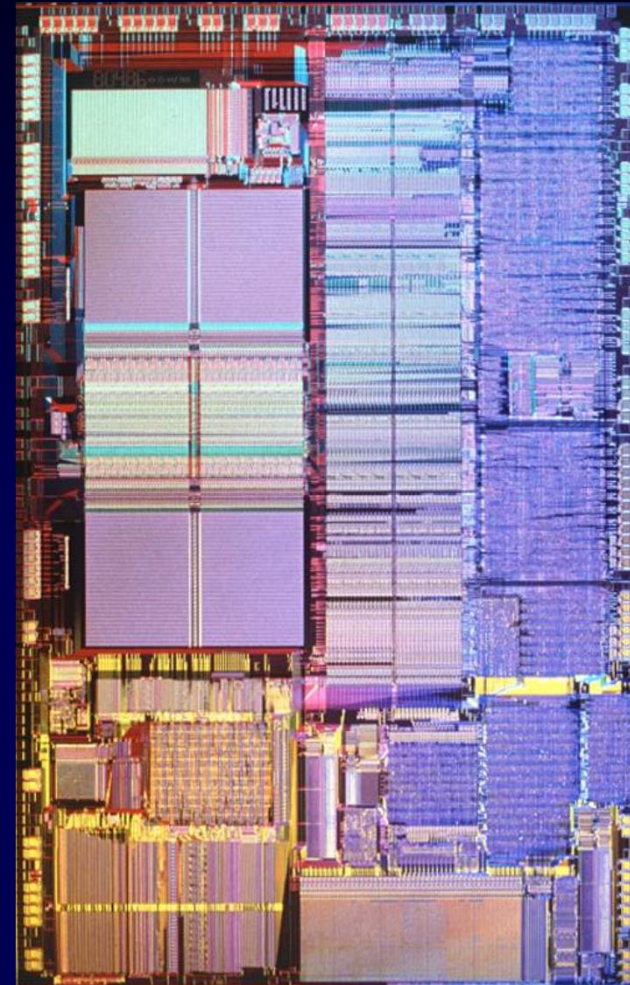


- 32-bit processor (1985)
 - Modern x86 ISA
- Characteristics
 - 1.5-1 μm process
 - 275k transistors
 - 16-33 MHz
 - 32-bit word size
 - 100-pin PGA
- 32-bit datapath,
microcode ROM,
synthesized control



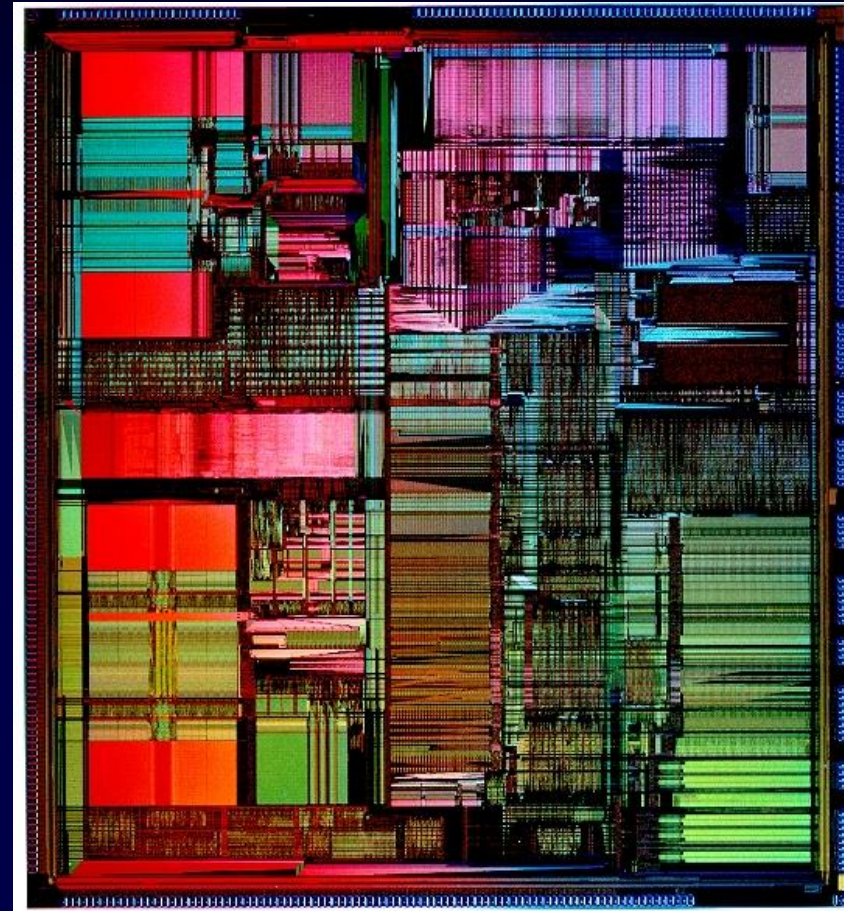


- Pipelining (1989)
 - Floating point unit
 - 8 KB cache
- Characteristics
 - 1-0.6 μm process
 - 1.2M transistors
 - 25-100 MHz
 - 32-bit word size
 - 168-pin PGA
- Cache, Integer datapath, FPU, microcode, synthesized control





