

บทที่ 4

เครื่องคอมพิวเตอร์

4.1 องค์ประกอบพื้นฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์

สิ่งที่ทราบกันแล้วว่าเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการคำนวณ และการทำงานของมนุษย์ เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลข้อมูลให้กลายเป็นสารสนเทศ สามารถเปรียบเทียบและตัดสินใจ สามารถทำงานทางตรรกศาสตร์ สามารถคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์ที่มนุษย์เองต้องใช้เวลามากในการแก้ปัญหา และสามารถออกแบบและสร้างสรรค์งานทางกราฟิกได้ หากเปรียบเทียบกับมนุษย์เราสามารถทำงานให้ลุล่วงได้เนื่องจากมีสมองที่ช่วยคิดคำนวณ ตัดสินใจและออกแบบงาน แล้วเครื่องคอมพิวเตอร์จะใช้ส่วนประกอบใดมาทำหน้าที่เหมือนสมองเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงได้ ในหัวข้อนี้เราจะศึกษาว่าองค์ประกอบพื้นฐานที่ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้นั้นประกอบด้วยกี่ส่วน และอะไรบ้าง

ในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 5 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ หน่วยรับเข้า (input unit) หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำหลัก (main memory unit) หน่วยความจำรอง (secondary storage unit) และหน่วยส่งออก (output unit) แต่ละหน่วยทำหน้าที่ประสานกัน

โดยปกติ การทำงานหนึ่งๆ ของเครื่องคอมพิวเตอร์จะเริ่มจากผู้ใช้ป้อนข้อมูลผ่านทางหน่วยรับเข้า ได้แก่ อุปกรณ์รับเข้าข้อมูล (input device) เช่น แผงแป้นอักขระ เมาส์ โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจะได้รับการเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิทัล ซึ่งประกอบด้วยเลข 0 และ 1 คำสั่งและข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผลกลางเพื่อประมวลผลตามคำสั่งต่อไป และในระหว่างการประมวลผลหากมีคำสั่งให้นำผลลัพธ์จากการประมวลผลไปจัดเก็บในหน่วยความจำหลัก ซึ่งหน่วยความจำหลักที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากการประมวลผลเป็นการชั่วคราวนี้เรียกว่าแรม (Random Access Memory : RAM) ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปยังหน่วยความจำหลักพร้อมทั้งค่าที่อ้างอิงถึงตำแหน่งในการจัดเก็บ ทั้งนี้ เนื่องจากภายในหน่วยความจำหลักมีการจัดเก็บพื้นที่ใช้จัดเก็บข้อมูลหลายประเภท ซึ่งเราจะได้ศึกษาต่อไป ในขณะที่เดียวกันอาจมีคำสั่งให้นำผลลัพธ์จากการประมวลผลดังกล่าวไปแสดงผลผ่านทางหน่วยส่งออก ซึ่งอาจเป็นจอภาพ (monitor) หรือเครื่องพิมพ์ (printer) นอกจากนี้ เราสามารถบันทึกข้อมูลที่อยู่ในแรมลงในหน่วยความจำรอง อันได้แก่ แผ่นบันทึก (diskette) ซีดีรอม (Compact Disk Read Only Memory : CD-ROM) เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวกลับมาใช้อีกในอนาคตได้ โดยการอ่านข้อมูลที่บันทึกในสื่อดังกล่าวผ่านทางเครื่องขับ (drive) และในปัจจุบันมีการคิดค้นหน่วยความจำสำรองที่พัฒนา

มาจากหน่วยความจำหลักประเภทที่เรียกว่ารอม (Read Only Memory : ROM) ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลได้ปริมาณมากขึ้นและมีขนาดเล็กสะดวกต่อการพกพา และจากที่กล่าวมาทั้งหมด การส่งข้อมูลผ่านไปยังหน่วยต่างๆ ภายระบบคอมพิวเตอร์จะผ่านทางระบบบัส (bus) ไม่ว่าจะเป็นบัสข้อมูล (data bus) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณข้อมูล บัสที่อยู่ (address bus) ทำหน้าที่ส่งตำแหน่งอ้างอิงในหน่วยความจำหลัก ไปยังหน่วยความจำหลักในขณะที่มีการสั่งจัดเก็บข้อมูลในหน่วยความจำดังกล่าว หรือบัสควบคุม (control bus) ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ต่างๆ

4.2 หน่วยรับเข้า

หน่วยรับข้อมูลทำหน้าที่รับ โปรแกรมและข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลอาจส่งผ่านอุปกรณ์รับข้อมูลได้โดยตรง เช่น ผ่านแผงแป้นอักขระ (keyboard) เมาส์ (mouse) ปากกาแสง (light pen) ก้านควบคุม (joystick) เครื่องอ่านรหัสแท่ง (bar code reader) หรือ โดยใช้อุปกรณ์รับข้อมูลอ่านข้อมูลในสื่อข้อมูล (media) ซึ่งในกรณีนี้ต้องนำข้อมูลมาบันทึกลงสื่อข้อมูลเสียก่อน ตัวอย่างของอุปกรณ์รับข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ เครื่องขับแผ่นบันทึก (disk drive) เครื่องขับเทปแม่เหล็ก (magnetic tape drive) สำหรับตัวอย่างสื่อข้อมูลได้แก่ แผ่นบันทึก (floppy disk หรือ diskette) เทปแม่เหล็ก (magnetic tape) เป็นต้น โดยอุปกรณ์รับข้อมูลจะเปลี่ยนข้อมูลที่รับเข้ามาให้อยู่ในรูปของรหัส แล้วส่งไปยังหน่วยความจำเพื่อเตรียมทำการประมวลผลต่อไป

อุปกรณ์รับเข้าในปัจจุบันมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีวิธีการในการนำเข้าข้อมูลที่ต่างกัน เราอาจแบ่งประเภทของอุปกรณ์รับเข้าตามลักษณะการรับข้อมูลเข้าได้ดังนี้

4.2.1 อุปกรณ์รับเข้าแบบกด

1) **แผงแป้นอักขระ** เป็นอุปกรณ์รับเข้าพื้นฐานที่ต้องมีในคอมพิวเตอร์ทุกเครื่อง จะรับข้อมูลจากการกดแป้นแล้วทำการเปลี่ยนเป็นรหัสเพื่อส่งต่อไปให้กับคอมพิวเตอร์ เป็นพิมพ์ที่ใช้ในการป้อนข้อมูลจะมีจำนวนตั้งแต่ 50 แป้นขึ้นไป แผงแป้นอักขระส่วนใหญ่มีแป้นตัวเลขแยกไว้ต่างหาก เพื่อให้การป้อนข้อมูลตัวเลขทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น

การวางตำแหน่งแป้นอักขระ จะเป็นไปตามมาตรฐานของระบบพิมพ์สัมผัสของเครื่องพิมพ์ดีด ที่มีการใช้แป้นยกแคร่ (shift) เพื่อให้สามารถใช้พิมพ์ได้ทั้งตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก ซึ่งระบบรับรหัสตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นรหัส 7 บิต และ 8 บิต กล่าวคือ เมื่อมีการกดแป้นพิมพ์ แผงแป้นอักขระจะส่งรหัสขนาด 7 หรือ 8 บิต นี้เข้าไปในระบบคอมพิวเตอร์

เมื่อนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้งานพิมพ์ภาษาไทย จึงต้องมีการดัดแปลงแผงแป้นอักขระให้สามารถใช้งานได้ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย กลุ่มแป้นที่ใช้พิมพ์ตัวอักษรภาษาไทยจะเป็นกลุ่มแป้นเดียวกับภาษาอังกฤษ แต่จะใช้เป็นพิเศษเป็นหนึ่งทำหน้าที่สลับเปลี่ยนการพิมพ์ภาษาไทย หรือ

ภาษาอังกฤษภายใต้การควบคุมของซอฟต์แวร์อีกชั้นหนึ่ง

แผงแป้นอักขระสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูลไอบีเอ็มที่ผลิตออกมารุ่นแรกๆ ตั้งแต่ พ.ศ. 2524 จะมีแป้นรวมทั้งหมด 83 แป้น ซึ่งเรียกว่า แผงแป้นอักขระพีซีเอ็กซ์ที ต่อมาใน พ.ศ. 2527 บริษัทไอบีเอ็มได้ปรับปรุงแผงแป้นอักขระ กำหนดสัญญาณทางไฟฟ้าของแป้นขึ้น จัดตำแหน่งและขนาดแป้นให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยมีจำนวนแป้นรวม 84 แป้น เรียกว่า แผงแป้นอักขระพีซีเอที และในเวลาต่อมาก็ได้ปรับปรุงแผงแป้นอักขระขึ้นพร้อมๆ กับการออกเครื่องรุ่น PS/2 โดยใช้สัญญาณทางไฟฟ้า เช่นเดียวกับแผงแป้นอักขระรุ่นพีซีเอทีเดิม และเพิ่มจำนวนจำนวนแป้นอีก 17 แป้น รวมเป็น 101 แป้น

การเลือกซื้อแผงแป้นอักขระควรพิจารณารุ่นใหม่ที่เป็นมาตรฐานและสามารถใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่

สำหรับเครื่องขนาดกระเป๋าคือไม่ว่าจะเป็นแล็ปท็อปหรือโน้ตบุ๊ก ขนาดของแผงแป้นอักขระยังไม่มี การกำหนดมาตรฐาน เพราะผู้ผลิตต้องการพัฒนาให้เครื่องมีขนาดเล็กลง โดยลดจำนวนแป้นลง แล้วใช้แป้นหลายแป้นพร้อมกันเพื่อทำงานได้เหมือนแป้นเดียว

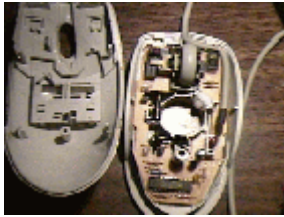
4.2.2 อุปกรณ์รับเข้าแบบชี้ตำแหน่ง

(1) เมาส์ ซอฟต์แวร์รุ่นใหม่ que พัฒนาในระยะหลังๆ นี้ สามารถติดต่อกับผู้ใช้โดยการใช้รูปกราฟิก แทนคำสั่ง มีการใช้งานเป็นช่องหน้าต่าง และเลือกกรายการหรือคำสั่งด้วยภาพหรือสัญลักษณ์ (icon) อุปกรณ์รับเข้าที่นิยมใช้จึงเป็นอุปกรณ์ประเภทตัวชี้ ที่เรียกว่า เมาส์

เมาส์เป็นอุปกรณ์ที่ให้ความรู้สึกที่ดีต่อการใช้งาน ช่วยให้การใช้งานง่ายขึ้นด้วยการใช้เมาส์เลื่อนตัวชี้ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ บนจอภาพ ในขณะที่สายตาจับอยู่ที่จอภาพก็สามารถใช้มือลากเมาส์ไปมาได้ ระยะทางและทิศทางของตัวชี้จะสัมพันธ์และเป็นไปในแนวทางเดียวกับการเลื่อนเมาส์

เมาส์แบ่งได้เป็นสองแบบคือ แบบทางกลและแบบใช้แสง แบบทางกลเป็นแบบที่ใช้ลูกกลิ้งกลม ที่มีน้ำหนักและแรงเสียดทานพอดี เมื่อเลื่อนเมาส์ไปในทิศทางใดจะทำให้ลูกกลิ้งเคลื่อนไปมาในทิศทางนั้น ลูกกลิ้งจะทำให้กลไกซึ่งทำหน้าที่ปรับแกนหมุนในแกน X และแกน Y แล้วส่งผลไปเลื่อนตำแหน่งเมาส์แบบทางกลนี้มีโครงสร้างที่ออกแบบได้ง่าย มีรูปร่างพอเหมาะคือ ส่วนลูกกลิ้งจะต้องออกแบบให้กลิ้งได้ง่ายและไม่ลื่นไถล สามารถควบคุมความเร็วได้อย่างต่อเนื่องสัมพันธ์ระหว่างทางเดินของเมาส์ และจอภาพ

เมาส์แบบใช้แสงอาศัยหลักการส่งแสงจากเมาส์ลง ไปบนแผ่นรองเมาส์ (mouse pad) แผ่นรองเมาส์ ซึ่งเป็นตาราง (grid) ตามแนวแกน X และ แกน Y เมื่อเลื่อนตัวเมาส์เคลื่อนไปบนแผ่นตารางรองเมาส์ก็จะมีแสงตัดผ่านตารางและสะท้อนขึ้นมาทำให้ทราบตำแหน่งที่ลากไป เมาส์แบบนี้ไม่ต้องใช้ลูกกลิ้งกลม แต่ต้องใช้แผ่นตารางรองเมาส์พิเศษ



ภาพภายในของเมาส์แบบทางกล



เมาส์แบบใช้แสง

(2) อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก

เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการพกพาไปในที่ต่างๆ จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีอุปกรณ์ที่ต่อพวงน้อยที่สุด และใช้เนื้อที่ในการใช้งานน้อยที่สุด ดังจะเห็นว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมีแผงแป้นอักขระติดอยู่กับจอภาพ และอุปกรณ์อีกอย่างหนึ่งที่ถือเป็นสิ่งจำเป็นในการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันคือเมาส์ จึงต้องมีการคิดค้นอุปกรณ์ที่จะทำหน้าที่แทนเมาส์ โดยจะต้องออกแบบให้สามารถติดอยู่กับตัวเครื่องได้เลย สะดวกในการพกพา และให้พื้นที่ในการทำงานน้อย ในปัจจุบันเรามีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่และมีคุณสมบัติดังที่กล่าวมาอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

(ก) ลูกกลมควบคุม (track ball) มีลักษณะเป็นลูกบอลกลมอยู่ภายในเบ้าตรงบริเวณแผงแป้นอักขระของเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ผู้ใช้สามารถใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวชี้บนจอภาพ โดยการหมุนลูกกลมไปในทิศทางที่ต้องการ

(ข) แท่งชี้ควบคุม (track point) มีลักษณะเป็นแท่งพลาสติกที่ส่วนยอดหุ้มด้วยยาง โพลีขึ้นมาตรงกลางในแผงแป้นอักขระของเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ผู้ใช้สามารถใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวชี้บนจอภาพโดยการ โยกแท่งชี้ควบคุมไปในทิศทางที่ต้องการ



ลูกกลมควบคุม



การใช้งานแท่งชี้ควบคุมบนคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก



แท่งชี้ควบคุม

(ค) **แผ่นรองสัมผัส (touch pad)** เป็นแผ่นพลาสติกที่ไวต่อการสัมผัส อยู่ตรงหน้าแผงแป้นอักขระของเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เป็นอุปกรณ์ที่นิยมติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊กในปัจจุบัน เนื่องจากใช้งานง่าย ผู้ใช้สามารถใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวชี้บนจอภาพ โดยการแตะสัมผัสไปแผ่นรองสัมผัสและสามารถคลิกหรือดับเบิลคลิก เพื่อเลือกรายการหรือสัญรูปได้

3) ก้านควบคุม (Joystick) อุปกรณ์รับเข้าชนิดนี้เป็นที่คุ้นเคยของนักเรียนที่นิยมเล่นเกมคอมพิวเตอร์ชนิดที่มีการแสดงผลเป็นกราฟิก ที่ตัวผู้เล่นที่ปรากฏบนจอภาพต้องมีการเคลื่อนที่เพื่อทำภารกิจตามกติกาของเกม ตัวผู้เล่นที่ปรากฏบนจอภาพเปรียบได้กับตัวชี้ตำแหน่งที่ปรากฏในการซอฟต์แวร์ประยุกต์ทั่วไป และก้านควบคุมนี้ก็ทำหน้าที่เหมือนเมาส์ที่คอยกำหนดการเคลื่อนที่ของตัวชี้บนจอภาพ โดยลักษณะของก้านควบคุมจะคล้ายกล่องที่มีก้าน โพล์ออกมา และก้านนั้นสามารถบิดขึ้นลง ซ้าย ขวา ได้การเคลื่อนที่ของก้านนี้เองที่เป็นการกำหนดทิศทางเคลื่อนที่ของตัวชี้ตำแหน่ง



ก้านควบคุม (Joystick)

หลักการทำงานของก้านควบคุม จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ภายในที่เรียกว่า โปเทนชันมิเตอร์ (potentionmeter) 2 ตัว โปเทนชันมิเตอร์จะหมุนตามและอ่านค่าทิศทางการบิดของก้านควบคุม โปเทนชันมิเตอร์ตัวหนึ่งจะรับรู้ทิศทางในแนวแกน x หรือแนวนอน (horizontal line) ในขณะที่อีกตัวหนึ่งจะรับรู้ทิศทางในแนวแกน y หรือแนวตั้ง (vertical line) การอ่านค่าของการบิดก้านควบคุมของอุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้นจะให้สัญญาณไฟฟ้า 2 สัญญาณที่เป็นอิสระต่อกันส่งต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ และเป็นข้อมูลที่ใช้ไปกำหนดการเคลื่อนที่ของตัวชี้ตำแหน่งหรือตัวของผู้เล่นบนจอภาพ ดังนั้น จะเห็นว่าการทำงานของก้านควบคุมจะไม่ให้รายละเอียดมากเพียงแค่นี้ให้ผู้ใช้เห็นทิศทางเคลื่อนที่ของตัวชี้ได้เท่านั้น

