



## เครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ

	โดย	
นางสาว เมธาวี	ศรีละพันธ์	B5311118
นาย ชัยณรงค์	ประเสริฐไทย	B5311491
นาย วีรยุทธ	รูปเมือง	B5314003

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427494 โครงการนักศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

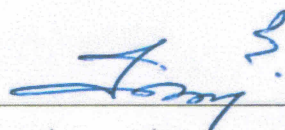
หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2556

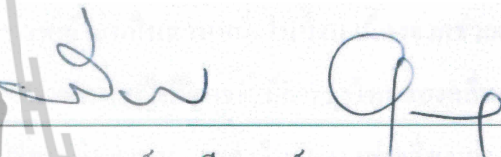
# เครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ

คณะกรรมการสอบโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล)

กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล)

กรรมการ



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำรายงานโครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 427499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2556

โครงการาน เครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ

จัดทำโดย นางสาวเมธาวี ศรีละพันธ์

นายชัยณรงค์ ประเสริฐไทย

นายวิรัช ฐูปเมือง

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาคการศึกษาที่ 1/2556

#### บทคัดย่อ

โครงการานนี้เป็นการสร้างเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ เพราะในปัจจุบันนี้  
ทุกครัวเรือนมีการนำเอาเตาไมโครเวฟเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในบ้าน เนื่องจากช่วยอำนวยความสะดวก  
ต่างๆต่อผู้ใช้ แต่ถ้าเราใช้เตาไมโครเวฟนานๆไปก็อาจจะมีสารรั่วไหลของคลื่นออกมาได้ เพราะซึ่งใน  
โครงการานนี้เราจะทำการเปรียบเทียบระหว่างเตาไมโครเวฟเครื่องเก่าและเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ เพื่อดู  
ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งอุปกรณ์ที่เราได้สร้างขึ้นนั้นจะประกอบไปด้วยสามส่วนหลักคือ ส่วน  
ในการรับสัญญาณ ส่วนในการขยายสัญญาณและส่วนในการแสดงผล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงการได้รับความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. มณฑิพย์ภา อูทธารสกุล ผู้ที่เป็นแนวความคิดริเริ่มในโครงการเรื่องเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุน และให้คำปรึกษาในทุก ๆ ด้านแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากรนักศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำ นอกจากนี้คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือคณะผู้จัดทำในด้านต่าง ๆ และสุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ท่านให้การดูแลเอาใจใส่คอยให้กำลังใจและอยู่เคียงข้างมาโดยตลอด จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงการชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำโครงการ หากโครงการชิ้นนี้มีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขออนุมัติรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย



นางสาว เมธาวิ ศรีละพันธ์

นาย ชัยณรงค์ ประเสริฐไทย

นาย วิรุทธ รูปเมือง

## สารบัญ

เรื่อง หน้า

บทคัดย่อ ก

กิตติกรรมประกาศ ข

สารบัญ ค

### บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1

1.2 หลักการและเหตุผล 1

1.3 วัตถุประสงค์ 2

1.4 ขอบเขตของโครงการ 2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

### บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ 4

2.2 ทฤษฎีสายอากาศ 4

2.3 วงจรขยายเชิงดำเนินการ 9

2.3.1 หลักการพื้นฐานของออปแอมป์ 9

2.3.2 วงขยายแบบกลับเฟส 12

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 14

2.4.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 14

2.4.2 การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F2550 19

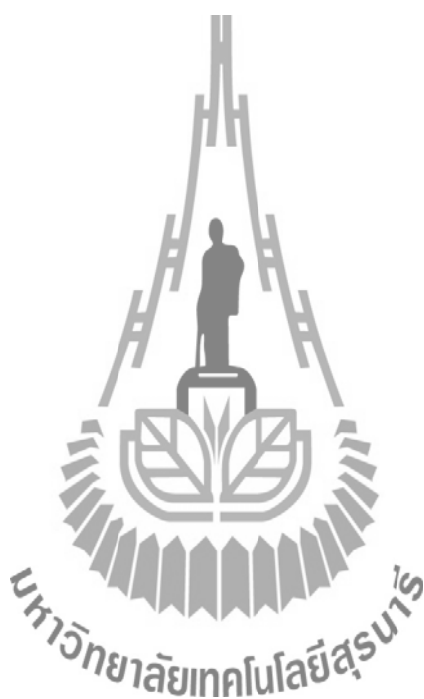
2.5 การประยุกต์ใช้งาน โมดูล LCD 16x2 แบบตัวอักษร 24

## สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6 ไอซีรักษาระดับแรงดันไฟบวกตระกูล 7805	25
2.7 กล่าวสรุป	26
<b>บทที่ 3 อุปกรณ์ต้นแบบของเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ</b>	
3.1 กล่าวนำ	27
3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ	27
3.3 สายโคแอกเซียล	28
3.4 ทองแดง	29
3.4 ตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน	33
3.4.1 ตัวเก็บประจุ	33
3.4.2 ตัวต้านทาน	35
3.5 โปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 18F2550	39
3.6 กล่าวสรุป	43
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองอุปกรณ์ต้นแบบ</b>	
4.1 กล่าวนำ	44
4.1.1 ผลการทดสอบวงจรตรวจสอบคลื่นที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟ	44
4.2 กล่าวสรุป	84
<b>บทที่ 5 ข้อเสนอของโครงการ</b>	
5.1 กล่าวนำ	85
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	85
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	86
5.4 กล่าวสรุป	86

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เอกสารอ้างอิง	87
ประวัติผู้เขียน	88
ภาคผนวก	89



## สารบัญภาพ

รายการ	หน้า
รูปที่ 2.1 การทำงานของสายอากาศชนิดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศการส่งโดยใช้วงจรสมมูลเทเวนินของสายส่งเป็นแบบจำลอง	5
รูปที่ 2.2 การทำงานของสายอากาศชนิดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศการรับโดยใช้วงจรสมมูลเทเวนินของสายส่ง เป็นแบบจำลอง	6
รูปที่ 2.3 การแพร่คลื่นของสายอากาศแบบโมโนโพลหรือยูนิโพล	7
รูปที่ 2.4 ลักษณะของกระแส แรงดัน ไฟฟ้าบนไดโพลแบบ $\lambda/2$	8
รูปที่ 2.5 ลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์ออปแอมป์	10
รูปที่ 2.6 ลักษณะของวงจรสมบรูณ์ของออปแอมป์ในอุดมคติ	11
รูปที่ 2.7 วงจรขยายแบบกลับเฟส	12
รูปที่ 2.8 วงจรรีเซต	18
รูปที่ 2.9 ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F2550	20
รูปที่ 2.10 การต่อตัวต้านทานแบ่งแรงดัน	23
รูปที่ 2.11 โมดูล LCD Characters 16x2 และวงจรการต่อขาโมดูล	24
รูปที่ 2.12 ลักษณะรูปร่างภายนอก และขาใช้งาน	25
รูปที่ 2.13 วงจรใช้งาน	26รูปที่
2.14 ต่อทรานซิสเตอร์เพื่อเพิ่มกระแสให้มากขึ้น	26
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้สร้างวงจรภาครับ	27
รูปที่ 3.2 ก) จะเป็นในส่วนของวงจรที่ทำการประกอบเข้าด้วยกันเสร็จแล้ว	28รูปที่
3.2 (ข) จะเป็นในส่วนของอุปกรณ์ที่ทำการประกอบเข้ากับกล่องอุปกรณ์แล้วเรียบร้อย	28



## สารบัญภาพ(ต่อ)

รายการ	หน้า
รูปที่ 3.3 ด้านลายทองแดงของแผ่นไอซีบอร์ด	31
รูปที่ 3.4 ด้านลายทองแดงของแผ่นโปรโตบอร์ด	31
รูปที่ 3.5 ด้านลายทองแดงของแผ่นแพดบอร์ด	31
รูปที่ 3.6 ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่	34
รูปที่ 3.7 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก	34
รูปที่ 3.8 ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์	35
รูปที่ 3.9 สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน	35
รูปที่ 3.10 ตัวต้านทานแบบแบบฟิล์มโลหะ	36
รูปที่ 3.11 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน	36
รูปที่ 3.12 ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง	37
รูปที่ 3.13 ลักษณะรูปร่างของตัวต้านทานแบบปรับค่าได้	37
รูปที่ 3.14 สัญลักษณ์ของโพเทนชิโอมิเตอร์	38
รูปที่ 4.1 การตั้งค่าอุปกรณ์	44
รูปที่ 4.2 นำหน้าจอแสดงผลมวใส่แทนวางบนวงจร	45
รูปที่ 4.3 ทดสอบอุปกรณ์โดยนำไปวัดกับเตาไมโครเวฟเครื่องเก่า	45
รูปที่ 4.4 ทดสอบอุปกรณ์โดยนำไปวัดกับเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่	46
รูปที่ 4.5 ค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง	81
รูปที่ 4.6 ค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง	82
รูปที่ 4.7 ค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง	82
รูปที่ 4.8 ค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง	83

สารบัญภาพ(ต่อ)

รายการ	หน้า
รูปที่ 4.9 ค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง	84



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของโครงการ

เนื่องจากปัจจุบันได้มีการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่คลื่นของไมโครเวฟ ที่ 2.45 GHz หรือ ในช่วงความยาวคลื่น 12 เซนติเมตร มาใช้เป็นแหล่งพลังงานให้ความร้อนในทางอุตสาหกรรมและในครัวเรือน การทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟจะอาศัยคุณสมบัติของการดูดกลืนพลังงานจากไมโครเวฟโดยโมเลกุลของน้ำที่มีอยู่ผลิตภัณฑ์ หรืออาหาร โมเลกุลของน้ำเหล่านี้จะมีการสั่นและเคลื่อนไหวสลับไปมาหลายล้านครั้ง ทำให้เกิดการขัดสีกันจน ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นมาในผลิตภัณฑ์ หรืออาหารที่นำมาผ่านกระบวนการปกติที่ไมโครเวฟจะทำจากโลหะและจะมีตะแกรงโลหะที่ติดตั้งประกอบที่ตรงประตู ในระบบตู้ไมโครเวฟจะมีสวิทช์อัตโนมัติที่ทำการตัดระบบเมื่อประตูเปิดออก ดังนั้นในขณะที่ระบบทำงานไมโครเวฟจะกระจายตัวและสะท้อนภายในตู้จึงมีผิวปิดทุกด้าน โดยไม่มีการส่งผ่านออกมาภายนอกตู้ (เราสามารถมองทะลุผ่านตรงส่วนช่องมองที่ตรงประตู ซึ่งช่องมองนี้มีลักษณะเป็นตะแกรงที่ประกอบด้วยรูขนาดเล็ก โดยที่รูขนาดเล็กนี้จะต้องเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าขนาดของความยาวคลื่นที่ใช้และเพื่อป้องกันคลื่นเล็ดลอดออกมาจากตู้) ปัจจุบันในครัวเรือนทั่วไปมักจะมี ตู้อบไมโครเวฟไว้ประจำบ้านเกือบทุกครัวเรือนผู้ใช้งานส่วนใหญ่ไม่ทราบถึงข้อกำหนดในการใช้งาน โดยเฉพาะปัญหาการรั่วของคลื่นไมโครเวฟจากตู้อบไมโครเวฟที่โดยเฉลี่ยแล้วจะมีอายุการใช้งานเพียง 3-5 ปีเท่านั้น แต่โดยนิสัยคนไทยมักจะ ไม่เปลี่ยนเครื่องหรือตรวจสอบดูแลรักษาจนกว่าจะมีความผิดปกติชัดเจนเช่น ตู้อบไม้อร้อนหรือตู้อบไมทำงานเท่านั้น จากพฤติกรรมการใช้งานเช่นนี้ทำให้เกิดความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากการรั่วของคลื่นไมโครเวฟได้โดยไม่รู้ตัว และปัจจัยที่เรานำมาพิจารณาในโครงการชิ้นนี้ก็คือ เรื่องของคลื่นที่รั่วไหลออกมา โครงการนี้จึงศึกษาและทำการทดสอบสร้างอุปกรณ์ภาครับสัญญาณคลื่นที่รั่วไหลออกมาจากตู้อบไมโครเวฟ

### 1.2 หลักการและเหตุผล

เตาไมโครเวฟเมื่อใช้งานไปในระยะเวลาหนึ่งอาจเกิดการสึกกร่อนเนื่องจากความร้อนทำให้อาจจะมีรั่วไหลออกมาจากเตาไมโครเวฟ ซึ่งส่งผลโดยตรงที่อันตรายต่อผู้ใช้งานดังนั้นจึงต้องมีการตรวจวัดระดับความอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เป็นที่ทราบกันดีว่าเตาอบไมโครเวฟให้ความร้อนกับอาหารโดยการแผ่คลื่นย่านความถี่ไมโครเวฟ โดยปกติจะใช้ ช่วงความถี่ 2.45 GHz หรือ

ความยาวคลื่น 12 เซนติเมตร ผ่านเข้าไปในอาหาร โมเลกุลของน้ำ ไขมัน และ น้ำตาล ที่อยู่ในอาหารจะดูดซับพลังงานของคลื่นที่ผ่านเข้าไปและเกิดเป็นความร้อนขึ้น ในกระบวนการที่เรียกว่า การเกิดความร้อนในสารไดอิเล็กตริก ( dielectric heating) เนื่องจากโมเลกุลส่วนใหญ่เป็น โมเลกุลที่มีขั้วไฟฟ้า คือ มีประจุบวก และ ประจุลบที่ขั้วตรงกันข้าม เมื่อคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็น สนามไฟฟ้าผ่านเข้าไป โมเลกุลเหล่านี้ก็จะถูกเหนี่ยวนำและหมุนขั้วเพื่อปรับเรียงตัวตาม สนามไฟฟ้าของคลื่น และคลื่นนี้เป็นสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสลับไปมาจึงส่งผลให้โมเลกุล เหล่านี้หมุนกลับไปมา ทำให้เกิดความร้อนขึ้น การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟนี้จะมี ประสิทธิภาพการเกิดความร้อนสูงสุด แต่ถ้าหากเกิดมีคลื่นที่รั่วไหลขึ้นมาจะมีผลต่อผู้ใช้ โคน คลื่นไมโครเวฟสามารถก่อให้เกิดโรคต่างๆได้เช่น มะเร็งผิวหนัง , ต้อกระจก, ปวดศีรษะ, หน้ามีด ตาลาย, เป็นหมันชั่วคราวในผู้ชายและผู้หญิงอาจเกิดการแท้งได้

ด้วยเหตุนี้จึงมีการประยุกต์ความรู้ที่ได้เรียนมาทำการสร้างเครื่องมือตรวจวัดระดับ ความอันตรายที่เกิดจากเตาไมโครเวฟ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำเตาไมโครเวฟไปบำรุงรักษาให้เตาไม่มี คลื่นที่รั่วไหลออกมา

### 1.3 วัตถุประสงค์

สามารถสร้างเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟได้

### 1.4 ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบวงจรรับสัญญาณที่ความถี่ไมโครเวฟ
2. สร้างวงจรรับสัญญาณ
3. ศึกษาโปรแกรม POTEUS เพื่อใช้ในการจำลองก่อนสร้างวงจรจริง
4. ศึกษาโปรแกรม Prote199SE เพื่อใช้ในการจำลองก่อนสร้างวงจรจริง
5. ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 18F2550
6. ทดสอบอุปกรณ์กับเตาไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร ที่กำลังไฟฟ้าที่จ่ายออก 700 วัตต์

### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานของเตาไมโครเวฟ
2. ศึกษาเกี่ยวกับสายอากาศในการรับสัญญาณ และศึกษาวงจรภาครับ
3. สร้างวงจรภาครับ และ สร้างสายอากาศในการรับสัญญาณ
4. ทดสอบวงจรภาครับว่าและสายอากาศว่าทำงานที่ความถี่ 2.45GHz ได้หรือไม่
5. นำวงจรภาครับและสายอากาศมาใช้งานร่วมกันโดยทดลองกับเตาไมโครเวฟและ

วัดผลการทดลอง

6. สรุปผลการทดลอง เขียนรายงาน และนำเสนอโครงการ

**1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

สามารถสร้างเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟได้



## บทที่ 2

### ทฤษฎีเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ

#### 2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการทำการ โครงการนี้ โดยในส่วนนี้จะมีการ อ้างอิงถึงหลักการต่างๆที่เราได้นำมาประยุกต์ใช้ โดยทฤษฎีต่างๆเหล่านี้ประกอบไปด้วย ทฤษฎี สายอากาศวงจรกรองวงจรขยายเชิงดำเนินการ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ไอซีรักษาระดับแรงดัน ไฟบวกตระกูล 7805ซึ่งส่วนมากแล้ว ทฤษฎีพวกนี้นั้น เราจะนำมาจากหนังสือที่ใช้เรียน และจะมีบางอย่างที่เป็นความรู้นอกห้องเรียนนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการบูรณาการด้านความรู้ที่มากขึ้น

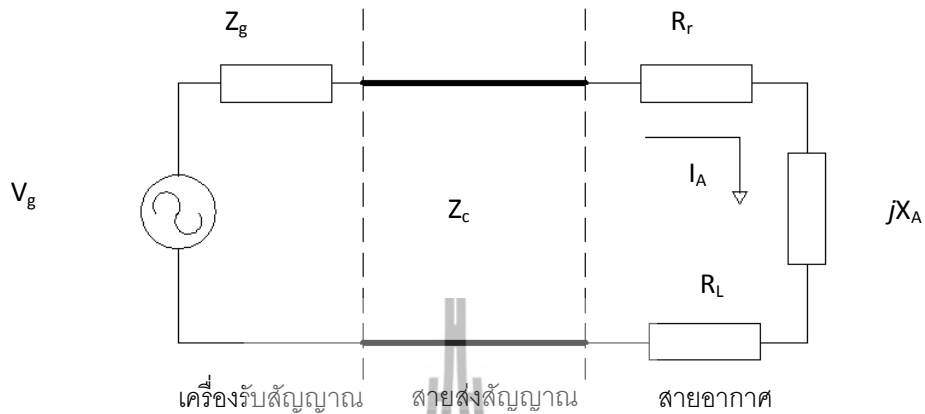
ในส่วนของบทนี้นั้นเราได้ศึกษาถึงพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นก่อนที่เราจะเริ่มทำการทดลอง เพื่อให้แน่ใจว่าทุกอย่างจะเป็นไปตามที่ทฤษฎีกล่าวเอาไว้ซึ่งเราจะสามารถนำเอาส่วนนี้อ้างอิงได้ว่า โครงการของเราเป็นโครงการที่เกิดจากการนำเอาความรู้ที่ได้เรียนมาใช้ให้เกิดประโยชน์แต่อย่างไร ก็ตามทฤษฎีเป็นสิ่งที่เอาไว้อ้างอิงถึงความถูกต้องเพื่อให้แน่ใจ แต่การปฏิบัตินั้นทำให้เราเห็นภาพได้มากขึ้นและเข้าใจขึ้นดังนั้นอาจจะมีบางอย่างที่ในการทำการทดลองอาจจะคลาดเคลื่อนไปจากทฤษฎี ไปบ้างนั้นอาจจะเป็นเพราะสภาวะแวดล้อมหรือปัจจัยอื่น ๆ ก็เป็นได้

#### 2.2 ทฤษฎีสายอากาศ

สายอากาศหรือที่ศัพท์ภาษาอังกฤษเรียกว่า แอนเทนน่า หรือ แอเรียล หรือ อิเล็กโทรแม็ก เนติกเรดิเอเตอร์ คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแผ่กระจายกำลังของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปหรือในทาง กลับกันใช้สำหรับกำลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้ามา สายอากาศจะทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่าง อุปกรณ์การนำทางให้แก่คลื่น เช่น สายส่งสัญญาณ หรือ ท่อนำคลื่น กับ อวกาศว่าง หรือที่บ่อยครั้ง มักจะเรียกว่า ตัวกลางไม่มีขอบเขต

ส่วนหน้าที่หลักของสายอากาศก็คือ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานของคลื่นที่ เดินทางในอุปกรณ์นำทางให้อยู่ในรูปพลังงานของคลื่นที่เดินทางในอวกาศว่างในกรณีที่เป็น สายอากาศการส่ง หรือในทางกลับกันเมื่อทำหน้าที่เป็นสายอากาศการรับ ก็จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยน พลังงานของคลื่นที่เดินทางในอวกาศว่างให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปพลังงานของคลื่นที่เดินทางในอุปกรณ์ การนำทาง โดยการทำงานทั้งสองหน้าที่จะต้องทำได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าเทียมกันเท่าที่จะเป็นไปได้ และที่สำคัญในขณะที่ใช้งานนั้น กำลังงานของคลื่นที่แผ่กระจายออกไปในอวกาศว่างจะต้องมีแบบ รูปการแผ่พลังงาน ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่กำหนดหรือที่ได้ออกแบบเอาไว้

การจำลองการทำงานของสายอากาศทั้งในกรณีที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศการส่งและสายอากาศการรับ สามารถทำได้โดยใช้ทฤษฎีวงจรไฟฟ้าที่เรียกว่า วงจรสมมูลเทเวนินของสายส่ง ดังแสดงในรูปที่ 2-1 และรูปที่ 2-2



รูปที่ 2.1 การทำงานของสายอากาศขณะที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศการส่ง โดยใช้วงจรสมมูลเทเวนินของสายส่งเป็นแบบจำลอง

โดยที่

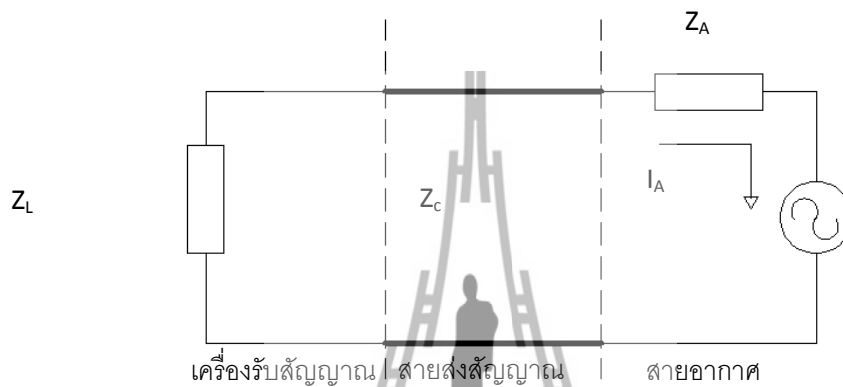
- $V_g$  คือ แรงดันของสัญญาณที่ได้จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ
- $Z_g$  คือ อิมพีแดนซ์ของเครื่องกำเนิดสัญญาณ
- $Z_c$  คือ อิมพีแดนซ์ลักษณะของสายส่ง
- $R_r$  คือ ความต้านทานการแผ่พลังงานของสายอากาศ
- $R_L$  คือ ความต้านทานการสูญเสีย ซึ่งเกิดจากการสูญเสียของตัวนำ และของไดอิเล็กทริก ที่เกิดบนตัวโครงสร้างของตัวสายอากาศเอง
- $jX_A$  คือ รีแอกแตนซ์ของสายอากาศ

ดังนั้นอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ จะมีค่าเท่ากับ

$$Z_A = (R_r + R_L) + jX_A \quad (2.1)$$

ซึ่งการออกแบบระบบของสายอากาศให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น สิ่งที่มีความสำคัญที่สุดก็คือ อิมพีแดนซ์ของสายอากาศ จะต้องมามีค่าเท่ากับอิมพีแดนซ์ลักษณะของสายส่ง และอิมพีแดนซ์ที่เอาต์พุตของเครื่องส่งหรือเครื่องกำเนิดสัญญาณ โดยเฉพาะในระบบสายอากาศที่มีการส่ง

สัญญาณกำลังสูง จะต้องเข้มงวดในการควบคุมอิมพีแดนซ์ ทั้งสามค่านี้ให้มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ตามเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น โดยเราเรียกเงื่อนไขนี้ว่า การแมตซ์อิมพีแดนซ์ (Impedance Matching) ซึ่งในทางปฏิบัติมักจะใช้เรียกค่า อัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน (Voltage standing Wave Ratio : VSWR) มาเป็นตัวกำหนดสภาพของการแมตซ์ของระบบสายอากาศ และถ้าค่า อัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน นี้มีค่าสูงจะทำให้เกิดการคายประจุ หรือที่เรามักจะเรียกกันว่า การอาร์ก ( Arching) ภายในสายส่งขึ้นได้ และสุดท้ายก็จะเกิดความเสียหายต่อระบบทั้งหมด



