ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

T 037208

ชื่อหัวข้อ ชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟ

UHF Antana Demonstrator

ชื่อนักศึกษา

1. นายรัชภูมิ	เทียนศิริ	รหัสประจำตัว	40031222
2. นายวัชราวุฒิ	องอาจ	รหัสประจำตัว	40031223
3. นายจิระ	คุ้มคน	รหัสประจำตัว	40031226
4. นายจีระพงษ์	ไพดำนิล	รหัสประจำตัว	40031228

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	.....
2. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	.....
3. อาจารย์พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	.....
4. อาจารย์โกศล	ตราชู	.....
5. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันจันทร์ที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2542 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ผศ.ดร.ประพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 7 เดือน พ.ค. พ.ศ. ๒๕๔๒

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37208
วัน, เดือน, ปี - 5 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟ

UHF ANTENNA DEMONSTRATOR

นายรัชภูมิ เทียนศิริ

นายวัชิราวุฒิ องอาจ

นายวิระ คุ้มกัน

นายวีระพงษ์ ไพคำนาม

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟ

UHF Antenna Demonstrator

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศย่านยูเอชเอฟ
2. เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของสายอากาศย่านยูเอชเอฟ
3. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic
4. เพื่อออกแบบและสร้างสายอากาศเพื่อการทดลอง
5. เพื่อสร้างชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศย่านยูเอชเอฟ
2. มีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆ ของสายอากาศย่านยูเอชเอฟ
3. มีทักษะในการเขียนโปรแกรม Visual Basic
4. มีทักษะการออกแบบและการสร้างสายอากาศ
5. ได้ชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟพร้อมใบงานประกอบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟ	
นักศึกษา	นายรัชภูมิ	เทียนศิริ
	นายวัชิราวุฒิ	องอาจ
	นายวิระ	คุ้มกัน
	นายวีระพงษ์	ไพคำนาม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2541	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟ โดยชุดปฏิบัติการนี้ประกอบด้วยสามส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่หนึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม และแสดงรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ ส่วนที่สองเครื่องรับ-ส่งสัญญาณวิทยุใน ย่านยูเอชเอฟ และมอเตอร์ที่ใช้หมุนสายอากาศ ส่วนที่สามสายอากาศแบบพื้นฐาน 5 ชนิด ชุดปฏิบัติการชุดนี้จะช่วยให้สามารถทำการศึกษาถึงรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ แบบพื้นฐานได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน และนำไปปรับปรุงออกแบบ สายอากาศให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	UHF Antenna Demonstrator	
Students	Mr.Ratchapoom	Tiansiri
	Mr.Wachirawut	Ong-arg
	Mr.Wira	Kumgun
	Mr.Weerapong	Paikumnam
Advisor	Assist.Prof.Wisuit	Atipomtum
Co-Advisor	Mr.Amornchai	Chaichana
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Aadamic Year	2541	

ABSTRACT

This thesis present the UHF Antenna demonstrator. This project are consists of three section, first the program use for control the system and to shown the radiation pattern of antennas on computer, second the UHF radio transceiver and rotator motor for control antenna, and third are the five types fundamental antenna. This project will help in studying of the radiation pattern of fundamental antenna to application and design for develop better.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ความช่วยเหลืออันดีจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม และอาจารย์อมรชัย ชัยชนะ และคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องเครื่องมือ และอุปกรณ์ พร้อมยังอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน การใช้สถานที่ รวมทั้งยังให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ปัญหา ที่จำเป็นในการทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวก และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล และโดยเฉพาะอย่างยิ่งพระคุณของบิดา มารดา ที่ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษา และเพื่อนที่ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	3
2.1 ระบบสื่อสาร	3
2.1.1 อุปกรณ์อินพุทและเอาต์พุต	3
2.1.2 เครื่องส่ง	4
2.1.3 ช่องทางสื่อสาร	4
2.1.4 ความถี่และความยาวคลื่น	4
2.1.5 สัญญาณรบกวน	4
2.1.6 เครื่องรับ	5
2.2 รูปแบบระบบการสื่อสาร	5
2.3 การแบ่งช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและตัวอย่างการใช้งาน	7
2.4 คุณสมบัติของคลื่น	9
2.5 ความเข้มของสนามไฟฟ้า	10
2.6 การลดทอน	12
2.7 หลักการของสายอากาศ	13
2.7.1 อิมพีแดนซ์ของสายอากาศ	14
2.7.2 ค่าความต้านทาน	14
2.7.3 ค่ารีแอ็กแตนซ์	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.7.4 การคัปเปิลสายอากาศ	16
2.8 สายอากาศ	17
2.9 การกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ	17
2.10 ส่วนต่างๆ ของรูปแบบการแพร่คลื่น	21
2.11 การวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเบื้องต้น	22
2.12 การวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	23
2.12.1 ขั้นตอนการหารูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ	23
2.13 สายอากาศพื้นฐานแบบต่างๆ	24
2.13.1 สายอากาศแบบแนวนอน	24
2.13.2 สายอากาศแนวดิ่ง	26
2.13.3 สายอากาศแบบโมโนโพล	27
2.13.4 รูปแบบการกระจายคลื่นระนาบราบแบบเอ็น-ฟาย	29
2.13.5 สายอากาศไดโพล	30
2.13.6 สายอากาศแบบยากิ	32
2.14 สายอากาศแบบล็อกพลิโอดิก	36
2.15 อัตราส่วนคลื่นนิ่ง	40
2.16 การแม็ชท์สายนำสัญญาณ	41
2.16.1 การแม็ชท์โดยตรง	42
2.16.2 บาลัน	43
2.17 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51	44
2.17.1 โครงสร้างของ 8051	44
2.17.2 การจัดหน่วยความจำของ 8051	46
2.17.3 การทำงานของ 8051	51
2.17.4 ชุดคำสั่งของ 8051	52
2.18 เครื่องส่งวิทยุ	53
2.18.1 วงจรออสซิลเลเตอร์	53
2.18.2 ความกว้างของแถบคลื่นความถี่	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.18.3 คลื่นวิทยุที่คลื่นอื่นปะปนออกไป	54
2.19 เครื่องรับวิทยุ	55
2.19.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ	55
2.19.2 ดีเทคเตอร์	56
2.19.3 ระบบการรับคลื่นวิทยุ	56
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	
3.1 การออกแบบสายอากาศ	58
3.1.1 สายอากาศแบบล็อกพลิโอดิก	58
3.1.2 การออกแบบสายอากาศแบบยากิ	61
3.1.3 สายอากาศแบบกราวด์เพลน	66
3.1.4 สายอากาศแบบไดโพล	68
3.1.5 สายอากาศแบบพาราซิติก	69
3.2 แหล่งจ่ายแรงดัน	71
3.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	72
3.4 วงจรผลิตรูปคลื่นไซน์	72
3.5 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	73
3.6 พอร์ตเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	75
3.7 การออกแบบทางซอร์ฟแวร์	75
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	78
4.1 การทดสอบการทำงานของชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศยานยูเอชเอฟ	78
4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง	78
4.1.2 ผลการทดลอง	82
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	86
5.1 บทสรุป	86
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.2.1 ในส่วนของฮาร์ดแวร์	86
5.2.2 ในส่วนของซอร์ฟแวร์	87
5.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	87
5.4 แนวทางการพัฒนา	88
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	89
ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์	95
ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม	99
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน	113
ภาคผนวก จ ใบงานการทดลอง	125
ภาคผนวก ฉ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์	133
บรรณานุกรม	180
ประวัติผู้แต่ง	181

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 การแบ่งช่วงความถี่	7
ตารางที่ 2.2 ลักษณะของงานสื่อสารกับช่วงความถี่ใช้งาน	8
ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างรหัสคำสั่งช่วยจำของ 8051	53
ตารางที่ 3.1 ความยาวที่เหมาะสมของแต่ละอีลีเมนต์สำหรับสายอากาศยากิที่มีความยาวของบูม ต่างกัน 6 ขนาด และเส้นผ่านศูนกลางของทุกอีลีเมนต์เป็น 0.0085 λ	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบสื่อสารพื้นฐาน	3
รูปที่ 2.2 มุมลู่ออกของการกระจายคลื่นกับการลดต่ำลงของกำลังคลื่นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่	6
รูปที่ 2.3 คุณสมบัติพื้นฐานของคลื่น	10
รูปที่ 2.4 การกระจายพลังงานของคลื่น	10
รูปที่ 2.5 สายอากาศที่มีจุดป้อนตรงกลาง	14
รูปที่ 2.6 กราฟของค่าความต้านทานและรีแอ็กแตนซ์ของสายอากาศที่มีจุดป้อนอยู่กึ่งกลาง	16
รูปที่ 2.7 คลื่นทีอีเอ็ม	17
รูปที่ 2.8 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ	18
รูปที่ 2.9 รูปแบบของการกระจายของค่ากระแสและแรงดันบนสายอากาศไดโพล	19
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างของรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน	20
รูปที่ 2.11 (ก) โลบและบีมวิดท์(แบบ 3 มิติ) (ข) ระดับกำลังคลื่น และโลบต่างๆ (แบบ 2 มิติ)	21
รูปที่ 2.12 เครื่องวัดความเข้มของสนามไฟฟ้า	23
รูปที่ 2.13 การวัดหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่	24
รูปที่ 2.14 สายอากาศเชิงแนวนอนแบบต่างๆ	25
รูปที่ 2.15 สายอากาศเชิงแนวดิ่งแบบ Grounded Quarter-Waveหรือเรียกสายอากาศแบบมาร์โคนี่	26
รูปที่ 2.16 สายอากาศแบบ Quarter-Wave Monopole	27
รูปที่ 2.17 การแพร่คลื่นของสายอากาศแบบโมโนโพล	27
รูปที่ 2.18 สายอากาศแบบกราวด์เพลน	28
รูปที่ 2.19 รูปแบบพื้นฐานของการกระจายคลื่นจากระบบสายอากาศรวม (Array)	29
รูปที่ 2.20 การเพิ่มจำนวนสายอากาศจะทำให้รูปแบบการกระจายคลื่นมีความคมชัดยิ่งขึ้น	30
รูปที่ 2.21 สายอากาศไดพล	30
รูปที่ 2.22 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล	31
รูปที่ 2.23 สายอากาศไดโพลแบบ $\lambda/2$ พร้อมกับ (ก) รีแฟลกเตอร์ (ข) ไดเร็กเตอร์	32
รูปที่ 2.24 รูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพล $\lambda/2$ และรีแฟลกเตอร์ในระนาบแนวราบ	32
รูปที่ 2.25 รูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพล $\lambda/2$ และรีแฟลกเตอร์ในระนาบแนวตั้ง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.26 รูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพล $\lambda/2$, รีแฟลกเตอร์และไดเร็กเตอร์ในระนาบแนวนอน	34
รูปที่ 2.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนไดเร็กเตอร์กับอัตราขยายของสายอากาศยากิในทิศที่มีการแพร่มากที่สุด	34
รูปที่ 2.28 สายอากาศยากิ	35
รูปที่ 2.29 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศยากิ	35
รูปที่ 2.30 โครงสร้างของสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพล	36
รูปที่ 2.31 ลักษณะการป้อนสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพล (ก) การป้อนแบบกลับเฟส (ข) ลักษณะการป้อนจริง	37
รูปที่ 2.32 (ก) ขนาดของเฟสโดยเปรียบเทียบของกระแสที่ฐานสายอากาศไดโพล (ข) ขนาดและเฟสโดยเปรียบเทียบของกระแสบนสายนำสัญญาณ	38
รูปที่ 2.33 ความสัมพันธ์ระหว่างแบนด์วิดท์ของย่านแอคทีฟกับโครงสร้างของสายอากาศ	38
รูปที่ 2.34 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายกับโครงสร้างของสายอากาศ	39
รูปที่ 2.35 ลักษณะของอินพุทอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพล	39
รูปที่ 2.36 โมโนกราฟของ VSWR	40
รูปที่ 2.37 การต่อไดโพลแบบ $\lambda/2$ กับสายทวินลีด 72 โอห์ม	41
รูปที่ 2.38 การต่อสายอากาศ $\lambda/2$ กับสายโคแอคเชียลขนาด 75 โอห์ม	42
รูปที่ 2.39 บาลันแบบอัตราส่วนอิมพีแดนซ์ 1 : 1	43
รูปที่ 2.40 บาลันแบบอัตราส่วนอิมพีแดนซ์ 4 : 1	44
รูปที่ 2.41 แผนผังโครงสร้างของ 8051	46
รูปที่ 2.42 แผนผังขาของ 8051แบบ DIP	47
รูปที่ 2.43 โครงสร้างของพอร์ต 0	48
รูปที่ 2.44 โครงสร้างของพอร์ต 1	48
รูปที่ 2.45 โครงสร้างของพอร์ต 2	49
รูปที่ 2.46 โครงสร้างของพอร์ต 3	49
รูปที่ 2.47 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.48 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณที่มาจากภายนอก	52
รูปที่ 3.1 กราฟการออกแบบสายอากาศล็อกพลิโอดิกไดโพล	58
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งความยาวและความห่างของการออกแบบล็อกพลิโอดิก	60
รูปที่ 3.3 สายอากาศร็อกพลิโอดิกที่ทำการออกแบบไว้	60
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งส่วนประกอบของสายอากาศแบบยากิ	61
รูปที่ 3.5 กราฟช่วยการออกแบบสายอากาศแบบยากิ	62
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความยาวของอีลีเมนต์ที่ต้องเพิ่มขึ้นเมื่อไดโพลอีลีเมนต์ทะลุเส้นผ่านศูนย์กลางของบูมกลมโดยสัมผัสทางไฟฟ้ากับบูมด้วย	65
รูปที่ 3.7 สายอากาศยากิจริงที่ได้จากการออกแบบ	65
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งการออกแบบสายอากาศแบบกราวด์เพลน	66
รูปที่ 3.9 สายอากาศแบบกราวด์เพลนจริงที่ได้จากการออกแบบ	66
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งการออกแบบสายอากาศกราวด์เพลน	67
รูปที่ 3.11 สายอากาศกราวด์เพลนจริงที่ได้จากการออกแบบ	67
รูปที่ 3.12 ตำแหน่งการออกแบบสายอากาศไดโพล	68
รูปที่ 3.13 สายอากาศแบบไดโพลจริงที่ได้จากการออกแบบ	68
รูปที่ 3.14 ตำแหน่งการออกแบบสายอากาศพาราซิติก	69
รูปที่ 3.15 สายอากาศแบบพาราซิติกจริงที่ได้จากการออกแบบ	70
รูปที่ 3.16 สายอากาศแบบพาราซิติกจริงที่ได้จากการออกแบบ	70
รูปที่ 3.17 วงจรแหล่งจ่ายกำลัง	71
รูปที่ 3.18 วงจรแปลงแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	72
รูปที่ 3.19 วงจรผลิตคลื่นรูปไซน์	73
รูปที่ 3.20 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	74
รูปที่ 3.21 พอร์ตเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	75
รูปที่ 3.22 การกำหนดข้อมูลของสายอากาศและความถี่ใช้งาน	75
รูปที่ 3.23 โปรมแกรมการทดลองสายอากาศ	76
รูปที่ 3.24 การพล็อตแพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่น	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.25 โปรมแกรมการทดสอบสายอากาศ	77
รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องรับ	78
รูปที่ 4.2 การต่อสายอากาศยากิทางเครื่องรับ	79
รูปที่ 4.3 การต่อสายอากาศยากิทางเครื่องส่ง	79
รูปที่ 4.4 การต่อสายอากาศกราวด์เพลนทางเครื่องส่ง	80
รูปที่ 4.5 การต่อสายอากาศกราวด์เพลนทางเครื่องส่ง	80
รูปที่ 4.6 การต่อสายอากาศร็อกพลิโอดิกทางเครื่องส่ง	81
รูปที่ 4.7 การต่อสายอากาศพาราซิติกทางเครื่องส่ง	81
รูปที่ 4.8 การต่อสายอากาศไดโพลทางเครื่องส่ง	82
รูปที่ 4.9 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศยากิ	82
รูปที่ 4.10 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกราวด์เพลน	83
รูปที่ 4.11 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกราวด์เพลน	83
รูปที่ 4.12 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศร็อกพลิโอดิก	84
รูปที่ 4.13 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศพาราซิติก	84
รูปที่ 4.14 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศพาราซิติก	85
รูปที่ 4.15 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันการสื่อสารข้อความโดยผ่านคลื่นวิทยุมีอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งการสื่อสารโดยผ่านคลื่นวิทยุนี้จำเป็นต้องมีการแพร่กระจายคลื่นออกอากาศ ซึ่งได้ก่อให้เกิดสายอากาศรับและส่งขึ้นมากมายหลายรูปแบบ แต่สายอากาศที่ถือว่าเป็นสายอากาศชนิดพื้นฐานมีอยู่ด้วยกันไม่กี่ชนิดจึงเหมาะสมที่จะนำมาศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ตลอดจนการนำไปออกแบบที่ถูกต้อง และมีหลักเกณฑ์แต่ชุดฝึกที่ใช้ในการทดลองและออกแบบสายอากาศยังมีน้อยและราคาแพง

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

1. ใช้ความถี่การทดลองย่านยูเอชเอฟที่ความถี่ 422 เมกะเฮิร์ต
2. แสดงรูปแบบของการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศด้วยคอมพิวเตอร์
3. โครงสร้างของสายอากาศสามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้
4. มีคู่มือใบงานประกอบการทดลอง
5. ควบคุมการปรับเปลี่ยนความถี่ การหมุนของมอเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์
6. ชุดทดลองสามารถถอดแยกส่วนประกอบได้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาในทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้อ่านได้มีความรู้ความเข้าใจที่เป็นพื้นฐานเสียก่อน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจกับวงจรที่ใช้งานจริงต่อไป

บทที่ 3 การออกแบบการสร้างและการทำงาน โดยกล่าวถึงการสร้าง และการออกแบบฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ รวมทั้งหลักการทำงานในส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านมีความเข้าใจการทำงานโดยรวมของโครงงานนี้

เอกสารนี้ไม่ว่าจะเป็นส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดห้ามมิให้ทำการคัดลอกดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลองกล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง และการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ของโครงงานนี้ เพื่อตรวจสอบว่าโครงงานนี้สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ หรือไม่

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางในการแก้ไขและพัฒนา เป็นการสรุปผลการทำงาน และได้เสนอแนะแนวทางในการแก้ไข และแนวทางในการพัฒนา ให้มีประสิทธิภาพ และการใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น

ในภาคผนวกแสดงรายละเอียดของโปรแกรม และรายการอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้จัดทำโครงงานดังนี้

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม

ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก จ ใบงานการทดลอง

ภาคผนวก ฉ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์

บรรณานุกรม

ประวัติผู้แต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบสื่อสาร

ในระบบสื่อสารไม่ว่าจะเป็นระบบใดก็ตาม แผนผังพื้นฐานเหมือนกับรูปที่ 2.1 ระบบสื่อสารโดยพื้นฐานประกอบด้วย อุปกรณ์อินพุต (Input Device) เครื่องส่ง ช่องทางสื่อสาร (Communication Channel) ซึ่งมักจะมีสัญญาณรบกวน (Noise) มารบกวนเครื่องรับและอุปกรณ์เอาต์พุต (Output Device)

รูปที่ 2.1 ระบบสื่อสารพื้นฐาน

2.1.1 อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต

อุปกรณ์อินพุต คือ อุปกรณ์ที่แปลงข่าวสารเป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่วนอุปกรณ์เอาต์พุต คือ อุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นข่าวสาร มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปแล้วแต่การใช้งาน เช่น ในระบบวิทยุกระจายเสียง อุปกรณ์อินพุตอาจเป็นไมโครโฟน และส่วนลำโพงทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับเป็นคลื่นเสียง

ในทำนองเดียวกัน ในระบบแพร่ภาพทางโทรทัศน์ อุปกรณ์อินพุต คือ กล้องถ่ายโทรทัศน์ ซึ่งเปลี่ยนพลังงานไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า และอุปกรณ์เอาต์พุต คือ หลอดภาพโทรทัศน์ซึ่งเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้ากลับคืนเป็นพลังงานแสง

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เครื่องส่ง

เครื่องส่งทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์อินพุต แล้วทำการมอดูเลตลงบนคลื่นพาหะความถี่สูง เครื่องส่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูง กับมอดูเลต เครื่องส่งส่วนใหญ่มักมีภาคขยายอีก เพื่อให้สัญญาณที่ส่งออกอากาศมีกำลังแรงทำให้สื่อสารกันได้ไกลขึ้น

2.1.3 ช่องทางสื่อสาร

ช่องทางสื่อสารในที่นี้ ได้แก่ บรรยากาศ อวกาศว่าง (Free Space) หรือสายนำสัญญาณต่างๆ ช่องทางสื่อสารของระบบวิทยุอาศัยการแผ่คลื่นออกไป โดยผ่านบรรยากาศซึ่งเป็นตัวกลาง ซึ่งคลื่นเดินทางจากเครื่องส่งผ่านไปยังเครื่องรับ

2.1.4 ความถี่และความยาวคลื่น

เรานิยมแบ่งคลื่นวิทยุเป็นย่านความถี่ต่างๆ โดยมีหน่วยเป็นเฮริตซ์ (Hertz) ในประวัติศาสตร์การวิทยุ ได้แบ่งคลื่นวิทยุตามความยาวคลื่น (Wavelength) ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความยาวคลื่นเป็นไปตามสูตรดังนี้

$$\lambda = V/f \qquad (2.1)$$

โดยในที่นี้ λ คือ ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็นเมตร

V คือ ความเร็วของคลื่นวิทยุในอากาศ เท่ากับความเร็วแสง = 3×10^8 เมตรต่อวินาที

f คือ ความถี่ มีหน่วยเป็นเฮริตซ์ (Hz)

2.1.5 สัญญาณรบกวน (Noise)

เป็นสัญญาณที่เข้ามาแทรกแซง หรือรบกวน สัญญาณรบกวน (Noise) ที่รับเข้ามา เช่น สัญญาณรบกวนบรรยากาศ (Atmospheir Noise) เกิดขึ้นจากการแปรปรวนของอากาศที่ห่อหุ้มโลก สัญญาณรบกวนที่เกิดจากสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Noise) เกิดจากไฟฟ้ามอเตอร์ สายไฟแรงสูง สัญญาณรบกวนจากอวกาศ (Space Noise) เกิดจากดวงอาทิตย์และดวงดาวนับล้านๆ ดวงในจักรวาล สัญญาณรบกวนภายในตัวอุปกรณ์ในเครื่องรับ (Internal Noise) แยกเป็น 2 ประเภท

1. สัญญาณรบกวนอุณหภูมิ (Thermal Noise)

เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในตัวอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญญาณช็อต (Shot Noise)

เกิดขึ้นในอุปกรณ์แอกตีฟ (Active Device) ทุกชนิด เนื่องจากการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนกับโฮล (Hole)

2.1.6 เครื่องรับ

เมื่อรับสัญญาณจากเครื่องส่งมาเครื่องรับ สัญญาณจะมีกำลังอ่อนลงและยังมีสัญญาณเข้ามาแทรกแซงสัญญาณที่ต้องการจะรับอีกด้วย ดังนั้น การรับสัญญาณอ่อนๆ เช่นนี้ เครื่องรับจึงต้องมีความสามารถพิเศษในการเลือกรับ และขยายเอาเฉพาะสัญญาณความถี่ที่ต้องการ พร้อมทั้งต้องมีกรรมวิธีในการกำจัดสัญญาณรบกวน หรือต่อสู้เอาชนะสัญญาณรบกวนที่รบกวน สัญญาณที่รับได้จะผ่านการดีมอดเพื่อแปลงสัญญาณข่าวสารที่เข้ามอดูเลตกลับมา กรรมวิธีนี้ค่อนข้างสลับซับซ้อนพอสมควร

2.2 รูปแบบระบบการสื่อสาร

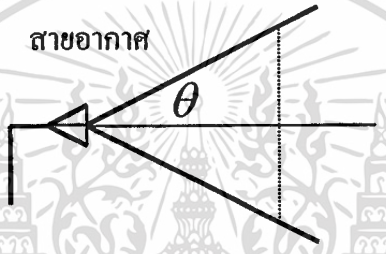
รูปแบบของระบบการสื่อสารเมื่อพิจารณาจากวิธีการส่งผ่านพลังงานจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับแล้วจะแบ่งได้กว้างๆ ออกเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ แบบที่ใช้สายนำสัญญาณ และแบบที่การกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไป แบบที่ใช้สายนำสัญญาณนั้นมีประวัติการใช้งานที่ยาวนานมาก โดยเริ่มต้นที่การใช้ในงานส่งโทรเลขเมื่อปี พ.ศ. 2383 และส่งโทรศัพท์ในปี พ.ศ. 2421 สายนำสัญญาณที่ใช้ในช่วงต้นๆ นั้นเป็นสายคู่ขนาน หรือสายคู่ตีเกลียว ซึ่งสายประเภทนี้เหมาะสำหรับการส่งสัญญาณความถี่ต่ำๆ เช่น สัญญาณโทรเลข และสัญญาณเสียง แต่ไม่เหมาะสำหรับการส่งสัญญาณความถี่สูง เพราะจะมีค่าการสูญเสียสูง และการผิดเพี้ยนสูงเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามได้มีการพัฒนาสายนำสัญญาณแบบต่างๆ ให้เหมาะสำหรับการส่งสัญญาณความถี่สูง ซึ่งได้แก่ สายโคแอกเชียล ท่อนำคลื่น และเส้นใยแสง ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าการสื่อสารแบบใช้สายนำสัญญาณจะใช้ได้กับทุกย่านความถี่ ยกเว้นบางความถี่ที่หาวัสดุที่เหมาะสมในการทำสายยาก ในปัจจุบันการสื่อสารโดยใช้สายนำสัญญาณนี้นอกจากจะใช้ในงานโทรเลขและโทรศัพท์ยังใช้ในงานส่งโทรทัศน์ตามสาย (Cable Television System) และในการส่งโทรภาพพร้อมกับโทรศัพท์ด้วย (Picture Phone)

สำหรับลักษณะเฉพาะของการสื่อสารโดยใช้สายนำสัญญาณนี้ คือ พลังงานจะถูกส่งไปตามโครงสร้างของสายนำสัญญาณ ซึ่งจะทำให้สามารถใช้ความถี่ย่านเดียวกันนี้ ในการส่งสัญญาณอื่นโดยส่งผ่านสายนำสัญญาณอื่นหรือส่งในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ ลักษณะดังกล่าวนี้จัดว่าเป็นข้อดีของการสื่อสารแบบนี้ ลักษณะเฉพาะอีกข้อหนึ่งคือ การสื่อสารแบบนี้จะต้องมีสายนำสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมต่อระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับเสมอ ดังนั้น จึงเหมาะสมสำหรับการให้บริการในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด และมีผู้ใช้บริการหนาแน่น เช่น ระบบโทรศัพท์ เป็นต้น

การสื่อสารโดยใช้การกระจายคลื่นนั้นเป็นการสื่อสารที่อาศัยการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปจากทางด้านเครื่องส่งโดยอาศัยสายอากาศ แล้วทางด้านเครื่องรับระยะใช้สายอากาศในการรับกำลังคลื่นส่วนหนึ่งซึ่งเป็นส่วนที่น้อยมากๆ จากกำลังคลื่นที่ส่งออกมานั้น ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากในการส่งคลื่นออกไปนี้ โดยทั่วไปคลื่นที่ถูกส่งออกไปจะทำมุมลู่ออกมุมหนึ่งดังรูปที่ 2.2 เพื่อความสะดวกในการอธิบายจะขอสมมติว่ามีการกระจายคลื่นออกไปในรูปกรวยกลม ซึ่งมีมุมยอดเป็น θ(rad) ถ้าให้กำลังคลื่นรวมที่ส่งออกไปเป็น W_T (W)



รูปที่ 2.2 มุมลู่ออกของการกระจายคลื่นกับการลดต่ำลงของกำลังคลื่นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

ถึงแม้ว่าสายอากาศรับจะรับกำลังคลื่นเข้ามาได้น้อย แต่ถ้าเปรียบเทียบกำลังคลื่นที่รับได้ที่ตำแหน่งห่างจากสายอากาศส่งมากขึ้น 2 เท่าตัว อย่างเช่น ที่ตำแหน่งห่างจากสายอากาศส่ง 20 กิโลเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่ห่าง 10 กิโลเมตรแล้ว กำลังคลื่นที่สายอากาศรับตัวเดียวกันรับได้นั้นจะลดลงไปเป็น ¼ เท่า หรือ –6 เดซิเบล (Decibel : dB) เท่านั้น ลักษณะดังกล่าวนี้เป็นลักษณะที่แตกต่างจากการใช้สายนำสัญญาณ และจัดว่าเป็นข้อดีของการใช้คลื่น เพราะถ้ากำลังส่งถูกออกแบบไว้ให้เหมาะสมแล้ว ที่ตำแหน่งต่างๆ ที่ห่างไกลไปจะสามารถรับสัญญาณ ได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องทวนสัญญาณ การสื่อสารระบบนี้จึงเหมาะสำหรับการให้บริการในพื้นที่กว้าง ซึ่งผู้ใช้บริการอาจจะอยู่กันอย่างหนาแน่นก็ได้ ตัวอย่างของการใช้งานในลักษณะนี้คือการให้บริการทางด้านวิทยุกระจายเสียง และวิทยุโทรทัศน์

ลักษณะพิเศษที่สำคัญมากของการสื่อสารโดยการกระจายคลื่นออกไป คือ สามารถใช้งานที่เครื่องส่ง หรือเครื่องรับ หรือทั้งเครื่องส่งและเครื่องรับเคลื่อนที่อยู่ได้ ตัวอย่างของการใช้งานในลักษณะนี้คือ การติดต่อระหว่างเครื่องบิน รถยนต์ หรือเรือเดินสมุทรกับสถานีควบคุม หรือการติดต่อระหว่างเครื่องบินด้วยกัน เป็นต้น เหตุผลสำคัญที่ทำให้การสื่อสารในลักษณะนี้เป็นไปได้คือความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กล่าวคือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3×10^8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตรต่อวินาที ในขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วอย่างสูงอยู่ในหลักของ 10^3 เมตรต่อวินาที ซึ่งทำให้ผู้ที่อยู่ในยานพาหะรู้สึกเหมือนกับว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านตัวเองไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้การสื่อสารเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และแน่นอนการสื่อสารในงานลักษณะนี้จะไม่สามารถทำได้โดยการใช้สายนำสัญญาณ

ข้อจำกัดประการหนึ่งของการสื่อสารโดยการกระจายคลื่นออกไปนี้ คือ การใช้ความถี่กล่าวคือความถี่ที่ซ้ำกัน หรือใกล้เคียงกันจะไม่สามารถนำมาใช้ในบริเวณเดียวกันได้ เพราะจะเกิดเป็นสัญญาณรบกวนซึ่งกันและกัน ในปัจจุบันนี้ เนื่องจากประโยชน์ของการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการสื่อสารนั้นมีสูงมาก ความถี่ของคลื่นจึงอาจจัดได้ว่าเป็นทรัพยากรอย่างหนึ่งของมนุษย์ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสมทั้งในระดับนานาชาติ และในระดับประเทศ องค์กรที่รับผิดชอบในการจัดการเกี่ยวกับการใช้ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในงานสื่อสารโทรคมนาคม สำหรับในแต่ละประเทศนั้นจะต้องมีหน่วยงานของรัฐบาลทำหน้าที่ควบคุมดูแลอยู่ในกรณีของประเทศไทยหน่วยงานดังกล่าว คือ กรมไปรษณีย์โทรเลข

2.3 การแบ่งช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและตัวอย่างการใช้งาน

เนื่องจากความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถสร้างขึ้นและนำมาใช้งานได้นั้นมีช่วงที่กว้างมาก ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงมีการแบ่งช่วงความถี่ และมีชื่อเรียกช่วงความถี่นั้น ตารางที่ 2.1 แสดงช่วงความถี่และชื่อเรียกของช่วงความถี่นั้น สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ส่วนตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะของงานสื่อสารกับช่วงความถี่ที่ใช้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งช่วงความถี่

ย่านความถี่	ชื่อเรียก
3-30 kHz	Very Low Frequency (VLF)
30-300 kHz	Low Frequency (LF)
300-3,000 kHz	Medium Frequency (MF)
3-30 MHz	High Frequency (HF)
30-300 MHz	Very High Frequency (VHF)
300-3,000 MHz	Ultra High Frequency (UHF)
3-30 GHz	Super High Frequency (SHF)
30-300 GHz	Extremely High Frequency (EHF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ลักษณะของงานสื่อสารกับช่วงความถี่ใช้งาน

ช่วงความถี่ / ประเภทของการสื่อสาร	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF
1.งานวิทยุกระจายเสียงและโทรทัศน์			O	O	O	O	O	
2. การสื่อสารระหว่างจุดต่อจุด		O	O	O	O	O	O	
3. วิทยุการบิน		O	O		O	O	O	
4. วิทยุเดินเรือ			O	O	O	O	O	
5.วิทยุเคลื่อนที่แบบติดยานพาหนะบนบก			O	O			O	
6. วิทยุสมัครเล่น				O	O	O	O	
7. งานสำรวจอวกาศ				O	O	O	O	O
8. งานด้านดาราศาสตร์					O	O	O	O
9. งานด้านอุตุนิยม						O		
10. งานด้านสื่อสารดาวเทียม							O	
11. งานเรดาร์					O	O	O	O
12.งานควบคุมวงโคจรของดาวเทียม					O	O	O	

สำหรับความถี่ในช่วง 1 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ถึง 30 GHz นั้น โดยทั่วไปจะเรียกว่าไมโครเวฟ (Microwave) และความถี่ในช่วง 30 – 300 GHz นั้นเรียกว่าคลื่นมิลลิเมตร (Millimeter Wave) ความถี่ในย่านไมโครเวฟและตอนต้นของคลื่นมิลลิเมตรจะมีการแบ่งช่วงย่อยๆ ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คุณสมบัติของคลื่น

คุณสมบัติพื้นฐานของคลื่นต่างๆ สามารถพิจารณาได้ 4 ประการ คือ

1. การสะท้อนกลับ (Reflection) มุมที่คลื่นกระทำกับผิวตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมที่สะท้อนกลับไป จากรูปที่ 2.3 เส้นทึบแทนทิศทางการเดินทางของคลื่น และเส้นบางแทนแนวหน้าคลื่น

2. การหักเห (Refraction) เมื่อคลื่นเดินทางจากตัวกลางชนิดหนึ่งไปยังตัวกลางอีกชนิดหนึ่ง พบว่าความเร็วและทิศทางของคลื่นมีค่าเปลี่ยนแปลง

3. การแพร่กระจายคลื่น (Diffraction) การแพร่กระจายคลื่นเมื่อคลื่นเดินทางผ่านช่องมีระยะห่างเท่ากับความยาวคลื่น พบว่าคลื่นมีการแพร่กระจายไปในแนวหน้าคลื่นเป็นเส้นโค้ง เดินทางมาชนกัน

4. การแทรกสอดของคลื่น (Interference) ถ้าคลื่นสองตัวที่มีความถี่และขนาดเท่ากัน เดินทางมาชนกันพบว่ามีการแทรกสอดของคลื่นเกิดขึ้น โดยมีเงื่อนไขว่า

4.1 ถ้าคลื่นทั้งสองมีค่าเฟสเดียวกัน การแทรกสอดของคลื่นเป็นไปในลักษณะเสริมกัน

4.2 ถ้าคลื่นทั้งสองมีค่าเฟสต่างกัน 180 องศา การแทรกสอดของคลื่นเป็นไปในลักษณะหักล้างกัน

สำหรับคลื่นที่มีลักษณะไขว้กัน อย่างเช่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ยังมีคุณสมบัติเพิ่มเติมอีก คือ โพลาไรเซชั่น (Polarization) ซึ่ง หมายถึงการพิจารณาการเดินทางของคลื่นในระนาบเดียวเท่านั้น

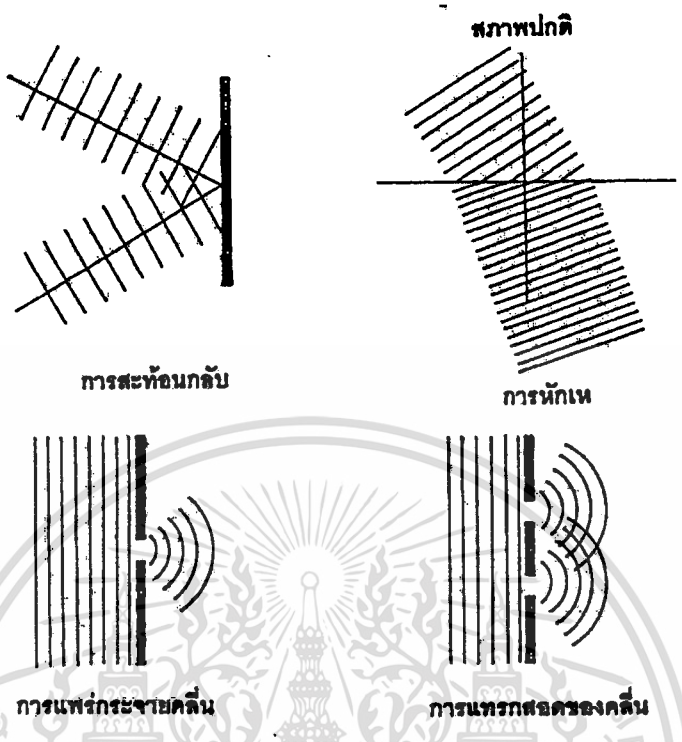
ถึงแม้ว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยคลื่นไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กในแต่ละค่าเฟสนั้น มักจะพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบคลื่นไฟฟ้าแทนเมื่อกล่าวถึงเกี่ยวกับโพลาไรเซชั่น

สมมุติให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการสั่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำแนวดิ่ง อย่างเช่น สายอากาศด้านส่ง มีผลให้คลื่นไฟฟ้าเดินทางในระนาบแนวดิ่ง และกล่าวได้ว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้มีโพลาไรเซชั่นในระนาบแนวดิ่ง

ส่วนสายอากาศด้านรับควรติดตั้งรับสัญญาณในแนวดิ่งเช่นกัน เพื่อรับองค์ประกอบทางคลื่นไฟฟ้าได้ โดยอิเล็กตรอนของสายอากาศได้รับจะสั่นในความถี่เดียวกับคลื่นไฟฟ้าที่รับเข้ามา

ถ้าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกส่งออกมาในลักษณะทุกทิศทาง สายอากาศด้านรับจะตรวจรับเฉพาะคลื่นไฟฟ้าที่มีระนาบกับสายอากาศเท่านั้น

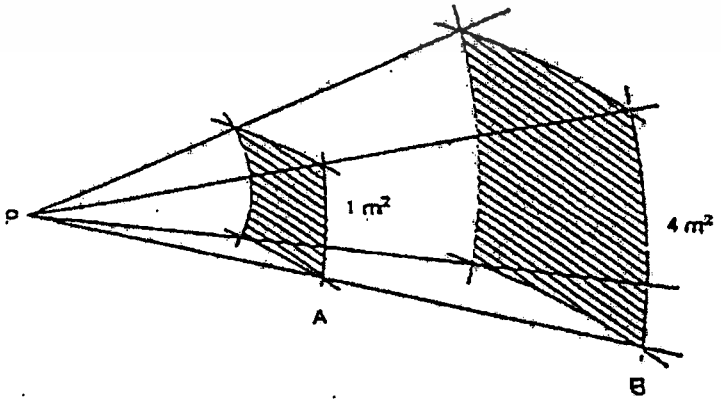
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 คุณสมบัติพื้นฐานของคลื่น

2.5 ความเข้มของสนามไฟฟ้า

การวัดความแรงของคลื่นวิทยุนั้น โดยทั่วไปนิยมวัดจากระดับความเข้มของสนามไฟฟ้า (Electric Field Intensity) ที่เกิดขึ้นจากคลื่นวิทยุนั้น หน่วยมาตรฐานที่ใช้ในการวัดความเข้มของ



รูปที่ 2.4 การกระจายพลังงานของคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามไฟฟ้านั้น คือ โวลต์/เมตร (Volt per Meter : V/m) แต่ในทางปฏิบัตินั้น ค่าของสนามไฟฟ้ามักจะมีค่าน้อยลง จึงนิยมใช้ให้อยู่ในหน่วยมิลลิโวลต์ฯ/เมตร (Millivolt per Meter : mV/m) หรือไมโครโวลต์/เมตร (Microvolt per Meter : μV/m) เท่านั้น

เมื่อสมมติว่าคลื่นวิทยุที่มีแหล่งกำเนิดกระจายมาจากสายอากาศ ที่มีลักษณะเป็นจุด (Point Source) ตามทฤษฎี คลื่นจะกระจายออกไปรอบๆ สายอากาศ ที่มีลักษณะเป็นจุดนั้นอย่างสม่ำเสมอ พลังงานของคลื่นนั้นจะไม่มีการสูญเสียไป หากไม่ไปกระทบกับวัตถุซึ่งมีความสามารถที่จะดูดซึมพลังงานไป สายอากาศนั้นจะกระจายคลื่นให้เคลื่อนที่ออกไปหน้าคลื่น (Wave Front) ในลักษณะของทรงกลมที่ค่อยๆ ใหญ่ขึ้น ดังนั้น หน้าคลื่นที่อยู่ใกล้กับสายอากาศ ย่อมจะมีความเข้มมากกว่าหน้าคลื่นที่อยู่ห่างไกลออกไป ทั้งนี้เพราะว่า พื้นที่ของพื้นผิวทางกลมนั้นมีค่าเฉลี่ยต่อพื้นที่น้อยลง รูปที่ 2.3 แสดงความเข้มของพลังงาน หรือพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มีค่าลดลง เมื่อเคลื่อนที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิดคลื่นมากขึ้น ค่าของความหนาแน่น หรือ ความเข้มของกำลังงานในคลื่นที่เคลื่อนที่ออกไปเป็นระยะต่างๆ จากจุดกำเนิดจะมีค่าแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง หรือเขียนเป็นสูตรได้เป็น

$$\text{ความหนาแน่นพลังงาน} = \frac{P}{4\pi d^2} \tag{2.2}$$

โดยในที่นี้ P คือ กำลังของคลื่นจากสายอากาศหรือแหล่งกำเนิด

d คือ ระยะทางจากสายอากาศ หรือแหล่งกำเนิดนั้น

แม้คลื่นจะกระจายออกไปจากสายอากาศในลักษณะของทรงกลม แต่เมื่อระยะทางที่คลื่นกระจายออกไปนั้นอยู่ห่างจากสายอากาศมากๆ หน้าคลื่นจะเหมือนกับเกิดอยู่บนผิวของทรงกลมขนาดใหญ่ เพราะฉะนั้น ถ้าหากพิจารณาเฉพาะเพียงบริเวณส่วนน้อยของหน้าคลื่น อาจจะเห็นว่าหน้าคลื่นมีลักษณะเป็นระนาบในแนวนอนนั่นเอง การพิจารณาคลื่นที่อยู่ไกลจากสายอากาศมากๆ ในลักษณะดังกล่าวนี้ ทำให้มักจะสมมติว่าคลื่นระนาบ (Plane Wave) กล่าวคือ เป็นคลื่นที่มีลักษณะราบเรียบเสมอกัน และเคลื่อนที่ออกไปเป็นระลอกคลื่นที่เป็นระนาบกันมากกว่าที่จะคิดว่าหน้าคลื่นเคลื่อนที่ในลักษณะโค้งนูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การลดทอน

การลดทอน (Wave Attenuation) ในสภาวะสุญญากาศ ค่าความเข้มสนามของคลื่นมีลักษณะเป็นสัดส่วนกลับกันกับระยะทางจากแหล่งกำเนิด โดยถ้าค่าความเข้มสนามที่ระยะทาง 1 ไมล์จากแหล่งกำเนิดมีค่า 100 mV/m จะมีค่าเหลือ 50 mV/m ที่ระยะ 2 ไมล์

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามกับความหนาแน่นของกำลังคลื่น (Power Density) จัดว่ามีลักษณะเดียวกับวงจรระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าทั่วไป

ได้มีการกำหนดค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) ของสุญญากาศเท่ากับ 377 โอห์ม (Ohm)

ค่าความหนาแน่นของกำลังคลื่นได้จากสูตร (คิดค่าความเข้ม = 1V/m)

$$P = \frac{E^2}{Z} \tag{2.3}$$

โดยในที่นี้ P คือ กำลังที่ลดทอน มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

E คือ ค่าความเข้ม มีหน่วยเป็นโวลต์/เมตร

Z คือ ค่าอิมพีแดนซ์ของสุญญากาศ มีหน่วยเป็นโอห์ม

กล่าวได้ว่าความหนาแน่นของกำลังคลื่นมีความเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนเดียวกับรากที่สองของความเข้มสนาม และเป็นสัดส่วนกลับกันกับกำลังสองของระยะทางอย่างเช่น ค่า P ที่ระยะทางหนึ่งไมล์ เท่ากับ 4 mW/m^2 ดังนั้น ค่า P ที่ระยะทางสองไมล์ เท่ากับ 1 mW/m^2

แต่ในการใช้งานจริงๆ การลดทอนที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่ากฎข้างต้นมาก ทั้งนี้ด้วยเหตุผลหลายข้อดังนี้

1. คลื่นไม่ได้เดินทางในสภาวะสุญญากาศ แต่อยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก
2. สายอากาศรับใช้ได้ดีในระยะเส้นสายตา (Line Of Sight) เท่านั้น
3. พื้นโลกมีลักษณะกลม ทำให้คลื่นไม่ทะลุผ่านไป แต่จะโค้งงอไปตามผิวโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 หลักการของสายอากาศ

สายอากาศจัดเป็นวงจรไฟฟ้าแบบพิเศษในวงจรไฟฟ้าธรรมดา ขนาดของขดลวด, ตัวเก็บประจุไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่นๆ จะมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาวคลื่นของค่าความถี่ที่ใช้ และพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่ยังคงอยู่ภายในวงจร เพื่อนำไปใช้งานให้มีประสิทธิภาพ หรือแปลงออกมาในรูปความร้อน

แต่ถ้าขนาดของตัวนำ หรืออุปกรณ์มีขนาดพอเหมาะเมื่อเทียบกับความยาวคลื่นพบว่ามีพลังงานบางส่วนออกไปจากวงจรในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และถ้าวงจรนั้นถูกออกแบบให้พลังงานส่วนใหญ่ของวงจรถูกแพร่ออกไป เราแทนวงจรชนิดนี้ว่าสายอากาศ (Antenna)

โดยทั่วไปสายอากาศประกอบด้วยตัวนำในหลายรูปแบบ ส่วนใหญ่แล้วมักใช้ลวดตัวนำ (Wire) มีบางแบบที่ใช้แท่งตัวนำ (Rod) หรือท่อตัวนำ (Tube)

ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่ออกจากลวดตัวนำมีค่าขึ้นกับความยาวของขดลวดตัวนำกับขนาดของกระแสที่ไหลอยู่ภายใน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่คร่อมลวดตัวนำด้วย แต่จะเป็นการสะดวกมากกว่าถ้าวัดในรูปของกระแส

กล่าวได้ว่าความเข้มสนามเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของกระแส

ดังนั้น จึงต้องให้มีกระแสในขนาดมาก เท่าที่เป็นไปได้ผ่านลวดตัวนำเพื่อให้เกิดกำลังส่งปริมาณมากขึ้น

ในวงจรทั่วไปจะประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ ค่าความต้านทาน และค่ารีแอ็กแตนซ์ (Reactance) เป็นค่าทางเชิงซ้อนของอิมพีแดนซ์ในวงจรกระแสสลับ

พบว่าถ้าค่ารีแอ็กแตนซ์มีน้อยลงจนหมดไป ทำให้ปริมาณกระแสในวงจรมีค่ามากที่สุด หรือในอีกแง่หนึ่งเรียกว่า วงจรรีโซแนนซ์ (Resonant) ที่ความถี่ใช้งาน เช่นเดียวกับกรณีของสายอากาศ เมื่อกระแสที่ไหลผ่านมีค่ามากที่สุดทำให้มีการแพร่กระจายคลื่นมากที่สุด นั่นคือสายอากาศถูกรีโซแนนซ์

สำหรับวงจรธรรมดาแล้ว ค่าความเหนี่ยวนำ (Inductance) มักมีอยู่ในขดลวดหรือคอยล์, ค่าประจุไฟฟ้า (Capacitance) มีอยู่ในตัวเก็บประจุ และค่าความต้านทานมีอยู่ในตัวต้านทานเรียกวงจรลักษณะนี้ว่า มีค่าคงที่แบบเอกเทศ

แต่ในสายอากาศค่าความเหนี่ยวนำ, ค่าประจุไฟฟ้า และค่าความต้านทานมีอยู่กระจายผสมไปทั่วลวดตัวนำ เราเรียกวงจรลักษณะนี้ว่ามีค่าคงที่แบบกระจาย ซึ่งวงจรที่มีค่าคงที่แบบนี้มักใช้ตัวนำที่เป็นเส้นตรง และมักนิยมเรียกว่าวงจรเชิงเส้น (Linear Circuits)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 อิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

ในสายอากาศนั้นแรงดันไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ที่จุดกึ่งกลางของสายอากาศแบบฮาล์ฟเวฟ (Hafe Wave) หรือในอีกแง่ คือ กระแสมีค่ามากที่สุด

ซึ่งกล่าวได้ว่าระดับแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด (เข้าใกล้ศูนย์) เพราะถ้าค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับศูนย์จริง แสดงถึงวงจรนั้นไม่มีค่าความต้านทานแม้แต่น้อย คือจะไม่มีพลังงานแพร่กระจายมาจากสายอากาศได้ เพราะว่าวงจรที่ไม่มีความต้านทานอยู่จะเป็นเพียงการส่งผ่านพลังงานเท่านั้น

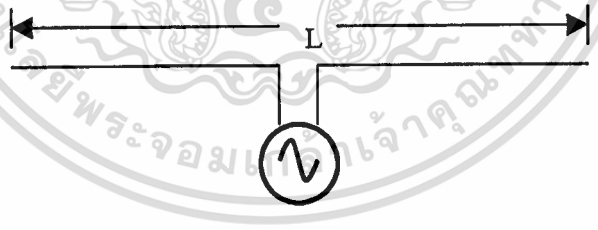
สายอากาศ สามารถเปรียบเทียบเป็นวงจรไฟฟ้าได้ ที่มีคุณสมบัติคือต้องใช้พลังงาน ดังนั้นกระแสที่ไหลอยู่ภายในสายอากาศควรถูกจ่ายด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าที่ค่าหนึ่ง

ค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศคำนวณได้อย่างง่าย คือ เท่ากับระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายผ่านขั้วต่อหารด้วยปริมาณกระแสที่ไหลผ่านขั้วเช่นกัน

โดยถ้ากระแสและระดับแรงดันไฟฟ้ามีลักษณะเฟสเหมือนกันทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ใกล้เคียงกับค่าความต้านทาน จัดเป็นกรณีที่สายอากาศรีโซแนนซ์

แต่กรณีที่กระแสและแรงดันไฟฟ้ามีเฟสต่างกัน ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์มีค่ารีแอ็กแตนซ์เพิ่มขึ้นมาจากค่าความต้านทานด้วย ทำให้สายอากาศไม่รีโซแนนซ์

สมมุติต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าที่ตัวนำบริเวณกึ่งกลางของสายอากาศ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 สายอากาศที่มีจุดป้อน (Feed Point) ตรงกลาง

2.7.2 ค่าความต้านทาน

พลังงานที่เราป้อนเข้าสายอากาศพบว่าถูกนำไปใช้ 2 อย่าง คือ

1. การแพร่กระจายคลื่นวิทยุออกอากาศ
2. การสูญเสียเป็นความร้อนภายในลวดตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพลังงานที่นำคลื่นวิทยุออกอากาศจัดเป็นการใช้ประโยชน์ แต่ส่วนที่เปลี่ยนเป็นความร้อนจัดเป็นการสูญเปล่า

ถ้ากำหนดให้สูตรการใช้พลังงานจาก $P = I^2R$

ดังนั้น กรณีของการสูญเสียความร้อนค่า R เป็นค่าความต้านทานจริง ส่วนกรณีของการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ ค่า R เป็นค่าความต้านทานสมมุติที่อาจแทนด้วยตัวความต้านทานที่มีค่าเท่ากันได้ เรียกความต้านทานนี้ว่า ความต้านทานการแพร่คลื่น

สายอากาศแบบฮาล์เวฟ (Half wave Antenna) ค่าพลังงานสูญเสียเนื่องจากความร้อนภายในลวดตัวนำมีค่าที่น้อยมากเมื่อเทียบกับค่าทั้งหมดที่ป้อนให้สายอากาศ ทั้งนี้เกิดจากค่าความต้านทานจริงมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับค่าความต้านทานการแพร่คลื่น

นอกจากนี้ถ้าสายอากาศไม่มีสิ่งกีดขวางรอบตัว และไม่ใกล้พื้นโลกเกินไป สามารถละค่าความต้านทานจริงได้ และค่าความต้านทานทั้งหมดของสายอากาศที่จุดป้อนเท่ากับค่าความต้านทานการแพร่คลื่นอย่างเดียว

การวัดค่าความต้านทานการแพร่คลื่นกระทำที่จุดกึ่งกลางของสายอากาศแบบฮาล์ฟเวฟ โดยมีเงื่อนไขเกี่ยวข้องดังนี้

1. ตำแหน่งของสายอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งของหรือวัตถุรอบตัว โดยเฉพาะพื้นโลก

2. อัตราส่วนของหนึ่งความยาวคลื่นต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำที่ใช้

ในสภาวะสุญญากาศ ค่าความต้านทานการแพร่คลื่นของตัวนำมีค่าประมาณ 73 โอห์ม และยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอีก

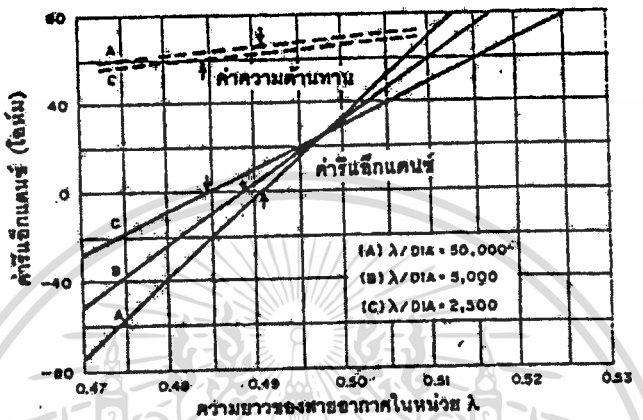
โดยทั่วไป สายอากาศที่ทำจากลวดตัวนำมีค่าความต้านทานการแพร่คลื่นประมาณ 65 โอห์ม ส่วนที่ทำจากแท่งเหล็กหรือท่อตัวนำจะมีค่าระหว่าง 55 และ 60 โอห์ม

ค่าความต้านทานการแพร่คลื่นในการใช้งานจริง (จากค่าประมาณ 50 โอห์ม หรือมากกว่า) จะมีผลอย่างชัดเจนต่อประสิทธิภาพการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ ทั้งนี้ส่วนหนึ่งมาจากค่าความต้านทานในสายอากาศ มีค่าเพียง 1 โอห์มในช่วงนี้ จนค่าความต้านทานการแพร่คลื่นลดลงต่ำกว่า 10 โอห์ม ค่าความต้านทานจากความร้อนจะมีผลกระทบขึ้นมาทันที อาจพบในกรณีที่สายอากาศต่อกันเป็นแผง

ค่าความต้านทานการแพร่คลื่นของสายอากาศทำหน้าที่เหมือนโหลดให้กับเครื่องส่ง หรือสายนำสัญญาณต่อจากเครื่องส่งกับสายอากาศ ซึ่งค่านี้มีความสำคัญมากในการพิจารณาถึงคุณภาพในการรับส่งคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความต้านทานนี้ขึ้นกับความยาวของสายอากาศกับอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลาง ถ้าสายอากาศใช้ตามความยาวขนาด 0.5 ความยาวคลื่น พบว่าค่าความต้านทานนี้มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยต่อความยาวที่เปลี่ยนดังเส้นประในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กราฟของค่าความต้านทาน และรีแอ็กแตนซ์ของสายอากาศที่มีจุดป้อนอยู่กึ่งกลาง

จากกราฟเห็นว่า ค่าความต้านทานการแพร่คลื่นมีค่าลดลงเมื่อสายอากาศมีความยาวสั้นลง และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อสายอากาศมีความยาวมากขึ้น

2.7.3 ค่ารีแอ็กแตซ์

การเพิ่มของค่ารีแอ็กแตนซ์ของสายอากาศในขณะที่ความยาวสายอากาศเพิ่มจากจุดรีโซแนนซ์ ยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำที่ใช้ด้วย และพบจากกราฟเส้นทึบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่านี้มีมากกว่าค่าความต้านทานการแพร่คลื่น

จากกราฟ ถ้าตัวนำมีขนาดหนาขึ้นทำให้การเปลี่ยนแปลงของค่ารีแอ็กแตนซ์เกิดน้อยลง เปรียบเทียบกรณี (ค) และ (ก) ดูจากรูปที่เส้นทึบแต่ละกรณีตัดกับแกนศูนย์ (แสดงที่จุดมีลูกศรชี้) พิจารณาเป็นการที่สายอากาศในแต่ละค่าอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางเกิดรีโซแนนซ์ได้

2.7.4 การคัปเปิลสายอากาศ

ความหมายของคัปเปิล (Couple) ในทางไฟฟ้า คือ การต่อวงจร 2 ชุดเข้าด้วยกันเพื่อให้ส่งสัญญาณจากวงจรหนึ่งไปอีกวงจรได้ โดยอาจผ่านทางลวดตัวนำ, ตัวความต้านทาน, ทรานฟอร์เมอร์, คาปาซิเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

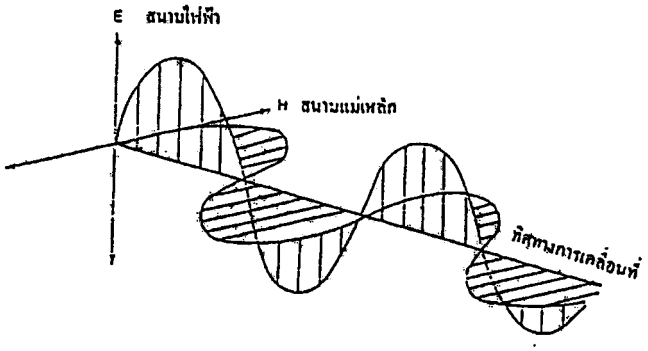
ในทางไฟฟ้าเมื่อมีวงจรจูนเดี่ยวๆ ค่า Q ของวงจร และค่าอิมพีแดนซ์จะคิดจากค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้า, ค่าประจุไฟฟ้า และค่าความต้านทานภายในวงจรนั้น แต่ถ้ามีการต่อหรือคัปเปิลวงจรจูน 2 ชุดด้วยกัน ค่า Q และค่าอิมพีแดนซ์จะเปลี่ยนไป

