10301112 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

บทที่ 5: องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์และสถาปัตยกรรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณ เขื่อนแก้ว

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

หัวข้อ

- ส่วนประกอบหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์
- สถาปัตยกรรมของหน่วยประมวลผลกลาง
- องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์

ส่วนประกอบหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์

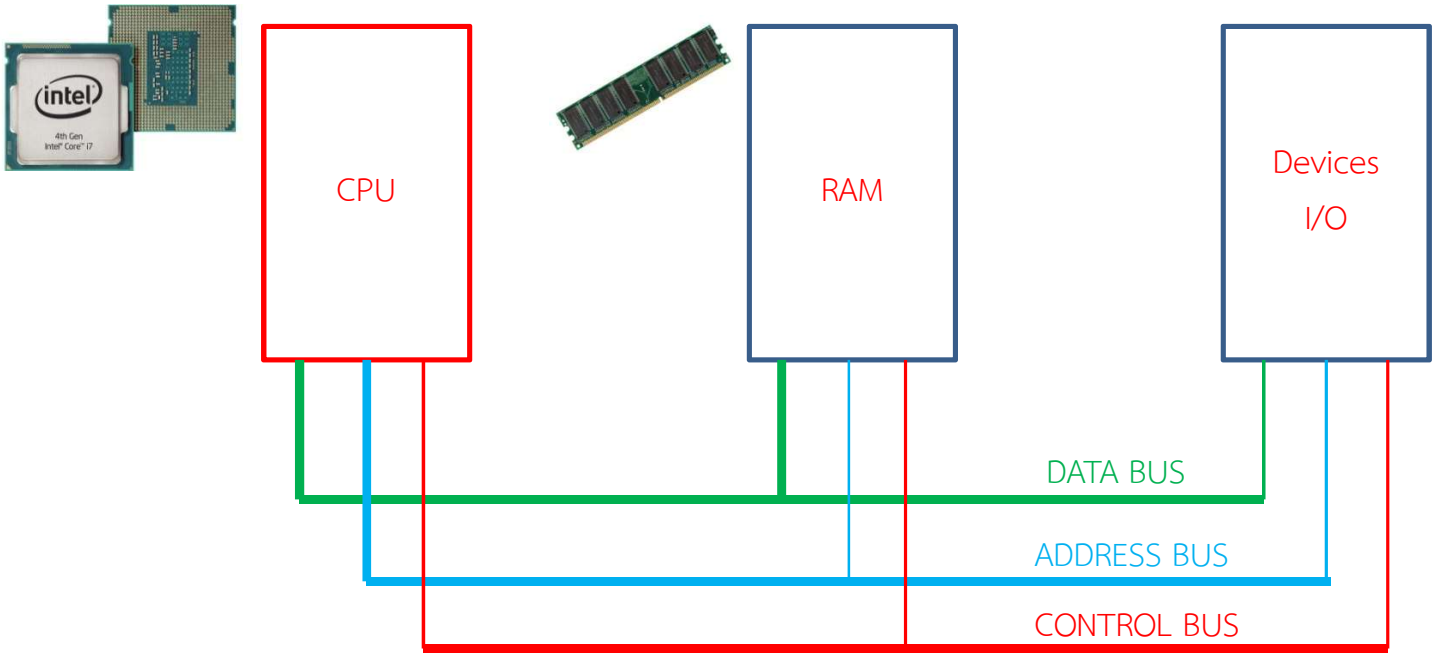
ส่วนประกอบหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์

หน่วยความจำหลัก

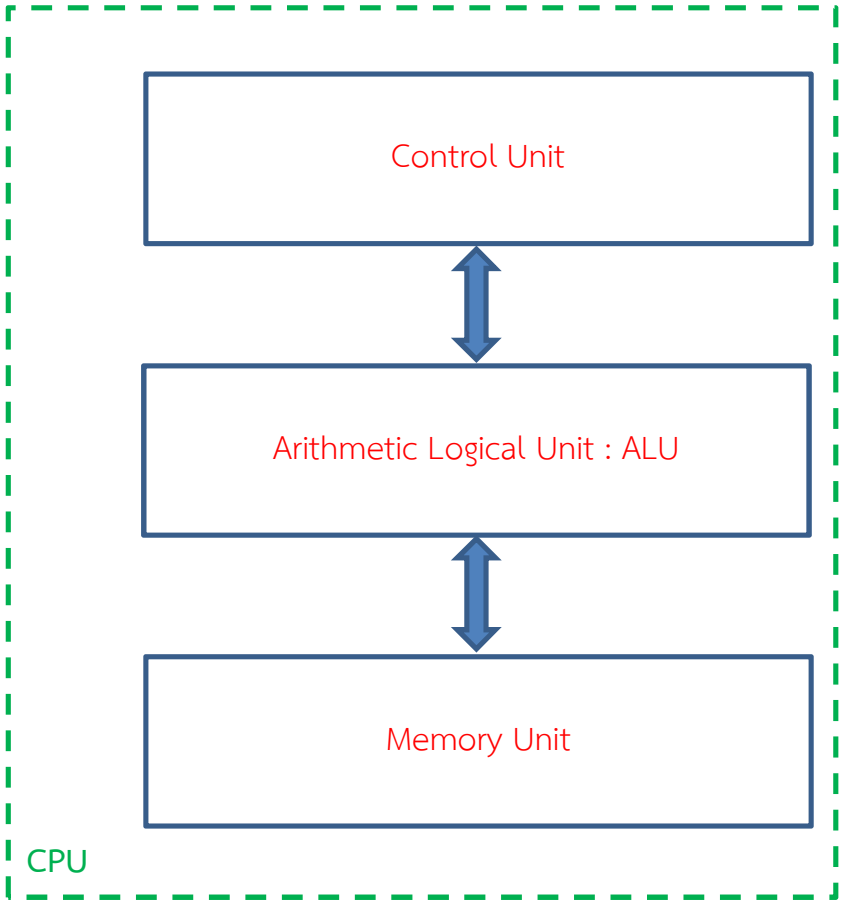
หน่วยรับข้อมูล → หน่วยประมวลผลกลาง → หน่วยแสดงข้อมูล

หน่วยความจำรอง

ระบบคอมพิวเตอร์ (Computer System)



หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)



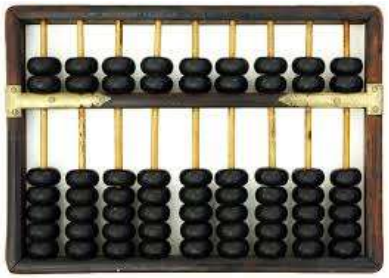
CPU

แปลคำสั่ง ควบคุมลำดับการทำงาน เคลื่อนย้ายข้อมูล

คำนวณทางคณิตศาสตร์ ตรรกศาสตร์

เก็บข้อมูล สถานะการทำงาน

ส่วนประกอบของหน่วยประมวลผลกลาง

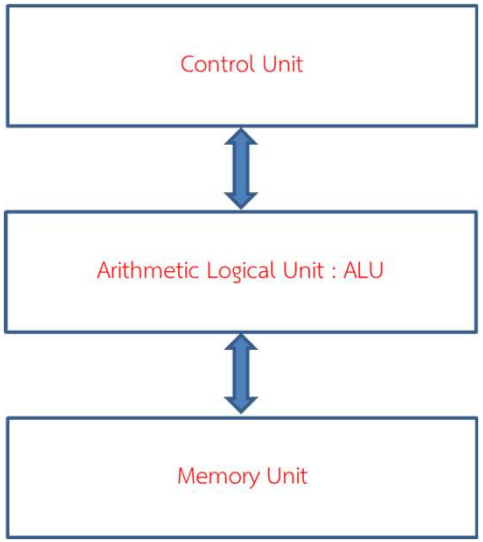


หน่วยควบคุม
(Control Unit)

หน่วยคำนวณและตรรกะ
(Arithmetic and Logic Unit ; ALU)

หน่วยความจำ
(Memory)

หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)



โครงสร้างนี้เป็นแนวคิดแบบย่อ ในการสร้างออกมาเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานได้จริง
การเชื่อมต่อส่วนประกอบเหล่านี้เข้าด้วยกัน สามารถทำได้หลายแบบ
ภาพรวมของการทำงานทั้งระบบเรียกว่า
สถาปัตยกรรม (Architecture)
โดยแต่ละส่วนจะมีองค์ประกอบย่อยละเอียดลงไปอีก

สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เป็นทฤษฎีที่อยู่ฉากหลังของการออกแบบคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปหมายถึง การออกแบบ

- โครงสร้างของหน่วยประมวลผลกลาง ชุดของคำสั่งเครื่อง และการอ้างหน่วยความจำ
- เทคนิคอื่นๆ เช่น การประมวลผลแบบไปป์ไลน์

หน่วยประมวลผลกลาง
(Central Processing Unit – CPU)

หน่วยประมวลผลกลาง (อังกฤษ: central processing unit) หรือย่อว่า ซีพียู (CPU) เป็นวงจรอิเลคทรอนิกส์ ที่ทำงาน หรือประมวลผล ตามชุดของคำสั่งเครื่องจากซอฟต์แวร์ คำนี้เริ่มใช้ในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ต้นศตวรรษ 1960s

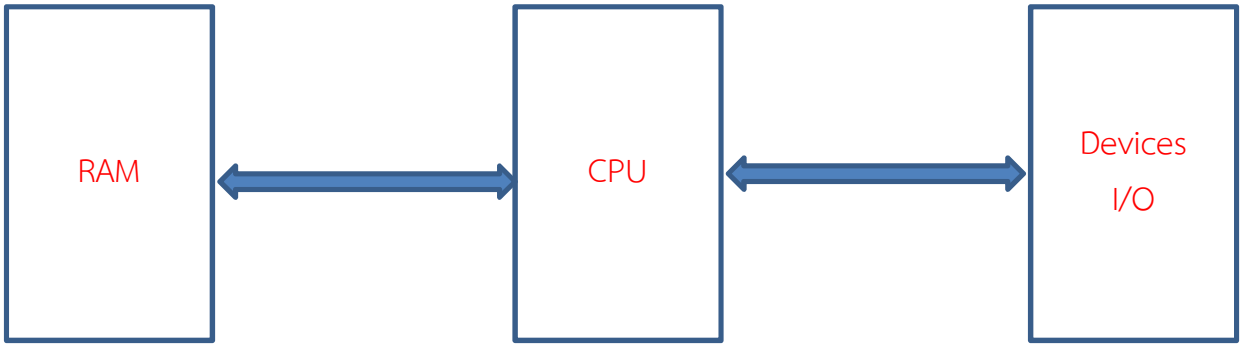
หน่วยประมวลผลเปรียบเสมือนเป็นสมองของคอมพิวเตอร์ ในการทำหน้าที่ตัดสินใจหรือคำนวณ จากคำสั่งที่ได้รับมา เช่น การเปรียบเทียบ การกระทำการทางคณิตศาสตร์ ฯลฯ

EDVAC
1949

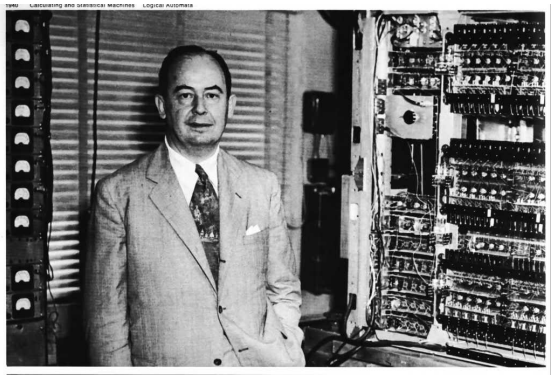
John Von Neumann นักคณิตศาสตร์ได้เสนอแนวคิดการบันทึกโปรแกรมไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกับข้อมูล

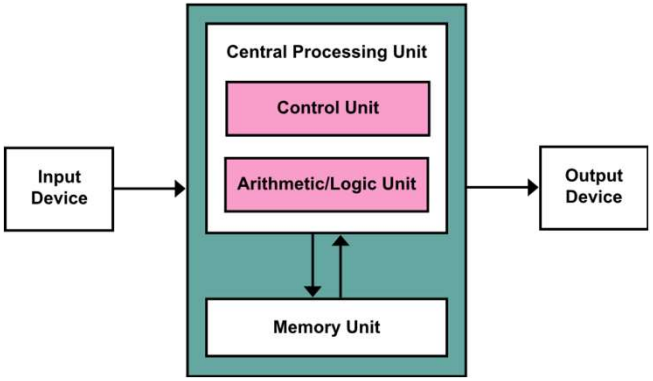
ชื่อว่า EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer) ขึ้นมาจนสำเร็จในปี ค.ศ. 1949 และเริ่มใช้งานจริงในปี ค.ศ. 1951

John Von Neumann



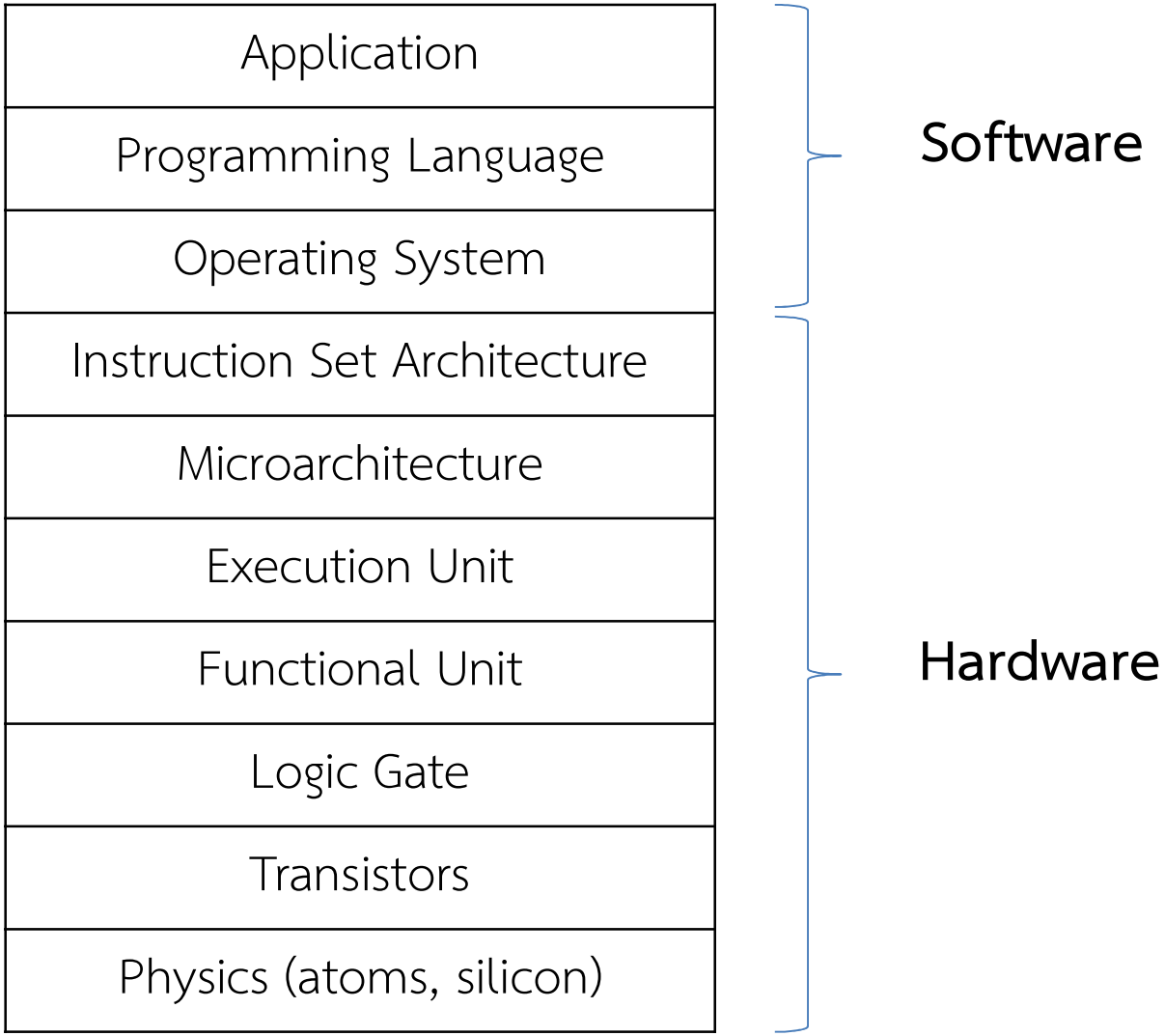
ไมโครโพรเซสเซอร์ 8086 มีสถาปัตยกรรมแบบ
von Neumann architecture หรือ Stored Program Computer
โปรแกรมและข้อมูล จะเก็บไว้ในหน่วยความจำเดียวกัน เข้าถึงได้แบบเดียวกัน
โดยการแยกคอมพิวเตอร์ออกเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยความจำหลัก หน่วยประมวลผลกลาง และหน่วยรับและส่งออกข้อมูล
มีข้อดีคือ สามารถเปลี่ยนโปรแกรมได้โดยง่าย (แค่โหลดโปรแกรมเข้าสู่หน่วยความจำก็รันได้เลย)
ข้อเสียคือ เกิดคอขวดในการเข้าใช้หน่วยความจำ หน่วยประมวลผลไม่มีทางรู้ว่าข้อมูลนั้นคือโปรแกรมจริง ๆหรือไม่
hacker ก็ใช้วิธีนี้ในการส่งโปรแกรมเข้าไปรันโดยไม่ได้รับอนุญาต
เป็นหน้าที่ของโปรแกรมเมอร์ในการติดตามตำแหน่งและข้อมูลต่าง ๆ ในหน่วยความจำ (Memory Tracking) และป้องกันไม่ให้เขียนข้อมูลลงไปทับตำแหน่งที่มีโปรแกรมเราติดตั้งอยู่



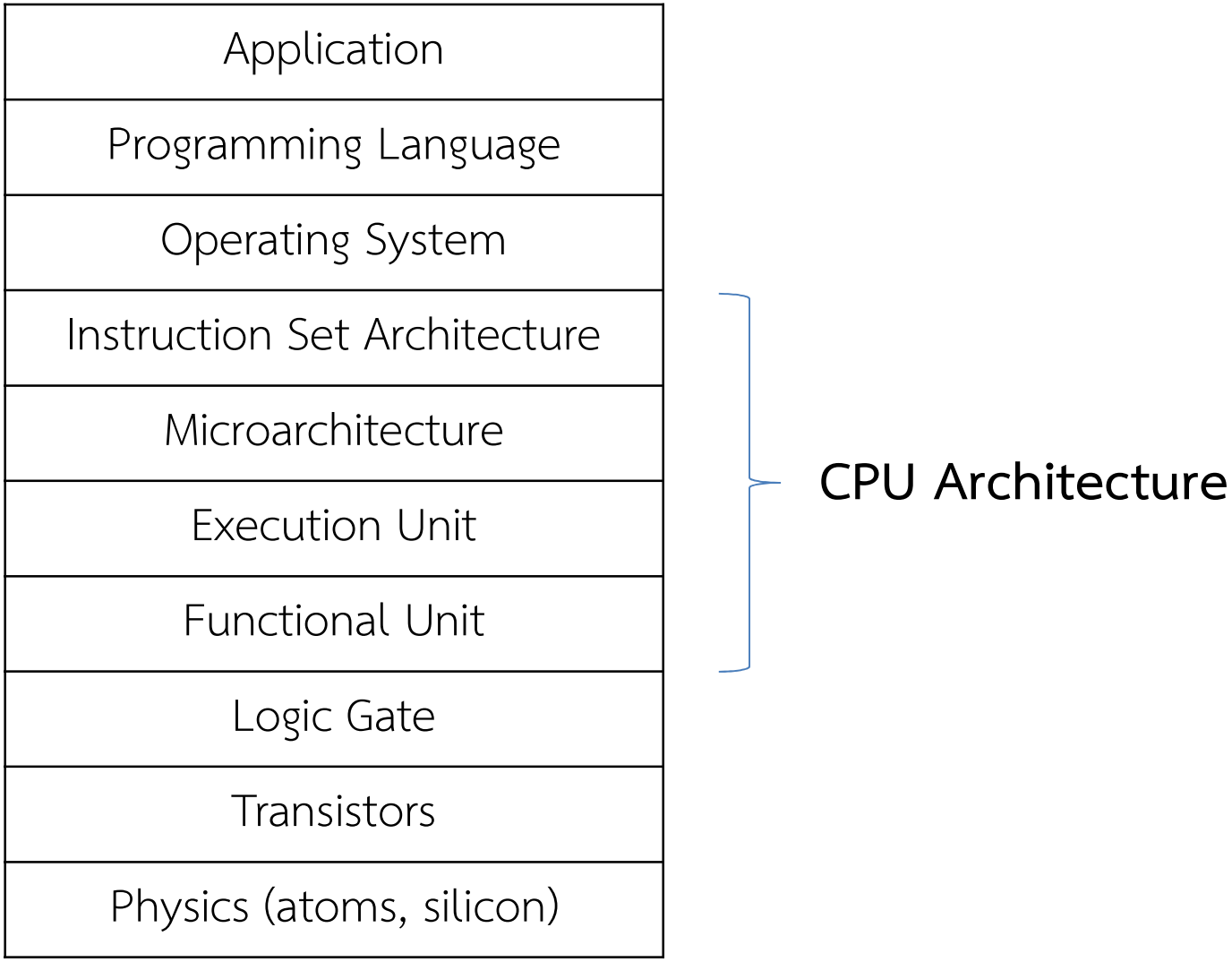


A von Neumann architecture scheme

Computing abstraction layers



Computing abstraction layers



Computing abstraction layers

Application
Programming Language
Operating System
Instruction Set Architecture
Microarchitecture
Execution Unit
Functional Unit
Logic Gate
Transistors
Physics (atoms, silicon)

ชุดคำสั่งเครื่อง หรือ สถาปัตยกรรมชุดคำสั่งเครื่อง (instruction set architecture) เป็นส่วนหนึ่งของสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรม, ประเภทข้อมูล, คำสั่ง, เรจิสเตอร์, การกำหนดที่อยู่, สถาปัตยกรรมหน่วยความจำ, อินเตอร์รัพท์ และการจัดการความผิดพลาด ตลอดจนอุปกรณ์ไอโอภายนอก
ชุดคำสั่งเครื่องนี้ ยังเป็นการรวมชุดของคำสั่งเครื่อง (opcode) อันเป็นคำสั่งที่โปรเซสเซอร์สามารถนำไปทำงานต่อโดยตรง

ชุดของคำสั่งเครื่อง ประกอบไปด้วย

- คำสั่งพีชคณิต เช่น บวก ลบ เลื่อนหลัก วนรอบหลัก
- คำสั่งเชิงตรรกะ เช่น และ หรือ นิเสธ
- คำสั่งข้อมูล เช่น ย้ายค่า ป้อนค่า ส่งค่า อ่าน บันทึก
- คำสั่งการควบคุม เช่น ข้ามไปที่ ถ้า...ให้ไปที่ เรียกใช้รูทีน คืนกลับจากรูทีน

ISA ที่สำคัญ

- X86
- AMD64 / X64

} CISC

- IA64
- ARM
- MIPS
- RISC-V

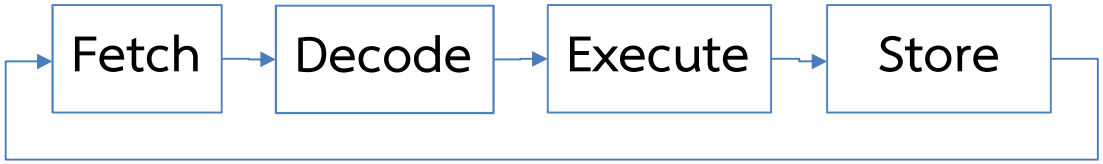
} RISC

Computing abstraction layers

Application
Programming Language
Operating System
Instruction Set Architecture
Microarchitecture
Execution Unit
Functional Unit
Logic Gate
Transistors
Physics (atoms, silicon)

สถาปัตยกรรมไมโคร (อังกฤษ: microarchitecture) เป็นลักษณะของ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ที่มีการใช้งานมาตั้งแต่ยุคเริ่มต้น จนถึงยุคปัจจุบัน ได้รับการออกแบบโครงสร้างและการทำงานโดยจอนวอนนิวแมน(John Von Neumann) ซึ่งเป็นผู้นำในการออกแบบเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่เขาได้ออกแบบ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 อย่างด้วยกันคือ หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit), หน่วยความจำ (Main Memory) และ หน่วยเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก (Input/Output)

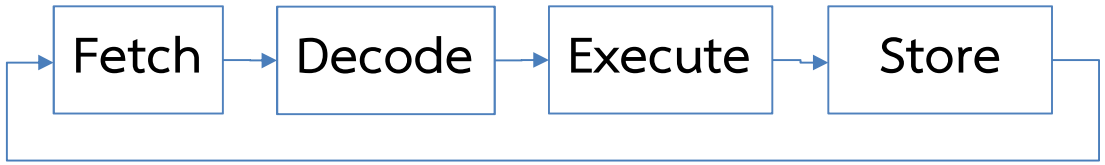
วงรอบการทำงานของคำสั่ง (machine cycle)

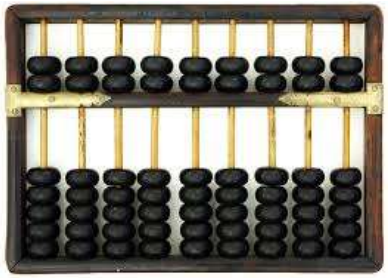


fetch เป็นการรับคำสั่งของโปรแกรมและข้อมูลจากหน่วยความจำ
decode เป็นการแปลคำสั่งไปเป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์เข้าใจ
execute เป็นขั้นตอนที่ทำงานตามคำสั่ง
store เป็นการเขียนผลที่ได้จากการทำงานไว้ในหน่วยความจำ

Computing abstraction layers

วงรอบการทำงานของคำสั่ง (machine cycle)





หน่วยควบคุม

(Control Unit)

หน่วยคำนวณและตรรกะ

(Arithmetic and Logic Unit ; ALU)

หน่วยความจำหลัก

(Main Memory Unit)

Computing abstraction layers

Application
Programming Language
Operating System
Instruction Set Architecture
Microarchitecture
Execution Unit
Functional Unit
Logic Gate
Transistors
Physics (atoms, silicon)

Functional Unit คือส่วนงานหลักต่าง ๆเช่น BUS เพื่อนำข้อมูลเข้า ออก จาก CPU และควบคุม Execution Unit อื่นๆ
Execution Unit ที่สำคัญคือ ALU: Arithmetic and Logic Unit ที่ใช้ประมวลผลทางคณิตศาสตร์ และ
Floating point unit ที่ใช้ประมวลผลเลขทศนิยม

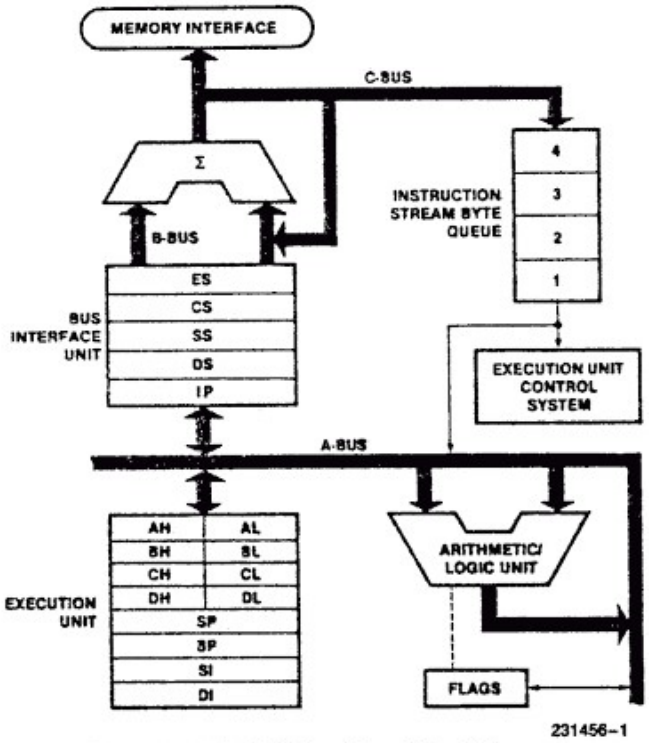


Figure 1. 8088 CPU Functional Block Diagram

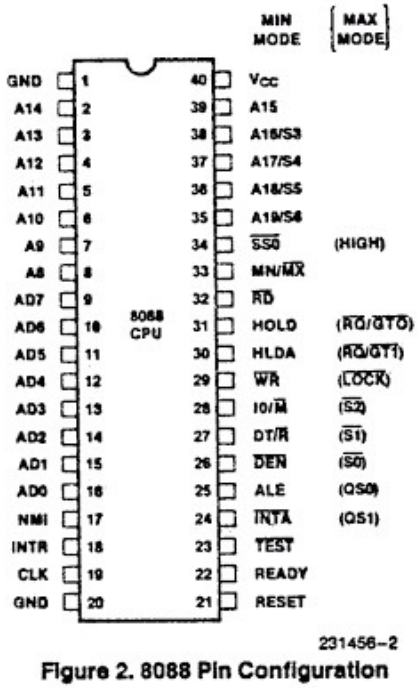
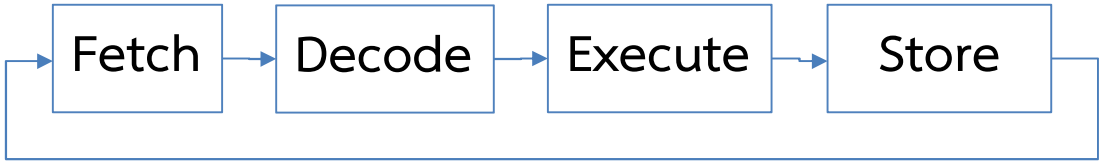


Figure 2. 8088 Pin Configuration

Computing abstraction layers

วงรอบการทำงานของคำสั่ง (machine cycle)



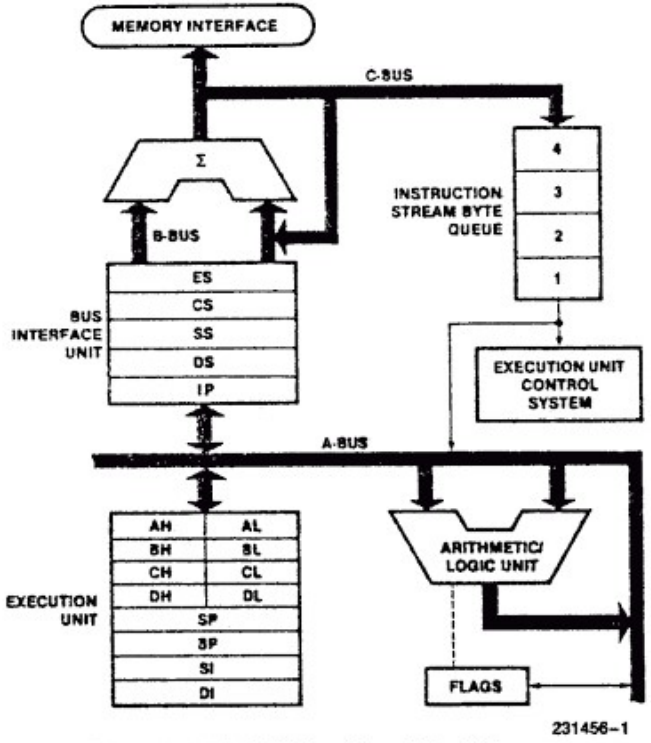


Figure 1. 8088 CPU Functional Block Diagram

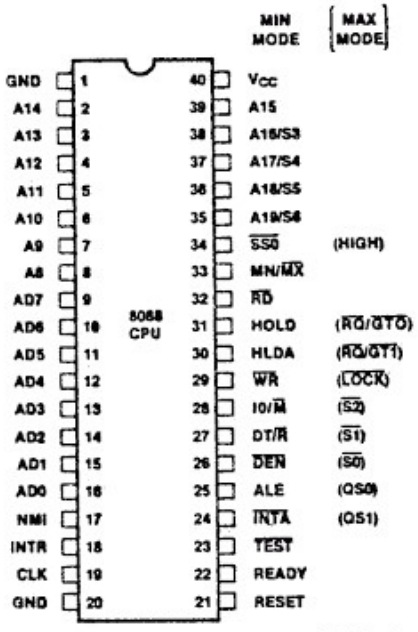
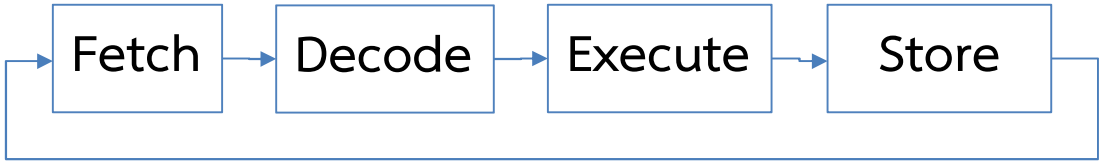


