



## เครื่องรับวิทยุ AM พลังงานแสงอาทิตย์

โดย

นางสาวสุพรรณิ

กล้าหาญ

รหัสนักศึกษา B5105991

นายพิทักษ์พงษ์

ต้นโนนเชียง

รหัสนักศึกษา B5112937

นายสันติ

เอียดราม่า

รหัสนักศึกษา B5132102



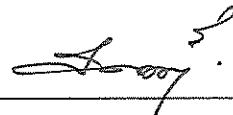
รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม  
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2546

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2556

# วิทยุ AM พลังงานแสงอาทิตย์

คณะกรรมการสอบโครงการงาน



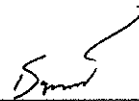
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อูหารสกุล )

ที่ปรึกษาโครงการงาน



( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา พรหมมาก )

กรรมการ



( อาจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์ )

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำรายงานโครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาโทรคมนาคม ภาควิชา 427499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2556

หัวข้อโครงการ	เครื่องรับวิทยุ AM พลังงานแสงอาทิตย์		
จัดทำโดย	นางสาวสุพรรณิ	กล้าหาญ	รหัส B5105991
	นางสาวพิทักษ์พงษ์	คั่น โนนเชียง	รหัส B5112937
	นายสันติ	เอี้ยครามา	รหัส B5132102
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม		
ภาคการศึกษาที่	3/2556		

---

### บทคัดย่อ (Abstract)

ในปัจจุบันมี วิทยุเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถให้ความบันเทิงกับคนทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นอาชีพไหน ต่างก็เคยใช้หรือเคยฟังสาระความบันเทิงผ่านวิทยุทั้งนั้น ไม่เว้นแม้แต่ชาวนา ก็ใช้วิทยุในการรับฟังข่าวสาร ความบันเทิง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานให้มีความสุข โดยส่วนใหญ่วิทยุที่ใช้จะใช้พลังงานจากถ่านไฟและแบตเตอรี่ ถ้าวิทยุใช้พลังงานจากถ่านไฟฉายจะทำให้สิ้นเปลือง อีกทั้งถ่านไฟฉายยังเป็นขยะที่มีสารพิษทำให้เกิดมลพิษ แต่ถ้าเราใช้วิทยุที่ใช้แบตเตอรี่เราก็ใช้ไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่ทำให้เปลืองพลังงานไฟฟ้า สมมุติเมื่อเราไปในที่ทุรกันดาร หรือในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้า เมื่อพลังงานจากถ่านหมดเราก็ไม่สามารถฟังวิทยุได้ เราจึงได้ออกแบบวิทยุที่เป็นทางเลือกที่สามารถพกพาไปใช้ในทุกที่ทำงานได้แม้พลังงานจากถ่านหมด นั่นคือวิทยุพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเป็นทางเลือกที่ดี สำหรับการใช้งานในช่วงที่ไม่มีพลังงานสำรอง

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จร่ว่งไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนทิพย์ภา อูฑารสกุล ผู้ที่เป็นเจ้าของความคิดริเริ่มการออกแบบและการสร้างวงจรเครื่องรับวิทยุ AM โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ท่านได้ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับแนวคิดการออกแบบผลงาน และดูแลเอาใจใส่ติดตามความคืบหน้าของโครงการอย่างใกล้ชิด ชี้แนะข้อบกพร่อง ตลอดจนช่วยฝึกฝนและการสนับสนุนคณะผู้จัดทำโครงการ ให้มีความสามารถในการทำโครงการจนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณอาจารย์และบุคลากรสาขาวิชาโทรคมนาคมทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำโครงการมาโดยตลอด พี่นักศึกษาปริญญาโทและเอกวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่คอยแนะนำและให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์

คณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆท่าน ที่ได้กล่าวไปแล้ว ไว้ ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงการชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้มาให้แก่คณะผู้จัดทำโครงการ ทำให้การทำโครงการชิ้นนี้ผ่านไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

นายพิทักษ์พงษ์ ดันโนนเชียง

นางสาวสุพรรณิ กกล้าหาญ

นายสันติ เขียวครามา

## สารบัญ

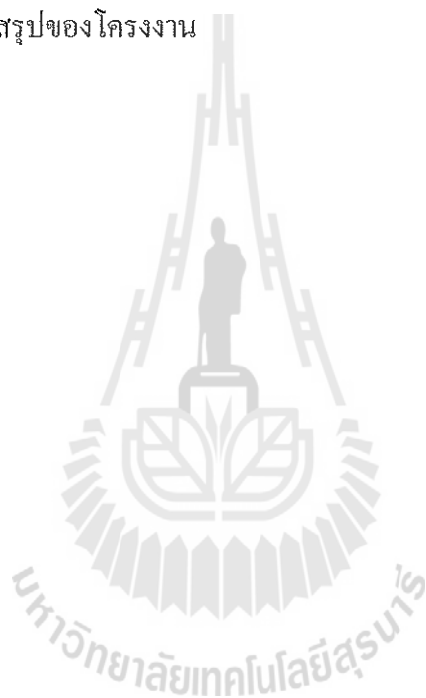
เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 บทนำ	3
2.2 ความหมายของ Sola Cell หรือ PV	3
2.3 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	4
2.4 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์	5
2.5 คุณสมบัติและตัวแปรสำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.5.1 ความเข้มแสง	6
2.5.2 อุณหภูมิ	6
2.6 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์	7
2.6.1 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์	8
2.6.2 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	9
2.7 วิทยุ AM	10
2.7.1 สายอากาศ (Antenna)	10
2.7.2 วงจรจูนความถี่ (tuned circuit)	10

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.7.3 ภาคขยายสัญญาณ	14
2.7.4 ภาคดีเทคเตอร์ (Detector)	14
2.7.5 ภาคขยายเสียง (Audio Frequency Amplifier)	16
2.7.6 ภาคจ่ายกำลังไฟ (Power Supply)	17
2.8 การมอดูเลตทางแอมพลิจูด	17
2.9 ข้อสรุปท้ายบท	24
<b>บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างอุปกรณ์สำหรับเครื่องรับวิทยุ AM</b>	
3.1 บทนำ	25
3.2 องค์ประกอบของวงจร	25
3.3 คุณสมบัติของสายอากาศ (Antenna Characteristics)	26
3.3.1 ความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุ	27
3.4 วงจรภาครับและจูนสัญญาณ (Radio Frequency Amplifier)c	27
3.5 ภาคขยาย IF (Intermediate Frequency Amplifier)	35
3.5.1 การดีเทคสัญญาณ (Detector )	36
3.5.2 ไค โอคดีเทคเตอร์หรือ เอนเวลโลปดีเทคเตอร์ ( Envelope detector )	36
3.6 วงจรภาคขยายเสียง (Audio Frequency Amplifier)	38
3.7 การประกอบวงจร	40
3.8 การประกอบส่วนของโซลาร์เซลล์เข้ากับวงจรวิทยุ AM ที่ ออกแบบ	41
3.9 อธิบายการทำงานของวงจร	42
3.10 ข้อสรุปท้ายบท	45
<b>บทที่ 4 การทดสอบอุปกรณ์</b>	
4.1 บทนำ	46
4.2 แรงดันที่ได้จากพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์	46
4.3 การเปรียบเทียบคลื่นที่รับได้กับเครื่องออสซิลอสโคป (Oscilloscope)	50
4.4 คลื่นที่ได้จากวงจรแต่ละส่วนที่วัดจากออสซิลอสโคป (Oscilloscope)	51
4.5 ข้อสรุปท้ายบท	52

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 ข้อสรุปของโครงการ	
5.1 บทนำ	53
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ปัญหา	53
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	53
5.4 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ	54
5.5 บทสรุปของโครงการ	54



## สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับวิทยุ AM พลังงานแสงอาทิตย์	1
รูปที่ 2.1 Single Crystalline Silicon Solar Cell	4
รูปที่ 2.2 Polycrystalline Silicon Solar Cell	4
รูปที่ 2.3 Amorphous Silicon Solar Cell	5
รูปที่ 2.4 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์	7
รูปที่ 2.5 แสดงการต่อวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม	10
รูปที่ 2.6 แสดงค่าของความถี่เรโซแนนซ์แบบอนุกรม	11
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน	12
รูปที่ 2.8 แสดงค่า impedance ในวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน	12
รูปที่ 2.9 แสดงคุณสมบัติโคโอดที่ทำให้กระแสไหลผ่านทางเดียว	15
รูปที่ 2.10 แสดงคุณสมบัติโคโอดที่ผ่านกระแสเฉพาะด้านบวก	16
รูปที่ 2.11 แสดงการเพิ่ม C เข้ามาเพื่อให้ได้สัญญาณที่ไม่มีไฟ DC	16
รูปที่ 2.12 การมอดูเลตทางแอมพลิจูด โดยใช้อุปกรณ์อนลิเนียร์	17
รูปที่ 2.13 การใช้สัญญาณเสียงที่มีขนาดมากและน้อยเพื่อมอดูเลตบนคลื่นพาหะ	17
รูปที่ 2.14 การวัดเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต	18
รูปที่ 2.15 แอมพลิจูดของสัญญาณเสียงที่มอดูเลตขึ้น	19
รูปที่ 2.16 การโอเวอร์มอดจะทำให้สัญญาณที่ได้จากการมอด (หรือคิเทค)	20
รูปที่ 2.17 วิเคราะห์คลื่น AM ในเชิงความถี่	22
รูปที่ 2.18 ความสัมพันธ์ทางเฟสระหว่างไซด์แบนด์กับพาหะ	23
รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบคลื่น AM ในเชิงความถี่และเชิงเวลา	24
รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของวงจรเครื่องรับวิทยุโดยใช้ไอซี MK484 และ ไอซี TBA820M	25
รูปที่ 3.2 วงจรจูนคั้งที่ใช้ปรับจูนคั้งคลื่นเพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ	27
รูปที่ 3.3 อิมพีแดนซ์ที่ได้จากการต่อ LC ขนาน	28
รูปที่ 3.4 อิมพีแดนซ์ที่ได้จากการต่อ LC อนุกรม	28
รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบที่จะใช้ในการหาค่า $L$	31
รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบที่ใช้งานจริงในวงจร	31



สารบัญรูป (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบที่จะใช้ในการหาค่า $Z$	33
รูปที่ 3.8 รายละเอียดภายในตัวไอซี MK484	36
รูปที่ 3.9 คุณสมบัติไดโอดที่ผ่านกระแสเฉพาะด้านบวก	37
รูปที่ 3.10 การเพิ่ม C เข้ามาเพื่อให้ได้สัญญาณที่ไม่มีไฟ DC	37
รูปที่ 3.11 การเพิ่ม C เข้ามาอีกตัวเพื่อให้ได้สัญญาณที่ไม่มีไฟ DC	37
รูปที่ 3.12 ขาต่างๆของไอซีเบอร์ TBA820M	38
รูปที่ 3.13 ลักษณะภายในของไอซีเบอร์ TBA820M	38
รูปที่ 3.14 การเชื่อมต่อและขาต่างๆของไอซีเบอร์ TBA820M	39
รูปที่ 3.15 วิธีการดูขั้วและใส่อุปกรณ์	40
รูปที่ 3.16 การเก็บพลังงานเข้ากับตัววิทยุ	41
รูปที่ 3.17 แผงโซลาร์เซลล์เมื่อต่อกับแบตเตอรี่	41
รูปที่ 3.18 การทำงานของวงจร	42
รูปที่ 3.19 ลักษณะภายในไอซี MK484	43
รูปที่ 3.20 วงจรที่ประกอบเสร็จสำหรับใช้งาน	44
รูปที่ 3.21 วงจรที่ประกอบเสร็จด้านหลังสำหรับใช้งาน	45
รูปที่ 4.1 การวัดแรงดันของอุปกรณ์ก่อนการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์	46
รูปที่ 4.2 แรงดันของ โซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 10 นาที	47
รูปที่ 4.3 แรงดันของ โซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 40 นาที	47
รูปที่ 4.4 แรงดันของ โซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 50 นาที	48
รูปที่ 4.5 แรงดันของ โซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 60 นาที	48
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลแรงดันที่วัดได้ของพลังงานโซลาร์เซลล์ต่อช่วงเวลา	49
รูปที่ 4.7 แสดงคลื่นที่รับได้จากออสซิโลสโคป	50
รูปที่ 4.8 แสดงคลื่นที่ออกจากส่วนต่างๆในวงจร	51

## สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 1 แถบความถี่ต่างๆ	26
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการหาความถี่เรโซแนนซ์ของวงจร LC อนุกรมและ LC ขนาน	29
ตารางที่ 3 แสดงค่าความขบเซิมของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ	30



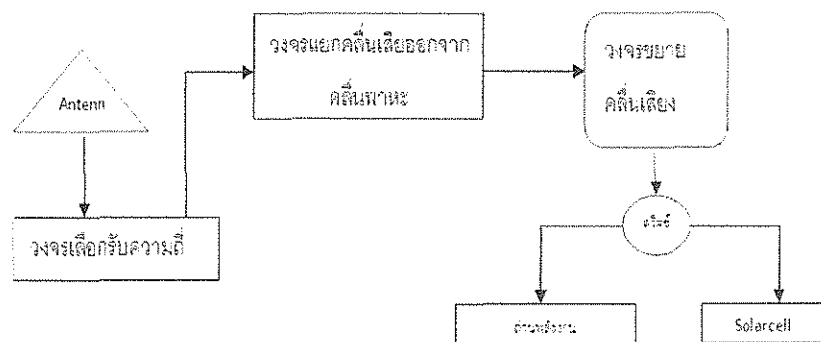
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมา

วิทยุเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถให้ความบันเทิงกับคนทั่วไป ไม่ว่าจะ เป็นอาชีพไหน ต่างก็เคยใช้หรือเคยฟังสาระความบันเทิงผ่านวิทยุทั้งนั้น ไม่เว้นแม้แต่ชาวนา ก็ใช้ วิทยุในการรับฟังข่าวสาร ความบันเทิง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานให้มีความสุข ซึ่งส่วนใหญ่ วิทยุที่ใช้จะ ใช้พลังงานจากถ่านไฟและแบตเตอรี่ ถ้าวิทยุใช้พลังงานจากถ่านไฟหลายทำให้สิ้นเปลือง อีกทั้งถ่านไฟหลายยังเป็นขยะที่มีสารพิษทำให้เกิดมลพิษแต่ถ้าเราใช้วิทยุที่ใช้แบตเตอรี่เราก็ใช้ไฟฟ้า ในการชาร์จแบตเตอรี่ทำให้เปลืองพลังงานไฟฟ้า สมมุติเมื่อเราไปในที่ทุรกันดาร หรือในพื้นที่ที่ไม่มี ไฟฟ้า เมื่อพลังงานจากถ่านหมดเราก็ไม่สามารถฟังวิทยุได้ เราจึงได้ออกแบบวิทยุที่เป็นทางเลือก ที่สามารถพกพาไปใช้ในทุกที่ทำงาน ได้แม้พลังงานจากถ่านหมด นั่นคือวิทยุพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะ เป็นทางเลือกที่ดี สำหรับการใช้งานในช่วงที่ไม่มีพลังงานสำรอง

วิทยุขนาดเล็กนี้จะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดอยู่กับตัวเครื่องวิทยุ เครื่องนี้จึงเหมาะสำหรับใช้ในชนบท หรือ พื้นที่ห่างไกล โดยใช้เพียงแค่แบตเตอรี่เพื่อเก็บพลังงาน ไฟฟ้าเท่านั้นขณะผู้จัดทำจึงได้คิดประดิษฐ์วิทยุที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ชาร์จไฟเข้ากับแบตเตอรี่ เพื่อเก็บพลังงานกระแสไฟฟ้าไว้ใช้งานกับวิทยุต่อไปช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าเครื่องรับวิทยุ พลังงานแสงอาทิตย์ดังแสดงรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับวิทยุ AM พลังงานแสงอาทิตย์

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์
2. ศึกษาวงจรเครื่องรับวิทยุ AM

## 1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1. ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของเครื่องรับวิทยุ AM
2. ศึกษาวงจรเลือกรับความถี่วงจรขยายความถี่
3. ศึกษาวงจรดีเทคเตอร์เพื่อตัดคลื่นพาหะออกหรือดึงคลื่นพาหะลงดินให้เหลือเฉพาะสัญญาณความถี่เสียง (AF) เพียงอย่างเดียว
4. สร้างอุปกรณ์ต้นแบบและทำการทดลอง

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์แต่ละตัวที่ต้องใช้โครงการ ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) สายอากาศ (Antenna) และ ไอซี (IC)
2. สั่งซื้ออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ
3. ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
4. ทดลองใช้งานและแก้ไขสิ่งที่ผิดพลาด

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้หลักการทำงานของอุปกรณ์และ โครงสร้างของวิทยุ AM
2. ได้เรียนรู้การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
3. ได้เรียนรู้การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานตามที่ต้องการได้
4. สามารถนำความรู้ที่ได้ทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ
5. ได้เรียนรู้วิธีหาความรู้ด้วยตัวเองเพื่อนำมาปฏิบัติและประยุกต์ใช้งานจริง

## บทที่ 2

### ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 บทนำ

ในบทที่ 2 นี้จะเป็นการแนะนำโครงสร้างและหน้าที่ของอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทำโครงการ เพื่อให้ผู้ใช้ได้มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิทยุ AM ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์คุณสมบัติ ตัวแปรต่างๆ หลักการทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ เข้าใจประโยชน์ วิธีใช้อย่างถูกต้อง

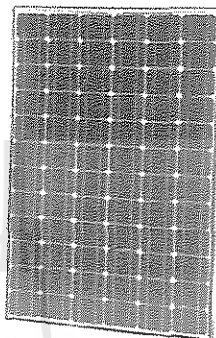
#### 2.2 ความหมายของ Sola Cell หรือ PV

**Solar Cell** หรือ **PV** มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือ เซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า **Photovoltaic** โดยแบ่งเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมาจนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ.1959 ดังนั้น สรุปได้ว่า

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเดียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียมเทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

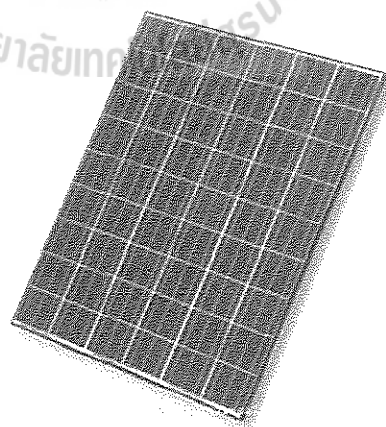
2.3 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

2.3.1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิกอนแข็งและบางมาก ดังรูปที่ 2.1



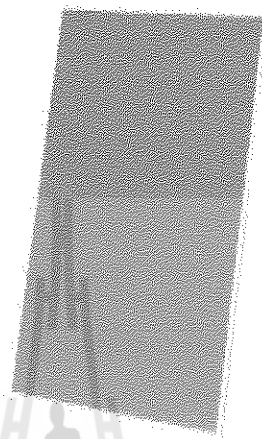
รูปที่ 2.1 Single Crystalline Silicon Solar Cell

2.3.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้่านักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10% ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 Polycrystalline Silicon Solar Cell

2.3.3. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์ แคดเมียม เทลลูไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25% ลักษณะและรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Amorphous Silicon Solar Cell

