สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าระยะไกลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

Electrical Power Measurement System

by Computer Network at Long Distance

T121561

โดย

นาย เมธา อินทร์เหล่าใหญ่ เลขประจำตัวนักศึกษา 50011236

นาย กฤชฐา เตียวรานนท์ เลขประจำตัวนักศึกษา 50011370

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...121561
วัน, เดือน, ปี...18 ก.ค. 2555

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา ..... 2553 .....

ภาควิชา ..... อิเล็กทรอนิกส์ .....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ..... ระบบวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต .....

ผู้จัดทำ

1. ..... นาย เมธา อินทร์เพ่ล่าใหญ่ .....
2. ..... นาย กฤษฎา เต็งวรพนม .....

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(..... ผศ.ดร. ชนาธิป ตันตาธิคานนท์ .....)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

เนื่องจากว่า การใช้ไฟฟ้าในทุกวันนี้ มีอัตราการสิ้นเปลืองที่สูงมากขึ้นเรื่อยๆ โดยที่คนส่วนมาก ไม่ได้ตระหนักหรือเข้าใจว่า มีส่วนทำให้การผลิตไฟฟ้าจัดการได้ไม่เพียงพอที่จะสนองความต้องการของประชาชนทุกๆคน นอกจากจะไม่ได้รับการแจกจ่ายไฟฟ้าอย่างทั่วถึงกัน ตามที่แต่ละคนพึงพอใจแล้ว ยังจะทำให้มีไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่ถูกใช้ไปแล้วไม่เกิดประโยชน์ใดๆอีกด้วย เพราะฉะนั้น หากจะมีวิธีแก้ปัญหาใดที่จะมีส่วนทำให้ การใช้ไฟฟ้าเป็นไปโดยมีประสิทธิภาพที่ดี สามารถทำการควบคุมปริมาณได้ และรับทราบได้ว่า มีไฟฟ้าที่ถูกใช้อย่างสิ้นเปลืองจนเกินไป ก็จะมีวิธีหนึ่งในนั้นที่เป็น การสร้างระบบขึ้นมาทำการจัดการ และในโครงงานนี้ ทางนักศึกษาก็ได้จัดทำขึ้นมา เป็นระบบที่มีชื่อว่า “ระบบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าระยะไกลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์”

ระบบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าระยะไกลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์นี้ จะมีคุณประโยชน์อย่างมาก สำหรับผู้คนโดยทั่วไป ที่จะสามารถเข้าใจได้ว่า ในการใช้ไฟฟ้าของเรานั้น อยู่ในขอบเขตการใช้ที่พอดีกับเราต้องการหรือไม่ โดยถ้าเราสนใจจะทำระบบนี้ขึ้นมาในบ้านของเราแล้ว เราก็ไม่จำเป็นที่จะต้องอยู่บ้านเพื่อดูแลระบบตลอดเวลาอีกด้วย เพราะว่ามีการจัดการที่จะส่งข้อมูลต่างๆ ให้กับเรา เมื่ออยู่นอกสถานที่ โดยผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (อินเตอร์เน็ต) ให้ทั้งความสะดวกสบาย และไม่ต้องกังวลใจอีกด้วย

นอกเหนือจากระบบนี้ จะทำให้เราทราบถึงระดับการใช้งานของไฟฟ้าในแต่ละสถานที่แล้ว เรายังสามารถที่จะนำค่าข้อมูลต่างๆที่ได้รับมานี้ มาประกอบการพิจารณา เพื่อค้นหาได้ว่า สถานที่ที่เรากำลังสนใจ มีการใช้ไฟฟ้าที่เกินขีดจำกัดหรือไม่ แล้วถ้าเกินขีดจำกัดไปแล้ว ก็อาจจะเกิดปัญหาทางใดทางหนึ่งขึ้นมากับระบบไฟฟ้าในสถานที่ของเรา ระบบนี้จะทำให้เราสามารถจัดการพิจารณา ซ่อมแซม แก้ไข ปัญหานั้น ได้ให้เรียบร้อย โดยล่วงหน้า หรือทันท่วงที ไม่ต้องรอให้ปัญหาลุกลามใหญ่โต จนหาสาเหตุที่แท้จริงได้ เพราะนั่นอาจจะนำพาให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ในท้ายที่สุด

โครงงานนี้ จึงเป็นเรื่องเหมาะสมที่จะมีการนำไปพัฒนา ต่อยอด ให้เกิดเป็นระบบที่ใช้งานได้จริงตามสถานที่ต่างๆ ขึ้นมา เพราะไม่เพียงทำให้เราใช้ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม กับปริมาณที่สถานที่นั้นๆต้องการ ยังจะเกิดประโยชน์ต่อการควบคุม ดูแล ให้ไฟฟ้าไม่ทำการสร้างปัญหาให้กับเราในทางใดทางหนึ่งได้อีกด้วย

หากโครงงานนี้ มีความผิดพลาดประการใดในส่วนของข้อมูล หรือว่าตัวของชิ้นงาน หรือรายงานเล่มนี้ ทางนักศึกษาผู้จัดทำต้องขออภัย มา ณ ที่นี้ด้วย

นาย เมธา อินทร์เหล่าใหญ่

นาย กฤชฐา เตียวรานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	*หน้า*
บทที่ 1	
บทนำ	**8**
1.1 ความสำคัญและที่มา	8
1.2 วัตถุประสงค์	8
1.3 ขอบข่ายของงาน	9
1.4 แนวทางการดำเนินงาน	9
บทที่ 2	
ทฤษฎีพื้นฐาน	**10**
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	10
2.2 วงจรที่เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ	12
2.3 วงจร Rectifier	15
2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์	29
2.5 การจัดการข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์	30
บทที่ 3	
การออกแบบ	33
บทที่ 4	
การทดลอง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองวัดแรงดันและวัดกระแส 36

4.2 การทดลองป้อนข้อมูลเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ 36

บทที่ 5

สรุปโครงงาน **39**

ภาคผนวก ก : MikroC 40

ภาคผนวก ข : PIC18F4620 Datasheet 69

บรรณานุกรม 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1 PIC18F4620 10

รูปที่ 2 หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า 12

รูปที่ 3 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า 12

รูปที่ 4 วงจรเรียงกระแสแบบต่างๆ 16

รูปที่ 5 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น 17

รูปที่ 6 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นบวก 18

รูปที่ 7 คลื่นแรงดันไฟตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดัน 18

รูปที่ 8 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นลบ 19

รูปที่ 9 รูปคลื่นครึ่งลบเมื่อใช้ตัวเก็บประจุเป็นวงจรกรอง 20

รูปที่ 10 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง 20

รูปที่ 11 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น แบบใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง 21

รูปที่ 12 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นใช้ตัวเก็บประจุกรอง 22

รูปที่ 13 สัญญาณของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นก่อนและหลังใส่ตัวเก็บประจุ 22

รูปที่ 14 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นลบ 23

รูปที่ 15 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ 23

รูปที่ 16 ไดโอด D1 และ D2 ได้รับไบอัสตรง และรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (Vout) 24

รูปที่ 17 ไดโอด D3 และ D4 ได้รับไบอัสตรง และรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (Vout) 24

รูปที่ 18 รูปคลื่น Vout เปรียบเทียบกับ Vin ของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 25

รูปที่ 19 แสดงค่าแรงดันไฟตรงกับค่าแรงดันไฟสูงสุดของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 20 แสดงค่าแรงดันสูงสุดด้านกลับที่เกิดกับวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ 26

รูปที่ 21 สัญลักษณ์ของไดโอดบริดจ์แบบต่างๆ 27

รูปที่ 22 วงจรเรียงกระแส และวงจรกรองที่ใช้ในโครงงาน 27

รูปที่ 23 ลักษณะการต่อวงจรเรียงกระแสและวงจรกรอง 28

รูปที่ 24 ลักษณะการต่อวงจรป้องกันการลัดวงจร 29

รูปที่ 25 โปรแกรม MikroC 29

รูปที่ 26 Ethernet 30

รูปที่ 27 วงจรภาคอินพุทเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ 34

รูปที่ 28 โปรแกรมวัดแรงดันที่ป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 37

รูปที่ 29 แรงดันไฟที่วัดผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ 38

รูปที่ 30 แรงดันไฟที่วัดโดยเปรียบเทียบระหว่างมัลติมิเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติและขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4620 11

ตารางที่ 2 แรงดันไฟที่วัดโดยเปรียบเทียบระหว่าง มัลติมิเตอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบัน ทุกคนจำเป็นต้องใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตในแต่ละวัน จึงได้มีการผลิตเครื่องมือสำหรับวัดกำลังมาใช้ เพื่อเป็นการทดสอบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้อยู่นี้ ใช้กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเท่าไร และจะสามารถเปรียบเทียบเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ว่า เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดที่ใช้ในชีวิตประจำวันนั้น ชนิดใดหรือประเภทใดประหยัดไฟหรือไม่ประหยัดไฟไฟฟ้า การสร้างเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าเพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบกำลังไฟฟ้านั้นเองเครื่องวัดกำลังไฟฟ้ามีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งแบ่งเป็นประเภท ลักษณะการทำงานของสัญญาณไฟฟ้าจะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. *แบบอนาล็อก (Analog)*

2. *แบบดิจิตอล (Digital)*

โดยทั่วไปเครื่องวัดปริมาณไฟฟ้าแบบอนาล็อกที่พบเห็นกันเป็นส่วนใหญ่คือเครื่องมือวัดแบบเข็มชี้ ส่วนเครื่องมือวัดที่เป็นดิจิตอลจะแสดงผลออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งเป็นการง่ายในการอ่านค่าปริมาณทางไฟฟ้าซึ่งจะเห็นว่าเครื่องมือวัดชนิดนี้สร้างได้หลายแบบ มีวิธีการสร้างอีกแบบหนึ่งที่น่าสนใจและจะนำมาเสนอคือ การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นอุปกรณ์หลักในการสร้าง Wattmeter ซึ่งมีข้อดีก็คือ ประหยัดค่าใช้จ่ายน้องลง เพราะอุปกรณ์ส่วนมากที่จะใช้อยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นจากการสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์โดยหลักการนี้จึงทำให้เราได้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีราคาที่ถูกลงมาก

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการทำงานของ PIC18F4620

1.2.2 สร้างเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.3 ศึกษาการทำงานของ Current Transformer (CT)

1.2.4 ศึกษาการทำงานและออกแบบวงจร Rectifier

1.2.5 ศึกษาการใช้โปรแกรม MikroC ในการควบคุมการทำงานของ PIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบข่ายของงาน

1.3.1 เขียนโปรแกรมประมวลผลค่ากำลังไฟฟ้า

1.3.2 ศึกษาและออกแบบวงจรตรวจจับกระแสและแรงดัน

1.3.4 สร้างและทดสอบ เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าโดยผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

1.4 แนวทางการดำเนินงาน

ในการศึกษาโครงการนี้จะแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้ คือในส่วนแรกจะเป็นเรื่องของไมโครคอนโทรเลอร์ ซึ่งในส่วนนี้จะมีทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์โดยในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นจะเป็นการสร้างบอร์ดการทำงานเพื่อให้ตัวไมโครคอนโทรเลอร์สามารถทำงานได้คือสามารถคอมไพล์โปรแกรมได้ และในส่วนของซอฟแวร์จะเป็นการศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมให้ไมโครคอนโทรเลอร์ทำงานโดยจะเป็นในส่วนของการควบคุม ADC ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ก็คือ “MikroC” ในส่วนถัดมาคือจะเป็นการศึกษาตัวตรวจจับแรงดันและตัวตรวจจับกระแส เพื่อให้ได้ค่ากระแส และแรงดันที่ต้องการ และในอีกส่วนหนึ่งคือจะเป็นการศึกษาและสร้างการส่งข้อมูลที่ได้ไปยังเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

ในการสร้างวัตต์มิเตอร์ผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งการดำเนินการและออกแบบที่สำคัญได้ดังนี้

1. การตรวจจับสัญญาณแรงดันและสัญญาณกระแส

2. การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital converter)

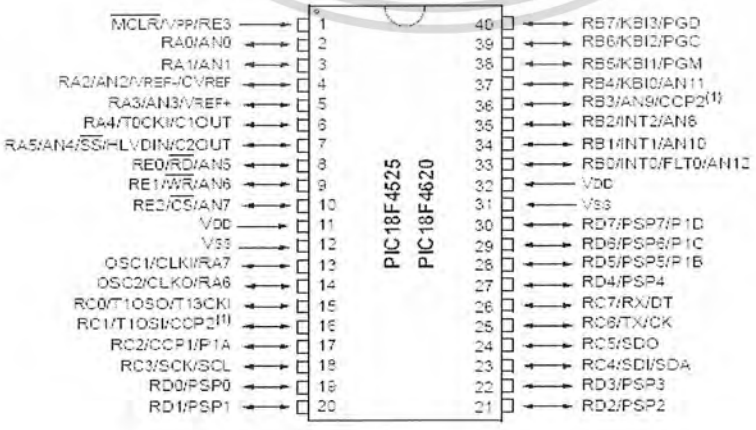
3. ชุดควบคุมแสดงผลโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์

4. ชุดแสดงผลโดยใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในโครงงานนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด PIC ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์(MCU) ที่ได้รวบรวมอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานของ CPU ไว้มากมาย อาทิ เช่น Analog to Digital , SPI , UART ,Timer ,Counter ซึ่งอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานเหล่านี้ทำให้MCU สามารถทำงานได้กว้างและใช้อุปกรณ์ต่อร่วมจากภายนอกน้อยมาก และสามารถประมวลคำสั่งได้ภายใน 1 clock ในบทนี้จะนำเสนอข้อมูลบางส่วนที่เป็นการทำงานภายในของPIC แนะนำคุณสมบัติและขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ สถาปัตยกรรมภายในและรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป ตำแหน่ง I/O รีจีสเตอร์สถานะและการใช้งาน EEPROM การรีเซ็ตและการอินเตอร์รัพท์ การสื่อสารอนุกรม การเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อกและการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล การทำงานของพอร์ต อินพุต / เอาท์พุต การทำงานของ Timer /Counter และการใช้กลุ่มคำสั่งต่างๆ

โดยเลือกใช้ PIC เป็นเบอร์ 18F4620 ซึ่งมีโครงสร้างตามที่เห็นจากรูป



รูปที่ 1 PIC18F4620

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 คุณสมบัติและขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์

Features	PIC18F4620
Operating Frequency	DC – 40 MHz
Program Memory (Bytes)	65536
Program Memory (Instructions)	32768
Data Memory (Bytes)	3968
Data EEPROM Memory (Bytes)	1024
Interrupt Sources	20
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E
Timers	4
Capture/Compare/PWM Modules	1
Enhanced Capture/Compare/ PWM Modules	1
Serial Communications	MSSP, Enhanced USART
Parallel Communications (PSP)	Yes
10-Bit Analog-to-Digital Module	13 Input Channels
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), $\overline{\text{MCLR}}$ (optional), WDT
Programmable Low-Voltage Detect	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes
Instruction Set	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set Enabled
Packages	40-Pin PDIP 44-Pin QFN 44-Pin TQFP

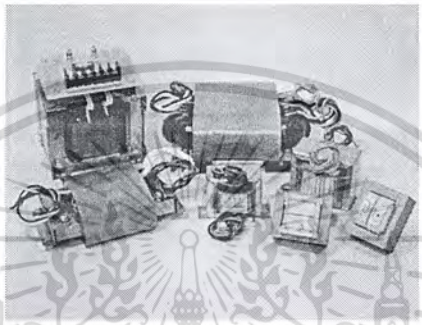
ตารางที่ 1 คุณสมบัติและขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4620

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรที่เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาในส่วนของบอร์ด PIC ที่เป็นหัวใจสำคัญของระบบไปแล้วตั้งแต่ในภาคเรียนที่ 1 เมื่อเข้ามาสู่ภาคเรียนที่ 2 ก็จะมาพูดถึงส่วนประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานในระบบนี้ ซึ่งส่วนหนึ่งที่สำคัญที่สุด ก็คือ ส่วนของภาควงจรที่นำมาเชื่อมต่อกันระหว่างบอร์ด PIC กับแหล่งจ่ายไฟ ที่เราต้องการทราบค่าพลังงาน ซึ่งเมื่อนำมาแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆอีก ก็จะประกอบเป็น 2 ส่วนด้วยกัน กล่าวคือ

1) Voltage Transformer (หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า)



รูปที่ 2 หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งโดยวิธีทางวงจรแม่เหล็กซึ่งไม่มีจุดต่อไฟฟ้าถึงกันและไม่มีชิ้นส่วนทางกลเคลื่อนที่ โดยทั่วไปเราใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้มีขนาดลดลงหรือเพิ่มขึ้นจากเดิมโดยมีความถี่ไฟฟ้าคงเดิม

เมื่อทำการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟที่มีระดับแรงดันสูง เท่ากับ 220 V. ที่ถือว่าเป็นแรงดันไฟบ้านทั่วไป ย่อมมีปัญหากับบอร์ด PIC ที่ไม่สามารถรองรับแรงดันระดับสูงขนาดนี้ได้อย่างแน่นอน ดังนั้นแล้ว วิธีการแก้ปัญหาที่ง่ายที่สุดสำหรับกรณีนี้ ก็คือ ให้ทำการแปลงแรงดันไฟ ให้ลดลงมาในระดับที่ บอร์ด PIC มีความต้องการพอเหมาะพอควร อย่างในโครงงานนี้ ก็จะเลือกใช้ หม้อแปลงไฟฟ้า ที่มี input เป็นไฟบ้าน แล้วให้ output ออกมาเป็น 3V

2) Current Transformer (หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า)

รูปที่ 3 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ Current Transformer นี้ อาจจะแปลงเพิ่มหรือลดกระแสไฟฟ้าให้เราได้ หากเราไม่ได้นำมาใช้ในโครงงานนี้ เพราะส่วนที่เราจะนำมาใช้ คือ ต้องการทราบค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในสายไฟซึ่งวางอยู่ในแนวที่ผ่านเข้าไปในช่องว่างตรงกลางของตัวหม้อแปลงนี้ แล้วนำค่าที่ได้มานั้น ไปทำกระบวนการต่อไปในบอร์ด PIC เพื่อจะได้ให้ผลสุดท้ายที่เป็นค่ากำลังงานออกมาในที่สุด

Current Transformer (CT) ไม่เหมือน power transformer ทั้งหมดแต่ใช้หลักการ electromagnetic induction เหมือนกัน ลักษณะการใช้งานต่างกัน ใน power transformer กระแสไหลผ่านขดลวด primary จะมีความสัมพันธ์กับกระแสด้าน secondary ซึ่งเป็นไปตาม load แต่ CT มีขดลวด primary ต่ออนุกรม (series) กับ line เพื่อวัดกระแสที่ไหลผ่าน หรือกล่าวได้ว่า กระแสในขดลวด primary จะไม่ขึ้นกับ load ที่ต่ออยู่

อาจแบ่งประเภทของ CT ได้เป็นสองชนิดตามการใช้งาน

- CT ที่ใช้วัดกระแส โดยนำอุปกรณ์ instrument เช่น metering system ต่างๆ คือ energy meter, current indicating meter มาต่อเข้าที่ด้าน secondary เรียกว่า metering current transformer

- CT ที่ใช้กับระบบป้องกัน (protective equipment) เช่น trip coil, relay ซึ่งเรียกว่า protective current transformer

<u>หน้าที่ของ CT</u>

คือ แปลงกระแสสูงค่าหนึ่ง เป็นกระแสอีกค่าหนึ่งที่ต่ำลง ตามมาตรฐานกำหนด rated current ของขดลวด secondary ไว้ที่ 5A และ 1A เพื่อเป็นมาตรฐานในการผลิตอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่นำมาต่อเข้าที่ secondary terminal กรณีใช้งานกับไฟแรงสูง จำเป็นต้องมีฉนวนที่สามารถทนต่อแรงดันใช้งานและแรงดันผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นในระบบ แต่หากไม่คำนึงถึงฉนวน(insulation) สิ่งสำคัญของ CT ที่ต้องมี คือ

- primary winding

- magnetic core

- secondary winding

- burden

primary winding เป็นขดลวดที่ต่ออนุกรม (series) กับ line หรือ primary circuit แบ่งเป็นชนิด มีรอบเดียว single-turn primary winding ได้แก่ ring-type หรือ through-type ใช้ lineconductor/cable, หรือ busbar คล้องหรือสวมให้ผ่านช่อง (window) ของ core ที่มีขดลวดsecondary พันอยู่จึงถือเป็นรอบเดียว และ ชนิดที่มีหลายรอบ multi-turn primary winding หรือwound primary current transformer ขดลวดของ primary มีหนึ่งรอบจะดีกว่าหลายรอบ กล่าวคือผลต่อ แรงทางกลที่กระทำกับ conductor ของ primary ในขณะมีกระแสลัดวงจรไหลผ่าน และความร้อน ที่เกิดขึ้นจากกระแสสูง (dynamic and thermal stresses)magnetic core เป็นแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กที่ให้ induced flux ไหล คุณสมบัติของ CT ที่สำคัญคงเป็นเรื่องความละเอียดถูกต้องแม่นยำ และ ความเที่ยงตรง (accuracy) ของ CT คุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับชนิดของ material ที่ใช้ทำ core และโครงสร้างของ core จึงมักใช้ magnetic alloyssecondary winding เป็นขดลวดชุดที่สองที่พันบนแกนเพื่อลดกระแสให้ต่ำลง สามารถนำอุปกรณ์ต่างๆ มาต่อเพื่อวัดค่าได้ คุณสมบัติของ CT ขึ้นอยู่กับ flux density ใน core เป็นสำคัญflux ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับ impedance ทั้งหมดใน secondary circuit ส่วนหนึ่งคือ impedanceของขดลวด secondary บางกรณีจะมีค่ามากกว่า impedance ของอุปกรณ์ หรือ burden ที่ต่อเข้าburden เป็น impedance ของอุปกรณ์ที่ต่อทาง secondary เช่น relay, เครื่องมือวัดหรืออุปกรณ์อื่นๆ รวมทั้งสายที่ต่อระหว่างอุปกรณ์กับ secondary terminal รวมทั้งหมด คือ burden ของ CT อาจมีหน่วยเป็น VA หรือ ohm ก็ได้ เช่น CT ที่มี rated burden เท่ากับ P VA rated secondary current I s A

$$Z\,b : \text{burden} = P/(I\,s)2 \text{ ohm}$$

ถ้า burden มี power factor เท่ากับ $\cos\varphi$

ค่า resistance จะเท่ากับ $R\,b = Z\,b.\cos\varphi$

ค่า reactance จะเท่ากับ $X\,b = Z\,b.\sin\varphi$

บางคนอาจมีความเข้าใจผิดคิดว่าซื้อ CT ที่มี burden สูงๆ ไว้ก่อน เมื่อเวลาใช้งานจะต่อ burden ที่มีค่าต่ำกว่า rated burden มาก แล้วจะทำให้ได้ accuracy ดีขึ้น error น้อยลง ความเข้าใจนี้ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะกล่าวต่อไป

<u>ค่ากำหนดต่างๆ ของ CT</u>

- rated primary current
- rated secondary current
- rated burden
- supply frequency
- accuracy class
- system voltage ด้าน primary circuit
- rated short circuit current ที่ไหลผ่าน primary winding และระยะเวลาที่ไหลผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของ CT

ถ้ากระแส I p ไหลผ่านทาง primary winding จะเกิด

- induced flux : f ใน core

- flux ใน core จะเหนียวนำให้เกิดแรงดันที่ secondary winding : E s

- E s เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแส I s ไหลใน secondary circuit

- กระแสที่ไหลเป็นไปตาม ampere-turn balance

โลหะที่ใช้ทำแกน

โลหะที่ใช้ทำแกนเหล็ก (core) ต้องเป็น ferromagnetic material เนื่องจาก error เกิดขึ้นจาก magnetizing current ที่ใช้ในการสร้าง flux จึงจำเป็นต้องศึกษาเรื่อง magnetizing curve ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง flux density และ magnetizing ampere-turn หรือ B-H curve

2.3 วงจร Rectifier

ก่อนจะนำค่าที่วัดได้จาก Voltage Transformer และ Current Transformer ทำการ input เข้าสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินเป็นตัวเลขนั้น มีอีกขั้นตอนหนึ่งที่จำเป็นจะต้องทำ ก็คือ การต่อวงจร Rectifier หรือวงจรเรียงกระแสให้กับหม้อแปลงทั้งสอง ซึ่งส่วนหลักของวงจรนี้ จะประกอบด้วย ไดโอด

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติยอมให้กระแสไหลผ่านได้เพียงทิศทางเดียวจากขั้วแอโนด (Anode: A) ซึ่งมีศักย์เป็นบวกไปยังขั้วแคโทด(Cathode : K) ซึ่งมีศักดิ์เป็นลบ เมื่อได้รับไบอัสแบบฟอร์เวิร์ด (Forward Bias) แต่ถ้าไดโอดได้รับไบอัสแบบตรงกันข้าม หรือรีเวิร์ส (Reverse Bias) ไดโอดจะไม่ยอมให้กระแสไหลผ่าน ดังนั้นไดโอดจึงถูกนำไปใช้ในวงจรเรียงกระแสหรือวงจรเร็กติไฟร์ (Rectifire Circuit) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage) ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ การเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบครึ่งคลื่นหรือแบบฮาร์ฟเวฟ (Halfwave) และแบบเต็มคลื่นหรือฟูลเวฟ (Full wave)

ความหมายของวงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) หมายถึง วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC. Voltage) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC. Voltage) ที่ขั้วขาออกของวงจร

