



รายงานการวิจัย เรื่อง
การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน
Student Development In Microprocessor Subject By Program
Simulator

สนธยา วันชัย

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประเภทวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ประจำปีงบประมาณ 2555

หัวข้อวิจัย การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน
 ชื่อผู้วิจัย นายสนธยา วันชัย
 มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
 ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพัฒนาการผู้เรียนด้วยการใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์และเพื่อประเมินความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ โปรแกรมจำลองการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยโปรแกรม Z80 Simulator IDE คู่มือการใช้งานและใบงานการเขียนโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์ แบบประเมินผู้เรียน ประกอบด้วยการประเมินก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาคณะเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 13 คน และวิเคราะห์พัฒนาการของผู้เรียนโดยคำนวณค่าร้อยละ

ผลการวิจัยได้ดังนี้

ผลการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อพัฒนาผู้เรียน ผลพัฒนาการของผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองการทำงานมีพัฒนาการที่สูงขึ้นจำนวน 11 คน ผลพัฒนาการสูงขึ้นร้อยละ 13.03 ผู้ที่มีพัฒนาการน้อยลงจำนวน 1 คนและไม่มีพัฒนาการจำนวน 1 คน ผลพัฒนาการคิดเป็นร้อยละ 7.7 ผลการวัดความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ทั้ง 3 ด้าน โดยด้านที่ 1 ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ด้านที่ 2 ด้านคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.67 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง และด้านที่ 3 ใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.92 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

สรุปการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน ช่วยให้ผู้เรียนที่มีคะแนนน้อยมีคะแนนเพิ่มขึ้นอันเนื่องจากการได้ทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ ทำให้เข้าใจและปฏิบัติตามใบงานได้

Research Title Student Development in Microprocessor Subject by Program Simulator.

Name Mr. Sontaya Wanchai

University Phetchabun Rajabhat University

Year 2012

ABSTRACT

The research report about student development in microprocessor subject by program simulator. There was objective to study about Student Development in microprocessor subject and assess student contentment to used Program Simulator in microprocessor subject . A tool that use in the research is Program simulation for Microprocessor Z80 1 set , compose of Z80 Simulator IDE Program , work manual and work sheets for Programming Microprocessor . Student Assessment Form, compose of before and after study. the sample that use in the research is student major electronic computer level 2 , 13 persons and statistics for analysis student development were percentage .

Result of research

Result of used program simulation in subject microprocessor, for development student. Result of develop of student was upper 11 persons 13.03 percentage , lower 1 person and as before 1 person 7.7 percentage. Result of assess student contentment to used Program Simulator in microprocessor subject 3 part 1. Usage this Program Simulator average was 3.49 , satisfaction was moderate 2. User's guide average was 2.67 , satisfaction was moderate and 3. Work sheets Simulator average was 2.92 , satisfaction was moderate.

Conclusion, This Program Simulation can help student has the points increases, because student get write a program to control microprocessor , make understand and follow the work sheet.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงานฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สำหรับทุนสนับสนุนที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์อมรรัตน์ จิมพลินภานนท์ และอาจารย์บุญรอด ทองสว่าง ที่ช่วยตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย และขอขอบคุณอาจารย์สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและเจ้าหน้าที่ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือการวิจัย

ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

นายสนธยา วันชัย

พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
กรอบแนวคิดในการวิจัย	1
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
เนื้อหาวิชาไมโครโปรเซสเซอร์	4
โปรแกรมจำลองการทำงาน	24
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	31
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	31
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	31
การเก็บรวบรวมข้อมูล	31
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	32

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	34
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	34
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	39
สรุปผล	39
อภิปรายผล	39
ข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม	41
ภาคผนวก	42
ก. คู่มือการใช้งานและใบงานการเขียนโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์	43
ข. แบบประเมินความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชา ไมโครโปรเซสเซอร์	80
ค. แนวการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์	84
ง. การวิเคราะห์ผู้เรียน	92
จ. แบบบันทึกผลพัฒนาการของผู้เรียน	96
ฉ. การนำเสนองานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอน	100
ประวัตินักวิจัย	102

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงจำนวนตัวเลขของเลขฐานต่างๆ	4
2.2 เปรียบเทียบระบบเลขฐาน 10 และเลขฐาน 2	5
2.3 เปรียบเทียบระบบเลขฐาน 10 และเลขฐาน 8	7
2.4 เปรียบเทียบระบบเลขฐาน 10 และเลขฐาน 16	8
4.1 ผลการปฏิบัติตามใบงานก่อนการใช้โปรแกรมจำลอง	34
4.2 ผลการปฏิบัติตามใบงานหลังการใช้โปรแกรมจำลอง	35
4.3 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังใช้โปรแกรมจำลอง	36
4.4 ผลการเปรียบเทียบพัฒนาการผู้เรียน	36
4.5 จำนวนและร้อยละ สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	37
4.6 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชา ไมโครโปรเซสเซอร์	37
จ.1 จำนวนและร้อยละคะแนนของการปฏิบัติการทดลองตามใบงานร่วมกับอุปกรณ์ ชุดฝึกไมโครโปรเซสเซอร์ Z80	97
จ.2 จำนวนและร้อยละคะแนนของการปฏิบัติการทดลองตามใบงานร่วมกับโปรแกรม จำลองการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 โดยผู้วิจัยเลือกโปรแกรม Z80 Simulator IDE รุ่นทดลองใช้งาน	98
จ.3 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปฏิบัติ	99

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย	2
2.1 แสดงวงรอบการทำงานแต่ละคำสั่งของการควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์	12
2.2 โครงสร้างไมโครโปรเซสเซอร์ Z80	15
2.3 โครงสร้างภายในไมโครโปรเซสเซอร์	15
2.4 แสดงส่วนรีจิสเตอร์ภายในไมโครโปรเซสเซอร์	16
2.5 แสดงรีจิสเตอร์ภายในทั้งหมดของ CPU Z80	17
2.6 แสดงรีจิสเตอร์หลัก	18
2.7 แสดงรีจิสเตอร์สำรอง	18
2.8 แสดงรีจิสเตอร์ใช้กับงานเฉพาะ	20
2.9 แสดงตำแหน่งสถานะแฟล็ก	21
2.10 แสดงทิศทางการไหลของข้อมูล	22
2.11 ซอฟต์แวร์แบบจำลองเครื่องยนต์	26
2.12 จำลองการทำงานเครื่องจักร รายงานด้วยกราฟ	27
2.13 การจำลองสภาพของชิ้นงานที่ออกแบบไว้โดยโปรแกรม Cosmos work	27
2.14 จำลองการทำงานด้วย Automation Studio	28
ก.1 โปรแกรม z80simulationidesetup981	44
ก.2 เลือก accept โปรแกรม z80simulationidesetup981	44
ก.3 เลือกส่วนประกอบและตำแหน่งการเก็บไฟล์โปรแกรม	45
ก.4 เริ่มติดตั้งโปรแกรม	45
ก.5 เริ่มต้นคลิก Start	46
ก.6 เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม	46
ก.7 หน้าแรกโปรแกรม Z80 Simulator IDE	46
ก.8 เลือกเมนู Tools -> Assembler สำหรับการเริ่มต้นเขียนโปรแกรม	47
ก.9 หน้าต่าง editor สำหรับเขียนโปรแกรมโดยเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 0001	47
ก.10 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม	48
ก.11 เมนู save สำหรับบันทึกโปรแกรมที่เขียนไว้	48
ก.12 ตั้งชื่อไฟล์สำหรับการบันทึกโปรแกรม	49

ภาพที่

หน้า

ก.13 เริ่มต้นการ Assembler	49
ก.14 แสดงส่วนผลการ Assemble และส่วน error	50
ก.15 เลือก Assemble และส่งไฟล์ไปยังโปรแกรม Z80 Simulator IDE	50
ก.16 เลือกเมนูแสดงผล logging	51
ก.17 เลือกส่วนแสดงผลที่ตำแหน่งหน่วยความจำ	51
ก.18 ส่วนแสดงผลที่ตำแหน่งหน่วยความจำ	52
ก.19 เลือกหยุดการทำงานเมื่อโปรแกรมทำงานค้าง	52
ก.20 เลือกอัตราส่วนการทำงานโดยเลือกที่ Fast	53
ก.21 เริ่มต้นการ Simulator	53
ก.22 ผลการรันโปรแกรมที่แสดงบนไฟล์ log.txt	54

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาในสาขาวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ นั้น การเรียนจะเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติงานจริงจากอุปกรณ์จริง ที่มีการผลิตขายในท้องตลาด ทำให้เกิดทักษะ ความรู้ความเข้าใจ ส่งผลให้การปฏิบัติงานในรายวิชาอื่นๆ สามารถกระทำได้ด้วยความรู้ความเข้าใจยิ่งขึ้น แต่บางรายวิชาผู้เรียนจะไม่สามารถปฏิบัติให้เข้าใจได้ โดยเฉพาะรายวิชาที่ต้องใช้เครื่องมือที่ราคาสูง การปฏิบัติจะมีโอกาสได้ปฏิบัติน้อย

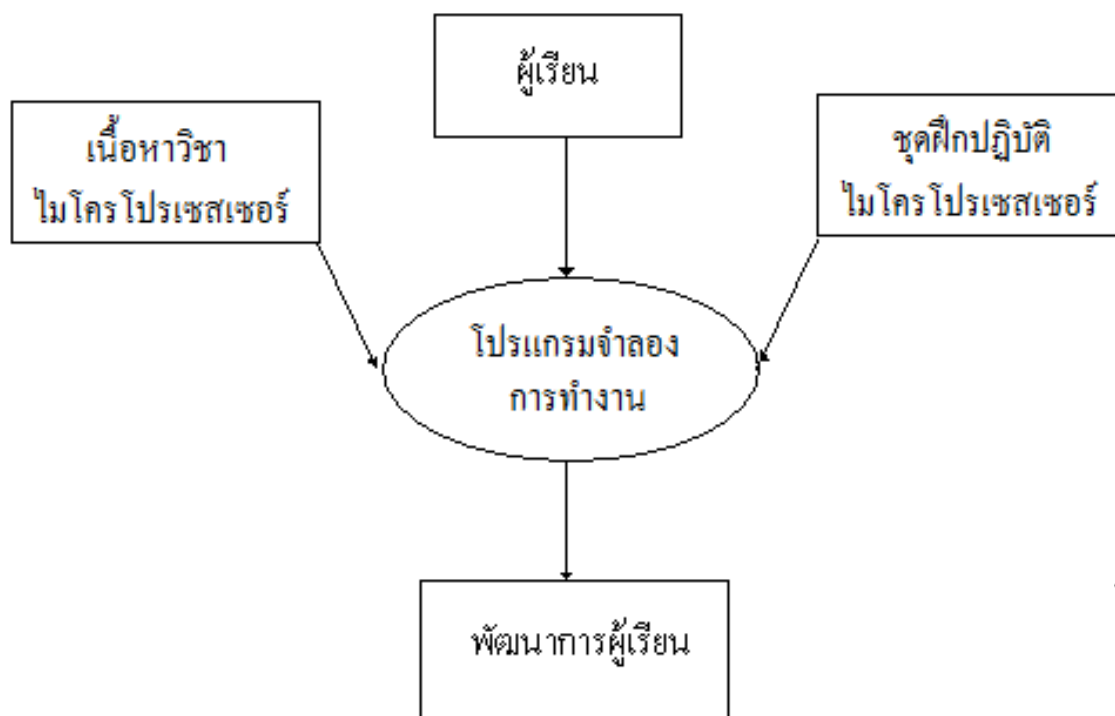
การเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ จะเน้นให้ผู้เรียนเรียนทฤษฎีให้มีความเข้าใจ และจะปฏิบัติการไมโครโปรเซสเซอร์โดยใช้ Single board ที่ใช้อยู่โดยการเรียนจะเรียนพื้นฐานก่อน เรียนรู้คำสั่ง เรียนรู้ การใช้งานรีจิสเตอร์ หน่วยความจำ ฯ ผู้เรียนจะได้เรียนแต่ทฤษฎี ดังนั้นความเข้าใจการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์จะไม่ได้เต็มที่ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะหาส่วนของโปรแกรมจำลองมาให้ผู้เรียนได้ฝึกการเขียนโปรแกรมเพื่อเพิ่มทักษะให้แก่ผู้เรียน ให้มีความเข้าใจการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ ได้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการผู้เรียนด้วยการใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. โปรแกรมจำลองการทำงาน
2. พัฒนาการของผู้เรียนเรื่องโปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร การวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 2 หมู่เรียน 5411021361 สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ 1 หมู่เรียน จำนวน 13 คน

ระยะเวลา

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการศึกษา คือ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2555

ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย

1. ได้ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์
2. ได้ทราบผลประเมินความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย

การพัฒนา หมายถึง กระบวนการ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้แก่ผู้เรียนให้มีความรู้ในเรื่องไมโครโปรเซสเซอร์เพิ่มขึ้น

ผู้เรียน หมายถึง นักศึกษาที่ศึกษาในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์

วิชาไมโครโปรเซสเซอร์ หมายถึง วิชาที่ว่าด้วยการศึกษาหลักการทำงานของ การสั่งงานไมโครโปรเซสเซอร์ให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ

โปรแกรมจำลอง หมายถึง โปรแกรมที่ทำหน้าที่แสดงการทำงานแทนการทำงานจากอุปกรณ์จริง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งหัวข้อ ได้ดังนี้

1. เนื้อหาวิชาไมโครโปรเซสเซอร์
2. โปรแกรมจำลองการทำงาน
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

การศึกษาไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้ที่ศึกษาควรมีความรู้พื้นฐานในระบบตัวเลขต่างๆ เช่น เลขฐาน 2 , 8,10 และ 16 โครงสร้าง สถาปัตยกรรม รีจิสเตอร์ หน่วยความจำ สำหรับตัวไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นนั้นๆ เนื่องด้วยการสั่งงาน การเขียนโปรแกรม หรือแม้กระทั่งการนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก ผู้ที่สั่งงานจะต้องใช้ทักษะพื้นฐานเหล่านั้นเป็นเครื่องมือช่วยในการทำงาน โดยในบทนี้ผู้เขียนได้แบ่งหัวข้อการศึกษาพื้นฐานไมโครโปรเซสเซอร์ออกได้ดังนี้

1. ระบบเลขฐาน

เลขฐาน หมายถึงกลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนหลัก (Digit) ตามชื่อของฐานนั้นๆเช่น เลขฐานสอง ฐานแปด และฐานสิบ ประกอบด้วยข้อมูลตัวเลขจำนวนสองหลัก (0-1) แปดหลัก (0-7) และสิบหลัก (0-9) ตามลำดับ ดังรูปในตารางที่ 1 ในระบบคอมพิวเตอร์มีการใช้ระบบเลขฐาน 4 แบบ ประกอบด้วย

1. เลขฐานสอง (Binary Number)
2. เลขฐานแปด (Octal Number)
3. เลขฐานสิบ (Decimal Number)
4. เลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number)

ตารางที่ 2.1 แสดงจำนวนตัวเลขของเลขฐานต่างๆ

ชื่อเลขฐาน	จำนวนตัวเลขในแต่ละหลัก															
ฐาน 2	0	1														
ฐาน 8	0	1	2	3	4	5	6	7								
ฐาน 10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
ฐาน 16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

การเขียนตัวเลขในรูปเลขฐานต่างๆ โดยทั่วไปนิยมเขียนตัวเลขระบบฐานกำกับไว้ด้วยเสมอ (ยกเว้นเลขฐาน 10) เช่น

$(10101111)_2$ หมายถึงเลขฐาน 2

$(6712300)_8$ หมายถึงเลขฐาน 8

$(10101111)_{10}$ หมายถึงเลขฐาน 10 แต่ทั่วไปไม่เขียนตัวเลขระบบฐานกำกับ

$(189CD5)_{16}$ หมายถึงเลขฐาน 16

1.1 ระบบเลขฐานสอง

ระบบเลขฐานสองได้ถูกคิดค้นขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ “GOTTFRIED WILHELM” ซึ่งใช้สัญลักษณ์เป็น 0 และ 1 เท่านั้น ทำให้ระบบเลขฐานสองนี้เหมาะสมในการนำมาประยุกต์แทนการอธิบายการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์วิทซึ่ง โดย ON จะแทน 1 และ OFF จะแทน 0

การนับเลขฐานสอง (Counting in Binary)

การนับเลขฐานสองจะมีหลักการเช่นเดียวกับการนับเลขฐานสิบ คือจะมีตัวนำและตามด้วยเลขพื้นฐาน เช่น

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบระบบเลขฐาน 10 และเลขฐาน 2

เลขฐานสิบ	เลขฐานสอง	เลขฐานสิบ	เลขฐานสอง
0	0	8	1000
1	1	9	1001
2	10	10	1010
3	11	11	1011
4	100	12	1100
5	101	13	1101
6	110	14	1110
7	111	15	1111

มีข้อสังเกตคือ เลขฐานสอง 16 ตัวแรก จะเขียนด้วยตัวเลขขนาด 4 หลัก หรือ 4 บิตพอดิ (bit ย่อมาจาก binary digit) และความสำคัญของตัวเลข ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ก็จะมีระดับความสำคัญที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับเลขฐานสิบ นั่นคือ ตัวเลขที่อยู่ตำแหน่งซ้ายสุดของจำนวนเลขใด ๆ จะเป็นเลขที่มีนัยสำคัญสูงที่สุด (most significant digit (bit) ใช้ตัวย่อว่า msd หรือ msb) ส่วนตัวเลขที่อยู่ตำแหน่งขวาสุดของ

จำนวนเลขใด ๆ จะเป็นเลขที่มีนัยสำคัญต่ำที่สุด (least significant digit (bit) ใช้ตัวย่อว่า lsd หรือ lsb) และเช่นเดียวกับเลขฐานสิบเราสามารถเขียนเลขฐานสองในลักษณะเทียบค่านำหนักประจำหลักได้เช่นกัน

$$N_2 = a_{n-1}(2)^{n-1} + a_{n-2}(2)^{n-2} + \dots + a_1(2)^1 + a_0(2)^0$$

และในกรณีเป็นทศนิยมจะได้

$$n_2 = a_{-1}(2)^{-1} + a_{-2}(2)^{-2} + \dots + a_{-(m-1)}(2)^{-(m-1)} + a_{-m}(2)^{-m}$$

ฉะนั้นถ้าเลขนั้น ๆ ประกอบไปด้วยจำนวนเต็มและทศนิยมก็จะได้

$$N_2 = a_{n-1}(2)^{n-1} + a_{n-2}(2)^{n-2} + \dots + a_1(2)^1 + a_0(2)^0 + a_{-1}(2)^{-1} + a_{-2}(2)^{-2} + \dots + a_{-(m-1)}(2)^{-(m-1)} + a_{-m}(2)^{-m}$$

ตัวเลขที่มีค่าไม่ซ้ำกันสองหลัก (0 และ 1) เป็นเลขฐานเดียวที่เข้ากันได้กับ Hardware ของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง เพราะการใช้เลขฐานอื่น จะสร้างความยุ่งยากให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์อย่างมาก เช่น เลขฐานสิบมีตัวเลขที่เป็นสถานะที่ต่างกันถึง 10 ตัว ในขณะที่ระบบไฟฟ้ามีเพียง 2 สถานะ ซึ่งในช่วงเวลาหนึ่งๆ มีเพียงสถานะเดียวเท่านั้น แต่ละหลักของเลขฐานสอง เรียกว่า Binary Digit (BIT)

01	มีค่าเท่ากับ 2 บิต
0101	มีค่าเท่ากับ 4 บิต
01010101	มีค่าเท่ากับ 8 บิต

1.2 ระบบเลขฐานแปด

ในการทำงานจริงของอิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ เราสามารถแทนได้ด้วยเลขฐานสองก็จริง แต่ถ้าหากมีการบอกรายละเอียดเป็นขนาดจำนวนบิตต่าง ๆ ค่อนข้างมาก จะทำให้ไม่สะดวกนั้นในการที่จะใช้เลขฐานสองในการสื่อความหมาย ข้อเสียนี้ของเลขฐานสองทำให้เราจำเป็นต้องหาระบบเลขอื่น ๆ มาใช้แทน ซึ่งเลขฐานแปดเป็นระบบเลขระบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้แทนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสัญลักษณ์พื้นฐานของเลขฐานแปดประกอบไปด้วยค่าต่ำสุดคือ 0 และค่าสูงสุด คือ 7 ซึ่งสอดคล้องกับค่าต่ำสุดของเลขฐานสองจำนวน 3 บิต คือ 000 และค่าสูงสุดคือ 111 พอดี ทำให้เราสามารถเปลี่ยนระหว่างเลขฐานสองและเลขฐานแปดได้สะดวก

การนับจะนวนของระบบเลขฐานแปดก็จะมีลักษณะเดียวกับเลขฐานสองและฐานสิบก็จะต้องประกอบด้วยตัวนำ และตามด้วยตัวเลขพื้นฐาน

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบระบบเลขฐาน 10 และเลขฐาน 8

เลขฐานสิบ	เลขฐานแปด	เลขฐานสิบ	เลขฐานแปด
0	0	8	10
1	1	9	11
2	2	10	12
3	3	11	13
4	4	12	14
5	5	13	15
6	6	14	16
7	7	15	17

ซึ่งเขียนตามน้ำหนักประจำหลักจะได้

$$N_8 = a_{n-1}(8)^{n-1} + a_{n-2}(8)^{n-2} + \dots + a_1(8)^1 + a_0(8)^0$$

และในกรณีเป็นทศนิยมจะได้

$$n_8 = a_{-1}(8)^{-1} + a_{-2}(8)^{-2} + \dots + a_{-(m-1)}(8)^{-(m-1)} + a_{-m}(8)^{-m}$$

ฉะนั้นถ้าเลขนั้น ๆ ประกอบไปด้วยจำนวนเต็มและทศนิยมก็จะได้

$$N_8 = a_{n-1}(8)^{n-1} + a_{n-2}(8)^{n-2} + \dots + a_1(8)^1 + a_0(8)^0 + a_{-1}(8)^{-1} + a_{-2}(8)^{-2} + \dots + a_{-(m-1)}(8)^{-(m-1)} + a_{-m}(8)^{-m}$$