#### 2.4 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างหลักโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ได้แก่หัวต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Si) เมื่อมีการเติมสารเจือฟอสฟอรัส (P) จะมีสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบและเมื่อซิลิคอนเติมด้วยสารเจือโบรอน (B) จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก ดังนั้นเมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็นมาต่อกัน ก็จะเกิดหัวต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนจึงทำจากผลึกซิลิคอนเป็นฐานหนาประมาณ 300 ไมครอน (หรือประมาณ 0.3 มิลลิเมตร) ด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึม (Diffused Layer) ที่มีการนำไฟฟ้าตรงข้ามกับฐานซึ่งหนาเพียง 0.5 ไมครอน การออกแบบให้หัวต่อพีเอ็นต้นนี้เป็นสิ่งจำเป็น เพราะต้องการให้แสงที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ทะลุทะลวงถึงหัวต่อให้ได้มากที่สุด หากหัวต่อพีเอ็นอยู่ลึกเกินไป จะทำให้จำนวนพาหะไฟฟ้าที่เกิดจากการดูดกลืนแสงแพร่ซึมถึงหัวต่อพีเอ็นได้น้อยลง ส่งผลให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้มีจำนวนน้อยลงไปด้วยซ้ำไฟฟ้าที่อยู่ด้านรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะเป็นก้างปลา หรือรูปแบบอื่นๆ เพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ในขณะที่เดียวกันสามารถรวบรวมพาหะนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้มากที่สุดด้วยส่วนซ้ำไฟฟ้าด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นชั้นโลหะเต็มหน้า ผิวด้านรับแสงที่นอกเหนือจากซ้ำไฟฟ้าแบบก้างปลาแล้ว ยังมีชั้นด้านการสะท้อนแสง (AR : Anti Reflection Coating) ปิดทับเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพการดูดกลืนแสงให้มากขึ้น โดยมีให้แสงสะท้อนกลับ เราจึงเห็นเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสีน้ำเงินเข้ม เพราะมีชั้น โลหะออกไซด์เป็นชั้นด้านการสะท้อนแสง

## 2.5 คุณสมบัติและตัวแปรสำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้แต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

### 2.5.1 ความเข้มแสง

กระแสไฟ(Current)จะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูงกระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือ โวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่งปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1000W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศาพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าประมาณ 75mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

### 2.5.2 อุณหภูมิ

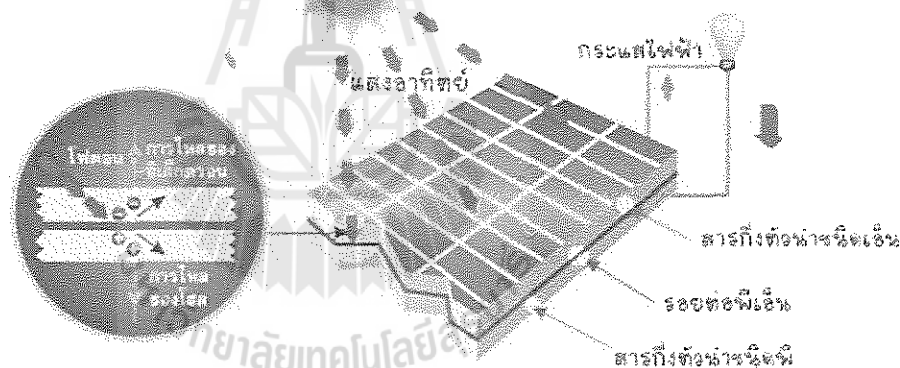
กระแสไฟ(Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ  $V_{oc}$ ) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่าแรงดัน ไฟฟ้าที่จะได้รับจากเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์



ลดลง 25% ( $0.5\% \times 5$  องศา C) นั่นคือแรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่  $V_{oc}$  จะลดลง 0.525 V ( $21 \text{ V} \times 2.5\%$ ) เหลือเพียง 20.475 V ( $21 \text{ V} - 0.525 \text{ V}$ ) สรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ก่อนที่ผู้ใช้จะเลือกใช้แผงแสงอาทิตย์ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่า ใช้มาตรฐานอะไร หรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 วัตต์ ที่มีความเข้มแสง 1200 W ต่อ ตร.เมตร ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 C ขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1000 W ต่อ ตร.เมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน 25 องศา C แล้ว จะพบว่าแผงที่ระบุให้กำลังไฟฟ้า 80 W จะให้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่า จากเหตุดังกล่าว ผู้ที่จะใช้แผงจึงต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเหล่านี้ในการเลือกใช้แผงแต่ละชนิดด้วย

## 2.6 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮล ไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพีขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้นหลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 2.4

### 2.6.1. ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

1. ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำ  
ให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
2. เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไปจาก โลกนี้
3. สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลก และได้พลังงานไฟฟ้าใช้  
โดยตรง
4. ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิด  
มลภาวะด้านอากาศและน้ำ
5. ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม
6. ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง
7. เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิด  
การสึกหรอ
8. ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก
9. อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่
10. มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและรวดเร็ว
11. เนื่องจากมีลักษณะเป็น โมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ
12. ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์,  
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้  
ของเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม  
เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด และอากาศเป็นพิษ ฯลฯ

### 2.6.2 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้า  
กระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสม  
พลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีก โดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้า  
จากเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์สำคัญๆ มีดังนี้

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็น  
พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์  
หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่

ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะเพิ่มแรงดัน ไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนาน จะเพิ่มพลังงานไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวัน ไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

2. เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้น การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า กรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

3. แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

4. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ Modified Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็น Electronic ballast

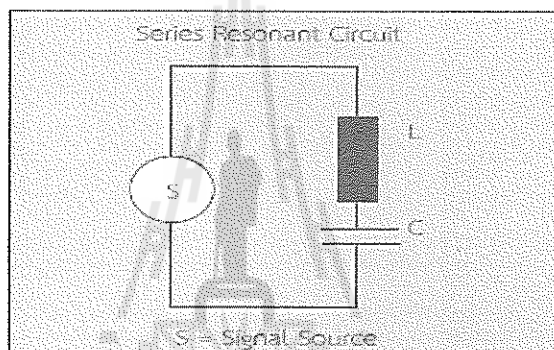
## 2.7 องค์ประกอบของวิทยุ AM

2.7.1 สายอากาศ (Antenna) จะทำหน้าที่รับสัญญาณคลื่นวิทยุที่ส่งจากสถานีต่างๆ เข้ามาทั้งหมดโดยไม่จำกัดว่าเป็นสถานีใด ถ้าสถานีนั้นๆ ส่งสัญญาณมาถึง สายอากาศจะส่งสัญญาณต่างๆ ไปยังภาค RF โดยส่วนใหญ่สายอากาศของเครื่องรับวิทยุ AM จะเป็นแบบไดโพล (Di-Pole) ซึ่งเป็นสายอากาศแบบสองขั้ว จะช่วยทำให้การรับสัญญาณดียิ่งขึ้น

2.7.2 วงจรจูนความถี่ (tuned circuit) วงจรจูนความถี่ คือวงจรที่ทำหน้าที่ เป็นตัวเลือกรับสัญญาณความถี่ที่เราเลือกเท่านั้น โดยความถี่ที่ผ่านวงจรจูนได้นั้นต้องต้องเป็นความถี่ที่ตรงกับ การตอบสนอง ความถี่ของวงจรหรือเรียกว่า ความถี่เรโซแนนซ์

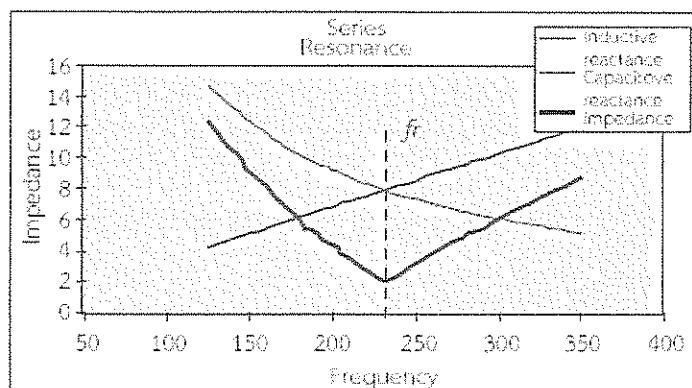
ความถี่เรโซแนนซ์ คือความถี่ที่ทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์ ซึ่งทำให้ผลรวมของแรงดันที่ต่อคร่อมตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมีค่าเป็นศูนย์ โดยวงจรเรโซแนนซ์ แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม ( Series Resonance ) การต่ออนุกรมของอุปกรณ์ Inductive และ Capacitive สามารถทำให้เกิดวงจรเรโซแนนซ์ชนิดอนุกรม ซึ่งชนิดอนุกรมจะเป็น การต่อ Inductive และ Capacitive แบบอนุกรม ดังรูปที่ 2.5



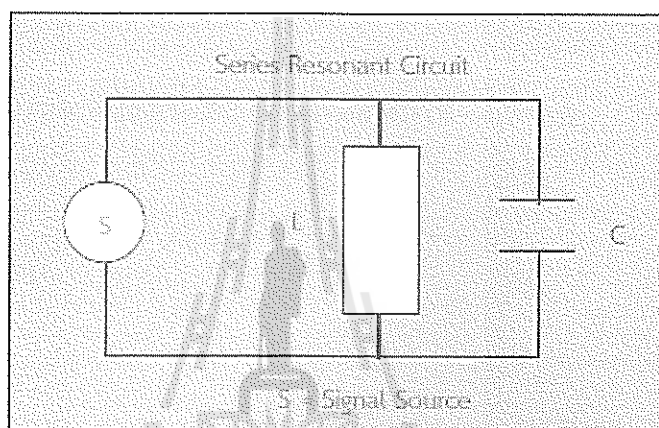
รูปที่ 2.5 การต่อวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานรวม (Impedance) ตามความถี่ของวงจรนี้ได้แสดงไว้ตามรูปที่ 2.6 จากรูปนี้จะเห็นได้ว่า ที่ความถี่ใดความถี่หนึ่งถูกเรียกว่า ความถี่เรโซแนนซ์ ความต้านทานรวม จะมีค่าต่ำมาก และมีคุณสมบัติเป็นชนิด Resistive ด้วยเหตุนี้วงจรเรโซแนนซ์ชนิดอนุกรมทำให้เกิดกระแสสูงมากที่ความถี่ใดความถี่หนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดความถี่เรโซแนนซ์

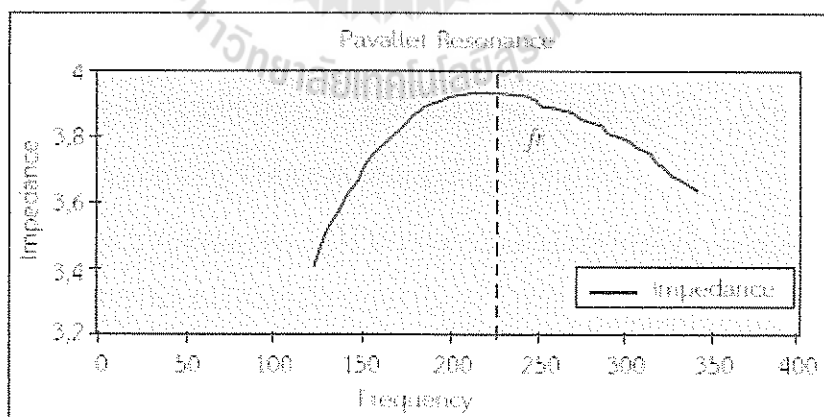


รูปที่ 2.6 แสดงค่าของความถี่เรโซแนนซ์แบบอนุกรม

2. วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน (Parallel Resonance) การผสมรวมกันของรีแอคแตนซ์ขั้วอินดักทีฟและคาปาซิทีฟแบบขนาน ทำให้เกิดวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน ความต้านทานรวม (Impedance) ของวงจรนี้เป็นไปตามรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 ที่ความถี่เรโซแนนซ์ ค่าความต้านทานขั้วอินดักทีฟเท่ากับค่าความต้านทานคาปาซิทีฟ ผลความต้านทานรวมของวงจร เพิ่มขึ้นสูงมากที่ความถี่เรโซแนนซ์ การกระตุ้นของวงจรเรโซแนนซ์ขนานมีผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูง ตกคร่อมอินพีแดนซ์และเกิดกระแสไฟฟ้าสูงมากหมุนวนภายในวงจร



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน



รูปที่ 2.8 แสดงค่า impedance ในวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน

ที่ความถี่เรโซแนนซ์ จะได้

$$X_L = X_C \quad (2-1 ก)$$

โดยที่  $X_L = 2\pi f_o L$  (2-1 ข)

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_o C} \quad (2-1 ค)$$

แทนสมการที่ (2-1 ข) และสมการที่ (2-1 ค) ลงในสมการที่ (2-1 ก)

จะได้  $2\pi f_o L = \frac{1}{2\pi f_o C}$  (2-1 ง)

ความถี่เรโซแนนซ์ คือ  $f_o^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$  (2-2 ก)

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2-2 ข)$$

การใช้วงจรจูนความถี่แบบ LC จะมีเรื่องความไว (Sensitivity) และการเลือกความถี่ (Selectivity) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งคุณสมบัติของเครื่องรับวิทยุได้แก่

1. ความไวในการรับ (Sensitivity) คือ ความสามารถในการรับสัญญาณอ่อน ๆ ได้
2. ความสามารถในการแยกสถานี (Selectivity) คือ ความสามารถในการแยกสัญญาณที่ต้องการรับออกจากสัญญาณอื่นที่มีความถี่ใกล้เคียง
3. ความชัดเจนของเสียง (Fidelity) คือ ความสามารถทำให้เสียงที่ได้รับฟังมีความชัดเจนเหมือนกับต้นทางมากที่สุด
4. ความมีเสถียรภาพทางความถี่ (Stability) คือ ความสามารถในการทำให้เครื่องรับวิทยุหรือความถี่ส่งวิทยุมีค่าคงที่ได้มากน้อยเพียงใด

5. อัตราส่วนระหว่างสัญญาณที่ต้องการกับสัญญาณรบกวน (Signal to Noise Ratio) คือค่าที่ใช้บอกวาระบบที่มีการรับสัญญาณได้ดีเพียงใดเมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวน

### 2.7.3 ภาคขยายสัญญาณ

เมื่อสายอากาศรับสัญญาณเข้ามาแล้ว สัญญาณที่ได้จะมีขนาดอยู่ในระดับ mV หรือ  $\mu V$  จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณ ก่อนการนำไปแยกพาหะ ซึ่งวงจรถ่ายที่ใช้จะต้องเป็นวงจรถ่ายที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ มีอัตราขยายเพียงพอ การปรับขยายก็เป็นส่วนสำคัญ ถ้าหากสัญญาณที่รับได้ของแต่ละสถานีมีขนาดไม่เท่ากัน ปัญหาจะเกิดขึ้นถ้าไม่มีการปรับอัตราขยายตาม กล่าวคือ ขณะที่รับสัญญาณจากสถานีที่มีขนาดสัญญาณต่ำ อัตราขยายของวงจรถ่ายก็ต้องมีค่าสูงเพียงพอที่จะรับสัญญาณได้ชัดเจน แต่เมื่อปรับไปรับสัญญาณจากสถานีที่มีขนาดสัญญาณสูง สัญญาณที่ได้รับในกรณีสัญญาณเสียงก็จะค้างเกินไป ซึ่งโดยปกติสัญญาณจากสถานีต่างๆ ที่มาถึงเครื่องรับจะมีขนาดที่แตกต่างกันอยู่แล้วถึงแม้จะส่งด้วยกำลังส่งที่เท่ากันก็ตามเนื่องจากระยะทางจากแต่ละสถานีถึงเครื่องรับต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีของการส่งกระจายเสียงระบบ AM จะมีผลต่อขนาดสัญญาณมากกว่าระบบ FM

วงจรถ่ายที่ใช้ในเครื่องรับจึงต้องมีการปรับอัตราขยายโดยอัตโนมัติไปตามขนาดสัญญาณที่รับได้ โดยวงจรถ่ายที่ใช้ปรับอัตราขยายอัตโนมัติเรียกว่า AGC ( Automatic Gain Control ) ซึ่งทำหน้าที่ปรับสัญญาณ โดยถ้าสัญญาณที่ได้รับมีขนาดต่ำก็จะปรับอัตราขยายให้สูงขึ้น แต่เมื่อปรับไปรับสถานีที่มีสัญญาณแรงก็จะลดอัตราขยายลง

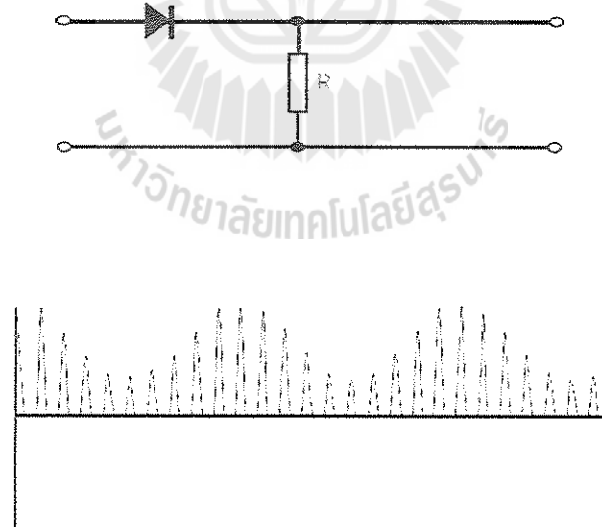
### 2.7.4 ภาคดีเทคเตอร์ (Detector)

เมื่อต้องการจะส่งสัญญาณหรือข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสาร จำเป็นต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าช่วยพาสัญญาณเหล่านั้นให้เคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ขบวนการในการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าดังกล่าว เรียกว่า “การมอดูเลต” หรือการกล้ำสัญญาณที่เป็นพลังงานไฟฟ้าที่มีความถี่สูงและคงที่ รวมทั้งแอมพลิจูด (ขนาด) สูงด้วยเรียกว่า “สัญญาณคลื่นพาห้” (Signal Carrier) อุปกรณ์สำหรับมอดูเลตสัญญาณ (Modulator) จะสร้างสัญญาณคลื่นพาห้ และรวมเข้ากับสัญญาณข้อมูลเพื่อให้สัญญาณมีความแรงพอที่จะส่งผ่านสื่อกลางไปยังอีกจุดหนึ่ง เมื่อถึงปลายทางจะมีอุปกรณ์ในการแยกสัญญาณคลื่นพาห้ ออก เรียกว่าวิธีการแยกสัญญาณนี้ว่า “การดีมอดูเลต” (Demodulation)

การดีมอดูเลตหรือการดีเทคสัญญาณ คือการแยกสัญญาณข่าวสารออกจากสัญญาณพาหะ ในกรณีของการผสมสัญญาณแบบ AM ขนาดของพาหะแปรตามขนาดของสัญญาณข่าวสาร การดีเทคก็คือการตรวจการเปลี่ยนแปลงขนาดของพาหะที่รับได้ ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าไม่มีสัญญาณข่าวสารผสมมาด้วย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงขนาดของพาหะก็จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงนั้นเปลี่ยนเป็นสัญญาณข่าวสารออกมาได้ ส่วนใหญ่การส่งสัญญาณวิทยุ AM มีการผสมสัญญาณแบบ DSB-LC ( Double Sideband Large Carrier ) ซึ่งจะตรวจจับได้ง่าย เนื่องจากลักษณะสัญญาณที่ผสมแล้วเหมือนกับว่าสัญญาณข่าวสารลอยอยู่บนจุดยอดของพาหะ จึงสามารถตรวจจับได้ง่าย โดยใช้วิธีการ ไดโอดดีเทคเตอร์หรือ เอ็นเวลโลปดีเทคเตอร์ ( Envelope detector )

#### ไดโอดดีเทคเตอร์หรือ เอ็นเวลโลปดีเทคเตอร์ ( Envelope detector )

เป็นวงจรที่ประกอบด้วยไดโอด R และตัว C ในการแยกสัญญาณข่าวสารออกจากคลื่นพาหะ จึงเป็นที่มาของชื่อเอ็นเวล โลปดีเทคเตอร์ หรือ ไดโอดดีเทคเตอร์ ด้วยคุณสมบัติของไดโอดที่ยอมให้กระแสไหลผ่านทางเดียว จึงทำหน้าที่ตัดสัญญาณที่ผสมมาในค่านลบออกเหลือแต่สัญญาณ