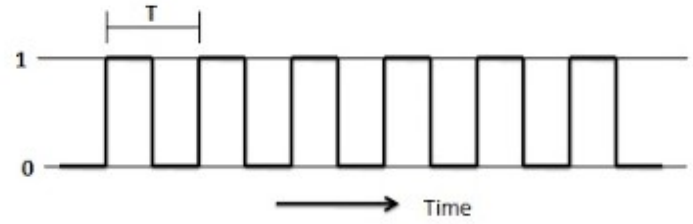
Figure 2. 8088 Pin Configuration

Computing abstraction layers

วงรอบการทำงานของคำสั่ง (machine cycle)



จังหวะการทำงานของแต่ละขั้นตอน ถูกควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกา (clock)



สัญญาณนาฬิกาหมายถึง จังหวะช่วงเวลาที่นาฬิกาเดิน (ติ๊ก) ซึ่งจะเป็นช่วงที่แน่นอนสม่ำเสมอ ในแต่ละช่วงเดินของนาฬิกาที่เรียกว่า "ติ๊ก" นั้น คอมพิวเตอร์จะทำงานตามคำสั่ง และจะหยุดทำงานในช่วงว่างระหว่างติ๊ก ยิ่งช่วงติ๊กนี้ถี่เท่าใด ก็ยิ่งแปลว่าคอมพิวเตอร์ทำงานเร็วเท่านั้น สัญญาณนาฬิกานี้ จึงถือเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงความเร็วของการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ความ เร็วของการเดินของนาฬิกา หรือความถี่นี้วัดกันเป็นเมกะเฮิรตซ์ (megahertz) 1 เมกะเฮิรตซ์ จะเท่ากับ 1 ล้านติ๊กของนาฬิกาต่อ 1 วินาที

วงรอบการทำงานอุดมคติจะครบรอบการทำงานใน 4 รอบสัญญาณนาฬิกา
แต่ละคำสั่งอาจใช้จำนวนรอบการทำงานไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสถาปัตยกรรม ISA และ Microarchitecture

Computing abstraction layers

ตัวอย่างเช่นการประมวลผลคำสั่ง [Address C] = [Address A] + [Address B]

(นำค่าที่ตำแหน่ง A บวก ค่าที่ตำแหน่ง B แล้วเก็บคำตอบไว้ที่ตำแหน่ง C)

1) โหลดคำสั่ง [Address C] = [Address A] + [Address B] และประมวลผล

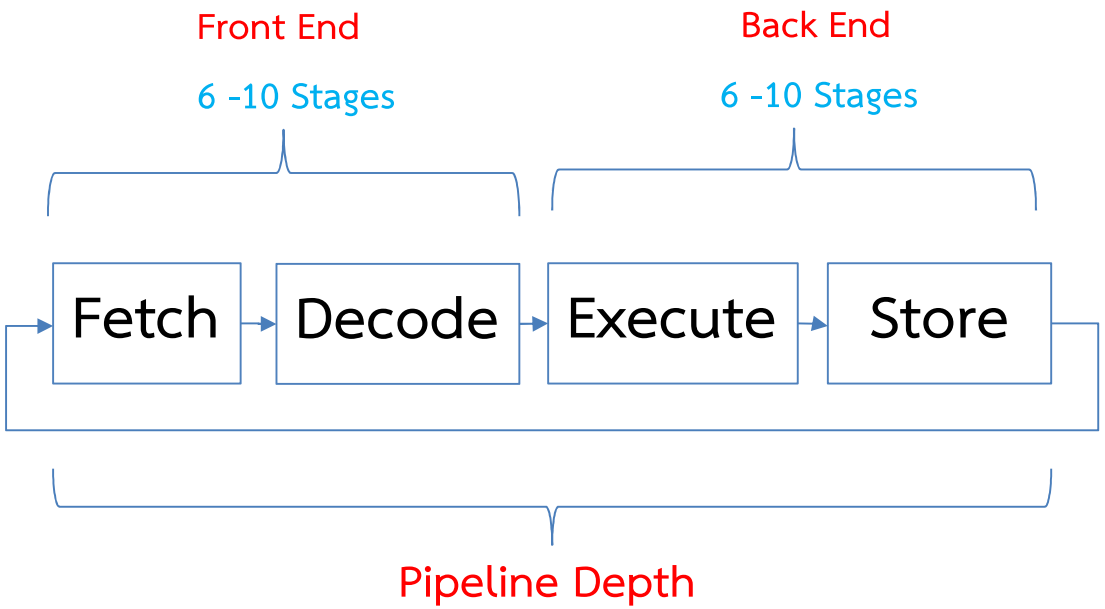
2) โหลด [Address A]

3) โหลด [Address B] คำนวณ และบันทึกคำตอบ

คำสั่งนี้ใช้เวลาประมวลผล 3 cycles หรือ 12 clocks

Idle / ไม่ได้ทำงาน

Computing abstraction layers



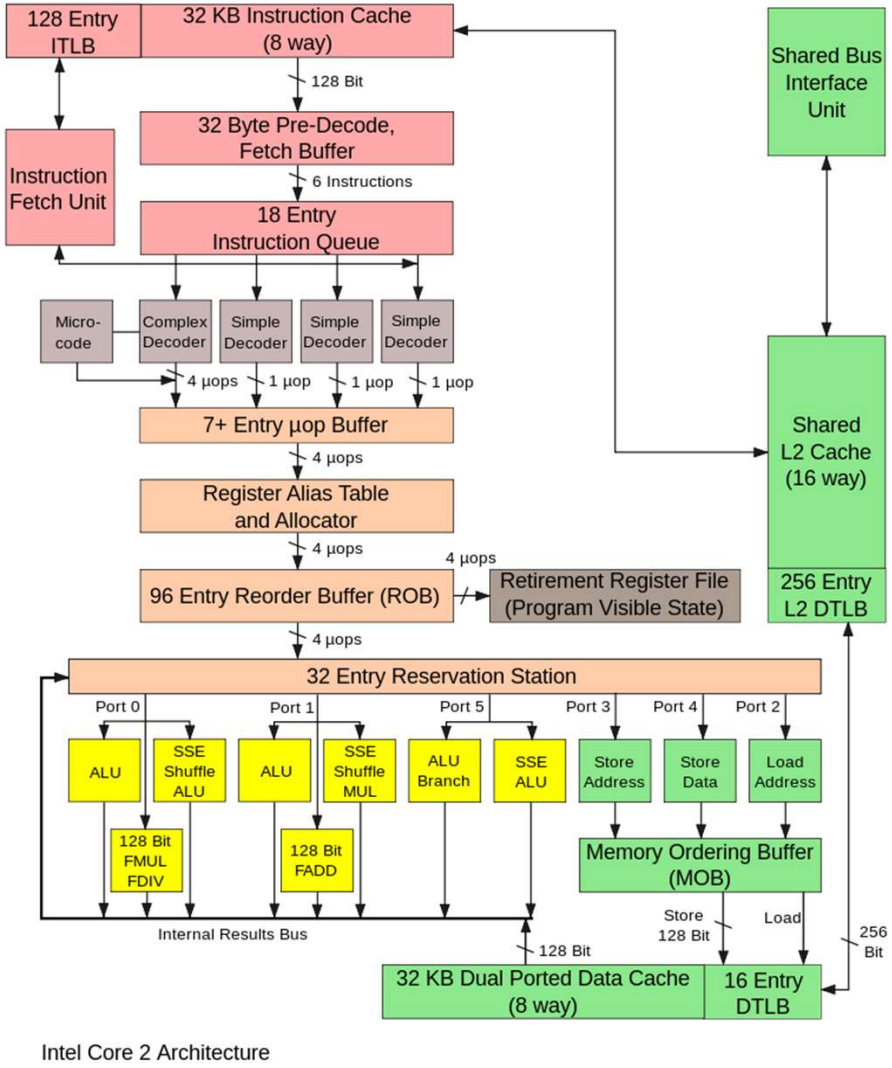
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดเวลาในการรอการประมวลผล สถาปัตยกรรมใน CPU สมัยใหม่ จึงแตกการทำงานแต่ละส่วนให้เป็นส่วนย่อยเรียกว่า Stage

แบ่งหาย stage = แต่ละ stage ทำงานไม่ซับซ้อน

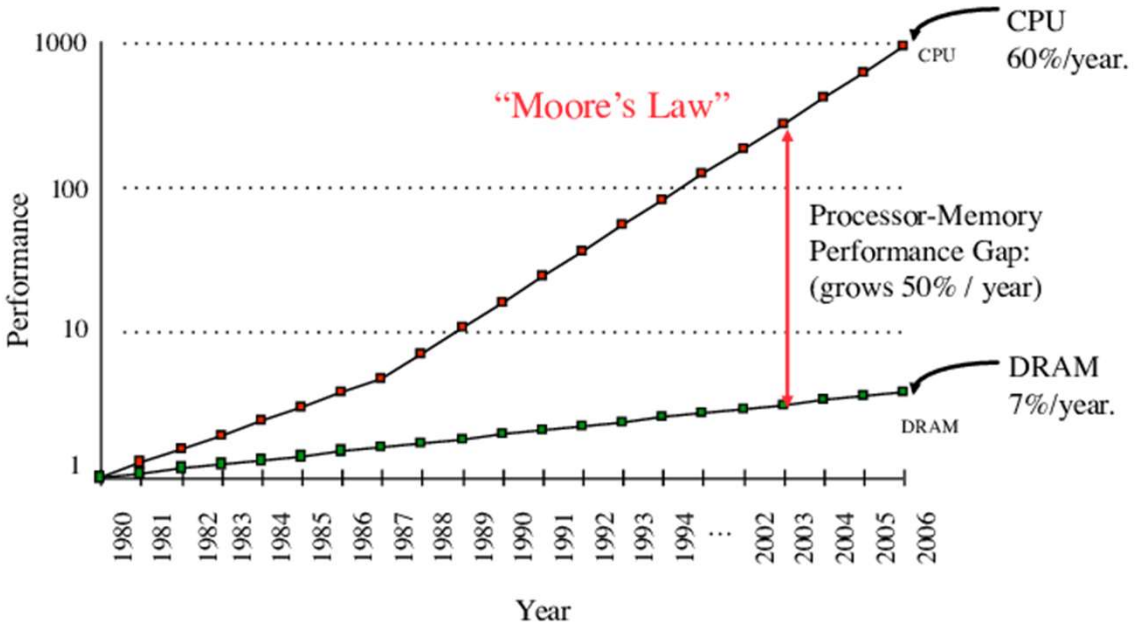
Stage ทำงานไม่ซับซ้อน = สามารถปรับให้ทำงานแบบขนานได้ง่าย

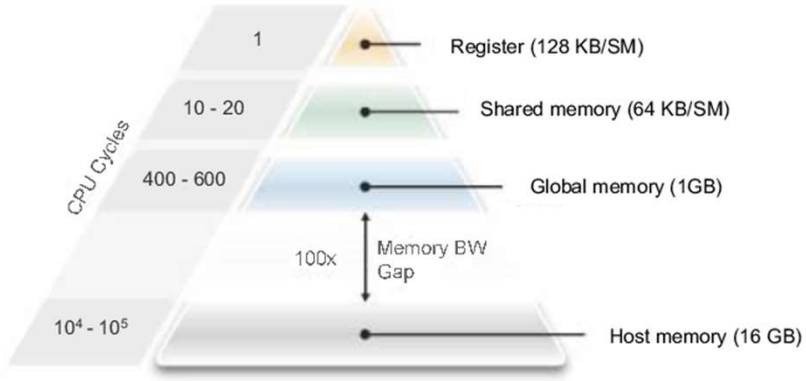
จำนวน State มาก = ต้องใช้จำนวน clock มากในการทำงาน 1 machine cycle

Computing abstraction layers



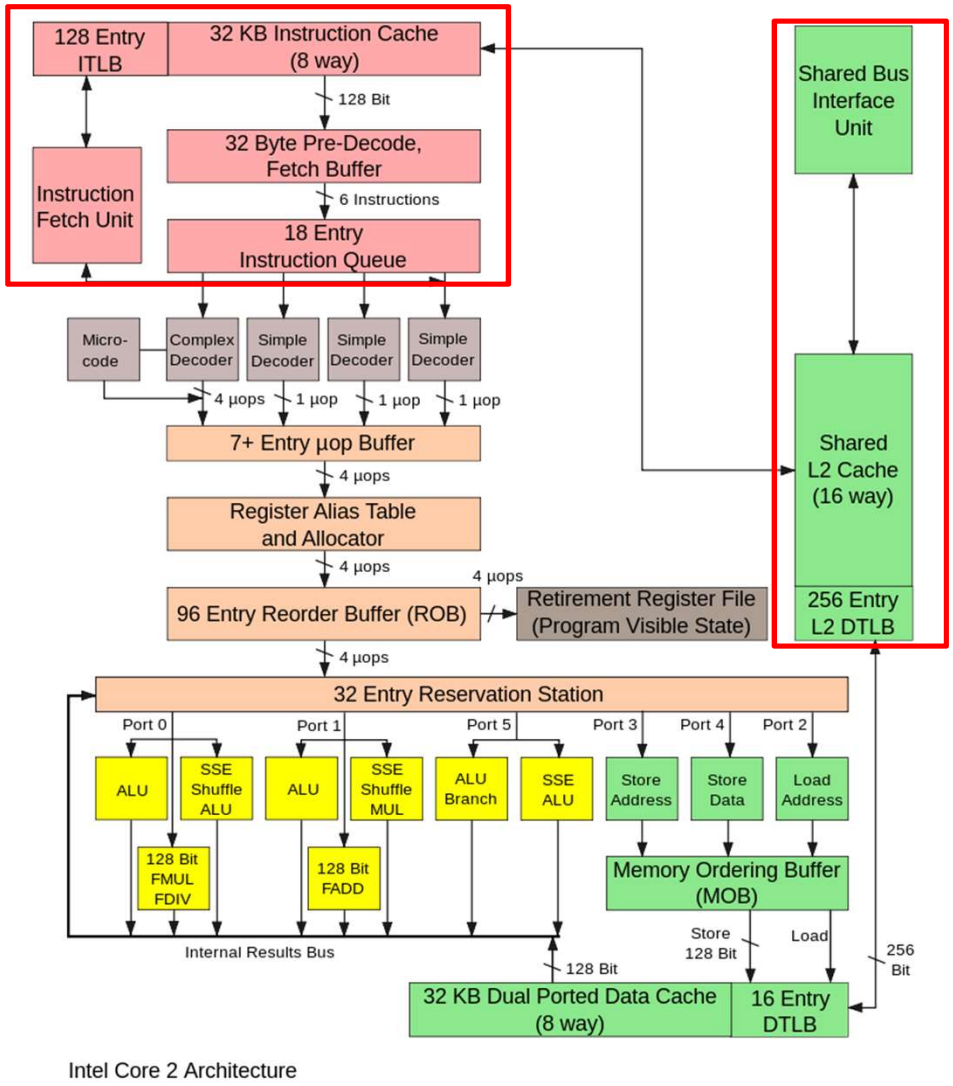
Intel Core 2 Architecture





ประสิทธิภาพของ CPU และ RAM นั้นต่างกันมาก หากทำการ Fetch ข้อมูลโดยตรงกับหน่วยความจำ จะใช้เวลาในการโหลดข้อมูลนานกว่าการประมวลผลเป็นอย่างมาก

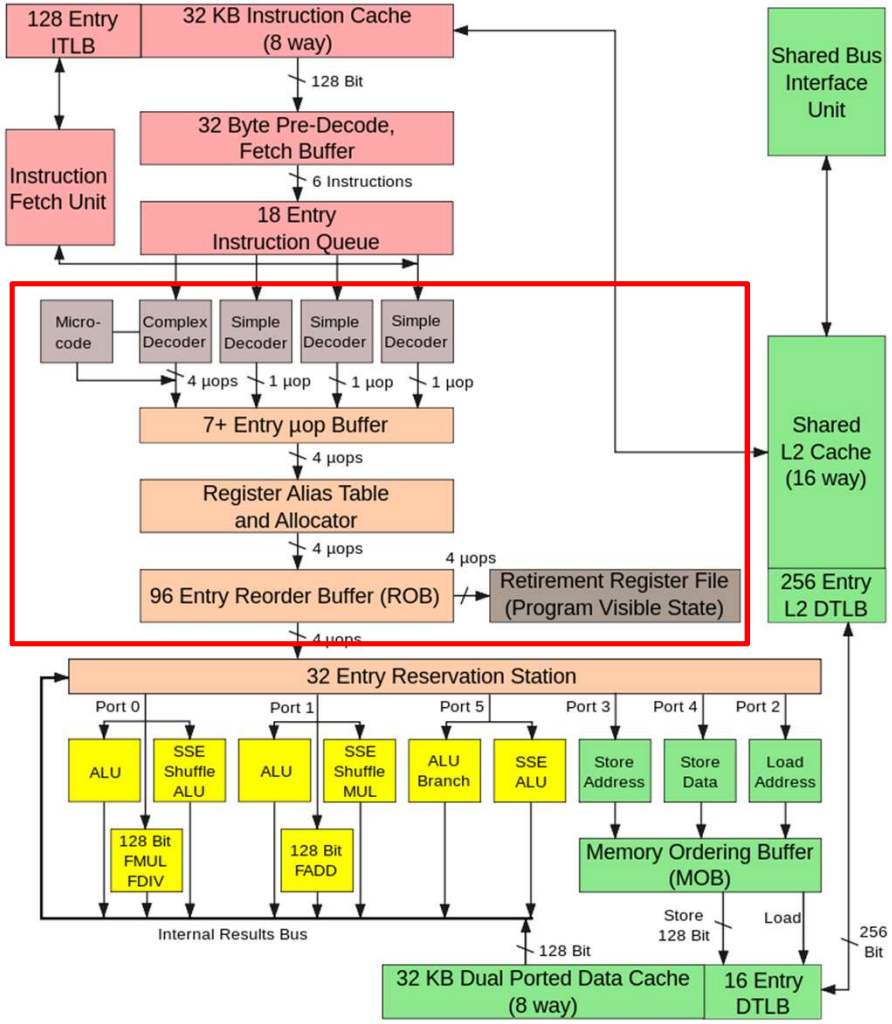
Bahi, Mouad & Eisenbeis, Christine. (2011). High Performance by Exploiting Information Locality through Reverse Computing. 25-32. 10.1109/SBAC-PAD.2011.10.



Intel Core 2 Architecture

Fetch

การ Fetch จึงกระทำโดยโหลดข้อมูลจาก RAM มาทีละ Block มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ Cache ที่อยู่ภายใน CPU จากนั้นจึงทำการ Fetch จาก Cache ที่ทำงานเร็วกว่า RAM หากไม่พบข้อมูลที่ต้องการภายใน Cache จึงจะทำการ Fetch ข้อมูลจาก RAM



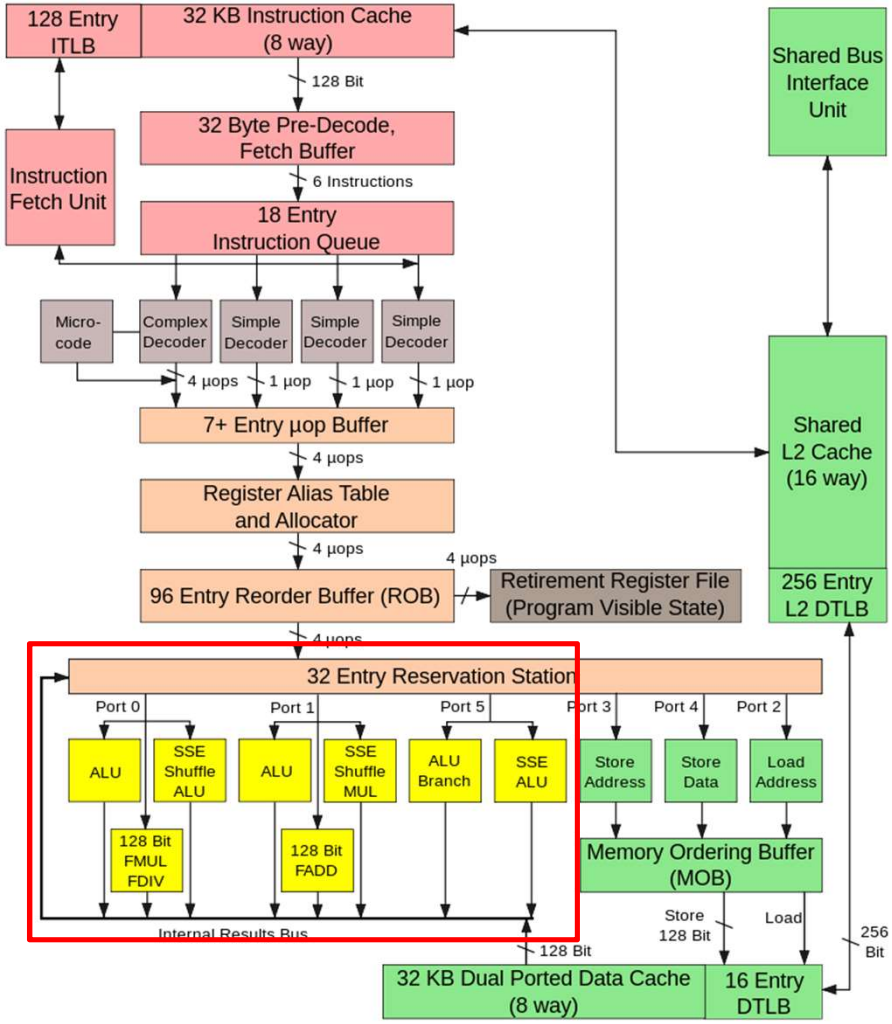
Intel Core 2 Architecture

Decode

ขั้นตอนการ Decode จะทำการแปลคำสั่ง ISA ให้กลายเป็นชุดคำสั่งขนาดเล็ก เรียกว่า Micro Operation หรือ µop

เนื่องจาก X86 เป็น ISA แบบ CISC ซึ่งแต่ละคำสั่งมีขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อน การแตกออกเป็นหลายๆ µop จะช่วยให้ประมวลผลแบบขนานได้ง่ายขึ้น และยังช่วยให้การประมวลผลพลังงานลดอีกด้วย

µop ลักษณะคล้ายกับ สถาปัตยกรรมคำสั่งแบบ RISC



Intel Core 2 Architecture

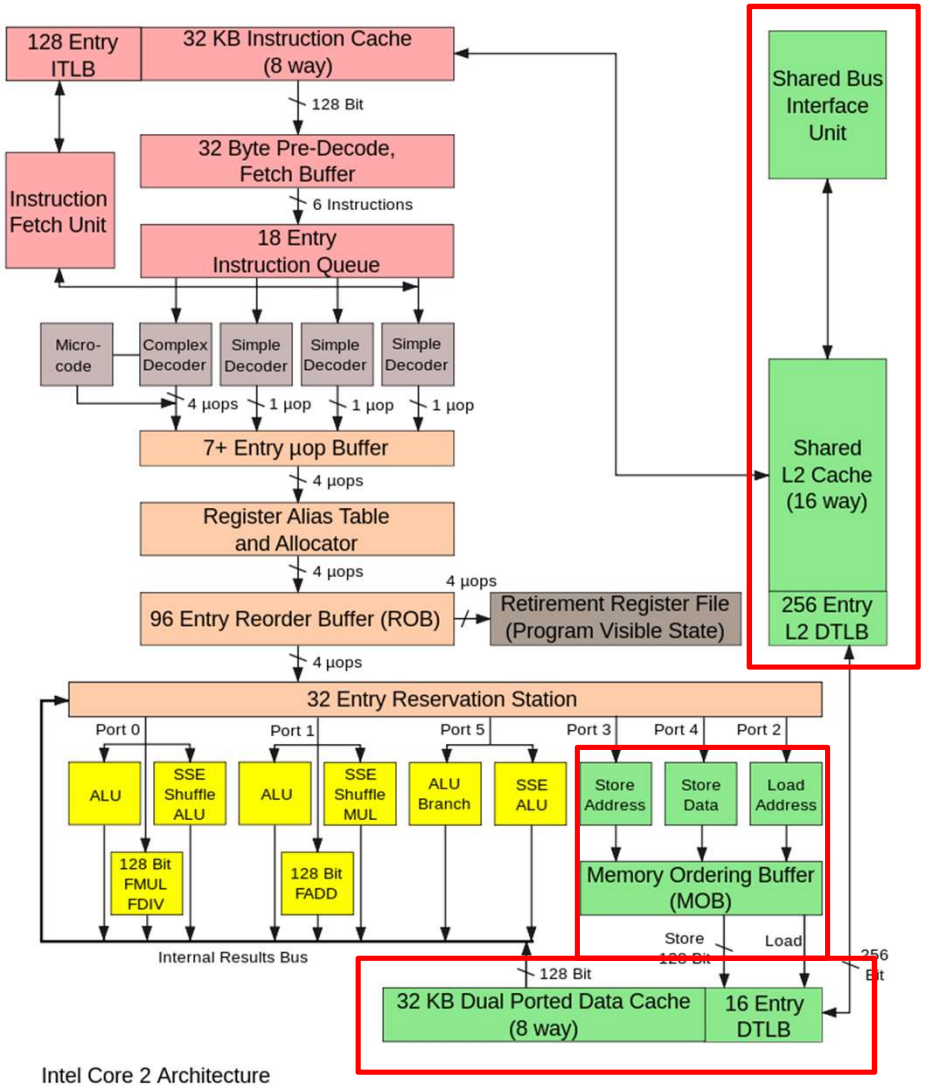
Execute

µop จะถูกนำไปประมวลผลตามรูปแบบของ Operation เช่น

- คำสั่งพีชคณิต เช่น บวก ลบ เลื่อนหลัก วนรอบหลัก
- คำสั่งเชิงตรรกะ เช่น และ หรือ นิเสธ
- คำสั่งข้อมูล เช่น ย้ายค่า ป้อนค่า ส่งค่า อ่าน บันทึก
- คำสั่งการควบคุม เช่น ข้ามไปที่ ถ้า...ให้ไปที่ เรียกใช้รูทีน คืนกลับจากรูทีน

โดยแต่ละ Execution Unit จะถูกเรียกใช้ตามคำสั่ง
ตัวอย่างเช่น การประมวลผลทางคณิตศาสตร์ก็จะเรียกใช้ ALU เป็นต้น

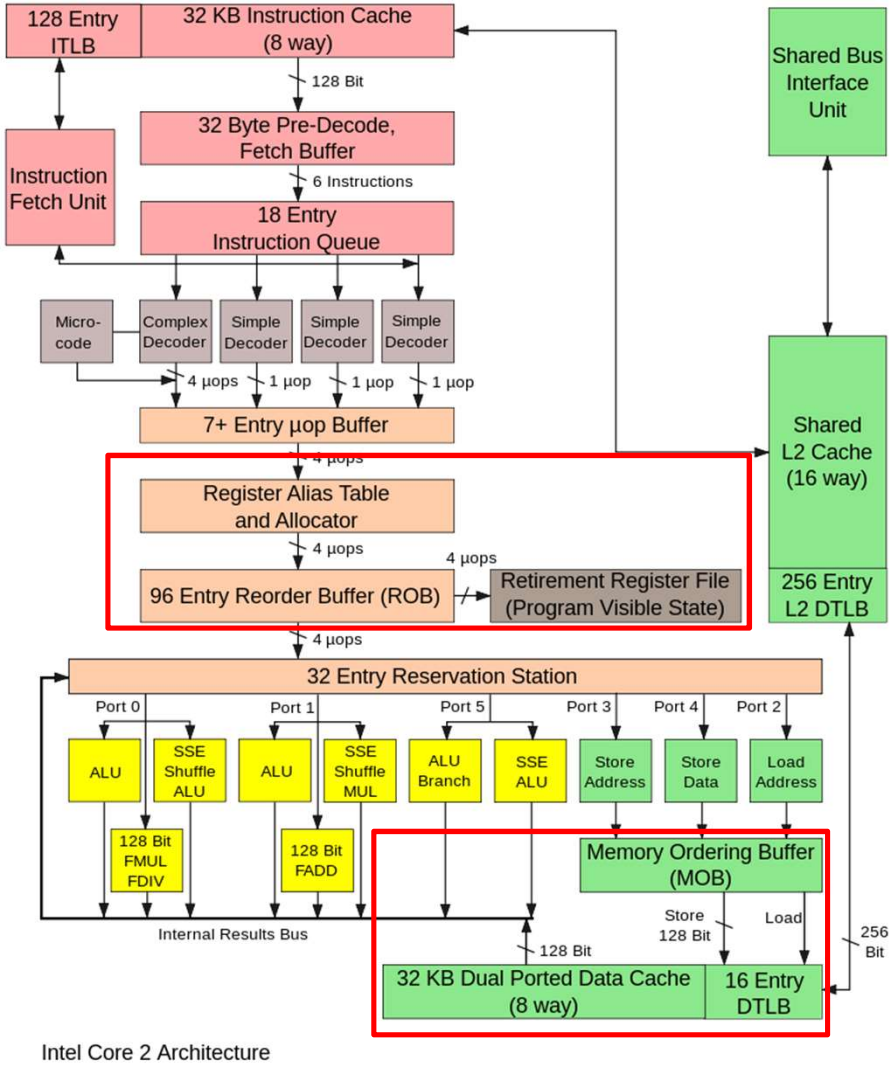
หาก Execution Unit สามารถเรียกใช้ได้หลายตัว เช่น ALU มีมากกว่า 1 หน่วย ก็จะสามารถประมวลผลคำสั่งทางคณิตศาสตร์ได้พร้อมกันตามจำนวน ALU สถาปัตยกรรมแบบนี้เรียกว่า **Superscalar**



Intel Core 2 Architecture

Store / Write Back

ขั้นตอนนี้จะทำการเขียนข้อมูลกลับลงสู่ Cache
และทำการสำเนาข้อมูลจาก Cache ลงสู่ RAM หากมีความจำเป็น



Intel Core 2 Architecture

Out of order execution คือการประมวลผลแบบไม่ตามลำดับ

ตัวอย่างเช่น

1) A = B + C
2) D = D + A
3) F = C + E

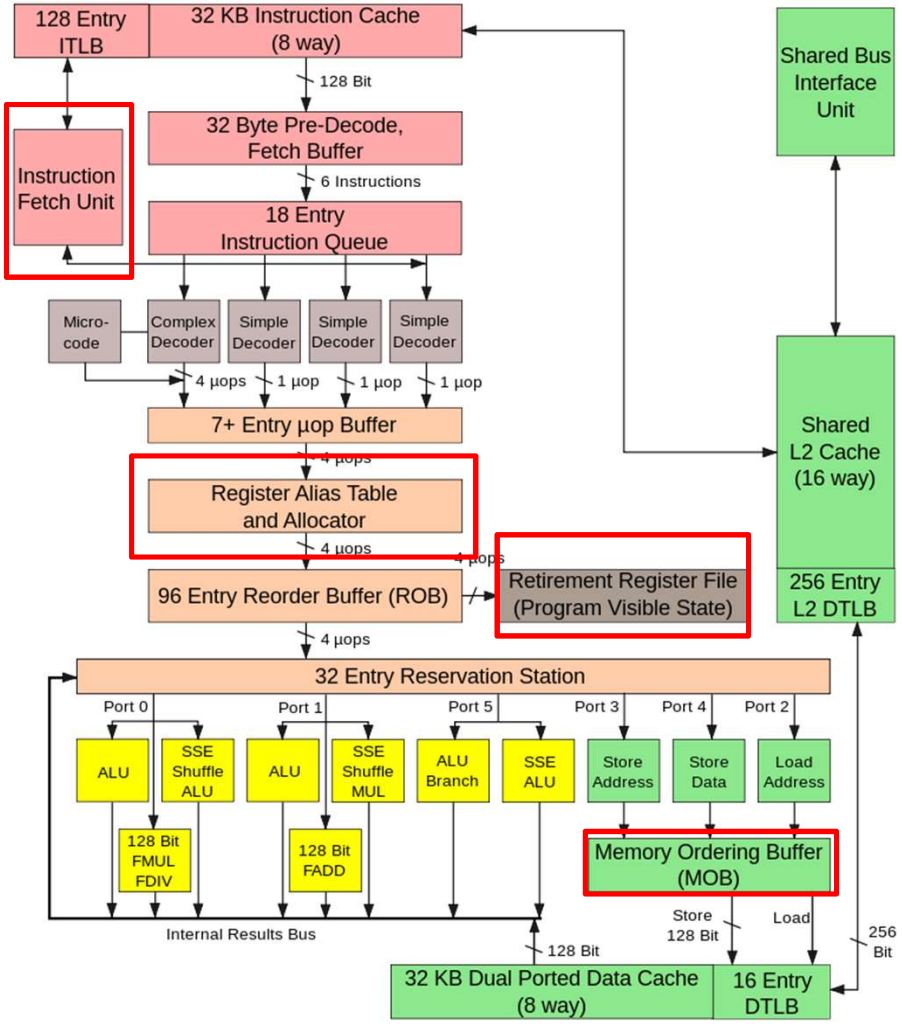
ตัวอย่างนี้จะพบว่า **2** จะประมวลผลเสร็จได้ก็ต่อเมื่อ **1** ประมวลผลเสร็จแล้ว แต่ **3** สามารถประมวลผลได้ทันทีโดยไม่ต้องรอ **1** และ **2**

