ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

Wireless Telephone Exchange System for Rural

ชื่อนักศึกษา

1. นายดำหริ	ทิพย์แก้ว	รหัสประจำตัว	44035238
2. นายทวีศักดิ์	เฮงจินดา	รหัสประจำตัว	44035241
3. นายเปรม	ศรีเมือง	รหัสประจำตัว	44035252
4. นายพีชช	นครินทร์	รหัสประจำตัว	44035256

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

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

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันจันทร์ที่ 28 เมษายน 2546 เวลา 15.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 6 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2546

<BT4501062>

ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

WIRELESS TELEPHONE EXCHANGE SYSTEM FOR RURAL

T048354

นายดำหริ ทิพย์แก้ว
นายทวีศักดิ์ เฮงจินดา
นายเปรม ศรีเมือง
นายพีชช นครินทร์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 48354
วัน, เดือน, ปี 15 ต.ค. 2546

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

Wireless Telephone Exchange System for Rural

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติและวิทยุสื่อสาร
2. เพื่อออกแบบระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท
3. เพื่อสร้างระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท
4. เพื่อทดสอบและปรับแต่งระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทให้มีประสิทธิภาพ
5. เพื่อนำระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทไปใช้งานได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้จากการศึกษาการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติและวิทยุสื่อสาร
2. ได้วงจรต่างๆ ที่ใช้ในระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท
3. ได้เครื่องต้นแบบของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท
4. ได้ผลทดสอบและปรับแต่งระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทจนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. ได้ระบบชุมสายโทรศัพท์ไปใช้งานสำหรับชนบทห่างไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท
นักศึกษา	นายดำหริ ทิพย์แก้ว
	นายทวีศักดิ์ เฮงจินดา
	นายเปรม ศรีเมือง
	นายพีชช นครินทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท โดยนำเอาหลักการของการรับและส่งสัญญาณวิทยุในย่านความถี่วีเอชเอฟ 141-147 เมกะเฮิตรซ์ มาใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างคู่สายขององค์การโทรศัพท์กับคู่สายของผู้ใช้บริการ เพื่อการจัดให้บริการในพื้นที่ห่างไกลที่คู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์เข้าไปไม่ถึง ซึ่งจะเป็นการกระจายพื้นที่การสื่อสารไปยังที่ห่างไกล เช่น พื้นที่ชนบทที่ยังไม่มีการให้บริการโทรศัพท์จากองค์การโทรศัพท์ ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทที่สร้างขึ้นนี้จะสามารถรับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ได้ 1 คู่สายและจะให้บริการคู่สายของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทที่ปลายทางได้ 8 หมายเลข โดยจะมีการรับและส่งสัญญาณในย่านความถี่วีเอชเอฟ ผ่านสายอากาศแบบยากิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Wireless Telephone Exchange System for Rural
Students	Mr.Damri Tipkaew
	Mr.Taweesak Hungjinda
	Mr.Prem Srimuang
	Mr.Peacha Nakarin
Advisor	Mr.Peerawut Suwanjan
Co-Advisor	Mr.Amornchai Chaichana
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Telecommunication Engineering
Academic Year	2002

ABSTRACT

This thesis presents the design and construction of the Wireless Telephone Exchange System for Rural which derives the principle of radio signal receiving and transmission of 141-147 MHz to use in the link between the line of Telephone Organization of Thailand (TOT) and the subscribers'. The system provides the service for rural which the line of TOT is not accessible, which will be an extension of communicative area for rural such as a rural area which does not have the communication service from TOT. The Wireless Telephone Exchange System for Rural can support one line of TOT and serve eight extension lines at the destination and the radio signal receiving and transmission of the system employ Very High Frequency (VHF) through Yaki antenna

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถลุล่วงไปด้วยดี ก็เนื่องมาจากคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ขอขอบคุณอาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ สำหรับคำปรึกษาและแนวความคิด รวมทั้งความอนุเคราะห์ในเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือและอุปกรณ์ ความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในปริญญานิพนธ์ รวมทั้งยังให้คำแนะนำและแนวทางในการแก้ไขปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ สุดท้ายที่ควรระลึกอย่างยิ่งคือบิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนทางด้านการศึกษาและเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ	3
2.1.1 ประเภทของการสื่อสารโดยคลื่นวิทยุ	3
2.1.2 รูปแบบของระบบสื่อสาร	4
2.1.3 ย่านความถี่วิทยุที่ควบคุม	6
2.1.4 การแปรรูปคลื่นวิทยุ	6
2.1.5 ความกว้างของแถบคลื่นวิทยุ	6
2.1.6 คลื่นพาห์	7
2.1.7 คลื่นวิทยุอื่นๆ	7
2.2 เครื่องส่งวิทยุ	8
2.2.1 วงจรออสซิลเลเตอร์	8
2.2.2 การมอดูเลตทางความถี่	8
2.2.3 เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่น	10
2.3 เครื่องรับวิทยุ	10
2.3.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ	12
2.3.2 สัญญาณรบกวน	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4 สายอากาศ	15
2.4.1 การกระจายคลื่นวิทยุจากสายอากาศ	15
2.4.2 ชนิดของสายอากาศ	20
2.4.3 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ	24
2.5 ระบบโทรศัพท์	26
2.5.1 หน้าที่หลักของระบบโทรศัพท์	26
2.5.2 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่	28
2.5.3 ข้อดีสำหรับการส่งสัญญาณแบบดีทีเอ็มเอฟ	29
2.5.4 ระบบสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์	30
2.5.5 วงจรถอดรหัสความถี่คู่	31
2.5.6 อุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่ง	32
2.6 ชุมสายโทรศัพท์	34
2.6.1 ชนิดของชุมสายโทรศัพท์	34
2.6.2 มาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ	35
2.6.3 ข้อกำหนดทั่วไปของชุมสาย	36
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	37
3.1 แผนผังการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท	37
3.2 ชุดควบคุมการทำงานของระบบ	40
3.2.1 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	40
3.2.2 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	41
3.2.3 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	43
3.2.4 วงจรไฮบริดจ์	45
3.2.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	47
3.3 สายอากาศ	48
3.3.1 สายอากาศยากิชนิด 5 อีลิเมนต์	49
3.3.2 สายอากาศยากิชนิด 13 อีลิเมนต์	51
3.3.3 ข้อแนะนำในการปรับแต่ง	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.34 หลักในการปรับแต่ง	59
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	60
4.1 การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก	60
4.1.1 เมื่อต่อชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์โดยตรง	61
4.1.2 เมื่อต่อระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทผ่านเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์	61
4.2 การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน	62
4.2.1 เมื่อต่อชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์โดยตรง	62
4.2.2 เมื่อต่อระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทผ่านเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์	63
4.3 ผลการทดลองใช้งานจริง	63
4.3.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 21 มีนาคม พ.ศ. 2546)	63
4.3.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2546)	64
4.3.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3 (วันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2546)	64
4.3.4 ผลการทดลองครั้งที่ 4 (วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2546)	65
บทที่ 5 บทสรุป	67
5.1 สรุป	67
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	68
5.3 แนวทางการพัฒนา	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	71
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	80
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	89
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน	95
ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ประวัติผู้แต่ง	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ย่านความถี่ของคลื่นวิทยุตามกฎของสหพันธ์โทรคมนาคมนานาชาติ	3
3.1 รายละเอียดของสายอากาศยากิ 5 อีลิเมนต์	50
3.2 รายละเอียดของสายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์	52
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	90
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	90
ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	91
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	91
ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	92
ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรไฮบริดจ์	92
ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรไฮบริดจ์	93
ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบการส่งแบบซิมเพล็กซ์	4
2.2 ระบบการส่งแบบฮาลฟ์ดูเพล็กซ์	4
2.3 ระบบการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์	5
2.4 แผนผังการทำงานเครื่องส่งวิทยุ	8
2.5 สัญญาณของการมอดูเลตทางความถี่	9
2.6 แผนผังการทำงานเครื่องรับวิทยุ	11
2.7 โหมดในการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	16
2.8 คลื่นทีอีเอ็ม	17
2.9 การกระจายคลื่นของน้ำในสระ	17
2.10 สนามของการกระจายคลื่น	17
2.11 ขั้นตอนการแพร่กระจายของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนสายอากาศ	18
2.11 (ต่อ) ขั้นตอนการแพร่กระจายของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนสายอากาศ	19
2.12 สายส่งสัญญาณและการแผ่ปลายของสายส่งสัญญาณ	22
2.13 สายอากาศยากิ	22
2.14 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศยากิ	23
2.15 การวัดบีมวิดจ์ของสายอากาศทิศทาง	23
2.16 ลักษณะของรูปแบบการกระจายพลังงานของคลื่นจากสายอากาศ	24
2.17 การกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล	25
2.17 (ต่อ) การกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล	26
2.18 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น	27
2.19 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลข	29
2.20 สัญญาณสมาชิกต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์	30
2.21 การแยกการรับและส่งของสัญญาณเสียง	32
2.22 คุณสมบัติการส่งสัญญาณ	33
2.23 ทรานส์ฟอร์เมอร์ไฮบริดจ์	34
3.1 แผนผังการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท	37
3.2 แผนผังการทำงานของชุดควบคุมและเครื่องรับส่งสัญญาณด้านต้นทาง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 แผนผังการทำงานของชุดควบคุมและเครื่องรับส่งสัญญาณด้านปลายทาง	39
3.4 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	40
3.5 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	42
3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	43
3.7 วงจรไฮบริดจ์	45
3.8 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	47
3.9 ลักษณะของสายอากาศยากิ 5 อีลิเมนต์	49
3.10 แสดงส่วนรับส่งสัญญาณของสายอากาศยากิ 5 อีลิเมนต์	50
3.11 ลักษณะของสายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์	51
3.12 แสดงส่วนรับส่งสัญญาณของสายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์	52
3.13 รูปแบบของสายบาลันซ์	54
3.14 การพิจารณาสายอากาศยากิ	54
3.15 รูปแบบของการแมตซ์ชิ่งแบบแอลเน็ตเวิร์ค	55
3.16 สายอากาศยากิ 5 อีลิเมนต์ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว	56
3.17 สายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว	57
3.18 การตัดตัวชี้นำสัญญาณในการปรับแมตซ์ชิ่งของสายอากาศ	58
3.19 การเลื่อนแฮร์พินในการปรับแมตซ์ชิ่งของสายอากาศ	58
4.1 สัญญาณให้หมุน	60
4.2 สัญญาณไม่ว่าง	61
4.3 สัญญาณกริ่งเรียก	62
ก.1 ด้านหน้าของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง	72
ก.2 ด้านหลังของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง	72
ก.3 ด้านหน้าของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง	73
ก.4 ด้านหลังของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง	73
ก.5 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	74
ก.6 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	74
ก.7 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.8 วงจรไฮบริดจ์	75
ก.9 วงจรแหล่งจ่ายแรงไฟ	76
ก.10 วิทยุรับส่งที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณ	76
ก.11 ชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติที่นำมาเชื่อมต่อใช้งานในระบบ	77
ก.12 ลักษณะการเชื่อมต่อระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทขณะใช้งานจริง	77
ก.13 การเชื่อมต่อสายนำสัญญาณเข้ากับสายอากาศขณะใช้งานจริง	78
ก.14 สายอากาศ 13 อีลิเมนต์ที่ใช้สำหรับการส่งสัญญาณ	78
ก.15 สายอากาศ 5 อีลิเมนต์ที่ใช้สำหรับการรับสัญญาณ	79
ข.1 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	81
ข.2 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	81
ข.3 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	82
ข.4 วงจรไฮบริดจ์	82
ข.5 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	83
ข.6 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	83
ข.7 การวางอุปกรณ์วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	84
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	84
ข.9 การวางอุปกรณ์วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	84
ข.10 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	85
ข.11 การวางอุปกรณ์วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	86
ข.12 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรไฮบริดจ์	86
ข.13 การวางอุปกรณ์วงจรไฮบริดจ์	87
ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	87
ข.15 การวางอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันทุกคนยอมรับและเห็นว่า เทคโนโลยีการสื่อสารได้มีการพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นการส่งข่าวสารในรูปของ ข้อมูล ภาพ และเสียงก็ตาม โดยเฉพาะในสังคมเมืองการติดต่อสื่อสารในด้านต่างๆ มีความสะดวกรวดเร็วอย่างยิ่ง เช่น โทรศัพท์ ซึ่งมีคู่สายสำหรับการใช้งานเป็นจำนวนมาก ส่วนในภูมิภาคทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ขยายขอบเขตการให้บริการเอาไว้อย่างทั่วถึง แต่ในชนบทส่วนใหญ่ของประเทศระบบการติดต่อสื่อสารยังเข้าไปไม่ถึงอาจเกิดจากสิ่งต่างๆ เช่น สภาพภูมิประเทศไม่เอื้ออำนวยหรือในแง่ของงบประมาณที่ลงทุนไม่คุ้มกับผลที่ได้รับ ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้คณะผู้จัดทำจึงได้เกิดแนวความคิดที่จะสร้าง ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทขึ้นมาเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการสื่อสารที่กล่าวมาข้างต้น

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทนี้ เป็นวงจรที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติกับชุดรับส่งวิทยุสื่อสาร ซึ่งสามารถใช้งานในชนบทที่อยู่ห่างไกลได้โดยจะส่งสัญญาณโทรศัพท์ด้วยความถี่ในย่านความถี่วีเอชเอฟ (Very High Frequency : VHF) สามารถใช้เป็นแบบการติดต่อสองทาง (Full-Duplex) ได้โดยการพูดโต้ตอบกันระหว่างเครื่องส่งต้นทางกับเครื่องรับปลายทางและใช้เป็นโทรศัพท์ภายในติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ภายในชุมสายโทรศัพท์เดียวกันได้ 8 คู่สนทนา

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

1. สามารถสื่อสารโดยใช้คลื่นวิทยุแทนการใช้สายโทรศัพท์
2. ใช้ย่านความถี่วีเอชเอฟในการรับส่งสัญญาณข้อมูลข่าวสารได้
3. สามารถรับส่งสัญญาณข้อมูลข่าวสารได้ในระยะทางไม่ต่ำกว่า 12 กิโลเมตร
4. ใช้สายอากาศที่มีอัตราการขยายสัญญาณ 12 เดซิเบล ในการรับส่งสัญญาณข้อมูลข่าวสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงาน และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับเรื่องระบบสื่อสาร การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ เครื่องส่งวิทยุ เครื่องรับวิทยุ สายอากาศ ระบบโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ชนิดต่างๆ และมาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับแผนผังการทำงานของโครงงาน ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้สำหรับโครงงาน ตลอดจนการออกแบบและการสร้างวงจรต่างๆ ภายในชุดควบคุมการทำงานของระบบ เช่น วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์ วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง วงจรไฮบริดจ์ วงจรแหล่งจ่ายไฟ และสายอากาศที่ใช้งาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองของวงจรเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์ที่ใช้งาน การทดลองการส่งสัญญาณและผลการทดลองที่ได้จากการทดลองใช้งานจริง

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไข รวมทั้งแนวทางในการพัฒนาระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดของวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งานระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ

จากการศึกษาระบบสื่อสาร จะเห็นว่าพาหะของการติดต่อสื่อสารหรือช่องทางการสื่อสาร (Media หรือ Channels) ที่ได้รับการพัฒนาจนถึงปัจจุบัน มีความเจริญก้าวหน้าไปเป็นอันมาก นั่นคือ การสื่อสารทางด้านวิทยุ ซึ่งช่วยให้มนุษย์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้เป็นระยะทางไกลมากขึ้น โดยใช้วิธีการเปลี่ยนเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าขยายให้เป็นความถี่เสียง (Audio Frequency) และทำการผสมกับคลื่นพาหะ (Carrier Wave) แล้วส่งไปยังเครื่องรับที่อยู่ห่างออกไปทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ไกลและสะดวกขึ้น

2.1.1 ประเภทของการสื่อสารโดยคลื่นวิทยุ

คลื่นวิทยุเป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) คือ คลื่นที่เกิดจากการผสมกันระหว่างกระแสที่ไหลผ่านเข้าไปในสายอากาศทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก (Magnatic Field) และแรงดันที่ตกคร่อมสายอากาศทำให้เกิดสนามไฟฟ้า (Electric Field) รวมทั้งสองเข้าด้วยกันจะได้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถที่จะแบ่งย่านความถี่ตามกฎสหพันธ์โทรคมนาคมนานาชาติ (International Telecommunication Union : ITU) แสดงดังตารางที่ 2.1

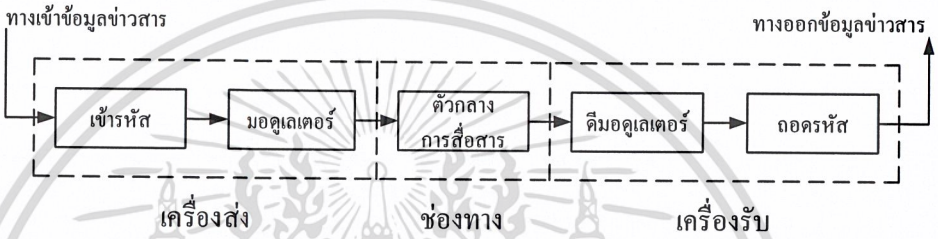
ตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ของคลื่นวิทยุตามกฎของสหพันธ์โทรคมนาคมนานาชาติ

แถบความถี่	ชื่อเรียกแถบความถี่	ความยาวคลื่น
3-30 kHz	VLF (Very Low Frequency)	100-10 km
30-300 kHz	LF (Low Frequency)	10-1 km
300 kHz-3 MHz	MF (Medium Frequency)	1 km-100 m
3-30 MHz	HF (High Frequency)	100-10 m
30-300 MHz	VHF (Very High Frequency)	10-1 m
300 MHz-3 GHz	UHF (Ultra High Frequency)	1 m-100 mm
3-30 GHz	SHF (Super High Frequency)	100-10 mm
30-300 GHz	EHF (Extremely High Frequency)	10-1 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

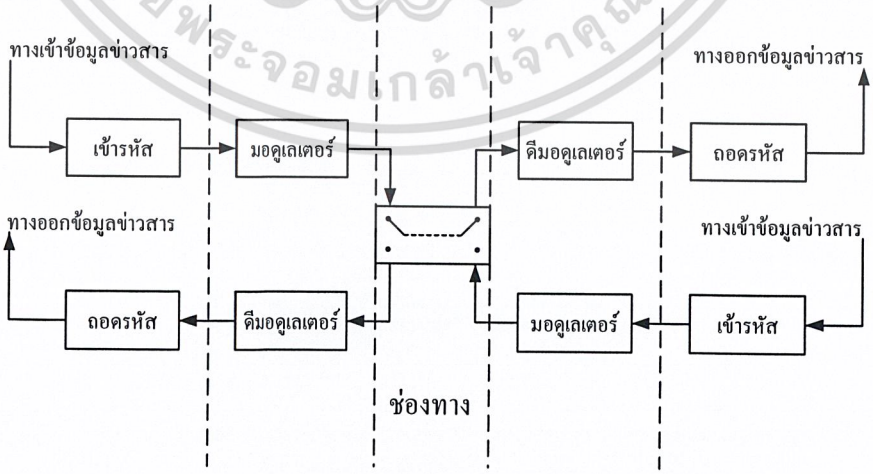
ความถี่วีเอชเอฟ (Very High Frequency : VHF) เป็นย่านความถี่สูงมากเริ่มตั้งแต่ที่ความถี่ 30-300 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ใช้สำหรับการส่งสัญญาณโทรทัศน์ช่อง 2-13 การส่งสัญญาณวิทยุในระบบเอฟเอ็ม (Frequency Modulation : FM) รวมทั้งใช้ในการรับส่งวิทยุสมัครเล่น การสื่อสารในย่านความถี่สูงมากนี้มีทั้งแบบเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุดและการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ ระยะทางที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารจะไม่เกิน 50 กิโลเมตร

2.1.2 รูปแบบของระบบสื่อสาร



รูปที่ 2.1 ระบบการส่งแบบซิมเพล็กซ์

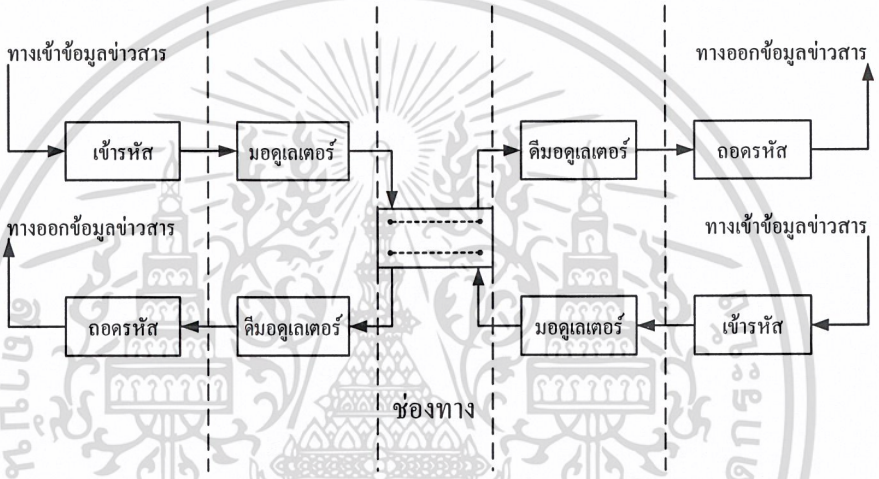
1) ซิมเพล็กซ์ (Simplex) หรือ การติดต่อทางเดียว เป็นการส่งแบบแต่ละด้านจะทำหน้าที่เป็นเฉพาะตัวส่งหรือตัวรับอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น เมื่ออุปกรณ์ด้านหนึ่งเป็นฝ่ายส่งข้อมูล อุปกรณ์อีกด้านจะต้องเป็นฝ่ายรับข้อมูลเสมอ เช่น การรับส่งสัญญาณวิทยุที่ทางสถานีเป็นตัวส่งและเครื่องวิทยุเป็นตัวรับ ระบบการส่งแบบซิมเพล็กซ์แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.2 ระบบการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ฮาลฟ์ดูเพล็กซ์ (Half-Duplex) หรือ การติดต่อกึ่งสองทาง จะมีการใช้อุปกรณ์ปลายทางที่พัฒนาขึ้นมาให้มีความสามารถทั้งส่งและรับได้ แต่จะส่งและรับพร้อมกันไม่ได้ต้องผลัดกันเป็นตัวส่งและตัวรับ มีการเปลี่ยนเส้นทางในการส่งข้อมูลกันได้แต่คนละเวลา การส่งแบบนี้นิยมเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า การสื่อสารแบบสองสาย (Two-Wire Communication) เนื่องจากอุปกรณ์ในสมัยก่อนไม่สามารถส่งข้อมูลและรับข้อมูลโดยใช้ 1 คู่สายในเวลาเดียวกันได้ ต้องผลัดกันส่งข้อมูลหรือรับข้อมูล สายที่ว่านี้ก็คือสายโทรศัพท์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อโมเด็มทั้งทางด้านส่งและทางด้านรับเข้าด้วยกัน ซึ่งระบบการติดต่อแบบฮาลฟ์ดูเพล็กซ์แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.3 ระบบการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์

3) ฟูลดูเพล็กซ์ (Full-Duplex) หรือ การติดต่อสองทาง วิธีนี้ดีที่สุดเพราะทั้งสองด้านจะสามารถทำการส่งและทำการรับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน การส่งแบบนี้นิยมเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า การสื่อสารแบบ 4 สาย (Four-Wire Communication) เนื่องจากอุปกรณ์มีการใช้ 1 คู่สายในการรับข้อมูลและใช้อีก 1 คู่สายในการส่งข้อมูลพร้อมกันในเวลาเดียวกันได้ ซึ่งคู่สถานีสามารถพูดโต้ตอบกันได้ทันทีโดยไม่ต้องรอให้อีกสถานีหยุดพูดหยุดส่ง เช่น การสนทนาทางโทรศัพท์ วิธีนี้จะแยกภาคเครื่องรับออกจากเครื่องส่งและใช้ความถี่ในการรับและการส่งไม่เหมือนกัน ซึ่งมีความถี่ห่างกันเพียงพอที่จะไม่รบกวนซึ่งกันและกัน โดยเครื่องวิทยุจะเปิดไว้ให้รับและส่งตลอดเวลาทั้งสองสถานีเลยก็ได้ หรือจะเปิดให้เครื่องรับเพียงอย่างเดียวและเปิดให้ส่งโดยการใช้ระบบการนำสัญญาณจากคู่สถานีไปบังคับก็ได้ ระบบการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์แสดงดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ย่านความถี่วิทยุที่ควบคุม

มีการควบคุมย่านความถี่วิทยุที่ใช้งานตามข้อกำหนดดังนี้

1) ข้อบังคับวิทยุสากลของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ กำหนดให้ความถี่ตั้งแต่ 10 กิโลเฮิรตซ์ (Kilo Hertz) ขึ้นไปจนถึง 275 กิโลเฮิรตซ์ เป็นความถี่ที่ใช้สำหรับใช้ในกิจการวิทยุระหว่างประเทศที่จะต้องจัดสรรตามประเภทของกิจการวิทยุ

2) พรบ.วิทยุคมนาคม พ.ศ.2498 มาตรา 4 กำหนดความถี่ของคลื่นเฮิรตซ์เซียน (Hertzian Wave) หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตั้งแต่ 10 กิโลเฮิรตซ์จนถึง 300,000 เมกะเฮิรตซ์ เป็นความถี่ที่ต้องควบคุมผู้ใช้จะต้องขออนุญาตจากกรมไปรษณีย์โทรเลขก่อน

2.1.4 การแปรรูปคลื่นวิทยุ

การแปรรูปคลื่นวิทยุ (Modulation) หมายถึง การเอาความถี่เสียง (Audio Frequency : AF) กับความถี่วิทยุ (Radio Frequency : RF) ผสมกัน หรือการเอาความถี่เสียงไปบีบบังคับคลื่นวิทยุให้เป็นรูปคลื่นวิทยุแปรเปลี่ยนไป วิธีการแปรรูปคลื่นวิทยุที่นิยมใช้กันมี 2 วิธี คือ

1) การแปรรูปคลื่นวิทยุทางขนาด (Amplitude Modulation : AM) คือ ขั้นตอนการทำให้ขนาดของคลื่นวิทยุเปลี่ยนรูปไปตามสัญญาณเสียงที่เข้ามา

2) การแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่ (Frequency Modulation : FM) คือ ขั้นตอนการทำให้ความถี่ของวิทยุแปรเปลี่ยนไปเป็นความถี่สูงขึ้นและเป็นความถี่ต่ำลงตามสัญญาณเสียงที่เข้ามา

การแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่ มีข้อกำหนดไว้ว่าความถี่ที่ใช้นั้นจะต้องไม่ต่ำกว่าย่าน 30 เมกะเฮิรตซ์ ต้องเป็นความถี่วิทยุในย่าน วีเอชเอฟ ยูเอชเอฟ และเอสเอชเอฟ ส่วนการแปรรูปคลื่นวิทยุทางขนาดไม่มีข้อห้าม จะใช้ความถี่วิทยุใดก็ได้ส่วนมากเครื่องส่งวิทยุสมัครเล่นขนาดเล็กชนิดติดรถยนต์หรือชนิดมือถือ ซึ่งใช้ความถี่ในย่าน 144-147 เมกะเฮิรตซ์ นิยมใช้การแปรรูปคลื่นวิทยุของความถี่สำหรับทำวิทยุโทรศัพท์ ส่วนเครื่องส่งวิทยุโทรศัพท์ขนาดเล็กแบบที่นิยมเรียกกันว่า วิทยุประชาชน หรือเรียกย่อว่า “ซีบี” มักใช้การแปรรูปคลื่นทางขนาดและใช้ความถี่วิทยุระหว่าง 26,957-27,283 กิโลเฮิรตซ์

2.1.5 ความกว้างของแถบคลื่นวิทยุ

การส่งคลื่นวิทยุที่เป็นพาหะอย่างเดียวนั้นจะไม่เกิดแถบคลื่นวิทยุหรือแถบข้าง (Side Band) จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการแปรรูปคลื่นวิทยุ จึงจะเกิดแถบคลื่นวิทยุแผ่กว้างออกไปจากความถี่วิทยุที่เป็นคลื่นพาห์ตามประเภทของการแปรรูปคลื่นวิทยุ เช่น

1) ความกว้างของแถบการแปรรูปคลื่นทางขนาด สำหรับวิทยุโทรศัพท์ที่มีแถบข้างเป็น 2 ข้าง (Double Side Band : DSB) ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3,000 เฮิรตซ์ (Hz) จะมีแถบคลื่นวิทยุข้างละ 3,000 เฮิรตซ์ รวมเป็น 6,000 เฮิรตซ์ ถ้าเป็นวิทยุโทรศัพท์ชนิดที่มีแถบข้างเพียงข้างเดียวหรือที่เรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันว่าซิงเกิลไซด์แบนด์ซึ่งใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3,000 เฮิรตซ์ และจะมีแถบคลื่นวิทยุกว้าง 3,000 เฮิรตซ์ หรือเท่ากับ 3 กิโลเฮิรตซ์

2) ความกว้างของแถบการแปรรูปคลื่นทางความถี่ สำหรับระบบวิทยุโทรศัพท์เพื่อการพาณิชย์ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3 กิโลเฮิรตซ์ จะมีแถบกว้าง 36 กิโลเฮิรตซ์ แต่สำหรับวิทยุโทรศัพท์ในกิจการวิทยุสมัครเล่นนั้นจะมีการถูกบีบให้มีแถบคลื่นวิทยุลดลงซึ่งเหลือความกว้างเพียง 16 กิโลเฮิรตซ์เท่านั้น

2.1.6 คลื่นพาห์

คลื่นพาห์ (Carrier Wave) หมายถึง คลื่นวิทยุที่ยังไม่มีการแปรรูปคลื่น หรือคลื่นวิทยุที่ถูกส่งออกจากสายอากาศเครื่องส่งเพื่อใช้เป็นพาหะนำสัญญาณเสียงไปสู่เครื่องรับ แต่ยังไม่มีสัญญาณเสียง ซึ่งความถี่ของคลื่นพาห์ที่สถานีส่งใช้นั้น จะต้องให้เป็นไปตามข้อกำหนดหรือข้อบังคับวิทยุสากลของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ

2.1.7 คลื่นวิทยุอื่นๆ

เครื่องส่งวิทยุที่ดีจะส่งคลื่นที่บริสุทธิ์ออกไปก็คือ คลื่นพาห์ แต่เครื่องส่งวิทยุบางเครื่องจะส่งคลื่นอย่างอื่นปะปนออกไปด้วย โดยเป็นคลื่นที่เกิดขึ้นเองเนื่องจากความบกพร่องของวงจรเครื่องส่ง คลื่นเหล่านี้ได้แก่

1) คลื่นฮาร์มอนิก (Harmonic Wave) เป็นคลื่นที่มีขนาดความถี่เป็น 2-3 เท่า ของความถี่คลื่นพาห์ ทำให้กำลังคลื่นพาห์ลดน้อยลงเพราะต้องแบ่งกำลังไปเป็นคลื่นฮาร์มอนิกซึ่งไม่ให้ประโยชน์อันใดในการรับฟังรวมทั้งคลื่นฮาร์มอนิกยังไปรบกวนเครื่องรับอื่นๆ ซึ่งรับคลื่นพาห์ของสถานีอื่นที่มีความถี่ตรงกับคลื่นฮาร์มอนิกนี้ด้วย

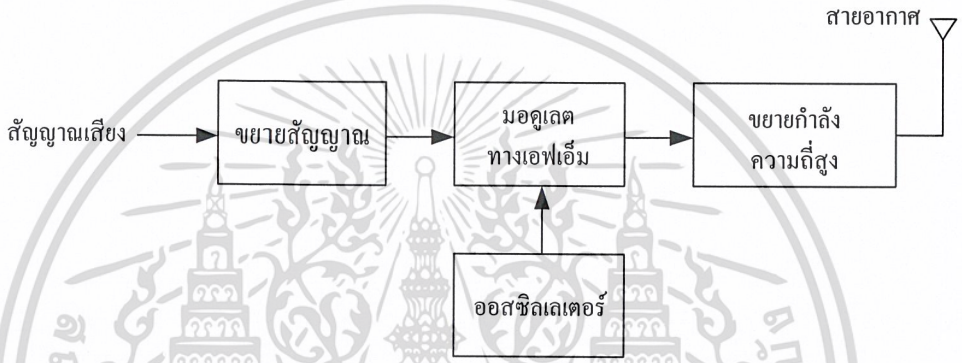
2) คลื่นพาราซิติก (Parasitic Oscillation Wave) มักจะเกิดขึ้นในวงจรขยายความถี่วิทยุในส่วนย่านความถี่วีเอชเอฟและเอชเอฟ เป็นความถี่ที่ไม่แน่นอนปะปนออกไปพร้อมกับคลื่นพาห์ ทำให้คลื่นพาห์มีกำลังลดลงเพราะกำลังส่วนหนึ่งต้องเสียไปในการส่งคลื่นพาราซิติกนี้ทั้งๆ ที่เป็นสิ่งไม่พึงประสงค์

คลื่นที่ปะปนออกไปกับคลื่นพาห์นี้เป็นคลื่นเทียม (Spurious Transmission) เป็นตัวการที่จะไปรบกวนเครื่องรับอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ไปรบกวนเครื่องรับวิทยุโทรทัศน์ เครื่องรับวิทยุกระจายเสียง และเครื่องรับวิทยุอื่นๆ ดังนั้น เครื่องส่งวิทยุในระบบโทรคมนาคมที่ดีจะต้องมีวงจรที่ทำลายคลื่นฮาร์มอนิกและคลื่นเทียม หรือลดความแรงของคลื่นที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องส่งวิทยุ

จากแผนผังการทำงานของเครื่องส่งวิทยุในรูปที่ 2.4 สัญญาณเสียงถูกป้อนเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณ หลังจากสัญญาณเสียงผ่านการขยายแล้วจะถูกป้อนเข้าสู่วงจรมอดูเลเตอร์ ซึ่งในส่วนของวงจรมอดูเลเตอร์นั้นจะทำการเปลี่ยนความถี่ของออสซิเลเตอร์ โดยมีช่วงความถี่เบี่ยงเบนและอัตราการเบี่ยงเบนขึ้นอยู่กับขนาดและความถี่ของสัญญาณเสียงตามลำดับ คลื่นพาหะที่ได้ทำการมอดูเลตแล้วจะถูกขยายโดยภาคขยายกำลังสูงเพื่อป้อนเข้าสู่สายอากาศสำหรับการส่งออกอากาศต่อไป



รูปที่ 2.4 แผนผังการทำงานเครื่องส่งวิทยุ

2.2.1 วงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Circuit) คือ วงจรที่ทำให้เกิดกระแสสลับทุกความถี่หรือเรียกว่าวงจรกำเนิดความถี่วิทยุ เป็นวงจรอันดับต้นของเครื่องส่งวิทยุและมีใช้อยู่ในเครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮดเทอโรดายน์ (Super heterodyne) วงจรออสซิลเลเตอร์มีหลายชนิด เช่น

1) ชนิดใช้ผลึก (Quartz Crystal) ควบคุมความถี่วิทยุได้ความถี่คงที่แน่นอนดีมาก

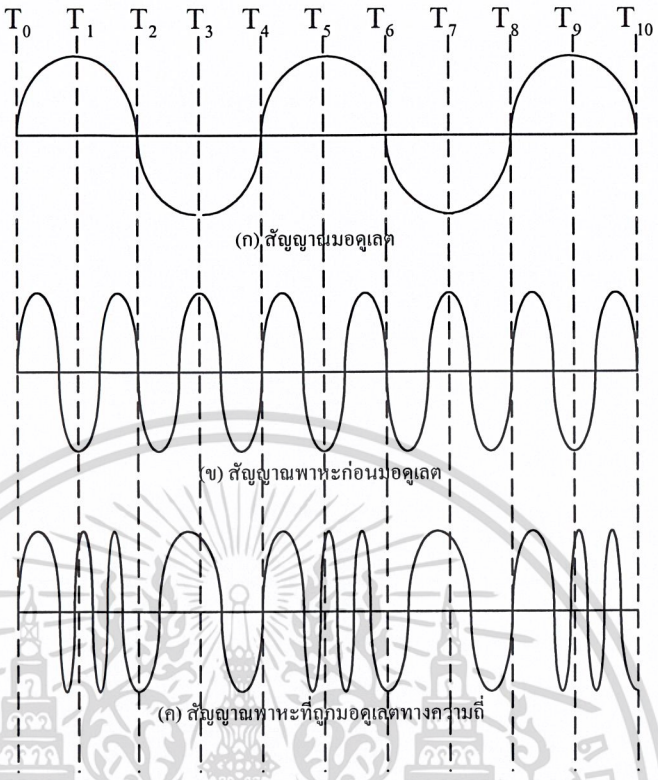
2) ชนิดวีเอฟโอ (Variable Frequency Oscillator : VFO) ความถี่ที่ได้นั้นจะไม่ค่อยคงที่

3) ชนิดความถี่สังเคราะห์ (Frequency Synthesizer) ความถี่คงที่แน่นอน ซึ่งมักจะต้องใช้วงจรกรองกระแสเพื่อป้องกันให้ความถี่ฮาร์มอนิกที่ไม่ต้องการออกไป

2.2.2 การมอดูเลตทางความถี่

รูปคลื่นของสัญญาณที่มอดูเลตทางความถี่เกิดจากสัญญาณดังรูปที่ 2.5 (ก) จะเป็นสัญญาณข่าวสารที่ป้อนเข้าไปเพื่อทำการมอดูเลตทางความถี่ รูปที่ 2.5 (ข) เป็นสัญญาณพาหะก่อนที่จะถูกทำการมอดูเลตและรูปที่ 2.5 (ค) เป็นรูปสัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 สัญญาณของการมอดูเลตทางความถี่

จากรูปที่ 2.5 แสดงการมอดูเลตทางความถี่โดยสัญญาณพาหะจะถูกเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณมอดูเลต ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

ที่เวลา T_0 สัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่จะอยู่ที่ความถี่กลาง เมื่อมีสัญญาณเข้ามาทำการมอดูเลตจะมีขนาดเพิ่มขึ้นจนเป็นบวกสูงสุด ความถี่ของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตจะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่เวลา T_1

ที่เวลา T_1 ขนาดของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตจะมีค่าความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุดและค่าความถี่ของสัญญาณพาหะที่ถูกมอดูเลตมีค่าค่อยๆ เพิ่มขึ้นผ่านค่าศูนย์ จากนั้นความถี่ของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตจะมีค่าลงเป็นลบต่ำสุดที่เวลา T_2

ที่เวลา T_2 ขนาดของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตมีค่าเป็นลบต่ำสุด ความถี่ของสัญญาณพาหะที่ถูกมอดูเลตมีค่าเป็นความถี่กลางดังเดิม หลังจากนั้นขนาดของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตจะมีค่าเป็นลบน้อยลง สัญญาณพาหะที่ถูกมอดูเลตจะเริ่มมีความถี่น้อยลงกว่าความถี่กลาง

ที่เวลา T_3 ขนาดของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตจะลดน้อยลงกว่าค่าที่เป็นบวกสูงสุด หลังจากนั้นก็จะลดลงผ่านค่าศูนย์ไปเรื่อยๆ ส่วนความถี่ของสัญญาณพาหะที่ถูกมอดูเลตมีค่าลดน้อยลงจากค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บวกสูงสุดผ่านค่าศูนย์ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเวลา T_4 ขนาดของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตมีค่าเป็นศูนย์ทำให้ความถี่สัญญาณพาหะที่ถูกมอดูเลตมีค่าเป็นความถี่กลางดังเดิม

กล่าวโดยสรุป สัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ มีขนาดคงที่ตลอดเวลา แต่ความถี่จะเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต

2.2.3 เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่น

กรมไปรษณีย์โทรเลขจะอนุญาตให้จดทะเบียนในการใช้เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่นได้เฉพาะในรายละเอียดต่อไปนี้

ต้องใช้ความถี่วิทยุในย่านความถี่ 144-147 เมกะเฮิรตซ์ หรือช่วงที่มีความยาวคลื่นในย่าน 2 เมตร ที่เรียกว่าทูมิเตอร์ (To Meters) ซึ่งจะต้องมีกำลังส่งไม่เกิน 10 วัตต์ ในระบบการสื่อสาร โดยใช้เฉพาะวิทยุโทรศัพท์ระบบเอฟเอ็มเท่านั้น

2.3 เครื่องรับวิทยุ

เครื่องรับวิทยุแบบง่ายที่สุด คือ เครื่องรับวิทยุแร่ มีดีเทคเตอร์เป็นก้อนแร่กับเข็มจิ้มแร่และใช้หูฟังเป็นเครื่องเปลี่ยนคลื่นไฟฟ้าให้เป็นคลื่นเสียง เครื่องรับวิทยุแร่ใช้กับเครื่องรับวิทยุกระจายเสียง เครื่องรับวิทยุโทรศัพท์ระบบเอเอ็ม และวิทยุโทรเลขรหัสมอร์ส (Morse) ชนิดที่มีเสียงได้ แต่เครื่องรับวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดที่ไม่มีเสียงใช้ไม่ได้

เครื่องรับวิทยุชนิดหลอดแบบง่ายที่สุด ที่มีใช้ในปัจจุบันทั่วไปจะเป็นแบบที่มีส่วนการทำงานของดีเทคเตอร์ (Detector) เป็นแบบรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative) เพียงหลอดเดียว ใช้รับวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรศัพท์ วิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดที่มีเสียง และวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดที่ไม่มีเสียงได้ โดยการรับสัญญาณวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดที่ไม่มีเสียง ใช้วิธีการปรับแต่งวงจรป้อนกลับกำลังทำให้ดีเทคเตอร์เกิดการออสซิลเลต (Oscillate) หรือเกิดกระแสสลับกับความถี่กลายเป็นความถี่เกือบเท่ากับความถี่วิทยุที่รับฟัง ทำให้ผลต่างของความถี่ทั้งสองที่มาหักล้างกันเป็นความถี่เสียงประมาณ 500–1,000 เฮิรตซ์ เช่น เมื่อรับความถี่ 14,000 กิโลเฮิรตซ์ ก็จะได้ยินเสียงกระทบกับความถี่ 0.5 กิโลเฮิรตซ์ หรือ 500 เฮิรตซ์ แต่การลดการป้อนกำลังกลับให้น้อยลงจนไม่เกิดอาการออสซิลเลต จะทำให้ดีเทคเตอร์ตกอยู่ในสภาวะรีเจนเนอเรต (Regenerate) จะมีรูปแบบเป็นรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ซึ่งมีความไวในการรับฟังเพิ่มมากขึ้นสามารถรับสัญญาณโทรเลขชนิดมีเสียง วิทยุโทรศัพท์ และวิทยุกระจายเสียงได้ความแรงที่สูงมาก โดยที่เครื่องรับวิทยุแบบที่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่วิทยุเรียกว่าทีอาร์เอฟ (Tuned Radio Frequency : TRF) จะมีหลอดขยายความถี่วิทยุเป็นหลอดตัน ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับความถี่วิทยุของวงจรทางเข้าให้ได้เท่ากับความถี่วิทยุที่รับฟังแล้วจึงส่งสัญญาณที่ขยายแล้วไปยังหลอดรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ เมื่อได้สัญญาณความถี่เสียงออก

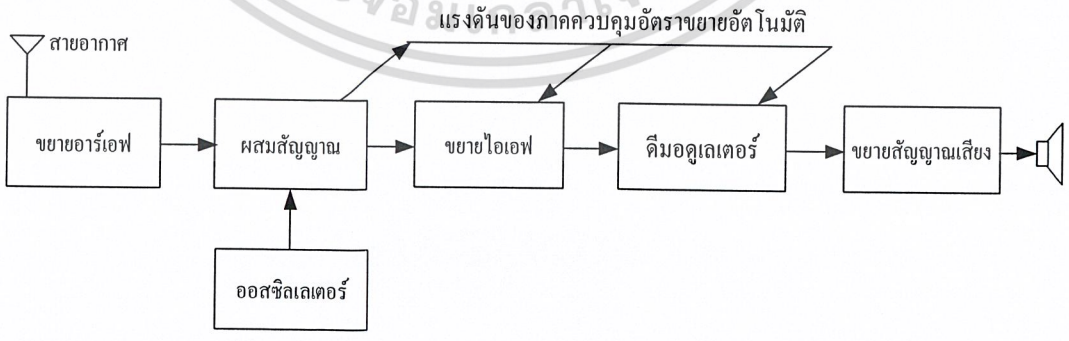
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลอดดีเทคเตอร์แล้วจะทำการส่งเข้าในหลอดขยายสัญญาณความถี่เสียงและส่งความถี่กระแสสลับเข้าที่หูฟังหรือลำโพงเป็นอันดับสุดท้าย เครื่องรับวิทยุแบบทีอาร์เอฟนี้ แม้จะมีความไวสูงรวมทั้งมีความสามารถที่จะทำการเลือกเฟ้นหาสัญญาณในการรับได้ดีกว่าเครื่องรับวิทยุแร่และแบบรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ แต่ก็ยังไม่เป็นที่นิยมมาก เพราะความสามารถในการนำมาใช้งานไม่ดีเท่ากับเครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮดทรอโรดายน์

เครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮดทรอโรดายน์ มีหลักการทำงานที่สำคัญ คือ ใช้การเปลี่ยนความถี่วิทยุ ที่รับเข้ามาให้เป็นความถี่กลาง (Intermediate Frequency : IF) ก่อนเพื่อที่จะได้ขยายความแรงของสัญญาณให้มากขึ้นแล้วจึงส่งเข้าวงจรดีเทคเตอร์เพื่อแยกเอาความถี่เสียงออกมา

ภาคแรกของเครื่องรับวิทยุเป็นภาคขยายความแรงสัญญาณความถี่วิทยุที่รับมาจากสายอากาศ แล้วจึงส่งเข้าไปผสมความถี่ในภาคเปลี่ยนความถี่ โดยจะมีวงจรที่ทำให้เกิดความถี่วิทยุอยู่ภายในเครื่องรับ จากนั้นส่งความถี่วิทยุที่สร้างขึ้นเข้าไปผสมกับความถี่วิทยุที่รับเข้ามาทำให้เกิดผลต่างเป็นจำนวนเท่ากับ 455 หรือ 465 กิโลเฮิรตซ์ แล้วจึงส่งความถี่นี้เข้าไปยังภาคขยายความแรงของสัญญาณ ซึ่งอาจมีภาคเดียวหรือสองภาคก็ได้ ส่วนผลที่ได้จะเข้าไปสู่วงจรไดโอดดีเทคเตอร์เพื่อทำการแยกความถี่เสียงออกจากความถี่ไอเอฟและนำความถี่นี้ส่งเข้าภาคขยายความแรงสัญญาณความถี่เสียงต่อไป

การที่มีภาคขยายความแรงของสัญญาณความถี่วิทยุนั้น จะทำให้เครื่องรับมีความไวสูงขึ้น การเปลี่ยนความถี่วิทยุเป็นความถี่ไอเอฟ ซึ่งเป็นความถี่ขนาดต่ำลงมานั้น จะทำให้เครื่องรับสามารถเลือกเฟ้นสัญญาณได้ดี สามารถลดการรบกวนจากสถานีข้างเคียงลงได้มาก และยังช่วยขยายค่าของแอมปลิจูดทางความถี่ไอเอฟได้แรงกว่าการที่จะไปขยายความถี่วิทยุ จากที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่าเครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮดทรอโรดายน์นี้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องรับแบบอื่นๆ ทั้งหมด



รูปที่ 2.6 แผนผังการทำงานเครื่องรับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับวิทยุแบบซูเปอร์เฮดทอรโรดายน์นี้จะมีแผนผังการทำงานการทำงานดังรูปที่ 2.6 โดยสัญญาณที่ได้รับจากสายอากาศจะถูกป้อนเข้าสู่วงจรขยายอาร์เอฟ (RF Amplifier) เพื่อที่จะทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้มีความไวในการรับสัญญาณดีขึ้นวงจรขยายอาร์เอฟที่ดีควรมีสัญญาณรบกวนในระบบต่ำ วงจรถัดมาจะเป็นวงจรผสมสัญญาณ (Mixer) ซึ่งทำหน้าที่ผสมสัญญาณจากวงจรขยายอาร์เอฟเข้ากับสัญญาณจากวงจรออสซิเลเตอร์ วงจรมิกเซอร์นี้ถูกออกแบบให้ทำงานอยู่ในช่วงที่ไม่เป็นลิเนียร์เพื่อที่จะทำให้เกิดผลลัพธ์เป็นสัญญาณความถี่ผลต่างกับสัญญาณความถี่ผลรวมที่โดนตัดทิ้งออกไป ความถี่ผลต่างจะมีค่าเท่ากับความถี่ไอเอฟที่ป้อนเข้าสู่วงจรขยายไอเอฟ (IF Amplifier) ซึ่งวงจรขยายไอเอฟนี้จะเป็นวงจรขยายความถี่ตายตัวไม่ว่าเราจะปรับเพื่อรับความถี่ใดก็ตามสัญญาณออสซิเลเตอร์ที่เข้าไปทำการผสมที่วงจรมิกเซอร์จะต้องมีค่าพอดีและให้ผลลัพธ์เป็นคงที่เท่ากับความถี่ไอเอฟเสมอ หลังจากที่เข้าวงจรขยายไอเอฟแล้วจะนำสัญญาณเข้าสู่วงจรดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator) เพื่อทำการกู้คืนสัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลตกลับมาดังเดิม หลังจากนั้นสัญญาณเสียงจะถูกขยายโดยวงจรขยายสัญญาณเสียง (Audio Amplifier) ให้มีความแรงมากพอที่จะส่งออกลำโพง

เครื่องรับวิทยุส่วนใหญ่จะมีวงจรของภาคควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติซึ่งเรียกว่าเอจีซี (Automatic Gain Control : AGC) โดยวงจรนี้จะมีการตรวจสอบความแรงของสัญญาณที่รับได้โดยนำเอาสัญญาณมาจากวงจรดีเทคเตอร์ แรงดันที่ได้จากวงจรนี้จะเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เรียกกันว่าแรงดันไฟฟ้าเอจีซี ซึ่งมีค่ามากน้อยตามแต่ความแรงของสัญญาณที่รับได้ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จะนำไปเป็นแรงดันไบอัสให้กับวงจรขยายไอเอฟและวงจรขยายอาร์เอฟ โดยจะทำให้เสียงที่ลำโพงมีความดังคงที่ในขณะที่อยู่ในระหว่างการเลือกสัญญาณจากสถานีต่างๆ

2.3.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ

สิ่งที่แสดงประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงหรือเครื่องรับวิทยุโทรคมนาคมที่นักวิทยุสมัครเล่นใช้ในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุมีดังนี้

1) ความไวในการรับ (Sensitivity) หมายถึง ความสามารถในการรับสัญญาณที่มีขนาดต่ำๆ ได้ เครื่องรับที่มีความไวน้อยต้องการสัญญาณที่มีขนาดสูง

2) ความสามารถเลือกเฟ้นสัญญาณ (Selectivity) หมายถึง ความสามารถแยกสัญญาณความถี่วิทยุที่ต้องการจะรับฟังให้ออกมาจากกลุ่มของสัญญาณความถี่วิทยุที่อยู่ข้างเคียง เพื่อที่จะทำให้เสียงรบกวนจากสถานีที่ไม่ต้องการรับฟังเบาบางลงไป ถ้าเครื่องรับมีประสิทธิภาพดีก็จะทำให้เลือกรับสัญญาณที่ต้องการได้ง่ายและถูกต้องแม่นยำ

3) ความชัดเจนของสัญญาณเสียง (Fidelity) หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เสียงที่รับฟังจากเครื่องรับวิทยุชัดเจนคล้ายคลึงกับเสียงที่มาจากต้นทางมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ความมีเสถียรภาพ (Stability) หมายถึง ความสามารถที่ทำให้สัญญาณวิทยุปรับนิ่งอยู่ตรงความถี่วิทยุที่รับฟังได้ตลอดเวลา ซึ่งความมีเสถียรภาพนี้จะขึ้นอยู่กับตัวของเครื่องรับวิทยุโดยเฉพาะ

ในอดีตเครื่องรับวิทยุชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ เมื่อปรับให้รับคลื่นของสถานีแห่งหนึ่งได้แล้วจะได้ยินเสียงดังที่สุดอยู่พักหนึ่งแล้วเสียงจะเบาลงไปเพราะความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องรับทำให้ค่าของอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร เช่น ค่าปริมาณความจุไฟฟ้า ค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเปลี่ยนไป มีผลทำให้ความถี่รีโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นเคลื่อนที่ไปจากความถี่วิทยุที่ส่งเข้ามา ต้องทำการปรับแต่งเครื่องรับเสียใหม่ให้ได้ความถี่ตรงกับความถี่ที่ส่งมาอีกครั้งเท่านั้นเสียงจึงจะดังเท่าเดิมได้ ต่อมาได้มีพัฒนาอุปกรณ์ที่สร้างจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ทำให้เกิดทรานซิสเตอร์ (Transistor) และได้นำมาใช้ในเครื่องรับวิทยุจนถึงปัจจุบัน ซึ่งเครื่องรับวิทยุชนิดใช้ทรานซิสเตอร์นี้จะมีเสถียรภาพดีกว่าเครื่องรับวิทยุชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ

2.3.2 สัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนหรือนอยส์ (Noise) หมายถึง สัญญาณที่เราไม่ต้องการ สามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ (Natural Noise) เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้น (Man-Make Noise) และอาจเกิดขึ้นได้จากค่าความผิดพลาด (Error) ในการส่งข่าวสาร

1) ชนิดของสัญญาณรบกวน สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดดังนี้

1.1) สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องรับ คือ สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในที่แม้ว่าจะทำการปลดสายอากาศออกจากเครื่องรับแล้วก็ยังได้ยินเสียงรบกวนนั้นอยู่

1.2) สัญญาณรบกวนที่เข้ามาทางสายอากาศ เช่น เสียงรบกวนอันเกิดมาจากเสียงอากาศรบกวนสัญญาณ เสียงรบกวนอันเกิดจากประกายไฟที่มนุษย์ก่อขึ้น (Man Made Static) เช่น สัญญาณรบกวนจากเครื่องยนต์ เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องรังสีเอ็กซ์ ประกายระเบิดของหัวเทียน แม้แต่สัญญาณรบกวนจากรถยนต์ก็เช่นกัน

เครื่องรับส่งวิทยุที่ดีจะต้องมีสัญญาณรบกวนน้อย คือมีประสิทธิภาพสูงในการรับส่งสัญญาณ ได้มีการเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างความแรงของสัญญาณวิทยุกับความแรงของสัญญาณรบกวน เรียกสั้นๆ ได้ว่า เอสเอ็นอาร์ หรือ ค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal to noise ratio : SNR หรือ S/N) ซึ่งโดยปกติค่าเอสเอ็นอาร์นี้ปรกติมักจะนิยมแสดงอยู่ในหน่วยของเดซิเบล (Decibel : dB) การแปลงเอสเอ็นอาร์ให้มีหน่วยเป็นเดซิเบลสามารถทำได้ดังนี้

$$SNR = 10Log\left(\frac{s^2(t)}{n^2(t)}\right) \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ s^2t = กำลังเฉลี่ยของสัญญาณ

n^2t = กำลังเฉลี่ยของสัญญาณรบกวน

ผลจากสัญญาณรบกวนจากภายนอกอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียอันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนแล้ว นอกจากนั้นยังมีผลทำให้เกิดความผิดเพี้ยน (Distortion) ขึ้นอีกด้วย ความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นในระบบจะต้องอยู่ในข้อกำหนดที่ยอมรับได้ดังนี้

2) ข้อกำหนดของความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

2.1) สัญญาณอื่นๆ ที่สอดแทรกเข้ามาในสายอากาศ สัญญาณอื่นๆ ที่สอดแทรกเข้ามาทั้งหมดรวมกันแล้วจะต้องมีค่าน้อยกว่าระดับของสัญญาณจริงที่ถูกส่งออกไปอย่างน้อย 20 เดซิเบล

2.2) สำหรับสัญญาณที่สอดแทรกเข้ามา จะต้องมีค่ามากกว่า –33 เดซิเบลเมตร (dBm) ในช่วง 300-3,400 เฮิรตซ์ ส่วนที่ความถี่ที่สูงกว่า 3,400 เฮิรตซ์ สัญญาณสอดแทรกจะต้องมีค่าลดลง 12 เดซิเบล และต้องมีระดับสัญญาณไม่มากกว่า –80 เดซิเบลต่อออกไปจนถึงความถี่ 50 กิโลเฮิรตซ์ โดยที่ความผิดเพี้ยนของสัญญาณหากถูกกำหนดอยู่ในรูปของเดซิเบลจะมีสมการดังนี้

$$Distortion = \frac{20Log\sqrt{V_1^{\,2} + V_2 + \ldots V_n^{\,2}}}{\sqrt{V_L^{\,2} + V_H^{\,2}}} \qquad (2.2)$$

โดยที่ $V_1^{\,2}$ ถึง $V_n^{\,2}$ คือ ระดับของสัญญาณที่สอดแทรกเข้ามา

V_L คือ ระดับของสัญญาณความถี่ต่ำกว่า

V_H คือ ระดับของสัญญาณความถี่สูงกว่า

ในการรับส่งสัญญาณวิทยุยังมีสิ่งที่มีผลให้เกิดการลดทอนประสิทธิภาพของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุนอกเหนือจากสัญญาณรบกวน ซึ่งเป็นสิ่งลดทอนประสิทธิภาพของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุอันเกิดจากระบบการรับส่งสัญญาณวิทยุ โดยรวมถึงความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ เป็นพารามิเตอร์อีกตัวที่จะต้องควบคุม เราสามารถกำหนดค่าการสูญเสียในการสะท้อนกลับของสัญญาณ (Return Loss : RL) ได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$RL = 20Log\frac{Z_L + Z_G}{Z_L - Z_G} \qquad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ Z_L คือ อิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณ

Z_G คือ อิมพีแดนซ์ของเครื่องโทรศัพท์

ค่ามาตรฐานสำหรับการสูญเสียในการสะท้อนกลับของสัญญาณจะต้องมากกว่า 14 เดซิเบล ในช่วงความถี่ระหว่าง 50-20,000 เฮิรตซ์

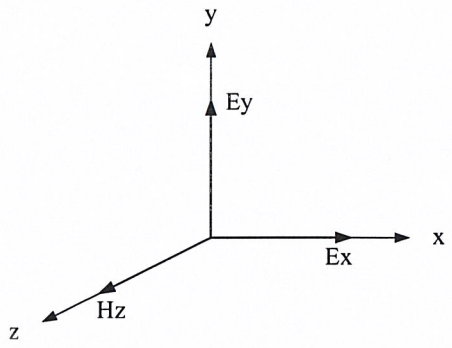
2.4 สายอากาศ

2.4.1 การกระจายคลื่นวิทยุจากสายอากาศ

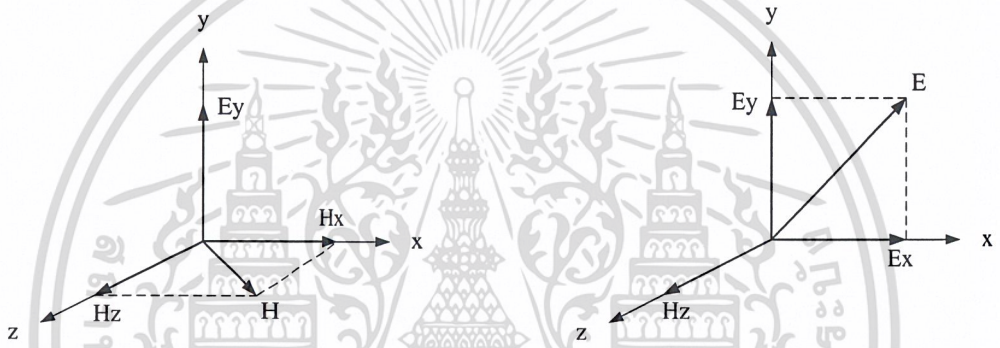
สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า ซึ่งเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กในทางกลับกันหากมีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้มีการเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้น โดยจะเกิดการเหนี่ยวนำกลับไปกลับมาและจะมีการถ่ายเทของพลังงานระหว่างสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เช่นนี้ตลอดไปไม่มีที่สิ้นสุด ทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจะแผ่ออกไปเป็นรูปคลื่นรวมมีชื่อเรียกว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะเดินทางด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสงในอากาศว่าง (Free Space) คือ 3×10^{8} เมตร/วินาที และจะแผ่ขยายคลื่นออกไปอย่างต่อเนื่องจนกว่าพลังงานของคลื่นจะลดทอนไปจนหมดสิ้น ทั้งคลื่นสนามแม่เหล็กและคลื่นสนามไฟฟ้าจะมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปตามแนวขวาง

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีชื่อเรียกต่างๆ หลายแบบด้วยกัน พิจารณาจากการจัดหรือการวางตัวของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเทียบกับทิศทางการเดินทางหรือการแพร่กระจายของคลื่น ถ้าสนามไฟฟ้า (Electric Filed : E) และสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field : H) ถูกจัดวางในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น รูปคลื่นที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้มีชื่อเรียกกันว่า คลื่นทีอีเอ็ม หรือทรานสเวอร์สอิเลคโตรแมคเนติคเวฟ (Transverse Electromagnetic Waves : TEM) แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.7 (ก) ถ้าสนามไฟฟ้า E ทำมุมฉากกับทิศทางการแพร่กระจายของคลื่น โดยมีเพียงส่วนหนึ่งของสนามแม่เหล็ก H ซึ่งมาจากเวคเตอร์สนามแม่เหล็ก H แตกเข้าสู่แนวแกนทำมุมฉากและอีกส่วนประกอบที่เหลืออยู่ในทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดนี้จะมีชื่อเรียกว่า ทรานสเวอร์สอิเล็คตริคเวฟ (Transverse Electric Waves : TE) พิจารณาได้ตามรูปที่ 2.7 (ข) กรณีสนามแม่เหล็ก H ทำมุมฉากอยู่กับทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นและมีส่วนประกอบหรือเวคเตอร์ย่อย 2 เวคเตอร์ของสนามไฟฟ้า E ทำมุมฉากอยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเราเรียกคลื่นในลักษณะนี้ว่า ทรานสเวอร์สแมคเนติคเวฟ (Transverse Magnetic Waves) หรือคลื่น TM แสดงดังรูปที่ 2.7 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) คลื่น TEM



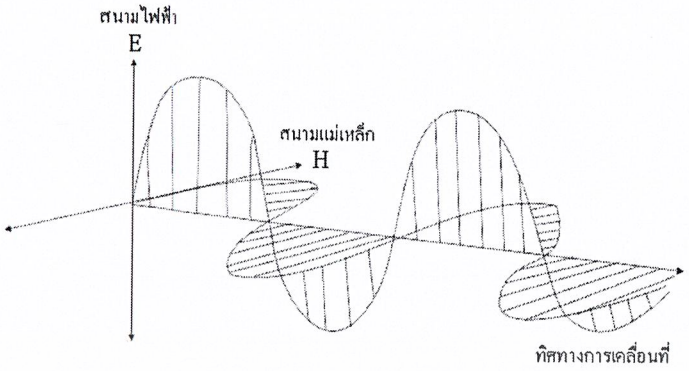
(ข) คลื่น TE (ค) คลื่น TM

รูปที่ 2.7 โหมดในการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ระนาบของคลื่น (Waves Plane) ที่เกิดขึ้น เมื่ออ้างอิงเปรียบเทียบกับระนาบของผิวโลก จะมีชื่อว่าโพลาไรเซชั่น (Polarization) ของคลื่นนั้นๆ ลักษณะของโพลาไรเซชั่นของคลื่นทีอีเอ็มจะกำหนดได้โดยระนาบของสนามไฟฟ้าที่จะกระจายออกไป ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระจายออกไปนั้นจะตั้งฉากกับระนาบของสนามไฟฟ้า แสดงให้ทราบว่า คลื่นทีอีเอ็มมีโพลาไรเซชั่นในแนวตั้งฉาก (Vertical Polarization) ให้สังเกตว่าโพลาไรเซชั่นนี้ จะเป็นตัวอ้างอิงถึงระนาบของสายอากาศด้วย เช่น ถ้าให้สายอากาศไดโพลอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก คือ ปลายด้านหนึ่งชี้ขึ้นไปบนฟ้าและปลายอีกข้างหนึ่งชี้ลงดิน เวลามองจากบนฟ้าจะเห็นคลื่นวิทยุแพร่ออกไปแรงที่สุดในทุกทิศทางบนพื้นโลกเป็นการกระจายคลื่นวิทยุออกไปรอบตัวด้วยความแรงเท่ากันไม่ว่าจะเป็นทิศทางใด การแพร่กระจายคลื่นจากสายอากาศในแนวตั้งฉากนี้เราเรียกกันว่าเวอร์ติคอลโพลาไรเซชั่น ซึ่งคลื่นทีอีเอ็มแสดงดังรูปที่ 2.8

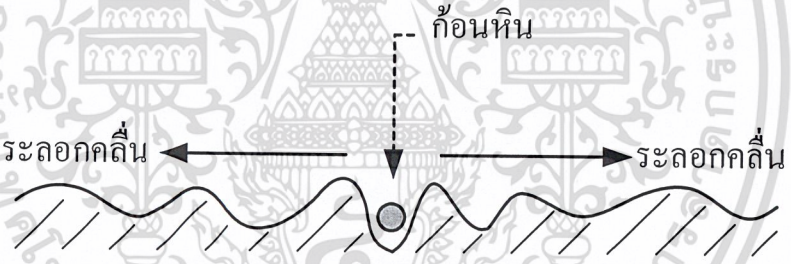
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

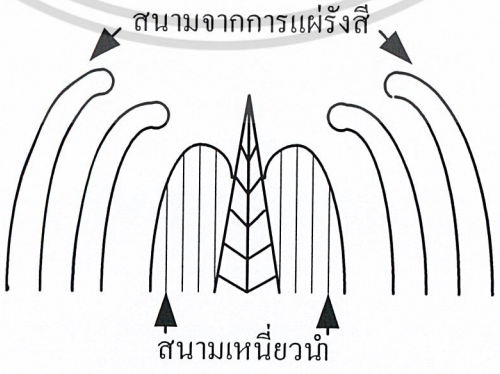


รูปที่ 2.8 คลื่นทีอีเอ็ม

เมื่อเราทิ้งก้อนหินลงในน้ำจะเกิดคลื่นกระจายไปรอบๆ โดยมีภาคตัดขวางของระลอกคลื่นน้ำคล้ายกับการแพร่กระจายของคลื่นวิทยุแสดงไว้ในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การกระจายคลื่นของน้ำในสระ

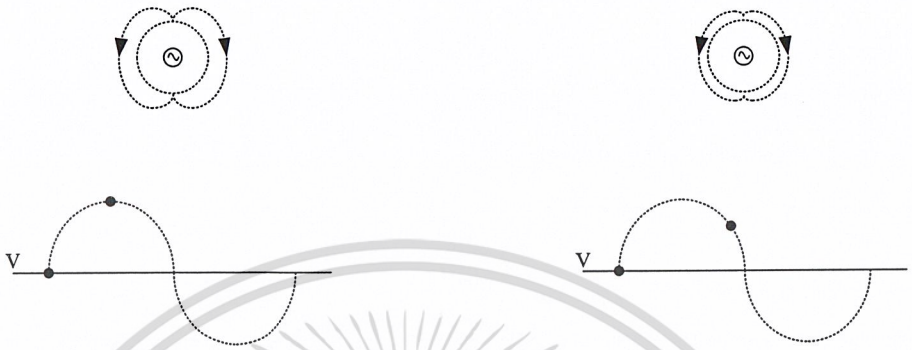


รูปที่ 2.10 สนามของการกระจายคลื่น

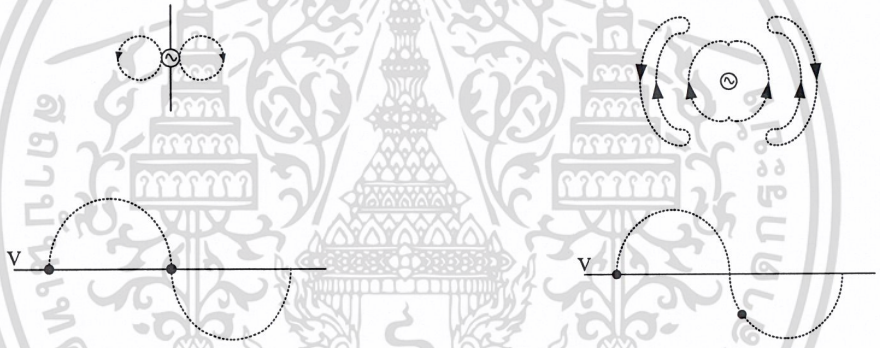
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48354

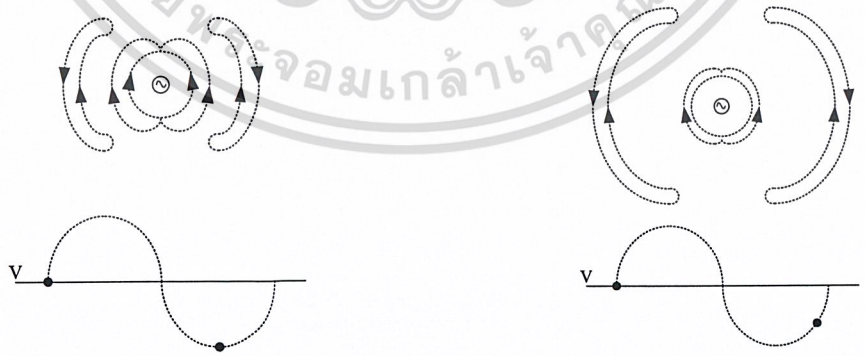
ลักษณะตามรูปที่ 2.10 สามารถใช้เปรียบเทียบกับการกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศตามรูปที่ 2.11 ได้เป็นอย่างดี



(ก) เมื่อแอมปลิจูดมีค่าสูงสุด (ข) เมื่อแอมปลิจูดมีค่าลดลง



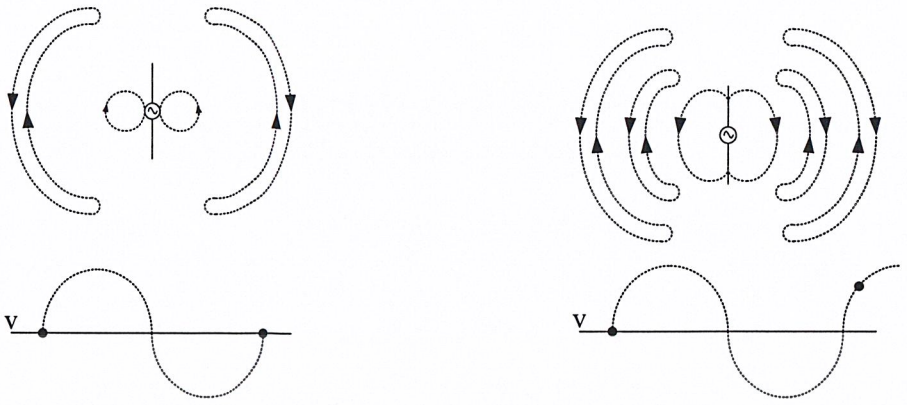
(ค) เมื่อแอมปลิจูดมีค่าลดลงจนเป็นศูนย์ (ง) เมื่อแอมปลิจูดเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้าม



(จ) เมื่อสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นใหม่ความเข้มมากขึ้น (ฉ) เมื่อสนามไฟฟ้าเดิมหลุดออกไป

รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการแพร่กระจายของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ช) เมื่อสนามไฟฟ้าถัดมาเริ่มหลุดเป็นอิสระ (ซ) การแพร่กระจายตามลำดับปรากฏการณ์

รูปที่ 2.11 (ต่อ) ขั้นตอนการแพร่กระจายของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนสายอากาศ

สนามเหนี่ยวนำ (Induction Field) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของกระแสเข้าไปในสายอากาศ โดยปฏิกิริยาตามธรรมชาติ เช่นเดียวกันกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งในขั้นตอนนี้จะไม่มีการแผ่รังสีพลังงานออกไปจากสายอากาศแต่อย่างใด สนามเหนี่ยวนำจะเป็นตัวทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่รังสีต่อออกไปตามขั้นตอนที่อธิบายเป็นลำดับจากรูปที่ 2.11 (ก) ถึงรูปที่ 2.11 (ซ)

จากหลักการกระจายของคลื่นสนามแม่เหล็กที่จะมีทิศทางตั้งฉากกับคลื่นสนามไฟฟ้าเสมอ พิจารณารูปที่ 2.11 (ก) เมื่อแอมปลิจูดที่เกิดขึ้นบนสายอากาศมีค่าสูงสุดสนามไฟฟ้าก็จะเกิดขึ้นมากที่สุด พิจารณารูปที่ 2.11 (ข) เมื่อแอมปลิจูดที่ป้อนเข้าสายอากาศมีค่าลดลงสนามไฟฟ้าก็จะมีค่าลดลงตามไปด้วย พิจารณารูปที่ 2.11 (ค) สนามไฟฟ้าจะค่อยๆ ลดลงตามแอมปลิจูดที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศจนกระทั่งแอมปลิจูดมีค่าเป็นศูนย์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อสัญญาณที่ป้อนเข้าไปมีความถี่สูงเพียงพอแล้วสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะยุบตัวตามลงมา พิจารณารูปที่ 2.11 (ง) ต่อจากนั้นแอมปลิจูดที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศก็จะค่อยๆ เกิดในทิศทางที่สลับตรงข้ามกับการเกิดในครั้งแรก ซึ่งทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ โดยมีทิศทางเดียวกันกับสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอยู่เดิม พิจารณารูปที่ 2.11 (จ) สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่กับสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอยู่เดิมในบริเวณที่ใกล้กันที่สุดนั้นจะทำให้เกิดทิศทางหรือโพลาริตี้ (Polarity) ที่เหมือนกัน ดังนั้นจึงเกิดการผลักดันออกไปจากกัน ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่จะค่อยๆ มากขึ้นตามค่าแอมปลิจูดที่เพิ่มขึ้นและจะเกิดการผลักสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นครั้งแรกให้ไกลออกไปจากสายอากาศมากขึ้นทุกที พิจารณารูปที่ 2.11 (ฉ) และพิจารณารูปที่ 2.11 (ช) สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเดิมจะหลุดออกเป็นอิสระและเคลื่อนที่ออกไปจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอากาศในที่สุด พิจารณารูปที่ 2.11 (ซ) แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนต่อไปในปรากฏการณ์ของการกระจายสนามไฟฟ้าของคลื่นสัญญาณเป็นลำดับ

2.4.2 ชนิดของสายอากาศ

สายอากาศเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสื่อสารในระบบวิทยุในการที่จะใช้สายอากาศเพื่อทำการกระจายคลื่นวิทยุออกไปทางด้านเครื่องส่งและทำการเนี่ยวนำคลื่นวิทยุเข้ามาทางด้านเครื่องรับ ในการส่งสัญญาณวิทยุนั้นจะเป็นวิธีการที่ใช้หลักของการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปในอากาศ ซึ่งเป็นผลงานการค้นคว้าของ ไฮน์ริช เฮิรตซ์ นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน โดยการนำเอาความถี่จากเครื่องส่งผ่านระบบสายส่ง (Transmission Line) ออกไปสู่ระบบสายอากาศเหมือนระบบการจ่ายกำลังงานไฟฟ้าออกไปยังผู้ที่ต้องการใช้งานนั่นเอง เพียงแต่ระบบการส่งแบบนี้ไม่มีสายนำสัญญาณมีเพียงอากาศเป็นตัวกลางเท่านั้นเอง เครื่องรับจะรับพลังงานไฟฟ้าในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าไปสู่ระบบในการรับความถี่ที่ส่งเข้ามา อุปกรณ์ในการรับสัญญาณจะเป็นอุปกรณ์แบบพาสซีฟ (Passive Device) ซึ่งโดยตัวของมันเองนั้นมีการสึกหรือหรือเสื่อมคุณภาพน้อยมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์แบบแอคทีฟ (Active Device) อย่างเช่นทรานซิสเตอร์หรืออื่นๆ ในส่วนของเครื่องรับเองแม้อุปกรณ์ในระบบสายอากาศจะเป็นอุปกรณ์แบบพาสซีฟแต่อาศัยกฎของพลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแล้ว สามารถที่จะทำให้มันเพิ่มระดับความแรงสัญญาณได้ไม่ยากนัก ซึ่งสายอากาศที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติที่ทำให้การรับหรือการส่งเข้าสู่พื้นที่เป้าหมายได้ดีที่สุด สายอากาศหากจำแนกโดยหลักของการกระจายคลื่นจะสามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิดดังนี้

1) สายอากาศทิศทางรอบตัว

สายอากาศทิศทางรอบตัว (Omni-directional Antenna) เป็นสายอากาศที่มีแบนด์วิดธ์ในการรับกว้าง จึงสามารถรับได้หลายช่องและหลายทิศทางในเวลาเดียวกัน สายอากาศแบบนี้แยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบเวอร์ติคอล (Vertical) และแบบฮอร์ริซอนทอล (Horizontal)

สายอากาศแบบเวอร์ติคอลเป็นสายอากาศแบบมีทิศทางรอบตัวที่มีลักษณะขั้วสนามไฟฟ้า (Polarized) อยู่ในแนวตั้ง เช่น สายอากาศแบบอาวน์ (Own Antenna) สายอากาศแบบโคแอ็คเชียล (Coaxial Antenna) และสายอากาศหลายตอนที่มีกำลังขยายสูง

ส่วนสายอากาศแบบฮอร์ริซอนทอล เป็นสายอากาศแบบมีทิศทางรอบตัวที่มีขั้วไฟฟ้าทางแนวนอน เช่น สายอากาศซุปเปอร์เทิร์นไตส์ (Super turnstile Antenna) สายอากาศแบบปีกค้างคาว (Batwing Antenna) ซึ่งจะใช้คุณสมบัติของแถบความถี่ย่านกว้างแต่ทิศทางแคบ อีกแบบหนึ่งที่พอจะพบเห็นอยู่ก็คือสายอากาศแบบซุปเปอร์เกน (Super gain Antenna) ซึ่งแบบนี้มักใช้ติดตั้งบนเสาสูงหรือบนทาวเวอร์ (Tower) การติดตั้งจะติดตั้งระบบทิศทางในการรับสัญญาณเพียงเฟสเดียวหรือด้านละ 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สายอากาศทิศทางเฉพาะ

การบังคับทิศทางได้เป็นการเพิ่มความแรงของสัญญาณให้สูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นทางด้านเครื่องรับหรือทางด้านเครื่องส่ง สายอากาศแบบนี้อย่างเช่นแบบคอร์นเนอร์รีเฟล็คเตอร์ (Corner Reflector) สายอากาศแบบยากิ-อูดะ (Yaki Uda) สายอากาศอาร์เรย์ (Array Antenna) สายอากาศแบบลอการิทึม (Logarithmic Periodic) และสายอากาศแบบไดโพล (Dipole)

สายอากาศแบบไดโพลเป็นสายส่งสัญญาณที่มีปลายข้างหนึ่งทำการต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดสัญญาณและมีปลายอีกข้างหนึ่งเปิดว่างอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ก) ที่ปลายด้านที่เปิดว่างอยู่นี้ย่อมมีค่าอิมพีแดนซ์ที่สูง ถ้าเราทำการหาค่าอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่างๆ บนสายส่งสัญญาณ โดยเริ่มจากปลายเปิดนี้ย้อนลงไปตามสายนั้นจะพบว่าค่าอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่างๆ นั้นจะมีค่าลดลงและจะมีค่าต่ำสุด ณ ตำแหน่งที่ห่างจากปลายเปิดนั้นเท่ากับ $\lambda/4$ หลังจากนั้น เมื่อทำการแผ่สายส่งสัญญาณทั้งสองออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ข) จะสังเกตได้ว่ามีกระแสไหลเข้าสู่สาย ณ ตำแหน่งตรงจุดต่อนี้ได้มากที่สุด นั่นคือจะมีพลังงานไหลเข้าสู่ส่วนนี้ได้มากที่สุดและในทางกลับกันจะไม่มีกระแสไหลออกจากส่วนปลายเปิดของสายส่ง ดังนั้นจึงทำให้เกิดแรงดันที่มีค่าสูงสุดจากปลายเปิดนี้

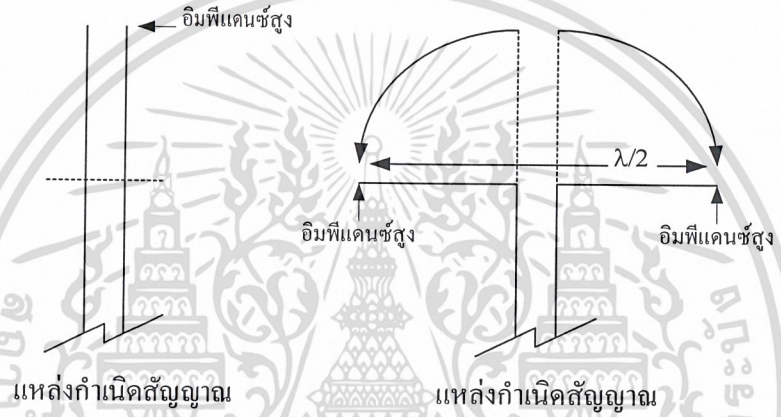
รูปแบบของสายอากาศแบบปลายเปิดแสดงในรูปที่ 2.12 (ก) รูปแบบของสายอากาศแบบปลายเปิดที่ได้ทำการแผ่ออกไปแล้วแสดงในรูปที่ 2.12 (ข) เราจะพบว่า การกางแผ่สายสัญญาณออกไป ณ ตำแหน่งนี้จะมีการกระจายของแรงดันได้มากที่สุด ซึ่งเมื่อคิดตามหลักการก็จะเห็นได้ว่าจะเกิดการกระจายคลื่นทีอีเอ็มออกจากสายส่งสัญญาณตรงส่วนนี้ได้มากที่สุด เป็นการสร้างสายอากาศขึ้นมาอีกรูปแบบหนึ่งโดยใช้หลักการของสายส่งสัญญาณ โดยสายอากาศที่สร้างขึ้นมาในลักษณะนี้จะมีชื่อตามลักษณะที่เกิดขึ้นของตัวสายอากาศ ซึ่งจะมีแขนหรือขั้วที่เรียกว่า (Pole) ยื่นออกไปสองข้างเราจึงเรียกว่า สายอากาศไดโพล อีกตัวอย่างหนึ่ง คือ สายอากาศแบบยากิ-อูดะ ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า สายอากาศยากิ เป็นสายอากาศแบบมีทิศทางชนิดหนึ่ง เกิดขึ้นมาจากการค้นคว้าของนายยากิ อูดะ ชาวญี่ปุ่น นับได้ว่าเป็นสายอากาศแบบทิศทางเฉพาะ ซึ่งสายอากาศยากิจะมีผลทำให้อัตราขยายสัญญาณเพิ่มได้มากขึ้น เนื่องจากสามารถออกแบบให้มุมบีมวิดธ์แคบลงได้ การติดตั้งสายอากาศยากิซึ่งเป็นสายอากาศที่มีทิศทางเฉพาะนี้ จะต้องหมุนหาทิศทางให้ถูกต้องจึงจะสามารถใช้งานได้ดีที่สุด องค์ประกอบของสายอากาศยากิ จะมี 3 องค์ประกอบใหญ่ๆ ที่ใช้ในการทำงานพอที่จะอธิบายได้ดังนี้

ตัวรับส่งสัญญาณ (Receptor Element) หรือ ตัวไดโพล เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณแล้วถ่ายทอดสัญญาณนั้นไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ โดยผ่านทางสายนำสัญญาณ จัดได้ว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดของสายอากาศแบบยากิ ซึ่งจะมีค่าความยาวไดโพลในอุดมคติเท่ากับ $\lambda/2$

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

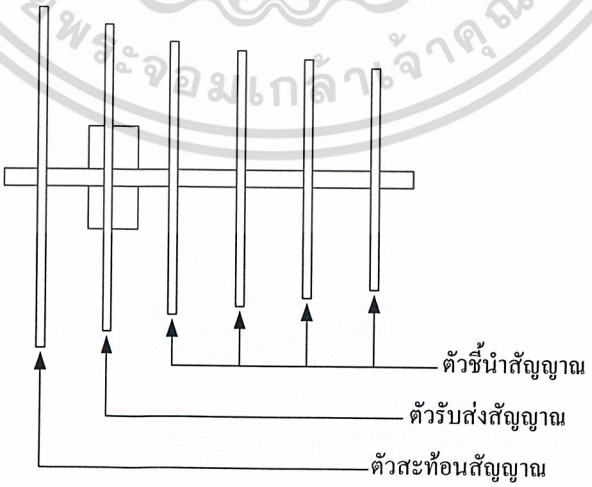
ตัวชี้นำสัญญาณ (Director Element) เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของสายอากาศยากิ ตัวชี้นำสัญญาณจะต้องหันไปในทิศทางที่สัญญาณส่งมา ตัวชี้นำสัญญาณอาจจะมีมากกว่า 1 ส่วนก็ได้ ยิ่งมากส่วนขึ้นความแรงของสัญญาณก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ตัวชี้นำสัญญาณจะมีความยาวน้อยกว่าความยาวของตัวรับส่งสัญญาณ

ตัวสะท้อนสัญญาณ (Reflector Element) เป็นองค์ประกอบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับมากที่สุดเพราะจำเป็นจะต้องมีการบังคับไม่ให้อำนาจแม่เหล็กเกิดขึ้นหลุดหายไประหว่างองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งความยาวของตัวสะท้อนสัญญาณจะต้องยาวกว่าตัวรับส่งสัญญาณเล็กน้อย



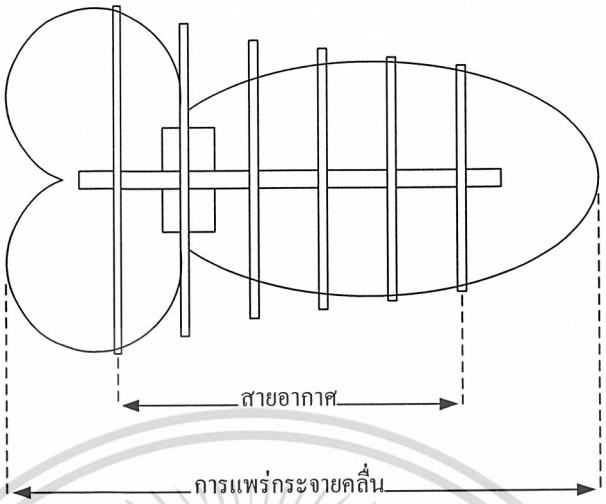
(ก) สายส่งสัญญาณหรือสายอากาศปลายเปิด (ข) สายส่งสัญญาณที่แผ่ปลายออกจากกัน

รูปที่ 2.12 สายส่งสัญญาณและการแผ่ปลายของสายส่งสัญญาณ



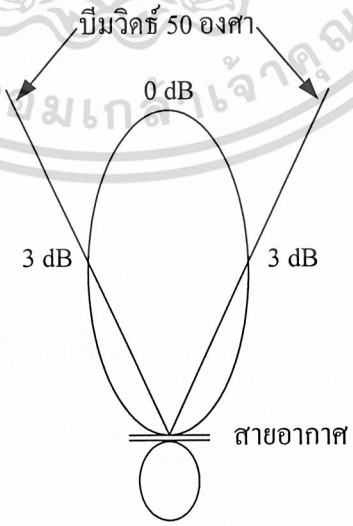
รูปที่ 2.13 สายอากาศยากิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศยากิ

รูปแบบของการแพร่คลื่นในทิศทางเดียวเรียกว่า บีมทางเดียว (Unidirectional Beam) ส่วนรูปแบบการแพร่คลื่นออกไปสองทางเหมือนกับไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ (Half Waves Dipole) นั้น เราเรียกว่า บีมสองทาง (Bidirectional Beam) ทั้งสองแบบเป็นสายอากาศแบบทิศทาง ซึ่งเราสามารถวัดความคมของบีมในทิศทางนั้นๆ ได้โดยการวัดมุมของการแพร่คลื่นที่เรียกว่า บีมวิดธ์ (Beam Width) ซึ่งเป็นค่าความกว้างของมุมระหว่างจุดที่รับสัญญาณได้จนถึงจุดที่สัญญาณมีค่าลดลง 3 เดซิเบล ระหว่างจุดที่รับสัญญาณได้สูงสุด ซึ่งในที่นี้เราวัดค่ามุมได้เท่ากับ 50 องศา แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การวัดบีมวิดธ์ของสายอากาศทิศทาง

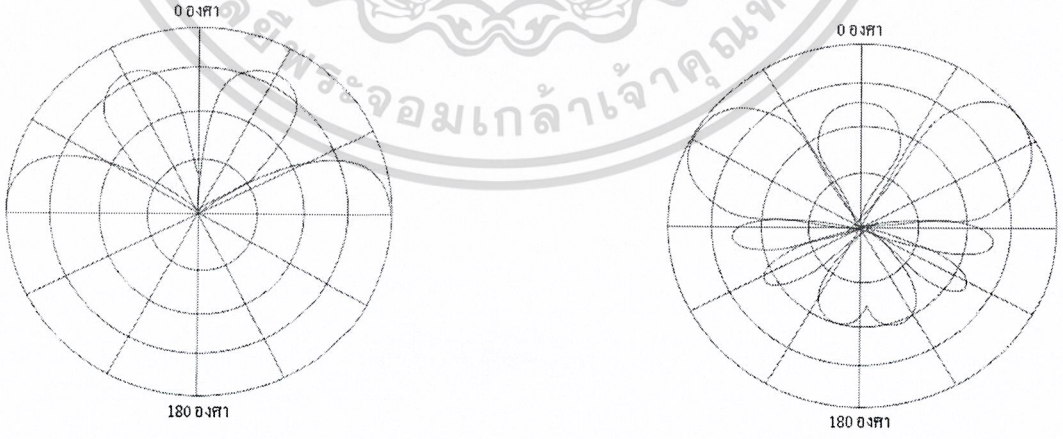
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสายอากาศที่มีบีมวิดธ์แคบส่วนใหญ่จะมีอัตราการขยายสูง เนื่องจากกำลังของคลื่นวิทยุอัดกันอยู่ในบีมแคบๆ ความแรงของสัญญาณในแนวของบีมจึงมากกว่าเมื่อเทียบกับความแรงของสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศรอบตัว ดังนั้นกำลังที่ส่งออกจากเครื่องส่งจึงเสมือนกับว่ามีกำลังแรงขึ้นเท่ากับค่าอัตราการขยายของสายอากาศ อัตราการขยายของสายอากาศที่ทำให้เกิดความแรงของสัญญาณขึ้นที่จุดๆ หนึ่งสามารถคิดเปรียบเทียบกับอัตราส่วนของกำลังที่ใช้ในการกระทำให้เกิดความแรงของสัญญาณขึ้นที่จุดๆ นั้นได้โดยใช้สายอากาศมาตรฐาน