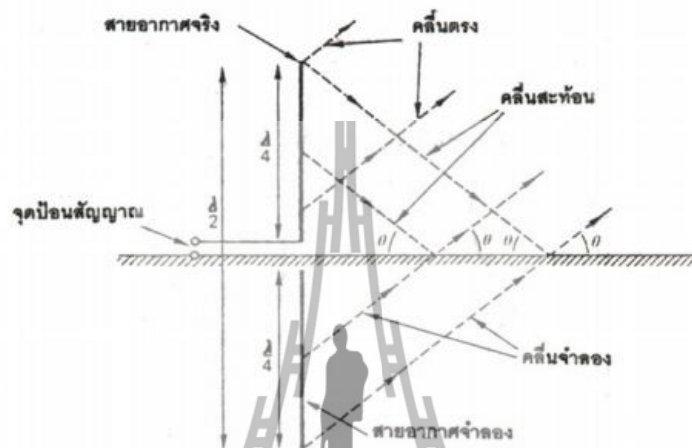
**รูปที่ 2.2** การทำงานของสายอากาศขณะที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศการรับ โดยใช้วงจรสมมูลเทเวนินของสายส่ง เป็นแบบจำลอง

ในกรณีที่สายอากาศทำหน้าที่เป็นสายอากาศการรับ สายอากาศจะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงกำลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่รับมาจากในอวกาศว่างไปเป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อส่งไปยังเครื่องรับสัญญาณหรือโหลด ปลายทางโดยผ่านทางสายส่ง และเพื่อให้การทำงานยังคงมีประสิทธิภาพสูงสุด เช่นเดียวกับในกรณีที่สายอากาศทำหน้าที่เป็นสายอากาศการส่ง อิมพีแดนซ์ของสายอากาศ อิมพีแดนซ์คุณลักษณะ ของสายส่งและอิมพีแดนซ์ด้านเข้าของเครื่องรับสัญญาณ จะต้องถูกควบคุมให้มีค่าใกล้เคียงกันหรือเกิดการแมตซ์ให้มากที่สุดเช่นเดียวกัน นอกจากนี้การลดค่าการสูญเสียของตัวนำและของไดอิเล็กตริกที่เกิดจากโครงสร้างของสายอากาศก็ต้องทำให้มีค่าต่ำที่สุด โดยการเลือกวัสดุที่ใช้สร้างให้เหมาะสม เนื่องจากมีผลต่อประสิทธิภาพของการทำงานของระบบสายอากาศทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นสายอากาศการรับหรือการส่ง



### 2.2.1 สายอากาศแบบโมโนโพล

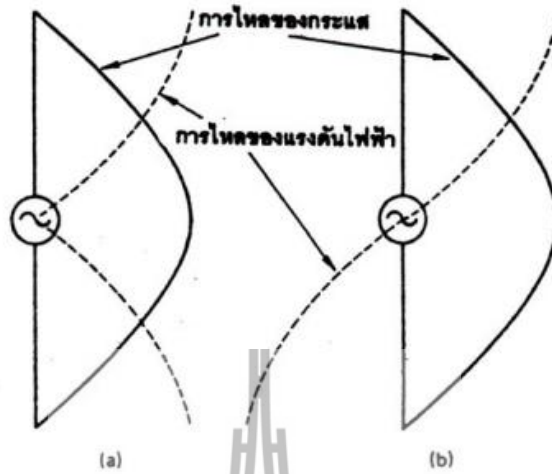
การส่งคลื่น โดยใช้สายอากาศในย่านความถี่ที่ต่ำมากต่ำ และ ปานกลางจะต้องให้ ความสนใจในแง่ของความสูงของสายอากาศและการติดตั้งในแนวตั้งกับพื้น โลกเนื่องจากที่ความถี่ ระดับนี้ค่าความยาวคลื่นมีค่ามากจึงคิดค้นวิธีใช้สายอากาศที่มีความยาวเพียง  $\lambda/4$  แทนด้วยเหตุผลดัง แสดงในรูป 2.3



รูปที่ 2.3 การแพร่คลื่นของสายอากาศแบบโมโนโพลหรือยูนิโพล

จากรูปเป็นภาพของสายอากาศขนาด  $\lambda/4$  ติดตั้งในแนวตั้งกับพื้น โลกโดยมีจุดฟีดที่บริเวณด้านล่าง ระหว่างสายอากาศกับพื้นดินเราเรียกสายอากาศชนิดนี้ว่า ยูนิโพล หรือ โมโนโพลซึ่งมีคุณสมบัติแพร่ คลื่นได้ขนาดเท่ากันทุกทิศทางในระนาบแนวราบ ส่วนระนาบแนวตั้งมีพลังงานบางส่วนพุ่งสู่ฟ้าและ อีกบางส่วนพุ่งเข้าพื้น ดินเหมือนกับที่แสดงด้วยเส้นประในรูปคลื่นที่มีทิศลงจะกระทบพื้นดินและ สะท้อนกลับขึ้นมาโดยมีค่ามุมตกกระทบเท่ากับค่ามุมสะท้อน (คิดจากพื้น โลกที่ เรียบ ) ณจุดหนึ่งที่อยู่ห่างจากสายอากาศ พลังงานคลื่นที่รับได้เกิดจากคลื่นตรงและคลื่นที่สะท้อนกับพื้น โลกค่าความเข้ม สนามที่จุดนี้เป็นค่ารวมของความเข้มสนาม ในคลื่นแต่ละแบบถ้ามีผู้สังเกตอยู่ที่ จุดนี้อาจคิดได้ว่าคลื่น สะท้อนนั้นสามารถจินตนาการ ว่าแพร่ออกจากสายอากาศส่วนที่ได้พื้นดิน (ความจริงไม่มี ส่วน) จาก รูปเราเห็นสายอากาศในความคิดนี้เรียกว่า สายอากาศจำลองก็ได้ ซึ่งจะแสดงว่าสายอากาศถูกใช้งานที่ ความยาว 2 เท่าของความจริงของความสูงทั้งหมดของสายอากาศ (รวมส่วนจำลอง) มีค่า  $\lambda/2$  ดังนั้น การไหลของกระแสและแรงดันไฟฟ้าจะเหมือนกับสายอากาศไดโพลขนาด  $\lambda/2$  ทุกประการค่าอินพุต

อิมพีแดนซ์ของสายอากาศนี้มีค่าเป็นความต้านทานอย่างเดียวกคือ 37 โอห์ม และในรูป 2.4 จะแสดงการกระจายของกระแสและแรงดันไฟฟ้าของสายอากาศไดโพลแบบ  $\lambda/2$



รูปที่

## 2.4 ลักษณะของกระแส แรงดันไฟฟ้าบนไดโพลแบบ $\lambda/2$

(ก) คิดจากค่าอาร์เอ็มเอส (ข) คิดจากค่าที่สูงที่สุด

จากรูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของกระแสนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับสายอากาศแบบ  $\lambda/2$  หรือโมโนโพลได้ว่า คลื่นนิ่ง หรือสแตนด์เวฟที่เกิดขึ้น จะมีค่ากระแสมากที่สุดที่จุดปลายสายอากาศอาจมีผลทำให้ค่ากระแสปริมาณมากไหลจากสายอากาศลงพื้นดินและสูญเสียพลังงานส่วนนี้ไปการแก้ไขให้สูญเสียพลังงานส่วนนี้น้อยที่สุดเพื่อรักษาประสิทธิภาพของสายอากาศให้สูงสุดเท่าที่ทำได้มีแนวทางคือพื้นดินต้องมีสภาพตัวนำสูงโดยการนำลวดทองแดงออกจากฐานรอบสายอากาศเป็นระยะทางเท่ากับ ความสูงของเสาและฝังลงดินดี วยความลึกประมาณ 1/3 เมตรซึ่งเส้น ลวดที่ คล้ายกรวดให้กับสายอากาศที่ เกิดการสะท้อนของคลื่นอย่างสมบูรณ์บางกรณีการใช้สายอากาศแนวตั้งลักษณะไม่จำเป็นต้องเป็นโมโนโพลเสมอไป (มีความสูงหรือความยาวเท่ากับ  $\lambda/4$ ) อย่างเช่นที่ค่าความถี่ต่ำมาก ค่าความยาวขนาด  $\lambda/4$  จัดว่าสูงมากได้

การสร้างสายอากาศที่ขนาดน้อยกว่า  $\lambda/4$  จะมีผลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

- ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์มีองค์ประกอบทางประจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (เกิดรีแอ็กแตนซ์)
- ลดค่าความต้านทานการแผ่คลื่นของสายอากาศ
- ลดค่ากระแสในสายอากาศ (ค่ากระแสในวงจรทั่วไปมีค่าสูงสุดที่รีโซแนนซ์)

การที่จะทำให้สายอากาศกลับมามีรีโซแนนซ์ใหม่ต้องต่อค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้าอนุกรมเข้า

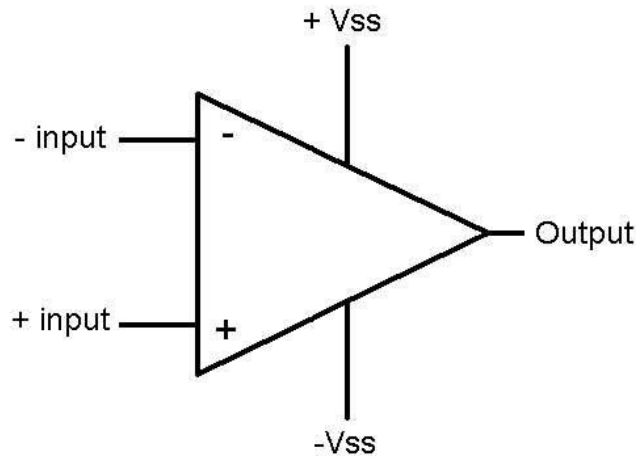
ที่จุดป้อนสัญญาณแต่พบว่าโชคไม่ดีที่ค่าสูงสุดของกระแสที่ ขึ้นอยู่เลยความยาวสายอากาศไปด้วยเหตุ นี้ทำให้กำลังส่งที่ออกมาของสายอากาศแบบเส้นทางไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่าที่ประเมินไว้

### ความสูงประสิทธิผล

กระแสที่ไหลบนสายอากาศจะมีค่าไม่คงที่ตลอดทุกจุดของสายอากาศแต่มีค่าเปลี่ยนแปลง ในรูป 2.3 ค่าความสูงหรือความยาวประสิทธิผลเป็นการคิดโดยกำหนดให้กระแสนสายอากาศมี ขนาดคงที่ค่าหนึ่งและให้ความเข้มสนามเท่ากันทุกจุดดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าผลคูณของค่าความสูง หรือความยาวจริงของสายอากาศกับค่าเฉลี่ยของกระแสมีค่าเท่ากับผลคูณของความสูงหรือความยาว ประสิทธิภาพกับค่าคงที่ของกระแสส่วนกรณีของโมโนโพลเนื่องจากการสะท้อนของคลื่นกับพื้นดิน นี้ที่ ทำให้เหมือนมีสายอากาศขนาด 2 เท่าของความยาวจริงอยู่ดังนั้นค่า  $l_{\text{eff}} = l_{\text{phys}}$  (กรณีโมโนโพล) ค่า ความสูงประสิทธิผลเป็นค่าความสูงของจุดศูนย์กลางในการแพร่คลื่นของอากาศส่ง เทียบกับระดับพื้นดิน

#### 2.4.1 หลักการพื้นฐานของออปแอมป์

อุปกรณ์ออปแอมป์ สามารถที่จะอธิบายได้ดังนี้ โดยอุปกรณ์ออปแอมป์นั้นจะเป็น อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ที่สร้างขึ้นมาโดยโครงสร้างภายในนั้นจะประกอบด้วยสารกึ่งตัว อยู่หลายชนิดครับ เช่น อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์อุปกรณ์มอดูเลตอุปกรณ์ไดโอดและยังมีตัวต้านทานโดย อุปกรณ์ทั้งหมดนี้จะถูกประกอบและต่อรวมกันที่อยู่ในรูปของวงจรรวมที่เราใช้ในชื่อที่เรียกว่า ไอซี ซึ่ง วงจรรวมที่ได้จะมีลักษณะของวงจรเป็นวงจรรขยายสัญญาณ โดยมีอัตราการขยายแรงดันที่สูงซึ่งเรา สามารถเขียนสัญลักษณ์ของออปแอมป์ ที่แสดงถึงลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์ออปแอมป์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

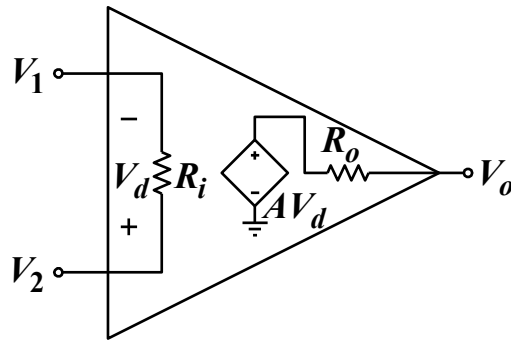


### รูปที่ 2.5 ลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์ออปแอมป์

จากในรูปที่ จะเห็นถึงลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์ออปแอมป์ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปของออปแอมป์นั้นจะมีคุณสมบัติพื้นฐานดังนี้ คือ อินพุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าที่สูง ,เอาต์พุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าต่ำ และอัตราขยายแรงดันจะมีค่าที่สูงมาก จากลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์ออปแอมป์นั้นจะประกอบด้วยขาที่จะนำมาใช้งานดังต่อไปนี้ คือ

- ขาอินพุตลบของออปแอมป์ โดยมีไว้เพื่อป้อนสัญญาณ ที่เป็น ได้ทั้งสัญญาณไฟกระแสตรง และสัญญาณไฟกระแสสลับ ซึ่งสัญญาณที่ถูกป้อนเข้าไปที่ขาอินพุตลบ
- ขาอินพุตบวกของออปแอมป์ โดยมีไว้เพื่อป้อนสัญญาณ ที่เป็น ได้ทั้งสัญญาณไฟกระแสตรง และสัญญาณไฟกระแสสลับ ซึ่งสัญญาณที่ถูกป้อนเข้าไปที่ขาอินพุตบวก
- ขาเอาต์พุต โดยมีไว้เพื่อบอกถึงสภาวะการทำงานของออปแอมป์ ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการที่เราทำการป้อนสัญญาณเข้าที่ขาอินพุตทั้งสองของออปแอมป์
- ขาป้อนไฟบวก โดยจะมีค่าแรงดันไฟประมาณ 9 โวลต์ ถึง 18 โวลต์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเราจะใช้แรงดันไฟประมาณ 15 โวลต์
- ขาป้อนไฟลบ โดยจะมีค่าแรงดันไฟประมาณ -9 โวลต์ ถึง -18 โวลต์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเราจะใช้แรงดันไฟประมาณ -15 โวลต์

ส่วนของการที่จะนำอุปกรณ์ออปแอมป์ไปใช้งานและมีการใช้งานที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้น เราจะต้องทำความเข้าใจในคุณสมบัติของออปแอมป์ดังต่อไปนี้ คือ คุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติ ซึ่งก็สามารถที่จะเขียนวงจรสมบูรณได้ดังแสดงในรูปที่ 2.6



$$V_o = AV_d = A(v_2 - v_1) \quad (2.14)$$

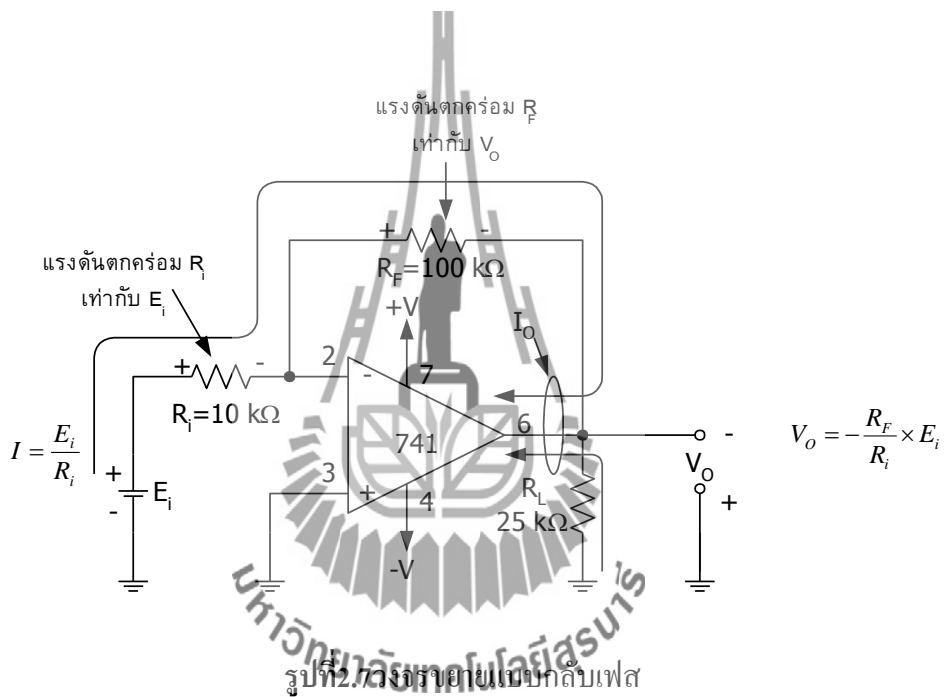
### รูปที่ 2.6 ลักษณะของวงจรสมมูลของออปแอมป์ในอุดมคติ

จากรูปที่ 2.13 จะเป็นลักษณะของวงจรสมมูลของออปแอมป์ในอุดมคติ ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วก็จะเห็นว่าขาบวก(+) และขาลบ(-) นั้นต่อ ไม่ครบวงจร ซึ่งก็หมายความว่าค่าของกระแสที่ไหลเข้าขาอินพุทของออปแอมป์ทั้งสองขานั้นมีค่าเป็นศูนย์นั่นเอง หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือไม่มีกระแสที่ไหลเข้าที่ขาอินพุทของออปแอมป์ครับ และถ้าเราพิจารณาถึงค่าของความต้านทานที่ขาอินพุทของออปแอมป์ หรือค่าความต้านทานอินพุทก็จะพบว่ามันจะมีค่าเป็นอนันต์ครับ และในส่วนของอัตราขยายแรงดันแบบเปิด หรือที่เราเรียกว่า เปิดลูบก็จะมีค่าเป็นอนันต์ และค่าความต้านทานเอาต์พุทนั้นจะมีค่าเป็นศูนย์นั่นเองครับ ซึ่งทั้งหมดที่ได้กล่าวนี้ก็คือออปแอมป์ในอุดมคติแต่ในทางปฏิบัติมันไม่ได้เป็นไปตามคุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติ เพราะว่าเราสามารถที่จะทำการสร้างหรือออกแบบออปแอมป์ในอุดมคติได้ แต่เราสามารถที่จะสร้างและออกแบบออปแอมป์ที่จะนำมาใช้งานจริงให้มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับออปแอมป์ในอุดมคติได้ซึ่งก็ได้แสดงไว้ในตารางที่ โดยเป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติของออปแอมป์ที่จะนำมาใช้งานจริงกับออปแอมป์ในอุดมคตินั่นเองครับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีพารามิเตอร์หลายตัวครับที่เกี่ยวข้องกับตัวอุปกรณ์ออปแอมป์ที่เราจะต้องนำไปใช้พิจารณาในการออกแบบวงจรในการใช้งานจริง ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วก็จะเห็นว่าภายในนั้นก็จะมีตัวต้านทานทางด้านอินพุท และตัวต้านทานทางด้านเอาต์พุท ต่ออยู่ด้วย ซึ่งก็จะมีค่าอยู่ค่าหนึ่ง โดยที่ออปแอมป์แต่ละเบอร์นั้นก็จะมีค่าดังกล่าวนี้แตกต่างกันไป ดังเช่นที่ได้แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของออปแอมป์ที่ใช้งานจริงกับออปแอมป์ในอุดมคติ

### 2.4.2 วงขยายแบบกลับเฟส

วงขยายที่ป้อนสัญญาณอินพุต เข้าที่ขาอินเวอร์ติ้ง หรือขาลบ ซึ่งจะให้อัตราขยายที่มีลักษณะสัญญาณที่กลับเฟสกับสัญญาณอินพุต 180 องศาจริงในรูปที่เป็นวงขยายได้ทั้งสัญญาณตรงและสัญญาณแบบสลับอัตราขยายแบบลูปปิด  $A_{CL}$  จาก  $E_i$  ไปสู่  $V_o$  ขึ้นอยู่กับ  $R_f$  และ  $R_i$  เพื่อทำความเข้าใจกับวงจรแบบนี้

1. ในกรณี  $V_o$  ไม่อิ่มตัว (saturation) ความต่างศักย์ระหว่างขาอินพุตบวกและลบ ( $E_d$ ) จะเท่ากับศูนย์
2. ปริมาณกระแสที่ไหลเข้าขาอินพุตทั้งสองจะมีค่าน้อยมากจนคิดว่าเป็นไม่มีกระแสไหลเข้า



#### เมื่อป้อนแรงดันลบเข้าที่ขาอินเวอร์ติ้ง

จากวงจรในรูปที่ 2.7 มีการป้อน  $E_i$  ผ่าน  $R_i$  เข้าทางอินพุตลบ โดย  $E_i$  ที่ป้อนให้มีแรงดันเป็นลบ ดังนั้นทำให้ทิศทางของกระแสจึงกลับดังวงจรในรูปที่ 2.7 แต่สมการทุก ๆ สมการจะเหมือนกันกับตอนแรกและเมื่อพิจารณาจากทิศทางการไหลของกระแสในวงจรรูปที่ 2.7 นี้แล้วจะได้ข้อสังเกตว่าในขณะที่แรงดัน  $E_i$  เป็นลบจะทำให้  $V_o$  เป็นบวก

จากข้อเสนอแนะที่ว่าความต่างศักย์ระหว่างขาบวกและขาลบเป็นศูนย์ซึ่งหมายความว่าแรงดันของทั้ง 2 ขาต้องเท่ากันดังนั้นเมื่อขาอินพุตบวกในวงจรนี้จึงต่อลงกราวด์ขาอินพุตลบจึงเหมือนต่ออยู่

กับกราวด์ด้วยกระแสที่ไหลผ่าน  $R_i$  จึงเกิดจากความต่างศักย์ระหว่าง  $E_i$  และกราวด์ตามกฎของโอห์มได้ กระแสดังนี้

$$I = \frac{E_i}{R_i} \quad (2.2)$$

$$V_{Rf} = I \times R_f = \frac{E_i}{R_i} \times R_f \quad (2.3)$$

จาก  $V_{Ri}$  ที่ได้เป็นแรงดันที่ตกคร่อม  $R_i$  ซึ่งเกิดจากความต่างศักย์ระหว่างกราวด์กับ  $V_0$  ตามทิศของกระแสในขณะนี้กระแสไหลสืบเนื่องมาจาก กระแสไหลผ่านกราวด์ซึ่งอยู่ทางซ้ายของ  $R_i$  มายัง  $V_0$  ซึ่งอยู่ทางขวาของ  $R_i$  แสดงให้เห็นว่า  $V_0$  ในตอนนี้มีแรงดันต่ำกว่ากราวด์คือเป็นลบ (แรงดันตกคร่อมขา 2 และขา 6 ของออปแอมป์มีค่าเท่ากับ 0 โวลต์) ดังนั้นในขณะที่  $E_i$  เป็นบวกเทียบกับกราวด์  $V_0$  ก็จะเป็นลบเมื่อเทียบกับกราวด์ (จะได้หักล้างเป็น 0 โวลต์พอดี) เพราะฉะนั้นถ้าคิดว่าขนาดของ  $V_0$  เท่ากับ  $V_{Ri}$  แล้วเครื่องหมายของ  $V_0$  ก็จะกลับกันกับ  $V_{Ri}$  ดังนั้นจากสมการที่ 2.16 จะได้

$$V_0 = \frac{-E_i \times R_f}{R_i} \quad (2.4)$$

จากนิยามของอัตราขยายแบบลูปเปิด  $A_{CL}$  เท่ากับ  $V_0 / E_i$  จะได้

$$A_{CL} = -\frac{V_0}{E_i} = \left(-E_i \times \frac{R_f}{R_i}\right) \times \left(\frac{1}{E_i}\right) = -\frac{R_f}{R_i} \quad (2.5)$$

เครื่องหมายลบในสมการที่ 2.17 แสดงว่าขั้วของ  $V_0$  จะกลับกับทางด้าน  $E_i$  ซึ่งจุดนี้เองที่ทำให้ วงจรขยายนี้จึงได้ชื่อว่าวงจรขยายแบบกลับเฟส ซึ่งคืออัตราขยายของวงจรนี้จะขึ้นอยู่กับ  $R_f$  และ  $R_i$  เท่านั้น