4.2.2 อุปกรณ์รับเข้าระบบปากกา

อุปกรณ์รับเข้าในกลุ่มนี้จะมีส่วนประกอบอยู่ชิ้นหนึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญ คือ อุปกรณ์ที่มีรูปร่างเหมือนปากกา แต่จะมีแสงที่ปลาย งานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นนี้มักเป็นงานเกี่ยวกับกราฟิกที่ต้องการวาดรูป งานวาดแผนผัง และงานคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (Computer Aided Design : CAD) ซึ่งถ้าใช้อุปกรณ์ที่รูปร่างเหมือนปากกาจะช่วยให้งานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น อุปกรณ์รับเข้าระบบปากกาที่มีใช้งานอยู่แพร่หลายได้แก่

(1) ปากกาแสง เป็นอุปกรณ์ที่ไวต่อแสงที่นอกจากจะใช้ในการวาดรูปสำหรับงานกราฟิกแล้ว ยังสามารถทำหน้าที่เหมือนเมาส์ในการชี้ตำแหน่งบนจอภาพ หรือทำงานกับรายการเลือกและสัญลักษณ์เพื่อสั่งงานเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่ปลายข้างหนึ่งของปากกาชนิดนี้จะมีสายเชื่อมที่สามารถต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อมีการแตะปากกาที่จอภาพข้อมูลจะถูกส่งผ่านสายนี้ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถรับรู้ตำแหน่งที่ชี้และกระทำตามคำสั่งได้ นอกจากนี้ เมื่อมีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดพกพาหรือปาล์มที่อ้อย่างแพร่หลายก็มีการนำปากกาชนิดนี้มาใช้ในการรับข้อมูลที่เป็นลายมือบนเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดนี้ด้วย

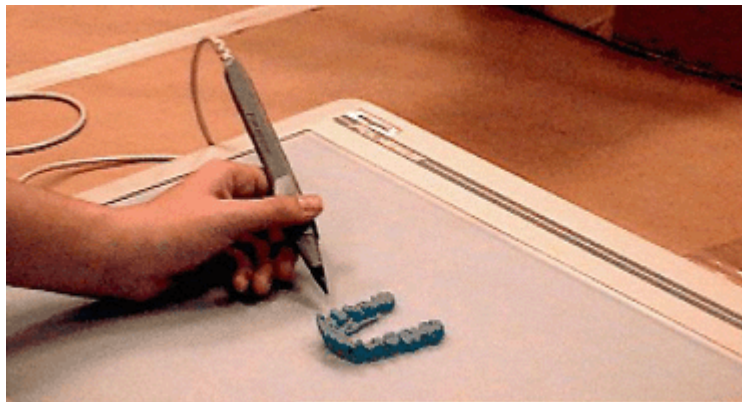


(ก) ปากกาแสง ปลายด้านหนึ่งมีสายเชื่อมไปต่อกับคอมพิวเตอร์



(ข) แสดงการใช้ปากกาแสงเลือกรายการบนจอภาพ

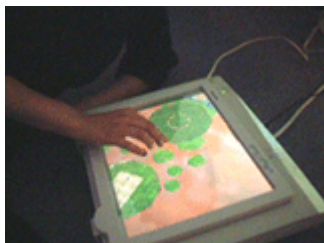
(2) เครื่องอ่านพิกัด (digitizing tablet) หรืออาจเรียกว่า แผ่นระนาบกราฟิก (graphic tablet) เป็นอุปกรณ์รับเข้าที่มีส่วนประกอบ 2 ชั้น ได้แก่ กระจกแบบสี่เหลี่ยมที่มีเส้นแบ่งเป็นตาราง (grid) ของเส้นลวดที่ไวต่อสัมผัสสูง และปากกาที่ทำหน้าที่เป็นตัวชี้ตำแหน่งหรือวาดรูปบนกระดาษข้างต้นคอมพิวเตอร์สามารถรับรู้ตำแหน่งของกระจกที่มีการสัมผัสหรือวาดเส้นและเส้นที่วาดจะแสดงบนจอภาพได้ อุปกรณ์ชิ้นนี้มักใช้ในการออกแบบรถยนต์หรือหุ่นยนต์



แสดงการใช้เครื่องอ่านพิกัดช่วยในงานออกแบบ

4.2.4 อุปกรณ์รับเข้าแบบจอสัมผัส

จอสัมผัส (touch screen) เป็นจอภาพแบบพิเศษที่สามารถรับรู้ได้ว่ามีการสัมผัสที่ตำแหน่งใดบนจอภาพ เมื่อมีการเลือก ตำแหน่งที่เลือกจะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังซอฟต์แวร์ที่ทำงานเพื่อแปลเป็นคำสั่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงาน โดยซอฟต์แวร์ที่ใช้งานมักเป็นซอฟต์แวร์ที่เขียนขึ้นเฉพาะการใช้จอสัมผัสเหมาะกับการใช้งานหรือซอฟต์แวร์ที่ต้องมีการเลือกคำสั่งในรายการเลือกหรือสัญรูป โดยต้องออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ให้มีสัญรูปที่มีขนาดใหญ่เพื่อสะดวกในการเลือกและลดความผิดพลาด ในปัจจุบันเราจะพบเห็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้จอภาพสัมผัสวางอยู่ทั่วไปตามสถานที่สาธารณะหรือห้างสรรพสินค้า ไม่ว่าจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งไว้เพื่อให้ข้อมูลทางทงท่องเที่ยว เครื่องคอมพิวเตอร์บอกตำแหน่งต่างๆ ในสถานที่ เครื่องคอมพิวเตอร์อธิบายสินค้าหรือบริการ หรือแม้แต่ตู้เกมแบบหยอดเหรียญ



แสดงการใช้งานจอสัมผัสเลือกตำแหน่งบนจอภาพ

เทคโนโลยีในการผลิตจอภาพสัมผัสในปัจจุบันมีด้วยกัน 4 แบบ ได้แก่ เทคโนโลยีเยื่อเชิงตัวนำ (conductive membrane) เทคโนโลยีงานเก็บประจุ (capacity-plate) เทคโนโลยีคลื่นจากสมบัติของเสียง (acoustic wave) และเทคโนโลยีลำแสงรังสีอินฟราเรด (infrared-beam) ซึ่งเทคโนโลยีสุดท้ายเป็นที่นิยมมากเนื่องจากมีความละเอียดมาก แต่ก็มีราคาแพง

ถึงแม้ว่า การใช้จอภาพสัมผัสจะช่วยให้การใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ทำได้ง่ายขึ้น โดยสามารถใช้นิ้วมือสั่งงานบนจอภาพโดยตรง แต่ก็ไม่เหมาะกับการนำมาใช้งานทั่วไป เนื่องจากอุปกรณ์ประเภทนี้มีน้ำหนักมาก และต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสูง

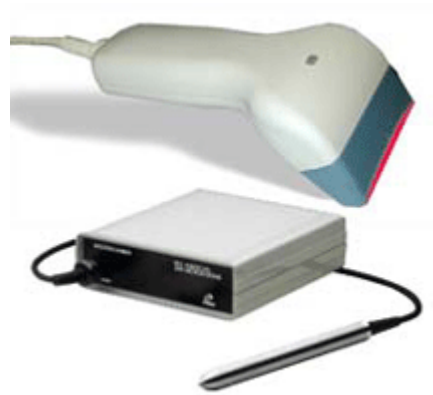
4.2.5 อุปกรณ์รับเข้าแบบกราดตรวจ

(1) เครื่องอ่านรหัสแท่ง ก่อนที่เราจะรู้จักกับเครื่องอ่านรหัสแท่ง ก็คงต้องทำความรู้จักกับสิ่งที่เรียกว่ารหัสแท่ง (bar code) ก่อน รหัสแท่งเป็นสิ่งที่เราพบเห็นได้บ่อยในการดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นบนสินค้าในห้างสรรพสินค้า หรือบนหนังสือห้องสมุด รหัสแท่งเป็นสัญลักษณ์ หรือรหัสที่มีลักษณะเป็นแท่งหรือแถบสีขาวและดำ เรียงต่อเนื่องกันในแนวตั้ง แต่ละแท่งมีความหนาไม่เท่ากัน

ความหนาที่แตกต่างกันนี้เองทำให้เราสามารถเข้ารหัสแท่งเป็นสัญลักษณ์แทนสินค้าหรือของที่ต่างชนิดกันหรือคนละชั้นกันได้



(ก) รหัสแท่ง



(ข) เครื่องอ่านรหัสแท่งแบบต่างๆ

สำหรับเครื่องอ่านรหัสแท่งเป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นเป็นนำเข้าข้อมูลที่เป็นรหัสแท่งโดยเฉพาะ โดยก่อนที่จะนำระบบการอ่านรหัสแท่งมาใช้ในงานใดๆ ต้องกำหนดมาตรฐานของรหัสแท่งที่ใช้เสียก่อน เช่น ในซูเปอร์มาร์เก็ตนิยมใช้มาตรฐานยูพีซี (Universal Product Code : UPC) ซึ่งเข้ารหัสโดยใช้ตัวเลขความยาว 12 ตัว โดยตัวเลขแต่ละตัวจะมีความหมายที่สามารถอ้างถึงสินค้าได้ ในขณะที่หน่วยงานอื่น เช่น โรงเรียน โรงงานมักนำมาตรฐานโค้ด 39 (Three of Nine) มาใช้งาน เนื่องจากมีความยืดหยุ่นกว่า เพราะสามารถเข้ารหัสได้ทั้งตัวเลข ตัวอักษรภาษาอังกฤษและอักขระพิเศษ นอกจากนี้ยังสามารถขยายความยาวของรหัสได้ตามต้องการด้วย

การทำงานของเครื่องอ่านรหัสแท่งใช้หลักการของการสะท้อนแสง โดยเครื่องอ่านจะส่องลำแสงไปยังรหัสแท่งที่อยู่บนสินค้า แล้วแปลงรหัสที่อ่านได้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่งผ่านสายที่เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ชิ้นนี้นำไปประมวลผล ซึ่งโดยมากมักเป็นซอฟต์แวร์ทางด้านฐานข้อมูล เช่น ถ้าเป็นการขายสินค้า เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์รับสัญญาณจากเครื่องอ่านจะรับรู้ว่าเป็นสินค้าชนิดใดถูกขายไป ซอฟต์แวร์จะส่งให้ไปถึงข้อมูลราคาของสินค้าชนิดนั้นขึ้นมาแสดงที่จอภาพ ในขณะเดียวกันจะไปลดจำนวนสินค้าชนิดนั้นออกจากข้อมูลสินค้าคงคลัง

เครื่องอ่านรหัสแท่งนี้ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากสามารถอำนวยความสะดวกในการนำเข้าข้อมูล แทนการนำข้อมูลผ่านแปงเป็นอักขระ สามารถลดความผิดพลาดระหว่างการนำเข้าข้อมูล และยังสามารถช่วยให้งานเป็นอัตโนมัติเนื่องจากสามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลได้

(2) เครื่องกราดตรวจ หรือที่เรานิยมเรียกกันว่าสแกนเนอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้ งานเอกสารและงานนำเสนอข้อมูลเป็นอย่างมาก อุปกรณ์ชิ้นนี้สามารถนำเข้าข้อมูลที่เป็นรูปภาพหรือ ข้อความที่อยู่บนสิ่งพิมพ์ได้โดยใช้หลักการสะท้อนแสง ข้อมูลที่รับเข้าโดยอุปกรณ์ชิ้นนี้จะเป็นรูปภาพ ที่ได้รับ

การแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและตีความได้ และสามารถเก็บใน หน่วยความจำได้ ผู้ใช้สามารถนำรูปดังกล่าวไปประกอบในแฟ้มข้อมูลเอกสารที่สร้างจากซอฟต์แวร์ ประมวลคำ หรือแฟ้มข้อมูลงานนำเสนอที่สร้างจากซอฟต์แวร์นำเสนอข้อมูลได้

ในการใช้งานอุปกรณ์ชิ้นนี้ต้องมีซอฟต์แวร์ช่วยในการแสดงข้อมูลและจัดเก็บด้วย การทำงานของ อุปกรณ์ใช้เทคโนโลยีการส่องแสงผ่านฟิลเตอร์ 3 ตัว ได้แก่ ฟิลเตอร์สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินไปยัง วัตถุที่ต้องการกราดตรวจ (scan) เมื่อแสงผ่านวัตถุจะเกิดการสะท้อนผ่านกระจกและเลนส์ส่งไปยังวัตถุ ไวแสง ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับความเข้มของแสง หลังจากนั้นแปลงความเข้มของแสงที่แตกต่างกันให้เป็น ข้อมูลแบบดิจิทัลที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ และข้อมูลดังกล่าวจะแสดงเป็นรูปภาพโดยซอฟต์แวร์ ที่ใช้ร่วมกับเครื่องสแกนเนอร์นั้นๆ ผู้ใช้สามารถจัดเก็บแล้วนำรูปที่ได้ไปตกแต่งเพิ่มเติมโดยใช้ ซอฟต์แวร์กราฟิก เช่น ซอฟต์แวร์โฟโตชอป (Photoshop)



เครื่องกราดตรวจ

การพิจารณาคุณภาพของสแกนเนอร์ จะพิจารณาจากความละเอียดของภาพ ซึ่งมีหน่วยเป็นจุดต่อ นิ้ว (dot per inch : dpi) ภาพที่มีจำนวนจุดต่อนิ้วมากจะมีความละเอียดสูง ซึ่งจะเหมือนรูปจริงมาก นอกจากนี้ความสามารถในการแยกแยะสีของสแกนเนอร์ และความเร็วในการกราดตรวจก็มี ความสำคัญเช่นกัน

(3) กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (digital camera) เป็นอุปกรณ์รับเข้าที่นิยมมากในปัจจุบัน อุปกรณ์ชนิดนี้ สามารถนำเข้าข้อมูลที่เป็นรูปภาพหรือกราฟิก มีลักษณะและการใช้งานเหมือนกล้องถ่ายรูปธรรมดา ทั่วไป แต่กล้องดิจิทัลไม่ต้องใช้ฟิล์มในการบันทึกภาพ แต่จะเก็บข้อมูลภาพไว้ในอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลที่เก็บเป็นข้อมูลแบบดิจิทัล ที่รูปแต่ละรูปประกอบด้วยจุดภาพ (pixel) เล็กๆ จำนวนมาก ความละเอียดของภาพขึ้นอยู่กับจำนวนจุดดังกล่าว กล้องดิจิทัลผลิตได้ในปัจจุบันมีความ ละเอียดของภาพอยู่ระหว่าง 1 ล้านถึง 5 ล้านจุดภาพ และข้อดีอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้กล้องดิจิทัลเป็นที่นิยม

คือ ผู้ใช้สามารถดูผลการถ่ายรูปได้หลังจากถ่ายรูปแต่ละรูปเลยโดยใช้จอภาพที่อยู่บนกล้อง หากรูปที่ถ่ายนั้นไม่เป็นที่พอใจก็สามารถถ่ายใหม่ได้ทันที



กล้องถ่ายภาพดิจิทัลและหน่วยความจำแบบแฟลชที่เก็บข้อมูล

ดังที่กล่าวไว้แล้วว่า อุปกรณ์เก็บข้อมูลของกล้องดิจิทัลเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งก็คือหน่วยความจำรองที่ใช้เก็บข้อมูลหรือคำสั่งที่ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ เช่น แผ่นบันทึก หรือหน่วยความจำที่เรียกว่าคอมแพ็คแฟลช (compact flash) ซึ่งเป็นแผ่นซิลิคอนเล็กๆ ที่บรรจุวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไว้จำนวนมาก มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาเหมาะกับการพกพา เมื่อต้องการย้ายข้อมูลรูปภาพในคอมแพ็คแฟลชมาเก็บในเครื่องคอมพิวเตอร์ ต้องใช้สายเชื่อมต่อจากกล้องมายังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นสื่อ หรือเส้นทางในการย้ายข้อมูล