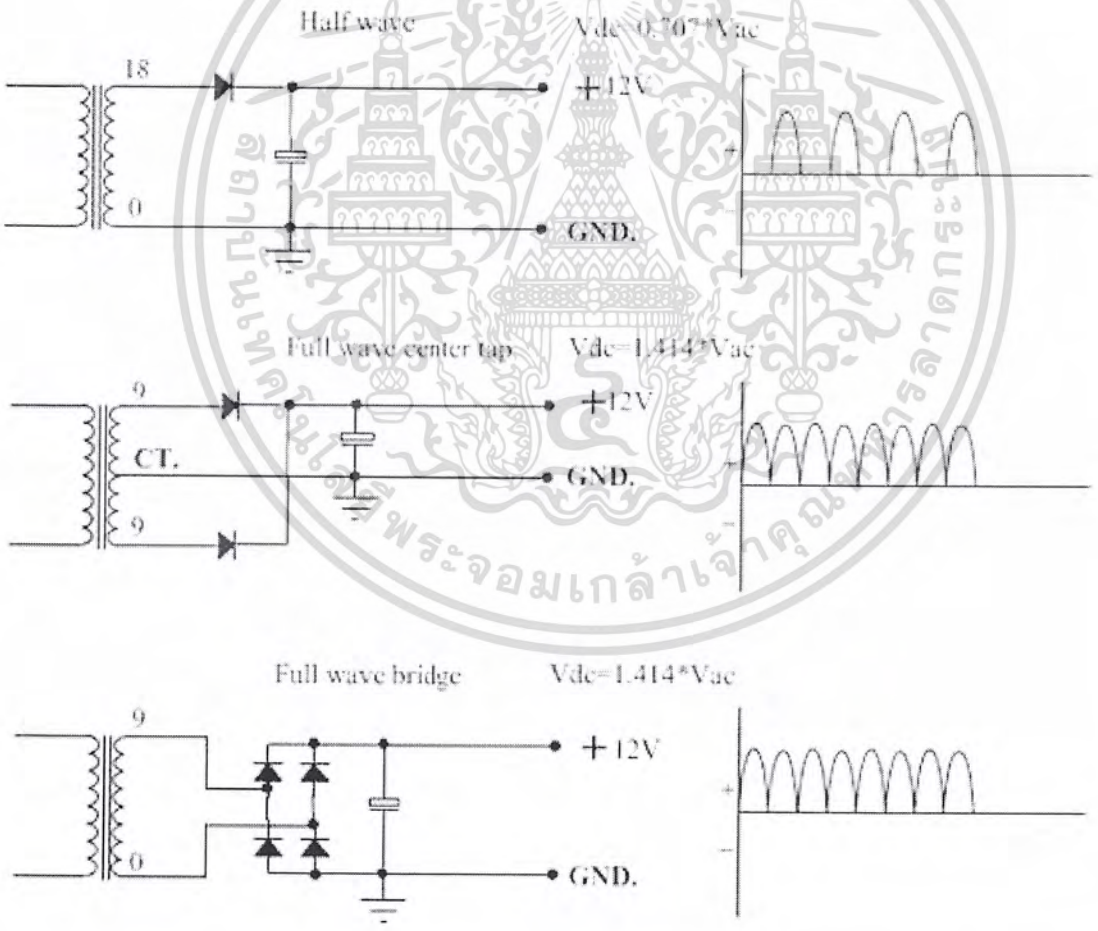
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของวงจรเรียงกระแส

1. วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half-wave Recitifier Circuit)
2. วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full wave Recitifier Circuit)

ค่าที่สำคัญในวงจรเรียงกระแส

ค่าเฉลี่ยรูปคลื่นไซน์ (Average value : VAV) เป็นค่าที่ได้จากการนำรูปคลื่นไซน์มาเฉลี่ยเพื่อหาค่าโดยเฉลี่ยของรูปคลื่นจะได้ค่าเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Voltage : Vm) หรือค่าแรงดันยอดต่อยอด (Peak to peak Voltage : Vp-p ซึ่งเมื่อเฉลี่ยแล้วจะมค่าเท่ากับศูนย์โวลท์)



รูปที่ 4 วงจรเรียงกระแสแบบต่างๆ

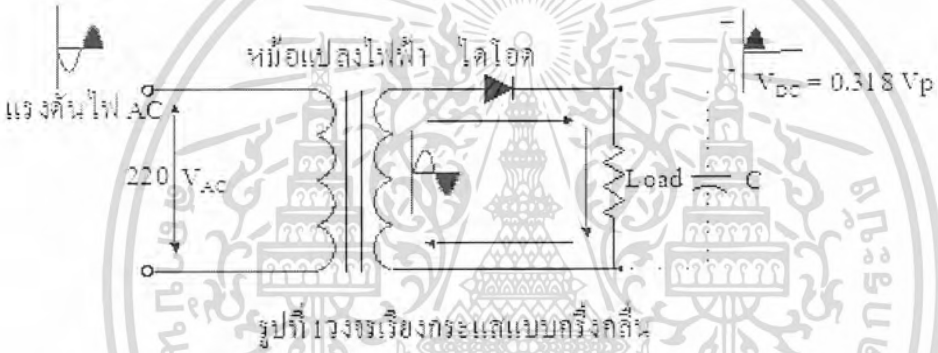
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

ลักษณะของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น จะเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ตัดเอาแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามาอาจเป็นครึ่งบวกหรือครึ่งลบแล้วแต่การจัดวงจรไดโอด แรงดันที่ส่งออกเอาท์พุทจะเป็นช่วงๆ คือช่วงมีแรงดันและช่วงไม่มีแรงดันสลับกันไป วงจรประกอบด้วยไดโอดตัวเดียวดังรูปที่ 1 การทำงานของวงจร ไฟกระแสสลับจะมาปรากฏที่ขาแอโนด โดยไดโอดจะยอมให้กระแสไหลผ่านได้ทางเดียว คือช่วงที่ได้รับไบอัสตรง ดังนั้นวงจรจะมีกระแสไหลเพียงช่วงบวกของไฟสลับเท่านั้น ถ้าช่วงลบจะไม่มีกระแสไหล แรงไฟตรงที่เอาท์พุทนี้ยังนำไปใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้ เพราะเป็นไฟตรงที่ไม่เรียบพอ (Pulse D.C) จึงต้องมีการกรอง (Filter) ให้เรียบโดยใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรอง



รูปที่ 1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

รูปที่ 5 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

การเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier) มีลักษณะวงจรดังรูปที่ 6 การทำงานเมื่อจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V เข้าทางขดปฐมภูมิ (Primary) ของหม้อแปลงไฟฟ้าจะเกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้ามายังขดทุติยภูมิ (Secondary) การเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลง เฟสของสัญญาณเข้ากับเฟสของสัญญาณออกจะต่างเฟสกันอยู่ 180 องศา เมื่อขั้วบนของขดปฐมภูมิได้รับเฟสลบ ขั้วล่างเทียบได้เฟสบวก จะทำให้ขดทุติยภูมิขั้วบนเป็นเฟสบวก ขาแอโนด (A) ของไดโอดได้รับแรงดันซีกบวก ขาแคโทด (K) ได้รับแรงดันซีกลบเป็นผลให้ไดโอดได้รับไบอัสตรง ไดโอดนำกระแส มีกระแสไหลเข้าขาแอโนด ออกขาแคโทดผ่านโหลด (Load) ครบวงจรที่ขั้วล่างของทุติยภูมิ มีแรงดันซีกบวกตกคร่อมที่โหลด

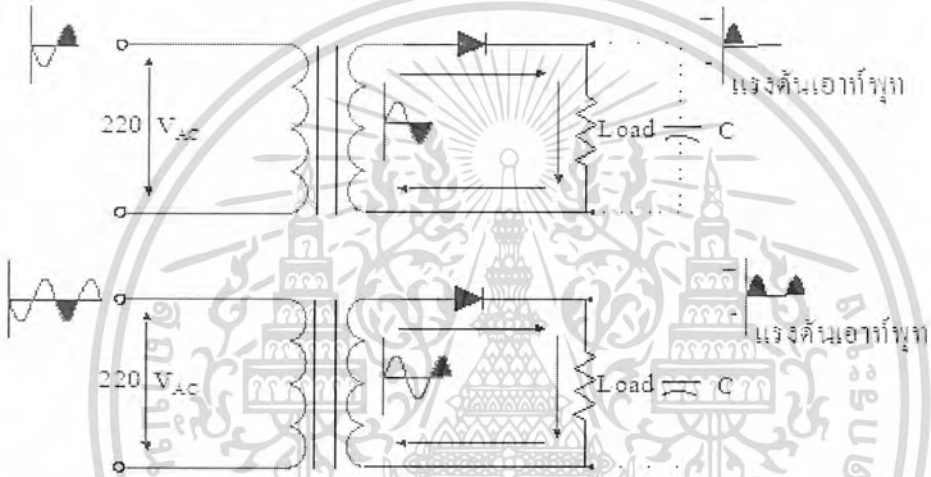
ในช่วงเวลาต่อมาครึ่งไซเกิลหลังของไฟสลับ ขั้วบนของทุติยภูมิเป็นเฟสลบ ขั้วล่างเทียบศักย์ได้เป็นเฟสบวก ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ขาแอโนดของไดโอดได้รับแรงดันซีกลบและขาแคโทดได้รับแรงดันซีกบวก ไดโอดได้รับไบอัสกลับจะไม่นำกระแสเป็นผลให้ไม่มีแรงดันปรากฏที่โหลด ในรอบต่อมาการทำงานก็จะเป็นไปตามลักษณะเดิมซ้ำๆ กันไปเรื่อยๆ โดยมีแรงดันปรากฏที่เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
121561

เป็นช่วงๆ (ช่วงเว้นช่วง) นอกจากนี้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นยังสามารถแบ่งออกเป็นวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นบวกและวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นลบ

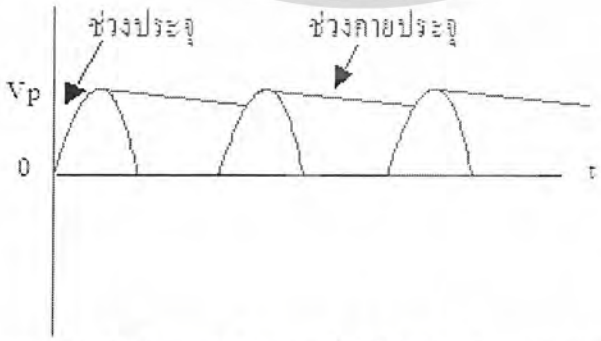
วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นบวก

เป็นการจัดวงจรไดโอดให้นำกระแสเฉพาะช่วงบวกของไฟสลับ ทำให้แรงดันที่ได้จากการเรียงกระแสออกมาที่เอาท์พุทเพียงช่วงบวกของไฟสลับเท่านั้น แรงดันไฟตรงเฉลี่ยสามารถคำนวณหาได้จากสูตร VDC = 0.318 VP หรือ VDC = 0.45 VAC แต่แรงดันไฟตรงที่ได้จะยังไม่เรียบมีลักษณะเป็นพัลส์ที่เรียกว่าพัลส์ดี.ซี. (Pulse D.C) ในการใช้งานจะต้องทำการกรองให้เรียบโดยใช้ตัวเก็บประจุทำการกรอง ก็จะทำให้แรงดันที่ได้เรียบขึ้น



รูปที่ 6 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นบวก

แต่แรงดันไฟตรงที่ได้จะยังไม่เรียบมีลักษณะเป็นพัลส์ที่เรียกว่าพัลส์ดี.ซี. (Pulse D.C) ในการใช้งานจะต้องทำการกรองให้เรียบโดยใช้ตัวเก็บประจุทำการกรอง ก็จะทำให้แรงดันที่ได้เรียบขึ้นดังรูปนี้



รูปที่ 3 แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดัน

รูปที่ 7 คลื่นแรงดันไฟตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดัน

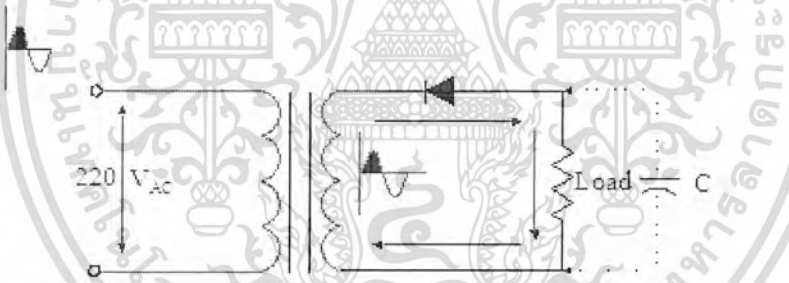
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปข้างบน พัลส์ดี.ซี ที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะเป็นซีกบวก ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์จะทำการประจุแรงดันในช่วงที่พัลส์ดี.ซี มีค่าเพิ่มขึ้นและจะคายประจุในช่วงที่พัลส์ดี.ซี มีค่าลดลงจะเป็นไปในลักษณะเช่นนี้เรื่อยๆ แรงดันดี.ซี ที่ได้จะเรียบขึ้น ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ยิ่งมีค่ามากแรงดันไฟตรงที่ได้ก็ยิ่งมีความเรียบขึ้น (ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ค่ามากเกินไปมีผลเสียกับไดโอด) แรงดันไฟตรงที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากตัวเก็บประจุ จะประจุแรงดันสูงสุดของแรงดันพีคจึงทำให้แรงดันเพิ่มสูงขึ้น

วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นลบ

เป็นการจัดวงจรไดโอดให้นำกระแสเฉพาะซีกลบของไฟสลับก็จะได้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นลบ จากรูปที่ 4 เมื่อขั้วบนของขดทุติยภูมิได้รับเฟสลบ ขั้วล่างเทียบศักย์ได้เฟสบวก จะทำให้ไดโอดได้รับไบอัสตรง ไดโอดสามารถนำกระแสได้ กระแสจะไหลจากขั้วล่างของหม้อแปลงผ่านโหลดเข้าทางขาแอโนด ออกทางแคโทดครบวงจรที่ขั้วบนของหม้อแปลง ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ขั้วบนของโหลดมีศักย์เป็นลบขั้วล่างมีศักย์เป็นบวก

เมื่อขั้วบนของหม้อแปลงได้รับเฟสบวกขั้วล่างเทียบศักย์ได้เฟสลบ จะทำให้ไดโอดไม่สามารถนำกระแสได้ เพราะไดโอดได้รับไบอัสกลับ จังหวะนี้จึงไม่มีแรงดันออกมาที่โหลด

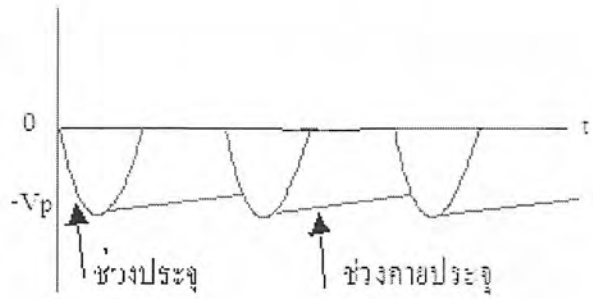


รูปที่ 4 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นลบ

รูปที่ 8 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นลบ

เมื่อต่อตัวเก็บประจุฟิลเตอร์เข้าไปในวงจร ตัวเก็บประจุก็จะทำหน้าที่ประจุแรงดันเอาไว้ในช่วงแรงดันที่มีค่าสูง และจะคายประจุในช่วงแรงดันที่มีค่าลดลง โดยเสริมรูปคลื่นที่ขาดหายให้เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เป็นการทำให้แรงดันที่ไม่เรียบมีความเรียบยิ่งขึ้น การใช้วงจรเรียงกระแสแบบนี้จะได้ไฟกระแสตรงออกมาในลักษณะพัลส์ครึ่งคลื่นเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบแรงดันอินพุทกับแรงดันเอาท์พุทที่ได้จะเห็นว่ามีประสิทธิภาพต่ำ คือประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



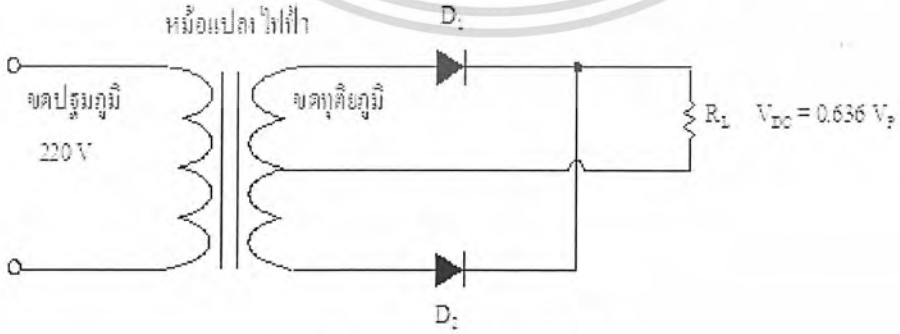
รูปที่ 5 แสดงรูปคลื่นเมื่อใช้ตัวเก็บประจุเป็นวงจรกรอง

รูปที่ 9 รูปคลื่นครึ่งลบเมื่อใช้ตัวเก็บประจุเป็นวงจรกรอง

2.3.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier)

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น จะสามารถเรียงแรงดันไฟสลับให้ออกเอาท์พุทได้ทั้งช่วงบวกและช่วงลบของแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามาที่อินพุทของวงจร โดยไม่มีส่วนใดของแรงดันไฟสลับถูกตัดทิ้งไป ลักษณะของวงจรจะใช้ไดโอด 2 ตัว ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟสลับเป็นสัญญาณไฟตรงโดยมีหม้อแปลงไฟฟ้าแบบมีแท็ปกลาง (Center Trap) ทำหน้าที่แบ่งเฟสให้เกิดการต่างเฟสกัน 180 องศา ระหว่างสัญญาณที่ออกจากส่วนบนและส่วนล่างของขดทุติยภูมิของหม้อแปลงเพื่อให้ไดโอดทั้ง 2 ตัวสลับกันทำงาน ดังนั้นวงจรจึงสามารถจ่ายกระแสได้เรียบและสูงกว่าวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น



รูปที่ 1 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น

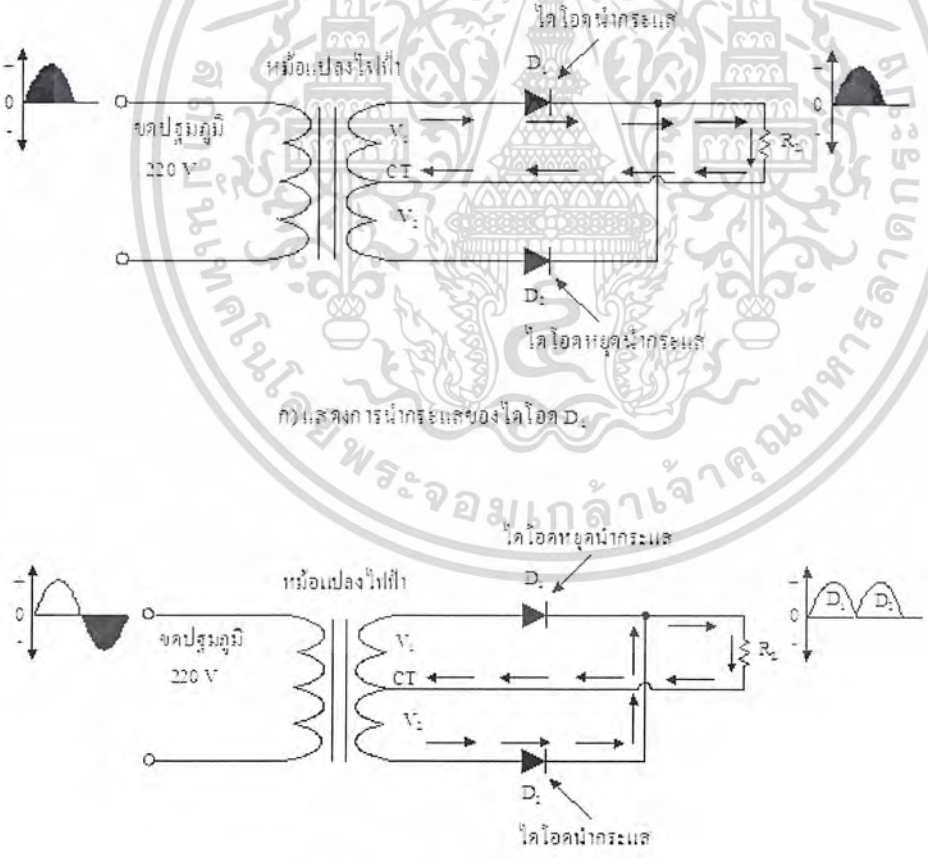
รูปที่ 10 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง

เมื่อมีแรงดันไฟสลับ VIN ป้อนเข้าขดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะเกิดแรงดันไฟสลับขึ้นที่ขั้วบนและขั้วล่างของขดทุติยภูมิที่แท็ปกลางของหม้อแปลงจะกำหนดให้มีแรงดัน 0 โวลต์ ดังนั้นแรงดันครึ่งหนึ่งจึงเกิดที่แท็ปกลางกับขั้วด้านบนของหม้อแปลง และอีกครึ่งหนึ่งจะเกิดขึ้นที่แท็ปกลางกับอีกขั้วด้านล่างของหม้อแปลงโดยระหว่างขั้วด้านบนและขั้วด้านล่างจะมีเฟสต่างกัน 180 องศา การทำงานของวงจรเมื่อขั้วบนของขดทุติยภูมิมีค่าแรงดันเป็นบวก ขั้วล่างมีแรงดันเป็นลบไดโอด D1 จะได้รับไบอัสตรง นำกระแสมีกระแสไหลผ่านไดโอดผ่านโหลด RL ไปครบวงจรที่ขั้วแท็ป ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่โหลด RL เป็นคลื่นรูปไซน์ครึ่งคลื่น

ในช่วงเวลาต่อมา ขั้วบนของขดทุติยภูมิมีค่าแรงดันเป็นลบ ขั้วล่างมีค่าแรงดันเป็นบวก ไดโอด D1 จะได้รับไบอัสกลับ ไดโอด D2 ได้รับไบอัสตรงเกิดการนำกระแส มีกระแสไหลผ่านไดโอดผ่านโหลด RL ไปครบวงจรที่ขั้วแท็ปทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่โหลด RL เป็นคลื่นรูปไซน์ครึ่งคลื่นด้านบวกปรากฏที่เอาท์พุท แรงดันไฟตรงเฉลี่ยที่ได้สามารถคำนวณได้จากสูตร VDC = 0.636 VP แต่แรงดัน VP เป็นแรงดันค่ายอดสูงสุดสามารถคำนวณหาได้จากสูตร VP = 1.414 VAC หรือจะคำนวณหาค่าแรงดันไฟตรงได้จากสูตร VDC = 0.9 VAC



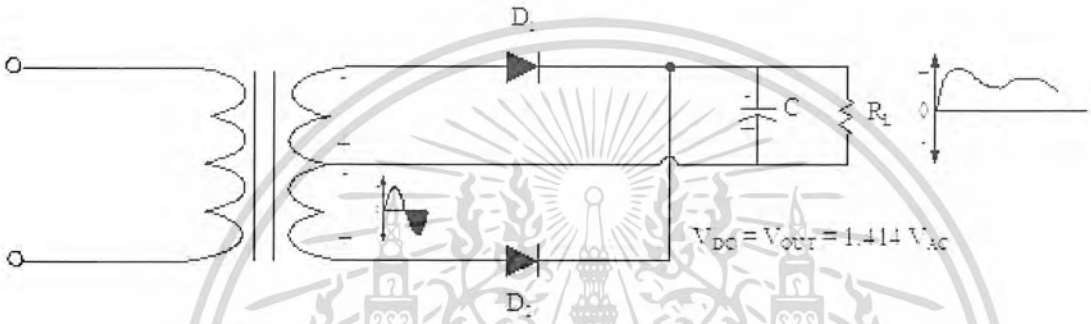
รูปที่ 2 แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

รูปที่ 11 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น แบบใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

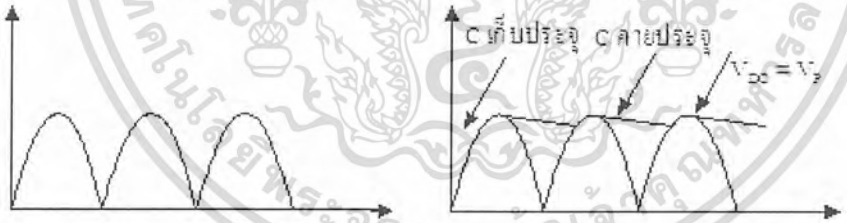
วงจรกรองแบบใช้ตัวเก็บประจุ (Capacitor Filter)

แรงดันได้จากวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นยังมีระลอกคลื่นปนอยู่ปริมาณสูง ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน จะต้องนำแรงดันนี้ไปผ่านวงจรกรองก่อนที่จะนำไปใช้งาน วงจรกรองแบบที่ง่ายและนิยมที่สุดก็คือ วงจรกรองแบบใช้ตัวเก็บประจุ โดยใช้ตัวเก็บประจุ C ต่อขนานกับตัวต้านทานโหลด RL ตัวเก็บประจุ C จะทำหน้าที่เก็บประจุ ไว้ในช่วงเวลาไดโอดนำกระแสและทำหน้าที่คายประจุผ่านตัวต้านทานโหลดในช่วงเวลาที่ไดโอดไม่นำกระแส การทำงานของวงจรกรองจะทำการกรองแรงดันไฟตรงที่ยังไม่เรียบให้มีความราบเรียบยิ่งขึ้น สามารถนำไปใช้งานกับวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ได้ อีกทั้งแรงดันไฟตรงที่ได้เมื่อผ่านการกรองแรงดันแล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมโดยคำนวณหาได้จากสูตร VDC =VP = 1.414 คูณ VAC