ในทำนองเดียวกับการคัปเปิลสายอากาศตั้งแต่ 2 หรือมากกว่านั้น โดยวางใกล้กันในระยะไม่กี่ความยาวคลื่น สายอากาศแต่ละอันในกรณีนี้เราเรียกว่าอีลีเมนท์ (Element) พบว่าค่ารีโซแนนซ์และความต้านทานการแพร่คลื่นของแต่ละอีลีเมนท์จะเปลี่ยนไป เนื่องจากการถ่ายเทพลังงานที่เกิดขึ้นภายในทั้งหมด

2.8 สายอากาศ

สายอากาศเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสื่อสารในระบบวิทยุ ซึ่งจะใช้สายอากาศเพื่อการกระจายคลื่นวิทยุออกไปจากตัวมันทางด้านเครื่องส่ง และจะใช้ดักจับเอาคลื่นวิทยุเข้าสู่ตัวเองทางด้านเครื่องรับ

ระนาบของคลื่นเมื่ออ้างอิงกับระนาบของผิวโลก เรียกว่า โพลาไรเซชั่น (Polarization) โพลาไรเซชั่นของคลื่นทีอีเอ็ม (Transvers Electromagnatic Mode) กำหนดโดยระนาบของสนามไฟฟ้าซึ่งกระจายออกไป คลื่นแม่เหล็ก และทิศทางของการแพร่คลื่นตั้งฉากซึ่งกันและกัน ตามรูปที่ 2.7 แสดงว่าคลื่นทีอีเอ็มมีโพลาไรเซชั่นในแนวตั้ง (Vertrical Polarization) ให้สังเกตว่าโพลาไรเซชั่นนี้จะเป็นตัวอ้างอิงถึงระนาบของสายอากาศด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าสายอากาศไดโพลอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก คือ ปลายด้านหนึ่งชี้ขึ้นฟ้า และปลายอีกข้างหนึ่งชี้ลงดิน เวลามองจากฟ้าจะเห็นคลื่นวิทยุแพร่ออกไปแรงที่สุดทุกทิศทางบนพื้นโลก เรียกว่า การกระจายคลื่นวิทยุออกไปรอบตัวด้วยความแรงเท่ากันไม่ว่าจะเป็นทิศทางใด การแพร่กระจายคลื่นสายอากาศตั้งฉากเรียกว่าโพลาไรเซชั่นในแนวตั้ง



รูปที่ 2.7 คลื่นทีอีเอ็ม

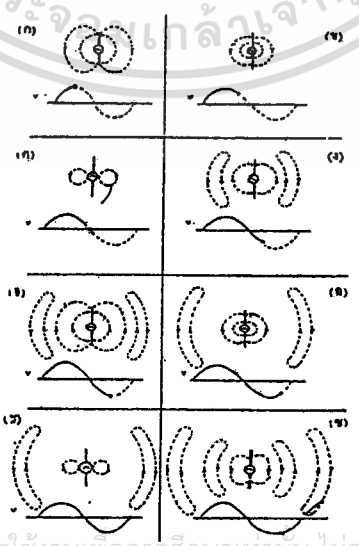
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37208

2.9 การกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ

สนามเหนี่ยวนำ (Induction Field) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของกระแสเข้าไปในสายอากาศ โดยปฏิกิริยาตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้า เฉพาะในขั้นตอนนี้ จะไม่มีการแผ่รังสีพลังงานออกไปจากสายอากาศแต่อย่างใด สนามเหนี่ยวนำนี้จะเป็นตัวทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่รังสีต่อออกไปตามขั้นตอน ซึ่งอธิบายเป็นลำดับจากรูป (ก) ถึงรูป (ซ)

รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการกระจายของคลื่นไฟฟ้าแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะว่า การกระจายของคลื่นแม่เหล็กจะมีทิศทางตั้งฉากกับคลื่นไฟฟ้าเสมอ ตามรูปที่ 2.8 (ก) เมื่อแรงดันที่เกิดขึ้นบนสายอากาศมีค่าสูงสุด สนามไฟฟ้าจะเกิดขึ้นมากที่สุด และเมื่อแรงดันที่ป้อนเข้าสายอากาศมีค่าลดลง สนามไฟฟ้าจะมีค่าลดลงตาม ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (ข) สนามไฟฟ้าลดลงตามแรงดันที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศจนกระทั่งแรงดันมีค่าเป็นศูนย์ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อสัญญาณที่ป้อนเข้าไปมีความถี่สูงพอสมควรแล้ว สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะยุบตัวตามลงมาไม่ทันหมดโดยสิ้นเชิง ดังรูปที่ 2.8 (ค) จากนั้น แรงดันที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศจะค่อยๆ เกิดขึ้นในทิศทางที่สลับตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าที่เกิดอยู่เดิม ดังรูปที่ 2.8 (ง) สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่กับสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอยู่เดิมในบริเวณที่ใกล้กันที่สุดนั้นจะมีทิศทาง หรือขั้ว (Polarity) ที่เหมือนกัน ดังนั้น จึงเกิดการผลักดันออกไปจากกัน ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่จะค่อยๆ มากขึ้นตามค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้น สนามจึงผลักสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นครั้งแรกให้ไกลออกไปจากสายอากาศ มากขึ้นทุกที ดังรูปที่ 2.8 (จ) สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเดิมจะหลุดออกเป็นอิสระ และเคลื่อนที่ออกไปจากสายอากาศในที่สุด รูปที่ 2.8 (ฉ), (ช) และ (ซ) แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนต่อไปในปรากฏการณ์การกระจายสนามไฟฟ้าของคลื่นสัญญาณเป็นลำดับ

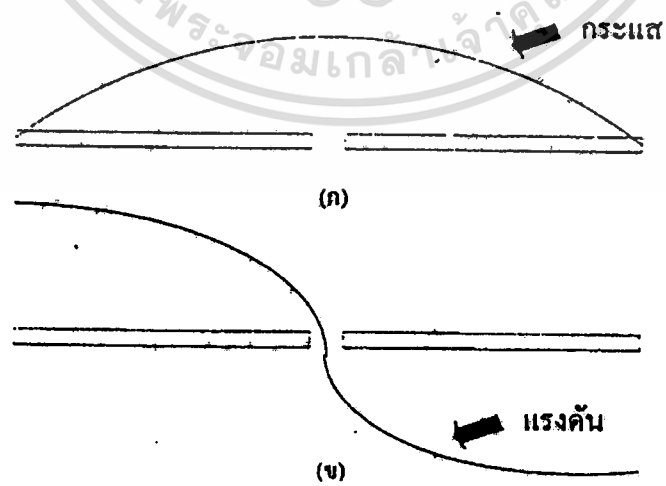


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ

คุณสมบัติที่สำคัญของสายอากาศ คือ รูปแบบการกระจายพลังงานของคลื่น โดยทิศทางที่สายอากาศจะแพร่กระจายคลื่นออกไปนั้น อาจพุ่งขึ้นท้องฟ้า หรือพุ่งไปในทิศทางต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบสายอากาศนั้น คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของสายอากาศ คือ รูปแบบแสดงความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระจายออกจากสายอากาศในทิศทางต่างๆ ตามธรรมชาติแล้วรูปแบบนี้จะมีลักษณะการกระจายคลื่นไปในทั้ง 3 มิติ แต่การเขียนรูปแบบการกระจายคลื่นในลักษณะ 3 มิติ ทำได้ลำบาก ดังนั้น โดยทั่วไปแล้ว การเขียนรูปแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ จึงมักนิยมเขียนกันอยู่ในสองระนาบเท่านั้น คือ การเขียนรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน และแนวตั้ง การเขียนรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอนมีชื่อว่า โพลาร์ไดอะแกรม หรืออะซิมุธไดอะแกรม (Polar or Azimuth Diagram) ตัวอย่างของรูปแบบการกระจายพลังงานของคลื่นจากสายอากาสในแนวนอนและแนวตั้ง แสดงในรูปที่ 2.9

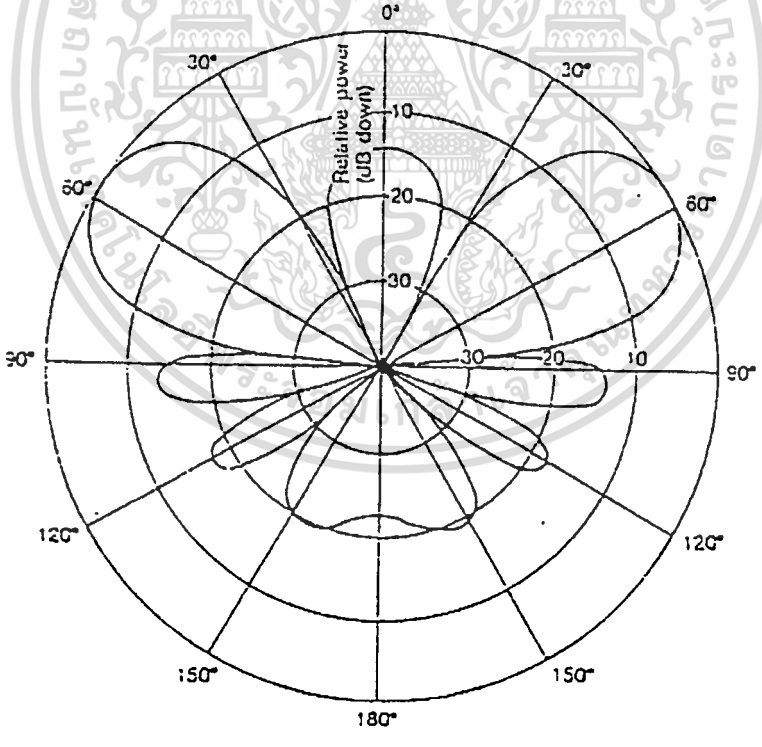
สำหรับสายอากาศแบบไดโพลนั้นจะมีรูปแบบการกระจายคลื่น ดังรูปที่ 2.10 ได้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการกระจายคลื่นทั้งแบบที่มีโพลาไรเซชั่นอยู่ในแนวนอน และอยู่ในแนวตั้ง ลักษณะของการกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพลที่แสดงให้เห็นนี้ มีชื่อเรียกเฉพาะว่า รูปแบบรอบตัว (Omnidirection) คือ จะมีทิศทางการกระจายออกไปทั่วเท่ากันรอบๆ ตัวในแนวระนาบหนึ่ง คือ ในระนาบที่ตั้งฉากกับตัวสายอากาศ และมีทิศทางที่พุ่งออกไปสองข้างตัวในอีกระนาบหนึ่ง คือ ระนาบที่ตัดตามความยาวของสายอากาศ ตามรูปที่ 2.10 นั้น แสดงรูปแบบในอีกระนาบซึ่งมีลักษณะคล้ายเลข 8



รูปที่ 2.9 รูปแบบการกระจายของค่ากระแส และแรงดันบนสายอากาศไดโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ความเข้มของพลังงานที่กระจายออกไปจากสายอากาศในแต่ละทิศทางนั้นมีค่าต่างกันย่อมจะมีทิศทางอยู่ทิศทางหนึ่ง ที่ทำให้พลังงานสามารถกระจายออกไปได้มากที่สุด ทิศทางที่พลังงานสามารถกระจายออกไปจากสายอากาศได้มากที่สุดนี้ ตามปกติแล้วจะถือว่าเป็นทิศทางของสายอากาศนั้น ค่าที่ช่วยแสดงบอกให้รู้ว่าสายอากาศมีสมรรถภาพในการกระจายคลื่นไปในทิศทางที่กำหนดเอาไว้ได้มากหรือน้อยอย่างไร ได้แก่ ค่าอัตราการขยายตามทิศทาง (Directive Gain) และค่าความเป็นทิศทาง (Directivity) ของสายอากาศนั้น อัตราการขยายตามทิศทางของสายอากาศนั้นมีคำจำกัดความ คือ อัตราส่วนของความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศนั้น ในทิศทางที่กำหนดต่อความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศมาตรฐาน เมื่อกำลังคลื่นทั้งหมดที่กระจายออกจากสายอากาศทั้งสองมีค่าเท่ากัน ที่กล่าวไว้ว่า สายอากาศมาตรฐานนั้น ตามทฤษฎีแล้วหมายถึงสายอากาศแบบไอโซทรอปิค (Isotropic) ซึ่งหมายถึง สายอากาศที่สามารถกระจายคลื่น นอกจากตัวเองไปได้เท่ากันหมดในทุกทิศทุกทางรอบตัวเอง จึงถือว่ามีความมีทิศทางในทุกทิศทางเท่ากัน

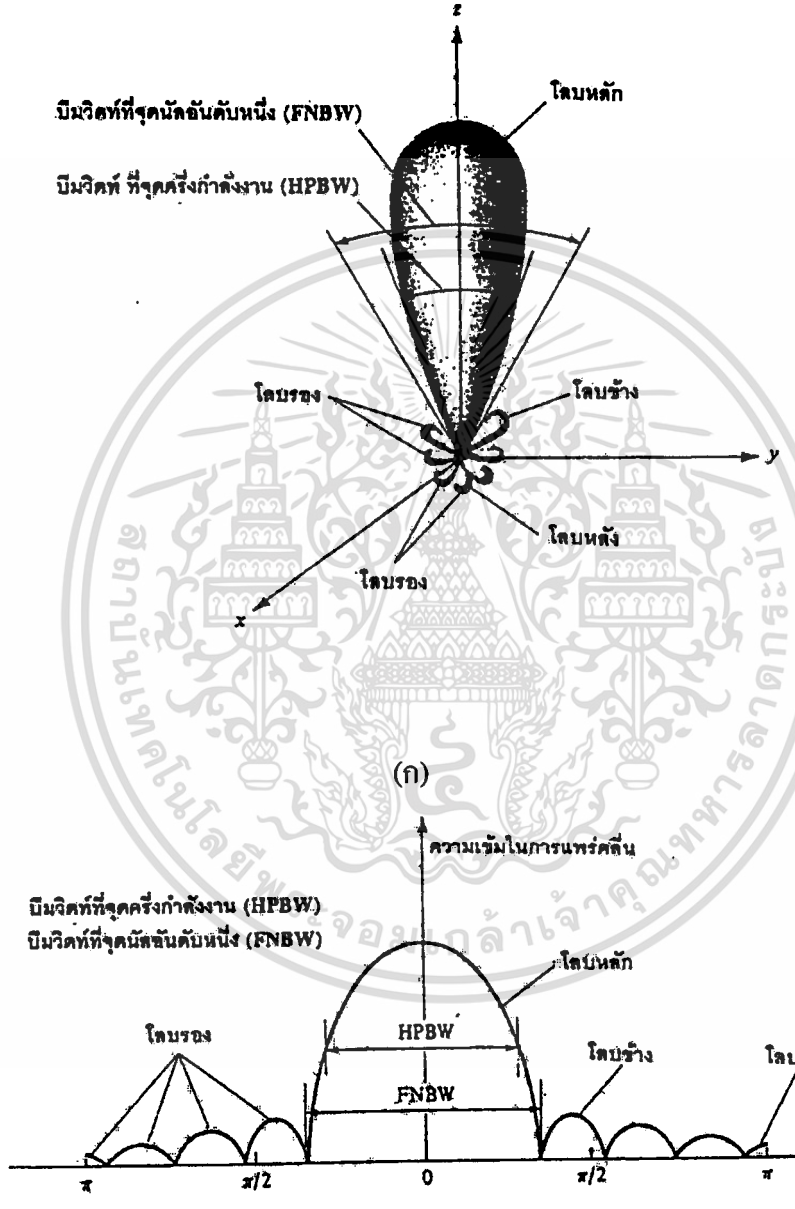


รูปที่ 2.10 ตัวอย่างของรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ส่วนต่างๆ ของรูปแบบการแพร่คลื่น

แต่ละส่วนของรูปแบบการแพร่คลื่นเรียกว่าโลบ (Lobe) ซึ่งยังแบ่งย่อยเป็นโลบหลัก, โลบรอง, โลบข้าง และโลบหลังอีกด้วย



รูปที่ 2.11 (ก) โลบและบีมวิดท์(แบบ 3 มิติ) (ข) ระดับกำลังคลื่น และโลบต่างๆ (แบบ 2 มิติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปได้ว่า ความหมายของโลบ คือ ส่วนของรูปแบบการแพร่คลื่นที่มีความเข้มของกำลังคลื่นสูง (รอบๆ เป็นความเข้มต่ำ)

โลบหลัก (Major Lobe) หรืออาจเรียกบีม (Beam) หลัก หมายถึง โลบที่มีการแพร่ไปในทิศทางที่มีการแพร่มากที่สุดในรูปที่ 2.11 โลบหลักมีทิศทางตามจุด $\theta = 0$ สำหรับสายอากาศบางแบบบีมลำคลื่นมากกว่าหนึ่ง จะมีโลบหลักมากกว่าหนึ่งโลบได้

โลบรอง (Minor Lobe) คือ โลบอื่นๆ ที่ไม่ใช่โลบหลัก ในรูปที่ 2.11 (ก) และ (ข) ทุกโลบยกเว้นโลบหลักระบุเป็นโลบรองได้

โลบข้าง (Side Lobe) คือ โลบที่อยู่ในทิศทางอื่น นอกเหนือจากทิศทางของโลบหลัก ทั่วไปแล้วโลบข้างจะอยู่ติดกับโลบหลัก และมีทิศรอบบีมหลัก

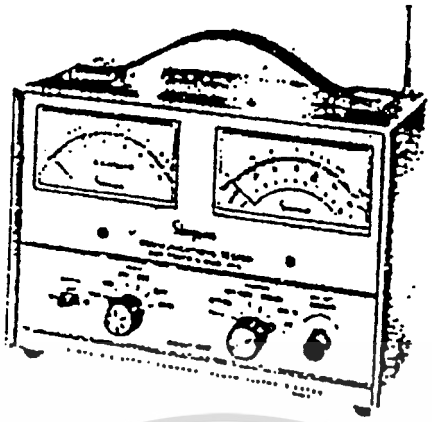
โลบหลัง (Back Lobe) คือโลบรองที่มีทิศตรงข้ามกับโลบหลัก (ต่างกัน 180 องศา) โลบรองจะเกิดในทิศที่ต้องการเสมอ จึงควรลดขนาดให้น้อยที่สุด สำหรับโลบข้างจัดเป็นโลบรองที่มีขนาดมากที่สุด

2.11 การวัดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเบื้องต้น

ชนิดของสายอากาศและการติดตั้งสายอากาศบนรถยนต์ จะไม่มีผลต่อรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ แนวความคิดโดยทั่วไปของรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ สามารถกำหนดได้โดยใช้เครื่องมือ ซึ่งเกี่ยวข้องกับเครื่องวัดความเข้มสนามไฟฟ้า (Field Strength Meter) ดังแสดงรูปที่ 2.12 ซึ่งให้ความเชื่อถือได้แน่นอนในการอ่านค่าความสัมพันธ์ได้อย่างแท้จริง และหน้าปัทม์มิเตอร์มักจะถูกแบ่งไว้ตั้งแต่ 1 ถึง 10 เดซิเบลโวลท์ต่อเมตร (Decibel volt per meter : dBv/m)

เครื่องวัดควรจะใช้ได้ที่ค่าระยะทางไกลที่สุดจากสายอากาศซึ่งยังคงแสดงค่าได้ สายอากาศควรจะอยู่ในที่โล่ง ห่างจากสิ่งกีดขวางในระยะ 100 ฟุต ขั้นแรก กำหนดทิศทางของสัญญาณสูงสุดไว้ โดยให้เข็มของมิเตอร์อ่านได้เต็มหน้าปัทม์ บันทึกระยะทางจากสายอากาศ และเป็นไปรอบๆ สายอากาศอย่างช้าๆ โดยรักษาระยะห่างให้เท่ากัน และสังเกตดูเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กโดยรักษาระดับของสายอากาศให้อยู่ในแนวดิ่งตลอดเวลา จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของเข็มมิเตอร์เมื่อเดินไปรอบๆ สายอากาศ ไม่ใช่เรื่องผิดปกติที่เข็มมิเตอร์ตกลงมาใกล้ศูนย์ แต่จุดนี้จะมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันของความยาวเส้นรอบวง เครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กชนิดพิเศษ เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับงานนี้ อย่างไรก็ตาม เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่ (Spectrum Analyzer) สามารถนำมาใช้สำหรับการทดสอบได้ โดยการปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิต และวาดผลที่ได้บนกระดาษกราฟวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 รูปเครื่องวัดความเข้มสนามไฟฟ้า

2.12 การวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กส่วนใหญ่แสดงอยู่ในรูปของ dBv/m แต่เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่ มักถูกปรับแต่งให้อยู่ในหน่วย dBm ดังนั้น เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่ที่อ่านได้จึงอยู่ในหน่วย dBm และจะต้องแปลงหน่วยให้อยู่ในรูป dBv/m ซึ่งสามารถทำได้ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก การเปลี่ยนรูป dBm ไปเป็น dBV โดยการบวกค่า 107 dB เข้ากับ dBm

ขั้นตอนต่อมาเปลี่ยนรูป dBV ไปเป็น dBv/m ขั้นตอนนี้ ต้องการค่าตัวแปรสายอากาศ (K) ที่ทราบค่า ค่าตัวแปรสายอากาศ (K) สามารถหาได้จากสูตร

$$K = 20 \log F - G \qquad (2.4)$$

โดยที่ค่า K คือ ตัวแปรสายอากาศ

F คือ ความถี่ในหน่วยเมกะเฮริตซ์ (MHz)

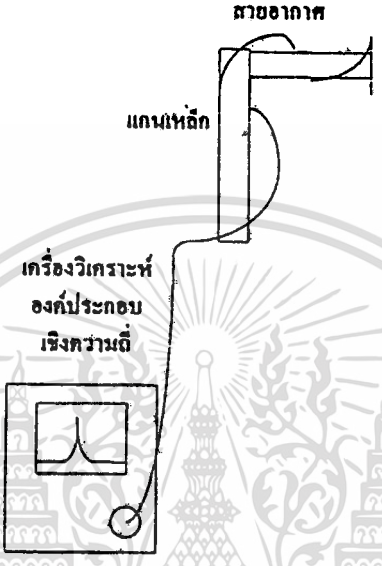
G คือ อัตราการขยายสายอากาศในหน่วยเดซิเบล

2.12.1 ขั้นตอนการหารูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ

1. ต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.13
2. หมุนสายอากาศไปช้าๆ จนกระทั่งได้ค่าสัญญาณที่มีขนาดสูงสุดที่เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่แสดงผลออกมา
3. อ่านค่าแอมปลิจูดในรูปหน่วย dBm จากเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แปลงรูปหน่วย dBm ให้อยู่ในรูป dBV/m โดยการบวกค่า 107 dB กับค่าตัวแปรสายอากาศ (K) สำหรับสายอากาศที่ใช้งานกับเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่



รูปที่ 2.13 การวัดหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงความถี่

2.13 สายอากาศพื้นฐานแบบต่างๆ

2.13.1 สายอากาศแบบแนวนอน

สายอากาศโทรทัศน์อย่างง่ายๆ จะเป็นสายไดโพล (Dipole) ครึ่งความยาวคลื่นแบบแนวนอน ดังรูปที่ 2.14 (ก) ดังนั้น สายอากาศในเครื่องรับโทรทัศน์แทบทั้งหมดจะเป็นแบบแนวนอน

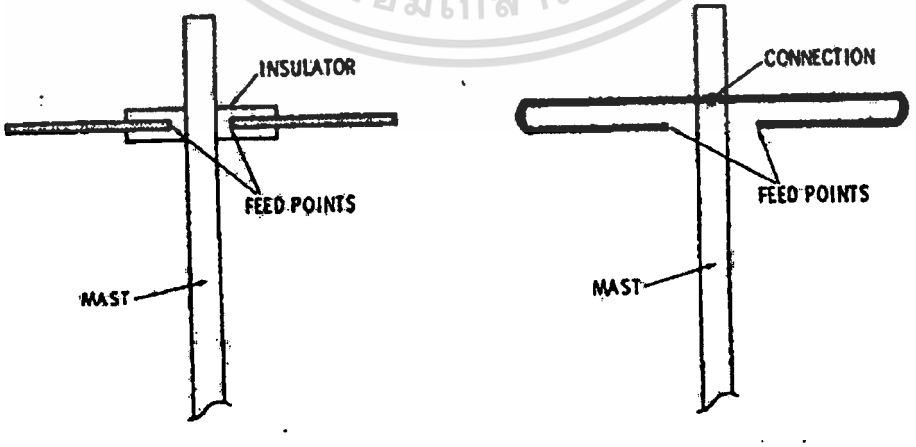
สายอากาศฮาล์ฟเวฟแบบแนวนอนถือเป็นรูปแบบพิเศษของวงจรจูนรีโซแนนซ์ โดยมีค่า Q ของสายอากาศขึ้นกับความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างค่ารีแอคแตนซ์เทียบกับค่ารีซิสแตนซ์ กราฟผลตอบสนองของสายอากาศแบบนี้จะมีพฤติกรรมเช่นเดียวกับที่เกิดในวงจรจูนด์แบบ LC ทั่วๆ ไป ความคมชัดของกราฟผลตอบสนองขึ้นกับโครงสร้างของสายอากาศ ในกรณีที่ทำจากสายทองแดงขนาดเล็กจะได้สายอากาศที่มีค่า Q สูง คือ มีกราฟที่คมชัดมากเพราะทำงานเพียงในแถบความถี่แคบๆ หากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายตัวนำเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับความยาวสายที่ใช้สายอากาศที่ได้จะมีความไวน้อยลง แต่ครอบคลุมช่วงความถี่กว้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางไฟฟ้า สายอากาศไดโพลแบบครึ่งความยาวคลื่น จะสมมูลย์กับสายนำสัญญาณขนาดหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นที่มีปลายทางเปิดวงจรไว้ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเดินไปตามผิวของสายอากาศ โดยที่สายไฟมีความต้านทาน การเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุจึงช้ากว่าการเดินทางในอวกาศ โดยในทางทฤษฎีแล้วจะสั้นกว่าราว 6% เมื่อเทียบกับความยาวคลื่นในอวกาศ เช่น ที่ความถี่ 300 MHz จะมีความยาวคลื่นเท่ากับ 1 เมตร แต่สายอากาศต้องตัดให้สั้นเหลือ 94 เซนติเมตร เพื่อชดเชยการล่าช้า 6%

สายอากาศไดโพลจึงมีอิมพีแดนซ์ ซึ่งเมื่อป้อนสัญญาณเข้าตรงกลาง สายอากาศจะมีอิมพีแดนซ์เท่ากับ 75 โอห์ม สายอากาศโทรทัศน์รุ่นแรกๆ จะเป็นแบบนี้ แล้วใช้สายส่งเป็นสายโคแอคเชียล 73 โอห์ม อย่างไรต่อมาพบว่าการใช้สายอากาศแบบสองขาชนิดวกกลับ (Folded Dipole) ดังรูปที่ 2.14 (ข) ซึ่งมีอินพุทอิมพีแดนซ์ 300 โอห์ม เมื่อป้อนสัญญาณเข้าตรงกลางจะให้ประสิทธิภาพดีกว่าแบบไดโพลธรรมดา สายส่งที่ใช้จึงต้องมีระยะห่างของคู่สายเพิ่มขึ้น เพราะมีอิมพีแดนซ์สูงกว่าแต่จะให้กราฟผลตอบที่มีแถบความถี่ (Bandwidth) เพิ่มขึ้น สิ่งนี้เป็นเรื่องจำเป็นมากในการรับสัญญาณโทรทัศน์ซึ่งต้องมีแถบความถี่อย่างน้อย 6 MHz ขณะนี้จึงใช้สายส่งและสายอากาศแบบ 300 โอห์ม แทนเป็นส่วนใหญ่

สายอากาศแบบสองขาชนิดวกกลับ (Folded Dipole) จริงๆ แล้วคือ สายตัวนำเดี่ยวขนาดความยาวครึ่งความยาวคลื่นที่วางไว้เหนือคู่สายตัวนำเดิมที่ยาวเท่ากับหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่น โดยปลายทั้งสองต่อชนกันดังรูปที่ 2.14 (ข) วิธีนี้ไม่เพียงแต่ทำให้ได้ค่าอินพุทอิมพีแดนซ์สูงขึ้นในระหว่างสายอากาศกับเครื่องรับ แต่ยังเพิ่มปริมาณการรับคลื่นด้วย อย่างไรก็ตาม รูปแบบการกระจายคลื่นยังคงเหมือนสายไดโพลทั่วๆ ไป



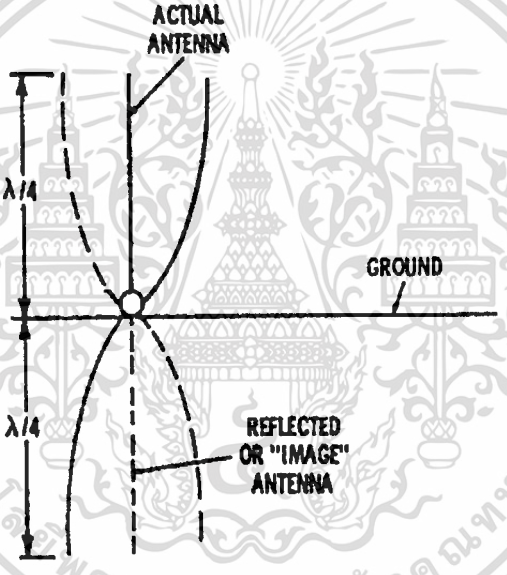
(ก) สายอากาศไดโพล (ข) สายอากาศโพเด็ดไดโพล

รูปที่ 2.14 สายอากาศเชิงแนวนอนแบบต่างๆ (ก) สายอาศไดโพล (ข) สายอากาศโพเด็ดไดโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.2 สายอากาศแนวดิ่ง

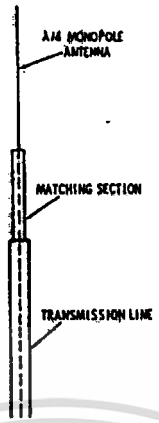
สายอากาศแนวดิ่งที่รู้จักกันมากที่สุด คือ สายอากาศแบบมาร์โคนี่ (Marconi) หรือมีชื่อเต็มทางเทคนิคว่าสายอากาศแบบแนวดิ่งแบบหนึ่งในสี่คลื่น (Grounded Quarter - wave Vertical Antenna) ดังรูปที่ 2.15 ส่วนที่เหลืออยู่เหนือผิวดินจะยาวเท่ากับ λ (ความยาวคลื่น) โดยทางทฤษฎีการทำงานจะเกิดภาพเสมือนของสายอากาศใต้พื้นดินด้วยรูปแบบการกระจายคลื่นจะคล้ายกับครึ่งหนึ่งของรูปโดนัส โดยการปักสายอากาศไว้ตรงกลางรูของรูปโดนัส รูปแบบการกระจายคลื่นในระนาบราบจึงเป็นรูปวงกลมโดยมีอินพุทอิมพีแดนซ์ประมาณ 37 โอห์ม



รูปที่ 2.15 สายอากาศเชิงแนวดิ่งแบบ Grounded Quarter - wave หรือเรียกว่า สายอากาศแบบมาร์โคนี่

สายอากาศแบบมาร์โคนี่นิยมใช้ในเครื่องสื่อสารขนาดเล็กเคลื่อนที่ได้ (Mobile) เพราะว่ามีรูปแบบการกระจายคลื่นรอบทิศทางในการใช้งานต้องนำไปติดตั้งเหนือพื้นดิน อาจติดตั้งบนเสาไม้สูงๆ แล้วส่งผ่านสัญญาณไปตามสายโคแอกเชียล จึงมักเรียกสายอากาศชนิดนี้วาสายอากาศแบบ Quarter - wave Monopole ดังในรูปที่ 2.16 สายตัวนำรอบนอกของสายโคแอคเชียลจะต่อกับพื้นดินทำให้เกิดรูปแบบการกระจายคลื่นในระนาบราบเฉพาะทิศทางหนึ่งๆ แทน

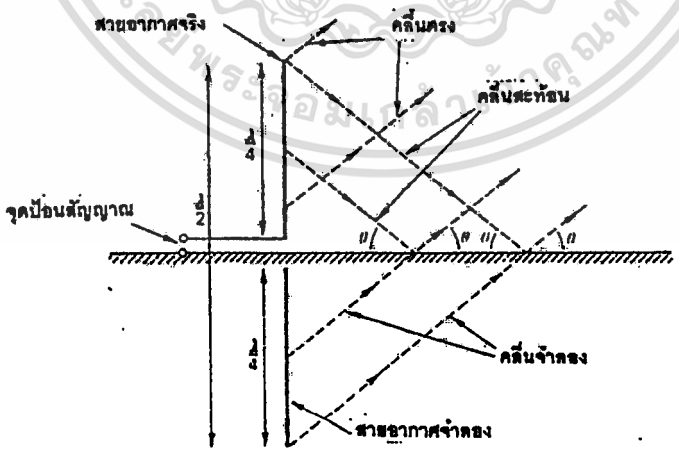
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 สายอากาศแบบ Quarter – wave Monopole

2.13.3 สายอากาศแบบโมโนโพล

สายอากาศแบบโมโนโพล (Monopole Antenna) การส่งคลื่นโดยใช้สายอากาศในย่านความถี่ต่ำมาก (VLF), ต่ำ (LF) และปานกลาง (MF) จะต้องให้ความสำคัญในแง่ของความสูงของสายอากาศ และการติดตั้งในแนวตั้งกับพื้นโลก เนื่องจากที่ความถี่ระดับนี้ค่าความยาวคลื่นมีค่ามาก จึงคิดค้นวิธีใช้สายอากาศที่มีความยาวเพียง $\lambda/4$ แทน



รูปที่ 2.17 การแพร่คลื่นของสายอากาศแบบโมโนโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

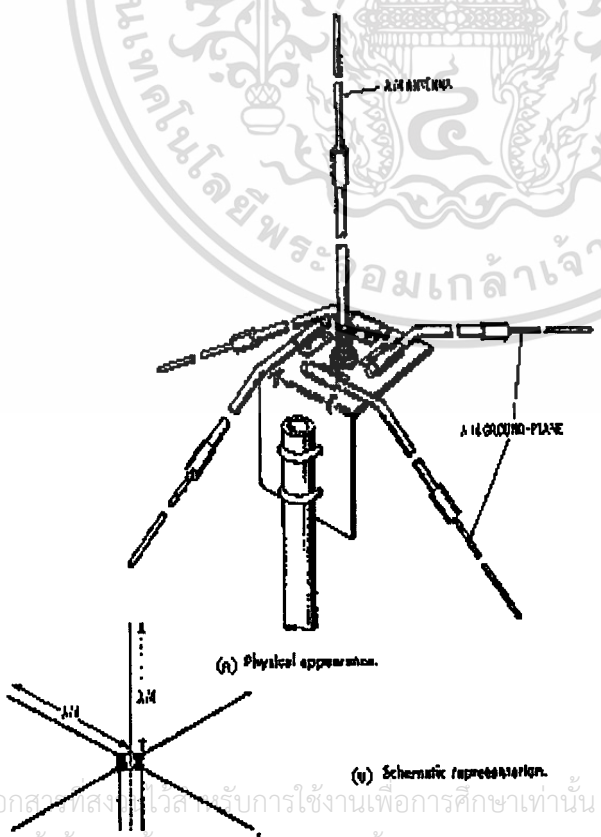
จากรูปเป็นรูปของสายอากาศขนาด $\lambda/4$ ติดตั้งในแนวตั้งกับพื้นโลก โดยมีจุดป้อน (Feed) ที่บริเวณด้านล่างระหว่างสายอากาศกับพื้นดินเรียกว่า ยูนิโพล (Unipole) หรือโมโนโพล ซึ่งมี

คุณสมบัติแพร่คลื่นขนาดเท่ากันทุกทิศทางในระนาบแนวนอน ส่วนระนาบแนวตั้งมีพลังงานบางส่วนพุ่งสู่ฟ้า และอีกบางส่วนพุ่งเข้าหาพื้นดิน เหมือนกับที่แสดงด้วยเส้นประในรูป

คลื่นที่มีทิศลงจะกระทบพื้นดิน และสะท้อนกลับขึ้นมาโดยมีค่ามุมตกกระทบเท่ากับค่ามุมสะท้อน ณ จุดหนึ่งที่ห่างจากสายอากาศ พลังงานคลื่นที่รับได้เกิดจากคลื่นตรงและคลื่นที่สะท้อนกับพื้นโลก ค่าความเข้มสนามที่จุดนี้ เป็นค่ารวมของความเข้มสนามในคลื่นแต่ละแบบ

จากรูปที่ 2.17 จะเห็นสายอากาศในความคิดเรียกว่าสายอากาศจำลอง (Image Antenna) ก็ได้ ซึ่งจะแสดงว่าสายอากาศถูกใช้งานที่ความยาว 2 เท่าของความจริงของความสูงทั้งหมดของสายอากาศ มีค่า $\lambda/2$ ดังนั้น การไหลของกระแสและแรงดันไฟฟ้าจะเหมือนกับสายอากาศไดโพลขนาด $\lambda/2$ ทุกประการ

สายอากาศโมโนโพลที่เดินสายกราวด์ (Ground) แล้วจะมีรูปแบบการกระจายคลื่นเหมือนสายอากาศแบบการกระจายคลื่นเหมือนสายอากาศแบบครึ่งความยาวคลื่น ทั้งที่จริงๆ แล้วเป็นสายอากาศแบบ λ แต่จะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเหมือนสายอากาศแบบ λ ที่วางในแนวดิ่ง สายโคแอคเชียลพร้อมส่วนแมทชิ่งจะทำงานคล้ายเป็นหม้อแปลง เพื่อให้เกิดแมทชิ่งระหว่างสายส่งกับสายอากาศ ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 สายอากาศแบบกราวด์เพลน

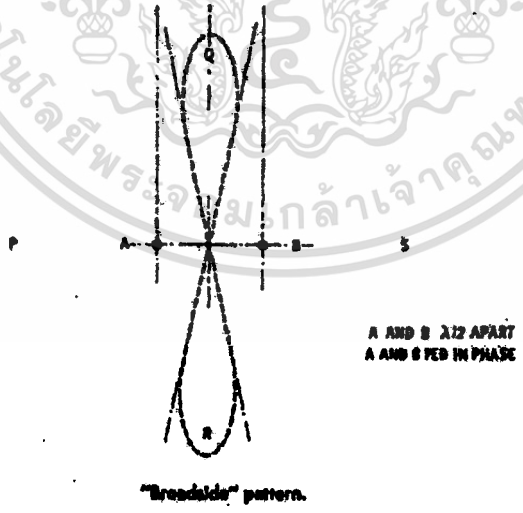
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.4 รูปแบบการกระจายคลื่นระนาบราบแบบเอ็น-ฟาย (End – Fire)

รูปแบบการสร้างการกระจายคลื่นจากระบบสายอากาศมีหลายแบบ แต่โดยหลักการมี 2 แบบ ดังรูปที่ 2.19 โดยในรูปที่ 2.19 (ก) เป็นรูปแบบที่เรียกว่า End - Fire ทั้งนี้เสา A กับ B วางห่างกัน 180 องศา และป้อนสัญญาณเฟสต่างกัน 180 องศาด้วย จะทำให้เกิดการรวมสัญญาณในแนวเส้นตรงที่ลากทะลุผ่านสายอากาศทั้งสอง และเกิดการหักล้างกันหมดที่จุดใดๆ ก็ตามที่ห่างจากสายอากาศทั้งสองพอดี เช่นบนแนวเส้นตรงที่ลากตั้งฉากกับแนวเส้น AB ตรงจุดกึ่งกลางระหว่าง A กับ B พอดี ดังนั้น หากพิจารณาสายอากาศ A กับ B เหมือนเป็นเครื่องส่ง โดยมีจุด 4 จุด ที่วางเครื่องรับ คือ จุด P, Q, R, S จะได้สัญญาณขนาดใหญ่สุดที่จุด P และ S และสัญญาณน้อยสุดที่จุด Q และ R

ในรูปที่ 2.19 (ข) สายอากาศทั้งสองวางห่างกันครึ่งความยาวคลื่น และรับสัญญาณเฟสเดียวกัน จะเกิดสัญญาณใหญ่สุดที่จุด Q และ R เล็กที่สุดที่ P

(ก) รูปแบบเอ็นไพร์



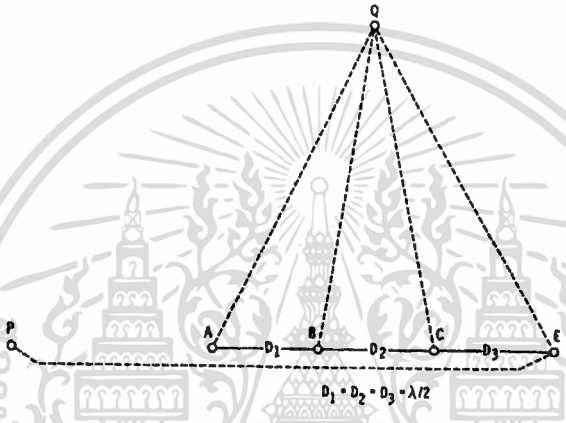
(ข) รูปแบบบอร์ดไซด์

รูปที่ 2.19 รูปแบบพื้นฐานของการกระจายคลื่นจากระบบสายอากาศรวม (Array)
(ก) รูปแบบเอ็นไพร์ (ข) รูปแบบบอร์ดไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

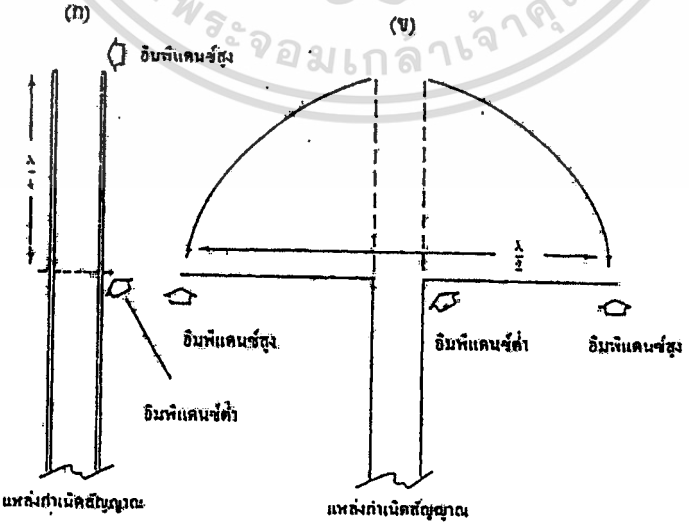
สามารถทำให้รูปแบบการกระจายคลื่นมีความคมชัดยิ่งขึ้น โดยการเพิ่มจำนวนสายอากาศมากยิ่งขึ้น วิธีนี้จะยึดวงรอบลำคลื่นยาวยิ่งขึ้น ลองพิจารณาในรูปที่ 2.20 โดยมีสายอากาศ 4 ต้น คือ คู่ A กับ B และคู่ C กับ E โดยแต่ละคู่วางห่างกันครึ่งความยาวคลื่น ในกรณีป้อนสัญญาณต่างเฟสกันจะเกิดสัญญาณขนาดใหญ่สุดที่จุด P ซึ่งอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันกับแนว ABCE และเกิดสัญญาณน้อยสุดที่แนวตั้งฉากกับเส้น ABCE คือจุด Q

อย่างไรก็ตาม หากป้อนสัญญาณเฟสเดียวกันแก่สายอากาศทั้งสี่ต้น ดังนั้น จะเกิดสัญญาณใหญ่สุดที่จุด Q และเล็กที่สุดที่จุด P แทน



รูปที่ 2.20 การเพิ่มจำนวนสายอากาศจะทำให้รูปแบบการกระจายคลื่นมีความคมชัดยิ่งขึ้น

2.13.5 สายอากาศไดโพล

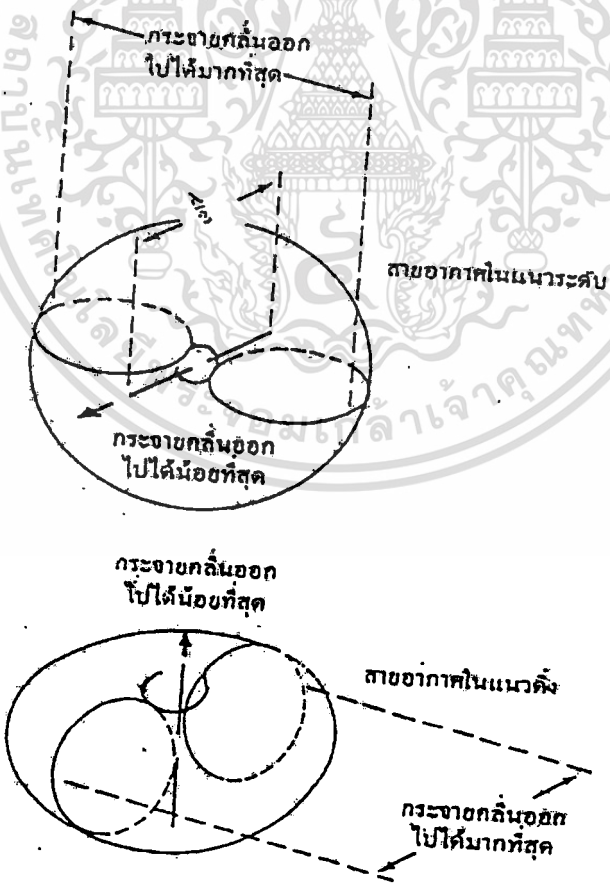


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 สายอากาศไดโพล

มีสายส่งสัญญาณที่มีปลายหนึ่งต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดสัญญาณ และมีปลายอีกข้างหนึ่งเปิดอยู่ ดังรูปที่ 2.21 (ก) ปลายด้านที่เปิดอยู่ย่อมมีค่าอิมพีแดนซ์สูง ถ้าทำการหาค่าอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่างๆ บนสายส่งสัญญาณ โดยเริ่มจากปลายเปิดย้อนลงไปตามสาย จะพบว่าค่าอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่างๆ นั้น จะค่อยๆ ลดลง และจะมีค่าต่ำสุด ณ ตำแหน่งที่ห่างจากปลายเปิดนั้นเท่ากับ $\lambda/4$ และเมื่อทำการแผ่สายทั้งสองออกจากกัน ดังรูปที่ 2.21 (ข) จะเห็นว่ามีกระแสไหลเข้าสู่สาย ณ ตำแหน่งตรงจุดต่อนี้ได้มากที่สุด คือ จะมีพลังงานไหลเข้าในส่วนนี้ได้มากที่สุด

ความแรงของกระแส และแรงดันตามจุดต่างๆ บนสายส่งที่ได้กางแผ่ออกไปแล้ว จะมีลักษณะรูปแบบดังรูปที่ 2.22 ซึ่งพบว่าการกางแผ่สายนำสัญญาณออกในตำแหน่งนี้ มีการกระจายของแรงดันได้มากที่สุด หมายถึง เกิดการกระจายคลื่นทีอีเอ็มออกมาจากสายนำสัญญาณส่วนนี้ได้มากที่สุด ดังนั้น สายนำสัญญาณส่วนนี้จะกลายเป็นสายอากาศขึ้นมา สายอากาศในลักษณะนี้จึงมีชื่อเรียกตามลักษณะที่มีแขนหรือขั้วที่ยื่นออกไปนั้นว่า สายอากาศไดโพล



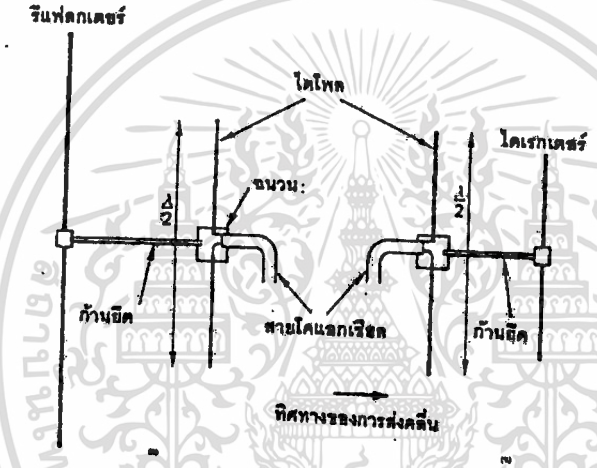
รูปที่ 2.22 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.6 สายอากาศแบบยากิ

การสร้างสายอากาศยากิจากไดโพลแบบ $\lambda/2$ และพาราซิติก (Parasitic Element) คุณสมบัติของไดโพลแบบ $\lambda/2$ ที่มีรูปแบบการแพร่คลื่นในระนาบราบของไดโพลที่วางแนวตั้งเป็นวงกลม และในระนาบแนวตั้งพบว่าไม่มีการแพร่หรือรับคลื่น ซึ่งงานสื่อสารวิทยุทั่วไปจะต้องการประสิทธิภาพของสายอากาศที่มีไดเร็คติวิตี้มากกว่าหนึ่ง

การเพิ่มพลังงานในไดเร็คติวิตี้ทำได้โดยการใช้ไดโพลแบบ $\lambda/2$ ร่วมกับพาราซิติกอีลีเมนท์ที่เรียกกว่ารีแฟลกเตอร์ ซึ่งเป็นแท่งตัวนำที่มีขนาดยาวกว่า $\lambda/2$ อยู่ประมาณ 5% โดยติดตั้งไว้อีกด้านของสายอากาศในทิศตรงข้ามกับทิศที่มีการแพร่คลื่นมากที่สุด ดังรูปที่ 2.23 (ก)



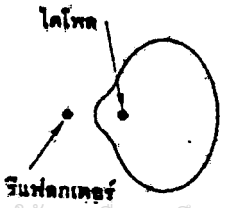
รูปที่ 2.23 สายอากาศไดโพลแบบ $\lambda/2$ พร้อมกับ (ก) รีแฟลกเตอร์ (ข) ไดเร็กเตอร์

รีแฟลกเตอร์มีผลต่อรูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพลแบบ $\lambda/2$ เนื่องจากมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าถูกเหนี่ยวนำที่มันมีผลให้ตัวรีแฟลกเตอร์สามารถแพร่คลื่นเองได้

ตัวแปรที่มีผลต่อรูปแบบการแพร่คลื่น มี

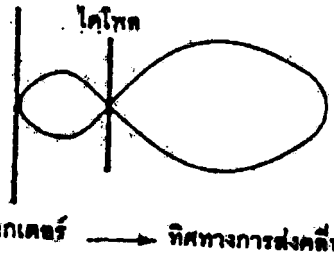
1. ความยาวของรีแฟลกเตอร์
2. ระยะห่างจากไดโพล

พิจารณาในรูปที่ 2.24 และ 2.25 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 รูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพล $\lambda/2$ และรีแฟลกเตอร์ในระนาบแนวราบ



รูปที่ 2.25 รูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพล $\lambda/2$ และรีแฟลกเตอร์ในระนาบแนวตั้ง

จากทั้งรูปที่ 2.24 และ 2.25 เห็นได้ชัดว่าไดเร็คติวิตี้ของอาร์เรย์แบบนี้ดีกว่าไดโพลอย่างเดียว เหตุที่ รีแฟลกเตอร์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคือ เมื่อเราป้อนแรงดันไฟฟ้า (ที่ความถีรีโซแนนซ์) และกระแสให้กับไดโพลจะมีการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปทุกทิศในแนวตั้งฉากกับไดโพล พลังงานบางส่วนเดินทางมาที่รีแฟลกเตอร์ และเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่งมีเฟสตามหลังแรงดันไฟฟ้าส่วนที่ป้อนให้ไดโพลอยู่โดยคิดจากระยะห่างของอีลีเมนท์ อย่างเช่น ถ้าระยะห่างเท่ากับ 0.15 λ ทำให้ค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่รีแฟลกเตอร์มีเฟสตามหลังส่วนที่ป้อนให้ไดโพลอยู่ 180 องศา สิ่งนี้มีผลต่อกระแสในทำนองเดียวกัน

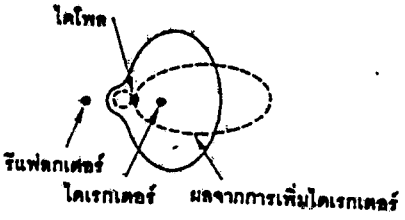
ตอนนี้รีแฟลกเตอร์สามารถแพร่คลื่นได้ในทุกทิศที่ตั้งฉากกับมันเช่นกัน ถ้าความยาวของรีแฟลกเตอร์ และระยะห่างระหว่างไดโพลกับรีแฟลกเตอร์ถูกพิจารณาเลือกมาอย่างเหมาะสมแล้ว พลังงานส่วนที่แพร่มาจากรีแฟลกเตอร์จะไปเสริมในส่วนของไดโพลในทิศทางที่ต้องการ ไม่เช่นนั้นทุกอย่างตรงข้ามกัน คือ มีการหักล้างของพลังงานเกิดขึ้น

การเพิ่มค่าไดเร็คติวิตี้ และอัตราขยายของไดโพล สามารถทำได้อีกโดยเพิ่มพาราซิติกอีลีเมนท์อันใหม่ลงไป โดยวางในตำแหน่งตรงข้ามกับรีแฟลกเตอร์ เราเรียกอีลีเมนท์ใหม่ว่าไดเร็กเตอร์ (Director) ที่มีขนาดสั้นกว่า $\lambda/2$ อยู่ประมาณ 5% ขณะที่ไดโพลแพร่คลื่นจะมีบางส่วนเหนี่ยวนำให้ไดเร็กเตอร์สามารถแพร่คลื่นได้ เช่นเดียวกับรีแฟลกเตอร์

การพิจารณาเลือกความยาวของไดเร็กเตอร์ และระยะห่างระหว่างไดโพลกับไดเร็กเตอร์นับว่าสำคัญมาก เพราะถ้าเลือกค่าถูกต้อง พลังงานที่แพร่จากไดเร็กเตอร์จะไปเสริมกับส่วนของไดโพลเป็นการเพิ่มค่าไดเร็คติวิตี้ และอัตราขยายมากขึ้น

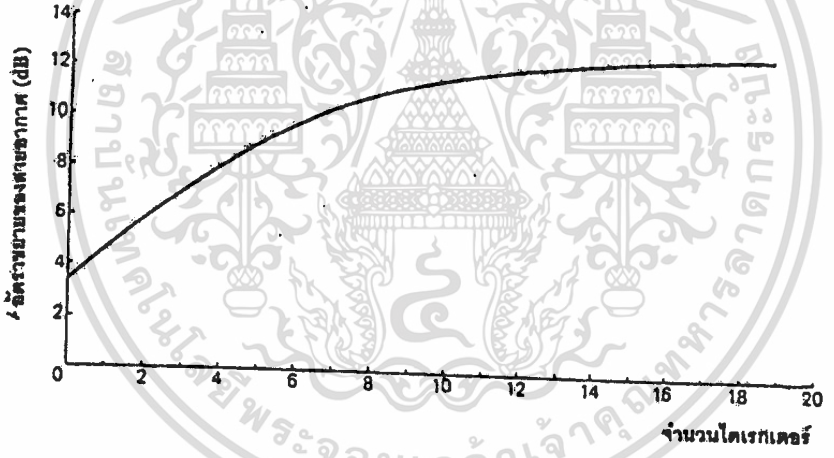
พิจารณาผลที่มีต่อรูปแบบการแพร่คลื่นของไดเร็กเตอร์ ไดโพล และรีแฟลกเตอร์ได้ในรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 รูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพล $\lambda/2$,รีแฟลกเตอร์ และไดเร็กเตอร์ในระนาบแนวนอน

การเพิ่มค่าไดเร็คติวิตี้ หรืออัตราขยายของสายอากาศให้มากกว่านี้ ไม่อาจทำได้โดยเพิ่มรีแฟลกเตอร์ตัวที่สองลงไป เพราะว่าสนามแม่เหล็กหลังรีแฟลกเตอร์ตัวแรกมีค่าอ่อนมากจนนำมาเหนี่ยวนำไม่ได้ แต่การเพิ่มไดเร็กเตอร์ให้มากจำนวนขึ้นมีผลให้ค่าอัตราขยายของสายอากาศเพิ่มได้จริง ดังกราฟในรูป 2.27



รูปที่ 2.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนไดเรกเตอร์กับอัตราขยายของสายอากาศยากิในทิศที่มีการแพร่มากที่สุด

ในทางปฏิบัติ การพิจารณาเลือกค่าระยะห่างระหว่างอีลีเมนท์ต้องคำนึงถึง 2 ประการ คือ

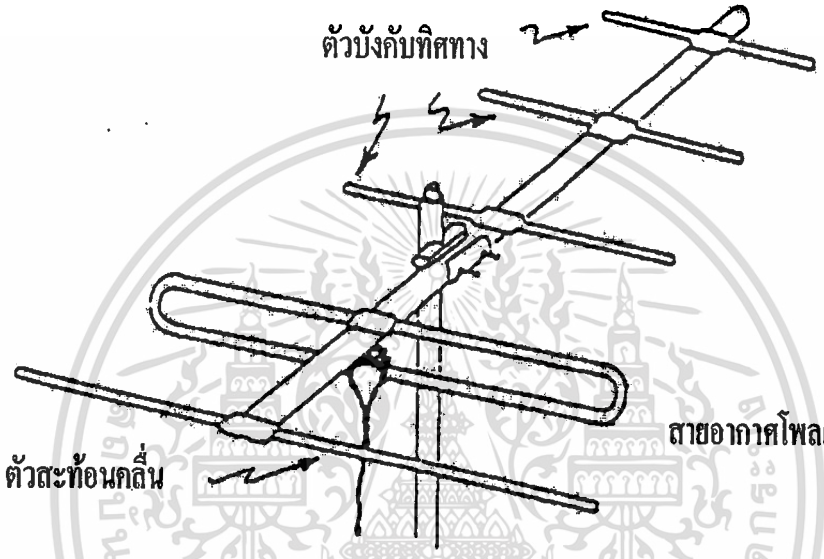
1. อัตราขยายที่ต้องการของอาร์เรย์
2. อัตราส่วนฟรอนด์ทูแบคที่ต้องการ

ทั่วไปแล้ว ระยะห่างระหว่างไดโพลกับรีแฟลกเตอร์ มีค่าระหว่าง 0.15λ - 0.25λ และระยะห่างระหว่างไดโพลกับไดเร็กเตอร์ มีค่าระหว่าง 0.1λ - 0.15λ

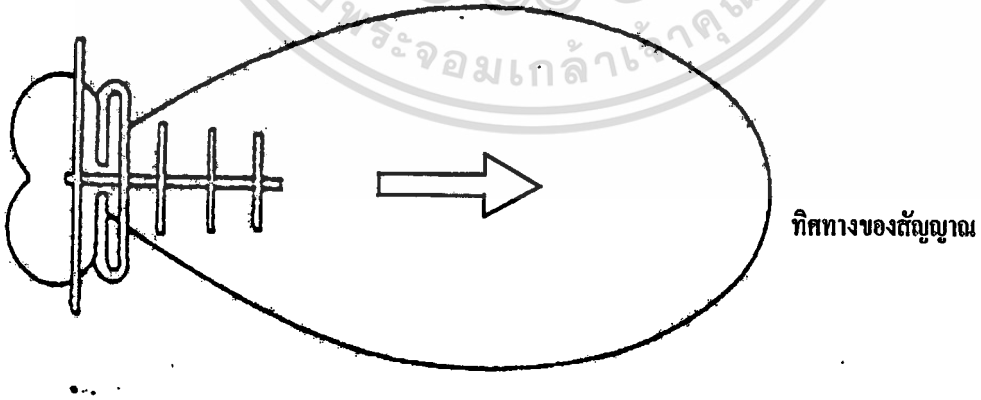
สายอากาศแบบยากิมีรูปแบบการกระจายคลื่นเหมือนกับสายอากาศไดโพล แต่จะมีอินพุตอิมพีแดนซ์มากกว่าอยู่ 4 เท่า การใส่ตัวสะท้อนคลื่น (Reflector) และตัวบังคับทิศทาง (Director)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กับสายอากาศโพลเด็ดไดโพลดังรูปที่ 2.28 เพื่อทำให้สายอากาศมีทิศทาง และกำลังขยายดีขึ้น ตามแนวความคิดของดอกเตอร์ยากิ (Dr.Yagi) ทำให้สายอากาศชนิดนี้มีชื่อว่า สายอากาศยากิ แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนของตัวสะท้อนคลื่นที่มากกว่าหนึ่งตัวนั้นมีผลต่อทิศทางของสายอากาศน้อยมาก ดังนั้น จึงนิยมใช้ตัวสะท้อนคลื่นกับสายอากาศชนิดนี้เพียงตัวเดียว



