ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

Amplitude Modulation and Demodulation Demonstrator Controlled by PC

ชื่อนักศึกษา

1. นายฉัตรชัย	โกสุม	รหัสประจำตัว	42035251
2. นายประยูร	เครือสูงเนิน	รหัสประจำตัว	42035263
3. นายรชต	เกษะประดิษฐ์	รหัสประจำตัว	42035268
4. นายรังสรรค์	เชาว์คุณากร	รหัสประจำตัว	42035269

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล	.....
2. อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	.....
3. อาจารย์อำพล ทองระอา	.....
4. อาจารย์ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล	.....
5. อาจารย์สุระชัย พิมพ์สาลี	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 26 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2544

<BT4401032>
ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

AMPLITUDE MODULATION AND DEMODULATION DEMONSTRATOR CONTROLLED BY PC

T043201

นายฉัตรชัย โกสุม
นายประยูร เครือสูงเนิน
นายรชต เกษะประดิษฐ์
นายรังสรรค์ เชาวน์คุณากร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43201
วัน, เดือน, ปี 26 ก.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
Amplitude Modulation And Demodulation Demonstrator Controlled by PC

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของการมอดูเลต และดีมอดูเลตแบบเอเอ็มในระบบสื่อสารแบบแอนะลอก
2. เพื่อออกแบบวงจรมอดูเลต และดีมอดูเลตแบบเอเอ็มในระบบสื่อสารแอนะลอก
3. เพื่อสร้างชุดทดลองการมอดูเลต และดีมอดูเลตแบบเอเอ็ม
4. เพื่อทดลองการมอดูเลต และดีมอดูเลตแบบเอเอ็ม
5. เพื่อนำชุดทดลองการมอดูเลต และดีมอดูเลตแบบเอเอ็มไปใช้สำหรับการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการการมอดูเลต และดีมอดูเลตแบบเอเอ็ม1
2. มีความสามารถในการออกแบบ และสร้างวงจรในส่วนต่างๆ ของชุดทดลอง
3. สามารถสร้างชุดทดลองการมอดูเลต และดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผล และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ได้
4. นำชุดทดลองที่สร้างไปใช้เป็นตัวอย่างส่วนประกอบในการเรียนการสอน วิชาที่เกี่ยวข้องกับระบบสื่อสารแอนะลอก หรือระบบสื่อสารโทรคมนาคม
5. ได้ผลการทดลองจากชุดทดลองการมอดูเลต และดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผล และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นแนวทางประกอบการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	
นักศึกษา	นายฉัตรชัย	โกสุม
	นายประยูร	เครือสูงเนิน
	นายรชต	เกษะประดิษฐ์
	นายรังสรรค์	เชาวน์คุณากร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พงษ์เกียรติ	เชษฐพิทักษ์สกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2544	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงงานเรื่องชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ใช้กับหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สังกัดกรมอาชีวศึกษา ในชุดฝึกจะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดนับและกำเนิดความถี่ วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ในส่วนของการแสดงผลสามารถแสดงด้วยคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ตขนาน สามารถแสดงรูปคลื่นการมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็ม, ดับเบิลไซด์แบนด์ และซิงเกิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Amplitude Modulation and Demodulation Demonstrator Controlled by PC
Students	Mr.Chatchai Kosum
	Mr.Prayoorn Kruesoongnoen
	Mr.Rachata Kesapradist
	Mr.Rungson Chaokunakorn
Advisor	Mr.Pongkiat Chedpitaksakul
Co- Advisor	Mr.Piya Supavarasuwat
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Telecommunication Engineering
Academic Year	2001

ABSTRACT

This thesis presents the Amplitude Modulation And Demodulation Demonstrator Controlled By PC. This demonstrator is produced for the study in the cirriculum of vocational education certificate, Department of Vocational Education. It consists of microcontroller circuit, frequency counter and generator circuit, Analog to digital convertor circuit and digital to analog convertor circuit. The signals are sending via parallel port to display on PC's monitor. It can be show Full Amplitude Modulation (FULL AM) signal, Double Sideband (DSB) signal and Single Sideband (SSB) signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่มทุกท่าน นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ขอขอบคุณวิทยาลัยเทคนิคระยองที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องคอมพิวเตอร์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและคอยให้คำแนะนำต่าง ๆ สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่งคือพระคุณบิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ขอขอบคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 การมอดูเลตเอเอ็ม	5
2.2.1 การมอดูเลตเอเอ็มแบบเต็มคลื่น	5
2.2.2 การมอดูเลตเอเอ็มแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห์	8
2.2.3 การมอดูเลตเอเอ็มแบบแถบข้างเดียวไร้คลื่นพาห์)	9
2.3 การดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็ม	11
2.3.1 การดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มแบบเต็มคลื่น	11
2.3.2 การดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห์	12
2.3.3 การดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มแบบสัญญาณแถบข้างเดียวไร้คลื่นพาห์	13
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS –51	14
2.4.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS –51	14
2.4.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	16
2.4.3 การทำงานของพอร์ต	17
2.4.4 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต	20
2.4.5 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต	21
2.4.6 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.7 การจัดการหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51 แบบแฟลช	22
2.4.8 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ	27
2.5 พอร์ตขนาน	31
2.6 ความรู้เบื้องต้นของพอร์ตขนาน	33
2.6.1 ลักษณะทางกายภาพของพอร์ตขนาน	33
2.6.2 พอร์ตข้อมูล	35
2.6.3 พอร์ตควบคุม	36
2.6.4 พอร์ตแสดงสถานะ	36
2.6.5 การนำพอร์ตขนานไปใช้งาน	36
2.7 การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	36
2.7.1 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง	37
2.7.2 วิธีการสุ่มตัวอย่าง	38
2.7.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบใช้วงจรเปรียบเทียบ	41
2.7.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่า	43
2.7.5 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบ CCD	43
2.7.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบสแกน	44
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	45
3.1 กล่าวนำ	45
3.2 การออกแบบและการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟส	46
3.2.1 การออกแบบวงจรการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	46
3.2.2 การทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	48
3.2.3 การออกแบบการรับคำสั่งของคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเลือกความถี่	50
3.2.4 การทำงานของการรับคำสั่งของคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเลือกความถี่	50
3.3 การออกแบบและการทำงานของภาคควบคุมความถี่ของสัญญาณพาหะ และสัญญาณข่าวสาร	50
3.3.1 การออกแบบวงจรควบคุมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 1	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3.2 การทำงานของวงจรควบคุมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 1	51
3.3.3 การออกแบบวงจรควบคุมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2	54
3.3.4 การทำงานของวงจรควบคุมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2	54
3.4 การออกแบบและการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณและข่าวสาร	55
3.4.1 การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณและข่าวสาร	55
3.4.2 การทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณและข่าวสาร	56
3.5 การออกแบบและการทำงานของวงจรเลื่อนเฟสสัญญาณ 90 องศา	59
3.5.1 การออกแบบวงจรเลื่อนเฟสสัญญาณ 90 องศา	59
3.5.2 การทำงานของวงจรเลื่อนเฟสสัญญาณ 90 องศา	60
3.6 การออกแบบและการทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟ	61
3.6.1 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟ	61
3.6.2 การทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟ	61
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	66
4.1 กล่าวนำ	66
4.2 การทดลอง และผลการทดลองของวงจรฟูลเอเอ็ม	66
4.2.1 การทดลองของวงจรฟูลเอเอ็ม	66
4.2.2 ผลการทดลองของวงจรฟูลเอเอ็ม	66
4.3 การทดลองและผลการทดลองของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์	69
4.3.1 การทดลองของงวงจรดับเบิลไซด์แบนด์	69
4.3.2 ผลการทดลองของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์	69
4.4 การทดลองและผลการทดลองของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์	71
4.4.1 การทดลองของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์	71
4.4.2 ผลการทดลองของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไขและพัฒนา	75
5.1 บทสรุป	75
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน	75
5.3 แนวทางการแก้ไขและพัฒนา	76
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	77
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	80
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	95
ภาคผนวก ง ผังการทำงานและโปรแกรม	101
ภาคผนวก จ ใบงานการทดลอง	130
ภาคผนวก ฉ คู่มือประกอบการใช้งาน	154
บรรณานุกรม	160
ประวัติผู้แต่ง	161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	20
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	21
ตารางที่ 2.2 สัญญาณต่างๆ ของพอร์ตขนานที่ใช้ติดต่อกับเครื่องพิมพ์	34
ตารางที่ 2.3 หน้าที่การทำงานของขาต่างๆ ของพอร์ตขนาน	35
ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตที่เป็นแอนะลอกกับเอาต์พุตที่เป็นดิจิตอล	43
ตารางที่ 3.1 ตารางความจริงของไอซี 74157	46
ตารางที่ 3.2 ค่าความถี่ค่าต่างๆ ของสัญญาณพาหะ และสัญญาณข่าวสารค่าต่างๆ ที่สามารถทำการเลือกได้จากคอมพิวเตอร์	50
ตารางที่ 3.3 ตารางความจริงของไอซี 74LS139	52
ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรการมอดูเลตเอเอ็ม แบบฟูลเอเอ็ม	96
ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรการดีมอดูเลตเอเอ็ม แบบฟูลเอเอ็ม	96
ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรมอดูเลตเอเอ็ม แบบดับเบิลไซด์แบนด์	97
ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรดีมอดูเลตเอเอ็ม แบบดับเบิลไซด์แบนด์	97
ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรมอดูเลตเอเอ็ม แบบซิงเกิลไซด์แบนด์	98
ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรดีมอดูเลตเอเอ็ม แบบซิงเกิลไซด์แบนด์	99
ตารางที่ ค.7 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคจ่ายไฟ	99
ตารางที่ ค.8 รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องกำเนิดย่านความถี่เสียง	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันนี้การมอดูเลตสัญญาณแอนะลอกยังคงมีใช้อยู่ในงานด้านวิทยุกระจายเสียง เช่น ระบบวิทยุกระจายเสียงในย่านเอเอ็ม แต่ในขั้นตอนขบวนการมอดูเลตทางด้านเครื่องส่งและการดีมอดูเลตทางด้านเครื่องรับ ยังมีชุดฝึกที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ทดลองขั้นตอนการทำงานอยู่น้อย ทางคณะผู้จัดทำเล็งเห็นว่าการเรียนรู้ในวิชาระบบสื่อสารถ้าจะให้เกิดประโยชน์มากที่สุดและเพื่อเห็นผลการทดลอง ควรมีชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นชุดฝึกตัวอย่างประกอบการเรียนรู้หลักการทำงานด้านทฤษฎีได้

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

1) หนดค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตโดยปรับเปลี่ยนค่าความถี่คลื่นพาห์ และความถี่ของช่วงสัญญาณข่าวสารผ่านแป้นพิมพ์

2) ใช้คอมพิวเตอร์ในการแสดงผลโดยมีสายโพรบเป็นตัววัดสัญญาณตามจุดต่างๆ ได้

3) มีใบงานประกอบการทดลอง

4) รับส่งข้อมูลโดยใช้พอร์ตขนาน

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

บทที่ 1 เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่ทำให้เกิดโครงงานนี้ขึ้นรวมทั้งยังกล่าวถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขตและประโยชน์ของการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการจะกล่าวถึงเนื้อหาที่นำมาอ้างอิง เช่น การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบฟูลเอเอ็ม การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบดับเบิลไซด์แบนด์ การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบซิงเกิลไซด์แบนด์ และทฤษฎีการส่งข้อมูลโดยใช้พอร์ตขนาน

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงานจะเป็นเนื้อหาโดยละเอียดเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนในการสร้างวงจรส่วนต่างๆ ของชุดฝึก และการอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้เป็นการทดลองและผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็นส่วนๆ ตามการออกแบบ และการสร้าง พร้อมผลการทดลองของแต่ละส่วน

บทที่ 5 บทสรุปปัญหาแนวทางแก้ไข และพัฒนา ซึ่งเป็นบทสรุปเกี่ยวกับความสามารถและประสิทธิภาพการทำงานของชุดฝึก และกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นนับตั้งแต่การเริ่มสร้างโครงงานจนโครงงานเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการพัฒนา

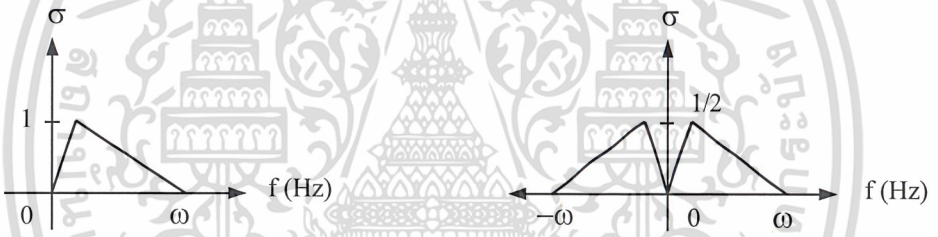
ภาคผนวก ประกอบด้วย รูปเครื่องต้นแบบ วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์ รายการอุปกรณ์ ผังการทำงานและโปรแกรม ใบงานการทดลอง คู่มือประกอบการใช้งาน บรรณานุกรม และประวัติของผู้แต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

สัญญาณการมอดูเลตทางแอมปลิจูดโดยทั่วไปสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband) ที่ทำการส่งนั้น จะมีความถี่สูงสุดที่มีค่าจำกัดเช่น สัญญาณเสียงที่หูมนุษย์สามารถฟังได้จะมีความถี่เพียง 20 กิโลเฮิรตซ์ และถ้าเป็นเสียงที่มนุษย์พูดกันมักจะมีความถี่ไม่เกิน 4 กิโลเฮิรตซ์ เมื่อกำหนดให้ความถี่สูงสุดของสัญญาณเบสแบนด์เป็น ωHz สามารถเขียนสเปกตรัม (Spectrum) ของสัญญาณแบบแสดงด้านบวกด้านเดียว และแบบแสดงความถี่สองด้าน ดังรูปที่ 2.1



(ก) ความถี่ด้านเดียว (ข) ความถี่สองด้าน

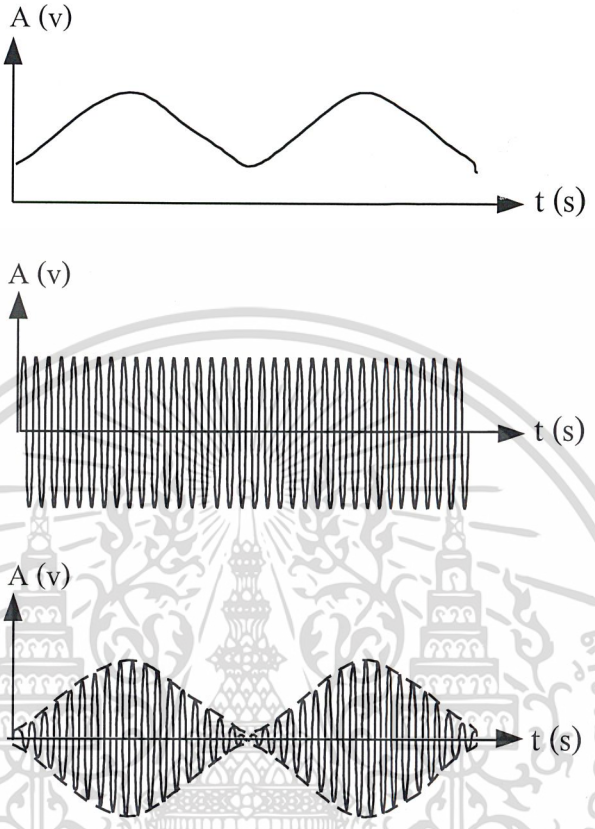
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างสเปกตรัมของสัญญาณแอนะลอกที่มีความถี่สูงสุดต่ำกว่า ω

สเปกตรัมของสัญญาณแอนะลอกทางด้านบวกและด้านลบจะสมมาตรกัน และมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของสเปกตรัมที่แสดงความถี่บวกด้านเดียว การมอดูเลตทางแอมปลิจูด (Amplitude Modulation; AM) โดยทั่วไปจะเป็นการสร้างสัญญาณเบสแบนด์และสัญญาณเอเอ็ม ในรูปที่ 2.2 แสดงรูปของสัญญาณเบสแบนด์ไปขี่อยู่บนสัญญาณคลื่นพาห์ทำให้ยอดคลื่นของคลื่นพาห์เปลี่ยนไปตามสัญญาณเบสแบนด์นั้น โดยสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะเหมือนกับสัญญาณเอเอ็ม

$$Vc(t) = \{Ac + V(t)\}\cos\omega ct \tag{2.1}$$

$$Vc(t) = Ac\{1 + m(t)\}\cos\omega ct \tag{2.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

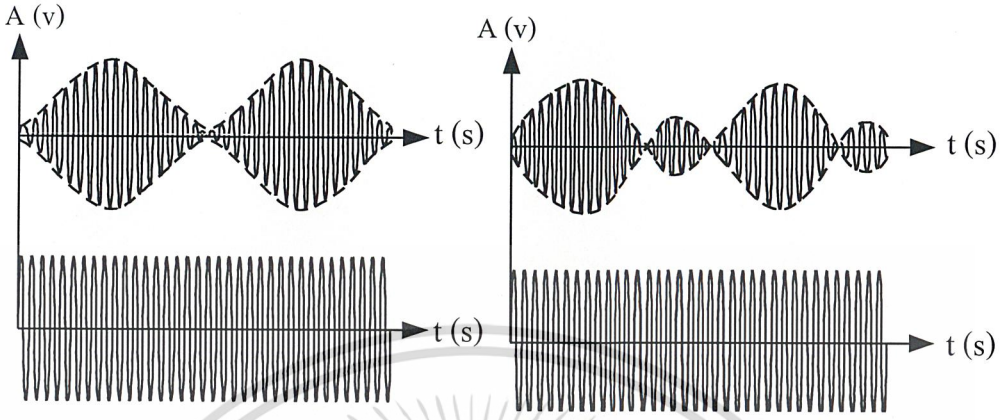


รูปที่ 2.2 รูปร่างของสัญญาณเบสแบนด์และสัญญาณเอเอ็ม

โดยที่ m(t) เป็นสัญญาณเบสแบนด์ที่ถูกนอร์มอลไลซ์ไว้ด้วยค่า Ac และ m(t) ซึ่งเรียกว่าดรรชนีการมอดูเลต ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าสัญญาณคลื่นพาห์ถูกทำให้มีการเปลี่ยนระดับไปอย่างไร ทางด้านปฏิบัติดรรชนีการมอดูเลตมักจะหมายถึงค่า m(t) ที่มีขนาดสูงสุดและสัญญาณเอเอ็มที่สามารถดีเทคได้จะต้องมี $|m(t)| < 1$ เสมอ ถ้า m(t) สูงกว่า 1 เกิดการกลับเฟสตรงที่ $m(t) = -1$ แสดงไว้ในรูปที่ 2.3 (ข) วงจรดีเทคเอ็นเวลโลปไม่สามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงทางเฟสได้จึงดีเทคได้เฉพาะทางด้านบวก ส่งผลทำให้ไม่สามารถคืนสัญญาณเบสแบนด์เดิมกลับมา อนึ่งในกรณีที่ m(t) เป็นสัญญาณคลื่นไซน์ จะมีนิยามเปอร์เซ็นต์ของมอดูเลชันในสมการ 2.3

$$m = \frac{(V\max - V\min)/2}{(V\max + V\min)/2} \times 100\% \qquad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) | m(t) | < 1 (ข) |m(t)| > 1

รูปที่ 2.3 สัญญาณเอเอ็มที่มีดรรชนีการมอดูเลตต่ำกว่าและสูงกว่า 1

2.2 การมอดูเลตเอเอ็ม

การมอดูเลตเอเอ็ม คือการทำให้แอมปลิจูดของสัญญาณคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปตามแอมปลิจูดของสัญญาณข่าวสารที่นำมามอดูเลต ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

2.2.1 การมอดูเลตเอเอ็มแบบเต็มคลื่น (Full AM)

โดยสมมติให้สัญญาณข่าวสารที่นำมามอดูเลตเป็นสมการคือ

$$Vm = Em\cos\omega mt \tag{2.4}$$

และสัญญาณคลื่นพาห์มีค่าเป็น

$$Vc = Ec\cos\omega ct \tag{2.5}$$

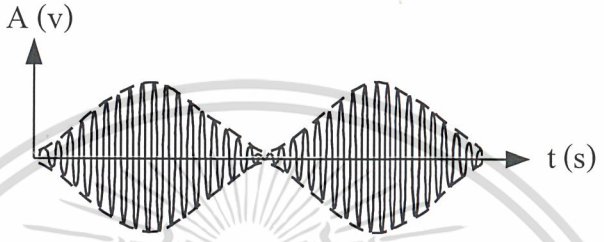
เมื่อนำสัญญาณทั้งสองมาทำการมอดูเลตเอเอ็มจะได้

$$\begin{aligned} Vam &= (Ec + Em\cos\omega mt)\cos\omega ct \\ &= Ec(1 + Em/Ec\cos\omega mt)\cos\omega ct \end{aligned} \tag{2.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ Em / Ec คือดรรชนีการมอดูเลต ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และแทนด้วย m ดังนั้น จะได้สมการของสัญญาณเอเอ็ม ดังสมการที่ 2.7

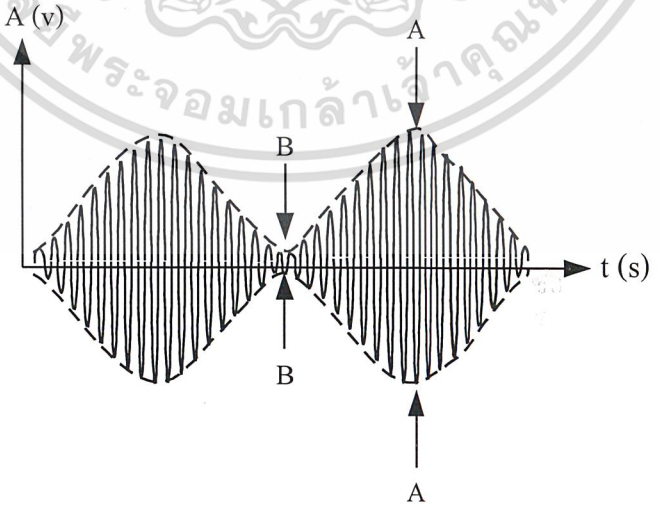
$$Vam = Ec(1 + m\cos\omega mt)\cos\omega ct \tag{2.7}$$



รูปที่ 2.4 สัญญาณของการมอดูเลตแบบฟูลเอเอ็ม

จากรูปที่ 2.5 สามารถหาค่าดรรชนีการมอดูเลต โดยที่ A คือขอบด้านบวกและขอบด้านลบของสัญญาณสูงสุด และ B คือขอบด้านบวกและขอบด้านลบของสัญญาณต่ำสุด ดังสมการที่ 2.8

$$m = \frac{A - B}{A + B} \tag{2.8}$$



รูปที่ 2.5 การหาค่าดรรชนีการมอดูเลต

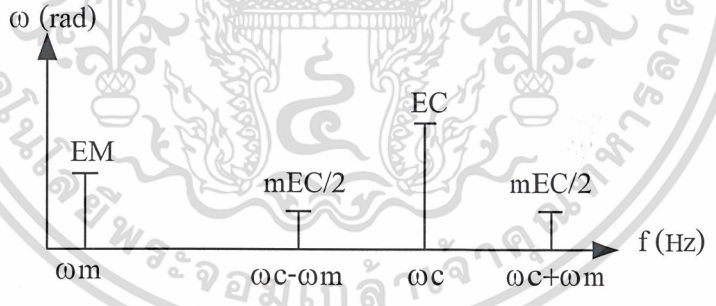
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสมการที่ 2.7 จะเห็นว่าสัญญาณคลื่นพาห์ที่ถูกมอดูเลตไม่ได้มีความถี่เพียงความถี่เดียว ซึ่งสามารถแยกออกได้ดังนี้

$$Vam = Ec(1 + m\cos\omega ct) \tag{2.9}$$

เมื่อทำการกระจายสมการออกแล้วจะเห็นว่ามีความถี่เพิ่มขึ้นมาสองความถี่ โดยความถี่หนึ่งมีค่าสูงกว่าความถี่ของคลื่นพาห์ (Carrier frequency; f_c) และอีกความถี่หนึ่งมีค่าต่ำกว่า f_c ซึ่งความถี่ทั้งสองนี้เรียกว่า ความถี่ข้างที่สูงกว่า (Upper side frequency) คือส่วนของ ($\omega_c + \omega_m$) และความถี่ข้างที่ต่ำกว่า (Lower side frequency) คือส่วนของ ($\omega_c - \omega_m$) โดยความถี่ทั้งสองจะมีขนาดเป็น 0.5 เท่าของคลื่นพาห์

ในรูปที่ 2.6 และ 2.7 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณการมอดูเลตแบบฟูลเอเอ็ม โดยรูปที่ 2.6 เป็นสเปกตรัมของสัญญาณที่มอดูเลตกับสัญญาณเพียงความถี่เดียว ในรูปที่ 2.7 เป็นสเปกตรัมของสัญญาณที่มอดูเลตกับสัญญาณหลายความถี่ ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดแถบข้างขึ้นโดยมีส่วนประกอบด้วยแถบข้างบน (Upper Sideband; USB) และแถบข้างล่าง (Lower Sideband; LSB)

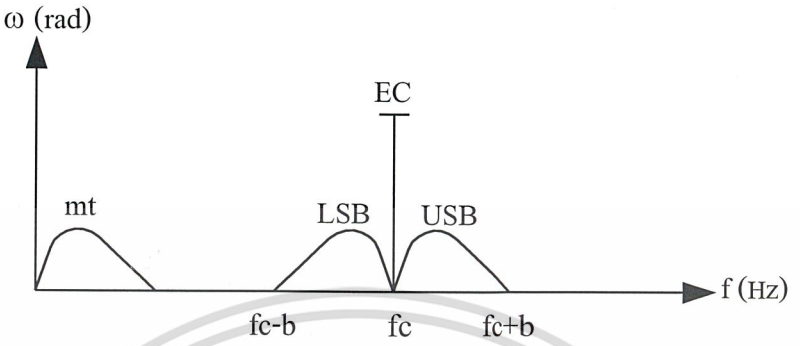


รูปที่ 2.6 สเปกตรัมของสัญญาณที่มอดูเลตกับสัญญาณเพียงความถี่เดียว

ในรูปที่ 2.7 สามารถหาแบนด์วิดท์ (Bandwidth) สำหรับการส่งสัญญาณการมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็มได้ โดยที่ BM คือ บาลานซ์มอดูเลเตอร์ มีค่าเท่ากับสองเท่าของแบนด์วิดท์

$$BM = 2B \tag{2.10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 สเปกตรัมของสัญญาณที่มอดูเลตกับสัญญาณหลายความถี่

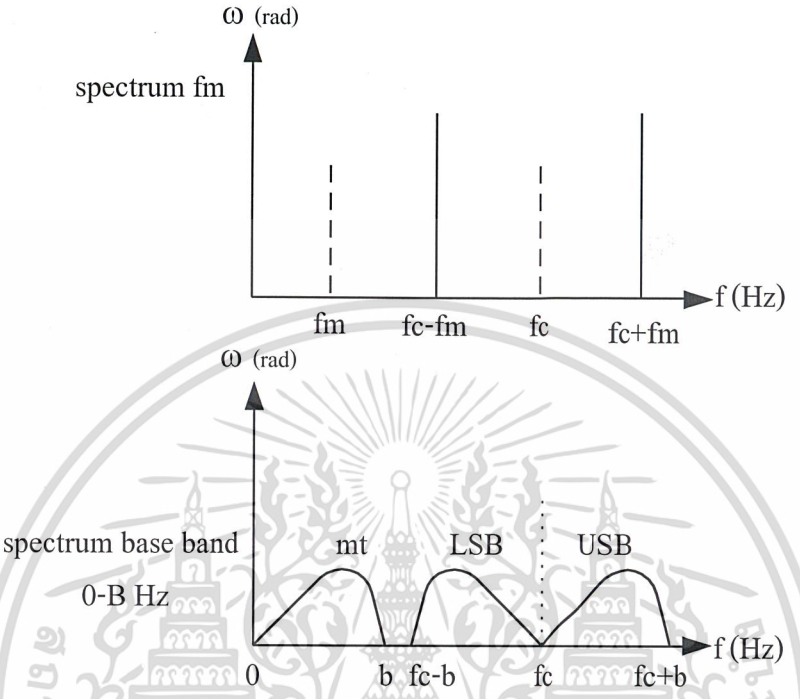
2.2.2 การมอดูเลตเอเอ็มแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห์ (Double Sideband Suppressed Carrier; DSB-SC)

เนื่องจากในการส่งสัญญาณการมอดูเลตเอเอ็มแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห์ จะต้องใช้แบนด์วิดท์และกำลังในการส่งมากสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการส่งสัญญาณและยังสูญเสียกำลังงานสัญญาณส่วนที่เป็นความถี่คลื่นพาห์ก็ไม่มีข่าวสารบรรจุอยู่ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการนำสัญญาณคลื่นพาห์ออก ซึ่งสามารถเขียนเป็น สมการได้ดังนี้ คือ

$$\begin{aligned} Vdsbsc &= Vm = Em\cos\omega mtEc\cos\omega ct \\ &= 0.5EmEc[\cos(\omega c-\omega m)t+\cos(\omega c+\omega m)] \end{aligned} \qquad (2.11)$$

เมื่อนำสมการ (2.11) มาคำนวณหาสเปกตรัมของสัญญาณจะได้ดังรูปที่ 2.8 โดยจะมีแบนด์วิดท์เท่ากับแบนด์วิดท์ของสัญญาณเอเอ็มแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห์ จากรูปเห็นได้ว่าสเปกตรัมของสัญญาณจะประกอบด้วยแท่งความถี่ที่ใช้ในการมอดูเลต (fm) แท่งความถี่คลื่นพาห์ (fc) ความถี่ด้านสูงเกิดจากการนำแท่งความถี่คลื่นพาห์ (fc) ลบด้วยแท่งความถี่ที่ใช้ในการมอดูเลต (fm) ด้านความถี่ด้านต่ำเกิดจากการนำแท่งความถี่คลื่นพาห์ (fc) บวกด้วยแท่งความถี่ที่ใช้ในการมอดูเลต (fm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



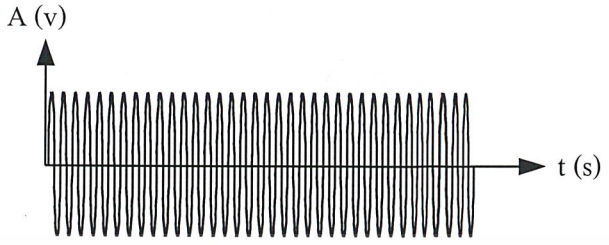
รูปที่ 2.8 สเปกตรัมของสัญญาณการมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

2.2.3 การมอดูเลตเอเอ็มแบบแถบข้างเดียวไร้คลื่นพาห์ (Single Sideband Suppressed Carrier; SSB)

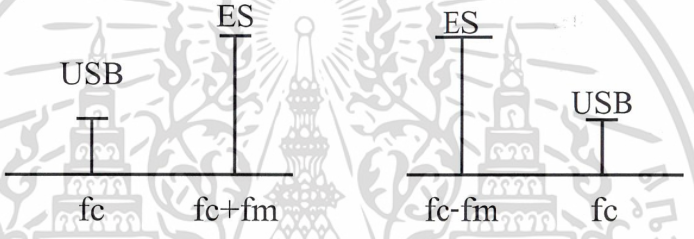
เนื่องจากข่าวสารซึ่งบรรจุอยู่ในไซด์แบนด์ทั้งสองของสัญญาณเอเอ็ม เป็นข่าวสารที่เหมือนกัน ดังนั้นสามารถส่งสัญญาณเอเอ็มเพียงไซด์แบนด์ด้านเดียวเท่านั้นก็จะได้ข่าวสารครบถ้วน และใช้กำลังในการส่งกับแบนด์วิดท์ลดลง โดยวิธีการสร้างคลื่นสัญญาณ SSB สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1) วิธีการกรอง (Filtering) ในการกรองสัญญาณ SSB ใช้สัญญาณ DSB-SC แล้วเพิ่มวงจรกรองแถบข้าง (Sideband Filter) เข้าไปในวงจรเพื่อเลือกไซด์แบนด์ด้านใดด้านหนึ่งอาจจะเป็นความถี่ด้านสูงหรือความถี่ด้านต่ำ ในรูปที่ 2.9 แสดงสัญญาณเอเอ็มแบบแถบข้างเดียวไร้คลื่นพาห์มีลักษณะคล้ายกับคลื่นพาหะ ในรูปที่ 2.10 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณเอเอ็มแบบแถบข้างเดียวไร้คลื่นพาห์ ประกอบด้วยจำนวนแท่งสเปกตรัม 2 แท่งคือ แท่งความถี่คลื่นพาห์และอีกแท่งหนึ่งเป็นความถี่ ที่เกิดจากการบวกหรือลบของแท่งความถี่ที่เกิดจากการมอดูเลต ส่วนในรูปที่ 2.11 แสดงวิธีการสร้างคลื่นสัญญาณ SSB ด้วยวิธีการกรอง

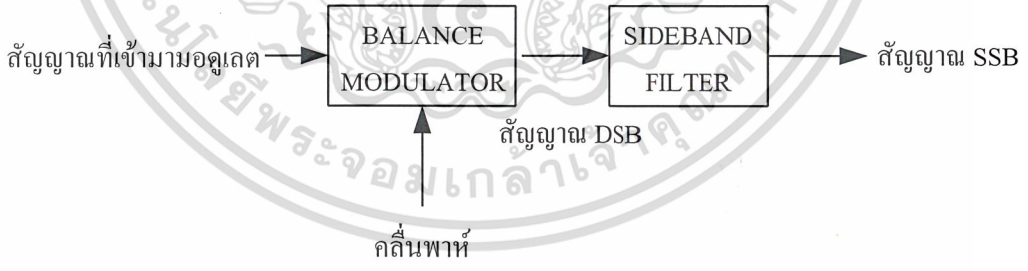
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์



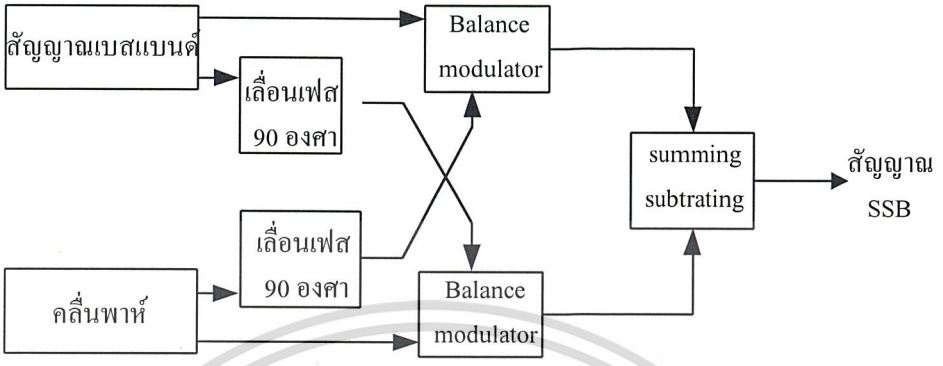
รูปที่ 2.10 สเปกตรัมของสัญญาณเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์



รูปที่ 2.11 การกำเนิดสัญญาณซิงเกิลไซด์แบนด์ด้วยวิธีการกรอง

2) วิธีการจัดเฟส (Phasing) การจัดเฟสใช้มอดูเลเตอร์แบบสมดุล (Balance Modulator; BM) 2 ตัว นำสัญญาณที่จะมอดูเลตที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา มามอดูเลตแล้วจึงนำมารวมหรือลบกันก่อนส่ง ดังแสดงดังรูปที่ 2.12 วิธีการจัดเฟสนี้ไม่ค่อยนิยมเท่ากับวิธีการกรอง โดยแบนด์วิดท์ของสัญญาณเอเอ็มแบบ SSB จะมีค่าเท่ากับ BW SSB = B โดยที่ B เท่ากับความกว้างของช่วงความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

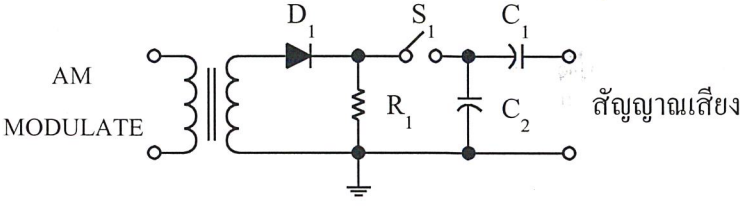


รูปที่ 2.12 การกำเนิดสัญญาณซิงเกิลไซด์แบนด์ด้วยวิธีการจัดเฟส

2.3 การดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็ม

2.3.1 การดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มแบบเต็มคลื่น (FULL AM)

วงจรดีเทคสัญญาณเอเอ็ม ที่นิยมมากที่สุดคือวงจรที่ใช้ไดโอดเพราะเป็นวงจรที่ง่าย และใช้ได้ในเครื่องรับเอเอ็มทุกชนิด จากวงจรรูปที่ 2.13 ในตอนแรกสมมติให้ S_1 เปิดวงจร ไดโอดจะนำกระแสเฉพาะในช่วงเวลาที่ขนาดของคลื่นเป็นด้านบวกเท่านั้น ทำให้เกิดพัลส์บวก คร่อม R_1 ในช่วงเวลาที่พัลส์เป็นลบไดโอดก็จะไม่นำกระแส เมื่อ S_1 เปิดวงจร C_1 จะต่อขนานกับ R_1 โดย C_1 จะถูกประจุด้วยพัลส์บวกของคลื่นและในช่วงเวลาที่ D_1 ไม่นำกระแส (พัลส์ลบเข้ามา) C_1 จะคายประจุให้แก่ R_1 เนื่องจากค่าคงตัวเวลา $R_1 C_1$ นั้นสั้น ทำให้ C_1 มีแรงดันตกคร่อมน้อย เอาต์พุตจึงปรากฏเป็นลักษณะกรอบขนาดสัญญาณ ส่วนบนมีความพลิ้ว (Ripple) ปะปนอยู่เล็กน้อย ซึ่งโดยปกติความถี่คลื่นพาห์จะสูงกว่าความถี่ของกรอบคลื่นอยู่แล้ว ดังนั้นความพลิ้วจึงไม่มีผลต่อสัญญาณที่เอาต์พุตต่อ C_2 ไว้เพื่อป้องกันแรงดันไฟกระแสตรงที่ปนมากับสัญญาณที่ดีมอดูเลตออกมา



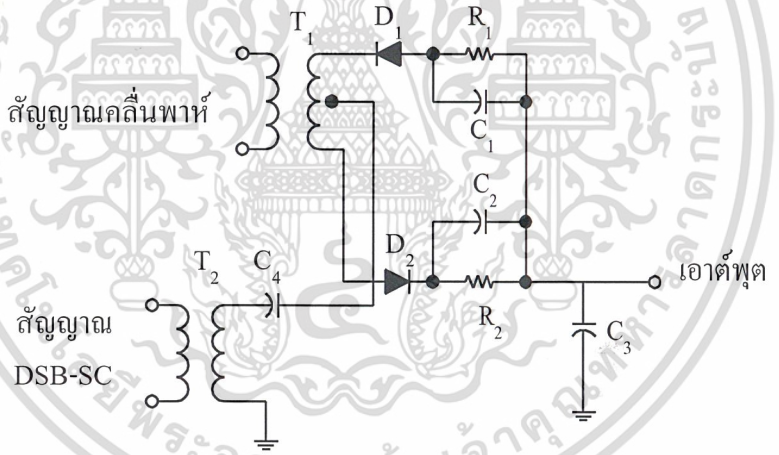
รูปที่ 2.13 การดีเทคสัญญาณ เอเอ็ม ด้วยไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห์ (Double Sideband Suppressed Carrier; DSB-SC)

การดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห์ จะใช้วงจรซิงโครนัสดีเทคเตอร์ (Synchronous detector) ในการดีมอดูเลต เนื่องจากสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห์จะมีกรอบของสัญญาณที่ไม่ใช่สัญญาณที่นำมามอดูเลตปนมาด้วย ดังนั้นจึงต้องใช้วงจรซิงโครนัสดีเทคเตอร์ ในการดีมอดูเลตสัญญาณ

จากรูปที่ 2.14 วงจรซิงโครนัสดีเทคเตอร์ จะรับอินพุตเข้ามา 2 สัญญาณ คือสัญญาณคลื่นพาห์ และสัญญาณ DSB-SC โดยสัญญาณคลื่นพาห์จะผลิตขึ้นเองทางเครื่องรับ ซึ่งความถี่ของคลื่นพาห์ที่เครื่องรับไม่จำเป็นต้องเท่ากับความถี่คลื่นพาห์ที่เครื่องส่ง แต่เฟสระหว่างเครื่องรับกับเครื่องส่งจะต้องตรงกันตลอดเวลา



รูปที่ 2.14 วงจรซิงโครนัสดีเทคเตอร์

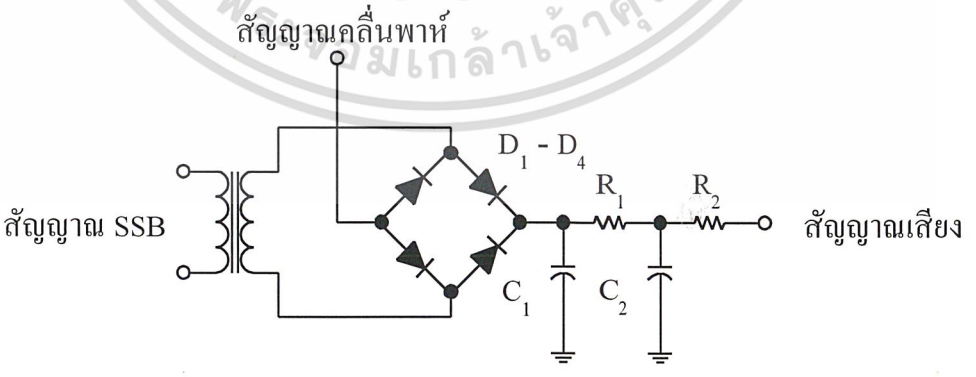
สัญญาณคลื่นพาห์จะบังคับให้ไดโอด D_1 กับ D_2 ทำงานปิดเปิดเหมือนสวิตช์ กล่าวคือ เมื่อสัญญาณคลื่นพาห์เป็นลบที่ขั้วบนของหม้อแปลง และเป็นบวกที่ขั้วล่าง ทำให้ D_1 กับ D_2 นำกระแส แต่กระแสยังคงไม่ผ่าน C_4 เพราะว่ากระแสทั้งหมดจะวนเวียนอยู่ในวงลูป D_1 กับ D_2 และ T_1 สภาวะนี้เป็นสภาวะสมดุลย์ (มีแต่คลื่นพาห์) เมื่อสัญญาณคลื่นพาห์กลับขั้ว D_1 กับ D_2 ไบแอสกลับ จึงไม่มีกระแสไหล การต่อขนานกันระหว่าง R_1 กับ C_1 และ R_2 กับ C_2 ทำหน้าที่กรองความถี่สูง ทำให้ไดโอดนำกระแสเฉพาะช่วงคลื่นแคบๆ ของคลื่นพาห์ โดย C_4 กรองสัญญาณของคลื่นพาห์ทิ้งไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่เข้ามามอดูเลตควรมีระดับสัญญาณต่ำเพื่อไม่ให้ไดโอด D_1 และ D_2 ไบแอสตรง ช่วงเวลาสัญญาณเข้ามามอดูเลตสามารถผ่านไปยัง C_4 และมีเอาต์พุตก็คือช่วงเวลาคลื่นพาห์เป็นไบแอสตรงให้ไดโอด ดังนั้นคลื่นพาห์จะเสมือนเป็นตัวสุ่มสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต สังเกตว่าคลื่นพาห์จะสุ่มตัวอย่างสัญญาณค่าบวกของสัญญาณ DSB-SC ในช่วงคลื่นที่เป็นบวกคลื่นพาห์ และสุ่มตัวอย่างค่าลบของสัญญาณ DSB-SC ในช่วงที่เป็นลบของคลื่นพาห์ ผลที่ได้จึงเป็นสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต จะเห็นว่าถ้ารูปคลื่นพาห์มีเฟสผิดพลาดตำแหน่งสุ่มตัวอย่างก็จะเลื่อนไป ทำให้ได้ค่าสัญญาณที่ผิดพลาดด้วยเหตุนี้สัญญาณคลื่นพาห์กำเนิดขึ้นใหม่จึงต้องมีเฟสตรงกับเฟสของคลื่นพาห์ที่เครื่องส่งพอดี ซึ่งเป็นข้อเสียของระบบเอเอ็มแบบ DSB-SC เพราะว่าเครื่องรับต้องใช้วงจรที่ซับซ้อนในการควบคุมเฟสและความถี่ให้ถูกต้อง

2.3.3 การดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มแบบสัญญาณแถบข้างเดียวไร้คลื่นพาห์ (Single Sideband Suppressed Carrier; SSB)

การดีมอดูเลเตอร์ต้องใช้วงจรโปรดักดีเทคเตอร์ (Product Detector) ดังในรูปที่ 2.15 ทำการผลิตสัญญาณคลื่นพาห์ขึ้นใหม่แล้วนำไปเปรียบเทียบกัน วงจรดีเทคสัญญาณ SSB อาจนำไดโอดมาต่อเป็นมอดูเลเตอร์ได้ โดยมีสัญญาณคลื่นพาห์ที่สร้างขึ้นจากวงจรบีทฟรีเควนซี่ออสซิลเลเตอร์ (Beat frequency oscillator; BFO) ป้อนให้ที่จุดกึ่งกลางของหม้อแปลง ส่วนสัญญาณ SSB ป้อนเข้าที่ขดทุติยภูมิ สัญญาณที่รวมกันจะตกคร่อมที่ไดโอด ถ้าคลื่นพาห์มีความถี่ผิดพลาดจากคลื่นพาห์เดิม ที่เครื่องส่งไม่เกิน 50 เฮิรตซ์ โดยวงจร R_1, R_2, C_1, C_2 เป็นวงจรกรองความถี่สูงทิ้งไปยอมให้เหลือเฉพาะสัญญาณเสียงผ่านไปได้



รูปที่ 2.15 วงจรโปรดักดีเทคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS –51

2.4.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS –51

1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ซีพียูขนาด 8 บิต

2) ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง

3) หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม

4) ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทางสามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต

5) มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)

6) ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว

7) สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท

8) สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

9) มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป

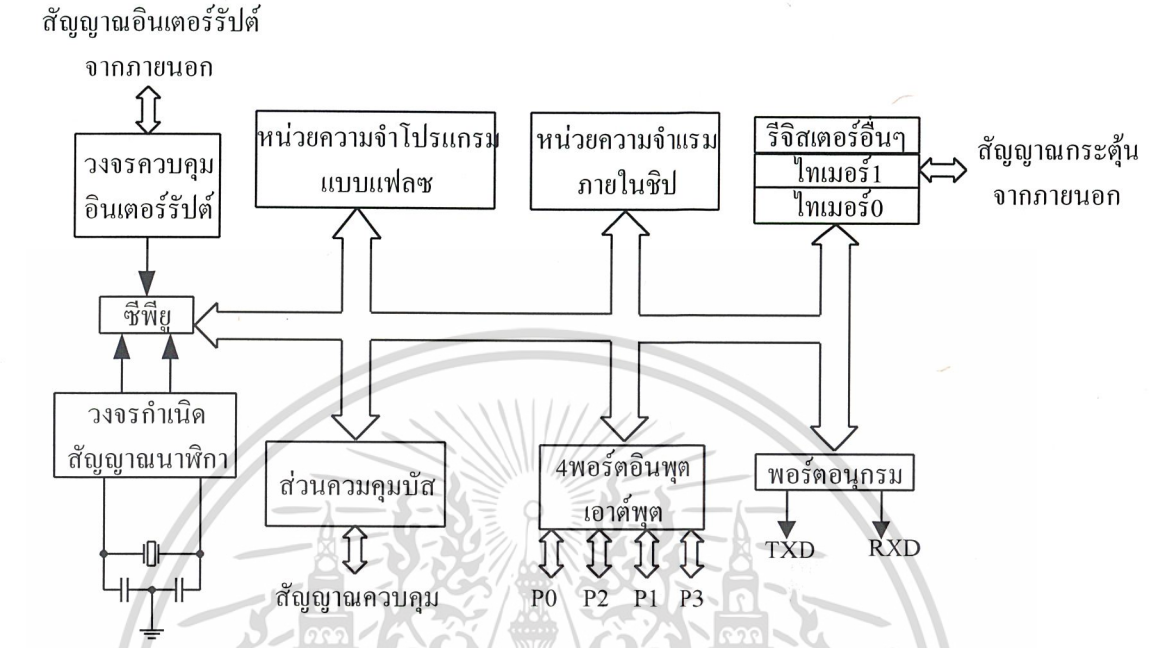
10) มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89SXX

11) มีวอตช์ด็อก (Watchdog) ไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89SXX

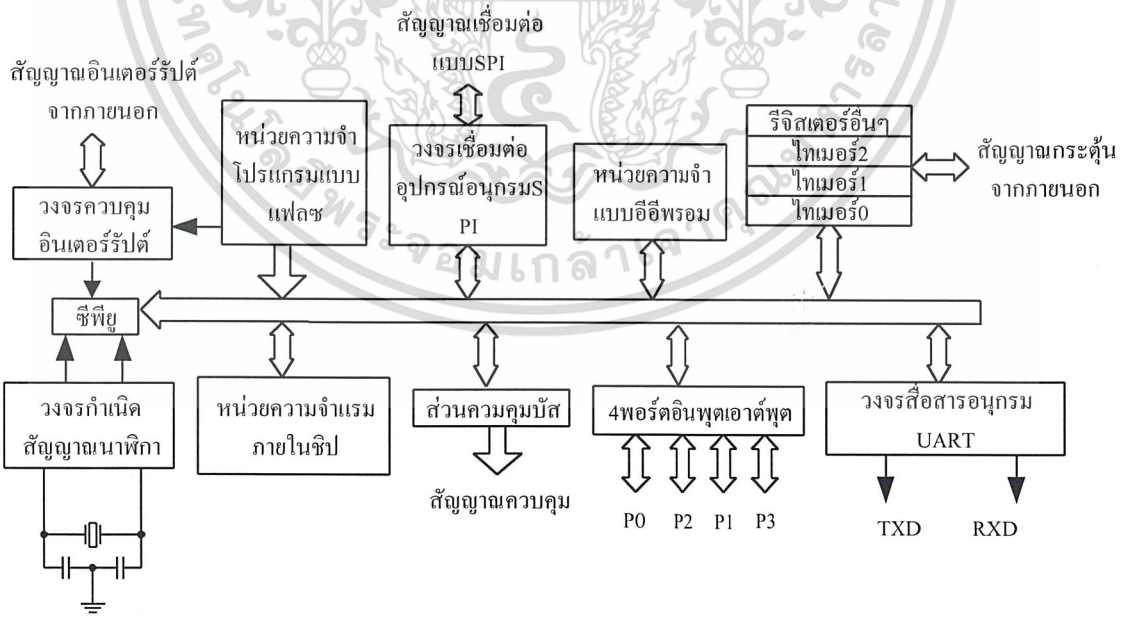
ในรูปที่ 2.16 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของ AT89CXX เหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐานแตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม AT89SXX หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอม ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานของอนุกรม AT89SXX จะเห็นได้ว่ามีส่วนประกอบที่เพิ่มเติมแตกต่างจาก AT89CXX อาทิ เช่น วงจรเชื่อมต่ออนุกรมแบบ SPI ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรมใช้ในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรม โดยไม่ต้องถอดตัวชิปออกหรือเรียกว่าการโปรแกรมในวงจร ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตที่เพิ่มเติมเข้ามาอีกหนึ่งตัวเป็นไทเมอร์ 2 และวงจรวอตช์ด็อกที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดของซีพียู

ในรูปที่ 2.17 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89SXX มีส่วนประกอบของโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรมAT89CXX เช่น วงจรควบคุมอินเตอร์รัปต์ ซีพียู วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ส่วนควบคุมบัส หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม SPI หน่วยความจำแบบอีอีพรอม โดยเพิ่มไทเมอร์ 2 เข้าไป และในส่วนที่แตกต่างกันก็คือ วงจรวอตช์ด็อก หน่วยความจำแรมภายในชิป มี 4 พอร์ตอินพุตและ 4 พอร์ตเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรมAT89CXX



รูปที่ 2.17 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89SXX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยขาใช้งานต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขา VCC ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V

ขา GND เป็นขากราวด์

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อ ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วยเพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89SXX จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และP1.1 เป็นค่าอินพุตทริกเกอร์ของ ไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูล

ขาพอร์ต 2 (P2.0-2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการติดต่อ ส่งผลให้พอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอยจึงมีอิมพีแดนซ์สูง

นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา สามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการ ส่งผลให้พอร์ตนั้นมีสถานะลอยอยู่ จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นทำหน้าที่พิเศษมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือ ขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือ ขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{\text{INT0}}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{\text{INT1}}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T1

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก ขารีเซ็ต (Reset) ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซ็ตอย่างน้อย 2 แมกชีนไซเกิล (Machine Cycle) โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

ขา ALE/$\overline{\text{PROG}}$ (Address Latch Enable/Program input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ (Latch) ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำเป็นแบบอีพรอม

ขา (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเกิล แต่ถ้าหาก ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

ขา EA / Vpp (External Access enable / Program voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็นลอจิก “0” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแต่ถ้าหากขานี้เป็นลอจิก “1” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้แล้ว ที่ขานี้ยังเป็นขาอินพุตสำหรับรองรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดัน +12 โวลต์ สำหรับการโปรแกรม

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.3 การทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถทำให้เป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้า และเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีวงจรแลตซ์และวงจรขับตลอดจนบัฟเฟอร์อินที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสำหรับงานทั่วไป และใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขา นอกจากจะใช้เป็นขาอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

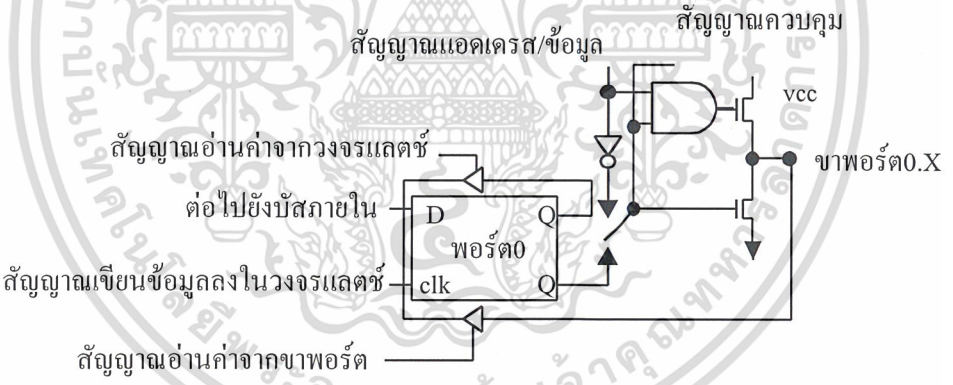
43201

เอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีกขึ้นอยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แบบแฟลชเบอร์ใด

ในรูปที่ 2.18 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ในส่วนของแต่ละพอร์ตคือ วงจรฟลิปฟลอปนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและวงจรแลตช์สามารถกระทำได้ อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิปฟลอป ขณะที่ข้อมูลจะผ่านเข้ามาทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิปฟลอป

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่าต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

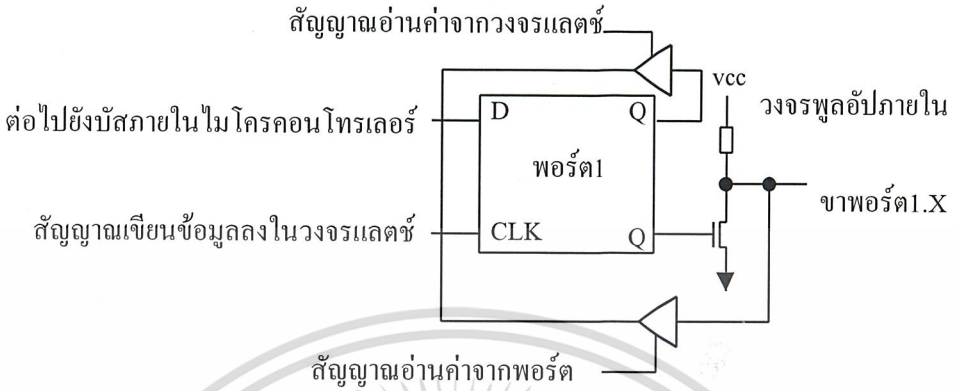
จากขาพอร์ต 0 ในรูปที่ 2.18 ไม่มีวงจรพูลอัพ (Pull Up) ภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต จะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย



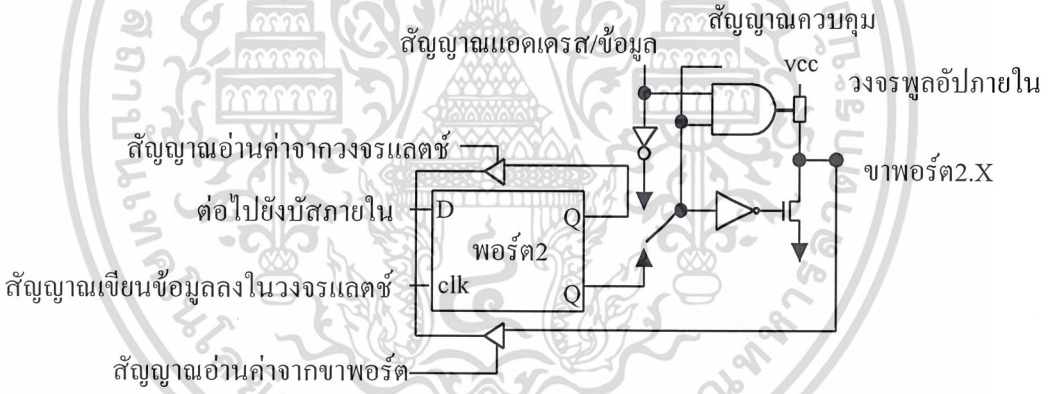
รูปที่ 2.18 วงจรของพอร์ต 0

ในรูปที่ 2.19 เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งลักษณะคล้ายพอร์ต 0 หากแต่มีวงจรมัลติเพล็กซ์เนื่องจากจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัพภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน รายละเอียดของวงจรพูลอัพ แสดงดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



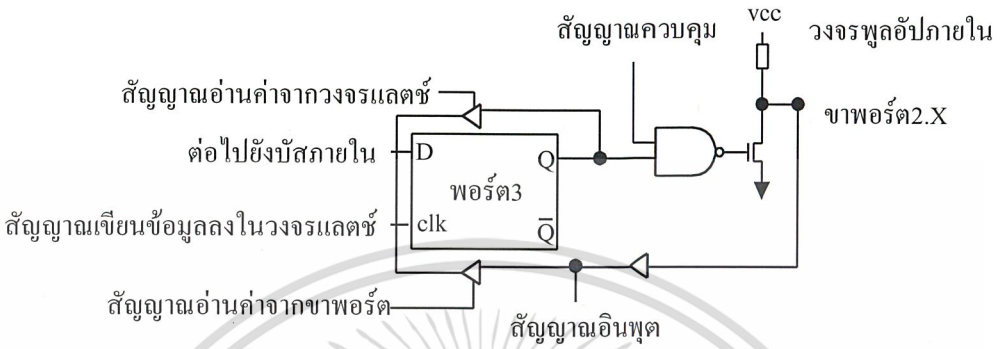
รูปที่ 2.19 วงจรของพอร์ต 1



รูปที่ 2.20 วงจรของพอร์ต 2

ส่วนในรูปที่ 2.21 เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาต์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชั่นพิเศษ เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกสาขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 วงจรของพอร์ต 3

2.4.4 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

พอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถเป็นทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มด้วยการเขียนข้อมูลลอจิก "1" มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัพภายใน ส่งผลให้พอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น "1" สามารถรับสัญญาณลอจิก "0" จากอุปกรณ์ภายนอก สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต ทำการรอให้ซีพียูมาอ่านค่า อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก "0" เพื่อให้ง่ายต่อการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ขา	เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	AT89C52/AT89Sxx	ขา T2เป็นขาอินพุตนับค่าของไทเมอร์/เคาน์เตอร์2
P1.1	T89C52/AT89Sxx	ควบคุมทิศทางของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ขา	เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.4	AT89Sxx	ขา $\overline{SS}$ เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สเลฟในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	AT89Sxx	ขา MOSI ใช้ในการติดต่อ SPI
P1.6	AT89Sxx	ขา MISO ใช้ในการติดต่อ SPI
P1.7	AT89Sxx	ขา SCK เป็นขาสัญญาณนาฬิกาใช้ในการติดต่อ SPI

2.4.5 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว สามารถส่งข้อมูลได้ง่าย เมื่อต้องการส่งข้อมูล “0” ก็ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังวงจรแลตช์ส่งต่อไปขับเฟตให้ทำงาน ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก “0” ในทางตรงข้ามหากต้องการส่งข้อมูล “1” ออกไป ก็ให้ทำการเขียนข้อมูล “1” ออกไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงานทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัพภายในเกิดเป็นลอจิก “1” ที่ขาพอร์ตนั้น โดยที่อินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุตเมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตแต่ละขาของพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแส หรือที่เรียกว่ากระแสซอร์ส ได้สูงสุด 10 มิลลิแอมแปร์ ทั้ง 8 บิต 26 มิลลิแอมแปร์ สำหรับพอร์ต 0 และ 15 มิลลิแอมแปร์ สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานพอร์ตเอาต์พุตทุกพอร์ตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 มิลลิแอมแปร์ ดังนั้นการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสจึงควรต่อบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุต

2.4.6 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต

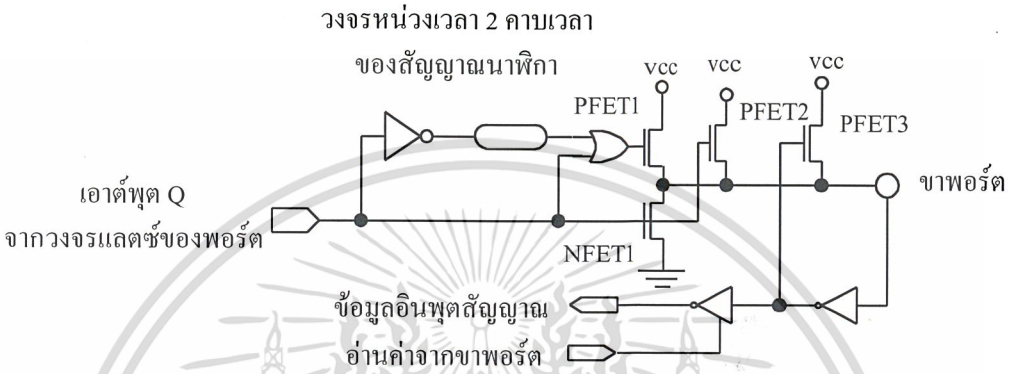
ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตได้ 2 ลักษณะคือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรง และอ่านจากวงจรแลตช์

ในกรณีที่พอร์ตต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็น และขาอิมิตเตอร์ต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล “1” ไปยังทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน สถานะลอจิกที่ขาพอร์ตนั้นจะเป็น “0” เนื่องจากมีผลตรงข้ามกับลอจิกที่ส่งออกมา แต่ถ้าหากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 การจัดการหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51 แบบแฟลช

ในรูปที่ 2.22 แสดงวงจรพูลอัพภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ซึ่งอินพุตเป็นสัญญาณที่เข้ามาจากวงจรแลตช์ และมีข้อมูลสัญญาณอินพุตใช้อ่านค่าจากขาพอร์ต

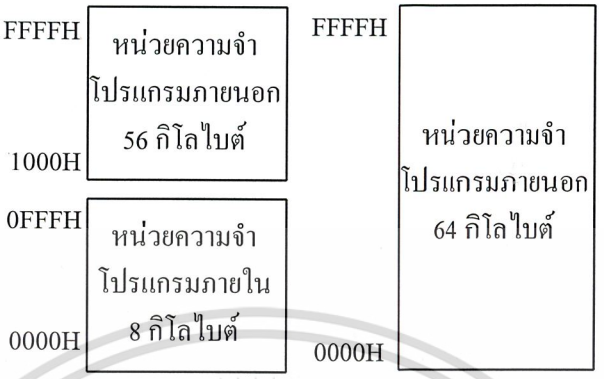


รูปที่ 2.22 วงจรพูลอัพภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในรูปที่ 2.23 และ 2.24 แสดงการจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในเบอร์ต่างๆ อาทิเช่น AT89C51 และ AT89C52 ทั้งสองเบอร์สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในอย่างเดียวหรือรวมกับภายนอกหรือใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกอย่างเดียวก็ได้ ดังในรูปที่ 2.23 ภายใน AT89C51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์ ในขณะที่ AT89C52 จะมีขนาด 8 กิโลไบต์

รูปที่ 2.23 การจัดการหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 การจัดการหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์AT89C52

ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกรวมกันหากใช้ AT89C51 สามารถติดต่อหน่วยความจำภายนอกได้ 60 กิโลไบต์ และถ้าใช้ AT89C52 จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 56 กิโลไบต์

หน่วยความจำโปรแกรมใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมการทำงานหรือที่เรียกว่าโปรแกรมมอนิเตอร์ หากใช้หน่วยความจำภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิดอีพรอมสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

1) หน่วยความจำโปรแกรมมีแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000H เมื่อซีพียูได้รับการรีเซ็ตให้เริ่มต้นทำงานจะต้องมาเริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H เสมอในพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตามต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภท ประเภทละ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

1.1) พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0003H

1.2) พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000BH

1.3) พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอกกำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013H

1.4) พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 001BH

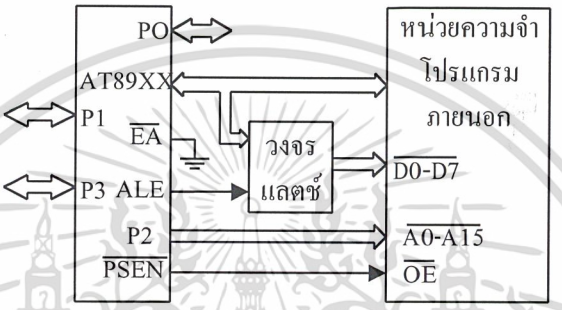
1.5) พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารกำหนดไว้ที่แอดเดรส 0023H

1.6) พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002BH

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมให้ต่อกับแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

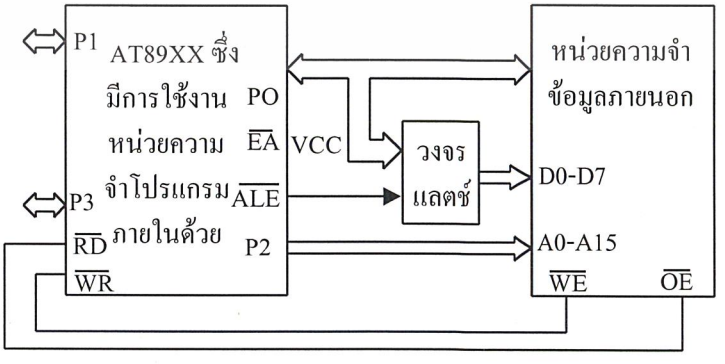
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.25 ขาพอร์ต P0.0-P0.7 ใช้เป็นขาข้อมูล D0-D7 และขาแอดเดรสไบต์ต่ำโดยผ่านวงจรแลตช์ซึ่งปกติใช้ไอซีเบอร์ 74H573 และใช้สัญญาณ ALE และ PSEN ในการเลือกใช้ขา P0.0-P0.7 เพื่อเป็นขาข้อมูลหรือขาแอดเดรส ในขณะที่ P2.0-P2.7 ใช้ในการเชื่อมต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูง A8-A15 ดังนั้นเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะเหลือขาพอร์ตเพียง 16 บิตที่ขา P1.0-P1.7 และ P3.0-P3.7



รูปที่ 2.25 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51

2) หน่วยความจำข้อมูลมีทั้งหมด 2 แบบ คือหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์และภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89XX สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ในรูปที่ 2.26 จะเห็นได้ว่ามีลักษณะคล้ายกับการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แตกต่างที่มีสัญญาณที่ใช้สำหรับการอ่านและเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกนั้นคือขา $\overline{RD}$ และ $\overline{WR}$



รูปที่ 2.26 หน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89XX ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในแบบแรม แต่ละเบอร์จะมีขนาดแตกต่างกันไป ในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ ในการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งได้ 3 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง ส่วนบน และรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register; SFR) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ ดังในรูปที่ 2.27

รูปที่ 2.27 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกัน จึงดูเหมือนว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำข้อมูลภายใน 384 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H-7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อมสำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH สามารถเข้าถึงแบบโดยอ้อมเท่านั้น ขณะที่รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH เข้าถึงแบบโดยตรง เพื่อความสะดวกและง่ายจึงควรใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์ จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างกับรีจิสเตอร์ SFR

รูปที่ 2.28 แสดงการจัดสรรข้อมูลส่วนล่างหน่วยความจำ 32 ไบต์ ตำแหน่งต่ำสุดที่แอดเดรส 00H-1FH แบ่งเป็น 4 กลุ่มเรียกว่า 4 แบงก์ แต่ละแบงก์มีรีจิสเตอร์ 8 ตัวคือ R0-R7 การติดต่อหน่วยความจำแบงก์ใดให้กำหนดที่รีจิสเตอร์ PSW

หน่วยความจำข้อมูล 16 ไบต์ ถัดมาที่แอดเดรส 20H-2FH สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต และหน่วยความจำที่เหลือ 80 ไบต์จะต้องแบ่งส่วนหนึ่งเป็นพื้นที่ของสแต็ก (Stack)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51

ในรูปที่ 2.29 แสดงโครงสร้างของหน่วยความจำส่วนบนมีลักษณะคล้ายกับหน่วยความจำส่วนล่าง หากแต่ใน 80 ไบต์บนไม่จำเป็นต้องสำรองไว้สำหรับสแต็กและต้องเข้าถึงโดยอ้อมเท่านั้น

CY : แฟลกทด (Carry Flag) เป็น “1” การกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิก แล้วค่าของแอกคิวมูเลเตอร์เกิน 255 (ฐานสิบ)

AC : แฟลกทดเสริม (Auxiliary Carry Flag) เป็น “1” เมื่อมีการกระทำทางคณิตศาสตร์แล้วทำให้เกิดการทดข้าม บิตที่ 3 มายังบิตที่ 4 มักใช้ในการแปลงค่าเป็นเลขฐานสิบ

FO : แฟลกใช้งานทั่วไปผู้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าที่บิตนี้แล้วไม่ว่าจะกระทำคำสั่งใดๆ ที่บิตนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

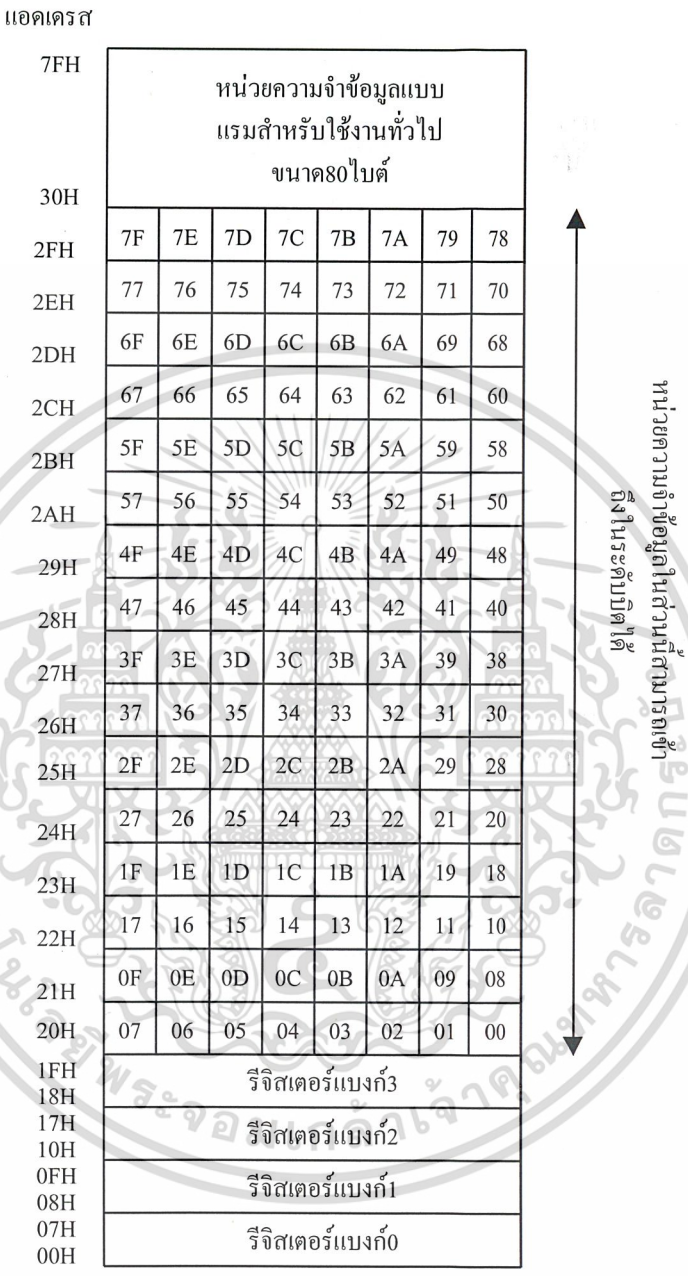
RS1 : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ (Register Select 1) ใช้งานร่วมกับบิต RS0 เพื่อเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์ R0-R7

RS0 : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ (Register Select 0) ใช้งานร่วมกับบิต RS1 เพื่อเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์ R0-R7

OV : บิตเกิน (Overflow) เป็น “1” เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ และลอจิก ทำให้เกิดการทดข้ามบิต 6 มายังบิต 7 แอกคิวมูเลเตอร์เกิน 127 (ฐานสิบ) นอกจากนั้นยังแสดงค่าลบด้วย

P : บิตพาริตี้ (Parity) ใช้ในการตรวจสอบจำนวนค่า “1” ภายในแอกคิวมูเลเตอร์ ถ้าค่าในแอกคิวมูเลเตอร์ที่เป็นหนึ่งรวมกันเป็นเลขคู่ บิตนี้จะเป็น “0” ถ้ารวมกันเป็นเลขคี่บิตนี้จะเป็น “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51

2.4.8 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ

รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีอยู่ด้วยกัน 22 ตัว สำหรับเบอร์ AT89C51 และ 28 ตัวในเบอร์ AT89C52 และอนุกรม AT89SXX ทั้งนี้เนื่องจากใน AT89C52 และอนุกรม AT89SXX มีจำนวนไทเมอร์เคาน์เตอร์มากกว่า AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H-FFH ในพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สามารถเข้าถึงได้โดยตรง ในรูปที่ 2.30 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัวของหน่วยความจำของมูลส่วนบน

แอดเดรส									
FFH									
F0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	รีจิสเตอร์ B
E0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	รีจิสเตอร์ ACC
D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	—	D0	รีจิสเตอร์ PSW
B8H	—	—	—	D4	D3	D2	D1	D0	รีจิสเตอร์ IP
B0H	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	รีจิสเตอร์ P3
A8H	D7	—	—	D4	D3	D2	D1	D0	รีจิสเตอร์ IE
99H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ P2
98H	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0	รีจิสเตอร์ SBUF
90H	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	รีจิสเตอร์ SCON
8DH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ P1
8CH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TH1
8BH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TH0
8AH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TL1
89H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TL0
88H	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0	รีจิสเตอร์ TMOD
87H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TCON
87H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ PCON
83H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ DPH
82H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ DPL
81H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ SP
80H	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	รีจิสเตอร์ PO

รูปที่ 2.30 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ SFR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถที่จะเข้าถึงได้ในระดับบิต จึงสามารถกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ มีแอดเดรสอยู่ที่ D0H ทำหน้าที่เก็บสถานะการทำงานของโปรแกรมในขณะนั้นจะเรียกสถานะต่างๆ ของโปรแกรมว่าแฟลกเมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการปรากฏที่บิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ PSW รายละเอียดแต่ละบิตใน PSW จะเห็นได้ว่านอกจากรีจิสเตอร์ PSW เก็บสถานะของโปรแกรมแล้ว ที่บิต RS0 และ RS1 ยังใช้ในการเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างซึ่งเป็นพื้นที่ของ R0-R7 โดยปกติแล้วการใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 มักนิยมใช้แบงก์ 0 เป็นอันดับแรก หากไม่เพียงพอจึงเลือกใช้แบงก์อื่นๆ ต้องระวังในการกำหนดค่า มิฉะนั้นการเขียนโปรแกรมจะเกิดความสับสน การกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ PSW เพื่อเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 ควรกำหนดไว้ที่ตอนต้นของโปรแกรม เพื่อจะได้เขียนโปรแกรมติดต่อกับรีจิสเตอร์ R0-R7 ได้อย่างสะดวก

3) แอกคิวมูเลเตอร์

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ให้แก่ซีพียูเพื่อทำการประมวลผลต่อไป อาจเรียกว่ารีจิสเตอร์ A สามารถเข้าถึงระดับบิตได้

4) รีจิสเตอร์ B

มีขนาด 8 บิตมีแอดเดรสอยู่ที่ F0H มีหน้าที่พิเศษคือ หากต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ ต้องนำข้อมูลคูณหรือหารมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B แล้วจึงกระทำคำสั่งคูณหรือหารกับค่าในรีจิสเตอร์ A ต่อไป

5) โปรแกรมเคาน์เตอร์

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปของซีพียูจะต้องไปทำงาน รีจิสเตอร์ PC เป็นรีจิสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรไว้รวมกับรีจิสเตอร์ SFR ตัวอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงค่าของรีจิสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรมที่ผู้เขียนกำหนด รีจิสเตอร์ PC มีความสำคัญมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมว่าดำเนินไปตามขั้นตอนหรือไม่

6) สแต็กพอยน์เตอร์

มีขนาด 8 บิตมีแอดเดรสอยู่ที่ 81H ใช้ในการเก็บค่าตำแหน่งของตัวชี้สแต็ก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย เมื่อมีการรีเซ็ตเกิดขึ้นค่าของรีจิสเตอร์ SP จะเท่ากับ 07H ดังนั้นแอดเดรสของพื้นที่ที่สำรองทำหน้าที่เป็นสแต็กจะเท่ากับ 08H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) รีจิสเตอร์ชี้ข้อมูล หรือดาต้าพอยน์เตอร์

มีขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์สูง และชี้ข้อมูลไบต์ต่ำแต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82H สำหรับ DPL และ 83H สำหรับ DPH รีจิสเตอร์ DPTR ใช้ในการเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย

8) รีจิสเตอร์พอร์ต

มีขนาด 8 บิต ใช้เก็บข้อมูลแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ มี 4 ตัวคือ รีจิสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H, รีจิสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H, รีจิสเตอร์พอร์ต 2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0H และรีจิสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจิสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต

9) รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ส่งออก หรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมโดยภายในรีจิสเตอร์ SBUF จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลและรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งไปยังรีจิสเตอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ การรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านทางขา RxD หรือ P3.0

10) รีจิสเตอร์ไทเมอร์

มีขนาด 16 บิต แบ่งเป็นไบต์สูง และไบต์ต่ำใช้เก็บค่าของตัวนับเพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา จับเวลา หรือนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายในแบ่งเป็น T0 หรือ T1 ในรีจิสเตอร์ยังแบ่งออกได้เป็นรีจิสเตอร์ไทเมอร์ไบต์ต่ำ (TL) และไทเมอร์ไบต์สูง (TH) โดยรีจิสเตอร์ TL0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH รีจิสเตอร์ TH0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH ในขณะที่ TL1 และTH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH และ 8DH สำหรับเบอร์ AT89C52, AT89SXX มีรีจิสเตอร์ไทเมอร์เคาน์เตอร์ถึง 3 ตัว โดยมีรีจิสเตอร์ TL2 และ TH2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0CCH และ 0CDH

11) รีจิสเตอร์แคปเจอร์

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตมีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C52 และ AT89SXX เนื่องจากต้องใช้ร่วมกับไทเมอร์เคาน์เตอร์ 2 โดยรีจิสเตอร์แคปเจอร์นี้แบ่งออกเป็นไบต์ต่ำคือ RCAP2L มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CAH และไบต์สูงคือ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CBH รีจิสเตอร์แคปเจอร์จะถูกใช้งานเมื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดแคปเจอร์ สามารถใช้งานได้เมื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดแคปเจอร์ซึ่งเป็นโหมดที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะทางลอจิกที่ขา T2EX เพื่อประโยชน์ในการวัดคาบความถี่ และการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพัลส์ที่ขา T2EX

12) รีจิสเตอร์ควบคุม

รีจิสเตอร์ PCON เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรม และกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน

รีจิสเตอร์ TCON และ T2CON ใช้สำหรับการควบคุมการทำงานของไทเมอร์เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ T2CONใช้สำหรับไทเมอร์เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช AT89C52 และในอนุกรม AT89SXX

รีจิสเตอร์ TMOD และ T2MOD กำหนดลักษณะการทำงานของไทเมอร์เคาน์เตอร์ โดย T2MOD ใช้สำหรับไทเมอร์เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช AT89C52 และในอนุกรม AT89SXX

13) รีจิสเตอร์ IE และ IP

เกี่ยวข้องกับการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ โดย IE เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเอ็นเอเบิลใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองของการอินเตอร์รัปต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจิสเตอร์กำหนดลำดับความสำคัญการตอบสนองของการอินเตอร์รัปต์จะให้ซีพียูตอบสนองการเกิดอินเตอร์รัปต์ในลักษณะใดก่อนหรือหลัง

2.5 พอร์ตขนาน (Parallel Port)

การประมวลผลข้อมูลเพื่องานควบคุมนั้น สิ่งแรกจะต้องมีส่วนของสัญญาณอินพุตซึ่งอาจจะมาจากตัวตรวจจับต่างๆ ผ่านวงจรภาคหน้าเพื่อเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณอินพุตให้เหมาะสมกับการเชื่อมต่อเข้าคอมพิวเตอร์ เมื่อข้อมูลอินพุตถูกส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้วคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้มาเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมก่อนที่จะส่งออกไปยังภายนอกผ่านอุปกรณ์เอาต์พุต ซึ่งอาจจะเป็นการส่งออกไปยังจอภาพหรือส่งออกไปยังจุดเชื่อมต่ออื่นๆ เพื่อควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุตต่อไป การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกทั้งส่วนของภาคอินพุตและภาคเอาต์พุตสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1) เชื่อมต่อผ่านทางการ์ดอินพุต และเอาต์พุต ซึ่งใช้วิธีการเสียบหรือติดตั้งการ์ดลงในสล็อต (Slot) ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์

2) เชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรม

3) เชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เชื่อมต่อผ่านระบบมาตรฐานอื่น เช่น พอร์ต USB (Universal Serial Bus), พอร์ต SCSI หรือพอร์ต GAME เป็นต้น

เมื่อเทียบกับการใช้งานการ์ดอินพุตเอาต์พุตที่ต้องติดตั้งอยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว พอร์ตขนานมีข้อได้เปรียบอยู่หลายประการดังนี้

1) ในด้านความปลอดภัย การที่ต้องถอดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์ออกมาเพื่อเสียบการ์ดเชื่อมต่อลงในสล็อตของคอมพิวเตอร์ อาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับส่วนอื่นๆ ของคอมพิวเตอร์ได้ถ้าผู้ที่ใช้งานไม่มีความชำนาญหรือเกิดการต่อวงจรที่ผิดพลาด

2) ในด้านการเข้ากันได้กับคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ การเชื่อมต่อโดยใช้การ์ดที่เสียบลงในสล็อตไม่สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันได้ทุกรุ่น ยกตัวอย่างเช่น คอมพิวเตอร์พกพาจะไม่มีสล็อตเสียบแต่ จะมีที่เสียบการ์ด PCMCIA แทน ในขณะที่พอร์ตขนานจะมีติดตั้งอยู่ในคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องทั้งนี้เพื่อใช้ในการติดต่อกับเครื่องพิมพ์

3) ข้อจำกัดด้านพื้นที่ คอมพิวเตอร์บางเครื่องมีการเสียบการ์ดเชื่อมต่อตัวอื่นๆ อยู่แล้ว อาทิเช่น การ์ดเสียง การ์ดโมเด็ม เป็นต้นจนไม่มีสล็อตเหลือพอสำหรับการเสียบการ์ดเชื่อมต่อเพิ่มเติม

4) ความสะดวกในการใช้งาน การเชื่อมต่อทางพอร์ตขนานสามารถทำได้ง่ายๆ เพียงต่อสายสำหรับเชื่อมต่อเข้ากับคอนเน็คเตอร์ DB-25 ของพอร์ตขนาน

5) จำนวนช่องสัญญาณอินพุต พอร์ตขนานมีจำนวนพอร์ตอินพุตเอาต์พุตมากพอที่จะนำไปใช้งานต่างๆ และยังสามารถขยายให้มีจำนวนพอร์ตเพิ่มขึ้นได้ โดยพอร์ตขนานปกติมีจำนวนขาเอาต์พุต 12 ขาและขาอินพุต 5 ขา

6) ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลกับพอร์ตขนาน มีความเร็วเท่ากับการติดต่อกับระบบบัสโดยตรง และมีความเร็วมากกว่าการติดต่อผ่านทางอนุกรม อะไหล่ และชิ้นส่วนประกอบคอนเน็กเตอร์และสายเชื่อมต่อต่างๆ ของการเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตขนานหาได้ง่ายและราคาไม่แพง หรือจะสร้างขึ้นเองก็สามารถทำได้ง่าย

จากคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นทำให้พอร์ตขนานเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานการเชื่อมต่อทางคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อควบคุมสัญญาณข้อมูล นอกจากนั้นหากนำคุณสมบัติของการเขียนโปรแกรมง่ายๆ ผ่านระบบปฏิบัติการวินโดวส์ด้วยโปรแกรมแบบต่างๆ ก็จะสามารถสร้างระบบการเชื่อมต่อที่สมบูรณ์ และใช้งานได้ไม่ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ความรู้เบื้องต้นของพอร์ตขนาน

พอร์ตขนาน สาเหตุที่มีชื่อนี้เนื่องจากการถ่ายทอดข้อมูลของพอร์ตนี้เป็นแบบขนาน สำหรับชื่อเรียกอีกชื่อของพอร์ตขนานคือ พอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer Port) เนื่องจากพอร์ตนี้ใช้สำหรับต่อเครื่องพิมพ์

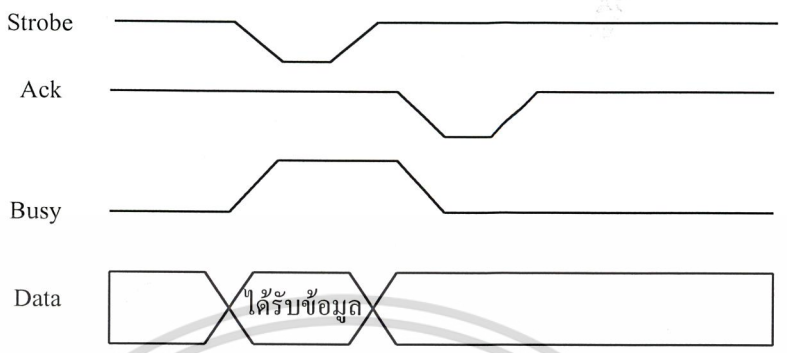
ด้วยการถ่ายทอดข้อมูลแบบขนานนี้เอง ทำให้พอร์ตขนานมีอัตราการถ่ายทอดข้อมูลสูงกว่าการถ่ายทอดข้อมูลแบบอนุกรมประมาณ 8-10 เท่า และการประมวลผลข้อมูลส่วนใหญ่จะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นพอร์ตขนานจึงสามารถรองรับการถ่ายทอดข้อมูลขนาด 8 บิต ได้โดยไม่ต้องต่อส่วนเพิ่มเติมใดๆ

2.6.1 ลักษณะทางกายภาพของพอร์ตขนาน

เพื่อให้เข้าใจถึงการนำเอาพอร์ตขนานไปใช้งาน ต้องทำความใจก่อนว่าปกตินั้นการสั่งพิมพ์งานจากคอมพิวเตอร์ไปยังพอร์ตขนานนั้นมีรูปแบบการทำงานอย่างไร ในรูปที่ 2.31 แสดงแผนผังเวลาของการติดต่อระหว่างพอร์ตขนานกับเครื่องพิมพ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีสัญญาณที่ใช้งานจริงๆ ไม่มาก เริ่มจากสัญญาณพอร์ต Data ถูกส่งออกไปยังเครื่องพิมพ์พร้อมทั้งส่งสัญญาณ Strobe ออกไปด้วยเพื่อให้เครื่องพิมพ์รับรู้ว่ามีการส่งข้อมูลใหม่มาที่ขา Data แล้วจากนั้นคอมพิวเตอร์จะต้องรอการตอบกลับจากเครื่องพิมพ์ นั้นคือเครื่องพิมพ์จะต้องสร้างสัญญาณ Busy เพื่อบอกว่าเครื่องพิมพ์ยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลใหม่ เมื่อเครื่องพิมพ์พร้อมเครื่องพิมพ์จะสร้างสัญญาณ ACK (acknowledge) ส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแจ้งว่าพร้อมจะรับข้อมูลใหม่

สัญญาณข้อมูลขนาด 8 บิต, สัญญาณ Strobe และสัญญาณ ACK เป็นสัญญาณที่สำคัญในการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ นอกจากสัญญาณทั้งสามแล้วส่วนใหญ่การติดต่อกับเครื่องพิมพ์ยังต้องมีสัญญาณอื่นๆ ร่วมด้วยเนื่องจากเครื่องพิมพ์ต้องทำหน้าที่ถึง 3 อย่างด้วยกัน คือ รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์, พิมพ์ข้อมูลที่รับเข้ามา และตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้ข้อมูล (เนื่องจากเครื่องพิมพ์เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานทางกลย่อมทำงานได้ช้ากว่าการส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์) เครื่องพิมพ์จะต้องแจ้งไปยังคอมพิวเตอร์ว่าให้หยุดส่งข้อมูลชั่วคราวเนื่องจากไม่สามารถรับข้อมูลมากกว่านี้ แล้วสัญญาณที่ส่งจากเครื่องพิมพ์ไปยังคอมพิวเตอร์คือสัญญาณ Busy และเมื่อเครื่องพิมพ์เกิดข้อผิดพลาด เช่น กระดาษติด เครื่องพิมพ์จะต้องแจ้งไปยังคอมพิวเตอร์ เช่นกัน โดยสัญญาณที่แจ้งไปยังคอมพิวเตอร์เรียกว่าสัญญาณ Error นอกจากนี้เมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการรีเซ็ตเครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์จะต้องส่งสัญญาณรีเซ็ตไปยังเครื่องพิมพ์เพื่อรีเซ็ตเครื่องพิมพ์ด้วย สามารถสรุปสัญญาณที่จำเป็นสำหรับการติดต่อในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 ผังเวลาของการติดต่อระหว่างพอร์ตขนานกับเครื่องพิมพ์

ตารางที่ 2.2 สัญญาณต่างๆ ของพอร์ตขนานที่ใช้ติดต่อกับเครื่องพิมพ์

สัญญาณ	หน้าที่การงาน	ปลายทาง
ข้อมูล 8 บิต	ข้อมูลที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์	คอมพิวเตอร์
Strobe	แจ้งเครื่องพิมพ์ถึงข้อมูลที่ส่งมาใหม่	คอมพิวเตอร์
Acknowledge	เครื่องพิมพ์แจ้งมายังคอมพิวเตอร์ว่าได้รับข้อมูล	เครื่องพิมพ์
Busy	แจ้งสถานะว่าเครื่องพิมพ์ไม่ว่างที่จะรับข้อมูลใหม่	เครื่องพิมพ์
Error	แจ้งสถานะว่าเครื่องพิมพ์เกิดข้อผิดพลาด	คอมพิวเตอร์
Reset	รีเซ็ตเครื่องพิมพ์	เครื่องพิมพ์

โดยปกติพอร์ตขนานออกแบบให้มีสายสัญญาณทั้งหมด 17 เส้น สายสัญญาณเหล่านั้นมีรีจีสเตอร์ 3 ตัวควบคุมการทำงานดังนี้

1) พอร์ตเอาต์พุตสำหรับสัญญาณข้อมูล 8 เส้น ใช้รีจีสเตอร์ DATA ควบคุม

2) พอร์ตอินพุตสำหรับอ่านค่าสถานะต่างๆ จากภายนอกจะมีอยู่ด้วยกัน 5 เส้น ใช้รีจีสเตอร์ Status ในการควบคุม

3) พอร์ตเอาต์พุตสำหรับใช้ส่งสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ภายนอก มีอยู่ด้วยกัน 4 เส้น โดยใช้รีจีสเตอร์ Control ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 หน้าที่การทำงานของขาต่างๆ ของพอร์ตขนาน

DB-25	รีจีสเตอร์	ทิศทาง	ตำแหน่งบิต	ชื่อขาสัญญาณ	หน้าที่การทำงาน
1	Control	Out	$\overline{CO}$	$\overline{STROBE}$	แอกทีฟ "0" เพื่อบอกว่าที่ขาดาต้ามีข้อมูลอยู่แล้ว
2-9	Data	Out	D1 - D8	Data1 – data 8	เป็นขาส่งและรับข้อมูล
10	Status	In	S6	nACK	เป็นพัลส์ลอจิก "0" ที่ส่งมาจากเครื่องพิมพ์เพื่อบอกว่าได้รับข้อมูลที่ส่งไปแล้ว
11	Status	In	$\overline{S7}$	$\overline{BUSY}$	เป็นสัญญาณมาจากเครื่องพิมพ์ว่ายังไม่พร้อมรับข้อมูล
12	Status	In	S5	PE	แจ้งกระดาษหมด
13	Status	In	S4	SELECT	แจ้งว่าเครื่องพิมพ์ต่ออยู่
14	Control	Out	$\overline{C1}$	$\overline{AUTO\ FEED}$	สั่งเครื่องพิมพ์ให้เลื่อนบรรทัด
15	Status	In	S3	ERROR	สัญญาณจากเครื่องพิมพ์มายังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงข้อผิดพลาดจากการพิมพ์
16	Control	Out	C2	INIT	รีเซ็ตเครื่องพิมพ์ (ลอจิก "0")
18-25	-	-	-	GND	กราวด์

2.6.2 พอร์ตข้อมูล (Data Port)

สำหรับพอร์ตขนานแบบมาตรฐาน (Standard Parallel Port : SPP) พอร์ต DATA จะใช้เพื่อการส่งค่าออกเอาต์พุตเท่านั้น แต่พอร์ตขนานที่มีการสื่อสารสองทิศทาง (Bidirectional Parallel Port) สามารถอ่านค่าจากพอร์ต Data ได้ด้วย แต่ก่อนที่จะอ่านค่าต้องป้อนค่าเอาต์พุตให้มีค่าลอจิก "1" ทั้งหมดก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 พอร์ตควบคุม (Control Port)

พอร์ตควบคุมใช้สำหรับคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องพิมพ์พอร์ตควบคุม ประกอบไปด้วยบิตเอาต์พุตที่ต่อไปยังเครื่องพิมพ์ 4 บิต เนื่องจากพอร์ตควบคุมเป็นแบบคอลเล็คเตอร์เปิด ดังนั้นผู้ใช้งานสามารถใช้พอร์ตนี้ในการอ่านค่าสัญญาณอินพุตจากภายนอกได้โดยก่อนจะอ่านค่าต้องทำให้ขาพอร์ตต้องการอ่านค่ามีลอจิก "1" เสียก่อน

2.6.4 พอร์ตแสดงสถานะ (Status Port)

พอร์ตแสดงสถานะ เป็นพอร์ตที่คอมพิวเตอร์ใช้สำหรับการอ่านค่าสถานะจากเครื่องพิมพ์ มีขาสัญญาณอยู่ทั้งหมด 5 สัญญาณ

2.6.5 การนำพอร์ตขนานไปใช้งาน

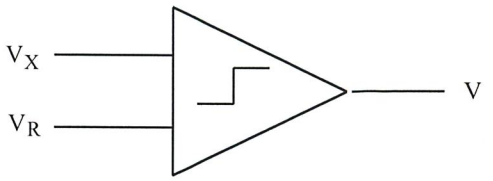
สำหรับพอร์ตขนานแบบมาตรฐานผู้ใช้งานสามารถนำพอร์ตอินพุต 5 บิต (พอร์ตแสดงสถานะ) พอร์ตเอาต์พุต 4 บิต (พอร์ตควบคุม) และพอร์ตเอาต์พุตอีก 8 บิต (พอร์ตข้อมูล) ไปใช้งานได้โดยตรงโดยที่ 4 บิต ของพอร์ตเอาต์พุตหรือพอร์ตควบคุม สามารถดัดแปลงให้ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตขนาด 4 บิต สามารถนำสัญญาณจากพอร์ตขนานที่มีมากถึง 17 เส้น ไปใช้ในการควบคุมโดยใช้ระดับสัญญาณ TTL

2.7 การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Convertor)

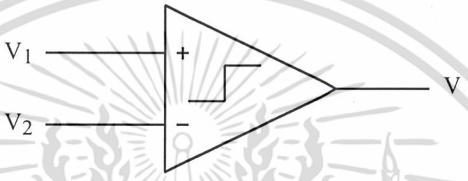
ในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างระบบแอนะลอกและระบบดิจิตอลนั้น เป็นไปไม่ได้เลยที่จะให้สัญญาณแอนะลอกเข้ามาทำงานในระบบดิจิตอล ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงสัญญาณแอนะลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ส่วนที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนั้นเราเรียกว่า "วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล"

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบง่ายๆ แสดงในรูปที่ 2.32 ใช้หลักการของวงจรคอมพาราเตอร์ ค่าแรงดันอินพุตที่ไม่ทราบค่า V_X จะต่อเข้ากับอินพุตขาหนึ่งของแอนะลอกคอมพาราเตอร์ และแรงดันอ้างอิงแปรตามเวลา V_R ต่อเข้ากับอินพุตอีกขาหนึ่งของคอมพาราเตอร์ ลักษณะของการทรานเฟอร์ฟังก์ชั่น (Transfer Function) ของคอมพาราเตอร์แสดงในรูปที่ 2.33 ถ้าแรงดันอินพุต V_1 มากกว่าอินพุต V_2 แล้วแรงดันเอาต์พุตจะเป็น "1" ถ้าแรงดันอินพุต V_1 น้อยกว่าอินพุต V_2 แล้วแรงดันเอาต์พุตจะเป็น "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 พื้นฐานของการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 2.33 ทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของคอมพาราเตอร์

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีการใช้งานกันทั่วไปมีหลายชนิด เช่น Counter type ADC, Integrating ADC, Sucessive Appoximation ADC หรือ Parallel ADC เป็นต้น

2.7.1 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง

ในขั้นการดำเนินการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลนั้น วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลจะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการจัดการซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น

1) ความละเอียดในการเปลี่ยนสัญญาณ

2) เทคนิคของการแปลงสัญญาณ

3) ความเร็วในการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยที่ความเร็วของการแปลงสัญญาณนี้จำเป็นสำหรับการใช้งานเฉพาะอย่างและความแม่นยำที่ต้องการ

ในรูปที่ 2.34 สัญญาณแอนะลอก V(t) มีอัตราการเปลี่ยน dV/dt ช่วง Aperture Time (t_a) ดังนั้นช่วงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแอนะลอกจะเท่ากับ V ดังสมการที่ 2.12

$$\Delta V = t_a \frac{dv(t)}{dt} \tag{2.12}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

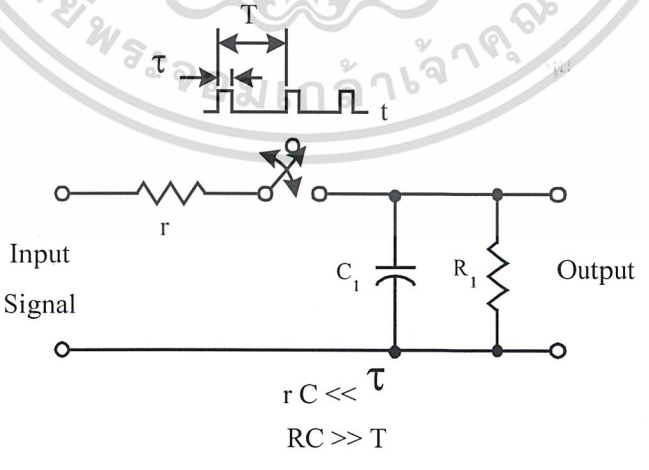
ดังนั้นเวลาที่วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณในช่วงเวลาของ t_aนี้ รหัสของสัญญาณที่ได้อาจตรงกันกับขนาดของสัญญาณแอนะลอกค่าใดค่าหนึ่งในช่วงนี้ และส่วนอื่นๆ ที่เหลือคือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นซึ่งแน่นอนในบางครั้งเป็นไปได้ที่รหัสของสัญญาณดิจิตอลจะตรงกับค่าของสัญญาณแอนะลอกที่ถูกต้อง

2.7.2 วิธีการสุ่มตัวอย่าง

1) Sample and Hold Aperture Error

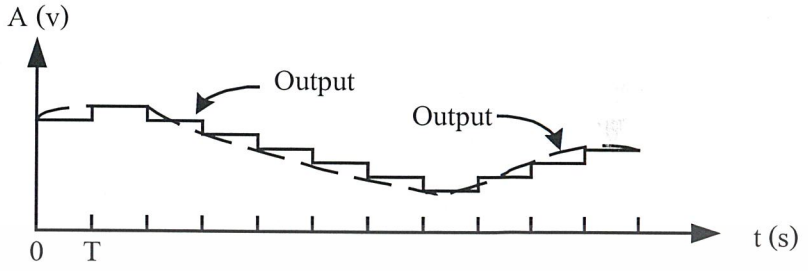
วงจร Sample and Hold จะทำการสุ่มสัญญาณอินพุต และนำสัญญาณนั้นมาเก็บไว้ในเวลาหนึ่งได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เวลาการประจุแรงดันนั้นในตัวเก็บประจุ ดังนั้นเมื่อแรงดันอินพุตยังคงอยู่ได้นานพอทำให้วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลไม่จำเป็นต้องมีเวลาในการแปลง (Conversion Time) อย่างรวดเร็วนัก Aperture Time ของ Sample and Hold คือเวลาตั้งแต่เวลาที่เริ่มสุ่มสัญญาณจนตัวเก็บประจุมีค่าแรงดันจนถึงค่าที่สุ่ม ซึ่งสำหรับ Sample and Hold แล้ว Aperture Time ขึ้นอยู่กับแบนด์วิดท์ และสวิตชิ่งไทม์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร ซึ่งสามารถหาและสร้างได้ง่ายและราคาถูกกว่าการสร้างวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลความเร็วสูง

