เอกสารคำสอน
เอกสารประกอบการสอน

รายวิชา สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์และโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ รหัส 4122702
(Computer Architecture and Assembly Language)

จุฑาวุฒิ จันทรมาลี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
2554

เอกสารคำสอน
เอกสารประกอบการสอน

รายวิชา สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์และโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ รหัส 4122702
(Computer Architecture and Assembly Language)

จุฑาวุฒิ จันทรมาลี

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

2554

คำนำ

เอกสารประกอบการสอนเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้แจกให้กับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์และโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ โดยมีจุดมุ่งหมายห้ามจัดจำหน่าย

ขอขอบคุณท่านเจ้าของหนังสือทุกท่านที่ข้าพเจ้าได้นำมาอ้างอิง หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้คงเป็นประโยชน์กับนักศึกษาและบุคคลที่ให้ความสนใจไม่มากก็น้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

จุฑาวุฒิ จันทรมาลี
25 พฤศจิกายน 2554

สารบัญ

หน้า

หน้า

สารบัญภาพ

สารบัญตาราง

แผนบริหารการสอนประจำวิชา

รายวิชา สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์และโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ **รหัสวิชา** 4122207
(Computer Architecture and Assembly Language)

จำนวนหน่วยกิต – ช.ม. 3 (2-2)

เวลาเรียน 45 **ชั่วโมง/ภาคเรียน**

คำอธิบายรายวิชา

สถาปัตยกรรม และส่วนประกอบของไมโครโปรเซสเซอร์ เช่น ระบบบัส Addressing mode Assembler , Instruction Mode , Marcro Instruction/assembleฯลฯ

วัตถุประสงค์ทั่วไป

1.1 เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับสถาปัตยกรรมทางคอมพิวเตอร์และส่วนประกอบของไมโครโปรเซสเซอร์

1.2 เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ สามารถที่จะใช้โปรแกรมดีบัก (Debug) ในการตรวจสอนการทำงานในระดับบิตคำสั่งและการจัดการกับบิตข้อมูลได้

1.3 เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ สามารถเขียนภาษาโปรแกรมแอสแซมบลี้เบื้องต้นได้

เนื้อหา

บทที่ 1 ระบบคอมพิวเตอร์ 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายถึงองค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ ชนิดของคอมพิวเตอร์ ตลอดจนโครงสร้างของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์

บทที่ 2 ระบบจำนวน 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายความหมายของตัวเลขในหลักต่าง ๆ การแปลงค่าจากเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง การบวกและการลบเลขฐานสอง การคูณและการหารเลขฐานสอง เลขฐานแปดและเลขฐานสิบหก บิต, ไบต์, เวิร์ด และดับเบิ้ลเวิร์ด ระบบเลข 2’ Complement ระบบเลข BCD (Binary Code Decimal) และมาตรฐาน IEEE 754

บทที่ 3 ภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายภาษาต่าง ๆ สำหรับคอมพิวเตอร์ ระดับของภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมการแปลภาษาสำหรับคอมพิวเตอร์และภาษาแอสเซมบลี

บทที่ 4 สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ และสถาปัตยกรรมของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล 80x86

บทที่ 5 คำสั่งโอนย้ายข้อมูล 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายคำสั่งในการโยนย้ายข้อมูล การใช้คำสั่ง MOV เครื่องมือในการทดลองการโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี คำสั่งในการโยนย้ายข้อมูล และคำสั่งทั่วไป

บทที่ 6 แฟล็กและคำสั่งคณิตศาสตร์ 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายการทำงานของแฟล็ก (Flags) คำสั่งทางคณิตศาสตร์ กลุ่มคำสั่งบวกและลบ กลุ่มคำสั่งคูณและหาร กลุ่มคำสั่งแปลงขนาดตัวเลข

บทที่ 7 โปรแกรมภาษาแอสแซมบลี้เบื้องต้น 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายรูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีแบบเก่า เปรียบเทียบกับรูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีแบบใหม่ ขั้นตอนการแปลโปรแกรม การเรียกใช้บริการของ DOS ตารางรหัสแอสกี

บทที่ 8 การประกาศข้อมูล 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายรูปแบบและวิธีการประกาศข้อมูล การอ้างใช้ข้อมูลที่ประกาศไว้ การอ้างตำแหน่งของข้อมูล การประกาศข้อมูลสำหรับการใช้บริการของ DOS หมายเลข 09h และ 0Ah การใช้บริการของ DOS หมายเลข 0Ah : การอ่านข้อความ และหมายเลข 09h : การอ่านพิมพ์ข้อความ

บทที่ 9 คำสั่งกระโดดและคำสั่งการกระทำซ้ำ 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายคำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข คำสั่งกระโดดที่พิจารณาค่าจากแฟล็ก คำสั่งกระโดดที่พิจารณาค่าจากรีจิสเตอร์ มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับกลุ่มคำสั่งวนรอบ เช่น LOOP LOOPZ และ LOOPNZ เป็นต้น

บทที่ 10 โครงสร้างควบคุม 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายการสร้างโครงสร้างการตัดสินใจแบบ if-then-else การสร้าง repeat until loop การสร้าง while loop และการสร้าง for loop

บทที่ 11 โปรแกรมย่อยเบื้องต้น 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายคำสั่งที่รองรับการเรียกโปรแกรมย่อย การประกาศโปรแกรมย่อย คำสั่งเก็บข้อมูล (PUSH) และดึงข้อมูล (POP) จากแสต็กและตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมย่อย

บทที่ 12 การกระทำระดับบิต 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายคำสั่งทางตรรกศาสตร์ การประยุกต์ใช้งานคำสั่งทางตรรกศาสตร์ การใช้คำสั่งเลื่อนบิต ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งเลื่อนบิต การประยุกต์ใช้งานคำสั่งเลื่อนบิต คำสั่งหมุนบิต คำสั่งหมุนบิตที่ผ่านแฟล็กทด ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งเกี่ยวกับการประมวลผลระดับบิต

บทที่ 13 การอ้างแอดเดรส 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายเกี่ยวกับการอ้างแอดเดรสในเซกเมนต์ทั้งสี่ได้แก่ CS, DS, SS และ ES การประยุกต์ใช้งานคำสั่งในการอ้างแอดเดรสแบบต่าง ๆ

บทที่ 14 การขัดจังหวะ 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายกระบวนการขัดจังหวะและการใช้คำสั่งติดต่อกับอุปกรณ์ใน 8086

บทที่ 15 การจัดการกับสายข้อมูล 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายคำสั่งจัดการสายข้อมูลต่างๆ เช่น คำสั่ง MOVS, คำสั่ง REP, คำสั่ง STOS, คำสั่ง LODS, คำสั่ง REPZ, คำสั่ง CMPS, คำสั่ง REPNZ และคำสั่ง SCAS เป็นต้น

บทที่ 16 คำสั่งตารางและการสร้างแมคโคร 4 คาบ/สัปดาห์

อธิบายคำสั่ง XLAT ความหมายข้อดีและข้อเสียของการใช้แมคโคร พารามิเตอร์ของแมคโคร การใช้ LABEL ในแมคโครและแมคโครกับโปรแกรมย่อย

วิธีสอนและกิจกรรม

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

1. การวัดผล

1.1 คะแนนระหว่างภาครวม	ร้อยละ 60
1.1.1 คะแนนเข้าชั้นเรียน	ร้อยละ 10
1.1.2 คะแนนจัดทำรายงายกลุ่ม	ร้อยละ 10
1.1.3 คะแนนฝึกปฏิบัติการ	ร้อยละ 10
1.1.4 คะแนนสอบกลางภาค	ร้อยละ 30
1.2 คะแนนสอบปลายภาครวม	ร้อยละ 40
1.1.1 คะแนนเข้าสอบปลายภาค	ร้อยละ 30
1.1.2 คะแนนฝึกปฏิบัติการ	ร้อยละ 10

2. การประเมินผล

ระดับคะแนน	ความหมายของผลการเรียน	ค่าระดับคะแนน	ค่าร้อยละ
A	ดีเยี่ยม	4.0	90 - 100
B+	ดีมาก	3.5	85 – 89
B	ดี	3.0	75 – 84
C+	ดีพอใช้	2.5	70 – 74
C	พอใช้	2.0	60 – 69
D+	อ่อน	1.5	55 – 59
D	อ่อนมาก	1.0	50 – 54
E	ตก	0.0	0 – 49

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1

หัวข้อเนื้อหา

- องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์
- ชนิดของคอมพิวเตอร์
- โครงสร้างของฮาร์ดแวร์ของระบบคอมพิวเตอร์
- ระบบซอฟต์แวร์ของคอมพิวเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ให้ความหมายองค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ได้
- สามารถแยกชนิดของคอมพิวเตอร์ตามรูปแบบและวิธีการนำไปใช้งานได้
- อธิบายโครงสร้างของฮาร์ดแวร์ของระบบคอมพิวเตอร์
- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับระบบซอฟต์แวร์ของคอมพิวเตอร์

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 1 ระบบคอมพิวเตอร์ (Computer System)

คอมพิวเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกและช่วยในการทำงานของมนุษย์ โดยมีการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป พัฒนาการของคอมพิวเตอร์มีมาอย่างต่อเนื่องจนในปัจจุบันคอมพิวเตอร์เป็นที่นิยม และราคาถูกลงมากเมื่อเทียบกับสมัยก่อน อีกทั้งความสามารถและประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ก็เพิ่มขึ้นทั้งในด้าน ความเร็วในการประมวลผลข้อมูล และความสามารถในการเก็บข้อมูลมากขึ้น และปลอดภัยมากขึ้น

1. องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์

1.1 **ฮาร์ดแวร์ (hardware)** ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เราสามารถจับต้องได้ ฮาร์ดแวร์ แบ่งเป็น 5 ประเภท อุปกรณ์รับข้อมูล (input), อุปกรณ์ส่งข้อมูล (output), อุปกรณ์ประมวลผลข้อมูล (system unit), อุปกรณ์เก็บข้อมูล (storage device), และอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล (communication device)

1.2 **ซอฟท์แวร์ (software)** คือ ชุดของคำสั่งที่เป็นตัวกำหนดการทำงานต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ สามารถเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า โปรแกรม เช่น window, winamp, winzip, wordprocessor, powerdvd เป็นต้น

1.3 **ส่วนบุคคล (peopleware)** คือ บุคคลที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ เช่น บุคคลทั่วไป, นักเขียนโปรแกรม, นักวิเคราะห์ระบบ เป็นต้น

1.4 **ข้อมูล (data)** คือ ข้อมูลที่เก็บอยู่ในคอมพิวเตอร์เพื่อไว้ใช้งานต่อไป ซึ่งสามารถเป็นได้ ทั้ง รหัสต่างๆ ตัวอักขระ ตัวเลข รูปภาพ เสียง และ วิดีโอ เป็นต้น

2.ชนิดของคอมพิวเตอร์ เราสามารถแบ่งคอมพิวเตอร์ตามรูปแบบการใช้งานได้เป็น 5 ชนิด ได้แก่

2.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (personal computer) เป็นคอมพิวเตอร์ที่สามารถทำงานได้ทั้ง รับข้อมูลเข้า ประมวลผล ส่งข้อมูลออก และเก็บข้อมูล ด้วยตัวเอง

2.2 คอมพิวเตอร์พกพา (mobile computer) และอุปกรณ์พกพา (mobile device) เป็นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ผู้ใช้สามารถพกพาไปไหนก็ได้ และอุปกรณ์พกพา หมายถึง อุปกรณ์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กพอที่คุณสามารถถือไว้ในมือได้

2.3 เครื่องให้บริการขนาดกลาง (midrange servers) เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ และมีประสิทธิภาพในการคำนวณสูง ซึ่งสามารถรองรับการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงกันบนเน็ตเวิร์ค (network) มากกว่าพันเครื่องในเวลาเดียวกัน

2.4 เมนเฟรม (mainframe) เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ ราคาแพง และมีประสิทธิภาพสูง ที่สามารถรองรับการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์บนเครือข่ายมากกว่า พันเครื่อง ในเวลาเดียวกัน และสามารถเก็บข้อมูล คำสั่งต่างๆ ได้มหาศาล

2.5 ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ (supercomputer) เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีการทำงานที่เร็วที่สุดในบรรดาประเภทของคอมพิวเตอร์ที่กล่าวมา มีประสิทธิภาพสูงสุด และราคาแพงที่สุด คอมพิวเตอร์ประเภทนี้ใช้สำหรับ การทำงานที่มีการคำนวณที่ซับซ้อนมากๆ

ชนิดของคอมพิวเตอร์ สามารถแบ่งได้ตามขนาดและการใช้งานของคอมพิวเตอร์ได้ดังนี้

1.**ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ (super computer)**

ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ มีสมรรถนะสูง สามารถประมวลได้เร็ว และมีความสามารถในการเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ เช่น สถิติประชากร การขุดเจาะน้ำมัน คอมพิวเตอร์ชนิดนี้มีราคาแพงที่สุด ส่วนใหญ่จะใช้งานในองค์กรที่มีการทำงานที่ต้องการความเร็วสูง เช่น งานวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา หรือดาวเทียมสำรวจทรัพยากร งานวิเคราะห์พยากรณ์อากาศ งานทำแบบจำลองโมเลกุล ของสารเคมี งานวิเคราะห์โครงสร้างอาคาร ที่ซับซ้อน ปัจจุบันประเทศไทย มีเครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์ Cray YMP ใช้ในงานวิจัย อยู่ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์สมรรถภาพสูง (HPCC) ศูนย์เทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ผู้ใช้เป็นนักวิจัยด้านวิศวกรรม และวิทยาศาสตร์ทั่วประเทศ บริษัทผู้ผลิตที่เด่นๆ ได้แก่ บริษัทเครย์ รีเสิร์ช (Cray Research), บริษัท เอ็นอีซี (NEC) เป็นต้น

2.2 เมนเฟรม (mainframe)

เมนเฟรมเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ แต่เล็กกว่า และมีสมรรถนะต่ำกว่าซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ มีราคาแพง นิยมใช้งานกับธุรกิจขนาดใหญ่ เช่น ธนาคาร โรงแรม หรือ ใช้เป็นเซิร์ฟเวอร์ขององค์การขนาดใหญ่ เป็นต้นได้ชื่อว่าเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ ก็เพราะครั้งแรกที่สร้างคอมพิวเตอร์ลักษณะนี้ได้สร้างไว้บนฐานรองรับ ที่เรียกว่า คัสซี่ (Chassis) โดยมีชื่อเรียกฐานรองรับนี้ว่า เมนเฟรม นั่นเอง คอมพิวเตอร์เมนเฟรม ที่มีชื่อเสียงมาก คือ เครื่องของบริษัท IBM

2.3 มินิคอมพิวเตอร์ (minicomputer)

DEC PDP 8 ปี 1965

มินิคอมพิเตอร์เป็น คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะต่ำรองลงมาจากเมนเฟรม คือทำงานได้ช้ากว่า แต่ราคาย่อมเยาว์กว่าเมนเฟรม ใช้ในธุรกิจขนาดกลางและเล็กที่ต้องการความสามารถในการประมวลผลสูงและราคาไม่สูงเกินไป เช่น ตามองค์กร และสถานศึกษาระดับอุดมศึกษา ต่างๆ เป็นต้น

2.4 ไมโครคอมพิวเตอร์ (microcomputer) หรือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (personal computer)

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือ คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ(Desktop computer) หาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพง มีขนาดเล็กกว่ามินิคอมพิวเตอร์ บุคคลทั่วไปสามารถซื้อไว้ใช้งาน หรือ เพื่อความบันเทิง ได้ เหมาะกับการใช้งานที่ไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วสูงมาก แต่ในปัจจุบันความสามารถในการทำงานของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้พัฒนาสูงขึ้นมาก และราคาไม่แพง ทำให้เป็นที่นิยมในปัจจุบัน อีกทั้งยังได้รับการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วมากบางเครื่องมีความสามารถมากกว่าเครื่องเมนเฟรมในสมัยแรกๆ เสียอีกด้วยราคาที่ถูกกว่าหลายร้อยเท่าทีเดียว และยังได้มีการพัฒนาคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในรูปแบบที่พกพาสะดวกได้แก่

2.4.1 โน๊ตบุค (Notebook computer,labtop)

เป็นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลขนาดเล็กประมาณสมุดโน๊ต โดยทั่วไปมีราคาสูงกว่าและประหยัดไฟมากกว่า

คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ มีแบตเตอร์รี่ในตัว สามารถพกพาไปที่ใดก็ได้ และเปิดใช้ได้ไม่จำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายไฟ ส่วนใหญ่สามารถเปิดใช้ได้ประมาณ 4 ชั่วโมง ปัจจุบันได้พัฒนาให้มีขนาดบาง และน้ำหนักเบา อีกทั้งยังมีความสามารถเทียบเท่ากับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะอีกด้วย

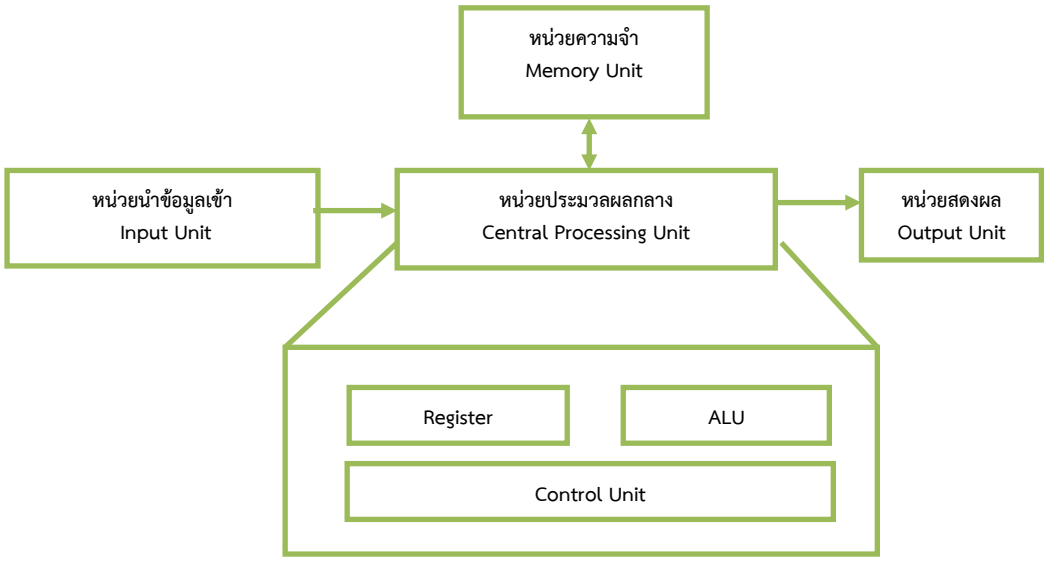
2.4.2 เทบเล็ต (tablet PC)

มีลักษะคล้ายกระดานเขียนตัวหนังสือ สามารถใช้งานได้เหมือนสมุดจดบันทึกหรือสมุดโน๊ต โดยคุณสามารถวาดหรือเขียนตัวหนังสือลงไปบนหน้าจอได้เลย ไม่จำเป็นต้องใช้คีย์บอร์ดเหมาะสำหรับคนที่ชอบเขียนมากกว่าชอบพิมพ์ในปัจจุบันเทบเล็ตสามารถบันทึกเสียงได้ด้วย

2.4.3 พีดีเอ (PDA: Personal Digital Assistant)

เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเท่าฝ่ามือ ความสามารถในการประมวลน้อยกว่าคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป แต่ยังสามารถดูหนัง ฟังเพลง เล่นอินเตอร์เน็ตได้ มีปฏิทิน และสมุดนัดหมาย บางรุ่นสามารถเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ด้วย มีอุปกรณ์รับเข้า คือ สไตล์ลัส (stylus) ซึ่งมีลักษณะคล้ายปากกา เวลาใช้จะอาศัยแรงกดลงไปบนหน้าจอ พีดีเอ บางรุ่นสามารถสั่งงานด้วยเสียงได้

3. โครงสร้างของฮาร์ดแวร์ของระบบคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปแล้วคอมพิวเตอร์แต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อ ก็จะมีการวางส่วนประกอบต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน แต่ถ้าเรามองโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ Module แล้วจะเห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีรูปแบบเหมือนกันดังนี้



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของฮาร์ดแวร์ของระบบคอมพิวเตอร์

3.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU)

หน่วยประมวลผลกลางจัดได้ว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของคอมพิวเตอร์ เปรียบเสมือนเป็นสมองของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทำหน้าที่ในการคำนวณค่าต่าง ๆ ตามคำสั่งที่ได้รับ และควบคุมการทำงานของส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมด ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลางจะถูกสร้างให้อยู่ในรูป วงจรรวม (Integrated Circuit: IC) เพียงตัวเดียวทำให้ง่ายในการนำไปใช้งาน ภายในหน่วยประมวลผลกลางมีส่วนประกอบย่อย ๆ สามส่วนคือ

- หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และตรรกะ (Arithmetic and Logic Unit : ALU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ประมวลผลโดยใช้วิธีที่คณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร หรือ ทำหน้าที่ประมวลผลทางตรรกะ เช่น AND OR NOT COMPLEMENT เป็นต้น รวมทั้งยังทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ อีกด้วย
- หน่วยเก็บข้อมูลชั่วคราว (Register) เป็นหน่วยความจำขนาดเล็ก ทำหน้าที่เป็นที่พักข้อมูล ชั่วคราวก่อนที่จะถูกนำไปประมวลผล โดยปกติแล้วในหน่วยประมวลผลกลางจะมี Register สำหรับเก็บข้อมูลไม่เกิน 64 ตัว การอ้างอิงข้อมูลของ Register จะมีความเร็วเท่ากับความเร็วของหน่วยประมวลผลกลาง เพราะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายในตัวหน่วยประมวลผลกลางจึงไม่ต้องไปอ้างอิงถึงภายนอกหน่วยประมวลผล
- หน่วยควบคุม (Control Unit) เป็นเสมือนหน่วยบัญชาการของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด ทำหน้าที่กำหนดจังหวะการทำงานต่าง ๆ ของคอมพิวเตอร์ไม่เว้นแม้แต่ส่วนประกอบอื่น ๆ ของ CPU นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ควบคุมการส่งข้อมูลระหว่างหน่วยต่าง ๆ ในคอมพิวเตอร์

3.1.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของระบบคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นตัวเลขหรือข้อความแม้กระทั่งคำสั่งต่างๆ ในโปรแกรมที่จะใช้สั่งงานระบบคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแล้วหน่วยความจำจะถูกสร้างมาบน IC เพื่อให้มีความจุสูงแต่มีขนาดเล็ก ข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำจะมีสถานะเพียงแค่เปิดวงจร (0) หรือปิดวงจร (1) เท่านั้น หน่วยความจำสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ

- ROM (Read Only Memory) เป็นหน่วยความจำส่วนที่ CPU สามารถอ่านข้อมูลออกมาใช้งานได้ตามกรรมวิธีปกติ แต่เมื่อต้องการจะเขียนข้อมูลลงไปจะต้องใช้วิธีพิเศษ ทำให้ต้องมีวงจรในการเขียนข้อมูลโดยเฉพาะ ข้อดีของหน่วยความจำแบบนี้ก็คือ ข้อมูลที่เขียนลงไปแล้วจะคงอยู่ไปตลอดแม้ว่าจะปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ไปแล้วก็ตาม ดังนั้น ROM จึงมักจะถูกใช้เก็บโปรแกรมสำหรับเริ่มต้นการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์
- RAM (Random Access Memory) เป็นหน่วยความจำที่ CPU สามารถอ่านเขียนข้อมูลได้ด้วยกรรมวิธีปกติของระบบ ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ตลอดเวลา RAM จึงมักจะถูกนำไปใช้เก็บข้อมูลระหว่างการทำงานของระบบ แต่ RAM ก็มีข้อเสียคือข้อมูลที่เก็บไว้ทั้งหมดจะสูญหายไปทันทีที่หยุดจ่ายไฟให้กับหน่วยความจำ

3.1.3 หน่วยนำข้อมูลเข้าและหน่วยแสดงผล (I/O Unit)

เป็นหน่วยที่เปรียบเสมือนประสาทของเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่รับการติดต่อจากภายนอกเข้าสู่ระบบและแสดงผลที่ได้จากการทำงานของระบบออกสู่ภายนอก เช่น คีย์บอร์ด, จอภาพ, ลำโพง, Disk Drive เป็นต้น โดยปกติแล้วเรามักจะแบ่งความหรูหราของเครื่องคอมพิวเตอร์โดยดูจากหน่วยนำข้อมูลเข้าและหน่วยแสดงผลเป็นส่วนใหญ่ เช่น ขนาดของจอภาพ, ความจุของ Disk เป็นต้น

4.ระบบซอฟต์แวร์ของคอมพิวเตอร์

เมื่อคอมพิวเตอร์ไม่มีซอฟต์แวร์ก็ไม่ต่างไปจากเครื่องประดับราคาสูงชิ้นหนึ่งเท่านั้น โดยปกติแล้วราคาของระบบคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นราคาของซอฟต์แวร์ และเป็นส่วนที่จะกำหนดอนาคตของระบบคอมพิวเตอร์ว่าจะอยู่ในตลาดได้นานเท่าใด

ความหมายของซอฟต์แวร์มีได้หลายแบบตามแต่จะใช้คำพูดใด ซึ่งความหมายโดยรวมก็คือ “ซอฟต์แวร์หมายถึงกลุ่มของคำสั่งที่กำหนดการทำงานของคอมพิวเตอร์เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ที่ต้องการ” การพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ให้กับคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง มักจะมีการกำหนดประเภทของซอฟต์แวร์ออกเป็นสามประเภทคือ

4.1.1 ซอฟต์แวร์ระบบ

เป็นซอฟต์แวร์ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์โดยตรงเพื่อทำให้ระบบคอมพิวเตอร์โดยรวมมีประสิทธิภาพสูงที่สุด และยังทำหน้าที่ให้บริการการสั่งงานฮาร์ดแวร์ของซอฟต์แวร์ประเภทอื่น ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในเรื่องของการรวมรายละเอียดการสั่งงานที่ซับซ้อนให้เหลือเพียงการสั่งงานง่าย ๆ เช่น การอ่านไฟล์จากดิสก์ก็สามารถสั่งงานด้วยคำสั่งง่าย ๆ เพียงคำสั่งเดียวให้ซอฟต์แวร์ระบบสั่งงานฮาร์ดแวร์ส่วนที่ทำหน้าที่จัดการกับดิสก์ในเรื่องรายละเอียดต่อไป

4.1.2 System Library

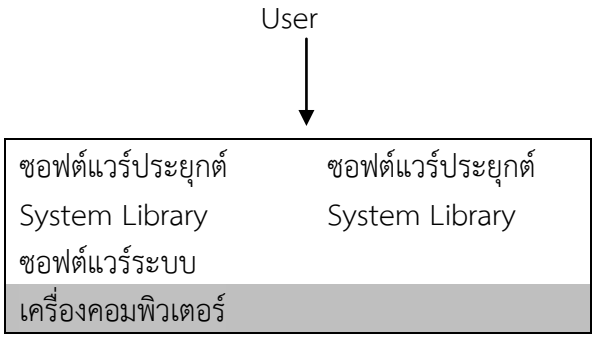
เป็นส่วนที่รวบรวมการคำสั่งการทำงานที่สลับซับซ้อนขึ้นมาจากซอฟต์แวร์ระบบ ทำหน้าที่ให้บริการการทำงานกับซอฟต์แวร์ประยุกต์ต่อไป เช่น ในซอฟต์แวร์ระบบอาจจะมีคำสั่งแค่อ่านเขียนไฟล์ แต่ใน System Library อาจจะมีคำสั่งที่จัดการกับไฟล์หลาย ๆ ไฟล์ในรูปแบบของฐานข้อมูลเป็นต้น

4.1.3 ซอฟต์แวร์ประยุกต์

เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับงานด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะ ซอฟต์แวร์ประยุกต์อาจจะเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาเองหรือซื้อมาในรูปโปรแกรมสำเร็จรูปก็ได้ ปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปของระบบไมโครคอมพิวเตอร์มีอยู่มากมายในหลายด้าน เช่น Microsoft Office เป็นต้น

4.1.4 ความสัมพันธ์กันของส่วนประกอบต่าง ๆ

ความสัมพันธ์กันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ประเภทต่าง ๆ สามารถที่จะแสดงอยู่ในรูปของแผนภูมิ หัวหอมได้ โดยฮาร์ดแวร์จะอยู่ชั้นในสุด ถัดมาจะเป็นส่วนของซอฟต์แวร์ระบบ System Library และซอฟต์แวร์ประยุกต์ตามลำดับ โดยระบบในชั้นนอกจะเรียกใช้การบริการของระบบในชั้นในกว่าลงไปและคอยให้บริการแก่ระบบในชั้นที่อยู่ถัดออกมาจากตัวเอง



รูปที่ 1.2 แผนภูมิหัวหอม

สรุป

ระบบคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญหลายส่วน เช่น ฮาร์ดแวร์ (hardware) ซอฟท์แวร์ (software) ส่วนบุคคล (peopleware) และข้อมูล (data) เป็นต้น ซึ่งแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันและสามารถทำงานโดยประสานงานกันเพื่อทำให้ระบบคอมพิวเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด ชนิดของคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้เรายังสามารถแบ่งคอมพิวเตอร์ตามรูปแบบการใช้งานได้เป็น 5 ชนิด ได้แก่คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(personal computer) คอมพิวเตอร์พกพา (mobile computer) และอุปกรณ์พกพา (mobile device) เครื่องให้บริการขนาดกลาง (midrange servers) เมนเฟรม (mainframe) และซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ (supercomputer)

คำถามทบทวน

1. จงอธิบายส่วนประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ว่าควรมีส่วนประกอบอย่างน้อยที่สุดอะไรบ้าง
2. ชนิดของคอมพิวเตอร์ สามารถแบ่งได้ตามขนาดและการใช้งานของคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างไร
3. ถ้าเรามองโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ Module แล้วจะเห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีรูปแบบเหมือนกันอย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ
4. การกำหนดประเภทของซอฟต์แวร์ แบ่งเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2

หัวข้อเนื้อหา

- ความหมายของตัวเลขในหลักต่าง ๆ
- การแปลงค่าจากเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง
- การบวกและการลบเลขฐานสอง
- การคูณและการหารเลขฐานสอง
- เลขฐานแปดและเลขฐานสิบหก
- บิต, ไบต์, เวิร์ด และดับเบิ้ลเวิร์ด
- ระบบเลข 2’ Complement
- ระบบเลข BCD (Binary Code Decimal)
- มาตรฐาน IEEE 754

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- เข้าใจความหมายของตัวเลขในหลักต่าง ๆ
- สามารถแยกบิต, ไบต์, เวิร์ด, ดับเบิ้ลเวิร์ด และทำความเข้าใจได้
- อธิบายและทำความเข้าใจระบบเลข 2’ Complement ระบบเลข BCD และมาตรฐาน IEEE 754 ได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 2 ระบบเลขจำนวน (Nummeric Syetem)

คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องจักรที่กลไกการทำงานพื้นฐานเป็นสองสถานะ (Binary) คือเปิดวงจรกับปิดวงจร ซึ่งสามารถแทนสถานะดังกล่าวได้ด้วยตัวเลขโดดสองตัวคือ 0 กับ 1 ข้อมูลแบบอื่นของคอมพิวเตอร์จะเกิดจากการประกอบรวมกันของเลข 0 กับ 1 เท่านั้น เราเรียกระบบเลขจำนวนที่ประกอบด้วยตัวเลข 0 กับ 1 เท่านั้นว่า “เลขฐาน 2”

ส่วนการนับของมนุษย์โดยปกตินั้น เราจะมีตัวเลขโดดอยู่สิบตัวคือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, และ 9 ซึ่งจะประกอบรวมกันเป็นระบบเลขจำนวนที่เรียกกันว่า “เลขฐาน 10” จะเห็นว่าระบบเลขจำนวนที่ใช้ในคอมพิวเตอร์มีความแตกต่างจากระบบเลขจำนวนที่มนุษย์ใช้กันโดยปกติ ดังนั้นเราจะต้องเรียนรู้ถึงทักษะในการคำนวณของระบบเลขจำนวนทั้งสองแบบรวมถึงวิธีการเปลี่ยนระบบเลขจำนวนไปมา

2.1 ความหมายของตัวเลขในหลักต่าง ๆ

ในระบบเลขฐานสิบนั้น ค่าของเลขโดด ณ ตำแหน่งใด ก็คือค่าของเลขโดดนั้นคูณด้วยสิบยกกำลังของตำแหน่งนั้น เช่น 12345 หมายความว่า ค่า 5 อยู่ในตำแหน่งหลักหน่วยซึ่งค่าของสิบยกกำลังของหลักหน่วยคือ 10^0 ค่า 4 อยู่ในตำแหน่งของหลักสิบ (10^1) ค่า 3 อยู่ในตำแหน่งของหลักร้อย (10^2) ค่า 2 อยู่ในตำแหน่งของหลักพัน (10^3) และค่า 1 อยู่ในตำแหน่งของหลักหมื่น (10^4) ซึ่ง 12345 สามารถเขียนอยู่ในรูปผลบวกทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$12345 = (1 \times 10^4) + (2 \times 10^3) + (3 \times 10^2) + (4 \times 10^1) + (5 \times 10^0)$$
$$= 10000 + 2000 + 300 + 40 + 5$$

จะเห็นว่าเลขกำลังของสิบจะเริ่มต้นจากศูนย์ที่หลักหน่วย แล้วเพิ่มขึ้นหนึ่งทุกครั้งในหลักถัดมาทางด้านซ้ายมือ ในกรณีที่เลขเป็นจำนวนทศนิยม ให้เริ่มกำลังศูนย์ที่หลักหน่วย แล้วลดกำลังลงหนึ่งทุกครั้งในหลักถัดไปทางด้านขวามือ ส่วนทางด้านซ้ายมือก็จะเป็นไปในรูปแบบเดิม เช่น 12.34 จะสามารถเขียนได้เป็น

$$12.34 = (1 \times 10^1) + (2 \times 10^0) + (3 \times 10^{-1}) + (4 \times 10^{-2})$$
$$= 10 + 2 + 0.3 + 0.04$$

เราสามารถใช้หลักการเดียวกันนี้กับเลขฐานสองเพื่อหาค่าของจำนวนดังกล่าวในรูปของเลขฐานสิบ (ในความเป็นจริงแล้วสามารถที่จะนำไปใช้ได้กับเลขทุกฐาน) เช่น 1011.01_2 จะเขียนได้เป็น

$$1011.01_2 = (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) + (0 \times 2^{-1}) + (1 \times 2^{-2})$$
$$= 8 + 0 + 2 + 1 + 0 + 0.25$$
$$= 11.25$$

2.2 การแปลงค่าจากเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง

การแปลงเลขฐานสิบเป็นฐานสองจะมีขั้นตอนอยู่สองขั้นตอนคือ การแปลงเลขส่วนที่อยู่หน้าทศนิยมและการแปลงเลขส่วนที่อยู่หลังทศนิยม

การแปลงเลขในส่วนที่อยู่หน้าทศนิยม ให้นำเลขดังกล่าวมาหารด้วยสองไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ผลลัพธ์เป็นศูนย์ โดยการหารแต่ละครั้งจะได้เศษเป็น 0 หรือ 1 ลำดับของเศษที่เกิดขึ้นก็คือกำลังของเลขสอง กล่าวคือ เศษที่ได้จากการหารครั้งแรกจะเป็นเลขในหลัก 2^0, เศษที่เกิดจากการหารครั้งที่สองจะเป็นเลขในหลัก 2^1 เรื่อยไป

ตัวอย่าง จงเปลี่ยนค่า 13_{10} ให้เป็นเลขฐานสอง

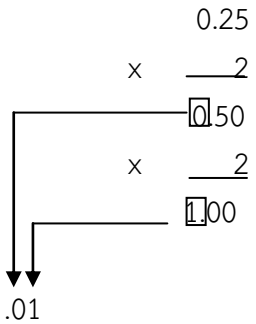
$2\overline{)13}$

6	เศษ 1
3	เศษ 0
1	เศษ 1
0	เศษ 1

$\therefore\ 13_{10} = 1101_2$

ส่วนการแปลงเลขหลังจุดทศนิยมนั้น จะใช้วิธีคูณตัวเลขนั้นด้วยสองไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีเลขหลังจุดทศนิยมเป็นศูนย์ ซึ่งในการคูณแต่ละครั้งอาจจะมีการทดค่าหลังจุดทศนิยมขึ้นมาเป็นตัวเลข 1 หน้าจุดทศนิยมหรือไม่ก็ได้ ในการคูณแต่ละครั้งก็เท่ากับว่าเราเลื่อนการคำนวณจากหลักแรกหลังจุดทศนิยม (2^{-1}) ไปยังหลักต่อไป

ตัวอย่าง จงเปลี่ยนค่า 0.25_{10} ให้เป็นเลขฐานสอง



$\therefore\ 0.25_{10} = 0.01_2$

ดังนั้นจากตัวอย่างข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า $13.25_{10} = 1101.01_2$

2.3 การบวกและการลบเลขฐานสอง

การบวกเลขฐานสองมีหลักการเหมือนกับการบวกเลขฐานสิบ การบวกเลขในฐานสิบนั้นเมื่อผลบวกในหลักใดมีค่ามากกว่า 9 ก็จะต้องมีการทดเลข 1 ไปยังหลักถัดไป ซึ่งหลักเกณฑ์การทดเลขนี้ยังสามารถใช้ได้กับเลขฐานสอง เพียงแต่ว่าเลขโดดที่สูงที่สุดของเลขฐานสองคือ 1 ดังนั้นถ้าผลบวกมีค่าเกิน 1 ก็จะมีการทดไปยังหลักถัดไปทางซ้าย รูปแบบการบวกเป็นดังนี้

0 + 0 = 0
0 + 1 = 1
1 + 0 = 1
1 + 1 = 0 ทด 1

ตัวอย่าง จงบวกเลข 1011.101_2 กับ 110.011_2

```
  1 0 1 1 . 1 0 1
+   1 1 0 . 0 1 1
1 0 0 1 0 . 0 0 0
```

การลบเลขเป็นการดำเนินการที่ผกผันกับการบวก ในการลบ ถ้ามีการลบเลขที่มากกว่าจากเลขที่น้อยกว่า ต้องมีการขอยืมจากเลขในหลักถัดไปทางซ้ายมา 1 รูปแบบการลบเป็นดังนี้

0 - 0 = 0
0 - 1 = 1 ขอยืม 1
1 - 0 = 1
1 - 1 = 0

ตัวอย่าง จงลบเลข 1001.11 กับ 101.1

```
  1 0 0 1 . 1 1
- 1 0 1 . 1 0
  1 0 0 . 0 1
```

2.4 การคูณและการหารเลขฐานสอง

การคูณและการหารของเลขฐานสอง ก็มีหลักการเช่นเดียวกับเลขฐานสิบ เพียงแต่มีสูตรคูณแค่แม่ 0 กับ 1 เท่านั้น อีกทั้งการหารด้วยศูนย์ก็ไม่มีความหมายเช่นเดียวกับการหารในระบบเลขฐานสิบ ตารางการคูณและการหารของระบบเลขฐานสองคือ

0 × 0 = 0
0 × 1 = 0
1 × 0 = 0
1 × 1 = 1
0 ÷ 1 = 0
1 ÷ 1 = 1

ตัวอย่าง จงคูณเลขฐานสอง 1.01 x 10.1

```
    1 . 0 1
x   1 0 . 1 0
    -------
    1   0  1
  0 0   0
  -------
    1 0 1
  -------
    1 1 . 0  0 1
```

จงหารเลขฐานสอง 11001 ÷ 101

```
          101
      -------
101 ) 11001
        101
      -----
          101
          101
      -----
```

2.5 เลขฐานแปดและเลขฐานสิบหก

ถึงแม้ว่าระบบคอมพิวเตอร์จะเข้าใจแต่ระบบเลขฐานสองเพียงอย่างเดียว แต่ในทางปฏิบัติจะเกิดปัญหากับผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก เนื่องจากระบบเลขฐานสองมีจำนวนเลขโดดน้อยจึงต้องมีจำนวนหลักมากขึ้นเพื่อแทนค่าตัวเลขต่าง ๆ ทำให้จดจำได้ยาก จึงมีความพยายามในการรวมหลักของเลขฐานสองหลาย ๆ หลักเข้าด้วยกันเป็นเลขฐานที่ใหญ่ขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการจดจำ ซึ่งการแปลงเลขฐานที่ได้นี้กลับเป็นเลขฐานสองจะทำได้อย่างง่ายดายเนื่องจากแต่ละหลักของเลขฐานดังกล่าวแทนเลขฐานสองที่มีจำนวนหลักแน่นอน

โดยปกติแล้วเรามักจะรวมเลขฐานสองจำนวนสามหรือสี่หลักเป็นเลขฐานใหม่ เมื่อเรารวมเลขฐานสอง 3 หลักจะได้เลขที่มี 8 รูปแบบแตกต่างกันคือ 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, และ 111 ซึ่งเราสามารถใช้ตัวเลขโดด 0 ถึง 7 แทนเลขฐานสองในแต่ละแบบได้ ซึ่งระบบเลขจำนวนที่มีตัวเลขโดด 8 ตัวก็คือเลขฐานแปดนั่นเอง โดยที่เลขโดดแต่ละเลขของระบบเลขฐานแปดจะแทนรูปแบบของเลขฐานสองจำนวนสามหลักที่มีค่าเท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน ถ้าเรามีเลขฐานสองจำนวนสี่หลัก ก็จะได้เลขฐานสองที่มี 16 รูปแบบแตกต่างกัน ซึ่งสามารถใช้เลขฐานสิบหกแทนแต่ละรูปแบบของเลขฐานสองได้ แต่เนื่องจากเรามีเลขโดดใช้งานกันแค่สิบตัว ดังนั้นจึงมีการนำตัว A – F มาแทนค่าเลขโดดที่มีค่า 10 – 15 แทน ทำให้เลขฐานสิบหกมีเลขโดดคือ 0 – 9 และ A – F

เลขฐานสิบ	เลขฐานสอง	เลขฐานแปด	เลขฐานสิบหกๆ
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4

5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

ในการแปลงเลขฐานสองให้เป็นเลขฐานแปดหรือฐานสิบหกนั้น เราจะต้องจับกลุ่มเลขฐานสองให้ได้จำนวนหลักตามที่เลขโดดของฐานที่เราจะแปลงไป เช่น จับกลุ่มสามหลักสำหรับการแปลงเป็นฐานแปด เป็นต้น การจับกลุ่มจะเริ่มจับจากหลักทางด้านขวามือสุดก่อน ในกรณีที่เหลือเลขไม่ครบจำนวนหลักที่ต้องการให้เติมศูนย์ไปทางด้านซ้ายมือเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้จำนวนหลักที่ต้องใช้ จากนั้นจึงแปลงฐานเลขโดยแปลงทีละกลุ่มก็จะได้เลขฐานแปดหรือฐานสิบหกตามต้องการ

ตัวอย่าง จงแปลงเลขฐานสอง 1011011 ให้เป็นเลขฐานแปดและฐานสิบหก

แปลงเป็นเลขฐานแปด แปลงเป็นเลขฐานสิบหก

$\therefore\ 1011011_2 = 113_8 = 5B_{16}$

2.6 บิต, ไบต์, เวิร์ด และดับเบิ้ลเวิร์ด

ข้อมูลต่าง ๆ ในระบบคอมพิวเตอร์มักจะไม่ได้มาจากเลขฐานสองเพียงแค่หลักเดียว เพื่อความสะดวกในการเรียกและความกระทัดรัดของจำนวนที่จะต้องใช้เรียก (คงไม่สะดวกนักถ้าต้องมีการเรียกกันว่า เลขฐานสอง 32 หลัก) ดังนั้นจึงได้มีการตั้งชื่อเฉพาะเรียกกลุ่มของเลขฐานสองที่มีจำนวนหลักตั้งแต่หนึ่งหลักขึ้น โดยชื่อต่าง ๆ มีดังนี้