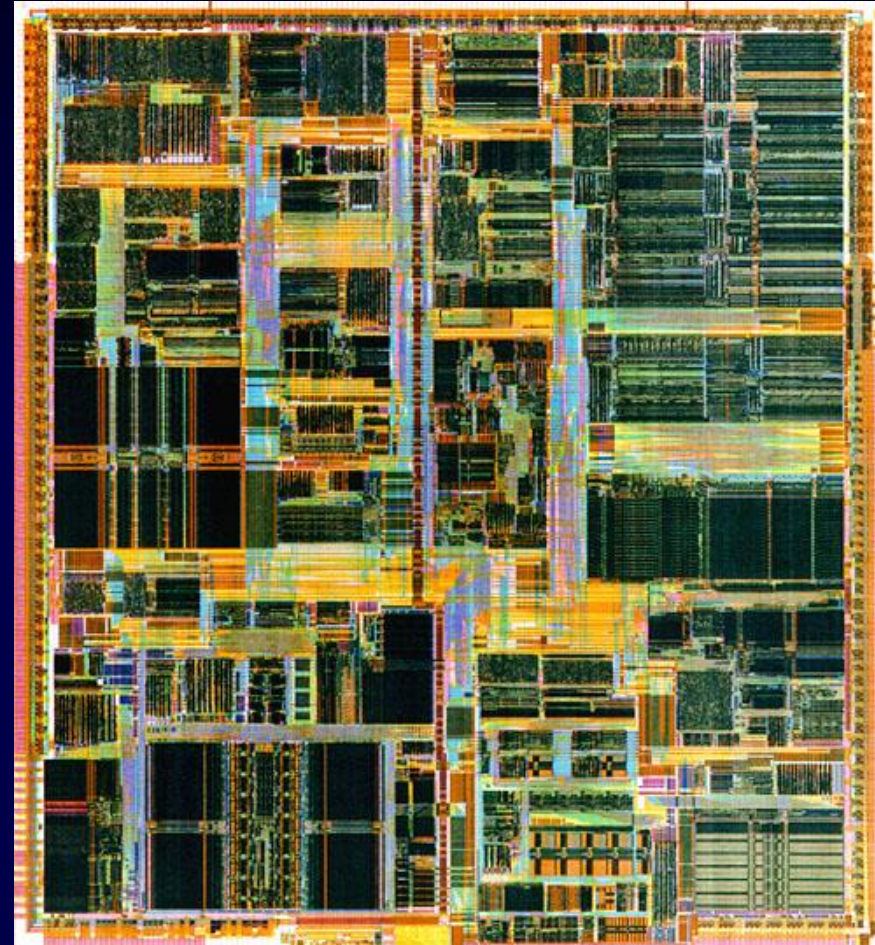
- Superscalar (1993)
 - 2 instructions per cycle
 - Separate 8KB I\$ & D\$
- Characteristics
 - 0.8-0.35 μm process
 - 3.2M transistors
 - 60-300 MHz
 - 32-bit word size
 - 296-pin PGA
- Caches, datapath, FPU, control





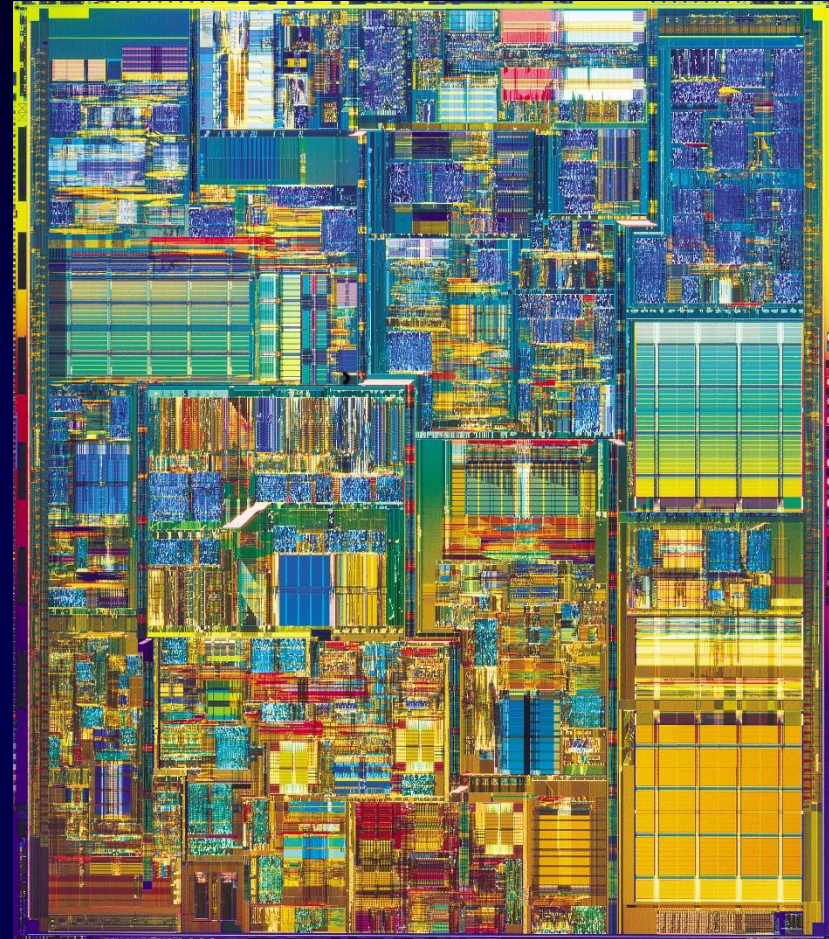
Rozwój elektroniki *PENTIUM PRO/II/III*

- Dynamic execution (1995-9)
 - 3 micro-ops / cycle
 - Out of order execution
 - 16-32 KB I\$ & D\$
 - Multimedia instructions
 - PIII adds 256+ KB L2\$
- Characteristics
 - 0.6-0.18 μm process
 - 5.5M-28M transistors
 - 166-1000 MHz
 - 32-bit word size
 - MCM / SECC