รูปที่ 3 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ใช้ตัวเก็บประจุกรอง

รูปที่ 12 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นใช้ตัวเก็บประจุกรอง



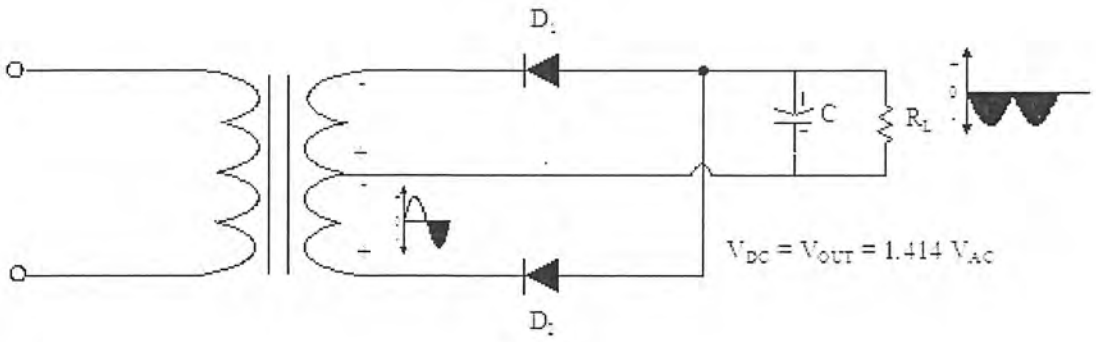
ก. การเรียงกระแสของไดโอด ข. ใช้ตัวเก็บประจุกรอง

รูปที่ 4 รูปสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นก่อนและหลังใส่ตัวเก็บประจุ

รูปที่ 13 สัญญาณของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นก่อนและหลังใส่ตัวเก็บประจุ

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นนั้น ไดโอดทั้ง 2 ตัวจะผลัดกันทำงานคนละครึ่งไซเคิล ทำให้การเรียงกระแสออกมาครบทั้งซีกบวกและซีกลบ จากวงจรรูปที่ 3 เป็นการเรียงกระแสให้ออกมาเป็นซีกบวกเรียงกันไป แต่ถ้าต้องการเรียงกระแสให้ออกมาเป็นซีกลบก็สามารถกระทำได้โดยการกลับขาไดโอดทั้ง 2 เสียใหม่ดังแสดงในรูปที่ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



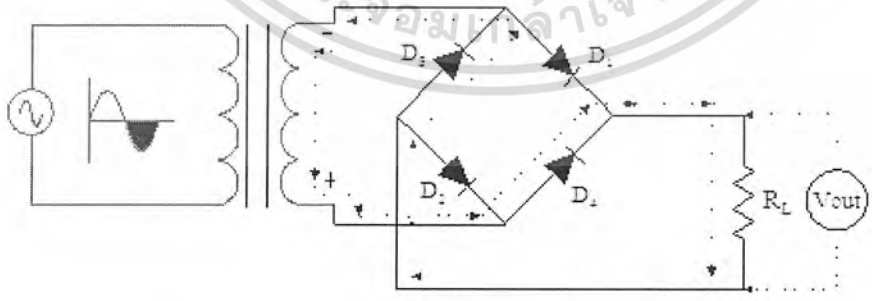
รูปที่ 5 แสดงวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นลบ

รูปที่ 14 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นลบ

2.3.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์มีลักษณะเหมือนวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น เพราะแรงดันเอาท์พุทที่ได้เป็นแบบเต็มคลื่น ข้อแตกต่างระหว่างการเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์และแบบเต็มคลื่นธรรมดาต่างกันตรงการต่อวงจรไดโอด แบบเต็มคลื่นจะใช้ไดโอด 2 ตัว แบบบริดจ์จะใช้ไดโอด 4 ตัว และหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ก็แตกต่างกัน แบบเต็มคลื่นธรรมดาใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง (Center Trap, CT) มี 3 ขั้ว แบบบริดจ์ใช้หม้อแปลง 2 ขั้วหรือ 3 ขั้วก็ได้ แสดงดังรูปที่ 16



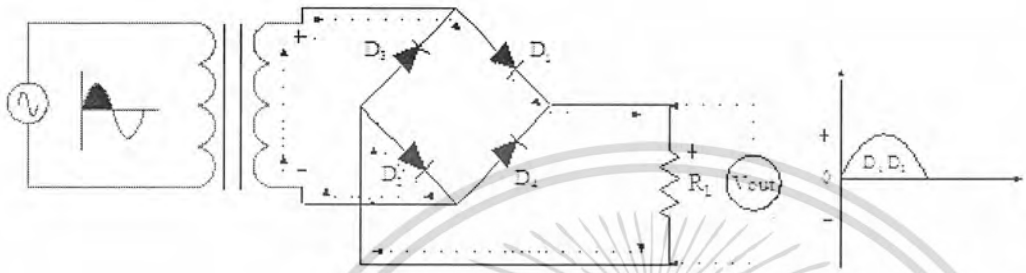
รูปที่ 1 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

รูปที่ 15 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

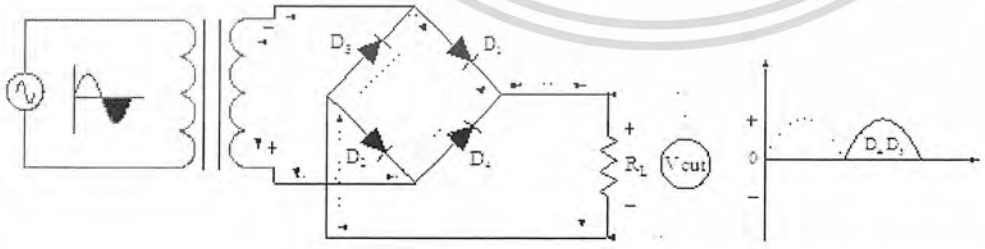
การทำงานของวงจร ไดโอดจะผลัดกันนำกระแสครั้งละ 2 ตัว โดยเมื่อไซเคิลบวกของแรงดันไฟสลับ (Vin) ปรากฏที่ด้านบนของขดทุติยภูมิของหม้อแปลงและด้านล่างจะเป็นลบ จะทำให้ไดโอด D1 และ D2 ได้รับไบอัสตรงจะมีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ผ่านโหลด RL ผ่านไดโอด D2 ครบวงจรที่หม้อแปลงด้านล่าง มีแรงดันตกคร่อมโหลด RL ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ได้แรงดันไฟช่วงบวกออกทางเอาท์พุท



รูปที่ 2 ไดโอด D_1 และ D_2 ได้รับไบอัสตรงและรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (Vout)

รูปที่ 16 ไดโอด D1 และ D2 ได้รับไบอัสตรง และรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (Vout)

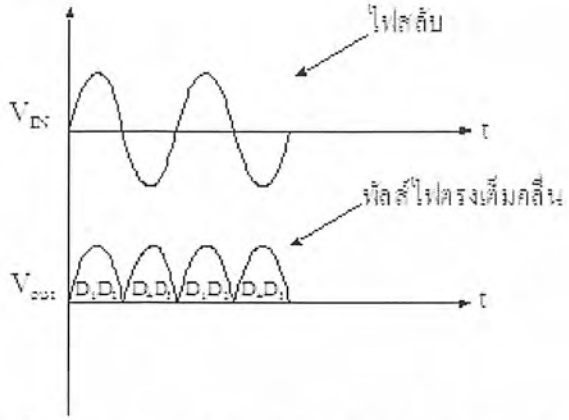
ในช่วงเวลาต่อมาไซเคิลลบของแรงดันไฟสลับ (Vin) ปรากฏที่ด้านบนของขดทุติยภูมิของหม้อแปลง และด้านล่าง เป็นบวก ดังแสดงในรูปที่ 18 ในช่วงเวลานี้ไดโอด D1 และ D2 จะได้รับไบอัสกลับแต่ไดโอด D3 และ D4 จะได้รับไบอัสตรง ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D4 ผ่านโหลด RL และผ่านไดโอด D3 ครบวงจรที่หม้อแปลงด้านบน มีแรงดันตกคร่อมโหลด RL ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ได้แรงดันไฟช่วงบวกออกทางเอาท์พุททำให้ได้คลื่นไฟตรงรวมกันเต็มคลื่นดังรูปที่ 19



รูปที่ 3 ไดโอด D_3 และ D_4 ได้รับไบอัสตรงและรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (Vout)

รูปที่ 17 ไดโอด D3 และ D4 ได้รับไบอัสตรง และรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (Vout)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



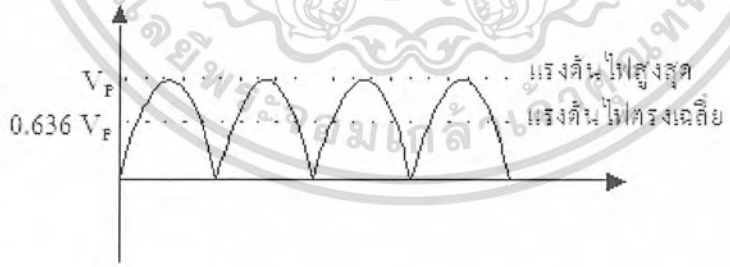
รูปที่ 4 รูปคลื่น Vout เปรียบเทียบกับ Vin ของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

รูปที่ 18 รูปคลื่น Vout เปรียบเทียบกับ Vin ของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

แรงดันเอาท์พุทของวงจร

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นทั้งแบบมีแท็ปกลางและแบบบริดจ์จะให้แรงดันเอาท์พุททุกๆ ครึ่งรอบของแรงดันไฟสลับที่เข้ามาทั้งซีกบวกและซีกลบ ค่าเฉลี่ยของแรงดันเอาท์พุทจึงมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันไฟตรงที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ค่าแรงดันเอาท์พุทมีค่าเป็น 0.636 เท่า ของแรงดันไฟสูงสุด ดังสมการที่ 1

$$V_{DC} = 0.636\ V_P \qquad \text{--------- (1)}$$



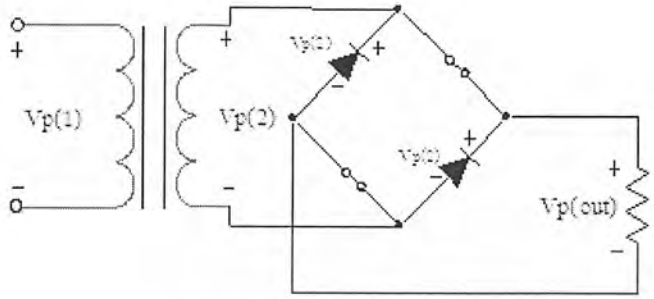
รูปที่ 19 แสดงค่าแรงดันไฟตรงกับค่าแรงดันไฟสูงสุดของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

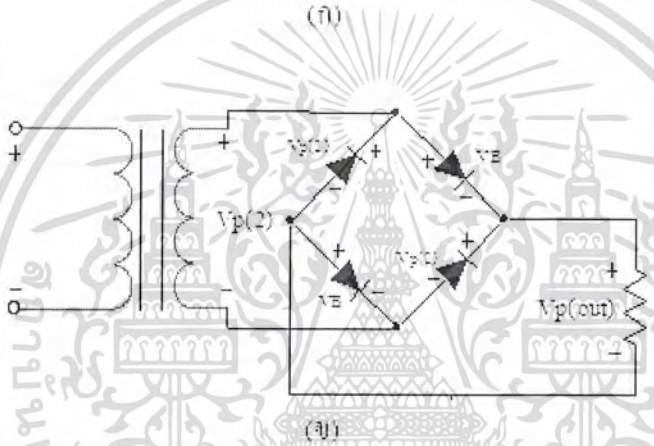
แรงดันสูงสุดด้านกลับ (Peak Inverse Voltage)

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์จะมีค่าแรงดันสูงสุดด้านกลับ (PIV) น้อยกว่าวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นที่ใช้หม้อแปลงมีแท็ปครึ่งหนึ่ง เมื่อพิจารณาวงจรในรูปที่ 6 (ก) เมื่อไดโอด D1,D2 นำกระแส ไดโอด D1,D2 จะทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ปิดวงจร (ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่คิดแรงดันตกคร่อมไดโอด) จะเห็นว่าแรงดันสูงสุดด้านกลับที่ตกคร่อมไดโอด D3 และ D4 ที่ได้รับไบอัสกลับจะมีค่าเท่ากับแรงดันพีค (Vp)





รูปที่ 6 แสดงค่าแรงดันสูงสุดด้านกลับที่เกิดกับวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

รูปที่ 20 แสดงค่าแรงดันสูงสุดด้านกลับที่เกิดกับวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

ในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอด D1 , D2 นำกระแส (VB) ดังรูปที่ 6 (ข) จะเห็นว่าแรงดัน PIV ที่เกิดกับไดโอด D3 และ D4 จะหาได้จากสูตร

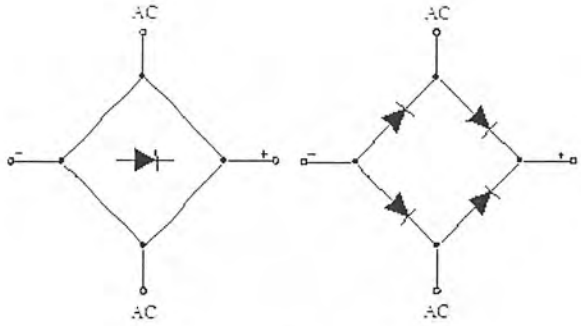
$$PIV = V_P(out) + V_B \text{ --------- (2)}$$

เช่นเดียวกันถ้าหากว่าต้องการใช้ไฟตรงที่เรียงกระแสออกมาเรียบขึ้นเราก็ต้องใช้ตัวเก็บประจุค่ามากๆ มาเป็นวงจรกรองกระแส ยิ่งตัวเก็บประจุมีค่ามากการคายประจุก็ต้องใช้เวลานานขึ้น จึงทำให้ไฟกระแสตรงที่ออกมาเรียบที่สุด

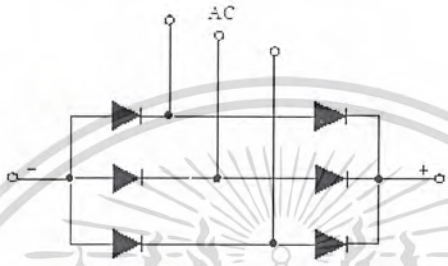
ไดโอดบริดจ์แบบต่างๆ

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เป็นที่นิยมใช้กันมาก จึงมีการผลิตไดโอดแบบบริดจ์ขึ้นมาใช้งานกลายเป็นไดโอดสำเร็จรูปโดยยังมีโครงสร้างเหมือนกับบริดจ์ที่ใช้ไดโอด 4 ตัว และถ้าเป็นวงจรที่ต้องเรียงกระแสไฟ 3 เฟส จะต้องมีไดโอดเพิ่มขึ้นมาอีก 2 ตัว กลายเป็นไดโอดบริดจ์ 5 ขา แทนที่จะมีขาใช้งาน 4 ขา เหมือนกับไดโอดเฟสเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

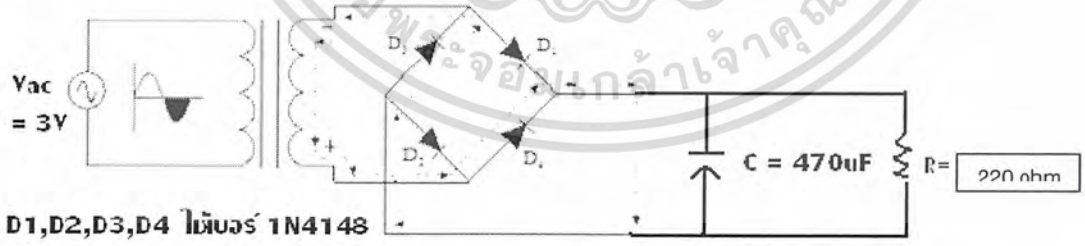


(ข)

รูปที่ - สัญลักษณ์ของไดโอดบริดจ์แบบต่างๆ

รูปที่ 21 สัญลักษณ์ของไดโอดบริดจ์แบบต่างๆ

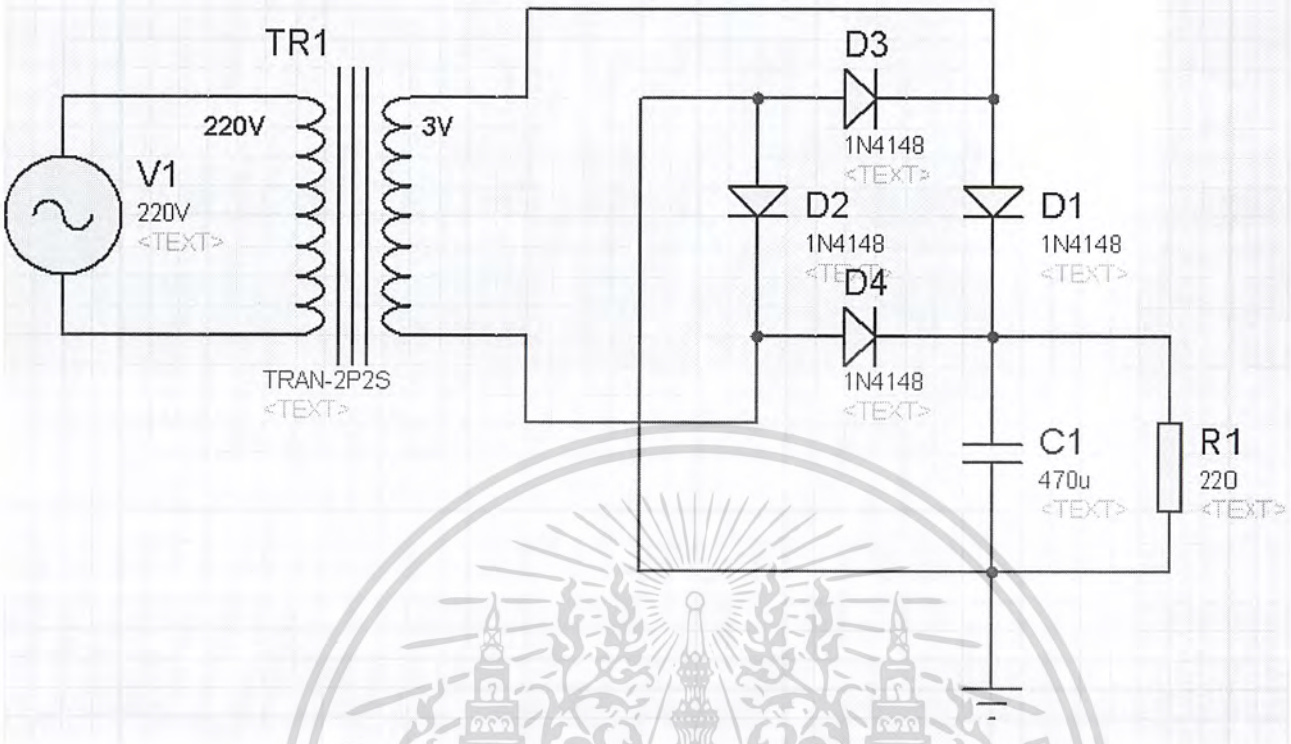
ในโครงงานนี้ ได้เลือกใช้ วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ โดยมีการกรองแบบใช้ตัวเก็บประจุ ซึ่งประกอบด้วยวงจรดังต่อไปนี้



รูปที่ 22 วงจรเรียงกระแส และวงจรกรองที่ใช้ในโครงงาน

เหตุผลที่ต้องใช้วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ โดยมีการกรองแบบใช้ตัวเก็บประจุนั้น ก็เพื่อจะทำให้การอินพุทค่าเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะรับเพียงแต่สัญญาณช่วงบวก อย่างเดียว ขณะเดียวกันก็จะให้ตัวเก็บประจุทำการเปลี่ยนไฟสลับ (AC) ให้เป็นไฟตรง (DC) ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรองรับได้โดยไม่มีปัญหา และเราจะใช้วงจรนี้ กับทั้งสองกรณี ไม่ว่าจะเป็นอินพุทที่เป็นแรงดันไฟ หรือ กระแสไฟฟ้า ที่เราป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



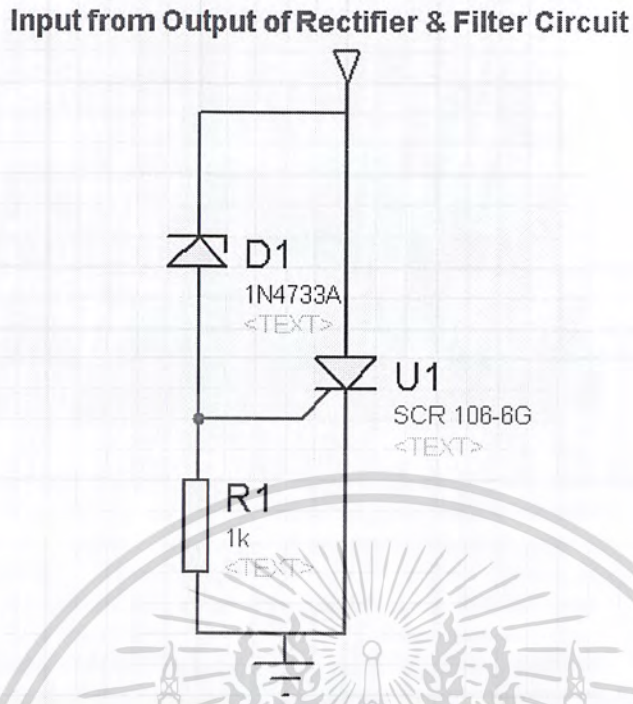
รูปที่ 23 ลักษณะการต่อวงจรเรียงกระแสและวงจรกรอง

นอกเหนือจากนั้นยังมีการต่อวงจรเพิ่มขึ้นมาอีกภาคหนึ่ง หลังจากได้เอาท์พุทที่ตกคร่อม R 220 ohm เรียกว่า "วงจรป้องกันการลัดวงจร" ซึ่งใช้สำหรับทำการป้องกันเอาไว้แต่เนิ่นๆ ในกรณีที่เกิดมีศักย์ไฟฟ้ามากกว่าค่า 3V รั่วไหลป้อนเข้ามาสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอาจจะทำให้บอร์ดลัดวงจร เกิดความเสียหายได้ รวมทั้งทำให้ค่าที่อินพุทเข้าสู่บอร์ด ไม่มีการเกินกว่า 3V ซึ่งจะต้องค่อนข้างคงที่ สำหรับการเป็นข้อมูลของศักย์ไฟฟ้าที่บอร์ดรับรู้

หลักการของ วงจรป้องกันการลัดวงจร คือ การไม่ให้ไฟฟ้าที่มากเกินกว่าความต้องการ เดินทางเข้าสู่จุดหมายที่เราต้องการได้ โดยจะมี ซีเนอร์ไดโอด (ใช้เบอร์ 1N4733A) ทำการตรวจสอบว่ามีศักย์ไฟฟ้าเกินกว่าที่ตัวของมันจะรับได้หรือไม่ ถ้าเกิดมีการเกินขึ้นมาแล้ว เมื่อนั้นซีเนอร์ไดโอด ก็จะทำการลัดวงจรในทันที และส่งผลไปยัง SCR (ใช้เบอร์ 106-6G) ให้นำศักย์ไฟฟ้าที่เกินกว่าต้องการนั้น ไหลลงสู่ Ground เพื่อไม่ให้เกิดการป้อนเข้าสู่วงจรในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเอง

เมื่อไม่มีการลัดวงจรเกิดกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว เราก็จะได้ค่าอินพุทป้อนเข้าสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประเมินผลเป็นกระแสไฟฟ้าในขั้นตอนถัดไป

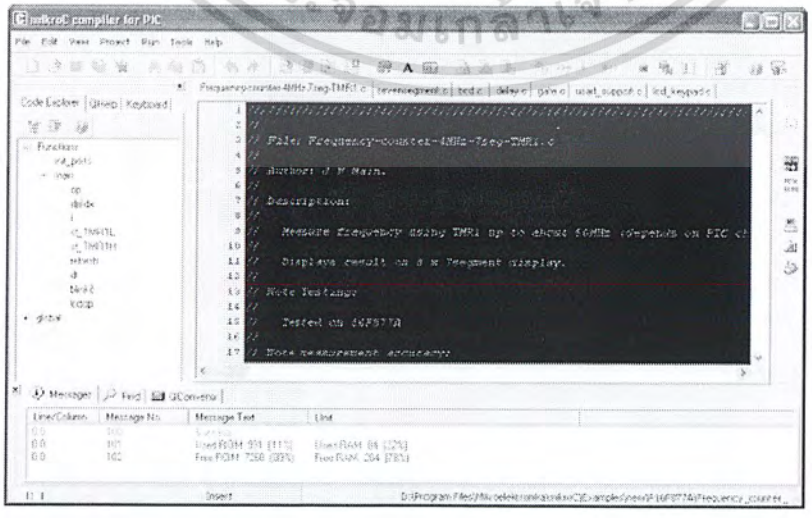
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 ลักษณะการต่อวงจรป้องกันการลัดวงจร

2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์

โปรแกรม MikroC คือ โปรแกรมที่ใช้เขียนซอสโค้ด เช่นเดียวกันกับ โปรแกรม CCS PIC C Compiler ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่จะมีความแตกต่างกันอยู่เล็กน้อย คือ รูปแบบคำสั่ง บางคำสั่งอาจไม่เหมือนกัน *(สำหรับรายละเอียดของโปรแกรม MikroC สามารถอ่านได้จากภาคผนวก ก)*



รูปที่ 25 โปรแกรม MikroC

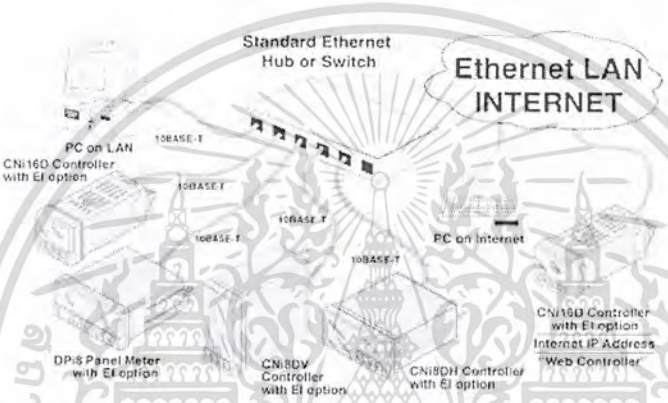
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การจัดการข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เมื่อผ่านพ้นขั้นตอนของการวัดค่า และได้ข้อมูลมาสู่กระบวนการในบอร์ด PIC จนเป็นค่า กำลังไฟฟ้า ที่เราต้องการเรียบร้อย แล้ว ในขั้นตอนถัดไป ก็คือ ส่วนสำคัญสำหรับการแสดงผลทางข้อมูลให้เราได้รับรู้ โดยในโครงงานนี้ เราจะแสดงผ่านทาง Website เพื่อเป็นความสะดวกสำหรับการตามติดการวัดค่า ได้ในทุกๆเวลา ไม่ว่าเราจะอยู่ในสถานที่ใดๆ ก็ตามแต่

สำหรับบอร์ด PIC นั้น จะมีการเชื่อมต่อทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้โดยผ่าน Ethernet LAN ซึ่งเป็นการสื่อสารผ่านเครือข่าย รูปแบบหนึ่งที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในทุกวันนี้

Ethernet



รูปที่ 26 Ethernet

Ethernet เป็นเทคโนโลยีสำหรับเครือข่ายแบบแลน (LAN) ที่ได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบัน เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่พัฒนามาจากโครงสร้างการเชื่อมต่อแบบสายสัญญาณร่วม ที่เรียกว่า บัส (bus) คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องต่อเชื่อมเข้ากับสายสัญญาณเส้นเดียวกัน การสื่อสารข้อมูลสามารถสื่อสารจากเครื่องหนึ่งไปยังเครื่องใดก็ได้

Ethernet คิดค้นโดยบริษัท Xerox ตามมาตรฐาน IEEE 802.3 (IEEE ย่อมาจาก "Institute of Electrical and Electronics Engineers" เป็นองค์กรวิชาชีพวิศวกรรมและอิเล็กทรอนิกส์ มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐาน สำหรับผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์) การเชื่อมเครือข่ายแบบ Ethernet สามารถใช้สายเชื่อมได้ทั้งแบบ Co-Axial และ UTP (Unshielded Twisted Pair) โดยสายสัญญาณที่ได้รับความนิยม คือUTP 10Base-T สามารถส่งข้อมูลได้เร็วถึง 10 Mbps ผ่าน Hub (ล่าสุดพัฒนาไปถึง 100 Mbps แล้ว) ทั้งนี้การเชื่อมคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย ไม่ควรเกิน 30 เครื่องต่อหนึ่งวงเครือข่าย เนื่องจากอุปกรณ์ใน Ethernet LAN จะแข่งขันในการส่งข้อมูล หากส่งข้อมูลพร้อมกัน และสัญญาณชนกัน จะทำให้เกิดการส่งใหม่ (CSMD/CD: Carrier sense multiple access with collision detection) ทำให้เสียเวลารอ

คำว่า อีเทอร์เน็ต (Ethernet) หมายถึง ความหมายที่มีอยู่ทั่วไปของอีเทอร์เน็ตซึ่งมีหลากหลายมาตรฐาน อีเทอร์เน็ตพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Xerox (โดยได้แนวคิดมาจากโครงการสื่อสารผ่านดาวเทียม Aloha ที่พัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัย Hawaii) เพื่อเป็นมาตรฐานสำคัญของเครือข่าย LAN ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ระบบที่ใช้อีเทอร์เน็ตนั้นเหมาะกับงานที่ต้องการรับส่ง/ข้อมูลในอัตราความเร็วสูงเป็นช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ๆ เป็นครั้งคราว การรับ/ส่งข้อมูลในเครือข่ายแบบอีเธอร์เน็ตแต่ละครั้งเครื่องเป็นไปอย่างไม่มีวินัย นั่นคือเมื่อตรวจสอบแล้วว่าในขณะนั้นไม่มีเครื่องอื่น ๆ กำลังส่งข้อมูล แต่ละอย่างเครื่องจะแย่งกันส่งข้อมูลออกมา โดยเครื่องใดที่ส่งข้อมูลออกมาจะมีหน้าที่เฝ้าดูว่ามีเครื่องอื่นทำการส่งข้อมูลออกไปพร้อมกันด้วยหรือไม่ เพราะถ้าเกิดการส่งพร้อมกันแล้วจะก่อให้เกิดการชนกันของข้อมูล แต่ถ้าตรวจจับได้ว่ามีการชนกันขึ้นก็จะหยุดส่งแล้วรอคอยเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ก่อนจะทำการส่งข้อมูลออกไปอีกครั้งหนึ่ง เวลาที่ใช้ในการรอคอยนั้นเป็นค่าที่สุ่มขึ้นมา ซึ่งมีความสั้นยาวต่างกันไป เทคนิคหลายอย่างเช่นที่นำมาใช้ในการรอคอยเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันซ้ำสอง หนึ่งในนั้นคือ คำนวณการเพิ่มระยะเวลารอคอยแบบ Exponential ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

เนื่องจากการ์ดอีเทอร์เน็ตที่ใช้ในเครือข่ายแบบนี้สร้างมาจากหลายผู้ผลิต จึงมีองค์กรมาตรฐานขึ้นมากำหนดหมายเลขประจำให้ผู้ผลิตแต่ละราย เพื่อสร้างความมั่นใจให้การ์ดแต่ละใบจะไม่มีแอดเดรสที่ซ้ำกัน การส่งข้อมูลของอีเทอร์เน็ตนั้นจะเป็นไปในแบบเฟรมที่มีความยาวไม่แน่นอน แม้ว่าเฟรมข้อมูลของอีเทอร์เน็ตจะมีแอดเดรสต้นทางและปลาย แต่เทคโนโลยีอีเทอร์เน็ตเองกลับเป็นการส่งข้อมูลแบบกระจายสัญญาณ (Broadcast) ซึ่งในเครื่องเครือข่ายเดียวกันจะได้รับเฟรมข้อมูลเดียวกันทุกเฟรม โดยเลือกเฉพาะเฟรมที่มีแอดเดรสปลายทางเป็นของตนเองเท่านั้น ส่วนเฟรมอื่น ๆ จะไม่สนใจ แต่ในบางกรณีที่มีการทำงานในโหมด Promiscuous ซึ่งเป็นโหมดที่นำเฟรมข้อมูลทุกเฟรมไปใช้งานโดยส่งต่อไปยังซอฟแวร์ที่ทำงานอยู่ในระดับที่สูงขึ้นไป เช่น กรณีของเครื่องที่ทำหน้าที่วิเคราะห์โปรโตคอล (Protocal Analyzer) หรืออาจจะเป็นการกระทำของผู้ที่ไม่ประสงค์ดีของพวกแฮกเกอร์ก็ได้ กรณีเช่นนี้จะเห็นถึงความปลอดภัยของมาตรฐานนี้

หลักการและโครงสร้างของ Ethernet

หลักการและโครงสร้างของ Ethernet รูปแบบของ Ethernet นั้นได้กำหนดมาตรฐานของความยาวของบัส ไว้สูงสุดที่ 2.5 กิโลเมตร สามารถเชื่อมต่อ ภายใน Segment เดียวกัน ได้ถึง 500 เมตร ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 10 Mbps. และสามารถเชื่อมต่อ สถานี (Stations) ได้ถึง 1,024 สถานีในทฤษฎีของ CSMA/CD access สามารถที่จะใช้ broadcast multi-access channel ได้ และรวมถึงตัวกลาง สายเกลียวคู่, สายโคแอกเชียล , สัญญาณวิทยุ หรือแม้กระทั่งสายใยแก้วนำแสง ได้ อย่างไรก็ตาม Ethernet ได้ถูกออกแบบมาสำหรับ Baseband Transmission โดยใช้ สายโคแอกเชียล ซึ่งได้แสดงถึง รูปแบบและ การออกแบบ

- *สถานี (station)* จะเป็นชนิดของคอมพิวเตอร์หรือเป็นกลุ่มของ terminal

- *ส่วนควบคุม (controller)* จะเป็นกลุ่มของ function และ algorithms ที่ต้องการ ซึ่งจะจัดการรับ network จะรวมถึงการเข้ารหัส และการถอดรหัส, การแปลงข้อมูล serial เป็น parallel, Address Detection และการบัฟเฟอร์ โดยส่วนควบคุมจะมีหน้าที่ที่สามารถรวมไปถึง Hardware, Software และ Micromode ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานีนั้น ๆ โดยส่วนมาก และ Ethernet Controllers จะถูกออกแบบมาบน Single Chip

- *ส่วนรับ-ส่ง (transmission system)* จะรวมไปถึงส่วนประกอบที่สำคัญ สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่าง ส่วนควบคุม และรวมไปถึง Transmission Medium ก็คือ Transceivers และ Repeaters ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญ ในการ ขยายระยะการติดต่อสื่อสารออกไป จะใช้สายโคแอกเชียล เป็นตัวกลาง ประกอบไปด้วยสายสัญญาณและส่วนประกอบของ Hardware ที่สำคัญ เช่น Connectors, Terminators และ Taps ซึ่งตัว Terminator จะเป็นตัวที่ป้องกันสัญญาณที่ส่งออกไปไม่ให้กลับมายัง Bus อีก โดยใช้วิธีการ Matching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Impedance ของ เคเบิลตัว Transceivers จะมีหน้าที่รับและส่งสัญญาณไปยังเคเบิล และยังต้องรับรู้ถึงหน้าที่ของ CSMA/CD เอาไว้ด้วย ซึ่งตัว Transceivers จะต้องคอยตรวจจับสัญญาณบนเคเบิลก่อนที่จะส่งสัญญาณออกไป และ ในขณะที่ ส่งเองก็ต้องคอยตรวจจับสัญญาณอื่น ๆ บนสายเคเบิลด้วย ตัว Repeater จะประกอบไปด้วยตัว Transceiver 2 ตัว ซึ่งใช้เชื่อมต่อเข้ากับ Ethernet Segment ตัว Repeater จะมีหน้าที่เพียงการส่งผ่านสัญญาณไปยัง Ethernet Segment เท่านั้น โดยจะไม่มีหน้าที่ในส่วน ของการรับรู้ CSMA/CD

เครือข่ายอีเธอร์เน็ตแบบบัส (10Base2)

เครือข่ายอีเธอร์เน็ตแบบบัสมีชื่อเรียกกันไปหลาย ๆ อย่าง เช่น 10Base2, Thinnet, CheaperNet หรืออะไรก็ตาม แต่เรียกง่าย ๆ ว่าระบบ LAN แบบบัส คือระบบ LAN แบบอีเธอร์เน็ตที่ไม่ต้องมี Hub/Switch โดยสายที่ใช้จะต้องเป็นสายที่เรียกว่า " โคแอกเชียล " (Coaxial) และ " การ์ด LAN" ที่ใช้จะต้องเป็นแบบ BNC ซึ่งจะทำความเร็วได้สูงสุด 10 Mbps

เครือข่ายอีเธอร์เน็ตแบบสตาร์ (10BaseT/100BaseT)

เครือข่ายอีเธอร์เน็ตแบบสตาร์หรือมีชื่อทางเทคนิคว่า 10BaseT ซึ่งต่อไปจะเรียกง่าย ๆ ว่าระบบ LAN แบบสตาร์ จะใช้อุปกรณ์ประเภท Hub หรือ Switch เป็นศูนย์กลางในการเชื่อมต่อโดยจะต้องใช้สาย UTP (CAT5) ต่อระหว่างการ์ด LAN ของเครื่องพีซีแต่ละเครื่องมาที่พอร์ตของ Hub หรือ Switch เครือข่ายแบบนี้นิยมใช้ในบริษัทหรือตามร้านอินเตอร์เน็ตคาเฟ่ทั่ว ๆไป ถ้าจะนำมาใช้ในบ้านก็ไม่ผิด เนื่องจากราคาอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็น Hub หรือ Switch การ์ด LAN และสาย UTP (CAT5) ในปัจจุบันค่อนข้างถูกในขณะที่ความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงมากถึง 100 Mbps (จริง ๆ ปัจจุบันได้ถึง 1000 Mbps แต่อุปกรณ์ยังมีราคาแพงอยู่) ซึ่งเพียงพอต่อการเล่นเกมผ่านระบบ LAN ได้อย่างสบาย วิธีนี้พวกร้านอินเตอร์เน็ตคาเฟ่นำไปใช้เป็นสูตรสำเร็จในการสร้างระบบ LAN ภายในร้านกันถ้วนหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การป้อนข้อมูลเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการที่ต้องแบ่งส่วนย่อยๆ ออกมาเป็นสองส่วนนั้น ก็เพื่อจะเป็นการแยกกรณีของแรงดัน และกรณีของกระแสออกจากกันอย่างชัดเจน เมื่อเราต้องการทราบเฉพาะค่าแรงดัน หรือค่ากระแส โดยเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่ง ก็จะทราบได้จากการทำเช่นนี้ แต่กับความต้องการที่แท้จริงของโครงงานนี้ คือ การทราบค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power) ซึ่งหากเป็นไปตามทฤษฎีแล้วจะเป็นดังในสมการ

$$P = IV$$

ก็จะได้นำทั้งสองส่วนที่แยกจากกันนั้น มาทำการคูณด้วยกัน เมื่อค่าทั้งสอง ได้เข้าไปสู่ในบอร์ด PIC ที่จัดการทำโปรแกรมให้เกิดการคูณค่าตัวเลขที่ input เข้ามานั่นเอง

แต่เนื่องจากว่า ในกรณีที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ค่า I และค่า V จะคิดในกรณีที่เป็น Root mean square โดยที่จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นรูปคลื่นแบบ Sinusoidal จึงต้องเปลี่ยนค่า I และ V ให้เป็น Root mean square ก่อนจึงจะนำค่าที่เป็น I_{rms} และ V_{rms} มาคิดตามทฤษฎี จะได้เป็น

$$P_{avg} = I_{rms} V_{rms} \text{ x PF}$$

โดยที่ $I_{rms} = I_p / \sqrt{2}$, $V_{rms} = V_p / \sqrt{2}$ และ PF = $|\cos \varphi|$

สำหรับ PF หรือ Power Factor คือ อัตราส่วน ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง (วัตต์) กับ กำลังไฟฟ้าปรากฏ หรือกำลังไฟฟ้าเสมือน (VA) ซึ่ง ค่าที่ดีที่สุด คือ มีอัตราส่วนที่เท่ากัน จะมีค่าเป็นหนึ่ง แต่ในทางเป็นจริงไม่สามารถทำได้ ซึ่งค่า Power Factor เปลี่ยนแปลงไปตามการใช้ Load ซึ่ง Load ทางไฟฟ้ามีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

1. Load ประเภท Resistive หรือ ความต้าน จะมีค่า Power Factor เป็นหนึ่ง อันได้แก่ หลอดไฟฟ้าแบบใส้ เตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าว เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น ถ้าหน่วยงานหรือองค์กร มี Load ประเภทนี้เป็นจำนวนมาก ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงค่า Power Factor
2. Load ประเภท Inductive หรือ ความเหนี่ยวนำ จะมีค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่ง อันได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ขดลวด เช่น มอเตอร์บาลาสก์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดแกสดิสชาร์จ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าหน่วยงานหรือองค์กรส่วนใหญ่ จะหลีกเลี่ยง Load ประเภทนี้ไม่ได้ และมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ ค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่ง และ Load ประเภทนี้จะทำให้ค่า Power Factor ล้าหลัง (Lagging) จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงค่า Power Factor โดยการนำ Load ประเภทให้ค่า Power Factor นำหน้า (Leading) มาต่อเข้าในวงจรไฟฟ้าของระบบ เช่น การต่อชุด Capacitor Bank เข้าไปในชุดควบคุมไฟฟ้า
3. Load ประเภท Capacitive หรือ Load ที่มีตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นองค์ประกอบ Load ประเภทนี้จะมีใช้น้อยมาก จะมีค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่ง Load ประเภทนี้จะทำให้ค่า Power Factor นำหน้า (Leading) คือกระแสจะนำหน้าแรงดัน จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

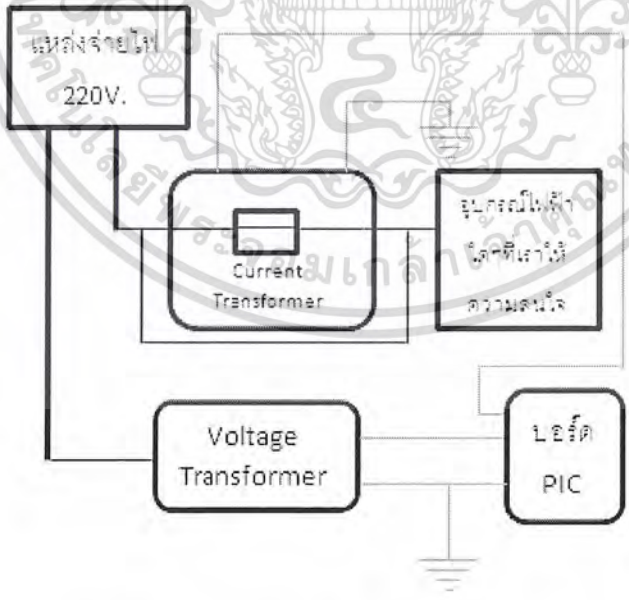
นิยมนำ Load ประเภทนี้ มาปรับปรุงค่า Power Factor ของระบบที่มีค่า Power Factor ล้าหลัง เพื่อให้ค่า Power Factor มีค่าใกล้เคียงหนึ่ง

เราต้องนำค่า Power Factor มาคิดด้วย ก็เป็นสาเหตุเพราะ เราจะทำการวัดไฟฟ้าที่แตกต่างกรณีกันออกไป ตามแต่ Load ที่ไม่เหมือนกัน แม้โดยส่วนมากเราจะทดลองกับ Resistive Load เพื่อให้ค่า PF มีความใกล้เคียงเท่ากับ 1 และหาค่ากำลังไฟออกมาได้โดยสะดวก แต่ถ้าเราต้องไปทดลองกับ Inductive Load และ Capacitive Load แล้ว ก็ย่อมเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องนำมาคิดอยู่ดี

ในส่วนที่เป็นวงจรเชื่อมต่อแล้ว สำหรับการแบ่งกรณีของกระแส และ แรงดันออกมา จะทำเป็นสองส่วน ในส่วนแรก สำหรับการคิดหากระแส จะแยกสายไฟทั่วๆไปที่มีสองเส้นย่อยๆ ออกมา โดยให้เส้นย่อยเส้นหนึ่งเพียงเส้นเดียว วางพาดผ่านตัวของ Current Transformer เพื่อจะให้ CT นั้น ทำการวัดกระแสที่ไหลผ่านนั่นเอง เมื่อให้ทำการปล่อยกระแสจากแหล่งจ่ายไฟ (ไฟบ้าน) ออกมาแล้ว เราจะนำค่าของกระแสที่ CT วัดได้จากส่วนบนที่เป็นขั้วของ CT นั้นเอง มาทำการเชื่อมต่อกันกับ ส่วนที่เป็นอินพุทของบอร์ด PIC ในอีกขั้นหนึ่ง

ในอีกส่วนที่เป็นแรงดัน ก็จะทำโดยต่อไฟบ้านระดับ 220 V. เข้าสู่ Voltage Transformer เพื่อแปลงค่าแรงดันให้ลดลงเป็นค่าประมาณ 3V. แล้วนำไปต่อสู่บอร์ด PIC ในส่วนอินพุทอีกส่วนหนึ่ง จนเมื่อค่า V (ที่ต้องเขียนโปรแกรมให้ทำการคูณค่าใดๆ ให้คืนเป็น 220 V. ตามความจริงอีกครั้งหนึ่งก่อน) และ I ผ่านเข้ามา ก็นำไปทำโปรแกรมให้แปลงเป็นค่า V_{rms} และ I_{rms} แล้วสุดท้ายก็นำทั้งสองค่านั้นมาคูณกัน ได้เป็นกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่เราต้องการทราบนั่นเอง

เขียนวงจรทั้งสองส่วน ออกมาเป็นรูปได้ดังนี้



รูปที่ 27 วงจรภาคอินพุทเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน Current Transformer

เพื่อจะให้เข้าใจถึงหลักการ การใช้งาน Current Transformer ได้ จึงมีการทดลองใช้งาน CT นี้ผ่านการวัดกระแสหลากหลายค่า ที่เกิดจากการต่อวงจรส่วนวัดกระแส กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีกำลังงานการใช้ไฟฟ้าแตกต่างกันออกไป อย่างเช่น ทำการต่อ เตารีด ที่มีกำลังไฟสูงๆ หรือหัวแร้ง ที่มีกำลังไฟไม่มากนัก ซึ่งผลที่ได้ก็จะพบว่า กระแสแตกต่างกันไปตามแต่กำลังไฟที่มากน้อย มีที่คงที่ ก็คือ ค่าแรงดันไฟที่ต่อกับไฟบ้าน 220 V. เพียงเท่านั้น

แต่จากการทดลองนี้ ได้พบอีกว่า ค่ากระแสที่ได้ออกมาตามจริงจากการวัดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆนั้น มีค่าที่ไม่ตรงกับการคิดในเชิงทฤษฎีที่ใช้สมการ P = IV แต่อย่างใด ดังเช่นกรณีที่เป็นหัวแร้ง วัดกระแสตามจริงออกมาได้ 2.7 mA ในขณะที่เมื่อแทนค่าตามทฤษฎี จะเท่ากับ 181 mA (เกิดจากการนำ กำลังไฟ 40 W. มาทำการหารกับไฟบ้าน 220 V.) ซึ่งกรณีนี้เป็นเรื่องที่เกิดมาจากการที่คลื่นไฟฟ้าที่วัดได้นั้นให้ผลที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Linear) ส่งผลให้เกิดความเพี้ยนในส่วนของค่าที่ต้องวัดได้ในความเป็นจริงนั่นเอง

ฉะนั้นแล้ว เพื่อทำให้เราทราบว่า ค่าที่จะต้องทำการคูณเป็นจำนวนเท่าโดยเฉลี่ย สำหรับกรณีที่จะคืนค่าให้กระแสมีผลเป็นไปตามแง่ของทฤษฎีนั้น จึงต้องทดลองผ่านการใช้งาน CT กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ อย่างหลากหลาย เพื่อนำค่าที่เป็นจำนวนเท่า มาทำการเฉลี่ย ในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 การทดลองวัดแรงดันและวัดกระแส

การทดลองวัดแรงดัน

เนื่องจากตัวไมโครคอนโทรเลอร์จะสามารถทำงานได้ถูกต้องเฉพาะในช่วงแรงดัน 0-3.3 V เท่านั้น ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีตัววัดแรงดันเพื่อปรับค่าแรงดันให้เหมาะสมกับความต้องการ แต่ค่าแรงดันที่ได้จากตัวตรวจจับแรงดันนั้นยังมีค่าเป็นทั้งแรงดันบวกและลบอยู่ดังนั้นเราจึงต้องผ่านสัญญาณที่ได้นี้ผ่านวงจรกรองแรงดัน เพื่อเป็นการยกสัญญาณให้เป็นสัญญาณด้านบวก

การทดลองวัดกระแส

Current Transformer เป็นตัววัดกระแสให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่ง Current Transformer ที่ใช้เป็นแบบสำเร็จรูปเมื่อต่อ Current Transformer รูปคลื่นที่ได้ออกมาจะเป็นรูปคลื่นไซน์ซึ่งมีทั้งซีกบวกและซีกลบ แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการแรงดันที่ขา ADC เฉพาะด้านที่เป็นบวกเท่านั้นจึงต่อ Output ของ Current Transformer เข้ากับ วงจรกรองกระแส เพื่อยกระดับแรงดันให้รูปคลื่นทางด้าน Output ของ Current Transformer ให้วัดออกมาเป็นด้านบวกอย่างเดียว

สรุปผลการทดลอง

เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมานี้เป็นการนำเอา Current Transformer และ Supply มาเป็นตัววัดกระแส และแรงดัน ให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงการนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวคำนวนค่าของ กำลังไฟฟ้า , แรงดันไฟฟ้า , กระแสไฟฟ้า สามารถวัดแรงดันที่ และกระแสอยู่ในช่วง ซึ่งค่าที่วัดได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจากมิเตอร์ จากการทดลองวัดค่าต่าง ๆ ของมิเตอร์ที่สร้างขึ้นก็พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า + 10 % ซึ่งก็ถือว่ายอมรับได้ Current Transformer เป็นตัววัดกระแสให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่ง Current Transformer ที่ใช้เป็นแบบสำเร็จรูปเมื่อต่อ Current Transformer รูปคลื่นที่ได้ออกมาจะเป็นรูปคลื่นไซน์ซึ่งมี ทั้งซีกบวกและซีกลบ แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการแรงดันที่ขา ADC เฉพาะด้านที่เป็นบวกเท่านั้นจึงต้องมีวงจรกรองกระแส Output ของ Current Transformer เพื่อยกระดับแรงดันให้รูปคลื่น

4.2 การทดลองป้อนข้อมูลเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

เพื่อจะทำการวัดค่า กำลังไฟ ออกจากการได้รับข้อมูล แรงดัน และกระแส ที่ป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อมีการคำนวณจึงได้เขียนโปรแกรม ให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ MikroC เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียน Source Code และสร้างไฟล์ Hex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้โดยเฉพาะกับการป้อนงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น จะรองรับข้อมูลของ แรงดัน เท่านั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

```
void main()
{
    unsigned int result;
    unsigned char display[4];
    TRISA=0xFF;
    TRISC=0;
    Lcd_Init(&PORTD);
    Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
    Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF);
    while(1)
    {
        Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);
        result=Adc_Read(5);

        result = result * 0.00489;
        result = (result+1.5)/1.414*73.34;
        result = result*10;
        display[0]=(result/1000)+48;
        display[1]= ((result%1000)/100)+48;
        display[2]= (((result%1000)%100)/10)+48;
        display[3]='.';
        display[4]=(((result%1000)%100)%10)+48;

        //display[0]=((result%1000)/100)+48;

        Lcd_Out(1,1,"POWER = ");
        Lcd_Out_Cp(display);
        delay_ms(500);
    }
}
```

รูปที่ 28 โปรแกรมวัดแรงดันที่ป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

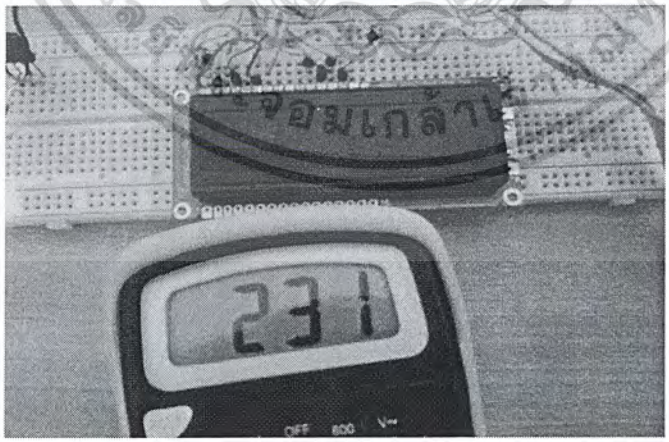
ผลการทดลอง

จากการโปรแกรมที่ป้อนเข้าไปแล้ว และให้แสดงข้อมูลของแรงดันไฟผ่านทาง LCD ก็ปรากฏว่า จะได้ค่าแรงดันไฟปรากฏที่จอ LCD ออกมาได้จริง และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการวัดไฟบ้าน กระแสสลับ ด้วยมัลติมิเตอร์โดยตรงแล้ว เป็นจำนวน 3 ครั้ง ใน 3 สถานที่ที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย ตึกภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ตึกวิศวกรรมศาสตร์12 ชั้น และหอพักของนักศึกษา ตามลำดับ มีผลก็ปรากฏดังที่เห็นในตาราง

สถานที่ทำการวัด	แรงดันไฟที่วัดโดยมัลติมิเตอร์	แรงดันไฟที่วัดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
ตึกภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์	231	233	-0.8658
ตึกวิศวกรรมศาสตร์ 12 ชั้น	230	234	-1.7391
หอพักนักศึกษา	233	235	-0.8583

ตารางที่ 2 แรงดันไฟที่วัดโดยเปรียบเทียบระหว่าง มัลติมิเตอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 29 แรงดันไฟที่วัดผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 30 แรงดันไฟที่วัดโดยเปรียบเทียบระหว่างมัลติมิเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปโครงงาน

การสร้างระบบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าระยะไกล ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ได้นั้น นอกจากจะต้องใช้ความรู้ในเชิงอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้เรียนมาตลอด 4 ปีแล้ว ก็ยังจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ อย่าง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC หรืออุปกรณ์ที่ร่วมเข้ามาอย่าง หม้อแปลง ทั้งแบบกระแส และแรงดัน การใช้งานโปรแกรมต่างๆ ที่ต้องเข้าใจอย่างลึกซึ้งขึ้นอีกขั้นหนึ่ง การเขียนโปรแกรม ที่ต้องมีการประยุกต์รูปแบบการเขียนต่างๆ อย่างหลากหลาย พร้อมทั้งทำการศึกษาในเรื่องของการรับส่งข้อมูลทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่อยู่นอกเหนือจากเรื่องที่เคยเรียนมาอีกด้วย ดังนั้นแล้วโครงงานนี้จึงมีเรื่องที่เป็นประโยชน์ต่อตัวผู้จัดทำเป็นอย่างมาก เพราะจะได้นำความรู้เหล่านี้ ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงาน ในอนาคต ได้อีกทางหนึ่ง

นอกจากนี้ โครงงานนี้ ยังจะมีส่วนช่วยทำให้เกิดการพัฒนา สร้างสรรค์ ของการวัดค่าพลังงานทางไฟฟ้า ไปอีกก้าวหนึ่ง ในภายภาคหน้า ที่จะทำให้ มนุษย์ ไม่จำเป็นต้องเดินทางไปตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าตามสถานที่ต่างๆ ที่จะเสียเวลา และเสียเงินไปโดยสิ้นเปลือง เพียงแค่เปิดหน้าเว็บไซต์ ก็สามารถตรวจเช็คการใช้ได้แล้ว ซึ่งเรื่องเหล่านี้ ผู้จัดทำเชื่อว่า จะเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นในอนาคตอย่างแน่นอน แล้วก็เชื่อว่าโครงงานนี้จะทำให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจนขึ้นมาโดยง่ายอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Mikro C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
แนะนำ mikroC

mikroC เป็นชุดซอฟต์แวร์พัฒนาโปรแกรมภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ผู้พัฒนาคือ **mikroElektronika (mikroE : www.mikroe.com)** mikroC ได้บรรจุเครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมไว้มากมาย ตัวแปลโปรแกรมภาษา C หรือ C compiler มีรูปแบบการทำงานที่เข้ากันได้กับ ANSI C มาตรฐาน มีไลบรารีรองรับการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวนมาก พร้อมทั้งตัวอย่างโปรแกรมที่ช่วยลดเวลาในการพัฒนาโปรแกรม

ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถตรวจสอบทรัพยากรของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ตลอดเวลา ซึ่งเป็นประโยชน์มากในกรณีที่ใช้รุ่นสาธิต ทั้งนี้เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้เขียนโปรแกรมยาวเกินกว่าข้อจำกัด mikroC สามารถให้ไฟล์ผลลัพธ์ .hex ด้วยการคลิกเพียงปุ่มเดียว ทำให้ลดขั้นตอนในการทำงานลงได้อย่างมาก และไฟล์ .hex สามารถนำไปใช้กับเครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มาตรฐานได้ทุกรุ่น

สำหรับในการอธิบายถึงการใช้งานและรายละเอียดของโปรแกรมทดลองจะอ้างถึง mikroC ในรุ่น 2K อันมีข้อจำกัดด้านขนาดของไฟล์หลังจากคอมไพล์หรือแปลงเป็นรหัสเครื่อง (ไฟล์นามสกุล .hex) ต้องไม่เกิน 2 กิโลเวิร์ด แต่ก็มากเพียงพอสำหรับการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการทดลองใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบื้องต้น รวมทั้งโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติขนาดเล็กได้เป็นอย่างดี

สำหรับผู้ใช้งานที่ทดลองใช้ mikroC แล้วมีความสนใจต้องการรุ่นสมบูรณ์สามารถติดต่อสั่งซื้อได้ที่เวบไซต์ของผู้ผลิต *http://www.mikroe.com*

1.1 การติดตั้ง mikroC คอมไพเลอร์ รุ่น 2K

การได้มาซึ่งไฟล์ติดตั้งของ mikroC ในรุ่นสาธิตนี้ มี 2 ทางคือ

1. จากแผ่นซีดีรอมที่จัดมาในชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC หรือชุดประกอบหุ่นยนต์ Robo-PICA ของ inex

2. ดาวน์โหลดเวอร์ชั่นใหม่ล่าสุดที่อาจมีที่ www.mikroe.com

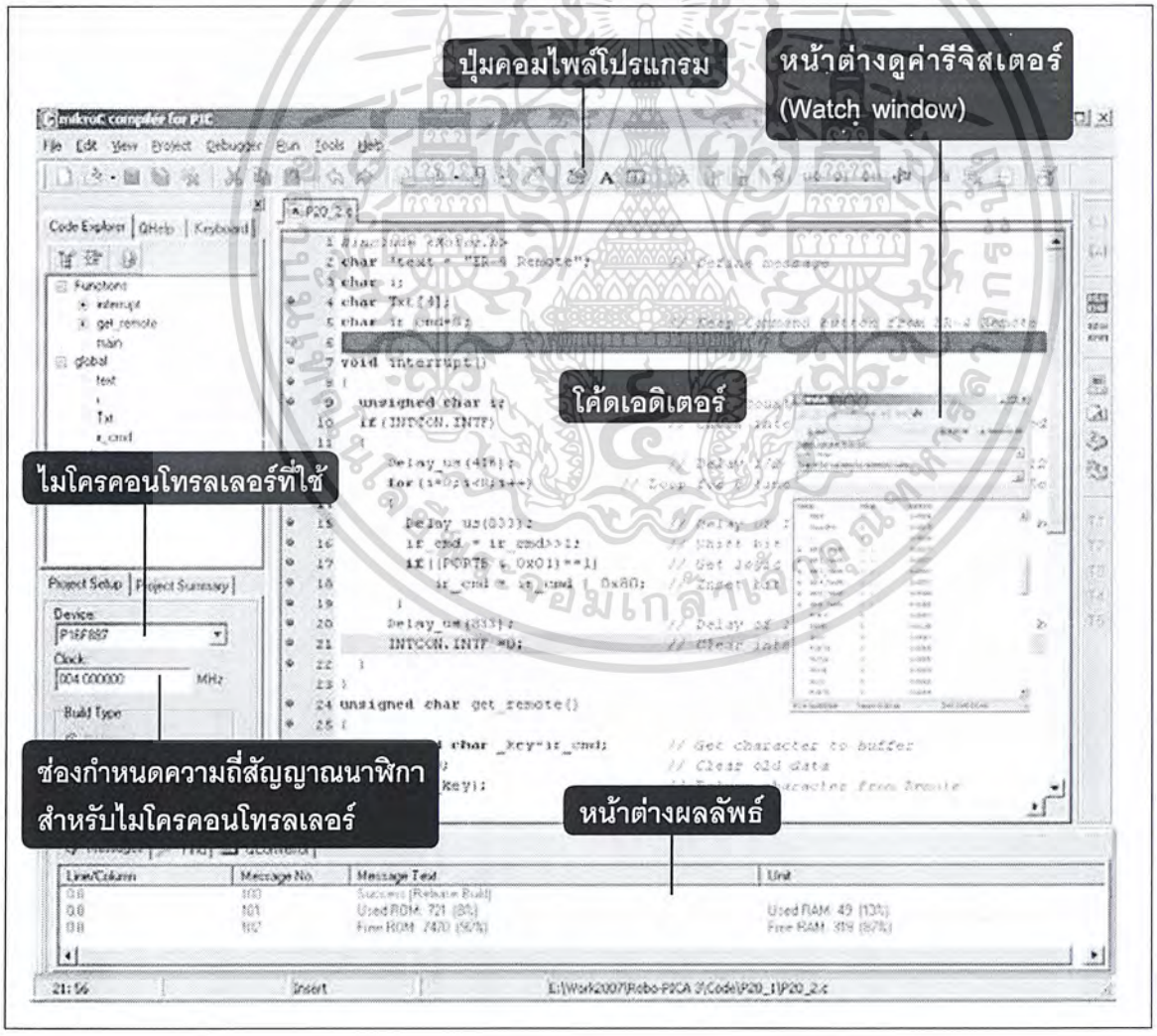
จากนั้นทำการติดตั้งเหมือนกับโปรแกรมประยุกต์ของวินโดวส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 mikroC IDE เครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรม

IDE มาจาก Integrated Development Environment หมายถึง ซอฟต์แวร์ที่รวบรวมเครื่องมือและสภาวะแวดล้อมในการพัฒนาโปรแกรมเอาไว้ในที่เดียวกัน โดยภายใน MikroC IDE ประกอบไปด้วย เครื่องมือเครื่องใช้ที่อำนวยความสะดวกดังนี้

1. โค้ดเอดิเตอร์ (Code editor) เป็นโปรแกรมเอดิเตอร์สำหรับเขียนและแก้ไขซอร์สโปรแกรมภาษา C โดยโค้ดเอดิเตอร์จะทำการแยกแยะชุดคำสั่ง, ตัวแปร, ข้อมูลตัวเลข, อักขระ และคำอธิบาย ด้วยสี (color syntax) รวมทั้งรูปแบบตัวอักษร ผู้ใช้งานสามารถเลือกปรับเปลี่ยนรูปแบบและสีสันของข้อมูลแต่ละชนิดได้เอง



รูปที่ 1-1 แสดงหน้าต่างหลักของ mikroC IDE และส่วนประกอบที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไลบรารีสำเร็จรูป ใน mikroC ได้เตรียมไลบรารีของโปรแกรมภาษา C ไว้จำนวนมาก เพื่อช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นไลบรารีเกี่ยวกับการติดต่อหน่วยความจำ การแสดงผลข้อมูล การสื่อสารข้อมูล การการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ และไบรารีสำหรับการติดต่ออุปกรณ์ภายนอก

3. เครื่องมือช่วยเขียนโปรแกรม ที่ช่วยแสดงผลโครงสร้างของโปรแกรม ตัวแปร และฟังก์ชั่นต่าง ๆ ภายในโปรแกรม

4. C คอมไพเลอร์ ใช้ในการแปลโปรแกรมภาษา C เป็นภาษาแอสเซมบลี และผนวกกับโปรแกรมแอสเซมเบลอร์เพื่อแปลโปรแกรมเป็นแมชีนโค้ดจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ Hex มาตรฐานสามารถใช้กับเครื่องโปรแกรม PIC มาตรฐานได้ทั้งหมด

5. ซิมูเลเตอร์ เป็นเครื่องมือสนับสนุนการจำลองการทำงานของโปรแกรม ใช้ดูผลการทำงานของโปรแกรมทีละสเต็ป และยังใช้ช่วยจับเวลาการทำงานของโปรแกรมทีละช่วง รวมถึงดูการเปลี่ยนแปลงของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย

6. เอกสารการใช้งานคุณภาพสูง นอกจากการใช้งานโปรแกรมที่ง่ายแล้ว mikroC ยังสนับสนุนข้อมูลเอกสารการใช้งานโปรแกรม ไลบรารีต่างๆ และตัวอย่างโปรแกรมไว้อย่างมากมาย ช่วยให้ผู้เริ่มต้นสามารถเรียนรู้การเขียนโปรแกรมภาษา C จากตัวอย่างได้ง่ายขึ้น

1.2.1 รายละเอียดของโค้ดเอดิเตอร์ (Code Editor)

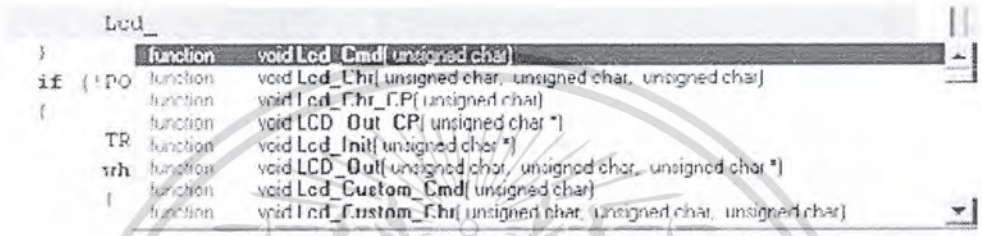
โค้ดเอดิเตอร์ของ mikroC เป็นเอดิเตอร์ที่มาพร้อมเครื่องมือช่วยในการเขียนโปรแกรม ทำให้การเขียนทำได้ง่ายขึ้นด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

- ปรับแต่งรูปแบบสีของตัวอักษรต่าง ๆ ได้
- เลือกแสดงชุดคำสั่งออกมา โดยกดปุ่ม CTRL + Space bar
- ดูรายละเอียดค่าพารามิเตอร์ของชุดคำสั่งต่างๆ ได้
- รองรับการใช้งานเทมเพลต (template) หรือการสร้างรูปแบบโค้ดอัตโนมัติได้
- ตรวจสอบและแก้ไขโค้ดที่เขียนผิดได้โดยอัตโนมัติ
- กำหนดตำแหน่งที่ต้องการกระโดดไปยังบรรทัดที่ต้องการได้
- สามารถปรับแต่งการใช้งานได้ด้วยการเลือกที่เมนู **Tools → Option** หรือคลิกปุ่มที่หน้าต่างหลักของโปรแกรมก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงชุดคำสั่ง : Code Assistant [CTRL+SPACE]

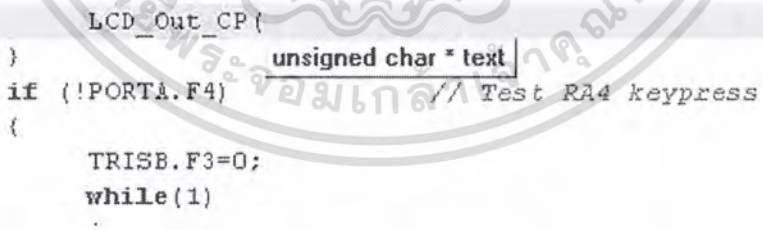
เพื่อสะดวกในการเขียนโปรแกรมหรือในบางครั้งจำชุดคำสั่งไม่ได้ ให้กดคีย์หลักของชื่อคำสั่งแล้วกดปุ่ม CTRL+ SPACE (หมายถึงกดปุ่ม Ctrl ค้างไว้แล้วตามด้วยการกดปุ่ม Space bar) คำสั่งที่มีคีย์ตัวอักษรที่เลือกไว้อยู่ด้านหน้าจะปรากฏออกมาทั้งหมด เพียงเลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังคำสั่งที่ต้องการแล้วกด Enter คำสั่งนั้นจะถูกเรียกขึ้นมาใช้งาน



จากตัวอย่างเป็นการเลือกพิมพ์คำสั่ง `Lcd` แล้วกดคีย์ CTRL และ SPACE จะปรากฏหน้าต่างของคำสั่งที่ขึ้นต้นด้วยคำว่า Lcd ขึ้นมาให้เลือก

การช่วยแสดงพารามิเตอร์ : Parameter Assistant [CTRL+SHIFT+SPACE]

สำหรับคำสั่งหรือฟังก์ชั่นในไฟล์ไลบรารีมาตรฐานของ mikroC เมื่อกำหนดชื่อฟังก์ชั่นหรือคำสั่งแล้วตามด้วยเครื่องหมายวงเล็บเปิด (หรือกดคีย์ CTRL+SHIFT+SPACE (กดคีย์ Ctrl ตามด้วย Shift และ Space bar) ค่าพารามิเตอร์ของชุดคำสั่งนั้นๆ จะถูกแสดงขึ้นมาโดยอัตโนมัติให้ใช้งานได้ทันที

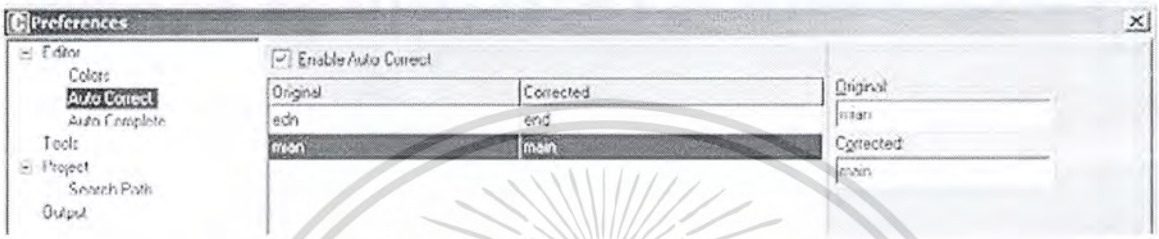


จากตัวอย่างเป็นการเลือกพิมพ์คำสั่ง `Lcd_Out_CP(` แล้วกดคีย์ CTRL+SHIFT+SPACE จะปรากฏพารามิเตอร์ `unsigned char * text` ขึ้นมาทันที เพื่อช่วยให้ผู้เขียนโปรแกรมทราบรูปแบบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของคำสั่งนี้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบและแก้ไขคำผิดอัตโนมัติ : Auto Correct

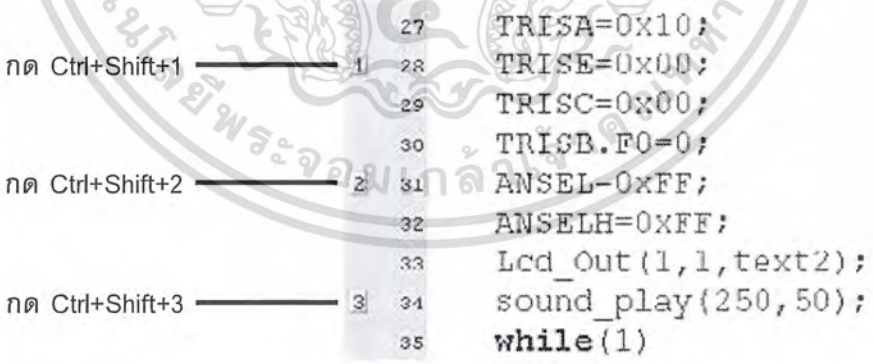
เป็นคุณสมบัติการตรวจสอบคำผิดโดยอัตโนมัติ มีการทำงานคล้ายกับ Microsoft Word และยังช่วยแก้ไขการพิมพ์คำสั่งที่ไม่ถูกต้องของผู้ใช้งาน โดยคำสั่งที่มักพิมพ์ผิดบ่อยๆ นั้น ผู้ใช้สามารถเพิ่มเติมคำสั่งได้ โดยการเลือกเมนู **Tools → Options** จากนั้นเลือกไปที่หัวข้อ **Auto Correct**



การกำหนดตำแหน่ง Bookmark

ในกรณีที่โปรแกรมมีความยาวมากๆ เพื่อให้การกระโดดไปยังตำแหน่งต่างๆ ของโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว ผู้ใช้งานสามารถกำหนดตำแหน่งบรรทัดที่ต้องการไว้ใน Bookmark ซึ่งสามารถกระโดดไปยังตำแหน่งนั้นๆ ได้อย่างรวดเร็ว

กำหนดตำแหน่ง Bookmark ทำได้โดย กดปุ่ม CTRL ตามด้วย SHIFT และคีย์ตัวเลข จากนั้นโปรแกรมจะแสดงตำแหน่ง bookmark ที่ต้องการ

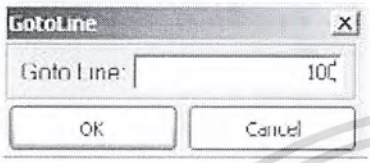


การเข้าถึงตำแหน่ง Bookmark ทำได้โดยการกดปุ่ม CTRL+ตัวเลขแสดงตำแหน่ง Bookmark

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

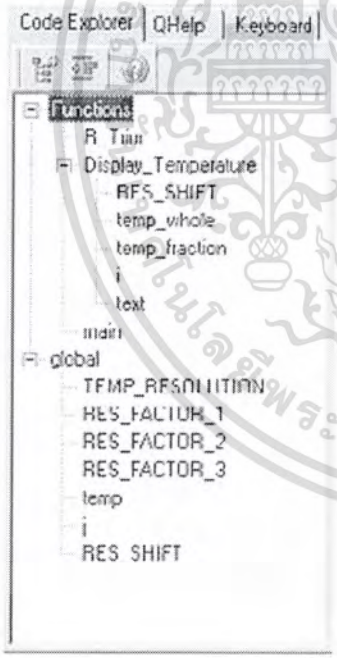
การกระโดดไปยังตำแหน่งบรรทัดที่ต้องการ : GotoLine

นอกจากการใช้ bookmark แล้ว ผู้ใช้งานยังสามารถกระโดดไปยังบรรทัดต่างๆ ของโปรแกรมได้โดยตรง ผ่านการกดคีย์ CTRL+G จะปรากฏหน้าต่าง GotoLine ขึ้นมาให้ป้อนเลขบรรทัดที่ต้องการกระโดด แล้วคลิกปุ่ม OK



Code Explorer

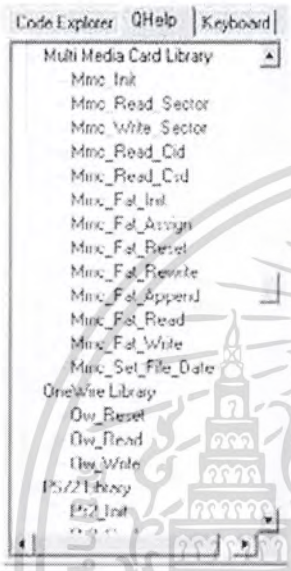
คือส่วนของหน้าต่างที่วางอยู่ทางด้านซ้ายมือของโปรแกรมใช้แสดงฟังก์ชั่นและตัวแปรที่ใช้งานอยู่ในโปรแกรมขณะนั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

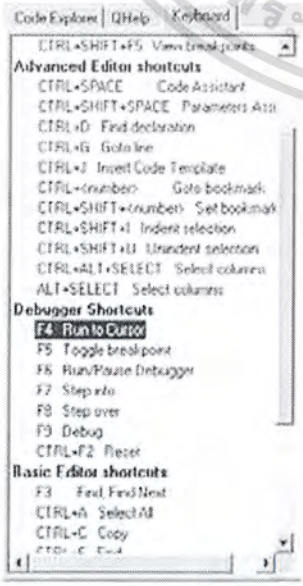
หน้าต่างของข้อมูลช่วยเหลือเร่งด่วน : Quick Help (QHelp)

