บทที่ 3

การประยุกต์ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ชนิด 8 บิท

การประยุกต์ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ให้ทำงานนอกเหนือจากการใช้โปรแกรมทำงานตามปกตินั้นเป็นการขยายขีดความสามารถของไมโครคอมพิวเตอร์ให้ติดต่อกับอุปกรณ์ หรือระบบวงจรภายนอก ด้วยการออกแบบโปรแกรมเฉพาะงานบังคับสัญญาณควบคุมผ่านเข้าและออกทางช่องสัญญาณของไมโครคอมพิวเตอร์ตามขั้นปฏิบัติที่ต้องการ ซึ่งการออกแบบคำสั่งในรูปของโปรแกรมและแผ่นวงจรเชื่อมโยง จะต้องอาศัยความเข้าใจระบบโครงสร้างของเครื่อง ลักษณะการติดต่อพอร์ท (Port) การจัดแบ่งตำแหน่งของหน่วยความจำ รายละเอียดของสัญญาณลอจิกบนเส้นสัญญาณควบคุม และ คำสั่งที่ใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor Unit)

3.1 ไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลชนิด 8 บิท(8-Bit Microcomputer) (9)

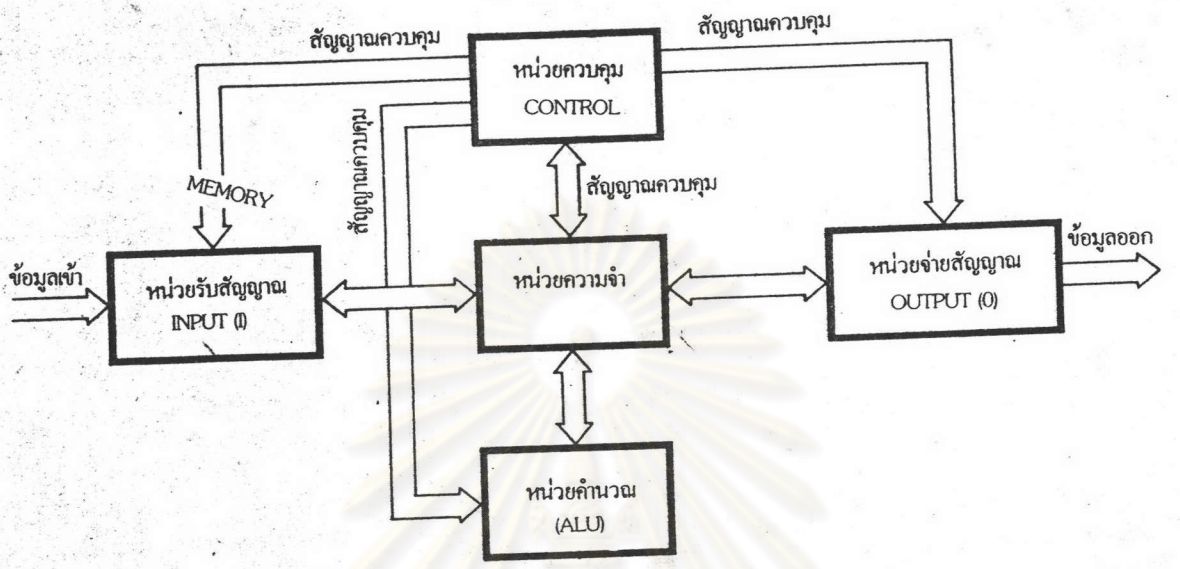
การศึกษาเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ในลักษณะอุปกรณ์วัดมี 2 ด้านด้วยกันคือ ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ ลักษณะของฮาร์ดแวร์ หมายถึง ส่วนของวงจรต่าง ๆ ที่นำมาประกอบเป็นคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ไอซี (Integrated Circuits) ต่าง ๆ ไอซีแต่ละตัวมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ในจำนวนนี้จะมีไมโครโปรเซสเซอร์ที่เด่น ๆ เช่น Z-80 , 8080 , 8035 , 68000 และ 6502 สำหรับทางด้านซอฟท์แวร์ หมายถึง การศึกษาเขียนคำสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามความประสงค์ ลักษณะคำสั่งที่เรียงกันต่อเนื่องเพื่อให้เกิดการทำงาน เรียกว่าโปรแกรม (Program)

คอมพิวเตอร์เป็นเพียงเครื่องมือที่มีคุณค่าต่อมนุษย์ในแง่

1. เก็บความจำไว้ได้และสามารถตรวจค้นหาได้รวดเร็ว การทำงานของเครื่องเร็วมากเป็นไมโครวินาที (1 ส่วนล้านวินาที)
2. สามารถทำงานตามคำสั่งเป็นขั้นตอนที่ซับซ้อนได้ถูกต้อง และแม่นยำ

โครงสร้างพื้นฐานของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงในรูป 3.1 แต่ละหน่วยจะมีการเชื่อมโยงติดต่อกัน เนื่องจากความก้าวหน้าทางประดิษฐกรรมโครงสร้างของไอซี ทำให้สามารถรวมหน่วยบางหน่วยอยู่ในวงจรเดียวกัน ได้แก่ หน่วยควบคุม (Control Unit) หน่วยความจำบางส่วน (Memory)

หน่วยคำนวณ (Arithmetic Logic Unit,ALU) หน่วยรับส่งสัญญาณ (I/O Unit) หน่วยที่รวมกันใหม่นี้ เรียกว่า ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor)



รูป 3.1 แผนภาพแสดงโครงสร้างของไมโครคอมพิวเตอร์

ส่วนประกอบที่สำคัญของไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลชนิด 8 บิท ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงไมโครคอมพิวเตอร์ชนิดของแอปเปิล (APPLE II) หรือเครื่องเลียนแบบเท่านั้น รายละเอียดต่าง ๆ พอจะสรุปได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 แผ่นวงจรแม่ (Mother Board or Main Board)

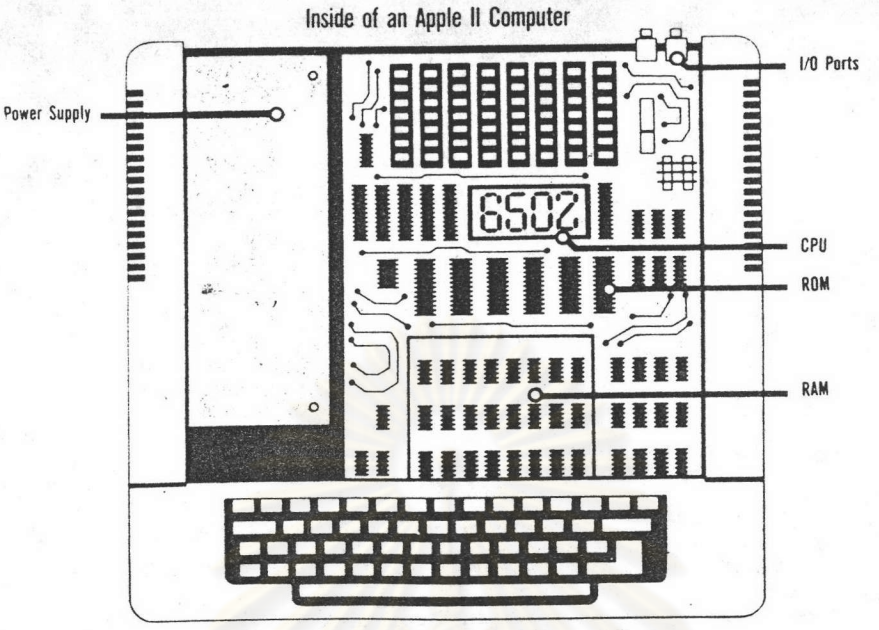
ส่วนที่ 2 แป้นพิมพ์ (Key Board)