## 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ที่สามารถสร้างระบบควบคุมได้ โดยอุปกรณ์นี้มีขนาดเล็ก และเป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่มีการรวมเอาฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ไว้ในตัวเอง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งในที่นี้หมายถึงอุปกรณ์ภายในที่ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง, พอร์ตในการเชื่อมต่อแบบต่างๆ

### 2.5.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

PIC ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ผลิตโดยบริษัทไมโครชิพ พยายามรวมเอาโครงสร้างทุกอย่างในชิพตัวเดียว (CPU หน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล I<sup>2</sup>C, CCP, A/D) โดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอกผลที่ตามมา แผ่น PCB มีขนาดเล็ก อุปกรณ์ที่ใช้ไม่มากนัก ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC แบ่งตามชนิดของหน่วยความจำโปรแกรมได้ทั้งหมด 3 ประเภท คือ

1.OTP (One – Time Programmable) เป็นชิพที่มีราคาถูกที่สุดทำการ โปรแกรมได้ครั้งเดียว เหมาะกับกรณีพัฒนาโปรแกรม ไม่พบจุดบกพร่องแล้ว และต้องใช้จำนวนมากๆเช่น PIC12C509, PIC12C672 เป็นต้น

2. EPROM (Erasable Programmable ROM) เมื่อเขียนโปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถลบได้ด้วยแสงอัลตราไวโอเลตบนชิพจะมีกรอบกระจกเพื่อให้แสงอัลตราไวโอเลตสามารถผ่านเข้าไปในตัวชิพ ได้ ชิพเบอร์นี้จะมี JW เขียนกำกับอยู่ PIC16C57/JW, PIC16C72A/JW เป็นต้น

3. EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)หรือเรียกกันว่าหน่วยความจำแบบแฟลช(Flash)เป็นชิพที่สามารถเขียนและลบ โปรแกรมได้ด้วยไฟฟ้าสามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายพันครั้งเป็นประเภทที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ใน 3 ประเภท PIC12F510, PIC16F84, PIC16F877 เป็นต้น

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู
2. หน่วยความจำ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้ จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูลใช้เหมือนกระดานจดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม ในเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอมซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง
3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุตและพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผล และส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น
4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัสคือเส้นทางในการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล, บัสแอดเดรสและบัสควบคุม



5. วงจรกำเนิดสัญญาณพิก้า นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดจังหวะหากสัญญาณพิก้ามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ดีขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

#### การเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC มีดังต่อไปนี้

1. ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่จะนำไปใช้
2. อินพุต – เอาต์พุต
3. ขนาดของหน่วยความจำ
4. ความเร็วในการทำงาน
5. ฟังก์ชันพิเศษ

#### ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ที่นิยมใช้งานในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้

1. PIC16C5X เป็นชิพยุคแรกของบริษัทไมโครชิพ หน่วยความจำแบบ วันไทม์พาสเวิร์ด และ อีพียอร์ไอเอ็ม ไทม์เมอร์และวอตช์ดอกไทม์เมอร์ ไม่มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมและการแปลงอนาล็อก ดิจิตอล เช่น PIC16C505, PIC16C58
2. PIC16CXXX เป็นยุคต่อ ยอดจาก PIC16C5X หน่วยความจำแบบ วันไทม์พาสเวิร์ด และ อีพียอร์ไอเอ็ม ไทม์เมอร์ มีฟังก์ชันพิเศษเพิ่มมากขึ้น คือ ไทม์เมอร์, วอตช์ดอกไทม์เมอร์, พอร์ตสื่อสารอนุกรม USART, I2C, SPL, CCP (บางเบอร์มีการแปลงอนาล็อก ดิจิตอล) เช่น PIC16C621, PIC16C7
3. PIC12CXXX เป็น PIC ที่มีเพียง 8 ขา ออกแบบมาเพื่อใช้กับงานเล็กๆ หน่วยความจำแบบ วันไทม์พาสเวิร์ด, อีพียอร์ไอเอ็ม ไทม์เมอร์, วอตช์ดอกไทม์เมอร์ และ การแปลงอนาล็อก ดิจิตอล มี 4 MHZ ออสซิลเลเตอร์กำเนิดสัญญาณพิก้าอยู่ในชิพ เช่น PIC12C509, PIC12C672
4. PIC17CXXX มาพร้อมกับ PIC16CXXX เพียงแต่ PIC17CXXX มีขนาดของหน่วยความจำที่ใหญ่กว่าสามารถต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเพิ่มได้ มีฟังก์ชันพิเศษคือ ไทม์เมอร์, วอตช์ดอกไทม์เมอร์, พอร์ตสื่อสารอนุกรม USART, I<sup>2</sup>C, SPL, CCP ใช้คำสั่งการคูณ และการหารได้เช่น PIC17C43, PIC17C44
5. PIC18FXXX ใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) แก่ไขจุดค้อยของ PIC16FXXX ตรงที่ไม่ต้องอ้างหน่วยความจำข้อมูลแบบที่มีลักษณะแบ่งออกเป็นหน้าๆ ซึ่งทำให้สะดวกในการเขียนโปรแกรมมีฟังก์ชันพิเศษคือ ไทม์เมอร์ (Rprom Timer), วอตช์ดอกไทม์เมอร์ (Watchdog Timer), พอร์ตสื่อสารอนุกรมมีการแปลงอนาล็อก ดิจิตอลขนาด 10 บิตสามารถต่อหน่วยความจำภายนอกได้เช่น PIC18F1220, PIC18F252
6. PIC24FXXX, dsPIC30FXXX, dsPIC33FXXX หน่วยความจำขนาด 16 บิตการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ทำให้ PIC รูปแบบนี้ถูกเรียกว่าดิจิตอลซิกแนลคอนโทรลเลอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์

ตระกูล PIC มีฟังก์ชันพิเศษคือ ไทม์เมอร์ ,USART,I<sup>2</sup>C,SPI,CAN,RTCC,EEPROM,การแปลงอนาล็อก ดิจิตอล นอกจากนี้ยังมีโมดูลติดต่อผ่านพอร์ต USB ภายใน เช่น PIC24FJ48GA002, dsPIC30F4011

7. PIC32MX3XX,PIC32MX4XX เป็นตระกูลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในปัจจุบันหน่วย ความจำขนาด 32 บิตความเร็วการทำงานสูงสุดมากถึง 80 MHz หน่วยความจำโปรแกรมสูงสุดที่ 256K หน่วยความจำข้อมูลสูงสุดที่ 32K มีระบบหน่วยความจำแชนโมดูลสำหรับติดต่อผ่าน USB เหมาะงาน ขนาดใหญ่ เช่น PIC32MX340F128H, PIC32MX460F256L

### การอ่านเบอร์และสัญลักษณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

จากเลขเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC แยกออกเป็นกลุ่มแต่ละกลุ่มจะมีความหมายในตัวเองมีดังต่อไปนี้

1. หมายเลข คือหมายเลขประจำตัวของแต่ละอันเช่น PIC10,PIC12,PIC14,PIC16, PIC17,PIC18,PIC24 และPIC32 นอกจากนี้ยังมี PIC30 และPIC33 สำหรับ dsPIC ตัวเลขเหล่านี้บอก วิวัฒนาการของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

- PIC10,PIC12,PIC14,PIC16,PIC17,PIC18 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต
- PIC24,PIC30และPIC33เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 16 บิต
- PIC32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต

2. ตัวอักษรย่อภาษาอังกฤษ คือ บอกถึงลักษณะของหน่วยความจำว่ามีลักษณะเป็นแบบในดัง แสดงตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะหน่วยความจำของแต่ละตัวอักษร

ตัวอักษร	ลักษณะหน่วยความจำโปรแกรม
C	EPROM
CR	ROM
CE	One-time programmable EPROM และ EEPROM
F	Flash
HV	High Voltage (15V)
LF	Low Voltage Flash
LC	Low Voltage One-time programmable
LCR	Low Voltage ROM

3. -(XX) คือ กรณีที่มีตัวเลขต่อจากเครื่องหมาย (-) ตัวเลขนี้จะบอกความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุดที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์นั้นๆ

วงจรพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. วงจรจ่ายไฟ โดยส่วนใหญ่ PIC จะใช้แหล่งจ่ายไฟ 5Vหรืออยู่ในย่าน 4.2 – 5.5 Vโดยอาศัยความต่างศักย์บวกเข้าที่ขาแรงดันไฟเลี้ยง (VDD) และไฟลบเข้าที่ขากราวด์ (VSS)

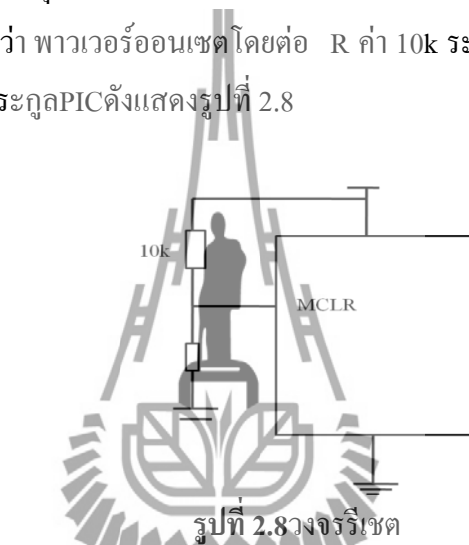
2. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลPIC จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดสัญญาณรูปแบบสัญญาณนาฬิกามี 3 รูปแบบ ดังนี้

2.2.1 วงจรแบบผลึกคริสตอลเป็นวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา แบบต่อเนื่อง ที่มีความเที่ยงตรงสูงโดยอาศัยการทำงานของแผ่นผลึกคริสตอลเป็นตัวกำเนิดสัญญาณ การใช้งานทั่วไปของคริสตอล จะต้องต่อการทำงานร่วมกับตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ในการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะต้องต่อกับไอซีลอจิกวงจรรวมเพิ่ม เพื่อปรับปรุงคลื่นสัญญาณให้เป็นรูปพัลส์สี่เหลี่ยม

2.2.2 วงจรแบบอาร์ซี เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงมากนัก อีกทั้ง ราคาก็ถูกกว่าแบบอื่น ความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์แบบ RC จะขึ้นอยู่กับความดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ ตัวต้านทาน, ค่าตัวเก็บประจุ, อุณหภูมิที่ใช้งาน, อุปกรณ์ต่างๆ ความกว้างของขอบต้วนำระหว่างชิปของตัวเก็บประจุนั้นๆ

2.2.3 วงจรแบบสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก ในกรณีที่มีแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกอยู่แล้วสามารถนำเข้ามาใช้งานได้โดยต่อเข้ากับขาออสซิลเลเตอร์

3. วงจรรีเซ็ต (Reset) คือ การทำให้โปรแกรมเคาต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์กลับไปเริ่มต้นที่แอสแอดเรส 0000H หรือแอสแอดเรสแรกของหน่วยความจำทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มต้นทำงานตามโปรแกรมที่เขียนใหม่ตั้งแต่แรกทุกครั้งที่ทำกาจ่ายไฟเลี้ยงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC จะมีการรีเซ็ตเกิดขึ้นทุกครั้ง เรียกว่า พาวเวอร์ออนเรสต์ โดยต่อ R ค่า 10k ระหว่างไฟเลี้ยงเข้ากับขา MCLR ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ดังแสดงรูปที่ 2.8



นอกจาก POR และ การรีเซ็ตด้วยการกดปุ่มแล้ว PIC ยังสามารถรีเซ็ตตัวเองได้จากบาวเอาท์รีเซ็ต (BOR: Brown – out Reset ) เป็นการรีเซ็ตเนื่องจากค่าระดับแรงดันไฟเลี้ยงต่ำเกินไปซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้โครงสร้างภายในบางอย่างเช่น EEPROM เสียหายนอกจากนี้แล้วยังมี วอทช์ดอกไทม์เมอร์ (WDT: Watchdog Timer) ซึ่งเป็นการรีเซ็ตเนื่องจากโปรแกรมทำงานผิดพลาด ( Runaway Software) โดยจะทำการตรวจสอบการทำงานตามคาบเวลาของ วอทช์ดอกไทม์เมอร์ (WDT: Watchdog Timer) และสามารถควบคุมการทำงานของ วอทช์ดอกไทม์เมอร์ (WDT: Watchdog Timer) ได้จากบิต SWDTEN และ WDTCON

## 2.5.2 การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F2550

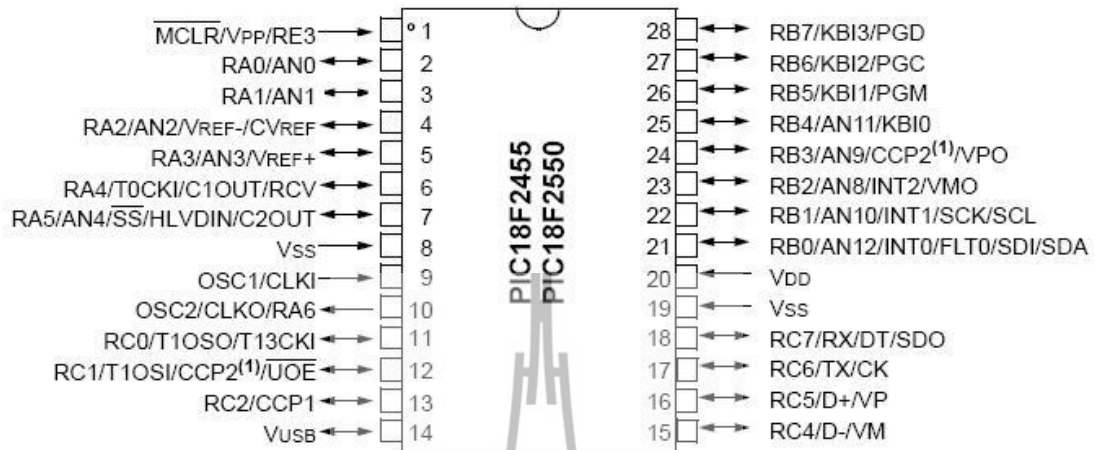
ข้อมูลเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F2550 ดังแสดงตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F2550

1. ความกว้างของบัสข้อมูลทั้งหมด	8 บิต
2. ค่าสูงสุดของความถี่นาฬิกาที่	48 MHz
3. ขนาดหน่วยความจำของโปรแกรม	32 KB
4. ขนาดข้อมูลในแรม(RAM)	2048 ไบต์
5. มีตัวแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัลบนชิป	
6. การจ่ายแรงดันที่ใช้งานได้	2 V ถึง 5.5 V
7. ค่าสูงสุดของอุณหภูมิในการทำงาน:	+ 85 C
8. ขนาดบิตของอนาล็อก/ดิจิทัลสามารถใช้ได้ที่	10 บิต
9. ขนาดข้อมูลในรอม(ROM)	256 ไบต์
12. เป็นหน่วยความจำประเภท แฟลช (Flash)	
13. การจ่ายแรงดัน (สูงสุด)ได้ที่	5.5 V
14. การจ่ายแรงดัน (ต่ำสุด)ได้ที่	4.2 V

## หน้าที่และการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F2550

ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F2550 มีทั้งหมด 28 ขา แต่ละขามีหน้าที่ และหลักการการทำงานแตกต่างกันออกไปดังนี้



รูปที่ 2.9 ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F2550

1. ลูกศรของแต่ละขาบ่งบอกการทำงานของขา โดยที่ ลูกศรชี้ทางเดียวแสดงว่าขาทำงานด้านเดียว แต่ถ้าลูกศรชี้ 2 ทิศทางแสดงว่าขาทำงาน 2 ทิศทางคือเป็น อินพุตหรือ เอาท์พุต ก็ได้ดังแสดงรูปที่ 2.9

2. พอร์ตเอาท์พุตและพอร์ตอินพุต มีทั้งหมด 4 พอร์ตได้แก่ พอร์ต A, B, C, (E) เราสามารถกำหนดเองได้ว่าจะใช้พอร์ตไหนเป็นพอร์ตอินพุต พอร์ตไหนเป็นพอร์ตเอาท์พุต ดังแสดงรูปที่ 2.9

3. ขาที่ 1 MCLR/VPP/RE3 ขาสัญญาณ Reset (Master Clear Input), ขารับแรงดันโปรแกรม (Programming Voltage), ขาสัญญาณติดต่อกับอินพุตและเอาท์พุตดังแสดงรูปที่ 2.9

4. ขาที่ 2 RA0/AN0 เป็นขาสัญญาณติดต่อกับอินพุตและเอาท์พุต สำหรับการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่ดิจิทัล(ADC) ช่อง0ดังแสดงรูปที่ 2.9

5. ขาที่ 3 RA1/AN1 เป็นขาสัญญาณติดต่อกับอินพุตและเอาท์พุต สำหรับการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่ดิจิทัล(ADC) ช่อง1 ดังแสดงรูปที่ 2.9

6. ขาที่ 4 RA2/AN2/ VREF-/CVREFเป็นขาสัญญาณติดต่อกับอินพุตและเอาท์พุต สำหรับการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่ดิจิทัล (ADC)ช่อง2หรือจะใช้เป็น VREF-/CVREF ก็ได้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนโปรแกรมควบคุมของระบบดังแสดงรูปที่ 2.9

7. ขาที่ 5 RA3/AN3/ VREF+เป็นขาสัญญาณติดต่อที่เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่ดิจิทัล (ADC)ช่อง 3หรือจะใช้เป็น VREF+ ก็ได้ขึ้นอยู่กับที่การเขียนโปรแกรมควบคุมของระบบดังแสดงรูปที่ 2.9
8. ขาที่ 6 RA4/T0CKI/C1OUT/RCV ขาสัญญาณสำหรับเปรียบเทียบการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่ดิจิทัลช่อง1, ขาสัญญาณนาฬิกาไทม์เมอร์0 ดังแสดงรูปที่ 2.9
9. ขาที่ 7 RA5/AN4/SS/HLVDIN/C2OUT ขาสัญญาณสำหรับการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่ดิจิทัล ช่อง 4เป็นขาสัญญาณสำหรับเปรียบเทียบการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่ดิจิทัลช่อง 2, ขาสัญญาณ Slave Select สื่อสารแบบพอร์ตอนุกรม,ขาสัญญาณสำหรับเปรียบเทียบการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่ดิจิทัลช่อง2 ดังแสดงรูปที่ 2.9
10. ขาที่ 8 และขาที่ 19 เป็นขากราวด์จึงจะต้องต่อลงกราวด์(VSS) ดังแสดงรูปที่ 2.9
11. ขาที่ 9 OSC1/CLKIและขาที่ 10 เป็นตำแหน่งของ OSC2/CLKO/RA6ต้องต่อกับคริสตัลตามความถี่ที่กำหนดไว้หรือจะใช้เป็น RA6 ก็ได้ขึ้นอยู่กับที่การเขียนโปรแกรมควบคุมของระบบ ดังแสดงรูปที่ 2.9
12. ขาที่ 11 RC0/TIOSO/TICK1 เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่ดิจิทัล (ADC) ช่อง0, ขาสัญญาณเอาต์พุตวงจรออสซิลเลเตอร์ของไทม์เมอร์1, ขาสัญญาณอินพุตของสัญญาณค็อก ไทม์เมอร์1(Clock Timer1) ดังแสดงรูปที่ 2.9
13. ขาที่ 12 RC1/TIOSI/CCP2/UOE เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต , ขาสัญญาณอินพุตวงจรออสซิลเลเตอร์ของไทม์เมอร์ 1, ขาสัญญาณเอาต์พุตวงจร PWM, ขาสัญญาณเอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ โมดูล CCP2ดังแสดงรูปที่ 2.9
14. ขาที่ 13 RC2/CCP1เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต , ขาสัญญาณเอาต์พุตวงจร PWM, ขาสัญญาณเอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ โมดูล CCP1ดังแสดงรูปที่ 2.9
15. ขาที่ 14 VUSBเป็นขาที่ไว้เชื่อมต่อข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ดังแสดงรูปที่ 2.9
16. ขาที่ 15 RC4/D-/VM เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต หรือหรือจะใช้เป็น D-/VM ก็ได้ขึ้นอยู่กับที่การเขียนโปรแกรมควบคุมของระบบดังแสดงรูปที่ 2.9
17. ขาที่ 16 RC5/ D+/VP เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต หรือหรือจะใช้เป็น D+/VP ก็ได้ขึ้นอยู่กับที่การเขียนโปรแกรมควบคุมของระบบดังแสดงรูปที่ 2.9
18. ขาที่ 17 RC6/TxD/CK เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต , ขาสัญญาณส่ง Data/Serial Port(TxD), ขาสัญญาณ Clock/Synchronize(CK) ดังแสดงรูปที่ 2.9
19. ขาที่ 18 RC7/RxD/DT/SDO เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต , ขาสัญญาณส่ง Data/Serial Port(RxD), ขาสัญญาณ Data/Synchronize(DT)ดังแสดงรูปที่ 2.9
20. ขาที่ 20 จะเป็นตำแหน่งไปเลี้ยง(VDD) +5Vดังแสดงรูปที่ 2.9

21. ขาที่ 21 RB0/AN12/INT0/FLT0/SDI/SDA เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รับจากภายนอก, เป็นขาอินเตอร์เฟซดิจิทัลแบบอนุกรมดังแสดงรูปที่ 2.9

22. ขาที่ 22 RB1/AN10/INT1/SCK/SCL เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รับจากภายนอก, ขาสัญญาณค็อก (Clock) ของวงจร SPI(SCK), ขาสัญญาณค็อก (Clock) ของวงจร I2C(SCL) ดังแสดงรูปที่ 2.9

23. ขาที่ 23 RB2/AN8/INT2/VMO เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต, ขาสัญญาณอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รับจากภายนอกดังแสดงรูปที่ 2.9

24. ขาที่ 24 RB3/AN9/CCP2(1)/VPO เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต, ขาสัญญาณเอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบสัญญาณโมดูล CCP1, ขาสัญญาณอินพุตรับแรงดันโปรแกรมต่ำ (5V) ดังแสดงรูปที่ 2.9

25. ขาที่ 25 RB4/AN11/KBI0 เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต, ภายในมีวงจรพูลอัพและอินเทอร์รับลือคอินหากทำให้มันเป็นไปได้จะสามารถอินเทอร์รับท์แบบนี้ได้ดังแสดงรูปที่ 2.9

26. ขาที่ 26 RB5/KBI1/PGM เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต, ภายในมีวงจรพูลอัพและอินเทอร์รับลือคอินหากทำให้มันเป็นไปได้จะสามารถอินเทอร์รับท์แบบนี้ได้, เป็นขารับแรงดันต่ำสำหรับการโปรแกรม (ปกติไม่ใช้งานขา) ดังแสดงรูปที่ 2.9

27. ขาที่ 27 RB6/KBI2/PGC เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต, ภายในมีวงจรพูลอัพและอินเทอร์รับลือคอินหากทำให้มันเป็นไปได้จะสามารถอินเทอร์รับท์แบบนี้ได้, เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการโปรแกรมดังแสดงรูปที่ 2.9

28. ขาที่ 28 RB7/KBI3/PGD เป็นขาสัญญาณติดต่อเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต, ภายในมีวงจรพูลอัพและอินเทอร์รับลือคอินหากทำให้มันเป็นไปได้จะสามารถอินเทอร์รับท์แบบนี้ได้, เป็นขารับส่งข้อมูลสำหรับการโปรแกรมดังแสดงรูปที่ 2.9

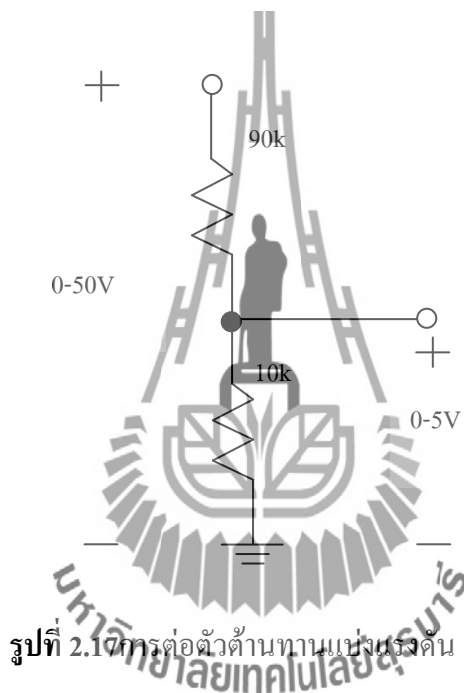
### การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D Converter)

