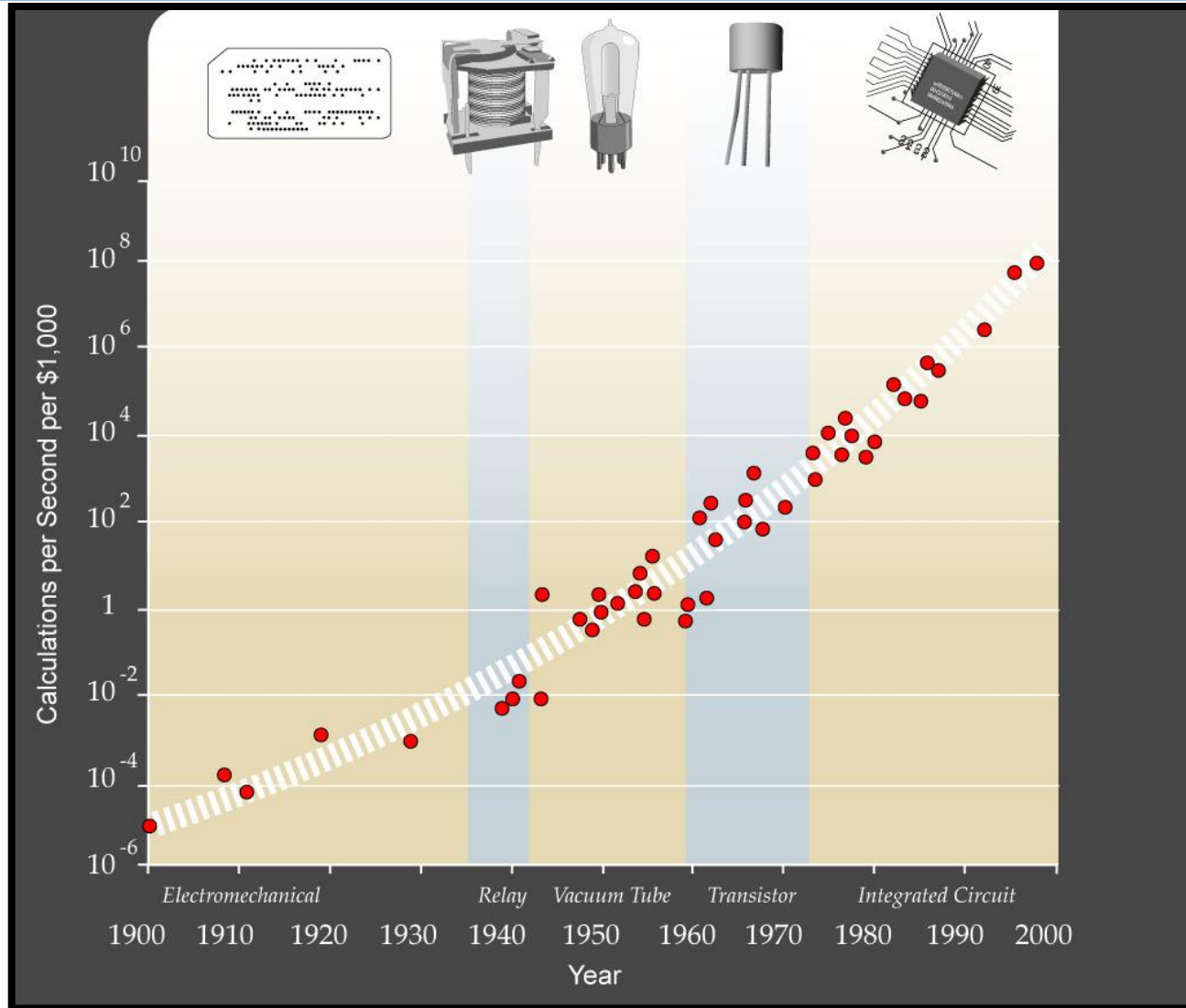


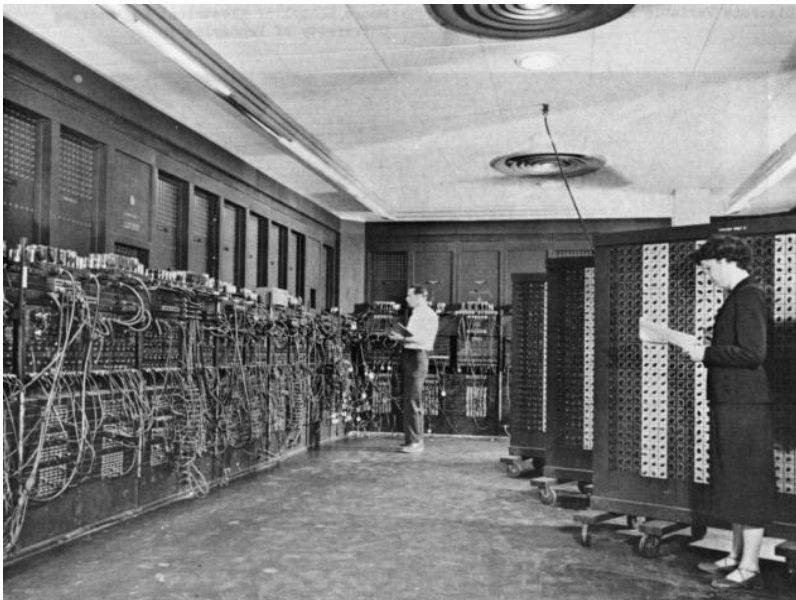
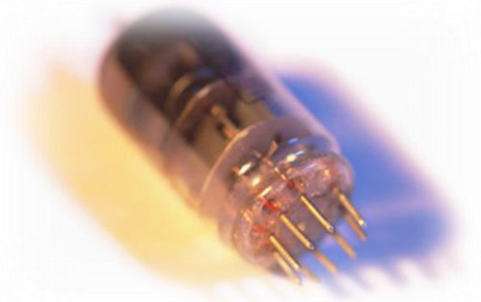
# COMPUTER EVOLUTION AND PERFORMANCE

# วิวัฒนาการของอุปกรณ์เทคโนโลยีพื้นฐาน



# First Generation : Vacuum Tubes

- ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)
- ออกแบบและสร้างโดยมหาวิทยาลัย Pennsylvania
  - ▣ เริ่มตั้งแต่ปี 1943 – เสร็จสิ้นในปี 1946
- ถือเป็นคอมพิวเตอร์เครื่องแรกของโลกที่ใช้สัญญาณดิจิทัล