เลขฐานแปด มีความสัมพันธ์กับเลขฐานสอง คือ เลขฐานสองจำนวน 3 หลัก แทนด้วยเลขฐานแปด 1 หลัก ดังนั้นเราจึงสามารถเขียนเลขฐานสอง 6 บิต แทนด้วยเลขฐานแปด 2 บิต การใช้เลขฐานแปดแทนเลขฐานสองทำให้จำนวนบิตสั้นลง ระบบนี้เป็นอีกระบบหนึ่งที่ใช้งานในคอมพิวเตอร์สมัยก่อน เช่นในระบบคอมพิวเตอร์ของบริษัท IBM

1.3 เลขฐานสิบ

เลขฐานสิบคือตัวเลขที่มีค่าไม่ซ้ำกันสิบหลัก (0,1,2,...,9) เป็นเลขฐานที่มนุษย์คุ้นเคย และใช้ในชีวิตประจำวันมากที่สุด ตัวเลขที่มีจำนวนมากกว่า 9 ให้ใช้ 10 ซึ่งเป็นการกลับไปใช้เลข 1 และ 0 อีกเพียงแต่ค่าของ 1 เปลี่ยนไปเป็น 10 เท่าของตัวเอง เช่น 333 (สามร้อยสามสิบสาม) แม้จะใช้ตัวเลข 3 ทั้งหมด แต่ตำแหน่งของตัวเลขย่อมมีความหมายตามตำแหน่งของแต่ละหลักนั้น กล่าวคือ หลักหน่วยน้อยกว่าหลักสิบ 10 เท่า หลักสิบน้อยกว่าหลักร้อย 10 เท่า ตามลำดับ

1.4 ระบบเลขฐานสิบหก

ระบบเลขฐานสิบหกมีลักษณะคล้ายเลขฐานแปด โดยค่าต่ำสุดของเลขฐานสิบหก คือ 0 จะมีค่าเท่ากับค่าต่ำสุดของเลขฐานสอง 4 บิต คือ 0000 และโดยค่าสูงสุดของเลขฐานสิบหก คือ F จะมีค่า

เท่ากับค่าสูงสุดของเลขฐานสอง 4 บิต คือ 1111 ทำให้ระบบเลขฐานสิบหกจึงเป็นอีกระบบหนึ่งที่นิยมใช้แทนการกล่าวถึงเลขฐานสอง และปัจจุบันจะเป็นที่นิยมใช้เลขฐานสิบหกมากกว่าเลขฐานแปด

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบระบบเลขฐาน 10 และเลขฐาน 16

เลขฐานสิบ	เลขฐานสิบหก	เลขฐานสิบ	เลขฐานสิบหก
0	0	8	8
1	1	9	9
2	2	10	A
3	3	11	B
4	4	12	C
5	5	13	D
6	6	14	E
7	7	15	F

เลขฐานสิบหก N_{16} ซึ่งมีจำนวนเต็ม n หลัก จำนวนทศนิยม m หลัก จะมีค่าดังสมการ

$$N_{16} = a_{n-1}(16)^{n-1} + a_{n-2}(16)^{n-2} + \dots + a_1(16)^1 + a_0(16)^0 + a_{-1}(16)^{-1} + a_{-2}(16)^{-2} + \dots + a_{-(m-1)}(16)^{-(m-1)} + a_{-m}(8)^{-m}$$

เลขฐานสิบหก มีความสัมพันธ์กับเลขฐานสอง คือ เลขฐานสองจำนวน 4 หลัก แทนด้วยเลขฐานสิบหก 1 หลัก ดังนั้นเราจึงสามารถเขียนเลขฐานสอง 8 บิตแทนด้วยเลขฐานสิบหก 2 บิต การใช้เลขฐานสิบหกแทนเลขฐานสองทำให้จำนวนบิตสั้นลง

ประกอบไปด้วยเลข 16 ตัวคือ 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F ตัวเลขทั้ง 16 ตัวนี้เป็นเลขของฐานสิบหก และต้องมีค่าไม่เกินเลข F ด้วย เหตุที่ตัวเลขมากกว่า 9 ต้องเขียนเป็นอักษร A,B,C,D,E,F เนื่องจาก หากใช้เลข 10 จะทำให้เกิดเป็นเลข 2 หลัก ซึ่งจะทำให้เกิดความสับสนเนื่องจากในเลขแต่ละหลักของฐานสิบหก สามารถมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 15 หากเขียนแทนค่าจำนวน 10 ด้วยเลขสองหลักแล้วจะไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นเลข หลักเดียวที่มีค่า 10 หรือเป็นเลข 2 ดังนั้นจึงแทนค่าตั้งแต่ 10 ถึง 15 ด้วยตัวอักษรดังนี้

- A แทนตัวเลขที่มีค่า 10
- B แทนตัวเลขที่มีค่า 11
- C แทนตัวเลขที่มีค่า 12
- D แทนตัวเลขที่มีค่า 13

E แทนตัวเลขที่มีค่า 14

F แทนตัวเลขที่มีค่า 15

2. สถาปัตยกรรมไมโครคอมพิวเตอร์

ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ โดยพื้นฐานแล้วประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบด้วยกัน คือ

2.1 CPU หรือหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit)

2.2 MEMORY หรือหน่วยความจำ ซึ่งจะใช้เป็นหน่วยความจำแบบ

2.2.1 **ROM** (Read Only Memory) หรือหน่วยความจำที่เขียนแล้ว จะสามารถเก็บข้อมูลได้ แม้ไม่มีกระแสไฟเลี้ยง แต่ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลได้

หน่วยความจำที่อ่านได้อย่างเดียว (Read Only Memory-ROM) หน่วยความจำที่อ่านได้อย่างเดียว บางครั้งเรียกว่า หน่วยความจำถาวร ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลภายในได้ ส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการเก็บชุดคำสั่งในการเริ่มต้นการทำงานของคอมพิวเตอร์ หรือชุดคำสั่งที่สำคัญๆ ของคอมพิวเตอร์ เช่น ROM BIOS(Basic Input Output System) หน่วยความจำชนิดนี้มีข้อดีคือ ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีการกระแสไฟหล่อเลี้ยงสำหรับเก็บข้อมูล แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถทำการแก้ไขข้อมูลได้ รวมถึงความเร็วของหน่วยความจำชนิดนี้ไม่สูงมากเท่าที่ควร เราสามารถจำแนกชนิดของ ROM ได้ดังนี้

PROM (Programmable Read-Only Memory) เป็นหน่วยความจำ ROM ที่อนุญาตให้ผู้เขียนบันทึกได้ครั้งเดียวและหลังจากได้ทำการเขียนแล้วจะไม่สามารถลบหรือแก้ไขใดๆ ได้อีก

EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory) เป็นหน่วยความจำ ROM ที่สามารถทำการลบข้อมูลและทำการเขียนใหม่ได้ด้วยอุปกรณ์ชนิดพิเศษ

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมาผลิต โดยรวมข้อดีของ ROM และ RAM เข้าด้วยกันทำให้สามารถลบและเขียนข้อมูลที่เก็บไว้ได้โดยใช้โปรแกรมพิเศษแต่ยังคงรักษาความสามารถในการเก็บข้อมูลแบบไม่ต้องการกระแสไฟหล่อเลี้ยงไว้ ความเร็วในการทำงานยังไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของหน่วยความจำในปัจจุบัน หน่วยความจำชนิดนี้ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ทำ BIOS รุ่นใหม่ที่สามารถทำการ Upgrade BIOS ซึ่งเรียกว่า Flash BIOS

FLASH Memory หน่วยความจำชนิดนี้เป็นเทคโนโลยีของหน่วยความจำแบบนอนโวลตาไทล์แบบใหม่ล่าสุดซึ่งจะมาแทนที่ EPROM แม้ว่าในปัจจุบันหน่วยความจำชนิดนี้จะมีราคา

สูงกว่า 3 เท่าของหน่วยความจำแบบโวลไทล์ก็ตาม แต่ความหนาแน่นจะสูงมากจนอาจเท่ากับ DRAM หรือมากกว่า ในราคาที่ไม่ต่างกัน มากนัก หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Memory) จะใช้ในงานด้าน อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการหน่วยเก็บข้อมูลความจุสูง เพื่อเก็บภาพข้อมูล

BIOS (Basic Input Output System) คือชุดคำสั่งระดับล่างสุดเรียกว่า Microprogram สำหรับติดต่อกับ Hardware โดยตรงใช้ในการเริ่มต้นการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่ชุดคำสั่งนี้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำชนิดถาวรชื่อ ROM BIOS โดยจะกำหนด ส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถรองรับการทำงานได้ รวมถึงการตรวจสอบระบบต่าง ๆ ภายในเครื่องและบริหารการติดต่อกับ Input และ Output เช่น แปลสัญญาณจาก Keyboard เข้าไปทำงาน และแลกเปลี่ยนข้อมูลส่งไปให้ Port หรือติดต่อกับ Hard Disk และ Floppy Disk Drive เป็นต้น โดยที่จะ มีระบบปฏิบัติการ (Operation System-OS) มารับช่วงการทำงานต่อ

2.2.2 RAM (Random Access Memory) หรือหน่วยความจำชั่วคราว เรา สามารถเขียนแล้วลบข้อมูลในหน่วยความจำได้ตลอดที่มีกระแสไฟเลี้ยงหน่วยความจำ แต่ถ้าปราศจาก กระแสไฟเลี้ยงแล้วละก็ข้อมูลจะสูญหายไป

หน่วยความจำแบบนี้จำเป็นขั้นต้นมีกระแสไฟเลี้ยงตลอดเวลาในการทำงานหาก ไม่มีกระแสไฟเมื่อใดข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในขณะนั้นจะถูกลบโดยทันที แต่มีข้อดีคือสามารถทำงานได้ อย่างรวดเร็วและสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในได้ตลอดเวลา

เราสามารถจำแนกหน่วยความจำแรมได้ 2 พวกดังนี้

ไดนามิกแรม (Dynamic RAM-DRAM) เป็นชิปหน่วยความจำที่นิยมใช้เป็น หน่วยความจำหลักในเครื่องคอมพิวเตอร์ มีเวลาในการเข้าถึง (Access Time) มีหน่วยวัดเป็น นาโนวินาที (nanosecond:ns) เหตุผลที่ DRAM มีเวลาเข้าถึงช้ากว่า SRAM ก็เนื่องมาจาก DRAM จะต้องมีการรีเฟรชข้อมูลทุก ๆ ช่วงเวลาหนึ่ง เพราะว่าข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในตัวเก็บประจุ ซึ่งจะสูญเสียประจุไปตามเวลา แต่ ข้อดีของ DRAM ก็คือ มีความจุสูง แรกเริ่มการพัฒนา DRAM นั้น ความจุจะเริ่มตั้งแต่ 64 กิโลบิต จนถึง ปัจจุบันได้มีการผลิตชิปที่มีความจุสูงถึง 8 เมกะไบต์ต่อชิป รวมทั้งราคาก็ถูกลงเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

สแตติกแรม (Static RAM-SRAM) เป็นชิปที่มีเวลาในการเข้าถึงเร็วกว่า หน่วยความจำชนิดอื่น กล่าวคือไม่ต้องมีการรีเฟรชเหมือนกับ DRAM ซึ่งเวลารีเฟรชต้องใช้เวลาของ ชิฟฟ์ด้วย ทำให้เวลาของชิฟฟ์ส่วนหนึ่งเสียไป หน่วยความจำประเภทนี้มักนำไปใช้ในหน่วยความจำแบบ แคช (Cache Memory) เนื่องจากมีความเร็วสูงกว่า DRAM มาก ซึ่งจะใกล้เคียงกับการทำงานของชิฟฟ์ ทำให้ไม่มีสภาวะรอคอยเกิดขึ้น แต่ข้อเสียของ SRAM ก็คือ มีราคาที่สูง ความจุต่อชิปก็น้อยเมื่อเทียบกับ DRAM ดังนั้นจึงใช้เนื้อที่ของบอร์ดมากกว่าเมื่อหากต้องการความจุเท่า กัน

2.3 I/O PORT (PIO) หรือส่วนติดต่อกับอุปกรณ์/วงจรรับข้อมูล (INPUT) และแสดงผล (OUTPUT) นอกจากองค์ประกอบหลักทั้ง 3 ชิ้นแล้ว ยังต้องมีส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงองค์ประกอบทั้ง 3 เข้าด้วยกัน นั่นก็คือ BUS โดยเราจะจำแนกประเภทของ BUS ตามหน้าที่ได้ 3 ประเภท คือ

2.3.1 DATA BUS เป็นเส้นทางที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างองค์ประกอบทั้ง 3 (CPU, MEMORY, I/O) โดยปกติแล้ว DATA BUS จะมีขนาดความกว้างของการทำงาน (จำนวนเส้น/ขาของ DATA BUS) เท่ากับขนาดของ การประมวลผลในแต่ละครั้งของ CPU เช่น CPU 8 บิต ก็จะมีขาของ DATA BUS จำนวน 8 ขา หรือเรียกได้ว่าเราจะมีจำนวนเส้น 1 เส้น ต่อ ข้อมูล 1 บิตนั่นเอง

2.3.2 ADDRESS BUS ทำหน้าที่บอกถึงตำแหน่งของข้อมูลที่เรากำลังกล่าวถึงขนาดของ BUS ชนิดนี้จะแตกต่างกันตามชนิด ของ CPU เช่น Z80 มี ADDRESS BUS ขนาด 16 บิต จึงมีหน่วยความจำได้สูงสุด 64 KB แต่ Z180 จะมี ADDRESS BUS จำนวน 20 เส้นหรือ 20 บิต ก็จะสามารถอ้างอิงหน่วยความจำได้สูงสุด 1 MB เลยทีเดียว

2.3.3 CONTROL BUS หรือบัสควบคุมการทำงาน บัสชนิดนี้มีหน้าที่ส่งสัญญาณระหว่างองค์ประกอบทั้ง 3 ซึ่งสัญญาณของ แต่ละ CPU ก็จะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามปกติแล้วจะมีชนิดของสัญญาณพื้นฐานที่เหมือนกันอยู่ เช่น

- **READ** สำหรับอ่านข้อมูลจาก Memory หรือ I/O Port
- **WRITE** สำหรับเขียนข้อมูลไปที่ Memory หรือ I/O Port
- **INTERRUPT** สำหรับขัดจังหวะการทำงานของ CPU แล้วให้ทำงานอื่นก่อน
- **ChipSelect** สำหรับส่งสัญญาณเลือกอุปกรณ์ที่จะติดต่อด้วย

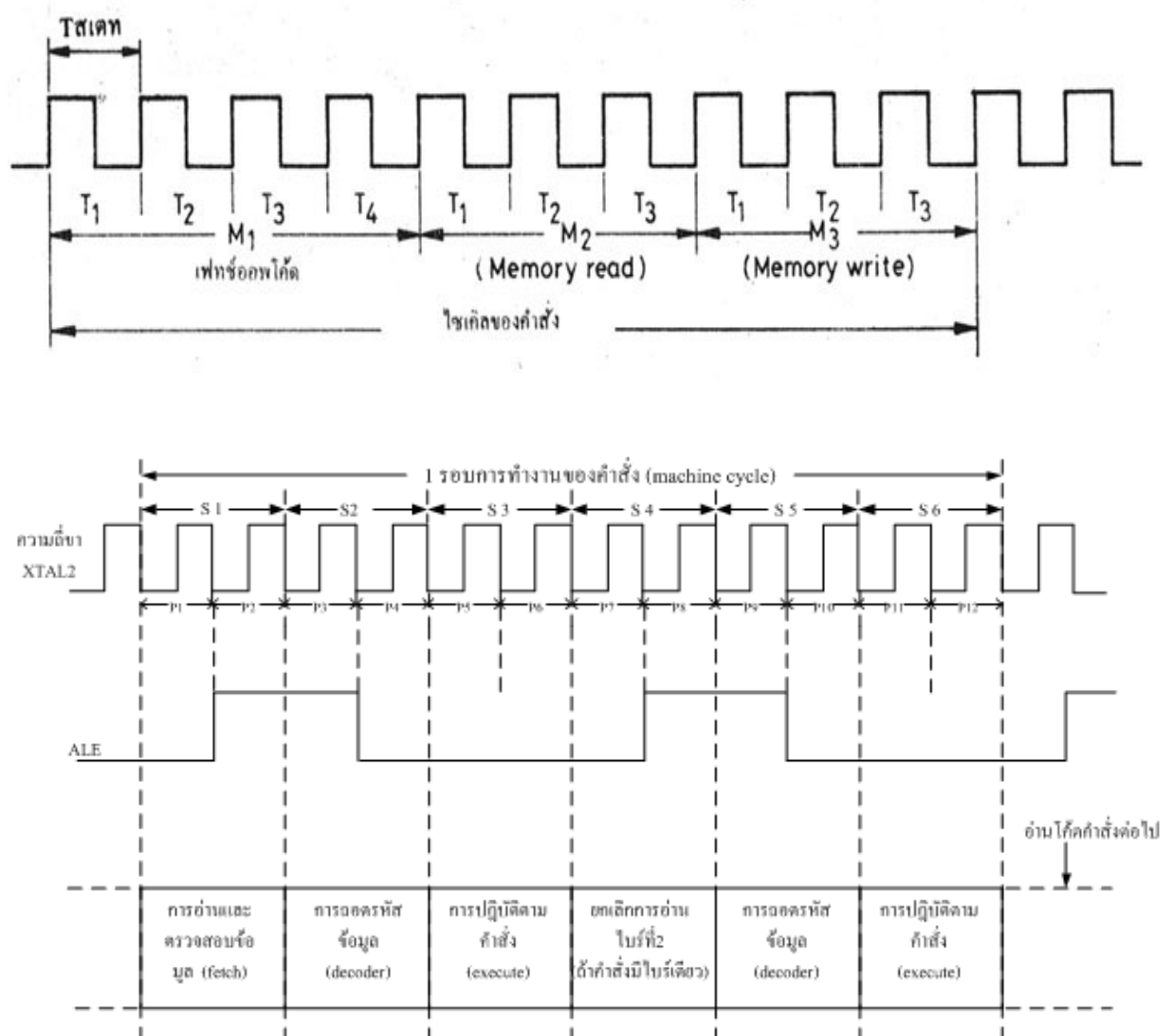
3. โครงสร้างไมโครโปรเซสเซอร์

CPU เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เกือบทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นการคำนวณ การเปรียบเทียบทางตรรกะ การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ การประมวลผลในรูปแบบต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งบริหารการใช้ทรัพยากรภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ องค์ประกอบของ CPU สามารถแสดงได้ดังนี้

ภายใน CPU จะมีหน่วยความจำความเร็วสูงจำนวนหนึ่งเรียกว่า Register ซึ่งจะแตกต่างกันไปแล้วแต่สถาปัตยกรรมของ CPU เหล่านั้น Register เป็นหน่วยความจำที่เตรียมข้อมูลสุดท้ายก่อนทำการประมวลผล (Execution) Register ตัวที่สำคัญมากที่สุดตัวหนึ่งชื่อว่า Program Counter (PC) ทำหน้าที่ชี้ไปยังคำสั่งถัดไป ในบางครั้งอาจสับสนกับชื่อนี้เนื่องจากไม่ได้เป็นตัวนับอะไรเลย Register อีกตัวหนึ่งที่ทำหน้าที่สำคัญคือ Instruction Register (IR) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลคำสั่งที่กำลังดำเนินการ (Execution) อยู่ การที่ CPU มี Register มากแสดงว่าเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นมีความซับซ้อนและมีความสามารถมาก

1. วัฏจักรอ่านคำสั่ง (Fetch Cycle)
2. วัฏจักรถอดรหัส (Decode Cycle)
3. วัฏจักรทำงาน (Execute Cycle)

การทำงานแต่ละคำสั่ง จะหมุนเวียนกันตลอดเวลาคือ จังหวะอ่านคำสั่ง นำคำสั่งมาเก็บใน รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register) จังหวะต่อไปคำสั่งจะถูกถอดรหัส และสุดท้ายส่วนควบคุม จะควบคุมให้ส่วนต่างๆ ภายในทำตามคำสั่งนี้



การทำงาน 1 รอบการทำงานของคำสั่งขนาด 2 ไบต์

ภาพที่ 2.1 แสดงวงจรการทำงานแต่ละคำสั่งของการควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์

วงจรการทำงานของ CPU ในการสั่งให้โปรแกรมทำงานที่เรียกว่า “Fetch-Execute Cycle” มีการทำงาน 8 ขั้นตอนดังนี้

1. ป้อนคำสั่งถัดไปเข้าสู่ Instruction Register (IR)
2. แก้ไข Program Counter เพื่อชี้ไปยังคำสั่งถัดไป
3. กำหนดรูปแบบของคำสั่งที่จะทำการป้อน
4. ถ้าคำสั่งนั้นใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำ ต้องกำหนด Address ที่แน่นอนว่าอยู่ที่ไหน
5. ป้อนข้อมูลสู่ Register ภายใน CPU
6. ดำเนินการ (Execution)
7. เก็บผลลัพธ์ไว้ในหน่วยความจำ
8. ย้อนกลับไปข้อที่ 1 เพื่อดำเนินการ (Execution) ต่อ

กล่าวโดยสรุปว่า การทำงานของ CPU เริ่มต้นจากการที่ CPU อ่านคำสั่ง (Fetch) เมื่ออ่านคำสั่งมาแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการทำตามคำสั่งที่ได้อ่านมา (Execute) และเมื่อเสร็จสิ้นการ Execute แล้ว CPU ก็จะทำการอ่านคำสั่งต่อไปเพื่อที่จะทำการ Execute ต่อไป โดยการทำงานเป็น Cycle และจะทำไปทีละคำสั่งตามที่รอการทำงาน การอ่านและทำตามคำสั่งของ CPU นั้นจะทำได้ครั้งละ 1 คำสั่ง