ส่วนที่ 3 ส่วนรับ/ส่งข้อมูล (Input/Output Port)

ส่วนที่ 4 ส่วนความจำสำรอง (Mass Memory)

3.1.1 แผ่นวงจรแม่ (Mother Board)

ส่วนนี้นับว่าเป็นหัวใจสำคัญสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ ในแผ่นวงจรแม่ จะประกอบด้วยไอซีต่าง ๆ ติดตั้งมากมาย ซึ่งพอจะแยกออกเป็นส่วนต่าง ๆ ตามหน้าที่ดัง รูป 3.2



รูป 3.2 อุปกรณ์ภายในแผ่นวงจรแม่ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แอปเปิล II

3.1.1.1 ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor)

ทำหน้าที่ในการคำนวณ และสับเปลี่ยนข้อมูล หรือคำสั่งต่าง ๆ สำหรับเครื่องแอปเปิลนั้นใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 6502 ซึ่งเป็นโปรเซสเซอร์ชนิด 8 บิท หมายความว่า ไมโครโปรเซสเซอร์นี้จะจัดการข้อมูล ได้ 8 บิท ใน 1 ไบท์ (Byte) และขีดความสามารถสูงสุดในการเก็บข้อมูลมีขนาด 64 กิโลไบท์

ระบบเชื่อมโยงสัญญาณภายในประกอบด้วย เส้นทางของข้อมูล 8 เส้น และเส้นทางของตำแหน่งหน่วยความจำ หรือแอดเดรส (Address) 16 เส้น นอกจากนี้ยังมีเส้นทางของสัญญาณนาฬิกา (Clock) และเส้นทางของสัญญาณควบคุมการทำงาน (Control Line) ซึ่งในไมโครโปรเซสเซอร์จะมีกลุ่มของเส้นทางสัญญาณที่ต่อรวมกันกับวงจรอื่น ๆ เรียกว่า บัส(Buses) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก) แอสเดรสบัส(Address Bus) คือ เส้นทางแอดเดรส 16 สายซึ่งถูกคั่นกลาง (Buffer) ด้วยวงจรขับ 3 สถานะ (Tri-state Driver) วงจรขับสัญญาณของแอสเดรสบัส จะถูกควบคุมโดยสัญญาณของ DMA (Direct Memory Access) จากบัสควบคุม (Control Bus)

012781

ข) บัสข้อมูล (Data Bus) คือ เส้นทางของข้อมูล 8 สาย จากไมโครโปรเซสเซอร์ 6502 คั่นกลางด้วยวงจรขับ 3 สถานะ การรับส่งข้อมูลจะถูกควบคุมโดยวงจรรับส่ง (Transceiver) ในช่วงการเขียนข้อมูลในหน่วยความจำ หรือในช่วงการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกเข้าไมโครโปรเซสเซอร์

ค) บัสควบคุม (Control Bus) สัญญาณที่สำคัญ ๆ ของบัสควบคุม จะเป็นสัญญาณของการขัดจังหวะ (Interrupt) สัญญาณบ่งบอกความพร้อมที่จะทำงาน (Ready) สัญญาณเริ่มใหม่ (Reset) สัญญาณการเขียน และอ่านข้อมูล (Read/Write) สัญญาณ DMA และ สัญญาณนาฬิกา

3.1.1.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

หน่วยความจำแบ่งออกเป็น 2 แบบด้วยกันคือ หน่วยความจำถาวร หรือรอม (Read Only Memory,ROM) คือไอซีที่ผู้ผลิตใส่โปรแกรมไว้ในไอซี ผู้ใช้เพียงแต่เรียกโปรแกรมนั้นออกมาจากไอซีอย่างเดียว อีกแบบหนึ่ง คือ หน่วยความจำชั่วคราว หรือแรม ซึ่งเป็นไอซีหน่วยความจำที่ผู้ใช้สามารถบรรจุข้อมูลเข้าไปเก็บไว้ได้ ในขณะที่เครื่องยังเปิดอยู่เมื่อปิดเครื่องข้อมูลจะลบหายไป

3.1.1.3 ช่องติดต่อสัญญาณ (Connector Slot)

ช่องติดต่อสัญญาณมีลักษณะเป็นช่องเสียบ (Slot) ใช้สำหรับใส่วงจรเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน ขยายหน่วยความจำ หรือเพื่อประยุกต์ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในงานด้านอื่น ๆ ซึ่งช่องเสียบนี้วางอยู่ในตำแหน่งหลังของแผ่นวงจรแม่ มีทั้งหมด 8 ช่องเสียบมีหมายเลขเรียงกันจาก 0-7 ตามปกติช่องเสียบเหล่านี้จะถูกใช้งานดังต่อไปนี้

ก) 16K RAM CARD ในเครื่องแอปเปิลจะมีหน่วยความจำชนิดแรมอยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งสามารถบรรจุข้อมูลได้สูงสุดถึง 49,152 ไบท์ หรือ 48 กิโลไบท์ (1 กิโลไบท์ = 1,024 ไบท์) เราสามารถเพิ่มหน่วยความจำให้ได้เป็น 64 กิโลไบท์ ด้วยการใช้ 16K RAM CARD หรือที่เรียกว่า แผ่นวงจรเก็บภาษา (Language Card) เสียบเข้าที่ช่องเสียบหมายเลข 0

ข) PRINTER CARD เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมเครื่องพิมพ์ (Printer) จะอยู่ในช่องเสียบหมายเลข 1 (อาจจะใช้หมายเลข 2 หรือ 3 ก็ได้)

ค) CONTROLLER CARD คือ วงจรควบคุมการ

ทำงานของเครื่องบันทึกแบบจานหมุน (Disc Drive) วงจรนี้เสียบเข้าที่ช่องหมายเลข 6

ง) SERIAL INTERFACE CARD เป็นวงจรควบคุมการส่งสัญญาณแบบอนุกรม ทำหน้าที่จัดเปลี่ยนข้อมูลจากขนานให้เป็นอนุกรม ตามมาตรฐานการรับและส่งสัญญาณ

นอกจากนี้ถ้าต้องการประยุกต์ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในงานด้านอื่น ๆ ก็สามารถเลือกใช้ช่องเสียบที่เหลือได้ โดยออกแบบคำสั่งในรูปโปรแกรมสำเร็จรูป และแผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณผ่านช่องเสียบเพื่อติดต่อการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์ให้เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานตามต้องการ

3.1.2 แป้นพิมพ์ (Key Board)