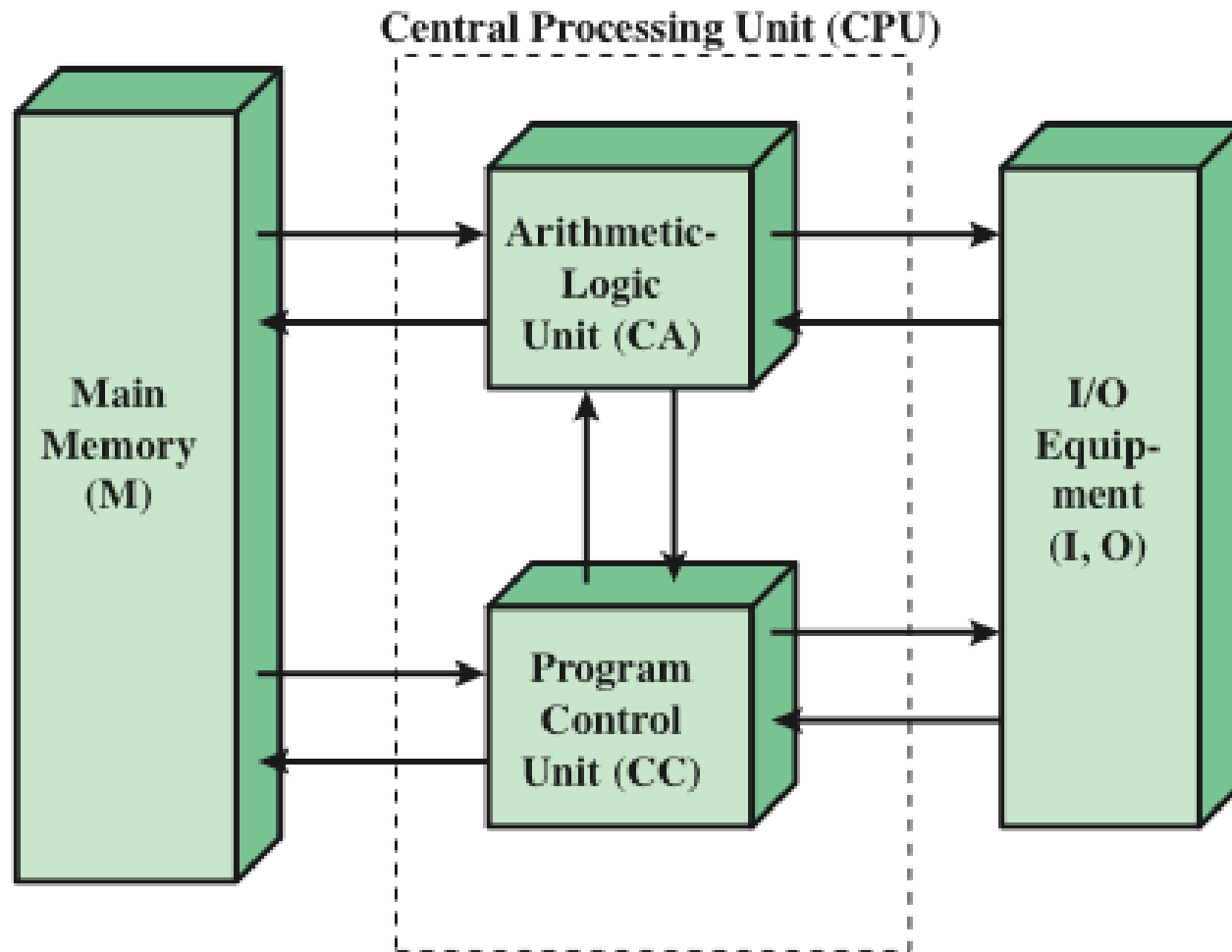
- น้ำหนัก 30 ตัน
- ใช้เนื้อที่ 1500 ตารางฟุต
- มีการใช้ vacuum tubes มากกว่า 18,000 ตัว
- ใช้กำลังไฟฟ้า 140kW
- สามารถทำการบวกได้ 5000 คำสั่ง/วินาที
- ใช้ตัวเลขฐาน 10 ในการทำงาน

# John von Neumann and EDVAC

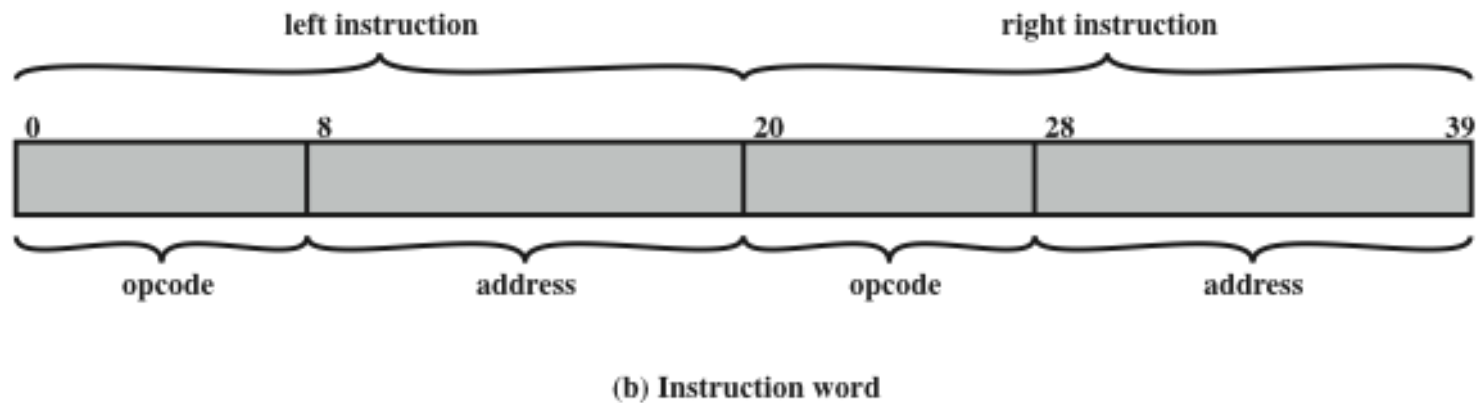
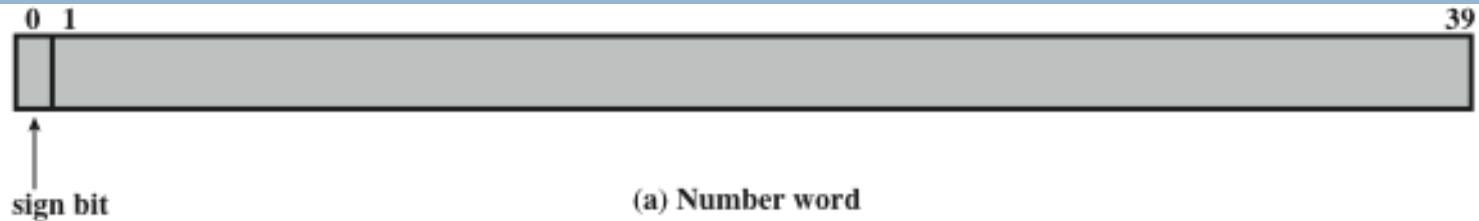
- EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)
  - ▣ ใช้ระบบเลขฐาน 2 แทนฐาน 10
  - ▣ แนวคิดของระบบเผยแพร่สู่สาธารณะในปี 1945
  - ▣ แนวคิดนี้เรียกว่า **stored program computer** ซึ่ง John von Neumann เป็นผู้นำเสนอ
    - ชุดคำสั่ง (Instruction) และข้อมูล (data) จะต้องเก็บไว้ในหน่วยความจำ
    - ค่าในหน่วยความจำสามารถอ้างอิงได้จากแอดเดรสของหน่วยความจำ
    - การทำงานของอ่านชุดคำสั่งจากหน่วยความจำตามลำดับ
- IAS Computer
  - ▣ Princeton Institute for Advanced Studies
  - ▣ เป็น Prototype ของเครื่องคอมพิวเตอร์ในเวลาต่อมา
  - ▣ สร้างเสร็จในปี 1952