2.4.3 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ

รูปแบบการกระจายคลื่นเป็นทิศทางที่สายอากาศจะแผ่กระจายคลื่นออกไป อาจจะพุ่งขึ้นไปบนท้องฟ้าหรือพุ่งไปในทิศทางต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบสายอากาศนั้นๆ คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของสายอากาศ คือรูปแบบแสดงความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้กระจายออกไปในทิศทางต่างๆ ตามธรรมชาติ รูปแบบนี้จะมีลักษณะการกระจายคลื่นไปในทั้ง 3 มิติ แต่ในการเขียนรูปแบบของคลื่นในลักษณะ 3 มิตินั้นทำได้ลำบาก ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วในการเขียนรูปแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ จะนิยมเขียนกันอยู่ในสองระนาบเท่านั้น คือการเขียนรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอนและในระนาบแนวตั้ง

ซึ่งการเขียนรูปแสดงลักษณะการแพร่กระจายคลื่นนั้นจะมีชื่อเรียกว่าโพลาร์ไดอะแกรม (Polar Diagram) หรืออะซิมุธไดอะแกรม (Azimuth Diagram) ลักษณะของรูปแบบการกระจายพลังงานของคลื่นจากสายอากาศในระนาบแนวตั้งแสดงในรูปที่ 2.16 (ก) ส่วนลักษณะของรูปแบบการกระจายพลังงานของคลื่นจากสายอากาศในระนาบแนวนอนแสดงในรูปที่ 2.16 (ข)



(ก) การกระจายคลื่นในระนาบแนวตั้ง (ข) การกระจายคลื่นในระนาบแนวนอน

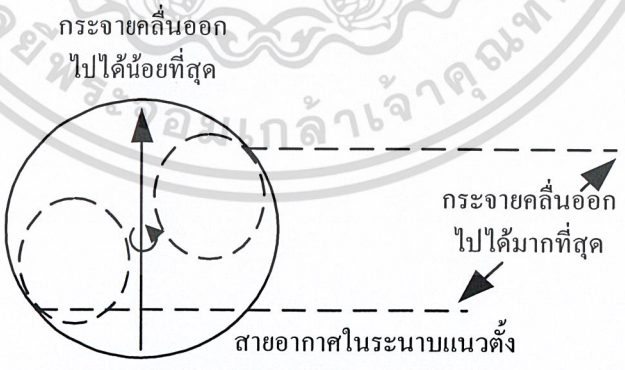
รูปที่ 2.16 ลักษณะของรูปแบบการกระจายพลังงานของคลื่นจากสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ความเข้มของพลังงานที่กระจายออกไปจากสายอากาศในแต่ละทิศทางนั้นมีค่าแตกต่างกัน ก็จะย่อมมีทิศทางอยู่ทิศทางหนึ่งที่จะทำให้พลังงานสามารถกระจายออกไปจากสายอากาศได้มากที่สุด ทิศทางที่พลังงานสามารถกระจายออกไปจากสายอากาศได้มากที่สุดนี้ตามปกติแล้วจะถือว่าเป็นทิศทางของสายอากาศนั้นๆ ค่าที่ช่วยแสดงให้รู้ว่าสายอากาศมีสมรรถภาพในการกระจายคลื่นไปในทิศทางที่กำหนดเอาไว้ได้มากหรือน้อยนั้น ได้แก่ ค่าไดเรคทีฟเกน (Directive Gain) และค่าไดเรคติวิตี้ (Directivity) ของสายอากาศนั้น

ไดเรคทีฟเกน (Directive Gain) ของสายอากาศมีคำจำกัดความ คือ อัตราส่วนของความเข้มสนามไฟฟ้าจากสายอากาศนั้นในทิศทางที่กำหนดต่อความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศมาตรฐาน เมื่อกำหนดคลื่นทั้งหมดที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศทั้งสองนั้นมีค่าเท่ากัน โดยสายอากาศมาตรฐานนั้น ตามทฤษฎีแล้วหมายถึงสายอากาศแบบไอโซทรอปิค (Isotropic) ซึ่งหมายถึง สายอากาศที่สามารถทำการกระจายคลื่นออกมาได้เท่ากันหมดทุกทิศทางรอบตัวเอง ซึ่งจะถือว่ามีค่าไดเรคติวิตี้ในทุกทิศทางเท่ากับ 1 โดยสายอากาศที่ยาว 1/2 ของความยาวคลื่นจะใช้เป็นสายอากาศมาตรฐานหรือสายอากาศสำหรับเปรียบเทียบ

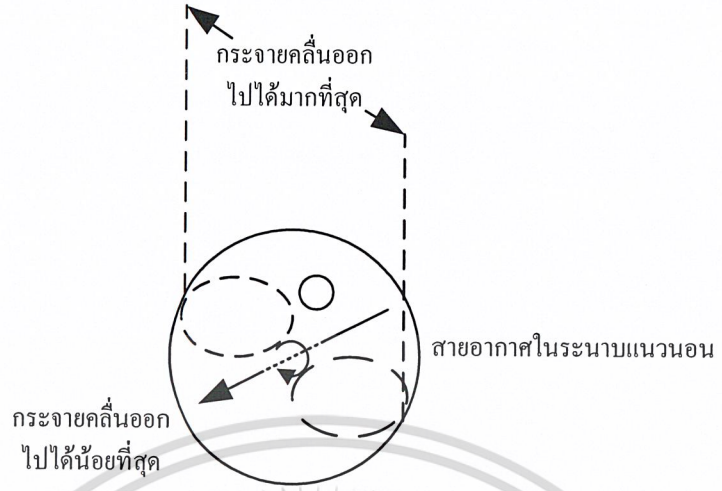
สำหรับสายอากาศแบบไดโพลนั้นจะมีการกระจายคลื่นดังแสดงในรูปที่ 2.17 ซึ่งได้แสดงให้เห็นถึงโพลาไรเซชั่นของการกระจายคลื่นในทิศทางแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่ารูปแบบการกระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง คือ จะมีทิศทางเท่ากันรอบตัวในระนาบที่ตั้งฉากกับตัวของสายอากาศและทิศทางที่พุ่งออกไปสองข้างในอีกระนาบหนึ่ง เราจะพิจารณาได้จากระนาบที่ตัดตามความยาวของสายอากาศดังรูปที่ 2.17 จะแสดงให้เห็นถึงระนาบที่มีลักษณะคล้ายรูปเลขแปด



(ก) การกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพลเมื่อสายอากาศอยู่ในระนาบแนวนอน

รูปที่ 2.17 การกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพลเมื่อสายอากาศอยู่ในระนาบแนวตั้ง

รูปที่ 2.17 (ต่อ) การกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล

2.5 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ มี 2 แบบ คือ แบบกดปุ่มและแบบหมุนแต่ละหน้าที่ของทั้ง 2 ระบบจะเหมือนกันต่างกันตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกเป็นความถี่ที่แตกต่างกัน ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณออกเป็นจำนวนพัลส์ (Pulse) หน้าที่หลักของทั้ง 2 แบบ พอจะสรุปได้ดังนี้

2.5.1 หน้าที่หลักของระบบโทรศัพท์

1) ชุมสายโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์สามารถที่จะทำการตรวจสอบสัญญาณที่ได้รับจากเครื่องโทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูขึ้นจากบ้านผู้เช่าชุมสายโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการจะใช้งานชุมสายโทรศัพท์ได้จากการตรวจสอบนั่นเอง

2) ชุมสายโทรศัพท์ส่งสัญญาณพร้อมที่จะทำงาน ชุมสายโทรศัพท์จะทำการส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) เป็นสัญญาณบอกว่าพร้อมจะทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อก็คือเสียงที่ได้ยินเมื่อทำการยกหู เป็นสัญญาณเสียงที่เกิดจากการนำความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ มามอดูเลตรวมกัน

3) เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลข เครื่องโทรศัพท์ที่ติดตั้งใช้งาน จะทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลขออกตามการหมุนหรือกดของผู้เรียก เพื่อที่จะทำการติดต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์

4) ชุมสายโทรศัพท์ส่งสถานะการทำงาน ชุมสายโทรศัพท์จะบอกให้ผู้เรียกรู้ว่าหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อด้วยว่างหรือไม่ว่าง ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) ซึ่งมี

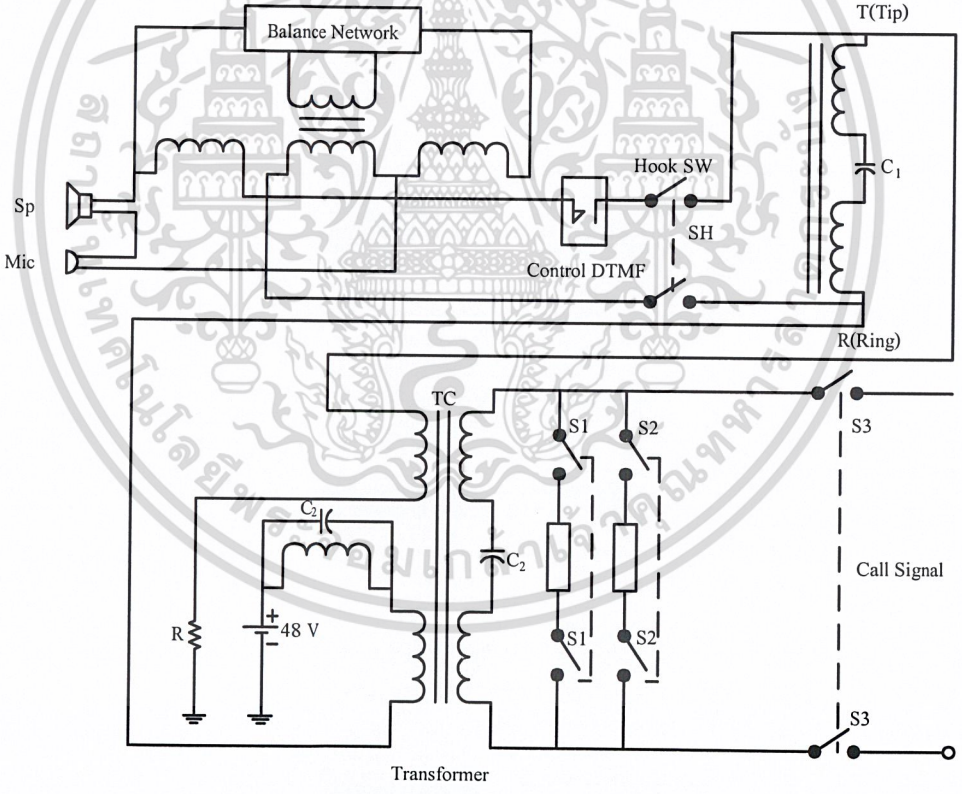
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ 440 เฮิรตซ์ กับ 480 เฮิรตซ์ มอดูเลตรวมกันออกมาโดยจะดัง 2 วินาที แล้วหยุด 4 วินาที สลับกันไป แต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อไม่ว่าง ก็จะส่งสัญญาณความถี่ 480 เฮิรตซ์ กับ 620 เฮิรตซ์ มอดูเลตรวมกันออกมาโดยจะดัง 0.5 วินาที แล้วหยุด 0.5 วินาที สลับกันไป

5) เครื่องโทรศัพท์ทำการเปลี่ยนรูปพลังงาน เครื่องโทรศัพท์จะทำการเปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้าและเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานเสียงในระหว่างการสนทนา

6) เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับแรงดันอัตโนมัติ เครื่องโทรศัพท์จะทำการปรับแรงดันโดยอัตโนมัติในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขึ้น

7) เครื่องโทรศัพท์ส่งสัญญาณสิ้นสุดการใช้งาน เครื่องโทรศัพท์จะทำการส่งสัญญาณสิ้นสุดการใช้งานไปยังชุมสายโทรศัพท์ เพื่อแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้สิ้นสุดการใช้งานแล้ว หลังจากนั้นชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการตัดการติดต่อเพื่อกลับไปสู่สภาวะพร้อมที่จะทำงานอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.18 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ คือ การส่งขบวนพัลส์ (Pulse Train) จะเริ่มตั้งแต่ 1-10 พัลส์ เช่นถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ หมายถึงการหมุนหมายเลข 1 ส่ง 2 พัลส์ ก็หมายถึงการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 2 ดังนั้นถ้าหมุนหมายเลข 9 ก็จะมีการส่งพัลส์จำนวน 9 พัลส์นั่นเอง ส่วนความเร็วในการส่งนั้นก็คือ 10 พัลส์ต่อวินาที สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้การกดปุ่มนั้นจะเป็นการส่งสัญญาณที่มีค่าความถี่แตกต่างกันออกไปแต่ละหมายเลข ซึ่งความถี่ที่ส่งออกไปจะเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียง ในการกดปุ่มหนึ่งครั้งจะส่งสัญญาณที่เกิดจากการมอดูเลตรวมกันของ 2 ความถี่

จากรูปที่ 2.18 จะเห็นได้ว่าวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์จะทำการติดต่อกับชุมสายโดยสาย 2 เส้น คือ T (Tip) และ R (Ring) เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ขึ้น แหล่งจ่ายไฟของชุมสายจะจ่ายแรงดัน 48 โวลต์ เข้ากับวงจรเครื่องโทรศัพท์โดยผ่านฮุคสวิตซ์ (Hook Switch) ซึ่งส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟังนั้นจะรวมทั้งไมโครโฟนด้วย โดยจะมีหม้อแปลงอัตโนมัติ (Auto Transformer) ในการทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกันเพื่อที่จะให้การรับส่งสัญญาณนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไป (Side Tone) ในระดับที่เหมาะสม เมื่อมีการติดต่อระหว่างโทรศัพท์กับชุมสายแล้วก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สวิตซ์ชิ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายไม่ว่างแล้ว

ทางชุมสายเมื่อรับข้อมูลจากเรียบร้อยแล้วก็จะทำการแปลงสัญญาณที่ได้รับมาและสั่งให้อุปกรณ์สวิตซ์ชิ่งทำงานเพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียก ถ้าปลายสายที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่า ไม่สามารถต่อวงจรให้ได้ แต่ถ้าปลายสายที่จะติดต่อด้วยว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังผู้ถูกเรียกและส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถต่อวงจรให้ได้ตามต้องการแล้ว เมื่อสิ้นสุดการสนทนา และทั้ง 2 ฝ่ายวางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจากฮุคสวิตซ์ก็จะไปบอกให้ชุมสายทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออกจากอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ว่างพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

2.5.2 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่

เป็นระบบการส่งอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะพบได้มากในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลส์ ระบบนี้เรียกชื่อย่อว่าดีทีเอ็มเอฟ (Dial Tone Multi Frequency : DTMF) เป็นวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณ 2 ความถี่มอดูเลตรวมกันออกไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ความถี่ที่ส่งออกไปจะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด 0-4 กิโลเฮิรตซ์ ค่าความถี่ที่นำมามอดูเลตกันจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอนและอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวตั้ง ซึ่งค่าต่างๆ จะแสดงไว้ในรูปที่ 2.19 ตัวอย่างเช่น เมื่อกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ที่ 770 เฮิรตซ์ และ 1,336 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

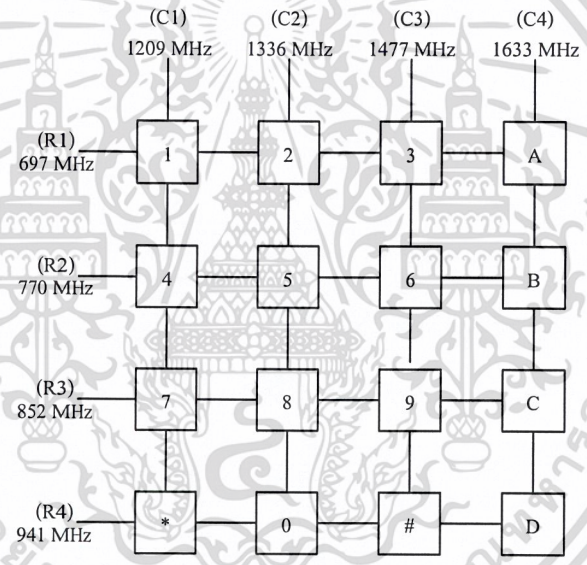
การเชื่อมต่อระบบดีทีเอ็มเอฟกับสายส่งสัญญาณมีรายละเอียดในการเชื่อมต่อดังนี้ดังนี้

1) แรงดันและกระแส ระดับแรงดันและกระแสจะต้องรักษาให้คงที่ตลอดระยะทางของสายส่งสัญญาณ

2) ออสซิลเลเตอร์ ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องสมดุลกัน (Matching) กับค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณ

3) ความถี่ ความถี่ที่ถูกผลิตขึ้น จะต้องไม่มีความผิดเพี้ยนทั้งคาบและขนาดของสัญญาณ

4) อิมพีแดนซ์ วงจรกำเนิดความถี่สำหรับระบบดีทีเอ็มเอฟจะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์อย่างน้อย 900 โอห์ม ขณะที่ทำการผลิตความถี่ออกมา และจะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำที่สุดในขณะที่ไม่ได้ทำการผลิตสัญญาณ



รูปที่ 2.19 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลข

2.5.3 ข้อดีสำหรับการส่งสัญญาณแบบดีทีเอ็มเอฟ

1) สามารถลดระยะเวลาได้ การส่งสัญญาณแบบดีทีเอ็มเอฟสามารถช่วยลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสายโทรศัพท์

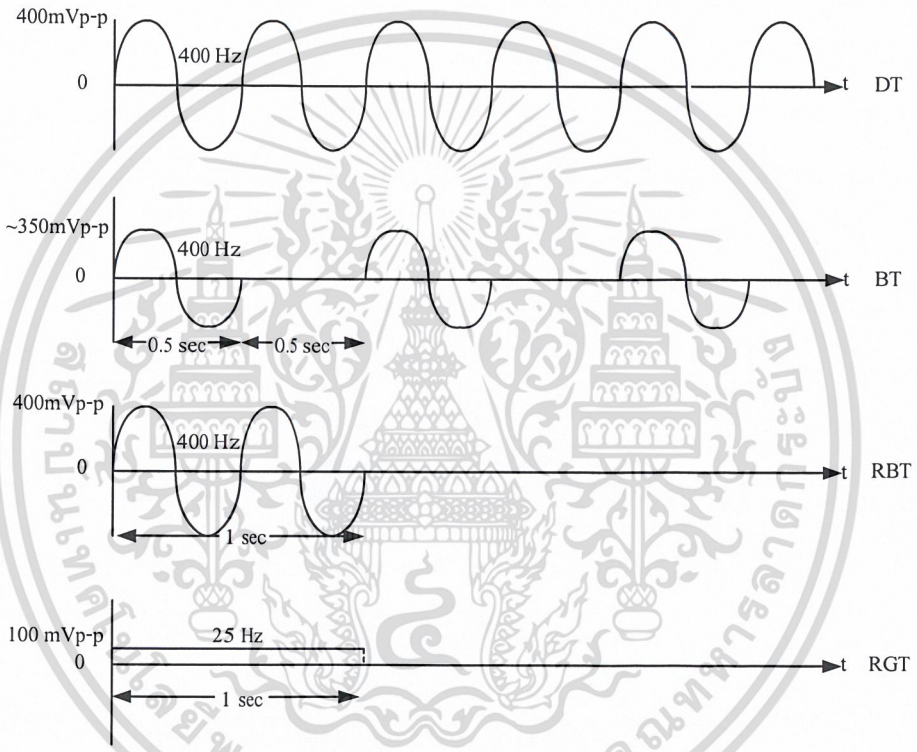
2) สามารถใช้วงจรที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำได้ การส่งสัญญาณแบบดีทีเอ็มเอฟแบบที่ใช้วงจรเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำนั้น นอกจากจะทำให้เกิดเสถียรภาพแล้วยังสามารถทำให้เกิดความประหยัดและสะดวกอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายได้ การส่งสัญญาณระบบดีทีเอ็มเอฟระบบการส่งสัญญาณสามารถทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.4 ระบบสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์

สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์ที่ส่งมายังผู้ใช้งาน (Subscriber) เป็นสิ่งที่บอกให้ทราบถึงสถานะการติดต่อของอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ในระบบโทรศัพท์และแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณแต่ละชนิด



รูปที่ 2.20 สัญญาณสมาชิกต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์

สัญญาณสมาชิก คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งสภาวะต่างๆ ในการติดต่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณ สัญญาณสมาชิกแสดงดังรูปที่ 2.20 ประกอบด้วย

1) สัญญาณให้หมุน (Dial Tone : DT) เป็นสัญญาณที่แจ้งให้ผู้ใช้งานทราบว่าสามารถเริ่มทำการติดต่อเลขหมายได้ สัญญาณให้หมุนนี้เป็นสัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส่งมาอย่างต่อเนื่องและมีระดับแรงดันขนาด 400 มิลลิโวลต์พีค-ทู-พีค (Milli Volt Peak to Peck : mV_{p-p})

2) สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone : BT) เป็นสัญญาณที่แจ้งให้ผู้ใช้งานทราบว่าหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อไม่ว่างหรือการต่อระหว่างชุมสายไม่ว่าง จึงควรวางหูโทรศัพท์สักระยะหนึ่งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงทำการเรียกใหม่ สัญญาณไม่ว่างเป็นสัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส่งมาในคู่สายเป็นช่วงๆ โดยส่งเป็นจังหวะ 0.5 วินาที และหยุด 0.5 วินาที มีระดับแรงดันขนาด 250-300 มิลลิโวลต์พีค-ทู-พีค

3) สัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone : RBT) เป็นสัญญาณที่แจ้งให้ผู้ใช้งานทราบว่าการติดต่อทุกขั้นตอนตรงตามความต้องการ เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์สามารถดำเนินการติดต่อสำเร็จแล้วจะส่งสัญญาณเรียกกลับเพื่อแจ้งให้ผู้ใช้งานที่ทำการติดต่อทราบ สัญญาณเรียกกลับเป็นสัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส่งออกมาเป็นช่วงๆ โดยดังเป็นจังหวะ 1 วินาที หยุด 4 วินาที สลับกันไป มีระดับแรงดันขนาด 400 มิลลิโวลต์พีค-ทู-พีค

4) สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone : RGT) เป็นสัญญาณที่แจ้งให้ผู้ใช้งานทราบว่าการติดต่อของผู้เรียกได้ผ่านไปยังผู้รับ ซึ่งชุมสายโทรศัพท์สามารถทำการติดต่อและส่งสัญญาณกริ่งไปยังผู้รับ สัญญาณกริ่งเรียกเป็นสัญญาณความถี่ในช่วง 25 เฮิรตซ์ ส่งออกมาเป็นช่วงๆ โดยมีจังหวะดัง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที มีระดับแรงดันขนาด 100 มิลลิโวลต์พีค-ทู-พีค เนื่องจากความถี่แตกต่างกับความถี่ 400 เฮิรตซ์ ถึง 16 เท่า ขนาดสัญญาณที่แสดงในรูปจึงใหญ่กว่าจึงสามารถมองเห็นได้เป็นลักษณะคล้ายเส้นตรง

2.5.5 วงจรถอดรหัสความถี่คู่

วงจรถอดรหัสความถี่คู่เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ถอดรหัสแบบดีทีเอ็มเอฟ (DTMF Receiver) ในช่วงแรกๆ จะมีการใช้วงจรถอดรหัสแบบ 1 วงจรต่อ 1 คู่สาย เมื่อมีการขยายวงจรการใช้งานโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ภายในชุมสายจะมีคู่สายภายใต้การควบคุมเป็นจำนวนมาก ซึ่งการใช้วงจรถอดรหัสแบบถอดรหัสหมายเลขดีทีเอ็มเอฟนี้ได้เปลี่ยนมาเป็นลักษณะของการใช้งานร่วมกันระหว่างหลายๆ คู่สาย จึงเกิดความซับซ้อนในการสร้างวงจรในลักษณะเช่นนี้ แต่ในปัจจุบันได้พัฒนามาเป็นวงจรที่อยู่ในรูปของวงจรสำเร็จรูป ซึ่งมีราคาถูกและง่ายต่อการใช้งาน วงจรถอดรหัสแบบ 1 วงจรต่อ 1 คู่สาย ซึ่งส่วนของสัญญาณดีทีเอ็มเอฟนี้จะประกอบไปด้วยสัญญาณที่มีความถี่ต่างกัน 2 ความถี่ ตามตำแหน่งแนวตั้งและแนวนอนของปุ่มกดหมายเลขเพื่อที่จะทำการมอดูเลตเข้าด้วยกันก่อนที่จะทำการส่งออกไป

รายละเอียดที่จำเป็นของวงจรถอดรหัสแบบดีทีเอ็มเอฟ ที่จะทำให้ไม่เกิดการผิดพลาดในการทำงาน จะต้องมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความสามารถในการถอดรหัส วงจรจะต้องสามารถถอดรหัสที่เข้ามาได้อย่างถูกต้องและสัญญาณที่รับเข้ามาจะต้องมีการเบี่ยงเบนไปจากมาตรฐานไม่เกิน ± 2% เพื่อที่จะสามารถผ่านวงจรกรองความถี่ไปได้

2) ระยะเวลาในการเข้ามาของสัญญาณ วงจรจะถอดรหัสได้ก็ต่อเมื่อ สัญญาณที่เข้ามามีระยะเวลาในการเข้ามาเป็นอย่างน้อย 40 มิลลิวินาที (ms)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

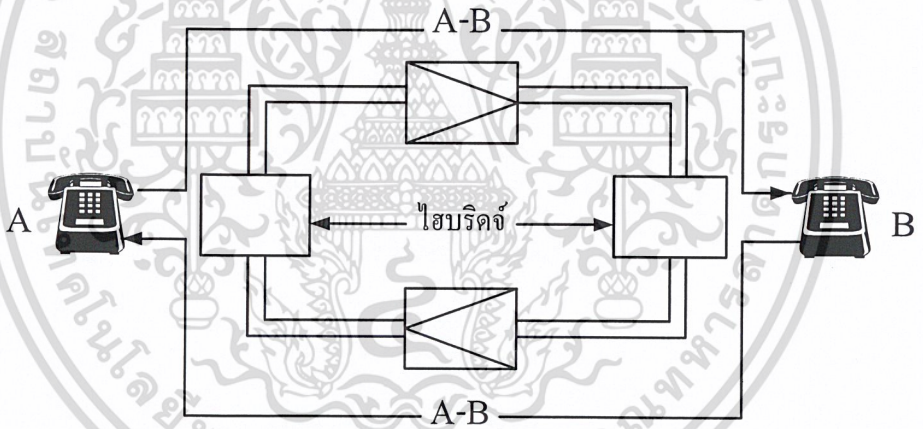
3) ช่วงห่างของสัญญาณ ช่วงห่างของสัญญาณที่รับเข้ามา วงจรถอดรหัสจะถอดรหัสได้อย่างถูกต้องก็ต่อเมื่อสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่รับเข้ามาต้องมีช่วงห่างกับสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 มิลลิวินาที

4) เสถียรภาพของวงจร วงจรถอดรหัสจะต้องสามารถถอดรหัสของสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่มีค่าไม่คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงกำลัง (Dynamic Range) สูงกว่า 27.5 dB ได้โดยไม่มีความผิดพลาด

5) การทำงานของวงจรถอดรหัส สามารถทำงานได้ตลอดเวลาแม้ว่าในขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูดและสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามาก็ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

2.5.6 อุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่ง

ไฮบริดจ์ (Hybrid) เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ของอุปกรณ์เชื่อมโยง ตัวไฮบริดจ์จะใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างสาย 1 คู่ กับสาย 2 คู่ โดยใช้หลักการเบื้องต้น โดยใช้หลักของการแยกการรับและการส่งของสัญญาณเสียงโดยตรง การแยกการรับและส่งของสัญญาณเสียงแสดงดังรูปที่ 2.21



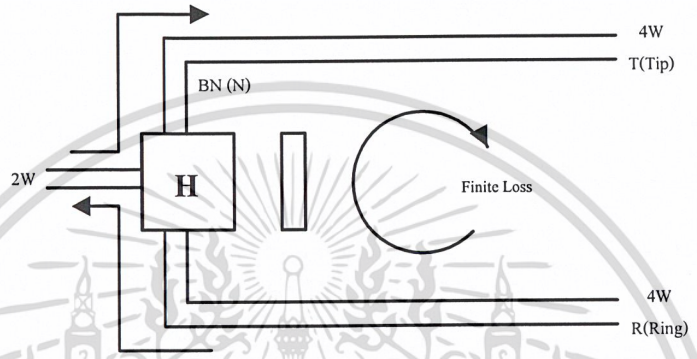
รูปที่ 2.21 การแยกการรับและส่งของสัญญาณเสียง

วงจรไฮบริดจ์ในระบบโทรศัพท์มีหลักการทำงานๆ พอที่จะกล่าวได้ดังนี้ ในการส่งสัญญาณในชุมสายทั่วไป จะอาศัยหลักของการส่งสัญญาณเสียงโดยตรง ซึ่งใช้สายส่งเพียง 1 คู่สายเท่านั้น แต่ในการส่งสัญญาณทางไกลจะต้องอาศัยหลักการผสมสัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณพาหะแล้วจึงส่งเพื่อให้สามารถรับส่งในระยะทางที่ไกลได้มากขึ้น ซึ่งการสื่อสารด้วยระบบโทรศัพท์เป็นการสื่อสาร 2 ทางแบบฟูลดูเพล็กซ์ ในการส่งสัญญาณที่อาศัยคลื่นพาห์จึงจำเป็นจะต้องใช้สัญญาณ 2 คู่สาย เพื่อแยกการส่งและรับสัญญาณออกจากกัน แต่ระบบชุมสายทั่วไปใช้การรับส่งสัญญาณเพียง 1 คู่สายเท่านั้น เพื่อการเชื่อมต่อวงจร จึงจะต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนจาก 2 คู่สายเป็น 1 คู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะรับสัญญาณและก็ต้องทำหน้าที่เปลี่ยนจาก 1 คู่สายเป็น 2 คู่สายในขณะส่งสัญญาณด้วย นั่นคือ วงจรไฮบริดจ์นั่นเอง

วงจรไฮบริดจ์เป็นวงจรที่มีด้านเข้าออก 4 ทางหรือ 2 คู่โดยกำหนดชื่อต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.20 คุณสมบัติของการส่งสัญญาณซึ่งกล่าวอย่างกว้างๆ จะยอมให้สัญญาณผ่านไปได้สะดวกในระหว่างด้านประชิด ซึ่งจะมีการลดทอนน้อยและไม่ยอมให้สัญญาณผ่านระหว่างด้านตรงกันข้าม



รูปที่ 2.22 คุณสมบัติการส่งสัญญาณ

2 Wire : 2W คือ ด้านที่ต่ออยู่กับชุมสาย บางทีเรียกว่า 2 Wire Line

4 Wire Send: 4WS คือ ทางออกไปยังด้านส่งในวงจรต่อๆ ไป

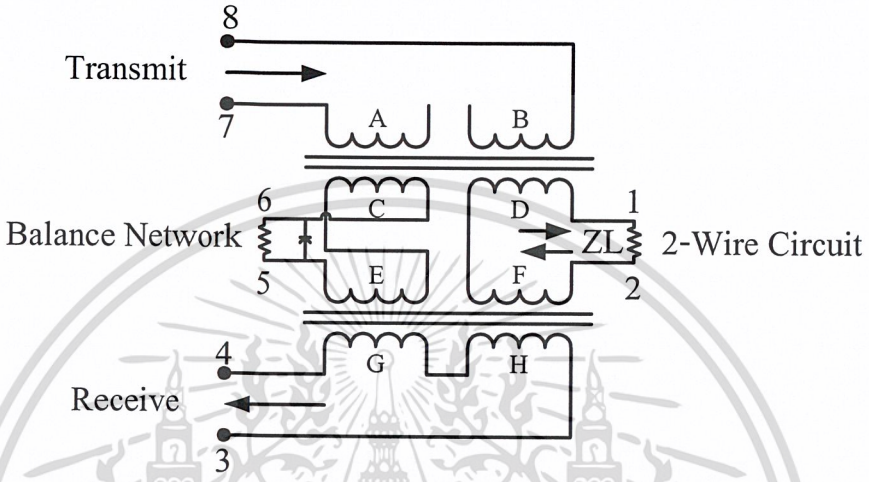
4 Wire Receive : 4WR คือ ด้านรับสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์อีกด้านหนึ่งเพื่อส่งต่อไป 2W

Balance Network : BN คือ ส่วนที่มีอยู่เพื่อให้ไฮบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุลโดยปกติจะมีค่าอิมพีแดนซ์อยู่ประมาณ 600 โอห์ม ซึ่งเท่ากับค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ (Characteristic Impedance) ของสายโทรศัพท์

วงจรไฮบริดจ์ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายจะมีอยู่หลายแบบ ต่อไปจะขอลองยกตัวอย่างของวงจรทรานส์ฟอร์เมอร์ไฮบริดจ์ ซึ่งเป็นวงจรไฮบริดจ์ที่สามารถสร้างขึ้นมาใช้งานได้อย่างไม่ยากนัก หลักการของวงจรทรานฟอร์เมอร์ไฮบริดจ์ (Transformer Hybrid) พิจารณารูปที่ 2.23 ประกอบด้วยหม้อแปลงแกนรวม 2 ชุด คือ A, B, C, D กับ E, F, G, H โดยสมมุติให้มีสัญญาณเข้ามาทางขั้ว 7-8 เป็นสัญญาณมาจากอีกชุมสายหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด B และ A มีผลให้เกิดโวลท์เตจเหนี่ยวนำไปยังขดลวด D และ C ที่ขดลวด D กระแสจากแรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดจากขดลวด B จะไหลไปยังเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะเหมือนสัญญาณที่เข้ามาทุกประการและกระแสดังกล่าวจะไหลผ่านขดลวด F เกิดเป็นแรงดันเหนี่ยวนำไปยังขดลวด H แต่ขณะเดียวกันที่ขดลวด C ก็จะเกิดกระแสด้วยเพราะมีแรงดันเหนี่ยวนำจากขดลวด A จึงทำให้เกิดกระแสไหลเข้าสู่บาลานซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เน็ตเวิร์ค (Balance Network) รวมทั้งผ่านขดลวด E ด้วย มีผลให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำมาที่ขดลวด G และเกิดกระแสขึ้นมาในส่วนของขดลวด G อีกด้วย ซึ่งขดลวด G และขดลวด H จะมีทิศทางตรงข้ามกันจึงทำให้กระแสเกิดการหักล้างกันหมดไปพอดี ทำให้ไม่มีกระแสไหลออกทางขั้ว 3-4



รูปที่ 2.23 ทรานส์ฟอร์เมอร์ไฮบริดจ์

ในกรณีที่สัญญาณถูกส่งจากขั้ว 1-2 ผ่านออกไปยังเครื่องรับอีกชุมสายหนึ่ง กระแสจะไหลผ่านขดลวด F กับ D ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำไปยังขดลวด B และ H เพื่อทำให้เกิดกระแสไหล โดยกระแสจากขดลวด H จะไหลออกไปยังขั้ว 3 และไหลกลับมาเพื่อครบวงจรทางขั้ว 4 แล้วผ่านขดลวด G เกิดแรงดันเหนี่ยวนำไปยังขดลวด E ทำให้มีกระแสไหลในบาลานซ์เน็ตเวิร์คและไหลผ่านขดลวด C ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำไปยังขดลวด A จึงมีกระแสไหลที่ขดลวด A ส่วนกระแสที่ขดลวด B จะไหลไปยังขดลวด A ซึ่งเมื่อมาเจอกับกระแสที่ขดลวด A กระแสทั้งสองที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้ามกัน จะหักล้างกันไปจนหมดพอดีทำให้ไม่มีกระแสไหลไปยังขั้ว 7-8

2.6 ชุมสายโทรศัพท์

2.6.1 ชนิดของชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง และชุมสายต่อผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง

ตู้สาขา (Private Branch Exchange : PABX) หรือ ชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ เป็นชุมสายแบบที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้ถูกนำมาใช้ในสำนักงานทั่วไปอย่างมากมายเพื่อใช้ติดต่อกันภายในโดยไม่ต้องผ่านชุมสายภายนอกเพื่อใช้ในการสนทนาแบบต่างๆ เช่น Calls, Back, Abbreviated Dialing และ Conference Calls เป็นต้น นอกจากนี้เลขหมายภายในยังสามารถติดต่อไปยังชุมสายท้องถิ่น เพื่อเรียกไปยังชุมสายภายนอกได้อีกด้วย ชุมสาย หรือ ตู้สาขาแบบนี้มีจำนวนของคู่สายภายในตั้งแต่ 2-3 คู่สนทนา จนถึงจำนวนหลายพันคู่สายสนทนา

ชุมสายท้องถิ่น (Local Exchange) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชุมสายในเมือง (Large Urban Exchanges) และชุมสายชนบท (Rural Exchanges) สำหรับชุมสายในเมือง หมายถึง ชุมสายท้องถิ่นที่มีหลักการทำงานเป็นแบบสวิตช์ชิ่งเซ็นเตอร์ (Switching Center) เพื่อใช้สำหรับเป็นเส้นทางของการใช้งานคู่สายโทรศัพท์จากผู้เช่าภายในพื้นที่ของตัวเอง ชุมสายแบบนี้มีขนาดตั้งแต่หลายร้อยเลขหมายจนถึงจำนวนไม่มีขีดจำกัด การจำกัดจำนวนขึ้นอยู่กับราคาคู่สายของผู้เช่ามายังชุมสาย ชุมสายแบบนี้จะนิยมใช้งานในเมืองและชุมชนขนาดใหญ่ ส่วนชุมสายชนบท คือ ชุมสายที่มีขนาดของการใช้งานหลายสิบเลขหมายจนถึงจำนวนหลายพันเลขหมาย ซึ่งมักจะนิยมใช้งานในชุมชนที่มีขนาดเล็กเนื่องจากชุมชนในชนบทมีขนาดเล็กและมีงบประมาณจำกัดในการสร้างโครงข่าย ชุมสายชนบทจึงเป็นการหลีกเหลี่ยงที่จะสร้างโครงข่ายให้เป็นโครงข่ายเดียวกันกับชุมสายส่วนกลาง (Central Exchange) หรือ ชุมสายในเมืองซึ่งมีราคาสูง หน้าที่บางอย่างของชุมสายชนบทจึงเป็นหน้าที่ในการสวิตช์ชิ่งกับชุมสายส่วนกลาง เพื่อนำเอาหน้าที่บางอย่างของชุมสายชนบทมาทำงานที่ชุมสายส่วนกลางเพื่อเป็นการประหยัดเงินและโครงข่าย

2) ชุมสายต่อผ่าน

ชุมสายต่อผ่านเป็นชุมสายที่รองรับการใช้งานคู่สายโทรศัพท์ระหว่างชุมสายหนึ่งกับอีกชุมสายหนึ่งและทำหน้าที่รองรับในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการติดต่อไปยังชุมสายอื่น โดยการติดต่อผ่านชุมสายนี้ การทำงานของชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านจะต้องทำงานอย่างรวดเร็ว เพราะการที่มีผู้ใช้งานเรียกไปยังผู้ถูกเรียกนั้นอาจจะต้องอยู่ในกรณีที่ต่อผ่านชุมสายต่อผ่านจำนวนหลายๆ ชุมสายก็ได้ ชุมสายต่อผ่านยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นและชุมสายต่อผ่านทางไกล

2.6.2 มาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

ในการออกแบบชุมสายโทรศัพท์จำเป็นต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้น เมื่อนำตัวชุมสายต่อเข้ากับระบบหลักของโทรศัพท์ ซึ่งสำคัญที่สุด คือ จะต้องไม่เกิดการรบกวนหรือทำให้ระบบหลักของโทรศัพท์นั้นทำงานผิดพลาดและยังต้องสามารถติดต่อกับระบบโทรศัพท์นั้นได้ด้วย ดังนั้นการออกแบบจึงเป็นที่จะต้องคำนึงถึงมาตรฐานที่ทางองค์การโทรศัพท์ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียหายที่เกิดขึ้นนอกจากนั้นยังมีส่วนช่วยในการศึกษาและการพัฒนาในอนาคต ให้สามารถเป็นไปอย่างมีระบบและมีความน่าเชื่อถือได้อีกด้วย

2.6.3 ข้อกำหนดทั่วไปของชุมสาย

1) อิมพีแดนซ์ อิมพีแดนซ์ของวงจรในส่วนของความถี่เสียงต้องมีค่าเท่ากับ 600 โอห์ม

2) ค่าความต้านทาน ค่าความต้านทานภายในระหว่างสายตัวนำกับกราวด์ของระบบจะต้องมีค่าเป็นอย่างน้อย 24 กิโลโอห์ม

3) กระแส กระแสในสายโทรศัพท์ต้องมีค่าอย่างน้อย 20 มิลลิแอมแปร์

4) การลดทอนระหว่างชุมสาย การลดทอนระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องโทรศัพท์จะต้องมีค่าสูงสุดไม่เกิน 7 เดซิเบล

5) การลดทอนสัญญาณในระบบ การลดทอนรวมของสัญญาณภายในระบบจะต้องมีค่าของการลดทอนสูงสุดไม่เกิน 33 เดซิเบล

6) อุปกรณ์ภายในระบบ อุปกรณ์ภายในระบบที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณกระดิ่ง หรือ ในส่วนของวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์มากกว่า 800 โอห์ม ที่ความถี่ 25 เฮิรตซ์ และจะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ไม่น้อยกว่า 20 กิโลโอห์ม ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์

7) การเชื่อมต่อภายในระบบ การเชื่อมต่อกระดิ่งกับวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จะต้องทำการเชื่อมต่อผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิ้งค่า 1 ถึง 2.2 ไมโครฟารัด

8) ความสามารถในการทำงานของระบบ ส่วนกระดิ่งหรือวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งจะต้องสามารถทำงานได้ที่ระดับสัญญาณกระดิ่งตั้งแต่ 35 โวลต์ และสูงสุดไม่เกิน 100 โวลต์ ที่ความถี่ 25 เฮิรตซ์

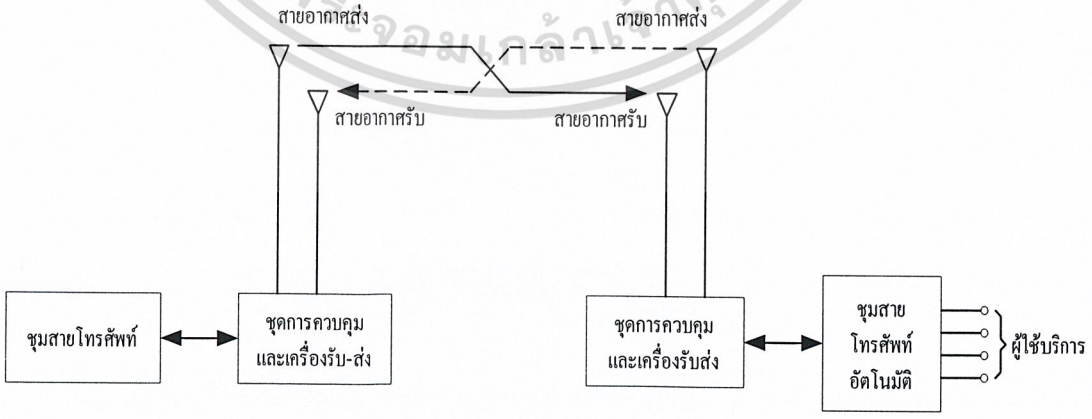
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 แผนผังการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทที่สร้างขึ้นจะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณโทรศัพท์ระหว่างคู่สายขององค์การโทรศัพท์ ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับชุดการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทางไปยังชุดการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง โดยสัญญาณที่ใช้ในการรับและส่งจะประกอบด้วยสัญญาณต่างๆ เช่น สัญญาณให้หมุน สัญญาณไม่ว่าง สัญญาณเรียกกลับ สัญญาณกริ่งเรียก ซึ่งระบบการทำงานหลักจะขึ้นอยู่กับสัญญาณต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมา

การทำงานจะเริ่มจากเมื่อมีสัญญาณจากคู่สายขององค์การโทรศัพท์เรียกเข้ามา ระบบจะนำสัญญาณไปควบคุมชุดเครื่องส่งสำหรับใช้ในการส่งสัญญาณไปยังอินพุตของเครื่องรับปลายทาง ชุดการทำงานด้านปลายทางก็จะทำการตรวจสอบสัญญาณและทำการตัดต่อวงจรเพื่อทำการเชื่อมต่อแล้วสร้างแรงดันส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติเพื่อสร้างสัญญาณกระดิ่งส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งเมื่อเครื่องโทรศัพท์ทางด้านปลายทางมีการยกหู วงจรควบคุมต่างๆ ก็จะทำการตัดต่อวงจรให้เครื่องส่งและเครื่องรับของทั้งสองด้านทำงานสัมพันธ์กัน ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทนี้อาจจะเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์โดยตรง ไม่ต้องมีชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติเชื่อมต่ออยู่ก็ได้ แผนผังการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทแสดงดังรูปที่ 3.1

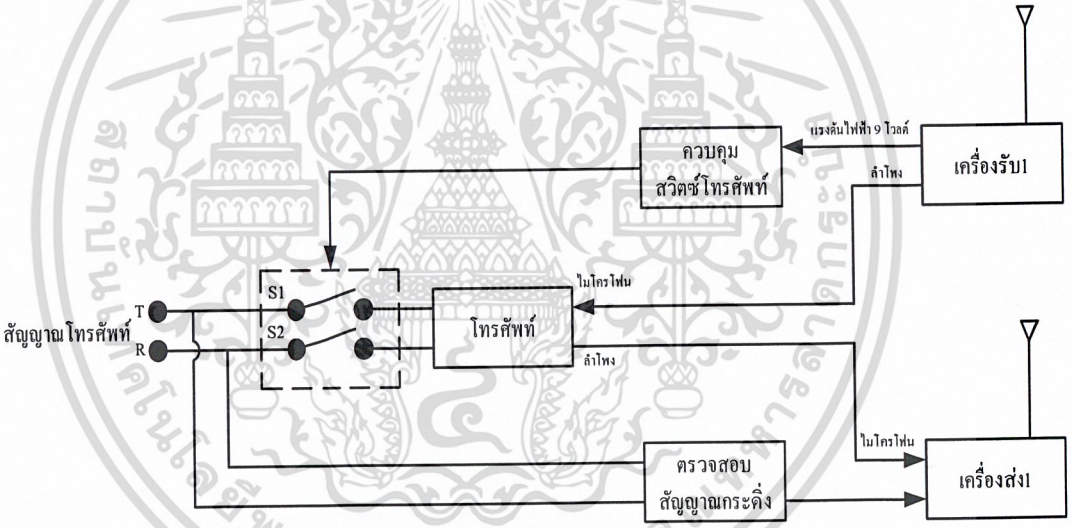


รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังการทำงานในรูปที่ 3.1 การทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทได้อาศัยการทำงานหลักในส่วนของชุดการควบคุมและเครื่องรับส่ง ซึ่งชุดการควบคุมและเครื่องรับส่งนี้ จะใช้หลักการทำงานของวิทยุสื่อสารและวงจรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณโทรศัพท์ เข้ามาเป็นองค์ประกอบหลักภายในระบบ ซึ่งพอที่จะอธิบายการทำงานได้ดังนี้

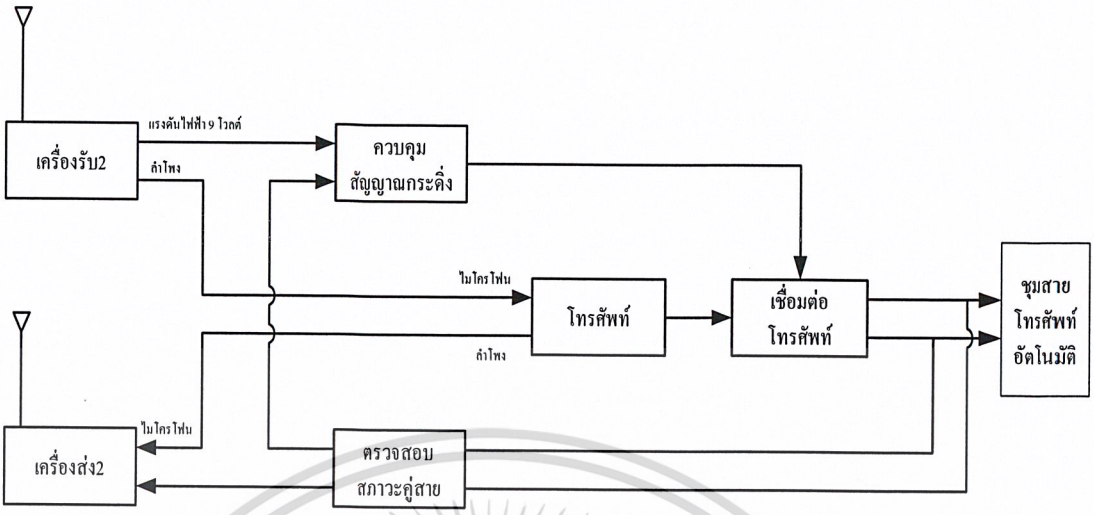
เครื่องรับส่งสัญญาณ จะใช้วิทยุสื่อสารที่ใช้งานในย่านความถี่วีเอชเอฟจำนวน 4 ตัว มาเป็นเครื่องรับและเครื่องส่ง โดยจะมี 2 ตัว ทำหน้าที่เป็นเครื่องรับและอีก 2 ตัว ทำหน้าที่เป็นเครื่องส่ง ส่วนของชุดการควบคุมการทำงานจะนำวงจรต่างๆ ที่เกี่ยวกับสัญญาณโทรศัพท์เข้ามาใช้งาน ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานให้ระบบสามารถรับรู้สัญญาณต่างๆ ภายในระบบโทรศัพท์ได้อย่างถูกต้องแล้ว ยังช่วยให้ระบบสามารถทำการติดต่อกับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ได้อีกด้วย ซึ่งชุดควบคุมและเครื่องรับส่งสัญญาณจะมีแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของชุดควบคุมและเครื่องรับส่งสัญญาณด้านต้นทาง

จากรูปที่ 3.2 เป็นแผนผังการทำงานของชุดควบคุมและเครื่องรับส่งด้านต้นทาง ส่วนรูปที่ 3.3 จะเป็นแผนผังการทำงานของชุดควบคุมและเครื่องรับส่งด้านปลายทาง ซึ่งสัญญาณโทรศัพท์ที่ต่อเข้ากับชุดควบคุมและเครื่องรับส่งนี้จะเป็นสัญญาณที่ได้จากคู่สายขององค์การโทรศัพท์ ซึ่งหากมีการติดต่อเข้ามาที่คู่สายนี้ ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทก็จะเริ่มการทำงาน โดยวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Sensor) จะทำการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งที่เข้ามา เพื่อที่จะนำไปควบคุมเครื่องส่งวิทยุตัวที่ 1 ให้เริ่มทำงานเป็นจังหวะตามสัญญาณที่รับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของชุดควบคุมและเครื่องรับส่งสัญญาณด้านปลายทาง

จากนั้นเมื่อเครื่องรับวิทยุตัวที่ 2 ได้รับสัญญาณจากเครื่องส่งวิทยุตัวที่ 1 แล้วจะเกิดแรงดันไฟฟ้า 9 โวลต์ ขึ้นภายในเครื่องรับวิทยุเพื่อจ่ายให้กับภาคการขยายของเครื่องรับวิทยุ ซึ่งจะมีเฉพาะเวลาที่มีสัญญาณเข้ามาเท่านั้น เราจะนำแรงดันนี้ไปเข้าวงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Control) เพื่อควบคุมให้วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์ (Telephone Interface) ซึ่งมีวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งอยู่ภายในผลิตสัญญาณกระดิ่งออกมาเป็นจังหวะเช่นเดียวกับสัญญาณกระดิ่งจากองค์การโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามา ดังนั้นเครื่องโทรศัพท์ที่ต่ออยู่ทางเอาต์พุตจะมีสัญญาณกระดิ่งดังเป็นจังหวะเช่นเดียวกันทางอินพุตที่รับเข้ามา เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ขึ้นวงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์ (Check Line Telephone) ก็จะตรวจสอบได้ว่ามีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นแล้วและจะทำการส่งสัญญาณไปตัดแรงดันไฟฟ้า 9 โวลต์ ที่ป้อนให้กับวงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่งออก วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งก็จะหยุดการทำงานและมีผลทำให้สัญญาณกระดิ่งหยุด นอกจากนี้วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์ก็จะทำการเปิดสวิทซ์เครื่องส่งวิทยุตัวที่ 2 ให้ส่งออกอากาศไปด้วย

เมื่อเครื่องรับวิทยุตัวที่ 1 รับสัญญาณจากเครื่องส่งวิทยุตัวที่ 2 ได้ก็จะเกิดแรงดันไฟฟ้า 9 โวลต์ ไปควบคุมสวิตซ์โทรศัพท์ (Hook Switch Control) และเครื่องส่งวิทยุให้ทำงานโดยที่ S_1 และ S_2 จะทำการเชื่อมต่อการสนทนาให้สามารถพูดคุยกันได้ สัญญาณจากลำโพง (Speaker : SP) และไมโครโฟน (Microphone : MIC) ของเครื่องโทรศัพท์จะถูกส่งและรับเข้ามาโดยวิทยุสื่อสารให้ทำงานแบบรับและส่งได้สองทิศทางในเวลาเดียวกัน โดยที่เครื่องส่งวิทยุตัวที่ 1 ใช้งานที่ความถี่ 144.0 เมกะเฮิรตซ์ เครื่องรับวิทยุตัวที่ 1 ใช้งานที่ความถี่ 146.0 เมกะเฮิรตซ์ เครื่องส่งวิทยุตัวที่ 2 ใช้งานที่ความถี่ 144.0 เมกะเฮิรตซ์ และเครื่องรับวิทยุตัวที่ 2 ใช้งานที่ความถี่ 146.0 เมกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทางด้านปลายทางวางหูโทรศัพท์วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์ก็จะปิดเครื่องส่งวิทยุตัวที่ 1 และทำการตัดต่อให้วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่งทำงานตามปกติ เมื่อเครื่องส่งวิทยุตัวที่ 2 หยุดส่งเครื่องรับวิทยุตัวที่ 1 ก็จะไม่มีสัญญาณเข้ามาทำให้วงจรควบคุมสวิตซ์โทรศัพท์และเครื่องส่งวิทยุหยุดการทำงานเครื่องส่งวิทยุตัวที่ 1 ก็จะหยุดการทำงานไปด้วย ระบบจึงพร้อมที่จะรับการเรียกเข้าหรือโทรออกในครั้งต่อไป

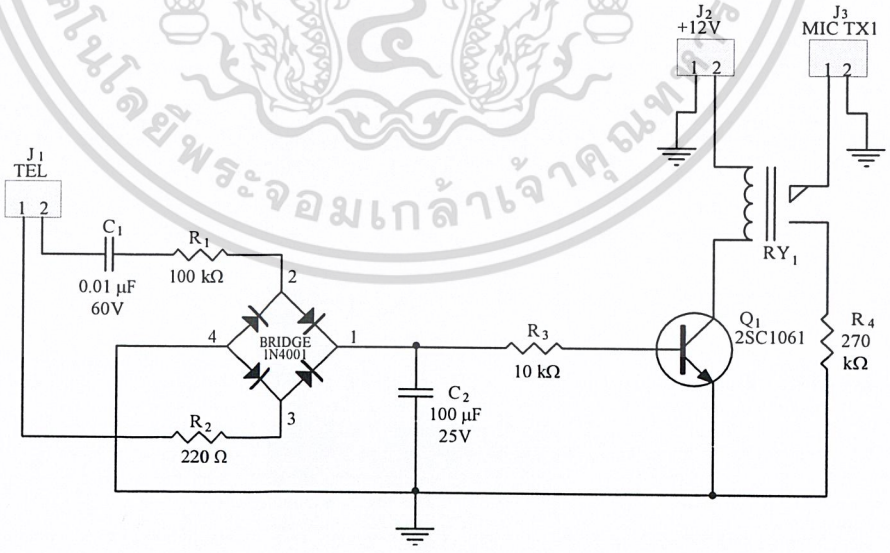
3.2 ชุดควบคุมการทำงานของระบบ

ชุดควบคุมการทำงานของระบบจะเป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมวิทยุสื่อสาร ซึ่งชุดควบคุมการทำงานของระบบจะประกอบไปด้วยวงจรต่างๆ ดังนี้

3.2.1วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

1) การออกแบบและการสร้าง

จากหลักการของระบบชุมสายโทรศัพท์ เมื่อเครื่องโทรศัพท์ต่ออยู่กับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ ในสภาวะปกติจะวางหูอยู่และมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 48 โวลต์ จ่ายอยู่ภายในคู่สายโทรศัพท์ เมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์เรียกเข้ามาจะมีสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 110 โวลต์ ส่งเข้ามาที่เครื่องโทรศัพท์ เพื่อจ่ายให้วงจรกระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ให้สามารถทำการผลิตเสียงกระดิ่งออกมาได้



รูปที่ 3.4 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งเป็นวงจรที่ใช้สำหรับการตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งที่เรียกเข้ามายังระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท ให้ระบบสามารถทราบได้ว่าขณะนี้มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาและระบบจะทำการเริ่มต้นการทำงานทั้งหมดในเวลานั้น วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งนี้จะอาศัยหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์เป็นสวิตซ์ปิดเปิด เพื่อให้ระบบเริ่มต้นการทำงาน การทำงานของวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งนั้น จะอาศัยกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน 48 โวลต์ และ 110 โวลต์มาทำการจ่ายให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน

2) การทำงาน

จากรูปที่ 3.4 เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามา จะมีแรงดันไฟสลับประมาณ 110 โวลต์ 25 เฮิรตซ์ เข้ามาตามคู่สายโทรศัพท์ แรงดันที่กล่าวมานี้จะผ่านตัวเก็บประจุ (Capacitor) และตัวต้านทาน (Resister) เข้าสู่วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า (Bridge Rectifier) ได้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกมาผ่านตัวเก็บประจุที่ทำงานเป็นฟิลเตอร์ (Filter) กรองให้เป็นไฟตรงที่เรียบขึ้น

นำไฟตรงที่ได้จากการเรียงกระแสซึ่งจะมีค่าประมาณ 20 โวลต์ มาผ่านค่าความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม เพื่อไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ (Transistor) Q_1 ให้ทำงานตามจังหวะที่มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาทำให้รีเลย์ (Relay) ทำงานด้วยโดยจะใช้หลักการที่กล่าวมานี้ไปควบคุมเครื่องส่งวิทยุ ให้ทำงานตามจังหวะของสัญญาณกระดิ่ง โดยหน้าที่การทำงานต่างๆ ของอุปกรณ์ในภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งมีดังนี้ C_1 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไปตรงจากคู่สายโทรศัพท์ไม่ให้เข้าไปยังวงจรจะมีเฉพาะไฟสลับเท่านั้นที่ผ่านไปได้ C_2 ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เรียบยิ่งขึ้น R_1 และ R_2 ทำหน้าที่ลดระดับกระแสและแรงดันของสัญญาณกระดิ่ง D_1-D_4 จะทำหน้าที่ในส่วนของการเรียงกระแสไฟฟ้า R_4 เป็นโหลดของเครื่องวิทยุรับส่งเพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องส่งวิทยุ Q_1 ทำหน้าที่ขับแรงดันให้รีเลย์ทำงานตามจังหวะของสัญญาณกระดิ่งที่เข้ามา RY_1 ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องส่งวิทยุให้ทำงานตามจังหวะของสัญญาณกระดิ่ง

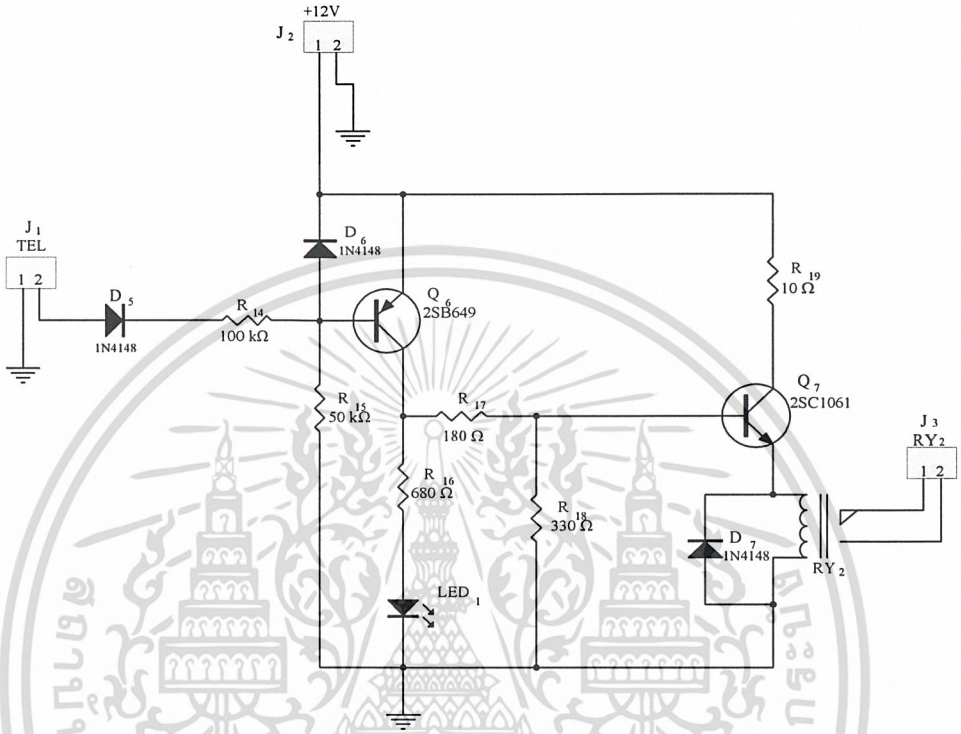
3.2.2 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์

1) การออกแบบและการสร้าง

จากหลักการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ เมื่อเครื่องโทรศัพท์มีการวางหูอยู่ในสภาวะปกตินั้นคู่สายโทรศัพท์ที่เชื่อมต่ออยู่จะมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 48 โวลต์ ตกคร่อมอยู่ ถ้าหากมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นแรงดันไฟฟ้าในส่วนนั้นจะลดลงเหลือประมาณ 5-10 โวลต์และมีค่าอิมพีแดนซ์ประมาณ 600 โอห์ม เมื่อเราเริ่มทำการหมุนหมายเลขโทรศัพท์แรงดันไฟฟ้าในส่วนนี้ก็จะตกลงเป็น 0 โวลต์ ชั่วขณะ เราจะนำเอาหลักการดังกล่าวมานี้มาใช้ในการทำงานของวงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งวงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์จะใช้ในการตรวจสอบการยกหูและวางหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเครื่องโทรศัพท์ อาศัยหลักการของการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างขาของทรานซิสเตอร์ เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำการควบคุมการทำงานให้กับรีเลย์ในวงจร



รูปที่ 3.5 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์

2) การทำงาน

จากรูปที่ 3.5 ในสภาวะที่ไม่มีการยกหูโทรศัพท์แรงดันที่คู่สายโทรศัพท์จะมีค่าประมาณ 48 โวลต์ ทำให้แรงดันที่ขาเบส (Base) ของทรานซิสเตอร์ Q_6 มีแรงดันมากกว่าแรงดันที่ขาอีมิตเตอร์ (Emitter) ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_6 ไม่นำกระแสเป็นผลให้ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_7 ไม่นำกระแสด้วย

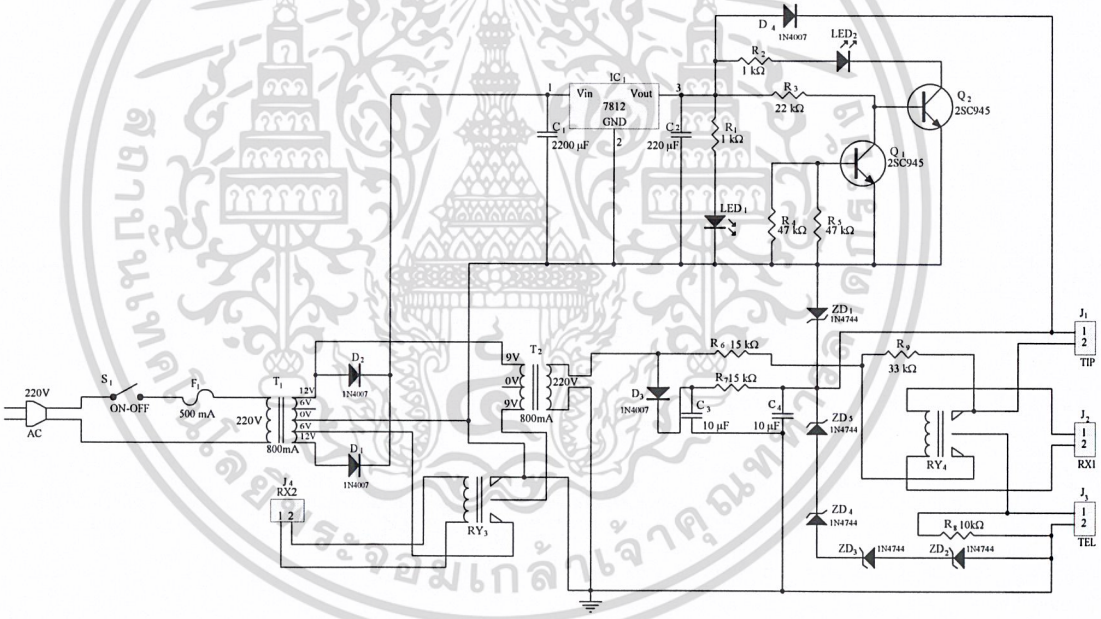
ในสภาวะที่มีการยกหูโทรศัพท์แรงดันที่สายโทรศัพท์จะมีประมาณ 6 โวลต์ เมื่อผ่านไปยังไดโอด (Diode) D_5 และ R_{16} จะทำให้แรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_6 มีค่าแรงดันน้อยกว่าแรงดันที่ขาอีมิตเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_6 ทำงานและนำกระแส หลังจากนั้นจะมีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R_{17} มาไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q_7 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_7 นำกระแสและรีเลย์ RY_5 ทำงานโดยจะมี LED_1 (Light Emitting Diode : LED) เป็นตัวบอกว่าตอนนี้โทรศัพท์อยู่ในสภาวะมีการยกหูอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

1) การออกแบบและการสร้าง

วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง เป็นวงจรที่ใช้ในการสร้างแรงดัน 110 โวลต์ ในระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง เพื่อที่ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทางสามารถที่จะนำไปสร้างเป็นสัญญาณกระดิ่งได้ นอกจากนี้วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งจะเป็นวงจรที่ทำการสร้างแรงดันไฟฟ้าเลี้ยงต่างๆ ที่จำเป็นนอกเหนือจากในส่วนได้รับจากแหล่งจ่ายให้กับวงจรต่างๆ ภายในระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท โดยอาศัยการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัว จ่ายแรงดันไฟสูงและแรงดันไฟต่ำให้กับวงจร และจ่ายให้กับซีเนอร์ไดโอดทำให้มีไฟเลี้ยงวงจรให้กับระบบ นอกจากนี้จะใช้ในการจ่ายไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์เพื่อนำไปใช้ในการทำงานของทรานซิสเตอร์ภายในวงจรอีกด้วย



รูปที่ 3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

2) การทำงาน

จากหลักการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ เมื่อเครื่องโทรศัพท์มีการวางหูอยู่ในสภาวะปกตินั้นคู่สายโทรศัพท์ที่เชื่อมต่ออยู่จะมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 48 โวลต์ ตกคร่อมคู่สายโทรศัพท์อยู่ ถ้าหากมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นแรงดันไฟฟ้าในส่วนนั้นจะลดลงเหลือประมาณ 5-10 โวลต์ และจะมีค่าอิมพีแดนซ์ประมาณ 600 โอห์ม เมื่อเราเริ่มทำการหมุนหมายเลขโทรศัพท์แรงดันไฟฟ้าในส่วนนี้ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะตกลงเป็น 0 โวลต์ ชั่วขณะ ส่วนการเรียกเข้ามายังเครื่องโทรศัพท์ สัญญาณที่เรียกเข้ามาจะปรากฏเป็นสัญญาณพัลส์มีค่าประมาณ 90-150 โวลต์ มีความถี่ประมาณ 20-60 เฮิรตซ์ ที่คู่สายส่งผ่านเข้ามาให้กับวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งมีผลทำให้วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งทำงานเกิดเสียงกระดิ่งดังขึ้นและวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งนี้จะหยุดการทำงานเมื่อเรายกหูโทรศัพท์ขึ้น จากรูปที่ 3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งจะมีหม้อแปลง (Transformer) 2 ตัว ตัวแรกจ่ายแรงดันไฟต่ำเพื่อป้อนให้กับวงจร ตัวที่สองจ่ายแรงดันไฟแรงสูงเพื่อไปสร้างเป็นสัญญาณกระดิ่ง โดยหม้อแปลง T_1 จ่ายแรงดันไฟต่ำ 12 โวลต์ ผ่านการเรียงกระแสจาก D_1 และ D_2 แล้วผ่านการกรองกระแสโดย C_1 ป้อนเข้าสู่ IC_1 เพื่อแปลงออกมาเป็นแรงดันไฟตรง 12 โวลต์ โดยจะมี C_2 ทำหน้าที่กรองกระแสอีกทีหนึ่ง ส่วน LED_1 เป็นตัวแสดงผลเมื่อเปิดเครื่อง ส่วนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จะจ่ายให้กับวงจรเพื่อบอกสภาวะให้ทราบว่าในขณะนี้มีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นและเป็นตัวจ่ายแรงดันไฟต่ำให้กับโทรศัพท์ขณะยกหูผ่านทาง J_1 และ J_2 ซึ่งจะทำให้มีแรงดันตกคร่อมโทรศัพท์ที่ J_1 และ J_2 ส่วนการทำงานของ Q_1, Q_2, ZD_1 และ LED_2 ขณะที่วางหู แรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 มีค่าสูงทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 นำกระแสทรานซิสเตอร์ Q_2 จึงไม่ทำงาน LED_2 ไม่สว่างแต่เมื่อเครื่องโทรศัพท์มีการยกหูขึ้นแรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 จะมีค่าลดลงทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 หยุดนำกระแส แต่ทรานซิสเตอร์ Q_2 เกิดการนำกระแส LED_2 จึงติดสว่างทั้งนี้โทรศัพท์ที่ J_1 และ J_2 จะต้องอยู่ในสภาวะยกหูพร้อมกันเพราะทั้งสองต่ออนุกรมกันถ้าเพียงตัวใดตัวหนึ่งไม่ยกหู LED_2 จะไม่สว่างนอกจากนี้เมื่อทำการหมุนเลขหมาย LED_2 จะกระพริบตามจำนวนครั้งของหมายเลขที่หมุนโดยที่รีเลย์ RY_4 อยู่ที่ตำแหน่ง J_1

หม้อแปลง T_2 เป็นตัวจ่ายแรงดันไฟสูง ถ้ารีเลย์ RY_3 เชื่อมต่อลงทางด้านล่างจะแสดงสถานะเป็น Low เอาต์พุตของ T_2 จะมีแรงดันประมาณ 55 โวลต์ แต่ถ้าเชื่อมต่อขึ้นทางด้านบนจะแสดงสถานะเป็น High จะมีแรงดันประมาณไฟฟ้าประมาณ 110 โวลต์ โดยแรงดันไฟสูงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นแรงดัน 60 โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขณะวางหูที่เลือกใช้แรงดัน 60 โวลต์ เพราะว่าเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าแรงดันมาตรฐานขณะวางหูกับค่าแรงดันมาตรฐานขณะที่มีสัญญาณกระดิ่ง โดยจะมี R_1 ทำหน้าที่คอยควบคุมให้จ่ายกระแสเพียง 5 มิลลิแอมแปร์ ส่วนที่สองแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 110 โวลต์ ผ่าน R_7 ทำการควบคุมให้ค่าของกระแสเหลือประมาณ 80 มิลลิแอมแปร์ เป็นสัญญาณกระดิ่งให้กับอุปกรณ์โทรศัพท์ที่นำมาทดสอบผ่าน RY_4 ออกทาง J_2 และผ่านทาง R_8 ออกทาง J_1 โดยมีตัวแสดงผลขณะที่มีสัญญาณกระดิ่ง แต่ถ้ารีเลย์ RY_4 นั้นเชื่อมต่อลงด้านล่างตัวแสดงผลจะไม่ติด เพราะสัญญาณที่ผ่าน R_8 ออกไปนั้นจะเป็นสัญญาณต่ำๆ ที่จ่ายให้โทรศัพท์ที่ต่ออยู่กับ J_1 ทำให้ได้ยินเสียงสัญญาณกระดิ่งเรียกเบาๆ ในหูโทรศัพท์เหมือนกับสัญญาณที่เรายกหูเรียกออกไปและรีเลย์ RY_4 นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเลือกตำแหน่งสัญญาณกระดิ่งหรือใช้ใน

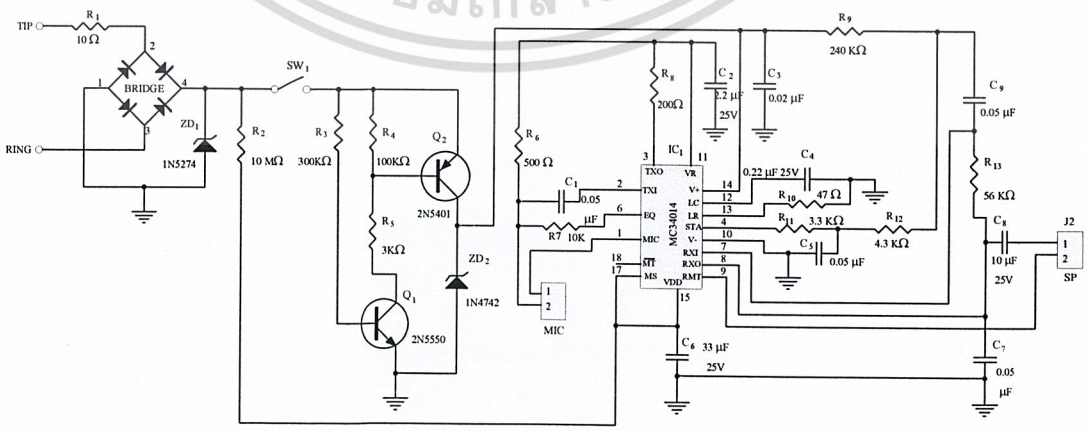
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพูด หากรีเลย์ RY_4 อยู่ในเชื่อมต่ออยู่ทางด้านล่างจะมีสัญญาณกระดิ่งออกมาแต่ถ้าอยู่ทางด้านบนจะเป็นตำแหน่งที่สามารถพูดติดต่อกันได้ ส่วนที่ไดโอด D_4 โดยปกติขณะที่มีการวางหูโทรศัพท์อยู่จะมีแรงดันไฟสูง 60 โวลต์ จ่ายให้กับโทรศัพท์และอุปกรณ์โทรศัพท์ที่ต่อกับขั้ว J_1 และ J_2 แต่จะไม่ผ่าน D_3 เพราะต่ออยู่ในลักษณะกลับทาง แต่เมื่ออุปกรณ์ที่ J_1 และ J_2 อยู่ในสภาวะที่ยกหูแรงดันไฟสูงก็เหมือนถูกลัดวงจรดังนั้น D_3 ก็จะทำหน้าที่เหมือนสวิตซ์ทันทีและจ่ายแรงดันไฟต่ำออกมา โดยมีกระแสประมาณ 20 มิลลิแอมแปร์ จ่ายให้กับวงจรโทรศัพท์และจะมีแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์โทรศัพท์แต่ละตัวอยู่ 6 โวลต์ ทำให้ LED_2 ติดสว่าง

3.2.4 วงจรไฮบริดจ์

1) การออกแบบและการสร้าง

วงจรไฮบริดจ์เป็นส่วนหนึ่งของการเชื่อมโยงโครงข่ายโทรศัพท์ โดยจะเป็นวงจรที่มีด้านเข้าออก 4 ทางหรือ 2 คู่สายทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างคู่สาย 1 คู่สายกับ 2 คู่สาย โดยใช้หลักการเบื้องต้นในการแยกการรับและการส่งของสัญญาณเสียงโดยตรง ซึ่งการส่งสัญญาณในชุมสายโทรศัพท์ทั่วไปจะใช้สายเพียง 1 คู่สายเท่านั้น แต่การสื่อสารด้วยระบบโทรศัพท์เป็นการสื่อสาร 2 ทางแบบฟูลดูเพล็กซ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้สายสัญญาณ 2 คู่สาย เพื่อทำการแยกการส่งและรับสัญญาณออกจากกัน ในการเชื่อมต่อรูปแบบการสื่อสารให้เป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้น วงจรไฮบริดจ์จะทำหน้าที่ในการสลับสัญญาณจาก 2 คู่สายให้เป็น 1 คู่สายในขณะที่รับสัญญาณและทำหน้าที่ในการสลับสัญญาณจาก 1 คู่สายเป็น 2 คู่สายในขณะที่ส่งสัญญาณด้วย ซึ่งการทำงานหลักๆ ของวงจรไฮบริดจ์ภายในระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท จะใช้ในการติดต่อระหว่างวิทยุสื่อสารเข้ากับระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทางและทำการติดต่อสื่อสารระหว่างวิทยุสื่อสารกับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ที่ต่อใช้งานร่วมกับระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 วงจรไฮบริดจ์

2) การทำงาน

จากรูปที่ 3.7 วงจรไฮบริดจ์จะอาศัยการทำงานหลักมาจาก IC_1 ซึ่งเป็นวงจรรวมสำหรับการเชื่อมโยงในการหมุนจะมีหลักการทำงานดังนี้ จากคู่สายโทรศัพท์ Tip และ Ring ที่เข้ามาจะผ่านไปยังไดโอดบริดจ์เพื่อทำการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยจะมี ZD_1 ต่ออยู่เพื่อป้องกันการป้อนกลับและผ่านออกไปยัง R_3 และ R_4 เพื่อไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ซึ่งทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 นั้น จะต่ออยู่ร่วมกันเพื่อที่จะทำการขยายกระแสสำหรับนำไปป้อนให้กับลำโพง ส่วน R_2 ที่ต่อออกมาที่จุดเดียวกันกับ R_3 และ R_4 นั้นจะนำไปเข้าที่ขา (Mode Select : MS) ซึ่งขานี้วงจรภายในจะเปรียบเสมือนทรานซิสเตอร์ซึ่งจะคอยทำหน้าที่เลือกโหมดของการใช้งานว่าเป็นแบบพัลส์หรือแบบโทน จากขาอีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_2 จะต่อร่วมเข้าไปยังขา (Positive Supply : V+) ซึ่งเป็นขาจ่ายแรงดันไฟบวกเพื่อที่จะจ่ายให้ IC_1 สามารถทำงานได้ ส่วนขา (Negative Supply : V-) จะรับแรงดันจากจุดเดียวกันแต่ผ่าน R_9 และ R_{12} ซึ่งต่อเทียบกับกราวด์ร่วมอยู่กับ C_5 ขานี้จะเป็นขาจ่ายไฟลบให้กับ IC_1 นั่นเอง ส่วน R_{11} จะต่อออกจาก R_{12} เข้ากับขา (Sidetone Amplifier Output : STA) ซึ่งวงจรภายในขานี้จะทำหน้าที่ตัดสัญญาณขอบข้างของสัญญาณที่เกิดจากการขยายที่อินพุต

ส่วนที่ขา 1 ของ IC1 จะเป็นขา (Microphone Negative Supply : MIC) โดยกระแสจากขั้วลบของไมโครโฟนซึ่งเป็นไฟลบจะจ่ายผ่านไปยังขานี้ ขานี้จะใช้ในการควบคุมไมโครโฟนโดยจะทำการตัดต่อสัญญาณที่ผ่านขานี้จากภายในเมื่อมีการหมุนโทรศัพท์ไมโครโฟนจะไม่สามารถทำงานได้ ขั้วอีกด้านของไมโครโฟนจะต่อผ่าน R_7 ไปยังขา (Equalization Amplifier Output : EQ) สัญญาณในขานี้จะทำการป้อนกลับแบบลบในการขยายการสัญญาณ การป้อนกลับนี้จะมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มลูปของวงจรซึ่งจะเป็นสาเหตุให้อิมพีแดนซ์กระแสสลับของวงจรมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ที่ขั้วของไมโครโฟนขั้วนี้ยังเชื่อต่อผ่าน C_1 ไปยังขา (Transmit Amplifier Input : TXI) ซึ่งที่ขานี้ภายในจะมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์จะอยู่ที่ 10 กิโลโอห์มเป็นขาที่คอยรับสัญญาณอินพุตจากไมค์เพื่อนำไปขยายโดยวงจรภายในอีกครั้ง ส่วน R_6 จะต่อออกไปยังขา (Transmit Amplifier Output : TXO) สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับนี้จากเอาท์พุทนี้ จะอยู่ที่ค่าอยู่ที่ประมาณ 0.65 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมให้เกิดการแกว่งของสัญญาณกระแสไฟฟ้าสลับได้สูงสุดและจะมีอัตราการขยายวงจรปิดซึ่งจาก TXI ถึง TXO จะถูกเซตค่าภายในอยู่ที่ 26 เดซิเบลและขา TXO นี้จะต่อเชื่อมต่ออยู่กับขา (Regulate Voltage Output : VR) เพื่อที่จะจ่ายแรงดันที่ค่า 1.2 โวลต์ ให้กับตัวไมโครโฟนเพื่อใช้ในการทำงานนั่นเอง ขา (Receiver Mute : RMT) เป็นขาที่ต่อเข้ากับขั้วลบของลำโพงมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับขา MIC จะใช้ในการควบคุมลำโพงโดยจะทำการตัดต่อสัญญาณที่ผ่านขานี้จากภายในเมื่อมีการหมุนโทรศัพท์ลำโพงจะไม่สามารถทำงานได้ชั่วคราว ส่วนขา (Receive Amplifier Input :

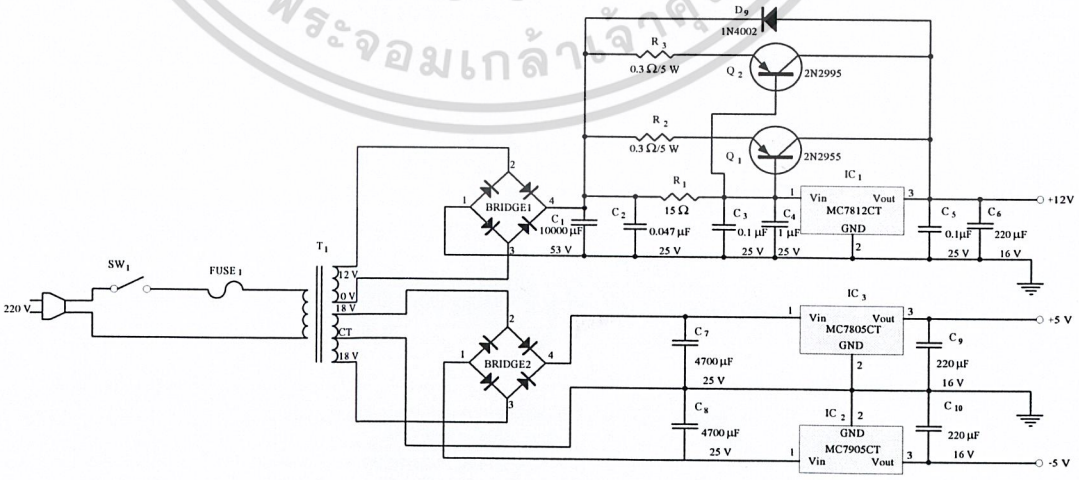
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RXI) และขา (Receive Amplifier Output : RXO) จะเป็นขาที่คอยส่งสัญญาณให้กับลำโพงโดยในระหว่างการทำงานโดยจะใช้กระแสไฟฟ้าในการเพิ่มอัตราการขยายการรับสัญญาณให้กับลำโพงเมื่อทำการสนทนาและจะทำการลดกระแสที่จ่ายให้กับลำโพงเมื่อมีการหมุนเกิดขึ้น C_4 จะต่ออยู่กับขา (DC Load Capacitor : LC) ซึ่งขานี้วงจรภายในคล้ายวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านจะทำหน้าที่กรองความถี่ไม่ให้ความถี่ที่สูงกว่าที่เกิดขึ้นจากการโหลดของตัวต้านทานที่ต่ออยู่ภายในผ่านไปได้ ส่วน R_{10} จะต่อออกจากกับ C_4 ไปยังขา (DC Load Resistor : LR) ซึ่งจะทำหน้าที่กำหนดค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของโทรศัพท์ เพื่อช่วยในการขจัดพลังงานที่สูญเสียเป็นความร้อนออกจากตัวอุปกรณ์ ขา (VDD Regulator : VDD) เป็นเอาท์พุทของการเรียงกระแสแบบขนานกับแรงดันที่ระบุค่า 3.3 โวลต์ กระแสเอาท์พุทที่ระบุจะถูกเพิ่มค่าจาก 550 ไมโครแอมแปร์ เป็น 2 มิลลิแอมแปร์ เมื่อมีการหมุนเกิดขึ้นเพื่อช่วยในการรักษาเสถียรภาพของกระแสที่ใช้งานและช่วยในสนับสนุนแรงดันให้กับขา MS ประมาณ 2 โวลต์เมื่ออยู่ในโหมดการใช้งานแบบพัลส์

3.2.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

1) การออกแบบและการสร้าง

ระบบชุมสายโทรศัพท์ต้องการแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับเครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุ แต่เนื่องจากค่ากระแสที่เครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุต้องการใช้งานมีมากกว่าค่ากระแสที่ได้ออกมาจากแหล่งจ่าย อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของตัวอุปกรณ์ สามารถจ่ายกระแสได้ไม่เพียงพอต่อการทำงานของเครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุ ทำให้เครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงได้มีการใช้ทรานซิสเตอร์เข้ามาช่วยในการขยายกระแสให้กับส่วนเอาท์พุตของวงจร เพื่อที่วงจรแหล่งจ่ายจะได้สามารถจ่ายกระแสได้เพียงพอต่อความต้องการของระบบ



รูปที่ 3.8 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทำงาน

จากรูปเป็นวงจรแหล่งจ่ายแรงดันที่ใช้สำหรับวงจรภายในระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทเพื่อใช้ในการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรต่างๆ ภายในระบบ ซึ่งระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทจะมีแหล่งจ่ายแรงดันชุดนี้เหมือนกันทั้งทางด้านต้นทางและทางด้านปลายทาง จากรูปวงจรแหล่งจ่ายแรงดันชุดนี้จะสามารถจ่ายแรงดันได้คือ +12, +5, และ -5 โวลต์ ซึ่งเกิดจากหม้อแปลงทำการแบ่งแรงดันไฟฟ้าออกเป็น 2 ชุด คือ 18-0-18 โวลต์ และ 12-0 โวลต์ โดยการจ่ายแรงดัน +5 และ -5 โวลต์ทางเอาต์พุตซึ่งเกิดจากแรงดันไฟฟ้าชุด 18-0-18 โวลต์ ถูกนำมาผ่านการเรียงกระแสเพื่อทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นนำมาผ่านการควบคุมแรงดันโดย IC_2 และ IC_3 สำหรับจ่ายแรงดัน +5 และ -5 โวลต์ โดยจะมี C_7 และ C_8 ทำหน้าที่ในการลดสัญญาณรบกวนและสำรองแรงดันขณะโหลดถึงกระแสค่ามากๆ ส่วน C_9 และ C_{10} จะต่อกับด้านเอาต์พุตของ IC_2 และ IC_3 เพื่อลดสัญญาณรบกวนทางด้านเอาต์พุต ส่วนการจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ ทางเอาต์พุต จะเกิดจากแรงดันไฟฟ้าชุด 12-0 โวลต์ ถูกนำมาเรียงกระแสเพื่อทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นนำมาผ่าน C_1 สำหรับลดสัญญาณรบกวนและสำรองแรงดันขณะโหลดถึงกระแสมากๆ และจะนำไปผ่าน IC_1 เพื่อทำการควบคุมแรงดัน เนื่องจากกระแสทางด้านเอาต์พุตที่ต้องการคือ 3 แอมแปร์ แต่คุณสมบัติของ IC_1 สามารถจ่ายกระแสได้เพียง 1 แอมแปร์ เท่านั้นจึงมีการต่อส่วนของการขยายกระแสคือทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 โดยจะมี R_2 และ R_3 ต่ออยู่ที่ขาของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 โดยทรานซิสเตอร์ Q_1 จะต่อเข้ากับด้านอินพุตของ IC_1 ซึ่งมี R_1 ต่ออยู่เพื่อทำการจ่ายกระแสไปให้กับทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 นั่นเองเพื่อใช้ในการขยายกระแส ส่วน C_2, C_3 และ C_4 จะต่ออยู่เพื่อที่จะทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เข้ามามีความเรียบมากยิ่งขึ้นและยังใช้ในการผ่านสัญญาณรบกวนก่อนที่จะเข้าไปยัง IC_1 อีกด้วย C_5 และ C_6 จะต่อเพื่อลดสัญญาณรบกวนทางด้านเอาต์พุต ส่วนไดโอด D_1 จะถูกต่ออยู่เพื่อทำการป้องกันการป้อนกลับไปยังทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2

3.3 สายอากาศ

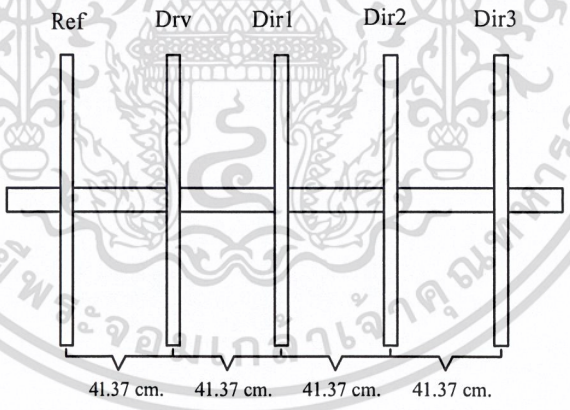
สายอากาศที่ใช้ในการรับส่งของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทจะเป็นสายอากาศแบบทิศทาง ซึ่งในที่นี้ได้เลือกนำสายอากาศแบบยากิมาใช้งานทั้งในการรับและการส่งสัญญาณโดยได้ทำการศึกษาค้นคว้าจากวารสารต่างๆ เกี่ยวกับสายอากาศ เพื่อที่จะเลือกข้อมูลของสายอากาศที่มีประสิทธิภาพดีสำหรับที่จะนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสมและสามารถครอบคลุมในช่วงความถี่ 144-147 เมกะเฮิรตซ์ จากการศึกษาค้นคว้าได้ทำการเลือกสายอากาศยากิออกมาเพื่อทำการทดลองและใช้งานจริงอยู่ 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 สายอากาศยากิชนิด 5 อีลิเมนต์

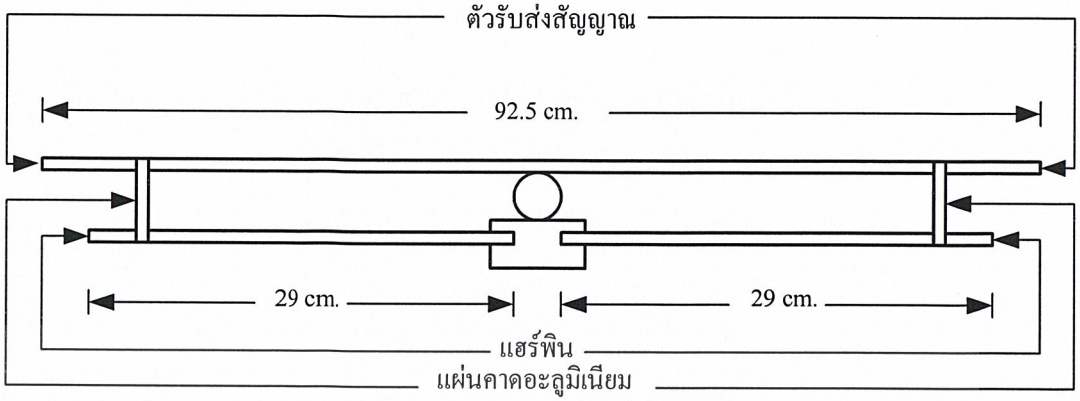
1) การออกแบบ

สายอากาศยากิชนิด 5 อีลิเมนต์ ได้นำมาเพื่อเป็นตัวรับสัญญาณในระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท อันมีเหตุผลเนื่องมาจาก สายอากาศยากิจัดเป็นสายอากาศแบบมีทิศทาง ซึ่งจะมีบีมวิดธ์ในการรับส่งสัญญาณขึ้นอยู่กับการออกแบบของอีลิเมนต์และความยาวของบูมอะลูมิเนียมที่นำมาใช้ทำสายอากาศ หากอะลูมิเนียมที่นำมาใช้ทำอีลิเมนต์ของสายอากาศมีขนาดใหญ่ เช่น 3/8 นิ้ว ก็จะมีผลทำให้การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กสามารถทำได้ดี หากอะลูมิเนียมที่นำมาใช้ทำเป็นอีลิเมนต์ของสายอากาศมีขนาดเล็กมาก เช่น 1/8 นิ้ว ก็จะมีผลให้การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กทำได้ไม่ดีเท่ากับสายอากาศที่มีอีลิเมนต์ที่ใช้อะลูมิเนียมขนาดใหญ่กว่า เหตุผลที่ได้เลือกสายอากาศ 5 อีลิเมนต์ มาใช้ในการรับ เนื่องมาจากสายอากาศที่ใช้ในการรับไม่ต้องการกำลังขยายที่สูงมากนัก แต่ต้องการบีมวิดธ์ที่กว้างเพื่อประสิทธิภาพในการรับที่ดีจึงได้สร้างสายอากาศยากิ 5 อีลิเมนต์ จากอะลูมิเนียมขนาด 3/8 นิ้ว เพื่อที่จะได้บีมวิดธ์ที่กว้างทำให้สามารถใช้ในการรับได้ดี ดังนั้นสายอากาศที่ใช้ในการรับนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีค่าใช้จ่ายในการสร้างสูง ดังเช่นสายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์



รูปที่ 3.9 ลักษณะของสายอากาศยากิ 5 อีลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ส่วนรับส่งสัญญาณของสายอากาศยากิ 5 อีลิเมนต์

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของสายอากาศยากิ 5 อีลิเมนต์

ตำแหน่งอีลิเมนต์ของสายอากาศ	ความยาวของอีลิเมนต์ (ซม.)	ระยะห่างระหว่างอีลิเมนต์ตัวก่อนหน้า (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางของอะลูมิเนียมที่ใช้ (นิ้ว)
Ref	106	0	3/8
Drv	92.5	41.37	3/8
Dri1	87.87	41.37	3/8
Dri2	83.48	41.37	3/8
Dri3	79.30	41.37	3/8

โดย Reflector : Ref คือ ตัวสะท้อนกลับสัญญาณ

Driven : Drv คือ รับส่งสัญญาณหรือตัวไดโพล

Director 1 : Dir1 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 1

Director 2 : Dir2 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 2

Director 3 : Dir3 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 3

Boom ยาวประมาณ 165.48 เซนติเมตร

สายบาลันซ์ที่ใช้งานยาว 68.2 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การสร้าง

ขั้นตอนในการสร้างสายอากาศแบบยากิ 5 อีลิเมนต์สามารถที่จะอธิบายได้ดังนี้

1.1) ตัดบูมอลูมิเนียมตามขนาดที่กำหนดซึ่งจะใช้มุมแบบกลมหรือแบบสี่เหลี่ยมก็ได้

1.2) เจาะตามระยะที่กำหนดดังรูป 3.9 เพื่อทำการยึดอีลิเมนต์

1.3) ทำการตัดอลูมิเนียมที่ใช้ทำอีลิเมนต์ของสายอากาศตามกำหนดในตารางที่ 3.1 โดยขนาดของอีลิเมนต์ที่นำมาใช้เป็นตัวชี้นำสัญญาณควรให้ยาวกว่าขนาดที่กำหนดไว้ประมาณ 20 มิลลิเมตรเพื่อไว้สำหรับใช้ตัดออกในขณะที่ทำการปรับแต่ง

1.4) จับยึดอีลิเมนต์เข้าด้วยกัน ดังรูป 3.9

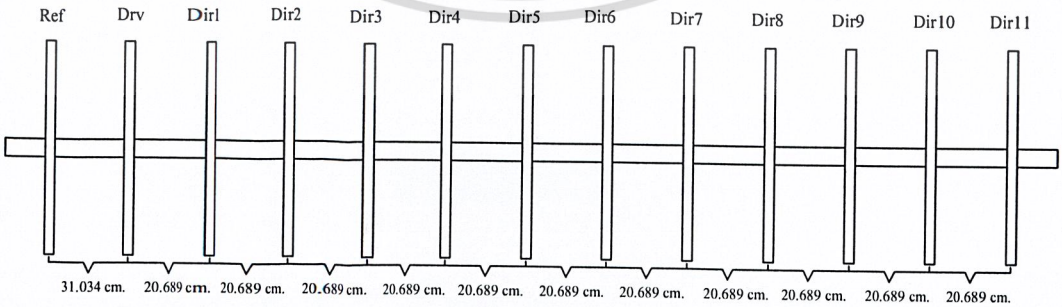
1.5) ประกอบตัวรับส่งสัญญาณดังรูป 3.10

1.6) ทำการตัดสายสายบาลันซ์ตามขนาดที่กำหนดดังรูปที่ 3.13

3.1.2 สายอากาศชนิด 13 อีลิเมนต์

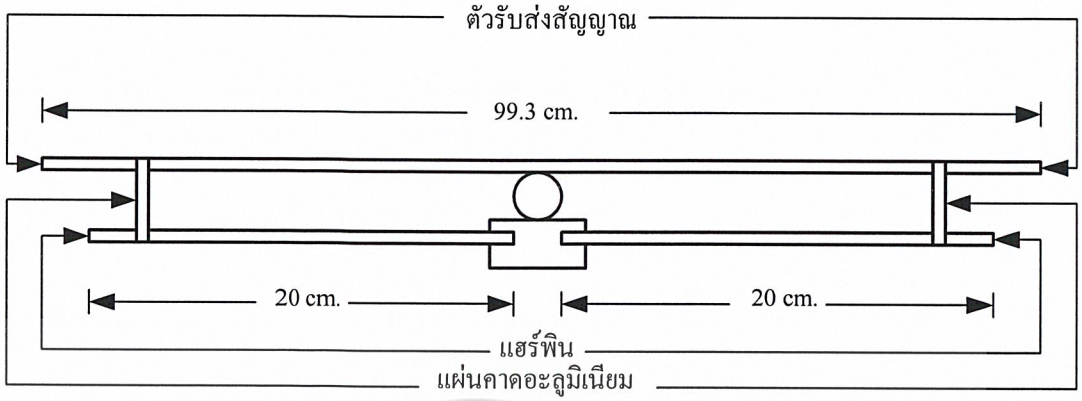
1) การออกแบบ

สายอากาศยากิชนิด 13 อีลิเมนต์ ได้นำมาใช้เป็นตัวส่งสัญญาณในระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท อันมีเหตุผลเนื่องมาจากสายอากาศที่จะนำมาใช้เป็นตัวส่งสัญญาณต้องการกำลังขยายค่อนข้างสูงและต้องการบีมวิดธ์ที่แหลม เพื่อที่จะได้ทิศทางในการส่งที่ดีจึงได้เลือกอะลูมิเนียมขนาด 1/8 นิ้วมาใช้ทำเป็นอีลิเมนต์ของสายอากาศเพราะอะลูมิเนียมขนาด 1/8 นิ้ว เมื่อนำมาใช้ทำเป็นอีลิเมนต์ของสายอากาศแล้วจะมีทิศทางการแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กทำให้บีมวิดธ์ที่ได้ทางด้านหน้าค่อนข้างแหลมและทางด้านข้างไม่กว้างออกไปมากนัก ซึ่งเมื่อนำมาใช้ทำสายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์ ซึ่งจัดได้ว่ามีจำนวนของอีลิเมนต์มากด้วยแล้วบีมวิดธ์ที่ออกมาก็จะแคบและค่อนข้างแหลม ทำให้สามารถใช้ในการส่งไปยังจุดรับซึ่งเราได้กำหนดทิศทางไว้อยู่แล้วได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 3.11 ลักษณะของสายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ส่วนรับส่งสัญญาณของสายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของสายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์

ตำแหน่งอีลิเมนต์ของสายอากาศ	ความยาวของอีลิเมนต์ (ซม.)	ระยะห่างระหว่างอีลิเมนต์ (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางของอะลูมิเนียมที่ใช้ (นิ้ว)
Ref	101.7	0	2/8
Drv	99.3	31.034	4/8
Dri1	96.8	20.689	2/8
Dri2	92.7	20.689	2/8
Dri3	92.7	20.689	2/8
Dri4	91.1	20.689	2/8
Dri5	90.1	20.689	2/8
Dri6	88.6	20.689	2/8
Dri7	88.6	20.689	2/8
Dri8	88.6	20.689	2/8
Dri9	88.6	20.689	2/8
Dri10	88.6	20.689	2/8
Dri11	88.6	20.689	2/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย Reflector : Ref คือ ตัวสะท้อนกลับสัญญาณ

Driven : Drv คือ รับส่งสัญญาณหรือตัวไดโพล

Director 1 : Dir1 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 1

Director 2 : Dir2 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 2

Director 3 : Dir3 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 3

Director 4 : Dir4 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 4

Director 5 : Dir5 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 5

Director 6 : Dir6 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 6

Director 7 : Dir7 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 7

Director 8 : Dir8 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 8

Director 9 : Dir9 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 9

Director 10 : Dir10 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 10

Director 11 : Dir11 คือ ตัวชี้นำสัญญาณตัวที่ 11

Boom ยาวประมาณ 258.613 เซนติเมตร

สายบาลันซ์ที่ใช้งานยาว 68.2 เซนติเมตร

2) การสร้าง

ขั้นตอนในการสร้างสายอากาศแบบยากิ 13 อีลิเมนต์สามารถที่จะอธิบายได้ดังนี้

1.1) ตัดบูมอลูมิเนียมตามขนาดที่กำหนดซึ่งจะใช้มุมแบบกลมหรือแบบสี่เหลี่ยมก็ได้

1.2) เจาะตามระยะที่กำหนดดังรูป 3.11 เพื่อทำการยึดอีลิเมนต์

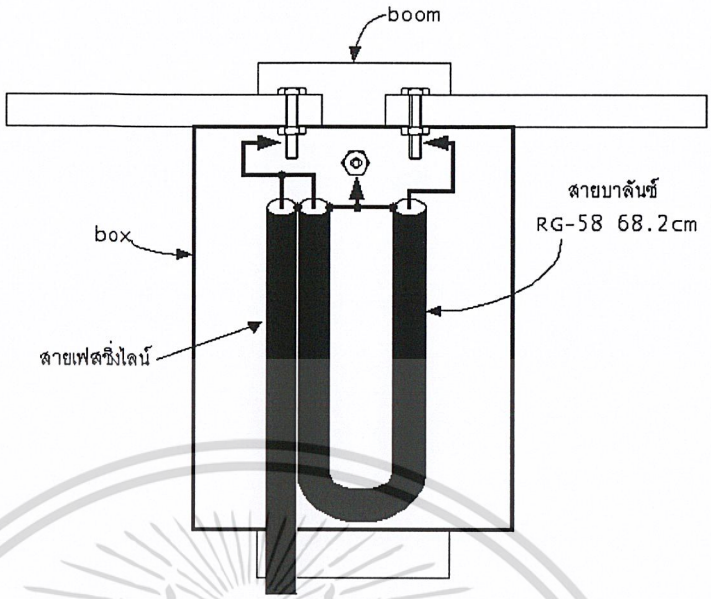
1.3) ทำการตัดอลูมิเนียมที่ใช้ทำอีลิเมนต์ของสายอากาศตามกำหนดในตารางที่ 3.2 โดยขนาดของอีลิเมนต์ที่นำมาใช้เป็นตัวชี้นำสัญญาณควรให้ยาวกว่าขนาดที่กำหนดไว้ประมาณ 20 มิลลิเมตรเพื่อไว้สำหรับใช้ตัดออกในขณะที่ทำการปรับแต่ง

1.4) จับยึดอีลิเมนต์เข้าด้วยกัน ดังรูป 3.11

1.5) ประกอบตัวรับส่งสัญญาณดังรูป 3.12

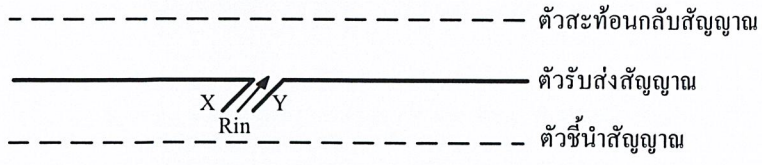
1.6) ทำการตัดสายสายบาลันซ์ตามขนาดที่กำหนดดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 รูปแบบของสายบาลันซ์

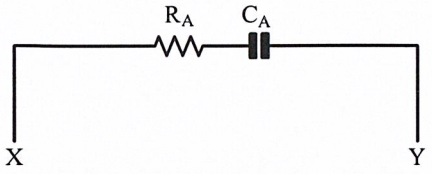
เนื่องจากการแมตซ์ชิ่งแบบแฮร์พินแมตช์ เป็นการแมตซ์ชิ่งแบบที่เรียกกันว่าแอลเน็ตเวิร์ค (L-network) ก็คือการที่ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศสูงขึ้นประมาณ 200 โอห์ม ซึ่งสายอากาศยากิเป็นสายอากาศแบบที่ต้องการสายนำสัญญาณที่จะมาเชื่อมต่อเป็นแบบบาลานซ์ (Balance) เช่น สายแบบทวินลีด (Twin Lead) แต่เมื่อเราจะนำมาใช้กับสายนำสัญญาณแบบโคแอคเชียลซึ่งเป็นสายนำสัญญาณแบบไม่สมดุล (Unbalance) ซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ประมาณ 50 โอห์มเราจึงต้องนำเอาสายนำสัญญาณเส้นหนึ่งเข้ามาเชื่อมต่อก่อนเราเรียกว่าสายบาลันซ์ การนำสายบาลันซ์มาทำการเชื่อมต่อจะทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศเหลือเพียง 1 ใน 4 ก็คือจาก 200 โอห์ม เหลือเพียง 50 โอห์ม ตรงตามความต้องการทำให้สามารถนำสายนำสัญญาณแบบไม่สมดุลก็คือสายโคแอคเชียลเข้ามาเชื่อมต่อได้ โดยสายบาลันซ์ที่ใช้จะใช้สาย RG-58 ยาวขนาด 68.2 เซนติเมตร ซึ่งจากที่กล่าวมาคุณสมบัติของสายบาลันซ์ทำหน้าที่แปลงอิมพีแดนซ์ด้วยอัตราส่วน 4 : 1 เพื่อให้เหมาะกับการใช้สายนำสัญญาณแบบโคแอคเชียลเข้ามาต่อใช้งานนั่นเอง



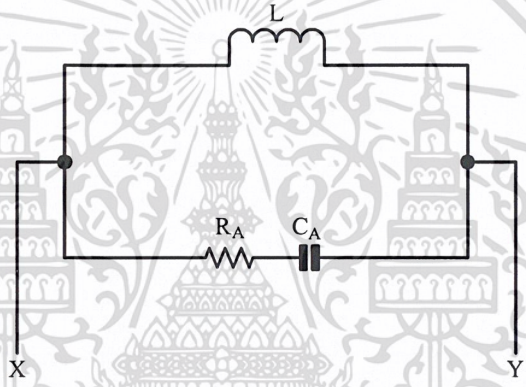
รูปที่ 3.14 การพิจารณาสายอากาศยากิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

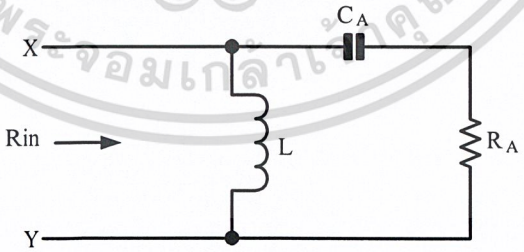
จากรูปที่ 3.14 สายอากาศยากิ ที่ขั้วต่อของตัวรับส่งสัญญาณหรือตัวไดโพลเราสามารถที่จะพิจารณาออกมาเป็นจุด X และ Y เพื่อที่จะนำมาพิจารณาเป็นวงจรสมมูลให้กับสายอากาศ



(ก) เมื่อแยกจุด X และ Y ออกมาเป็นวงจร



(ข) เมื่อต่ออินดั๊กแตนซ์เข้าไปเพื่อเพิ่มอิมพีแดนซ์ให้กับวงจร

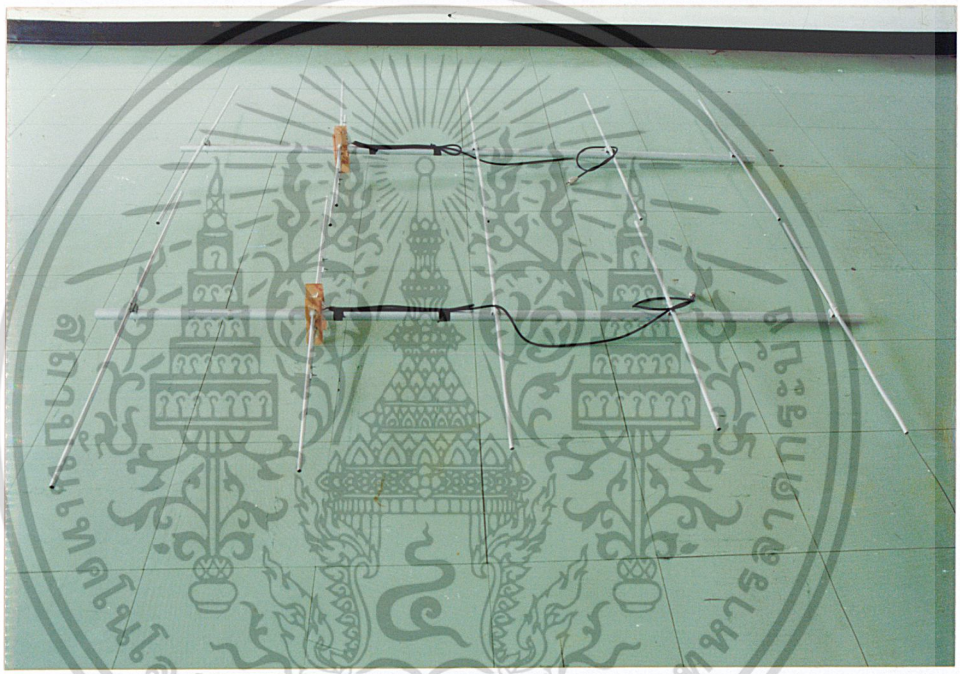


(ค) จัดรูปวงจรให้เป็นแบบแอลเน็ตเวิร์ค

รูปที่ 3.15 รูปแบบของการแมตซ์ชิ่งแบบแอลเน็ตเวิร์ค

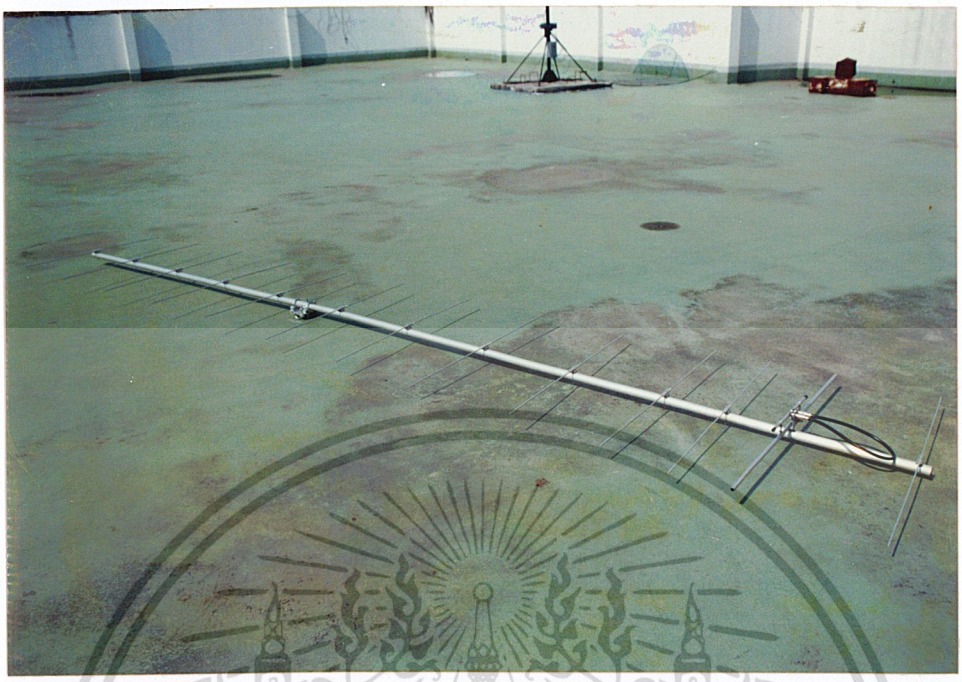
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.15 คือการพิจารณาการแมตซ์ชิ่งแบบแอลเน็ตเวิร์คจะเห็นได้ว่าเมื่อเราพิจารณาแยกจุด X และ Y ออกมาเขียนเป็นวงจรสมมูลแล้วจะได้วงจรสมมูลตามรูป (ก) โดยค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศจะประกอบด้วย R_A และ C_A ซึ่ง R_A และ C_A ในที่นี้เปรียบตัวรับส่งสัญญาณหรือตัวไดโพลนั่นเอง ค่าของอิมพีแดนซ์ในตอนนี้จะมีค่าต่ำมากจึงได้มีการนำตัวอินด๊กเตอร์ (Inductor : L) เข้ามาเชื่อมต่อเพื่อทำการเพิ่มค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรดังรูป (ข) ตัวอินด๊กเตอร์ในที่นี้ก็คือแท่งอะลูมิเนียมที่อยู่คู่ขนานกับตัวรับส่งสัญญาณนั่นเองเราเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่าแฮร์พิน รูป (ค) เมื่อจัดเรียงวงจรเสียใหม่เราเรียกวงจรสมมูลของสายอากาศแบบนี้ว่าแอลเน็ตเวิร์ค



รูปที่ 3.16 สายอากาศยากิ 5 อีลีเม้นท์ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 สายอากาศยากิ 13 อีลีเม้นท์ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.3.3 ข้อแนะนำในการปรับแต่ง

4.1) เมื่อประกอบสายอากาศเสร็จเรียบร้อยแล้วควรทำป้องกัน เพื่อไม่ให้น้ำเข้าไปในสายบาลันซ์ สายนำสัญญาณหรือสายเฟสชิ่งไลน์โดยการใช้เทปพันโดยรอบ

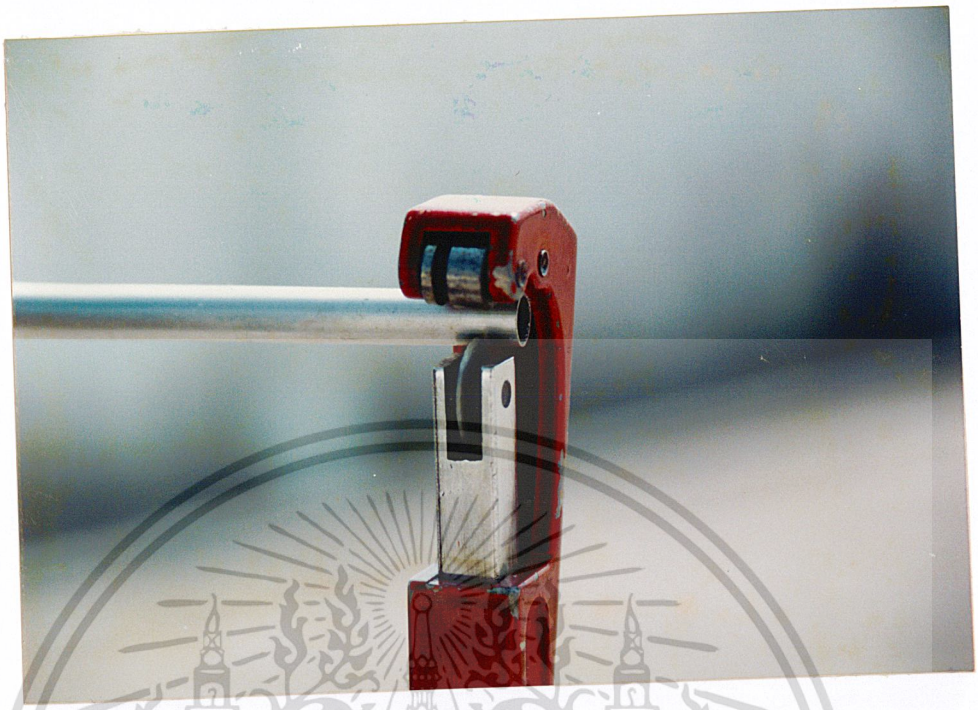
4.2) สายนำสัญญาณต้องแนบขนานไปกับบูมโดยใช้เทปพันสายไฟฟ้ามัดให้เรียบร้อย ห่างช่วงละประมาณ 0.50 เมตร เพราะถ้าไม่เรียบร้อยจะมีผลทำให้ปรับค่า SWR ไม่ลง

4.3) ตกแต่งก้านอีลิเมนต์ทุกอันให้อยู่ในตำแหน่งเป็นแนวเดียวกันและขนานกัน ส่วนปลายแต่ละด้านของก้านอีลิเมนต์ควรมีหน้าตัดเป็นวงกลมไม่บิดเบี้ยวผิดรูปเพราะจะมีผลทำให้ความถี่เรโซแนนซ์เปลี่ยนไป

4.4) หากใช้อะลูมิเนียมแบบกลวงไม่ควรใช้ลูกยางมาหุ้มปลายของอีลิเมนต์เพราะจะทำให้ความยาวทางไฟฟ้าผิดไป ในกรณีที่ต้องการป้องกันน้ำเข้าไปในก้านของอีลิเมนต์หรือต้องการลดเสียงของลมที่ผ่านก้านอีลิเมนต์ ให้ใช้ซิลิโคนอุดปิดปลายอีลิเมนต์เพียงเล็กน้อย

4.5) การต่อสายนำสัญญาณกับเครื่องวัด SWR และต่อไปยังเครื่องรับส่งการปรับแต่งควรให้เครื่องวัด SWR และเครื่องรับส่งอยู่ห่างจากสายอากาศพอสมควรเพื่อมิให้สัญญาณไปรบกวนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 การตัดตัวชี้นำสัญญาณในการปรับแมตซ์ชิ่งของสายอากาศ

รูปที่ 3.19 การเลื่อนแฮร์พินในการปรับแมตซ์ชิ่งของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 หลักในการปรับแต่ง

5.1) ทำการปรับแต่งโดยทำการวัดแมตช์ชิ่ง (Matching) โดยการวัดค่าเอสดับบลิวอาร์ (Standing Wave Ratio : SWR) จากเครื่องวัด SWR ค่าที่วัดได้จะต้องมีค่าไม่เกิน 1 : 1.5 หรือให้ค่าใกล้เคียง 1 : 1 ที่สุด

5.2) ตั้งความถี่เครื่องส่งไปที่ 144.0 –147.0 เมกะเฮิรตซ์เพื่อทำการปรับแต่งสายอากาศ

5.3) หากค่า SWR ขึ้นมาสูงที่ค่าความถี่ 147.0 เมกะเฮิรตซ์ ในขณะที่ความถี่ต่ำลงมามีค่าต่ำกว่าแสดงว่าก้านอีลิเมนต์ของตัวชี้นำยาวเกินไป ให้ค่อยๆ ตัดออกข้างละประมาณ 2 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 3.18

5.4) หากค่า SWR ขึ้นมาสูงที่ความถี่ 144.0 เมกะเฮิรตซ์ ขณะที่ความถี่สูงขึ้นไปได้ค่าต่ำกว่าให้ทดลองปรับเลื่อนแฮร์พินขยายออกไปเล็กน้อยตามรูปที่ 3.19

5.5) หากค่า SWR ขึ้นมาต่ำที่ความถี่ 144.0 เมกะเฮิรตซ์ ขณะที่ความถี่สูงขึ้นไปได้ค่าสูงกว่าให้ทดลองขยับแฮร์พินกลับเข้ามาเล็กน้อย

5.6) ทำการปรับแต่งตามขั้นตอนที่กล่าวมาจนกว่าจะได้ค่า SWR ที่ดีที่สุดซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกิน 1 : 1.5 หรือใกล้เคียง 1 : 1 ที่สุด ในทุกๆ ย่านความถี่สำหรับการใช้งานครอบคลุมตั้งแต่ย่านความถี่ 144.0-147.0 เมกะเฮิรตซ์

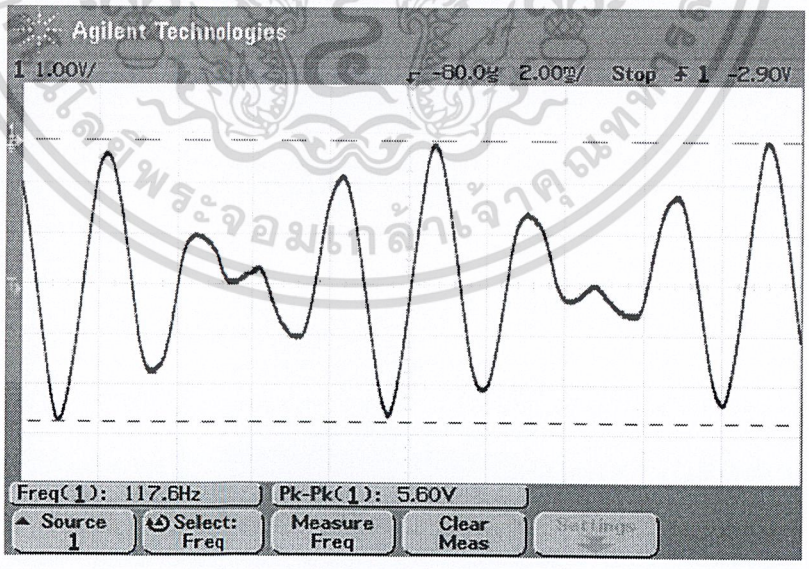
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก

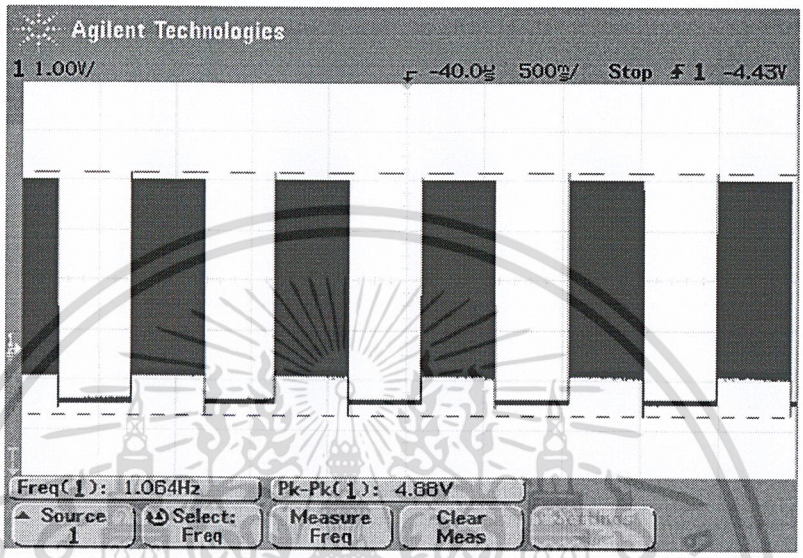
ในการเชื่อมต่อของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท ลักษณะของการเชื่อมต่อจะมีคู่สายขององค์การโทรศัพท์ 1 คู่สายทำการเชื่อมต่ออยู่กับระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทในด้านต้นทาง โดยที่ในด้านปลายทางของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท จะเชื่อมต่อผ่านไปยังชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติซึ่งต่ออยู่กับเครื่องโทรศัพท์ โดยที่คู่สายภายนอกจะสามารถติดต่อเข้าไปยังคู่สายภายในได้ถึง 8 คู่สาย ลักษณะการติดต่อสนทนาของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทนั้นจะเป็นลักษณะการติดต่อผ่านเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุในย่านวีเอชเอฟ ในการติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอกขององค์การโทรศัพท์ สามารถทำได้โดยการกดเลขหมายภายนอกโดยตรงถ้าหากคู่สายภายนอกว่างอยู่ ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทในด้านต้นทางก็จะได้รับสัญญาณให้หมุน หลังจากนั้นระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทในด้านต้นทางจะส่งสัญญาณไปยังระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทในด้านปลายทางเพื่อทำการเชื่อมต่อการสนทนาซึ่งมีรูปสัญญาณดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญญาณให้หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณให้หมุนเป็นสัญญาณให้กดหมายเลขที่ส่งมาจากองค์การโทรศัพท์ แต่ถ้าคู่สายภายนอกมีการใช้งานอยู่ก่อนแล้ว ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทจะได้รับสัญญาณไม่ว่างซึ่งมีรูปสัญญาณดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สัญญาณไม่ว่าง

4.1.1 เมื่อต่อชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์โดยตรง

จากการต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านไปยังคู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ การทำการทดลองติดต่อออกไปยังคู่สายขององค์การโทรศัพท์ซึ่งเป็นเลขหมายภายนอกนั้น เมื่อทำการกดเลขหมายภายนอกจากเครื่องโทรศัพท์ เพื่อทำการทดสอบการสนทนาผ่านคู่สายองค์การโทรศัพท์ จากการทดลองผลปรากฏว่า คุณภาพของเสียงชัดเจนดี คุณภาพสัญญาณต่างๆ ชัดเจนดี และเสียงของคู่สนทนาชัดเจนดี

4.1.2 เมื่อต่อระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทผ่านเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์

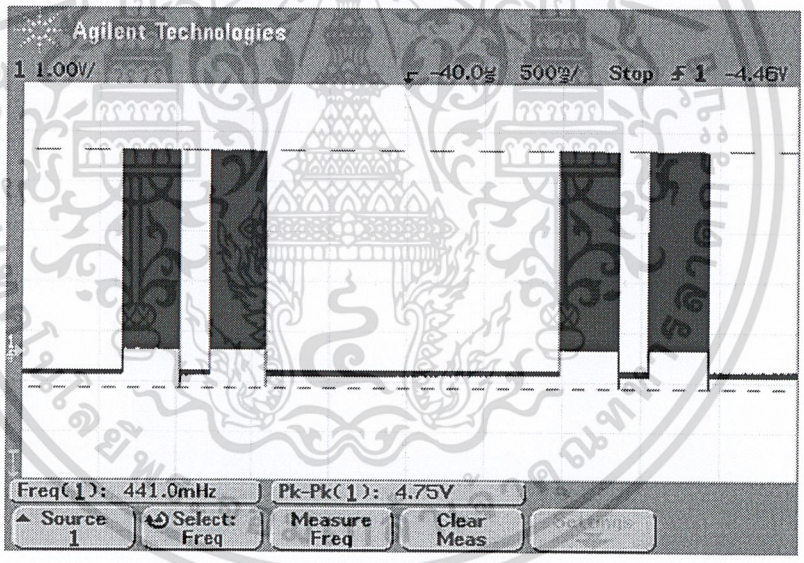
ในด้านปลายทางของการติดต่อ เครื่องโทรศัพท์จะเชื่อมต่ออยู่กับระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านไปยังระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง สำหรับใช้ในการติดต่อไปยังระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง เพื่อที่ทำการจะเชื่อมต่อเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ ซึ่งเป็นคู่สายภายนอกนั้น เมื่อทำการกดเลขหมายภายนอกจากเครื่องโทรศัพท์เพื่อทำการทดสอบการติดต่อและทดสอบการสนทนาผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังเลขหมายอื่นๆ ขององค์การ โทรศัพท์นั้น จากการทดลองผลปรากฏว่าสามารถติดต่อได้ คุณภาพของเสียง คุณภาพสัญญาณต่างๆ และเสียงของคู่สนทนาเป็นไปตามลักษณะของผลการทดลองที่ 4.3

4.2 การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน

เมื่อมีคู่สายภายนอกเรียกเข้ามายังระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท จะมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามายังระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง จะทำการส่งสัญญาณไปยังระบบชุมสายโทรศัพท์ด้านปลายทางซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านไปยังเครื่องโทรศัพท์ เมื่อระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทางได้รับสัญญาณจากระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง จะทำการตรวจสอบสัญญาณเพื่อสร้างสัญญาณกริ่งผ่านชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ซึ่งมีรูปสัญญาณดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 สัญญาณกริ่งเรียก

4.2.1 เมื่อต่อชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์โดยตรง

จากการต่อคู่สายโทรศัพท์ขององค์การ โทรศัพท์เข้ากับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านไปยังเครื่องโทรศัพท์ เมื่อมีสัญญาณจากคู่สายขององค์การ โทรศัพท์ติดต่อเข้ามายังชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ จะทำการยกหูเพื่อทดสอบการสนทนาผ่านคู่สายขององค์การโทรศัพท์ ซึ่งเป็นคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอก ในการสนทนาผ่านคู่สายขององค์การโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามา จากการทดลองผลปรากฏว่า คุณภาพของเสียงชัดเจนดี คุณภาพสัญญาณต่างๆ ชัดเจนดี และเสียงของคู่สนทนาชัดเจนดี

4.2.2 เมื่อต่อระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทผ่านเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์

เมื่อคู่สายขององค์การโทรศัพท์ทำการเชื่อมต่ออยู่กับระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง สามารถทำการทดสอบการสนทนาผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทได้จากการที่ใช้เลขหมายอื่นๆ ติดต่อเข้ามายังเลขหมายขององค์การโทรศัพท์ที่ใช้เชื่อมต่ออยู่กับระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง เพื่อที่จะใช้ในการติดต่อไปยังเครื่องโทรศัพท์ที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทางนั้น จากการทดลองผลปรากฏว่าสามารถติดต่อได้ คุณภาพของเสียง คุณภาพสัญญาณต่างๆ และเสียงของคู่สนทนาเป็นไปตามลักษณะของผลการทดลองที่ 4.3

4.3 ผลการทดลองใช้งานจริง

4.3.1 การทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 21 มีนาคม พ.ศ. 2546)

1) สถานที่ทำการทดลอง ภายในหอพักยุคลรัตน์คอนโดมิเนียม เขตลาดกระบัง ซอย สน. ดับเพลิงลาดกระบัง ระยะทางเส้นตรงประมาณ 50 เมตร

2) สายอากาศที่ใช้ เครื่องที่ต่ออยู่กับคู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ ใช้สายอากาศสไลด์แบบติดอยู่กับตัวเครื่องในการส่งและรับ เครื่องที่ติดต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ใช้สายอากาศสไลด์แบบติดอยู่กับตัวเครื่องในการส่งและรับ

3) ผลการทดลอง

3.1) การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก เมื่อส่งด้วยระดับ Low กำลังส่ง 1 วัตต์ เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกออกไปยังคู่สายภายนอกค่อนข้างชัดเจนทั้งสองด้านการสนทนา

3.2) การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก เมื่อส่งด้วยระดับ High กำลังส่ง 5 วัตต์ (กำลังส่งจริงประมาณ 3.5 วัตต์) เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกออกไปยังคู่สายภายนอกชัดเจนทั้งสองด้านการสนทนา

3.3) การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน เมื่อส่งด้วยระดับ Low กำลังส่ง 1 วัตต์ เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายในค่อนข้างชัดเจนทั้งสองด้านการสนทนา (เหมือนการติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4) การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน เมื่อส่งด้วยระดับ High กำลังส่ง 5 วัตต์ (กำลังส่งจริงประมาณ 3.5 วัตต์) เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายในชัดเจนทั้งสองด้านการสนทนา (เหมือนการติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก)

4.3.2 การทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2546)

1) สถานที่ทำการทดลอง ดาดฟ้าหอพักยุคลรัตน์คอนโดมิเนียม เขตลาดกระบัง ซอย สน. ดับเพลิงลาดกระบัง กับ บ้านเลขที่ 275 หมู่10 ถนนฉลองกรุง แขวงลำประทิว เขตลาดกระบัง ระยะทางเส้นตรงประมาณ 3 กิโลเมตร

2) สายอากาศที่ใช้ เครื่องที่ต่ออยู่กับคู่สายโทรศัพท์ ใช้สายอากาศยากิ 13 อีลีเมนต์ ในการส่งและใช้สายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ ในการรับ เสาทั้งสองสูงจากพื้นดินประมาณ 18 เมตร เครื่องที่ติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ใช้สายอากาศยากิ 13 อีลีเมนต์ ในการส่งและใช้สายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ในการรับ เสาทั้งสองสูงจากพื้นดินประมาณ 3 เมตร

3) ผลการทดลอง

3.1) การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก เมื่อส่งด้วยระดับ Low กำลังส่ง 1 วัตต์ เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกออกไปยังคู่สายภายนอกไม่ค่อยชัดเจนมีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย

3.2) การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก เมื่อส่งด้วยระดับ High กำลังส่ง 5 วัตต์ (กำลังส่งจริงประมาณ 3.5 วัตต์) เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกออกไปยังคู่สายภายนอกชัดเจนขึ้นแต่มีสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นตามมา

3.3) การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน เมื่อส่งด้วยระดับ Low กำลังส่ง 1 วัตต์ เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายในไม่ค่อยชัดเจนมีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย (เหมือนการติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก)

3.4) การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน เมื่อส่งด้วยระดับ High กำลังส่ง 5 วัตต์ (กำลังส่งจริงประมาณ 3.5 วัตต์) เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายในชัดเจนขึ้นแต่มีสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นตามมา (เหมือนการติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก)

4.3.3 การทดลองครั้งที่ 3 (วันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2546)

1) สถานที่ทำการทดลอง ดาดฟ้าหอพักยุคลรัตน์คอนโดมิเนียม เขตลาดกระบัง ซอย สน. ดับเพลิงลาดกระบัง กับ ดาดฟ้าคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระยะทางเส้นตรงประมาณ 3 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สายอากาศที่ใช้ เครื่องที่ต่ออยู่กับคู่สายโทรศัพท์ ใช้สายอากาศยากิ 13 อีลีเมนต์ ในการส่งและใช้สายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ ในการรับ เสาทั้งสองสูงจากพื้นดินประมาณ 18 เมตร เครื่องที่ติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ใช้สายอากาศยากิ 13 อีลีเมนต์ ในการส่งและใช้สายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ในการรับ เสาทั้งสองสูงจากพื้นดินประมาณ 9 เมตร

3) ผลการทดลอง

3.1) การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก เมื่อส่งด้วยระดับ Low กำลังส่ง 1 วัตต์ เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกออกไปยังคู่สายภายนอกไม่ค่อยชัดเจนเสียงค่อนข้างเบามีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย

3.2) การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอกเมื่อส่งด้วยระดับ High กำลังส่ง 5 วัตต์ (กำลังส่งจริงประมาณ 3.5 วัตต์) เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกออกไปยังคู่สายภายนอกชัดเจนขึ้นเสียงดังขึ้นเล็กน้อยแต่มีสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นตามมา

3.3) การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน เมื่อส่งด้วยระดับ Low กำลังส่ง 1 วัตต์ เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายในไม่ค่อยชัดเจนเสียงค่อนข้างเบามีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย (เหมือนการติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก)

3.4) การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน เมื่อส่งด้วยระดับ High กำลังส่ง 5 วัตต์ (กำลังส่งจริงประมาณ 3.5 วัตต์) เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายในชัดเจนขึ้นเสียงดังขึ้นเล็กน้อยแต่มีสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นตามมา (เหมือนการติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก)

4.3.4 การทดลองครั้งที่ 4 (วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2546)

1) สถานที่ทำการทดลอง ดาดฟ้าหอพักยุคลรัตน์คอนโดมิเนียม เขตลาดกระบัง ซอย สน. ดับเพลิงลาดกระบัง กับ ดาดฟ้าตึกปฏิบัติการจอมไตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระยะทางเส้นตรงประมาณ 3 กิโลเมตร

2) สายอากาศที่ใช้ เครื่องที่ต่ออยู่กับคู่สายโทรศัพท์ ใช้สายอากาศยากิ 13 อีลีเมนต์ ในการส่งและใช้สายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ ในการรับ เสาทั้งสองสูงจากพื้นดินประมาณ 18 เมตร เครื่องที่ติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ใช้สายอากาศยากิ 13 อีลีเมนต์ ในการส่งและใช้สายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ในการรับ เสาทั้งสองสูงจากพื้นดินประมาณ 18 เมตร

3) ผลการทดลอง

3.1) การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก เมื่อส่งด้วยระดับ Low กำลังส่ง 1 วัตต์ เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกออกไปยังคู่สายภายนอกชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2) การติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก เมื่อส่งด้วยระดับ High กำลังส่ง 5 วัตต์ (กำลังส่งจริงประมาณ 3.5 วัตต์) เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกออกไปยังคู่สายภายนอกชัดเจนขึ้นเสียงดังขึ้นทั้งสองด้านการสนทนา

3.3) การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน เมื่อส่งด้วยระดับ Low กำลังส่ง 1 วัตต์ เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายในชัดเจน (เหมือนการติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก)

3.4) การติดต่อจากคู่สายภายนอกเข้ามายังคู่สายภายใน เมื่อส่งด้วยระดับ High กำลังส่ง 5 วัตต์ (กำลังส่งจริงประมาณ 3.5 วัตต์) เสียงที่ติดต่อได้ขณะที่เรียกออกขณะที่เรียกเข้ามายังคู่สายภายในชัดเจนขึ้นเสียงดังขึ้นทั้งสองด้านการสนทนา (เหมือนการติดต่อจากคู่สายภายในออกไปยังคู่สายภายนอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

โครงงานนี้เป็นการเพิ่มระยะทางการติดต่อสื่อสารในระบบโทรศัพท์ให้กับสถานที่ๆ มีความต้องการติดตั้งสายเคเบิ้ลไกลๆ ซึ่งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากและไม่สามารถติดตั้งได้ในระยะทางที่ทุรกันดารหรือไม่คุ้มค่าเพียงพอต่อการลงทุน โดยจะใช้เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุในย่านวีเอชเอฟเป็นตัวส่งสัญญาณและรับสัญญาณแทน ซึ่งสามารถรับส่งได้มากกว่า 12 กิโลเมตร และสามารถติดต่อได้กับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ ส่วนของทางด้านปลายทางสามารถแยกคู่สายย่อยได้ โดยใช้เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

ในการทำปริญญานิพนธ์ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน โดยส่วนแรก คือส่วนของการควบคุมและเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุในย่านวีเอชเอฟ โดยได้ทำการศึกษาระบบของโทรศัพท์และระบบของวิทยุสื่อสาร เมื่อนำทั้งสองส่วนมาประกอบให้ทำงานร่วมกัน ปรากฏว่าผลการทำงานทั้งหมดเป็นที่น่าพอใจตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้และสามารถนำไปใช้งานได้ ส่วนที่สอง คือส่วนของสายอากาศเป็นส่วนที่ใช้ในการรับส่งคลื่นวิทยุในย่านวีเอชเอฟ โดยได้ทำการสร้างสายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์ จำนวน 2 ต้น เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณและได้ทำการสร้างสายอากาศยากิชนิด 5 อีลิเมนต์ จำนวน 2 ต้น เพื่อใช้ในการรับสัญญาณ เหตุผลที่สร้างสายอากาศยากิชนิด 13 อีลิเมนต์ เพื่อใช้ในการส่งนั้นก็เพื่ออาศัยคุณสมบัติกำลังขยายความแรงของสายอากาศยากิชนิด 13 อีลิเมนต์ ในการส่ง ซึ่งคุณสมบัติของสายอากาศยากิชนิด 13 อีลิเมนต์ จะให้บีมวิดธ์ที่แคบและมีความแรงของสัญญาณสูง ส่วนเหตุผลที่สร้างสายอากาศยากิชนิด 5 อีลิเมนต์ เพื่อใช้ในการรับนั้นก็เพื่ออาศัยคุณสมบัติของบีมวิดธ์ที่กว้างกว่าสายอากาศยากิชนิด 13 อีลิเมนต์ ซึ่งจะทำให้ขอบเขตของการรับด้วยสายอากาศยากิชนิด 5 อีลิเมนต์ นั้นดีกว่าการรับด้วยสายอากาศยากิชนิด 13 อีลิเมนต์ ทำให้ความคลาดเคลื่อนของทิศทางในการรับลดน้อยลงกว่าการรับด้วยสายอากาศยากิชนิด 13 อีลิเมนต์ ซึ่งสายอากาศที่ใช้ในการรับก็ไม่จำเป็นที่จะต้องมีกำลังขยายความแรงของสัญญาณสูงเหมือนกับสายอากาศยากิชนิด 13 อีลิเมนต์ อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา การทดลองเกิดความล่าช้าเนื่องมาจาก การจัดหาซื้อวิทยุสื่อสารย่านวีเอชเอฟมือสองทำได้ยากและการที่จะซื้อวิทยุสื่อสารย่านวีเอชเอฟใหม่มาทำการทดลองก็มีราคาแพงเกินไป

แนวทางแก้ไข พยายามจัดหาซื้อวิทยุสื่อสารให้เร็วที่สุด โดยการการไปเดินหาซื้อแถวตลาดขายอุปกรณ์มือสอง ค้นหาจากการประกาศขายในอินเตอร์เน็ตและสอบถามจากผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับทางด้านนี้

2. ปัญหา การนำวงจรเดลต้ามอดูเลชั่นมาใช้งานในการแปลงสัญญาณแอนะลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อทำการกวนข้อมูลหรือสแกรมเบิ้ลสัญญาณเพื่อความปลอดภัยในการส่งและรับข้อมูลให้ปลอดภัยจากการดักฟัง วงจรเดลต้ามอดูเลชั่นไม่สามารถทำการผลิตสัญญาณออกมาได้ไม่ว่าจะเป็นการต่อวงจรตามข้อมูลที่ได้มาหรือแม้ว่าจะต่อวงจรตามดาต้าชีตแล้วก็ตาม

แนวทางแก้ไข นำวงจรพัลส์โค้ดมอดูเลชั่นมาใช้งานแทนวงจรเดลต้ามอดูเลชั่น

3. ปัญหา การนำวงจรพัลส์โค้ดมอดูเลชั่นมาใช้งานแทนวงจรเดลต้ามอดูเลชั่น อุปกรณ์ตัวที่ต้องการใช้ในการทดลองไม่สามารถซื้อหาได้ในท้องตลาดเมืองไทยและไม่สามารถซื้อหาได้ในระยะเวลาอันสั้น

แนวทางแก้ไข ได้ทำการปรึกษาจากอาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญและได้นำอุปกรณ์ตัวอื่นมาทำการทดลองแทน

4. ปัญหา ตัวอุปกรณ์ที่นำมาแทนอุปกรณ์ตัวที่ต้องการของวงจรพัลส์โค้ดมอดูเลชั่นนั้น มีวงจรภายในและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้งานไม่เหมือนกันกับอุปกรณ์ตัวที่ต้องการและตัวอุปกรณ์ที่นำมาแทนอุปกรณ์ตัวที่ต้องการนั้น มีความต้องการตัวอุปกรณ์อื่น ซึ่งเป็นวงจรรวมอีกตัว ไม่สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาดเมืองไทยเช่นกัน แม้ว่าจะพยายามศึกษาวงจรภายในและทำการต่อวงจรโดยหลีกเลี่ยงอุปกรณ์ตัวดังกล่าวก็ไม่สามารถที่จะใช้งานตัวอุปกรณ์แทนของวงจรพัลส์โค้ดมอดูเลชั่นตัวนั้นได้

แนวทางแก้ไข ได้ทำการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาและได้ทำการลดการแปลงสัญญาณดิจิตอลเพราะไม่สามารถหาอุปกรณ์ที่ต้องการได้ในระยะเวลาอันสั้น

5. ปัญหา ช่องความถี่ที่ใช้ในการทดลองบางครั้งมีผู้อื่นใช้ร่วม ทำให้เกิดการรบกวนกัน

แนวทางแก้ไข ทำการเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการทดลองขณะนั้น ไปยังช่องสัญญาณที่ไม่มีสถานีอื่นใช้อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปัญหา ในการทดลองจริงไม่สามารถตั้งสายอากาศให้สูงตามที่คาดหวังเอาไว้ได้ เนื่องมาจากว่าสถานที่ในการทดลองไม่เอื้ออำนวย

แนวทางแก้ไข หาจุดที่มีทิศทางการรับสัญญาณที่ดีที่สุด

7. ปัญหา เกิดการรบกวนของสัญญาณจากคลื่นความถี่ช่องอื่นๆ ที่ใช้อยู่บริเวณใกล้เคียงสถานที่ทำการทดลอง

แนวทางแก้ไข หยุดทำการทดลองในขณะที่เกิดการรบกวนกันชั่วคราว

8. ปัญหา เกิดการรบกวนของสัญญาณภายในระบบระหว่างการสนทนาเป็นผลให้เสียงในการสนทนาไม่ชัดเจน

แนวทางแก้ไข ทำการแก้ไขโดยการเปลี่ยนสายต่อวงจรในระบบให้เป็นสายชีลด์เพื่อช่วยลดสัญญาณรบกวน

9. ปัญหา สัญญาณเสียงในการสนทนาค่อนข้างเบาไม่ชัดเจน

แนวทางแก้ไข ทำการปรับความแรงของสัญญาณจากภาควงจรขยายของเครื่องรับส่งและทำการปรับความแรงของสัญญาณด้านเอาต์พุตในระบบให้มีความแรงเพิ่มขึ้น

5.3 แนวทางการพัฒนา

1.สามารถเพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสารให้มากขึ้นได้โดยเพิ่มกำลังของเครื่องส่งวิทยุและใช้สายอากาศแบบทิศทางที่มีอัตราขยายสูงได้

2.ในอนาคตหากราคาอุปกรณ์เกี่ยวกับการสื่อสารถูกลงอาจจะสามารถเปลี่ยนความถี่ไปใช้งานในย่านไมโครเวฟ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาจากการรบกวนได้

3.ทำการแปลงจากสัญญาณจากแอนะลอกเป็นดิจิตอลสำหรับการเข้ารหัสสัญญาณเสียงเพื่อช่วยในการป้องกันการสนทนาจากการดักฟังได้

4.เครื่องชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทควรพัฒนาให้สามารถใช้งานกับเครื่องโทรสารเพื่อรองรับความต้องการในการใช้งานให้ได้มากขึ้น สำหรับช่วยแก้ปัญหาในการส่งข้อมูลข่าวสารผ่านพื้นที่ทุรกันดารและยังช่วยลดความต้องการในการวางสายนำสัญญาณได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

โกศล เพ็ชร์สุวรรณ์. **เทคโนโลยีโทรคมนาคม.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542

เฉลิม มากมีและคณะ. "ชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย." ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538

วสันต์ อาชาเดโชพล. **ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 2536

วิวัฒน์ กิรานนท์. **พื้นฐานการสื่อสาร.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2536

วิวัฒน์ กิรานนท์. **วิศวกรรมการสื่อสาร.** กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2540

สุชิน จำจัด. **วิศวกรรมโทรศัพท์.** กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2536

สัญชัย นิโสย(ผู้รวบรวม). **เทคนิคระบบโทรศัพท์.** ภูเก็ต : วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต ม.ป.ป.

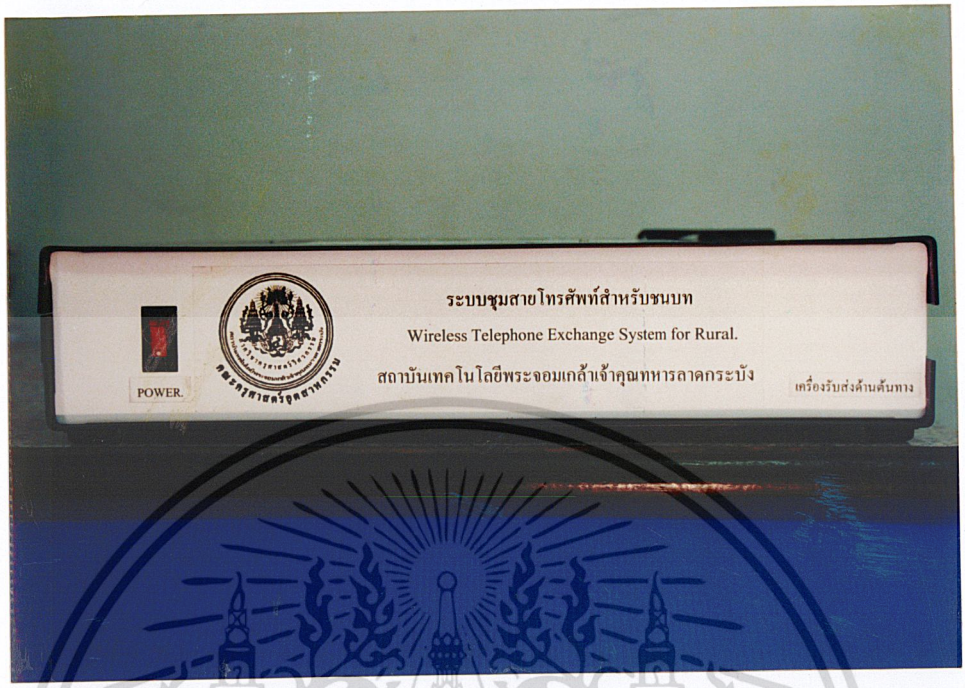
อัลแลน ลีเทล. **วิศวกรรมสายอากาศ.** แปลจาก **ABC'S of Antennas by Allan Lytel.** โดย นิตย์ วรนิตินันท์ กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง. 2537

John, L Hilburn. **Manual of active design.** New York : McGraw-Hill. 1973

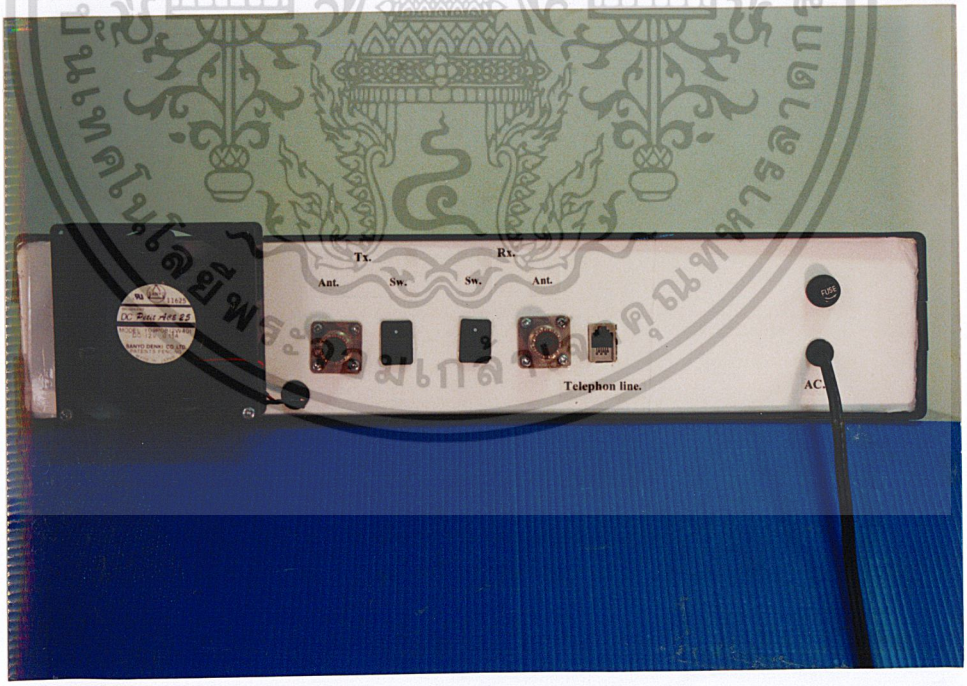
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



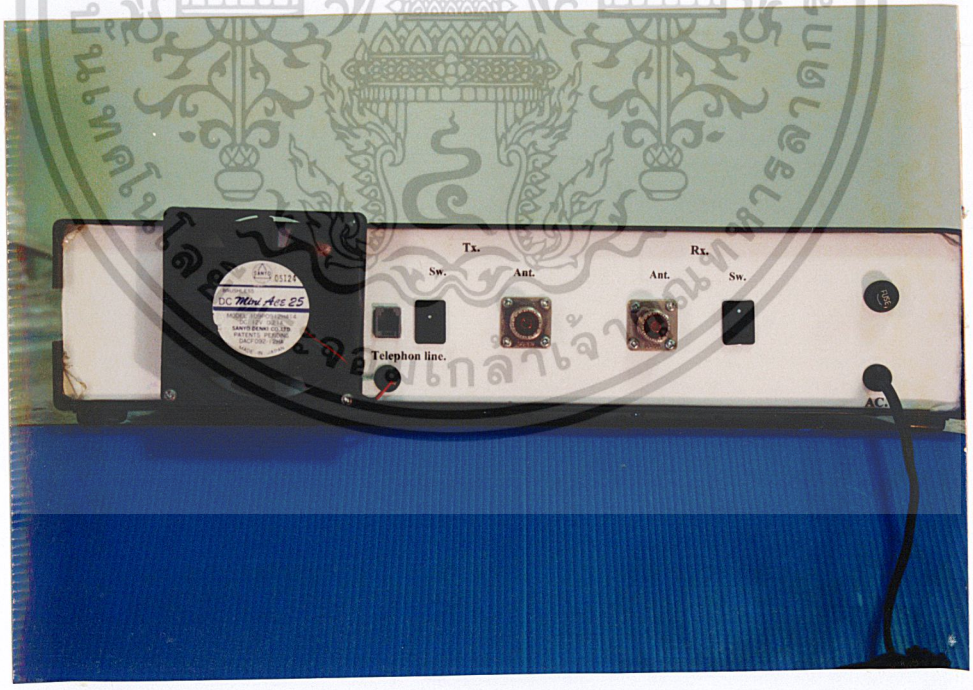
รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง



รูปที่ ก.2 ด้านหลังของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง

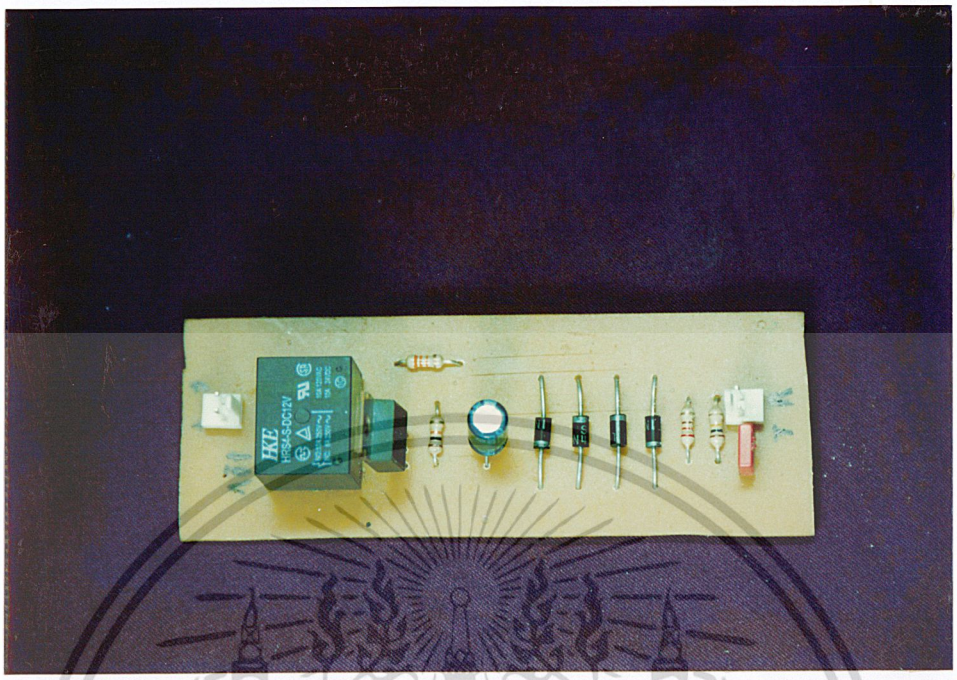
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 ด้านหน้าของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง

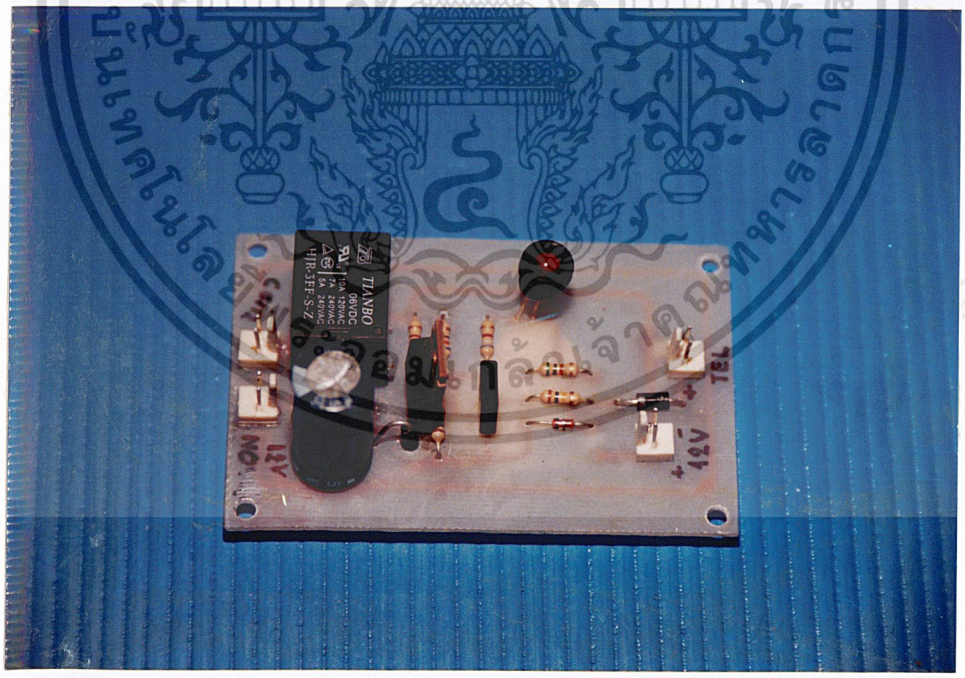


รูปที่ ก.4 ด้านหลังของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

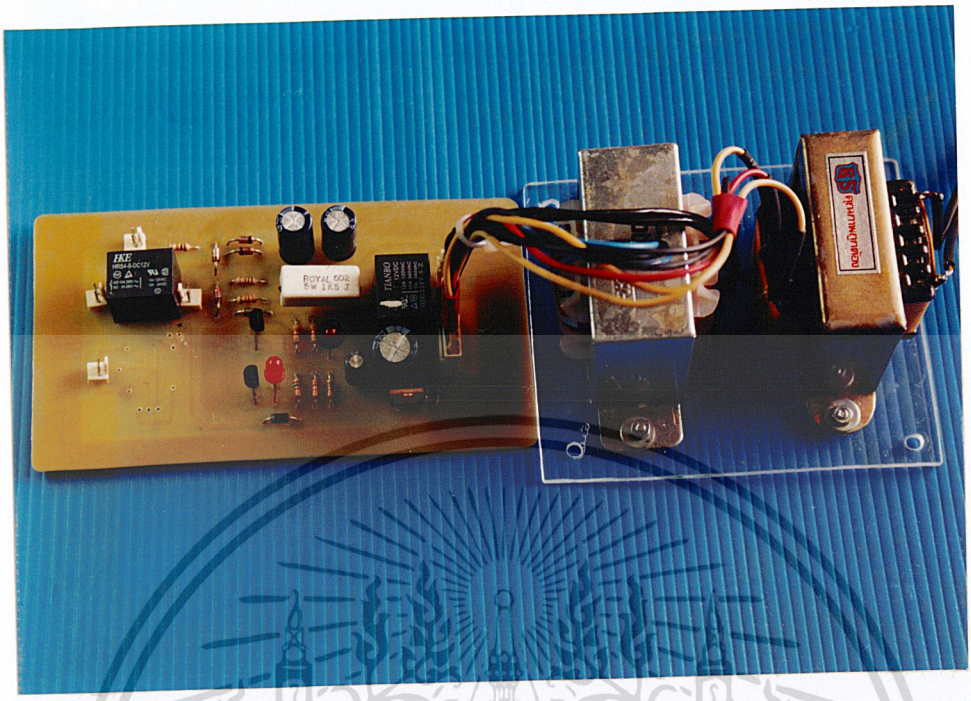


รูปที่ ก.5 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

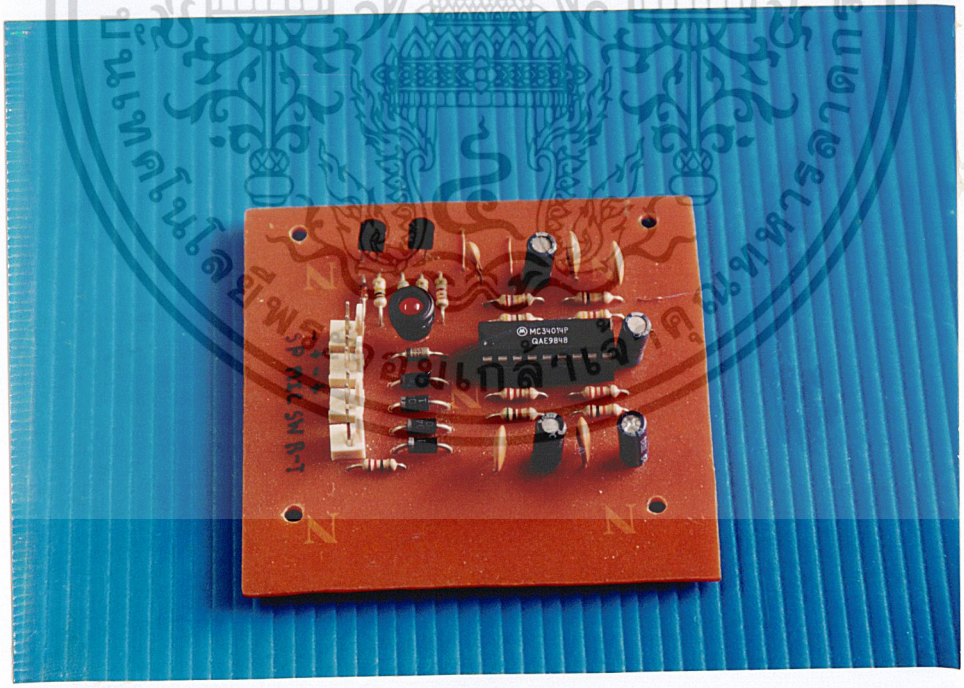


รูปที่ ก.6 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



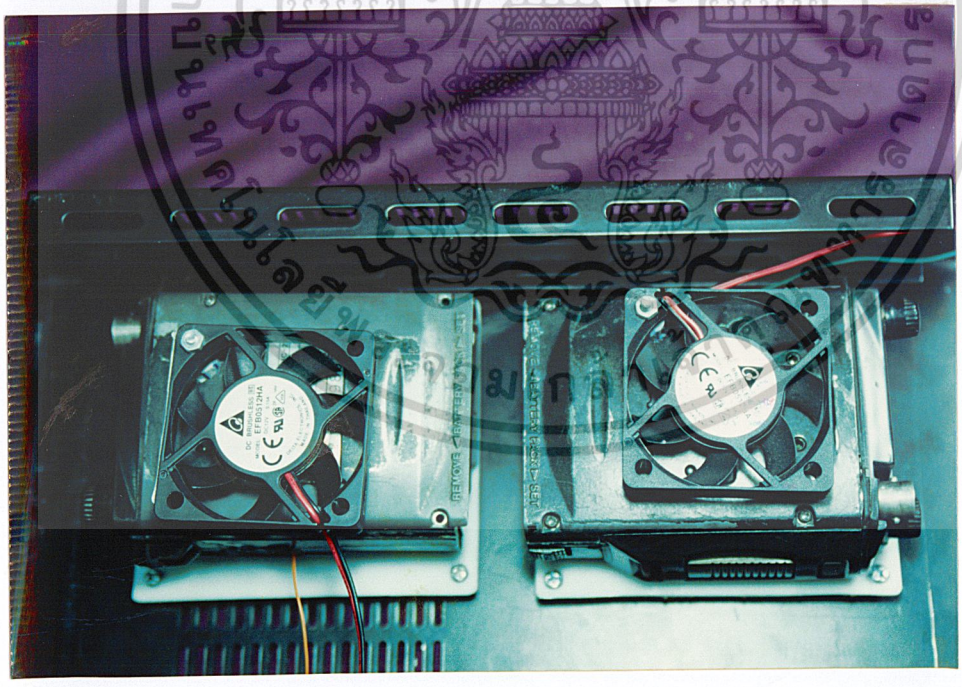
รูปที่ ก.7 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง



รูปที่ ก.8 วงจรไฮบริดจ์

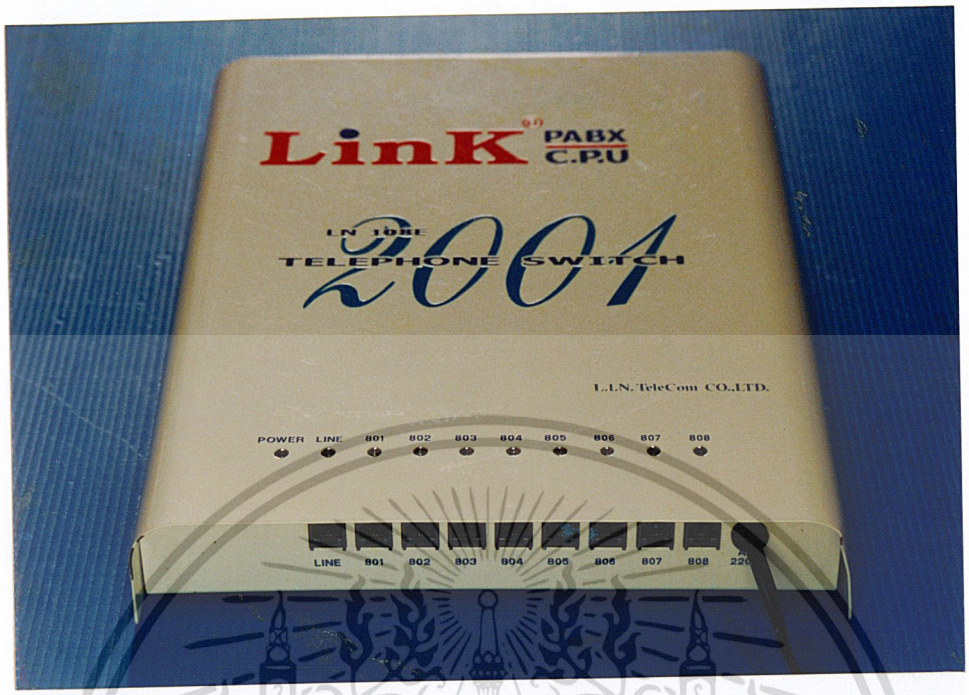
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.9 วงจรแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ ก.10 วิทยุรับส่งที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.11 ชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติที่นำมาเชื่อมต่อใช้งานในระบบ

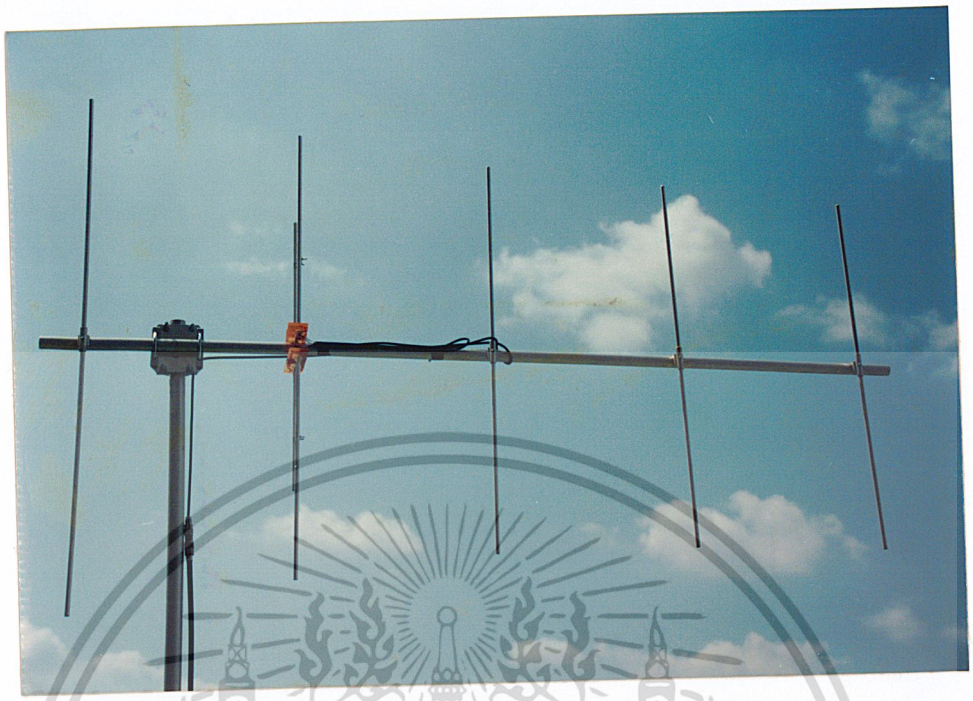
รูปที่ ก.12 ลักษณะการเชื่อมต่อระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทขณะใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.13 การเชื่อมต่อสายนำสัญญาณเข้ากับสายอากาศขณะใช้งานจริง

รูปที่ ก.14 สายอากาศ 13 อีลิเมนต์ที่ใช้สำหรับการส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



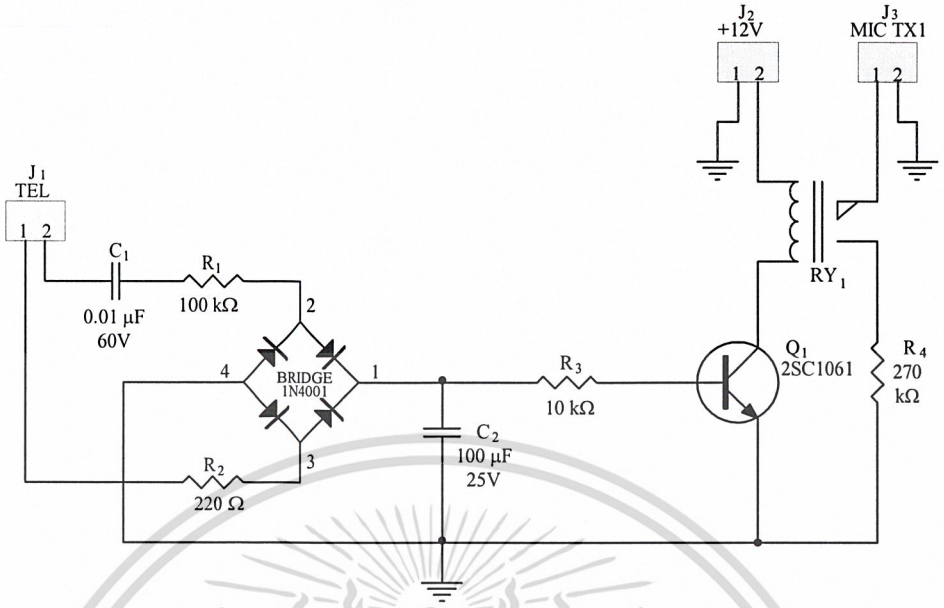
รูปที่ ก.15 สายอากาศ 5 อีลิเมนต์ที่ใช้สำหรับการรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

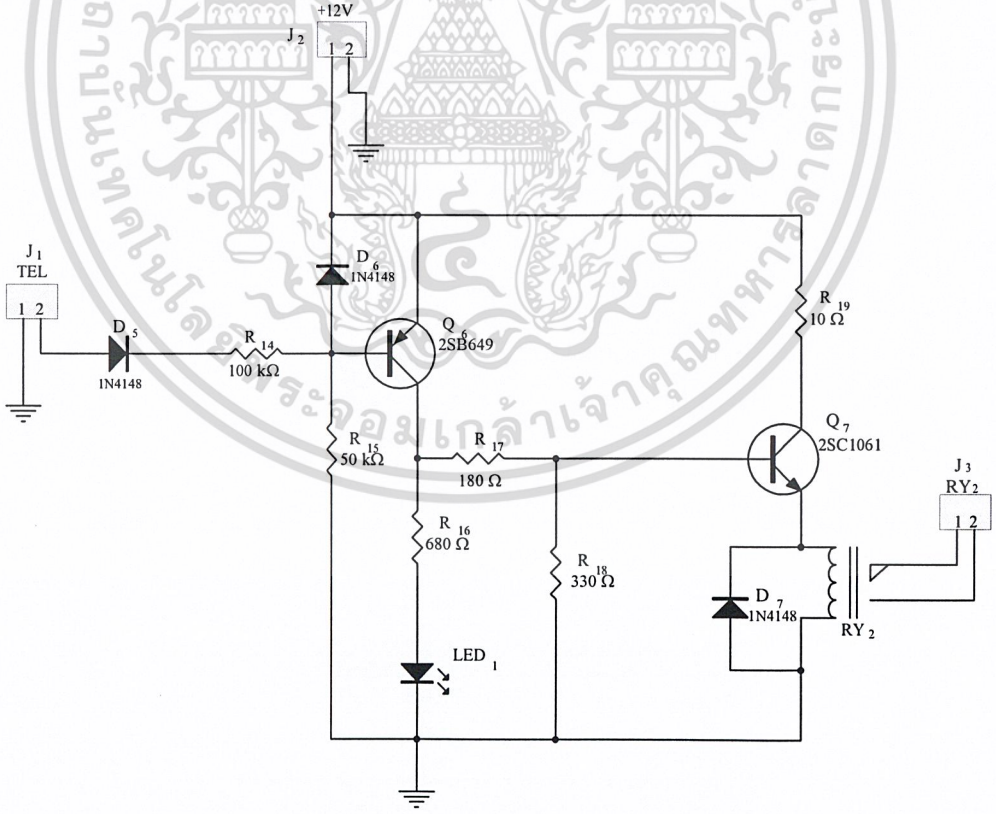
ภาคผนวก ข

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

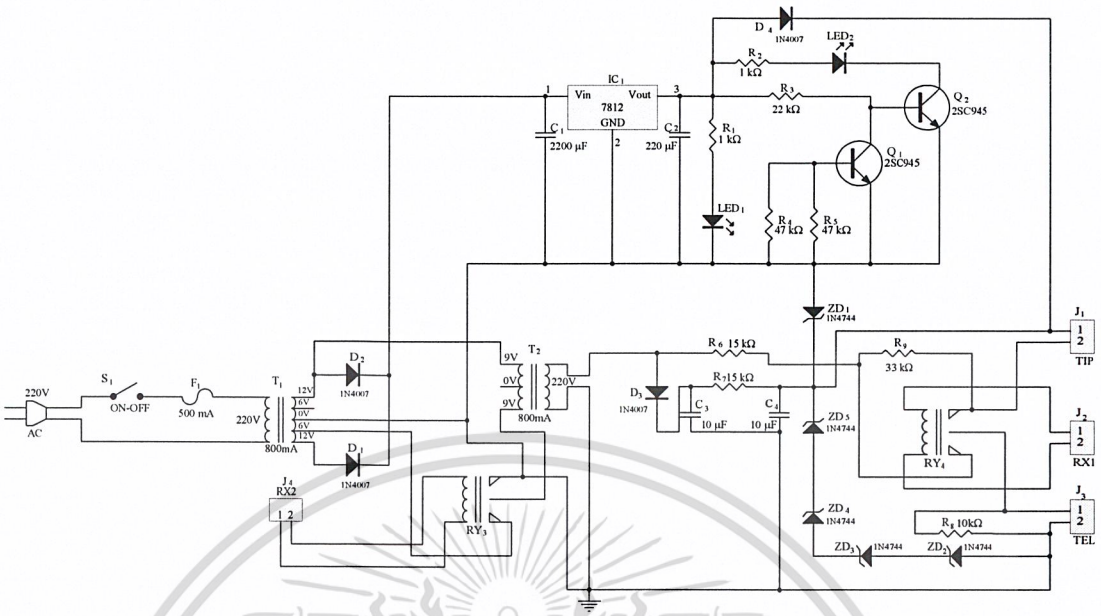


รูปที่ ข.1 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

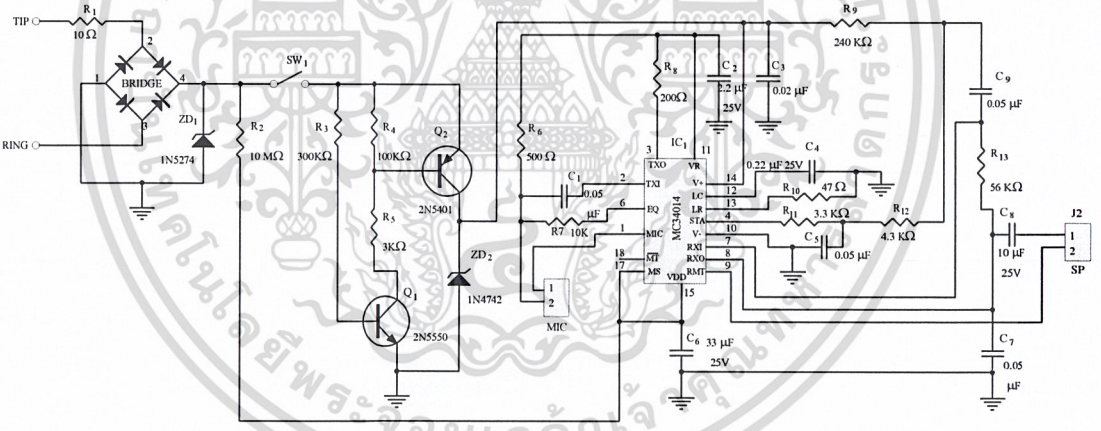


รูปที่ ข.2 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

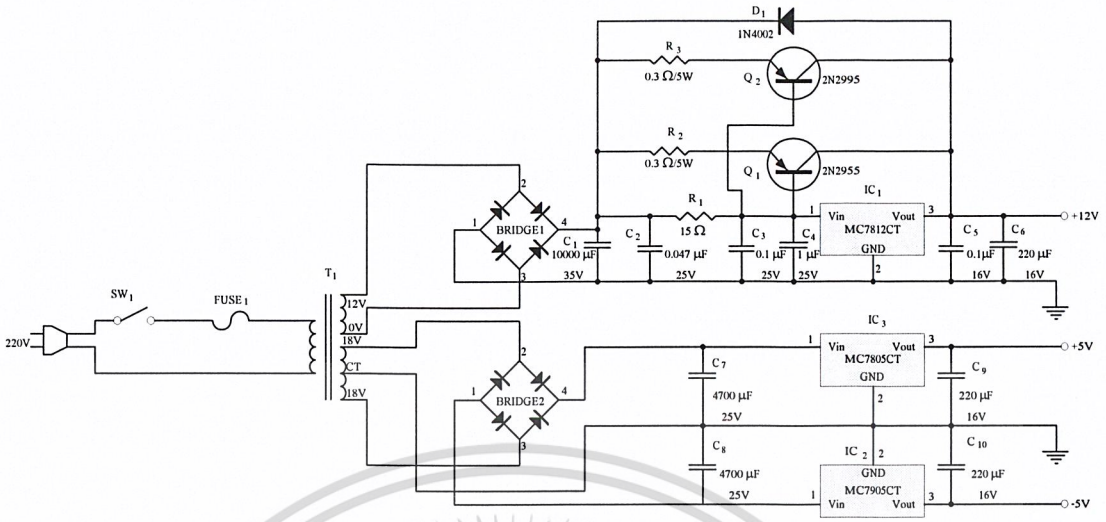


รูปที่ ข.3 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

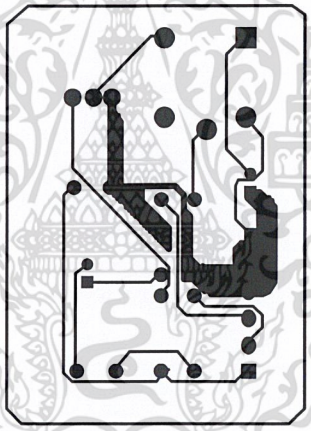


รูปที่ ข.4 วงจรไฮบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

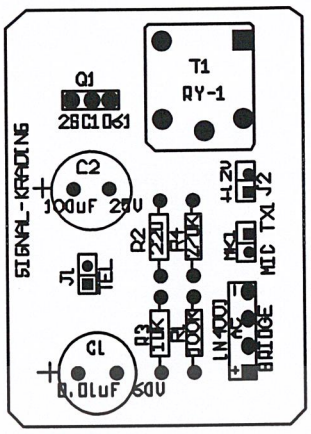


รูปที่ ข.5 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

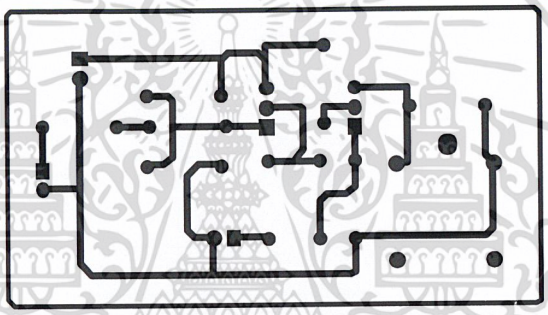


รูปที่ ข.6 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

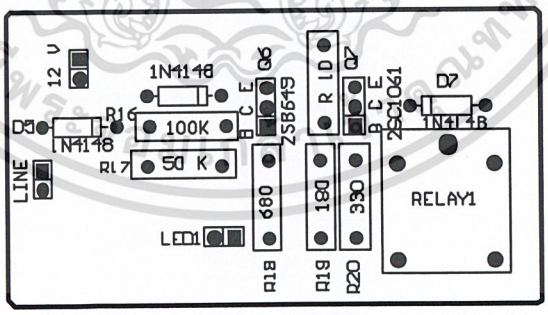
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 การวางอุปกรณ์วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

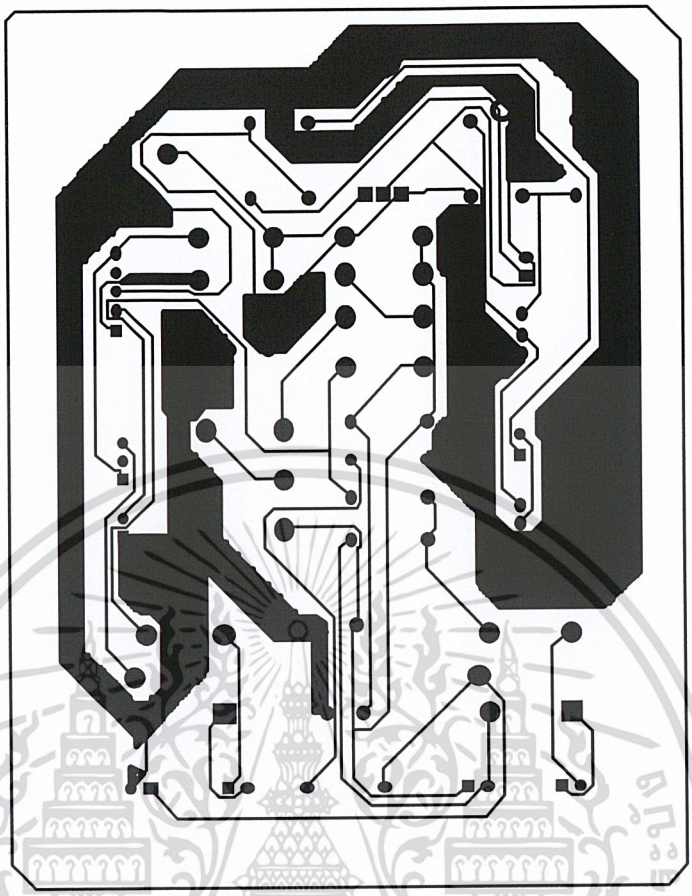


รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์



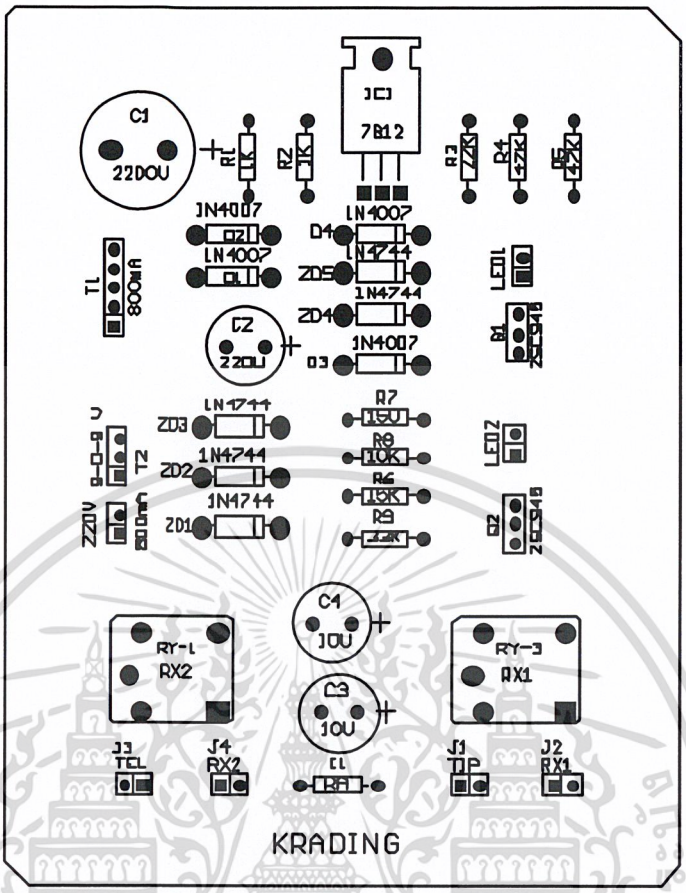
รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

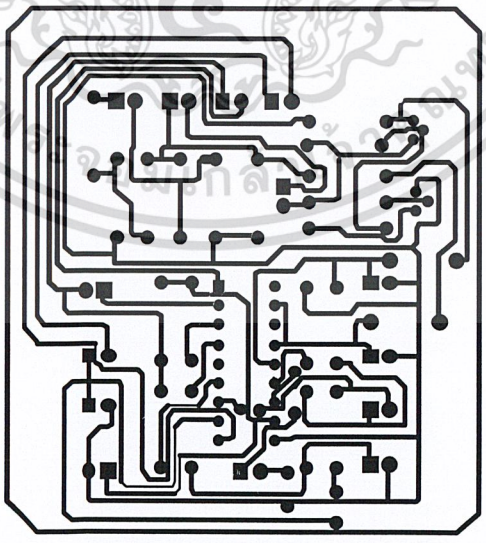


รูปที่ ข.10 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

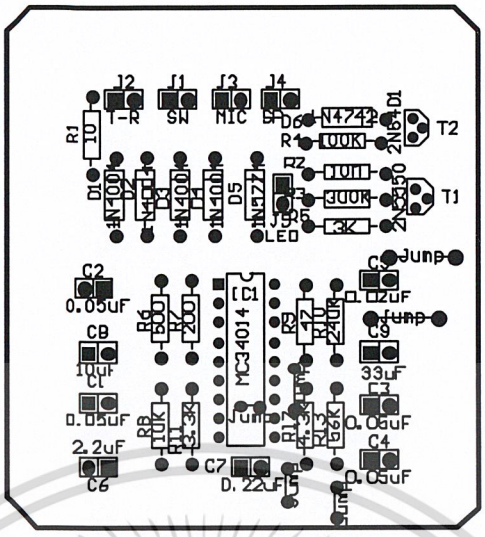


รูปที่ ข.11 การวางอุปกรณ์วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

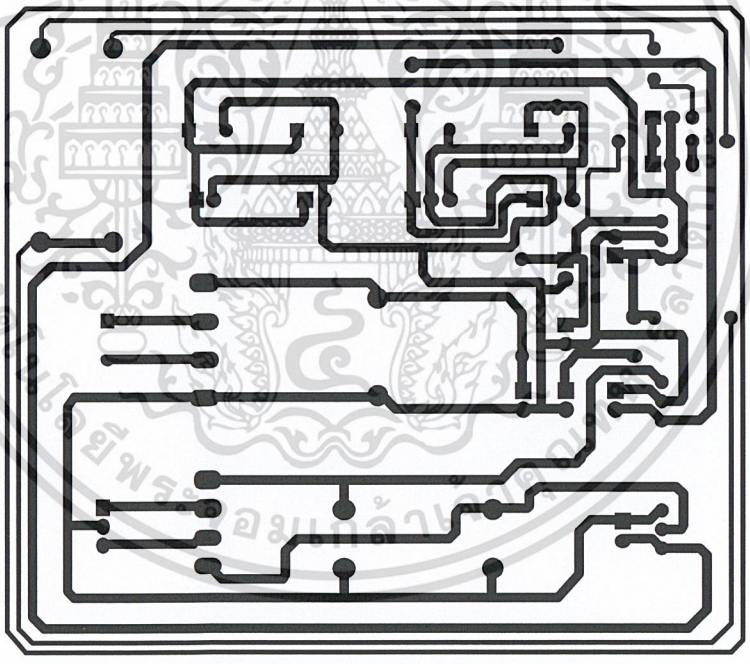


รูปที่ ข.12 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรไฮบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

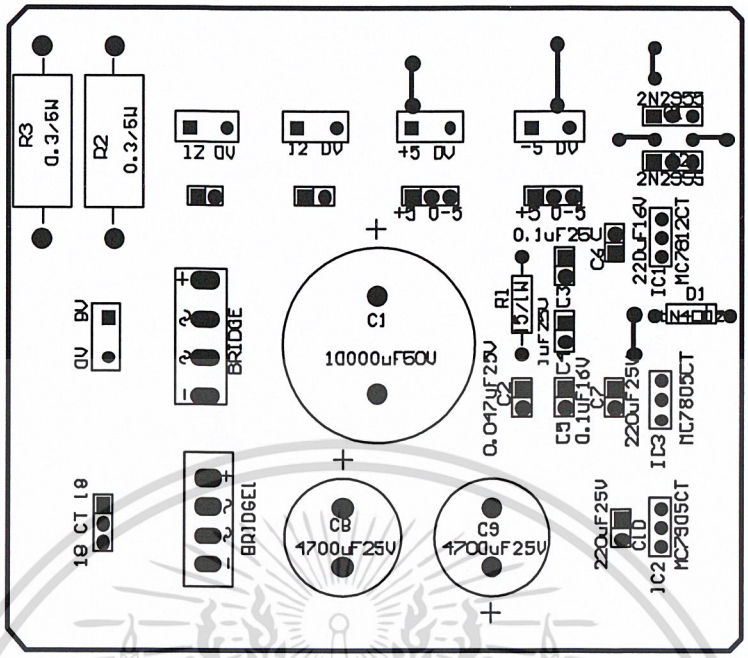


รูปที่ ข.13 การวางอุปกรณ์วงจรไฮบริดจ์



รูปที่ ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.15 การวางอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q_1	2SC1061	1 ตัว
D_1-D_4	1N4001	4 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C_1	0.01 μF 60 V ไวม่า	1 ตัว
C_2	100 μF 25 V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R_1	10 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_2	220 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R_3	10 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_4	270 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
RY_1	12 V AC 1 NO-1NC	1 ตัว
J_1-J_4	Socket 2 pin	4 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q_6	2SB1651	1 ตัว
Q_7	2SC1061	1 ตัว
D_5-D_7	1N4148	3 ตัว
LED_1	สีแดง	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
R_{14}	100 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_{15}	50 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_{16}	680 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R_{17}	180 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R_{18}	330 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R_{19}	10 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
Relay 2	12 V AC 1 NO-1NC	1 ตัว
J_1-J_3	Socket 2 pin	3 ตัว

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC_1	MC7812CT	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q_1-Q_2	2SC945	2 ตัว
D_1-D_4	1N4007	4 ตัว
ZD_1-ZD_5	1N4744	5 ตัว
LED_1-LED_2	สีแดง	2 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C_1	2200 µF 16 V	1 ตัว
C_2	220 µF 25 V	1 ตัว
C_3-C_4	10 µF 25 V	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
R_1-R_2	1 kΩ 1/4 W 1%	2 ตัว
R_3	22 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_4-R_5	47 kΩ 1/4 W 1%	2 ตัว
R_6-R_7	15 k Ω 1/4 W 1%	2 ตัว
R_8	10 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_9	33 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
F_1	ฟิวส์ 500 mA	1 ตัว
RY_3-RY_4	12 V AC 1 NO-1NC	2 ตัว
J_1-J_3	Socket 2 pin	2 ตัว
S_1	สวิตซ์แบบ DPST 5 A	1 ตัว
T_1	หม้อแปลงแบบ 220 / 12-6-0-6-12 800 mA	1 ตัว
T_2	หม้อแปลงแบบ 220 / 9-0-9 500 mA	1 ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรไฮบริดจ์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC_1	MC34014	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q_1	2N5401	1 ตัว
Q_2	2N5550	1 ตัว
D_1-D_4	1N4001	4 ตัว
ZD_1	1N5274	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรไฮบริดจ์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C_1, C_5, C_7, C_9	0.05 µF 60 V ไวม่า	4 ตัว
C_2	2.2 µF 25 V	1 ตัว
C_3	0.01 µF 60 V ไวม่า	1 ตัว
C_4	0.22 µF 25 V	1 ตัว
C_6	33 µF 25 V	1 ตัว
C_8	10 µF 25 V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R_1	10 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R_2	10 MΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_3	300 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_4	100 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_5	3 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_6	500 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R_7	10 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_8	200 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R_9	240 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_{10}	47 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R_{11}	3.3 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_{12}	4.3 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R_{13}	56 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J_1-J_2	Socket 2 pin	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายแรงไฟ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC_1	MC7812CT	1 ตัว
IC_2	MC7905CT	1 ตัว
IC_3	MC7805CT	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q_1, Q_2	2N2955	2 ตัว
D_1-D_8	1N4001	8 ตัว
D_9	1N4002	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C_1	10,000 µF 53 V	1 ตัว
C_2	0.047 µF 25 V	1 ตัว
C_3, C_5	0.1 µF 25 V	2 ตัว
C_4	1 µF 25 V	1 ตัว
C_6, C_9, C_{10}	220 µF 16 V	3 ตัว
C_7, C_8	4,700 µF 25 V	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R_1	15 Ω /1W	1 ตัว
R_2, R_3	0.3 Ω /5W	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
F_1	ฟิวส์ 3 A	1 ตัว
T_1	หม้อแปลงแบบ 220 / 18-0-18 /12-0 1 A	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

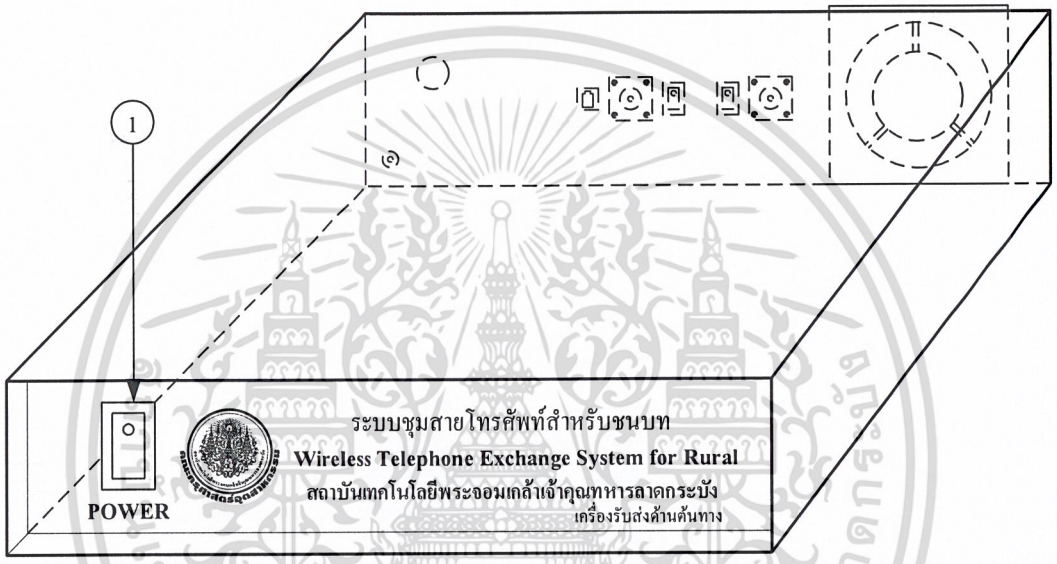
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

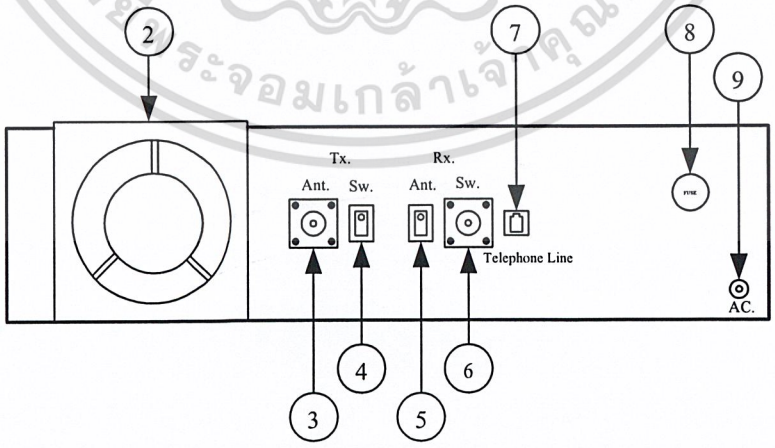
1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนทำการใช้งานระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท ต้องทำการต่อสายอากาศเข้ากับตัวเครื่องให้เรียบร้อย ควรศึกษาคู่มือการใช้งานของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทให้เข้าใจเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ จ.1 ด้านหน้าของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง



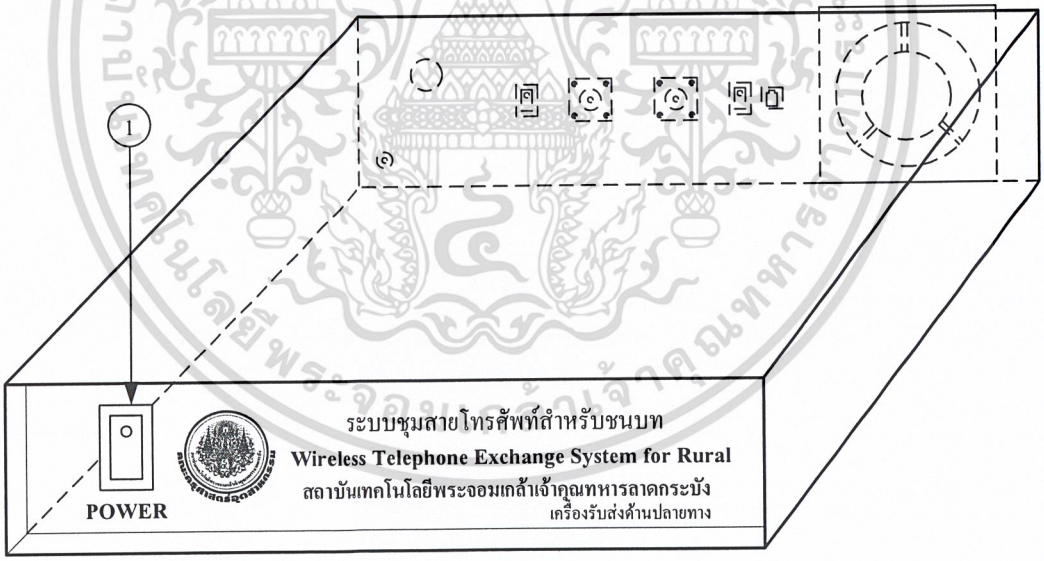
รูปที่ จ.2 ด้านหลังของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทจะแบ่งระบบการทำงานออกเป็น 2 ด้าน ซึ่งมีรายละเอียดของส่วนประกอบและปุ่มควบคุมต่างๆ ดังรูปที่ จ.1 ถึง จ.4

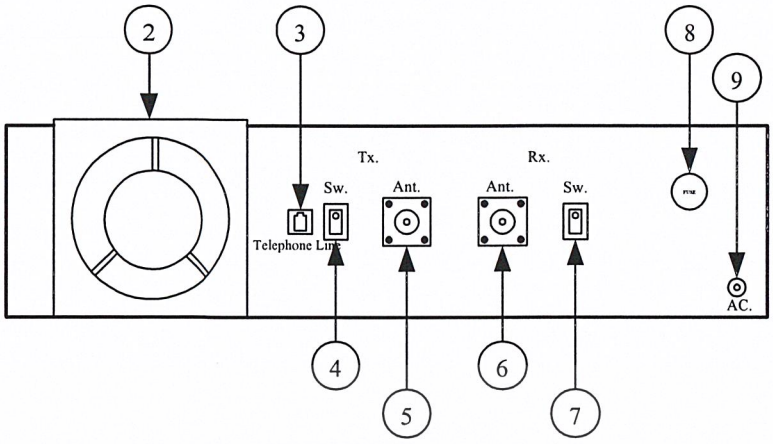
จากรูปที่ จ.1 และ จ.2 คือระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทางมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

① สวิตซ์เปิดปิดระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง
② พัดลมระบายความร้อน
③ จุดต่อสายอากาศชุดส่งสัญญาณวิทยุ
④ สวิตซ์เปิดปิดชุดส่งสัญญาณวิทยุ
⑤ สวิตซ์เปิดปิดชุดรับสัญญาณวิทยุ
⑥ จุดต่อสายอากาศชุดรับสัญญาณวิทยุ
⑦ จุดต่อสายโทรศัพท์จากองค์การ โทรศัพท์
⑧ ฟิวส์
⑨ สายไฟเอซี



รูปที่ จ.3 ด้านหน้าของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.4 ด้านหลังของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง

จากรูปที่ จ.3 และ จ.4 คือระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทางมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

① สวิตซ์เปิดปิดระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง
② พัดลมระบายความร้อน
③ จุดต่อสายโทรศัพท์เข้ากับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ
④ สวิตซ์เปิดปิดชุดส่งสัญญาณวิทยุ
⑤ จุดต่อสายอากาศชุดส่งสัญญาณวิทยุ
⑥ จุดต่อสายอากาศชุดรับสัญญาณวิทยุ
⑦ สวิตซ์เปิดปิดชุดรับสัญญาณวิทยุ
⑧ ฟิวส์
⑨ สายไฟเอซี

3. การติดตั้งและการใช้งาน

3.1 ทำการเชื่อมต่อสายอากาศที่ใช้ในการส่งเข้ากับจุดต่อของสายอากาศชุดส่งสัญญาณวิทยุ และเชื่อมต่อสายอากาศที่ใช้ในการรับเข้ากับจุดต่อสายอากาศชุดรับสัญญาณวิทยุของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง แสดงดังรูปที่ จ.5

3.2 ทำการเชื่อมต่อคู่สายจากองค์การโทรศัพท์ เข้ากับระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง แสดงดังรูปที่ จ.5

3.3 เปิดสวิตซ์ของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เปิดสวิตซ์ของชุดส่งและชุดรับสัญญาณวิทยุของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านต้นทาง

3.5 ทำการเชื่อมต่อสายอากาศที่ใช้ในการส่งเข้ากับจุดต่อสายอากาศชุดส่งสัญญาณวิทยุและเชื่อมต่อสายอากาศที่ใช้ในการรับเข้ากับจุดต่อสายอากาศชุดรับสัญญาณวิทยุของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง แสดงดังรูปที่ จ.6

3.6 ทำการเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ ที่ต่อเข้ากับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านไปยังระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทางทาง ในกรณีที่ด้านปลายทางต้องการจุดรับการติดต่อแค่จุดเดียวไม่ต้องเชื่อมต่อในส่วนนี้ให้เชื่อมต่อระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทางทางเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ได้เลย

3.7 ทำการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์ตามจำนวนที่ชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติสามารถรองรับได้เข้ากับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติหากไม่มีการใช้ชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติให้ข้ามในข้อนี้ไป

3.8 เปิดสวิตซ์ของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง

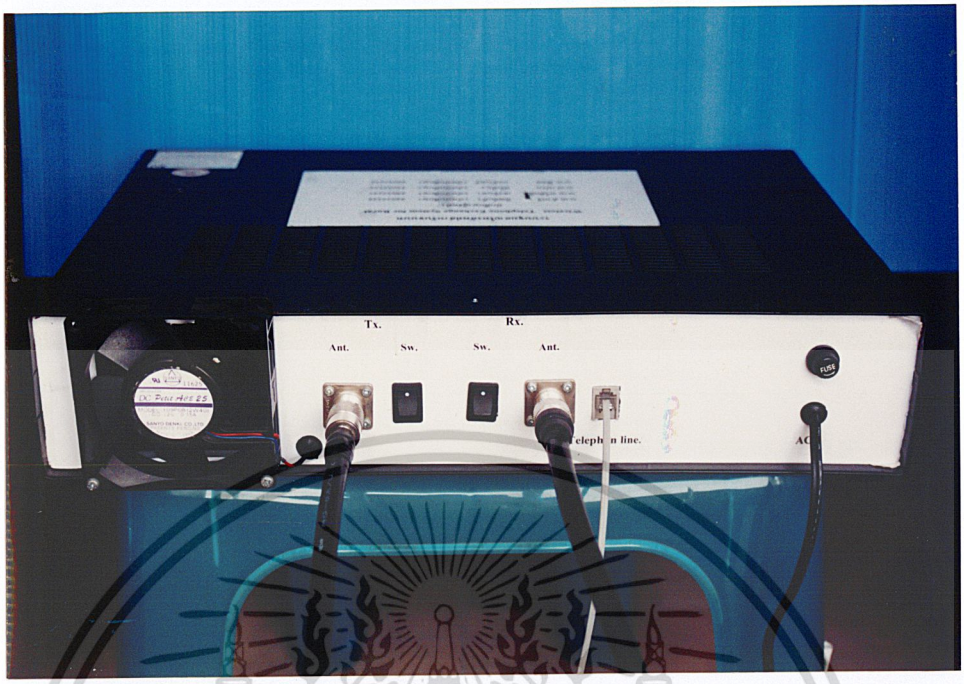
3.9 เปิดสวิตซ์ของชุดส่งและชุดรับสัญญาณวิทยุของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทาง

3.10 การติดต่อจากคู่สายภายในของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทออกไปยังคู่สายภายนอกขององค์การโทรศัพท์ เราสามารถติดต่อโดยการยกหูและกดเลขหมายภายนอกที่ต้องการติดต่อได้จากเครื่องโทรศัพท์ที่อยู่ ณ ด้านปลายทางแม้จะมีชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติเชื่อมต่ออยู่หรือไม่มีชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติเชื่อมต่ออยู่ก็ตาม เพราะในการโทรออกจากชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติที่ใช้ในการเชื่อมต่อในที่นี้สามารถทำการกดเลขหมายภายนอกเพื่อทำการโทรออกได้เลยไม่ต้องทำการกด 9 หรือกดรหัสผ่าน ซึ่งรูปแบบการติดต่อจะเหมือนกับการโทรศัพท์ปกตินั่นเอง

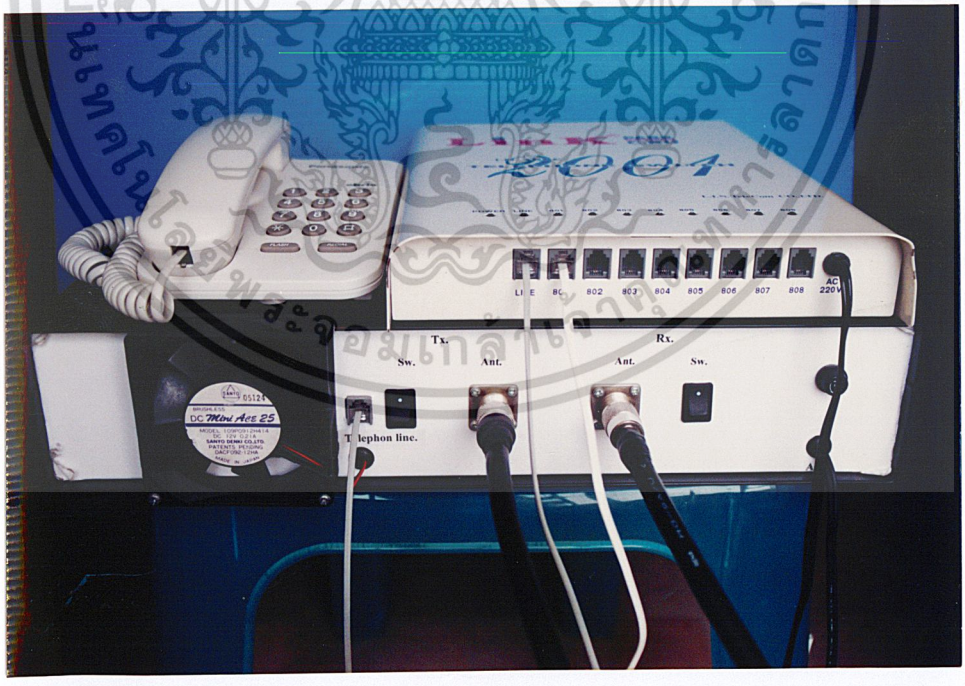
3.11 การติดต่อจากคู่สายภายนอกขององค์การโทรศัพท์ เข้ามายังคู่สายภายในของระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท เมื่อเราโทรมายังหมายเลขของคู่สายโทรศัพท์ที่เชื่อมต่อไว้กับด้านต้นทาง ทางด้านต้นทางจะทำการติดต่อไปยังระบบด้านปลายทางโดยอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องโทรศัพท์ที่เชื่อมต่ออยู่ที่ด้านปลายทางจะมีเสียงกริ่งดังขึ้น เมื่อทำการยกหูเครื่องโทรศัพท์ที่อยู่ ณ ด้านปลายทางผู้ติดต่อเข้ามาก็จะสามารถสนทนาผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทได้เหมือนกับการโทรศัพท์ตามปกตินั่นเอง

3.12 เมื่อเครื่องโทรศัพท์ ณ ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทด้านปลายทางใช้งานเสร็จและมีการวางหูโทรศัพท์ ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบทจะทำการตัดการติดต่อโดยอัตโนมัติและกลับเข้าสู่สภาพพร้อมที่จะทำงานโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.5 ลักษณะของการเชื่อมต่อใช้งานด้านหลังเครื่องต้นทาง



รูปที่ จ.6 ลักษณะของการเชื่อมต่อใช้งานด้านหลังเครื่องปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท สามารถทำการตรวจสอบแนวทางการแก้ไขเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีการแก้ไข
เปิดสวิตซ์ของระบบชุมสายโทรศัพท์แล้วไม่มีไฟติด	ตรวจสอบฟิวส์, ตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟ, ตรวจสอบสายไฟเอซี
ชุดรับส่งไม่ทำงาน	ตรวจสวิตซ์เปิดปิดชุดรับส่งวิทยุ, สวิตซ์ระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท, ตรวจสอบฟิวส์, ตรวจสอบจุดต่อสายอากาศ
ไม่มีสัญญาณเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์	ตรวจสอบสายโทรศัพท์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ, ตรวจสอบไฟเลี้ยงชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ, ตรวจสอบขั้วต่อของคู่สายโทรศัพท์
สัญญาณการติดต่อไม่ชัดเจน	ปรับทิศทางของสายอากาศให้ตรงกับทิศทางที่ต้องการติดต่อ

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- ตรวจสอบว่ามีการทำงานของพัดลมระบายความร้อนอยู่สม่ำเสมอ
- ตรวจสอบทิศทางของสายอากาศให้ตรงกับทิศทางในการติดต่อเสมอ
- ตรวจสอบจุดต่อสายอากาศและยึดสายนำสัญญาณกับจุดต่อให้แน่นเสมอ

5.2 ข้อควรระวัง

- อย่าเปิดสวิตซ์ก่อนทำการเสียบสายไฟเอซี
- อย่าเปิดสวิตซ์เมื่อไม่ได้เชื่อมต่อสายอากาศ
- อย่ายกหูโทรศัพท์วางทิ้งเอาไว้โดยไม่ได้ทำการใช้งาน
- อย่าเปิดสวิตซ์ชุดรับส่งก่อนทำการเปิดสวิตซ์หน้าเครื่องระบบชุมสายโทรศัพท์สำหรับชนบท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
การติดต่อภายใน	สามารถติดต่อภายในได้ 8 คู่สาย ซึ่งเป็นคุณสมบัติของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ
การติดต่อภายนอก	สามารถติดต่อคู่สายภายนอกได้ครั้งละ 1 คู่สาย
ระยะทางในการติดต่อ	ในการติดต่อกับคู่สายภายนอกสามารถใช้งานได้ในระยะทางอย่างต่ำได้ 12 กิโลเมตร
ความถี่ที่ใช้ในการรับส่ง	ความถี่ที่ใช้ในการรับส่งอยู่ในช่วง 144-147 เมกะเฮิรตซ์
สายอากาศที่ใช้งาน	ใช้สายอากาศยากิ 13 อีลิเมนต์ในการส่ง และใช้สายอากาศ 5 อีลิเมนต์ในการรับสัญญาณ
แหล่งจ่ายพลังงาน	ใช้ไฟ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

MC34014

Specifications and Applications Information

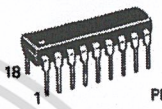
TELEPHONE SPEECH NETWORK WITH DIALER INTERFACE

The MC34014 is a Telephone Speech Network integrated circuit which incorporates adjustable transmit, receive, and sidetone functions, a dc loop interface circuit, tone dialer interface, and a regulated output voltage for a pulse/tone dialer. Also included is an equalization circuit which compensates gains for line length variations. The conversion from 2-to-4 wire is accomplished with a supply voltage as low as 1.5 volts. The MC34014 is packaged in a standard 18-pin (0.3" wide) plastic DIP and a 20-pin SOIC package.

- Transmit, Receive, and Sidetone Gains Set by External Resistors
- Loop Length Equalization for Transmit, Receive, and Sidetone Functions
- Operates Down to 1.5 volts (V+) in Speech Mode
- Provides Regulated Voltage for CMOS Dialer
- Speech Amplifiers Muted During Pulse and Tone Dialing
- DTMF Output Level Adjustable with a Single Resistor
- Compatible with 2-Terminal Electret Microphones
- Compatible with Receiver Impedances of 150 Ω and Higher

TELEPHONE SPEECH NETWORK WITH DIALER INTERFACE

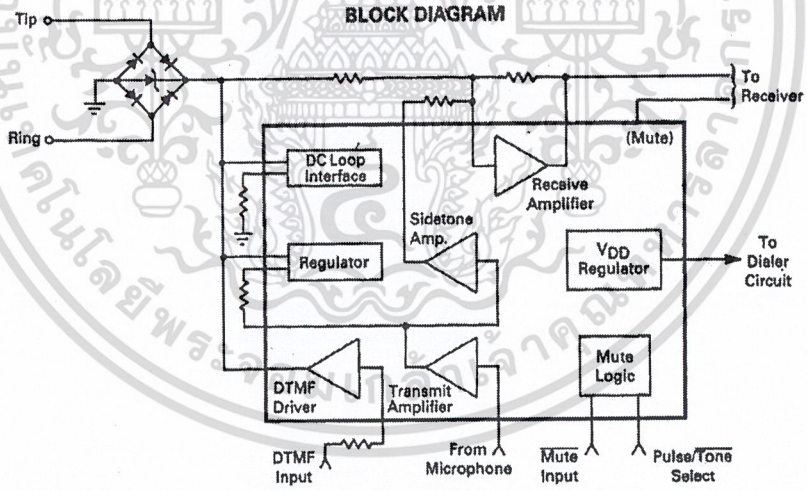
SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT



P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

DW SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751D
SO-20L

BLOCK DIAGRAM



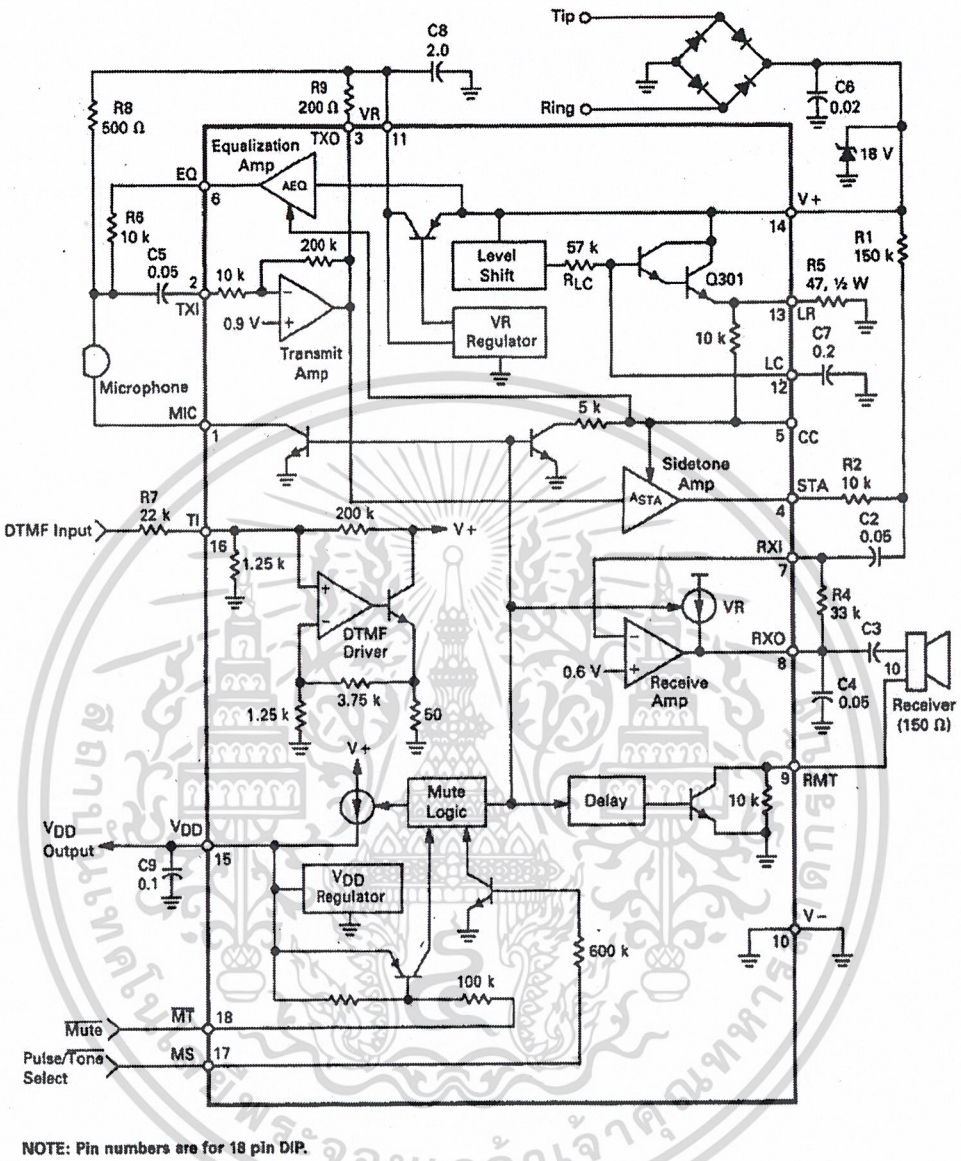
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTION (See Figure 1)

Pin # SOIC	Pin # DIP	Name	Description
1	1	MIC	Microphone negative supply. Bias current from the electret microphone is returned to V− through this pin, through an open collector NPN transistor whose base is controlled by an internal mute signal. During dialing, the transistor is off, disabling the microphone.
2	2	TXI	Transmit amplifier input. Input impedance is 10 kΩ. Signals from the microphone are input through capacitor C5 to TXI.
3	3	TXO	Transmit amplifier output. The ac signal current from this output flows through the V_R series pass transistor via R9 to drive the line at V+. Increasing R9 will decrease the signal at V+. The output is biased at ≈0.65 V to allow for maximum swing of ac signals. The closed loop gain from TXI to TXO is internally set at 26 dB.
4	4	STA	Sidetone amplifier output. Input to this amplifier is TXO. The signal at STA cancels the sidetone signals in the receive amplifier. The signal level at STA increases with loop length.
5	5	CC	Compensation Capacitor. A capacitor from CC to ground will compensate the loop length equalization circuit when additional stability is required. In most applications, CC remains open.
7	6	EQ	Equalization amplifier output. A portion of the V+ signal is present on this pin to provide negative feedback around the transmit amplifier. The feedback decreases with increasing loop length, causing the ac impedance of the circuit to increase.
8	7	RXI	Receive amplifier input. Input impedance is >100 kΩ. Signals from the line and sidetone amplifier are summed at RXI.
9	8	RXO	Receive Amplifier output. RXO is biased by a 2.5 mA current source. Feedback maintains the dc bias voltage at ≈0.65 V. Increasing R4 (between RXO and RXI) will increase the receive gain. C4 stabilizes the amplifier. C3 couples the signals to the receiver. The 2.5 mA current source is reduced to 0.4 mA when dialing.
10	9	RMT	Receiver Mute. The ac receiver current is returned to V− through an open collector NPN transistor and a parallel 10 kΩ resistor. The base of the NPN is controlled by an internal mute signal. During dialing the transistor is off, leaving the 10 kΩ resistor in series with the receiver.
11	10	V−	Negative supply. The most negative input connected to Tip and Ring through the polarity guard diode bridge.
12	11	VR	Regulated voltage output. The VR voltage is regulated at 1.2 V and biases the microphone and the speech circuits. An internal series pass PNP transistor allows for regulation with a line voltage as low as 1.5 V. Capacitor C8 stabilizes the regulator.
13	12	LC	DC load capacitor. An external capacitor C7 and an internal resistor form a low pass filter between V+ and LR to prevent ac signals from being loaded by the dc load resistor R5. Forcing LC to V− will turn off the dc load current and increase the V+ voltage.
14	13	LR	DC load resistor. Resistor R5 from LR to V− determines the dc resistance of the telephone, and removes power dissipation from the chip. The LR pin is biased 2.8 volts below the V+ voltage (4.5 volts in the tone dialing mode).
15	14	V+	Positive supply. V+ is the positive line voltage (from Tip & Ring) through the polarity guard bridge. All sections of the MC34014 are powered by V+.
17	15	V_{DD}	V_{DD} regulator. V_{DD} is the output of a shunt type regulator with a nominal voltage of 3.3 V. The nominal output current is increased from 550 μA to 2 mA when dialing. Capacitor C9 stabilizes the regulator and sustains the V_{DD} voltage during pulse dialing.
18	16	TI	Tone input. The DTMF signal from a dialer circuit is input at TI through an external resistor R7. The current at TI is amplified to drive the line at V+. Increasing R7 will reduce the DTMF output levels. The input impedance at TI is nominally 1.25 kΩ.
19	17	MS	Mode select. This pin is connected through an internal 600 kΩ resistor to the base of an NPN transistor. A Logic "1" (>2.0 V) selects the pulse dialing mode. A Logic "0" (<0.3 V) selects the tone dialing mode.
20	8	$\overline{MT}$	Mute input. $\overline{MT}$ is connected through an internal 100 kΩ resistor to the base of a PNP transistor, with the emitter at V_{DD}. A Logic "0" (<1.0 V) will mute the network for either pulse or tone dialing. A Logic "1" (>V_{DD} − 0.3 V) puts the MC34014 into the speech mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1 — TEST CIRCUIT



NOTE: Pin numbers are for 18 pin DIP.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Voltages referred to V−, T_A = 25°C) (See Note 1.)

Parameter	Value	Units
V+ Voltage	−1.0, +18	Vdc
V_{DD} (externally applied, V+ = 0)	−1.0, +6	Vdc
V_{LR}	−1.0, V+ − 3.0	Vdc
$\overline{MT}$, MS Inputs	−1.0, V_{DD} +1.0	Vdc
Storage Temperature	−65, +150	°C

NOTE 1: Devices should not be operated at these values. The "Recommended Operating Conditions" provide conditions for actual device operation.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Parameter	Value	Units
V+ Voltage (Speech Mode) (Tone Dialing Mode)	+1.5 to +15 +3.3 to +15	Vdc Vdc
I_{TXO} (Instantaneous)	0 to 10	mA
Ambient Temperature	−20 to +60	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Refer to Figure 1) (T_A = 25°C)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
LINE INTERFACE					
V+ Voltage	V+				Vdc
I_{loop} = 20 mA (Speech/Pulse Mode)		2.6	3.2	3.8	
I_{loop} = 30 mA (Speech/Pulse Mode)		3.0	3.7	4.4	
I_{loop} = 120 mA (Speech/Pulse Mode)		7.0	8.2	9.5	
I_{loop} = 20 mA (Tone Mode)		4.1	4.9	5.7	
I_{loop} = 30 mA (Tone Mode)		4.6	5.4	6.2	
V+ Current (Pin 12 Grounded)	I+				mA
V+ = 1.7 V (Speech Mode)		4.0	6.6	8.5	
V+ = 12 V (Speech/Pulse Modes)		5.5	8.4	12.6	
V+ = 12 V (Tone Mode)		6.0	8.8	14.0	
LR Level Shift (V+ − V_{LR})	ΔV_{LR}				Vdc
(Speech/Pulse Mode)		—	2.7	—	
(Tone Mode)		—	4.3	—	
LC Terminal Resistance	R_{LC}	36	57	94	kΩ
VOLTAGE REGULATORS					
VR Voltage (V+ = 1.7 V)	V_R	1.1	1.2	1.3	Vdc
Load Regulation (0 mA < I_R < 6.0 mA)	ΔV_{RLD}	—	20	—	mV
Line Regulation (2.0 V < V+ < 8.5 V)	ΔV_{RLN}	—	25	—	mV
V_{DD} Voltage (V+ = 4.5 V)	V_{DD}	3.0	3.3	3.8	Vdc
Load Regulation (0 < I_{DD} < 1.6 mA)					
(Dialing Mode)	ΔV_{DDLD}	—	0.25	—	Vdc
Line Regulation (All Modes) (4.0 V < V+ < 9.0 V)	ΔV_{DDLN}	—	50	—	mV
Max. Output Current (Speech Mode)	I_{DDSP}	375	550	1000	μA
Max. Output Current (Dialing Mode)	I_{DDDL}	1.6	2.0	3.6	mA
V_{DD} Leakage Current (V+ = 0, V_{DD} = 3.0 V)	I_{DDLK}	—	—	1.5	μA
SPEECH AMPLIFIERS					
Transmit Amplifier					
Gain (TXI to TXO)	A_{TXO}	—	20	—	V/V
TXO Bias Voltage (Speech/Pulse Mode)	V_{TXOSP}	0.45	0.52	0.60	x V_R
TXO Bias Voltage (Tone Mode Mode)	V_{TXODL}	VR−25	VR−5.0	—	mV
TXO High Voltage (Speech/Pulse Mode)	V_{TXOH}	VR−25	VR−5.0	—	mV
TXO Low Voltage (Speech/Pulse Mode)	V_{TXOL}	—	125	250	mV
TXI Input Resistance	R_{TXI}	—	10	—	kΩ
Receive Amplifier					
RXO Bias Voltage (All Modes)	V_{RXO}	0.45	0.52	0.60	x VR
RXO Source Current (Speech Mode)	I_{RXOSP}	1.5	2.0	—	mA
RXO Source Current (Pulse/Tone Mode)	I_{RXODL}	200	400	—	μA
RXO High Voltage (All Modes)	V_{RXOH}	VR−100	VR−50	—	mV
RXO Low Voltage (All Modes)	V_{RXOL}	—	50	150	mV

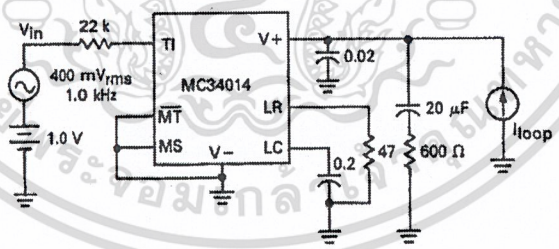
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — (continued) (T_A = 25°C)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
MICROPHONE, RECEIVER CONTROLS					
MIC Saturation Voltage (Speech Mode, I = 500 μA)	$V_{OL_{MIC}}$	—	50	125	mV
MIC Leakage Current (Dialing Mode, Pin 1 = 3.0 V)	$I_{MIC_{LK}}$	—	0	5.0	μA
RMT Resistance (Speech Mode) (Dialing Mode)	$R_{RMT_{SP}}$ $R_{RMT_{DL}}$	— 5.0	8.0 10	15 18	Ω kΩ
RMT Delay (Dialing to Speech)	t_{RMT}	2.0	4.0	20	ms
DIALING INTERFACE					
$\overline{MT}$ Input Resistance	R_{MT}	58	100	—	kΩ
$\overline{MT}$ Input High Voltage	V_{IHMT}	V_{DD} – 0.3	—	—	Vdc
$\overline{MT}$ Input Low Voltage	V_{ILMT}	—	—	1.0	Vdc
MS Input Resistance	R_{MS}	280	600	—	kΩ
MS Input High Voltage	V_{IHMS}	2.0	—	—	Vdc
MS Input Low Voltage	V_{ILMS}	—	—	0.3	Vdc
TI Input Resistance	R_{TI}	—	1.25	—	kΩ
DTMF Gain (See Figure 2) (V+/V_{in})	A_{DTMF}	3.2	4.8	6.2	dB
SIDETONE AMPLIFIER					
Gain (TXO to STA) (Speech Mode) @ V_{LR} = 0.5 V (Speech Mode) @ V_{LR} = 2.5 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 0.2 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 1.0 V	A_{STA}	 — — — —	 –15 –21 –15 –21	 — — — —	dB
STA Bias Voltage (All Modes)	V_{STA}	0.65	0.8	0.9	x V_R
EQUALIZATION AMPLIFIER					
Gain (V+ to EQ) (Speech Mode) @ V_{LR} = 0.5 V (Speech Mode) @ V_{LR} = 2.5 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 0.2 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 1.0 V	A_{EQ}	 — — — —	 –12 –2.5 –12 –2.5	 — — — —	dB
EQ Bias Voltage (Speech Mode) @ V_{LR} = 0.5 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 0.5 V (Speech, Pulse) @ V_{LR} = 2.5 V	V_{EQ}	 — — —	 0.66 1.3 3.3	 — — —	Vdc

NOTE: Typical values are not tested or guaranteed.