ดังนั้นหน่วย Decode จึงทำการเรียงคำสั่งใหม่เป็น

1) A = B + C
2) F = C + E
3) D = D + A

1 และ 2 จึงสามารถนำไปประมวลผลพร้อมกันได้ที่ ALU1 และ ALU2

ขั้นตอนสุดท้ายจึงนำเอาผลการประมวลผลไปเรียงลำดับใหม่ให้ตรงกับโปรแกรมที่รับเข้ามา ขั้นตอนนี้จะกระทำในขั้นตอนของการ Store



Intel Core 2 Architecture

Speculative Execution คือการประมวลผลแบบคาดเดา ซึ่งคือเทคนิคที่มีอยู่ในหน่วนประมวลมลหรือซีพียูในปัจจุบันที่ถูกออกแบบมาให้รันรหัสโปรแกรมแบบไม่ทำตามลำดับ โดยการเลือกเดารันส่วนของรหัสโปรแกรมที่คิดว่าจะถูกรันเป็นลำดับถัดไป ซึ่งทำให้ซีพียูเอกซีคิวชั่น(หรือรัน)โปรแกรมเร็วขึ้น วิธีการที่นิยมใช้คือ Branch Prediction

If [Address A] > B then

C=B x F

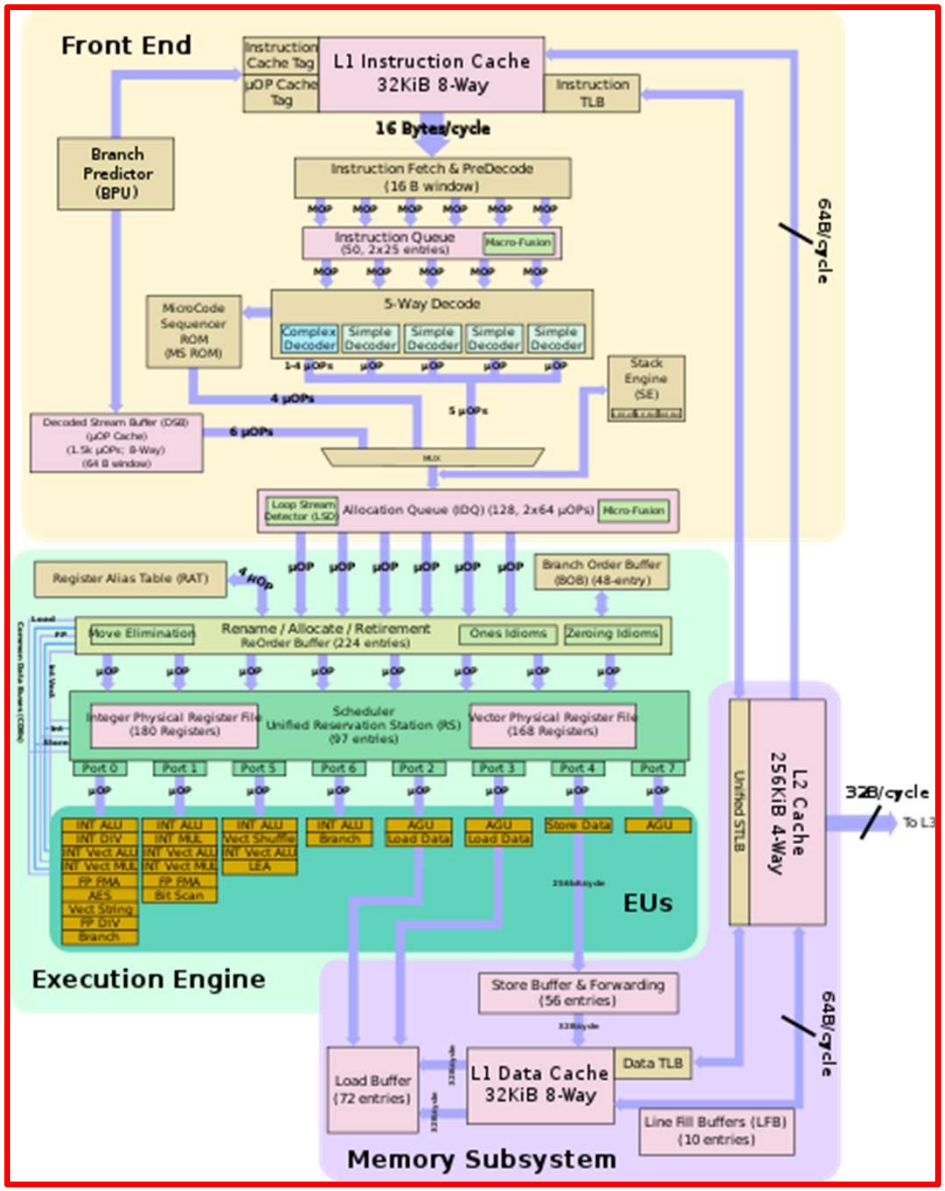
Else

C=B / F

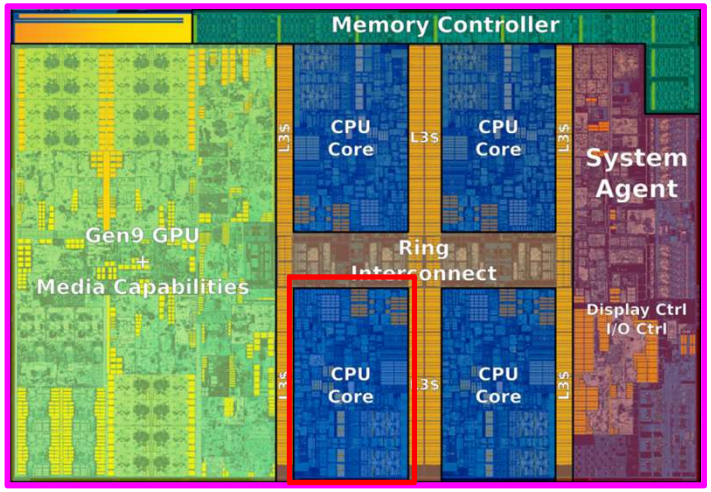
จากโปรแกรมตัวอย่างนี้จะพบว่า ต้องประมวลผล if [Address A] > B ให้เสร็จก่อน จึงจะรู้ว่า จะคำนวณค่า C ด้วย B x F หรือ B / F กรณีนี้ CPU สามารถประมวลผล B x F และ B / F รอไว้ก่อนล่วงหน้าระหว่างที่ประมวลผล if [Address A] > B ซึ่งคำสั่งนี้ใช้เวลานานมาก

หากโปรแกรมย่อยในแขนงมีขนากใหญ่ ก็จะทำการคาดเดาแล้วเลือกแขนง และทำการรันไปก่อนล่วงหน้า หากเดาถูกก็จะช่วยลดเวลาในการคอย

ปัจจุบัน CPU สามารถคาดเดาแขนงของโปรแกรมได้อย่างแม่นยำมาก

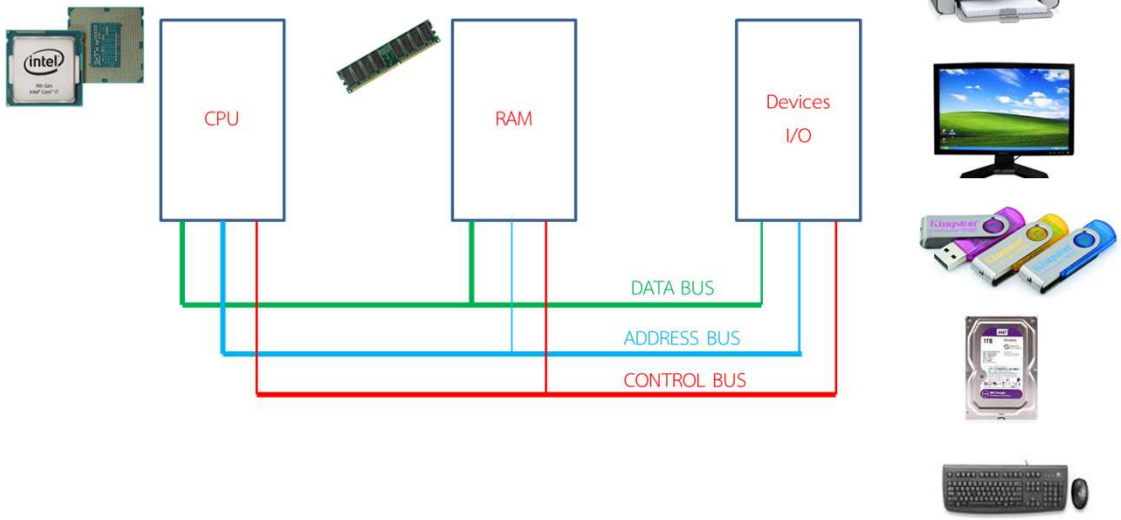


Skylake (client) - Microarchitectures - Intel



การรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกเช่น

- RAM
- Keyboard / Mouse
- การ์ดส่วนขยายต่าง ๆ



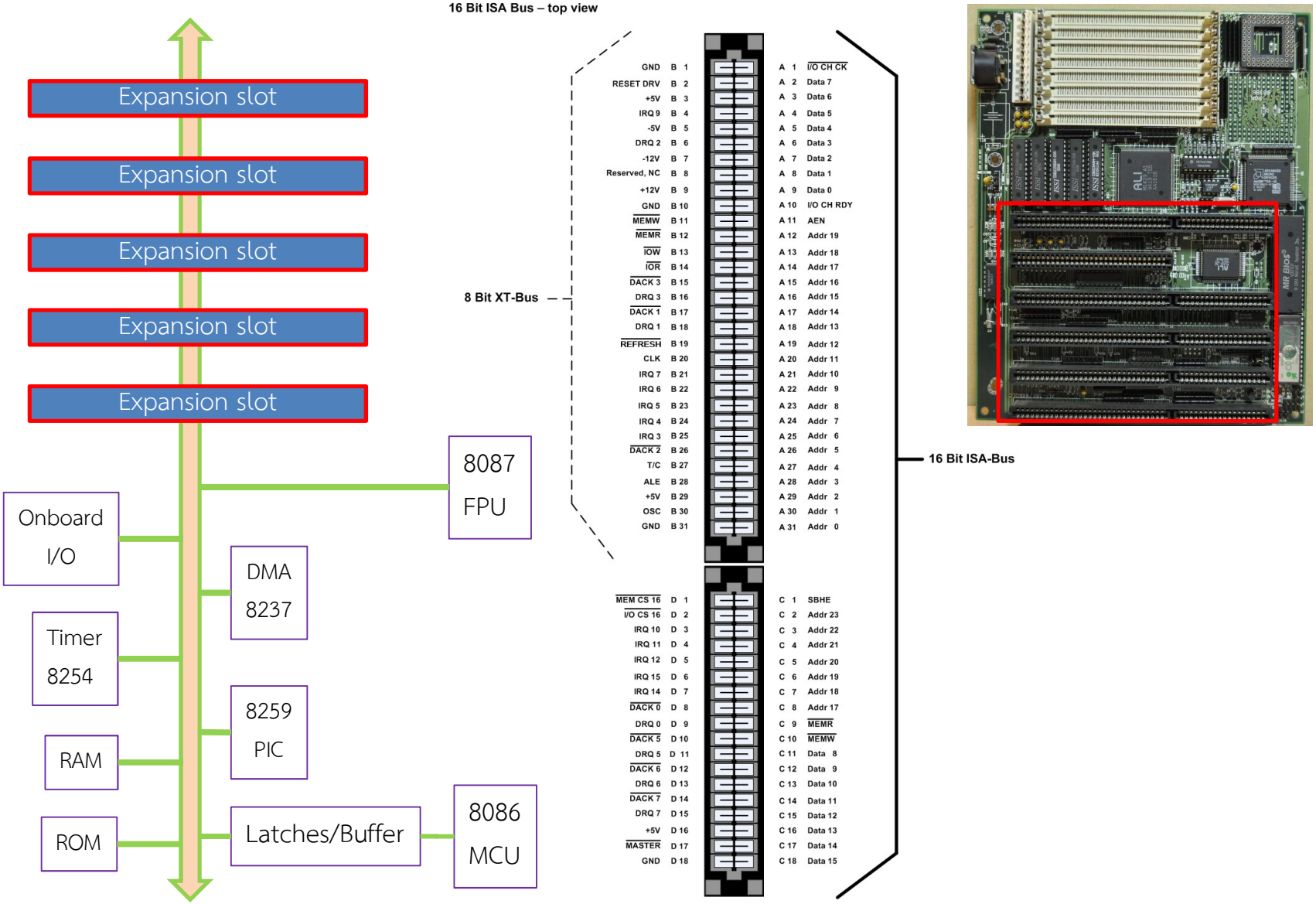
จะกระทำผ่าน BUS

โดยจะมี Bus อยู่ 3 ชนิดคือ

Address Bus ใช้กำหนดตำแหน่ง ต้นทาง / ปลายทาง ของข้อมูลที่ต้องการรับ/ส่ง

Data Bus ใช้รับ / ส่ง ข้อมูล

Control Bus ใช้ควบคุมทิศทางการอ่าน / เขียน, ควบคุม CPU จากภายนอก เช่น เปิด / ปิด, กำหนดชนิดของอุปกรณ์ปลายทางเช่น Ram หรือ Port, หรือการสั่งให้ CPU หยุดทำงานชั่วคราว

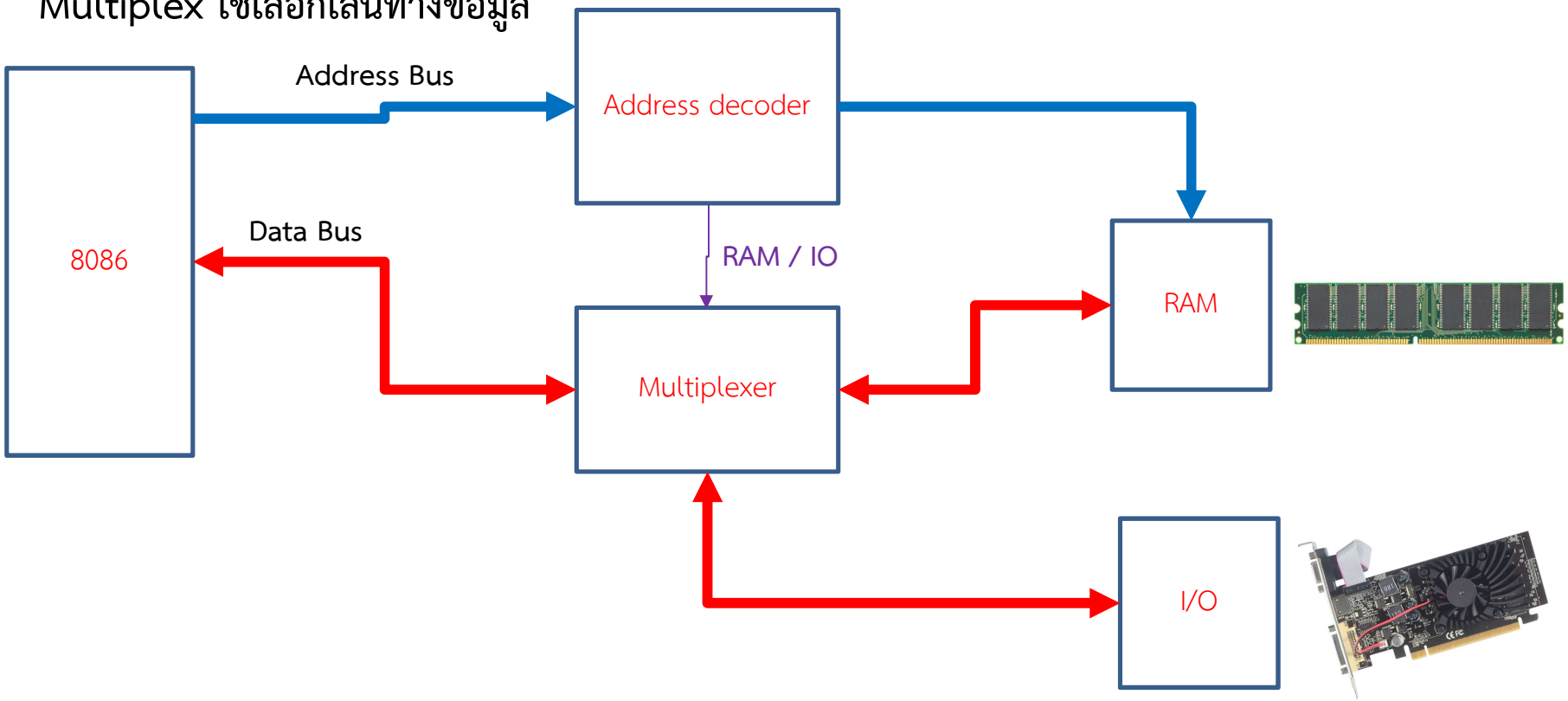

Expansion slot
Expansion slot
Expansion slot
Expansion slot
Expansion slot
Onboard I/O
Timer 8254
RAM
ROM
DMA 8237
8259 PIC
Latches/Buffer
8087 FPU
8086 MCU
16 Bit ISA Bus – top view
8 Bit XT-Bus
16 Bit ISA-Bus
GND B 1
RESET DRV B 2
+5V B 3
IRQ 9 B 4
-5V B 5
DRQ 2 B 6
-12V B 7
Reserved, NC B 8
+12V B 9
GND B 10
MEMW B 11
MEMR B 12
IOW B 13
IOR B 14
DACK 3 B 15
DRQ 3 B 16
DACK 1 B 17
DRQ 1 B 18
REFRESH B 19
CLK B 20
IRQ 7 B 21
IRQ 6 B 22
IRQ 5 B 23
IRQ 4 B 24
IRQ 3 B 25
DACK 2 B 26
T/C B 27
ALE B 28
+5V B 29
OSC B 30
GND B 31
A 1 I/O CH CK
A 2 Data 7
A 3 Data 6
A 4 Data 5
A 5 Data 4
A 6 Data 3
A 7 Data 2
A 8 Data 1
A 9 Data 0
A 10 I/O CH RDY
A 11 AEN
A 12 Addr 19
A 13 Addr 18
A 14 Addr 17
A 15 Addr 16
A 16 Addr 15
A 17 Addr 14
A 18 Addr 13
A 19 Addr 12
A 20 Addr 11
A 21 Addr 10
A 22 Addr 9
A 23 Addr 8
A 24 Addr 7
A 25 Addr 6
A 26 Addr 5
A 27 Addr 4
A 28 Addr 3
A 29 Addr 2
A 30 Addr 1
A 31 Addr 0
MEM CS 16 D 1
I/O CS 16 D 2
IRQ 10 D 3
IRQ 11 D 4
IRQ 12 D 5
IRQ 15 D 6
IRQ 14 D 7
DACK 0 D 8
DRQ 0 D 9
DACK 5 D 10
DRQ 5 D 11
DACK 6 D 12
DRQ 6 D 13
DACK 7 D 14
DRQ 7 D 15
+5V D 16
MASTER D 17
GND D 18
C 1 SBHE
C 2 Addr 23
C 3 Addr 22
C 4 Addr 21
C 5 Addr 20
C 6 Addr 19
C 7 Addr 18
C 8 Addr 17
C 9 MEMR
C 10 MEMW
C 11 Data 8
C 12 Data 9
C 13 Data 10
C 14 Data 11
C 15 Data 12
C 16 Data 13
C 17 Data 14
C 18 Data 15

Memory-mapped IO เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ใช้สัญญาณควบคุมหน่วยความจำเป็นตัวกำหนดการ อ่าน / เขียน ข้อมูล

โดยเลือกนำบางตำแหน่ง (Address) มาเป็น I/O หรือ เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

วงจร Decoder ใช้ในการตรวจหาตำแหน่งที่ต้องการอ่านหรือเขียน

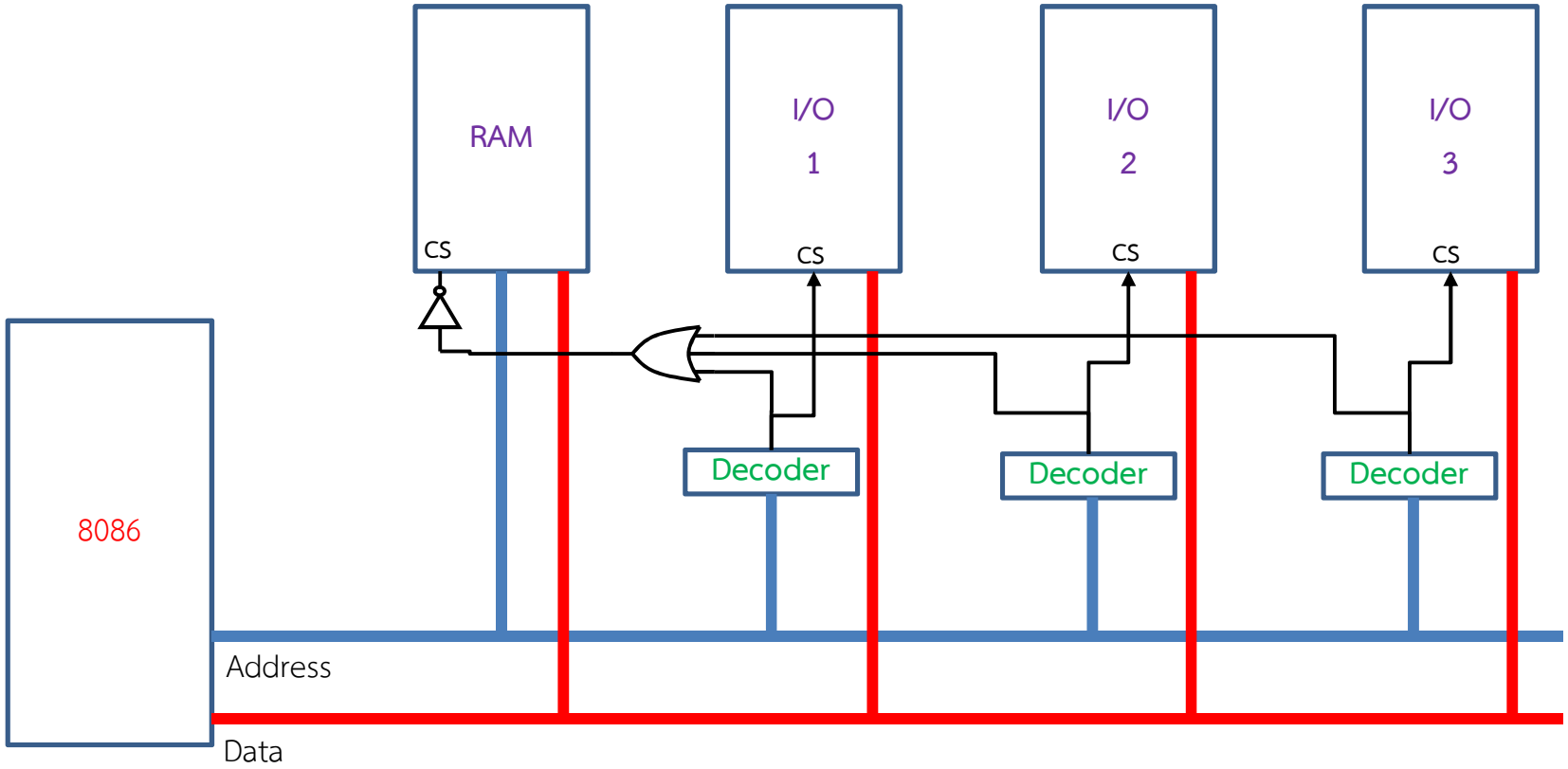
Multiplex ใช้เลือกเส้นทางข้อมูล



ไมโครชิพที่ออกแบบมาสำหรับเชื่อมต่อกับไมโครโพรเซสเซอร์ จะมี ขา CS (chip select) สำหรับเลือกให้ต่อ หรือตัดตัวเองออกจากวงจร ทำให้งานทำ I/O Mapping ทำได้ง่าย

การอ่าน และเขียนข้อมูล ใช้วิธีเดียวกับหน่วยความจำ

คือใช้คำสั่ง MOV



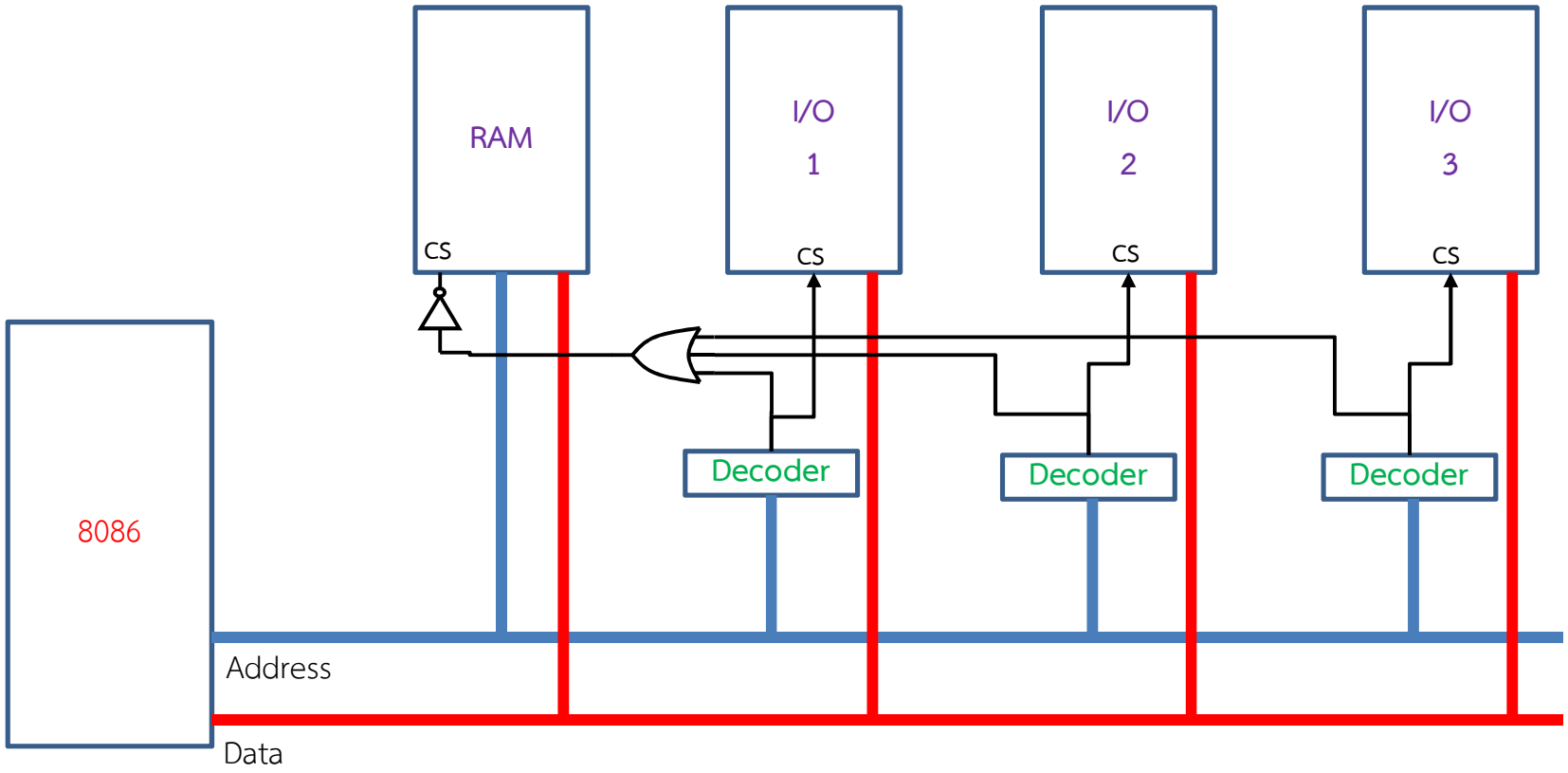
Memory-mapped I/O

ข้อดี

- ใช้ Instruction เดียวกับหน่วยความจำ เขียนโปรแกรมง่าย
- ไมโครโพรเซสเซอร์ทุกรุ่นที่รองรับการต่อหน่วยความจำภายนอก ใช้วิธีนี้ได้

ข้อเสีย

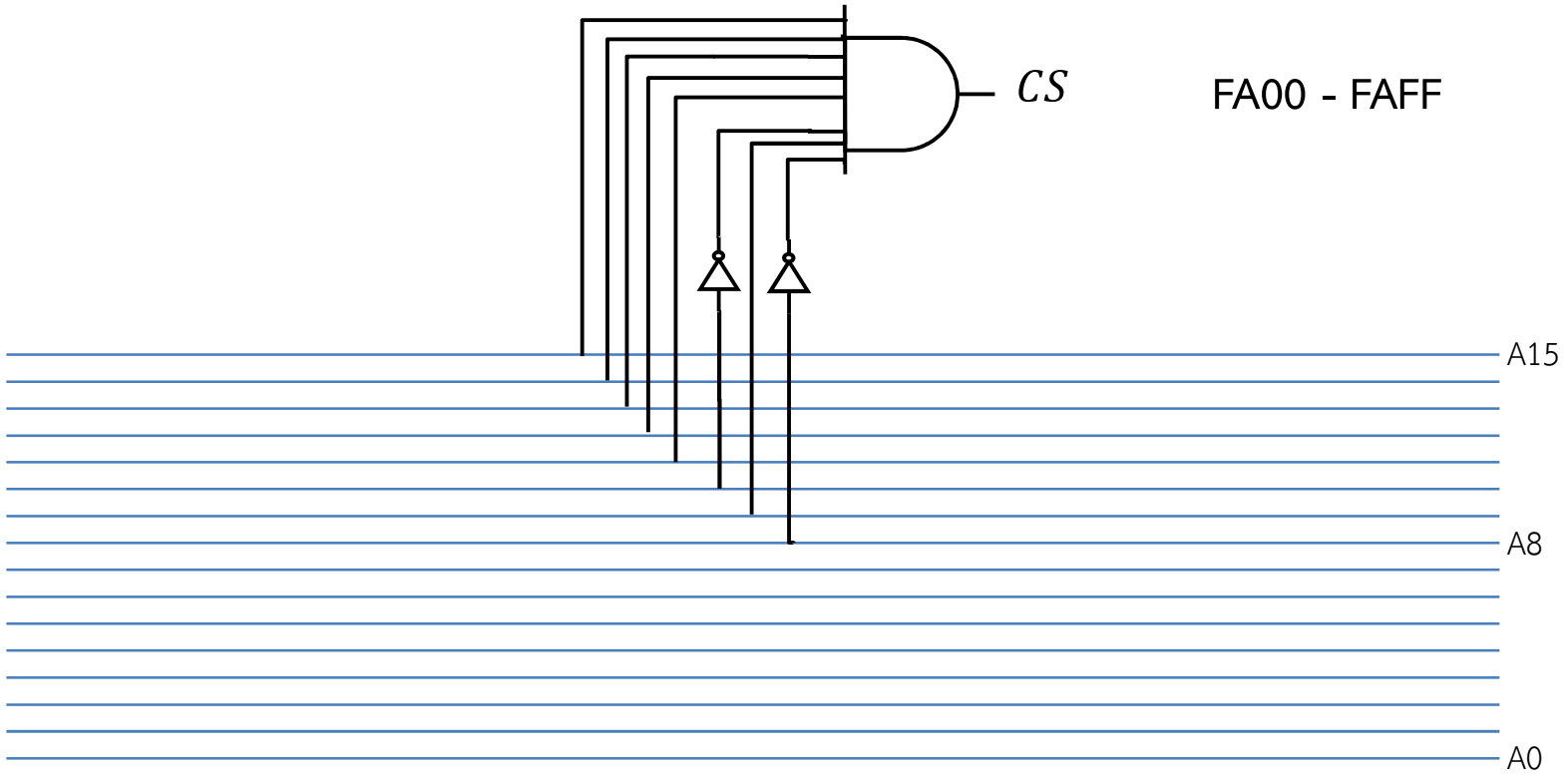
- ตำแหน่งที่ใช้เป็น I/O จะใช้เป็นหน่วยความจำไม่ได้อีก ทำให้ใช้หน่วยความจำภายนอกได้ ไม่เต็มความจุ