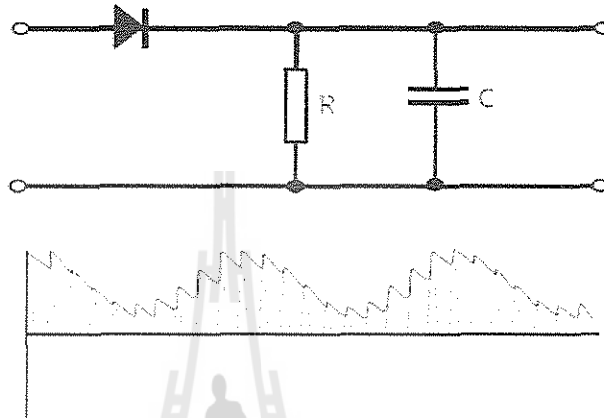


รูปที่ 2.9 แสดงคุณสมบัติไดโอดที่ให้กระแสไหลผ่านทางเดียว

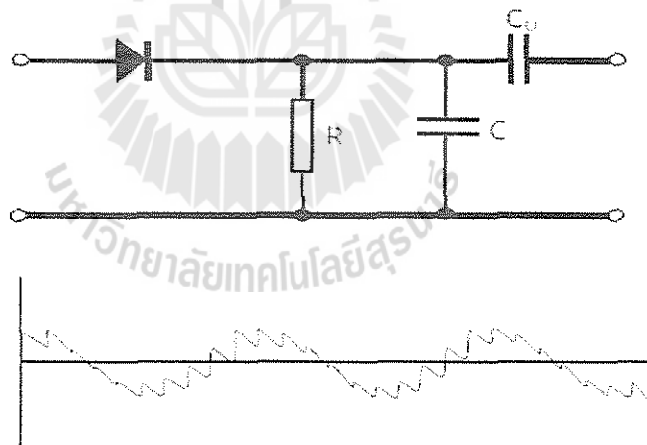
ในด้านบวกคั้งในรูปที่ 2.9 ส่วน RC ประกอบเป็นวงจรกรองแบบความถี่ความถี่ต่ำผ่าน โดยปกติแล้วความถี่ของสัญญาณข่าวสารที่ต้องการกับความถี่พาหะจะแตกต่างกันมาก การใช้อุปกรณ์



กรองความถี่ต่ำผ่านแบบ RC นี้จึงเป็นไปได้ที่จะตัดความถี่พาหะออกโดยได้ความถี่ของสัญญาณข่าวสารครบถ้วนอยู่ ดังในรูปที่ 2.10 เนื่องจากไดโอดผ่านสัญญาณเฉพาะด้านบวกทำให้สัญญาณที่ได้นี้มีส่วนประกอบแรงดันกระแสอยู่ตรง C ถูกเพิ่มเข้ามาเพื่อตัดส่วนที่เป็นกระแสตรงออกไปได้ เป็นสัญญาณตามรูป 2.11



รูปที่ 2.10 แสดงคุณสมบัติไดโอดที่ผ่านกระแสเฉพาะด้านบวก



รูปที่ 2.11 แสดงการเพิ่ม C เข้ามาเพื่อให้ได้สัญญาณที่ไม่มีไฟ DC

### 2.7.5 ภาคขยายเสียง (Audio Frequency Amplifier)

ภาคขยายเสียงจะขยายเสียงวิทยุที่ได้จากภาคคีเทคสัญญาณให้มีระดับความแรงมากขึ้นแบบไม่ผิดเพี้ยนพอที่จะไปขับลำโพงให้เปล่งเสียงออกมา โดยในเครื่องรับวิทยุบางแบบอาจมี

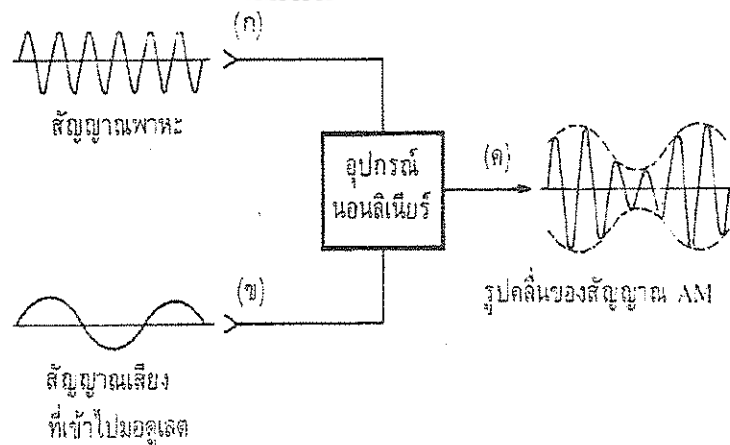
ภาคขยายเสียงในตัว แต่บางแบบอาจจะไม่มีเครื่องขยายเสียงในตัว แต่จะมีอยู่ต่างหาก ซึ่งภาคขยายเสียงนี้ต้องใช้ตัวที่มีอัตราขยายให้พอเหมาะสำหรับขับออกทางลำโพงได้ต่อไป

### 2.7.6 ภาคจ่ายกำลังไฟ (Power Supply)

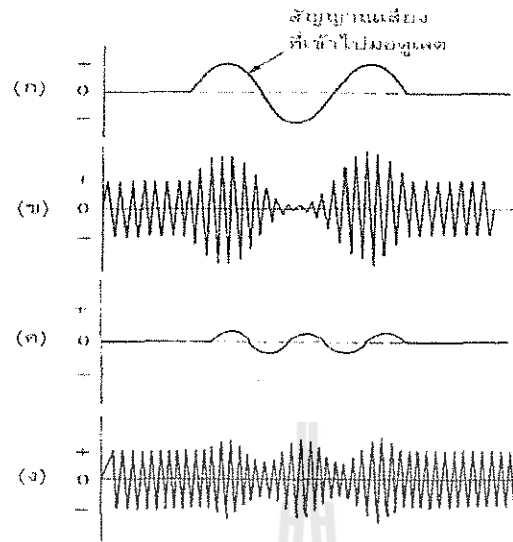
เนื่องจากอุปกรณ์จำพวกไอซี เป็นอุปกรณ์แบบ Active ซึ่งอุปกรณ์แบบ Active นี้จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ซึ่งต่างจากอุปกรณ์แบบ Passive ได้แก่ R C ที่ไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงอุปกรณ์ก็สามารถทำงานได้ จึงต้องมีไฟเลี้ยงทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟ DC เลี้ยงวงจรจำพวก Active ของเครื่องรับวิทยุ AM ซึ่งจะต้องใช้วงจรเรกกูเลเตอร์ (Regulator) ควบคุมแรงดันไฟ DC ให้คงที่เพื่อเลี้ยงวงจร ทำให้คุณภาพของเครื่องรับวิทยุ AM ดีขึ้น

### 2.8 การมอดูเลตทางแอมพลิจูด

การมอดูเลตแบบ AM นั้น เราใช้สัญญาณข่าวสาร สมมติว่าให้สัญญาณเสียงมอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะ เพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติทางแอมพลิจูด(หรือขนาด) ของพาหะ ในรูปที่ 2.12 เราใช้สัญญาณพาหะ (ก) ผสมกับสัญญาณเสียง (ข) ลงในวงจรนอนลิเนียร์ (nonlinear) เช่น ใช้ไดโอดหรือทรานซิสเตอร์โดยให้มีจุดทำงานอยู่ในบริเวณที่ไม่เป็นลิเนียร์ ในอุปกรณ์แบบนอนลิเนียร์จะทำให้เกิดสัญญาณ AM ดังรูปที่ 2.12 (ค) ขึ้น จะสังเกตว่าสัญญาณพาหะซึ่งถูกมอดูเลตแล้วจะมีแอมพลิจูด(ขนาด) เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงที่ป้อนอยู่ในสัญญาณ AM จะเป็นกรอบคลื่น (envelope) บนและล่าง ดังเช่นรูปที่ 2.13 (ก) เป็นสัญญาณเสียงที่มีแอมพลิจูดขนาดหนึ่ง โดยรูปที่ 2.13 (ข) คือสัญญาณ AM ที่มีสัญญาณเสียงแอมพลิจูดเล็กดังรูปที่ 2.13 (ค) สัญญาณ AM ที่เกิดขึ้นก็จะมีกรอบ (การเปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูด) เล็กลงด้วย ดังรูปที่ 2.13 (ง)



รูปที่ 2.12 การมอดูเลตทางแอมพลิจูดโดยใช้อุปกรณ์นอนลิเนียร์



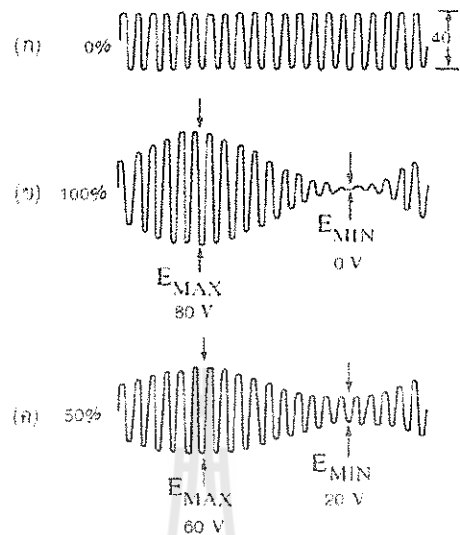
รูปที่ 2.13 การใช้สัญญาณเสียงที่มีขนาดมากและน้อยเพื่อมอดูเลตบนคลื่นพาหะ

### 2.8.1 เปอร์เซนต์ของการมอดูเลต

ในรูปที่ 2.13 จะเห็นว่าปริมาณการมอดูเลตของสัญญาณเสียงลงบนพาหะไม่เท่ากัน สังเกตได้ว่า แอมพลิจูดของพาหะเปลี่ยนแปลงในรูปที่ 2.13 (ข) และเปลี่ยนแปลงน้อยในรูปที่ 2.13 (ง) ปริมาณการมอดูเลตนี้ นิยามวัดเปอร์เซนต์การมอดูเลตเท่ากับศูนย์ (0 เปอร์เซนต์) ในรูปที่ 2.13 (ก) สมมติว่า พาหะมีแอมพลิจูดจากขอดบวกถึงขอดลบเท่ากับ  $40 V_{pp}$  ในรูปที่ 2.13 (ข) พาหะถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงเต็มที 100 เปอร์เซนต์ แอมพลิจูดของพาหะจะตกลงมาถึงศูนย์และแอมพลิจูดขอดบวกถึงขอดลบของพาหะจะให้สูงสุด  $80 V_{pp}$  อย่างไรก็ตาม ค่าแอมพลิจูดโดยเฉลี่ยของพาหะยังคงเป็น  $40 V_{pp}$  เท่าเดิม ในรูปที่ 2.13 (ค) พาหะถูกมอดูเลตเพียง 50 เปอร์เซนต์ แอมพลิจูดของคลื่นพาหะสูง  $60 V_{pp}$  และต่ำสุด  $20 V_{pp}$  แอมพลิจูดของพาหะเท่ากับ  $40 V_{pp}$  เช่นเดิม เราสามารถใช้สูตรคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซนต์การมอดูเลต} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \times 100\%$$

ดูตัวอย่างการคำนวณของรูปที่ 2.14 (ค)

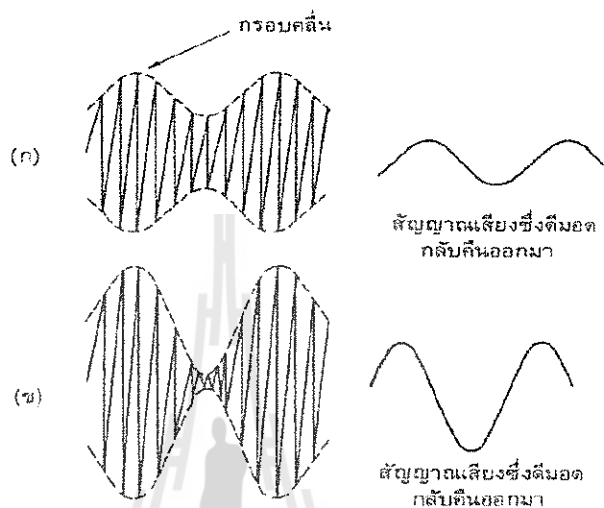


รูปที่ 2.14 การวัดเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต

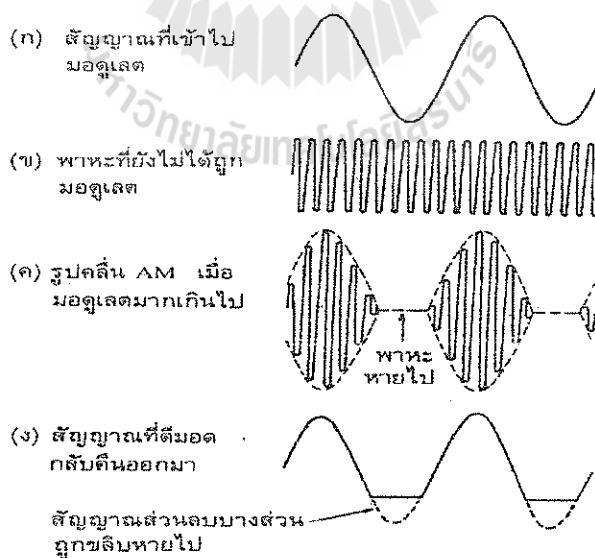
$$\begin{aligned}
 \text{เปอร์เซ็นต์การมอดูเลต} &= \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{E_{\text{max}} + E_{\text{min}}} \times 100\% \\
 &= \frac{60\text{V} - 20\text{V}}{60\text{V} + 20\text{V}} \times 100\% \\
 &= \frac{40\text{V}}{80\text{V}} \times 100\% = 0.5 \times 100\% \\
 &= 50\%
 \end{aligned}$$

ปกติเราต้องการให้เปอร์เซ็นต์การมอดูเลตมีค่าสูงสุด เพื่อว่า สัญญาณเสียงที่รับได้ที่เครื่องรับจะมีกำลังแรง (เสียงดัง) จากรูปที่ 2.15 เนื่องจากเครื่องรับ AM จะเปลี่ยนคลื่น AM เป็นสัญญาณเสียง โดยการแยกเอาแต่เฉพาะสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลตลงบนพาหะกลับคืนจากคลื่น AM คือคีมอดนั่นเอง สัญญาณเสียงที่รับได้ในกรณีที่ว่ามอดูเลตมาแรง (เปอร์เซ็นต์มอดูเลตมีค่าสูง) จะได้เสียงดังกว่า นั่นคือ ในที่นี้รูปที่ 2.15 (ข) จะให้สัญญาณเสียงดังกว่ารูปที่ 2.15 (ก) เพราะเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตมากกว่า

อย่างไรก็ตามการมอดูเลตต้องไม่สูงเกินไป (ไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์) เพราะจะทำให้สัญญาณเสียงที่ได้รับที่เครื่องรับเกิดความเพี้ยน การมอดูเลตมากเกินไปนี้เรียกว่าการมอดูเลตเกิน (overmodulation) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า โอเวอร์มอด จะเห็นว่าแอมพลิจูดสัญญาณ AM ลดลงได้ไม่ต่ำกว่าศูนย์



รูปที่ 2.15 แอมพลิจูดของสัญญาณเสียงที่ดีมอดเกินมา



รูปที่ 2.16 การโอเวอร์มอดจะทำให้สัญญาณที่ได้จากการดีมอด (หรือดีเทก)

ที่เครื่องรับมีความแข็งแรงเท่าใดก็ตาม สัญญาณที่มอดูเลตมีค่ามากคลื่นพาหะจะหายไป (cut off) บางส่วนเสียด้วยซ้ำ ดังนั้นกรอบคลื่นของสัญญาณ AM จึงมีรูปร่างผิดไปจากสัญญาณเสียงที่เข้าไปมอดูเลต ดังในรูปที่ 2.16(ก) เป็นสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต (คือสัญญาณเสียง) รูปที่ 2.16(ข) เป็นพาหะที่ยังไม่มีการมอดูเลตรูปที่ 2.16 (ค) เป็นพาหะที่มอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีความแรงมากเกินไปทำให้พาหะบางช่วงหายไปเมื่อเครื่องรับตีมอดสัญญาณเสียงกลับมามาจะถึงลักษณะเหมือนกับกรอบคลื่นซึ่งเพี้ยนไปจากเดิม ดังรูปที่ 2.16 (ง)

### 2.8.2 ไซด์แบนด์ AM

เราลองวิเคราะห์สัญญาณรูปที่ 2.15 ในเชิงความถี่ดูว่าเป็นอย่างไรและมีองค์ประกอบอะไรบ้าง ในที่นี้สัญญาณ AM เกิดจากสัญญาณพาหะรูปไซน์ ความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ มอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงรูปไซน์ความถี่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ น่าจะได้พาหะ 1 เมกะเฮิร์ตซ์กับสัญญาณเสียง 10 กิโลเฮิร์ตซ์เท่านั้นอย่างไรก็ตามถ้าเราป้อนสัญญาณทั้งคู่ให้แก่วงจรฟิลเตอร์ชนิดแบนด์พาส (bandpass filter) ความถี่กิโลเฮิร์ตซ์กับความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ เราจะพบว่าชนิดแบนด์พาสความถี่เป็นศูนย์กลางรูปที่ 2.15 (ข) แต่เอาต์พุตจากวงจรฟิลเตอร์ความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์จะไม่ศูนย์กลางรูปได้ว่าสัญญาณพาหะ 1 เมกะเฮิร์ตซ์เมื่อถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียง 10 กิโลเฮิร์ตซ์แล้ว ผลปรากฏว่าสัญญาณ 10 กิโลเฮิร์ตซ์จะไม่มีอยู่ในคลื่นพาหะที่มอดูเลตแล้ว (คลื่น AM) เลย แต่ไปปรากฏเป็นกรอบคลื่นแทน อย่างไรก็ตามเรา

ทราบดีว่าคลื่น AM จะต้องมีส่วนประกอบของสัญญาณเสียงปนอยู่แน่นอนเพราะกรอบของรูปคลื่นเป็นสิ่งที่ขึ้นกันอย่างชัดเจนถ้าเราใช้วงจรฟิลเตอร์ชนิดแบนด์ แบบพิเศษที่สามารถหาคความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ หรือใช้สเปกตรัมอนาลิเซอร์ เพื่อค้นหาสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลตบนพาหะว่าไปหลบซ่อนอยู่ในส่วนใดของพาหะ (วิเคราะห์ในเชิงความถี่) ด้วยวิธีนี้เราจะพบว่า สัญญาณ AM นั้นนอกจากจะมีพาหะตัวเดิม 1 เมกะเฮิร์ตซ์แล้ว ยังมีคลื่นข้างเคียงเกิดขึ้นอีก 2 ข้าง คือที่ความถี่ 1.01 เมกะเฮิร์ตซ์กับ 0.99 เมกะเฮิร์ตซ์ คลื่นข้างเคียงทั้ง 2 ข้าง นี้เรียกว่าไซด์แบนด์ (sideband) ซึ่งเราจะตรวจพบได้โดยใช้ฟิลเตอร์ที่มีความคมหรือความละเอียดในการจูนตรวจค้นสัญญาณดังรูป 2.15 (ก)

ไซด์แบนด์ที่มีความสูงเรียกว่า ไซด์แบนด์ด้านบน (upper sideband หรือ USB) ความถี่ของ USB เท่ากับผลรวมความถี่พาหะกับความถี่สัญญาณมอดูเลต

$$\text{ความถี่ USB} = f_c + f_m$$

เมื่อ  $f_c$  คือความถี่พาหะ

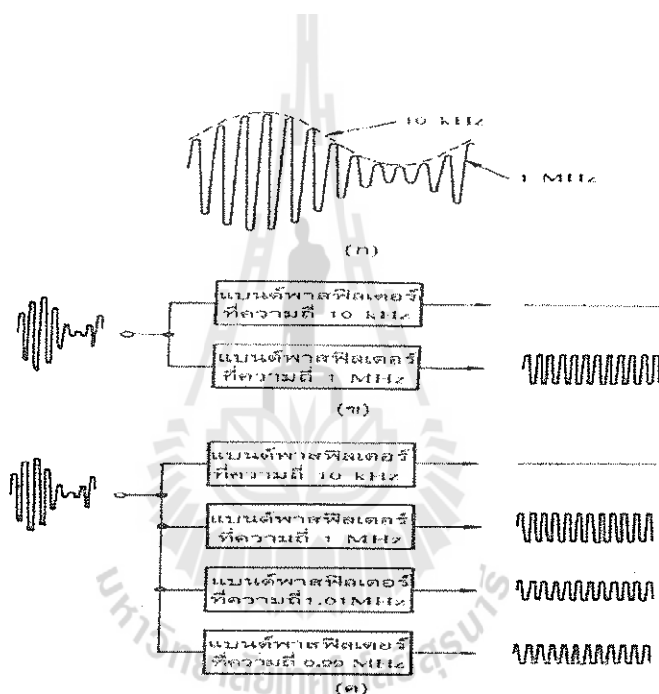
$f_m$  คือความถี่ของสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต

$$\text{ตามตัวอย่าง } f_c = 1 \text{ MHz}, f_m = 10 \text{ kHz}$$

ฉะนั้นความถี่ของ USB จะเท่ากับความถี่ = USB 1 MHz + 10 MHz = 1.01 MHz

สำหรับไซด์แบนด์ที่มีความถี่ต่ำกว่าเรียกว่า ไซด์แบนด์ด้านล่าง (lower sideband หรือ LSB) ความถี่ของ LSB เท่ากับความถี่พาหะลบด้วยความถี่ของสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต ในกรณีนี้จะได้

$$\begin{aligned}\text{ความถี่ LSB} &= f_c - f_m \\ &= 1 \text{ MHz} - 10 \text{ MHz} \\ &= 0.99 \text{ MHz}\end{aligned}$$