4. การทำงานแบบขนาน

ผู้ออกแบบพยายามออกแบบให้คอมพิวเตอร์ทำงานเร็วขึ้น จากกฎด้านฟิสิกส์ข้อหนึ่งว่า ไม่มีอะไรที่เดินทางเร็วกว่าแสง ซึ่งมีความเร็ว 30 ซม. ต่อ 1×10^{-9} วินาที ในหลอดสุญญากาศ และราว 20 ซม. ต่อ 1×10^{-9} วินาที ในหลอดแดง ทั้งนี้หมายความว่า การที่จะสร้างคอมพิวเตอร์ที่ความเร็ว 1×10^{-9} วินาทีต่อหนึ่งคำสั่ง คอมพิวเตอร์จะต้องมีขนาดเล็กกว่า 20 ซม. ดังนั้นคอมพิวเตอร์ความเร็วสูงจะต้องมีขนาดเล็กมาก

แต่มีข้อเสียอยู่จุดหนึ่งก็คือ คอมพิวเตอร์ความเร็วสูงจะสร้างความร้อนมากกว่าเครื่องที่ช้ากว่า และการที่คอมพิวเตอร์มีขนาดเล็กการที่จะระบายความร้อนก็จะยากมากขึ้น ซูเปอร์คอมพิวเตอร์บางเครื่องต้องการอยู่ภายใต้ของเหลวเพื่อให้การระบายความร้อนเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้

แนวทางการสร้างคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงก็สามารถทำได้เช่นกัน แนวทางนั้นก็คือสร้างคอมพิวเตอร์ที่มี CPU มากกว่า 1 ตัว คอมพิวเตอร์แบบนี้เรียกว่า Parallel Machine

Parallel Machine แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มขึ้นอยู่กับคำสั่งและการส่งข้อมูล

1. SISD: Single Instruction Stream, Single Data Stream

SISD (Single Instruction Single Data stream) คือ โปรเซสเซอร์ ที่ใช้การประมวลผลด้วยชุดข้อมูลเพียงชุดเดียว และ ทำงานด้วยคำสั่งเดียว ภายใน 1 สัญญาณนาฬิกา

2. SIMD:Single Instruction Stream,Multiple Data Stream

SIMD (Single Instruction Multiple Data stream) คือ โปรเซสเซอร์ที่ใช้การประมวลผลด้วยชุดข้อมูลหลายชุด แต่ทำงานด้วยคำสั่งเดียว ภายใน 1 สัญญาณนาฬิกา และได้ผลลัพธ์หลายชุด ใช้ในโปรเซสเซอร์แบบ Pentium MMX

3. MIMD:Multiple Instruction Stream,Multiple Data Stream

MISD (Multiple Instruction Single Data stream) คือ โปรเซสเซอร์ ที่ใช้การประมวลผลด้วยชุดข้อมูลเพียงชุดเดียว แต่ทำงานด้วยได้หลายคำสั่ง ภายใน 1 สัญญาณนาฬิกา มักจะไม่ค่อยมีใครพัฒนาโปรเซสเซอร์แบบนี้

MIMD (Multiple Instruction Multiple Data stream) คือ โปรเซสเซอร์ที่ใช้การประมวลผลด้วยชุดข้อมูลหลายชุด และทำงานด้วยได้หลายคำสั่ง ภายใน 1 สัญญาณนาฬิกา

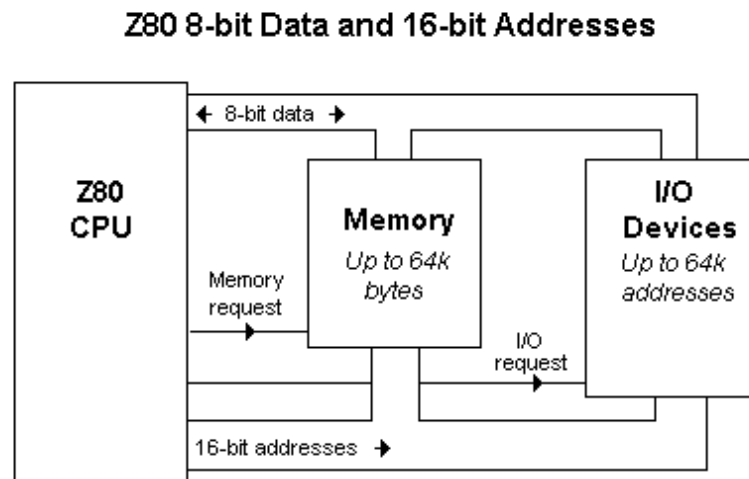
RISC (Reduced Instruction- Set Computing หรือชิปที่มีการลดทอนคำสั่ง) คือ โปรเซสเซอร์ที่มีชุดคำสั่งที่มีรูปแบบและขนาดที่แน่นอน สามารถประมวลผลได้ภายใน 1 สัญญาณนาฬิกา การอ้างอิงหน่วยความจำจะใช้คำสั่ง Load และ Store ที่สามารถอ้างอิงหน่วยความจำได้โดยตรงเท่านั้น ใช้การอ้างตำแหน่งแบบตรงๆ ง่ายโดยมีรูปแบบจำกัดอยู่ 2 แบบ คือ 1.แบบอ้างผ่าน Register (Register Indirect) Register จะเก็บค่าตำแหน่งไว้ แล้ว ทำการอ้างตำแหน่งนั้นๆผ่าน Register 2.ในแบบ Index จะเป็นการอ้างตำแหน่งจากค่าคงที่ที่มากในคำสั่งนั้นๆเลย

CISC (Complex Instruction-Set Computing) คือสถาปัตยกรรมของโปรเซสเซอร์ ที่ใช้คำสั่งซับซ้อนที่มีความยาวเปลี่ยนไปตามชนิดของคำสั่ง มีคำสั่งให้ใช้งานมากมาย ทำให้เขียนโปรแกรมง่าย และโปรแกรมมีขนาดเล็ก การทำงานของคำสั่งจะใช้ Microcode โดยคงความเข้ากันได้กับโปรเซสเซอร์รุ่นเก่า ทำให้ไม่ต้องเขียนโปรแกรมใหม่

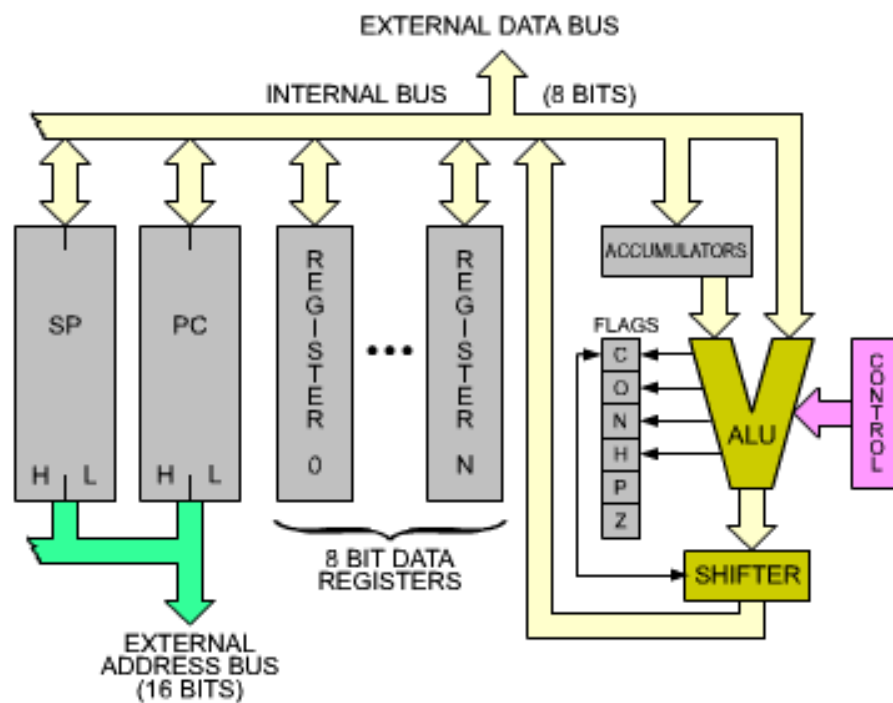
SMP (Symmetric MultiProcessing) คือสถาปัตยกรรมของการใช้โปรเซสเซอร์ หลายตัว ที่ใช้ทรัพยากรของระบบเช่น บัส หน่วยความจำ I/O ร่วมกัน ไม่สามารถแบ่งเป็น partition ย่อยๆได้ และสมรรถนะของระบบจะลดลงเมื่อใช้โปรเซสเซอร์ มากกว่า 8 ตัว ความสามารถในการขยายสเกลยังจำกัด แต่สามารถใช้โปรแกรมแบบเดิมได้ไม่ต้องเขียนขึ้นใหม่

5. ภายในไมโครโปรเซสเซอร์

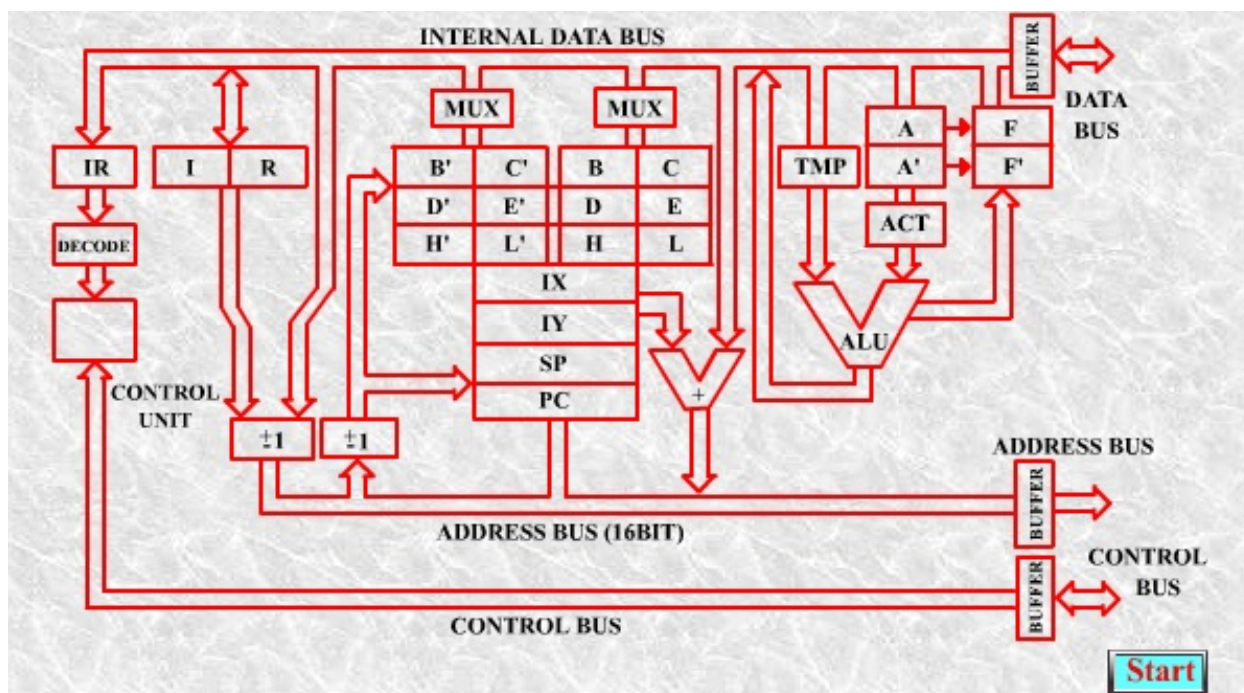
โครงสร้างของไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต โดยทั่วไปในปัจจุบันจะมีสถาปัตยกรรมที่ใช้คล้ายๆ กัน ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างไมโครโปรเซสเซอร์ Z80



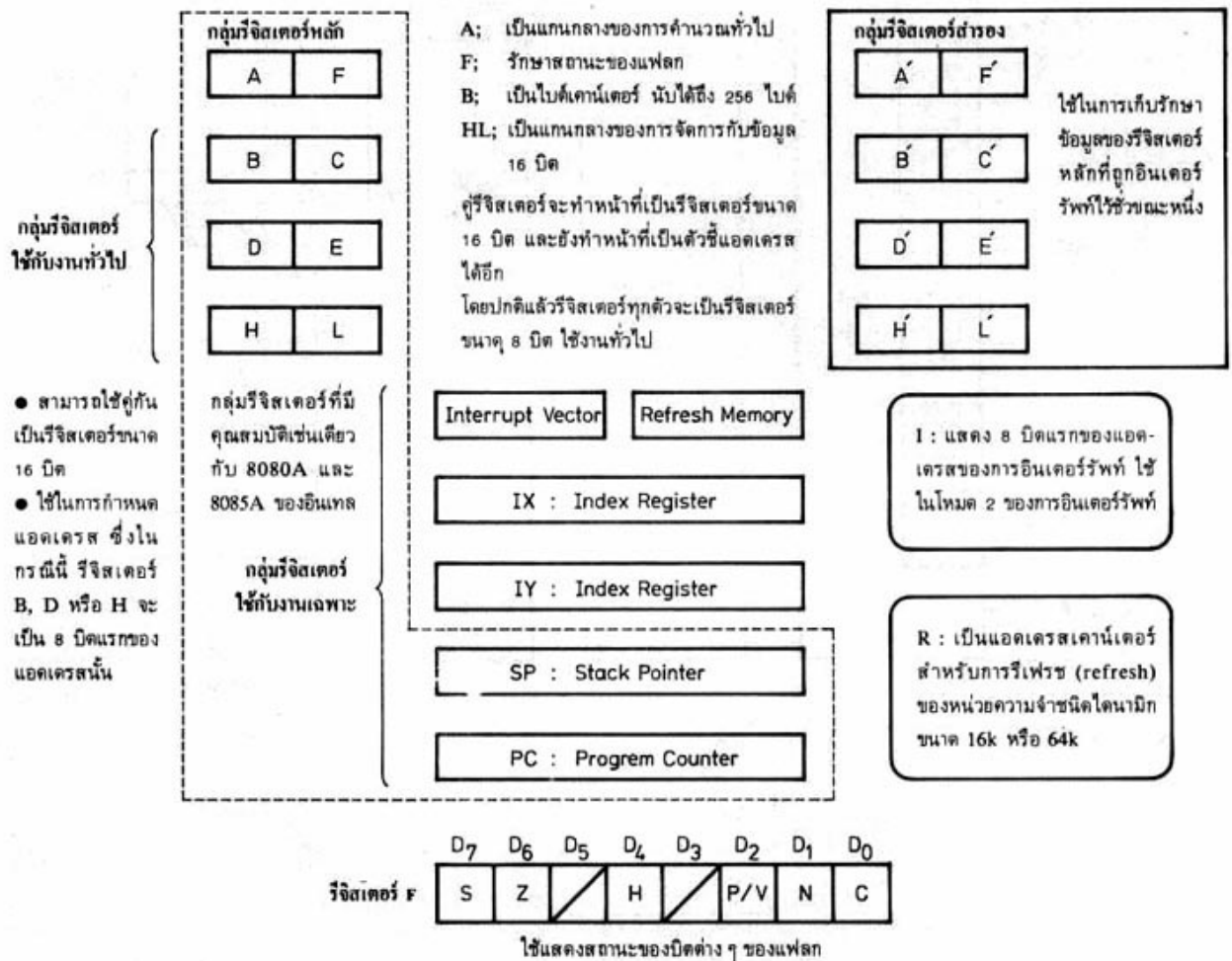
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างภายในไมโครโปรเซสเซอร์



ภาพที่ 2.4 แสดงส่วนรีจิสเตอร์ภายในไมโครโปรเซสเซอร์

Register และ ALU

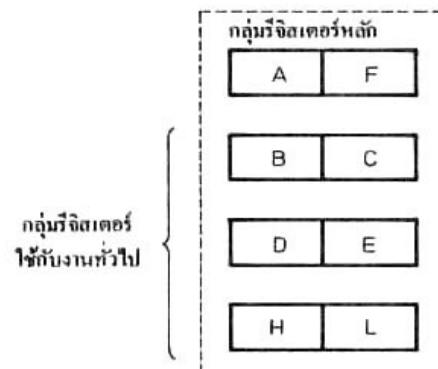
โครงสร้างภายในของ Z80 CPU ประกอบด้วย รีจิสเตอร์ภายในที่สามารถ เขียน และอ่านได้ถึง 208 บิต โดยแยกเป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 18 รีจิสเตอร์ และรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต อีก 4 รีจิสเตอร์



ภาพที่ 2.5 แสดงรีจิสเตอร์ภายในทั้งหมดของ CPU Z80

รีจิสเตอร์หลักที่ใช้กันทั่วไป

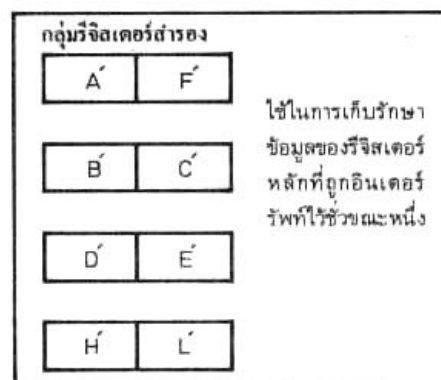
รีจิสเตอร์ในกลุ่มแรก คือ A,F,B,C,D,E,H,L เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8บิต ที่ใช้งาน ทั่วไปโดยรีจิสเตอร์ เหล่านี้สามารถประกอบรวมกันเป็นคู่รีจิสเตอร์ได้ คือ AF, BC,DE และ HLโดยคู่ รีจิสเตอร์ เหล่านี้ได้รับการใช้งานในลักษณะของรีจิสเตอร์ ขนาด 16 บิต การกระทำภายใน CPU อาจจะอาศัยเพียงรีจิสเตอร์เดียวหรือกระทำเป็นคู่รีจิสเตอร์ได้ โดยที่ A คือ Accumulator , F คือ flag , flagของ Z80 จะมีด้วยกันทั้งหมด 6 ตัว จึงใช้เพียง 6 บิต แต่ Z80 อาศัยการเพิ่มบิตขึ้นอีก 2 บิต และกลายเป็นรีจิสเตอร์ F รีจิสเตอร์ F นี้ได้รับการ set , reset การกระทำตามคำสั่งทาง คณิตศาสตร์ หรือ ลอจิกได้และเราสามารถ ใช้ F เหมือนรีจิสเตอร์หนึ่ง ซึ่งเมื่อรวมกับ A แล้ว จะกลายเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16บิตได้



ภาพที่ 2.6 แสดงรีจิสเตอร์หลัก

กลุ่มรีจิสเตอร์สำรอง

เป็นกลุ่มรีจิสเตอร์ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ โดยเป็นตัวเก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์หลัก รีจิสเตอร์ชุดนี้จึงมีด้วยกัน 8 ตัว คือ A', F', B', C', D', E', H', L' รีจิสเตอร์เหล่านี้เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการ เก็บข้อมูลชั่วคราว ในการที่ต้องการ ใช้รีจิสเตอร์หลักทำงานอย่างอื่นก่อน ดังนั้นรีจิสเตอร์กลุ่ม นี้จึงไม่สามารถกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิกได้



ภาพที่ 2.7 แสดงรีจิสเตอร์สำรอง

กลุ่มรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะอย่าง

โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC - Program counter)

โปรแกรมเคาน์เตอร์เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16บิต ที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของโปรแกรม ในขณะที่การกระทำเฟรตช์โดยขณะทำ การเฟรตช์ค่าที่อยู่ในโปรแกรมเคาน์เตอร์จะไปปรากฏอยู่ที่แอดเดรสบัสเพื่อชี้ไปยังตำแหน่งในหน่วยความจำ ให้ CPU อ่านคำสั่งมาตีความหมายค่าที่อยู่ใน

โปรแกรมเคาน์เตอร์จะเพิ่มค่าขึ้นได้อย่างอัตโนมัติ หลังการทำการเฟตช์ แต่ถ้าหาก CPU กระทำคำสั่งให้ข้ามไป ยังตำแหน่งอื่น (Jump) ค่าแอดเดรส ที่จะกระโดดข้ามนั้นจะโหลดเข้ายังโปรแกรมเคาน์เตอร์ได้อย่างอัตโนมัติ

สแตคพอยน์เตอร์ (SP - Stack pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 16 บิตที่ใช้สำหรับชี้ไปยัง แอดเดรสชั้นบนสุดของสแตคที่อยู่ใน RAM โดยส่วนของสแตคมีลักษณะโครงสร้าง เป็นหน่วยความจำ เป็นแบบเก็บทีหลังเรียกออกก่อน (last in first out) ข้อมูลในสแตค อาจได้รับการ push หรือ pop มาจาก รีจิสเตอร์ภายใน CPU ลักษณะของสแตคในที่นี่ยังเป็น ส่วนช่วยในการกระทำ interrupt และการเรียก โปรแกรมย่อย กล่าวคือ ในการ interrupt ค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์จะได้รับการรักษาไว้ในชั้นสแตคครั้งเมื่อโปรแกรมกลับจาก interrupt ไปกระทำยังโปรแกรมหลักก็จะนำค่าจากสแตคกลับเข้ามายังโปรแกรมเคาน์เตอร์ ใหม่ ในทำนองเดียวกัน การกระโดดไปกระทำยังโปรแกรมย่อยก็เช่นเดียวกัน ดังนั้น การกระทำในรูปของ interrupt ของ โปรแกรมย่อยสามารถซ้อนกันได้ไม่มีสิ้นสุด

อินเดกซ์ รีจิสเตอร์ (IX,IY - index register)

CPU Z80 มีอินเดกซ์รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต 2 ตัว แต่ละตัวใช้ประโยชน์หลักในการ ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บแอดเดรสฐาน (Base Address) เพื่อ ทำหน้าที่อ้างแอดเดรสแบบอินเดกซ์แอดเดรสซึ่ง (index addressing) ในโหมดของอินเดกซ์แอดเดรส ซึ่งมีข้อมูลที่ อยู่ในอินเดกซ์รีจิสเตอร์นี้จะรวมกับข้อมูลที่ติดมากับคำสั่งอีก 8 บิต เพื่อเป็นตัวกำหนดแอดเดรสให้กับ คำสั่งข้อมูลที่ติดมากับคำสั่งนี้เราเรียกว่า Displacement ซึ่งจะเก็บในรูปของตัวเลข 2's Complement

อินเตอร์รัพท์เพจแอดเดรสรีจิสเตอร์ (I-Interrupt page address register)