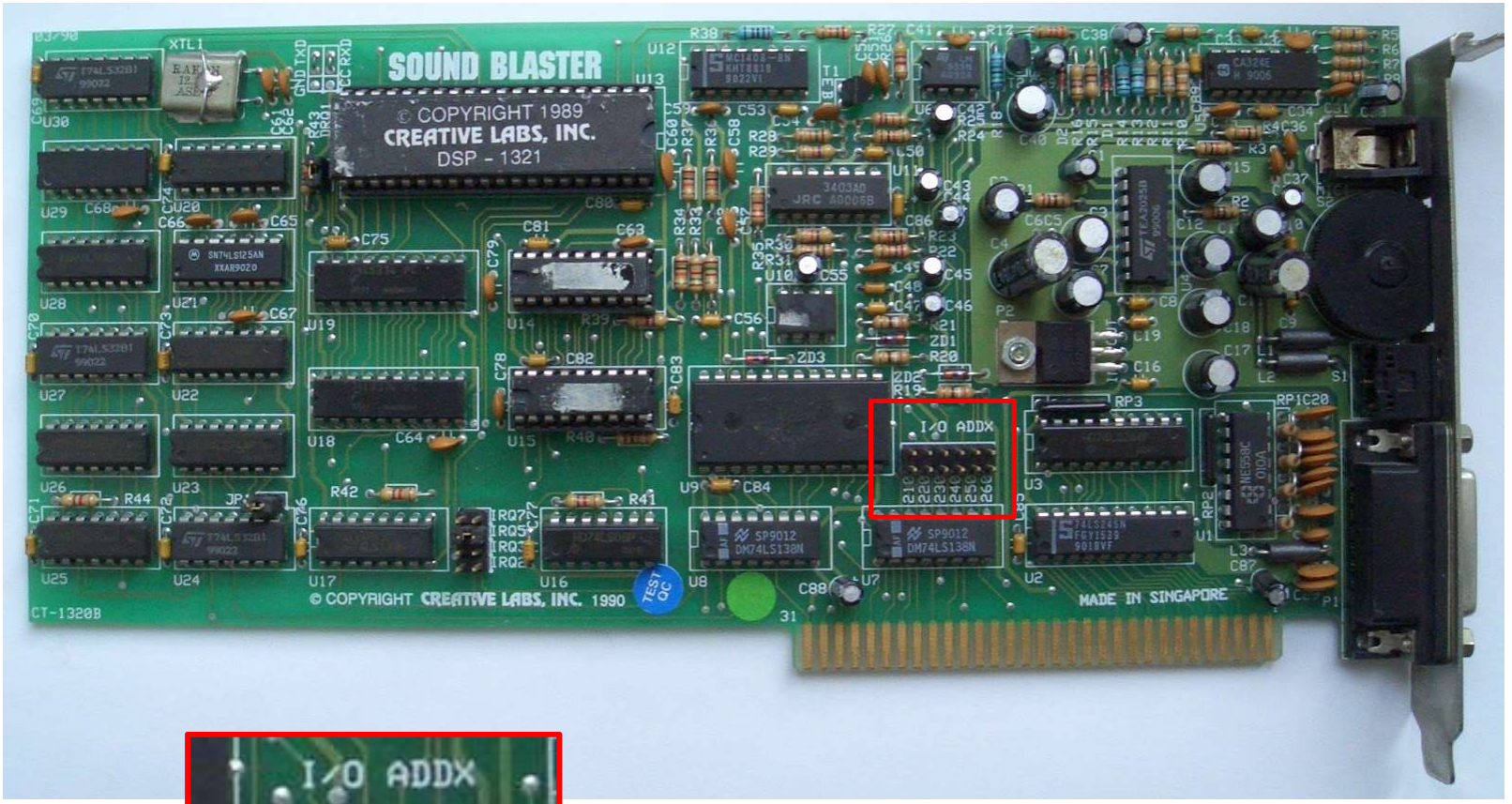
Memory-mapped IO มักไม่นิยมเลือกตำแหน่งทีละตำแหน่ง แต่จะใช้วิธีเลือกเป็นช่วง เพราะทำได้ง่ายกว่า

ตัวอย่าง ต้องการให้ FA00 ถึง FAFF สามารถสร้างสัญญาณ CS ได้ด้วยวงจรนี้

$$CS = A_{15} \wedge A_{14} \wedge A_{13} \wedge A_{12} \wedge A_{11} \wedge \overline{A_{10}} \wedge A_9 \wedge \overline{A_8}$$



IBM PC Interrupts

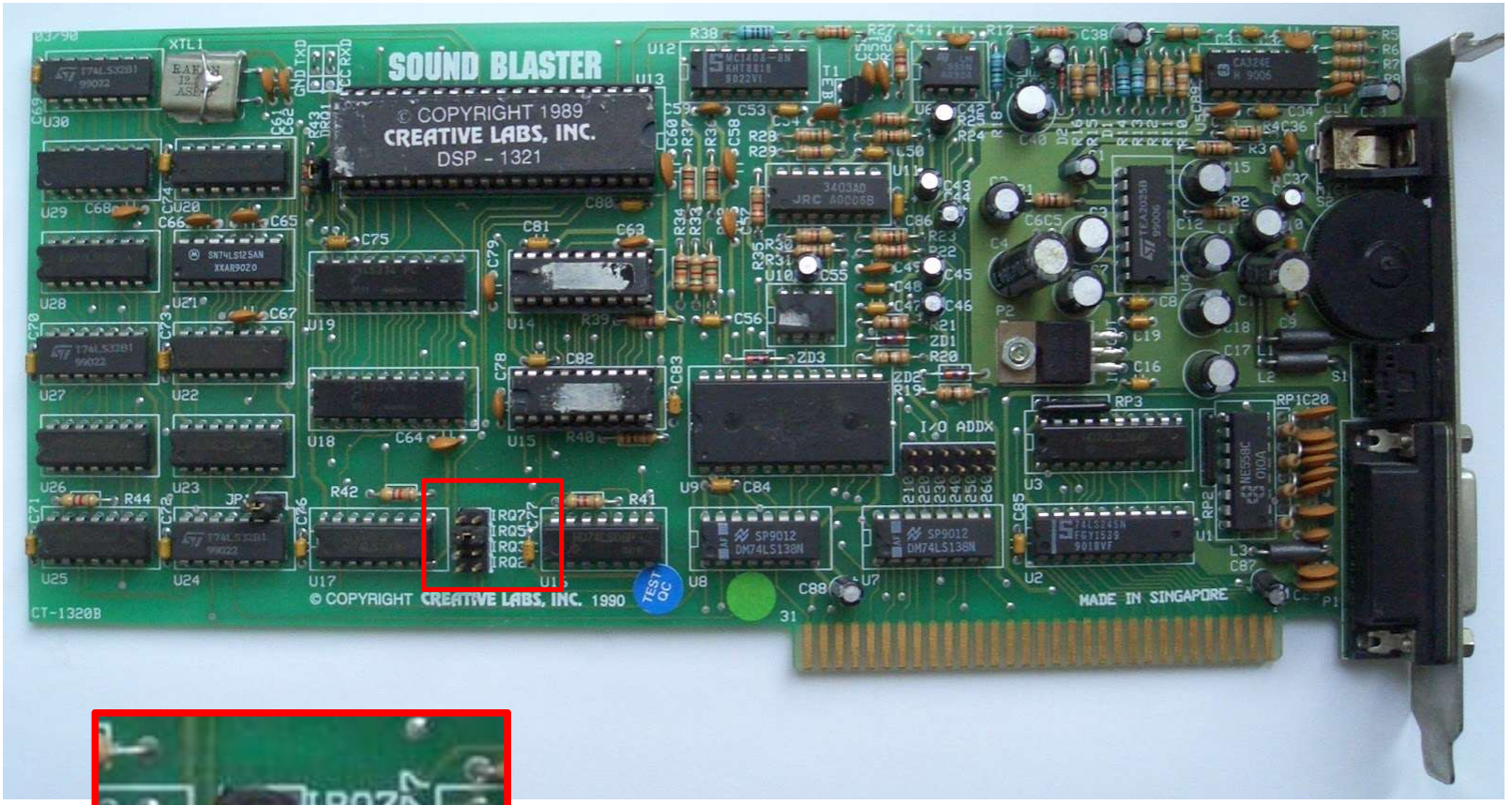


การตั้งค่า Address decoder

IBM PC Interrupts

IRQ	ใช้งาน(มาตรฐาน)	ใช้งาน(ทางเลือกอื่น)
0	System timer	
1	Keyboard Interface	
2	Cascade for second IRQ controller	
3	Serial port, COM2	
4	Serial Port COM1	
5	Parallel Port LPT2 (Parallel port ในโหมด Normal ไม่ใช้ IRQ)	Sound card
6	Floppy Disk Drive Interface	
7	Parallel Port LPT1 (Parallel port ในโหมด Normal ไม่ใช้ IRQ)	
8	Real Time Clock	
9	ว่าง	Video Display Interface cards
10	ว่าง	
11	ว่าง	
12	PS/2 - type mouse port	
13	Coprocessor	
14	Primary IDE/ATA adaptor	
15	Secondary IDE/ATA adaptor	

IBM PC Interrupts



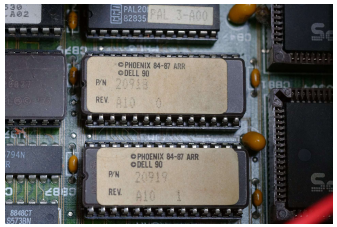
การ์ดส่วนขยายที่ไม่ได้เป็นมาตรฐานของ IBM PC ผู้ใช้สามารถเลือก IRQ ได้ได้เอง

Jumper ตัวนี้จะต่อตรงกับ IRQ ของ System Bus

ผู้ใช้ต้องแน่ใจว่า จะไม่ชนกับอุปกรณ์ตัวอื่นในระบบ

IBM PC Interrupts

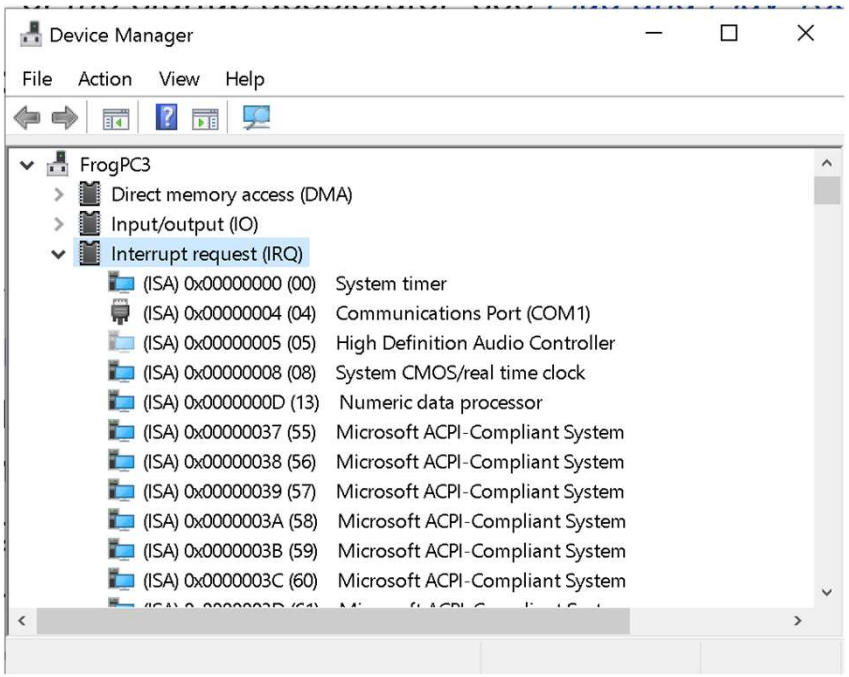
Int. Num.	Description
0	CPU divide by zero
1	Debug single step
2	Non Maskable Interrupt (NMI input on processor)
3	Debug breakpoints
4	Arithmetic overflow
5	BIOS provided Print Screen routine
6	Reserved
7	Reserved
8	IRQ0, Time of day hardware services
9	IRQ1, Keyboard Interface
A	IRQ2, ISA Bus cascade services for second 8259
B	IRQ3, Com 2 hardware
C	IRQ4, Com1 hardware
D	IRQ5, LPT2, Parallel port hardware (Hard Disk on XT)
E	IRQ6, Floppy Disk adaptor
F	IRQ7, LPT1, Parallel port hardware
10	Video services, see note 1
11	Equipment check
12	Memory size determination
13	Floppy I/O routines
14	Serial port I/O routines
15	PC used for Cassette tape services
16	Keyboard I/O routines
17	Printer I/O routines
18	Points to basic interpreter in a "real" IBM PC
19	Bootstrap loader
1A	Time of day services
1B	Services Ctrl-Break service
1C	Timer tick (provides 18.2 ticks per second)
1D	Video parameters
1E	Disk parameters
1F	Video graphics
20	Program termination (obsolete)
21	All DOS services available through this Interrupt
22	Terminate address
23	Ctrl-Break exit address
24	Critical error handler
25	Read logical sectors
26	Write logical sectors
27	Terminate and stay resident routines (obsolete)
28 to 3F	Reserved for DOS
40 to 4F	Reserved for BIOS
50	Reserved for BIOS
51	Mouse functions
52 to 59	Reserved for BIOS
5A	Reserved for BIOS
5B	Reserved for BIOS
5D	Reserved for BIOS
5E	Reserved for BIOS
5F	Reserved for BIOS
60 to 66	Reserved for User programs
67	Used for EMS functions
68 to 6F	Unused
70	IRQ8, ISA bus Real time clock
71	IRQ9, takes the place of IRQ2
72	IRQ10 (available hardware interrupt)
73	IRQ11 (available hardware interrupt)
74	IRQ12 (available hardware interrupt)
75	IRQ13, maths co-processor
76	IRQ14, ISA bus hard disk controller
77	IRQ15, (available hardware interrupt)
78 to 7F	Unused
80 to 85	Reserved for basic
86 to F0	Used by basic
F1 to FF	Unused

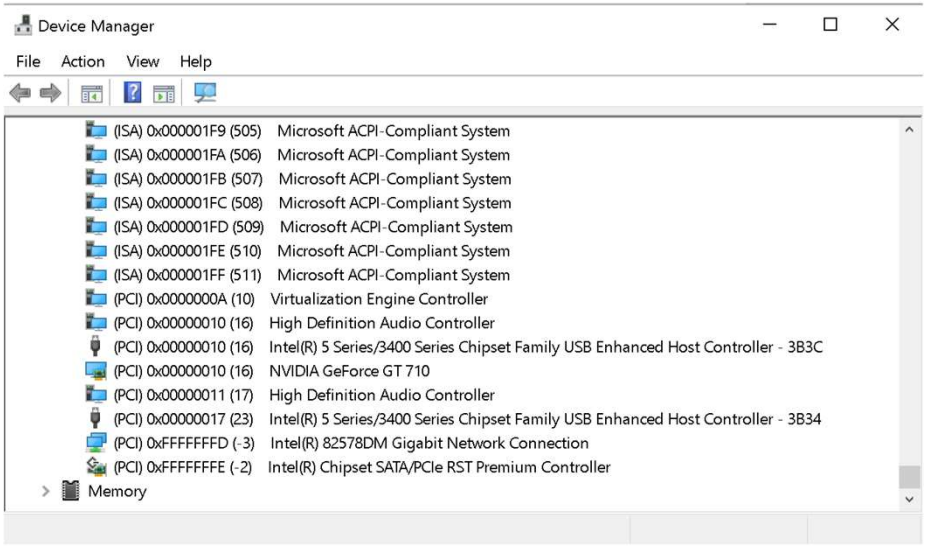


http://philipstorr.id.au/pcbook/book2/intlist.htm

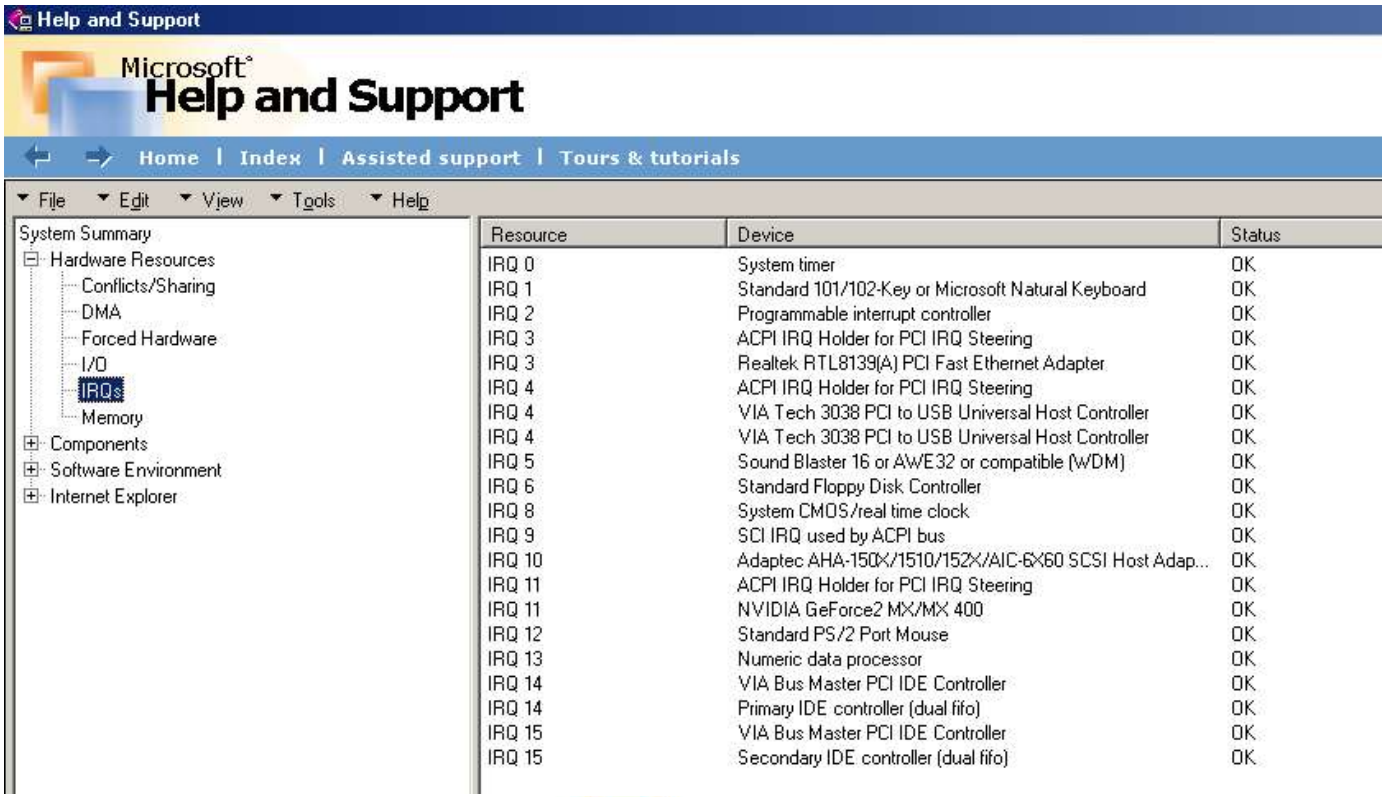
IBM PC Interrupts

ปัจจุบันนี้ อุปกรณ์ต่อพ่วงมีความซับซ้อนและมีจำนวนมากขึ้น
การเลือก IRQ ด้วยมือ จึงมีโอกาสชน กันได้ง่าย
จึงมีการแทนที่ด้วยเทคโนโลยี Plug and Play โดยให้ BIOS เป็นผู้เลือก IRQ ให้ในขั้นตอนของการบู๊ตเครื่อง
AT BUS ถูกแทนที่ด้วย PCI BUS โดย CPU ไม่ได้ควบคุมสัญญาณต่าง ๆใน System Bus โดยตรงแล้ว
แต่อย่างไรก็ตามวิธีการ Interrupt ยังเหมือนเดิม





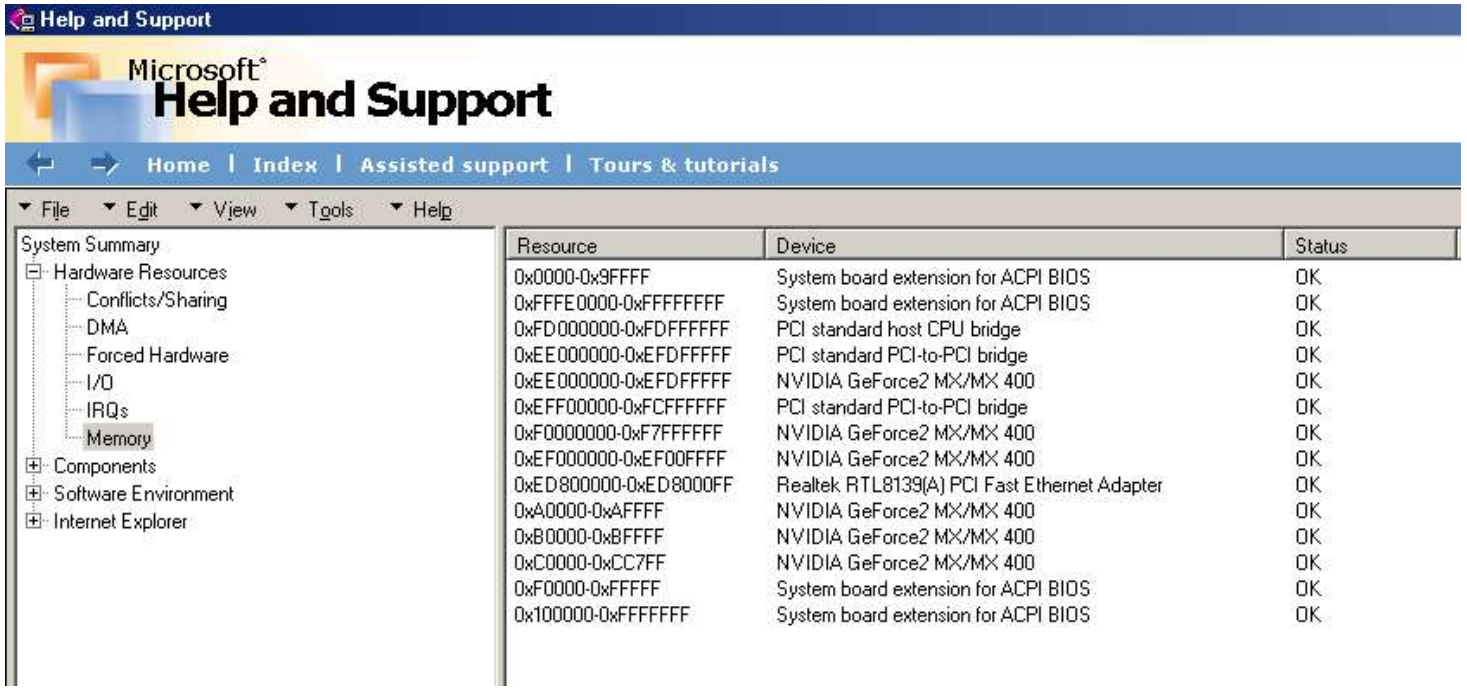
IBM PC Interrupts



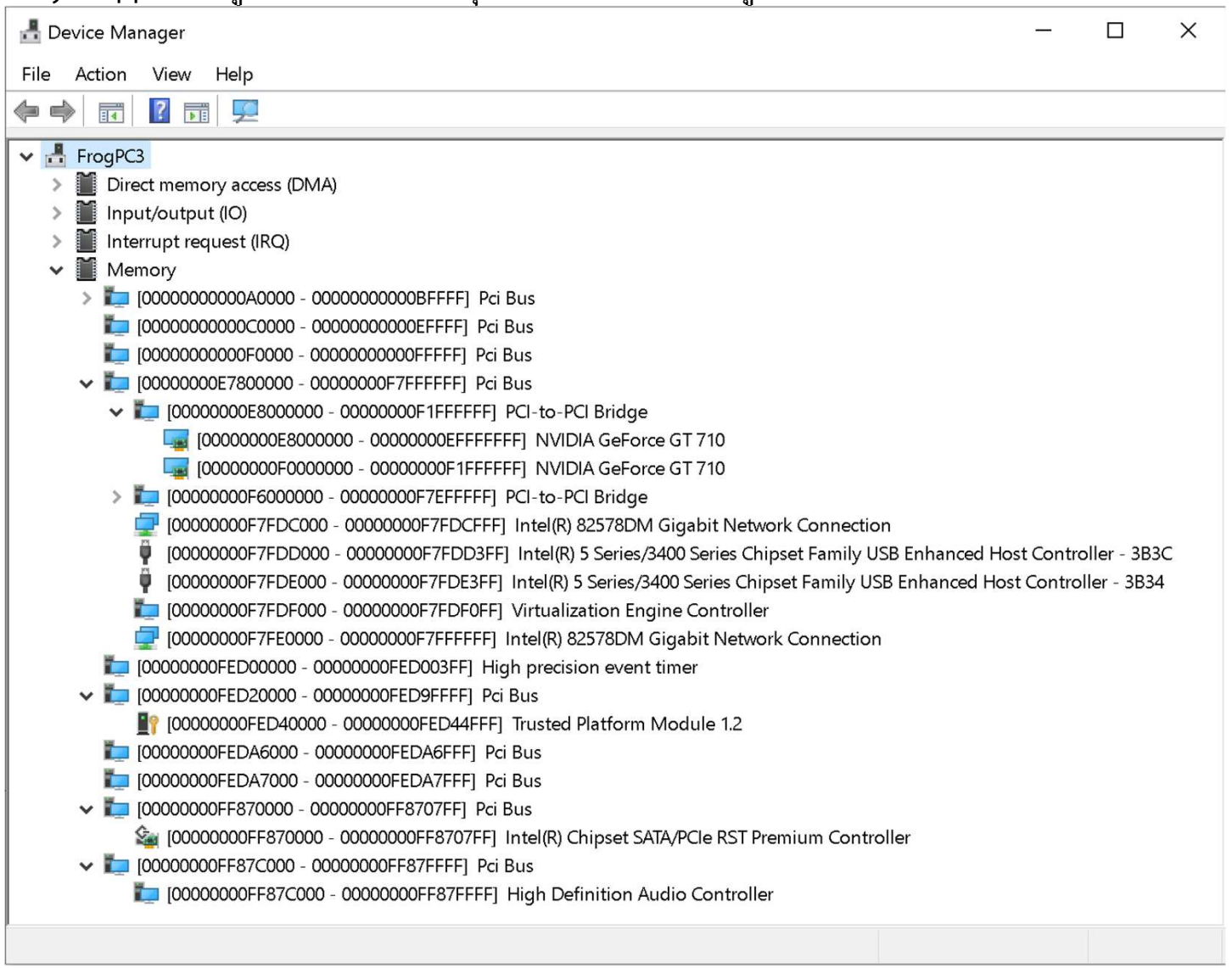
Resource	Device	Status
IRQ 0	System timer	OK
IRQ 1	Standard 101/102-Key or Microsoft Natural Keyboard	OK
IRQ 2	Programmable interrupt controller	OK
IRQ 3	ACPI IRQ Holder for PCI IRQ Steering	OK
IRQ 3	Realtek RTL8139(A) PCI Fast Ethernet Adapter	OK
IRQ 4	ACPI IRQ Holder for PCI IRQ Steering	OK
IRQ 4	VIA Tech 3038 PCI to USB Universal Host Controller	OK
IRQ 4	VIA Tech 3038 PCI to USB Universal Host Controller	OK
IRQ 5	Sound Blaster 16 or AWE32 or compatible (WDM)	OK
IRQ 6	Standard Floppy Disk Controller	OK
IRQ 8	System CMOS/real time clock	OK
IRQ 9	SCI IRQ used by ACPI bus	OK
IRQ 10	Adaptec AHA-150X/1510/152X/AIC-6X60 SCSI Host Adap...	OK
IRQ 11	ACPI IRQ Holder for PCI IRQ Steering	OK
IRQ 11	NVIDIA GeForce2 MX/MX 400	OK
IRQ 12	Standard PS/2 Port Mouse	OK
IRQ 13	Numeric data processor	OK
IRQ 14	VIA Bus Master PCI IDE Controller	OK
IRQ 14	Primary IDE controller (dual fifo)	OK
IRQ 15	VIA Bus Master PCI IDE Controller	OK
IRQ 15	Secondary IDE controller (dual fifo)	OK

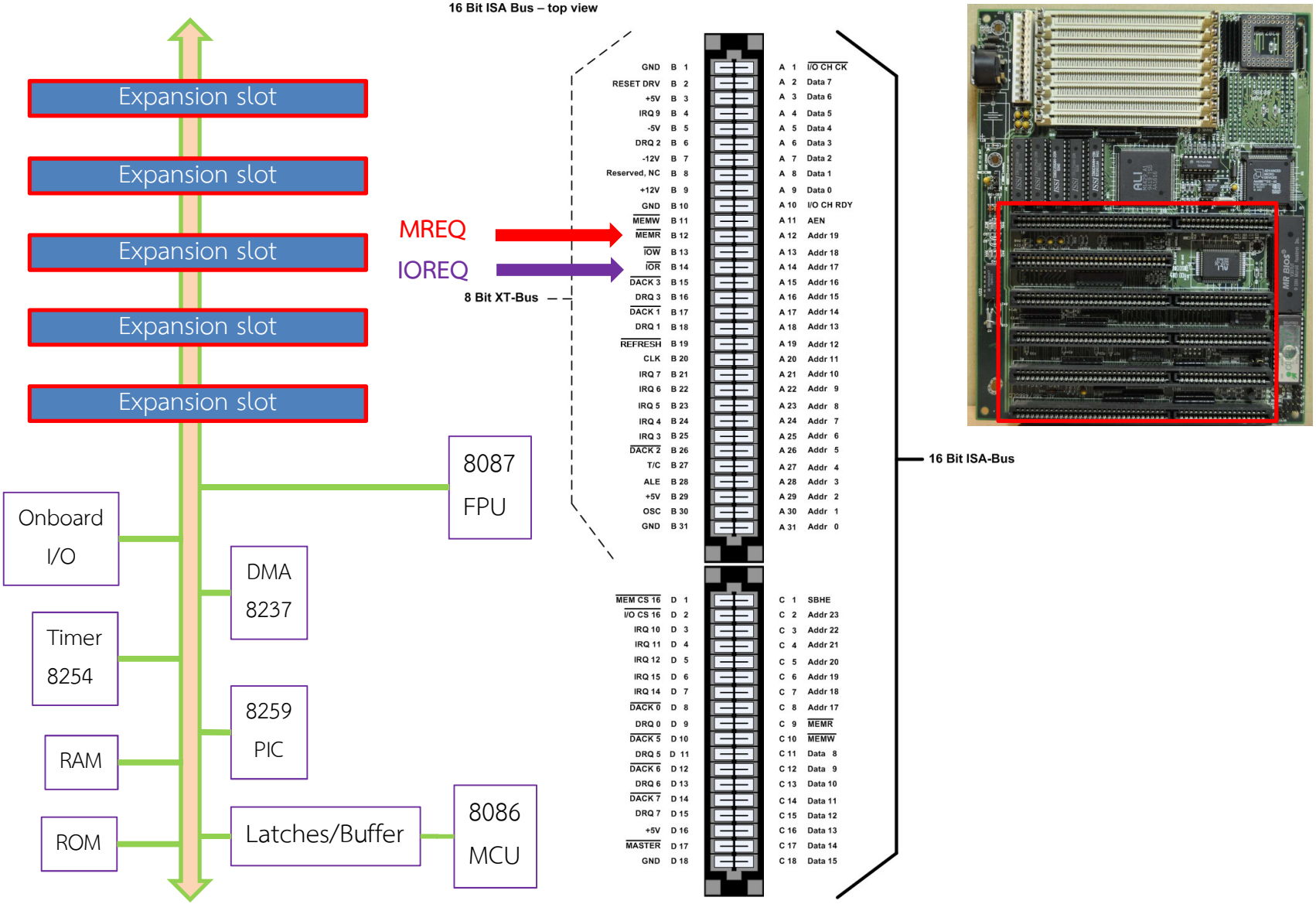
F0000	BIOS
E0000	BIOS
D0000	VRAM การ์ดจอ
C0000	VRAM การ์ดจอ
A0000	VRAM การ์ดจอ
90000	
80000	
70000	
60000	
50000	
40000	
30000	
20000	
10000	
00000	00000-003FF Interrupt Vector Table

