

บทที่ 2

ระบบเครื่องคอมพิวเตอร์

วัตถุประสงค์ในบทนี้ เพื่อให้เข้าใจถึง

- ส่วนประกอบหลักของตัวประมวลผล (Processor) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยความจำ (MEMORY) และบัส (BUSES)
- การแทนตัวอักษรต่างๆ เช่น อักขระที่เป็นตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์ต่างๆ ด้วยรหัสแอสกี
- คุณสมบัติของวงจรรวม (integrated circuit)
- ความสำคัญของการปฏิภาคระหว่างอุปกรณ์หรือระหว่างอุปกรณ์กับผู้ใช้ (interface)
- ผลอันเกิดจากผู้ผลิตต่างๆ ผลิตเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่สามารถทำงานแทนกันได้ (Compatible)
- ความแตกต่างของเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและเครื่องคอมพิวเตอร์เมนเฟรม

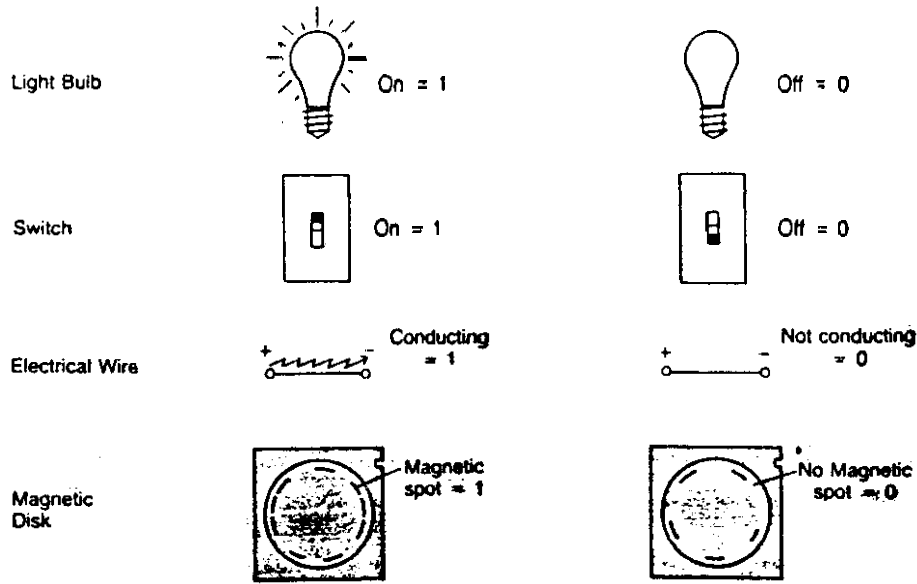
ในการตัดสินใจที่จะซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาใช้งาน จะเกิดคำถามว่า "ซื้อคอมพิวเตอร์อะไรดี" ซึ่งดูเหมือนว่าจะตอบคำถามนี้ได้ง่ายมาก ชื่อ "คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (personal computer)" แต่จริงๆ แล้วคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในตลาดปัจจุบันมีขีดความสามารถแตกต่างกัน ดังนั้นในการตัดสินใจที่จะซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น จำเป็นที่ต้องรู้ถึงส่วนประกอบต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ เช่น ชนิดของตัวประมวลผล ขนาดของหน่วยความจำ ความเร็วในการทำงาน จอภาพ และความสามารถในการติดต่อสื่อสาร หน่วยความจำสำรอง และเครื่องพิมพ์ที่สามารถทำงานแทนกันได้ (Compatible)

ส่วนประกอบต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อการปฏิบัติการ ความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบของตัวประมวลผล ทำให้เข้าใจถึงฟังก์ชันขององค์ประกอบต่างๆ ได้ดี ซึ่งมีผลทำให้ตัดสินใจในการเลือกซื้อคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาใช้งานได้ เป็นจริงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

2.1 ลักษณะของตัวประมวลผล (PROCESSOR CHARACTERISTICS)

บิต ไบท์ และคำ (Bits, Bytes, and Words)

ในปี ค.ศ. 1940 ผู้ออกแบบคอมพิวเตอร์ได้เริ่มมีการนำส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ โดยแทนข้อมูลด้วยระบบจำนวนฐานสิบ ซึ่งทำงานได้ไม่ดีนัก เพราะส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์นี้เปรียบเสมือนสวิตช์ไฟฟ้า มีเพียง 2 สถานะ คือ เปิด (on) และปิด (off) ดังแสดงตามรูปที่ 2-1 โดยสถานะเปิด จะแทนด้วยค่า 0 และสถานะปิด จะแทนด้วยค่า 1 ซึ่งเป็นค่าของระบบเลขฐาน 2 (binary number system)



รูปที่ 2-1 แสดงการนำจำนวนฐานสอง ซึ่งประกอบด้วยเลขศูนย์และเลขหนึ่ง แทนสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ

บิต (Bits)

พื้นฐานในการออกแบบคอมพิวเตอร์ (binary number) ไม่ว่าจะเป็นอิเล็กทรอนิกส์ขั้นสูง หรือเทคโนโลยีขนาดเล็ก ถูกพัฒนามาจากจำนวนฐานสอง ซึ่งเราเรียกว่า บิต (bit) โดยที่ บิตคือสมาชิกที่เล็กที่สุด หรือ ค่าที่น้อยที่สุด ที่ใช้แทนในคอมพิวเตอร์ ซึ่งแทนค่าได้เพียงค่าศูนย์หรือค่าหนึ่งเท่านั้น

บิตถูกใช้ในหลายๆ พื้นที่ในคอมพิวเตอร์ เช่น การแทนข้อมูลในหน่วยความจำ การถ่ายโอนข้อมูลจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลภายนอกไปสู่ระบบประมวลผล หรือการเก็บข้อมูลในชุดซีพจานแม่เหล็ก (magnetic disk) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำรอง เป็นต้น

ขนาดของตัวประมวลผล

คอมพิวเตอร์โดยทั่วไป มีตัวประมวลผลขนาด 16 บิต หรือ 32 บิต ซึ่งเป็นขนาดของ คำ (word) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์นั้นๆ การวัดบิตสามารถดูจำนวนของบิตจากการ

ประมวลผล (process) คือ ในการปฏิบัติการหนึ่ง ถ้าใช้คอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิตจะทำงานเสร็จสมบูรณ์โดยใช้หลายขั้นตอน ในขณะที่ถ้าเป็นคอมพิวเตอร์ขนาด 32 บิตสามารถทำเสร็จได้ในขั้นตอนเดียวเท่านั้น

ตัวประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์มีด้วยกันหลายขนาดต่างๆ กัน ดังนี้

(1) คอมพิวเตอร์ ขนาด 8 บิต เป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้ตามบ้านทั่วไป เช่น เครื่อง Apple IIC และเครื่อง Commodore 64 ซึ่งโดยทั่วไป ใช้สำหรับเล่นเกมส์ พิมพ์รายงาน พิมพ์จดหมาย และงานประยุกต์ทางด้านการศึกษา

(2) คอมพิวเตอร์ ขนาด 16 บิต เป็นคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น เครื่อง IBM personal computer ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิต นอกจากนี้ยังมีกลุ่มของบริษัทคอมพิวเตอร์ที่ผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์ ขนาด 16 บิตที่สามารถทำงานแทนกันได้ (Compatible Microcomputer) กลุ่มบริษัทเหล่านี้ได้แก่ Compaq, Leading Edge, Texas Instruments และ Zenith เครื่องมินิคอมพิวเตอร์บางรุ่นเป็นคอมพิวเตอร์ ขนาด 16 บิตด้วยเช่นกัน เครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิตสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยการทำงานต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น งานทางด้านสเปรดชีต (spread sheet) การประมวลผลค่า การจัดการฐานข้อมูล งานทางด้านธุรกิจ งานทางด้านวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

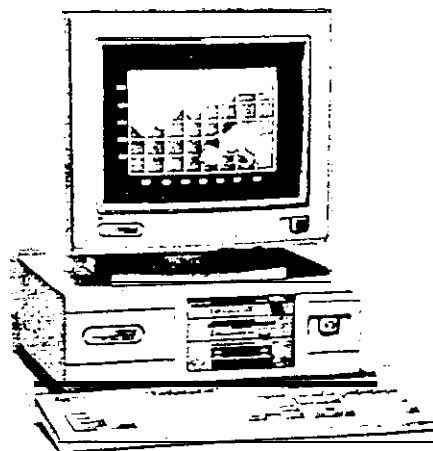
(3) คอมพิวเตอร์ ขนาด 32 บิต เป็นคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในกลางปี 1980 ซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ราคาแพงกว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลธรรมดาขนาด 16 บิต เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาด 32 บิตเครื่องแรกคือเครื่อง Apple Macintosh ต่อมาบริษัท IBM สร้างเครื่อง 32 บิตเรียกว่า PC/AT (advanced technology) ต่อจากนั้นตามด้วย Personal System/2 จุดเด่นของเครื่องขนาด 32 บิตคือมีหน่วยความจำมากกว่า และความเร็วสูงกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิต สามารถนำมาใช้ในการประยุกต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ชนิดที่มีการคำนวณในรูปแบบของตาราง (Spread sheet) ที่มีขนาดใหญ่มากๆ ระบบเครือข่าย (network) และการจัดการระบบปฏิบัติการและฮาร์ดแวร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้หลายงานพร้อมกัน (Multitasking)



Courtesy of Commodore.
An 8-bit computer.



Courtesy of IBM.
A 16-bit computer.



Courtesy of Compaq.
A 32-bit computer.