แป้นพิมพ์มีลักษณะคล้ายแป้นพิมพ์ดีด เป็นทางที่ผู้ใช้จะติดต่อสั่งการกับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการป้อนคำสั่งหรือข้อมูลทางแป้นพิมพ์ ซึ่งจะมีคีย์พิเศษอยู่คือ ESC (Escape) , CTRL (Control) , RESET , REPT (Repeat) และ RETURN (Carriage Return) ในการประยุกต์ใช้งานสามารถ กำหนดจุดใดจุดหนึ่งเดี่ยว ๆ ให้เป็น ฟังก์ชันคีย์ สั่งงานได้โดยตรง

3.1.3 ส่วนแสดงผล (Display Unit)

ส่วนแสดงผลมี 2 รูปแบบคือ ทางจอภาพ (Monitor) หรือเครื่องพิมพ์ สำหรับจอภาพนั้นเป็นสิ่งจำเป็นมาก ทั้งนี้เพราะจอภาพเป็นตัวแสดงผลการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์แบบฉับพลัน แต่เครื่องพิมพ์เป็นการแสดงถาวร ต้องใช้เวลาในการพิมพ์ผล

ทั้ง 3 ส่วนที่กล่าวมาข้างต้นนี้(3.1.1-3.1.3) เมื่อประกอบกันเข้าก็สามารถใช้เป็นไมโครคอมพิวเตอร์เขียนโปรแกรมใช้งานตามปกติได้ เพียงแต่จะใช้งานได้เฉพาะเมื่อเปิดเครื่องอยู่ เมื่อปิดเครื่องแล้วโปรแกรมที่มีอยู่จะหายไปหมด ถ้าต้องการทำงานใหม่ก็ต้องเขียนโปรแกรมใหม่ ดังนั้น การจะเพิ่มขีดความสามารถของการทำงานของระบบจะต้องมีหน่วยความจำสำรองในการโอนย้ายข้อมูล และโปรแกรมไปเก็บไว้

3.1.4 หน่วยความจำสำรอง (Mass Memory)

หน่วยความจำสำรอง คือส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลหรือโปรแกรม

จากตัวเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีการบันทึกข้อมูลในสภาพสนามแม่เหล็กบนแผ่นเก็บ อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่

3.1.4.1 เทปคาสเซ็ท (Cassette Tape) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลในแบบเส้นเทปแม่เหล็ก บันทึกสัญญานแบบอนุกรมด้วยความเร็วต่ำ จึงมีราคาถูก แต่การใช้งานนั้นมีความเร็วต่ำ ค้นหาข้อมูลยาก จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยม

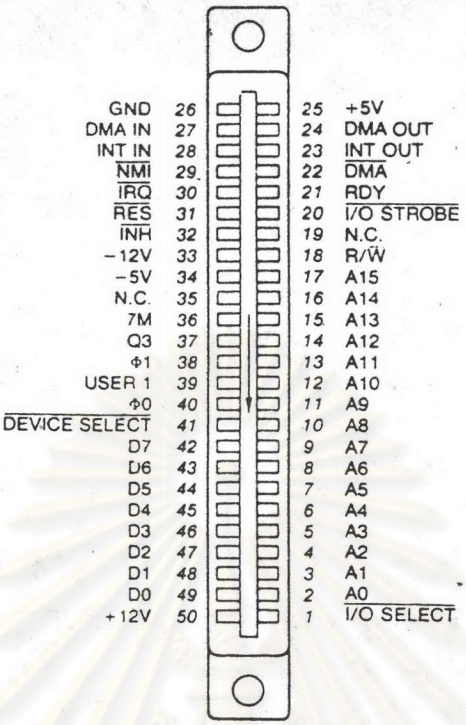
3.1.4.2 จานบันทึกข้อมูล (Disc Drive) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบจานอาบแม่เหล็กหมุน (Diskettes) มีความจุในการบันทึกสูง ความเร็วสูงเนื่องจากส่งถ่ายข้อมูลแบบขนาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

ก) ฮาร์ดดิสค์ (Hard Disc) เป็นจานบันทึกข้อมูลที่มีความจุสูง 10 Mbytes ขึ้นไป ใช้กับงานที่มีข้อมูลจำนวนมาก มีราคาสูง

ข) ฟลอปปีดิสค์ (Floppy Disc) เป็นจานบันทึกข้อมูลแบบอ่อน มี 3 ขนาดคือ 8 นิ้ว 5.25 นิ้ว และ 3.50นิ้ว มีความจุระหว่าง 250 Kbytes ถึง 1.2 Mbytes เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยทำงานผ่านแผ่นวงจรควบคุม (Controller Card) ซึ่งสามารถบังคับดิสค์ไดรฟ์ (Disc Drive) ได้ 2 ตัว ในช่องเสียบหมายเลข 6 หรือ 7 การบังคับให้ดิสค์ไดรฟ์บันทึกข้อมูลกระทำโดยโปรแกรมคำสั่งบังคับ เรียกว่า ระบบควบคุมการทำงานของดิสค์ (Disk Operating System) หรือเรียกย่อว่า ดอส (DOS) โดยผ่านคำสั่งทางแป้นพิมพ์

3.2 การเชื่อมโยงสัญญาณ (Signal Interface) (5)

ในเครื่องแอปเปิลนอกจากจะสามารถทำงานต่าง ๆ ตามโปรแกรมคำสั่งโดยใช้อุปกรณ์ภายในไมโครคอมพิวเตอร์แล้ว แอปเปิลยังถูกออกแบบวงจรส่วนหนึ่งเพื่อต่อสัญญาณออกมาเชื่อมโยงกับวงจรอื่น ๆเมื่อต้องการให้เครื่องไมโครคอมพิวตอร์ไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายนอก การต่อสัญญาณข้อมูล และสัญญาณควบคุมเข้าและออกจากไมโครคอมพิวเตอร์ กระทำผ่านช่องเสียบที่เหลือจากการใช้งานปกติ ซึ่งกล่าวแล้วในข้อ 3.1.1.3 สัญญาณต่าง ๆ ที่ออกแบบให้ควบคุมผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปจะต้องผ่านวงจรเชื่อมโยงที่เหมาะสม และถูกต้องตามเส้นสัญญาณที่กำหนดจากเครื่อง ดังแสดงในรูป 3.3



รูป 3.3 การจัดขาของแต่ละช่องเสียบ

จำนวนขาทั้งหมดมี 50 ขาต่อ 1 ช่องเสียบ ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มขาสัญญาณมาตรฐานในการติดต่อกับหน่วยความจำ และพอร์ท ซึ่งได้แก่ ขา AO-A15 ขา DO-D7 ขา R/W ขา DEVICE SELECT ขา I/O STROBE รวม 28 ขา

กลุ่มขาสัญญาณเกี่ยวกับการทำการขัดจังหวะ การทำ DMA และรีเซท ซึ่งได้แก่ขา RDY ขา DMA ขา NMI ขา IRQ ขา RES ขา USER1 ขา INTIN กับขา INTOUT และขา DMAINกับขา DMA OUT รวม 11 ขา