ตัวอย่างการใช้งาน Memory-mapped I/O ของเครื่อง PC

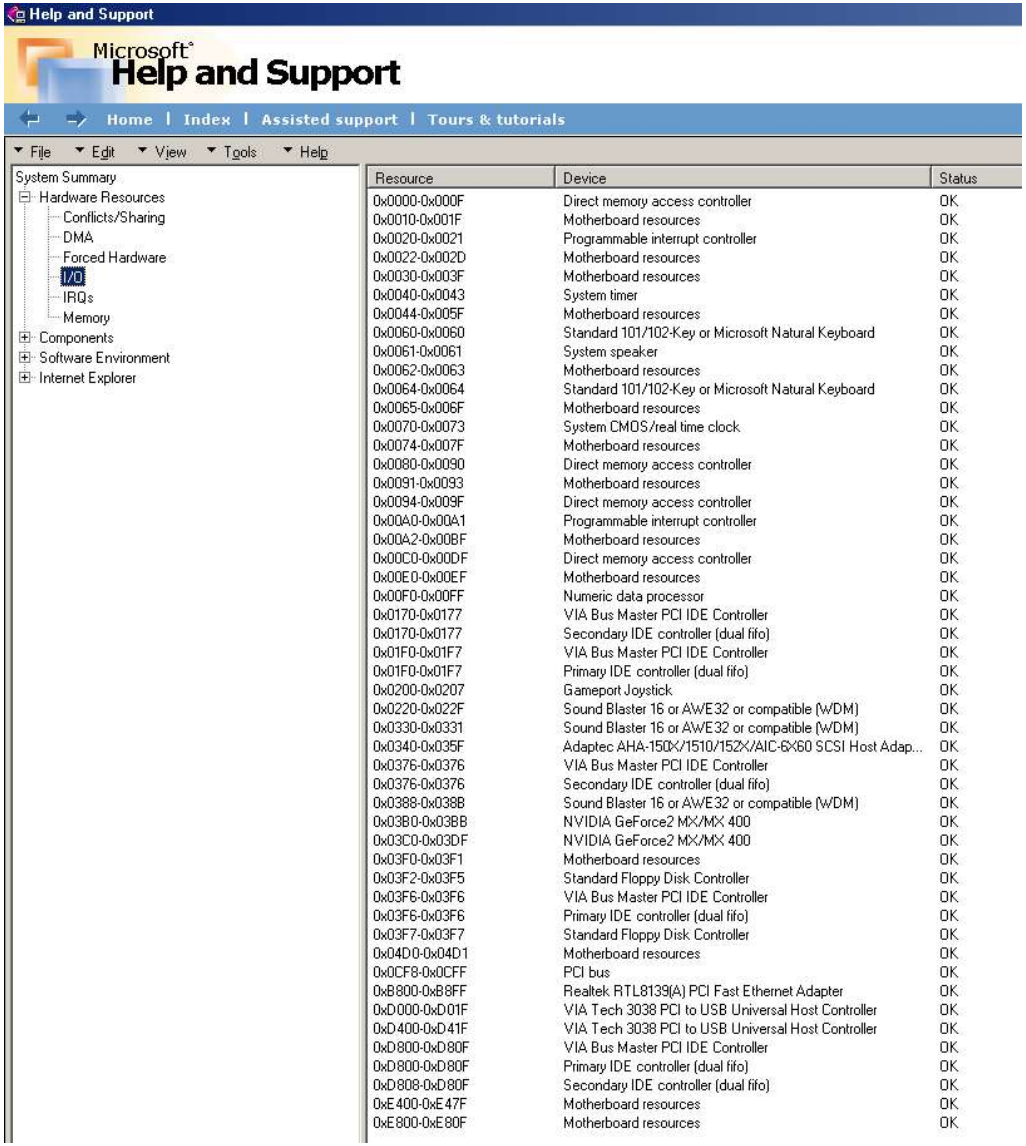


ปัจจุบันนี้ Memory-mapped IO ถูกใช้ในการสื่อสารกับอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อในรูปแบบ PCI



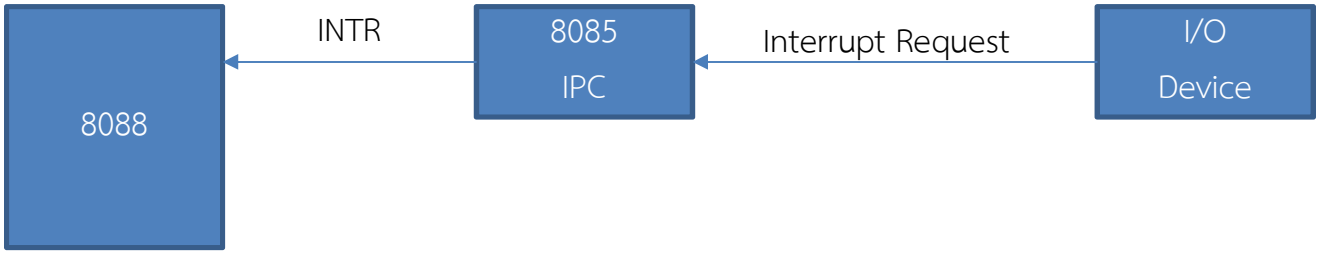

16 Bit ISA Bus – top view
Expansion slot
Expansion slot
Expansion slot
Expansion slot
Expansion slot
MREQ
IOREQ
8 Bit XT-Bus
16 Bit ISA-Bus
8087
FPU
Onboard
I/O
DMA
8237
Timer
8254
8259
PIC
RAM
ROM
Latches/Buffer
8086
MCU
GND B 1
RESET DRV B 2
+5V B 3
IRQ 9 B 4
-5V B 5
DRQ 2 B 6
-12V B 7
Reserved, NC B 8
+12V B 9
GND B 10
MEMW B 11
MEMR B 12
IOW B 13
IOR B 14
DACK 3 B 15
DRQ 3 B 16
DACK 1 B 17
DRQ 1 B 18
REFRESH B 19
CLK B 20
IRQ 7 B 21
IRQ 6 B 22
IRQ 5 B 23
IRQ 4 B 24
IRQ 3 B 25
DACK 2 B 26
T/C B 27
ALE B 28
+5V B 29
OSC B 30
GND B 31
A 1 I/O CH CK
A 2 Data 7
A 3 Data 6
A 4 Data 5
A 5 Data 4
A 6 Data 3
A 7 Data 2
A 8 Data 1
A 9 Data 0
A 10 I/O CH RDY
A 11 AEN
A 12 Addr 19
A 13 Addr 18
A 14 Addr 17
A 15 Addr 16
A 16 Addr 15
A 17 Addr 14
A 18 Addr 13
A 19 Addr 12
A 20 Addr 11
A 21 Addr 10
A 22 Addr 9
A 23 Addr 8
A 24 Addr 7
A 25 Addr 6
A 26 Addr 5
A 27 Addr 4
A 28 Addr 3
A 29 Addr 2
A 30 Addr 1
A 31 Addr 0
MEM CS 16 D 1
I/O CS 16 D 2
IRQ 10 D 3
IRQ 11 D 4
IRQ 12 D 5
IRQ 15 D 6
IRQ 14 D 7
DACK 0 D 8
DRQ 0 D 9
DACK 5 D 10
DRQ 5 D 11
DACK 6 D 12
DRQ 6 D 13
DACK 7 D 14
DRQ 7 D 15
+5V D 16
MASTER D 17
GND D 18
C 1 SBHE
C 2 Addr 23
C 3 Addr 22
C 4 Addr 21
C 5 Addr 20
C 6 Addr 19
C 7 Addr 18
C 8 Addr 17
C 9 MEMR
C 10 MEMW
C 11 Data 8
C 12 Data 9
C 13 Data 10
C 14 Data 11
C 15 Data 12
C 16 Data 13
C 17 Data 14
C 18 Data 15

ตัวอย่างการใช้งาน Standard I/O



Resource	Device	Status
0x0000-0x000F	Direct memory access controller	OK
0x0010-0x001F	Motherboard resources	OK
0x0020-0x0021	Programmable interrupt controller	OK
0x0022-0x002D	Motherboard resources	OK
0x0030-0x003F	Motherboard resources	OK
0x0040-0x0043	System timer	OK
0x0044-0x005F	Motherboard resources	OK
0x0060-0x0060	Standard 101/102-Key or Microsoft Natural Keyboard	OK
0x0061-0x0061	System speaker	OK
0x0062-0x0063	Motherboard resources	OK
0x0064-0x0064	Standard 101/102-Key or Microsoft Natural Keyboard	OK
0x0065-0x006F	Motherboard resources	OK
0x0070-0x0073	System CMOS/real time clock	OK
0x0074-0x007F	Motherboard resources	OK
0x0080-0x0090	Direct memory access controller	OK
0x0091-0x0093	Motherboard resources	OK
0x0094-0x009F	Direct memory access controller	OK
0x00A0-0x00A1	Programmable interrupt controller	OK
0x00A2-0x00BF	Motherboard resources	OK
0x00C0-0x00DF	Direct memory access controller	OK
0x00E0-0x00EF	Motherboard resources	OK
0x00F0-0x00FF	Numeric data processor	OK
0x0170-0x0177	VIA Bus Master PCI IDE Controller	OK
0x0170-0x0177	Secondary IDE controller (dual fifo)	OK
0x01F0-0x01F7	VIA Bus Master PCI IDE Controller	OK
0x01F0-0x01F7	Primary IDE controller (dual fifo)	OK
0x0200-0x0207	Gameport Joystick	OK
0x0220-0x022F	Sound Blaster 16 or AWE32 or compatible (WDM)	OK
0x0330-0x0331	Sound Blaster 16 or AWE32 or compatible (WDM)	OK
0x0340-0x035F	Adaptec AHA-150X/1510/152X/AIC-6X60 SCSI Host Adap...	OK
0x0376-0x0376	VIA Bus Master PCI IDE Controller	OK
0x0376-0x0376	Secondary IDE controller (dual fifo)	OK
0x0388-0x038B	Sound Blaster 16 or AWE32 or compatible (WDM)	OK
0x03B0-0x03BB	NVIDIA GeForce2 MX/MX 400	OK
0x03C0-0x03DF	NVIDIA GeForce2 MX/MX 400	OK
0x03F0-0x03F1	Motherboard resources	OK
0x03F2-0x03F5	Standard Floppy Disk Controller	OK
0x03F6-0x03F6	VIA Bus Master PCI IDE Controller	OK
0x03F6-0x03F6	Primary IDE controller (dual fifo)	OK
0x03F7-0x03F7	Standard Floppy Disk Controller	OK
0x04D0-0x04D1	Motherboard resources	OK
0x0CF8-0x0CFF	PCI bus	OK
0xB800-0xB8FF	Realtek RTL8139(A) PCI Fast Ethernet Adapter	OK
0xD000-0xD01F	VIA Tech 3038 PCI to USB Universal Host Controller	OK
0xD400-0xD41F	VIA Tech 3038 PCI to USB Universal Host Controller	OK
0xD800-0xD80F	VIA Bus Master PCI IDE Controller	OK
0xD800-0xD80F	Primary IDE controller (dual fifo)	OK
0xD808-0xD80F	Secondary IDE controller (dual fifo)	OK
0xE400-0xE47F	Motherboard resources	OK
0xE800-0xE80F	Motherboard resources	OK

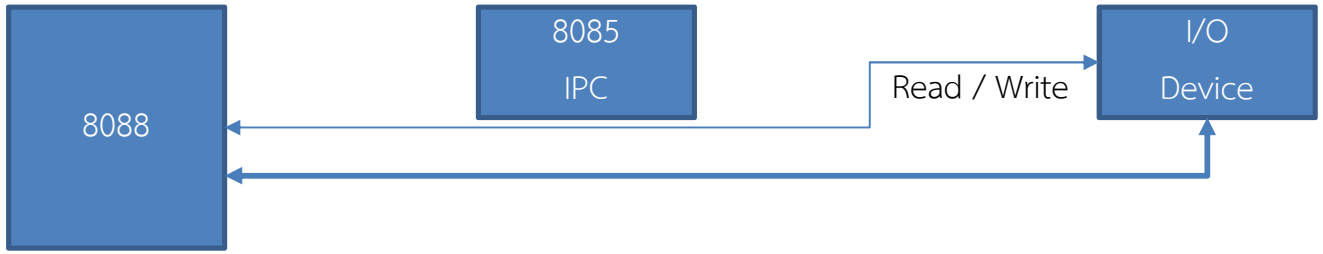
การขัดจังหวะ



1 อุปกรณ์ ร้องขอใช้ CPU โดยสร้างสัญญาณ IRQ เข้ามาที่ชิพ IPC เมื่อถึงคิว IPC จะสร้างสัญญาณ INTR ไปยัง ไมโครโพรเซสเซอร์

2 เมื่อไมโครโพรเซสเซอร์พร้อมให้บริการ จะส่ง INTA กลับมาที่ IPC

3 PIC ส่งชนิดของ Interrupt กลับไปให้ไมโครโพรเซสเซอร์ตามชนิดของ IRQ ที่โปรแกรมไว้



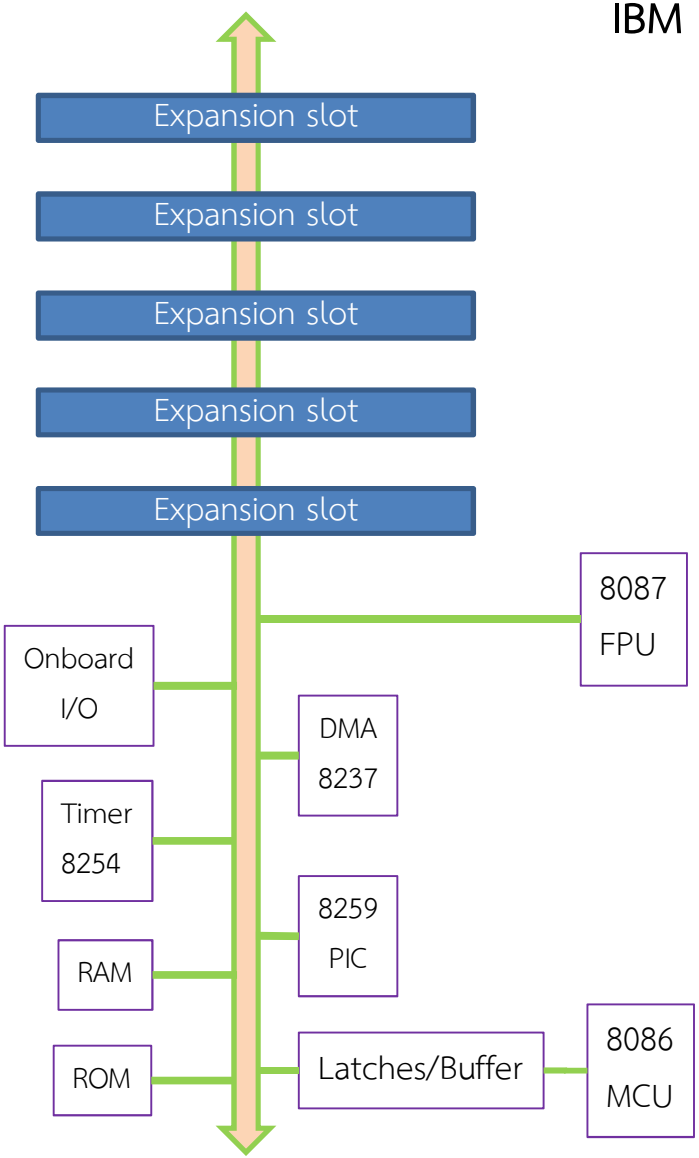
4 ไมโครโพสเซสเซอร์อ่านหรือเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ ตามวิธีการเชื่อมต่อ และ Address ที่ได้โปรแกรมไว้

การหยั่ง

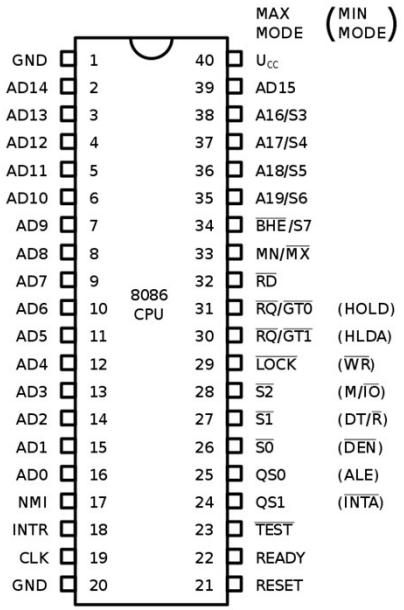
1 ไมโครโพสเซสเซอร์อ่านสถานะจากอุปกรณ์ ว่ามีข้อมูลต้องการส่งหรือไม่

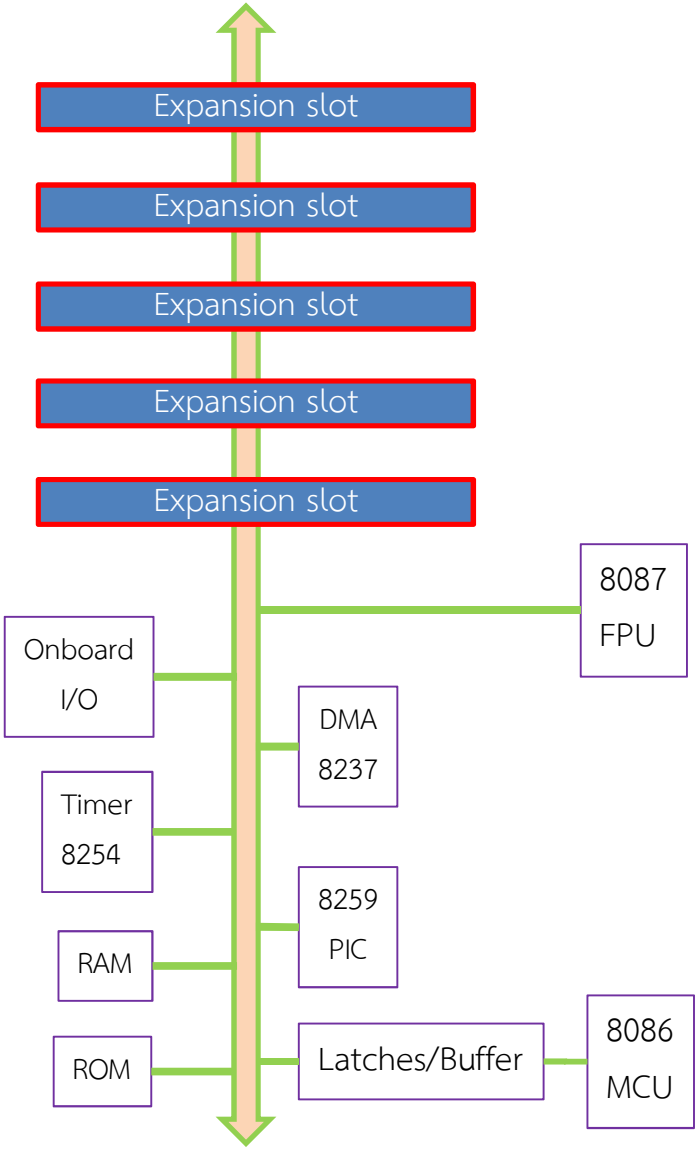
2 หากอุปรณ์ต้องการติดต่อกับไมโครโพสเซสเซอร์ จะส่งข้อมูลหรือคำสั่งกลับมา

IBM PC Hardware

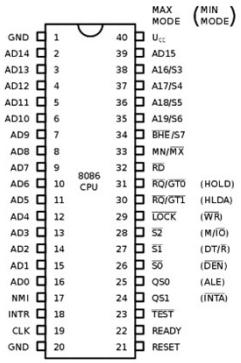


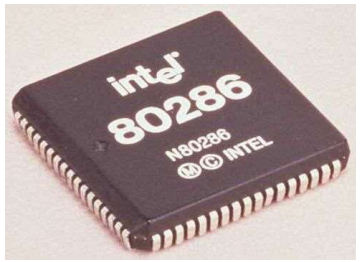
IBM 8088 PC/XT

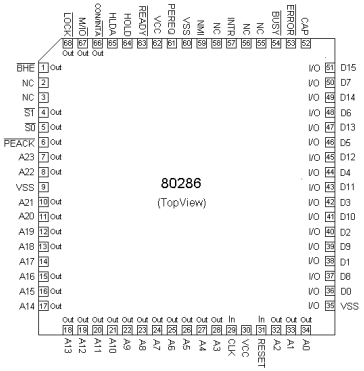




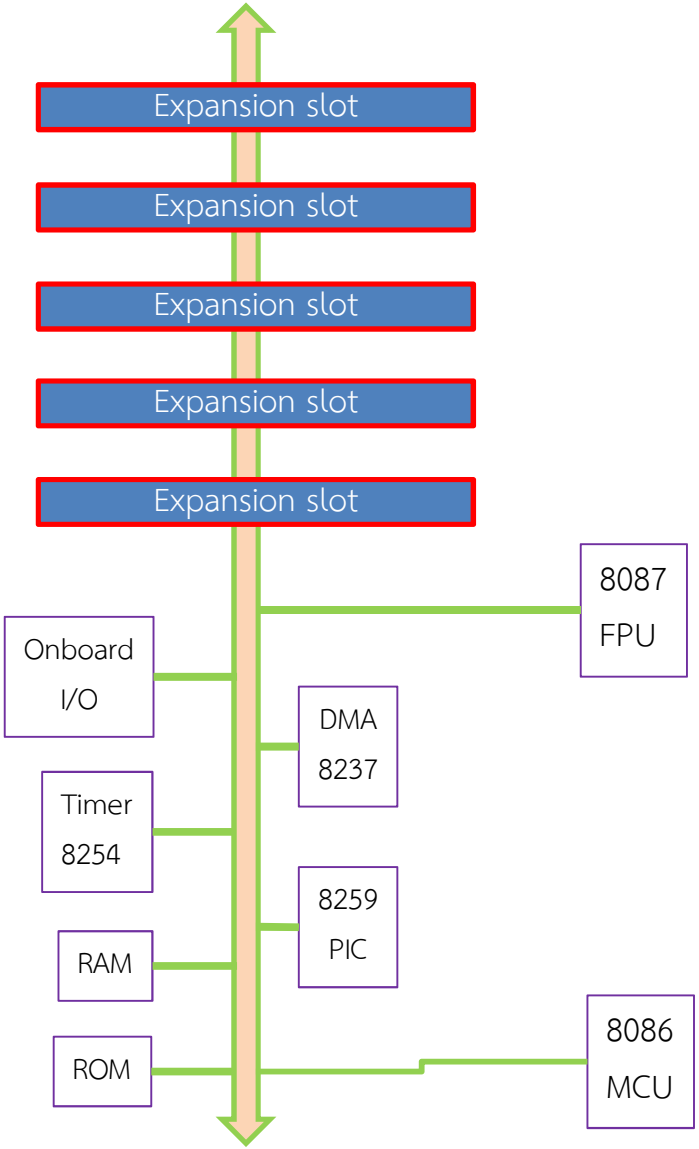
ปัจจุบันนี้ชิพเซตควบคุม I/O ถูกรวมกันเพื่อลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร



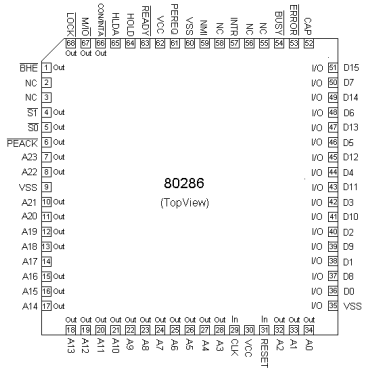




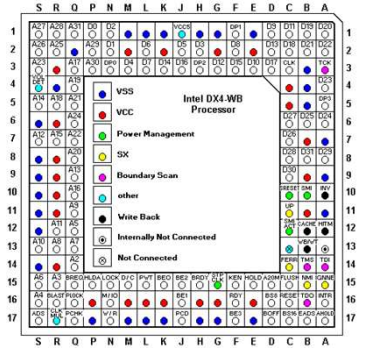
80286 มีการแยกสัญญาณ Address และ Bus ทำให้ไม่ต้องมี Latch / Buffer ในการแยกสัญญาณนี้ออกจากกันเหมือน 8086



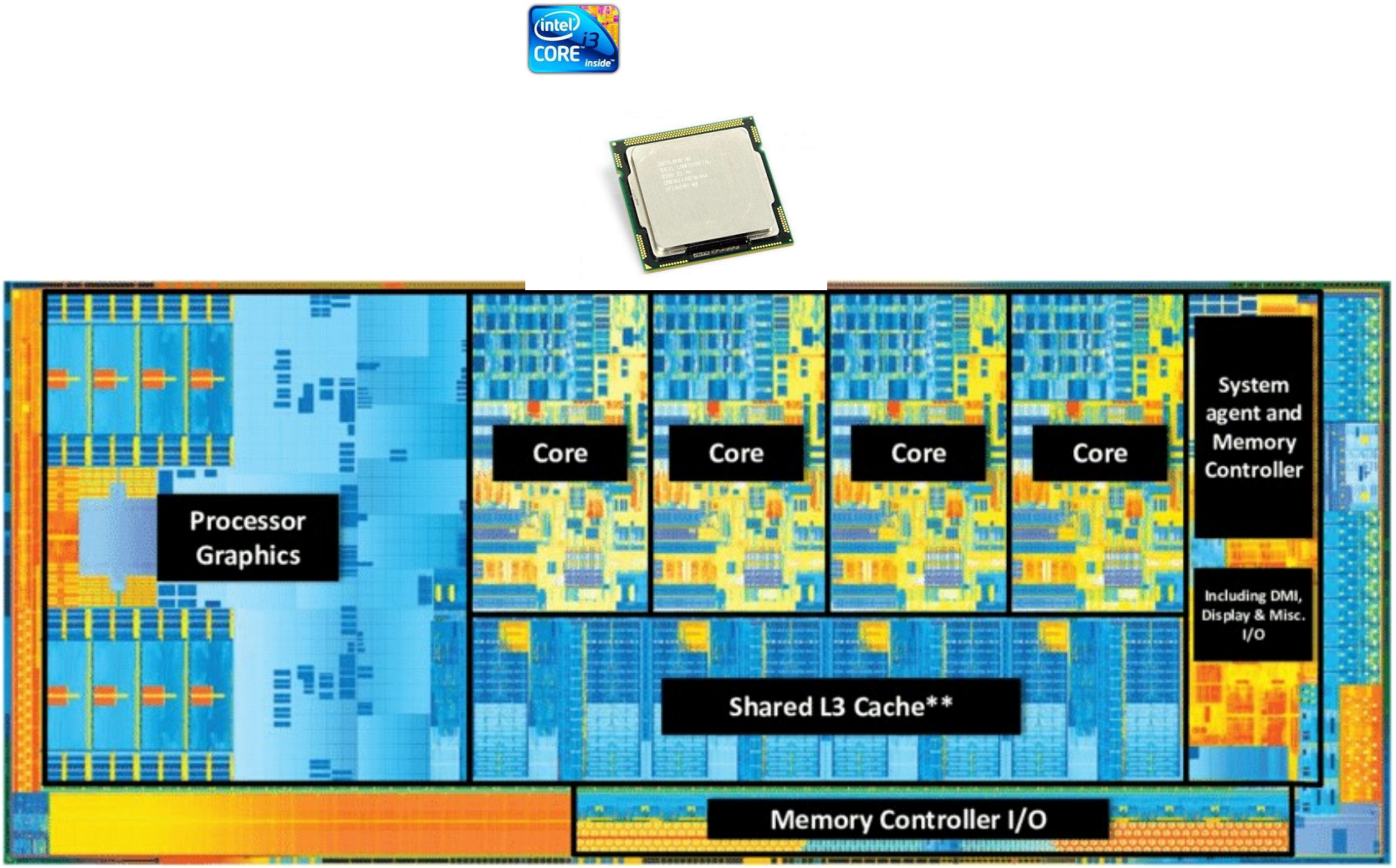
ปัจจุบันนี้ชิพเซตควบคุม I/O ถูกรวมกันเพื่อลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร



80286 มีการแยกสัญญาณ Address และ Bus ทำให้ไม่ต้องมี Latch / Buffer ในการแยกสัญญาณนี้ออกจากกันเหมือน 8086

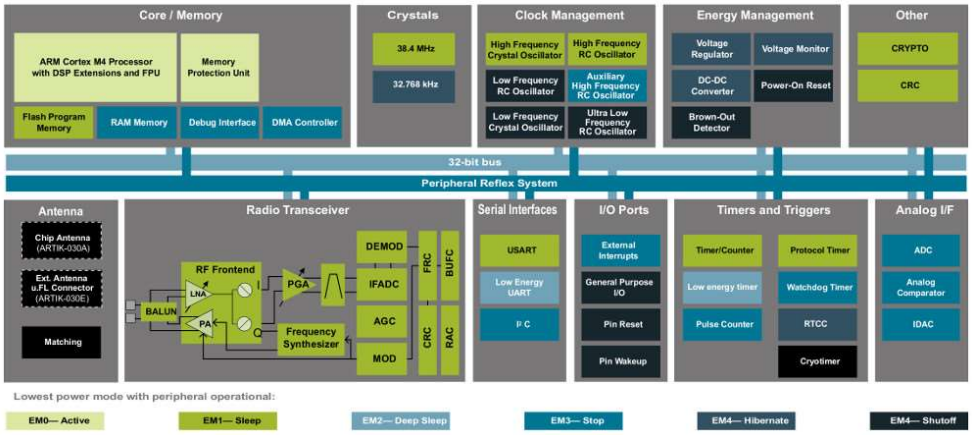


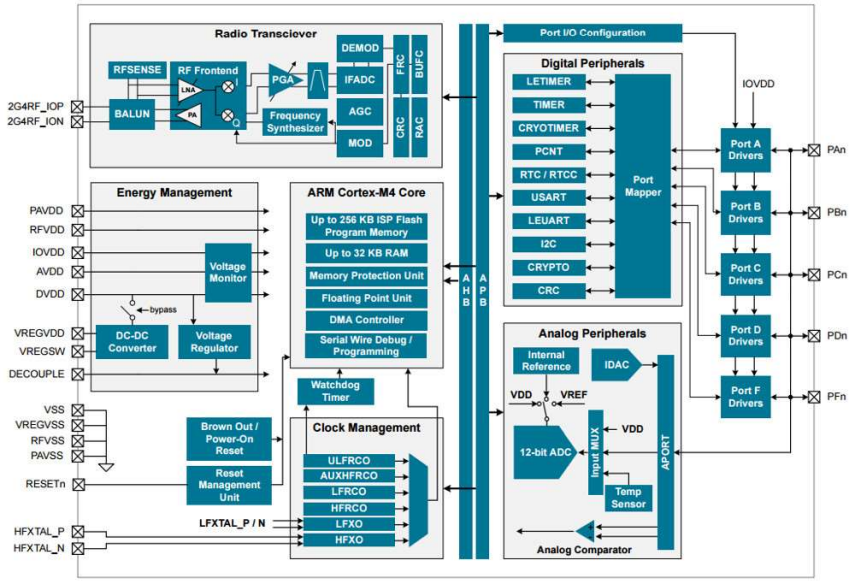
80486 ย้าย Co-processor 8087 และ Cache มาไว้ภายใน

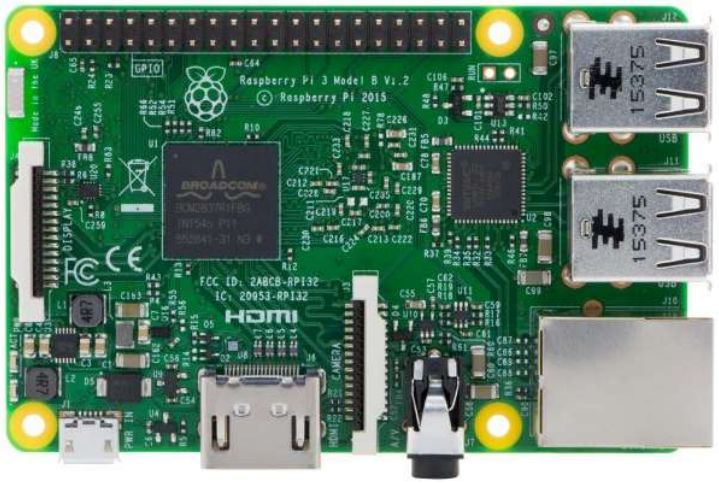


Intel Core I ได้รวม ชิพเซ็ตควบคุมหน่วยความจำ และ I/O มาไว้ภายใน เหลือเพียง Bus controller อยู่ภายนอก

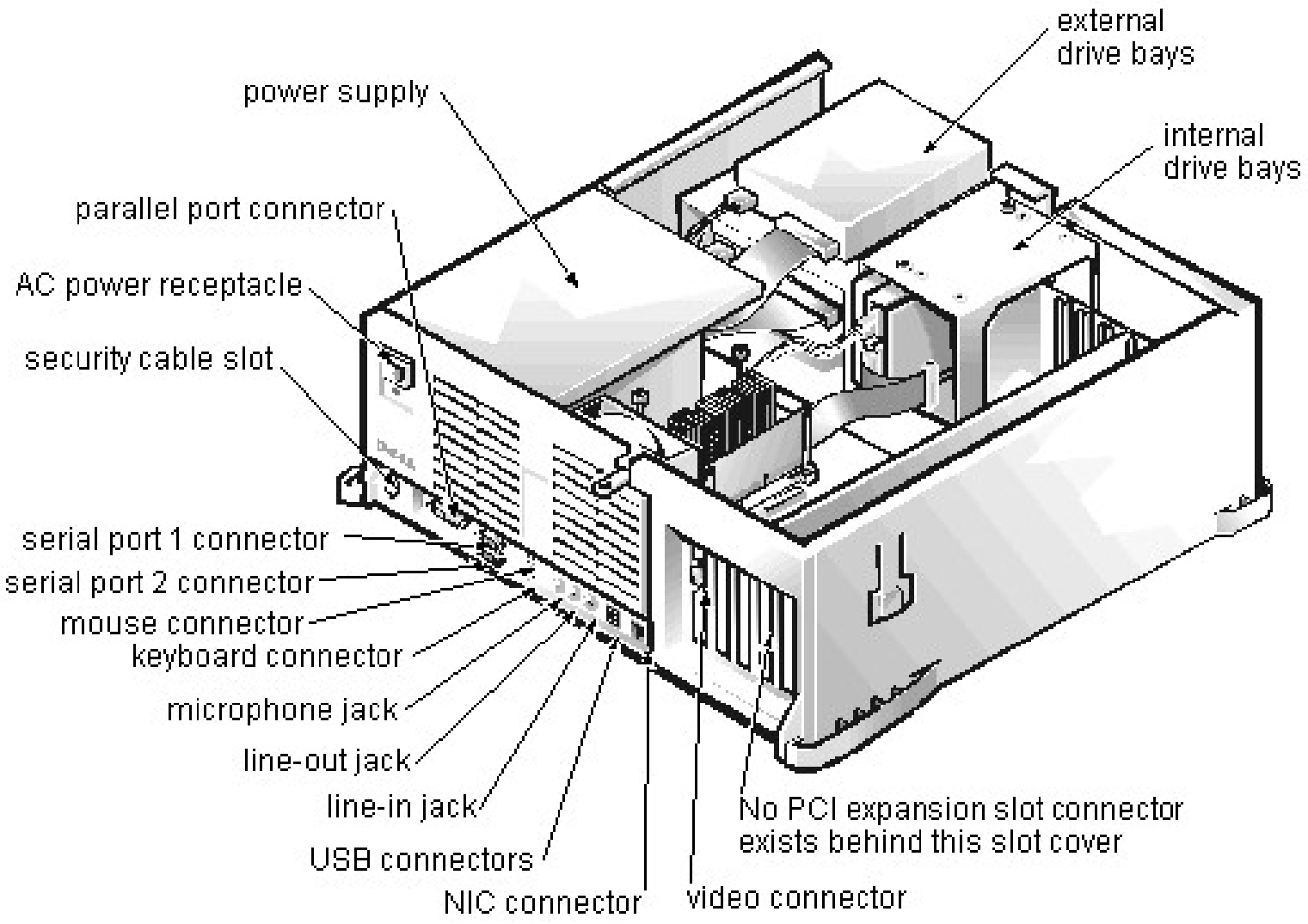
องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์และสถาปัตยกรรม :