รูปที่ 2.28 สายอากาศยากิ

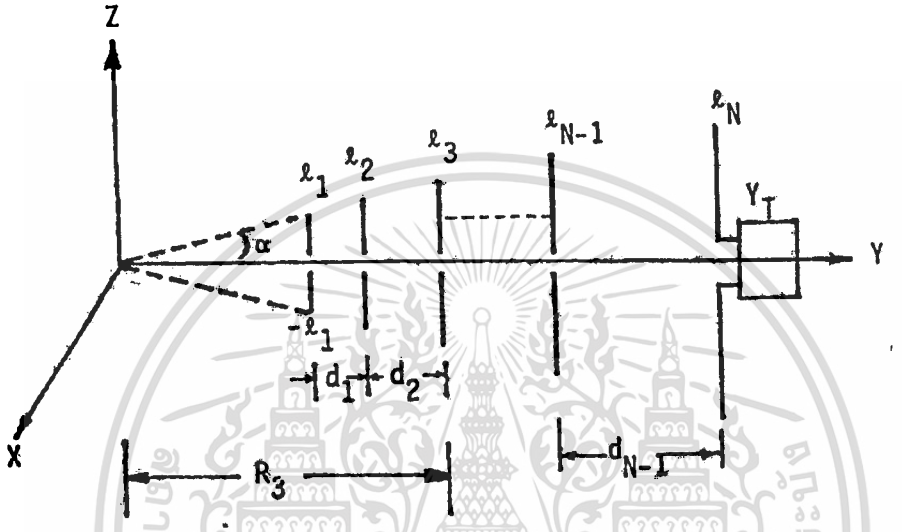


รูปที่ 2.29 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากายากิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 สายอากาศแบบล็อกพลิโอดิก

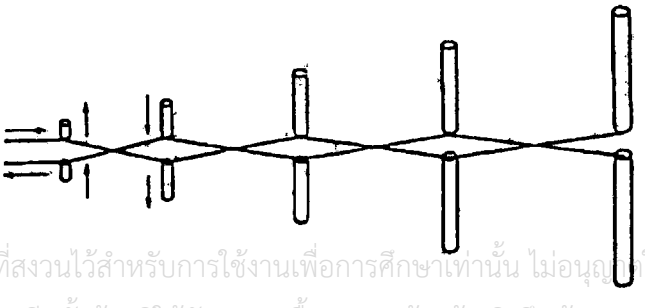
สายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพลเป็นสายอากาศแบบไดโพลที่นิยมใช้กันอีกแบบหนึ่ง เนื่องจากคุณสมบัติที่มีช่วงความถี่ใช้งานกว้าง จึงเป็นที่นิยมกันในงานสื่อสารที่ต้องใช้ช่วงความถี่กว้าง โดยเฉพาะการสื่อสารในช่วงคลื่นสั้นและย่าน VHF



รูปที่ 2.30 โครงสร้างของสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพล

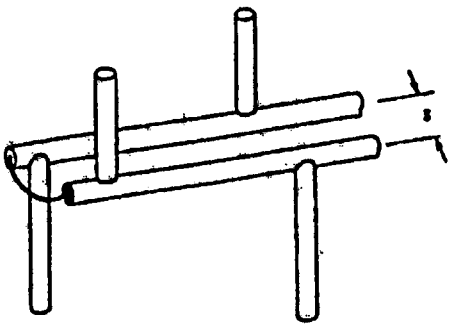
การป้อนสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพล จากการทดลอง และการวิเคราะห์ทางทฤษฎี พบว่าการป้อนในลักษณะสลับเฟสจะทำให้ได้คุณสมบัติที่ดีและการป้อนจะป้อนจากด้านสายอากาศสั้นไปทางสายอากาศยาวด้วยสายนำสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.30 และคลื่นที่กระจายออกจากสายอากาศนี้จะเบนบีมชี้ไปทางด้านสายอากาศสั้น จึงจัดได้ว่าเป็นสายอากาศแบบแบ็คไฟร์ (Backfire Antenna)

การที่สายอากาศแบบนี้มีชื่อเรียกว่าสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกเป็นเพราะว่าที่ความถี่ f และสายอากาศชุดนี้จะมีคุณสมบัติเหมือนกัน ลักษณะเป็นรายคาบ (Periodic)



(ก) การป้อนกลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



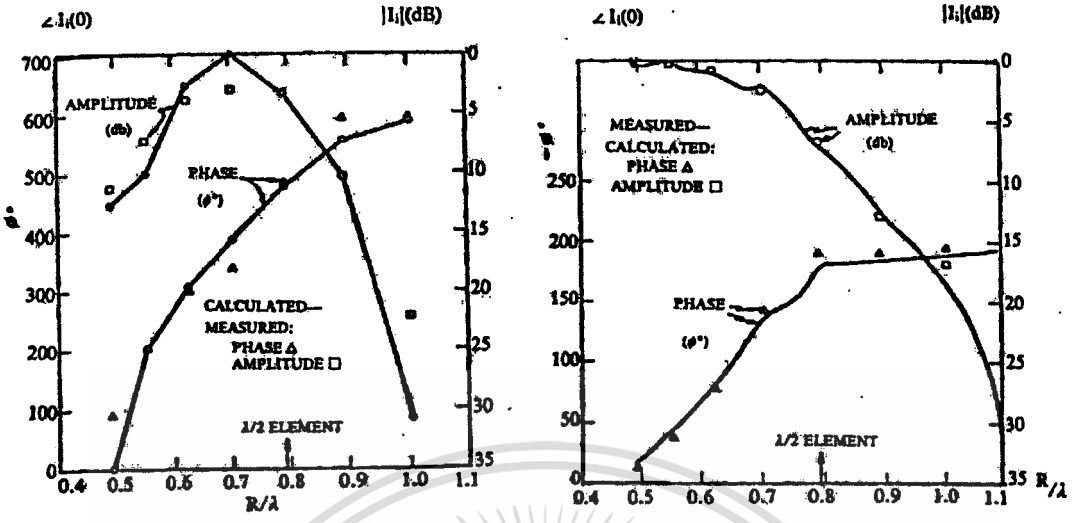
(ข) ลักษณะการป้อนจริง

รูปที่ 2.31 ลักษณะการป้อนสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพล (ก) การป้อนแบบกลับเฟส (ข) ลักษณะการป้อนจริง

ผลการคำนวณคุณสมบัติของสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพลในการหาคัปปลิ้งระหว่างสายอากาศดังรูปที่ 2.32 ถึง รูปที่ 2.35 รูปที่ 2.32 แสดงขนาดและเฟสของกระแสบนสายอากาศและบนสายนำสัญญาณ จากรูปที่ 2.32 (ก) จะเห็นว่าบริเวณที่ตัวประกอบมีความยาวเป็นประมาณ $\lambda/2$ กระแสจะมีขนาดสูง แสดงถึงมีการกระจายกำลังคลื่นจากตัวประกอบในบริเวณดังกล่าวมาก บริเวณที่มีการกระจายคลื่นมากนี้เรียกว่า บริเวณแอคทีฟ (Active Region) สำหรับบริเวณก่อนหน้า ซึ่งตัวประกอบมีขนาดสั้น จะเป็นบริเวณที่กำลังคลื่นส่งผ่านไปเท่านั้นจึงเรียกว่าบริเวณส่งผ่าน (Transmission Region) จากรูปที่ 2.32 (ข) จะเห็นได้วาขนาดของกระแสบนสายนำสัญญาณจะค่อยๆ ลดลงในบริเวณส่งผ่าน และลดลงอย่างรวดเร็วในบริเวณแอคทีฟ แสดงให้เห็นว่ากำลังที่ส่งผ่านมาตามสายนำสัญญาณลดลงอย่างรวดเร็วในบริเวณนี้ บริเวณแอคทีฟนี้เมื่อความถี่เปลี่ยนไปจะเคลื่อนที่ไปปรากฏที่บริเวณที่มีความยาวของสายใกล้เคียงกับ $\lambda/2$

รูปที่ 2.33 แสดงความกว้างของแบนด์วิดท์บริเวณแอคทีฟซึ่งกำหนดจากช่วง –10 dB ของค่ากระแสในรูปที่ 2.32 (ก) จากรูปจะเห็นว่าที่มุม $\propto$ เท่ากัน ค่า τ ที่ต่ำกว่าจะมีแบนด์วิดท์ที่กว้างกว่า คือ มีช่วงของสายอากาศที่ทำงานอยู่กว้างกว่า แต่ในขณะเดียวกันจากรูปที่ 2.34 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่า τ ลดต่ำลงอัตราการขยายของสายอากาศจะลดลงด้วย เพราะฉะนั้นในการออกแบบสายอากาศจึงต้องเลือกช่วง τ และ σ อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงเวลาสร้างสายอากาศจริงๆ กล่าวคือ ถ้าเลือกค่า τ สูงคือใกล้ 1 มากๆ จะทำให้ได้อัตราขยายสูง แต่จะต้องใช้จำนวนตัวประกอบมาก ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาทางปฏิบัติ ดังนั้นโดยทั่วไปจึงมักเลือกใช้ค่า τ = 0.88-0.94 และจากรูปที่ 2.34 จะได้ช่วงของ σ = 0.16–0.18

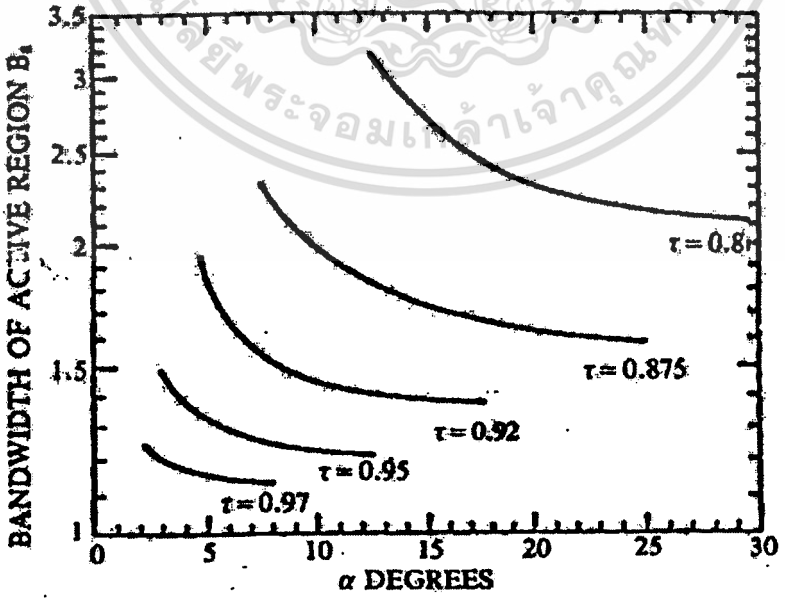
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ขนาดของเฟสโดยเปรียบเทียบของกระแสที่ฐานสายอากาศไดโพล

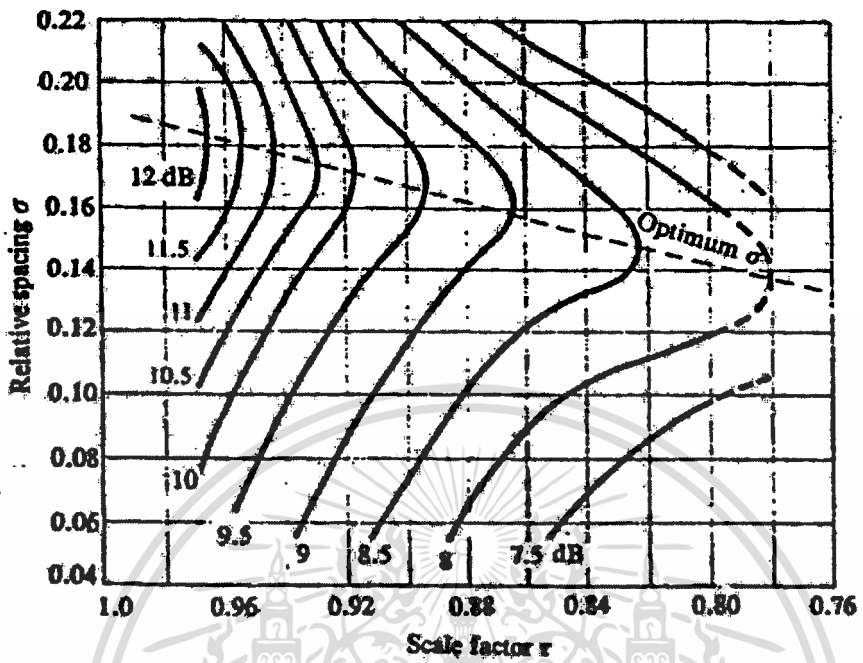
(ข) ขนาดและเฟสโดยเปรียบเทียบของกระแสบนสายนำสัญญาณ

รูปที่ 2.32 (ก) ขนาดของเฟสโดยเปรียบเทียบของกระแสที่ฐานสายอากาศไดโพล (ข) ขนาดและเฟสโดยเปรียบเทียบของกระแสบนสายนำสัญญาณ



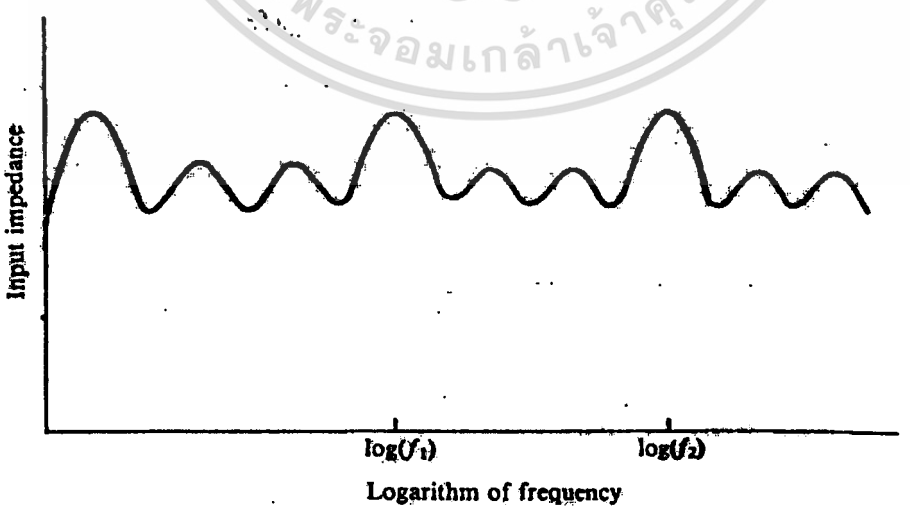
รูปที่ 2.33 ความสัมพันธ์ระหว่างแบนด์วิดท์ของย่านแอคทีฟกับโครงสร้างของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายกับโครงสร้างของสายอากาศ

สำหรับอินพุทอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแบบนี้ถ้ามีการออกแบบที่ดี จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ที่เกือบจะเป็นค่ารีซิสแตนซ์อย่างเดียว และมีค่าใกล้เคียงกับอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณ รูปที่ 2.35 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของค่าอิมพีแดนซ์



รูปที่ 2.35 ลักษณะของอินพุทอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพล

เอกสารนี้ [illegible] ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 อัตราส่วนคลื่นนิ่ง

อัตราส่วนคลื่นนิ่ง (Standing Wave Ratio : SWR) หมายถึงอัตราส่วนของค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดต่อค่าน้อยที่สุด ที่ปรากฏบนสายนำสัญญาณหรือแทนด้วยอัตราส่วนของ Emax ต่อ Emin ดังในรูปที่ 2.36 เราเรียกว่าอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าคลื่นนิ่ง (Voltage Standing Wave Ratio) เขียนแทนว่า VSWR หรือใช้ SWR ก็ได้

เขียนเป็นสูตร

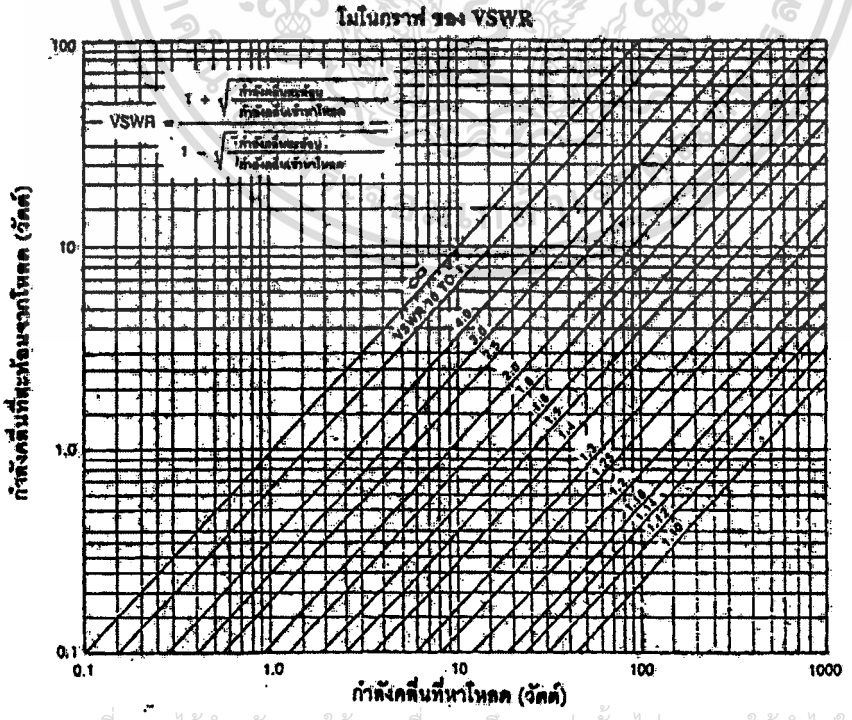
$$SWR = \frac{Emax}{Emin} \tag{2.5}$$

โดยในที่นี้ SWR คือ ค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่ง

Emax คือ ค่าแรงดันสูงสุด

Emin คือ ค่าแรงดันต่ำสุด

ทำนองเดียวกัน ค่ากระแสมากที่สุดต่อค่าน้อยที่สุด (Imax / Imin) หาได้เช่นเดียวกับ VSWR พิจารณารูปที่ 2.36 โมโนกราฟของการหา VSWR โดยคิดจากกำลังคลื่นที่สะท้อนและส่วนมาหาโหลด วัดโดยใช้ อาร์.เอฟ. วัตต์มิเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.36 โมโนกราฟของ VSWR

นอกจากนี้ค่า SWR ยังใช้บอกคุณสมบัติต่างๆ ของสายที่ไม่แม็ชท์ได้ด้วย หรือใช้บอกถึงประสิทธิภาพของสายได้ โดยถ้าโหลดไม่มีค่ารีแอ็กแตนซ์อยู่เลย ค่า SWR จึงคิดได้จากอัตราส่วนระหว่างความต้านทานของโหลด (R) กับอิมพีแดนซ์ประจำตัว (Zo) ของสาย หรือแยกพิจารณาเป็นกรณี 2 แบบ คือ

SWR = R/Zo (ค่า R มากกว่า Zo)

หรือ SWR = Zo/R (ค่า R น้อยกว่า Zo)

สรุปได้ว่าการไม่แม็ชท์ของสายนำสัญญาณเกิดมากขึ้น จะมีผลให้ความแตกต่างระหว่างค่า Zo และ R มีมากขึ้น หรือค่า SWR มีขนาดมากขึ้น ส่วนสายที่มีการแม็ชท์กับโหลดอย่างสมบูรณ์จะไม่มีคลื่นนิ่งเกิดบนสาย

2.16 การแม็ชท์สายนำสัญญาณ

การใช้งานสายนำสัญญาณที่ค่าอัตราส่วน SWR ต่ำ ต้องใช้โหลดที่แม็ชท์กับอิมพีแดนซ์ประจำสายให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด

ปัญหาข้อนี้มีทางแก้ไข 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 เลือกสายนำสัญญาณที่มีค่าอิมพีแดนซ์ประจำสายแม็ชท์กับความต้านทานของสายอากาศที่จุดต่อ

วิธีที่ 2 ปรับค่าความต้านทานของสายอากาศให้แม็ชท์กับค่า Zo ของสายนำสัญญาณที่เลือกใช้

วิธีแรกง่ายและไม่ยุ่งยากที่จะต่อโดยตรง แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้มีสูงมากเพราะว่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ และสายนำสัญญาณที่มีค่าเท่ากันหาได้น้อยชนิดมาก สำหรับวิธีที่สองให้อิสระในการประยุกต์ใช้งานสูง ข้อเสียประการเดียว คือ ความยุ่งยากในการสร้าง

จากที่ได้กล่าวมาก่อนแล้วว่า ระบบสายอากาศส่วนมากมีการเปลี่ยนค่าความต้านทานอย่างเห็นชัด เมื่อความถี่เพิ่มจากค่าพื้นฐานเป็นจำนวนเท่าของค่านี้

ด้วยเหตุนี้การแม็ชท์อิมพีแดนซ์สายนำสัญญาณจึงมักทำได้เฉพาะย่านความถี่เดียวเท่านั้น โดยส่วนใหญ่ระบบสายอากาศที่แม็ชท์จะใช้ในกิจการหนึ่งแถบความถี่ ถึงแม้ว่าบางกรณีอาจเกินไปจากแถบความถี่ที่กำหนดก็จะไม่มากนัก

แถบความถี่นี้พอพิจารณาได้จากช่วงที่มีค่า SWR ต่ำ หรือดูจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอิมพีแดนซ์ต่อความถี่ โดยค่าอิมพีแดนซ์มีการเปลี่ยนเพียงเล็กน้อยเมื่อค่าความถี่เปลี่ยนไป มีผลให้ค่า SWR ต่ำ และแถบความถี่กว้าง

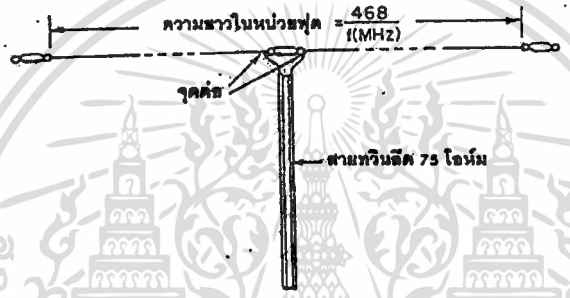
เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรีโซแนนซ์สายอากาศจุดที่ควรให้ความสนใจในการแม็ชท์สายอากาศกับสายนำสัญญาณ คือ อิมพีแดนซ์ที่จุดต่อต้องเป็นความต้านทานอย่างเดียวเท่านั้น หมายความว่าระบบสายอากาศจะรีโซแนนซ์ที่ความถี่ในกรณีสายแม็ชท์แล้ว

2.16.1 การแม็ชท์โดยตรง

ค่าอิมพีแดนซ์ที่จุดกึ่งกลางของสายอากาศรีโซแนนซ์ขนาด $\lambda/2$ ที่ความสูง $\lambda/4$ หรือมากกว่านี้ (จำนวนเท่า) มีค่าเป็นความต้านทานอย่างเดียวและมีค่าประมาณ 70 โอห์ม

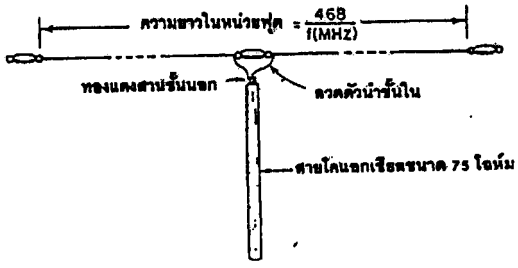
สามารถนำสายนำสัญญาณ (ส่ง) แบบทวินลีดมีค่าอินพีแดนซ์ประจำสายเท่ากับ 70 โอห์ม มาสร้างสามารถใช้งานได้ ถึงแม้จะเกิดค่า SWR ขนาดต่ำก็ตามดังแสดงในรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 การต่อไดโพลแบบ $\lambda/2$ กับสายทวินลีด 75 โอห์ม

วิธีต่อในรูปที่ 2.37 ใช้งานได้ดีเมื่อความถี่ใช้งานเป็นจำนวนเท่าเลขคี่ของความถี่พื้นฐาน อย่างเช่น สายอากาศจะรีโซแนนซ์ที่ความถี่ 7 MHz สามารถทำงานในความถี่ 21 MHz โดยเกิดค่า SWR ต่ำได้ดี (3 เท่าจากความถี่พื้นฐาน) แต่กรณีเป็นจำนวนเท่าเลขคู่ของความถี่พื้นฐาน จะให้ผลการทำงานไม่ดี

กรณีใช้สายโคแอกเชียลแทนที่จะใช้สายทวินลีด เหมือนกรณีก่อน สามารถใช้สายโคแอกเชียลแบบ 75 โอห์ม ใช้ชนิด RG-11 ต่อแทนได้ในรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 การต่อสายอากาศแบบ $\lambda/2$ กับสายโคแอกเชียลขนาด 75 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

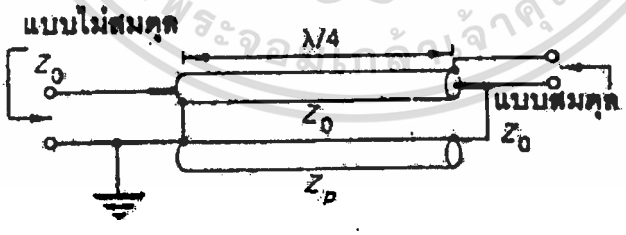
บางครั้งอาจใช้สายโคแอกเชียลที่มีอิมพีแดนซ์ประมาณ 52 โอห์ม เช่น ชนิด RG –8 เมื่อความสูงของสายอากาศต่ำกว่า $\lambda/4$ เพราะจะมีผลลดค่าความต้านทานการแพร่คลื่นของสายอากาศลง

สำหรับหลักการเกี่ยวข้องกับค่า SWR เหมือนกับแบบทวินลีด แต่ส่วนที่แตกต่างกันระหว่างทั้งสองกรณีคือ สายแบบทวินลีดเป็นสายที่มีความสมดุลทางไฟฟ้าอยู่ ส่วนสายโคแอกเชียลไม่มีสมดุลทางไฟฟ้า หรือในกรณีต่อกับสายโคแอกเชียล ด้านนอกของตัวนำชั้นนอกไม่ได้ต่อกับสายอากาศผิดกับตัวนำชั้นใน และด้านในของตัวนำชั้นนอกที่ต่อโดยตรงอยู่มีผลลัพธ์กระแสบางส่วนไหลบนด้านนอกนี้ เป็นการสูญเสียอย่างหนึ่ง ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของสายนำสัญญาณมีขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับความยาวของสายอากาศ และใช้ในย่านความถี่วิทยุสมัครเล่นช่วงความถี่ต่ำแล้ว ผลจากความไม่สมดุลทางไฟฟ้านี้สามารถไม่คิดได้ เพราะมีขนาดน้อยมาก แต่ในย่านความถี่ VHF และ UHF จะมีผลอย่างมาก

2.16.3 บาลัน(Balun)

ในย่านความถี่สูง วิธีต่อโดยตรงระหว่างสายที่มีความสมดุล กับสายที่ไม่มีความสมดุล มีผลทำให้เกิดสูญเสียพลังงานที่แพร่ออกมา หรือเกิดการแทรกจากสัญญาณรบกวนภายนอกได้ บาลันจัดเป็นวงจรที่ใช้เชื่อมต่อสายแบบสมดุลกับแบบไม่สมดุล โดยไม่มีผลกระทบใดๆ

สำหรับย่านความถี่คลื่นวิทยุ ถ้ามีใช้กำลังไฟฟ้าจนถึง 5 กิโลวัตต์ (kW) หรือความถี่จนถึง 30 MHz จะใช้บาลันได้



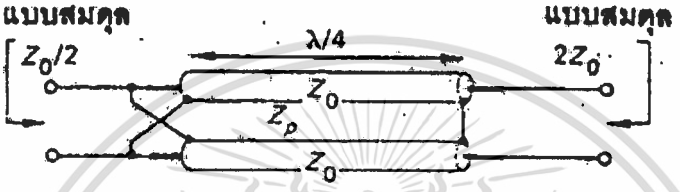
รูปที่ 2.39 บาลันแบบอัตราส่วนอิมพีแดนซ์ 1 : 1

จากรูปที่ 2.39 ปลายบาลันด้านแบบไม่สมดุล ตัวนำชั้นนอกของสายโคแอกเชียลต่อตรงกับตัวนำแท่งกลม (ตัวล่าง) ซึ่งตัวนำล่างนี้มีค่าอิมพีแดนซ์ประจำตัวนำเท่ากับ Zp ทั้งสองมีความยาวขนาด $\lambda/4$ ดังนั้น ถ้าพิจารณาค่าอิมพีแดนซ์ที่มองเข้ามาทางขวามือของบาลันมีค่าเท่ากับ Zp^2 / θ หรือเป็นวงจรเปิด

ลิขสิทธิ์ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปลายบาลันด้านสมดุล ตัวนำเส้นหนึ่งต่อกับชั้นนอกของโคแอกเชียล และอีกเส้นต่อกับชั้นในโคแอกเชียลรวมถึงตัวนำแท่งกลมด้วย

โดยทั่วไป สายแบบไม่สมดุลมีค่าอิมพีแดนซ์ประจำสายในช่วง 50 – 75 โอห์ม ในขณะที่สายแบบสมดุลมีค่าเป็นหลายร้อยโอห์ม จึงมีความจำเป็นที่ต้องปรับขนาดอิมพีแดนซ์ของสายให้เข้ากันได้



รูปที่ 2.40 บาลันแบบอัตราส่วนอิมพิแดนซ์ 4 : 1

จากรูปใช้สายโคแอกเชียล 2 เส้น โดยด้านซ้ายมือมีการต่อตัวนำกับด้านนอกของสายโคแอกเชียลในลักษณะขนานกัน และด้านขวามือมีการต่อตัวนำกับด้านนอกของสายโคแอกเชียลในลักษณะอนุกรมกัน ถ้าค่าอิมพีแดนซ์ประจำสายของแต่ละเส้นมีค่าเท่ากันคือ Zo โอห์ม จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ที่คร่อมจุดต่อด้านขวามือเท่ากับ 2Zoโอห์ม และค่าอิมพีแดนซ์ที่คร่อมจุดต่อด้านซ้ายมือเท่ากับ Zo/2 โอห์ม ตัวอย่างเช่น ค่าอิมพีแดนซ์ ขนาด 300 โอห์ม สามารถปรับให้เหลือ 75 โอห์ม

2.17 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว คือ ไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็ก บรรจุไว้ในแผงวงจรรวมเพียงชิพเดียว ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51 หรือ MCS-51 อันได้แก่ เบอร์ 8051 และ 8052 ซึ่ง MCS-51 ผลิตโดยบริษัท Intel มีการทำงานเป็นแบบ 8 บิต

2.17.1 โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบขึ้นด้วยเกตต่างๆ เช่น AND, OR และ NOT ซึ่งเกตเหล่านี้จะออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ โครงสร้างใหญ่ๆ ของ 8051 เนื่องจากลักษณะของ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 คือ ตัวประมวลผล หรือ CPU (Central Processing Unit) ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์รับข้อมูลเข้า หรือส่งออกจากตัว 8051 ซึ่งควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมเส้นทาง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุม ใน CPU นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่าส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 คือ หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ซึ่งในการจะนำข้อมูลออกมาใช้จะต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ หรือตำแหน่ง (Address) นั่นเอง การเอาข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำ เรียกว่า การเขียนข้อมูล และการเอาข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า การอ่านข้อมูล ในไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปรวมทั้ง 8051 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะมีค่าได้เพียง 8 บิต แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 255 การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

1. ค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ใน 8051 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภทโปรแกรมเมมโมรี่ (Program Memory) หรือดาต้าเมมโมรี่ (Data Memory) ได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง ดังนั้น การอ้างอิงแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น

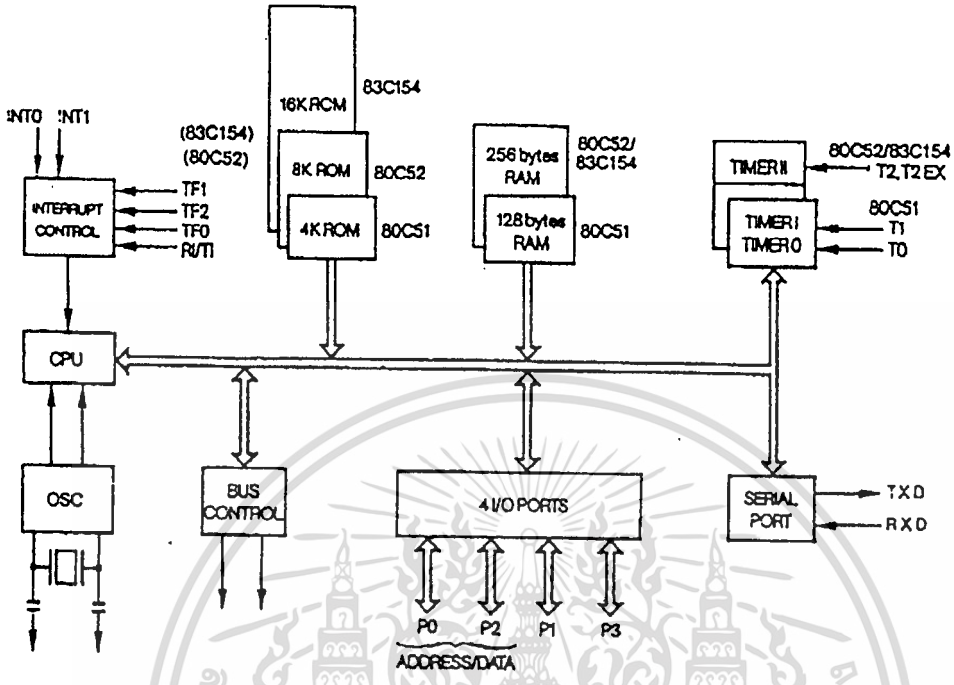
2. ข้อมูลที่จะอ่าน หรือเขียนกับหน่วยความจำที่ตำแหน่งในข้อ 1

3. สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล

สัญญาณเหล่านี้จะถูกวงจรควบคุมภายใน 8051 สร้างมาจากวงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ 8051 อ่านจากหน่วยความจำ Program Memory เข้าไปทำงานจะมีหน่วยความจำได้แก่ 4K ROM และ 128 Byte RAM ซึ่งขนาดของหน่วยความจำนี้มีขนาดต่างๆ กันตามเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุต และเอาต์พุต (Input/Output Device) เป็นส่วนที่จะใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต และเอาต์พุต ได้แก่ 4I/O Port, Timer 0, Timer 1 และ Serial Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 แผนผังโครงสร้างของ 8051

2.17.2 การจัดการหน่วยความจำของ 8051

หน่วยความจำของ 8051 แบ่งออกไว้เป็น 2 แบบ ตามลักษณะของการใช้งาน คือ

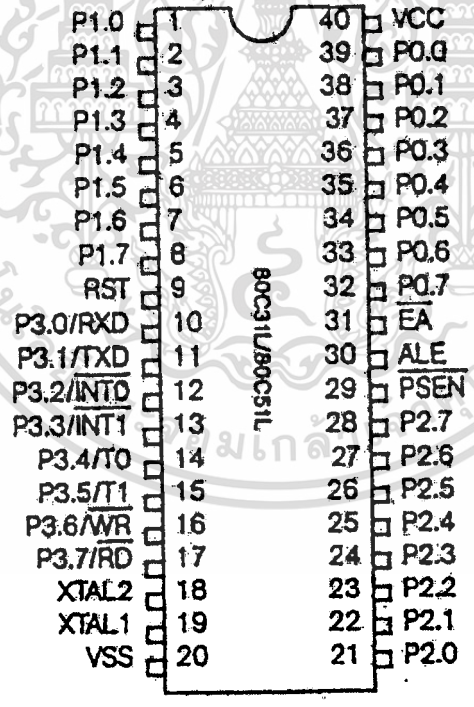
1. Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่อง ซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงาน 80851 จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัส แล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่นๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำนี้จะต้องเป็นแบบ ROM และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ จำนวนตำแหน่งสูงสุดของหน่วยความจำแบบนี้ ที่ 8051 จะใช้ได้ คือ 65, 536 ตำแหน่ง หน่วยความจำตำแหน่ง 000H ถึง 0FFFH จำนวน 4 กิโลไบท์ นั้น ผู้ใช้จะเลือกได้ว่าเป็นตำแหน่งของ ROM ที่อยู่ภายใน หรือภายนอก 8051 ถ้าต้องการให้ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ใน ROM ภายใน 8051 ให้ป้อนสัญญาณสภาวะลอจิก 1 เข้าที่ขา EA ของ 8051 แต่ถ้าต้องการให้ทำงานในโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก 8051 ให้ต่อลอจิก 0 เข้าที่ขา EA ของ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 1FFFH ถึง FFFFH จะต้องต่ออยู่ภายนอก 8051 เสมอ

2. Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ 8051 จะใช้สำหรับพักหรือเก็บข้อมูล แล้วเรียกมาใช้ใหม่ในระหว่างการทำงานของ 8051 การอ่าน หรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำ จะกระทำโดยคำสั่งที่เก็บไว้ใน Program Memory หน่วยความจำแบบนี้เป็นประเภท RAM หน่วยความจำแบบ Data Memory ของ 8051จะมีอยู่ 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่ภายใน 8051 จำนวน 128 ไบท์ ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH และอีกชุดหนึ่งจะต้องต่ออยู่ภายนอกของวงจรรวม 8051 มีได้สูงสุด 65,536 ไบท์ (64 กิโลไบท์) อยู่ที่ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH ดังแสดงในรูปที่ 2.42

8051 ที่บรรจุใน IC แบบ DIP ซึ่งมีขารวมทั้งหมด 40 ขานั้นจะใช้งานต่างๆ กันดังนี้ คือ

1. Vcc ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟ +5 โวลต์ เข้าไปเพื่อให้ IC ทำงานได้ ระดับแรงดันของลอจิก 0 และ 1 ของ 8051 จึงต่อเข้ากับอุปกรณ์ TTL ได้โดยตรง

2. Vss ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ของเหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวด์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน

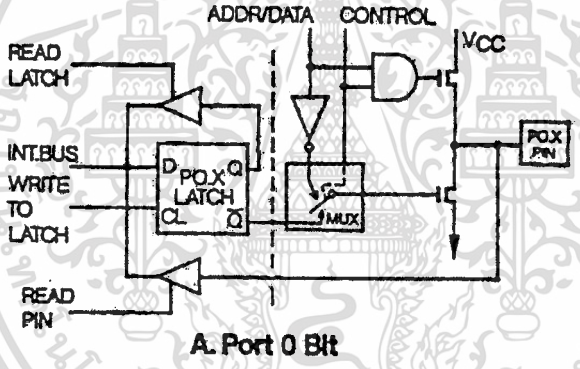


รูปที่ 2.42 แผนผังขาของ 8051 แบบ DIP

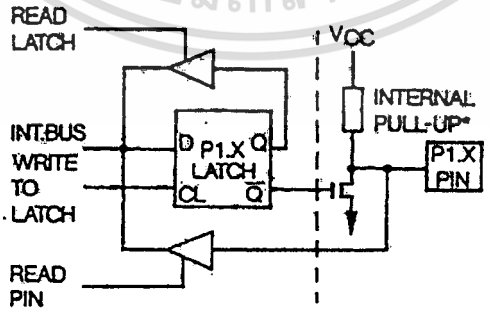
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Port 0 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต ที่ขา 32 ถึง 39 แต่ละขาจะเรียกว่า P0.0,..., P0.7 พอร์ต 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับส่งตำแหน่ง และข้อมูลกับหน่วยความจำ หรือใช้เป็นพอร์ตรับส่งข้อมูลได้ เมื่อมีคำสั่งการเขียนข้อมูลมายังพอร์ต 0 ข้อมูลจากเส้นทางข้อมูลภายในจะถูกแลตช์ ไว้ที่ D-FF โดยสัญญาณ write to latch ที่ถูกสร้างมาจากส่วน Timing and Control และในการอ่านข้อมูลจากพอร์ต 0 จะอ่านได้ 2 แบบ คือ การอ่านข้อมูลที่ส่งไปเก็บไว้ที่พอร์ต จะมีสัญญาณ read latch มา เพื่ออ่านข้อมูล จาก D-FF กลับเข้ามายังเส้นทางข้อมูลภายในการอ่านข้อมูลอีกแบบ คือ การอ่านสภาวะของสัญญาณที่เข้ามาทางพอร์ต 0 จะมีสัญญาณ read pin มาควบคุมการอ่าน

4. Port 1 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต คือ ขาP1.0 ถึง P1.7 (ขา 1-8) โครงสร้างของพอร์ต 1 แต่ละบิตมีดังรูปที่ 2.44



รูปที่ 2.43 โครงสร้างของพอร์ต 0



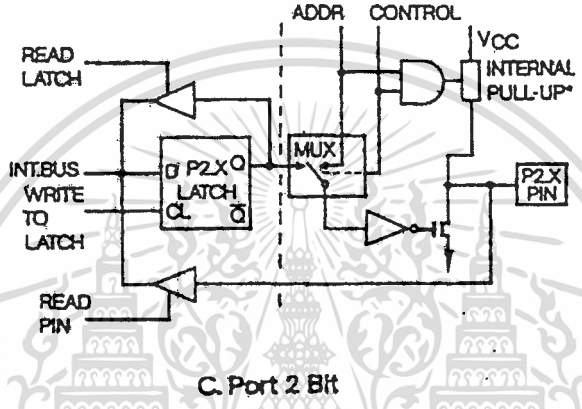
รูปที่ 2.44 โครงสร้างของพอร์ต 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

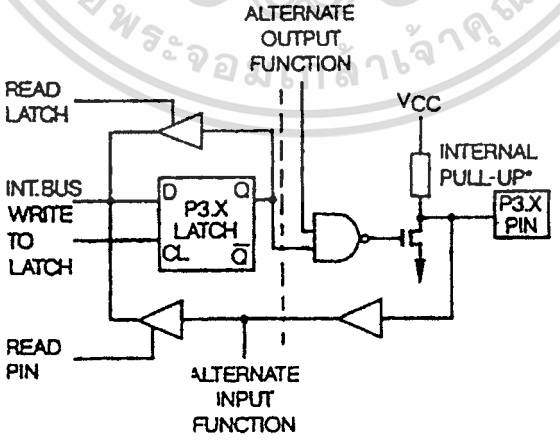
5. Port 2 พอร์ตขนานขนาด 8 บิต คือ ขา P2.0 ถึง P2.7 โครงสร้างของพอร์ต 2 แต่ละบิตจะมีดังรูปที่ 2.45 โครงสร้างเหมือนพอร์ต 0 แตกต่างที่พอร์ต 2 นั้น ภาคขับจะใช้งานเพียง 2 ลักษณะ คือ

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อ ค่าตำแหน่งนี้เป็น 8 บิตของค่าตำแหน่ง

2. ใช้เป็นพอร์ตรับ และส่งข้อมูลกับภายนอก



รูปที่ 2.45 โครงสร้างของพอร์ต 2



รูปที่ 2.46 โครงสร้างของพอร์ต 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Port 3 เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต คือ ขา P3.0 ถึง P3.7 (ขา 10-17) พอร์ตนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.46

7. RST ขารีเซตนี้จะใช้ทำการรีเซตการทำงานของ 8051 ที่ขา RST ภายใน 8051 จะมีความต้านทานต่อระหว่างขานี้กับกราวด์ ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 เข้าไปที่ขานี้ จะเป็นการรีเซ็ตการทำงานของ 8051 ดังนั้น จึงสามารถต่อตัวเก็บประจุภายนอกระหว่างขา RST กับไฟเลี้ยง +5 โวลท์ เพื่อให้เกิดการรีเซ็ต เมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งเรียกว่าการรีเซตเมื่อเปิดเครื่อง เมื่อสัญญาณที่ขา RST กลับเป็น 0 จะออกจากการรีเซต 8051 จะเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในโปรแกรม program memory ตำแหน่ง 0000H เพราะค่าของรีจีสเตอร์ PC ซึ่งใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่จะทำงานถูกเปลี่ยนให้เป็น 0000H

8. ALE Address Latch Enable ขานี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกาจากออสซิลเลเตอร์ สัญญาณนี้จะส่งออกมาตลอดเวลา สัญญาณนี้จะบอกกับอุปกรณ์ภายนอก 8051 ว่าขณะนี้สัญญาณนี้ active (เป็นลอจิก 1) จะมีการส่งข้อมูลที่เป็น 8 บิตล่างของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก 8051 ที่ต้องการติดต่อออกไปทางพอร์ต 0 อุปกรณ์ภายนอกจะใช้สัญญาณนี้ในการแลตช์ข้อมูลไว้ เพราะพอร์ต 0 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำออกมาเพียงชั่วขณะเท่านั้น ซึ่งในเวลาต่อมาพอร์ต 0 จะใช้รับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก

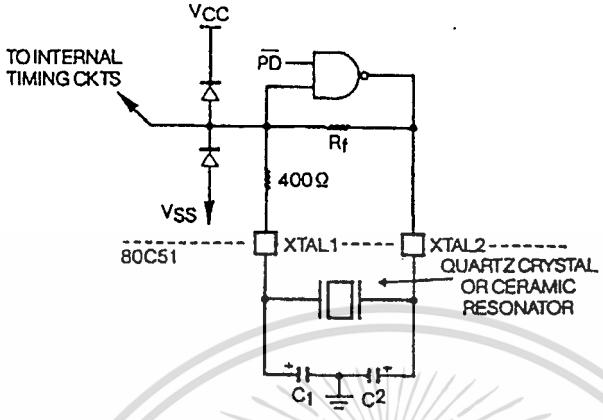
9. PSEN Program Store Enable ขานี้ปกติจะให้ลอจิก 1 แต่จะส่งลอจิก 0 เมื่อต้องการอ่านคำสั่ง ที่จะนำไปทำงานจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม ภายนอก 8051 ในกรณีที่อ่านคำสั่ง ซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายใน 8051 แล้วสัญญาณนี้จะไม่เปลี่ยนลอจิกเป็น 0

10. EA External Access เป็นขาอินพุต ที่ต่อเข้าไปยังวงจร timing and control เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ PSEN ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ขา EA นี้ แสดงว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ที่ต้องการให้ทำงานถูกเก็บไว้ภายนอก 8051 จะต้องสร้างสัญญาณ PSEN ออกไปยัง ภายนอกเพื่อทำการ FETCH คำสั่งเข้ามาทำงาน แต่ถ้าสัญญาณที่ป้อนให้ขา EA เป็น 1 หมายความว่า โปรแกรมในตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ถูกเก็บไว้ภายใน 8051 การทำงานในตำแหน่งหน่วยความจำช่วงนี้จะอ่านคำสั่งต่างๆ จาก ROM ภายใน 8051

11. XTAL1 ขานี้จะต่อเข้ากับขาของวงจรขยายแบบกลับเฟส ที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ในรูปที่ 2.47 จะเห็นวงจรภายในของออสซิลเลเตอร์ NAND gate จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสของสัญญาณ ที่จะควบคุมให้มีการออสซิเลตหรือไม่ ขึ้นอยู่กับสัญญาณ PD ซึ่งต่อมาจากบิท PD ของรีจีสเตอร์ PCON ถ้าต้องการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงานของ 8051 ให้ป้อนสัญญาณเข้ามาที่จุดนี้ แต่ถ้าต้องการใช้วงจร

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออสซิลเลเตอร์ภายในให้ต่อคริสตัล หรือเซรามิคเรโซเนเตอร์ ดังรูปที่ 2.28 คาปาซิเตอร์ในวงจรควรมีค่าประมาณ 20 pF



รูปที่ 2.47 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051

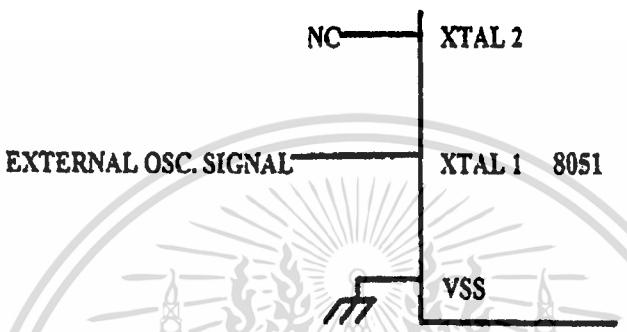
12. XTAL2 ขานี้เป็นเอาต์พุตของวงจรของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณที่ประกอบเป็นวงจร ออสซิลเลเตอร์ อินพุต คือ ขา XTAL1 ถ้าจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาของ 8051 แล้ว ให้ปล่อยขานี้ลอยไว้ แล้วป้อนสัญญาณนาฬิกาภายนอกเข้ามาที่ขา X TAL1

2.17.3 การทำงานของ 8051

เมื่อป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งมีวงจรรีเซ็ทเมื่อเปิดเครื่องต่ออยู่ จะเกิดการรีเซ็ท การทำงานภายใน 8051 จะเริ่มจากภาคโปรมแกรมการนับ ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมลงไปบนเส้นทางหมายเลข 1 เส้นทางนี้มีขนาด 16 บิต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำนี้จะถูกส่งไปเก็บไว้ที่ Program ADDR register ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะปรากฏที่บนบัส 16 บิต หมายเลข 2 ถ้าเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำแรกหลังจากรีเซ็ท ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 0000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจะเลือกได้ว่าเป็น ROM ภายใน หรือภายนอก 8051 โดยการป้อนสภาวะลอจิก 0 เข้าไปที่ขา EA จะเป็นการเลือกใช้ ROM ภายใน 8051 โดยที่วงจรไทม์มิ่งและควบคุม (timing and control) จะสร้างสัญญาณไปยัง ROM ภายใน ให้ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งจากตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยค่าตำแหน่งที่ส่งมาทางเส้นทางหมายเลข 2 ข้อมูลจาก ROM จะถูกส่งลงไปยังเส้นทางหมายเลข 3 ที่เรียกว่า เส้นทางข้อมูลภายใน แล้วนำไปเก็บไว้ที่ Instruction Register เพื่อส่งไปให้กับวงจรไทม์มิ่งและควบคุม (timing and control) ทำการถอดรหัส แล้วควบคุมการทำงานส่วนอื่น ๆ ต่อไป ในกรณีที่เลือก ROM ภายนอก 8051 โดยการป้อนสัญญาณลอจิก 1 เข้าไปที่ขา EA จะทำให้วงจรไทม์มิ่งและควบคุมส่งสัญญาณไปยังพอร์ต 0 และพอร์ต 2 เพื่อส่งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งหน่วยความจำบนเส้นทางหมายเลข 2 ออกไปชี้หน่วยความจำภายนอก จากนั้นจะอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาทางพอร์ต 0 ไปยังเส้นทางข้อมูลภายใน แล้วไปเก็บที่รีสเตอร์ IR เพื่อทำงานต่อไป เหมือนกับตอนอ่านคำสั่งจาก ROM ภายใน การทำงานในช่วงส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำไปยังหน่วยความจำแล้ว



รูปที่ 2.47 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณที่มาจากภายนอก

2.17.4 ชุดคำสั่งของ 8051

ตารางที่ 2.3 เป็นตัวอย่างชุดคำสั่งของ 8051 ส่วนที่ 1 เป็นรหัสคำสั่งช่วยจำ (Mnemonic code) ของ 8051 และส่วนที่ 2 จะเป็นคำอธิบายโดยย่อของการทำงานในแต่ละคำสั่งที่อยู่ทางซ้ายมือของคำอธิบาย ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีจะไม่นำเอาส่วนของส่วนที่ 2 มาเขียน จะมีเฉพาะส่วนที่ 1 เท่านั้น รหัสคำสั่งช่วยจะเป็นประโยคที่สามารถอ่านแล้วเข้าใจการทำงานโดยตรง ในรหัสคำสั่งจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างรหัสคำสั่งช่วยจำของ 8051

Mnemonic		Description
ADD	A, Rn	Add registic to Accumulator
SUBB	A, Rn	Subtract register from A with Borrow
INC	A	Increment Accumulator
DEC	A	Decrement Accumulator
MUL	AB	Multiply A&B
DIV	AB	Divide A by B
DA	A	Decimal Adjust Accimulator

1. รหัสดำเนินการ (Operation Code, OP-CODE) เป็นชุดคำสั่งของตัวอักษรที่บอกถึงการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ รหัสดำเนินการนี้จะเป็นคำในภาษาอังกฤษความยาว 2 ถึง 4 ตัวอักษร และคำเหล่านี้มีความหมายที่สามารถจะจำได้ง่าย เช่น MOV มีความหมายเป็นคำสั่งสำหรับการเคลื่อนย้ายข้อมูลเหมือนภาษาอังกฤษว่า MOVE

2. ตัวถูกดำเนินการ (Operand) เป็นส่วนที่ 2 ของรหัสคำสั่งช่วยจำ ในส่วนนี้จะเป็นชุดของตัวอักษรที่บอกถึงส่วนที่จะถูกดำเนินการ เช่น รหัสคำสั่งช่วยจำของ 8051 ในตารางที่ 2.3 มีคำสั่งว่า

MOV A, Rn Move register to Accumulator

จากตัวอย่าง OP-CODE เป็นสิ่งบอกการดำเนินการว่า เป็นการเคลื่อนย้ายข้อมูลและ operand เป็นตัวบอกสิ่งที่ถูกดำเนินการ คือรีจีสเตอร์ A และรีจีสเตอร์ Rn

2.18 เครื่องส่งวิทยุ

2.18.1 วงจรออสซิสเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) คือ วงจรที่จะทำให้เกิดกระแสสลับความถี่วิทยุ หรือเรียกว่าวงจรก่อกำเนิดความถี่วิทยุ เป็นวงจรอันดับต้นของเครื่องส่งวิทยุ และมีใช้อยู่ในเครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตเทอร์โรดายน์ วงจรออสซิลเลเตอร์มีหลายชนิด เช่น

1. ชนิดใช้ผลึก (Quartz Crysal) ควบคุมความถี่วิทยุ ซึ่งได้ความถี่คงที่แน่นอนดีมาก

2. ชนิดวีเอฟโอ (VFO : Variable Frequency Oscillator) ความถี่ที่ได้จะไม่คงที่แน่นอนนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชนิดสังเคราะห์ความถี่ (Frequency Synthesizer) ได้ความถี่คงที่แน่นอน ต้องใช้วงจรกรองกระแสป้องกันมิให้สัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการออกไป

2.18.2 ความกว้างของแถบคลื่นความถี่

การส่งคลื่นวิทยุเป็นพาหะอย่างเดียวจะไม่เกิดแถบคลื่นวิทยุหรือแถบข้าง จนกระทั่งมีการแปรรูปคลื่นวิทยุ จึงจะเกิดแถบคลื่นวิทยุแผ่กว้างออกไปจากความถี่วิทยุที่เป็นคลื่นพาห์ ตามแต่ละประเภทของการแปรรูปคลื่นวิทยุ เช่น

1. การแปรรูปคลื่นวิทยุทางขนาดหรือเอเอ็ม

สำหรับวิทยุโทรทัศน์ชนิดที่มีแถบข้างเป็น 2 ข้าง (Double Side Band : DSB) ถ้าเป็นวิทยุโทรทัศน์ชนิดที่มีแถบข้างเพียงข้างเดียว หรือที่เรียกว่า ซิงเกิ้ลไซแบนด์ ใช้ความเสียงไม่เกิน 3,000 เฮิรตซ์ จะมีแถบคลื่นวิทยุกว้าง 3,000 บวกกับอีก 3,000 เท่ากับ 6,000 ความถี่เสียงไม่เกิน 3,000 เฮิรตซ์ จะมีแถบคลื่นวิทยุกว้าง 3,000 เฮิรตซ์ หรือเท่ากับ 3 กิโลเฮิรตซ์

2. การแปรรูปคลื่นทางความถี่ หรือเอฟเอ็ม

สำหรับระบบวิทยุโทรศัพท์เพื่อการพาณิชย์ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3 กิโลเฮิรตซ์ จะมีแถบคลื่นกว้าง 36 กิโลเฮิรตซ์ แต่สำหรับวิทยุโทรศัพท์ในกิจการวิยุสมัครเล่นนั้น จะถูกบีบให้มีแถบคลื่นวิทยุลดลงเหลือกว้างเพียง 16 กิโลเฮิรตซ์ เท่านั้น

2.18.3 คลื่นวิทยุที่คลื่นอื่นปะปนออกไป

เครื่องส่งวิทยุที่ดีจะส่งคลื่นที่บริสุทธิ์ออกไปเป็นคลื่นพาห์ แต่เครื่องส่งวิทยุบางเครื่องจะส่งคลื่นอย่างอื่นปะปนออกไปด้วย เนื่องจากความบกพร่องของวงจรเครื่องส่ง คลื่นเหล่านี้ได้แก่

1. คลื่นฮาร์มอนิก

ซึ่งมีขนาดความถี่เป็น 2 เท่า 3 เท่า เป็นต้น ของความถี่คลื่นพาห์ ทำให้กำลังคลื่นพาห์ลดน้อยลง เพราะต้องแบ่งกำลังไปอยู่ที่คลื่นฮาร์มอนิกและไม่ให้ประโยชน์ใดในการรับฟัง คลื่นฮาร์มอนิกยังไปรบกวนเครื่องรับอื่นๆ ที่กำลังรับฟังคลื่นของสถานีอื่นซึ่งมีความถี่ตรงกับคลื่นฮาร์มอนิกนี้ด้วย

2. คลื่นพาราซิติก (Parasitic Oscillation)

มักเกิดขึ้นในวงจรขยายแรงไฟความถี่วิทยุย่านวีเอชเอฟ และเอชเอฟ มีความถี่ไม่แน่นอนปะปนแพร่ออกไปพร้อมกับคลื่นพาห์ ทำให้คลื่นมีกำลังลดลง เพราะกำลังส่วนหนึ่งต้องเสียไปในการส่งคลื่นพาราซิติกนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นที่ปะปนออกไปกับคลื่นนี้เป็นคลื่นเทียม (Spurious Transmission) เป็นตัวที่ไปรบกวนเครื่องรับอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ไปก่อกวนเครื่องรับโทรทัศน์ และเครื่องรับวิทยุ ดังนั้น เครื่องส่งวิทยุคมนาคมที่ดี จะต้องมีวงจรทำลายคลื่นฮาร์โมนิก และคลื่นเทียม หรือลดความแรงของคลื่นที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุด

2.19 เครื่องรับวิทยุ

2.19.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ

สิ่งที่แสดงประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุทุกชนิด ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ ได้แก่

1. ความไวในการรับ

ความสามารถในการรับสัญญาณวิทยุเบาๆ มีความแรงน้อยได้ เครื่องรับที่มีความไวน้อยต้องการสัญญาณวิทยุที่แรงมากๆ จึงจะทำให้ได้ยินเสียงได้

2. ความสามารถเลือกสัญญาณ

ความสามารถแยกสถานีวิทยุที่ต้องการรับฟังให้ออกมาจากกลุ่มสัญญาณของสถานีวิทยุที่อยู่ข้างเคียงได้ ทำให้เสียงรบกวนจากสถานีที่ไม่ต้องการรับฟังเบาบางลงไปมากๆ ถ้าเครื่องรับมีความสามารถเลือกรับสัญญาณดี ทำให้การเลือกรับสัญญาณที่ต้องการได้ง่าย และถูกต้องแม่นยำ

3. ความชัดเจนของสัญญาณเสียง

ความสามารถที่ทำให้เสียงที่รับฟังได้จากเครื่องรับวิทยุชัดเจน คล้ายคลึงเสียงที่มาจากต้นทางมากที่สุดในการรับฟังวิทยุโทรทัศน์เพราะวิทยุกระจายเสียง และวิทยุโทรทัศน์ มีทั้งเสียงพูดและเสียงดนตรี มีย่านความถี่เสียงกว้างกว่าที่ใช้ในงานวิทยุโทรศัพท์มาก

4. ความมีเสถียรภาพดี

ความสามารถทำให้สัญญาณวิทยุปรับนิ่งอยู่ตรงความถี่วิทยุที่รับฟังได้ตลอดเวลา เรื่องรับวิทยุบางแบบหรือบางเครื่อง โดยเฉพาะเครื่องรับวิทยุใช้หลอด เมื่อปรับให้รับคลื่นของสถานีวิทยุแห่งหนึ่งได้แล้ว จะได้ยินเสียงดังที่สุดอยู่ช่วงเวลาหนึ่งแล้วเสียงจะเบาลงไป เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องรับทำให้ค่าของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ค่าคาปาซิเตอร์หรือค่าอินดัคเตอร์ที่เปลี่ยนไป ทำให้ความถี่เรโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นคลาดเคลื่อนไป หรือเหลื่อมไปจากความถี่วิทยุส่งมาจึงต้องปรับแต่งเครื่องรับให้ได้ความถี่ตรงกับความถี่ที่ส่งมาอีกครั้ง เสียงจึงจะดังขึ้นเท่าเดิม เครื่องรับชนิดใช้ทรานซิสเตอร์จะมีเสถียรภาพดีกว่าเครื่องรับชนิดหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19.2 ดีเทคเตอร์

วงจรสำคัญที่เครื่องรับวิทยุจะขาดเสียไม่ได้คือ วงจรดีเทคเตอร์ (Detector) เพราะดีเทคเตอร์เป็นตัวแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณวิทยุ

ในระบบการแปรรูปคลื่นวิทยุทางขนาด หรือเอเอ็ม ใช้หลอดไดโอด หรือสิ่งที่ทำงานได้อย่างหลอดไดโอด เช่น แร่เยอรมันเนียม หรือแร่ซิลิกอน ในสมัยเริ่มแรกที่มีวิทยุกระจายเสียงเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงมีดีเทคแบบง่ายๆ เป็นกาลินา หรือแร่ซิลิกอน เรียกว่า เครื่องแร่ ต่อมาดีเทคเตอร์จึงเป็นหลอดไดโอด และเป็นทรานซิสเตอร์ มีชื่อเรียกว่าต่างๆ กันตามหน้าที่การทำงาน เช่น ไดโอดดีเทคเตอร์, รีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์, เพลทแทคเตอร์ และโปรดัคดีเทคเตอร์ เป็นต้น ส่วนการแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่ หรือเอฟเอ็มดีเทคเตอร์ เรียกว่าดิสคริมิเนเตอร์ (Frequency Discriminator) ต่อมามีเรโชดีเทคเตอร์ (Ratio Detector) ซึ่งเรียกดีเทคเตอร์ว่า ดีมอดูเลเตอร์ เพื่อให้หมายถึงสิ่งที่ทำหน้าที่กลับกันกับมอดูเลเตอร์

2.19.3 ระบบการรับคลื่นวิทยุ

เครื่องรับวิทยุแบบง่ายที่สุด คือ เครื่องแร่ มีดีเทคเตอร์เป็นก้อนแร่กับเข็มจิ้มแร่ และใช้หูฟังเป็นเครื่องเปลี่ยนความถี่เสียงเป็นคลื่นเสียง เครื่องแร่ใช้รับวิทยุกระจายเสียง และเครื่องรับวิทยุโทรศัพท์ระบบเอเอ็ม กับวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดมีเสียงได้ แต่รับวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดไม่มีเสียงไม่ได้

เครื่องรับวิทยุชนิดหลอดแบบง่ายที่มีใช้ทั่วไป คือ แบบที่ใช้ดีเทคเตอร์แบบรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative Detector) เพียงหลอดเดียว ใช้รับวิทยุกระจายเสียง, วิทยุโทศัพท์, วิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดมีเสียง และวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดไม่มีเสียงได้

การรับสัญญาณวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดไม่มีเสียง ใช้วิธีปรับแต่งวงจรป้อนกำลังให้ดีเทคเตอร์เกิดการออสซิลเลต เป็นความถี่เกือบเท่าความถี่วิทยุที่ฟังให้ผลต่างของความถี่ทั้งสองที่มากระทบกันเป็นความถี่เสียงประมาณ 500-1,000 เฮิรตซ์ เช่น เมื่อรับฟังความถี่ 14,000 กิโลเฮิรตซ์แล้ว จะได้ยินเสียงกระทบกัน ความถี่ 500 เฮิรตซ์

ถ้าลดการป้อนกำลังกลับให้น้อยลงจนไม่เกิดการออสซิลเลต ดีเทคเตอร์จะอยู่ในสภาวะรีเจนเนอเรต (Regenerate) คือ เป็นรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ มีความไวในการรับฟังมากขึ้น รับสัญญาณวิทยุโทรเลขชนิดมีเสียง, วิทยุโทศัพท์ และวิทยุกระจายเสียงได้ความแรงสูงมากเครื่องรับวิทยุแบบปรับเปลี่ยนความถี่วิทยุ มีหลอดขยายแรงไฟความถี่วิทยุเป็นต้น ทำหน้าที่ปรับความถี่วิทยุของวงจรขาเข้าให้ได้เท่ากับความถี่วิทยุที่รับฟังแล้ว จึงส่งแรงไปที่ขยายแล้วไปเข้าหลอดรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ เมื่อได้แรงไฟความถี่เสียงออกจากหลอดดีเทคเตอร์แล้ว จึงส่งเข้าหลอดขยายไฟความถี่เสียง และส่งกระแสสลับความถี่เสียงเข้าหูฟัง หรือลำโพงเสียงเป็นอันดับสุดท้าย

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตเทอร์โรดายน์มีหลักการทำงานที่สำคัญ คือ ใช้วิธีเปลี่ยนความถี่วิทยุที่รับเข้ามาให้เป็นความถี่กลางเสียก่อน เพื่อขยายความแรงให้มากขึ้น แล้วจึงส่งเข้าวงจรดีเทคเตอร์เพื่อแยกเอาความถี่เสียงออกมา

ภาคแรกของเครื่องรับวิทยุเป็นภาคขยายแรงไฟความถี่วิทยุที่รับมาจากสายอากาศ แล้วจึงส่งเข้าภาคผสมความถี่ หรือภาคเปลี่ยนความถี่ โดยมีวงจรทำให้เกิดความถี่วิทยุภายในเครื่องรับ แล้วส่งความถี่วิทยุที่ทำให้เกิดขึ้นนี้เข้าไปผสมกับความถี่วิทยุที่รับเข้ามา ทำให้เกิดผลต่างเป็นจำนวนเท่ากับ 455 หรือ 465 กิโลเฮิรตซ์ หลังจากนั้น จึงส่งความถี่เข้าภาคขยายแรงไฟ ซึ่งมีตอนเดียว หรือสองตอน แล้วส่งผลที่ได้ไปเข้าวงจรไดโอดดีเทคเตอร์ เพื่อแยกความถี่เสียงออกจากความถี่ไอเอฟและส่งความถี่เข้าภาคขยายแรงไฟความถี่เสียงต่อไป

การที่มีภาคขยายแรงไฟความถี่วิทยุจะทำให้เครื่องรับมีความไวสูง การเปลี่ยนความถี่วิทยุเป็นความถี่ไอเอฟ ซึ่งเป็นความถี่ขนาดต่ำลงมา ทำให้เครื่องรับสามารถเลือกสัญญาณได้ดี ลดการรบกวนจากสถานีข้างเคียงลงได้มากขึ้น และยังช่วยขยายแรงไฟความถี่ไอเอฟได้แรงกว่าที่จะขยายความถี่วิทยุ ดังนั้น เครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตเทอร์โรดายน์ จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องรับแบบอื่นๆ ทั้งหมด

แม้เครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตเทอร์โรดายน์มีมา 50 ปีแล้ว แต่ยังเป็นเครื่องรับที่ทันสมัย ปัจจุบันมีการดัดแปลงวงจรแต่ละภาค เพื่อให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น ใช้วิธีการแปลงความถี่ 2 ครั้ง ครั้งแรก เปลี่ยนความถี่จากความถี่วิทยุที่รับเข้ามาให้เป็นความถี่ไอเอฟขนาดความถี่ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ ก่อน เมื่อผ่านภาคขยายแล้วจึงเปลี่ยนความถี่ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ เป็นไอเอฟ 465 กิโลเฮิรตซ์ อีกครั้งหนึ่งในภายหลัง ซึ่งวิธีนี้ เรียกว่า ดับเบิ้ล หรือมัลติคอนเวอร์ชันซุปเปอร์เฮดเทอร์โรดายน์

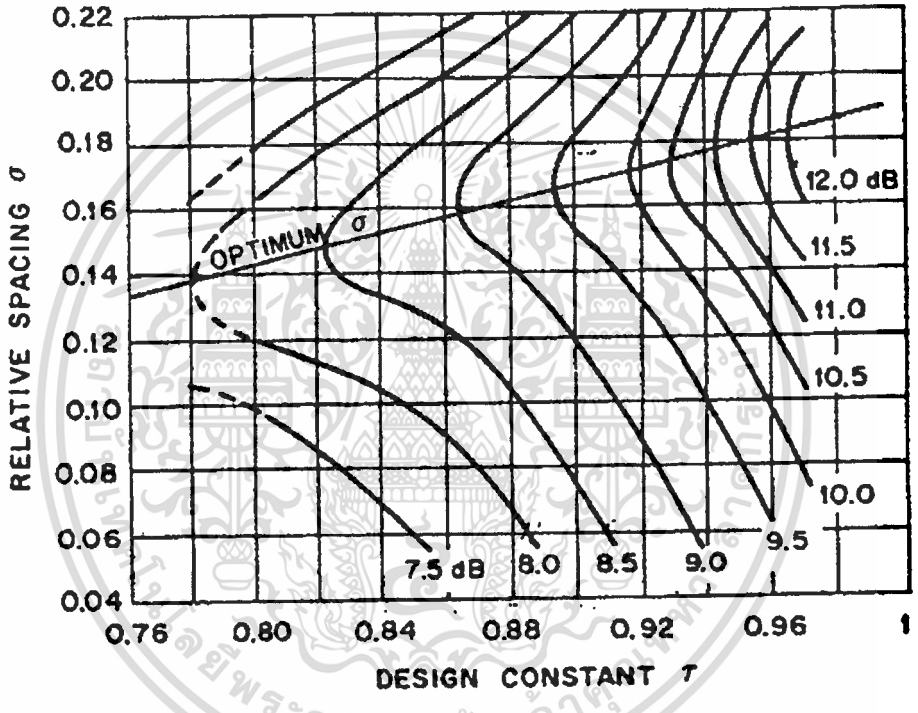
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 การออกแบบสายอากาศ

3.1.1 สายอากาศแบบล็อกพลิโอดิก



รูปที่ 3.1 กราฟการออกแบบสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิกไดโพล

จากรูปที่ 3.1. จะนำมาออกแบบสายอากาศแบบล็อกพลิโอดิก (Log-Periodic Antenna) ซึ่งจะใช้ความถี่ 422 เมกะเฮิรตซ์ จากรูปที่ 3.1 จะเริ่มการออกแบบโดยจะกำหนดค่าโดยให้ค่าที่ได้อยู่บนเส้น Optimum σ เพื่อเพิ่มค่าความแน่นอนของสายอากาศ กำหนดσ = 0.173 และ τ = 0.93 แล้วค่ามุม α จากสูตร

$$\alpha = \frac{2\tan^{-1}(1-\tau)}{4\sigma} \tag{3.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าจากสมการที่ 3.1

$$\alpha = \frac{2\tan^{-1}(1-0.93)}{4(0.173)}$$

$$= \quad 11.5^{\circ}$$

แล้วนำความถี่ที่กำหนดไว้มาหาความยาวคลื่น

$$\lambda = v / f$$

แทนค่าจากสมการ

$$\lambda = (2.998 \times 10^{8}) / (422 \times 10^{6})$$

$$\lambda = 71 \text{ เซนติเมตร}$$

หาความยาวของไดโพลแต่ละตัวซึ่งกำหนดไว้ 5 ตัว

$L1 = 0.5\,\lambda = 0.5 \times 71$ เซนติเมตร

$= 35.5$ เซนติเมตร

$L2 = \tau\, L1 = 0.93 \times 35.5$ เซนติเมตร

$= 33$ เซนติเมตร

$L3 = \tau\, L2 = 0.93 \times 33$ เซนติเมตร

$= 30.7$ เซนติเมตร

$L4 = \tau\, L3 = 0.93 \times 30.7$ เซนติเมตร

$= 28.5$ เซนติเมตร

$L5 = \tau\, L4 = 0.93 \times 28.5$ เซนติเมตร

$= 26.5$ เซนติเมตร

หาระยะห่างของแต่ละไดโพล

$$dn = 2\sigma\, Ln$$

$$dn = 2\,(0.173)\, Ln = 3.46Ln$$

$d1 = 0.346L1 = 0.346 \times 35.5$ เซนติเมตร

$=12.3$ เซนติเมตร

$d2 = 0.346L2 = 0.346 \times 33$ เซนติเมตร

$= 11.5$ เซนติเมตร

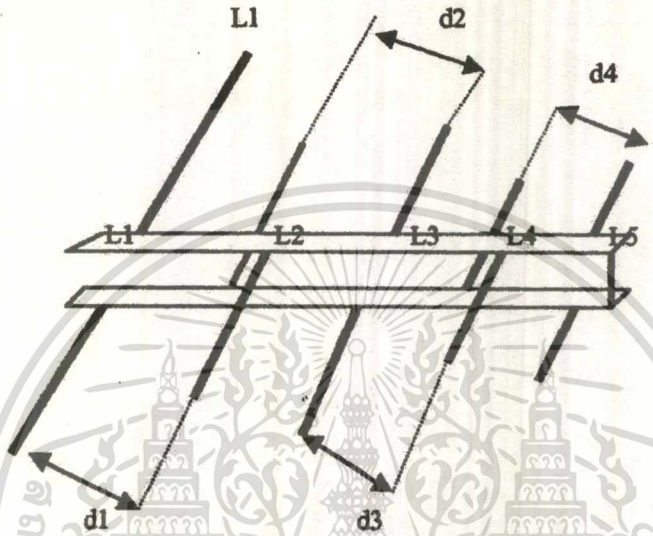
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d3 = 0.346L3 = 0.346 x 30.7 เซนติเมตร

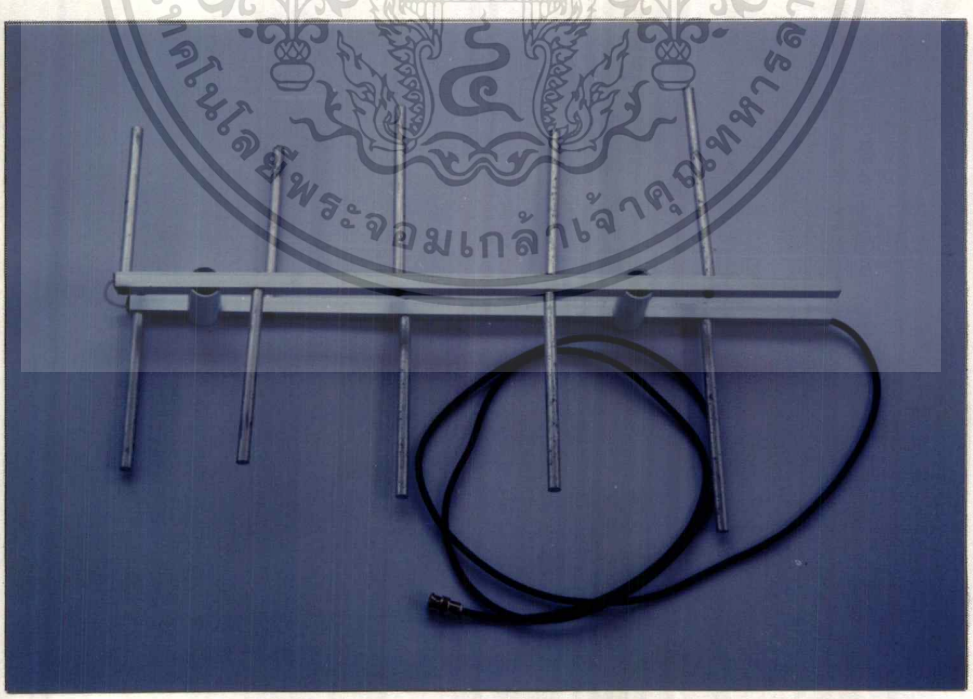
= 10.6 เซนติเมตร

d4 = 0.346L4 = 0.346 x 28.5 เซนติเมตร

= 9.86 เซนติเมตร



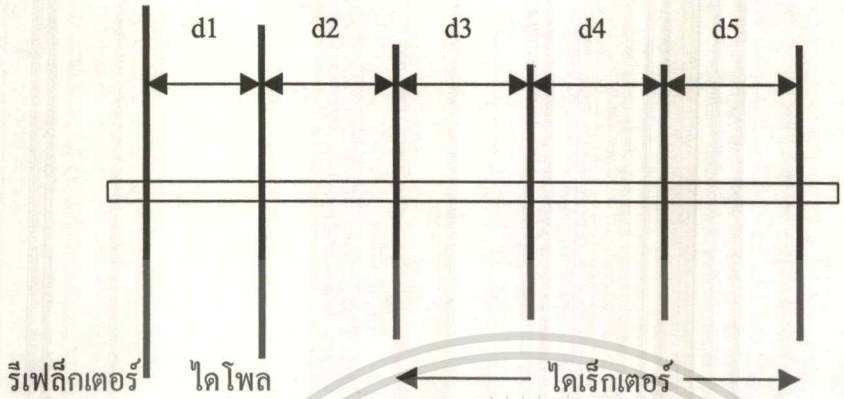
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งความยาวและความห่างของการออกแบบสายอากาศล็อกพลิโอดิก



รูปที่ 3.3 สายอากาศล็อกพลิโอดิกจริงที่ได้จากการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบสายอากาศแบบยากิ



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งส่วนประกอบของสายอากาศแบบยากิ

จากรูปที่ 3.5 เพื่อหาค่าของแต่ละอีลีเมนต์ ดังขั้นตอนการออกแบบต่อไปนี้

1. เลือกว่าจะใช้อัตราขยายเท่าไร โดยดูจากรูปที่ 3.4 แล้วดูว่าที่อัตราขยายที่ต้องการนั้นต้องใช้ความยาวบูมเท่าไรสำหรับย่านความถี่ที่ต้องการใช้งาน ถ้าคิดยาวเกินไป ต้องยอมลดอัตราขยายลง เพื่อให้ความยาวของบูมสั้นลง

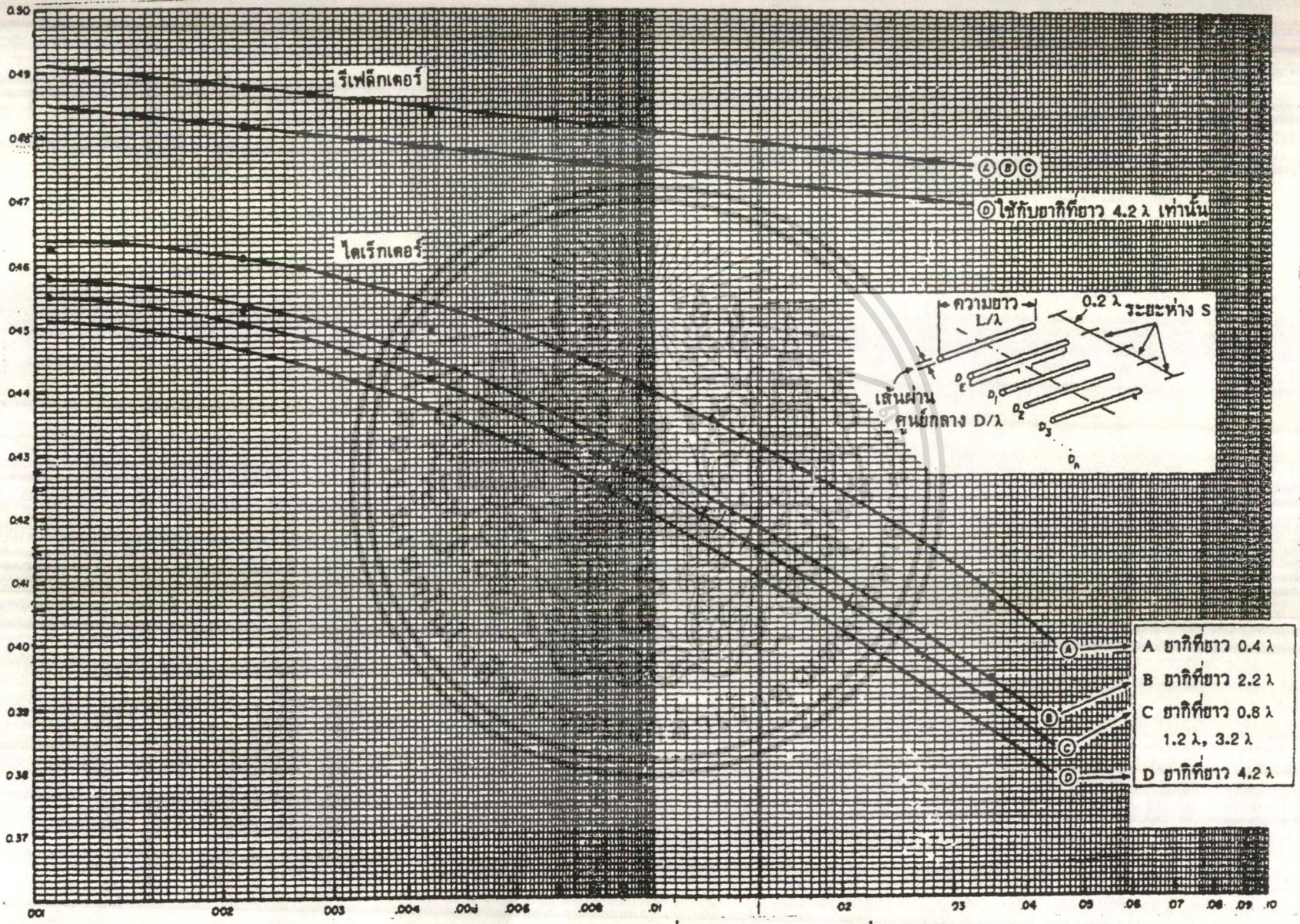
2. เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอีลีเมนต์ว่าจะเอาค่าใดจาก 0.001λ ถึง 0.04λ (เพื่อให้สามารถใช้กราฟในรูปที่ 3.4 ได้) ขนาดที่เลือกนี้ควรแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักของตัวมันเองได้โดยไม่โก่งงอ ยิ่งอีลีเมนต์ใหญ่ขึ้น ยิ่งทำให้แถบความถี่ใช้งานของสายอากาศกว้างขึ้น

3. เลือกขนาดของบูมว่าจะใช้เส้นผ่านศูนย์กลางเท่าไร โดยพิจารณาว่าจะต้องแข็งแรงเพียงพอสำหรับความยาวของบูมที่ต้องการ และกำหนดวิธียึดอีลีเมนต์ด้วยว่า จะยึดลอยเหนือบูมโดยใช้ฉนวนคั่นระหว่างอีลีเมนต์และบูม หรือจะยึดทะลุสอดผ่านเส้นผ่านศูนย์กลางของบูม

4. หาความยาวจริงของไดเร็กเตอร์ และรีเฟล็กเตอร์สำหรับค่า d/λ ที่ใช้จากกราฟในรูปที่ 3.4 โดยใช้เส้นกราฟสำหรับความยาวของบูมนั้น ค่าที่อ่านค่าได้โดยตรงเลย คือ ความยาวของรีเฟล็กเตอร์ และไดเร็กเตอร์ตัวที่ 1 (D1) ส่วนไดเร็กเตอร์ตัวอื่นๆ ต้องใช้วิธีเทียบระยะห่างบนกราฟที่ห่างจากตำแหน่งที่เส้น d/λ นั้นๆ ตัดกับเส้นกราฟ ให้ห่างเท่ากับที่ตำแหน่งที่เส้น 0.0085 λ ตัดกับเส้นกราฟห่างจากแต่ละไดเร็กเตอร์ (ดูจากตารางที่ 2) บนเส้นกราฟ แล้วเทียบว่าเท่ากับความยาวใด

5. ในกรณีที่ยึดอีลีเมนต์ผ่านกลางบูมโดยสัมผัสทางไฟฟ้า ให้เพิ่มความยาวของทุกอีลีเมนต์โดยใช้กราฟในรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของอิลิเมนต์กับเส้นผ่านศูนย์กลาง

เส้นผ่านศูนย์กลางของอิลิเมนต์เมื่อเทียบกับความยาวคลื่น (d/λ)

เมื่อ λ = 71 เซนติเมตร จะได้

รีเฟล็กเตอร์ยาว = $0.481\lambda = 0.481 \times 71$ เซนติเมตร

= 34.192 เซนติเมตร

ไดโพลยาว = $0466\lambda = 0.466 \times 71$ เซนติเมตร

= 33.128 เซนติเมตร

ไดเร็กเตอร์ตัวที่ 1 = $0.4275\lambda = 0.4275 \times 71$ เซนติเมตร

= 30.39 เซนติเมตร

ไดเร็กเตอร์ตัวที่ 2 = $0.4185\lambda = 0.4185 \times 71$ เซนติเมตร

= 29.75 เซนติเมตร

ไดเร็กเตอร์ตัวที่ 3 = $0.4185\lambda = 0.4185 \times 71$ เซนติเมตร

= 29.75 เซนติเมตร

ไดเร็กเตอร์ตัวที่ 4 = $0.4275\lambda = 0.4275 \times 71$ เซนติเมตร

= 30.39 เซนติเมตร

ระยะห่างแต่ละอีลีเมนต์

ระยะห่างระหว่างไดโพลกับรีเฟลกเตอร์

$d1 = 0.2\lambda = 0.2 \times 71$ เซนติเมตร

=14.22 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างไดโพลกับไดเร็กเตอร์และระยะห่างระหว่างไดเร็กเตอร์กับไดเร็กเตอร์

$d2 = d3 = d4 = d5 = 0.25\lambda = 0.25 \times 71$ เซนติเมตร

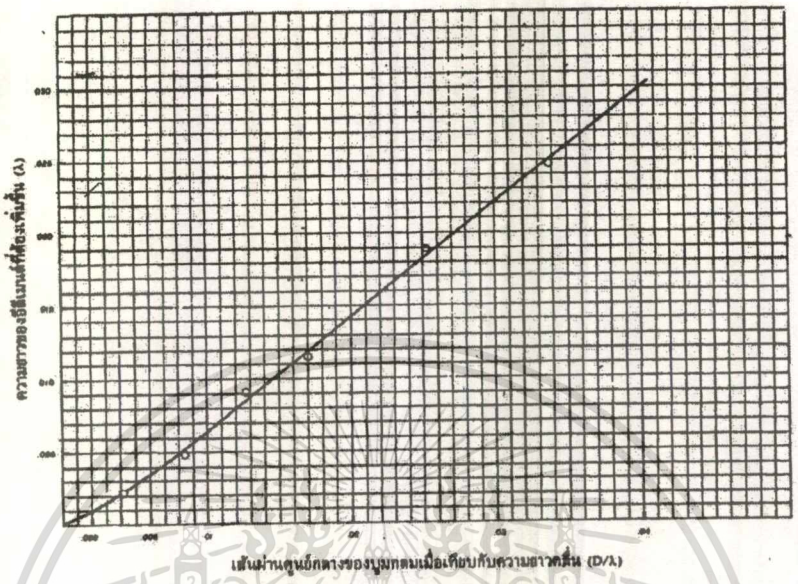
= 17.77 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ความยาวที่เหมาะสมของแต่ละอีลีเมนต์สำหรับสายอากาศยากิที่มีความยาวของบูมต่างกัน 6 ขนาด และเส้นผ่านศูนย์กลางของทุกอีลีเมนต์เป็น 0.0085λ

ความยาวของบูม (λ)	0.4	0.8	1.2	2.2	3.2	4.2
จำนวนอีลีเมนท์ทั้งหมด	3	5	6	12	17	25
ความยาวของรีแฟลกเตอร์ (λ)	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.475
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 1 (λ)	0.442	0.428	0.428	0.432	0.428	0.424
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 2 (λ)	-	0.424	0.420	0.415	0.420	0.424
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 3 (λ)	-	0.428	0.420	0.407	0.407	0.420
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 4 (λ)	-	-	0.428	0.398	0.398	0.407
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 5 (λ)	-	-	-	0.390	0.394	0.403
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 6 (λ)	-	-	-	0.390	0.390	0.398
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 7 (λ)	-	-	-	0.390	0.386	0.394
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 8 (λ)	-	-	-	0.390	0.386	0.390
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 9 (λ)	-	-	-	0.398	0.386	0.390
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 10 (λ)	-	-	-	0.407	0.386	0.390
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 11 (λ)	-	-	-	-	0386	0.390
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 12 (λ)	-	-	-	-	0.386	0.390
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 13 (λ)	-	-	-	-	0.386	0.390
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 14 (λ)	-	-	-	-	0.386	-
ความยาวของไดเร็กเตอร์ที่ 15 (λ)	-	-	-	-	0.386	-
ระยะห่างระหว่างไดเร็กเตอร์ (λ)	0.20	0.20	0.25	0.20	0.20	0.308
อัตราขยาย	7.10	9.20	10.20	12.25	13.40	14.20
ตำแหน่งเส้นกราฟ	A	C	C	B	C	D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความยาวของอีลีเมนต์ที่ต้องเพิ่มขึ้น เมื่อไดโพลอีลีเมนต์ทะลุผ่านเส้นผ่านศูนย์กลางของบูมกลม โดยสัมผัสทางไฟฟ้ากับบูมด้วย

รูปที่ 3.7 สายอากาศยากิจริงที่ได้จากการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 สายอากาศแบบกราวด์เพลน

มี 2 ลักษณะดังรูปที่ 3.8 ถึง 3.11

แบบที่ 1 กราวด์เพลนที่มีลักษณะเป็นวงกลมจะมีส่วนประกอบตัวต่อที่แยกกราวด์กับไดโพลจะใช้ SO-239 ไดโพลจะมีความยาว $\lambda/4$ และเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นกราวด์ซึ่งเป็นแผ่นสแตนเลสมีความยาว $\lambda/2$

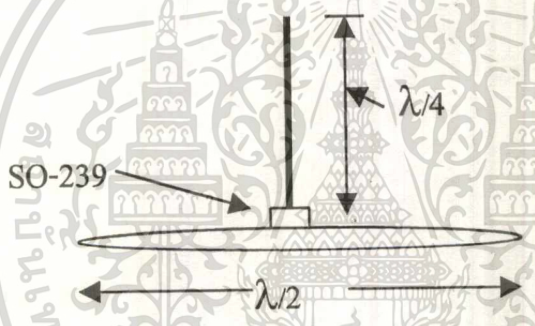
เมื่อ λ = 71 เซนติเมตร จะได้

ความยาวของไดโพล = $\lambda/4$ = 0.25 x 71 เซนติเมตร

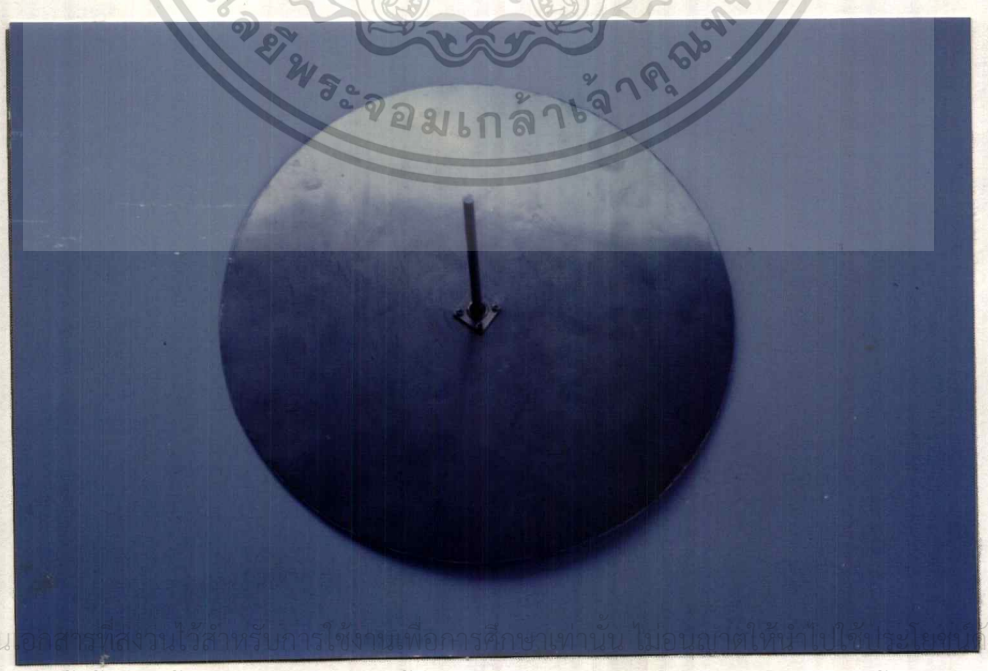
= 17.75 เซนติเมตร

ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางกราวด์เพลน = $\lambda/2$ = 0.5 x 71 เซนติเมตร

= 35.5 เซนติเมตร



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งการออกแบบสายอากาศแบบกราวด์เพลน



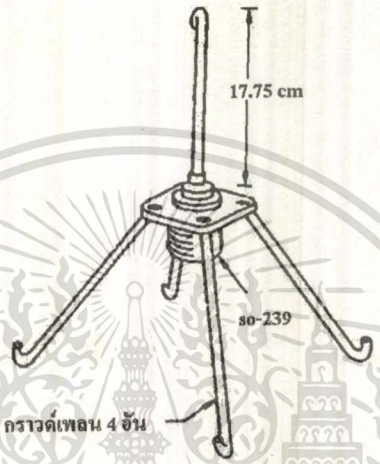
รูปที่ 3.9 สายอากาศแบบกราวด์เพลนจริงที่ได้จากการออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 2 เป็นกราวด์เพลนที่มีลักษณะดังรูปที่ 3.10 กราวด์เพลนทั้ง 4 อันจะตั้งทำมุมกับระดับพื้นที่ตั้งอยู่ 45 องศา จะมีส่วนประกอบตัวต่อที่แยกกราวด์กับไดโพลจะใช้ SO-239 ซึ่งทั้งกราวด์เพลนและตัวไดโพลจะมีความยาวเท่ากัน คือ $\lambda/4$ ของความยาวคลื่น

ความยาวของไดโพลและกราวด์เพลน = $\lambda/4$ = 0.25 x 71 เซนติเมตร

= 17.75 เซนติเมตร



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งการออกแบบสายอากาศกราวด์เพลน

รูปที่ 3.11 สายอากาศกราวด์เพลนจริงที่ได้จากการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 สายอากาศแบบไดโพล (Dipole Antenna)

สายอากาศแบบไดโพลจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.12 จะมีส่วนประกอบ คือ ความยาวของไดโพลเท่ากับ $\lambda/4$

ความยาวของไดโพล = $\lambda/2$ = 0.5 * 71 เซนติเมตร

= 35.5 เซนติเมตร

รูปที่ 3.12 ตำแหน่งการออกแบบสายอากาศแบบไดโพล

รูปที่ 3.13 สายอากาศแบบไดโพลจริงที่ได้จากการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 สายอากาศแบบพาราซิติก

สายอากาศแบบพาราซิติกดังรูปที่ 3.14 และ 3.15 จะมีลักษณะเหมือนสายอากาศแบบยากิ แต่จะประกอบด้วยรีเฟลกเตอร์ ไดโพล และไดเร็กเตอร์อีก 1 ตัว แต่รีเฟลกเตอร์กับไดเร็กเตอร์จะสลับกันใช้งาน การออกแบบเหมือนกับการออกแบบสายอากาศแบบยากิ

เมื่อ λ = 71 เซนติเมตร จะได้

รีเฟล็กเตอร์ยาว = $0.481\lambda = 0.481 \times 71$ เซนติเมตร

= 34.192 เซนติเมตร

ไดโพลยาว = $0466\lambda = 0.466 \times 71$ เซนติเมตร

= 33.128 เซนติเมตร

ไดเร็กเตอร์ตัวที่ 1 = $0.4275\lambda = 0.4275 \times 71$ เซนติเมตร

= 30.39 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างไดโพลกับรีเฟลกเตอร์

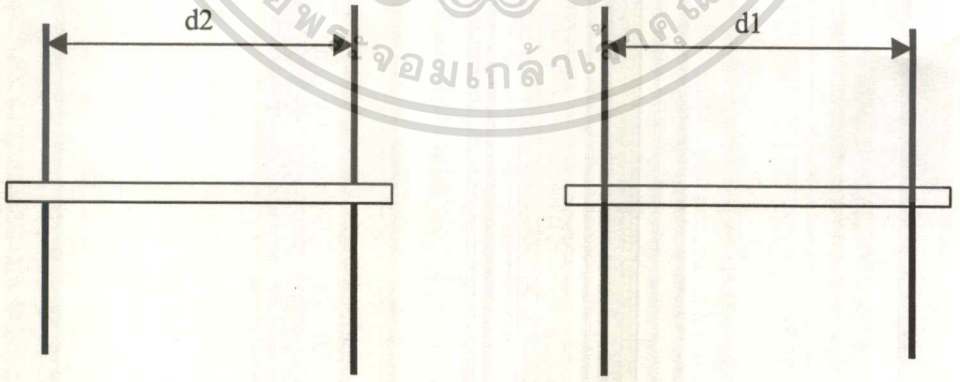
$d1 = 0.2\lambda = 0.2 \times 71$ เซนติเมตร

=14.22 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างไดโพลกับไดเร็กเตอร์

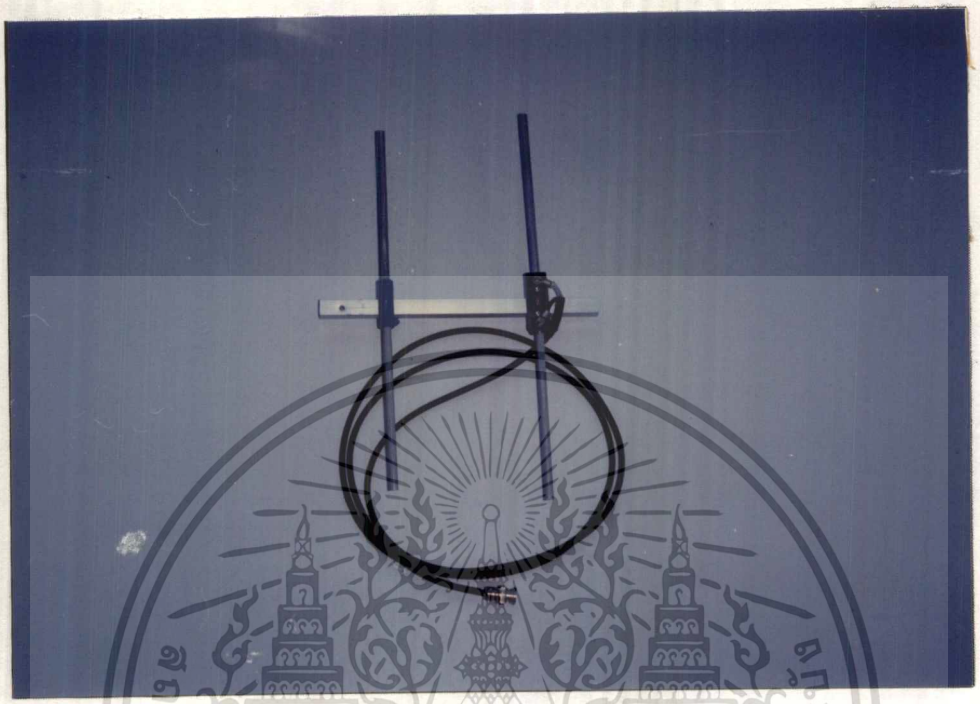
$d2 = 0.25\lambda = 0.25 * 71$ เซนติเมตร

= 17.77 เซนติเมตร

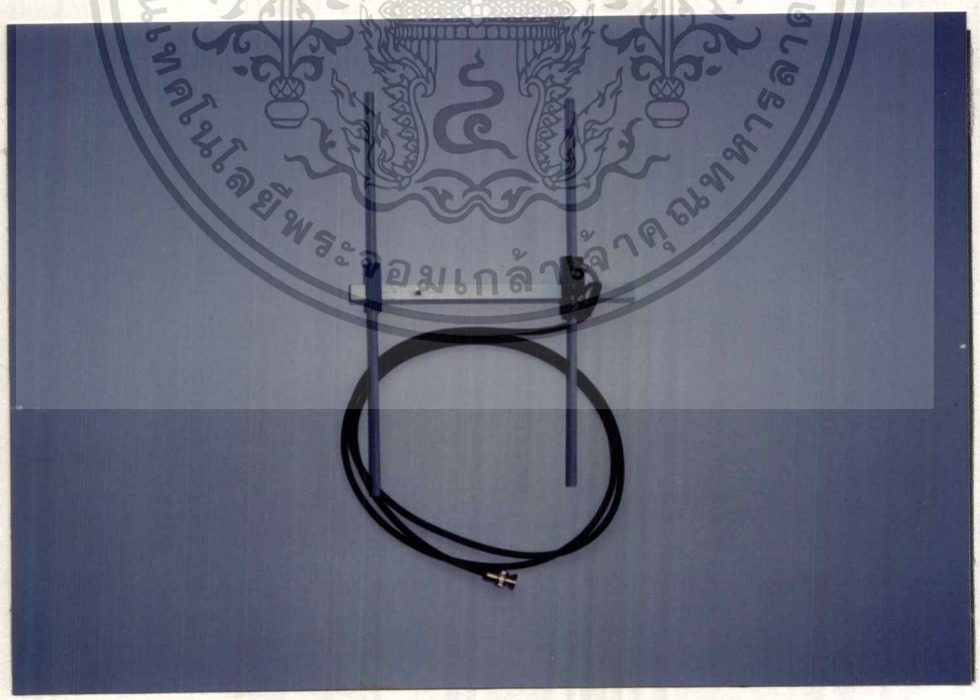


รูปที่ 3.14 ตำแหน่งการออกแบบสายอากาศแบบพาราซิติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 สายอากาศแบบพาราซิติกจริงที่ได้จากการออกแบบ



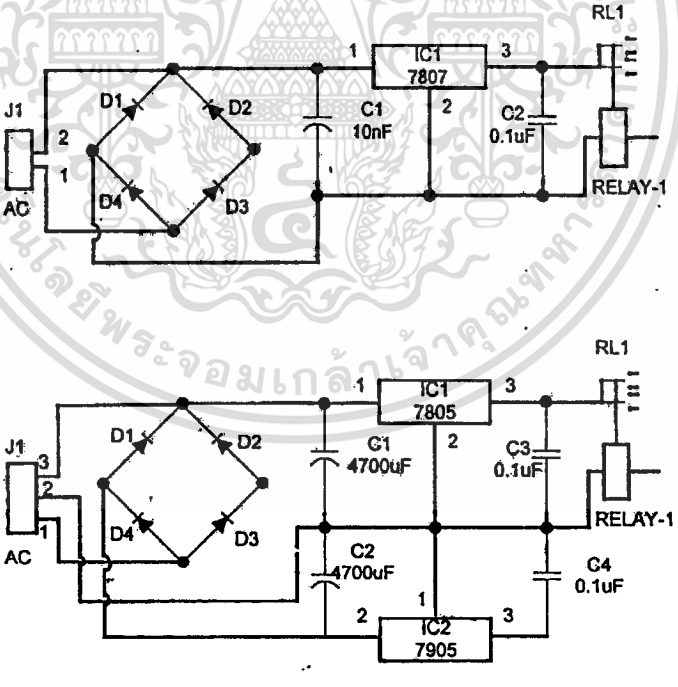
รูปที่ 3.16 สายอากาศแบบพาราซิติกจริงที่ได้จากการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แหล่งจ่ายแรงดัน

การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกำลัง ที่ทำหน้าที่จ่ายแรงดันให้กับวงจรส่วนต่างๆ ของเครื่องชุดปฏิบัติการสายอากาศย่านยูเอชเอฟ การออกแบบตามวงจรตามรูปที่ 3.17

ทางด้านขดลวดปฐมภูมิใช้อินพุตแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ และแรงดันออกจากหม้อแปลงทางด้านขดลวดทุติยภูมิเป็นแรงดันไฟสลับ 9 โวลต์ และ 6โวลต์ แล้วผ่านวงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805, 7807 และ 7905 สำหรับรูปวงจรที่ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ 2 ตัว คือ 7805 และ 7905 เพื่อให้ได้แรงดัน +5 โวลต์ และ -5 โวลต์ สำหรับแรงดัน +7 โวลต์ ป้อนให้กับวิทยุทั้งทางเครื่องส่งกับเครื่องรับ สำหรับแรงดัน +5 โวลต์ ที่ได้จะป้อนให้กับวงจรที่ใช้ขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นแผงควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยใช้ MCS-51 ป้อนแผงขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ และตัวสเต็ปเปอร์มอเตอร์

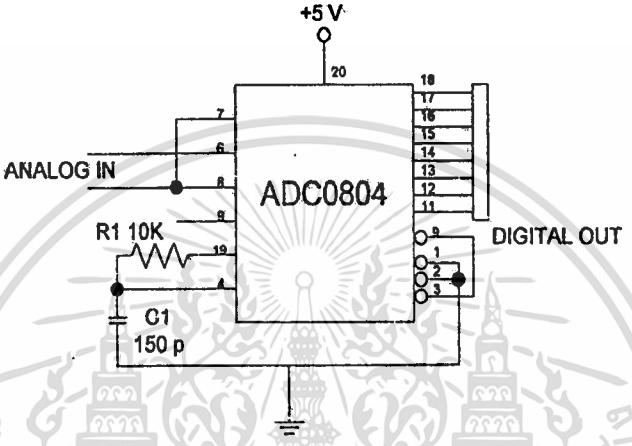


รูปที่ 3.17 วงจรแหล่งจ่ายกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ในการออกแบบวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล สำหรับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ใช้ไอซี ADC0804 โดยในทางอินพุตจะรับสัญญาณเป็นสัญญาณแอนะลอกเข้ามา ซึ่งค่าที่รับเป็นระดับแรงดันที่ได้จากการรับสัญญาณความถี่ของวิทยุ ส่วนในทางเอาท์พุตจะต่อกับอินเตอร์เฟสของคอมพิวเตอร์เพื่อรับค่าดิจิตอลที่ได้นำไปแสดงผลที่หน้าจอของคอมพิวเตอร์

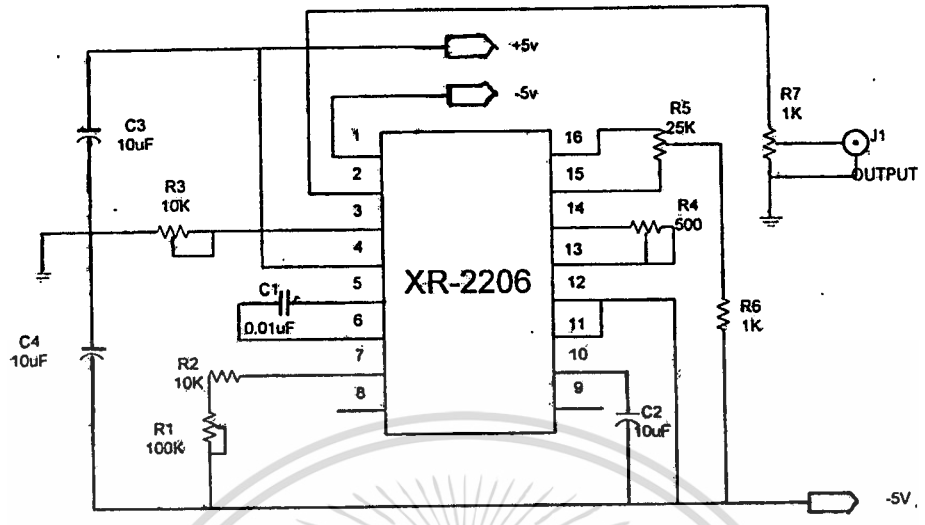


รูปที่ 3.18 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

3.4 วงจรผลิตคลื่นรูปไซน์

ในการออกแบบวงจรผลิตคลื่นรูปไซน์เป็นวงจรสำหรับการผลิตคลื่นรูปไซน์ที่มีช่วงกว้าง จากรูปที่ 3.19 วงจรผลิตคลื่นรูปไซน์ จะใช้ไอซีเบอร์ XR-2206 ที่ความถี่จะอยู่ในช่วง 10 Hz ถึง 100 kHz ขึ้นอยู่กับการปรับ R1 กับ C1 ถ้า C1 มีค่า 1 uF จะได้ความถี่ในช่วง 10 Hz ถึง100 Hz ถ้า C1 มีค่า 0.001 uF จากวงจรจะปรับค่า R1 และ C1 ได้ความถี่ 1 kHz ป้อนให้กับเครื่องส่งวิทยุ รวมกับความถี่เสียงที่ส่งออกไปยังเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

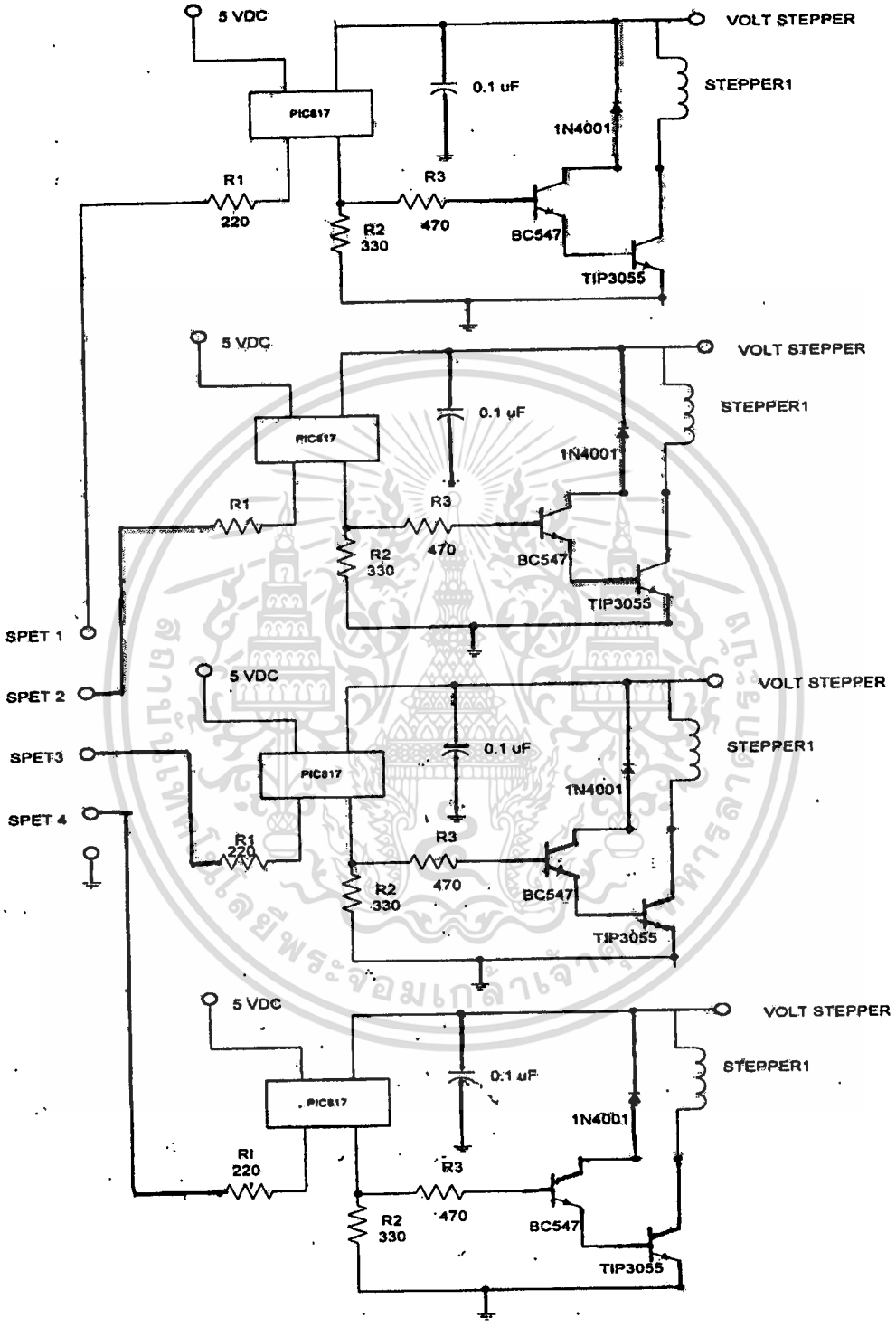


รูปที่ 3.19 วงจรผลิตคลื่นรูปไซน์

3.5 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

จากวงจรดังรูปที่ 3.20 เป็นวงจรที่ขับสเต็ปปอร์มอเตอร์ 4 เฟส จะรับแรงดันมาจากการคอนโทรลของไอซี 8255 ซึ่งถูกควบคุมโดย MCS-51 แต่ละสเต็ปจะต่อกับ PIC817 จะเป็นโพโต้ทรานซิสเตอร์ แล้วขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์สองตัว คือ เบอร์ BC547 กับ TIP3055 ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะผลิตกระแสให้พอพียงที่จะขับให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ทำงาน ซึ่งวงจรนี้สามารถยอมให้กระแสไหลผ่านได้สูงสุด 5 แอมป์แปร์ เหมาะกับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้งานอยู่ คือจะใช้กระแสขับมอเตอร์ 1.4 แอมป์แปร์ สำหรับการบังคับทิศทางที่จะให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนไปทิศทางใดจะขึ้นอยู่กับโปรแกรมที่สั่งผ่าน พอร์ต 8255 จากรูปที่ 3.20 จะแสดงให้เห็นวงจรที่ใช้ขับ สเต็ปมอเตอร์ทั้ง 4 สเต็ป คือ สเต็ปที่ 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

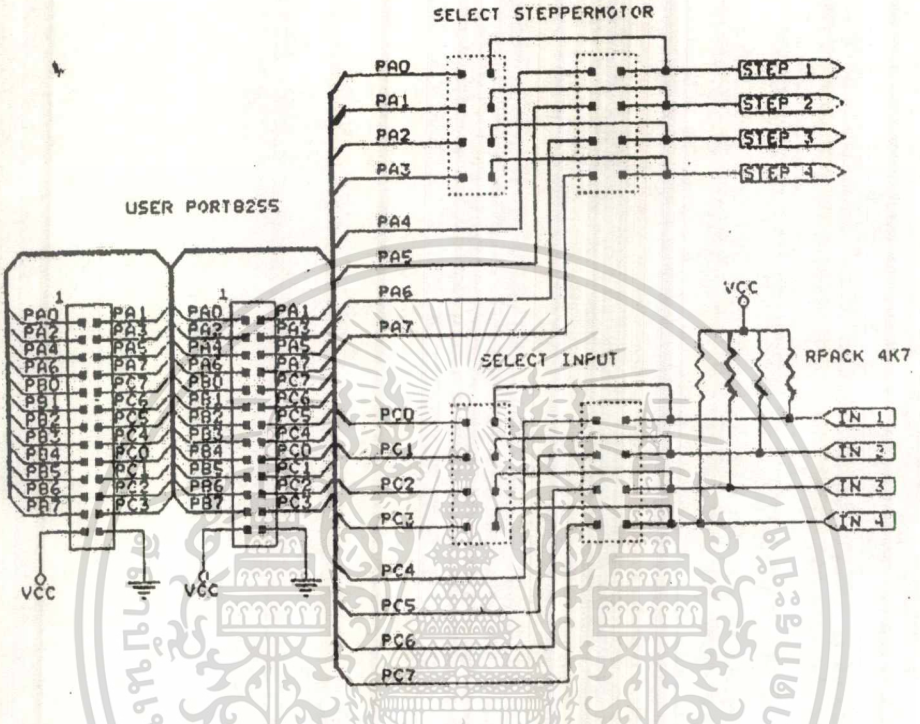


รูปที่ 3.20 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

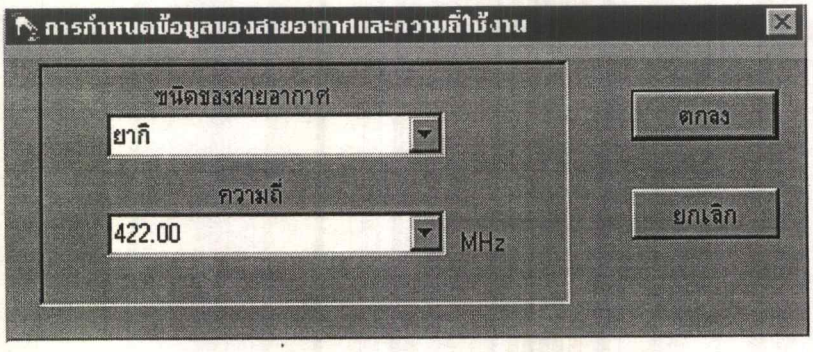
3.6 พอร์ตเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

จากรูปที่ 3.21 เป็นลักษณะการเชื่อมต่อพอร์ต 8255 เข้ากับชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์แต่ละสเต็ป ซึ่งจะเห็นว่าพอร์ต 8255 ที่ใช้จะใช้ 2 ตัวต่อขนานกันอยู่