เลขฐานสองหนึ่งหลักเรียก หนึ่ง “บิต” (bit)
4 บิต เท่ากับ หนึ่ง “นิบเบิล” (nibble) [ไม่ค่อยนิยมใช้กันนัก]
2 นิบเบิล เท่ากับ หนึ่ง “ไบต์” (byte)
2 ไบต์ เท่ากับ หนึ่ง “เวิร์ด” (word)
2 เวิร์ด เท่ากับ หนึ่ง “ดับเบิ้ลเวิร์ด” (double word)

2.7 ระบบเลข 2’ Complement

การคำนวณเลขฐานสองที่เราคุ้นเคยกัน มักจะเป็นเลขฐานสองที่มีค่าเป็นบวกอยู่เสมอ แต่ในความเป็นจริงเรามีการใช้งานจำนวนทั้งที่เป็นบวกและลบ ดังนั้นระบบคอมพิวเตอร์จึงต้องมีกลไกบางอย่างเพื่อระบุเครื่องหมายของตัวเลขต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบ หนึ่งในวิธีการระบุเครื่องหมายของตัวเลขในระบบคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดก็คือ วิธี 2’ Complement

วิธี 2’ Complement จะเริ่มจากการกำหนดจำนวนหลักสูงสุดของตัวเลข (จำนวนบิตสูงสุด) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ใด ๆ ก็ตาม ถ้าทำให้เกิดการทดเลขเลยบิตซ้ายสุดที่กำหนด เลขทดดังกล่าวจะหายไป เช่น ถ้ากำหนดให้ตัวเลขมีทั้งหมด 4 บิต 1111 บวกกับ 0001 จะเท่ากับ 0000 ไม่ใช่ 10000 เป็นต้น แต่ถ้ามีการขอยืมจากหลักหน้าสุดที่เป็นศูนย์ ให้ถือเสมือนว่ามีหลักที่เป็นค่า 1 อยู่ถัดออกไปจากบิตสูงสุดที่กำหนดไว้ แล้วทำการขอยืมตามปกติ เช่น ถ้าต้องการลบตัวเลขขนาด 4 บิต 0100 ด้วย 0111 จะถือว่าเลข 0100 เสมือนเป็น (1)0100 แล้วจึงลบกันตามปกติ เป็นต้น

ข้อกำหนดข้อที่สองของ 2’ Complement คือบิตที่ถูกกำหนดให้เป็นบิตนัยสำคัญสูงที่สุดจะเป็นบิตที่บอกเครื่องหมายของตัวเลข เช่น กำหนดให้ใช้ตัวเลขขนาด 6 บิต ดังนั้นบิดที่ 5 (เริ่มนับทางขวาสุดเป็นบิตที่ 0) จะเป็นบิตที่ระบุเครื่องหมายของตัวเลขนั้น เป็นต้น โดยการระบุเครื่องหมายจะใช้มาตรฐานว่า **“ถ้าบิตหน้าสุดเป็น 0 หมายถึงเป็นเลขบวก ถ้าบิตหน้าสุดเป็นหนึ่งหมายถึงเป็นเลขลบ”** ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้บิตทุกบิตที่กำหนดให้ในการเก็บค่าตัวเลขได้

ข้อกำหนดข้อที่สามของ 2’ Complement คือ ค่าตัวเลขที่เก็บอยู่เมื่อบวกกับค่าที่มีเครื่องหมายตรงกันข้ามกันตามแบบวิธีการบวกเลขฐานสองปกติ จะต้องได้ผลลัพธ์เป็นศูนย์ (แต่จะมีบิตทดที่หลุดหายทางซ้ายมือสุด) เช่น ถ้ากำหนดให้เป็นตัวเลขขนาด 4 บิต 1011 จะเท่ากับค่า –5 เพราะถ้าบวกกับ 0101 แล้วจะได้ (1)0000 โดยเลขทดด้านหน้าสุดจะหายไป เป็นต้น

จากข้อกำหนดทั้งหมดข้างต้น ถ้ากำหนดให้ตัวเลขที่ใช้มีขนาด 1 ไบต์ จะสามารถเก็บค่าบวกระหว่าง 0 (00000000) ถึง 127 (01111111) และค่าลบระหว่าง –1 (11111111) ถึง –128 (10000000)

การนำเลข 2’ Complement ไปบวกหรือลบกัน จะสามารถทำได้ตามวิธีการปกติ แต่จะผลลัพธ์สุดท้ายจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของ 2’ Complement ทั้งสามข้อ สำหรับการคูณและการหารนั้นจะต้องแยกค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ออกมาคูณหารกัน แล้วจึงนำเครื่องหมายมาคิดภายหลัง แต่มีข้อควรระวังคือ ถ้า**เป็นการคูณกันระหว่างตัวเลขขนาด 1 ไบต์ด้วยกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะต้องใช้ที่เก็บขนาด 2 ไบต์** (ดูตัวอย่างในเรื่องการคูณเลขฐานสอง) ซึ่งมากเกินกว่าที่จะเก็บได้ ดังนั้นถ้าต้องการเก็บผลลัพธ์ไว้เป็นขนาด 1 ไบต์ ก็จะต้องให้ตัวตั้งและตัวคูณมีขนาดไม่เกิน 1 นิบเบิล (4 บิต)

2.8 ระบบเลข BCD (Binary Code Decimal)

ระบบเลข BCD มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Packed Decimal เป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้การแปลงเลขระหว่างฐานสองกับฐานสิบง่ายขึ้นโดยใช้วิธีเดียวกับการสร้างเลขฐานสิบหก โดยจัดกลุ่มให้เลขฐานสอง 4 บิต เป็นเลขฐานสิบ 1 หลัก แต่จำนวนเลขโดดของเลขฐานสิบมีค่าน้อยกว่ารูปแบบของเลขฐานสองที่เป็นไปได้ใน 4 บิต ดังนั้นจึงมีเลขฐานสองบางรูปแบบที่ไม่ได้ถูกใช้งาน สาเหตุที่ต้องจัดกลุ่มเลขฐานสองให้เป็น 4 บิตแทนที่จะเป็นค่าอื่น ๆ เพราะจำนวนเลขโดดของเลขฐานสองมีค่าเท่ากับ 10 ซึ่งอยู่ระหว่าเลขฐานสอง 3 บิตกับ 4 บิต นั่นเอง

ปกติแล้วเรามักจะไม่นำเลข BCD ไปคำนวณแบบซับซ้อน มักจะนำไปบวกลบกันเท่านั้นซึ่งการบวกลบกันของเลข BCD จะต้องทำทีละ 1 นิบเบิล และต้องปรับค่าผลลัพธ์เพื่อเลี่ยงเลขฐานสองที่ไม่ได้ใช้งานด้วย

2.9 มาตรฐาน IEEE 754

มาตรฐาน IEEE754 เป็นมาตรฐานที่ถูกกำหนดขึ้นโดยหน่วยงานชื่อ IEEE (...) เพื่อเป็นมาตรฐานในการเก็บเลขทศนิยม (Floating Point) ในระบบคอมพิวเตอร์ โดยมาตรฐาน IEEE754 จะเก็บเลขทศนิยมฐานสิบในรูป $(-1 \times S)1.M \times 2^{E-B}$

โดยที่ S เป็นตัวระบุเครื่องหมายของตัวเลข ถ้าเป็น 0 จะเป็นบวก ถ้าเป็น 1 จะเป็นลบ
1.M เป็นฐานของเลขยกกำลัง อยู่ในรูป 1.XXXX
E เป็นตัวยกกำลังของสอง ไว้สำหรับระบุตำแหน่งของทวินิยม
B เป็นค่า BIAS เพื่อให้ค่าของ E ไม่ติดลบ จะมีค่าคงที่สำหรับทุกหมายเลข (ค่าของ B จะถูกกำหนดมาแล้วคือ 127 สำหรับ IEEE754 ขนาด 32 bit)

เช่น 2.5 จะสามารถเขียนได้เป็น $(-1 \times 0)1.010 \times 2^{128-B}$

ในการเก็บค่าต่าง ๆ จะเก็บอยู่ในรูป S-M-E โดย S จะมีขนาด 1 บิต ส่วน M และ E จะมีขนาดแตกต่างกันไปหลายขนาด ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ

มาตรฐาน IEEE754 นอกจากจะสามารถแทนค่าเลขทศนิยมปกติแล้ว ยังมีข้อกำหนดที่สามารถใช้แทนสิ่งที่เรียกกันว่า NaN (Not a Number) เช่น ค่าอินฟินิตี้ ด้วย

การคำนวณเลขตามมาตรฐาน IEEE754 มีความซับซ้อนมาก ดังนั้นจึงไม่ขอกล่าวในที่นี้

สรุป

ระบบจำนวนเลขที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ จะทำงานบนพื้นฐานของสองสถานะ (Binary) คือเปิดวงจรกับปิดวงจร ซึ่งสามารถแทนสถานะดังกล่าวได้ด้วยตัวเลขโดดสองตัวคือ 0 กับ 1 เราเรียกระบบเลขจำนวนที่ประกอบด้วยตัวเลข 0 กับ 1 นี้ว่า “เลขฐาน 2” ข้อมูลต่าง ๆ ในระบบคอมพิวเตอร์มักจะไม่ได้มาจากเลขฐานสองเพียงแค่หลักเดียว เพื่อความสะดวกในการเรียกและความกระทัดรัดของจำนวนที่จะต้องใช้เรียก (คงไม่สะดวกนักถ้าต้องมีการเรียกกันว่า เลขฐานสอง 32 หลัก) ดังนั้นจึงได้มีการตั้งชื่อเฉพาะเรียกกลุ่มของเลขฐานสองที่มีจำนวนหลักตั้งแต่หนึ่งหลักขึ้น โดยชื่อต่าง ๆ มีดังนี้คือ บิต, ไบต์, เวิร์ด และดับเบิ้ลเวิร์ด

คำถามทบทวน

1. จงอธิบายส่วนประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ว่าควรมีส่วนประกอบอย่างน้อยที่สุดอะไรบ้าง
2. ชนิดของคอมพิวเตอร์ สามารถแบ่งได้ตามขนาดและการใช้งานของคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างไร
3. ถ้าเรามองโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ Module แล้วจะเห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีรูปแบบเหมือนกันอย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ
4. การกำหนดประเภทของซอฟต์แวร์ แบ่งเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3

หัวข้อเนื้อหา

- ภาษาต่าง ๆ สำหรับคอมพิวเตอร์
- ระดับของภาษาสำหรับเขียนโปรแกรม
- การแปลภาษาสำหรับคอมพิวเตอร์
- ภาษาแอสเซมบลี

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- เข้าใจความหมายและประวัติความเป็นมาของภาษาต่าง ๆ สำหรับคอมพิวเตอร์
- รู้และเข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ ในการแปลสัญลักษณ์ต่าง ๆ ให้กลายเป็นภาษาเครื่อง

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 3 ภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Language for Computer Programming)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า คอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้กับระบบเลขฐานสองเพียงอย่างเดียว ซึ่งเลขฐานสองดังกล่าว ไม่ได้หมายถึงข้อมูลเท่านั้น แต่ยังหมายถึงคำสั่งต่าง ๆ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย ดังนั้นถ้าเราต้องการเขียนโปรแกรมขึ้นมาสักหนึ่งโปรแกรม เราจะต้องเรียบเรียงคำสั่งต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของลำดับของเลขฐานสองต่าง ๆ ตามแต่ผู้ที่ผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะกำหนดไว้ จะเห็นว่าการเขียนโปรแกรมแบบนี้ไม่มีความสะดวกเลย จึงมีผู้คิดค้นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อให้ง่ายในการเขียนโปรแกรม

3.1. ภาษาต่าง ๆ สำหรับคอมพิวเตอร์

ในบรรดาภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมนั้น ภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมด้วยเลขฐานสองหรือฐานสิบหกเป็นภาษาที่เก่าแก่ที่สุดซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถจะเข้าใจและปฏิบัติตามได้เลยทันที เราเรียกภาษาแบบนี้ว่า **“ภาษาเครื่อง”** ซึ่งภาษาดังกล่าวไม่สื่อความหมายที่ชัดเจนกับมนุษย์ซึ่งเป็นผู้ที่เขียนโปรแกรม จึงมีการคิดค้นสัญลักษณ์ต่าง ๆ ขึ้นมาแทนที่ภาษาเครื่อง โดยสัญลักษณ์ที่คิดขึ้นในตอนแรกจะเป็นการแทนค่าภาษาเครื่องหนึ่งคำสั่งต่อสัญลักษณ์หนึ่งตัว เช่น 00111110 แทนว่า LD A เป็นต้น ซึ่งเรียกภาษาสัญลักษณ์แบบนี้ว่า **“ภาษานีโมนิค (Mnemonic)”** หรือ **“ภาษาแอสเซมบลีพื้นฐาน”** แต่ทว่าสัญลักษณ์ที่ได้นี้ ก็ยังยากที่จะใช้เขียนโปรแกรม จึงได้มีการสร้างสัญลักษณ์คำสั่งใหม่ให้มีความง่ายขึ้น โดยเทียบเคียงสัญลักษณ์กับภาษาอังกฤษเพื่อให้สื่อความหมายมากที่สุด จึงเกิดเป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมขึ้นมากมายหลายภาษาขึ้นอยู่กับสัญลักษณ์และรูปแบบที่ใช้ เช่น **Fortran, C, Pascal, และ Basic** เป็นต้น

3.2. ระดับของภาษาสำหรับเขียนโปรแกรม

เมื่อมีการสร้างสัญลักษณ์แทนภาษาเครื่อง ทำให้มีการแบ่งระดับของภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมออกเป็นระดับต่าง ๆ สองระดับคือ ภาษาระดับสูง และภาษาระดับต่ำ

ภาษาระดับสูงเป็นภาษาที่เน้นการสื่อความหมายกับผู้เขียนโปรแกรมเป็นหลัก ทำให้ภาษาในระดับนี้มีความง่ายในการเขียนและทำความเข้าใจ ส่วนภาษาระดับต่ำเน้นที่ความง่ายที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะนำคำสั่งต่าง ๆ ไปปฏิบัติซึ่ง**มีอยู่ด้วยกันแค่สองภาษา**คือ ภาษาเครื่องกับภาษาแอสเซมบลี

ในตำราบางเล่มได้กล่าวถึงภาษาระดับกลาง ซึ่งเป็นระดับพิเศษอีกระดับโดยเป็นระดับที่มีความสมดุลกันระหว่างความง่ายในการเขียนกับความง่ายในการนำไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์ปฏิบัติ แต่ในทางปฏิบัติจริงเราไม่สามารถหาจุดสมดุลกันจริง ๆ ของคุณสมบัติทั้งสองได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถแบ่งแยกระดับกลางออกมาได้อย่างเด็ดขาด ซึ่ง**ภาษาที่ได้รับการกล่าวถึงว่าเป็นภาษาระดับกลางก็คือภาษา C**

3.3. การแปลภาษาสำหรับคอมพิวเตอร์

ภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ต่าง ๆ นั้น ไม่สามารถนำไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์ปฏิบัติได้ทันที เพราะเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าใจแต่ภาษาเครื่องเท่านั้น ดังนั้นเราจะต้องมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการแปลสัญลักษณ์ต่าง ๆ ให้กลายเป็นภาษาเครื่อง ซึ่งขั้นตอนการแปลจะมีสองแบบคือ

- **Interpret** เป็นการแปลแบบคำสั่งต่อคำสั่ง โดยดึงสัญลักษณ์ของภาษาระดับสูงมาทีละคำสั่งแล้วแปลคำสั่งนั้น จากนั้นจึงส่งคำสั่งที่แปลได้ไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานทันที เมื่อคอมพิวเตอร์ทำงานเสร็จแล้วจึง จะเริ่มแปลคำสั่งถัดไปเรื่อย ๆ โดยไม่มีการเก็บภาษาเครื่องของคำสั่งที่แปลไปแล้ว ดังนั้น

ถ้ามีการวนที่คำสั่งใด ซ้ำแล้วซ้ำอีก ก็จะต้องแปลคำสั่งนั้นใหม่ทุกครั้งที่ทำงานผ่านคำสั่งนั้น ข้อดีของการแปลแบบนี้คือคำสั่งต่าง ๆ จะผ่านขั้นตอนต่าง ๆ อย่างสมบูรณ์ในขั้นตอนการแปลภาษา จึงสามารถพบข้อผิดพลาดได้ง่าย

- **Compile** เป็นกระบวนการแปลสัญลักษณ์ของภาษาระดับสูงเป็นภาษาเครื่องทีเดียวทั้งโปรแกรม แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์ปฏิบัติต่อเนื่องกันไปโดยไม่มีการแปลสัญลักษณ์ใด ๆ อีก ซึ่งภาษาเครื่องที่ได้อาจจะถูกเก็บไว้เพื่อนำกลับมาให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานได้อีกโดยที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการแปลภาษาอีกครั้ง สัญลักษณ์ของภาษาระดับสูงแต่ละตัวจะถูกแปลเป็นภาษาเครื่องเพียงครั้งเดียว ดังนั้นเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้ จึงทำงานด้วยความเร็วสูงกว่าการแปลแบบ Interpret แต่วิธีนี้ก็มีข้อเสียคือ ข้อผิดพลาดบางประการของโปรแกรมจะตรวจพบเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานตามโปรแกรมแล้วเท่านั้น ซึ่งเมื่อมีการแก้ไขให้ถูกต้อง ก็จะต้องมีการแปลสัญลักษณ์ทั้งหมดใหม่อีกครั้ง
- **Assembling** จริง ๆ แล้ว Assembling เป็นการ Compile โปรแกรมแบบหนึ่ง แต่ถูกตั้งชื่อใหม่ตามชื่อของภาษาที่ถูกนำมาแปลซึ่งก็คือภาษาแอสเซมบลี การทำงานของ Assembling มักจะอยู่ในรูปการแทนค่าสัญลักษณ์ต่าง ๆ โดยเทียบกับตาราง เพราะภาษาแอสเซมบลีเป็นการแทนค่าภาษาเครื่องในแบบคำสั่งต่อคำสั่งนั่นเอง

3.4. ภาษาแอสเซมบลี

ภาษาแอสเซมบลีจริง ๆ แล้วก็คือภาษานีโนนิคที่มีการเพิ่มเติมคำสั่งพิเศษในการจัดการเรื่องการอ้างอิงหน่วยความจำนั่นเอง ภาษาแอสเซมบลีจัดเป็นภาษาระดับต่ำภาษาหนึ่ง ซึ่งสัญลักษณ์ที่ใช้มักจะถูกกำหนดโดยผู้ผลิต IC หน่วยประมวลผลกลาง ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนหน่วยประมวลผลกลาง ภาษาแอสเซมบลีที่ใช้ ก็จะต้องเปลี่ยนตามไปด้วย เมื่อเราพัฒนาโปรแกรมเป็นภาษาแอสเซมบลีแล้ว ก็ต้องนำไป Assembling ด้วยตัวแปลภาษาชื่อ Assembler ซึ่งจะแปลภาษาแอสเซมบลีให้เป็นภาษาเครื่องอีกทีหนึ่ง

ข้อดีของการใช้ภาษาแอสเซมบลีคือ

- สามารถสั่งงานระบบคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง
- สามารถเขียนให้ได้โปรแกรมภาษาเครื่องที่มีขนาดเล็กที่สุดได้
- โปรแกรมภาษาเครื่องที่ได้จะทำงานได้รวดเร็ว

ข้อเสียของภาษาแอสเซมบลีคือ

- เป็นภาษาระดับต่ำทำให้พัฒนาโปรแกรมได้ยาก
- เหมาะกับการพัฒนาโปรแกรมที่ไม่ใหญ่มาก
- ไม่มีโครงสร้างข้อมูลในระดับสูง
- โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะไม่สามารถนำไปใช้กับหน่วยประมวลผลกลางแบบอื่นได้

สรุป

ภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมด้วยเลขฐานสองหรือฐานสิบหก เป็นภาษาที่เก่าแก่ที่สุดซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถจะเข้าใจและปฏิบัติตามได้เลยทันที เราเรียกภาษาแบบนี้ว่า “ภาษาเครื่อง” ซึ่งภาษาดังกล่าวไม่สื่อความหมายที่ชัดเจนกับมนุษย์ซึ่งเป็นผู้ที่เขียนโปรแกรม จึงมีการคิดค้นสัญลักษณ์ต่าง ๆ ขึ้นมา

แทนที่ภาษาเครื่อง โดยสัญลักษณ์ที่คิดขึ้นในตอนแรกจะเป็นการแทนค่าภาษาเครื่องหนึ่งคำสั่งต่อสัญลักษณ์หนึ่งตัว เช่น 00111110 แทนว่า LD A เป็นต้น ซึ่งเรียกภาษาสัญลักษณ์แบบนี้ว่า “ภาษานีโมนิค (Mnemonic)” หรือ “ภาษาแอสเซมบลีพื้นฐาน” แต่ทว่าสัญลักษณ์ที่ได้นี้ ก็ยังยากที่จะใช้เขียนโปรแกรม จึงได้มีการสร้างสัญลักษณ์คำสั่งใหม่ให้มีความง่ายขึ้น โดยเทียบเคียงสัญลักษณ์กับภาษาอังกฤษเพื่อให้สื่อความหมายมากที่สุด จึงเกิดเป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมขึ้นมากมายหลายภาษาขึ้นอยู่กับสัญลักษณ์และรูปแบบที่ใช้ เช่น Fortran, C, Pascal, และ Basic เป็นต้น และในปัจจุบันก็มีการพัฒนาภาษาโปรแกรมขึ้นมาอีกมายหมายเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในด้านต่างๆ เช่น Java, C++, PHP, Perl, Visual Basic, C#, Python, Delphi/Kylix เป็นต้น

คำถามทบทวน

1. ภาษานีโมนิค (Mnemonic) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าภาษาอะไรและมีความสำคัญอย่างไรในการเขียนภาษาโปรแกรมในยุคแรกๆ
2. การสร้างสัญลักษณ์แทนภาษาเครื่อง ทำให้มีการแบ่งระดับของภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมออกเป็นกี่ระดับอะไรบ้าง
3. Interpret และ Compile แตกต่างกันอย่างไรจงอธิบาย
4. จงอธิบายข้อดีและข้อเสียข้อดีของการใช้ภาษาแอสเซมบลี

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4

หัวข้อเนื้อหา

- หน่วยประมวลผลกลาง
- หน่วยความจำ
- การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ
- สถาปัตยกรรมของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล 80x86

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- เข้าใจความหมายและขั้นตอนการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง
- รู้และเข้าใจการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำ
- รู้และเข้าใจความหมายของการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Adrress Bus, Data Bus และ Control Bus เป็นต้น
- สามารถอธิบายสถาปัตยกรรมของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล 80x86 ได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

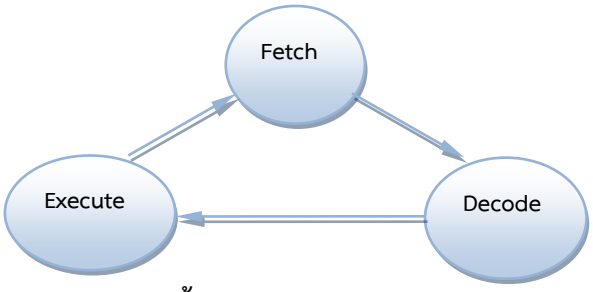
ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 4 สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น (Introduction to computer architecture)

ระบบคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยความจำ (Memory) อุปกรณ์รับข้อมูล (Input Units) และอุปกรณ์แสดงผล (Output Unit) ในบทนี้เราจะเริ่มพิจารณาการเชื่อมโยงของอุปกรณ์ต่าง ๆ และโครงสร้างภายในขององค์ประกอบเหล่านั้น

4.1 หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลางมีหน้าที่ประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ ในระบบคอมพิวเตอร์ โดยหน่วยประมวลผลกลางจะทำงานตามโปรแกรมที่ระบุโดยผู้ใช้ ขั้นตอนการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางมีลักษณะเป็นวงรอบ โดยขั้นแรกหน่วยประมวลผลกลางจะอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำ (fetch) จากนั้นหน่วยประมวลผลกลางจะตีความคำสั่งนั้น (decode) และในขั้นตอนสุดท้ายหน่วยประมวลผลกลางก็จะประมวลผลตามคำสั่งที่อ่านเข้ามา (excute) เมื่อทำงานเสร็จหน่วยประมวลผลก็จะเริ่มอ่านคำสั่งเข้ามาอีกครั้ง ขั้นตอนดังกล่าวมีลักษณะดังรูปที่ 4.1



รูป 4.1 ขั้นตอนการทำงานของหน่วยประมวลผล

หน่วยประมวลผลกลางจะทำงานตามชุดคำสั่ง (instructions) ที่อ่านขึ้นมาจากหน่วยความจำหลักเท่านั้น เราจะเรียกสถาปัตยกรรมของระบบคอมพิวเตอร์ที่มีการเก็บโปรแกรมและข้อมูลไว้ในหน่วยความจำหลักโดยที่หน่วยประมวลผลจะทำงานกับหน่วยความจำเท่านั้น ว่า *Stored Program Architecture* หรือคอมพิวเตอร์แบบวอนนอยแมน (von Neumann Computer) โดยตั้งเป็นเกียรติให้กับ John von Neumann [1]

ชุดคำสั่งของคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ 2 ส่วนคือ ส่วน Opcode ซึ่งเป็นส่วนที่ระบุประเภทของการประมวลผล และส่วน Operand ซึ่งเป็นส่วนที่ระบุข้อมูลสำหรับการประมวลผลตามที่ระบุใน opcode

โดยปกติแล้ว เรานิยมใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลางในระบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้นการที่เราอ้างถึงไมโครโปรเซสเซอร์เราจะอ้างถึงในหน้าที่ที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง โดยคำสองคำนี้อาจใช้แทนกันได้

[1] ผู้บุกเบิกเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เชื่อว่าชื่อของคอมพิวเตอร์แบบวอนนอยแมน ให้เกียรติกับ von Neumann ผู้เขียนแนวคิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์รูปแบบนี้มากไป โดยให้ความสำคัญกับ J.Presper Eckert และ John Mauchly วิศวกรผู้สร้างเครื่องคอมพิวเตอร์ลักษณะนี้ขึ้นมาน้อยเกินไป

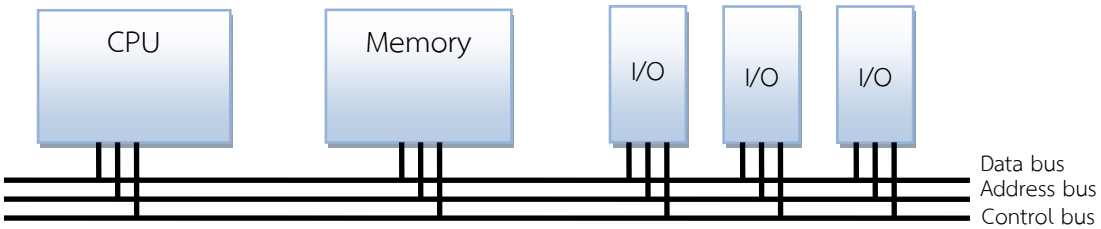
4.2 หน่วยความจำ

การเก็บข้อมูลในหน่วยความจำมีหน่วยที่เล็กที่สุดในการเก็บข้อมูลคือบิต แต่ในการเรียกข้อมูลจากหน่วยความจำนั้นจะกระทำในรูปของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่กว่า คือจะมีขนาด 8 บิต หรือ 1ไบท์ ภายในหน่วยความจำของระบบคอมพิวเตอร์หนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยหน่วยย่อย ๆ ขนาด 8 บิตเหล่านี้อยู่มากมาย หน่วยย่อย ๆ เหล่านี้จะมีหมายเลขเฉพาะตัว เพื่อให้หน่วยประมวลผลสามารถใช้อ้างถึงเมื่อจะอ่าน หรือเขียนข้อมูลลงไปในหน่วยย่อยหน่วยนั้น หมายเลขนี้เราเรียกว่า ***แอดเดรส (Address)*** ดังนั้นการที่หน่วยประมวลผลจะ *อ้างถึง* ข้อมูลข้อมูลหนึ่งที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำได้นั้น หน่วยประมวลผลจะต้องระบุ *แอดเดรส* ของข้อมูลชิ้นนั้นให้ได้ด้วย

4.3 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ

บัส (Bus) : ช่องทางสื่อสาร

อุปกรณ์ต่าง ๆ จะเชื่อมต่อกับโดยผ่านทางกลุ่มของสายสัญญาณ ที่เราเรียกว่า “บัส” อุปกรณ์ต่าง ๆ จะส่งและรับสัญญาณผ่านทางกลุ่มสายสัญญาณชุดเดียวกัน ดังรูป



รูปที่ 4.2 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านระบบบัส

เราสามารถแบ่งกลุ่มของบัสออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- บัสข้อมูล (Data bus) ใช้สำหรับส่งรับข้อมูล
- บัสตำแหน่ง หรือ แอดเดรสบัส (Address bus) ใช้สำหรับส่งรับตำแหน่งสำหรับอ้างอิงข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือ จากอุปกรณ์ I/O
- บัสควบคุม (Control bus) ใช้สำหรับส่งสัญญาณควบคุม

แอดเดรสบัส (Address bus)

ในระบบคอมพิวเตอร์ที่หน่วยประมวลผลเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ผ่านทางบัส ข้อมูลต่าง ๆ ที่ส่ง/รับกันระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นจะส่งผ่านทางบัสข้อมูล ดังนั้นการที่หน่วยประมวลผลจะติดต่อกับหน่วยความจำหรืออุปกรณ์รับและแสดงผลข้อมูลที่ต้องการได้นั้น ทั้งหน่วยความจำ และ อุปกรณ์รับหรือแสดงผลข้อมูลทุกอุปกรณ์ จะต้องมีหมายเลขเฉพาะ หมายเลขนี้สำหรับหน่วยความจำก็คือแอดเดรส ส่วนอุปกรณ์อินพุตและอุปกรณ์เอาท์พุตก็มีหมายเลขเฉพาะสำหรับอุปกรณ์หนึ่ง ๆ เช่นเดียวกัน โดยเรียกว่า หมายเลข I/O (I/O address) เมื่อหน่วยประมวลผลต้องการติดต่อกับหน่วยความจำที่ตำแหน่งใด หรือติดต่อกับอุปกรณ์ใดก็จะส่ง

แอดเดรสของหน่วยความจำนั้น หรือของอุปกรณ์นั้นมา ในการเลือกว่าหมายเลขแอดเดรสที่ส่งมาเป็นของหน่วยความจำหรือของอุปกรณ์อินพุตเอาท์พุต หน่วยประมวลผลจะส่งสัญญาณระบุมาทางสัญญาณในบัสควบคุม

4.4 สถาปัตยกรรมของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล 80x86

4.4.1 ความเป็นมา

ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล 80x86 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Intel โดยมีการพัฒนามาตั้งแต่รุ่น 4040 ซึ่งเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 4 บิต จนกระทั่งในปัจจุบันได้พัฒนาเป็นไมโครโปรเซสเซอร์รุ่น Pentium รายละเอียดคร่าว ๆ ของไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นต่าง ๆ เป็นดังต่อไปนี้

- 8086 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 16 บิต รุ่นแรกที่ Intel ผลิตขึ้น สามารถอ้างหน่วยความจำได้ 1 MB มีริจิสเตอร์ภายในขนาด 16 บิต
- 8088 เนื่องจากในขณะนั้นอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยมากเป็นอุปกรณ์ขนาด 8 บิต บริษัท Intel จึงได้ผลิตไมโครโปรเซสเซอร์ 8088 ซึ่งมีสถาปัตยกรรมภายในเหมือน 8086 แต่มีการติดต่อกับระบบภายนอกเป็นแบบ 8 บิต
- 80186 เป็นหน่วยประมวลผลซึ่งเพิ่มการจัดการเกี่ยวกับอุปกรณ์รอบข้างเข้าไป เพื่อให้เป็นหน่วยประมวลผลสำหรับงานควบคุมต่าง ๆ
- 80286 เป็นหน่วยประมวลผลขนาด 16 บิตที่มีความเร็วในการทำงานสูงขึ้น ขยายขอบเขตการอ้างหน่วยความจำเป็น 24 เมกะไบต์ และมีการเพิ่มความสามารถในการจัดการหน่วยความจำ
- 80386 เป็นหน่วยประมวลผลขนาด 32 บิต อ้างหน่วยความจำได้ถึง 4 กิกะไบต์ มีความสามารถในการจัดการหน่วยความจำที่ซับซ้อน และสามารถใช้หน่วยความจำแบบเสมือนได้ มาตรฐานของชุดคำสั่งและกรรมวิธีในการจัดการหน่วยความจำของหน่วยประมวลผลรุ่นนี้ยังคงใช้เป็นมาตรฐานอยู่จนถึงปัจจุบันนี้ ยกตัวอย่างเช่น แม้แต่ระบบปฏิบัติการ Windows 95 ยังสามารถนำมาทำงานได้บนหน่วยประมวลผลรุ่นนี้ แต่จะทำงานได้ช้ามากเท่านั้นเอง
- 80386SX เป็นหน่วยประมวลผลซึ่งมีสถาปัตยกรรมภายในเหมือน 80386 แต่มีระบบบัสภายนอกเป็น 16 บิต หน่วยประมวลผลรุ่นนี้ได้รับการออกแบบขึ้นด้วยสาเหตุคล้ายกับ 8088
- 80486 ได้รับการพัฒนาจาก 80386 โดยการที่ทางบริษัท Intel เพิ่มหน่วยประมวลผลเลขทศนิยมเข้าไป
- 80486SX เป็นหน่วยประมวลผลรุ่น 80486 ซึ่งตัดความสามารถในส่วนของการประมวลผลเลขทศนิยมออก
- Pentium, Pentium Pro, Pentium II เป็นหน่วยประมวลผลรุ่นล่าสุดของบริษัท Intel มีการเพิ่มความสามารถในการประมวลผลให้สูงขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เช่นการประมวลผลแบบไปป์ไลน์ การประมวลผลแบบซูเปอร์สเกลาร์ เป็นต้น

นอกจากไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล 80x86 แล้ว ยังมีหน่วยประมวลผลกลางที่ผลิตและพัฒนาโดยบริษัทต่าง ๆ อีกหลายตระกูลเช่น ตระกูล 68000 และ PowerPC ของบริษัทโมโตโรล่า ตระกูล Alpha ของบริษัท DEC และตระกูล Sparc ของบริษัท Sun Microsystem เป็นต้น

ในการศึกษาบทนี้ เราจะศึกษาสถาปัตยกรรมของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 เท่านั้น

4.4.2 ลักษณะทั่วไปของไมโครโปรเซสเซอร์ 8086

ระบบบัส

ไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 มีแอดเดรสบัสขนาด 20 บิต ทำให้สามารอ้างแอรดเดรสได้ 1 เมกะไบต์ และมีบัสข้อมูลขนาด 16 บิต ซึ่งทำให้การอ่านและเขียนข้อมูลทำได้ครั้งละ 2 ไบต์ หน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ภายใน 8086 สามารถประมวลผลได้กับข้อมูลขนาด 16 บิต รีจิสเตอร์ภายในไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 มีขนาด 16 บิต

การจัดการหน่วยความจำ

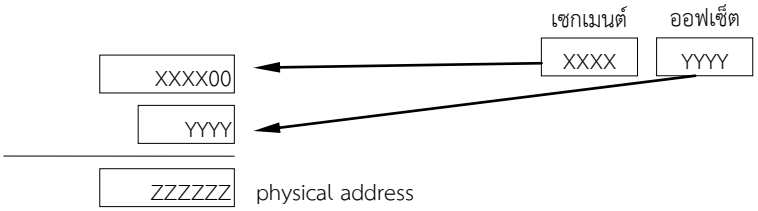
ภายในหน่วยประมวลผล 8086 มีรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต แต่มีแอดเดรสบัสขนาด 20 บิต ด้วยสาเหตุดังกล่าวหน่วยประมวลผลจะไม่สามารถเก็บตำแหน่งข้อมูลภายในหน่วยความจำได้ภายในรีจิสเตอร์เพียงตัวเดียว ดังนั้นการจัดเก็บตำแหน่งของข้อมูลภายในหน่วยความจำใน 8086 จึงต้องเก็บด้วยรีจิสเตอร์ 2 ตัว โดยมีวิธีการจัดเก็บแบบ **เซกเมนต์ : ออฟเซ็ต (segment : offset)** แอดเดรสที่แท้จริง (physical address) ขนาด 20 บิต จะถูกจัดเก็บด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต 2 ตัว ค่าที่เก็บในรีจิสเตอร์ตัวแรกเรียกว่าเซกเมนต์ (segment) ส่วนค่าที่เก็บในรีจิสเตอร์อีกตัวเรียกว่าออฟเซ็ต (offset)

การอ้างถึงตำแหน่งภายในหน่วยความจำแบบเซกเมนต์ : ออฟเซ็ตนั้น อาจเปรียบได้เสมือนกับการที่เราแบ่งหน่วยความจำเป็นส่วนย่อย ๆ โดยส่วนย่อยนี้เราจะเรียกว่า เซกเมนต์ การที่เราจะอ้างถึงตำแหน่งใด ๆ เราจะอ้างถึงเซกเมนต์ที่ตำแหน่งข้อมูลนั้นอยู่ และระบุระยะห่างของหน่วยความจำที่คิดเทียบกับจุดเริ่มต้นของเซกเมนต์ที่เราระบุไป

การแปลงแอดเดรสที่เก็บอยู่ในรูปของ เซกเมนต์ : ออฟเซ็ต เป็นแอดเดรสขนาด 20 บิต มีขั้นตอนดังนี้

1. เลื่อนบิตของค่าเซกเมนต์ไปทางซ้าย 4 บิต ดังนั้นจากข้อมูล 16 บิต เราจะได้ข้อมูล 20 บิต ที่มี 4 บิตทางขวาเป็น 0 ในทุกหลัก
2. นำค่าออฟเซ็ตมาบวกเข้ากับค่าเซกเมนต์ที่เลื่อนบิตแล้ว จะได้แอดเดรสขนาด 20 บิต ที่จะนำไปอ้างตำแหน่งที่แท้จริงของข้อมูล

ขั้นตอนทั้งสองแสดงได้ดังรูปที่ 4.2



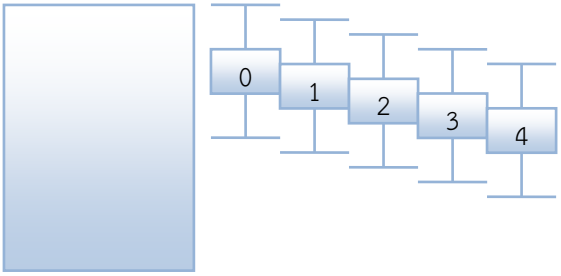
รูปที่ 4.3 การแปลงแอดเดรสจากแบบเซกเมนต์ : ออฟเซ็ต เป็น แอดเดรสขนาด 20 บิต

ตัวอย่างเช่น 123Ah : 22B6h แปลงเป็นแอดเดรสขนาด 20 บิตได้ดังนี้

เลื่อนบิตของ 123Ah ไป 4 บิต ได้	123A0h
นำ 22B6h มาบวก	22B6h
จะได้แอดเดรสขนาด 20 บิตคือ	14656h

ในทางกลับกันที่ตำแหน่ง แอดเดรส 14656h ก็จะสามารถอ้างแบบ เซกเมนต์ : ออฟเซ็ต ได้เป็น 123Ah : 22B6h เช่นเดียวกัน แต่ ตำแหน่งแอดเดรส 14656h สามารถอ้างแบบ เซกเมนต์ : ออฟเซ็ต ค่าอื่นก็ได้เช่น 1465h : 0006h หรือ 1460h : 0056h และยังอ้างโดยใช้คู่เซกเมนต์ : ออฟเซ็ต คู่อื่น ๆ ได้อีกหลายคู่

ผลจากการใช้การอ้างแอดเดรสแบบ เซกเมนต์ : ออฟเซ็ต ทำให้ลักษณะของหน่วยความจำที่ 8086 มองเห็นจะมีลักษณะเป็นส่วน ๆ ที่อ้างอิงตามค่าของเซกเมนต์ โดยแต่ละส่วนนี้จะมีขนาดส่วนละ 64 กิโลไบท์ ส่วนของหน่วยความจำขนาด 64 กิโลไบต์นี้เรียกว่า เซกเมนต์ การจัดเรียงตัวของเซกเมนต์ต่าง ๆ ในหน่วยความจำจะจัดเรียงเป็นส่วน ๆ ที่มีการเหลื่อมกันดังรูป



รูปที่ 4.4 ลักษณะการเหลื่อมกันของเซกเมนต์

เนื่องจากการอ้างถึงข้อมูลใด ๆ ในหน่วยความจำของไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 จะต้องอ้างตำแหน่งเป็นคู่ เซกเมนต์ : ออฟเซต์ การอ้างถึงข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ อาจทำได้ยุ่งยากเพราะต้องมีการระบุทั้งเซกเมนต์และออฟเซ็ต ในไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 จึงได้ออกแบบรีจิสเตอร์พิเศษขึ้น 4 ตัวเพื่อใช้เก็บค่าของเซกเมนต์ต่าง ๆ ที่กำลังใช้งานอยู่ในขณะนั้น กลุ่มของรีจิสเตอร์นั้นเรียกว่า ***เซกเมนต์รีจิสเตอร์*** ซึ่งได้แก่ CS (Code segment) DS (Data segment) ES (Extra segment) และ SS (Stack segment) เซกเมนต์รีจิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวนี้จะใช้ประกอบกับค่าออฟเซ็ตต่าง ๆ เพื่อระบุตำแหน่งของ โปรแกรม (code) ข้อมูล (data) และแสต็ก (stack) ส่วนรีจิสเตอร์ ES มีหน้าที่เก็บเซกเมนต์ของข้อมูลที่ใช้ในการสั่งงานคำสั่งพิเศษบางประเภท เช่น คำสั่งเกี่ยวกับข้อความ

ดังนั้นเราจะเห็นได้ว่า ถึงแม้ไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 จะสามารถมองหน่วยความจำได้รวมถึง 1 เมกะไบต์ แต่โปรแกรมที่ทำงานอยู่จะมองเห็นหน่วยความจำได้พร้อม ๆ กันแค่เพียง 4 เซกเมนต์เท่านั้น นั่นคือ เซกเมนต์ของโปรแกรม เซกเมนต์ของข้อมูล 2 เซกเมนต์ และ เซกเมนต์ของแสต็ก

แสต็ก (Stack)

ภายในหน่วยความจำของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 จะมีหน่วยความจำส่วนหนึ่งที่ถูกกันเนื้อที่ไว้สำหรับเป็น แสต็กโดยเซกเมนต์ของแสต็กจะถูกชี้โดยรีจิสเตอร์ SS ลักษณะเฉพาะของหน่วยความจำแบบแสต็กคือการที่ระบบจะเก็บข้อมูลและอ่านข้อมูลออกไปแบบ เข้าก่อน ออกทีหลัง (First In Last Out : FILO) โดยอาจมองลักษณะเหมือนการวางซ้อนข้อมูลเหมือนซ้อนจาน ข้อมูลที่ถูกนำมาเก็บก่อนจะอยู่ทางด้านล่าง ข้อมูลถัดไป