# โครงสร้างคอมพิวเตอร์ของ John von Neumann

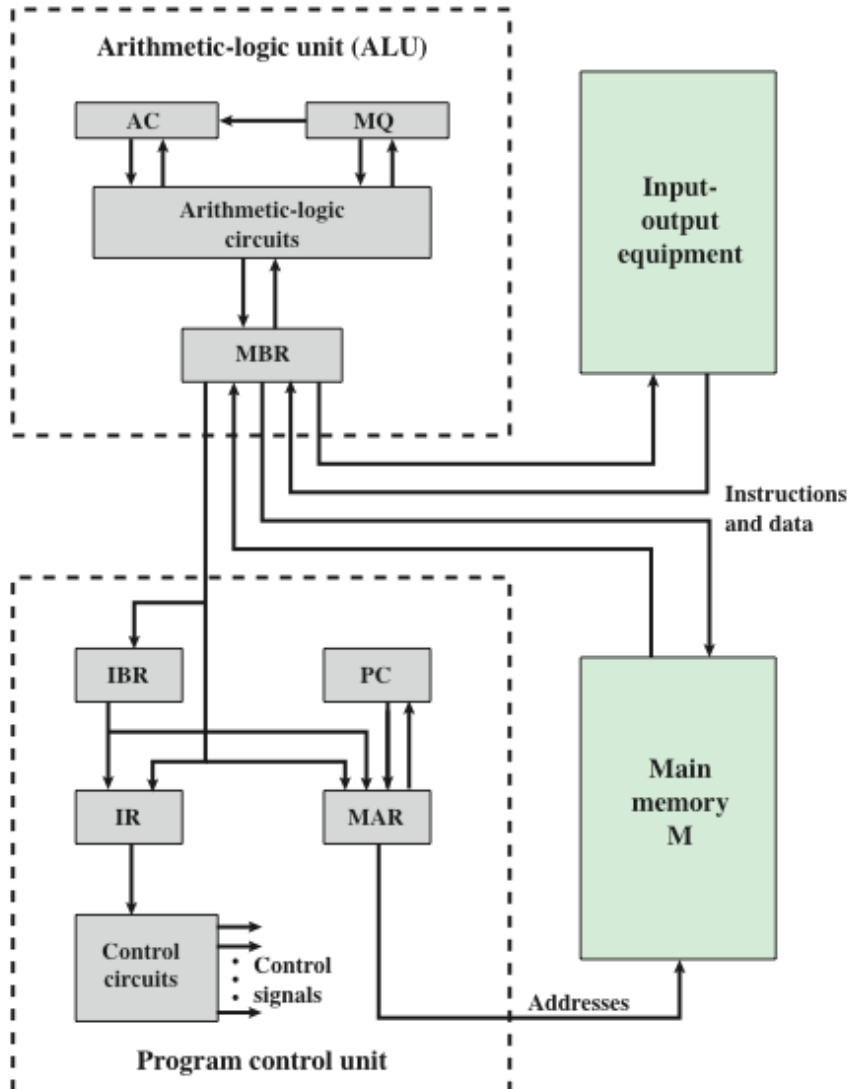


# IAS Memory Format



- หน่วยความจำใน IAS computer มีทั้งหมด 1 000 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งเก็บข้อมูล 1 word (40 bits)
- ทั้งข้อมูล (Data) และชุดคำสั่ง (Instruction) เก็บอยู่ในหน่วยความจำ

# โครงสร้างของ IAS Computer



- **MBR (Memory Buffer Register)** เก็บ word ของ data ที่รับ/ส่ง กับอุปกรณ์ I/O และหน่วยความจำ
- **MAR (Memory Address Register)** เก็บ แอดเดรสที่จะใช้รับ/ส่งข้อมูลเข้า MBR
- **IR (Instruction Register)** เก็บ opcode 8-bit ที่จะสั่งทำงาน
- **IBR (Instruction Buffer Register)** ที่เก็บ ชุดคำสั่งด้านขวาชั่วคราว
- **PC (Program Counter)** เก็บแอดเดรสของ ชุดคำสั่งถัดไป
- **AC (Accumulator)** และ **MQ (Multiplier quotient)** เก็บข้อมูลชั่วคราวในการคำนวณ

# Commercial Computers (1)

- UNIVAC (**UNIV**ersal **A**utomatic **C**omputer)
- 1947 – Eckert และ Mauchly ก่อตั้งบริษัทชื่อ Eckert-Mauchly Computer Corporation เพื่อสร้างคอมพิวเตอร์สำหรับขายจริง
- UNIVAC I
  - ▣ เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ **commercial** ที่สำเร็จเป็นเครื่องแรก
  - ▣ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการคำนวณทางวิทยาศาสตร์และแอปพลิเคชันการค้า
- UNIVAC II
  - ▣ ออกขายช่วงปลายปี 1958
  - ▣ มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีความจุหน่วยความจำมากขึ้น



# Commercial Computers (2)

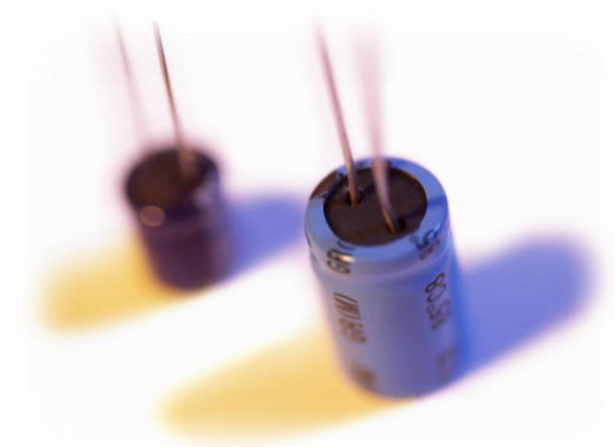
- IBM เป็นผู้ผลิตอุปกรณ์คำนวณจาก punched-card
- ได้ผลิตและวางจำหน่ายเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้าในรูปแบบ stored-program (IBM 701) ในปี 1953 โดยใช้เพื่อการคำนวณทางวิทยาศาสตร์เป็นหลัก
- ในปี 1955 ได้จำหน่าย IBM 702 เพื่อการคำนวณทางด้านธุรกิจ
- IBM series 700/7000 กลายเป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นเจ้าตลาดในที่สุด

แต่ทว่า IBM เกิดปัญหาในภายหลัง เพราะเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละรุ่น มีสถาปัตยกรรมต่างกัน ทำให้แอปพลิเคชันต่างๆ ไม่สามารถทำงานร่วมกันได้



# Second Generation: Transistors

- มีขนาดเล็กกว่า **Vacuum Tubes**
- มีราคาถูกกว่า
- แผ่ความร้อนน้อยกว่า **Vacuum Tubes**
- ถูกสร้างโดย **Bell Labs** ในปี 1947
- จนถึงประมาณปี 1958 ถึงเริ่มมีการนำทรานซิสเตอร์ไปใช้กับคอมพิวเตอร์



# เหตุการณ์สำคัญในเครื่องคอมพิวเตอร์ในยุคที่ 2

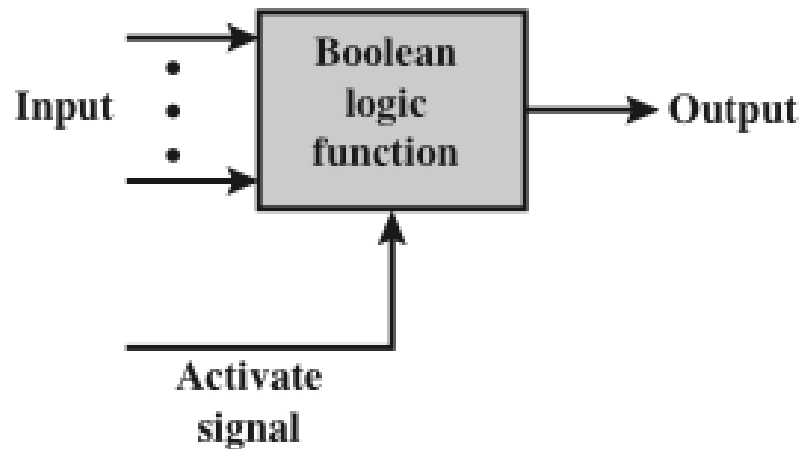
- ทำให้สามารถสร้าง **arithmetic and logic units (ALU)** และ **control units** ที่ซับซ้อนขึ้นได้
- เริ่มมีการใช้ภาษาโปรแกรมระดับสูง
- มีการพัฒนา **System Software** ซึ่งมีหน้าที่
  - ▣ โหลดโปรแกรม
  - ▣ ย้ายข้อมูลไปยังอุปกรณ์ต่างๆ และไลบรารีการทำงาน
  - ▣ สามารถทำการคำนวณพื้นฐานได้
- เกิดบริษัทใหม่ชื่อว่า **Digital Equipment Corporation (DEC)** ในปี 1957
- **PDP-1** เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องแรกของ DEC
- เป็นจุดเริ่มต้นของเครื่องคอมพิวเตอร์ประเภท **mini-computer**