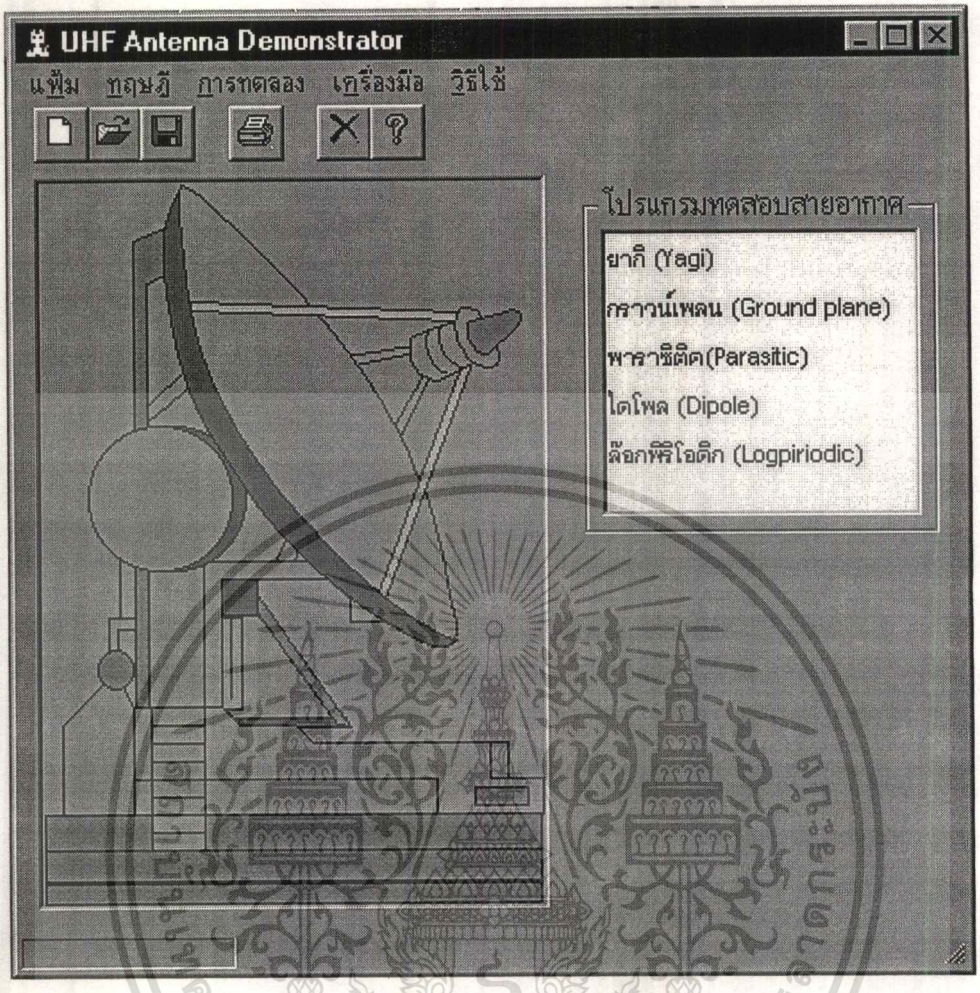
รูปที่ 3.21 พอร์ตเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

3.7 การออกแบบทางซอร์ฟแวร์



รูปที่ 3.22 การกำหนดข้อมูลของสายอากาศและความถี่ใช้งาน

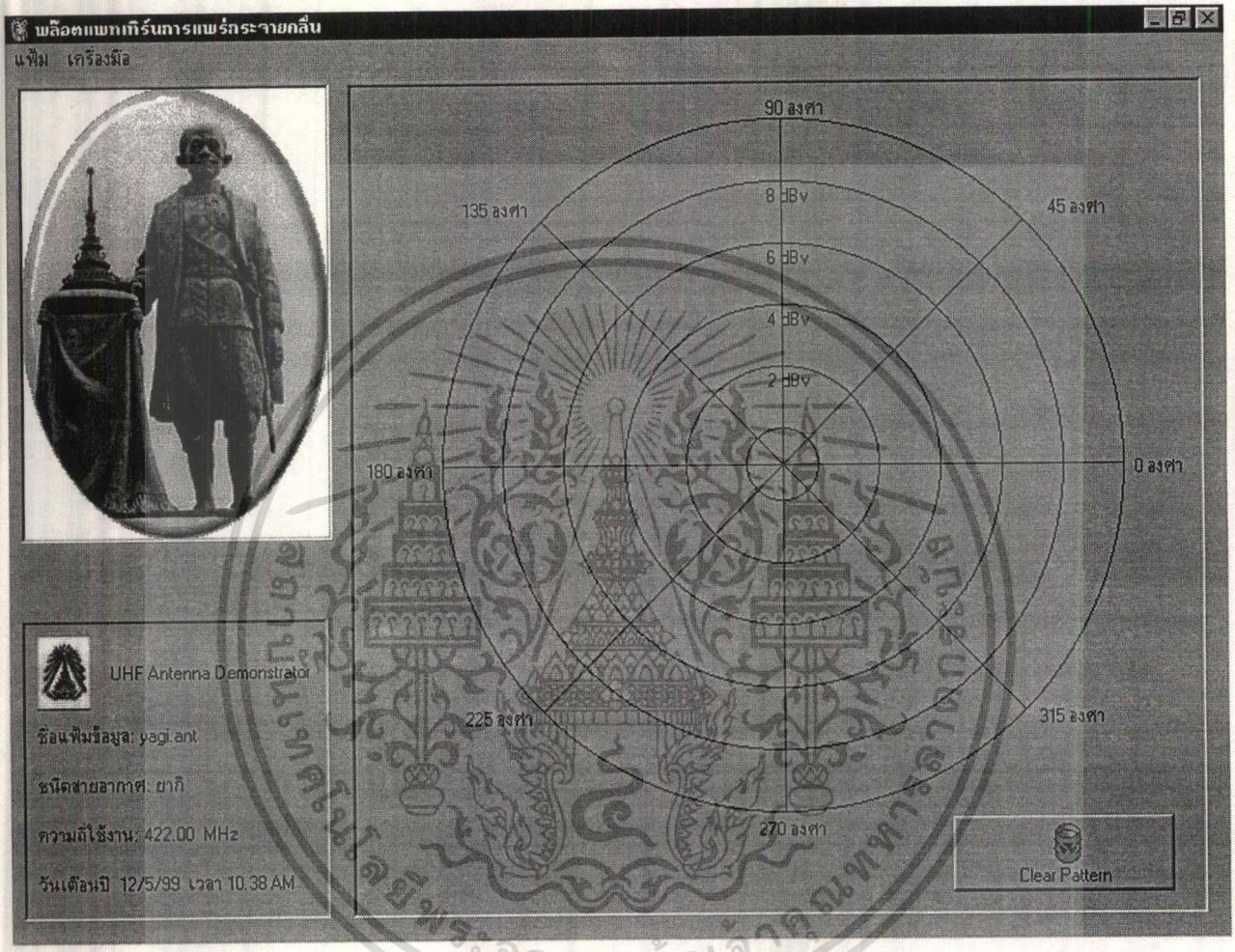
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 โปรแกรมการทดลองสายอากาศ

รูปที่ 3.24 โปรแกรมการทดสอบสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 การพล็อตแพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

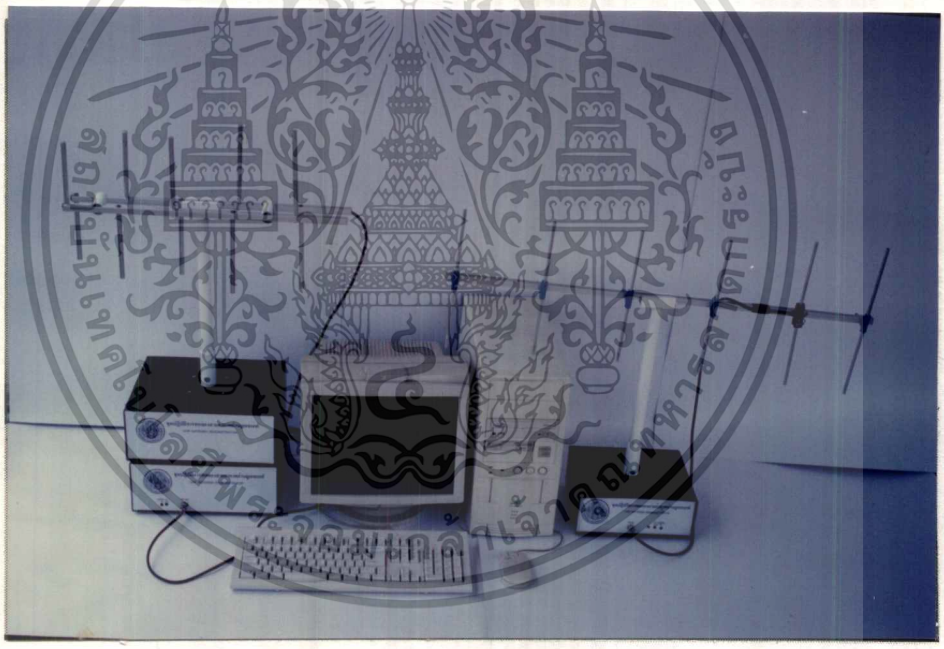
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองการทำงานของชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟ

4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง

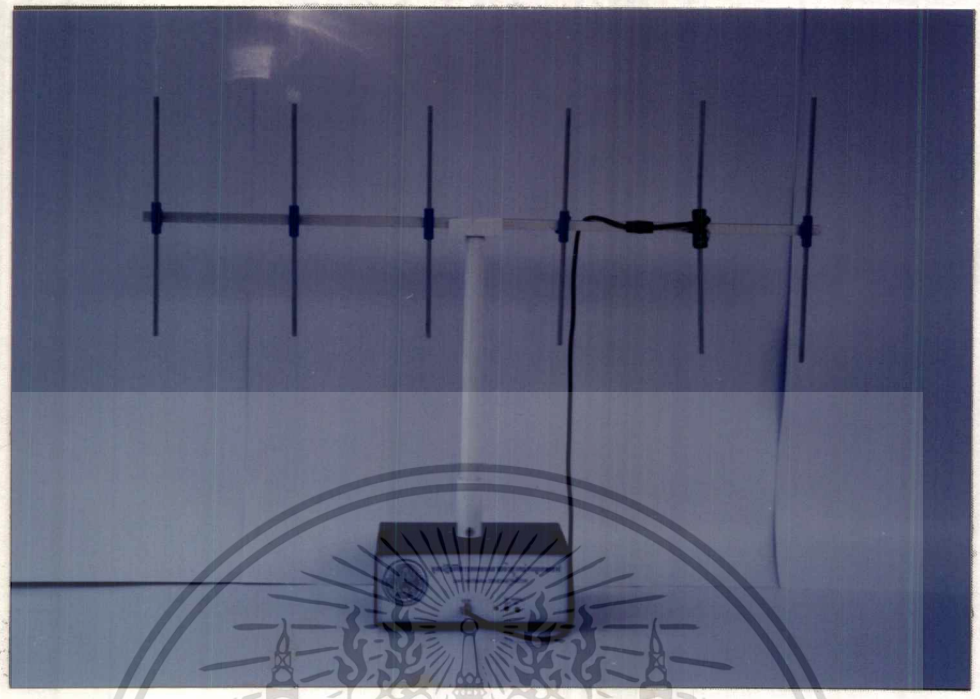
1. จัดเครื่องรับเครื่องส่งให้อยู่ในระยะ 5 – 8 เมตร
2. ทำการต่อพอร์ตจากเครื่องรับชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟไปยังคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องรับ

3. ต่อสายสัญญาณที่จุด DC Out และ Signal In ระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง
4. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วเข้าโปรแกรมการทดสอบสายอากาศ
5. นำสายอากาศยากิไปติดตั้งที่แกนของเครื่องรับ โดยต่อสายจากสายอากาศไปที่จุดต่อ RF IN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การต่อสายอากาศยากิทางเครื่องรับ

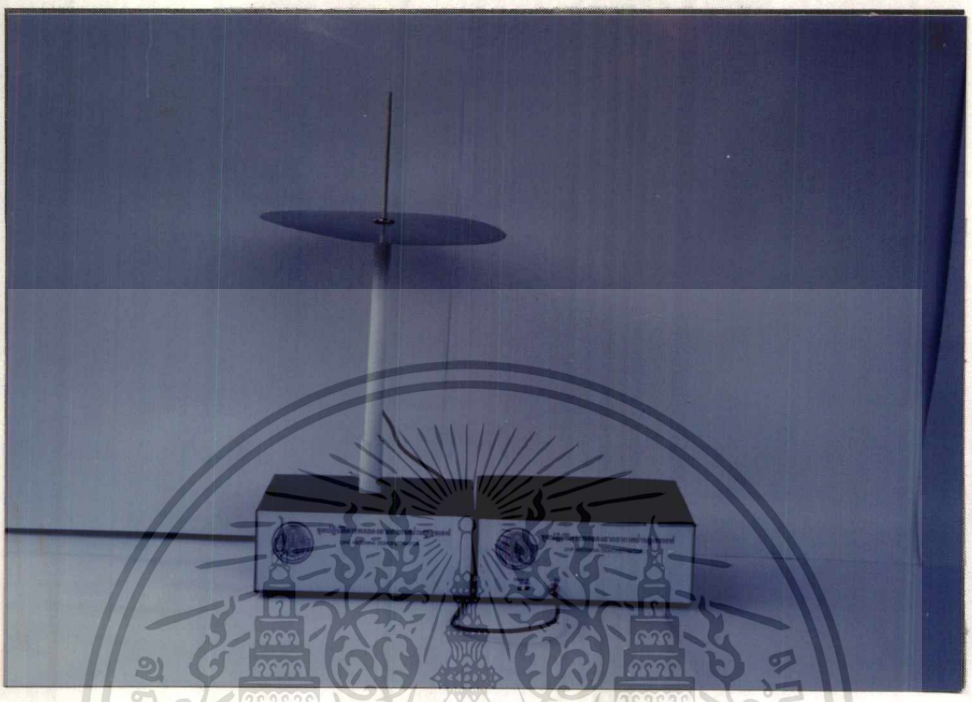
6. นำสายอากาศชนิดต่างๆ ทั้ง 5 ชนิดที่เครื่องส่งโดยทำการทดลองทีละชนิดคือ

6.1 สายอากาศยากิ

รูปที่ 4.3 การต่อสายอากาศยากิทางเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 สายอากาศกราวด์เพลน

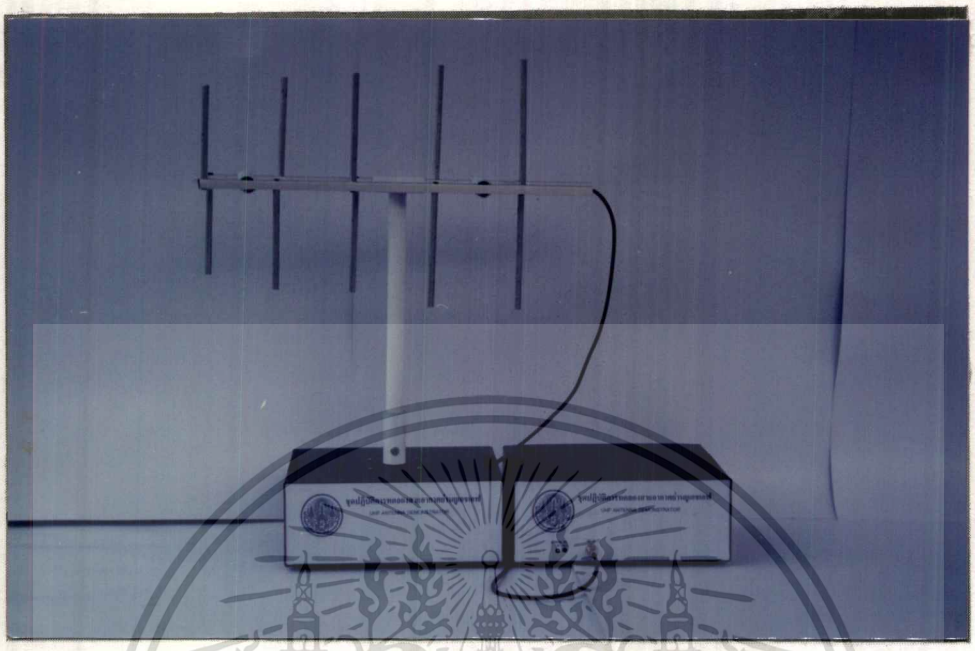


รูปที่ 4.4 การต่อสายอากาศกราวด์เพลนทางเครื่องส่ง

รูปที่ 4.5 การต่อสายอากาศกราวด์เพลนทางเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 สายอากาศร็อกพลิโอดิก



รูปที่ 4.6 การต่อสายอากาศล็อกพลิโอดิกทางเครื่องส่ง

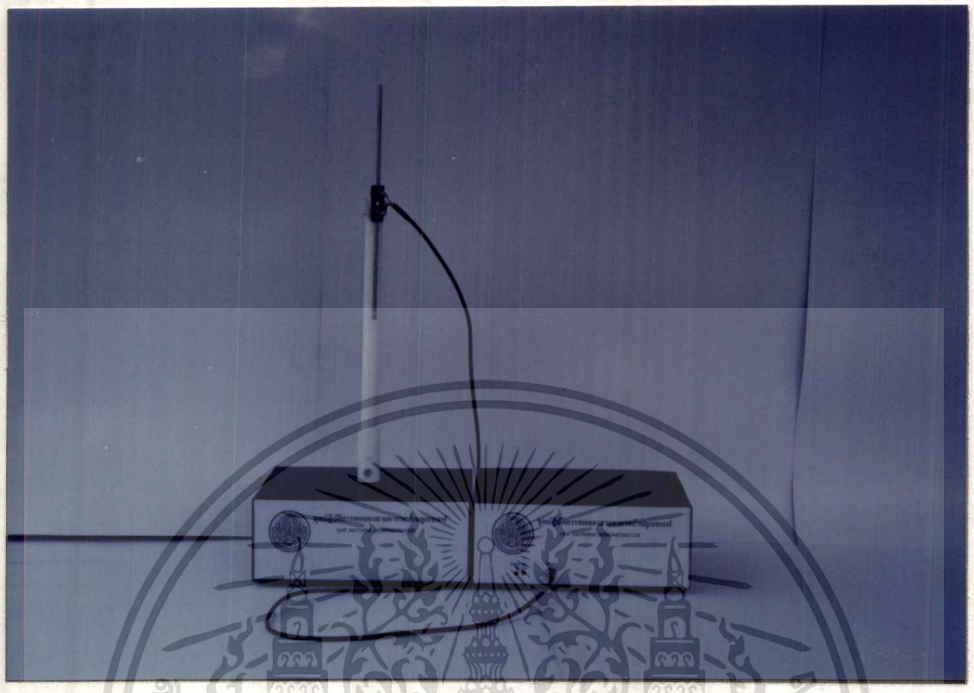
6.4 สายอากาศพาราซิติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.7 การต่อสายอากาศพาราซิติกทางเครื่องส่ง

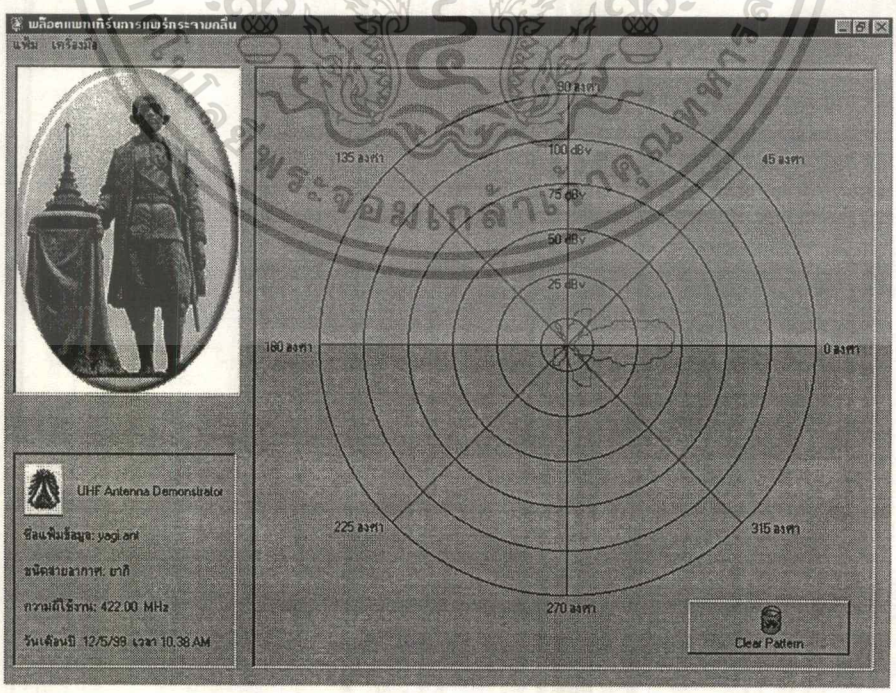
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 สายอากาศไดโพล



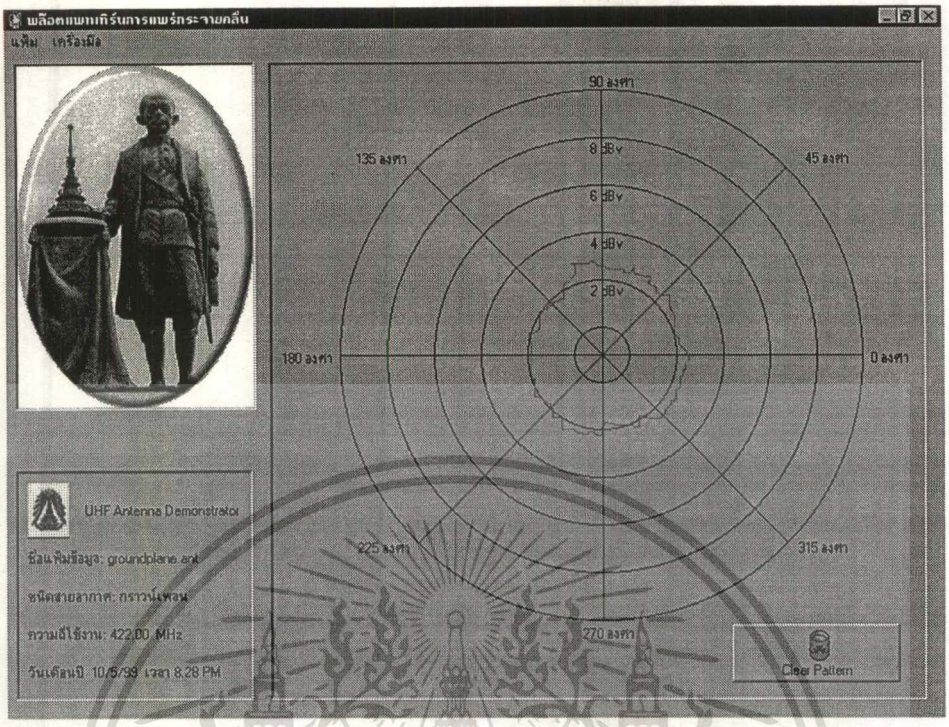
รูปที่ 4.8 การต่อสายอากาศไดโพลทางเครื่องส่ง

4.1.2 ผลการทดลอง

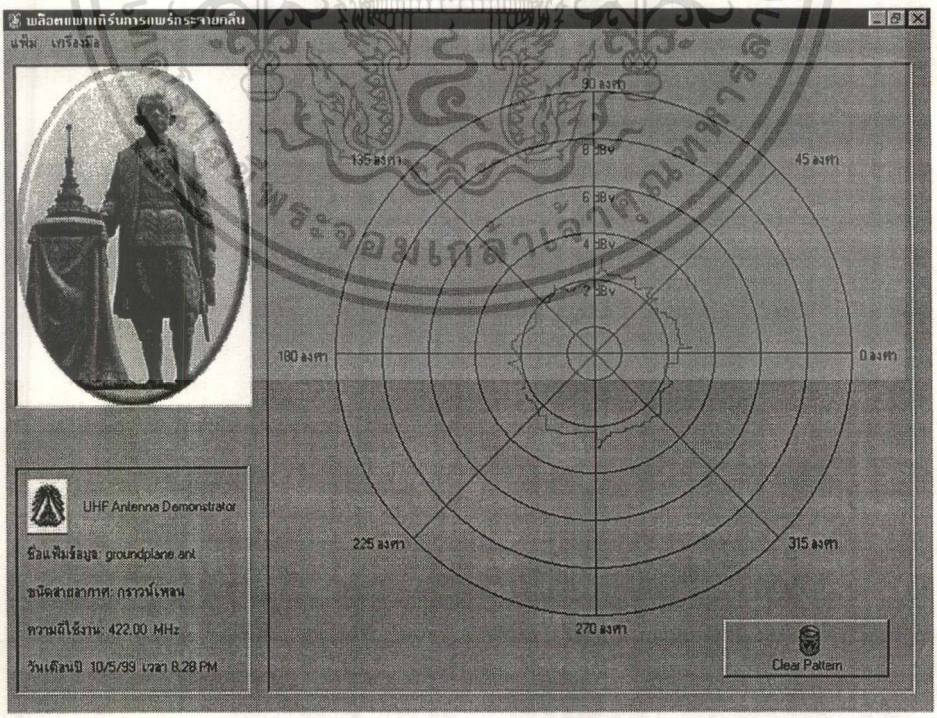


รูปที่ 4.9 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศยากิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ ต่อสาธารณชน ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

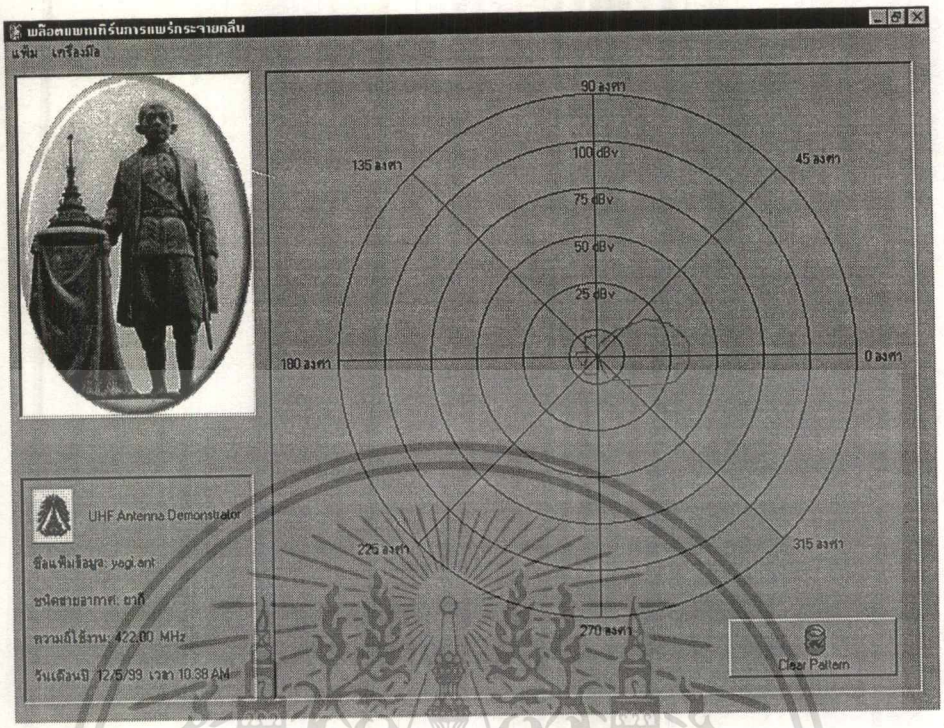


รูปที่ 4.10 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกราวด์เพลน



รูปที่ 4.11 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกราวด์เพลน

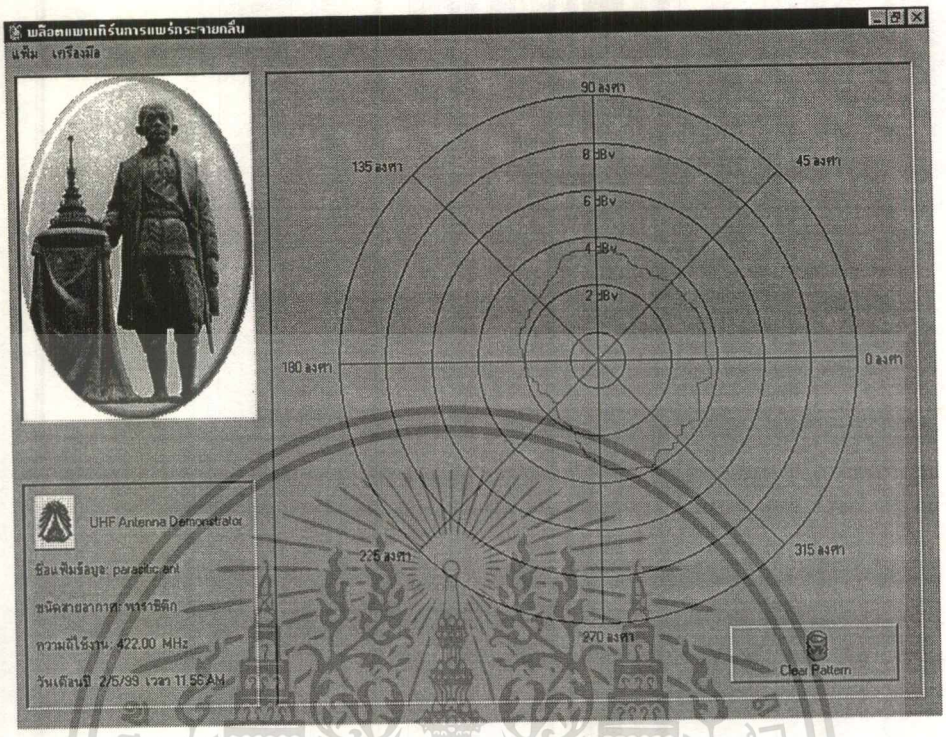
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



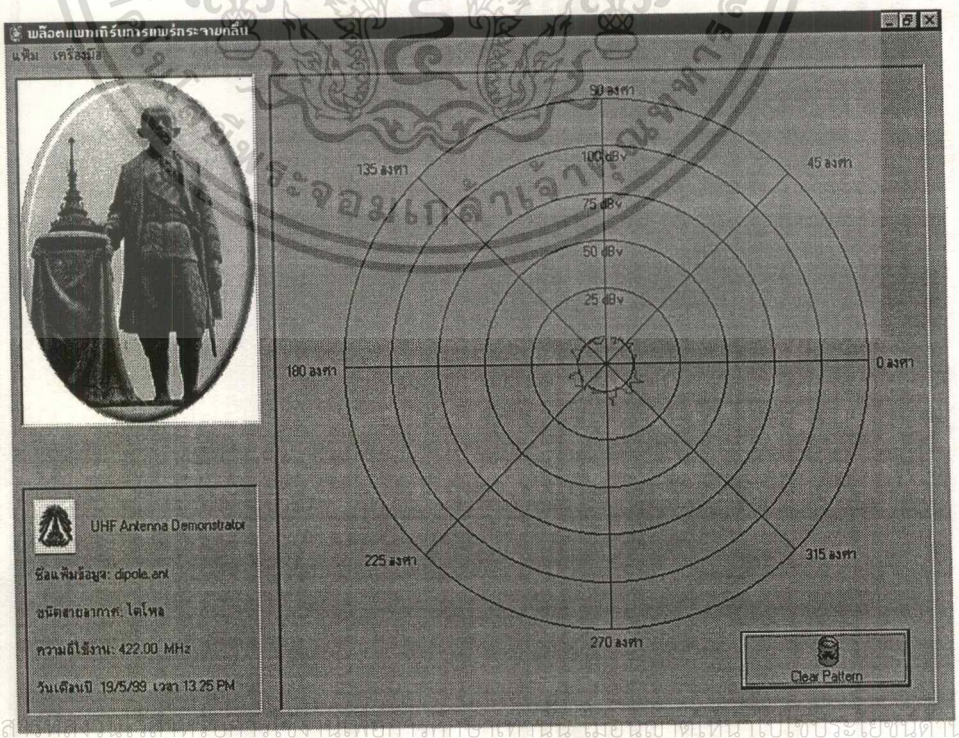
รูปที่ 4.12 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศล็อกพลิโอดิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกที่ที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศพาราซิติก



รูปที่ 4.14 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศพาราซิกติก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากการปฏิบัติโครงงานชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟที่ผ่านมาได้มีปัญหาต่างๆ อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากโครงงานชุดนี้เป็นโครงงานที่เกี่ยวกับความถี่ย่านยูเอชเอฟ ซึ่งมีความถี่ตั้งแต่ 300 – 3,000 MHz เป็นความถี่ที่ค่อนข้างสูงที่จะสามารถทำการผลิตเครื่องรับและเครื่องส่งขึ้นมาได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

5.2.1 ในส่วนของฮาร์ดแวร์

1. เครื่องส่งเริ่มแรกได้ทำการออกแบบวงจร โดยใช้วงจรออสซิสเลเตอร์ในการผลิตความถี่ ผลที่ได้ คือ วงจรสามารถผลิตความถี่ได้ตามที่ต้องการแต่กำลังที่ได้ต่ำเกินไปพอต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณให้มีความแรงมากขึ้นก็จะมีปัญหาในเรื่องการแมตช์ระหว่างอินพุทกับเอาท์พุททำให้สัญญาณไม่เกิดการขยาย ทั้งนี้เพราะว่าวงจรขยายความถี่สูงจำเป็นที่จะต้องทำให้ระหว่างอินพุทและเอาท์พุท เกิดการแมตช์จึงจะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานสูงสุด และวงจรขยายจำเป็นที่จะต้องประกอบด้วย RLC จึงทำให้ยุ่งยากในการแมตช์อิมพีแดนซ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุท และจะมีปัญหาในเรื่องการสร้าง ขดลวด (Coil) ซึ่งไม่มีเครื่องวัดค่าและขดลวดยังมีขนาดของคาที่เล็กมากทำให้ขดลวดที่สร้างขึ้นมา ผิดพลาดจากค่าที่คำนวณไว้มาก ประกอบกับตัวเก็บประจุที่ใช้ในความถี่สูงยังมีค่าเล็กมากและต้องการตัวเก็บประจุที่มีการสูญเสียต่ำ ซึ่งไม่สามารถหาซื้ออุปกรณ์ได้ในท้องตลาดจึงประสบปัญหาทำให้วงจรขาดเสถียรภาพมากจึงทำให้วงจรขยายสัญญาณไม่ได้ตามต้องการ

2. เครื่องรับ ในการออกแบบเครื่องรับที่ความถี่สูงในส่วนของวงจรจูนรับสัญญาณจำเป็นที่จะต้องให้ค่าของขดลวดและค่าของตัวเก็บประจุที่มีค่าต่ำมาก แต่เมื่อค่าของขดลวดต่ำมากก็จะทำให้ค่า Q ของขดลวดต่ำวงด้วย จึงทำให้วงจรจูนมีแบนด์วิดธ์ที่กว้างทำให้การจูนรับสัญญาณได้ไม่แม่นยำ และอุปกรณ์ที่จะใช้แทน LC ดังกล่าวก็จะเป็นจำพวก Coaxial .Cavity .ซึ่งไม่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปจึงทำให้วงจรภาครับจูนรับสัญญาณไม่ได้ตามต้องการ

เมื่อเครื่องรับและเครื่องส่งไม่สามารถออกแบบได้ตามต้องการจึงได้ใช้เครื่องรับ – ส่งวิทยุในย่านยูเอชเอฟมาใช้แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัญหาที่พบเมื่อใช้เครื่องรับ – ส่งวิทยุในย่านยูเอชเอฟมา คือ ในการส่งสัญญาณที่ระยะใกล้ (ภายในบริเวณห้อง 1 ห้อง) กำลังส่งที่ส่งออกอากาศจะมีความแรงมากเกินไป จึงทำให้ไม่สามารถแยกแยะระดับสัญญาณที่รับได้ทางด้านรับจึงต้องทำการลดกำลังส่งของเครื่องส่งลงและทำการเพิ่มวงจร ลดทอนสัญญาณ (Attenuator) เข้าไปในส่วนของภาครับ

5.2.2 ในส่วนของซอฟแวร์

1. วิชวล เบสิก (Visual Basic) เป็นโปรแกรมที่ขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์ (Hardware) ที่ต่ออยู่ภายนอก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงฮาร์ดแวร์ทุกครั้งก็จะต้องมาทำการแก้ไขโปรแกรมด้วย

2. การติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกนั้น ด้วยโปรแกรม Visual Basic เองไม่สามารถกระทำได้โดยตรงจึงต้องมีการเขียนโปรแกรมอื่นช่วยทำงานด้วยทำงานด้วยทำให้มีความยุ่งยากในการศึกษาโปรแกรมอื่นอีก

3. การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปได้ยาก เพราะโปรแกรมค่อนข้างจะมีขีดจำกัดมาก แนะนำให้ใช้ Borland Delphile เขียนโปรแกรม

4. ใน Visual Basic จะไม่มีฟังก์ชันเกี่ยวกับ Timer ซึ่งถือว่ามีความจำเป็นมากในโครงงานนี้ จึงต้องเขียนโปรแกรมอื่นเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งยังมีจุดบกพร่องอยู่ทำให้สายอากาศหมุนได้ไม่สม่ำเสมอ

5. ความเร็วของการเขียนรูปสัญญาณยังต่ำอยู่ ควรแก้ไขโดยการรับค่าที่ต้องการจะนำไปเขียนรูปสัญญาณมาเก็บไว้ในหน่วยความจำก่อน แล้วจึงค่อยนำค่าเหล่านั้นมาพล็อต (Plot) รูปสัญญาณทีหลัง

6. รูปสัญญาณที่เห็นจากการพล็อตจะไม่ตรงกับค่าจริง เนื่องจาก Time ที่สร้างโปรแกรม Visual Basic นั้นไม่ค่อยเที่ยงตรง สัญญาณที่รับเข้ามาพล็อตรูป จึงไม่ตรงกับค่าองศาที่ถูกต้อง แต่ก็ถือว่าเป็นค่าที่ยังยอมรับได้

7. ในกรณีที่สัญญาณความแรงคลื่นวิทยุเกิดการเปลี่ยนแปลงกระทันหัน ซึ่งในทางทฤษฎีไม่มีทางเป็นไปได้อยู่แล้ว แต่ในทางปฏิบัติอาจเกิดขึ้นได้ จะทำให้รูปสัญญาณที่พล็อตออกมาไม่มีความต่อเนื่องจะเห็นเส้นขาดเป็นช่วงหรือเป็นรูปหยดๆ ไม่มีความเป็นเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ในกรณีที่สัญญาณความแรงคลื่นวิทยุเกิดการเปลี่ยนแปลงกระทันหัน ซึ่งในทางทฤษฎีไม่มีทางเป็นไปได้อยู่แล้ว แต่ในทางปฏิบัติอาจเกิดขึ้นได้ จะทำให้รูปสัญญาณที่พล็อตออกมาไม่มีความต่อเนื่องจะเห็นเส้นขาดเป็นช่วงหรือเป็นรูปหยดๆ ไม่มีความเป็นเชิงเส้น การแก้ไขให้ปรับความละเอียดของการรับค่าจากเดิม 359 ค่า ให้ละเอียดขึ้นอีกเป็น 1436 ค่า

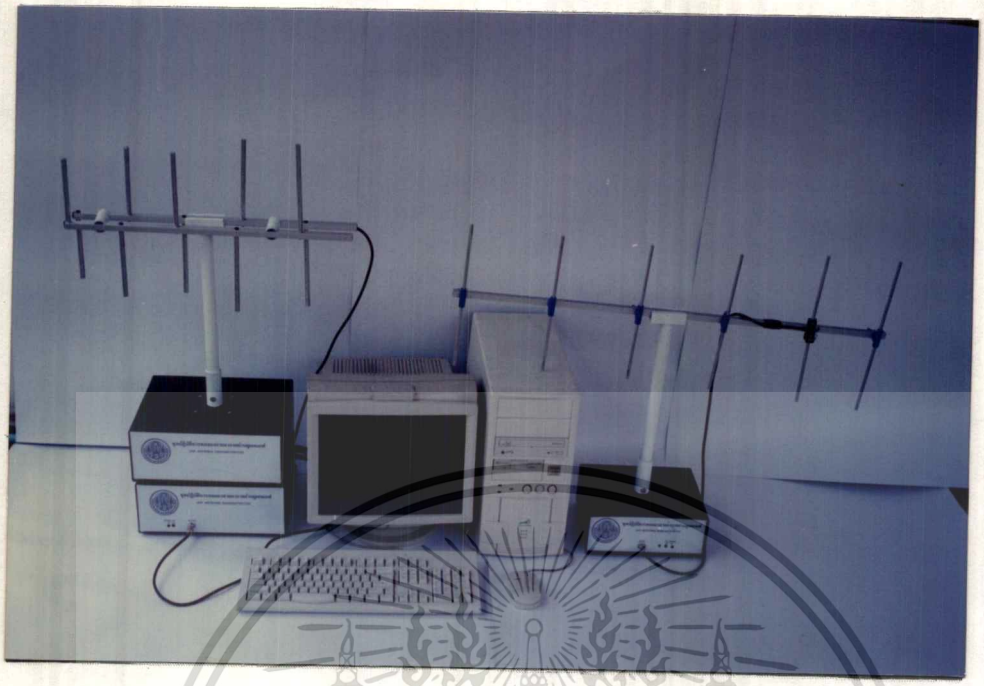
2. รูปสัญญาณที่เห็นจากการพล็อตจะไม่ตรงกับค่าจริง เนื่องจาก Time ที่สร้างโปรแกรม Visual Basic นั้นไม่ค่อยเที่ยงตรง สัญญาณที่รับเขามาพล็อตรูป จึงไม่ตรงกับค่าองศาที่ถูกต้อง แต่ก็ถือว่าเป็นค่าที่ยังยอมรับได้ การแก้ไขให้ใช้ชุด Timer ต่างหาก เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาอ้างอิงให้กับข้อมูลที่รับเข้ามาพล็อตกับค่ามุมจริง

3. สำหรับในด้านของความถี่ต้องทำชุดที่ผลิตความถี่ได้หลายๆ ความถี่เพื่อแยกให้เห็นถึงความแตกต่างของรูปสัญญาณที่พล็อตออกมาเพื่อศึกษาหาคุณสมบัติของสายอากาศให้เห็นจริง

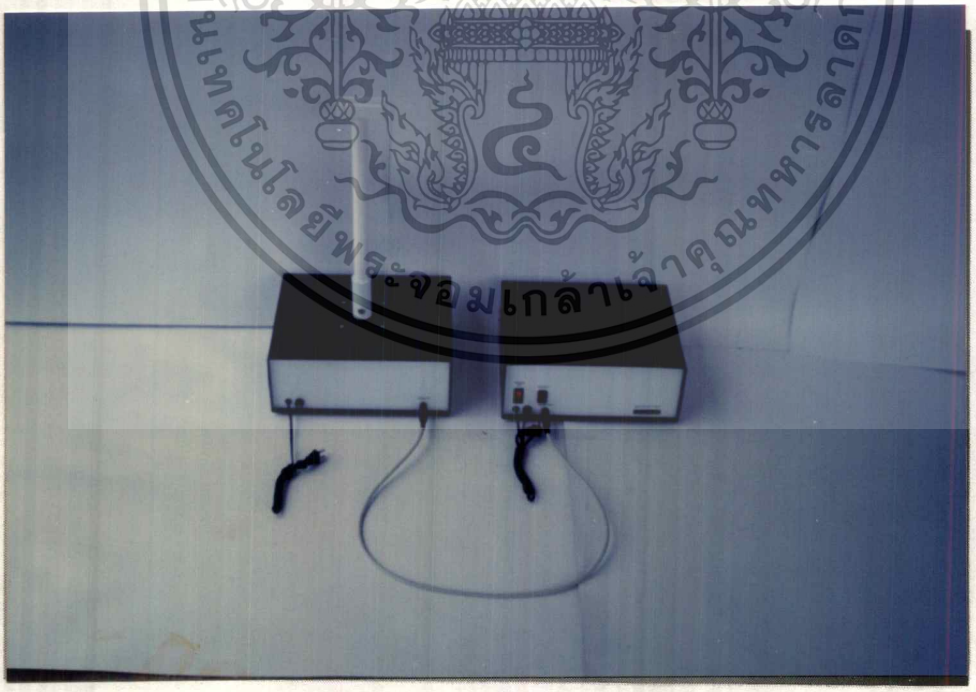
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

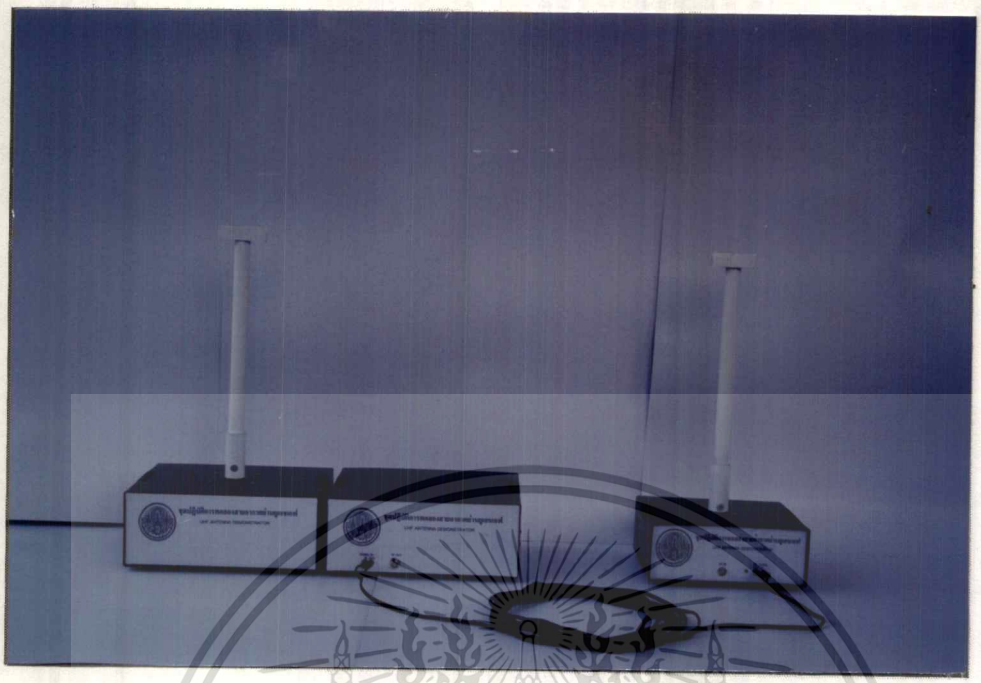


รูปที่ ก.1 ชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟ

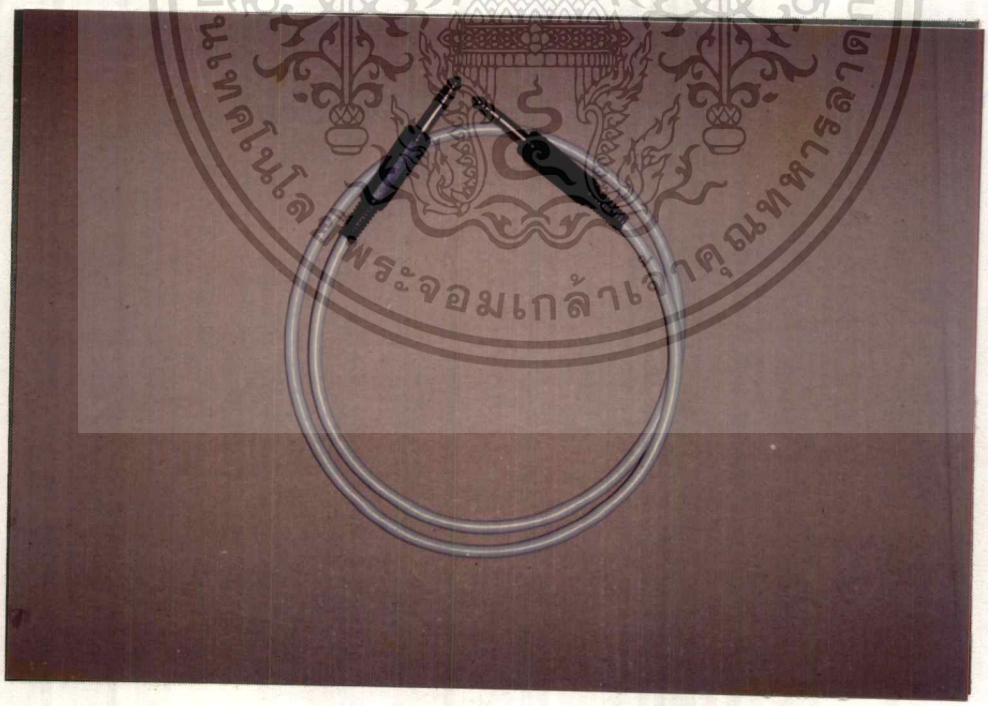


รูปที่ ก.2 การต่อสายสัญญาณ Signal Out ของเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

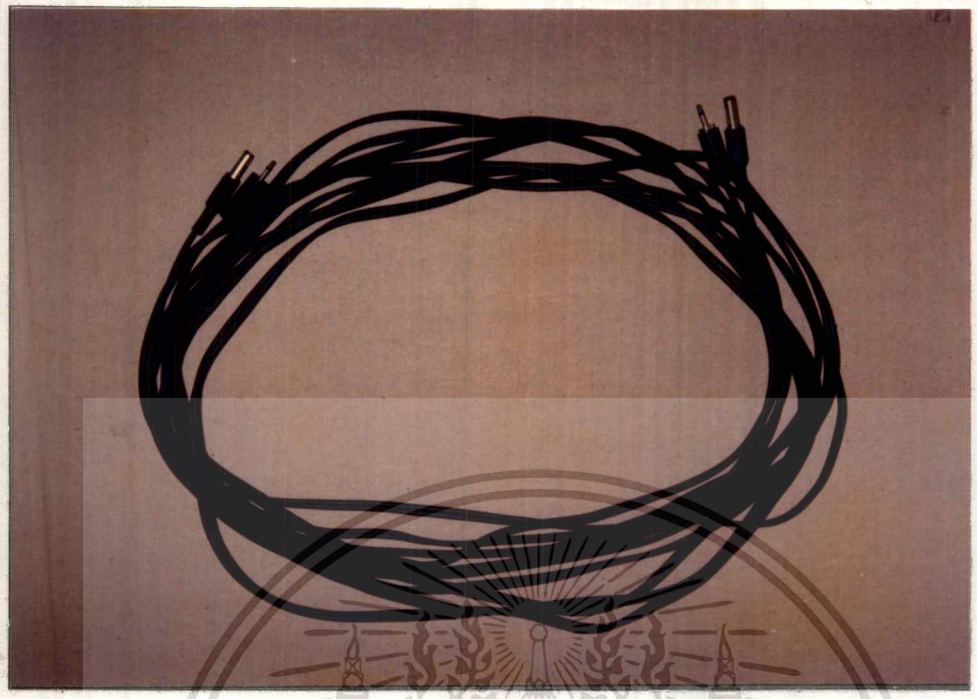


รูปที่ ก.3 การต่อสายสัญญาณ Signal In และ DC Out ระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง

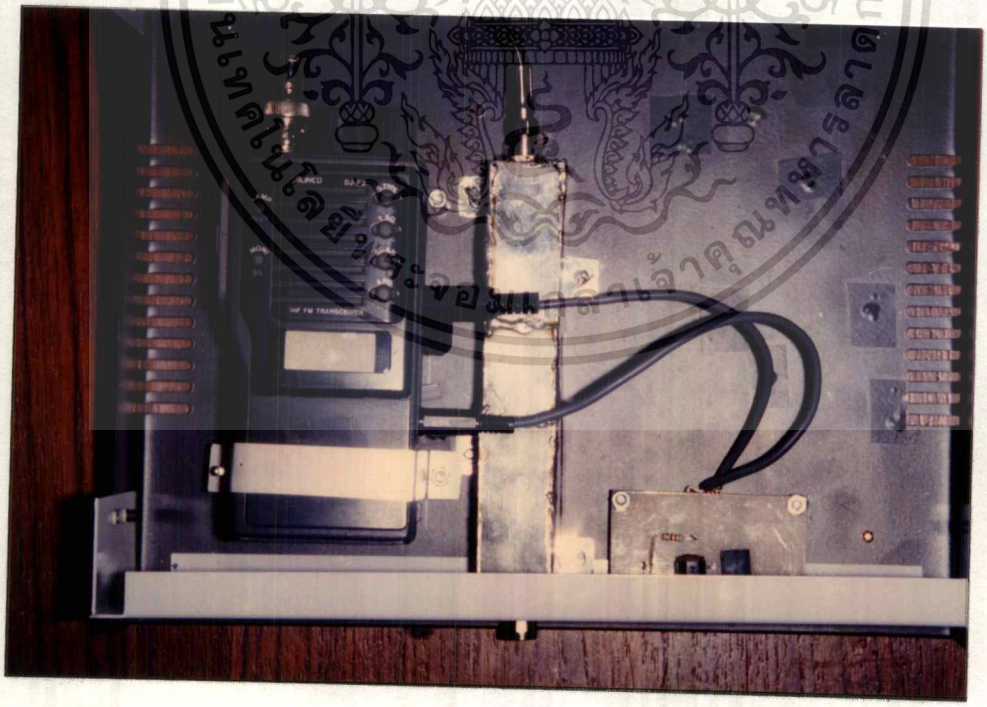


รูปที่ ก.4 สายสัญญาณ Signal Out

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

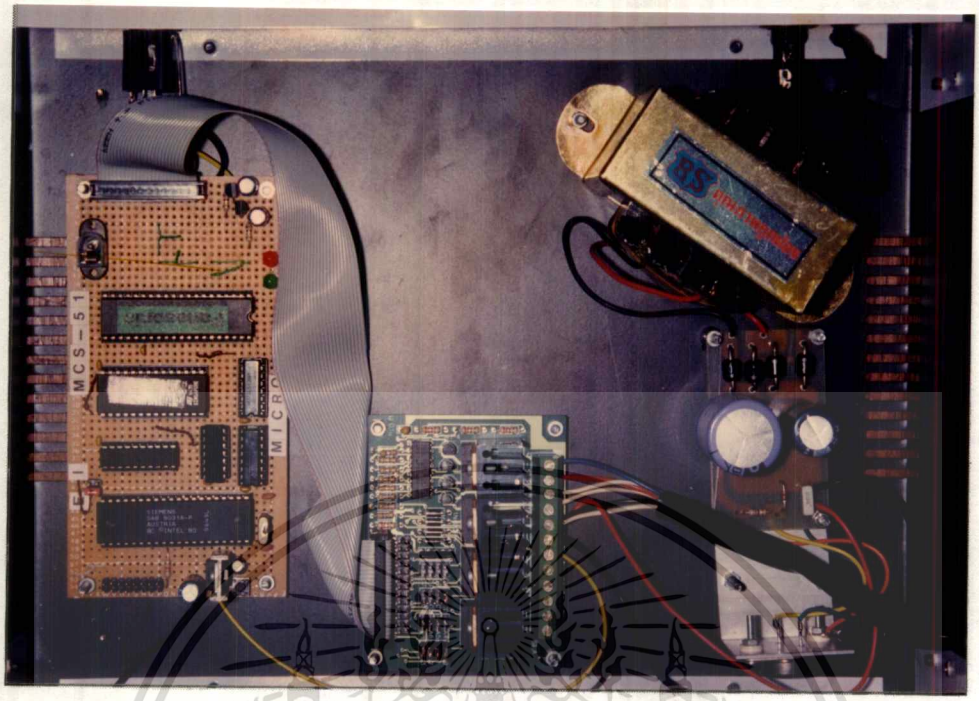


รูปที่ ก.5 สายสัญญาณ Signal In และ Dc Out

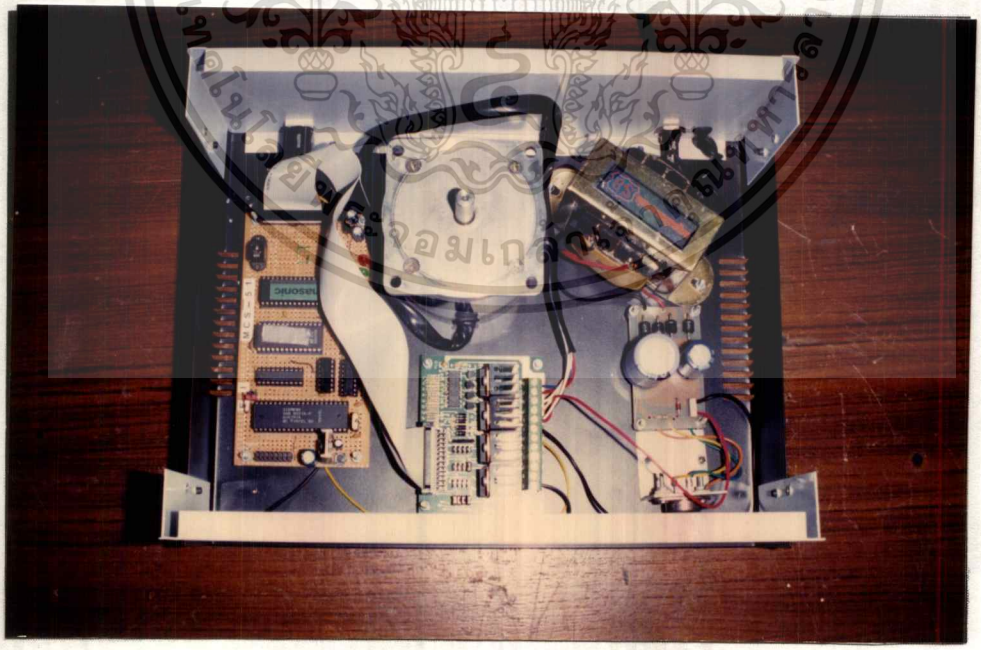


รูปที่ ก.6 วิทยุเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

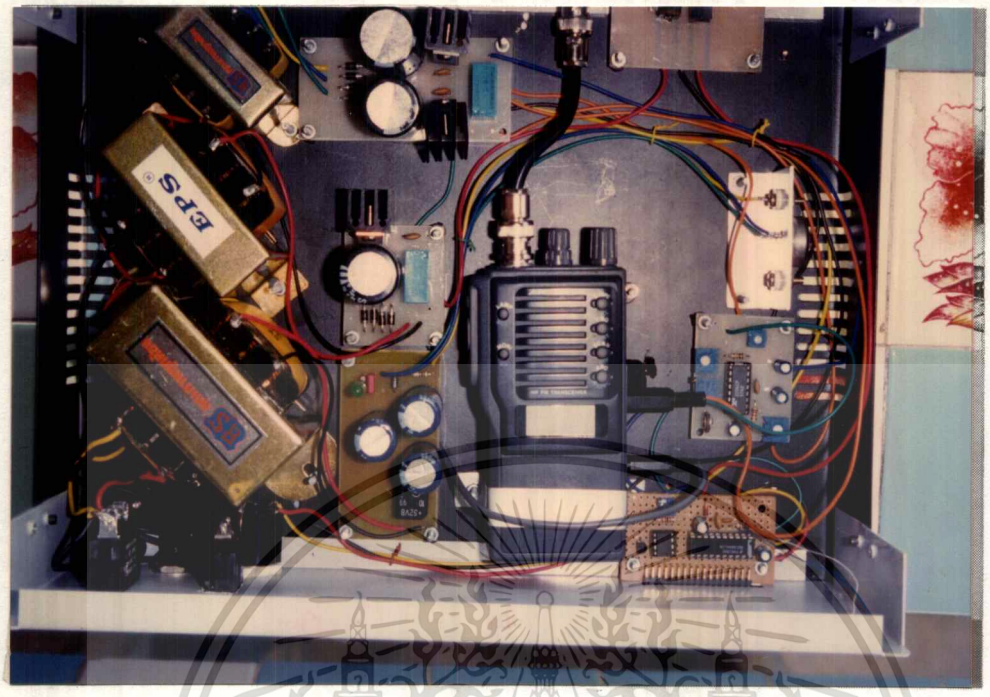


รูปที่ ก.7 ชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์



รูปที่ ก.8 ชุดขับสต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

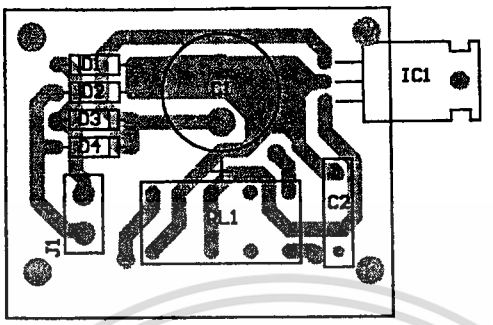


รูปที่ ก.9 เครื่องรับพร้อมชุดแปลงสัญญาณ

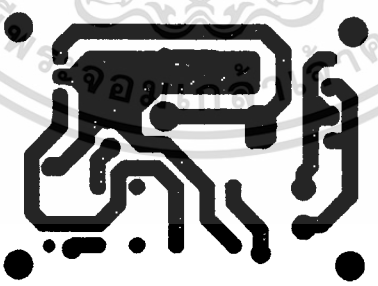
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