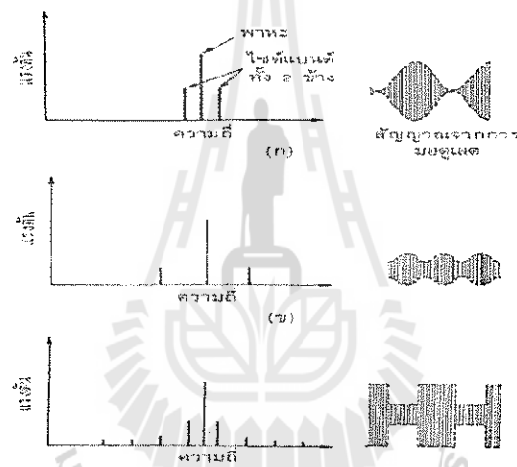


รูปที่ 2.17 วิเคราะห์คลื่น AM ในเชิงความถี่

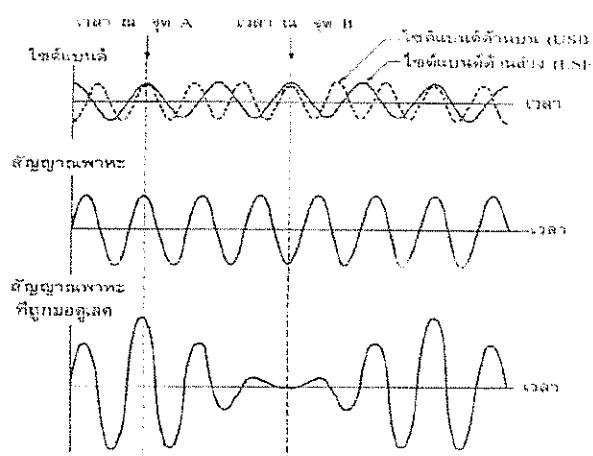
กล่าวโดยสรุปได้ว่า คลื่น AM ประกอบด้วยคลื่นพาหะ และคลื่นไซด์แบนด์ 2 ข้าง คือ USB กับ LSB ถ้าเราลองพิจารณาแอมพลิจูดจากฟิลเตอร์ต่างๆ ในรูปที่ 2.17 (ค) จะพบว่าแอมพลิจูดของสัญญาณพาหะจะมีแอมพลิจูดคงเดิมเสมอ จนกว่าจะมีสัญญาณเข้าไปมอดูเลต แต่แอมพลิจูดเฉลี่ยของพาหะยังมีค่าคงเดิมตลอดไป ไม่ว่าจะมอดูเลตหรือไม่ว่าก็ตาม อาจจะมีข้อสงสัยว่าแอมพลิจูดของสัญญาณแต่ละตัวประกอบขึ้น AM คือ คลื่นพาหะกับไซด์แบนด์นั้นมีแอมพลิจูดขนาดของสัญญาณ AM ก็เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเข้าไปมอดูเลต

ขอให้พิจารณารูปที่ 2.18 ซึ่งแสดงให้เห็นคลื่น ไซค์แบนด์ทั้งคู่และพาหะ สังเกตดูว่าพาหะมีแอมพลิจูดคงที่ และไซค์แบนด์ก็มีแอมพลิจูดเท่ากันทั้งคู่และคงที่ด้วย จากการวิเคราะห์ในรูปที่ 2.18 สรุปได้ว่ารูปร่างของกรอบคลื่นไม่ได้ขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของสัญญาณ ไซค์แบนด์ แต่ความถี่ของสัญญาณ ไซค์แบนด์ทั้งคู่จะเป็นตัวกำหนดเฟสของสัญญาณ ไซค์แบนด์ว่าจะตรงเฟสหรือต่างเฟสกับพาหะ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดของสัญญาณ AM หรือกรอบคลื่น แอมพลิจูดของไซค์แบนด์จะขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของกรอบคลื่น นั่นคือเป็นตัวกำหนดเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต ทั้งนี้เนื่องจากไซค์แบนด์อาจมาเสริมหรือหักล้างกับแอมพลิจูดของพาหะก็ได้

กล่าวโดยสรุปอีกครั้งเกี่ยวกับสัญญาณ AM นั่นคือ สัญญาณ AM เกิดจากสัญญาณข่าวสารเข้าไปมอดูเลตบนพาหะแล้วปรากฏเป็นสัญญาณ ไซค์แบนด์ทั้งสองข้าง (คือ USE กับLSB)



รูปที่ 2.18 ความสัมพันธ์ทางเฟสระหว่าง ไซค์แบนด์กับพาหะ



รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบคลื่น AM ในเชิงความถี่และเชิงเวลา



ในรูปที่ 2.19 แสดงการวิเคราะห์สัญญาณ AM ซึ่งมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีรูปคลื่นชนิดต่างๆ ถ้าตรวจสอบด้วยออสซิลโลสโคปจะเห็นว่าไซด์แบนด์จะผสมเสริมหรือหักล้างกับพาหะทำให้แอมพลิจูดของสัญญาณเปลี่ยนแปลง สังเกตว่าในรูปที่ 2.19 (ก) แอมพลิจูดของไซด์แบนด์จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของพาหะสถานะเช่นนี้เป็นสถานะของการมอดูเลตเต็มทรีหรือเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นเมื่อสัญญาณทั้งพาหะและไซด์แบนด์มีเฟสตรงกัน แอมพลิจูดของไซด์แบนด์รวมกับพาหะจะได้ 2 เท่าของพาหะและเมื่อสัญญาณไซด์แบนด์(ทั้งคู่) และพาหะมีเฟสตรงข้ามกัน แอมพลิจูดรวมได้ศูนย์

รูปที่ 2.19 (ข) แสดงการมอดูเลตบนพาหะดังกล่าวด้วยเปอร์เซ็นต์ลดลงเหลือ 50 เปอร์เซ็นต์ สังเกตว่าแอมพลิจูดของพาหะคงเดิม แต่ไซด์แบนด์มีแอมพลิจูดลดลง นอกจากนี้ถ้าเรามอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีความถี่สูงขึ้น ความถี่ของไซด์แบนด์ก็ยิ่งห่างออกไปจากพาหะมากขึ้น

รูปที่ 2.19 (ค) เราใช้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเข้าไปมอดูเลตลงบนพาหะ สังเกตว่าคราวนี้เกิดสัญญาณไซด์แบนด์ขึ้นมากมายเพราะว่าสัญญาณสี่เหลี่ยมประกอบด้วยความถี่พินคาเมนตัลและความถี่ฮาร์โมนิกจำนวนมาก ฉะนั้นไซด์แบนด์ของสัญญาณก็จะมีไซด์แบนด์ 1 คู่สำหรับพินคาเมนตัล ไซด์แบนด์อีก 1 คู่สำหรับฮาร์โมนิกที่ 3

### 2.8.3 แบนด์วิคท์ของสัญญาณ AM

เราสังเกตจากรูปที่ 2.19 ได้ว่า การส่งสัญญาณ AM มิใช่เป็นการส่งสัญญาณเพียงความถี่พาหะความถี่เดียว แต่เป็นการส่งหลายๆความถี่หรือเป็นแถบความถี่ และความถี่ข่าวสารก็ไม่ได้อยู่ในคลื่นพาหะแต่ปนอยู่ในไซด์ทั้ง 2 ข้าง ถ้าเราส่งแค่พาหะไปอย่างเดียว ข่าวสารก็ไปไม่ถึงเครื่องรับ ฉะนั้นในระบบ AM ทั้งพาหะและไซด์แบนด์จะถูกส่งไปให้เครื่องรับ

ช่วงความถี่หรือแถบความถี่ของสัญญาณ AM จะเริ่มความถี่จาก LSB ไปยัง USE ฉะนั้นแถบความถี่หรือ แบนด์วิคท์(bandwidth)ของสัญญาณ AM จะเท่ากับ 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณมอดูเลต เช่น สมมติความถี่สูงสุดของสัญญาณที่มอดูเลตเท่ากับ 15 กิโลเฮิรตซ์ แบนด์วิคท์ของสัญญาณ AM จะเท่ากับ 30 กิโลเฮิรตซ์ ในกรณีที่เรามอดูเลตด้วยสัญญาณที่มีรูปคลื่นซับซ้อน เช่น สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมแบนด์วิคท์ของสัญญาณ AM ย่อมเท่ากับ 2 เท่าของความถี่ฮาร์โมนิกสูงที่สุดของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (อย่างไรก็ตามเครื่องส่งจะถูกออกแบบให้ใช้งานแบนด์วิคท์ค่าจำกัด ฉะนั้นตัวเครื่องส่งจึงจำกัดแบนด์วิคท์ของสัญญาณ AM เอง)

## 2.9 ข้อสรุปท้ายบท

ในระบบการสื่อสารที่ใช้การผสมสัญญาณแบบ AM เครื่องรับวิทยุเมื่อรับสัญญาณจากสายอากาศ เลือกความถี่ของสถานีที่จะรับขยายสัญญาณให้มีขนาดสูงพอแล้ว จึงจะต้องมีการดีเทคสัญญาณข่าวสารออกจากพาหะ โดยการใช่วงจรดีเทคเตอร์ หรือ คีมอดคูเลเตอร์เมื่อได้รับสัญญาณข่าวสารหรือสัญญาณเสียงแล้วจึงนำไปขยายสัญญาณเสียงออกที่ลำโพง การดีเทคนี้สัญญาณพาหะออกจากสัญญาณข่าวสารอาจกระทำ ณ ความถี่พาหะที่รับได้ สำหรับวิทยุกระจายเสียง ระบบ AM ในประเทศไทยถูกกำหนดให้ใช้ที่ความถี่ 526.5-1606.5 KHz เครื่องรับจะต้องปรับเลือกความถี่ของสถานีตลอดช่วงและจะต้องมีความกว้างพอ เมื่อรับสัญญาณแต่ละสถานีโดยไม่ไปเอาความถี่ของสถานีอื่นมาด้วย



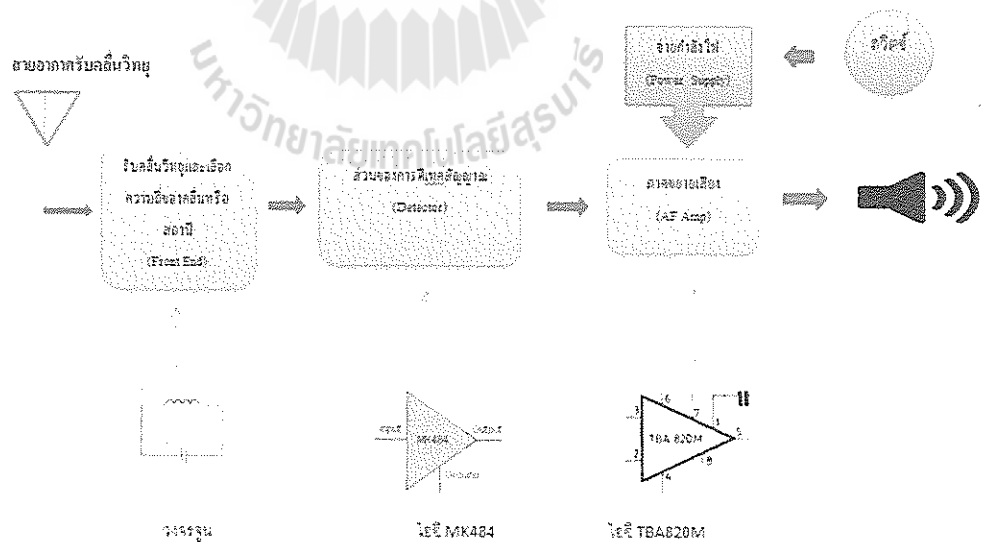
### บทที่ 3

## การออกแบบและการสร้างอุปกรณ์สำหรับเครื่องรับวิทยุ AM

### 3.1 บทนำ

ในบทที่ 3 นี้ จะเป็นการแนะนำการออกแบบวงจรของเครื่องรับวิทยุ AM พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจหลักการออกแบบวงจร ในบทนี้จะอธิบายรายละเอียดการทำงานในแต่ละส่วนของอุปกรณ์เช่น การคัดเลือกสัญญาณและการแยกสัญญาณ การเลือกความถี่ การขยายสัญญาณของตัวไอซี TBA820M เครื่องรับวิทยุหรือ receiver มีอยู่หลายแบบ โดยมีการทำงานตั้งแต่ง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน จนถึงซับซ้อนมาก และแบบที่ซับซ้อนมากก็จะต้องมีความสามารถในการรับสัญญาณได้ดีกว่าด้วย แต่บทความนี้จะกล่าวถึงเครื่องรับวิทยุที่ใช้ไอซี MK484 และ ไอซี TBA820M ในการออกแบบ

### 3.2 องค์ประกอบของวงจร



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของวงจรเครื่องรับวิทยุ โดยใช้ไอซี MK484 และ ไอซี TBA820M

จากรูปที่ 3.1 ที่แสดงส่วนประกอบของเครื่องรับวิทยุ AM ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

1.ภาครับ ประกอบด้วย ตัว Antenna ที่ใช้รับคลื่นเข้ามาในเครื่องรับ วงจรจูน LC ที่ใช้ปรับจูนคลื่นให้ได้ตามความถี่ที่ต้องการ

2.ภาขยายและดีเทคสัญญาณ ภาขยายและดีเทคสัญญาณจะอยู่ในตัวไอซี MK484 ซึ่งไอซี MK484 ทำหน้าที่ทั้งขยายสัญญาณที่ได้รับจากวงจรจูนและดีเทคสัญญาณในตัวเดียวกัน

3. ภาขยายเสียง จะใช้ไอซี TBA820M เป็นตัว Amplifier ขยายสัญญาณเสียงเพื่อขับออกทางลำโพงต่อไป

### 3.3 คุณสมบัติของสายอากาศ(Antenna Characteristics)

การเลือกชนิดของสายอากาศต่างๆ เพื่อใช้งานกับย่านความถี่ที่ต้องการสายอากาศควรความยาวพอเหมาะ ไม่ยาวจนเกินไป สายอากาศสามารถเรโซแนนซ์ จะมีความยาวเฉพาะเจาะจงสำหรับความถี่ใช้งาน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แถบความถี่ต่างๆ

ชื่อเรียก	ความถี่	ความยาวคลื่น
ความถี่ต่ำมาก VLF	3-30 kHz	10-100 km
ความถี่ต่ำ LF	30-300 kHz	10-1 km
ความถี่ปานกลาง MF	300-3000 kHz	100-1,000 m
ความถี่สูง HF	3-30 MHz	10-100 m
ความถี่สูงมาก VHF	30-300MHz	1-10 m
ความถี่สูงยิ่ง UHF	300-3,000MHz	10-100 cm
ความถี่สูงสุด SHF	3,000-30,000 MHz	1-10 cm
ความถี่สูงพิเศษ EHF	30,000-300,000 MHz	1-10 mm

### 3.3.1 ความยาวคลื่นของคลื่นวิทยุ

สามารถหาได้จากความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ไปในอากาศ ใช้สัญลักษณ์ คือ แลมบ์ดา( $\lambda$ ) หนึ่งความยาวคลื่นคือระยะทางระหว่างจุดสองจุดซึ่งไปพร้อมกันในทิศทางการแพร่ขยายเมื่อสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีค่าความเข้มซ้ำๆกัน

ความยาวคลื่น  $\lambda$ , ความถี่  $f$ , และความเร็วของแสง  $C$  มีความสัมพันธ์กันตามสูตรนี้

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{เมตร}$$

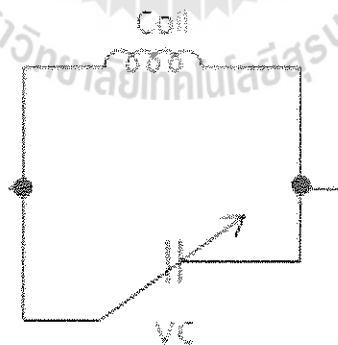
โดยที่ความเร็วแสง  $C = 3 \times 10^8$  เมตร/วินาที

วิทยุเอเอ็มความถี่ 1600 kHz ความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคือ

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{3 \times 10^8}{1600 \times 10^3} \\ &= 187.5 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

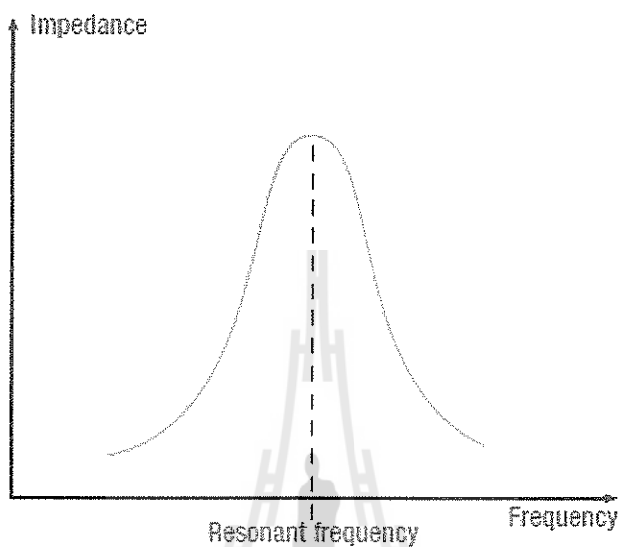
### 3.4 วงจรภาครับและอุนต์สัญญาณ(Radio Frequency Amplifier)

วงจรอุนต์ที่ใช้จะประกอบด้วยตัว  $L$  ที่เป็นขดลวดและตัว  $C$  ปรับค่าได้ (Variable Capacitor) ต่อแบบขนานกันดังรูป



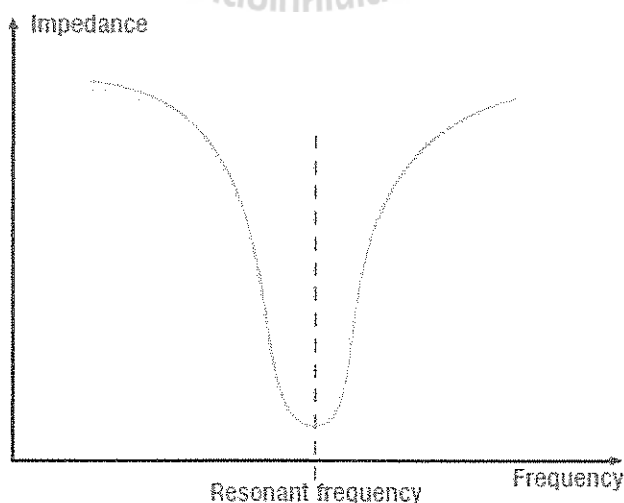
รูปที่ 3.2 วงจรอุนต์ที่ใช้ปรับอุนต์คลื่นเพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ

วงจรรزونที่เลือกใช้เป็นวงจรรزونแบบ LC ขนานซึ่งมีอิมพีแดนซ์จะมีค่ามากที่สุดที่ความถี่เรโซแนนซ์ เนื่องจากผลรวมของอิมพีแดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมีค่าเป็นอนันต์ที่ความถี่เรโซแนนซ์ ดังรูป



รูปที่ 3.3 อิมพีแดนซ์ที่ได้จากการต่อ LC ขนาน

ซึ่งต่างจากการต่อ LC แบบอนุกรมที่ทำให้อิมพีแดนซ์จะมีค่าน้อยที่สุด ที่ความถี่เรโซแนนซ์ เนื่องจากผลรวมของอิมพีแดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมีค่าเป็นศูนย์ที่ความถี่เรโซแนนซ์ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 อิมพีแดนซ์ที่ได้จากการต่อ LC อนุกรม