การอินเตอร์รัพท์ ของ Z80 มี หลายโหมดและโหมดหนึ่งที่ทำให้การอินเตอร์รัพท์ของ Z80 มีประสิทธิภาพ สูง กล่าวคือ เมื่อเกิดการอินเตอร์รัพท์ในโหมดนี้ขึ้น มัน สามารถอ้างแอดเดรสโดยทางอ้อม ไปกระทำโปรแกรมใน ที่ใดก็ได้ในหน่วยความจำ โดยอาศัยค่าในรีจิสเตอร์ รวมกับค่าที่ส่ง มาจากอุปกรณ์เพอร์โฟรลอีก 8 บิต ชี้ไปยังค่าในหน่วยความจำเพื่อนำค่านั้นมาโหลดเข้าใน โปรแกรมเคาน์เตอร์เพื่อกระทำต่อไป ด้วยวิธีการนี้เราจึงสามารถกระโดดเข้าไปทำที่ส่วนใดก็ได้ในหน่วยความจำ

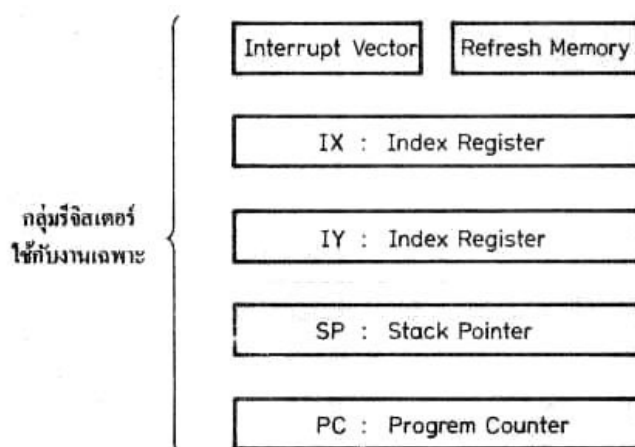
รีจิสเตอร์รีเฟรชหน่วยความจำ (R-memory Refresh Register)

การต่อ ซีพียูกับหน่วยความจำนั้น โดย ปกติจะต่อกับหน่วยความจำชนิด Static ได้โดยง่าย แต่ชนิด Dynamic ที่ต้องการรีเฟรช มีราคาถูกกว่ามีความหนาแน่น สูงกว่า Z80 ให้ข้อดีกว่าประการหนึ่งคือมันสามารถให้การ รีเฟรชหน่วยความจำได้ อย่างอัตโนมัติ โดยค่าใน R รีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าขึ้นอีก 1 ทุกครั้งที่มีการทำการ Fetch คำสั่ง และ ข้อมูลในรีจิสเตอร์ R นี้ จะถูกส่งออกไปยังแอดเดรสบัสในส่วนบิตที่มีนัยสำคัญต่ำกว่าจังหวะของการส่งนี้จะป็นจังหวะเดียวกันกับที่ซีพียูส่ง

สัญญาณ รีเฟรชออกมา ผู้โปรแกรมสามารถกำหนดค่าให้กับ รีจิสเตอร์ R นี้ได้แต่ค่าในรีจิสเตอร์ นี้จะเรียกใช้โดยผู้โปรแกรมทางคำสั่งโดยตรงไม่ได้

แอคคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) และแฟลก (Flag)

ซีพียูจะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นหลักในการ เป็นตัว operand สำหรับกระทำทางคณิตศาสตร์ และลอจิก โดยรีจิสเตอร์หลักนี้มีเพียง 8 บิต เรียกว่า "แอคคิวมูเลเตอร์ (Accumulator)" การกระทำใน ส่วนของหน่วยคณิตศาสตร์และลอจิกย่อมเกิดเงื่อนไขได้หลายอย่างที่จะต้องแสดงสถานะภาพของ เงื่อนไขเหล่านั้น เช่น เงื่อนไขผลลัพธ์เป็นศูนย์ผลลัพธ์เป็นบวกหรือลบมีตัวทศหรือ ตัวขอยืมในการ กระทำ ทางคณิตศาสตร์ แสดงเงื่อนไขพาริตีคู่หรือคี่สิ่งเหล่านี้ จะให้ผลลัพธ์แสดงสถานะ ได้ด้วย แฟลก (Flag) แฟลกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งสามารถรวมกับแอคคิวมูเลเตอร์เป็น รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ได้ ผู้โปรแกรมยังสามารถใช้คำสั่งในการเคลื่อนย้ายข้อมูลจาก แอคคิวมูเลเตอร์ A และแฟลก F ไปเก็บไว้ใน A' และ F' ได้ เพื่อให้การใช้งาน ของ A และ F มีประสิทธิภาพ ดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.8 แสดงรีจิสเตอร์ใช้กับงานเฉพาะ

หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU - Arithmetic and Logic Unit)

การประมวลผลที่สำคัญของ CPU ของคอมพิวเตอร์ยังขึ้นอยู่กับหน่วยคำนวณทาง คณิตศาสตร์และ ลอจิก (ALU) ส่วน ALU นี้จะนำข้อมูลซึ่งอาจจะมาจากภายนอก CPU หรือภายใน CPU ก็ได้มา ประมวลผล การ ประมวลผลในส่วน ALU ที่ สำคัญจะประกอบด้วย การบวก (Add) , การลบ (Subtract) , ลอจิก AND , ลอจิก OR , ลอจิก EX-OR , เปรียบเทียบ (Compare) , การเลื่อนบิตทางซ้าย หรือขวา ,การเพิ่มค่า (Increment) , การลดค่า (Decrement) , การเซตบิต (Set bit) , การรีเซตบิต (Reset bit) , การทดสอบบิต (Test bit)

รีจิสเตอร์แฟล็ก (Flag Register)

มีชื่ออีกอย่างหนึ่งคือ รีจิสเตอร์สถานะ (Status Register) เพื่อคอยบอกสถานะต่างๆในการทำงานของซีพียู เป็นขนาด 8 บิตแต่ใช้เพียง 6 บิต และ 6 บิตนี้ยังเป็นส่วนที่ใช้ตรวจสอบ ค่าในแต่ละบิต จะตั้งค่า หรือ ตั้งใหม่ ตามการกระทำของคำสั่งในซีพียู ผลจากการทำงานของ เอแอลยู จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของแฟล็กแต่ละบิต เพื่อกำหนดสถานะในการเลือกหนทางปฏิบัติคำสั่ง นอกจากนี้ซีพียูยังสามารถตรวจสอบ แฟล็ก เพื่อกระทำเงื่อนไขต่างๆ ด้วย ลักษณะ แฟล็ก ประกอบด้วยดังนี้

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
MSB	S	Z	-	H	-	P/V	N	C	LSB

ภาพที่ 2.9 แสดงตำแหน่งสถานะแฟล็ก

บิตที่ 5 และ 3 ไม่มีความหมายในการใช้งาน การทำงาน ซีพียู สามารถโหลดข้อมูลจาก A ไป F หรือจาก F ไป A ก็ได้ อักษรใช้ย่อแทน แฟล็ก มีดังนี้

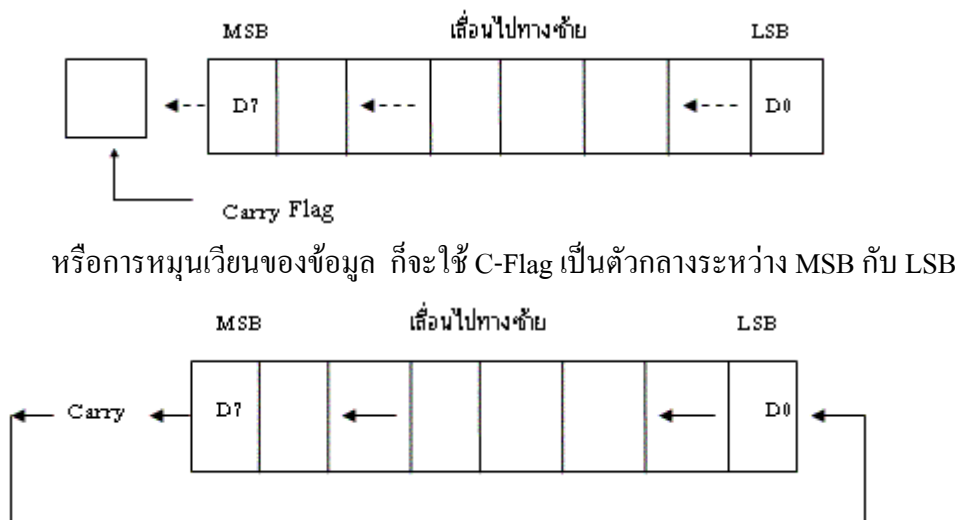
หมายเหตุ	Fetch	:	ช่วงเวลาที่ซีพียูไปนำคำสั่งจากหน่วยความจำมาแปลความหมาย
	C	=	แฟล็กตัวทด
	N	=	แฟล็กแสดงการบวกลบ
	P/V	=	แฟล็กแสดง Parity และ Over Flow
	H	=	แฟล็กตัวทดช่วย
	Z	=	แฟล็กแสดงค่าศูนย์
	S	=	แฟล็กแสดงเครื่องหมาย
	-	=	ไม่ใช้งาน

แฟล็กตัวทด (C : Carry Flag)

เป็นบิตรับตัวทดจากแอกคูมิวเลเตอร์ เช่นในการบวก 8 บิต ผลบวกเป็นเลข 9 บิต บิตที่เกินเลขนี้ จะนำเข้าไปเก็บไว้ในบิต C ทำนองเดียวกันถ้าเป็นเลขลบและมีการยืมค่าแฟล็กก็จะได้รับการตั้งค่า ให้มีค่าเป็น "1"

- 1) คำสั่ง AND , OR , XOR จะทำให้ค่าใน C = "0"
- 2) คำสั่ง Shift หรือ Rotate ค่าใน "C"จะเป็น 1 หรือ 0 ตามค่าของข้อมูลที่เลื่อนเข้า " C "

ตัวอย่าง การเลื่อนข้อมูลในแอกคิวมิวเลเตอร์ ถ้าเลื่อนไปซ้ายจะเห็นว่าบิตที่ MSB (บิตแรกซ้ายมือ) จะเลื่อนออกไปข้างนอก และ C Flag จะรับข้อมูลที่เลื่อนออกมา



หรือการหมุนเวียนของข้อมูล ก็จะใช้ C-Flag เป็นตัวกลางระหว่าง MSB กับ LSB

ภาพที่ 2.10 แสดงทิศทางการไหลของข้อมูล

หมายเหตุ MSB : Most Significant Bit หมายถึงหลักที่มีนัยสำคัญมากที่สุด ส่วนมากจะอยู่ซ้ายมือสุด

แฟล็กศูนย์ (Z : Zero Flag)

แฟล็กนี้จะเป็น "1" ถ้าผลการคำนวณ การเปรียบเทียบ และการกระทำทางตรรกะ มีค่าเป็นศูนย์ (คือ 00H)

แฟล็กเครื่องหมาย (S : Sign Flag)

เป็นแฟล็ก เก็บค่าบิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ "A" (บิต แสดงเครื่องหมายนั่นคือ ถ้าข้อมูลที่เก็บในรีจิสเตอร์เป็นค่าลบ บิตที่ 7 ของ รีจิสเตอร์ "A" จะ เป็น "1" และเลข "1" นี้ จะถูกนำไปเก็บในแฟล็กเครื่องหมาย

แฟล็กภาวะเสมอมูล / ค่าเกิน (P/V : Parity / Over Flow Flag)

ใช้ตรวจสอบภาวะเสมอมูล (Parity) สำหรับการ AND , OR XOR ผลที่ได้จะตรวจสอบว่ามีพาริตี (Even หรือ ไม่) ถ้าเป็น Even แฟล็กนี้จะกำหนดค่าตัวเองเป็น "1" และแสดงสภาวะค่าเกินกำหนด ใน 8 บิต (1 บิตเครื่องหมายรวมกับ 7 บิตที่เป็นขนาด) นั้น ค่าสูงสุดคือ +127 และ -128 ถ้าเกินมากกว่า +127 และต่ำกว่า -128 แฟล็กนี้ก็จะกำหนดค่าตัวเองเป็น "1"

ตัวอย่าง ต้องการบวก $120 + 105$

$$\begin{array}{rcl} 120 & = & 0111\ 1000 + \\ 105 & = & 0110\ 1001 \\ C & \text{--->} & 0\ 1110\ 0001 = -31 \text{ (ผิด)} \end{array}$$

เกิดค่าเกิน ทำให้แฟล็กเสมอผลจะได้รับการกำหนดค่าให้เป็น "1"

ตัวอย่าง ต้องการบวก $(-5) + (-16)$

$$\begin{array}{rcl} -5 & = & 1111\ 1011 + \\ -16 & = & 1111\ 0000 \\ C & \text{--->} & 1\ 1110\ 1011 = -21 \text{ (ถูก)} \end{array}$$

กรณีนี้ แฟล็กจะไม่มีการกำหนดค่า นั่นคือค่าเป็น "0" เพื่อบอกให้รู้ว่าไม่เกิดค่าเกิน

แฟล็กฮาร์ฟแคร์รี่ (H : Half Carry Flag)

แฟล็กนี้จะเป็ "1" เมื่อเกิดการทด หรือ ขอ ยืมจากบิตที่ 4 เช่น $120 + 105$

	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	
120 =	0	1	1	1	1	0	0	0	+
105 =	0	1	1	0	1	0	1	1	

จะเห็นว่าตัวตั้ง บิต B3 เป็น "1" และตัวนำมาบวกบิตที่ 3 เป็น "1" ผลบวกจะเกิดตัวทดไปบิตที่ 4 ดังนั้นจึงกำหนดแฟล็ก "H" ให้เป็น "1" ด้วย

แฟล็กการลบ (N: Subtract)

ถ้า ซีพียู กระทำการลบ แฟล็ก นี้จะเป็น "1" จากตารางที่ 1.1 แสดงรายละเอียดของการกระทำ คำสั่งต่างๆที่มีผลต่อแฟล็ก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการกระทำตามคำสั่งในตารางที่ 1.1 จะถูกเก็บไว้ที่ รีจิสเตอร์แฟล็ก ที่สามารถตัดสินใจผลได้จากการพิจารณาบิตต่างๆของผลลัพธ์นั้น ปกติจะใช้ คำสั่ง JR หรือ JP หรือ CALL หรือ RET ที่เงื่อนไขกำกับอยู่มาช่วยในการตัดสินใจผลลัพธ์

โปรแกรมจำลองการทำงาน

หลักการดำเนินงานพื้นฐานของระบบ Simulation

Simulation คือ การนำเสนอหรือการจำลองลักษณะของระบบอื่นๆตลอดช่วงเวลาที่สนใจ ซึ่งในกรณีที่กล่าวถึง Computer simulation จะหมายถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองการทำงานของระบบที่สนใจ

Computer Simulation Fundamental

1. Computer Simulation คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองลักษณะการทำงานของโปรแกรมที่สนใจตลอดเวลาหรือเฉพาะช่วงเวลาที่ให้ความสนใจ
2. Program variables หรือ State variables เป็นตัวแปรซึ่งใช้เป็นสื่อกลางในการแสดงถึงสถานะปัจจุบันของระบบที่จำลอง
3. Simulation Program จะปรับเปลี่ยนค่าของ state variable เพื่อที่จะพัฒนาแบบจำลองไปตามช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ

4. รูปแบบของเวลาที่มีการใช้งานในระบบ Simulation

4.1 เวลาที่ระบบต้นแบบใช้ในการทำงาน (Physical Time) คือ เวลาที่ระบบต้นแบบหรือระบบจริงใช้ในการทำงานดังกล่าวที่จะนำมาทำเป็นแบบจำลองจริง เช่น การทำแบบจำลองเพื่อแสดงการขึ้น-ลงของเครื่องบินตั้งแต่เวลาเที่ยงวันที่ 14 มกราคม 2545 จนกระทั่งถึงเวลาเที่ยงของวันที่ 15 มกราคม 2545 จะได้ว่า ช่วงเวลาดังกล่าวตั้งแต่เวลาเที่ยงวันที่ 14 มกราคม 2545 จนกระทั่งถึงเวลาเที่ยงของวันที่ 15 มกราคม 2545 เป็นเวลาของ Physical Time

4.2 เวลาที่เลื่อนไปในแบบจำลอง (Simulation Time) คือ เวลาที่แบบจำลองใช้ในการทำงานเพื่อจำลองระบบ ซึ่งเวลาดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับเวลาที่ระบบต้นแบบใช้ในการทำงานจริง (Physical Time) เช่น เวลาในแบบจำลองเป็น 9.0 จะหมายถึงเวลา 9.00 น. ในระบบจริง และหนึ่งหน่วย (1.0) ของเวลาที่เลื่อนไปในแบบจำลองจะหมายถึงเวลา 1 ชั่วโมงที่เลื่อนไปในระบบจริง

4.3 เวลาที่เลื่อนไปในความเป็นจริง (Wallclock Time) คือ เวลาที่เลื่อนไปในความเป็นจริง (เหมือนกับเวลาที่แสดงโดยนาฬิกา) ในระหว่างที่แบบจำลองมีกำลังทำงาน เช่น แบบจำลองเริ่มต้นทำงานที่เวลา 10.00 น. จนกระทั่งถึงเวลา 12.00 น. ในวันที่ 10 มกราคม 2545

5. ลักษณะการทำงานของระบบ Simulation เมื่อแบ่งตามเวลาในการทำงาน จะมี 3 รูปแบบ คือ

5.1 As-fast-as-possible execution คือ การทำงานของแบบจำลองจะทำงานไปด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยไม่สัมพันธ์เวลาที่เลื่อนไปในโลกของความเป็นจริง หรือ การทำงานจะไม่ขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการทำงาน (แต่ยังคงสัมพันธ์กับเวลาที่ระบบต้นแบบใช้ในการทำงาน)

5.2 Real time execution คือ การทำงานของแบบจำลองจะมีความสัมพันธ์กับเวลาจริงที่ใช้ในการทำงานของแบบจำลอง เช่น โปรแกรมหรือแบบจำลองใช้เวลาในการทำงานตามความเป็นจริง

ไปเป็นเวลา 15 นาที ดังนั้นเวลาที่เลื่อนไปในแบบจำลองก็จะเท่ากับ 15 นาทีด้วย

5.3 Scalable real-time execution คือ การทำงานจะมีความสัมพันธ์กับเวลาจริงที่ใช้ในการทำงานในลักษณะที่เป็นอัตราส่วนต่อกัน ในกรณีที่อัตราส่วนมีค่ามากกว่าหนึ่ง แบบจำลองก็จะทำงานได้เร็วกว่าระบบจริง , ในกรณีที่อัตราส่วนมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง (อัตราส่วนจะไม่ต่ำกว่า 0) แบบจำลองจะทำงานได้ช้ากว่าระบบจริง และในกรณีที่อัตราส่วนเท่ากับหนึ่งระบบจะทำงานแบบ Real-time execution เช่น อัตราส่วนในการทำงานเท่ากับ 2 ดังนั้นเมื่อแบบจำลองทำงานไปเป็นเวลา 15 นาที เวลาที่ถูกเลื่อนไปในแบบจำลองก็จะเท่ากับ 2×15 หรือ 30 นาที เป็นต้น

(พิชญ์ ตันตัยย์.2555)

Introduction to Computer Simulation software - เกี่ยวกับโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์

ซอฟต์แวร์จำลองทางคอมพิวเตอร์ มีการนำมาใช้ ซึ่งค่อนข้างมีบทบาทสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งทางด้านการศึกษา และอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงหรือลดความผิดพลาด หรือเพื่อลดต้นทุนเนื่องจากความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับการปฏิบัติการจริง เนื่องจากการใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ช่วยให้สามารถแสดงผล หรือให้ผลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาโปรแกรมด้วย

ซอฟต์แวร์แบบจำลองกับการตอบสนองตามเวลาจริง (Real - time) มักถูกนำมาใช้กับการเล่นเกม แต่ยังมีงานอุตสาหกรรมกรรมสำคัญ ที่นำมาใช้เพื่อลดค่าใช้จ่ายและอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติการฝึกอบรม ได้แก่ทางด้าน อุตสาหกรรมการบิน โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ หรือทางด้านเคมี อุตสาหกรรม

ลักษณะงานที่มีการนำมาใช้ในการทำงานแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้อย่างมากมายทั้งทางด้าน การจำลองสภาพอากาศ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ปฏิกริยาเคมี แมคคาทรอนิกส์ ป้อนความร้อน ระบบควบคุมความคิดเห็น อะตอมปฏิกริยา แม้แต่กระบวนการทางชีวภาพ

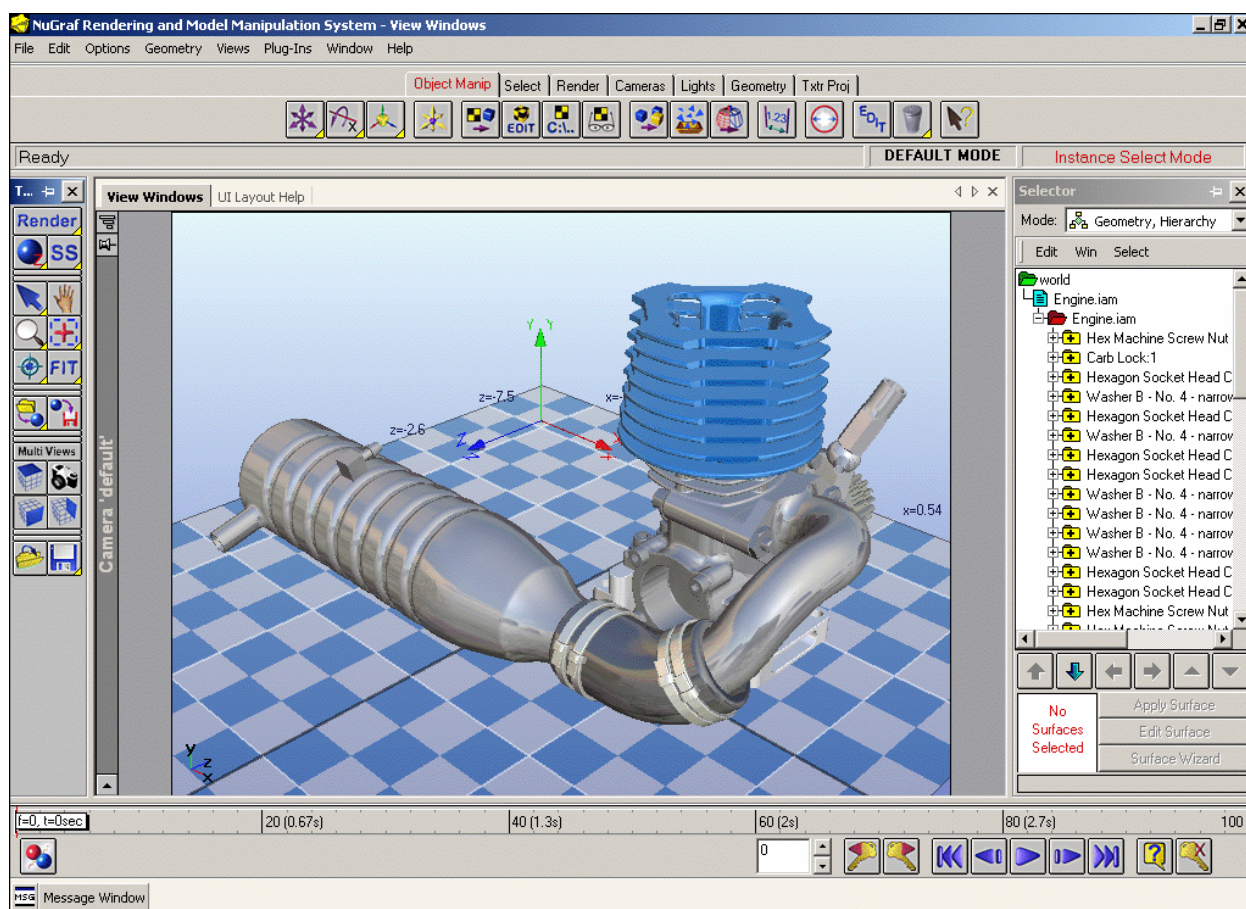
(เสนีย์ เทียนเรียว.2555)