4.2.6 อุปกรณ์รับเข้าแบบจดจำเสียง

การใช้งานคอมพิวเตอร์ในยุคใหม่นี้ มีความพยายามทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถรับคำสั่งหรือข้อมูลที่เป็นเสียงพูดได้ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการสั่งงานคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์รับเข้าที่ได้รับการพัฒนาเพื่อประโยชน์ดังกล่าวเรียกว่า อุปกรณ์วิเคราะห์เสียงพูด (speech recognition device) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เกิดขึ้นจากความร่วมมือระหว่างนักคอมพิวเตอร์และนักภาษาศาสตร์ การใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ต้องมีซอฟต์แวร์ที่เก็บฐานข้อมูลของคำศัพท์และความหมายของคำ นอกจากนี้ยังต้องจดจำน้ำเสียงและสำเนียงของผู้ที่จะใช้งานด้วย เนื่องจากการพูดของคนแต่ละคนมีความแตกต่างกันในแง่ของน้ำเสียงและสำเนียง ดังนั้นก่อนการใช้งานอุปกรณ์ชนิดนี้ ต้องทำให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้และจดจำน้ำเสียง สำเนียงของผู้ใช้งานระยะหนึ่งก่อนจึงจะเริ่มงานจริงได้ ส่วนการทำงานของอุปกรณ์ชนิดนี้จะรับข้อมูลเข้าทางไมโครโฟน (microphone) แล้วแปลงข้อมูลเสียงให้เป็นข้อมูลแบบดิจิทัล หลังจากนั้นนำข้อมูลที่แปลงได้ไปเปรียบเทียบกับคำศัพท์ในฐานข้อมูล หากความหมายของคำนั้นซึ่งอาจเป็นคำสั่ง เมื่อได้ความหมายก็สั่งให้คอมพิวเตอร์กระทำการตามความหมายของคำสั่งดังกล่าว

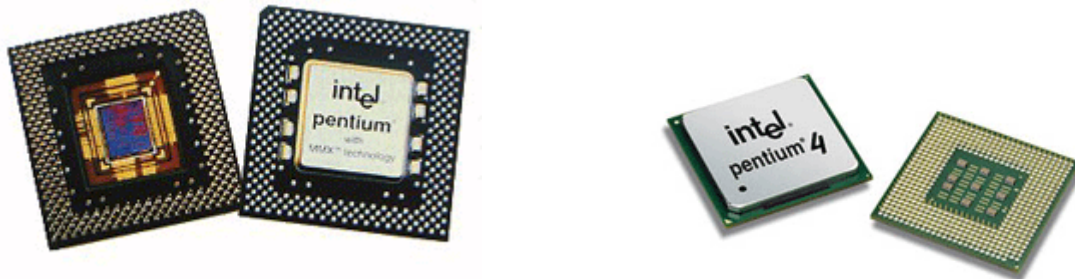
ถึงแม้ว่าอุปกรณ์ชนิดนี้จะสามารถการรับเข้าข้อมูลสะดวกสบายขึ้น อีกทั้งสามารถช่วยคนตาบอดที่ไม่สามารถสั่งงานเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านแผงแป้นอักขระหรือเมาส์ได้ แต่ก็ยังมีข้อเสียที่ต้องได้รับการ

พัฒนาต่อไปเรื่อยๆ เช่น ปัญหาในเรื่องของน้ำเสียงและสำเนียง เนื่องจากผู้สั่งการถึงแม้จะเป็นคนเดียวกัน แต่หากสั่งการในสภาวะอารมณ์ที่แตกต่างกันก็มีผลให้น้ำเสียงแตกต่างจากเดิม มีผลให้การทำงานของอุปกรณ์อาจผิดพลาดไปได้ และปัญหาในเรื่องความสามารถในการจดจำคำศัพท์ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของหน่วยความจำ ทำให้จำนวนคำศัพท์ที่จำได้มีจำกัด และไม่สามารถแยกแยะคำศัพท์ที่ที่พ้องเสียงกัน เช่น คำศัพท์ภาษาอังกฤษ to too และ two

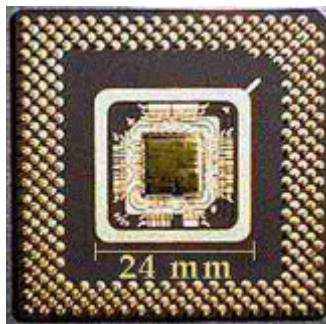
4.3 หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลาง หรือ ไมโครโพรเซสเซอร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ มีหน้าที่นำคำสั่งและข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำมาแปลความหมายและกระทำตาม คำสั่งพื้นฐานของไมโครโพรเซสเซอร์ซึ่งแทนได้ด้วยรหัสเลขฐานสอง

การทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง ประกอบด้วยการคำนวณทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน เช่น การบวก ลบ คูณ หาร การเปรียบเทียบข้อมูลสองจำนวน การควบคุมการเคลื่อนย้ายข้อมูลในส่วนต่างๆ ของระบบ เช่น เคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างอุปกรณ์รับข้อมูล อุปกรณ์แสดงผลกับหน่วยความจำ เป็นต้น

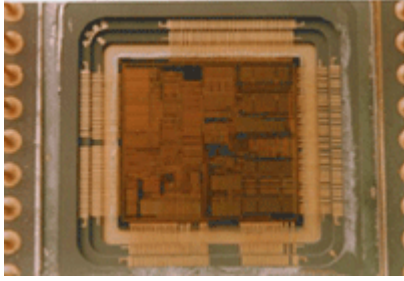


ไมโครโพรเซสเซอร์เพนเทียม



ภาพด้านหลังของไมโครโพรเซสเซอร์เพนเทียม

มีขาที่สามารถเสียบบนช่องสล๊อต (slot) และตรงกลางเป็นวงจรรีเลย์ทรานซิสเตอร์กว้าง 24 มิลลิเมตร



ภาพขยายวงจรถือเล็กทรอนิกส์ภายในไมโครโพรเซสเซอร์

หน่วยประมวลผลกลางเป็นวงจรไฟฟ้าหน่วยสำคัญที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน 2 หน่วย ได้แก่ หน่วยควบคุม (Control Unit : CU) และหน่วยคำนวณและตรรกะหรือเอแอลยู (Arithmetic and Logic Unit : ALU)

4.3.1 หน่วยควบคุม

หน่วยควบคุมเป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ประสานงาน และควบคุมการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ หน่วยนี้ทำงานคล้ายกับสมองซึ่งควบคุมให้ระบบอวัยวะต่างๆ ของร่างกายทำงานประสานกัน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ควบคุมให้อุปกรณ์รับข้อมูล ส่งข้อมูลไปที่หน่วยความจำ ติดต่อกับอุปกรณ์แสดงผลเพื่อสั่งให้นำข้อมูลจากหน่วยความจำไปยังอุปกรณ์แสดงผล โดยหน่วยควบคุมของคอมพิวเตอร์จะแปลความหมายของคำสั่งในโปรแกรมของผู้ใช้ และควบคุมให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำงานตามคำสั่งนั้นๆ จากที่กล่าวมาสามารถเปรียบเทียบการทำงานของหน่วยควบคุมกับการทำงานของสมองได้ดังนี้

สมอง	หน่วยควบคุม
• ควบคุมอวัยวะสัมผัสทั้งห้า	• ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับข้อมูล
• จดจำและระลึกเรื่องราวต่าง ๆ	• ควบคุมการเก็บและการนำข้อมูลจากหน่วยความจำมาใช้
• วิเคราะห์ปัญหา แก้ปัญหาและตัดสินใจ	• ควบคุมการทำงานของหน่วยคำนวณและตรรกะ ให้ทำการคำนวณและเปรียบเทียบ
• ควบคุมการแสดงผลออกโดยการพูดหรือการเขียน	• ควบคุมการทำงานของหน่วยแสดงผลให้พิมพ์หรือบันทึกผล

4.3.2 หน่วยคำนวณและตรรกะ

หน่วยคำนวณและตรรกะเป็นหน่วยที่ทำหน้าที่คำนวณทางเลขคณิต ได้แก่ การบวก ลบ คูณ หาร และเปรียบเทียบทางตรรกะเพื่อทำการตัดสินใจ เช่น ทำการเปรียบเทียบข้อมูล เพื่อตรวจสอบว่าปริมาณ

หนึ่ง น้อยกว่า เท่ากับ หรือมากกว่า อีกปริมาณหนึ่ง แล้วส่งผลการเปรียบเทียบว่าจริงหรือเท็จ ไปยัง หน่วยความจำเพื่อทำงานต่อไป ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในเงื่อนไข การทำงานของเอแอลยูคือ รับ ข้อมูลจากหน่วยความจำมาไว้ในที่เก็บชั่วคราวของเอแอลยูซึ่งเรียกว่า เรจิสเตอร์ (register) เพื่อทำการ คำนวณแล้วส่งผลลัพธ์กลับไปยังหน่วยความจำ ทั้งนี้ในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ข้อมูลและ คำสั่งจะอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านระบบส่งถ่ายข้อมูลผ่านในที่เรียกว่า บัส (bus)

กลไกการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง มีความสลับซับซ้อน ผู้พัฒนาซีพียูได้สร้างกลไกให้ ทำงานได้ดีขึ้น โดยแบ่งการทำงานเป็นส่วนๆ มีการทำงานแบบขนาน และทำงานเหลื่อมกันเพื่อให้ ทำงานได้เร็วขึ้น

ในด้านความเร็วของซีพียูถูกกำหนดโดยปัจจัย 2 อย่าง ปัจจัยแรกคือ สถาปัตยกรรมภายในของ ซีพียูแต่ละรุ่น ซีพียูที่ได้รับการออกแบบภายในที่ดีกว่าก็มีประสิทธิภาพในการประมวลผลที่ดีกว่า การ พัฒนาทางด้านสถาปัตยกรรมก็มีส่วนทำให้ลักษณะของซีพียูแตกต่างกันไป

นอกจากนี้ อีกปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดความเร็วของซีพียู คือ ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (clock) ซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่คอยกำหนดจังหวะการทำงานประสานของวงจรภายในให้สอดคล้องกัน ในอดีตสัญญาณดังกล่าวจะมีความถี่ในหน่วยเป็นเมกะเฮิร์ตซ์ (megahertz) หรือล้านครั้งต่อวินาที ดังนั้น สำหรับซีพียูที่มีสถาปัตยกรรมภายในเหมือนกันทุกประการ แต่ความถี่สัญญาณนาฬิกาต่างกัน ซีพียูตัวที่มีความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงกว่าจะทำงานได้เร็วกว่า และซีพียูที่มีอยู่ในปัจจุบันมีความถี่ในระดับจิกะ เฮิร์ตซ์

4.3.3 วิวัฒนาการของหน่วยประมวลผลกลาง

เทคโนโลยีไมโครโพรเซสเซอร์ได้พัฒนาอย่างรวดเร็ว โดยเริ่มจากปี พ.ศ. 2518 บริษัทอินเทลได้ พัฒนาไมโครโพรเซสเซอร์ที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ ไมโครโพรเซสเซอร์เบอร์ 8080 ซึ่งเป็นซีพียูขนาด 8 บิต ซีพียูรุ่นนี้จะรับข้อมูลเข้ามาประมวลผลด้วยตัวเลขฐานสองครั้งละ 8 บิต และทำงานภายใต้ ระบบปฏิบัติการซีพีเอ็ม (CP/M) ต่อมาบริษัทแอปเปิ้ลก็เลือกซีพียู 6502 ของบริษัทมอสเทคมาผลิตเป็น เครื่องแอปเปิ้ลทู ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในยุคนั้น

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในประเทศไทยส่วนมากเป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้ซีพียูของตระกูล 80XXX ที่พัฒนามาจาก 8088 8086 80286 80386 80486 และเพนเตียม ตามลำดับ

การพัฒนาซีพียูตระกูลนี้เริ่มจาก ซีพียูเบอร์ 8088 ต่อมาประมาณปี พ.ศ. 2524 มีการพัฒนาเป็นซีพียู แบบ 16 บิต ที่มีการรับข้อมูลจากภายนอกทีละ 8 บิต แต่การประมวลผลบวก ลบ คูณ หารภายในจะ กระทำทีละ 16 บิต บริษัทไอบีเอ็มเลือกซีพียูตัวนี้เพราะอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ในสมัยนั้นยังเป็นระบบ 8 บิต คอมพิวเตอร์รุ่นซีพียู 8088 แบบ 16 บิตนี้เรียกว่า พีซี และเป็นพีซีรุ่นแรก

ขีดความสามารถของซีพียูที่จะต้องพิจารณา นอกจากขีดความสามารถในการประมวลผลภายใน การรับส่งข้อมูลระหว่างซีพียูกับอุปกรณ์ภายนอกแล้ว ยังต้องพิจารณาขีดความสามารถในการเข้าไป เขียนอ่านในหน่วยความจำด้วย ซีพียู 8088 สามารถเขียนอ่านในหน่วยความจำได้สูงสุดเพียง 1 เมกะไบต์ (ประมาณหนึ่งล้านไบต์) ซึ่งถือว่ามากในขณะนั้น

ความเร็วของการทำงานของซีพียูขึ้นอยู่กับกาให้จังหวะที่เรียกว่า สัญญาณนาฬิกา ซีพียู 8088 ถูก กำหนดจังหวะด้วยสัญญาณนาฬิกาที่มีความเร็ว 4.77 ล้านรอบใน 1 วินาที หรือที่เรียกว่า 4.77 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ซึ่งปัจจุบันถูกพัฒนาให้เร็วขึ้นเป็นลำดับ

ไมโครคอมพิวเตอร์รุ่นพีซีได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมฮาร์ดดิสก์ลงไปและปรับปรุงซอฟต์แวร์ระบบ และเรียกชื่อรุ่นว่า พีซีเอ็กซ์ที (PC-XT)

ใน พ.ศ. 2527 ไอบีเอ็มเสนอไมโครคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ทำงานได้ดีกว่าเดิม โดยใช้ชื่อรุ่นว่า พีซีเอที (PC-AT) คอมพิวเตอร์รุ่นนี้ใช้ซีพียูเบอร์ 80286 ทำงานที่ความเร็วสูงขึ้นคือ 6 เมกะเฮิร์ตซ์

การทำงานของซีพียู 80286 ดีกว่าเดิมมาก เพราะรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายในเป็นแบบ 16 บิตเต็ม การประมวลผลเป็นแบบ 16 บิต ทำงานด้วยความเร็วของจังหวะสัญญาณนาฬิกาสูงกว่า และยังติดต่อ เขียนอ่านกับหน่วยความจำได้มากกว่า คือ ติดต่อได้สูงสุด 16 เมกะไบต์ หรือ 16 เท่าของคอมพิวเตอร์รุ่นพีซี

พัฒนาการของเครื่องพีซีที่ทำให้ผู้ผลิตอื่นออกแบบเครื่องคอมพิวเตอร์ตามอย่างไอบีเอ็ม โดยเพิ่มขีดความสามารถเฉพาะของตนเองเข้าไปอีก เช่น ใช้สัญญาณนาฬิกาสูงขึ้นเป็น 8 เมกะเฮิร์ตซ์ 10 เมกะเฮิร์ตซ์ จนถึง 16 เมกะเฮิร์ตซ์ ไมโครคอมพิวเตอร์บนรากฐานของพีซีเอที จึงมีผู้ใช้กันทั่วโลก ยุคนี้จึงเป็นยุคที่ไมโครคอมพิวเตอร์แพร่หลายอย่างเต็มที่

ซีพียู 80386SX ใช้กับโครงสร้างเครื่องพีซีเอทีเดิมได้พอดีโดยแทบไม่ต้องดัดแปลงอะไร ทั้งนี้เพราะโครงสร้างภายในซีพียูเป็นแบบ 80386 แต่โครงสร้างการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกใช้เส้นทางเพียงแค่ 16 บิต ไมโครคอมพิวเตอร์ 80386SX จึงเป็นที่นิยมเพราะมีราคาถูกและสามารถทดแทนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นพีซีเอทีได้

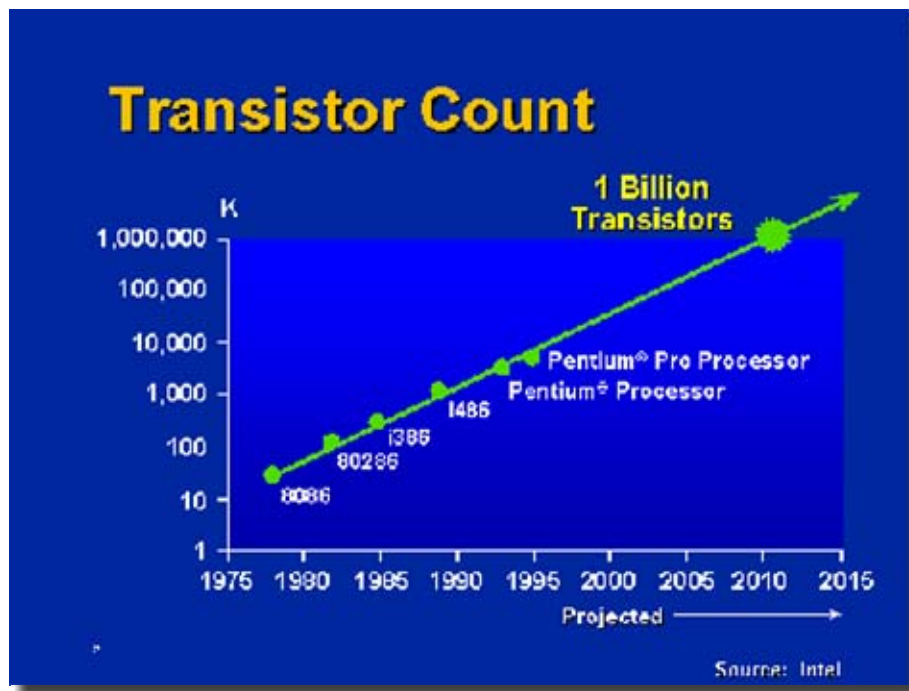
ซีพียู 80486 เป็นพัฒนาการของอินเทลใน พ.ศ. 2532 และเริ่มใช้กับเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์ในปี ต่อมา ความจริงแล้วซีพียู 80486 ไม่มีข้อเด่นอะไรมากนัก เพียงแต่ใช้เทคโนโลยีการรวมชิป 80387 เข้ากับซีพียู 80386 ซึ่งชิป 80387 เป็นหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และรวมเอาส่วนจัดการหน่วยความจำ เข้าไว้ในชิป ทำให้การทำงานโดยรวมรวดเร็วขึ้นอีก