จะวางซ้อนอยู่ด้านบน ข้อมูลที่อยู่ทางด้านล่างจะไม่สามารถอ่านออกไปได้ถ้ามีข้อมูลอื่นที่เก็บทีหลังและยังไม่ได้อ่านออกไป ระบบจะใช้แสต็กในการเรียกโปรแกรมย่อย และเราจะศึกษาเกี่ยวกับแสต็กโดยละเอียดอีกครั้งในส่วนของโปรแกรมย่อย

4.4.3 รายละเอียดของส่วนประกอบภายในไมโครโปรเซสเซอร์

หน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ (ALU)

ไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 มี ALU ที่สามารถประมวลผลได้ครั้งละ 16 บิต ด้วยความสามารถในการประมวลผลที่ละ 16 บิตนี้ ทำให้เราเรียกไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 ว่าเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 16 บิต

หน่วยความจำชั่วคราว (รีจิสเตอร์ --- Register)

รีจิสเตอร์ใน 8086 มีทั้งขนาด 16 บิต และ 8 บิต โดยจะแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ได้ดังนี้

1.รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป (General-Purpose Registers)

รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้ ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำไปใช้งานได้ตามความต้องการ โดยในกลุ่มนี้จะมีรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต อยู่ 4 ตัว โดยรีจิสเตอร์ขนาด 16 ทั้ง 4 ตัวจะแบ่งได้เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตอีก 8 ตัว รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตและคู่รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีดังต่อไปนี้

1.1. รีจิสเตอร์ AX (Accumulator Register)

AX	
AH	AL

1.2. รีจิสเตอร์ BX (Base Register)

BX	
BH	BL

1.3. รีจิสเตอร์ CX (Counter Register)

CX	
CH	CL

1.4. รีจิสเตอร์ DX (Data Register)

DX	
DH	DL

สำหรับรีจิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวนี้ นอกจากจะมีไว้สำหรับใช้งานทั่วไปได้แล้ว ยังมีหน้าที่เฉพาะอื่น ๆ อีก ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อ ๆ ไป

2.รีจิสเตอร์สำหรับอ้างอิง (Index Register)

ไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 มีรีจิสเตอร์สำหรับอ้างอิง 2 ตัว คือ SI (Source Index) และ DI (Destination Index) รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้ใช้สำหรับการอ้างตำแหน่งแบบอ้างอิง และใช้ในคำสั่งที่เกี่ยวกับข้อความ แต่ผู้ใช้สามารถนำไปใช้งานทั่วไปได้ด้วยเช่นกัน

รีจิสเตอร์สำหรับการชี้ (Pointer Register)รีจิสเตอร์กลุ่มนี้คือ SP และ BP รีจิสเตอร์ SP ใช้ประกอบกับรีจิสเตอร์ SS มีหน้าที่ชี้ตำแน่งปัจจุบันของแสต็ก รีจิสเตอร์ BP ส่วนใหญ่จะใช้ เพื่อชี้ตำแหน่งของแสต็กเช่นเดียวกัน แต่นิยมใช้ในส่วนของการส่งพารามิเตอร์ในโปรแกรมย่อย

3.เซกเมนต์รีจิสเตอร์ (segment register)

เซกเมนต์รีจิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวคือ CS DS ES และ SS ใช้ประกอบกับค่าของออฟเซ็ต เพื่อชี้ตำแหน่งของ โปรแกรม ข้อมูลปรกติ ข้อมูลพิเศษ และ แสต็ก ตามลำดับ

4.แฟล็ก (flag)

ไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 จะเก็บลักษณะของผลลัพธ์ของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ไว้ในแฟล็ก

5.รีจิสเตอร์อื่น ๆ ของระบบ

นอกเหนือจากรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่ผู้ใช้สามารถกำหนดและใช้งานได้แล้ว ยังมีรีจิสเตอร์อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งผู้เขียนโปรแกรมไม่สามารถเรียกใช้ได้ รีจิวเตอร์ในกลุ่มนี้ เช่น IP ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ประกอบกับ CS เพื่อชี้ตำแหน่งของคำสั่งที่จะทำงานต่อไป หรือ IR ซึ่งรีจิสเตอร์ที่เก็บคำสั่งปัจจุบันที่ไมโครโปรเซสเซอร์อ่าน (fetch) ขึ้นมาจากหน่วยความจำ

4.4.4 โหมดการอ้างแอดเดรส

ไมโครโปรเซสเซอร์ 8086 สามารถอ้างถึงข้อมูลได้หลายแบบ โดยวิธีการต่าง ๆ ที่ 8086 อ้างถึงข้อมูลนั้น เรารวมเรียกว่า***โหมดการอ้างแอดเดรส (Addressing mode)*** ซึ่งรูปแบบที่ 8086 อ้างถึงข้อมูลนั้นแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ได้ 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่อ้างถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ กลุ่มที่อ้างถึงข้อมูลที่ระบุในคำสั่ง และกลุ่มที่อ้างถึงข้อมูลในหน่วยความจำ เราจะศึกษาเรื่องของโหมดการอ้างแอดเดรสอย่างละเอียดอีกครั้งในบทถัด ๆ ไป

4.4.5 การอินเตอร์รัพท์ (Interrupt)

การอินเตอร์รัพท์ หรือการขัดจังหวะ คือการสั่งให้หน่วยประมวลผลหยุดการทำงานชั่วคราว แล้วกระโดดไปทำงานบางอย่างเพื่อตอบสนองการขัดจังหวะนั้น ตัวอย่างของการขัดจังหวะ เช่น อุปกรณ์บางชิ้นได้รับข้อมูล หรือ ข้อมูลได้รับเขียนเก็บลงในฮาร์ดดิสก์เรียบร้อยแล้ว เป็นต้น เมื่อหน่วยประมวลผลตอบสนองการขัดจะหวะเรียบร้อยแล้ว ก็จะคืนสู่สถานะเดิมและกลับไปประมวลผลงานเก่าที่ประมวลผลค้างไว้ เสมือนไม่มีอะไรเกิดขึ้น การขัดจังหวะนี้มีสองประเภทคือ ซอฟต์แวร์อินเตอร์รัพท์ และ ฮาร์ดแวร์อินเตอร์รัพท์ เรานิยมใช้ซอฟต์แวร์อินเตอร์รัพท์ในการเรียกใช้การบริการต่าง ๆ ของระบบ ส่วนฮาร์ดแวร์อินเตอร์รัพท์จะนิยมใช้ในการแจ้งการเปลี่ยนสถานะของอุปกรณ์อินพุตเอาท์พุต ต่าง ๆ

4.4.6 สถาปัตยกรรมของระบบคอมพิวเตอร์สมัยใหม่

เทคโนโลยีของสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วมาก เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เราใช้ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปเมื่อ 2-3 ปีก่อนหลายเท่า ทั้งนี้เนื่องจากมีการวิจัยและสร้างหน่วยประมวลผลกลางและระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมาก

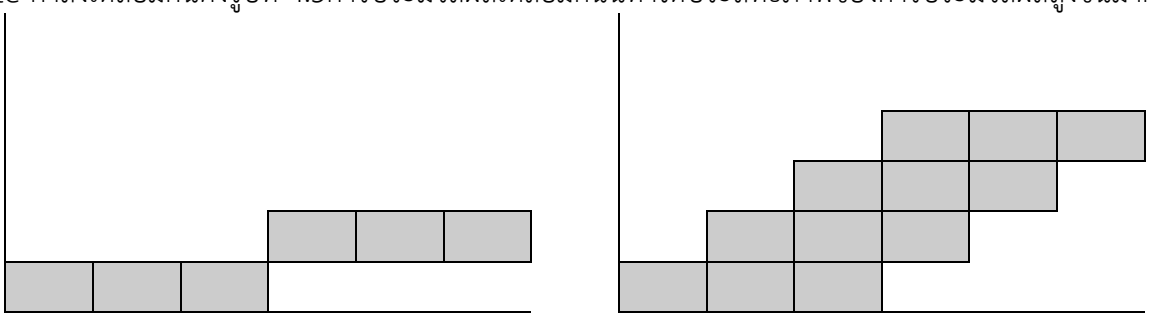
เทคโนโลยีของหน่วยประมวลผลกลาง

- **หน่วยประมวลผลแบบ RISC**

ชุดคำสั่งของหน่วยประมวลผลยุคเก่ามีลักษณะเป็นแบบ CISC : Complex Instruction Set Computer นั่นคือชุดคำสั่งจะหนึ่ง ๆ จะมีความซับซ้อนมาก การที่ชุดคำสั่งซับซ้อนทำให้การออกแบบส่วนควบคุมภายในหน่วยประมวลผลทำได้ยาก ในปัจจุบันหน่วยประมวลผลต่าง ๆ ได้เปลี่ยนแนวทางในการพัฒนาไปเป็นแบบ RISC : Reduced Instruction Set Computer โดยเน้นชุดคำสั่งที่มีความซับซ้อนน้อยลง แต่มีความเร็วในการทำงานสูงขึ้น การทำให้ชุดคำสั่งมีรูปแบบที่ง่ายขึ้นทำให้การออกแบบส่วนควบคุมทำได้ง่ายขึ้น และยังทำให้สามารถใช้วิธีการแบบไปป์ไลน์ (Pipeline) และซูปเปอร์สเกลาร์ (Superscalar) ในการเพิ่มประสิทธิภาพของหน่วยประมวลผลได้ง่ายขึ้นด้วย

- **ไปป์ไลน์ (Pipeline)**

หน่วยประมวลผลรุ่นใหม่จะมีการประมวลผลแบบไปป์ไลน์ กล่าวคือจะมีการ fetch decode และ exeute คำสั่งเหลื่อมกันดังรูปที่ 4.5การประมวลผลเหลื่อมกันนี้ทำให้ประสิทธิภาพของการประมวลผลสูงขึ้นมาก



ลำดับการทำงานเมื่อทำงานแบบปกติ ลำดับการทำงานเมื่อทำงานแบบไปป์ไลน์

รูปที่ 4.5 แสดงการทำงานแบบไปป์ไลน์เทียบกับการทำงานแบบปกติ

- **ซูเปอร์สเกลาร์ (Superscalar)**

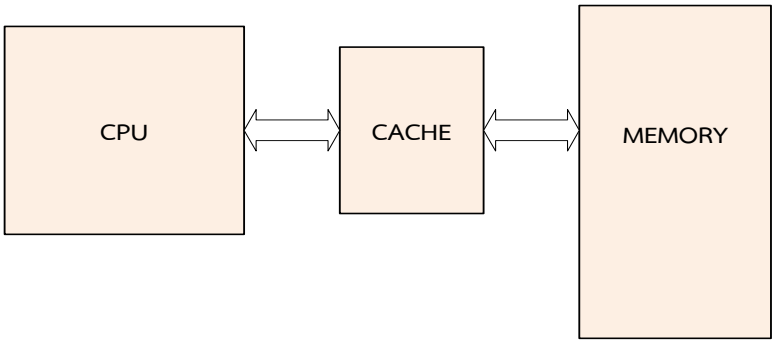
ในหน่วยประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูงบางรุ่น จะประมวลผลชุดคำสั่งหลายชุดคำสั่งได้พร้อมกัน การที่หน่วยประมวลผลประมวลผลคำสั่งได้หลายชุดพร้อมกันนี้เรียกว่า ซูเปอร์สเกลาร์

ระบบบัสสมัยใหม่

ระบบคอมพิวเตอร์สมัยก่อน หน่วยประมวลผลมีความเร็วในการประมวลผลไม่มากนักทำให้การโอนย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลกับหน่วยความจำกระทำได้โดยไม่ก่อให้เกิดการเสียเวลา แต่การพัฒนาของหน่วยประมวลผลเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่าการพัฒนาของหน่วยความจำมากทำให้ปัจจุบันอัตราการประมวลผลของหน่วยประมวลผลสูงกว่าอัตราการโอนย้ายข้อมูลระหว่าหน่วยประมวลผลกับหน่วยความจำมาก สถานการณ์เช่นนี้ก่อให้เกิดปัญหาในรูปแบบคอขวด (Bottleneck problem) ขึ้น นั่นคือจุดเชื่อมต่อระหว่างหน่วยความจำกับหน่วยประมวลผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง เราเรียกคอขวดระหว่างหน่วยประมวลผลกับหน่วยความจำว่า คอขวดของวอนนอยแมน (von Neumann Bottleneck)

วิธีการแก้ปัญหานี้คือการใช้หน่วยความจำที่มีความเร็วสูงมากขนาดเล็กมาเป็นบัฟเฟอร์ (ที่พักข้อมูลชั่วคราว) ระหว่างหน่วยความจำและหน่วยประมวลผล หน่วยความจำที่มีความเร็วสูงนี้เรียกว่า ***หน่วยความจำ***

แคช (cache memory) ในหน่วยประมวลผลปัจจุบันหลายรุ่น ได้มีการบรรจุหน่วยความจำแคชลงไปภายในไมโครโปรเซสเซอร์ด้วย ลักษณะของบัสที่มีการใช้หน่วยความจำแคชเป็นดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ลักษณะของบัสที่มีการใช้หน่วยความจำแคช

สรุป

สถาปัตยกรรมไมโคร (Micro Architecture) เป็นลักษณะของ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ที่มีการใช้งานมาตั้งแต่ยุคเริ่มต้น จนถึงยุคปัจจุบัน ได้รับการออกแบบโครงสร้างและการทำงานโดยจอนวอนนิวแมน(John Von Neumann) ซึ่งเป็นผู้นำในการออกแบบเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่เขาได้ออกแบบ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 อย่างด้วยกันคือ หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit), หน่วยความจำ (Main Memory) และ หน่วยเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก (Input/Output) สำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ ในตระกูล x86 ออกแบบโดยใช้หลักการเดียวกันกับที่ วอนนิวแมนได้กำหนดไว้ กล่าวคือ การประมวลผลทั้งหมด ที่หน่วยประมวลผลกลาง สำหรับข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับประมวลผล หรือข้อมูลที่เป็นคำสั่งก็ตาม จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำจนกว่าจะมีการเรียกใช้งานจากหน่วยประมวลผลกลาง สำหรับส่วนต่อเชื่อมกับอุปกรณ์ภายนอกนั้น การทำงานของหน่วยประมวลผลกลางก็จะคล้ายกับการทำงานกับหน่วยความจำ ทั้งนี้เพราะทั้งหน่วยความจำและอุปกรณ์ภายนอก เมื่อมีการทำงานกับหน่วยประมวลผลกลางก็มีลักษณะของการเรียกใช้ข้อมูลและนำ ข้อมูลไปเก็บ ต่างกันเพียงสถานที่ และ วิธีการเข้าถึงเท่านั้น บัสของระบบ หน่วยงานต่าง ๆ ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น ต่อเชื่อเข้าด้วยกันด้วยระบบบัส สำหรับโปรเซสเซอร์ในตระกูล 80x86 มีด้วยกัน 3 กลุ่มอันได้แก่ ดาตาบัส (Data Bus) แอดเดรสบัส (Address Bus) และคอมโทรลบัส (Control Bus) เป็นต้น

คำถามทบทวน

1. ขั้นตอนการทำงานของหน่วยประมวลผลมีทั้งหมดกี่ขั้นตอนอะไรบ้าง
2. เราสามารถแบ่งกลุ่มของบัสออกเป็นกี่กลุ่มอะไรบ้าง จงยกตัวอย่างพร้อมวาดรูปประกอบคำอธิบาย
3. จงแสดงวิธีการแปลงแอดเดรส 234Ah : 44B6h เป็นแอดเดรสขนาด 20 บิต
4. โปรเซสเซอร์ในตระกูล 80x86 ประกอบไปด้วยกลุ่มข้อมูลอะไรบ้าง จงยกตัวอย่างพร้อมวาดรูปประกอบคำอธิบาย

5. รีจิสเตอร์ใน 8086 มีทั้งขนาด 16 บิต และ 8 บิต แบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ได้อย่างไรบ้าง
6. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างหน่วยประมวลผลแบบ RISC กับแบบ CISC
7. วิธีการทำงานแบบไปป์ไลน์ (Pipeline) และซูปเปอร์สเกลาร์ (Superscalar) แตกต่างกันอย่างไร

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5

หัวข้อเนื้อหา

- คำสั่งในการโยนย้ายข้อมูล คำสั่ง MOV
- เครื่องมือในการทดลองการโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี
- คำสั่งในการโยนย้ายข้อมูล คำสั่งทั่วไป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- เข้าใจความหมายและขั้นตอนการทำงานของคำสั่งในการโยนย้ายข้อมูล
- รู้และเข้าใจ สามารถใช้งานโปรแกรม DEBUG ภาษาแอสเซมบลีได้
- รู้และเข้าใจการใช้งานคำสั่งทั่วไปและการ DEBUG เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของคำสั่งโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 5 คำสั่งโอนย้ายข้อมูล (Command Transfer)

ในบทนี้ เราจะเริ่มศึกษาเกี่ยวกับคำสั่งภาษาแอสเซมบลีเบื้องต้น โดยจะเป็นคำสั่งเกี่ยวกับการโอนย้ายข้อมูล ทั้งจากรีจิสเตอร์และหน่วยความจำ ในตอนท้ายของบทนี้จะเป็นการแนะนำโปรแกรม DEBUG ซึ่งจะเป็นเครื่องมือที่เราจะใช้ทดลองการโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเบื้องต้น

คำสั่ง MOV

คำสั่ง MOV เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับการคัดลอกข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต้นทางไปยังแหล่งข้อมูลปลายทาง โดยมีรูปแบบดังนี้

```
MOV     reg, reg
MOV     reg, mem
MOV     mem, reg
MOV     reg, imm
MOV     mem, imm
```

reg : register
mem : memory
imm : immediate (ค่าคงที่)

ในการคัดลอกข้อมูลจะกระทำจากโอเปอร์แรนด์ (operand) ตัวหลังไปยังโอเปอร์แรนด์ตัวหน้า สังเกตว่า เราไม่สามารถคัดลอกข้อมูลจากหน่วยความจำไปยังหน่วยความจำได้

ข้อจำกัดของคำสั่ง MOV

- โอเปอร์แรนด์ทั้งสองตัวต้องมีขนาดเท่ากัน
- ไม่สามารถคัดลอกค่าคงที่ (immediate) ไปยังเซกเมนต์รีจิสเตอร์ได้โดยตรง ต้องกระทำผ่านทางรีจิสเตอร์อื่น ๆ เช่น AX เป็นต้น
- ในการคัดลอกค่าคงที่ไปยังหน่วยความจำจะต้องระบุขนาดของหน่วยความจำด้วย

ตัวอย่าง

```
MOV     AX,100h
MOV     BX,AX
MOV     DX,BX
```

กำหนดค่ารีจิสเตอร์ AX ให้เป็น 100h จากนั้นคัดลอกค่าจาก AX ไปยัง BX และคัดลอกจาก BX ไปยัง DX ตามลำดับ

```
MOV     AX,1234h
MOV     DX,5678h
MOV     AL,DL
MOV     BH,DH
```

กำหนดค่า 1234h ให้กับ AX และ 5678h ให้กับ DX จากนั้น คัดลอกค่าในรีจิสเตอร์ DL (มีค่าเท่ากับ 78h เพราะอะไร?) ไปให้กับรีจิสเตอร์ AL และคัดลอกค่าจาก DH (มีค่าเท่ากับ 56h เพราะอะไร?) ไปยังรีจิสเตอร์ DH

MOV	AX,1000h	กำหนดค่า 1000h ให้กับ AX จากนั้นคัดลอกข้อมูลจาก
MOV	[100h],AX	AX ไปยังหน่วยความจำตำแหน่ง offset ที่ 100h และ
MOV	BX,[100h]	คัดลอกข้อมูลจากหน่วยความจำตำแหน่งนั้นมายัง BX
MOV	BYTE PTR [200h],10h	กำหนดค่า 10h ไปยังตำแหน่งในหน่วยความจำที่ offset
MOV	WORD PTR [300h],10h	200h โดยโอนย้ายข้อมูลแบบขนาด 1 Byte และ กำหนดค่า 10h ที่มีขนาด 1 word (0010h) ไปยัง ตำแหน่งในหน่วยความจำที่ offset 300h
MOV	AX,2300h	กำหนดค่า 2300h ให้กับรีจิสเตอร์ DS โดยต้องกำหนด
MOV	DS,AX	ผ่านรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตตัวอื่น (ในที่นี้คือ AX)

การโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์กับรีจิสเตอร์

การโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์สามารถทำได้ถ้าขนาดของรีจิสเตอร์ทั้งคู่เท่ากัน แต่ยังมีเซกเมนต์รีจิสเตอร์บางตัวซึ่งไม่ควรเข้าไปกำหนดค่าโดยตรง เช่น CS หรือ SS

คู่รีจิสเตอร์ 16 บิต กับ 8 บิต

ในการใช้งานรีจิสเตอร์ทั่วไปเราจะต้องคำนึงถึงเรื่องของคู่รีจิสเตอร์ 16 บิต กับ 8 บิตด้วย จากที่เราได้ทราบมาแล้วว่ารีจิสเตอร์ 8 บิตที่เราใช้ได้นั้น เป็นส่วนหนึ่งของรีจิสเตอร์ทั่วไปขนาด 16 บิต เช่น รีจิสเตอร์ AH เป็นไบต์สูงรีจิสเตอร์ AX (บิตที่ 8-15) เป็นต้น ดังนั้นถ้าเรากำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ 8 บิตก็จะมีการเปลี่ยนแปลงกระทบถึงรีจิสเตอร์ 16 บิตที่รีจิสเตอร์นั้นประกอบอยู่ด้วย และในทางกลับกัน การเปลี่ยนแปลงค่าในรีจิสเตอร์ 16 บิตก็มีผลกระทบมาถึงรีจิสเตอร์ 8 บิตด้วย

ตัวอย่าง

คำสั่ง		ค่าในริจิสเตอร์หลังการทำงานของคำสั่ง		
MOV	AX,1000h	AX = 1000h	AH = 10h	AX = 00h
MOV	AL,3Ah	AX = 103Ah	AH = 10h	AX = 3Ah
MOV	AH,AL	AX = 3A3Ah	AH = 3Ah	AX = 3Ah
MOV	AX,234h	AX = 234h	AH = 02h	AX = 34h

การโอนย้ายข้อมูลกับหน่วยความจำ

โดยปกติการโอนย้ายข้อมูลกับหน่วยความจำนั้น เราจะระบุเฉพาะออฟเซ็ตของหน่วยความจำที่เราต้องการจะโอนย้ายข้อมูลด้วย ออฟเซ็ตนั้นจะถูกนำมาประกอบกับเซกเมนต์รีจิสเตอร์ DS เพื่อเป็นตำแหน่งในหน่วยความจำที่แท้จริงที่จะอ่านเขียนข้อมูลด้วย

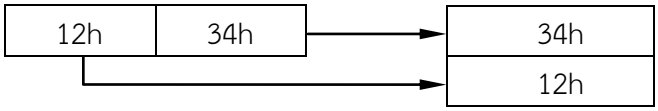
ตัวอย่าง

โปรแกรม	ตำแหน่ง	ค่าในหน่วยความจำหลังการทำงานของคำสั่งที่						
MOV AX,1234h	DS:	1,2	3	4	5	6	7	8,9
MOV BX,6789h	100h	?	12h	12h	12h	12h	12h	12h
MOV [100h],AH	101h	?	?	89h	89h	89h	89h	89h
MOV [101h],BL	102h	?	?	?	89h	89h	89h	89h
MOV [102h],BX	103h	?	?	?	67h	67h	67h	67h
MOV [104h],AX	104h	?	?	?	?	34h	34h	34h
MOV [105h],BH	105h	?	?	?	?	12h	67h	67h
MOV AX,[104h]	106h	?	?	?	?	?	?	?
MOV BL,[103h]								

หลังการทำงาน รีจิสเตอร์ AX มีค่าเท่ากับ 6734h และ BX มีค่าเท่ากับ 3467h

ข้อสังเกตในการจัดเรียงไบต์เมื่อเก็บข้อมูลในหน่วยความจำ

สังเกตว่าในการเก็บค่าในหน่วยความจำเมื่อเราเก็บค่าเป็น 16 บิต การเรียงไบต์ในหน่วยความจำจะเก็บค่าในไบต์ที่มีนัยสำคัญสูงไว้ในไบต์ที่มีแอดเดรสสูงกว่า และไบต์ที่มีนัยสำคัญต่ำไว้ในแอดเดรสที่มีแอดเดรสต่ำกว่า ดังรูป



รูปที่ 5.1 แสดงการเรียงไบต์ข้อมูลในหน่วยความจำ

ลักษณะของการเก็บข้อมูลโดยเรียงไบต์ที่มีนัยสำคัญต่ำไว้ที่แอดเดรสต่ำและไบต์ที่มีนัยสำคัญสูงไว้ที่แอดเดรสสูงเราเรียกว่าเป็นการเรียงแบบ ***c***

ในการกำหนดออฟเซ็ตของหน่วยความจำที่จะอ่านและเขียนข้อมูลนั้น จากตัวอย่างข้างต้นเราระบุโดยใส่หมายเลขออฟเซ็ตโดยตรง แต่เราสามารถระบุออฟเซ็ตโดยผ่านทางค่าในรีจิสเตอร์ BX (base register) ได้อีกทางหนึ่ง

ตัวอย่าง

```
MOV   BX,100h
MOV   AX,[BX]
MOV   BX,102h
MOV   [BX],DX
```

การกำหนดค่าคงที่ให้กับหน่วยความจำ

การกำหนดค่าคงที่ให้กับหน่วยความจำสามารถกระทำได้ แต่จะต้องมีการระบุขนาดของข้อมูลที่จะคัดลอกสู่หน่วยความจำ เพื่อที่จะป้องกันการสับสนดังตัวอย่างเช่น คำสั่ง MOV [100h],10h จากคำสั่งดังกล่าวแอสเซมเบลอร์จะไม่สามารถทราบได้เลยว่าการคัดลอกข้อมูลจะเป็นในลักษณะของ 8 บิต หรือ 16 บิต

ในการระบุขนาดของการคัดลอกข้อมูลเราจะใช้ keyword ว่า BYTE PTR (Byte Pointer) หรือ WORD PTR (Word Pointer) สำหรับระบุว่าการอ้างถึงหน่วยความจำในตำแหน่งนั้นเป็นแบบไบต์ หรือ เวิร์ด

ตัวอย่าง

```
MOV    BYTE PTR [100h],10h
MOV    WORD PTR [102h],10h
MOV    BX,104h
MOV    WORD PTR [BX],2345h
```

เครื่องมือในการทดลองการโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี : โปรแกรม DEBUG

โปรแกรม DEBUG เป็นโปรแกรมสารพัดประโยชน์สำหรับการทดลองเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี โปรแกรมนี้มีอยู่ทั้งในระบบปฏิบัติการ DOS และ Windows

เมื่อเราเรียกโปรแกรม DEBUG โดยพิมพ์ DEBUG ที่ DOS prompt เราจะเป็นเครื่องหมายเตรียมพร้อมของโปรแกรม DEBUG เป็นเครื่องหมายขีด

```
-
```

เราสามารถจะพิมพ์คำสั่งต่าง ๆ ลงไปได้ที่ prompt นี้

คำสั่งทั่วไป

คำสั่งแสดงความช่วยเหลือ : ?

เราสามารถสั่งให้โปรแกรม DEBUG แสดงรายการคำสั่งต่าง ๆ ได้โดยใช้คำสั่ง ?

คำสั่งจัดการกับรีจิสเตอร์ : R (register)

คำสั่ง R คือคำสั่งให้โปรแกรม DEBUG แสดงค่าในรีจิสเตอร์รวมถึงกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ด้วย ถ้าเราใช้คำสั่ง R โดยไม่ระบุชื่อรีจิสเตอร์ โปรแกรม DEBUG จะแสดงค่าในรีจิสเตอร์ออกมาให้

```
-R
AX=0000  BX=0000  CX=0000  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=12AF  ES=12AF  SS=12AF  CS=12AF  IP=0100   NV UP EI PL NZ NA PO NC
12AF:0100 5F            POP     DI
-
```

โปรแกรม DEBUG จะแสดงทั้งค่าในรีจิสเตอร์ คำสั่งถัดไปที่จะทำงาน รวมถึงแฟล็กต่าง ๆ ด้วย เราสามารถระบุชื่อ รีจิสเตอร์ต่อท้ายคำสั่ง R เพื่อกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์นั้น ดังตัวอย่าง

```
-RCX
CX 0000
:100
-R
AX=0000  BX=0000  CX=0100  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=12AF  ES=12AF  SS=12AF  CS=12AF  IP=0100   NV UP EI PL NZ NA PO NC
12AF:0100 5F            POP     DI
-
```

คำสั่งแสดงค่าในหน่วยความจำ : D (dump)

เราสามารถสั่งให้โปรแกรม DEBUG แสดงค่าข้อมูลในหน่วยความจำได้ โดยใช้คำสั่ง D (dump) เราสามารถระบุตำแหน่งของหน่วยความจำที่เริ่มต้นแสดงข้อมูลได้ ถ้าเราไม่กำหนดโปรแกรม DEBUG จะแสดงค่าในหน่วยความจำถัดจากตำแหน่งเก่าที่แสดงไว้

```
-D100
12AF:0100   C7 06 16 00 6E 30 26 C7-06 18 00 C7 40 26 8B 06  ....n0&.....@&..
12AF:0110   08 00 26 03 06 0C 00 26-3B 06 06 00 34 00 9E 12   ..&....&;...4...
                    . . .
12AF:0170   C2 02 00 90 C8 04 00 00-57 56 8B 7E 0A 57 E8 57   ........WV.~.W.W
-
```

การทดลองโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีใน DEBUG

เราสามารถป้อนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเบื้องต้นได้ในโปรแกรม DEBUG และสามารถสั่งให้โปรแกรมนั้นทำงานเพื่อสังเกตผลการทำงานได้ เรายังสามารถถึงสั่งให้โปรแกรมทำงานทีละบรรทัดได้ด้วย

คำสั่งสำหรับแปลโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี : A (assemble)

เราใช้คำสั่ง A (assemble) เพื่อสั่งให้โปรแกรม DEBUG รับคำสั่งภาษาแอสเซมบลีแล้วแปลคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเก็บไว้ในหน่วยความจำได้ ในการสั่งคำสั่ง assemble เราสามารถระบุตำแหน่งที่โปรแกรมภาษาเครื่องที่แปลแล้วจะถูกเขียนลงไปได้ ถ้าเราไม่ระบุตำแหน่งลงไปโปรแกรมที่เขียนจะถูกเก็บไว้ที่ตำแหน่งถัดจากการแปลครั้งสุดท้าย ในการป้อนโปรแกรมเราสามารถป้อนโปรแกรมต่อเนื่องไปได้เรื่อย ๆ เมื่อป้อนเสร็จแล้วให้กดปุ่ม Enter ว่างไปหนึ่งบรรทัดโปรแกรม DEBUG จะแสดง prompt เพื่อรับคำสั่งใหม่ต่อไป

```
-A100
12AF:0100 mov ax,10
12AF:0103 mov bx,20
12AF:0106 mov [200],ax
12AF:0109 mov [202],bx
12AF:010D mov bx,204
```

```
12AF:0110 mov cx,1234
12AF:0113 mov [bx],cx
12AF:0115 int 20
12AF:0117
-
```

ข้อสังเกต ตัวเลขต่าง ๆ ในโปรแกรม DEBUG จะถือว่าเป็นเลขฐานสิบหกทั้งหมด

ถ้าเราป้อนโปรแกรมผิดโปรแกรม DEBUG จะรายงานว่าโปรแกรมผิดให้เราทราบและป้อนเข้าไปใหม่

คำสั่งสำหรับแสดงโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีจากภาษาเครื่อง : U (unassemble)

เราสามารถสั่งให้โปรแกรม DEBUG แสดงคำสั่งภาษาเครื่องที่อยู่ในหน่วยความจำเป็นรหัสคำสั่งภาษาแอสเซมบลีได้โดยใช้คำสั่ง unassemble เราสามารถระบุตำแหน่งที่จะเริ่มแสดงได้

```
-U100
12AF:0100 B81000      MOV    AX,0010
12AF:0103 BB2000      MOV    BX,0020
12AF:0106 A30002      MOV    [0200],AX
12AF:0109 891E0202    MOV    [0202],BX
12AF:010D BB0402      MOV    BX,0204
12AF:0110 B93412      MOV    CX,1234
12AF:0113 890F        MOV    [BX],CX
12AF:0115 CD20        INT    20
12AF:0117 26          ES:
12AF:0118 3B060600    CMP    AX,[0006]
12AF:011C 3400        XOR    AL,00
12AF:011E 9E          SAHF
12AF:011F 12FE        ADC    BH,DH
-
```

โปรแกรม DEBUG จะแสดงทั้งรหัสภาษาเครื่องและรหัสนีโมนิค (รหัสภาษา assembly) ด้วย

การสั่งให้โปรแกรมทำงาน

เราสามารถสั่งให้โปรแกรมทำงานได้ทั้งสิ้น 3 รูปแบบโดยโปรแกรมจะเริ่มทำงานที่ตำแหน่ง CS:IP เท่านั้น

คำสั่งเริ่มทำงาน : G (go)

เมื่อเราสั่งให้โปรแกรมทำงานโดยใช้คำสั่ง g โปรแกรมจะเริ่มทำงานทันที และโปรแกรมจะทำงานจนกระทั่งจบ

```
-G
Program terminated normally
-
```

ข้อสังเกต โปรแกรมตัวอย่างจะมีคำสั่ง INT 20h ระบุอยู่ตอนท้าย คำสั่งนี้เป็นคำสั่งเรียกใช้บริการของระบบเพื่อที่จะจบโปรแกรม ถ้าไม่มีคำสั่งนี้ปิดท้าย โปรแกรมจะทำงานตามคำสั่งต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบคำสั่งที่สั่งให้โปรแกรมหยุดการทำงาน ดังนั้นเวลาเราทดลงโปรแกรมใน DBUG เราควรจะใส่คำสั่ง INT 20h ปิดท้ายไว้ทุกครั้ง

คำสั่งตามรอยการทำงาน (คำสั่งให้ทำงานทีละบรรทัดแบบที่หนึ่ง) : T (trace)

ถ้าเราสั่งคำสั่งนี้โปรแกรมจะทำงานไปหนึ่งคำสั่งแล้วจะกลับมาที่โปรแกรม DEBUG และแสดงค่าของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ รวมถึงผลจากคำสั่งนั้นทันที ทำให้เราสามารถตรวจสอบสถานะของโปรแกรมได้ตลอดขั้นตอนการทำงาน

```
-T
AX=0010  BX=0000  CX=0000  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=12AF  ES=12AF  SS=12AF  CS=12AF  IP=0103   NV UP EI PL NZ NA PO NC
12AF:0103 BB2000        MOV     BX,0020
-T
AX=0010  BX=0020  CX=0000  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=12AF  ES=12AF  SS=12AF  CS=12AF  IP=0106   NV UP EI PL NZ NA PO NC
12AF:0106 A30002        MOV     [0200],AX                       DS:0200=0010
```

ในการทำงานโดยคำสั่ง T โปรแกรมที่ทำงานจะหยุดการทำงานกลับมาที่โปรแกรม DEBUG ภายหลังการทำงานของทุก ๆ คำสั่ง รวมถึงในกรณีที่เราเรียกโปรแกรมย่อย หรือเรียกใช้บริการของระบบด้วย เราต้องการให้โปรแกรมทำงานไปหยุดที่บรรทัดถัดไปเลยโดยไม่ต้องคำนึงถึงการเรียกโปรแกรมย่อยต่าง ๆ เราสามารถใช้คำสั่ง P (proceed) แทนคำสั่ง trace ได้

คำสั่งทำงานต่อจนถึงบรรทัดถัดไป (คำสั่งให้ทำงานทีละบรรทัดแบบที่สอง) : P (proceed)

ผลโดยทั่ว ๆ ไปของคำสั่งนี้เหมือนกับการใช้คำสั่ง T แต่การใช้คำสั่งนี้จะสะดวกกว่าเมื่อโปรแกรมที่ทำงานมีการเรียกโปรแกรมย่อย หรือมีการเรียกใช้บริการจากระบบ โดยโปรแกรมจะกลับมาที่ DEBUG เมื่อทำงานถึงบรรทัดถัดไป

การตั้งค่าให้กับรีจิสเตอร์ IP

เนื่องจากโปรแกรม DEBUG จะประมวลผลคำสั่งที่ตำแหน่ง CS:IP เสมอ แต่เมื่อโปรแกรมทำงานเสร็จ รีจิสเตอร์ IP จะชี้ที่ออฟเซ็ตของคำสั่งถัดไปซึ่งเป็นคำสั่งที่ไม่ใช่ส่วนของโปรแกรมของเรา ดังนั้นภายหลังการทำงานของโปรแกรม เราควรจะตรวจสอบว่ารีจิสเตอร์ IP ชี้ไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรมที่เราเขียนไว้หรือไม่ ซึ่งโดยปกติแล้วโปรแกรมจะเริ่มต้นที่ออฟเซ็ต 100h ถ้า รีจิสเตอร์ IP ชี้ไปที่อื่น เราสามารถตั้งค่าให้บรีจิสเตอร์ IP ได้โดยใช้คำสั่ง R

```
-RIP
IP 0106
:100
-
```

ตัวอย่างการทดลองโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

เราจะยกตัวอย่างการทดลองโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีต่อไปนี้ด้วยโปรแกรม DEBUG

ตัวอย่างโปรแกรม

```
MOV    AX,5678h
MOV    BX,204h
MOV    CX,1234h
MOV    [200h],CX
MOV    [202h],AH
MOV    [203h],AL
MOV    [BX],AX
MOV    DX,[202h]
MOV    [204h],10h
```

ป้อนโปรแกรม

เราสามารถที่จะป้อนโปรแกรมและสั่งให้ DEBUG แปลโปรแกรมลงในหน่วยความจำโดยใช้คำสั่ง A ถ้าเราไม่ระบุแอดเดรสเริ่มต้นในครั้งแรกโปรแกรมจะถูกแปลลงในตำแหน่ง CS:100h และถ้าเป็นการสั่งครั้งถัดไปโปรแกรมจะแปลลงไปต่อเนื่องกับการสั่งครั้งก่อน

```
-A100
14FF:0100 mov ax,5678
14FF:0103 mov bx,204
14FF:0106 mov cx,1234
14FF:0109 mov [200],cx
14FF:010D mov [202],ah
14FF:0111 mov [203],al
14FF:0114 mov [bx],ax
14FF:0116 mov dx,[202]
14FF:011A mov [204],10
                  ^ Error
```

ในระหว่างการป้อนโปรแกรมอาจมีข้อผิดพลาดขึ้นโปรแกรม DEBUG จะแสดงข้อความขึ้นดังตัวอย่าง จากโปรแกรมดังกล่าวเราจะต้องระบุขนาดของการคัดลอกข้อมูลด้วย เราสามารถใส่คำสั่งที่แก้ไขแล้วลงไปใหม่ได้ทันที

```
14FF:011A mov word ptr [204],10
14FF:0120
-
```

เมื่อใส่โปรแกรมเสร็จจะต้องกดปุ่ม Enter ว่าง ๆ ไปเพื่อบอกโปรแกรม DEBUG ว่าโปรแกรมสิ้นสุดแล้ว เราสามารถเรียกดูโปรแกรมที่เราใส่ลงไปได้ด้วยคำสั่ง U

```
-U
14FF:0100 B87856                MOV     AX,5678
14FF:0103 BB0402                MOV     BX,0204
14FF:0106 B93412                MOV     CX,1234
14FF:0109 890E0002          MOV     [0200],CX
14FF:010D 88260202          MOV     [0202],AH
14FF:0111 A20302                MOV     [0203],AL
14FF:0114 8907                  MOV     [BX],AX
14FF:0116 8B160202          MOV     DX,[0202]
14FF:011A C70604021000      MOV     WORD PTR [0204],0010
-
```

เราจะเห็นทั้งโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีและโปรแกรมภาษาเครื่องที่แปลแล้ว

ติดตามการทำงานของโปรแกรม

เราสามารถสั่งให้โปรแกรมทำงานโดยใช้คำสั่ง G (go) และตรวจสอบค่าในหน่วยความจำได้ แต่โปรแกรมที่จะทดลองนั้นต้องมีการสั่งให้โปรแกรมจบการทำงาน มิฉะนั้นโปรแกรมจะทำงานเลยไปถึงโปรแกรมอื่น ๆ ที่อยู่ในหน่วยความจำ ดังนั้นเราอาจจะใส่คำสั่ง INT 20h ปิดท้ายโปรแกรมไว้เพื่อสั่งให้โปรแกรมจบการทำงาน จากตัวอย่างแอดเดรสถัดไปของคำสั่งคือออฟเซ็ตที่ 0120h (สามารถหาได้โดยใช้คำสั่ง U แล้วสั่งเกออฟเซ็ตของตคำสั่งอื่น ๆ ถัดจากโปรแกรมที่เราป้อน) ดังนั้นเราจะป้อนคำสั่ง INT 20h ลงไปที่แอดเดรสนี้

```
-A120
14FF:0120 int 20
14FF:0122
-U100
14FF:0100 B87856                MOV     AX,5678
14FF:0103 BB0402                MOV     BX,0204
                ...
14FF:011A C70604021000      MOV     WORD PTR [0204],0010
-U11A
14FF:011A C70604021000      MOV     WORD PTR [0204],0010
14FF:0120 CD20                  INT     20
                ...
-
```

เมื่อเราใส่คำสั่งให้โปรแกรมจบการทำงานแล้ว เราสามารถที่ใช้คำสั่ง G (go) เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำงานได้ และใช้คำสั่ง D (dump) เพื่อสังเกตค่าในหน่วยความจำ หรือ คำสั่ง R (register) เพื่อสังเกตค่าในรีจิสเตอร์ได้

```
-G

Program terminated normally

-D200
14FF:0200  34 12 56 78 10 00 DA EB-04 9D F8 EB 02 9D F9 89   4.Vx............
14FF:0210  36 8A DB 5E 5F 5A 59 C3-53 51 52 57 56 9C E8 6E   6..^_ZY.SQRWV..n
14FF:0220  00 83 3E 7A DB 40 7D 57-8A F7 8B 1E 7A DB FF 06   ..>z.@}W....z...
14FF:0230  7A DB B8 BA D8 E8 95 00-C7 47 07 00 00 F6 C6 01   z........G......
14FF:0240  74 03 89 6F 07 89 4F 05-88 77 02 8B 36 84 DB 89   t..o..O..w..6...
14FF:0250  37 03 36 5C D8 2B F7 89-77 03 8B 36 8A DB 89 77   7.6\.+..w..6...w
14FF:0260  09 8B F7 8B 3E 84 DB 03-F9 3B 3E 80 DB 7D 15 2B   ....>....;>..}.+
14FF:0270  F9 FC F3 A4 B0 00 AA 89-3E 84 DB 9D F8 EB 0A B8   ........>.......
-R
AX=0000  BX=0000  CX=0000  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=14FF  IP=0100   NV UP EI PL NZ NA PO NC
14FF:0100 B87856        MOV     AX,5678
-
```