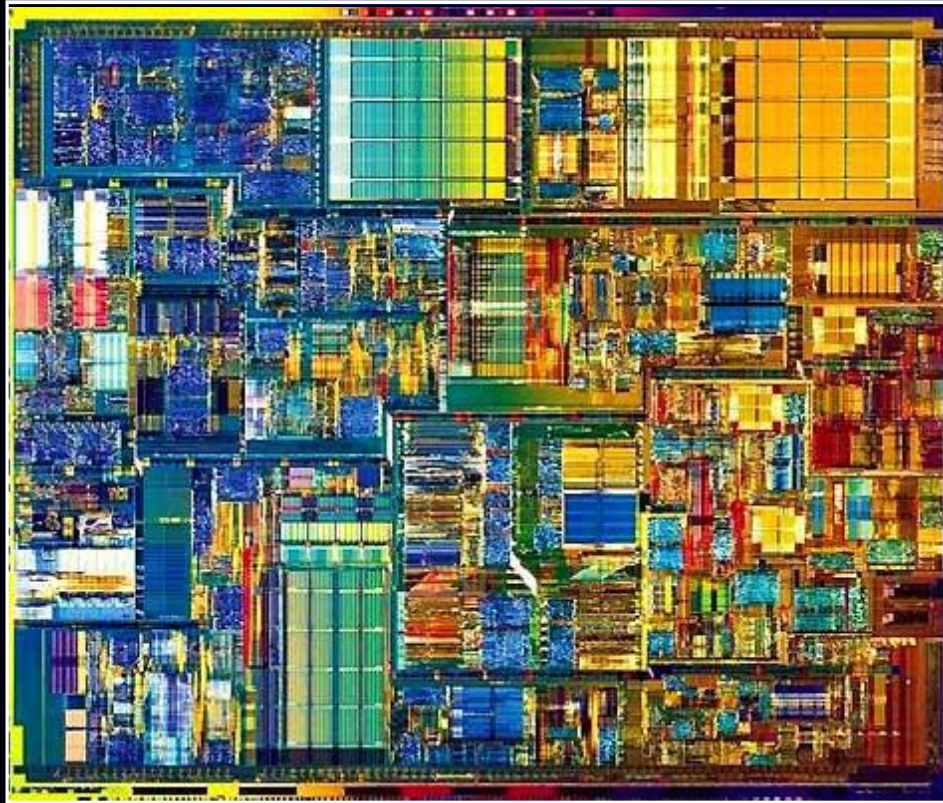


- Deep pipeline (2001)
 - Very fast clock
 - 256-1024 KB L2\$
- Characteristics
 - 180 – 90 nm process
 - 42-125M transistors
 - 1.4-3.4 GHz
 - 32-bit word size
 - 478-pin PGA
- Units start to become invisible on this scale





Rozwój elektroniki



0.5 cm

2004
1947



2-3 cm



Processor	Year	Feature Size (μm)	Transistors	Frequency (MHz)	Word size	Package
4004	1971	10	2.3k	0.75	4	16-pin DIP
8008	1972	10	3.5k	0.5–0.8	8	18-pin DIP
8080	1974	6	6k	2	8	40-pin DIP
8086	1978	3	29k	5–10	16	40-pin DIP
80286	1982	1.5	134k	6–12	16	68-pin PGA
Intel386	1985	1.5–1.0	275k	16–25	32	100-pin PGA
Intel486	1989	1–0.6	1.2M	25–100	32	168-pin PGA
Pentium	1993	0.8–0.35	3.2–4.5M	60–300	32	296-pin PGA
Pentium Pro	1995	0.6–0.35	5.5M	166–200	32	387-pin MCM PGA
Pentium II	1997	0.35–0.25	7.5M	233–450	32	242-pin SECC
Pentium III	1999	0.25–0.18	9.5–28M	450–1000	32	330-pin SECC2
Pentium 4	2001	0.18–0.13	42–55M	1400–3200	32	478-pin PGA

Silicon Valley





Gordon Moore

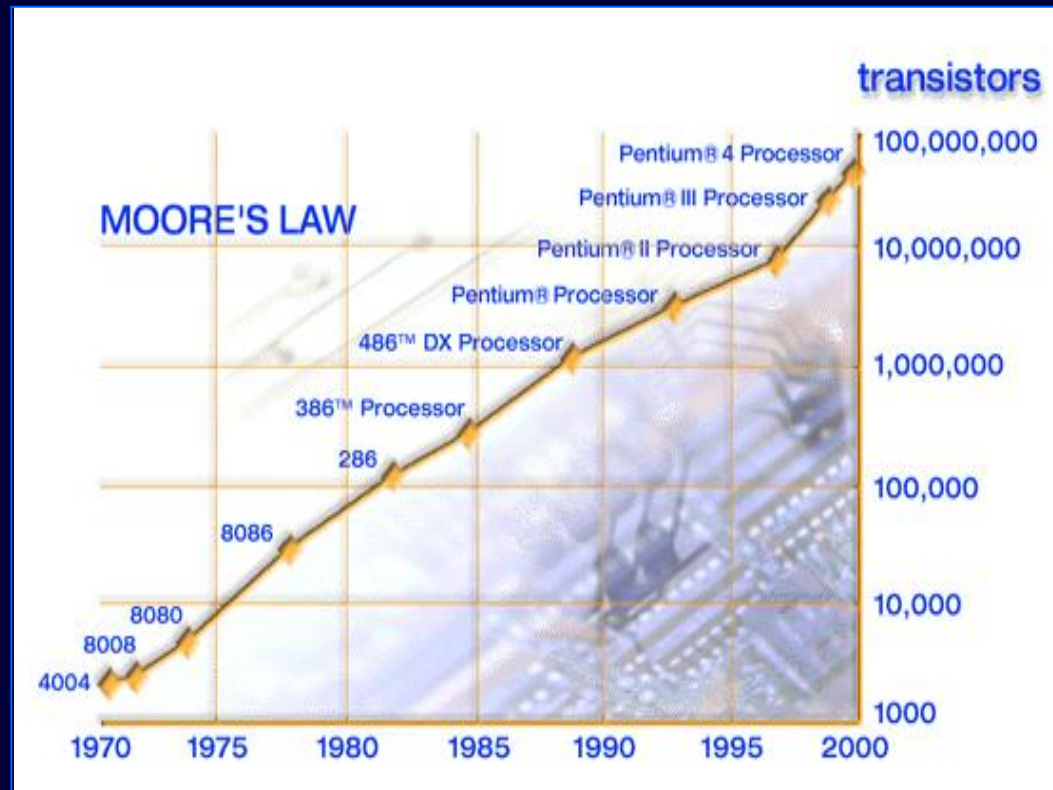
*Upakowanie tranzystorów będzie się
podwajało co 2 lata*