ตัวอย่างโปรแกรมจำลองการทำงาน

1. ซอฟต์แวร์แบบจำลองเครื่องยนต์ (Engine Calibration & Model-base Toolbox)

เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการจัดการกับเครื่องยนต์ ให้ทำงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ลดค่าใช้จ่าย และเวลาการทำงาน แบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

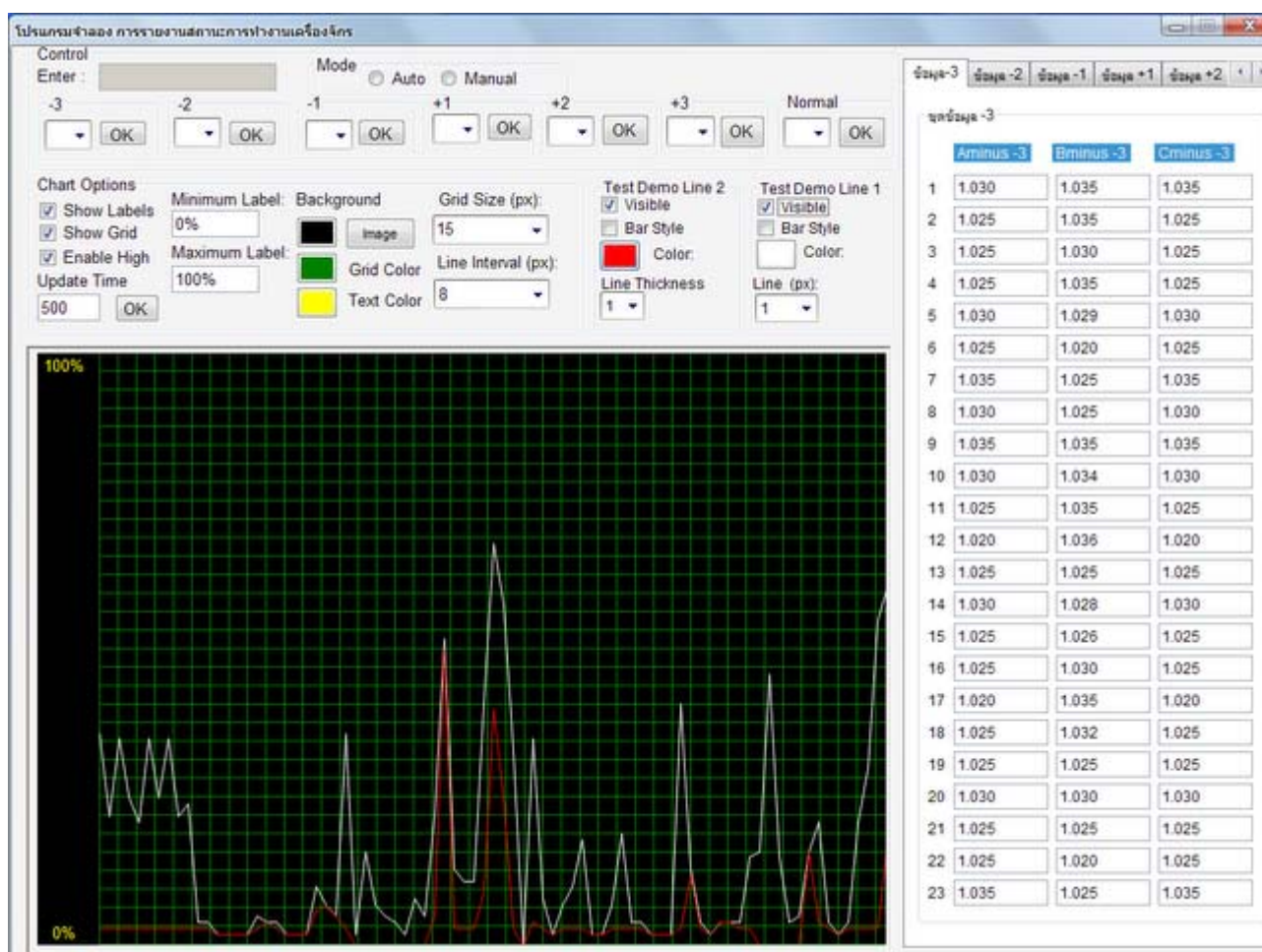
- 1.1 โปรแกรมส่วนออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DoE)
- 1.2 โปรแกรมส่วนสร้างแบบจำลองเครื่องยนต์ (Engine-Model Mapping)
- 1.3 โปรแกรมส่วนการปรับแต่งค่าให้ ECU (Calibration & Optimization Generator)



ภาพที่ 2.11 ซอฟต์แวร์แบบจำลองเครื่องยนต์

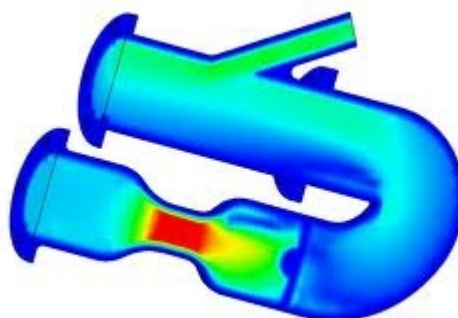
จำลองการทำงานเครื่องจักร รายงานด้วยกราฟ

โปรแกรมรับข้อมูล ค่าความผิดพลาดของเครื่องจักร เพื่อนำมาแสดงผลบนกราฟ ซึ่งสามารถเลือกชุดข้อมูล ได้หลายรูปแบบ สามารถป้อน ข้อมูล ตัวอย่างเองได้พัฒนาด้วยภาษา C#



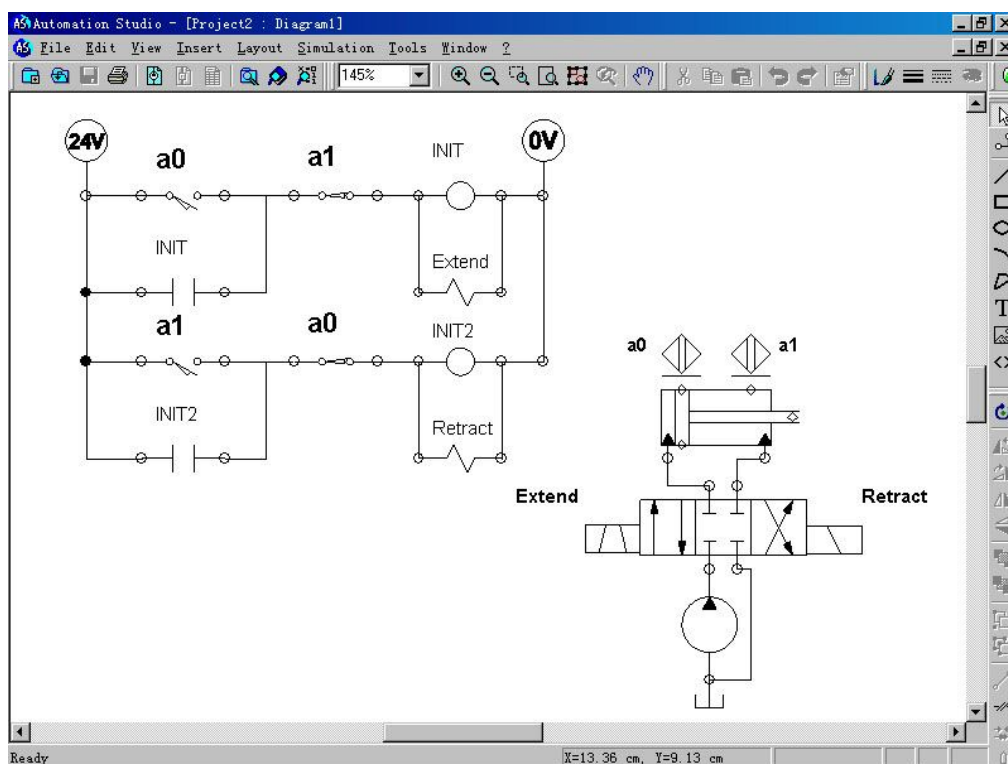
ภาพที่ 2.12 จำลองการทำงานเครื่องจักร รายงานด้วยกราฟ
(ไทยไมโครเทค.2555)

โปรแกรมจำลองการทำงาน Cosmos work



ภาพที่ 2.13 การจำลองสภาพของชิ้นงานที่ออกแบบไว้โดยโปรแกรม Cosmos work
(เสนีย์ เทียนเขียว.2555)

โปรแกรมจำลองเพื่อการออกแบบระบบทางด้านไฮดรอลิกส์-นิวแมติกส์ที่ใช้ในงาน
อุตสาหกรรม Automation Studio



ภาพที่ 2.14 จำลองการทำงานด้วย Automation Studio
(เสนีย์ เทียนเรียว.2555)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เชิดศักดิ์ อรัญมาลา. 2555 .บทคัดย่อเรื่องการศึกษากฎพื้นฐานและหลักการออกแบบ GATE และ RUNNER ของชิ้นงาน LOCKING KNOB ในอุตสาหกรรมโคมไฟโดยใช้เทคนิคการจำลองวิธีการหล่ออลูมิเนียม

บทคัดย่อ ชิ้นงาน Locking Knob ที่ผลิตในอุตสาหกรรมโคมไฟ ได้เกิดปัญหาขึ้นหลังการผลิต ปัญหาเหล่านั้นได้แก่ มีรูพรุนหรือโพรงอากาศมาก มีจุดที่ชิ้นงานหดตัวหรือยุบตัว ผิวของชิ้นงานไม่สวยงาม เนื่องจากมีรอย Flow line ซึ่งทางบริษัทได้ทำการแก้ไขโดยการทดลองฉีดซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง โดยการเปลี่ยนพารามิเตอร์ที่เครื่องฉีดทุกครั้ง หรือใช้การคาดเดาจากประสบการณ์แล้วทำการแก้ไขที่หน้างาน ซึ่งจากวิธีการดังกล่าวทำให้สิ้นเปลืองทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายอย่างมาก จึงได้มีแนวความคิดในการใช้เทคนิคการจำลองงานฉีดอลูมิเนียมช่วยในการแก้ไขร่วมด้วย โดยอาศัยทฤษฎีเบื้องต้นและหลักการออกแบบ Gate และ Runner เพราะ Gate และ Runner เป็นส่วนที่ควบคุมการไหลของน้ำอลูมิเนียมก่อนเข้าสู่ Cavity ประกอบการวิเคราะห์และแก้ไข จนได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จึงจะทำการปรับปรุงหรือแก้ไขแม่พิมพ์ จากวิธีการนี้ทำให้ได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เป็นที่น่าพอใจและสามารถลดทั้งเวลาและต้นทุนของการผลิตของบริษัทด้วย

ไชยรัตน์ จันทร์บุญเรืองและณัฐวรุณ คณา. 2555. บทคัดย่อเรื่องการทำกราฟฟิคเพื่อศึกษาการใช้พลังงานใน โครงข่ายเคลื่อนที่แบบแอดฮอค (GUI for studying energy usage in MANETs)

บทคัดย่อ การจำลองกราฟฟิคเพื่อศึกษาการใช้พลังงานในโครงข่ายเคลื่อนที่แบบแอดฮอค (GUI for studying energy usage in MANETs) คือโปรแกรมที่ จำลองการเคลื่อนที่ของโครงข่ายเคลื่อนที่แบบแอดฮอค (mobile Adhoc networks) ไว้โดยใช้โปรแกรมวิชวลซีพลัสพลัสเวอร์ชันหกจุดศูนย์ (visual C++ version 6.0) ซึ่งนอกจากจะเป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุดแล้วโปรแกรมยังสามารถใช้พิจารณาระดับพลังงาน ของระบบมานิท (MANETs)ได้อีกด้วย พร้อมทั้งแสดงค่าระดับพลังงาน หรือ แบตเตอรี่ ปัจจุบัน ออกทางจอแสดงผล สามารถใช้ดูผลที่อาจจะกระทบต่อการเคลื่อนที่ของระบบได้ เพราะในสถานการณ์จริง การทดลองก่อน ข้างจะทำให้ยากผู้จัดทำจึงได้ สร้างแบบจำลองนี้ขึ้นมาเพื่อพิจารณาผลกระทบ ต่าง ๆ ที่มีผลต่อระบบเช่น เวลาและความสำเร็จสะสม (time and accumulated of success path)

จำนวนโหนดและความสำเร็จสะสม อายุขัยของเครือข่ายและจำนวนโหนด (network life time and node) อายุขัยของเครือข่ายและรัศมีการส่งสัญญาณ (network life time and radius) เวลาและจำนวนโหนดที่เหลืออยู่ในเครือข่าย (time of alive node) พลังงานเฉลี่ยและเวลา (average residual energy in network and time) รัศมีการส่งสัญญาณและความสำเร็จสะสม จำนวนโหนดและความสำเร็จสะสม (node and accumulated of success path) ความเร็วและความสำเร็จสะสม (velocity and accumulated of success path) อายุขัยของเครือข่ายและจำนวนโหนด (network life time and node)

จิตติมา เทพญา พิษญา ตันทยัยและฉัตรชัย จันทร์พริ้ม. 2555 . บทคัดย่อเรื่องการพัฒนา ระบบแบบกระจายศูนย์ของโปรแกรมไชน์แลปบนสถาปัตยกรรมระดับสูง.

บทคัดย่อ บทความนี้เสนอการนำความสามารถของการจำลองแบบกระจายตามมาตรฐาน สถาปัตยกรรมระดับสูง หรือ High Level Architecture (HLA) รวมเข้ากับโปรแกรมประยุกต์ Scilab ซึ่งมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์โดยเป็นการขยายความสามารถของโปรแกรม Scilab ให้สามารถสร้างแบบจำลองที่ทำงานได้ตอบแบบกระจายได้ โปรแกรม Scilab เป็นโปรแกรมประยุกต์แบบเปิดเผยรหัสโปรแกรมที่ใช้พัฒนา (open source) และสามารถใช้งานได้หลายแพลตฟอร์มทำให้มีความยืดหยุ่นในการเชื่อมต่อกับโปรแกรมภายนอกได้ เช่นเชื่อมต่อกับโปรแกรมภาษาซีหรือจาวา เป็นต้น โมดูล HLA พัฒนาขึ้นในลักษณะโปรแกรมภายนอกและเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรม Scilab เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการสร้างแบบจำลองบน Scilab ให้ทำงานได้ตอบแบบกระจายได้

วรพจน์ สมมูลและศาสวัต แพร่ศรีสกุล. 2553. บทคัดย่อเรื่องโปรแกรมจำลองการทำงานของ Z80 CPU(Java)

บทคัดย่อ โปรแกรมจำลองการทำงานของ Z80 CPU สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาและนักพัฒนา Z80 โดยมีลักษณะเป็น User Interface ที่สามารถรันได้บนหลาย Platform (เช่น Windows, Linux ,Mac Os เป็นต้น) ในโปรแกรมมีฟังก์ชัน simulator, assembler, disassembler, system call and I/O port สำหรับ ไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 ขนาด 8 bits ของบริษัท Zilog

การดำเนินโครงการได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ โดยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมจากโปรแกรมเดิม ออกแบบโปรแกรม ออกแบบส่วนกราฟิก (GUI) พัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงานของ Z80 CPU ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขระบบ และจัดทำรายงานรวมถึงคู่มือการใช้งาน โปรแกรมจำลองการทำงานของ Z80 CPU นั้นพัฒนาด้วยภาษาจาวา ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับหลายระบบปฏิบัติการ เช่น Windows, Linux, Mac OS เป็นต้น โปรแกรมสามารถทำการจำลองการทำงานของ Z80 CPU อ้างอิงคำสั่งได้ทั้งหมด 700 คำสั่ง สามารถทำงานได้เหมือนกับการทำงานบน ET-Board ของจริง กล่าวคือ สามารถแสดงและแก้ไขค่ารีจิสเตอร์ ค่าในหน่วยความจำ (Memory) จำลองการทำงานของ I/O Port คือ 7 Segment, LCD, LED Array และ Speaker และสามารถเลือก mode การรันได้ 3 แบบ คือ แบบลำดับขั้น (Step) แบบช้า (Slow) และแบบเร็ว (Fast) ทำให้ผู้ นักศึกษาสามารถทดสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเพื่อดูการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาดก่อนโหลดโปรแกรมลง ET-Board ของจริง รวมถึงยังอำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมบน Z80 CPU ให้สามารถทดสอบโปรแกรมโดยไม่ต้องยึดติดอยู่กับ ET-Board ที่อยู่อย่างจำกัดในห้องทดลองและมีข้อจำกัดด้านเวลาที่เข้าใช้ห้องอีกด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากร การวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 2 หมู่เรียน 5411021361 สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ 1 หมู่เรียน จำนวน 13 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งเครื่องมือออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. โปรแกรมจำลองการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยโปรแกรม Z80 Simulator IDE(รุ่นทดลองใช้), คู่มือการใช้งานและใบงานการเขียนโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์ 3 ใบงาน (ภาคผนวก ก.)
2. แบบประเมินผู้เรียน ประกอบด้วยการประเมินก่อนและหลังเรียน (ภาคผนวก จ.)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลดังขั้นตอนดังนี้

1. เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือในการวิจัย เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 13 คน และบันทึกผลการทดลอง
2. เรียงลำดับคะแนนของผู้เรียนจากมากไปหาน้อย
3. ใช้โปรแกรมจำลองการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 และเริ่มเก็บข้อมูลอีกครั้ง
4. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

ตรวจสอบข้อมูลและความสมบูรณ์ของแบบประเมิน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การหาค่าร้อยละ (Percentage) ดังสูตร

ค่าร้อยละ (Percentage)

$$\text{สูตร} \quad p = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าร้อยละ
	f	แทน	ค่าคะแนนที่ต้องการแปลงเป็นค่าร้อยละ
	N	แทน	จำนวนค่าคะแนนทั้งหมด

(ที่มา บุญชม ศรีสะอาด.2543)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเพื่อหาค่าความพึงพอใจผู้ใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)

หาค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum fx$	แทน	ผลรวมการคูณค่าความถี่ของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2. การแปลความหมาย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แปลความหมายผลการวิจัยเพื่อหาค่าความพึงพอใจผู้ใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน โดยแบ่งระดับออกเป็น 5 ระดับ โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

(ที่มา รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น

1.1 โดยวิเคราะห์การปฏิบัติตามใบงานก่อนการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการปฏิบัติตามใบงานก่อนการใช้โปรแกรมจำลอง

ที่	ชื่อ-สกุล	ใบงานที่/คะแนน			รวม
		1	2	3	
1	นาย สุริยา เฟื่องสา	7	8	6	21
2	นางสาว หทัยรัตน์ อ้นเวียง	8	5	6	19
3	นาย นิธิศักดิ์ เปี่ยมสวัสดิ์	7	6	4	17
4	นาย จีรวัดน์ ศรีอวยวิเชียร	8	5	6	19
5	นาย ทรนง พิมพ์สาร	8	6	5	19
6	นาย ธนากร ทองสุก	6	5	6	17
7	นาย วุฒินันท์ กุลจรัสเวช	2	6	3	11
8	นาย รัชชัย ภูแม่น้ำ	6	2	5	13
9	นาย อรรถชัย กลมกอม	7	7	6	20
10	นาย ยสินทร ปราชม	9	7	3	19
11	นางสาว มินตรา บุตรระ	4	6	6	16
12	นาย จีรวุฒิ คำดี	3	5	3	11
13	นาย ธนวัฒน์ เตียตระกูล	6	4	3	13

จากผลการทดลองตามใบงานทั้ง 3 ใบงานผลคะแนนอยู่ในระดับกลางๆ ช่วงคะแนนต่ำสุด 11 คะแนนและสูงสุด 21 คะแนน

1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน โดยวิเคราะห์การปฏิบัติตามใบงานหลังการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการปฏิบัติตามใบงานหลังการใช้โปรแกรมจำลอง

ที่	ชื่อ-สกุล	ใบงานที่/ลำดับที่			รวม
		1	2	3	
1	นาย สุริยา เฟื่องสา	8	9	6	23
2	นางสาว หทัยรัตน์ อ้นเวียง	8	7	9	24
3	นาย นิธิศักดิ์ เปี่ยมสวัสดิ์	9	8	6	23
4	นาย จีรวัฒน์ สร้อยวิเชียร	7	8	6	21
5	นาย ทรนง พิมพ์สาร	10	6	5	21
6	นาย ธนากร ทองสุก	8	5	6	19
7	นาย วุฒินันท์ กุลจรัสเวช	8	6	5	19
8	นาย รณชัย ภูแม่น้ำ	9	7	3	19
9	นาย อรรถชัย กลมกอม	8	7	9	24
10	นาย ยสินทร ปราชม	5	6	6	17
11	นางสาว มินตรา บุตรระ	4	6	6	16
12	นาย จีรวุฒิ คำดี	6	2	8	16
13	นาย ธนวัฒน์ เดียตระกุล	4	4	6	14