สังเกตว่าเมื่อเรากลับมายังโปรแกรม DEBUG หลังจากโปรแกรมที่เราป้อนทำงานเรียบร้อยแล้ว รีจิสเตอร์ต่าง ๆ จะถูกกำหนดค่าเริ่มต้องใหม่รวมทั้งรีจิสเตอร์ IP ด้วย ดังนั้นเราสามารถสังเกตผลของการทำงานได้จากค่าหน่วยความจำเท่านั้น เราสามารถสั่งให้โปรแกรมทำงานทีละบรรทัดโดยใช้คำสั่ง T หรือ P เราจะต้องระวังในเรื่องของการตั้งค่าเริ่มต้นของรีจิสเตอร์ IP ให้มาชี้ที่ตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรมด้วย

```
-T

AX=5678  BX=0000  CX=0000  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=14FF  IP=0103   NV UP EI PL NZ NA PO NC
14FF:0103 BB0402        MOV     BX,0204
-T
AX=5678  BX=0204  CX=0000  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=14FF  IP=0106   NV UP EI PL NZ NA PO NC
```

```
14FF:0106 B93412        MOV     CX,1234
-T

AX=5678  BX=0204  CX=1234  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=14FF  IP=0109   NV UP EI PL NZ NA PO NC
14FF:0109 890E0002      MOV     [0200],CX                   DS:0200=1234
-T

AX=5678  BX=0204  CX=1234  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=14FF  IP=010D   NV UP EI PL NZ NA PO NC
14FF:010D 88260202      MOV     [0202],AH                   DS:0202=56
-T

AX=5678  BX=0204  CX=1234  DX=0000  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=14FF  IP=0111   NV UP EI PL NZ NA PO NC
14FF:0111 A20302        MOV     [0203],AL                   DS:0203=78
-T
                ...
-T
AX=5678  BX=0204  CX=1234  DX=7856  SP=FFEE  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=14FF  IP=0120   NV UP EI PL NZ NA PO NC
14FF:0120 CD20          INT     20

-P
Program terminated normally
-
```

สังเกตว่าในคำสั่งสุดท้ายเราใช้คำสั่ง P เพราะคำสั่ง INT 20h เป็นการเรียกใช้บริการของระบบ และโปรแกรมจะกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อยของระบบซึ่งอาจจะยาวมาก ถ้าเราใช้คำสั่ง T เราจะได้เห็นการกระโดดไปทำงานนี้ และเราสามารถใช้คำสั่ง G เพื่อให้โปรแกรมทำงานจนจบต่อจากนั้นก็ได้

```
-T
AX=5678  BX=0204  CX=1234  DX=7856  SP=FFE8  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=14FF  IP=0120   NV UP DI PL NZ NA PO NC
14FF:0120 CD20          INT     20
-T
```

```
AX=5678  BX=0204  CX=1234  DX=7856  SP=FFE2  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=00C9  IP=0FA8   NV UP DI PL NZ NA PO NC
00C9:0FA8 90            NOP
-T
AX=5678  BX=0204  CX=1234  DX=7856  SP=FFE2  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=00C9  IP=0FA9   NV UP DI PL NZ NA PO NC
00C9:0FA9 90            NOP
-T
AX=5678  BX=0204  CX=1234  DX=7856  SP=FFE2  BP=0000  SI=0000  DI=0000
DS=14FF  ES=14FF  SS=14FF  CS=00C9  IP=0FAA   NV UP DI PL NZ NA PO NC
00C9:0FAA E8DB00        CALL    1088
-G
Program terminated normally
-
```

ข้อสังเกต เราควรจะพิจารณาค่าของรีจิสเตอร์ CS และ IP ก่อนที่จะเริ่มสั่งให้โปรแกรมทำงานใหม่เสมอ โดยปกติในโปรแกรม DEBUG ค่าของรีจิสเตอร์ CS จะมีค่าเท่ากันกับเซกเมนต์รีจิสเตอร์ตัวอื่น ๆ (DS ES และ SS) และเรานิยมป้อนโปรแกรมที่จะทดลองลงในตำแหน่ง CS:100h

สรุป

คำสั่งภาษาแอสเซมบลีเบื้องต้น โดยจะเป็นคำสั่งเกี่ยวกับการโอนย้ายข้อมูล ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ
1. การโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์กับรีจิสเตอร์ เป็นการโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์สามารถทำได้ถ้าขนาดของรีจิสเตอร์ทั้งคู่เท่ากัน แต่ยังมีเซกเมนต์รีจิสเตอร์บางตัวซึ่งไม่ควรเข้าไปกำหนดค่าโดยตรง เช่น CS หรือ SS
2. การโอนย้ายข้อมูลกับหน่วยความจำ โดยปกติการโอนย้ายข้อมูลกับหน่วยความจำนั้น เราจะระบุเฉพาะออฟเซ็ตของหน่วยความจำที่เราต้องการจะโอนย้ายข้อมูลด้วย ออฟเซ็ตนั้นจะถูกนำมาประกอบกับเซกเมนต์รีจิสเตอร์ DS เพื่อเป็นตำแหน่งในหน่วยความจำที่แท้จริงที่จะอ่านเขียนข้อมูลด้วย

ดีบัก (Debug) คือ โปรแกรมที่พัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาพื้นฐานในระบบปฏิบัติการดอส (DOS = Disk Operation System) เป็นโปรแกรมสำหรับแก้ไขแฟ้มอย่างง่าย เป็นคำสั่งภายนอก (External Command) ของดอส (DOS) ที่นิยมใช้งานในกลุ่มนักพัฒนามาตั้งแต่ยุคระบบปฏิบัติการดอส เครื่องมือในการทดลองการโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีก็คือโปรแกรม DEBUG เป็นโปรแกรมสารพัดประโยชน์สำหรับการทดลองเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี โปรแกรมนี้มีอยู่ทั้งในระบบปฏิบัติการ DOS และ Windows

คำถามทบทวน

1. จงให้คำจำกัดความของคำว่าโอเปอร์แรนด์ (operand)
2. โปรแกรม DEBUG คืออะไรและมีหน้าที่อย่างไรในภาษาโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี
3. รีจีสเตอร์ AX มีหน้าที่อย่างไรในคำสั่ง MOV
4. คำสั่งต่อไปนี้ทำงานอย่างไร
    - คำสั่ง G (go)
    - คำสั่ง D (dump)
    - คำสั่ง R (register)
5. คำสั่ง A (assemble) มีหน้าที่และทำงานอย่างไร
6. คำสั่งภาษาแอสเซมบลีที่ใช้สำหรับการโอนย้ายข้อมูลมีกี่แบบอะไรบ้าง

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6

หัวข้อเนื้อหา

- แฟล็ก (Flags)
- คำสั่งทางคณิตศาสตร์
- กลุ่มคำสั่งบวกและลบ
- กลุ่มคำสั่งคูณและหาร
- กลุ่มคำสั่งแปลงขนาดตัวเลข

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- เข้าใจความหมายของแฟล็กแต่ละบิตใน 8086
- รู้และเข้าใจ สามารถใช้งานคำสั่งทางคณิตศาสตร์ได้
- รู้และเข้าใจการใช้งานกลุ่มคำสั่งต่างๆ ในภาษาโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี เช่น กลุ่มคำสั่งบวก และลบ กลุ่มคำสั่งคูณและหารและกลุ่มคำสั่งแปลงขนาดตัวเลข เป็นต้น

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

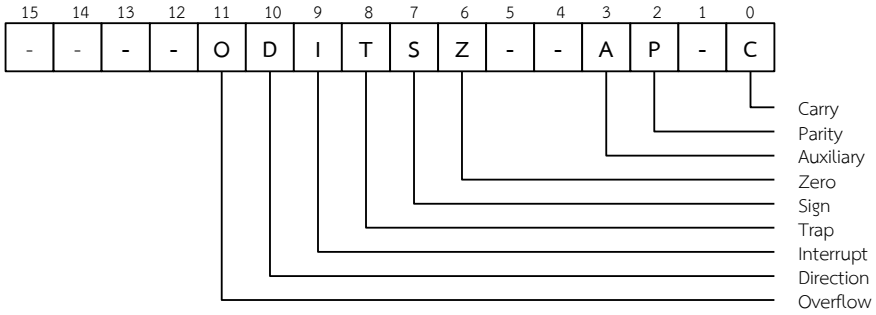
ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 6 แฟล็กและคำสั่งคณิตศาสตร์
(Flags ang Mathematics Instruction)

ในบทนี้เราจะศึกษาเกี่ยวกับการใช้คำสั่งคำนวณทางคณิตศาสตร์และการแสดงสถานะของผลลัพธ์ของการคำนวณนั้นในแฟล็ก สถานะที่เก็บในแฟล็กจะใช้สำหรับการจัดการกับผลการคำนวณนั้น ๆ รวมถึงใช้ในคำสั่งเกี่ยวกับการกระโดดแบบมีเงื่อนไขด้วย

แฟล็ก (Flags)

แฟล็กเปรียบเสมือนรีจิสเตอร์ตัวหนึ่ง แต่แทนที่จะใช้เก็บค่าต่าง ๆ แฟล็กจะเก็บสถานะของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา ตัวอย่างของสถานะของการคำนวณ เช่น การมีบิตทด มีการเก็บค่าล้นหลักหรือผลลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์เป็นต้น ใน 8086 แฟล็กจะมีขนาด 16 บิต โดยในแต่ละบิตจะเก็บค่าของสถานะการคำนวณแบบหนึ่ง ๆ ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงแฟล็กต่าง ๆ

ค่าในบิตของแฟล็กนั้น ๆ จะมีค่าเป็น 1 เมื่อสถานะนั้นเป็นจริง เราจะเรียกสถานะที่แฟล็กเป็น 1 ว่า แฟล็กเซ็ต (flag set) และถ้าแฟล็กมีค่าเป็นศูนย์เราจะเรียกว่าแฟล็กเคลียร์ (flag cleared) โดยทั่วไปแล้วคำสั่งที่จะมีผลกับแฟล็กจะเป็นคำสั่งเกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ส่วนคำสั่งในกลุ่มของการโอนย้ายข้อมูล เช่น คำสั่ง MOV จะไม่เปลี่ยนแปลงค่าในแฟล็ก

ความหมายของแฟล็กแต่ละบิตเป็นดังต่อไปนี้

1. แฟล็กศูนย์ (Zero flag)

แฟล็กศูนย์จะมีค่าเป็นหนึ่ง (flag set) เมื่อผลการคำนวณมีค่าเท่ากับศูนย์

<u>ตัวอย่างคำสั่ง</u>

```
MOV     AX,100h         Z-flag = ?
MOV     BX,80h          Z-flag = ?
SUB     AX,BX           Z-flag = 0      {AX=80h}
SUB     AX,BX           Z-flag = 1      {AX=0h}
MOV     CX,80h          Z-flag = 1
ADD     AX,CX           Z-flag = 0      {AX=80h}
SUB     AX,BX           Z-flag = 1      {AX=0h}
```

2. พาริตี้แฟล็ก (Parity flag)

พาริตี้แฟล็กจะมีค่าเป็นหนึ่งเมื่อในผลลัพธ์มีจำนวนบิตที่มีค่าเป็น 1 เป็นจำนวนคู่

ตัวอย่างคำสั่ง

MOV	AL,34h	P-flag = ?	
MOV	BL,11h	P-flag = ?	
ADD	AL,BL	P-flag = 0	{AL=45h[0100 0101b]}
ADD	AL,6	P-flag = 1	{AL=4Bh[0100 1011b]}
SUB	AL,BL	P-flag = 1	{AL=3Ah[0011 1010b]}
MOV	CL,10h	p-flag = 1	
ADD	AL,CL	p-flag = 0	{AL=4Ah[0100 1010b]}

3. แฟล็กเครื่องหมาย

แฟล็กเครื่องหมายจะเซ็ตเมื่อผลลัพธ์มีค่าเป็นลบ (เมื่อคิดว่าผลลัพธ์นั้นเก็บตัวเลขแบบ*คิดเครื่องหมายแบบ* 2'Complement)

ตัวอย่างคำสั่ง

MOV	AL,50h	S-flag = ?	
ADD	AL,50h	S-flag = 1	{AL=0A0h[1010 0000b]}
ADD	AL,0A0h	S-flag = 0	{AL=40h[0100 0000b]}
SUB	AL,10h	S-flag = 0	{AL=30h[0011 0000b]}
ADD	AL,0B0h	S-flag = 1	{AL=0E0h[1110 0000b]}

4. แฟล็กทด (Carry flag)

แฟล็กทดจะเซ็ตเมื่อการคำนวณมีการทดหรือมีการยืม ในการพิจารณาเราจะพิจารณาค่าของข้อมูลแบบ*ไม่คิดเครื่องหมาย* แฟล็กทดนี้ยังใช้ในการเก็บบิตข้อมูลในคำสั่งเกี่ยวกับการเลื่อนบิตด้วย

ตัวอย่างคำสั่ง

MOV	AL,60h	C-flag = ?	
ADD	AL,60h	C-flag = 0	{AL=0C0h}
ADD	AL,60h	C-flag = 1	{AL=20h,0C0+60=120h}
SUB	AL,15h	C-flag = 0	{AL=0Ah}
SUB	AL,15h	C-flag = 1	{AL=F5h,0Ah-15h=0F5h}

5. โอเวอร์โฟล์แฟล็ก (Overflow flag)

ในการพิจารณาโอเวอร์โฟล์แฟล็กเราจะพิจารณาค่าของข้อมูลเป็นแบบคิดเครื่องหมาย โดยโอเวอร์โฟล์แฟล็กจะมีค่าเป็นหนึ่งเมื่อผลลัพธ์มีความผิดพลาด เช่น การบวกค่าที่มากกว่าขอบเขตทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ มีเครื่องหมายที่ผิดเป็นต้น

ตัวอย่างคำสั่ง

MOV	AL,0E3h	O-flag = ?	
ADD	AL,79h	O-flag = 0	{AL=5Ch,-29+121 = 92[5Ch]}
ADD	AL,60h	O-flag = 1	{AL=0BCh,0BCh=-68 <> 92+96=188}
SUB	AL,20h	O-flag = 0	{AL=9Ch,9Ch=-100 = -68-32}
SUB	AL,20h	O-flag = 1	{AL=7Ch,7Ch=124 <> -100-32=-132
ADD	AL,9Ah	O-flag = 0	{AL=16h,16h=22 = 124-102

6. แฟล็กเสริม (Auxiliary Flag)

แฟล็กเสริมจะเป็นแฟล็กที่ใช้ในการปรับค่าของการคำนวณเลขแบบ BCD

7. แฟล็กทิศทาง (Direction Flag)

แฟล็กทิศทางเป็นแฟล็กที่ใช้ในการระบุทิศทางของการปรับค่ารีจิสเตอร์ดัชนีในการประมวลผลคำสั่งเกี่ยวกับสายข้อมูล.

8. แทรปแฟล็ก (Trap Flag)

แทรปแฟล็กเป็นแฟล็กที่ใช้ระบุให้หน่วยประมวลผลสร้างสัญญาณขัดจังหวะเมื่อประมวลผลคำสั่งเสร็จสิ้นหนึ่งคำสั่ง โดยแฟล็กนี้จะใช้ในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม

9. อินเตอร์รัพท์แฟล็ก (Interrupt Flag)

แฟล็กนี้ใช้ระบุว่าหน่วยประมวลผลจะตอบสนองการขัดจังหวะจากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์หรือไม่

คำสั่งเกี่ยวกับการกำหนดค่าของแฟล็ก

เราสามารถกำหนดค่าของแฟล็กทด แฟล็กทิศทาง และอินเตอร์รัพท์แฟล็กได้โดยใช้คำสั่งต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1 คำสั่งสำหรับการกำหนดค่าแฟล็ก

แฟล็ก	คำสั่งในการเซต	คำสั่งในการเคลียร์
carry flag	STC	CLC
direction flag	STD	CLD
interrupt flag	STI	CLI

คำสั่งทางคณิตศาสตร์

คำสั่งทางคณิตศาสตร์ใน 8086 ที่เราจะศึกษาในวิชานี้แบ่งได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 3 กลุ่มดังนี้

1. กลุ่มคำสั่งบวกและลบ

☐ **คำสั่งเพิ่มและลดค่า : INC** [Increment] **และ DEC** [Decrement]

คำสั่ง INC จะเพิ่มค่าของโอเปอร์แรนด์ขึ้นหนึ่ง ส่วนคำสั่ง DEC จะลดค่าของโอเปอร์แรนด์ลงหนึ่ง คำสั่งนี้มีผลกระทบกับแฟล็กทั้งหมด***ยกเว้นแฟล็กทด***.

รูปแบบของทั่วไปของคำสั่ง INC และ DEC เป็นดังนี้

INC	*register*	DEC	*register*
INC	*memory*	DEC	*memory*

ตัวอย่างคำสั่ง

```
MOV     AL,10h
INC     AL                      รีจิสเตอร์ AL = 11h
MOV     BX,200h
MOV     WORD PTR [BX],10h
DEC     WORD PTR [BX]           ข้อมูลแบบเวิร์ดที่ตำแหน่ง [DS:BX] = 0Fh
```

☐ **คำสั่งบวกและบวกรวมตัวทด : ADD** [Addition] **และ ADC** [Add with carry]

คำสั่งบวกจะนำค่าของโอเปอร์แรนด์ตัวที่สองมาบวกกับค่าของโอเปอร์แรนด์ตัวที่หนึ่ง แล้วนำค่าที่ได้เก็บในโอเปอร์แรนด์ตัวที่หนึ่ง. คำสั่ง ADD และ ADC มีผลกระทบกับแฟล็กทางคณิตศาสตร์ทุกแฟล็ก เรานิยมใช้คำสั่ง ADC ในการบวกข้อมูลที่ต้องนำบิตที่ทดจากการบวกครั้งก่อนมารวมด้วย เช่น การบวกข้อมูลที่เก็บอยู่ในหลายรีจิสเตอร์ต่อเนื่องกันเป็นต้น

รูปแบบของทั่วไปของคำสั่ง ADD และ ADC เป็นดังนี้

```
ADD     register,number         ADC     register,number
ADD     memory,number           ADC     memory,number
ADD     register,register       ADC     register,register
ADD     register,memory         ADC     register,memory
ADD     memory,register         ADC     memory,register
```

ตัวอย่างคำสั่ง

```
MOV     AL,10h                  รีจิสเตอร์ AL = 30h
ADD     AL,20h
MOV     BX,200h
MOV     WORD PTR [BX],10h       ข้อมูลแบบเวิร์ดที่ตำแหน่ง [DS:BX] = 80h
ADD     WORD PTR [BX],70h
```

```
MOV     AX,5678h                เราจะบวก 1234 5678h เข้ากับ 8765 4321h โดย
MOV     DX,1234h                ผลลัพธ์ที่ได้ 16 บิตบนจะเก็บที่รีจิสเตอร์ DX ส่วน 16
ADD     AX,4321h                บิตล่างจะเก็บที่รีจิสเตอร์ AX สังเกตว่าเราจะใช้คำสั่ง
ADC     DX,8765h                ADC ในการบวกครั้งที่สองเพื่อนำตัวทดจากการบวก
                                ครั้งแรกมารวมด้วย
```

☐ **คำสั่งลบและลบรวมตัวยืม : SUB** [Substraction] **และ SBB** [Subtract with borrow]

คำสั่ง SUB และ SBB จะทำงานคล้ายกับคำสั่ง ADD และ ADC เพียงแต่เป็นการนำค่าในโอเปอร์แรนด์ตัวที่สองไปลบออกจากโอเปอร์แรนด์ตัวที่หนึ่ง ลักษณะของการใช้งานคำสั่ง SBB จะคล้ายคลึงกับการใช้คำสั่ง ADC นั่นคือจะนิยมใช้ในกรณีที่มีการลบเลขที่เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์หลายตัวต่อเนื่องกัน

รูปแบบของคำสั่ง SUB และ SBB จะมีลักษณะเช่นเดียวกับคำสั่ง ADD และคำสั่ง ADC โดยมีรูปแบบทั้งหมดดังนี้

```
SUB     register,number         SBB     register,number
SUB     memory,number           SBB     memory,number
```

SUB	*register,register*	SBB	*register,register*
SUB	*register,memory*	SBB	*register,memory*
SUB	*memory,register*	SBB	*memory,register*

ตัวอย่างคำสั่ง

```
MOV   CX,10h
SUB   CX,[200h]
MOV   BX,202h
MOV   DX,345h
SUB   WORD PTR [BX],DX

MOV   AX,0AAFFh
MOV   DX,0BBCCh
SUB   BX,AX
SBB   CX,DX
```

รีจิสเตอร์ CX จะถูกลดค่าลงเท่ากับข้อมูลแบบเวิร์ดในแอดเดรส [DS:200h].

ข้อมูลแบบเวิร์ดที่ตำแหน่ง [DS:BX] มีค่าลดลง 345h

เราจะลบค่าของข้อมูลขนาด 32 บิตที่เก็บที่ CX BX ด้วยค่าขนาด 32 บิตในรีจิสเตอร์ DX และ AX

☐ คำสั่งเปรียบเทียบ : CMP [Compare]

คำสั่ง CMP จะมีการทำงานเหมือนกับคำสั่ง SUB ทุกประการ แต่จะไม่มีการเปลี่ยนค่าในโอเปอร์แรนด์ใด ๆ โดยผลลัพธ์ที่แท้จริงของคำสั่งนี้คือการเปลี่ยนค่าในแฟล็กต่าง ๆ เพื่อแสดงผลลัพธ์ของการลบ เราจะใช้คำสั่งนี้ในการเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ และนำผลที่ได้ในแฟล็กไปใช้ในการกำหนดเงื่อนไขของการกระโดด

รูปแบบของคำสั่ง CMP จะเหมือนคำสั่ง SUB โดยมีรูปแบบทั่วไปเป็นดังนี้

```
CMP   register,number
CMP   memory,number
CMP   register,register
CMP   register,memory
CMP   memory,register
```

ตัวอย่างคำสั่ง

```
MOV   CX,10h
CMP   CX,20h

MOV   BX,40h
CMP   BX,40h

MOV   AX,30h
CMP   AX,20h
```

CX จะมีไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงของแฟล็ก โดย S-flag=1, C-flag=1, O-flag=0

Z-flag=1.

S-flag=0, C-flag=0, O-flag=0.

☐ คำสั่งเปลี่ยนเครื่องหมาย : NEG [Negation]

คำสั่งเปลี่ยนเครื่องหมายจะเปลี่ยนค่าในโอเปอร์แรนด์ซึ่งจะพิจารณาเป็นตัวเลขแบบคิดเครื่องหมายเป็นค่าลบของค่านั้น. โดยการเปลี่ยนค่านั้นจะเปลี่ยนแบบ 2's complement ผลจากคำสั่งนี้จะทำให้***แฟล็กทดมีค่าเป็น 1 เสมอ***

รูปแบบของคำสั่ง NEG

```
NEG   register
NEG   memory
```

ตัวอย่างคำสั่ง

```
MOV     CX,10h
NEG     CX                      CX = 0FFF0h
MOV     AX,0FFFFh
NEG     AX                      AX = 1
MOV     BX,1h
NEG     BX                      BX = 0FFFFh
```

2. กลุ่มคำสั่งคูณและหาร

☐ **คำสั่งคูณแบบคิดเครื่องหมายและไม่คิดเครื่องหมาย : IMUL** [Integer multiplication] **และ MUL** [Multiplication]

การคูณใน 8086 นั้นค่าของตัวตั้งของการคูณ และค่าผลลัพธ์ของการคูณนั้นจะต้องเก็บในรีจิสเตอร์ที่กำหนดไว้ โดยขึ้นกับขนาดของการคูณ รีจิสเตอร์ที่กำหนดไว้เป็นดังนี้

การคูณข้อมูล 8 บิต : ตัวตั้ง AL ผลลัพธ์ AX.

การคูณข้อมูล 16 บิต : ตัวตั้ง AX ผลลัพธ์ DX, AX [16 บิตบนที่ DX 16 บิตล่างที่ AX]

เราจะระบุตัวคูณและขนาดของการคูณที่โอเปอร์แรนด์ของคำสั่ง IMUL หรือ MUL ทั้งสองคำสั่งมีรูปแบบดังนี้

```
IMUL    register        MUL     register
IMUL    memory          MUL     memory
```

ตัวอย่างคำสั่ง

```
MOV     AL,17h          เราจะคูณ 17h ด้วย 13h แบบ 8 บิต
MOV     CL,13h
IMUL    CL              ผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาด 16 บิต เก็บที่รีจิสเตอร์ AX
MOV     BX,1234h        เราจะนำผลลัพธ์ที่ได้จาก 17h คูณ 13h มาคูณด้วย 1234h
IMUL    BX              ค่าใน DX,AX มีค่าเท่ากับ (17h x 13h) x 1234h
```

คำสั่ง MUL และ IMUL จะมีผลกระทบกับแฟล็กทดและโอเวอร์โฟล์แฟล็กเท่านั้น

☐ **คำสั่งหารแบบคิดเครื่องหมายและไม่คิดเครื่องหมาย : IDIV** [Interger division] **และ DIV** [Division]

เช่นเดียวกับคำสั่งคูณ ตัวตั้งและผลลัพธ์สำหรับการประมวลผลคำสั่งหารใน 8086 จะต้องเก็บรีจิสเตอร์ซึ่งกำหนดไว้ โดยจะขึ้นกับขนาดของการหารตัวเลขเช่นเดียวกัน

การหารข้อมูล 8 บิต : ตัวตั้ง AX ผลลัพธ์ AL เศษ AH

การหารข้อมูล 16 บิต : ตัวตั้ง DX, AX ผลลัพธ์ AX เศษ DX

คำสั่ง IDIV และ DIV มีรูปแบบดังนี้.

```
IDIV    register        DIV     register
IDIV    memory          DIV     memory
```

ตัวอย่างคำสั่ง

```
MOV     AX,4022h        เราจะหาร 4022h ด้วย 1000h การหารดังกล่าวเป็นการหาร
MOV     DX,0000h        แบบ 16 บิตดังนั้นเราจึงต้องกำหนดค่าตัวตั้งใน DX,AX
MOV     CX,1000h
```

```
DIV     CX          ผลลัพธ์จากการหารจะมีขนาด 16 บิต เก็บที่รีจิสเตอร์ AX โดยเศษจะเก็บที่ DX. AX = 4 และ DX = 22h

MOV     BL,3h       เราจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากมาหารด้วย 3h
DIV     BL          ค่าใน AL จะเก็บผลหารซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 และ AH จะเก็บเศษโดยจำมีค่าเท่ากับ 1.
```

คำสั่ง DIV และ IDIV จะไม่มีผลกระทบกับแฟล็กใด ๆ แต่ถ้าในการหารมีการหารด้วยศูนย์ หรือเกิดการหารที่ไม่สามารถเก็บผลลัพธ์ลงในรีจิสเตอร์ที่ต้องการได้ เช่นการหาร 1234 5678h ด้วย 2h หน่วยประมวลผลจะสร้างสัญญาณการขัดจังหวะขึ้นเพื่อแจ้งกับโปรแกรมที่จัดการระบบต่อไป การเกิดการขัดจังหวะในลักษณะนี้เราเรียกว่าเกิด Exception

3. กลุ่มคำสั่งแปลงขนาดตัวเลข

จากข้อจำกัดของการใช้คำสั่งหารที่ตัวตั้งจะต้องมีขนาดมากกว่าตัวหาร ทำให้ในบางครั้งที่เราต้องการหารข้อมูลที่มีขนาดเท่ากัน เราจะต้องแปลงตัวตั้งให้มีขนาดที่เหมาะสมเสียก่อน สำหรับการแปลงขนาดของเลขไม่คิดเครื่องหมายนั้น เราสามารถกระทำได้โดยกำหนดให้ข้อมูลนัยสำคัญสูงที่ขยายเพิ่มมานั้นมีค่าเป็นศูนย์ ตัวอย่างเช่น การขยาย AL ที่เป็นตัวเลขแบบไม่คิดเครื่องหมายให้เป็นข้อมูล 16 บิตใน AX สามารถกระทำได้โดยกำหนดค่าศูนย์ให้กับ AH แต่ในกรณีของตัวเลขแบบคิดเครื่องหมายนั้นถ้าตัวเลขมีค่าเป็นลบการกำหนดค่าศูนย์ให้กับข้อมูลนัยสำคัญสูงที่ขยายเพิ่มมานั้น จะทำให้ค่าของเลขที่ได้มีความผิดพลาดได้ ในการขยายขนาดของเลขคิดเครื่องหมายเราจึงต้องใช้คำสั่งที่เหมาะสม

☐ **คำสั่งแปลงจากไบต์เป็นเวิร์ด : CBW** [Convert byte to word]

คำสั่งนี้จะแปลงเลขแบบคิดเครื่องหมายขนาด 8 บิตใน AL เป็นเลขคิดเครื่องหมายขนาด 16 บิตใน AX

รูปแบบของคำสั่ง

```
CBW
```

<u>ตัวอย่างคำสั่ง</u>

```
MOV     AL,22h      AL = 22h
CBW                 เมื่อแปลงแล้ว AX=0022h

MOV     AL,F0h      AL = F0h = -16
CBW                 เมื่อแปลงแล้ว AX=FFF0h = -16
```

☐ **คำสั่งแปลงจากเวิร์ดเป็นดับเบิลเวิร์ด : CWD** [Convert word to doubleword]

คำสั่งนี้จะแปลงเลขแบบคิดเครื่องหมายขนาด 16 บิตใน AX เป็นเลขคิดเครื่องหมายขนาด 32 บิตใน DX,AX

รูปแบบของคำสั่ง

```
CWD
```

<u>ตัวอย่างคำสั่ง</u>

```
MOV     AX,3422h    AX = 3422h
```

```
CWD                     เมื่อแปลงแล้ว DX = 0000h , AX=3422h

MOV   AX,FFF0h          AX = FFF0h = -16
CWD                     เมื่อแปลงแล้ว DX = FFFFh, AX=FFF0h
```

ตัวอย่างการใช้คำสั่งทางคณิตศาสตร์

☐ ตัวอย่างที่ 1

คำนวณค่า $AL^2 + BL^2$ คิดตัวเลขแบบไม่คิดเครื่องหมายโดยให้ผลลัพธ์เป็นเลข 16 บิต เก็บที่รีจิสเตอร์ AX

```
MUL   AL          หาค่า AL*AL เสียก่อน
MOV   CX, AX
MOV   AL, BL      จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่ CX เนื่องจากรีจิสเตอร์ AL ต้องใช้ใน
MUL   BL          การคำนวณ BL*BL.
ADD   AX, CX      ได้ผลลัพธ์แล้วนำค่า AL*AL ที่เก็บใน CX มาบวก
```

☐ ตัวอย่างที่ 2

```
คำนวณค่า (CL*BL+DX)/SI    โดยคิดเป็นเลขคิดเครื่องหมาย
MOV   AL,CL               หาค่าของ CL*BL โดยผลลัพธ์ที่ได้เก็บใน AX.
MUL   BL
ADD   AX,DX               จากนั้นนำ DX มาบวกเข้ากับ AX
CWD                       ขยายข้อมูลใน AX เป็น 32 บิตใน DX,AX เพื่อที่จะได้นำ SI
IDIV  SI                  มาหาร ผลลัพธ์ที่ได้อยู่ที่ AX เศษของการหารเก็บที่ DX
```

☐ ตัวอย่างที่ 3

```
คำนวณค่า (DX+AX*BX)/(DI-CX)  โดยคิดเป็นเลขคิดเครื่องหมาย.
MOV   SI,DX                  นำค่าของ DX ไปเก็บที่ SI เสียก่อนเนื่องจาก DX จะถูก ใช้
MUL   BX                     ในการคำนวณ AX*BX. เมื่อคำนวณ AX*BX แล้วนำ SI มา
ADD   AX,SI                  บวกโดยต้องนำตัวทดของการบวก SI กับ AX มาทดยัง DX
ADC   DX,0                   ด้วย
SUB   DI,CX                  ลบ DI ด้วย CX
IDIV  DI                     นำไปหาร
```

ผลกระทบของคำสั่งทางคณิตศาสตร์ต่อแฟล็ก

ตารางที่ 6.2 ผลกระทบของคำสั่งต่าง ๆ ต่อแฟล็ก

	Flag affected				
Instruction	Z-flag	C-flag	S-flag	O-flag	A-flag
ADD	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*
ADC	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*
SUB	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*
SBB	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*
INC	*yes*	***no***	*yes*	*yes*	*yes*
DEC	*yes*	***no***	*yes*	*yes*	*yes*
NEG	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*

CMP	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*	*yes*
MUL	*no*	*yes*	*no*	*yes*	*no*
IMUL	*no*	*yes*	*no*	*yes*	*no*
DIV	*no*	*no*	*no*	*no*	*no*
IDIV	*no*	*no*	*no*	*no*	*no*
CBW	*no*	*no*	*no*	*no*	*no*
CWD	*No*	*no*	*no*	*no*	*no*

ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของแฟล็กในการทำงานของคำสั่งต่าง ๆ

☐ **ตัวอย่างที่ 1**

Instruction		Z-flag	C-flag	O-flag	S-flag	P-flag	หมายเหตุ
MOV	AX,7100h	?	?	?	?	?	
MOV	BX,4000h	?	?	?	?	?	
ADD	AX,BX	0	0	1	1	1	AX=0B100h
ADD	AX,7700h	0	1	0	0	1	AX=2800h
SUB	AX,2000h	0	0	0	0	0	AX=0800h
SUB	AX,1000h	0	1	0	1	0	AX=F800h
ADD	AX,0800h	1	1	0	0	1	AX=0000h

☐ **ตัวอย่างที่ 2**

Instruction		Z-flag	C-flag	O-flag	S-flag	P-flag	หมายเหตุ
MOV	AL,10	?	?	?	?	?	
ADD	AL,F0h	0	0	0	1	1	AL=0FAh
ADD	AL,6	1	1	0	0	1	AL=0
SUB	AL,5	0	1	0	1	0	AL=0FBh
INC	AL	0	0	0	1	1	AL=0FCh
ADD	AL,10	0	1	0	0	1	AL=6h
ADD	AL,FBh	0	1	0	0	0	AL=1h
DEC	AL	1	0	0	0	1	AL=0h
DEC	AL	0	0	0	1	1	AL=0FFh
INC	AL	1	0	0	0	1	AL=0

หมายเหตุ *คำสั่ง DEC และ INC ไม่กระทบแฟล็กทด*

ตัวอย่างที่ 3

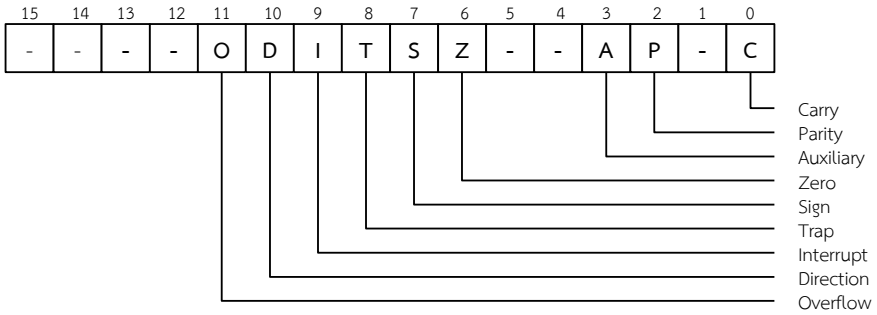
Instruction		Z-flag	C-flag	O-flag	S-flag	P-flag	หมายเหตุ
MOV	AL,120	?	?	?	?	?	
ADD	AL,15	0	0	1	1	1	AL=87h=-121

NEG	AL	0	1	0	0	0	AL=79h
SUB	AL,130	0	1	1	1	0	AL=0F7h

หมายเหตุ *คำสั่ง NEG ทำให้แฟล็กทดมีค่าเป็น 1 เสมอ*

สรุป

แฟล็ก (Flags) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ใช้บ่งบอกผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณจะส่งผลกระทบให้แฟล็กเปลี่ยนแปลงค่าไป การคัดลอกข้อมูลจะไม่ทำให้แฟล็กเปลี่ยนแปลง ค่าแฟล็กเปรียบเสมือนรีจิสเตอร์ตัวหนึ่ง แต่แทนที่จะใช้เก็บค่าต่าง ๆ แฟล็กจะเก็บสถานะของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา ตัวอย่างของสถานะของการคำนวณ เช่น การมีบิตทด มีการเก็บค่าล้นหลัก หรือผลลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์ เป็นต้น ใน 8086 แฟล็กจะมีขนาด 16 บิต โดยในแต่ละบิตจะเก็บค่าของสถานะการคำนวณแบบหนึ่ง ๆ ดังรูป



คำสั่งทางคณิตศาสตร์ใน 8086 ที่เราจะศึกษาในวิชานี้แบ่งได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มคำสั่งบวกและลบ ประกอบไปด้วย

    1.1 คำสั่งเพิ่มและลดค่า : INC [Increment] และ DEC [Decrement]

    1.2 คำสั่งบวกและบวกรวมตัวทด : ADD[Addition] และ ADC [Add with carry]

    1.3 คำสั่งลบและลบรวมตัวยืม : SUB [Substraction] และ SBB [Subtract with borrow] 1.4 คำสั่งเปรียบเทียบ: CMP [Compare]

    1.5 คำสั่งเปลี่ยนเครื่องหมาย : NEG [Negation]

2. กลุ่มคำสั่งคูณและหาร ประกอบไปด้วย

    2.1 คำสั่งคูณแบบคิดเครื่องหมายและไม่คิดเครื่องหมาย:
    IMUL [Integer multiplication] และ MUL [Multiplication]

    2.2 คำสั่งหารแบบคิดเครื่องหมายและไม่คิดเครื่องหมาย: IDIV [Interger division] และ DIV [Division]

3. กลุ่มคำสั่งแปลงขนาดตัวเลข ประกอบไปด้วย

    3.1 คำสั่งแปลงจากไบต์เป็นเวิร์ด : CBW [Convert byte to word]

    3.2 คำสั่งแปลงจากเวิร์ดเป็นดับเบิลเวิร์ด : CWD [Convert word to doubleword]

คำถามทบทวน

1.จงอธิบายความหมายและหน้าที่ของแฟล็ก (Flags) แต่ละบิตว่าต่อไปนี้

1.1 แฟล็กศูนย์ (Zero flag)

1.2 พาริตี้แฟล็ก (Parity flag)

1.3 แฟล็กทด (Carry flag)

1.4 แฟล็กเครื่องหมาย (Sign-flag)

1.5 โอเวอร์โฟล์แฟล็ก (Overflow flag)

1.6 แฟล็กเสริม (Auxiliary Flag)

1.7 แฟล็กทิศทาง (Direction Flag)

1.8 แทรปแฟล็ก (Trap Flag)

1.9 อินเตอร์รัพท์แฟล็ก (Interrupt Flag)

2. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างคำสั่งลบ SUB และลบรวมตัวยืม SBB

3. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างคำสั่งคูณแบบคิดเครื่องหมาย IMUL และไม่คิดเครื่องหมาย MUL

4. จงอธิบายความหมายของคำสั่งเปรียบเทียบ CMP และคำสั่งแปลงจากไบต์เป็นเวิร์ด CBW

5. จากตัวอย่างคำสั่งข้างล่างจงอธิบายความหมายของคำสั่งแต่ละบรรทัด

<u>ตัวอย่างคำสั่ง</u>

```
MOV     AL,25h
MOV     CL,13h
IMUL    CL
MOV     BX,3456h
IMUL    BX
```

6. จากตัวอย่างคำสั่งข้างล่างจงอธิบายความหมายของคำสั่งแต่ละบรรทัด

<u>ตัวอย่างคำสั่ง</u>

```
MOV     AX,2513h
MOV     DX,0000h
MOV     CX,1000H
DIV     CX
MOV     BL,3h
DIV     BL
```

7. จากตัวอย่างคำสั่งข้างล่างจงอธิบายความหมายของคำสั่งแต่ละบรรทัด

<u>ตัวอย่างคำสั่ง</u>

```
MOV     AL,11h
CBW
MOV     AL,A0h
CBW
```

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7

หัวข้อเนื้อหา

- รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีแบบเก่า
- รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีแบบใหม่
- ขั้นตอนการแปลโปรแกรม
- การเรียกใช้บริการของ DOS
- ตารางรหัสแอสกี

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- เข้าใจรูปแบบของการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี การประกาศเซกเมนต์แบบต่างๆ เช่น เซกเมนต์ cseg dseg และ sseg เป็นต้น
- สามารถและเข้าใจการประกาศข้อมูล การใส่หมายเหตุ และการสั่งให้โปรแกรมจบการทำงาน
- สามารถและเข้าใจการเรียกใช้บริการของ DOS และอ่านตารางรหัสแอสกีได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 7 โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเบื้องต้น (Assembly Language Progamming)

ในบทนี้เราจะศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีแบบเต็มรูปแบบ นั่นคือเราจะเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เป็นโปรแกรมที่ทำงานได้จริง มีการกำหนดรูปแบบต่างๆ ครบถ้วน โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เราจะเขียนต่อไปนี้ไม่ได้ทำงานบนโปรแกรม DEBUG เท่านั้น เราจะต้องใช้ assembler แปลโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นให้อยู่ในรูปที่คอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลได้เสียก่อน

รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

โปรแกรมที่ทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้หน่วยประมวลผลตระกูล 80x86 นั้นจะมีการแบ่งโปรแกรมทั้งหมดเป็นเซกเมนต์ย่อย ๆ เช่น Code segment Data segment หรือ Stack segment ดังนั้นในโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เราเขียนจะประกอบไปด้วยเซกเมนต์ต่าง ๆ เช่นเดียวกัน ภายในเซกเมนต์ต่าง ๆ ที่เราประกาศเราจะระบุข้อมูลและโปรแกรมที่จะอยู่ในเซกเมนต์นั้น

ตัวอย่างโปรแกรม

```
;
; This program prints the message "Hello world"
;
dseg    segment
msg1    db      'Hello world',10h,13h,'$'
dseg    ends

sseg    segment stack
        db      100 dup (?)
sseg    ends

cseg    segment
        assume cs:cseg,ds:dseg,ss:sseg

start:
        mov     ax,dseg
        mov     ds,ax
        mov     ah,9h
        mov     dx,offset msg1
```

```
        int     21h
        mov     ax,4c00h
        int     21h
cseg    ends
        end     start
```

จากตัวอย่าง เราจะสังเกตได้ว่าโปรแกรมได้ประกาศเซกเมนต์ทั้งหมด 3 เซกเมนต์ คือ cseg dseg และ sseg เซกเมนต์ดังกล่าวนี้ถูกประกาศด้วย**คำสั่งเทียม segment** การที่เราเรียกคำสั่ง segment ว่าคำสั่งเทียม เพราะคำสั่งนี้เป็นคำสั่งที่ผู้เขียนโปรแกรมระบุให้โปรแกรม assembler แปลโปรแกรมตามลักษณะที่กำหนด โดยจะไม่มีคำสั่งภาษาเครื่องถูกสร้างจากคำสั่งกลุ่มนี้ ตัวอย่างอื่น ๆ ของคำสั่งเทียมคือ db assume และ org เป็นต้น

การประกาศเซกเมนต์

การประกาศเซกเมนต์ในโปรแกรมภาษาเอสเซมบลี เราใช้คู่คำสั่งเทียม segment และ ends โดยมีลักษณะการประกาศดังนี้.

```
segment_name        segment
        ...
segment_name        ends
```

จากตัวอย่างเราได้ประกาศเซกเมนต์ cseg dseg และ sseg **คำสั่งเทียม stack** ระบุให้ระบบใช้เซกเมนต์ sseg เป็นแสต็กของโปรแกรม **คำสั่งเทียม assume** เป็นการระบุให้ assembler ได้ทราบว่าเซกเมนต์ที่เราประกาศนั้นจะให้ระบบพิจารณาว่าทำหน้าที่อะไรและมีเซกเมนต์รีจิสเตอร์ใดเป็นตัวเก็บค่าเซกเมนต์ จากตัวอย่างเราประกาศให้ assembler ทราบว่าเซกเมนต์ cseg จะชี้โดยรีจิสเตอร์ CS เซกมนต์ dseg จะชี้โดยรีจิสเตอร์ DS และเซกเมนต์ sseg จะชี้โดยรีจิสเตอร์ SS คำสั่งเทียม assume นี้จะเป็นการบอก assembler ให้พิจารณาตามที่ระบุเท่านั้น ไม่ได้เป็นการสั่งให้ assembler กำหนดค่าต่าง ๆ ให้โดยอัตโนมัติ สังเกตได้จากในตอนต้นของโปรแกรมเรามีชุดคำสั่งเพื่อปรับค่าของรีจิสเตอร์ DS ดังนี้

```
mov     ax,dseg
mov     ds,ax
```

ชุดคำสั่งนี้จะปรับค่าของรีจิสเตอร์ DS ให้ชี้ไปที่ dseg สำหรับรีจิสเตอร์ SS ระบบจะปรับค่าให้ชี้ไปที่เซกเมนต์ที่เราระบุไว้โดยคำสั่งเทียม stack ส่วนกรณีของรีจิสเตอร์ CS นั้นระบบจะตั้งค่าให้ตรงกับเซกเมนต์ที่เริ่มต้นโปรแกรม

โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีจะประกอบไปด้วยการประกาศเซกเมนต์ต่าง ๆ และจะสิ้นสุดโปรแกรมที่ **คำสั่งเทียม end** หลังคำสั่งเทียม end เราจะระบุจุดเริ่มต้นของโปรแกรม ในโปรแกรมตัวอย่างเราระบุจุดเริ่มต้นของโปรแกรมที่เลเบล start ที่เราประกาศไว้ที่ตอนต้นของโปรแกรม การประกาศเลเบลเราสามารถทำได้ดังนี้

label_name:

ระบบจะจดจำตำแหน่งของเลเบลที่เราประกาศไว้และจะนำแอดเดรสของเลเบลไปแทนที่ให้โดยอัตโนมัติ. การที่โปรแกรม assembler จัดการเรื่องเกี่ยวกับเลเบลในโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีนั้น นับเป็นการเพิ่มความสะดวกให้กับผู้เขียนโปรแกรมเป็นอย่างมาก

การประกาศข้อมูล

ภายในเซกเมนต์ข้อมูลเราสามารถประกาศข้อมูลต่าง ๆ ได้ จากโปรแกรมตัวอย่างเราประกาศข้อมูลเป็นข้อความที่จะให้โปรแกรมพิมพ์ออกมา เราจะศึกษารูปแบบการประกาศข้อมูลในบทต่อไป

การใส่หมายเหตุ

หลังเครื่องหมาย ‘;’ assembler จะตีความว่าเป็นหมายเหตุ การใส่หมายเหตุจะช่วยทำให้โปรแกรมอ่านง่ายขึ้น จากตัวอย่างโปรแกรมข้างต้น 3 บรรทัดแรกจะเป็นหมายเหตุ

การสั่งให้โปรแกรมจบการทำงาน

โปรแกรมจะจบการทำงานเมื่อเราสั่งให้โปรแกรมจบการทำงานเท่านั้น ถ้าเราไม่ได้สั่งให้จบการทำงานเมื่อจบโปรแกรมแล้ว หน่วยประมวลผลจะทำงานคำสั่งอื่น ๆ ที่อยู่ในหน่วยความจำต่อจากโปรแกรมของเราไปเรื่อยๆ ในโปรแกรม DEBUG เราเรียกใช้คำสั่ง INT 20h เพื่อให้โปรแกรมจบการทำงาน แต่ในโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีทั่วไปเราจะเรียกใช้บริการหมายเลข 4Ch ของระบบปฏิบัติการ DOS โดยจากโปรแกรมตัวอย่างเราใช้คำสั่งดังนี้

```
mov    ax,4C00h
int    21h
```

ในโปรแกรมตัวอย่างนี้ เราได้เรียกใช้บริการของ DOS ในการพิมพ์ข้อความด้วย เราเรียกใช้บริการหมายเลข 9 โดยใช้คำสั่ง

```
mov    ah,9h
mov    dx,offset msg1
int    21h
```

สำหรับการเรียกใช้บริการของ DOS เราจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป.