1975

1958 rok – 1 tranzystor = 10 \$

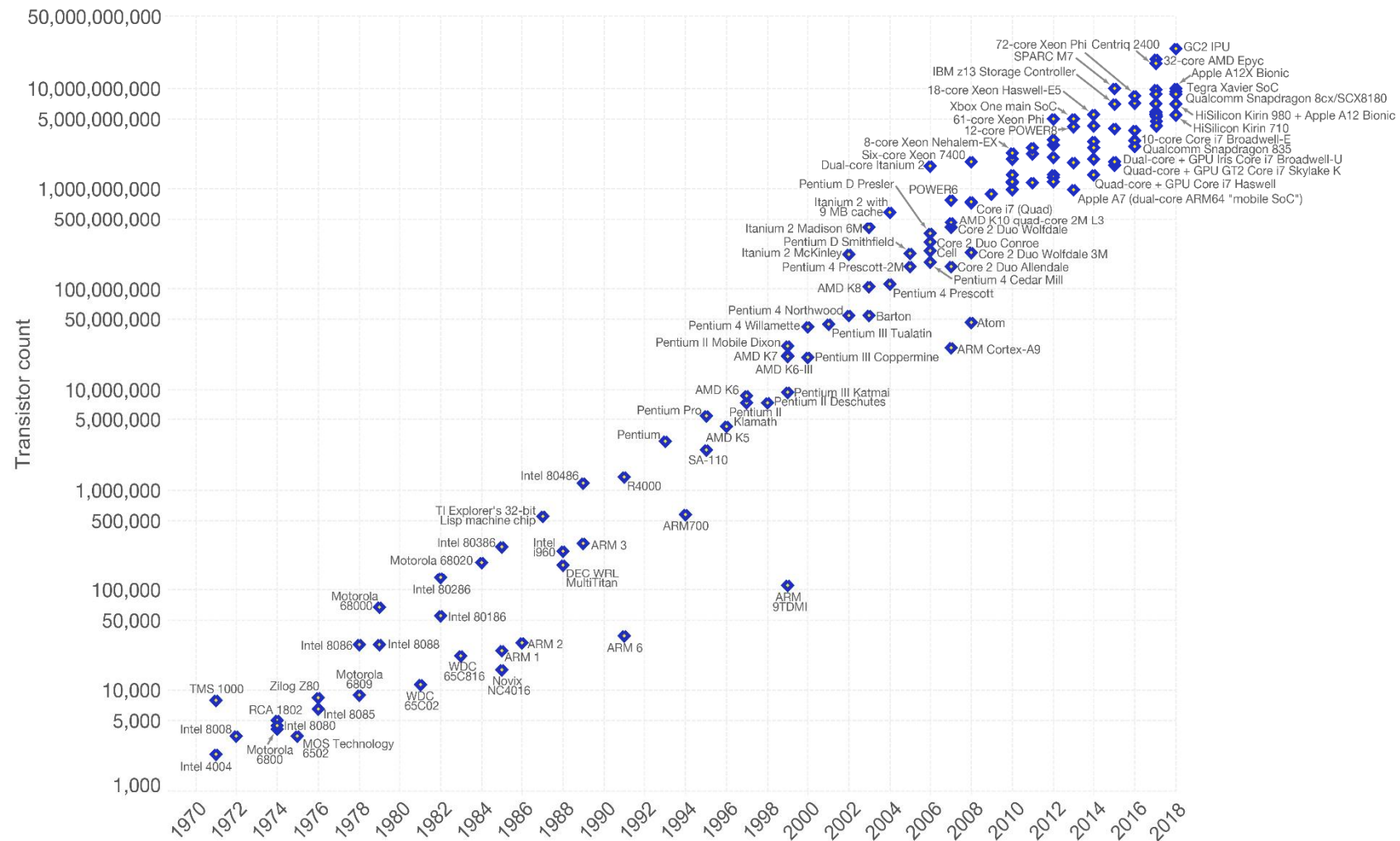
2000 rok – 5 000 000 = 10 \$



Moore's Law – The number of transistors on integrated circuit chips (1971-2018)

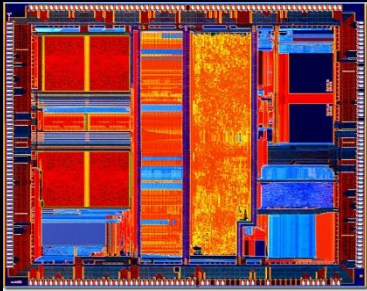


Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important as other aspects of technological progress – such as processing speed or the price of electronic products – are linked to Moore's law.



Data source: Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count)
The data visualization is available at [OurWorldinData.org](https://www.ourworldindata.org). There you find more visualizations and research on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.



Potrzebujemy mniejszych tranzystorów !!!

***Mniejsze tranzystory
przełączają się szybciej.
Wzrasta szybkość
pracy układów
elektronicznych.***

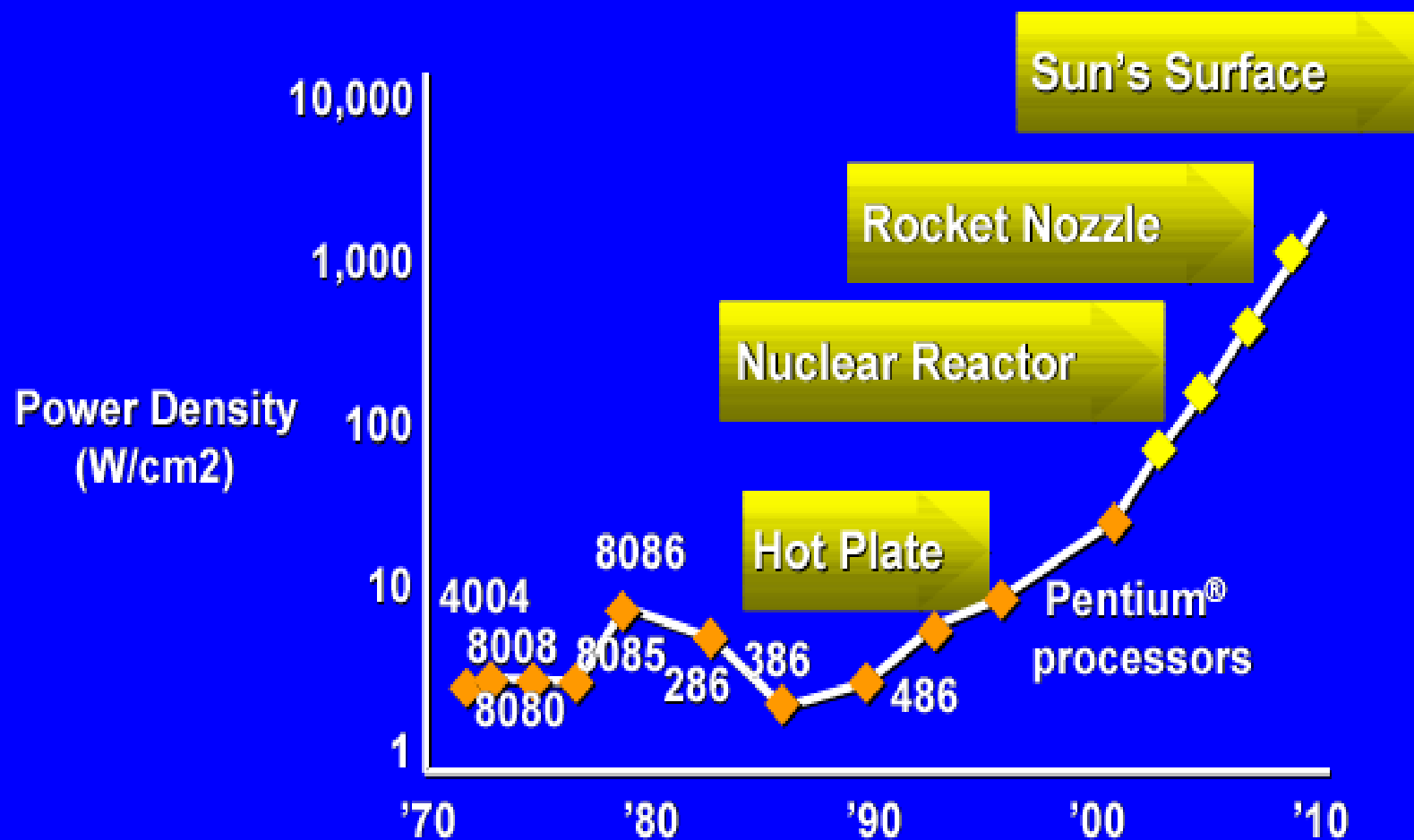
***Mniejsze tranzystory
zajmują mniej miejsca***