FIGURE 2 — DTMF DRIVER TEST



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYSTEM SPECIFICATIONS (T_A = 25°C) (See Figures 1–4)

Parameter		Min	Typ	Max	Unit
Tip-Ring Voltage (including polarity guard bridge drop of 1.4 V)					Vdc
(Speech Mode)	I_{loop} = 5.0 mA	—	2.4	—	
	I_{loop} = 10 mA	—	3.9	—	
	I_{loop} = 20 mA	—	4.6	—	
	I_{loop} = 40 mA	—	5.6	—	
	I_{loop} = 60 mA	—	6.6	—	
Transmit					
Gain from V_S to V+ (Figure 3) (I_{loop} = 20 mA)		28	30	31	dB
Gain change as I_{loop} is increased to 60 mA		−6.0	−4.5	−3.6	dB
Distortion		—	2.0	—	%
Output noise		—	11	—	dBrnc
Receive					
V_{RXO}/V_S (f = 1.0 kHz, I_{loop} = 20 mA) (See Figure 4)		−16	−15	−13	dB
Receive gain change as I_{loop} is increased to 60 mA		−5.0	−3.0	−2.0	dB
Distortion		—	2.0	—	%
Sidetone Level					dB
$V_{RXO}/V+$ (Figure 3)					
	I_{loop} = 20 mA	—	−36	—	
	I_{loop} = 60 mA	—	−21	—	
Sidetone Cancellation $\left[\frac{V_{RXO}}{V+}\text{ (Figure 4)}\right]$ dB − $\left[\frac{V_{RXO}}{V+}\text{ (Figure 3)}\right]$ dB I_{loop} = 20 mA		20	26	—	dB
DTMF Driver		3.2	4.8	6.2	dB
$V+/V_{in}$ (Figure 2)	I_{loop} = 20 mA				
AC Impedance					Ω
Speech mode (incl. C_6, See Figure 4)	I_{loop} = 20 mA	—	750	—	
Z_{ac} = (600)V+/(V_S − V+)	I_{loop} = 60 mA	—	300	—	
Tone mode (including C_6)	20 mA < I_{loop} < 60 mA	—	1650	—	

NOTE: Typicals are not tested or guaranteed.

FIGURE 3 — TRANSMIT AND SIDETONE LEVEL TEST

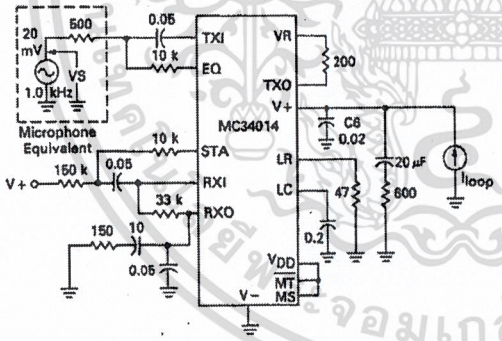
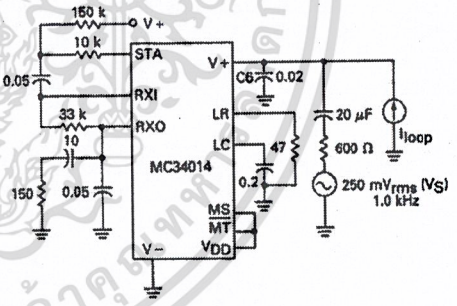


FIGURE 4 — AC IMPEDANCE, RECEIVE AND SIDETONE CANCELLATION TEST



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN GUIDELINES (Refer to Figure 1)

INTRODUCTION

The MC34014 is a speech network meant for connection to the Tip & Ring lines through a polarity guard bridge. The circuit incorporates four amplifiers: transmit, receive, sidetone, and equalization. Some parameters of each amplifier are set by external components, and in addition, the gains of the sidetone and equalization amplifiers vary with loop current.

The line interface portion determines the dc voltage versus loop current characteristics, and provides the required regulated voltages for internal and external use.

The dialer interface provides three modes of operation: speech (non-dialing), pulse dialing, and tone (DTMF) dialing. When switching to either dialing mode some parameters of the various sections are changed in order to optimize the circuit operation for that mode. The following table summarizes those changes:

TABLE 1 — OPERATING PARAMETERS AS A FUNCTION OF OPERATING MODE

Function	Speech	Pulse	Tone
LR Level Shift ($V+ - V_{LR}$)	2.7 V	2.7 V	4.3 V
V_{DD} Source Current	550 μA	2.0 mA	2.0 mA
Transmit Amplifier	Functional	Functional	Inoperative
MIC Switch (Pin 1)	On	Off	Off
Equalization Amplifier	See Transfer Curves — Figure 8		
Sidetone Amplifier	See Transfer Curves — Figure 6		
Receive Amplifier Output Current	2.5 mA	400 μA	400 μA
RMT (Pin 9) Impedance	8.0 Ω	10 kΩ	10 kΩ
DTMF Amplifier	Inoperative	Inoperative	Functional
CC Voltage	$V_{LR}/3$	V_{LR}	V_{LR}

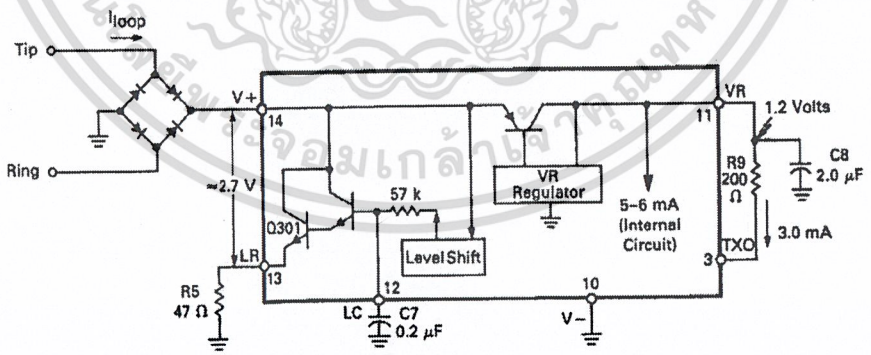
DC LINE INTERFACE (Figure 5)

The dc line interface circuit (Pins 10, 12–14) sets the dc voltage characteristics with respect to the loop current. The loop current enters at Pin 14 where the internal circuitry of the MC34014 draws 5–6 mA. Pin 3 sinks (typically) 3 mA through R_9. The remainder of the loop current is passed through Q_{301} and R_5. The resulting voltage across the entire circuit is therefore equal to the voltage across R_5, plus the level shift voltage from Pin 13 (LR) to Pin 14 (V+), nominally 2.7 volts in the speech and pulse modes. In the tone mode, the level shift increases to 4.3 volts, the internal current changes slightly (Figure 6), and the current required at Pin 3 decreases to near zero. These changes increase the equivalent dc resistance of the circuit, raising the voltage at V+ to ensure adequate voltage at V_{DD} for the external tone dialer. See Figure 7 for typical voltage versus loop current characteristics.

Capacitor C_7 at Pin 12 provides high frequency rolloff (above 10 Hz) so that R_5 does not load down the speech and DTMF signals.

The voltage at V_R is an internally regulated 1.2 volt supply which provides the bias currents for the microphone and the transmit amplifier output (Pin 3), as well as internal bias for the various amplifiers. Capacitor C_8 stabilizes the regulator. The use of an (internal) PNP transistor allows V_R to be regulated with a V+ voltage as low as 1.5 volts.

FIGURE 5 — DC LINE INTERFACE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 6 — INTERNAL CURRENT versus VOLTAGE

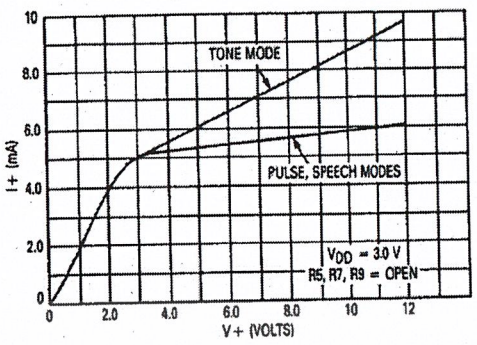
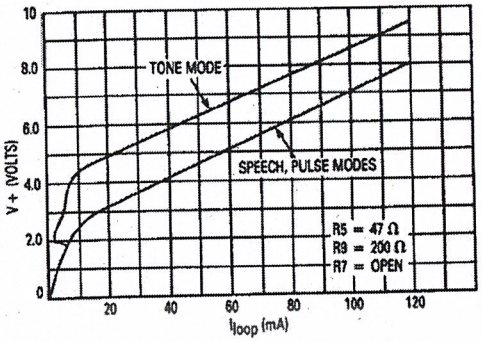


FIGURE 7 — CIRCUIT VOLTAGE versus LOOP CURRENT



TRANSMIT AMPLIFIER

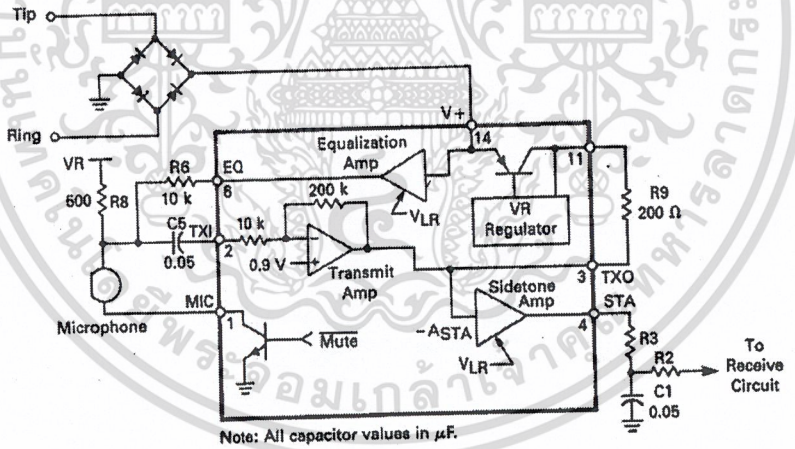
The transmit amplifier (from TXI to TXO) is inverting, with a fixed internal gain of 20 V/V (26 dB), and a typical input impedance of 10 kΩ (Figure 8). The input bias currents are internally supplied, allowing capacitive coupling of the microphone signals to the amplifier.

In the speech and pulse modes, the dc bias level at TXO is typically 0.52 x VR (≈0.63 V), which permits the output to swing 0.55 volts in both positive and negative directions without clipping. The ac voltage signal at TXO (the amplified speech signal) is converted to an ac current by R_G. The ac current passes through the VR series pass transistor to V+, modulating the loop current. The voltage signal at V+ is out of phase with the signal at TXI.

In the tone dialing mode, the TXO dc bias level is clamped at approximately VR-10 mV, rendering the amplifier inoperative. This action also reduces the TXO bias current from 3.0 mA to less than 125 μA.

MIC (Pin 1) is connected to an open-collector NPN transistor, and provides the ground path for the microphone bias current. In either dialing mode, the transistor is off, disabling the microphone.

FIGURE 8 — TRANSMIT SECTION



Note: All capacitor values in μF.

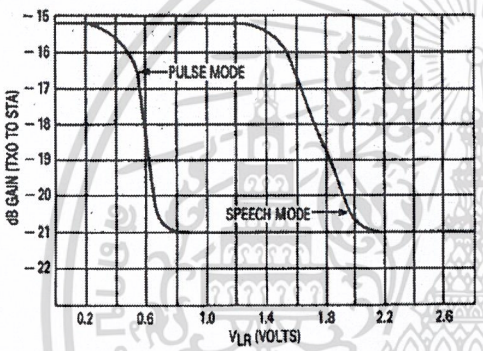
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIDETONE AMPLIFIER

The sidetone amplifier provides inversion of the TXO signal for the reduction of the sidetone signal at the receive amplifier (Figure 8). Resistors R_2 and R_3 determine the amount of sidetone cancellation. Capacitor C_1 provides phase shift to compensate for the phase shift created by the complex impedance of the Tip & Ring lines.

The gain of the sidetone amplifier varies with the voltage at LR (Pin 13), in effect making it a function of the loop current. The maximum gain is −15 dB (0.17 V/V) at low loop currents, and the minimum gain is −21 dB (0.09 V/V) at high loop current (see Figure 9 for transfer curves). For example, using 47 Ω for R_5, the gain would begin to decrease at ≈30 mA, and would stop decreasing at ≈57 mA (speech mode). The dc bias voltage at STA (Pin 4) changes slightly (≈50 mV) with variations in loop current. The output is inverted from TXO, which is the input to this amplifier. Since the transmit amplifier is inoperative in the tone dialing mode, the sidetone amplifier is also inoperative in that mode.

FIGURE 9 — SIDETONE AMPLIFIER GAIN



RECEIVE AMPLIFIER

The gain of the receive amplifier (from V+ to RXO) is determined according to the following equation (refer to Figure 10):

$$\frac{V_{RXO}}{V+} = \frac{R_4}{R_1} + \frac{(X_C/\!/R_2)\,(A_{EQ})\,(A_{TXO})\,(A_{STA}) \times R_A \times R_4}{((X_C/\!/R_2)+R_3)\,(R_A+R_6) \times R_2}$$

Where $R_A = R_6/\!/10\ k\Omega$ (10 kΩ = R_{in} of T_X Amp)
A_{EQ} = Gain of Equalization Amp
A_{TXO} = Gain of Transmit Amp (20 V/V)
A_{STA} = Gain of sidetone Amp
X_C = Impedance of C_1 at frequency of interest

The waveform at STA (Pin 4) is in phase with that at V+ (for receive signals), hence the plus sign between the terms. Due to the variations of A_{EQ} and A_{STA} with loop current, the receive gain will vary by ≈1.5 dB. If capacitor C_1 is not used, the above equation is simplified by deleting the terms containing X_C.

The output at RXO is inverted from V+ in the receive mode. In the transmit mode, the V+-to-RXO phase relationship depends on the amount of sidetone cancellation (determined by R_2 and R_3 and C_1), and can vary from 0° to 180°.

In the speech mode, the output current capability (at RXO) is typically 2.0 mA. In either dialing mode, the current capability is reduced to 400 μA in order to reduce internal current consumption. This feature is beneficial when this device is used in conjunction with a line-powered speakerphone circuit, such as the MC34018, where the majority of the loop current is needed for the speakerphone.

RMT (Pin 9) is the return path for the receiver's ac current. This pin is internally connected to an open collector NPN transistor, paralleled by a 10 kΩ resistor. In the speech mode, the transistor is on, providing a low impedance from RMT to ground. In either dialing mode, the transistor is off, muting the receive signal. This prevents loud "clicks" or loud DTMF tones from being heard in the receiver during dialing. When switching from either dialing mode to the speech mode ($\overline{MT}$ switches from low to high), the RMT pin switches back to a low impedance after a delay of 2–20 ms. The delay reduces clicks in the receiver associated with switching from the dialing to speech mode.

EQUILIZATION AMPLIFIER

The equalization amplifier gain varies with loop current, and is configured in the circuit so as to cause a variation of the network ac impedance (when looking in from the Tip & Ring lines). The gain varies with the voltage at LR (Pin 13), in effect making it a function of the loop current. The maximum gain is −2.5 dB (0.75 V/V) at high loop current, and the minimum gain is −12 dB (0.25 V/V) and low loop current (see Figure 11 for transfer curve). For example, using 47 Ω for R_5, the gain would begin to increase at ≈30 mA, and would stop increasing at ≈57 mA (speech mode). The output signal is in phase with the signal at V+, which is the input to this amplifier.

The dc bias level at EQ (Pin 6) varies with the voltage at LR (Pin 13) according to the curve of Figure 12. In most applications, this level shift is of little consequence, and may be ignored. If a particular circuit configuration should be sensitive to the shift, however, the output signal at EQ may be ac coupled to the rest of the circuit.

The equalization amplifier remains functional in all three modes, although in the tone mode, its function has no consequence when the circuit is configured as shown in Figure 1.

V_{DD} REGULATOR

The V_{DD} regulator is a shunt type regulator which supplies a nominal 3.3 volts for external dialers, and/or

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

other circuitry. In the speech mode, the output current capability at Pin 15 is typically 550 μA. In either dialing mode, the current capacity is increased to 2.0 mA.

V_{DD} will be regulated whenever V+ is >300 mV above the regulated value. As V+ is lowered, and the internal pass transistor becomes saturated, the circuit steers current away from the external load through an internal current source, in order that the V_{DD} capacitor (C9) does not load down speech and DTMF signals at V+. As V+ is lowered below 1 volt, Pin 15 switches to a high impedance state to prevent discharging of any storage capacitors, or batteries used for memory retention.

The V_{DD} voltage is unaffected by the choice of operating mode.

DIALER INTERFACE

The dialer interface consists of the mode control pins, $\overline{MT}$ and MS (Pins 18 and 17), and the DTMF current amplifier.

The $\overline{MT}$ pin, when at a Logic "1" ($> V_{DD} - 0.3$ V), sets the circuit into the speech mode, independent of the state of the MS pin. When the $\overline{MT}$ pin is at a Logic "0" (< 1.0 V), the dialing mode is determined by the MS pin. When MS is at a Logic "1" (> 2.0 V), the circuit is in the pulse dialing mode, and when at a Logic "0" (< 0.3 V) the tone (DTMF) mode is in effect.

The input impedance of the $\overline{MT}$ pin is typically 100 kΩ, with the input current flowing out of the pin (from V_{DD}). The input impedance of the MS pin is typically 600 kΩ, and the input current flows into the pin (Figure 1).

The DTMF amplifier (Figure 13) is a current amplifier which transmits DTMF signals to the V+ pin, and consequently onto the Tip & Ring lines. Waveforms from a DTMF dialer are input at TI (Pin 16) through a current limiting resistor (R_7). Negative feedback around the amplifier reduces the overall gain so that return loss specifications may be met. The voltage gain is calculated using the following equation:

$$\frac{V+}{V_i} = \frac{80\ R_E}{(1\ +\ 0.795R_7\ +\ 0.4R_ER_7)}$$

(R_E, R_7 in kΩ)
where $R_E = R_L//2$ kΩ (2 kΩ = internal dynamic impedance)

Using 22 kΩ for R_7, and 600 Ω for R_L, the voltage gain is a nominal 4.3 dB. The minimum loop current at which the circuit of Figure 1 will operate without distortion is 12 mA.

The DTMF amplifier is functional only in the tone dialing mode, and the waveform at V+ is inverted from that at TI. The TI pin requires a dc bias current (into the pin) of 20–50 μA, which may be supplied by the Tone dialer circuit, or by using the biasing scheme of Figure 14.

CC (PIN 5)

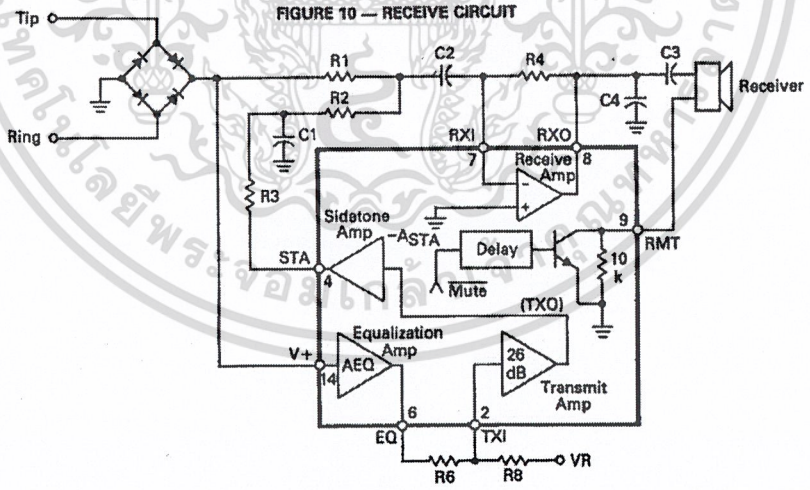
The CC pin (Compensation Capacitor) has two functions: 1) to provide equalization loop stability where the normal stabilizing components are ineffective; and 2) to allow optional control of the equalization functions.

In most applications, the capacitor at LC (Pin 12) provides the required stability, and no further compensation is required. In applications where changes are forced at Pin 12 and/or 13 (e.g., see Figure 23), the LC capacitor's effectiveness may be lost. The addition of a 10 μF capacitor to Pin 5 will provide the required additional compensation.

The CC pin may be used to force the loop length compensation circuits to specific modes. Grounding CC will set the sidetone and equalization amplifiers at the low loop current values. Connecting CC to V_R will set the amplifiers at the high loop current values.

Variations in the curves of Figures 9 and 11 may be obtained by using external resistors from LR to CC, and from CC to V−.

FIGURE 10 — RECEIVE CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 11 — EQUALIZATION AMPLIFIER GAIN

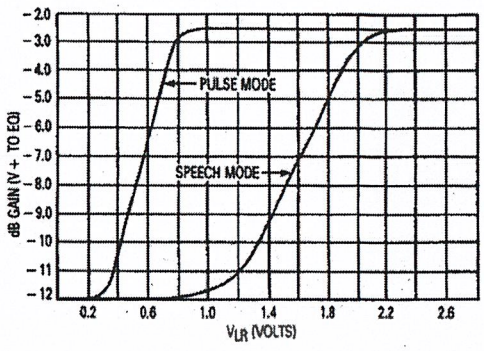


FIGURE 12 — EQ (PIN 6) DC VOLTAGE

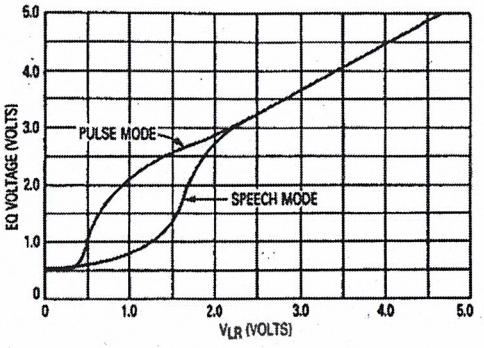


FIGURE 13 — DTMF TONE DIALER

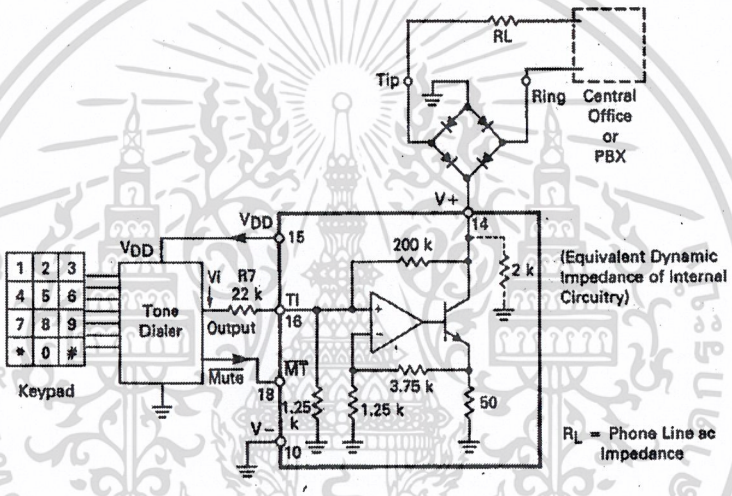
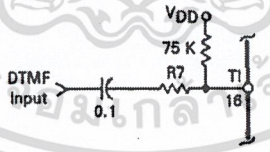


FIGURE 14 — INPUT BIASING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

AC IMPEDANCE

One of the basic problems with early telephones is that the performance varied with different line lengths (distance from the Central Office to the telephone). If a particular phone were optimized for short loops and then connected to a long loop, both the transmitted and receive signals would be difficult to hear. On the other hand, phones optimized for long loops would then be annoyingly loud on short loops. The process of equalization is one whereby the performance is forced to vary with loop length inversly to the expected variations. Monitoring of loop length is accomplished by monitoring the loop current at the telephone. In the MC34014, loop length equalization is provided by varying the ac impedance of the telephone circuit. In this manner the MC34014 mimics a passive network, with varistors providing the equalization.

Figure 15 depicts the situation in the receive mode. The receive signal coming from the Central Office is V_S and is independent of the loop length. Z_R is the ac impedance of the Central Office, nominally 900 Ω. Z_L is the characteristic impedance of the phone line, and is a nominal 600 Ω. The signal applied to the line (V_1) is therefore a portion of V_S. That signal is attenuated by the distributive impedance of the phone line, with a resulting signal V_2 at the telephone. The amplitude of V_2 depends on the amount of attenuation, the impedance of the phone line at the telephone and the ac impedance of the telephone (Z_{ac}), according to:

$$V_2 = \frac{V_1' \times Z_{ac}}{Z_{ac} + Z_L}$$

where V_1' is the equivalent signal source at the receive end of the phone line, providing the signal V_2 through the impedance equal to the characteristic impedance of the line (Z_L). The value of V_1' depends on how much V_1 has been attenuated by the length of phone line. By increasing Z_{ac} on long loops, V_2 is a greater portion of V_1', resulting in a stronger receive signal at the telephone.

FIGURE 15 — RECEIVE MODE

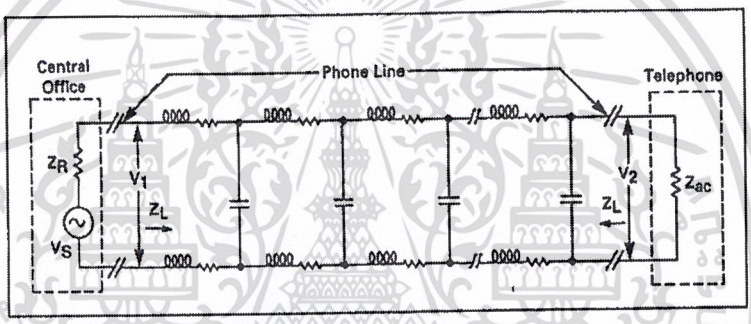
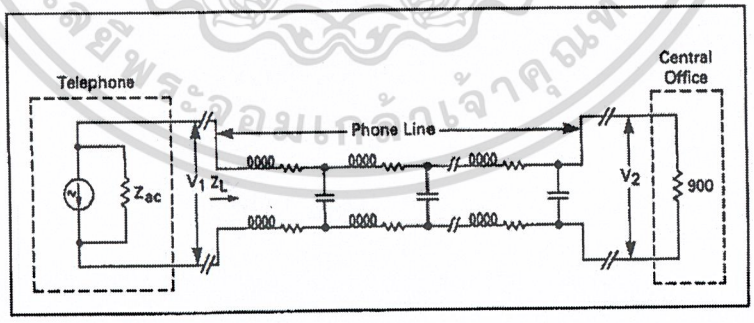


Figure 16 depicts the situation in the transmit mode. In this mode, the MC34014 is an ac current source, with a finite output impedance, modulating the loop current. The voltage signal V_1 is therefore equal to the ac signal current acting on Z_{ac} in parallel with the characteristic impedance of the phone line (Z_L). The signal is attenuated by the distributive impedance of the phone line, and so only a portion of that signal (V_2) appears at the Central Office. By increasing Z_{ac} on long loops, V_1 is increased, resulting in a higher signal level at V_2.

FIGURE 16 — TRANSMIT MODE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The ac impedance of the telephone circuit is determined by the transmit amplifier, equalization amplifier, and external resistors R_6, R_8, and R_9. In Figure 17, a portion of the receive signal at V+ appears at EQ. That signal is reduced at TXI by the R_8-R_6 divider (the electret microphone is a high impedance). The signal at TXI is then amplified by 20, and that signal (at TXO) is converted to an ac current by R9. The ac impedance of the circuit is therefore $V+/I_{TXO}$, and is defined by the following equation:

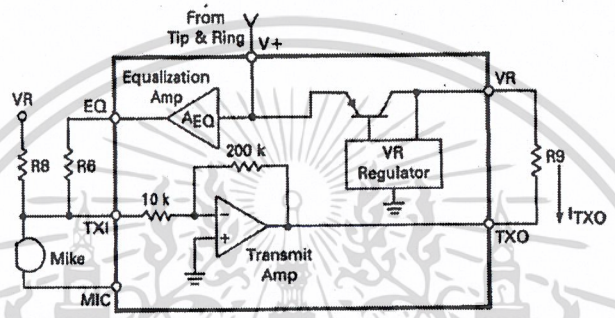
$$Z_{ac} = \frac{(1 + R_8/R_6)\,(R_9)}{20 \times A \times (R_8/R_6)}$$

where A = the gain of the equalization amplifier (0.25 to 0.75)

Since the gain of the equalization amplifier varies by a factor of 3, the ac impedance will vary the same amount. Using the resistor values indicated in Figure 1, the ac impedance will vary from 280 Ω (short loop) to 840 Ω (long loop).

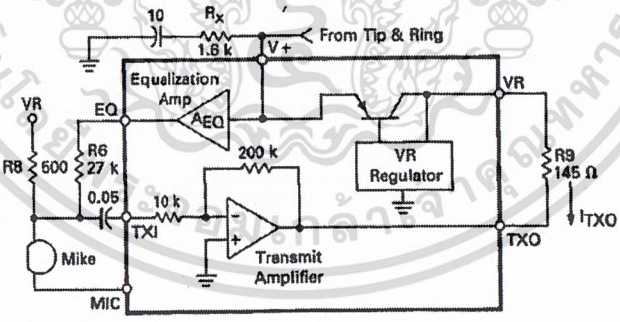
When calculating or measuring the ac impedance, capacitor C_6 (≈8.0 kΩ at 1.0 kHz) and the dynamic impedance of the MC34014 (≈10 kΩ) must be taken into account. If the microphone has an impedance lower than that of a typical electret, then its dynamic impedance must be accounted for in the above equation.

FIGURE 17 — DETERMINING AC IMPEDANCE



If a variation in Z_{ac} of less than 3:1 is desired, the circuit configuration of Figure 18 may be used. The ac impedance is the parallel combination of R_x and the impedance presented by the remainder of the circuit. With the values shown in Figure 18, the ac impedance varies from 400 Ω to 800 Ω.

FIGURE 18 — REDUCED AC IMPEDANCE VARIATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSMIT DESIGN PROCEDURE

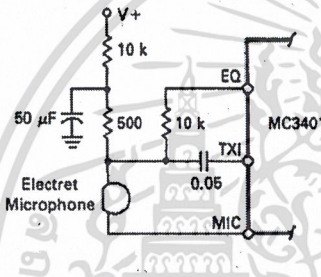
Referring to Figure 17, first select R_9 for the desired maximum output level at Tip & Ring, assuming a signal level at TXO of 1.0 V p-p. The maximum signal level at Tip & Ring will be approximately:

$$\frac{(V_{TXO})\ (Z_L)}{R_9}$$

where Z_L is the characteristic ac impedance of the phone line. Capacitor C_6 and the ≈10 kΩ dynamic impedance of the MC34014 must also be considered in the above computation, since they are in parallel with Z_L.

The next step is to select the R_8/R_9 ratio, according to the required Z_{ac}, using the equation on the previous page. Then R_9 is selected to set the microphone sensitivity. R_9 is typically in the range of 0.5 k to 1.5 kΩ, and is dependent on the characteristics of the microphone. R_8 is then calculated from the above mentioned ratio.

FIGURE 19 — ALTERNATE MICROPHONE BIAS



The overall gain from the microphone to V+ will vary with loop current due to the influence of the equalization amplifier on TXI. The signal at EQ is out of phase with that at TXI, therefore the signal at V+ decreases as loop current (and the EQ signal) increases. Variations are typically 2.0 to 5.0 dB and depend largely on the impedance characteristics of the microphone.

ALTERNATE MICROPHONE BIASING

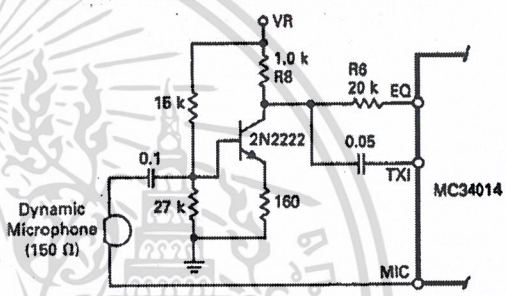
In the event that the microphone cannot be properly biased from the 1.2 volt VR supply, a higher voltage can be obtained by biasing from the V+ supply. The configuration shown in Figure 19, provides a higher voltage to the microphone, and also filters the speech signals at V+ from reaching it, preventing an oscillatory loop from forming. The maximum voltage limit of the microphone must be considered when biasing this way.

If a dynamic microphone is to be used in place of an electret unit, the circuit in Figure 20 will buffer its low impedance from the MC34014 circuit, maintaining the high impedance required at the junction of R_9 and R_6. The circuit shown provides a gain of ≈2.6 for the microphone signals, and can be adjusted by varying the 160 Ω resistor.

HANDSET/HANDS-FREE TELEPHONE

Figure 23 indicates a circuit using the MC34014 speech network, MC34018 speakerphone circuit, and the MC34017 tone ringer to provide a complete telephone/speakerphone. Switch HS (containing one normally open and one normally closed contact) is the hook switch actuated by the handset, shown in the on-hook position. When the handset is off-hook (HS1 open, HS2 closed), power is applied to the MC34014, and consequently the handset, and the $\overline{CS}$ pin of the MC34018 is held high so as to disable it. Upon closing the two poles of switch SS, and placing switch HS in the on-hook position, power is then applied to both the MC34014 and the MC34018, and $\overline{CS}$ is held low, enabling the speakerphone function. Anytime the handset is removed from switch HS, the circuit reverts to the handset mode. The diode circuitry sets the MC34014 to the pulse dialing mode to mute the handset microphone and receiver when using the speakerphone. To compensate for the different equalization response of the MC34014 when in the pulse dialing mode (Figures 9 and 11), the 47 Ω resistor normally found at Pin 13 of the MC34014 is instead divided into two resistors (33 Ω and 15 Ω). This arrangement provides similar equalization response in both the handset and in the speakerphone modes. Since the LC capacitor (Pin 12) is ineffective in the speakerphone mode, a capacitor is added at Pin 5 (CC) to provide compensation for the equalization loop when the speakerphone mode is in effect.

FIGURE 20 — INTERFACING A DYNAMIC MICROPHONE



SWITCHABLE TONE/PULSE TELEPHONE

Figure 21 indicates a switchable tone/pulse telephone circuit using the MC145412 tone/pulse dialer, MC34014 speech network, and the MC34017 tone ringer. The dialer is programmable, and can store up to 10 phone numbers. As can be seen, the interface to the MC34014 is straightforward.

PULSE ONLY TELEPHONE

Figure 22 indicates a pulse only telephone circuit using the MC145409 pulse dialer, MC34014 speech network, and the MC34017 tone ringer. The dialer has last number redial, and provides a pacifier tone to the receiver during dialing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 21 — COMPLETE TELEPHONE WITH PULSE/TONE DIALING

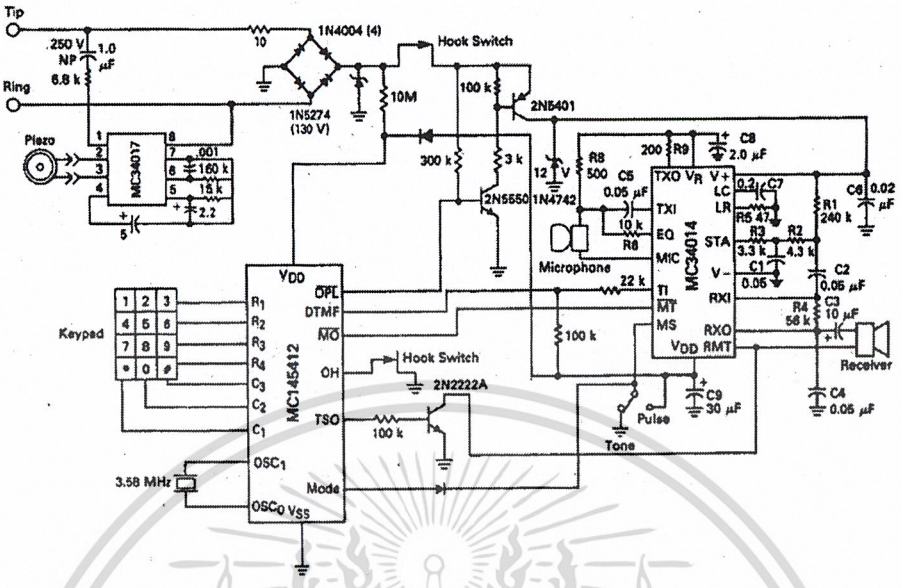
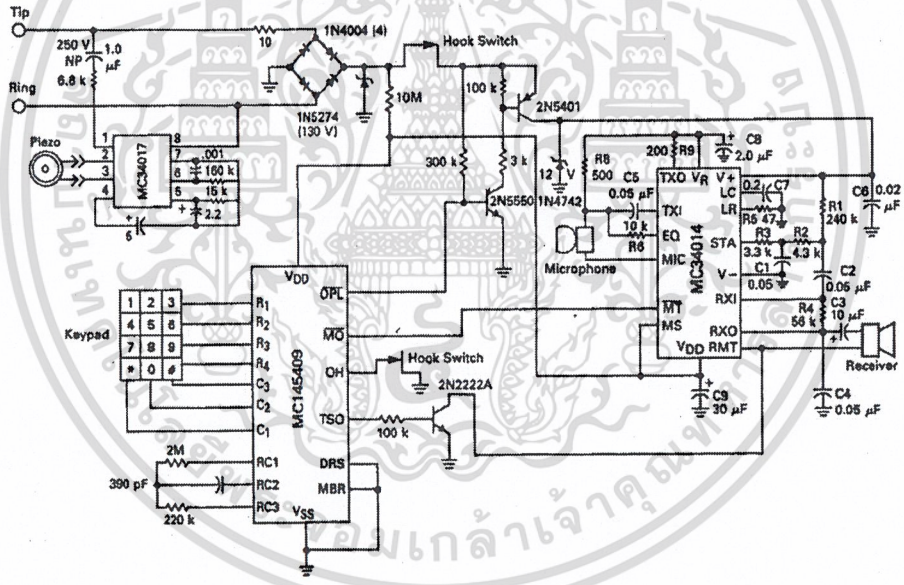


FIGURE 22 — COMPLETE TELEPHONE WITH PULSE DIALING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

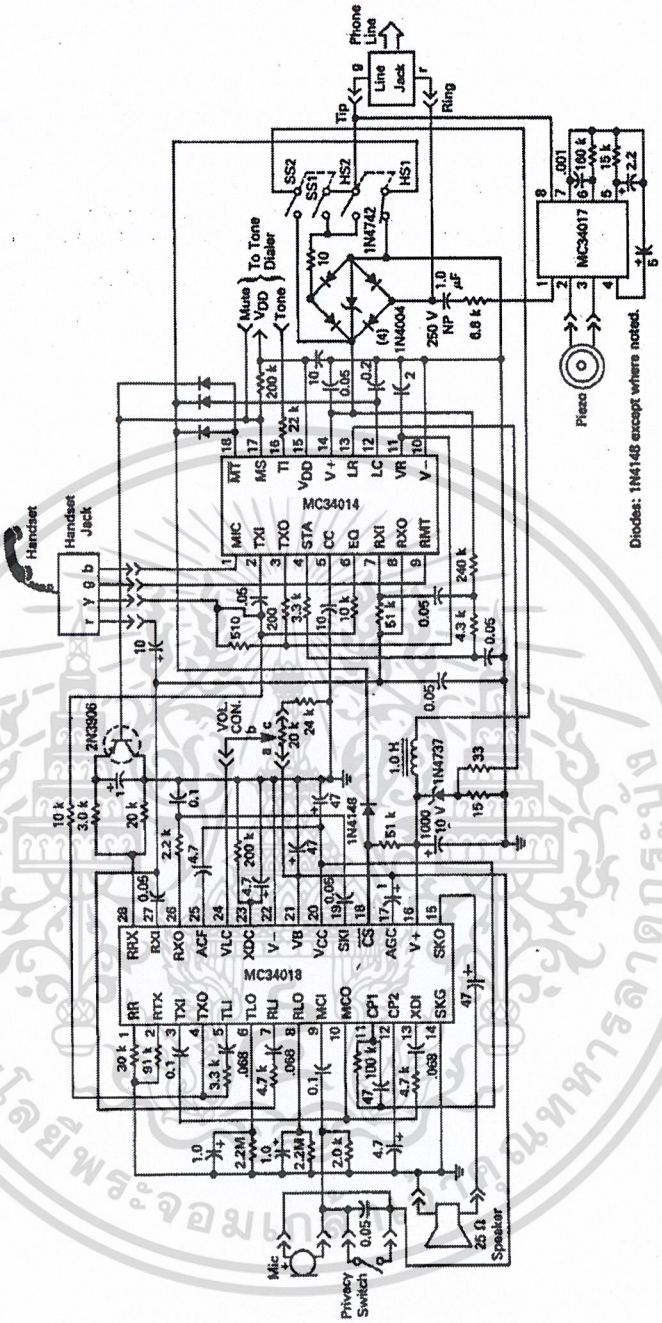


FIGURE 23 — SWITCHABLE HANDSET/HANDSFREE SYSTEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Recommended External Components

Piezo Sounder
Models KSN 1113-1116
Motorola, Inc.
Albuquerque, N.M.
505-822-8801

Microphone/Receiver
Microphone model EM-95
Receiver model DH-34
Primo Microphone, Inc.
Elk Grove Village, Ill.
312-595-1022

Microphone Model KUC2123
Hosiden Electronics
Chicago, Ill.
312-956-7707

TRANSIENT PROTECTION & RFI SUPPRESSION

Protection from voltage transients is necessary in most telephone circuits, and may take the form of zener diodes, RC or LC filters, transient suppressors, or a combination of the above.

Potential radio frequency interference problems should be addressed early in the electrical and mechanical design of the telephone. RFI may enter the circuitry through the Tip & Ring lines, through the microphone and/or receiver leads in the handset cord, or through any of the wiring or PC board traces. Ceramic decoupling capacitors, ferrite beads, and other RFI suppression techniques may be needed. Good PC board design techniques, such as the avoidance of loops, should be used. Long tracks on high impedance nodes should be avoided.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายดำหริ ทิพย์แก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 12 มกราคม พ.ศ. 2523

ภูมิลำเนา 19/3 หมู่ 8 ถ.ศรีกาญจนะ ตำบลกำแพงเพชร อำเภอรัตนภูมิ
จังหวัดสงขลา 90180 โทรศัพท์ 0-9490-1096

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนวัดใหม่ทุ่งคา จังหวัดสตูล

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมจักรีวัชร จังหวัดสตูล

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคสตูล

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคสตูล

ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์ ทำในสิ่งที่ถูกต้องและถูกใจและสิ่งสำคัญไม่เดือดร้อนใคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายทวีศักดิ์ เฮงจินดา
วัน เดือน ปีเกิด	2 สิงหาคม พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา	36/1 หมู่ 2 ตำบลสามง่าม อำเภอดอนตูม
	จังหวัดนครปฐม 73150 โทรศัพท์ 0-3438-1917

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดสามง่าม (คงทองอนุสรณ์) จังหวัดนครปฐม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	รางวัลสิ่งประดิษฐ์คนรุ่นใหม่ ปี 2541(แชมป์ภาคกลาง)
	ประกาศนียบัตรนักธรรมศึกษาชั้นโท 2539
	ประกาศนียบัตรนักธรรมศึกษาชั้นตรี 2538
คติพจน์	อดีตคือสิ่งที่ผ่านไปแล้ว จงมุ่งมั่นและอยู่กับอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายเปรม ศรีเมือง

วัน เดือน ปีเกิด 30 เมษายน พ.ศ. 2524

ภูมิลำเนา 97 ถ. ราษฎร์บำรุง ตำบลตะกั่วป่า อำเภอตะกั่วป่า
จังหวัดพังงา 82110 โทรศัพท์ 0-1911-0794

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนสุทธินอนุสรณ์ จังหวัดพังงา

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนตะกั่วป่าเสนานุกูล จังหวัดพังงา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคพังงา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต

ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ทุนการศึกษา ทุน Toshiba Foundation ศึกษาดูงานและแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมที่ Beppu University ประเทศญี่ปุ่น

คติพจน์ ที่ใดมีความหวัง ที่นั่นย่อมมีหนทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายพีชช นครินทร์
วัน เดือน ปีเกิด	25 กันยายน พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา	39/47 หมู่ 4 ตำบลทุ่งทอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี 71110 โทรศัพท์ 0-1503-1477

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวีรศิลป์ จังหวัดกาญจนบุรี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวีรศิลป์ จังหวัดกาญจนบุรี
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนวิสุทธรังษี จังหวัดกาญจนบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	พอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้