ตัวอย่างโครงร่างของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

```
dseg    segment
;       ประกาศข้อมูล
dseg    ends
sseg    segment stack
        db      100 dup (?)
```

```
sseg    ends
cseg    segment
        assume cs:cseg,ds:dseg,ss:sseg
start:
        mov    ax,dseg;ตั้งค่า DS
        mov    ds,ax
;       ตัวโปรแกรม
        mov    ax,4c00h        ;จบโปรแกรม
        int    21h
cseg    ends
        end    start
```

รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีแบบใหม่

รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เราใช้ในตอนต้นนั้นเป็นรูปแบบเก่า ในปัจจุบันโปรแกรม assembler ส่วนใหญ่มีรูปแบบในการประกาศเซกเมนต์ต่าง ๆ ให้ง่ายขึ้น โดยใช้คุณสมบัติของ MACRO ต่าง ๆ โปรแกรมตัวอย่างแรกของเราเมื่อนำมาเขียนในรูปแบบใหม่จะได้เป็น

```
;
; This program prints the message ”Hello world”
;
.model  small
.dosseg
.data
msg1    db      ’Hello world’,10h,13h,’$’
.stack 100h
.code
start:
        mov    ax,@data
        mov    ds,ax
        mov    ah,9h
        mov    dx,offset msg1
        int    21h
        mov    ax,4c00h
        int    21h
end     start
```

จะสังเกตได้ว่าโปรแกรมกระทัดรัดขึ้นมาก ข้อแตกต่างของโปรแกรมที่เขียนในรูปแบบใหม่คือชื่อของเซกเมนต์ต่าง ๆ จะถูกกำหนดให้โดยอัตโนมัติ เราจะสังเกตได้ว่าในส่วนของการกำหนดค่า DS เราใช้ชื่อของเซกเมนต์ข้อมูลว่า @data เป็นต้น

การเรียกใช้บริการของ DOS

เราสามารถเรียกใช้บริการต่าง ๆ ของ DOS ได้โดยผ่านทางการขัดจังหวะหมายเลข 21h DOS ได้จัดสรรบริการ (function) ต่าง ๆ มากมายให้กับผู้เขียนโปรแกรม. เมื่อเราเรียกใช้บริการเราจะต้องระบุว่าต้องการบริการใด. เราระบุโดยกำหนดค่าหมายเลขของบริการลงในรีจิสเตอร์ AH พร้อมทั้งข้อมูลต่าง ๆ ของการเรียกใช้บริการนั้น (พารามิเตอร์ต่าง ๆ) รูปแบบคร่าว ๆ ของการเรียกใช้บริการของ DOS เป็นดังนี้

```
mov    ah,function_number   ;(set function parameters)
int    21h
```

บริการต่าง ๆ ของ DOS ที่สำคัญ และพารามิเตอร์ของบริการต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

ตาราง 7.1 บริการของ DOS ที่สำคัญและพารามิเตอร์

หมายเลข	หน้าที่	พารามิเตอร์	หมายเหตุ
01h	รับค่าจากแป้นพิมพ์	Input : AH = 01h Output :AL = รหัสแอสกีของปุ่มที่กด	
02h	แสดงตัวอักษร	Input : AH = 02h DL = รหัสแอสกีของอักษรที่จะแสดง	
05h	พิมพ์ตัวอักษรทางเครื่องพิมพ์	Input : AH = 05h DL = รหัสแอสกีของอักษรที่จะพิมพ์	
07h	อ่านตัวอักษรจากแป้นพิมพ์ แต่ไม่แสดงผล (ไม่ตรวจสอบ Crtl-Break)	Input : AH = 07h Output :AL = รหัสแอสกีของอักษรที่อ่านได้	
08h	อ่านตัวอักษรจากแป้นพิมพ์ แต่ไม่แสดงผล (ตรวจสอบ Crtl-Break)	Input : AH = 07h Output :AL = รหัสแอสกีของอักษรที่อ่านได้	
09h	พิมพ์ข้อความ	Input : AH = 09h DS:DX = ตำแหน่งของข้อความที่ต้องการพิมพ์ ข้อความจบด้วยอักษร '$'	การประกาศข้อมูลในหน่วยความจำจะอธิบายในบทถัดไป
0Ah	อ่านข้อความ	Input : AH = 0Ah DS:DX = ตำแหน่งของบัฟเฟอร์เก็บข้อมูล.	รูปแบบของบัฟเฟอร์และการใช้บริการนี้จะอธิบายในบทถัดไป
4Ch	จบโปรแกรม	Input : AH = 4Ch AL = รหัสที่จะส่งคือสู่ระบบ	

ขั้นตอนการแปลโปรแกรม

เราจะต้องแปลโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถทำงานได้ โดยขั้นตอนการแปลโปรแกรมเป็นดังนี้.

1. แปลโปรแกรมเป็นแฟ้มเป้าหมาย (object file) นามสกุล OBJ โดยใช้โปรแกรม assembler ต่าง ๆ เช่น Macro Assembler (MASM) หรือ Turbo Assembler (TASM)

2. นำมาแฟ้มเป้าหมายแฟ้มเดียวหรือหลายแฟ้มมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันโดยใช้โปรแกรม LINK.

ตัวอย่างการแปลโปรแกรม

จากโปรแกรมตัวอย่าง สมมติว่าเราเก็บในแฟ้มชื่อ EX1.ASM เราสามารถสั่งแปลโปรแกรมโดยใช้ Macro Assembler ได้ดังนี้

```
A:\>masm ex1;
Microsoft (R) MASM Compatibility Driver
Copyright (C) Microsoft Corp 1991.  All rights reserved.

 Invoking: ML.EXE /I. /Zm /c /Ta ex1.asm

Microsoft (R) Macro Assembler Version 6.00
Copyright (C) Microsoft Corp 1981-1991.  All rights reserved.

 Assembling: ex1.asm
```

ถ้าโปรแกรมมีข้อผิดพลาด assembler จะแจ้งข้อผิดพลาดกลับมาให้ทราบ เราสามารถแก้ไขและแปลโปรแกรมใหม่ได้ เมื่อเราแปลโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเรียบร้อยแล้ว เราจะได้แฟ้มเป้าหมายที่มีนามสกุลเป็น OBJ เช่นจากตัวอย่างเราจะได้ EX1.OBJ เราจะให้โปรแกรม LINK เพื่อแปลแฟ้มเป้าหมาย (Object file) ให้เป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานได้ ดังนี้

```
A:\>link ex1;
Microsoft (R) Segmented-Executable Linker  Version 5.13
Copyright (C) Microsoft Corp 1984-1991.  All rights reserved.
```

เราจะได้แฟ้มที่มีนามสกุล EXE ซึ่งสามารถเรียกใช้ได้จาก DOS prompt

ตัวอย่างโปรแกรม

ตัวอย่างที่ 1

โปรแกรมนี้รับการกดปุ่มจากผู้ใช้โดยใช้บริการหมายเลข 01h แล้วแสดงอักขระที่อ่านได้โดยใช้บริการของ DOS หมายเลข 02h สังเกตว่าโปรแกรมนี้ไม่มีการใช้ข้อมูลในหน่วยความจำ ดังนั้นจึงไม่ต้องประกาศเซกเมนต์ข้อมูล

```
;Ex1
.model  small
.dosseg
.stack  100h
.code
start:
        mov     ah,01h          ;read character (Function 01h)
        int     21h
        mov     dl,al           ;copy character to DL
        mov     ah,02h          ;display it (Function 02h)
        int     21h
        mov     ax,4C00h                ;Exit (Function 4Ch)
        int     21h
end     start
```

ตัวอย่างที่ 2

โปรแกรมนี้รับการกดปุ่มจากผู้ใช้โดยใช้บริการหมายเลข 01h แล้วแสดงอักขระที่มีรหัสแอสกีถัดจากอักขระที่อ่านได้ การแสดงตัวอักษรใช้บริการของ DOS หมายเลข 02h เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 1 โปรแกรมนี้ไม่มีการใช้ข้อมูลในหน่วยความจำจึงไม่มีการประกาศเซกเมนต์ข้อมูล โปรแกรมนี้เขียนโดยใช้รูปแบบในการเขียนแบบเก่า

```
;Ex2
sseg    segment stack
        db      100 dup (?)
sseg    ends

cseg    segment
        assume  cs:cseg,ss:sseg
```

```
start:
        mov     ah,01h          ;read character (Function 01h)
        int     21h
        mov     dl,al           ;copy to DL
        inc     dl              ;increse DL (next char.)
        mov     ah,02h          ;display it (Function 02h)
        int     21h
        mov     ax,4C00h                ;Exit
        int     21h
cseg    ends
        end     start
```

ตัวอย่างที่ 3

โปรแกรมนี้รับตัวอักษรจากผู้ใช้ จากนั้นแปลงตัวอักษรเล็กให้เป็นตัวอักษรใหญ่โดยการลบค่ารหัสแอสกีด้วย 32 แล้วแสดงอักขระนั้นกับผู้ใช้

```
.model  small
.dosseg

.stack  100h

.code
start:
        mov     ah,01h          ;read char.
        int     21h
        mov     dl,al
        sub     dl,32           ;change char. case
        mov     ah,02h          ;display it
        int     21h
        mov     ax,4C00h                ;exit
        int     21h
end     start
```

ตัวอย่างที่ 4

โปรแกรมนี้ทำงานเหมือนโปรแกรมในตัวอย่างที่ 3 แต่ไม่แสดงอักษรที่ผู้ใช้ป้อนให้ผู้ใช้เห็น โดยใช้บริการหมายเลข 08h แทนบริการหมายเลข 01h ในตัวอย่างที่ 3

```
sseg    segment stack
        db      100 dup (?)
sseg    ends

cseg    segment
        assume  cs:cseg,ss:sseg
start:
        mov     ah,08h          ; read char (Function 08h)
        int     21h
        mov     dl,al
        sub     dl,32           ; Change case
        mov     ah,02h
        int     21h
        mov     ax,4C00h                ; exit
        int     21h
cseg    ends
        end     start
```

หมายเหตุ ตารางรหัสแอสกี

0	*NUL*	16	*DLE*	32	*SP*	48	0	64	@	80	P	96	‘	112	p
1	*SOH*	17	*DC1*	33	!	49	1	65	A	81	Q	97	a	113	q
2	*STX*	18	*DC2*	34	”	50	2	66	B	82	R	98	b	114	r
3	*ETX*	19	*DC3*	35	#	51	3	67	C	83	S	99	c	115	s
4	*EOT*	20	*DC4*	36	$	52	4	68	D	84	T	100	d	116	t

5	*ENQ*	21	*NAK*	37	%	53	5	69	E	85	U	101	e	117	u
6	*ACK*	22	*SYN*	38	&	54	6	70	F	86	V	102	f	118	v
7	*BEL*	23	*ETB*	39	’	55	7	71	G	87	W	103	g	119	w
8	*BS*	24	*CAN*	40	(	56	8	72	H	88	X	104	h	120	x
9	*HT*	25	*EM*	41	)	57	9	73	I	89	Y	105	I	121	y
10	*LF*	26	*SUB*	42	*	58	:	74	J	90	Z	106	j	122	z
11	*VT*	27	*ESC*	43	+	59	;	75	K	91	[	107	k	123	{
12	*FF*	28	*FS*	44	,	60	<	76	L	92	\	108	l	124	|
13	*CR*	29	*GS*	45	-	61	=	77	M	93	]	109	m	125	}
14	*SO*	30	*RS*	46	.	62	>	78	N	94	^	110	n	126	~
15	*SI*	31	*US*	47	/	63	?	79	O	95	_	111	o	127	

รหัสหมายเลข 0 - 31 เป็นรหัสควบคุม รหัส 32 คือช่องว่าง

สรุป

ภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language) เป็นภาษาที่ใช้สัญญาลักษณ์ในการสื่อสารความหมาย ภาษาแอสเซมบลีมีลักษณะคำสั่ง ที่ขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานและมีการแปลคำสั่งให้เป็นภาษาเครื่อง นอกจากภาษาเครื่อง และ ภาษาแอสเซมบลีแล้ว ก็ยังมีภาษาระดับสูง เช่น Basic Cobol Fortran ซึ่งเป็นภาษาที่มีคำสั่งใกล้เคียงกับภาษาอังกฤษมากทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้สะดวกและรวดเร็ว แต่ว่าโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาระดับสูงต้องใช้เนื้อที่เก็บในหน่วยความจำเป็นจำนวนมาก อีกทั้งทำงานได้ช้ากว่าภาษาแอสเซมบลี ดังนั้นภาษาระดับสูงจึงไม่นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับการทำงานที่ระบบการควบคุมที่มีความสำคัญมาก

ภาษาแอสเซมบลี เหมาะกับโปรแกรมที่ใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำไม่มากนัก ทั้งทำงานได้รวดเร็ว และในการควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง

คำสั่งปฏิบัติการของภาษาแอสเซมบลี แบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

1. Machine instruction เป็นคำสั่งที่ทำให้เกิดการปฏิบัติการ (execution) ชุดของคำสั่งอยู่ใน assembler's instruction

2. Assembler instruction เป็นคำสั่งที่บอกแอสเซมเบลร์ให้ทำการระหว่างการแอสเซมบลี source program

3. Macro instruction เป็นคำสั่งที่บอกแอสสเซมเบลร์ให้ดำเนินการกับชุดของคำสั่งที่ได้บอกไว้ก่อนแล้ว ซึ่งจากชุดของคำสั่งนี้ แอสเซมเบลร์จะผลิตชุดของคำสั่งซึ่งต่อไปจะดำเนินการเหมือนหนึ่งว่าชุดของคำสั่งนี้เป็นส่วนหนึ่งของ source program แต่เริ่มแรก

4. Pseudo instruction เป็นคำสั่งที่บอกให้แอสเซมเบลร์รู้ว่า ควรปฏิบัติการเช่นไรกับข้อมูลการ branch อย่างมีข้อแม้ แมคโคและ listing ซึ่งปกติแล้วคำสั่งเหล่านี้จะไม่ผลิตคำสั่งภาษาเครื่องให้

คำถามทบทวน

1. โปรแกรมที่ทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้หน่วยประมวลผลตระกูล 80x86 นั้นจะมีการแบ่งโปรแกรมทั้งหมดเป็นเซกเมนต์ย่อย ๆ อะไรบ้าง

2. จงอธิบายขั้นตอนการแปลโปรแกรมในภาษาแอสเซมบลี

3. จงแสดงรูปแบบวิธีการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีแบบใหม่

4. แฟ้มเป้าหมาย (Object file) คืออะไรและมีความสัมพันธ์กันอย่างไรกับการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

5. จงเขียนโปรแกรมนี้รับตัวอักษรจากผู้ใช้ จากนั้นแปลงตัวอักษรใหญ่ให้เป็นตัวอักษรเล็กออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Display on Screen)

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8

หัวข้อเนื้อหา

- การประกาศข้อมูล
- การอ้างใช้ข้อมูลที่ประกาศไว้
- การอ้างตำแหน่งของข้อมูล
- การประกาศข้อมูลสำหรับการใช้บริการของ DOS หมายเลข 09h และ 0Ah
- การใช้บริการของ DOS หมายเลข 0Ah : การอ่านข้อความ
- การใช้บริการของ DOS หมายเลข 09h : การอ่านพิมพ์ข้อความ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- เข้าใจรูปแบบการประกาศข้อมูลหรือตัวแปรในโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี
- สามารถและเข้าใจการอ้างใช้ข้อมูลหรือตัวแปรที่ประกาศไว้
- สามารถและเข้าใจฟังก์ชั่นหมายเลข 09h และ 0Ah ของ DOS ว่าเป็นฟังก์ชั่นที่ทำงานอย่างไร

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 8 การประกาศข้อมูล (Data Declared)

ในบทที่แล้วเราได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีและการประกาศเซกเมนต์แล้ว ในบทนี้เราจะศึกษาเกี่ยวกับการประกาศข้อมูลภายในเซกเมนต์ข้อมูล และการใช้บริการหมายเลข 09h และ 0Ah ของระบบปฏิบัติการ DOS ในการแสดงผลข้อความและการอ่านข้อความจากผู้ใช้

การประกาศข้อมูล

การประกาศข้อมูลหรือตัวแปรในโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีนั้น ทำได้โดยประกาศจองเนื้อที่ในหน่วยความจำในเซกเมนต์ข้อมูล แล้วตั้งเลเบลของข้อมูลนั้นไว้ ในการอ้างถึงข้อมูลในหน่วยความจำตำแหน่งนั้น เราสามารถอ้างโดยใช้เลเบลที่เราประกาศไว้ได้ ดังนั้นการประกาศตัวแปรหรือข้อมูลนั้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการประกาศเลเบลนั่นเอง

คำสั่งเทียมในการประกาศข้อมูล

คำสั่งเทียมที่เราใช้ในการประกาศข้อมูลมีหลายคำสั่ง ดังตารางที่ 8.1 คำสั่งเทียมเหล่านี้ใช้ในระบุขนาดในการจองหน่วยความจำ

ตารางที่ 8.1 คำสั่งเทียมสำหรับการระบุขนาดข้อมูลในการจองหน่วยความจำ

คำสั่งเทียม	ความหมาย
DB	Define Byte : ประกาศจองข้อมูลให้มีขนาดหน่วยละ 1 ไบต์
DW	Define Word : ประกาศจองข้อมูลให้มีขนาดหน่วยละ 1 เวิร์ด (2 ไบต์)
DD	Define Doubleword : ประกาศจองข้อมูลให้มีขนาดหน่วยละ 2 เวิร์ด
DQ	Define Quadword : ประกาศจองข้อมูลให้มีขนาดหน่วยละ 4 เวิร์ด
DT	Define Ten Bytes : ประกาศจองข้อมูลให้มีขนาดหน่วยละ 10 ไบต์

ในการประกาศจองข้อมูลนี้จะทำให้ assembler กันเนื้อที่ในเซกเมนต์นั้นตามข้อมูลที่ระบุตามหลังคำสั่งเทียมเหล่านี้ โดยจะกันหน่วยความจำที่มีขนาดของแต่ละหน่วยตามที่ระบุในคำสั่ง

รูปแบบของการประกาศข้อมูล

ในการประกาศข้อมูล (ตัวแปร) เรามักประกาศในเซกเมนต์ข้อมูล โดยเราจะระบุชื่อของตัวแปรนั้น พร้อมทั้งคำสั่งเทียมที่ใช้ระบุขนาดของข้อมูล จากนั้นเราจะระบุข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้ตำแหน่งที่จะจองนั้น รูปแบบในการระบุเป็นดังนี้

variable_name Dx *data*

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.1 การประกาศข้อมูล

ตัวอย่างการประกาศข้อมูล

จากการประกาศข้อมูลในส่วนของโปรแกรมที่ 8.2 จะมีการจัดสรรเนื้อที่ในหน่วยความจำดังรูปที่ 8.1 สังเกตว่าในการประกาศ data1 กับ data2 นั้นการระบุข้อมูลเหมือนกันแต่ขนาดของข้อมูลต่างกัน ทำให้การจองเนื้อที่ในหน่วยความจำแตกต่างกันด้วย

```
dseg    segment
data1   db      1,2
data2   dw      1,2
data3   db      'Hi',10,13
data4   dd      1234h
dseg    ends
```

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.2 ตัวอย่างการประกาศข้อมูล

DS:00h	01h	data1
DS:01h	02h	
DS:02h	01h	data2
DS:03h	00h	
DS:04h	02h	
DS:05h	00h	
DS:06h	48h	data3
07h	69h	
08h	0Ah	
09h	0Ch	
0Ah	34h	data4
0Bh	12h	
0Ch	00h	
0Eh	00h	

รูปที่ 8.1 การจัดเรียงข้อมูลในหน่วยความจำจากการประกาศในส่วนของโปรแกรมที่ 8.2

การระบุไม่ระบุค่าของข้อมูลที่จองเนื้อที่

เราสามารถประกาศจองหน่วยความจำโดยไม่ระบุค่าเริ่มต้นได้โดยการระบุค่าเป็น '?' ดังเช่นในส่วนของโปรแกรมที่ 8.3 จะมีการจองเนื้อที่ไว้แต่ไม่มีการกำหนดค่าเริ่มต้น

```
data5    db      ?
data6    dw      ?
```

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.3 การใช้จองหน่วยความจำโดยไม่ระบุค่าเริ่มต้น

การประกาศข้อมูลที่ซ้ำกัน

เราสามารถใช้**คำสั่งเทียม dup** เพื่อบอกการซ้ำกันของข้อมูลได้. รูปแบบของคำสั่งเทียม dup มีดังนี้

count dup (*value*)

ตัวอย่างของการประกาศที่ใช้คำสั่งเทียม dup ดังเช่นในส่วนของโปรแกรมที่ 8.4

```
data7    db      10 dup (0)
data8    db      5 dup (4 dup (0))
data9    dw      5 dup (1, 2, 3 dup (4))
data10   db      20 dup (?)
```

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.4 การใช้คำสั่งเทียม dup

Assembler จะจองหน่วยความจำขนาด 10 ไบต์ ที่มีค่าเป็น 0 และจะให้เลเบล data7 ชี้ไปที่ตำแหน่งเริ่มต้นของข้อมูลนี้. ในส่วนของ data8 จะเป็นข้อมูลแบบไบต์จำนวน 4x5 ไบต์ ที่มีค่าเท่ากับ 0 เช่นเดียวกัน สังเกตว่าภายในเครื่องหมายวงเล็บของคำสั่งเทียม dup เราสามารถใส่ข้อมูลได้หลายค่า รวมทั้งกำหนดค่าแบบซ้ำกันโดยใช้คำสั่ง dup อีกได้ ดังเช่นตัวแปร data9 ในตัวแปร data10 เป็นการประกาศจองหน่วยความจำไว้โดยไม่ระบุค่าเริ่มต้น

การอ้างใช้ข้อมูลที่ประกาศไว้

ในการอ้างใช้ข้อมูลหรือตัวแปรที่ประกาศไว้ เราสามารถอ้างโดยใช้ชื่อของเลเบลที่ประกาศไว้ได้ Assembler จะจัดการนำตำแหน่งของข้อมูลนั้นมาแทนค่าให้โดยอัตโนมัติ เรายังสามารถอ้างค่าในหน่วยความจำโดยอ้างสัมพัทธ์กับเลเบลที่เรากำหนดขึ้นได้ ส่วนของโปรแกรมที่ 8.5 เป็นโปรแกรมที่อ้างใช้ค่าของตัวแปรที่เรากำหนดในส่วนของโปรแกรมที่ 8.2 โดยหลังจากการทำงานของโปรแกรมค่าในหน่วยความจำจะเปลี่ยนไปตามรูปที่ 8.2

DS:00h	00h	data1
DS:01h	22h	
DS:02h	01h	data2
DS:03h	00h	
DS:04h	23h	
DS:05h	11h	
DS:06h	48h	data3
07h	69h	
08h	0Ah	
09h	0Ch	
0Ah	34h	data4
0Bh	12h	
0Ch	00h	
0Eh	00h	

รูปที่ 8.2 การเปลี่ยนแปลงค่าหลังการทำงานของโปรแกรมที่ 8.5

```
mov     al,data1
mov     bx,data2
mov     data1,0
mov     [data2+2],1123h
mov     data1[1],22h
mov     cl,byte ptr data4[2]
```

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.5 ตัวอย่างการเรียกใช้ตัวแปร

ค่าในรีจิสเตอร์ AL BX และ CL มีค่าเป็น 01h 01h และ 00h ตามลำดับ สังเกตว่าในการกำหนดค่าคงที่ให้กับตัวแปรในหน่วยความจำเรากระทำได้ทันทีโดยไม่ต้องระบุขนาด เนื่องจากในการประกาศตัวแปรเราได้ระบุกับ assembler แล้วว่าจะเป็นตัวแปรขนากเท่าใด. แต่ในกรณีที่เราต้องการจะอ้างแตกต่างจากที่เราระบุก็สามารถกระทำได้โดยต้องระบุขนาดของข้อมูลกำกับด้วย เช่นในคำสั่ง mov cl, byte ptr data4[2] เป็นการอ้างข้อมูลแบบ 8 บิต เพราะ CL เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต

การอ้างตำแหน่งของข้อมูล

เราสามารถอ้างถึงออฟเซ็ตของข้อมูลที่เราประกาศไว้ได้โดยใช้คำสั่งเทียม OFFSET ดังส่วนของโปรแกรมที่ 8.6

```
mov     bx,offset data1         ;bx = offset
mov     byte ptr [bx],10h
mov     bx,data2                ;bx = value at data2
```

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.6 การอ้างตำแหน่งของข้อมูล

การอ้างตำแหน่งข้อมูลโดยคิดสัมพัทธ์กับรีจิสเตอร์ BX

นอกจากการระบุตำแหน่งสัมพัทธ์กับเลเบลโดยใช้ค่าคงที่แล้ว เราสามารถระบุตำแหน่งของข้อมูลสัมพันธ์กับเลเบลโดยใช้ค่าจากรีจิสเตอร์ BX ได้ ตัวอย่างเช่นส่วนของโปรแกรมที่ 8.7

```
mov bx,0
mov ah,data3[bx]          ;ah=data3[0]
inc  bx
mov cl,data3[bx]          ;cl=data3[1]
mov bx,offset data3
mov dl,[bx+2]             ;dl=data3[2]
```

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.7 การอ้างตำแหน่งของข้อมูลสัมพัทธ์กับเลเบลโดยใช้ค่าจากรีจิสเตอร์ BX

ในคำสั่ง mov ก่อนบรรทัดที่ 5 เราอ้างหน่วยความจำโดยสัมพันธ์กับ data3 และค่าใน BX แต่ในคำสั่ง mov บรรทัดสุดท้ายของส่วนของโปรแกรมที่ 8.7 เราอ้างหน่วยความจำสัมพันธ์กับ BX ซึ่งเก็บออฟเซ็ตของ data3

การประกาศข้อมูลสำหรับการใช้บริการของ DOS หมายเลข 09h และ 0Ah

ฟังก์ชั่นหมายเลข 09h และ 0Ah ของ DOS เป็นฟังก์ชั่นที่ต้องมีการส่งแอดเดรสของข้อมูลในหน่วยความจำ การประกาศข้อมูลสำหรับฟังก์ชั่นหมายเลข 09h จะไม่มีความซับซ้อนมากนัก แต่สำหรับฟังก์ชั่นหมายเลข 0Ah การประกาศข้อมูลที่เหมาะสมจะทำให้เราเขียนโปรแกรมได้ง่ายมากขึ้น

การใช้บริการของ DOS หมายเลข 09h : การพิมพ์ข้อความ

ฟังก์ชั่นหมายเลข 09h นี้รับข้อมูลป้อนเข้าคือ :

AH = 09h

DS : DX = ตำแหน่งของหน่วยความจำของข้อมูลที่จะแสดง โดยข้อมูลนี้จะต้องจบด้วยอักขระ ‘$’

ถ้าเราต้องการพิมพ์ข้อความ “Hello world” เราสามารถประกาศข้อมูลในหน่วยความจำได้ดังนี้

```
dseg    segment
mesg    db        'Hello world',10,13,'$'
dseg    ends
```

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.8 ตัวอย่างการประกาศข้อมูลสำหรับการใช้บริการของ DOS หมายเลข 09h

เราสามารถสั่งแสดงข้อมูลดังกล่าวได้โดย

```
mov     ah,09h
mov     dx,offset mesg
int     21h
```

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.9 ตัวอย่างการการใช้บริการของ DOS หมายเลข 09h

อักขระหมายเลข 10 (Line feed) และ 13 (Carriage Return) คือรหัสควบคุมใช้ในการสั่งให้ขึ้นบรรทัดใหม่

การใช้บริการของ DOS หมายเลข 0Ah : การอ่านข้อความ

ฟังก์ชั่นนี้จะอ่านข้อความจากผู้ใช้จนกระทั่งผู้ใช้กดปุ่ม Enter โดยข้อมูลป้อนเข้าจะต้องระบุตำแหน่งของหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล (บัฟเฟอร์) ของข้อความ ฟังก์ชั่นหมายเลข 0Ah นี้รับข้อมูลป้อนเข้าคือ

AH = 0Ah

DS : DX = ตำแหน่งของหน่วยความจำที่จะใช้เก็บข้อความ (บัฟเฟอร์)

บัฟเฟอร์จะต้องมีรูปแบบดังนี้

1. ไบต์แรกของหน่วยความจำเก็บค่าความยาวสูงสุดของข้อความที่อ่านได้ ความยาวนี้จะรวมรหัสขึ้นบรรทัดใหม่ด้วย

2. DOS จะเขียนความยาวจริงของข้อความที่อ่านเข้ามาได้ในไบต์ที่สอง

3. สำหรับไบต์ถัด ๆ ไปจะเป็นรหัสแอสกีของข้อความที่อ่านเข้ามา

การประกาศข้อมูลสำหรับการเรียกใช้ฟังก์ชั่นนี้จะสามารถประกาศได้ดังส่วนของโปรแกรมที่ 8.10

```
dseg    segment
maxlen  db      30          ;Maximum of 30 chars
msglen  db      ?           ;2nd byte contains the real length
msg     db      30 dup (?)  ;Message recieved
dseg    ends
```

ส่วนของโปรแกรมที่ 8.10 ตัวอย่างการประกาศข้อมูลสำหรับการใช้บริการของ DOS หมายเลข 0Ah

เมื่อเราเรียกใช้บริการหมายเลข 0Ah เราจะส่งตำแหน่งของ maxlen ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของบัฟเฟอร์ที่เราประกาศไปให้กับ DOS จากนั้นเราสามารถอ่านความจริงของข้อความที่อ่านมาได้ทางตัวแปร msglen ตัวอย่างโปรแกรมที่ 8.11 แสดงการใช้งานบริการหมายเลข 0Ah ในการอ่านข้อความและแสดงข้อความนั้นออกมาโดยใช้บริการหมายเลข 09h

ในการรับข้อความนั้นบริการหมายเลข 0Ah จะเก็บอักขระขึ้นบรรทัดใหม่ให้ด้วย ดังนั้นเราจะต้องเพื่อขนาดบัฟเฟอร์ที่จะให้เก็บข้อความไว้ 1 ไบต์ด้วย แต่ในการคืนค่าความยาวของข้อความมาให้ บริการหมายเลข 0Ah นี้จะใส่ความยาวที่ไม่รวมอักขระขึ้นบรรทัดใหม่นี้ เมื่อเรารับข้อความเสร็จแล้ว เคอร์เซอร์จะอยู่ที่ต้นบรรทัดที่เราป้อนข้อความนั้น ดังนั้นถ้าเราพิมพ์ข้อความเดิมซ้ำไปอีกครั้งจะทำให้ข้อความทับกันและจะไม่ทราบว่ามีการพิมพ์ข้อความออกมาอย่างถูกต้องหรือไม่ ดังนั้นเราจึงใช้ฟังก์ชั่นหมายเลข 09h สั่งพิมพ์ชุดอักขระสำหรับการขึ้นบรรทัดใหม่ก่อนที่จะสั่งพิมพ์ข้อความที่รับมา

ข้อความที่สั่งพิมพ์ด้วยบริการหมายเลข 09h จะต้องจบด้วยอักขระ ‘$’ ดังนั้นเราจึงต้องกำหนดค่าในไบต์สุดท้ายของข้อความที่รับมาด้วยอักขระ ‘$’ โปรแกรมนี้จะทำงานผิดพลาดถ้าภายในข้อความมีเครื่องหมาย ‘$’ อยู่ด้วย

```
;
; display string
;
```

```
dseg    segment
;string buffer
maxlendb        30              ;29 chars + 1 return
msglen db       ?
msg             db      30 dup (?)      ;29 chars + 1 return
;newline string
newline         db      10,13,'$'
dseg    ends

sseg    segment         stack
        db      100h dup (?)
sseg    ends

cseg    segment
        assume          cs:cseg,ds:dseg,ss:sseg
start:
        mov     ax,dseg                 ;set DS
        mov     ds,ax

        mov     ah,0Ah                  ;read string
        mov     dx,offset maxlen
        int     21h

        mov     ah,09h                  ;newline
        mov     dx,offset newline
        int     21h

        mov     bl,msglen               ;get string length
        mov     bh,0

        mov     msg[bx],'$'             ;terminate string

        mov     ah,09h                  ;display it
        mov     dx,offset msg
        int     21h
```

```
        mov     ax,4C00h            ;bye-bye
        int     21h
cseg    ends
        end     start
```

โปรแกรมที่ 8.11 โปรแกรมรับข้อความและแสดงข้อความนั้นกลับมา

สรุป

การประกาศข้อมูลหรือตัวแปรในโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีนั้น ทำได้โดยประกาศจองเนื้อที่ในหน่วยความจำในเซกเมนต์ข้อมูล แล้วตั้งเลเบลของข้อมูลนั้นไว้ ในการอ้างถึงข้อมูลในหน่วยความจำตำแหน่งนั้น เราสามารถอ้างโดยใช้เลเบลที่เราประกาศไว้ได้ ดังนั้นการประกาศตัวแปรหรือข้อมูลนั้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการประกาศเลเบลนั่นเอง ส่วนในการอ้างใช้ข้อมูลหรือตัวแปรที่ประกาศไว้ เราสามารถอ้างโดยใช้ชื่อของเลเบลที่ประกาศไว้ได้ Assembler จะจัดการนำตำแหน่งของข้อมูลนั้นมาแทนค่าให้โดยอัตโนมัติ เรายังสามารถอ้างค่าในหน่วยความจำโดยอ้างสัมพัทธ์กับเลเบลที่เรากำหนดขึ้นได้

การประกาศข้อมูลสำหรับการใช้บริการของ DOS หมายเลข 09h และ 0Ah ฟังก์ชั่นหมายเลข 09h และ 0Ah ของ DOS เป็นฟังก์ชั่นที่ต้องมีการส่งแอดเดรสของข้อมูลในหน่วยความจำ การประกาศข้อมูลสำหรับฟังก์ชั่นหมายเลข 09h จะไม่มีความซับซ้อนมากนัก แต่สำหรับฟังก์ชั่นหมายเลข 0Ah การประกาศข้อมูลที่เหมาะสมจะทำให้เราเขียนโปรแกรมได้ง่ายมากขึ้น การใช้บริการของ DOS ฟังก์ชั่นหมายเลข 0Ah จะเกี่ยวข้องกับการอ่านข้อความส่วนฟังก์ชั่นหมายเลข 09h จะเกี่ยวข้องกับการพิมพ์ข้อความ

คำถามทบทวน

1. จงอธิบายความหมายของคำสั่งเทียมสำหรับการระบุขนาดข้อมูลในการจองหน่วยความจำต่อไปนี้
   DB, DW, DD, DQ, และ DT
2. จงแสดงวิธีการจัดเรียงข้อมูลในหน่วยความจำจากการประกาศในส่วนของโปรแกรมที่แสดงอยู่ข้างล่างนี้

```
dseg    segment
data1   dw      1,2
data2   dw      1,2
data3   db      'Cs',14,15
data4   dd      3456h
dseg    ends
```

2. คำสั่งเทียม dup มีไว้เพื่ออะไร
3. อักขระหมายเลข 10 (Line feed) และ 13 (Carriage Return) หมายถึงอะไร
4. จงอธิบายการประกาศข้อมูลแต่ละบรรทัดสำหรับการเรียกใช้ฟังก์ชั่นจากส่วนของโปรแกรมที่แสดงอยู่ข้างล่างนี้

```
dseg    segment
maxlen  db      60
```

```
msglen  db      ?
msg     db      40 dup (?)
dseg    ends
```

5. ถ้าเราต้องการพิมพ์ข้อความ “Computer Science SDU” เราสามารถประกาศข้อมูลในหน่วยความจำนี้ได้อย่างไร

6. ข้อความที่สั่งพิมพ์ด้วยบริการหมายเลข 09h จะต้องจบด้วยอักขระใดเสมอ

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 9

หัวข้อเนื้อหา

- คำสั่งกระโดด
- คำสั่งวนรอบ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข คำสั่งกระโดดที่พิจารณาค่าจากแฟล็ก และคำสั่งกระโดดที่พิจารณาค่าจากรีจิสเตอร์
- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับกลุ่มคำสั่งวนรอบ เช่น LOOP LOOPZ และ LOOPNZ เป็นต้น

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 9 คำสั่งกระโดดและการกระทำซ้ำ (Jump and Iteration Loop)

ในบทนี้เราจะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องคำสั่งกระโดด และคำสั่งเกี่ยวกับการทำซ้ำ เป้าหมายของบทนี้คือการนำคำสั่งเหล่านี้ไปใช้ในการสร้างโครงสร้างควบคุม (Control Structures) แบบต่าง ๆ ซึ่งเราจะศึกษาต่อไปในบทที่ 10

คำสั่งกระโดด

คำสั่งกระโดดเป็นคำสั่งที่สั่งให้หน่วยประมวลผลกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งอื่น รูปแบบทั่วไปของคำสั่งกระโดดคือ

Jxx label

คำสั่งกระโดดแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ คำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข และคำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไข คำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไขคือคำสั่ง JMP ส่วนในกลุ่มของคำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไขแบบคร่าว ๆ ออกเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มซึ่งพิจารณาการกระโดดจากค่าในแฟล็ก และกลุ่มที่พิจารณาการกระโดดจากค่าในรีจิสเตอร์ ส่วนใหญ่คำสั่งกระโดดที่พิจารณาค่าในแฟล็กจะใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่ง CMP คำสั่งกระโดดต่าง ๆ สรุปได้ดังตารางที่ 9.1

คำสั่งกระโดด	ความหมาย	เงื่อนไข
<u>คำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข</u>		
JMP	Jump	Always
<u>คำสั่งกระโดดที่พิจารณาค่าจากแฟล็ก</u>		
Zero flag		
JZ (JE)	Jump if Zero (Jump if Equal)	ZF = 1
JNZ (JNE)	Jump if Not Zero (Jump if Not Equal)	ZF = 0
Overflow flag		
JO	Jump if Overflow	OF = 1
JNO	Jump if Not Overflow	OF = 0
Parity flag		
JPO	Jump if Parity Odd	PF = 0
JPE	Jump if Parity Even	PF = 1
Signs flag		
JS	Jump if Sign	SF = 1
JNS	Jump if No Sign	SF = 0

คำสั่งกระโดด	ความหมาย	เงื่อนไข
Carry flag		
JC	Jump if Carry	CF = 1
JNC	Jump if No Carry	CF = 0
Comparing unsigned numbers		
JA (JNBE)	Jump if Above (Not Below or Equal)	(CF and ZF) = 0
JB (JNAE)		CF = 1
JAE (JNB)	Jump if Below (Not Above or Equal)	CF = 0
JBE (JNA)		(CF or ZF) = 1
	Jump if Above or Equal (Not Below)	
	Jump if Below or Equal (Not Above)	
Comparing signed numbers		
JG (JNLE)	Jump if Greater (Not Less or Equal)	ZF = 0 and SF = OF
JL (JNGE)		SF <> OF
JGE (JNL)	Jump if Less (Not Greater or Equal)	SF = OF
JLE (JNG)		(ZF = 1) of (SF <> OF)
	Jump if Greater or Equal (Not Less)	
	Jump if Less or Equal (Not Greater)	

ตารางที่ 6.1 คำสั่งกระโดดต่าง ๆ

คำสั่งกระโดด	ความหมาย	เงื่อนไข
<u>คำสั่งกระโดดที่พิจารณาค่าจากรีจิสเตอร์</u>		
Testing for CX		
JCXZ	Jump if CX is equal to zero	CX = 0

คำสั่งต่าง ๆ เหล่านี้จะใช้ในการสร้างโครงสร้างควบคุมการทำงานของโปรแกรม โดยจะใช้ประกอบกับคำสั่ง CMP ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยกเว้นคำสั่ง JCXZ จะนิยมใช้ประกอบกับกลุ่มคำสั่งประเภทการทำซ้ำ (LOOP) คำสั่งที่ใช้ควบคุมการกระโดดแบบมีเงื่อนไขที่ใช้การเปรียบเทียบระหว่างโอเปอร์แรนด์สองตัวของคำสั่ง CMP มีสองกลุ่มคือ กลุ่มที่คิดการเปรียบเทียบเป็นการเปรียบเทียบของเลขไม่คิดเครื่องหมาย (JA JB JAE JBE)

และกลุ่มที่คิดเป็นเลขคิดเครื่องหมาย (JG JL JGE JLE) ในการใช้คำสั่งกระโดดทั้งสองกลุ่มนี้เราจะต้องพิจารณาข้อมูลที่เปรียบเทียบกันด้วย.