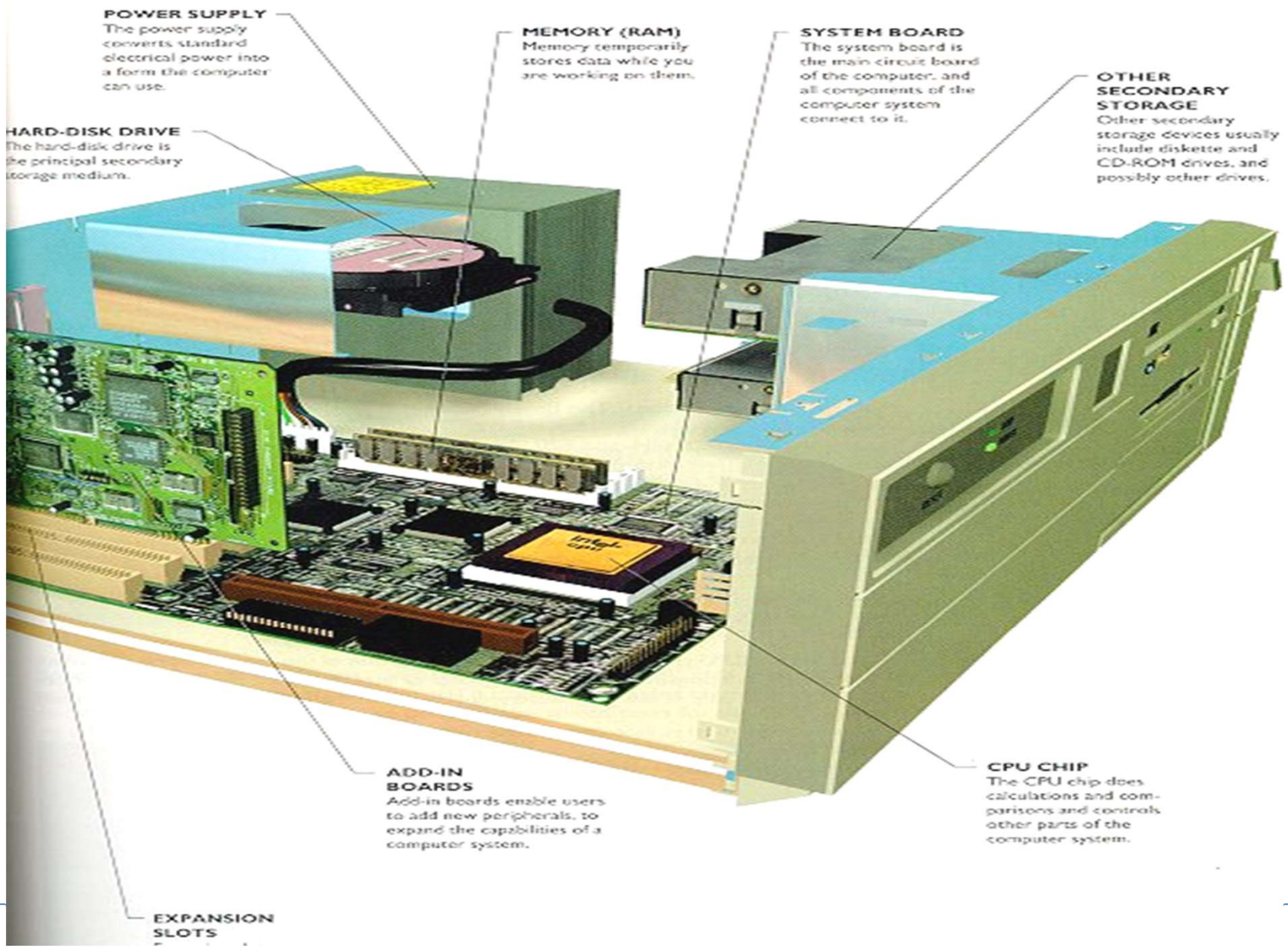




System on Chip (SoC) มีครับทั้งหมดในชิพเดียว


external
drive bays
power supply
internal
drive bays
parallel port connector
AC power receptacle
security cable slot
serial port 1 connector
serial port 2 connector
mouse connector
keyboard connector
microphone jack
line-out jack
line-in jack
USB connectors
NIC connector
video connector
No PCI expansion slot connector
exists behind this slot cover

องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์และสถาปัตยกรรม :



หน่วยรับข้อมูล (Input Unit)

หน่วยรับข้อมูล (Input Unit)

- แป้นพิมพ์ (Keyboard)
- เมาส์ (Mouse)
- เครื่องอ่านรหัสแท่ง (Bar Code Reader)
- เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer)
- เครื่องกวาดตรวจ (Scanner)
- เครื่องอ่านเครื่องหมาย (Optical Mark Sensor)

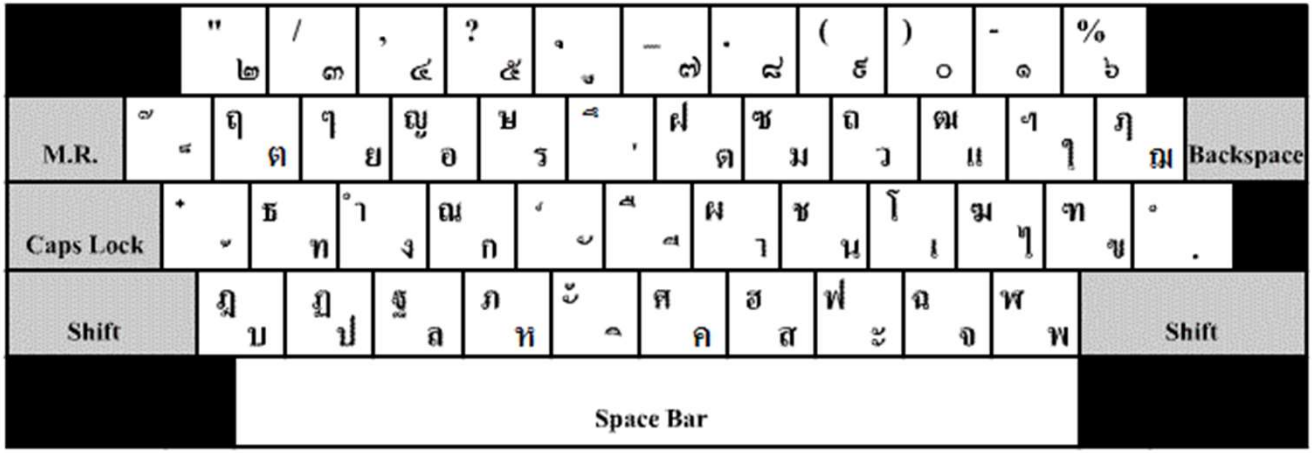
แป้นพิมพ์ (Keyboard) (1/3)

เป็นฮาร์ดแวร์พื้นฐานที่สำคัญที่สุดที่ผู้ใช้พิมพ์คำสั่งและข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่คล้ายแป้นพิมพ์ดีด ซึ่งรับข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ตัวเลข สัญลักษณ์ ต่อแป้นพิมพ์กับส่วนของ Main board ที่อยู่ด้านหลังของเครื่อง

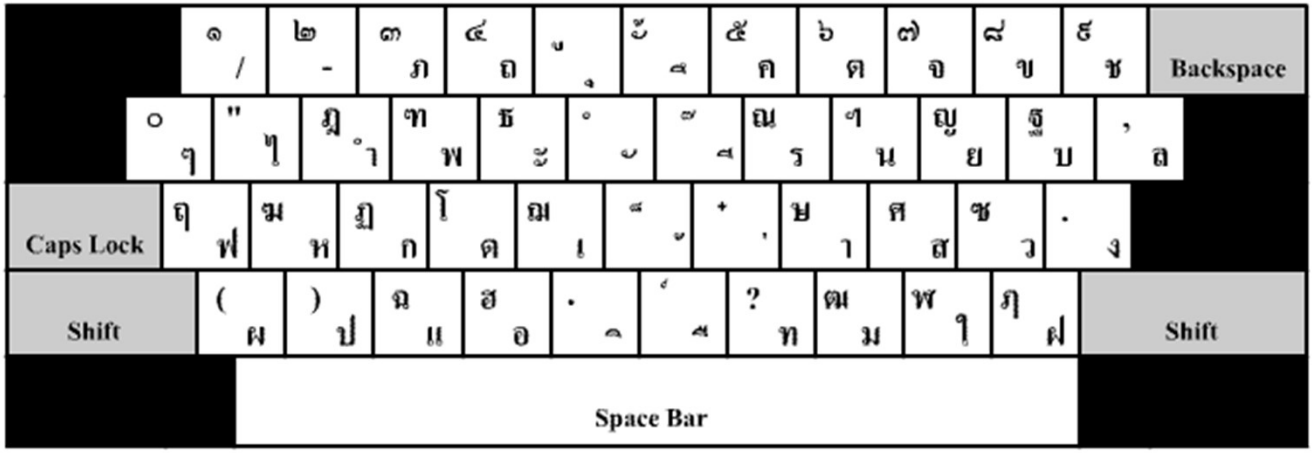
แป้นพิมพ์ (Keyboard) (2/3)

- ปลั๊กแป้นพิมพ์มีอยู่ 2 ขนาด
  - ขนาดใหญ่มี 5 ขา เรียกว่า DIN
  - ขนาดเล็กมี 6 ขา เรียกว่า Mini DIN หรือ PS2
  - USB

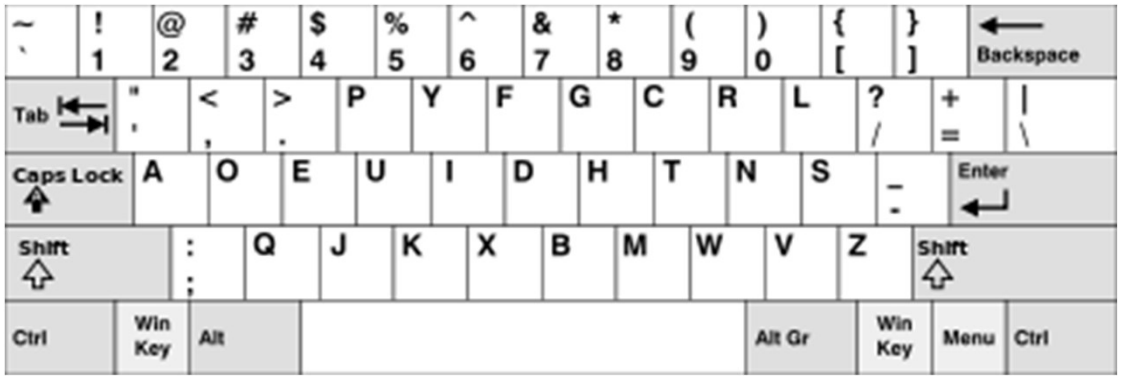
- แป้นพิมพ์มีสองชนิด คือ ชนิด 101 ปุ่ม และชนิด 104 ปุ่ม สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการของบริษัท Microsoft ตระกูล Window
  - ปุ่มพิเศษที่ 1 มีไว้เรียกเมนู Start
  - อีก 2 ปุ่มสำหรับ กดปุ่มแทน Mouse



แป้นพิมพ์ปัตตะโชติ



แป้นพิมพ์เกษมณี



Dvorak Simplified Keyboard

Standard QWERTY keyboard

UNITED STATES
UNITED KINGDOM

เมาส์ (Mouse) (1/3)

- เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเลื่อนตัวชี้ตำแหน่ง (Cursor) บนจอภาพ การเลื่อนตำแหน่งจะสอดคล้องกับการเลื่อนเมาส์ไปบนพื้นโต๊ะ
- แบ่งได้เป็น 4 ประเภท
  - Serial Mouse เป็นเมาส์ที่มีปลั๊กลักษณะแบนสำหรับเสียบที่ Serial Port 1 หรือ 2
  - PS/2 Mouse เป็นเมาส์ที่ปลั๊กลักษณะกลมเล็ก สำหรับเสียบที่ PS/2 Mouse Port
  - USB Mouse เป็นเมาส์ที่ปลั๊กลักษณะแบบเล็ก สำหรับเสียบที่ USB Mouse Port
  - Bluetooth Mouse

Serial

PS/2

USB

Bluetooth

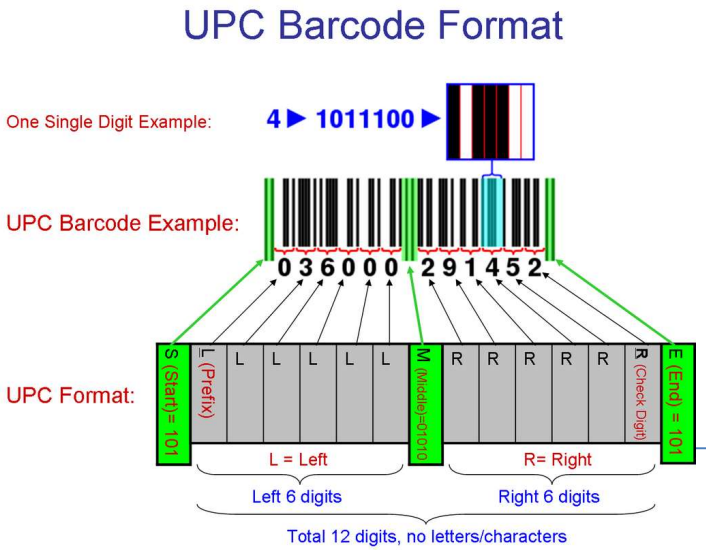
เมาส์ (Mouse)

- Tracking Ball เป็นลูกยางทรงกลม และกลไกต่างๆที่ลูกยางสัมผัส ซึ่งอยู่ภายในตัวเมาส์
- ต้องดูแลทำความสะอาด Tracking Ball เป็นการยืดอายุการใช้งานของเมาส์
- เมาส์ส่วนใหญ่จะมีปุ่ม 2 ปุ่ม หรือ 3 ปุ่ม ซึ่งปุ่มที่ 3 ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกขณะผู้ใช้เลื่อนเมาส์ขึ้นลง

(Optical Mouse)

เครื่องอ่านรหัสแท่ง (Bar Code Reader)

- เป็นอุปกรณ์สำหรับอ่านรหัสแท่ง (Bar code)
- การทำงาน :
  - ใช้เครื่องกวาดตรวจ (Scanner) เพื่ออ่านรหัสแท่งก่อน
  - จากนั้นรหัสแท่งจะเปลี่ยนเป็นข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์
- ประโยชน์ : เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดความผิดพลาดจากการคีย์ข้อมูลของพนักงาน
- เช่น Bar code ซึ่งติดอยู่กับฉลากสินค้า บนบัตรประตัวพนักงาน บนบัตรนักศึกษา หรือบนอุปกรณ์อื่นๆ



เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer)

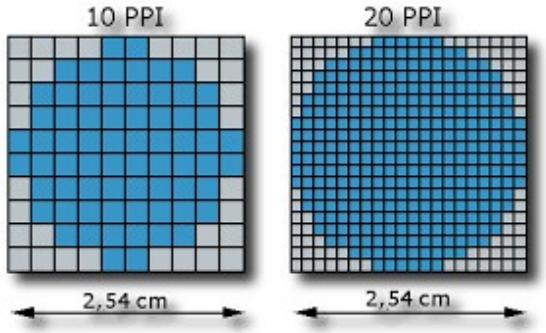
- เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการอ่านพิกัดตำแหน่ง (Coordinate) ของจุดบนภาพแบบ Raster Image เพื่อทำให้เป็นภาพเปลี่ยนเป็นภาพแบบ Vector Image
- ภาพส่วนใหญ่เป็นภาพแผนที่ เช่น พิกัดตำแหน่งของบ้าน ถนน หรือประปา
- ถูกนำไปใช้ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS)

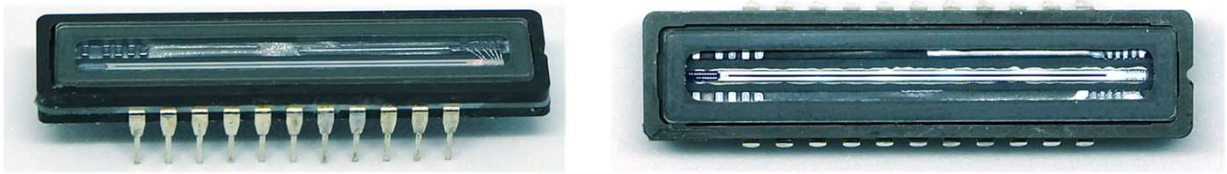
เครื่องกวาดตรวจ (Scanner)

- เป็นอุปกรณ์สำหรับนำข้อมูลรูปภาพเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง
- รูปภาพที่ได้จะเป็นจุดสีขาวดำหรือสีต่างๆ
- ตัวอย่าง : การใช้เครื่องกวาดตรวจภาพที่เป็นลายเส้น ภาพถ่าย
- กรณีที่กวาดตรวจรูปภาพที่เป็นตัวอักษร คอมพิวเตอร์ไม่รู้ว่าเป็นตัวอักษร การที่จะให้รู้ว่าเป็นตัวอักษรต้องใช้โปรแกรม OCR หรือ (Character Recognition)

การเลือกซื้อ

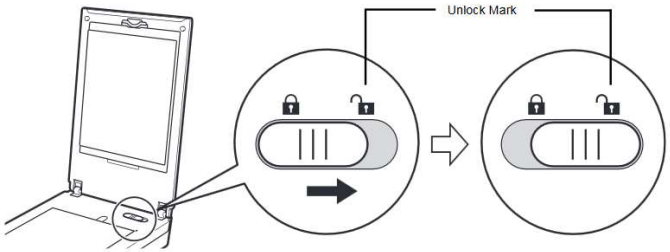
- ชนิดของ Scanner ขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้
  - ชนิด Flatbed ทำงานคล้ายเครื่องถ่ายเอกสาร
  - ส่วนแบบ Handheld โดยทั่วไปผู้ใช้จะต้องทำการลากเพื่อทำการScan ไปบนผิวกระดาษด้วยตนเอง
- ความละเอียด : ความละเอียดสูงสุดที่สามารถวัดได้ การวัดเป็นหน่วย Dpi (Dots per Square Inch) : 600, 1200 Dpi





ซีซีดีแบบเส้นตรง (Linear CCD)

อุปกรณ์ตรวจจับภาพแบบสัมผัส หรือ ซีไอเอส (contact image sensor : CIS)



เครื่องอ่านเครื่องหมาย (Optical Mark Sensor)

- เป็นอุปกรณ์สำหรับอ่านเครื่องหมายที่ทำไว้บนกระดาษ
- ตัวอย่าง : กระดาษคำตอบเวลาสอบเข้ามหาวิทยาลัย
- ประโยชน์ : ประหยัดเวลาในการตรวจกระดาษคำตอบที่มีจำนวนมาก

หน่วยแสดงข้อมูล (Output Unit)

หน่วยแสดงข้อมูล (Output Unit)

- **จอภาพ** (Monitor)
- **เครื่องพิมพ์** (Printer)
- **เครื่องวาด** (Plotter)
- **ลำโพง** (Speaker)

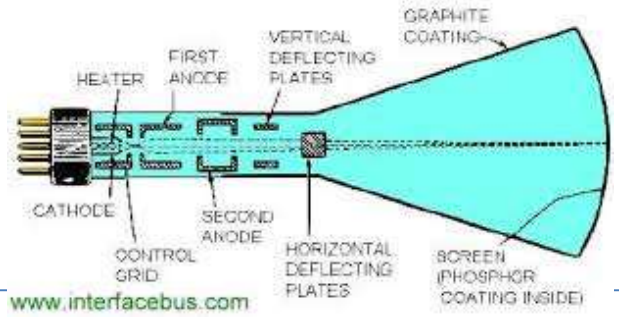
จอภาพ (Monitor)

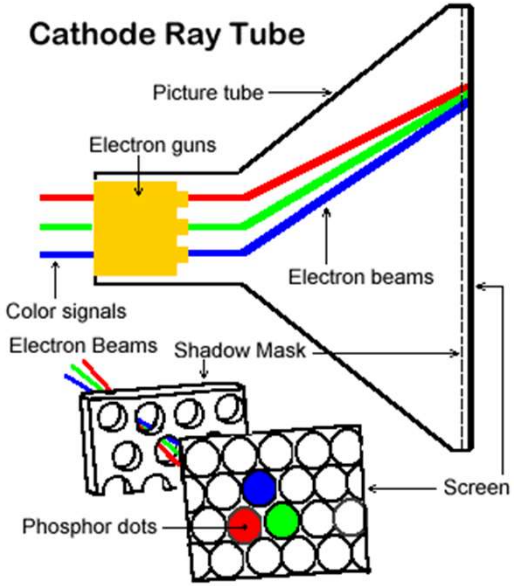
จอคอมพิวเตอร์มีอยู่ 3 ประเภทคือ

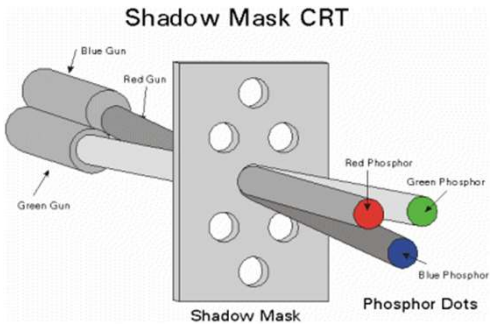
- แบบหลอดภาพ หรือ CRT (Cathode-Ray Tube)
- แบบผลึกคริสตัลเหลว หรือ LCD (Liquid Crystal Display)
- OLDE

แบบหลอดภาพ หรือ CRT (Cathode-Ray Tube) (1/2)

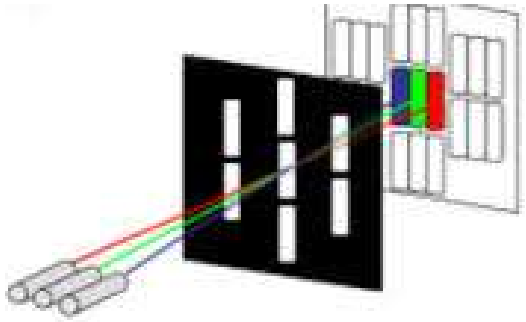
- ใช้ปืนลำแสงอิเล็กตรอน มี 3 สีหลักคือ สีเขียว สีแดง และสีน้ำเงิน
- จอภาพเคลือบด้วยสารฟอสฟอรัสเรืองแสง
- หลักการ :
  - ยิงปืนไปยังจุดที่ต้องการบนจอภาพ เมื่ออิเล็กตรอนวิ่งผ่านจะเกิดแสงสว่าง
  - การยิงลำแสงมีการเคลื่อนที่ไปตามแนวขวางจนสุดขอบของอีกด้านแล้วหยุดยิง และปรับปืนลงอีก 1 แถว ทำซ้ำจนครบทั้งหน้าจอ



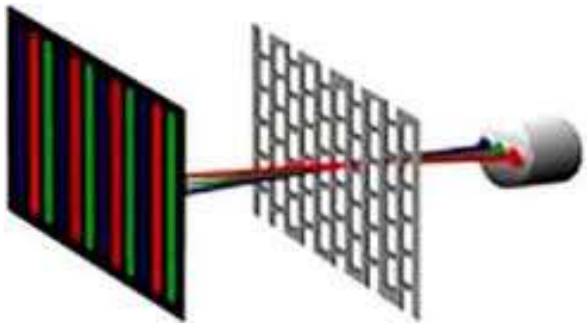




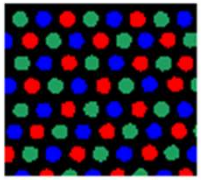
Shadow mask



Slot mask

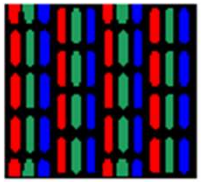


Aperture grille



Shadow mask

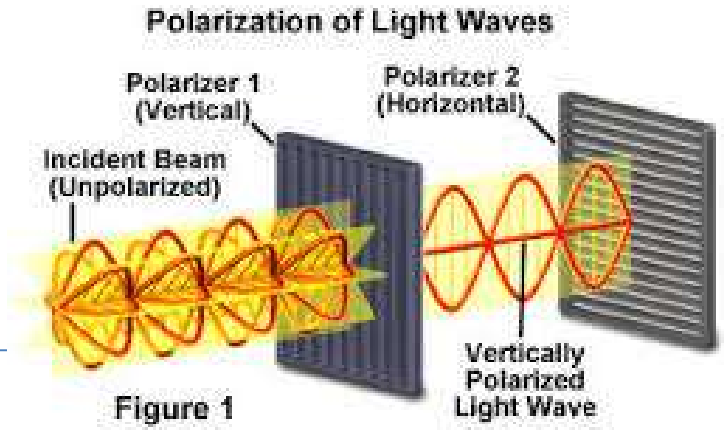
Aperture grille (slot mask) Sony Trinitron

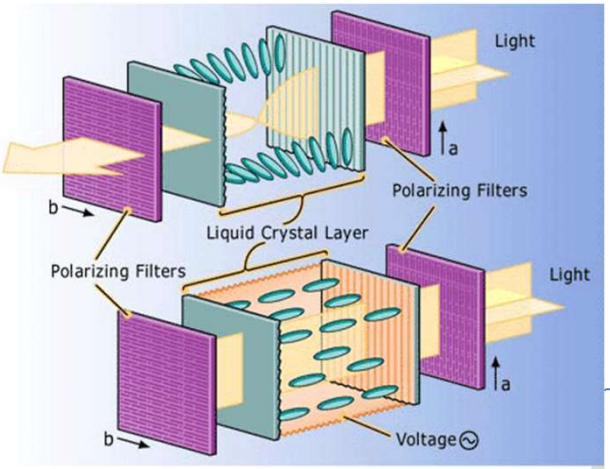


Slot mask NECT CromaClear

แบบผลึกคริสตัลเหลว หรือ LCD (Liquid Crystal Display)

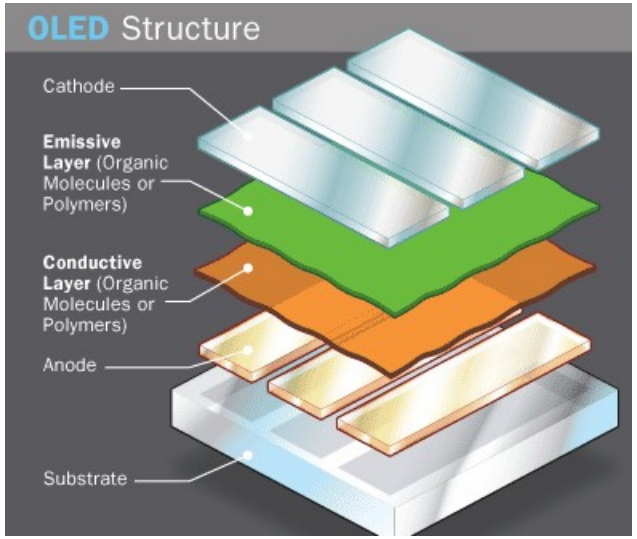
- เป็นจอที่น้ำหนักเบา สวยงาม กินไฟน้อย ไม่ก่อเกิดปัญหาเรื่องการปล่อยรังสี ช่วยถนอมสายตา แต่ราคาแพง
- เป็นผลึกเหลว
  - สถานะปกติไม่มีแรงดันไฟฟ้า โมเลกุลของผลึกเหลวจะวางตัวเป็นเกลียวในแนวเดียวกันทำให้แสงผ่านทะลุลงไปได้
  - แต่เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าให้กับผลึกเหลวส่วนไหน โครงสร้างโมเลกุลจะกระจายออกไป แสงจึงผ่านไปไม่ได้





OLED (Organic Light Emitting Diodes)

OLED เป็นจอภาพที่มีลักษณะคล้ายกับฟิล์มโดย คุณสมบัติสามารถเปล่งแสงออกมาเมื่อได้รับกระแสไฟฟ้า ที่เรียกว่า Electroluminescence เป็นสารโพลิเมอร์ที่สามารถเปล่งเป็นสีต่างๆ เมื่อนำมาเข้าขบวนการ จะทำให้เกิดเป็นภาพและสีตามที่เราต้องการ ไม่จำเป็นต้องใช้แสง Back Light ในการฉายแสงด้านหลัง

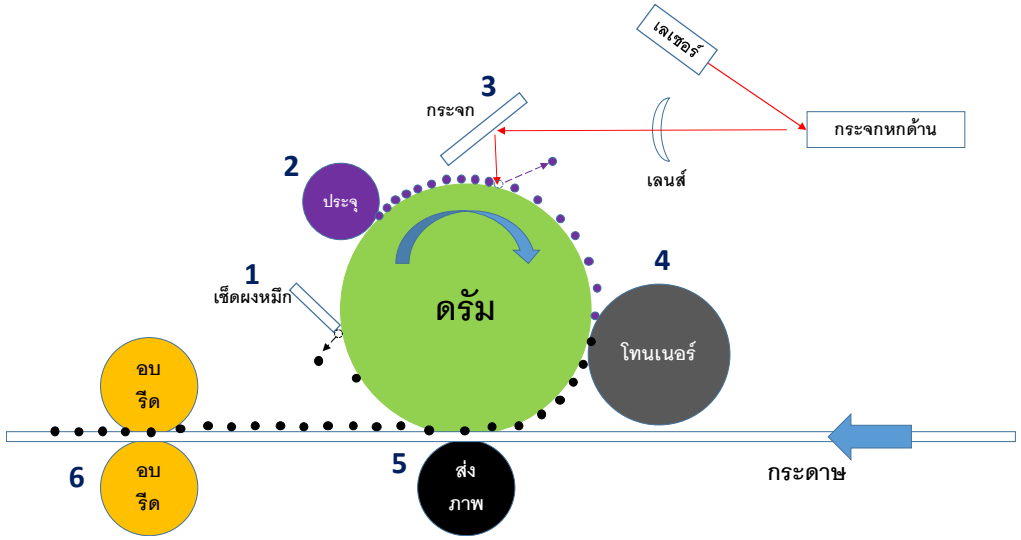


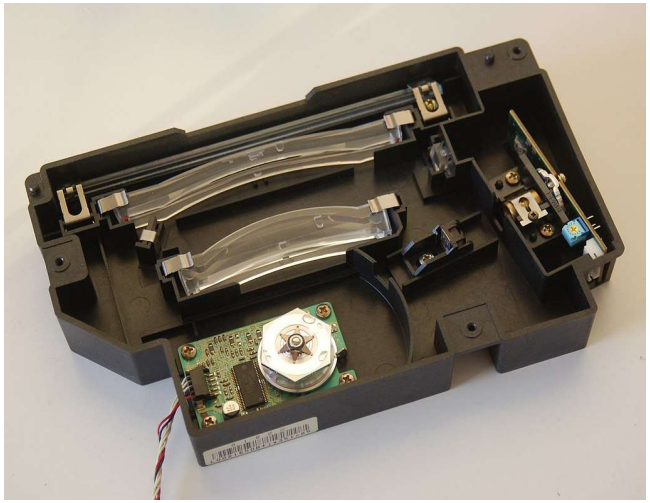
เครื่องพิมพ์ (Printer)

- เป็นการแสดงผลที่เรียกว่า Hard copy
- ประเภทของเครื่องพิมพ์
  - 1 ใช้ผงหมึก (Toner-based printers)
  - 2 พ่นน้ำหมึก (Liquid inkjet printer)
  - 3 การระเหิด (Dye-sublimation printers)
  - 4 ใช้ความร้อน (Thermal printers)
  - 5 เครื่องพิมพ์แบบกระแทก (Impact printers)