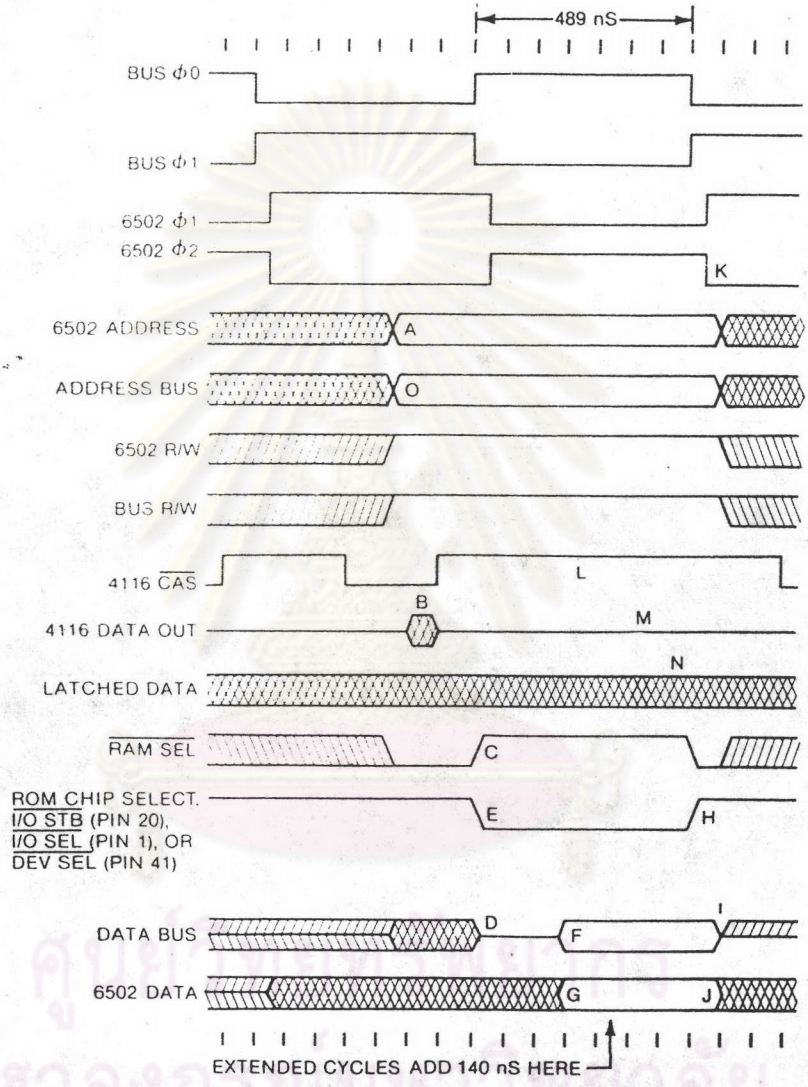
กลุ่มสัญญาณนาฬิกา ได้แก่ ขา 7M (7 MHz) ขา $\emptyset_0$ ขา $\emptyset_1$ และ ขา $\emptyset_3$ รวม 4 ขา

กลุ่มสัญญาณภาพ ได้แก่ขา COLOR REF และขา SYNC รวม 2 ขา

แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้า ได้แก่ GND , +5V , -5V , +12V และ -12V รวม 5 ขา

ทั้งนี้กลุ่มแรกและกลุ่มสองเท่านั้นที่จะนำมาใช้ในการต่อออก

3.2.1 สัญญาณนาฬิกาของระบบ ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไปจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่จ่ายให้ซีพียู เป็นสัญญาณนาฬิกาของระบบ (System Clock) ด้วย แต่ในกรณีของแอปเปิลมีข้อแตกต่างคือ แอปเปิลได้สร้างสัญญาณนาฬิกา ϕ_0 กับ ϕ_1 ขึ้น และนำ ϕ_0 ไปผ่านเกท เพื่อควบคุมการทำงาน แล้วจึงจ่ายให้แก่ 6502 ϕ_0 ซึ่งจะได้สัญญาณนาฬิกาอีก 2 เฟส คือ 6502 ϕ_1 และ 6502 ϕ_2



รูป 3.4 สัญญาณนาฬิกาและสัญญาณต่าง ๆ ในช่วงเวลาอ่านคำสั่งจากรอม หรือส่วนเชื่อมโยงสัญญาณ

จากรูป 3.4 ในช่วงของการเขียนจะเปลี่ยนสัญญาณจาก "1" เป็น "0" ที่ขา R/W ตรงศรชี้ที่ ϕ_1 คือจุดที่ต้องการให้อ่าน หรือเขียนข้อมูล ผู้ผลิตไมโครโปรเซสเซอร์ 6502 กำหนดให้ใช้สัญญาณทั้งสองนี้เป็นสัญญาณ

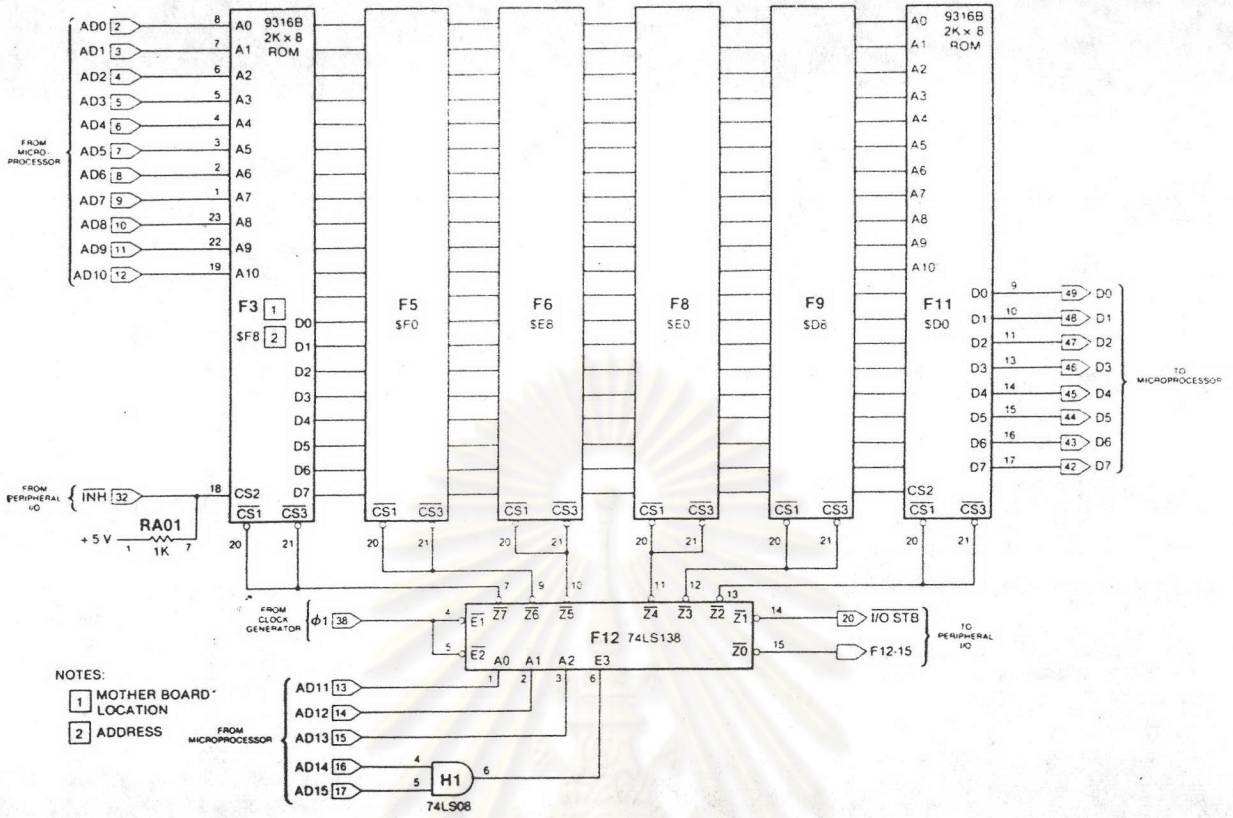
นาฬิกาของระบบ แต่แอปเปิลใช้เพียงสัญญาณนาฬิกา 6502 ϕ_1 ในการบัฟเฟอร์ขาข้อมูลของ 6502 เท่านั้น ตามรูป 3.4 สัญญาณนาฬิกา ϕ_0 กับ ϕ_1 มีเฟสตรงกันข้าม เพราะมาจาก Q และ $\bar{Q}$ ของฟลิปฟลอป (Flip Flop) ตัวเดียวกัน ในขณะเดียวกันระหว่างเฟส 6502 ϕ_1 กับ 6502 ϕ_2 แอปเปิลได้กำหนดการเรียกช่วงเวลาให้เป็นช่วง ϕ_0 เมื่อ ϕ_0 = "1" และเป็นช่วง ϕ_1 เมื่อ ϕ_1 = "1" และได้แบ่งเวลาใช้งานระบบบัส ให้แก่ ไมโครโปรเซสเซอร์กับ CRTC คนละครึ่ง คือ ไมโครโปรเซสเซอร์จะครอบครองบัสในช่วงเวลา ϕ_0 และ CRTC ครอบครองบัสในช่วงเวลา ϕ_1 ดังจะเห็นได้จากการถอดรหัสแอดเดรส