รูปที่ 2.34 เป็นวงจร Sample and Hold จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อความต้านทานด้านอินพุตของแหล่งจ่ายน้อยกว่าความต้านทานด้านเอาต์พุตของโหลด C_1 จะเก็บประจุแรงดันจนถึงค่า τ ส่งผลให้มีระดับแรงดันเกิดขึ้นทางเอาต์พุต เมื่อเวลามีค่ามากกว่าค่า τ สวิตช์ S_1 จะถูกเปิด C_1 จะคายประจุผ่าน R_1 ทำให้สัญญาณเอาต์พุตที่ได้มีลักษณะเป็นพัลส์ ดังแสดงในรูป 2.35



รูปที่ 2.34 วงจร Sample and Hold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 สัญญาณเอาต์พุตของวงจร Sample and Hold

Aperture Time : คือช่วงเวลาในการแปลงสัญญาณซึ่งคำว่า Aperture Time โดยทั่วไปหมายถึงช่วงเวลาที่เกิดความไม่แน่นอนในการวัด และผลก็คือเกิดความผิดพลาดต่อค่าที่วัดได้ แสดงดังรูปที่ 2.36

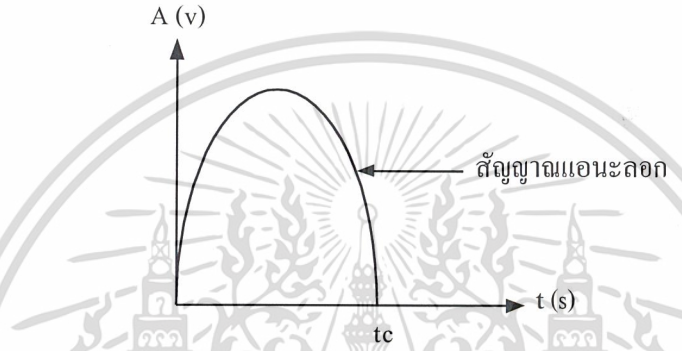
รูปที่ 2.36 ค่าผิดพลาดจากการวัดใน Aperture Time

มีปัญหาว่าอัตราการสุ่มสัญญาณนั้นควรจะมีค่าเท่าใด ที่จะไม่ทำให้ข้อมูลเสียหายไปเมื่อสัญญาณนั้นถูกเปลี่ยนกลับมาเช่นเดิม ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณแอนะลอก และทฤษฎีการสุ่มที่กล่าวว่า "ถ้าสัญญาณต่อเนื่องที่มีความถี่และฮาโมนิกส์ (Hamonics) ไม่เกิน f_c สัญญาณดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนกลับมาได้โดยไม่สูญเสียรายละเอียดหรือเพี้ยนไปถ้าอัตราการสุ่มไม่น้อยกว่า 2 f_c ต่อวินาที"

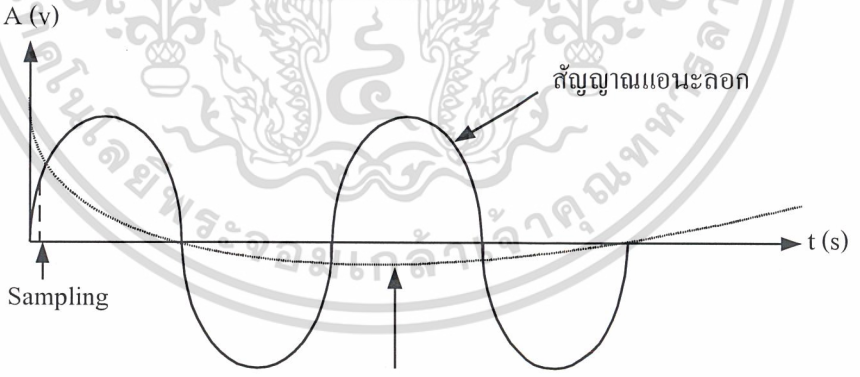
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Frequency Folding and Aliasing

จากทฤษฎีการสุ่มสามารถอธิบายลักษณะรูปสเปกตรัมของสัญญาณในรูปที่ 2.37 ซึ่งแสดงให้เห็นสเปกตรัมของสัญญาณที่ถูกสุ่มซึ่งแบนด์วิดท์ไม่เกินกว่า f_S ในขณะที่สัญญาณนี้จะถูกสุ่มด้วยความถี่ ขบวนการมอดูเลตจะทำให้แถบสเปกตรัมของสัญญาณสุ่มขยายกว้างออกจาก f_S เป็น $2\,f_S$, $3\,f_S$ ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.37 สเปกตรัมของสัญญาณแอนะลอกที่จะถูกสุ่ม



รูปที่ 2.38 การสุ่มสัญญาณเกิด Frequency Folding

ถ้าความถี่ของสัญญาณสุ่ม f_S ไม่สูงพอหลังจากการสุ่ม สเปกตรัมบางส่วนของ f_S จะมาซ้อนทับกับสเปกตรัมของสัญญาณซึ่งเรียกว่า Frequency Folding หากเป็นเช่นนี้ก็จะทำให้เกิดความเพี้ยนกับสัญญาณแอนะลอกจากการซ้อนกันของสเปกตรัมเมื่อสัญญาณถูกเปลี่ยนกลับให้อยู่

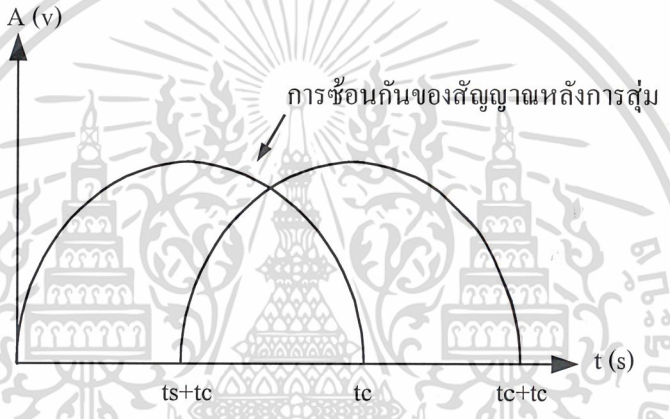
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปเดิมและถ้าเลื่อนความถี่ของการสุ่มให้สูงขึ้น ทำให้โอกาสการซ้อนกันของสเปกตรัมหมดไป จะทำให้การเปลี่ยนของสัญญาณหลังจากการสุ่มก็ยังคงเหมือนเดิมได้

จากที่กล่าวมาแสดงการสนับสนุนทฤษฎีการสุ่มที่ว่าให้ $f_S < f_C$ นั้นคือการกำจัดการซ้อนกันของสเปกตรัมทำได้สองวิธีคือ

1) ใช้อัตราการสุ่มที่สูงพอ

2) การกรองความถี่ของสัญญาณแอนะลอกก่อนที่จะทำการสุ่มสัญญาณ เพื่อให้เกิดแบนด์วิดท์ที่ไม่เกินไปกว่า $f_S/2$



รูปที่ 2.39 การเกิดซ้อนกันของสัญญาณหลังการสุ่มจากการสุ่มด้วยความถี่ต่ำกว่า 2 เท่า

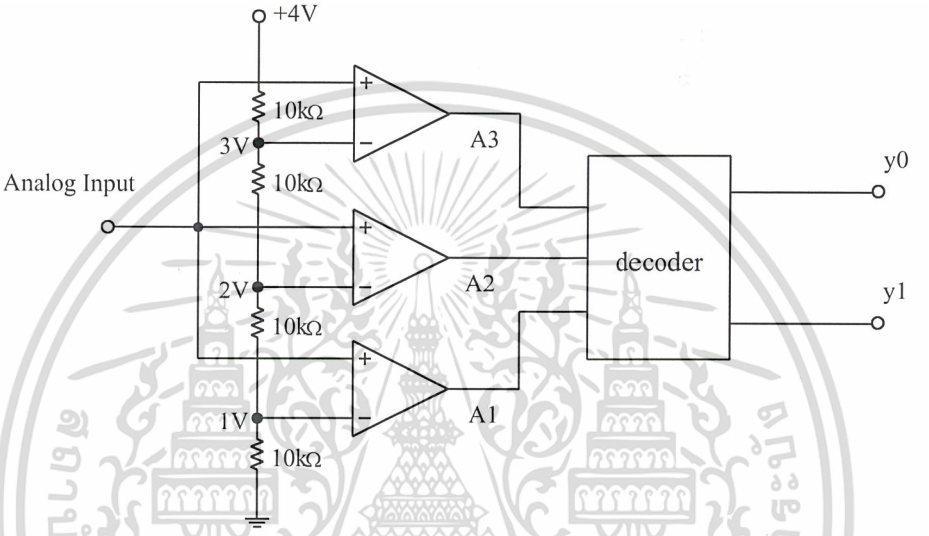
ในทางปฏิบัติแล้วจะยังคงเกิด Frequency Folding ได้เสมอจากส่วนฮาโมนิคส์ของสัญญาณรวมทั้งสเปกตรัมของสัญญาณที่รบกวนอยู่แม้ว่าจะทำการกรองความถี่ก่อนหน้ามาแล้วก็ตาม การกำจัดการซ้อนกันของสเปกตรัมนี้ วิธีที่ได้ผลคือพยายามให้การสุ่มสัญญาณเป็นไปอย่างรวดเร็วที่สุด ผลของการใช้อัตราการสุ่มที่ไม่เหมาะสมอีกประการหนึ่งเกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.39 จะเป็นการซ้อนกันของสัญญาณหลังการสุ่มจากการสุ่มด้วยความถี่ต่ำกว่า 2 เท่า หรือเรียกว่า Alias Frequency ซึ่งเกิดกับสัญญาณที่เปลี่ยนกลับมาเช่นเดิมหลังจากถูกสุ่มแล้ว

2.7.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบใช้วงจรเปรียบเทียบ

สำหรับการแปลงสัญญาณที่ต้องการความรวดเร็วสูงมากๆ เช่น การแปลงสัญญาณภาพของโทรทัศน์ หรือเรดาร์ จำเป็นต้องใช้วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบพิเศษ ที่เรียกว่า Flash ADC ดังแสดงในรูปที่ 2.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแบบนี้เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากมีความเร็วในการทำงานสูงมาก จะเห็นว่าการทำงานแบบนี้ประกอบด้วยตัวต้านทานต่อเป็นตัวแบ่งแรงดัน มีออปแอมป์ (Op Amp) ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบ และมีวงจรถอดรหัส ซึ่งเป็นตัวกำหนดจำนวนของตัวเลขฐานสองที่จะใช้เป็นเอาต์พุตออกมาเพียง 4 บิต เท่านั้น



รูปที่ 2.40 การต่อวงจร Parallel Comparator A/D Converter

สำหรับสัญญาณที่ใช้ในวงจรนี้จะมีสัญญาณอินพุตที่จะเข้ามาเปรียบเทียบกับระดับแรงดันอ้างอิงหรือระดับแรงดันไบแอส ซึ่งได้มาจากแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน และจะถูกนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของวงจรเปรียบเทียบ เพื่อรอการเปรียบเทียบกับสัญญาณที่เข้ามา

เมื่อแรงดันอินพุตเข้ามามีขนาดใหญ่กว่าระดับแรงดันอ้างอิง เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบก็จะมีค่าสูง และหากแรงดันอินพุตที่เข้ามามีค่าต่ำกว่าระดับแรงดันอ้างอิง เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบก็จะมีค่าต่ำ แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งจะมีระดับแรงดันแตกต่างกันก็จะเข้าสู่การถอดรหัสเพื่อจะให้ได้เอาต์พุตออกมาเป็นเลขฐานสอง

ในการทำงานของระบบนี้จะมีการทำงานด้วยความเร็วสูงมาก และจะให้เอาต์พุตเลขฐานสองออกมาอย่างสม่ำเสมอด้วย แต่วงจรแปลงสัญญาณชนิดนี้มีความบกพร่องคือ ประสิทธิภาพด้านความละเอียดจะลดลงทันทีเมื่อการสุ่มตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานคือ ใช้คอมพาราเตอร์ทำการเปรียบเทียบสัญญาณแอนะลอกอินพุตกับแรงดันอ้างอิงที่แบ่งแรงดันให้สอดคล้องกับรหัสดิจิตอล โดยใช้ตัวต้านทานและแปลงเอาต์พุตจากคอมพาราเตอร์ให้ตรงกับรหัสดิจิตอล ซึ่งจะเห็นว่าอุปสรรคทางด้านความเร็วถูกจำกัดเพียง Propagation Time ของคอมพาราเตอร์เท่านั้น แต่อุปสรรคสำคัญต่อการพัฒนาวงจรบนไอซีคือ วงจรนี้ต้องการคอมพาราเตอร์ จำนวน 2^n-1 ตัวซึ่งเป็นจำนวนที่มากพอสมควร

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตที่เป็นแอนะลอกกับเอาต์พุตที่เป็นดิจิตอล

แรงดันอินพุต (โวลต์)	เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ			เอาต์พุตเลขฐานสอง	
	A1	A2	A3	D1	D2
0-1	0	0	0	0	03
1-2	1	0	0	0	1
2-3	1	0	1	1	0
3-4	1	1	1	1	1

2.7.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่า

เป็นการประมาณค่าอย่างต่อเนื่องโดยการเปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล จากนั้นจะมีการเลือกตำแหน่งที่จะนำมาใช้เป็นบิตสูงสุด (MSB) สำหรับเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และในการทำงานของคอนเวอร์เตอร์แบบนี้ จะมีลำดับขั้นในการทำงานแต่ละขั้นตอนโดยใช้เวลาที่คงที่ จากผลดังกล่าวจะมีผลกระทบถึงความละเอียดและความเร็วของวงจร ซึ่งหากสัญญาณมีรายละเอียดมากๆ แล้วการแปลงสัญญาณก็จะต้องใช้เวลามากพอสมควร

2.7.5 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบ CCD

CCD สามารถตอบสนองการทำงานเมื่อมีค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างที่เร็วกว่า 100 MS/s ได้โดยคงความละเอียดไว้ได้ตามความเป็นจริงแล้ว CCD นั้น ไม่ใช่วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลอย่างแท้จริง แต่จะเป็นลักษณะของการสุ่มตัวอย่างแบบแอนะลอกเสียมากกว่า โดยการสุ่มตัวอย่างแบบนี้จะมีการทำงานเร็วพอสมควรซึ่งลักษณะการทำงานจะอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Bucket Brigade

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ Bucket Brigade มีลักษณะดังนี้ เมื่อการสุ่มตัวอย่างมีค่าต่ำลงส่วนที่เรียกว่า Bucket Cell จะถูกชาร์ตประจุทันที ผลจากการชาร์ตนี้จะทำให้เกิดระดับแรงดันขึ้นระหว่างช่วงของการสุ่มตัวอย่างที่เข้ามา ก่อให้เกิดเป็นจุดเสริมเข้าไปในช่วงของจุดที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง ผลคือทำให้ได้ระดับสัญญาณที่ต้องการแปลงเพิ่มขึ้น ภาพที่ได้จากกรณีนี้จะมีความละเอียดและจำนวนเซลล์หลายๆ เซลล์ที่มีอยู่ใน CCD จะเป็นตัวควบคุมการทำงานด้วย

นอกจากที่จะสามารถทำงานได้มากกว่า 100 MS/s แล้ว เมื่อเทียบราคาแบบ CCD จะถูกกว่าแบบแฟลชมากความละเอียดของสัญญาณที่ได้ก็จะไม่เปลี่ยนตามอัตราการสุ่มตัวอย่าง แต่ CCD นี้ก็มีข้อเสียตรงที่ว่าไม่สามารถรับข้อมูลใดๆ ได้ระหว่างที่ CCD ทำงานอยู่

2.7.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบสแกน (Scan Conversion)

ในการทำงานจะอาศัยการทำงานของหลอด CRT แบบดับเบิลเอนด์ (doubleended CRT) ซึ่งหลอดชนิดนี้มีความสามารถที่จะเก็บข้อมูลไว้บนด้านข้างของทาร์เก็ต และเมื่อต้องการที่จะอ่านข้อมูลออกมาก็สามารถทำได้ โดยใช้ลำอิเล็กตรอนอีกชุดหนึ่งกวาดลงไปบนด้านหลังของทาร์เก็ต วิธีการแบบนี้จะมีการทำงานที่รวดเร็วมาก แต่มีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ด้วยกันคือ ส่วนที่ 1 การออกแบบการสร้าง และการทำงานของชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็ม ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการออกแบบวงจรอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์และวงจรควบคุมความถี่ และส่วนที่ 3 คือส่วนของการออกแบบโปรแกรมควบคุมในส่วนต่างๆ

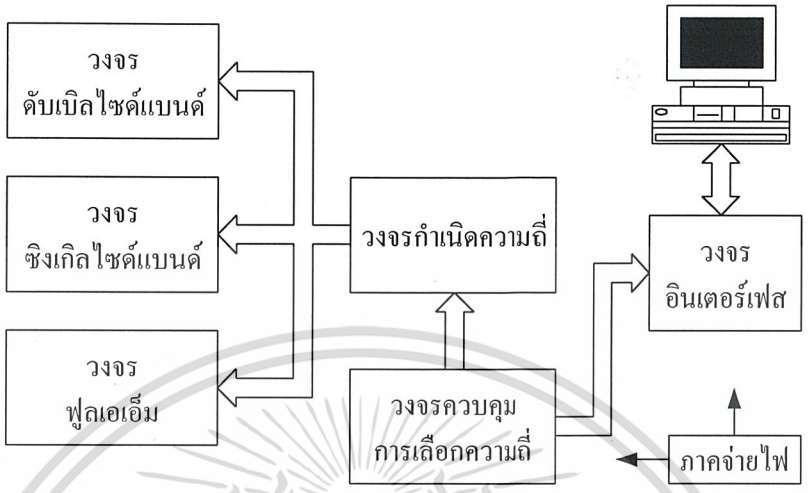
ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการออกแบบและการทำงานของชุดฝึก โดยในส่วนของวงจรการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็ม มี 3 วงจร คือ วงจรซิงเกิลไซด์แบนด์ วงจรดับเบิลไซด์แบนด์ และวงจรฟูลเอเอ็ม ชุดอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ และภาคจ่ายไฟ

ส่วนที่ 2 เป็นของการออกแบบวงจรอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์และวงจรควบคุมความถี่ โดยวงจรอินเตอร์เฟส จะประกอบไปด้วยไอซีแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล โดยใช้ไอซีเบอร์ CA3318 จำนวน 2 ชุด แล้วส่งไปให้พอร์ตขนาน ในส่วนของวงจรควบคุมความถี่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51

ส่วนที่ 3 จะเป็นส่วนของการออกแบบโปรแกรม ประกอบด้วยโปรแกรมแสดงผลรูปคลื่นสัญญาณบนจอคอมพิวเตอร์และการส่งค่าการเลือกความถี่ ซึ่งใช้โปรแกรมเดลไฟล์ในการเขียนและโปรแกรมควบคุมความถี่ของเครื่องกำเนิดความถี่ให้สามารถทำการเลือกด้วยมือหรือเลือกด้วยคอมพิวเตอร์ได้โดยจะใช้โปรแกรมภาษาแอสแซมบลีเขียน

โครงสร้างการทำงานของชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 มีวงจรทดลอง 3 วงจรคือ วงจรซิงเกิลไซด์แบนด์ วงจรดับเบิลไซด์แบนด์ และวงจรฟูลเอเอ็ม สามารถเลือกความถี่ของสัญญาณข่าวสาร และสัญญาณพาหะ ที่ป้อนให้วงจรได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม วงจรกำเนิดความถี่สามารถเลือกรูปร่างได้ 3 รูปแบบ คือ สัญญาณซายน์ สัญญาณสามเหลี่ยม และสัญญาณสี่เหลี่ยม ซึ่งปรับแอมปลิจูดของสัญญาณได้ตั้งแต่ 0 – 100 กิโลเฮริตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของชุดทดลอง

3.2 การออกแบบและการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟส

วงจรอินเตอร์เฟส แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

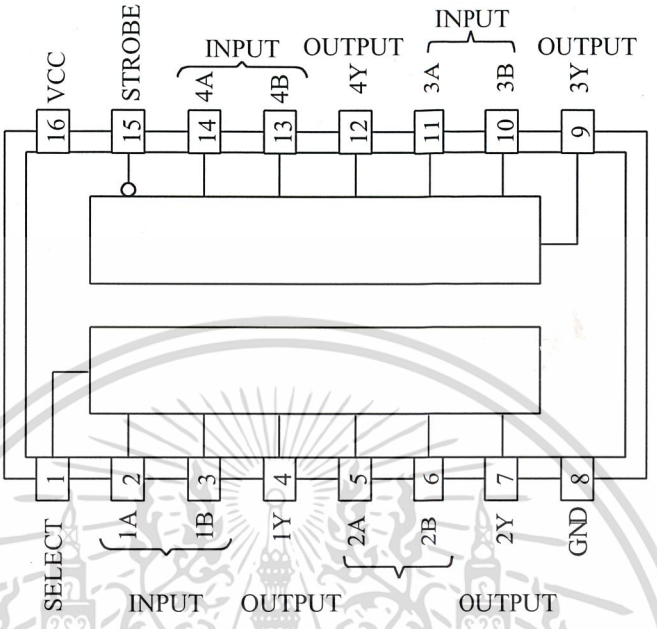
3.2.1 การออกแบบวงจรการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล นำมาใช้ในการนำค่าที่ได้ไปแสดงผลเป็นรูปคลื่นที่คอมพิวเตอร์ โดยจะใช้การแปลงสัญญาณดิจิตอลออกเป็น 8 บิต 2 ชุด เมื่อแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์แล้วจะได้ 2 แชลแนล แล้วส่งผ่านอินพุตของวงจรขนานซึ่งมีอยู่ 4 เส้น คือ ขา 10, 11, 12 และขา 13 การควบคุมไอซี 74LS157 แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางความจริงของไอซี 74157

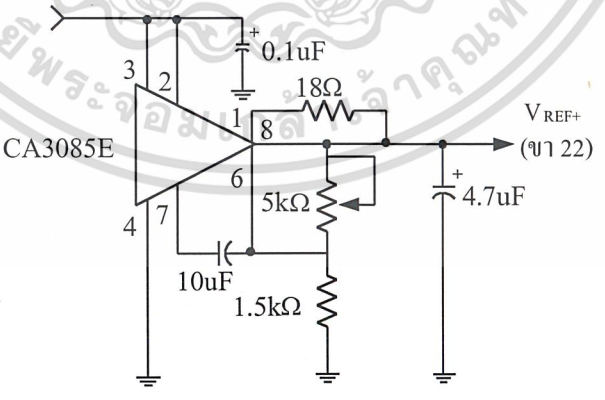
อินพุต				เอาต์พุต
STROE	SELECT	A	B	Y
H	X	X	X	L
L	L	L	X	L
L	L	H	X	H
L	H	X	L	L
L	H	X	H	H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งขาภายในไอซีเบอร์ 74157

รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งขาภายในไอซีเบอร์ 74157 มีขาอินพุต 6 ขา และขาเอาต์พุต 6 ขา ใช้เป็นตัวรวมสัญญาณแล้วส่งผ่านให้อินพุตของพอร์ตขนานมีลักษณะข้อมูลเป็นจำนวน 8 บิต



รูปที่ 3.3 การจัดแรงดันให้กับขา 22 ของไอซี CA3318

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

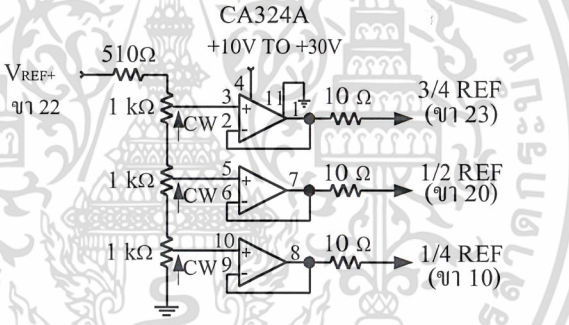
3.2.2 การทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ในรูปที่ 3.4 เป็นการจัดแรงดันให้กับขา 22 ของไอซี CA3318 เพื่อเป็นแรงดันในการอ้างอิง โดยใช้ไอซีเบอร์ CA3085E ซึ่งเป็นออปแอมป์ทำการปรับแรงดันให้เอาต์พุตของวงจรเป็น 6.4 โวลต์ ส่วนหนึ่งของแรงดันต่อไปให้กับไอซีเบอร์ LM324E ภายในเป็นออปแอมป์จำนวน 4 ตัว จากการต่อวงจรตามรูปที่ 3.4 ทำการปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้โดยทำการปรับตัวที่อยู่ที่ขา 10 ขา 5 และขา 2 ของไอซี LM324E ตามลำดับ ผลของการปรับจะต้องทำการปรับให้ให้ค่าของแรงดันที่ขาของไอซีเป็นดังนี้

ขา 1 มีแรงดัน 4.80 โวลต์

ขา 7 มีแรงดัน 3.20 โวลต์

ขา 8 มีแรงดัน 1.60 โวลต์

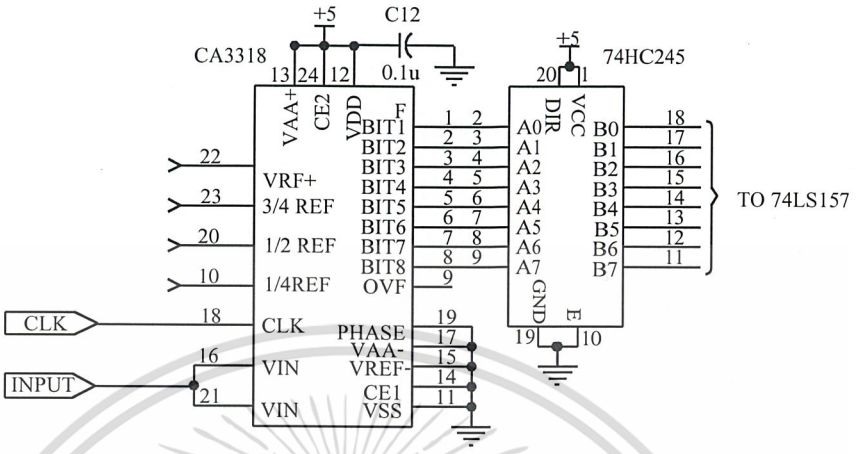


รูปที่ 3.4 การจัดแรงดันให้กับขา 23, 20, 10 ของไอซี CA3318

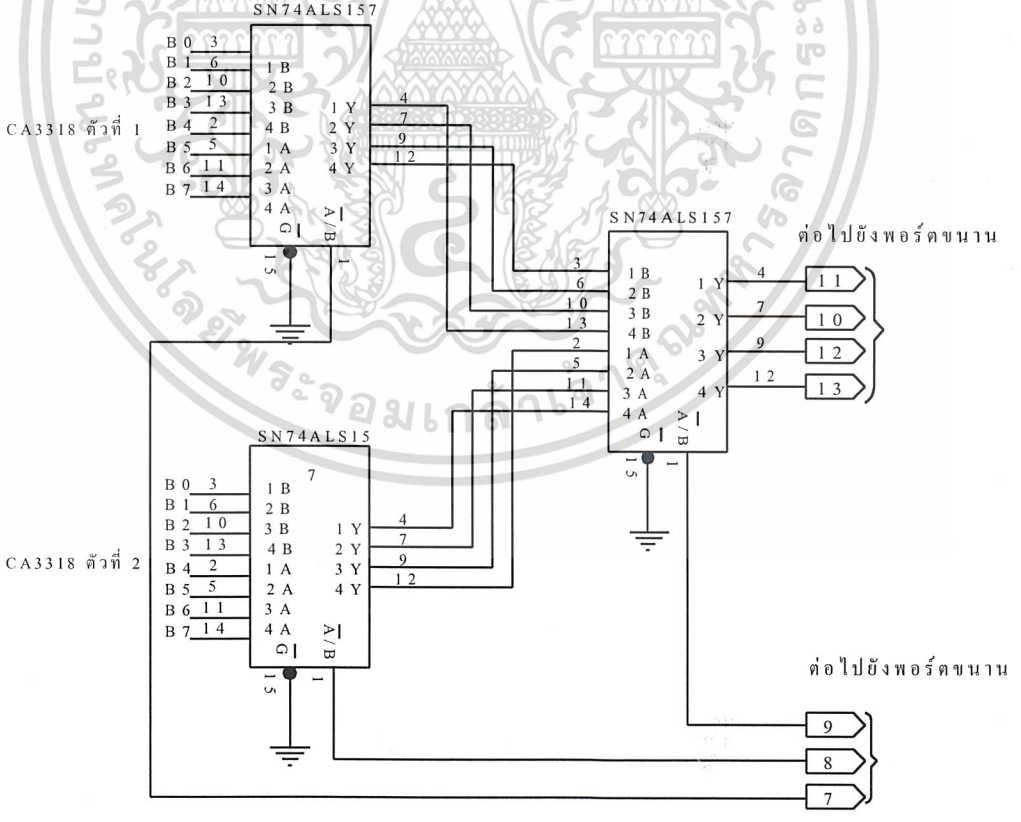
เมื่อทำการปรับแรงดันแล้วทำการต่อเข้ากับวงจรในรูปที่ 3.5 จะได้สัญญาณที่เอาต์พุตของไอซี CA3318 จะเป็นสัญญาณดิจิตอล 8 บิต ส่งเข้าไปที่ ไอซี 74LS245 เพื่อเป็นวงจรบัฟเฟอร์ข้อมูลที่ออกมาทางเอาต์พุตของไอซี CA3318 แล้วส่งไปยังไอซี 74LS157ไอซี 74LS157 จะเป็นไอซีที่รวมสัญญาณจากอินพุต 2 แหล่งโดยจะมีอินพุต 8 บิต แบ่งเป็นชุดละ 4 บิต สามารถเลือกเอาต์พุตว่าจะนำสัญญาณบิตที่ 0-4 หรือ บิตที่ 4-7 ได้ที่ขา 1 ของไอซี

โดยการกำหนดไว้ว่าถ้า ขา1 มีลอจิก “1” จะได้สัญญาณที่ 4 บิตบนถ้า ขา1 มีลอจิก “0” จะได้สัญญาณที่ 4 บิตล่าง เอาต์พุตที่ได้จะมีขนาด 4 บิตในส่วนของการรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์จะใช้โปรแกรมในการแปลงออกแล้วส่งมายังขาเอาต์พุตของพอร์ตขนาน คือขา 1, 2, 3, 4 และ ขา 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การต่อใช้งานของไอซีเบอร์ CA3318



รูปที่ 3.6 การใช้ไอซี 74LS157 ทำการรวมสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของวงจรไอซี CA3318

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การออกแบบการรับคำสั่งของคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเลือกความถี่

การรับคำสั่งของคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเลือกความถี่ โดยสามารถเลือกความถี่ได้ทั้งหมด 31 ความถี่ สามารถทำการเลือกได้จากการพิมพ์ค่าความถี่บนคอมพิวเตอร์ ค่าของความถี่จะถูกส่งผ่านทางเอาต์พุตของวงจรขนานซึ่งจะมีอยู่ 8 บิต แต่จะใช้เพียง 5 บิตเท่านั้น คือ ขา 1, 2, 3, 4 และขา 5 โดยแบ่งเป็นความถี่ของคลื่นพาหะ 16 ความถี่ และความถี่ของสัญญาณข่าวสาร 15 ความถี่

3.2.4 การทำงานของการรับคำสั่งของคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเลือกความถี่

การทำงานในส่วนนี้จะมีการส่งผ่านข้อมูลทางพอร์ตขนานโดยตรง ซึ่งการทำงานสั่งงานด้วยโปรแกรม เนื่องจากพอร์ตขนานมีพอร์ตสำหรับใช้เป็นพอร์ตเอาต์พุตอยู่หลังจึงสามารถสั่งงานทางโปรแกรมโดยตรง

ตารางที่ 3.2 ความถี่ค่าต่างๆ ที่เลือกจากคอมพิวเตอร์

สัญญาณข่าวสาร	ความถี่	สัญญาณพาหะ	ความถี่
0 0 0 0 0	-	1 0 0 0 0	500Hz
0 0 0 0 1	10Hz	1 0 0 0 1	1 kHz
0 0 0 1 0	100Hz	1 0 0 1 0	5 kHz
0 0 0 1 1	500Hz	1 0 0 1 1	10 kHz
0 0 1 0 0	1kHz	1 0 1 0 0	20 kHz

3.3 การออกแบบและการทำงานของภาคควบคุมความถี่ของสัญญาณพาหะและสัญญาณข่าวสาร

การออกแบบภาคควบคุมความถี่ของสัญญาณพาหะ และสัญญาณข่าวสารจะใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ในการควบคุมการทำงาน ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชุด คือ

3.3.1 การออกแบบวงจรควบคุมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 1

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 1 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดควบคุมความถี่ด้วยการควบคุมด้วยมือ

การออกแบบ และการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 1 กำหนดการใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต 0 รับข้อมูลจากการพอร์ตขนาน

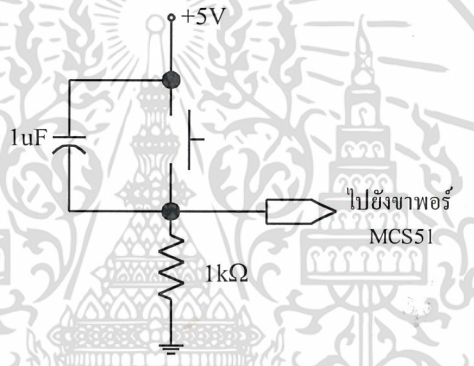
พอร์ต 1 รับข้อมูลจากการกดสวิตช์

พอร์ต 2 ควบคุมรีเลย์ (Relay)

พอร์ต 3 ไม่ใช้งาน

3.3.2 การทำงานของวงจรควบคุมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 1

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 1 จะใช้งานร่วมกับสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ ทำการต่อแบบการให้ลอจิก "1" เมื่อมีการกดเกิดขึ้น โดยมีจำนวนสวิตช์ทั้งหมดจำนวน 5 ตัว ตัวอย่างการต่อใช้งานแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การต่อสวิตช์ใช้งานกับ MCS-51

สวิตช์ตัวที่ 1 ต่อเข้ากับ P1.0 กำหนดให้เป็นการปรับค่าของสัญญาณมอดูเลต

สวิตช์ตัวที่ 2 ต่อเข้ากับ P1.1 กำหนดให้เป็นการปรับค่าของสัญญาณคลื่นพาหะ

สวิตช์ตัวที่ 3 ต่อเข้ากับ P1.2 กำหนดให้เป็นการเลือกปรับความถี่แบบปกติ (การกด) หรือสั่งจากคอมพิวเตอร์

สวิตช์ตัวที่ 4 ต่อเข้ากับ P1.3 กำหนดให้เป็นการปรับเปลี่ยนรูปร่างของสัญญาณทั้งสอง

สวิตช์ตัวที่ 5 ต่อเข้ากับ P1.4 กำหนดให้เป็นการปรับเปลี่ยนค่าความถี่ของสัญญาณทั้งสอง

เนื่องจากว่าพอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 มีไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เพราะต้องควบคุมรีเลย์จำนวนหลายตัว จึงต้องใช้ไอซี 74LS139 ช่วยในการขยายพอร์ตในการควบคุมรีเลย์

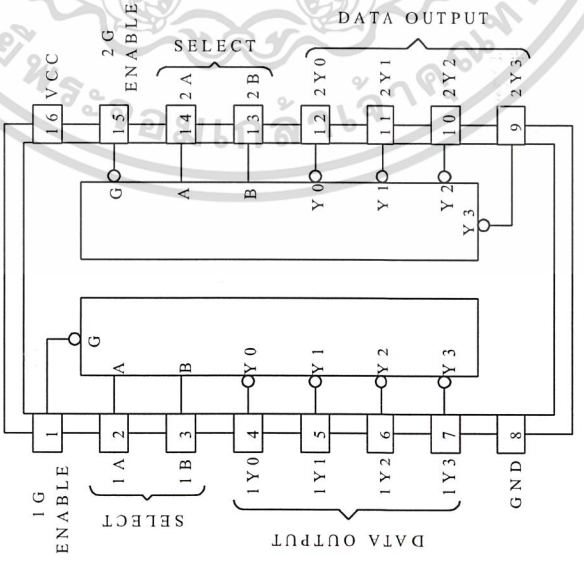
ไอซี 74LS139 เป็นไอซีเข้ารหัสและถอดรหัสโดยที่อินพุตจะเข้า 2 อินพุตและจะมีเอาต์พุตออก 4 เอาต์พุต โดยมีขา G เป็นขาที่จะใช้เป็นตัวเลือกการทำงาน โดยกำหนดให้เป็น L หรือ H โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้เป็น H ในการทำงานไม่ว่าจะทำการป้อนอินพุตด้วยสถานะใดเอาต์พุตที่ได้จะออกมาเป็นH ทั้งหมด ดังนั้นในการใช้งานต้องกำหนดให้เป็น L เพื่อจะได้ทำการกำหนดสภาวะทางเอาต์พุตของไอซีได้จากตารางที่ 3.3 ของไอซี 74LS139 พบว่าเอาต์พุตที่ปรากฏจะเป็นลอจิก “0” แต่วงจรควบคุมรีเลย์ต้องการลอจิก “1” จึงต้องต่อน็อตเกต (Not Gate) ที่เอาต์พุตของไอซี 74LS139 เพื่อต่อไปยังขาเบส (Base) ของทรานซิสเตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์ ในรูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งขาภายในไอซี 74LS139

ตารางที่ 3.3 ตารางความจริงของไอซี 74LS139

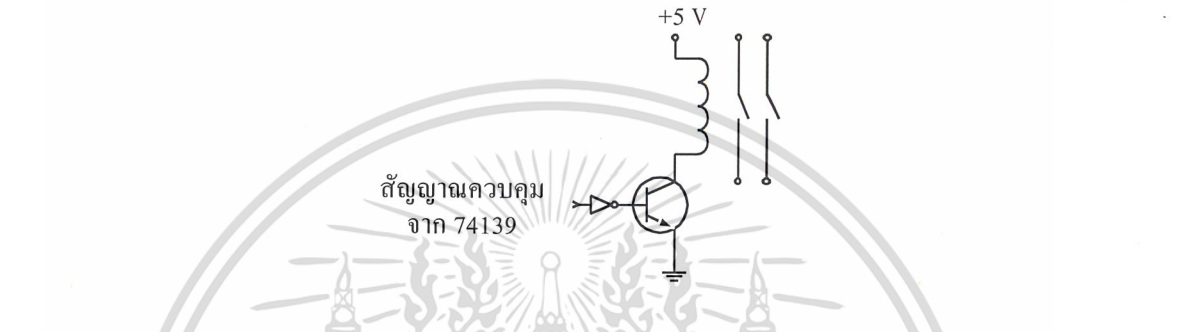
อินพุต			เอาต์พุต			
ENABLE	SELECT					
G	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	L
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L



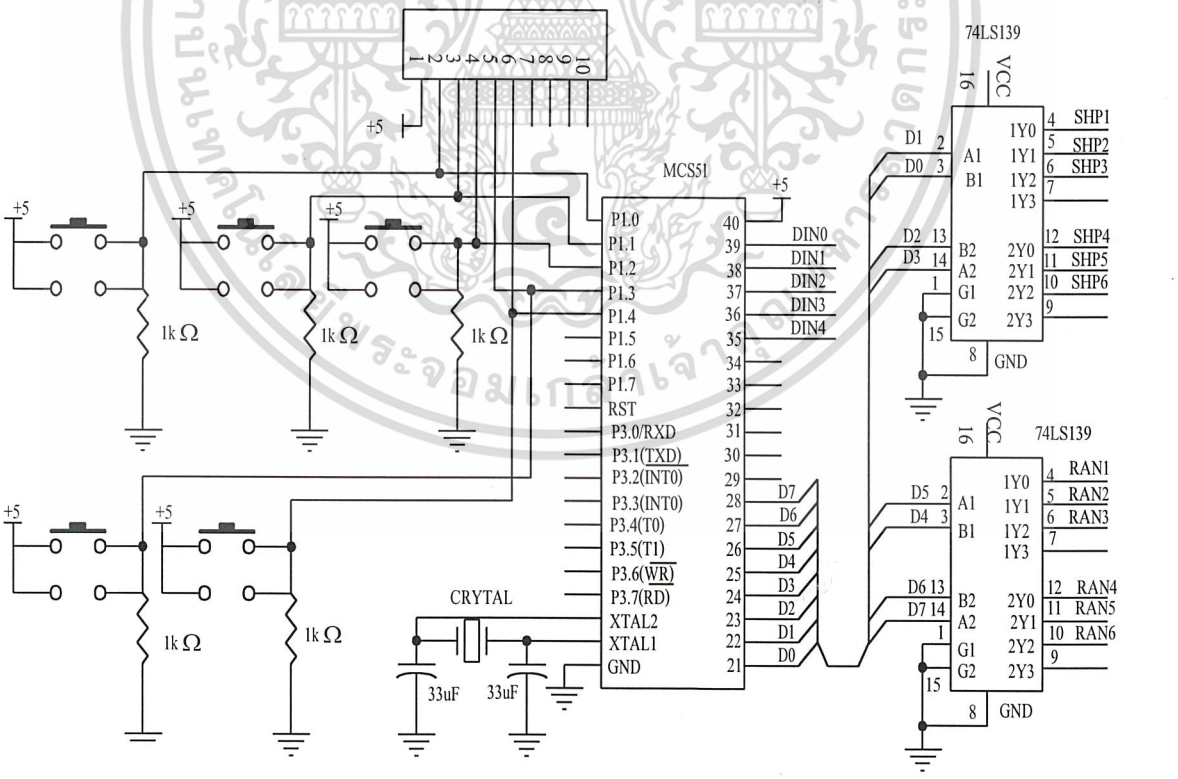
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งขาภายในของไอซี 74LS139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.9 แสดงการควบคุมทำงานของรีเลย์ใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC337 ต่อร่วมกับรีเลย์ ซึ่งจะเป็นแบบ 2 คอนแท็ค (Contact) แบ่งเป็นสองชุดคือ ชุดการควบคุมความถี่และการควบคุมรูปร่างของสัญญาณข่าวสารและสัญญาณพาหะ ชุดการควบคุมความถี่ก็จะมีอยู่ด้วยกัน 3 ชุด เช่นเดียวกับรูปร่างจะมีอยู่ 3 รูปแบบคือ รูปคลื่นซายน์ รูปคลื่นสามเหลี่ยม และรูปคลื่นสี่เหลี่ยม



รูปที่ 3.9 การต่อทรานซิสเตอร์ร่วมกับรีเลย์



รูปที่ 3.10 การต่อใช้งาน P2 เพื่อควบคุมรีเลย์ในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและย่านความถี่ของสัญญาณข่าวสารและสัญญาณพาหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.10 เมื่อมีการกดสวิตช์ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงที่ P2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 เพื่อทำให้ไอซี 74LS139 ทำงานตามตารางความจริงที่ 3.3 P1.5 จะเป็นตัวที่ใช้เชื่อมโยงกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2 เพื่อเป็นตัวบอกว่ามีการสั่งงานจากคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเลือกความถี่ และทำการเซ็ตค่าแรงดันเพื่อให้ชุดรับความถี่รับค่าแรงดันจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอกโดยใช้ไอซีเบอร์ DAC 08000

P0.0 ถึง P0.4 ทำการรับสัญญาณจากพอร์ตขนาน เพื่อทำการเปลี่ยนย่านวัดและรูปร่างของสัญญาณคลื่นพาหะและสัญญาณข่าวสาร

3.3.3 การออกแบบวงจรควบคุมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ควบคุมความถี่ของชุดกำเนิดสัญญาณความถี่พาหะ และความถี่ข่าวสาร โดยการเลือกความถี่จากคอมพิวเตอร์ เนื่องจากพอร์ตเอาต์พุตของวงจรขนานเหลือ 5 เส้น จึงนำเอาต์พุตของพอร์ตขนานมาเข้าที่ P0.1 ถึง P0.5 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2 ส่วนพอร์ต Pการทำงานของชุดควบคุมความถี่ด้วยการและ P2 ให้เป็นตัวกำหนดอินพุตให้ไอซี DAC 0800 ทำงาน

การออกแบบ และการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2 กำหนดการใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไว้ดังนี้

พอร์ต 0 รับข้อมูลจากการพอร์ตขนาน

พอร์ต 1 ส่งข้อมูล 8 บิต ไปให้ไอซี DAC 0800 ตัวที่ 1

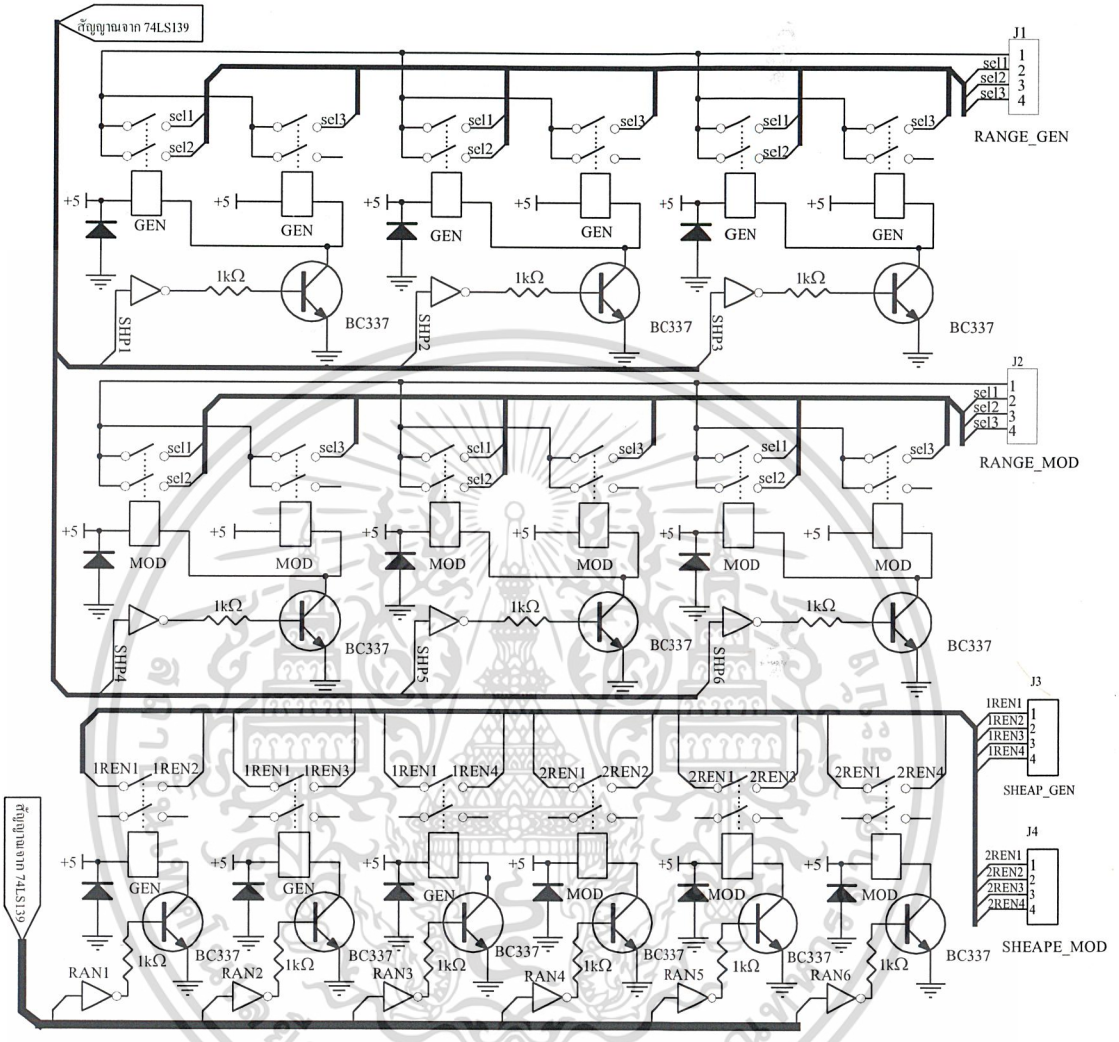
พอร์ต 2 ส่งข้อมูล 8 บิต ไปให้ไอซี DAC 0800 ตัวที่ 2

พอร์ต 3 ไม่ใช้งาน

3.3.4 การทำงานของวงจรควบคุมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2

ในรูปที่ 3.11วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2 จะประกอบด้วยวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล 2 ชุด โดยสัญญาณจะออกจาก พอร์ต 1 และ พอร์ต 2 และจะรับข้อมูลจากพอร์ตขนานเข้ามาทางพอร์ต 0 โดยจะใช้พอร์ต P1.0 ถึง P1.4 ในการรับข้อมูล ตัวที่สองจะทำงานก็ต่อเมื่อบิต P0.5 ได้รับลอจิก “1”ที่ จาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่หนึ่ง ที่ทำการส่งมา หลังจากนั้นก็จะทำการรับค่าจากพอร์ต 0 มาเช็คว่าเป็นการสั่งงานเพื่อปรับความถี่ของสัญญาณพาหะหรือสัญญาณข่าวสารแล้วทำการส่งสัญญาณดิจิตอล โดยจะแบ่งออกเป็น 2 พอร์ต พอร์ต 0 จะเป็นของสัญญาณพาหะ พอร์ต 2 จะเป็นของสัญญาณข่าวสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรการต่อรีเลย์เพื่อใช้งานในการควบคุมรูปร่างและความถี่ของสัญญาณ

3.4 การออกแบบและการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณและข่าวสาร

3.4.1 การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณและข่าวสาร

รายละเอียดคุณสมบัติของวงจรกำเนิดความถี่

1) ย่านความถี่แบ่งออกเป็น 3 ย่าน โดยกำเนิดความถี่ตั้งแต่ 10 kHz – 150 kHz

2) ระดับแรงดันเอาต์พุต ประมาณ 3 mV_{P-P} ถึง 2 V_{P-P}

3) เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ (Output Impedance) 600 Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) กำเนิดรูปคลื่นได้ 3 แบบคือ

4.1) รูปคลื่นซายน์

4.2) รูปคลื่นสามเหลี่ยม

4.3) รูปคลื่นสี่เหลี่ยม

5) ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นซานย์น้อยกว่า 0.7% ที่ 1 kHz และ 2% ที่ 100 kHz