ใน พ.ศ. 2535 อินเทลได้ผลิตซีพียูตัวใหม่ที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ชื่อว่า เพนเทียม การผลิต ไมโครคอมพิวเตอร์จึงได้เปลี่ยนมาใช้ซีพียูเพนเทียม ซึ่งเป็นซีพียูที่มีขีดความสามารถเชิงคำนวณสูงกว่า ซีพียู 80486 มีความซับซ้อนมากกว่าเดิม และใช้ระบบการส่งถ่ายข้อมูลได้ถึง 64 บิต

การพัฒนาทางด้านซีพียูเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไมโครโพรเซสเซอร์รุ่นใหม่จะมีโครงสร้างที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ใช้งานได้มากขึ้น และจะเป็นซีพียูในรุ่นที่ 8 ของบริษัทอินเทล โดยมีชื่อว่า เพนเทียมโฟร์ (Pentium IV)

ใน พ.ศ. 2529 บริษัทอินเทลประกาศตัวซีพียูรุ่นใหม่ คือ 80386 หลายบริษัทรวมทั้งบริษัทไอบีเอ็มเร่งพัฒนาโดยนำเอาซีพียู 80386 มาเป็นซีพียูหลักของระบบ ซีพียู 80386 เพิ่มเติมขีดความสามารถอีกมาก เช่น รับส่งข้อมูลครั้งละ 32 บิต ประมวลผลครั้งละ 32 บิต ติดต่อกับหน่วยความจำได้มากถึง 4 จิกะไบต์ (1 จิกะไบต์ เท่ากับ 1024 ล้านไบต์) จังหวะสัญญาณนาฬิกาเพิ่มได้สูงถึง 33 เมกะเฮิร์ต ขีดความสามารถสูงกว่าซีพียูรุ่นเดิมมาก และใน พ.ศ. 2530 บริษัทไอบีเอ็มเริ่มประกาศขาย ไมโครคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ชื่อว่า พีเอสทู (PS/2) โดยมีโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของระบบแตกต่างออกไปโดยเฉพาะระบบบัส

ผลปรากฏว่า เครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น 80386 ไม่เป็นที่นิยมมากนัก ทั้งนี้เพราะยุคเริ่มต้นของเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น 80386 มีราคาแพงมาก ดังนั้นใน พ.ศ. 2531 อินเทลต้องเอาใจลูกค้าในกลุ่มเอทีเดิม คือ ลดขีดความสามารถของ 80386 ลงให้เหลือเพียง 80386SX



จากรูป แสดงพัฒนาการด้านความเร็วของซีพียูตั้งแต่รุ่น 8086 จนถึงรุ่นที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน และความคาดหวังต่อไปในอนาคตที่ไมโครโพรเซสเซอร์จะมีความเร็วถึงระดับ 100,000 ล้านคำสั่งต่อวินาที จากรูปแกน X แทนปีคริสต์ศักราชที่มีการพัฒนาไมโครโพรเซสเซอร์ และแกน Y แทนความเร็วในการทำงานของไมโครโพรเซสเซอร์มีหน่วยเป็นล้านคำสั่งต่อวินาที (MIPS)

4.4 หน่วยความจำหลัก

หน่วยความจำหลัก คือ หน่วยความจำที่ต่อกับหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยประมวลผลกลางสามารถใช้งานได้โดยตรง หน่วยความจำชนิดนี้จะเก็บข้อมูลและชุดคำสั่งในระหว่างการประมวลผล และมีกระแสไฟฟ้า เมื่อปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ข้อมูลในหน่วยความจำนี้จะหายไปด้วย หน่วยความจำหลักที่ใช้ในระบบคอมพิวเตอร์ปัจจุบันเป็นชนิดที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ หน่วยความจำชนิดนี้มีขนาดเล็ก ราคาถูก แต่เก็บข้อมูลได้มาก และสามารถให้หน่วยประมวลผลกลางนำข้อมูลมาเก็บและเรียกค้นได้อย่างรวดเร็ว

หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยวงจรถืออิเล็กทรอนิกส์ ที่รับและส่งสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบของรหัส โดยนิยมแทนด้วยตัวเลข 0 และ 1 ซึ่งแทนสถานะการมีสัญญาณไฟฟ้าต่ำและสถานะการมีสัญญาณไฟฟ้าสูง หรืออาจเปรียบเทียบกับสถานะของหลอดไฟฟ้าคือ สถานะปิด และสถานะเปิด ดังนั้น ถ้ามีหลอดไฟฟ้าอยู่ 2 ดวง จะใช้สถานะปิดหรือเปิดแทนรหัสแบบต่างๆ ได้ 4 รหัสคือ

แบบที่ 1	หลอดที่ 1	หลอดที่ 2	รหัส
1			00
2			01
3			10
4			11

จะได้จำนวนรหัสที่เกิดจากการแทนสถานะของหลอดไฟฟ้า 2 หลอด $= 2^2 = 4$ รหัส

ถ้ามีหลอดไฟอยู่ 4 ดวง สามารถแทนรหัสแบบต่าง ๆ ได้ $= 2^4 = 16$ รหัส

หรือ ถ้ามี หลอดไฟอยู่ 8 ดวง สามารถแทนรหัสแบบต่าง ๆ ได้ $= 2^8 = 256$ รหัส

เนื่องจากหลอดไฟแต่ละหลอดจะมีสถานะได้ 2 แบบ ลักษณะการแทนตัวเลข 0 และ 1 ด้วยสถานะดังกล่าวจะเข้ากับระบบตัวเลขฐานสอง ตัวอย่างเช่น ให้สถานะของหลอดไฟฟ้า 2 หลอดแทนตัวเลขฐานสอง 2 หลัก จะสามารถสร้างรหัสที่แตกต่างกันได้ 4 รหัส

ทำนองเดียวกันถ้าให้ตัวเลขฐานสองมีได้ 8 หลัก หรือ 8 บิต จะแทนรหัสได้ 256 แบบ เช่นตัวอักษร A อาจแทนด้วยรหัส 01000001 และเครื่องหมาย * อาจแทนด้วยรหัส 00101010 เป็นต้น โดยเรียกกลุ่มที่มี 8 บิต ว่า 1 ไบต์(byte) หรือ 1 ตัวอักษร โดยทั่ว ๆ ไป จะใช้จำนวนไบต์บอกขนาดของหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์มาตราหน่วยความจำมีดังนี้

1 กิโล ไบต์ (kilobyte หรือ KB) $= 2^{10} = 1,024$ ไบต์

1 เมกะไบต์ (megabyte หรือ MB) $= 2^{20} = 1,048,576$ ไบต์

เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องต้องอาศัยหน่วยความจำหลัก เพื่อใช้เก็บข้อมูลและคำสั่ง ซีพียูทำหน้าที่นำคำสั่งจากหน่วยความจำหลักมาแปลความหมายแล้วกระทำตาม เมื่อทำเสร็จก็จะนำผลลัพธ์มาเก็บในหน่วยความจำหลัก ซีพียูจะกระทำตามขั้นตอนเช่นนี้เป็นวงรอบเรื่อยๆ ไปอย่างรวดเร็ว เรียกการทำงานลักษณะนี้ว่า วงรอบของคำสั่ง (execution cycle)

จากการทำงานเป็นวงรอบของซีพียูนี้เอง การอ่านเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำหลักจะต้องทำได้รวดเร็ว เพื่อให้ทันการทำงานของซีพียู โดยปกติถ้าให้ซีพียูทำงานที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา 2,000 เมกะเฮิร์ตซ์ หน่วยความจำหลักที่ใช้ทั่วไปมักจะมีความเร็วไม่ทัน ช่วงคิดต่ออาจมีเพียง 100 เมกะเฮิร์ตซ์

หน่วยความจำหลักที่ใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์จึงต้องกำหนดคุณลักษณะ ในเรื่องช่วงเวลาเข้าถึงข้อมูล (access time) ค่าที่ใช้ทั่วไปอยู่ในช่วงประมาณ 60 นาโนวินาที ถึง 125 นาโนวินาที (1 นาโนวินาทีเท่ากับ 10^{-9} วินาที) แต่อย่างไรก็ตาม มีการพัฒนาให้หน่วยความจำสามารถใช้กับซีพียูที่ทำงานเร็วขนาด 33 เมกะเฮิร์ตซ์ โดยการสร้างหน่วยความจำพิเศษมาคั่นกลางไว้ ซึ่งเรียกว่า หน่วยความจำแคช (cache memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เพิ่มเข้ามาเพื่อนำชุดคำสั่ง หรือข้อมูลจากหน่วยความจำหลักมาเก็บไว้ก่อน เพื่อให้ซีพียูเรียกใช้ได้เร็วขึ้น

4.4.1 หน่วยความจำหลักแบบอ่านได้อย่างเดียว

หน่วยความจำหลักแบบอ่านได้อย่างเดียวหรือที่เราเรียกว่ารอม (Read Only Memory : ROM) เป็นหน่วยความจำที่บริษัทผู้ผลิตไมโครคอมพิวเตอร์ได้บรรจุโปรแกรมมาเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมนี้เก็บในลักษณะถาวร คือข้อมูลที่บรรจุในหน่วยความจำแบบนี้จะยังอยู่แม้จะปิดเครื่องไปแล้ว และเมื่อเปิดเครื่องใหม่หน่วยประมวลผลกลางจะอ่านโปรแกรมหรือข้อมูลในรอมมาใช้ประมวลผลได้เท่านั้น โดยไม่สามารถที่จะนำข้อมูลอื่นใดมาเขียนลงในรอมได้ สาเหตุที่ต้องมีโปรแกรมเก็บไว้ถาวรก็เนื่องมาจากเมื่อเวลาเริ่มต้นทำงานไมโครคอมพิวเตอร์จะต้องทำการเรียกระบบปฏิบัติการจากแผ่นบันทึกมาบรรจุในหน่วยความจำ หน่วยความจำรอมที่ใช้ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ จะมีขนาดประมาณ 8 KB ขึ้นไป โปรแกรมที่เก็บไว้ในรอมและเป็นหน่วยสำคัญของระบบนี้มีชื่อว่า ไบออส BIOS (Basic Input Output System)

รอมส่วนใหญ่เป็นหน่วยความจำไม่ลบเลือน แต่อาจยอมให้ผู้พัฒนาระบบลบข้อมูลและเขียนข้อมูลลงไปใหม่ได้ การลบข้อมูลนี้ต้องทำด้วยกรรมวิธีพิเศษ เช่น ใช้แสงอัลตราไวโอเลตฉายลงบนผิวซิลิคอน หน่วยความจำประเภทนี้มักจะมีช่องกระจกใส่สำหรับฉายแสงขณะลบ และขณะใช้งานจะมีแผ่นกระดาษทึบปิดทับไว้ เรียกหน่วยความจำประเภทนี้ว่า อีพรอม (Erasable Programmable Read Only Memory : EPROM)

4.4.2 หน่วยความจำหลักแบบแก้ไขได้

หน่วยความจำหลักแบบแก้ไขได้หรือที่เราเรียนกว่า แรม (Random Access Memory : RAM) เป็นหน่วยความจำหลักที่สามารถนำโปรแกรมและข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกหรือหน่วยความจำรองมาบรรจุไว้ หน่วยความจำแรมนี้ต่างจากรอมที่สามารถเก็บข้อมูลได้เฉพาะเวลาที่มีไฟฟ้าเลี้ยงวงจรอยู่เท่านั้น หากปิดเครื่องข้อมูลจะหายไปหมดสิ้น เมื่อเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งจึงจะนำข้อมูลหรือโปรแกรมมาเขียนใหม่อีกครั้ง หน่วยความจำชนิดนี้ทำงานเหมือนกระดานดำ คือสามารถลบข้อมูลที่ไม่ใช้งานแล้วออกได้ เพื่อเพิ่มพื้นที่ว่างในการเก็บข้อมูลใหม่ ไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิต รุ่น XT มีหน่วยความจำหลักแรมเพียง 640 KB แต่ในยุคหลังนี้ไมโครโปรเซสเซอร์มีหน่วยความจำหลักแรมได้หลายร้อยเมกะไบต์ โดยปกติขนาดของแรมจะใช้ในการกล่าวถึงขนาดความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย หน่วยความจำแรมมีขนาดแตกต่างกันออกไป หน่วยความจำชนิดนี้ บางครั้งเรียกว่า read write memory ซึ่งหมายความว่าสามารถทั้งอ่านและบันทึกได้ หน่วยความจำแบบแรมที่มีใช้ยังสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

(1) ไดนามิกแรมหรือดีแรม (Dynamic RAM : DRAM) เป็นหน่วยความจำที่มีใช้งานอยู่ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพงและมีความจุสูง หน่วยความจำชนิดนี้เก็บข้อมูลเลขฐานสองแต่ละบิตไว้ที่ตัวเก็บประจุ ซึ่งจะมีการคายประจุทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้หายไปได้ จึงต้องออกแบบให้มีการจ่ายสัญญาณไฟฟ้าหรือที่เรียกว่ารีเฟรช (refresh) ให้ตัวเก็บประจุตลอดเวลา เพื่อให้ข้อมูลที่เก็บภายในยังคงอยู่ตลอดการใช้งาน ซึ่งการรีเฟรชดังกล่าวมีผลให้หน่วยความจำชนิดนี้อ่านและเขียนข้อมูลได้ซ้ำ

ในการเข้าถึงข้อมูลของไดนามิกแรมจะแบ่งเวลาในการเข้าถึงข้อมูลเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงจัดเตรียม (setup time) คือเวลาที่ใช้ในการเตรียมพื้นที่ในแรมให้พร้อมในการรับหรือส่งข้อมูล ภายในแรมแบ่งเป็นตารางที่สามารถระบุเป็นแถว (row) และสดมภ์ (column) แต่ละช่องคือพื้นที่ใช้เก็บข้อมูลแบ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ (address) การจะอ่านหรือเขียนข้อมูล ซีพียูต้องส่งสัญญาณที่ระบุตำแหน่งดังกล่าวไป เพื่อเตรียมการรับหรือส่งข้อมูลของพื้นที่ที่ระบุ สำหรับส่วนที่สองเรียกว่า ช่วงวงรอบการทำงาน (cycle time) คือ เวลาที่ใช้ในการอ่านหรือเขียนข้อมูลในตำแหน่งที่อยู่ที่ระบุส่งกลับมายังซีพียู การอ่านข้อมูลของดีแรมในยุคแรกๆ อ่านข้อมูลที่ละ 4 ไบต์ โดยต้องส่งสัญญาณระบุตำแหน่งที่อยู่เป็นแถวและสดมภ์ของแต่ละไบต์ไปยังแรม

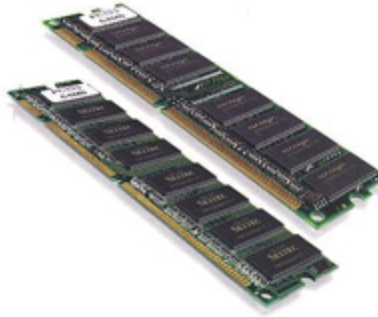
ในปัจจุบันมีการคิดค้นดีแรมขึ้นใช้งานอยู่หลายชนิด เทคโนโลยีในการพัฒนาหน่วยความจำประเภทแรมเป็นความพยายามลดเวลาในส่วนที่สองของการอ่านข้อมูล นั่นก็คือช่วงวงรอบการทำงาน นักเรียนอาจเคยได้ยินชื่อเรียกแรมมาหลายประเภทดังนี้

(ก) เอฟพีเอ็มดีแรม (Fast Page Mode Dynamic RAM : FPM DRAM) เป็นแรมที่พัฒนาหลังจากไดนามิกแรมธรรมดาในยุคแรกๆ ที่ใช้ในเครื่องระดับ 80286 และ 80386 เอฟพีเอ็มดีแรมเป็นแรมชนิดที่เก่าที่สุดที่ยังคงมีขายอยู่ในตลาดคอมพิวเตอร์ เป็นแรมที่พัฒนาขึ้นใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ 80486 ปัจจุบันยังคงมีการผลิตมาจำหน่ายแต่น้อยมากทำให้เป็นแรมชนิดที่มีราคาแพง