# Third Generation: Integrated Circuits

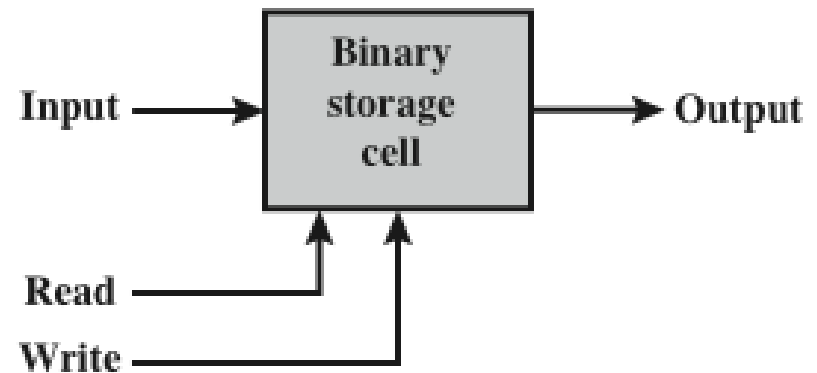
- IC ในถูกประดิษฐ์ขึ้นในปี 1958
- เป็น **Discrete Component**
  - ▣ ภายในมีทรานซิสเตอร์
  - ▣ ผู้ผลิตแยกรูปแบบตัวชิปของตัวเองโดยการบัดกรีตามลายวงจรบนบอร์ด
  - ▣ ขั้นตอนการผลิตในสมัยแรกแพงและช้า
- เครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นแรกๆ ของยุคนี้คือ **IBM System/360** และ **DEC PDP-8**



# Microelectronics



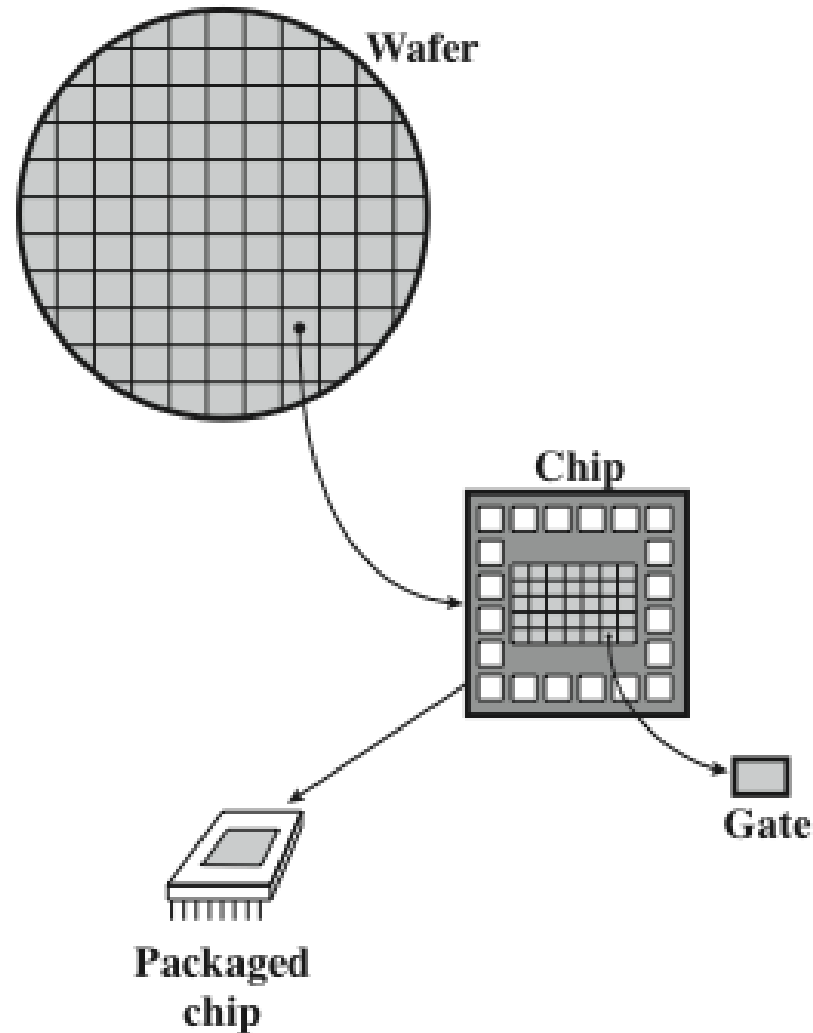
(a) Gate



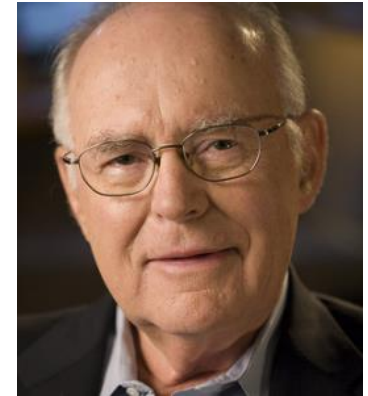
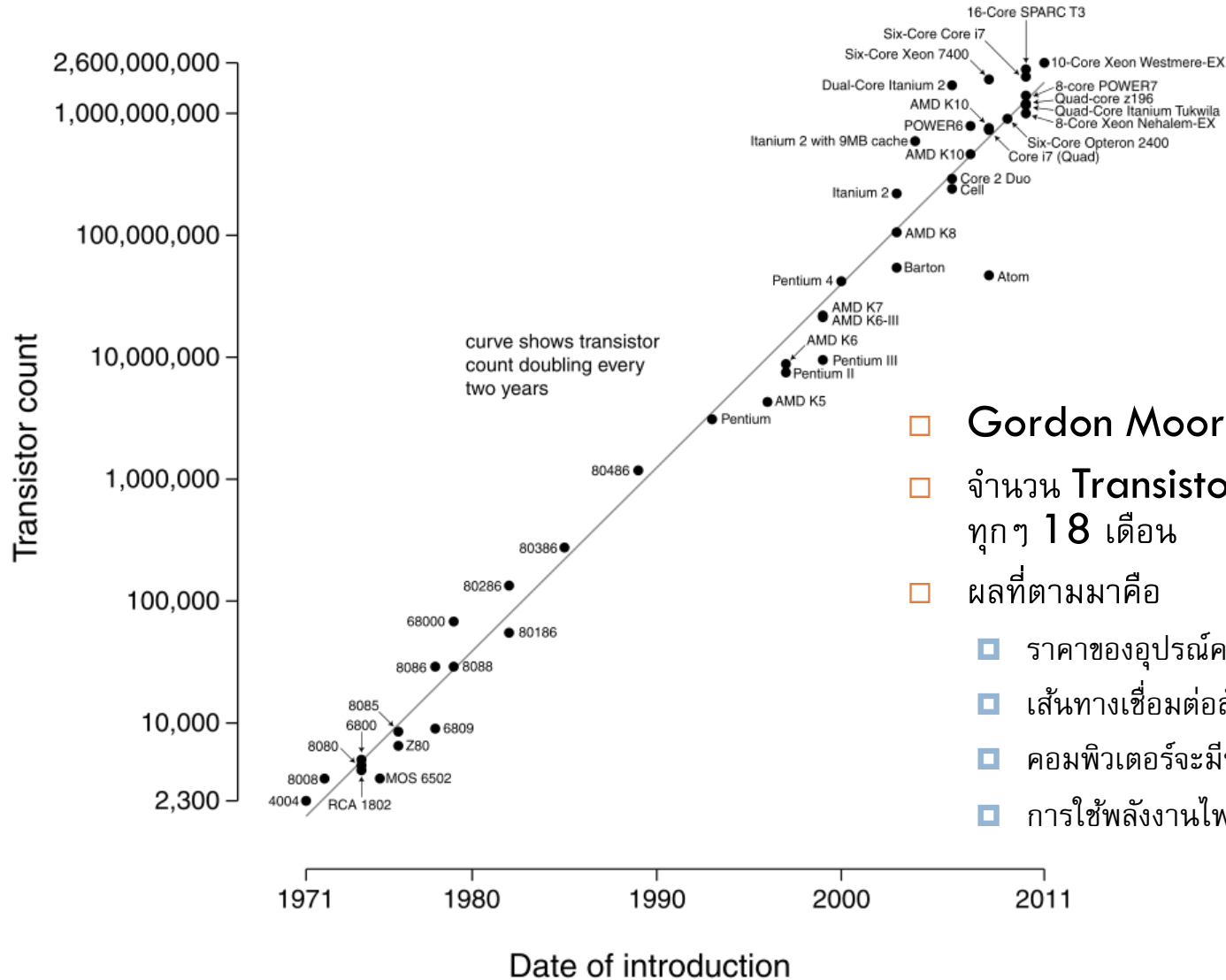
(b) Memory cell