การพิมพ์ด้วยผงหมึก (Toner-based printers) เป็นเครื่องพิมพ์ที่สร้างภาพบนกระดาษโดยใช้ผงหมึก เรียกว่าโทนเนอร์ (toner) สามารถพิมพ์ได้อย่างรวดเร็ว และมีคุณภาพการพิมพ์ที่ดี หลักการทำงานจะคล้ายกับเครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพิมพ์ประเภทนี้ที่ได้รับความนิยมคือ เครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ (LASER printer) ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญอยู่ 5 ส่วนคือ

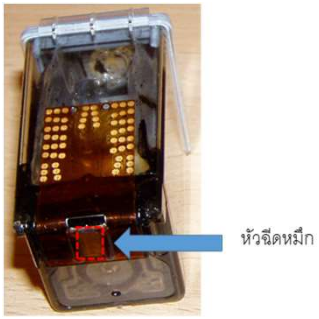
- ดรัม (drum) เป็นลูกกลิ้งไวต่อประจุ ประจุและผงหมึกสามารถยึดเกาะได้ดี
- โทนเนอร์ (toner) เป็นผงหมึกที่เกิดประจุและเกาะกับดรัมได้ดี
- เลเซอร์ไดโอด (later diode) ใช้สร้างแสงเลเซอร์
- ลูกกลิ้งสำหรับอบหลอมและรีดผงหมึก (fuser)

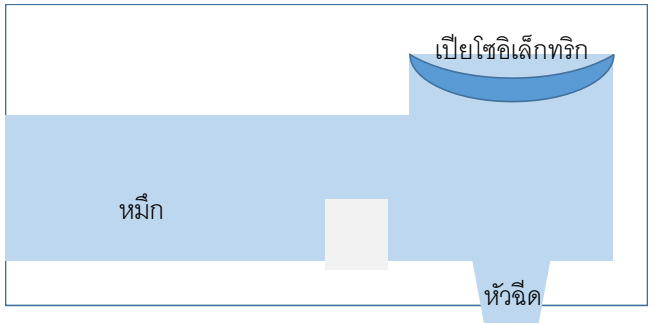




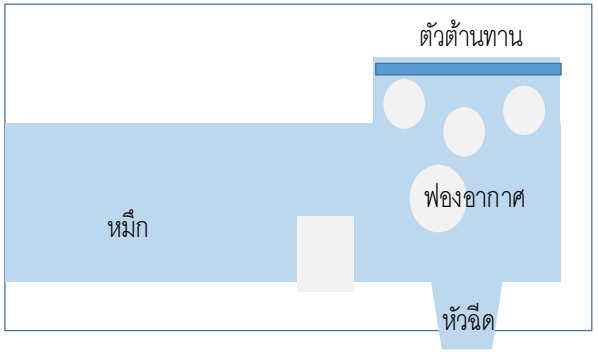
เครื่องพิมพ์เลเซอร์ชนิดที่พิมพ์สีได้ จะให้คุณภาพการพิมพ์ที่เหมือนกับโรงพิมพ์ ดังนั้นผู้ผลิตจึงทำการฝังจุดสีเหลือง (yellow dots) ที่มีลักษณะเป็นจุดสีเหลืองขนาดเล็ก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า โดยจุดภาพนี้จะทำการเข้ารหัส วันเดือนปีและหมายเลขลำดับของเครื่องพิมพ์ (serial number) เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้นำไปใช้ในการผลิตเอกสารปลอม อย่างเช่น เอกสารทางราชการปลอม หรือ ธนบัตรปลอม หากมีการตรวจพบก็จะสามารถถอดรหัสจุดสีเหลือง เพื่อสืบกลับไปหาได้ว่าเอกสารนี้พิมพ์มาจากเครื่องพิมพ์เครื่องไหนได้

การพิมพ์ด้วยการพ่นน้ำหมึกนั้น เป็นการพิมพ์ภาพลงบนกระดาษด้วยวิธีการพ่นพ่นน้ำหมึกซึ่งเป็นของเหลวลงบนกระดาษหรือพื้นผิวที่ต้องการพิมพ์ เครื่องพิมพ์ประเภทนี้ เป็นเครื่องพิมพ์ที่ได้รับความนิยมสูงที่สุดเนื่องจากมีราคาที่ถูก คุณภาพการพิมพ์ที่ดี มีความละเอียดสูงและเสียงไม่ดังมาก ส่วนประกอบสำคัญคือหัวพิมพ์ซึ่งทำหน้าที่พ่นน้ำหมึกลงเป็นภาพที่ต้องการ

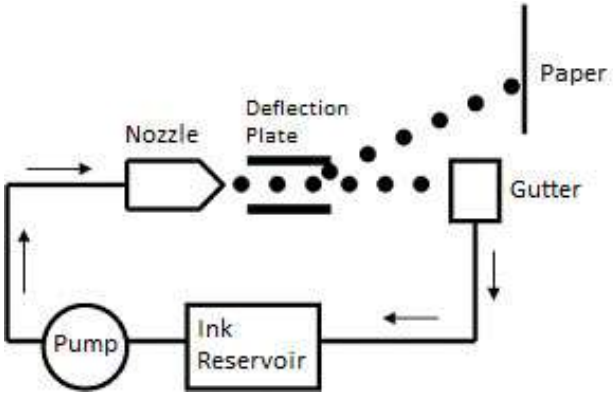


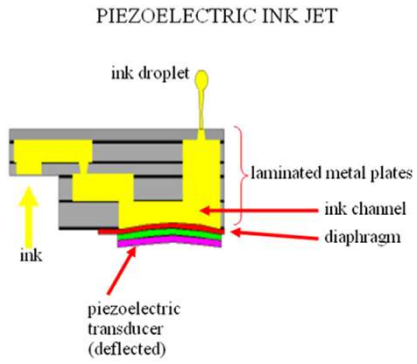


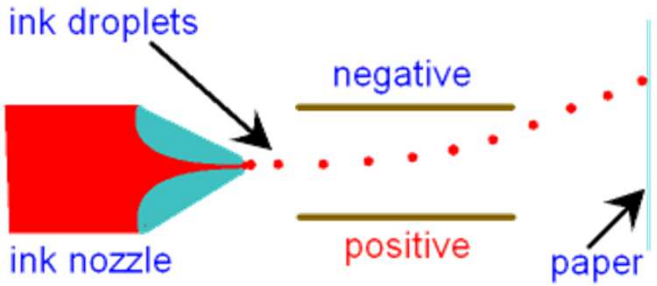
โครงสร้างหัวพิมพ์แบบเปียโซอิเล็กทริก



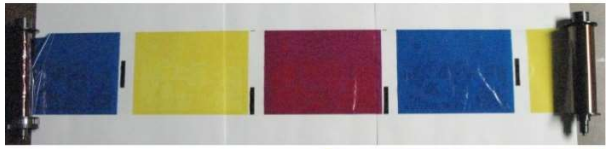
โครงสร้างหัวพิมพ์แบบใช้ความร้อน

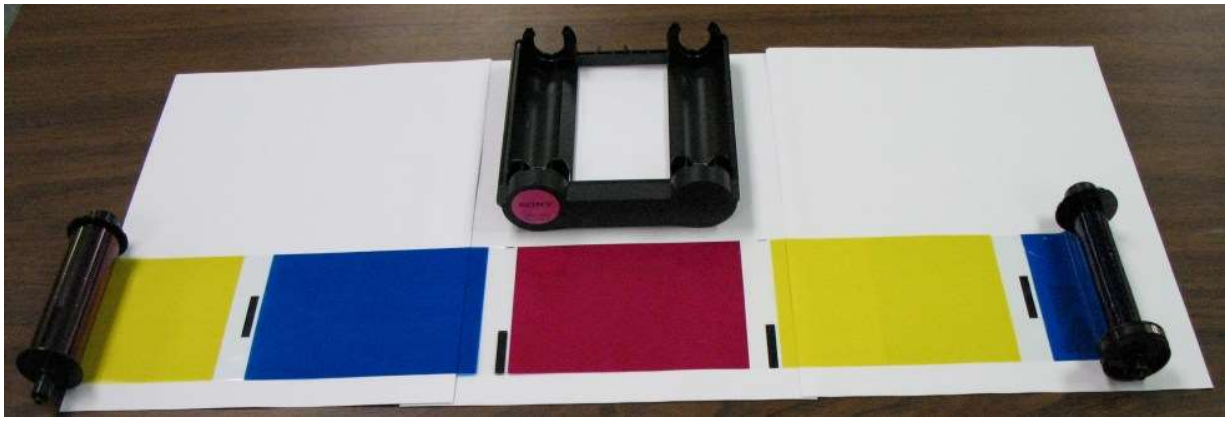






เครื่องพิมพ์แบบระเหิด จะใช้หลักการระเหิดทำการหลอมหมึกที่เป็นของแข็งให้กลายเป็นไอด้วยความร้อนและส่งผ่านไอหมึกไปเกาะอยู่บนวัสดุพิมพ์เกิดเป็นภาพขึ้นมา หมึกที่ใช้ในการพิมพ์จะอยู่บนแผ่นริบบิ้น ขณะทำการพิมพ์ริบบิ้นนี้จะถูกนำไปทาบลงบนวันดุที่ต้องการพิมพ์และใช้ความร้อนช่วยในการส่งผ่านหมึกจากริบบิ้นลงไปบนวัสดุที่ต้องการพิมพ์ทีละแม่สีจนครบทุกสี งานพิมพ์ที่ได้มีคุณภาพสูงเหมือนภาพถ่ายที่อัดมากจากห้องแลป เครื่องพิมพ์ระบบนี้เหมาะกับการพิมพ์ภาพมากกว่าพิมพ์ข้อความเอกสารที่เป็นตัวอักษรเพราะมีต้นทุนต่อแผ่นสูง ส่วนมากนิยมใช้เทคโนโลยีนี้ในการพิมพ์ภาพบนผ้าใบ หรือการพิมพ์ภาพบนบัตรพลาสติก เช่นบัตรพนักงาน เป็นต้น





เครื่องพิมพ์ด้วยความร้อนเป็นเครื่องพิมพ์ที่ใช้กระดาษชนิดพิเศษที่จะเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อถูกความร้อน สามารถพิมพ์ได้อย่างรวดเร็ว ไม่ต้องใช้หมึก และเสียงไม่ดังในขณะพิมพ์ กระดาษที่ใช้พิมพ์จะไม่สามารถคงภาพอยู่ได้อย่างถาวร โดยภาพจะค่อยๆ เลือนหายไป และหากถูกความร้อน ตัวอย่างเช่นถูกแสดงแดด กระดาษก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หรือสีดำ จนไม่สามารถอ่านข้อความได้ เครื่องพิมพ์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับใช้พิมพ์เอกสารที่ใช้เพียงชั่วคราว ไม่ต้องการให้ข้อความคงอยู่ถาวร ตัวอย่างเช่น บัตรคิว ใบกำกับภาษีแบบย่อ ใช้พิมพ์ใบเสร็จจากเครื่องคิดเงิน หรือ บัตรโดยสาร นอกจากนั้นยังใช้ในเครื่องแฟกซ์ (fax machine) อีกด้วย

เครื่องพิมพ์แบบกระแทก ใช้หลักของการสร้างภาพบนกระดาษโดยใช้วัตถุกระแทกหมึกเพื่อถ่ายทอดหมึกลงบนกระดาษ โดยหมึกจะถูกบรรจุอยู่บนแผ่นริบบิ้น และวัตถุที่ใช้กระแทกอาจจะเป็นเข็มสำหรับการพิมพ์แบบจุด (dot matrix) หรือเป็นแม่พิมพ์ตัวอักษรเหมือนเครื่องพิมพ์ดีด (Typewriter-derived printers) เครื่องพิมพ์ชนิดนี้มีราคาสูง แต่ริบบิ้นหมึกมีราคาถูก สามารถพิมพ์ลงบนกระดาษธรรมดาได้ โดยภาพรวมแล้วต้นทุนต่อแผ่นจะมีราคาถูกที่สุด

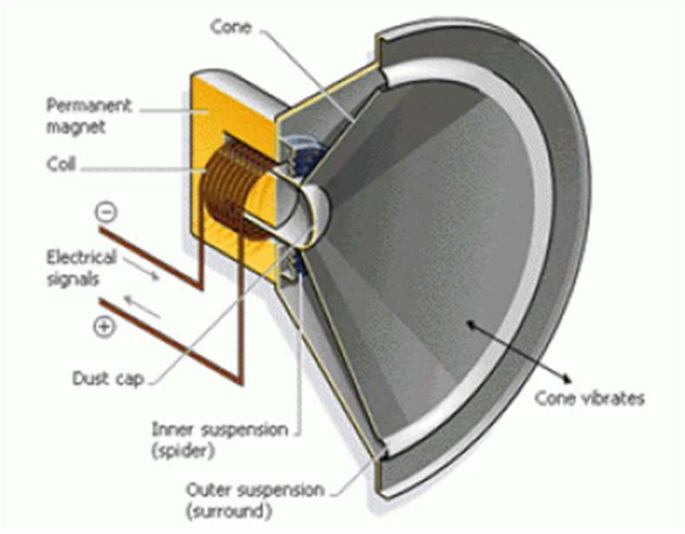
เครื่องวาด (Plotter)

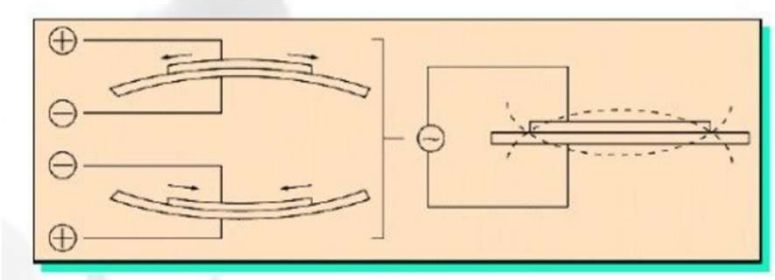
- เป็นเครื่องสร้างภาพในเชิงกราฟิก เช่น รูปการออกแบบ แผนผัง แผนที่ และชาร์ตต่างๆ
- รับสัญญาณจากเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ควบคุมการเลื่อนปากกาไปบนกระดาษ ซึ่งสามารถเลือกสีหรือปากกาที่มีเส้นหนาหรือเส้นบางได้
- แสดงภาพทั้ง 2 มิติและ 3 มิติได้

เครื่องวาด (Plotter)

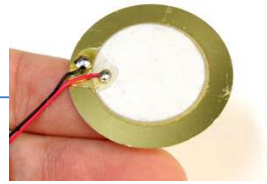
ลำโพง (Speaker)

- เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างเสียงต่างๆ เช่น เสียงเตือน เสียงพูด หรือ เสียงดนตรี เป็นต้น





When we give voltage to the ceramic wafer, it contracts and expands. The tension will drive the attached metal sheet emits the sound.



หน่วยความจำหลัก (Main Memory Unit)

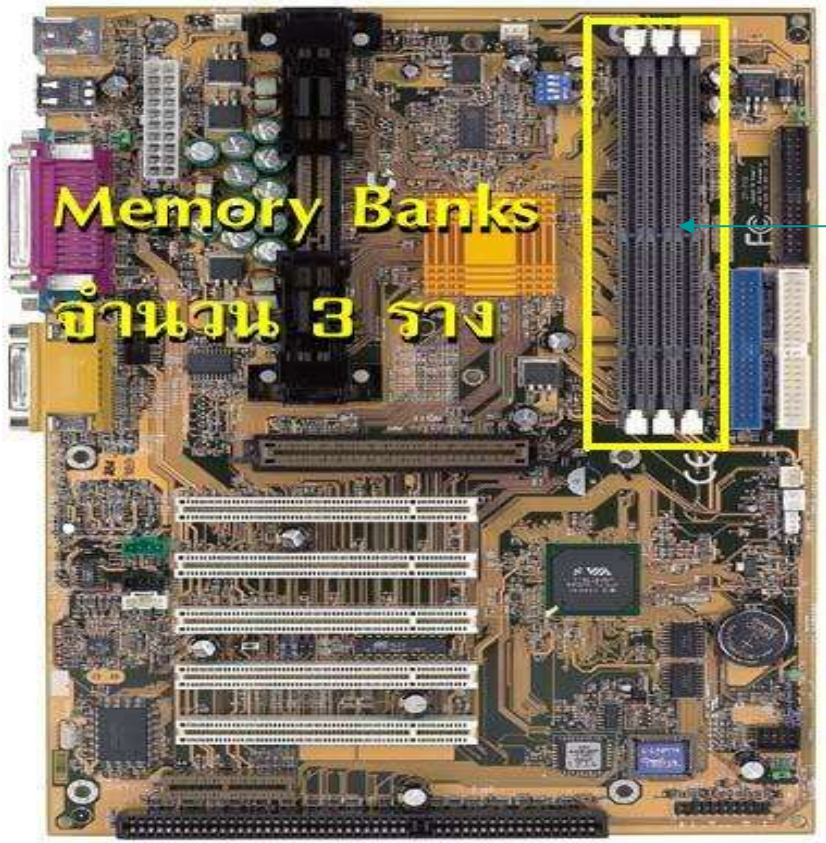
หน่วยความจำหลัก (Main Memory Unit)

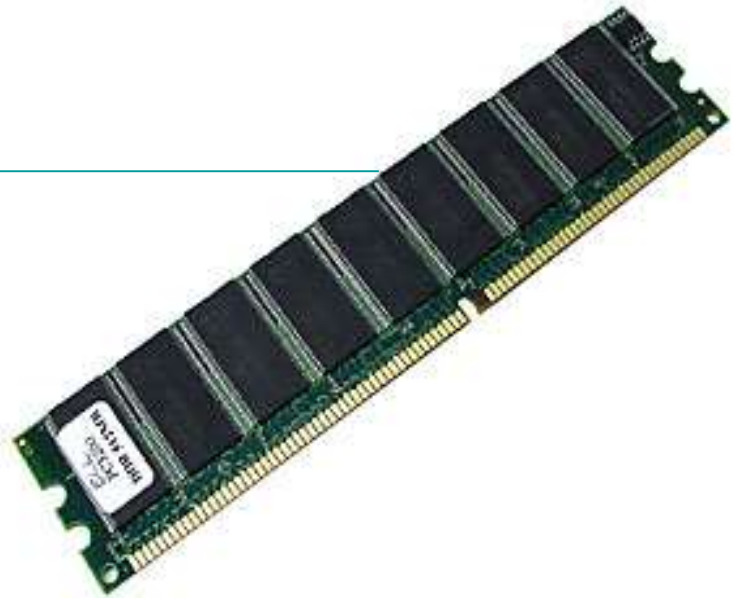
- หน่วยความจำแรม (Ram : Random Access Memory)
- หน่วยความจำรอม (Rom : Read Only Memory)
- หน่วยความจำแคช (Cache)

หน่วยความจำแรม (Ram :Random Access Memory)

- หน่วยความจำแบบลบเลือนได้ (Volatile Memory) เมื่อปิดสวิตซ์ ข้อมูลในหน่วยความจำ จะหายไปหมด
- การวัดขนาดของหน่วยความจำวัดด้วยจำนวนตัวอักขระ หรือไบต์

หน่วยความจำแรม (Ram :Random Access Memory)





องค์

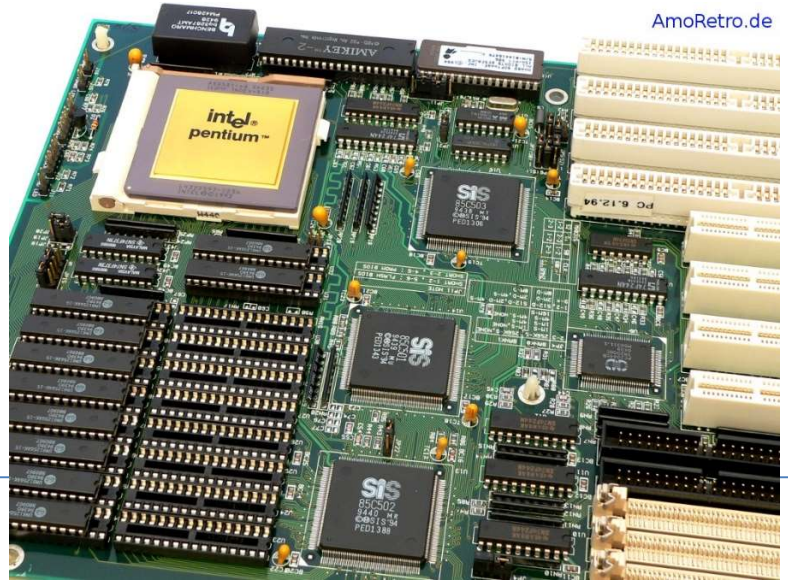
Crucial® DDR4 Memory Technology
2002
2004
2007
2014
31.75
30.00
30.00
31.25
133.35
133.35
133.35
133.35
DDR
DDR2
DDR3
DDR4
2.5 VOLTS
SPEED 266 MT/s
DENSITY 128Mb
1.8 VOLTS
SPEED 400 MT/s
DENSITY 256Mb
1.5 VOLTS
SPEED 1066 MT/s
DENSITY 1Gb
1.2 VOLTS
SPEED 2133 MT/s
DENSITY 4Gb
Technological advancements by the numbers, starting with DDR
28% DECREASE from DDR
50.3% INCREASE from DDR
100% INCREASE from DDR
16.6% DECREASE from DDR2
166.5% INCREASE from DDR2
300% INCREASE from DDR2
20% DECREASE from DDR3
100% INCREASE from DDR3
300% INCREASE from DDR3

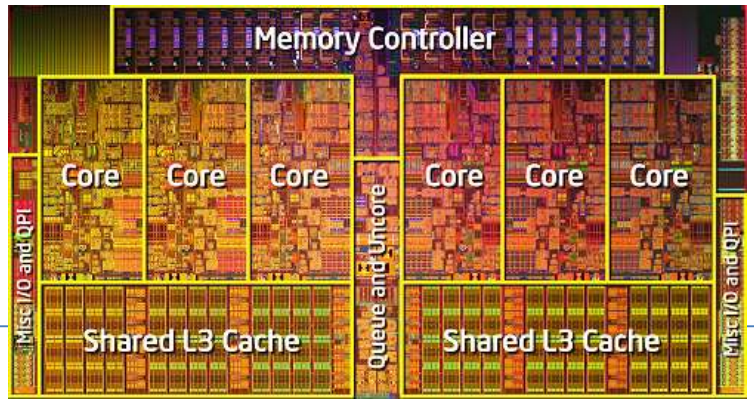
หน่วยความจำรอม (Rom :Read Only Memory)

- เป็นหน่วยความจำแบบไม่ลบเลือน (Nonvolatile Memory)
- เกิดจากการฝังซอฟต์แวร์เข้าในตัวชิปซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ระบบ
- เรียกลักษณะการเก็บซอฟต์แวร์แบบนี้ว่า เฟร์มแวร์ (Firmware)

หน่วยความจำแคช (Cache)

- เป็นหน่วยความจำความเร็วสูงมาก แต่มีขนาดเล็ก
- เป็นหน่วยความจำระหว่างหน่วยความจำหลักและตัวประมวลผล
- หน่วยความจำแคชเก็บคำสั่งที่ตัวประมวลผลเคยใช้แล้ว เมื่อเรียกใช้คำสั่งซ้ำ จะไม่เสียเวลาค้นหาคำสั่งจากหน่วยความจำแรม





หน่วยเก็บข้อมูลสำรอง(Secondary Storage Unit)

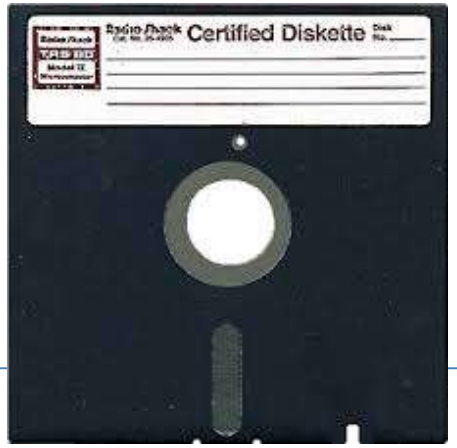
หน่วยเก็บข้อมูลสำรอง(Secondary Storage Unit)

- ถ้าต้องการเก็บข้อมูลนั้นตลอดไป ต้องเก็บข้อมูลในหน่วยความจำสำรอง (Secondary Storage Unit) เช่น
  - **เครื่องขับแผ่นดิสเกตต์ (Diskette Drive หรือ Floppy Disk Drive)**
  - **ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk)**
  - **เครื่องขับแผ่นซีดีรอม (CD-ROM Drive)**
  - **เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก (Tape Drive)**
  - **Solid State Drive**

เครื่องขับแผ่นดิสเกตต์ (1/5)

(Diskette Drive หรือ Floppy Disk Drive)

- เป็นอุปกรณ์สำหรับอ่านและเขียนข้อมูลลงบนดิสก์
- มีหัวสำหรับอ่านและเขียน
- เขียนข้อมูล : สร้างจุดของสนามแม่เหล็กลงบนดิสก์
- อ่านข้อมูล : หมุนแผ่นดิสก์ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ อ่านดูข้อมูลจากจุดเป็นสนามแม่เหล็ก



เครื่องขับแผ่นดิสเกตต์ (2/5)

(Diskette Drive หรือ Floppy Disk Drive)

- เป็นแผ่นกลมแบนเคลือบด้วยวัสดุบางที่สามารถเกิดสนามแม่เหล็กได้
- การใช้แผ่นฟลอปปี้ดิสก์ไปนานๆ แผ่นจะเสื่อม เนื่องจากหัวอ่านหรือเขียนของเครื่องขับดิสเกตต์แตะพื้นผิวของดิสก์
- แผ่นมี 3 ขนาดคือ 8 นิ้ว, $5^{1/4}$ นิ้ว และ $3^{1/2}$นิ้ว

เครื่องขับแผ่นดิสเกตต์ (3/5)

(Diskette Drive หรือ Floppy Disk Drive)

- ตัวขับแผ่นจะอ่านข้อมูลตามแนวของเส้นรอบวง หรือ แทร็ก (Track)
- แต่ละแทร็กแบ่งเป็นเซ็กเตอร์ (Sector)
- การอ่านข้อมูลแต่ละครั้งอ่านทีละเซ็กเตอร์เท่านั้น
- การสร้างเซ็กเตอร์ใช้การเจาะรู (Sensing Hole) เป็นตัวระบุตำแหน่งของเซกเตอร์

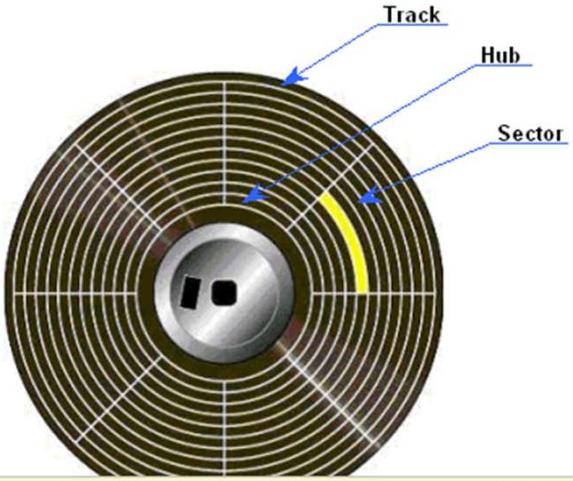
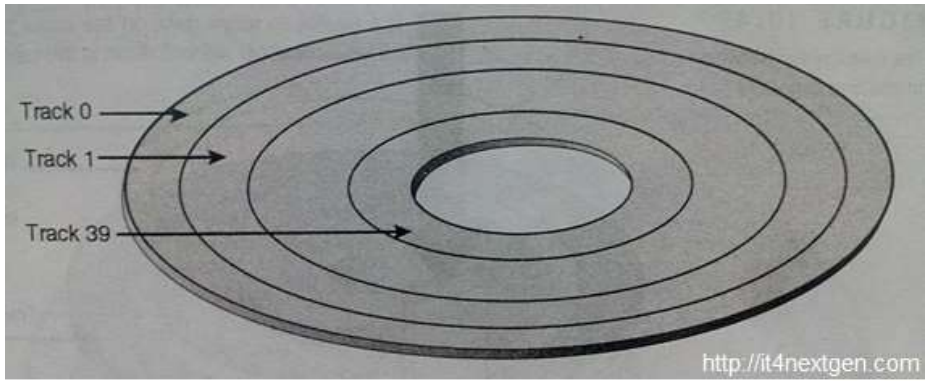


Fig 1.1. Data Storage entities in a typical 3.5"floppy disk



เครื่องขับแผ่นดิสเกตต์ (4/5)

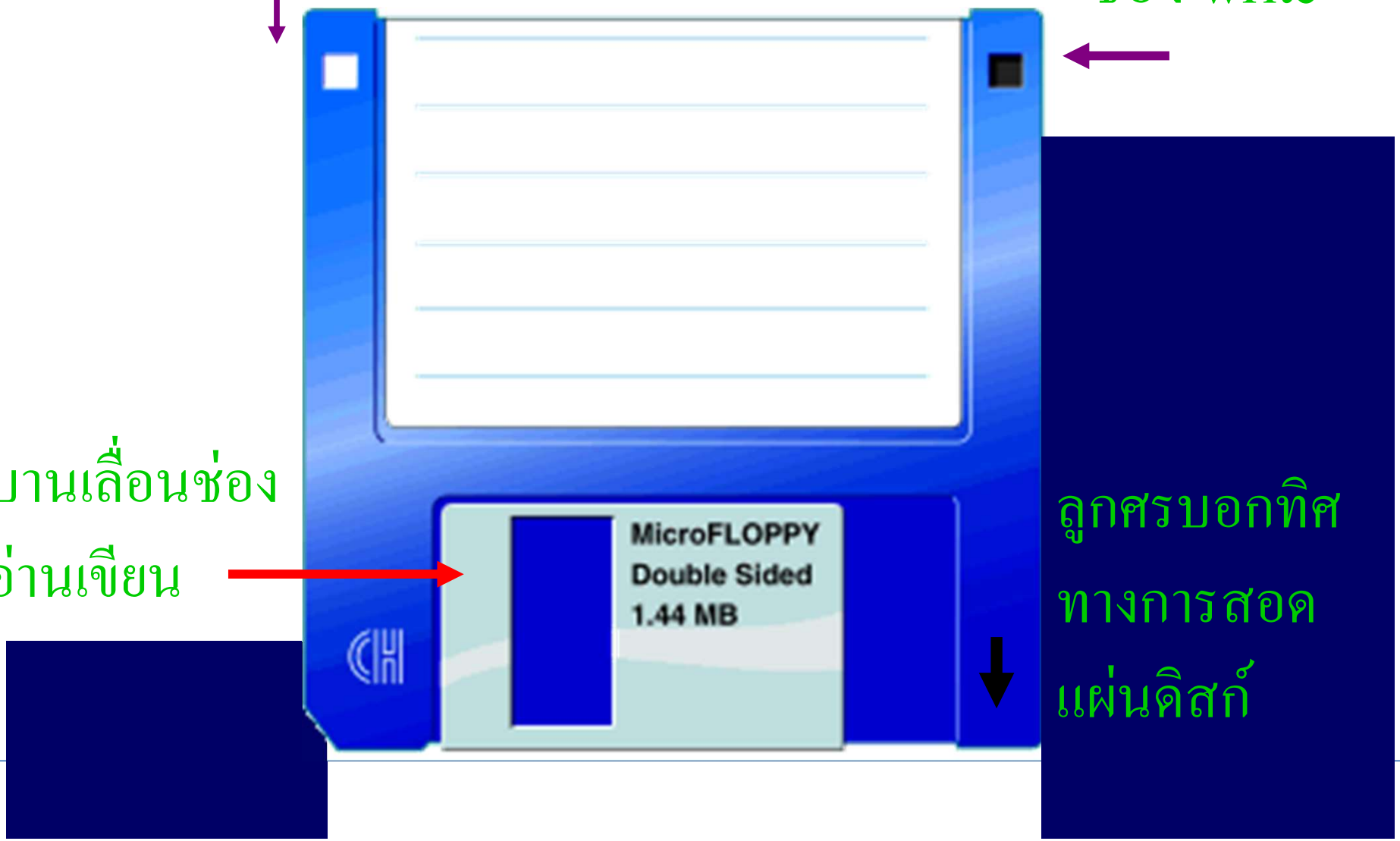
(Diskette Drive หรือ Floppy Disk Drive)

- แบ่งเป็น 2 แบบคือ
  - แบบฮาร์ดเซกเตอร์ (Hard-Sectored) มีการเจาะรูรอบจุดศูนย์กลางดิสก์
  - แบบซอฟต์เซกเตอร์ (Soft-Sectored) มีการเจาะรูเพียงรูเดียว
- ความจุของดิสก์ขึ้นอยู่กับด้านของการใช้งาน
  - ความหนาแน่นของการใช้งานเป็นแบบเท่าเดียว (Single Density)
  - ความหนาแน่นเป็นแบบ 2 เท่า (Double Density)