Ograniczenia miniaturyzacji

- 1) *Silne pola elektryczne*
- 2) *Wydzielanie ciepła*

Power Density Extrapolation





Ograniczenia miniaturyzacji

- 1) *Silne pola elektryczne*
- 2) *Wydzielanie ciepła*
- 3) *Zanik właściwości półprzewodnikowych*

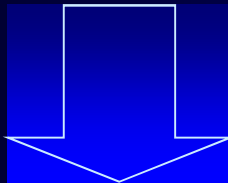
*mniejsze znaczy
gorsze*



Ograniczenia miniaturyzacji

- 1) Silne pola elektryczne
- 2) Wydzielanie ciepła
- 3) Zanik właściwości półprzewodnikowych

*mniejsze znaczy
gorsze*



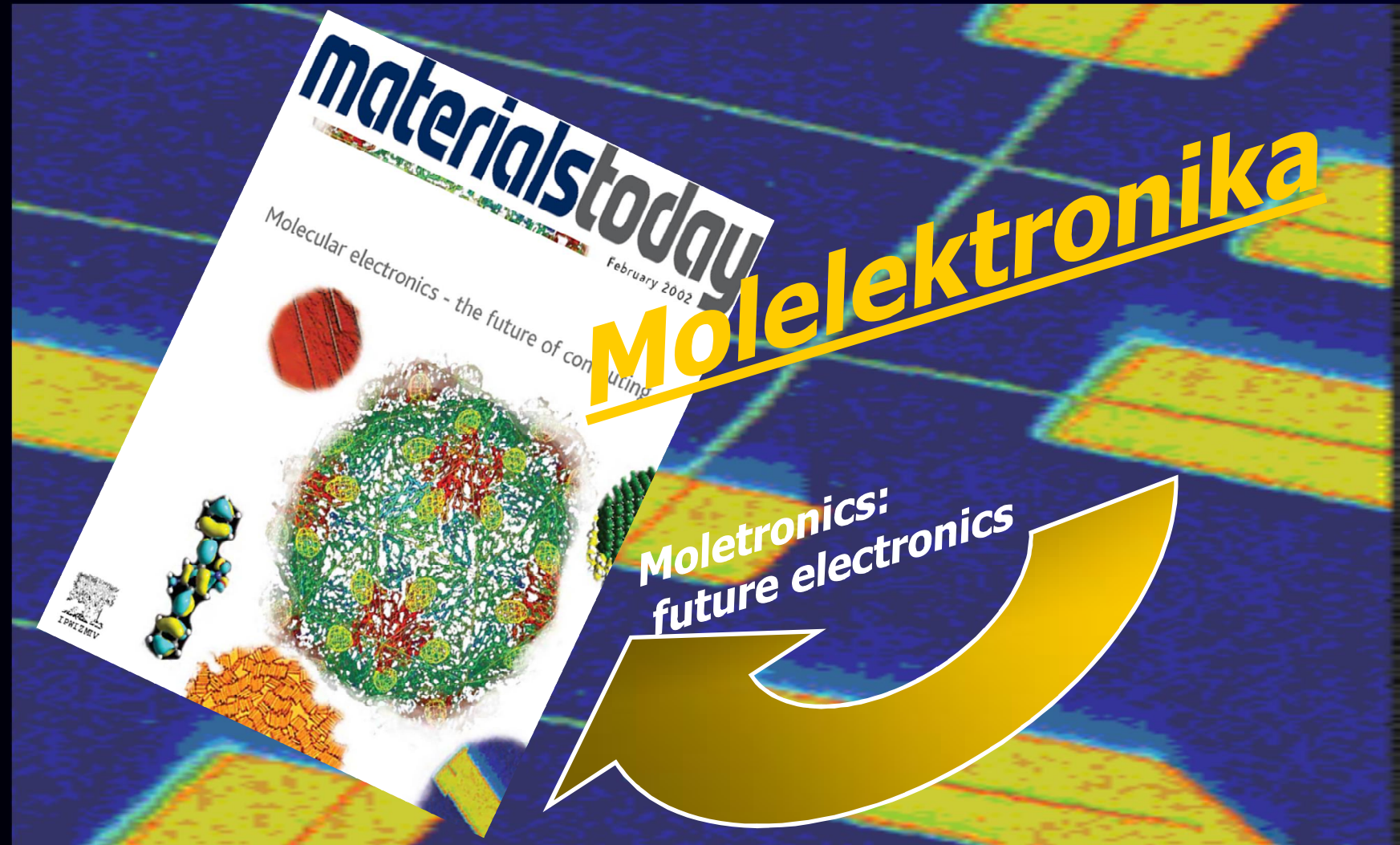