จากผลการทดลองตามใบงานทั้ง 3 ใบงานผลคะแนนมีระดับสูงขึ้น ช่วงคะแนนต่ำสุด 14 คะแนนและสูงสุด 24 คะแนน

1.3 ผลการเปรียบเทียบพัฒนาการผู้เรียน

จากผลการเก็บคะแนนตามใบงานทั้ง 3 ใบงานและการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน สามารถแสดงผลพัฒนาการ การเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนแต่ละคนได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังใช้โปรแกรมจำลอง

ที่	ชื่อ-สกุล	การเปรียบเทียบผลการใช้เทคนิคเพื่อนเรียน (ร้อยละ)		
		ก่อน	หลัง	ผลพัฒนาการ
1	นาย สุริยา เฟื่องสา	70.00	76.66	6.66
2	นางสาว หทัยรัตน์ อ้นเวียง	63.33	80.00	16.66
3	นาย นิธิศักดิ์ เปี่ยมสวัสดิ์	56.66	76.66	20.00
4	นาย จีรวัดน์ สร้อยวิเชียร	63.33	70.00	6.66
5	นาย ทนง พิมพสาร	63.33	70.00	6.66
6	นาย ธนากร ทองสุก	56.66	63.33	6.66
7	นาย วุฒินันท์ กุลจรัสเวช	36.66	63.33	26.66
8	นาย รัชชัย ภูแม่น้ำ	43.33	63.33	20.00
9	นาย อรรถชัย กลมกอม	66.66	80.00	13.33
10	นาย ยสินทร ปราชม	63.33	56.66	-6.66
11	นางสาว มินตรา บุตรระ	53.33	53.33	0.00
12	นาย จีรวุฒิ คำดี	36.66	53.33	16.66
13	นาย ธนวัฒน์ เตียตระกูล	43.33	46.66	3.33

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบพัฒนาการผู้เรียน

ที่	ผลพัฒนาการ	จำนวน	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ยผลพัฒนาการ
1	พัฒนาการสูงขึ้น	11	84.6	13.03
2	พัฒนาการน้อยลง	1	7.7	7.7
3	ไม่มีพัฒนาการ	1	7.7	7.7
	รวม	13	100.0	

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตารางที่ 4.4 พบว่า

หลังจากการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เพื่อพัฒนาผู้เรียนการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ จากผู้เรียนทั้งหมด 13 คน โดยมีผลพัฒนาการของผู้เรียนที่มีพัฒนาการที่สูงขึ้นจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 84.6 ผู้ที่มีพัฒนาการน้อยลงจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 7.7 และไม่มีพัฒนาการจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 7.7

2. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจ

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามเรื่องความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์โดยได้เสนออยู่ในรูปตารางดังนี้

ตารางที่ 4.5 จำนวนและร้อยละ สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน (n = 13) คน	ร้อยละ
1. ลักษณะผู้ตอบแบบสอบถาม		
อาจารย์	0	0
นักศึกษา	13	100.0
2. ประสบการณ์เกี่ยวกับวิชาไมโครโปรเซสเซอร์		
0 - 1 ปี	12	92.3
2 - 3 ปี	1	7.7
4 - 5 ปี	0	0
มากกว่า 5 ปี	0	0

จากตารางที่ 4.5 พบว่า 1. ลักษณะผู้ตอบแบบสอบถามได้แก่ นักศึกษา จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 100.0 และ 2. ประสบการณ์เกี่ยวกับวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ แบ่งเป็น ประสบการณ์ 0 - 1 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 92.3 และประสบการณ์ 2-3 ปี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 7.7

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ทั้ง 3 ด้านคือ ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง ด้านคู่มือการใช้งานและใบงาน โดยได้เสนออยู่ในรูปตารางดังนี้

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

ที่	ข้อความถาม	$\bar{X}$	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง		
	ส่วนการแสดงผลหลัก	3.69	มาก
	ส่วนการเขียนโปรแกรม	3.30	ปานกลาง
	ส่วนการแสดงผลการรันโปรแกรม	3.46	ปานกลาง
	ส่วนการแสดงผล memory editor	3.61	มาก
	ส่วนการแสดงผล enable logging	3.38	ปานกลาง
	รวม	3.49	ปานกลาง

2	ด้านคู่มือการใช้งาน		
	ปริมาณของเนื้อหาคู่มือการใช้งาน	2.29	น้อย
	ขั้นตอนการปฏิบัติตามคู่มือ	2.46	น้อย
	การออกแบบคู่มือการใช้งาน	2.69	ปานกลาง
	ความเหมาะสมของรูปภาพประกอบ	2.61	ปานกลาง
	รวม	2.67	ปานกลาง
3	ใบงาน		
	เนื้อหาของใบงาน	3.30	ปานกลาง
	ขั้นตอนการปฏิบัติตามใบงาน	2.53	ปานกลาง
	รวม	2.92	ปานกลาง

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 3 ด้านพบว่า

ด้านที่ 1 ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือส่วนการแสดงผลหลัก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.69 ระดับมากและหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ส่วนการเขียนโปรแกรม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 ระดับปานกลาง

ด้านที่ 2 ด้านคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.67 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือการออกแบบคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.69 ระดับปานกลางและหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ปริมาณของเนื้อหาคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.29 ระดับน้อย

ด้านที่ 3 ใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.92 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือเนื้อหาของใบงาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 ระดับปานกลางและหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือขั้นตอนการปฏิบัติตามใบงานค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 ระดับปานกลาง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เพื่อศึกษาพัฒนาการผู้เรียนด้วยการใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ และ เพื่อประเมินความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ โดยผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

สรุปผล

จากผลการทดลอง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ผลการใช้วิจัยเรื่องการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ดังตารางที่ 4.3 พัฒนาการของผู้เรียนที่ผ่านการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน สำหรับใช้ร่วมกับรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้วิจัยใช้โปรแกรมจำลองที่สามารถโหลดได้จากระบบอินเทอร์เน็ตได้แก่โปรแกรม Z80 Simulator IDE ร่วมกับใบงาน 3 ใบงาน ผลที่ได้รับ ผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองการทำงานมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นจำนวน 11 คน มีคะแนนสูงขึ้น เฉลี่ยคะแนนคิดเป็นร้อยละ 13.03 ผู้เรียนที่มีพัฒนาการน้อยลงจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 7.7 และผู้เรียนที่ไม่มีพัฒนาการจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 7.7 ผลการวัดความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ แบ่งออกเป็น 3 ด้านได้แก่ ด้านที่ 1 ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ด้านที่ 2 ด้านคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.67 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ด้านที่ 3 ใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.92 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง สรุปการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานช่วยให้ผู้เรียนที่มีคะแนนน้อยมีคะแนนเพิ่มขึ้นอันเนื่องจากการได้ทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ทำให้เข้าใจและปฏิบัติตามใบงานได้ดีขึ้น

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 4.4 จะพบว่าการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ผลมีพัฒนาการสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 84.6 โดยการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานมาแทนการเขียนโปรแกรมจาก ชุดทดลองไมโครโปรเซสเซอร์ (Single board) ที่มีตัวไมโครโปรเซสเซอร์ประกอบอยู่ในตัว จะทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมากขึ้น โดยจะสอดคล้องกับ วรพจน์ สมมูลและศาสวัต แพร์ศรีสกุล.2553. ผลการวิจัยเรื่องโปรแกรมจำลองการ

ทำงานของ Z80 CPU(Java) ที่ได้จำลองการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 และทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมโดยไม่ยึดติดกับชุด ET-Board ที่มีอยู่อย่างจำกัด ส่วนผู้ที่มีพัฒนาการน้อยลงและไม่มีพัฒนาการนั้นจะมีเพียง 15.14 (นักศึกษา 2 คน) เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจและใช้งานบ่อยๆ จนทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะใช้งานโปรแกรมอย่างคล่องตัว

ผลการวัดความพึงพอใจผู้ใช้โปรแกรมจำลองปรากฏว่า ด้านที่ 1 ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากผู้เรียนไม่เคยใช้โปรแกรมหัดแล้ว และจะต้องเริ่มศึกษาการใช้โปรแกรมจากคู่มือ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น บางครั้งลำดับการนำเสนอในคู่มือจะทำให้ผู้เรียนสับสน ซึ่งขัดแย้งกับ จิตติมา เทพญา พิษญา คณัตย์และฉัตรชัย จันทร์พรม. 2555 . บทคัดย่อเรื่องการพัฒนากระบวนการแบบกระจายศูนย์ของโปรแกรมไพน์แลปบนสถาปัตยกรรมระดับสูง. โดยจะใช้โปรแกรมที่มีผู้จัดทำคู่มือการใช้งานที่ได้ผ่านการใช้งานมาแล้วจึงทำให้ผู้ที่ทดลองสามารถปฏิบัติได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย ด้านที่ 2 ด้านคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.67 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนคู่มือที่สร้างขึ้นผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นตามความเข้าใจของผู้วิจัยและได้ทดลองพร้อมกับการทำคู่มือ จึงทำให้คู่มือที่ได้มีบางส่วนที่ไม่สมบูรณ์ที่สุดด้านที่ 3 ใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.92 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง โดยใบงานที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้นจะเป็นใบงานที่ใช้สำหรับชุดทดลองไมโครโปรเซสเซอร์ (Single board) ที่ต้องเขียนบนชุดทดลอง ดังนั้นเมื่อนำมาปรับเข้ากับโปรแกรมจำลองจะมีบางส่วนที่ต้องอธิบายเพิ่มเติมให้นักศึกษาที่ทดลองตามใบงานให้เข้าใจ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน ในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ควรมีการปรับปรุงคู่มือและใบงานให้ผู้เรียน อ่านและปฏิบัติตามใบงานได้ง่ายขึ้น การสอดแทรกเทคนิคต่างๆ เข้าไปในคู่มือจะทำให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลการทดลอง และความเข้าใจในการทำงานของอุปกรณ์ไมโครโปรเซสเซอร์ได้ดียิ่งขึ้น ทดสอบพัฒนาการของผู้เรียนที่หลากหลาย และได้เห็นผลพัฒนาการของผู้เรียนมากขึ้น

บรรณานุกรม

- เชิดศักดิ์ อรัญมาลา. 2555 .การศึกษากฎพื้นฐานและหลักการออกแบบ GATE และ RUNNER ของชิ้นงาน LOCKING KNOB ในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคการจำลองวิธีการหล่ออลูมิเนียม . [ออนไลน์].แหล่งข้อมูล
www.tsme.org/ME_NETT/ME_NETT18/fullpaper/.../AMM02.doc [11 มีนาคม 2555]
- ไชยรัตน์ จันทน์บุญเรืองและณัฐวธ คณหา.2555 .การจำลองกราฟฟิคเพื่อศึกษาการใช้พลังงานในโครงข่ายเคลื่อนที่แบบแอดฮอค (GUI for studying energy usage in MANETs)
[ออนไลน์].แหล่งข้อมูล eng.sut.ac.th/tce/uploads/TCE-Website/5.doc [10 มีนาคม 2555]
- ฐิติมา เทพญา พิษญา ตันตัยย์และนัทรชัย จันทน์พริ้ม. 2555 . การพัฒนาระบบแบบกระจายศูนย์ของโปรแกรมไชน์แลปบนสถาปัตยกรรมระดับสูง.
[ออนไลน์].แหล่งข้อมูล fivedots.coe.psu.ac.th/Software.coe/241-702...II/.../Thitima.doc [21 มีนาคม 2555]
- ไทยไมโครเทค.2555. โปรแกรมจำลองการทำงานเครื่องจักร รายงานด้วยกราฟ.
[ออนไลน์].แหล่งข้อมูล http://code-all.blogspot.com/2012/02/blog-post.html#/2012/02/blog-post.html [19 มีนาคม 2555]
- บุญชม ศรีสะอาด. 2543. การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- พิษญา ตันตัยย์.2555. Introduction: Parallel & Distributed Simulation Systems
[ออนไลน์].แหล่งข้อมูล fivedots.coe.psu.ac.th/~pichaya/pdss/pdss02Intro.doc [2 มีนาคม 2555]
- ฝ่ายวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์แห่งชาติ (NECTEC) .2555. ซอฟต์แวร์จำลองการทำงานของเครื่องยนต์. [ออนไลน์].แหล่งข้อมูล
www.nstda.or.th/nstda-doc-archives/doc_download/30-- [18 มีนาคม 2555]
- รวีวรรณ ชินตระกูล. 2542. การทำวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : บริษัท ที.พี.พรินท์ จำกัด
- วรพจน์ สมมูลและศาสตราจารย์ศรีสกุล. 2555 . โปรแกรมจำลองการทำงานของ Z80 CPU(Java) [ออนไลน์].แหล่งข้อมูล
sisley.en.kku.ac.th/project/2009/COE2009.../Report_COE2009_24.doc [22 มีนาคม 2555]
- เสนีย์ เทียนเขียว.2555. Introduction to Computer Simulation software เกี่ยวกับโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ . [ออนไลน์].แหล่งข้อมูล
http://www.mechatronics4u.com/index.php?lite=article&qid=449702 [1 มีนาคม 2555]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ข

แบบประเมินความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

แบบสอบถาม

เรื่อง ความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามมีทั้งหมด 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเพื่อหาความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความความคิดเห็นเพิ่มเติม

แบบสอบถามเพื่อการวิจัยฉบับนี้ สร้างขึ้นเพื่อหาความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้มีความเกี่ยวข้องกับการใช้งานโปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้วิจัยขอความกรุณาโปรดสละเวลาตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลถูกต้องครบถ้วนตรงตามความคิดเห็นที่เป็นจริงมากที่สุด ข้อมูลของท่านจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อการวิจัยนี้เท่านั้น ผลที่ได้จากการวิจัย จะเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยในการพัฒนาการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์มีประสิทธิภาพ ต่อไป

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่สละเวลาในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้

นายสนธยา วันชัย

ผู้วิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบตัวเลือก (Checklist)
ดังรายละเอียดมีดังนี้

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง

1. ลักษณะผู้ตอบแบบสอบถาม

() อาจารย์ () นักศึกษา

2. ประสบการณ์เกี่ยวกับวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

() 0 - 1 ปี () 1 - 2 ปี

() 3 - 4 ปี () มากกว่า 4 ปี

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเพื่อหาความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

คำชี้แจง ให้ผู้ตอบแบบสอบถามแบบมาตราส่วน (Rating Scale) 5 ระดับที่ตรงกับระดับความคิดเห็น
ของผู้ตอบแบบสอบถามโดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

แบบสอบถามเพื่อหาความพึงพอใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง					
	ส่วนการแสดงผลหลัก					
	ส่วนการเขียนโปรแกรม					
	ส่วนการแสดงผลการรันโปรแกรม					
	ส่วนการแสดงผล Memory editor					
	ส่วนการแสดงผล Enable logging					
2	ด้านคู่มือการใช้งาน					
	ปริมาณของเนื้อหาคู่มือการใช้งาน					
	ขั้นตอนการปฏิบัติตามคู่มือ					
	การออกแบบคู่มือการใช้งาน					
	ความเหมาะสมของรูปภาพประกอบ					
3	ใบงาน					
	เนื้อหาของใบงาน					
	ขั้นตอนการปฏิบัติตามใบงาน					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความความคิดเห็นเพิ่มเติมของผู้ตอบแบบสอบถาม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค
แนวการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา	5583705 ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor)
2. จำนวนหน่วยกิต	3 หน่วยกิต (2-2-5)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา	หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นรายวิชาเอกบังคับ
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน	อาจารย์สนธยา วันชัย
5. ภาคการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน	ภาคเรียนที่ 1 ชั้นปีที่ 2
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisite) (ถ้ามี)	ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)	ไม่มี
8. สถานที่เรียน	อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หลังที่ 2 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด	20 พฤษภาคม 2555

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจถึงประวัติไมโครโปรเซสเซอร์ องค์ประกอบและการทำงาน โครงสร้างหน่วยความจำ การแปลความหมายของคำสั่งในหน่วยความจำ รีจิสเตอร์ของซีพียู หน่วยกระทำการ คณิตศาสตร์และลอจิก หน่วยควบคุมแฟลกสถานะและการเอ็กซีกิวต์คำสั่งการส่งข้อมูลภายในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ การอินเตอร์รัพท์ ระบบบัส โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี การอ้างแอดเดรสแบบต่างๆ ชุดคำสั่งของซีพียู

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ถึงประวัติไมโครโปรเซสเซอร์ องค์ประกอบและการทำงาน โครงสร้างหน่วยความจำ การแปลความหมายของคำสั่งในหน่วยความจำ รีจิสเตอร์ของซีพียู หน่วยกระทำการ คณิตศาสตร์และลอจิก หน่วยควบคุมแฟลกสถานะและการเอ็กซีกิวต์คำสั่งการส่งข้อมูลภายในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ การอินเตอร์รัพท์ ระบบบัส โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี การอ้างแอดเดรสแบบต่างๆ ชุดคำสั่งของซีพียู

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ประวัติไมโครโปรเซสเซอร์ องค์ประกอบและการทำงาน โครงสร้างหน่วยความจำ การแปลความหมายของคำสั่งในหน่วยความจำ รีจิสเตอร์ของซีพียู หน่วยกระทำการ คณิตศาสตร์และลอจิก หน่วยควบคุมแฟลกสถานะและการเอ็กซีกิวต์คำสั่งการส่งข้อมูลภายในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ การอินเตอร์รัพท์ ระบบบัส โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี การอ้างแอดเดรสแบบต่างๆ ชุดคำสั่งของซีพียู ปฏิบัติและสร้างชิ้นงานเกี่ยวข้องกับรายวิชาที่ศึกษา

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งาน ภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
30 ชั่วโมง	-	30 ชั่วโมง	75 ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

- วันอังคารและพุธ เวลา 13.00-16.00 น. ห้อง TE212

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม
1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา 1.2) เห็นคุณค่าของการเรียนรู้ อดทนขยันหมั่นเพียรและมีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้
1.2 วิธีการสอน 1) บรรยายพร้อมยกตัวอย่างกรณีศึกษา 2) แบบฝึกหัดในห้องเรียน 3) โครงการ นำเสนอชิ้นงาน เอกสารประกอบ 4) ฝึกทำรายงานด้านวิชาการ
1.3 วิธีการประเมินผล 1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น
2. ความรู้
2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ 2.1) มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของรายวิชาที่ศึกษา 2.4) มีความรู้ความเข้าใจด้านการปฏิบัติงานและใช้เครื่องมือในการปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง
2.2 วิธีการสอน 1) บรรยายพร้อมยกตัวอย่างกรณีศึกษาส่วนไมโครโปรเซสเซอร์ 2) แบบฝึกหัดในห้องเรียน 3) โครงการ นำเสนอชิ้นงาน เอกสารประกอบ 4) ฝึกทำรายงานด้านวิชาการ
2.3 วิธีการประเมินผล 1) ประเมินผลจากการทำงานที่ได้รับมอบหมาย 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ 3) ประเมินจากชิ้นงานเกี่ยวข้องกับรายวิชาที่นักศึกษานำเสนอ 4) การสอบกลางภาค การสอบปลายภาค
3. ทักษะทางปัญญา
3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา 3.1) พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบและมีวิจารณญาณ

3.2 วิธีการสอน 1) มอบหมายงานให้นักศึกษาทำโครงการและนำเสนองาน 2) อภิปรายกลุ่ม 3) สังเกตพฤติกรรม
3.3 วิธีการประเมินผล 1) การสอบกลางภาคและการสอบปลายภาค 2) สังเกตการนำเสนอ การตอบคำถาม
4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ
4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา 4.1) พัฒนาการทำงานเป็นทีมและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ 4.3) มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย 4.6) ตระหนักถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น ในการปฏิบัติงาน
4.2 วิธีการสอน 1) จัดกิจกรรมกลุ่มในการวิเคราะห์กรณีศึกษา 2) มอบหมายงานเดี่ยว งานกลุ่ม และหาข้อมูลอื่นเพิ่มเติม 3) นำเสนองานที่ได้รับมอบหมาย 4) การใช้เครื่องมือและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน
4.3 วิธีการประเมินผล 1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินทีม 3) รายงานการศึกษาด้วยตนเอง 4) ประเมินการปฏิบัติงาน ความปลอดภัยในการปฏิบัติ
5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา 5.1) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารและการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
5.2 วิธีการสอน 1) มอบหมายงานค้นคว้าและหาข้อมูลอื่นเพิ่มเติม 2) นำเสนองานที่ได้รับมอบหมายด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม
5.3 วิธีการประเมินผล 1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) สังเกตการนำเสนอผลงานโดยใช้ เครื่องมือ เทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้อง แลกเปลี่ยนความรู้

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

5.1 แผนการสอน					
สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง บรรยาย	จำนวน ชั่วโมง ปฏิบัติการ	กิจกรรม การเรียน การสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	ประวัติไมโครโปรเซสเซอร์	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
2	องค์ประกอบและการทำงาน โครงสร้าง	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
3	หน่วยความจำ การแปล ความหมายของคำสั่งใน หน่วยความจำ	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
4	รีจิสเตอร์ของซีพียู	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
5	หน่วยกระทำ คณิตศาสตร์ และลอจิก	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
6	หน่วยควบคุมแฟลกสถานะ และการเอ็กซีคิวต์	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
7	คำสั่งการส่งข้อมูลภายใน ระบบไมโครคอมพิวเตอร์	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
8	สอบกลางภาค				
9	สถาปัตยกรรมของ ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล 80x86	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
10	การอินเตอร์รัพท์ การอ้างอิง พอร์ต	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
11	ระบบบัส การขยายบัส	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
12	โปรแกรมภาษา แอสเซมบลี	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย

13	คำสั่งในการโอนย้ายข้อมูล	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ นำผลงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาผู้เรียนใน รายวิชาไมโคร- โปรเซสเซอร์ด้วย โปรแกรมจำลองการ ทำงาน ใช้ในการ พัฒนาการเขียน โปรแกรมสั่งงาน ไมโครโปรเซสเซอร์ Z80	อ.สนธยา วันชัย
14	การอ้างแอดเดรสแบบต่างๆ ชุดคำสั่งของซีพียู	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
15-16	ปฏิบัติและสร้างชิ้นงาน เกี่ยวข้องกับ ไมโครโปรเซสเซอร์	2	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง อภิปรายผล ปฏิบัติ	อ.สนธยา วันชัย
17	สอบปลายภาค				

5.2 แผนการประเมินผลการเรียนรู้				
กิจกรรมที่	ผลการเรียนรู้ (จากหมวด 4)	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการ ประเมินผล
1	2.1, 2.4, 3.1	สอบกลางภาค	8	ร้อยละ 30
2	2.1, 2.4, 3.1	สอบปลายภาค	17	ร้อยละ 30
3	1.2, 2.4, 3.1, 4.1, 4.3, 4.6, 5.1	การมีส่วนร่วม อภิปราย เสนอความคิดเห็นในชั้น เรียน การบ้าน	ตลอดภาค การศึกษา	ร้อยละ 40

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารและตำราหลัก ยืน ภู่วรรณและวัฒนา เชียงกุล. 2538. ไมโครโปรเซสเซอร์ ไมโครคอมพิวเตอร์ Z-80 Microprocessor. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ .
2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ
3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ วิทยา สุกตบรร. 2553. ไมโครโปรเซสเซอร์ ตระกูล Intel ปฏิบัติการบนไมโครคอมพิวเตอร์. ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ น.ส.พ ชีรวัฒน์ ประกอบผล. 2551. ไมโครโปรเซสเซอร์ –Microprocessor . ยืน ภู่วรรณ. 2539 . สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์ .ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ บัณฑิต จามรภูติ . 2539. ทฤษฎีไมโครโปรเซสเซอร์ . ซีเอ็ด. กรุงเทพฯ.