- Data storage : ใช้ memory cell
- Data processing: ใช้ gates
- Data movement : ผ่านทาง path ของ component
- Control : มี path ที่ใช้ส่งสัญญาณควบคุม
- Computer ประกอบด้วย gate, memory cell และ path เชื่อมต่อ
- Gate และ memory cell สร้างด้วยอุปกรณ์ดิจิทัลแบบง่าย

# Wafer, Chip, and Gate



# Moore's Law



- Gordon Moore : co-founder ของ Intel
- จำนวน Transistor ใน CPU จะเพิ่มขึ้นเท่าตัว ทุกๆ 18 เดือน
- ผลที่ตามมาคือ
  - ราคาของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์จะถูกลงเรื่อยๆ
  - เส้นทางเชื่อมต่อสั้นลงทำให้ประมวลผลได้เร็วขึ้น
  - คอมพิวเตอร์จะมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ
  - การใช้พลังงานไฟฟ้าจะลดลง

# IBM 360

- IBM ได้ออกแบบสถาปัตยกรรมของไมโครโปรเซสเซอร์ใหม่ชื่อ IBM 360 โดยมีคำมั่นสัญญาว่า
  - ▣ การออกแบบในครั้งนี้ต้องรองรับการกับคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ๆ ในอนาคตได้
  - ▣ ต้องมีวิธีติดต่อกับ I/O ที่เป็นมาตรฐาน
- IBM 360 : A General Purpose Register (GPR) Machine
  - ▣ 16 general-purpose 32-bit registers
  - ▣ 4 floating point 64-bit registers
  - ▣ Program Status Word (PSW) : PC, condition codes, flags
  - ▣ 32-bit machine with 24-bit addresses
  - ▣ Data Format :
    - 8-bit bytes, 16-bit half-word, 32-bit word, 64-bit double word



ต้นกำเนิดของ 8 bits = 1 byte



# เครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นต่างๆ ของ IBM 360

- ในปี 1964 : ด้วยสถาปัตยกรรมของ IBM 360 มีรุ่น Models 30, 40, 50, 60, 62, และ 70 ออกวางจำหน่าย

	Model 30	Model 70
ที่เก็บข้อมูล (Storage)	8K – 64 KB	256K – 512 KB
Datapath	8-bit	64-bit
Circuit Delay	30 n	5 ns



# Microprocessor

- ความหนาแน่นของอุปกรณ์ใน **chip** ยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ
- ในปี 1971, Intel ได้พัฒนา **chip รุ่น 4004**
  - ▣ เป็น **chip** แรกที่บรรจุส่วนประกอบต่างๆ ของ CPU อยู่ใน **chip** เดียว
  - ▣ ถือเป็นต้นกำเนิดของ **microprocessor**
- ในปี 1972, Intel ได้พัฒนา **8008**
  - ▣ เป็น **microprocessor** ขนาด 8-bit ตัวเลขของโลก
- ในปี 1974, Intel ได้พัฒนา **8080**
  - ▣ เป็น **microprocessor** สำหรับใช้งานทั่วไปตัวแรกของโลก
  - ▣ มีความเร็วสูง แต่มี **instruction set** ให้ใช้มากมาย
  - ▣ มีความสามารถใช้อ้างอิงแอดเดรสหน่วยความจำขนาดใหญ่

# วิวัฒนาการของ Microprocessor ของ Intel (1)

	<b>4004</b>	<b>8008</b>	<b>8080</b>	<b>8086</b>	<b>8088</b>
Introduced	1971	1972	1974	1978	1979
Clock speeds	108 kHz	108 kHz	2 MHz	5 MHz, 8 MHz, 10 MHz	5 MHz, 8 MHz
Bus width	4 bits	8 bits	8 bits	16 bits	8 bits
Number of transistors	2,300	3,500	6,000	29,000	29,000
Feature size ( $\mu\text{m}$ )	10		6	3	6
Addressable memory	640 Bytes	16 KB	64 KB	1 MB	1 MB

	<b>80286</b>	<b>386TM DX</b>	<b>386TM SX</b>	<b>486TM DX CPU</b>
Introduced	1982	1985	1988	1989
Clock speeds	6 MHz - 12.5 MHz	16 MHz - 33 MHz	16 MHz - 33 MHz	25 MHz - 50 MHz
Bus width	16 bits	32 bits	16 bits	32 bits
Number of transistors	134,000	275,000	275,000	1.2 million
Feature size ( $\mu\text{m}$ )	1.5	1	1	0.8 - 1
Addressable memory	16 MB	4 GB	16 MB	4 GB
Virtual memory	1 GB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	—	—	—	8 kB

# วิวัฒนาการของ Microprocessor ของ Intel (2)

	<b>486TM SX</b>	<b>Pentium</b>	<b>Pentium Pro</b>	<b>Pentium II</b>
Introduced	1991	1993	1995	1997
Clock speeds	16 MHz - 33 MHz	60 MHz - 166 MHz,	150 MHz - 200 MHz	200 MHz - 300 MHz
Bus width	32 bits	32 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	1.185 million	3.1 million	5.5 million	7.5 million
Feature size ( $\mu\text{m}$ )	1	0.8	0.6	0.35
Addressable memory	4 GB	4 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	8 kB	8 kB	512 kB L1 and 1 MB L2	512 kB L2