*mniejsze znaczy
lepsze*

Powstał nowy paradygmat
Niskowymiarowe układy kwantowe
Elektronika molekularna

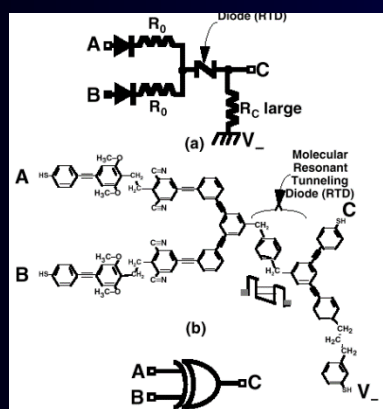
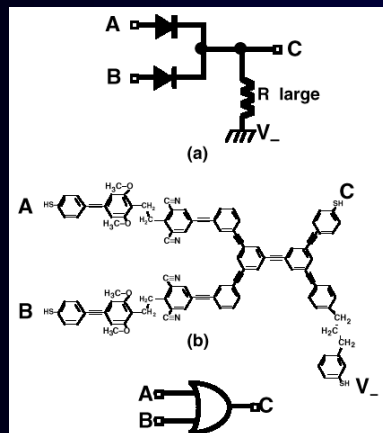
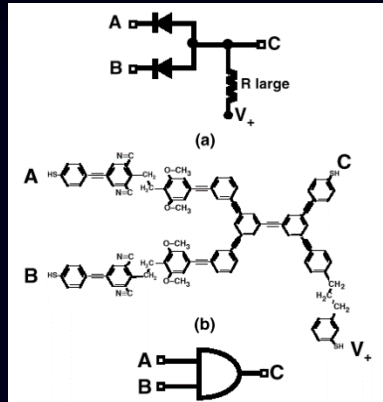


WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój elektroniki



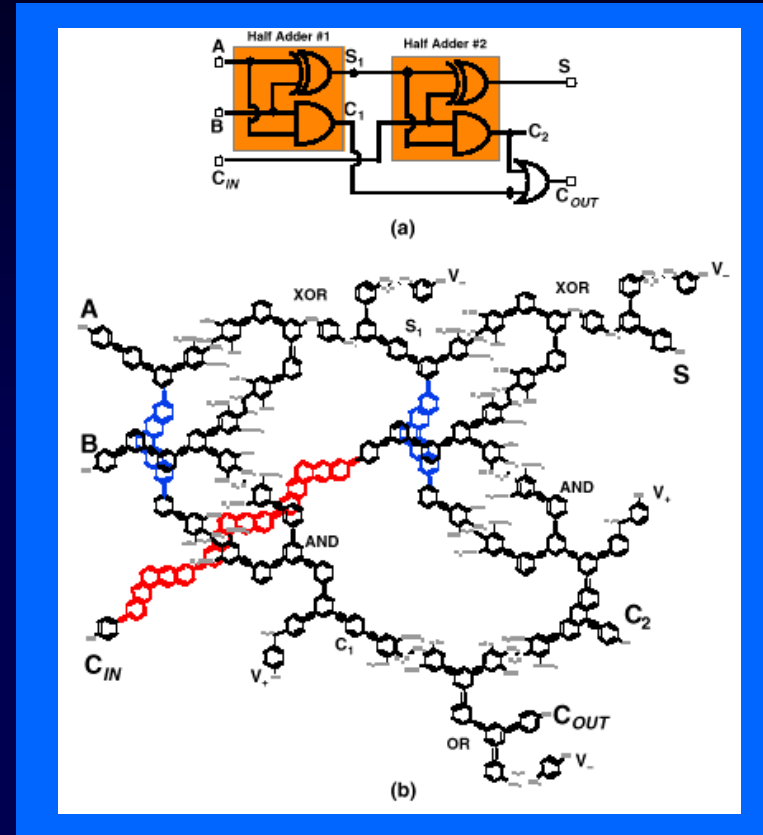
Elektronika molekularna



Molekularna bramka
AND

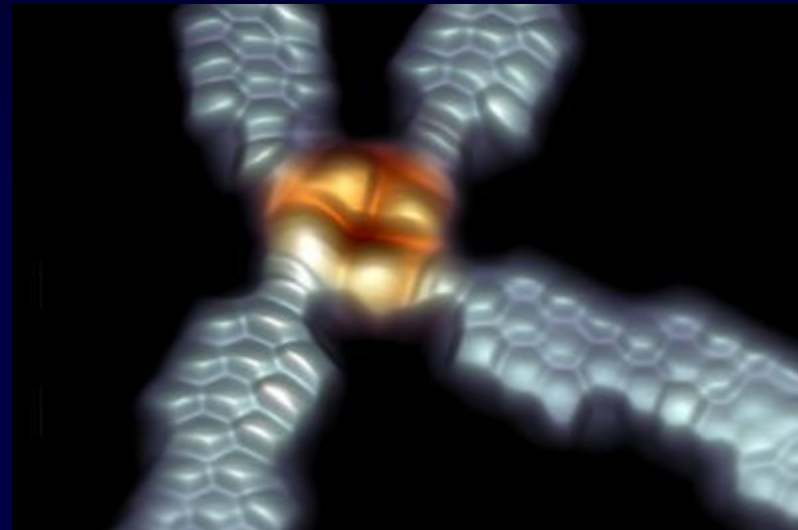
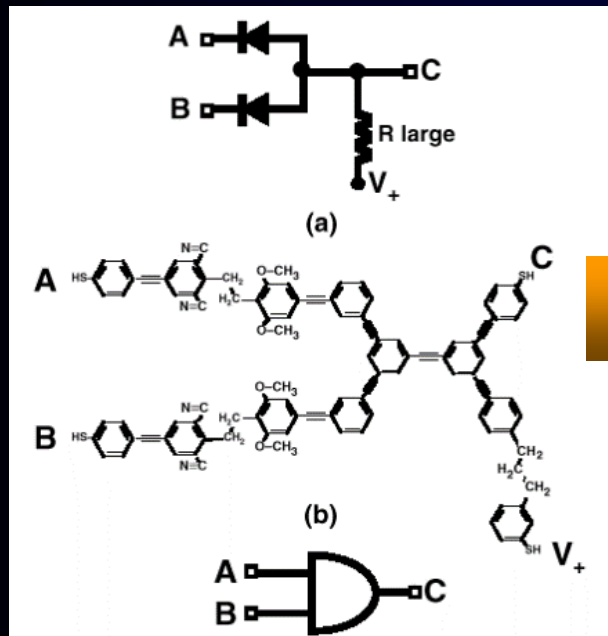
Molekularna bramka
XOR