ในแท็ปต่อจาก Code Explorer เป็นหน้าต่างข้อมูลช่วยเหลือ เพื่อให้ทราบถึงการใช้งานฟังก์ชั่นที่บรรจุอยู่ในโปรแกรม เช่น การเรียกใช้งานฟังก์ชั่นติดต่อหน่วยความจำ Compact Flash เป็นต้น



รายการคีย์ลัด : Keyboard Shotcut

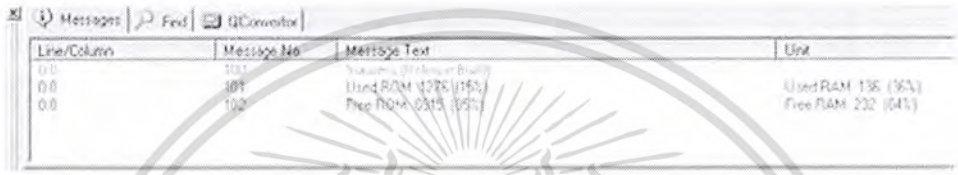
อยู่ในตำแหน่งแท็ปขวาสุดของหน้าต่าง Code Explorer เมื่อเลือกเข้ามา จะมีรายการของคีย์ลัดต่าง ๆ ที่ใช้ในโปรแกรม ช่วยให้สามารถใช้งานคำสั่งต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่างแจ้งผลลัพธ์ : Message Window

เป็นหน้าต่างสำหรับแสดงผลลัพธ์จากการคอมไพล์ ถ้าการคอมไพล์มีข้อผิดพลาด หน้าต่างนี้จะแสดงข้อผิดพลาดด้วยอักษรสีแดง ในกรณีไม่ผิดพลาด หน้าต่างนี้จะแสดงข้อความสีม่วง พร้อมทั้งแจ้งขนาดหน่วยความจำที่ใช้ไป กรณีมีข้อผิดพลาดโปรแกรมจะไม่สร้างไฟล์ hex ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงบรรทัดที่เกิดความผิดพลาดได้โดยการดับเบิลคลิกที่บรรทัดที่แสดงข้อผิดพลาด โปรแกรมจะกระโดดไปยังตำแหน่งที่เกิดข้อผิดพลาดทันที



1.2.2 เครื่องมือพิเศษช่วยในการพัฒนาโปรแกรม

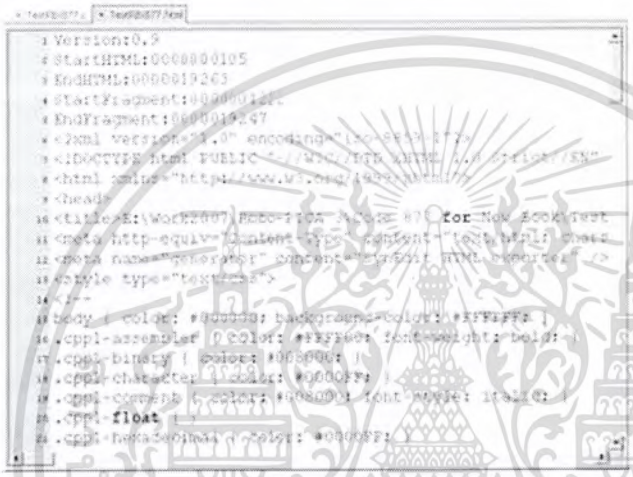
1.2.2.1 ตารางรหัสแอสกี้ (ASCII Chart)

เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับตัวอักษร หรือการจัดการข้อมูลแบบ String โดยตารางแอสกี้นี้ช่วยให้ผู้เขียนโปรแกรมทราบถึง ค่าข้อมูลรหัสแอสกี้ของตัวอักษรหรือตัวเลข ที่นิยมใช้มาก คือ การเขียนข้อมูลไปแสดงผลที่โมดูล LCD เป็นต้น การเรียกใช้งานตารางแอสกี้จะเรียกจากเมนู **Tools → Ascii Chart**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

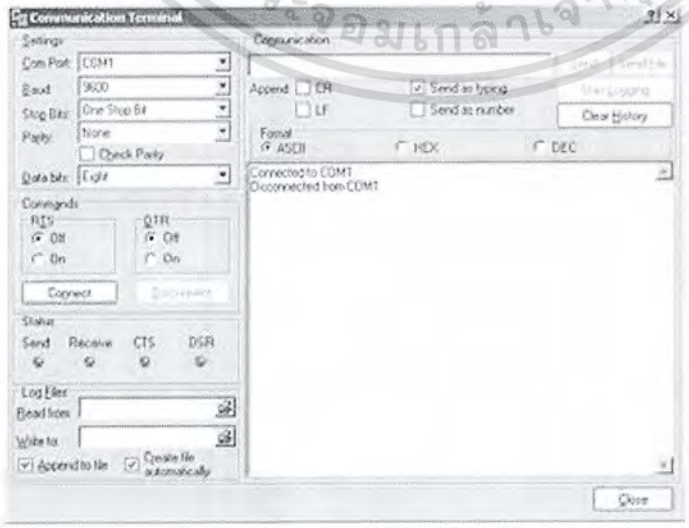
1.2.2.2 แปลโค้ดโปรแกรมเป็น HTML (Export Code to HTML)

หากมีความต้องการการนำเสนอซอร์สโปรแกรมบน Blog หรือบนเวปไซต์นั้น ถ้าทำการคัดลอกเฉพาะโค้ดที่เป็นข้อความไปอย่างเดียวนั้น อาจให้ความสมบูรณ์ได้ไม่เท่ากับที่แสดงในหน้าต่าง Code Editor ดังนั้นถ้าต้องการให้เวปไซต์แสดงซอร์สโปรแกรมที่มีรูปแบบเหมือนกับในโค้ดเอดิเตอร์ สามารถเรียกใช้งานเครื่องมือตัวนี้ได้โดยไปที่เมนู **Tools → Export Code to HTML**



1.2.2.3 หน้าต่างสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม : USART Terminal

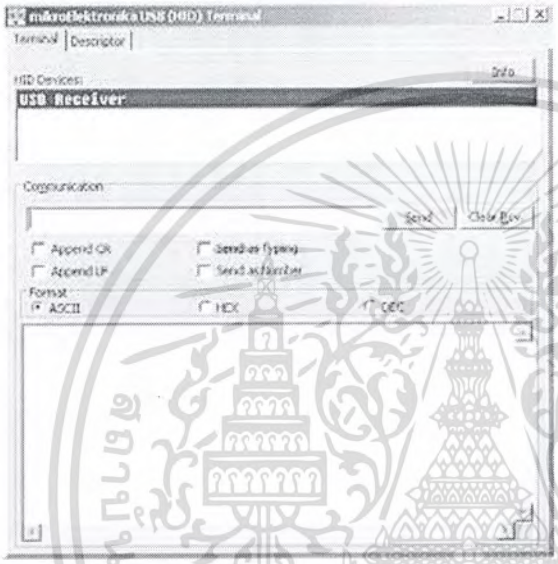
เครื่องมือเพื่อช่วยรับและส่งข้อมูลอนุกรมระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์ การเรียกใช้งานทำได้โดยไปที่เมนู **Tools → USART Terminal** หรือกดปุ่ม Ctrl+T ก็ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

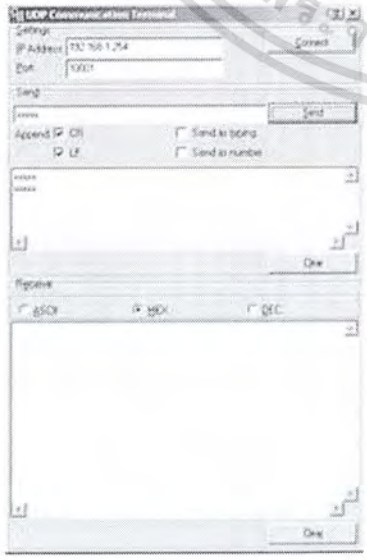
1.2.2.4 หน้าต่างสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ต USB ในโหมด HID : HID Terminal

เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยในการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ต USB ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC บางเบอร์จะมีโมดูล USB ติดตั้งอยู่ เช่น PIC18F4550 เป็นต้น การเรียกใช้งานจะต้องไปที่เมนู **Tools → HID Teminal**



1.2.2.5 หน้าต่างสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเน็ตเวิร์ก : UDP Terminal

เป็นเครื่องมือรับส่งแพ็กเก็ตข้อมูลในระบบเน็ตเวิร์ก โดยไปที่เมนู **Tools → UDP Terminal**



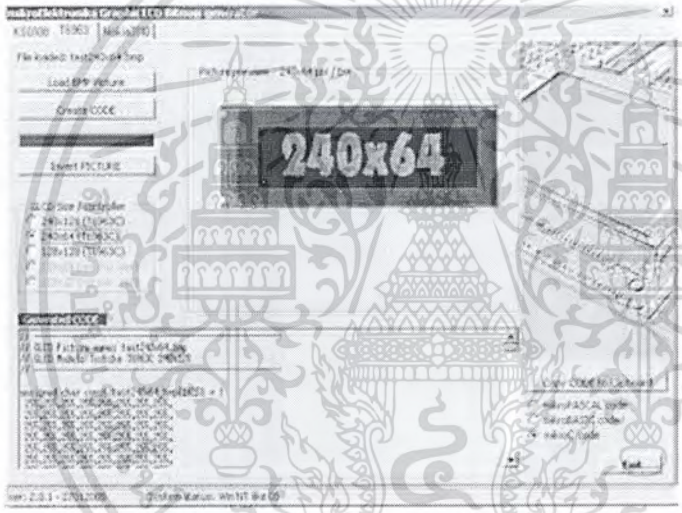
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2.6 หน้าต่างสื่อสารข้อมูลกับการ์ดหน่วยความจำ : MMC Card Terminal

เป็นเครื่องมือสำหรับการอ่านและเขียนการ์ดหน่วยความจำชนิด MMC ผ่านการสื่อสารอนุกรม การเรียกใช้งานจะต้องไปที่เมนู **Tools → MMC Card Terminal**

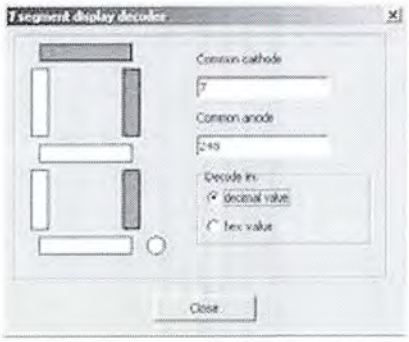
1.2.2.7 โปรแกรมกำหนดจุดภาพสำหรับโมดูลกราฟิก LCD : GLCD Bitmap Editor

เป็นเครื่องมือช่วยกำหนดข้อมูลการสร้างภาพให้กับกราฟิก LCD ไปเป็นโค้ดภาษา C สามารถใช้งานกับกราฟิก LCD หลายเบอร์ อาทิ KS0108, T6963 หรือกราฟิก LCD ของโทรศัพท์ Nokia3110 การเรียกใช้งานจะต้องเข้าไปที่เมนู **Tools → GLCD Bitmap Editor**



1.2.2.8 โปรแกรมกำหนดข้อมูลสำหรับ LED ตัวเลข 7 ส่วน : Seven Segment Decoder

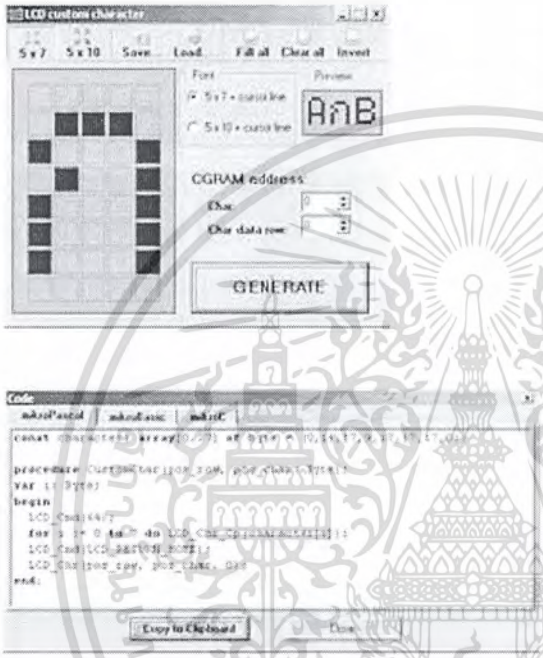
เป็นเครื่องมือช่วยกำหนดข้อมูล 1 ไบต์สำหรับการแสดงผลของ LED ตัวเลข 7 ส่วน การเรียกใช้งานจะต้องเข้าที่เมนู **Tools → Seven Segment Decoder**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

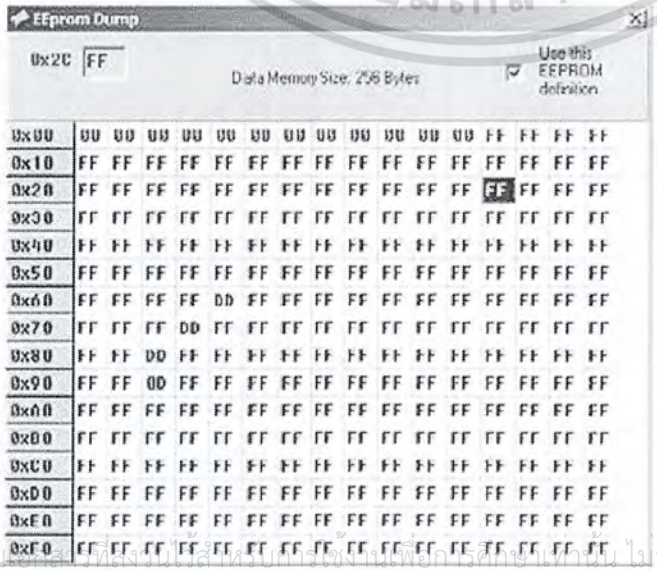
1.2.2.9 โปรแกรมสร้างตัวอักษรเฉพาะสำหรับโมดูล LCD : LCD Custom Charactor

เป็นเครื่องมือช่วยสร้างตัวอักษรพิเศษให้กับโมดูล LCD แบบตัวอักษร โดยเมื่อสร้างตัวอักษรเสร็จเรียบร้อยแล้วกดปุ่ม Generate โปรแกรมจะสร้างโค้ดให้โดยอัตโนมัติ การเรียกใช้งานจะต้องเข้าที่เมนู **Tools → LCD Custom Charactor**



1.2.2.10 หน้าต่างหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม : EEPROM Editor

ใช้แสดงค่าและแก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เริ่มต้นใช้งาน mikroC

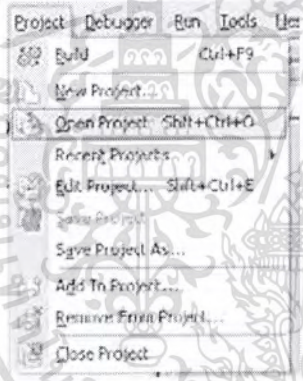
1.3.1 ใช้งานจากตัวอย่าง

mikroC เตรียมตัวอย่างการเขียนโปรแกรมพื้นฐานมาให้ผู้ใช้งานทดลองหลายโปรแกรม โดยหลังจากติดตั้งโปรแกรม mikroC แล้ว ตัวอย่างโปรแกรมต่างๆ จะเก็บอยู่ในโฟลเดอร์ ***C:\Program Files\Mikroelektronika\mikroC\Examples\EasyPic4***

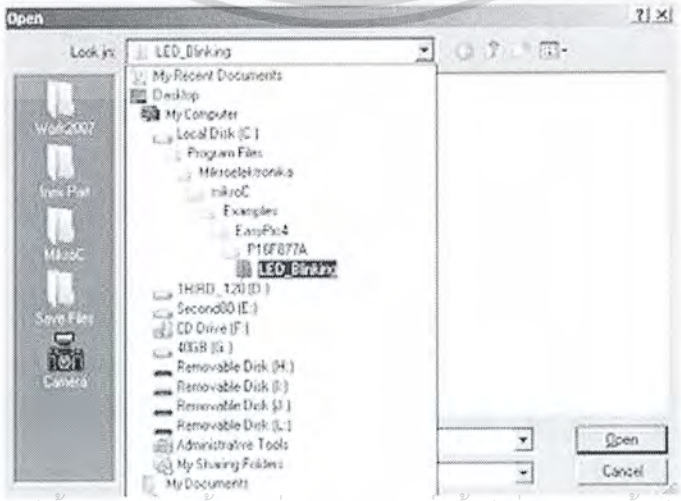
สำหรับไฟล์โปรเจ็กต์แรกที่จะเปิดขึ้นเป็นตัวอย่างนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877A ซึ่งก็คือ ไฟล์ของโปรแกรมไฟกะพริบ (LED Blinking)

ขั้นตอนการเปิดตัวอย่างโปรเจ็กต์ขึ้นมาใช้งาน มีขั้นตอนดังนี้

(1) เปิดโปรแกรม mikroC แล้วไปที่เมนู **Project → Open Project**

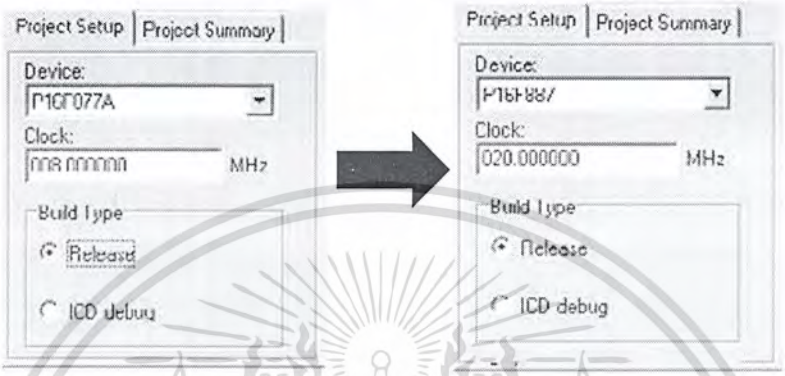


(2) ที่หน้าต่าง Open เลือกโฟลเดอร์ ***C:\Program Files\Mikroelektronika\mikroC\Examples\EasyPic4\P16F877A\LED_Blinking*** เรียกเปิดไฟล์ ***LED_Blinking.ppc***



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ที่หน้าต่าง Project Setup (บริเวณด้านซ้ายของจอภาพ) จะแสดงเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ที่เลือกใช้ พร้อมทั้งความถี่สัญญาณนาฬิกา สามารถเปลี่ยนเป็นเบอร์อื่นที่ต้องการได้ จากรูปเป็นการเลือกเปลี่ยนเป็นเบอร์ PIC16F887 และความถี่สัญญาณนาฬิกา (Clock) เท่ากับ 20MHz



(4) ที่หน้าต่างแก้ไขโปรแกรมหรือ Code Editor จะแสดงรายละเอียดของซอร์สโปรแกรม LED_Blinking.c ดังแสดงในโปรแกรมที่ 1-1

```
/*
 * Project name:
     LED_Blinking (Simple 'Hello World' project)
 * Copyright:
     (c) Mikroelektronika, 2005.
 * Description:
     This is a simple project. It turns on/off diodes connected to
     PORTC. It uses bitwise negation to toggle PORTB pins.
 * Test configuration:
     MCU:            PIC16F877A
     Dev.Board:      EasyPIC4
     Oscillator:     HS, 08.0000 MHz
     Ext. Modules:   -
     SW:             mikroC v7.0
 * NOTES:
     None.
*/
void main() {
   PORTC = 0;
   TRISC = 0;
   while(1) {
     PORTC =  ~PORTC;
     Delay_ms(1000);
   }
}
```

การทำงานของโปรแกรม

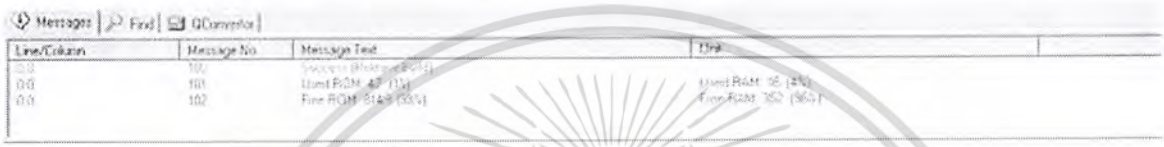
เริ่มต้นด้วยการกำหนดให้พอร์ต C เป็นเอาต์พุต แล้วหน่วงเวลา 500 ไมโครวินาที จากนั้นสั่งให้โปรแกรมทำงานในลูป While(1) เพื่อกลับสถานะลอจิกที่เอาต์พุตของพอร์ต C แล้วหน่วงเวลา 100 ไซเกิล

โปรแกรมที่ 1-1 ตัวอย่างโปรแกรมภาษา C ของไฟล์ LED_Blinking.c ที่ทำงานบน mikroC คอมไพเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) ทำการคอมไพล์ซอร์สโค้ดภาษา C ให้เป็นภาษาเครื่อง (.hex) โดยกดคีย์ CTRL+F9 หรือคลิกที่ไอคอน ที่บริเวณแถบด้านบนของโปรแกรม หรือไปที่เมนู Project แล้วเลือกคำสั่ง Build ก็ได้

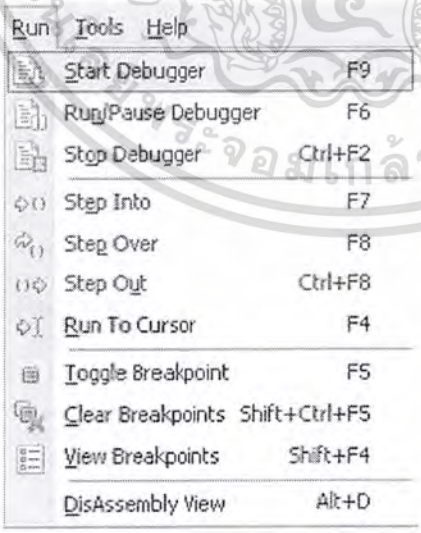
(6) หลังจากคอมไพล์ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงที่หน้าต่าง Messages ด้านล่างของโปรแกรม ซึ่งถ้าไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ หน้าต่าง Messages จะแสดงข้อความ Success สีเขียว และแสดงจำนวนหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำ RAM ที่ถูกใช้งาน



1.3.2 ตรวจสอบผลการทำงานของโปรแกรมผ่าน Debugger

โปรแกรม Debugger ของ mikroC ทำงานเหมือนกับการจำลองการทำงานหรือซิมูเลเตอร์ เพื่อดูผลการเปลี่ยนแผลงที่รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไม่จำเป็นต้องดาวน์โหลดโปรแกรมไปรันให้ทำงานจริง มีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

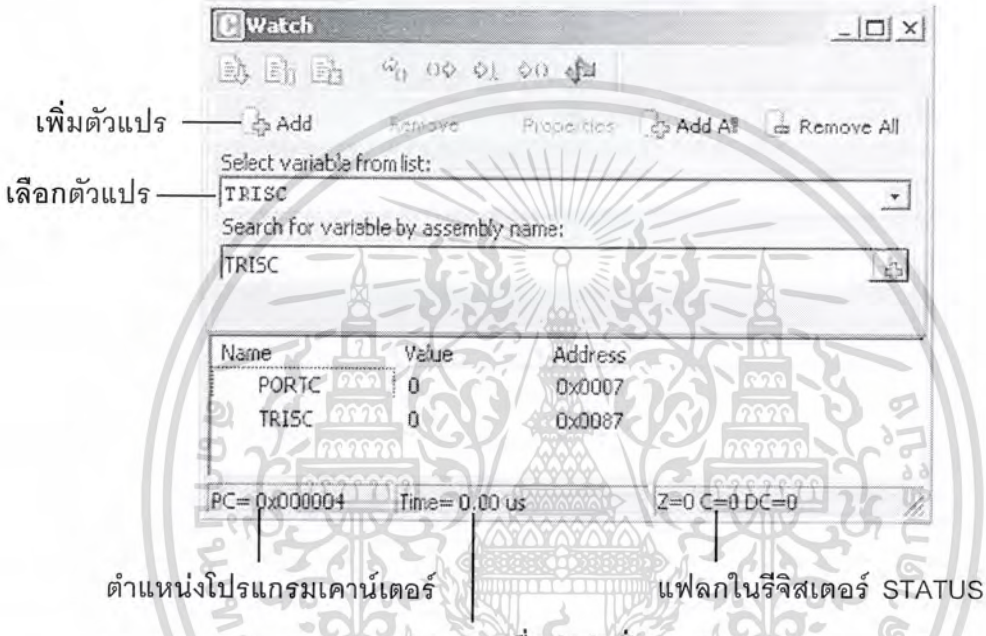
(1) ไปที่ **เมนู RUN เลือกคำสั่ง Start Debugger** หรือคลิกปุ่ม บริเวณแถบเครื่องมือด้านบนของโปรแกรม หรือกด**คีย์ F9** เพื่อเริ่มต้นเปิดหน้าต่าง Debugger



หมายเหตุ *ก่อนการใช้ Debugger หรือจำลองการทำงาน ต้องทำการคอมไพล์โปรแกรมก่อนเสมอ*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) โปรแกรมจะเปิดหน้าต่าง Watch ขึ้นมา เพื่อดูค่าตัวแปรต่างๆ ผ่านหน้าต่าง Watch Window โดยจะต้องเลือกรีจิสเตอร์ที่ต้องการตรวจสอบค่าเสียก่อน สำหรับโปรแกรม LED_Blinking รีจิสเตอร์ที่ใช้งานคือ **PORTC** และ **TRISC** บริเวณแถบแสดงสถานะจองหน้าต่าง Watch จะแสดงตำแหน่งของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (ขณะซิมูเลเตอร์โปรแกรม) แสดงเวลาที่ใช้เมื่อทำคำสั่ง (Stop watch) และแฟลกแสดงสถานะ (รีจิสเตอร์ Stutus)



(3) ในการจำลองการทำงานสามารถใช้ปุ่มต่างๆ ที่อยู่บริเวณด้านบนของหน้าต่าง Watch ในการดูผลการทำงานได้ หรือกดปุ่มคีย์ลัดดังนี้

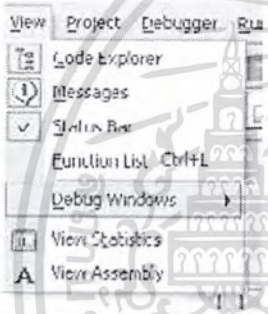
F4 หรือ	รันโปรแกรมที่ตำแหน่งเคอร์เซอร์ปรากฏอยู่
F5 หรือ	กำหนด/ยกเลิกจุดเบรก
F6 หรือ	รัน/หยุดชั่วคราวการจำลองการทำงาน
F7 หรือ	รันเป็นสเต็ปโดยเข้าไปในโปรแกรมย่อย
F8 หรือ	รันเป็นสเต็ป โดยไม่เข้าไปในโปรแกรมย่อย
Ctrl+F8 หรือ	รันเป็นสเต็ปจนออกจากโปรแกรมย่อย
F9 หรือ	เปิดการจำลองการทำงานหรือซิมูเลเตอร์
Ctrl+F2 หรือ	ปิดการจำลองการทำงานหรือซิมูเลเตอร์
Alt+D	แสดงหน้าต่างดิสแอสเซมเบลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

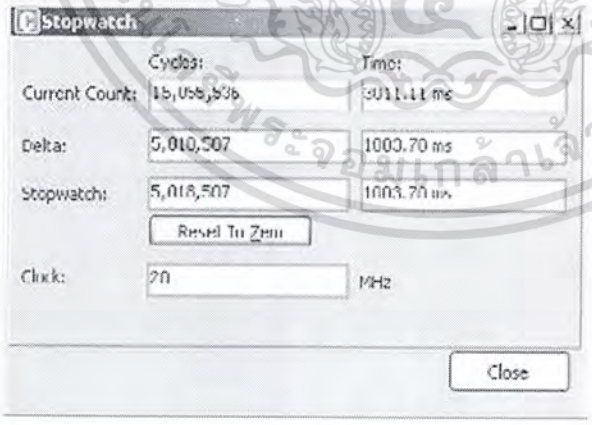
(4) คลิกที่ปุ่ม หรือ**กดปุ่ม F8** เพื่อรันโปรแกรมให้ทำงานแบบสเต็ป แต่ไม่เข้าไปดูการทำงานในโปรแกรมย่อย กดปุ่ม F8 ไปเรื่อยๆ จนถึงคำสั่ง `PORTC = ~PORTC;` สังเกตค่าของ PORTC ว่า *มีการเปลี่ยนแปลง โดยถ้าค่าเดิมเป็น 0x00 จะเปลี่ยนเป็น 0xFF และถ้าค่าเดิมเป็น 0xFF จะเปลี่ยนเป็น 0x00*

1.3.3 การตรวจวัดค่าไซเกิลการทำงานด้วย Stopwatch

เลือกที่เมนู **View → Debug WindowsView → Clock** จะเป็นการเปิดหน้าต่าง Stopwatch เพื่อใช้ดูค่าเวลาที่ใช้ในการทำคำสั่งหรือฟังก์ชั่นจากการรันแบบทีละสเต็ป หรือจากรันไปหยุดที่ตำแหน่ง Breakpoint (กำหนดตำแหน่งหยุดการทำงานของโปรแกรม ในโหมดซิมูลเลเตอร์)



โดยในหน้าต่าง Stopwatch แสดงข้อมูลดังนี้



1. **Current Count** แสดงจำนวนไซเกิลการทำงานและเวลาที่ใช้ตั้งแต่เปิดหน้าต่าง Debug
2. **Delta** เป็นการแสดงจำนวนไซเกิลของคำสั่งหรือฟังก์ชั่นที่เพิ่งรันให้ทำงานไปล่าสุด
3. **Stopwatch** เป็นการแสดงจำนวนไซเกิลการทำงานและเวลาที่ใช้ หลังจากกดปุ่ม Reset to Zero

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **Clock** เป็นหน้าต่างสำหรับกำหนดค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นค่าเดียวกับค่าที่กำหนดในไฟล์โปรเจ็กต์ก็ได้ *โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ในหน้าต่าง Stopwatch จะไม่มีผลกับการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ในไฟล์โปรเจ็กต์*

5. **ปุ่ม** Reset To Zero ใช้เพื่อรีเซตนาฬิกาจับเวลาให้กลับไปเริ่มนับที่ 0 (แต่จะไม่มีผลกับค่า Current Count) ใช้สำหรับการจับเวลาเฉพาะฟังก์ชั่นที่ต้องการ

ค่าที่แสดงจะแสดงทั้งในรูปแบบของไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และคาบระยะเวลาที่ใช้ในการทำคำสั่งหรือฟังก์ชั่น

หลังจากรู้จักกับส่วนประกอบของหน้าต่าง Stopwatch แล้วต่อไปเป็นการทดลองรันโปรแกรมแบบซิงเกิลสเต็ป เพื่อดูจำนวนไซเกิลและคาบเวลาที่โปรแกรมใช้ โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

(1) กำหนดสัญญาณนาฬิกา (Clock) เท่ากับ 20 MHz

(2) เคลียร์ค่าไซเกิลและคาบเวลา โดยคลิกที่ปุ่ม Reset To Zero

(3) คลิกที่ปุ่ม **Step Over** หรือกดปุ่ม F8 หนึ่งครั้ง เป็นการทำคำสั่ง `PORTC = 0` ซึ่งเวลาที่ Stopwatch ใช้เท่ากับ 3 ไซเกิล

(4) คลิกที่ปุ่ม **Step Over** อีกครั้ง เป็นการทำคำสั่ง `TRISC = 0` สังเกตที่หัวข้อ Delta ค่าจะมีค่าเท่า 2 ไซเกิล แสดงว่าคำสั่ง TRISC = 0 ใช้คาบเวลา 2 ไซเกิลแต่ค่าระยะเวลาของ Stopwatch จะมีค่าเท่ากับ 5 เนื่องจากเป็นการรวมคำสั่งก่อนหน้านี้เข้าไปด้วย

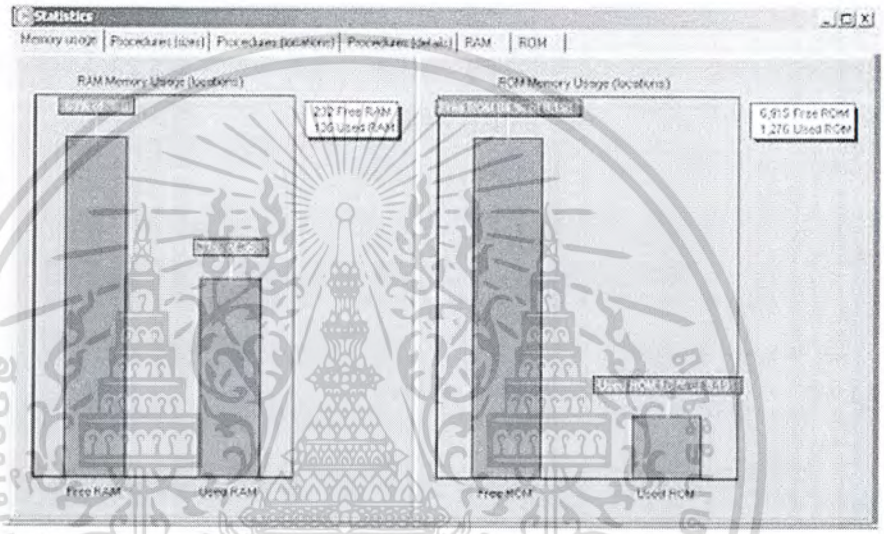
(5) คลิกที่ปุ่ม **Step Over** อีกครั้ง จะเป็นการทำฟังก์ชั่นหน่วงเวลา 1 วินาที ในกรณีที่ใช้ Step Over โปรแกรมจะไม่เข้าไปแสดงการทำงานในฟังก์ชั่นนั้น แต่จะแสดงค่าจำนวนไซเกิลของฟังก์ชั่น Delay_ms(1000) ออกมา (อาจต้องใช้เวลารอสักครู่) *ผลลัพธ์ที่ได้คือ 5,018,507 ไซเกิล หรือเป็นระยะเวลา 1003.70 มิลลิวินาที หรือ 1 วินาทีพอดี*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

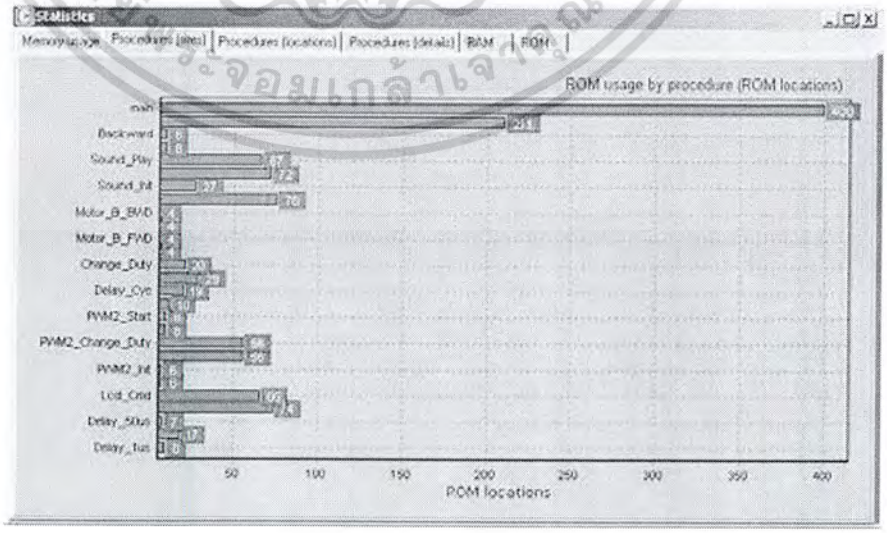
1.4 หน้าต่างแสดงสถิติการใช้หน่วยความจำ

หลังจากคอมไพล์โปรแกรมแล้ว ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูสถิติต่างๆ อันประกอบไปด้วย

1. **Memory usage** แสดงการใช้งานหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำ RAM ซึ่งจะแสดงทั้งปริมาณหน่วยความจำที่ว่างอยู่และหน่วยความจำที่ใช้ไป

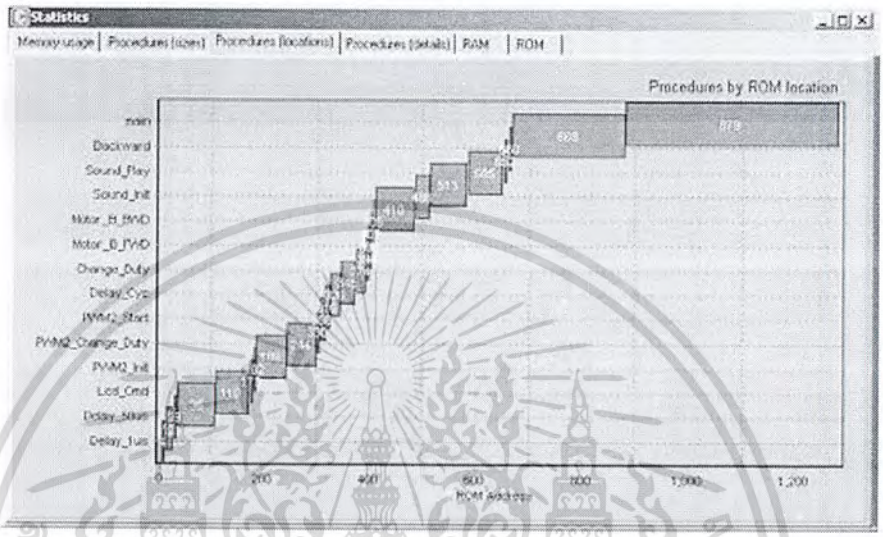


2.**Procedures (sizes)** แสดงปริมาณการใช้หน่วยความจำแบ่งตามฟังก์ชั่นที่เรียกใช้

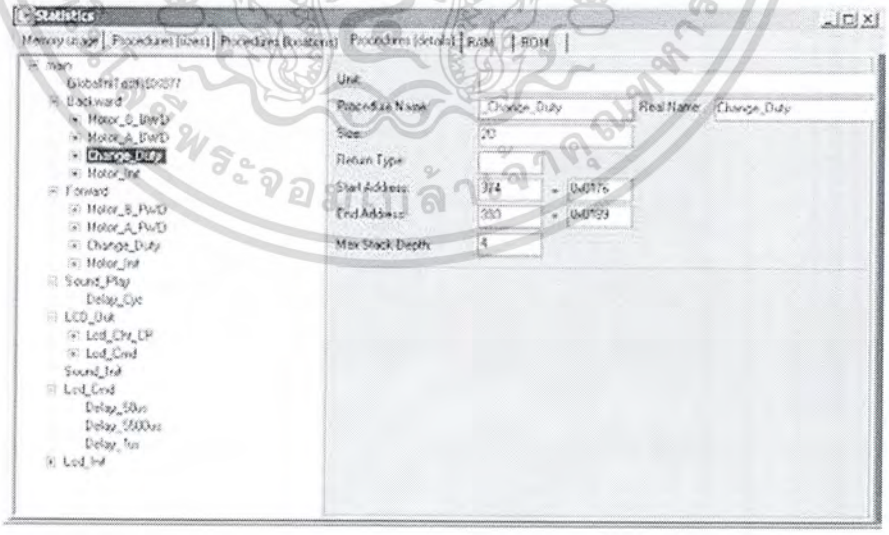


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.**Procedures (locations)** แสดงตำแหน่งการใช้งานหน่วยความจำโปรแกรมของฟังก์ชั่นต่าง ๆ ภายในโปรแกรม รวมถึงปริมาณการใช้หน่วยความจำในแต่ละฟังก์ชั่นด้วย

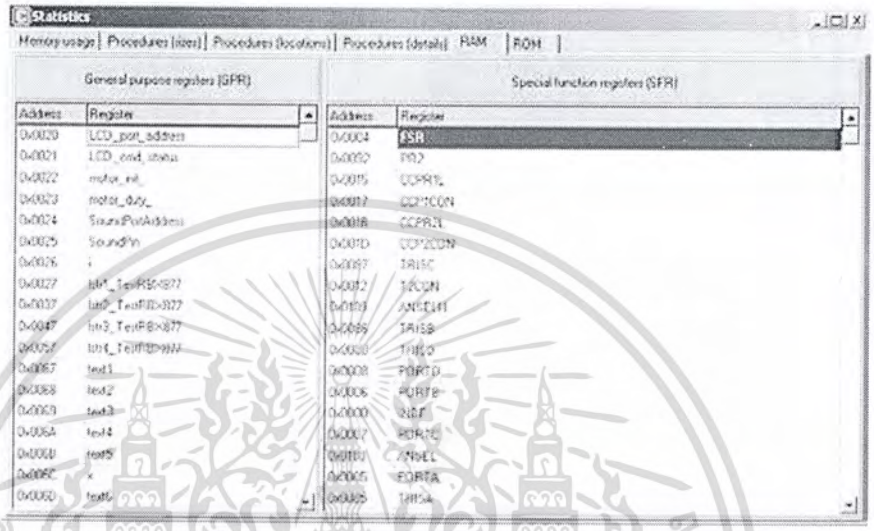


4.**Procedures (details)** แสดงรายละเอียดของฟังก์ชั่นต่างๆ โดยมีการระบุตำแหน่งแอดเดรสเริ่มต้นและสิ้นสุดของฟังก์ชั่น

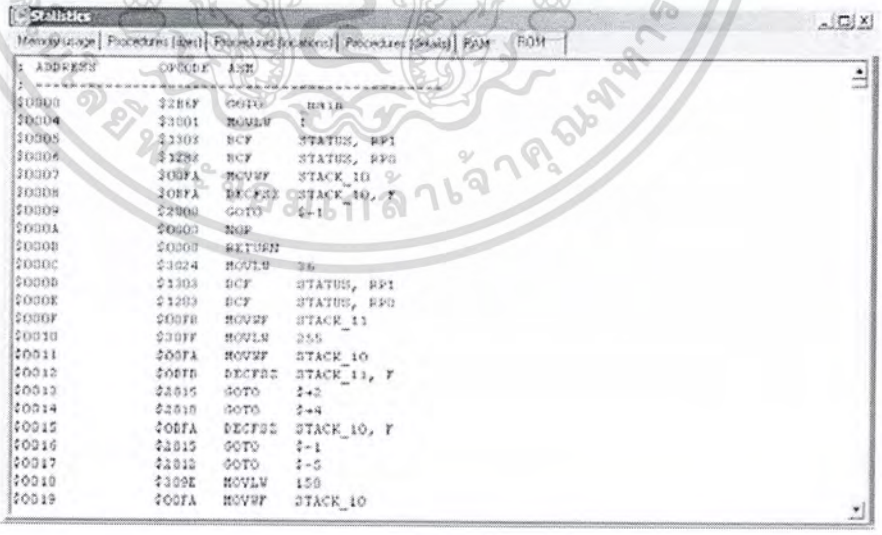


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.**RAM** เป็นการแสดงรายละเอียดของหน่วยความจำ RAM และรีจิสเตอร์ต่างๆ โดยแสดงชื่อและตำแหน่งแอดเดรสของรีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านั้น



6.**ROM** เป็นหน้าต่างแสดงรายละเอียดโปรแกรมภาษาแอสแซมบลีที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ทดสอบการทำงานทางฮาร์ดแวร์

ในการทดสอบการทำงานของโปรแกรมภาษา C ที่เขียนขึ้นเพื่อให้เห็นผลการทำงานจริงๆ ทางฮาร์ดแวร์ จะต้องมีการดาวน์โหลดไฟล์ .hex ซึ่งเป็นไฟล์ผลลัพธ์ของ mirkoC คอมไพเลอร์ไปยังหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ดังนั้นในการทดสอบนี้จะมีเครื่องมือ 2 ตัวที่เกี่ยวข้องคือ ฮาร์ดแวร์สำหรับโปรแกรมและทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และซอฟต์แวร์สำหรับการดาวน์โหลดโปรแกรม

ฮาร์ดแวร์ที่แนะนำในหนังสือเล่มนี้ประกอบด้วย

1. บอร์ดสำหรับโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC/dsPIC ผ่านพอร์ต USB ชื่อรุ่น PX-200 ของบริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด (www.inex.co.th)

2. บอร์ดทดลองรุ่น NX-877 plusII สำหรับกรณีต้องการทดลองทั่วไป ปกติติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F877A ไว้ แต่สามารถเปลี่ยนเป็นเบอร์ PIC16F887 หรือ 18F4xxx ในรุ่น 40 ขาได้

3. RBX-877 V2.0 บอร์ดควบคุมหุ่นยนต์ Robo-PICA ที่ติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 แต่สามารถเปลี่ยนเป็นเบอร์ PIC16F877A หรือ 18F4xxx ในรุ่น 40 ขา ได้

ส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้คือ PICkit2™ Programming Software ของ Microchip ผู้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีที่ www.microchip.com

1.5.1 การติดตั้งซอฟต์แวร์ PICkit2™ Programming software

PICkit2™ Programming Software เป็นซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และ dsPIC แบบแฟลชที่ต้องทำงานร่วมกับเครื่องโปรแกรม PICkit2™ ของ Microchip หรือเครื่องโปรแกรมอื่นที่มีการทำงานตรงกัน ในที่นี้เลือกใช้บอร์ดโปรแกรมรุ่น PX-200 ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยบริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด จากข้อมูลที่เผยแพร่สู่สาธารณะของเครื่องโปรแกรม PICkit2™ โดย Microchip สำหรับการโปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ของบอร์ด PX-200 จะเป็นแบบโปรแกรมในวงจรผ่านทางแจ๊ก ICD2

1.5.1.1 ติดตั้งจากแผ่นซีดีรอมที่มากับชุด PX-200

ซอฟต์แวร์ที่ใช้กับ PX-200 คือ PICkit2™ Programming Software โดยในเวอร์ชันใหม่ๆ นั้นพัฒนามาจาก Microsoft .NET ดังนั้นการติดตั้งโปรแกรมเพื่อใช้งาน ผู้ใช้งานต้องมีการติดตั้ง Microsoft .NET Framework เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) กรณีที่คอมพิวเตอร์ไม่มีการติดตั้ง Microsoft .NET Framework มาก่อน

ติดตั้ง Microsoft .NET Framework โดยเลือกติดตั้งจากโฟลเดอร์ PICkit 2 Setup v2.01 dotNET → dotnetfx ในแผ่นซีดีรอม ดับเบิลคลิกที่ไฟล์ dotnetfx.exe จะใช้เวลาในการติดตั้งครู่หนึ่ง จากนั้นจึงติดตั้งโปรแกรม PICkit2™ Programming Software โดยเลือกไฟล์ PICkit2Setup.msi

(ข) กรณีที่คอมพิวเตอร์มีการติดตั้ง Microsoft .NET Framework แล้ว

ติดตั้งโปรแกรม PICkit2™ Programming Software โดยเข้าไปที่โฟลเดอร์ PICkit 2 Setup v2.01 ในแผ่นซีดีรอม ดับเบิลคลิกที่ไฟล์ PICkit2Setup.msi

1.5.1.2 ติดตั้งจากไฟล์ที่ดาวน์โหลดจากเวบไซต์ของ Microchip

เข้าไปยังเวบไซต์ของ Microchip ที่ www.microchip.com เลือกหัวข้อ Development tools → Pickit 2 Programmer/Debugger

(ก) กรณีที่คอมพิวเตอร์ไม่มีการติดตั้ง Microsoft .NET Framework มาก่อน

ให้ดาวน์โหลดไฟล์จากหัวข้อ PICkit2V2.01 Install with .NET Framework จะได้ไฟล์ PICkit 2 Setup v2.01 dotNET.zip (ตัวเลขเวอร์ชันอาจเปลี่ยนแปลงตามรุ่นที่มีการปรับปรุงล่าสุด) แล้วทำการขยายไฟล์ที่ดาวน์โหลดมา เก็บไว้ในโฟลเดอร์ PICkit 2 Setup v2.01 dotNET จากนั้นเข้าไปในโฟลเดอร์ PICkit 2 Setup v2.01 dotNET → dotnetfx เลือกดับเบิลคลิกที่ไฟล์ dotnetfx.exe จะใช้เวลาในการติดตั้งครู่หนึ่ง จากนั้นจึงทำการติดตั้งโปรแกรม Pickiit2™ Programming Software โดยเข้าไปแล้วดับเบิลคลิกที่ไฟล์ PICkit2Setup.msi

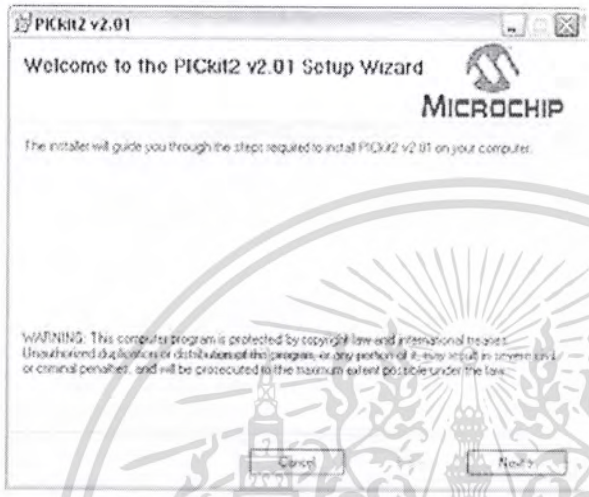
(ข) กรณีที่คอมพิวเตอร์มีการติดตั้ง Microsoft .NET Framework แล้ว

ให้ดาวน์โหลดไฟล์จากหัวข้อ PICkit2V2.01 Install จะได้ไฟล์ PICkit 2 Setup v2.01.zip (ตัวเลขเวอร์ชันอาจเปลี่ยนแปลงตามรุ่นที่มีการปรับปรุงล่าสุด) แล้วทำการขยายไฟล์ที่ดาวน์โหลดมาเก็บไว้ในโฟลเดอร์ PICkit 2 Setup v2.01 จากนั้นเข้าไปในโฟลเดอร์ เลือกดับเบิลคลิกที่ไฟล์ PICkit2Setup.msi เพื่อเริ่มต้นติดตั้งโปรแกรม

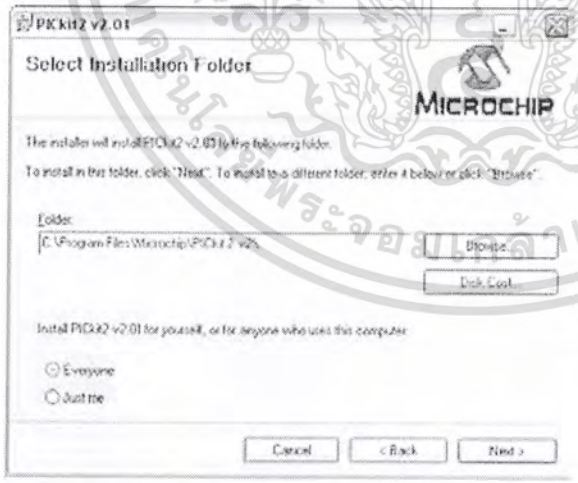
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.1.3 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

(1) ดับเบิลคลิกไฟล์ติดตั้ง PICkit2Setup.msi จะปรากฏหน้าต่างเริ่มการติดตั้ง คลิกปุ่ม Next



(2) จะปรากฏหน้าต่างแจ้งตำแหน่งโฟลเดอร์ที่จะทำการติดตั้ง หากไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งโฟลเดอร์ให้คลิกปุ่ม Next เพื่อผ่านขั้นตอนนี้ไป

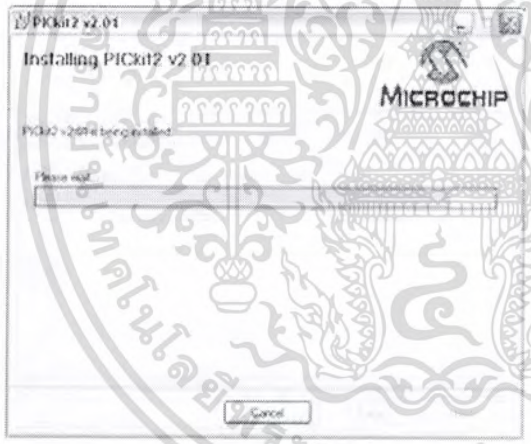


(3) จะปรากฏหน้าต่างแจ้งยืนยันการติดตั้งโปรแกรม คลิกปุ่ม Next เพื่อตอบตกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) หน้าต่างแจ้งลิขสิทธ์ซอฟต์แวร์ปรากฏขึ้น คลิก I agree เพื่อตอบรับ จากนั้นคลิกปุ่ม Next

(5) หน้าต่างแจ้งสถานะการติดตั้งโปรแกรมปรากฏขึ้น รอจนกระทั่งการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์

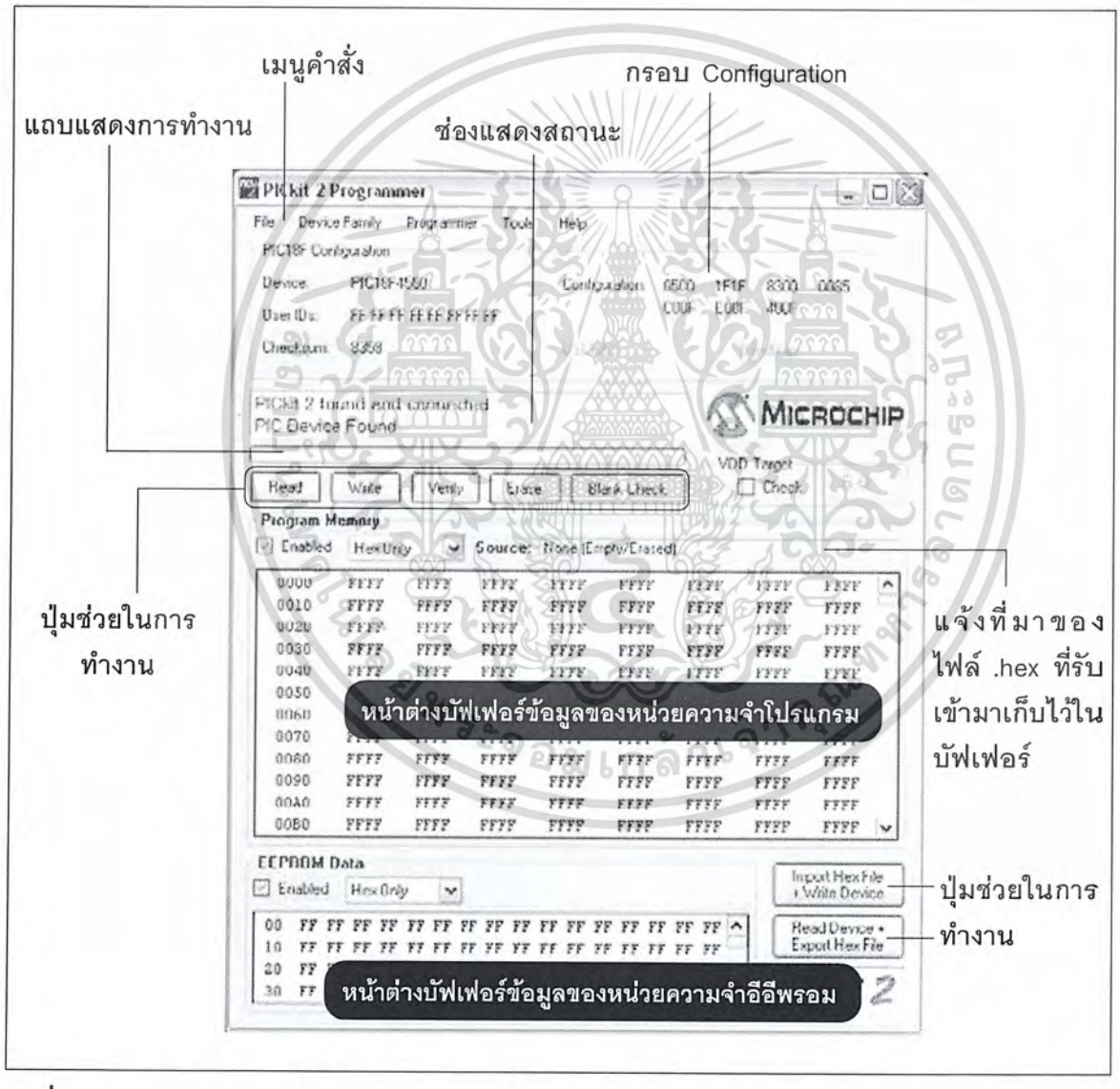


จากนั้นหน้าต่างแจ้งการติดตั้งโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์ จะปรากฏขึ้น ให้คลิกปุ่ม Close เพื่อปิดหน้าต่างนี้ เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม PICkit2™ Programming Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 การเชื่อมต่อเพื่อทดลองทางฮาร์ดแวร์

(1) เริ่มต้นด้วยการต่อสาย USB ระหว่าง PX-200 กับพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์ จากนั้นเปิดโปรแกรม Pickit2TM Programming Software โดยเลือกที่ Start → All programs → Microchip → Pickit 2 V201 (เลขเวอร์ชันอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามการปรับปรุงล่าสุด) ในรูปที่ 1-2 แสดงหน้าต่างหลักของโปรแกรม Pickit2™ Programming Software

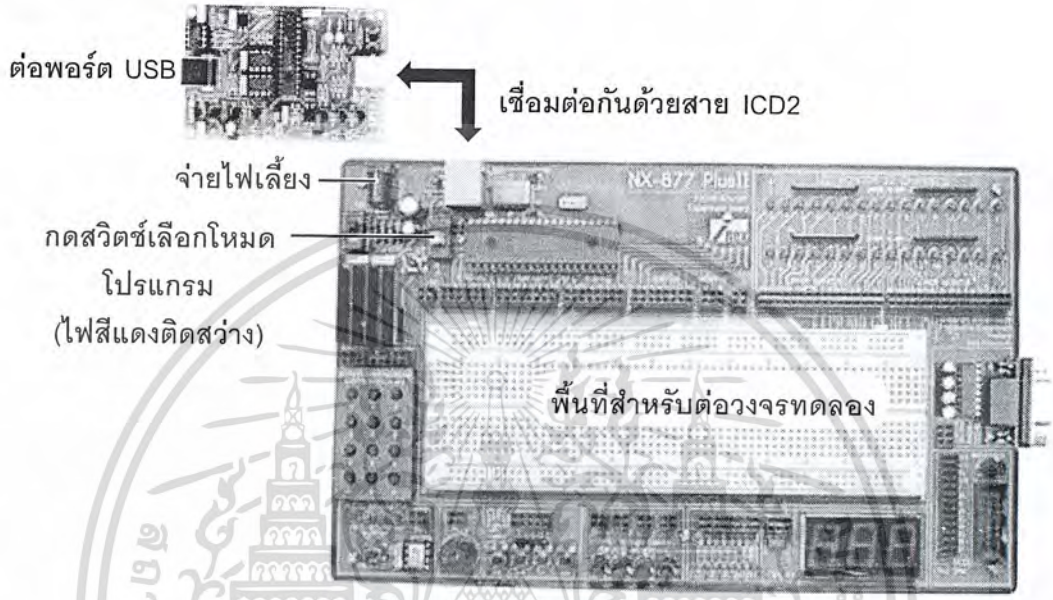


รูปที่ 1-2 หน้าต่างหลักของโปรแกรม Pickiit2™ Programming Software

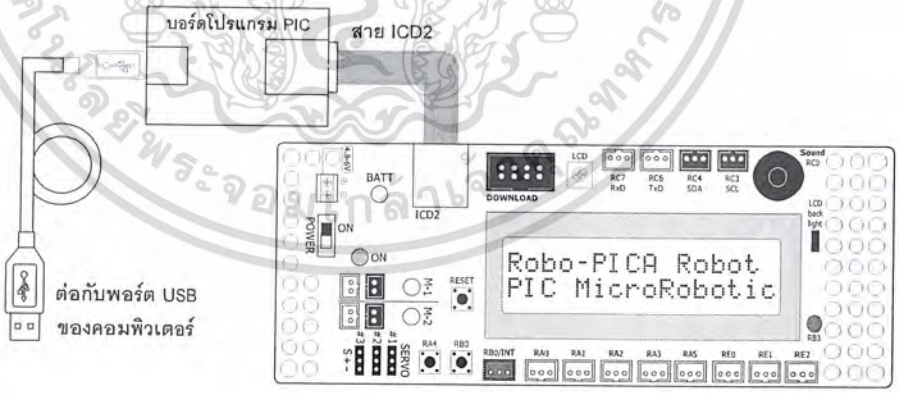
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ต่อสาย ICD ระหว่างบอร์ดโปรแกรม PX-200 กับบอร์ดเป้าหมายหรือบอร์ดทดลอง

(2.1) **กรณีใช้กับบอร์ดทดลอง NX-877 plusII**



(2.1) **กรณีใช้กับบอร์ดควบคุมหุ่นยนต์ RBX-877 Rev.2007)**



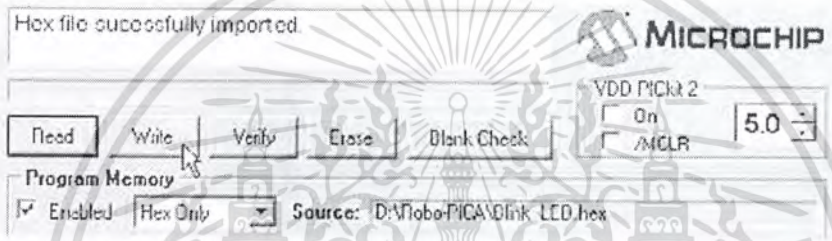
สำหรับโปรแกรมตัวอย่าง LED_Blinking ที่มาจากตัวอย่างในโฟลเดอร์ ***C:\Program Files\Mikroelektronika\mikroC\Examples\EasyPic4\P16F877A\LED_Blinking*** **มีการกำหนดการต่อวงจรไม่ตรงกับบอร์ด RBX-877 Rev.2007 ดังนั้นในการทดสอบนี้จะอ้างถึงบอร์ดทดลอง NX-877 plus II เป็นหลัก** สำหรับตัวอย่างการทดสอบกับบอร์ด RBX-877 Rev.200 ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในหนังสือเรียนรู้และสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ซึ่งจัดมาในชุดหุ่นยนต์ Robo-PICA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

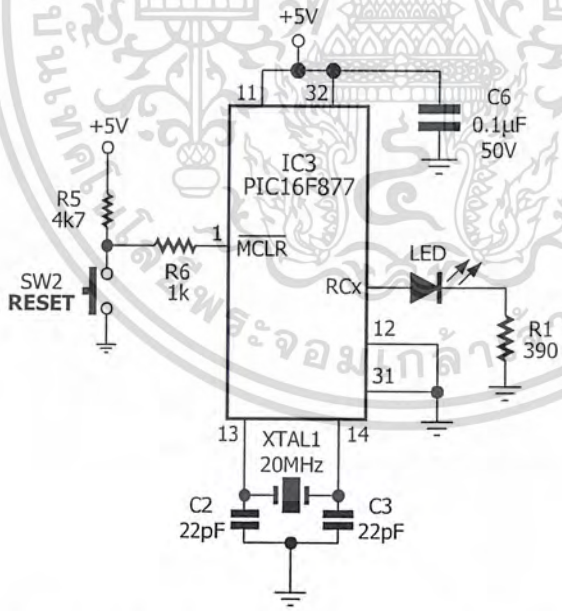
(3) จากนั้นซอฟต์แวร์จะตรวจสอบการเชื่อมต่อและเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ที่เชื่อมต่อด้วยอย่างอัตโนมัติ แล้วจะแจ้งเบอร์ที่พบบนหน้าต่างของโปรแกรม

(4) เลือกไฟล์ .hex ที่ต้องการโปรแกรม โดยไปที่เมนู File เลือก Import Hex จะมีหน้าต่างสำหรับเปิดไฟล์ *.hex ที่ต้องการโปรแกรมลงไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้เลือกไปที่ ***C:\Program Files\Mikroelektronika\mikroC\Examples\EasyPic4\P16F877A\LED_Blinking*** เลือกไฟล์ชื่อ ***LED_Blinking.hex***

(5) คลิกปุ่ม **Write** เพื่อดาวน์โหลดโปรแกรมไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC



(6) ต่อวงจรโดยต่อขาพอร์ต C ใดๆ เข้ากับ LED



(7) กรณีใช้บอร์ด NX-877 plus II หลังจากโปรแกรมแล้ว ให้กดสวิตช์ MODE มาในโหมด Run แล้วกดสวิตช์ RESET ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จะเริ่มทำงาน *LED ที่ต่ออยู่จะติดกะพริบอย่างต่อเนื่อง*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

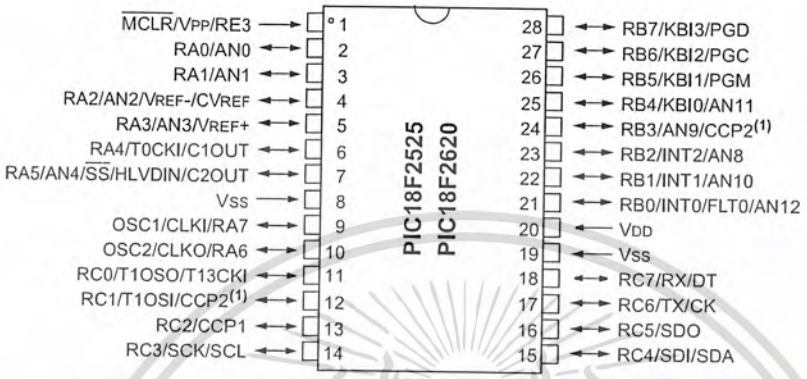
ภาคผนวก ข

PIC18F4620 Datasheet

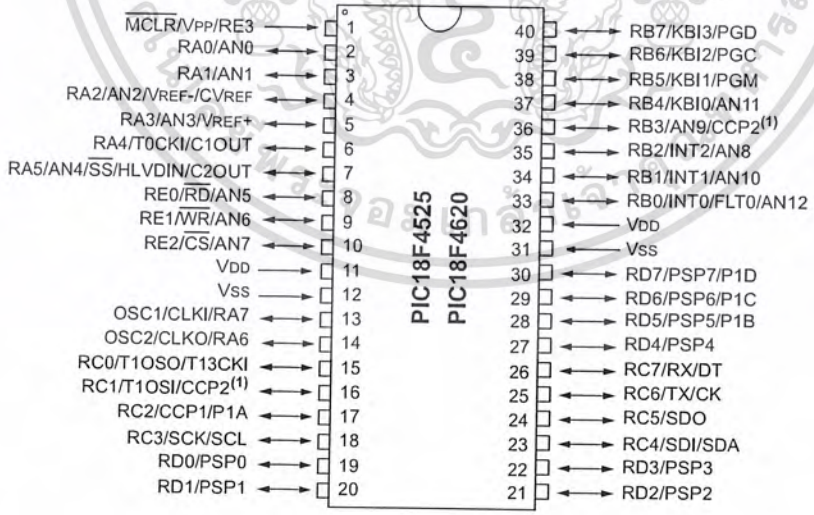
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Diagrams

28-Pin SPDIP, SOIC



40-Pin PDIP



Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2008 Microchip Technology Inc.

MICROCHIP

PIC18F2525/2620/4525/4620

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology

Power Management Features:

- Run: CPU on, Peripherals on
- Idle: CPU off, Peripherals on
- Sleep: CPU off, Peripherals off
- Ultra Low 50nA Input Leakage
- Run mode Currents Down to 11 μA Typical
- Idle mode Currents Down to 2.5 μA Typical
- Sleep mode Current Down to 100 nA Typical
- Timer1 Oscillator: 900 nA, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 1.4 μA, 2V Typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, up to 40 MHz
- 4x Phase Lock Loop (PLL) – Available for Crystal and Internal Oscillators
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal Oscillator Block:
  - Fast wake from Sleep and Idle, 1 μs typical
  - 8 use-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
  - Provides a complete range of clock speeds from 31 kHz to 32 MHz when used with PLL
  - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
  - Allows for safe shutdown if peripheral clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source 25 mA/25 mA
- Three Programmable External Interrupts
- Four Input Change Interrupts
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules, one with Auto-Shutdown (28-pin devices)
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module (40/44-pin devices only):
  - One, two or four PWM outputs
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-shutdown and auto-restart

Peripheral Highlights (Continued):

- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I^2C™ Master and Slave modes
- Enhanced Addressable USART module:
  - Supports RS-485, RS-232 and LIN/J2602
  - RS-232 operation using internal oscillator block (no external crystal required)
  - Auto-wake-up on Start bit
  - Auto-Baud Detect
- 10-Bit, up to 13-Channel Analog-to-Digital (A/D) Converter module:
  - Auto-acquisition capability
  - Conversion available during Sleep
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing
- Programmable 16-Level High/Low-Voltage Detection (HLVD) module:
  - Supports interrupt on High/Low-Voltage Detection

Special Microcontroller Features:

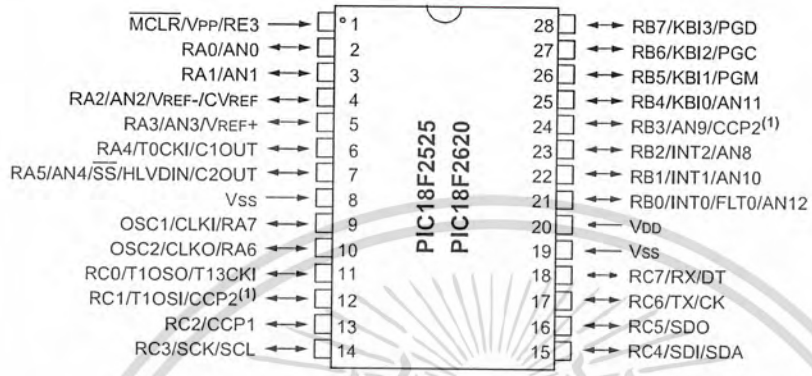
- C Compiler Optimized Architecture:
  - Optional extended instruction set designed to optimize re-entrant code
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory Typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory Typical
- Flash/Data EEPROM Retention: 100 Years Typical
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins
- Wide Operating Voltage Range: 2.0V to 5.5V
- Programmable Brown-out Reset (BOR) with Software Enable Option

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comp.	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Master I^2C™			
PIC18F2525	48K	24576	3968	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2620	64K	32768	3968	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4525	48K	24576	3968	1024	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4620	64K	32768	3968	1024	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3

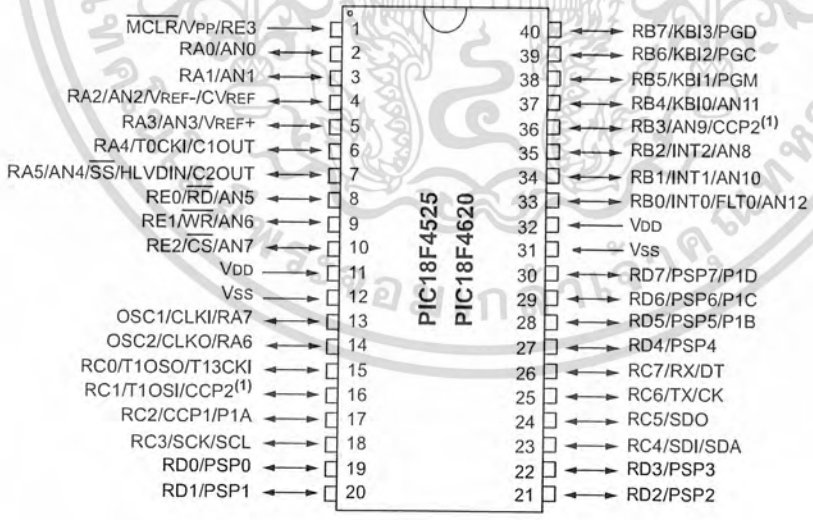
© 2008 Microchip Technology Inc.

Pin Diagrams

28-Pin SPDIP, SOIC



40-Pin PDIP

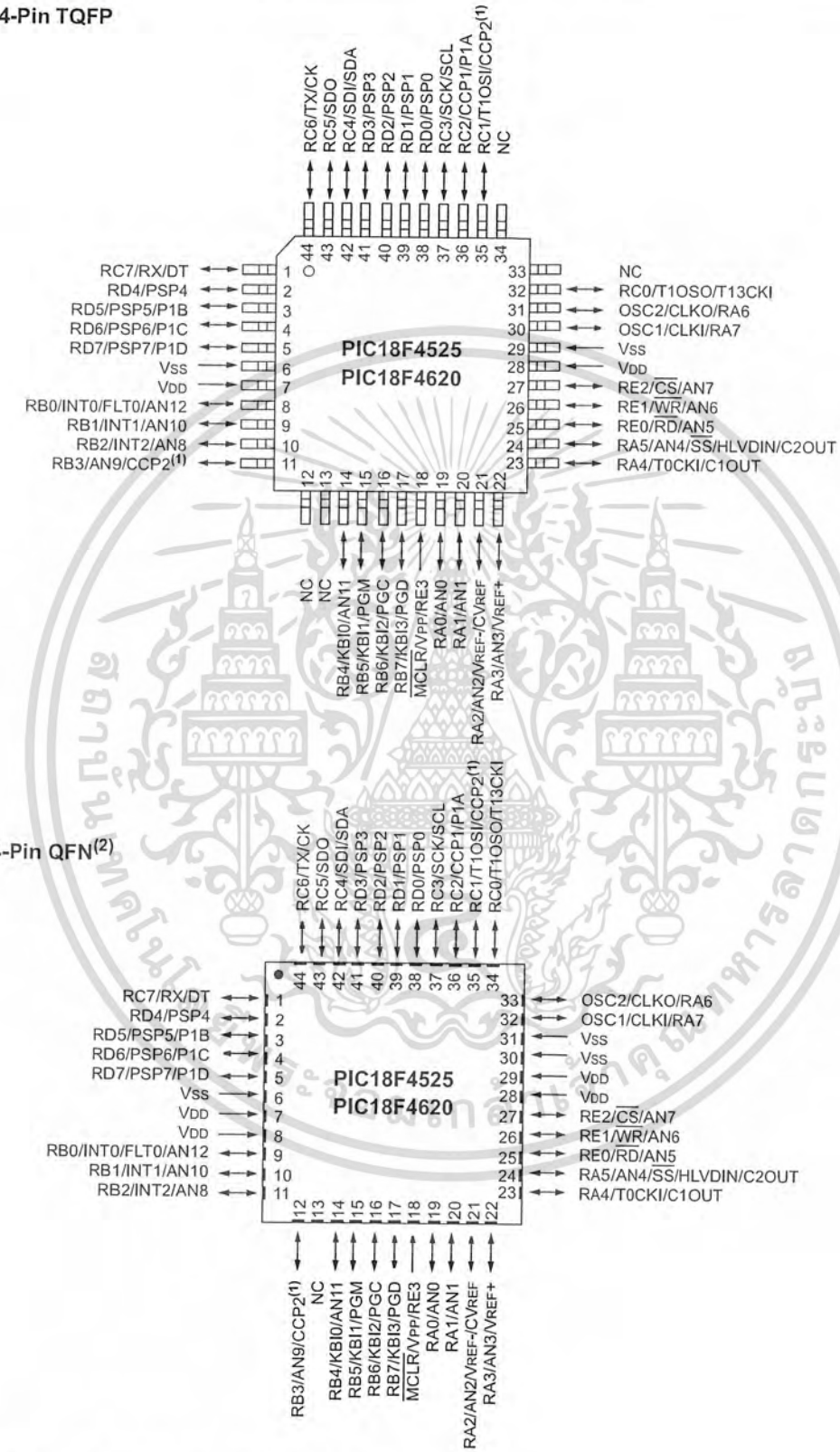


Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

© 2008 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Diagrams (Cont.'d)

44-Pin TQFP



44-Pin QFN(2)

Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

2: For the QFN package, it is recommended that the bottom pad be connected to VSS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กฤษดา ใจเย็น, "เขียนโปรแกรมภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วย mikroC และการทดลองเบื้องต้น", บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

[2] PIC18F2525/2620/4525/4620 Data Sheet, Microchip Technology Inc., 2008

[3] http://www.atriumtech.com/cgi-bin/hilightcgi?Home=/home/InterWeb2000&File=/home2/searchdata/Forums/http/www.pantip.com/tech/electronics/topic/EM1705396/EM1705396.html

[4] http://meewebfree.com/site/basic-website/161-what-is-ide-program-and-how-relate-programmer

[5] http://en.wikipedia.org/wiki/Root_mean_square

[6] http://en.wikipedia.org/wiki/Power_factor

[7] http://computer.konmun.com/Ethernet-com444.htm

[8] http://science.bu.ac.th/board/index.php?topic= 1063.0

[9] http://th.wikipedia.org/wiki/อีเทอร์เน็ต

[10] http://th.wikipedia.org/wiki/หม้อแปลงไฟฟ้า

[11] http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=901.0;prev_next=prev#new

[12] http://blog.cstc.ac.th/Ethernet

[13] http://revpower.revolgroup.com/index.php/electrical/power-factor.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้