6) ความเป็นลิเนียร์ของรูปคลื่นสามเหลี่ยม มากกว่า 1% ที่ 1kHz

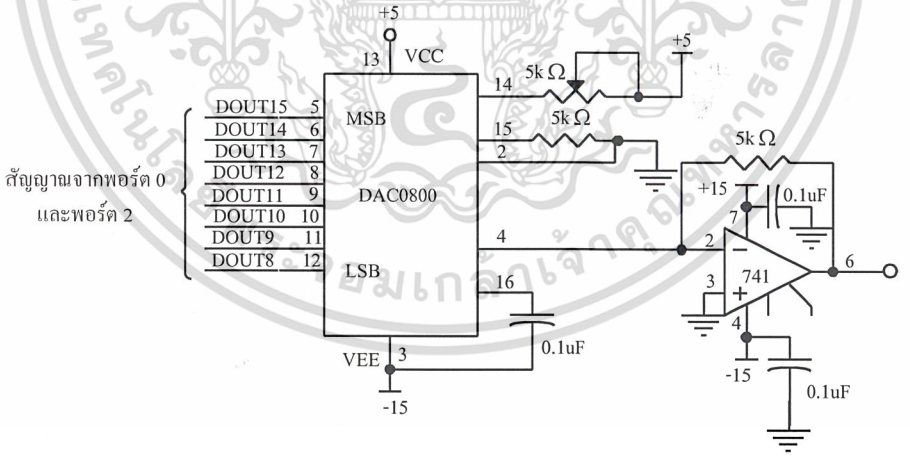
7) สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม มีค่าไรซ์ไทม์ (Rise Time) ≈ 0.4 μs ที่ความถี่ 100 kHz

8) ความเสถียรภาพของแรงดันเอาต์พุต มากกว่า 0.1 dB ที่ทุกย่านความถี่

9) ใช้พลังงานประมาณ 6.5 W ที่ไฟ 220 V

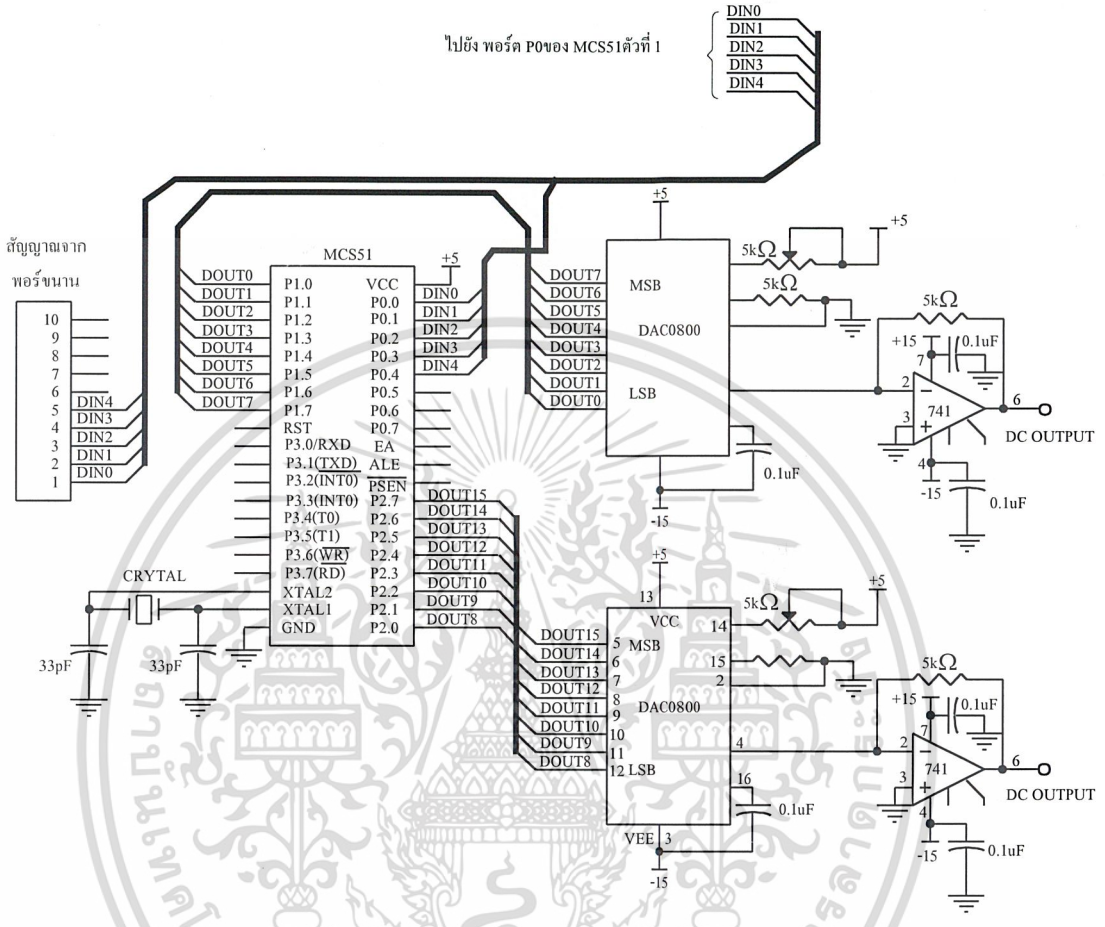
3.4.2 การทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณและข่าวสาร

ในรูปที่ 3.12 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอกเป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 เป็นสัญญาณแอนะลอกในลักษณะแรงดันหลายระดับเพื่อป้อนชุดกำเนิดความถี่ส่งผลให้ค่าความถี่เปลี่ยนแปลงตั้งแรงดันอ้างอิงไว้ 3 โวลต์เพื่อให้สัมพันธ์กับแรงดันที่ทำการปรับความถี่ครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่พาหะและข่าวสารในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 การต่อวงจรการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ตัวที่ 2 ทำการรับข้อมูลจากพอร์ตขนาน

ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ ในรูปที่ 3.14 แสดงให้เห็นบล็อกไดอะแกรมภายในของไอซีเบอร์ XR-2206 ตัวกำเนิดความถี่โดยรวมการทำงานต่างๆ ไว้ดังนี้

1) แอมป์ปลิจูดมอดูเลชั่น (AM)

2) ฟรีเควนซี่ชิฟต์คีย์อิ้ง (Frequency Shift Keying, FSK)

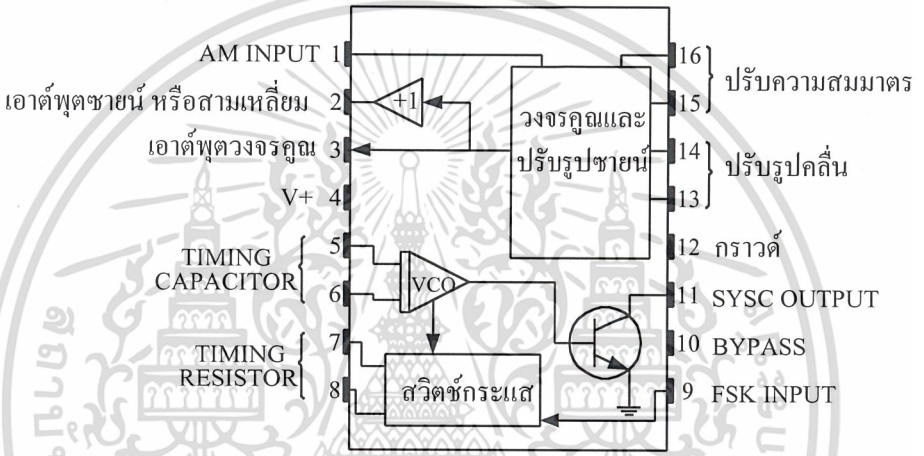
3) ฟรีเควนซี่มอดูเลชั่น (FM)

4) เคอร์เรนต์สวิตช์ (Current Switch)

วงจร VCO (Voltage Control Oscilator) ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณซายน์ และผลิตสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม ความถี่ที่ได้จะถูกควบคุมด้วยเคอร์เร้นต์สวิตช์ โดยมีค่าความต้านทานซึ่งต่ออยู่ที่ขา 7-8 เป็นตัวกำหนดการทำงานของเคอร์เรนต์สวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของบล็อกการคูณและปรับแต่งรูปคลื่นซายน์ (Multiplier And Sine Shaper) จะรับสัญญาณรูป คลื่นสามเหลี่ยมจาก VCO มาทำการแต่งรูปให้เป็นคลื่นรูปซายน์ ซึ่งความแรงของคลื่นซายน์ ซึ่งความแรงของสัญญาณซายน์และสามเหลี่ยมสามารถปรับได้โดยตัวต้านทานที่ต่ออยู่กับขา 3 ลงกราวด์ และแรงดันที่ขา 1 ส่วนตัวต้านทานที่ต่ออยู่กับขา 13, 14 จะเป็นตัวปรับรูปคลื่นของคลื่นรูปซายน์ที่ขา 11 เป็นสัญญาณซิงค์เอาต์พุต (Syncronize) ซึ่งจุดนี้เป็นคอลเล็คเตอร์เปิด (Open collector)สัญญาณจุดนี้เป็นรูปสี่เหลี่ยมซึ่งซิงค์กันกับความถี่ที่ VCO



รูปที่ 3.14 โครงสร้างภายในของไอซีเบอร์ XR-2206 ที่ใช้ผลิตความถี่

ตัวต้านทานที่ขา 15, 16 ใช้ปรับความสมมาตรของซีกบวกกับซีกลบของรูปคลื่นซายน์ และรูปคลื่นสามเหลี่ยมซึ่งจะปรับเป็นตัวสุดท้าย

J1 ใช้เลือกย่านวัดทั้ง 3 ย่าน โดยความถี่แต่ละย่านถูกกำหนดด้วยตัวเก็บประจุที่ขา 5 และ 6 ในแต่ละย่านยังสามารถปรับความถี่ด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นละเอียด และหยาบ ส่วน R_1 จะเป็นตัวกำหนดความถี่ต่ำสุดของแต่ละย่านวัด ความถี่จะถูกกำหนดด้วยตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่ที่ขา 5 และ 6 และตัวต้านทานที่ขา 7 ซึ่งค่าความถี่สามารถแสดงด้วยสมการดังนี้

$$F = \frac{1}{RC} \tag{3.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปวงจรที่ 3.14 ไอซีเบอร์ XR-2206 ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่โดยแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ สัญญาณซายน์ สามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยม R_2 และ R_3 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ เพื่อปรับระดับแรงดันของสัญญาณรูปคลื่นซายน์และสามเหลี่ยม

เมื่อ J2, J3, J4 ที่ตำแหน่ง 2 จะได้รูปคลื่นสามเหลี่ยมปรากฏที่ขา 2 ปรับระดับแรงดันด้วย VR_5 เมื่อ J2 อยู่ที่ตำแหน่ง 1 จะได้ คลื่นรูปซายน์ปรากฏที่เอาต์พุตขา 2 โดยปรับระดับแรงดันด้วย VR_5 และ R_3 ซึ่ง R_3 จะเป็นตัวช่วยให้ระดับแรงดันของคลื่นรูปซายน์มีขนาดเท่ากับสัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ขา 13, 14 มีตัวต้านทานปรับค่าได้ต่อไว้เพื่อปรับแต่งคลื่นรูปซายน์ให้มีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด

เนื่องจากตัวเก็บประจุเป็นค่าคงที่ดังนั้นความถี่ที่เปลี่ยนแปลงจึงขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน เพื่อให้สามารถปรับความถี่ได้อย่างละเอียดต่อเนื่อง ความต้านทานจึงต้องมีความเป็นเชิงเส้นมากๆ และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ทีละน้อยๆ ทำให้ได้การเปลี่ยนแปลงทีละน้อย และเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งในที่นี้ใช้ค่าความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 5 kΩ ในการปรับแบบละเอียด ใช้ค่าความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 1 MΩ ในการปรับแบบหยาบ

ที่ขา 11 ของไอซี XR-2206 ภายในเป็นคอลเล็คเตอร์เปิดจุดนี้จะได้สัญญาณเป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยมี R_2 ต่อเป็นตัวต้านทานพูลอัพ เพื่อป้อนเข้าวงจรนับความถี่เมื่อ J2, J3, J4 ใช้ปรับเลือกรูปสัญญาณซายน์ สามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยม โดยสัญญาณที่ถูกเลือกจะถูกต่อผ่าน VR_7 เพื่อปรับระดับแรงดันที่ป้อนให้อินพุตของอีมิตเตอร์

ภาคเอาต์พุตประกอบด้วย Q_1 และ Q_2 เบอร์ BD139 และ BD140 ซึ่งจัดวงจรแบบคอมพลีเมนทารี่ โดย Q_1 จะทำงานเมื่อสัญญาณอินพุตเป็นบวกส่วน Q_2 จะทำงานเมื่อสัญญาณอินพุตเป็นลบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณทางเอาต์พุตที่เรียกว่าครอสโอเวอร์ดิสทอร์ชัน (Cossover Distrotion) จึงจัดไบแอสให้ทรานซิสเตอร์ทั้งสองให้เหมาะสมด้วย R_9-R_{12} ซึ่งจะจำกัดกระแสให้มีค่าประมาณ 40 mA

3.5 การออกแบบและการทำงานของวงจรเลื่อนเฟสสัญญาณ 90 องศา

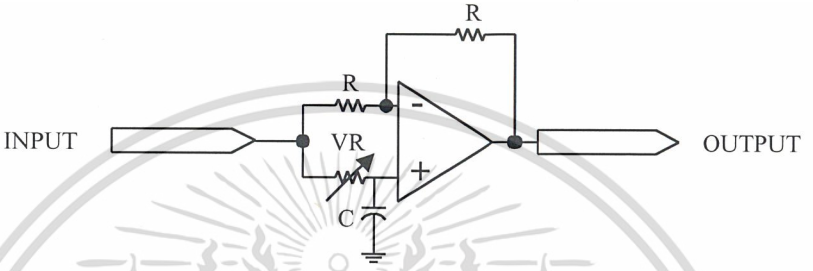
3.5.1 การออกแบบวงจรเลื่อนเฟสสัญญาณ 90 องศา

การออกแบบวงจรเลื่อนเฟสจะอาศัยหลักการของวงจรกรองผ่านทั้งหมดชนิด Vo ล้าหลัง Vin ดังรายละเอียดต่อไปนี้โดยกำหนดค่าของมุมเท่ากับ -90 องศาใช้ค่าความถี่เท่ากับสัญญาณพาหะ คือ 76.8 กิโลเฮิรตซ์ เลือกค่า C เท่ากับ 620 พิโกฟารัด เพื่อหาค่าของความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การทำงานของวงจรเลื่อนเฟสสัญญาณ 90 องศา

การทำงานของวงจรในรูปที่ 3.15 เมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้ามาในวงจรกรองผ่านนี้ สัญญาณที่ออกมาทางเอาต์พุตจะเหมือนกับอินพุต แต่เฟสจะกลับกัน 90 องศา ซึ่งสามารถปรับ VR เพื่อให้องศาของการเลื่อนของเฟสเปลี่ยนแปลงได้



รูปที่ 3.15 วงจรกรองผ่านทั้งหมดชนิด Vo ล้าหลัง Vin

ขั้นตอนในการออกแบบ

1) เลือกค่า ∅ เท่ากับ –90 องศา

2) ใช้ค่าความถี่เท่ากับสัญญาณพาหะคือ 76.8 กิโลเฮิรตซ์

3) เลือกค่า C เท่ากับ 620 พิโกฟารัด

จากสมการที่ 3.3 สามารถหา R ได้ดังนี้

$$R = \tan(-\phi/2)/(2\pi frc) \qquad (3.2)$$

แทนค่าดังกล่าวลงในสมการ

R = tan(- ∅/2)/(2πfRc)

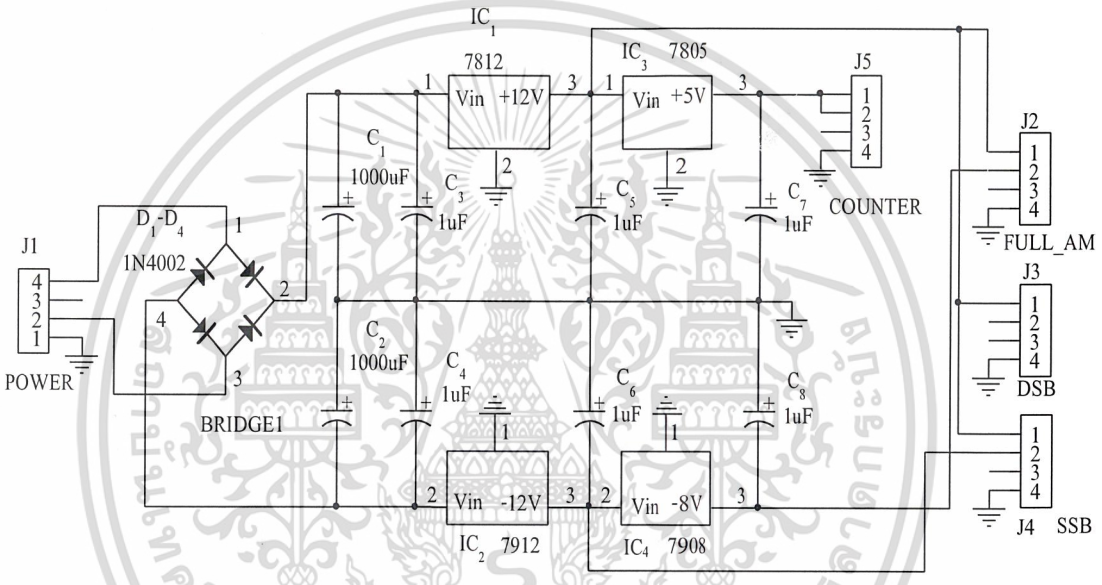
= tan(45)/(2π*76.8*10^{3}*620*10^{-12}) = 3.3 กิโลโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบและการทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟ

3.6.1 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟ

วงจรภาคจ่ายไฟจะจ่ายไฟออกมา 4 ค่า ได้แก่ –8 โวลต์, -12 โวลต์, 5 โวลต์ และ 12โวลต์ โดยจ่ายไฟออกมาให้แก่ วงจรส่วนต่างๆ เช่น วงจรนับความถี่, วงจร FULL AM, วงจร DSB, วงจร SSB และวงจรอินเตอร์เฟส

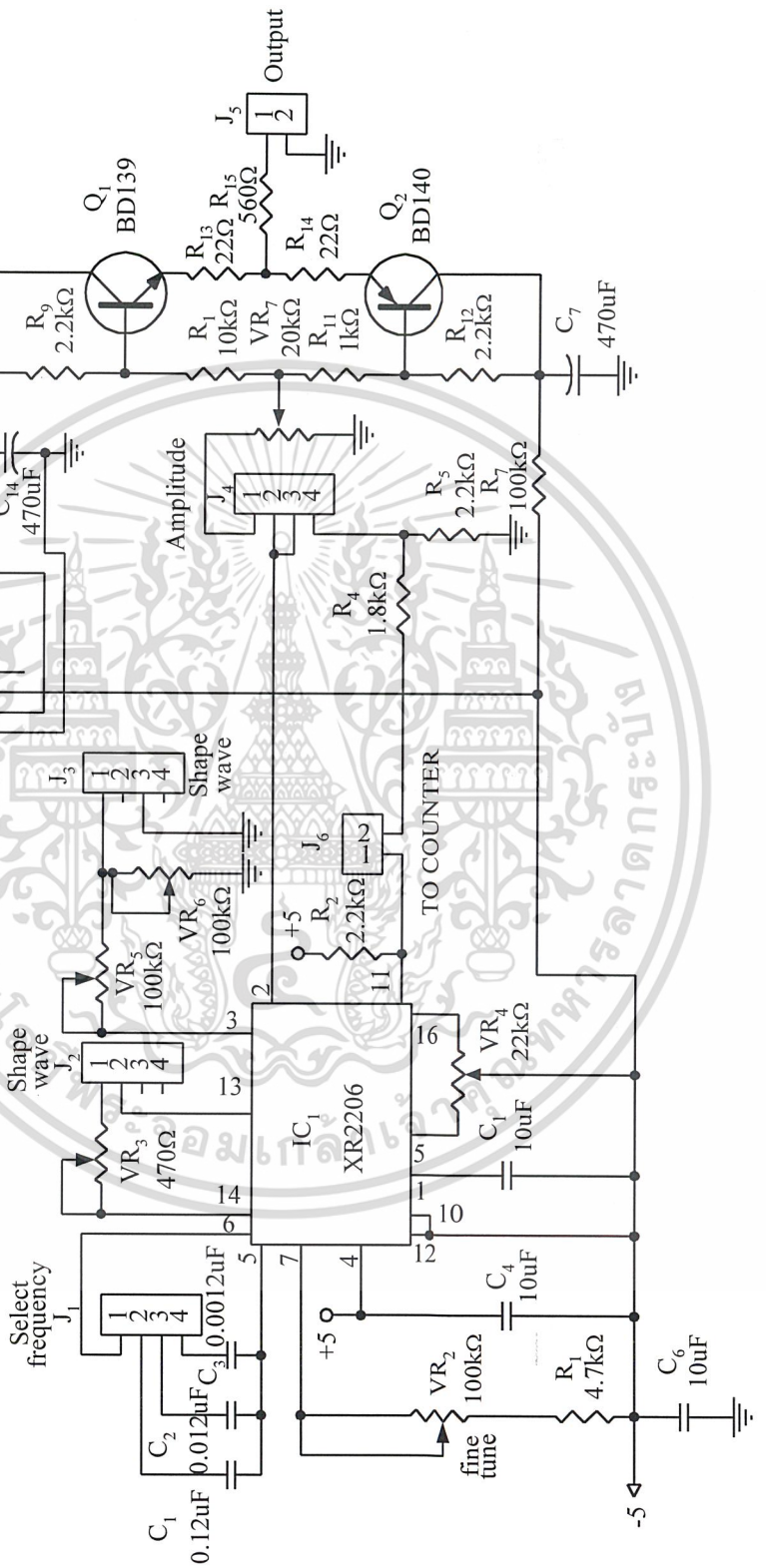


รูปที่ 3.16 วงจรภาคจ่ายไฟ

3.6.2 การทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟ

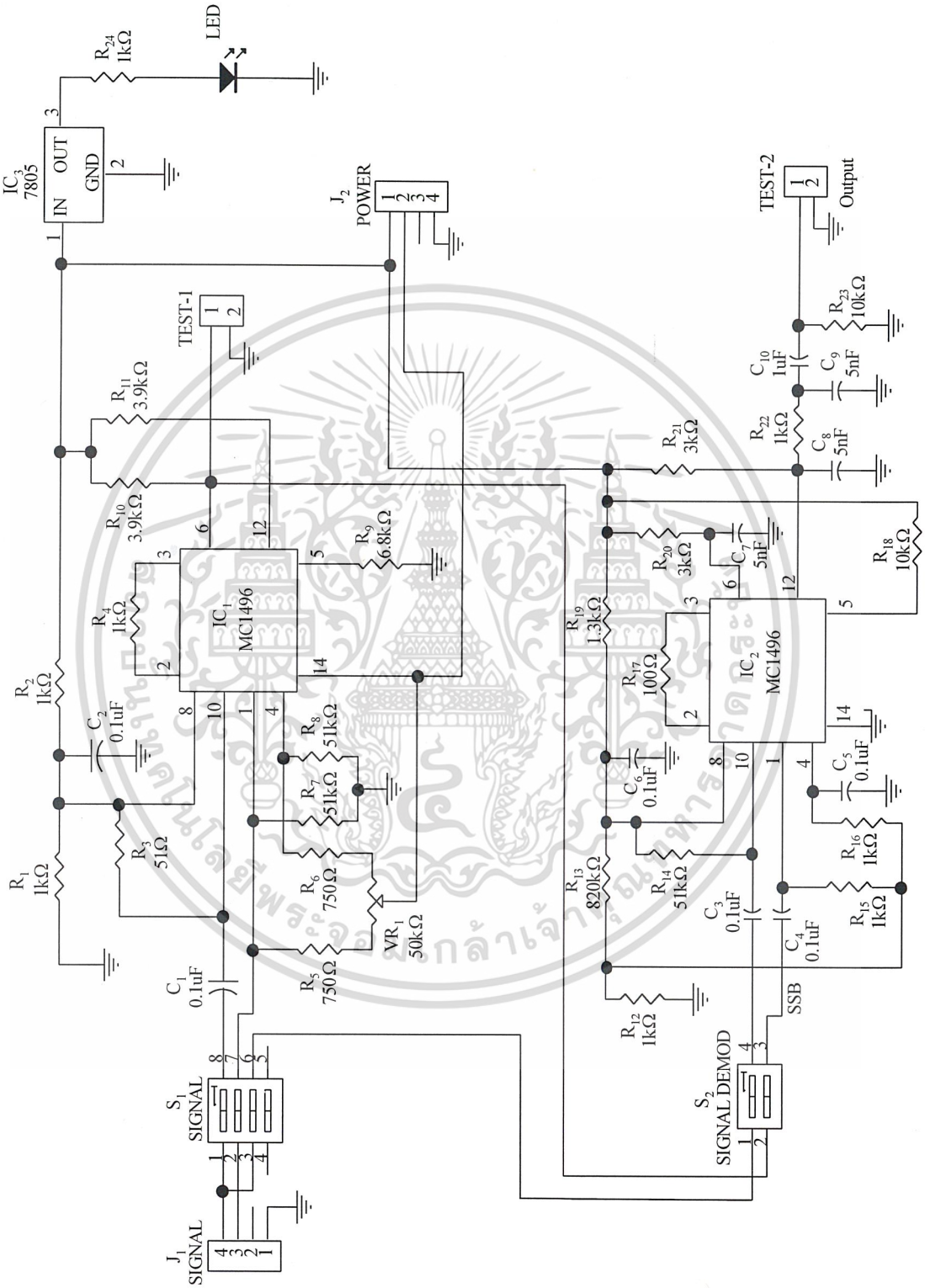
ในรูปที่ 3.16 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟ ซึ่งรับอินพุตเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้ามาผ่านไดโอดบริดจ์ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสับเป็นกระแสตรง ไปเข้าไอซีเร็กกูเลตแต่ละตัวเพื่อจัดระดับแรงดันให้คงที่ โดยจะได้เอาต์พุตออกมาเป็น +5 โวลต์, +12โวลต์, –8 โวลต์ และ -12โวลต์ เพื่อไปจ่ายให้วงจรต่างๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



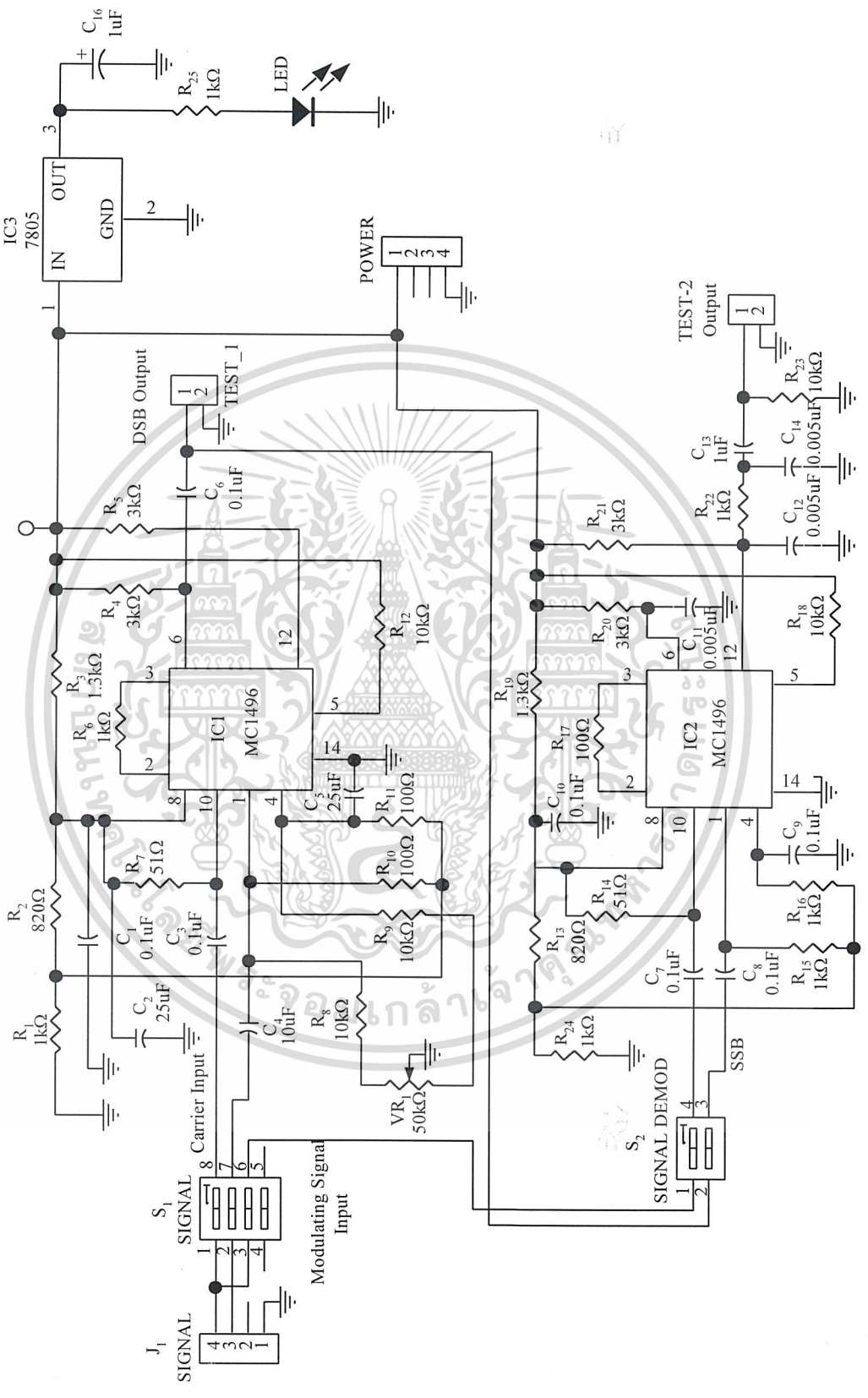
รูปที่ 3.17 วงจรของเครื่องกำเนิดสัญญาณพาหะและข่าวสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



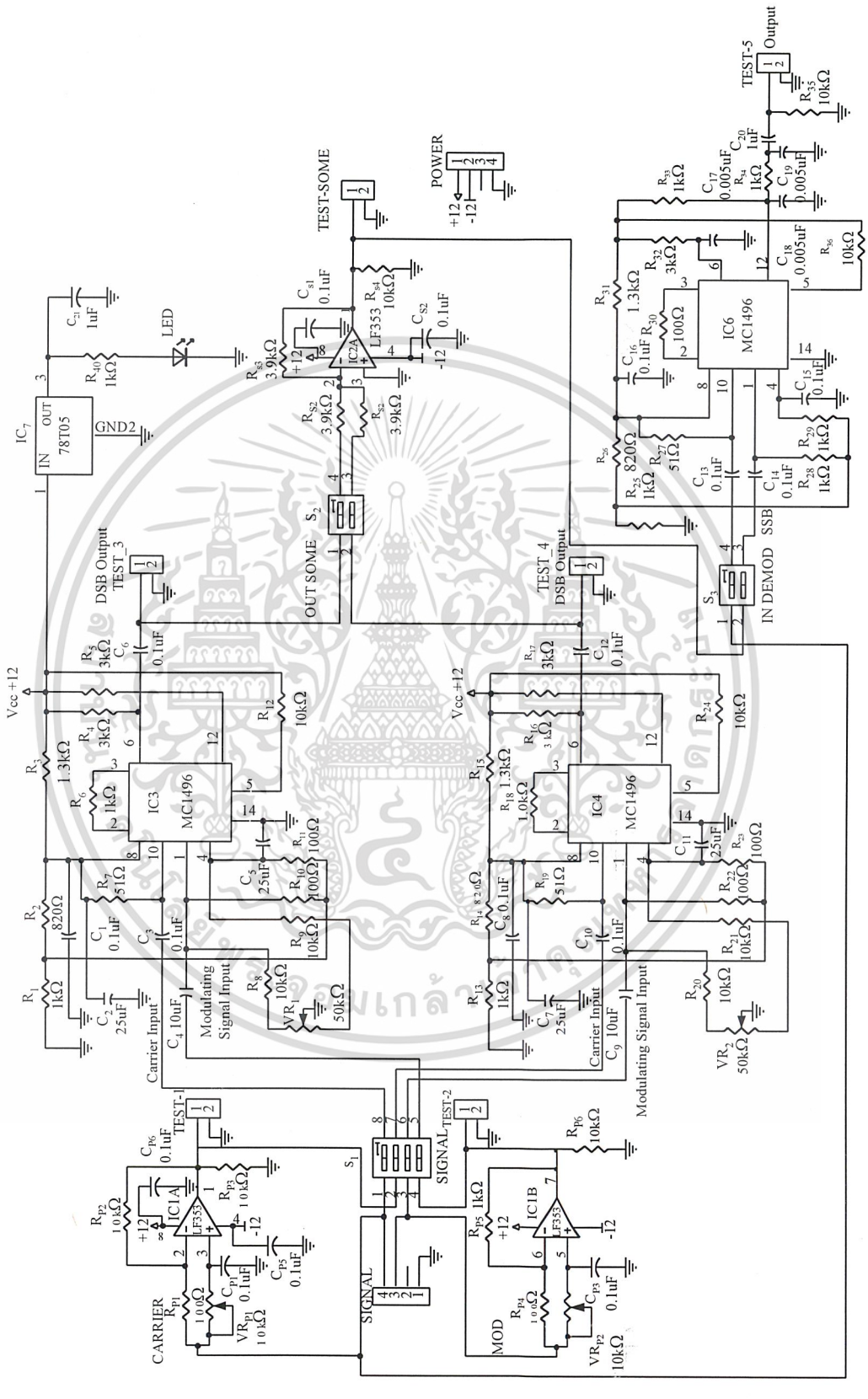
รูปที่ 3.18 วงจรการมอดูเลตและดีมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 วงจรการมอดูเลตและดีมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 วงจรการมอดูเลตและดีมอดูเลตเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็ม หลักการทำงานของวงจรของชุดทดลองของเครื่องจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ในการควบคุมการทำงานของชุดกำเนิดความถี่ ชุดแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลและภาคแสดงผลทางจอแอลซีดี ดังนั้นในการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของชุดทดลองก็คือ การทดลองการทำงานของโปรแกรมควบคุม โดยผลการทดลองจะแสดงผลจากวงจรต่างๆ ที่นำประกอบขึ้นซึ่งได้ผ่านการทดลองการทำงานของวงจรมาก่อนแล้วนำมาประกอบกันเป็นชุดฝึก โดยการทดลองการทำงานจะทำการทดลองเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างเครื่องออสซิลโลสโคป และสัญญาณที่ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์

4.2 การทดลอง และผลการทดลองของวงจรฟูลเอเอ็ม

4.2.1 การทดลองของวงจรฟูลเอเอ็ม

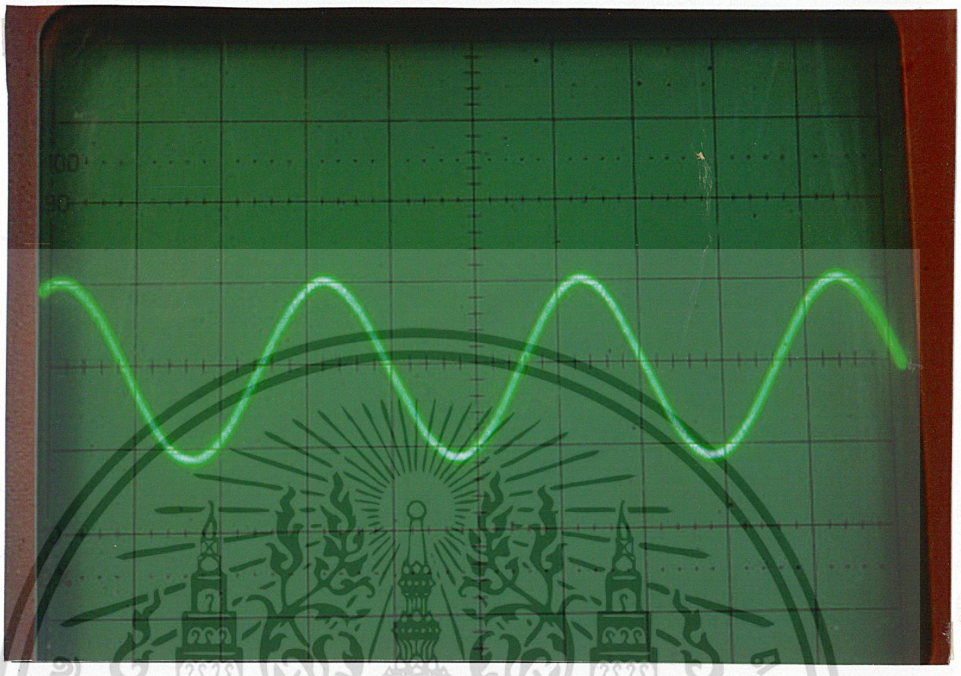
เปิดสวิตช์ S_1 ในแถวที่ 1 เพื่อป้อนสัญญาณพาหะรูปคลื่นซายน์และเปิดสวิตช์ S_2 ในแถวที่ 2 เพื่อป้อนสัญญาณข่าวสารรูปคลื่นซายน์ นำออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณข่าวสารทางด้านอินพุตและจุดทดสอบ T_1 เพื่อวัดสัญญาณการมอดูเลต ปรับค่า R_1 เพื่อปรับค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต เปิดสวิตช์ S_1 ในแถวที่ 3 เปิดสวิตช์ S_2 ในแถวที่ 1 เพื่อป้อนสัญญาณพาหะรูปคลื่นซายน์ และเปิดสวิตช์ S_2 ในแถวที่ 2 เพื่อป้อนสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้ว วัดสัญญาณการดีมอดูเลตที่จุดทดสอบ T_2 ด้วยออสซิลโลสโคป

4.2.2 ผลการทดลองของวงจรฟูลเอเอ็ม

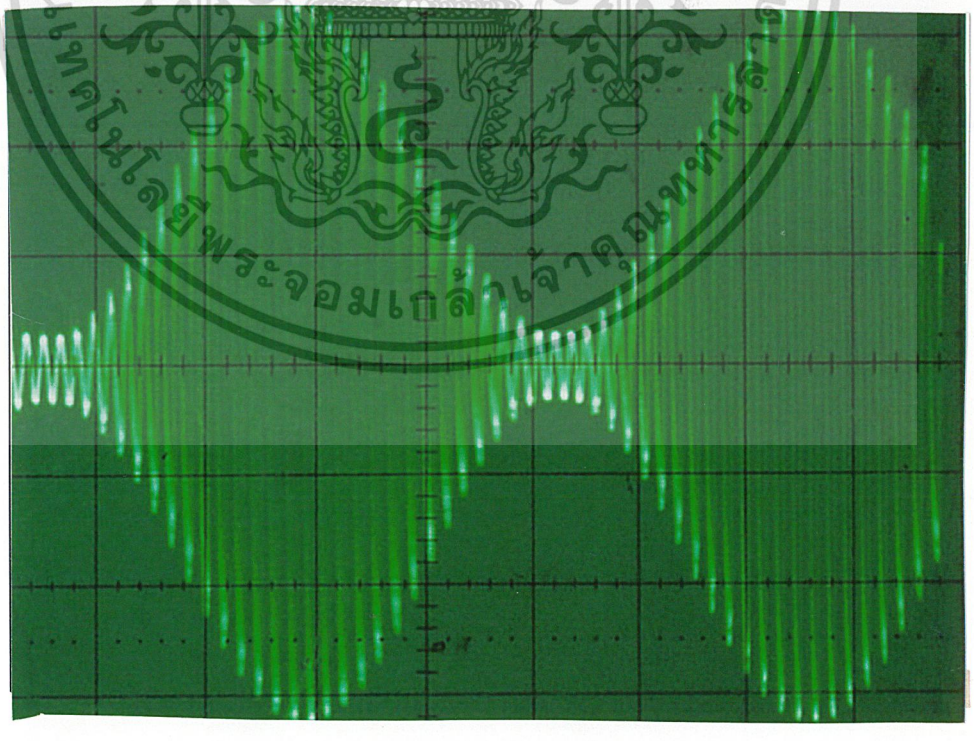
จากการทดลองวัดสัญญาณที่จุดทดสอบ T_1 รูปสัญญาณที่ออกจากจุดทดสอบ T_1 จะเห็นว่าขอบของสัญญาณซึ่งก็คือสัญญาณเสียงที่ขี่อยู่บนสัญญาณพาหะดังรูปที่ 4.2 หลังจากปรับค่า R_1 เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ รูปสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะซ้อนทับกันของขอบด้านบนและด้านล่างที่ระดับแรงดันต่ำสุด เรียกการมอดูเลตแบบนี้ว่าการมอดูเลตเกิน 100% ดังรูปที่ 4.3

เมื่อทำการวัดสัญญาณที่จุด T_2 เพื่อวัดสัญญาณที่ถูกดีมอดูเลตดังรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะที่ต่างกับสัญญาณอินพุตดังรูปที่ 4.1 ทั้งทางด้านความถี่ และแอมปลิจูดของสัญญาณในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

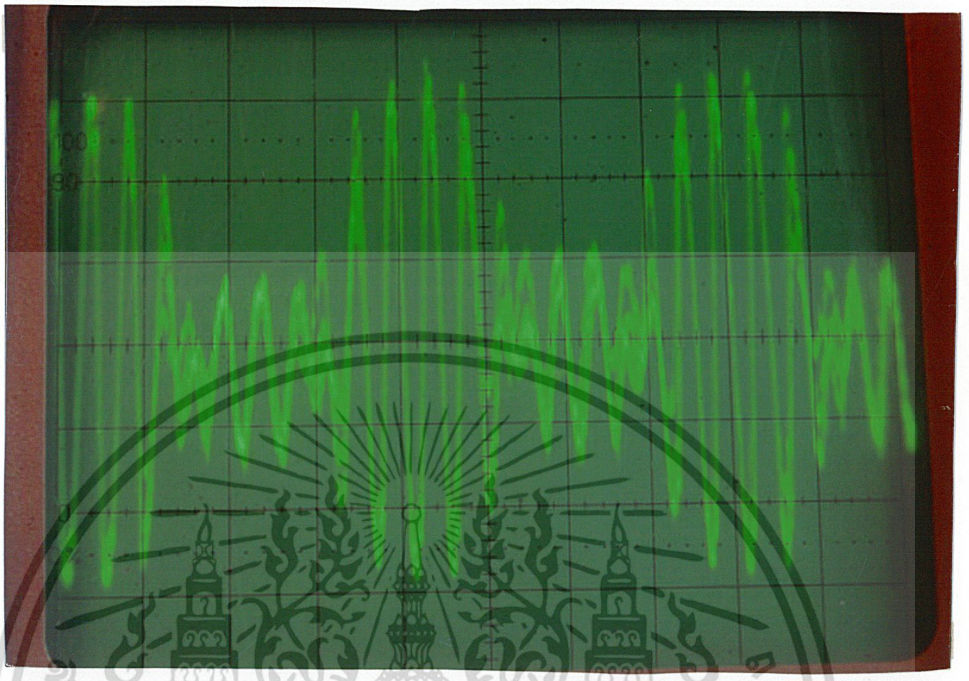


รูปที่ 4.1 สัญญาณเสียงทางด้านอินพุต

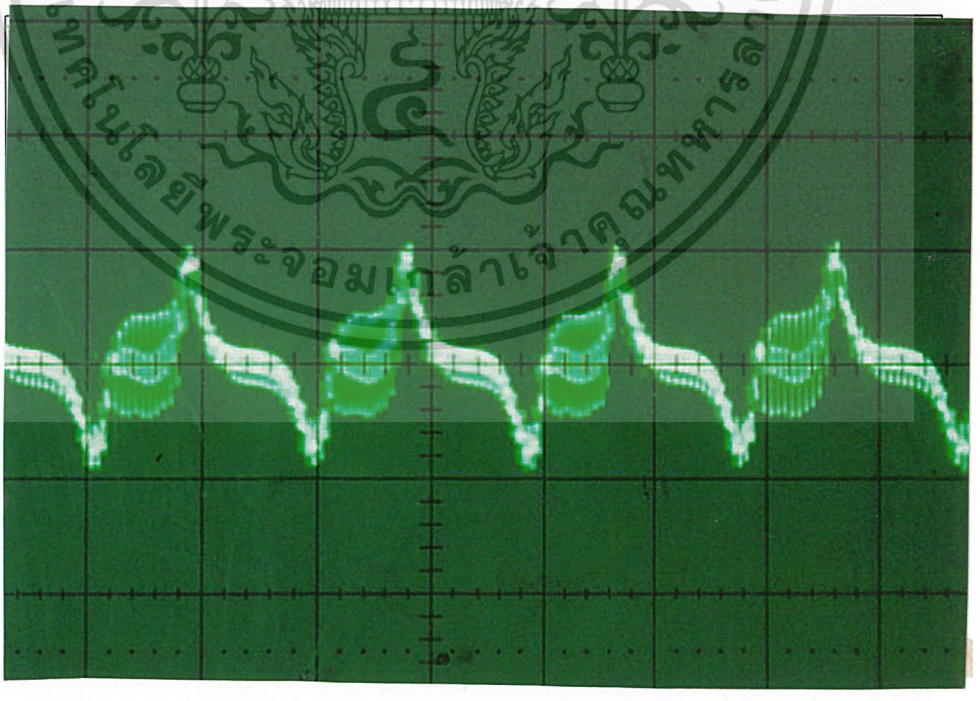


รูปที่ 4.2 สัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วไม่เกิน 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 สัญญาณที่ถูกมอดูเลตเกิน 100%



รูปที่ 4.4 สัญญาณที่ถูกดีมอดูเลตแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4..3 การทดลองและผลการทดลองของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

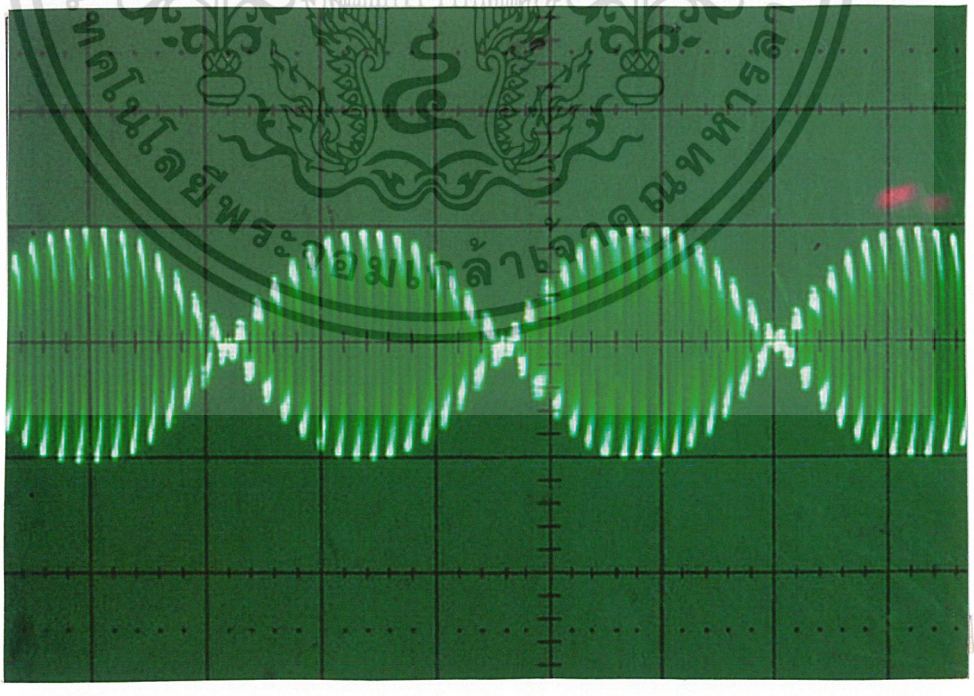
4.3.1 การทดลองของงวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

เปิดสวิตช์ S_3 ในแถวที่ 1 เพื่อป้อนสัญญาณพาหะรูปคลื่นซายน์ และเปิดสวิตช์ S_3 ในแถวที่ 2 เพื่อป้อนสัญญาณเสียงรูปคลื่นซายน์ วัดสัญญาณที่จุดทดสอบ T_3 ด้วยออสซิลโลสโคปเพื่อวัดสัญญาณการมอดูเลต ปรับค่า R_2 เพื่อปรับค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต เปิดสวิตช์ S_3 ในแถวที่ 3 และกดสวิตช์ S_4 ในแถวที่ 1 เพื่อป้อนสัญญาณพาหะ เปิดสวิตช์ S_4 ในแถวที่ 2 เพื่อป้อนสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้ว วัดสัญญาณที่ถูกดีมอดูเลตแล้วด้วยออสซิลโลสโคปที่จุดทดสอบ T_4

4.3.2 ผลการทดลองของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

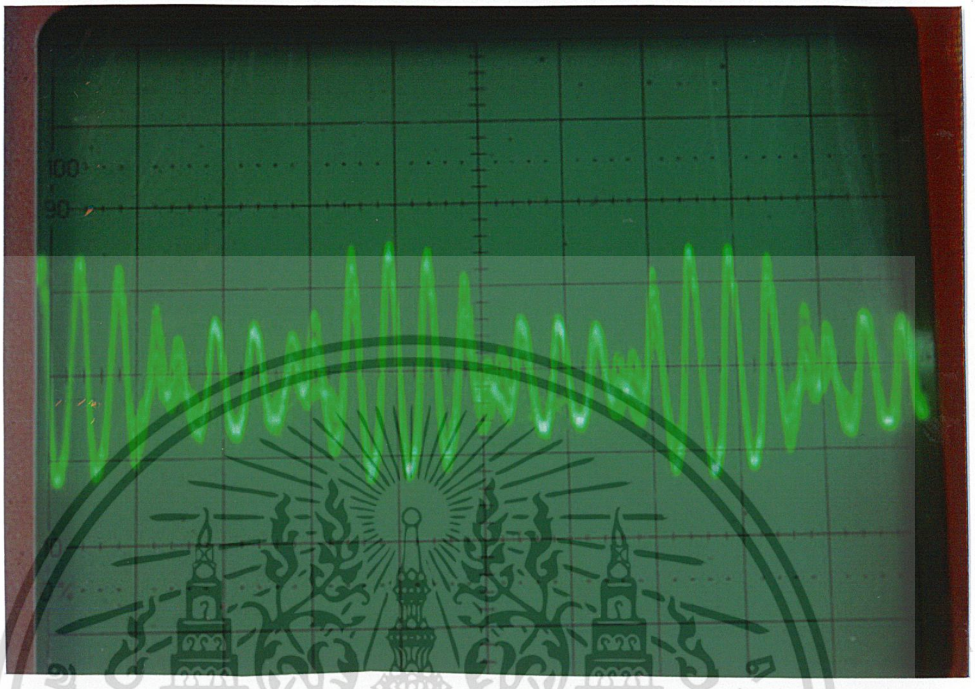
จากการทดลองวัดสัญญาณที่จุดทดสอบ T_3 สัญญาณที่ได้มีลักษณะตัดกันของขอบสัญญาณทางด้านบน และล่างดังรูปที่ 4.5 แต่เมื่อทำการปรับค่า R_2 เพื่อเพิ่มค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต สัญญาณที่ได้จะถูกบีบเข้าหากันจากขอบสัญญาณทางด้านบน และล่างดังรูปที่ 4.6

เมื่อทำการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบ T_4 เพื่อวัดสัญญาณที่ถูกดีมอดูเลตแล้วดังในรูปที่ 4.7 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าแอมปลิจูดของสัญญาณ และความถี่จะต่างกัน

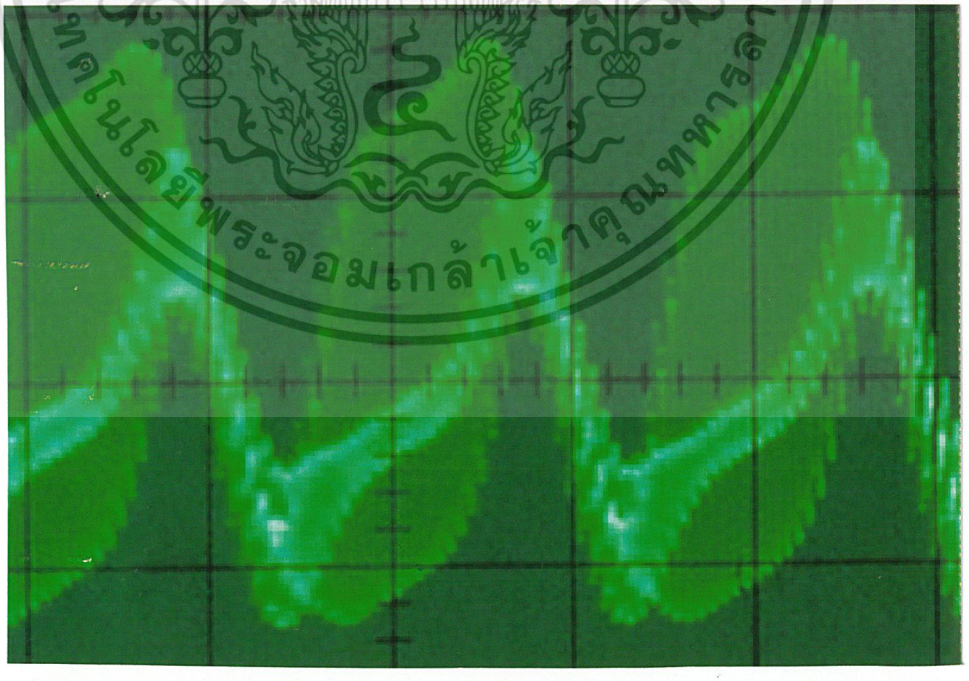


รูปที่ 4.5 สัญญาณที่ถูกมอดูเลตไม่เกิน 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 สัญญาณที่ถูกมอดูเลตเกิน 100%



รูปที่ 4.7 สัญญาณที่ถูกดีมอดูเลตแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

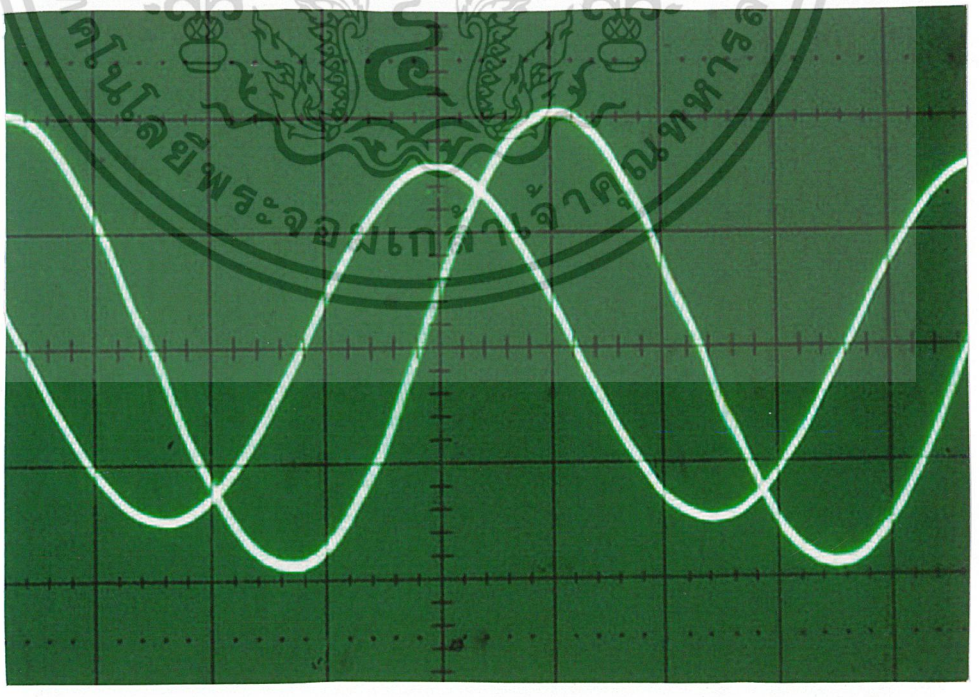
4.4 การทดลองและผลการทดลองของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์

4.4.1 การทดลองของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์

วัดสัญญาณที่จุดทดสอบ T_5 ปรับค่า R_3 โดยเทียบกับสัญญาณอินพุตเพื่อให้ต่างเฟสกันอยู่ 90 องศา วัดสัญญาณที่จุดทดสอบ T_6 ปรับค่า R_4 โดยเทียบกับสัญญาณอินพุตเพื่อให้ต่างเฟสกันอยู่ 90 องศา เปิดสวิตช์ S_5 ในแถวที่ 1 ถึง 4 เพื่อป้อนสัญญาณพาหะ และสัญญาณข่าวสาร วัดจุดทดสอบ T_7 และT_8 เพื่อทดสอบสัญญาณการมอดูเลตแบบดับเบิลไซด์แบนด์ เปิดสวิตช์ S_6 .ในแถวที่ 1 และแถวที่ 2 เพื่อป้อนสัญญาณการมอดูเลตแบบดับเบิลไซด์แบนด์ วัดสัญญาณที่จุดทดสอบ T_{10} เพื่อวัดสัญญาณซิงเกิลไซด์แบนด์ เปิดสวิตช์ S_7 ในแถวที่ 1 และแถวที่ 2 เพื่อป้อนสัญญาณพาหะและสัญญาณซิงเกิลไซด์แบนด์ วัดสัญญาณที่จุดทดสอบ T_9 เพื่อวัดสัญญาณที่ถูกดีมอดูเลตแล้ว

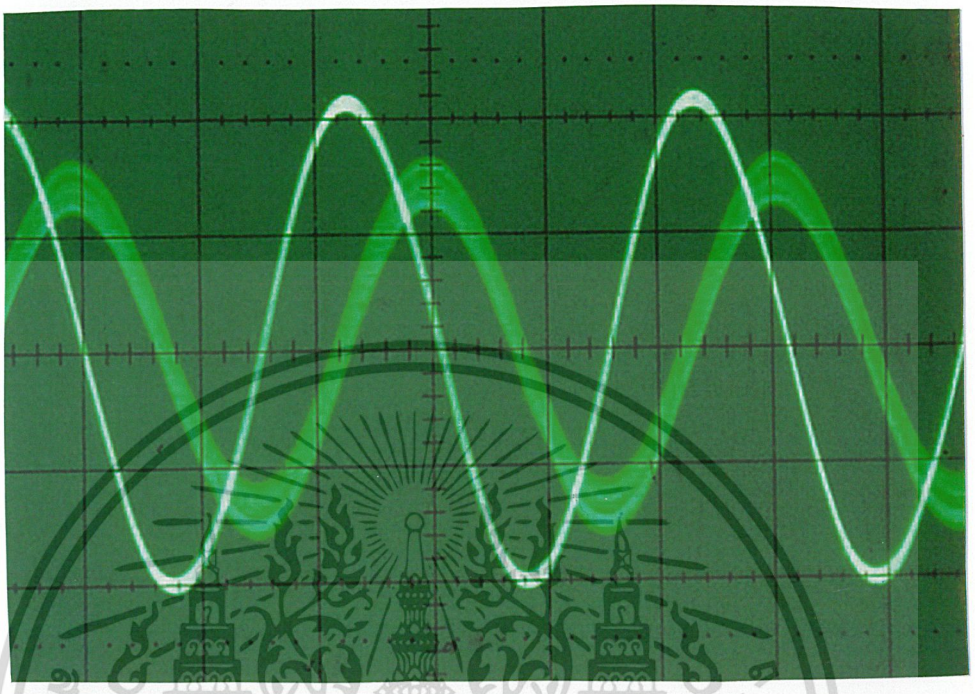
4.4.2 ผลการทดลองของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์

ผลของการวัดสัญญาณที่จุดทดสอบ T_5 และT_6 ดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 จะเป็นผลของสัญญาณที่ถูกเลื่อนเฟสจะมีลักษณะต่างเฟสอยู่ 90 องศาเมื่อเทียบกับทางด้านอินพุตในรูปที่ 4.1 รูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแบบดับเบิลไซด์แบนด์ รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณการมอดูเลตแบบซิงเกิลไซด์แบนด์ ผลของสัญญาณที่ถูกดีมอดูเลตแล้วจะมีแอมปลิจูดของสัญญาณและความถี่ที่ต่างกับสัญญาณข่าวสารทางอินพุต

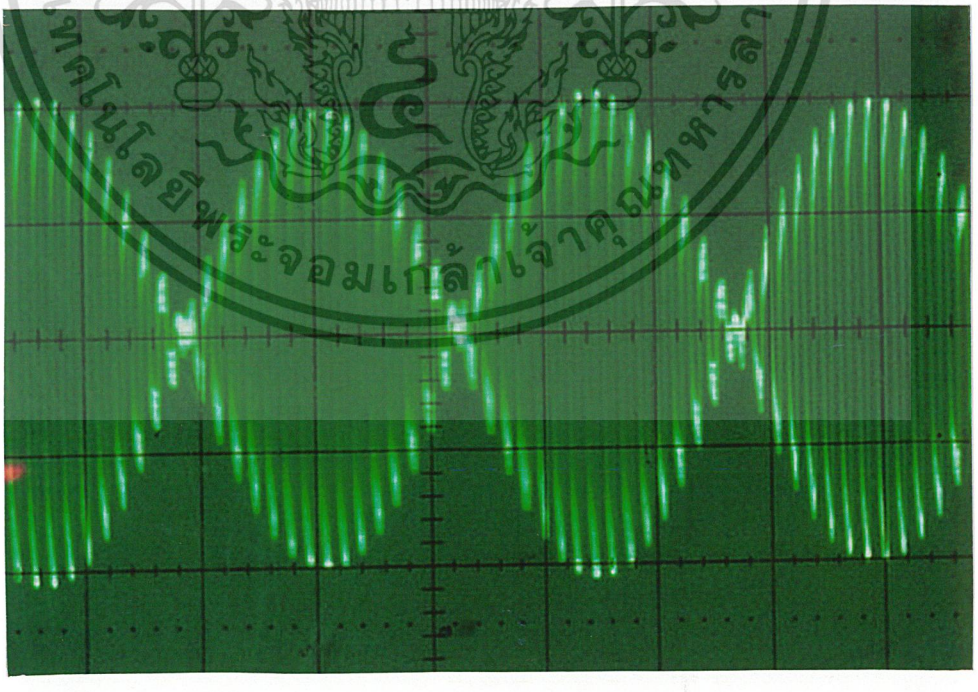


รูปที่ 4.8 วัดจุดทดสอบที่ T_5 สัญญาณที่ถูกเลื่อนเฟส 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

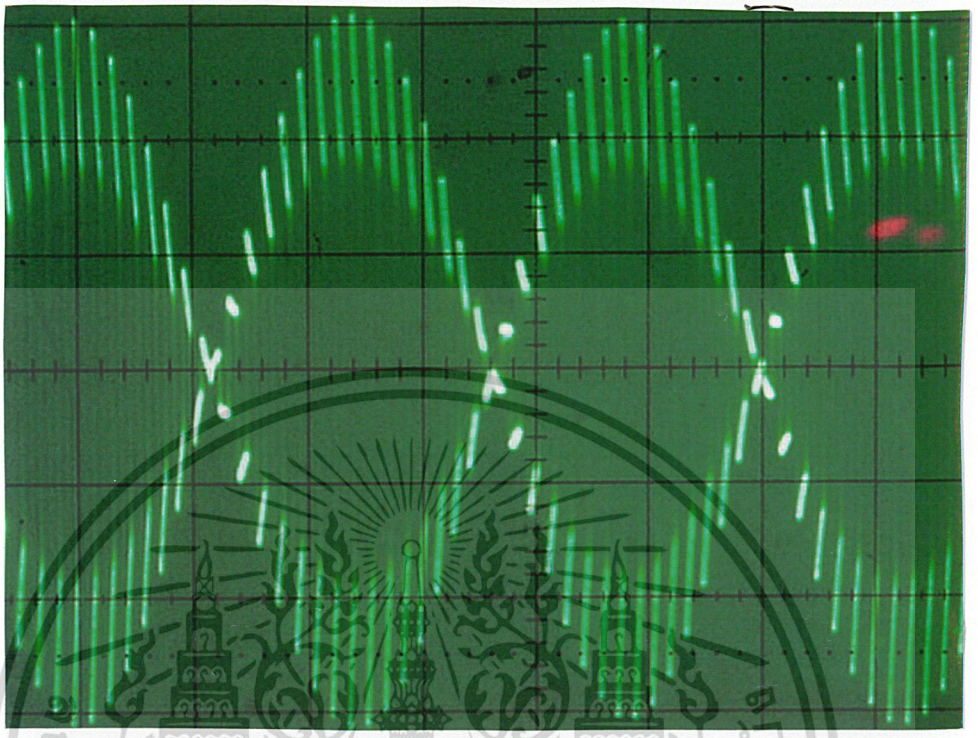


รูปที่ 4.9 วัดจุดทดสอบที่ T_6 สัญญาณที่ถูกเลื่อนเฟส 90 องศา

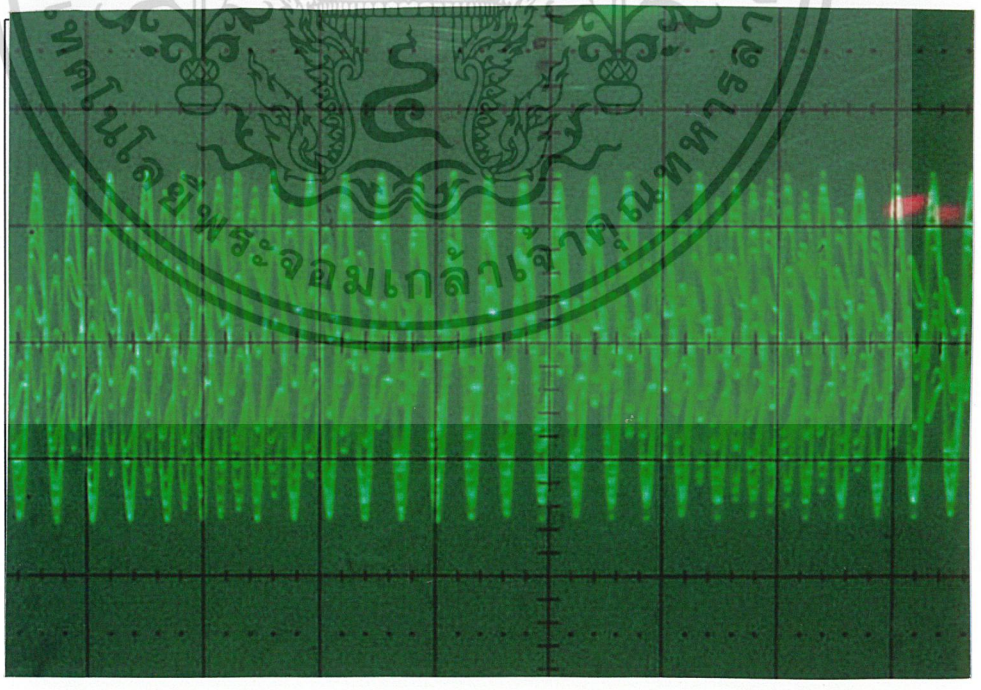


รูปที่ 4.10 วัดจุดทดสอบที่ T_7 สัญญาณการมอดูเลตแบบดับเบิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

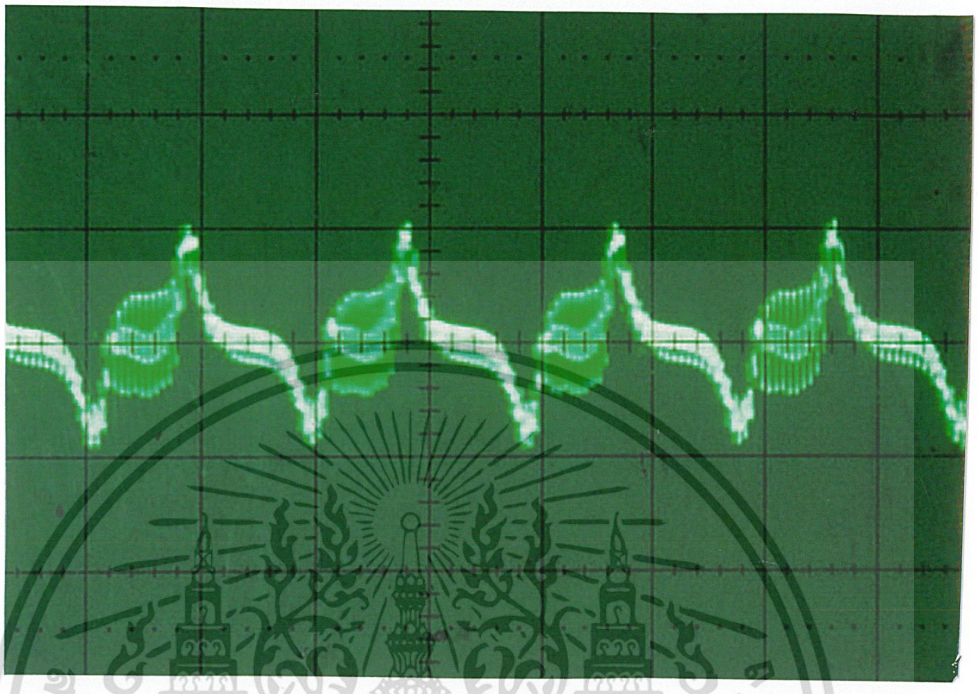


รูปที่ 4.11 วัดจุดทดสอบที่ T_8 สัญญาณการมอดูเลตแบบดับเบิลไซด์แบนด์



รูปที่ 4.12 วัดจุดทดสอบที่ T_{10} สัญญาณการมอดูเลตแบบซิงเกิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 วัดจุดทดสอบที่ T_1 สัญญาณที่ถูกดีมอดูเลตแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

การออกแบบชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็ม ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ด้วยกันคือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการออกแบบวงจรอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์และวงจรควบคุมความถี่ ส่วนที่ 2 คือ ส่วนของการออกแบบโปรแกรมควบคุม และส่วนที่ 3 คือ การออกแบบและการทำงานของชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ AM

ในชุดฝึกชุดนี้สามารถที่จะเลือกทดลองในรูปแบบของระบบคอมพิวเตอร์หรือแบบ Manual ชุดฝึกสามารถที่จะเลือกความถี่ได้หลายระดับเพราะสามารถจะเป็นเครื่องกำเนิดความถี่ขึ้นเองได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องกำเนิดความถี่จากภายนอก ในส่วนของการแสดงผลสามารถแสดงผลผ่านจอคอมพิวเตอร์หรือเลือกให้แสดงผลผ่านออสซิลโลสโคป (Oscillator)

5.2 ปัญหา และแนวทางการแก้ไข

ในการจัดทำโครงงานชุดฝึกนี้ สามารถสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1) วงจรบางส่วนที่อยู่ในชุดฝึกมีเพียงแผนผังการทำงาน ส่งผลต้องใช้เวลาในการหาวงจรที่ใช้เป็นส่วนประกอบของแผนผังการทำงาน

แนวทางการแก้ไข ทำการรวบรวมข้อมูลก่อน แล้วนำวงจรในแต่ละส่วนประกอบกัน

2) เกิดการรบกวนของสัญญาณทางเอาต์พุต

แนวทางการแก้ไข เพิ่มขนาดของเส้นกราวด์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

3) ระดับแรงดันมีการคลาดเคลื่อนอยู่มาก

แนวทางการแก้ไข ใช้ตัวปรับค่าความต้านทานแบบทิมพอร์ต 25 รอบ

4) การวัดรูปคลื่นจะวัดได้ช้ากว่าความเป็นจริง โดยจะต้องทำการหน่วงเวลา 5 วินาทีเพื่อนำค่ามาเก็บในคอมพิวเตอร์และดึงข้อมูลมาแสดงผล

แนวทางการแก้ไข ต้องมีหน่วยความจำภายนอกเพื่อทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากการสุ่มของชุดอินเตอร์เฟสและให้คอมพิวเตอร์ทำการดึงข้อมูลไปแสดงผล

5) การเลือกความถี่จากคอมพิวเตอร์ค่าที่ได้จะไม่เที่ยงตรง เนื่องจากค่าแรงดันที่ได้เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการแก้ไข ต้องทำการเลือกความถี่ให้ห่างกันมาก เช่น เลือกความถี่แรก 100 เฮิรตซ์ ความถี่ที่สองต้องเป็น 1 กิโลเฮิรตซ์

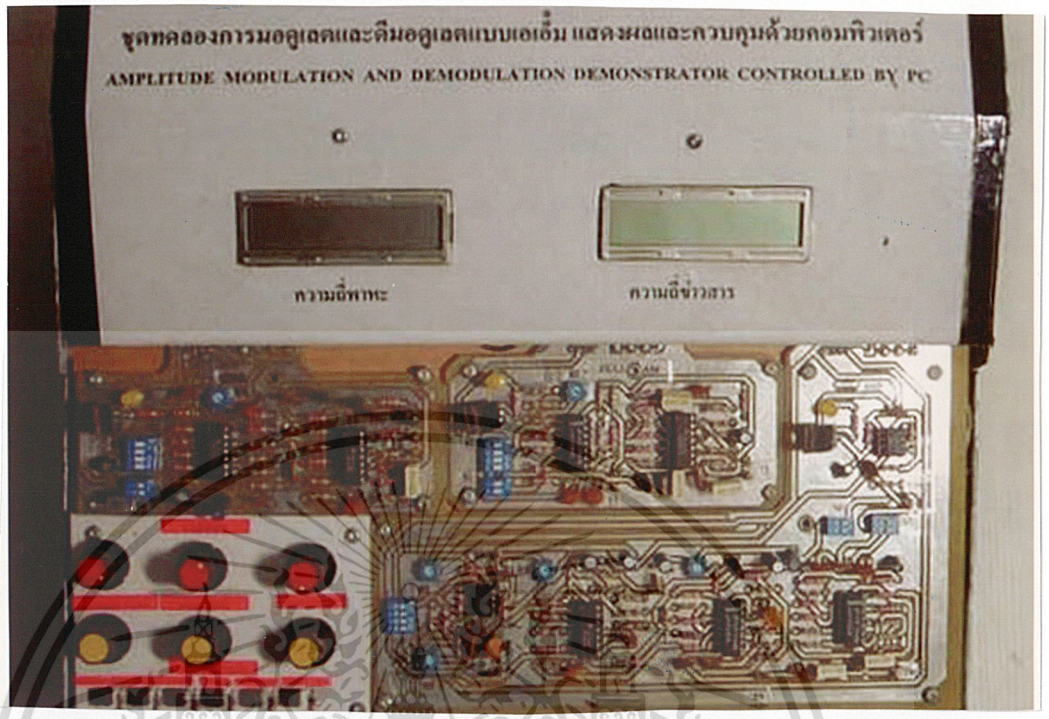
5.3 แนวทางการพัฒนา

ใช้สัญญาณเสียงของมนุษย์แทนสัญญาณข่าวสารจากฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์

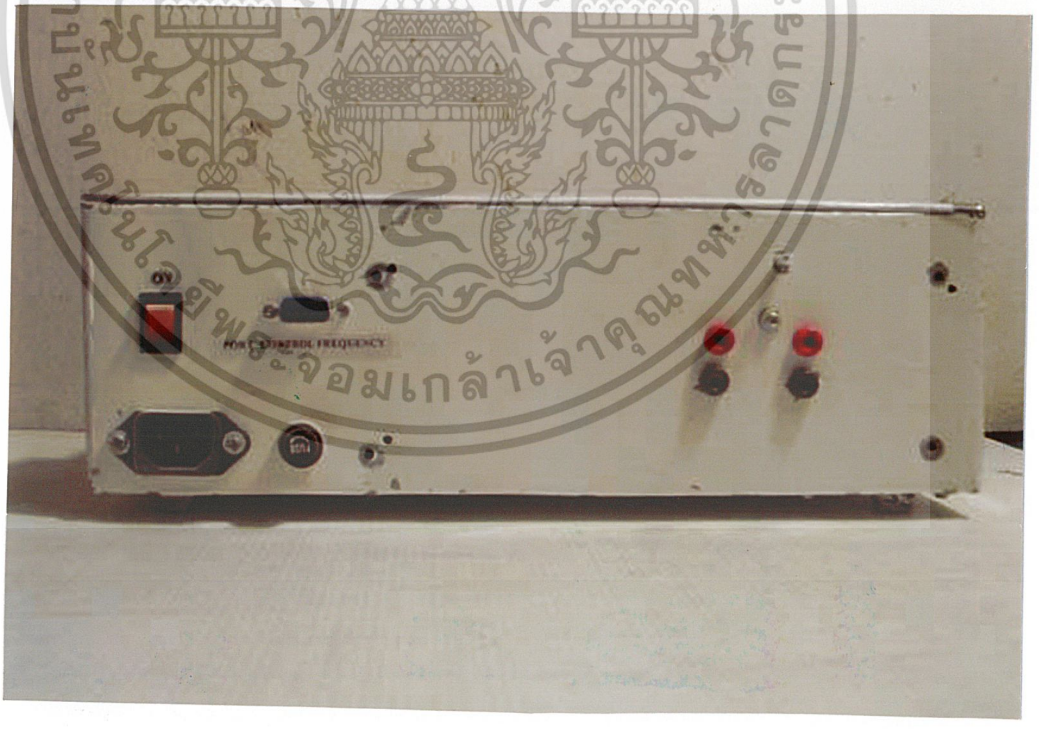
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

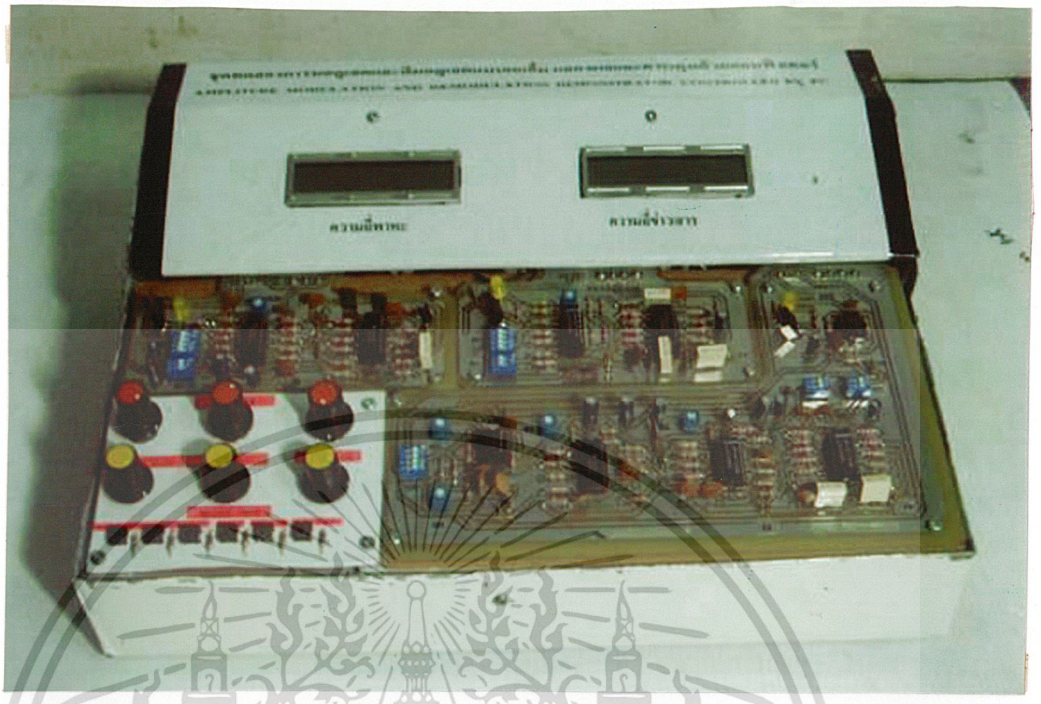


รูปที่ ก.1 ด้านบนของกล่องชุดทดลอง



รูปที่ ก.2 ด้านหลังของกล่องชุดฝึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



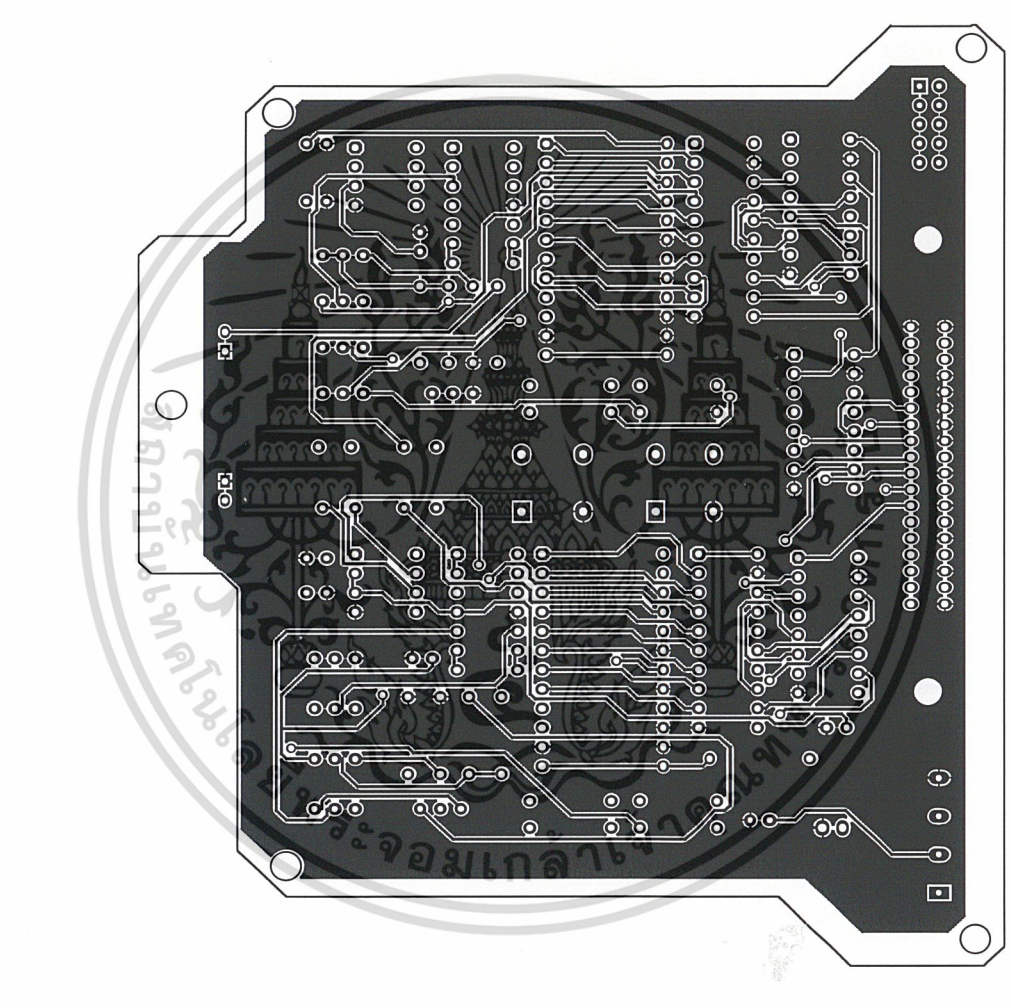
รูปที่ ก.3 ด้านในของกล่องชุดฝึก

รูปที่ ก.4 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับชุดฝึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

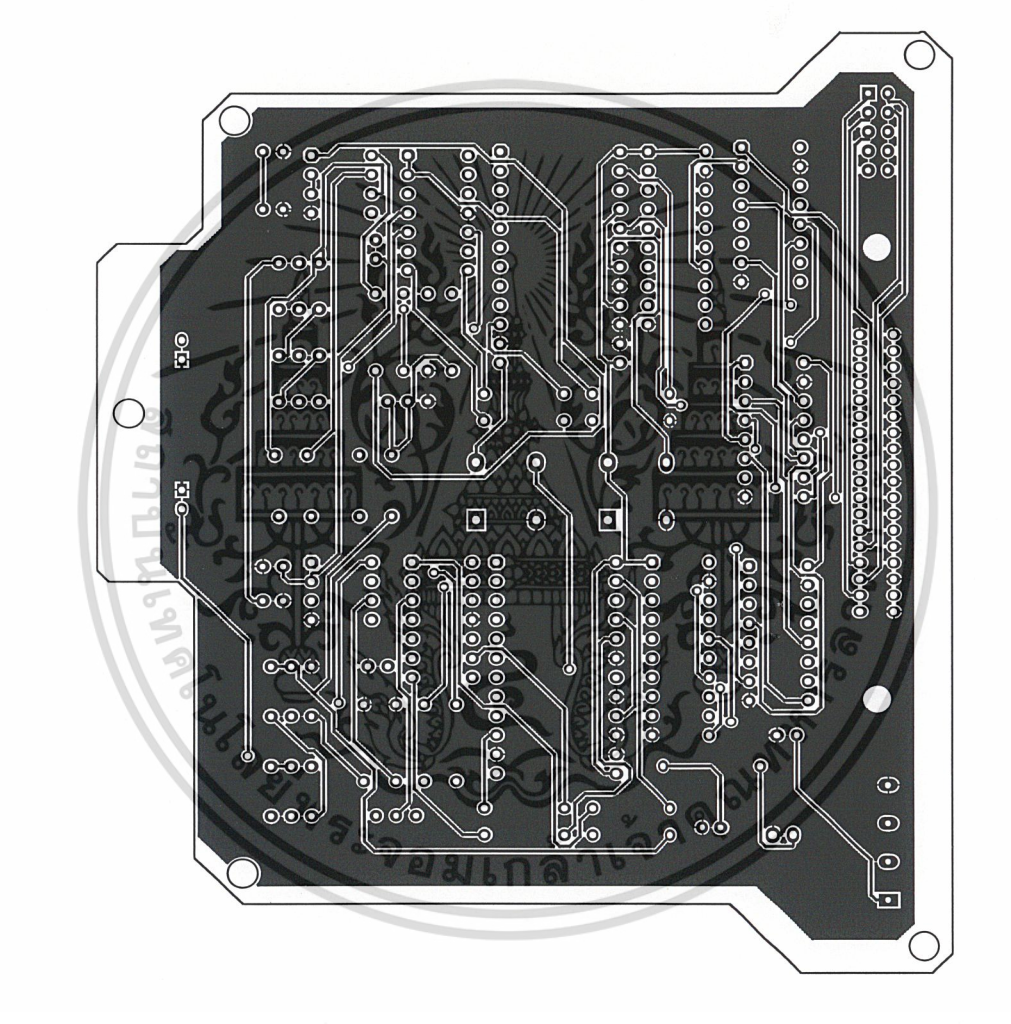
ภาคผนวก ข
วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



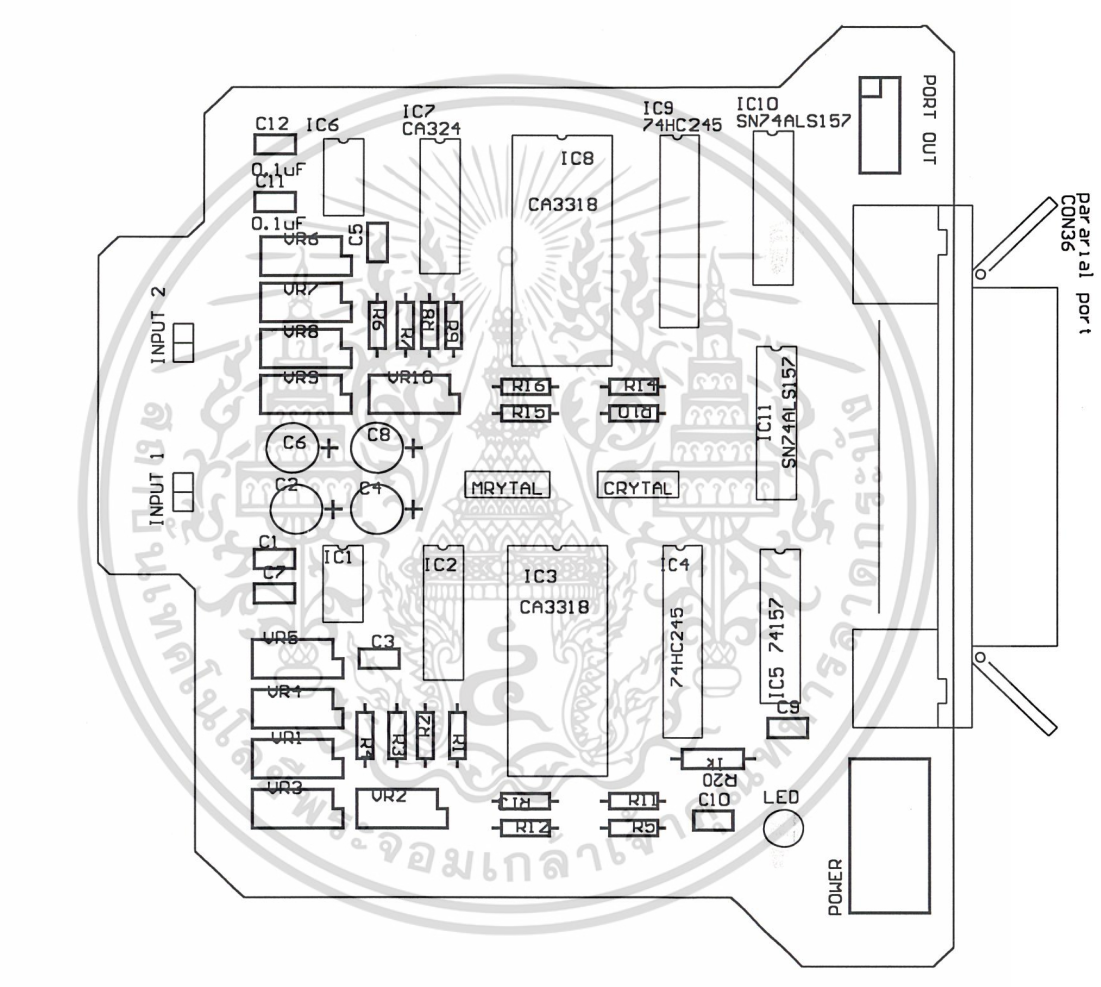
รูปที่ ข.1 ด้านบนของลายวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



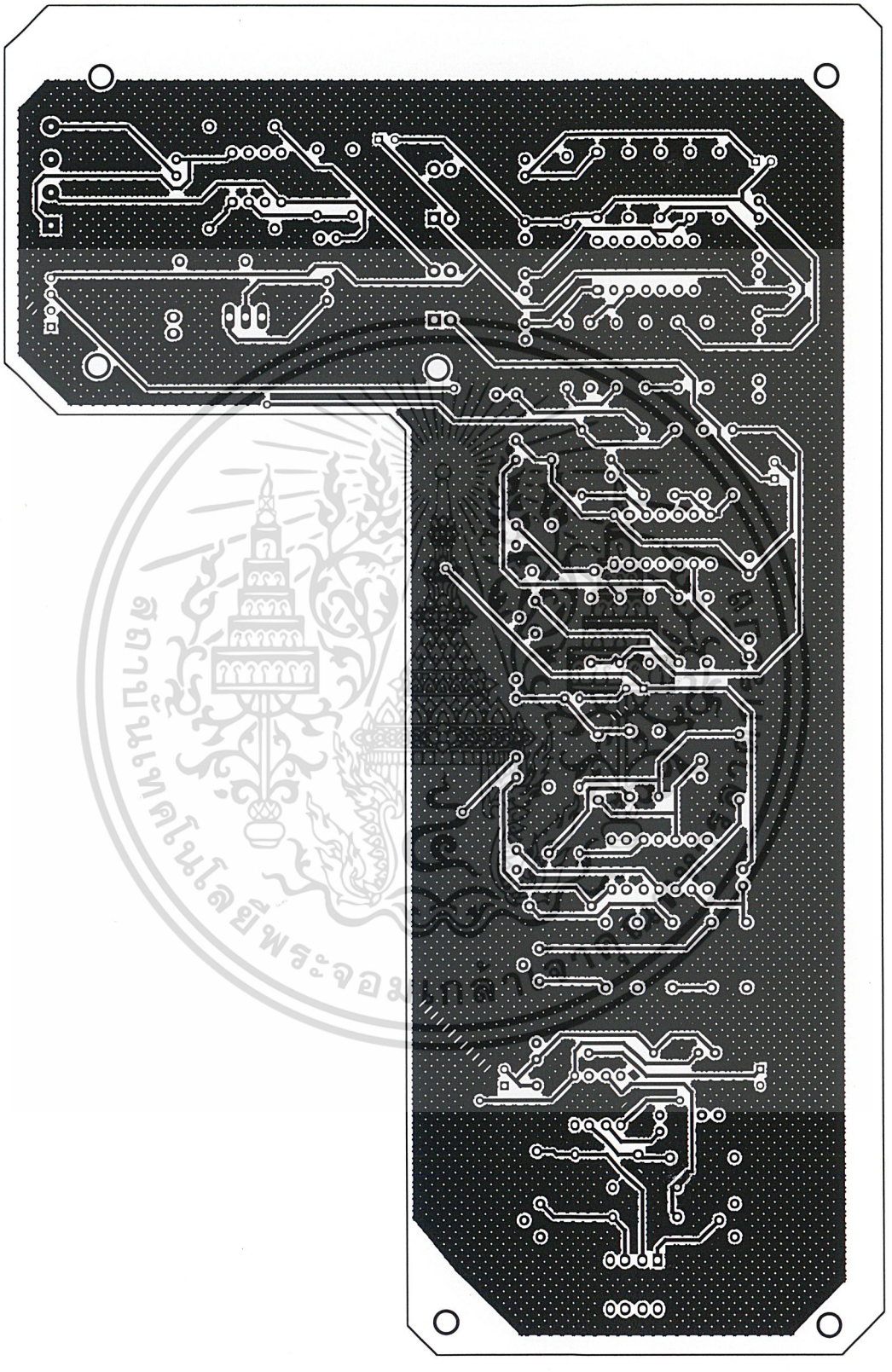
รูปที่ ข.2 ด้านล่างของลายวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



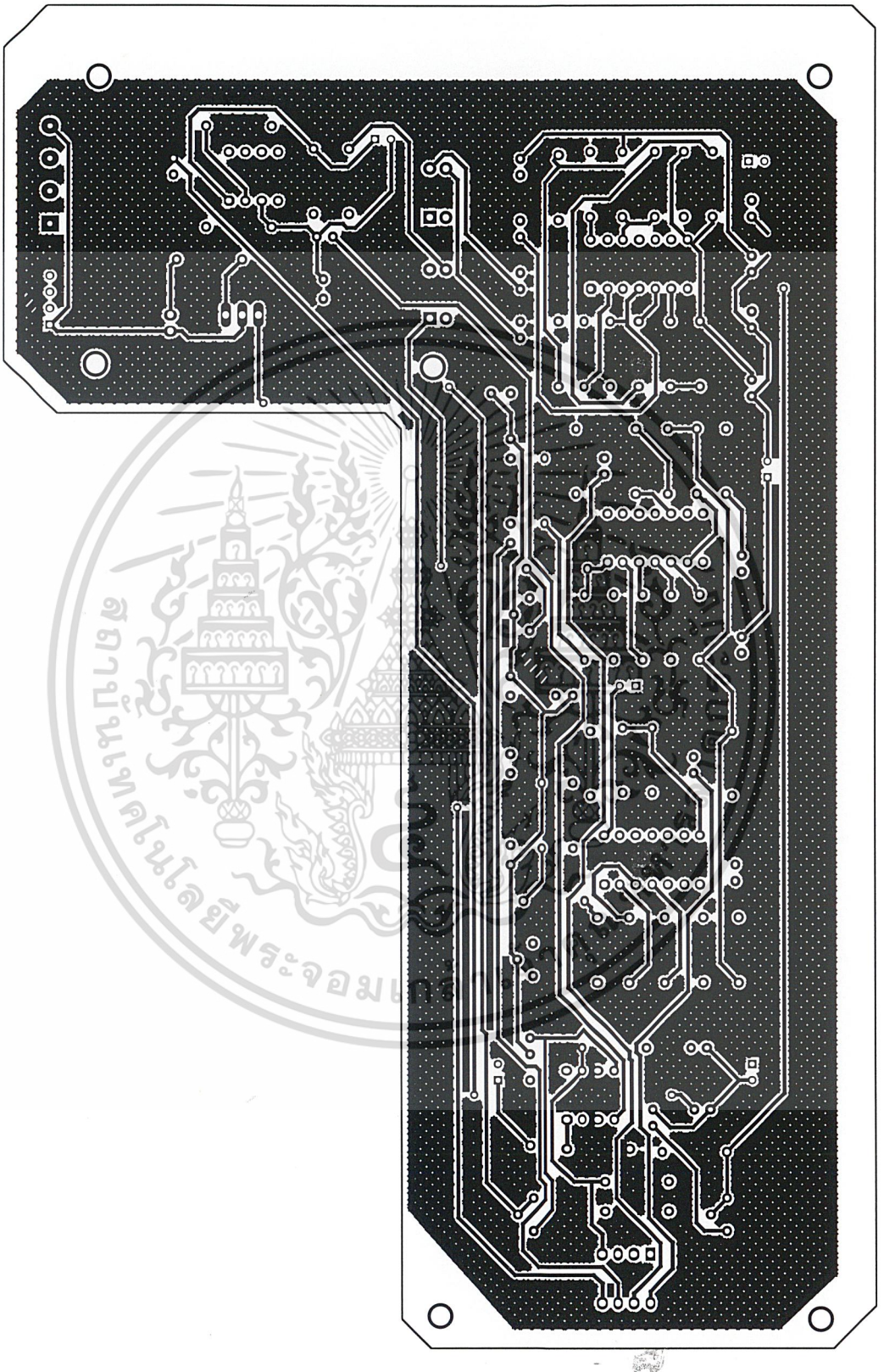
รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



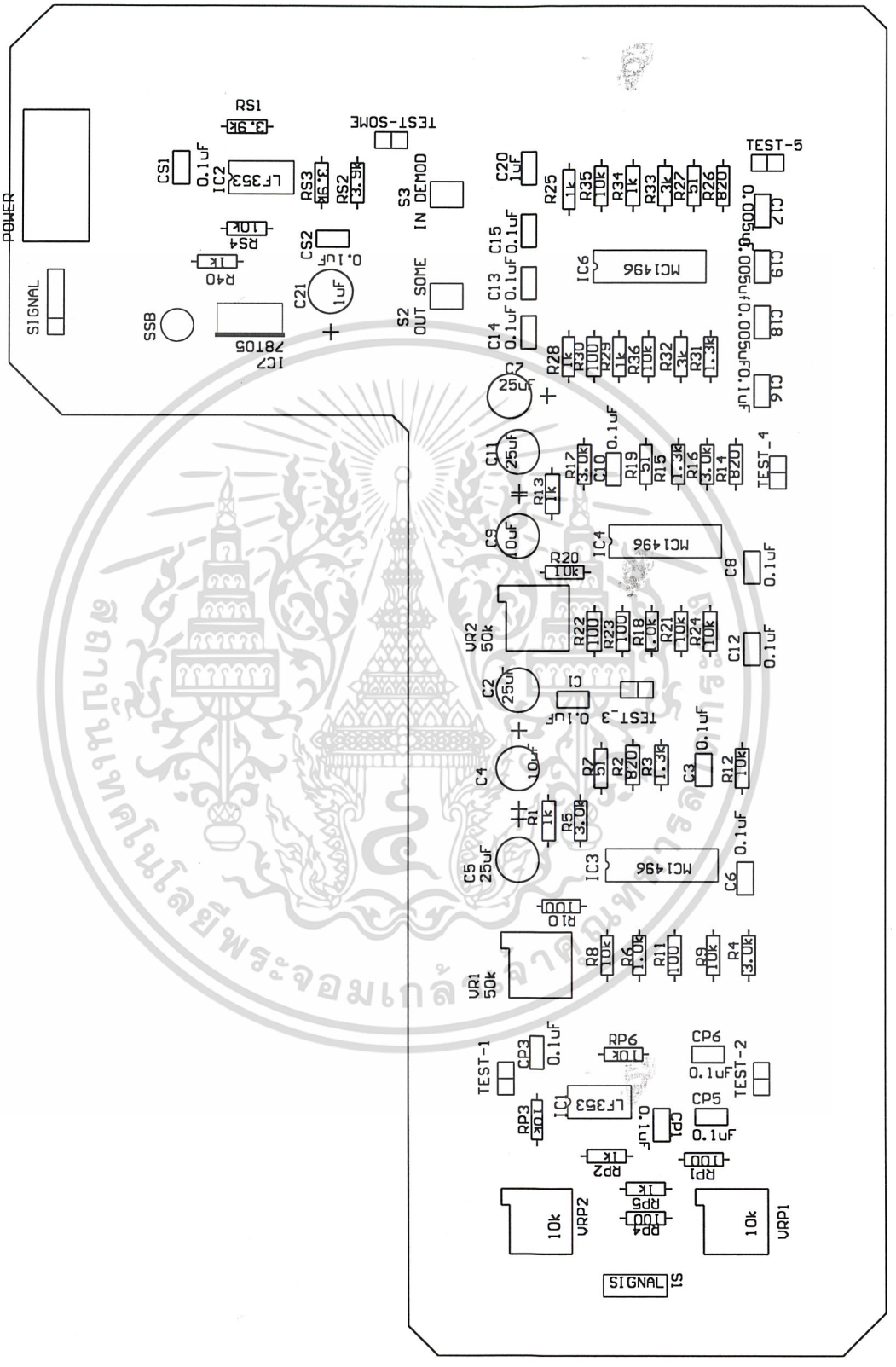
รูปที่ ข.4 ด้านล่างของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



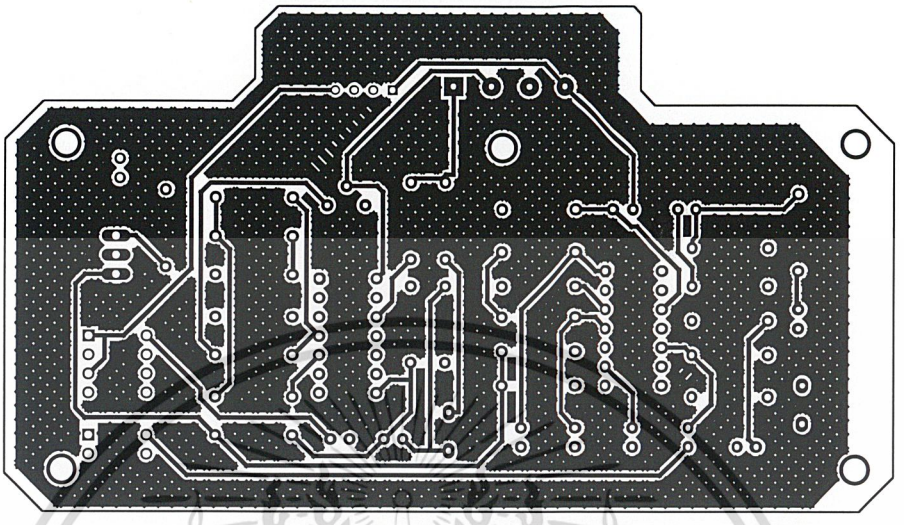
รูปที่ ข.5 ด้านบนของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

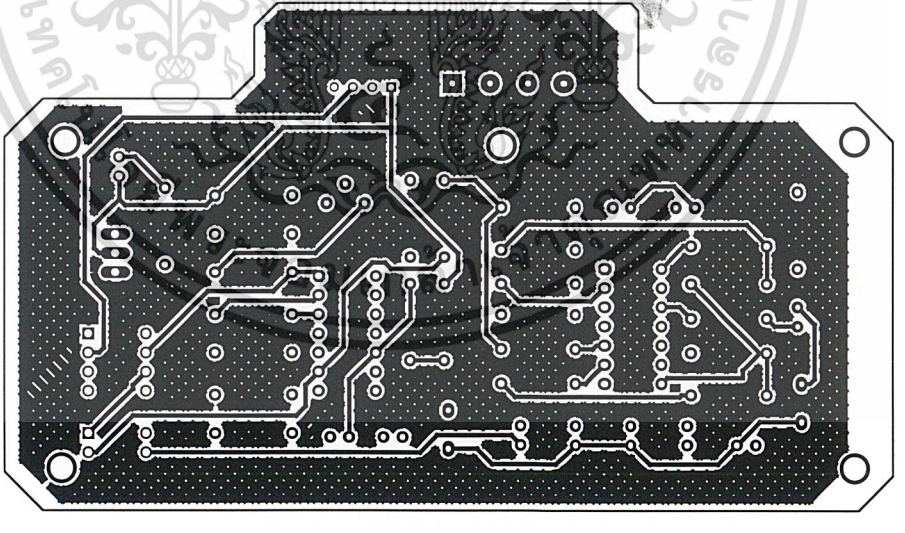


รูปที่ ข.6 การวางอุปกรณ์ของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

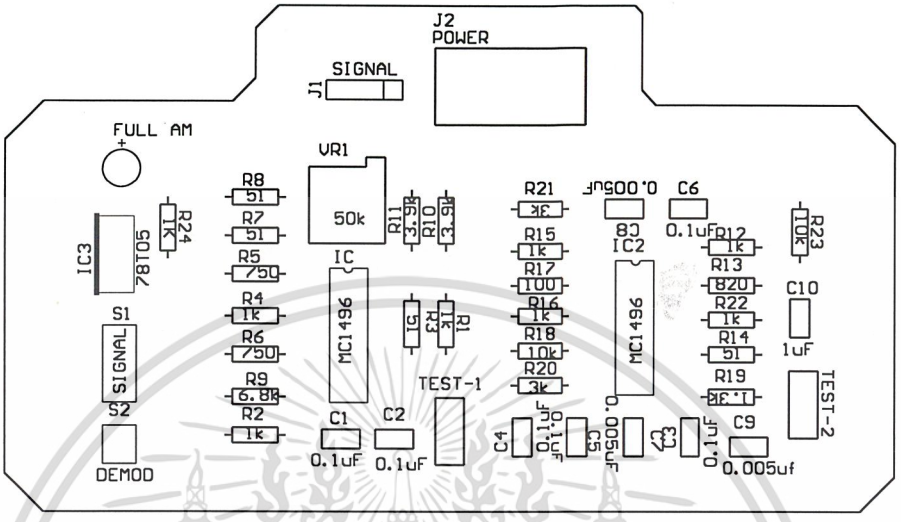


รูปที่ ข.7 ด้านล่างของวงจรฟูลเอเอ็ม

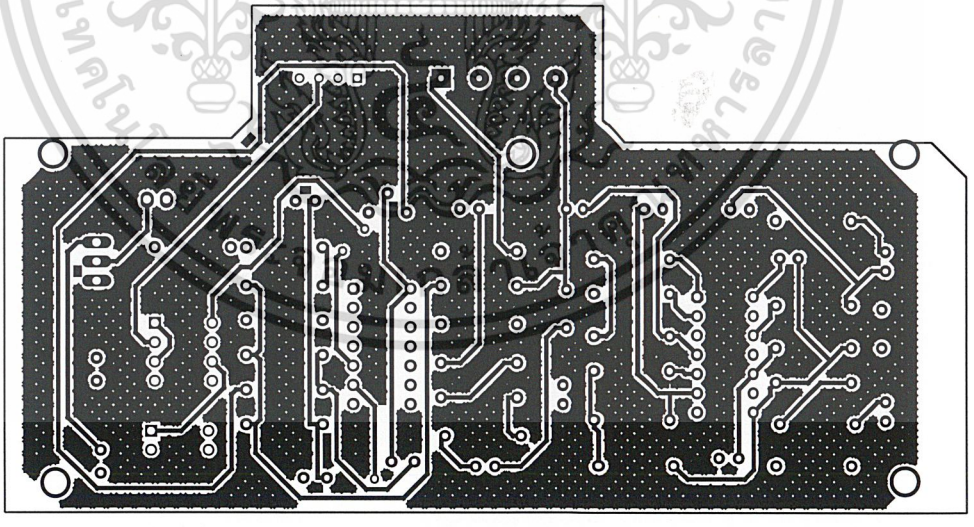


รูปที่ ข.8 ด้านบนของวงจรฟูลเอเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

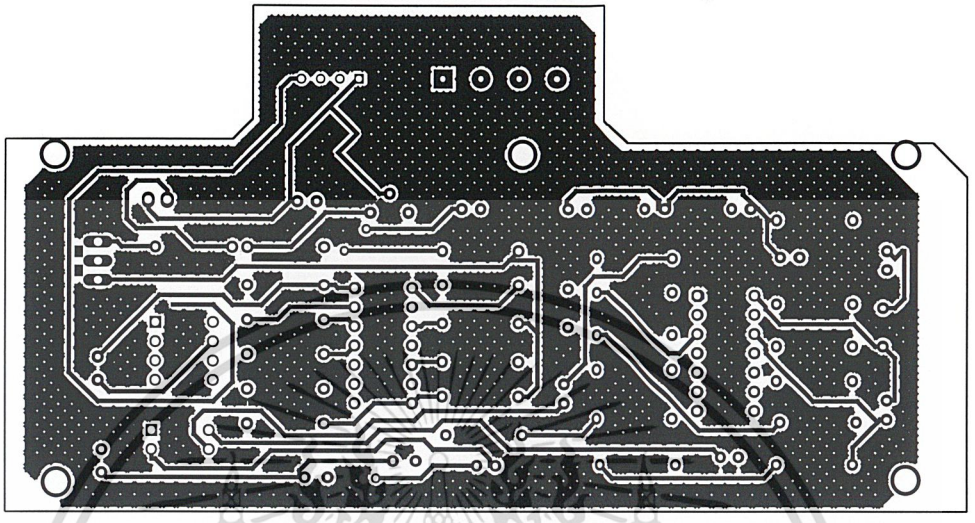


รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ในวงจรฟูลเอเอ็ม

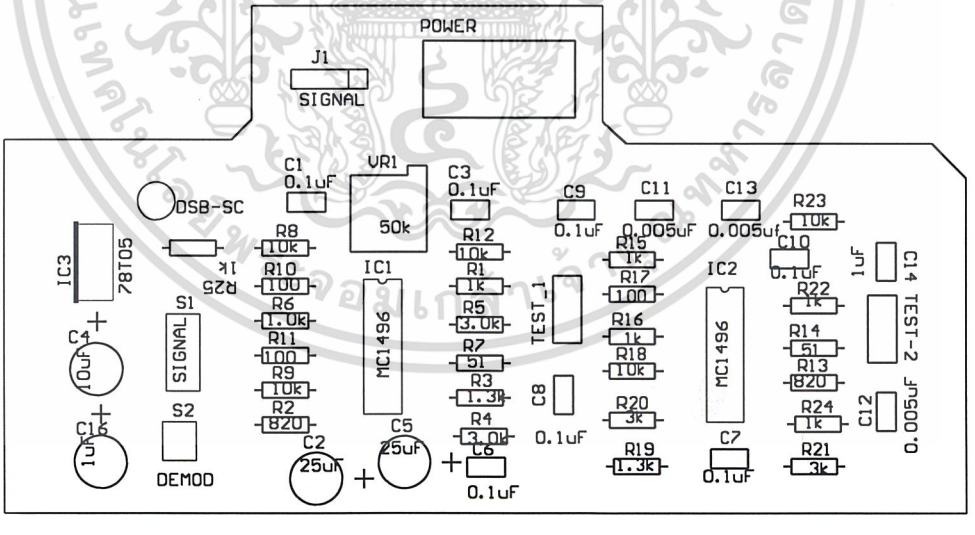


รูปที่ ข.10 ด้านล่างของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

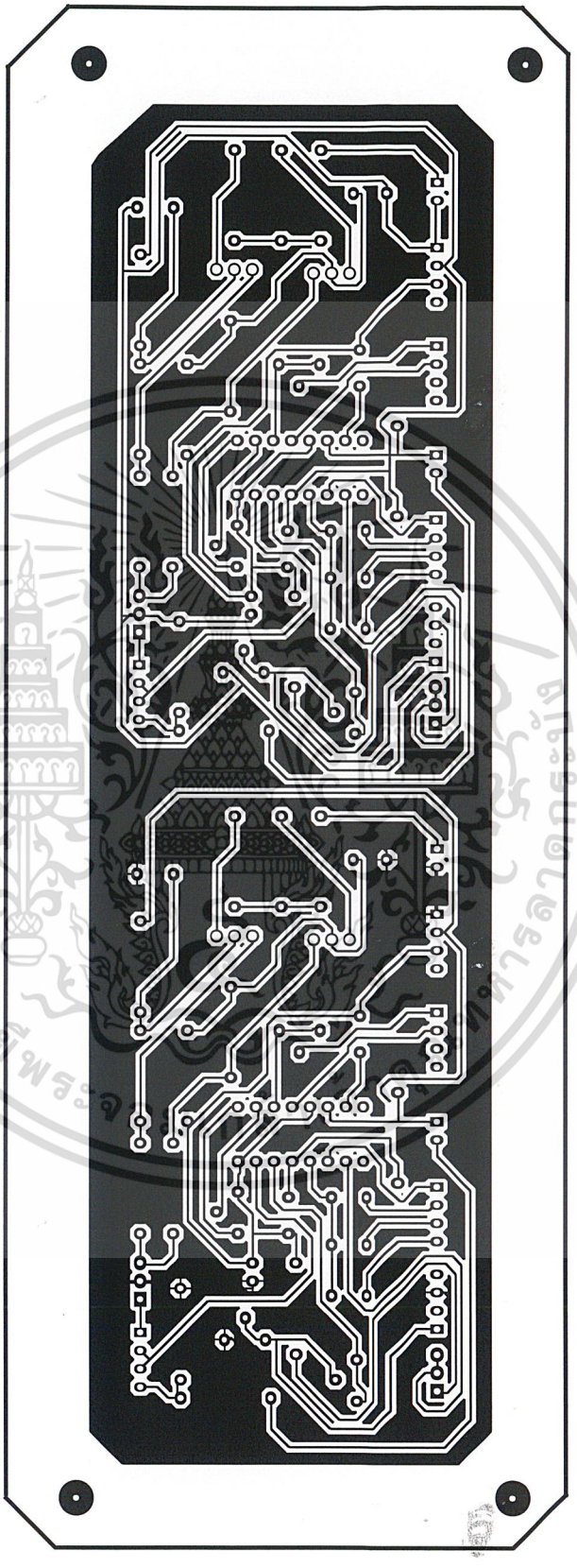


รูปที่ ข.11 ด้านบนของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์



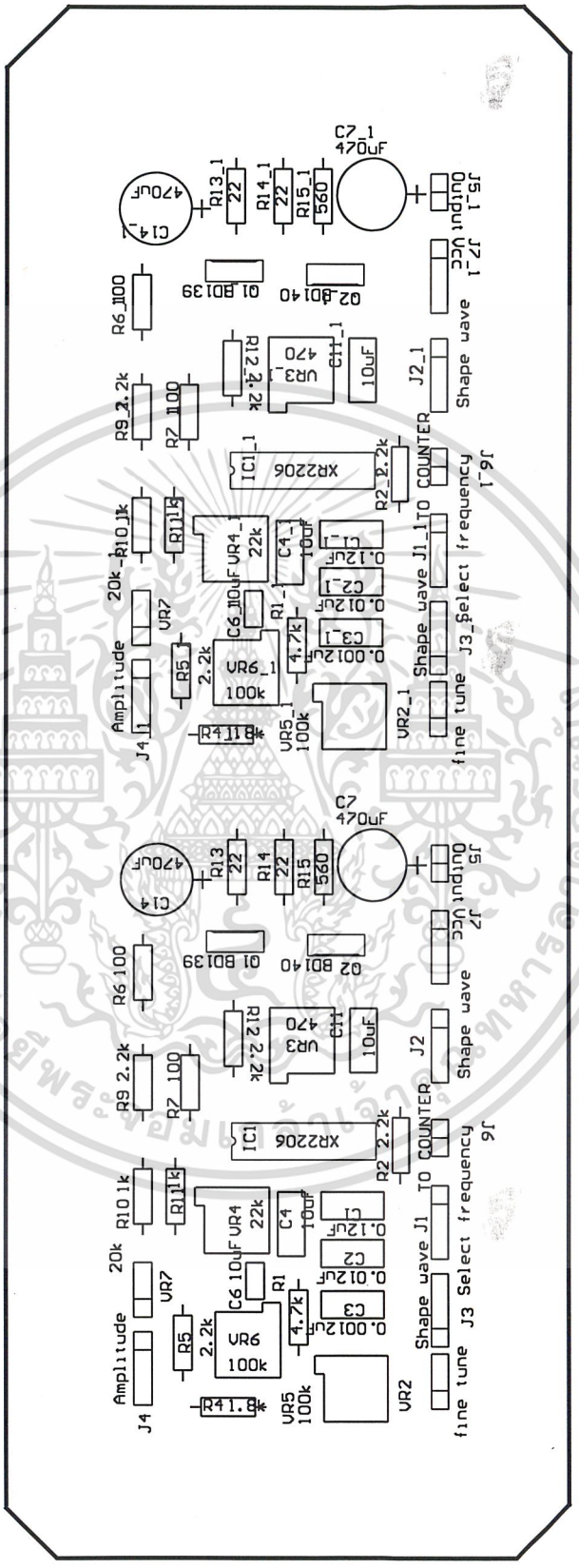
รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์ของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



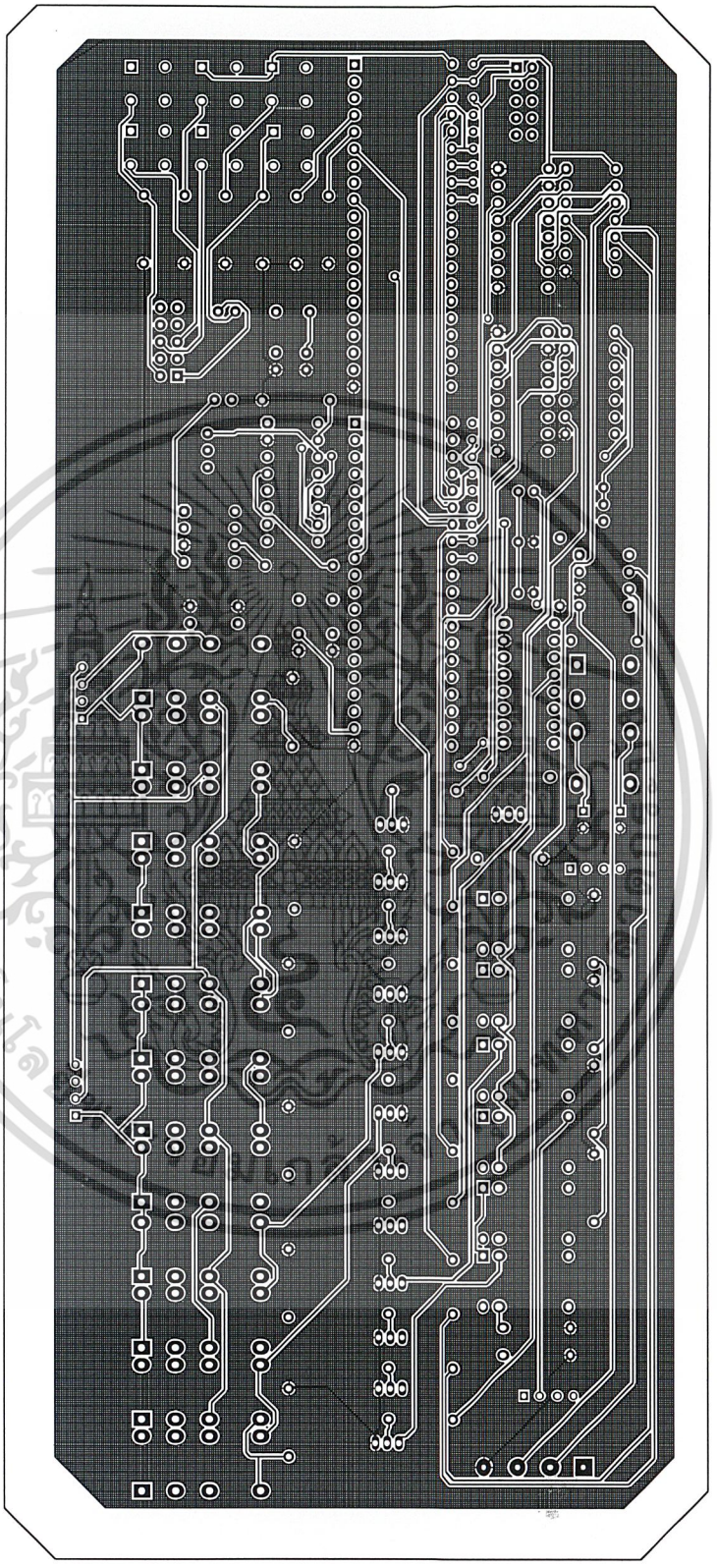
รูปที่ ข.13 ด้านบนของวงจรฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



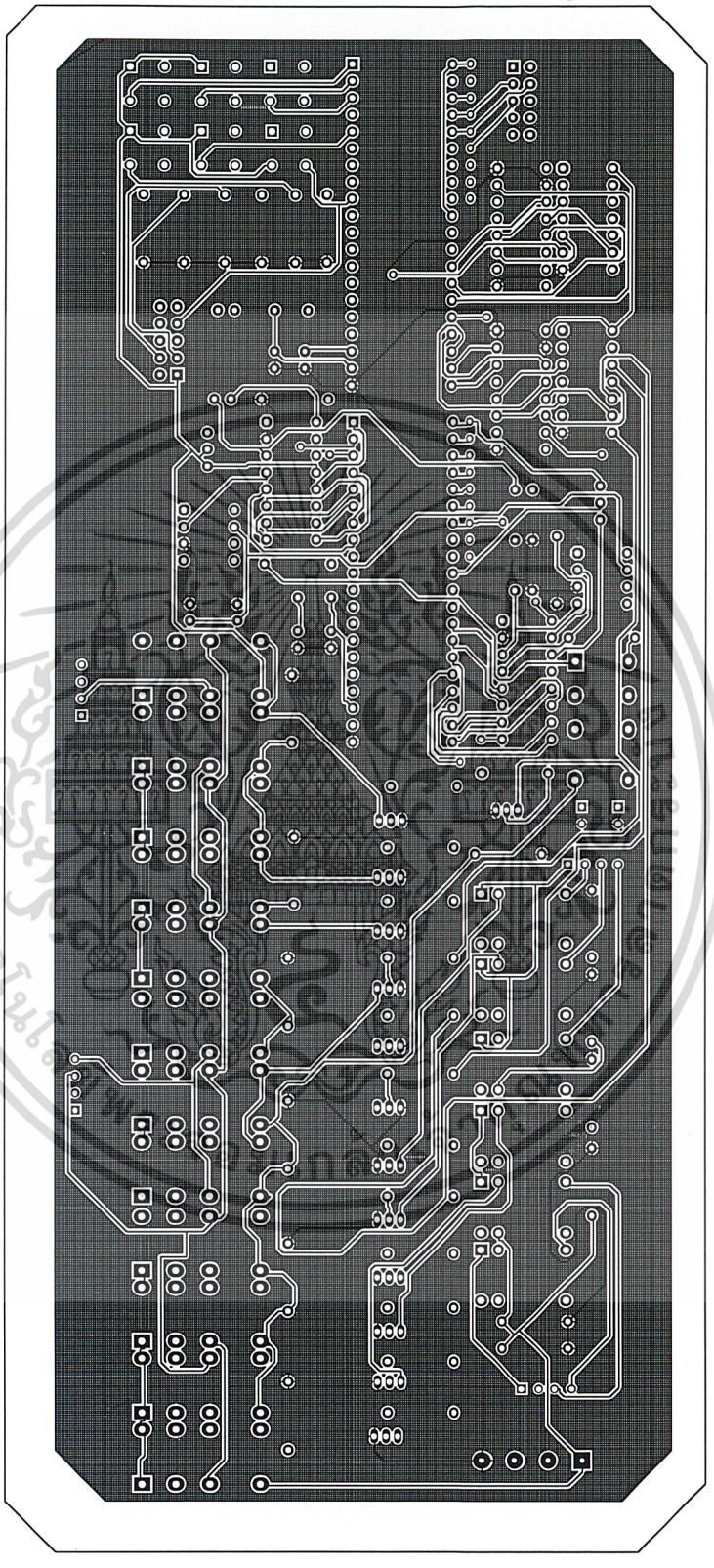
รูปที่ ข.14 การวางอุปกรณ์ของวงจรฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



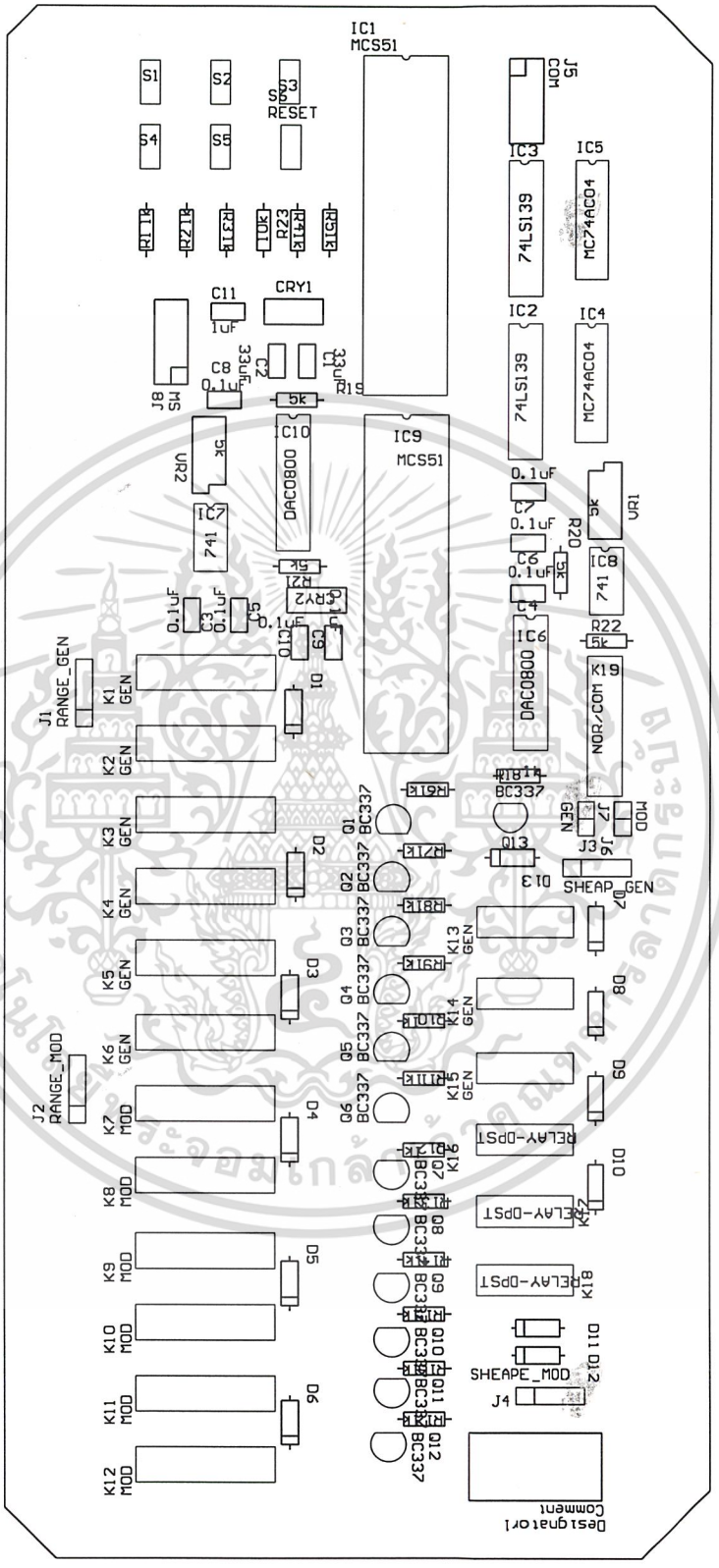
รูปที่ ข.15 ด้านล่างของวงจรบอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.16 ด้านบนของวงจรบอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.17 การวางอุปกรณ์ของวงจรบอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรการมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็ม

ชนิดของอุปกรณ์	เบอร์/ขนาด	จำนวน (ตัว)
ไอซี	MC 1496	1
ตัวต้านทาน	51 โอห์ม	1
	750 โอห์ม	2
	1 กิโลโอห์ม	3
	3.9 กิโลโอห์ม	2
	6.8 กิโลโอห์ม	1
	50 กิโลโอห์ม (ปรับค่าได้)	1
	51 กิโลโอห์ม	3
ตัวเก็บประจุ	0.1 ไมโครฟารัด	2

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรการดีมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็ม

ชนิดของอุปกรณ์	เบอร์/ขนาด	จำนวน (ตัว)
ไอซี	MC 1496	1
ตัวต้านทาน	51 โอห์ม	1
	100 โอห์ม	1
	820 โอห์ม	1
	1 กิโลโอห์ม	4
	1.3 กิโลโอห์ม	1
	3 กิโลโอห์ม	2
	10 กิโลโอห์ม	1
ตัวเก็บประจุ	0005 ไมโครฟารัด	2
	0.1 ไมโครฟารัด	4
	1 ไมโครฟารัด	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

ชนิดของอุปกรณ์	เบอร์/ขนาด	จำนวน (ตัว)
ไอซี	MC 1496	1
ตัวต้านทาน	51 โอห์ม	1
	100 โอห์ม	2
	820 โอห์ม	1
	1 กิโลโอห์ม	2
	1.3 กิโลโอห์ม	1
	3 กิโลโอห์ม	2
	10 กิโลโอห์ม	3
	50 กิโลโอห์ม (ปรับค่าได้)	1
ตัวเก็บประจุ	0.1 ไมโครฟารัด	3
	10 ไมโครฟารัด	1
	25 ไมโครฟารัด	1

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรดีมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

ชนิดของอุปกรณ์	เบอร์/ขนาด	จำนวน (ตัว)
ไอซี	MC 1496	1
ตัวต้านทาน	1 กิโลโอห์ม	3
	3.9 กิโลโอห์ม	2
	5 กิโลโอห์ม	3
	6.8 กิโลโอห์ม	1
	10 กิโลโอห์ม	2
	50 กิโลโอห์ม (ปรับค่าได้)	1
ตัวเก็บประจุ	0.1 ไมโครฟารัด	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรมอดูเลตเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์

ชนิดของอุปกรณ์	เบอร์/ขนาด	จำนวน (ตัว)
ไอซี	MC 1496	1
	LF 353	1
ตัวต้านทาน	51 โอห์ม	1
	100 โอห์ม	6
	820 โอห์ม	1
	1 กิโลโอห์ม	3
	1.3 กิโลโอห์ม	4
	3 กิโลโอห์ม	2
	3.9 กิโลโอห์ม	3
	10 กิโลโอห์ม	10
	10 กิโลโอห์ม (ปรับค่าได้)	2
	50 กิโลโอห์ม (ปรับค่าได้)	2
ตัวเก็บประจุ	0.1 ไมโครฟารัด	9
	10 ไมโครฟารัด	1
	25 ไมโครฟารัด	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรดีมอดูเลตเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์

ชนิดของอุปกรณ์	เบอร์/ขนาด	จำนวน (ตัว)
ไอซี	MC 1496	1
ตัวต้านทาน	51 โอห์ม	1
	100 โอห์ม	1
	820 โอห์ม	1
	1 กิโลโอห์ม	5
	1.3 กิโลโอห์ม	1
	3 กิโลโอห์ม	1
	10 กิโลโอห์ม	1
ตัวเก็บประจุ	0.1 ไมโครฟารัด	9
	10 ไมโครฟารัด	1
	25 ไมโครฟารัด	2

ตารางที่ ค.7 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคจ่ายไฟ

ชนิดของอุปกรณ์	เบอร์/ขนาด	จำนวน (ตัว)
ไอซี	7805	1
	7808	1
	7908	1
	7812	1
	7912	1
ตัวเก็บประจุ	1 ไมโครฟารัด 50 โวลต์	4
	1000 ไมโครฟารัด 50 โวลต์	2
ไดโอด	1N4002	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

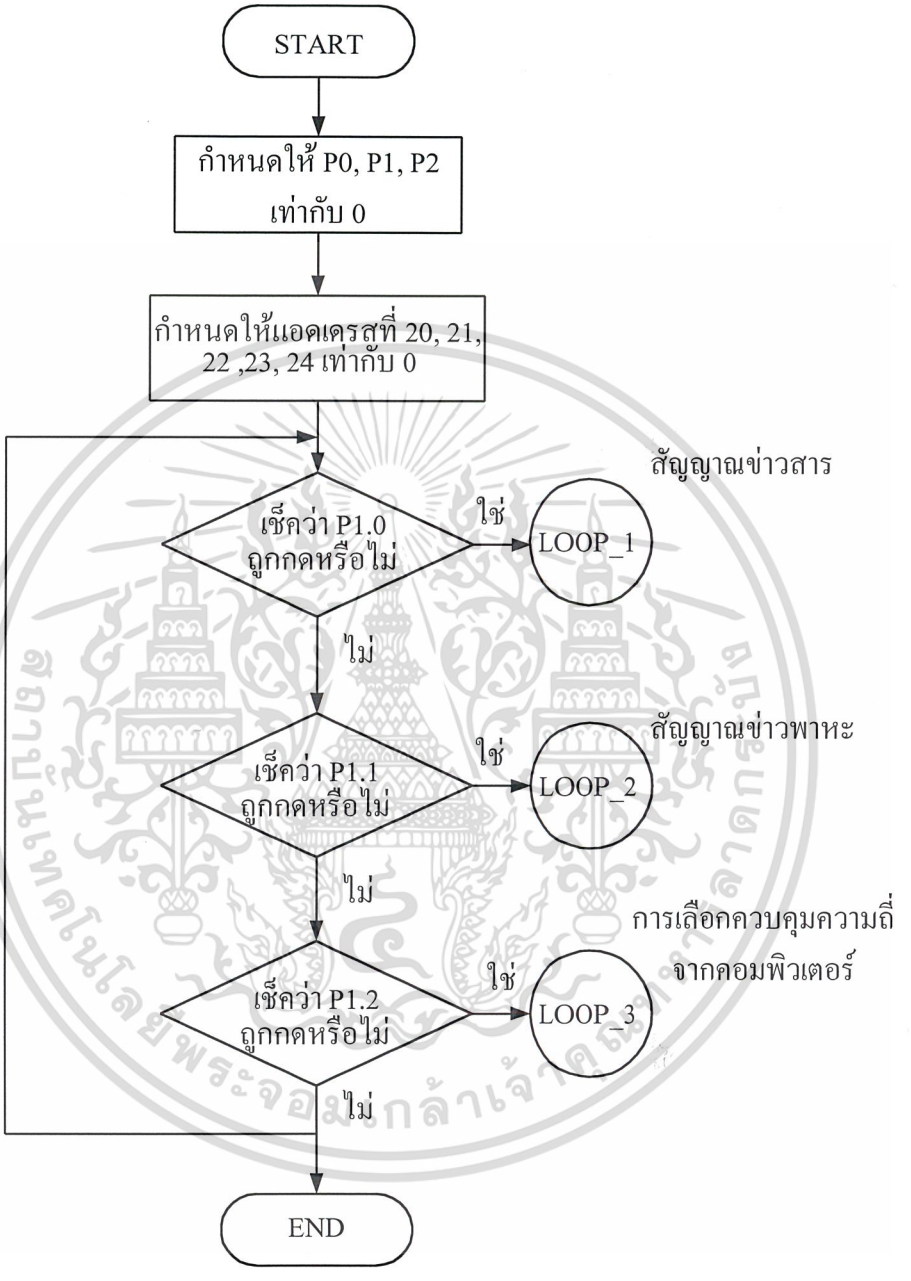
ตารางที่ ค.8 รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องกำเนิดย่านความถี่เสียง

ชนิดของอุปกรณ์	เบอร์/ขนาด	จำนวน (ตัว)
ไอซี	XR 2206	1
ทรานซิสเตอร์	BD 140	2
ตัวเก็บประจุ	10 ไมโครฟารัด 50 โวลต์	3
ตัวต้านทาน	22 โอห์ม	1
	100โอห์ม	1
	470 โอห์ม	1
	560โอห์ม	1
	1 กิโลโอห์ม	2
	1.8 กิโลโอห์ม	2
	2.2 กิโลโอห์ม	3
	4.7 กิโลโอห์ม	1
	100 กิโลโอห์ม	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

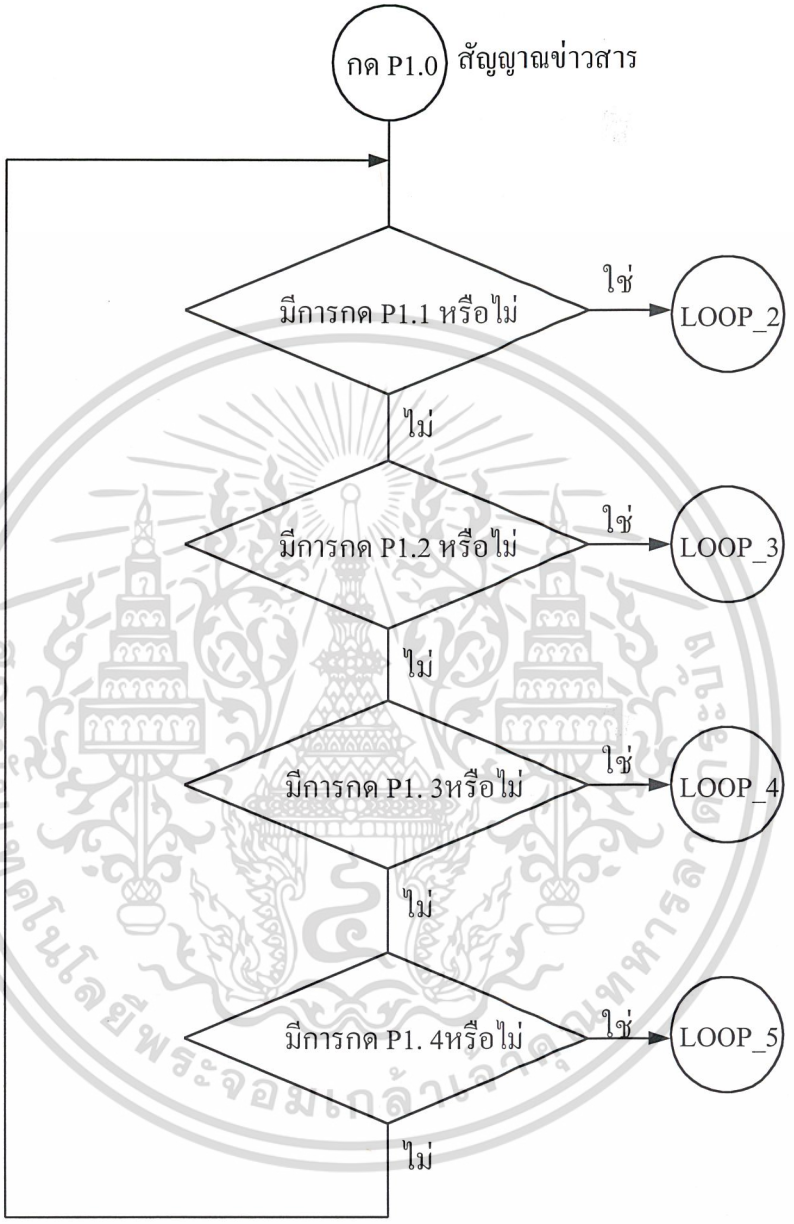
ภาคผนวก ง
ผังการทำงานและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



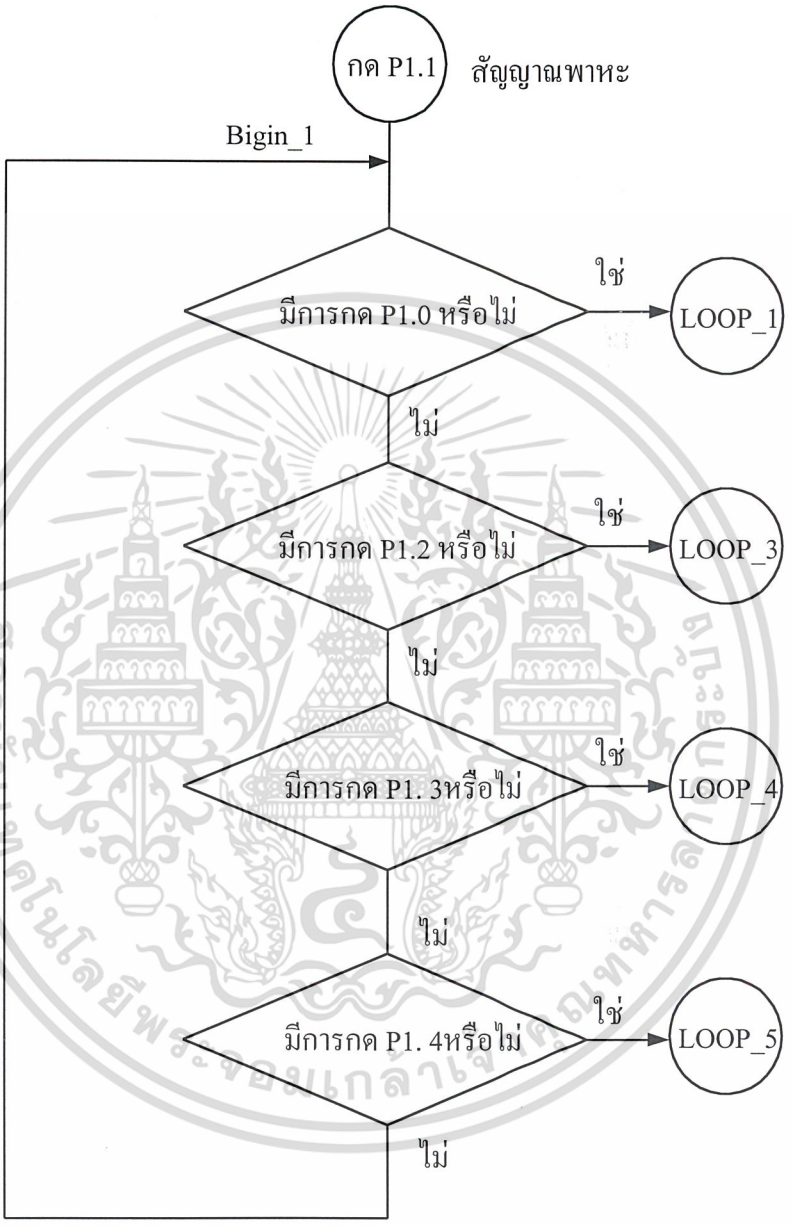
รูปที่ ง.1 ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



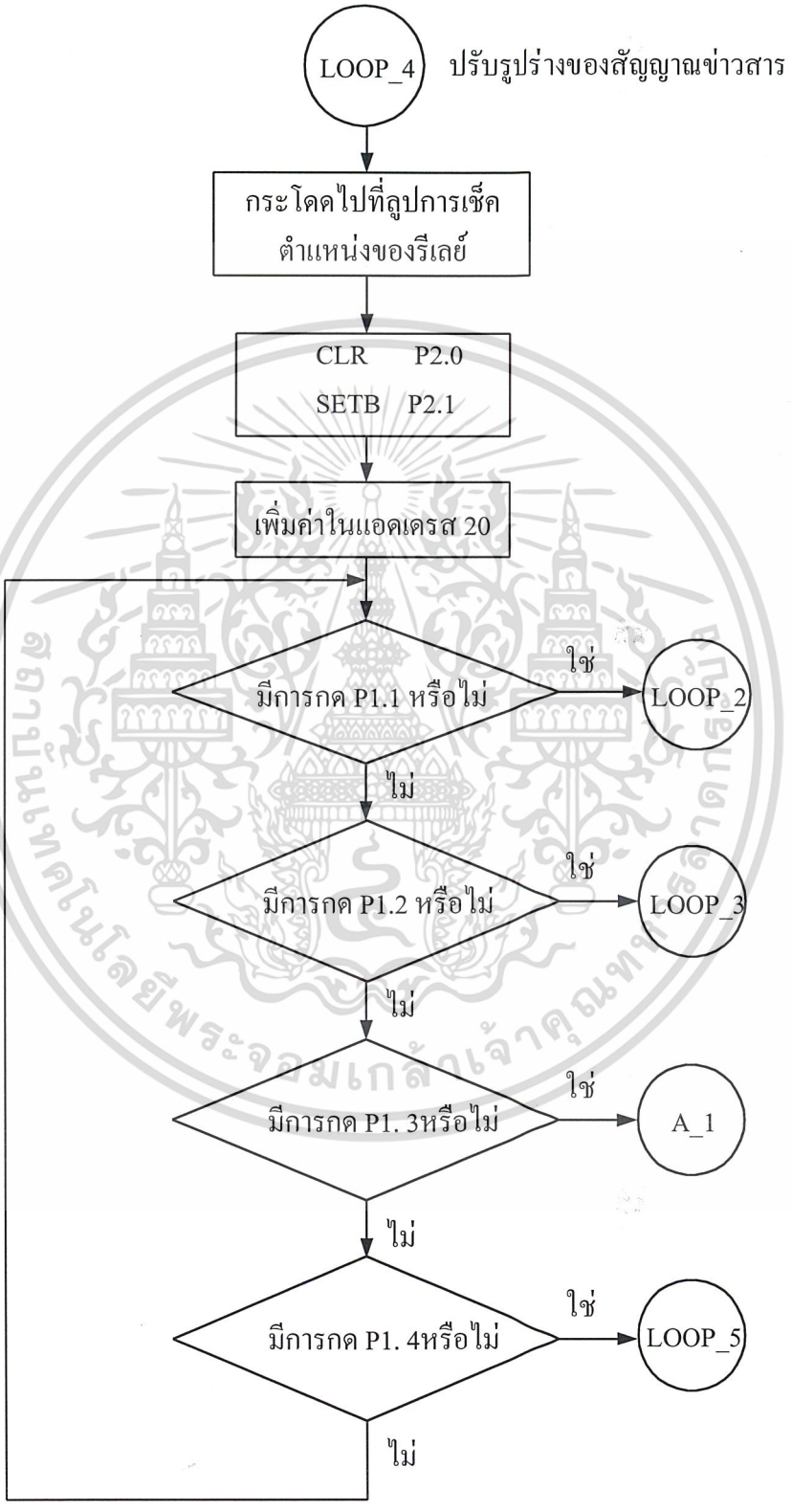
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



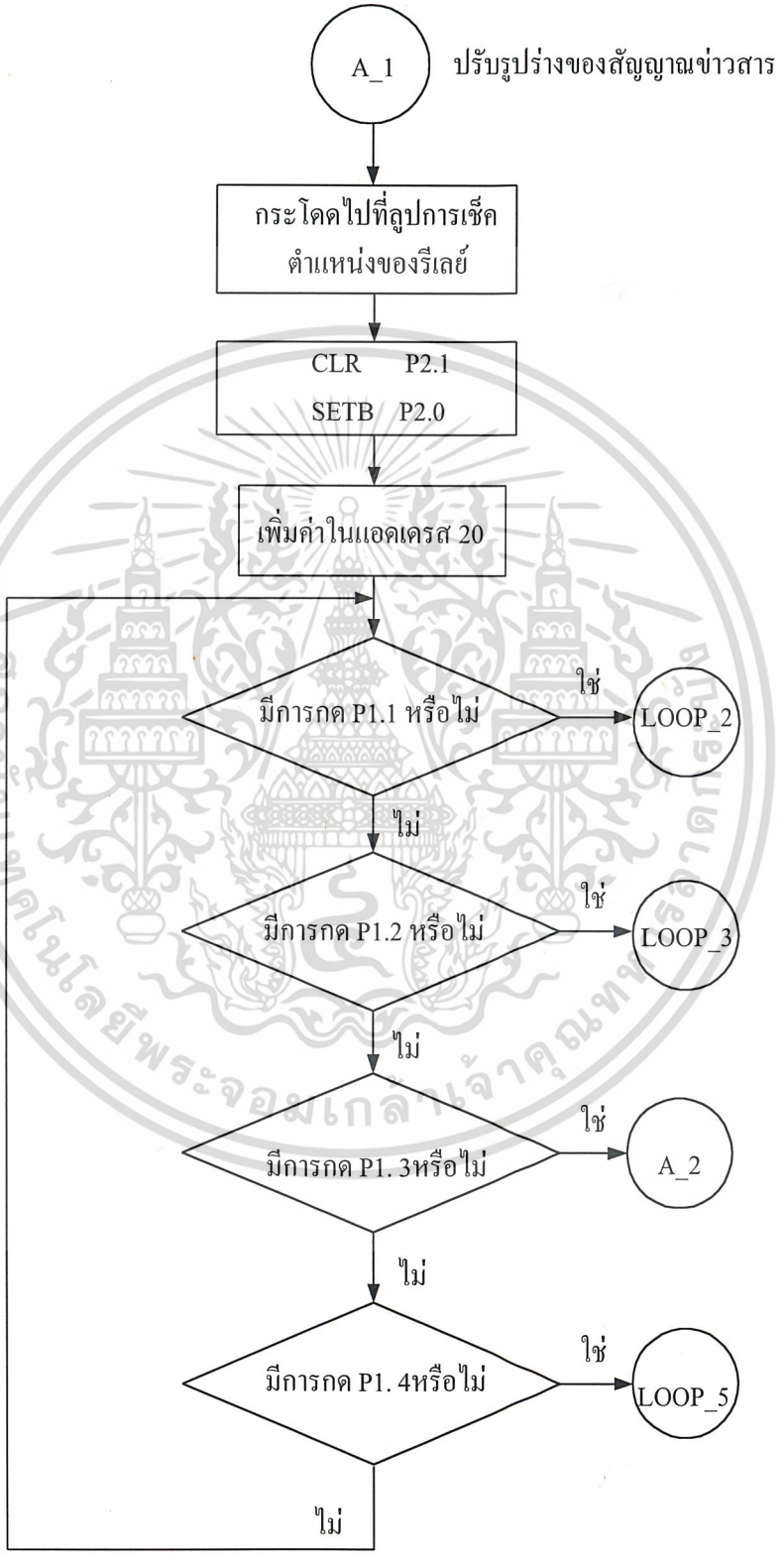
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



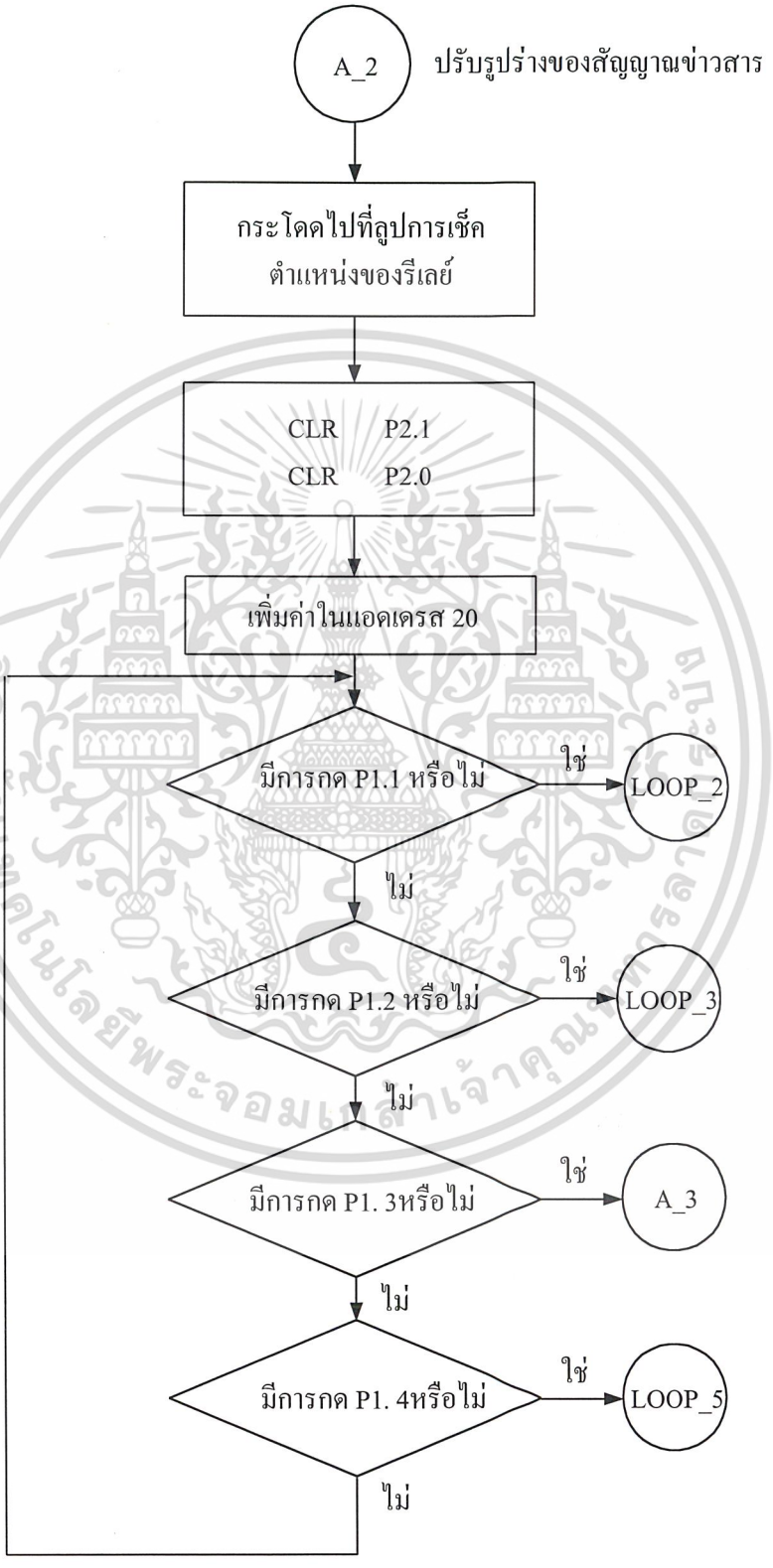
รูปที่ ง.1 (ต่อ)ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



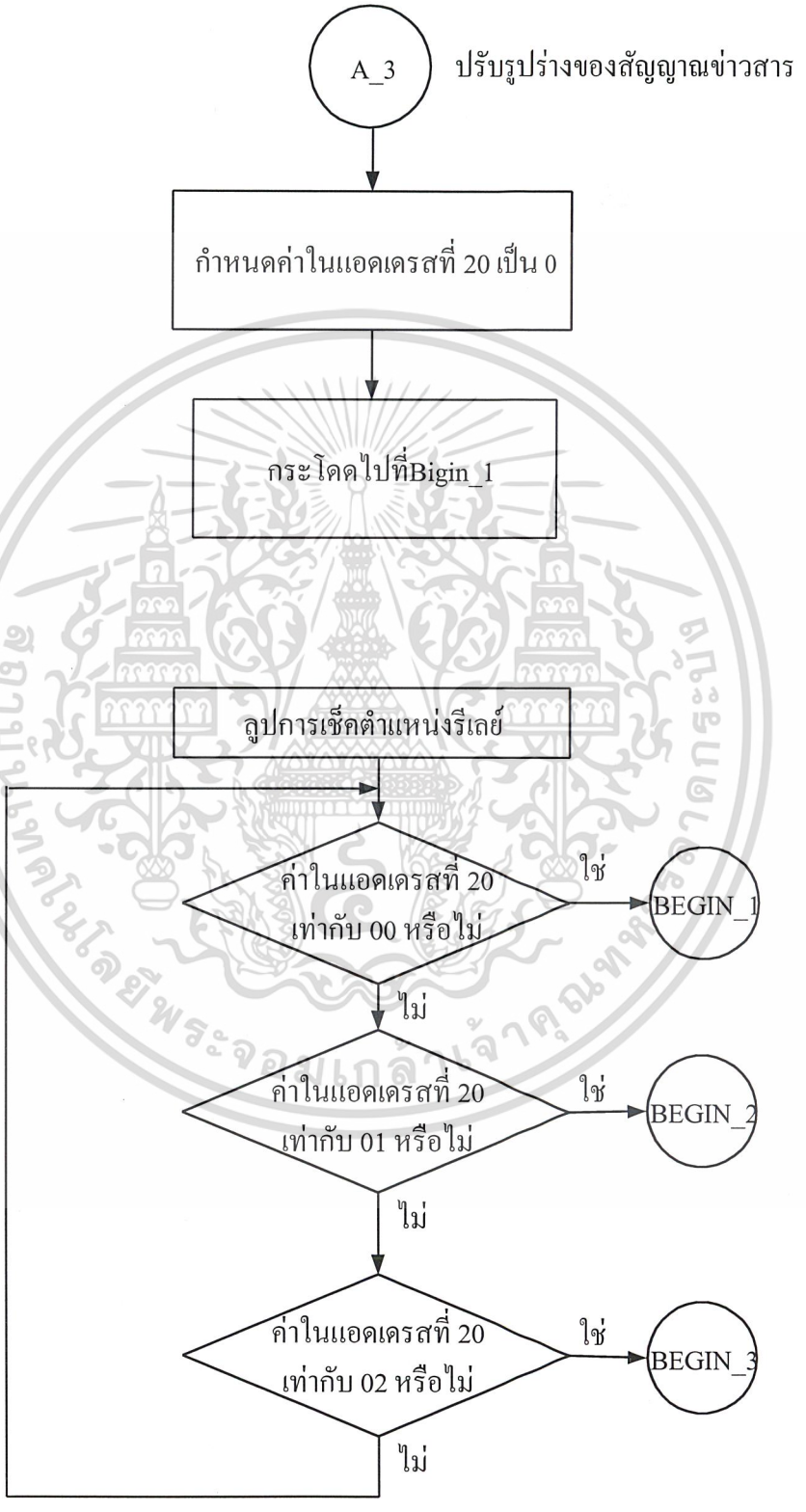
รูปที่ ง.1 (ต่อ)ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



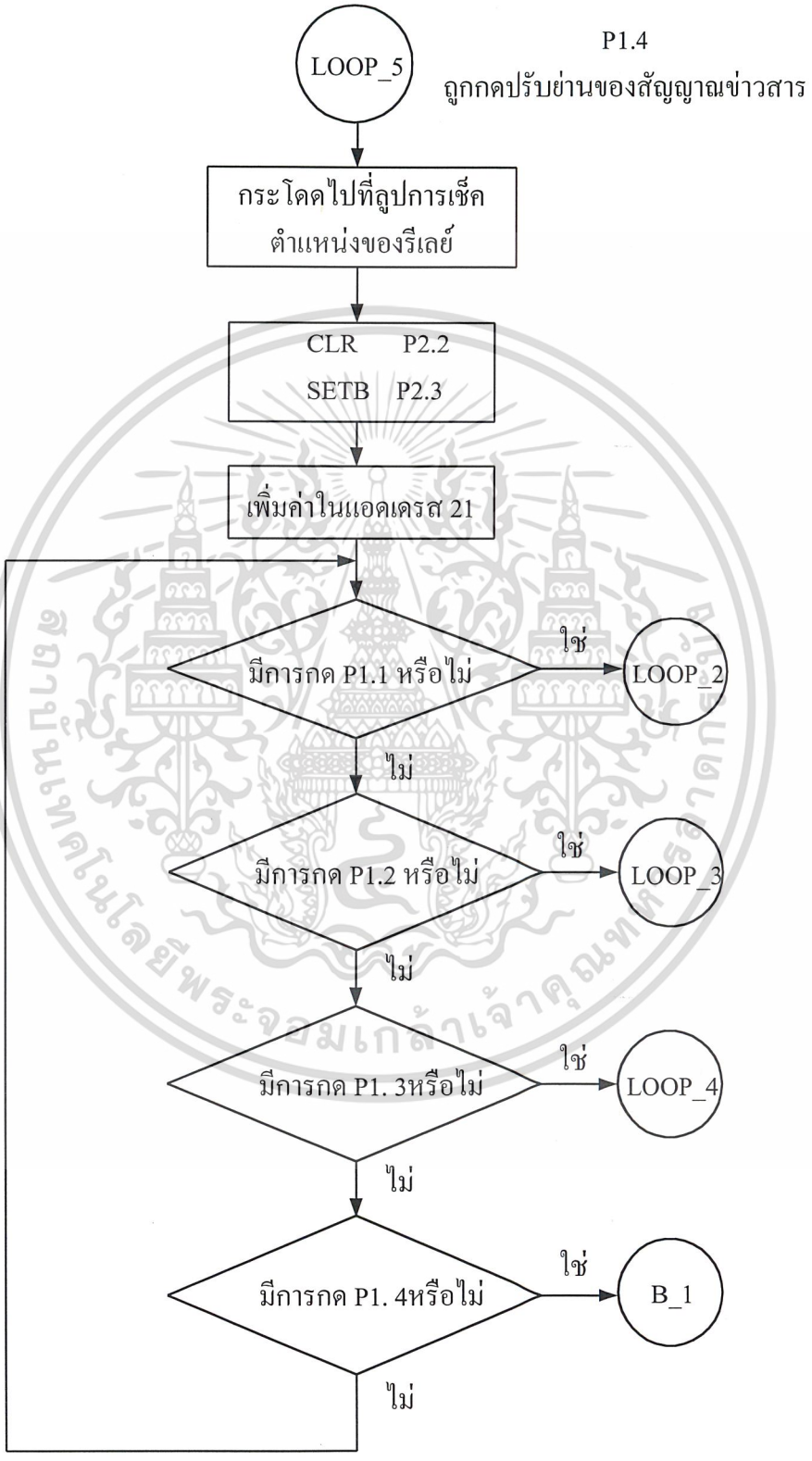
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



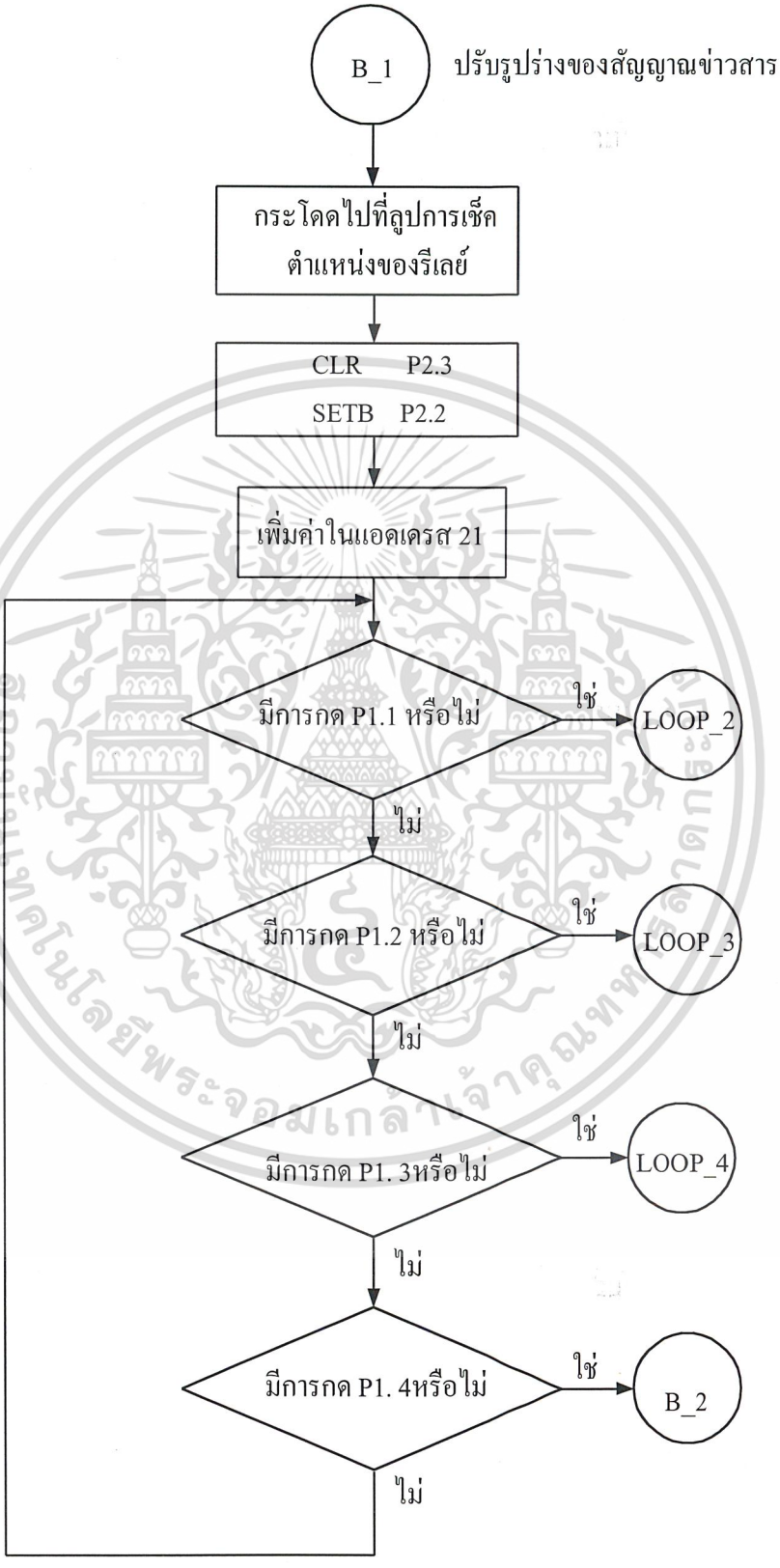
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



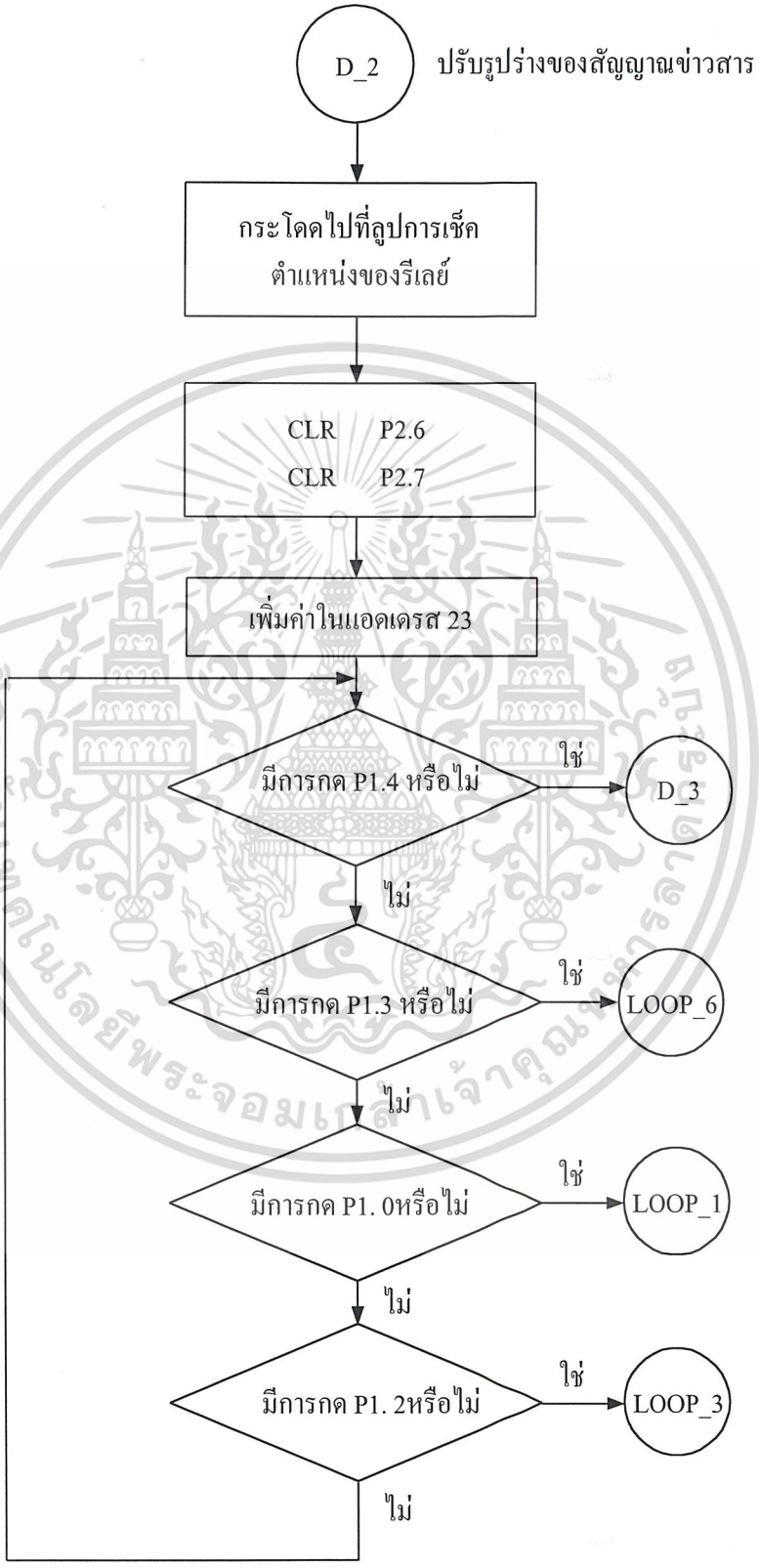
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



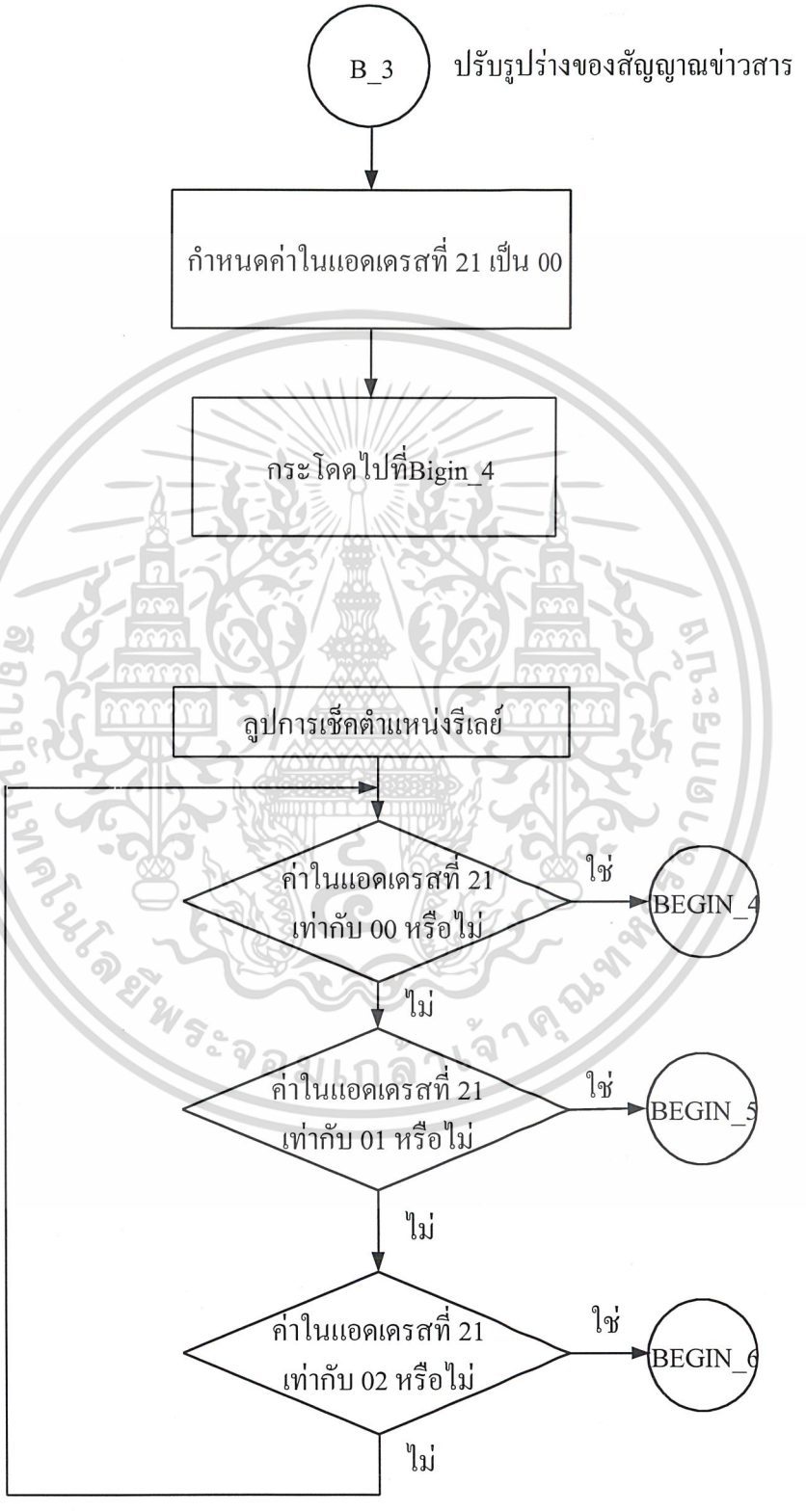
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



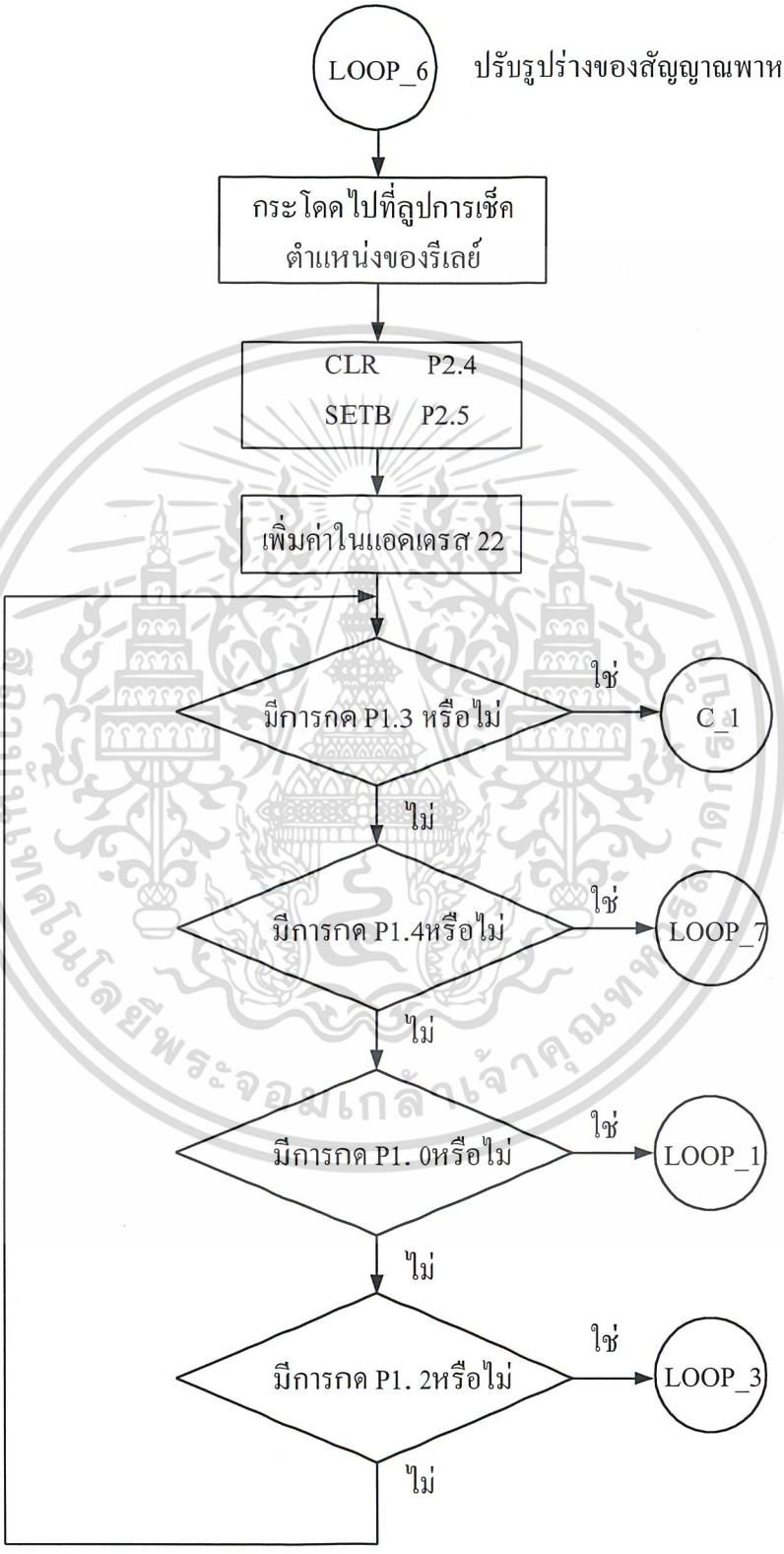
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



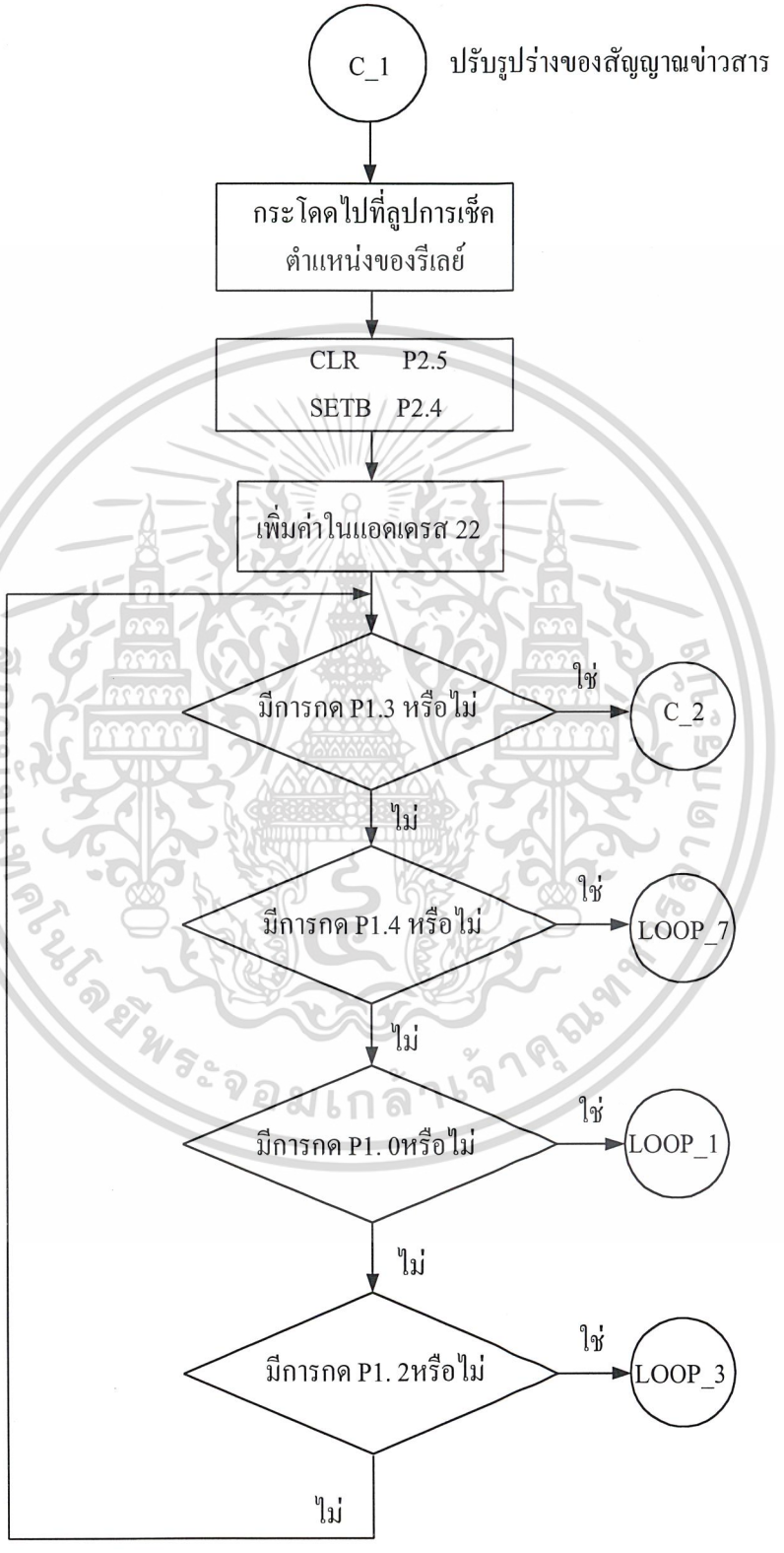
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



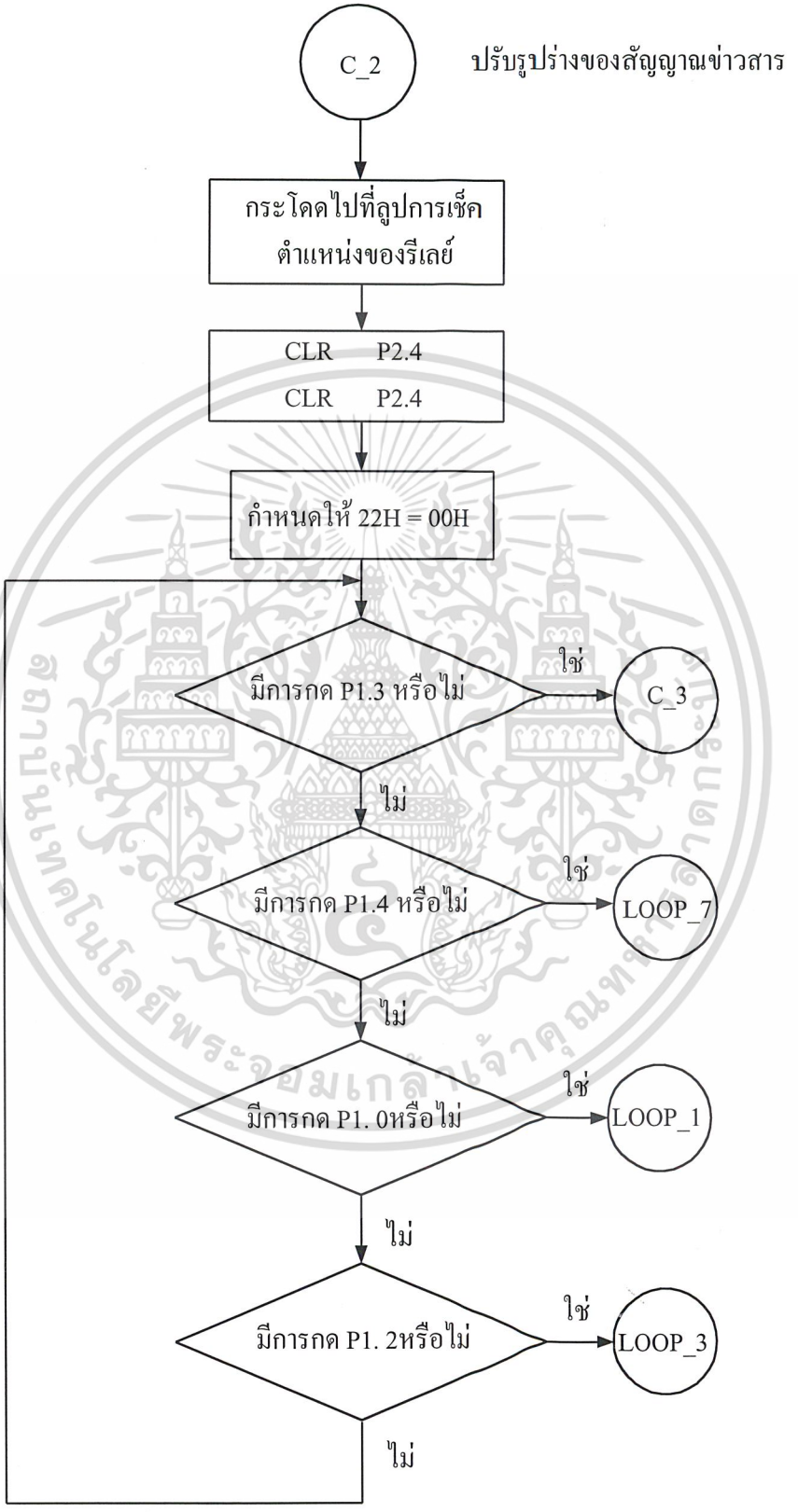
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



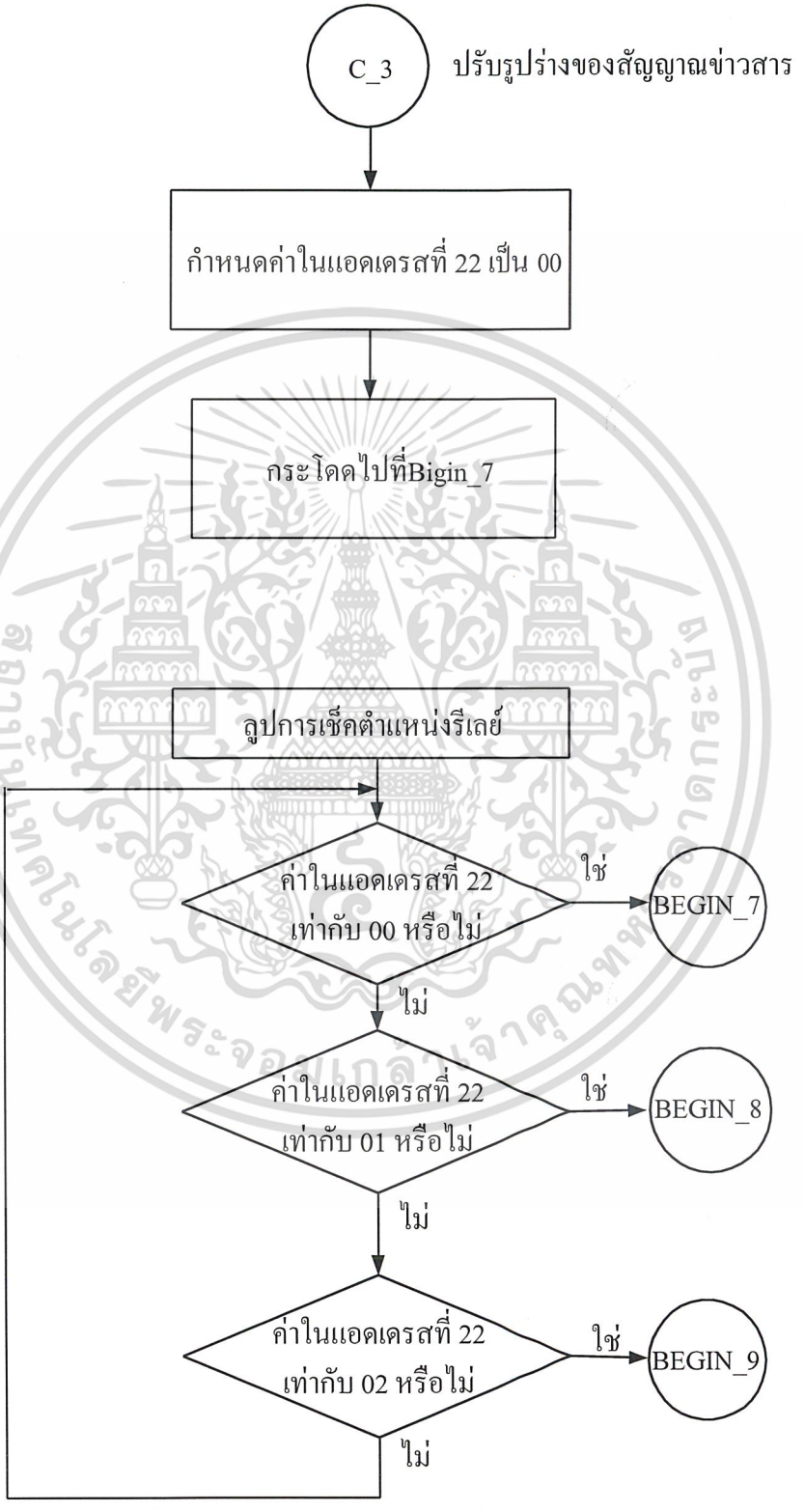
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



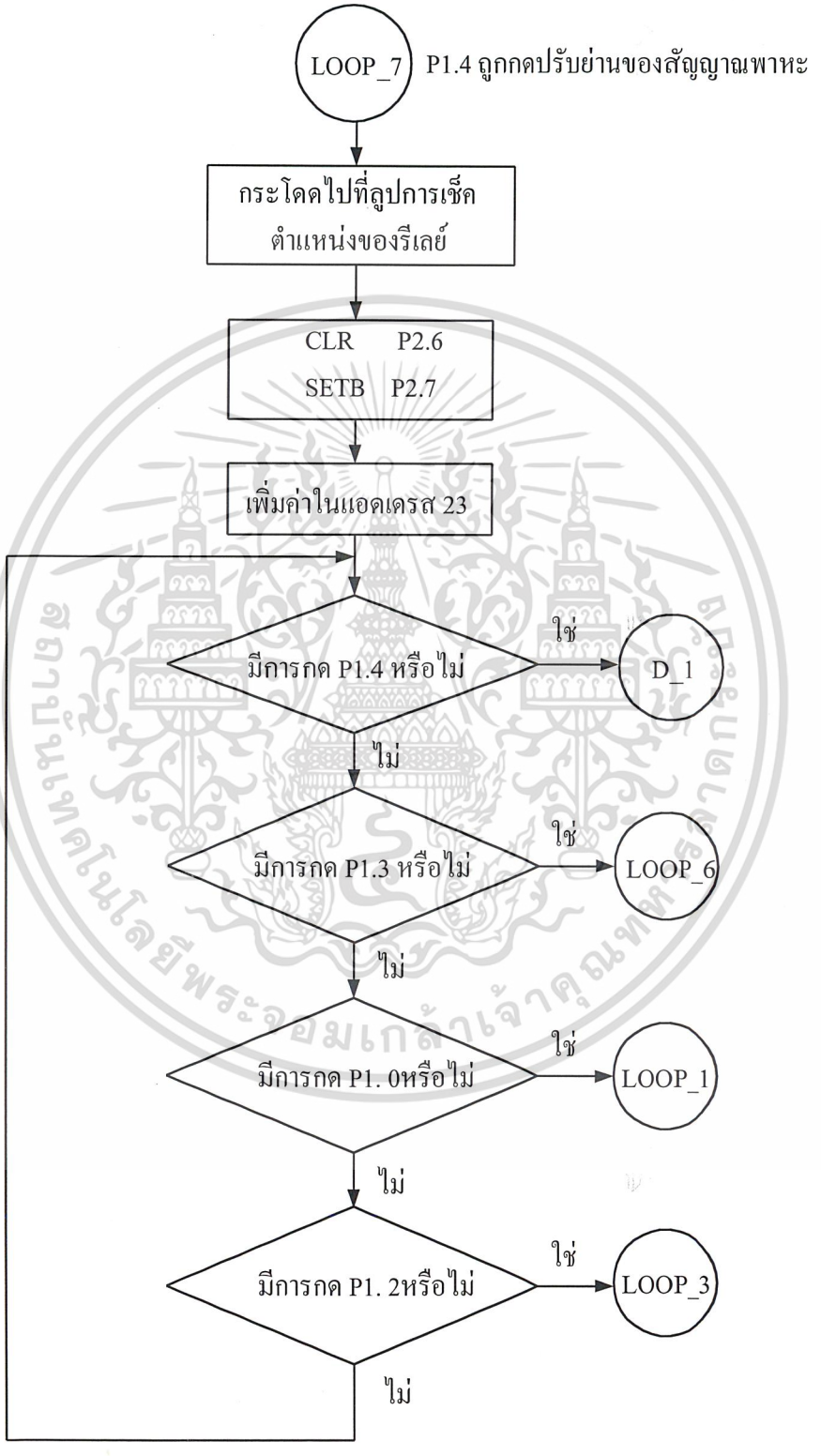
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



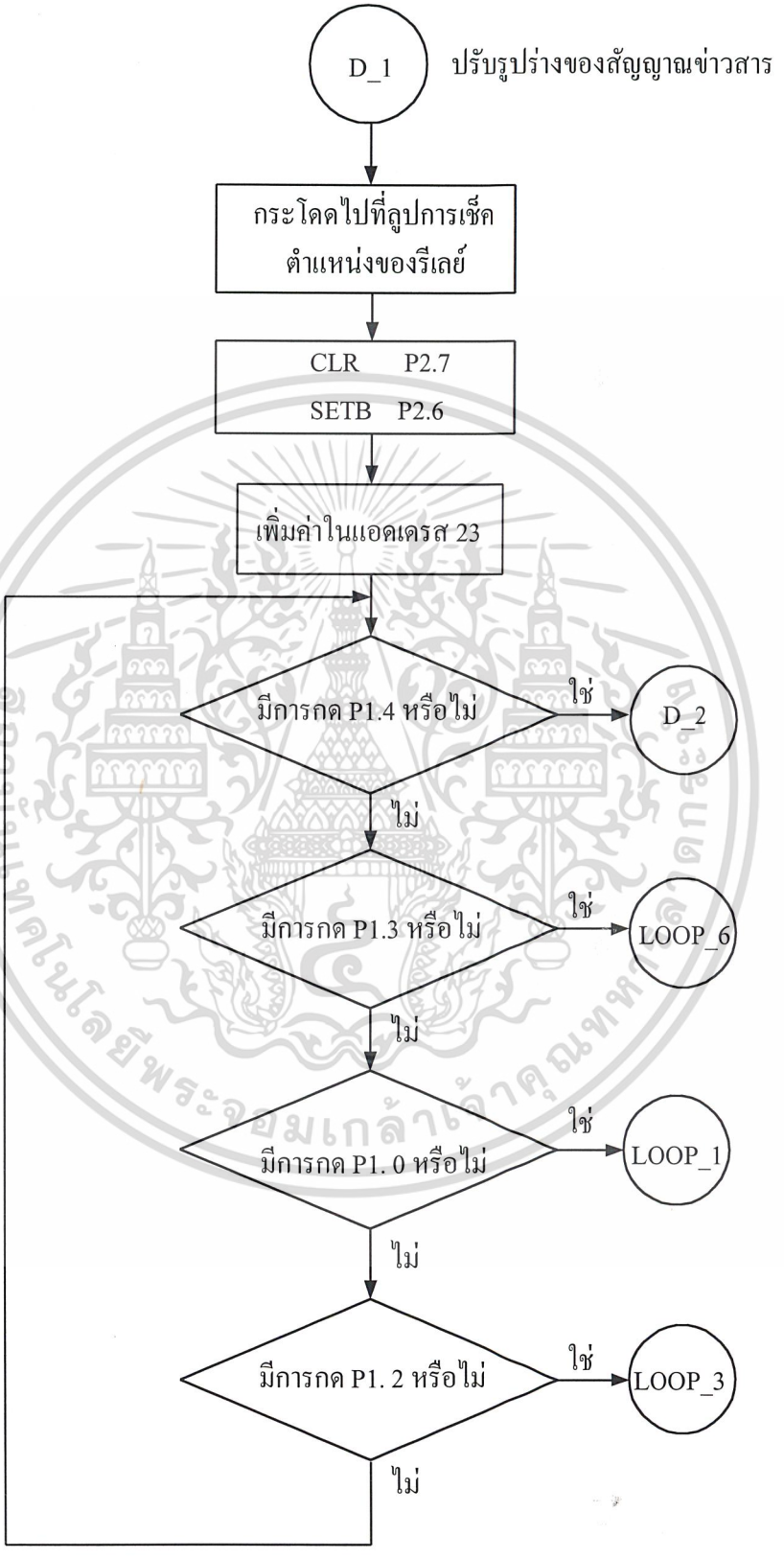
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



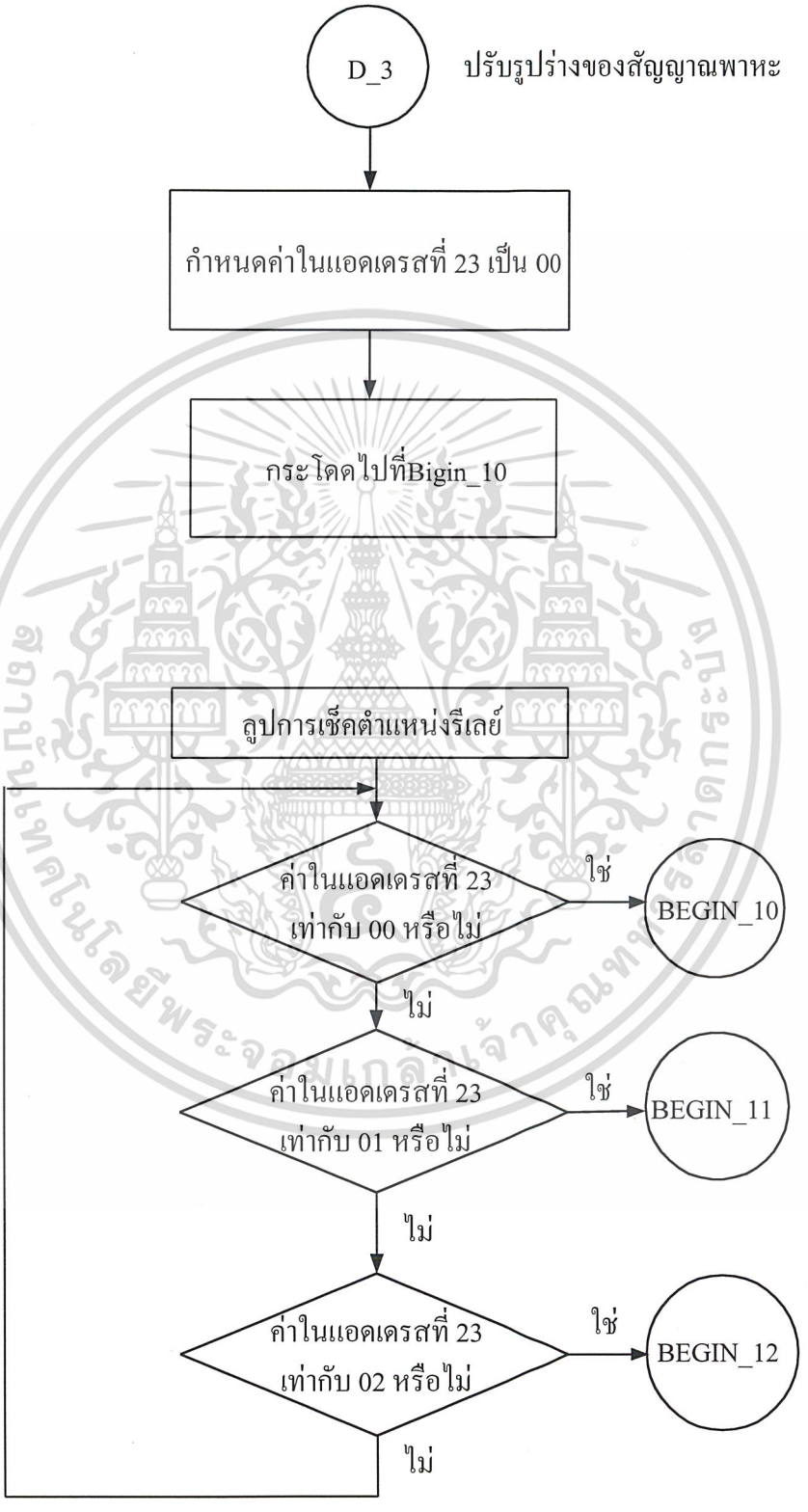
รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังการทำงานโปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;/*************************************************************/;
;/*Program Control : Amplitude Modulation And Demodulation ******/;
;/*                   Demonstrator Controlled By PC            ****/;
;/* Filename        : CONT.ASM                                  ****/;
;/*** Design By     :   MUU                                     ****/;
;/*************************************************************/;
            ORG   0000H
            MOV   P0,#000H
            MOV   P1,#000H
            MOV   P2,#000H
            MOV   20H,#000H
            MOV   21H,#000H
            MOV   22H,#000H
            MOV   23H,#000H
            MOV   24H,#000H
SIGNAL_MOD  BIT   P1.0
CARRIER     BIT   P1.1
NOR_COM     BIT   P1.2
SENT        BIT   P1.5
;*************************************************************
START:      CLR   SENT              ;เริ่มสแกนสวิตช์
            JB    SIGNAL_MOD,Z1     ;สัญญาณข่าวสาร
            JB    CARRIER,Z2        ;สัญญาณพาหะ
            JB    NOR_COM,Z3        ;เลือกความถี่ปกติหรือจากคอมพิวเตอร์
            JMP   START
Z1:         JMP   LOOP_1            ;สัญญาณข่าวสาร
Z2:         LJMP  LOOP_2            ;สัญญาณพาหะ
Z3:         LJMP  LOOP_3            ;เลือกความถี่ปกติหรือจากคอมพิวเตอร์
            JMP   START
;*************************************************************
LOOP_1:     JB    CARRIER,A1        ;สวิตช์สัญญาณข่าวสารถูกกด
            JB    NOR_COM,A2
            JB    P1.3,A3           ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB    P1.4,A4           ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP   LOOP_1
A1:         LJMP  LOOP_2
A2:         LJMP  LOOP_3            ;เลือกความถี่ปกติหรือจากคอมพิวเตอร์
A3:         LJMP  LOOP_4            ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
A4:         LJMP  LOOP_5
            JMP   LOOP_1
;*************************************************************
LOOP_4:     AJMP  COMPARE_1         ;มีการกดเลือกรูปร่าง
                                    ;กดครั้งที่ 1 20H มีค่าเป็น 00
LOOP_4_1:   CLR   P2.0
            LCALL DELAY_1
            SETB  P2.1
            LCALL DELAY_1
            INC   20H
LOOP_4A:    JB    CARRIER,A6
            JB    NOR_COM,A7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            JB      P1.3,A5             ; มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่

            JB      P1.4,A8             ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP     LOOP_4A
A6:         LJMP    LOOP_2
A7:         LJMP    LOOP_3
A8:         LJMP    LOOP_5
            JMP     LOOP_4A
            ; กดครั้งที่ 2 20H มีค่าเป็น 01
A5:         AJMP    COMPARE_1
A5_1:       SETB    P2.0
            LCALL   DELAY_1
            CLR     P2.1
            LCALL   DELAY_1
            INC     20H
LOOP_4B:    JB      CARRIER,A10
            JB      NOR_COM,A11
            JB      P1.3,A9             ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB      P1.4,A12            ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP     LOOP_4B
A10:        LJMP    LOOP_2
A11:        LJMP    LOOP_3
A12:        LJMP    LOOP_5
            JMP     LOOP_4B
            ; กดครั้งที่ 3 20H มีค่าเป็น 02
A9:         AJMP    COMPARE_1
A9_1:       CLR     P2.0
            LCALL   DELAY_1
            CLR     P2.1
            LCALL   DELAY_1
LOOP_4C:    JB      CARRIER,A14
            JB      NOR_COM,A15
            JB      P1.3,A13            ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB      P1.4,A16            ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP     LOOP_4C
A14:        LJMP    LOOP_2
A15:        LJMP    LOOP_3
A16:        LJMP    LOOP_5
A13:        MOV     20H,#00H
            LJMP    LOOP_4
            JMP     LOOP_4C
COMPARE_1:  MOV     A,20H
            CJNE    A,#00H,Y1
Y2:         JMP     Y3
Y1:         CJNE    A,#01H,Y4
Y5:         JMP     Y6
Y4:         CJNE    A,#02H,Y7
Y8:         JMP     Y9
Y7:         JMP     COMPARE_1
Y3:         LJMP    LOOP_4_1
Y6:         LJMP    A5_1
Y9:         LJMP    A9_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*********************************************************************
;มีการกดเลือกย่าน
;*********************************************************************
LOOP_5:     ;มีการกดเลือกย่าน
            ;กดครั้งที่ 1 21H มีค่าเป็น 00
            AJMP   COMPARE_2
LOOP_5_1:   CLR    P2.4
            LCALL  DELAY_1
            SETB   P2.5
            LCALL  DELAY_1
            INC    21H
LOOP_5A:    JB     CARRIER,B5
            JB     NOR_COM,B6
            JB     P1.3,B7          ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,B8          ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_5A
B5:         LJMP   LOOP_2
B6:         LJMP   LOOP_3
B7:         LJMP   LOOP_4
B8:         JMP    B5_1
            JMP    LOOP_5A
            ;กดครั้งที่ 2 21H มีค่าเป็น 01
B5_1:       AJMP   COMPARE_2
B5_1_1:     SETB   P2.4
            LCALL  DELAY_1
            CLR    P2.5
            LCALL  DELAY_1
            INC    21H
LOOP_5B:    JB     CARRIER,B9
            JB     NOR_COM,B10
            JB     P1.3,B11         ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,B12         ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_5B
B9:         LJMP   LOOP_2
B10:        LJMP   LOOP_3
B11:        LJMP   LOOP_4
B12:        LJMP   B9_1
            JMP    LOOP_5B
            ;กดครั้งที่ 3 21H มีค่าเป็น 02
B9_1:       AJMP   COMPARE_2
B9_1_1:     CLR    P2.4
            LCALL  DELAY_1
            CLR    P2.5
            LCALL  DELAY_1
LOOP_5C:    JB     CARRIER,B14
            JB     NOR_COM,B15
            JB     P1.3,B13         ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,B16         ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_5C
B14:        LJMP   LOOP_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
B15:        LJMP   LOOP_3
B13:        LJMP   LOOP_4

B16:        MOV    21H,#00H
            LJMP   LOOP_5
            JMP    LOOP_5C
COMPARE_2:  MOV    A,21H
X0:         CJNE   A,#00H,X1
X4:         JMP    X5
X1:         CJNE   A,#01H,X2
X6:         JMP    X7
X2:         CJNE   A,#02H,X3
X8:         JMP    X9
X3:         JMP    COMPARE_2
X5:         LJMP   LOOP_5_1
X7:         LJMP   B5_1_1
X9:         LJMP   B9_1_1
;*************************************************************
 ;สวิตช์สัญญาณพาหะถูกกด
;*************************************************************
LOOP_2:     JB     SIGNAL_MOD,C1        ;สวิตช์สัญญาณพาหะถูกกด
            JB     NOR_COM,C2
            JB     P1.3,C3              ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,C4              ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_2
C1:         LJMP   LOOP_1
C2:         LJMP   LOOP_3               ;เลือกความถี่ปกติหรือจากคอมพิวเตอร์
C3:         JMP    LOOP_6               ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
C4:         AJMP   LOOP_7               ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_2
;*************************************************************
LOOP_6:     AJMP   COMPARE_3            ;มีการกดเลือกรูปร่าง
                                        ;กดครั้งที่ 1 22H มีค่าเป็น 00
CC1:        CLR    P2.2
            LCALL  DELAY_1
            SETB   P2.3
            LCALL  DELAY_1
            INC    22H
LOOP_6A:    JB     SIGNAL_MOD,C6
            JB     NOR_COM,C7
            JB     P1.3,C5              ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,C8              ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_6A
C6:         LJMP   LOOP_1
C7:         LJMP   LOOP_3
C8:         LJMP   LOOP_7
            JMP    LOOP_6A
            ;กดครั้งที่ 2 22H มีค่าเป็น 01
C5:         AJMP   COMPARE_3
CC2:        SETB   P2.2
            LCALL  DELAY_1
            CLR    P2.3
            LCALL  DELAY_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            INC    22H
LOOP_6B:    JB     SIGNAL_MOD,C10

            JB     NOR_COM,C11
            JB     P1.3,C9              ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,C12             ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_6B
C10:        LJMP   LOOP_1
C11:        LJMP   LOOP_3
C12:        LJMP   LOOP_7
            JMP    LOOP_6B
            ;กดครั้งที่ 3 22H มีค่าเป็น 02
C9:         AJMP   COMPARE_3
CC3:        CLR    P2.2
            LCALL  DELAY_1
            CLR    P2.3
            LCALL  DELAY_1
LOOP_6C:    JB     SIGNAL_MOD,C14
            JB     NOR_COM,C15
            JB     P1.3,C13             ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,C16             ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_6C
C14:        LJMP   LOOP_1
C15:        LJMP   LOOP_3
C16:        LJMP   LOOP_7
C13:        MOV    22H,#00H
            LJMP   LOOP_6
            JMP    LOOP_6C
COMPARE_3:
W0:         MOV    A,22H
W1:         CJNE   A,#00H,W3
            JMP    W2
W3:         CJNE   A,#01H,W5
            JMP    W4
W5:         CJNE   A,#02H,W7
            JMP    W6
W7:         JMP    COMPARE_3
W2:         JMP    CC1
W4:         JMP    CC2
W6:         JMP    CC3
;*****************************************************************
;มีการกดเลือกย่าน
;*****************************************************************
LOOP_7:     AJMP   COMPARE_4            ;มีการกดเลือกย่าน
                                        ;กดครั้งที่ 1 23H มีค่าเป็น 00
DD1:        CLR    P2.6
            LCALL  DELAY_1
            SETB   P2.7
            LCALL  DELAY_1
            INC    23H
LOOP_7A:    JB     SIGNAL_MOD,D6
            JB     NOR_COM,D7
            JB     P1.3,D5              ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,D8              ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            JMP    LOOP_7A
D6:         LJMP   LOOP_1

D7:         LJMP   LOOP_3
D5:         LJMP   LOOP_6
            JMP    LOOP_7A
            ; กดครั้งที่ 2 23H มีค่าเป็น 01
D8:         AJMP   COMPARE_4
DD2:        SETB   P2.6
            LCALL  DELAY_1
            CLR    P2.7
            LCALL  DELAY_1
            INC    23H
LOOP_7B:    JB     SIGNAL_MOD,D10
            JB     NOR_COM,D11
            JB     P1.3,D12          ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,D9           ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_7B
D10:        LJMP   LOOP_1
D11:        LJMP   LOOP_3
D12:        LJMP   LOOP_6
            JMP    LOOP_7B
            ; กดครั้งที่ 3 23H มีค่าเป็น 02
D9:         AJMP   COMPARE_4
DD3:        CLR    P2.6
            LCALL  DELAY_1
            CLR    P2.7
            LCALL  DELAY_1
LOOP_7C:    JB     SIGNAL_MOD,D14
            JB     NOR_COM,D15
            JB     P1.3,D16          ;มีการกดเลือกรูปร่างหรือไม่
            JB     P1.4,D13          ;มีการกดเลือกย่านหรือไม่
            JMP    LOOP_7C
D14:        LJMP   LOOP_1
D15:        LJMP   LOOP_3
D16:        LJMP   LOOP_6
D13:        MOV    23H,#00H
            LJMP   LOOP_7
            JMP    LOOP_7C
COMPARE_4:
V0:         MOV    A,23H
V1:CJNE     A,#00H,V2
            JMP    V4
V2:         CJNE   A,#01H,V3
            JMP    V5
V3:         CJNE   A,#02H,V7
            JMP    V6
V7:         JMP    COMPARE_4
V4:         AJMP   DD1
V5:         AJMP   DD2
V6:         AJMP   DD3
V8:         JMP    COMPARE_4
;*****************************************************************
;เลือกความถี่อัตโนมัติ
;*****************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LOOP_3:     SETB   SENT
SUB:        MOV    A,P0

            ANL    A,#010H
            CJNE   A,#010H,G0          ;ถ้าไม่เท่ากับ 10H ให้ไปสัญญาณข่าวสาร
            JMP    GG1
G0:         ;สัญญาณข่าวสาร
            LJMP   H0                  ;กระโดดไปยังสัญญาณข่าวสาร
GG1:        ;สัญญาณพาหะ
            MOV    A,P0
G1:         CJNE   A,#010H,G2
G1_1:       LCALL  YAN1
            CJNE   A,#010H,YA1
            JMP    G1_1
YA1:        JMP    SUB
G2:         CJNE   A,#012H,G3
G2_1:       LCALL  YAN1
            CJNE   A,#011H,YA2
            JMP    G2_1
YA2:        AJMP   SUB
G3:         CJNE   A,#013H,G4
G3_1:       LCALL  YAN1
            CJNE   A,#013H,YA3
            JMP    G3_1
YA3:        AJMP   SUB
G4:         CJNE   A,#014H,G5
G4_1:       LCALL  YAN1
            CJNE   A,#014H,YA4
            JMP    G4_1
YA4:        AJMP   SUB
G5:         CJNE   A,#015H,G6
G5_1:       LCALL  YAN1
            CJNE   A,#015H,YA5
            JMP    G5_1
YA5:        AJMP   SUB
G6:         CJNE   A,#016H,G7
G6_1:       LCALL      YAN1
            CJNE   A,#016H,YA6
            JMP    G6_1
YA6:        LJMP   SUB
G7:         CJNE   A,#017H,G8
G7_1:       LCALL  YAN1
            CJNE   A,#017H,YA7
            JMP    G7_1
YA7:        LJMP   SUB
G8:         CJNE   A,#018H,G9
G8_1:       LCALL  YAN1
            CJNE   A,#018H,YA8
            JMP    G8_1
YA8:        LJMP   SUB
G9:         CJNE   A,#019H,G10
G9_1:       LCALL  YAN1
            CJNE   A,#019H,YA9
            JMP    G9_1
YA9:        LJMP   SUB
G10:        CJNE   A,#00AH,G11
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
G10_1:      LCALL YAN1
            CJNE  A,#01AH,YA10

            JMP   G10_1
YA10:       LJMP  SUB
G11:        CJNE  A,#01BH,G12
G11_1:      LCALL YAN1
            CJNE  A,#01BH,YA11
            JMP   G11_1
YA11:       LJMP  SUB
G12:        CJNE  A,#01CH,G13
G12_1:      LCALL YAN1
            CJNE  A,#01BH,YA12
            JMP   G12_1
YA12:       LJMP  SUB
G13:        CJNE  A,#01CH,G14
G13_1:      LCALL YAN1
            CJNE  A,#01CH,YA13
            JMP   G13_1
YA13:       LJMP  SUB
G14:        CJNE  A,#01DH,G15
G14_1:      LCALL YAN1
            CJNE  A,#01DH,YA14
            JMP   G14_1
YA14:       LJMP  SUB
G15:        CJNE  A,#01EH,G16
G15_1:      LCALL YAN1
            CJNE  A,#01EH,YA15
            JMP   G15_1
YA15:       LJMP  SUB
G16:        CJNE  A,#01FH,G17
G16_1:      LCALL YAN1
            CJNE  A,#01FH,YA16
            JMP   G16_1
YA16:       LJMP  SUB
G17:        LJMP  G0
H0:
HH1:        ;สัญญาณข่าวสาร
            MOV   A,P0
H1:         CJNE  A,#000H,H2
H1_1:       LCALL YEN1
            CJNE  A,#000H,YE1
            JMP   H1_1
YE1:        JMP   SUB
H2:         CJNE  A,#012H,H3
H2_1:       LCALL YEN1
            CJNE  A,#001H,YE2
            JMP   H2_1
YE2:        AJMP  SUB
H3:         CJNE  A,#013H,H4
H3_1:       LCALL YEN1
            CJNE  A,#003H,YE3
            JMP   H3_1
YE3:        AJMP  SUB
H4:         CJNE  A,#004H,H5
H4_1:       LCALL YEN1
            CJNE  A,#004H,YE4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            JMP   H4_1
YE4:        AJMP  SUB

H5:         CJNE  A,#005H,H6
H5_1:       LCALL YEN1
            CJNE  A,#015H,YE5
            JMP   H5_1
YE5:        AJMP  SUB
H6:         CJNE  A,#006H,H7
H6_1:       LCALL YEN1
            CJNE  A,#006H,YE6
            JMP   H6_1
YE6:        LJMP  SUB
H7:         CJNE  A,#007H,H8
H7_1:       LCALL YEN1
            CJNE  A,#007H,YE7
            JMP   H7_1
YE7:        LJMP  SUB
H8:         CJNE  A,#008H,H9
H8_1:       LCALL YEN1
            CJNE  A,#008H,YE8
            JMP   H8_1
YE8:        LJMP  SUB
H9:         CJNE  A,#009H,H10
H9_1:       LCALL YEN1
            CJNE  A,#019H,YE9
            JMP   H9_1
YE9:        LJMP  SUB
H10:        CJNE  A,#00AH,H11
H10_1:      LCALL YEN1
            CJNE  A,#00AH,YE10
            JMP   H10_1
YE10:       LJMP  SUB
H11:        CJNE  A,#00BH,H12
H11_1:      LCALL YEN1
            CJNE  A,#00BH,YE11
            JMP   H11_1
YE11:       LJMP  SUB
H12:        CJNE  A,#00CH,H13
H12_1:      LCALL YEN1
            CJNE  A,#00BH,YE12
            JMP   H12_1
YE12:       LJMP  SUB
H13:        CJNE  A,#00CH,H14
H13_1:      LCALL YEN1
            CJNE  A,#00CH,YE13
            JMP   H13_1
YE13:       LJMP  SUB
H14:        CJNE  A,#00DH,H15
H14_1:      LCALL YEN1
            CJNE  A,#00DH,YE14
            JMP   H14_1
YE14:       LJMP  SUB
H15:        CJNE  A,#00EH,H16
H15_1:      LCALL YEN1
            CJNE  A,#00EH,YE15
            JMP   H15_1
YE15:       LJMP  SUB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
H16:        CJNE  A,#00FH,H17
H16_1:      LCALL YEN1

            CJNE  A,#00FH,YE16
            JMP   H16_1
YE16:       LJMP  SUB
H17:        LJMP  H0
            LJMP  START
;*****************************************************************
;เลือกย่านอัตโนมัติ
;*****************************************************************
YAN1:       CLR   P2.4
            LCALL DELAY_1
            SETB  P2.5
            LCALL DELAY_1
            RET
YAN2:       CLR   P2.5
            LCALL DELAY_1
            SETB  P2.4
            LCALL DELAY_1
            RET
YAN3:       CLR   P2.4
            LCALL DELAY_1
            CLR   P2.5
            LCALL DELAY_1
            RET
YEN1:       CLR   P2.6
            LCALL DELAY_1
            SETB  P2.7
            LCALL DELAY_1
            RET
YEN2:       CLR   P2.7
            LCALL DELAY_1
            SETB  P2.6
            LCALL DELAY_1
            RET
YEN3:       CLR   P2.6
            LCALL DELAY_1
            CLR   P2.7
            LCALL DELAY_1
            RET
DELAY:      MOV   R0,#0E6H
AGAIN:      NOP
            NOP
            DJNZ  R0,AGAIN
            RET
DELAY_1:    MOV   R7,#010H
AGAIN_1:    MOV   R6,#0E6H
KK:         NOP
            NOP
            DJNZ  R1,KK
            DJNZ  R0,AGAIN_1
            RET
            END
```

รูปที่ ง.2 โปรแกรมควบคุมชุดกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1

การมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็ม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของการมอดูเลตได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถวาดรูปร่างสัญญาณทางเอาต์พุตได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแอนะลอกแสดงผลโดยคอมพิวเตอร์
2. ออสซิลโลสโคป

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในเครื่องส่งวิทยุระบบเอเอ็ม นั้นเป็นวิธีการผสมคลื่น (modulation) ที่ทำให้แอมพลิจูดของคลื่นพาห์ (RF carrier) เปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของความถี่เสียง หรือสัญญาณข่าวสาร (Information) ซึ่งโดยปกติแล้วก็จะทำให้อัตราการขยาย (Gain) ของภาคขยายความถี่วิทยุ (RF amplifier) นั้นเปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่เสียงนั่นเอง

การผสมคลื่นทางแอมพลิจูดจะนิยมใช้กันในการส่งวิทยุกระจายเสียงในย่านความถี่กลาง (midium frequency) หรือเรียกว่า “คลื่นกลาง” (Midium wave : MW) และย่านความถี่สูง (High frequency) หรือเรียกว่า “คลื่นสั้น” (Short wave : SW) นอกจากนี้แล้วยังนำมาใช้ในย่านความถี่ VHF, UHF, และ SHF สำหรับในการส่งวิทยุโทรศัพท์ (Radio telephone) และการส่งสัญญาณภาพ Video signal ของโทรทัศน์อีกด้วย

หลักการของเครื่องวิทยุระบบเอเอ็ม

เครื่องส่งวิทยุระบบ AM จะทำหน้าที่ผลิต (Generated) สัญญาณความถี่วิทยุขึ้นมาแล้วป้อนกำลังคลื่นวิทยุ (RF power) ณ ความถี่หนึ่งไปให้กับสายอากาศ พร้อมกับนำข่าวสารที่อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแผ่กระจายคลื่นออกอากาศไป ซึ่งการส่งข่าวสารในระบบเอเอ็ม จะแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

1. แบบคลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave : CW)
2. แบบคลื่นที่มอดูเลตแล้ว (Modulate Wave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของคลื่นต่อเนื่องก็คือ การส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุเป็นเวลาสั้นหรือยาวโดยกำหนดเป็นจุด (Dots) และขีด (Dashes) ซึ่งจะกำหนดเป็นรหัส (Code) อันเป็นที่ทราบความหมายของรหัสมาก่อน เรียกว่า "รหัสมอร์ส" (Morse-code) นั้นจะทำงานในระบบวิทยุโทรเลข จะเท่าๆ กันทุกไซเคิล

ส่วนการส่งสัญญาณของคลื่นที่มอดูเลตแล้วนั่น เป็นการส่งโดยการใช้ระบบวิทยุโทรศัพท์ในลักษณะของการผสมคลื่นทางขนาดหรือการผสมคลื่นแบบเอเอ็มนั่นเอง

การมอดูเลเตอร์ที่ใช้ในวงจรรวมแบบลิเนียร์ (Linear Integated Circuit Modulator :LIC's)

กรรมวิธีในการกำเนิดสัญญาณเอเอ็ม ที่มีคุณภาพสูงสามารถทำได้โดยการใช้วงจรรวมแบบลิเนียร์ที่ผลิตหรือสร้างขึ้นอย่างพิเศษ ซึ่งจะทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้งอุปกรณ์ขนาดเล็กลง และยังมีราคาต่ำด้วยโดยทั่วไปแล้วจะมีระดับกำลังงานเอาต์พุตต่ำ (Low power) เหมาะที่จะนำมาใช้กับการมอดูเลตที่ระดับต่ำ (Low level modulation)

ลำดับขั้นการทดลอง

1.ประกอบวงจรตามรูป

2.ปรับค่าความถี่ของสัญญาณข่าวสาร (Signal mod) ให้ได้เท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ให้ได้เป็นคลื่นซายน์อ่านค่าจากหน้าปัทม์แสดงค่าความถี่ของสัญญาณข่าวสาร

3.ปรับค่าความถี่ของสัญญาณพาหะ (Gen) ให้ได้เท่ากับ 30 กิโลเฮิรตซ์ให้ได้เป็นคลื่นซายน์อ่านค่าจากหน้าปัทม์แสดงค่าความถี่ของสัญญาณพาหะ

4.เปิดสวิตช์หมายเลข S_1 ของแถวที่ 1 เพื่อทำการป้อนความถี่ของสัญญาณพาหะและความถี่ของสัญญาณข่าวสารให้กับชุดทดลองแล้วทำการบันทึกสัญญาณที่ได้ลงในรูปที่ จ.1

7.ทำการปรับค่าความต้านทาน R_1 จนกระทั่งรูปสัญญาณที่ปรากฏจะเกิดการโอเวอร์มอดบันทึกสัญญาณที่ได้ลงในรูปที่ จ.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.1 สัญญาณที่จุด T_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.2 สัญญาณที่จุด T_1 ขณะเกิดโอเวอร์มอดดูเลต

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1.จงอธิบายหลักการทำงานของการมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็ม

2. การมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็มส่งความถี่ในย่านใด

3. จงอธิบายการเกิดโอเวอร์มอดูเลตคืออะไร มีความสำคัญอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2

การดีมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็ม

วัตถุประสงค์

1.เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการทำงานของการดีมอดูเลตแบบฟูลเอเอ็ม

2.เพื่อให้นักศึกษาสามารถเปรียบเทียบสัญญาณข่าวสารก่อนการมอดูเลตสัญญาณและหลังจากดีมอดูเลตได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแอนะลอกแบบ เอเอ็ม

2. ออสซิลโลสโคป

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในชุดทดลองนี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC1496 เป็นตัวดีมอดูเลตซึ่งจะนำสัญญาณที่มอดูเลตแล้วป้อนเข้าไปยังวงจร และทำการป้อนสัญญาณพาหะเพื่อให้เกิดการหักล้างกันระหว่างสัญญาณพาหะที่มากับสัญญาณที่มอดูเลตแล้ว เมื่อสัญญาณพาหะทั้งสองเกิดการหักล้างกันแล้วจะเหลือเฉพาะสัญญาณข่าวสาร

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1.ปรับให้รูปคลื่นของสัญญาณพาหะและสัญญาณข่าวสารให้เป็นรูปคลื่นซายน์

2.ปรับความถี่ของคลื่นสัญญาณพาหะให้เท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ และความถี่ของคลื่นสัญญาณข่าวสารเท่ากับ 100 เฮิรตซ์

3.ปรับแอมปลิจูดของคลื่นสัญญาณพาหะให้เท่ากับ 2 มิลลิโวลต์ และแอมปลิจูดของสัญญาณข่าวสารเท่ากับ 5 กิโลเฮิรตซ์

4. กดสวิตช์ S1 แถวที่ 1, S2 แถวที่ 1 เพื่อป้อนสัญญาณพาหะและสัญญาณข่าวสาร

5. กดสวิตช์ S3 แถวที่ 1, S1 แถวที่ 2 และ S2 แถวที่ 2.เพื่อทำการป้อนคลื่นสัญญาณพาหะและคลื่นสัญญาณข่าวสารเข้าสู่วงจรการดีมอดูเลตแบบฟูลเอเอ็ม

6. วัดสัญญาณที่จุด T_2 บันทึกสัญญาณที่ได้ลงในรูปที่ จ.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.3 สัญญาณที่จุด T_2

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายขบวนการดีมอดูเลตแบบฟูลเอเอ็ม
2. ความถี่ของสัญญาณพาหะสูงขึ้นหรือต่ำลงมีผลอย่างไรต่อการดีมอดูเลตสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

วัตถุประสงค์

1.เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการทำงานการมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถวาดรูปร่างสัญญาณทางเอาต์พุตได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแอนะลอกแสดงผลโดยคอมพิวเตอร์

2. ออสซิลโลสโคป

ทฤษฎีเบื้องต้น

เนื่องจากในการส่งสัญญาณซึ่งการมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์ จะต้องใช้แบนด์วิดท์และกำลังในการส่งมาก นอกจากนี้สัญญาณส่วนที่เป็นความถี่คลื่นพาห์ก็ไม่มีข่าวสารบรรจุอยู่ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการนำเอาสัญญาณคลื่นพาห์ออก และแบนด์วิดท์จะมีขนาดเท่ากับแบนด์วิดท์ของสัญญาณการมอดูเลตแบบฟูลเอเอ็ม

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1.ปรับความถี่ของคลื่นสัญญาณพาหะให้เท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ และความถี่ของคลื่นสัญญาณข่าวสารเท่ากับ 100 เฮิรตซ์

2. ปรับรูปคลื่นของสัญญาณทั้งสองให้เป็นรูปคลื่นซายน์

3. ปรับขนาดแอมปลิจูดของคลื่นสัญญาณพาหะเท่ากับ 3 มิลลิโวลต์ และขนาดแอมปลิจูดของคลื่นสัญญาณข่าวสารเท่ากับ 3 มิลลิโวลต์

4. กดสวิตช์ S1 แถวที่ 3 และ S1 แถวที่ 4 .เพื่อทำการป้อนความถี่ของคลื่นสัญญาณพาหะและความถี่ของคลื่นสัญญาณข่าวสาร

5. ทำการวัดสัญญาณที่จุด T_3 บันทึกสัญญาณที่ได้ลงในรูปที่ จ.4

6. ปรับค่า R_2 จนกว่าสัญญาณจะเกิดการโอเวอร์มอดูเลตบันทึกสัญญาณลงในรูปที่ จ.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.4 วัดสัญญาณที่จุด T_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volts / Div = ……

Time / Div = ……

รูปที่ จ.5 สัญญาณที่จุด T_3 หลังเกิดการโอเวอร์มอดูเลต

สรุปผลการทดลอง

……

……

……

……

……

……

……

……

……

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1.จงอธิบายความแตกต่างของการมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์และการมอดูเลตเอเอ็มแบบฟูลเอเอ็มมาพอเข้าใจ

2.จงบอกข้อดีและข้อเสียของการมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4
การดีมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

วัตถุประสงค์

1.เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการทำงานของการดีอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

2.เพื่อให้นักศึกษาสามารถเปรียบเทียบคลื่นสัญญาณข่าวสารที่ได้จากการมอดูเลตและคลื่นสัญญาณข่าวสารหลังการดีมอดูเลตแล้ว

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแอนะลอกแสดงผลโดยคอมพิวเตอร์
2. ออสซิลโลสโคป

ทฤษฎีเบื้องต้น

สัญญาณคลื่นพาห์ที่กำเนิดขึ้นใหม่ในเครื่องรับจึงต้องมีเฟสตรงกับเฟสของคลื่นพาห์ที่เครื่องส่งพอดี ซึ่งเป็นข้อเสียของระบบการดีมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์ เพราะว่าเครื่องรับต้องใช้วงจรที่ซับซ้อนในการควบคุมเฟสและความถี่ให้ถูกต้อง

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1.ทำการปรับคลื่นความถี่ของสัญญาณพาหะให้เท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ และคลื่นความถี่ของสัญญาณข่าวสาร 100 เฮิรตซ์

2.ปรับรูปคลื่นสัญญาณให้เป็นรูปคลื่นซายน์และปรับขนาดแอมปลิจูดของสัญญาณข่าวสารให้เท่ากับ 3 มิลลิโวลต์ ปรับขนาดแอมปลิจูดของสัญญาณพาหะให้เท่ากับ 4 มิลลิโวลต์ ทำการวัดที่จุด T_4 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของวงจรมอดูเลชั่นแบบดับเบิลไซด์แบนด์

3.เลื่อนสวิตช์ S3 แถวที่ 3 ให้อยู่ในตำแหน่ง ON เพื่อทำการป้อนคลื่นสัญญาณพาหะให้กับวงจร ดีมอดูเลตแบบดับเบิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.เลื่อนสวิตช์ S1 แถวที่ 4 และ S2 แถวที่ 4 ให้อยู่ในตำแหน่ง ON เพื่อทำการป้อนคลื่นสัญญาณข่าวสารและคลื่นสัญญาณพาหะเข้าไปในวงจรดีมอดูเลตแบบดับเบิลไซด์แบนด์ วัดสัญญาณที่จุด T_4 บันทึกผลลงในรูปที่ จ.6

Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.6 สัญญาณที่จุด T_4

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1.จงอธิบายหลักการการดีมอดูเลตเอเอ็มแบบดับเบิลไซด์แบนด์

2. จงบอกคุณสมบัติของสัญญาณดับเบิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5
การมอดูเลตเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์

วัตถุประสงค์

1.เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการทำงานของการมอดูเลตเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์

2.เพื่อให้นักศึกษาสามารถเขียนรูปสัญญาณที่เกิดจากทางเอาต์พุตได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแอนะลอกแสดงผลโดยคอมพิวเตอร์
2. ออสซิลโลสโคป

ทฤษฎีเบื้องต้น

การกำเนิดสัญญาณ SSB

1) วิธีการกรอง (Filtering) ในการกรองสัญญาณ SSB ใช้สัญญาณ DSB-SC แล้วเพิ่มวงจรกรองแถบข้าง (Sideband Filter) เข้าไปในวงจรเพื่อเลือกไซด์แบนด์ด้านใดด้านหนึ่งอาจจะเป็นความถี่ด้านสูงหรือความถี่ด้านต่ำ สัญญาณการมอดูเลตเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์ มีลักษณะคล้ายกับคลื่นพาหะ สเปกตรัมของคลื่นสัญญาณการมอดูเลตเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์ ประกอบด้วยจำนวนแท่งสเปกตรัม 2 แท่งคือ แท่งความถี่คลื่นพาห์และอีกแท่งหนึ่งเป็นความถี่ที่เกิดจากการบวกหรือลบของแท่งความถี่ที่เกิดจากการมอดูเลต

2) วิธีการจัดเฟส (Phasing) การจัดเฟสใช้มอดูเลเตอร์แบบสมดุล (Balance Modulator; BM) 2 ตัว นำสัญญาณที่จะมอดูเลตที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา มามอดูเลตแล้วจึงนำมารวมหรือลบกันก่อนส่ง วิธีการจัดเฟสนี้ไม่ค่อยนิยมเท่ากับวิธีการกรอง โดยแบนด์วิดท์ของสัญญาณการมอดูเลตเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์ จะมีค่าเท่ากับ BW SSB = B โดยที่ B เท่ากับความกว้างของช่วงความถี่

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1.ทำการปรับคลื่นความถี่ของสัญญาณพาหะให้เท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ และคลื่นความถี่ ของสัญญาณข่าวสาร 100 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ปรับรูปคลื่นสัญญาณให้เป็นรูปคลื่นซายน์และปรับขนาดแอมปลิจูดของสัญญาณข่าวสารให้เท่ากับ 3 มิลลิโวลต์ ปรับขนาดแอมปลิจูดของสัญญาณพาหะให้เท่ากับ 4 มิลลิโวลต์ และปรับ R_5 R_6 ให้เลื่อนเฟสไป 90 องศาทำการวัดที่จุด T_5 T_6 บันทึกสัญญาณลงในรูปที่ จ.7 และ จ.8 ตามลำดับ

3.วัดสัญญาณที่จุด T_7, และ T_8 ปรับ R_7 และ R_8 เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมตามลำดับบันทึกสัญญาณลงในรูปที่ จ.9 และ จ.10

4.เปิดสวิตช์ S_6 วัดสัญญาณที่จุด T_{10} บันทึกสัญญาณลงในรูปที่ จ.11

5. เปิดสวิตช์ S_7 วัดสัญญาณที่จุด T_9 บันทึกสัญญาณลงในรูปที่ จ.12

Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.7 สัญญาณที่จุด T_5

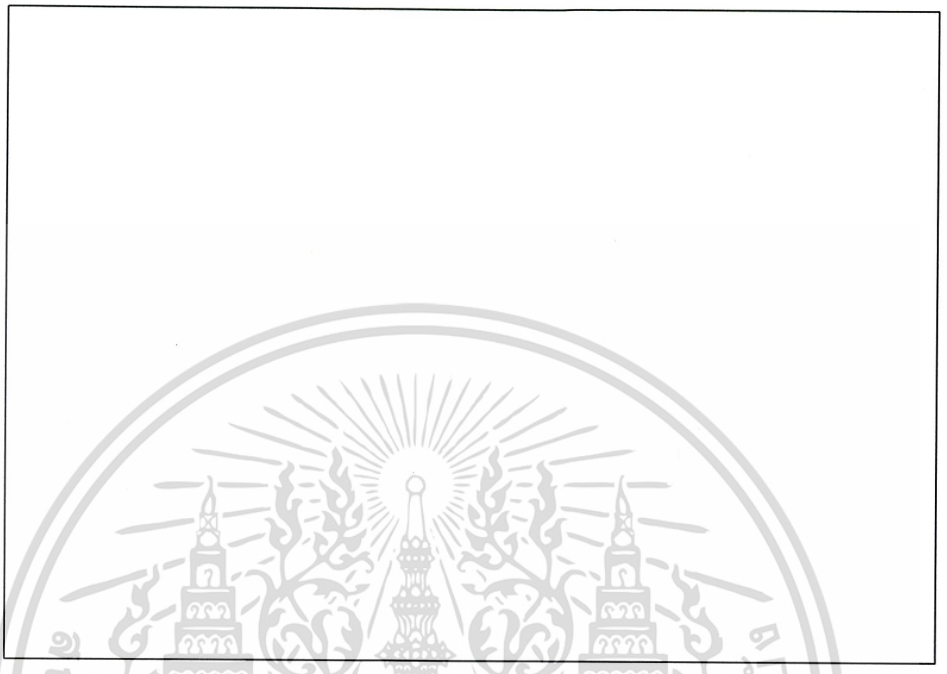
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.8 สัญญาณที่จุด T_6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

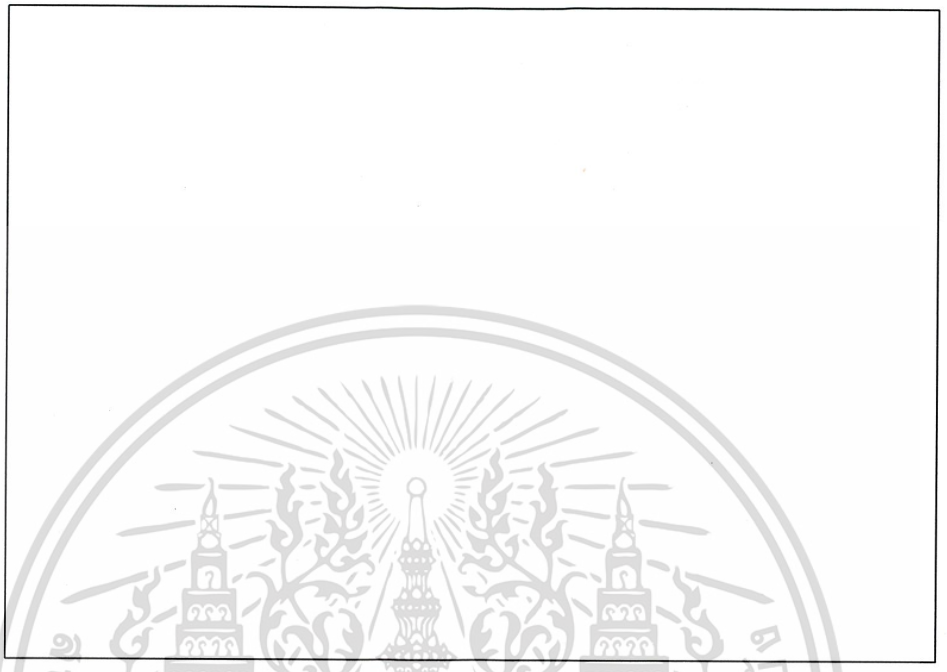


Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.9 สัญญาณที่จุด T_7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

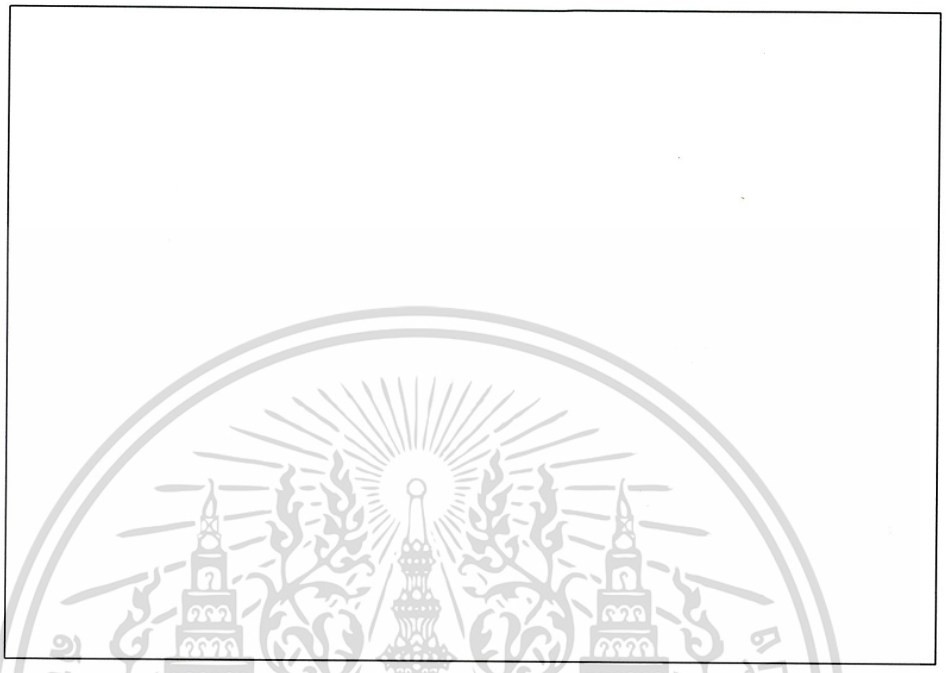


Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.10 สัญญาณที่จุด T_8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

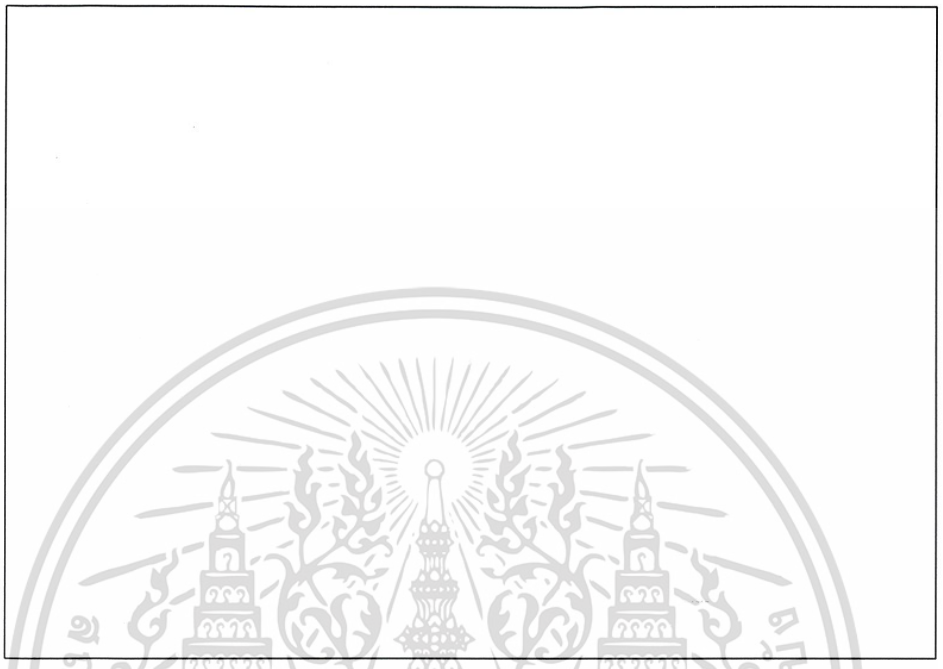


Volts / Div = ……

Time / Div = ……

รูปที่ จ.11 สัญญาณที่จุด T_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volts / Div = ...

Time / Div = ...

รูปที่ จ.12 สัญญาณที่จุด T_{10}

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1.จงอธิบายหลักการการมอดูเลตเอเอ็มแบบซิงเกิลไซด์แบนด์

2. จงบอกคุณสมบัติของสัญญาณซิงเกิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

คู่มือประกอบการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือประกอบการใช้งาน

ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผล และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

1) บทนำ

ชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นชุดฝึกที่สามารถจำลองการทำงานในระบบเอเอ็ม เพื่อให้นักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ลงทะเบียนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารโทรคมนาคมเป็นผู้ทดลองใช้งาน บนชุดทดลองจะมีจุดทดสอบสัญญาณตามจุดต่างๆ เพื่อศึกษาถึงผลของการมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณใน 3 รูปแบบ ได้แก่ ฟูลเอเอ็ม, ดับเบิลไซด์แบนด์, ซิงเกิลไซด์แบนด์ ส่วนของภาคแสดงผลจะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตขนานเพื่อแสดงผลของสัญญาณในรูปแบบการจำลองหน้าจอสโคป รายละเอียดทางด้านคุณสมบัติของตัวชุดทดลองมีรายละเอียดดังนี้

1) สามารถแสดงผลสถานะทางจอแอลซีดี
2) สามารถแสดงผลค่าของความถี่สูงสุดอยู่ที่ 100 กิโลเฮิรตซ์
3) สามารถอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแก้ไขข้อมูล
4) สามารถแสดงรูปผลของสัญญาณการมอดูเลตและดีมอดูเลตในวงจรผ่านคอมพิวเตอร์
5) ชุดทดลองสามารถแสดงผลได้จริง

2) การใช้งานชุดทดลองการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเอเอ็มแสดงผลและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

ในชุดทดลองชุดนี้จะแบ่งการทดลองซึ่งมีใบงานประกอบแบ่งออกเป็น 5 ใบงาน ในรายละเอียดขั้นตอนการทำงานพร้อมทั้งเฉลยในแต่ละใบงานจะมีอยู่แล้วในส่วนของใบงาน ส่วนในส่วนของคู่มือนี้จะอธิบายถึงส่วนประกอบของชุดทดลอง

รายละเอียดของตัวต้านทานปรับค่าได้

R_1 คือ ตัวต้านทานปรับค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตในวงจรฟูลเอเอ็ม

R_2 คือ ตัวต้านทานปรับค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตในวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

R_3 คือ ตัวต้านทานปรับค่าการเลื่อนเฟสของสัญญาณให้ได้ 90 องศาในวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_4 คือ ตัวต้านทานปรับค่าการเลื่อนเฟสของสัญญาณให้ได้ 90 องศาในวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์

R_5 คือ ตัวต้านทานปรับค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตในวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

R_6 คือ ตัวต้านทานปรับค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตในวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

รายละเอียดของตัวจุดทดสอบ

T_1 คือ จุดทดสอบสัญญาณการมอดูเลตของวงจรฟูลเอเอ็ม

T_2 คือ จุดทดสอบสัญญาณการดีมอดูเลตของวงจรฟูลเอเอ็ม

T_3 คือ จุดทดสอบสัญญาณการมอดูเลตของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

T_4 คือ จุดทดสอบสัญญาณการดีมอดูเลตของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

T_5 คือ จุดทดสอบสัญญาณการเลื่อนเฟส

T_6 คือ จุดทดสอบสัญญาณการเลื่อนเฟส

T_7 คือ จุดทดสอบสัญญาณค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

T_8 คือ จุดทดสอบสัญญาณค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตของวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

T_9 คือ จุดทดสอบสัญญาณการดีมอดูเลตของวงจรซิงเกิลไซด์แบนด์

T_{10} คือ จุดทดสอบสัญญาณของวงจรรวมสัญญาณ

รายละเอียดของสวิตช์

สวิตช์ S_1 ประกอบด้วย 4 แถวได้แก่

แถวที่ 1 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณพาหะ

แถวที่ 2 ต่ออยู่กับสัญญาณข่าวสาร

แถวที่ 3 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณพาหะ

แถวที่ 4 ว่างไม่ได้ใช้งาน

สวิตช์ S_2 ประกอบด้วย 2 แถวได้แก่

แถวที่ 1 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณพาหะ

แถวที่ 2 สัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วในวงจรฟูลเอเอ็ม

สวิตช์ S_3 ประกอบด้วย 4 แถว

แถวที่ 1 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณพาหะ

แถวที่ 2 ต่ออยู่กับสัญญาณข่าวสาร

แถวที่ 3 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณพาหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถวที่ 4 ว่างไม่ได้ใช้งาน

สวิตช์ S_4 ประกอบด้วย 2 แถวได้แก่

แถวที่ 1 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณพาหะ

แถวที่ 2 สัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วในวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

สวิตช์ S_5 ประกอบด้วย 4 แถวได้แก่

แถวที่ 1 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณพาหะก่อนการเลื่อนเฟส

แถวที่ 2 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณพาหะหลังการเลื่อนเฟส

แถวที่ 3 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณข่าวสารก่อนการเลื่อนเฟส

แถวที่ 4 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณข่าวสารหลังการเลื่อนเฟส

สวิตช์ S_6 ประกอบด้วย 2 แถวได้แก่

แถวที่ 1 ต่ออยู่กับสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วในวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

แถวที่ 2 ต่ออยู่กับสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วในวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

สวิตช์ S_7 ประกอบด้วย 2 แถวได้แก่

แถวที่ 1 ต่ออยู่กับคลื่นสัญญาณพาหะ

แถวที่ 2 ต่ออยู่กับสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วในวงจรดับเบิลไซด์แบนด์

2.1 ขั้นตอนการวัดสัญญาณจากชุดทดลอง

1) การวัดสัญญาณของการมอดูเลตวงจร FULL AM ให้กดสวิตช์ S_1 ในแถวที่ 1 และ 2 โดยมีจุดวัดสัญญาณการมอดูเลตอยู่ที่ T_1

ถ้าต้องการวัดสัญญาณการดีมอดูเลตของวงจร FULL AM ให้กดสวิตช์ S_1 ในแถวที่ 3 และกดสวิตช์ S_2 แถวที่ 1 และ 2 ซึ่งมีจุดวัดสัญญาณที่จุด T_2

2) การวัดสัญญาณของการมอดูเลตวงจร DSB ให้กดสวิตช์ S_3 ในแถวที่ 1และ 2 โดยมีจุดวัดสัญญาณการมอดูเลตอยู่ที่ T_3

ถ้าต้องการวัดสัญญาณการดีมอดูเลตของวงจร DSB ให้กดสวิตช์ S_3 ในแถวที่ 3 และกดสวิตช์ S_4 แถวที่ 1 และ 2 ซึ่งมีจุดวัดสัญญาณที่จุด T_4

3) การวัดสัญญาณของการมอดูเลตวงจร SSB ให้กดสวิตช์ S_5 ในแถวที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งมีจุดวัดสัญญาณการเลื่อนเฟสอยู่ที่ T_5 และ T_6 โดยสามารถวัดสัญญาณการมอดูเลตของวงจร DSB ได้ที่จุด T_7 และ T_8

จากที่กล่าวมา ถ้ารวมสัญญาณทั้งหมดจะได้สัญญาณของการมอดูเลตเอเอ็ม แบบ SSB โดยมีจุดวัดอยู่ที่จุด T_{10} ซึ่งต้องกดสวิตช์ S_6 ในแถวที่ 1 และ 2 ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการวัดสัญญาณการดีมอดูเลตของวงจร SSB ให้กดสวิตช์ S_7 ในแถวที่ 1 และ 2 ซึ่งมีจุดวัดสัญญาณที่จุด T_9

2.2 ขั้นตอนการใช้งานวงจรควบคุมความถี่

ประกอบด้วยสวิตช์ทั้งหมด 6 ตัว และ ตัวปรับค่าความต้านทาน 6 ตัว มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รายละเอียดของสวิตช์

Signal Mod	คือ	สวิตช์เลือกสัญญาณข่าวสาร
Carrier	คือ	สวิตช์เลือกสัญญาณพาหะ
Shape	คือ	สวิตช์เลือกสัญญาณสามเหลี่ยม ซายน์ หรือ สี่เหลี่ยม
Range	คือ	สวิตช์เลือกย่านการวัด
Nornal	คือ	สวิตช์เลือกปรับความถี่แบบธรรมดาด้วยมือ
Reset	คือ	สวิตช์สำหรับรีเซ็ต

รายละเอียดของตัวปรับค่าความต้านทาน

Coarse Tune	คือ	ตัวปรับความถี่แบบหยาบ
Fine Tune	คือ	ตัวปรับความถี่แบบละเอียด
Amplitude	คือ	ตัวปรับขนาดแรงดันของสัญญาณ

2.3 ตัวอย่างขั้นตอนการใช้งาน

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าต้องการกำเนิดสัญญาณพาหะความถี่เท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ รูปคลื่นซายน์ มีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

1. กดสวิตช์ Normal
2. กดสวิตช์ Carrier
3. กดสวิตช์ Shape เพื่อเลือกรูปแบบสัญญาณจนกว่าจะขึ้นรูปสัญญาณซายน์
4. ปรับความถี่ที่ Coarse Tune หรือ Fine Tune ให้มีค่าเท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ สังเกตผลการปรับที่จอแอลซีดีขอลสัญญาณพาหะ

ตัวอย่างที่ 2 ถ้าต้องการกำเนิดสัญญาณข่าวสารความถี่เท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ รูปคลื่นซายน์ มีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

1. กดสวิตช์ Normal
2. กดสวิตช์ Signal Mod
3. กดสวิตช์ Shape เพื่อเลือกรูปแบบสัญญาณจนกว่าจะขึ้นรูปสัญญาณซายน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปรับความถี่ที่ Coarse Tune หรือ Fine Tune ให้มีค่าเท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ สังเกตผลการปรับที่จอแอลซีดีของสัญญาณข่าวสาร

2.4 การตรวจสอบสัญญาณจากวงจรทดลอง ภายในคอมพิวเตอร์

1. เปิดโปรแกรมโดยดับเบิลคลิก ที่ **"Green 1"**

2. ดับเบิลคลิกที่ **"Priscope"**

3. เมื่อทำการดับเบิลคลิกจะพบหน้าต่าง ของ Priscope ให้ดับเบิลคลิกที่ "Type of Circuit" เพื่อเลือกที่จะทำการวัดวงจร โดยมีวงจร 3 วงจรคือ FULL AM, DSB และ SSB

4. คลิกที่ **FULL AM** เมื่อต้องการวัดสัญญาณ FULL AM จะพบรูปวงจร FULL AM โดยจะมีจุดทดสอบต่างๆ คือ จุด **TEST 1** เป็นจุดวัดสัญญาณการมอดูเลตแบบ FULL AM และจุด **TEST 2** จะเป็นจุดวัดสัญญาณการดีมอดูเลตแบบ FULL AM

5. คลิกที่ **DSB** เมื่อต้องการวัดสัญญาณ DSB จะพบรูปวงจร DSB โดยจะมีจุดทดสอบต่างๆ คือ จุด **TEST 3** เป็นจุดวัดสัญญาณการมอดูเลตแบบ DSB และจุด **TEST 2** จะเป็นจุดวัดสัญญาณการดีมอดูเลตแบบ DSB

6. คลิกที่ **SSB** เมื่อต้องการวัดสัญญาณ SSB จะพบรูปวงจร SSB โดยจะมีจุดทดสอบต่างๆ ทั้งหมด 6 จุด คือ

TEST 1 เป็นจุดวัดสัญญาณการเลื่อนเฟส

TEST 2 เป็นจุดวัดสัญญาณการเลื่อนเฟส

TEST 3 เป็นจุดวัดสัญญาณการมอดูเลตแบบ DSB

TEST 4 เป็นจุดวัดสัญญาณการดีมอดูเลตแบบ DSB

TEST 5 เป็นจุดวัดสัญญาณการมอดูเลตแบบ SSB

TEST 6 เป็นจุดวัดสัญญาณการมอดูเลตแบบ SSB

7. ถ้าต้องการออกจากโปรแกรม ใช้คลิกที่ **CLOSE**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แบบแฟลช**. กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟเอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. 2534

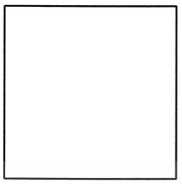
วิโรจน์ แก้วจันทร์. **ทฤษฎีเครื่องส่งวิทยุ**. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์. 2543

วิโรจน์ อัศวรังสี และคณะ. **การใช้งานออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). 2521

Stremler, G. **Introduction to Communication Systems.** : University of Wisconsin, Madison: Addison- Wesley Publishing.1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



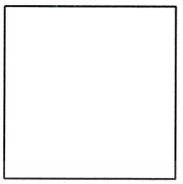
ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายฉัตรชัย โกสุม
วันเดือนปีเกิด	23 พฤษภาคม 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดอุทัยธานี
ภูมิลำเนาเดิม	519 หมู่ 4 ตำบลเขาบางแกลบ อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี 61170
ที่อยู่ปัจจุบัน	519 หมู่ 4 ตำบลเขาบางแกลบ อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี 61170
เบอร์โทรศัพท์	012051976

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดขานาง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนหนองฉางวิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



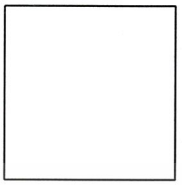
ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	ว่าที่ร้อยตรีประยูร เครือสูงเนิน
วันเดือนปีเกิด	22 เมษายน 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดนครสวรรค์
ภูมิลำเนาเดิม	10/1 หมู่ 6 ตำบลสร้อยละคร อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ 60150
ที่อยู่ปัจจุบัน	220/1032 หมู่ 4 ตำบลในคลองบางปลากด อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ 10290
เบอร์โทรศัพท์	024258919

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดห้วยร่วม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนราชประชาสมาสัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	ความดีอยากได้ทำเอาเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



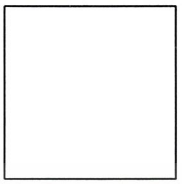
ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายรังสรรค์ เชาวน์คุณากร
วันเดือนปีเกิด	15 กุมภาพันธ์ 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง
ภูมิลำเนาเดิม	206/20 ตำบลทับเที่ยง ถนนวิเศษกุล อำเภอเมือง จังหวัดตรัง 92000
ที่อยู่ปัจจุบัน	206/20 ต.ทับเที่ยง ถ.วิเศษกุล อ.เมือง จังหวัดตรัง 92000
เบอร์โทรศัพท์	075210250

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบูรณะรำลึก
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบูรณะรำลึก
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายรชต เกษประดิษฐ์
วันเดือนปีเกิด	8 ตุลาคม 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพฯ
ภูมิลำเนาเดิม	56/5 ถนนระนอง2 แขวงถนนนครชัยศรี เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10310
ที่อยู่ปัจจุบัน	56/5 ถนนระนอง2 แขวงถนนนครชัยศรี เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10310
เบอร์โทรศัพท์	022436188

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนอัสสัมชัญ กรุงเทพ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนอัสสัมชัญ กรุงเทพ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคดอนเมือง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้