Reproduced from
MITRE



Molekularny
układ sumuj cy

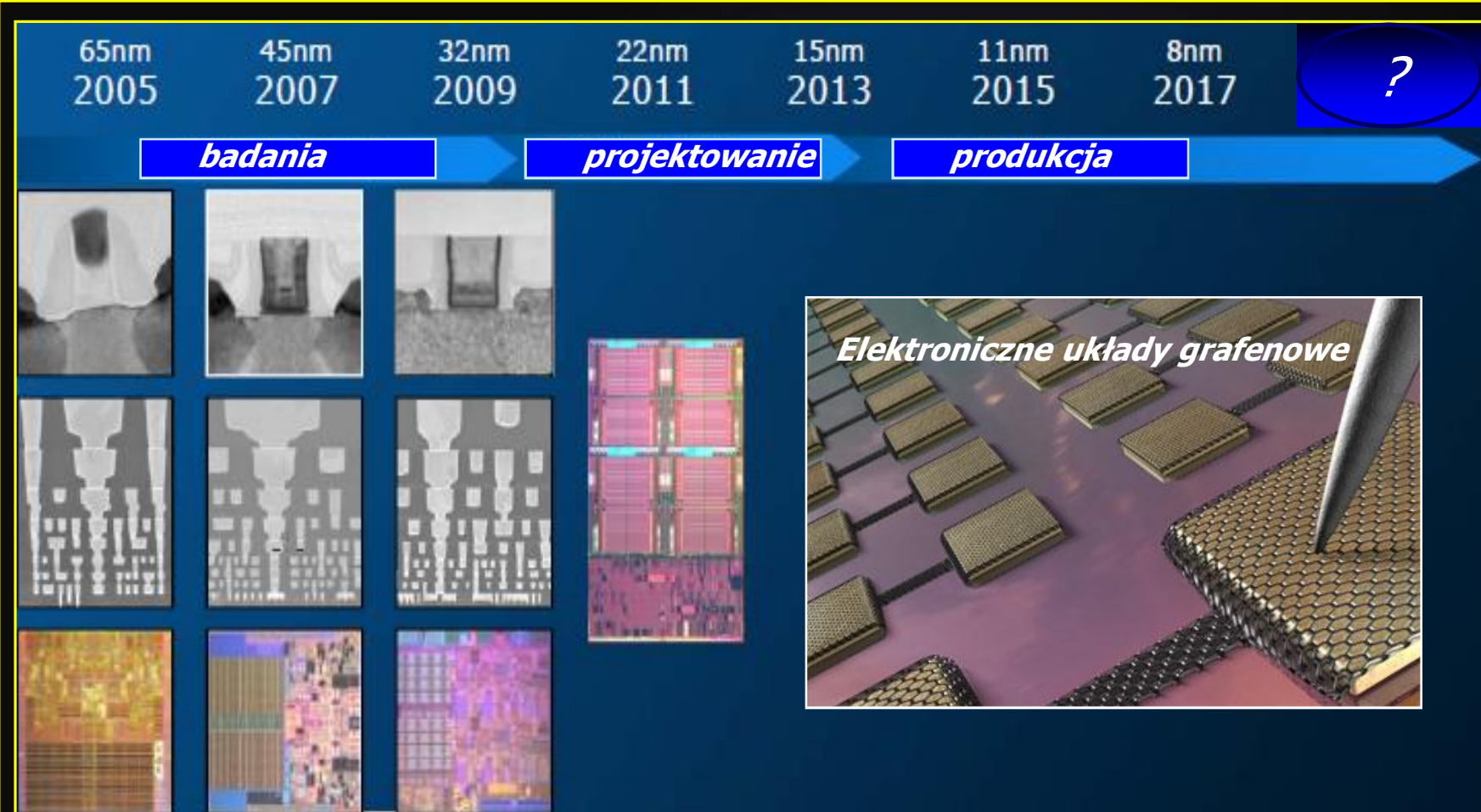
Elektronika molekularna



Najwi kszy problem elektroniki molekularnej to kontakty i wyprowadzenia sygnałów elektrycznych.



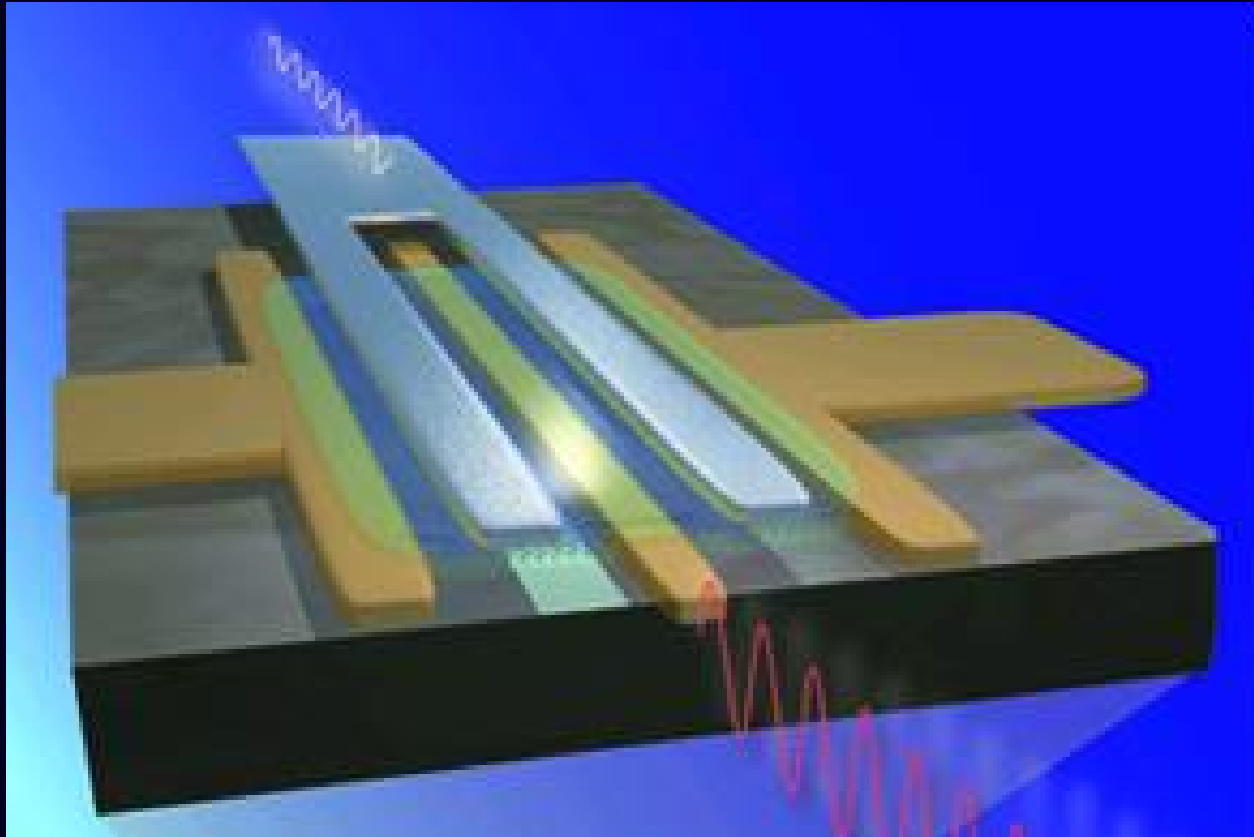
Grafen – dlaczego intryguje ?