	<b>Pentium III</b>	<b>Pentium 4</b>	<b>Core 2 Duo</b>	<b>Core i7 EE 990</b>
Introduced	1999	2000	2006	2011
Clock speeds	450 - 660 MHz	1.3 - 1.8 GHz	1.06 - 1.2 GHz	3.5 GHz
Bus width	64 bits	64 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	9.5 million	42 million	167 million	1170 million
Feature size (nm)	250	180	65	32
Addressable memory	64 GB	64 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	512 kB L2	256 kB L2	2 MB L2	1.5 MB L2/12 MB L3

# ความเร็วของ Microprocessor Speed

## □ Pipelining

- ▣ Processor เลื่อนข้อมูลหรือชุดคำสั่งตามแนวคิดแบบ **pipe** โดยแบ่งการทำงานออกเป็นช่วงๆ (**stage**) ที่การทำงานในแต่ละช่วงนั้นสามารถทำงานพร้อมๆ กันได้

## □ Branch prediction

- ▣ Processor สามารถคาดการณ์และดึงชุดคำสั่งล่วงหน้ามารอก่อนได้

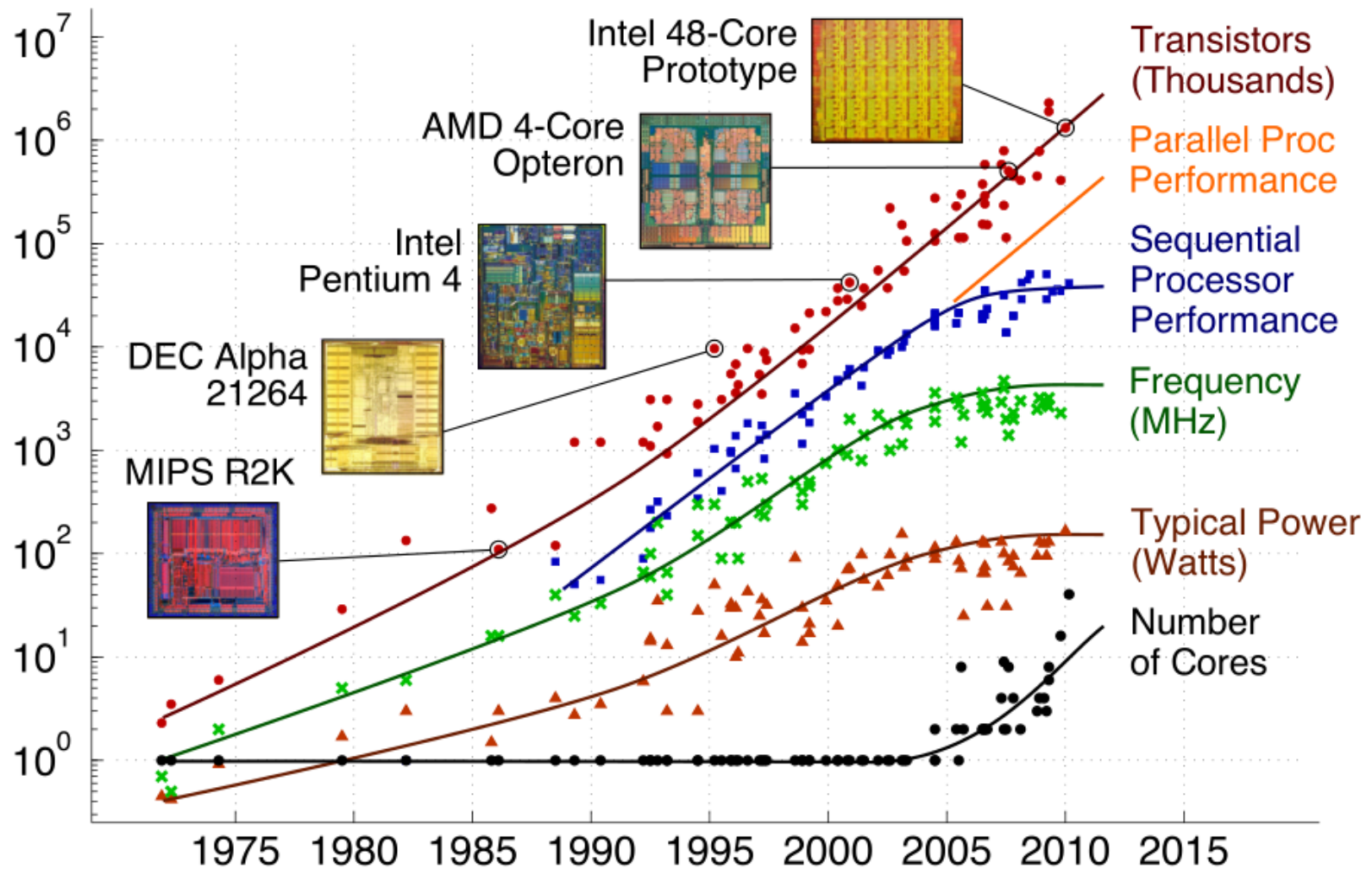
## □ Data flow analysis

- ▣ Processor สามารถวิเคราะห์ชุดคำสั่งที่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อให้สามารถประมวลผลพร้อมกันได้

## □ Speculative execution

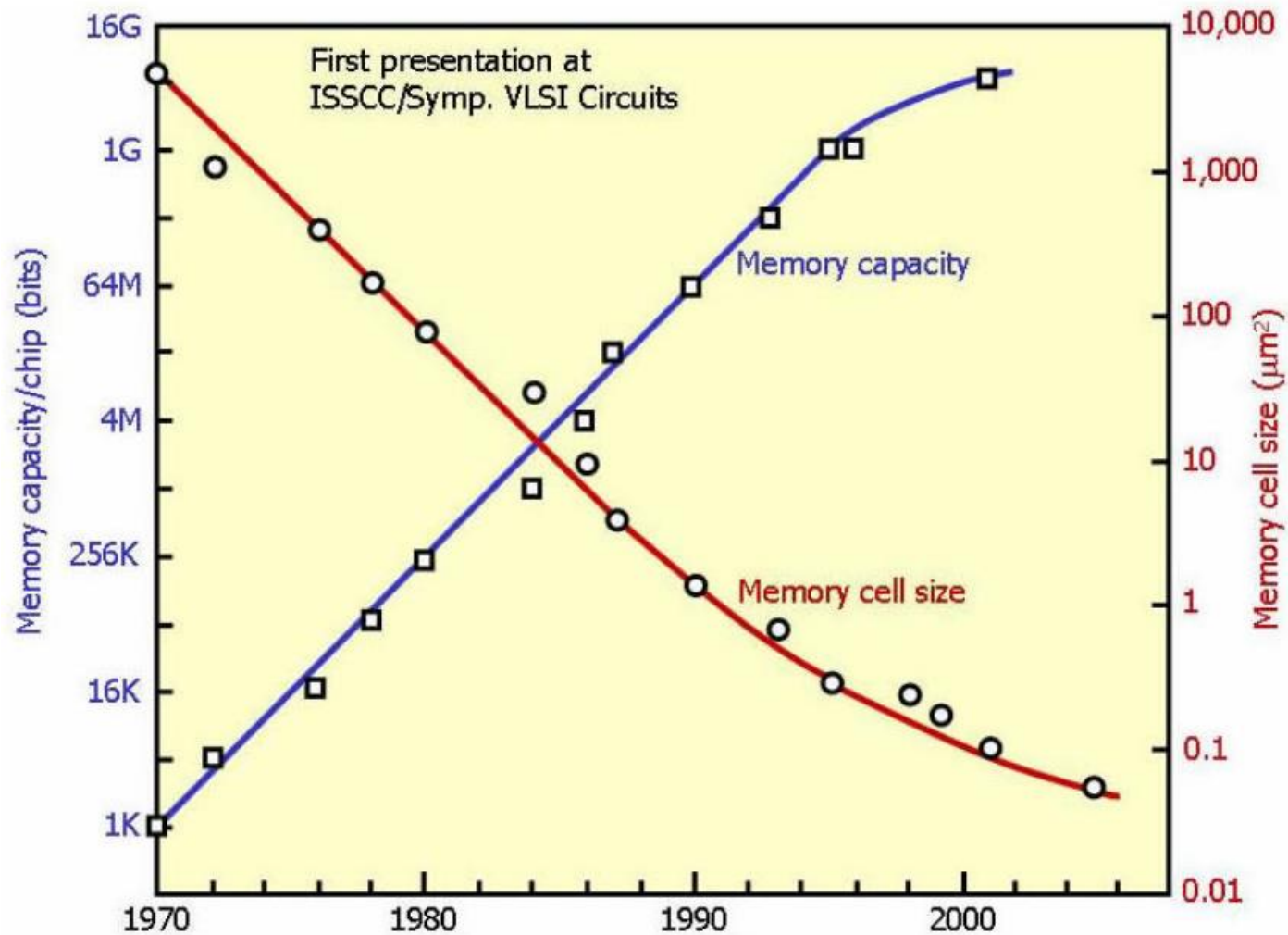
- ▣ เป็นการประยุกต์ใช้ **branch prediction** และ **data flow analysis** เพื่อประมวลผลบางคำสั่งก่อนแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ใช้งานในอนาคต