ตัวอย่าง

```
(1)             cmp     ah,10           ; เปรียบเทียบ ah กับ 10
                jz      lab1            ; ถ้าเท่ากันให้กระโดดไปที่ lab1
                mov     bx,2
        lab1:   add     cx,10

(2)             cmp     ah,10           ; เปรียบเทียบ ah กับ 10
                jge     tenup           ; ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับให้กระโดดไปที่ tenup
                add     dl,'0'
                jmp     endif           ; กระโดดไปที่ endif
        tenup:
                add     dl,'A'
        endif:

(3)     getonechar:
                mov     ah,1            ; ใช้บริการหมายเลข 1 : อ่านอักขระ
                int     21h
                cmp     al,'Q'          ; เปรียบเทียบ al กับ 'Q'
                jne     getonechar      ; ถ้าไม่เท่ากันให้กระโดดไปที่ getonechar (กลับไปรับตัวอักษรใหม่)

(4)             mov     ah,02           ; บริการหมายเลข 2 : พิมพ์อักขระ
                mov     dl,32           ; เริ่มที่ ช่องว่าง ASCII = 32 (' ')
        printloop:
                cmp     dl,128          ; เปรียบเทียบ dl กับ 128 (ASCII สุดท้าย)
                ja      finish          ; ถ้ามากกว่ากระโดดไปที่ finish
                int     21h             ; พิมพ์อักขระที่มี ASCII = dl
                inc     dl              ; เพิ่ม dl
                jmp     printloop
        finish:
```

คำสั่งวนรอบ

คำสั่งที่ใช้กระทำซ้ำใน 8086 ยังมีอีกกลุ่มหนึ่งที่ใช้ค่าในรีจิสเตอร์ CX (Counter Register) ในการนับจำนวนครั้งของการทำงาน คำสั่งกลุ่มนี้คือ LOOP LOOPZ และ LOOPNZ

คำสั่ง LOOP

คำสั่ง LOOP จะลดค่าของรีจิสเตอร์ CX ลงหนึ่ง. ถ้า CX มีค่าไม่เท่ากับศูนย์คำสั่ง LOOP จะกระโดดไปทำงานที่เลเบลที่ระบุ รูปแบบของคำสั่ง LOOP เป็นดังนี้

```
LOOP  label
```

คำสั่ง LOOP จะลดค่าของรีจิสเตอร์ CX โดย**ไม่กระทบกับแฟล็ก**. นั่นคือคำสั่ง LOOP มีผลเหมือนคำสั่ง

```
DEC   CX
JNZ   label
```

แต่จะไม่มีผลกระทบกับแฟล็ก

ตัวอย่างการใช้คำสั่ง LOOP

โปรแกรมตัวอย่างนี้คำนวณผลรวมของเลขตั้งแต่ 1 ถึง 20

```
        mov     cx,20               ; ทำซ้ำ 20 ครั้ง
        mov     bl,1                ; เริ่มจาก 1
        mov     dx,0                ; กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับผลรวม
addonenumber:
        add     dl,bl               ; บวก 8 บิตล่าง
        adc     dh,0                ; รวมตัวทด
        inc     bl                  ; ตัวถัดไป
        loop    addonenumber        ; ถ้า CX ลดลงแล้วไม่เท่ากับ 0  ทำซ้ำต่อไป
```

คำสั่ง JCXZ

ในกรณีที่ CX มีค่าเท่ากับศูนย์ก่อนการกระทำซ้ำโดยใช้คำสั่ง LOOP ผลลัพธ์จากการลดค่าจะมีค่าเท่ากับ 0FFFFh ทำให้จำนวนรอบของการทำงานไม่ถูกต้อง เรานิยมใช้คำสั่ง JCXZ ในการป้องกันความผิดพลาดในกรณีที่ค่าของรีจิสเตอร์ CX มีค่าเท่ากับ 0 โดยปกติถ้า CX มีค่าเท่ากับศูนย์ เราจะ สั่งให้โปรแกรมกระโดดไปที่จุดสิ้นสุดการกระทำซ้ำ ดังตัวอย่าง

```
        initialization
        jcxz    endloop             ; CX =0 ?
label1:
        actions
        loop    label1              ; loop
endloop:
```

คำสั่ง LOOPZ และ LOOPNZ

คำสั่ง LOOPZ และ LOOPNZ มีลักษณะทำงานเหมือนคำสั่ง LOOP แต่จะนำค่าของแฟล็กมาใช้ในการพิจารณาการกระโดดด้วย. คำสั่ง LOOPZ จะลดค่าของรีจิสเตอร์ CX โดยไม่กระทบแฟล็กและจะกระโดดไปที่เลเบลที่ระบุเมื่อ CX มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ และ แฟล็กศูนย์มีค่าเป็น 1 (ผลลัพธ์ของคำสั่งก่อนหน้ามีค่าเท่ากับศูนย์) สังเกตว่า คำสั่ง LOOPZ จะทำงานเหมือนคำสั่ง LOOP แต่แฟล็กศูนย์จะต้องมีค่าเป็นหนึ่งด้วย คำสั่งนี้ถึงจะกระโดดไปที่เลเบลที่กำหนด ในทำนองกลับกันคำสั่ง LOOPNZ จะกระโดดไปทำงานเมื่อ CX มีค่าไม่เท่ากับศูนย์และแฟล็กศูนย์มีค่าเป็น 0 คำสั่งทั้งสองนิยมใช้ในการทำซ้ำที่ทราบจำนวนครั้งแต่มีเงื่อนไขในการทำซ้ำ

ตัวอย่างคำสั่ง LOOPZ และ LOOPNZ

ตัวอย่างนี้แสดงการใช้คำสั่ง LOOPNZ ในการค้นหาข้อมูลค่าหนึ่งจากชุดของข้อมูล. ในตัวอย่างนี้จำนวนข้อมูลคือ 100 ค่า และข้อมูลที่ต้องการค้นหาเก็บที่รีจิสเตอร์ DX

```
.data
datalistdw      100 dup (?)

.code

        ...                         ;
```

```
        mov     bx,offset datalist      ; ให้ BX เก็บค่าตำแหน่งของ datalist
        mov     cx,100                  ; ทำซ้ำ 100 ครั้ง
        dec     bx,2                    ; ลดค่าของ BX เพราะใน loop มีการเพิ่มค่า
checkdata:
        inc     bx,2                    ; BX ชี้ไปยังข้อมูลตัวถัดไป
        cmp     dx,[bx]                 ; เปรียบเทียบ
        loopnz  checkdata               ; ทำซ้ำถ้ายังไม่พบข้อมูลและยังไม่ครบข้อมูล
        jz      found                   ; ค้นเจอข้อมูลกระโดดไปที่ found

        ; not found                     ; ไม่พบข้อมูล

        ...

found:
        ; found                        ; พบข้อมูล

        ...
```

ในตัวอย่างแรกนี้คำสั่ง DEC BX,2 ในโปรแกรมก่อนที่จะถึงส่วนที่ทำงานซ้ำเป็นการปรับค่าของ BX ให้สอดคล้องกับการปรับค่าในส่วนที่ทำงานซ้ำ. การลดค่าของ BX ในกรณีนี้ทำให้การเปรียบเทียบครอบคลุมถึงค่าแรกของข้อมูลด้วย. การใช้เทคนิคเช่นนี้ในโปรแกรมอาจทำให้โปรแกรมทำงานได้เร็วขึ้น แต่อาจทำให้ผู้อื่นที่มาอ่านโปรแกรมของเราเข้าใจผิดได้. ดังนั้นถ้าเราใช้เทคนิคต่าง ๆ ในโปรแกรม เราควรใส่หมายเหตุให้ชัดเจน และโดยปกติเรายังสามารถใช้วิธีอื่นในการจัดการกับข้อมูลตัวแรกได้ ดังตัวอย่างถัดไป.

ตัวอย่างนี้เป็นการค้นหาอักษรตัวแรกของข้อความที่ไม่ใช่ช่องว่าง โดยข้อความนี้มีความยาว 100 ตัวอักษร ในตัวอย่าง ตำแหน่งเริ่มต้นของข้อความเก็บอยู่ที่ BX

```
        cmp     byte ptr [bx],' '       ; พิจารณาอักษรตัวแรก
        jnz     found                   ; อักษรตัวแรกไม่ใช่ช่องว่าง
        mov     cx,100                  ; ทำซ้ำ 100 ครั้ง
findnotspace:
        inc     bx                      ; BX ชี้ไปยังอักษรตัวถัดไป
        cmp     byte ptr [bx],' '       ; เปรียบเทียบ
        loopz   findnotspace            ; ทำซ้ำถ้ายังพบช่องว่างและยังไม่ครบข้อมูล
        jnz     found                   ; ค้นเจออักษรตัวแรก

        ; not found                     ; ข้อความมีแต่ช่องว่าง
        ...

found:
        ; found                        ; พบอักษรตัวแรก
        ...
```

ตัวอย่างโปรแกรม

ตัวอย่างที่ 1

โปรแกรมตัวอย่างต่อไปนี้เป็นโปรแกรมที่พิมพ์ค่าของรหัสแอสกีที่รับมาเป็นเลขฐานสิบหก. การแสดงตัวเลขเป็นเลขฐานสิบหกนั้นมีความยุ่งยากเพราะอักษร ‘0’ ถึง ‘F’ ที่จะใช้ในการแสดงค่านั้นมีรหัสแอสกีที่แยกออกเป็นสองช่วง. ช่วงแรกเป็นช่วยของตัวเลขเริ่มที่รหัส 48 ของเลขศูนย์ อีกกลุ่มหนึ่งคือช่วงของตัวอักษรเริ่มที่รหัส 65 ของตัว ‘A’. ดังนั้นในการแสดงผลเราจะต้องตรวจสอบตัวเลขในแต่ละหลักว่าอยู่ในช่วงใดโดยใช้การเปรียบเทียบ

```
;
; display ASCII in HEX
;
.model small
.dosseg

.data
newline         db      10,13,'$'

.stack  100h

.code
start:
        mov     ax,@data                ;set DS
        mov     ds,ax

        mov     ah,01h          ;Function 1 : Read char
        int     21h                     ;AL=ASCII

        mov     ah,0
        mov     bl,16                   ;div AL by 16
        div     bl
        mov     cl,al                   ;first digit
        mov     bl,ah                   ;second digit

        mov     dx,offset newline       ;display newline
        mov     ah,09h
```

```
        int     21h

        mov     dl,cl           ;print first digit
        cmp     cl,9
        ja      overnine1       ;above 9
        add     dl,'0'
        jmp     print1
overnine1:
        add     dl,'A'-10
print1:
        mov     ah,2
        int     21h

        mov     dl,bl           ;print second digit
        cmp     bl,9
        ja      overnine2
        add     dl,'0'
        jmp     print2
overnine2:
        add     dl,'A'-10
print2:
        mov     ah,2
        int     21h

        mov     ax,4C00h
        int     21h
end     start
```

ตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างนี้เป็นโปรแกรมที่รับข้อความจากผู้ใช้ และรับตัวอักษรที่ผู้ใช้ต้องการตรวจสอบว่ามีในข้อความหรือไม่. โปรแกรมจะแสดงคำตอบว่า YES หรือ NO โปรแกรมนี้ค้นหาตัวอักษรโดยใช้คำสั่ง LOOPNZ

```
; Find a character in a string
.model   small
.dosseg

.data
maxlen   db       30
strlen   db       ?
str      db       30 dup (?)

msg1     db       'Enter string :$'
msg2     db       10,13,'Enter character to find :$'
yesmsg   db       10,13,'YES',10,13,'$'
nomsg    db       10,13,'NO',10,13,'$'

.stack   100h

.code
start:
         mov      ax,@data
         mov      ds,ax

         mov      dx,offset msg1          ;disp msg1
         mov      ah,09h                  ;func 9
         int      21h

         mov      dx,offset maxlen
         mov      ah,0Ah                  ;read string
         int      21h

         mov      dx,offset msg2          ;disp msg2
```

```
                mov     ah,09h
                int     21h

                mov     ah,01h          ;read char
                int     21h
                mov     dl,al           ;dl=al=char

                mov     bx,offset str
                mov     cl,strlen
                mov     ch,0
                jcxz    notfound
                cmp     [bx],al         ;first char
                jz      found
                dec     cx              ;first char was compared
                jcxz    notfound        ;so we dec cx
compareloop:
                inc     bx              ;next char
                cmp     [bx],al
                loopnz  compareloop     ;loop
                jz      found           ;found?
notfound:
                mov     dx,offset nomsg ;set dx
                jmp     print
found:
                mov     dx,offset yesmsg ;set dx
print:
                mov     ah,09h          ;display msg
                int     21h             ;using func 09h
                mov     ax,4C00h
                int     21h
end     start
```

สังเกตว่าโปรแกรมนี้เราใช้คำสั่ง JCXZ ในการป้องกันกรณีที่ผู้ใช้ป้อนอักษรเพียงตัวเดียวหรือไม่ป้อนเลย. เราเลือกที่จะทดสอบตัวอักษรตัวแรก แทนที่จะใช้วิธีลดค่าของ BX ในการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลตัวแรก

สรุป

คำสั่งกระโดดแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ คำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข และคำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไข คำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไขคือคำสั่ง JMP ส่วนในกลุ่มของคำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไขแบบคร่าว ๆ ออกเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มซึ่งพิจารณาการกระโดดจากค่าในแฟล็ก และกลุ่มที่พิจารณาการกระโดดจากค่าในรีจิสเตอร์ ส่วนใหญ่คำสั่งกระโดดที่พิจารณาค่าในแฟล็กจะใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่ง CMP

คำถามทบทวน

1.จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างคำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไขและคำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไขว่ามีอะไรบ้าง

2.จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างคำสั่ง CMP กลุ่มที่คิดการเปรียบเทียบเป็นการเปรียบเทียบของเลขไม่คิดเครื่องหมายว่ามีอะไรบ้าง

3.จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างคำสั่ง CMP กลุ่มที่กลุ่มที่คิดเป็นเลขคิดเครื่องหมายว่ามีอะไรบ้าง

4. จงอธิบายการโปรแกรมตัวอย่างนี้คำนวณผลรวมของเลขตั้งแต่ 25 ถึง 100 แต่ละบรรทัดสำหรับการเรียกใช้ฟังก์ชั่นจากส่วนของโปรแกรมที่แสดงอยู่ข้างล่างนี้

```
        mov     cx,100
        mov     bl,25
        mov     dx,0
addonenumber:
        add     dl,bl
        adc     dh,0
        inc     bl
        loop    addonenumber
```

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 10

หัวข้อเนื้อหา

- การสร้างโครงสร้างการตัดสินใจแบบ if-then-else
- การสร้าง repeat until loop
- การสร้าง while loop
- การสร้าง for loop

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่มีโครงสร้างแบบต่าง ๆ เช่น if-then-else, repeat until loop, while loop และ for loop เป็นต้น

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า .

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 10 โครงสร้างควบคุม (Control Structure)

เราได้ศึกษาคำสั่งกระโดดในบทที่ 9 โดยคำสั่งกลุ่มนี้ทำให้เราสามารถเขียนโปรแกรมให้มีการทำงานที่ซับซ้อนขึ้นได้ แต่การใช้คำสั่งเหล่านี้อย่างไม่เป็นระบบทำให้โปรแกรมที่เขียนขึ้นนั้นทำความเข้าใจได้ยาก และมีลักษณะเหมือนเส้นสปาเก็ตตีได้ ในบทนี้เราจะพิจารณาการใช้คำสั่งกระโดดมาสร้างเป็นโครงสร้างควบคุมรูปแบบต่าง ๆ การใช้คำสั่งกระโดดในลักษณะนี้จะทำให้โปรแกรมของเรามีความเป็นโครงสร้างมากขึ้น

การสร้างโครงสร้างการตัดสินใจแบบ if-then-else

รูปแบบของโครงสร้างที่ง่ายที่สุดคือโครงสร้างแบบ if-then-else รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีให้มีโครงสร้างแบบ if-then-else มีลักษณะดังนี้

```
        if condition is false  then jump to elselabel
                then_actions
                jump to endif_label
elselabel:
                else_actions
endif_label:
```

ตัวอย่างของโปรแกรมมีลักษณะโปรแกรมที่ 10.1

(a)

```
if AL<10 then

  DL:=AL+'0'

else
  DL:=AL+'A'-10;
```

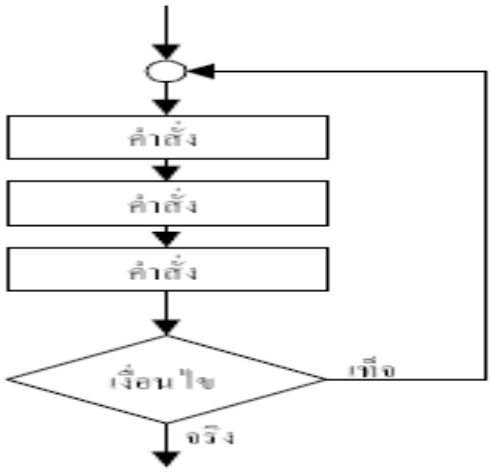
(b)

```
        cmp   al,10
        jae   abovenine

        mov   dl,al
        add   dl,'0'
        jmp   endif

abovenine:
        mov   dl,al
        add   al,'A'-10
endif:
```

โปรแกรมที่ 10.1 โปรแกรม (a) แสดงตัวอย่างของโปรแกรมที่เขียนด้วยโครงสร้างของภาษา pascal
โปรแกรม (b) แสดงโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เทียบเท่ากัน

การสร้าง repeat until loop

โครงสร้างของ repeat until loop ในภาษาระดับสูงทั่วไปมีลักษณะดังรูปที่ 10.1



รูปที่ 10.1 โครงสร้างควบคุมแบบ repeat until

เราสามารถเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาแอสเซมบลีโดยมีโครงสร้างแบบ repeat until ได้ ดังตัวอย่าง

(a)

```
BL:=1;
CX:=0;
DX:=0;
Repeat
DX:=DX+BL*BL;


BL:=BL+1;
CX:=CX+1;
until (DX>100);
```

(b)

```
    mov   bl,1
    mov   cx,0
    mov   dx,0
startloop:
    mov   al,bl
    mul   bl    ;result in ax
    add   dx,ax
    inc   bx
    inc   cx
    cmp   dx,100
    jbe   startloop
```

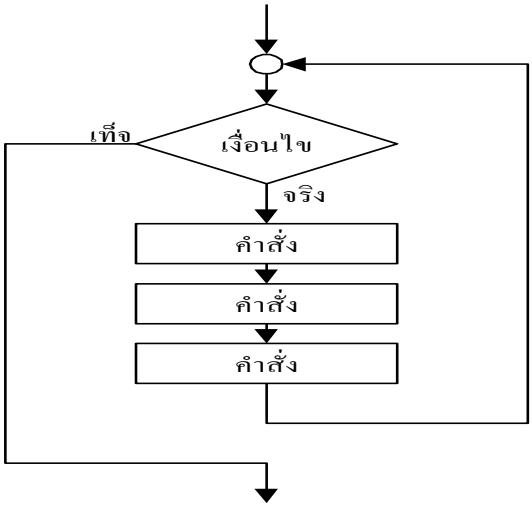
โปรแกรมที่ 10.2 โปรแกรม (a) แสดงตัวอย่างของโปรแกรมภาษา Pascal ที่ใช้โครงสร้างแบบ repeat until โปรแกรม (b) แสดงโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เทียบเท่ากัน

รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เทียบเท่ากับ repeat until loop มีลักษณะเป็นดังนี้

```
startlabel:
        action;
        ...
        action;
        if condition is false  then jump to startlabel
```

<u>การสร้าง while loop</u>

โครงสร้างของ while loop ในภาษาระดับสูงทั่วไปมีลักษณะเป็นดังนี้



รูปที่ 10.2 โครงสร้างควบคุมแบบ while

เราสามารถเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาแอสเซมบลีโดยมีโครงสร้างแบบ whil loop ได้ ดังตัวอย่าง

(a)

```
while (DL<>13) and
    (CX<20) do


begin
  AX:=AX+DL;

  BX:=BX+1;
  DL:=DATA[BX];
  CX:=CX+1;

end;
```

(b)

```
startloop:
    cmp   dl,13
    jz    endloop
    cmp   cx,20
    jae   endloop

    add   al,dl
    adc   ah,0
    inc   bx
    mov   dl,data[bx]
    inc   cx
    jmp   startloop
    endloop:

      ...
  action
  jump to startlabel
  endlabel:
```

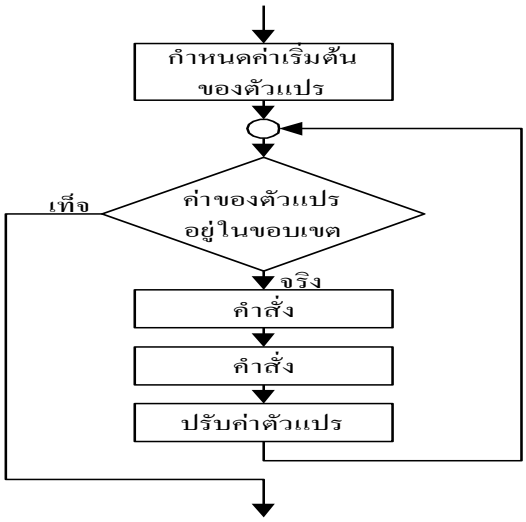
โปรแกรมที่ 10.3 โปรแกรม (a) แสดงตัวอย่างของโปรแกรมภาษา pascal ที่ใช้โครงสร้างแบบ while loop
โปรแกรม (b) แสดงโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เทียบเท่ากัน

รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เทียบเท่ากับ while loop มีลักษณะเป็นดังนี้

```
startlabel:
if condition is false  then
jump to endlabel
action
```

การสร้าง for loop

เราสามารถใช้คำสั่งกระโดดในการสร้างโครงสร้างแบบ for loop ได้ นอกจากนั้นเรายังสามารถใช้คำสั่งกลุ่ม LOOP ในการสร้างโครงสร้างแบบ for loop ได้เช่นเดียวกัน โครงสร้างของ for loop มีลักษณะดังรูปที่ 10.3



รูปที่ 10.3 โครงสร้างของ for loop

รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่มีโครงสร้างเป็นแบบ for loop มีลักษณะดังนี้

initialize index variables
startloop:
if *index value is not in the range* then jump to endloop
action
. . .
action
update index variable
jump to startloop
endloop:

ตัวอย่างของโปรแกรมที่เขียนโดยใช้รูปแบบลักษณะนี้เป็นดังโปรแกรมที่ 10.4.

(a)

```
CX:=0;

for DL:=1 to 100 do
```

(b)

```
    mov   cx,0

    mov   dl,1
startloop:
```

```
                                        cmp   dl,100
                                        ja    endloop
 begin
if DL mod 7=0 then                      mov   al,dl
                                        mov   ah,0
                                        mov   bl,7
                                        div   bl

                                        cmp   ah,0
                                        jne   endif

    CX:=CX+1;                           inc   cx
                                    endif:

 End;                                   inc   dl
                                        jmp   startloop
                                    endloop:
```

โปรแกรมที่ 10.4 โปรแกรม (a) แสดงตัวอย่างของโปรแกรมภาษา pascal ที่ใช้โครงสร้างแบบ for loop โปรแกรม (b) แสดงโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เทียบเท่ากัน

เรายังสามารถใช้คำสั่ง LOOP ในการสร้างโครงสร้างแบบ for loop ได้ เช่นเดียวกัน ดังต่อไปนี้

```
        set the value of  CX
startloop:
        actions
        LOOP  startloop
```

แต่การใช้คำสั่ง LOOP ในการสร้างโครงสร้างแบบ for loop ไม่สามารถสร้างโครงสร้างการกระทำซ้ำที่มีความซับซ้อนมาก ๆ ได้ เช่นการกระทำซ้ำที่มีวงรอบของการกระทำซ้ำซ้อนกันหลาย ๆ วง

สำหรับคำสั่ง LOOPZ และ LOOPNZ นั้น เราสามารถนำมาใช้ในการสร้างโครงสร้างควบคุมที่มีความซับซ้อนขึ้นได้ โดยโครงสร้างดังกล่าวจะมีลักษณะปนกันระหว่าง for loop และ while loop หรือ repeat until นั่นคือเงื่อนไขควบคุมการกระทำซ้ำจะขึ้นกับทั้งค่าของรีจิสเตอร์ (มีลักษณะคล้ายโครงสร้างแบบ for loop) และเป็นเงื่อนไขจริง ๆ (คล้าย repeat until loop และ while loop) ดังในตัวอย่างโปรแกรมต่อไปนี้

(a)

```
AX:=0;
CX:=100;

repeat
   AX:=AX+data[BX];
   BX:=BX+2;
   CX:=CX-1;
until (data[BX]=0) or
      (CX=0);
```

(b)

```
      mov    ax,0
      mov    cx,100

startloop:
      add    ax,data[BX]
      add    bx,2
      cmp    data[BX],0
      loopnz startloop
```

โปรแกรมที่ 10.5 โปรแกรม (a) โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา pascal
โปรแกรม (b) โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เทียบเท่ากัน

สรุป

การใช้คำสั่งกระโดดมาสร้างเป็นโครงสร้างควบคุมรูปแบบต่าง ๆ การใช้คำสั่งกระโดดในลักษณะนี้จะทำให้โปรแกรมของเรามีความเป็นโครงสร้างมากขึ้น เช่น การสร้างโครงสร้างการตัดสินใจแบบ if-then-else, repeat until loop**,** while loop และ for loop เป็นต้น ดังนั้นผู้เขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี**จำเป็น**จะต้องทำความเข้าวิธีการและรูปแบบการเลือกการสร้างโครงสร้างควบคุมใช้งานให้เหมาะสมมากที่สุด

คำถามทบทวน

1. อธิบายพร้อมยกตัวอย่างการทำงานชองโครงสร้างควบคุมรูปแบบ if-then-else
2. อธิบายพร้อมยกตัวอย่างการทำงานชองโครงสร้างควบคุมรูปแบบ repeat until loop
3. อธิบายพร้อมยกตัวอย่างการทำงานชองโครงสร้างควบคุมรูปแบบ while loop
4. อธิบายพร้อมยกตัวอย่างการทำงานชองโครงสร้างควบคุมรูปแบบ for loop
5.จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของรูปแบบโครงสร้างควบคุมแบบ repeat until และ while loop
6.จงเปลี่ยนโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาโปรแกรม pascal ที่ให้มาให้อยู่ในรูปของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เทียบเท่ากัน

```
AX:=20;
CX:=100;
repeat
   AX:=AX+data[BX];
   BX:=BX+8;
   CX:=CX-2;
until (data[BX]=0) or
  (CX=0);
```

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 11

หัวข้อเนื้อหา

- คำสั่งที่รองรับการเรียกโปรแกรมย่อย
- การประกาศโปรแกรมย่อย
- คำสั่งเก็บข้อมูล (PUSH) และดึงข้อมูล (POP) จากแสต็ก
- ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมย่อย

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคำสั่งที่รองรับการเรียกโปรแกรมย่อยและการประกาศโปรแกรมย่อย
- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับกลุ่มคำสั่งเก็บข้อมูล (PUSH) และดึงข้อมูล (POP) จากแสต็ก

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 11 โปรแกรมย่อยขั้นต้น (The initial Subprogram)

รูปแบบของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เราเขียนในบทก่อน ๆ จะมีส่วนของโปรแกรมหลายส่วนที่ซ้ำซ้อนกัน เราสามารถที่จะแยกส่วนย่อยเหล่านั้นเป็นโปรแกรมย่อยที่มีความอิสระจากโปรแกรมหลักได้ การแยกโปรแกรมเป็นโปรแกรมย่อยนี้ ทำให้เราสามารถนำส่วนของโปรแกรมนั้นมาใช้ใหม่ได้สะดวก และการตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมยังสามารถกระทำได้ง่ายขึ้นด้วย

คำสั่งที่รองรับการเรียกโปรแกรมย่อย

การเรียกโปรแกรมย่อยมีความแตกต่างกับการกระโดดทั่วไป เนื่องจากภายหลังที่โปรแกรมย่อยทำงานเสร็จ หน่วยประมวลผลจะต้องสามารถกระโดดกลับมาทำงานในโปรแกรมหลักต่อไปได้ ดังนั้นการเรียกใช้โปรแกรมย่อยนั้นจะต้องมีการเก็บตำแหน่งของคำสั่งที่ทำงานอยู่เดิมด้วย และเมื่อจบโปรแกรมย่อยโปรแกรมจะต้องกระโดดกลับมาทำงานที่เดิม โดยใช้ข้อมูลที่เก็บไว้

คำสั่งของ 8086 ที่รองรับการใช้งานโปรแกรมย่อยคือ**คำสั่ง CALL** และ **คำสั่ง RET** เมื่อผู้ใช้เรียกคำสั่ง CALL พร้อมทั้งระบุตำแหน่งของโปรแกรมย่อย หน่วยประมวลผลจะเก็บตำแหน่งของคำสั่งถัดไปที่จะกลับมาทำงานลงในแสต็ก และจะกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย เมื่อโปรแกรมย่อยทำงานเสร็จ โปรแกรมย่อยจะเรียกใช้คำสั่ง RET เพื่อกระโดดกลับมาทำงานในโปรแกรมหลักต่อไป เมื่อหน่วยประมวลผลประมวลผลคำสั่ง RET หน่วยประมวลผลจะดึงค่าตำแหน่งที่โปรแกรมจะกระโดดกลับไปทำงานจากแสต็ก และกระโดดกลับไปทำงานต่อยังโปรแกรมหลัก

การประกาศโปรแกรมย่อย

เราสามารถสร้างโปรแกรมย่อยโดยการประกาศเลเบลที่จุดเริ่มต้นของโปรแกรมย่อยเท่านั้นก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วเราจะประกาศโปรแกรมย่อยโดยใช้คู่ของคำสั่งเทียม PROC และ ENDP ดังตัวอย่างโปรแกรมที่ 11.1 โปรแกรมตัวอย่างนี้เป็นโปรแกรมที่สร้างโปรแกรมย่อยสำหรับพิมพ์เลขฐานสิบหกหนึ่งหลักชื่อ printhexdigit และใช้โปรแกรมย่อยนี้ในการเขียนโปรแกรมพิมพ์ค่ารหัสแอสกีของปุ่มที่รับค่าจากผู้ใช้ (ในตัวอย่างได้ละโปรแกรมบางส่วนไว้)

```
.model   small
.dosseg

.stack    100h

.code

;procedure PrintHexDigit
;input   al : digit
;affect  ah,dl
```

```
;
printhexdigit       proc      near
            mov     ah,2
            mov     dl,al
            add     dl,'0'
            cmp     al,10
            jb      printit
            add     dl,'A'-'0'-10
printit:
            int     21h
            ret
printhexdigit       endp

start:

; ...
; ละส่วนอ่านการกดปุ่มและส่วนหาค่าของตัวเลขของแต่ละหลักไว้.
; ให้ตัวเลขหลักหน้าเก็บใน bh และหลักหลังเก็บใน bl
; ...

            mov     al,bh
            call    printhexdigit

            mov     al,bl
            call    printhexdigit

            mov     ax,4c00h
            int     21h
end         start
```

โปรแกรมที่ 11.1 ส่วนของโปรแกรมพิมพ์ค่ารหัสแอสกีเป็นเลขฐานสิบหก

รูปแบบของการประกาศโปรแกรมย่อยมีลักษณะดังนี้

```
proc_name   PROC        NEAR
            actions
proc_name   ENDP
```

คำสั่งเทียม NEAR ที่ต่อจากคำสั่งเทียม PROC เป็นการระบุว่าโปรแกรมย่อยนี้เป็นโปรแกรมย่อยที่อยู่ในเซกเมนต์เดียวกันกับโปรแกรมหลัก และมีการเรียกใช้แบบใกล้ ซึ่งจะมีผลในขั้นตอนการเก็บตำแหน่งที่จะกระโดดกลับมาทำงานหลังการทำงานของโปรแกรมย่อย

การทำงานของโปรแกรมย่อยจากตัวอย่างมีการเปลี่ยนแลงค่าของรีจิสเตอร์ AH และรีจิสเตอร์ DL การเปลี่ยนค่าของรีจิสเตอร์ทั้งสองอาจทำให้เกิดผลข้างเคียงกับโปรแกรมหลักได้ถ้าโปรแกรมหลักมีการใช้งานรีจิสเตอร์ทั้งสองด้วยเช่นเดียวกัน เราควรจะลดการเกิดผลข้างเคียงนี้โดยให้โปรแกรมย่อยเก็บค่าของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่โปรแกรมย่อยใช้และคืนค่าเดิมให้กับรีจิสเตอร์เหล่านั้นหลังการทำงาน เรานิยมใช้แสต็กในการเก็บค่าของรีจิสเตอร์เป็นการชั่วคราวเนื่องจากเราสามารถเก็บข้อมูลลงในแสต็กได้โดยไม่ต้องจองเนื้อที่ล่วงหน้า และการเก็บข้อมูลในลักษณะของแสต็ก มีความสอดคล้องกับการทำงานแบบโปรแกรมย่อย

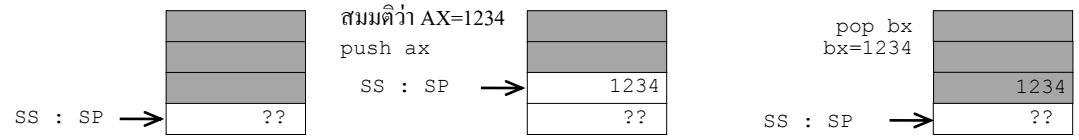
คำสั่งเก็บข้อมูลและดึงข้อมูลจากแสต็ก : คำสั่ง PUSH และคำสั่ง POP

เราสามารถใช้คำสั่ง PUSH ในการเก็บข้อมูลลงไปในแสต็ก และคำสั่ง POP สำหรับการเรียกข้อมูลออกมาจากแสต็ก. คำสั่งทั้งสองมีรูปแบบดังนี้

push	*regs16*	push	*mem*
pop	*regs16*	pop	*mem*

ข้อมูลที่จะเก็บลงในแสต็กจะต้องมีขนาด 16 บิตเท่านั้น โดยการเก็บข้อมูลในแสต็กจะมีลักษณะเป็นแบบใส่ทีหลังดึงออกก่อน การเก็บข้อมูลลงในแสต็กจึงต้องระวังลำดับของการเก็บและการดึงข้อมูลออกไปด้วย

การทำงานของแสต็กจะมีรีจิสเตอร์ SS และ SP เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บตำแหน่งของข้อมูลที่เก็บลงไปอันล่าสุด โดย SS จะเก็บเซกเมนต์ของแสต็ก และ SP จะเก็บออฟเซ็ตของข้อมูลล่าสุด เมื่อมีการเก็บข้อมูลเพิ่มลงในแสต็ก หรือมีการดึงข้อมูลออกไปก็จะมีการปรับค่าของรีจิสเตอร์ทั้งสองนี้ การทำงานของแสต็กมีลักษณะดังรูปที่ 11.1



รูปที่ 11.1 การทำงานของแสต็ก

โปรแกรมย่อยที่มีการเก็บค่าของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ

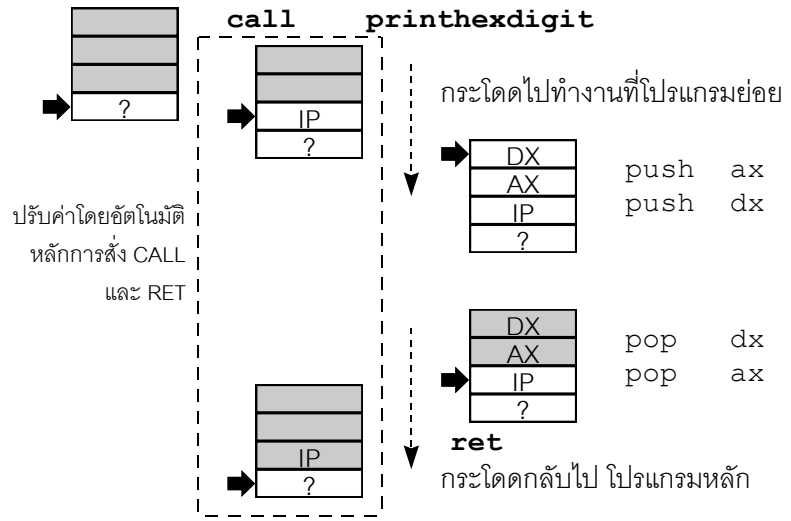
เราสามารถแก้โปรแกรมย่อยในตัวอย่างให้มีการรักษาค่าในรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังโปรแกรมที่ 1.2

```
;procedure PrintHexDigit
;input   al : digit
;affect  ah,dl
;
printhexdigit           proc        near
```

```
                push    ax
                push    dx
                mov     ah,2
                mov     dl,al
                add     dl,'0'
                cmp     al,10
                jb      printit
                add     dl,'A'-'0'-10
printit:
                int     21h
                pop     dx
                pop     ax
                ret
printhexdigit   endp
```

โปรแกรมที่ 1.2 ตัวอย่างโปรแกรมย่อยที่รักษาค่าของรีจิสเตอร์

สังเกตลำดับในการ push และ pop ของโปรแกรมย่อย ลำดับในการ push จะตรงกันข้ามกับลำดับในการ pop เนื่องจากการทำงานของแสต็กเป็นแบบข้อมูลที่ใส่ทีหลังจะถูกดึงออกก่อน
การเปลี่ยนแปลงของแสต็กในการทำงานดังกล่าวแสดงได้โดยรูปที่ 11.2



รูปที่ 11.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของแสต็กในการเรียกใช้โปรแกรมย่อย

เมื่อมีการเรียกใช้โปรแกรมย่อยโดยคำสั่ง CALL ค่าของรีจิสเตอร์ IP ซึ่งเก็บตำแหน่งของคำสั่งถัดไปจะถูก PUSH ลงใน แสต็กโดยอัตโนมัติ จากนั้นโปรแกรมจะกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย ในโปรแกรมย่อยมีการ

เก็บค่าของรีจิสเตอร์ AX และรีจิสเตอร์ DX ลงในแสต็ก หลังการทำงานโปรแกรมย่อยได้คืนค่าของรีจิสเตอร์ทั้งสองโดยการดึงค่าจากแสต็ก และเรียกใช้คำสั่ง RET เพื่อกระโดดกลับไปทำงานยังโปรแกรมหลักต่อ สังเกตว่าถ้าเราเก็บและดึงค่าออกจากแสต็กได้ไม่ถูกต้องการกระโดดกลับไปทำงานยังโปรแกรมหลักอาจมีการผิดพลาดได้

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมย่อย

โปรแกรมตัวอย่างต่อไปนี้สร้างโปรแกรมย่อยขึ้นมาสองโปรแกรมย่อย โปรแกรมย่อยแรกเป็นโปรแกรมย่อยที่พิมพ์เลขฐานสิบหกหนึ่งหลัก ส่วนโปรแกรมย่อยที่สองเป็นโปรแกรมย่อยที่พิมพ์เลขฐานสิบหกขนาด 1 ไบต์ โดยเรียกใช้งานโปรแกรมย่อยโปรแกรมแรก

```
.model  small
.dosseg

.stack  100h

.code
;procedure PrintHexDigit
;display one hex digit
;input : al = the digit
printhexdigit       proc        near
        push        ax
        push        dx
        mov         ah,2
        mov         dl,al
        add         dl,'0'              ;make ascii from the number
        cmp         al,10
        jb          printit             ;if above 9 adjust the ascii value
        add         dl,'A'-'0'-10
printit:
        int         21h                 ;print the number
        pop         dx
        pop         ax
        ret
printhexdigit       endp

;procedure PrintHexNumber
;display one hex number (1 byte)
```

```
;input : al = the number
printhexnumber      proc
        push        ax
        push        bx
        mov         bl,16           ;div by 16 to get 2 digits
        mov         ah,0
        div         bl              ;al=high digit , ah=low digit
        call        printhexdigit   ;print the high digit
        mov         al,ah
        call        printhexdigit   ;print the next digit
        pop         bx
        pop         ax
        ret
printhexnumber      endp
start:
        mov         ah,1
        int         21h
        call        printhexnumber
        mov         ax,4c00h
        int         21h
end     start
```

สรุป

การแยกโปรแกรมเป็นโปรแกรมย่อยนี้ ทำให้เราสามารถนำส่วนของโปรแกรมนั้นมาใช้ใหม่ได้สะดวก และการตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมยังสามารถกระทำได้ง่ายขึ้นด้วย ส่วนการเรียกโปรแกรมย่อยมีความแตกต่างกับการกระโดดทั่วไป เนื่องจากภายหลังที่โปรแกรมย่อยทำงานเสร็จ หน่วยประมวลผลจะต้องสามารถกระโดดกลับมาทำงานในโปรแกรมหลักต่อไปได้ ดังนั้นการเรียกใช้โปรแกรมย่อยนั้นจะต้องมีการเก็บตำแหน่งของคำสั่งที่ทำงานอยู่เดิมด้วย และเมื่อจบโปรแกรมย่อยโปรแกรมจะต้องกระโดดกลับมาทำงานที่เดิม โดยใช้ข้อมูลที่เก็บไว้

คำสั่งของ 8086 ที่รองรับการใช้งานโปรแกรมย่อยคือคำสั่ง CALL และ คำสั่ง RET เมื่อผู้ใช้เรียกคำสั่ง CALL พร้อมทั้งระบุตำแหน่งของโปรแกรมย่อย หน่วยประมวลผลจะเก็บตำแหน่งของคำสั่งถัดไปที่จะกลับมาทำงานลงในแสต็ก และจะกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย เมื่อโปรแกรมย่อยทำงานเสร็จ โปรแกรมย่อยจะเรียกใช้คำสั่ง RET เพื่อกระโดดกลับมาทำงานในโปรแกรมหลักต่อไป เมื่อหน่วยประมวลผลประมวลผลคำสั่ง RET หน่วยประมวลผลจะดึงค่าตำแหน่งที่โปรแกรมจะกระโดดกลับไปทำงานจากแสต็ก และกระโดดกลับไปทำงานต่อยังโปรแกรมหลักต่อไป

คำถามทบทวน

1. จงอธิบายการทำงานของคำสั่ง CALL และคำสั่ง RET
2. การประกาศโปรแกรมย่อยในภาษาแอสแซมบลีโดยทั่วไปมักจะใช้คู่ของคำสั่งเทียมอะไร
3. คำสั่งเก็บข้อมูลและดึงข้อมูลจากแสต็กคำสั่ง PUSH และคำสั่ง POP มีขั้นตอนการงานอย่างไร
4. การทำงานของแสต็กจะมีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องอะไรบ้างและแต่ละรีจิสเตอร์มีหน้าที่และทำงานอย่างไร
5. จงอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหลังจากมีการเรียกใช้โปรแกรมย่อยโดยคำสั่ง CALL

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 12

หัวข้อเนื้อหา

- คำสั่งทางตรรกศาสตร์
- การประยุกต์ใช้งานคำสั่งทางตรรกศาสตร์
- คำสั่งเลื่อนบิต
- ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งเลื่อนบิต
- การประยุกต์ใช้งานคำสั่งเลื่อนบิต
- คำสั่งหมุนบิต
- คำสั่งหมุนบิตที่ผ่านแฟล็กทด
- ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งเกี่ยวกับการประมวลผลระดับบิต

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคำสั่งทางตรรกศาสตร์ เช่น AND, OR XOR TEST เป็นต้น
- สามารถประยุกต์ใช้งานคำสั่งทางตรรกศาสตร์ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลีได้
- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้คำสั่ง SHL (Shift Left) และคำสั่ง SHR (Shift Right)
- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้คำสั่งหมุนบิตแบบต่างๆ เช่น ROL (Rotation Left), คำสั่ง ROR (Rotation Right), RCL (Rotate Carry Left) และคำสั่ง RCR (Rotate Carry Right)

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน

บทที่ 12 การกระทำระดับบิต (The Bit Level)

การจัดการกับข้อมูลที่เราได้ศึกษาในบทก่อน ๆ นั้นมีหน่วยย่อยในการจัดการเป็นไบต์ โดยเราไม่สามารถจัดการข้อมูลที่มีขนาดย่อยกว่านั้นได้ แต่ในการทำงานจริงในบางครั้งรูปแบบของข้อมูลที่เราต้องจัดการจะอยู่ในรูปของบิต เราจึงใช้คำสั่งเกี่ยวกับการจัดการระดับบิตในการประมวลผลข้อมูลกลุ่มนี้ และในบางกรณีคำสั่งกระทำระดับบิตสามารถช่วยให้การคำนวณต่าง ๆ ทำได้ง่ายขึ้นด้วย

คำสั่งทางตรรกศาสตร์

คำสั่งในกลุ่มนี้เป็นคำสั่งประมวลผลข้อมูลระดับบิต โดยจะนำค่าในแต่ละบิตของข้อมูลมาประมวลผลทางตรรกศาสตร์. คำสั่งในกลุ่มนี้ได้แก่ คำสั่ง AND คำสั่ง OR คำสั่ง XOR และคำสั่ง NOT รูปแบบการใช้งานของคำสั่ง AND คำสั่ง OR และคำสั่ง XOR จะมีลักษณะเหมือนกัน คือจะรับโอเปอร์แรนด์สองตัว และจะนำข้อมูลในโอเปอร์แรนด์ตัวแรกมากระทำกับข้อมูลตัวที่สอง และจะเก็บผลลัพธ์ของการกระทำนั้นในโอเปอร์แรนด์ตัวแรก ส่วนในกรณีของคำสั่ง NOT จะรับโอเปอร์แรนด์ตัวเดียว และจะทำการกลับค่าในบิตแล้วเก็บผลลัพธ์ลงในโอเปอร์แรนด์ตัวนั้นเลย ตารางค่าความจริงของการกระทำทางตรรกศาสตร์เป็นดังตารางที่ 12.1

ตารางที่ 12.1 ค่าของการกระทำทางตรรกศาสตร์

A	B	A and B	A or B	A xor B	not B
0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	1	
1	1	1	1	0	

คำสั่ง AND

ผลลัพธ์ของคำสั่ง AND จะมีบิตที่เป็น 1 เมื่อบิตของข้อมูลตัวตั้งทั้งสองตัวมีค่าเป็น 1 (ตาราง 12.1)

ตัวอย่าง

```
mov   ax,1234h
and   ax,2345h      ; ax = (0001 0010 0011 0100) and (0010 0011 0100 0101)
                    ; ax = (0000 0010 0000 0100) = 0204h
mov   al,25h
and   al,0Fh        ; al = 05h
mov   bl,0AAh
and   bl,80h        ; al = 80h
```

คำสั่ง OR

ผลลัพธ์ของคำสั่ง OR จะมีบิตที่เป็น 1 เมื่อบิตของข้อมูลตัวตั้งตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสองตัวมีค่าเป็น 1 (ตาราง 12.1)

ตัวอย่าง

```
mov   ax,1234h
or    ax,2345h      ; ax = (0001 0010 0011 0100 and (0010 0011 0100 0101)
                    ; ax = (0011 0011 0111 0101) = 3375h
mov   al,25h
or    al,0Fh        ; al = 2Fh
mov   bl,55h
or    bl,80h        ; bl = 0D5h
```

คำสั่ง XOR

การทำงานของคำสั่ง XOR จะคล้ายกับคำสั่ง OR แต่ในกรณีที่ข้อมูลมีบิตที่เป็นหนึ่งทั้งคู่ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ (ตาราง 12.1) ลักษณะของการ XOR จะคล้ายกับการพิจารณาเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ทั้งสองเหตุการณ์ แต่ไม่สามารถเป็นจริงพร้อมกันได้.