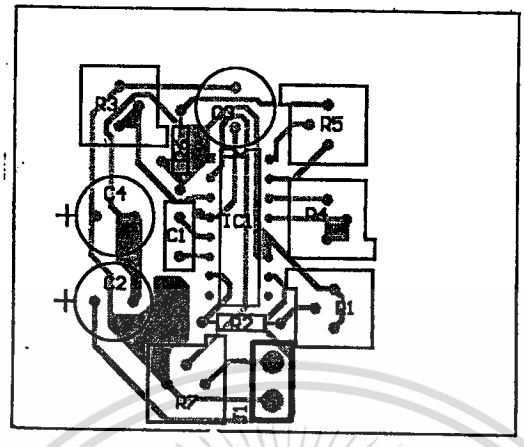


รูปที่ ข.1 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรแหล่งจ่ายกำลังควบคุมรีเลย์

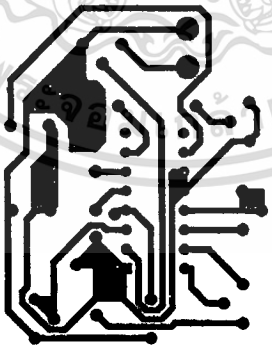


รูปที่ ข.2 ลายวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายกำลังควบคุมรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

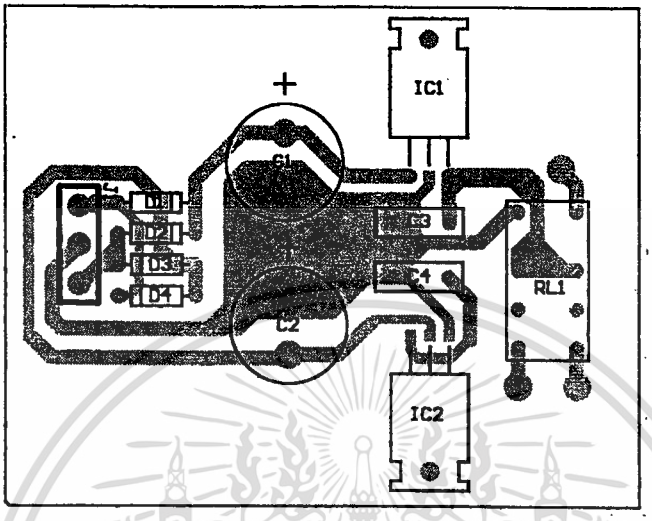


รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรแหล่งจ่ายกำลัง

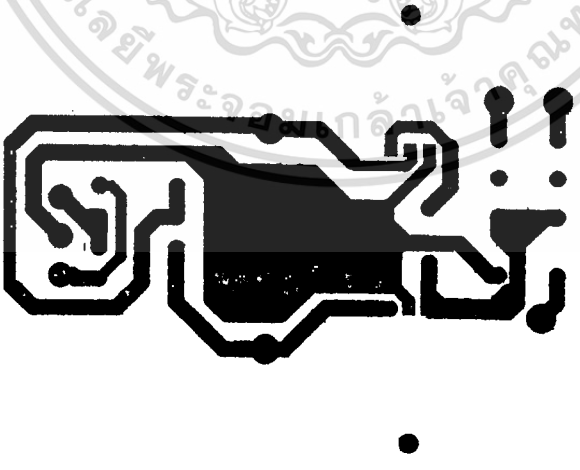


รูปที่ ข.4 ลายวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรแหล่งจ่ายกำลัง

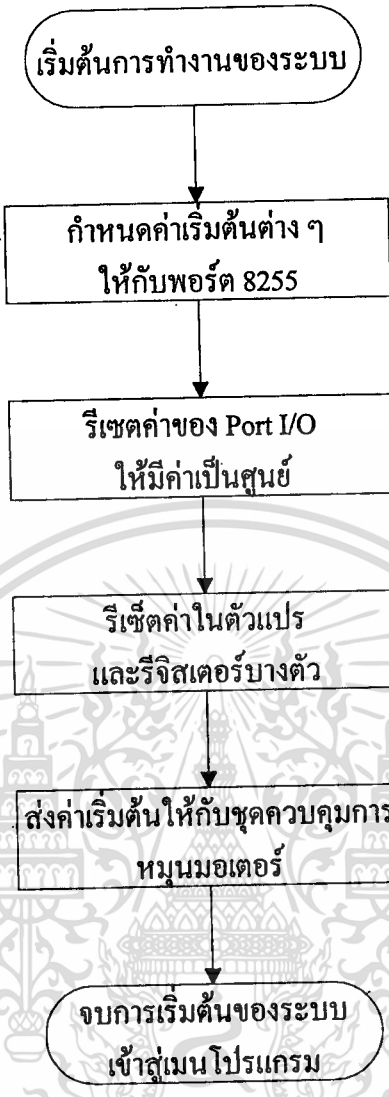


รูปที่ ข.6 ลายวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

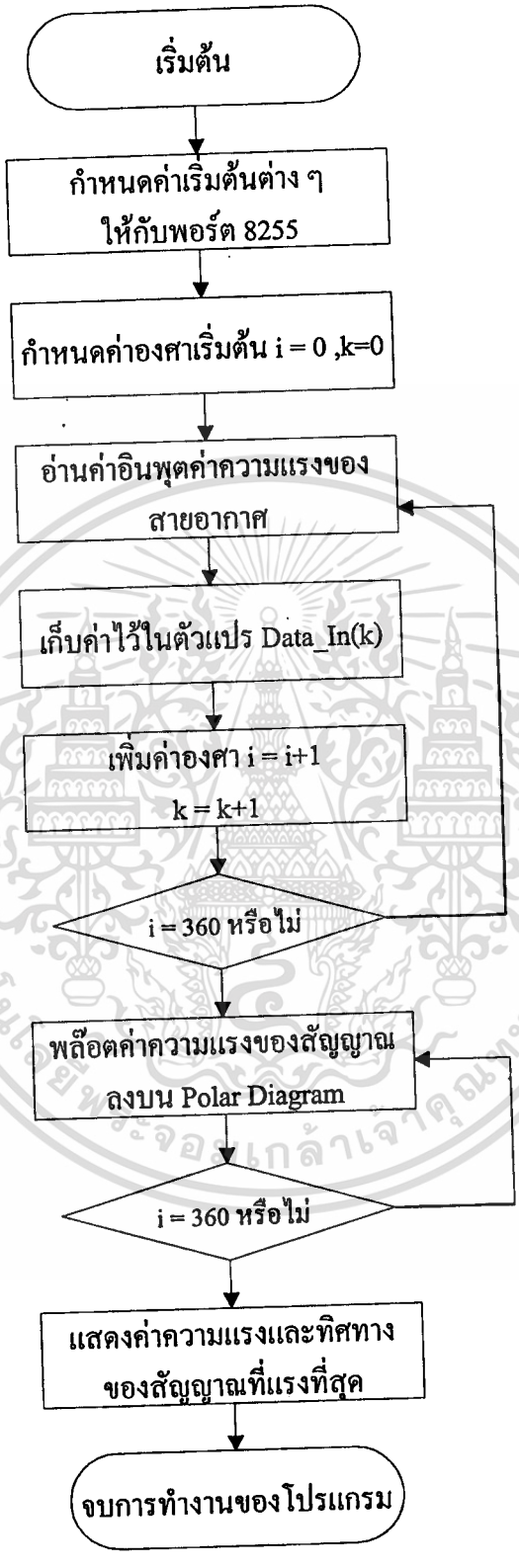
ภาคผนวก ค
ผังการทำงานและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของโปรแกรมเมื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.2 ผังการทำงานของโปรแกรมในการวัดค่าความแรงของสัญญาณวิทยุ และพล็อตรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Option Explicit
Private Declare Function Out8255 Lib "c:\ProgramVB\8255.dll"
(ByVal PortAddress As Integer,ByVal PortData As Integer) As
Integer

Private Declare Function In8255 Lib "c:\ProgramVB\8255.dll"
(ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Sub WaitTime(nTime As Long)
    Dim StartTime
    StartTime = Now
    Do While True
        If DateDiff("s",StartTime,Now) >= nTime Then
        Exit Do
        End If
    Loop
End Sub

Private Sub Command5_Click()
    CommonDialog1.ShowOpen
End Sub

Private Sub Command6_Click()
    Form11.Show
End Sub

Private Sub Form_Activate()
    Dim Preset As Integer
    Dim Ini As Integer
    Preset = Out8255(&H303, &H80)
    Ini = Out8255(&H300, &H0)
End Sub

Private Sub mcharc_Click()
    Form14.Show
    Form1.Hide
End Sub

Private Sub mnAbout_Click()
    frmAbout.Show
    Form13.Show
    Form1.Hide
End Sub
Private Sub mnBeGin_Click()
    Form2.Show
    Form1.Hide
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub mnDipole_Click()
    Form14.Show
    Form1.Hide
End Sub

Private Sub mnExit_Click()
    If MsgBox("คุณต้องการออกจากโปรแกรมหรือไม่?", 68, "โปรดยืนยัน") = 6
Then
       End
    End If
End Sub

Private Sub mnGroundp_Click()
    Form14.Show
    Form1.Hide
End Sub

Private Sub mnHelp_Click()
    Form12.Show
End Sub

Private Sub mnHprogram_Click()
    Form11.Show
End Sub

Private Sub mnLab1_Click()
    Form1.Hide
    Form5.Show
End Sub

Private Sub mnLab2_Click()
    Form1.Hide
    Form6.Show
End Sub

Private Sub mnLab3_Click()
    Form1.Hide
    Form7.Show
End Sub
Private Sub mnLab4_Click()
    Form1.Hide
    Form8.Show
End Sub

Private Sub mnLab5_Click()
    Form1.Hide
    Form9.Show
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub mnLog_Click()
    Form14.Show
    Form1.Hide
End Sub

Private Sub mnParas_Click()
    Form14.Show
    Form1.Hide
End Sub

Private Sub mnSave_Click()
    CommonDialog1.ShowSave
End Sub

Private Sub mnYaki_Click()
    Form14.Show
    Form1.Hide
End Sub
```

รูปที่ ค.3 โปรแกรมของส่วนหน้าจอเมนูหลัก

```
Private Sub Command1_Click()
    Form2.Hide
    Form10.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Unload Form2
    Form1.Show
End Sub

Private Sub Form_Load()
    If WindowsState = 0 Then
        Move (Screen.Width - Form2.Width) / 2,
(Screen.Height - Form2.Height)/2
        End If
End Sub
```

รูปที่ ค.4 โปรแกรมของส่วนการกำหนดข้อมูลของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub mnBack_Click()
    Unload Form5
    Form1.Show
End Sub
Private Sub mnStart_Click()
    Form5.Hide
    Form2.Show
End Sub

Private Sub mnBack_Click()
    Unload Form6
    Form1.Show
End Sub

Private Sub mnStart_Click()
    Unload Form6
    Form2.Show
End Sub

Private Sub mnBack_Click()
    Unload Form7
    Form1.Show
End Sub

Private Sub mnStart_Click()
    Unload Form7
    Form2.Show
End Sub

Private Sub mnBack_Click()
    Unload Form8
    Form1.Show
End Sub
Private Sub mnStart_Click()
    Unload Form8
    Form2.Show
End Sub

Private Sub mnBack_Click()
    Unload Form9
    Form1.Show
End Sub
Private Sub mnStart_Click()
    Unload Form9
    Form2.Show
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.5 โปรแกรมของส่วนใบงานการทดลอง

```
' Reg Key Security Options...
Const KEY_ALL_ACCESS = &H2003F


' Reg Key ROOT Types...
Const HKEY_LOCAL_MACHINE = &H80000002
Const ERROR_SUCCESS = 0
Const REG_SZ = 1                                ' Unicode nul
terminated string
Const REG_DWORD = 4                             ' 32-bit number


Const gREGKEYSYSINFOLOC = "SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools
Location"
Const gREGVALSYSINFOLOC = "MSINFO"
Const gREGKEYSYSINFO = "SOFTWARE\Microsoft\Shared
Tools\MSINFO"
Const gREGVALSYSINFO = "PATH"


Private Declare Function RegOpenKeyEx Lib "advapi32" Alias
"RegOpenKeyExA" (ByVal hKey As Long, ByVal lpSubKey As
String, ByVal ulOptions As Long, ByVal samDesired As Long,
ByRef phkResult As Long) As Long
Private Declare Function RegQueryValueEx Lib "advapi32"
Alias "RegQueryValueExA" (ByVal hKey As Long, ByVal
lpValueName As String, ByVal lpReserved As Long, ByRef
lpType As Long, ByVal lpData As String, ByRef lpcbData As
Long) As Long
Private Declare Function RegCloseKey Lib "advapi32" (ByVal
hKey As Long) As Long


Private Sub Form_Load()
    lblVersion.Caption = "Version " & App.Major & "." &
App.Minor & "." & App.Revision
    lblTitle.Caption = App.Title
End Sub


Private Sub cmdSysInfo_Click()
        Call StartSysInfo
End Sub


Private Sub cmdOK_Click()
        Unload Me
        Form1.Show
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
Public Sub StartSysInfo()
    On Error GoTo SysInfoErr


        Dim rc As Long
        Dim SysInfoPath As String


        ' Try To Get System Info Program Path\Name From
Registry...
        If GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, gREGKEYSYSINFO,
gREGVALSYSINFO, SysInfoPath) Then
        ' Try To Get System Info Program Path Only From
Registry...
        ElseIf GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE,
gREGKEYSYSINFOLOC, gREGVALSYSINFOLOC, SysInfoPath) Then
        ' Validate Existance Of Known 32 Bit File Version
        If (Dir(SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE") <> "") Then
           SysInfoPath = SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE"


            ' Error - File Can Not Be Found...
            Else
                GoTo SysInfoErr
            End If
        ' Error - Registry Entry Can Not Be Found...
        Else
            GoTo SysInfoErr
        End If


        Call Shell(SysInfoPath, vbNormalFocus)


        Exit Sub
SysInfoErr:
        MsgBox "System Information Is Unavailable At This
Time", vbOKOnly
End Sub


Public Function GetKeyValue(KeyRoot As Long, KeyName As
String, SubKeyRef As String, ByRef KeyVal As String) As
Boolean
        Dim i As Long
' Loop Counter
        Dim rc As Long
' Return Code
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Dim hKey As Long
' Handle To An Open Registry Key
        Dim hDepth As Long
'
        Dim KeyValType As Long
' Data Type Of A Registry Key
        Dim tmpVal As String
' Tempory Storage For A Registry Key Value
        Dim KeyValSize As Long
' Size Of Registry Key Variable
        '------------------------------------------------
---------
        ' Open RegKey Under KeyRoot {HKEY_LOCAL_MACHINE...}
        '------------------------------------------------
---------
        rc = RegOpenKeyEx(KeyRoot, KeyName, 0,
KEY_ALL_ACCESS, hKey) ' Open Registry Key


        If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError
' Handle Error...

        tmpVal = String$(1024, 0)
' Allocate Variable Space
        KeyValSize = 1024
' Mark Variable Size

        '------------------------------------------------
---------
        ' Retrieve Registry Key Value...
        '------------------------------------------------
---------
        rc = RegQueryValueEx(hKey, SubKeyRef, 0, KeyValType,
tmpVal, KeyValSize)     ' Get/Create Key Value


        If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError
' Handle Errors


        If (Asc(Mid(tmpVal, KeyValSize, 1)) = 0) Then
' Win95 Adds Null Terminated String...
                tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize - 1)
' Null Found, Extract From String
        Else
' WinNT Does NOT Null Terminate String...
                tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize)
' Null Not Found, Extract String Only
        End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        '---------------------------------------------
---------
        ' Determine Key Value Type For Conversion...
        '---------------------------------------------
---------
        Select Case KeyValType
' Search Data Types...
        Case REG_SZ
' String Registry Key Data Type
                KeyVal = tmpVal
' Copy String Value
        Case REG_DWORD
' Double Word Registry Key Data Type
                For i = Len(tmpVal) To 1 Step -1
' Convert Each Bit
                        KeyVal = KeyVal + Hex(Asc(Mid
(tmpVal, i, 1)))   ' Build Value Char. By Char.
                Next
                KeyVal = Format$("&h" + KeyVal)
' Convert Double Word To String
        End Select


        GetKeyValue = True
' Return Success
        rc = RegCloseKey(hKey)
' Close Registry Key
        Exit Function
' Exit


GetKeyError:     ' Cleanup After An Error Has Occured...
        KeyVal = ""
' Set Return Val To Empty String
        GetKeyValue = False
' Return Failure
        rc = RegCloseKey(hKey)
' Close Registry Key
End Function

Form splash

Option Explicit

Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Unload Me
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Load()
    lblVersion.Caption = "Version " & App.Major & "." &
App.Minor & "." & App.Revision
    lblProductName.Caption = App.Title
End Sub

Private Sub Frame1_Click()
    Unload Me
End Sub
```

รูปที่ ค.6 โปรแกรมของส่วนคำอธิบายชุดปฏิบัติการทดลอง

```
Private Declare Function Out8255 Lib "c:\ProgramVB\8255.dll"
(ByVal PortAddress As Integer,ByVal PortData As Integer) As
Integer
Private Declare Function In8255 Lib "c:\ProgramVB\8255.dll"
(ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Sub WaitTime(nTime As Long) 'โปรแกรมหน่วงเวลาในหน่วยวินาที
    Dim StartTime
    StartTime = Now
    Do While True
        If DateDiff("s", StartTime, Now) >= nTime Then
        Exit Do
        End If
    Loop
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Picture1.Cls
    Picture1.PSet (4225, 3675), vbRed
    Picture1.Circle (4225, 3675), 350
    Picture1.Circle (4225, 3675), 950
    Picture1.Circle (4225, 3675), 1550
    Picture1.Circle (4225, 3675), 2150
    Picture1.Circle (4225, 3675), 2750
    Picture1.Circle (4225, 3675), 3350
    Picture1.Line (4225, 325)-(4225, 7025), vbBlue
    Picture1.Line (4225, 3675)-(2368.8077 + k1, k2 -
2368.8077), vbBlue
    Picture1.Line (875, 3675)-(7575, 3675), vbBlue
    Picture1.Line (4225, 3675)-(-2368.8077 + k1, k2 +
2368.8077), vbBlue
    Picture1.Line (4225, 3675)-(2368.8077 + k1, k2 +
2368.8077), vbBlue
    Picture1.Line (4225, 3675)-(-2368.8077 + k1, k2 -
2368.8077), vbBlue
```

สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Form_Activate()
    Ini = Out8255(&H303, &H82)
    Const k1 = 4225
    Const k2 = 3675
    Picture1.Visible = True
    Picture1.Cls
    Picture1.PSet (4225, 3675), vbRed
    Picture1.Circle (4225, 3675), 350
    Picture1.Circle (4225, 3675), 950
    Picture1.Circle (4225, 3675), 1550
    Picture1.Circle (4225, 3675), 2150
    Picture1.Circle (4225, 3675), 2750
    Picture1.Circle (4225, 3675), 3350
    Picture1.Line (4225, 325)-(4225, 7025), vbBlue
    Picture1.Line (4225, 3675)-(2368.8077 + k1, k2 -
2368.8077), vbBlue
    Picture1.Line (875, 3675)-(7575, 3675), vbBlue
    Picture1.Line (4225, 3675)-(-2368.8077 + k1, k2 +
2368.8077), vbBlue
    Picture1.Line (4225, 3675)-(2368.8077 + k1, k2 +
2368.8077), vbBlue
    Picture1.Line (4225, 3675)-(-2368.8077 + k1, k2 -
2368.8077), vbBlue

End Sub

Private Sub mnBack_Click()
    Form10.Hide
    Form1.Show
End Sub

Private Sub mnPlot_Click()
    Dim i, j, k, m As Integer
    Dim Ini As Integer
    Dim Clk As Integer
    Const Pi = 3.1459654
    ReDim Data_In(1436) As Integer

    Ini = Out8255(&H303, &H82)
'กำหนดให้ Port A กับ Port C เป็น O/P Port B เป็น I/P
    Ini = Out8255(&H300, &H0)
 'เคลียร์ Port A ให้มีค่าเป็น 0
    Ini = Out8255(&H302, &H0)
 'เคลียร์ Port C ให้มีค่าเป็น 0
    Ini = Out8255(&H300, &H10) 'ส่งค่าเริ่มต้นการทำงานให้กับชุดควบคุมมอเตอร์
```

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

```
    j = 0

    For k = 1 To 1436 Step 1
        j = (j + 5 * Rnd)
        Data_In(k) = In8255(&H301)
'รับข้อมูลเข้ามาจาก Port B Address H301
    Next k

   Ini = Out8255(&H300, &HFF)

    DrawWidth = 1                          'กำหนดความหนาของเส้นที่ใช้วาดรูป

    i = 0                                  'องศาเริ่มต้น = 0

    k = 0

    For c = 1 To 1436 Step 1

        k = k + 1
        a = (i * Pi / 180)
        b = ((i + 0.25) * Pi / 180)
        Picture1.Circle (4225, 3675),Data_In(k), vbRed, a, b
        i = i +
0.25

    Next c

    Ini = Out8255(&H300, &H0)          'ส่งค่า 0 ออกไปเพื่อให้มอเตอร์หยุดหมุน

End Sub

Private Sub mnPrint_Click()
    Form10.PrintForm
End Sub
```

รูปที่ ค.7โปรแกรมของส่วนชุดปฏิบัติการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือประกอบการใช้งาน
ชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟ

1. บทนำ

ชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟชุดนี้ สร้างขึ้นจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่พบเห็นได้โดยทั่วไป วงจรภายในส่วนใหญ่จะเป็นวงจรพื้นฐาน ตัวสายอากาศก็เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ทำให้ง่ายต่อการติดตั้งและทดสอบ ซึ่งจุดประสงค์หลักของชุดทดลองชุดนี้ก็เพื่อใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศพื้นฐานชนิดต่างๆ นอกจากนี้แล้วยังมีคุณสมบัติอื่นๆ ดังนี้ คือ

1. ส่งสัญญาณความแรงของคลื่นวิทยุผ่านทางการ์ดเชื่อมโยงสัญญาณแบบขนาน
2. สามารถเลือกการทดลองจากเมนูลัดได้
3. ค้นหาตำแหน่งของความแรงคลื่นสูงสุดของสายอากาศได้
4. แสดงค่ามุมที่มีการแพร่คลื่นสูงสุดของตัวสายอากาศได้
5. แสดงผลการวัดเป็น Polar Diagram หรือ เป็นแบบเชิงเส้นได้
6. มีฟังก์ชันคีย์ลัดเพื่อความสะดวกในการใช้งานต่างๆ
7. บันทึกผลการทดลองเพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลอ้างอิงในคอมพิวเตอร์ได้
8. สามารถเปรียบเทียบลักษณะของการแพร่คลื่นของสายอากาศแต่ละชนิดได้จากการเรียกโหมดเปลี่ยนสีการแสดงผล โดยที่ข้อมูลเดิมยังคงอยู่

2. ส่วนประกอบ และอุปกรณ์

1. เครื่องกำเนิดความถี่วิทยุ (RF Generator) พร้อมอุปกรณ์ควบคุมการหมุนของหัวจับสายอากาศ (Stepping controlled antenna Mount) 1 ชุด
2. เครื่องรับสัญญาณพร้อมสายอากาศรับสัญญาณแบบติดตั้งอยู่กับที่ 1 ชุด
3. อุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณ (Interface) ประกอบด้วย
   - 3.1 การ์ดเชื่อมโยงสัญญาณแบบขนาน 1 การ์ด
   - 3.2 Signal Cable 1 เส้น
   - 3.3 DC Line In/Out 1 เส้น
4. สายอากาศรับ ประกอบด้วย
   - 4.1 Support boom whit dipole 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Direct element	4 ตัว
4.3 Reflector element	1 ตัว
4.4 terminal cable	1 เส้น
4.5 Knurled knob screw	6 ตัว
5. Antenna Mount	3 ตัว
6. ชิ้นส่วนสำเร็จรูปของสายอากาศชนิดต่างๆ ประกอบด้วย	
6.1 Support boom whit dipole, balun and feeder cable	2 ตัว
6.2 Reflector element	2 ตัว
6.3 Director element	5 ตัว
6.4 long directional cable for directional coupler	1 เส้น
6.5 Ground plane	2 ตัว
6.6 5 element log piriodic whit cable	1 ตัว
6.7 So-239 Nuts	2 ตัว
7. เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC-AT หรือ Pentium™ 90 ขึ้นไป หรือเทียบเท่า หน่วยความจำ (RAM) 16 M เป็นอย่างต่ำ พร้อมอุปกรณ์	1 ชุด
8. โปรแกรม UHF Antenna Demonstrator	1 ชุด

3. หน้าที่การทำงานพิเศษ

1. DC Input / Output Terminal ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้งานร่วมกับเครื่อง ทั้งภาครับและภาคส่งสัญญาณ

2. Shortcut Menu ทำหน้าที่เป็นเมนูลัดสำหรับการเข้าสู่การทดลอง โดยการกำหนดค่าคุณสมบัติต่างๆ เองได้โดยตรง

3. Input / Output Terminal ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณความแรงคลื่นวิทยุจากสายอากาศรับมายังคอมพิวเตอร์ผ่านทางการ์ดเชื่อมโยงสัญญาณแบบขนาน

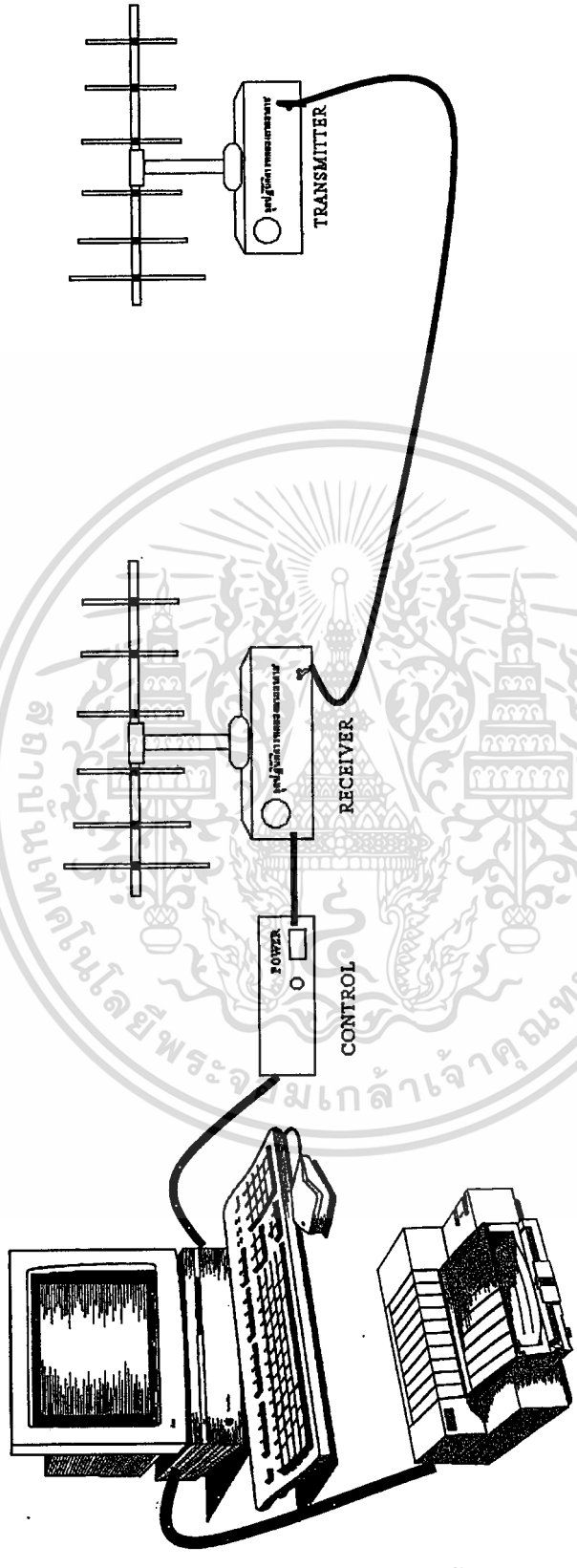
4. Change Color ทำหน้าที่เปลี่ยนสีของการแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของสายอากาศต่างๆ กัน

5.Change Speed Motor ทำหน้าที่ปรับความเร็วของการหมุนมอเตอร์ ควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์

6. LED ทำหน้าที่แสดงสภาวะการทำงานของเครื่องให้ผู้ใช้ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การใช้งาน

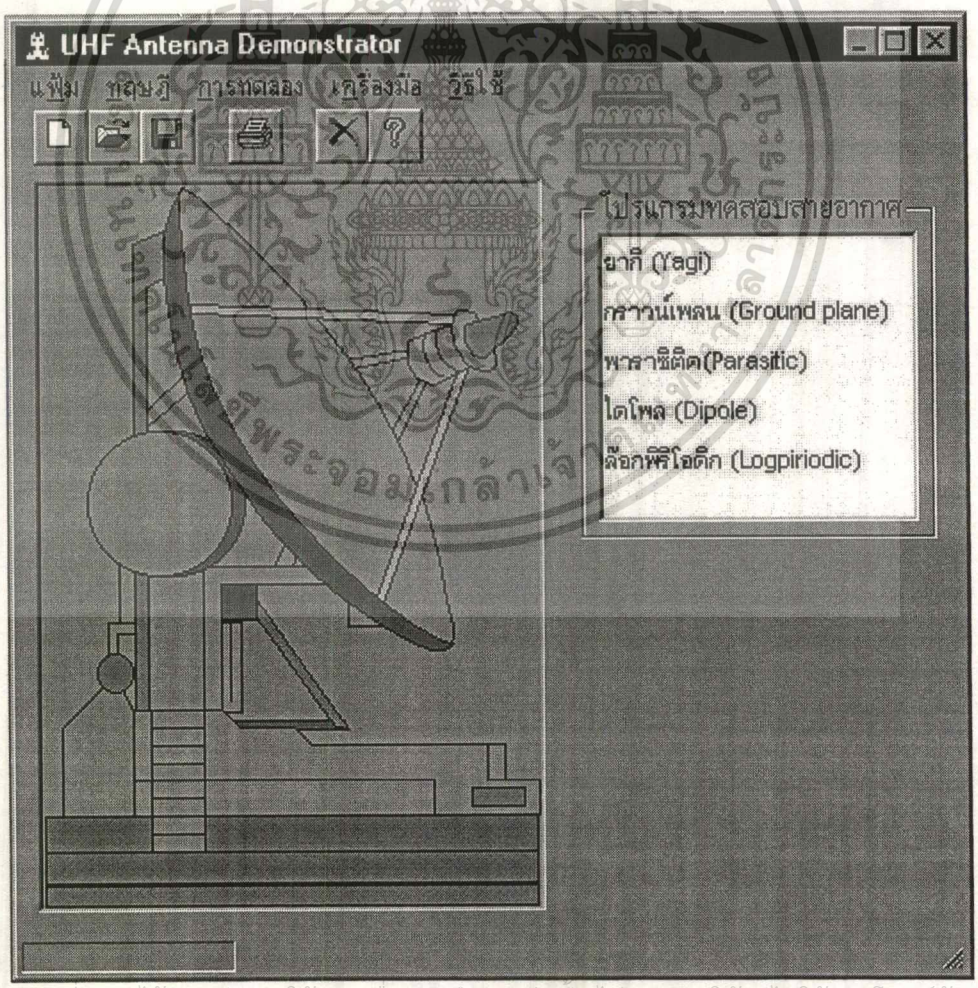


รูปที่ ง.1 การประกอบ และการติดตั้งใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

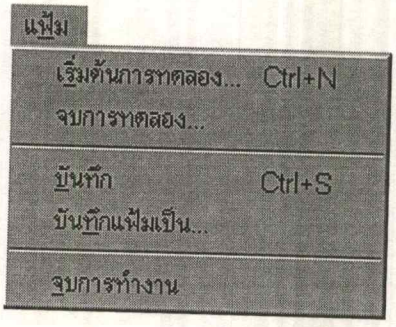
เมื่อเข้าสู่โปรแกรม หน้าจอจะแสดงข้อความต่อไปนี้

รูปที่ ง.2 ข้อความที่แสดงหลังเข้าสู่โปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.3 หน้าจอหลักของโปรแกรม



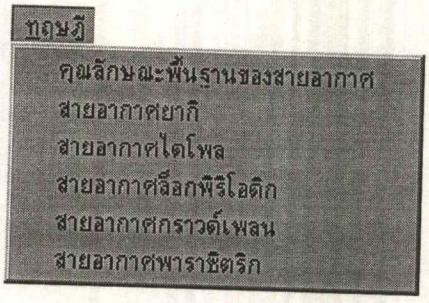
รูปที่ ง.4 ข้อความที่หน้าจอของรายการเลือกหลัก

เริ่มต้นการทดลอง เป็นรายการเลือกจากเมนูลัด สามารถกำหนดค่าคุณสมบัติต่างๆ ได้เองโดยตรง เช่น ข้อมูลของตัวสายอากาศ ความถี่ เป็นต้น ซึ่งปกติแล้วการเริ่มต้นการทดลองจะทำเป็นขั้นตอนจากการทดลองที่ 1 ไปจนถึงการทดลองที่ 5 เป็นลำดับ แต่ถ้าใช้เมนูนี้จะสามารถเลือกการทดลองเองได้ โดยที่ไม่ต้องทำตามลำดับขั้นตอนของการทดลองที่1 ถึงการทดลองที่ 5

จบการทดลอง เป็นรายการเลือกของเมนูที่ใช้สำหรับการออกจากการทดลองนั้นๆ แต่ก็ยังคงอยู่ในโปรแกรมการทดลอง เพื่อที่จะทำการเลือกดูผลการทดลองเดิมหรือทำการทดลองจากหัวข้ออื่นต่อไป

บันทึก และบันทึกแฟ้มเป็น เป็นรายการเลือกจากเมนูใช้สำหรับการบันทึกผลการทดลองที่ได้จากการทดลองในหัวข้อต่างๆ ส่วนบันทึกแฟ้มเป็นจะสามารถกำหนดลักษณะของการบันทึกได้ว่าจะให้อยู่ในรูปแบบใด

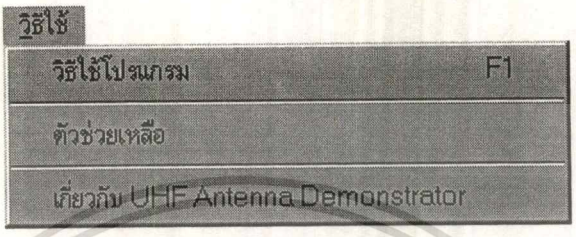
จบการทำงาน เป็นรายการเลือกจากเมนูหลัก ใช้สำหรับการออกจากโปรแกรมการทดลองอย่างถาวร โดยจะมีข้อความเพื่อให้ผู้ใช้ยืนยันความต้องการอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ ง.5 ข้อความที่หน้าจอของรายการเลือกทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎี เป็นรายการเลือกจากเมนูหลักที่ใช้สำหรับการดูทฤษฎีก่อนการทดลองเพื่อความเข้าใจ หรือเมื่อเกิดข้อสงสัยก็สามารถเข้ามาดูได้ในหัวข้อนี้ มีตั้งแต่คุณลักษณะพื้นฐานของสายอากาศ ไปจนถึงรายละเอียดของสายอากาศชนิดต่างที่ใช้ในการทดลองว่ามีรูปร่างหน้าตาอย่างไร มีคุณลักษณะที่สำคัญอย่างไร

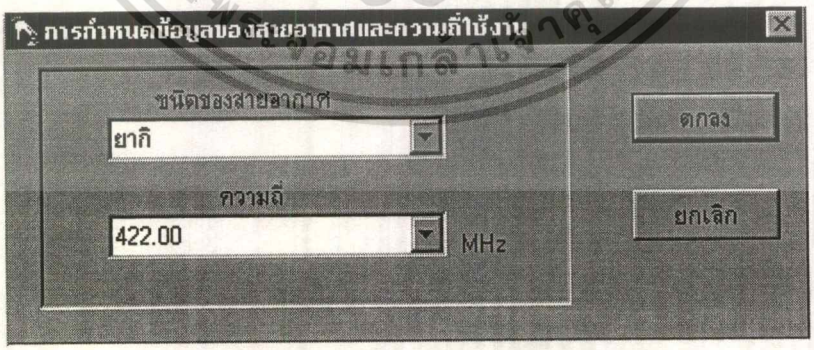


รูปที่ ง.6 แสดงรายการเลือกวิธีใช้

วิธีใช้โปรแกรม เป็นรายการเลือกของวิธีใช้โปรแกรม ใช้สำหรับดูวิธีการใช้งานโปรแกรม รวมไปถึงการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาขึ้น

ตัวช่วยเหลือ เป็นรายการเลือกจากเมนูวิธีใช้ จะรวบรวมปัญหาของโปรแกรมไว้เป็นข้อๆ และบอกถึงการแก้ไขปัญหาตามหัวข้อนั้น

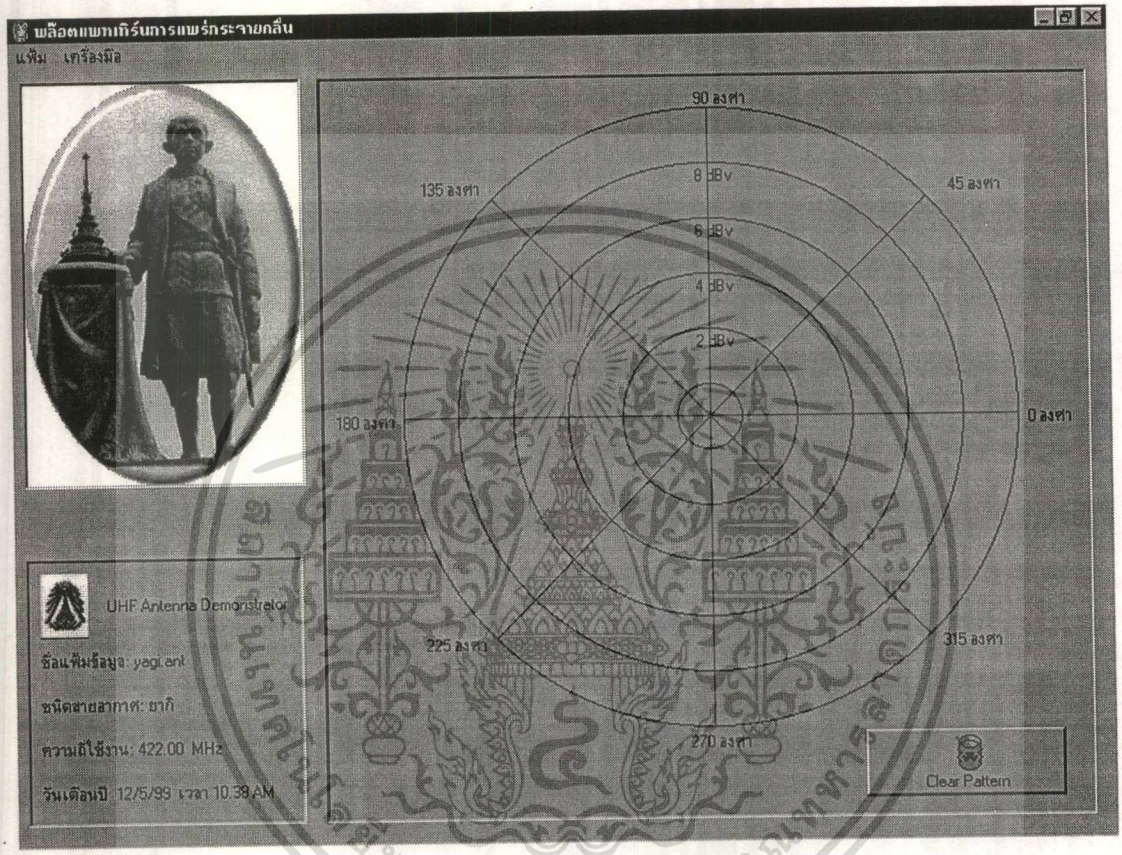
เกี่ยวกับ UHF Antenna Demonstrator เป็นรายการเลือกที่แสดงถึงข้อมูลที่สำคัญๆ ของโปรแกรม โครงสร้างของโปรแกรม ประวัติของคณะผู้จัดทำ เป็นต้น



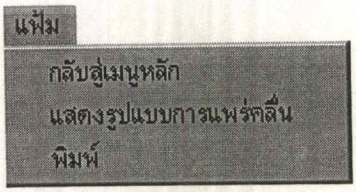
รูปที่ ง.7 แสดงการกำหนดข้อมูลของสายอากาศและความถี่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดข้อมูลของสายอากาศและความถี่ใช้งาน เป็นส่วนของการกำหนดข้อมูลหลังจากการเลือกหัวข้อ “เริ่มต้นการทดลอง” จากเมนูหลัก จะปรากฏต่อเมื่อผู้ใช้ทำการทดลองในโหมดเมนูลัดเท่านั้น



รูปที่ ง.8 แสดงหน้าจอของโปรแกรมส่วนของการทดลองสายอากาศ



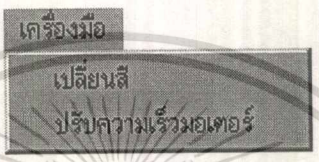
รูปที่ ง.9 แสดงส่วนของรายการเลือกการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับสู่เมนูหลัก เป็นเมนูเลือกจากรายการสำหรับการออกจากการทดลองไปสู่หน้าจอเมนูหลักของโปรแกรม

แสดงรูปแบบการแพร่คลื่น เป็นรายการเลือกเพื่อใช้สำหรับการแสดงผลของการวัดลักษณะการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ

พิมพ์ เป็นรายการเลือกสำหรับการแสดงผลของการทดลอง โดยจะพิมพ์ผลที่ได้ออกทางเครื่องพิมพ์ที่ต่ออยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ ง.10 แสดงรายการเลือกเครื่องมือ

เปลี่ยนสี เป็นรายการเลือกของเครื่องมือเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสีของการพล็อตรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง หรือใช้ในการเปรียบเทียบกับผลของการทดลองจากสายอากาศต่างชนิดกัน

ปรับความเร็วมอเตอร์ เป็นรายการเลือกอีกหัวข้อหนึ่งของเครื่องมือ ใช้ในการปรับเปลี่ยนความเร็วของการหมุนมอเตอร์เพื่อให้ได้ผลการพล็อตรูปคลื่นที่ละเอียดขึ้น แต่ก็จะทำให้การแสดงผลช้าลงตามไปด้วย

รายการเลือกแนะนำวิธีการใช้

ส่วนนี้เป็นส่วนที่จะให้คำแนะนำในการใช้ชุดปฏิบัติการทดลองสายอากาศย่านยูเอชเอฟแก่ผู้ใช้ในส่วนที่ไม่เข้าใจการทำงานของโปรแกรม โดยผู้ใช้สามารถเรียกดูได้จากเมนูตัวช่วยเหลือในหัวข้อวิธีการใช้โปรแกรม หรือกดแป้นพิมพ์ F1 หน้าจอก็จะปรากฏหัวข้อของการทำงานในแบบต่างๆ รวมไปถึงข้อแนะนำในการติดตั้งโปรแกรม และการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดข้อผิดพลาดของโปรแกรมขึ้นมา ดังนี้

1.เนื้อหาและดัชนี ส่วนนี้จะเป็นรายละเอียดการใช้งานทั้งหมดของโปรแกรม ตั้งแต่การติดตั้งเครื่องและการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหา

2.ตัวช่วยเหลือ เป็นส่วนที่เรียกใช้งานเมื่อผู้ใช้เกิดความสงสัยในปัญหาต่างๆ ของโปรแกรม โดยจะแบ่งลักษณะของการเกิดปัญหาออกเป็นข้อๆ นอกเหนือจากที่ได้กล่าวไว้ในวิธีใช้

3. เกี่ยวกับ UHF Antenna Demonstrator เป็นคำอธิบายเกี่ยวกับผู้จัดทำชุดทดลองนี้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจซ่อม และแก้ไข

แนวทางการแก้ไขนี้เป็นเพียงการแก้ไขเบื้องต้น เมื่อมีปัญหานอกเหนือคู่มือนี้ให้ติดต่อช่างผู้ชำนาญเท่านั้น ไม่ควรแก้ไขเองเด็ดขาด

1. เมื่อเปิดสวิตช์ไฟฟ้าของเครื่อง ไม่มีอะไรเกิดขึ้น หลอดไฟสัญญาณไม่ติด

การแก้ไข

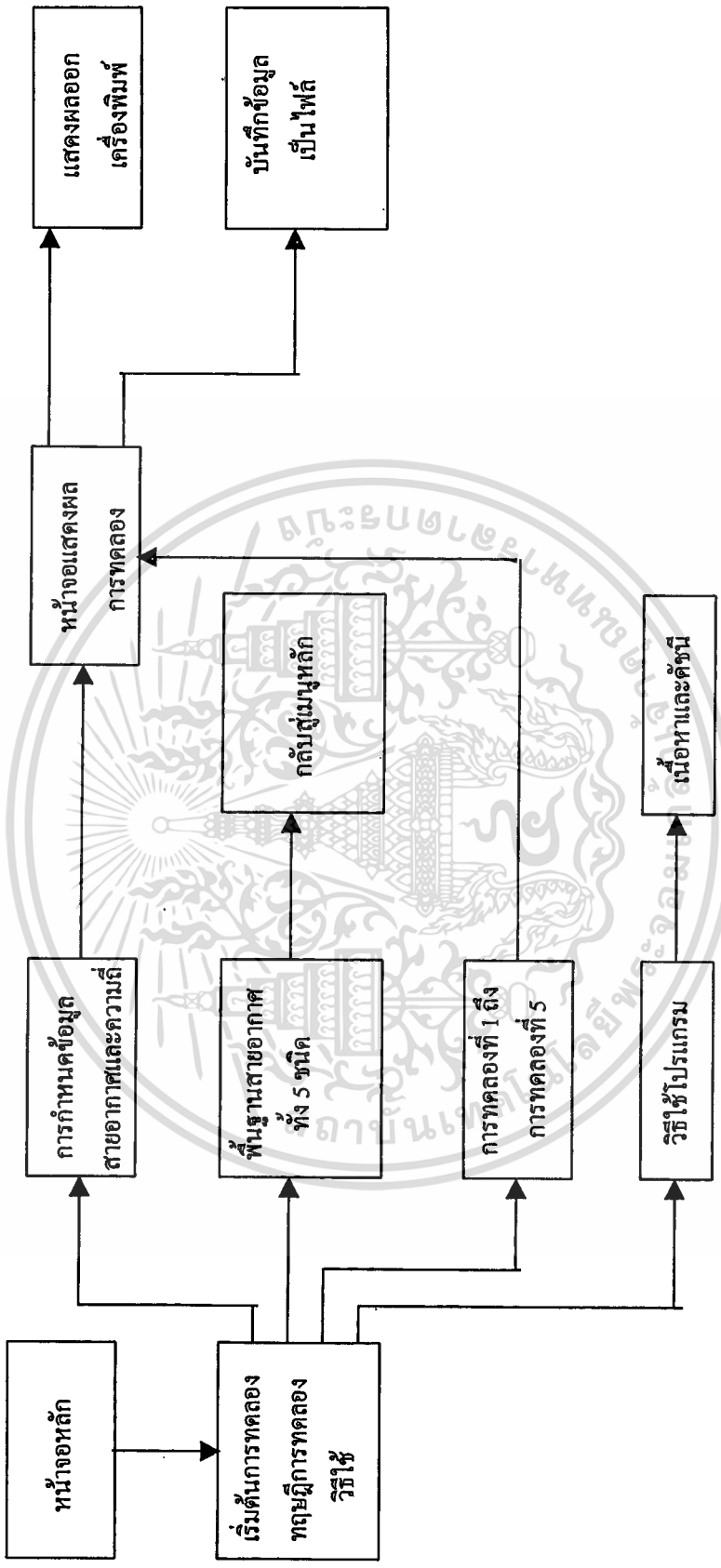
- ตรวจสอบว่ามีไฟฟ้ามาปกติหรือไม่
- ตรวจสอบปลั๊กไฟอยู่ในสภาพสมบูรณ์ และเสียบเข้าที่ถูกต้องหรือไม่
- ตรวจสอบฟิวส์

2. เปิดสวิตช์ไฟฟ้าของเครื่อง ไฟสัญญาณติด ทำการเข้าสู่โปรแกรม แต่ไม่มีการทำงานใดๆ เกิดขึ้น

การแก้ไข

- ตรวจสอบแรงดันจากแหล่งจ่ายของเครื่องที่จุดต่อสายสำหรับภายนอก (DC Input / Output)
- ตรวจสอบความหนาแน่นของจุดเชื่อมโยงสัญญาณภายในจุดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.11 แผนผังการควบคุมการทำงานทั้งหมด

ภาคผนวก จ

ใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานการทดลอง
รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ
(Antenna Radiation Pattern)

วัตถุประสงค์

1. บอกและอธิบายความหมายของคุณลักษณะพื้นฐานต่างๆ ของสายอากาศได้
2. อธิบายถึงคุณลักษณะพื้นฐานของสายอากาศชนิดสำคัญๆ ได้
3. ออกแบบและสร้างสายอากาศชนิดต่าง ๆ จากชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้
4. อธิบายขั้นตอนการวัดการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศชนิดต่างๆ ได้
5. วัดและอธิบายลักษณะการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศที่ได้จากการใช้คอมพิวเตอร์ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องกำเนิดความถี่วิทยุ (RF Generator) พร้อมอุปกรณ์ควบคุมการหมุนของหัวจับสายอากาศ (Stepping Controlled Antenna Mount) 1 ชุด
2. เครื่องรับสัญญาณพร้อมสายอากาศรับสัญญาณแบบติดตั้งอยู่กับที่ 1 ชุด
3. อุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณ (Interface) ประกอบด้วย:
   - 3.1 การ์ดเชื่อมโยงสัญญาณแบบขนาน 1 การ์ด
   - 3.2 Signal cable 1 เส้น
   - 3.3 DC line in/out 1 เส้น
4. สายอากาศรับ ประกอบด้วย:
   - 4.1 Support boom whit dipole 1 ตัว
   - 4.2 Director element 4 ตัว
   - 4.3 Reflector element 1 ตัว
   - 4.4 Terminal cable 1 เส้น
   - 4.5 Knurled knob screw 6 ตัว
5. Antenna Mount 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ชิ้นส่วนสำเร็จรูปของสายอากาศชนิดต่างๆ ประกอบด้วย

6.1 Support boom whit dipole, balun and feeder cable	2 ตัว
6.2 Reflector element	2 ตัว
6.3 Director element	5 ตัว
6.4 Long directional cable for directional coupler	1 เส้น
6.5 Ground plane	2 ตัว
6.6 5 element log piriodic whit cable	1 ตัว
6.7 So-239 Nuts	2 ตัว

7. เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC-AT หรือ Pentium™ 90 ขึ้นไป หรือเทียบเท่า หน่วยความจำ (RAM) 16 M เป็นอย่างต่ำ พร้อมอุปกรณ์ 1 ชุด

8. โปรแกรม UHF Antenna Demonstrator 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

การทดลองวัดหารูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ จะใช้ชุดทดลองที่เป็นแบบจำลองระบบสายอากาศที่มีอุปกรณ์, ชิ้นส่วนของสายอากาศแบบต่างๆ สำเร็จรูป ทั้งใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมช่วยในการทดลองและวิเคราะห์ โดยได้ออกแบบสำหรับค้นหาค่าตัวแปรต่างๆ ของสายอากาศที่ใช้งานย่านความถี่ 422 MHz

การวัดสายอากาศโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer-Based Antenna Measurement) นี้ คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของระบบ และการแสดงผลลัพธ์ โดยจะควบคุมและรับข้อมูลจากอุปกรณ์ดังนี้ คือ

1. อุปกรณ์กำเนิดความถี่
2. อุปกรณ์รับสัญญาณความถี่
3. ตำแหน่งสายอากาศ
4. ความเร็วและทิศทางการหมุนของสายอากาศ
5. ระดับสัญญาณที่รับเข้ามา

โปรแกรมที่ใช้งานมีระบบจัดการทำงาน (Operating System : OS) เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นงานวัดของสายอากาศทุกแบบจะควบคุมได้จากการเลือกเมนูเพื่อสั่งการ ผลลัพธ์จากการดำเนินการจะแสดงผลในรูปแบบกราฟฟิคบนจอคอมพิวเตอร์ ค่าตัวแปรที่สามารถทำการวัดได้มีดังนี้ คือ

1. ทิศทางและอัตราการขยายจะแสดงในรูปแบบ Polar Diagram
2. ระดับความแรงของสัญญาณที่รับเข้ามาจะแสดงผลเป็นตัวเลข

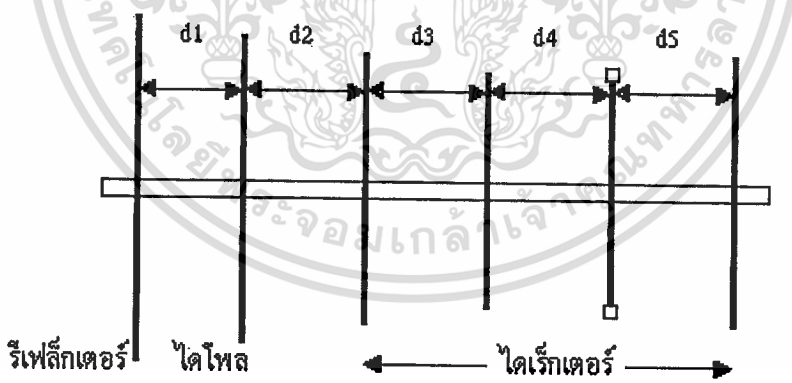
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแม่นยำถูกต้องของผลจากการวัดทดสอบสายอากาศทุกชนิดจะถูกกระทบกระเทือนด้วยการสะท้อนกลับจากวัสดุที่อยู่โดยรอบ ดังนั้น ถ้าต้องการประสิทธิภาพการทำงานที่สูงที่สุดควรเลือกทำการทดสอบในสถานที่โล่งกว้าง หรือห้องพิเศษปราศจากการสะท้อน แต่อย่างไรก็ตาม การทดลองในห้องปฏิบัติการทั่วไปก็ให้ผลที่ดีเยี่ยมอยู่แล้ว ระยะห่างที่ออกแบบไว้สำหรับการทดสอบสายอากาศคือ 3 เมตร แต่ถ้าทดสอบสายอากาศที่มีอัตราการขยายสูงมากก็ยิ่งจำเป็นต้องใช้ระยะห่างมากขึ้น เพื่อเกิดให้ระนาบด้านหน้าของคลื่น (Plane Wavefront) ในทางกลับกัน ถ้าสถานที่ไม่เหมาะสมจะเกิดความยุ่งยากโดยเฉพาะสายอากาศที่มีอัตราการขยายต่ำ แต่ห้องทดสอบมีอัตราการสะท้อนกลับสูง จะทำให้การแยกสัญญาณทั้งสองออกจากกันจะไม่ได้ผลที่ถูกต้อง ดังนั้น สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยงคือ บริเวณที่มีอุปกรณ์สะท้อนกลับที่ดี เช่น โลหะ เป็นต้น

ลำดับขั้นการทดลอง

1. การประกอบและติดตั้งสายอากาศภาครับ

สายอากาศรับนี้เป็นสายอากาศแบบยากิ (Yagi) ชนิด 6 ชิ้น จำนวน 1 ชุด ต่อเชื่อมเข้ากับอุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล สายอากาศชุดนี้จะนำมาใช้กับทุกขั้นตอนการทดลอง ดังรูปที่ 1 แสดงรูปร่างของสายอากาศรับ



รูปที่ 1 รูปร่างของสายอากาศรับยากิ

2. การต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์

จัดวางสายอากาศเครื่องส่งบนโต๊ะหรือแท่นเครื่องที่ห่างจากคอมพิวเตอร์ประมาณ 1-2 เมตร สายอากาศเครื่องรับควรตั้งให้ห่างจากสายอากาศเครื่องส่งประมาณ 5-8 เมตร ไม่ควรวางเครื่องคอมพิวเตอร์ระหว่างสายอากาศทั้งสอง เพราะสิ่งที่ต้องการคือพื้นที่ที่กว้างที่สุด เพื่อลดการสะท้อนกลับ

ต่อสายสัญญาณชนิด 34 ทาง เข้าที่ด้านหลังของคอมพิวเตอร์ (การ์ดเชื่อมโยงสัญญาณแบบขนาน) กับหัวต่อของเครื่องรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การต่อสายอากาศทั้งสองเข้าด้วยกัน

ปรับสายอากาศทั้งสองให้อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกัน โดยใช้สายอากาศทางด้านเครื่องรับเป็นตำแหน่งอ้างอิง (สายอากาศแบบยากิ ชนิด 6 ชิ้น ซึ่งประกอบไว้เรียบร้อยแล้ว) ส่วนสายอากาศทางด้านเครื่องส่งมีทั้งหมด 5 ชนิดด้วยกัน โดยสามารถถอดประกอบและปรับเปลี่ยนได้ตามต้องการ หลังจากที่ติดตั้งสายอากาศทั้งทางด้านเครื่องรับและเครื่องส่งแล้ว ให้ต่อสายโคแอคเชียลเคเบิล (Coaxial Cable) จากตัวสายอากาศเข้ากับขั้วต่อของเครื่องรับและเครื่องส่งตามลำดับ นอกจากนี้ให้ทำการต่อสายเคเบิล (สายเคเบิลเส้นยาวที่สุด) เข้ากับขั้วต่อสัญญาณระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง

4. ขั้นตอนการทดลอง

4.1 ตรวจสอบก่อนว่าสายนำสัญญาณที่เครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไว้กับเครื่องรับหรือไม่