3.2.2 การถอดรหัสแอดเดรสของแอปเปิล (Address Decoding) (5)

โดยที่ 6502 ได้จัดระบบพอร์ทไว้ในแบบ MEMORY MAP I/O PORT การศึกษาเรื่องพอร์ทต้องศึกษาถึงการถอดรหัสแอดเดรสด้วย แอปเปิลได้แยกการถอดรหัสแอดเดรสไว้เป็น 2 ช่วง คือ 48 กิโลไบท์ต่ำ หมายถึงหน่วยความจำที่เป็นแรมที่อยู่ในแอปเปิล กับ 16 กิโลไบท์สูง ซึ่งหมายถึงหน่วยความจำที่เป็นรอม คือ ตั้งแต่แอดเดรส $C000 ถึง $FFFF การถอดรหัสแอสเดรสทั้ง 2 ช่วงเป็นอิสระต่อกัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการถอดรหัสแอดเดรสในช่วง 16 กิโลไบท์สูง

ในการกล่าวถึงการถอดรหัสแอดเดรส การอ้างแอดเดรสโดยตรงจะยุ่งยาก ดังนั้นจึงกล่าวในลักษณะของหน้า (PAGE) ซึ่งหน้าหนึ่งมี 256 ไบท์ เช่นอ้าง PAGE$00 หมายถึง แอดเดรส $0000 ถึงแอดเดรส $00FF หรือ PAGE$C5 หมายถึง แอดเดรส $C500 ถึงแอดเดรส $C5FF ในทำนองเดียวกัน หากอ้าง PAGE$C0 ถึง PAGE$FF นั้น หมายถึง แอดเดรส $C000 ถึง $FFFF

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.5 วงจรของหน่วยความจำชนิดรอมซึ่งบรรจุคำสั่งการทำงานของเครื่อง

ก) การถอดรหัสแอดเดรสใน 16 กิโลไบท์สูง เริ่มต้นที่ไอซีตัวที่ F12 ตามรูป 3.5 ซึ่งเป็น 74LS138 คือ 3 TO 8 LINE DECODER / MULTIPLEXER โดยที่แอปเปิลนำ ϕ_1 มาเข้าขา E1 กับขา E2 นั่นคือ F12 จะถอดรหัสเมื่อ ϕ_1 เป็น "0" (ขณะนั้น ϕ_0 เป็น"1") การถอดรหัส หมายถึง การถอดรหัสขา O/P ที่ตรงกับข้อมูลทางขา I/P (เพียงขาเดียว) ซึ่งจะเป็นลอจิก"0" ในเวลาปกติเมื่อไม่มีการถอดรหัสขา O/P ทุกขาจะมีลอจิกเป็น "1"

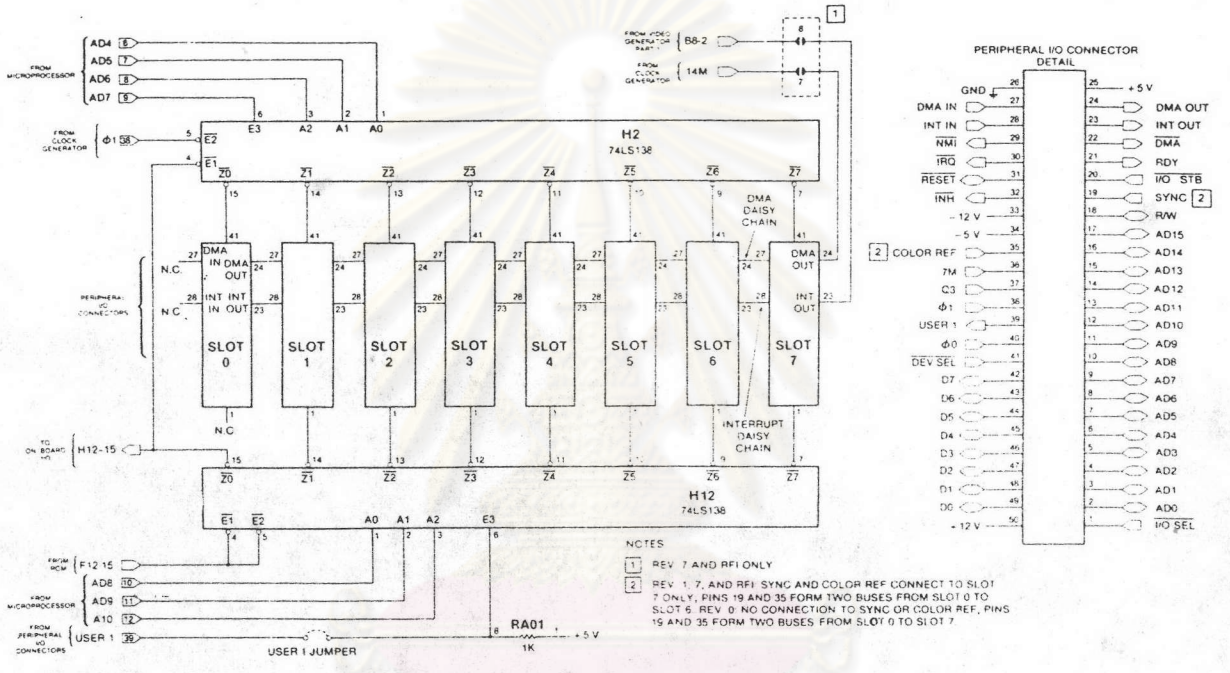
จากวงจรรูป 3.5 กำหนดให้ขา AD14 กับ AD15 มา AND กันไปเข้าขา E3 นั่นคือจะทำให้ F12 ถอดรหัสต่อเมื่อขาทั้งสองนี้เป็นลอจิก "1" ด้วยกันทั้งคู่ เท่ากับเป็นการกำหนดช่วงถอดรหัส ให้ทำงานตั้งแต่แอดเดรส $C000 คือ PAGE$C0 เป็นต้นไป จนถึง PAGE$FF ถ้าซีพียูให้ค่าแอดเดรสต่ำกว่า $C000 วงจรถอดรหัส (F12) จะไม่ทำงาน จากนั้นจัดให้ขา AD11 AD12 และ AD13 มาเข้าขา A0 A1 และ A2 ของ F12 ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อวงจรถอดรหัสทำงานจะกำหนดแอดเดรส ได้ดังนี้