ตัวอย่าง

```
mov   ax,1234h
xor   ax,2345h      ; ax = (0001 0010 0011 0100 and (0010 0011 0100 0101)
                    ; ax = (0011 0001 0111 0001) = 3171h
mov   al,25h
xor   al,0Fh        ; al = 2Ah
mov   bl,15h
xor   bl,35h        ; bl = 20h
```

คำสั่ง NOT

คำสั่ง NOT จะสลับบิตของโอเปอร์แรนด์จากศูนย์เป็นหนึ่งและหนึ่งเป็นศูนย์ (ตาราง 12.1)

ตัวอย่าง

```
mov   ax,1234h
not   ax            ; ax = not(0001 0010 0011 0100)
                    ; ax = (1110 1101 1100 1011) = 0EDCBh
```

คำสั่ง TEST

คำสั่ง TEST จะทำงานเหมือนคำสั่ง AND ทุกประการ แต่ผลลัพธ์จากการ AND จะไม่เขียนค่าลงในโอเปอร์แรนด์ตัวแรก ผลจากการใช้คำสั่งนี้จะปรากฏในแฟล็ก เรานิยมใช้คำสั่งนี้ในการทดสอบว่าข้อมูลในบิตที่ต้องการมีค่าเป็นหนึ่งหรือไม่ โดยเราจะพิจารณาผลลัพธ์จากแฟล็กทด

ตัวอย่าง

```
mov   al,7Ah
```

```
test    al,80h          ; test for the 7th bit
jz      biton           ; jump if 7th bit of al = 1

mov     bl,12h
test    bl,1            ; test for the 0th bit
```

การประยุกต์ใช้งานคำสั่งทางตรรกศาสตร์

เราสามารถนำคำสั่งทางตรรกศาสตร์มาใช้ในการประมวลผลข้อมูลระดับบิตได้ จากตารางที่ 12.1 เราสามารถสร้างตารางที่ 12.2 ซึ่งแสดงผลของการใช้คำสั่งทางตรรกศาสตร์กับข้อมูลได้

ตารางที่ 12.2 ผลของการใช้คำสั่งทางตรรกศาสตร์กับข้อมูล

B	A and B	A or B	A xor B
0	0	A	A
1	A	1	~A

จากตารางเราจะพบว่าถ้าเราต้องการให้บิตใดของข้อมูลมีค่าเป็นหนึ่งโดยที่บิตอื่นมีค่าคงเดิม เราสามารถใช้คำสั่ง AND ได้ และถ้าเราต้องการจะทำให้บิตใดของข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์โดยไม่มีผลกระทบกับแฟล็กอื่น ๆ เราสามารถใช้คำสั่ง OR สำหรับคำสั่ง XOR เราจะใช้ในกรณีที่ต้องการกลับบิตของข้อมูลจากศูนย์เป็นหนึ่ง

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานคำสั่งทางตรรกศาสตร์

โปรแกรมตัวอย่างต่อไปนี้จะเปลี่ยนบิตที่ 1 และ 2 ของ AL ให้มีค่าเป็นศูนย์ (การนับบิตจะนับบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดเป็นบิตที่ 0) และเปลี่ยนบิตที่ 4 และ 6 ให้มีค่าเท่ากับ 1 พร้อมทั้งกลับบิตที่ 3 ให้มีค่าตรงกันข้าม การทำงานคร่าวจะมีลักษณะดังรูปที่ 12.1

```
AL      XXXX XXXX
and     1111 1001
or      0101 0000
xor     0000 1000
result  X1X1 X̄00X
```

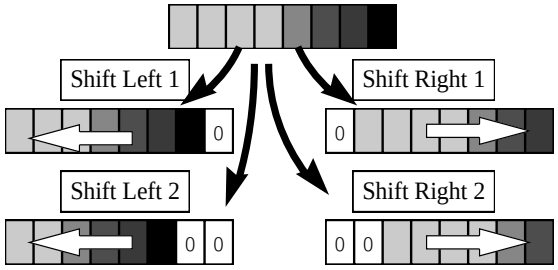
รูปที่ 12.1 ขั้นตอนการแปลงค่าของ AL.

โปรแกรมจะมีลักษณะดังนี้

```
and     al,0F9h ;clear bit 1&2
or      al,50h  ;set bit 4&6
xor     al,08h  ;switch bit 3
```

คำสั่งเลื่อนบิต

การประมวลผลอีกรูปแบบที่เราสามารถกระทำกับข้อมูลในระดับขั้นของบิตได้แก่การเลื่อนบิต ลักษณะการเลื่อนบิตเป็นดังรูปที่ 12.2 ในการเลื่อนบิตเราสามารถเลื่อนได้ทั้งทางซ้ายและทางขวา โดยคำสั่งสำหรับการเลื่อนบิตไปทางซ้ายได้แก่ **คำสั่ง SHL** (Shift Left) คำสั่งสำหรับการเลื่อนบิตไปทางขวาได้แก่ **คำสั่ง SHR** (Shift Right) เรานิยมใช้การเลื่อนบิตในการประมวลผลที่ต้องการประมวลผลข้อมูลทีละบิต และมีการประมวลผลเป็นแบบวงรอบ



รูปที่ 12.2 แสดงลักษณะของการเลื่อนบิต

รูปแบบของคำสั่งเลื่อนบิตมีลักษณะดังนี้

SHR	*regs*,1	SHR	*mem*,1
SHR	*regs*,CL	SHR	*mem*,CL
SHR	*regs*,*number*	SHR	*mem*,*number*

โดยรูปแบบของคำสั่ง SHL จะมีลักษณะเหมือนคำสั่ง SHR รูปแบบที่สามจะใช้ได้กับหน่วยประมวลผล 80286 ขึ้นไปเท่านั้นโดยในการที่เราจะใช้รูปแบบของคำสั่งของ 80286 ในโปรแกรมเราจะต้องระบุ **คำสั่งเทียม 286** ลงในโปรแกรมด้วย โดยใส่คำสั่งนี้ก่อนหน้าการใช้งานคำสั่งครั้งแรก

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งเลื่อนบิต

โปรแกรมตัวอย่างต่อไปนี้เป็นโปรแกรมนับจำนวนบิตที่มีค่าเป็นหนึ่งใน AX โดยจะให้ผลลัพธ์ใน BL

```
        mov     bl,0
        mov     cx,16           ; 16 bits
procbits:
        test    ax,1            ; test for last bit
        jz      doprocbit       ; if last bit=0 jump
        inc     bl
doprocbit:
        shr     ax,1            ; next bit
        loop    procbits
```

ความหมายทางคณิตศาสตร์ของการเลื่อนบิต

ตารางที่ 12.3 แสดงผลลัพธ์ของการเลื่อนบิตของข้อมูลต่าง ๆ จากตารางจะสังเกตได้ว่านอกจากการเลื่อนบิตจะมีความหมายโดยตรงคือการเลื่อนบิตไปทางซ้ายหรือทางขวาแล้ว การเลื่อนบิตยังมีความหมายทางคณิตศาสตร์อีกด้วย

ตารางที่ 12.3 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการเลื่อนบิตของข้อมูลต่าง ๆ

ข้อมูล (ค่า)	เลื่อนบิตไปทาง	จำนวน (บิต)	ผลลัพธ์ (ค่า)
0010 1110 (46)	ซ้าย	1	0101 1100 (92)
0010 1110 (46)	ซ้าย	2	1011 1000 (184)
0010 1110 (46)	ซ้าย	3	0111 0000 (112)
0110 0100 (100)	ขวา	1	0011 0010 (50)
0110 0100 (100)	ขวา	2	0001 1001 (25)
0110 0100 (100)	ขวา	3	0000 1100 (12)

สังเกตว่าการเลื่อนบิตไปทางซ้ายจะมีผลลัพธ์เหมือนกับการคูณด้วยกำลังของสอง ยกตัวอย่างเช่น การเลื่อนบิตไปทางซ้าย 1 บิตจะเหมือนกับการคูณด้วยสอง. และการ แต่เราจะต้องพิจารณากรณีที่ข้อมูลอยู่ในขอบเขตด้วย เช่นกรณีของการเลื่อน 0010 1110 ไปทางซ้าย 3 บิต (คูณด้วย 8) ผลลัพธ์ที่ได้จะมีความผิดพลาด. การเลื่อนบิตไปทางขวาจะให้ผลลัพธ์ตรงกันข้ามกับการเลื่อนบิตไปทางขวา นั่นคือจะเสมือนการหารด้วยกำลังสอง (สังเกตว่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีการปัดเศษเนื่องจากบิตที่เลื่อนจะหายไป เช่นในตัวอย่างที่เลื่อนบิตทางขวา 3 บิต)

คำสั่งเลื่อนบิตแบบคิดเครื่องหมาย : คำสั่ง SAL และคำสั่ง SAR

ถ้าเราใช้การเลื่อนบิตแทนการคูณหรือหารด้วยกำลังของสองกับตัวเลขแบบคิดเครื่องหมาย เราจะพบว่าการเลื่อนบิตไปทางซ้ายที่แสดงถึงการคูณนั้นยังสามารถใช้กับตัวเลขแบบคิดเครื่องหมายได้ เนื่องจากหลักที่เลื่อนเข้ามาแทนนั้นยังคงเป็นเลขศูนย์เหมือนในกรณีของเลขไม่คิดเครื่องหมาย แต่ในกรณีของการเลื่อนบิตไปทางขวาที่ใช้สำหรับการหารด้วยกำลังของสองนั้น บิตที่เลื่อนเข้ามาแทนอาจมีค่าเป็น 0 หรือ 1 ก็ได้ขึ้นกับเครื่องหมายของตัวเลขนั้น เราจึงมีคำสั่งเลื่อนบิตที่ใช้สำหรับเลขที่มองเป็นเลขคิดเครื่องหมาย คือ**คำสั่ง SAL** (Shift Arithmetic Left) และ **คำสั่ง SAR** (Shift Arithmetic Right) คำสั่ง SAL จะทำงานเหมือนคำสั่ง SHL ทุกประกา ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งเป็นดังตารางที่ 12.4

ตารางที่ 12.4 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการเลื่อนบิตแบบคิดเครื่องหมาย

ข้อมูล (ค่า)	เลื่อนบิตไปทาง	จำนวน (บิต)	ผลลัพธ์ (ค่า)
0010 1110 (46)	ซ้าย	1	0101 1100 (92)
1110 1000 (-24)	ซ้าย	2	1101 0000 (-48)
0110 0100 (100)	ขวา	1	0011 0010 (50)
1010 1100 (-84)	ขวา	2	1110 1011 (-21)
1010 1100 (-84)	ขวา	3	1111 0101 (-11)

การประยุกต์ใช้งานคำสั่งเลื่อนบิต

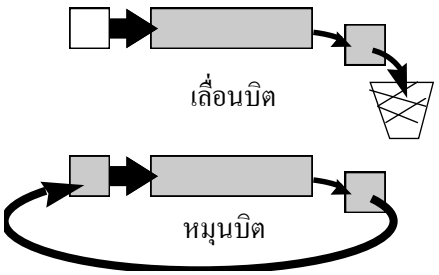
เราสามารถนำคำสั่งเลื่อนบิตไปใช้ในการคูณและหารข้อมูลได้ โดยการใช้คำสั่งเลื่อนบิตแทนการใช้คำสั่ง MUL ทำให้การคูณทำงานได้เร็วขึ้น และในบางกรณีเราจะเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้นด้วย.

ตัวอย่าง

```
mov   bl,al
shl   al,1
add   bl,al          ;bl = al*3

mov   cl,2
shl   ax,cl
mov   bx,ax
shl   ax,1
add   bx,ax          ;bx=(ax*4)+(ax*8) = ax*12
```

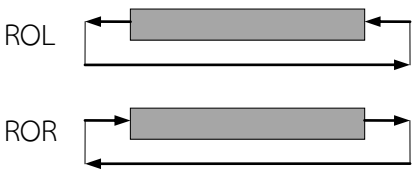
คำสั่งหมุนบิต

คำสั่งหมุนบิตมีความแตกต่างกับคำสั่งเลื่อนบิตในจุดที่ว่า บิตที่เลื่อนไปแล้วไม่ได้ถูกทิ้งหายไป แต่จะถูกนำมาใส่แทนบิตที่เลื่อนไป โดยลักษณะการทำงานคร่าว ๆ จะแสดงดังรูปที่ 12.3



รูปที่ 12.3 แสดงลักษณะของการเลื่อนบิต และ การหมุนบิต

เช่นเดียวกับคำสั่งเลื่อนบิต คำสั่งหมุนบิตมีลักษณะการหมุนสองแบบคือ หมุนไปทางซ้าย (**คำสั่ง ROL** : Rotate Left) และ หมุนไปทางขวา (**คำสั่ง ROR** : Rotate Right) รูปแบบของคำสั่งทั้งสองจะมีลักษณะเหมือนคำสั่งเลื่อนบิต การทำงานของคำสั่งทั้งสองแสดงได้ดังรูปที่ 12.4



รูปที่ 12.4 ลักษณะการทำงานของคำสั่งหมุนบิต

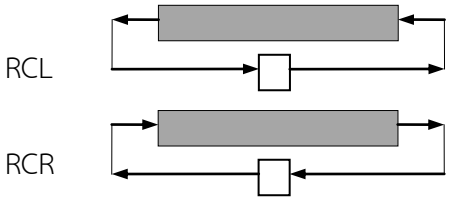
เรานิยมใช้คำสั่งหมุนบิตแทนคำสั่งเลื่อนบิตในกรณีที่เราต้องการให้ค่าของข้อมูลกลับเหมือนเดิมหลังประมวลผลครบรอบ

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งหมุนบิต

```
        mov     al,4Ah
        mov     cl,4
        ror     al,cl           ;al = 0A4h
        mov     bx,92EAh        ;bx=1001 0010 1110 1010
        rol     bx,1            ;bx=0010 0101 1101 0101=35D5h
        mov     cx,8
        mov     dx,0
loophere:
        xor     dx,ax
        rol     ax,1
        loop    loophere
```

คำสั่งหมุนบิตที่ผ่านแฟล็กทด

คำสั่งหมุนบิตอีกกลุ่มหนึ่งจะเป็นการหมุนโดยนำบิตไปผ่านแฟล็กทด ลักษณะการทำงานจะเป็นดังรูปที่ 12.5 สังเกตว่าบิตที่เข้ามาแทนบิตที่หมุนไปจะนำมาจากแฟล็กทด และบิตที่ถูกหมุนออกไปจะเข้าไปแทนค่าในแฟล็กทด โดยคำสั่งหมุนบิตผ่านแฟล็กทดคือ**คำสั่ง RCL** (Rotate Carry Left) และ**คำสั่ง RCR** (Rotate Carry Right)



รูปที่ 12.5 ลักษณะการทำงานของคำสั่งหมุนบิตที่ผ่านแฟล็กทด

สังเกตว่าบิตที่ล้นออกมาจะถูกนำไปพักที่แฟล็กทด ก่อนที่จะนำมาแทนที่ในข้อมูล เรานิยมใช้คำสั่งหมุนบิตผ่านแฟล็กทดในการเลื่อนบิตข้อมูลที่เก็บต่อเนื่องอยู่ในหลายรีจิสเตอร์ ในการใช้งานคำสั่งนี้เราจะต้องกำหนดค่าให้กับแฟล็กทดเสียก่อน โดยใช้คำสั่ง STC และคำสั่ง CLC

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งหมุนบิตที่ผ่านแฟล็กทด

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการเลื่อนบิตของข้อมูลขนาด 32 บิตที่อยู่ในรีจิสเตอร์ DX,AX ไปทางซ้าย 1 บิต

```
        clc
        rcl     ax,1
        rcl     dx,1
```

ตัวอย่างถัดไปเป็นการคูณข้อมูลขนาด 48 บิตที่เก็บในรีจิสเตอร์ BX,DX และ AX ต่อเนื่องกัน ด้วย 4

```
clc
rcl     ax,1
rcl     dx,1
rcl     bx,1
clc
rcl     ax,1
rcl     dx,1
rcl     bx,1
```

ตัวอย่างสุดท้ายเป็นการหารข้อมูลใน DX,AX ด้วย 2

```
clc
rcr     dx,1
rcr     ax,1
```

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่งเกี่ยวกับการประมวลผลระดับบิต

โปรแกรมตัวอย่างต่อไปนี้เป็นโปรแกรมที่แสดงค่ารหัสแอสกีของปุ่มที่รับจากผู้ใช้เป็นเลขฐานสอง โปรแกรมย่อยที่แสดงข้อมูลเป็นรหัสเลขฐานสองใช้การเลื่อนบิตในการประมวลผล

```
.model  small
.dosseg

.code

; Display Binary (input : al)
dispbin  proc  near
        push  ax
        push  cx
        push  dx
        mov   cx,8
printloop:
        test  al,80h          ;test for 1
        jz    printzero
        mov   dl,'1'
        jmp   printit
printzero:
        mov   dl,'0'
```

```
printit: mov   ah,2
         int   21h

         shl   al,1
         loop  printloop
         pop   dx
         pop   cx
         pop   ax
         ret
dispbin  endp

start:
         mov   ah,1
         int   21h

         call  dispbin

         mov   ax,4C00h
         int   21h
end      start
```

สรุป

คำสั่งทางตรรกศาสตร์เป็นคำสั่งประมวลผลข้อมูลระดับบิต โดยจะนำค่าในแต่ละบิตของข้อมูลมาประมวลผลทางตรรกศาสตร์ คำสั่งในกลุ่มนี้ได้แก่ คำสั่ง AND คำสั่ง OR คำสั่ง XOR และคำสั่ง NOT รูปแบบการใช้งานของคำสั่ง AND คำสั่ง OR และคำสั่ง XOR จะมีลักษณะเหมือนกัน คือจะรับโอเปอร์แรนด์สองตัว และจะนำข้อมูลในโอเปอร์แรนด์ตัวแรกมากระทำกับข้อมูลตัวที่สอง และจะเก็บผลลัพธ์ของการกระทำนั้นในโอเปอร์แรนด์ตัวแรก ส่วนในกรณีของคำสั่ง NOT จะรับโอเปอร์แรนด์ตัวเดียว และจะทำการกลับค่าในบิตแล้วเก็บผลลัพธ์ลงในโอเปอร์แรนด์ตัวนั้นเลย ส่วนการประมวลผลอีกรูปแบบที่เราสามารถกระทำกับข้อมูลในระดับขั้นของบิตได้แก่การเลื่อนบิต ในการเลื่อนบิตเราสามารถเลื่อนได้ทั้งทางซ้ายและทางขวา โดยคำสั่งสำหรับการเลื่อนบิตไปทางซ้ายได้แก่ คำสั่ง SHL (Shift Left) คำสั่งสำหรับการเลื่อนบิตไปทางขวาได้แก่ คำสั่ง SHR (Shift Right) เรานิยมใช้การเลื่อนบิตในการประมวลผลที่ต้องการประมวลผลข้อมูลทีละบิต และมีการประมวลผลเป็นแบบวงรอบ

<u>คำถามทบทวน</u>

1. จงแสดงผลลัพธ์ของคำสั่งจากคำสั่งข้างล่างที่ให้มาเมื่อบิตของข้อมูลตัวตั้งทั้งสองตัวมีค่าเป็น 1

```
1.1     mov     ax,2345h
        and     ax,3456h        ; ax = ? and ?
                                ; ax = ?
1.2     mov     ax,2345h
        or      ax,3456h        ; ax = ? and ?
                                ; ax = ?
1.3     mov     ax,2345h
        xor     ax,3456h        ; ax = ? and ?
                                ; ax = ?
```

2.จงแสดงผลลัพธ์ของการเลื่อนบิตของข้อมูลต่าง ๆ จากตารางที่ให้มา

ข้อมูล (ค่า)	เลื่อนบิตไปทาง	จำนวน (บิต)	ผลลัพธ์ (ค่า)
0011 1110 (52)	ซ้าย	1	?
0011 1110 (52)	ซ้าย	2	?
0011 1110 (52)	ซ้าย	3	?
0111 0100 (116)	ขวา	1	?
0111 0100 (116)	ขวา	2	?
0111 0100 (116)	ขวา	3	?

3.จงแสดงผลลัพธ์ของการเลื่อนบิตแบบคิดเครื่องหมายของข้อมูลต่าง ๆ จากตารางที่ให้มา

ข้อมูล (ค่า)	เลื่อนบิตไปทาง	จำนวน (บิต)	ผลลัพธ์ (ค่า)
0011 1110 (52)	ซ้าย	1	?
1111 1000 (-40)	ซ้าย	2	?
0111 0100 (116)	ขวา	1	?
1011 1100 (-100)	ขวา	2	?
1011 1100 (-100)	ขวา	3	?

4.จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างคำสั่งหมุนบิตผ่านแฟล็กทดต่อไปนี้

4.1 คำสั่ง RCL (Rotate Carry Left)

4.2 คำสั่ง RCR (Rotate Carry Right)

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 13

หัวข้อเนื้อหา

- การอ้างแอดเดรส
- แบบการอ้างแอดเดรส

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการอ้างแอดเดรสใน เซกเมนต์ทั้งสี่ได้แก่ CS, DS, SS และ ES
- สามารถประยุกต์ใช้งานคำสั่งในการอ้างแอดเดรสแบบต่าง ๆ ได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 13 การอ้างแอดเดรส (Addressing Mode)

13.1 การอ้างแอดเดรส

8086 จะมองลักษณะของหน่วยความจำ โดยแบ่งหน่วยความจำเป็นกลุ่มๆในรูปแบบของ เซกเมนต์ ในหนึ่งเซกเมนต์จะชี้ได้ถึง 64 กิโลไบต์ เซกเมนต์ทั้งสี่ได้แก่ CS, DS, SS และ ES จะแสดงแอดเดรสของหน่วยความจำที่จะติดต่อด้วย CS จะบรรจุค่าแสดงแอดเดรสเริ่มต้นของโปรแกรม DS จะเก็บค่าดาตาเซกเมนต์ขณะนั้น SS ก็จะเก็บค่าสแต็กเซกเมนต์ขณะนั้น และ ES จะกำหนดเซกเมนต์ของข้อมูลรวมที่เรียกว่า global data segment

จุดสำคัญอีกจุดหนึ่งก็คือ เซกเมนต์จะแสดงตำแหน่งเหมือนกับเป็นพารากราฟ (paragraph) โดยจะเลื่อนไปทางซ้าย 4 บิต เพื่อที่จะกำหนดหรืออ้างแอดเดรสให้ครบ 20 เส้น โดยจุดเริ่มต้นของพารากราฟจะต้องมี 4 บิตหลังสุดเป็น 0 เช่น เป็น 00000H, 00010H, 00020H เป็นต้น

เพื่อที่จะทำการติดต่อกับข้อมูลหนึ่งไบต์หรือหนึ่งเวิร์ดนั้น 8086 ได้เตรียมค่า ออฟเซต เพื่อใช้อ้างตำแหน่งตั้งแต่จุดเริ่มต้นของเซกเมนต์แอดเดรส ตำแหน่งใดๆจะได้มาจากการบวกค่าเซกเมนต์รีจิสเตอร์กับค่าของออฟเซต 16 บิต เช่นถ้าเซกเมนต์มีค่า E89F และให้ออฟเซตมีค่า 0003H จะทำให้การอ้างแอดเดรสไปที่ E89F3H

ลักษณะในการอ้างแอดเดรส

- การอ้างแอดเดรสโดยระบุตำแหน่งด้วย เซกเมนต์และออฟเซต เช่น

```
mov   ax, [es:100h]
mov   bl, es:[bx]
```

- การอ้างข้อมูลทั่วๆไปโดยไม่ระบุเซกเมนต์ ออฟเซตที่ระบุจะคิดเทียบกับ DS เช่น

```
mov   ax, B800h
mov   es, ax
```

13.2 แบบการอ้างแอดเดรส

- อ้างแบบรีจิสเตอร์ (Register addressing) ข้อมูลอยู่ในรีจิสเตอร์ เช่น

```
mov   ax, bx
```

- อ้างแบบค่าคงที่ (Immediate addressing) ข้อมูลอยู่ในคำสั่ง เช่น

```
mov   ax, 10
```

- อ้างโดยตรง (Direct addressing) เป็นการอ้างแอดเดรสแบบที่ระบุค่าออฟเซตโดยตรง เช่น

```
mov   ax, [100h]
mov   [200h], cl
mov   cl, total
mov   sum, ax
```

- อ้างทางอ้อมโดยใช้รีจิสเตอร์ (Register indirect addressing) เป็นการอ้างแอดเดรสโดยแอดเดรสของข้อมูลอยู่ในรีจิสเตอร์ เช่น

```
mov    bx, offset buffer
mov    al, [bx]
mov    di, offset total
add    [di],al
```

- อ้างแบบดัชนีโดยตรง (Direct indexed addressing) เป็นการอ้างแอดเดรสโดยแอดเดรสของข้อมูลได้จากการนำค่ารีจิสเตอร์ดัชนี (SI หรือ DI) มาบวกกับเลขคิดเครื่องหมายขนาดแปดบิต หรือเลขไม่คิดเครื่องหมายขนาดสิบหกบิต

```
.data
balance             dw      10 dup(?)
credit      dw      10 dup(?)
debit       dw      10 dup(?)
            ...
            mov     cx, 10
            mov     si, 0
calloop:            mov     ax, balance[si]
            sub     ax, credit[si]
            add     ax, debit[si]
            mov     balance[si], ax
            inc     si
            inc     si
            loop    calloop
```

- อ้างแบบสัมพัทธ์กับฐาน (Base relative addressing) เป็นการอ้างแอดเดรสโดยแอดเดรสของข้อมูลได้จากการนำค่าคงที่ไปบวกกับค่าในรีจิสเตอร์ BX หรือ BP เช่น

```
.data
rec     dw      10 dup(4 dup(?))
        ...
        mov     cx, 10
        mov     bx, offset rec
updateloop:
        mov     ax, [bx]        ; x
        add     ax, [bx+2]      ; +y
        add     ax, [bx+4]      ; +z
        mov     [bx+6], ax      ; c = x+y+z
        add     bx, 8
        loop    updateloop
```

ถ้าคิดสัมพัทธ์กับ BP ออฟเซตที่ได้จะคิดเทียบกับรีจิสเตอร์ SS (Stack Segment)

- อ้างแบบดัชนีกับฐาน (Base indexed addressing) เป็นการอ้างแอดเดรสโดยแอดเดรสของข้อมูลได้จากการนำค่าของรีจิสเตอร์ฐาน (BX หรือ BP) รวมกับค่าของรีจิสเตอร์ดัชนี (SI หรือ DI)

```
mov     ax, [bx+si+2]
mov     [bx+di], al
inc     byte ptr [bx+si]
mov     dx, [bp+si+2]
mov     [bp+di+2], dx
```

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงตัวอักษรแบบใหญ่

การแสดงตัวอักษรใหญ่ๆนั้น ต้องมีการเก็บตัวอักษรที่จะพิมพ์ไว้ในหน่วยความจำ โดยการควรเก็บเป็นตารางจะง่ายต่อความเข้าใจ เช่น ตารางขนาด 8*8

```
.data
fontbuf db      0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0          ;A
        db      0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0
        db      0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0
        db      1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0
        db      1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0
        db      1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0
        db      1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0
        db      0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
โดยต้องทำแบบนี้ทุกตัวอักษร( A – Z )
```

เราสามารถเปลี่ยนจากการเก็บ 0 และ 1 เป็น ช่องว่าง และ # แทนตามลำดับ

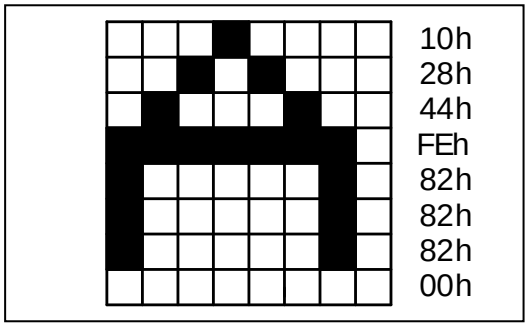
โปรแกรมย่อยสำหรับแสดงตัวอักษร หาตำแหน่งเริ่มต้นของตัวอักษร

```
        mov     bx, offset fontbuf
        mov     dh, 0
        sub     dx, 'A'
        mov     cl, 6
        shl     dx, cl              ; dx = dx*16
        add     bx, dx              ; bx = buf addr
```

โดยตัวอักษรตัวแรกเริ่มที่ 'A' เริ่มที่ offset fontbuf แต่ละตัวตำแหน่งเพิ่มขึ้นทีละ 64 ไบต์ซึ่งมาจากการเก็บตัวอักษรในรูปของตาราง 8*8 ที่แสดงข้างต้น

การพิมพ์ตัวอักษรออกมา

```
        mov     si, 0
        mov     dh, 0
printline:
        mov     cx, 8
printonechar:
        mov     dl, [bx+si]
        call    printchar
        inc     si
        loop    printonechar
        call    printnewline
        inc     dh
        cmp     dh, 8
        jnz     printline
```



ซึ่งจากวิธีนี้ทำให้ใช้ 8 ไบต์เท่านั้นในการเก็บสำหรับหนึ่งตัวอักษร

```
.data
fontbuf  db      10h, 28h, 44h, 0Feh          ;A
         db      82h, 82h, 82h, 00h
โดยที่ต้องสำหรับทุกตัวอักษร ( A – Z )
```

จากการที่ได้เปลี่ยนวิธีการเก็บตัวอักษรคือจากขนาด 64 ไบต์ เป็น 8 ไบต์ จึงต้องมีการแก้ไขส่วนของโปรแกรมแสดงผลใหม่ ดังนี้

```
         mov     si, 0
         mov     di, 0
printline:
         mov     dh, [bx+si]
         mov     cx, 8
printonechar:
         test    dh, 80h
         jz      printzero
         mov     dl, '#'
         jmp     printit
printzero:
         mov     dl, ' '
printit:
         call    printchar
         rol     dh, 1
         loop    printonechar
         call    printnewline
         inc     si
         inc     di
         cmp     di, 8
         jnz     printline
```

สรุป

8086 จะมองลักษณะของหน่วยความจำ โดยแบ่งหน่วยความจำเป็นกลุ่มๆในรูปแบบของ เซกเมนต์ ในหนึ่งเซกเมนต์จะชี้ได้ถึง 64 กิโลไบต์ เซกเมนต์ทั้งสี่ได้แก่ CS, DS, SS และ ES จะแสดงแอดเดรสของหน่วยความจำที่จะติดต่อด้วย CS จะบรรจุค่าแสดงแอดเดรสเริ่มต้นของโปรแกรม DS จะเก็บค่าดาตาเซกเมนต์ขณะนั้น SS ก็จะเก็บค่าสแต็กเซกเมนต์ขณะนั้น และ ES จะกำหนดเซกเมนต์ของข้อมูลรวมที่เรียกว่า global data segment

คำถามทบทวน

1. ลักษณะการอ้างอิงแอดเดรสมีกี่แบบอะไรบ้าง
2. จงเขียนคำสั่งเพื่ออ้างอิงแอดเดรสต่อไปนี้
   2.1 อ้างแบบรีจิสเตอร์ (Register addressing)
   2.2 อ้างแบบค่าคงที่ (Immediate addressing)
   2.3 อ้างโดยตรง (Direct addressing)
   2.4 อ้างทางอ้อมโดยใช้รีจิสเตอร์ (Register indirect addressing)
   2.5 อ้างแบบดัชนีโดยตรง (Direct indexed addressing)
   2.6 อ้างแบบสัมพัทธ์กับฐาน (Base relative addressing)
   2.7 อ้างแบบดัชนีกับฐาน (Base indexed addressing)
3. จงเขียนโปรแกรมแสดงตัวอักษร B และมีการเก็บตัวอักษรที่จะพิมพ์ไว้ในหน่วยความจำโดยเก็บเป็นตาราง ขนาด 8*8

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 14

หัวข้อเนื้อหา

- กระบวนการขัดจังหวะใน 8086
- คำสั่งติดต่อกับอุปกรณ์ใน 8086

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการขัดจังหวะและการใช้คำสั่งติดต่อกับอุปกรณ์ใน 8086

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 14 การขัดจังหวะ (Interrupted)

ปกติแล้วการทำงานของคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยการทำงานร่วมกันของหน่วยประมวลผลกลางกับอุปกรณ์รอบข้าง ซึ่งการทำงานร่วมกันนี้จำเป็นต้องมีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลกลางและอุปกรณ์อื่น ๆ อยู่เสมอ ดังนั้นรูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับอุปกรณ์รอบข้างจึงต้องถูกออกแบบมาอย่างเหมาะสมกับการทำงานของอุปรกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะแบ่งรูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับอุปกรณ์รอบข้างได้ดังนี้

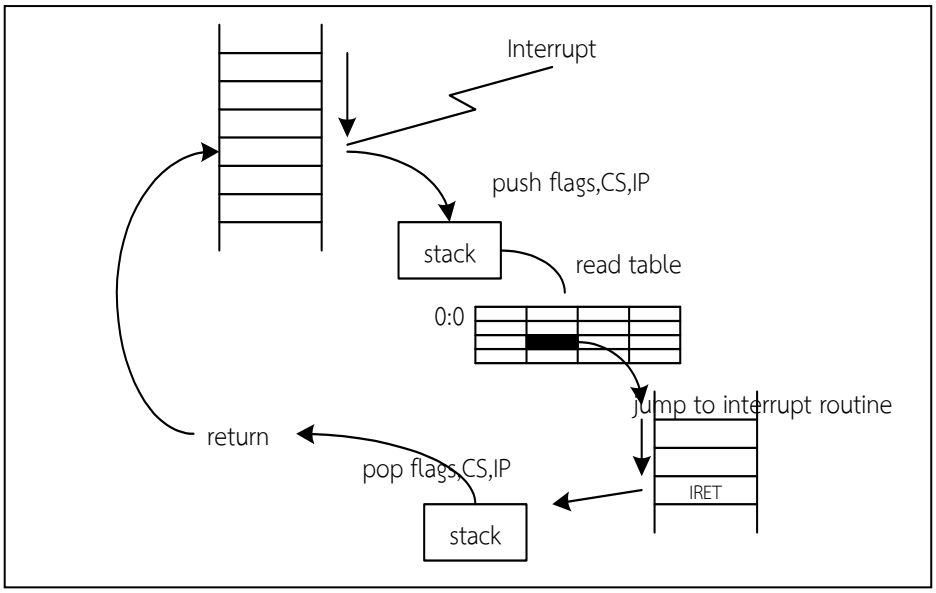
- **Programmed I/O** หน่วยประมวลผลมีคำสั่งโดยเฉพาะสำหรับการส่งรับข้อมูลกับอุปกรณ์
- **Memory-mapped I/O** การติดต่อแบบนี้นิยมใช้ในอุปกรณ์ที่ไม่มีคำสั่งพิเศษในการติดต่อกับอุปกรณ์ I/O การติดต่อจะเหมือนกับการเขียนและอ่านกับหน่วยความจำ
- **Interrupt I/O** การที่ CPU ต้องตรวจสอบสถานะของ I/O ทำให้เสียเวลาจึงมีวิธีการติดต่อแบบนี้โดยให้ I/O รายงานแก่ CPU เองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ เช่น มีข้อมูลเข้า ส่งข้อมูลเสร็จแล้ว มีลักษณะคือ I/O สร้างสัญญาณ Interrupt ให้กับ CPU เพื่อให้ CPU ประมวลผลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
- **Direct Memory Access I/O** โดยทั่วไป I/O ทำงานช้ามากเมื่อเทียบกับ CPU ดังนั้นการที่ CPU ต้องจัดการโอนย้ายข้อมูลเองจะเป็นการเสียเวลา จึงทำให้เกิดวิธีการติดต่อโดยตรงระหว่าง memory และ I/O ซึ่งในขณะนั้น CPU สามารถทำงานอื่นที่ไม่ต้องติดต่อกับ memory ได้ ขั้นตอนโดยทั่วไปมีขั้นตอนดังนี้
  1. หน่วยประมวลผลสั่งงาน I/O และระบุตำแหน่งในหน่วยความจำที่จะให้ I/O เขียนผลลัพธ์หรืออ่านข้อมูล จากนั้น CPU จะไปทำงานอื่น
  2. I/O จะเขียนผลลัพธ์ที่ได้หรืออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโดยตรง**โดยไม่ผ่าน CPU**
  3. เมื่อ I/O ทำงานเสร็จจะแจ้ง CPU โดยการสร้างการขัดจังหวะ

กระบวนการขัดจังหวะใน 8086

กระบวนการขัดจังหวะหรือ interrupt เป็นกระบวนการหนึ่งที่อุปกรณ์รอบข้างจะเรียกร้องความสนใจจาก CPU เพื่อให้ CPU มาประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ร้องขอนั้น ซึ่งกระบวนการนี้จะเริ่มจากอุปกรณ์รอบข้างส่งสัญญาณมาขอ interrupt จาก CPU เมื่อ CPU ได้รับสัญญาณ interrupt วงจรภายใน CPU จะพิจารณาว่าอุปกรณ์ใดที่ขอ interrupt โดยฮาร์ดแวร์ที่ควบคุมการ interrupt จะส่งค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ซึ่งเป็นหมายเลขที่ใช้แทนอุปกรณ์นั้นให้กับ CPU เมื่อ CPU ได้รับหมายเลขของอุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณ Interrupt ก็ส่งผ่านการควบคุมไปยัง interrupt service routine โดย CPU ได้สำรองที่ 1024 ไบต์แรกในหน่วยความจำสำหรับ interrupt vector ข้อมูลที่อยู่ใน interrupt vector คือตัวชี้ที่บอกตำแหน่งที่อยู่ของ interrupt service routine ของอุปกรณ์แต่ละหมายเลขนั้น โดยที่ interrupt แต่ละหมายเลขจะเกี่ยวข้องกับ interrupt vector 4 ไบต์ เช่น interrupt vector เบอร์ 0 จะเกี่ยวข้องกับ vector ไบต์ 0 ถึง 3 โดยที่สองไบต์แรกจะชี้ไปยัง offset ของ interrupt service routine สองไบต์ต่อมาจะชี้ไปยัง segment ของ interrupt service routune

การ interrupt จะเก็บตำแหน่งที่อยู่ของคำสั่งถัดไป(return address)บน stack เนื่องจาก interrupt service routine อาจอยู่ในหน่วยความจำส่วนใดก็ได้ ดังนั้น CPU จึงต้องจัดการกับ interrupt คือจะต้องเก็บทั้ง offset และ segment ของโปรแกรมบน stack นอกจากนั้น ก็ยังเก็บค่าของ flag register ไว้บน stack ซึ่งใน flag register ก็มี interrupt enable flag (IF)บิตอยู่ด้วย การที่ CPU รับรู้ interrupt จากภายนอกได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับค่านี้ ถ้า IF มีค่าเป็น 0 CPU จะไม่ยอมรับสัญญาณจาก maskable interrupt ขณะที่กำลัง execute interrupt service routine อยู่

เมื่อ CPU เก็บค่าของ flag register และ return address คือค่าใน register CS และ IP บน stack แล้ว ก็ใช้เบอร์ interrupt อ่านค่าตำแหน่งที่อยู่ของ interrupt service routine จาก interrupt vector แล้วย้ายการทำงานไปยัง interrupt service routine เมื่อทำมาถึงคำสั่ง IRET ซึ่งเป็นคำสั่ง return from interrupt ก็จะ pop ค่า 3 ค่าออกจาก stack และใส่ไว้ใน register IP, CS และ flag register ตามลำดับ ดังรูป 14.1