# เทคโนโลยีทาง Processor

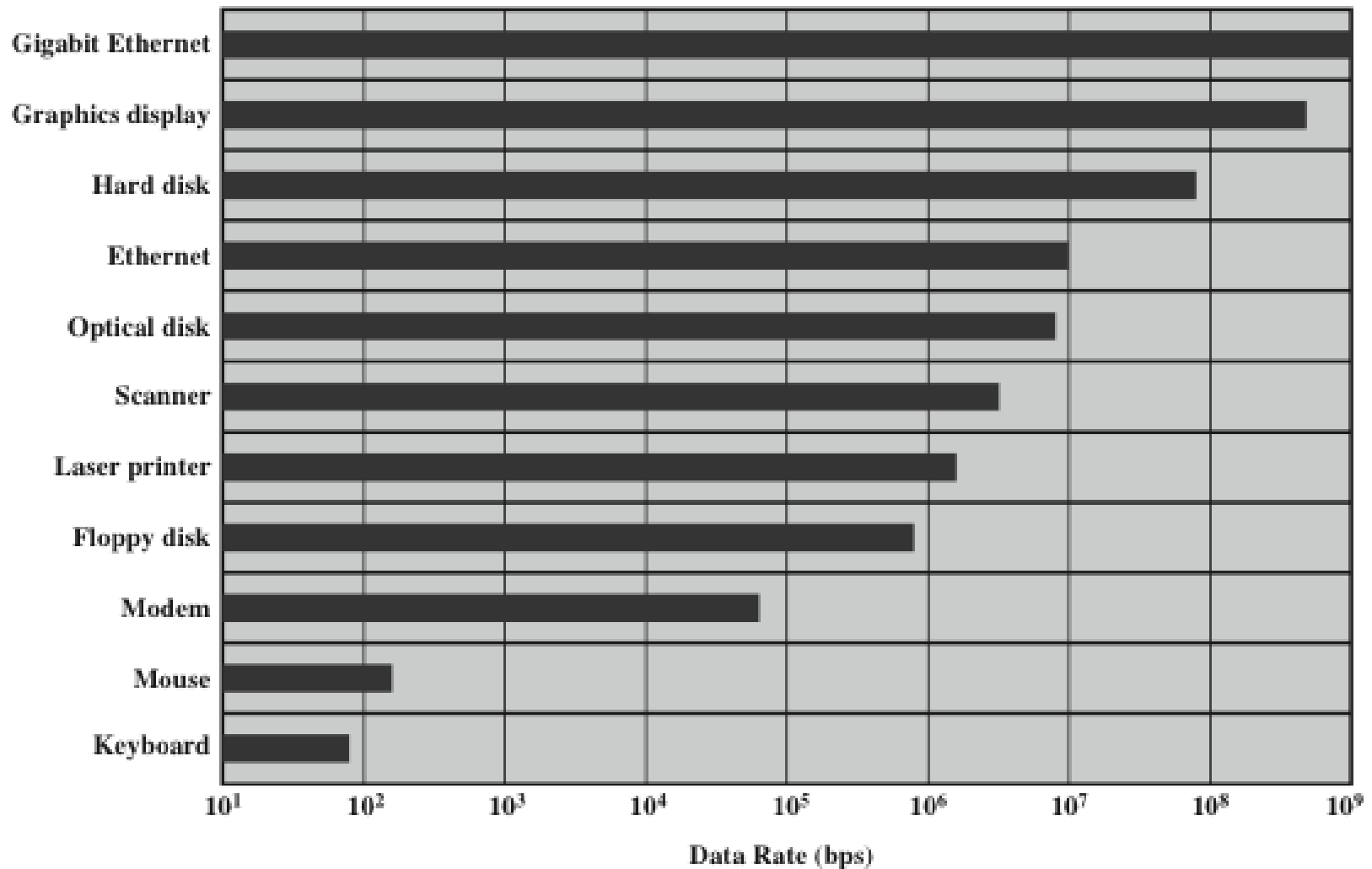


Data partially collected by M. Horowitz, F. Labonte, O. Shacham, K. Olukotun, L. Hammond

# เทคโนโลยีทาง Memory



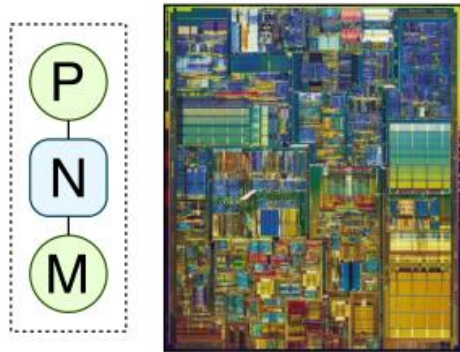
# เทคโนโลยีในการโอนย้ายข้อมูล



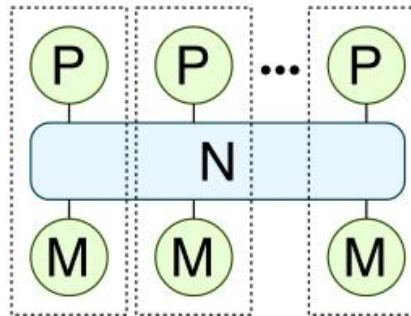


# เทคโนโลยีทาง Processor เริ่มเปลี่ยนไปทาง Multi-processor และ Multi-core

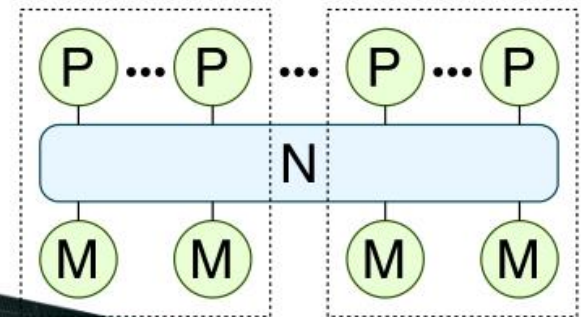
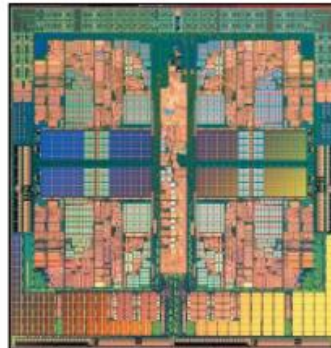
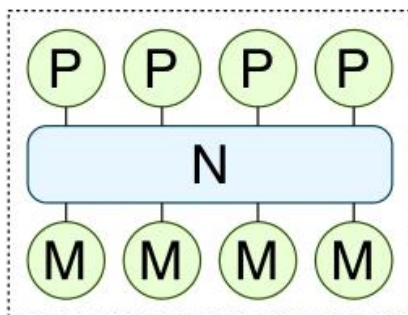
**Intel Pentium 4**  
Single monolithic processor