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา - แบบประเมินผู้สอนและแบบประเมินรายวิชา - ข้อเสนอแนะ จากผู้เรียน
2. กลยุทธ์การประเมินการสอน - พิจารณาจากผลการสอบ - ประเมินจากผลการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยกรรมการประจำหลักสูตร
3. การปรับปรุงการสอน - นำผลการประเมินเพื่อพัฒนาการสอน - ศึกษาข้อควรปรับปรุงจากเสนอแนะของผู้เรียนและกรรมการประจำหลักสูตร
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา - ระหว่างกระบวนการสอนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ในรายหัวข้อ การสอบถามผู้เรียน หรือ สุ่มตรวจผลงานของนักศึกษา หรือ พิจารณาผลการสอบย่อย
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา - ปรับปรุงรายวิชาอย่างสม่ำเสมอตามข้อเสนอแนะ - ทำวิจัยในหัวข้อที่สัมพันธ์กับเนื้อหาเพื่อการพัฒนา ปรับปรุง ประสิทธิภาพของรายวิชา

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ผู้เรียน

แบบฟอร์มที่ 1. บันทึกข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ศักยภาพของผู้เรียน
(จำแนกตามความสามารถเดิม กับวิธีการเรียนรู้ตามแบบแคทเทอร์รีน แจสเตอร์)

1. ชื่อรายวิชา ไมโครโปรเซสเซอร์ รหัสวิชา 5583705

จำนวนหน่วยกิต 3 (2-2-5)

2. ชื่อผู้สอน อาจารย์สนธยา วันชัย คณะเทคโนโลยีการเกษตร

3. หมู่เรียน เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ รหัสหมู่เรียน 5411021361

4. การสำรวจผลการเรียนและวิธีการเรียนรู้

คำชี้แจง 1. การจำแนกผู้เรียนใช้ความสามารถเดิม โดยดูจากเกรดเฉลี่ย ร่วมกับวิธีการจำแนกผู้เรียนแบบของ แคทเทอร์รีน แจสเตอร์ (Catherine Jester)

2. ให้ท่านกรอกรายชื่อผู้เรียน ในช่อง “รายชื่อผู้เรียน” และสอบถามเกรดเฉลี่ยจากผู้เรียน และกรอกเกรดเฉลี่ยเมื่อสิ้นภาคเรียนที่ผ่านมา ลงในช่อง “เกรดเฉลี่ย” (สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนแรก ให้ใช้เกรดเฉลี่ยมัธยมศึกษาปีที่ 6)

3. ให้ใช้วิธี “สังเกต” หรือ “สอบถาม” ผู้เรียน เพื่อพิจารณาจำแนกผู้เรียน โดยกาเครื่องหมาย ✓ ในช่อง “วิธีการเรียนรู้” (กาเครื่องหมาย ✓ ได้มากกว่า 1 รายการ)

ที่-	ชื่อ - สกุล	เกรดเฉลี่ย	วิธีการเรียนรู้			
			จากการรับรู้ทางการมองเห็นและการได้สนทนาโต้ตอบ	จากการรับรู้ทางการมองเห็นและไม่ใช้การสนทนาโต้ตอบ	จากการลงมือกระทำหรือใช้การสัมผัสโดยตรง	จากการฟังและการใช้คำพูด
1.	นาย สุริยา เฟื่องสา	2.61		✓	✓	
2.	นางสาว หทัยรัตน์ อ้นเวียง	2.47		✓	✓	
3.	นาย นิธิศักดิ์ เปี่ยมสวัสดิ์	2.58	✓			✓
4.	นาย จีรวัดน์ สร้อยวิเชียร	2.17	✓		✓	
5.	นาย ทรนง พิมพ์สาร	2.90		✓		✓
6.	นาย ธนากร ทองสุก	2.65	✓		✓	✓
7.	นาย วุฒินันท์ กุลจรัสเวช	2.50	✓		✓	
8.	นาย รัชชัย ภูแม่น้ำ	2.02		✓		✓
9.	นาย อรรถชัย กลมกอม	2.00	✓		✓	
10.	นาย ยสินทร ปราชม	2.21	✓	✓	✓	
11.	นางสาว มินตรา บุตรระ	2.07	✓		✓	
12.	นาย จีรวุฒิ คำดี	2.67		✓		✓
13.	นาย ธนวัฒน์ เตียตระกูล	1.76				✓

5. สรุปผลการเรียนและวิธีการเรียนรู้ (ทั้งหมดเรียน)

กลุ่มที่	เกรดเฉลี่ย		วิธีการเรียนรู้			
	เกณฑ์การแบ่งกลุ่ม	จำนวนคนรวมทั้งสิ้น	จากการรับรู้ทางการมองเห็นและการได้สนทนาโต้ตอบ	จากการรับรู้ทางการมองเห็นและไม่ใช้การสนทนาโต้ตอบ	จากการลงมือกระทำหรือใช้การสัมผัสโดยตรง	จากการฟังและการใช้คำพูด
			จำนวนคน	จำนวนคน	จำนวนคน	จำนวนคน
1.	กลุ่มเรียนเก่ง เกรดเฉลี่ย 3.01 ขึ้นไป	0	0	0	0	0
2.	กลุ่มเรียนปานกลาง เกรดเฉลี่ย 2.01 – 3.00	12	7	6	8	5
3.	กลุ่มเรียนอ่อน เกรดเฉลี่ย ไม่เกิน 2.00	1	0	0	0	1
รวมทั้งสิ้น		13	7	6	8	6

6. ข้อเสนอแนะการจัดการเรียนการสอน (การออกแบบการสอนจากผลการวิเคราะห์ผู้เรียน)

การเรียนการสอนควรเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากชิ้นงานจริง จะได้ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์จริง มีความรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

(ลงชื่อ).....ผู้สอน

(อาจารย์สนธยา วันชัย)

ภาคผนวก จ

แบบบันทึกผลพัฒนาการของผู้เรียน

แบบบันทึกผลพัฒนาการของผู้เรียน

เรื่อง การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน

แบบบันทึกการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน แบบบันทึกนี้ใช้สำหรับการวิจัย สร้างขึ้นเพื่อประเมินผู้เรียนก่อนและหลังการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ ประกอบกับการปฏิบัติร่วมใบงาน 3 ใบงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองตามใบงานร่วมกับอุปกรณ์ชุดฝึกไมโครโปรเซสเซอร์ Z80
2. บันทึกคะแนนที่ได้แต่ละใบงาน ในตารางที่ ง.1 และหาค่าร้อยละ
3. ให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองตามใบงานร่วมกับโปรแกรมจำลองการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 โดยผู้วิจัยเลือกโปรแกรม Z80 Simulator IDE รุ่นทดลองใช้งาน
4. บันทึกคะแนนที่ได้แต่ละใบงาน ในตารางที่ ง.2 และหาค่าร้อยละ
5. เปรียบเทียบผลคะแนนและพัฒนาการของผู้เรียน

ตารางที่ ง.1 จำนวนและร้อยละคะแนนของการปฏิบัติการทดลองตามใบงานร่วมกับอุปกรณ์ชุดฝึกไมโครโปรเซสเซอร์ Z80

ที่	ชื่อ-สกุล	ใบงานที่/คะแนน			รวม	ร้อยละ
		1	2	3		
1	นาย สุริยา เฟื่องสา					
2	นางสาว หทัยรัตน์ อันเวียง					
3	นาย นิธิศักดิ์ เปี่ยมสวัสดิ์					
4	นาย จีรวัดน์ แก้ววิเชียร					
5	นาย ทรนง พิมพ์สาร					
6	นาย ธนากร ทองสุก					
7	นาย วุฒินันท์ กุลจรัสเวช					
8	นาย รณชัย ภูแม่น้ำ					
9	นาย อรรถชัย กลมกอม					
10	นาย ยสินทร ปราชม					
11	นางสาว มินตรา บุตรระ					
12	นาย จีรวุฒิ คำดี					
13	นายธนวัฒน์ เตียตระกูล					

ตารางที่ จ.2 จำนวนและร้อยละคะแนนของการปฏิบัติการทดลองตามใบงานร่วมกับโปรแกรมจำลอง
การทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 โดยผู้วิจัยเลือกโปรแกรม Z80 Simulator IDE รุ่น
ทดลองใช้งาน

ที่	ชื่อ-สกุล	ใบงานที่/คะแนน			รวม	ร้อยละ
		1	2	3		
1	นาย สุริยา เฟื่องสา					
2	นางสาว หทัยรัตน์ อ้นเวียง					
3	นาย นิธิศักดิ์ เปี่ยมสวัสดิ์					
4	นาย จิรวัฒน์ แก้ววิเชียร					
5	นาย ทรนง พิมพ์สาร					
6	นาย ธนากร ทองสุก					
7	นาย วุฒินันท์ กุลจรัสเวช					
8	นาย ธรณชัย ภูแม่น้ำ					
9	นาย อรรถชัย กลมกอม					
10	นาย ยสินทร ปราชม					
11	นางสาว มินตรา บุตรระ					
12	นาย จิรวุฒิ คำดี					
13	นายธนวัฒน์ เตียตระกูล					

ตารางที่ จ.3 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปฏิบัติ

ที่	ชื่อ-สกุล	การเปรียบเทียบผลพัฒนาการเรียนรู้		
		ก่อน	หลัง	ผลพัฒนาการ
1	นาย สุริยา เฟื่องสา			
2	นางสาว หทัยรัตน์ อันเวียง			
3	นาย นิธิศักดิ์ เปี่ยมสวัสดิ์			
4	นาย จีรวัดน์ แก้ววิเชียร			
5	นาย ทรนง พิมพัสาร			
6	นาย ธนากร ทองสุก			
7	นาย วุฒินันท์ กุลจรัสเวช			
8	นาย รัชชัย ภูแม่น้ำ			
9	นาย อรรถชัย กลมกอม			
10	นาย ยสินทร ปราชม			
11	นางสาว มินตรา บุตรระ			
12	นาย จีรวุฒิ คำดี			
13	นาย ธนวัฒน์ เตียตระกูล			

ภาคผนวก จ

การนำเสนองานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอน

เรื่อง การนำเสนองานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอน

เรียน คณบดี คณะเทคโนโลยีการเกษตร

เนื่องจากข้าพเจ้า นายสนธยา วันชัย สังกัดคณะเทคโนโลยีการเกษตร ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณ 10,000 บาท ได้นำงานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอนรายวิชา ไมโครโปรเซสเซอร์ รหัสวิชา 5583705 หมู่เรียน 5411021361 ภาคการศึกษาที่ 1 / 2555 โดยเป็นข้อมูลสำหรับนักศึกษาที่สนใจการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ Z80

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(นายสนธยา วันชัย)

ผู้วิจัย

คำรับรอง

.....

ลงชื่อ.....

(ส.ท.ดร.พิศุทธิ์ บัวเปรม)

คณบดี คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)

นายสนธยา วันชัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

Mr. Sontaya Wanchai

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3 6703 00657 85 3

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

พนักงานมหาวิทยาลัย สาขาวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

โทร. 0-5671-7151 โทรสาร. 0-5671-7151 มือถือ. 08-1284-0993

E-mail : pansiriwat@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปี 2541 - ปริญญาตรี

ค.อ.บ. อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปี 2549 - ปริญญาโท

ค.อ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาคอมพิวเตอร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาการสื่อสารข้อมูล

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน Student Development In Microprocessor Subject By Program Simulator.

สนธยา วันชัย¹

Sontaya Wanchai

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพัฒนาการผู้เรียนด้วยการใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์และเพื่อประเมินความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ โปรแกรมจำลองการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยโปรแกรม Z80 Simulator IDE คู่มือการใช้งานและใบงานการเขียนโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์ แบบประเมินผู้เรียน ประกอบด้วยการประเมินก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาคณะเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 13 คน และวิเคราะห์พัฒนาการของผู้เรียนโดยคำนวณค่าร้อยละ

ผลการวิจัยได้ดังนี้

ผลการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อพัฒนาผู้เรียน ผลพัฒนา การของผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองการทำงานมีพัฒนาการที่สูงขึ้นจำนวน 11 คน ผลพัฒนาการสูงขึ้นร้อยละ 13.03 ผู้ที่มีพัฒนาการน้อยลงจำนวน 1 คนและไม่มีการพัฒนาจำนวน 1 คน ผลพัฒนาการคิดเป็นร้อยละ 7.7 ผลการวัดความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ทั้ง 3 ด้าน โดยด้านที่ 1 ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ด้านที่ 2 ด้านคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.67 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง และด้านที่ 3 ใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.92 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

สรุปการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน ช่วยให้ผู้เรียนที่มีคะแนนน้อยมีคะแนนเพิ่มขึ้นอันเนื่องจากการได้ทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ ทำให้เข้าใจและปฏิบัติตามใบงานได้

คำสำคัญ วิชาไมโครโปรเซสเซอร์, โปรแกรมจำลองการทำงาน

Abstract

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

The research report about student development in microprocessor subject by program simulator. There was objective to study about Student Development in microprocessor subject and assess student contentment to used Program Simulator in microprocessor subject . A tool that use in the research is Program simulation for Microprocessor Z80 1 set , compose of Z80 Simulator IDE Program , work manual and work sheets for Programming Microprocessor . Student Assessment Form, compose of before and after study. the sample that use in the research is student major electronic computer level 2 , 13 persons and statistics for analysis student development were percentage .

Result of research

Result of used program simulation in subject microprocessor, for development student. Result of develop of student was upper 11 persons 13.03 percentage , lower 1 person and as before 1 person 7.7 percentage. Result of assess student contentment to used Program Simulator in microprocessor subject 3 part 1. Usage this Program Simulator average was 3.49 , satisfaction was moderate 2. User's guide average was 2.67 , satisfaction was moderate and 3. Work sheets Simulator average was 2.92 , satisfaction was moderate.

Conclusion, This Program Simulation can help student has the points increases, because student get write a program to control microprocessor , make understand and follow the work sheet.

Keyword microprocessor subject , program simulator

บทนำ

การศึกษาในสาขาวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ นั้น การเรียนจะเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติงานจริงจากอุปกรณ์จริง ที่มีการผลิตขายในท้องตลาด ทำให้เกิดทักษะ ความรู้ความเข้าใจ ส่งผลให้การปฏิบัติงานในรายวิชาอื่นๆ สามารถกระทำได้ด้วยความเข้าใจยิ่งขึ้น แต่บางรายวิชาผู้เรียนจะไม่สามารถปฏิบัติให้เข้าใจได้ โดยเฉพาะรายวิชาที่ต้องใช้เครื่องมือที่ราคาสูง การปฏิบัติจะมีโอกาสได้ปฏิบัติน้อย

การเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ จะเน้นให้ผู้เรียนเรียนทฤษฎีให้มีความเข้าใจ และจะปฏิบัติการไมโครโปรเซสเซอร์โดยการใช้ Single board ที่ใช้อยู่โดยการเรียนจะเรียนพื้นฐานก่อน เรียนรู้คำสั่ง เรียนรู้ การใช้งานรีจิสเตอร์ หน่วยความจำ ฯ ผู้เรียนจะได้เรียนแต่ทฤษฎี ดังนั้นความเข้าใจการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์จะไม่ได้เต็มที่ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะหาส่วนของโปรแกรมจำลองมาให้ผู้เรียนได้ฝึกการเขียนโปรแกรมเพื่อเพิ่มทักษะให้แก่ผู้เรียน ให้มีความเข้าใจการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ ได้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการผู้เรียนด้วยการใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

2. เพื่อประเมินความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากร

ประชากร การวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 2 หมู่เรียน 5411021361 สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ 1 หมู่เรียน จำนวน 13 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งเครื่องมือออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1 โปรแกรมจำลองการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยโปรแกรม Z80 Simulator IDE(รุ่นทดลองใช้), คู่มือการใช้งานและใบงานการเขียนโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์ 3 ใบงาน

2.2 แบบประเมินผู้เรียน ประกอบด้วยการประเมินก่อนและหลังเรียน

3. เนื้อหาวิชาไมโครโปรเซสเซอร์

การศึกษาไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้ที่ศึกษาควรมีความรู้พื้นฐานในระบบตัวเลขต่างๆ เช่น เลขฐาน 2 , 8,10 และ 16 โครงสร้าง สถาปัตยกรรม รีจิสเตอร์ หน่วยความจำ สำหรับตัวไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นนั้นๆ เนื่องด้วยการสั่งงาน การเขียนโปรแกรม หรือแม้กระทั่งการนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก ผู้ที่สั่งงานจะต้องใช้ทักษะพื้นฐานเหล่านั้นเป็นเครื่องมือช่วยในการทำงาน โดยในบทนี้ผู้เขียนได้แบ่งหัวข้อการศึกษาพื้นฐานไมโครโปรเซสเซอร์ออกได้ดังนี้

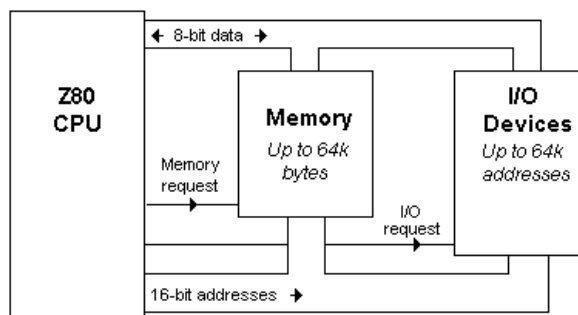
โครงสร้างไมโครโปรเซสเซอร์

CPU เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เกือบทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นการคำนวณ การเปรียบเทียบทางตรรกะ การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ การประมวลผลในรูปแบบต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งการบริหารการใช้ทรัพยากรภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ องค์ประกอบของ CPU สามารถแสดงได้ดังนี้

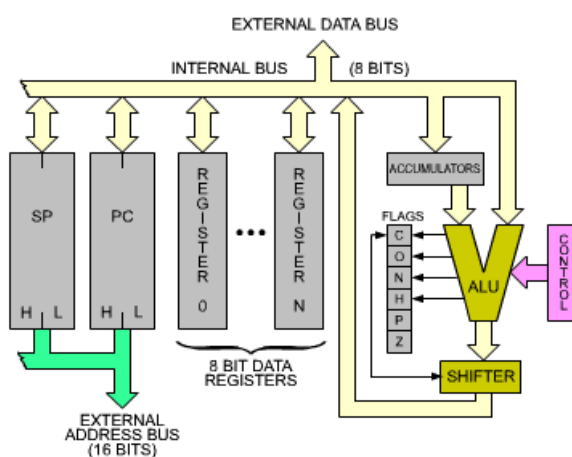
ภายใน CPU จะมีหน่วยความจำความเร็วสูงจำนวนหนึ่งเรียกว่า Register ซึ่งจะแตกต่างกันไปแล้วแต่สถาปัตยกรรมของ CPU เหล่านั้น Register เป็นหน่วยความจำที่เตรียมข้อมูลสุดท้ายก่อนทำการประมวลผล (Execution) Register ตัวที่สำคัญมากที่สุดตัวหนึ่งชื่อว่า Program Counter (PC) ทำหน้าที่ชี้ไปยังคำสั่งถัดไป ในบางครั้งอาจสับสนกับชื่อนี้เนื่องจากไม่ได้เป็นตัวนับอะไรเลย Register อีกตัวหนึ่งที่ทำหน้าที่สำคัญคือ Instruction Register (IR) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลคำสั่งที่กำลังดำเนินการ (Execution) อยู่ การที่ CPU มี Register มากแสดงว่าเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นมีความซับซ้อนและมีความสามารถมาก

โครงสร้างของไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต โดยทั่วไปในปัจจุบันจะมีสถาปัตยกรรมที่ใช้คล้ายๆ กันดังภาพที่ 1

Z80 8-bit Data and 16-bit Addresses



ภาพที่ 1 โครงสร้างไมโครโปรเซสเซอร์ Z80



ภาพที่ 2 โครงสร้างภายในไมโครโปรเซสเซอร์

Register และ ALU

โครงสร้างภายในของ Z80 CPU ประกอบด้วย รีจิสเตอร์ภายในที่สามารถ เขียน และอ่านได้ถึง 208 บิต โดยแยกเป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 18 รีจิสเตอร์ และรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต อีก 4 รีจิสเตอร์