หลักการการทำงานของแรมชนิดนี้พัฒนามาจากการทำงานของไดนามิกแรมธรรมดา คือ อ่านข้อมูลทีละ 4 ไบต์เหมือนกัน แต่ใช้หลักการที่ให้อ่านข้อมูลเหล่านั้นอยู่ในแถวเดียวกันแต่คนละสดมภ์ การส่งสัญญาณระบุตำแหน่งของไบต์ที่ 2 ถึง 4 ระบุเฉพาะส่วนที่เป็นตำแหน่งของสดมภ์ ส่วนการระบุแถวจะส่งไปในครั้งแรกเพียงครั้งเดียว ทำให้เวลาในการเข้าถึงข้อมูลไบต์ที่ 2- 4 ลดลงเหลือเพียงส่วนที่สองเท่านั้น เป็นผลให้การทำงานของเอฟพีเอ็มดีแรมเร็วกว่าแรมธรรมดาประมาณร้อยละ 30 และมีอัตราการส่งถ่ายข้อมูลในช่วง 100 –200 เมกะไบต์ต่อวินาที

(ข) อีดีโอแรม (Extended Data Output RAM : EDO RAM) เป็นแรมที่พัฒนาขึ้นหลังจากเอฟพีเอ็มดีแรม พัฒนาขึ้นในปี พ.ศ.2538 โดยบริษัทไมครอนในประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับเพนเทียมเอ็มเอ็มเอ็กซ์ เพนเทียมโปร ซึ่งไม่เป็นที่นิยมแล้วในปัจจุบัน หลักการทำงานของแรมชนิดนี้เหมือนกับเอฟพีเอ็มดีแรม แต่ใช้เวลาในการอ่านข้อมูลแต่ละไบต์เร็วกว่า โดยสามารถส่งสัญญาณระบุตำแหน่งส่วนที่เป็นสดมภ์ของไบต์ถัดไปได้เลยโดยไม่ต้องรอให้การอ่านข้อมูลปัจจุบันเสร็จสิ้นก่อน ทำให้เข้าถึงข้อมูลได้เร็วกว่าเอฟพีเอ็มดีแรมร้อยละ 5-10 แรมชนิดนี้ทำงานได้เร็วในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ความถี่ 66 เมกะเฮิร์ต และส่งถ่ายข้อมูลด้วยความเร็ว 800 เมกะไบต์ต่อวินาที

(ค) เอสดีแรม (Synchronous Dynamic RAM : SDRAM) หลังจาก พ.ศ. 2538 การพัฒนาไมโครโปรเซสเซอร์เป็นไปอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ผลิตในยุคต่อมาเพนเทียมทูร์ (Pentium II) และเพนเทียมทรี (Pentium III) เป็นเครื่องที่มีความถี่สูงกว่า 66 เมกะเฮิร์ตซ์ และมีแนวโน้มที่จะพัฒนาต่อมาเรื่อยๆ มีผลให้อีดีโอแรมทำงานได้ไม่ดีพอ จึงมีการผลิตแรมที่เรียกว่าเอสดีแรม ที่มีการทำงานเข้าจังหวะของสัญญาณนาฬิกาแทน โดยสามารถเข้าถึงข้อมูลและอ่านข้อมูลได้ 4 ไบต์ต่อรอบสัญญาณนาฬิกา 1 ครั้ง หรือที่เรียกว่า 1 คล็อก(1 clock) แรมชนิดนี้สามารถทำงานได้ที่ความถี่ตั้งแต่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ขึ้นไป และความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลประมาณ 800 เมกะบิตต่อวินาที



เอสดีแรม

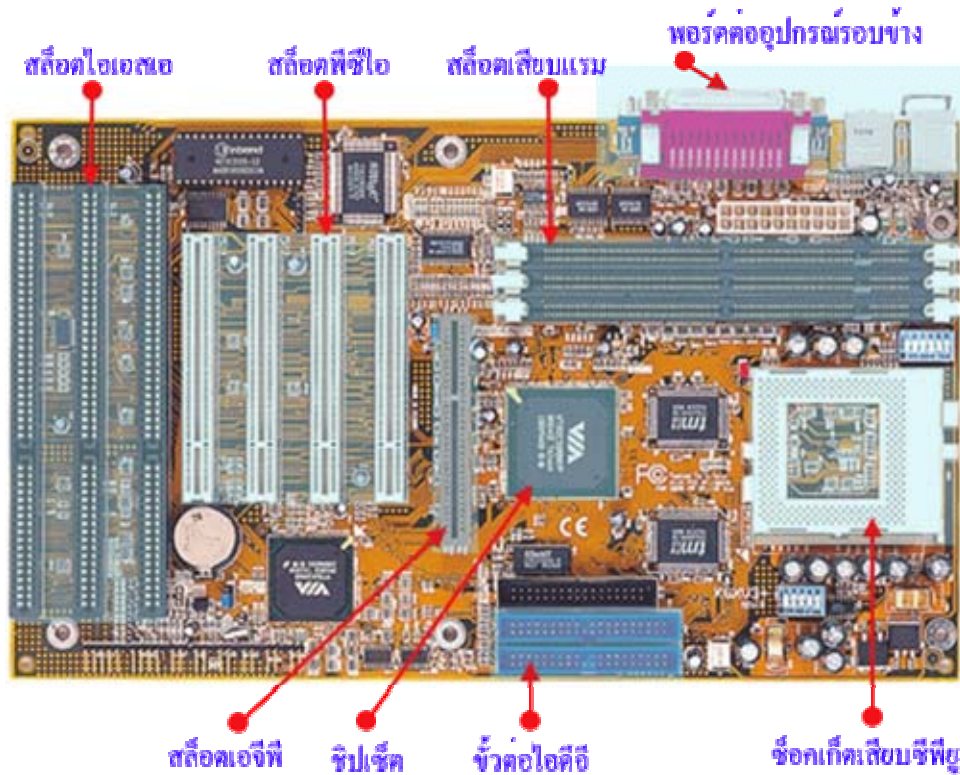
เอสดีแรมเป็นแรมชนิดที่ยังใช้งานอยู่ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ปัจจุบัน โดยแรมประเภทนี้ที่มีขายในตลาดคอมพิวเตอร์จะทำงานได้ที่ความถี่แตกต่างกัน การอ้างถึงแรมประเภทนี้จะอ้างตามความถี่ดังกล่าว โดยอ้างเป็น PC-66 หมายถึงเอสดีแรมที่มีมีการส่งถ่ายข้อมูลที่มีความถี่ 66 เมกะเฮิร์ตซ์ ในขณะที่เป็น PC-133 หมายถึง เอสดีแรมที่มีมีการส่งถ่ายข้อมูลที่มีความถี่ 133 เมกะเฮิร์ตซ์

(ง) ดิจิตัล เอสดีแรม (Double Data Rate Synchronous Dynamic RAM : DDR SDRAM) เป็นแรมที่พัฒนามาจากเอสดีแรม นิยมเรียกอีกอย่างว่า ดิจิตัลแรม (DDRDRAM) สามารถทำงานได้เร็วกว่าเอสดีแรมธรรมดา 2 เท่าที่ความถี่เดียวกัน คือสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลได้ 2 ครั้งใน 1 รอบสัญญาณนาฬิกา

(จ) อาร์ดีแรม (Rambus Dynamic RAM : RDRAM) เป็นแรมที่ได้รับการออกแบบระบบใหม่ ให้แตกต่างจากแรมชนิดอื่นที่ได้กล่าวมาข้างต้น พัฒนาโดยบริษัทแรมบัส (Rambus Inc.) โดยแรมชนิดนี้ใช้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 400 เมกะเฮิร์ตซ์ และส่งข้อมูลผ่านทางบัสที่มีความเร็วสูง เป็นแรมประเภทที่มีราคาแพงและการใช้งานซับซ้อน จึงไม่เป็นที่นิยมเท่ากับเอสดีแรม และดิจิตัลเอสดีแรม

(2) **สแตติกแรม (Static RAM : SRAM)** เป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้เร็วกว่าดีแรม เนื่องจากไม่ต้องมีการรีเฟรชอยู่ตลอดเวลา แต่หน่วยความจำชนิดนี้มีราคาแพงและจุข้อมูลได้ไม่มาก จึงนิยมใช้หน่วยความจำชนิดนี้เป็นหน่วยความจำแคช ซึ่งเป็นอุปกรณ์ช่วยเพิ่มความเร็วในการทำงานของดีแรม และเราจะกล่าวถึงรายละเอียดของหน่วยความจำชนิดนี้ในหัวข้อต่อไป

นอกจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมี อุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่ง ที่เป็นอุปกรณ์หลักภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่รวมองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ทุกหน่วยเข้าด้วยกัน อุปกรณ์ชิ้นนั้นคือ แผงวงจรหลัก หรือเมนบอร์ด (main board) เป็นอุปกรณ์ที่เหมือนศูนย์กลางของระบบคอมพิวเตอร์เนื่องจากอุปกรณ์ทุกชิ้นไม่ว่าจะเป็นหน่วยรับเข้า หน่วยแสดงผล หน่วยความจำหลัก หรือหน่วยความจำรอง ต้องถูกนำมาต่อเชื่อมกับเมนบอร์ดจึงจะทำงานได้ ส่วนประกอบบนเมนบอร์ดดังรูป



จากรูป เมนบอร์ดประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

1. พอร์ตต่อเชื่อมกับอุปกรณ์รอบข้าง พอร์ต (port) เป็นช่องสำหรับต่อเข้ากับหน่วยรับเข้า หน่วยแสดงผล รวมทั้งอุปกรณ์สนับสนุนทั้งหลาย อาจเป็นแผงแป้นอักขระ เมาส์ เครื่องพิมพ์ ในปัจจุบัน พอร์ตที่มีการใช้อยู่ ได้แก่ พอร์ตแบบอนุกรม (serial port) พอร์ตแบบขนาน (parallel port) และยูเอสบี (USB port) ซึ่งเป็นพอร์ตที่กำลังมาแรงและปัจจุบันมีอุปกรณ์หลายชิ้นที่พัฒนาส่วนต่อพ่วงกับเมนบอร์ดให้เป็นแบบยูเอสบี

2. สล็อต (slot) มีลักษณะเป็นช่องสำหรับเสียบอุปกรณ์ เช่น แรม โมเด็ม แบบติดตั้งภายในหรืออุปกรณ์อื่นที่ช่วยขยายความสามารถในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์บนเมนบอร์ดประกอบด้วยสล็อตที่เสียบอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

2.1) สล็อตเสียบแรม เป็นตำแหน่งที่เสียบหน่วยความจำหลักแบบแรม โดยแรมที่จะนำมาเสียบลงในสล็อตนี้ต้องเป็นแบบที่สล็อตนี้รับได้เท่านั้น ดังนั้นการเปลี่ยนหรือเพิ่มแรม ผู้ใช้ต้องศึกษาชนิดของแรมที่เข้ากับสล็อตเสียก่อน

2.2) สล็อต PCI เป็นช่องสำหรับเสียบอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องการต่อเพิ่มเติมเข้ากับคอมพิวเตอร์ ซึ่งโดยทั่วไปอุปกรณ์เหล่านั้นจะได้รับการออกแบบในรูปของการ์ดสำหรับเสียบเพิ่มเติมตามต้องการ เช่น การ์ดเสียง การ์ดแสดงผล โมเด็มแบบติดตั้งภายใน การ์ดสำหรับเชื่อมต่อเครือข่ายหรือการ์ดแลน

2.3) สล็อต ISA เป็นช่องเสียบสำหรับอุปกรณ์เพิ่มเติมเช่นเดียวกับสล็อต PCI สล็อต ISA เป็นรุ่นที่เก่ากว่าและเมนบอร์ดรุ่นใหม่ส่วนใหญ่ไม่มีสล็อตประเภทนี้แล้ว

2.4) สล็อต AGP เป็นสล็อตสำหรับเสียบการ์ดแสดงผลความเร็วสูง ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผลทางจอภาพ

3. ซ็อกเก็ต (socket) สำหรับเสียบซีพียู เป็นตำแหน่งที่เสียบซีพียูซึ่งจะต้องเป็นรุ่นที่เข้าได้กับเมนบอร์ดเช่นเดียวกับแรม

4. ชิพเซต (chipset) ถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบหลักของเมนบอร์ด และติดมากับเมนบอร์ดทุกชิ้นไม่สามารถแก้ไขได้ ชิพเซตเป็นอุปกรณ์ที่กำหนดคุณสมบัติของเมนบอร์ดควบคุมส่วนประกอบต่างๆ เป็นอุปกรณ์ที่กำหนดว่า แรม ซีพียู และอุปกรณ์ชนิดใดที่สามารถเข้ากับเมนบอร์ดได้ และมีขีดจำกัดในการขยายความสามารถเพียงใด ดังนั้นในการเลือกซื้อเมนบอร์ดผู้ซื้อต้องพิจารณาจากชิพเซตนี้

5. ขั้วต่อไอดีอี (IDE) เป็นขั้วสำหรับต่อสายส่งข้อมูลชนิด IDE เข้ากับฮาร์ดดิสก์และซีดีรอม เพื่อสามารถถ่ายโอนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เหล่านั้นเข้ามาประมวลผล

4.4.3 หน่วยความจำแคช

เป็นหน่วยความจำแรมที่นำมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากหน่วยความจำประเภทนี้สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้เร็วกว่าหน่วยความจำประเภทดีแรม จึงนิยมนำหน่วยความจำแคชมาช่วยเพิ่มความเร็วในการอ่าน เขียนข้อมูลของหน่วยความจำประเภทดีแรม โดยทำงานอยู่ตรงกลางระหว่างหน่วยประมวลผลกลางและดีแรม กล่าวคือ ปกติเมื่อหน่วยประมวลผลกลางจะกระทำการใดๆ ต้องเรียกข้อมูลและคำสั่งจากหน่วยความจำแรมเสมอ และหน่วยความจำแคชทำหน้าที่เก็บข้อมูลและคำสั่งที่มีการใช้งานบ่อย เมื่อมีการเรียกใช้งานคำสั่งดังกล่าว หน่วยประมวลผลกลางไม่จำเป็นต้องเข้าถึงข้อมูลในแรมแต่สามารถเรียกข้อมูลจากแคชซึ่งเข้าถึงข้อมูลเร็วกว่าได้โดยตรง ทำให้ลดเวลาในการอ่าน เขียนข้อมูลได้

นอกจากนี้ ยังนิยมนำหน่วยความจำแบบแคชไปใช้ในอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีความเร็วต่ำ เช่น สร้างบัฟเฟอร์ (buffer) ที่ทำหน้าที่พักข้อมูลที่รับมาจากอุปกรณ์รับเข้าก่อนที่หน่วยประมวลผลกลางจะอ่านข้อมูลดังกล่าวไปประมวลผล

4.5 หน่วยความจำรอง

ในยุคสังคมสารสนเทศทุกวันนี้ ข้อมูลและโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีจำนวนหรือขนาดใหญ่มากตามความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีและความซับซ้อนของปัญหาที่พบในงานต่าง ๆ หน่วยความจำหลักที่ใช้เก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์จึงต้องมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย โดยทั่วไป หน่วยความจำหลักจะมีขนาดจำกัด ทำให้ไม่พอเพียงสำหรับการเก็บข้อมูลจำนวนมาก เป็นการเพิ่มขีดความสามารถด้านจดจำของคอมพิวเตอร์ให้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ถ้ามีการปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ในขณะที่ทำงาน ข้อมูลและ

โปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำหลักหรือแรมจะสูญหายไปหมด หากมีข้อมูลส่วนใดที่ต้องการเก็บไว้ใช้งานในภายหลังก็สามารถเก็บไว้ในหน่วยความจำรอง หน่วยความจำรองที่นิยมใช้กันมากจะเป็นจานแม่เหล็กซึ่งจะมีแผ่นบันทึกและฮาร์ดดิสก์

4.5.1 ฮาร์ดดิสก์

ฮาร์ดดิสก์ (harddisk) จะเก็บข้อมูลลงแผ่นโลหะอลูมิเนียมที่เคลือบด้วยวัสดุเหล็กออกไซด์ ข้อมูลที่เก็บลงบนฮาร์ดดิสก์จะอ่านหรือบันทึกด้วยหัวอ่านบันทึก ซึ่งมีวิธีการแทนข้อมูลเป็นค่าศูนย์หรือหนึ่งด้วยทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก ฮาร์ดดิสก์ที่มีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กสูงก็就会有ความจุสูง นอกจากนี้ขนาดความจุของฮาร์ดดิสก์ยังขึ้นกับกลไกของหัวอ่านบันทึกของหน่วยขับฮาร์ดดิสก์ และสารแม่เหล็กของวัสดุที่เคลือบบนแผ่นจานแม่เหล็ก

การบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์จะแบ่งเป็นวงรอบเรียกว่า แทร็ก (track) แทร็กนี้จะต่างกับกรณีของร่องแผ่นเสียงที่เป็นวงแบบก้นหอยเข้าหาศูนย์กลาง แต่ของฮาร์ดดิสก์จะเก็บข้อมูลเป็นวงครบรอบหลาย ๆ วง ฮาร์ดดิสก์ที่ผลิตมาจากโรงงานส่วนใหญ่ยังใช้เก็บข้อมูลไม่ได้ ต้องทำการจัดรูปแบบแผ่น หรือที่เรียกว่า การฟอร์แมต (format) เสียก่อน ขั้นตอนการฟอร์แมตเริ่มจากการสร้างแทร็กก่อน และในแต่ละแทร็กจะแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ที่เรียกว่า เซ็กเตอร์ (sector) ความจุของฮาร์ดดิสก์สามารถคำนวณจากจำนวนแผ่นบันทึกข้อมูล จำนวนแทร็กในแต่ละแผ่น และจำนวนเซ็กเตอร์ในแต่ละแทร็ก โดยหนึ่งเซ็กเตอร์จะมีเนื้อที่เก็บข้อมูลเท่ากับ 512 ไบต์



ฮาร์ดดิสก์



การเชื่อมต่อฮาร์ดดิสก์เข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีสายส่งสัญญาณ IDE เป็นสื่อกลางเชื่อมฮาร์ดดิสก์กับเมนบอร์ด

ฮาร์ดดิสก์ทั่วไปจะประกอบด้วยแผ่นบันทึกมากกว่าหนึ่งแผ่นมาประกบซ้อนทับกัน แล้วบรรจุในกล่องปิดมิดชิด หน่วยขับฮาร์ดดิสก์จะต้องมีจำนวนหัวอ่านบันทึกเท่ากับจำนวนผิวหน้าของแผ่นบันทึก หัวอ่านบันทึกทุกตัวจะเชื่อมต่อกันในลักษณะที่ให้ทุกตัวเคลื่อนย้ายในเวลาเดียวกันได้ ฮาร์ดดิสก์จะมี

หน่วยอ้างอิงตำแหน่งเป็นไซลินเดอร์ (cylinder) แทนการเรียกเป็นแทร็กเหมือนแผ่นบันทึกข้อมูล เพราะฮาร์ดดิสก์ประกอบด้วยแผ่นบันทึกหลาย ๆ แผ่นซ้อนกันเป็นทรงกระบอก จึงมีตำแหน่งแทร็กตรงกันหลายแผ่น หลังจากนั้นจะมีการบอกข้อมูลที่ต้องการว่าอยู่หน้าใด หรือตรงหัวอ่านบันทึกตัวใด จำนวนไซลินเดอร์ของฮาร์ดดิสก์แปรเปลี่ยนไปตามรุ่นหัวอ่านบันทึกของหน่วยขับแผ่นบันทึก และหน่วยขับฮาร์ดดิสก์จะแตกต่างกัน โดยหัวอ่านบันทึกของหน่วยขับบันทึกจะสัมผัสโดยตรงกับผิวงานแม่เหล็ก จึงมีวิธีการอ่านและบันทึกข้อมูลคล้ายกับวิดิทัศน์หรือเครื่องเล่นเกม ส่วนหัวอ่านบันทึกของหน่วยขับฮาร์ดดิสก์จะลอยสูงจากผิวงานแม่เหล็ก ขณะที่งานหมุนด้วยความเร็วสูงหลายพันรอบต่อวินาที การลอยสูงขึ้นนี้จะอยู่ในระยะประมาณ 4 ไมครอน (เส้นผมมนุษย์จะหนาราว 80 ไมครอน) ซึ่งถือว่าเกือบสัมผัสเลยทีเดียว ดังนั้นควรระมัดระวังหลีกเลี่ยงการกระทบกระแทกกับเครื่องขณะที่กำลังมีการใช้งานอยู่ เพราะหัวอ่านบันทึกอาจมีโอกาสกระทบผิวงานแม่เหล็กจนทำให้ผิวและสารเหล็กออกไซด์ที่เคลือบอยู่เสียหาย และเรียกคืนมาดังเดิมไม่ได้ การซ่อมแซมฮาร์ดดิสก์จะทำให้ยากกว่า เพราะจะต้องเปิดภาชนะบรรจุฮาร์ดดิสก์ในห้องพิเศษเฉพาะที่มีเพียงในบริษัทผู้ผลิตหรือผู้ซ่อมแซมเครื่องเท่านั้น

เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไม่สามารถทำงานเก็บข้อมูลเองได้ จำเป็นต้องมีแผงวงจรควบคุมมาทำงานประกอบ ตามปกติแผงวงจรนี้จะใช้เสียบเข้าช่องติดตั้งแผงวงจร เพื่อแปลงสัญญาณที่จะเข้าหรือออกจากฮาร์ดดิสก์ แผงวงจรควบคุมแต่ละชุดจะมีรหัสเฉพาะสำหรับติดต่อกับหน่วยขับฮาร์ดดิสก์ ไม่สามารถนำแผงวงจรควบคุมอื่น ๆ ที่ใช้รหัสต่างกันมาอ่านบันทึกข้อมูลได้ จะต้องนำฮาร์ดดิสก์นั้นมาฟอร์แมตใหม่ให้สามารถใช้กับแผงวงจรควบคุมนั้น แผงวงจรควบคุมส่วนใหญ่ที่ใช้งาน สามารถจำแนกตามตัวต่อประสาน (Interface) ได้เป็น 4 ระบบ คือ ระบบ ST-506/412 ระบบ ESDI (Enhanced Small Device Interface) ระบบ SCSI (Small Computer System Interface) และระบบ IDE (Integrated Drive Electronics) แต่สองชนิดแรกนั้น ไม่มีใช้ในปัจจุบันแล้ว จึงจะขอกกล่าวถึงเฉพาะสองชนิดสุดท้าย ดังนี้

(1) ระบบ SCSI เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในขณะนี้เพราะระบบนี้นอกจากสามารถ ควบคุมฮาร์ดดิสก์แล้วยังสามารถควบคุมระบบเส้นทางส่งถ่ายข้อมูลกับอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีโปรเซสเซอร์อยู่ในตัวเอง ทำให้เป็นส่วนเพิ่มขยายสำหรับแผงวงจรใหม่ และสามารถใส่ควบคุมอุปกรณ์ต่อเสริมอื่น ๆ ได้ด้วย เช่น โมเด็ม ซีดีรอม เครื่องกราดตรวจ และเครื่องพิมพ์ แผงวงจรควบคุม SCSI หนึ่งแผงจะสนับสนุนการต่อได้ 8 อุปกรณ์ ดังนั้นจึงเหลือให้ต่ออุปกรณ์ได้เพิ่มอีก 7 อุปกรณ์

(2) ระบบ IDE ระบบนี้จัดเป็นระบบใหม่ที่มีขนาดความจุใกล้เคียงกับ SCSI แต่มีราคาต่ำกว่า ปัจจุบันนิยมบรรจุ IDE รวมอยู่ในแผงวงจรซีพียู ทำให้มีช่องติดตั้งวางให้ใช้งานอื่น ๆ เพิ่มขึ้น คอมพิวเตอร์รุ่นเก่าก็สามารถใช้ IDE ได้ แต่ต้องเพิ่มแผงวงจรการเชื่อมโยงกับช่องเสียบแผงวงจร (slot)

ในการเลือกซื้อฮาร์ดดิสก์นอกจากจะต้องพิจารณาเครื่องขับแล้วจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ความเข้ากันได้ของตัวควบคุม โดยตัวควบคุมฮาร์ดดิสก์จะต้องเข้ากันได้พอเหมาะกับตัวฮาร์ดดิสก์เอง ถ้าเข้ากันไม่ได้ก็จะมีผลกระทบต่อระบบความเชื่อถือของข้อมูลด้วย

2. อัตราการโอนย้ายข้อมูล และเวลาแสวงหาข้อมูล อัตราการโอนย้ายข้อมูล (data transfer rate) เป็นอัตราความเร็วที่ข้อมูลสามารถอ่านขึ้นมาจากฮาร์ดดิสก์ หรือความเร็วสูงสุดที่ข้อมูลจะไหลจากผิวจานแม่เหล็กไปยังตัวควบคุม ตามปกติจะมีหน่วยเป็นล้านบิตต่อวินาที (mb/s) ส่วนเวลาแสวงหาข้อมูล (seek times) เป็นเวลาของการเคลื่อนย้ายหัวอ่านบันทึกจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งเพื่อการค้นหาข้อมูล เวลาแสวงหาในฮาร์ดดิสก์แต่ละรุ่นใช้เวลาแสวงหาไม่เท่ากันคืออยู่ในช่วง 20 – 9 มิลลิวินาที

3. ขนาดความจุ ฮาร์ดดิสก์มีความจุระดับจิกะไบต์ ยิ่งเทคโนโลยีก้าวหน้าเท่าใดขนาดความจุฮาร์ดดิสก์จะยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น แต่กลับมีราคาลดลง

4.5.2 แผ่นบันทึก

แผ่นบันทึก เป็นหน่วยความจำรองที่มีความจุสูง มีลักษณะคล้ายแผ่นเสียง เคลือบด้วยสารเหล็กออกไซด์ เพื่อให้สามารถเก็บบันทึกสนามแม่เหล็กบนสารที่เคลือบนั้น การเก็บบันทึกของแผ่นบันทึกข้อมูลจะมีหลักการคล้ายกับจานเสียงที่จะบันทึกเป็นร่องต่อเนื่องเป็นวงแบบก้นหอยเข้าหาศูนย์กลาง แต่การเก็บบันทึกข้อมูลในแผ่นบันทึกจะวนรอบบรรจบกันเป็นวงกลมหลาย ๆ วง โดยมีหัวสำหรับอ่านและเขียนข้อมูล เลื่อนเข้าออกจากศูนย์กลางของแผ่นตามแนวเส้นตรง ในขณะที่แผ่นบันทึกจะหมุนรอบแกนด้วยความเร็วสูง ทำให้การเข้าถึงข้อมูลได้โดยตรง รวดเร็วกว่าแถบบันทึกที่เป็นการเข้าถึงข้อมูลแบบลำดับ

แผ่นบันทึกจะเป็นแผ่นพลาสติกไมลาร์ที่เคลือบด้วยสารเหล็กออกไซด์ แล้วห่อหุ้มด้วยแผ่นโพลีเอสเตอร์ ในระยะเริ่มแรกแผ่นบันทึกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว และหน่วยขับแผ่นบันทึก (disk drive) มีราคาแพง จึงไม่ค่อยนิยมใช้กันมากนัก ต่อมามีการพัฒนาให้มีแผ่นบันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงเป็น 5.25 นิ้ว สามารถพกพาติดตัวได้สะดวก แผ่นบันทึกขนาด 5.25 นิ้ว จะมีช่องเปิดสำหรับอ่านบันทึกข้อมูลกว้างมาก จนอาจทำให้มีฝุ่นหรือสิ่งสกปรก ตลอดจนรอยนิ้วมือประทับบนแผ่น มีผลทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้เสียหายได้ง่ายจึงมีการพัฒนาให้บรรจุในตลับพลาสติกแข็ง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงเป็น 3.5 นิ้ว จะมีความทนทานมากขึ้น ขณะเดียวกันช่องเปิดสำหรับอ่านบันทึกข้อมูลจะถูกปิดคลุมไว้อย่างอัตโนมัติทันทีที่นำแผ่นบันทึกข้อมูลออกจากหน่วยขับแผ่นบันทึก

ด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามากขึ้น แผ่นบันทึกมีแนวโน้มที่จะเก็บข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น แผ่นบันทึก

ขนาด 5.25 นิ้ว จะมีความจุเพียง 360 กิโลไบต์หรือ 1.2 เมกะไบต์ ส่วนแผ่นบันทึกขนาด 3.5 นิ้ว จะมีความจุ 720 กิโลไบต์หรือ 1.44 เมกะไบต์

4.5.3 ซีดีรอม

จากอดีตที่ผ่านมา ฮาร์ดดิสก์มีบทบาทและความสำคัญต่อการใช้งานสูงมาก ความจุของฮาร์ดดิสก์ได้เพิ่มมากขึ้น จากเดิมที่มีความจุเพียง 10 เมกะไบต์ ในปัจจุบันมีความจุหลายสิบลิบิกะไบต์ ราคาของฮาร์ดดิสก์ก็ลดต่ำลงจนทำให้ขนาดความจุต่อราคาถูกลงมาก และมีผลดีกว่าการใช้แผ่นบันทึกข้อมูลไมโครคอมพิวเตอร์จึงมีฮาร์ดดิสก์เป็นอุปกรณ์พื้นฐานประกอบอยู่ด้วยเสมอ ถึงแม้ว่าฮาร์ดดิสก์จะได้รับการพัฒนาไปมากแล้วก็ตาม แต่ความต้องการใช้แหล่งเก็บข้อมูลขนาดเล็กที่สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนมากและพกพาได้สะดวกก็ยังมีอยู่ แม้แผ่นบันทึกข้อมูล 3.5 นิ้วสะดวกในการพกพา แต่ความจุยังไม่พอกับความต้องการ เพราะโปรแกรมสมัยใหม่จะเป็นโปรแกรมที่ต้องใช้เนื้อที่มาก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาแหล่งเก็บข้อมูลที่ใช้เทคโนโลยีจานแสง (optical disk) ซึ่งมีจุดเด่นที่สำคัญ คือ การอ่านหรือบันทึกข้อมูลที่ไม่ต้องให้หัวอ่านกดลงหรือสัมผัสกับจาน การอ่านจะใช้ลำแสงส่องและสะท้อนกลับจานก็มีขนาดเล็กกะทัดรัด ไม่อ้วน ไม่ต้องกลับหัวอ่าน และคงทนมีอายุการใช้งานได้ยาวนาน

จากเทคโนโลยีจานแสงมีการพัฒนาซีดีรอม (Compact Disk Read Only Memory : CD-ROM) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้จานแสงกับเครื่องเสียงสเตอริโอ การใช้ซีดีรอมในระบบคอมพิวเตอร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อเก็บข้อมูลจำนวนมาก และสามารถเก็บข้อมูล ในรูปข้อความ ข่าวสาร รูปภาพ เสียงรวมทั้งภาพวิดีโอไว้ในแผ่นซึ่งพร้อมที่จะนำมาใช้ได้ทันที แผ่นซีดีรอมหนึ่งแผ่นสามารถเก็บข้อมูลได้ถึงสามแสนหน้าหรือเทียบได้กับหนังสือ 150 เล่ม

หน่วยขับซีดีรอม (CD-ROM drive) เป็นสิ่งที่ต้องต่อเพิ่มลงในระบบคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถอ่านข้อมูลที่อยู่ในซีดีรอมได้ และหากให้หน่วยขับซีดีรอม มีช่องสัญญาณต่อกับเครื่องขยายเสียงจะทำให้ใช้ร่วมกันกับแผ่นที่ใช้เล่นเพลงได้ การอ้างอิงความเร็วในการอ่านข้อมูลของหน่วยขับซีดีรอมกำหนดเป็น 1x 2x หรือ 30x ซึ่งหมายถึงการเปรียบเทียบเป็นจำนวนเท่าของความเร็วในการอ่านข้อมูลของซีดีรอมรุ่นแรกสุด ซึ่งอ่านข้อมูลด้วยความเร็ว 150 กิโลไบต์ต่อวินาที ดังนั้น หากนักเรียนพบหน่วยอ่านซีดีรอมที่เขียนความเร็วในการอ่านข้อมูลเป็น 30x ก็หมายความว่าหน่วยขับซีดีรอมนั้นอ่านข้อมูลด้วยความเร็วสามสิบเท่าของ 150 กิโลไบต์ต่อวินาที หน่วยขับซีดีรอมในปัจจุบันมีราคาไม่แพงและสามารถอ่านข้อมูลด้วยความเร็วตั้งแต่ 30x จนถึง 50x การใช้งานซีดีรอมส่วนใหญ่ใช้เก็บข้อมูล สารานุกรม คัมภีร์ไบเบิล แผ่นที่ ข้อมูลงานวิจัย หรือเอกสารทางวิชาการที่สำคัญ หรือซอฟต์แวร์ โดยผู้ขายซอฟต์แวร์จะนำโปรแกรมทั้งหมดบรรจุในแผ่นซีดีรอมที่มีความจุที่ 600 เมกะไบต์