ไบต์ (Bytes)

เมื่อนำบิตหลายๆ บิตมาเรียงต่อกัน กลุ่มของบิตที่เรียงต่อกันจำนวน 8 บิต เราเรียกว่า ไบต์ (byte) ไบต์เป็นหน่วยพื้นฐานของข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้แทนตัวอักษรต่างๆ ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ เช่น ตัวอักษรภาษาอังกฤษทั้งตัวเล็กและตัวใหญ่ ตัวเลข

เครื่องหมายและสัญลักษณ์พิเศษต่างๆ ซึ่งการแทนตัวอักษรต่างๆ เหล่านี้ สามารถแทนตัวอักษรแตกต่างกันได้ถึง 2^8 หรือ 256 ค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งเพียงพอสำหรับงานประยุกต์ต่างๆ

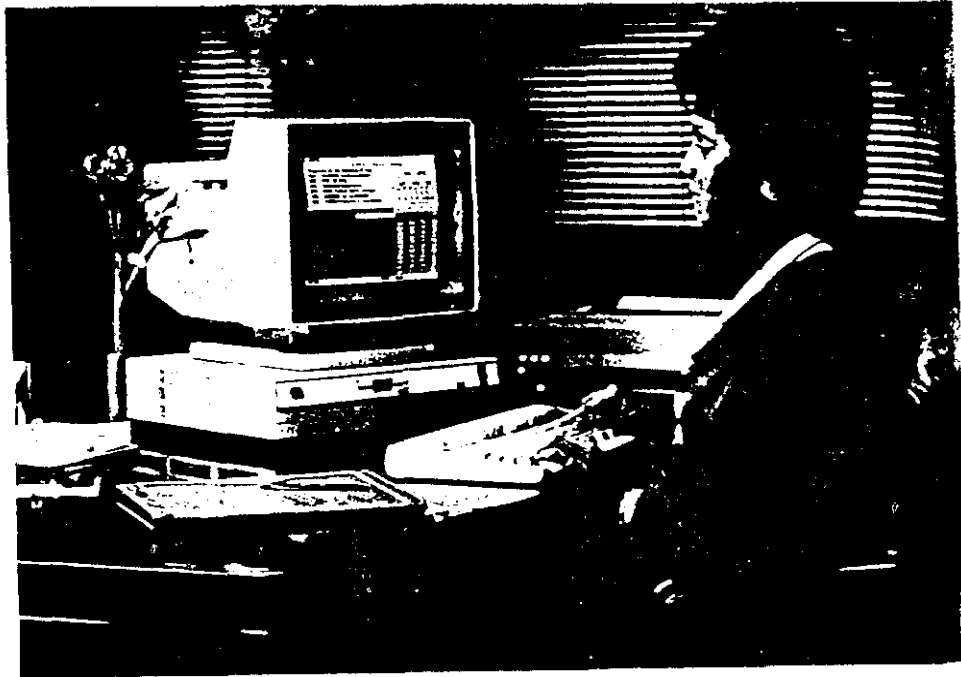
ตาราง 2-1 แสดงหน่วยวัดความจุของหน่วยเก็บข้อมูลหลัก (MEMORY) และหน่วยเก็บข้อมูลสำรอง (disk)

Term	Number of Bytes	Prefix	Meaning	Greek	Original Meaning
Kilobyte	1,024	kilo	thousand	khiloi	thousand
Megabyte	1,048,576	mega	million	megas	great
Gigabyte	1,073,741,824	giga	billion	gigas	giant
Terabyte	1,099,511,627,776	tera	trillion	teras	monster

Source PC Magazine, November 25, 1990 p 150

Powers of 2	No. of Bytes	Shorthand	Typical Memory and Disk Sizes
0	1		
1	2		
2	4		
3	8		
4	16		
5	32		
6	64		
7	128		
8	256		
9	512		
10	1,024	1K (kilobyte)	
11	2,048	2K	
12	4,096	4K	
13	8,192	8K	
14	16,384	16K	
15	32,768	33K	32K 8-bit computer
16	65,536	66K	64K V
17	131,072	131K	128K 16-bit computer
18	262,144	262K	256K U
19	524,288	524K	512K
20	1,048,576	1M (megabyte)	1M 32-bit computer
21	2,097,152	2M	
22	4,194,304	4M	
23	8,388,608	8M	
24	16,777,216	17M	20M PC fixed disk
25	33,554,432	34M	30M U
26	67,108,864	67M	
27	134,217,728	134M	100M Mainframe disk
28	268,435,456	268M	
29	536,870,912	537M	
30	1,073,741,824	1G (gigabyte)	U

รูปข้างล่างนี้ เป็นภาพตัวอย่างของคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดของหน่วยความจำ 640 K และใช้งานบันทึกชนิดคงที่ (fixed disk drive) มีความจุ 20 M



คำ (words)

คำเป็นหน่วยพื้นฐานของความสามารถในการเก็บข้อมูลสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ มีความยาวขึ้นอยู่กับขนาดของตัวประมวลผล ถ้าไมโครโปรเซสเซอร์ ขนาด 8 บิต คำ มีความยาว 8 บิต หรือ 1 byte ถ้าตัวประมวลผล มีขนาด 16 บิต ความยาวของคำ เท่ากับ 16 บิต หรือ 2 byte

ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์

ตัวประมวลผลของคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยหลายๆ ส่วน ซึ่งทำงานร่วมกัน ส่วนประกอบหลักๆ ประกอบด้วย

1. หน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit หรือ CPU) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หน่วยประมวลผลจุลภาค (microprocessing unit หรือ MPU)

ตัวประมวลผลส่วนมากของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เป็นชิปตัวเล็กๆ มีหลายขนาด

สำหรับตัวประมวลผลที่มีขนาด 16 บิต สามารถปฏิบัติการข้อมูลได้ครั้งละ 16 บิต หรือ 2 ไบต์ กรณีที่ข้อมูลมีขนาดเกิน 2 ไบต์ การปฏิบัติการต้องกระทำหลายๆ ครั้ง

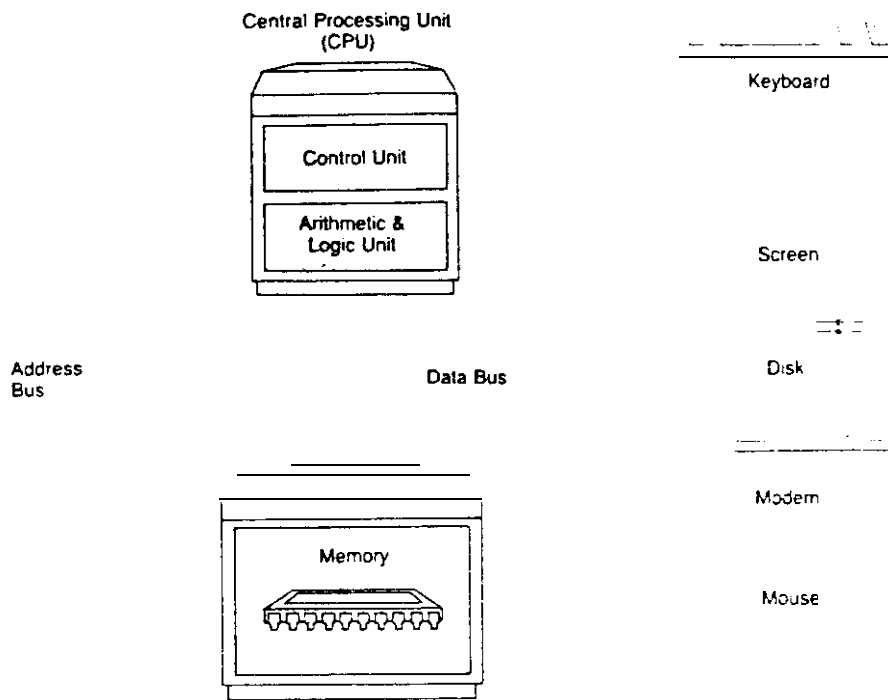
2. หน่วยความจำ (memory)

เป็นอุปกรณ์ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล หน่วยความจำประกอบด้วยชิพรวม (integrated chips) ขนาดของหน่วยความจำสูงสุดของคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิต เช่นเครื่อง IBM PC มีความจุเท่ากับ 640K ขณะที่ระบบ 32 บิต เช่นเครื่อง Apple Macintosh, IBM PC/AT หรือ PS/2 อาจมีขนาดของหน่วยความจำที่มีความจุมากถึงล้านไบต์

3. บัสข้อมูล (data bus)

เป็นสายสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดของตัวประมวลผลแตกต่างกัน จะมีบัสข้อมูลแตกต่างกันด้วย เช่น เครื่อง IBM PC ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 16 บิต จะมีสายตัวนำใช้สำหรับการส่งสัญญาณขนาด 8 บิต แต่สำหรับเครื่อง PS/2 สายตัวนำใช้สำหรับการส่งสัญญาณขนาด 16 บิตซึ่งเรียกว่า ไมโครแชนแนล (Micro Channel) สามารถถ่ายโอนข้อมูลได้เร็วกว่าเครื่อง IBM PC มาก

บัสตำแหน่งที่อยู่ (Address Bus) ทำหน้าที่นำตำแหน่งที่อยู่ (address) ของอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมดในหน่วยความจำ เชื่อมต่อกับบัสข้อมูล ขนาดของบัสตำแหน่งที่อยู่ขึ้นอยู่กับขนาดของหน่วยความจำ คอมพิวเตอร์ขนาด 8 บิต มีบัสตำแหน่งที่อยู่ ขนาด 16 บิต ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 2^{16} หรือ 65,536 ไบต์ สำหรับเครื่อง IBM PC มีบัสตำแหน่งที่อยู่ ขนาด 20 บิต ในขณะที่เครื่อง AT และเครื่อง PS/2 ใช้บัสตำแหน่งที่อยู่ ขนาด 24 บิต หรือประมาณ 16 เมกกะไบต์



รูป 2-2 แสดงส่วนประกอบของตัวประมวลผล

คุณลักษณะของส่วนประกอบต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ที่มีผลทำให้ระบบมีความสามารถสูง นอกจากที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังขึ้นอยู่กับชนิดของซอฟต์แวร์ที่ใช้ และความเร็วในการประมวลผล

ความเร็ว (Speed)

ความเร็วในการทำงานนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของตัวประมวลผล บิตข้อมูล บิตตำแหน่งที่อยู่ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสัญญาณนาฬิกา (clock ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดและบอกเวลา ที่สร้างสัญญาณสม่ำเสมอเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ ให้สอดคล้องกัน เช่น กิจกรรมใหม่จะเริ่มปฏิบัติการก่อนที่กิจกรรมลำดับก่อนปฏิบัติการเสร็จไม่ได้ เพราะมีผลทำให้การปฏิบัติการผิดพลาด ไม่ถูกต้อง สัญญาณนาฬิกาจะทำหน้าที่ ควบคุมเวลาของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อมิให้เกิดความผิดพลาด

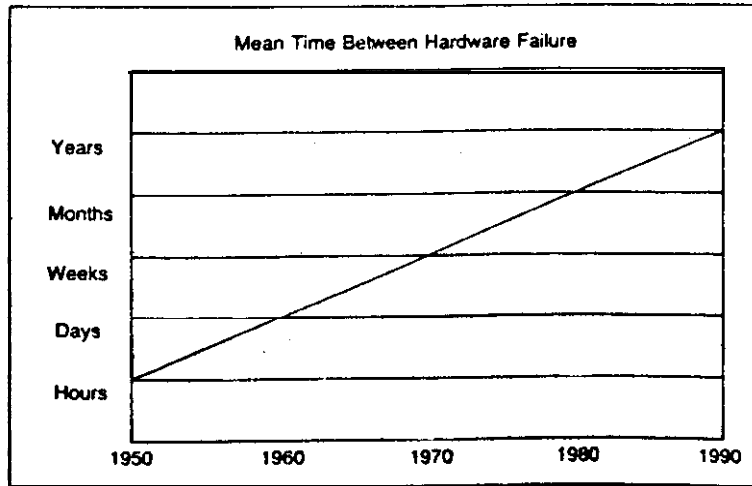
ความเร็วของสัญญาณนาฬิกา วัดเป็นจำนวนวัฏจักร (cycle) ต่อวินาที ในเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์วัดเป็นจำนวน ล้านรอบต่อวินาที หรือ megahertz (MHz) ความเร็วของสัญญาณนาฬิกาบนเครื่อง PC 16 บิต เท่ากับ 4.77 MHz สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ 32 บิต เท่ากับ 6 หรือ 8 MHz หรือมากกว่า เครื่อง Compaq Deskpro 380/2 มีความเร็ว 16 MHz ในขณะที่เครื่อง IBM PS/2 Model 80-111 มีความเร็วสูงถึง 20 MHz ถ้าคอมพิวเตอร์มีความเร็วสูงมากเท่าใด จะมีผลให้การทำงานเร็วขึ้นมากตามไปด้วย นอกจากนี้ มีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความเร็วในการทำงานอีก ได้แก่ ชนิดของตัวประมวลผล ความเร็วของจานแม่เหล็ก ชนิดของซอฟต์แวร์ที่ใช้ และวิธีออกแบบบัส เป็นต้น