A/D Converter คือการใช้ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC นั้นส่วนใหญ่จะมีโมดูลการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลมาให้อยู่แล้ว (บางรุ่นอาจไม่มีโมดูลดังกล่าว เช่น PIC16F627A) ประโยชน์ของโมดูลดังกล่าวคือ นิยมนำไปใช้กับเซนเซอร์รูปแบบต่างๆ โดยสามารถรับสัญญาณดังกล่าวเข้าสู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องต่อไอซี การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเพิ่ม



ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC แต่ละเบอร์จะมีจำนวนช่องรับสัญญาณอนาล็อกไม่เท่ากัน และอาจมีความละเอียดไม่เท่ากัน เช่น PIC เบอร์ PIC18F242 และ PIC18F252 มีช่องรับสัญญาณอนาล็อก 5 ช่อง แต่ละช่องมีความละเอียด 10 บิต PIC เบอร์ PIC18F442 และ PIC18F452 มีช่องรับสัญญาณอนาล็อก 8 ช่อง แต่ละช่องมีความละเอียด 10 บิต เป็นต้น

เนื่องจาก PIC สามารถรับแรงดันได้สูงสุด 5 V เพราะฉะนั้นกรณีที่สัญญาณอนาล็อกมีค่ามากกว่า 5 V จะต้องทำการสเกลให้ความต่างศักย์ต่ำลงก่อน โดยมีหลักการคือ การต่อตัวต้านทานแบบแบ่งแรงดัน ดังแสดงรูปที่ 2.17 ทำให้ได้สัญญาณอนาล็อกที่มีค่าเป็น 0 – 5 V ซึ่งอยู่ในย่านที่สามารถป้อนเข้าภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ได้



รูปที่ 2.17 การต่อตัวต้านทานแบ่งแรงดัน

สำหรับกรณีเลือกใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ข้างต้นจะพบว่ามีความละเอียดเป็นแบบ 10 บิต เพราะฉะนั้นค่าสูงสุดจะมีค่าเป็น  $2^{10} = 1024$  ดังนั้นการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลจะมีทั้งหมด 1024 สเต็ป การเปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลสามารถทำได้ดังนี้

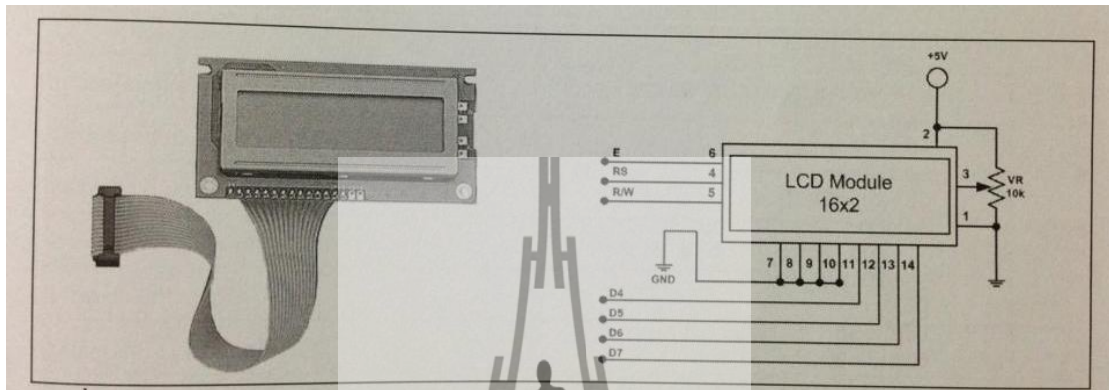
สมมติรับสัญญาณอนาล็อกที่มีค่าแรงดันอินพุตเป็น 3 V

สัญญาณอนาล็อก 5 V เป็นสัญญาณดิจิทัล 1024

สัญญาณอนาล็อก 3 V เป็นสัญญาณดิจิทัล  $(3 \times 1024)/5 = 614$

## 2.6 การประยุกต์ใช้งานโมดูล LCD 16x2 แบบตัวอักษร

ปัจจุบันหน่วยแสดงผลข้อมูล LCD (Liquid Crystal Display module ) ได้รับความนิยมนำมาใช้ งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์มาก เนื่องจากสามารถนำมาแสดงผลได้หลากหลายรูปแบบมากกว่า LED ตัวเลข 7 ส่วน นอกจากนี้ยังมีหลายขนาดให้เลือกใช้งาน แต่การใช้งานต้องอยู่ในมุมมองที่เหมาะสม โดยที่หน่วยแสดงผล LCD นี้จะมีอยู่สองชนิดคือ แบบตัวอักษร และแบบกราฟฟิก ในบทนี้จะศึกษา การใช้ LCD แบบตัวอักษรขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โมดูล LCD Characters 16x2 และวงจรการต่อขามอดูล

#### การควบคุมและการใช้งานโมดูล LCD ในโหมด 4 บิต

การส่งข้อความตัวอักษรเพื่อที่จะให้แสดงผลบนจอ LCD นั้น ในขั้นตอนแรกจะต้องเขียนชุดคำสั่งควบคุมเพื่อส่งให้กับโมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงจะตามด้วยชุดคำสั่งข้อมูลและข้อความที่ต้องการแสดงผลบนจอ LCD โปรแกรมควบคุม LCD โหมด 4 บิตนี้จะใช้ส่งข้อมูลเพียง 4 ขาเท่านั้น คือ ขา D4-D7 ดังแสดงรูปที่ 2.10

#### ขาสัญญาณของโมดูล LCD มีดังนี้

- ขาที่ 1 GND สำหรับต่อขาลงกราวด์ของวงจร
- ขาที่ 2 +Vcc ต่อกับไฟเลี้ยง +5V
- ขาที่ 3 V0 สำหรับปรับความสว่างของหน้าจอโมดูล LCD
- ขาที่ 4 RS ขาเลือกการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่งหรือข้อมูล โดย 0 จะติดต่อกำสั่งและ 1 จะติดต่อข้อมูล
- ขาที่ 5 R/W ขาอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD
- ขาที่ 6 E ป้อนสัญญาณพัลส์ Enable ให้โมดูล LCD เริ่มทำงาน
- ขาที่ 7 ถึง 14 D0-D7(DATA) เป็นขาข้อมูล

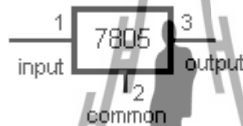
## 2.7 ไอซีรักษาระดับแรงดันไฟบวกตระกูล 7805

### 2.7.1 ความสามารถของไอซี 7805

7805 เป็นไอซีเรียงกระแสแบบคงที่ +5V โดยไอซีตัวนี้มีคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น ป้องกันความปลอดภัยในส่วนของพื้นที่นั้น ๆ ,ทำการตัดวงจรเมื่อมีความร้อนสูง ,กระแสภายในจะถูกจำกัดเมื่อเกิดปัญหาในไอซีกระแสเอาท์พุทจ่ายสูงสุดได้ 1A และต้องมีแผ่นระบายความร้อน ( heat sink) ที่เหมาะสม โดยใช้หม้อแปลง 9V แบบสเต็ปดาวเป็นตัวจ่ายไฟหลัก จะได้กระแส 1A จากวงจรเรกติไฟเออร์และ ตัวกรองกระแสไอซีจากนั้นไอซี 7805 จะทำการสร้างแรงดัน 5V แบบคงที่

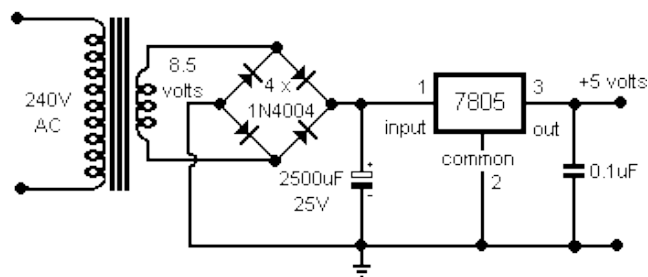
### 2.7.2 การต่อใช้งานไอซี 7805

ไอซีเรกกูเลเตอร์ 7805 เป็นไอซี ที่ใช้ในวงจรควบคุมแรงดันให้คงที่ โดยมีค่าแรงดัน 5 V ,12 V, 15V, จ่ายกระแสได้ 1 A แต่ถ้าเป็นเบอร์ 79xx จะให้แรงดันไฟลบออกมา เช่น - 15V , -9V เป็นต้นดังแสดงรูปที่ 2.11



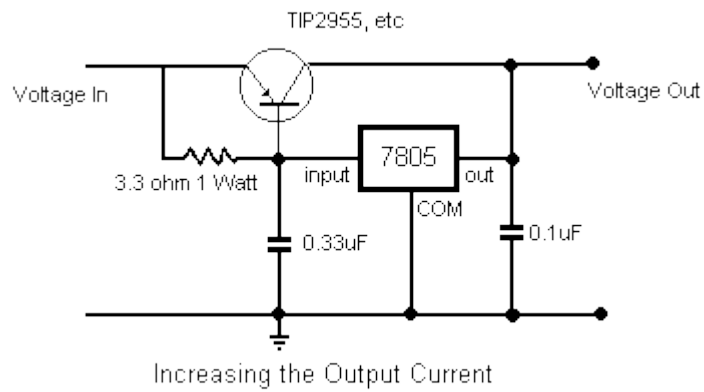
รูปที่ 2.11 ลักษณะรูปร่างภายนอก และขาใช้งาน

การต่อวงจรใช้งานเราสามารถต่อได้ดังรูปที่ 2.212 ในวงจรจากรูปจะเห็นว่าแรงดันเอาท์พุทออกมา 5 โวลท์ เมื่อใช้ไอซีเบอร์ 7805 ในวงจรประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสและกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ 2500 $\mu$ F/25V ส่วนตัวเก็บประจุ 0.1 $\mu$ F นั้นทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณรบกวนความถี่สูงที่เข้ามาทำความเสียหายให้กับไอซี



รูปที่ 2.12 วงจรใช้งาน

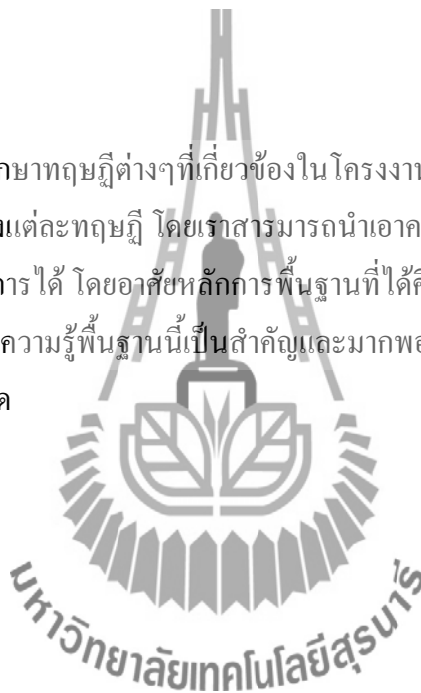
ถ้าใช้กระแสมากควรติดแผ่นระบายความร้อนให้กับไอซีด้วย (ไม่เกิน 1 แอมป์) แต่ถ้าต้องการที่จะให้มีกระแสมากขึ้นต้องใช้ ทรานซิสเตอร์แบ่งกระแสให้กับไอซี ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ต่อทรานซิสเตอร์เพื่อเพิ่มกระแสให้มากขึ้น

## 2.8 กล่าวสรุป

จากที่เราได้ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องในโครงการเรื่องนี้ ทำให้เราได้ทราบถึงคุณลักษณะต่างๆที่สำคัญของแต่ละทฤษฎี โดยเราสามารถนำเอาความรู้ที่ได้ศึกษามาทำการวิเคราะห์และออกแบบวงจรที่เราต้องการได้ โดยอาศัยหลักการพื้นฐานที่ได้ศึกษามา นี้ เพราะในการออกแบบวงจรนั้นเราจำเป็นต้องมีส่วนความรู้พื้นฐานนี้เป็นสำคัญและมากพอเพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่มีความคงทนและมีความผิดพลาดน้อยที่สุด



### บทที่ 3

#### อุปกรณ์ต้นแบบของเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ

##### 3.1 กล่าวนำ

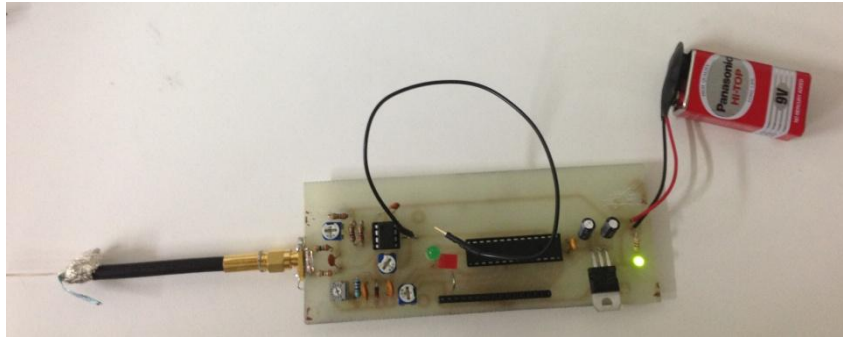
เครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ ได้มีการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านสายอากาศ อิเล็กทรอนิกส์ และไมโครโปรเซสเซอร์ เข้ามาประกอบกัน เพื่อสร้างเป็นวงจรภาครับสัญญาณ โดยในวงจรที่เราสร้างขึ้นนี้จะ แบ่งออกเป็นสามส่วนด้วยกันคือ ส่วนแรกจะเป็นส่วนของสายอากาศที่ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้ามา ส่วนที่สองจะเป็นส่วนของวงจรที่เราออกแบบมาเพื่อให้สามารถใช้งานได้ และในส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนของการแสดงผล ซึ่งจะประกอบไปด้วยสองส่วนคือ ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลและส่วนของจอ แอลซีดีทำการแสดงค่าออกมา และที่ขาดไม่ได้คือแหล่งจ่ายไฟจากถ่านขนาด 9 V ที่คอยเป็นไฟเลี้ยงให้แก่วงจร ดังแสดงในรูปที่ 3.1



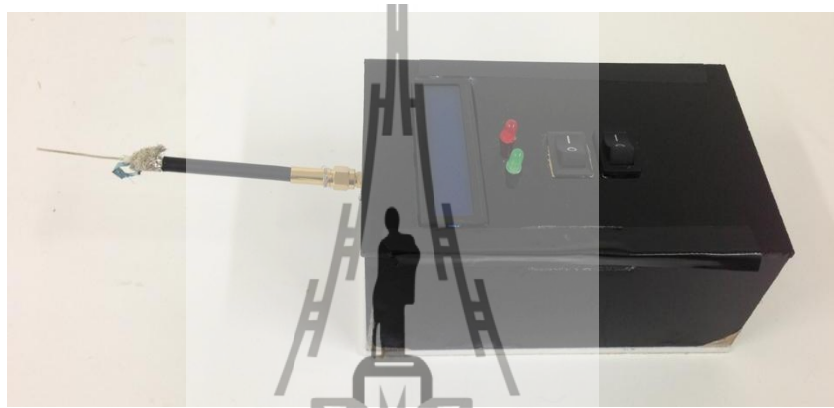
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้สร้างวงจรภาครับ

##### 3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ

ภาพรวมของอุปกรณ์ก่อนการประกอบกล่องอุปกรณ์ต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 แสดงถึงอุปกรณ์ต่างๆก่อนจะนำไปประกอบเข้าด้วยกัน โดยรูปที่ 3.2(ก) จะเป็นในส่วนของวงจรที่ทำการประกอบเข้าด้วยกันเสร็จแล้ว และ (ข) จะเป็นในส่วนของอุปกรณ์ที่ทำการประกอบเข้ากับกล่องอุปกรณ์แล้วเรียบร้อย



รูปที่ 3.2 ก) วงจรที่ทำการประกอบเข้าด้วยกันเสร็จแล้ว



(ข) อุปกรณ์ที่ทำการประกอบเข้ากับกล่องอุปกรณ์แล้วเรียบร้อย

### 3.3 สายโคแอกเซียล

สายโคแอกเซียล (Coaxial Cable) เป็นสายสัญญาณประเภทแรกที่ใช้ และเป็นที่ยอมรับมากในเครื่องข่ายคอมพิวเตอร์สมัยแรก ๆ แต่ในปัจจุบันสายโคแอกเซียลถือว่าเป็นสายที่ล้าสมัยสำหรับเครื่องข่ายคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามยังมีระบบเครื่องข่ายบางประเภทที่ยังใช้สายประเภทนี้อยู่

สายโคแอกเซียล มีตัวนำไฟฟ้าอยู่สองส่วน คำว่า โคแอกเซียล มีความหมายว่า "มีแกนร่วมกัน" โครงสร้างของสายประกอบด้วยสายทองแดงเป็นแกนกลาง แล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน ชั้นต่อมาจะเป็นตัวนำไฟฟ้าอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งจะเป็นแผ่น โลหะบาง ๆ หรืออาจจะเป็นใยโลหะที่ถักเปียๆ อีกชั้นหนึ่ง สุดท้ายก็หุ้มด้วยฉนวนและวัสดุป้องกันสายสัญญาณ ส่วนแกนเป็นส่วนที่นำสัญญาณข้อมูล ส่วนชั้นใยข่ายเป็นชั้นที่ใช้ป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอกและเป็นสายดิน ในตัว ดังนั้นสองส่วนนี้ต้องไม่เชื่อมต่อกันมิฉะนั้นอาจเกิดไฟช็อตได้ ถึงแม้ว่าส่วนใหญ่โคแอกเซียลจะมีลักษณะคล้ายกัน แต่ก็สามารถแบ่งสายโคแอกเซียลแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สายโคแอกซ์แบบบาง (Thin Coaxial Cable) สายโคแอกซ์แบบบาง (Thin Coaxial Cable หรือ Thinnet Cable) เป็นสายที่มีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.64 cm เนื่องจากสายประเภทนี้มีขนาดเล็กและมีความยืดหยุ่นสูงจึงสามารถใช้ได้กับการติดตั้งเครือข่ายเกือบทุกประเภท สายประเภทนี้สามารถนำสัญญาณได้ไกลถึง 185 เมตร ก่อนที่สัญญาณจะเริ่มอ่อนกำลังลง บริษัทผู้ผลิตสายโคแอกซ์ได้ลงความเห็นร่วมกันในการแบ่งประเภทของสายโคแอกซ์ สายโคแอกซ์แบบบางได้ถูกรวมไว้ใน สายประเภท RG-58 ซึ่งสายประเภทนี้จะมีความต้านทาน ( Impedance) ที่ 50 โอห์ม สายประเภทนี้จะมีแกนกลางอยู่ 2 ลักษณะคือ แบบที่เป็นสายทองแดงเส้นเดียวและแบบที่เป็นใยโลหะหลายเส้น

2. สายโคแอกซ์แบบหนา (Thick Coaxial Cable) สายโคแอกซ์แบบหนา (Thicknet Cable) เป็นสายโคแอกซ์ที่ค่อนข้าง แข็ง และขนาดใหญ่กว่าสายโคแอกซ์แบบบาง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.27 cm สายโคแอกซ์แบบหนานี้เป็นสายสัญญาณประเภทแรกที่ใช้กับเครือข่ายแบบอีเธอร์เน็ต ส่วนแกนกลางที่เป็นสายทองแดงของสายโคแอกซ์แบบหนามีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นสายโคแอกซ์แบบหนานี้จึงสามารถนำ สัญญาณ ได้ไกลกว่าแบบบาง โดยสามารถนำสัญญาณได้ไกลถึง 500 เมตร ด้วยความสามารถนี้สายโคแอกซ์แบบหนานี้จึงนิยมใช้ ในการเชื่อมต่อเส้นทางหลักของข้อมูล หรือ แบ็คโบน (Backbone) ของเครือข่ายสมัยแรกๆ แต่ปัจจุบันได้เลิกใช้สายโคแอกซ์แล้ว โดยสายที่นิยมใช้ทำเป็นแบ็คโบน คือ สายใยแก้วนำแสง

ในอุปกรณ์ต้นแบบของเรานั้นเลือกใช้ สายโคแอกซ์แบบบาง เลือกใช้เบอร์ RG 223 เพราะมีอิมพีแดนซ์คุณลักษณะที่ 50 โอห์มสามารถทำงานได้ดีที่ย่านความถี่สูงมีความยืดหยุ่นสามารถม้วนโค้งงอได้

หัวเชื่อมต่อที่ใช้กับสายโคแอกซ์

ทั้งสายแบบบางและแบบหนา จะใช้หัวเชื่อมต่อชนิดเดียวกัน ที่เรียกว่าหัว BNC ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างสายสัญญาณและเน็ตเวิร์กการ์ด หัวเชื่อมต่อแบบ BNC นี้มีหลายแบบได้แก่ หัวเชื่อมสาย BNC หัวเชื่อมสายรูปตัว T หัวเชื่อมสายแบบ Barrel และตัวสิ้นสุดสัญญาณ

### 3.4 ทอแดง

ทองแดง มีใช้กันมาตั้งแต่สมัยอาณาจักร โรมัน ทองแดงเป็น โลหะชนิดแรกที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ ทองแดงมีหลากหลายรูปร่างเช่น แท่งทองแดง แผ่นทองแดง ท่อทองแดง เป็นต้น ทองแดงซีท จะมีความหนาน้อยกว่า  $\frac{1}{4}$  นิ้ว ส่วนทองแดงแผ่นจะหนากว่า  $\frac{1}{4}$  นิ้ว

#### คุณสมบัติของทองแดง

1. เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุทธองจากเงิน (ทองแดงจะใช้แทนเงิน เนื่องจากราคาจะถูกกว่า)

2. เป็นตัวนำความร้อนที่ดี
3. เปลี่ยนรูปได้ง่าย
4. มีความต้านทานในการสุกร้อน

### การประยุกต์ใช้งานทองแดง

1. ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ทองแดงใช้กันอย่างกว้างขวางในงานด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบไปด้วย สายไฟ ขดลวดมอเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. รถยนต์ ทองแดงใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ เช่น หม้อน้ำ อินเตอร์คูลเลอร์ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
3. ก่อสร้าง ทองแดงใช้ในส่วนของหลังคา สายล่อฟ้า เฟอร์นิเจอร์เป็นต้น
4. อื่นๆ บอยเลอร์ เครื่องมือต่างๆ อุปกรณ์ครัว และอุปกรณ์ตกแต่ง

### แผ่นพิมพ์วงจร

การประกอบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนใหญ่จะประกอบบนแผ่นวงจรพิมพ์ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าแผ่นปริ้นท์ หรือแผ่น พีซีบี ซึ่งด้านหนึ่งที่ใช้อุปกรณ์จะเป็นฉนวน และอีกด้านจะเป็นแผ่นทองแดงบางๆ จุดเด่นของการเชื่อมวงจรด้วยแผ่นวงจรพิมพ์แทนการใช้สายต่อ คือ อุปกรณ์จะถูกวางอย่างเป็นระเบียบ และประหยัดพื้นที่ ลดความยุ่งยากจากการโยงสายซับซ้อน และสามารถที่จะ ผลิตเป็นอุตสาหกรรมได้ด้วย แผ่นวงจรพิมพ์จะแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ คือ

1. แผ่นวงจรพิมพ์แบบอนเนกประสงค์
2. แผ่นวงจรพิมพ์เปลือย

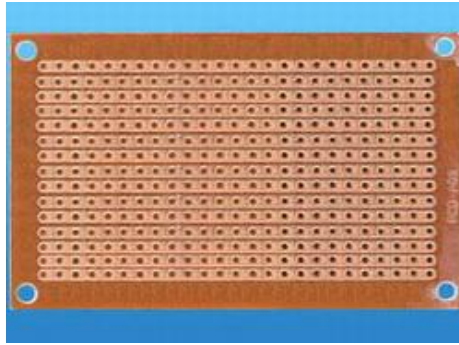
### แผ่นวงจรพิมพ์แบบอนเนกประสงค์

แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทนี้โดยมากมักจะมีการวางลายทองแดงเป็นเส้นๆ และมีการเจาะรูไว้แล้ว สามารถเสียบอุปกรณ์ไปได้ทันที แต่อาจต้องมีการตัดลายทองแดง หรือเชื่อมต่อด้วยสายไฟในบางจุด ส่วนใหญ่มักใช้กับการประกอบวงจรที่ไม่ซับซ้อนหรือมีอุปกรณ์ไม่กี่ตัว โดยเราอาจจะแบ่งได้ตามแนวเส้นทองแดง ด้านหลังเป็น 3 แบบ คือ