ที่มาของการขัดจังหวะ

การขัดจังหวะของ CPU มีที่มาจาก 2 ลักษณะได้แก่

1. **การขัดจังหวะที่มาจากระบบฮาร์ดแวร์** อุปกรณ์ต่างๆที่ต้องการสร้างการขัดจังหวะจะส่งสัญญาณมาที่อุปกรณ์ควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Controller) โดยสัญญาณที่เข้ามาที่อุปกรณ์ควบคุมนี้มีทั้งสิ้น 16 สัญญาณ (IRQ0 – IRQ16) จากนั้นอุปกรณ์ควบคุมการขัดจังหวะส่งสัญญาณมาที่ CPU พร้อมทั้งส่งหมายเลขของการขัดจังหวะมาพร้อมกันด้วย โดยถ้ามีการขัดจังหวะหลายอันที่ร้องขอพร้อมกันอุปกรณ์นี้จะจัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์และส่งสัญญาณที่มีความสำคัญสูงสุดก่อน อุปกรณ์ที่สร้างการขัดจังหวะกลุ่มนี้ได้แก่ นาฬิกาของระบบ แป้นพิมพ์ ฮาร์ดดิสก์ การ์ดเสียง ฯลฯ
2. **การขัดจังหวะที่มาจากระบบซอฟต์แวร์** หรืออาจจะเรียกได้ว่าเป็นการขัดจังหวะที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ภายในตัว CPU เองได้แก่ การเกิดความผิดพลาดในการทำงาน และการสั่งคำสั่ง INT โดยคำสั่ง INT มีรูปแบบดังนี้

```
INT     interrupt – type
โดยที่ interrupt – type คือเบอร์ของ interrupt ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255
```

เมื่อคำสั่ง INT ถูก execute CPU จะดำเนินการดังต่อไปนี้คือ

1. Push ค่าของ flag register บน stack
2. Clear Trap Flag (TF) และ Interrupt Enable Flag (IF)
3. Push ค่าของ register CS บน stack
4. คำนวณตำแหน่งที่อยู่ใน interrupt vector ของ interrupt เบอร์นี้ โดยการคูณ interrupt-type ด้วย 4
5. Load ค่าใน word ที่สองใน interrupt vector สำหรับ interrupt เบอร์นี้ลงใน register CS ซึ่งก็คือค่าของ segment ของ interrupt service routine
6. Push ค่าใน register IP บน stack
7. Load ค่าใน word ที่หนึ่งใน interrupt vector เบอร์นี้ ใน register IP ซึ่งก็คือค่าของ offset ของ interrupt service routine
8. Execute interrupt service routine

ตัวอย่างการรับตัวอักษรจากแป้นพิมพ์และแสดงผล

interrupt 21H เป็นการเรียกใช้งานฟังก์ชัน โดยใช้ register AH บรรจุหมายเลขฟังก์ชัน

```
;DEMONSTRATE FUNCTION 01H
;READ KEYBOARD AND DISPLAY
CODE            SEGMENT      PAGE
        ASSUME       CS:CODE,DS:CODE
;*************************
;* MACRO DEFINITION *
;*************************
READ_KBD_ECHO       MACRO
        MOV   AH, 01H            ;รอรับการกดตัวอักษรหนึ่งตัวจากแป้นพิมพ์
        INT   21H                ;รหัสตัวอักษรที่กดถูกส่งไป register AL
        ENDM
DISP_CHAR      MACROCHARACTER
        MOV   DL, CHARACTER
        MOV   AH, 02H            ;แสดงผลตามค่าที่อยู่ใน register DL
        INT   21H
        ENDM
DISPLAY        MACROSTRING
        MOV   DX, OFFSET STRING
        MOV   AH, 09H            ;แสดงผลสายตัวอักษร (string) บนจอภาพ
                                 จนกว่าจะพบตัวอักษร
        INT   21H                ;'$' โดยregister DX จะบรรจุค่า offset
                                 (จาก segment DS)
        ENDM
```

```
TERMINATE       MACRO
                MOV     AH,4CH
                INT     21H
                ENDM

                ORG             0100H
START:  DISPLAY         SHOW                    ;SHOW MESSAGE
                DISP_CHAR       10              ;SEND LINEFEED
FUNC_01H:               READ_KBD_ECHO           ;THIS FUNCTION
                CMP             AL,0DH          ;IS IT A CR-RETURN
                JNE             FUNC_01H        ;NO,LOOP BACK
                DISP_CHAR       10              ;
                TERMINATE

SHOW            DB      'TYPE ANY KEY !',13,10
                DB      'PRESS RETURN TO TERMINATE',13,10,'$'

CODE            ENDS
                END     START
```

คำสั่งติดต่อกับอุปกรณ์ใน 8086

หน่วยประมวลผลของ 8086 สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ได้ทั้งแบบ Programmed I/O, Interrupt I/O, และ Direct Memory Access โดยคำสั่งเขียนอ่านมีรูปแบบดังนี้

```
  IN    accumulator, DX
  IN    accumulator, portnumber
  OUT   DX, accumulator
  OUT   portnumber, accumulator
```

โดยที่

accumulator คือ register AX หรือ AL ขึ้นกับว่าเป็นการติดต่อแบบ 8 บิต หรือ 16 บิต

portnumber คือหมายเลขของอุปกรณ์ (หมายเลข I/O) เราสามารถระบุค่านี้โดยผ่านทาง register DX ได้ หมายเลขพอร์ตนี้มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 65535

ตัวอย่างการติดต่อกับอุปกรณ์รอบข้าง : การติดต่อกับลำโพง

ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์จะมีลำโพงเล็กๆโดยที่โปรแกรมสามารถควบคุมเสียงที่ออกจากลำโพงนี้ โดยควบคุมผ่านพอร์ต 61H ใช้ในการนำข้อมูลออกไปให้โปรแกรมและค่านี้จะคงอยู่อย่างนั้นจนกระทั่งโปรแกรมเปลี่ยนค่า แต่ละบิตของพอร์ต 61H มีความหมายดังนี้

บิต 0	timer 2 gates (ควบคุมลำโพง)
1	speaker direct control
2	multiplex port 62H
3	cassette motor control
4	enable parity check on system board memory
5	enable parity check on I/O board memory
6	keyboard clock control
7	keyboard clear/multiplex port 60H

การสั่งงานลำโพงอย่างง่ายๆสามารถทำได้โดยสั่งงานบิตที่ 1 โดยการกำหนดค่าลงในบิตนี้เปลี่ยนค่าไปมาระหว่าง 0 และ 1 ซึ่งจะทำให้ลำโพงเกิดการสั่นขึ้น การสั่งงานนั้นต้องสั่งงานโดยไม่ให้กระทบกับบิตอื่นๆ เช่น

```
in      AL, 61H
xor     AL, 02H
out     61H, AL
```

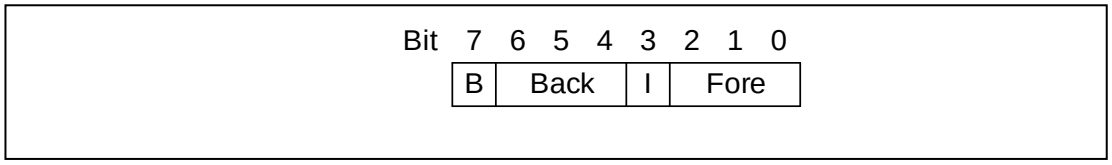
ในการสร้างเสียงต้องมีการหน่วงเวลาในการเปลี่ยนค่าบิตควบคุมลำโพง (บิตที่ 1) เพราะความถี่สูงเกินไปลำโพงจะไม่สามารถเคลื่อนที่ทันและเพื่อให้ผู้ใช้สามารถได้ยินเสียงนั้นด้วย

```
gensound        proc    near
; CX      delay   [for freq]
; DX      duration
                push    ax
                push    dx
gensignal:
                in      al, 61h
                xor     al, 02h
                out     61h, al
                push    cx
```

```
delayloop:
        nop     ;no operation
        loop    delayloop
        pop     cx
        dec     dx
        or      dx, dx
        jnz     gensignal
        pop     dx
        pop     ax
        ret
gensound        endp
```

ตัวอย่างการติดต่อกับอุปกรณ์รอบข้าง : ระบบการแสดงผลแบบตัวอักษร

การแสดงแบบตัวอักษรใน IBM/PC นั้น ในแต่ละตัวอักษรที่แสดงจะมีค่าที่เกี่ยวข้องสองค่าคือ รหัสแอสกีของตัวอักษรนั้น และค่า display attribute ของตัวอักษร ซึ่งเป็นค่าที่บอกสีของตัวอักษรและลักษณะการแสดงผล โดยบิตที่ 0-3 แสดงสีของตัวอักษร และบิตที่ 4-7 แสดงสีของพื้นหลัง



เราสามารถเขียนโปรแกรมจัดการการแสดงผลที่หน้าจอได้สองวิธี

- ใช้บริการของ Video BIOS [Interrupt 10H]

  ตัวอย่างแสดงรูปบนจอโดยใช้ BIOS interrupt เบอร์ 10H

```
; PROGRAM DRAW A DIAGONAL LINE OF SMILE FACES ON SCREEN
CODE_SEG        SEGMENT
        ASSUME  CS:CODE-SEG
DIAG    PROC    FAR
        PUSH    DS              ;SAVE RETURN ADDRESS
        MOV     AX, 0
        PUSH    AX
        PUSH    AX              ;SAVE REGISTERS AX
        PUSH    BX              ;SAVE REGISTERS BX
        PUSH    CX              ;SAVE REGISTERS CX
        PUSH    DX              ;SAVE REGISTERS DX
        STI                     ;ENABLE INTERRUPT
        MOV     AH, 15          ;SET BH TO ACTIVE PAGE
        INT     10H
        MOV     CX, 1
        MOV     DX, 0           ;START AT ROW=0 COLUMN=0
CRSR:   MOV     AH, 2           ;MOVE CURSOR TO NEXT POSITION
        INT     10H
        MOV     AL, 2           ;CHARACTER DISPLAY
        MOV     AH, 10          ;WRITE CHARACTER TO SCREEN
        INT     10H
        INC     DH              ;POINT TO NEXT ROW
        INC     DL              ;POINT TO NEXT COLUMN
        CMP     DH, 25          ;BOTTOM OF SCREEN
        JNE     CRSR
        POP     DX
        POP     CX              ;RESTORE REGISTERS
        POP     BX
        POP     AX
        RET
DIAG    ENDP
CODE_SEG        ENDS
END
```

- ใช้การเขียนค่าลงในหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลของหน้าจอโดยตรง

ในหน่วยแสดงผลแบบ VGA หน่วยความจำตั้งแต่ตำแหน่งที่ 0B800h: 0000h จะเป็นหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลของหน้าจอ โดยการเก็บขอมูลจะมีลักษณะเก็บทีละตัวอักษรเรียงกันไปตามลำดับ ซึ่งการเก็บข้อมูลจะเก็บตัวอักษรละ 2 ไบต์ ไบต์แรก (ไบต์ต่ำ) จะเก็บค่ารหัสแอสกี ไบต์ที่สองจะเก็บค่า display attribute การเก็บจะเก็บเรียงทีละบรรทัด บรรทัดละ 80 ตัวอักษร ตัวอย่างการคำนวณ

ข้อมูลของตัวอักษรที่บรรทัดที่ 10 ตัวที่ 3 อยู่ที่ offset 10*(80*2)+3*2 = 1606

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงตัวอักษรทั้งหมดบนจอภาพ

```
CODE_SEG        SEGMENT
START           PROC        FAR
        ASSUME  CS:CODE_SEG
;SAVE RETURN ADDRESS
        PUSH    DS
        MOV     AX, 0
        PUSH    AX
;CLEAR THE DISPLAY
        MOV     AX, 0B0000H
        MOV     EX, AX              ;ES POINTS TO BASE OF ADAPTE
        MOV     DI, 0
        MOV     AL, ' '             ;BLANK CHARACTER
        MOV     AH, 07H             ;NORMAL VIDEO
        MOV     CX, 2000
        REP     STOSW               ;BLANK OUT VIDEO DISPLAY
;FILL THE DISPLAY WITH 256 CHARACTERS WITH A BLANK COLUMN
;AND LINE BETWEEN ALL CHARACTERS
        MOV     AL, 0               ;CHARACTER TO DISPLAY
        MOV     AH, 0               ;COLUMN NUMBER
        MOV     DI, 160             ;POINT TO FIRST COLUMN IN ROW 2
AGAIN:  MOV     ES:[DI], AL         ;PUT CHARACTER IN MEMORY
        ADD     DI, 4               ;POINTS TO NEXT POSITION
        ADD     AH, 2
        CMP     AH, 80              ;FINISHED THIS ROW ?
        JB      SAME_LINE
```

```
;IF COLUMN NUMBER IS GREATER THAN 80 THEN SKIP A LINE
        ADD     DI, 160
        MOV     AH, 0
SAME_LINE:  CMP AL, 255
        JE      FINISHED        ;256 CHARACTERS YET
        INC     AL              ;UPDATE TO NEXT CHARACTER
        JMP     AGAIN
;AFTER DISPLAYING ALL THE CHARACTERS WAIT FOR A KEY TO BE
;PRESSED THEN BLANK THE DISPLAY AND RETURN TO DOS
        MOV     AH, 0           ;GET KEYBOARD INPUT
        INT     16H
        MOV     DI, 0           ;INITIAL OFFSET ADDRESS
        MOV     AL, ' '         ;BLANK CHARACTER
        MOV     AH, 07H         ;NORMAL DISPLAY ATTRIBUTE
        MOV     CX, 2000
        REP     STOSW           ;BLANK ADAPTER MEMORY
        RET
START       ENDP
CODE_SEG        ENDS
```

ตัวอย่างโปรแกรมย่อยเขียนตัวอักษรลงบนหน้าจอโดยตรง

```
WRITEONECHAR PROC       NEAR
;( DH, DL ) : ( ROW, COL )
;AL: CHAR    AH: ATTRIBUTE
            PUSH    DS
            PUSH    AX
            PUSH    BX
            PUSH    CX
            PUSH    DX
            MOV     AX, 0B800H
            MOV     DS, AX
            MOV     CL, DH
            PUSH    AX
            MOV     AL, 160
            MUL     CL          ; AX=ROW*160
            MOV     BX, AX
```

```
                POP         AX
                MOV         DH, 0
                SHL         DX, 1
                ADD         BX, DX
                MOV         [BX], AX
                POP         DX
                POP         CX
                POP         BX
                POP         AX
                POP         DS
                RET
WRITEONECHAR    ENDP
```

สรุป

กระบวนการขัดจังหวะใน 8086 เป็นกระบวนการหนึ่งที่อุปกรณ์รอบข้างจะเรียกร้องความสนใจจาก CPU เพื่อให้ CPU มาประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ร้องขอนั้น ซึ่งกระบวนการนี้จะเริ่มจากอุปกรณ์รอบข้างส่งสัญญาณมาขอ interrupt จาก CPU เมื่อ CPU ได้รับสัญญาณ interrupt วงจรภายใน CPU จะพิจารณาว่าอุปกรณ์ใดที่ขอ interrupt โดยฮาร์ดแวร์ที่ควบคุมการ interrupt จะส่งค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ซึ่งเป็นหมายเลขที่ใช้แทนอุปกรณ์นั้นให้กับ CPU เมื่อ CPU ได้รับหมายเลขของอุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณ Interrupt ก็ส่งผ่านการควบคุมไปยัง interrupt service routine โดย CPU ได้สำรองที่ 1024 ไบต์แรกในหน่วยความจำสำหรับ interrupt vector ข้อมูลที่อยู่ใน interrupt vector คือตัวชี้ที่บอกตำแหน่งที่อยู่ของ interrupt service routine ของอุปกรณ์แต่ละหมายเลขนั้น โดยที่ interrupt แต่ละหมายเลขจะเกี่ยวข้องกับ interrupt vector 4 ไบต์ เช่น interrupt vector เบอร์ 0 จะเกี่ยวข้องกับ vector ไบต์ 0 ถึง 3 โดยที่สองไบต์แรกจะชี้ไปยัง offset ของ interrupt service routine สองไบต์ต่อมาจะชี้ไปยัง segment ของ interrupt service routune

คำถามทบทวน

1.จงอธิบายรูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับอุปกรณ์รอบข้างต่อไปนี้

1.1 Programmed I/O

1.2 Memory-mapped I/O

1.3 Interrupt I/O

1.4 Direct Memory Access I/O

2. การขัดจังหวะของ CPU มีกี่ลักษณะอะไรบ้าง

3. เมื่อคำสั่ง INT ถูก execute CPU จะดำเนินการโดยมีขั้นตอนการทำงานอย่างไร

4. จงอธิบายหน่วยประมวลผลของ 8086 สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ในแบบต่างๆ ต่อไปนี้ได้อย่างไร
   4.1 Programmed I/O
   4.2 Interrupt I/O
   4.3 Direct Memory Access
5. จงเขียนโปรแกรมแสดงตัวอักษรที่มีคำว่า “Computer Science Suan Dusit” บนจอภาพ

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 15

หัวข้อเนื้อหา

- คำสั่ง MOVS
- คำสั่ง REP
- คำสั่ง STOS
- คำสั่ง LODS
- คำสั่ง REPZ
- คำสั่ง CMPS
- คำสั่ง REPNZ
- คำสั่ง SCAS

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคำสั่งจัดการสายข้อมูลต่างๆ เช่น คำสั่ง MOVS, คำสั่ง REP, คำสั่ง STOS, คำสั่ง LODS, คำสั่ง REPZ, คำสั่ง CMPS, คำสั่ง REPNZ และคำสั่ง SCAS เป็นต้น

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

1. การวัดผลและประเมินผล

1.1 ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

2. การประเมินผล

2.1 วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

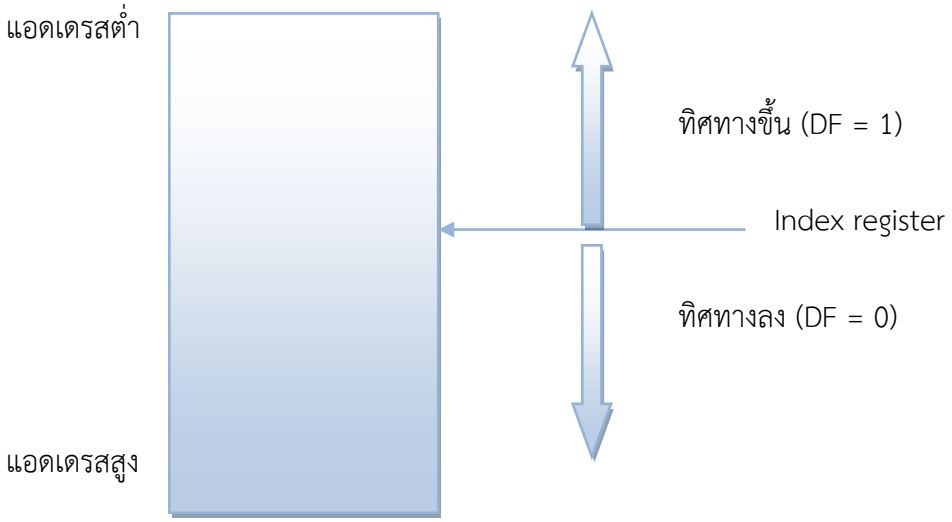
2.2 ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 15 คำสั่งจัดการกับสายข้อมูล (Character Instruction)

คำสั่งจัดการกับสายข้อมูล เป็นคำสั่งที่ใช้จัดการกับข้อมูลเป็นที่เป็นชุดเรียงต่อกัน คำสั่งในกลุ่มนี้จะระบุตำแหน่งของข้อมูลด้วย Index register คือ SI (Source Index) และ DI (Destination Index) ประกอบกับ DS และ EX โดย ข้อมูลต้นทางจะอยู่ที่ตำแหน่ง DS:SI และข้อมูลปลายทางจะอยู่ที่ ES:DI

การทำงานคำสั่งในกลุ่มนี้จะมีการปรับค่าของรีจิสเตอร์ที่เก็บตำแหน่งของข้อมูลให้โดยอัตโนมัติ เพื่อว่าเราจะสามารถใช้คำสั่งนั้นกระทำกับข้อมูลที่ตำแหน่งติดกันถัดไปได้โดยไม่ต้องปรับค่าของรีจิสเตอร์เอง ทิศทางในการปรับจะขึ้นกับค่าที่กำหนดในแฟล็กทิศทาง (DF : Direction flag)

ถ้า DF เป็น 0 แสดงว่ามีการเพิ่มตำแหน่งของการทำงาน โดยจะชี้ไปที่ข้อมูลตัวถัดไป คือ ค่าของรีจิสเตอร์ดัชนีจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้า DF เป็น 1 แสดงว่าการทำงานจะเป็นการลดตำแหน่ง โดยจะชี้ไปที่ข้อมูลที่อยู่ก่อนหน้านี้ คือรีจิสเตอร์ดัชนีจะมีค่าลดลง



การกำหนดค่าของ DF สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง STD (set direction flag) ซึ่งจะทำให้ ค่าใน DF เป็น 1 และ CLD (clear direction flag) ซึ่งจะทำให้ค่าใน DF เป็น 0

คำสั่งต่างๆ ในกลุ่มนี้

MOVSx	Move string
LODSx	Load string
STOSx	Store string
SCASx	Scan string
CMPSx	Compare string

x แทนได้ถึง B (byte) หรือ W (word) หรือ D (double) ซึ่งหมายถึงขนาดของข้อมูลที่ถูกกระทำด้วยคำสั่งนั้นๆ

คำสั่ง MOVS

คำสั่ง MOVS เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับการคัดลอกข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต้นทางไปยังแหล่งข้อมูลปลายทาง โดยมีรูปแบบดังนี้

```
MOVSB
MOVSW
MOVSD
```

คำสั่ง MOVS จะทำการคัดลอกข้อมูลจากตำแหน่ง DS:SI ไปยังตำแหน่ง ES:DI พร้อมทั้งปรับค่าในรีจิสเตอร์ DI และ SI คำสั่ง MOVSB ใช้ในการคัดลอกค่าขนาดไบต์ คำสั่ง MOVSW ใช้คัดลอกค่าขนาดเวิร์ด และคำสั่ง MOVSD ใช้คัดลอกค่าขนาดดับเบิลเวิร์ด

ตัวอย่าง โปรแกรมคัดลอกข้อมูลจำนวน 100 ตัวที่เริ่มต้นที่เลเบล d1 ไปยังเลเบล d2

```
.data
d1      dw      100 dup (N)
d2      dw      100 dup (?)

.code
  mov   ax,@data
  mov   ds,ax
  mov       es,ax
  mov   si,offset d1        ; source address
  mov   di,offset d2        ; destination address
   cld                          ; move in forward direction
  mov   cs,100              ; 100 byte to be moved
copy:   movsw
  loop copy
  ...
```

คำสั่ง REP

คำสั่งการกระทำกับสายข้อมูลนั้นมักจะต้องทำงานซ้ำเป็นวงรอบเพราะในการเรียกคำสั่งแต่ละครั้งนั้นจะเป็นการกระทำกับข้อมูลทีละ 1 ตัวเท่านั้น ดังเช่นในตัวอย่างข้างต้นเป็นการใช้คำสั่ง MOVSW ร่วมกับคำสั่ง LOOP แต่เราก็อาจจะนำคำสั่ง REP มาใช้แทนได้

คำสั่ง REP ใช้นำหน้าคำสั่งอื่นๆ เพื่อให้ทำคำสั่งนั้นซ้ำ โดยในการกระทำคำสั่งแต่ละครั้งนั้นจะมีการลดค่าของรีจิสเตอร์ CX ลงครั้งละ 1 จนกว่าค่าของรีจิสเตอร์ CX จะเท่ากับ 0 ซึ่งก็คล้ายกับการทำงานของคำสั่ง LOOP นั่นเอง

ตัวอย่าง

```
        mov   cx,100
copy:   movsw
        loop  copy
```

เราสามารถแทนบรรทัดข้างต้นทั้ง 3 ได้ด้วย

```
mov   cx,500
rep   movsw
```

คำสั่ง STOS

คำสั่ง STOS เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับการคัดลอกข้อมูลขนาดไบท์จากรีจิสเตอร์ AL หรือ ขนาดเวิร์ดจากรีจิสเตอร์ AX หรือ ขนาดดับเบิลเวิร์ดจากรีจิสเตอร์ EAX ไปยังหน่วยความจำตำแหน่ง ES:DI พร้อมทั้งปรับค่ารีจิสเตอร์ DI โดยมีรูปแบบดังนี้

```
STOSB
STOSW
STOSD
```

ตัวอย่าง *โปรแกรมกำหนดค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 ให้กับข้อมูล 100 ตัวที่เริ่มต้นที่หน่วยความจำตำแหน่ง d1*

```
.data
d1      dw      100 dup (?)

.code
  mov   ax,@data
  mov   ds,ax
  mov   es,ax
  mov   ax,0
```

```
    mov    di,offset d1          ; destination address
    cld                          ; fill them forwards
    mov    cx,100                ; number of locations to be filled
rep     stosw
    ...
```

คำสั่ง LODS

คำสั่ง LODS เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับการคัดลอกข้อมูลขนาดไบท์จากหน่วยความจำตำแหน่ง DS:SI ไปยังรีจิสเตอร์ AL หรือ ขนาดเวิร์ดไปยังรีจิสเตอร์ AX หรือ ขนาดดับเบิลเวิร์ดไปยังรีจิสเตอร์ EAX ไปยัง พร้อมทั้งปรับค่ารีจิสเตอร์ SI โดยมีรูปแบบดังนี้

```
LODSB
LODSW
LODSD
```

ตัวอย่าง *โปรแกรมหาค่าผลรวมของข้อมูลแบบไบต์ 100 ตัวที่เริ่มต้นที่ d1 และเก็บผลรวมที่ได้ไว้ใน DX*

```
.data
d1      db      100 dup (?)

.code
    mov    ax,@data
    mov    ds,ax
    ...
    mov    dx,0
    mov    si,offset d1          ; destination address
    cld                          ; forward direction
    mov    cx,100                ; number of bytes to be moved
calsum: lodsb                    ;move the next byte into AL
    add    dl,al                 ;add AL to DX
    adc    dh,0
    loop   calsum                ;if more to do, go back and repeat
    ...
```

โดยปกติเราจะไม่พบการใช้คำสั่ง REP ร่วมกับคำสั่ง LODS

ตัวอย่าง

```
.data
d1      dw      100 dup (?)

.code
  mov   ax,@data
  mov   ds,ax
  ...
  mov   di,offset d1
  cld
  mov   cx,100
rep     lodsw
  ...
```

ข้างต้นเป็นตัวอย่างการใช้คำสั่ง LODS อ่านค่าจากหน่วยความจำตำแหน่ง d1 ทีละเวิร์ดไปเก็บยังรีจิสเตอร์ AX ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าในรีจิสเตอร์ AX จะถูกเขียนทับไปเรื่อยๆ โดยในที่สุดก็มีเพียงค่าสุดท้ายเท่านั้น ไม่มีประโยชน์อันใด

ตัวอย่าง *โปรแกรมคำนวณค่าจำนวน 100 ค่าเพื่อใส่ลงในหน่วยความจำที่เริ่มต้นที่ตำแหน่ง d2 โดยมีค่าเท่ากับค่าในหน่วยความจำที่เริ่มต้นที่ตำแหน่ง d1 ที่มีลำดับเท่ากันคูณด้วย 2*

```
.data
d1      db      100 dup (?)
d2      db      100 dup (?)

.code
  mov   ax,@data
  mov   ds,ax
  ...
  mov   ax,ds
  mov   es,ax
  mov   si,offset d1          ;source address
  mov   di,offset d2          ;destination address
```

```
    cld                     ;forward direction
    mov   cx,100            ;number of bytes to be moved
calsum: lodsb               ;move next byte to AL
    shl   al,1              ;multiply AL by 2
    stosb                   ;store it in the new location
    loop  calsum            ;if more to do ,go back and repeat
    ...
```

คำสั่ง REPZ

คำสั่ง REPZ มีการทำงานคล้ายกับคำสั่ง REP แต่คำสั่ง REPZ จะกระทำซ้ำเมื่อ zero flag มีค่าเป็น 1 และ CX มีค่าไม่เท่ากับ 0

คำสั่ง CMPS

คำสั่ง CMPS จะนำค่าในหน่วยความจำตำแหน่ง ES:DI มาลบออกจากค่าในหน่วยความจำตำแหน่ง DS:SI แล้วปรับค่าแฟล็กต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยค่าของข้อมูลในหน่วยความจำยังคงเดิม และปรับค่าของรีจิสเตอร์ DI และ SI โดยอัตโนมัติ คำสั่ง CMPS มีรูปแบบดังนี้

```
CMPSB
CMPSW
CMPSD
```

คำสั่ง CMPS มักจะใช้ในการเปรียบเทียบ 2 สตริงว่าเหมือนกันหรือไม่ ในการจะค้นหาว่าข้อมูลของสตริง 2 ตัวมีค่าเท่ากันหรือไม่นั้น เราจะต้องทำการเปรียบเทียบข้อมูลไปทีละตัวจนกว่าจะหมดข้อมูลหรือพบข้อมูลที่ไม่เท่ากันเป็นตัวแรก จากที่ผ่านมาเราใช้คำสั่ง REP ร่วมกับคำสั่งอื่นเพื่อให้คำสั่งนั้นซ้ำเท่าจำนวนที่เรากำหนด(ในรีจิสเตอร์ CX) แต่ถ้าเราต้องการให้หยุดกระทำคำสั่งเมื่อพบจุดที่แตกต่าง นั่นก็คือเราจะใช้คำสั่ง REPZ แทนคำสั่ง REP เพราะคำสั่ง REPZ จะหยุดกระทำเมื่อ Z-flag เป็น 0 นั่นคือเมื่อคำสั่ง CMPS ทำการเปรียบเทียบพบข้อมูลที่ต่างกันนั่นเอง

ตัวอย่าง *โปรแกรมเปรียบเทียบข้อมูลในหน่วยความจำที่ตำแหน่งเริ่มต้นที่ d1 และในหน่วยความจำตำแหน่งเริ่มต้นที่ d2*

```
.data
d1      db      100 dup (?)
d2      db      100 dup (?)
```

```
.code
  mov    ax,@data
  mov    ds,ax
  ...
  mov    bx,ds
  mov    es,bx
  mov    si, offset d1          ;start address of first string
  mov    di, offset d2          ;start address of second string
  cld                           ;forward direction
  mov    cx,100                 ;the number of words to be compare
repz     cmpsw
  jnz    differ
same:    ...
          ...
          jmp        done
differ:  ...
          ...
done:    ...
          ...
```

คำสั่ง REPNZ

คำสั่ง REPNZ มีการทำงานคล้ายกับคำสั่ง REP แต่คำสั่ง REPZ จะกระทำซ้ำเมื่อ zero flag มีค่าเป็น 0 และ CX มีค่าไม่เท่ากับ 0

คำสั่ง SCAS

คำสั่ง SCAS จะค้นหาข้อมูลสำหรับค่าขนาดไบต์ที่กำหนดใน AL หรือขนาดเวิร์ดใน AX หรือขนาดดับเบิลเวิร์ดใน EAX โดยเริ่มต้นที่หน่วยความจำตำแหน่ง ES:DI จากนั้นจะมีการปรับค่าของรีจิสเตอร์ DI โดยอัตโนมัติ โดยมีรูปแบบดังนี้

```
SCASB
SCASW
SCASD
```

คำสั่ง SCAS มักจะใช้ในการค้นหาข้อมูลภายในสตริง ในการจะค้นหานั้น เราจะต้องทำการเปรียบเทียบข้อมูลไปทีละตัวจนกว่าจะหมดข้อมูลหรือพบข้อมูลที่ต้องการ ในทำนองเดียวกับคำสั่ง CMPS เราไม่สามารถใช้คำสั่ง REP ได้เพราะเราต้องการให้หยุดกระทำคำสั่งเมื่อพบข้อมูลที่ต้องการ เราจึงใช้คำสั่ง REPNZ แทนคำสั่ง

REP เพราะคำสั่ง REPNZ จะหยุดกระทำเมื่อ Z-flag เป็น 1 นั่นคือเมื่อคำสั่ง SCAS ทำการเปรียบเทียบพบข้อมูลที่เหมือนกันนั่นเอง

ตัวอย่าง *โปรแกรมค้นหาอักขระ 'X' จากข้อมูล 100 ตัว*

```
.data
d1      db      100 dup (?)
.code
  mov   ax,@data
  mov   ds,ax
  ...
  mov   bx,ds
  mov   es,bx
  mov   di,offset d1        ;first location to be searched
  cld                       ;forward direction
  mov   cx,100              ;the number of locations to be searched
        mov     al, 'X'
repnz   scasb               ;do the search
  jz    found
notfnd: ...
        jmp     done
found:  ...
        ...
done:   ...
```

ตัวอย่าง โปรแกรมสำหรับนำข้อมูลที่เริ่มต้นที่ d2 จำนวน 100 ตัวไปต่อท้ายข้อมูลที่เริ่มต้นที่ d1 โดยถือว่าข้อมูลที่เริ่มต้นที่ d1 ถูกปิดท้ายด้วย null string

```
  ...
  mov   ax,@data
  mov   ds,ax
  mov   bx,ds
  mov   es,bx
  mov   al, 0
  mov   di, offset d1       ;first location to be searched
  cld                       ;forward direction
repnz   scasb               ;do the search
```

```
    mov    si, offset d2          ;start address of second string
    mov    cx,100                 ;number of bytes to be moved
rep        movsb                  ;do the move
    ...
```

สรุป

คำสั่งจัดการกับสายข้อมูล เป็นคำสั่งที่ใช้จัดการกับข้อมูลเป็นที่เป็นชุดเรียงต่อกัน คำสั่งในกลุ่มนี้จะระบุตำแหน่งของข้อมูลด้วย Index register คือ SI (Source Index) และ DI (Destination Index) ประกอบกับ DS และ EX โดย ข้อมูลต้นทางจะอยู่ที่ตำแหน่ง DS:SI และข้อมูลปลายทางจะอยู่ที่ ES:DI การทำงานคำสั่งในกลุ่มนี้จะมีการปรับค่าของรีจิสเตอร์ที่เก็บตำแหน่งของข้อมูลให้โดยอัตโนมัติ เพื่อว่าเราจะสามารถใช้คำสั่งนั้นกระทำกับข้อมูลที่ตำแหน่งติดกันถัดไปได้โดยไม่ต้องปรับค่าของรีจิสเตอร์เอง ทิศทางในการปรับจะขึ้นกับค่าที่กำหนดในแฟล็กทิศทาง (DF : Direction flag)

คำถามทบทวน

1. จงอธิบายการทำงานของรีจิสเตอร์ต่อไปนี้ SI DI DS ES และ DF
2. จงแสดงและจงอธิบายการทำงานของคำสั่งต่อไปนี้
   2.1 คำสั่ง MOVS
   2.2 คำสั่ง REP
   2.3 คำสั่ง STOS
   2.4 คำสั่ง LODS
   2.5 คำสั่ง REPZ
   2.6 คำสั่ง CMPS
   2.7 คำสั่ง REPNZ
   2.8 คำสั่ง SCAS
3. จงเขียนโปรแกรมสำหรับนำข้อมูลที่เริ่มต้นที่ data2 จำนวน 25 ตัวไปต่อท้ายข้อมูลที่เริ่มต้นที่ data1 โดยถือว่าข้อมูลที่เริ่มต้นที่ data1 ถูกปิดท้ายด้วย null string

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 16

หัวข้อเนื้อหา

- คำสั่ง XLAT
- แมคโคร
- พารามิเตอร์ของแมคโคร
- การใช้ LABEL ในแมคโคร
- แมคโครกับโปรแกรมย่อย

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคำสั่ง XLAT
- มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับพารามิเตอร์ การใช้ LABEL ในแมคโคร
- สามารถประยุกต์ใช้งานคำสั่งแมคโคร (Macro) กับโปรแกรมย่อยได้

กิจกรรมการเรียนการสอน

- บรรยาย
- สืบเสาะหาความรู้
- ค้นคว้าเพิ่มเติม
- ตอบคำถาม

สื่อการเรียนการสอน

- สื่ออิเล็กทรอนิกส์
- ตอบคำถาม
- ภาพ
- เอกสารอ้างอิงประกอบการค้นคว้า

การวัดผลและประเมินผล

ใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกไว้เป็นระยะ

- สังเกตจากงานที่กำหนดให้ไปทำมาส่ง
- สังเกตจากการตอบคำถาม
- สังเกตจากการนำความรู้ไปใช้

การประเมินผล

วิธีตรวจผลงานต่างๆ ที่ให้ทำ

- ตรวจผลงานภาคปฏิบัติ
- ตรวจรายงาน
- ตรวจแบบฝึกหัด

ใช้วิธีการออกข้อสอบข้อเขียน

บทที่ 16 คำสั่งตารางและการสร้างแมคโคร (Macro and Instruction Table)

คำสั่ง XLAT

คำสั่งด้านล่างนี้เป็นคำสั่งที่ผิดรูปแบบไม่สามารถใช้ได้

```
mov     al,[bx+al]
```

เราอาจจะมองได้ว่า ค่าใน AL เป็นหมายเลขช่องของตารางและค่าใน BX เป็นแอดเดรสของตาราง คำสั่งนี้ก็คือการนำเอาค่าในตารางที่ตำแหน่งด้วย BX ช่องที่ AL มาใส่ใน Al นั่นเอง ซึ่งในหลายๆครั้งเรามีความต้องการจะทำงานในลักษณะนี้ คำสั่งข้างต้นสามารถใช้งานได้ด้วยคำสั่ง XLAT แทน

ตัวอย่าง *โปรแกรมแปลงค่าเลขฐานสิบหกหนึ่งหลักใน AL เป็นอักขระฐานสิบหก*

```
.data
hextab  db      '0123456789ABCDEF'
...

.code
  ...
  mov   bx,offset hextab
  xlat
  ...
```

แมคโคร

แมคโครคือส่วนของโปรแกรมที่เราได้กำหนดชื่อไว้ เมื่อใดก็ตามที่มีการเรียกใช้ชื่อนั้นในโปรแกรม ส่วนของโปรแกรมที่มีชื่อดังกล่าวก็จะถูกนำไปแทนที่แมคโครมีรูปแบบการประกาศดังนี้

```
name    MACRO parameters
        ...
        ENDM
```

ตัวอย่าง

```
print    macro
  mov    bx,offset msg
  mov    ah,09h
  int    21h
  endm
.data
msg      db      'TEST$'
.code
  ...
  print
  ...
```

เมื่อโปรแกรมข้างต้นเมื่อถูกขยายจะมีลักษณะดังนี้

```
.data
msg      db      'TEST$'
.code
  ...
  ;print
  mov    bx,offset msg
  mov    ah,09h
  int    21h
  ...
```

พารามิเตอร์ของแมคโคร

พารามิเตอร์ของแมคโครนั้น จะถูกนำไปแทนที่ทุกจุดในตัวแมคโคร

ตัวอย่าง

```
print    macro  prt
  mov    bx,offset prt
  mov    ah,09h
  int    21h
  endm
.data
```

```
msg1    db    'TEST$'
msg2    db    'TEST2$'
.code
  ...
  print  msg1
  print  msg2
```

เมื่อโปรแกรมข้างต้นเมื่อถูกขยายจะมีลักษณะดังนี้

```
.data
msg1    db    'TEST$'
msg2    db    'TEST2$'
.code
  ...
  ;print  msg1
  mov    bx,offset msg1
  mov    ah,09h
  int    21h
  endm
  ;print  msg2
  mov    bx,offset msg2
  mov    ah,09h
  int    21h
  endm
  ...
```

การใช้ LABEL ในแมคโคร

ตัวอย่าง

```
test1    macro
  mov    ...
label1:
  ...
  endm
.code
  ...
```

```
  test1
  ...
  test1
  ...
```

เมื่อโปรแกรมข้างต้นเมื่อถูกขยายจะมีลักษณะดังนี้

```
.code
  ...
  ;test1
  mov   ...
label1:
  ...
  ;test1
  mov   ...
label1:
  ...
```

จะเห็นได้ว่ามีการซ้ำกันของ LABEL เราสามารถกำหนดให้ MASM สร้าง LABEL ที่มีชื่อไม่ซ้ำกันได้โดยเราจะต้องประกาศให้เป็น LABEL แบบ LOCAL

ตัวอย่าง

```
test1   macro
  local  label1
  mov   ...
label1:
  ...
  endm
```

เมื่อโปรแกรมข้างต้นเมื่อถูกขยายจะมีลักษณะดังนี้

```
.code
  ...
  ;test1
  mov   ...
```

```
XXXX1:
  ...
  ;test1
  mov    ...
XXXX2:
  ...
```

แมคโครกับโปรแกรมย่อย

คำสั่งในส่วนของแมคโครจะถูกนำไปแทนที่ในตำแหน่งที่มีการเรียกใช้ ในการทำงานจริงจะไม่มีการกระโดดไปทำงาน แต่ถ้ามีการเรียนใช้แมคโครหลายครั้ง โปรแกรมส่วนนั้นก็จะถูกขยายออกมาหลายครั้ง

ส่วนโปรแกรมย่อยจะเป็นส่วนของโปรแกรมที่มีเพียงชุดเดียว การเรียกใช้โปรแกรมย่อยจะเป็นการกระโดดไปทำงานในโปรแกรมย่อยนั้น

แมคโครมีข้อดี คือ ลดเวลาในการกระโดดไปทำงานสำหรับส่วนของคำสั่งที่มีขนาดเล็ก แต่แมคโครก็มีข้อเสียคือถ้าส่วนของแมคโครมีขนาดใหญ่หรือต้องเรียกใช้หลายครั้ง จะทำให้โปรแกรมที่ได้จากการแปลมีขนาดใหญ่

สรุป

แมคโครคือส่วนของโปรแกรมที่เราได้กำหนดชื่อไว้ เมื่อใดก็ตามที่มีการเรียกใช้ชื่อนั้นในโปรแกรม แมคโครมีข้อดี คือ ลดเวลาในการกระโดดไปทำงานสำหรับส่วนของคำสั่งที่มีขนาดเล็ก แต่แมคโครก็มีข้อเสียคือถ้าส่วนของแมคโครมีขนาดใหญ่หรือต้องเรียกใช้หลายครั้ง จะทำให้โปรแกรมที่ได้จากการแปลมีขนาดใหญ่ไปด้วย

คำถามทบทวน

1. จงอธิบายการทำงานของคำสั่ง XLAT
2. จงแสดงวิธีการใช้งานการใช้ LABEL ในแมคโคร
3. แมคโครกับโปรแกรมย่อยคืออะไร มีข้อดีและข้อเสียอย่างไร

บรรณานุกรม

Agarwal R.K. 80x86 **Architecture and Programming Vol 2 Architecture Reference.** USA : Prentice Hall Inc, 1991.

Bradley, David J. **Assembly Language Programming for the IBM Personal Computer.** USA : Prentice Hall Inc, 1984.

Holzner, Steven. **Creating Utilities with Assembly Language 10 Best for IBM PC & XT. USA :** Brady Communication Company, 1986.

Jermann, William H. **The Structure and Programming of Microcomputer.** USA : Alfred Publishing Co Inc, 1982.

Thorne M. **Computer Organization and Assembly Language Programming 2nd Edition.** Benjamin Cumming Publishing Company : USA, 1991.

Williams Dave. **The Programming Technical Reference MS-DOS, IBM PC & Compatibles.** Singapore : John Wiley & Sons (SEA), 1990.

ฉวีวรรณ โสภาจารีย์. **โครงสร้างคอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี.** กรุงเทพฯ : ภาควิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.

ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ, กาธร พานิชปฐมพงษ์. **ภาษาแอสเซมบลี 80286/80386 (PC).** กรุงเทพฯ : สานักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น บมจ, 2536.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **ระบบคอมพิวเตอร์และภาษาแอสเซมบลี.** กรุงเทพฯ : สานักพิมพ์สงเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2537.

ศิริวรรณ ฉันทาดิสัย. **หลักการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี 8088.** กรุงเทพฯ : สานักพิมพ์ประการพรึก, 2534.