4.2 ต่อสาย DC Line เข้าที่ขั้วต่อสายระหว่างเครื่องรับกับเครื่องส่ง

4.3 เปิดสวิทช์ Power ของเครื่องรับไปที่ตำแหน่ง ON

4.4 เริ่มต้นโปรแกรมด้วยคำสั่ง C:\UHF_DEMO>START

4.5 เข้าสู่โปรแกรม ทำการทดลองดังต่อไปนี้

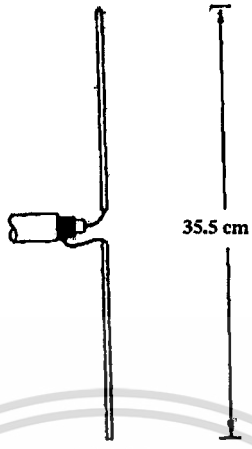
การทดลองที่ 1 สายอากาศไดโพล (Dipole)

การทดสอบสายอากาศตัวแรก คือ สายอากาศไดโพล (ดังแสดงในรูปที่ 2) ซึ่งเป็นสายอากาศพื้นฐานที่พบเห็นกันมากที่สุดชนิดหนึ่ง การวัดการแพร่คลื่นของสายอากาศไดโพล ทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. ประกอบและติดตั้งสายอากาศเข้าที่เครื่องส่ง ต่อสายเคเบิลกับเครื่องส่ง
2. ปรับสายอากาศทั้งสองให้ชี้ตรงซึ่งกันและกัน
3. เลือกเมนูในรายการ “เริ่มต้นการทดลอง” ในเมนู “แฟ้ม”
4. เลือกชนิดของสายอากาศในช่อง “ชนิดของสายอากาศ” กำหนดเป็นสายอากาศไดโพล
5. การทดลองนี้กำหนดความถี่ไว้อยู่แล้ว คือ 422.00 MHz ก็ให้ข้ามขั้นตอนนี้ไปเลย คลิ๊กที่ปุ่ม “ตกลง” เพื่อเริ่มการทดลอง
6. หน้าจอจะแสดงกราฟในรูปแบบของ Polar Diagram Plot คลิ๊กที่ปุ่ม Clear Pattern เพื่อเคลียร์กราฟที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
7. เลือกเมนูในรายการ “แสดงรูปแบบการแพร่คลื่น” ในเมนู “แฟ้ม”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สังเกตกราฟที่ปรากฏบนหน้าจอ เลือกเมนูในรายการ “พิมพ์” ในเมนู “แฟ้ม”

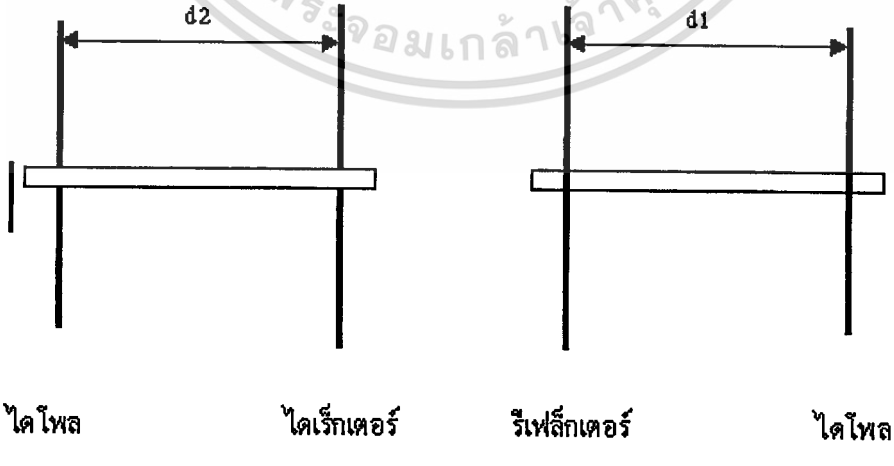


รูปที่ 2 สายอากาศไดโพล

การทดลองที่ 2 สายอากาศพาราซิติก (Parasitic)

สายอากาศพาราซิติกจะประกอบด้วยอุปกรณ์ดังรูป (ดังแสดงในรูปที่ 3) ให้ทำการประกอบสายอากาศตามรูป (ก) เสร็จแล้วทำการทดลองตามข้อ 1. ถึง 8. บันทึกผลที่ได้ จากนั้นปรับเปลี่ยนสายอากาศตามรูป (ข) ทดลองตามเดิม สังเกตและบันทึกผลที่เกิดขึ้น

(ก) (ข)

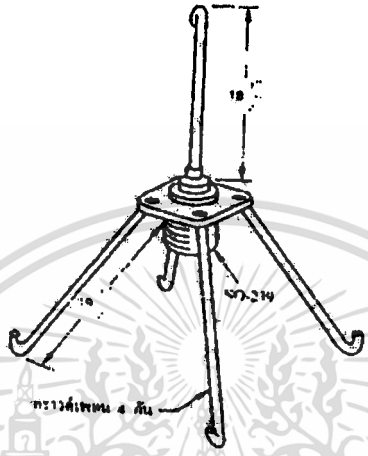


รูปที่ 3 สายอากาศพาราซิติก

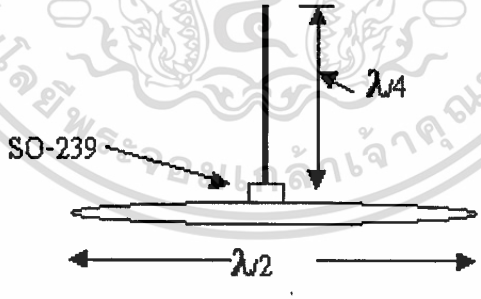
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 สายอากาศกราวด์เพลน (Ground plane)

สายอากาศกราวด์เพลนในชุดทดลองนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด ตามรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ประกอบสายอากาศตามรูปที่ 4 ก่อน ทำการทดลองตามข้อ 1. ถึง 8. บันทึกผลที่ได้ จากนั้นเปลี่ยนสายอากาศตามรูปที่ 5 ทดลองตามขั้นตอนเดิม สังเกตและบันทึกผลที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4 สายอากาศกราวด์เพลนแบบที่ 1

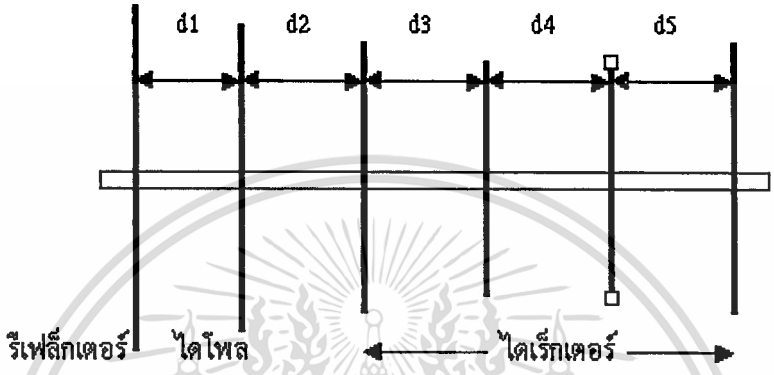


รูปที่ 5 สายอากาศกราวด์เพลนแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4 สายอากาศยากิ (Yagi)

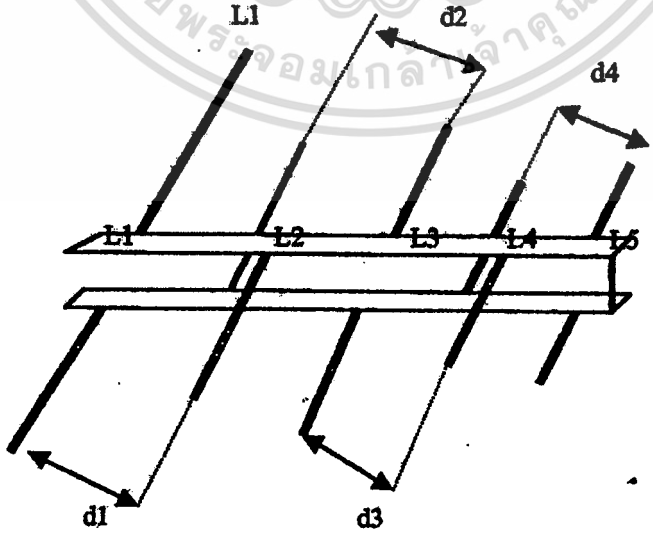
สายอากาศยากิแบบ 6 ชิ้นจำนวน 1 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 6 ลักษณะเดียวกับสายอากาศทางด้านภาครับ ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 1. ถึง 8. สังเกตและบันทึกผลที่เกิดขึ้น



รูปที่ 6 สายอากาศยากิ

การทดลองที่ 5 สายอากาศล็อกพิริโอดิค (Logperiodic)

สายอากาศล็อกพลิโอดิกแสดงดังรูปที่ 7 ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 1. ถึง 8. สังเกตและบันทึกผลที่เกิดขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 สายอากาศล็อกพิริโอดิค

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายอย่างละเอียดถึงรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ ดังนี้

   1.1 Dipole

   1.2 Yagi

   1.3 Ground plane

   1.4 Parasitc

   1.5 Logpiriodic

2. จงบอกถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อรูปแบบของการแพร่คลื่นของสายอากาศมาโดยละเอียด

สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET-PC8255

ET-PC SERIAL

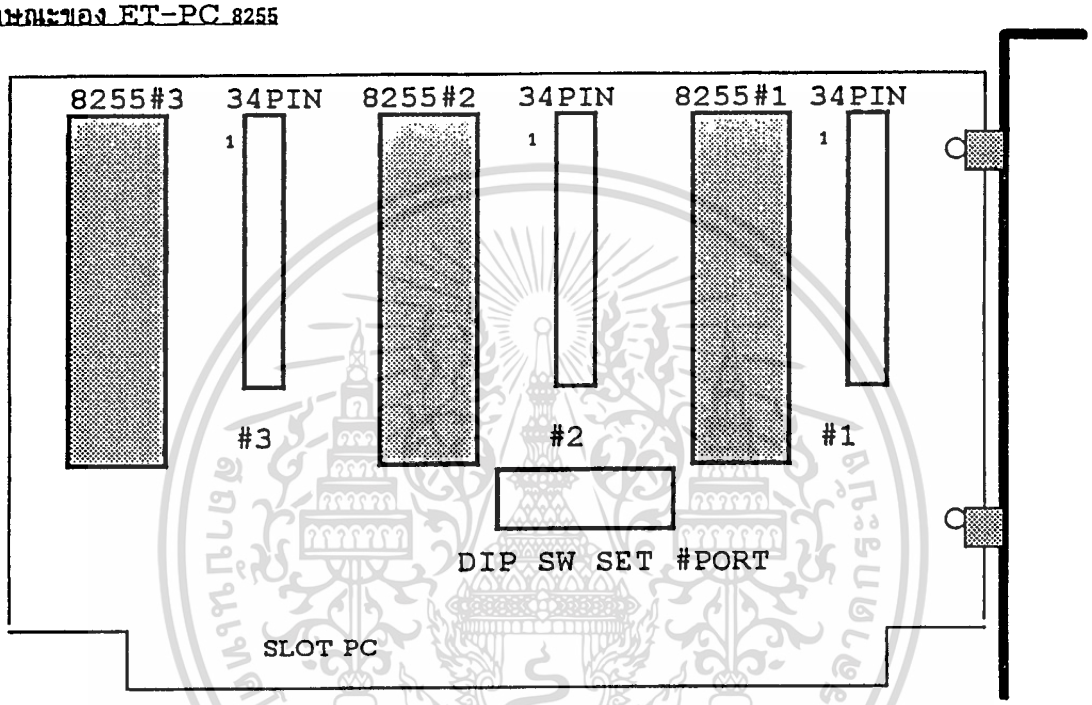
ETT CO.,LTD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET-PC CARD SERIAL

ET-PC 8255

ลักษณะของ ET-PC 8255



ET-PC 8255 จะเป็น CARD ต่อขยายระบบเครื่อง PC ให้มีส่วนของ INPUT , OUTPUT PORT ใช้งานมากขึ้น โดยจะมี PORT ใช้งานเป็น INPUT หรือ OUTPUT จำนวน 9 PORT หรือ 72 BIT I/O (TTL 0-5V)

การติดตั้ง ET-PC 8255 กับเครื่อง PC

1. ปิด SW. POWER ของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC นั้นก่อน
2. เปิดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์
3. SET DIP SW. ตำแหน่ง PORT ของ CARD ET-PC 8255 ไม่ให้ตรงกับตำแหน่ง PORT ของ CARD อื่นๆ (ดูได้ในเรื่อง SET DIP SW. ตำแหน่ง PORT)
4. นำ CARD ET-PC 8255 ใส่เข้าไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ทาง SLOT PC 62 PIN ดู การใส่ CARD ให้เรียบร้อยสนิทดีด้วยกับ SLOT PC
5. ถ้ามีการต่อสายแพร์จาก 34 PIN ไปใช้งานก็ให้ต่อก่อนให้เรียบร้อยแล้วเสร็จก่อน
6. เปิด SW. POWER เครื่องคอมพิวเตอร์ PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

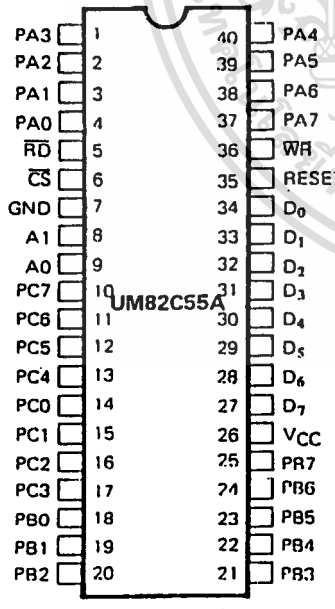
การทำงานของ ET-PC 8255

CARD ET-PC 8255 จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆก็คือ ส่วน IC 8255 ซึ่งเป็น IC ทำหน้าที่เป็น INPUT , OUTPUT PORT และส่วนของวงจร IC DECODE (เลือกตำแหน่งของ PORT 8255) คือ IC 74LS688 , 74LS139 และ DIP SW.

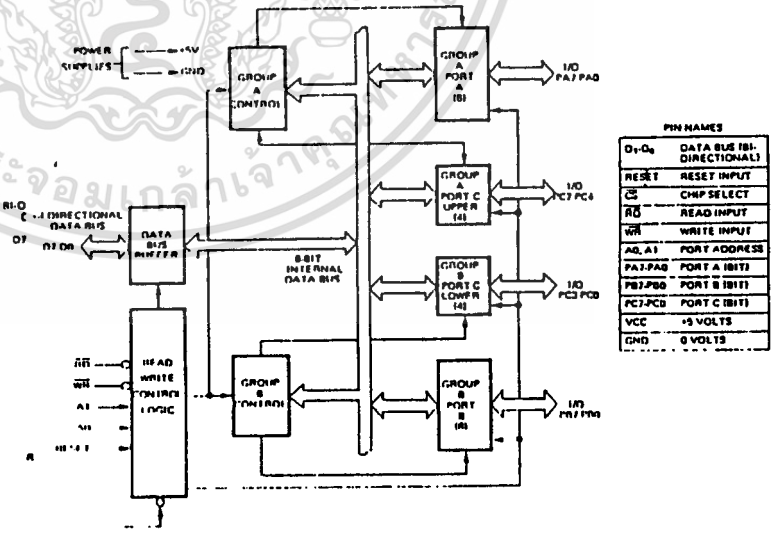
การใช้งาน IC 8255

IC 8255 นี้จะเป็น IC ซึ่งประกอบด้วย PORT ใช้งาน 3 PORT และอีก 1 PORT ควบคุมก่อนที่เราจะใช้งาน 8255 เราจะต้องส่งข้อมูลไปให้ยัง PORT ควบคุมก่อนว่าจะให้ PORT ทั้ง 3 PORT ของ 8255 ที่เหลือนั้นทำหน้าที่อะไร เป็น INPUT หรือ OUTPUT PORT เราจะต้องเป็นผู้กำหนด CONTROL CODE PORT ควบคุมดังรูป :-

Pin Configuration



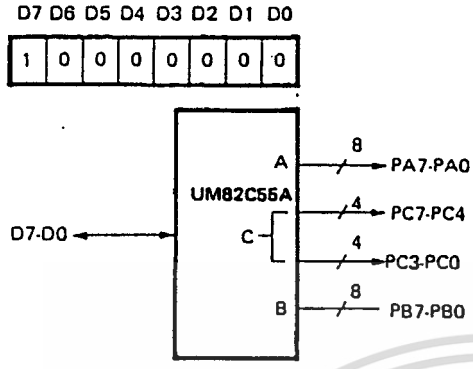
Block Diagram



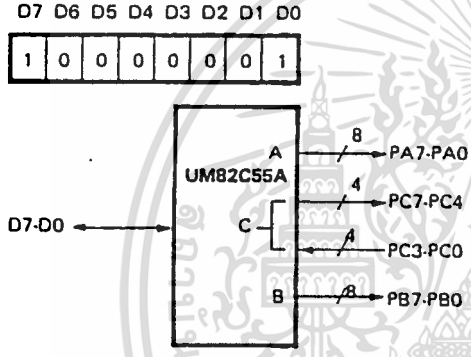
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode 0 Configurations

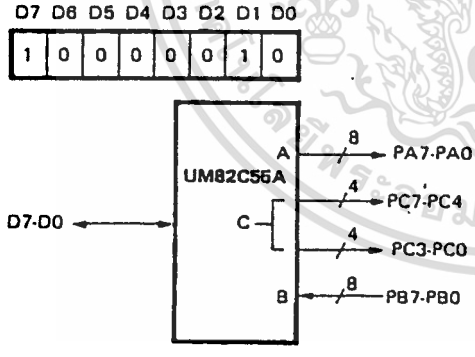
CONTROL WORD #0



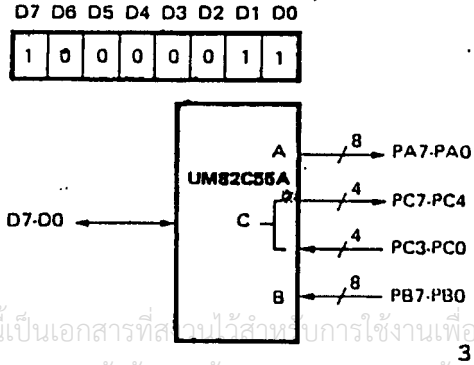
CONTROL WORD #1



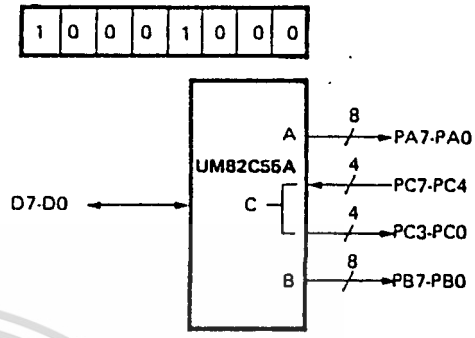
CONTROL WORD #2



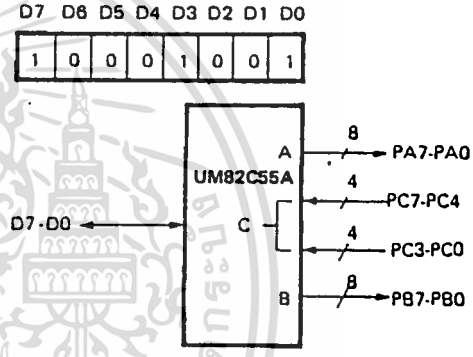
CONTROL WORD #3



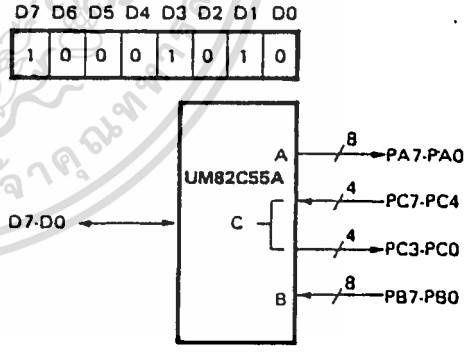
CONTROL WORD #4



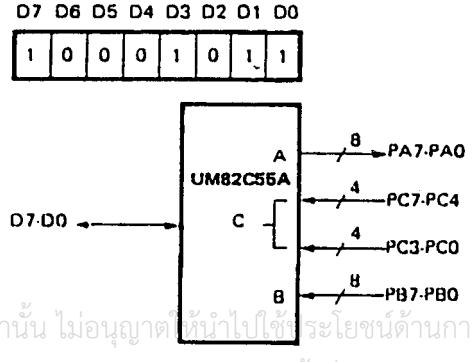
CONTROL WORD #5



CONTROL WORD #6

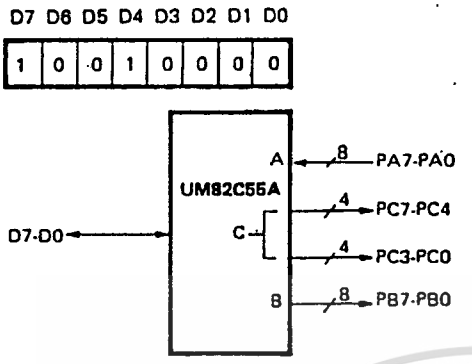


CONTROL WORD #7

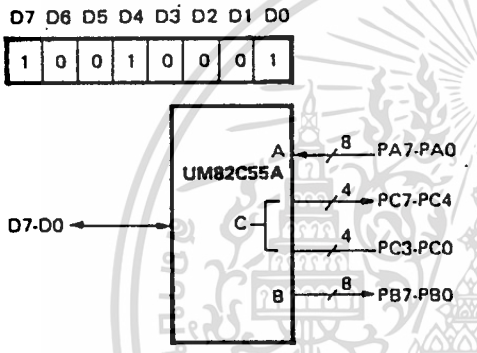


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

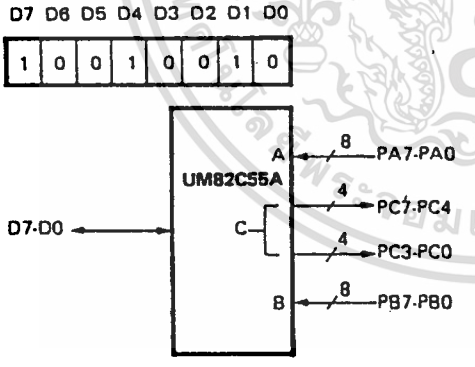
CONTROL WORD #8



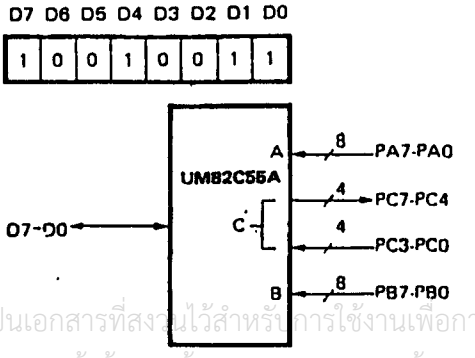
CONTROL WORD #9



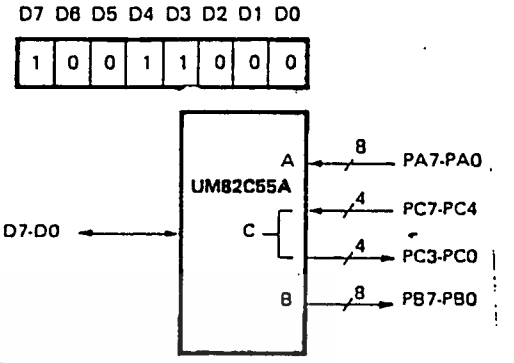
CONTROL WORD #10



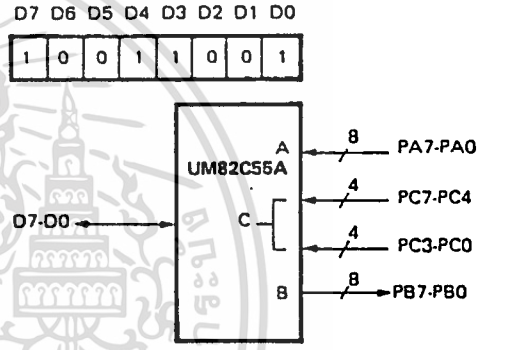
CONTROL WORD #11



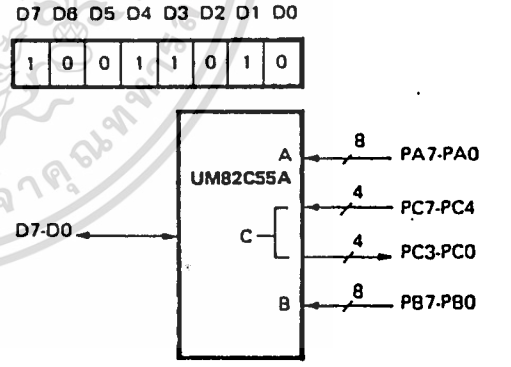
CONTROL WORD #12



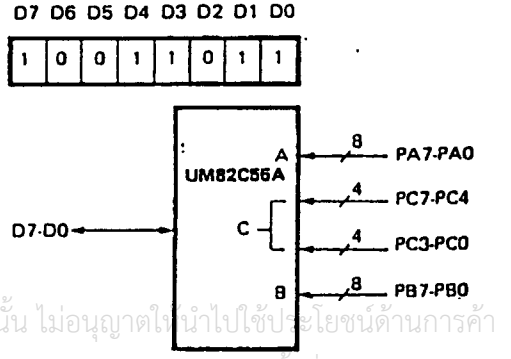
CONTROL WORD #13



CONTROL WORD #14



CONTROL WORD #15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC HARDWARE I/O MAP

8088 Class Systems

Address	Function
ØØØ–ØØF	DMA Controller (8237A)
Ø2Ø–Ø21	Interrupt controller (8259A)
Ø4Ø–Ø43	Timer (8253)
Ø6Ø–Ø63	PPI (8255A)
Ø8Ø–Ø83	DMA page register (74LS612)
ØAØ–ØAF	NMI – Non Maskable Interrupt
2ØØ–2ØF	Game Port Joystick controller
21Ø–217	Expansion Unit
2E8–2EF	COM4: Serial Port
2F8–2FF	COM2: Serial Port
3ØØ–31F	Prototype Card
32Ø–32F	Hard Disk
378–37F	Parallel Printer Port 1
38Ø–38F	SDLC
3BØ–3BF	MDA – Monochrome Adapter and printer
3DØ–3D7	CGA – Color Graphics Adapter
3E8–3EF	COM3: Serial Port
3FØ–3F7	Floppy Diskette Controller
3F8–3FF	COM1: Serial Port

80286 /386/486 Class Systems

Address	Function
ØØØ–Ø1F	DMA Controller #1 (8237A–5)
Ø2Ø–Ø3F	Interrupt controller #1 (8259A)
Ø4Ø–Ø5F	Timer (8254)
Ø6Ø–Ø6F	Keyboard (8Ø42)
Ø7Ø–Ø7F	NMI – Non Maskable Interrupt & CMOS RAM
Ø8Ø–Ø9F	DMA page register (74LS812)
ØAØ–ØBF	Interrupt controller #2 (8259A)
ØCØ–ØDF	DMA Controller #2 (8237A)
ØFØ–ØFF	8Ø287 Math Coprocessor
1FØ–1F8	Hard Disk
2ØØ–2ØF	Game Port Joystick controller
258–25F	Intel Above Board
278–27F	Parallel Printer Port 2
2E8–2EF	COM4: Serial Port
2F8–2FF	COM2: Serial Port
3ØØ–31F	Prototype Card
378–37F	Parallel Printer Port 1
38Ø–38F	SDLC or Bisynchronous Comm Port 2
3AØ–3AF	Bisynchronous Comm Port 1
3BØ–3BF	MDA – Monochrome Adapter
3BC–3BE	Parallel Printer on Monochrome Adapter
3CØ–3CF	EGA – Reserved
3DØ–3D7	CGA – Color Graphics Adapter
3E8–3EF	COM3: Serial Port
3FØ–3F7	Floppy Diskette Controller
3F8–3FF	COM1: Serial Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ DECODE PORT

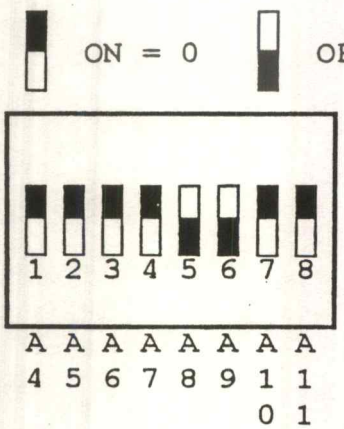
DECODE PORT 8255 บน CARD เราจะใช้ IC TTL 74LS688 , IC TTL 74LS139 และ DIP SW. 8 PIN เป็นวงจร DECODE เพื่อให้สามารถปรับ SET DIP SW. ตั้งตำแหน่งเบอร์ PORT ของ CARD ได้ โดยในการปรับ DIP SW. นั้นจะต้องไม่ไปตรงกับตำแหน่ง PORT ของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ด้วย ดังรูป :-

โดย CARD ET-PC 8255 จะใช้ตำแหน่ง PORT 12 PORT ต่อ CARD

DECODE PORT

XX0H	PORT A (#1)
XX1H	PORT B (#1)
XX2H	PORT C (#1)
XX3H	CONTROL PORT (#1)
XX4H	PORT A (#2)
XX5H	PORT B (#2)
XX6H	PORT C (#2)
XX7H	CONTROL PORT (#2)
XX8H	PORT A (#3)
XX9H	PORT B (#3)
XXAH	PORT C (#3)
XXBH	CONTROL PORT (#3)

เราตั้งเบอร์ DECODE PORT ได้โดยการปรับ DIP SW. ซึ่งก็มีค่าเท่ากับค่า ADDRESS นั้นๆ เช่น เราตั้งตำแหน่ง 300H จะ SET DIP SW. ดังนี้ :-



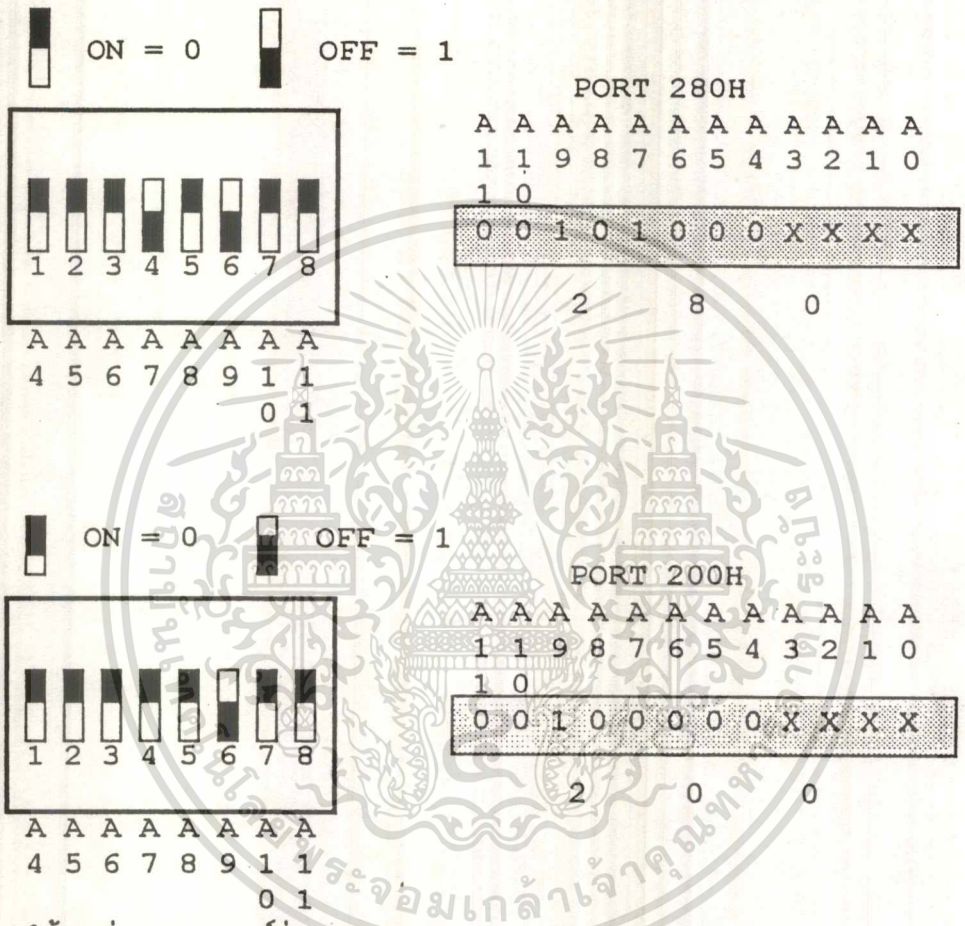
PORT 300H

A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0										
0	0	1	1	0	0	0	0	X	X	X	X

3 0 0

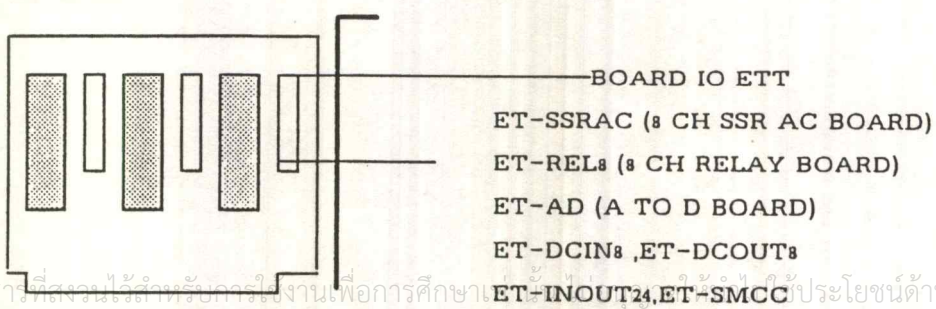
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการตั้งตำแหน่ง 280H จะ SET DIP SW. ดังนี้ :-



การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆของ ETT

เราสามารถต่อ CONNECTOR 34 PIN ของ CARD ET-PC 8255 ไปยัง BOARD ต่างๆ ของอีทีทีได้ เช่น ต่อใช้งานกับ ET-SSRAC ซึ่งจะเป็น BOARD ควบคุมไฟ AC 220V ได้ 8 OUTPUT ดังรูป หรือจะต่อรับกับ ET-AD ซึ่งเป็น BOARD วัด VOLT , OHM , หรืออุณหภูมิได้ด้วยดังรูป :-



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างโปรแกรม ตัวอย่างโปรแกรมภาษาต่างๆ โดยใช้อุปกรณ์ ET-SSRAC ประกอบเป็น OUTPUT ในรูปลักษณะไฟวิ่ง

BASIC

```
10 REM "EX ET-PC8255 BASIC PROGRAM"
20 PA=&H300
30 PB=&H301
40 PC=&H302
50 PCC=&H303
60 OUT PCC,&H80
70 FOR II=1 TO 8
80 READ I
90 OUT PA,I
100 FOR XX= 0 TO 200
110 NEXT XX
120 NEXT II
130 DATA &HFE,&HFD,&HFB,&HF7
140 DATA &HEF,&HDF,&HBF,&H7F
```

ASSEMBLER

```
0100    MOV  AL,80
        MOV  DX,0303
        OUT  DX,AL
        MOV  AH,08
        MOV  DX,0300
        MOV  AL,FE
        OUT  DX,AL
        ROL  AL,1
        MOV  CX,FFFF
        LOOP 0113
        DEC  AH
        JNZ  010D
        MOV  AL,7F
        MOV  AH,08
        OUT  DX,AL
        ROR  AL,1
        MOV  CX,FFFF
        LOOP 0123
        DEC  AH
        JNZ  011D
        INT  20
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PASCAL

```
PROGRAM ETPC_8255
USER CRT;

VAR   I,X:BYTE
TYPE  AR_DATA=ARRAY[1..8] OF BYTE;

CONST      PA1=$0300;
           PB1=$0301;
           PC1=$302;
           PCONT_1=$0303
           DATA_OUT:AR_DATA=($FE,$FD,$
FB,$F7,$EF,$DF,$BF,$7F);

BEGIN
     PORT[PCONT_1]:=$80;
     FOR I:=1 TO 8 DO
       BEGIN
          PORT[PA1]:=DATA_OUT[I];
          DELAY(200);
       END;
     X:=8;
     FOR I:=1 TO 8 DO
       BEGIN
          PORT[PA1]:=DATA_OUT[X]
          DELAY(200);
          X:X-1;
       END;
END.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET-PC8255 ETT CO.,LTD. ETT

SPECIFICATIONS

LOGIC INPUT AND OUTPUT	: MIN	MAX
INPUT LOGIT LOW	: -0.5	0.8 VOLTS
INPUT LOGIT HIGH	: 2.0	5 VOLTS

OUTPUT LOW VOLTAGE PORTS : - 0.45 VOLTS
(I-SINK = 1.7 MA)

OUTPUT HIGH VOLTAGE PORTS : 2.4 - VOLTS
(I-SOURCE = 200 UA)

POWER CONSUMPTION	: 300 MA +5V
SIZE	: HALF SLOT (13 X 11 CM)
PORT	: 3 (8255 I/O PORT 3 X 8 BIT)
CONNECTOR	: 3 (34 PIN HEADER-STRIP ETT IO BUS)
DECODE PORT	: 8 POSITION DIP SW.

คำแนะนำในการประกอบ ET-PC 8255

1. การใส่อุปกรณ์ตามลำดับ คือ ตัวต้านทาน , ตัวเก็บประจุ , SOCKET
2. ตัวเก็บประจุให้ใส่ให้ถูกขั้วตามที่พิมพ์ด้วย
3. LED ขายาวคือ A ขาสั้นคือ K ใส่ตามรูปบน PCB
4. การบัดกรีให้กระทำเฉพาะด้านล่างเพียงด้านเดียว ด้านบนไม่ต้องบัดกรี
5. เมื่อเรียบร้อยแล้วใส่ IC ลงใน SOCKET ระวังไม่ให้ผิดตำแหน่งหรือกลับหัว
6. ประกอบแผ่นเหล็กยึด PRINT

รายการอุปกรณ์ ET-PC 8255

- IC 8255	3 ตัว	- CONNECTOR 34 PIN	3 ตัว
- 74LS139	1 ตัว	- DIP SW. 8 จุด	1 ตัว
- 74F245	1 ตัว	- R-PACK 10K 9 PIN	11 ตัว
- 74LS245	1 ตัว	- R 330	1 ตัว
- 74LS688	1 ตัว	- R 4.7K	1 ตัว
- C 0.1 UF	7 ตัว	- C 33 UF 16 V	2 ตัว
- แผ่นเหล็กยึด PRINT		- PRINT PCB	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

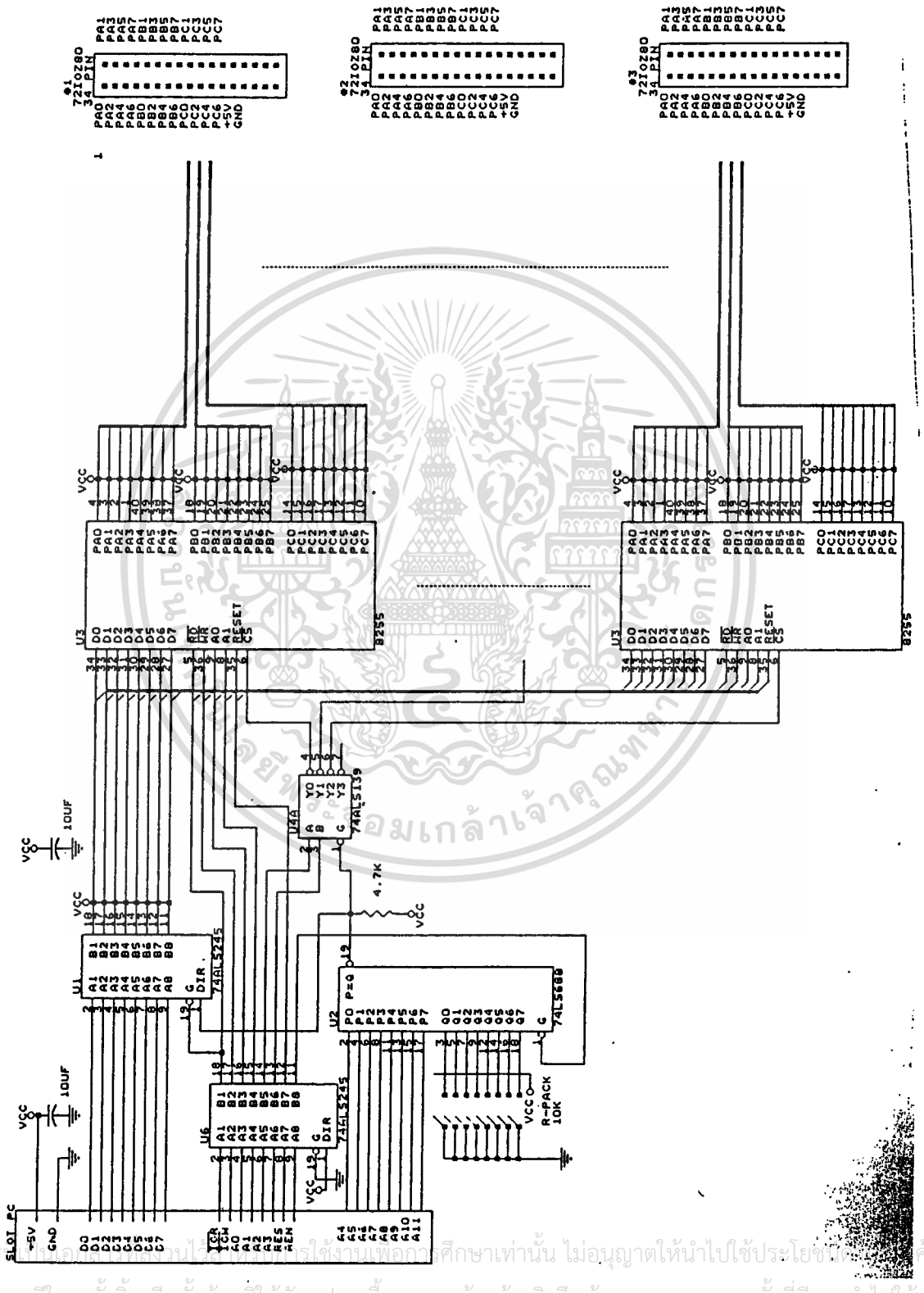
34 PIN I/O BUS

PA0	0	0	PA1
PA2	0	0	PA3
PA4	0	0	PA5
PA6	0	0	PA7
PB0	0	0	PB1
PB2	0	0	PB3
PB4	0	0	PB5
PB6	0	0	PB7
PC0	0	0	PC1
PC2	0	0	PC3
PC4	0	0	PC5
PC6	0	0	PC7
VCC	0	0	
GND	0	0	
	0	0	
	0	0	
	0	0	

B1	GND	IO CHCK	A1
B2	RST_DRV	SD7	A2
B3	+5VDC	SD6	A3
B4	IRQ9	SD5	A4
B5	-5VDC	SD4	A5
B6	DRQ2	SD3	A6
B7	-12VDC	SD2	A7
B8	0WS	SD1	A8
B9	+12VDC	SD0	A9
B10	GND	IO CHRDY	A10
B11	SMEMW	AEN	A11
B12	SMEMR	SA19	A12
B13	IOW	SA18	A13
B14	IOR	SA17	A14
B15	DACK3	SA16	A15
B16	DRQ3	SA15	A16
B17	DACK1	SA14	A17
B18	DRQ1	SA13	A18
B19	REFRESH	SA12	A19
B20	CLK	SA11	A20
B21	IRQ7	SA10	A21
B22	IRQ6	SA9	A22
B23	IRQ5	SA8	A23
B24	IRQ4	SA7	A24
B25	IRQ3	SA6	A25
B26	DACK2	SA5	A26
B27	T/C	SA4	A27
B28	BALE	SA3	A28
B29	+5VDC	SA2	A29
B30	OSC	SA1	A30
B31	GND	SA0	A31

D1	MEMCS16	SBHE	C1
D2	I/OCS16	LA23	C2
D3	IRQ10	LA22	C3
D4	IRQ11	LA21	C4
D5	IRQ12	LA20	C5
D6	IRQ15	LA19	C6
D7	IRQ14	LA18	C7
D8	DACK0	LA17	C8
D9	DRQ0	MEMR	C9
D10	DACK5	MEMW	C10
D11	DRQ5	SD8	C11
D12	DACK6	SD9	C12
D13	DRQ6	SD10	C13
D14	DACK7	SD11	C14
D15	DRQ7	SD12	C15
D16	+5VDC	SD13	C16
D17	MASTER	SD14	C17
D18	GND	SD15	C18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EX-SERIES

8255 BUS EXPANSION BOARD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเริ่มต้นสู่บอร์ดขยาย

สำหรับผู้ที่มุ่งศึกษาทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครโปรเซสเซอร์ส่วนใหญ่ มักมีจุดประสงค์ไปในแนวเดียวกัน คือ ต้องการนำระบบไปควบคุมงานตามที่ผู้ศึกษาต้องการจึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีอุปกรณ์มาต่อร่วมกับงานนั้น ๆ พอสมควร จากความต้องการที่หลากหลาย พอสรุปได้ว่า โดยส่วนใหญ่ต้องการบอร์ดที่ต่อเข้ากับระบบได้สะดวก และมีมาตราฐานการต่อที่แน่นอน มีส่วนที่เป็น INPUT/OUTPUT อยู่ในบอร์ด ที่สามารถเอาไปควบคุมอุปกรณ์ทางกล และ สามารถควบคุมสัญญาณไฟสลับได้

บอร์ดในกลุ่ม EX-SERIES เป็นบอร์ดขยายที่ตรงตามจุดประสงค์ส่วนใหญ่ เพราะมีขนาดบอร์ดที่กระทัดรัด ทั้งยังสามารถต่อร่วมกับบอร์ดหลักที่ใช้ CPU. ตระกูล MCS-51 และ Z-80 โดยต่อผ่านพอร์ต 8255 ซึ่งเป็นพอร์ตมาตราฐานของทางศิลา บอร์ดที่อยู่กลุ่มของ EX-SERIES มีดังนี้คือ

EX-LED	ช่วยแสดงผลในสถานะ OUTPUT ของ PORT 8255
EX-RELAY	ใช้เป็นสวิทช์ ตัด ต่อ อัตโนมัติ
EX-STEPM	สำหรับขับสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ และ ขั้วต่ออินพุท 4 จุด
EX-SSR	เป็นสวิทช์อิเล็กทรอนิคส์
EX-INPUT	สำหรับรับค่า ดี ซี โวลต์เตจ เพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณระดับ TTL

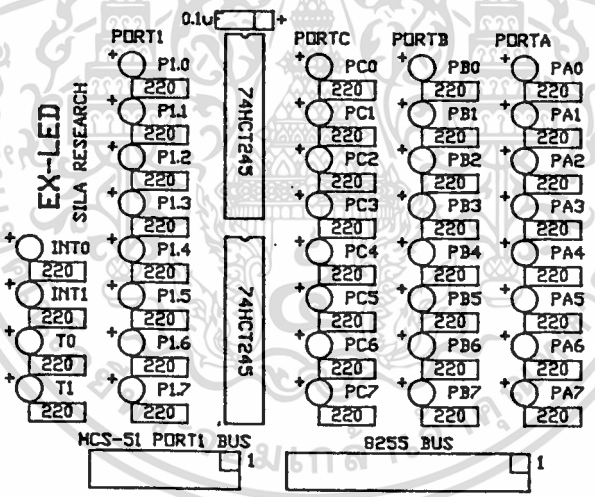
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EX-LED 36 LED BOARD

การนำไปใช้งาน

ในบอร์ด EX-LED มี 36 LED DISPLAY PORT8255 และ 12 LED DISPLAY PORT1 และขา T0,T1,INT0,INT1 ของ CPU ตระกูล MCS-51 LED ทั้ง 36 ดวงนั้นจะแทนแต่ละบิทของ PORT8255 ซึ่งสามารถดูได้จากพิมพ์ขาวที่อยู่บนแผ่น PCB.

ภาพแสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EX-RELAY 4 RELAY OUTPUT BOARD

การนำไปใช้งาน

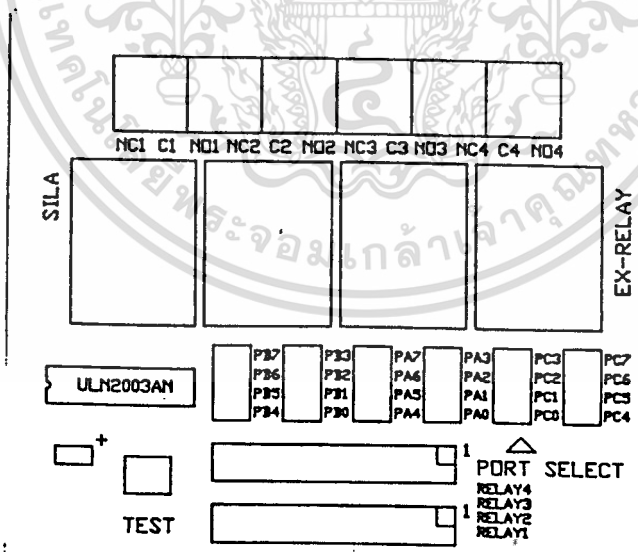
เป็นบอร์ดที่มีรีเลย์ ขนาด 220 VAC 5 AMPS ค่าไวล์ตเตจที่ขับรีเลย์มีขนาด 6 VDC สำหรับงานที่ต้องการควบคุมด้วยไฟ 220 VAC หรือ VDC ที่ค่าต่าง ๆ ถ้าต้องการใช้กับงานที่มีกระแสสูง 5 AMPS สามารถทำได้โดยการต่อบอร์ดร่วมกับ MAGNATIC RELAY ที่มีอินพุท 220 VAC ฉะนั้นบอร์ด EX-RELAY จึงสามารถใช้กับงานที่มีขนาดใหญ่ได้ เช่น ใช้ในการควบคุม ลิฟท์ แอร์ หรือ ปิดเปิดเครื่องไฟฟ้า ทั่วไป

ภายในบอร์ดสามารถกำหนดพอร์ทที่จะใช้งานได้ โดยการเลือกพอร์ท A,B,C บิทบน หรือ บิทล่าง ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

การเลือกใช้งานพอร์ท

สามารถดูได้จาก ภาพแสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด ซึ่งจะมี JUMPER อยู่ 6 ชุด ในแต่ละชุดจะแทน 4 บิทบน และบิทล่าง ของพอร์ทต่าง ๆ

**** ส่วนโปรแกรมตัวอย่างดูจากโปรแกรมของบอร์ด EX-SSR ****



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EX-INPUT 4 DC. VOLTAGE INPUT BOARD

การนำไปใช้งาน

ในระบบงานอุตสาหกรรม หรืองานอื่น ๆ ที่แสดง OUTPUT เป็นค่า DC VOLTAGE ในการอ่านค่า OUTPUT ของงานจึงจำเป็นต้องมีบอร์ดที่สามารถเปลี่ยนค่า VOLTAGE ให้เป็นสัญญานในระดับ TTL เพื่อนำไปใช้กับบอร์ดไมโครได้

EX-INPUT เป็นบอร์ดที่ต่อร่วมกับพอร์ท 8255 ซึ่งมีอินพุทเป็นค่า DC VOLTAGE และที่ OUTPUT จะเป็นสัญญานระดับ TTL สำหรับค่า VOLTAGE ที่อินพุทสามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วยการใส่ค่า RESISTOR ที่แตกต่างกัน ค่าที่ได้นี้จะมาจากการคำนวณ EX-INPUT ได้กำหนดค่าโวล์ตเตจที่นิยมใช้กันส่วนใหญ่ คือค่า 9V 12V 24V ถ้าต้องการค่าอื่น ๆ สามารถทำได้โดยการคำนวณหาค่า RX แล้วใส่ค่า RESISTOR ที่คำนวณได้ในช่องที่เว้นไว้ให้ และปรับ JUMPER ไปที่ค่า VOLTAGE นั้น ๆ

ภายในบอร์ดสามารถที่จะเลือก PORT การใช้งานได้อย่างอิสระ โดยการปรับที่ JUMPER ไปไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีไว้ให้ในบอร์ด สามารถดูได้จากภาพแสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ดได้

การคำนวณหาค่า RESISTOR

สมการการคำนวณหาค่า RESISTOR ตามค่า VOLTAGE ที่ต้องการ

$$R = V - Vf/If$$

; ถ้าต้องใช้กับ 9 โวล์ต $R = 9 - 1.4V/20mA$

$R = 380$ OHM หรือ 390 OHM ตามค่าที่มีอยู่ในท้องตลาด

V = โวล์ตเตจที่ต้องการจะใช้

Vf = ค่าโวล์ตเตจสูงสุดที่ตกคร่อม LED ขณะทำงาน

If = ค่ากระแสที่ตกคร่อม LED ขณะทำงาน

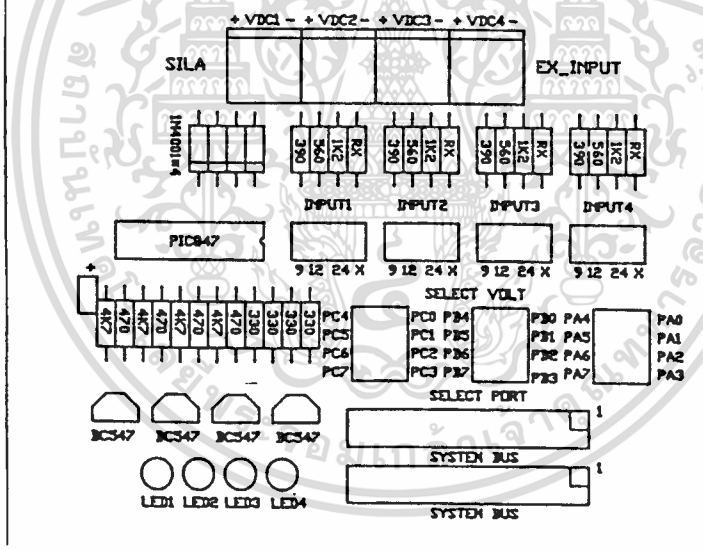
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้พอร์ท

EX-INPUT มี JUMPER ที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนอยู่ 2 กลุ่มคือ

- SELECT VOLTAGE มีอยู่ 4 ชุด ซึ่งจะเท่ากับจำนวน INPUT
- SELECT PORT มีอยู่ 3 ชุด คือ พอร์ท A,B และ C ของ 8255

ภาพแสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมตัวอย่างของบอร์ด EX-INPUT

```
;FILENAME       EX-INPUT.ASM
;DESCRIPTION    DEMO PROGRAM  FOR  EX-INPUT BOARD
;HARDWARE       JAZZ-31 + EX-INPUT

USER    EQU     0FC00H
UBEEP   EQU     00A5H                   ;UBEEP SUB
SCAND   EQU     0096H
DISBUF  EQU     25H

;######### COMMENT ###########
; THIS EXAMPLE PROGRAM  DEFAULT SETTING POINT :-
; SELECT VOLTAGE = ONLY
; SELECT PORT    = PA0-PA4

        ORG     8000H

        MOV     DPTR,#USER+3
        MOV     A,#9BH                  ;A=I B=I C=I
        MOVX    @DPTR,A

MAIN:   MOV     DPTR,#USER
        LCALL   KEYP
        CJNE    A,#0EH,$+6
        LCALL   BEEP1
        CJNE    A,#0DH,$+6
        LCALL   BEEP2
        CJNE    A,#0BH,$+6
        LCALL   BEEP3
        CJNE    A,#07H,$+6
        LCALL   BEEP4
        LJMP    MAIN

BEEP1:  LCALL   UBEEP
        MOV     R0,#06H
        LCALL   DISP
        RET
BEEP2:  LCALL   UBEEP
        MOV     R0,#5BH
        LCALL   DISP
        RET
BEEP3:  LCALL   UBEEP
        MOV     R0,#4FH
        LCALL   DISP
        RET
BEEP4:  LCALL   UBEEP
        MOV     R0,#66H
        LCALL   DISP
        RET

DISP:   MOV     DISBUF,#0               ;DISPLAY
        MOV     DISBUF+1,#0
        MOV     DISBUF+2,#40H
        MOV     DISBUF+3,R0
        MOV     DISBUF+4,#0
        MOV     DISBUF+5,#0
        MOV     DISBUF+6,#0
        MOV     DISBUF+7,#0
        MOV     R2,#20H
        LCALL   SCAND
        RET

KEYP:   MOVX    A,@DPTR                 ;CHECK KEY PRESS
        ANL     A,#0FH
        CJNE    A,#0FH,KEYP1
        SJMP    KEYP

KEYP1:  MOV     R1,#0
        DJNZ    R1,$
        MOVX    A,@DPTR
        ANL     A,#0FH
        CJNE    A,#0FH,KEYP2
        SJMP    KEYP
KEYP2:  RET
        END
```

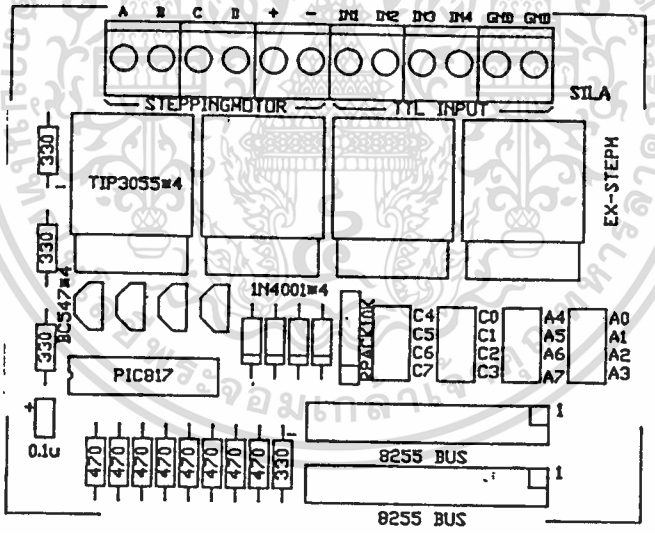
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EX-STEPM 4 STEPPER MOTOR DRIVER BOARD

<u>การนำไปใช้งาน</u>

EX-STEPM เป็นบอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ สามารถใช้งานกับมอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูงสุดถึง 5 AMPS ภายในบอร์ดมีขั้วต่อสำหรับขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทั้ง 4 จุด <4 PHASE> และ ขั้วไฟบวกลบของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ นอกจากนี้ยังมีขั้วอินพุทอีก 4 จุด พร้อมทั้งไฟบวกลบของชุดอินพุท สำหรับชุดจ่ายไฟของสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ กับ ชุดจ่ายไฟของสวิทช์อินพุท จะแยกอิสระจากกันจึงช่วยตัดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวน และปัญหาอื่น ๆ ที่จะเข้ามากวนกับระบบควบคุมของบอร์ดไมโคร

การเลือกพอร์ทที่จะใช้งานของบอร์ด EX-STEPM สามารถเลือกได้โดยการปรับ JUMPER SELECT PORT ตามรูปแสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิด คือ

- VARIABLE RELUCTANCE < VR >
- PERMAMANT MAGNET < PM >
- HYBRID STEPPER MOTOR < HSM >

VARIABLE RELUCTANCE <VR> จะเป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ถูกกล่าวถึงและนำไปใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะแบบ 4 เฟส โรเตอร์และสเตเตอร์จะทำมาจากเหล็กผสมซิลิคอน เพลาของมอร์เตอร์จะหมุนไปเป็นค่ามุมคงที่ หรือเรียกว่า มุมสเต็ป (Os =ซีตร้า เอส) มักจะมีมุมที่ต่างกันคือ 0.72 , 0.9 , 1.8 , 2.0 , 3.6 , 7.5 ,15 สำหรับสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้วงจรขับแบบ UNIPOLAR ซึ่งลักษณะการทำงานของวงจรจะต้องป้อนค่า VOLTAGE เข้าไปในแต่ละขั้วตามลักษณะของ PULSE ที่ใช้ขับขุด DRIVER ค่า VOLTAGE ที่จ่ายให้มอเตอร์จะใช้อ้างอิงกับกราวด์เสมอ