1. ไอซีบอร์ด

จะมีการวางตำแหน่งขาเป็นแนวๆแบบขาไอซี โดยระยะห่างระหว่างรูเจาะ เท่ากับระยะห่างของขาไอซีพอดี ส่วนลายทองแดงจะที่ลักษณะเป็นแถบยาวต่อเนื่องเป็นระยะเท่าๆกันดังรูปที่ 3.3

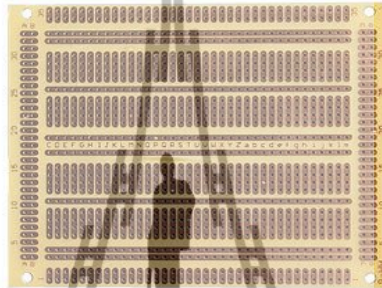




รูปที่ 3.3 ด้านลายทองแดงของแผ่นไอซีบอร์ด

## 2. โปรโตบอร์ด

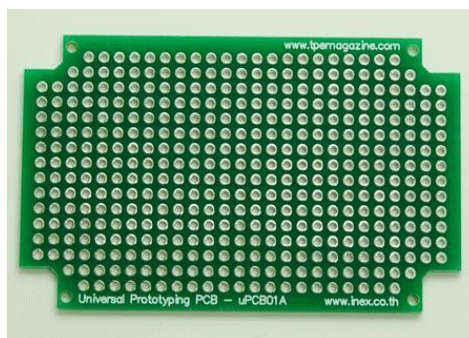
จะมีลักษณะของลายทองแดงเหมือนกับแผ่นโปรโตบอร์ดที่เราใช้ต่อทองวงจรดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ด้านลายทองแดงของแผ่นโปรโตบอร์ด

## 3. แพดบอร์ด

รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ไม่มีลายทองแดงเชื่อมต่อ แต่มีเพียงลายทองแดงเป็นจุดๆ เหมือนเป็นหลักยึดอุปกรณ์ โดยการใช้งานจะต้องเชื่อมต่อระหว่างสายระหว่างจุดดังกล่าวตามวงจร



รูปที่ 3.5 ด้านลายทองแดงของแผ่นแพดบอร์ด

แผ่นวงจรพิมพ์เปล่า

แผ่นวงจรพิมพ์เปล่าประเภทนี้จะมีแผ่นทองแดงบาง ๆ เคลือบอยู่ตลอดแผ่น ในการใช้งาน จำเป็นต้องกัดลายทองแดงบางส่วนออกไป ด้วยน้ำยาหรือกัดด้วยทองแดง โดยอาจจะมี 4 ลักษณะ คือ

1. แบบหน้าเดียว แบบนี้จะมีลายทองแดงเคลือบอยู่เพียงหน้าเดียวเหมาะสำหรับวงจรที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจนเกินไป แผ่นวงจรพิมพ์แบบนี้จะราคาถูกและมีการใช้งานกว้างขวางเพราะผู้ใช้สามารถกัดลายทองแดงเองได้

2. แบบ 2 หน้า แบบนี้จะมีทองแดงเคลือบอยู่ 2 ด้าน ส่วนใหญ่ด้านหนึ่งมักจะปล่อยให้เป็นลายทองแดงเต็มแผ่นในลักษณะเป็น กราว์เพลน โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดสัญญาณรบกวน มักใช้ในวงจรเครื่องรับหรือเครื่องส่งวิทยุ

3. แบบ 2 หน้าเชื่อมต่อกัน หรือที่มักเรียกกันทับศัพท์ว่าแบบพลททรูโฮล โดยแบบนี้จะมีลายทองแดงเคลือบอยู่ 2 ด้านและมีเชื่อมต่อกันระหว่างทองแดงทั้งสองด้านผ่านรูที่ทำเป็นพิเศษ แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีการวางอุปกรณ์ทั้งสองด้าน และลดพื้นที่ได้ดีมาก ส่วนใหญ่มักจะสร้างเป็นวงจรสำเร็จมาจากทางโรงงานมากกว่า

4. แบบหลายชั้น แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทนี้มีความซับซ้อนมาก โดยจะมีลายทองแดงอยู่ในด้านในด้วย และมีการเชื่อมต่อกันผ่านทางรูที่ทำพิเศษ แผ่นวงจรประเภทนี้ส่วนใหญ่มักทำสำเร็จมาจากโรงงานเช่นเดียวกัน เพราะมีการสร้างที่ซับซ้อนและยุ่งยากมาก ผู้ใช้ทั่วไปไม่สามารถทำได้

นอกจากนี้ยังมีการเรียกแผ่นวงจรพิมพ์ตามสารที่เป็นพื้นฉนวน เช่น แผ่นวงจรพิมพ์แบบเบกาไลต์ ซึ่งใช้เบกาไลต์เป็นฉนวน ส่วนใหญ่ก็มีสีน้ำตาล แผ่นวงจรพิมพ์แบบกลาสอีพ็อกซี่ ซึ่งจะใช้ใยแก้วเป็นฉนวน มักมีสีต่าง ๆ แต่ส่วนใหญ่มักทำเป็นสีเขียวหรือสีฟ้า

## วงจรการทำงาน

ในการทำงานของภายในวงจรนั้นเริ่มจากสายอากาศจะรับสัญญาณเข้ามาจากนั้น คอโคจะเปลี่ยนสัญญาณจากสัญญาณแบบสลับให้เป็นสัญญาณแบบตรงสัญญาณที่ได้ดังกล่าวจะถูก กรองโดย วงจร RC-Filter ที่เราออกแบบมาให้มีสัญญาณที่เรียบขึ้น และเนื่องจากสัญญาณที่เข้ามานั้นมีขนาดเล็ก ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถอ่านค่าได้เราจึงต้องทำการช่วยยกระดับสัญญาณขึ้นเพื่อให้แรงดันถึงจุดที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถประมวลผลได้ จากนั้นสัญญาณจะเข้ามาทำการขยายในส่วนของออปแอมป์ในส่วนของออปแอมป์นั้นเรามีการทำให้ออปแอมป์ทำงานได้ดีที่สุดโดยมีการปรับวงจรตามค่าซีทที่อ่านเพื่อให้ค่าที่ได้มีความแน่นอนและเพื่อส่งต่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลและโชว์ค่าผ่านทางจอแสดงผล

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะทำงานได้ที่แรงดันขนาด 5 V แต่แหล่งจ่ายของเรานั้นมีขนาด 9 V เราจึงต้องมีวงจรแปลงแรงดันโดยเราเลือกใช้ ไอซี 7805 เพื่อทำการแปลงแรงดันจาก 9V เป็น 5V เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้ดี

## 3.4 ตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน

### 3.4.1 ตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุและสามารถคายประจุได้โดยนำสารตัวนำ 2 ชิ้นมาวางในลักษณะขนานใกล้ ๆ กัน แต่ไม่ได้ต่อกัน ระหว่างตัวนำทั้งสองจะถูกกั้นด้วยฉนวนที่เรียกว่าไดอิเล็กตริก (Dielectric) ซึ่งไดอิเล็กตริกนี้อาจจะเป็นอากาศ, ไม้ก้ำ, พลาสติก, เซรามิก หรือสารที่มีสภาพคล้ายฉนวนอื่น ๆ

#### ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการเก็บประจุ

ค่าความจุของตัวเก็บประจุจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ประการคือ

1. พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท เขียนแทนด้วยอักษร  $A$  ถ้าพื้นที่หน้าตัดมาก แสดงว่าสามารถเก็บประจุได้มาก ถ้าพื้นที่หน้าตัดน้อยแสดงว่าเก็บประจุได้น้อย เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปนั้น จะประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำนวนมาก ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะเก็บประจุได้มากเพราะมีพื้นที่หน้าตัดมาก

2. ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลททั้งสอง เขียนแทนด้วยอักษร  $d$  ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กัน ความจุจะมีค่ามาก ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ไกลกันความจุจะมีค่าน้อย

3. ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริก เป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสามารถ ในการที่จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น เมื่อนำวัสดุต่างชนิดกันมาทำเป็นฉนวนคั่นระหว่างแผ่นเพลท ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกแต่ละตัว จะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นตัวเก็บประจุที่ใช้ไดอิเล็กตริกต่างกัน ถึงแม้จะมีขนาดเท่ากัน ค่าความจุและอัตราทนแรงดันอาจแตกต่างกันออกไป สุญญากาศเป็นไดอิเล็กตริกที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น การจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากเกินไปอาจทำให้ไดอิเล็กตริกสูญเสียสภาพ จากฉนวนกลายเป็นตัวนำได้

#### ชนิดของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตออกมาในปัจจุบันมีมากมาย เราสามารถแบ่งชนิดของตัวเก็บประจุ ตามลักษณะทางโครงสร้าง หรือตามสารที่นำมาใช้เป็น ไดอิเล็กตริก การแบ่งโดยใช้สารไดอิเล็กตริก เป็นวิธีการที่ค่อนข้างละเอียด เพราะว่าค่าไดอิเล็กตริกจะเป็นตัวกำหนดค่าตัวเก็บประจุตัวนั้น ๆว่าจะนำไปใช้งานในลักษณะใด ทนแรงดันเท่าใด เป็นต้น

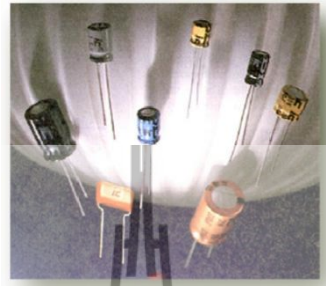
#### ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่

ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ คือตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติจะมีรูปลักษณะเป็นวงกลม หรือเป็นทรงกระบอก ซึ่งมักแสดงค่าที่ตัวเก็บประจุ เช่น 5 พิโกฟาร์ด (PF) 10 ไมโครฟาร์ด (uF) แผ่นเพลทตัวนำมักใช้โลหะและมีไดอิเล็กตริกประเภท ไม้ก้ำ, เซรามิก, อีเล็กโตรไลติกคั่นกลาง เป็นต้น การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่นี้จะเรียกชื่อตามไดอิเล็กตริกที่ใช้ เช่น ตัวเก็บ

ประจุชนิดอิเล็กทรอนิกส์ชนิดเซรามิก ชนิดไมก้า เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่มีใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปมีดังนี้คือ

### 1. ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กทรอนิกส์

เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะให้ค่าความจุสูง มีช่วงวoltage เวลาใช้งานต้องติดตั้งให้ถูกขั้ว โครงสร้างภายในคล้ายกับแบตเตอรี่ นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง มีข้อเสียคือกระแสรั่วไหลและความผิดพลาดสูงมากดังแสดงรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่

### 2. ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด (mF) นิยมใช้กันทั่วไปเพราะมีราคาถูก เหมาะสำหรับวงจรประเภทคัปปลิงความถี่วิทยุ ข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกคือมีการสูญเสียมาก ดังแสดงรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

### 3. ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์

เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่ามากกว่า 1 ไมโครฟารัด (mF) เพราะฉะนั้นในงานบางอย่างจะใช้ไมลาร์แทนเซรามิก เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและการรั่วไหลของกระแสต่ำกว่าชนิดเซรามิก เหมาะสำหรับวงจรกรองความถี่สูง วงจรภาคไอเอฟของวิทยุ , โทรทัศน์ ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์จะมีตัวถังที่ใหญ่กว่าเซรามิกในอัตราทนแรงดันที่เท่ากันดังแสดงรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ตัวเก็บประจุชนิด ไมลาร์

### 3.4.2 ตัวต้านทาน

ตัวต้านทานเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อให้กระแสและแรงดันภายในวงจร ได้ขนาดตามที่ต้องการ เนื่องจากอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวถูกออกแบบให้ใช้แรงดันและกระแสที่แตกต่างกัน ดังนั้นตัวต้านทานจึงเป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทและใช้กันมากในงานด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วิทยุ , โทรทัศน์, คอมพิวเตอร์, เครื่องขยายเสียง ตลอดจนเครื่องมือเครื่องใช้ทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เป็นต้น สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน ที่ใช้ในการเขียนวงจรมีอยู่หลายแบบดังแสดงในรูปที่ 3.9



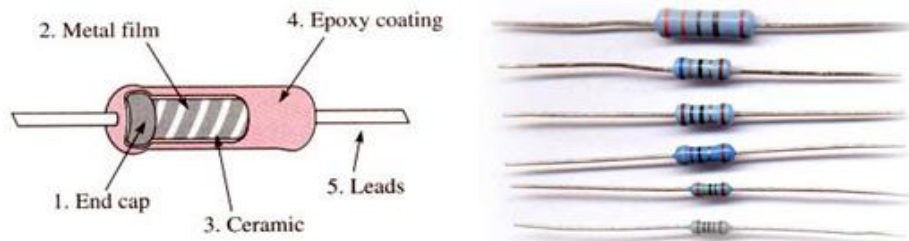
รูปที่ 3.9 สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน

#### ตัวต้านทานแบบค่าคงที่

ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่มีหลายประเภท ในหนังสือเล่มนี้จะขอกกล่าวประเภทที่มีความนิยม ในการนำมาประกอบใช้ในวงจร ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไป ดังนี้

##### 1. ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ

ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะทำมาจากแผ่นฟิล์มบางของแก้วและโลหะหลอมเข้าด้วยกัน แล้วนำไปเคลือบที่เซรามิก ทำเป็นรูปทรงกระบอก แล้วตัดแผ่นฟิล์มที่เคลือบออกให้ได้ค่าความต้านทานตามที่ต้องการ ขั้นตอนสุดท้ายจะทำการเคลือบด้วยสารอีพ็อกซี ( Epoxy) ตัวต้านทานชนิดนี้มีค่าความผิดพลาดบวกลบ 0.1 % ถึงประมาณ บวกลบ 2% ซึ่งถือว่ามีความผิดพลาดน้อยมาก นอกจากนี้ยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากภายนอกได้ดี สัญลักษณ์บวกรวมน้อยเมื่อเทียบกับตัวต้านทานชนิดอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ตัวต้านทานแบบแบบฟิล์มโลหะ

### 2. ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน

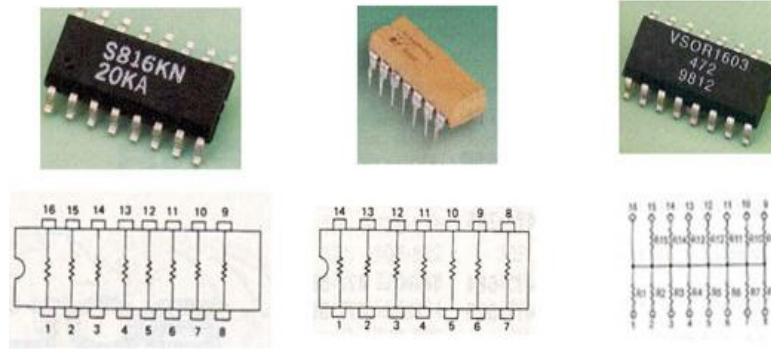
ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน เป็นตัวต้านทานแบบค่าคงที่ โดยการฉาบผงคาร์บอน ลงบนแท่งเซรามิกซึ่งเป็นฉนวน หลังจากที่ทำกรเคลือบแล้ว จะตัดฟิล์มเป็นวงแหวนเหมือนเกลียวน็อต ในกรณีที่เคลือบฟิล์มคาร์บอนในปริมาณน้อย จะทำให้ได้ค่าความต้านทานสูง แต่ถ้าเพิ่มฟิล์มคาร์บอนในปริมาณมากขึ้น จะทำให้ได้ค่าความต้านทานต่ำ ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะมีค่าความผิดพลาด บวกลบ 5% ถึงบวกลบ 20% ทนกำลังวัตต์ตั้งแต่ 1/8 วัตต์ถึง 2 วัตต์ มีค่าความต้านทานตั้งแต่ 1 โอห์ม ถึง 100 เมกกะโอห์ม ดังแสดงรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน

### 3. ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง

โครงสร้างของตัวต้านทานแบบนี้ทำมาจากแผ่นฟิล์มบาง มีลักษณะรูปร่างเหมือนกับตัวไอซี ใช้เทคโนโลยี SMT (Surface Mount Technology) ในการผลิตเช่นเดียวกับตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนา โดยส่วนใหญ่จะมีขาทั้งหมด 16 ขา การใช้งานต้องบัดกรีเข้ากับแผ่นลายวงจร อัตราทนกำลัง 50 มิลลิวัตต์ มีค่าความคลาดเคลื่อนบวกลบ 0.1 % และอัตราทนกำลัง 100 มิลลิวัตต์ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนบวกลบ 5 % ที่แรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 50 VDC ดังแสดงรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง

#### 4. ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

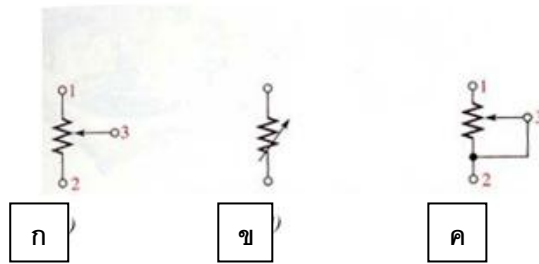
โครงสร้างของตัวต้านทานแบบนี้มีลักษณะคล้ายกับแบบไวร์วาวด์ แต่โดยส่วนใหญ่บริเวณลวดตัวนำ จะไม่เคลือบด้วยสารเซรามิกและมีช่องว่างทำให้มองเห็นเส้นลวดตัวนำ เพื่อทำการลัดเข็มขัดค่อมตัวต้านทาน โดยจะมีขาปรับให้สัมผัสเข้ากับจุดใดจุดหนึ่ง บนเส้นลวดของความต้านทาน ตัวต้านทานแบบนี้ส่วนใหญ่มีค่าความต้านทานต่ำ แต่อัตราทนกำลังวัตต์สูง การปรับค่าความต้านทานค่าใดค่าหนึ่ง สามารถกระทำได้ในช่วงของความต้านทานตัวนั้น ๆ เหมาะกับงาน ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเสมอ ๆ ดังแสดงรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ลักษณะรูปร่างของตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

#### 5. โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer)

โปเทนชิโอมิเตอร์หรือพอดคือตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ในวงจรต่าง ๆ โครงสร้างส่วนใหญ่จะใช้วัสดุประเภทคาร์บอน ผสมกับเซรามิกและเรซินวางบนฉนวน ส่วนแกนหมุนขา กลางใช้โลหะที่มีการยึดหยุ่นตัวได้ดี โดยทั่วไปจะเรียกว่า โวลุ่มหรือ VR (Variable Resistor) มีหลายแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือแบบ A , B และ C



รูปที่ 3.14 สัญลักษณ์ของโพเทนชิโอมิเตอร์

จากรูปที่ 3.14 (ก) จะเห็นว่าโพเทนชิโอมิเตอร์มี 3 ขา ขาที่ 1 และ 2 จะมีค่าคงที่ส่วนขาที่ 3 เปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามที่ต้องการ ส่วนรีโอสตาทนั้นจะมี 2 ขา ตามรูปที่ 3.14 (ข) แต่ในกรณีที่ต้องการต่อโพเทนชิโอมิเตอร์ให้เป็นรีโอสตาทก็ทำได้โดยการต่อขาที่ 3 เข้ากับขาที่ 2 ก็จะกลายเป็นรีโอสตาทตามรูปที่ 3.14(ค)

อีกชนิดหนึ่งคือจำพวกฟิล์มคาร์บอนใช้วิธีการฉาบหรือพ่นฟิล์มคาร์บอนลงในสารที่มีโครงสร้างแบบเฟโนลิก (Phenolic) ส่วนแกนหมุนจะใช้โลหะประเภทที่ใช้ทำสปริงเช่นเดียวกัน ตัวอย่างเช่น VR 100 KA หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน ต่อการหมุนในลักษณะของลอการิทึม (Logarithmic) หรือแบบล็อกคือเมื่อหมุนค่าความต้านทานจะค่อย ๆ เปลี่ยนค่า พอถึงระดับกลางค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนิยมใช้เป็น โวลต์มètre ความดังของเสียง ส่วนแบบ B นั้นค่าความต้านทานจะเปลี่ยนไปในลักษณะแบบลิเนียร์ (Linear) หรือเชิงเส้นคือค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นตามการหมุนที่เพิ่มขึ้น ส่วนมากนิยมใช้ในวงจรควบคุมความชุ่มแผลมและวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

### 3.5 โปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 18F2550

```
#include <18f2550.h> // เฮดเดอร์ไฟล์นี้จะมีเฉพาะไมโครคอนโทรลเลอร์ CCS C
                        // สำหรับ PIC 18F2550

#device adc=8         // กำหนดให้โมดูล การแปลงอนาล็อกสู่ดิจิทัล มีความ
                        // ละเอียดในการอ่านค่าอนาล็อก ขนาด 8 บิต
```



```

#FUSES NOWDT // ไม่ต้องใช้ วอตช์คือก ไทเมอร์ เพราะมีหน้าที่คอยดูแลการ
                ทำงานของซีพียูเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติที่ทำให้การทำงาน
                ในซีพียูขาดความต่อเนื่องระบบ วอตช์ จะตั้งระบบ รีเซต
                ตัวเองให้ทำงานใหม่ทันที

#FUSES INTRC_IO // สามารถปรับแต่งความถี่ได้แต่ไม่ใช่ตัวต้านทานภายนอก
                สำหรับสัญญาณนาฬิกา

#FUSES NOMCLR // ไม่ใช่ขาริเซ็ค

#FUSES NOBROWNOUT // ไม่ใช่วงจรบราวเอาท์ซึ่งทำหน้าที่รีเซ็ต
                ไม่ไครคอนโทรลเลอร์ PICเมื่อไฟเลี้ยงถึงค่าที่กำหนดไว้
                ทำงาน

#use delay(int=8000000) // ใช้อัตราสัญญาณนาฬิกา 8 MHz

#define use_portb_lcd true // เป็นการกำหนดใช้ขาของพอร์ทบี เป็นขาที่ใช้เชื่อมต่อ
                การใช้งานกับโมดูล LCD

#include <lcd16x2.c> // เอดเดอร์ไฟล์นี้จะมีเฉพาะ โมดูล LCD ของ 16 ตัวอักษร 2
                บรรทัด

FUNCTION : main() // เริ่มต้นการใช้งานของโปรแกรม
void main(void) // ไม่ต้องส่งค่ากลับเพื่อไปใช้งานต่อ
{
float value=0,buff_value=0,average=0; // กำหนดตัวแปร value = 0,buff_value = 0,average = 0
                โดยให้ค่าที่ออกมาในรูปแบบของจุดทศนิยม

inti=0; // กำหนดให้ตัวแปร i = 0

setup_oscillator(OSC_8MHZ); // ตั้งค่าออสซิลเลเตอร์ทำงานที่ 8 MHz

SETUP_ADC(ADC_CLOCK_DIV_8|ADC_CLOCK_INTERNAL); // ตั้งค่าการแปลง
อนาล็อกสู่ดิจิตอลในโหมด 8 บิตและกำหนดให้โมดูลการแปลงอนาล็อกสู่ดิจิตอลใช้สัญญาณนาฬิกา
ภายใน

SETUP_ADC_PORTS( AN0|VSS_VDD); // ตั้งค่าให้พอร์ทAN0 เป็นอินพุตอนาล็อกโดยใช้
                แหล่งจ่ายแรงดัน

SET_ADC_CHANNEL(0); // ตั้งค่า ขาพอร์ทแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็น
                ดิจิตอลแต่ละช่อง มีค่าเริ่มต้นที่ 0 เท่ากับ AN0

lcd_init(); // เรียกใช้งาน โมดูล LCD