เครื่องอ่านข้อมูลจากซีดี

ในอดีต การบันทึกข้อมูลลงในแผ่นซีดีมีความยุ่งยากมากต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะที่มีราคาแพง แผ่นซีดีแต่ละแผ่นก็สามารถบันทึกข้อมูลได้ครั้งเดียว ข้อมูลที่จะบันทึกต้องเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่เนื่องจากหากข้อมูลที่บันทึกมีน้อย แต่ใช้สื่อที่มีความจุสูงจะทำให้เนื้อที่ที่เหลือสูญเปล่า แต่ปัจจุบันการเขียนหรือบันทึกข้อมูลลงในซีดีรอมทำได้ง่ายขึ้นโดยมีการผลิตแผ่นซีดีที่สามารถบันทึกได้ หรือที่เรียกว่าซีดีอาร์ (CD Recordable : CD-R) เป็นแผ่นซีดีที่สามารถบันทึกโดยใช้หน่วยขับที่สามารถใช้บันทึกข้อมูลได้ (CD-R drive) แผ่นซีดีประเภทนี้มีลักษณะเหมือนแผ่นซีดีธรรมดาแต่มีสีทอง ซึ่งแผ่นซีดีที่ราพบทั่วไปมีสีเงิน แผ่นซีดีอาร์มีราคาไม่แพงนักจึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการบันทึกข้อมูล โดยข้อมูลที่บันทึกในแผ่นซีดีอาร์นั้นสามารถนำอ่านได้โดยใช้หน่วยขับซีดีรอมทั่วไปได้ ข้อมูลที่บันทึกไปแล้วไม่สามารถลบหรือบันทึกทับได้ แต่หากในการบันทึกมีเนื้อที่เหลืออยู่ สามารถบันทึกข้อมูลอื่นลงในเนื้อที่ว่างดังกล่าวได้

ด้วยคุณสมบัติที่ยังไม่สามารถเก็บข้อมูลได้เหมือนกับแผ่นบันทึกได้มีการพัฒนาแผ่นซีดีที่สามารถลบและบันทึกใหม่ได้หรือซีดีอาร์ดับเบิลยู (CD : CD-RW) ขึ้น แผ่นซีดีชนิดนี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแผ่นบันทึกมาก คือสามารถบันทึกข้อมูลโดยใช้หน่วยขับแผ่นซีดีอาร์ดับเบิลยู (CD-RW drive) และสามารถใช้อุปกรณ์ดังกล่าวลบข้อมูลที่บันทึกไว้ในแผ่นแล้วบันทึกข้อมูลอื่นทับได้เหมือนการใช้งานแผ่นบันทึกหรือฮาร์ดดิสก์

4.5.4 ดีวีดี

ดีวีดี (Digital Versatile Disk : DVD) พัฒนามาจากเทคโนโลยีจานแสงเช่นเดียวกับซีดีรอม เป็นเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดที่ได้รับความนิยมมากเนื่องจากมีการการพัฒนาทั้งในด้านความจุข้อมูลและความเร็วในการเข้าถึงข้อมูล โดยแผ่นดีวีดีสามารถเก็บข้อมูลได้ประมาณ 4.7 ถึง 17 จิกะไบต์และมีความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลอยู่ในช่วง 600 กิโลไบต์ถึง 1.3 เมกะไบต์ต่อวินาที และด้วยคุณสมบัติเด่นดังกล่าวจึงนำดีวีดีมาใช้ในการบรรจุกาพยนตร์แทนซีดีรอมซึ่งต้องใช้ซีดีรอมมากกว่า 1 แผ่นในการเก็บข้อมูลภาพยนตร์ทั้งเรื่อง แต่หากใช้ดีวีดีในการเก็บภาพยนตร์สามารถเก็บทั้งภาพและเสียงของภาพยนตร์ทั้งเรื่องไว้ในดีวีดีเพียงแผ่นเดียวและคุณภาพของข้อมูลที่เก็บสูงกว่าคุณภาพของข้อมูลในซีดีรอมหรือ

สื่อชนิดอื่นมาก ในท้องตลาดปัจจุบันจึงนิยมผลิตภาพยนตร์ในรูปแบบของดีวีดีจำหน่ายแทนเลเซอร์ดิสก์ (laserdisk) และวีดีโอเทป

สำหรับการอ่านข้อมูลในดีวีดีต้องใช้หน่วยขับดีวีดีซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถอ่านข้อมูลทั้งจากแผ่นดีวีดีและแผ่นซีดีรวม

4.5.5 หน่วยความจำแบบแฟลช

หน่วยความจำแบบแฟลช (flash memory) เป็นหน่วยความจำประเภทรอมที่เรียกว่า อีอีพรอม (EEPROM : Electronically Erasable Programmable Read Only Memory) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่นำข้อดีของรอมและแรมมารวมกัน ทำให้หน่วยความจำชนิดนี้สามารถเก็บข้อมูลได้เหมือนฮาร์ดดิสก์ ก็สามารถเขียนและลบข้อมูลได้ตามต้องการและเก็บข้อมูลได้แม้ไม่ได้ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์

หน่วยความจำชนิดนี้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา พกพาได้สะดวก มักใช้เป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลในอุปกรณ์นำเข้าข้อมูล เช่น กล้องดิจิทัล กล้องวิดีโอที่เก็บข้อมูลแบบดิจิทัล ในปัจจุบันมีบริษัทผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายบริษัทผลิตหน่วยความจำแบบแฟลชรูปแบบต่างๆ ออกมาเพื่อใช้งานกับผลิตภัณฑ์ของตนเอง เช่น บริษัทแซนด์ดิสก์ ได้ผลิตหน่วยความจำแบบแฟลชที่เรียกว่าการ์ดคอมแพคแฟลชใช้กับกล้องดิจิทัลและเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาทั่วไป เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กและปาล์มที่อป ในขณะที่บริษัทไซนี่ผลิตหน่วยความจำแบบแฟลชที่เรียกว่าเมมโมรีสติ๊ก (memory stick) เพื่อใช้งานเฉพาะกับกล้องดิจิทัล กล้องวิดีโอที่ผลิตโดยบริษัทไซนี่เอง



หน่วยความจำคอมแพคแฟลช



พอร์ตแบบยูเอสบีที่กำลังเป็นที่นิยมใช้ในการต่อ

พ่วงอุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์



หน่วยความจำแบบแฟลชชนิดหนึ่งเรียกว่าแฮนด์ไดรฟ์ (handy drive) สามารถเก็บข้อมูลได้เหมือนแผ่นบันทึก มีขนาดเล็กเท่านิ้วมือต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ตยูเอสบี

4.6 หน่วยส่งออก

คอมพิวเตอร์ติดต่อกับมนุษย์โดยแสดงผลของการทำงานให้มนุษย์รับรู้ทางหน่วยแสดงผล หน่วยแสดงผลที่สำคัญสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์คือ จอภาพ (monitor) ลำโพง (speaker) และเครื่องพิมพ์ (printer) เครื่องขับแผ่นบันทึกนั้นก็นับว่าเป็นหน่วยแสดงผลเหมือนกัน เพราะคอมพิวเตอร์อาจจะแสดงผลโดยการบันทึกผลลัพท์ลงบนแผ่นบันทึกได้

จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์บางอย่างเป็นได้ทั้งอุปกรณ์รับข้อมูลและแสดงผล ซึ่งได้แก่ เครื่องขับแผ่นบันทึก เครื่องขับจานแม่เหล็ก เครื่องขับเทปแม่เหล็ก เป็นต้น โดยจะเรียกอุปกรณ์เหล่านี้ตามหน้าที่ในขณะทำงานร่วมกับหน่วยความจำหลัก คือ ถ้าเป็นการนำข้อมูลเข้ามาหน่วยความจำหลัก ก็จะเรียกอุปกรณ์นี้เป็น อุปกรณ์รับข้อมูล แต่ถ้าเป็นการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำหลักก็จะเรียกว่า อุปกรณ์แสดงผล

4.6.1 หน่วยส่งออกชั่วคราว

(1) **จอภาพ** คืออุปกรณ์ที่แสดงผลให้ผู้ใช้เห็น ในเวลาทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ และถือได้ว่าเป็นหน่วยส่งออกที่ผู้ใช้คุ้นเคยที่สุด การแสดงผลบนจอภาพเกิดจากการสร้างจุดจำนวนมากเรียงกันทั้งในแนวดิ่งและแนวนอนประกอบกันเป็นรูปภาพหรือตัวอักษร จำนวนของจุดดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดความชัดเจนของภาพที่เห็นบนจอ

ในยุคต้นของไมโครคอมพิวเตอร์นั้น ผู้ผลิตคอมพิวเตอร์พยายามนำของใช้ที่มีอยู่ประจำบ้านมาเป็นส่วนประกอบ เช่น นำเอาเครื่องรับโทรทัศน์มาใช้เป็นจอภาพสำหรับแสดงผล แต่ผลที่ได้ออกมาไม่เป็นที่พึงพอใจ จึงได้มีการผลิตจอภาพที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจอภาพที่ผลิตในแต่ละยุคก็มีการพัฒนามาเรื่อยๆ จนปัจจุบันมีจอภาพที่ใช้งานอยู่ 2 ประเภท ได้แก่

(ก) จอภาพแบบซีอาร์ที (CRT : Cathode Ray Tube) จอภาพแบบนี้จะใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไป เป็นจอภาพที่ทำงานโดยใช้เทคโนโลยีหลอดรังสีอิเล็กตรอนคือการยิงแสง

อิเล็กทรอนิกส์ไปยังผิวด้านในของจอภาพ ผิวด้านนอกของจอภาพดังกล่าวจะฉาบด้วยสารฟอสฟอรัส ทำให้ตำแหน่งที่มีอิเล็กตรอนวิ่งมาชนเกิดแสงสว่างขึ้น แสงสว่างที่แต่ละจุดทำให้เห็นเป็นภาพ

การผลิตจอภาพแบบซีอาร์ทีได้พัฒนาตลอดเวลา เช่น จอภาพเอ็กซ์วีจีเอ (XVGA) เป็นรุ่นที่ปรับปรุงจากจอภาพสี่ละเอียดยุคพิเศษ สามารถแสดงภาพกราฟิกได้ละเอียดขนาด 1,024 X 768 จุดต่อตารางนิ้วและแสดงสีได้มากกว่า 256 สี

พิจารณารายละเอียดทางเทคนิคของจอภาพ เช่น ขนาดของจอภาพซึ่งจะวัดตามแนวเส้นทแยงมุมของจอว่าเป็นขนาดกี่นิ้ว โดยทั่วไปจะมีขนาด 14 นิ้ว จอภาพที่แสดงผลงานกราฟิกบางแบบอาจต้องใช้ขนาดใหญ่ถึง 20 นิ้ว ความละเอียดของจุดซึ่งสามารถสังเกตได้จากสัญญาณแถบความถี่ของจอภาพ จอภาพแบบวีจีเอควรมีสัญญาณแถบความถี่สูงกว่า 25 เมกะเฮิร์ตซ์ สัญญาณแถบความถี่ยิ่งสูงยิ่งดี จอภาพแบบเอ็กซ์วีจีเออาจแสดงผลแบบมัลติซิงค์ (multisync) ใช้สัญญาณแถบความถี่สูงกว่า 60 เมกะเฮิร์ตซ์ ขนาดของจุดยิ่งเล็กยิ่งมีความคมชัด เช่น ขนาดจุด 0.28 มิลลิเมตร ภาพที่ได้จะคมชัดกว่าขนาดจุด 0.33 มิลลิเมตร ค่าของสัญญาณแถบความถี่จึงเป็นข้อที่จะต้องพิจารณาด้วย

(ข) จอภาพแบบแอลซีดี (Liquid Crystal Display : LCD) เป็นเทคโนโลยีที่เริ่มการพัฒนามาใช้กับนาฬิกาและเครื่องคิดเลข เป็นจอภาพแสดงผลตัวเลขขนาดเล็ก ใช้หลักการปรับเปลี่ยนโมเลกุลของผลึกเหลว เพื่อปิดกั้นแสงเมื่อมีสนามไฟฟ้าเหนี่ยวนำ แอลซีดีจึงใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ เหมาะกับภาคแสดงผลที่ใช้กับแบตเตอรี่หรือถ่านไฟฉายก้อนเล็ก ๆ แอลซีดีในยุคแรกตอบสนองต่อสัญญาณไฟฟ้าช้า จึงเหมาะกับงานแสดงผลตัวเลขยังไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นจอภาพ

เมื่อเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้น ผู้ผลิตแอลซีดีสามารถผลิตแผงแสดงผลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจนสามารถเป็นจอแสดงผลของคอมพิวเตอร์ประเภทโน้ตบุ๊ก และยังสามารถทำให้แสดงผลเป็นสี อย่งไรก็ตาม จอภาพแอลซีดียังเป็นจอภาพที่มีขนาดเล็กแต่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

จอภาพแอลซีดีเริ่มพัฒนามาจากเทคโนโลยีแบบพาสซีฟแมทริกซ์ (passive matrix) ที่ใช้เพียงแรงดันไฟฟ้าควบคุมการปิดเปิดแสงให้สะท้อนจุดสีมาเป็นแบบแอคทีฟแมทริกซ์ (active matrix) ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ตัวเล็ก ๆ ทำจำนวนจุดสี ควบคุมการปิดเปิดจุดสีเพื่อให้แสงสะท้อนออกมาตามจุดที่ต้องการ ข้อเด่นของแอคทีฟแมทริกซ์คือมีมุมมองที่กว้างกว่าเดิมมาก การมองด้านข้างก็ยังคงเห็นภาพอย่างชัดเจน จอภาพแอลซีดีแบบแอคทีฟแมทริกซ์มีแนวโน้มที่เข้ามาแข่งขันกับจอภาพแบบซีอาร์ทีได้

จอภาพแบบแอลซีดีซึ่งมีลักษณะแบนราบมีขนาดเล็กและบาง เมื่อเปรียบเทียบกับจอภาพแบบซีอาร์ที หากจอภาพแบบแอคทีฟแมทริกซ์สามารถพัฒนาให้มีขนาดใหญ่กว่า 15 นิ้วได้ การนำมาใช้แทนจอภาพซีอาร์ที ก็จะมีหนทางมากขึ้น

ความสำเร็จของจอภาพแอลซีดีที่เข้ามาแข่งขันกับจอภาพแบบซีอาร์ทีอยู่ที่เงื่อนไขสองประการ คือ

จอภาพแอลซีดีมีราคาแพงกว่าจอภาพซีอาร์ที และมีขนาดจำกัด ในอนาคตแนวโน้มด้านราคาของจอภาพแอลซีดีจะลดลงได้อีกมาก และเทคโนโลยีสำหรับอนาคตมีโอกาasเป็นไปได้สูงมากที่จะทำให้จอภาพแอลซีดีมีขนาดใหญ่

(2) ลำโพง เป็นอุปกรณ์ส่งออกที่แสดงผลข้อมูลเสียง โดยต้องใช้งานคู่กับอุปกรณ์ที่เรียกว่าการ์ดเสียง (sound card) ซึ่งเป็นวงจรถอนิกส์ที่เสียบอยู่บนเมนบอร์ด (main board) ภายในตัวถัง (case) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ตัวนี้ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลที่ส่งมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณอะนาล็อกแล้วส่งผ่านไปยังลำโพง ซึ่งจะแปลงสัญญาณที่ได้รับเป็นเสียงที่เราได้ยินไม่ว่าจะเป็นเสียงเพลง หรือเสียงเตือนถึงข้อผิดพลาด

4.6.2 หน่วยส่งออกถาวร

หน่วยส่งออกถาวรที่เรารู้จักกันดีและนิยมใช้กันทั่วไป คือเครื่องพิมพ์ (printer) ซึ่งสามารถแสดงผลในรูปแบบของงานพิมพ์บนกระดาษที่สามารถจับต้องและพกพาได้ เครื่องพิมพ์ที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณภาพของงานพิมพ์และวิธีการพิมพ์ที่แตกต่างกันดังนี้

(1) เครื่องพิมพ์แบบจุด (dot matrix printer) เป็นเครื่องพิมพ์ขนาดเล็ก มีราคาถูก คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ใช้งานได้ทั่วไป และที่เรียกว่าเครื่องพิมพ์แบบจุดเนื่องรูปลักษณ์ตัวอักษรที่พิมพ์ออกมาจะเป็นจุดเล็ก ๆ อยู่ในกรอบ เช่น ตัวอักษรที่มีความละเอียดในแนวทงสูงของตัวอักษร 24 จุด และความกว้างแต่ละตัวอักษร 12 จุด ขนาดเมตริกซ์ของตัวอักษรจะมีขนาด 24X12 จุด

การพิจารณาซื้อเครื่องพิมพ์แบบจุด ควรพิจารณาคุณลักษณะที่สำคัญของเครื่องพิมพ์ดังต่อไปนี้

1. จำนวนเข็มของหัวพิมพ์ เครื่องพิมพ์ที่ใช้ทั่วไปหัวพิมพ์มีเข็มเล็ก ๆ จำนวน 9 เข็ม แต่ถ้าต้องการให้งานพิมพ์มีรายละเอียดมากหรือมีรูปแบบตัวหนังสือสวยงาม หัวพิมพ์ควรมีจำนวนเข็ม 24 เข็ม การพิมพ์ตัวหนังสือในภาวะความสวยงามนี้เรียกว่า เอ็นแอลคิว (News Letter Quality : NLQ) ดังนั้นเครื่องพิมพ์ที่หัวพิมพ์มีเข็มจำนวน 24 เข็ม จะพิมพ์ได้สวยงามกว่าเครื่องพิมพ์ที่หัวพิมพ์มีเข็มจำนวน 9 เข็ม