เครื่องขับแผ่นดิสเกตต์ (5/5)

(Diskette Drive หรือ Floppy Disk Drive)

Diskettes

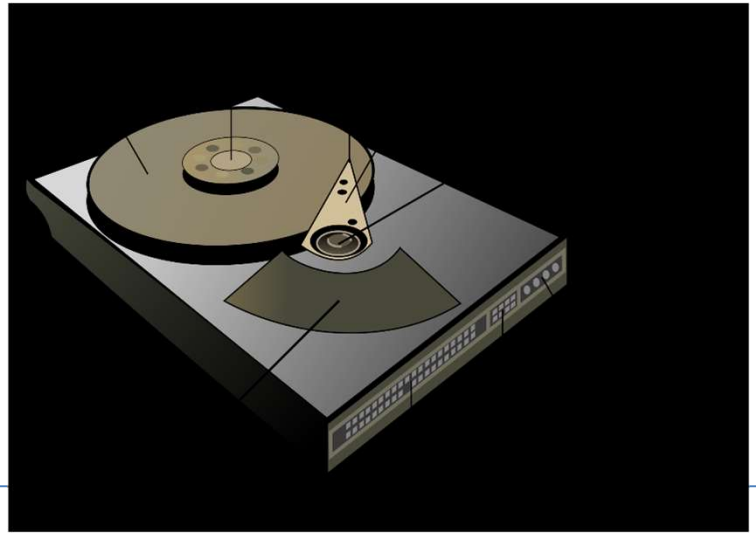

ช่องแสดงดิสก์แบบ high density
ช่อง write
บานเลื่อนช่อง
อ่านเขียน
ลูกศรบอกทิศ
ทางการสอด
แผ่นดิสก์
MicroFLOPPY
Double Sided
1.44 MB

ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) (1/4)

- เป็นจานแม่เหล็กแบบแข็ง
- สามารถบันทึกข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก
- การอ่านและการเขียนข้อมูล หัวอ่านและเขียนไม่แตะพื้นผิวเหมือนแผ่นฟลอปปี้ดิส

ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk)

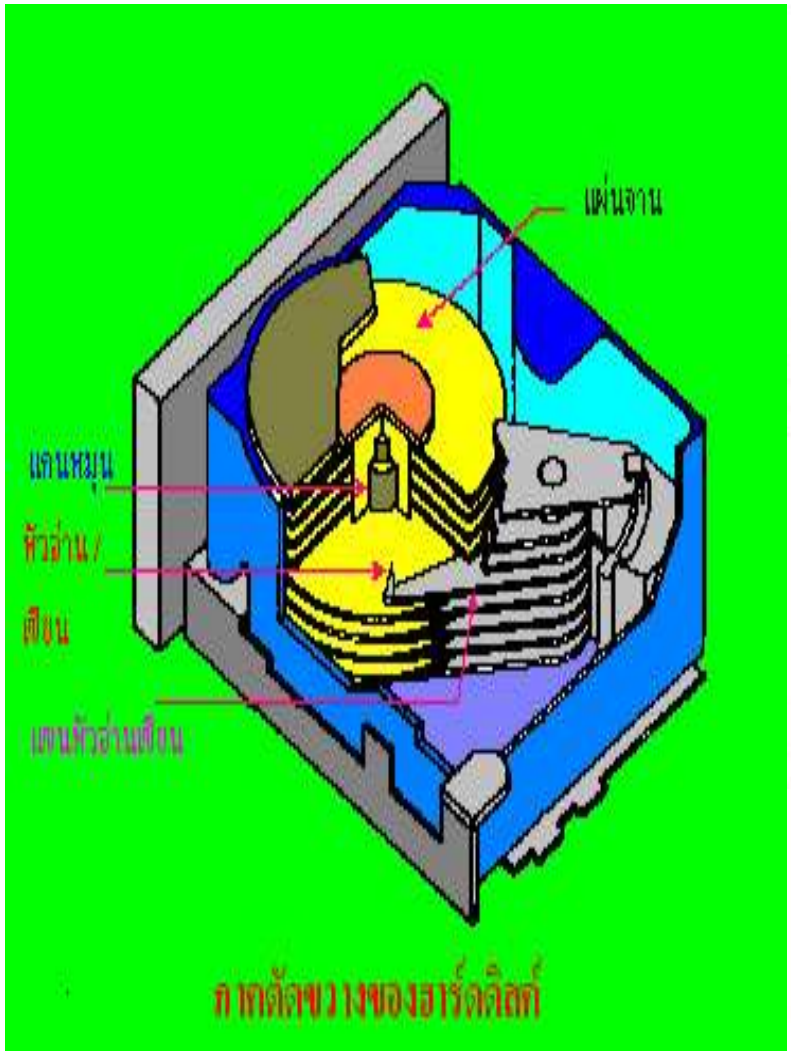
- ฮาร์ดดิสก์ ประกอบด้วย
  - ส่วนใหญ่ประกอบด้วย**จานแม่เหล็ก(Platters)**สองแผ่นหรือมากกว่าจัดเรียงอยู่บนแกนเดียวกัน เรียกว่า **Spindle**
  - หัวอ่าน และเขียน เชื่อมติดกันคล้ายหวี
  - มอเตอร์
  - ฝาครอบหรือกล่องโลหะ

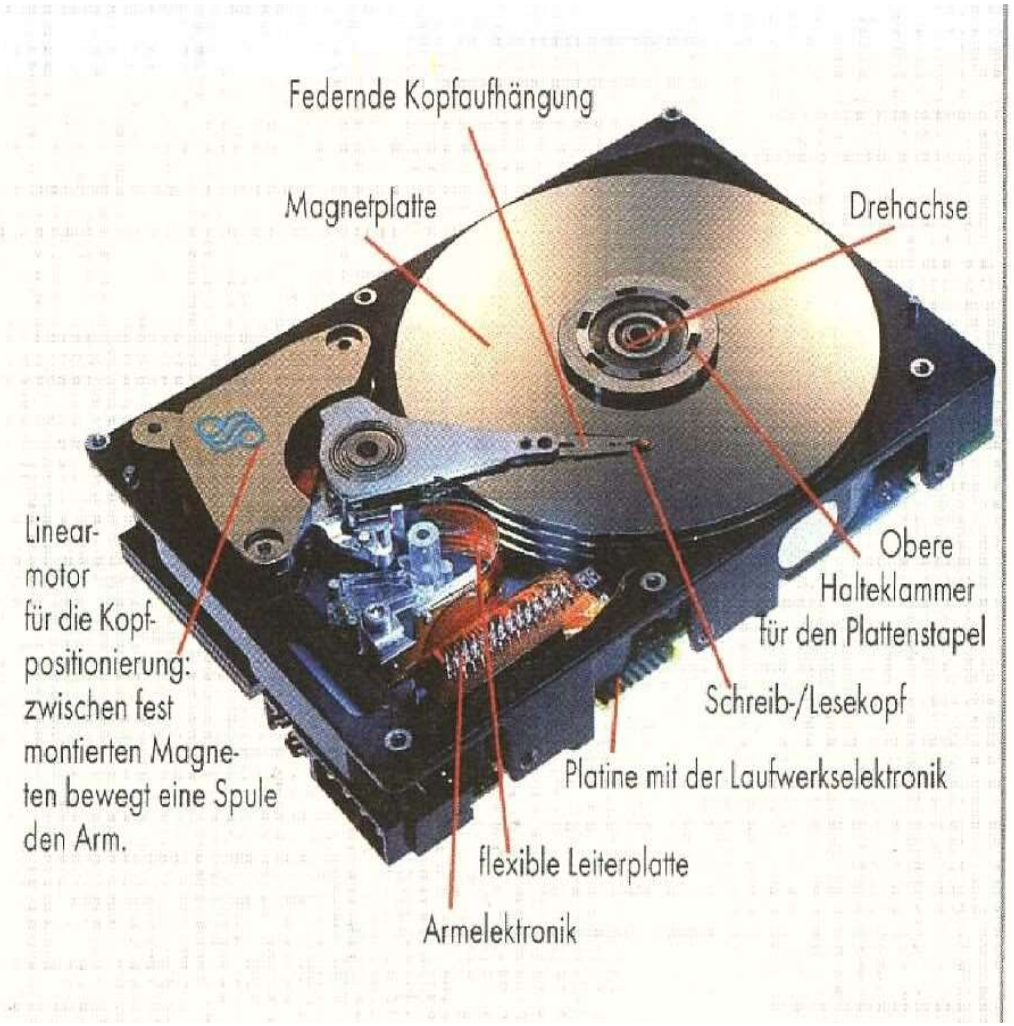


ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk)

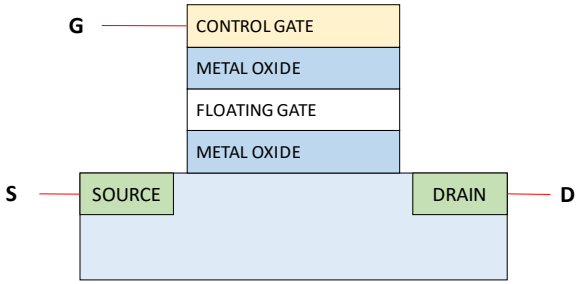
- ชนิดของฮาร์ดดิสมี การเชื่อมต่อ 5 แบบ คือ
  - ST-506/41L
  - ESDI (Enhanced Small Device interface)
  - SCSI(Small Computer System Interface)
  - IDE(Integrated Drive Electronics)
  - SATA (Serial AT Attachment)

ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk)

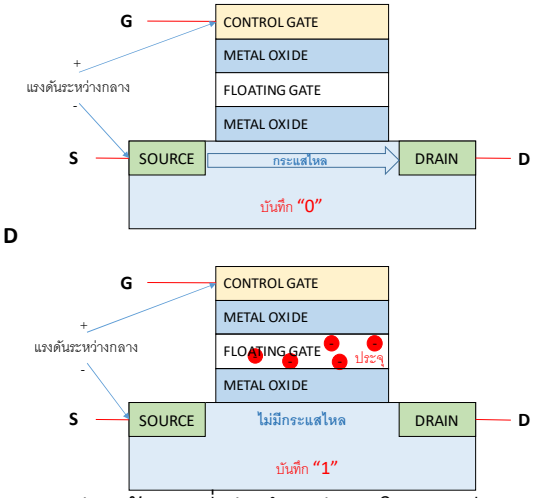




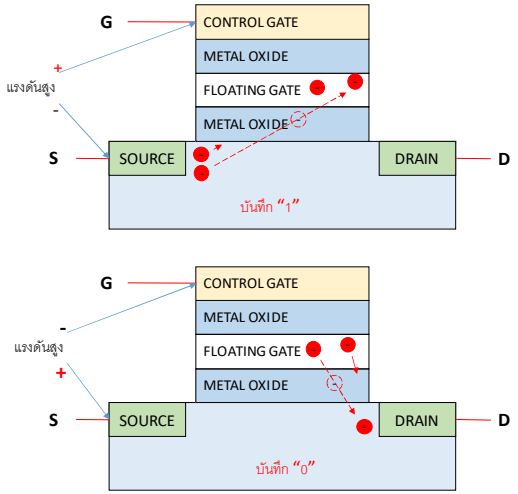
หน่วยความจำแฟลช หน่วยความจำแฟลช นั้นถูกพัฒนาขึ้นในปี 1980 โดย โตชิบา (Toshiba) เป็นการพัฒนาต่อยอดมาจาก หน่วยความจำแบบอีอีพรอม (EEPROM) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ถาวร สามารถลบข้อมูลและเขียนทับได้หลายครั้ง



โครงสร้างของโฟลทติ้งเกตมอสเฟท



การอ่านข้อมูลที่บันทึกอยู่ภายในเอฟจีมอส



การบันทึกและลบข้อมูลในเอฟจีมอส

ปัจจุบันมีแฟลชที่วางจำหน่ายอยู่ 3 รูปแบบคือ 1 บิตต่อเซลล์ (Single-Level-Cell: SLC) 2 บิตต่อเซลล์ (Multi-Level Cell : MLC) 3 บิตต่อเซลล์ (Triple-Level Cell: TLC) และ 4 บิตต่อเซลล์ (Quadruple-Level Cell) ซึ่งเซลล์แต่ละแบบจะมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน

SLC จะมีรอบของการเขียนข้อมูลอยู่ประมาณ 100,000 ครั้ง

MLC จะมีรอบของการเขียนข้อมูลอยู่ประมาณ 5,000 – 3,000 ครั้ง

TLC จะมีรอบของการเขียนข้อมูลอยู่ประมาณ 1,000 ครั้ง

QLC จะมีรอบของการเขียนข้อมูลอยู่ประมาณ 100 ครั้ง

ในการใช้งาน จะต้องนำหน่วยความจำแฟลชมาเชื่อมต่อกับส่วนควบคุม เพื่อให้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ส่วนควบคุมนี้จะแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน

โซลิดสเตตไดรฟ์ (อังกฤษ: Solid state drive, SSD) หรือ **เอสเอสดี** คือ อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้ชิปวงจรรวมที่ประกอบรวมเป็น หน่วยความจำ เพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบถาวรเหมือนฮาร์ดดิสก์

ในการใช้งาน จะต้องนำหน่วยความจำแฟลชมาเชื่อมต่อกับส่วนควบคุม เพื่อให้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ส่วนควบคุมนี้จะแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน

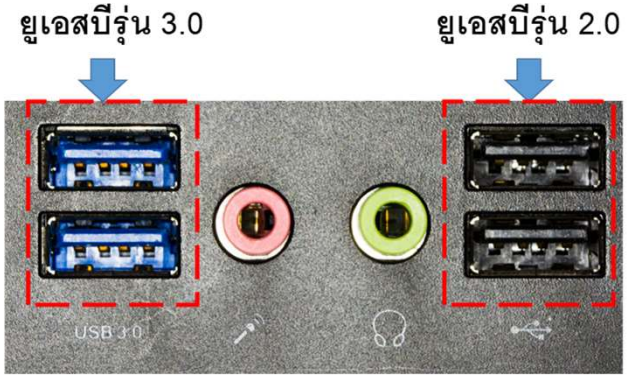
โซลิดสเตตไดรฟ์ (อังกฤษ: Solid state drive, SSD) หรือ **เอสเอสดี** คือ อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้ชิปวงจรรวมที่ประกอบรวมเป็น หน่วยความจำ เพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบถาวรเหมือนฮาร์ดดิสก์

เอสเอสดี แบบ **SATA**

เอสเอสดี แบบ **M.2**

ในการใช้งาน จะต้องนำหน่วยความจำแฟลชมาเชื่อมต่อกับส่วนควบคุม เพื่อให้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ส่วนควบคุมนี้จะแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน

ยูเอสบีแฟลชไดรฟ์ เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่มีพื้นฐานมาจากหน่วยความจำแฟลช โดยมีส่วนควบคุมทำหน้าที่สื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการเชื่อมต่อจะเป็นแบบอุปกรณ์ยูเอสบี (USB Device) มีความจุตั้งแต่ 8GB จนถึง 1 TB สามารถเก็บข้อมูลได้ยาวนานถึง 100 ปี



ตาราง 1 หน่วยเรียกในระบบเมตริก

ค่า	ตัวย่อ	หน่วยเมตริก	คำอ่าน
1000	kB	Kilobyte	กิโลไบต์
1000^2	MB	Megabyte	เมกะไบต์
1000^3	GB	Gigabyte	กิกะไบต์
1000^4	TB	Terabyte	เทราไบต์
1000^5	PB	Petabyte	เพตาไบต์
1000^6	EB	Exabyte	เอกสะไบต์
1000^7	ZB	Zettabyte	เซตะไบต์
1000^8	YB	Yottabyte	โยตะไบต์

ตาราง 2 หน่วยเรียกในระบบไออีซี

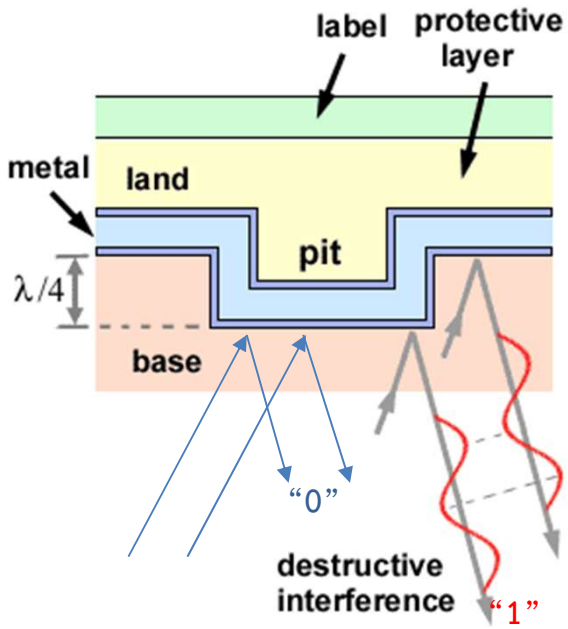
ค่า	ตัวย่อ	หน่วยเมตริก	คำอ่าน
1024	KiB	Kibibyte	คีบีไบต์
1024^2	MiB	Mebibyte	เมบิไบต์
1024^3	GiB	Gibibyte	กิบิไบต์
1024^4	TiB	Tebibyte	เทบิไบต์
1024^5	PiB	Pebibyte	เพบิไบต์
1024^6	EiB	Exbibyte	เอกบิไบต์
1024^7	ZiB	Zebibyte	เซบิไบต์
1024^8	YiB	Yobibyte	โยบิไบต์

เครื่องขับแผ่นซีดีรอม (CD-ROM Drive) (1/3)

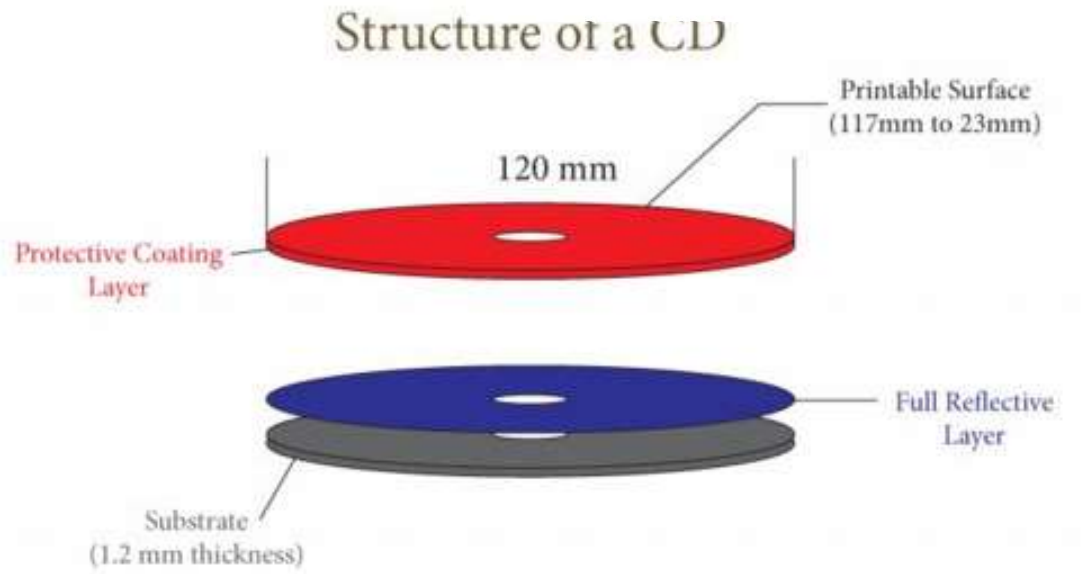
- เป็นเครื่องขับแผ่น CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory) หรือหน่วยความจำชนิดอ่านได้อย่างเดียว
- แผ่น CD-ROM เป็นสื่อเก็บข้อมูลที่มีความเร็วในการใช้งานค่อนข้างสูง
- การเก็บข้อมูล 1 แผ่นสามารถเก็บข้อมูลได้ 500 MB ถึง 1 GB

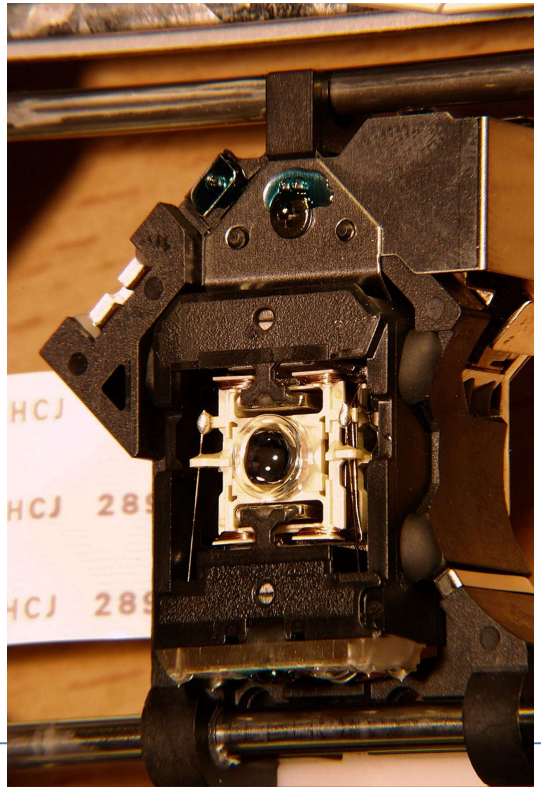
เครื่องขับแผ่นซีดีรอม (CD-ROM Drive) (2/3)

- การบันทึกข้อมูล
  - มีการสร้างรูด้วยเลเซอร์ลงบนพื้นผิวที่ต้องการเก็บค่าเป็น 1
  - ไม่มีการสร้างรูสำหรับส่วนที่ต้องการเก็บค่า 0
- การบันทึกข้อมูลทำได้เพียงครั้งเดียว แต่มีการเรียกใช้ได้หลายครั้ง เรียกว่า WORM (Write Once Read Many)
- การอ่านข้อมูล ใช้แสงเลเซอร์ที่มีกำลังอ่อนในการกวาดพื้นผิวว่าเป็นรูหรือไม่

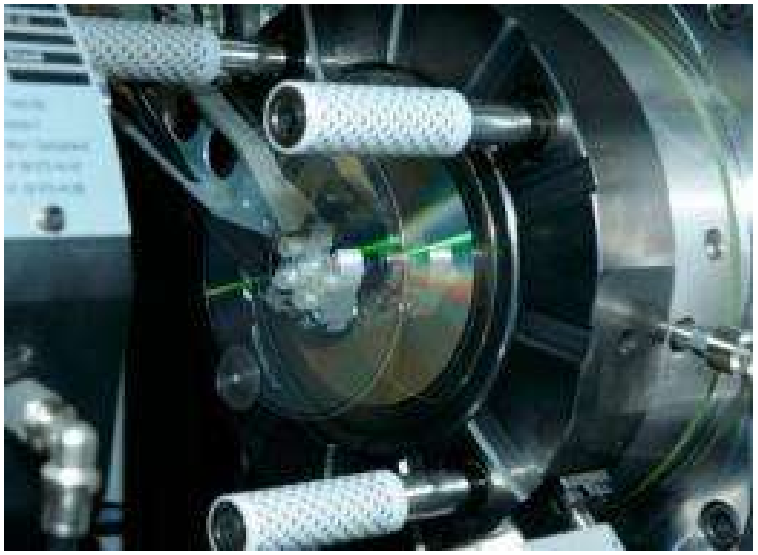


$$\lambda_{Red-Lase} = 630nm$$





Glass master disc



เครื่องขับแผ่นซีดีรอม (CD-ROM Drive) (3/3)

- ซีดีรอมไดร์ฟ สามารถเล่นแผ่นได้ดังต่อไปนี้
  - แผ่นซีดีรอม
  - แผ่น Audio-CD
  - แผ่น Video-CD หรือ VCD
  - แผ่น MP3
  - แผ่น CD-Write

LaserDisc (LD) ใช้บันทึกวิดิทัศน์ เป็นสื่อบันทึกข้อมูลด้วยแสงชนิดแรก เริ่มออกจำหน่ายใน ปี คศ 1978 แต่ไม่ได้รับความนิยม

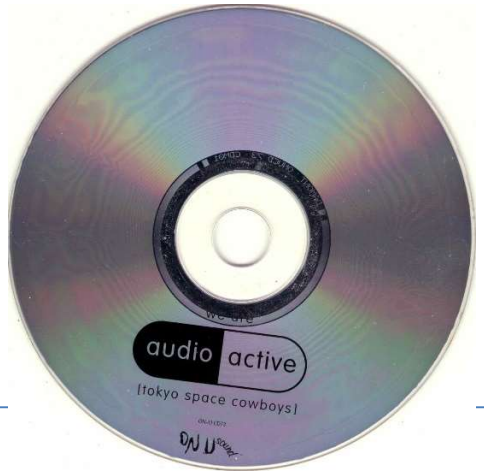
แผ่นซีดีรอม

- บรรจุโปรแกรมสารานุกรมหรือบทเรียนสำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเอง
  - การเล่นครั้งแรกผู้ใช้ต้องติดตั้งโปรแกรมก่อน
  - แต่ครั้งต่อไปผู้ใช้ใส่แผ่นซีดีรอม เข้าไดร์ฟ และเล่นโปรแกรมได้
- บรรจุซอฟต์แวร์เพื่อใช้ติดตั้งซอฟต์แวร์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันการติดตั้งซอฟต์แวร์ เกือบทั้งหมดใช้สื่อซีดีรอมแทน Floppy Disk

แผ่น Audio-CD

- สำหรับเล่นเพลง มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป
- แต่ละเพลงบรรจุด้วยไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็นนามสกุล Wav
- แผ่นนี้สามารถเล่นกับเครื่องเล่นซีดี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องเสียงตามบ้าน
- การเล่นกับเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องมี Sound Card และลำโพง

COMPACT disc DIGITAL AUDIO



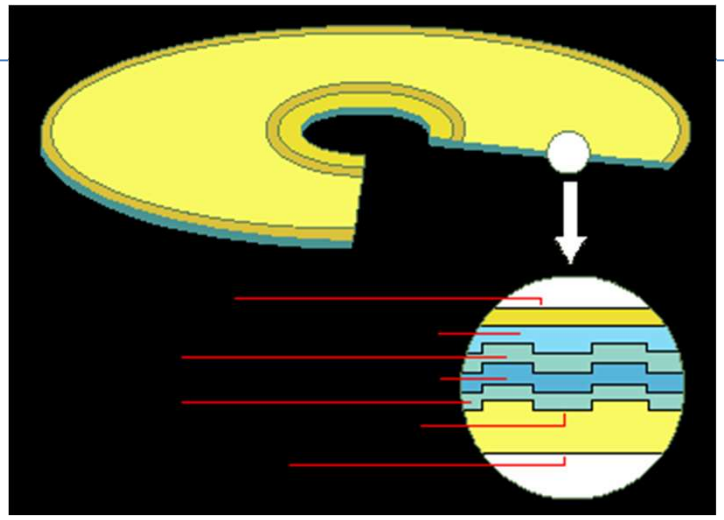
แผ่น Video-CD หรือ VCD

- เล่นภาพยนต์เรื่องยาว Concert หรือ Karaoke
- ควรเล่นกับเครื่องเล่น ซึ่ง Video-CD ส่งสัญญาณภาพเข้าเครื่องรับโทร
- แต่หากเล่นกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ต้องมี Sound Card และ ลำโพง และซอฟต์แวร์ที่อ่านแผ่น Video-CD ได้
- ตัวอย่างซอฟต์แวร์ : Windows Media Player ติดมากับระบบปฏิบัติการ Windows

แผ่น MP3

- ใช้เทคโนโลยีการบีบอัดข้อมูลเสียง โดยตัดเสียงที่นอกเหนือพิสัยการได้ยินของมนุษย์ และเสียงที่อยู่ในช่วงใดช่วงหนึ่งของเพลงถูกกลบด้วยเสียงอื่น
- MP3 File มีขนาดเล็กกว่า Wav File ประมาณ 12 ถึง 14 เท่า ทำให้บรรจุเพลงได้ 130 เพลงหรือมากกว่า
- **เดิม** : ฟังจากเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น โดยใช้ซอฟต์แวร์
- **ปัจจุบัน** : เครื่องเล่นแผ่น Video-CD หรือเครื่องเสียงในรถยนต์บางรุ่นรวมความสามารถในการเล่น MP3 File

แผ่น CD-Write



- ลักษณะภายนอกเหมือน CD-Rom Drive
- แต่สามารถอ่านและบันทึกข้อมูลลงบนแผ่นซีดี
- แผ่นที่ถูกบันทึกเรียกว่าแผ่น CD-R(บันทึกได้ครั้งเดียว), CD-RW (บันทึกได้หลายครั้ง ประมาณ 1,000 ครั้ง)
- คุณสมบัติที่สำคัญคือ ความเร็ว
- การระบุความเร็ว ดังนี้ 20/10/40 คือบันทึกแผ่น CD-R ความเร็วสูงสุด 20x, บันทึกแผ่น CD-RW ความเร็วสูงสุด 10x และอ่านแผ่นทุกประเภทความเร็วสูงสุด 40x

Corbis.com

คุณสมบัติที่สำคัญของ CD-ROM

- ความเร็ว
- การพิจารณาความเร็ว ภายใต้เงื่อนไข 2 อย่างคือ
  - ความเร็วที่ระบุเป็นความเร็วสูงสุด ภายใต้สภาวะแวดล้อมด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่เอื้ออำนวยที่สุด ในระหว่างการใช้งานอาจมีความเร็วไม่ถึงที่ระบุ เช่นความเร็วสูงสุดของรถยนต์ที่ปรากฏบนมาตรวัดความเร็ว 240 กม.ต่อชั่วโมง ซึ่งมีรถยนต์น้อยคันที่จะวิ่งได้ความเร็วเท่ากับที่กำหนดไว้

คุณสมบัติที่สำคัญของ CD-ROM

- ความเร็ว
- การพิจารณาความเร็ว ภายใต้เงื่อนไข 2 อย่างคือ
  - ความเร็วที่ระบุเป็นความเร็วเฉพาะซอฟต์แวร์ , สารานุกรม หรือบทเรียนเท่านั้น แต่ไม่มีผลต่อการเล่น Audio-CD และVideo-CD มีความเร็วแค่ 2x เท่านั้น

DVD

Blu-ray

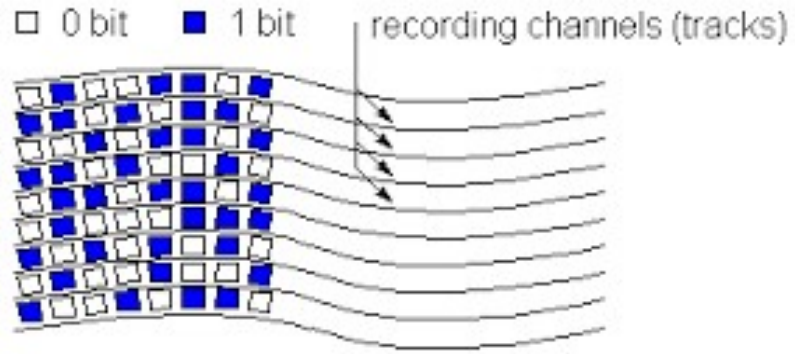
HD-DVD

เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก (Tape Drive)

- เป็นสื่อที่เก็บข้อมูลที่มีราคาถูกและบรรจุข้อมูลสูง
- แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ
  - เทปชนิดม้วน (Reel)
  - เทปคาร์ทริดจ์(Cartridge)

เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก (Tape Drive)

- เทปคาร์ทริดจ์(Cartridge) ปัจจุบันเป็นที่นิยมเพราะเก็บในกล่องพลาสติก เวลาใช้เพียงเสียบตลับเทปลงในไดรฟ์เท่านั้น
- การบรรจุข้อมูล โดยสร้างสนามแม่เหล็กลงบนพื้นผิวของเนื้อเทป
  - ถ้าจุดใดเป็นสนามแม่เหล็กเก็บค่าบิต 1 เป็นต้น
- การเก็บข้อมูล : เก็บตามแนวขวางของสายเทปแบ่งเป็น แทร็ก มี 8 ถึง 9 แทร็ก ในแต่ละช่องเก็บข้อมูล 1 บิต ข้อมูลตามแนวขวางของเทปเก็บข้อมูลได้ 1 ไบต์



เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก (Tape Drive)

- ประกอบด้วยหัวอ่านและหัวเขียน
- การอ่าน : หมุนเนื้อเทปผ่านหัวอ่าน เป็นจังหวะ Start และ Stop
  - อ่านด้วยความเร็วระยะหนึ่งแล้วหยุด แล้วหมุนต่อ แล้วก็หยุด
  - ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ
- เนื้อเทปว่าง เรียกว่า ช่องว่างระหว่างเรคคอร์ด(Interrecord Gap) เป็นจุดเริ่มต้นการอ่านและหยุด
- ช่องว่าง ทำให้เปลืองเนื้อที่ จึงบันทึกเป็นทีละบล๊อก ซึ่งแต่ละบล็อกประกอบไปด้วยหลายเรคคอร์ด

สรุป

- ส่วนประกอบหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์
- สถาปัตยกรรมของหน่วยประมวลผลกลาง
- องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์