<u>การหามุมสเต็ป</u>

$$S = 360/Os \quad \text{หน่วย องศา}$$

; $Os = mNr$; m = จำนวนเฟส

; Nr = จำนวนฟันของโรเตอร์

PERMANENT MAGNET <PM> จะเป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบที่ตัวโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้ จะใช้ลักษณะการหมุนแบบ BIPOLAR ซึ่งลักษณะการทำงานจะต้องจ่ายไฟบวกลบเข้าแต่ละเฟส ของมอร์เตอร์โดยตรง

HYBRID STEPPER MOTOR < HSM > จะเป็นแบบผสมระหว่าง < PM > และ < VR > จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะไม่เท่ากัน สเต็ปปเปอร์มอเตอร์แบบนี้จะมีลักษณะการทำงานที่ซับซ้อน จึงเป็นแบบที่ไม่ค่อยนิยมใช้งานเท่าใดนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงวงจรขับ STEPPER MOTOR แบบต่าง ๆ

BIPOLAR UNIPOLAR

โดยทั่วไปวงจรที่ใช้ขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ จะนิยมใช้ทั้ง 2 แบบนี้ คือ แบบ BIPOLAR หรือ CHOPPER จะใช้กับสเต็ปเปอร์มอร์เตอร์ที่เป็นชนิด PM และ แบบ UNIPOLAR จะใช้กับชนิด VR ส่วนการขับของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิด HSM จะมีวงจรการขับที่แตกต่างออกไป เนื่องมาจากคุณสมบัติของมอเตอร์ชนิดนี้สามารถทำงานตามกระแสได้ทั้งสองทิศทาง (สลับขั้วไฟบวก ลบ ที่จ่ายให้กับมอเตอร์)

ส่วนบอร์ด EX-STEPM จะมีวงจรขับเป็นแบบ UNIPOLAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการกระตุ้นเฟส

- SINGLE PHASE EXITATION เป็นการกระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว ตามจังหวะของสัญญาณพัลส์ที่ป้อนเข้าชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ <EX-STEPM BOARD>

PHASE	PULSE							
A	1	0	0	0	1	0	0	0
B	0	1	0	0	0	1	0	0
C	0	0	1	0	0	0	1	0
D	0	0	0	1	0	0	0	1

- TWO PHASE EXITATION การกระตุ้นเป็นแบบทีละสองเฟสคู่พร้อมกัน

PHASE	PULSE							
A	1	0	0	1	1	0	0	1
B	1	1	0	0	1	1	0	0
C	0	1	1	0	0	1	1	0
D	0	0	1	1	0	0	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- HALF STEP EXITATION แบบกึ่งสเต็ป จะเป็นการรวมรูปแบบการหมุนของทั้งสองแบบไว้ในแบบเดียวกัน

PHASE	PULSE							
A	1	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	1	1	0	0	0	0
C	0	0	0	1	1	1	0	0
D	0	0	0	0	0	1	1	1

วิธีการกระตุ้นเฟสทั้ง 3 แบบนี้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกวิธีการกระตุ้นจึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาเพื่อให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ การกระตุ้นแบบ SINGLE PHASE จะเป็นแบบที่มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งงานสูง แต่จะมีแรงบิด (Torque) น้อย ส่วนการกระตุ้นแบบ TWO PHASE มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งน้อยกว่าแบบแรก แต่มีแรงบิดสูงกว่า และการกระตุ้นแบบ HALF STEP เป็นแบบที่มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งน้อยมาก แต่จะมีแรงบิดสูงมากเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EX-SSR 4 SOLID STATE RELAY OUTPUT BOARD

การนำไปใช้งาน

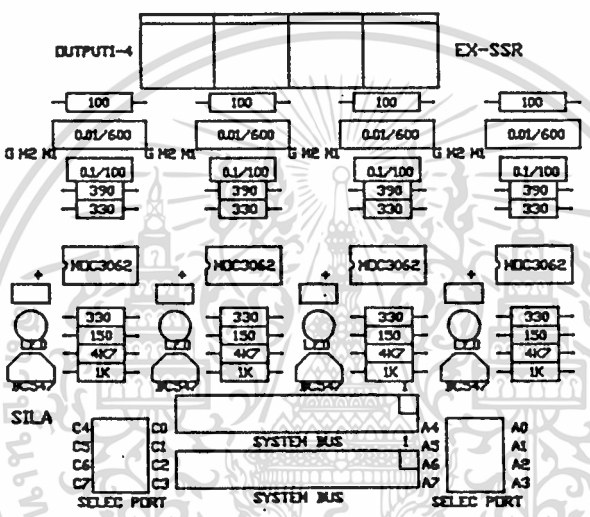
EX-SSR เป็นบอร์ดที่สามารถนำไปใช้ในงานที่เกี่ยวกับสวิทช์ไฟกระแสสลับ อุปกรณ์ภายในบอร์ดล้วนแต่เป็นอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ทั้งสิ้น จึงตัดปัญหาทางด้านการ SPARK ของไฟกระแสสลับลงได้ กระแสของโหลดจะจำกัดอยู่ที่ 3 แอมป์ 220 โวลต์เอซี แต่ถ้าต้องใช้งานที่กระแสของโหลดสูงกว่านี้ ต้องต่อ EX-SSR กับรีเลย์ที่มีอินพุทเป็นขนาด 220 VAC <MAGNATIC RELAY>

สำหรับสัญญานอินพุทของ EX-SSR สามารถต่อได้จาก USER PORT ของบอร์ด JAZZ-31 ANT-32 หรือบอร์ดอื่น ๆ การเลือกพอร์ทใช้งานของ 8255 สามารถเลือกได้ทั้ง PA0-7 และ PC0-7 ในกรณีที่ต้องการต่อขยายมาก ๆ สามารถทำได้โดยต่อสายที่ CONNECTOR ขนาด 26 PIN ของ USER PORT

***** ในการนำไปใช้งาน ควรต่อ FUSE ขนาด 3 AMP เพื่อป้องกันการเสียหาย เนื่องจากการ SHORT ของโหลด *****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด

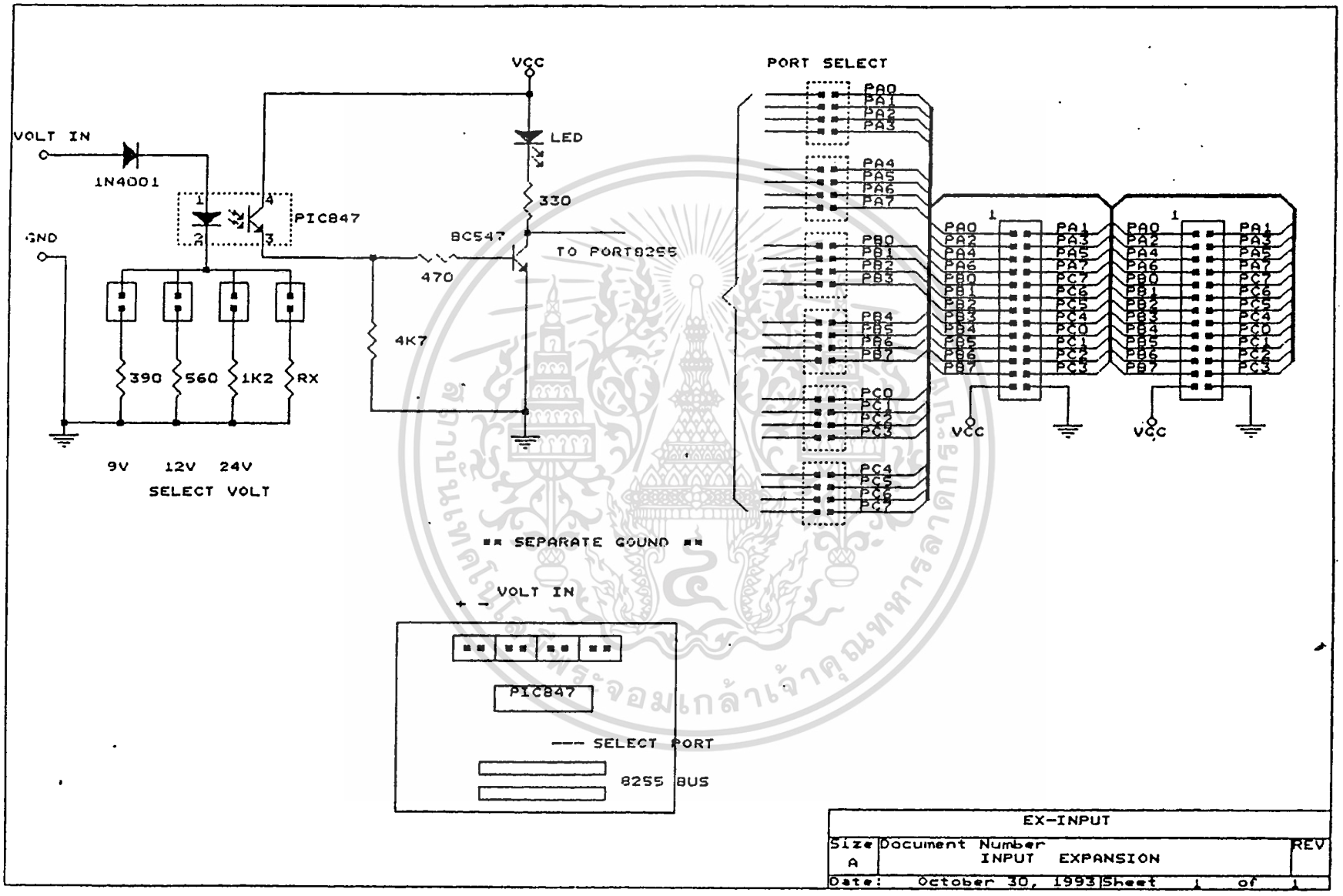


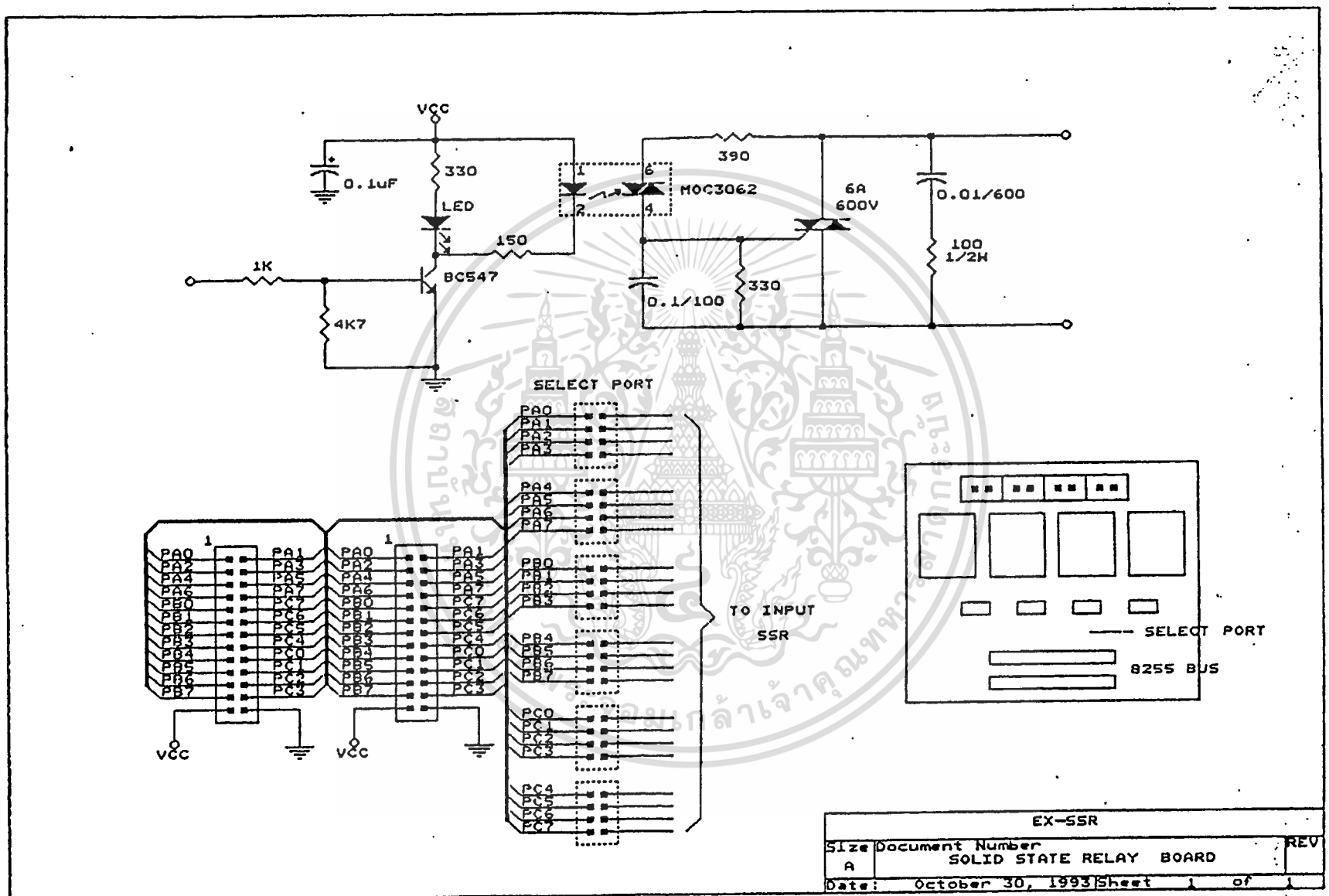
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

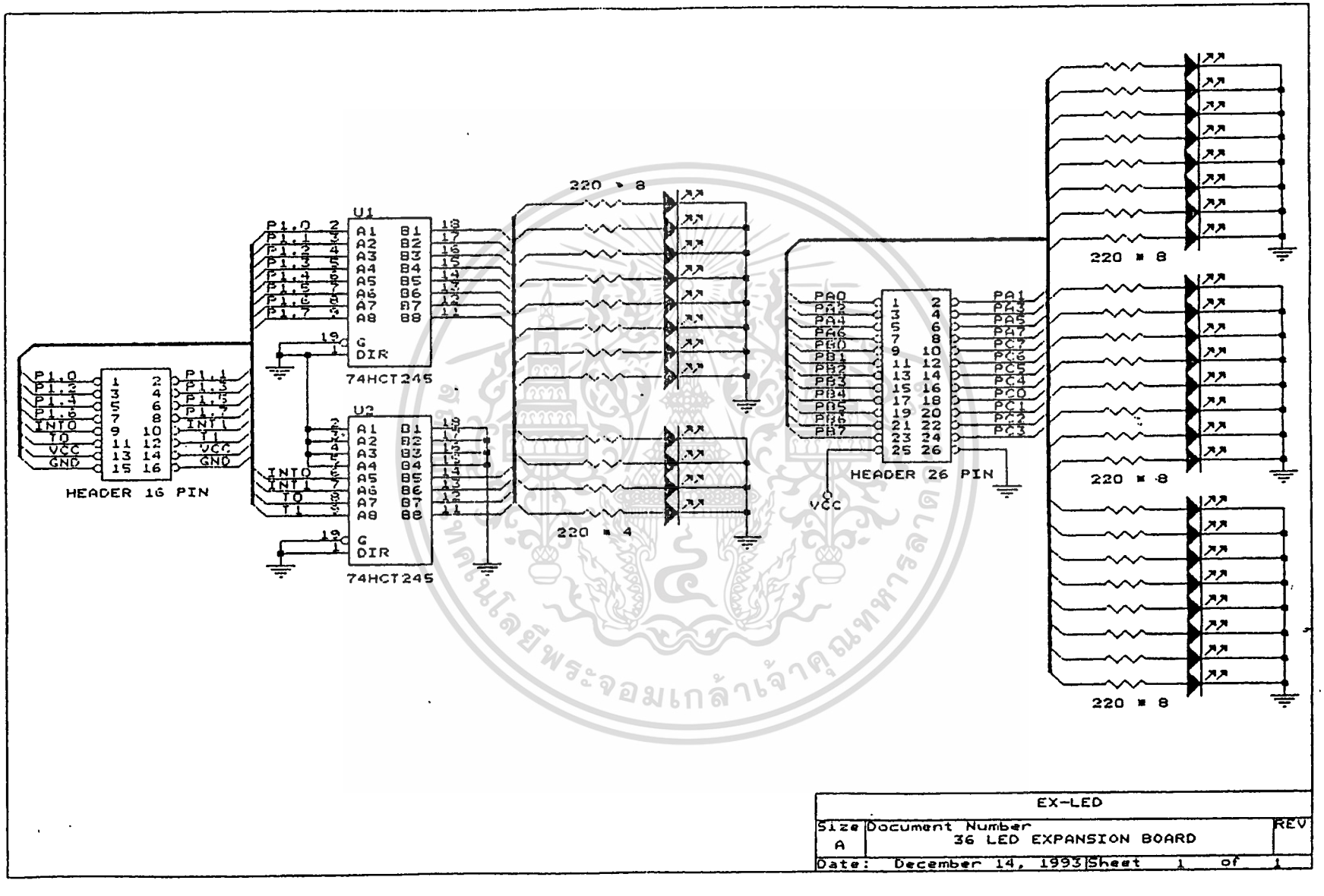
โปรแกรมตัวอย่าง

```
;FILENAME        EX-SERIES1.ASM
;DESCRIPTION     DEMO PROGRAM FOR EX-LED,EX-RELAY,EX-SSR
;HARDWARE        JAZZ-31 + EX-SERIES

          ORG     8000H

USER      EQU     0FC00H

          MOV     DPTR,#USER+3          ;SET CONTROL CODE
          MOV     A,#80H
          MOVX    @DPTR,A

MAIN:     MOV     R1,#4
          MOV     R0,#00010001B
MAIN1:    MOV     A,R0
          MOV     DPTR,#USER            ;SELECT USER PORT
          MOVX    @DPTR,A
          MOV     DPTR,#USER+1
          MOVX    @DPTR,A
          MOV     DPTR,#USER+2
          MOVX    @DPTR,A
          RL      A
          MOV     R0,A
          MOV     R5,#5                 ;DELAY
          LCALL   DELAY
          DJNZ    R1,MAIN1
          SJMP    MAIN

DELAY:    MOV     R7,#0
DELAY1:   MOV     R6,#0
DELAY2:   NOP
          DJNZ    R6,DELAY2
          DJNZ    R7,DELAY1
          DJNZ    R5,DELAY
          RET
          END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


VCC
VOLT IN
1N4001
LED
330
PIC847
GND
BC547
TO PORT8255
470
4K7
390
560
1K2
RX
9V 12V 24V
SELECT VOLT
PORT SELECT
PA0
PA1
PA2
PA3
PA4
PA5
PA6
PA7
PB0
PB1
PB2
PB3
PB4
PB5
PB6
PB7
PC0
PC1
PC2
PC3
PC4
PC5
PC6
PC7
VCC
VCC
** SEPARATE GOUND **
VOLT IN
+ -
PIC847
--- SELECT PORT
8255 BUS
EX-INPUT
Size A
Document Number
INPUT EXPANSION
REV
Date: October 30, 1993
Sheet 1 of 1


VCC
0.1uF
330
LED
150
1K
BC547
4K7
MOC3062
390
6A
600V
0.01/600
100
1/2W
0.1/100
330
SELECT PORT
PA0
PA1
PA2
PA3
PA4
PA5
PA6
PA7
PB0
PB1
PB2
PB3
PB4
PB5
PB6
PB7
PC0
PC1
PC2
PC3
PC4
PC5
PC6
PC7
TO INPUT
SSR
SELECT PORT
8255 BUS
EX-SSR
Size
A
Document Number
SOLID STATE RELAY BOARD
REV
Date: October 30, 1993 Sheet 1 of 1


U1
U2
74HCT245
74HCT245
HEADER 16 PIN
HEADER 26 PIN
220 * 8
220 * 4
220 * 8
220 * 8
220 * 8
VCC
EX-LED
Size A
Document Number
36 LED EXPANSION BOARD
REV
Date: December 14, 1993
Sheet 1 of 1

ALINO
ALINCO ELECTRONICS INC.

UHF FM HANDHELD TRANSCEIVER

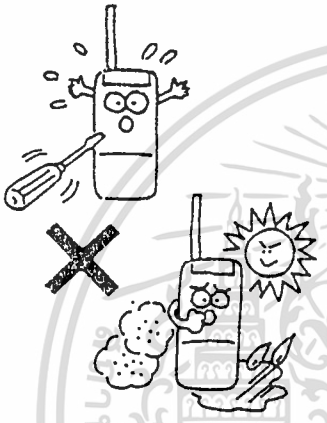
DJ-P2

คู่มือการใช้วิทยุ รับ-ส่ง อลินโก้รุ่น DJ-P2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

1.1 ข้อควรระวัง



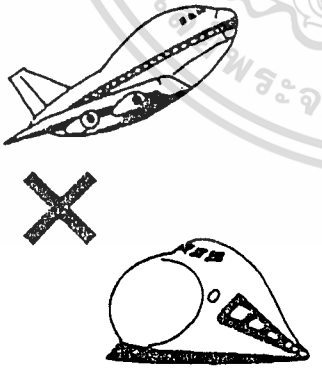
-ไม่ควรเปิดเครื่องวิทยุสื่อสารและสัมผัสถูกต้อง ส่วนประกอบภายในเครื่อง

-แน่ใจว่าใส่แบตเตอรี่ถูกต้อง

-แน่ใจว่าใส่เสาอากาศเรียบร้อยแล้ว

-หลีกเลี่ยงการใช้วิทยุสื่อสารในสถานที่ที่มีความร้อน,ความชื้น หรือเต็มไปด้วยฝุ่นละออง

1.2 ก่อนการติดต่อ



-เมื่อมีการติดต่อรับส่งกับสถานีต่าง ๆ บางครั้งจะมีความถี่ซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับแถบคลื่นวิทยุของนักวิทยุสมัครเล่น ขณะใช้งาน มีความสำคัญมากที่จะต้องสังเกตกฎทุกข้อที่เหมาะสมที่จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายจากคลื่นวิทยุรบกวนแก่สถานีต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะกำลังเคลื่อนที่ขณะใช้วิทยุรับส่ง

-ในบางกรณี จะต้องแน่ใจว่าได้รับอนุญาตอย่างถูกต้องเมื่อทำการติดต่อสื่อสารวิทยุสื่อสารของท่านในสถานที่ ดังต่อไปนี้ เรือเดินสมุทรหรือท่าอากาศยาน หรือในสถานที่ที่ใกล้กับสนามบิน รถไฟระหว่างประเทศ สถานีวิทยุคมนาคม และเครื่องส่งทวนสัญญาณเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 คุณลักษณะพิเศษของ DJ-P2

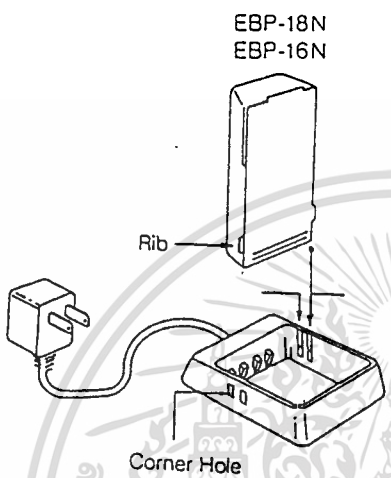
วิทยุสื่อสารนี้ถูกออกแบบเพื่อใช้กับบุคคลที่ยังไม่มีพื้นฐานทางวิทยุมาก่อนเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการของวิทยุ จึงมีลักษณะหลายประการที่จะช่วยให้วิทยุถูกใช้โดยบุคคลจำนวนมากภายใต้คลื่นความถี่ที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก

- เมื่อช่องสื่อสารกำลังอยู่ระหว่างการใช้ ท่านจะไม่สามารถติดต่อได้ ซึ่งสิ่งนี้เรียกว่า Busy-Channel-Lock-Out จึงจะมีผล ถ้าหากความแรงของสัญญาณการสื่อสารบริเวณใกล้เคียงมีมากลักษณะเหล่านี้จะกลับมามีผล แม้ว่าการสื่อสารจะอยู่ที่ความถี่ต่างกัน

- มีข้อจำกัดด้านเวลาในการติดต่อสื่อสารแต่ละครั้ง นี้คือต้องหลีกเลี่ยงการพูดคุยสิ่งที่ไม่จำเป็น ในระหว่างการสื่อสารแต่ละครั้งสามารถใช้เวลาสูงสุด 30 วินาทีเท่านั้น ท่านควรจะจบคำพูดภายใน 30 วินาที และเปิดโอกาสให้อีกฝ่ายหนึ่งพูดบ้าง ถ้าหากท่านต้องการสนทนานานกว่านั้นจะทำได้ 2 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การชาร์จแบตเตอรี่ Ni-Cd แพ็ค



ติดตั้ง

เลื่อนสันทั้งสองข้างของแบตเตอรี่แพ็คเข้าไปในช่องของเครื่องชาร์จไฟแล้วสอดเข้าไปจนถึงร่อง

1.ใช้เวลาในการชาร์จไฟสำหรับ EBP-15N ด้วย EDC-24/EDC-25 ประมาณ 3 ชั่วโมง

2.EDP-18N สามารถชาร์จด้วย EDC-24/EDC-25 ประมาณ 5 ชั่วโมง

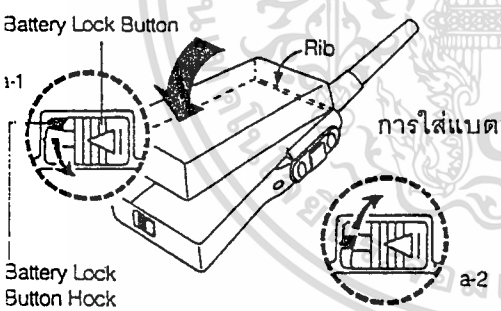
ข้อควรระวัง

1.อย่าชาร์จแบตเตอรี่ขณะกำลังโดยสารยานยนต์ ต้องชาร์จไฟก่อนการใช้

2.แม้ว่าแบตเตอรี่จะสามารถชาร์จได้ขณะที่กำลังติดต่อ ควรถอด วิทยุสื่อสารออกขณะกำลังชาร์จไฟ

3.อย่าชาร์จแบตเตอรี่เครื่องใช้อื่นๆ กับเครื่องชาร์จไฟนี้ และอย่าชาร์จแบตเตอรี่กับเครื่องชาร์จไฟอื่นๆ

4.การชาร์จแบตเตอรี่ ควรกระทำที่อุณหภูมิ 0°C ถึง 45°C หากชาร์จที่อุณหภูมินอกเหนือจากนี้จะทำให้การชาร์จไม่สมบูรณ์ และทำให้แบตเตอรี่เสื่อม



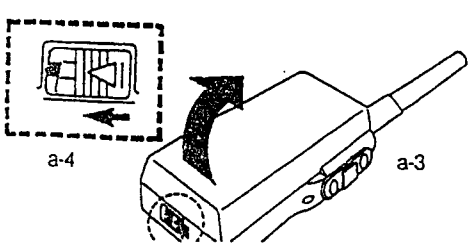
การใส่แบตเตอรี่แพ็คและชุด Battery สำรอง เข้ากับ Main Unit

1.ปลดล็อคปุ่มล็อคแบตเตอรี่ (Battery Lock Botton Hock) ดังแสดงไว้ในรูปภาพ a-1

2.ใส่สัน (Rib) ของแบตเตอรี่แพ็ค หรือชองเข้าไว้ในปลอกของเครื่องวิทยุรับ/ส่ง (Main unit) และติดแบตเตอรี่แพ็คหรือชองดังแสดงไว้ตามลูกศร

3.ล็อคปุ่มล็อคแบตเตอรี่ (Battery Lock Button Hock) ดังแสดงไว้ในรูปภาพ a-2

การถอดแบตเตอรี่แพ็คและชุด Battery สำรองจากเมนยูนิต



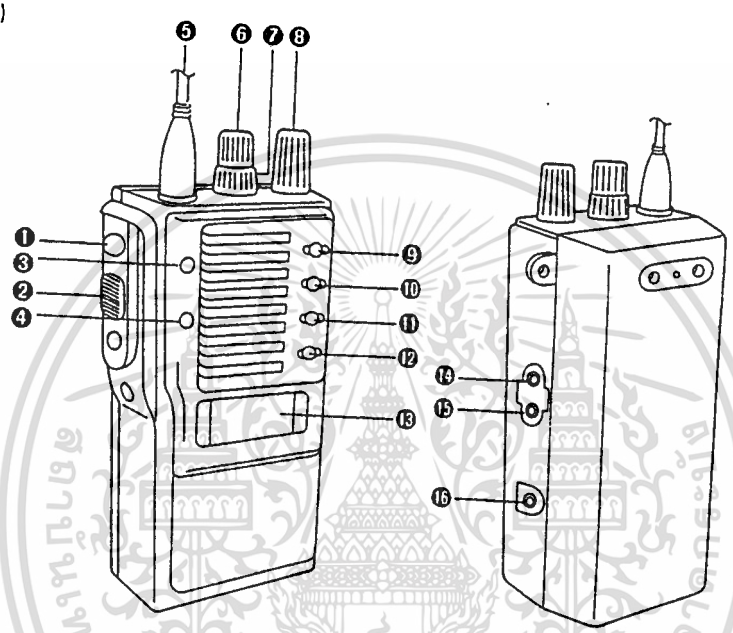
1.ปลดล็อคปุ่มล็อคแบตเตอรี่ (Battery Lock Botton Hock) ดังแสดงไว้ในรูปภาพ a-1 ข้างบน

2.เลื่อนปุ่มล็อคแบตเตอรี่ ดังแสดงไว้ในรูปภาพ a-4 และจับไว้แล้วถอดแพ็ค หรือชองออกดังแสดงไว้ตามลูกศรในรูปภาพ a-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฟังก์ชั่นการควบคุม

3-1 คีย์ (KEY)



1.F	คีย์นี้ใช้สำหรับการเข้าถึงหน้าที่ชั้นที่สองทั้งหมด
2.PTT	(กดเพื่อพูด)กดปุ่มสำหรับการติดต่อสื่อสารและพูดไมโครโฟน
3.LAMP	กดคีย์นี้, ผลการอ่าน LCD จะแสดงด้วยแสงไฟ 5 วินาที กดและยึด F ไว้และกดLAMP0แต่ละช่วงเวลาที่LAMP0 คีย์ถูกกดจะมีเสียงดัง ปุ่มนี้จะเป็นการทำงานสลับกันไปทุกครั้งที่มีการกด
4.MONI,BS	1.กดคีย์นี้เพื่อทำให้ Sq ON มีเสียงออกมาทางลำโพง ปล่อยคีย์เพื่อทำให้ Sq off 2.กด F คีย์ไว้แล้วกด moni เพื่อ save แบตเตอรี่ (ดูการ save แบตเตอรี่อัตโนมัติใน 4-18)
5.Antenna	
6.ON/OFF Volume Control	เสาอากาศในตำแหน่งทิศตรงข้ามกับการหมุนของเข็มนาฬิกา คือการปิดพาวเวอร์ การหมุนไปทางเดียวกับเข็มนาฬิกาคือ การเปิดพาวเวอร์และเพิ่มความดังของเสียง
7.Squelch Control	เมื่อไม่มีสัญญาณแสดงใน mode การรับให้ปรับปุ่ม Squelch ไปทิศเดียวกับการเดินของเข็มนาฬิกา จนกระทั่งเสียงแบล็กกราวด์หายไป
8.Dial	หน้าปัทนี้ใช้เปลี่ยนช่องความถี่
9.S,TYPE/BELL	ใช้คีย์นี้สำหรับเลือก Scan type กด F คีย์ไว้ และกดคีย์นี้เพื่อเปิด-ปิดสวิทช์กระดิ่ง (BELL) ที่ทำหน้าที่เตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.T,SQ/TONE ใช้คีย์นี้เมื่อต้องการใช้ Tone Squelch F คีย์ไว้และกดคีย์นี้ เพื่อว่าท่านจะสามารถเลือกหมายเลขการใช้โทนเสียงตามหน้าปัดได้

11.SCAN/SKIP ใช้คีย์นี้สำหรับเริ่มต้น/หยุดการ SCAN กด F คีย์ไว้และกดคีย์นี้เพื่อเลือกกระโดดข้ามช่อง ในการปฏิบัติการ Scan

12.APO/FL/PL ใช้คีย์นี้เพื่อทำ หน้าที่การปิดอัตโนมัติ (Auto-Power-off) กดและยึด F คีย์และกดคีย์นี้เพื่อการทำหน้าที่ล็อคพาวเวอร์

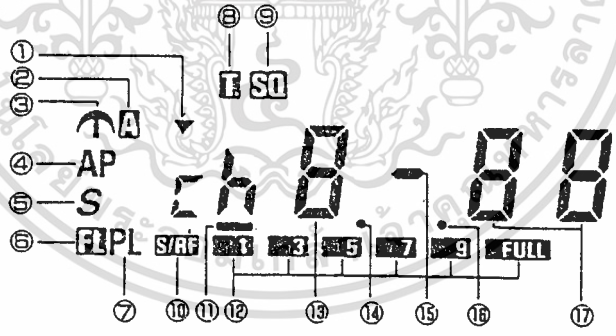
13.LCD

14.แจ็คลำโพงภายนอก

15.แจ็คไมโครโฟนภายนอก

16.DC-IN สำหรับจ่ายกระแสไฟ DC จากภายนอก

3-2 LCD



1.SKIP ถ้าเครื่องหมายนี้ไม่คงอยู่ ช่องจะกระโดดระหว่างการปฏิบัติการ Scan

2.การแสกนช่องตำแหน่งที่ว่าง (Vacent Channel Scan) เมื่อเครื่องหมายนี้แสดงการ scan จะหยุดอยู่ที่ช่องตำแหน่งที่ว่าง

3.Timer Scan เมื่อเครื่องหมายนี้แสดง การสแกนเวลาจะถูกปฏิบัติ ความหมายหลังจากการแสกนหยุดลงการสแกนจะเกิดขึ้นอย่างเดิมอีกภายหลัง 5 วินาที ที่ไม่มีการเอาใจใส่ต่อการแสดงสัญญาณ

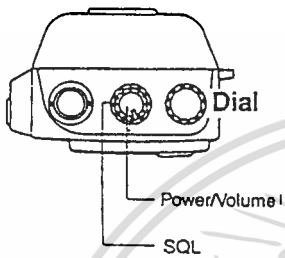
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ปิดอัตโนมัติ (AUTO POWER OFF)	เมื่อเครื่องหมายนี้แสดง หน้าที่การปิดเครื่องอัตโนมัติจะทำงาน
5.การ save (Battery Save)	แบตเตอรี่ เมื่อเครื่องหมายนี้แสดงหน้าที่การ saveแบตเตอรี่จะทำงาน
6.หน้าที่ล็อค (Function Lock)	เมื่อเครื่องหมายนี้แสดงคีย์จะสามารถเป็นPTT และปลดปล่อยหน้าที่ล็อค
7.ล็อคพาวเวอร์ (Power Lock)	เมื่อเครื่องหมายนี้แสดง คีย์ PTT จะไม่ทำงาน
8.TONE ENCODER	เมื่อเครื่องหมายนี้แสดง หมายถึง มี Sub-toneระหว่างการติดต่อสื่อสาร
9.TONE DECODER	เมื่อเครื่องหมายนี้แสดง หมายถึง เครื่องวิทยุจะไม่ดัง ถ้าสัญญาณไม่ตรงกับ sub-tone ที่ถูกรับ
10.Busy	เครื่องหมายนี้แสดงเมื่อช่องความถี่ที่ใช้งานยังไม่ว่าง
11.Bell (เตือน)	เครื่องหมายนี้แสดงเมื่อกระดิ่ง (เตือน)ทำงาน ถ้าสัญญาณถูกรับได้เครื่องหมายนี้จะกระพริบ
12.S/RE Meter Segment	ปรากฏโดยการรับความแรงของสัญญาณที่รับ segments ปรากฏเต็มระหว่างการติดต่อสื่อสาร
13.Chennel	แสดงหมายเลขช่องในการใช้
14.Dial	เมื่อเครื่องหมาย "," แสดงช่องจะถูกเลือกโดยการหมุนเข็มหน้าปัด
15.Scan	เครื่องหมายนี้กระพริบขณะ scan
16.Dial (tone)	ขณะที่เครื่องหมาย "," แสดงความถี่ Tone สามารถเลือกได้โดยการหมุนเข็มหน้าปัด
17.Tone	แสดงหมายเลขความถี่ tone ที่ถูกเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

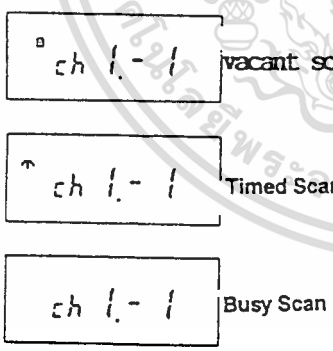
4.การปฏิบัติงาน <Operation>

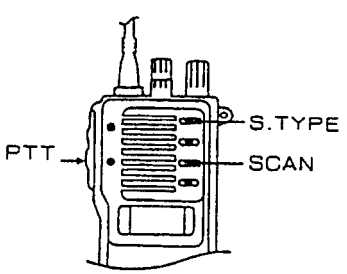
4.1การรับ <RECEVING>



1.เปิด Power ด้วย Volume Control
2.ปรับ Volume Control ในระดับที่ต้องการ
3.ปรับ SQL Control จนกระทั่งเสียงรบกวนหายไป
4.เลือกความถี่ที่ต้องการ
หมุนหน้าปัดตามเข็มนาฬิกา เพื่อเพิ่มช่องแต่ละกริ๊ก และหมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อลดช่องทีละกริ๊ก

4.2 การสแกน <Scanning>



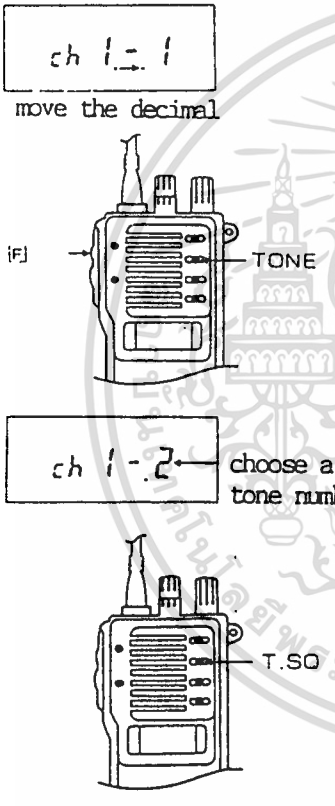


(1) เลือกประเภทของการสแกน
ท่านสามารถเลือก Busy-Scan, Timer-Scan หรือ Vecent Scan, Busy-Scan ใช้ค้นหาสัญญาณที่เข้ามา และจะกลับมาทำเช่นเดิมอีกภายใน 2 วินาที หลังจากสัญญาณหายไป Timer-Scan ใช้กลับมาทำ Scan ใหม่อีกครั้ง ภายใน 5 วินาทีหลังจากการแสกนหยุด และไม่ได้รับความใส่ใจในสัญญาณที่แสดงในเวลาขณะนั้น Vacent-Scan ใช้ค้นหาช่องที่ว่าง และกลับมา Scan เช่นเดิมอีกถ้าหากสัญญาณที่เข้ามาถูกจับได้ระหว่างที่หยุด การกด S.Type แต่ละครั้งจะเปลี่ยนประเภทของการ Scan เมื่อ "A" ปรากฏใน LCD หมายถึง Vacant Scan เมื่อเครื่องหมาย ปรากฏหมายถึง Time-Scan เมื่อไม่มีสัญญาณใดๆปรากฏแสดงว่านั่นคือ Busy-Scan

(2)การสแกน (Scanning)
การเริ่มต้นสแกนกดคีย์ Scan การหยุดกดคีย์ Scan อีกครั้ง หรือกด PTT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 <Tone Squelch>



ลักษณะของ Tone Squelch Feature ทำให้สัญญาณที่เข้ามาฟังไม่ได้ยิน ถ้าสัญญาณนั้นไม่เข้ากับ Sub-tone ที่ตั้งอยู่ในเวลาเดียวกัน ภายในสัญญาณนั้นการใช้ Feature นี้ ท่านสามารถสื่อสารด้วยการเลือกกลุ่มผู้ซึ่งถูกตั้งไว้ใน Sub-tone เดียวกัน (Tone No.) กับท่าน

(1)การเลือก Tone No.

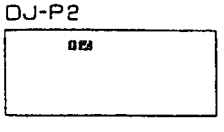
กดคีย์ "F" และดูว่าจุดทศนิยม ในLCD เคลื่นไปทางขวา(วิทยุต้องไม่อยู่ใน mode สแกนจึงจะทำเช่นนี้ได้)

กดคีย์ "F" และหมุนหน้าปัดเพื่อว่าท่านจะสามารถเลือก Tone number ได้

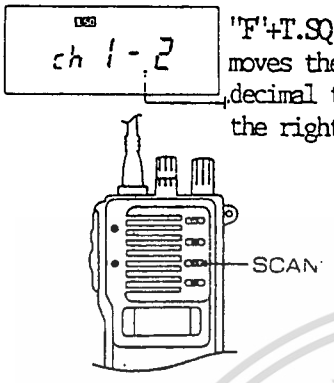
Tone No./Tone Audio Freq Chart

เลือก tone number ตามต้องการ

(2)ในการทำงานหา Tone ที่ว่าง (Squelech) กด "T.SQ" แล้ว "TSQ" จะปรากฏใน LCD ความหมายคือ ขณะนี้วิทยุกำลังอยู่ภายใต้การปฏิบัติงาน tone Squelch ท่านจะได้ยินสัญญาณจากวิทยุอื่น ๆ ซึ่งถูกกำหนดให้อยู่ในความถี่เดียวกันกับท่าน วิทยุของท่านกำลังแพร่อยู่ในกลุ่ม tone เหล่านั้น



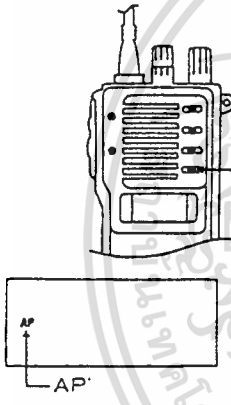
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(3) การสแกน (Tone Scan)

DJ-P2 มีฟังค์ชั่น Tone-Scan ซึ่งจะใช้ประโยชน์ในการรับสัญญาณ โดยกดและยึด "F" ไว้ และกด "T.SQ" แล้วกด "SCAN" การสแกน Tone SQ จะหยุดไปชั่วขณะเพื่อการวิเคราะห์เสียง ในการหยุดสแกนเสียง กด PTT หรือ SCAN

4.4 การปิดพาวเวอร์โดยอัตโนมัติ <Automatic Power Off> <APO>

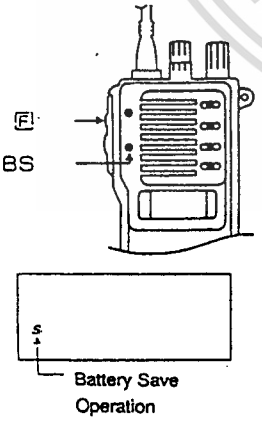


APO ฟังก์ชั่นป้องกันการสูญเสียแบตเตอรี่พาวเวอร์ โดยพลั้งเผลอ ขณะที่วิทยุเปิด (On) อย่างไม่ได้ตั้งใจ

ในการทำงานกดคีย์ APO ถ้าไม่ได้รับสัญญาณ หรือไม่มีการทำงานใดๆ ในเครื่องวิทยุสื่อสารภายใน 30 วินาที พาวเวอร์จะปิดโดยอัตโนมัติ การเปิดเครื่องอีกครั้ง ปิดเครื่องโดยการย้าย Volume ไปในทิศทวนเข็มนาฬิกา แล้วเปิดโดยการหมุนเข็มหน้าปัดไปตามเข็มนาฬิกา

หมายเหตุ ถ้า DJ-P2 ถูกปิดเครื่องโดย APO, จะทำให้เปลืองไฟเล็กน้อย ดังนั้นถ้าไม่ต้องการใช้วิทยุจริงๆ แล้ว ควรจะปิดเครื่องโดยการปิดด้วย Volume

4.5 การประหยัดแบตเตอรี่โดยอัตโนมัติ <Automatic Battery Save> <BS>



Featuer นี้มีประโยชน์มาก เพราะจะช่วยลดการใช้แบตเตอรี่ โดยไม่จำเป็นระหว่างขณะที่กำลังฟัง และขณะอยู่ใน mode การ save แบตเตอรี่ ถ้าหากไม่มีปฏิบัติการใดๆ ในช่วงเวลาประมาณ 5 นาที BS จะทำซ้ำเป็นวงกลมอย่างต่อเนื่องดังต่อไปนี้

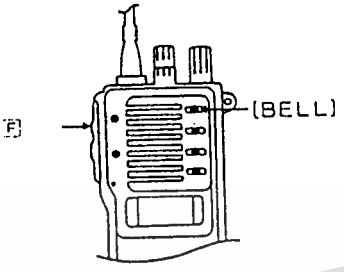
1.ฟังสัญญาณ ประมาณ 300 mS.

2.ส่งสัญญาณแบตเตอรี่ Save ประมาณ 700 mS.

การทำหน้าที่ BS นั้น กดและยึดคีย์ F ไว้ แล้วกดคีย์ ตัวอักษร "S" จะปรากฏบน LCD ในการยกเลิก BS ให้ทำซ้ำขั้นตอนเดียวกันนี้

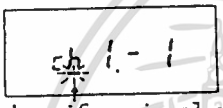
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 กระดิ่ง <เตือน> <Bell alarm>



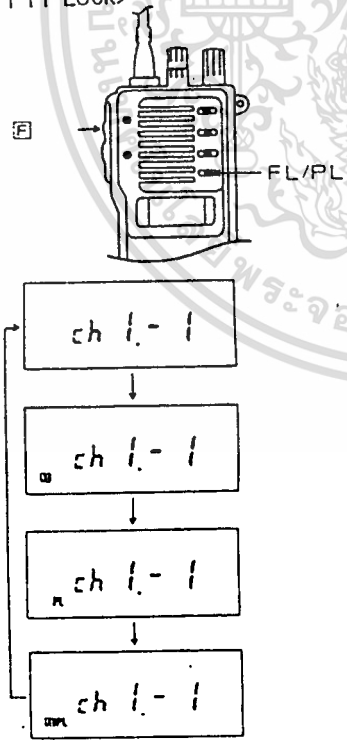
ฟังก์ชั่นนี้เตือนท่านโดยเสียงปลุก และเครื่องใน LCD ถ้าหากมีสัญญาณเข้ามา กด "F" ไว้และกด BELL กดคีย์ใดก็ได้สำหรับหยุดเสียงเตือนปฏิบัติการกดคีย์เหมือนเดิมตามขั้นตอนข้างบน เพื่อปลดเสียงสัญญาณเตือนนี้

BELL(alarm) function



flashes if a signal received.

4.7 การล็อคความถี่ <FL> และการล็อค PTT <PL> <Frequency Lock and PTT Lock>



เมื่อ mode ของ Frequency Lock ถูกเลือก ความถี่โดยล็อค และไม่สามารถเตือนได้

ใน mode ของ PTT Lock นั้น สวิทช์ PTT จะถูกทำให้ใช้การไม่ได้

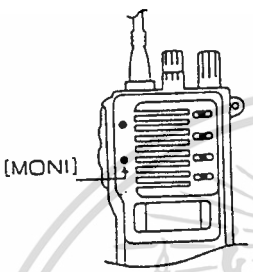
เหล่านี้คือ Featuers ที่มีประโยชน์ต่อการป้องกันการ สื่อสารที่เกิดขึ้นอย่างพลั้งเผลอ

1.ยึดคีย์ F แล้วกดคีย์ FL/P

2.ขณะที่คีย์ F ยังคงถูกทำให้ต่ำ ในเวลานั้นคีย์ จะถูกกดใน LCD จะหมุนเวียนเป็น วงกลมระหว่าง FL, PL, FL และ PL และ FL/PL ปิดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

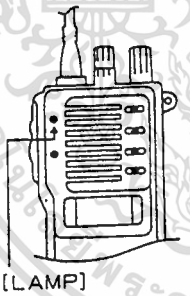
4.8 โมนิเตอร์รับและจับคลื่นส่งวิทยุ <Monitor>



กดคีย์นี้เพื่อปล่อยให้พ้นจากความว่าง (เงียบ) (Squelch) เมื่อปล่อยคีย์จะกลับมาหาความว่าง (เงียบ) อีกครั้งหนึ่ง

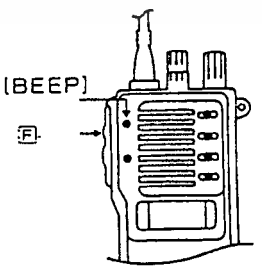
4.9 แสง <LAMP>

กด LAMP เพื่อเปิด/ปิด LCD Lamp แสงจะปิดหลังจากนั้นอีก 5 วินาที



4.10 สัญญาณเตือน <BEEP>

กดและยึด "F" ไว้และกด LAMP เพื่อเปิด-ปิดเสียงดังปิ๊บ ซึ่งจะได้ยินในแต่ละรายการ หรือระหว่างอยู่ที่ฟังก์ชั่น กระดิ่ง (เตือน)

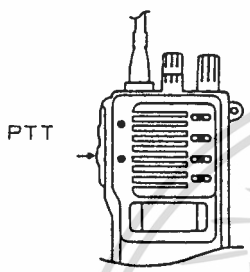


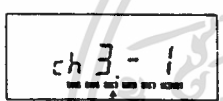
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 การติดต่อ <Transmit>

(1) การดำเนินการ (Procedure)

- เลือกช่องตามต้องการจัดหน้าปัด
- ยืนยันว่าช่องนั้นไม่ได้อยู่ระหว่างกำลังถูกใช้งาน
- กด PTT เพื่อที่จะทำการติดต่อ และสนทนาทางไมโครโฟน
- ปล่อย PTT ให้กลับมาเพื่อการรับคลื่น

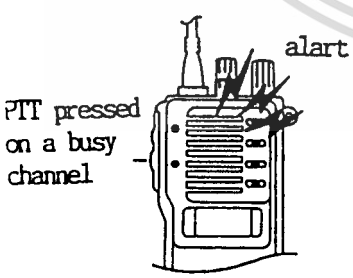


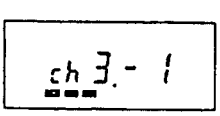


During a transmit this segment appears in full.

(2) เมื่อท่านทำการติดต่อ

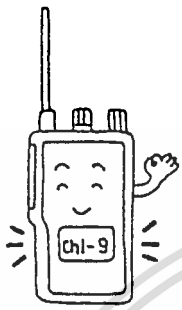
ถ้าช่องถูกใช้เรียบร้อยแล้วโดยบุคคลอื่น ท่านจะไม่สามารถ สื่อสารในช่องนั้นได้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ท่านสามารถติดต่อได้เมื่อช่องได้รับการเคลียร์แล้ว ถ้าท่านพยายามที่จะติดต่อเหลื่อมล้ำกันใน Busy Channel ท่านจะได้ยินเสียงเตือนด้วย Tone Sq ท่านสามารถสื่อสารได้ 30 วินาที เป็นอย่างต่ำในแต่ละครั้ง สัญญาณการรับจะเข้ามาอย่างอัตโนมัติ เมื่อมีสัญญาณเตือนก่อนหน้านั้น 5 วินาที แล้วท่านจะต้องคอยอยู่อย่างนั้น อีกอย่างน้อยที่สุด 2 วินาที





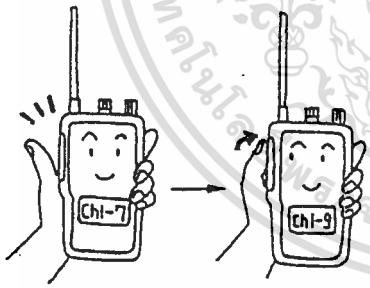
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.การสื่อสาร<Communication>

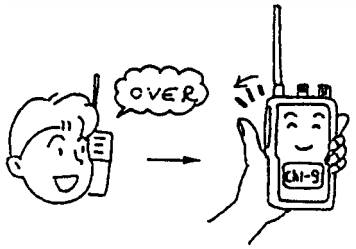


แน่ใจว่าช่องสื่อสารไม่ได้กำลังถูกใช้อยู่ มิฉะนั้นท่านจะไม่สามารถติดต่อได้

กด PTT แสงคอย 1-2 วินาที แล้วจึงสนทนา



ถ้าท่านถูกเรียกโดยใครคนหนึ่งให้คอยให้การติดต่อของเขา/เธอจบลง คอย 1-2 วินาที แล้วจึงกด PTT และสนทนากลับไป ระยะเวลาการคอยสั้นๆนี้เรียกว่า "berak-time" ถ้าหากบุคคลที่สามต้องการร่วมการสนทนา บุคคลนั้นควรเรียกระหว่างที่อยู่ที่ break-time



แต่ละครั้งที่ท่านจบการสนทนา จงพูดว่า "OVER" เพื่อว่าคณะบุคคลอื่นจะรู้ว่าเขา/เธอจะต้องเป็นฝ่ายสนทนาบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.อุปกรณ์เลือกเพิ่มเติม (Optional Accessories)

การชาร์จแบตเตอรี่แบบเร็วด้วยกระแสไฟ AC/DC...../EDC-35 (220V)
หูฟัง (Earphone)..... EME-6
หูฟัง/ไมโครโฟน/PTT..... EME-4
หูฟัง/ไมโครโฟน/PTT/VOX..... EME-11
Headset/PTT/VOX..... EME-10(K)
ลำโพงรีโมทคอนโทรล/ไมโครโฟน..... EMS-8
ลำโพง/ไมโครโฟน..... EMS-ZZ
สายพาวเวอร์ซัพพลายที่ 13.8 V..... EDC-15
ซองหนัง..... ESC-15
กล่องใส่ถ่าน..... EJ-12U
Ni-Cd แบตเตอรี่แพ็ค (7.2 V 700 mAH)..... EBP-16N
Ni-Cd แบตเตอรี่แพ็ค (12 V. 600 mAH..... EBP-18N
เครื่องชาร์จไฟ AC ..... EDC-24 (120V)EDC-25 (220 V)
Belt Clip (พร้อมน๊อต)..... EBC-3

7.รายละเอียดอื่น ๆ (Specifications)

- ความถี่ (Frequency) 9 ช่อง จาก 422.2 MHz Step 12.5 KHz
- คลื่นเสียง (Modulation) 1 FSE
- Transmitter Power OutPut 1 10 mW
- ระบบการรับคลื่น (Superheterodyne)
- เครื่องวิทยุมี ความไว (Sensitivity) ต่ำกว่า 5 dBu (12 dB SINAD)
- Audio Out ไม่น้อยกว่า 200 mW
- การสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้า ณ 7.2 V.

การรับขณะว่าง ประมาณ 65 mA
การรับคลื่น ประมาณ 150 mA
ประหยัดแบตเตอรี่ ประมาณ 26 mA
การติดต่อ ประมาณ 70 mA

- ไดเมนชั่น (dimensions) 110 H x 37 D mm.
- น้ำหนักโดยประมาณ 330 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจำลอง ครุอุตสาหะ. **Visual Basic 5 ฉบับ Programmer.** กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์. 2541

เกรียงศักดิ์ ฐานิกเกษตร และประวิทย์ โดมทองชูสกุล. **110โครงงานไอซี.** กรุงเทพฯ : ฟิสิกเซ็นเตอร์. ม.ป.ป.

ทนง โชติสรยุทธ์. **รวมบทความและโครงงานวิทยุสมัครเล่น 1.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2537

บัณฑิต โรจน์อารยานนท์. **วิศวกรรมสายอากาศ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2530

ปราโมทย์ จามรวิเชียร. **เสาอากาศ.** กรุงเทพฯ : มิตรสัมพันธ์กราฟฟิค. ม.ป.ป.

แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์, ผู้รวบรวม. **รวมโครงงานอิเล็กทรอนิกส์วิทยุและเครื่องรับส่ง.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูนิเคชั่น. 2539

วสันต์ อาชีวเดโชพล และAdvanced Engineering Group. **ส่ายอากาศและเทคนิคการติดตั้ง.** กรุงเทพฯ : ฟิสิกเซ็นเตอร์. ม.ป.ป.

สกายบุ๊ค. **Visual Basic for Window 3.0.** กรุงเทพฯ : สยามสปอร์ตซินดิเคต. 2538

สุทธิศักดิ์ พงษ์ธนาพาณิชย์. **Visual Basic 4.0 Professional.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2539

อัลแลน, ลีเทค. **วิศวกรรมสายอากาศ.** แปลโดย นิตย์ วรนิตินันท์. ม.ป.ท. ม.ป.ป.

John, D. **Antennas.** 2 nd ed. Singapore : Mc Graw – Hill. 1988

The American Radio Relay League. **The ARRL Antenna Book.** 15 th ed. 2 nd print. U.S.A. : The American Radio Relay League. 1988

National Data Acquisition Databook. Asia Communications National Semiconductor : Hong Kong. 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายรัชภูมิ เทียนศิริ
สถานที่เกิด	จังหวัดแพร่
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 81/83 หมู่ 2 ซอย116 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 81/83 หมู่ 2 ซอย116 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ
โทรศัพท์	4311187
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเด่นไชยวิทยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพิริยาลัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	โรงเรียนเทคโนโลยีหมู่บ้านครู
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชา ครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ไม่เคยเป็นทหารรับใช้ อย่าหวังก้าวไกลเกินอัศวิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายวัชิราวุฒิ องอาจ
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงราย
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 111 หมู่ 7 ตำบลแม่สาย อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 111 หมู่ 7 ตำบลแม่สาย อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย
โทรศัพท์	053-640114
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเชียงรายวิทยาคม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	โรงเรียนโปลีเทคนิคลานนา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
ปริญญาตรี	สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชา ครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ทุกคนมีโอกาสบิน ไหนจึงไม่บินอย่างนกอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายวิระ คุ้มกัน
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพฯ
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 97 หมู่ 3 ถนนตลิ่งชัน-สุพรรณบุรี ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 97 หมู่ 3 ถนนตลิ่งชัน-สุพรรณบุรี ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี
โทรศัพท์	9039599
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดอุบลวนาราม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทพศิรินทร์นนทบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	โรงเรียนเทคโนโลยีหมู่บ้านครู
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชา ครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	อย่ามองข้ามการกระทำของตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายวีระพงษ์ ไพคำนาม
สถานที่เกิด	จังหวัดสกลนคร
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 131/2 หมู่ 3 ตำบลกุดไห อำเภอกุดบาก จังหวัดสกลนคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	36/220 หมู่บ้านธนทรัพย์ ตำบลคลองสอง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมทานี
โทรศัพท์	-
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านกลางผดุงราษฎ์วิทยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนนิคมน้ำอูนเจริญวิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชา ครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	ทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา
คติพจน์	ความมุ่งหวัง และ อนาคต จักไม่บังเกิดขึ้นได้ ตราบใดที่วันนี้ไม่ได้ทำอะไรเพื่อสิ่งนั้นด้วยตัวเราเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้