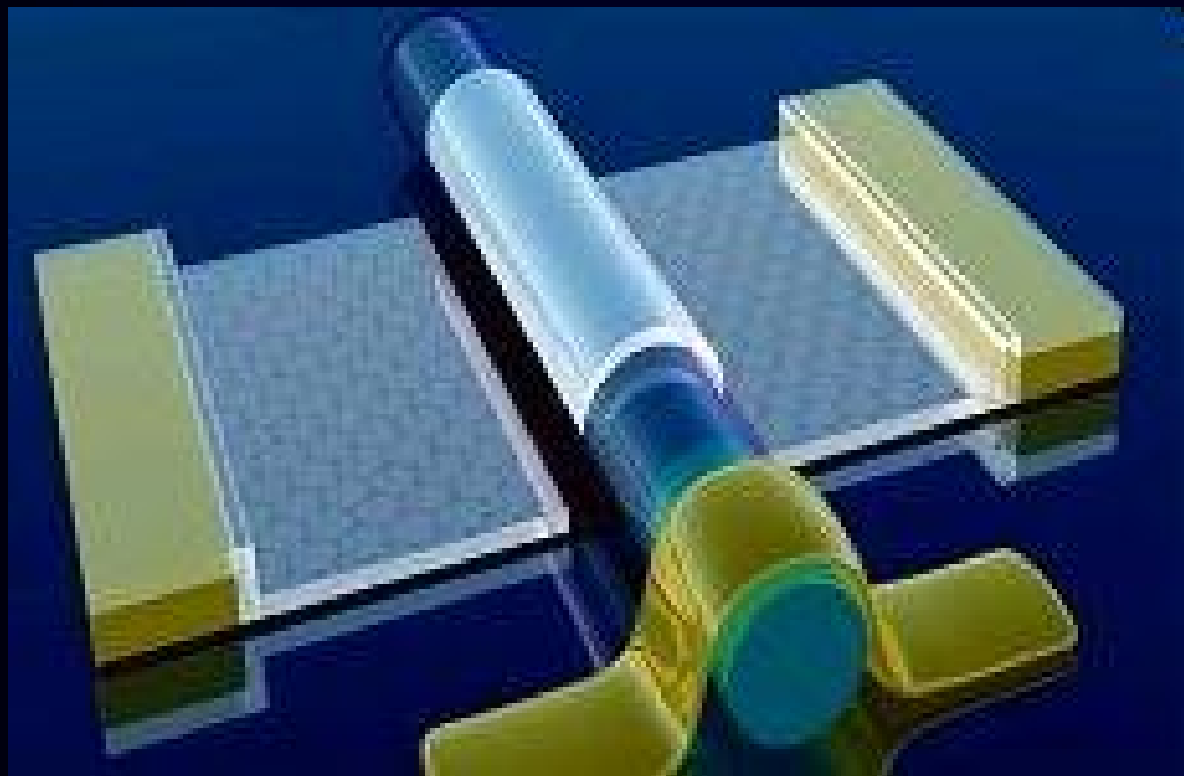
WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

IBM opracował grafenowy tranzystor, który pracuje cztery razy szybciej niż poprzedni tranzystor tej firmy wyprodukowany w oparciu o ten sam materiał.



Nowy grafenowy tranzystor pracuje z szybkością 100 GHz

Najszybszy tranzystor grafenowy na świecie!!!!

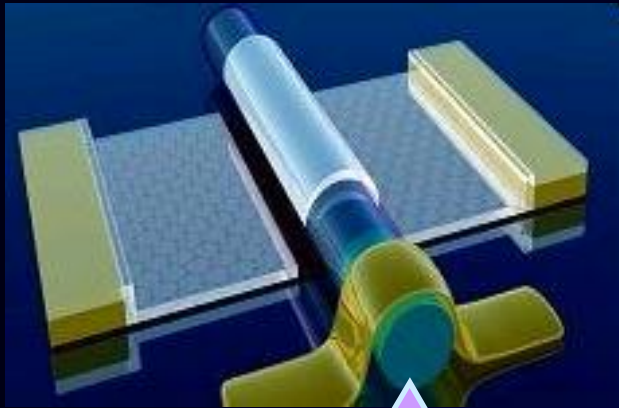


Grupa naukowców z Uniwersytetu Kalifornii, Los Angeles wykorzystała grafen w połączeniu z nanodrutem z krzemku kobaltu w izolującej powłoce tlenku glinu w celu stworzenia mikroskopijnego tranzystora o długości kanału wynoszącej 140 nanometrów.

Ten tranzystor pracuje z szybkością 300 GHz!!!!



Bliska przyszłość 1 THz !!!



Jedyną, co ogranicza prędkość tranzystora, to średnica nanoprzewodu, która przy taktowaniu 300GHz wynosiła 120nm.

Zmniejszenie tej średnicy do około 50nm

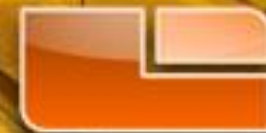
Procesory grafenowe wyprodukowane w tej technologii nie nadają się do produkcji masowej – ich metoda produkcji jest całkowicie odmienna od tranzystorów krzemowych, co wiązałoby się z ogromnymi kosztami wybudowania nowych fabryk wykorzystujących znacznie droższy i precyzyjny sprzęt,

co jest nieopłacalne.



WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój elektroniki





WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki

Rozwój elektroniki



Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej UŁ



Rozwój elektroniki



*Koszty budowy:
kilkanaście miliardów \$*

*Co 18 miesięcy podwaja się liczba tranzystorów
Tranzystory z bramką 30 nm w masowej produkcji
Na razie proces skalowania się udaje*

*BRAK MOTYWACJI DO WPROWADZANIA
TECHNOLOGII OPARTYCH NA MATERIAŁACH
INNYCH NIŻ Si*

Koniec