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม **จุดประสงค์ที่ 1** เพื่อให้นักศึกษาสามารถนำข้อมูลมาเก็บในรีจิสเตอร์ (Register) ได้

1. เปิดโปรแกรม Z80 Simulator IDE เลือก Tools -> Tools -> Assemble เพื่อเขียนโปรแกรกดังนี้

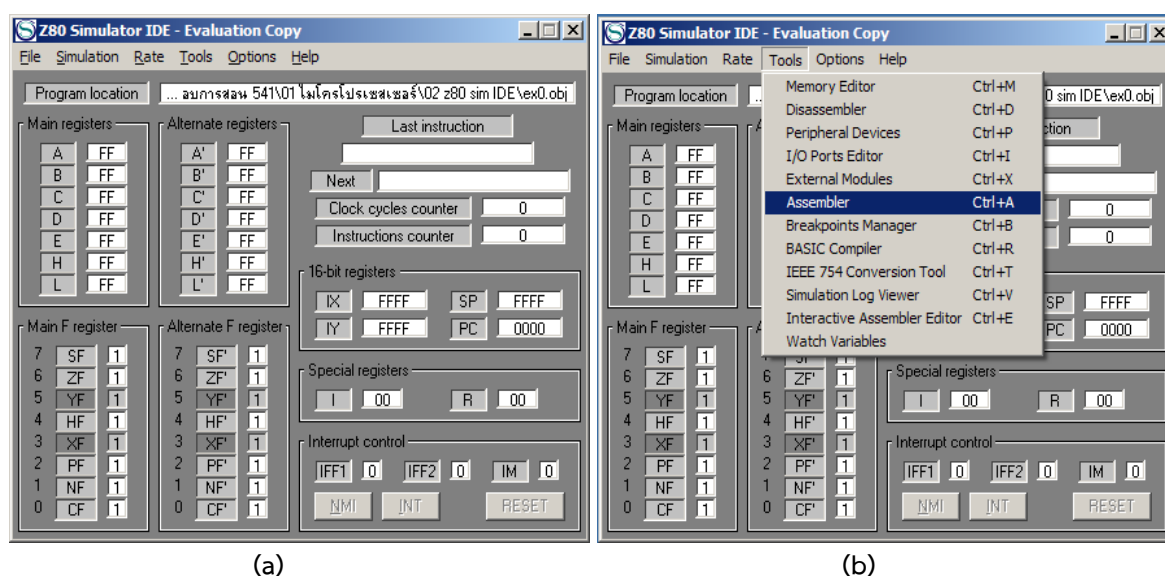
ADDRESS	Program Counter (PC)	MACHINE CODE	INSTRUCTION	; COMMENTS
0001			LD A,00H	;
.....			LD B,0FFH	;
.....			LD C,12H	;
.....			LD D,10H	;
.....			LD E,0ABH	;
.....			LD H,0A4H	;

.....			LD L,1DH	;
.....			HALT	; หยุดการทำงานของ CPU
.....			.END	; สิ้นสุดโปรแกรม

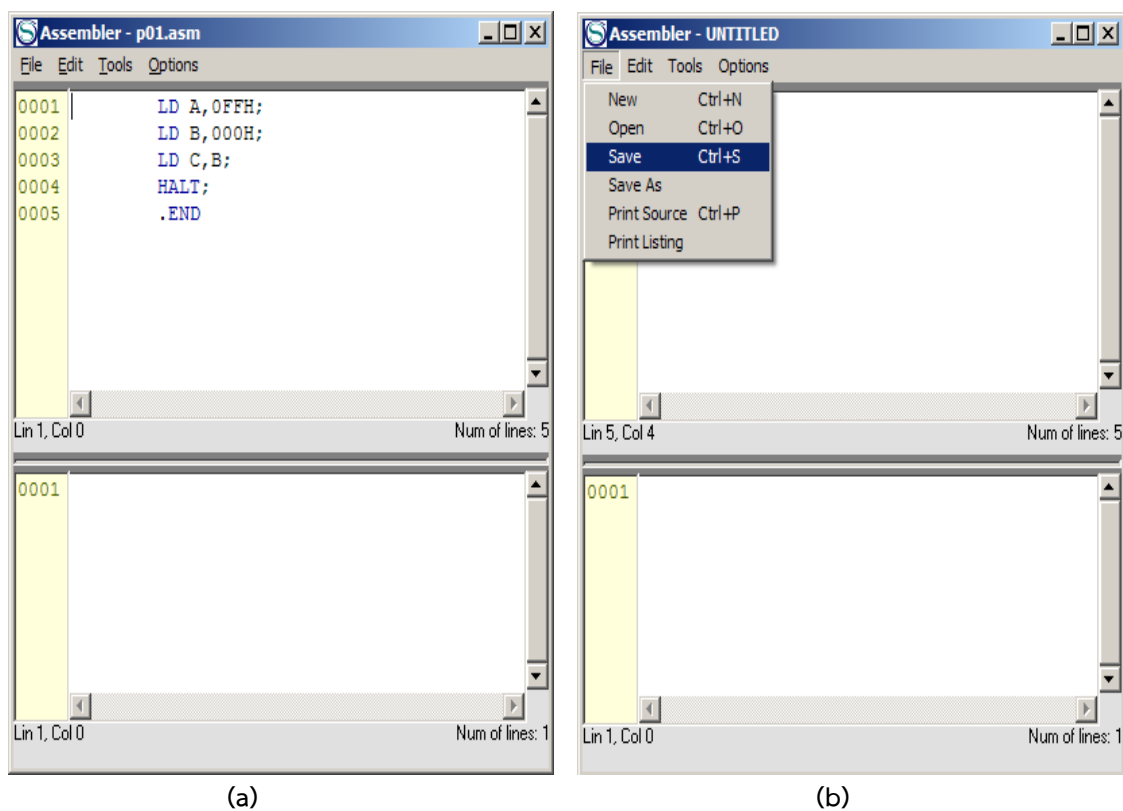
4. Z80 Simulator IDE Getting Started Page

เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม Z80 Simulator IDE เพื่อใช้ในการจำลองการทำงานของโปรแกรม คำสั่งของตัวประมวลผล Microprocessor Z80

4.1 ให้เปิดโปรแกรม Z80 Simulator IDE แล้วจะได้ดังภาพ

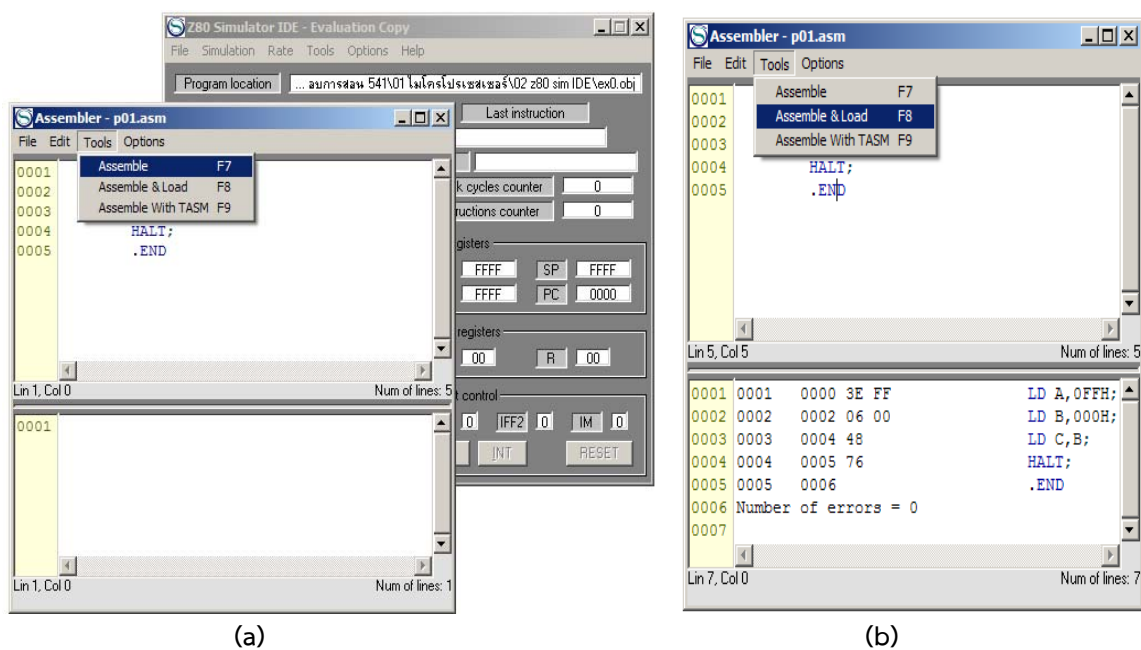


ภาพที่ 3 (a) หน้าแรกโปรแกรม Z80 Simulator IDE และ (b) เลือกAssembler สำหรับเปิดหน้าต่างเขียนโปรแกรม



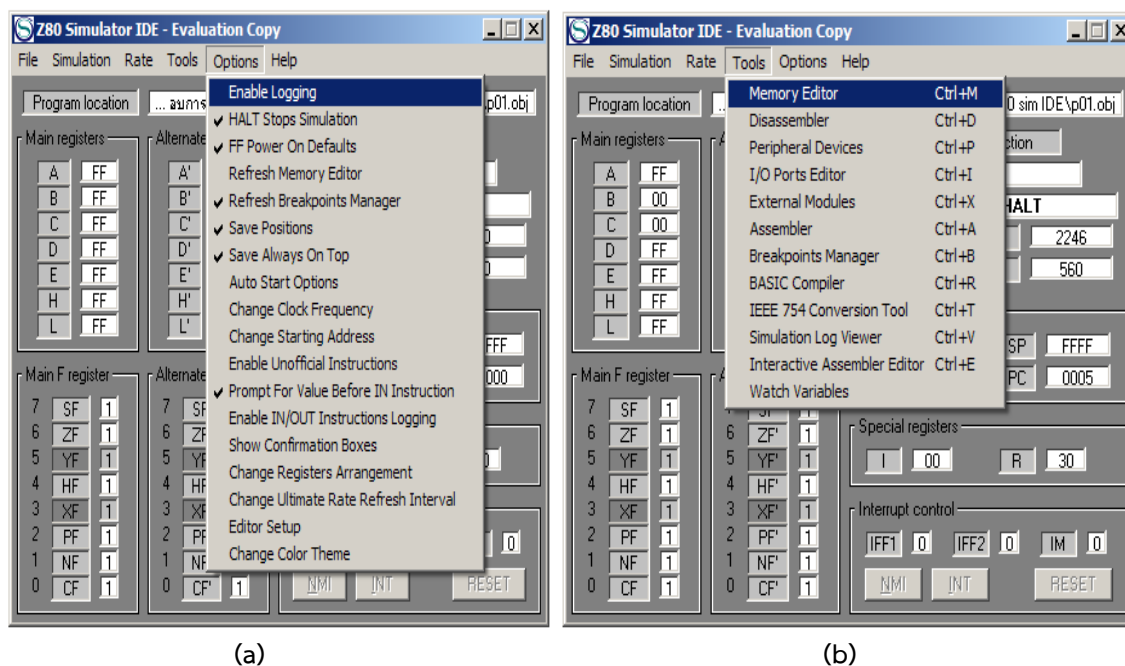
ภาพที่ 4 หน้าต่าง (a) editor สำหรับเขียนโปรแกรมโดยเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 0001 และ (b) Save ให้บันทึกไฟล์

4.2 เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จ ให้เลือกเมนู Tools -> Assemble



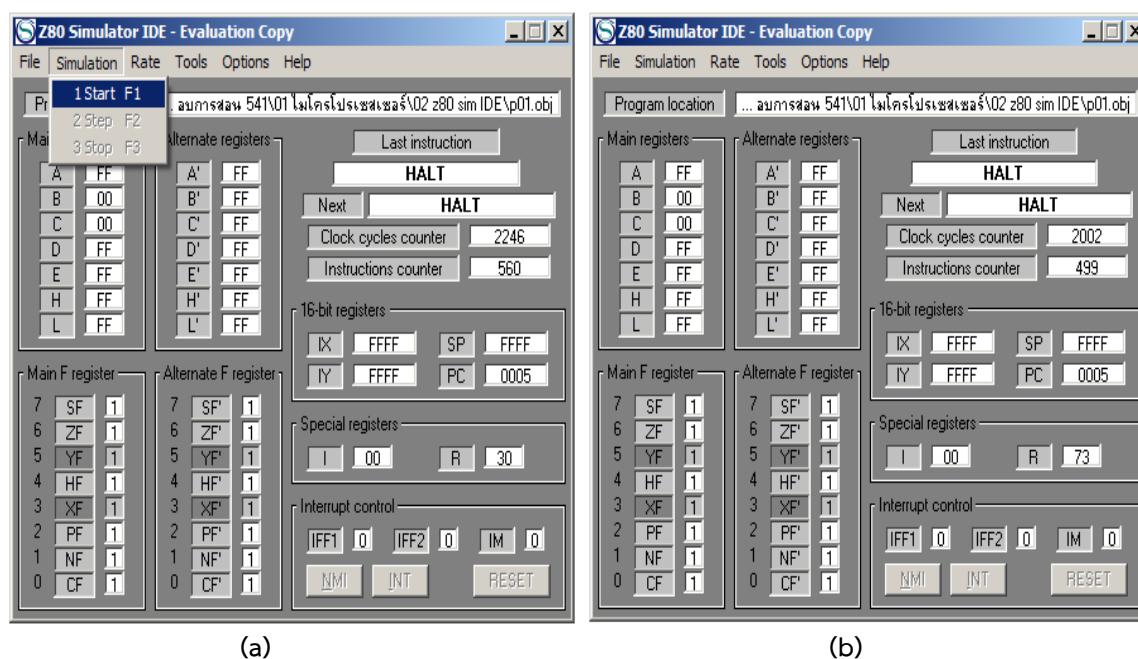
ภาพที่ 5 เลือกเมนู (a) Assembler และ (b) Assembler & Load เพื่อส่งไปยังโปรแกรม Simulator

4.3 ที่โปรแกรม Simulator ให้เลือกเมนู Options -> Enable Logging และเลือก Options -> Refresh memory editor เพื่อเปิดส่วนหน่วยความจำ มีขนาด 13 Bytes

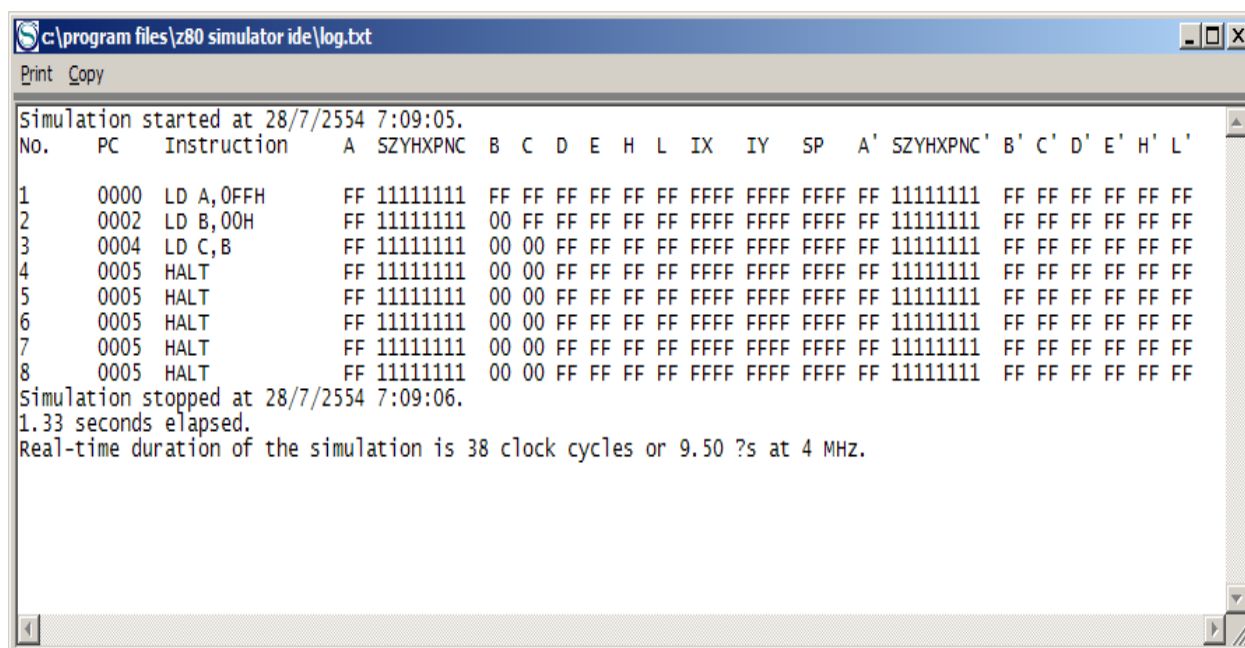


ภาพที่ 6 เลือกเมนูแสดงผล (a) logging และ (b) Memory Editor เพื่อดูข้อมูลในหน่วยความจำ

4.4 เลือกที่เมนู Simulation -> Start เพื่อเริ่มการ simulate ดังภาพ และเลือกเมนู Simulation -> Stop เพื่อหยุดการทำงานและตรวจสอบส่วนของผลการรันโปรแกรม



ภาพที่ 7 (a) เริ่มต้นการ Simulator (b) การ Simulate เสร็จสิ้น



ภาพที่ 8 ผลการรันโปรแกรมที่แสดงบนไฟล์ log.txt

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน พัฒนาการของผู้เรียนที่ผ่านการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน สำหรับใช้ร่วมกับรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้วิจัยใช้โปรแกรมจำลองที่

สามารถโหลดได้จากระบบอินเทอร์เน็ตได้แก่โปรแกรม Z80 Simulator IDE ร่วมกับใบงาน 3 ใบงาน ผลที่ได้รับ ผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองการทำงานมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นจำนวน 11 คน มีคะแนนสูงขึ้น เฉลี่ยคะแนนคิดเป็นร้อยละ 13.03 ผู้เรียนที่มีพัฒนาการน้อยลงจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 7.7 และผู้เรียนที่ไม่มีพัฒนาการจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 7.7 ผลการวัดความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ แบ่งออกเป็น 3 ด้านได้แก่ ด้านที่ 1 ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ด้านที่ 2 ด้านคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.67 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ด้านที่ 3 ใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.92 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง สรุปการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานช่วยให้ผู้เรียนที่มีคะแนนน้อยมีคะแนนเพิ่มขึ้น อันเนื่องจากการได้ทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ทำให้เข้าใจและปฏิบัติตามใบงานได้ดีขึ้น

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ผลมีพัฒนาการสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 84.6 โดยการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานมาแทนการเขียนโปรแกรมจาก ชุดทดลองไมโครโปรเซสเซอร์ (Single board) ที่มีตัวไมโครโปรเซสเซอร์ประกอบอยู่ในตัว จะทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมากขึ้น โดยจะสอดคล้องกับ วรพจน์ สมมูลและศาสตราจารย์ศรีสกุล.2553. ผลการวิจัยเรื่องโปรแกรมจำลองการทำงาน ของ Z80 CPU (Java) ที่ได้จำลองการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 และทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมโดยไม่ยึดติดกับชุด ET-Board ที่มีอยู่อย่างจำกัด ส่วนผู้ที่มีพัฒนาการน้อยลงและไม่มีพัฒนาการนั้นจะมีเพียง 15.14 (นักศึกษา 2 คน) เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจและใช้งานบ่อยๆ จนทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะใช้งานโปรแกรมอย่างคล่องตัว

ผลการวัดความพึงพอใจผู้ใช้โปรแกรมจำลองปรากฏว่า ด้านที่ 1 ด้านการใช้งานโปรแกรมจำลอง ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากผู้เรียนไม่เคยใช้โปรแกรกดังกล่าว และจะต้องเริ่มศึกษาการใช้โปรแกรมจากคู่มือ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น บางครั้งลำดับการนำเสนอในคู่มือจะทำให้ผู้เรียนสับสน ซึ่งขัดแย้งกับ รุติมา เทพญา พิษญา ตันตัยย์และ ฉัตรชัย จันทร์พริ้ม. 2555 . เรื่องการพัฒนาระบบแบบกระจายศูนย์ของโปรแกรม ไซน์แลปบนสถาปัตยกรรมระดับสูง. โดยจะใช้โปรแกรมที่มีผู้จัดทำคู่มือการใช้งานที่ได้ผ่านการใช้งานมาแล้วจึงทำให้ผู้ที่ทดลองสามารถปฏิบัติได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย ด้านที่ 2 ด้านคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.67 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนคู่มือที่สร้างขึ้นผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นตามความเข้าใจของผู้วิจัยและได้ทดลองพร้อมกับการทำคู่มือ จึงทำให้คู่มือที่ได้มีบางส่วนที่ไม่สมบูรณ์ที่สุด ด้านที่ 3 ใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.92 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง โดยใบงานที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้นจะเป็นใบงานที่ใช้สำหรับชุดทดลองไมโครโปรเซสเซอร์ (Single board) ที่ต้องเขียนบนชุดทดลอง ดังนั้นเมื่อนำมาปรับเข้ากับโปรแกรมจำลองจะมีบางส่วนที่ต้องอธิบายเพิ่มเติมให้นักศึกษาที่ทดลองตามใบงานให้เข้าใจ

บรรณานุกรม

วรพจน์ สมมูลและศาสตราจารย์ศรีสกุล. (2555) . โปรแกรมจำลองการทำงานของ Z80 CPU(Java).

<sisley.en.kku.ac.th/project/2009/COE2009.../Report_COE2009_24.doc>. (22 มีนาคม).

จิตติมา เทพญา พิษญา ตัณพัยย์และฉัตรชัย จันทร์พริ้ม. (2555) . การพัฒนาระบบแบบกระจายศูนย์
ของโปรแกรมไชน์แลปบนสถาปัตยกรรมระดับสูง.

<fivedots.coe.psu.ac.th/Software.coe/241-702...II/.../Thitima.doc>. (21 มีนาคม).

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สำหรับทุนสนับสนุนที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน สำหรับข้อมูลประกอบ การเขียนโปรแกรม ขอขอบคุณ อาจารย์อมรรัตน์ จิมพลินภานนท์ ที่ช่วยตรวจสอบเครื่องมือการวิจัยและขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้