2. คุณภาพของหัวเข็มกับงานพิมพ์ หัวเข็มเป็นลวดที่มีกลไกขับเคลื่อน ใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า หัวเข็มที่มีคุณภาพดีต้องแข็ง สามารถพิมพ์สำเนากระดาษหนาได้สูงสุดถึง 5 สำเนา คุณสมบัติการพิมพ์สำเนานี้เครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องจะพิมพ์ได้ไม่เท่ากันเพราะมีคุณภาพแรงกดไม่เท่ากัน ทำให้ความชัดเจนของกระดาษสำเนาสุดท้ายต่างกัน

3. ความละเอียดของจุดในงานพิมพ์ ความละเอียดของจุดในงานพิมพ์จะขึ้นอยู่กับขนาดของหัวเข็มและกลไกการขับเคลื่อนของเครื่องพิมพ์แต่ละรุ่น เช่น 360X180 จุดต่อนิ้ว ซึ่งหมายความว่า ความ

ละเอียดทางแนวนอน 360 จุดต่อนิ้ว ทางแนวตั้ง 180 จุดต่อนิ้ว คุณภาพการพิมพ์ภาพกราฟิกขึ้นกับคุณลักษณะนี้

4. อุปกรณ์ตรวจสอบหัวพิมพ์ เครื่องพิมพ์แบบจุดบางรุ่นจะมีอุปกรณ์ตรวจสอบหัวพิมพ์ เช่น การตรวจสอบความร้อนของหัวพิมพ์ เพราะเมื่อใช้พิมพ์ไปนาน ๆ หัวพิมพ์จะเกิดความร้อนสูงมาก แม้มีช่องระบายความร้อนแล้ว ก็อาจไม่พอเพียง ถ้าความร้อนมาก อุปกรณ์ตรวจสอบความร้อนจะส่งสัญญาณให้เครื่องพิมพ์ลดความเร็วของการพิมพ์ลง ครั้นเมื่ออุณหภูมิลดลงก็จะเพิ่มความเร็วของการพิมพ์ไปเพิ่มพิกัดอีก

การตรวจสอบความหนาของกระดาษ เครื่องพิมพ์ส่วนใหญ่จะมีอุปกรณ์ตรวจสอบกระดาษ ถ้าป้อนกระดาษหนาไปจะทำให้หัวพิมพ์เสียหายได้ง่าย ตัวตรวจสอบความหนาจะหยุดการทำงานของเครื่องพิมพ์ เมื่อตรวจพบว่ากระดาษหนาเกินไป เพื่อป้องกันความเสียหายของหัวพิมพ์ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบว่ากระดาษหมดหรือไม่อีกด้วย

5. ความเร็วของการพิมพ์ ความเร็วของการพิมพ์ มีหน่วยวัดเป็นจำนวนตัวอักษรต่อวินาที การวัดความเร็วของเครื่องพิมพ์ต้องมีคุณลักษณะการพิมพ์เป็นจุดอ้างอิง เช่น พิมพ์ได้ 300 ตัวอักษรต่อวินาที ในภาวะการพิมพ์แบบปกติ และที่ขนาดตัวอักษร 10 ตัวอักษรต่อนิ้ว แต่หากพิมพ์แบบเอ็นแอลคิว (NLQ) โดยทั่วไปแล้วจะลดความเร็วเหลือเพียงหนึ่งในสามเท่านั้น การทดสอบความเร็วในการพิมพ์นี้อาจไม่ได้เท่ากับคุณลักษณะที่บอกไว้ ทั้งนี้เพราะขณะพิมพ์จริง เครื่องพิมพ์มีการเลื่อนหัวพิมพ์ขึ้นบรรทัดใหม่ ขึ้นหน้าใหม่ การเลื่อนหัวพิมพ์ไปมาจะทำให้เสียเวลาพอสมควร ความเร็วของเครื่องพิมพ์แบบจุดในปัจจุบันมีตั้งแต่ 200-500 ตัวอักษรต่อวินาที

6. ขนาดแคร์พิมพ์ เครื่องพิมพ์ที่ใช้งานกันอยู่ในขณะนี้มีขนาดแคร์ 2 ขนาด คือใช้กับกระดาษกว้าง 9 นิ้วและ 15 นิ้ว หรือพิมพ์ได้ 80 ตัวอักษร และ 132 ตัวอักษรในภาวะ 10 ตัวอักษรต่อนิ้ว

7. ที่พักข้อมูล (buffer) คุณลักษณะในเรื่องที่พักข้อมูล ก็เป็นเรื่องสำคัญ เพราะการพิมพ์งานนั้น เครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลลงไปเก็บในที่พักข้อมูล ถ้าที่พักข้อมูลมีขนาดใหญ่ก็จะลดภาระการทำงานของคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ได้มาก ขนาดของที่พักข้อมูลที่ให้มีตั้งแต่ 8 กิโลไบต์ขึ้นไป อย่างไรก็ตาม เครื่องพิมพ์บางรุ่นสามารถเพิ่มเติมขนาดของที่พักข้อมูลได้ โดยการใส่หน่วยความจำลงไปซึ่งต้องซื้อแยกต่างหาก

8. ลักษณะการป้อนกระดาษ การป้อนกระดาษเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานเครื่องพิมพ์ คุณลักษณะที่กำหนดจะต้องชัดเจน การป้อนกระดาษมีตั้งแต่การใช้หนามเตย ซึ่งจะใช้กับกระดาษต่อเนื่องที่มีรูด้านข้างทั้งสองด้าน เครื่องพิมพ์ส่วนใหญ่มีหนามเตยอยู่แล้ว การป้อนกระดาษอีกแบบหนึ่ง คือ การใช้ลูกกลิ้งป้อนกระดาษโดยอาศัยแรงเสียดทานซึ่งเป็นคุณลักษณะของเครื่องพิมพ์ทั่วไป

เครื่องพิมพ์บางรุ่นมีการป้อนกระดาษแบบอัตโนมัติ เพียงแต่ใส่กระดาษแล้วกดปุ่ม Autoload กระดาษจะป้อนเข้าไปในตำแหน่งที่พร้อมจะเริ่มพิมพ์ได้ทันที การป้อนกระดาษเป็นแผ่น ส่วนใหญ่จะป้อนด้วยมือ แต่หากต้องการทำแบบอัตโนมัติจะต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเพื่อทำหน้าที่ดังกล่าว อุปกรณ์นี้จะมีลักษณะเป็นถาดใส่กระดาษอยู่ภายนอกและป้อนกระดาษไปที่ละใบเหมือนเครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพิมพ์บางเครื่องสามารถป้อนกระดาษเข้าเครื่องได้หลายทาง ทั้งจากด้านหน้า ด้านหลัง ด้านใต้ท้องเครื่อง หรือป้อนที่ละแผ่นการป้อนกระดาษหลายทางทำให้สะดวกต่อการใช้งาน

9.ภาวะเก็บเสียงเครื่องพิมพ์แบบจุดเป็นเครื่องพิมพ์ที่มีเสียงดัง ดังนั้นบางบริษัทได้พัฒนาภาวะการพิมพ์ที่เสียงเบากว่าปกติเพื่อลดมลภาวะทางเสียง

10. จำนวนชุดแบบอักษร เครื่องพิมพ์ส่วนใหญ่จะมีจำนวนชุดแบบอักษร (font) ภาษาอังกฤษ ที่ติดมากับเครื่องจำนวน 4 ถึง 9 ชุด ขึ้นกับเครื่องพิมพ์แต่ละรุ่น ชุดแบบอักษรนี้สามารถเพิ่มได้โดยใช้ตลับชุดแบบอักษร ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ต้องเพิ่มเติม นอกจากนี้การคัดแปลงเพิ่มเติมชุดแบบอักษรภาษาไทย ก็เป็นสิ่งสำคัญ เครื่องพิมพ์ส่วนใหญ่ที่ขายในเมืองไทยได้รับการคัดแปลงใส่ชุดแบบอักษรภาษาไทยไว้แล้ว

11. การเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ การเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ตามมาตรฐานสากลมีสองแบบ คือแบบอนุกรมและแบบขนาน เครื่องพิมพ์ส่วนใหญ่มักต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยมีสายนำสัญญาณแบบ DB25 คือมีขนาดจำนวน 25 สาย การต่อกับเครื่องพิมพ์จะต้องมีสายเชื่อมโยงนี้ด้วย หากต้องการต่อแบบอนุกรม จะต้องกำหนดลงไปเงื่อนไข เพราะเครื่องพิมพ์ส่วนใหญ่จะมีตัวเชื่อมต่ออนุกรมเป็นเงื่อนไขพิเศษ

การพิมพ์สี เครื่องพิมพ์บางรุ่น มีภาวะการพิมพ์แบบสีได้ การพิมพ์แบบสีจะทำให้งานพิมพ์ซาลง และต้องใช้ริบบอนพิเศษหรือริบบอนที่มีสี

การสั่งงานที่เป็นสั่งงานบนเครื่อง ปัจจุบันเครื่องพิมพ์ส่วนใหญ่จะมีปุ่มควบคุมการสั่งงานอยู่บนเครื่องและมีจอภาพแอลซีดีขนาดเล็กเพื่อแสดงภาวะการทำงาน

(2) เครื่องพิมพ์เลเซอร์ (laser printer) เป็นเครื่องพิมพ์ที่กำลังได้รับความนิยม เครื่องพิมพ์นี้อาศัยเทคโนโลยีไฟฟ้าสถิตย์ที่พบได้ในเครื่องถ่ายเอกสารทั่วไป โดยลำแสงจากไดโอดเลเซอร์ (diode laser) จะฉายไปยังกระจกหมุน เพื่อสะท้อนไปยังลูกกลิ้งอย่างรวดเร็ว สารเคลือบบนลูกกลิ้งจะทำปฏิกิริยากับแสงแล้วเปลี่ยนเป็นประจุไฟฟ้าสถิตย์ ซึ่งทำให้ผงหมึกเกาะติดกับพื้นที่ที่มีประจุ เมื่อกระดาษพิมพ์หมุนผ่านลูกกลิ้ง ความร้อนจะทำให้ผงหมึกหลอมละลายติดกับกระดาษได้ภาพหรือตัวอักษรตามต้องการ

เนื่องจาก ลำแสงเลเซอร์ได้รับการควบคุมอย่างแม่นยำ ทำให้ความละเอียดของจุดภาพที่ปรากฏบนกระดาษสูงมาก งานพิมพ์จึงมีคุณภาพสูงทำให้ได้ภาพและตัวหนังสือที่คมชัดสวยงาม การพิมพ์ของเครื่องพิมพ์เลเซอร์จะไม่ส่งเสียงดังเหมือนเครื่องพิมพ์แบบจุด

เครื่องพิมพ์เลเซอร์ ที่นิยมนำมาใช้งานกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะมีความเร็วของการพิมพ์ประมาณ 6 ถึง 24 หน้าต่อนาที โดยมีความละเอียดของจุดภาพตั้งแต่ 300 จุดต่อนิ้ว จึงทำให้ภาพกราฟิกที่สวยงาม และตัวหนังสือที่คมชัด มีชุดแบบอักษรหลายชุด เครื่องพิมพ์เลเซอร์ระดับสูงจะมีความเร็วของการพิมพ์สูงขึ้นคือตั้งแต่ 20 หน้าต่อนาทีไปจนถึง 70 หน้าต่อนาที

เทคโนโลยีการพิมพ์ด้วยเครื่องเลเซอร์ได้รับการพัฒนาต่อไป โปรแกรมสร้างภาพกราฟิกจะมีขีดความสามารถสูงขึ้น สามารถสร้างและวาดภาพในลักษณะเป็นชิ้นส่วนวัตถุมาสผสมผสานกันให้ดูสวยงามยิ่งขึ้น โปรแกรมต่าง ๆ จะต้องแปลงข้อมูลภาพเป็นคำสั่ง แล้วจึงส่งคำสั่งไปยังเครื่องพิมพ์ ภาพที่สร้างเลเซอร์ยุคใหม่จะมีหน่วยประมวลผลหรือไมโครโพรเซสเซอร์อยู่ภายในสำหรับแปลความหมายคำสั่งเพื่อแบ่งเบาภาระงานของคอมพิวเตอร์ ขณะเดียวกันเครื่องคอมพิวเตอร์มีหน่วยความจำขนาดใหญ่ขึ้นสำหรับประมวลผลข้อมูลภาพได้มากขึ้น คำสั่งหรือภาษาเพื่ออธิบายข้อมูลภาพที่นิยมใช้กับเครื่องเลเซอร์ในปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่สามารถใช้ภาษาโพสต์สคริปต์ (postscript)

ในการเลือกซื้อเครื่องพิมพ์เลเซอร์มาใช้งานจะต้องพิจารณาคูณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. คุณภาพของการพิมพ์ หน่วยบอกคุณภาพจะระบุเป็นจุดภาพ เริ่มจาก 300 จุดภาพต่อนิ้วขึ้นไป ถ้าจำนวนจุดภาพต่อนิ้วสูงมากเท่าใด ก็ยิ่งทำให้ภาพคมชัดมากขึ้นเท่านั้น

2. ความเร็วของการพิมพ์ เครื่องพิมพ์เลเซอร์ระดับใช้งานทั่วไปจะมีอัตราความเร็วของการพิมพ์ประมาณ 6 ถึง 24 หน้าต่อนาที ซึ่งอัตราความเร็วของการพิมพ์ตามที่ระบุไว้ในคุณลักษณะของเครื่อง อาจจะไม่ถูกต้องนัก ผู้ใช้อาจทดสอบความเร็วด้วยงานพิมพ์ต่าง ๆ กัน เช่น พิมพ์เอกสารที่เป็นข้อความและภาพกราฟิก แล้วจดบันทึกเวลาเพื่อเปรียบเทียบผล

3. หน่วยความจำของเครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์เลเซอร์จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลตัวอักษรและจอภาพเอาไว้ ตามปกติจะมีหน่วยความจำไม่น้อยกว่า 1 เมกะไบต์ และสามารถขยายเพิ่มเติมได้อีก เครื่องที่มีหน่วยความจำสูงกว่า ราคาแพงกว่าจะทำงานได้เร็วกว่า เพราะคอมพิวเตอร์สามารถส่งข้อมูลภาพไปพิมพ์ได้ทันที ไม่ต้องเสียเวลาส่งข้อมูลหลาย ๆ ครั้ง

(3) เครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึก (inkjet printer) เครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึกทุกรุ่น ใช้หลักการฉีดหมึกเป็นจุดเล็กๆ ไปบนกระดาษ เทคโนโลยีที่ใช้ในการฉีดหมึกมีสองแบบ ได้แก่

(ก) แบบใช้ความร้อน โดยหัวพิมพ์มีท่อส่งหมึกเล็กๆ หลายท่อ ที่ตรงส่วนปลายท่อ มีอุปกรณ์ทำให้เกิดความร้อนสูงด้วยกระแสไฟฟ้า ความร้อนจะทำให้หมึกเดือดเป็นฟองพุ่งออกสู่กระดาษ และเมื่อ

หยุดฟ่นอุปกรณ์ให้ความร้อนจะเย็นลง การเพิ่มความร้อนและทำให้เย็นลงทำได้อย่างรวดเร็วหลายร้อยครั้งในหนึ่งวินาที บางครั้งเรียกเครื่องพิมพ์แบบนี้ว่า บับเบิลเจ็ต (bubble jet printer)

(ข) แบบสร้างแรงกดดันด้วยแผ่นเพียโซ (piezo) ซึ่งเป็นงานเล็ก ๆ ติดอยู่ที่ปลายแผ่นหมึก เมื่อต้องการจะฉีดหมึกก็ให้กระแสไฟฟ้าผ่านแผ่นสร้างความกดดันเพื่อบีบท่อหมึกให้ส่งหมึกออกทางปลายท่อ ฉีดไปยังกระดาษที่ต้องการ ปัจจุบันเครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึกมีจำหน่ายทั้งสองแบบ

ด้วยเทคโนโลยีการพ่นหมึกทำให้สามารถใส่ท่อหมึกได้หลายท่อ และมีหมึกสีต่าง ๆ จึงทำให้เครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึกสามารถพิมพ์ภาพสีได้ เครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึกเป็นเครื่องพิมพ์ราคาสูง และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเพราะสามารถพิมพ์ภาพสีได้สวยงาม ความละเอียดการพิมพ์ยังมีขีดจำกัดโดยมีความละเอียดการพิมพ์ไม่น้อยกว่า 360 จุดต่อนิ้ว ความเร็วในการพิมพ์ยังไม่มากนัก เพราะจำเป็นต้องมีการพิมพ์จุดสีจำนวนมาก ซึ่งต้องอาศัยที่พัทข้อมูลภายในสำหรับข้อมูลภาพขนาดใหญ่ เครื่องพิมพ์ประเภทนี้มีราคาที่แข่งกับเครื่องพิมพ์ประเภทอื่นได้ แต่ยังมีข้อเสียที่หมึกพิมพ์มีราคาแพง และถ้าหากต้องการให้ได้ภาพที่สวยงามจะต้องใช้กระดาษพิเศษ ซึ่งมีราคาแพงกว่ากระดาษใช้งานทั่วไป