การจะเลือกใช้วงจรจูนแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับารออกแบบ ซึ่งทั้งแบบอนุกรมและขนานจะมีสูตรการหาความถี่เรโซแนนซ์ที่เหมือนกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการหาความถี่เรโซแนนซ์ของวงจร LC อนุกรมและ LC ขนาน

การคำนวณหาความถี่เรโซแนนซ์ LC ขนาน	การคำนวณหาความถี่เรโซแนนซ์ LC อนุกรม
$\frac{1}{\vec{Z}} = \frac{1}{R} + \frac{-1}{j\omega L} - \frac{\omega C}{j}$ $= \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$	$\vec{Z} = R + j\omega L - \frac{j}{\omega C}$ $= R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$
$X_L = X_C$	$X_L = X_C$
$\omega_r = \frac{1}{\omega_r C}$	$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C}$
$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C}$	$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C}$
$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

จากตารางจะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะเป็นการต่อแบบ LC อนุกรมหรือ LC ขนาน สูตรการคำนวณหาความถี่เรโซแนนซ์ จะเหมือนกัน

โดยหลักการของวงจรจูนนั้น จะใช้คุณสมบัติการเรโซแนนซ์ดังที่กล่าวมา ซึ่งเมื่อเราปรับจูนคลื่นโดยการปรับค่า C จะได้ค่าความถี่เรโซแนนซ์ค่าหนึ่งซึ่งมีความแรงของสัญญาณมากที่สุด โดยที่จะมีการคำนวณตามสูตรเรโซแนนซ์ดังนี้

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$f_o$  คือ ความถี่เรโซแนนซ์

$L$  คือ ตัวเหนี่ยวนำ(inductor)

$C$  คือ ตัวเก็บประจุที่สามารถปรับค่าได้(Variable Capacitor)

ซึ่งเราใช้ค่า  $L$  คงที่ เนื่องจากค่า  $L$  นั้นเป็นขดลวดซึ่งมีความลำบากถ้าจะเปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆ อาจทำให้อุปกรณ์ภายในวงจรเสียหาย ซึ่งจะใช้ค่า  $C$  ที่ปรับค่า โดยค่า  $L$  นั้นมีค่าความเหนี่ยวนำจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปร 5 ประการคือ

1. จำนวนรอบของขดลวดเขียนแทนด้วยอักษร  $N$  ถ้าจำนวนรอบของขดลวดมีปริมาณมากก็จะทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำมากขึ้นตามไปด้วยค่าความเหนี่ยวนำจะแปรผันตรงกับจำนวนรอบของขดลวด

2. วัสดุที่นำมาทำเป็นแกนเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mu$  วัสดุที่นำมาทำเป็นแกนมีหลายชนิด เช่น อากาศ, เหล็ก, เฟอร์ไรท์, โคนบอลฯ เป็นต้น แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติใน

3. การเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็กที่เรียกว่าความซาบซึม (Permeability) แตกต่างกัน ในกรณีที่มีความซาบซึมมากก็จะทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำมากกว่าความเหนี่ยวนำจะแปรผันตรงกับ ความซาบซึมของแกนซึ่งค่าความซาบซึมต่างๆ ดูได้จากตารางที่ 3

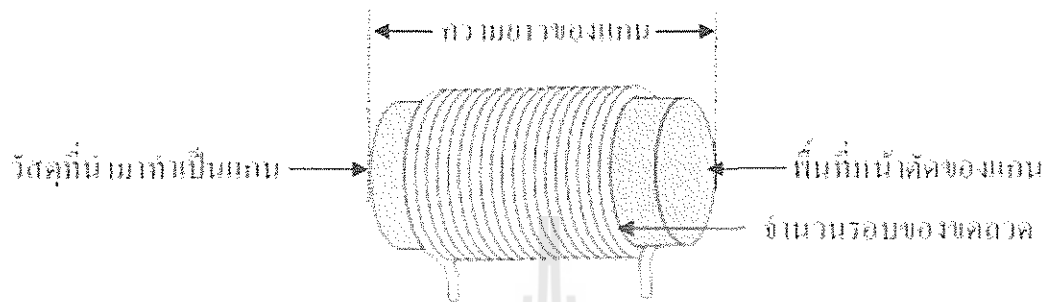
ตารางที่ 3 แสดงค่าความซาบซึมของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ

ค่าความซาบซึมได้ของวัสดุชนิดต่างๆ	
วัสดุ	ค่าความซาบซึมได้ ( $\mu$ )
อากาศหรือสุญญากาศ	$1.26 \times 10^{-5}$
นิกเกิล	$6.28 \times 10^{-5}$
เคบอลด์	$7.56 \times 10^{-5}$
เหล็กหล่อ	$8.8 \times 10^{-4}$
เหล็กแท่ง	$5.56 \times 10^{-4}$
แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า	$6.9 \times 10^{-3}$
เหล็กซิลิกอนหรือเฟอร์ไรท์	$1.1 \times 10^{-4}$
เฟอร์มาลอย	0.126
ซูเปอร์มาลอย	1.26

4. พื้นที่หน้าตัดของแกนเขียนแทนด้วยอักษร  $A$  ถ้าพื้นที่ของแกนมีปริมาณมากก็จะทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำมากขึ้นตามไปด้วยค่าความเหนี่ยวนำจะแปรผันตรงกับพื้นที่ของแกน



5. ความยาวของแกนรูปที่ 3.5 เขียนแทนด้วยอักษร  $l$  ถ้าความยาวของแกนมีปริมาณมากก็ จะทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำน้อยกว่าค่าความเหนี่ยวนำจะแปรผกผันกับความยาวของแกน



รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบที่จะใช้ในการหาค่า  $L$

จากรูปที่ 3.5 เป็นส่วนประกอบที่จะใช้ในการหาค่า  $L$  ซึ่งการหาค่า  $L$

จะหาจากสูตร 
$$L = \frac{N^2 \mu A}{l} \quad (3-1 ก)$$

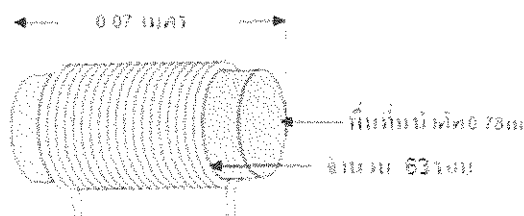
โดยที่  $L$  = ค่าความเหนี่ยวนำมีหน่วยเป็นเฮนรี่

$N$  = จำนวนรอบของขดลวดมีหน่วยเป็นรอบ

$\mu$  = วัสดุที่นำมาทำเป็นแกน

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของแกนมีหน่วยเป็นตารางเมตร

$l$  = ความยาวของแกนมีหน่วยเป็นเมตร



รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบที่ใช้งานจริงในวงจร

จากรูป 3.6 เป็นขนาดของอุปกรณ์ที่เราใช้จริง โดยค่า  $A$  (พื้นที่หน้าตัด) จะหาได้จาก  $\pi R^2$  ซึ่ง  $R$  เท่ากับ 0.5 cm.

$$A = \pi R^2$$

$$A = 3.14159(0.5 \times 10^{-2})^2$$

$$A = 7.8539 \times 10^{-5}$$

$$A = 0.78 \text{ m}^2$$

เมื่อได้ค่า  $A$  แล้วเราสามารถคำนวณค่า  $L$  จาก

$$L = \frac{N^2 \times \mu \times A}{l} \quad (3-2 \text{ ก})$$

$N = 63$ ,  $l = 0.07 \text{ m}$ ,  $A = 0.785 \text{ m}^2$ ,  $\mu = 1.1 \times 10^{-4}$  (ดูจากอุปกรณ์ที่ใช้ทำเป็นเหล็กซิลิกอนหรือเฟอร์ไรท์) แทนค่าทั้งหมดลงในสมการ (3-2 ก)

$$\text{จะได้ } L = \frac{63^2 (1.1 \times 10^{-4}) (0.785 \text{ m}^2)}{0.07 \text{ m}}$$

$$L = \frac{3969 (1.1 \times 10^{-4}) (0.785 \text{ m}^2)}{0.07 \text{ m}}$$

$$L = \frac{3969 (1.1 \times 10^{-4}) (7.85 \times 10^{-5})}{0.07 \text{ m}}$$

$$L = \frac{3969 (8.635 \times 10^{-9})}{0.07 \text{ m}}$$

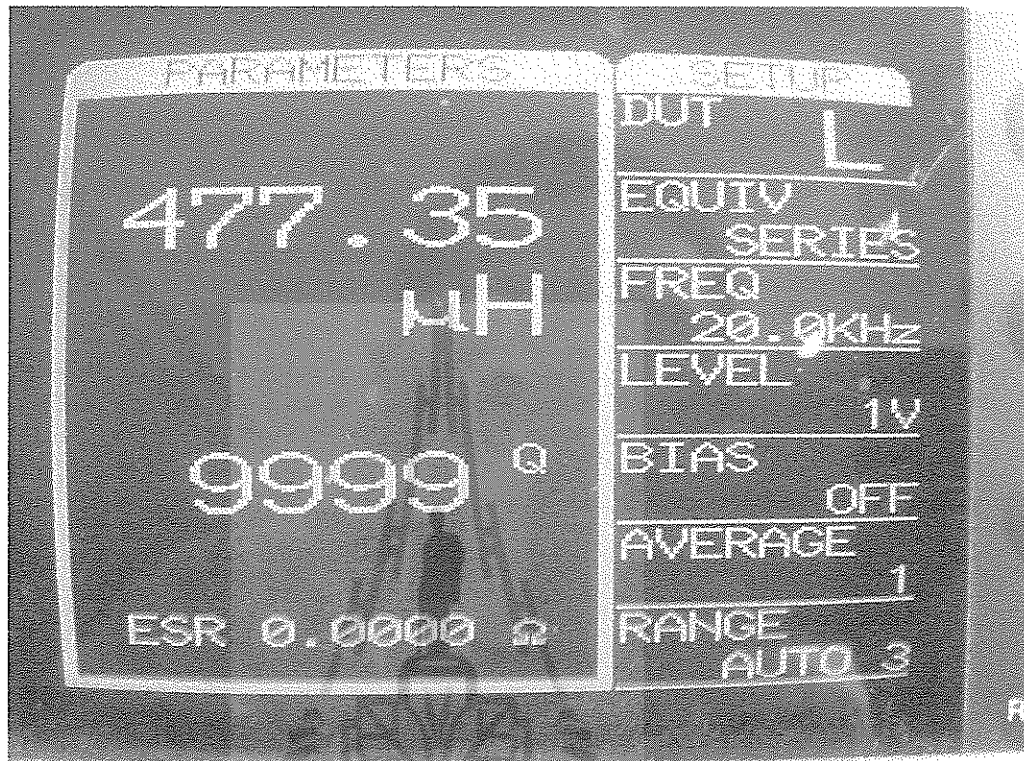
$$L = \frac{3.42723 \times 10^{-5}}{0.07 \text{ m}}$$

$$L = 4.89 \times 10^{-4}$$

$$L = 0.489 \text{ mH}$$

สุดท้ายค่า  $L$  ที่เราใช้จะได้เท่ากับ 0.489 mH

เมื่อเราได้ค่า  $L$  ที่ได้มาจากการคำนวณแล้ว เราก็ไปวัดค่า  $L$  จากเครื่องวัด ซึ่งเครื่องมือที่ใช้วัดจะสามารถวัดค่า  $L$  ได้



รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบที่จะใช้ในการหาค่า  $L$

จากรูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นถึงค่า  $L$  ที่เราวัดได้จากเครื่องวัด ในภาพจะแสดงให้เห็นค่าเท่ากับ  $477.35 \mu\text{H}$  หรือเท่ากับ  $0.477 \text{ mH}$  ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณมาถือว่ามีความใกล้เคียงกัน

ค่าที่ได้จากการคำนวณ  $0.489 \text{ mH}$

ค่าที่ได้จากการวัด  $0.477 \text{ mH}$

ค่า  $L$  ที่ได้มีความใกล้เคียงกันอาจมีความแตกต่างกันซึ่งอาจเกิดจากการพันขดลวดไม่ดี ในทางปฏิบัติ

เมื่อได้ค่า  $L$  แล้วเราจะได้สามารถคำนวณได้ตามสูตรความถี่เรโซแนนซ์ซึ่งวิทยุ AM จะสามารถรับได้ในช่วง  $530 - 1600 \text{ kHz}$

ตัวอย่าง การคำนวณ สมมุติเราจะฟัง วิทยุ AM ในคลื่น 530 kHz เราจะต้องปรับค่า C ไปเท่าไร  
ซึ่งเราได้ทำการฟิกค่า L แล้วปรับค่า C ก็จะได้ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการออกมา

$$\text{จากสูตร} \quad f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\text{จะได้ } 530 \text{ kHz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$LC = (1/2\pi (530 \text{ kHz}))^2$$

$$C = \frac{(1/2\pi (530 \text{ kHz}))^2}{L}$$

$$C = \frac{(1/2\pi (530 \text{ kHz}))^2}{0.489 \text{ mH}}$$

$$C = 184 \text{ pF}$$

ตัวอย่าง การคำนวณ สมมุติเราจะฟัง วิทยุ AM ในคลื่น 800 kHz เราจะต้องปรับค่า C ไปเท่าไร

$$\text{จากสูตร} \quad f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\text{จะได้ } 800 \text{ kHz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$LC = (1/2\pi (800 \text{ kHz}))^2$$

$$C = \frac{(1/2\pi (800 \text{ kHz}))^2}{L}$$

$$C = \frac{(1/2\pi (800 \text{ kHz}))^2}{0.489 \text{ mH}}$$

$$C = 80 \text{ pF}$$

ตัวอย่าง การคำนวณ สมมุติเราจะฟัง วิทยุ AM ในคลื่น 1600 kHz เราจะต้องปรับค่า C ไป  
เท่าไร

จากสูตร 
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

จะได้ 
$$1600 \text{ kHz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$LC = (1 / 2\pi (1600 \text{ kHz}))^2$$

$$C = \frac{(1 / 2\pi (1600 \text{ kHz}))^2}{L}$$

$$C = \frac{(1 / 2\pi (1600 \text{ kHz}))^2}{0.489 \text{ mH}}$$

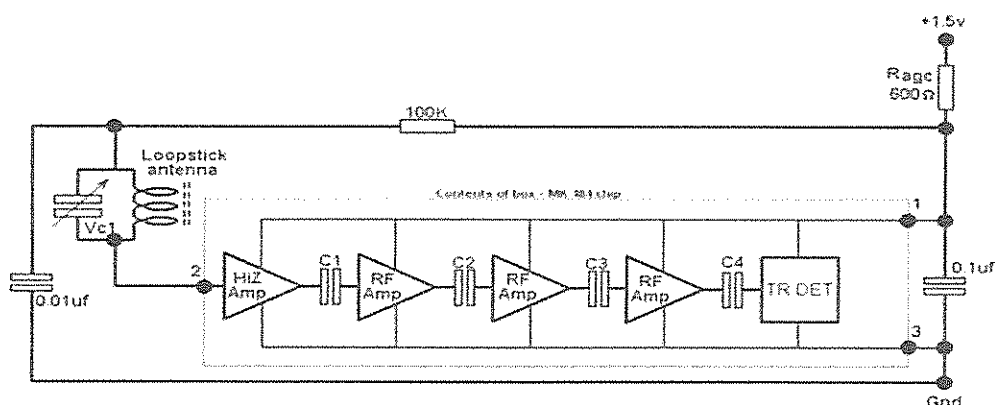
$$C = 20 \text{ pF}$$

จากตัวอย่างการคำนวณที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า เมื่อต้องการปรับความถี่สถานีที่ต้องการฟัง  
เมื่อความถี่สูงขึ้น ค่า C ที่เราปรับค่านั้นจะมีค่า ต่ำลง โดยค่าของตัว C จะอยู่ในช่วงประมาณ 20 pF –  
184 pF

### 3.5 ภาคขยายและดีเทคต์สัญญาณ (Detector)

การที่คลื่นส่งจากสถานีมาถึงเครื่องรับสัญญาณที่ได้รับอาจไม่เหมือนเดิมซึ่งอาจเกิดจาก  
ปัจจัยหลายอย่างเช่น สัญญาณรบกวน ทำให้เราต้องมีการขยายคลื่นที่เข้ามาให้มีขนาดที่สูงขึ้น  
ก่อนที่เข้าไปในส่วนของการดีเทคต์ต่อไป ภาคขยายของเครื่องรับวิทยุ AM พลังงานแสงอาทิตย์ที่เรา  
ใช้ จะอยู่ในตัวไอซี MK 484 ซึ่งมีรายละเอียดดังในรูป 3.8 ซึ่งจะแสดงรายละเอียดต่างๆภายในตัว  
ไอซีต่อรูปที่ 3.8 รายละเอียดภายในตัวไอซี MK484

จากรูปที่ 3.8 ในวงจรของตัวไอซี MK 484 จะมีตัว Amplifier ซึ่งเป็นตัวขยายสัญญาณอยู่ 3  
ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่เข้ามาจากวงจรจูนด์ทำให้สัญญาณที่ได้มีขนาดสูงขึ้นก่อนจะเข้าไป  
ในวงจรดีเทคต์สัญญาณต่อไป



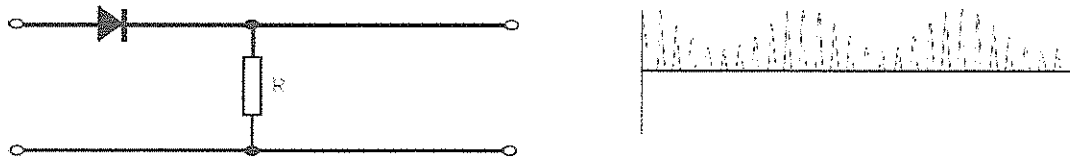
รูปที่ 3.8 แสดงส่วนต่างๆในไอซีเบอร์ MK484

### 3.5.1 การตีเทคสัญญาณ (Detector )

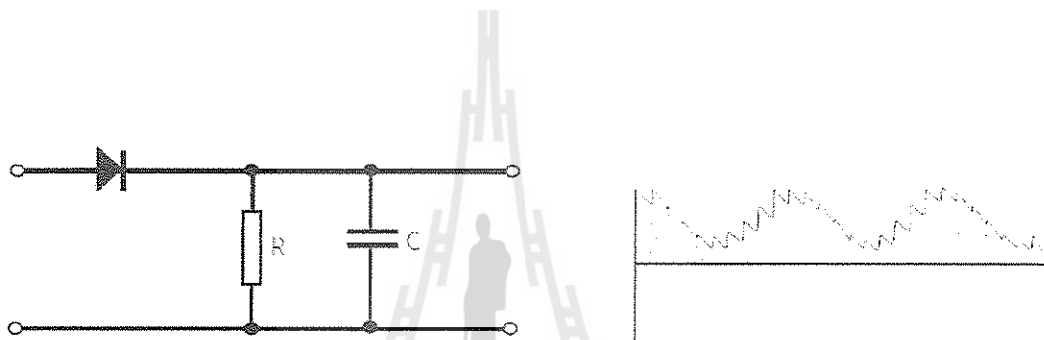
การตีเทคเตอร์หรือการตีมอดูเลตสัญญาณคือ การถอดสัญญาณข่าวสารหรือสัญญาณเสียงออกจากคลื่นพาหะ โดยในไอซี MK 484 จะทำหน้าที่ทั้งเป็นตัวขยายสัญญาณและตีเทคสัญญาณในตัวเดียว จากรูปที่ 3.8 บล็อกสุดท้ายจะเป็นตัว ตีเทคสัญญาณ โดยในไอซีตัวนี้จะใช้วิธีแบบ ไดโอดตีเทคเตอร์