```

```

while(true) // ถ้าค่าที่แสดงออกมาถูกต้องตามที่เรากำหนดให้
              // วนเข้ามาในรูปของชุดคำสั่ง while อีก
{ value=0,buff_value=0,average=0; // กำหนดตัวแปร value = 0,buff_value
                                  // =0,average = 0
for (i=0;i<60;i++) // ทำซ้ำจนกว่าค่า i จะเท่ากับ 60
{ value = (float) read_adc() * 0.0196; // value เท่ากับค่าสัญญาณที่ได้จากการแปลง
                                        // อนาล็อกสู่ดิจิทัลคูณกับ0.0196เพื่อให้ค่าที่ได้มี
                                        // หน่วยเป็น โวลต์
buff_value = buff_value + value; // buff_valueจะเท่ากับ buff_valueบวกกับค่าของ
                                  // value
lcd_gotoxy(1,1); // เริ่มแสดงตัวเลขตำแหน่งที่ 1 ของบรรทัดที่ 1
printf(lcd_putc,"Volt : %1.3f V ",value) // กำหนดให้ค่าที่เก็บไว้ในvalue ออกมาเป็น
                                           // ทศนิยม 3 ตำแหน่ง
delay_ms(100); // ใช้ความถี่ที่ 100 ms
} average = buff_value / 60; // average เท่ากับค่าของbuff_valueหาร 60
lcd_gotoxy(1,1); // เริ่มแสดงตัวเลขตำแหน่งที่ 1 ของบรรทัดที่ 1
printf(lcd_putc,"Avr : %1.3f V ",average); // กำหนดให้ค่าที่เก็บไว้ใน averageออกมาเป็น
                                           // ทศนิยม 3 ตำแหน่ง
if (average > 0.944) // ถ้าค่า average มากกว่า 0.944 ให้แสดงที่ขา
                    // เอาท์พุทที่ C0 โดยใช้ความถี่ที่ 1000 ms
{ output_high(PIN_C0);
  delay_ms(1000);
  output_low(PIN_C0);
}

else // นอกเหนือจากนั้น ให้แสดงที่ขาเอาท์พุทที่ C3โดยใช้
     // ความถี่ที่ 1000 ms
{ output_high(PIN_C3);
  delay_ms(1000);
  output_low(PIN_C3);
}

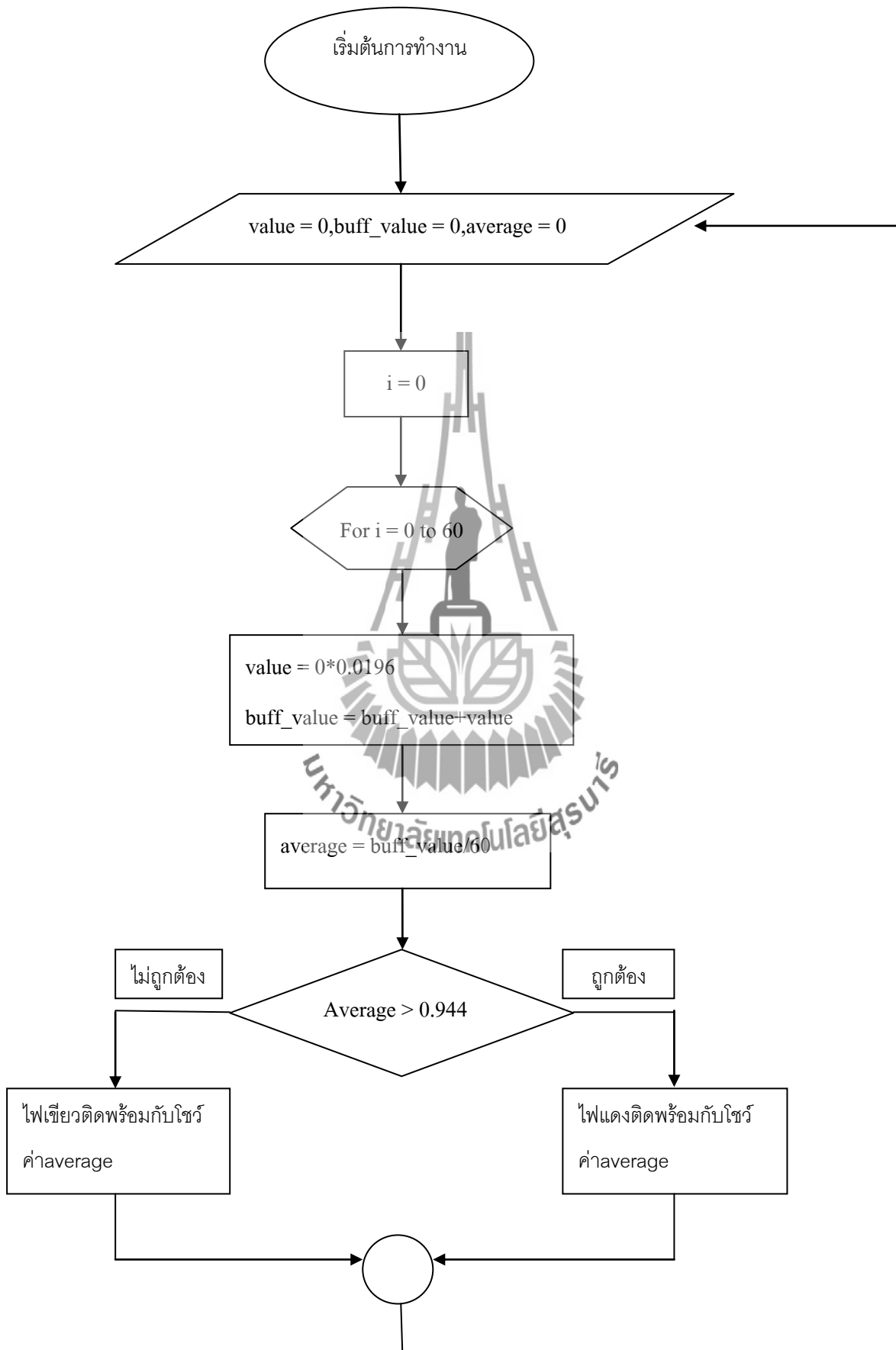
```

}  
}

// จบการทำงานของโปรแกรม



การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 18F2550 แบบโฟลว์ชาร์ต



### 3.6 กล่าวสรุป

การนำอุปกรณ์ต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นมาประกอบรวมกันเป็นเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ ซึ่งมาการทำงานหลายขั้นตอนมาก ได้แก่ การสร้างสายอากาศ สร้างวงจรภาครับ โดยใช้วงจรกรองความถี่ วงจรขยายสัญญาณ และมีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยในเรื่องการแปลงสัญญาณอนาล็อกสู่สัญญาณดิจิทัล



## บทที่ 4

### ผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ

#### 4.1 กล่าวนำ

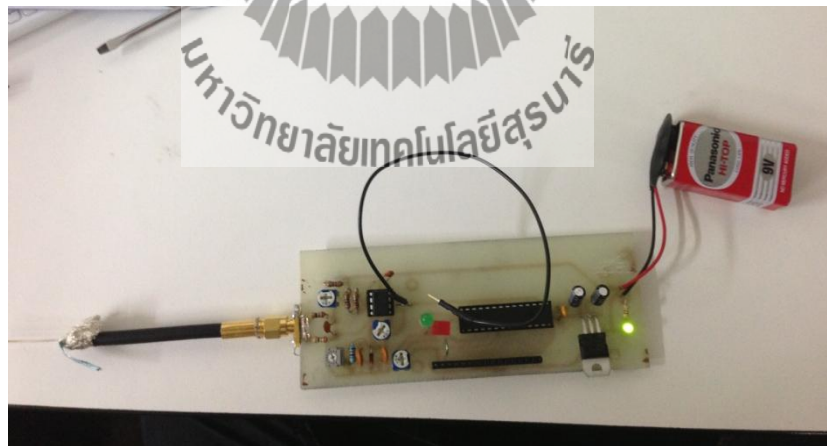
จากการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานในบทที่ 2 และ 3 นั้น ทำให้สามารถสร้างอุปกรณ์ต้นแบบที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปทดสอบการใช้งานจริง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ

#### 4.1.1 ผลการทดสอบวงจรตรวจสอบคลื่นที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟ

หลังจากการประกอบวงจรที่เสร็จสมบูรณ์ ถัดไปจะเป็นการทดสอบการใช้งานจริง โดยใช้วงจรวัดเครื่องไมโครเวฟทั้งเครื่องเก่าและเครื่องใหม่ ขนาด 18 ลิตร กำลังที่ส่ง 700 วัตต์

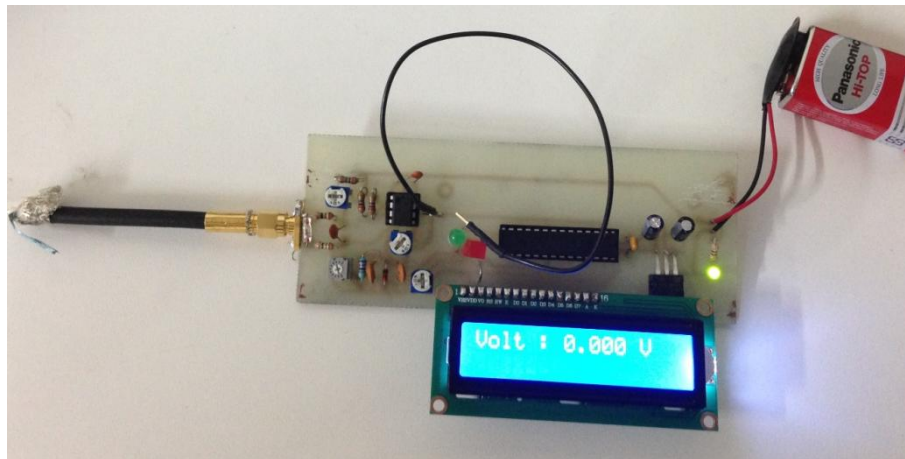
#### ขั้นตอนในการทดสอบ

1. จากรูปที่ 4.1 เป็นการตั้งค่าอุปกรณ์ก่อนนำไปใช้งาน โดยใช้แบตเตอรี่ 9 โวลต์ ต่อเข้ากับตัวอุปกรณ์ จากนั้นตรวจสอบว่ามีแรงดันเข้าไปในอุปกรณ์หรือไม่นั้น ดูได้จากไดโอดเปล่งแสงถ้าไดโอดเปล่งแสงมีไฟติดแสดงว่าพร้อมที่จะใช้งานแล้ว



รูปที่ 4.1 การตั้งค่าอุปกรณ์

2. จากรูปที่ 4.2 นำจอแสดงผลขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด มาใส่ที่แทนวางจอแสดงผล



รูปที่ 4.2 นำหน้าจอแสดงผลมาใส่แทนวางบนวงจร

3. จากรูปที่ 4.3 แสดงการทดสอบอุปกรณ์โดย วางอุปกรณ์ไปไว้ที่ด้านหน้า (ตรงกลาง) ของเครื่องไมโครเวฟเพื่อทดสอบสัญญาณที่รั่วไหลออกมาจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่า ที่ขนาด 18 ลิตร กำลังที่ส่งออก 700 วัตต์



รูปที่ 4.3 ทดสอบอุปกรณ์โดยนำไปวัดกับเตาไมโครเวฟเครื่องเก่า

4. จากรูปที่ 4.4 แสดงการทดสอบอุปกรณ์โดย วางอุปกรณ์ไปไว้ที่ด้านหน้า (ตรงกลาง) ของ เครื่องไมโครเวฟเพื่อทดสอบสัญญาณที่รั่วไหลออกมาจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ ที่ขนาด 18 ลิตร กำลังที่ส่งออก 700 วัตต์



รูปที่ 4.4ทดสอบอุปกรณ์โดยนำไปวัดกับเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่

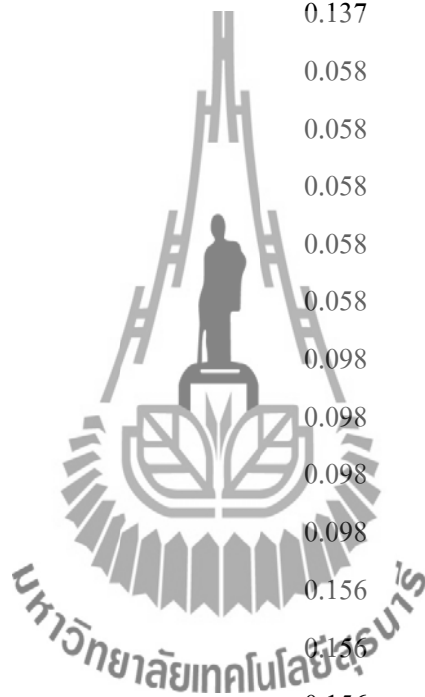
ผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ เป็นวัดค่าโดยทำการวัดจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่โดย ทำ การวัดเตาไมโครเวฟทั้งหมด 10 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที ซึ่งเป็นการทดสอบดังแสดงตารางที่ 4.1 – 4.10

ตารางที่ 4.1ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 1

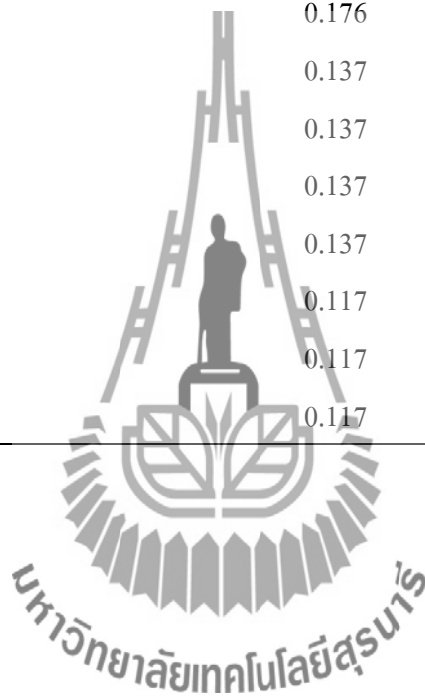
ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.215
0.02	0.196
0.03	0.196
0.04	0.196
0.05	0.196
0.06	0.215
0.07	0.215
0.08	0.215
0.09	0.215
0.10	0.078
0.11	0.078



0.12	0.078
0.13	0.078
0.14	0.098
0.15	0.098
0.16	0.098
0.17	0.098
0.18	0.137
0.19	0.137
0.20	0.137
0.21	0.137
0.22	0.058
0.23	0.058
0.24	0.058
0.25	0.058
0.26	0.058
0.27	0.098
0.28	0.098
0.29	0.098
0.30	0.098
0.31	0.156
0.32	0.156
0.33	0.156
0.34	0.019
0.35	0.019
0.36	0.019
0.37	0.019
0.38	0.156
0.39	0.156
0.40	0.156
0.41	0.156
0.42	0.117
0.43	0.117

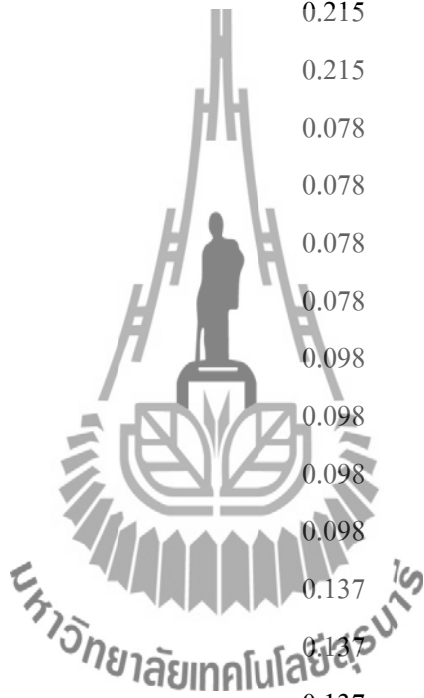


0.44	0.117
0.45	0.117
0.46	0.117
0.47	0.176
0.48	0.176
0.49	0.176
0.50	0.176
0.51	0.176
0.52	0.176
0.53	0.176
0.54	0.137
0.55	0.137
0.56	0.137
0.57	0.137
0.48	0.117
0.59	0.117
0.60	0.117

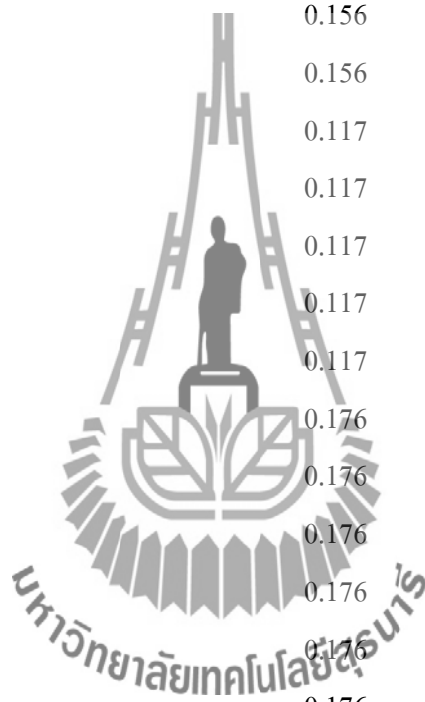


ตารางที่ 4.2 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 2

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.215
0.02	0.196
0.03	0.196
0.04	0.196
0.05	0.196
0.06	0.215
0.07	0.215
0.08	0.215
0.09	0.215
0.10	0.078
0.11	0.078
0.12	0.078
0.13	0.078
0.14	0.098
0.15	0.098
0.16	0.098
0.17	0.098
0.18	0.137
0.19	0.137
0.20	0.137
0.21	0.137
0.22	0.058
0.23	0.058
0.24	0.058
0.25	0.058
0.26	0.058
0.27	0.098
0.28	0.098
0.29	0.098
0.30	0.098

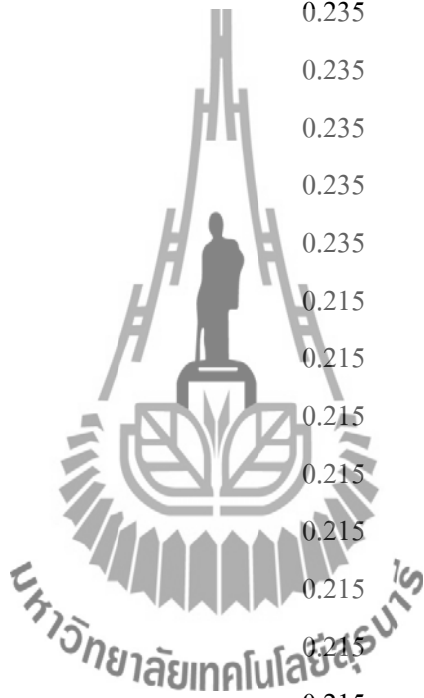


0.31	0.156
0.32	0.156
0.33	0.156
0.34	0.019
0.35	0.019
0.36	0.019
0.37	0.019
0.38	0.156
0.39	0.156
0.40	0.156
0.41	0.156
0.42	0.117
0.43	0.117
0.44	0.117
0.45	0.117
0.46	0.117
0.47	0.176
0.48	0.176
0.49	0.176
0.50	0.176
0.51	0.176
0.52	0.176
0.53	0.176
0.54	0.137
0.55	0.137
0.56	0.137
0.57	0.137
0.48	0.117
0.59	0.117
0.60	0.117

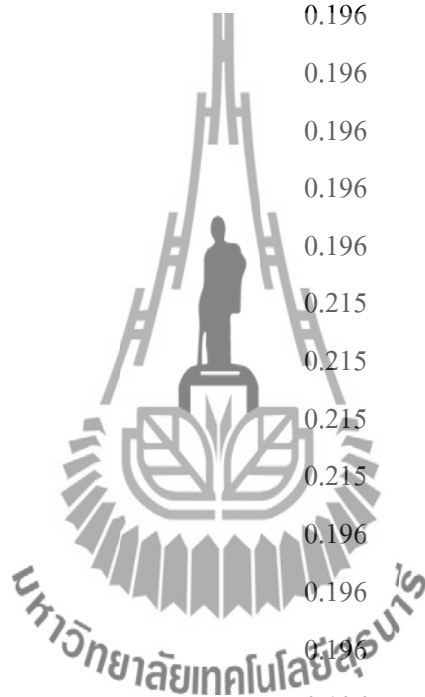


ตารางที่ 4.3 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 3

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.235
0.02	0.235
0.03	0.235
0.04	0.235
0.05	0.235
0.06	0.235
0.07	0.235
0.08	0.235
0.09	0.235
0.10	0.235
0.11	0.235
0.12	0.235
0.13	0.215
0.14	0.215
0.15	0.215
0.16	0.215
0.17	0.215
0.18	0.215
0.19	0.215
0.20	0.215
0.21	0.215
0.22	0.215
0.23	0.215
0.24	0.215
0.25	0.215
0.26	0.215
0.27	0.215
0.28	0.215
0.29	0.196
0.30	0.196

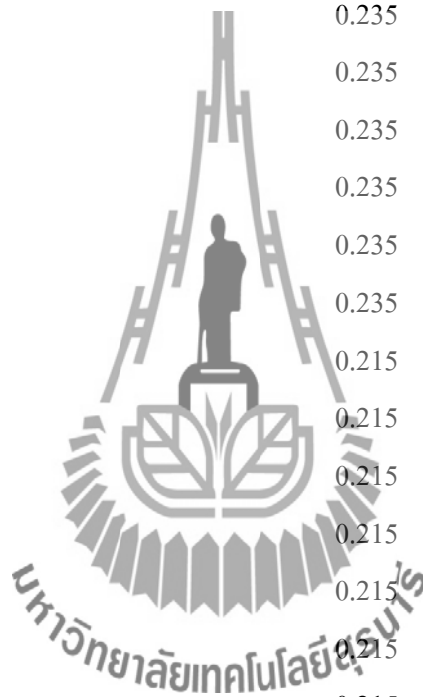


0.31	0.196
0.32	0.196
0.33	0.215
0.34	0.215
0.35	0.215
0.36	0.215
0.37	0.196
0.38	0.196
0.39	0.196
0.40	0.196
0.41	0.196
0.42	0.196
0.43	0.196
0.44	0.196
0.45	0.215
0.46	0.215
0.47	0.215
0.48	0.215
0.49	0.196
0.50	0.196
0.51	0.196
0.52	0.196
0.53	0.196
0.54	0.196
0.55	0.196
0.56	0.196
0.57	0.176
0.48	0.176
0.59	0.176
0.60	0.176

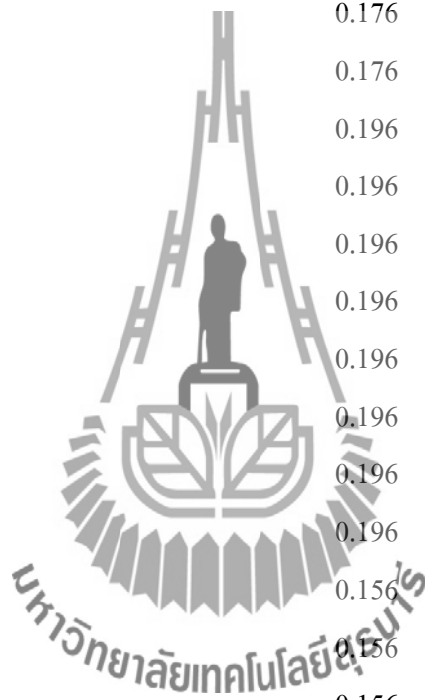


ตารางที่ 4.ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 4

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.196
0.02	0.254
0.03	0.254
0.04	0.254
0.05	0.254
0.06	0.254
0.07	0.235
0.08	0.235
0.09	0.235
0.10	0.235
0.11	0.235
0.12	0.235
0.13	0.235
0.14	0.215
0.15	0.215
0.16	0.215
0.17	0.215
0.18	0.215
0.19	0.215
0.20	0.215
0.21	0.215
0.22	0.215
0.23	0.215
0.24	0.215
0.25	0.215
0.26	0.215
0.27	0.215
0.28	0.215
0.29	0.215
0.30	0.176



0.31	0.176
0.32	0.176
0.33	0.176
0.34	0.196
0.35	0.196
0.36	0.196
0.37	0.196
0.38	0.176
0.39	0.176
0.40	0.176
0.41	0.176
0.42	0.196
0.43	0.196
0.44	0.196
0.45	0.196
0.46	0.196
0.47	0.196
0.48	0.196
0.49	0.196
0.50	0.156
0.51	0.156
0.52	0.156
0.53	0.156
0.54	0.196
0.55	0.196
0.56	0.196
0.57	0.196
0.48	0.196
0.59	0.196
0.60	0.196

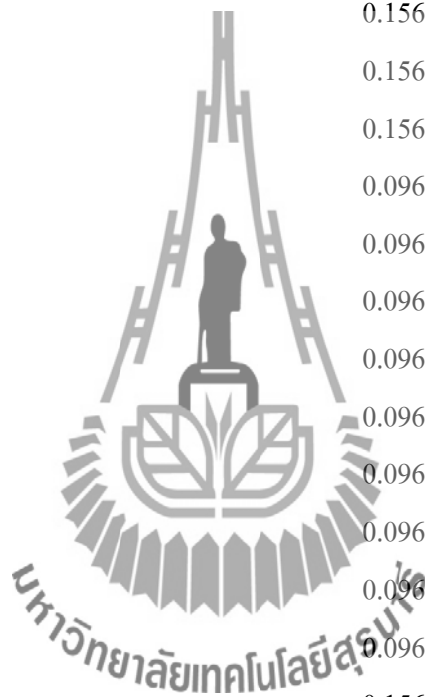




ตารางที่ 4.5 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 5

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.196
0.02	0.176
0.03	0.176
0.04	0.176
0.05	0.176
0.06	0.196
0.07	0.196
0.08	0.196
0.09	0.176
0.10	0.176
0.11	0.176
0.12	0.176
0.13	0.196
0.14	0.196
0.15	0.196
0.16	0.196
0.17	0.176
0.18	0.176
0.19	0.176
0.20	0.176
0.21	0.176
0.22	0.176
0.23	0.176
0.24	0.176
0.25	0.176
0.26	0.196
0.27	0.196
0.28	0.196

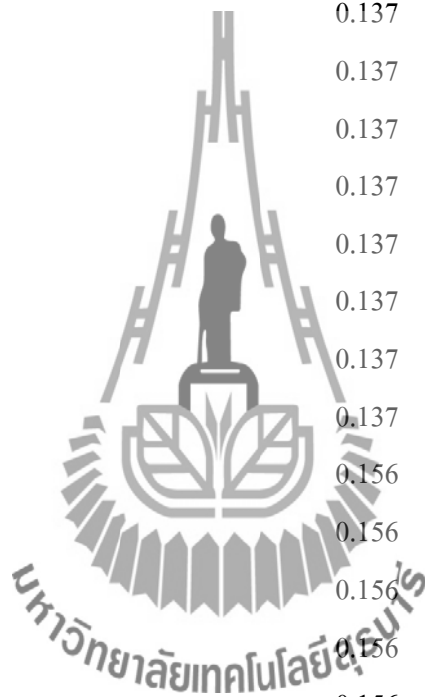
0.29	0.156
0.30	0.156
0.31	0.156
0.32	0.156
0.33	0.156
0.34	0.196
0.35	0.196
0.36	0.196
0.37	0.156
0.38	0.156
0.39	0.156
0.40	0.156
0.41	0.096
0.42	0.096
0.43	0.096
0.44	0.096
0.45	0.096
0.46	0.096
0.47	0.096
0.48	0.096
0.49	0.096
0.50	0.156
0.51	0.156
0.52	0.156
0.53	0.156
0.54	0.156
0.55	0.096
0.56	0.096
0.57	0.096
0.48	0.076
0.59	0.076
0.60	0.076



ตารางที่ 4.6 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 6

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.178
0.02	0.156
0.03	0.156
0.04	0.156
0.05	0.156
0.06	0.176
0.07	0.176
0.08	0.176
0.09	0.176
0.10	0.176
0.11	0.176
0.12	0.176
0.13	0.176
0.14	0.176
0.15	0.176
0.16	0.176
0.17	0.176
0.18	0.137
0.19	0.137
0.20	0.137
0.21	0.137
0.22	0.098
0.23	0.098
0.24	0.098
0.25	0.098
0.26	0.098
0.27	0.098
0.28	0.098

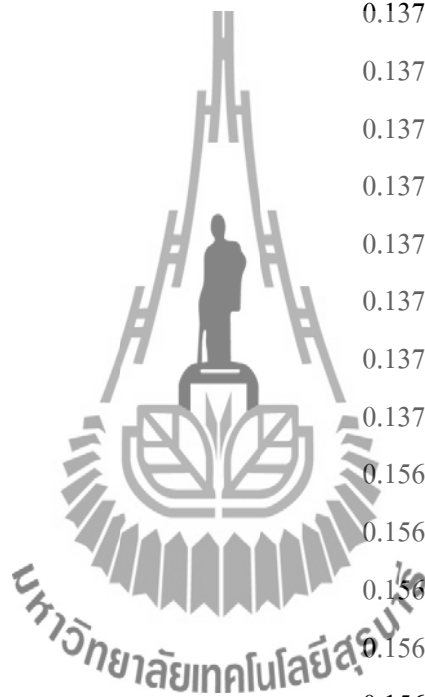
0.29	0.098
0.30	0.156
0.31	0.156
0.32	0.156
0.33	0.156
0.34	0.156
0.35	0.156
0.36	0.156
0.37	0.156
0.38	0.137
0.39	0.137
0.40	0.137
0.41	0.137
0.42	0.137
0.43	0.137
0.44	0.137
0.45	0.137
0.46	0.156
0.47	0.156
0.48	0.156
0.49	0.156
0.50	0.156
0.51	0.137
0.52	0.137
0.53	0.137
0.54	0.076
0.55	0.076
0.56	0.076
0.57	0.076
0.48	0.098
0.59	0.098
0.60	0.098



ตารางที่ 4.7 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 7

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.196
0.02	0.176
0.03	0.176
0.04	0.176
0.05	0.176
0.06	0.156
0.07	0.156
0.08	0.156
0.09	0.156
0.10	0.176
0.11	0.176
0.12	0.176
0.13	0.176
0.14	0.156
0.15	0.156
0.16	0.156
0.17	0.156
0.18	0.156
0.19	0.156
0.20	0.156
0.21	0.156
0.22	0.156
0.23	0.156
0.24	0.156
0.25	0.156
0.26	0.156
0.27	0.156
0.28	0.156

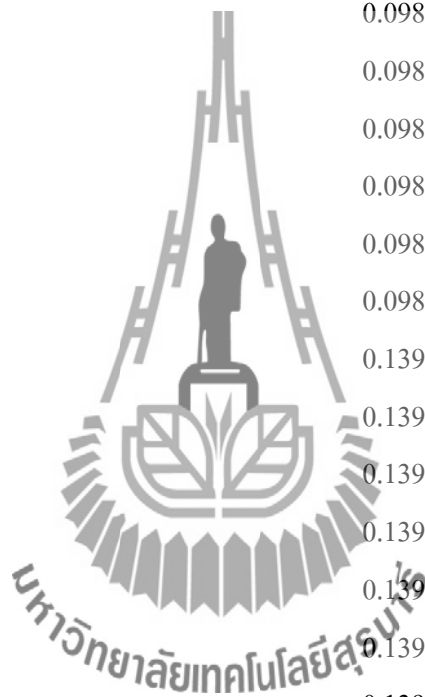
0.29	0.156
0.30	0.137
0.31	0.137
0.32	0.137
0.33	0.137
0.34	0.137
0.35	0.137
0.36	0.137
0.37	0.137
0.38	0.137
0.39	0.137
0.40	0.137
0.41	0.137
0.42	0.137
0.43	0.137
0.44	0.137
0.45	0.137
0.46	0.156
0.47	0.156
0.48	0.156
0.49	0.156
0.50	0.156
0.51	0.139
0.52	0.139
0.53	0.139
0.54	0.139
0.55	0.137
0.56	0.137
0.57	0.137
0.48	0.137
0.59	0.137
0.60	0.137



ตารางที่ 4.8 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 8

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.198
0.02	0.198
0.03	0.198
0.04	0.198
0.05	0.198
0.06	0.198
0.07	0.198
0.08	0.198
0.09	0.198
0.10	0.198
0.11	0.198
0.12	0.198
0.13	0.198
0.14	0.198
0.15	0.198
0.16	0.198
0.17	0.198
0.18	0.198
0.19	0.198
0.20	0.198
0.21	0.198
0.22	0.198
0.23	0.198
0.24	0.198
0.25	0.198
0.26	0.198
0.27	0.198
0.28	0.139

0.29	0.139
0.30	0.139
0.31	0.139
0.32	0.139
0.33	0.139
0.34	0.139
0.35	0.098
0.36	0.098
0.37	0.098
0.38	0.098
0.39	0.098
0.40	0.098
0.41	0.098
0.42	0.098
0.43	0.098
0.44	0.139
0.45	0.139
0.46	0.139
0.47	0.139
0.48	0.139
0.49	0.139
0.50	0.139
0.51	0.078
0.52	0.078
0.53	0.078
0.54	0.078
0.55	0.078
0.56	0.078
0.57	0.078
0.48	0.078
0.59	0.078
0.60	0.078

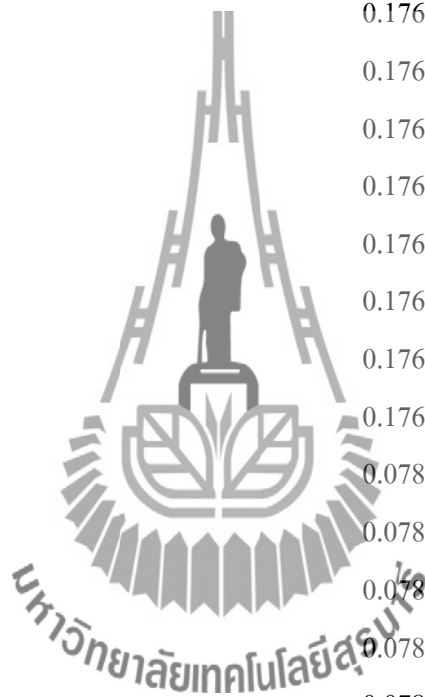




ตารางที่ 4.9 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 9

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.254
0.02	0.254
0.03	0.254
0.04	0.254
0.05	0.254
0.06	0.254
0.07	0.254
0.08	0.254
0.09	0.254
0.10	0.254
0.11	0.254
0.12	0.254
0.13	0.254
0.14	0.235
0.15	0.235
0.16	0.235
0.17	0.235
0.18	0.235
0.19	0.235
0.20	0.235
0.21	0.235
0.22	0.215
0.23	0.215
0.24	0.215
0.25	0.215
0.26	0.215
0.27	0.215
0.28	0.215

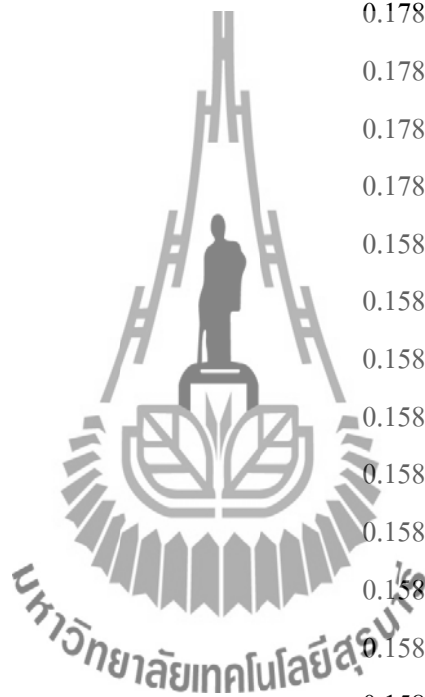
0.29	0.215
0.30	0.196
0.31	0.196
0.32	0.196
0.33	0.196
0.34	0.176
0.35	0.176
0.36	0.176
0.37	0.176
0.38	0.176
0.39	0.176
0.40	0.176
0.41	0.176
0.42	0.176
0.43	0.176
0.44	0.176
0.45	0.176
0.46	0.078
0.47	0.078
0.48	0.078
0.49	0.078
0.50	0.078
0.51	0.139
0.52	0.139
0.53	0.139
0.54	0.117
0.55	0.117
0.56	0.117
0.57	0.117
0.48	0.117
0.59	0.196
0.60	0.196



ตารางที่ 4.10 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ครั้งที่ 10

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.235
0.02	0.235
0.03	0.235
0.04	0.235
0.05	0.235
0.06	0.198
0.07	0.198
0.08	0.198
0.09	0.198
0.10	0.198
0.11	0.198
0.12	0.198
0.13	0.198
0.14	0.198
0.15	0.198
0.16	0.198
0.17	0.198
0.18	0.198
0.19	0.198
0.20	0.198
0.21	0.158
0.22	0.158
0.23	0.158
0.24	0.158
0.25	0.158
0.26	0.178
0.27	0.178
0.28	0.178

0.29	0.178
0.30	0.178
0.31	0.178
0.32	0.178
0.33	0.178
0.34	0.178
0.35	0.178
0.36	0.178
0.37	0.178
0.38	0.178
0.39	0.178
0.40	0.178
0.41	0.178
0.42	0.158
0.43	0.158
0.44	0.158
0.45	0.158
0.46	0.158
0.47	0.158
0.48	0.158
0.49	0.158
0.50	0.158
0.51	0.158
0.52	0.158
0.53	0.078
0.54	0.078
0.55	0.078
0.56	0.078
0.57	0.078
0.48	0.078
0.59	0.078
0.60	0.078

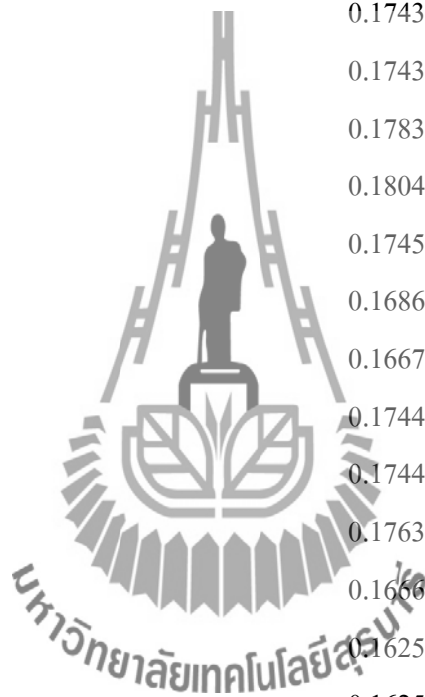


จากตารางที่ 4.1 – 4.10 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ทั้งหมด 10 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งนั้นค่าที่ได้ออกมาจะไม่เท่ากัน เราจึงได้ทำการเฉลี่ยค่าที่วัดได้ในแต่ละครั้ง ดังแสดงตารางที่ 4.11 เพื่อนำมาเทียบกับค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่าว่าค่าที่ได้มานั้นแตกต่างกันเท่าใดหลังจากที่ได้ใช้งานมาแล้วจากนั้นเราจะนำค่าเฉลี่ยของเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าของเตาไมโครเวฟเครื่องมาเทียบกันว่าต่างกันเท่าไร และนำค่าที่ได้ไปใส่ในโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเป็นค่ากลางในการวัดสัญญาณของเครื่องว่าถ้าเกิดค่ากลางที่เราได้กำหนดจะให้ไฟขึ้นสีแดง ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าเตาไมโครเวฟของเรานั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงแล้วเมื่อเทียบกับเครื่องใหม่ แต่ถ้าค่าที่วัดได้ต่ำกว่าค่ากลางที่เรากำหนดจะให้ไฟขึ้นสีเขียว ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าเตาไมโครเวฟของเรานั้นยังไม่มีเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมไม่มาก

**ตารางที่ 4.11** ผลการเฉลี่ยค่าทั้งหมดของค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่ในแต่ละครั้งตั้งแต่ครั้งที่ 1 – ครั้งที่ 10 โดยที่แต่ละ 1 วินาที จะเป็นค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ทั้ง 10 ครั้งมาเฉลี่ยกันทั้งหมด

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่
0.01	0.2157
0.02	0.2134
0.03	0.2134
0.04	0.2134
0.05	0.2134
0.06	0.2136
0.07	0.2117
0.08	0.2098
0.09	0.2078
0.10	0.1961
0.11	0.198
0.12	0.198
0.13	0.198
0.14	0.1941

0.15	0.1941
0.16	0.1941
0.17	0.1921
0.18	0.1921
0.19	0.1921
0.20	0.1921
0.21	0.1881
0.22	0.1743
0.23	0.1743
0.24	0.1743
0.25	0.1743
0.26	0.1783
0.27	0.1804
0.28	0.1745
0.29	0.1686
0.30	0.1667
0.31	0.1744
0.32	0.1744
0.33	0.1763
0.34	0.1666
0.35	0.1625
0.36	0.1625
0.37	0.1566
0.38	0.1664
0.39	0.1664
0.40	0.1664
0.41	0.1604
0.42	0.1565
0.43	0.1387
0.44	0.1428
0.45	0.1447
0.46	0.1387



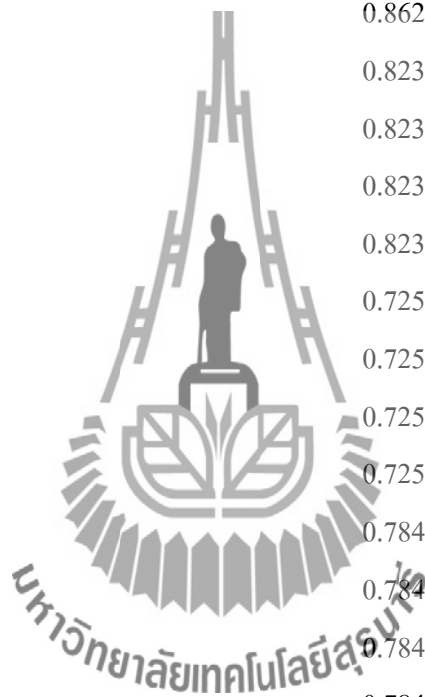
0.47	0.1624
0.48	0.1624
0.49	0.1605
0.50	0.1625
0.51	0.1589
0.52	0.1589
0.53	0.1509
0.54	0.1427
0.55	0.1365
0.56	0.1365
0.57	0.1345
0.48	0.1327
0.59	0.1248
0.60	0.1248

ผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ เป็นวัดค่าโดยทำการวัดจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่าที่ผ่านการใช้งานมาแล้วเป็นเวลา 2 ปีโดยทำการวัดเตาไมโครเวฟทั้งหมด 5 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที ซึ่งเป็นการทดสอบดังแสดงตารางที่ 4.12 – 4.16

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่าครั้งที่ 1

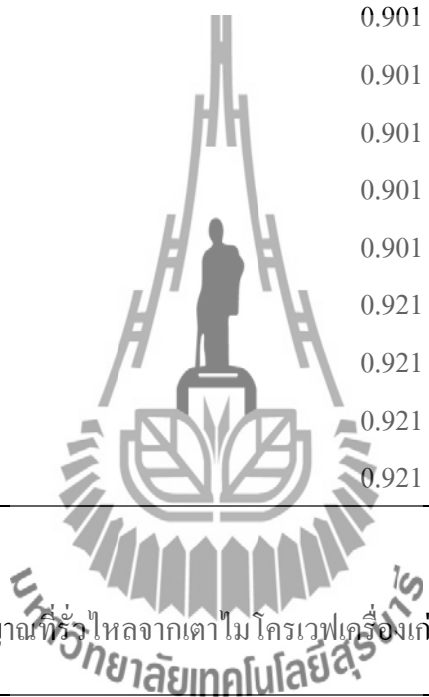
ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่า
0.01	0.764
0.02	0.764
0.03	0.764
0.04	0.764
0.05	1.313
0.06	1.313
0.07	1.313
0.08	1.313
0.09	0.862
0.10	0.862

0.11	0.862
0.12	0.862
0.13	0.882
0.14	0.882
0.15	0.882
0.16	0.882
0.17	0.862
0.18	0.862
0.19	0.862
0.20	0.862
0.21	0.823
0.22	0.823
0.23	0.823
0.24	0.823
0.25	0.725
0.26	0.725
0.27	0.725
0.28	0.725
0.29	0.784
0.30	0.784
0.31	0.784
0.32	0.784
0.33	0.725
0.34	0.725
0.35	0.725
0.36	0.725
0.37	0.725
0.38	0.725
0.39	0.725
0.40	0.725
0.41	0.725
0.42	0.725





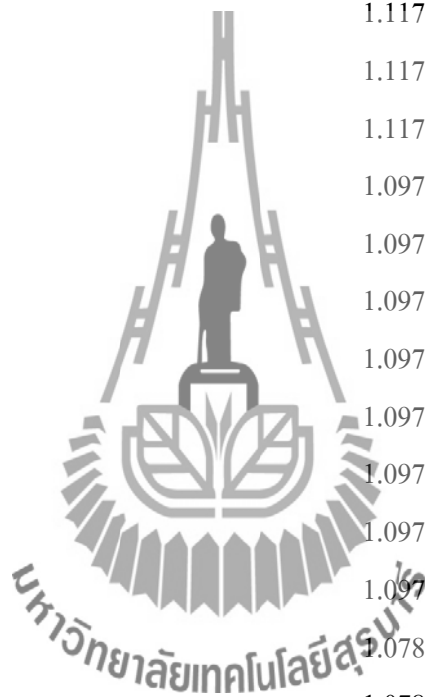
0.43	0.725
0.44	0.725
0.45	0.744
0.46	0.744
0.47	0.744
0.48	0.744
0.49	0.901
0.50	0.901
0.51	0.901
0.52	0.901
0.53	0.901
0.54	0.901
0.55	0.901
0.56	0.901
0.57	0.921
0.48	0.921
0.59	0.921
0.60	0.921



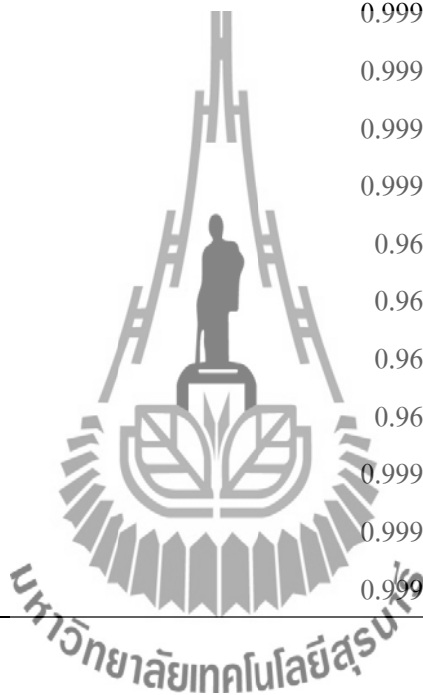
ตารางที่ 4.13 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่าครั้งที่ 2

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่า
0.01	0.823
0.02	0.823
0.03	0.823
0.04	0.823
0.05	1.015
0.06	1.015
0.07	1.015
0.08	1.015

0.09	0.921
0.10	0.921
0.11	0.921
0.12	0.921
0.13	1.176
0.14	1.176
0.15	1.176
0.16	1.176
0.17	1.176
0.18	1.117
0.19	1.117
0.20	1.117
0.21	1.097
0.22	1.097
0.23	1.097
0.24	1.097
0.25	1.097
0.26	1.097
0.27	1.097
0.28	1.097
0.29	1.078
0.30	1.078
0.31	1.078
0.32	1.078
0.33	1.019
0.34	1.019
0.35	1.019
0.36	1.019
0.37	1.038
0.38	1.038
0.39	1.038
0.40	1.038



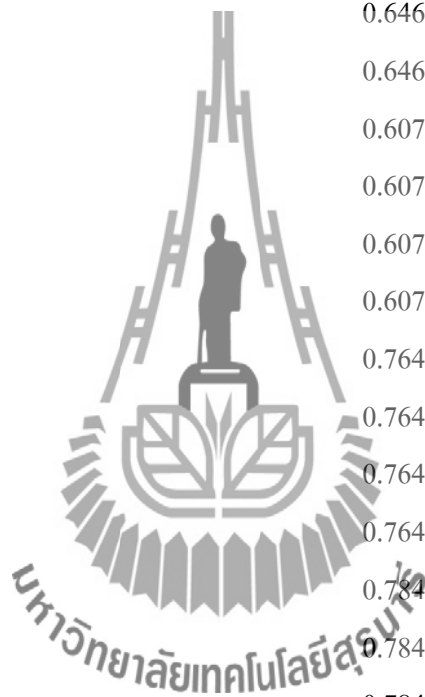
0.41	0.98
0.42	0.98
0.43	0.98
0.44	0.98
0.45	0.98
0.46	1.156
0.47	1.156
0.48	1.156
0.49	1.156
0.50	0.999
0.51	0.999
0.52	0.999
0.53	0.999
0.54	0.96
0.55	0.96
0.56	0.96
0.57	0.96
0.48	0.999
0.59	0.999
0.60	0.999



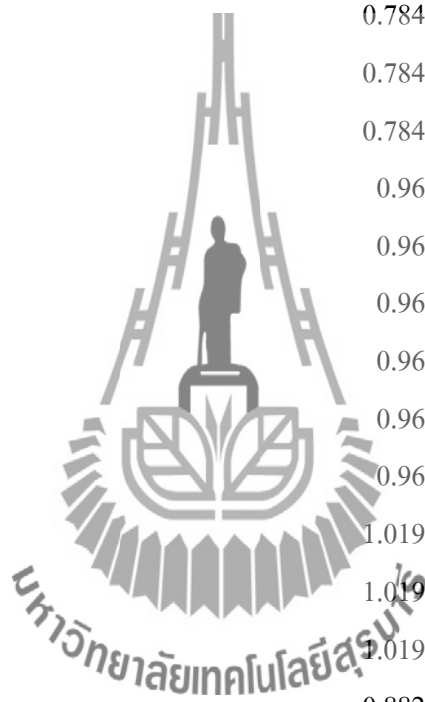
ตารางที่ 4.14 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่าครั้งที่ 3

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่า
0.01	0.784
0.02	0.784
0.03	0.784
0.04	0.705
0.05	0.705
0.06	0.568

0.07	0.568
0.08	0.568
0.09	0.568
0.10	0.548
0.11	0.548
0.12	0.548
0.13	0.548
0.14	0.646
0.15	0.646
0.16	0.646
0.17	0.646
0.18	0.607
0.19	0.607
0.20	0.607
0.21	0.607
0.22	0.764
0.23	0.764
0.24	0.764
0.25	0.764
0.26	0.784
0.27	0.784
0.28	0.784
0.29	0.784
0.30	0.784
0.31	0.764
0.32	0.764
0.33	0.764
0.34	0.764
0.35	0.842
0.36	0.842
0.37	0.842
0.38	0.842



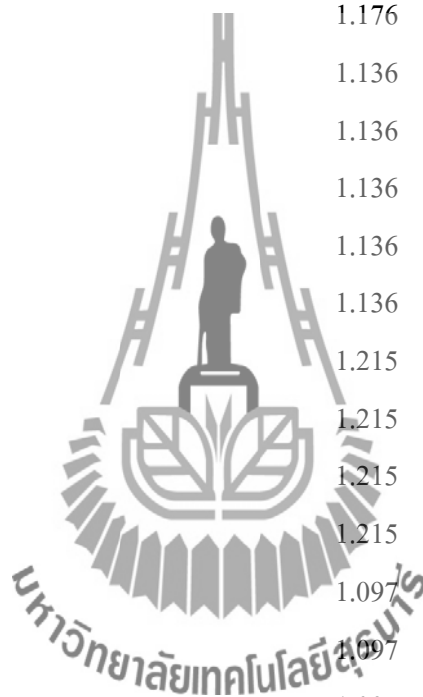
0.39	0.784
0.40	0.784
0.41	0.784
0.42	0.784
0.43	0.784
0.44	0.784
0.45	0.784
0.46	0.784
0.47	0.784
0.48	0.784
0.49	0.784
0.50	0.784
0.51	0.96
0.52	0.96
0.53	0.96
0.54	0.96
0.55	0.96
0.56	0.96
0.57	1.019
0.48	1.019
0.59	1.019
0.60	0.882



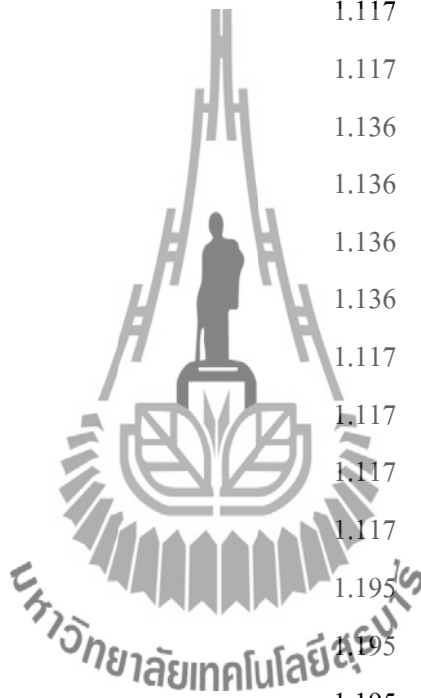
ตารางที่ 4.15 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่าครั้งที่ 4

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่า
0.01	1.117
0.02	1.117
0.03	1.117
0.04	1.038

0.05	1.038
0.06	1.038
0.07	1.038
0.08	1.097
0.09	1.097
0.10	1.097
0.11	1.176
0.12	1.176
0.13	1.176
0.14	1.176
0.15	1.136
0.16	1.136
0.17	1.136
0.18	1.136
0.19	1.136
0.20	1.215
0.21	1.215
0.22	1.215
0.23	1.215
0.24	1.097
0.25	1.097
0.26	1.097
0.27	1.097
0.28	1.176
0.29	1.176
0.30	1.176
0.31	1.176
0.32	1.136
0.33	1.136
0.34	1.136
0.35	1.136
0.36	1.117



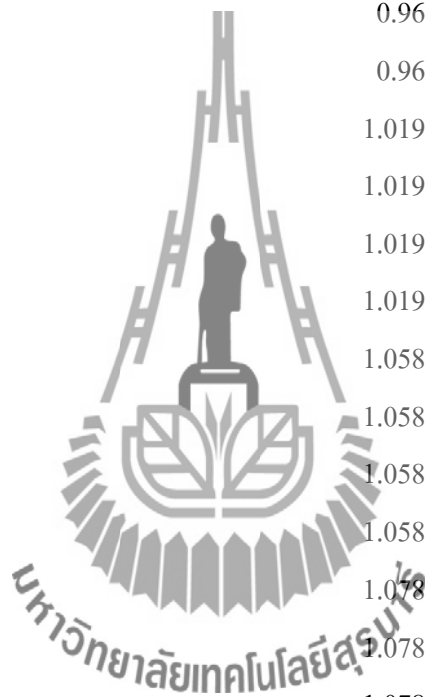
0.37	1.117
0.38	1.117
0.39	1.117
0.40	1.136
0.41	1.136
0.42	1.136
0.43	1.136
0.44	1.117
0.45	1.117
0.46	1.117
0.47	1.117
0.48	1.136
0.49	1.136
0.50	1.136
0.51	1.136
0.52	1.117
0.53	1.117
0.54	1.117
0.55	1.117
0.56	1.195
0.57	1.195
0.48	1.195
0.59	1.195
0.60	1.136



ตารางที่ 4.16 ผลการวัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่าครั้งที่ 5

ช่วงเวลา/วินาที	ค่าที่วัดสัญญาณที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่า
0.01	1.254
0.02	1.254

0.03	1.254
0.04	1.254
0.05	1.254
0.06	1.058
0.07	1.058
0.08	1.058
0.09	1.058
0.10	0.96
0.11	0.96
0.12	0.96
0.13	0.96
0.14	1.019
0.15	1.019
0.16	1.019
0.17	1.019
0.18	1.058
0.19	1.058
0.20	1.058
0.21	1.058
0.22	1.078
0.23	1.078
0.24	1.078
0.25	1.078
0.26	1.058
0.27	1.058
0.28	1.058
0.29	1.058
0.30	1.019
0.31	1.019
0.32	1.019
0.33	1.019
0.34	1.019





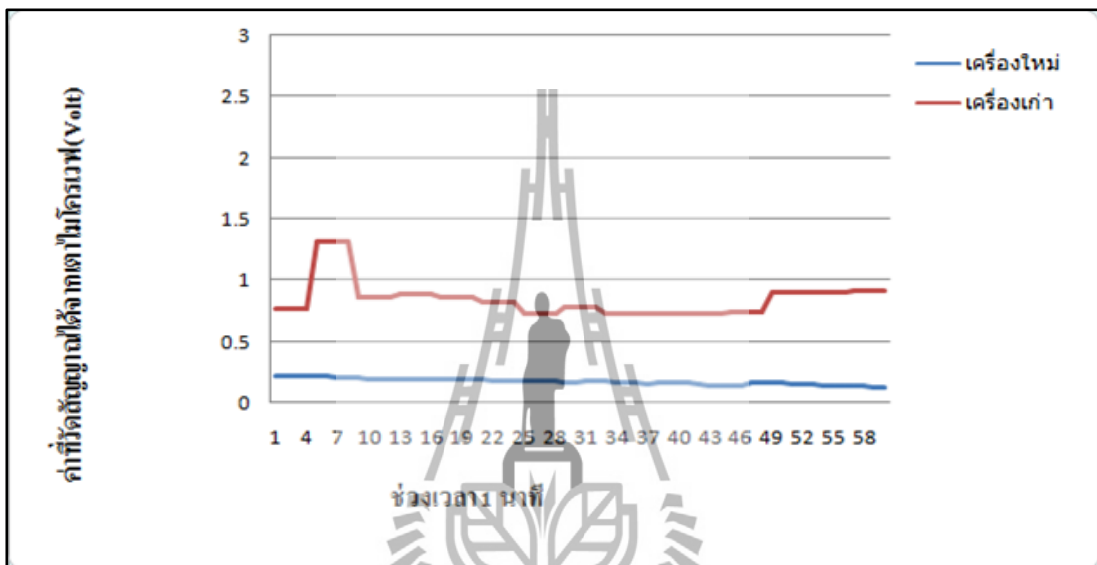
0.35	1.019
0.36	1.019
0.37	1.019
0.38	1.019
0.39	1.019
0.40	1.019
0.41	1.019
0.42	1.058
0.43	1.058
0.44	1.058
0.45	1.058
0.46	1.097
0.47	1.097
0.48	1.097
0.49	1.097
0.50	1.136
0.51	1.136
0.52	1.136
0.53	1.136
0.54	1.136
0.55	1.078
0.56	1.078
0.57	1.078
0.48	1.136
0.59	1.136
0.60	1.136

5. ทำการพล็อตกราฟจากข้อมูลผลการทดสอบชุดอุปกรณ์ต้นแบบ โดยเปรียบเทียบค่าระหว่างเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และเตาไมโครเวฟเครื่องเก่าเพื่อดูว่าค่าทั้งสองเครื่องนั้นมีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

## ผลการทดสอบเมื่อนำมาพล็อตกราฟเปรียบเทียบ

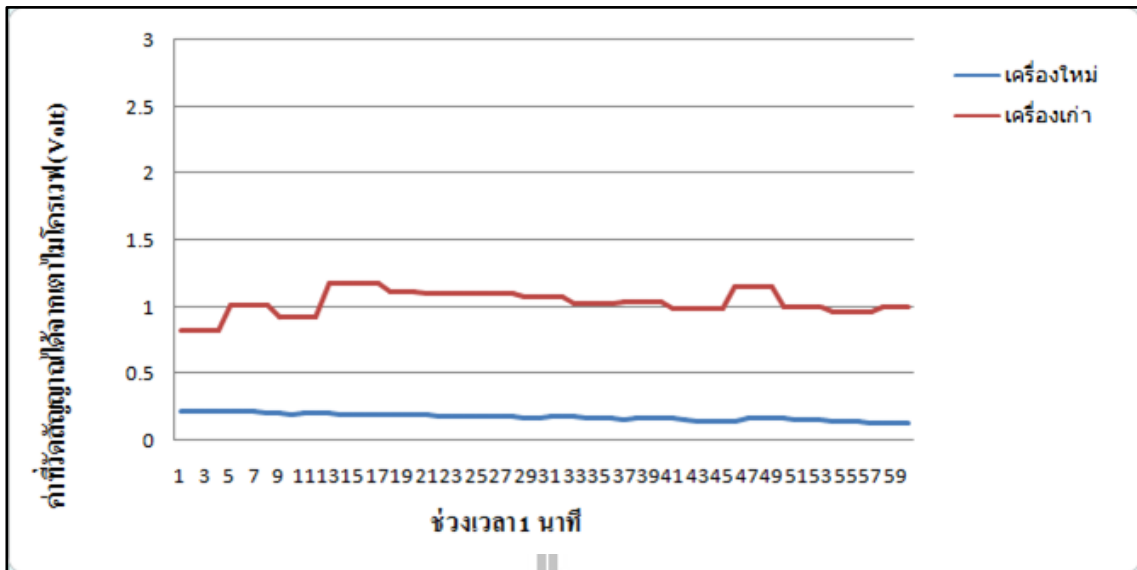
### ผลการวัดสัญญาณเฉลี่ย

เมื่อสังเกตข้อมูลที่จากกราฟดังแสดงรูปที่ 4.5 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟจากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของทั้ง 10 ครั้งจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง ซึ่งเห็นได้ว่ากราฟของเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ามีค่าสูงกว่าเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่



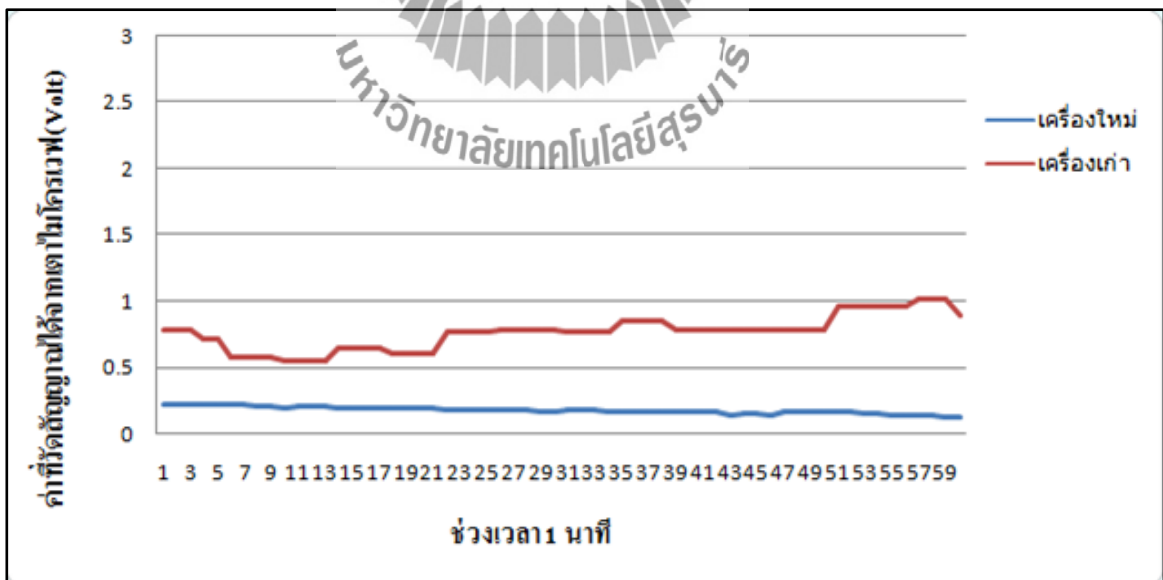
รูปที่ 4.5 ค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง

เมื่อสังเกตข้อมูลที่จากกราฟดังแสดงรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟจากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของทั้ง 10 ครั้งจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง ซึ่งเห็นได้ว่ากราฟของเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ามีค่าสูงกว่าเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่



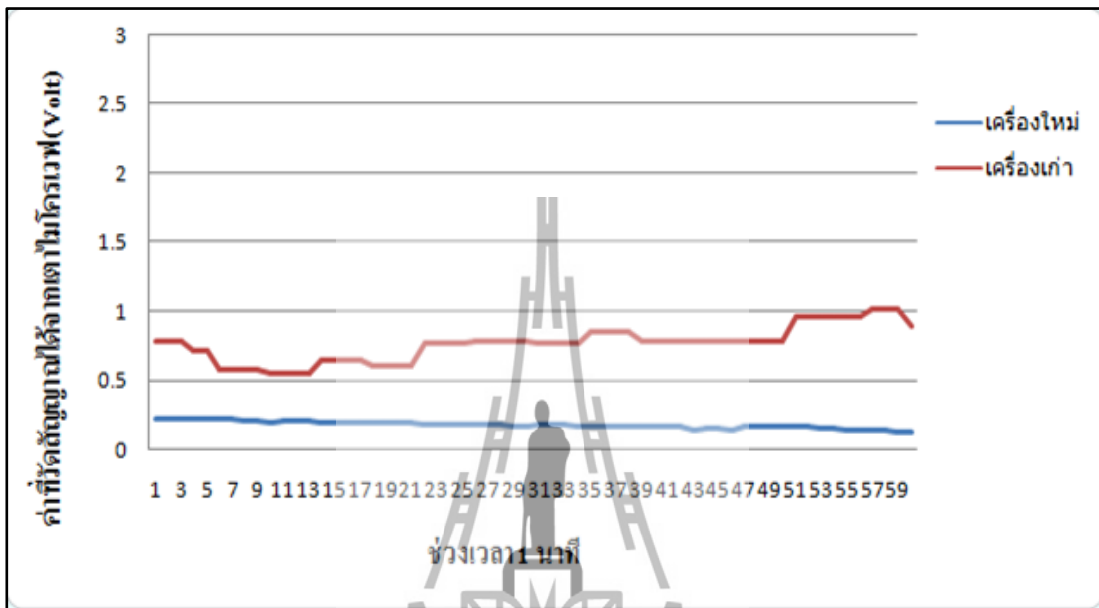
รูปที่ 4.6 ค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง

เมื่อสังเกตข้อมูลที่จากกราฟดังแสดงรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟจากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของทั้ง 10 ครั้งจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง ซึ่งเห็นได้ว่ากราฟของเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ามีค่าสูงกว่าเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่



รูปที่ 4.7 ค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง

เมื่อสังเกตข้อมูลที่จากกราฟดังแสดงรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟจากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของ ทั้ง 10 ครั้งจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้ง ค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง ซึ่งเห็นได้ว่ากราฟของเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ามีค่าสูงกว่าเตาไมโครเวฟ เครื่องใหม่



รูปที่ 4.8 ค่าที่วัดได้จากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้งค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง

เมื่อสังเกตข้อมูลที่จากกราฟดังแสดงรูปที่ 4.9 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟจากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของ ทั้ง 10 ครั้งจากเตาไมโครเวฟเครื่องใหม่และค่าที่สามารถวัดได้จากจากเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ารวมทั้ง ค่าความต่างของทั้งสองเครื่อง ซึ่งเห็นได้ว่ากราฟของเตาไมโครเวฟเครื่องเก่ามีค่าสูงกว่าเตาไมโครเวฟ เครื่องใหม่



บทที่ 5

ข้อสรุปของโครงการ

### 5.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึงบทสรุปของโครงการเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ ซึ่งประกอบไปด้วยปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน วิธีแก้ไข และวิธีการพัฒนาโครงการต่อไป

### 5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

การทำโครงการการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ ปรากฏปัญหาที่พบได้บ่อยๆดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ปัญหาและสาเหตุที่พบในขณะดำเนินงานและวิธีการแก้ไข

ปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน	สาเหตุและวิธีการแก้ไข
--------------------------	-----------------------

1.ความล่าช้าในการซื้ออุปกรณ์	สาเหตุเนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางตัวที่ไม่มีขายในจังหวัดนครราชสีมา จึงต้องสั่งซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากจังหวัดอื่น วิธีการแก้ไขควรวางแผนการใช้เวลาในการทำโครงการให้เหมาะสม เพื่อให้จะได้มีเวลาในการสั่งซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีขายในจังหวัดนครราชสีมา
2. แหล่งพลังงานที่ใช้ในวงจรภาคส่งหมดเร็ว	สาเหตุเนื่องจากการไม่ได้ต่อสวิตช์เปิด-ปิดเข้าไปในวงจรภาคจ่ายแรงดัน วิธีการแก้ไขเพิ่มสวิตช์เปิด-ปิด ในวงจรภาคจ่ายแรงดัน
3. โปรแกรมที่ใช้ในวงจรต้องทำการแก้ไขหลายครั้ง	สาเหตุ มีการปรับปรุงโปรแกรมเพื่อให้วงจรมีฟังก์ชันในการทำงานมากขึ้น วิธีการแก้ไข ศึกษาจากตำราที่ห้องสมุดและค้นคว้าเพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ต
4. หัวคอนเน็คเตอร์ที่ต่อกับสายอากาศ	สาเหตุ ใช้เวลาในการสั่งซื้อนานและตัวอุปกรณ์มีความบอบบาง วิธีการแก้ไขควรใช้แบบระมัดระวัง

### 5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

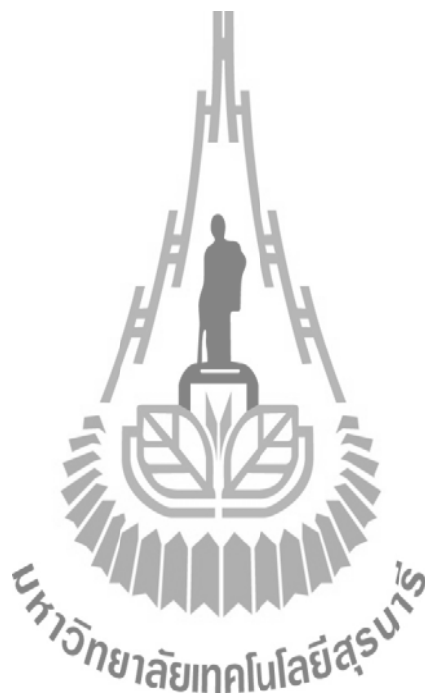
เนื่องจากโครงการเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ แม้ว่าจะสามารถรับคลื่นที่รั่วไหลจากเตาไมโครเวฟได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าคลื่นที่รั่วไหลดังกล่าวมีค่าเท่าใดในหน่วยของค่าซาร์ บอกได้เพียงว่าเครื่องไมโครเวฟที่เราใช้อยู่ นั้นเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแล้ว หากสามารถทำให้วงจรรับค่าหน่วยของซาร์ได้ เครื่องมือวัดนี้ก็จะสามารถบอกแก่ผู้ใช้ได้ว่าอันตรายหรือไม่ และจะส่งผลทำให้โครงการนี้มีความน่าสนใจและมีประสิทธิภาพในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

### 5.4 กล่าวสรุป

โครงการการศึกษาเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟ มีส่วนประกอบสำคัญหลัก ดังนี้คือ 1). วงจรภาครับสัญญาณ มีการใช้วงจรการเรียงกระแสครั้งคลื่นแบบบริดจ์เปลี่ยนสัญญาณสลับเป็นสัญญาณตรง 2). ออปแอมป์ เพื่อทำการขยายสัญญาณที่เข้ามาให้มีขนาดที่ตัว

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC สามารถประมวลผลได้ โดยอุปกรณ์เหล่านี้มีการทำงานหลักๆคือ วงจรภาครับสัญญาณรับสัญญาณเข้ามาจากสายอากาศ จากนั้นสัญญาณที่เข้ามาจากสายอากาศนั้นจะถูกส่งไปยังออปแอมป์เพื่อขยายสัญญาณให้มีขนาดที่เท่าไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถประมวลผลได้เพื่อโชว์ค่าบนจอแสดงผล

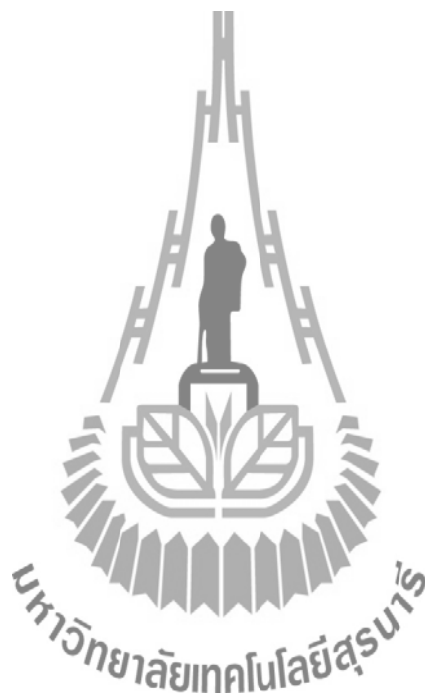
จากผลการทดลองจากสถานที่จริง และสภาพแวดล้อมจริงพบว่า การศึกษาเครื่องตรวจสอบการรั่วไหลของเตาไมโครเวฟนั้น ทำให้ทราบว่าสภาพแวดล้อมบริเวณที่เราได้ไปทำการทดลองนั้นส่งผลต่อการทดสอบของอุปกรณ์เราก็คือ อาจจะมีสัญญาณรบกวนเข้ามาแทรกถึงแม้สัญญาณนั้นจะไม่ได้อยู่ในช่วงความถี่เดียวกันแต่ช่วงความถี่ก็ใกล้เคียงกัน





## เอกสารอ้างอิง

1. ประจัน พลังสันติกุล All About CCS C(PIC C Programing whith CCS C Compiler)
2. รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรคร์ วิศวกรรมสายอากาศ (Antenna Engineering)
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มูลฐาน
4. ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง คัมภีร์ออกแบบวงจรไอซี
5. <http://www.sptc.ac.th/prapruet/devicesweb.html>
6. <http://www.wara.com/artcle-291.html>



## ประวัติผู้เขียน



นาย วิรุทธ ชูปเมือง เกิดเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2534  
ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 61 หมู่ 3 ตำบลหนองจะบก  
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา  
จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนราช  
สีมาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2552 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4  
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
จังหวัดนครราชสีมา



นายชัยณรงค์ ประเสริฐไทย เกิดเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2534  
ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 149 หมู่ 1 ตำบลโนนสูง  
อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี  
จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนอุดร  
พัฒนาการ  
ปีการศึกษา 2552 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4  
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
จังหวัดนครราชสีมา



นางสาวเมชาวี ศรีละพันธุ์ เกิดเมื่อวันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2535  
ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 41/20 ตำบลหมากแข้ง  
อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี  
จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนสตรี  
ราชินูทิศ  
ปีการศึกษา 2552 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4  
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
จังหวัดนครราชสีมา