**Cray XT3 Supercomputer**  
1024 single-core processors



**AMD Quad-Core Opteron**  
Four cores on the same die



**IBM Blue Gene Q Supercomputer**  
Thousands of 18-core processors

# X86 Architecture (1)

- เป็นตัวอย่างของการออกแบบที่เรียกว่า **CISC (Complex Instruction Set Computer)**
- ถือว่าเป็นสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ที่มีส่วนแบ่งทางตลาดมากที่สุด (ไม่นับ Embedded System)
- **8080**
  - Microprocessor สำหรับใช้งานทั่วไปตัวแรกของโลก
  - 8-bit machine + 8-bit data path
  - ใช้ในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเครื่องแรก (Altair)
- **8086**
  - 16-bit machine
  - มีการใช้ instruction cache
  - เป็นจุดเริ่มต้นของสถาปัตยกรรม x86
- **8088**
  - ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล IBM
- **80286**
  - สามารถอ้างอิงหน่วยความจำได้ 16 MB จากเดิมที่สามารถอ้างอิงได้แค่ 1 MB
- **80386**
  - Microprocessor ตัวแรกของ Intel ที่ทำงานแบบ 32-bit
  - และเป็น Microprocessor ตัวแรกของ Intel ที่รองรับการทำงานแบบ Multitasking
- **80486**
  - มีเทคโนโลยีที่ดีขึ้นของ cache และมีการทำงาน Instruction Pipeline
  - มี Math coprocessor ภายใน microprocessor

# X86 Architecture (2)

- Pentium
  - ▣ Superscaler (มีการทำ Instruction Pipeline แบบ loosely pipeline)
  - ▣ มีคำสั่งหลายคำสั่งสามารถทำงานพร้อมกันได้
- Pentium Pro
  - ▣ เพิ่มการทำงานแบบ superscalar
  - ▣ มีการเปลี่ยนชื่อของ register เองได้ถ้าชุดคำสั่งอิสระต่อกัน
  - ▣ มี Branch prediction, Data flow analysis และ Speculative execution
- Pentium II
  - ▣ มีชุดคำสั่ง MMX เพิ่มขึ้น
  - ▣ ถูกออกแบบมาเพื่อประมวลผล video, audio และ graphics data
- Pentium III
  - ▣ มีชุดคำสั่งจัดการกับ floating point เพื่อรองรับ software 3D
- Pentium 4
  - ▣ เพิ่มความสามารถในการจัดการกับ floating point และ multimedia ต่างๆ

# X86 Architecture (3)

## □ Core

- ▣ Microprocessor รุ่นแรกของ Intel คือ dual core ที่หมายถึง มี 2 processors บรรจุอยู่ใน chip ตัวเดียวกัน

## □ Core 2

- ▣ เป็นการเปลี่ยนสถาปัตยกรรมมาเป็น 64-bits
- ▣ มี core ภายใน 1 - 4 core

## □ Core i

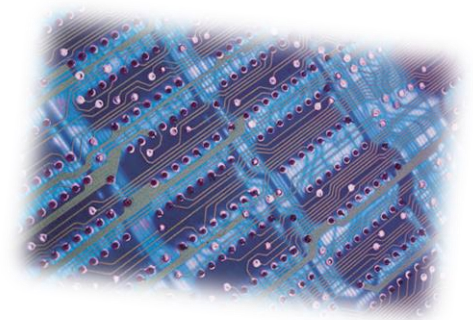
- ▣ มีการนำเทคโนโลยี Hyper-threading กลับมาใช้งานใหม่
- ▣ มีจำนวน core ภายใน 1 – 8 cores

# ระบบฝังตัว (Embedded System)

Market	Embedded Device
Automotive	Ignition system Engine control Brake system
Consumer electronics	Digital and analog televisions Set-top boxes (DVDs, VCRs, Cable boxes) Personal digital assistants (PDAs) Kitchen appliances (refrigerators, toasters, microwave ovens) Automobiles Toys/games Telephones/cell phones/pagers Cameras Global positioning systems
Industrial control	Robotics and controls systems for manufacturing Sensors
Medical	Infusion pumps Dialysis machines Prosthetic devices Cardiac monitors
Office automation	Fax machine Photocopier Printers Monitors Scanners

# Acorn RISC Machine (ARM)

- ARM ออกแบบ microprocessors, microcontrollers และ multicore architecture ในรูปแบบ RISC และขายสิทธิบัตรนั้นกับผู้ผลิตรายต่างๆ
- processors มีความเร็วสูงและที่เป็นยอมรับกัน ในเรื่องของขนาดที่เล็ก และใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ
- เป็นที่นิยมใช้กันใน PDAs และอุปกรณ์มือถือต่างๆ
- iPod and iPhone ก็ใช้ ARM
- เป็นสถาปัตยกรรมที่ใช้มากที่สุดในระบบฝังตัว
- และยังเป็นสถาปัตยกรรมที่มีการใช้งานมากที่สุดในโลก



# การออกแบบหมวดหมู่ของ ARM

- **ARM Processor** ถูกออกแบบเพื่อตอบสนองการทำงานของระบบหลักๆ 3 ระบบคือ

แอปพลิเคชันที่ต้องการความปลอดภัย

- Smart card
- SIM card
- อุปกรณ์จ่ายเงิน

ระบบฝังตัวแบบเวลาจริง

- ระบบจัดเก็บข้อมูล
- อุปกรณ์ระบบเครือข่าย
- ระบบของงานอุตสาหกรรม

แพลตฟอร์มของแอปพลิเคชัน

- มีระบบปฏิบัติการที่รองรับอยู่มากมาย Linux, Palm OS, Symbian OS, Android, IOS

# ARM Evolution

Family	Notable Features	Cache	Typical MIPS @ MHz
ARM1	32-bit RISC	None	
ARM2	Multiply and swap instructions; Integrated memory management unit, graphics and I/O processor	None	7 MIPS @ 12 MHz
ARM3	First use of processor cache	4 KB unified	12 MIPS @ 25 MHz
ARM6	First to support 32-bit addresses; floating-point unit	4 KB unified	28 MIPS @ 33 MHz
ARM7	Integrated SoC	8 KB unified	60 MIPS @ 60 MHz
ARM8	5-stage pipeline; static branch prediction	8 KB unified	84 MIPS @ 72 MHz
ARM9		16 KB/16 KB	300 MIPS @ 300 MHz
ARM9E	Enhanced DSP instructions	16 KB/16 KB	220 MIPS @ 200 MHz
ARM10E	6-stage pipeline	32 KB/32 KB	
ARM11	9-stage pipeline	Variable	740 MIPS @ 665 MHz
Cortex	13-stage superscalar pipeline	Variable	2000 MIPS @ 1 GHz
XScale	Applications processor; 7-stage pipeline	32 KB/32 KB L1 512 KB L2	1000 MIPS @ 1.25 GHz

- SoC = System on Chip
- DSP = Digital Signal Processor