ระบบที่มีตัวประมวลผลหลายตัว (Multiple Processors)

งานบางประเภท เช่น งานทางด้านวิทยาศาสตร์ หรืองานทางด้านวิศวกรรม ที่ต้องการความเร็วในการปฏิบัติการสูง จะมีตัวประมวลผลตัวที่สองซึ่งเรียกว่า โพรเซสเซอร์ร่วม (coprocessor) เพื่อช่วยการทำงานของตัวประมวลผลหลักให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น หรือเพิ่มความเร็วในการปฏิบัติการ เช่น คอมพิวเตอร์ IBM PC หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถทำงานแทนกันได้ จะมี Math coprocessor 8087 ช่วยเพิ่มความเร็วในการปฏิบัติงานทางด้านคณิตศาสตร์ เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ชนิดที่มีการคำนวณในรูปแบบของตาราง เป็นต้น

ความน่าเชื่อถือ (Reliability)

โดยปกติบริษัทจะติดตั้งคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลให้แก่ลูกค้า โดยรับประกันคุณภาพของคอมพิวเตอร์ให้มีความเชื่อถือได้ 100% เต็ม เมื่อเวลาผ่านไป ส่วนประกอบต่างๆ โดยเฉพาะอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องพิมพ์ หรือ คีย์บอร์ด จะชำรุดหรือเสียหายได้ง่ายกว่าชิพวงจรรวม และชิพของหน่วยความจำ



รูป 2-3 แสดงอายุการใช้งานเฉลี่ยที่ฮาร์ดแวร์ของระบบคอมพิวเตอร์ล้มเหลว

คอมพิวเตอร์รุ่นแรกในหลอดสุญญากาศซึ่งจะแตกบ่อยๆ แต่เมื่อพัฒนาใช้ทรานซิสเตอร์ และวงจรรวมแทนหลอดสุญญากาศ ทำให้คอมพิวเตอร์มีความน่าเชื่อถือมากเพิ่มขึ้น

2.2 รหัสคอมพิวเตอร์ (Computer Codes)

ในคอมพิวเตอร์ มีการแทนข้อมูลต่างๆ โดยใช้ระบบจำนวนฐานสอง ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้ที่ Appendix B ซึ่งอักขระต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอักขระที่เป็นตัวเลข ตัวอักษร ภาษาอังกฤษ และสัญลักษณ์พิเศษต่างๆ จะถูกแทนให้เป็นรหัสที่ใช้เฉพาะภายในคอมพิวเตอร์ รหัสที่ใช้แทนในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ส่วนมากคือ American Standard for Information Interchange (ASCII) เป็นรหัสที่ประกอบด้วยเลขฐานสอง ความยาว 8 บิต โดย 7 บิตใช้สำหรับแทนตัวอักษรต่างๆ บิตที่ 8 ใช้สำหรับตรวจสอบความผิดพลาด ซึ่งรหัสแอสกีสามารถใช้แทนอักขระที่แตกต่างกันได้ถึง 2^7 หรือ 128 ตัวอักษร

ในตัวประมวลผล หรืออุปกรณ์เก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ อักขระที่เก็บจะถูกแทนด้วยค่าของเลขฐานสอง เช่น อักขระเลข 1 จะถูกเก็บเป็น 0110001 ในรหัสแอสกี ซึ่งตรงกับค่า 49 ในระบบเลขฐานสิบ กรณีของอักขระของอักษร A ตัวใหญ่ จะถูกเก็บเป็น 1000001 ซึ่งคือค่า 65 ในระบบเลขฐานสิบ

ในเครื่องเมนเฟรมบางเครื่อง แทนอักขระต่างๆ ด้วยรหัสแอสกี แต่สำหรับเครื่อง IBM และเครื่องเมนเฟรมอื่นๆ ใช้แทนอักขระต่างๆ ด้วย Extended Binary Coded

Decimal Interchange Code (EBCDIC) เป็นรหัสที่ประกอบด้วยเลขฐานสองมีความยาว 8 บิตเหมือนกับรหัสแอสกี แต่ค่าของเลขฐานสองที่ใช้แทนอักขระในแต่ละตัวแตกต่างกัน

ตารางที่ 2.2 แสดงการแทนอักขระต่างๆ ด้วยค่าของรหัสแอสกี

Decimal Value	Character	Decimal Value	Character	Decimal Value	Character
32	space	65	A	97	a
33		66	B	98	b
34		67	C	99	c
35	#	68	D	100	d
36	a	69	E	101	e
37	%	70	F	102	f
38	&	71	G	103	g
39		72	H	104	h
40	(	73	I	105	i
41	)	74	J	106	j
42		75	K	107	k
43	+	76	L	108	l
44		77	M	109	m
45			N	110	n
46		78	O	111	o
47	/	80	P	112	p
48	0	81	Q	113	q
49	1	82	R	114	r
50	2	83	S	115	s
51	3	84	T	116	t
52	4	85	U	117	u
53	5	86	V	118	v
54	6	87	W	119	w
55	7	88	X	120	x
56	8	89	Y	121	y
57	9	90	Z	122	z
58		91	[	123	{
59		92	\	124	|
60	<	93	]	125	}
61	=	94	^	126	~
62	>	95		127	
63	?	96		128	?
64	@				

2.3 ไอซีและไมโครโปรเซสเซอร์ (ICS AND MICROPROCESSORS)

ไมโครโปรเซสเซอร์ คือ ชิปที่บรรจุตัวประมวลผล, หน่วยคำนวณ, หน่วยตรรก และหน่วยควบคุม ส่วนวงจรรวม (Integrated circuits หรือ IC) เป็นชิปซิลิคอนบรรจุทรานซิสเตอร์หลายๆ ตัวรวมไว้ในชิปเพียงอันเดียว ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีสถานะที่เป็นของแข็ง (Solid state) ซึ่งถูกสร้างที่ Bell Telephone Laboratories ในปี ค.ศ.1948 โดย John Bardeen, William Shockley และ Walter Brattain ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้เองที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ เพราะทำให้คอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ๆ ได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นขนาด ความเร็วในการทำงาน และความทนทาน

ในเวลาต่อมา ได้มีการพัฒนาโดยนำเอาทรานซิสเตอร์หลายๆ ตัวมารวมกันในวงจรรวมเพียง 1 ตัว ซึ่งเรียกว่า ไอซี (Integrated Circuit) ซึ่งมีผลต่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อย่างมาก เช่น

1. ขนาด (Size)

คอมพิวเตอร์จะมีขนาดเล็กลง ในขณะที่ไอซีมีความจุสูงมากขึ้น

2. ค่าใช้จ่าย (Cost)

การใช้ไอซีในการออกแบบคอมพิวเตอร์จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเทคโนโลยีก่อนๆ

3. ความเร็ว (Speed)

เมื่อขนาดเล็กลง อิเล็กตรอนในวงจรจึงมีการเดินทางใช้เวลาสั้นๆ ผลคือความเร็วในการปฏิบัติการจะสูงมากขึ้น

4. กำลัง (Power) กินไฟและให้ความร้อนน้อยกว่าเทคโนโลยียุคก่อนๆ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องอยู่ในสถานที่ที่เย็นเป็นพิเศษ

เมื่อเทคโนโลยีไอซีเกิดขึ้น ต่อมามีการพัฒนาโดยนำเอาทรานซิสเตอร์มารวมกันมากขึ้น มากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นหลายระดับของการออกแบบ ขึ้นอยู่กับความจุโดยแสดงเป็นมาตราส่วนของการรวมของทรานซิสเตอร์ ได้ดังนี้

1. SSI (small-scale integration)

2. MSI (medium-scale integration)

3. LSI (large-scale integration)

4. VLSI (Superlarge-scale integration)

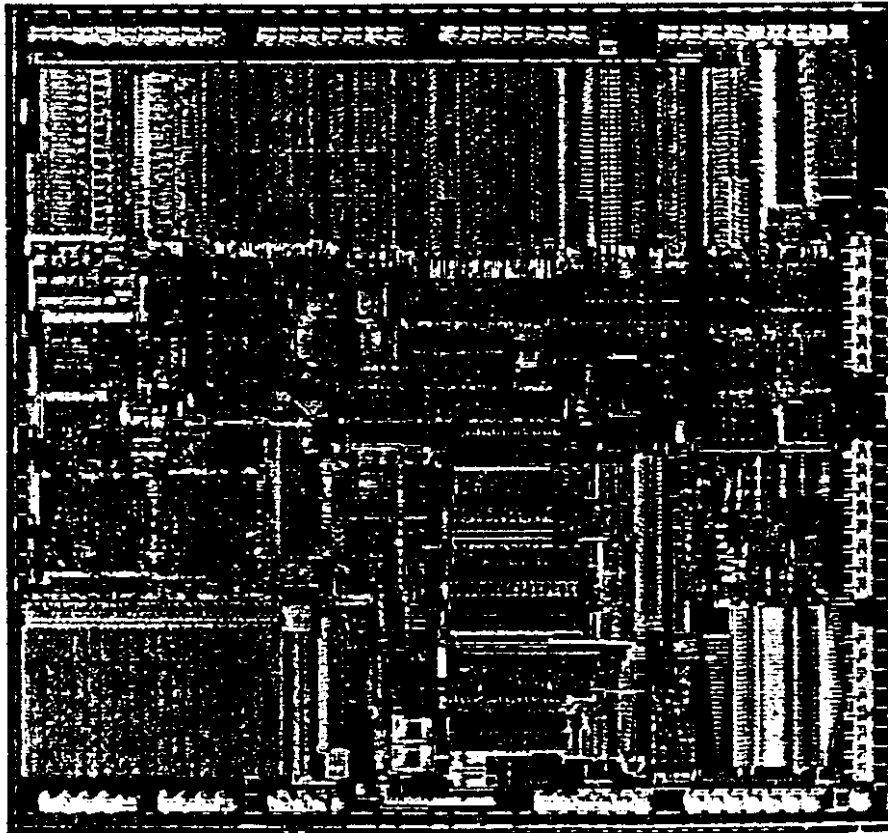
ตาราง 2-3 แสดงชนิดของ ไอซีที่มีความจุของจำนวนทรานซิสเตอร์แตกต่างกัน

IC	Number of Transistors
SSI	2 to 30
MSI	10 to 500
LSI	100 to 20,000
VLSI	10,000 to 100,000
SLSI	over 100,000

ตารางที่ 2-4 แสดงการเปรียบเทียบไมโครโปรเซสเซอร์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน

Microprocessor	No. of Bits	Data Bus (bits)	Address Bus (bits)	Computer
MOS Technology 6532	8	8	16	Apple II Commodore 64
Intel 8088	16	8	20	IBM PC and PC/XT
Motorola 68000	32	16	24	Apple Macintosh
Intel 80286	32	16	24	IBM PC:AT and PS/2
Intel 80386	32	32	32	Compaq Deskpro 386 and some IBM PS/2s

รูปข้างล่างนี้ เป็นภาพแสดงวงจร Intel 80386 มีขนาดเพียง 2 นิ้ว แต่บรรจุ
จำนวนของทรานซิสเตอร์ มากกว่า 100,000 วงจร



2.4 แนะนำไมโครโปรเซสเซอร์ Intel 80486

เป็นตัวประมวลผล ขนาด 32 บิต ซึ่งพัฒนามาจากเทคโนโลยี 386 โดยปรับปรุง
ให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม เนื่องจากไมโครโปรเซสเซอร์ Intel 80386 นั้นมีจุดอ่อนอยู่
ที่ ความเร็วของฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และกราฟิกให้ความคมชัดยังไม่ดีพอ จึงมีการพัฒนา
ชิปใหม่ขึ้นมาเพื่อแก้ไขจุดอ่อนเหล่านั้น ชื่อว่า ไมโครโปรเซสเซอร์ Intel 80486 ลักษณะ
เด่นๆ ของ Intel 80486 นี้ เป็นชิปที่เกิดจากการรวมของทรานซิสเตอร์มากถึง
1,180,285 ตัว โดยพัฒนาขึ้นมาให้เหมาะสมสำหรับงานคำนวณทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งมี
ความซับซ้อนมากๆ และงานทางด้านธุรกิจการเงิน

นอกจากนี้ยังช่วยจัดการ โครงข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะบริเวณ (local area networks) การส่งข่าวสารโดยใช้ระบบสื่อสารทางอิเล็กทรอนิกส์ (electronic messages) ภาพ (image) ที่ใช้ระบบแฟล็ก และฟังก์ชันกราฟฟิคขั้นสูงซึ่งสามารถแยกสีได้สำหรับงานพิมพ์ต่างๆ

ระบบการจัดการที่ใช้เรียกว่า OS/2 ความเร็วสัญญาณนาฬิกา 25-33 MHz โดยสามารถใช้ในระบบมินิคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก และ workstations ได้เนื่องจากมีความสามารถสูงมาก ตัวอย่างเช่น เครื่อง Prime Computer เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ 486 ซึ่งมีความเร็วถึง 120 Mips

หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ ใช้สำหรับเก็บโปรแกรม ซึ่งเป็นคำสั่งที่สั่งให้ตัวประมวลผลปฏิบัติตาม และเก็บข้อมูลที่ใช้สำหรับงานคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์และทางตรรก หน่วยความจำมีหน่วยเป็น K หรือ พันไบต์ (thousands of bytes) หน่วยความจำที่อยู่ในคอมพิวเตอร์ทุกวันนี้ ทำจากซีพียูซิลิคอน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. RAM (random access memory)

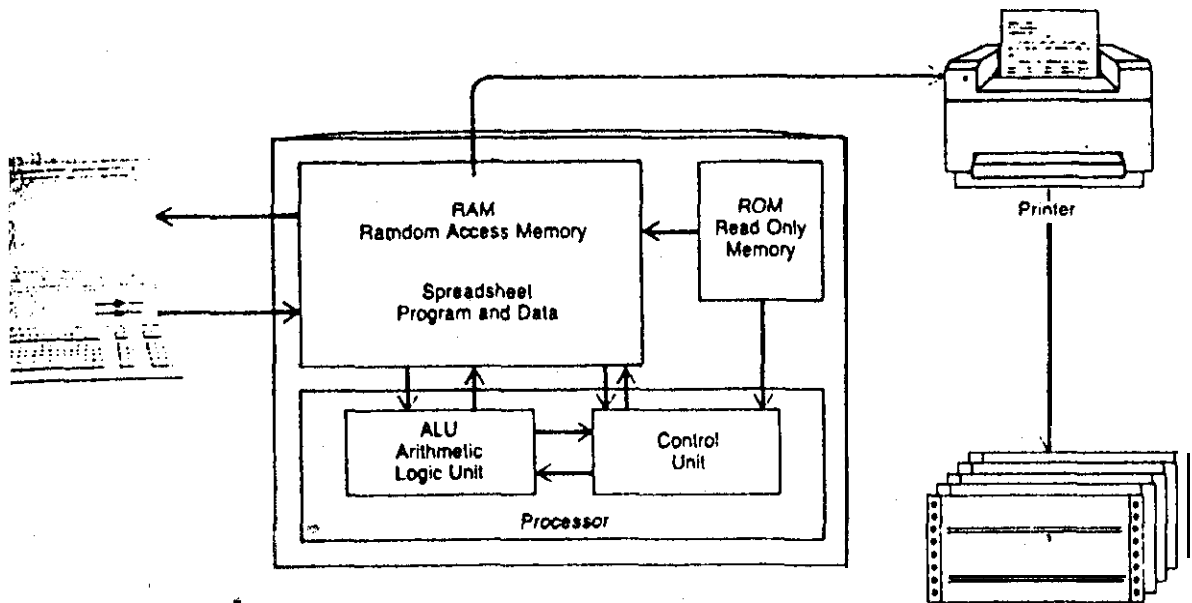
เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมที่กำลังใช้งานอยู่ในขณะนั้น (active) โดยขนาดของโปรแกรมที่ใช้ได้ไม่เกิน 640 K หน่วยความจำส่วนนี้เป็นหน่วยความจำชั่วคราว (volatile) กล่าวคือจะเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมได้ในขณะที่กำลังทำงานเท่านั้น ถ้าเกิดปิดเครื่องหรือไฟฟ้าเกิดดับกระทันหัน มีผลทำให้ข้อมูลต่างๆ ที่เก็บอยู่สูญหายไปหมด ไม่สามารถเรียกกลับคืนมาได้ ดังนั้นควรเก็บข้อมูล (save) ไว้ในจานแม่เหล็ก (disk) หรืออุปกรณ์เก็บข้อมูลอื่นๆ เป็นระยะๆ เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล มีวงจร RAM อีกชนิดหนึ่งเรียกว่า CMOS RAM พัฒนาให้ใช้ไฟจากการชาร์จแบตเตอรี่แทน กรณีที่ไฟฟ้าเกิดดับ ทำให้ข้อมูลที่เก็บอยู่ไม่สูญหาย หน่วยความจำ RAM มีความจุมากเหมาะสำหรับเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมที่มีการแก้ไขบ่อยๆ เช่น การเปลี่ยนงานทางด้านประมวลผลคำ (Word Processing) ไปเป็นสเปรดชีต (Spread sheet) หรือฐานข้อมูลซึ่งสามารถใช้คำสั่งง่ายๆ เพียงไม่กี่คำสั่ง โดยใช้เวลาในการปฏิบัติการเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2. ROM (Read-only Memory)

เป็นหน่วยความจำที่คล้ายๆ กับ RAM แต่ต่างกันที่ซีพียู ROM จะเก็บข้อมูลในคอม-

พิวเตอร์อย่างถาวร โดยข้อมูลที่เก็บอยู่นั้นจะถูกอ่านโดยตัวประมวลผลค่าได้อย่างเดียว ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลที่ถูกเก็บได้ จึงได้ชื่อว่า "read only" ประโยชน์ที่ได้คือถึงแม้ว่าไฟจะดับหรือปิดเครื่อง ข้อมูลที่เก็บอยู่ ไม่สูญหายไปไหน ยังคงอยู่เหมือนเดิม

โปรแกรมที่เก็บอยู่ใน ROM นี้ ที่สำคัญคือ BIOS (Basic Input Output System) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ปฏิบัติการเมื่อเปิดเครื่อง มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ป้อนข้อมูลและอุปกรณ์แสดงผลของคอมพิวเตอร์ เช่น อ่านข้อมูลจากคีย์บอร์ด หรือ แสดงข้อมูลทางจอภาพ เป็นต้น คอมพิวเตอร์บางเครื่อง จะเก็บตัวแปลภาษาเบสิก หรือ โปรแกรมสเปรดชีต ใน ROM เพื่อความสะดวกในการทำงาน โดยปกติโปรแกรมต่างๆ ที่เก็บนี้จะเก็บโดยถาวรและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ระหว่างการปฏิบัติงานของคอมพิวเตอร์



รูปแสดงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์และการดำเนินการทุกอย่างที่ส่งทอดข้อมูลเข้าหรือออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์

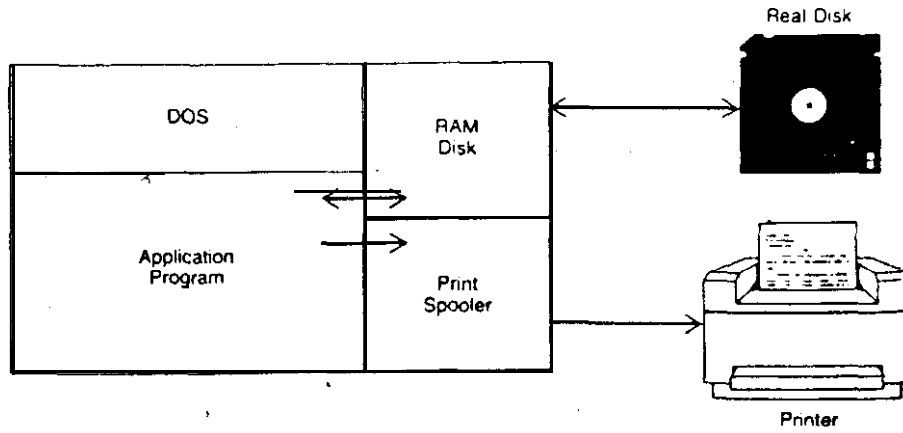
ทำไมถึงต้องการหน่วยความจำที่มีความจุมากๆ

ในปี ค.ศ. 1981 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในสมัยนั้นจะมีหน่วยความจำสูงสุดเพียง 32-48 K ในขณะที่เครื่อง IBM PC จะทำการติดตั้งให้ลูกค้ามากถึง 128 K และสามารถขยายได้สูงสุดถึง 640 K ซึ่งดูเหมือนว่าเกินความจำเป็นไป แต่เมื่อวันเวลาผ่านไป

การพัฒนาทางด้านซอฟต์แวร์ ได้พัฒนาให้มีการปฏิภาคนกัที่ระหว่างผู้ใช้และเครื่องคอมพิวเตอร์ (user-friendly) คือง่ายต่อการใช้งานมาก โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้มากนัก โปรแกรมจะบอกขั้นตอนการใช้งานอย่างชัดเจน ทำให้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาในเวลาต่อมา มีขนาดใหญ่่มาก ซึ่งหน่วยความจำที่มีอยู่ไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงมีการสร้างบอร์ดพิเศษ (special expansion boards) เพื่อขยายหน่วยความจำ แต่ก็มีซอฟต์แวร์บางตัวที่ใหญ่เกินหน่วยความจำอีก จึงมีการนำเทคนิคที่เรียกว่า bank switching ซึ่งเป็นเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับความจุของหน่วยความจำ เพื่อให้สามารถใช้ซอฟต์แวร์ต่างๆ เหล่านั้นได้ ตัวอย่างของซอฟต์แวร์ที่ต้องการขยายหน่วยความจำ คือ Lotus Symphony เป็นซอฟต์แวร์ซึ่งรวมจุดเด่นๆ ของตัวประมวลผลคำ สเปรดชีต ฐานข้อมูล กราฟฟิค และการติดต่อสื่อสารไว้ด้วยกัน

ต่อมามีการพัฒนาการทำงานโดยมีการจัดระบบปฏิบัติการและฮาร์ดแวร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้หลายงานพร้อมกัน (Multitasking) เกิดขึ้นจึงมีการสร้าง RAM disk และ print spooler ขึ้นมา ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสมือน (Virtual machine) เพื่อให้ระบบทำงานได้เร็วขึ้น โดย RAM disk คือ ส่วนของหน่วยความจำที่ทำงานเสมือนจานแม่เหล็ก แฝ้มข้อมูลใดที่ถูกใช้งานบ่อยๆ จะเก็บไว้ในส่วนนี้ ซึ่งสามารถอ่านแฝ้มข้อมูลนั้นได้จากหน่วยความจำได้โดยตรง ซึ่งเร็วกว่าที่จะไปอ่านข้อมูลจากจานแม่เหล็กจริงๆ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

ส่วน print spooler เป็นส่วนของหน่วยความจำที่ทำงานเสมือนเครื่องพิมพ์ โดยแฝ้มข้อมูลต่างๆ จะถูกเก็บไว้ที่หน่วยความจำส่วนนี้ โดยถือว่าข้อมูลได้ถูกพิมพ์แล้ว ในบางลักษณะการทำงานจะทำงานในลักษณะขนานกันไป (Concurrent) คือทำการปฏิบัติการตั้งแต่ 2 ปฏิบัติการขึ้นไป เช่น ทำการแก้ไขจดหมายที่พิมพ์ในการประมวลผลคำ (Word Processing) ในขณะที่เดียวกัน เครื่องพิมพ์กำลังพิมพ์ใบเสร็จของลูกค้าอยู่ เป็นต้น ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้มากเช่นกัน



รูปแสดงการใช้อุปกรณ์เสมือนของเครื่องคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์หน่วยความจำอื่นๆ

โดยปกติแล้วคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานธุรกิจ จะมีหน่วยความจำทั้ง RAM และ ROM แต่มีคอมพิวเตอร์บางเครื่องอาจมีการใช้ PROM (programmable read-only memory) หรือ EPROM (Erasable programmable read-only memory)

Prom เป็นหน่วยความจำที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมนำไปเก็บไว้ได้ โดยจะเก็บอย่างถาวรเหมือนกับ ROM ประโยชน์คือ ผู้ใช้หรือเจ้าของคอมพิวเตอร์สามารถบันทึกโปรแกรมของตนเองไว้ใน PROM ได้

ส่วน EPROM เหมือน PROM ต่างกันที่โปรแกรมที่บันทึกไว้นั้นสามารถลบหรือแทนที่โปรแกรมเดิมได้ เราสามารถลบข้อมูลโดยใช้แสงอุลตราไวโอเล็ต หรือ ปฏิบัติการทางไฟฟ้า ประโยชน์ของ PROM และ EPROM ใช้สำหรับงานที่ใช้ตามวัตถุประสงค์พิเศษ (special purpose applications) ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วไม่พบบ่อยนักที่จะเป็นงานทางด้านธุรกิจ

การกำหนดตำแหน่งที่อยู่ในหน่วยความจำ (Addressing Memory)

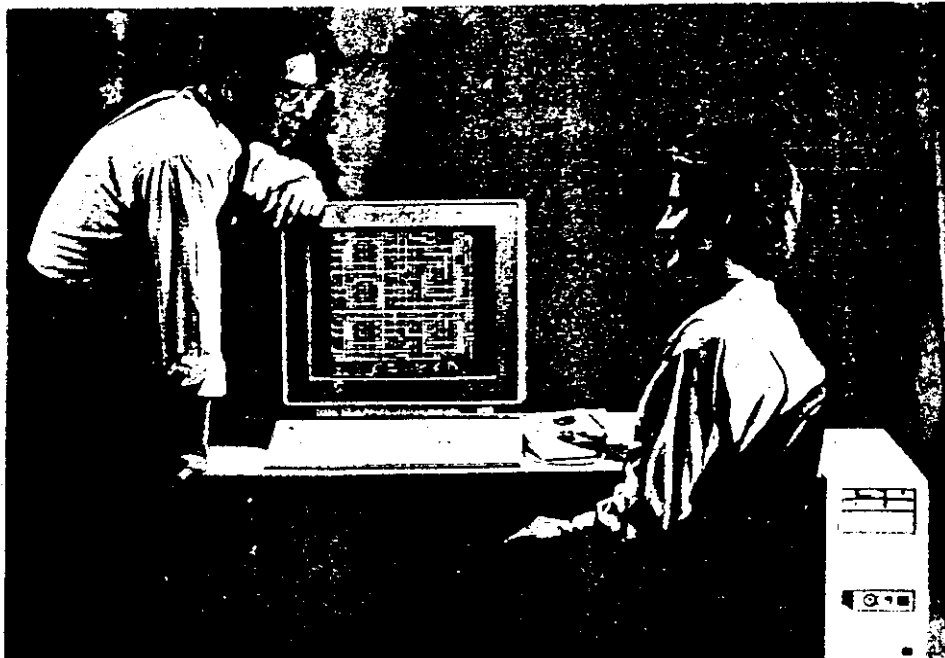
ซีพียูของหน่วยความจำคือแถวของตำแหน่งที่ข้อมูลและโปรแกรมเก็บอยู่ คอมพิวเตอร์จะปฏิบัติงานตามคำสั่งในโปรแกรม ซึ่งต้องรู้ว่าข้อมูลที่ต้องการอยู่ที่ไหน ถึงจะนำมาปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง ในบางโปรแกรมมีการกระโดดข้ามการทำงาน (branch) มีการตัดสินใจ (decision) หรือการทำงานวนรอบ (looping) ซึ่งกิจกรรมต่างๆ ทั้งหมดจำเป็นต้องรู้ถึงที่อยู่ หรือ ตำแหน่งของโปรแกรมคำสั่ง และข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดด้วย

ในแต่ละไบต์ของหน่วยความจำ มีตำแหน่งที่อยู่ (address) เพียงที่เดียว (unique) โปรแกรมจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลเพื่อจัดทำให้กับหน่วยควบคุมตำแหน่งที่อยู่ของหน่วยความจำนั้นเริ่มที่ 0 เพิ่มขึ้นจนถึงตำแหน่งสูงสุดที่สามารถเก็บข้อมูลได้ เช่น คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำ 16 K จะมีที่อยู่ตั้งแต่ 0 ถึง 16,383 ตำแหน่ง

ตารางที่ 2-5 แสดงตำแหน่งที่อยู่ของคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำ 16 Kbytes

Addresses							
Decimal	0	1	2	3	4	5	
Hexadecimal	0	1	2	3	4	5	
Decimal	16 378	16 379	16 380	16 381	16 382	16 383	
Hexadecimal	3FFA	3FFB	3FFC	3FFD	3FFE	3FFF	

รูปแสดงภาพของเครื่อง IBM PC/RT ใช้ Risc processor มีความเร็วของการปฏิบัติการมากกว่าเครื่อง PC ธรรมดาถึง 4 เท่า



2.5 RISC ไมโครโปรเซสเซอร์

ลักษณะงานบางอย่าง เช่น งานที่ต้องการความคมชัดของภาพสูง หรือการประมวลผลหลายๆ โปรแกรมพร้อมกันโดยใช้ซีพียูหลายตัว (Multiprocessing) หรืองานที่มีการคำนวณมากๆ งานต่างๆ เหล่านี้จำเป็นต้องใช้ความเร็วในการทำงานสูงมาก การแก้ปัญหาวิธีหนึ่งคือพัฒนาซีพียูตัวประมวลผลใหม่ขึ้นมา ชื่อว่า RISC (reduced instruction set computer) โดยลดจำนวนของคำสั่งให้น้อยกว่าซีพียูอื่นๆ ทำให้การประมวลผลมีความเร็วสูงขึ้น มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม คอมพิวเตอร์ที่ใช้ RISC ไมโครโปรเซสเซอร์ คือ IBM PC/RT มีความเร็วในการทำงานถึง 2 ล้านคำสั่งต่อวินาที หรือ 2 MIPS ในขณะที่เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC มาตรฐาน มีความเร็วเพียง 0.5 MIPS งานที่เหมาะสมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ RT ควรเป็นงานที่ต้องการความเร็วมาก เช่น งานประยุกต์ด้านวิศวกรรม

2.6 ช่องเสียบสำหรับรับแผงวงจรอื่น (Expansion slot)

ไมโครโปรเซสเซอร์ มีการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล โดยผ่านทางบัสหรือ ช่องสื่อสาร (channel) เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบคอมพิวเตอร์มีความแตกต่างกัน จึงมีการสร้างบอร์ดพิเศษ ซึ่งเรียกว่า expansion slot เพื่อให้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างบัสกับอุปกรณ์ต่างๆ โดยมีช่องเสียบสำหรับแผงวงจรอื่นเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการทำงาน เรียกว่า expansion slot แผงวงจรนี้เรียกว่า expansion card ซึ่งแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงาน แต่มีอุปกรณ์บางอย่างที่มีการเชื่อมต่อโดยไม่ต้องใช้แผงวงจร อุปกรณ์นี้ได้แก่ คีย์บอร์ด นั่นเอง

จำนวนช่อง (slots) จะแตกต่างกันไปตามการออกแบบของคอมพิวเตอร์ เช่น เครื่อง IBM PC มี 5 ช่อง, เครื่อง Apple II มี 8 ช่อง, เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC/AT มี 8 ช่อง, เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PS/2 มีตั้งแต่ 3 ช่องขึ้นไปขึ้นอยู่กับรุ่น โดยบางรุ่นมีช่องน้อยแต่การทำงานมีประสิทธิภาพมากกว่ารุ่นที่มีช่องมากก็ได้ เนื่องจากนำไปเพิ่มไว้ภายในตัวเครื่อง (built-in) เพื่อเป็นลักษณะเด่นของเครื่องรุ่นนั้นๆ

expansion boards โดยทั่วไป จะมีความสามารถในการปฏิบัติการ ดังนี้

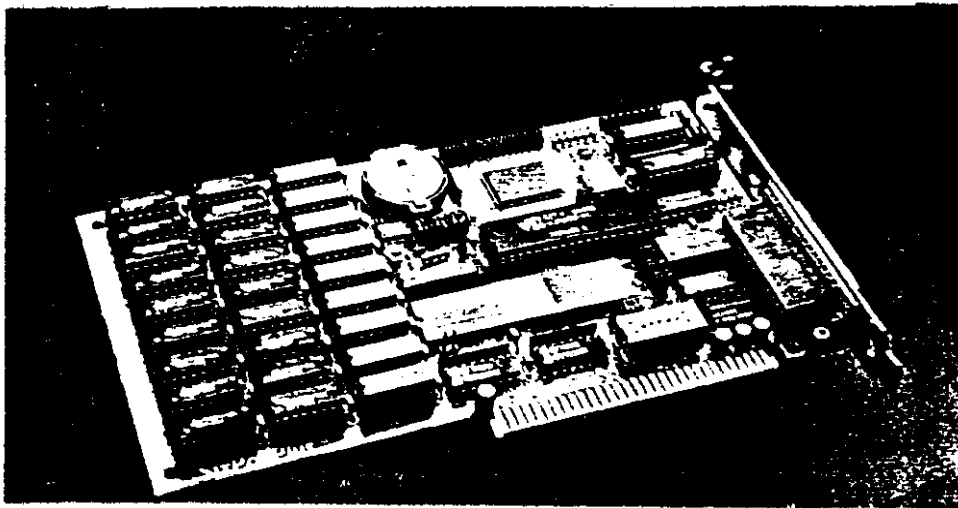
1. RS-232C serial port ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์ โมเด็ม หรือ เม้าส์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ชนิดอนุกรม คือมีการรับ-ส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต
2. parallel port ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์ ที่เป็นการรับ-ส่งข้อมูลแบบขนาน คือ รับ-ส่งข้อมูลครั้งละ 1 ไบท์
3. เตรียมไว้สำหรับขยายหน่วยความจำ (RAM)

4. game port ใช้เชื่อมต่อกับ joystick
5. Color/graphics adapter สำหรับจอภาพสี RGB ที่มีคุณภาพสูง
6. hard card เตรียมไว้สำหรับตัวขับจานแม่เหล็ก (fixed disk drive) ชนิดถาวร
7. accelerator board เช่น PC Turbo เพื่อเพิ่มความเร็วในการปฏิบัติการ

จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์ในบางรุ่นมีจำนวนช่องจำกัด จึงมีการพัฒนา multi-function boards ขึ้น ซึ่งใน 1 ช่องเสียบ (slot) มีความสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้มากกว่า 1 ฟังก์ชัน ตัวอย่างเช่น Six-Pack Plus ซึ่งวิจัยโดย AST Research ซึ่งสามารถกระทำฟังก์ชันต่างๆ ได้ดังนี้

1. ขยายหน่วยความจำ
2. parallel port
3. Two serial port
4. Color graphic port
5. Battery-backed clock/calendar

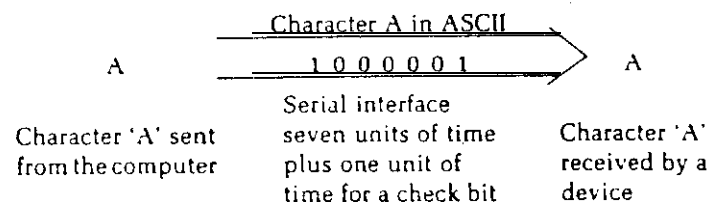
รูปแสดงภาพของช่องเสียบ (expansion slots) ซึ่งเตรียมไว้สำหรับรับแผงวงจรอื่น (expansion card) สำหรับเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์



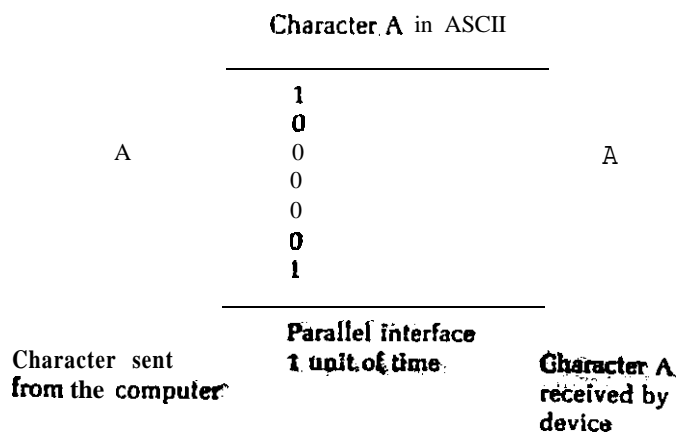
ความแตกต่างระหว่างตัวเชื่อมต่อแบบขนาน (parallel interface) และตัวเชื่อมต่อแบบอนุกรม (serial interface)

อุปกรณ์บางชนิด เช่น เครื่องพิมพ์ สามารถมีการรับ-ส่งข้อมูลทั้งแบบขนานและแบบอนุกรม ขึ้นอยู่กับตัวเชื่อมต่อ (interface) ความแตกต่างของตัวเชื่อมต่อทั้ง 2 ลักษณะ มีรายละเอียดดังนี้

ตัวเชื่อมต่อแบบอนุกรม เป็นการติดต่อสื่อสารที่รับ-ส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต ดังนั้นถ้าต้องการส่งตัวอักษร 1 ตัว เมื่อแทนด้วยรหัสแอสกี แล้วประกอบด้วยเลขฐานสองจำนวน 8 บิต ดังนั้นในการส่งข้อมูล ต้องมีการส่งถึง 8 ครั้งด้วยกัน มีผลให้ความเร็วในการปฏิบัติงานจะช้ากว่าการเชื่อมต่อแบบขนานมาก การรับ-ส่งข้อมูลลักษณะนี้ เหมาะสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ความเร็วต่ำ เช่น โมเด็ม (modem) หรือ เมาส์ (mouse)



จุดต่อแบบขนาน (parallel port) เป็นการติดต่อสื่อสารที่ส่งข้อมูลครั้งละ 1 ไบท์ โดยส่งทุกๆ บิตไปพร้อมๆ กัน คือส่งครั้งละ 1 ตัวอักษรนั่นเอง ความเร็วในการปฏิบัติงานเร็วกว่า การเชื่อมต่อแบบอนุกรม ซึ่งมีผลให้ค่าใช้จ่ายสูงตามไปด้วย อุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบขนาน ได้แก่ เครื่องพิมพ์ ตัวขับจานแม่เหล็ก เป็นต้น

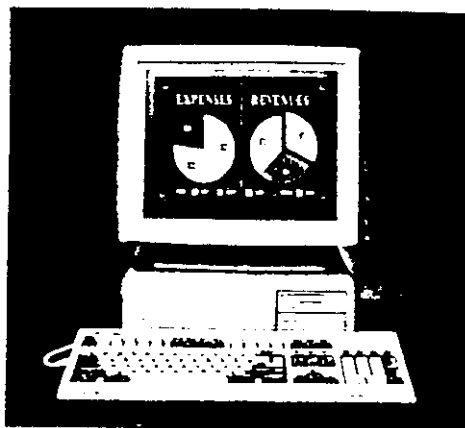
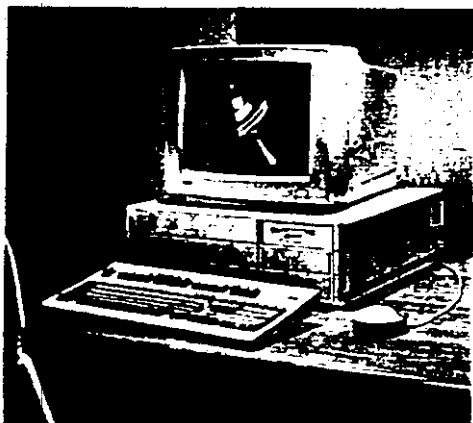


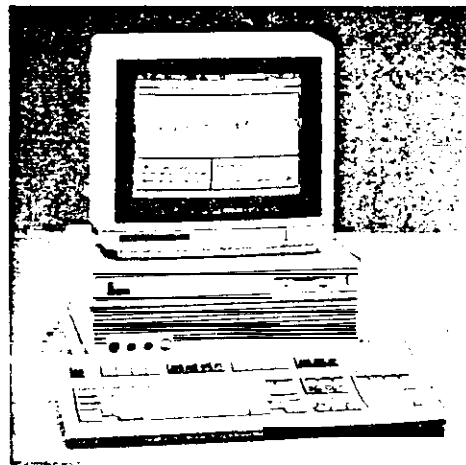
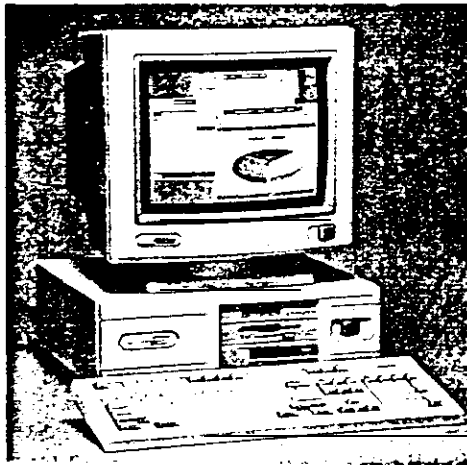
2.7 คอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการทำงานแทนกันได้ (Compatible)

เมื่อมีการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC ในปี ค.ศ.1981 ปรากฏว่าได้รับความนิยมอย่างมาก และได้กลายเป็นมาตรฐานสำหรับวัดประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลอื่นๆ โดยผู้ผลิตอื่นๆ ได้สร้างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของตนเอง โดยใช้ IBM PC เป็นต้นแบบ ซึ่งเราเรียกคอมพิวเตอร์เหล่านี้ว่า Comaptibles หรือ clones โดยจะเลียนแบบลักษณะที่เด่นๆ และสามารถทำงานโดยใช้ซอฟต์แวร์เหมือนกับเครื่อง IBM PC ต้นแบบทุกประการ

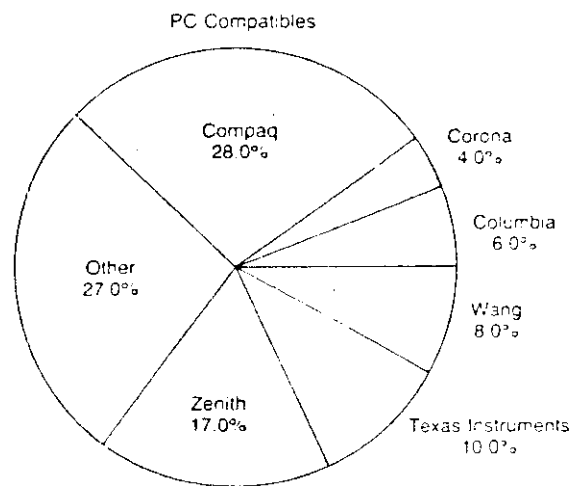
ในช่วงแรกๆ clones จะไม่ประสบความสำเร็จในตลาดมากนัก เนื่องจากทำงานไม่เหมือนเครื่อง IBM PC 100 เปอร์เซ็นต์ บางโปรแกรมไม่สามารถทำงานได้ จึงมีการปรับปรุงโดยพัฒนาซอฟต์แวร์ของตนเองเพื่อให้แน่ใจว่าทำงานได้จริง ทั้งยังตั้งราคาต่ำรวมทั้งมีการเพิ่มความเร็ว และก็มีการแถมซอฟต์แวร์เพื่อให้ใช้งานฟรี ซึ่งเป็นกลยุทธ์ในการแย่งส่วนแบ่งของตลาด บริษัทที่ประสบความสำเร็จในการสร้างคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการทำงานแทนกันได้ Compaq ซึ่งผลิตคอมพิวเตอร์ส่วนตัวชนิดเคลื่อนย้ายเป็นชุดและมีขนาดกระทัดรัดสามารถถือติดตัวไปได้ ในปี ค.ศ.1982 และคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ ในปี ค.ศ.1984

เมื่อบริษัท IBM ผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์ PC/XT และ PC/AT ทางผู้ผลิตคอมพิวเตอร์รายอื่นได้สร้างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ AT ที่สามารถทำงานแทนกันได้ เช่น Deskpro 286 ในปี ค.ศ.1985 ซึ่งมีความเร็วถึง 8 MHz และอีก 1 ปีต่อมา ได้ผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์ Deskpro 386 โดยใช้ชิปโปรเซสเซอร์ 80386





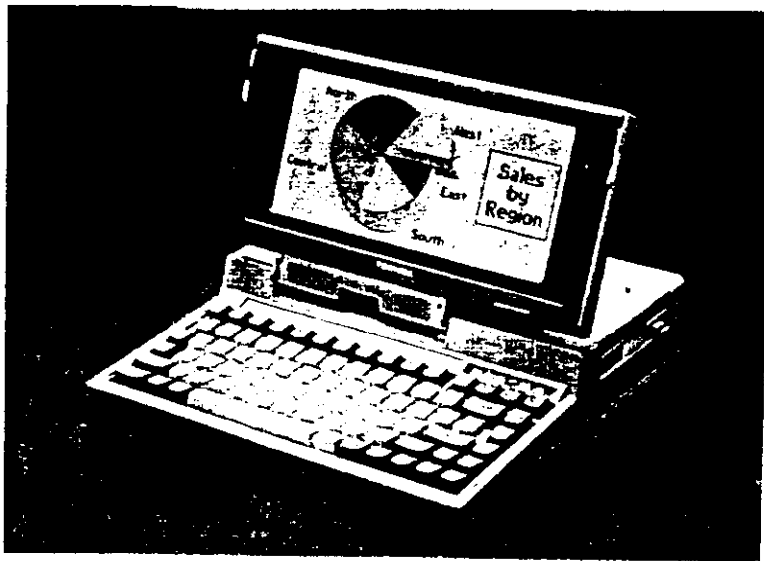
ภาพแสดงคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการทำงานแทนเครื่อง IBM PC



รูป 2-4 แสดงเปอร์เซ็นต์ในการแบ่งตลาดของบริษัทผู้ผลิตที่ผลิตคอมพิวเตอร์ PC ที่สามารถทำงานแทนเครื่อง IBM PC/XT/AT โดยมีส่วนแบ่งตลาดรวม 60%

2.8 Footprints และ Laptops

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยทั่วๆ ไป จะมีขนาดเล็กโดยสามารถตั้งไว้บนโต๊ะ เพื่อสามารถทำงานได้ แต่ถ้าต้องการเพิ่มความจุ หรือประสิทธิภาพในการทำงาน แนวโน้มขนาดของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจะมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ในปี ค.ศ. 1987 มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในตลาดคอมพิวเตอร์ กล่าวคือไม่มีความต้องการโต๊ะเพื่อวางคอมพิวเตอร์ (footprint) เนื่องจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นใหม่ๆ มีขนาดเล็กมาก แต่ประสิทธิภาพในการทำงานเท่าเดิม หรือดีกว่าเดิม ขนาดที่เล็กลงไปนี้เกิดจากการใช้เทคโนโลยี VLSI ทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กนั่นเอง คอมพิวเตอร์ขนาดกระทัดรัดเหล่านี้ถือได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ส่วนตัวชนิดเคลื่อนย้ายเป็นชุด สามารถถือติดตัวไปได้ ซึ่งเรียกว่า portable computers หรือ laptops ใช้งานหนักชนิดอ่อนขนาด 3 1/2 นิ้ว ความยาวเครื่อง 11-12 นิ้ว น้ำหนัก 10-20 ปอนด์ มีหน้าจอขนาดเล็ก ซึ่งสามารถพับหน้าจอลงได้ แสดงผลโดยใช้ผลึกใส (liquid crystal display (LCD)) เครื่องส่วนมากจัดหากำลังไฟฟ้าไว้ภายในโดยปกติใช้แบตเตอรี่ สามารถใช้ได้ในสถานที่ต่างๆ ได้โดยสะดวก เช่น ในรถยนต์ บนเครื่องบิน แม้กระทั่งสนามหญ้าหน้าบ้าน เหมาะสำหรับผู้บริหาร, ตัวแทนฝ่ายขาย, ผู้ออกรายงาน (reporters) หรือบุคคลอื่นๆ ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพขณะเดินทาง เพราะระบบเหล่านี้สามารถใช้โปรแกรมและแฟ้มข้อมูลเหมือนกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานทุกประการ



ภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ Toshiba T1200 ซึ่งเป็น laptops ทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ที่อยู่ภายใน ซึ่งสามารถทำงานได้นานถึง 7 ชั่วโมง มีหน่วยความจำ 1 MB และตัวขับเคลื่อนแม่เหล็ก (disk drives) ขนาด 3 1/2 นิ้ว 2 ตัว ซึ่งมีความจุตัวละ 720 K ไบท์

2.9 เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM's PERSONAL SYSTEM 2

ในปี ค.ศ.1987 บริษัท IBM ได้ผลิตเครื่อง Personal System/2 (PS/2) ประกอบด้วยหลายโมเดล คือ

1. Model 30 ใช้พื้นฐานของโปรเซสเซอร์ เบอร์ 8086 มีหน่วยความจำขนาด 640 Kb
2. Model 50 และ 60 ใช้พื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ 80286 มีหน่วยความจำขนาด 1 Mb
3. Model 80 เป็นคอมพิวเตอร์ขนาด 32 บิต ใช้โปรเซสเซอร์ เบอร์ 80386 มีหน่วยความจำ RAM ขนาด 2 Mb

จุดเด่นของทุกๆ โมเดลคือความเร็วสูงกว่าเครื่อง IBM PC และมีความละเอียดของจอภาพถึง 1024 จุด นอกจากนี้มีขนาดเล็ก มี 2 ไดรฟ์ คือ ขนาด 3 1/2 นิ้ว และ 5 1/4 นิ้ว มีความจุของฮาร์ดดิสก์ 20-115 Mbytes การเข้าถึงอุปกรณ์ต่างๆ ใช้โครงสร้างใหม่ ชื่อว่า MCA (Multiplexor Channel Architecture) ซึ่งใน Model 50 และ 60 มีบัสข้อมูลถึง 16 บิต จุดเด่นที่เห็นได้ชัดคือ MCA จะควบคุมงานบันทึกชนิดก่อน โดยสร้างไว้ที่บัสระบบ ไม่จำเป็นต้องมีช่องเสียบสำหรับแผงวงจร ฮาร์ดแวร์ของ MCA เป็นชิปที่สร้างขึ้นใช้เฉพาะ (Custom Chip) ซึ่งไม่เหมือนกับคอมพิวเตอร์ในรุ่นอื่นๆ ใช้ Operating System/2 (OS/2) เป็นระบบสนับสนุนการสื่อสารโทรคมนาคม และการจัดระบบปฏิบัติการและฮาร์ดแวร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้หลายๆ งานพร้อมกันได้ ในหน่วยงาน เช่น โปรแกรมประมวลผลคำ (Word Processing) จดหมายข่าวอิเล็กทรอนิกส์ (electronic mail) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ชนิดที่มีการคำนวณในรูปของตาราง (Spreadsheets) และการจัดการฐานข้อมูล เป็นต้น



2.10 NeXT Computer

ในปี ค.ศ.1988 Steven Jobs และ Steve Wozniak ได้พัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์ ชื่อ NeXT ขึ้นมา โดยพัฒนาจาก เครื่อง Apple และเครื่อง Macintosh เครื่องคอมพิวเตอร์ NeXT เป็นคอมพิวเตอร์ชนิดตั้งโต๊ะขนาด 1 ลูกบาศก์ฟุต มีความเร็วในการปฏิบัติการสูงถึง 32 MHz ซึ่งเร็วกว่าคอมพิวเตอร์ เบอร์ 80386 มาก ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ของ Motorola 68030 และประกอบด้วยชิพ VLSI 2 ชิป (very large scale disk) มีความจุ 250 Mbytes ดิสก์ที่ใช้สามารถเคลื่อนย้ายได้ (removable) จึงสามารถเก็บข้อมูลได้ไม่จำกัด มีโมเด็มและโทรสารอยู่ในตัวเครื่อง ใช้สถาปัตยกรรมโครงสร้างเปิด คือเลียนแบบคอมพิวเตอร์ IBM รวมทั้งเพิ่มจุดเด่นใหม่ๆ เสริมเข้าไป เช่น สามารถพิมพ์ตัวอักษร Post Script ซึ่งใช้สำหรับเครื่องเลเซอร์พริ้นเตอร์เท่านั้น โดยสามารถแสดงออกทางหน้าจอขาวดำ ความละเอียดของกราฟิก ความคมของภาพถึง 1 ล้านจุดต่อหน่วยพื้นที่ จอแสดงผลสามารถที่จะบรรจุเสียง และต่อกับแจคสำหรับวิทยุขนาดเล็กได้ มีระบบการจัดการชื่อว่า MACH สร้างขึ้นโดย Carnegie-Mellon University ซึ่งสามารถทำงานแทนได้ (Compatible) กับระบบการจัดการยูนิก (UNIX) แต่การพิมพ์รายงานใช้ได้ง่ายกว่าระบบของ UNIX มาก เหมาะกับการจัดระบบปฏิบัติการและฮาร์ดแวร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้หลายงานพร้อมกัน นอกจากนี้ มี CD-quality stereo sound ใช้สำหรับประมวลผลเสียง (Voice) รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องพิมพ์ โดยเฉพาะเครื่อง laser printer สามารถให้ความคมชัดถึง 400 จุดต่อ 1 นิ้ว

NeXT Computer ได้จัดเตรียมซอฟต์แวร์หลายๆ โปรแกรมเพื่อช่วยในการปฏิบัติงาน เช่น

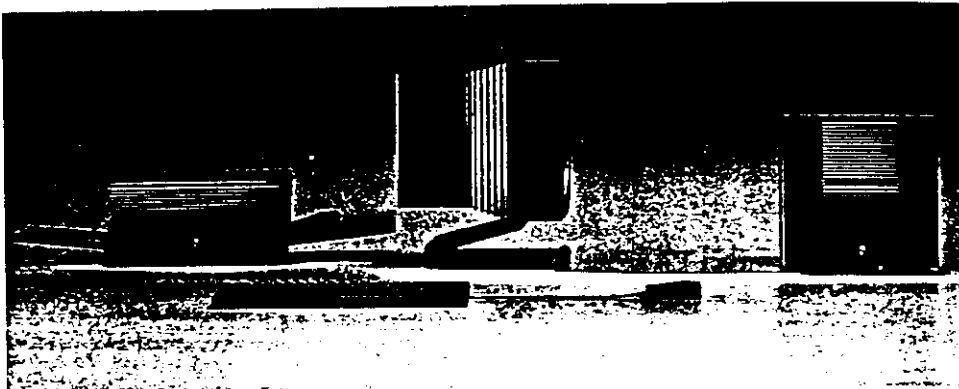
1. WriteNow เป็นซอฟต์แวร์เพื่อใช้ประมวลผลคำ
2. Mathematica ใช้สำหรับประมวลผลสัญลักษณ์สำหรับงานทางด้านคณิตศาสตร์
3. Allegro CL Common Lisp สำหรับงานประยุกต์ทางด้านปัญญาประดิษฐ์
4. Digital Librarian สำหรับการค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูลที่ต้องการความ

เร็วสูง

ซอฟต์แวร์เหล่านี้เป็นลิขสิทธิ์ของบริษัท IBM ดังนั้นจึงสามารถปฏิบัติการได้ในคอมพิวเตอร์ชนิดอื่นๆ

นอกจากนี้ มีจานแสง (optical disk) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้อ้างอิงในการทำงาน ข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่

1. Webster's Ninth New Collegiate Dictionary
2. Webster's Collegiate Thesaurus
3. Oxford Dictionary of Quotations
4. ผลงานของ William Shakespeare



แสดงภาพของ NeXT Computer

2.11 ตัวประมวลผลเมนเฟรม (Mainframe Processors)

คอมพิวเตอร์ขนาดเมนเฟรมจะใช้เป็นศูนย์กลางของการประมวลผล แตกต่างจาก

เครื่อง PC ที่เครื่อง PC ใช้ได้โดยบุคคลเพียงคนเดียว แต่เครื่องเมนเฟรมสามารถมีผู้ใช้
งานได้เป็นจำนวนมาก ความเร็วในการทำงานและความจุสูงมาก

ความเร็ว

เนื่องจากเครื่องเมนเฟรมได้ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้ประมวลผลสำหรับผู้ใช้จำนวน
มากในเวลาเดียวกัน ความเร็วของตัวประมวลผล (Processor) จึงสูงถึง 1,000,000
คำสั่งต่อวินาที

ตารางที่ 2-6 แสดงหน่วยวัดความเร็วของคอมพิวเตอร์เมนเฟรม

Unit	Fraction of a Second	Computers
Millisecond (ms)	One-thousandth (1/1,000)	First generation
Microsecond (μ s)	One-millionth (1/1,000,000)	Second generation
Nanosecond (ns)	One-billionth (1/1,000,000,000)	Third generation to present time
Picosecond (ps)	One-trillionth (1/1,000,000,000,000)	

ขนาดของหน่วยความจำ

โดยทั่วไปจะมีหน่วยความจำมากกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งจำกัดที่ 640
Kbytes ขนาดของหน่วยความจำของเครื่องเมนเฟรมสามารถขยายได้ถึงล้านไบต์

ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ของเครื่องเมนเฟรมได้ถูกออกแบบเพื่อใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน มี
การจัดการระบบปฏิบัติการและฮาร์ดแวร์เพื่อให้ผู้ใช้หลายคนสามารถใช้งานระบบเดียวกันได้พร้อม
กัน (multiuser) และให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้หลายงานพร้อมกัน (multitasking)

ความต้องการพิเศษ

ค่าใช้จ่ายคือปัจจัยที่สำคัญเนื่องจากราคาสูงถึง 100 ถึง 1000 ล้านดอลลาร์ ซึ่ง

มีหลายๆ หน่วยงาน ใช้วิธีการเช่าหรือยืม เพื่อลดค่าใช้จ่าย นอกจากนั้นตัวเครื่องมีขนาดใหญ่ ต้องมีการออกแบบห้อง ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน มีเครื่องปรับอากาศซึ่งให้ความเย็นจัดและติดตั้งเดินสายไฟแบบพิเศษ มีอุปกรณ์ป้องกันไฟไหม้ และเครื่องมอดับเพลิง ซึ่งควรเตรียม เครื่องมือต่างๆ เพื่อป้องกันมิให้เครื่องคอมพิวเตอร์เสียหาย (security)



รูปแสดงตัวประมวลผลเมนเฟรมและส่วนประกอบต่างๆ ที่ติดตั้งในห้องคอมพิวเตอร์



รูปแสดงถึงการติดต่อระหว่างผู้ใช้คอมพิวเตอร์กับตัวประมวลผลเมนเฟรม จากสถานีรับส่งข้อมูลปลายทาง

Fault-Tolerant Computer

เป็นเทคนิคที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ.1960 โดย NASA โดยออกแบบเพื่อใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เมนเฟรม หรือ ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ Fault-Tolerant machines ประกอบด้วย ตัวประมวลผลหลายตัว ซึ่งถ้าเกิดตัวใดตัวหนึ่งเสีย ตัวอื่นที่เหลือจะเข้าทำงานทันที ดังนั้น ในการออกแบบจึงต้องออกแบบระบบให้สามารถตรวจสอบความผิดพลาดได้ เพื่อป้องกันไม่ให้ระบบหยุดทำงาน ซึ่งเทคนิคนี้เป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือในการทำงานให้แก่ผู้ใช้เป็นอย่างมาก

ผลกระทบของคอมพิวเตอร์เมนเฟรมที่เกิดจากคอมพิวเตอร์พีซี

ซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เมนเฟรมนั้นจะเป็นซอฟต์แวร์ดั้งเดิม โดยมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ๆ น้อย ในขณะที่เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ใหม่ๆ เพื่อใช้ในการประยุกต์ต่างๆ อย่างมากมาย ทั้งซอฟต์แวร์ที่ใช้งานในเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี เช่น โปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชนิดที่มีการคำนวณในรูปแบบของตาราง ถ่ายต่อการเรียนรู้ และถ่ายต่อการใช้งาน ซึ่งผิดกับซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับเครื่องเมนเฟรม ต้องเรียนรู้การใช้งาน โดยฝึกฝนอย่างจริงจัง และมีความรู้ทางเทคนิค ซึ่งไม่มีการปฏิภาคที่ตีระหว่างผู้ใช้และเครื่องคอมพิวเตอร์เลย ซึ่งส่งผลให้ผู้ใช้เครื่องเมนเฟรมต้องการซอฟต์แวร์ที่ถ่ายต่อการใช้งานบ้าง จึงเป็นเหตุให้เกิดการปรับปรุงซอฟต์แวร์ต่างๆ ขนานใหญ่ โดยมีการเลียนแบบเทคนิคต่างๆ ที่ดีที่ใช้ในซอฟต์แวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี เพื่อพัฒนาให้ซอฟต์แวร์มีประสิทธิภาพดี ผลผลิตสูง และเพิ่มความพอใจให้แก่ผู้ใช้เครื่องเมนเฟรม

บทสรุป

1. บิตเป็นเลขโดดฐานสอง (binary digit) และเป็นสมาชิกหรือค่าที่เล็กที่สุด ที่ใช้แทนในคอมพิวเตอร์
2. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล มีหลายขนาด คือ คอมพิวเตอร์ ขนาด 8 บิต 16 บิต และ 32 บิต ซึ่งที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC ขนาด 16 บิต
3. ไบท์ คือจำนวนข้อมูล 8 บิต เป็นหน่วยพื้นฐานของข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ใช้แทนตัวอักษรต่างๆ เช่น ตัวเลข ตัวอักษร เครื่องหมาย หรือสัญลักษณ์พิเศษ
4. หน่วยประมวลผลกลาง หรือไมโครโปรเซสเซอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการปฏิบัติการต่างๆ ในคอมพิวเตอร์ โปรเซสเซอร์ส่วนมากในปัจจุบันเป็น ซีพียูรวมตัวเล็กๆ 1 ตัว โดยโปรเซสเซอร์นี้สามารถปฏิบัติการข้อมูลได้ครั้งละ 16 บิต หรือ 2 ไบท์
5. คอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิตโดยทั่วไป มีหน่วยความจำสูงสุด 640 K ไบท์ สำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการประมวลผล
6. บัสข้อมูล คือสายสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ 16 บิต จะมีบัสข้อมูล 8 บิต บัสตำแหน่งที่อยู่ ทำหน้าที่นำตำแหน่งที่อยู่ของอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมดในหน่วยความจำ เชื่อมต่อกับบัสข้อมูล
7. ความเร็วของคอมพิวเตอร์ขึ้นอยู่กับความเร็วของสัญญาณนาฬิกา (clock) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สร้างสัญญาณสม่ำเสมอเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องกัน โดยวัดจากจำนวนของวัฏจักรต่อวินาที หรือ MHz นั้นเอง
8. จำนวนฐาน 2 (Binary numbers) เป็นจำนวนเลขที่แทนด้วยเลข 0 และ 1
จำนวนฐาน 10 (Decimal numbers) เป็นจำนวนเลขที่แทนด้วยเลข 0 ถึง 9
จำนวนฐาน 16 (Hexadecimal numbers) เป็นจำนวนเลขที่แทนด้วยเลข 0 ถึง 15 โดยที่เลข 10 ถึง 15 ใช้อักษร A ถึง F แทน
9. รหัสที่ใช้แทนข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ส่วนมากใช้รหัสแอสกี (American Standard Code for Information Interchange หรือ ASCII) เป็นรหัสขนาด 8 บิต โดยใช้ 7 บิตสำหรับแทนตัวอักขระบิตที่ 8 สำหรับตรวจสอบ ซึ่งสามารถแทนตัวอักขระที่แตกต่างกันได้ 2^7 หรือ 128 ตัวอักขระ
10. RAM ย่อมาจาก Random Access Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมต่างๆ ที่กำลังใช้งานอยู่ในขณะนั้น มีความจุของหน่วยเก็บข้อมูล เท่ากับ 640

Kbytes

11. ROM ย่อมาจาก Read-Only Memory เป็นชิปหน่วยความจำที่คล้ายๆ กับ RAM แต่ต่างกันว่า ROM เก็บข้อมูลอย่างถาวร โดยข้อมูลที่เก็บใน ROM ชื่อว่า BIOS เป็นโปรแกรมที่จะปฏิบัติการทางด้านข้อมูลเข้าและข้อมูลออกพื้นฐาน กรณีที่ผู้ใช้เริ่มทำงานหรือเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ครั้งแรก
12. ในแต่ละไบต์ที่อยู่ในหน่วยความจำ จะมีตำแหน่งที่อยู่เพียงที่เดียว (unique) โดยเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 0 ถึงค่าสูงสุด
13. คอมพิวเตอร์มีสถาปัตยกรรมเปิด (Open architecture) จะมีจำนวนของช่องเสียบสำหรับแผงวงจรอื่นเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์
14. อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล นั้นอาจเป็นอุปกรณ์ที่มีจุดต่อสัญญาณแบบอนุกรม (serial port) หรือ จุดต่อแบบขนาน (parallel port)