### 3.5.2 ไดโอดตีเทคเตอร์หรือ เอ็นเวลโลปตีเทคเตอร์( Envelope detector )

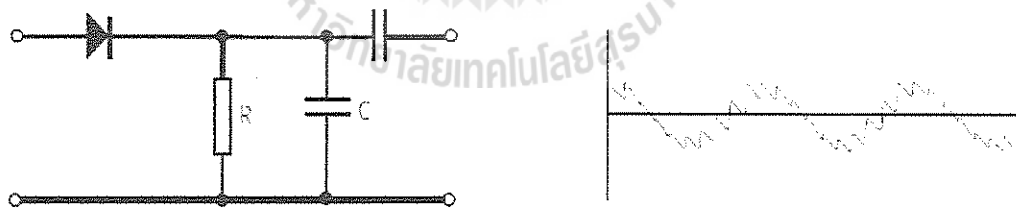
เป็นวงจรที่ประกอบด้วยไดโอด R และตัว C ในการแยกสัญญาณข่าวสารออกจากคลื่นพาหะ จึงเป็นที่มาของชื่อเอ็นเวล โลปตีเทคเตอร์ หรือ ไดโอดตีเทคเตอร์ ด้วยคุณสมบัติของ ไดโอดที่ยอมให้กระแสไหลผ่านทางเดียว จึงทำหน้าที่ตัดสัญญาณที่ผสมมาในด้านลบออกเหลือแต่สัญญาณในด้านบวกดังในรูปที่ 3.9 ส่วน RC ประกอบเป็นวงจรกรองแบบความถี่ต่ำความถี่ต่ำผ่าน โดยปกติแล้วความถี่ของสัญญาณข่าวสารที่ต้องการกับความถี่พาหะจะแตกต่างกันมาก การใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ RC นี้จึงเป็นไปได้ที่จะตัดความถี่พาหะออกโดยได้ความถี่ของสัญญาณข่าวสารครบถ้วนอยู่ ดังในรูปที่ 3.10 เนื่องจากไดโอดผ่านสัญญาณเฉพาะด้านบวกทำให้สัญญาณที่ได้นี้มีส่วนประกอบแรงดันกระแสอยู่ตรง C ถูกเพิ่มเข้ามาเพื่อตัดส่วนที่เป็นกระแสตรงออกไปได้เป็นสัญญาณตามรูป 3.11



รูปที่ 3.9 คุณสมบัติไดโอดที่ผ่านกระแสเฉพาะด้านบวก



รูปที่ 3.10 แสดง ไดโอดยอมให้กระแสผ่านแต่ด้านบวก

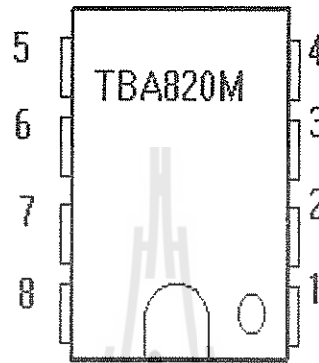


รูปที่ 3.11 การเพิ่ม C เข้ามาเพื่อให้ได้สัญญาณที่ไม่มีไฟ DC

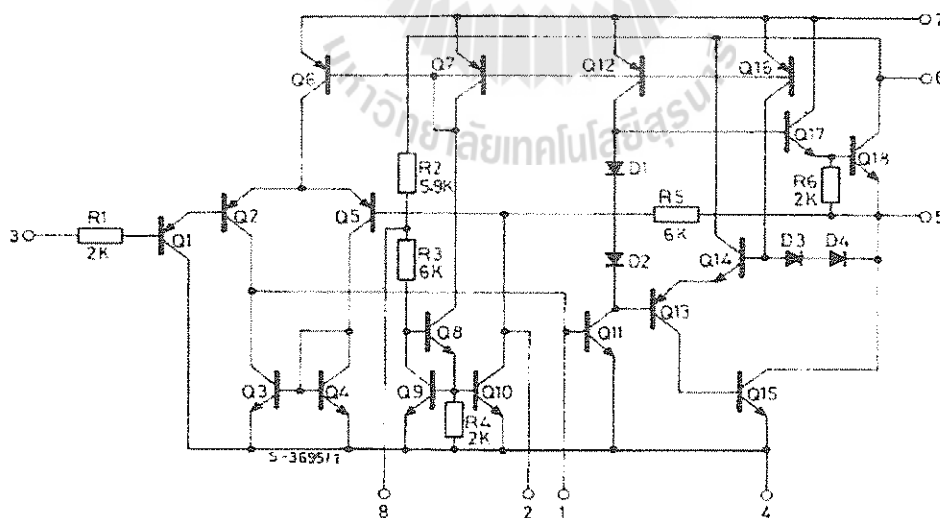
จากรูปที่ 3.11 ทำให้เห็นว่าไฟที่จะออกจากตัวไอซี MK484 จะมีแค่สัญญาณที่เป็นไฟ AC ก่อนเข้าตัวขยายต่อไป

### 3.6 วงจรขยายเสียง(Audio Frequency Amp lifier)

ในภาคขยายเราจะใช้ไอซีเบอร์ TBA820M เป็นตัวขยายคลื่นเสียงที่ออกมาจากวงจรดีเทกเตอร์ ซึ่งไอซีเบอร์ TBA820M มีลักษณะภายในวงจรดังรูปที่ 3.11



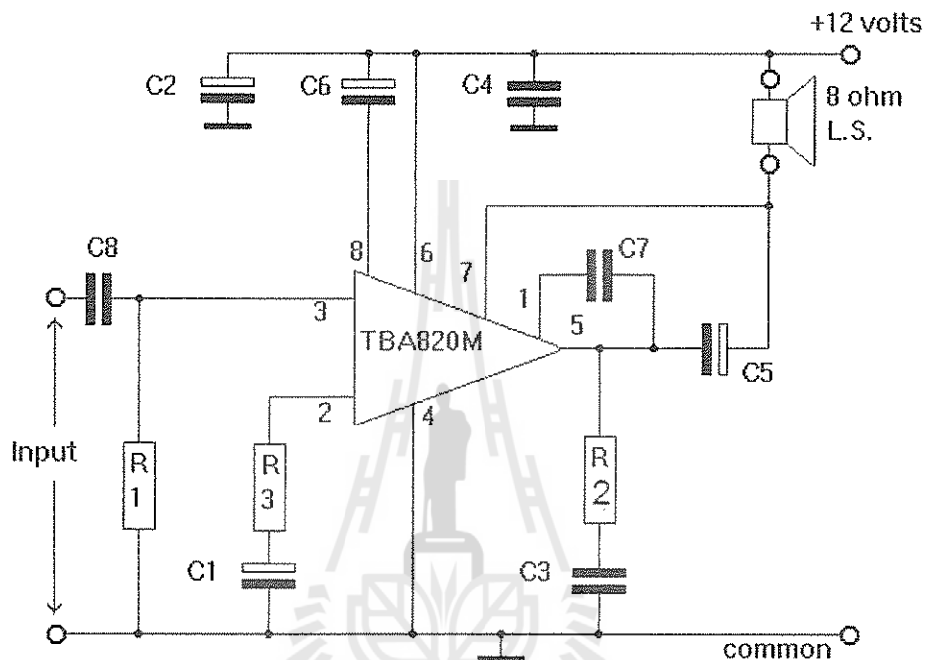
รูปที่ 3.12 ขาต่างๆของ ไอซีเบอร์ TBA820M



รูปที่ 3.13 ลักษณะภายในของ ไอซีเบอร์ TBA820M



ภายในไอซี TBA820M จะเห็นว่ามียังจรต่างๆภายในซึ่งแต่ละขาแต่ละส่วนก็ทำหน้าที่ต่างกัน

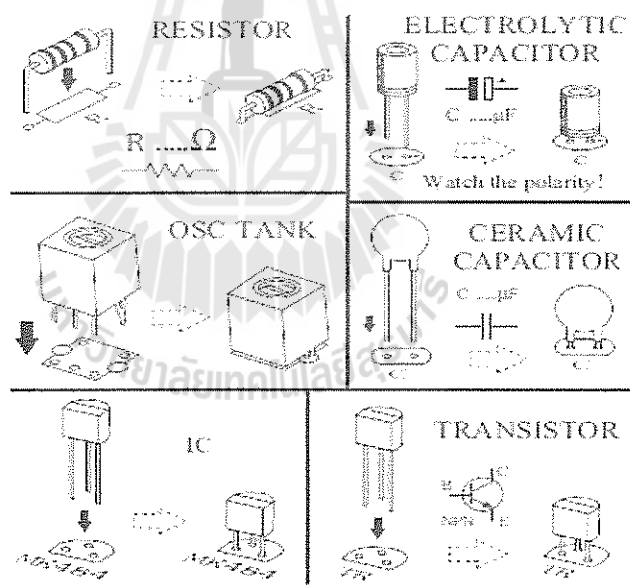


รูปที่ 3.14 การเชื่อมต่อและขาต่างๆของ ไอซีเบอร์ TBA820M

โดยตัวไอซี TBA820M เป็น Amplifier ขยายสัญญาณเสียงโดยที่ สัญญาณขาเข้าจะเข้ามาทางขา 3 ซึ่งเป็นขา Input รูปที่ 3.14 ซึ่งสัญญาณที่ได้ จะออกมาทางขา 5 ซึ่งเป็นขา Output โดยที่ขา 4 จะเป็น Ground ของวงจร ส่วนขา 6 จะเป็นไฟเลี้ยงของตัว ไอซี ซึ่งจำเป็นต้องมีเพราะอุปกรณ์จำพวก ไอซี ต้องมีไฟเลี้ยงเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ ส่วนขา 2 เป็นตัวปรับอัตราขยายของวงจร (Gain setting ) ในส่วนของขา 8 จะทำหน้าที่เป็นตัว Ripple Rejection หรือการทำให้สัญญาณเรียบขึ้น โดยที่จะทำให้สัญญาณกระเพื่อมน้อยลง ส่วนขา 1 จะทำหน้าที่ เป็น Frequency compensation เป็นขาที่ใช้ขดเลขสัญญาณที่มากหรือน้อยเกินไป

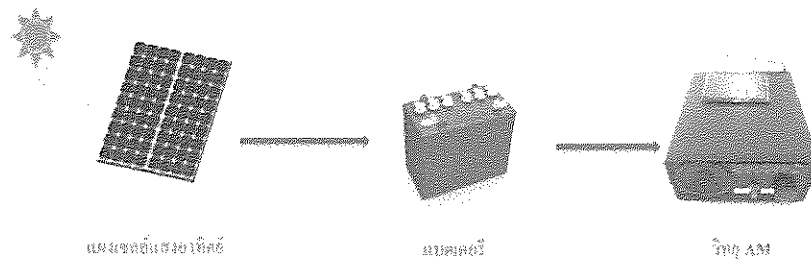
### 3.7 การประกอบวงจร

ในการประกอบวงจรจะเริ่มจากอุปกรณ์ที่มีความสูงที่น้อยที่สุดก่อนเพื่อความสวยงามและการประกอบที่ง่าย โดยให้เริ่มจากไดโอดตามด้วยตัวต้านทานและไล่ความสูงไปเรื่อยๆ สำหรับอุปกรณ์ที่มีขั้วต่างๆ เช่น ไดโอด คาปาซิเตอร์แบบอิเล็กโทรไลต์และทรานซิสเตอร์ เป็นต้น ควรใช้ความระมัดระวังในการประกอบวงจรดังแสดงในรูปที่ 3.15 ก่อนการใส่อุปกรณ์เหล่านี้จะต้องให้ขั้วที่แผ่นวงจรพิมพ์กับตัวอุปกรณ์ให้ตรงกันเพราะถ้าหากใส่กลับขั้วแล้วอาจจะทำให้วงจรหรืออุปกรณ์เสียหายได้ วิธีการดูขั้วและการใส่อุปกรณ์นั้น ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.15 แล้วในการบัดกรีให้ใช้หัวแรงขนาดไม่เกิน 40 วัตต์และใช้ตะกั่วบัดกรีที่มีอัตราส่วนของดีบุกและตะกั่วอยู่ระหว่าง 60/40 รวมทั้งจะต้องมีน้ำยาประสานอยู่ภายในตะกั่วด้วย หลังจากที่ได้ใส่อุปกรณ์และบัดกรีเรียบร้อยแล้ว จะทำการตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้เกิดความมั่นใจแก่ตัวเราเอง แต่ถ้าใส่อุปกรณ์ผิดตำแหน่งควรใช้ที่จับตะกั่วหรือที่จับตะกั่ว เพื่อต้องการความเสียหายที่อาจจะเกิดกับลายวงจรพิมพ์ได้



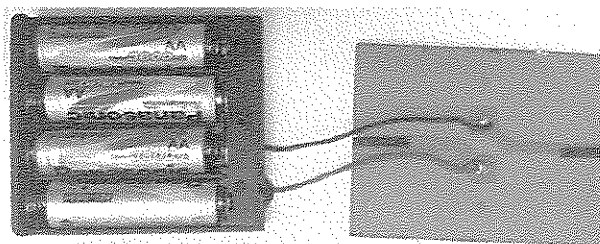
รูปที่ 3.15 วิธีการดูขั้วและใส่อุปกรณ์

### 3.8 การประกอบส่วนของโซลาร์เซลล์เข้ากับวงจรวิทยุ AM ที่ ออกแบบ



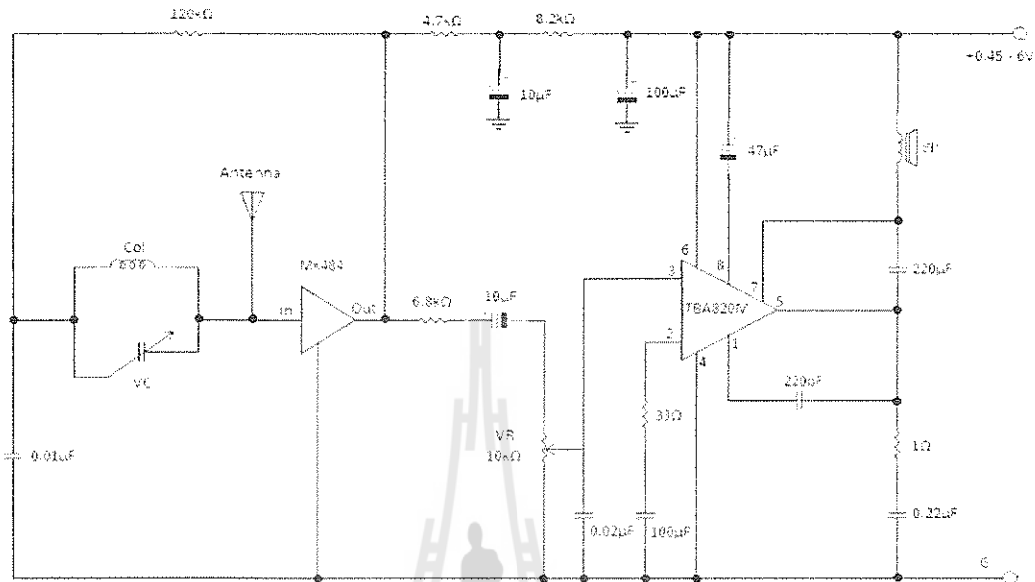
รูปที่ 3.16 การเก็บพลังงานเข้ากับตัววิทยุ

การต่อแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับแบตเตอรี่นั้น สามารถต่อให้ตรงขั้วไฟฟ้าของแบตเตอรี่ได้เลย ตามรูปที่ 3.16 เนื่องจากโซลาร์เซลล์ที่ใช้มีขนาดเล็กจึงไม่จำเป็นต้องผ่านตัวควบคุมการชาร์จประจุ ในที่นี้ได้ใช้แผงโซลาร์เซลล์มีขนาดเพียง 6 v เท่านั้น แบตเตอรี่ที่ใช้จึงต้องมีขนาด 6 v (Rechargeable) ขนาด 1.5 เท่ากัน จำนวน 4 ก้อน นำมาต่ออนุกรมกัน จะทำให้มีแรงดัน 6 v เท่ากับโซลาร์เซลล์ เพื่อที่จะสามารถเก็บพลังงานที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ได้ และสามารถนำพลังงานที่เก็บได้ในแบตเตอรี่ไปจ่ายให้กับโหลดที่เป็น DC ได้โดยตรง แต่ถ้าจะให้ไฟกับโหลดที่เป็น AC ต้องผ่านการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็น AC ก่อน



รูปที่ 3.17 แผง โซลาร์เซลล์เมื่อต่อกับแบตเตอรี่

### 3.9 อธิบายการทำงานของวงจร



รูปที่ 3.18 การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.18 วงจรเริ่มจากคลื่นเดินทางจากอากาศเข้าวิทยุผ่านตัว Antenna ซึ่ง Antenna จะทำหน้าที่เปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ลอยมากับอากาศเป็นคลื่นวิทยุผ่านเข้ามาในตัวเครื่องรับ โดยที่ Antenna ของเราใช้สายอากาศแบบไดโพลหลังจากนั้นจะจุดค้นหาความถี่ของคลื่นผ่านวงจรจูนด์ ซึ่งทำหน้าที่ปรับหาความถี่ โดยให้ ค่า L คงที่ และค่า C ที่ปรับค่าได้ค่อยปรับหาความถี่คลื่น ความถี่ที่ออกมาได้นั้น ออกมาจากการที่วงจรจูนความถี่เปรียบเทียบกับความถี่ที่เข้ามาทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์ ซึ่งความถี่เรโซแนนซ์ หมายถึง ความถี่ค่าหนึ่งที่ทำให้ค่าโวลต์เตจ หรือกระแสมีค่ามากที่สุดหรือน้อยสุด ซึ่งในวงจรของเรา ค่าความถี่ที่ได้ทำให้อิมพีแดนซ์ มากสุดเป็นอนันต์ ณ ความถี่เรโซแนนซ์ หาได้จาก

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{j\omega L} - \frac{\omega C}{j}$$

$$= \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) \quad (3-3 \text{ ก})$$

หลังจากได้ความถี่เรโซแนนซ์จากนั้นความถี่ที่ได้จะเข้าทางขา 2 ซึ่งเป็นขา Input ของ ไอซีเบอร์ MK484 ซึ่ง ไอซีเบอร์ MK484 จะทำหน้าที่เป็นทั้งภาคขยายและภาคคีเทคเตอร์ในตัวเดียวกัน

$$X_L = X_C \tag{3-4 ก}$$

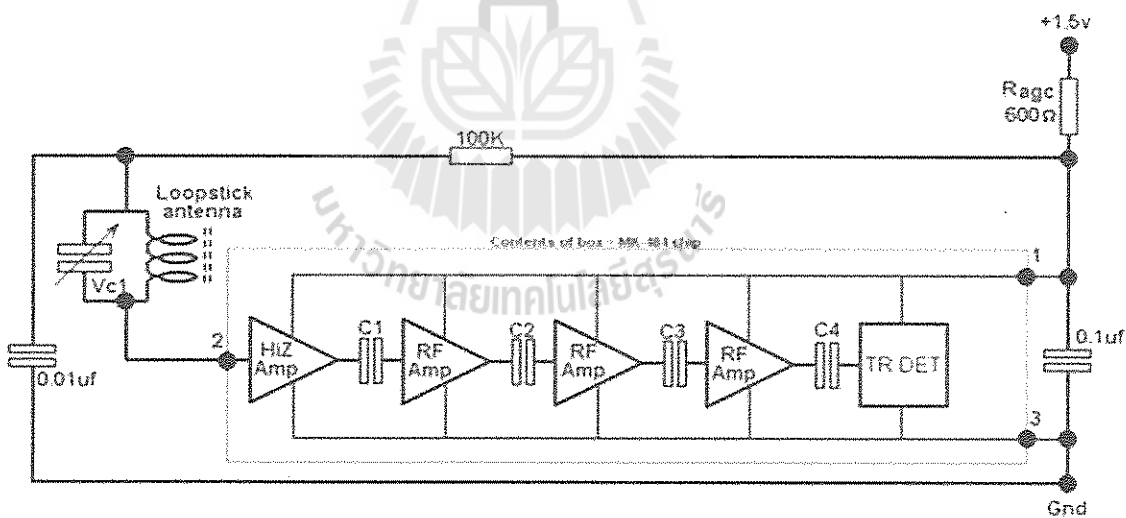
$$\omega_r = \frac{1}{\omega_r C} \tag{3-4 ข}$$

$$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C} \tag{3-4 ค}$$

แก้สมการที่ (3-4 ค) จะได้สมการ (3-4 ง)

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{3-4 ง}$$

หลังจากได้ความถี่เรโซแนนซ์จากนั้นความถี่ที่ได้จะเข้าทางขา 2 ซึ่งเป็นขา Input ของ ไอซีเบอร์ MK484 ซึ่ง ไอซีเบอร์ MK484 จะทำหน้าที่เป็นทั้งภาคขยายและภาคคีเทคเตอร์ในตัวเดียวกัน



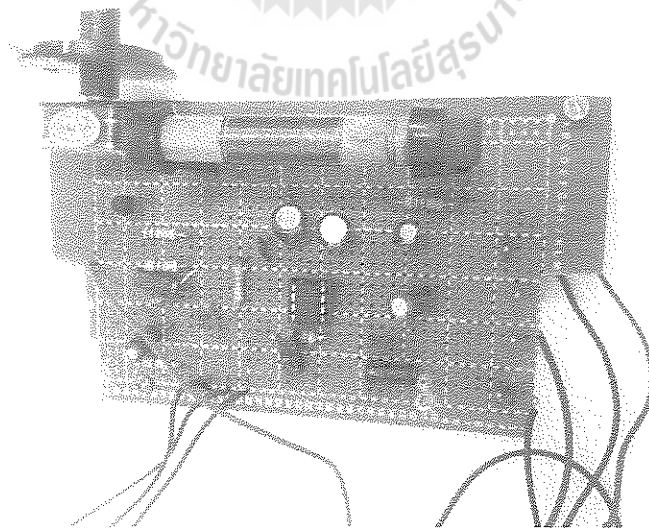
รูปที่ 3.19 ลักษณะภายใน ไอซี MK484

เริ่มต้นจากความถี่ที่เราได้มาจากวงจรจูน จะเข้าขา 2 ของวงจร ของไอซี MK484 ซึ่ง ใน ไอซี จะมี Amplifier ขยายสัญญาณ RF หรือที่เรียกว่า RF amplifier (Radio Frequency amplifier) รูปที่ 3.18 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณวิทยุที่รับเข้ามา โดยผ่านตัว C1 C2 C3 ซึ่งทำหน้าที่ในการ คัปปลิ่ง

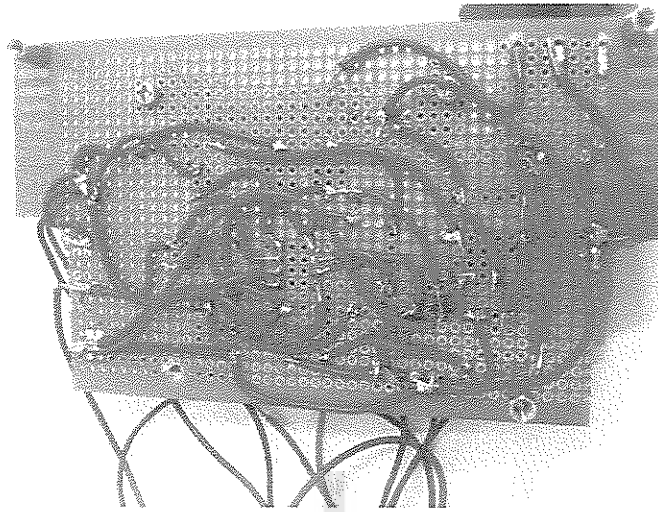
(เชื่อมต่อสัญญาณ) ไปในแต่ละตัว ซึ่ง บล็อกสุดท้ายนั้น จะทำหน้าที่ Demodulation โดยขั้นตอนนี้จะเปรียบเสมือนการแยกคลื่นเสียงออกจากคลื่นพาหะ ซึ่งเราใช้วิธีการแยกแบบ Diode detector หรืออีกชื่อ Envelope Detector ซึ่งการแยกแบบนี้จะมาจากเทคนิคการส่งสัญญาณ แบบ DSB ซึ่งจากบล็อกนี้เราจะได้คลื่นเสียง ที่ถูกแยกออกจากคลื่นพาหะ ออกจาก ไอซีทาง Output บริเวณขา 1 ต่อไป

จากนั้นคลื่นเสียงที่ได้ จะผ่านมาทาง R ปรับค่าได้ โดยผ่าน  $R = 6.8 \text{ K}$  และ  $C 10$  ไมโครฟารัด โดยที่ R จะทำหน้าที่ ลดการไหลของกระแสไฟฟ้าให้น้อยลง ส่วนตัว  $C 10$  ไมโครฟารัด เป็น C ประเภท Electrolytic capacitor ใช้บล็อกไฟ DC ซึ่งเป็นคุณสมบัติของ C ที่จะให้แต่ไฟ AC ผ่าน จากนั้นจะไปที่ R ปรับค่าได้ซึ่งเป็นตัวปรับเสียงที่เราจะได้ยินออกทางลำโพง ซึ่งการที่เราจะได้ยินเสียงค่อยหรือดังนั้นขึ้นอยู่กับ แอมพลิจูดของคลื่นเสียง ที่ออกมาทางขา Output ของไอซี MK484 ซึ่งคลื่นจะเข้าสู่ภาคขยายเสียงต่อไป โดยที่เข้าขา 3 ซึ่งเป็นขา Input ของไอซี เบอร์ TBA820M

ไอซีเบอร์ TBA820M เป็น ไอซีที่ใช้ขยายคลื่นเสียงออกทางลำโพง โดยใช้ไฟเลี้ยงตั้งแต่ 3-16 โวลต์ ในการทำงาน ซึ่งเข้ากับวงจรของเราที่ใช้ไฟจากถ่านหรือ โซลาเซลล์ 4.5-6 โวลต์ อีกทั้งมี อัตราขยายแรงดัน (Voltage gain) ที่สูง ทำให้เหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นตัวขยายต่อไป



รูปที่ 3.20 วงจรที่ประกอบเสร็จสำหรับใช้งาน



รูปที่ 3.21 วงจรด้านหลังที่ประกอบเสร็จสำหรับใช้งาน

### 3.10 ข้อสรุปท้ายบท

สำหรับวงจรเครื่องรับวิทยุระบบ AM ที่ใช้เอ็นแวล โลปดีเทคเตอร์นี้สัญญาณที่ได้รับต้องมีขนาดสูงมากพอ ที่จะผ่านวงจรเอ็นแวล โลปดีเทคเตอร์ได้เนื่องจากส่วนของวงจรดีเทคเตอร์ที่เป็นอุปกรณ์ประเภทเฉื่อย (Passive element) ไม่มีการขยายสัญญาณแต่มีการสูญเสียในวงจร ดังนั้นจึงต้องการกำลังที่สูงมากพออาจทำได้โดยการเพิ่มวงจรขยายก่อนที่จะป้อนให้กับวงจรดีเทคเตอร์ และยังคงคำนึงถึงลักษณะสมบัติของไดโอดที่นำมาใช้ด้วย ที่ขนาดสัญญาณต่างๆ จะเกิดความเพี้ยนรวมถึงอาจไปกระทบของวงจรเลือกความถี่ทำให้ค่า  $Q$  ลดลงได้ รวมทั้งวิธีการดีเทคสัญญาณโดยใช้ไดโอดหรือเอ็นแวล โลปดีเทคเตอร์นี้ จะใช้ได้กับกรณีสัญญาณที่ผสมมาแบบ DSB-LC เท่านั้น

## บทที่ 4

### ผลการทดสอบเครื่องรับวิทยุ AM โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

#### 4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบวิทยุ AM พลังงานแสงอาทิตย์ ในส่วนต่างๆ อาทิ เช่น การเก็บพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solarcell) ในช่วงเวลาต่างๆ ความแรงของสัญญาณคลื่นวิทยุ AM ที่รับได้ในแต่ละคลื่น

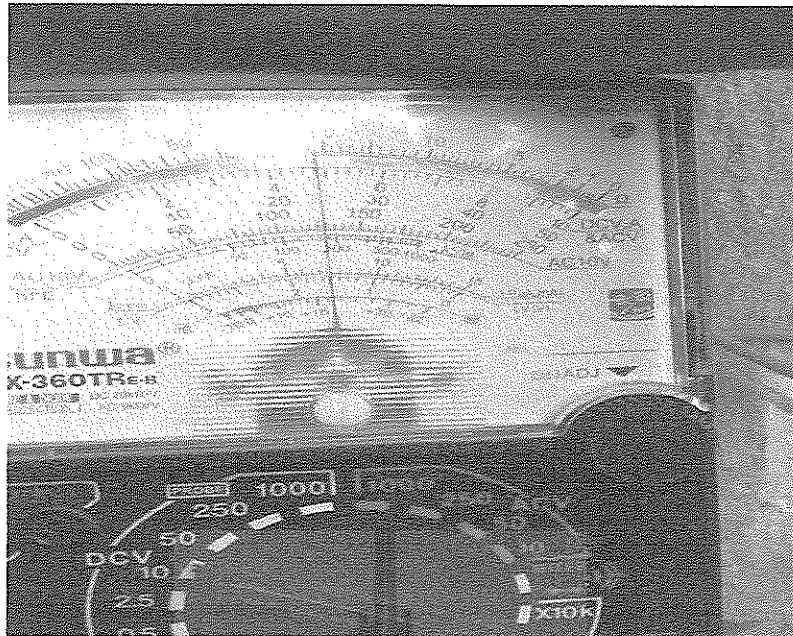
#### 4.2 แรงดันที่ได้จากพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์

พลังงานที่ได้จากโซลาร์เซลล์นั้นจะวัดจากการนำโซลาร์เซลล์ไปตั้งไว้กลางแจ้งแล้วจับเวลาเพื่อให้ได้ช่วงเวลากับแรงดันที่ได้ ในการทดสอบนี้จะใช้เวลาทั้งหมด 120 นาที ( 2 ชั่วโมง)

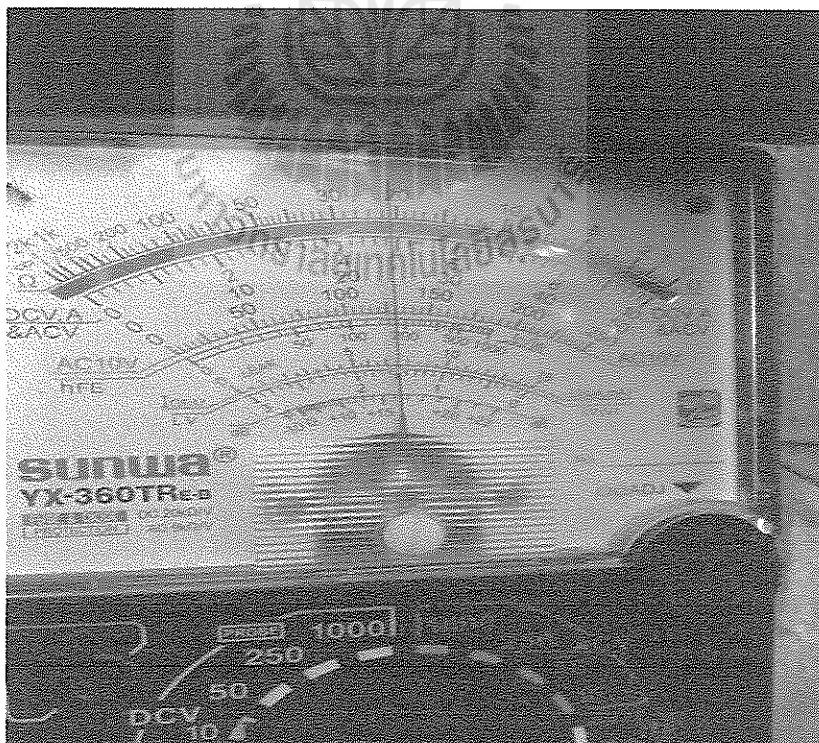


รูปที่ 4.1 การวัดแรงดันของอุปกรณ์ก่อนการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์

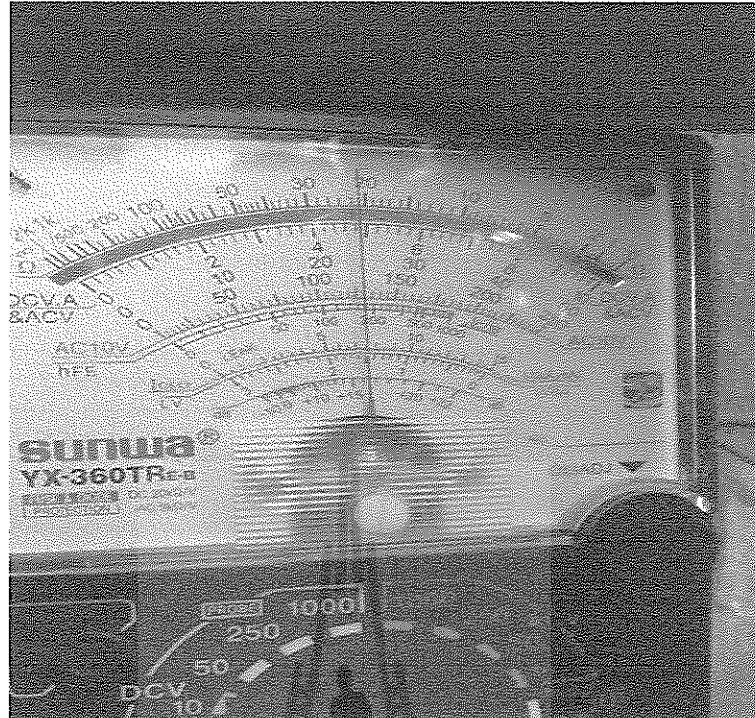




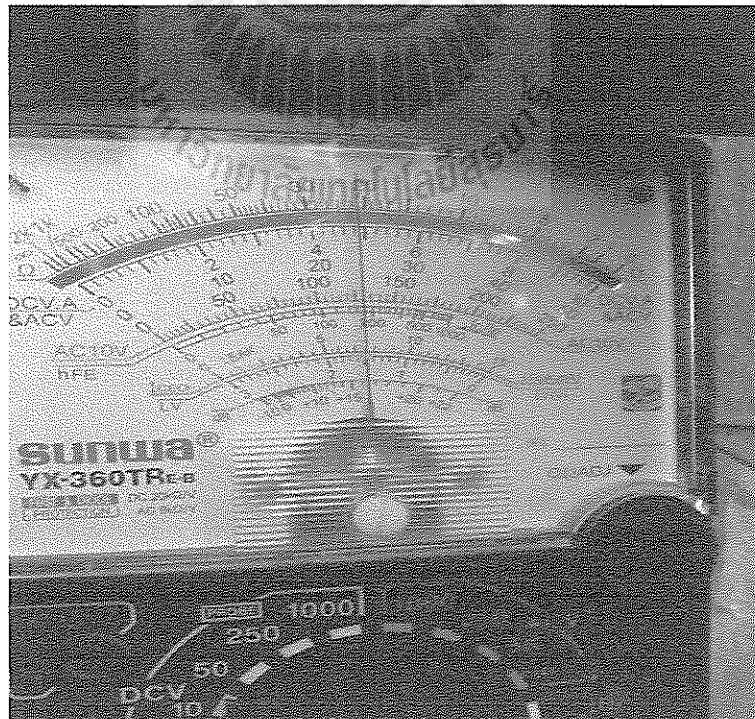
รูปที่ 4.2 แรงดันของโซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 10 นาที



รูปที่ 4.3 แรงดันของโซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 40 นาที



รูปที่ 4.4 แรงดันของ โซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 50 นาที

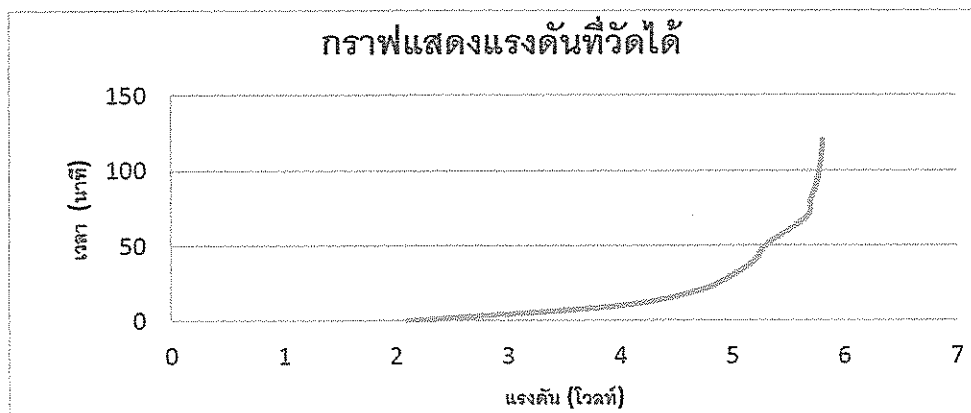


รูปที่ 4.5 แรงดันของ โซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 60 นาที

รูปที่ 4.1 – 4.5 แสดงการวัดค่าเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ โดยวัดทิ้งช่วงห่างกันทีละ 10 นาที ซึ่งวัดจากเครื่อง มัลติมิเตอร์ (Multimeters) ซึ่งเป็นเครื่องวัดที่ได้มาตรฐาน จากนั้นเรานำค่าที่ได้มาใส่ในตารางและแสดงเป็นกราฟที่ 4.6 ต่อไป

ตารางที่ 4.1 แสดงผลแรงดันที่วัดได้ของพลังงาน โซลาร์เซลล์ต่อช่วงเวลา

ช่วงเวลา/นาที	แรงดันที่วัดได้
0	2.10
10	4.00
20	4.70
30	5.00
40	5.20
50	5.30
60	5.50
70	5.68
80	5.70
90	5.75
100	5.78
110	5.80
120	5.81



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลแรงดันที่วัดได้ของพลังงาน โซลาร์เซลล์ต่อช่วงเวลา

จากรูปที่ 4.6 เป็นกราฟแสดงผลค่าแรงดันที่วัดได้ต่อช่วงเวลาทีละช่วงห่างกัน 10 นาฬิกาของการเก็บพลังงานของแผ่น โซลาร์เซลล์ ซึ่งความเข้มของแสงมีปัจจัยในการเก็บพลังงานของแผ่นโซลาร์เซลล์ เพราะในแต่ละช่วงเวลาจะมีความเข้มของแสงไม่เท่ากัน

#### 4.3 การเปรียบเทียบคลื่นที่รับได้กับเครื่องออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

เมื่อเรารับคลื่นที่เข้ามาได้แล้ว นอกจากจะคำนวณทางคณิตศาสตร์แล้ว เราสามารถเปรียบเทียบกับเครื่อง ออสซิลโลสโคป ดังตัวอย่าง

จากรูปที่ 4.2 คลื่นที่เรารับได้ 719 KHz เราปรับวงจรจูนคิได้ค่า C ปรับค่าได้ที่ 68 pF

จากสูตร

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



รูปที่ 4.7 แสดงคลื่นที่รับได้จากออสซิลโลสโคป

จากรูปที่ 4.7 เมื่อเรามาเทียบกับเครื่อง ออสซิลโลสโคป จะเห็นว่ามีความถี่ค่าหนึ่งที่มีขนาดความแรงของสัญญาณ เมื่อเราทำการเปรียบเทียบหาค่าจะได้ว่า ที่ Span 1.25 MHz ซึ่งมีทั้งหมด 10