Z0=PAGE$C0 ถึง PAGE$C7 ซึ่งจะนำไปถอดรหัสต่อที่ H12 เป็นวงจร

เลือก (Selector) ของพอร์ท และหน่วยความจำซึ่งจะกล่าวต่อไป

Z1=PAGE$C8 ถึง PAGE$CF เป็น IOSTB เพื่อเลือกหน่วยความจำในการ์ดซึ่งเสียบอยู่ในแต่ละช่องเสียบ

Z2 ถึง Z7 นำไปเป็น CS ของหน่วยความจำชนิดรอม ขนาด 2 กิโลไบท์ จำนวน 6 ตัว ได้แก่ PAGE$D0 ถึง PAGE$FF ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมมอนิเตอร์ (Monitor) และโปรแกรมที่เป็นอินเทอร์พรีเตอร์ (Interpreter) ของภาษาเบสิค (BASIC)



รูป 3.6 วงจรการถอดรหัสแอดเดรสของแต่ละช่องเสียบ

ข) การถอดรหัสในขั้นต่อไป แอปเปิลได้นำขา Z0 ของ F12 (PAGE$C0 ถึง PAGE$C7) ไปถอดรหัสต่อโดยนำไปเข้าขา E1 และ E2 ของ H12 ซึ่งเป็น 74LS138 อีก 1 ตัวตามรูป 3.6 เพื่อให้ถอดรหัสต่อในช่วงแอดเดรสนี้ ส่วนขา E3 ของ H12 ได้ให้ลอจิก "1" ไว้โดยต่อ R 1K กับ VCC และต่อขานี้ไปยังจุด USER1 บนช่องเสียบ (เมื่อให้ลอจิก "0" แก่ USER 1 จะเป็นการยกเลิกการถอดรหัสของ H12) การถอดรหัสทำโดยนำขา AD8 AD9 และ AD10 มาเข้าขา A0 A1 และ A2 ของ H12 ตามลำดับ จึงถอดรหัสได้ดังนี้

Z0=PAGE$C0 นำไปถอดรหัสต่อเป็นวงจรเลือกของพอร์ท

Z1 ถึง Z7 = PAGE$C7 ถึง PAGE$C7 ตามลำดับเป็น IOSEL 1 ถึง

IOSEL 7 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณเลือก (Selector) เพื่อเลือกหน่วยความจำขนาด 256 ไบท์ในแต่ละช่องเสียบโดยตรง ตั้งแต่ช่องเสียบหมายเลข 1 ถึง 7 (ยกเว้นช่องเสียบหมายเลข 0)

ค) การถอดรหัสครั้งที่ 3 แอปเปิลได้นำขา Z0 ของ H12 (PAGE$C0) ไปเข้าขา E1 ของ H2 ซึ่งเป็น 74LS138 จากรูป 3.6 จะเห็นว่าได้แยก ขา Z0 ของ H12 ไปอีกทางหนึ่ง ซึ่งจะนำไปถอดรหัสต่อเป็น ON-BOARD I/O ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในชื่อของ ซอฟท์สวิทช์ (Soft Switch) ต่าง ๆ

ส่วนที่ H2 ได้นำ ϕ_1 มาเข้าขา E2 อีกครั้ง เพื่อลดเวลาที่เสียไปเนื่องจากการถอดรหัสมาตามลำดับ และได้นำขา AD7 มาเข้าขา E3 เพื่อเป็นการกำหนดให้ H2 ถอดรหัสในช่วงแอดเดรส $C08X ถึง $C0FX เท่านั้น (X หมายถึง 0 ถึง F) เมื่อนำขา AD4 AD5 และ AD6 มาเข้าขา A1 A2 และ A3 ของ H2 ตามลำดับ จะถอดรหัสได้ดังนี้

Z0= แอดเดรส $C08X เป็น DEVSEL ของช่องเสียบหมายเลข 0

Z1= แอดเดรส $C09X เป็น DEVSEL ของช่องเสียบหมายเลข 1

และต่อๆไปจนถึง Z7=แอดเดรส $C0FX เป็น DEVSEL ของช่องเสียบหมายเลข 7 จะสังเกตเห็นว่า DEVSEL ขึ้นต้นด้วยเลข 8 ที่ช่องเสียบหมายเลข 0 คือ $C08X ต่อไปจะให้ N แทนหมายเลขช่องเสียบจาก 0 ถึง 7 และให้ M=8+N เช่น เมื่อเขียนค่า DEVSEL เป็น $C0MX หากนำอุปกรณ์ไปเสียบในช่องเสียบหมายเลข 3 จะได้ค่าแอดเดรสถึงพอร์ทในช่องเสียบนี้เป็น $C0BX

จะเห็นได้ว่า DEVSEL นี้คือ ตัวเลือกที่เราสามารถต่อออกไปใช้งานได้ในการเลือกพอร์ท ซึ่ง DEVSEL หนึ่ง ๆ จะเลือกพอร์ทได้ 16 พอร์ท ดังนั้นผู้ใช้แอปเปิล สามารถต่อพอร์ทออกใช้งานได้ 16X8=128 พอร์ท แต่จะมีข้อจำกัดอย่างอื่นอีกที่ทำให้ต่อได้ไม่ถึง 128 พอร์ท

สำหรับค่า X หากนำ DEVSEL ไปใช้เลือกพอร์ทเพียง 1 พอร์ทโดยตรง จะให้ค่า X มีค่าใดก็ได้ตั้งแต่ $0 ถึง $F แต่นิยมให้เป็น $0 กัน รายละเอียดตำแหน่งแอดเดรสของ I/O พอร์ท ตั้งแต่ช่องเสียบหมายเลข 0 ถึง ช่องเสียบหมายเลข 7 แสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ตำแหน่งแอดเดรสของ I/O พอร์ท (6)

I/O Location Base Addresses								
Base Address	Slot 0	1	2	3	4	5	6	7
$C080	$C080	$C090	$C0A0	$C0B0	$C0C0	$C0D0	$C0E0	$C0F0
$C081	$C081	$C091	$C0A1	$C0B1	$C0C1	$C0D1	$C0E1	$C0F1
$C082	$C082	$C092	$C0A2	$C0B2	$C0C2	$C0D2	$C0E2	$C0F2
$C083	$C083	$C093	$C0A3	$C0B3	$C0C3	$C0D3	$C0E3	$C0F3
$C084	$C084	$C094	$C0A4	$C0B4	$C0C4	$C0D4	$C0E4	$C0F4
$C085	$C085	$C095	$C0A5	$C0B5	$C0C5	$C0D5	$C0E5	$C0F5
$C086	$C086	$C096	$C0A6	$C0B6	$C0C6	$C0D6	$C0E6	$C0F6
$C087	$C087	$C097	$C0A7	$C0B7	$C0C7	$C0D7	$C0E7	$C0F7
$C088	$C088	$C098	$C0A8	$C0B8	$C0C8	$C0D8	$C0E8	$C0F8
$C089	$C089	$C099	$C0A9	$C0B9	$C0C9	$C0D9	$C0E9	$C0F9
$C08A	$C08A	$C09A	$C0AA	$C0BA	$C0CA	$C0DA	$C0EA	$C0FA
$C08B	$C08B	$C09B	$C0AB	$C0BB	$C0CB	$C0DB	$C0EB	$C0FB
$C08C	$C08C	$C09C	$C0AC	$C0BC	$C0CC	$C0DC	$C0EC	$C0FC
$C08D	$C08D	$C09D	$C0AD	$C0BD	$C0CD	$C0DD	$C0ED	$C0FD
$C08E	$C08E	$C09E	$C0AE	$C0BE	$C0CE	$C0DE	$C0EE	$C0FE
$C08F	$C08F	$C09F	$C0AF	$C0BF	$C0CF	$C0DF	$C0EF	$C0FF
	I/O Locations							

3.3 การจัดการหน่วยความจำ (Memory Organization) (6)

แอปเปิลสามารถอ้างถึงแอดเดรสได้ถึง 65,536 ตำแหน่งโดยตรง ลักษณะ ของหน่วยความจำเปรียบเสมือนหน้าของหนังสือซึ่งมี 256 หน้า (PAGES) ในแต่ละหน้าจะประกอบด้วยจำนวนแอดเดรส 256 ตำแหน่ง ตัวอย่างเช่น หน้า$30 มีจำนวนแอดเดรส 256 ตำแหน่ง โดยเริ่มที่ แอดเดรส $3000 ถึง $30FF แอดเดรสใน 6502 มี 2 ไบท์ โดยที่ในแต่ละไบท์มี 8 บิท ดังนั้นเราสามารถเรียก 1 ไบท์สูงเป็น ตัวเลขของหน้า (Page Number) และ 1 ไบท์ต่ำเป็นตำแหน่งแอดเดรสในแต่ละหน้านั้นๆ

หน่วยความจำทั้ง 256 หน้าของแอปเปิล จะอยู่ในหน่วยความจำ 3 ชนิดด้วยกันคือ แรม รอม และ ตำแหน่ง I/O (Input/Output Locations) ในบริเวณของหน่วยความจำแต่ละส่วนจะมีหน้าที่แตกต่างกันไป ดังตาราง 3.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.2 การจัดการหน่วยความจำบนแผ่นวงจรแม่

PAGE # DECIMAL	HEX	
0	$00	RAM(48 K)
1	$01	
2	$02	
.	.	
.	.	
190	$BE	
191	$BF	
192	$C0	I/O (20 K)
193	$C1	
.	.	
.	.	
198	$C6	
199	$C7	
200	$C8	I/O ROM (12 K)
201	$C9	
.	.	
.	.	
206	$CE	
207	$CF	
208	$D0	ROM (12 K)
209	$D1	
.	.	
.	.	
254	$FE	
255	$FF	

3.3.1 บริเวณหน่วยความจำประเภทแรม (RAM Storage)

บริเวณของหน่วยความจำชั่วคราวของแอปเปิล ซึ่งเป็นหน่วยความจำแบบแรมจะเริ่มต้นที่ตำแหน่งล่างสุดหน้าศูนย์ ตำแหน่ง $0000 จนถึงหน้า 191 ตำแหน่ง $BFFF แอปเปิลมีความจุสำหรับหน่วยความจำประเภทนี้ ได้ตั้งแต่ 4 กิโลไบท์ (4,096 ไบท์) ถึง 48 กิโลไบท์ (49,152 ไบท์) ในแผ่นวงจรแม่ส่วนใหญ่หน่วยความจำแบบแรมของแอปเปิลใช้สำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูล แต่อย่างไรก็ตามแอปเปิลได้สำรองส่วนของหน่วยความจำแบบแรมสำหรับโปรแกรมจัดการเกี่ยวกับระบบคอมพิวเตอร์ (System Monitor) ภาษาต่าง ๆ (Various Languages) และ หน้าที่อื่นของระบบ (System Function) ตาราง 3.3 เป็นตารางแสดงตำแหน่งบริเวณของหน่วยความจำแบบแรม 48 กิโลไบท์

ตาราง 3.3 การจัดการตำแหน่งหน่วยความจำประเภทแรม

PAGE No.	LOCATION		USAGE
	DECIMAL	HEX	
0	0-255	$0-$0FF	SYSTEM PROGRAM
1	256-511	$100-$1FF	SYSTEM STACK
2	512-767	$200-$2FF	KEYBOARD INPUT BUFFER
3	768-1023	$300-$3FF	MONITOR VECTOR LOCATIONS
4-7	1024-2047	$400-$7FF	TEXT & LOW-RESOLUTION GRAPHICS PAGE 1
8-11	2048-3071	$800-$BFF	TEXT & LOW-RESOLUTION GRAPHICS PAGE 2
12-31	3072-8191	$C00-$1FFF	FREE RAM
32-63	8192-16383	$2000-$3FFF	HIGH-RESOLUTION GRAPHICS PAGE 1
64-95	16384-24575	$4000-$5FFF	HIGH-RESOLUTION GRAPHICS PAGE 2
96-191	24576-49151	$6000-$BFFF	FREE RAM

จากตาราง 3.3 จะเห็นว่ามีหน่วยความจำว่างอยู่ 2 บริเวณ ซึ่งอยู่ในบริเวณหน้าและหลังหน่วยความจำสำหรับกราฟิก (Graphic) แบบละเอียด (High Resolution Graphics) ตัวชี้ตำแหน่ง LOMEM ของระบบจะอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุดของหน่วยความจำว่างเปล่าเหล่านี้ และ ตัวชี้ตำแหน่ง HIMEM จะอยู่ที่ตำแหน่งสูงสุดของหน่วยความจำว่างเปล่า ดังนั้น หน่วยความจำตั้งแต่แอดเดรส 3072($C00) จนถึงแอดเดรส 49151($BFFF) ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมแอปเปิลซอฟท์อินเทอร์พรีเตอร์ (Applesoft Interpreter) โปรแกรมการจัดการเกี่ยวกับแผ่นเก็บข้อมูลแบบจานหมุน หรือที่เรียกว่า ดอส กราฟิกแบบละเอียด โปรแกรมการสั่งงานภาษาเบสิก และค่าตัวแปรต่าง ๆ ของโปรแกรม (Variables)

3.3.2 บริเวณหน่วยความจำประเภทรอม(ROM Storage)

ปกติในแผ่นวงจรแม่ของแอปเปิลสามารถบรรจุไอซีของรอมได้ขนาด 2 กิโลไบท์ (2048 ไบท์) ถึง 12 กิโลไบท์ (12288ไบท์) หน่วยความจำแบบรอมเหล่านี้ใช้สำหรับ โปรแกรมเกี่ยวกับระบบ (System Monitor) โปรแกรมตัวแปลภาษาทั้งอินทีเจอร์เบสิก (Integer Basic) และแอปเปิลซอฟท์เบสิก (Applesoft Basic) ในกรณีที่เครื่องแอปเปิลมีการติดตั้งวงจร ที่มีหน่วยความจำแบบรอมสำหรับแปลภาษา แต่ถ้ากรณีที่ไม่มีวงจร หน่วยความจำสำหรับแปลภาษาแล้ว โปรแกรมแปลภาษาเบสิกซึ่งมีขนาดประมาณ 10 กิโลไบท์จะถูกอ่านจากหน่วยความจำสำรอง ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบแรมโดยเริ่มที่แอสเดรส 2048 ($800) นอกจากนี้แล้วหน่วยความจำแบบรอมยังใช้เก็บโปรแกรมต่าง ๆ เกี่ยวกับระบบ และ

ยูทิลิตี (Utility) รายละเอียดการจัดเก็บโปรแกรมของหน่วยความจำแบบรอม แสดงในตาราง 3.4

ตาราง 3.4 การจัดการหน่วยความจำประเภทรอม

PAGE NUMBER	LOCATION		USAGE
	DECIMAL	HEX	
208-215	53248-55295	$D000-$D7FF	PROGRAMMER'S AID#1 SUBROUTINE
216-219	55296-56319	$D800-$DBFF	APPLE SOFT II BASIC
220-243	56320-62463	$DC00-$F3FF	INTEGER BASIC
244-247	62464-63487	$F400-$F7FF	UTILITY SUBROUTINE
248-252	63488-64767	$F800-$FCFF	MONITOR ROM / AUTO START ROM

3.3.3 บริเวณหน่วยความจำรับและส่งสัญญาณ (I/O Location)

หน่วยความจำขนาด 4,096 ตำแหน่ง (16 PAGE) ของแอปเปิลใช้สำหรับทำหน้าที่ รับสัญญาณอินพุท (Input) และส่งสัญญาณเอาท์พุท (Output) โดยเริ่มที่แอดเดรสของหน่วยความจำ $C000 (49152 หรือ -16384) ถึงตำแหน่ง $CFFF (53247 หรือ-12289) ซึ่งประกอบด้วย

- หน่วยรับและส่งสัญญาณภายในเครื่องแอปเปิล (Built In I/O)
- หน่วยรับและส่งสัญญาณสำหรับติดต่อภายนอกเครื่องแอปเปิล (Peripheral Card I/O)
- หน่วยรับและส่งสัญญาณสำหรับขยายหน่วยความจำแบบรอม (Peripheral Card Memory)
- หน่วยรับและส่งสัญญาณสำหรับขยายหน่วยความจำแบบแรม (Peripheral Card Expansion Memory)

รายละเอียดของการจัดบริเวณหน่วยความจำรับและส่งสัญญาณ แสดงในตาราง 3.5 และการจัดบริเวณหน่วยความจำทั้งหมดบนแผ่นวงจรแม่ของไมโครคอมพิวเตอร์แอปเปิล แสดงในตาราง 3.6

ตาราง 3.5 ผังแสดงบริเวณหน่วยความจำรับและส่งสัญญาณ (I/O Location)

Built-In I/O Locations

	$0	$1	$2	$3	$4	$5	$6	$7	$8	$9	$A	$B	$C	$D	$E	$F
$C000	Keyboard Data Input															
$C010	Clear Keyboard Strobe															
$C020	Cassette Output Toggle															
$C030	Speaker Toggle															
$C040	Utility Strobe															
$C050	gr	tx	nomix		mix		pri	sec	lores	hires	an0		an1		an2	an3
$C060	cin	pb1	pb2		pb3		gc0	gc1	gc2	gc3	repeat $C060-$C067					
$C070	Game Controller Strobe															

Peripheral Card I/O Locations

	$0	$1	$2	$3	$4	$5	$6	$7	$8	$9	$A	$B	$C	$D	$E	$F
$C080	Input/Output for slot number									0						
$C090										1						
$C0A0										2						
$C0B0										3						
$C0C0										4						
$C0D0										5						
$C0E0										6						
$C0F0										7						

Peripheral Card PROM Locations

	$00	$10	$20	$30	$40	$50	$60	$70	$80	$90	$A0	$B0	$C0	$D0	$E0	$F0
$C100	PROM space for slot number									1						
$C200										2						
$C300										3						
$C400										4						
$C500										5						
$C600										6						
$C700										7						

PERIPHERAL CARD EXPANSION MEMORY	
$C800 $C900 $CA00 $CB00 $CC00 $CD00 $CE00 $CF00	

Key to abbreviations:

gr	Set GRAPHICS mode	tx	Set TEXT mode
nomix	Set all text or graphics	mix	Mix text and graphics
pri	Display primary page	sec	Display secondary page
lores	Display Low-Res Graphics	hires	Display Hi-Res Graphics
an	Annunciator outputs	pb	Pushbutton inputs
gc	Game Controller inputs	cin	Cassette Input

ตาราง 3.6 ผังแสดงตำแหน่งหน่วยความจำทั้งหมดของแอปเปิล (8)

(Basic Memory Organization)

PAGE No.	LOCATION		TYPE OF MEMORY	USAGE
	DECIMAL	HEX		
0	0-255	$0-$0FF	RAM	SYSTEM PROGRAM
1	256-511	$100-$1FF	RAM	SYSTEM STACK
2	512-767	$200-$2FF	RAM	KEYBOARD INPUT BUFFER
3	768-1023	$300-$3FF	RAM	MONITOR VECTOR LOCATIONS
4-7	1024-2047	$400-$7FF	RAM	TEXT & LOW-RESOLUTION GRAPHICS PAGE 1
8-11	2048-3071	$800-$BFF	RAM	TEXT & LOW-RESOLUTION GRAPHICS PAGE 2
12-31	3072-8191	$C00-$1FFF	RAM	FREE RAM
32-63	8192-16383	$2000-$3FFF	RAM	HIGH-RESOLUTION GRAPHICS PAGE 1
64-95	16384-24575	$4000-$5FFF	RAM	HIGH-RESOLUTION GRAPHICS PAGE 2
96-191	24576-49151	$6000-$BFFF	RAM	FREE RAM
192-192	49152-49279	$C000-$C07F	I/O	SPECIAL BUILT-IN LOCATIONS
192-192	49280-49407	$C080-$C0FF	I/O	PERIPHERAL CARD I/O SPACE
193-199	49408-51199	$C100-$C7FF	I/O	PERIPHERAL CARD MEMORY
200-207	51200-53247	$C800-$CFFF	I/O	PERIPHERAL CARD EXPANSION MEMORY
208-255	53248-65535	$D000-$FFFF	ROM	INTEGER BASIC,APPLE SOFT,THE MONITOR OR THE AUTO-START MONITOR,etc.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย