

บทที่ 3

ระบบคอมพิวเตอร์

วัตถุประสงค์ในการเรียนรู้

เพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน โดยพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้

1. องค์ประกอบและหน้าที่ของระบบคอมพิวเตอร์
2. คอมพิวเตอร์ทำงานอย่างไร
3. คอมพิวเตอร์รับ แสดงผลอย่างไร
4. ชนิดของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์พื้นฐาน

หลังจากศึกษาบทนี้แล้ว นักศึกษาควรจะสามารถ

1. บอกถึงองค์ประกอบและหน้าที่ของระบบคอมพิวเตอร์
2. อธิบายถึงการทำงานตามคำสั่งของคอมพิวเตอร์
3. อธิบายถึงการใช้ข้อมูลของคอมพิวเตอร์ และเหตุผลในการใช้ระบบเลขฐาน 2
4. บอกความแตกต่างระหว่าง บิต (bit), ไบต์ (byte) และ คำ (word)
5. อธิบายชนิดของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์พื้นฐานได้

3.1 คอมพิวเตอร์ทำงานเป็นระบบ

เมื่อเห็นเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นครั้งแรก นักศึกษาอาจจะนึกถึง เครื่องพิมพ์ดีดกับโทรทัศน์ หรือถ้าเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ก็อาจจะนึกถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีไฟบอกสัญญาณต่างๆ แต่ในความเป็นจริงแล้ว ความเข้าใจพื้นฐานที่สำคัญ ซึ่งจะช่วยให้สามารถเข้าใจการทำงานของคอมพิวเตอร์ และใช้งานคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี ก็คือ การเรียนรู้และศึกษารายละเอียดของคอมพิวเตอร์

ระบบคอมพิวเตอร์ (System) ซึ่งจะหมายถึงกลุ่มขององค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน ร่วมกันทำหน้าที่พื้นฐานของระบบ อันได้แก่ ส่วนนำเข้า (Input) ส่วนประมวลผล (Processing) ส่วนนำออก (Output) ส่วนเก็บ (Storage) และ ส่วนควบคุม (Control) เพราะฉะนั้นการทำความเข้าใจกับคอมพิวเตอร์ในลักษณะของระบบคอมพิวเตอร์ (Computer System) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักที่สำคัญของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าจะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์จะมีขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่ ก็จะมีองค์ประกอบคืออุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ที่ได้รับการจัดการให้ทำงานตามหน้าที่พื้นฐานต่างๆ นี้

ส่วนนำเข้า : อุปกรณ์นำเข้าของระบบ หมายถึงไปถึงแป้นพิมพ์ (Keyboard) เครื่องอ่านบัตรเจาะรู (Punch Card Reader) เครื่องกวาดตรวจด้วยแสง (Optical Scanner) อุปกรณ์เหล่านี้จะเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเป็นข้อมูลเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์

ส่วนประมวลผล : หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit, CPU) เป็นองค์ประกอบหลักในการประมวลผลของระบบคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยคำนวณและตรรกะ (Arithmetic-Logic Unit, ALU) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของหน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่ประมวลผลทางการคำนวณ และเชิงตรรกะของระบบคอมพิวเตอร์

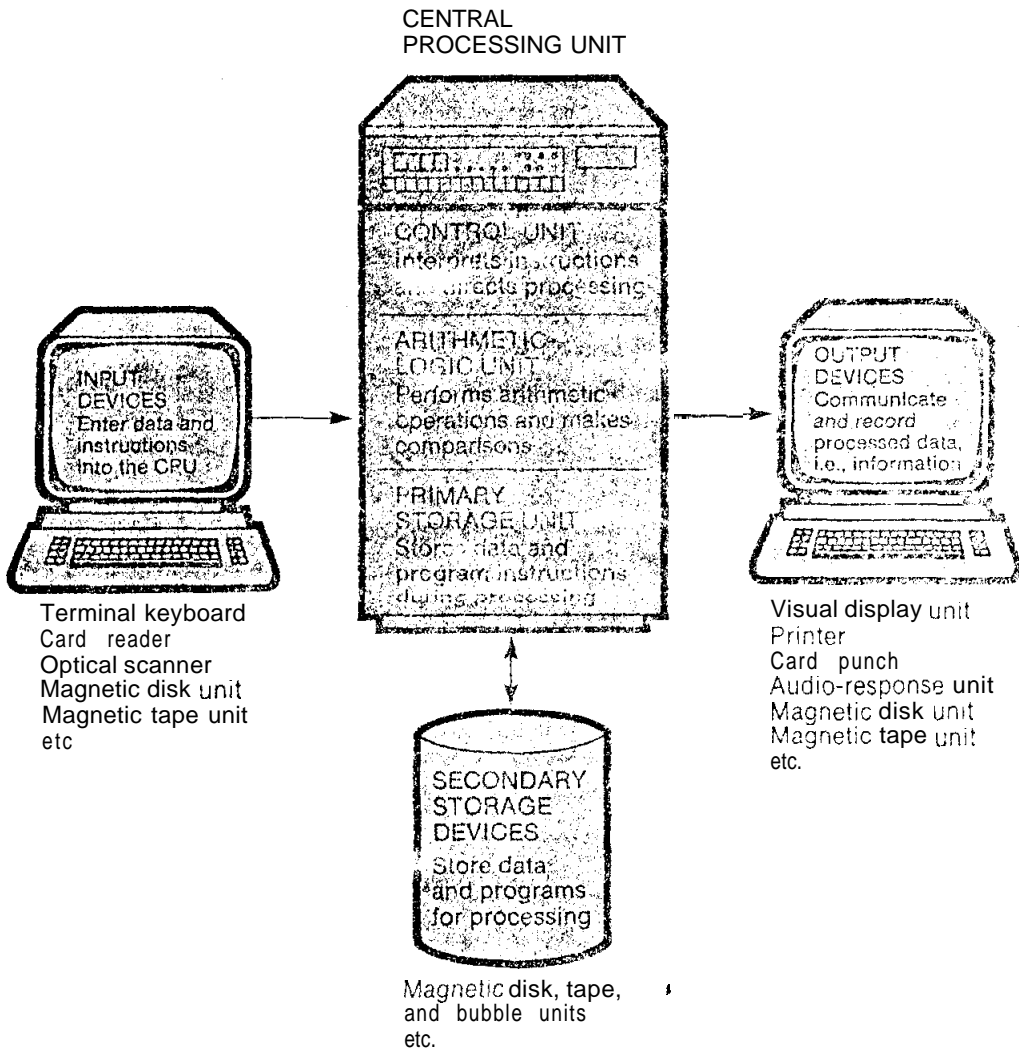
ส่วนเก็บ : หน้าที่ในการเก็บของระบบคอมพิวเตอร์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยเก็บหลัก (Primary Storage Unit) ของหน่วยประมวลผลกลาง และในหน่วยเก็บรอง (Secondary Storage Device) เช่น จานแม่เหล็ก เทปแม่เหล็ก อุปกรณ์เหล่านี้จะเก็บข้อมูลและคำสั่งที่จำเป็นสำหรับการประมวลผล

ส่วนควบคุม : ส่วนควบคุมของหน่วยประมวลผลกลาง เป็นองค์ประกอบในการควบคุมของระบบคอมพิวเตอร์ หน่วยควบคุมจะแปลคำสั่งและส่งไปยังองค์ประกอบอื่นๆ ของระบบคอมพิวเตอร์

ส่วนนำออก : อุปกรณ์นำออกของระบบคอมพิวเตอร์จะรวมถึงจอภาพ (Video Display Unit, VDU) เครื่องพิมพ์ (Printers) หน่วยบัตรเจาะรู (Card Punch Units) ฯลฯ อุปกรณ์

เหล่านี้จะเปลี่ยนสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์จากระบบคอมพิวเตอร์ ให้อยู่ในรูปที่คนสามารถเข้าใจ
ได้ หรือ อ่านด้วยเครื่องได้

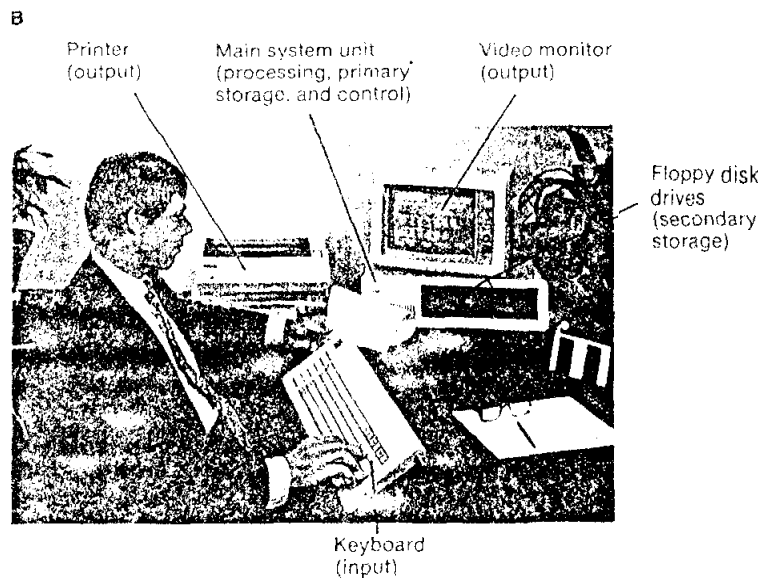
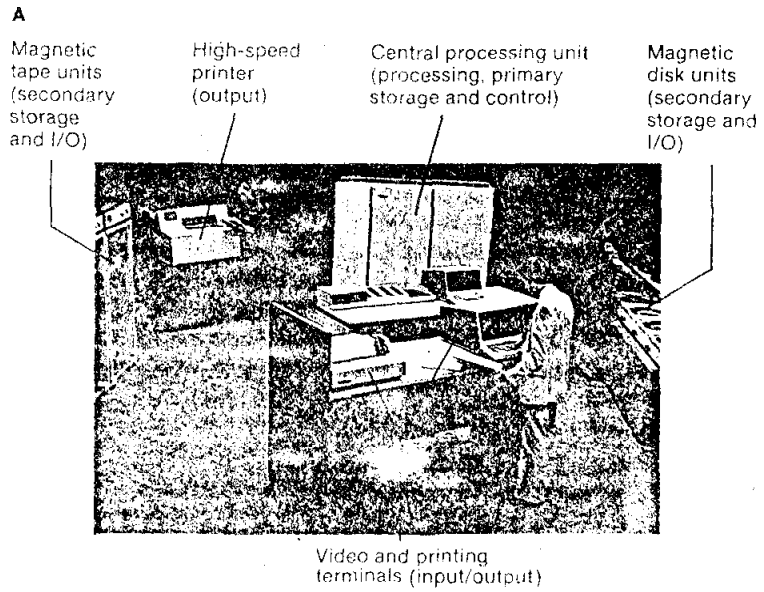
รูป 3-1 แสดงให้เห็นแนวความคิดในเรื่องหน้าที่ และองค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ของ
ระบบคอมพิวเตอร์



3-1

รูป 3-2 แสดงให้เห็นอุปกรณ์ในการใช้งานในรูปแบบต่างๆ ของระบบคอมพิวเตอร์

3-2 A แสดงระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ และ 3-2 B แสดงระบบไมโครคอมพิวเตอร์



3-2

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าระบบคอมพิวเตอร์เป็นทรัพยากรฮาร์ดแวร์ที่สำคัญที่สุดของระบบประมวลผลสารสนเทศ ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละหน้าที่ที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฮาร์ดแวร์ของระบบคอมพิวเตอร์

3.1.1 ส่วนนำเข้า

ข้อมูลและคำสั่งจะถูกผ่านเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางแป้นพิมพ์ หรืออาจถูกเปลี่ยนไปอยู่ในสื่อนำเข้าข้อมูลที่เครื่องสามารถอ่านได้ เช่น จานแม่เหล็ก หรือเทปแม่เหล็ก เช่น ข้อมูลจากเอกสารต้นฉบับอาจถูกบันทึกลงบนจานแม่เหล็ก และเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ผ่านหน่วยจานแม่เหล็ก โดยระบบคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะควบคุมการไหลของข้อมูลและคำสั่งจากอุปกรณ์นำเข้าในรูปแบบต่างๆ เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์โดยอัตโนมัติ อุปกรณ์นำเข้าต่างๆ เหล่านี้จะเปลี่ยนคำสั่ง และข้อมูลไปเป็นอิเล็กทรอนิกส์อิมพัลส์ (Electronic Impulse) ส่งไปตามเส้นทางไปสู่หน่วยเก็บหลัก และถูกเก็บไว้จนกระทั่งต้องการใช้งาน

3.1.2 ส่วนประมวลผล

หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit, CPU) ซึ่งเป็นองค์ประกอบฮาร์ดแวร์ที่สำคัญที่สุดของระบบคอมพิวเตอร์ จะทำหน้าที่ในการประมวลผลของระบบคอมพิวเตอร์ หน่วยนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ ซีพียู (CPU) ตัวประมวลผลกลาง (Central Processor) หรือไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor, MPU) สำหรับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก เป็นหน่วยที่ทำการประมวลผลข้อมูล และควบคุมส่วนอื่นๆ ของระบบ ซีพียูประกอบด้วย 3 หน่วยย่อย คือ หน่วยคำนวณและตรรกะ (Arithmetic Logic Unit, ALU) หน่วยควบคุม (Control Unit) และหน่วยเก็บหลัก (Primary Storage Unit)

หน้าที่ การทำงานของหน่วยย่อยต่างๆ ของซีพียู

หน่วยคำนวณและตรรกะ ทำหน้าที่คำนวณและดำเนินการเปรียบเทียบหน่วยคำนวณและตรรกะ หรือ เอแอลยู ข้อมูลจะถูกส่งจากส่วนเก็บไปยังหน่วยคำนวณและตรรกะ และส่งกลับไปหน่วยเก็บ ดำเนินวนเวียนหลายครั้ง ก่อนที่การประมวลผลจะเสร็จสมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับงานที่ถูกประมวลผลนั้นๆ นอกจากนี้หน่วยคำนวณและตรรกะยังดำเนินการเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายข้อมูลด้วย และจากความสามารถในการเปรียบเทียบของหน่วยคำนวณและตรรกะ ทำให้หน่วยนี้สามารถทดสอบเงื่อนไขต่างๆ ในระหว่างการประมวลผลและเลือกปฏิบัติการที่เหมาะสม

ออกมา

หน่วยคำนวณและตรรกะช่วยให้คอมพิวเตอร์ทำการคำนวณรูปแบบต่างๆ เช่น การบวก ลบ คูณ และหาร รวมทั้งสามารถบอกได้ว่าเป็นจำนวนบวก ลบ หรือ มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น จึงสามารถเปรียบเทียบเลข 2 จำนวน ว่า จำนวนใดค่าสูงกว่า หรือ ค่าเท่ากัน หรือ ค่าต่ำกว่าอีก จำนวน ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการเปรียบเทียบ เป็นส่วนที่ทำให้เกิดความสามารถในเชิงตรรกะ โดยสามารถเปลี่ยนแปลงเชิงตรรกะจากกลุ่มของคำสั่งปฏิบัติการ ไปสู่ส่วนอื่น ขึ้นอยู่กับผลของการเปรียบเทียบที่เกิดขึ้นในระหว่างการประมวลผล ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการเปลี่ยนลำดับของการใช้คำสั่งในโปรแกรม เรียกว่า การตัดแปลงโปรแกรม (Program Modification) เช่น ในโปรแกรมเงินเดือน คอมพิวเตอร์สามารถทดสอบว่าถ้าชั่วโมงการทำงานของพนักงานเกินกว่า 40 ชั่วโมงต่ออาทิตย์ การจ่ายค่าล่วงเวลาจะคำนวณโดยใช้ลำดับของคำสั่งที่แตกต่างจากลำดับคำสั่งที่คำนวณให้กับพนักงานที่ไม่มีค่าล่วงเวลา เป็นต้น

3.1.3 ส่วนเก็บ

คอมพิวเตอร์สามารถเก็บทั้งข้อมูลและคำสั่งไว้ภายใน ในส่วนที่เรียกว่า หน่วยความจำ (Memory) การเก็บข้อมูลและคำสั่งไว้ภายในช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถจดจำรายละเอียดของงานที่ได้รับมอบหมายต่างๆ และดำเนินการกับงานหนึ่งไปยังอีกงานหนึ่งโดยอัตโนมัติ เนื่องจากสามารถเก็บข้อมูลและคำสั่งต่างๆ ไว้ได้จนกว่าจะมีการเรียกใช้ สำหรับคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน หน่วยเก็บหลักจะประกอบด้วยวงจรไฟฟ้ากึ่งตัวนำขนาดเล็กที่อยู่ในรูปชิปความจำวงจรรวม

หน่วยความจำหลักแบ่งออกเป็นส่วนเล็กๆ หลายส่วน เรียก ตำแหน่งเก็บ หน่วยเก็บหลักเปรียบเสมือนกลุ่มของตู้จดหมาย ซึ่งแต่ละตู้จะมีที่อยู่กำกับและสามารถเก็บข้อมูลแต่ละชั้น แต่ละตำแหน่งของหน่วยเก็บจะมีเลขระบุตำแหน่งเฉพาะ เพื่อให้ข้อมูลที่ถูเก็บสามารถจะถูกระบุตำแหน่งได้ ในเครื่องคอมพิวเตอร์ปัจจุบัน แต่ละตำแหน่งของหน่วยเก็บสามารถเก็บได้อย่างน้อย 1 อักขระ อาจจะเป็น ตัวอักษร ตัวเลข หรือ อักขระพิเศษ

ข้อมูลและโปรแกรมสามารถเก็บในหน่วยเก็บรองได้ เช่น จานแม่เหล็ก เทปแม่เหล็ก ซึ่งทำให้ขยายความจุในการเก็บของระบบคอมพิวเตอร์ออกไปได้มาก อย่างไรก็ตามข้อมูลและโปรแกรมในหน่วยเก็บรอง จะต้องถูกนำมาที่หน่วยความจำหลักก่อน จึงจะสามารถประมวลผลได้ ดังนั้น อุปกรณ์เก็บข้อมูลรองภายนอกจึงมีบทบาทในการสนับสนุนหน่วยเก็บหลักของระบบคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมและเพิ่มข้อมูลจะถูกเก็บในจานแม่เหล็กชนิดอ่อน (Floppy Disk) แผ่นบันทึก (Diskette) ไปจนถึง จานบันทึกอัดแน่น (Compact Disk, CD) สำหรับระบบ

ไมโครคอมพิวเตอร์ และ เทปแม่เหล็ก หรือ จานแม่เหล็ก สำหรับระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ อุปกรณ์งานแม่เหล็กและเทปแม่เหล็ก จะทำหน้าที่ทั้ง นำเข้า และนำออก และเป็นหน่วยเก็บรอง เช่น ข้อมูลซึ่งถูกบันทึกลงบนงานแม่เหล็ก และป้อนเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ เป็น ส่วนนำเข้า และถูกเก็บบนงานแม่เหล็กไว้จนเมื่อต้องการใช้ (งานแม่เหล็กทำหน้าที่หน่วยเก็บรอง) หลังจาก ที่การประมวลผล สารสนเทศจะถูกคอมพิวเตอร์บันทึกลงบนงานแม่เหล็ก (ส่วนนำออก)

3.1.4 ส่วนควบคุม

ทุกส่วนประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ จะถูกควบคุมและถูกกำหนดโดยหน่วยควบคุม โดยจะรับคำสั่งจากหน่วยเก็บหลัก ทำการแปลคำสั่ง จากนั้นหน่วยควบคุมจะส่งผ่านการควบคุม ไปยังองค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม โดยสั่งให้แต่ละส่วนปฏิบัติการประมวลผลกับข้อมูลตามที่ระบุ หน่วยควบคุมจะบอกส่วนนำเข้า และอุปกรณ์หน่วยเก็บรองว่าจะต้องอ่านข้อมูลและคำสั่งใดเข้าไปในหน่วยความจำ บอกหน่วยคำนวณและตรรกะ หรือ เอแอลยู ว่า ข้อมูลที่จะได้รับการประมวลผลอยู่ในตำแหน่งใดของหน่วยความจำ ต้องกระทำปฏิบัติการใดกับข้อมูล และ ผลที่ได้จากการปฏิบัติการนั้นจะเก็บในตำแหน่งใดของหน่วยความจำ และกำหนด อุปกรณ์นำออกที่เหมาะสมเพื่อเปลี่ยนข้อมูลที่ได้รับการประมวลผลแล้ว ไปสู่ สื่อนำออกที่คนสามารถเข้าใจได้

3.1.5 ส่วนนำออก

หน้าที่ของอุปกรณ์นำออก คือ ทำการเปลี่ยนข้อมูลที่ประมวลผลแล้ว จากอิมพัลส์อิเล็กทรอนิกส์ให้อยู่ในรูปแบบที่คนเข้าใจได้ หรือ เครื่องอ่านได้ ตัวอย่างอุปกรณ์นำออก เช่น เครื่องพิมพ์ความเร็วสูงพิมพ์รายงาน เครื่องปลายทางแสดงภาพ และหน่วยตอบสนองด้วยเสียงสร้างเสียง หรือ คำพูดออกมาเป็นส่วนออก คอมพิวเตอร์โดยส่วนใหญ่สามารถควบคุมอุปกรณ์นำออกแบบต่างๆ ได้โดยอัตโนมัติ

3.2 คอมพิวเตอร์ทำงานอย่างไร

ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ทุกคนควรมีความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการทำงานด้วยคำสั่งต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจ หรือเห็นว่าทำไม CPU หรือ ตัวประมวลผลขนาดเล็ก จึงประกอบไปด้วยวงจรเฉพาะด้าน และช่วยให้เข้าใจและเห็นว่าภาษาโปรแกรมระดับสูงช่วยให้งาน

ในการพัฒนาโปรแกรมทำได้ง่ายขึ้น และไม่จำเป็นต้องใช้การลรห้สด้วยระบบเครื่องที่ซับซ้อน ในการสั่งงานคอมพิวเตอร์ทีละขั้นทีละตอนในการประมวลผลสารสนเทศ

3.2.1 ส่วนประกอบของหน่วยประมวลผลกลาง

สถาปัตยกรรมภายในของหน่วยประมวลผลกลาง หรือ ตัวประมวลผลขนาดเล็ก (Microprocessor) มีความสลับซับซ้อน แต่ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงในรายละเอียดในเรื่องวงจร อย่างไรก็ตามควรจะเข้าใจถึงหน้าที่พื้นฐานของหน่วยคำนวณและตรรกะ หน่วยควบคุม และ หน่วยเก็บหลักของหน่วยประมวลผลกลาง ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้แล้ว หน่วยประมวลผลกลาง ยังรวมไปถึงวงจรเฉพาะ รูปแบบ ชนิดต่างๆ เช่น เรจิสเตอร์ (Register) ตัวนับ (Counter) วงจรบวก (Adder) ตัวถอดรหัส (Decoders) องค์ประกอบซึ่งเป็นวงจรทางไฟฟ้านี้จะทำหน้าที่เสมือนหน่วยทำงานชั่วคราว วิเคราะห์คำสั่ง หรือปฏิบัติการคำนวณและเชิงตรรกะ ในคอมพิวเตอร์แต่ละรูป แต่ละชนิดจะมีจำนวน หน้าที่ และความสามารถของวงจรเหล่านี้ ขึ้น กับสถาปัตยกรรมภายในของคอมพิวเตอร์นั้น

รูป 3-3 สรุปลงค์ประกอบของหน่วยประมวลผลกลาง

-
- **Registers.** These are small high-speed storage circuitry areas used for temporary **storage** of an individual instruction or data element during the operation of the control and arithmetic-logic units.
 - **Counters.** Devices whose contents can be automatically increased or decreased by a specific amount, thus enabling them to “count” the number of particular computer operations.
 - **Adders.** Circuits that perform the arithmetic operations of the arithmetic-logic unit.
 - **Decoders.** Circuits that analyze the instruction code of the computer program and start the execution of instructions.
 - **Internal clock.** Circuits that emit regular pulses at frequencies ranging from several million to billions per second. The clock generates the electrical pulses that are used to energize the circuitry of the CPU and insure the exact timing necessary for its proper operation.
 - **Buffer.** A high-speed temporary storage area for storing parts of a program or data during processing (also called a **cache** memory).
 - **I/O interface or port.** Circuitry for the interconnection (“interface”) required for access to input/output devices.
 - **Bus.** A set of conducting paths (for movement of data and instructions) that interconnects the various components of a CPU or microprocessor. It may take the form of a cable containing many wires or of microscopic conducting lines on microprocessor chips.
 - **Channels.** Special-purpose processors that control the movement of data between the CPU and input/output devices.
-

3 - 3

เรจิสเตอร์ (Register)

เป็นวงจรเก็บที่มีความเร็วสูงขนาดเล็กใช้สำหรับเก็บคำสั่งแต่ละคำสั่ง หรือ ส่วนย่อยของข้อมูล ไว้ชั่วคราวในระหว่างการปฏิบัติการของหน่วยควบคุม และ หน่วยคำนวณ-ตรรกะ (ALU)

ตัวนับ (Counters)

เป็นอุปกรณ์ซึ่งสามารถนับจำนวนเพิ่มหรือลดได้โดยอัตโนมัติ จึงทำให้สามารถนับจำนวนครั้งของการปฏิบัติการที่เกิดขึ้นได้

วงจรวก (Adders)

เป็นวงจรของหน่วยคำนวณ-ตรรกะ ซึ่งทำหน้าที่ปฏิบัติการคำนวณ

ตัวถอดรหัส (Decoders)

เป็นวงจรซึ่งทำหน้าที่วิเคราะห์รหัสคำสั่งของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเริ่มกระทำการคำสั่งนั้นๆ

นาฬิกาภายใน (Internal Clock)

เป็นวงจรซึ่งส่งพัลส์ (Pulse) ความถี่ตั้งแต่หลายล้านพัลส์ ไปจนถึงพันล้านพัลส์ต่อวินาที เพื่อให้พลังงานกับวงจรของหน่วยประมวลผลกลาง และบ่งบอกเวลาในการปฏิบัติการอย่างเที่ยงตรง

บัฟเฟอร์, กันชน (Buffer)

เป็นพื้นที่เก็บส่วนของโปรแกรม หรือข้อมูลชั่วคราวในระหว่างการประมวลผล อาจเรียกว่าเป็น หน่วยความจำแคช (Cache Memory)

ส่วนต่อประสานไอ/โอ หรือ ช่องทางเข้า/ออก (I/O Interface or Port)

เป็นวงจรสำหรับเชื่อมต่อ หรือ เป็นส่วนต่อประสาน กับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

บัส (Bus)

เป็นกลุ่มของเส้นทางสำหรับเป็นทางผ่านของข้อมูลและคำสั่งซึ่งเชื่อมต่อระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของหน่วยประมวลผลกลาง อาจอยู่ในรูปของสายเคเบิล ที่ประกอบด้วยเส้นลวดเล็กๆ ภายใน

ช่องสัญญาณ, ร่องข้อมูล (Channels)

เป็นตัวประมวลผลเฉพาะ ซึ่งควบคุมการเคลื่อนที่ของข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลกลางและอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

3.2.2 คำสั่งคอมพิวเตอร์

รูปแบบเฉพาะของคำสั่งคอมพิวเตอร์ขึ้นกับชนิดของภาษาโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ที่ใช้ อย่างไรก็ตามคำสั่งคอมพิวเตอร์ปกติจะประกอบด้วย

รหัสดำเนินการ (Operation Code) ซึ่งระบุว่าจะดำเนินการอะไร เช่น บวก เปรียบเทียบ อ่าน ฯลฯ

ตัวถูกดำเนินการ (Operand) ระบุตำแหน่งเก็บหลักของข้อมูลและคำสั่ง และ/หรือ ซึ่งถึง

ตัวนำเข้า นำออก และอุปกรณ์เก็บรองที่ใช้

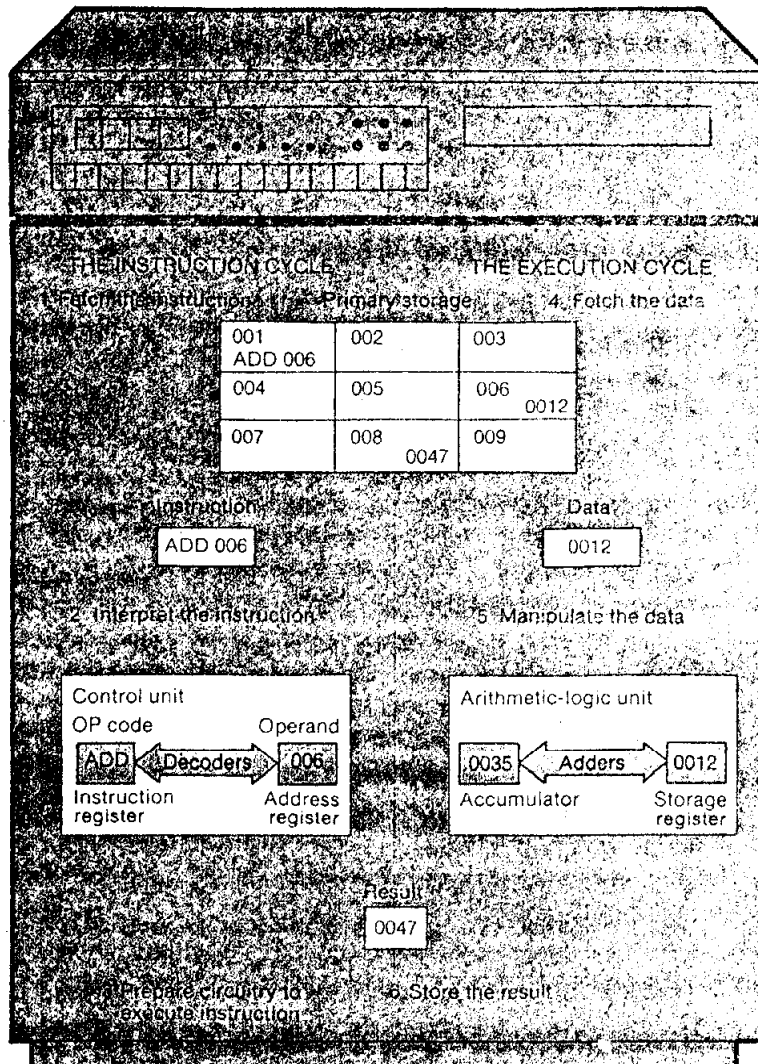
รูป 3-4 ตัวอย่างคำสั่ง รหัสดำเนินการ และตัวถูกดำเนินการ

| Operation Codes | Operand(s) |
|-----------------|--|
| Start I/O | Channel 1, Device 191 |
| Read | One Record into Storage Positions 1000-1 050 |
| Add | Quantity in Storage Location 1004 into Storage Location 2000 |
| Subtract | Quantity in Storage Location 1005 from Contents of Register 10 |
| Branch | To Instruction in Storage Location 5004 |

3-4

3.3.3 คอมพิวเตอร์กระทำการคำสั่งอย่างไร

รหัสดำเนินการและตัวถูกดำเนินการของคำสั่งที่จะถูกปฏิบัติการ ตลอดจนส่วนย่อยของข้อมูล (Data Element) ที่ได้รับผลกระทบจากคำสั่งจะถูกผ่านไปที่วงจรเฉพาะของหน่วยประมวลผลกลางระหว่างปฏิบัติการคำสั่ง โดยมีวงจรเวลา หรือ นาฬิกาภายใน (Internal Clock) ของตัวประมวลผลกลางทำหน้าที่ส่งจำนวนพัลส์ไฟฟ้าออกมาเพื่อเป็นตัวกำหนดเวลาในการปฏิบัติการ ช่วงเวลานี้เรียก รอบของเครื่อง (Machine Cycle) จำนวนรอบของเครื่องจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับความซับซ้อนของคำสั่งที่ปฏิบัติการในแต่ละรอบของเครื่อง พัลส์ไฟฟ้าที่เกิดจากนาฬิกาภายใน จะไปกระตุ้นส่วนวงจรเฉพาะซึ่งจะรับและตีความคำสั่งและข้อมูล จากนั้นก็เคลื่อนคำสั่งและข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปของพัลส์ไฟฟ้า ไประหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของหน่วยประมวลผลกลาง ดังรูป 3-5



3-5 How computers execute an instruction

การกระทำการคำสั่งของคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รอบคำสั่งเครื่อง (Instruction Cycle) และ รอบกระทำการ (Execution Cycle)

รอบคำสั่งเครื่อง ประกอบด้วย กระบวนการซึ่งดึงเอาคำสั่งจากหน่วยเก็บหลัก และ หน่วยควบคุมจะตีความคำสั่งนั้น

รอบการทำงาน ประกอบด้วย การปฏิบัติการตามคำสั่งซึ่งถูกตีความในระหว่างรอบคำสั่งเครื่อง

รูป 3-5 แสดงและอธิบายให้เห็นถึงสิ่งที่เกิดขึ้นใน CPU ระหว่าง รอบคำสั่งเครื่อง และ รอบการทำงาน

เปรียบเทียบให้เห็นการกระทำการคำสั่งของคอมพิวเตอร์ โดยคำสั่งในรูปของภาษาอังกฤษ เปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ใกล้เคียงกับคำสั่งที่คอมพิวเตอร์จะเข้าใจได้ จากนั้นจึงเป็นขั้นตอนที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการดำเนินการกับคำสั่ง ดังนี้

คำสั่งที่สั่งโดยมนุษย์

บวกจำนวนชั่วโมงทำงานของพนักงานในวันนี้ กับชั่วโมงการทำงานทั้งหมดของเขาในอาทิตย์นี้

คำสั่งในการใช้งานของคอมพิวเตอร์

บวกจำนวนที่เก็บไว้ในหน่วยเก็บข้อมูลหลักที่ตำแหน่ง 006 เข้ากับจำนวนที่เก็บไว้ในเรจิสเตอร์สะสม และเก็บผลไว้ในหน่วยเก็บหลักที่ตำแหน่ง 008

รอบคำสั่งเครื่อง (ดูรูป 3-5 ประกอบ แสดงถึงคอมพิวเตอร์กระทำการคำสั่งอย่างไร)

1. ขั้นตอนแรก คำสั่งจะถูกเรียกจากตำแหน่งของมันในหน่วยเก็บหลัก และถูกเก็บไว้ชั่วคราวในเรจิสเตอร์ของหน่วยควบคุม ในตัวอย่างนี้ คำสั่งถูกเก็บไว้ในหน่วยเก็บหลักที่ตำแหน่ง 001 ส่วนหนึ่งของรหัสปฏิบัติการซึ่งเป็นคำสั่งบวก (ADD) จะถูกย้ายมาที่เรจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register) และ ส่วนของตัวถูกดำเนินการของมัน (006) จะถูกย้ายมาที่ เรจิสเตอร์เลขที่อยู่ (Address Register)
2. ขั้นตอนต่อมา วงจรของหน่วยควบคุมจะแปลคำสั่ง โดยเป็นกระบวนการซึ่งถอดรหัสปฏิบัติการ และตัวถูกดำเนินการของคำสั่ง วงจรถอดรหัสพิเศษจะแปลคำสั่งรหัสปฏิบัติการและตัวถูกดำเนินการของคำสั่ง
3. ขั้นสุดท้าย หน่วยควบคุมจะเตรียมเส้นทางวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ภายในหน่วยประมวลผลกลาง เพื่อดำเนินการปฏิบัติการ เช่น กระตุ้นให้วงจรอ่านข้อมูลซึ่งเก็บอยู่ในตำแหน่งหน่วยความจำ (006) ที่เป็นตัวถูกดำเนินการของคำสั่งรอบการทำงาน

รอบการทำงาน

4. ขั้นแรก ข้อมูลที่จะถูกเรียกจากตำแหน่งในหน่วยเก็บหลักเพื่อนำไปประมวลผล และถูกเก็บไว้ชั่วคราวในเรจิสเตอร์หน่วยเก็บ (Storage Register) ของหน่วยคำนวณและตรรกะ เช่นใน

ตัวอย่างนี้ ที่ตำแหน่ง 006 ในหน่วยเก็บ จะทำการเก็บค่า 0012 (12 ชั่วโมง)

5. ขั้นตอนต่อมา การปฏิบัติการตามรหัสปฏิบัติการของคำสั่ง จะถูกดำเนินการ เช่น การบวก การลบ หรือ การเปรียบเทียบ ในตัวอย่างนี้ ค่าที่อยู่ในเรจิสเตอร์หน่วยเก็บ (0012) จะถูกบวกเข้ากับ ค่าที่อยู่ในเรจิสเตอร์ตัวสำคัญที่รู้จักในชื่อ ตัวสะสม (Accumulator) โดยใช้วงจรเฉพาะเรียก วงจรบวก (Adders) สำหรับในตัวอย่างนี้ สมมติว่า จำนวนชั่วโมงทำงานในอาทิตย์นี้เป็น 0035 และถูกเก็บในตัวสะสมด้วยคำสั่งก่อนหน้านี้
6. ขั้นสุดท้าย ผลที่เกิดจากการดำเนินการกับข้อมูลจะถูกเก็บในหน่วยเก็บหลัก ในตัวอย่างนี้ ค่าของตัวสะสมหลังจากที่บวกจำนวนชั่วโมงการทำงานวันนี้ กับจำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งอาทิตย์ จะมีค่าเป็น 0047 ค่านี้จะถูกย้ายไปที่หน่วยเก็บหลักที่ตำแหน่ง 008 เมื่อกระทำการกับตัวถูกดำเนินการ

3.3.3 ลำดับชั้นของการกระทำการ

คอมพิวเตอร์จะทำรอบคำสั่งและรอบกระทำการซ้ำจนกระทั่งคำสั่งสุดท้ายของโปรแกรมถูกกระทำการ โดยปกติแล้วคำสั่งต่างๆ จะถูกกระทำการโดยเรียงตามลำดับคำสั่งที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำหลัก

ตัวนับระบุตำแหน่งของคำสั่ง (Instruction Counter) ซึ่งจะเปลี่ยนไปยังเลขที่อยู่ (Address) ของคำสั่งถัดไปที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ เรียงไปตามลำดับโดยอัตโนมัติ นั้น จะถูกใช้เป็นตัวระบุว่าคำสั่งอะไรจะถูกกระทำการเป็นลำดับต่อไป

ในบางครั้ง คำสั่งแยก (Branch Instruction) จากหน่วยเก็บ จะแจ้งกับหน่วยควบคุมให้กระทำการคำสั่งในส่วนอื่นของโปรแกรม แทนคำสั่งในลำดับถัดไป การเปลี่ยนลำดับของคำสั่งสามารถเป็นได้ทั้งแบบมีเงื่อนไข หรือ ไร้เงื่อนไข

คำสั่งแยกแบบมีเงื่อนไข (Conditional Branch) โดยปกติแล้วเป็นผลจากการทดสอบหรือ คำสั่งเปรียบเทียบ (Comparison Instruction) ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลำดับชั้นคำสั่งในการประมวลผลถ้าเกิดเงื่อนไขตามที่ระบุขึ้น ตัวอย่างเช่น ในโปรแกรมการคิดค่าจ้าง ลำดับของคำสั่งที่แตกต่างออกไปสำหรับพนักงานซึ่งชั่วโมงการทำงานมากกว่า 40 ชั่วโมงต่ออาทิตย์ พนักงานเหล่านี้จะได้รับค่าล่วงเวลา (ปกติจะเท่ากับ $1\frac{1}{2}$ เท่าของอัตราค่าจ้างปกติ) ดังนั้นโปรแกรมค่าจ้าง จะประกอบด้วยคำสั่ง ดังนี้

ถ้าจำนวนชั่วโมงทำงานในอาทิตย์นี้มากกว่า 40 ชั่วโมง

ให้ดำเนินการคำสั่งที่หน่วยเก็บ 20 ตำแหน่งถัดไป

เนื่องจากในตัวอย่างนี้ พนักงานทำงาน 47 ชั่วโมงในอาทิตย์นี้ หน่วยควบคุมจะกำหนดตัวนับระบุตำแหน่งคำสั่งไปยังเลขที่อยู่ 020 จากนั้นหน่วยประมวลผลกลางจะกระโดดหรือข้ามไปยังส่วนนั้นของโปรแกรม และเริ่มดำเนินการคำสั่งเพื่อคำนวณค่าช่วงเวลา แทนที่จะดำเนินการกับคำสั่งที่คำนวณค่าแรงปกติ

3.3.4 ความเร็วในการทำงานของคอมพิวเตอร์

ความเร็วในการปฏิบัติงานของคอมพิวเตอร์ แต่เดิมจะวัดออกมาในหน่วย มิลลิวินาที (Millisecond, 10^{-3} วินาที) ในปัจจุบันหน่วยของความเร็วในการทำงานจะเป็นไมโครวินาที (Microsecond, 10^{-6} วินาที) และ นาโนวินาที (Nanosecond, 10^{-9} วินาที) ไปจนถึง พิโกวินาที (Picosecond, 10^{-12} วินาที) เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนของความเร็วในการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าคนโดยเฉลี่ยก้าวไป 1 ก้าวทุกๆ นาโนวินาที จะสามารถเดินรอบโลกได้ 20 รอบใน 1 วินาที คอมพิวเตอร์ซึ่งปฏิบัติการด้วยความเร็วดังกล่าวสามารถที่จะประมวลผลได้หลายล้านคำสั่งใน 1 วินาที (Million Instruction Per Second, MIPS) เช่น เครื่อง IBM 3083 กระทำการคำสั่งด้วยอัตราความเร็ว 4 MIPS ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ CRAY 1 สามารถกระทำการด้วยอัตราความเร็วสูงถึง 80 MIPS เป็นต้น

อีกส่วนของการวัดความเร็วในการปฏิบัติการภายในของคอมพิวเตอร์ คือ รอบเวลาของเครื่อง (Machine Cycle Time) และ ช่วงเวลารอบเก็บข้อมูล (Memory Cycle Time)

รอบเวลาของเครื่อง หมายถึง เวลาที่หน่วยประมวลผลกลางใช้ในการปฏิบัติการขั้นพื้นฐาน 1 ครั้ง ส่วนช่วงเวลารอบเก็บข้อมูล หมายถึง เวลาที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการเรียกข้อมูลจาก 1 ตำแหน่งในหน่วยเก็บหลัก สำหรับคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่จำนวนมากจะมีรอบเวลาของเครื่องต่ำกว่า 100 นาโนวินาที ในขณะที่ช่วงเวลารอบเก็บข้อมูลโดยปกติจะใช้เวลาหลายร้อยนาโนวินาที

การวัดความเร็วอีกวิธี คือการวัดความถี่ของรอบเครื่องที่เกิดจากวงจรเวลาของตัวประมวลผลขนาดเล็ก ตัวอย่างเช่น ตัวประมวลผลขนาดเล็ก Intel 8088 ซึ่งใช้ใน เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) IBM จะมีความเร็วในอัตรา 4.7 เมกกะเฮิร์ตซ์ (MegaHertz) หรือ 4.7 ล้านรอบต่อวินาที เปรียบเทียบกับ Intel 80186 ซึ่งใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ Tandy รุ่น 2000 และ Motorola MC 68000 ซึ่งใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ Apple Mcintosh ทั้งคู่มีอัตรา

ความเร็ว 8 เมกะเฮิร์ตซ์

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าความเร็วในการประมวลผลสารสนเทศด้วยคอมพิวเตอร์ จะทำให้งานต่างๆ ทำได้รวดเร็วกว่าเดิม ไม่ว่าจะเป็นการพิมพ์ เก็บข้อมูล วิเคราะห์ และแสดงผล รูป 3-6 แสดงถึงความเร็วและพลังของคอมพิวเตอร์

In the computer, the basic operations can be done within the order of a

NANOSECOND

One thousandth of a millionth of a second

Within the half second it takes this spilled coffee to reach the floor, a medium-size computer could—

(given the information in magnetic form)

Debit 2000 checks to 300 different bank accounts,

and *examine the electrocardiograms of 100 patients and alert a physician to possible trouble,*

and *score 150,000 answers on 3000 examinations and evaluate the effectiveness of the questions,*

and *figure the payroll for a company with a thousand employees.*

and a few other chores.



3-6

3.3 การจัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์

ตัวอักษรในหนังสือนี้เป็นสัญลักษณ์ซึ่งเมื่อจัดเรียงให้เหมาะสม ตามหลักภาษาแล้ว ตัวอักษรเหล่านี้จะแทนข้อมูล ซึ่งทำให้ผู้อ่านสามารถประมวลออกมาเป็นสารสนเทศได้ ดังนั้น คำ ตัวเลข และ เครื่องหมายวรรคตอนต่างๆ จะจัดเป็น รหัส (Code) ที่แทนข้อมูลต่างๆ ในหนังสือเล่มนี้ ที่คนสามารถจะเข้าใจได้ เช่นเดียวกัน การที่ระบบคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลได้นั้น ข้อมูลจำเป็นต้องอยู่ในรูปแบบของรหัสที่เครื่องสามารถจะเข้าใจได้

ในระบบคอมพิวเตอร์ข้อมูลจะถูกแทนด้วยสัญญาณไฟฟ้า หรือ สัญญาณแม่เหล็กในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง คือ มี หรือ ไม่มี ในวงจร หรือ ในสื่อที่ใช้ สัญลักษณ์ดังกล่าวเป็นการแทนข้อมูลที่เรียก ฐานสอง (Binary) หรือ 2 สถานะ เนื่องจากคอมพิวเตอร์ระบุเพียง 2 สถานะ (ที่เป็นไปได้) เท่านั้น ตัวอย่างเช่น ทรานซิสเตอร์ และวงจรถูกตั้งตัวนำอื่นๆ จะอยู่ในสถานะแบบใดแบบหนึ่ง คือ เป็นตัวนำ หรือ ไม่เป็นตัวนำ สื่อบันทึก เช่น งานแม่เหล็ก หรือ เทปแม่เหล็ก จะระบุสถานะทั้ง 2 ออกมาโดย มี หรือ ไม่มี จุดแม่เหล็กบนผิวของมัน ลักษณะทวิภาค (Binary) ของวงจรคอมพิวเตอร์ และสื่อเก็บ จึงเป็นเหตุผลหลักในการใช้ระบบเลขฐานสอง เป็นพื้นฐานสำหรับแทนข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ดังนั้น สำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สถานะนำไฟฟ้า (ON State) จะแทน (ด้วย) 1 และสถานะไม่นำไฟฟ้า (OFF State) จะแทน (ด้วย) 0 และสำหรับสื่อแม่เหล็ก สถานะที่มีจุดแม่เหล็กจะแทน 1 และสถานะที่ไม่มีจุดแม่เหล็กจะแทน 0

3.3.1 ระบบเลขคอมพิวเตอร์ (Computer Number Systems)

ระบบเลขฐานสองจะมีสัญลักษณ์เพียง 2 สัญลักษณ์เท่านั้น คือ 0 และ 1 ดังนั้นจึงเรียกว่าเป็น “ฐานสอง” ส่วนระบบที่ใช้ทั่วไป หรือที่คุ้นเคย คือ ระบบฐานสิบ (Decimal System) เพราะใช้สัญลักษณ์ 10 ตัว คือ 0 ถึง 9 สัญลักษณ์ของฐานสอง คือ 0 และ 1 เรียกว่า บิต (Bits) ซึ่งเป็นคำย่อมาจาก Binary Digits ในระบบเลขฐานสอง ตัวเลขทั้งหมดจะถูกแสดงแทนด้วยกลุ่มของบิต (Bits) คือ กลุ่มของ 0 และ 1

เช่นเดียวกับระบบตัวเลขอื่นๆ ค่าของเลขฐานสองขึ้นกับตำแหน่งของเลขโดด (Digit) แต่ละตัวในกลุ่มของเลขโดดฐานสอง (Binary Digits) ค่าจะขึ้นกับตำแหน่งจากขวาไปซ้ายของเลขโดดในเลขฐานสอง โดยการใช้ยกกำลังของ 2 ($2^0, 2^1, 2^2, 2^3$ ไปเรื่อยๆ) ตามค่าตำแหน่ง ดังนั้น ตำแหน่งขวาสุดจะมีค่าเป็น 1 (2^0) ตำแหน่งถัดไปทางซ้ายมีค่าเป็น 2 (2^1) ถัดไปมีค่า