ช่อง จะได้ช่องละ 125 KHz ซึ่ง Center อยู่ที่ 625 KHz ความถี่ที่ปรากฏจึงอยู่ประมาณ 718.9 KHz  
 ดังการคำนวณ

$$\text{Span 1.25 MHz} = 10 \text{ ช่อง}$$

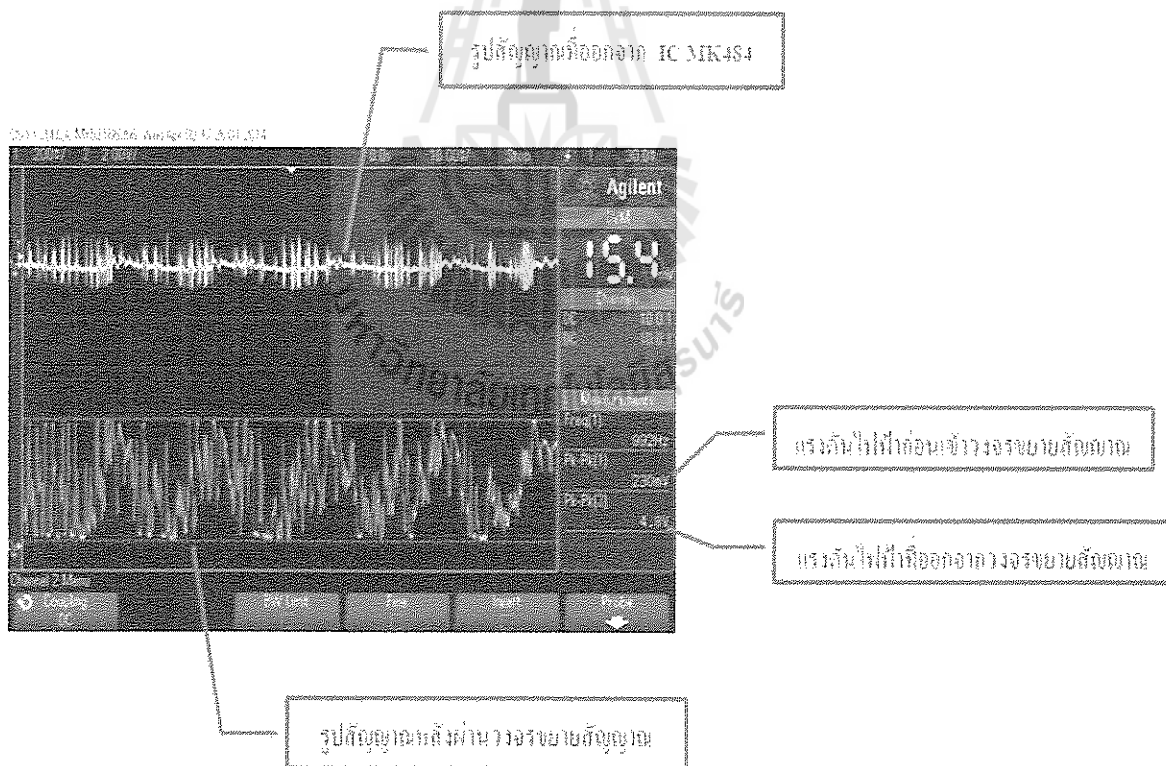
$$1 \text{ ช่อง} = 125 \text{ KHz}$$

$$125 \text{ KHz แบ่งเป็น 4 ส่วน} = 31.25 \text{ KHz}$$

$$\text{Center 625 KHz คลื่นที่รับ} = 625 \text{ KHz} + 31.25 \text{ KHz} + 31.25 \text{ KHz} + 31.25 \text{ KHz}$$

$$\text{คลื่นที่รับได้} = 719.05 \text{ KHz} \text{ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณมา}$$

#### 4.4 คลื่นที่ได้จากวงจรแต่ละส่วนซึ่งวัดจากเครื่องออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)



รูปที่ 4.8 แสดงคลื่นที่ออกจากส่วนต่างๆในวงจร

จากรูปที่ 4.8 จะเป็นการวัดสัญญาณคลื่นที่ออกมาจากส่วนต่างๆของวงจร จากรูปจะเห็นได้ว่า คลื่นที่ออกจากไอซี MK484 จะเป็นรูปคลื่นสัญญาณเสียงเนื่องจาก ไอซี MK484 ทำหน้าที่ขยายแล้วคือเทคสัญญาณในตัวเดียวกัน ส่วนแรงดันที่ได้หลังจากออกจากไอซี MK484 จะอยู่ที่ 230 mV หลังจากนั้นจะเป็นส่วนของสัญญาณคลื่นที่ออกมาจากไอซี TBA820M ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงเพื่อให้ขับออกทางลำโพงต่อไป จะเห็นว่ารูปคลื่นที่ผ่านไอซีจะมีขนาดและแรงดันที่สูงขึ้น ส่วนแรงดันที่ได้จากสวอนที่ออกมาจากไอซี TBA820M ก็สูงขึ้นเป็น 4 V ซึ่งมากกว่าตอนออกจากไอซี MK484 อยู่หลายเท

#### 4.5 ข้อสรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดลองอุปกรณ์ที่ได้จากพลังงานโซลาร์เซลล์ ซึ่งระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ที่ยาวนานเท่าไรก็ยังมีพลังงานสะสมมากเท่านั้น การทดสอบเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์เริ่มดำเนินการเก็บพลังงานจากแรงดันที่มีแรงดัน 2.1v ผ่านไป 2 ชั่วโมง โซลาร์เซลล์สามารถเก็บพลังงานได้ประมาณ 5.8 v หลังจากการเก็บพลังงานเต็มความจุแล้ว เราได้ทำการเปิดเครื่องรับวิทยุ AM ที่ประกอบได้ โดยใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ ใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ที่พลังงานจะหมดลง และอีกส่วนเป็นเรื่อง ที่สำคัญเป็นเรื่องที่ตรวจสอบว่าเครื่องรับวิทยุ AM มีความเสถียรมากแค่ไหน ซึ่งเปรียบเทียบกับเครื่อง ออสซิลอสโคป ที่มีความแม่นยำสูง ทำให้เรารู้ว่าเครื่องของเรามีประสิทธิภาพไม่น้อยเพียงใด

## บทที่ 5

### ข้อสรุปของโครงการ

#### 5.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึงบทสรุปของโครงการการออกแบบวงจรเครื่องรับวิทยุAM ด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบไปด้วยปัญหาที่พบ ในขณะดำเนินการทดลอง ทดสอบอุปกรณ์ ข้อเสนอแนะ และวิธีการพัฒนาโครงการต่อไป

#### 5.2 ปัญหาที่พบ

1. สัญญาณรบกวนในวงจรสูง โดยเฉพาะตอนกลางวันพบว่าสัญญาณรบกวนตอนกลางวันจะมากกว่าสัญญาณรบกวนตอนกลางคืน

2. ในการบัดกรีให้ใช้หัวแรงขนาดไม่เกิน 40 วัตต์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดกับลายวงจรพิมพ์ได้

3. สัญญาณที่ป้อนเข้าทางอินพุตมีผลต่อการเกิดการรบกวน ทั้งนี้เพราะว่าความถี่ที่ใช้จะต้องมีค่าพอดีกับวงจรที่ออกแบบ ในกรณีที่ความถี่ที่ป้อนเข้ามาทางอินพุตมีค่าสูงเกินไปทำให้เกิดการออสซิลเลทมากขึ้น ทำให้ไปรบกวนความถี่ข้างเคียงภายในวงจรทำให้สัญญาณที่ออกมาไม่สมบูรณ์

#### 5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

1. ในการพัฒนาต่อไปของเครื่องรับวิทยุAM พลังงานแสงอาทิตย์นี้ ถ้ามีตัวแปลงไฟ (Inverter) และแบตเตอรี่เพิ่มเติม ก็สามารถใช้งานในด้านอื่นได้อีก แต่ต้องเลือกใช้ตัวแปลงไฟ (Inverter) ให้ตรงตามขนาดของไฟที่ใช้ด้วย เพราะอาจจะทำให้ไฟไม่เพียงพอได้ และมีแนวโน้มว่าราคาของถ่านไฟฉายในอนาคตอาจจะขึ้นราคาอีก

2. ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้งานเพิ่มเติม เช่น อยากให้เป็นกระแสไฟฟ้าบ้าน ก็สามารถเพิ่มตัวแปลงไฟ (Inverter) แต่อาจจะต้องเพิ่มขนาดของแบตเตอรี่ด้วย

#### 5.4 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ

1. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้กับวงจรอื่นๆ ได้
2. ได้เรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น
3. สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากโครงการ ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง

#### 5.5 บทสรุปของโครงการ

โครงการการออกแบบและสร้างวงจรเครื่องรับวิทยุ AM โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ นั้น มีส่วนประกอบหลักคือ ส่วนของการตีเทคสัญญาณ เราจะเลือกใช้ไอซีสำหรับการใช้งานในความถี่ต่ำ และมีขายตามร้านขายวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป นั่นคือไอซี MK484 และส่วนของวงจรภาคขยายเสียงจะเลือกใช้ ไอซี IBA820 เนื่องจากมีราคาถูกและหาซื้อง่าย ซึ่งวิทยุโดยทั่วไปจะใช้พลังงานจากไฟฟ้าและแบตเตอรี่ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้งาน จึงจัดทำวิทยุขนาดเล็กรุ่นนี้ขึ้น โดยจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดอยู่กับตัวเครื่อง วิทยุรุ่นนี้เหมาะสำหรับใช้ในชนบท หรือ พื้นที่ห่างไกล โดยใช้เพียงแค่แบตเตอรี่เพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น วิทยุนี้จะใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์โดยที่ไม่มีคลื่นรบกวน โปรแกรม หรือมีผลต่อระบบปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



# ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 1 รายละเอียดของไอซี MK-484

ส่วนต่างๆของไอซี MK-484	ต่ำสุด	ชนิด	สูงสุด	หน่วย
1. ช่วงของแรงดัน (VCC)	1.1	1.5	1.8	V
2. สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ส่งออก	0.8	1.1	1.5	mV
3. กระแสที่ใช้เลี้ยงวงจร	-	0.3	-	mA
4. ความต้านทานอินพุต	-	4	-	M $\Omega$
5. ช่วงที่ได้รับการควบคุมโดยอัตโนมัติ (AGC)	30	-	-	dB
6. ความต้านทาน (R)	100	600	1500	k $\Omega$
7. Power gain	-	70	-	dB
8. ทำงานในช่วงอุณหภูมิ	-30	-	+80	$^{\circ}$ C
9. การเก็บรักษาในช่วงอุณหภูมิ	-40	-	+125	$^{\circ}$ C

\*วัดที่  $V_{cc}=1.4v$ ,  $F_o=1MHz$ ,  $V_m=1mV$

ตารางที่ 2 Absolute maximum ratings ของไอซี TBA820M

สัญลักษณ์	ค่าพารามิเตอร์	ค่า	หน่วย
$V_s$	แหล่งจ่ายแรงดัน (Supply voltage)	16	V
$I_o$	Output peak current	1.5	A
$P_{tot}$	กำลังไฟฟ้าที่ 50 องศา	1	W
$T_{stg}, T_j$	Storage and junction temperature การจัดเก็บและแยกอุณหภูมิ	-40	$^{\circ}$ C

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี TBA820M (อ้างอิงจากการทดสอบวงจรที่  $V_s=9V$ ,  $T_{amb}=25^\circ C$  นอกเหนือจากที่ระบุไว้)

สัญลักษณ์	คำพารามิเตอร์	เงื่อนไขการทดสอบ	ค่าต่ำสุด	ชนิด	ค่าสูงสุด	หน่วย
$V_s$	แหล่งจ่ายแรงดัน	-	3	-	16	V
$V_o$	แรงดันเอาต์พุต	-	4	4.5	5	V
$I_d$	การไหลเวียนของกระแส	-	-	4	12	mA
$I_b$	กระแสที่ย้อนกลับที่ขา 3	-	-	0.1	-	$\mu A$
$P_o$	กำลังขาออก	-	-	0.1	-	
$R_i$	ความต้านทานขาเข้า	$f=1kHz$	-	5	-	$M\Omega$
B	การตอบสนองความถี่	$R_L=8\Omega$ , $C_B=680pF$ $C_S=1000\mu F$ , $C_B=220$ $R_f=120\Omega$	25-7,000			Hz
d	ความผิดเพี้ยน (-3dB)	$R_L=8k\Omega$ $C_S=1000\mu F$ $R_f=120\Omega$	0.8			
$G_v$	อัตราขยายแรงดันขาเข้า	$f=1kHz$ , $R_f=8\Omega$	-	75	-	dB
$G_v$	อัตราขยายแรงดันขาออก	$R_L=8\Omega$	-	45	-	dB
$e_N$	อินพุต		-	3	-	$\mu V$
$i_N$	การรบกวนของกระแสขาเข้า	-	-	0.4	-	dB
$\frac{S+N}{N}$	Signal to noise ratio	$R_L=8\Omega$	-	42	-	dB

ตารางที่ 5 ขนาดภายนอกของไอซี TBA820M

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A		2.92			0.121	
a1	0.61			0.020		
B	1.15		1.85	0.045		0.065
b	0.255		0.55	0.014		0.022
b1	0.204		0.304	0.008		0.012
D			10.92			0.430
E	7.95		9.75	0.213		0.394
e		2.54			0.100	
e3		7.62			0.300	
e4		7.62			0.300	
F			6.3			0.260
f			5.08			0.200
L	3.18		3.61	0.125		0.150
Z			1.52			0.060



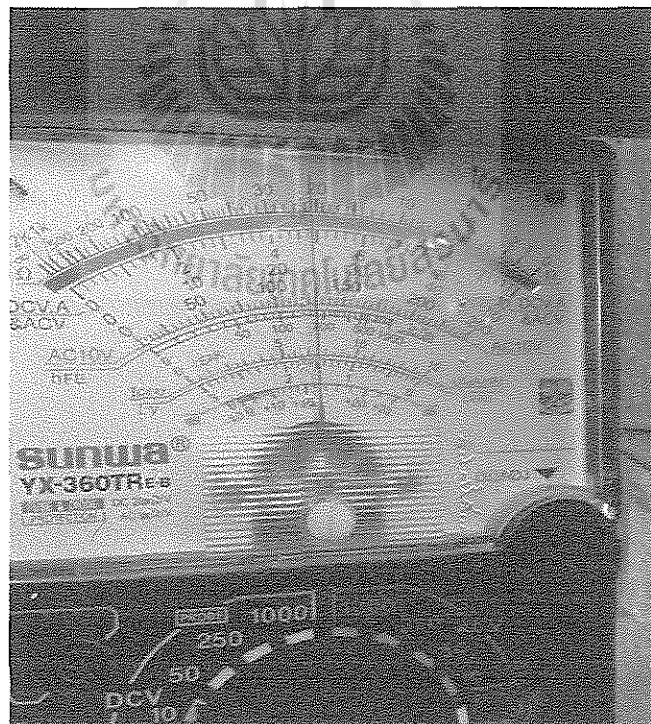
รูปที่ 1 แรงดันของ โซลาร์เซลล์ก่อนเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์



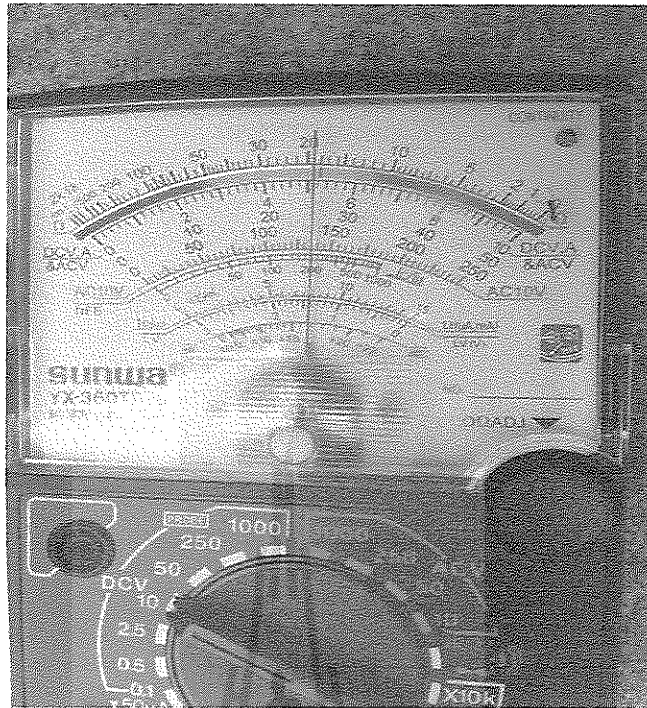
รูปที่ 2 แรงดันของ โซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 10 นาที



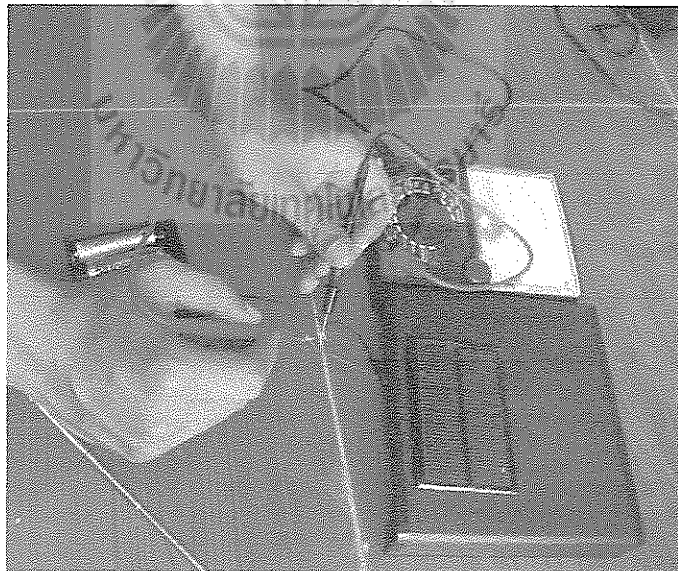
รูปที่ 3 แรงดันของโซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 20 นาที



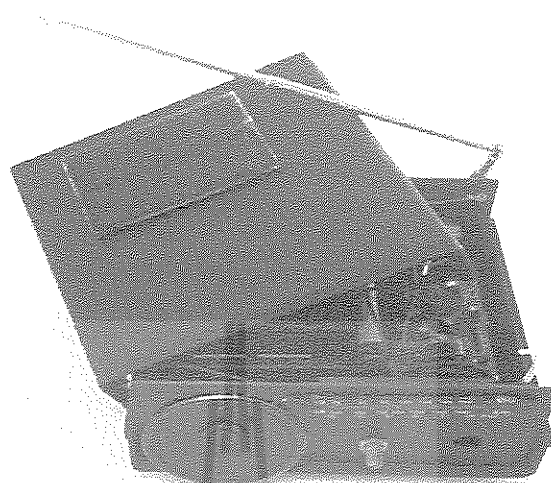
รูปที่ 4 แรงดันของโซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 30 นาที



รูปที่ 5 แรงดันของ โซลาร์เซลล์ขณะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ 40 นาที



รูปที่ 7 การวัดแรงดันจากโซลาร์เซลล์



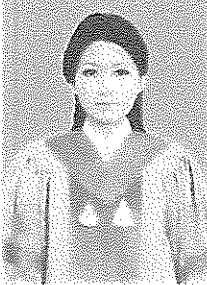
รูปที่ 8 เครื่องรับวิทยุพลังงานแสงอาทิตย์



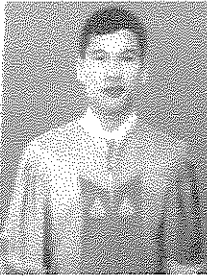
## บรรณานุกรม

- [1] เครื่องรับวิทยุ AM ( 4 กุมภาพันธ์ 2557) จากเว็บไซต์  
<http://dc199.4shared.com/doc/Otj1aJHE/preview.html>
- [2] กลั่นวิทยุและสายอากาศ ( 5 กุมภาพันธ์ 2557) จากเว็บไซต์  
[http://www.hs8jyx.com/file/hs2vll\\_antenna\\_radio.pdf](http://www.hs8jyx.com/file/hs2vll_antenna_radio.pdf)
- [3] ระบบของเครื่องส่งวิทยุ FM และ ระบบวิทยุกระจายเสียง (18 กุมภาพันธ์ 2557) จากเว็บไซต์  
[https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly\\_electronics/wiki/206dd/\\_FM\\_.html](https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_electronics/wiki/206dd/_FM_.html)
- [4] วงจรกรองความถี่ (24 กุมภาพันธ์ 2557) จากเว็บไซต์  
[http://www.hs8jyx.com/html/filter\\_circuit.html](http://www.hs8jyx.com/html/filter_circuit.html)
- [5] A Well Behaved MK484 - or -TA7642 Radio (27 กุมภาพันธ์ 2557) จากเว็บไซต์  
<http://theradioboard.com/rb/viewtoopic.php?t=2791>

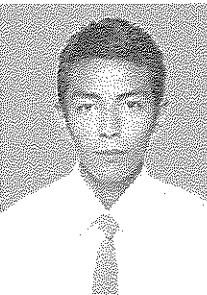
## ประวัติผู้เขียน



นางสาวสุพรรณิ กล้าหาญ เกิดวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2532  
ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลโนนตาเถร อำเภอโนนแดง จ.นครราชสีมา  
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนมิตรภาพ  
วิทยา อำเภอโนนแดง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2551  
ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นายพิทักษ์พงษ์ ตัน โนนเชียง เกิดวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2532  
ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลหนองแก อำเภอศรีบุญเรือง จังหวัด  
หนองบัวลำภู  
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนอุดร  
พัฒนาการ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี เมื่อปี พ.ศ. 2551  
ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นายสันติ เอี่ยมครามา วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2532  
ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลนาทอน อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล  
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนทุ่ง  
หว้าวรวิทย์ อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล เมื่อปี พ.ศ. 2551  
ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี