ปริญญานิพนธ์

ชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย

WIRELESS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

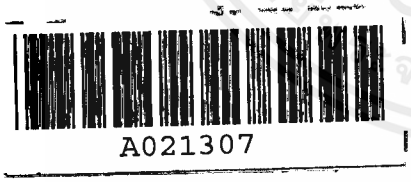
(WPABX)

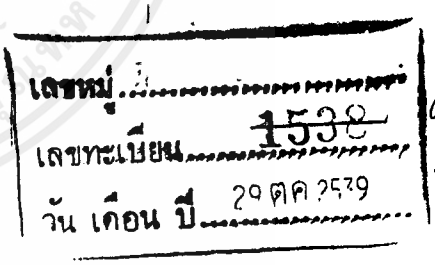
นายเฉลิม มากมี

นายฐิตินพ พนังวิเชียร

นายทรงศักดิ์ สว่างโคกกรวด

นายยุทธนา นพดารา


A021307


เลขหมู่ .....
เลขทะเบียน 1538
วัน เดือน ปี 29 ตค 2539

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ ชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย

WIRELESS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE (WPABX)

ชื่อนักศึกษา

1. นายเฉลิม	มากมี	รหัสประจำตัว	37031103
2. นายฐิตินพ	พนังวิเชียร	รหัสประจำตัว	37031107
3. นายทรงศักดิ์	สว่างโคกกรวด	รหัสประจำตัว	37031109
4. นายยุทธนา	นพดารา	รหัสประจำตัว	37031123

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
2. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
3. อาจารย์สุชิน อาจหาญ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	
2. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
3. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	
4. อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	
5. อาจารย์โกศล ตราชู	

วันเดือนปีที่สอบ วันที่ 21 มีนาคม 2539 เวลา 10.00 ถึง 11.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 22 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย
WIRELESS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE
(WPABX)

ผู้จัดทำ

1. นายเฉลิม มากมี
2. นายฐิตินพ พนังวิเชียร
3. นายทรงศักดิ์ สว่างโคกกรวด
4. นายยุทธนา นพคารา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....
(อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

ลงนาม.....
(อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

ลงนาม.....
(อาจารย์สุชิน อาจหาญ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....
(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย
WIRELESS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE
(WPABX)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและออกแบบระบบการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติกับชุดรับ-ส่งวิทยุสื่อสาร
3. เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างสายอากาศให้มีประสิทธิภาพในการรับ-ส่งสัญญาณสูง
4. เพื่อศึกษาระบบการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ
5. เพื่อสามารถนำเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไปใช้งานได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถออกแบบระบบการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติได้
2. สามารถออกแบบวงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติกับชุดรับ-ส่งวิทยุสื่อสารได้
3. สามารถออกแบบสร้างสายอากาศให้มีประสิทธิภาพในการรับ-ส่งสัญญาณสูง
4. สามารถนำเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไปใช้งานได้
5. สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย

นายเฉลิม มากมี
นายฐิตินพ พนังวิเชียร
นายทรงศักดิ์ สว่างโคกกรวด
นายยุทธนา นพคารา

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
อาจารย์สุชิน อาจหาญ

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอโครงงานการออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย โดยนำเอาหลักการของการรับและส่งสัญญาณ VHF 141-147 เมกะเฮิรตซ์ มาใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างคู่สายขององค์การโทรศัพท์ โดยการจัดให้บริการในเขตห่างไกลกับคู่สายของเครื่องโทรศัพท์ไร้สายที่จัดไว้ในพื้นที่ที่คู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์เข้าไปไม่ถึง ซึ่งจะเป็นการกระจายพื้นที่การสื่อสารไปอยู่ที่ห่างไกล ดังเช่น ในพื้นที่ชนบทที่ยังไม่มีการให้บริการโทรศัพท์จากองค์การโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ไร้สายที่สร้างขึ้นนี้จะสามารถรับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ได้ 1 คู่สาย และจะให้บริการคู่สายของเครื่องโทรศัพท์ไร้สายที่ปลายทางได้ 4 หมายเลข โดยมีการรับและส่งสัญญาณย่าน VHF ผ่านสายอากาศแบบยากิ 9 ส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WIRELESS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE (WPABX)

MR.CHALERM MAKMEE
MR.THITINOP PANANGWICHEIN
MR.SONGSAK SAWANGKOKKRUAD
MR.YUTHANA NOPDARA

ADVISORS
MR.WISUIT ATIPORNTUM
MR.PEERAWUT SUWANJAN
MR.SUCHIN ADHAN

1995

ABSTRACT

This thesis presents the project of Wireless Private Automatic Branch Exchange (WPABX). The project use VHF linking between line from the Telephone Organization of Thailand (TOT) and the subscriber line circuit at 141-147 MHz. This WPABX can service 1 outside line and 4 extension lines and use the 9 elements yagi antenna for Tx - Rx VHF communication.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานปริญญานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จได้ ก็ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาในการดำเนินงาน และแนะนำในการแก้ปัญหาด้วยดีเสมอมา รวมทั้งคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน การใช้อาคารสถานที่ ตลอดจนเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำปริญญานิพนธ์

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณทุกๆ ท่าน ที่มีส่วนช่วยให้โครงงานปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ	3
2.1.1 ประเภทของการสื่อสารโดยคลื่นวิทยุ	3
2.1.2 วิธีการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ	4
2.2 เครื่องส่งวิทยุ	6
2.2.1 วงจรออสซิลเลเตอร์	6
2.2.2 การเปลี่ยนความถี่วิทยุ	6
2.2.3 ย่านความถี่วิทยุที่ควบคุม	7
2.2.4 คลื่นพาห์	7
2.2.5 การแปรรูปคลื่นวิทยุ	7
2.2.6 ความกว้างของแถบคลื่นวิทยุ	8
2.2.7 คลื่นวิทยุคลื่นอื่นปะปนออกไป	9
2.2.8 เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่น	9
2.3 เครื่องรับวิทยุ	10
2.3.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ	10
2.3.2 ดีเทคเตอร์	10
2.3.3 ระบบการรับคลื่นวิทยุ	11
2.3.4 เสียงรบกวน	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
2.3.5 การกวาดหาคลื่นวิทยุ	13
2.3.6 สเควลช์คอนโทรล	14
2.3.7 อาร์ไอที คอนโทรล (RIT Control)	14
2.3.8 ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler)	14
2.4 สายอากาศ	15
2.4.1 คลื่นทีอีเอ็ม (T.E.M) และโพลาไรเซชั่น	15
2.4.2 การกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ	16
2.4.3 สายอากาศไดโพล	19
2.4.4 รูปแบบของการกระจายคลื่นของสายอากาศ	20
2.4.5 สายอากาศแบบอื่น ๆ	24
2.4.6 การต่อสายอากาศเป็นแผงแอเรย์	26
2.5 ระบบโทรศัพท์	27
2.5.1 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (Dual Tone Multi Frequency Type)	30
2.5.2 การเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ	30
2.5.3 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ	31
2.5.4 ไดนามิกอิมพีแดนซ์	32
2.5.5 ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ (Return Loss)	32
2.5.6 ข้อดีสำหรับการส่งสัญญาณแบบ DTMF	33
2.5.7 ระบบสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์	33
2.5.8 วงจรถอดรหัส	34
2.5.9 อุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ (Hybrids)	35
2.6 ชุมสายโทรศัพท์ชนิดต่างๆ	38
2.6.1 ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง	39
2.6.2 ชุมสายต่อผ่าน (Transit Exchange)	39
2.7 มาตราฐานของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบ สร้าง และการทำงาน	41
3.1 หลักการทำงาน	41
3.2 เครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF	42
3.3 การทำงานของวงจรเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF	44
3.3.1 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	44
3.3.2 วงจรตั้งรหัสผ่าน	45
3.3.3 วงจรเปิด-ปิดสวิทซ์โทรศัพท์ และเครื่องส่งวิทยุ	46
3.3.4 วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่ง และเครื่องส่งวิทยุ	48
3.3.5 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	48
3.3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	49
3.3.7 วงจรเปลี่ยนความถี่ของเครื่องส่งวิทยุ	51
3.3.8 วงจรเปลี่ยนสัญญาณโทรศัพท์	54
3.4 เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	56
3.5 การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	56
3.5.1 วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก	57
3.5.2 วงจรแมทริกซ์สวิทซ์	58
3.5.3 วงจรถอดรหัส DTMF	60
3.5.4 วงจรผลิตสัญญาณเสียง และกรองความถี่ต่ำ	61
3.5.5 วงจรผลิตสัญญาณกระดิ่ง	62
3.5.6 วงจรตรวจสอบการยกหู	63
3.5.7 วงจรขับรีเลย์	65
3.5.8 วงจรควบคุมโดยใช้ Z-80 เป็นส่วนประมวลผล	65
3.5.9 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	66
3.6 การทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	66
3.6.1 การติดต่อภายใน	66
3.6.2 การติดต่อภายนอก	69
3.6.3 การโอนสาย	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	72
4.1 การติดต่อภายใน	72
4.2 การติดต่อจากคู่สายภายในไปยังคู่สายภายนอก	74
4.3 การติดต่อจากคู่สายภายนอก	75
4.4 ผลการทดลอง	75
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา	78
5.1 บทสรุป	78
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำการทดลอง	78
5.3 แนวทางในการแก้ไข	79
5.4 แนวทางการพัฒนา	79
ภาคผนวก ก ส่วนประกอบของชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย	80
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้ชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย	86
ภาคผนวก ค ผังการทำงานและควบคุมการทำงาน	88
ภาคผนวก ง โครงสร้างของสายอากาศ	113
ภาคผนวก จ ลายทองแดงและการวางอุปกรณ์	119
บรรณานุกรม	126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง หน้า

ตารางที่ 2.1 ความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลข 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบการส่งแบบ SIMPLEX (SX) เป็นการส่งทิศทางเดียว	4
รูปที่ 2.2 ระบบการส่งแบบ HALF-DUPLEX (HDX) เป็นการส่งได้สองทิศทาง	5
รูปที่ 2.3 ระบบการส่งแบบ FULL-DUPLEX (FDX) เป็นการรับส่งสองทิศทาง ในเวลาเดียวกัน	6
รูปที่ 2.4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	15
รูปที่ 2.5 การกระจายคลื่นของน้ำในสระ	16
รูปที่ 2.6 สนามของการกระจายคลื่น	17
รูปที่ 2.7 การกระจายของคลื่นไฟฟ้าจากสายอากาศ	18
รูปที่ 2.8 สายอากาศไดโพล	19
รูปที่ 2.9 รูปแบบการกระจายของค่ากระแสและโวลต์เตจบนสายอากาศไดโพล	20
รูปที่ 2.10 (ก) ตัวอย่างรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน	21
รูปที่ 2.10 (ข) ตัวอย่างรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวตั้ง	22
รูปที่ 2.11 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล	23
รูปที่ 2.12 สายอากาศโฟลด์ไดโพล	25
รูปที่ 2.13 สายอากาศยากิ	25
รูปที่ 2.14 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศยากิ	26
รูปที่ 2.15 การวัดบีมวิดท์ของสายอากาศทิศทาง	27
รูปที่ 2.16 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น	29
รูปที่ 2.17 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้นๆ	31
รูปที่ 2.18 สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์	34
รูปที่ 2.19 การแยกการรับและส่งของสัญญาณเสียง	36
รูปที่ 2.20 คุณสมบัติการส่งสัญญาณ	36
รูปที่ 2.21 รีซิสแตนซ์ไฮบริด	37
รูปที่ 2.22 ทรานส์ฟอร์เมอร์ไฮบริด	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย	41
รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของวงจรเครื่องส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF	42
รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของวงจรเครื่องรับสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF	43
รูปที่ 3.4 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	45
รูปที่ 3.5 วงจรตั้งรหัสผ่าน	46
รูปที่ 3.6 วงจรปิด-เปิดสวิทซ์โทรศัพท์และเครื่องส่งวิทยุ	47
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่งและเครื่องส่งวิทยุ	48
รูปที่ 3.8 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์	49
รูปที่ 3.9 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	51
รูปที่ 3.10 วงจรเปลี่ยนความถี่เครื่องวิทยุรับส่ง รุ่น ICOM-2N	52
รูปที่ 3.11 วงจรเปลี่ยนความถี่วิทยุรับส่ง ย่าน VHF	53
รูปที่ 3.12 วงจรขยายเสียงของเครื่องรับวิทยุ	53
รูปที่ 3.13 วงจรเครื่องเปลี่ยนสัญญาณโทรศัพท์	54
รูปที่ 3.14 ผังการทำงานของวงจรภายใน MT 8870	55
รูปที่ 3.15 วงจรแหล่งจ่ายไฟเครื่องรับ-ส่งสัญญาณโทรศัพท์	55
รูปที่ 3.16 ผังการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	56
รูปที่ 3.17 วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก	57
รูปที่ 3.18 วงจรแมทริกซ์สวิทซ์	59
รูปที่ 3.19 วงจรถอดรหัส DTMF	60
รูปที่ 3.20 วงจรผลิตสัญญาณเสียง และกรองความถี่ต่ำ	61
รูปที่ 3.21 วงจรผลิตสัญญาณกระดิ่ง	62
รูปที่ 3.22 วงจรตรวจสอบการยกหู	64
รูปที่ 3.23 วงจรขับรีเลย์	65
รูปที่ 3.24 วงจรควบคุมโดยใช้ Z-80 เป็นส่วนประมวลผลกลาง	67
รูปที่ 3.25 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	68
รูปที่ 4.1 รูปร่างสัญญาณให้หมุน	72
รูปที่ 4.2 รูปร่างสัญญาณเรียกกลับ	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.3 รูปร่างสัญญาณเรียก	73
รูปที่ 4.4 รูปร่างสัญญาณสายไม่ว่าง	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันทุกคนยอมรับและเห็นว่า เทคโนโลยีการสื่อสาร ได้มีการพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการส่งข่าวสารในรูปของ ข้อมูล, ภาพ และเสียง ก็ตาม โดยเฉพาะในสังคมเมืองการติดต่อสื่อสารในด้านต่างๆ มีความสะดวกรวดเร็วอย่างยิ่ง เช่น โทรศัพท์ ซึ่งมีคู่สายสำหรับการใช้งานเป็นจำนวนมาก ส่วนในภูมิภาคทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ขยายขอบเขตการให้บริการอย่างทั่วถึง แต่ในชนบทส่วนใหญ่ของประเทศ ระบบการติดต่อสื่อสารยังเข้าไปไม่ถึงอาจเกิดจากสิ่งต่างๆ เช่น สภาพภูมิประเทศไม่เอื้ออำนวยหรือในแง่ของงบประมาณที่ลงทุนไม่คุ้มกับผลที่ได้รับ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ คณะผู้จัดทำจึงได้เกิดแนวความคิดที่จะสร้าง ชุมสายโทรศัพท์ไร้สายขึ้นมา เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการสื่อสารที่กล่าวมาข้นต้น

เครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สายนี้ เป็นวงจรที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติกับชุดรับส่งวิทยุสื่อสาร ซึ่งสามารถใช้งานในชนบทที่อยู่ห่างไกลได้โดยจะส่งสัญญาณโทรศัพท์ด้วยความถี่ VHF ซึ่งสามารถใช้เป็นแบบ Full-Duplex ได้ โดยพูดโต้ตอบกันระหว่างเครื่องส่งต้นทางกับเครื่องรับปลายทาง นอกจากนี้ยังใช้เป็น ระบบวิทยุโทรศัพท์แบบ Semi Duplex โดยใช้ติดต่อระหว่างวิทยุกับโทรศัพท์ได้ และใช้เป็นโทรศัพท์ภายในโดยติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ภายในชุมสายโทรศัพท์เดียวกันได้ 2 คู่สนทนา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้กล่าวถึงทฤษฎี และรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องสายโทรศัพท์ไร้สายซึ่งได้แบ่งเป็นบทต่างๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้กล่าวถึงเหตุผลที่จัดทำเครื่องชุมสายโทรศัพท์ ลักษณะของระบบและหลักการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สายโดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ในบทนี้จะกล่าวถึงเรื่องระบบสื่อสาร การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ เครื่องส่งวิทยุ เครื่องรับวิทยุ สายอากาศ ระบบโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ชนิดต่างๆ และมาตราฐานของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

บทที่ 3 การออกแบบ สร้าง และการทำงาน ในบทนี้จะเป็นการออกแบบวงจรเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย อธิบายการทำงานของแต่ละวงจร และการออกแบบโปรแกรมสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมการทำงานในแต่ละโหมดของเครื่องโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองใช้งานเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

บทที่ 5 บทสรุปปัญหาแนวทางแก้ไขและการพัฒนา ในบทนี้จะกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข ตลอดจนแนวทางในการพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ

จากการศึกษาระบบสื่อสาร จะเห็นว่าพาหะของการติดต่อสื่อสารหรือช่องทางการสื่อสาร (Media หรือ Channels) ที่ได้รับการพัฒนาจนถึงปัจจุบันนี้ มีความเจริญก้าวหน้าไปเป็นอันมาก นั่นคือ การสื่อสารทางด้านวิทยุ ซึ่งช่วยให้มนุษย์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้เป็นระยะทางไกลมากขึ้น โดยใช้วิธีการเปลี่ยนเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าขยายให้เป็นความถี่เสียง (Audio Frequency) แล้วทำการผสมกับคลื่นพาหะ (Carrier Wave) แล้วส่งไปยังเครื่องรับที่อยู่ห่างออกไป ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ไกลและสะดวกขึ้น

2.1.1 ประเภทของการสื่อสารโดยคลื่นวิทยุ

เครื่องรับ-ส่งวิทยุทั่วๆ ไป จะแบ่งประเภทตามย่านความถี่ที่ใช้ออกเป็น 3 ประเภท

1. เครื่องรับ-ส่งวิทยุย่านความถี่เอชเอฟ (HF = Hight Frequency) คือย่านความถี่สูงเริ่มตั้งแต่ความถี่ 3-30 เมกะเฮิรตซ์ เครื่องรับ-ส่งย่านเอชเอฟ ส่วนใหญ่ออกแบบให้ใช้รับ-ส่งสัญญาณในระบบซิงเกิ้ลไซด์แบนด์ (SSB = Single Side Band) และซีบี (CB = Citizen Band) การสื่อสารในย่านความถี่เอชเอฟนี้ จะเป็นการสื่อสารระยะไกล และเป็นการสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด (Point To Point)

การสื่อสารย่านนี้จะไปได้ไกลมาก เพราะคลื่นวิทยุสามารถสะท้อนบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ได้ดี ทำให้สถานีรับ และสถานีส่งสามารถติดต่อกันข้ามประเทศได้

2. เครื่องรับ-ส่งย่านความถี่วีเอชเอฟ (VHF = Very Hight Frequency) คือ ย่านความถี่สูงมาก เริ่มตั้งแต่ความถี่ 30-300 เมกะเฮิรตซ์ ส่วนใหญ่ใช้รับส่งสัญญาณเอฟเอ็ม การสื่อสารในย่านวีเอชเอฟมีทั้งแบบเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุดและการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ ระยะทางที่ติดต่อสื่อสารจะไม่เกิน 50 กิโลเมตร

3. เครื่องรับ-ส่งวิทยุย่านความถี่ยูเอชเอฟ (UHF = Ultra Hight Frequency) คือ ย่านความถี่สูงยิ่ง เริ่มตั้งแต่ความถี่ 300-3000 เมกะเฮิรตซ์ ส่วนใหญ่จะใช้รับส่งสัญญาณเอฟเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารในย่านความถี่ UHF มีทั้งแบบใช้เชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด และการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ ระยะทางที่ติดต่อกันไม่เกิน 50 กิโลเมตร

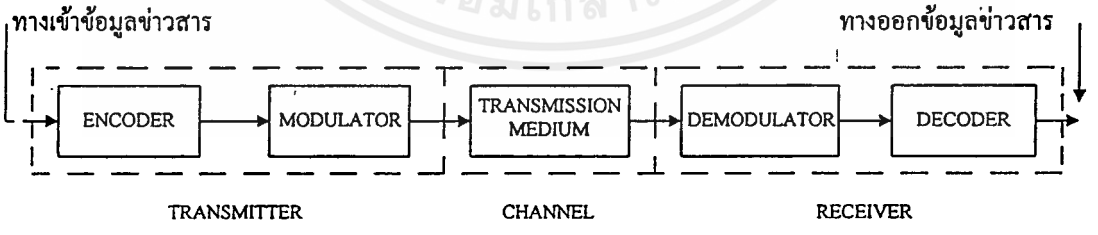
2.1.2 วิธีการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ

การติดต่อสื่อสารวิทยุ จำแนกออกเป็น

1. การติดต่อสื่อสารทางเดียว (One-Way Radio Communications) วิธีนี้จะมีสถานีต้นทางเป็นสถานีส่งฝ่ายเดียว ส่วนสถานีปลายทางเป็นสถานีรับเท่านั้น โดยปกติจะมีสถานีปลายทางมากกว่า 1 สถานี เช่น วิทยุกระจายเสียง, โทรทัศน์, และวิทยุติดตามตัว เป็นต้น

2. การติดต่อสื่อสารสองทาง (Two-Way Radio Communication) จะมีสถานีเป็นโครงข่าย ตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไป แต่ละคู่สามารถติดต่อโต้ตอบกันได้หลายวิธีดังนี้

ซิมเพล็กซ์ (Simplex) ซึ่งแต่ละสถานีจะต้องผลัดกันพูด ผลัดกันฟัง เมื่อสถานีหนึ่งส่ง อีกสถานีจะต้องรับฟัง จะโต้ตอบสวนกันไม่ได้ ในการติดต่อทางวิทยุโทรศัพท์ เมื่อสถานีหนึ่งหมดข้อความที่จะส่ง จะต้องใช้คำว่า "เปลี่ยน" เพื่อให้คู่สถานีทราบและพูดโต้ตอบได้ เครื่องวิทยุที่ใช้จะมีเครื่องรับและเครื่องส่งรวมอยู่ด้วยกัน (Radio Transceiver) ในสภาพปกติ เครื่องวิทยุจะทำหน้าที่ฟังเพียงอย่างเดียว เมื่อต้องการส่งจะต้องกดปุ่มพูด (Push to Talk) ที่ไมโครโฟน แล้วจึงพูดออกอากาศออกไปได้ ความถี่วิทยุที่ใช้ในการติดต่อวิธีซิมเพล็กซ์จะใช้ความถี่เดียวหรือสองความถี่ก็ได้

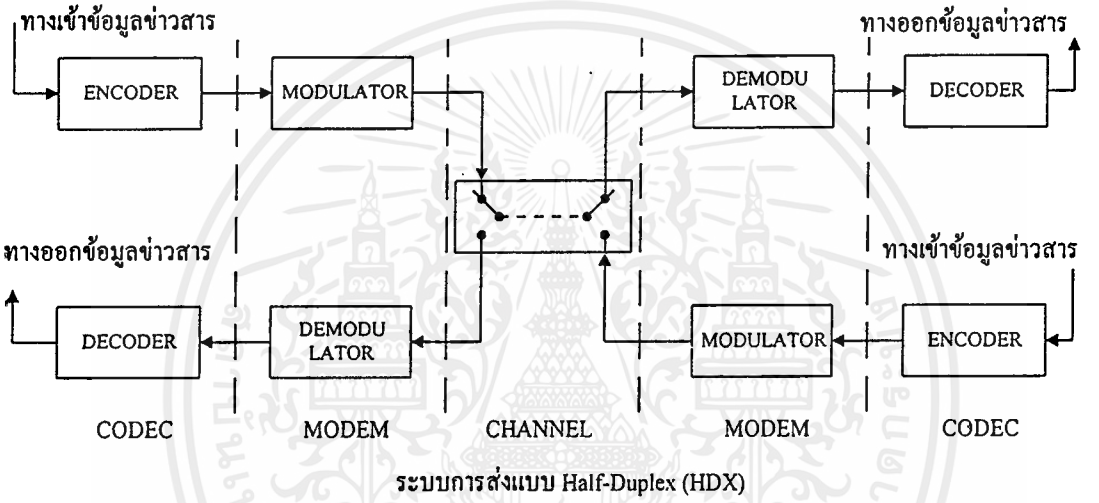


ระบบการสื่อสาร

รูปที่ 2.1 ระบบการส่งแบบ Simplex (SX) เป็นการส่งทิศทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

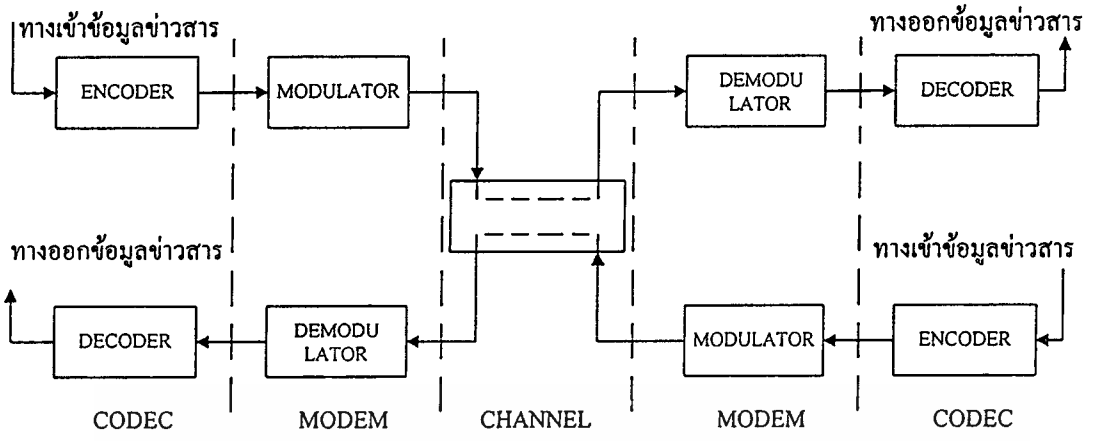
ดูเพล็กซ์ (Duplex) ซึ่งคู่สถานีสามารถพูดโต้ตอบกันได้ทันที ไม่ต้องรอให้อีกสถานีหยุดพูดหยุดส่ง ดังเช่นการสนทนาทางโทรศัพท์ธรรมดา วิธีนี้จะแยกภาคเครื่องรับออกจากเครื่องส่ง ใช้ความถี่ในการรับและการส่งไม่เหมือนกัน ซึ่งมีขนาดความถี่ห่างกันเพียงพอที่จะไม่รบกวนกันซึ่งกันและกัน โดยเครื่องวิทยุจะเปิดไว้ให้รับ และส่งตลอดเวลาทั้งสองสถานีเลยก็ได้ หรือจะเปิดให้เครื่องรับเพียงอย่างเดียว และเปิดส่งโดยการใช้ระบบสัญญาณ Signal Link จากคู่สถานีไปบังคับก็ได้ ระบบการส่งแบบดูเพล็กซ์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.2 ระบบการส่งแบบ Half-Duplex (HDX) เป็นการส่งได้สองทิศทางแต่คนละเวลา

เซมิดูเพล็กซ์ (Semiduplex) ซึ่งสถานีส่งทำงานแบบดูเพล็กซ์ ส่วนคู่สถานีทำงานแบบซิมเพล็กซ์โดยใช้สองความถี่ ในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุซึ่งมีศูนย์วิทยุควบคุมข่ายของการติดต่อ (Network Control) ส่วนใหญ่เป็นแบบซิมเพล็กซ์ ใช้ความถี่เดียวหรือสองความถี่ ในปัจจุบันที่ใช้งานกันทั่วไปได้แก่ โทรศัพท์ และดาวเทียม สามารถอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ได้มาก จะเห็นว่าระบบเซมิดูเพล็กซ์เป็นระบบที่ได้นำมาใช้มากในปัจจุบัน เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย สามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบเกี่ยวกับการสื่อสารด้านต่างๆ ได้อย่างมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระบบการส่งแบบ Full-Duplex (FDX)

รูปที่ 2.3 ระบบการส่งแบบ Full-Duplex (FDX) รับส่งสองทิศทางในเวลาเดียวกัน

2.2 เครื่องส่งวิทยุ

2.2.1 วงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Circuit) คือ วงจรที่ทำให้เกิดกระสลับทุกความถี่หรือเรียกว่า วงจรกำเนิดความถี่วิทยุ เป็นวงจรอันดับต้นของเครื่องส่งวิทยุ และมีใช้อยู่ในเครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตเทอโรดายน์ วงจรออสซิลเลเตอร์มีหลายชนิด เช่น

1. ชนิดใช้ผลึก (Quarte Crystal) ควบคุมความถี่วิทยุได้ความถี่คงที่แน่นอนดีมาก

2. ชนิดวีเอฟโอ (VFO = Variable Frequency Oscillator) ความถี่ที่ได้นั้นจะไม่คงที่แน่นอนนัก

3. ชนิดความถี่สังเคราะห์ (Frequency Synthesizer) ได้โดยความถี่คงที่แน่นอน มักต้องใช้วงจรกรองกระแส ป้องกันมิให้ความถี่ฮาร์มอนิกที่ไม่ต้องการออกไป

2.2.2 การเปลี่ยนความถี่วิทยุ

ความถี่วิทยุของออสซิลเลเตอร์จะเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

1. ถ้าเป็นวงจรใช้ผลึก จะต้องเปลี่ยนผลึกใหม่ (หนาหรือบางกว่าเก่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ถ้าเป็นวงจรวีเอฟโอ ต้องเปลี่ยนค่าอินดักแตนซ์ของขดลวด หรือเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ของวงจรรีโซแนนซ์

3. ถ้าเป็นชนิดความถี่สังเคราะห์ มักทำให้หมุนเปลี่ยนค่าความถี่วิทยุได้เป็นขั้นๆ เช่น ขั้นละ 5 กิโลเฮิรตซ์ หรือขั้นละ 25 กิโลเฮิรตซ์ วงจรชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากโดยเฉพาะในเครื่องรับส่งวิทยุสมัครเล่น เพราะใช้ได้สะดวก ได้ความถี่วิทยุที่แน่นอนและดีกว่าชนิดที่ใช้วงจรวีเอฟโอ

2.2.3 ย่านความถี่วิทยุที่ควบคุม

1. ข้อบังคับวิทยุสากลของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ กำหนดให้ความถี่ตั้งแต่ 10 กิโลเฮิรตซ์ ขึ้นไปจนถึง 275 กิกะเฮิรตซ์ เป็นความถี่ที่ใช้สำหรับใช้ในกิจการวิทยุระหว่างประเทศที่จะต้องจัดสรรตามประเภทของกิจการวิทยุ

2. พรบ.วิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 มาตรา 4 กำหนดความถี่ของคลื่นเฮิรตซ์เซียน หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตั้งแต่ 10 กิโลเฮิรตซ์ จนถึง 300,000 เมกะเฮิรตซ์ เป็นความถี่ที่ต้องควบคุม ผู้ใช้จะต้องขออนุญาตจากกรมไปรษณีย์โทรเลขก่อน

2.2.4 คลื่นพาห์

คลื่นพาห์ (Carrier Wave) หมายถึง คลื่นวิทยุที่ยังไม่มีการแปรรูปคลื่น หรือคลื่นวิทยุที่ถูกส่งออกจากสายอากาศเครื่องส่งเพื่อจะใช้เป็นพาหะนำสัญญาณเสียงไปสู่เครื่องรับ แต่ยังไม่มีสัญญาณเสียง ความถี่ของคลื่นพาห์คือความถี่ที่สถานีเครื่องส่งนั้นกำหนดใช้ตามข้อบังคับวิทยุสากล

2.2.5 การแปรรูปคลื่นวิทยุ

การแปรรูปคลื่นวิทยุ (Modulation) หมายถึง การเอาความถี่เสียง (AF) กับความถี่วิทยุ (RF) ผสมกัน หรือการเอาความถี่เสียงไปบีบบังคับคลื่นวิทยุให้เป็นรูปคลื่นวิทยุแปรเปลี่ยนไป วิธีการแปรรูปคลื่นวิทยุที่ใช้กันมากมี 2 วิธีคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การแปรรูปคลื่นวิทยุทางแอมพลิจูด (AM = Amplitude Modulation) คือการทำให้แอมพลิจูดของคลื่นวิทยุเปลี่ยนรูปไปตามสัญญาณเสียงที่เข้ามา

2. การแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่ (FM = Frequency Modulation) คือการทำให้ความถี่ของวิทยุแปรเปลี่ยนไปเป็นความถี่สูงขึ้นและเป็นความถี่ต่ำลงตามสัญญาณที่เรียกเข้ามา

การแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่ มีข้อกำหนดไว้ว่าความถี่ที่ใช้นั้นจะต้องไม่ต่ำกว่าย่าน 30 เมกะเฮิรตซ์ ต้องเป็นความถี่วิทยุในย่าน (วีเอชเอฟ , ยูเอชเอฟ , เอสเอชเอฟ) ส่วนการแปรรูปคลื่นวิทยุทางแอมพลิจูดไม่มีข้อห้าม จะใช้ความถี่วิทยุขนาดใด ๆ ก็ได้ เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่นขนาดเล็ก ชนิดติดรถยนต์ หรือชนิดมือถือ ซึ่งใช้ความถี่ในย่าน 144-148 เมกะเฮิรตซ์ นิยมใช้การแปรรูปคลื่นวิทยุของความถี่ สำหรับทำวิทยุโทรศัพท์ (เอฟเอ็ม) ส่วนเครื่องส่งวิทยุโทรศัพท์ขนาดเล็กแบบที่เรียกว่า วิทยุประชาชน หรือเรียกย่อว่า ซีบี มักใช้การแปรรูปคลื่นทางแอมพลิจูด และใช้ความถี่วิทยุระหว่าง 26,957-27,283 กิโลเฮิรตซ์

2.2.6 ความกว้างของแถบคลื่นวิทยุ

การส่งคลื่นวิทยุที่เป็นพาหะอย่างเดียวนั้นจะไม่เกิดแถบคลื่นวิทยุ หรือแถบข้าง เรียกว่า Side Band ต่อเมื่อมีการแปรรูปคลื่นวิทยุจึงจะเกิดแถบคลื่นวิทยุแผ่กว้างออกไปจากความถี่วิทยุที่เป็นคลื่นพาห์ตามแต่ประเภทของการแปรรูปคลื่นวิทยุ เช่น

1. การแปรรูปคลื่นทางแอมพลิจูดหรือเอเอ็ม สำหรับวิทยุโทรศัพท์ที่มีแถบข้างเป็น 2 ข้าง (Double Side Band หรือ DSB) ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3,000 เฮิรตซ์ จะมีแถบคลื่นวิทยุกว้างข้างละ 3,000 เฮิรตซ์ เท่ากับ 6,000 เฮิรตซ์ ถ้าเป็นวิทยุโทรศัพท์ชนิดที่มีแถบข้างเพียงข้างเดียวหรือที่เรียกว่าซิงเกิลไซด์แบนด์ ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3,000 เฮิรตซ์ จะมีแถบคลื่นวิทยุกว้าง 3,000 เฮิรตซ์ หรือเท่ากับ 3 กิโลเฮิรตซ์

2. การแปรรูปคลื่นทางความถี่หรือเอฟเอ็ม สำหรับระบบวิทยุโทรศัพท์เพื่อพาณิชย์ใช้ความถี่เสียงไม่เกิน 3 กิโลเฮิรตซ์ จะมีแถบกว้าง 36 กิโลเฮิรตซ์ แต่สำหรับวิทยุโทรศัพท์ในกิจการวิทยุสมัครเล่นนั้นจะมีการถูกบีบให้มีแถบคลื่นวิทยุลดลงเหลือกว้างเพียง 16 กิโลเฮิรตซ์ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 คลื่นวิทยุคลื่นอื่นปะปนออกไป

เครื่องส่งวิทยุที่ดีจะส่งคลื่นที่บริสุทธิ์ ออกไปเป็นคลื่นพาห์ แต่เครื่องส่งวิทยุบางเครื่องจะส่งคลื่นอย่างอื่นปะปนออกไปด้วยโดยเป็นคลื่นที่เกิดขึ้นเอง เนื่องจากความบกพร่องของวงจรเครื่องส่ง คลื่นนี้ ได้แก่

1. คลื่นฮาร์มอนิก (Harmonic Wave) ซึ่งมีขนาดความถี่เป็น 2 เท่า 3 เท่า ของความถี่คลื่นพาห์เป็นต้น ทำให้กำลังคลื่นพาห์ลดน้อยลงเพราะต้องแบ่งกำลังไปอยู่คลื่นฮาร์มอนิกและไม่ให้ประโยชน์อันใดในการรับฟัง คลื่นฮาร์มอนิกยังไปรบกวนเครื่องรับอื่นๆ ที่กำลังรับฟังคลื่นพาห์ของสถานีอื่น ซึ่งมีความถี่ตรงกับคลื่นฮาร์มอนิกนี้ด้วย

2. คลื่นพาราซิติก (Parasitic Oscillation Wave) มักเกิดขึ้นในวงจรขยายแรงไฟความถี่วิทยุย่านวีเอชเอฟ , เอชเอฟ มีความถี่ไม่แน่นอน ปะปนแพร่ออกไปพร้อมกับคลื่นพาห์ทำให้คลื่นมีกำลังลดน้อยลงเพราะกำลังส่วนหนึ่งต้องเสียไปในการส่งคลื่นพาราซิติกนี้ ทั้งๆ ที่เป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์

คลื่นที่ปะปนออกไปกับคลื่นพาห์นี้ เป็นคลื่นเทียม (Spurious Transmission) เป็นตัวการที่จะไปรบกวนเครื่องรับอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ไปรบกวนเครื่องรับวิทยุโทรทัศน์,เครื่องรับวิทยุกระจายเสียง และเครื่องรับวิทยุอื่น ๆ ดังนั้น เครื่องส่งวิทยุคมนาคมที่ดี จะต้องมีวงจรที่ทำลายคลื่นฮาร์มอนิกและคลื่นเทียม หรือลดความแรงของคลื่นที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุด

2.2.8 เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่น

กรมไปรษณีย์โทรเลขอนุญาตให้จดทะเบียนใช้เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่นได้เฉพาะในกรณีต่อไปนี้

1. ความถี่วิทยุใช้ย่านความถี่ 144-146 เมกะเฮิรตซ์ (ความยาวคลื่นในย่าน 2 เมตร) หรือเรียกว่า ทู มิเตอร์ (To Meters)

2. กำลังส่ง ไม่เกิน 10 วัตต์

3. ระบบสื่อสาร ใช้เฉพาะวิทยุโทรศัพท์ระบบเอฟเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องรับวิทยุ

2.3.1 ประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ

สิ่งที่แสดงประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงหรือเครื่องรับวิทยุคมนาคมที่นักวิทยุสมัครเล่นใช้ในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ ได้แก่

1. ความไวในการรับ (Sensitivity) หมายถึง ความสามารถในการรับสัญญาณที่มีแอมพลิจูดต่ำๆ ได้ เครื่องรับที่มีความไวน้อย ต้องการสัญญาณที่มีแอมพลิจูดสูง

2. ความสามารถเลือกเฟ้นสัญญาณ (Selectivity) หมายถึง ความสามารถแยกสถานีวิทยุที่ต้องการรับฟังให้ออกมาจากกลุ่มสัญญาณของความถี่วิทยุที่อยู่ข้างเคียงได้ทำให้เสียงรบกวนจากสถานีที่ไม่ต้องการรับฟังเบาบางลงไปมาก ถ้าเครื่องรับความสามารถดีก็ทำให้การเลือกรับสัญญาณที่ต้องการได้ง่ายและถูกต้องแม่นยำ

3. ความชัดเจนของสัญญาณเสียง (Fidelity) หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เสียงที่รับฟังได้จากเครื่องรับวิทยุชัดเจนคล้ายคลึงจากเสียงที่มาจากต้นทางมากที่สุด

4. ความมีเสถียรภาพดี (Stability) หมายถึง ความสามารถทำให้สัญญาณวิทยุปรับนิ่งอยู่ตรงความถี่วิทยุที่รับฟังได้ตลอดเวลาของเครื่องรับวิทยุบางแบบ หรือบางเครื่องโดยเฉพาะ

เครื่องรับวิทยุชนิดหลอด เมื่อปรับให้รับคลื่นของสถานีแห่งหนึ่งได้แล้ว จะได้ยินเสียงดังที่สุดอยู่พักหนึ่งแล้วเสียงจะเบาลงไป เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องรับ ทำให้ค่าของอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร เช่นค่าคาปาซิแตนซ์ หรือค่าอินดักแตนซ์เปลี่ยนไป ทำให้ความถี่รีโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นเคลื่อนไปจากความถี่วิทยุที่ส่งมาเมื่อปรับแต่งเครื่องรับเสียใหม่ให้ได้ความถี่ตรงกับความถี่ที่ส่งมาอีกครั้งเสียงจึงจะดังขึ้นเท่าเดิม เครื่องรับชนิดใช้ทรานซิสเตอร์จะมีเสถียรภาพดีกว่าเครื่องรับชนิดหลอด

2.3.2 ดีเทคเตอร์

วงจรสำคัญที่เครื่องรับวิทยุจะขาดเสียมิได้คือ วงจรดีเทคเตอร์ (Detector) เพราะเป็นตัวแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณวิทยุ

ในระบบการแปรรูปคลื่นวิทยุทางแอมพลิจูดหรือเอเอ็ม ใช้หลอดไดโอดหรือสิ่งที่ทำงานได้อย่างหลอดไดโอด เช่น แร่เยอรมันเนียมหรือซิลิกอน ในสมัยเริ่มแรกที่มีวิทยุกระจายเสียงเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงมีดีเทคเตอร์แบบง่ายๆ เป็นกาลินา หรือแร่ซิลิกอน เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องแร่หรือเครื่องรับชนิดแร่ ต่อมาดีเทคเตอร์จึงเป็นหลอดไดโอดและเป็นทรานซิสเตอร์ มีชื่อเรียกต่างๆ กันตามหน้าที่ และการทำงาน เช่น ไดโอดดีเทคเตอร์รีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์-เพลทดีเทคเตอร์ และโปรดัคดีเทคเตอร์ เป็นต้น ส่วนการแปรรูปคลื่นวิทยุทางความถี่เอฟเอ็มดีเทคเตอร์เอฟเอ็มเรียกว่า ดิสคริมิเนเตอร์ (Frequency Discriminator) ต่อมาก็มีเรโชดีเทคเตอร์ (Ratio Detector) บางทีเรียกดีเทคเตอร์ว่า ดีมอดูเลเตอร์ เพื่อให้หมายถึงสิ่งที่ทำหน้าที่กลับกันกับมอดูเลเตอร์

2.3.3 ระบบการรับคลื่นวิทยุ

เครื่องรับวิทยุแบบง่ายที่สุดคือเครื่องแร่ มีดีเทคเตอร์เป็นก้อนแร่กับเข็มจิ้มแร่และใช้หูฟังเป็นเครื่องเปลี่ยนความถี่เสียง (คลื่นไฟฟ้า) เป็นคลื่นเสียง (คลื่นอากาศ) เครื่องแร่ใช้รับวิทยุกระจายเสียง , เครื่องรับวิทยุโทรศัพท์ระบบเอเอ็ม และวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดที่มีเสียงได้ แต่เครื่องรับวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดไม่มีเสียงไม่ได้

เครื่องรับวิทยุชนิดหลอดแบบง่ายที่สุดที่มีใช้ในปัจจุบันทั่วไปก็คือ แบบที่มีดีเทคเตอร์แบบรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative Detector) เพียงหลอดเดียว ใช้รับวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรศัพท์ ,วิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดมีเสียง และวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดไม่มีเสียงได้

การรับสัญญาณวิทยุโทรเลขรหัสมอร์สชนิดไม่มีเสียง ใช้วิธีโดยการปรับแต่งวงจรป้อนกำลังกลับ ให้ดีเทคเตอร์เกิดการออสซิลเลต (เกิดกระแสสลับกับความถี่) เป็นความถี่เกือบเท่าความถี่วิทยุที่รับฟัง ให้ผลต่างของความถี่ทั้งสองที่มาหักล้างกัน (Beat) เป็นความถี่เสียงประมาณ 500-1,000 เฮิรตซ์ เช่นเมื่อรับความถี่ 14,000 กิโลเฮิรตซ์ แล้วก็จะได้ยินเสียงกระทบกัน ความถี่ 0.5 กิโลเฮิรตซ์ หรือ 500 เฮิรตซ์

แต่การลดการป้อนกำลังกลับให้น้อยลงจนไม่เกิดอาการออสซิลเลท ดีเทคเตอร์จะตกอยู่ในสภาวะรีเจนเนอเรต (Regenerate) คือเป็นรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์ มีความไวในการรับฟังเพิ่มมากขึ้น รับสัญญาณโทรเลขชนิดมีเสียง , วิทยุโทรศัพท์ และวิทยุกระจายเสียงได้ความแรงสูงมาก โดยเครื่องรับวิทยุแบบที่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่วิทยุ (TRF หรือ Tuned Radio Frequency) มีหลอดขยายแรงไฟความถี่วิทยุเป็นหลอดตัน ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับความถี่วิทยุของวงจรทางเข้าให้ได้เท่ากับความถี่วิทยุที่รับฟังได้ แล้วจึงส่งแรงไฟที่ขยายแล้วไปเข้าหลอดรีเจน-เนอเรทีฟดีเทคเตอร์ เมื่อได้แรงไฟความถี่เสียงออกจากหลอดดีเทคเตอร์แล้วจึงทำการส่งเข้าในหลอดขยายแรงไฟความถี่เสียง และส่งกระแสสลับความถี่เสียงเข้าที่หูฟังหรือลำโพงเสียงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันดับสุดท้าย เครื่องรับวิทยุแบบทีอาร์เอฟนี้ แม้จะมีความไวสูง และยังมีความสามารถที่จะทำการเลือกเฟ้นหาสัญญาณในการรับได้ดีกว่าเครื่องรับวิทยุแบบเครื่องแร่ และแบบรีเจนเนอเรทีฟดีเทคเตอร์แต่ก็ยังไม่เป็นที่นิยมมาก และในการนำมาใช้งานได้ไม่ดีเหมือนกับเครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตทรอโรดายน์ (Superheterodyne)

เครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตทรอโรดายน์ หลักการทำงานที่สำคัญคือ ใช้วิธีเปลี่ยนความถี่วิทยุ ที่รับเข้ามาให้เป็นความถี่กลาง (IF) เสียก่อน เพื่อขยายความแรงสัญญาณให้มากขึ้นแล้ว จึงส่งเข้าวงจรดีเทคเตอร์เพื่อแยกเอาความถี่เสียงออกมา

ภาคแรกของเครื่องรับวิทยุเป็นภาคขยายความแรงสัญญาณความถี่วิทยุที่รับมาจากสายอากาศ แล้วจึงส่งเข้าภาคผสมความถี่ หรือภาคเปลี่ยนความถี่ โดยจะมีวงจรที่ทำให้เกิดความถี่วิทยุภายในเครื่องรับ แล้วส่งความถี่วิทยุที่ทำให้เกิดขึ้นเข้าไปผสมกับความถี่วิทยุที่รับเข้ามาทำให้เกิดผลต่างเป็นจำนวนเท่ากับ 455 หรือ 465 กิโลเฮิรตซ์ ต่อจากนั้นจึงส่งความถี่เข้าภาคขยายความแรงสัญญาณ ซึ่งอาจมีภาคเดียวหรือสองภาคก็ได้ แล้วส่งผลที่ได้ไปเข้าวงจรไดโอดดีเทคเตอร์ เพื่อแยกความถี่เสียงออกากความถี่ไอเอฟ และส่งความถี่เข้าภาคขยายความแรงสัญญาณความถี่เสียงต่อไป

การที่มีภาคขยายความแรงสัญญาณความถี่วิทยุนั้น จะทำให้เครื่องรับมีความไวสูงขึ้น การเปลี่ยนความถี่วิทยุเป็นความถี่ไอเอฟ ซึ่งเป็นความถี่ขนาดต่ำลงมา ทำให้เครื่องรับสามารถเลือกเฟ้นสัญญาณได้ดี ลดการรบกวนจากสถานีข้างเคียงลงได้มาก และยังช่วยขยายแรงไฟความถี่ไอเอฟได้แรงกว่าที่จะขยายความถี่วิทยุ ดังนั้น เครื่องรับวิทยุแบบซุปเปอร์เฮตทรอโรดายน์จึงจะมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องรับแบบอื่นๆ ทั้งหมด

2.3.4 เสียงรบกวน

เสียงรบกวนหรือนอยส์ (Noise) หมายถึง

1. เสียงรบกวนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องรับนั่นเอง (คือแม้จะทำการปลดสายอากาศออกจากเครื่องรับแล้วยังได้ยินเสียงรบกวนนั้นอยู่)

2. เสียงรบกวนที่เข้ามาทางสายอากาศ อันได้แก่ เสียงอากาศ (Atmospherics) รบกวน, เสียงรบกวนอันเกิดจากประกายไฟที่มนุษย์ก่อขึ้น (Man Made Statics) เช่นประกายระเบิดของหัวเทียน, เครื่องยนต์, รถยนต์, เครื่องเชื่อมไฟฟ้า, เครื่องรังสี-เอ็กซ์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับวิทยุที่ดีจะมีเสียงรบกวนน้อย คือประสิทธิภาพสูงในการรับสัญญาณวิทยุ จึงมีการเทียบอัตราส่วนระหว่างความแรงของสัญญาณวิทยุกับความแรงของเสียงรบกวน เรียกว่า อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal to noise ratio ย่อเป็น S:N หรือ S/N) เช่นเครื่องรับวิทยุที่มีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนเท่ากับ 20 ดีบี (S/N = 20 ดีบี) ก็หมายความว่าสัญญาณวิทยุที่เข้ามามีความแรงมากกว่าเสียงรบกวน 20 ดีบี หรือดังนี้

$$S/N = 20 \text{ Log } 10/1$$

$$= 20 \text{ Log แรงสัญญาณ / แรงเสียงรบกวน} \qquad 2.1$$

ดังนั้น ความแรงของสัญญาณวิทยุจะสูงกว่าความแรงของเสียงซู่ซ่ารบกวน 10 เท่า

อนึ่ง นอกจากการใช้เครื่องวิทยุที่มีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงแล้ว เราสามารถจะเพิ่มประสิทธิภาพในการรับสัญญาณวิทยุได้ด้วยอัตราขยายแกนของสายอากาศที่จะใช้กับเครื่องรับนั้น

2.3.5 การกวาดหาคลื่นวิทยุ

เป็นลักษณะการทำงานอย่างหนึ่งของเครื่องรับวิทยุสมัยปัจจุบัน เป็นวิธีเปลี่ยนค่าความถี่รีโซแนนซ์ได้เองโดยอัตโนมัติเพื่อหาคลื่นวิทยุที่มีส่งอยู่ในขณะนั้น ซึ่งวิธีการกวาดหาคลื่นวิทยุได้เองโดยอัตโนมัติ เรียกว่า **สแกนนิ่ง (Scanning)**

เมื่อกดปุ่มให้เครื่องรับกวาดหาคลื่นด้วยวิธีสแกนนิ่ง โดยเครื่องรับก็จะทำการกวาดหาสถานีวิทยุที่กำลังส่งคลื่นอยู่ในขณะนั้นพร้อมกับแสดงตัวเลขความถี่วิทยุที่เครื่องรับทำงานอยู่ ถ้ามีเสียงสัญญาณวิทยุ เครื่องรับจะหยุดการกวาดหาคลื่น ถ้าไม่มีเสียงสัญญาณวิทยุก็จะกวาดหาต่อไปจนสุดย่าน หรือสุดขนาดความถี่ที่เครื่องนั้นจะรับได้สูงที่สุด แล้วจะกลับมาตั้งต้นกวาดหาคลื่นตั้งแต่ความถี่ต่ำสุดอีกครั้งหนึ่ง

หากเครื่องรับหยุดการกวาดหาเพราะไปพบสัญญาณของสถานีวิทยุแห่งหนึ่งเข้าเครื่องรับจะทำให้เราได้ยินเสียงสัญญาณวิทยุนั้นนานสัก 4-5 วินาที ถ้าเราไม่กดสวิทซ์ให้เครื่องหยุดกวาดหา เครื่องรับก็จะเริ่มกวาดหาสถานีอื่นต่อไป การสแกนจึงเป็นการช่วยผู้ใช้เครื่องรับในการหาสถานี แต่ควรสังเกตว่า สถานีวิทยุที่มีสัญญาณเสียงเบาๆ อาจไม่ทำให้เครื่องรับหยุดการกวาดหาก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 สเควลช์คอนโทรล

สเควลช์คอนโทรล (Squelch Control ย่อเป็น SQL) คือปุ่มบังคับที่มีอยู่ในเครื่องรับวิทยุคมนาคมระบบเอฟเอ็ม ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับให้เสียงรบกวนลดลงหรือเงียบหายไป ขณะที่ไม่มีเสียงสัญญาณวิทยุเข้ามา ในกรณีเมื่อเปิดเครื่องรับแล้วได้ยินแต่เสียงรบกวนดังขึ้น ไม่มีเสียงพูด ต้องหมุนปุ่มบังคับสวิทซ์คอนโทรล (ตามเข็มนาฬิกา) จนเสียงรบกวนลดลงและให้ตั้งปุ่มบังคับนี้ไว้ตรงที่จะเริ่มมีเสียงรบกวน

หากได้ยินเสียงสัญญาณวิทยุ (เสียงพูด) เข้ามาบ้าง ก็ต้องหมุนปุ่มบังคับไปทางขวาหรือซ้าย จนพอจะเริ่มได้ยินเสียงรบกวน และเสียงพูด จะดังกลบเสียงนั้นได้

2.3.7 อาร์ไอที คอนโทรล (RIT Control)

อาร์ไอที คอนโทรล (RIT = Reciever Incremental Tuning) หมายถึง การปรับความถี่ของเครื่องรับนั้นให้เพิ่มขึ้น หรือลดลงเล็กน้อย ในบางโอกาสความถี่วิทยุของเครื่องส่งมาเข้าเครื่องรับไม่ค่อยตรงกับความถี่ที่เครื่องรับตั้งรับอยู่นักแม้ความถี่วิทยุจะต่างกันเพียง 1 หรือ 2 กิโลเฮิรตซ์ ก็อาจทำให้ได้ยินเสียงไม่ถนัดชัดเจนนัก จึงจำเป็นต้องมีวงจรช่วยปรับความถี่ของเครื่องรับอีกเล็กน้อย เพื่อให้ความถี่วิทยุตรงกันจริงๆ และเสียงจะดังชัดเจนยิ่งขึ้น การปรับความถี่นี้ จะกระทำได้ด้วยการปรับปุ่มอาร์ไอทีไปทางบวก (ความถี่เพิ่มขึ้น) หรือไปทางลบ (ความถี่ลดลง) ให้ได้ความถี่สูงขึ้นหรือลดลงประมาณ 3 กิโลเฮิรตซ์เป็นอย่างมาก หากไม่พึงประสงค์ที่จะใช้วงจรอาร์ไอที ก็หมุนปุ่มปรับอาร์ไอที ไปทางซ้ายจนสุดจะถึงจุดปิด (Off)

2.3.8 ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler)

ตัวเชื่อมโยงแสงบางครั้งเรียกว่า ตัวแยกโดยใช้แสง (Opto Isolator) เป็นอุปกรณ์เดี่ยวกีดขวาง เพื่อที่จะทำให้ทางด้านรับสามารถรับสัญญาณที่ส่งมาได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากการเลี้ยวอ้อมสิ่งกีดขวางจะทำให้เกิดการสูญเสียได้

เมื่อคลื่นเดินทางไปกระทบวัตถุ ทีมีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวคลื่น จะเกิดการสะท้อนของคลื่น (Reflection) คล้ายกับแสงที่สะท้อนจากกระจกเงา การสะท้อนของคลื่นนี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดเป็นสัญญาณรบกวน ดังเช่น การเกิดภาพซ้อนในเครื่องรับโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

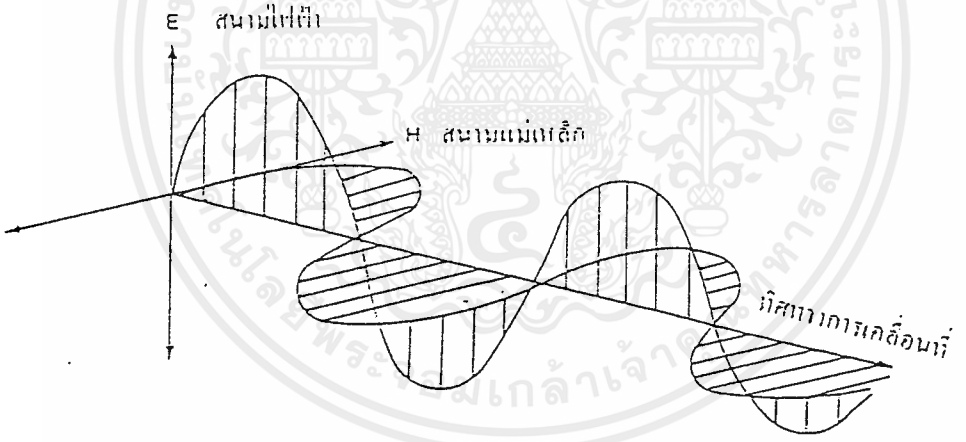
ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ฉ 399 ช 2538

2.4 สายอากาศ

สายอากาศเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสื่อสารในระบบวิทยุ ซึ่งใช้สายอากาศเพื่อการกระจายคลื่นวิทยุออกไปทางด้านเครื่องส่ง และจะใช้ดักจับเอาคลื่นวิทยุทางด้านเครื่องรับ

2.4.1 คลื่นทีอีเอ็ม (T.E.M) และโพลาไรเซชั่น

ระนาบของคลื่น (Wave Plane) ที่เกิดขึ้น เมื่ออ้างอิงเปรียบเทียบกับระนาบของผิวโลก มีชื่อว่า โพลาไรเซชั่น (Polarization) ของคลื่นนั้น ลักษณะของโพลาไรเซชั่นของคลื่นทีอีเอ็ม (TEM = Transver Electromagnetic Mode) กำหนดโดยระนาบของสนามไฟฟ้าที่จะกระจายออกไป ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระจายออกไปนั้นจะตั้งฉากกับระนาบของสนามไฟฟ้า ตามรูปที่ 2.4

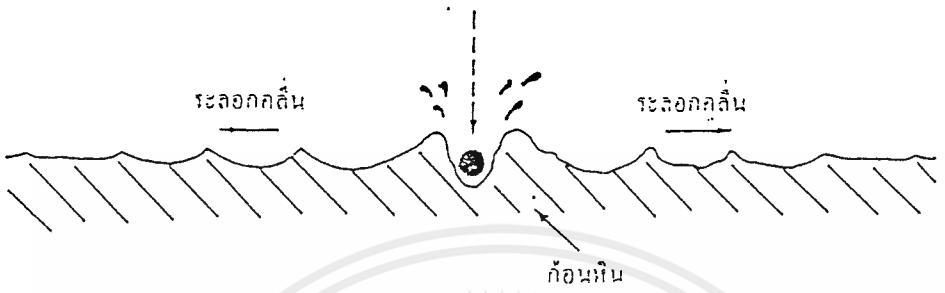


รูปที่ 2.4 คลื่นทีอิเอ็ม

นั้นแสดงว่า คลื่นทีอีเอ็มมีโพลาไรเซชั่นในแนวตั้งฉาก (Vertical Polarization) ให้สังเกตว่าโพลาไรเซชั่นนี้ จะเป็นตัวอ้างอิงถึงระนาบของสายอากาศด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าให้สายอากาศไดโพลอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก คือปลายด้านหนึ่งชี้ขึ้นฟ้าและปลายอีกข้างหนึ่งชี้ลงดิน เวลามองจากฟ้าจะเห็นคลื่นวิทยุแพร่ออกไปแรงที่สุดทุกทิศทางบนพื้นโลก เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
1538

การกระจายคลื่นวิทยุออกไปรอบตัวด้วยความแรงเท่ากันไม่ว่าจะเป็นทิศใดการแพร่กระจาย. คลื่นจากสายอากาศตั้งฉากเรียกว่า เวอติคอลโพลาไรเซชั่น



รูปที่ 2.5 การกระจายคลื่นของน้ำในสระ

2.4.2 การกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ

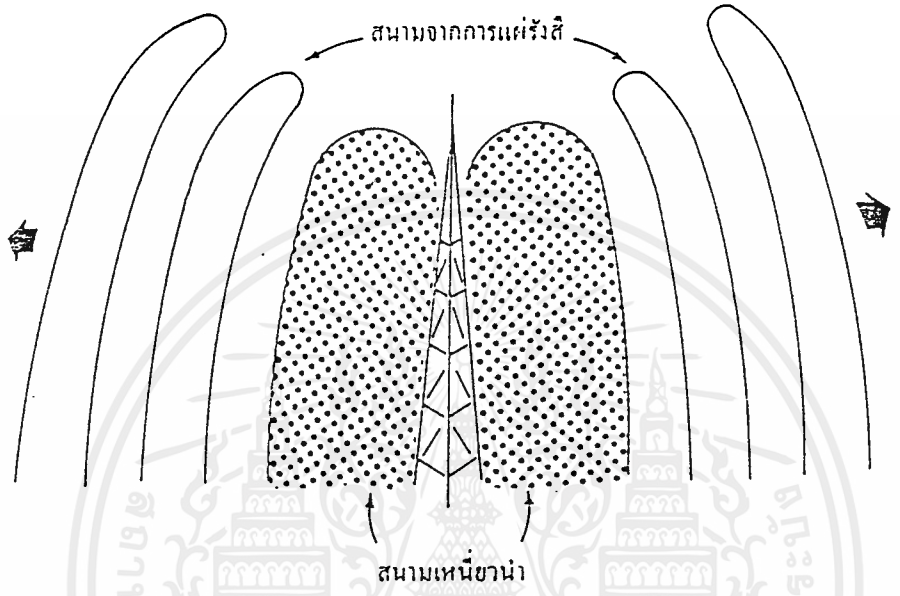
เมื่อเราทิ้งก้อนหินลงในสระน้ำจะเกิดคลื่นกระจายไปรอบๆ โดยมีภาคตัดขวางคล้ายกับแสดงไว้ในรูปที่ 2.5 ลักษณะตามรูปที่ 2.5 นี้สามารถใช้เปรียบเทียบกับการกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศตามรูปที่ 2.6 ได้เป็นอย่างดี

สนามเหนี่ยวนำ (Induction Field) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของกระแสเข้าไปในสายอากาศโดยปฏิกิริยาตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้า เฉพาะในขั้นตอนนี้จะไม่มีการแผ่รังสีพลังงานออกไปจากสายอากาศแต่อย่างใด สนามเหนี่ยวนำนี้ จะเป็นตัวทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่รังสีต่อออกไป ตามขั้นตอนที่อธิบายเป็นลำดับจากรูป (ก) ถึงรูป (ซ) ของในรูป 2.7

การกระจายคลื่นแม่เหล็กจะมีทิศทางตั้งฉากกับคลื่นไฟฟ้าเสมอตามรูปที่ 2.7 (ก) เมื่อโวลต์เตจที่เกิดขึ้นบนสายอากาศมีค่าสูงสุดสนามไฟฟ้าก็จะเกิดขึ้นมากที่สุด เมื่อโวลต์เตจที่ป้อนเข้าสายอากาศมีค่าลดลง สนามไฟฟ้าก็จะมีค่าลดลงตาม ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ข) สนามไฟฟ้าก็จะลดลงตามโวลต์เตจที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศ จนกระทั่งโวลต์เตจมีค่าเป็นศูนย์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อสัญญาณที่ป้อนเข้าไปมีความถี่สูงพอสมควรแล้วสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะยุบตัวตามลงมาดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ค) ต่อจากนั้นโวลต์เตจที่ป้อนเข้าสู่สายอากาศก็จะค่อยๆ เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

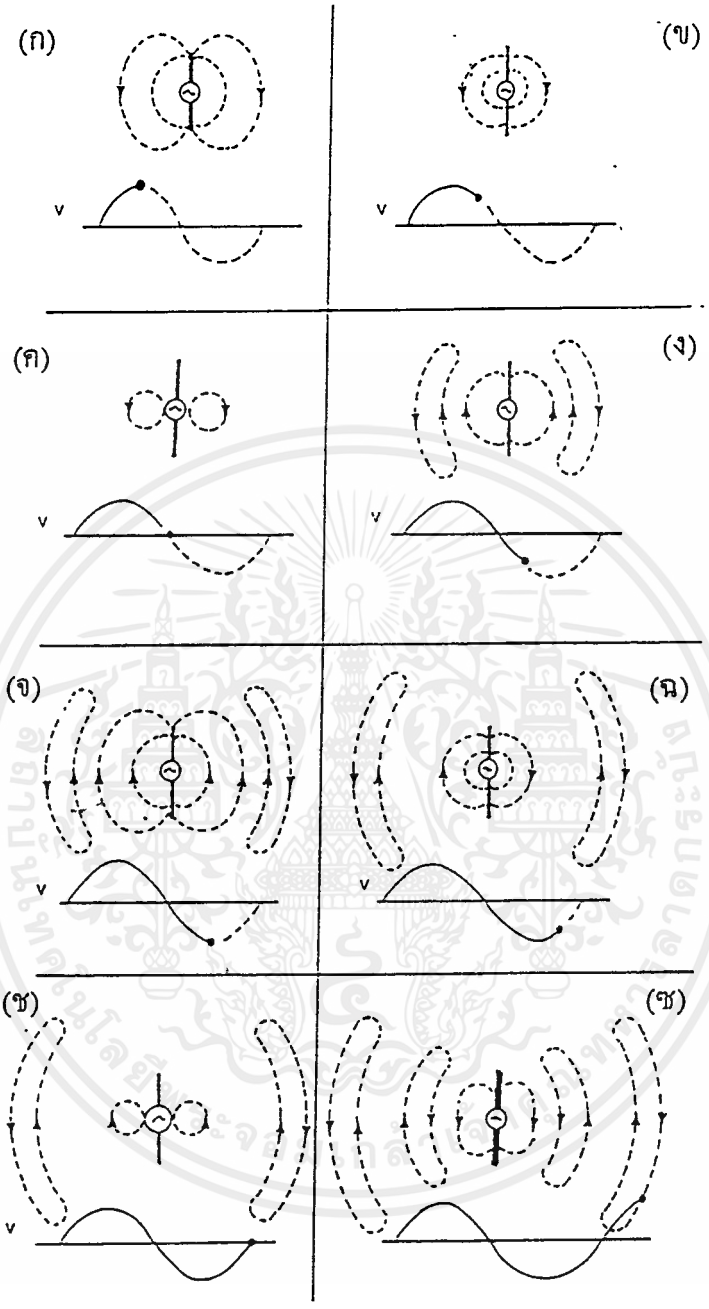
ในทิศทางที่สลับตรงข้ามกับการเกิดในครั้งแรก ซึ่งจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นใหม่ โดยมีทิศทางของสนามไฟฟ้าที่เกิดอยู่เดิม ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ง)



รูปที่ 2.6 สนามของการกระจายคลื่น

สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่กับสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอยู่เดิมในบริเวณที่ใกล้กันที่สุดนั้น ซึ่งจะเกิดทิศทางหรือโพลาริตี้ (Polarity) ที่เหมือนกัน ดังนั้นมันจึงเกิดการผลักดันออกไปจากกัน ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่จะค่อยๆ มากขึ้นตามค่าโวลต์เตจที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงผลักสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นครั้งแรกให้ไกลออกไปจากสายอากาศมากขึ้นทุกทีดังแสดงในรูปที่2.7 (จ) สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเดิม จะหลุดออกเป็นอิสระและเคลื่อนที่ออกไปจากสายอากาศในที่สุด รูปที่ 2.7 (ฉ), 2.7 (ช), และ 2.7 (ซ) แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนต่อไปในปรากฏการณ์การกระจายสนามไฟฟ้าของคลื่นสัญญาณเป็นลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

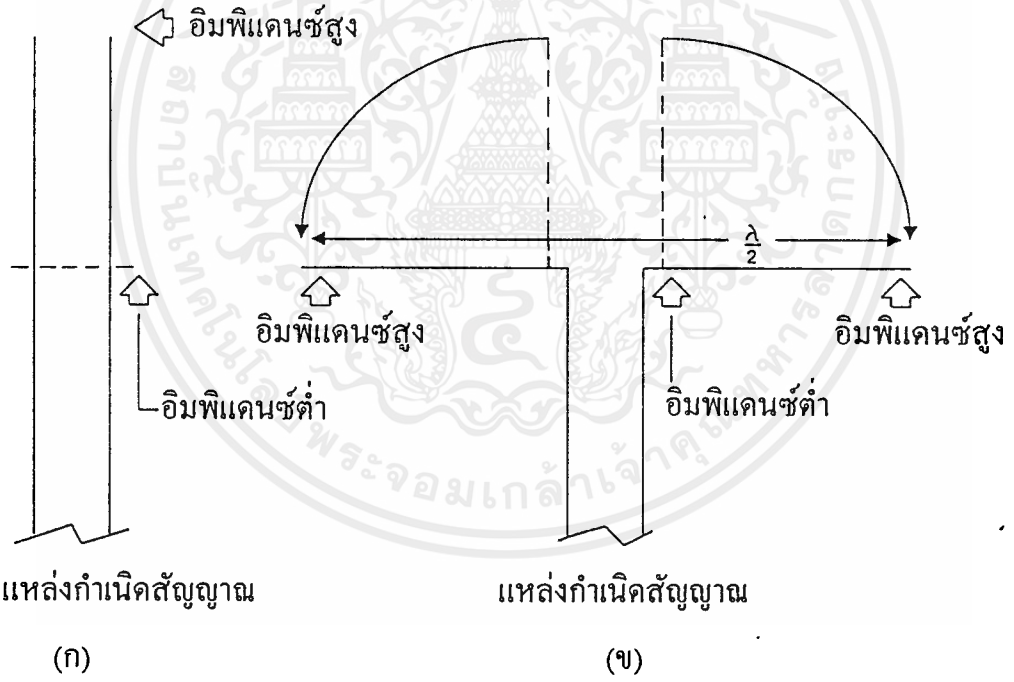


รูปที่ 2.7 การกระจายของคลื่นไฟฟ้าจากสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 สายอากาศไดโพล

เรามีสายส่งสัญญาณที่ปลายข้างหนึ่งต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดสัญญาณ และยังมีปลายอีกข้างหนึ่งเปิดอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (ก) ที่ปลายด้านที่เปิดอยู่นี้ย่อมมีค่าอิมพีแดนซ์ที่สูง ถ้าเราทำการหาค่าอิมพีแดนซ์ที่ตำแหน่งต่างๆ บนสายส่งสัญญาณ โดยเริ่มจากปลายเปิดนี้ย้อนลงไปตามสายนั้น จะพบว่าค่าอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่างๆ นั้นจะค่อยๆ มีค่าลดลงและจะมีค่าต่ำสุด ณ ตำแหน่งที่ห่างจากปลายเปิดนั้นเท่ากับ $\lambda/4$ และเมื่อทำการแผ่สายทั้งสองออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (ข) จะสังเกตได้ว่ามีกระแสไหลเข้าสู่สาย ณ ตำแหน่งตรงจุดต่อนี้ได้มากที่สุด ซึ่งก็คือจะมีพลังงานไหลเข้าสู่ส่วนนี้ได้มากที่สุด และในทางกลับกันจะไม่มีกระแสไหลออกจากปลายเปิดของสายส่งได้ดังนั้นจึงทำให้โวลต์เตจที่เกิดขึ้นที่ปลายเปิดนี้มีค่าสูงสุด

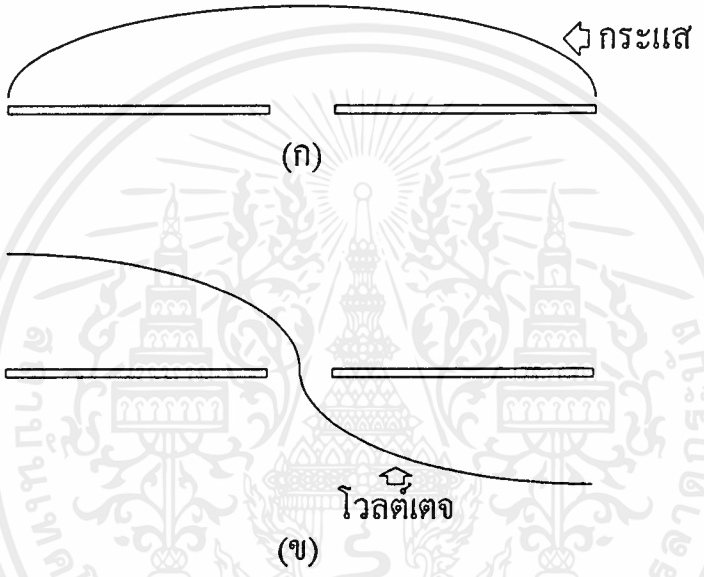


รูปที่ 2.8 สายอากาศไดโพล

ความแรงของกระแสและโวลต์เตจต่างๆ บนสายส่งที่ได้ทำการกางแผ่ออกไปแล้วจะมีลักษณะรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ข) เราจะพบว่า การกางแผ่สายสัญญาณออกไปตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้มีการกระจายของโวลต์เตจได้มากที่สุด ซึ่งเมื่อคิดตามหลักการที่ได้ อธิบายมาในหัวข้อ 2.4.2 ก็หมายถึงว่า จะเกิดการกระจายคลื่นทีอีเอ็ม ออกจากสายส่งสัญญาณส่วนนี้ได้มากที่สุด ดังนั้น สายส่งสัญญาณส่วนนี้จะกลายเป็นสายอากาศขึ้นมา โดยสายอากาศที่สร้างขึ้นมาในลักษณะนี้ ซึ่งได้ชื่อตามลักษณะที่เกิดของมัน จะมีแขนหรือขั้วเรียกว่า (Pole) ที่ยื่นออกไปสองข้างนั้นว่า สายอากาศไดโพล (Diple)



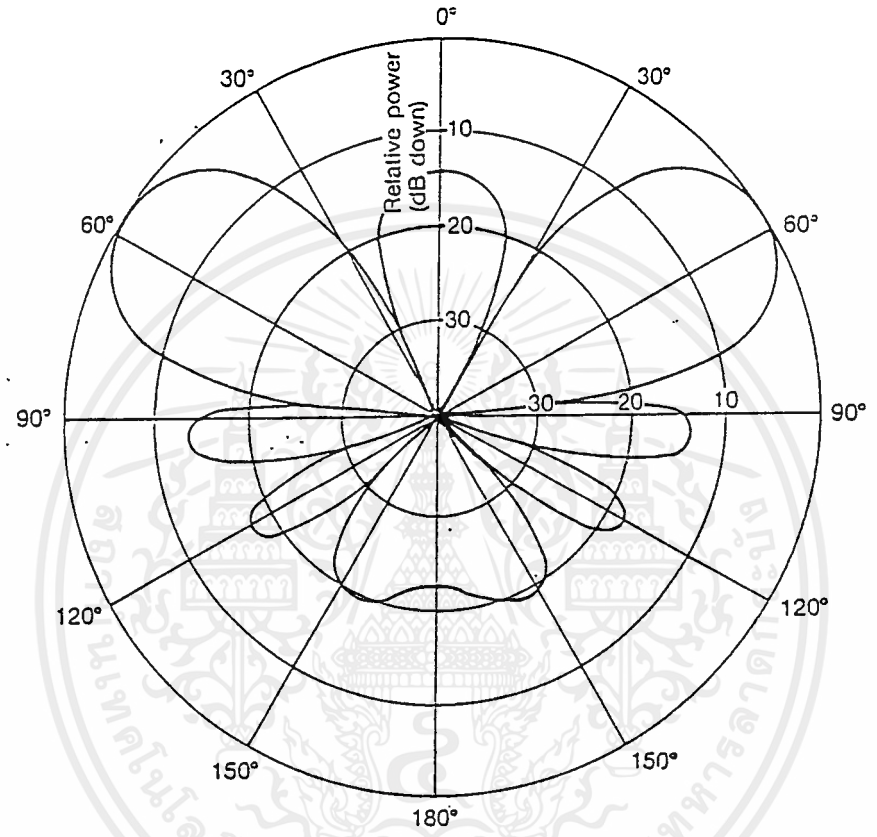
รูปที่ 2.9 รูปแบบการกระจายของค่ากระแสและโวลต์เตจบนสายอากาศไดโพล

2.4.4 รูปแบบของการกระจายคลื่นของสายอากาศ

รูปแบบการกระจายคลื่น คือทิศทางที่สายอากาศจะแผ่กระจายคลื่นออกไป อาจจะพุ่งขึ้นไปบนท้องฟ้าหรือพุ่งไปในทิศทางต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบสายอากาศนั้น คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของสายอากาศก็คือ รูปแบบแสดงความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้กระจายออกไปจากสายอากาศในทิศทางต่างๆ ตามธรรมชาติแล้ว รูปแบบนี้มีลักษณะการกระจายคลื่นไปในทั้ง 3 มิติ แต่ในการเขียนรูปแบบของการกระจายคลื่นในลักษณะ 3 มิตินั้นทำได้ลำบาก ดังนั้นโดยทั่วไปแล้ว ในการเขียนรูปแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นของสาย-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศ จึงนิยมเขียนแบ่งกันอยู่ในสองระนาบเท่านั้น คือการเขียนรูปซึ่งแสดงรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน และแนวตั้ง



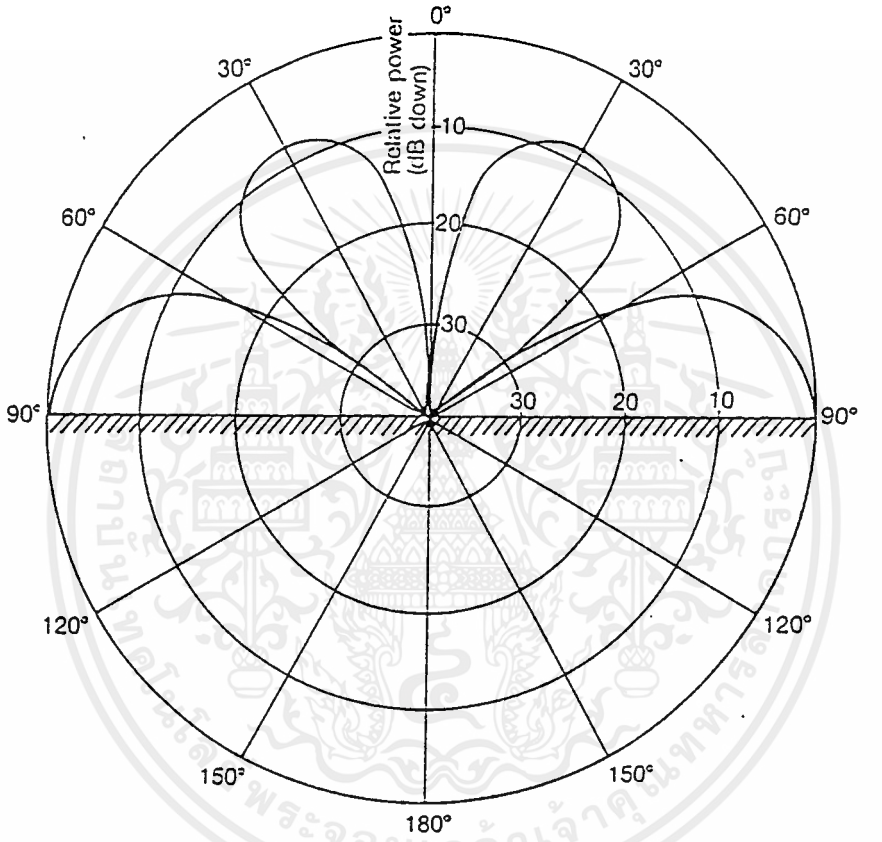
รูปที่ 2.10 (ก) ตัวอย่างรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอน

ซึ่งในการเขียนรูปแสดงลักษณะแพทเทอร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวนอนมีชื่อว่า โพลาร์ไดอะแกรม (Polar Diagram) หรือ อะซิมุธไดอะแกรม (Azimuth Diagram) ตัวอย่างลักษณะของรูปแบบการกระจายพลังงานของคลื่นจากสายอากาศในแนวนอน และแนวตั้งแสดงในรูปที่ 2.10 (ก) และ 2.10 (ข)

สำหรับสายอากาศแบบไดโพลนั้นจะมีการกระจายคลื่นดังแสดงในรูปที่ 2.11 ซึ่งได้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบกระจายคลื่นทั้งแบบมีโพลาไรเซชั่นอยู่ในแนวนอนและแนวตั้ง มีชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกเฉพาะว่า รูปแบบการกระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง คือจะมีทิศทางออกไปทั่วเท่ากันรอบๆ ตัวในระนาบหนึ่ง คือในระนาบที่ตั้งฉากกับตัวสายอากาศ และมีทิศทางที่พุ่งออกไปสองข้างตัวในอีกระนาบหนึ่ง คือระนาบที่ตัดตามความยาวของสายอากาศ ตามรูปที่ 2.11 นั้นจะแสดงให้เห็นถึงรูปแบบในระนาบที่มีลักษณะคล้ายรูปเลข 8

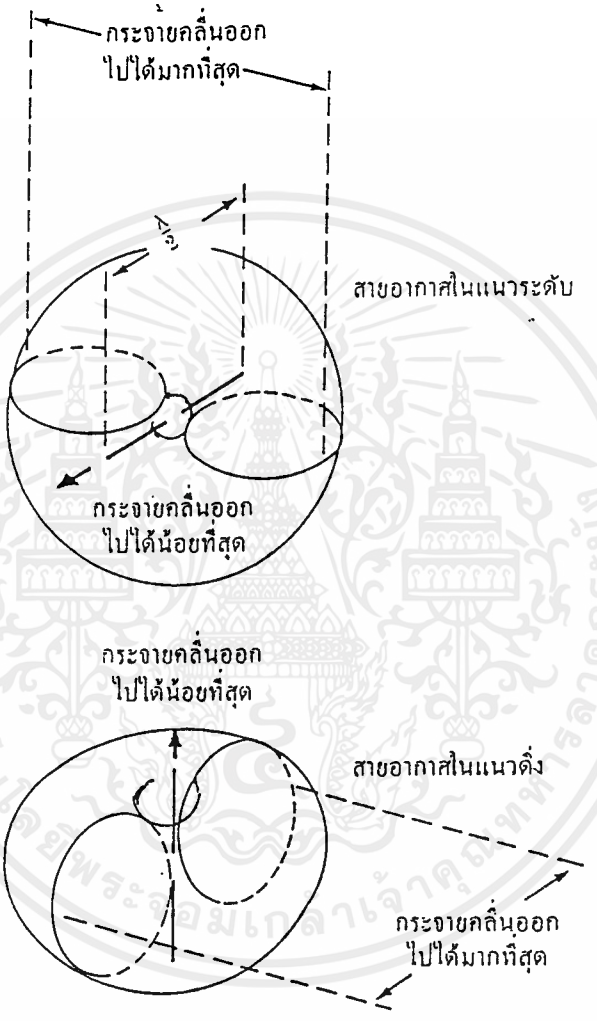


รูปที่ 2.10 (ข) ตัวอย่างรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศในระนาบแนวตั้ง

กรณีที่ความเข้มของพลังงานที่กระจายออกไปจากสายอากาศในแต่ละทางนั้นมีค่าต่างกันแล้วก็ย่อมจะมีทิศทางอยู่ทิศทางหนึ่งที่ทำให้พลังงานสามารถกระจายออกไปได้มากที่สุด ทิศทางที่พลังงานสามารถกระจายออกไปจากสายอากาศได้มากที่สุดนี้ ตามปกติแล้วจะถือว่าคือทิศทางของสายอากาศนั้น ค่าที่ช่วยแสดงให้รู้ว่าสายอากาศมีสมรรถภาพในการกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นไปในทิศทางที่กำหนดเอาไว้ได้มากหรือน้อยนั้น ได้แก่ค่าไดเรคทีฟเกน (Directive Gain) และ ค่าไดเรคติวิตี้ (Directivity) ของสายอากาศนั้น



รูปที่ 2.11 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศไดโพล

ไดเรคทีฟเกนของสายอากาศมีคำจำกัดความ คือ อัตราส่วนของความเข้มสนามไฟฟ้าจากสายอากาศนั้นในทิศทางที่กำหนดต่อความเข้มของสนามไฟฟ้า จากสายอากาศมาตรฐาน เมื่อกำหนดคลื่นทั้งหมดที่กระจายออกจากสายอากาศทั้งสองนั้นมีค่าเท่ากัน โดยกล่าวไว้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอากาศมาตรฐาน นั้น ตามทฤษฎีแล้วหมายถึงสายอากาศแบบไอโซทรอปิค (Isotropic) ซึ่งหมายถึง สายอากาศที่สามารถกระจายคลื่นออกจากตัวได้เท่ากันหมดทุกทิศทางรอบตัวเอง ถือว่ามีไดเรคติวิตี้ในทุกทิศทางเท่ากับ 1

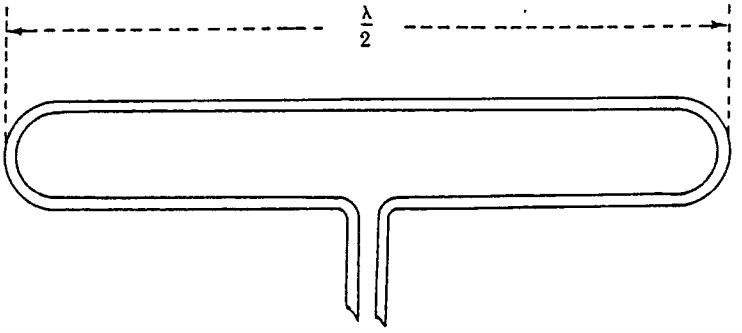
สายอากาศที่ยาว 1/2 ของความยาวคลื่น ใช้เป็นสายอากาศมาตรฐาน หรือสายอากาศสำหรับเปรียบเทียบ

2.4.5 สายอากาศแบบอื่น ๆ

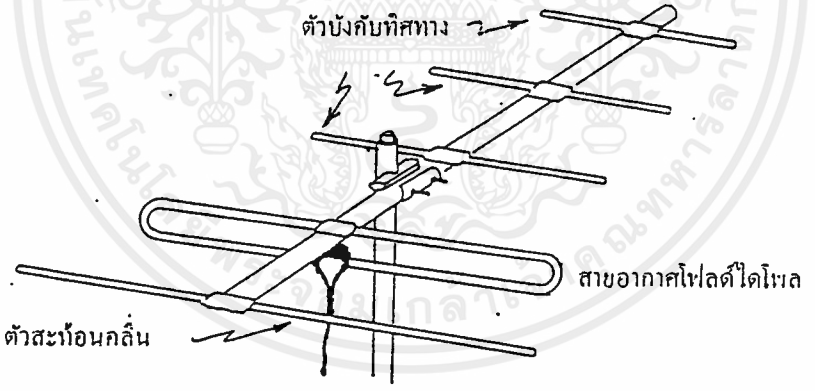
นอกจากสายอากาศไดโพลแล้ว ยังมีสายอากาศแบบอื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งสายอากาศเหล่านั้นล้วนแต่มีวิวัฒนาการจากสายอากาศแบบไดโพลเกือบทั้งสิ้น ตัวอย่างเช่นสายอากาศโฟลด์ไดโพลหรือเรียกอีกชื่อว่าโฟลเด็ดโพล ดังแสดงในรูปที่ 2.12 โพลด์ไดโพลนี้ มีรูปแบบการกระจายคลื่นเหมือนกับสายอากาศไดโพล แต่มีอินพุทอิมพีแดนซ์มากกว่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของสายอากาศอยู่ 4 เท่า การใส่ตัวสะท้อนคลื่น (Refector) และตัวบังคับทิศทาง (Director) ให้กับสายอากาศโพลด์ไดโพล ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ตามแนวความคิดของด็อก-เตอร์ยากิ (Dr.Yagi) ทำให้สายอากาศชนิดนี้ได้ชื่อว่า สายอากาศยากิ (Yagi) ตัวสะท้อนคลื่นและตัวบังคับทิศทางจะทำให้สายอากาศมีทิศทางและกำลังขยายดีขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.14 สายอากาศยากิจะมีทิศทาง และกำลังขยายดีขึ้นเมื่อจำนวนของตัวบังคับทิศทางมีมากขึ้น แต่อย่างไรก็ดีจำนวนของตัวสะท้อนคลื่นที่มีมากกว่าหนึ่งตัวนั้น จะมีผลต่อทิศทางของสายอากาศน้อยมากดังนั้นจึงนิยมที่จะใช้ตัวสะท้อนคลื่นกับสายอากาศชนิดนี้เพียงตัวเดียว ถ้าสายอากาศชุดที่มีหลายส่วนประกอบเราเรียกว่า สายอากาศบังคับทิศทาง หรือสายอากาศแบบยากินั้นเอง

นอกจากสายอากาศดังกล่าวแล้ว ยังมีสายอากาศแบบต่างๆ อีกมากมายเช่น สายอากาศแบบล็อกพิริออดิก (Log Periodic) สายอากาศแบบเฟสแอเรย์ (Phase Array) เป็นต้น และนอกจากนี้ยังมีสายอากาศชนิดยาว 1/4 ความยาวคลื่น, ชนิดยาว 5/8 ความยาวคลื่น และสายอากาศในย่านความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งไม่สามารถอธิบายหมดได้ในเนื้อหาของปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ผู้อ่านสามารถจะศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากหนังสือที่เกี่ยวกับสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

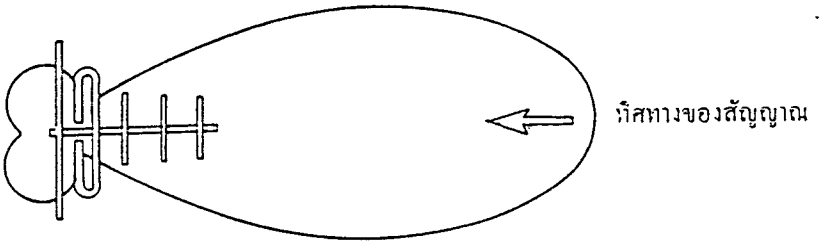


รูปที่ 2.12 สายอากาศโฟลด์ไดโพล



รูปที่ 2.13 สายอากาศยากิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศยากิ

2.4.6 การต่อสายอากาศเป็นแผงแอเรย์

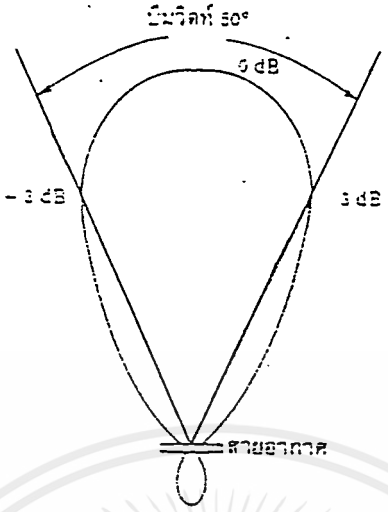
ในบางครั้งเราจำเป็นต้องจำกัดทิศทางการแพร่คลื่นของสายอากาศให้อยู่ในขอบเขตที่ต้องการทั้งนี้เพื่อมิให้ไปรบกวนสถานีอื่น หรือถูกรบกวนจากสถานีอื่นได้ง่าย วิธีการที่จะจำกัดคลื่นให้แพร่ไปในทิศทางที่ต้องการนี้ เป็นการจำกัดกำลังงานเพราะไม่ต้องสิ้นเปลืองกำลังเพื่อส่งคลื่นไปยังบริเวณที่ไม่มีเครื่องรับ

รูปแบบของการแพร่คลื่นในทิศทางเดียว เรียกว่า บีมทางเดียว (Unidirectional beam) ส่วนรูปแบบการแพร่คลื่นออกไปสองทางเหมือนกับไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟนั้น เราเรียกว่า บีมสองทาง (Bidirectional beam) และการแพร่คลื่นออกไปรอบตัวแบบเดียวกับสายอากาศแนวดิ่งเรียกว่า รอบตัว

สำหรับสายอากาศแบบทิศทาง เราสามารถวัดความคมของบีมในทิศทางนั้นๆ ได้โดยการวัดมุมเรียกว่า บีมวิดท์ ซึ่งเป็นค่าความกว้างของมุมระหว่างจุดที่รับสัญญาณได้ตกลง 3 เดซิเบลเทียบกับจุดที่รับสัญญาณได้สูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ในที่นี้เราวัดมุมได้ 50 องศา

ระบบสายอากาศที่มีบีมวิดท์แคบส่วนใหญ่จะมีอัตราขยายสูง เนื่องจากกำลังของคลื่นวิทยุอัดกันอยู่ในบีมแคบๆ ความแรงของสัญญาณในแนวของบีมจึงมากกว่าเมื่อเทียบกับความแรงของสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศรอบตัว ดังนั้นกำลังที่ส่งออกจากเครื่องส่งจึงเสมือนกับว่ามีกำลังแรงขึ้นเท่ากับค่าอัตราการขยายของสายอากาศ อัตราการขยายของสายอากาศคิดเปรียบเทียบจากอัตราส่วนของกำลังที่ใช้ในการกระทำให้เกิดความแรงของสัญญาณขึ้นที่ จุดๆ หนึ่ง โดยใช้สายอากาศมาตราฐาน กับกำลังที่ใช้ในการกระทำให้เกิดแรงสัญญาณ ณ จุดนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การวัดบีมวิดท์ของสายอากาศทิศทาง

ถ้าเรานำสายอากาศหลายๆ ชุดมาต่อเรียงแถวเป็นแผง เรียกว่าแบบแอเรย์ (Array) ค่าอัตราขยายของสายอากาศจะมากขึ้น และสามารถควบคุมทิศทางการแพร่คลื่นได้

2.5 ระบบโทรศัพท์

โทรศัพท์มี 2 แบบคือ แบบกดปุ่มและแบบหมุนแต่ละหน้าที่ของทั้ง 2 ระบบก็จะเหมือนๆ กัน จะต่างกันก็ตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกเป็นความถี่ที่แตกต่างกัน ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์ หน้าที่หลักของทั้ง 2 แบบเหมือนกันสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ชุมสายโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูขึ้น
2. ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุน (Dial Tone) บอกว่าพร้อมที่จะให้ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ ซึ่งก็คือเสียงที่ได้ยินเมื่อเวลายกหู เป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ มอดูเลทรวมกัน
3. เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลข ที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วย ไปยังชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชุมสายโทรศัพท์บอกให้ผู้เรียกรู้ว่า หมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ring Back) ซึ่งมีความถี่ 440 เฮิรตซ์ กับ 480 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมาโดยจะดัง 2 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที สลับกันไป แต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะเรียกไม่ว่าง ก็จะส่งสัญญาณความถี่ 480 เฮิรตซ์ กับ 620 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมาโดยจะดัง 0.5 วินาที แล้วหยุด 0.5 วินาที สลับกันไป
5. เครื่องโทรศัพท์สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า และสัญญาณไฟฟ้ากลับมาให้เป็น พลังงานเสียง
6. เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับแรงดันอย่างอัตโนมัติ ในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขึ้น
7. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสาย เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุด การใช้งานแล้ว และให้ชุมสายเลิกทำการติดต่อกับอีกฝ่ายหนึ่งได้

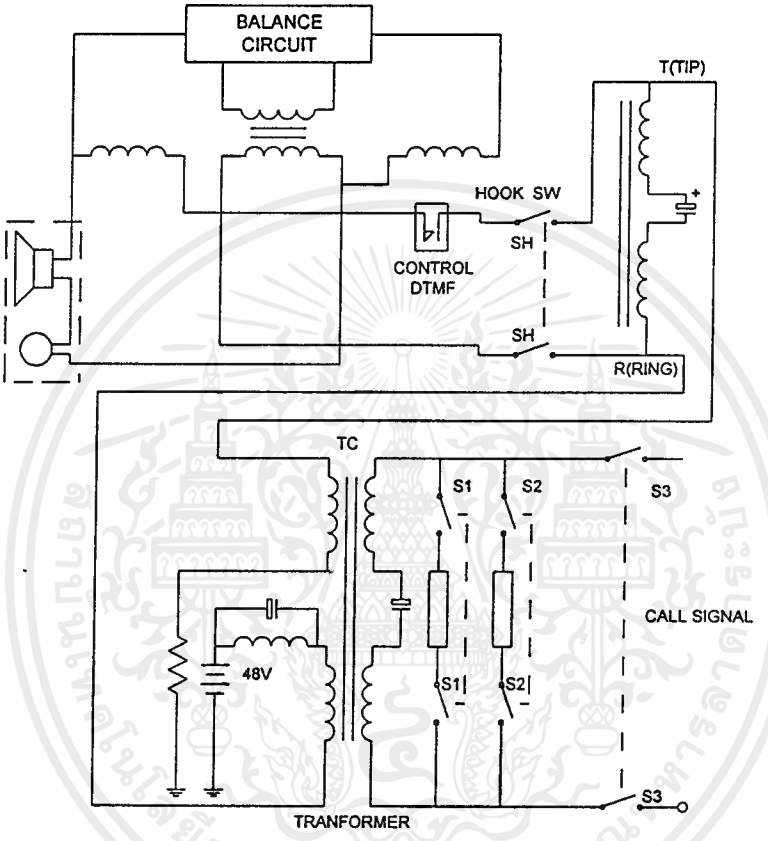
จากรูปที่ 2.16 จะเห็นว่าโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสาย 2 เส้นคือ T (TIP) และ R (RING) เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ขึ้น แหล่งจ่ายไฟตรงของชุมสาย (48 โวลต์) ก็จะถูกต่อเข้ากับวงจรเครื่องโทรศัพท์โดยฮุกสวิทซ์ (Hook Switch) นั้น ซึ่งในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟัง (ซึ่งรวมทั้งไมโครโฟนด้วย) กับสายโทรศัพท์ก็จะต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติ (Auto Transformer) โดยทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกัน เพื่อให้การรับส่งสัญญาณนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไป (Side Tone) ในระดับที่เหมาะสม เมื่อมีการติดต่อระหว่างโทรศัพท์กับชุมสายแล้วก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สวิทซ์ชิ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายนี้ไม่ว่างแล้ว

สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็คือ การส่งขบวนพัลส์ (Pulse Train) ตั้งแต่ 1 ถึง 10 พัลส์ เช่น ถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ หมายถึงการหมุนหมายเลข 1 ส่ง 2 พัลส์ ก็หมายถึงการหมุนหมายเลข 2 ดังนั้นถ้าหมุนเลข 9 ก็จะมีการส่งพัลส์จำนวน 9 พัลส์นั่นเอง และความเร็วในการส่งนั้นก็คือ 10 พัลส์ต่อวินาที สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้ในการกดปุ่มนั้นจะเป็นการส่งสัญญาณที่มีค่าความถี่แตกต่างกันออกไป สำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 16 ตัว ความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียง เพียงแต่ว่าในการกดปุ่มครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดูเลตแล้วถูกส่งออกไป 2 ความถี่ตามตารางที่ 2.1

ทางชุมสายเมื่อรับข้อมูลจากผู้รับเรียบร้อยแล้วก็จะแปลงสัญญาณที่ได้รับเข้ามา สั่งให้อุปกรณ์สวิทซ์ชิ่งทำงานเพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียกถ้าปลายสายที่ต้องการติดต่อด้วย ถ้าไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่า ไม่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อวงจรให้ได้ แต่ถ้าปลายสายว่างชุมสายก็จะส่ง สัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังผู้ถูกเรียก และส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถต่อวงจรให้ได้ตามต้องการแล้ว



รูปที่ 2.16 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

เมื่อสิ้นสุดการสนทนา ทั้ง 2 ฝ่ายวางหูโทรศัพท์ลงสัญญาณจากฮุกสวิทซ์ก็จะบอกชุมสายทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออกจากอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ว่างพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลข

ความถี่ (Hz)	รหัสหรือหมายเลข		
670	1	2	3
770	4	5	6
825	7	8	9
	*	0	#
ความถี่(Hz)	1209	1336	1447

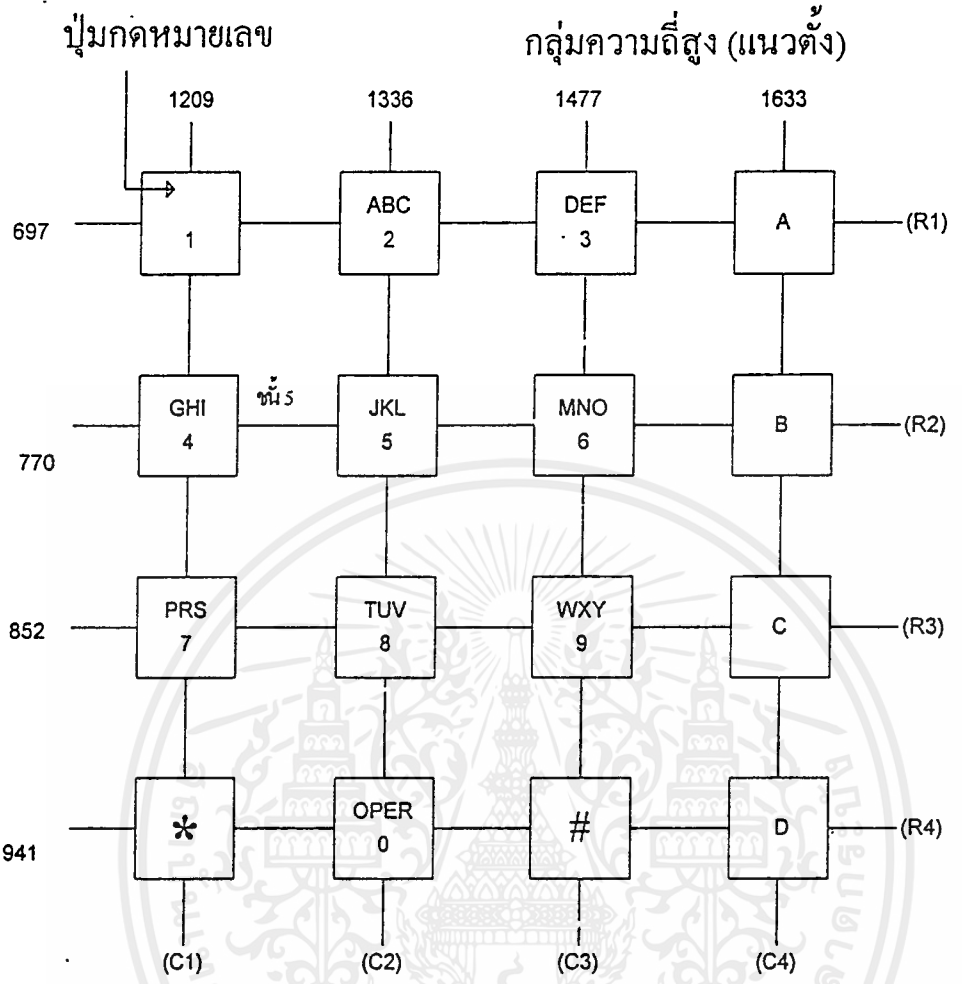
2.5.1 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (Dual Tone Multifrequency Type)

เป็นระบบการส่งอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะพบได้มากกว่าในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลส์ ระบบนี้หรือเรียกชื่อย่อว่า DTMF มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลตกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ซึ่งความถี่ที่ส่งออกไปจะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด (0-4 กิโลเฮิรตซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอนและอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นในแนวตั้ง ซึ่งค่าต่างๆ จะแสดงไว้ในรูปที่ 2.17 ตัวอย่างเช่นเมื่อกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ที่ 770 เฮิรตซ์ และ 1,336 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันออกไป

2.5.2 การเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ

1. ระดับแรงดันและกระแสลูปจะต้องรักษาให้คงที่ตลอดระยะทางของสายส่งสัญญาณ
2. วงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องมีอิมพีแดนซ์ที่สมดุล (Matching) กับสายส่งสัญญาณ
3. ความถี่ที่ถูกผลิตขึ้น จะต้องไม่มีความผิดเพี้ยนทั้งคาบและขนาดของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้นๆ

2.5.3 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

สำหรับข้อกำหนดของความผิดเพี้ยนของสัญญาณมีได้ดังต่อไป

1. สัญญาณอื่นที่สอดแทรกเข้ามาในสายส่งสัญญาณรวมกันแล้วจะต้องน้อยกว่าระดับของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปจริงอย่างน้อย 20 dB

2. สำหรับสัญญาณที่สอดแทรกเข้ามาจะต้องมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

2.1 ต้องมีค่ามากกว่า -33 dBmในช่วง 300-3,400 เฮิรตซ์

2.2 ที่ความถี่ที่สูงกว่า 3,400 เฮิรตซ์ สัญญาณสอดแทรกจะต้องลดลง 12 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ต้องมีระดับสัญญาณไม่มากกว่า -80 dB ต่อออกไปจนถึงความถี่ 50 กิโลเฮิรตซ์ โดยที่ความผิดเพี้ยนถ้าถูกกำหนดในรูปของเดซิเบลคือ

$$\text{ความผิดเพี้ยน} = 20 \log \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}}{\sqrt{v_L^2 + v_H^2}} \qquad 2.2$$

โดยที่ v_1 ถึง v_n คือ ระดับของสัญญาณที่สอดแทรกเข้ามา

v_L คือ ระดับของสัญญาณความถี่ต่ำกว่า

v_H คือ ระดับของสัญญาณความถี่สูงกว่า

2.5.4 ไดนามิกอิมพีแดนซ์

วงจรกำเนิดความถี่สำหรับระบบ DTMF จะต้องมีอิมพีแดนซ์อย่างน้อย 900 โอห์ม ขณะที่ทำการผลิตความถี่ออกมา และต้องมีอิมพีแดนซ์ให้ต่ำที่สุดขณะที่ไม่ได้ทำการผลิตสัญญาณ

2.5.5 ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ (Return Loss)

เป็นพารามิเตอร์อีกตัวที่จะต้องควบคุม โดยกำหนดค่าการสูญเสียในการสะท้อนกลับของสัญญาณหรือ RL ด้วยสมการ

$$\text{RL} = 20 \log \frac{Z_L + Z_G}{Z_L - Z_G} \qquad 2.3$$

โดยที่ Z_L คือ อิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณ

Z_G คือ อิมพีแดนซ์ของเครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามาตรฐานสำหรับ RL จะต้องมากกว่า 14 dB ในช่วงความถี่ระหว่าง 300-3,400 เฮิรตซ์ ในช่วงความถี่ 50-300 เฮิรตซ์ และ ในช่วงความถี่ 3,400-20,000 เฮิรตซ์

2.5.6 ข้อดีสำหรับการส่งสัญญาณแบบ DTMF

1. ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
2. สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำได้ จะทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก
3. สามารถนำไปเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในชุมสายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.7 ระบบสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์

สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์ที่ส่งมายังสมาชิกที่ใช้ (Subscriber) เป็นการบอกสถานะการติดต่อของอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ในระบบโทรศัพท์และแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณแต่ละชนิด

สัญญาณสมาชิกในระบบโทรศัพท์

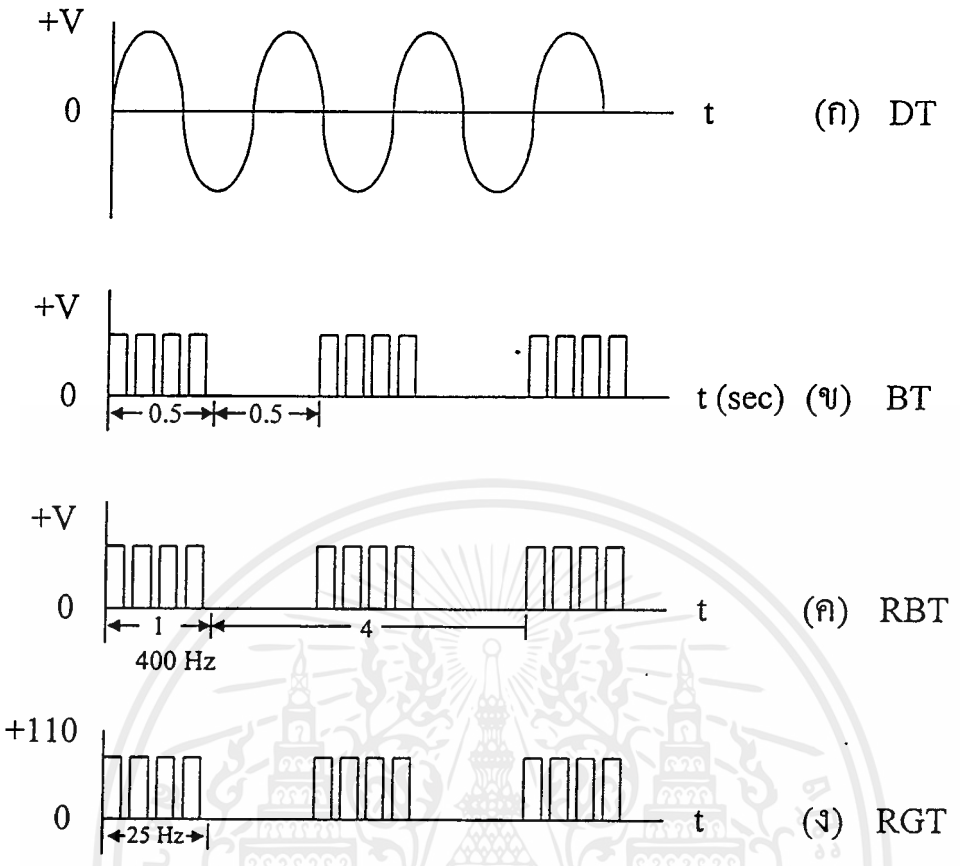
สัญญาณสมาชิกคือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งสภาวะต่างๆ ในการติดต่อให้ผู้เรียกทราบว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณ สัญญาณสมาชิกประกอบด้วย

1. สัญญาณให้หมุน (DT : Dial Tone) เป็นสัญญาณเพื่อให้สมาชิกทราบว่าสามารถ เริ่มทำการติดต่อส่งเลขหมายของผู้รับได้ สัญญาณให้หมุนได้นี้เป็นสัญญาณย่านความถี่ 400 Hz ส่งมาอย่างต่อเนื่องและมีระดับขนาด 400 mV_{p-p} แสดงดังรูปที่ 2.18 (ก)

2. สัญญาณไม่ว่าง (BT : Busy Tone) เป็นสัญญาณเพื่อแสดงให้สมาชิกทราบว่าผู้รับสายไม่ว่างหรือการต่อระหว่างชุมสายไม่ว่าง ผู้เรียกจึงควรวางหูโทรศัพท์สักระยะหนึ่ง แล้วจึงทำการเรียกใหม่ สัญญาณไม่ว่างเป็นสัญญาณย่านความถี่ 400 Hz ส่งมาในคู่สายเป็นช่วงๆ โดยเป็นจังหวะ 0.5 วินาที สลับกันและมีขนาด 250-300 mV_{p-p} ดังแสดงในรูปที่ 2.18 (ข)

3. สัญญาณเรียกกลับ (RBT : Ringback Tone) เป็นสัญญาณเพื่อแสดงว่าการต่อทุกขั้นตอนตามความต้องการของผู้เรียก เครื่องชุมสายโทรศัพท์สามารถดำเนินการติดต่อสำเร็จและแจ้งให้ผู้ทราบเรียก สัญญาณเรียกกลับเป็นสัญญาณย่านความถี่ 400 Hz ส่งออกมาเป็นช่วงๆ เป็นจังหวะดัง 1 วินาที เงียบ 4 วินาที สลับกันไปและมี ระดับขนาด 400 mV_{p-p} ดังรูปที่2.18 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์

4.สัญญาณกริ่งเรียก (RGT : Ringing Tone) เป็นสัญญาณที่แสดงว่าการต่อทุกขั้นตอนตามความต้องการของผู้เรียกไปยังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์สามารถดำเนินการติดต่อได้แล้ว และส่งสัญญาณกริ่งให้ผู้รับ ตอบรับการเรียกสัญญาณกริ่งที่มีความถี่ในช่วง 25 Hz ส่งมาเป็นช่วงๆ โดยมีจังหวะดัง 1 วินาทีและเงียบ 4 วินาทีมีระดับขนาด100 mVp-p ดังรูปที่ 2.18 (ง)

2.5.8 วงจรถอดรหัส

วงจรที่ทำหน้าที่ถอดรหัสแบบ DTMF (DTMF Receiver)ในช่วงแรก ๆ จะใช้วงจรถอดรหัสหนึ่งวงจรต่อหนึ่งคู่สาย เมื่อมีการขยายวงจรการใช้งานโทรศัพท์ชุมสายก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ภายในชุมสายจะมีคู่สายภายใต้การควบคุมเป็นจำนวนมาก การใช้วงจรถอดรหัสแบบถอดรหัสหมายเลข DTMF นี้จึงเปลี่ยนมาเป็นลักษณะของการใช้งานร่วมกันระหว่างหลายๆ คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายจึงเกิดความซับซ้อนในการสร้างวงจรในลักษณะเช่นนี้ แต่ในปัจจุบันมีวงจรขนาดที่อยู่ในรูปวงจรสำเร็จรูปมีราคาถูก และง่ายต่อการใช้งาน วงจรถอดรหัส 1 วงจรต่อ 1คู่สาย สัญญาณ DTMF ซึ่งจะประกอบไปด้วยสัญญาณที่มีความถี่ต่างกัน 2 สัญญาณตามตำแหน่งแนวตั้งและแนวนอนของปุ่มกดหมายเลข และทำการมอดูเลตเข้าด้วยกันก่อนที่จะทำการส่งออกไป

รายละเอียดของวงจรถอดรหัสแบบ DTMF ที่จำเป็นเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วงจรจะต้องสามารถถอดรหัสได้ถูกต้องและสัญญาณที่รับเข้ามาจะเบี่ยงเบนไปจากมาตรฐานแต่ต้องไม่เกิน $\pm$2% ผ่านวงจรกรองความถี่ไปได้

2. วงจรถอดรหัสได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาเข้ามาอย่างน้อย 40 ms

3. วงจรถอดรหัสจะถอดรหัสได้ถูกต้องต่อเมื่อสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาต้องมีช่วงห่างกับสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 ms

4. วงจรถอดรหัสนี้จะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณของ DTMF ที่ไดนามิกเรนจ์สูงกว่า 27.5 dB โดยไม่มีความผิดพลาด

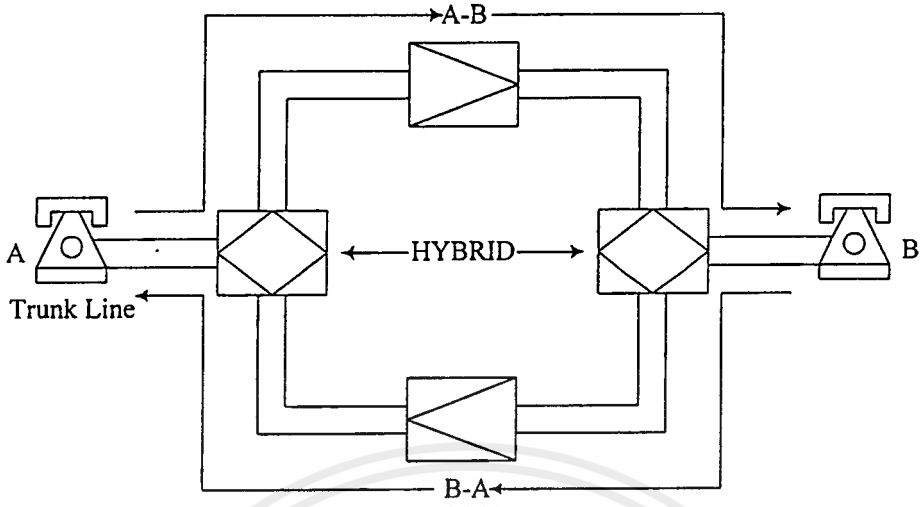
5. วงจรถอดรหัสยังทำงานได้ตลอดเวลา แม้ว่าในขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูดสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามาก็ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

2.5.9 อุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ (Hybrid)

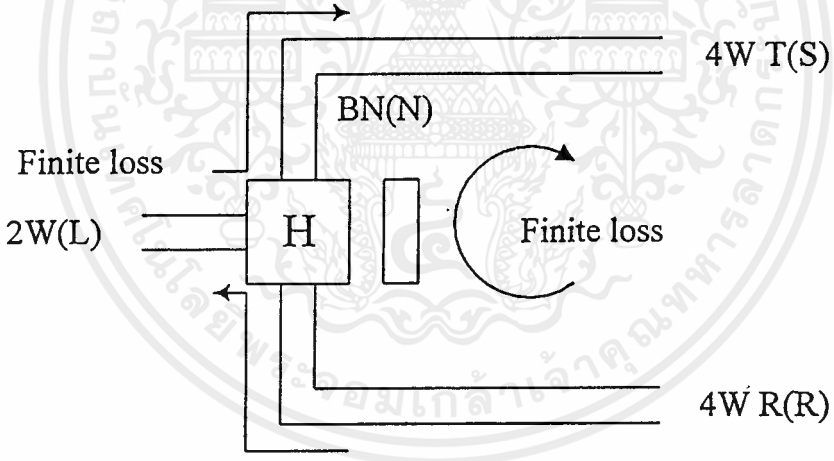
ตัวไฮบริดนี้นอกจากจะใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างสายหนึ่งคู่กับสายสองคู่แล้วอาจจะใช้หลักการเบื้องต้น คือแยกการรับและการส่งของสัญญาณเสียง (0.3-3.4 kHz) โดยตรง โดยระหว่างทางจะมีเครื่องขยายสัญญาณ (Amplifier) ไว้ตามที่แสดงไว้ดังรูปที่ 2.19

ซึ่งตัวไฮบริดนี้กล่าวง่ายๆ ก็คือเป็นวงจรที่มีด้านเข้าออก 4 ทางโดยกำหนดชื่อต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.20 คุณสมบัติของการส่งสัญญาณซึ่งกล่าวอย่างกว้างๆ ก็คือยอมให้สัญญาณผ่านได้สะดวกระหว่างด้านประชิด คือมีการลดทอนน้อยและไม่ยอมให้สัญญาณผ่านระหว่างด้านประชิด คือมีการลดทอนน้อยและไม่ยอมให้สัญญาณผ่านระหว่างด้านตรงข้าม คือมีการลดทอนมาก ตามที่แสดงดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงการแยกการรับและส่งของสัญญาณเสียง



รูปที่ 2.20 แสดงคุณสมบัติการส่งสัญญาณ

2W : 2 Wire คือด้านที่ต่ออยู่กับชุมสาย บางทีเรียกว่า 2 Wire Line

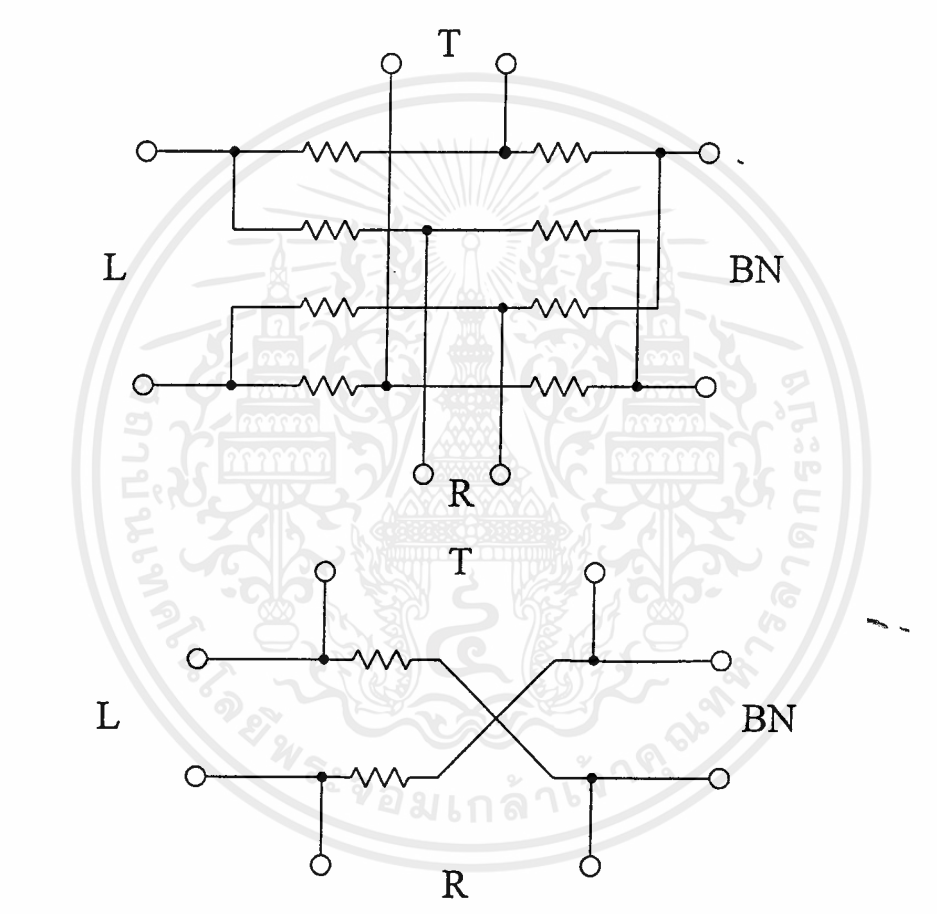
4WS : 4 Wire Send (Transmit) คือทางออกไปยังด้านส่งในวงจรต่อๆ ไป

4WR : 4 Wire Receiver คือทางด้านรับสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์อีกด้านหนึ่งเพื่อส่งต่อไป 2W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BN : Balancing Network มีเพื่อให้ไฮบริดอยู่ในสภาวะสมดุลย์โดยปกติจะมีอิมพีแดนซ์เท่ากับ Characterstic Impedance ของสายโทรศัพท์ (ประมาณ 600 โอห์ม) ไฮบริดถูกแบ่งออกเป็น 2 แบบ โดยทั้ง 2 แบบนี้ มีหลักการใช้งานคล้ายกันโดยมีวงจรหลายๆ แบบ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.21 และรูปที่ 2.22 ดังนี้

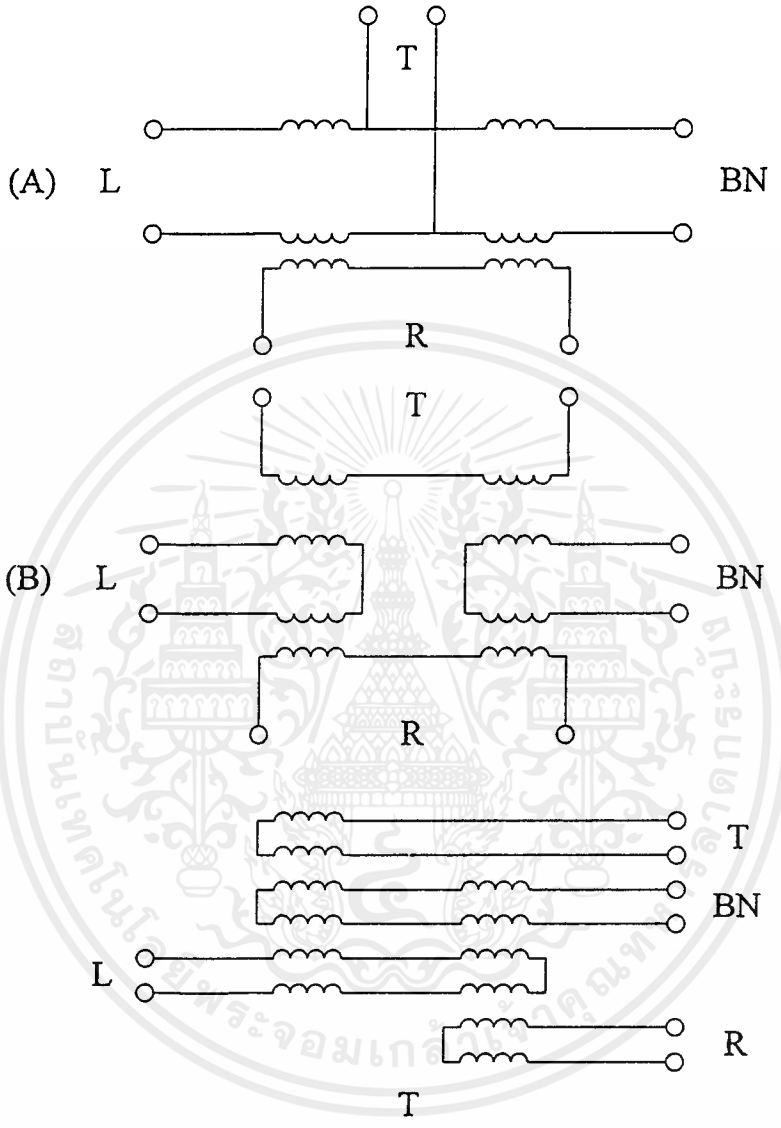
1. รีซิสแตนซ์ไฮบริด (Resistance Hybrid)



รูปที่ 2.21 รีซิสแตนซ์ ไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทรานส์ฟอร์เมอร์ไฮบริด (Transformer Hybrid)



รูปที่ 2.22 ทรานส์ฟอร์เมอร์ ไฮบริด

2.6 ชุมสายโทรศัพท์ชนิดต่างๆ

ชุมสายโทรศัพท์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรงและชุมสายที่ไม่มีผู้เช่าต่อเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ตู้สาขาและชุมสายท้องถิ่น

ตู้สาขา (Private Branch Exchange : PBX) และ PABX ถูกนำมาใช้ในสำนักงาน ทั่วไปอย่างมากมาย เพื่อใช้ติดต่อกันภายในโดยไม่ต้องผ่านชุมสายของตู้สาขาเช่น Calls,Back, Abbreviated Dialling และ Conference Calls เป็นต้น นอกจากนี้เบอร์ภายในยังสามารถต่อไปยังชุมสายท้องถิ่น เพื่อเรียกไปยังตู้ภายนอกได้อีกด้วย ตู้สาขาแบบนี้มีขนาดตั้งแต่จำนวน 2-3 คู่สายสนทนาภายในจนถึงจำนวนหลายๆ พันคู่สายสนทนาภายใน

ชุมสายท้องถิ่น (Local Exchange) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือชุมสายในเมือง Large Urban Exchanges และชุมสายชนบท Rural Exchanges สำหรับชุมสายในเมืองหมายถึงชุมสายท้องถิ่นซึ่งเป็น สวิทช์ชิ่งเซ็นเตอร์ (Switching Center) สำหรับเส้นทางการใช้คู่สายโทรศัพท์จากผู้เช่าภายในพื้นที่ของตัวเอง ชุมสายแบบนี้มีขนาดตั้งแต่ร้อยๆ เลขหมายจนถึงจำนวนไม่มีขีดจำกัด การจำกัดจำนวนนั้นขึ้นอยู่กับราคาคู่สายของผู้เช่ามายังชุมสาย ชุมสายแบบนี้มักจะใช้ในเมืองและชุมชนขนาดใหญ่ ส่วนชุมสายชนบท คือ ชุมสายที่มีขนาดสิบๆ หมายเลขจนถึงจำนวนพันๆ หมายเลข ซึ่งมักจะใช้กับชุมชนที่มีขณะเล็ก เนื่องจากชุมสายชนบทมีขนาดเล็กและเส้นทางการใช้คู่สายโทรศัพท์ ไปยังชุมสายส่วนกลาง (Central Exchange) หรือ ชุมสายในเมืองสูง หน้าที่ทางสวิทช์ชิ่งบางอย่างของชุมสายชนบทจะเป็นหน้าที่ของชุมสายส่วนกลาง การที่นำเอาหน้าที่ของชุมสายชนบทมารวมไว้ที่ชุมสายส่วนกลาง นั้นเป็นการประหยัดเงินและโครงข่าย

2.6.2 ชุมสายต่อผ่าน (Transit Exchange)

ชุมสายต่อผ่านเป็นชุมสายที่รับการใช้คู่สายโทรศัพท์ ระหว่างชุมสายกับชุมสายและไม่มีผู้เช่าต่อตรงเข้ามายังชุมสาย โดยการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ต่อผ่านนี้จะต้องทำงานอย่างรวดเร็ว เพราะการที่ผู้เรียกเรียกไปยังผู้ถูกเรียกนั้นอาจจะต้องผ่านชุมสายต่อผ่านจำนวนหลายๆ ชุมสายก็ได้ ชุมสายต่อผ่านยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น และชุมสายต่อผ่านทางไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 มาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

ในการออกแบบชุมสายโทรศัพท์จำเป็นต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นเมื่อนำตัวชุมสายต่อเข้ากับระบบโทรศัพท์หลักซึ่งสำคัญที่สุดคือ ต้องไม่รบกวนหรือทำให้ระบบโทรศัพท์หลักทำงานผิดพลาด และยังสามารถติดต่อกับระบบโทรศัพท์ได้ด้วย ดังนั้นการออกแบบจึ่งต้องคำนึงถึงมาตรฐานที่องค์การโทรศัพท์กำหนดไว้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลเสียหายที่เกิดขึ้นได้และยังช่วยให้การศึกษาและพัฒนาในอนาคต ทำอย่างมีระบบและมีความเชื่อถือได้

ข้อกำหนดทั่วไปของชุมสายมีดังนี้

1. อิมพีแดนซ์ของวงจรที่ความถี่เสียงเท่ากับ 600 โอห์ม

2.ค่าความต้านทานระหว่างสายตัวนำกับกราวด์ของระบบจะต้องมีค่าอย่างน้อย 24 กิโลโอห์ม

3. กระแสในสายโทรศัพท์มีค่าอย่างน้อย 20 มิลลิแอมป์

4. การลดทอนระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องโทรศัพท์สูงสุดไม่เกิน 7 เดซิเบล

5. การลดทอนสัญญาณรวมในระบบไม่เกิน 33 เดซิเบล

6. อุปกรณ์ที่ต้องมีความเกี่ยวข้องกับสัญญาณกระดิ่ง หรือวงจรตรวจจับสัญญากระดิ่งต้องมีอิมพีแดนซ์มากกว่า 800 โอห์ม ที่ความถี่ 25 เฮิรตซ์ และไม่น้อยกว่า 20 กิโลโอห์ม ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์

7. การเชื่อมต่อกระดิ่งกับวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งนั้น ต้องต่อผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิ้งค่า 1 ถึง 2.2 ไมโครฟารัด

8. กระดิ่งหรือวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จะต้องสามารถทำงานได้ที่ระดับสัญญาณกระดิ่งตั้งแต่ 35 โวลต์ และสูงสุดไม่เกิน 100 โวลต์ ที่ความถี่ 25 เฮิรตซ์

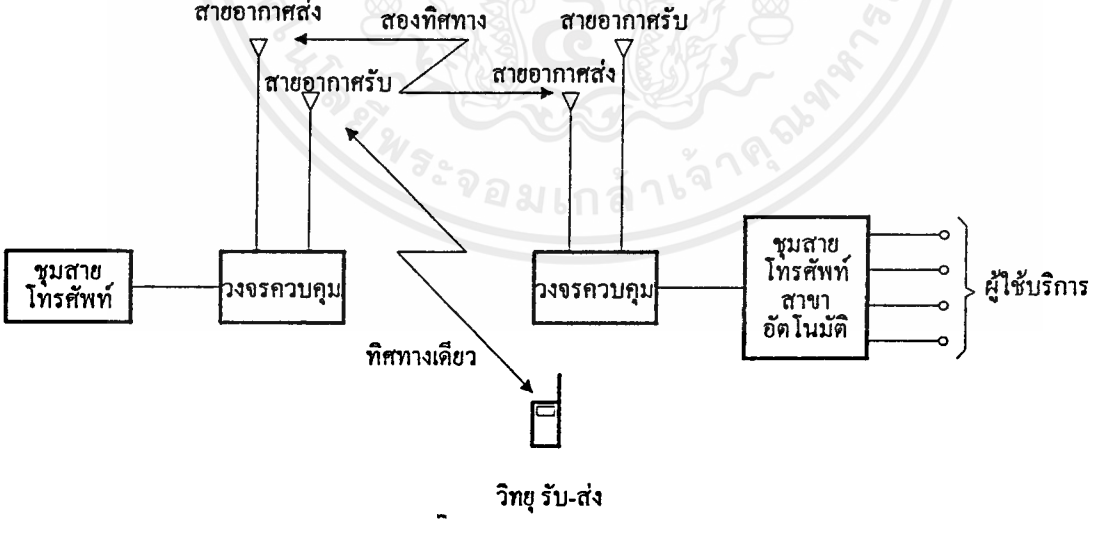
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ สร้าง และการทำงาน

3.1 หลักการทำงาน

เครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ จะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณในโทรศัพท์ระหว่างคู่สายขององค์การโทรศัพท์กับเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ โดยสัญญาณที่รับส่งประกอบด้วยสัญญาณให้หมุน, สัญญาณเรียกกลับ, สัญญาณไม่ว่าง, ในส่วนของสัญญาณกระดิ่งจะสร้างขึ้นจากวงจร Telephone Interface โดยใช้สัญญาณกระดิ่งจากคู่สายขององค์การโทรศัพท์เป็นตัวควบคุม สำหรับเอาต์พุตของเครื่องรับส่งปลายทาง จะสามารถเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ธรรมดา หรือจะเชื่อมต่อกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติก็ได้

ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ได้ออกแบบเป็น 1 คู่สายภายนอก และ 4 คู่สายภายใน ในแต่ละคู่สายภายในสามารถติดต่อโอนคู่สายกันได้ เรียกออกได้ครั้งละหนึ่งคู่สาย การติดต่อภายในพร้อมกันได้สองคู่สนทนา

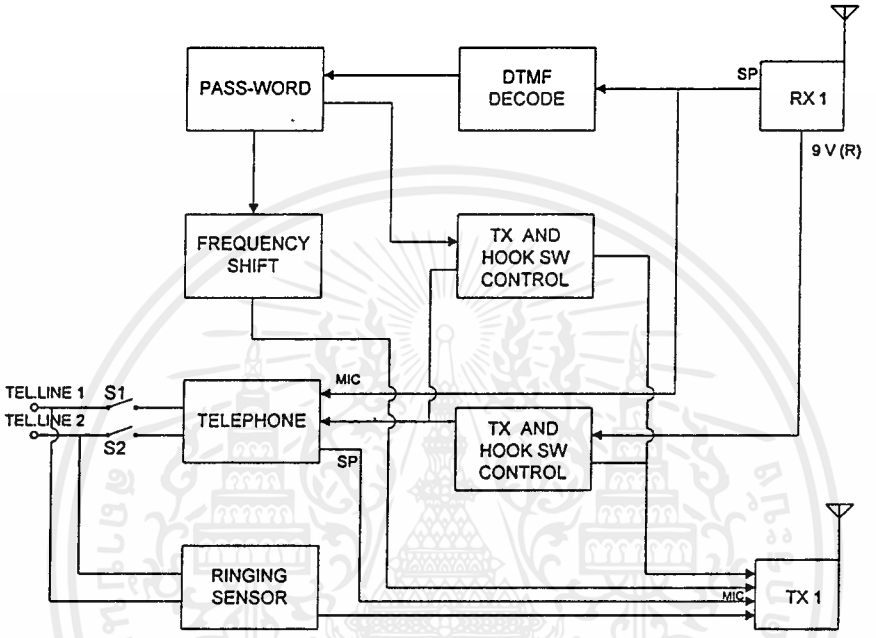


รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ สร้าง และการทำงาน แยกออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. เครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF
2. เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ



รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของวงจรเครื่องส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

3.2 เครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

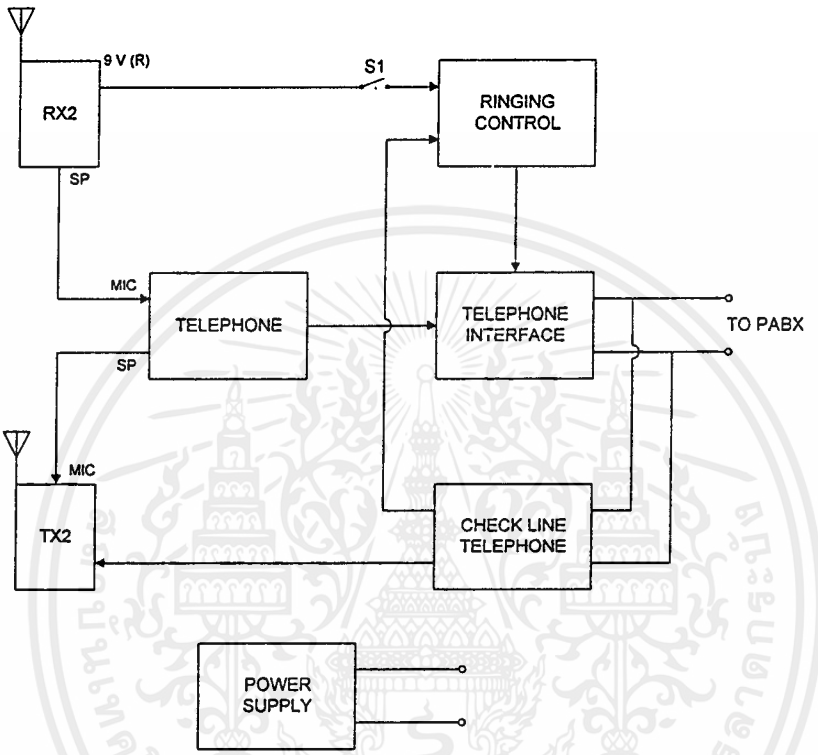
การทำงานในสภาวะเรียกเข้ามา

จากรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่คู่สาย วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งจะตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง แล้วนำไปควบคุมให้เครื่องส่งวิทยุ TX1 ให้ทำงานตามจังหวะของสัญญาณกระดิ่งที่เรียกเข้ามา

เครื่องรับวิทยุ RX2 จะรับสัญญาณจาก TX1 ได้ และจะมีแรงดันไฟฟ้า 9 โวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันที่มาจ่ายให้ภาคขยายของเครื่องรับวิทยุ ซึ่งจะมีเฉพาะเวลาที่มีสัญญาณเข้ามาเท่านั้น ซึ่งแรงดันนี้จะนำไปเข้าวงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่งเพื่อควบคุมให้วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์ ผลิตสัญญาณกระดิ่งออกมาเป็นจังหวะ เช่นเดียวกับสัญญาณ กระดิ่งจากองค์การโทรศัพท์ที่เรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ามา ดังนั้นเครื่องโทรศัพท์ที่ต่ออยู่ทางเอาต์พุต ก็จะมีสัญญาณกระดิ่งดังตามจังหวะเช่นเดียวกัน



รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของวงจรเครื่องรับสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ขึ้น วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์ก็จะตรวจจับรู้ว่าได้มีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นแล้ว จึงส่งสัญญาณไปตัดแรงดัน 9 V (R) ที่ป้อนให้ภาคกำเนิดสัญญาณกระดิ่งออก ทำให้สัญญาณกระดิ่งหยุด และจะเปิดสวิทช์เครื่องส่ง TX2 ให้ส่งออกอากาศไปด้วย

เครื่องรับ RX1 จะรับสัญญาณจาก TX2 ได้ (แรงดัน 9V (R) จาก RX1 จะมีเฉพาะขณะที่รับสัญญาณได้เท่านั้น) เมื่อมีไฟ 9 V (R) วงจรปิด-เปิดสวิทช์โทรศัพท์และเครื่องส่งวิทยุจะทำงานโดยจะต่อ Hook SW S1 และ S2 และ เปิด SW ให้เครื่องส่ง RX1 ทำงาน ดังนั้น จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถพูดคุยกันได้ โดยสัญญาณจาก SP และ MIC ของโทรศัพท์จะถูกส่งและรับเข้ามาทางวิทยุสื่อสารโดยสามารถรับส่งได้สองทิศทางในเวลาเดียวกัน,TX1ส่งความถี่141.10เมกะเฮิรตซ์ RX1 รับ 146.20 เมกะเฮิรตซ์ TX2 ส่งความถี่146.20 เมกะเฮิรตซ์ RX2 รับ 141.10 เมกะเฮิรตซ์

เมื่อทางฝ่ายปลายทางวางหูโทรศัพท์ วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายก็จะปิดเครื่องส่ง TX2 และต่อวงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่งตามปกติ เมื่อ TX2 หยุดส่ง TX1 ก็ไม่มีสัญญาณเข้ามาทำให้วงจรปิด-เปิดสวิทซ์โทรศัพท์และเครื่องส่งวิทยุหยุดการทำงาน TX1 ก็จะหยุดส่ง เครื่องจึงพร้อมที่จะรับการเรียกเข้าหรือออกใหม่ต่อไป

การใช้เป็นวิทยุโทรศัพท์

ในกรณีที่ระบบวิทยุโทรศัพท์เครื่องส่ง TX1 จะเปลี่ยนความถี่จากส่ง141.10 เมกะ-เฮิรตซ์ ไปเป็น 141.30 เมกะเฮิรตซ์ เพื่อป้องกันการรบกวนกันของระบบ และในส่วนอื่นๆ ยังเหมือนเดิม

เครื่องรับส่งวิทยุที่ใช้ในระบบวิทยุโทรศัพท์จะต้องมีสัญญาณความถี่คู่ และรับส่งแบบสองทิศทางได้โดยเครื่องจะต้องรับที่ความถี่ 141.30 เมกะเฮิรตซ์และส่ง 146.20 เมกะเฮิรตซ์

ผู้ใช้จะต้องส่งรหัส DTMF 2 หลักมาก่อนเพื่อทำการต่อสวิทซ์โทรศัพท์และเปิดเครื่องส่ง รหัสที่ส่งมาจะถูกส่งไปยังวงจรตรวจสอบรหัส ถ้าถูกต้อง วงจรปิด-เปิดสวิทซ์โทรศัพท์และเครื่องส่งวิทยุ,วงจรเปลี่ยนความถี่จะทำงาน โดยจะต่อสวิทซ์โทรศัพท์ให้กับเครื่องโทรศัพท์ เปิดเครื่องส่งวิทยุ เพื่อส่งสัญญาณออกจาก SP ของเครื่องโทรศัพท์ออกไปยังผู้ใช้ และเปลี่ยนความถี่จาก 141.10 เมกะเฮิรตซ์ ไปเป็น 141.30 เมกะเฮิรตซ์ ถ้าผู้ใช้ต้องการเรียกออกก็จะส่งหมายเลขที่ต้องการเรียกออกมา เครื่องรับ RX1 รับเข้ามา และส่งเข้ามาทาง MIC ของโทรศัพท์ ซึ่งจะส่งออกไปยังคู่สายโทรศัพท์ต่อไป การพูดคุยทำได้โดยการรับส่งแบบสองทิศทาง เมื่อต้องการวางหูโทรศัพท์ก็สามารถทำได้โดยการส่งรหัส 2 ตัวมา ถ้าถูกต้องวงจรปิด-เปิดสวิทซ์โทรศัพท์และเครื่องส่งวิทยุ,วงจรเปลี่ยนความถี่ ก็จะยกเลิกการทำงาน

3.3 การทำงานของวงจรเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

3.3.1 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

ดังแสดงในรูปที่ 3.4 เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามา จะมีแรงดันไฟสลับประมาณ 110 โวลต์ 25 เฮิรตซ์ เข้ามาตามคู่สายโทรศัพท์ สัญญาณแรงดันนี้จะผ่าน C และ R เข้าสู่วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าและจะได้เป็นแรงดันไฟตรงออกมา จากนั้นจึงใช้ฟิลเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ กรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เป็นไฟตรงที่เรียบ นำไฟตรงที่ได้ประมาณ 20 โวลต์นี้ ผ่าน R 10K เพื่อ ไบอัสให้กับ TR ซึ่งจะทำงานตามจังหวะที่มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา ทำให้ รีเลย์ 1 ทำงานด้วย โดยนำหน้าสัมผัสของ Relay ไปควบคุมเครื่องส่งวิทยุ ให้ทำงานตามจังหวะของสัญญาณกระดิ่ง

C1 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไปตรงจากคู่สายโทรศัพท์ไม่ให้เข้าไปยังวงจร จะมีเฉพาะไฟสลับเท่านั้น ที่ผ่านไปได้

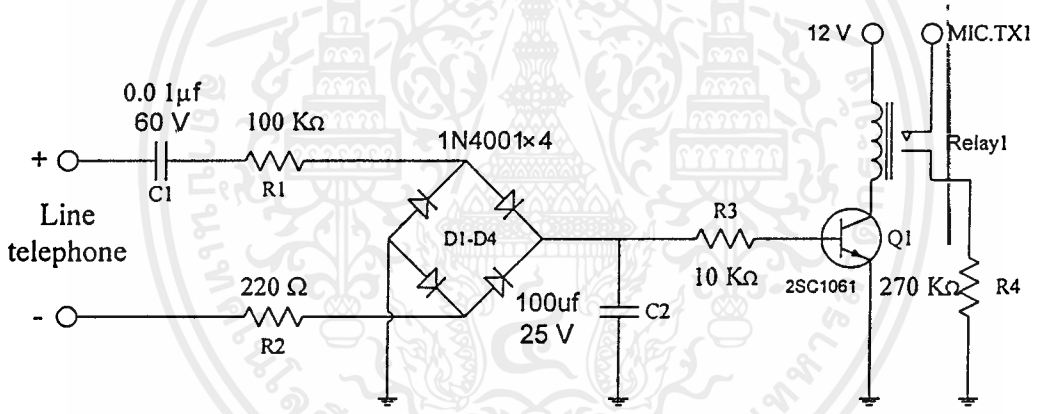
C2 ฟิลเตอร์

R1,R2 ลดระดับกระแสและแรงดันของสัญญาณกระดิ่ง

R3 กำหนดไบอัสให้กับ TR

D1 ถึง D4 บริดเร็กติไฟร์

R4 เป็นโหลดของเครื่องวิทยุรับส่ง เพื่อควบคุมเครื่องส่งวิทยุ



รูปที่ 3.4 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

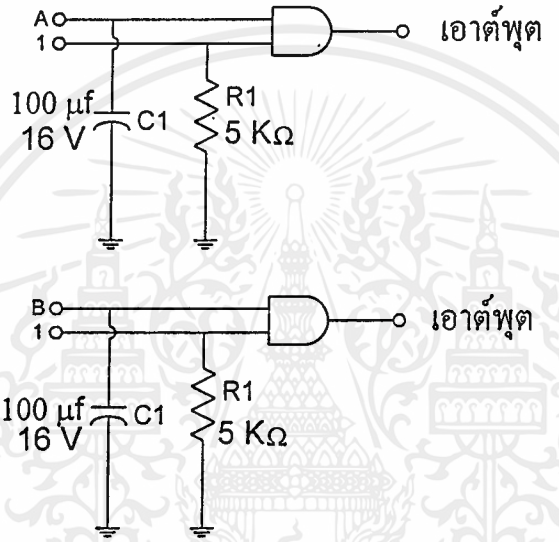
3.3.2 วงจรตั้งรหัสผ่าน

วงจรตั้งรหัสผ่าน แสดงดังรูปที่ 3.5 ที่ในกรณีที่ใช้เป็นวิทยุโทรศัพท์ ใช้ And Gate 2 อินพุตเป็นตัวตรวจสอบรหัส โดยมี C และ R ต่ออยู่ที่อินพุตทั้ง 2 ของ And Gate โดยรหัสยกหู คือ A และตามด้วย 1 เมื่อกด A จะมีแรงดัน 5 โวลต์ ปรากฏที่ อินพุต A ของ And Gate และจะถูกเก็บประจุโดย C3 (100 uF 16V) และเมื่อกด 1 จะมีไฟปรากฏขึ้นที่อินพุต 1 ของ And Gate ดังนั้นอินพุต ของ And Gate จึงเป็น 1 ทั้ง 2 อินพุต จะมีแรงดัน 5 โวลต์ ออกทาง เอาต์พุต ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

And Gate แล้วจึงนำไปจ่ายให้วงจรยกหูต่อไป ส่วนการทำงานของวงจรวางหูก็เช่นเดียวกัน เพียงแต่เปลี่ยนจาก A, 1 มาเป็น B, 1 เท่านั้น

แรงดันที่ปรากฏที่เอาต์พุต Output ของ And Gate จะมีเฉพาะในช่วงที่ C ยังคายประจุไม่หมดเท่านั้น เมื่อเวลาผ่านไป C คายประจุหมด ก็จะไม่มีเอาต์พุต ของ And Gate เพราะอินพุต ของ And gate เป็น 0, 1



รูปที่ 3.5 วงจรตั้งรหัสผ่าน

3.3.3 วงจรเปิด-ปิดสวิทซ์โทรศัพท์ และเครื่องส่ง

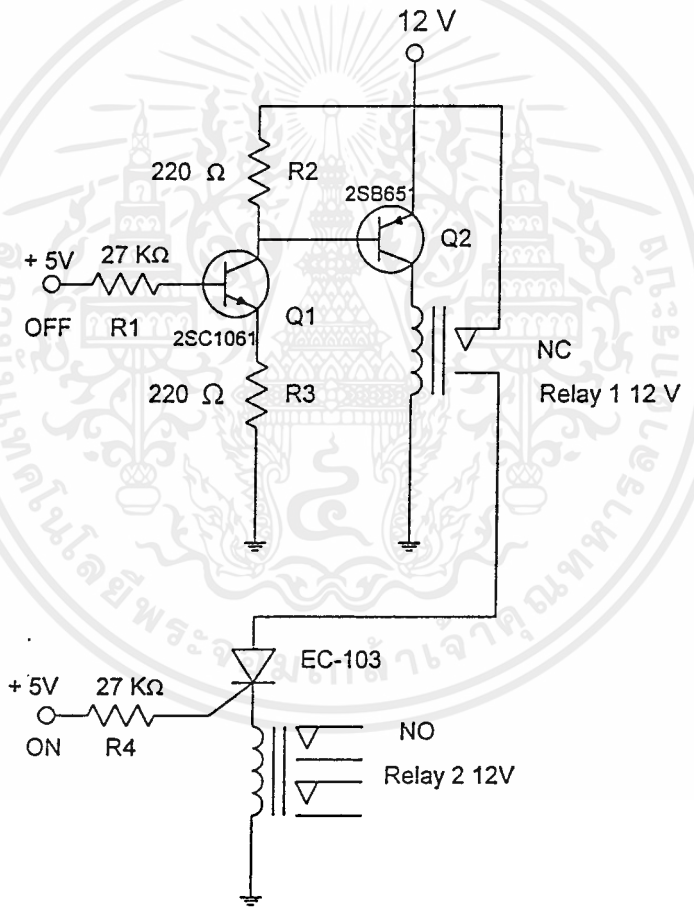
วงจรยกหู

จากรูปที่ 3.6 เมื่อมีแรงดัน 5 โวลต์ จาก And Gate มาจ่ายให้ที่ขา Gate ของ SCR จะทำให้ SCR นำกระแสตลอดเวลา Relay3 จะ ON และ หน้าสัมผัส ชุด NC จะค้าง Hook Switch ของโทรศัพท์ก็ทำงาน และหน้าสัมผัส ชุด NO อีกชุดหนึ่งจะทำหน้าที่ต่อวงจร ทำให้เครื่องวิทยุส่งสัญญาณออกอากาศไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรวางหู

เมื่อต้องการวางหู แรงดัน 5 โวลต์ จาก And Gate จะมาป้อนให้ที่ขาเบส ของ Q3 ทำให้นำกระแส แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ ของ Q3 จะตกลงเหลือประมาณ 6 โวลต์ ทำให้ Q2 นำกระแส Relay 2 จะทำงาน ทำให้หน้าสัมผัสของ NC แยกออกจากกัน จึงไม่มีแรงดันไปป้อนให้ SCR ทำให้ SCR หยุดนำกระแส Hook Switch จึงตัดวงจร เครื่องส่งหยุดทำงาน รีเลย์ 2 จะทำงานช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น ประมาณ 1 วินาที ระยะเวลาเท่ากับเวลาที่มีแรงดัน 5 โวลต์ ปรากฏที่เอาต์พุต ของ And Gate

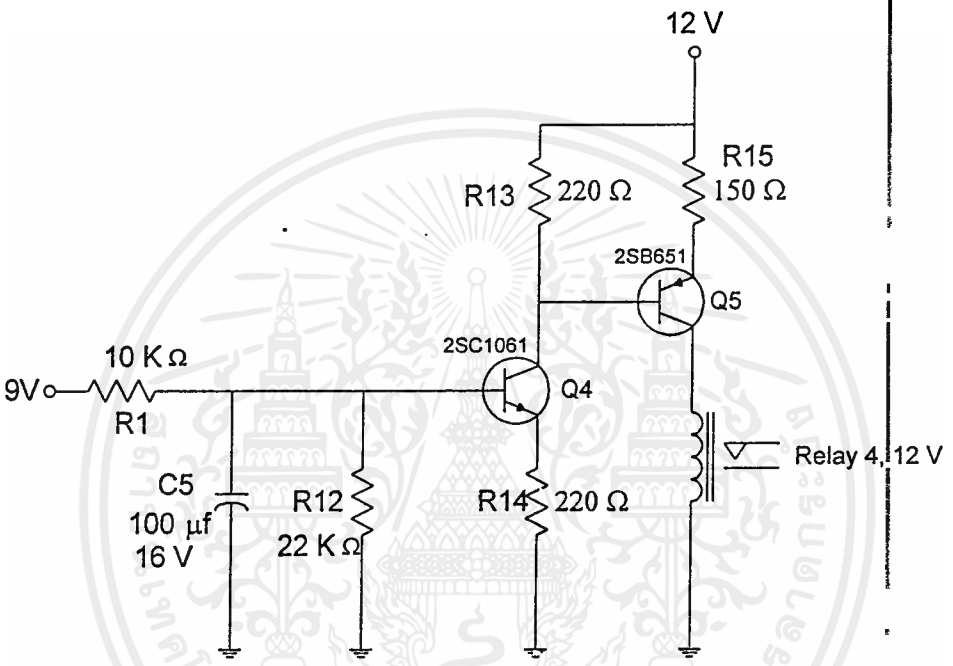


รูปที่ 3.6 วงจรเปิด-ปิด สวิทซ์โทรศัพท์ และเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่ง และควบคุมเครื่องส่ง

จากรูปที่ 3.7 เมื่อมีแรงดัน 9 โวลต์ เข้ามาในวงจร ผ่าน R11 10KΩ ไบอัสเข้าที่ขาเบส ของ Q4 ทำให้ Q4 นำกระแส เป็นผลให้แรงดันที่ขาเบสของ Q5 น้อยกว่าขาอีมิตเตอร์ของ Q5 Q5 จึงนำกระส ทำให้ รีเลย์ 1ทำงาน



รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่ง และควบคุมเครื่องส่ง

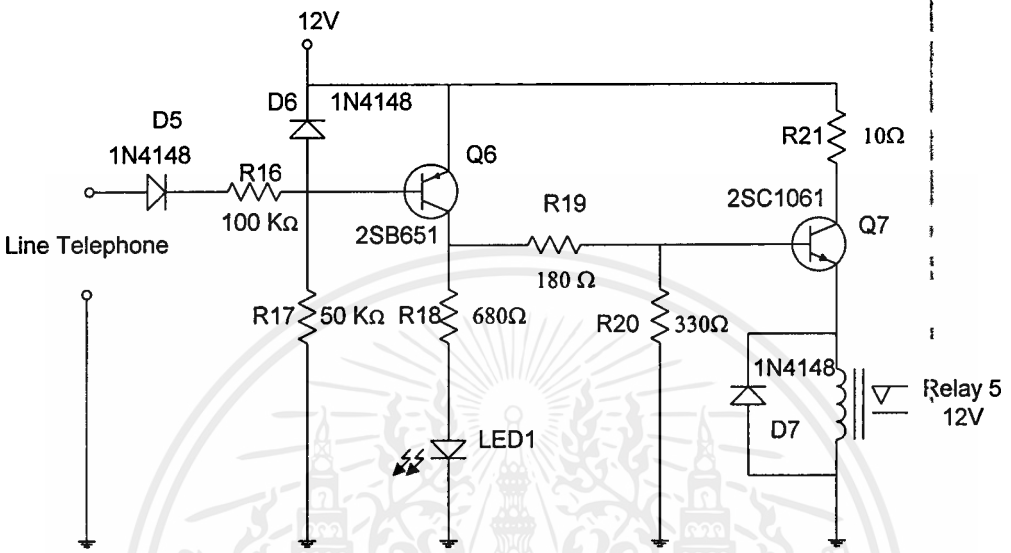
3.3.5 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์

จากรูปที่ 3.8 ในสภาวะที่โทรศัพท์ไม่ยกหู แรงดันที่สายโทรศัพท์ จะมีประมาณ 48 โวลต์ ทำให้ไฟที่ขาเบส ของ Q6 มีแรงดันมากกว่าขาอีมิตเตอร์ ทำให้ Q6 ไม่นำกระแส ซึ่งทำให้ Q7 ไม่นำกระแสด้วย

ในสภาวะที่โทรศัพท์ยกหู แรงดันที่สายโทรศัพท์ จะมีประมาณ 12 โวลต์ เมื่อผ่านไดโอด D5 และ R16 100K ทำให้แรงดันที่ขาเบส ของ Q6 มีแรงดันน้อยกว่าขาอีมิตเตอร์ ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 ทำงาน นำกระแส จากนั้นจะมีกระแสผ่าน R19 180 Ω มาไบอัส ให้ Q7 ทำให้ Q7 นำกระแส และรีเลย์ 5 ทำงาน LED 1 จะเป็นตัวบอกว่าอยู่ในสภาวะยกหูโทรศัพท์



รูปที่ 3.8 วงจรตรวจสอบสภาวะคู่โทรศัพท์

3.3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

โดยปกติเมื่อเครื่องโทรศัพท์วางหู แรงดันไฟตกคร่อมคู่สายประมาณ 48 โวลต์ เมื่อยกหูขึ้นแรงดันจะลดลงเหลือประมาณ 5-10 โวลต์ ขณะนี้ถ้า มีการเรียกเข้ามา กระดิ่งจะไม่ดัง และในขณะยกหูโทรศัพท์มีอิมพีแดนซ์ประมาณ 600 โอห์ม ถ้าเราหมุนหมายเลขแรงดันตกลงมาเป็น 0 โวลต์ ชั่วขณะ เมื่อมีการเรียกเข้ามาในขณะวางหูจะมีพัลซ์ประมาณ 90-150 โวลต์ ความถี่ประมาณ 20-60 เฮิรตซ์ ปรากฏขึ้นที่คู่สาย ทำให้กระดิ่งดัง และจะหยุดเมื่อเรายกหูโทรศัพท์ขึ้น

การทำงาน

จากรูปที่ 3.9 วงจรนี้ใช้หม้อแปลง 2 ตัว ตัวแรกจ่ายแรงดันต่ำเพื่อป้อนวงจร ตัวที่สองจ่ายแรงดันไฟสูงไปสร้างเป็นสัญญาณ หม้อแปลง T1 จ่ายแรงดันไฟต่ำ 12 โวลต์ ผ่านวงจรเร็คติไฟเออร์ D8 และ D9 และกรองกระแสโดย C6 ป้อนเข้าสู่ IC1 เพื่อแปลงออกมาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟตรง 12 โวลต์ โดยจะมี C7 ทำหน้าที่กรองกระแสอีกทีหนึ่ง ส่วน LED3 เป็นตัวแสดงผลเมื่อเปิดเครื่อง

แรงดันไฟตรง 12 โวลต์ นี้ จ่ายให้กับวงจรเพื่อบอกสภาวะขณะยกหูโทรศัพท์ และเป็นตัวจ่ายแรงดันไฟต่ำให้กับโทรศัพท์ขณะยกหูผ่านทาง J1 และ J2 ซึ่งจะทำให้มีแรงดันตกคร่อมโทรศัพท์ที่ J1 และ J2

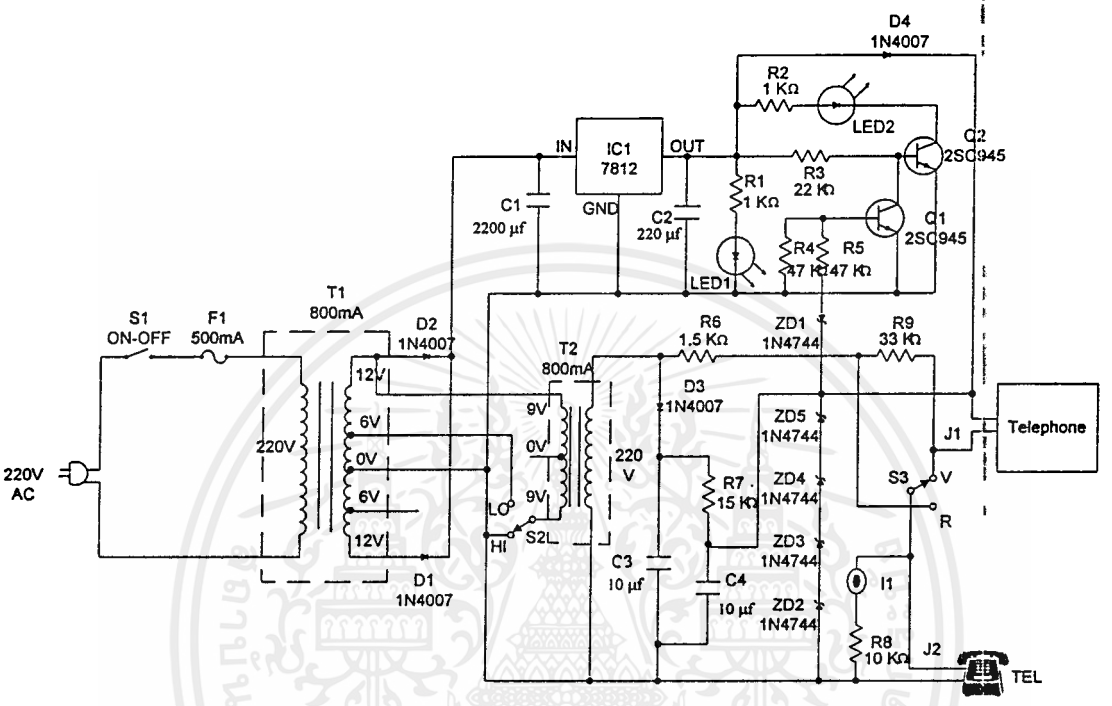
วงจรบอกสภาวะยกหูของโทรศัพท์ประกอบด้วย Q8, Q9, ZD1 และ LED2 ขณะที่วางหู แรงดันที่ขาเบสของ Q9 สูง ทำให้ Q9 นำกระแส Q8 จึงไม่ทำงาน LED 2 ไม่สว่าง แต่เมื่อยกหูขึ้น แรงดันที่ขาเบสของ Q9 ลดลง ทำให้ Q9 หยุดนำกระแส Q8 นำกระแส LED 2 สว่างทั้งนี้โทรศัพท์ที่ J1 และ J2 จะต้องอยู่ในสภาวะยกหูพร้อมกัน เพราะทั้งสองต่ออนุกรมกันถ้าเพียงตัวใดตัวหนึ่ง LED 2 จะไม่สว่าง นอกจากนี้ เมื่อหมุนเลขหมาย LED 2 จะกระพริบตามจำนวนครั้งของหมายเลขที่หมุน โดยที่สวิตซ์ S3 อยู่ที่ตำแหน่ง V

หม้อแปลง T2 เป็นตัวจ่ายแรงดันไฟสูง ถ้าสวิตซ์ S2 อยู่ที่ตำแหน่ง LO เอาต์พุทของ T2 ประมาณ 55 โวลต์ แต่ถ้าอยู่ที่ตำแหน่ง HI จะมีแรงดันประมาณ 110 โวลต์ แรงดันไฟสูงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะแปลงให้ได้ 60 โวลต์ เป็นแรงดันไฟตรงขณะวางหู ที่เลือกใช้แรงดัน 60 โวลต์ เพราะว่าเป็นค่าอยู่ระหว่างแรงดันมาตรฐาน ขณะวางหูกับขณะที่มีสัญญาณกระดิ่ง โดยจะมี R30 ทำหน้าที่คอยควบคุมกระแสให้จ่ายเพียง 5 มิลลิแอมป์ เท่านั้น ส่วนที่สอง แรงดันไฟสลับ 110 โวลต์ ผ่าน R27 ทำการควบคุมกระแสให้เหลือประมาณ 80 มิลลิแอมป์ เป็นสัญญาณกระดิ่งให้กับอุปกรณ์โทรศัพท์ที่นำมาทดสอบผ่านสวิตซ์ S3 ออกทาง J2 และผ่าน R28 ออกทาง J1 โดยมีตัวแสดงผลขณะที่มีสัญญาณกระดิ่ง แต่ถ้าสวิตซ์ S2 นั้นอยู่ตำแหน่ง LO ตัวแสดงผลจะไม่ติด เพราะสัญญาณที่ผ่าน R28 ออกไปนั้น เป็นสัญญาณต่ำที่จ่ายให้โทรศัพท์ที่ต่อกับ J1 ทำให้ได้ยินเสียงสัญญาณกระดิ่งเรียกเบาๆ ในหูโทรศัพท์เหมือนกับสัญญาณที่เรายกหูโทรศัพท์เรียกออกไป และสวิตซ์ S3 นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเลือกตำแหน่งสัญญาณกระดิ่งหรือพูด, S3 อยู่ในตำแหน่ง R จะมีสัญญาณกระดิ่งออกมา แต่ถ้าอยู่ในตำแหน่ง V เป็นตำแหน่งที่สามารถพูดติดต่อกันได้

ที่ D4 โดยปกติขณะวางหูจะมีแรงดันไฟสูง 60 โวลต์ จ่ายให้กับโทรศัพท์และอุปกรณ์โทรศัพท์ที่ต่อกับขั้ว J1 และ J2 แต่จะไม่ผ่าน D10 เพราะต่ออยู่ในลักษณะกลับทาง แต่เมื่ออุปกรณ์ทั้งสองที่ J1 และ J2 อยู่ในสภาวะยกหู แรงดันไฟสูงก็เหมือนถูกลัดวงจร ดังนั้น D10 ก็จะทำหน้าที่เหมือนสวิตซ์ทันที และจ่ายแรงดันไฟต่ำออกมามีกระแสประมาณ 20 มิลลิ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมป์ ให้กับวงจรโทรศัพท์ โดยจะมีแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์โทรศัพท์แต่ละตัว 6 โวลต์ และหลอด LED 2 ก็จะติดสว่าง

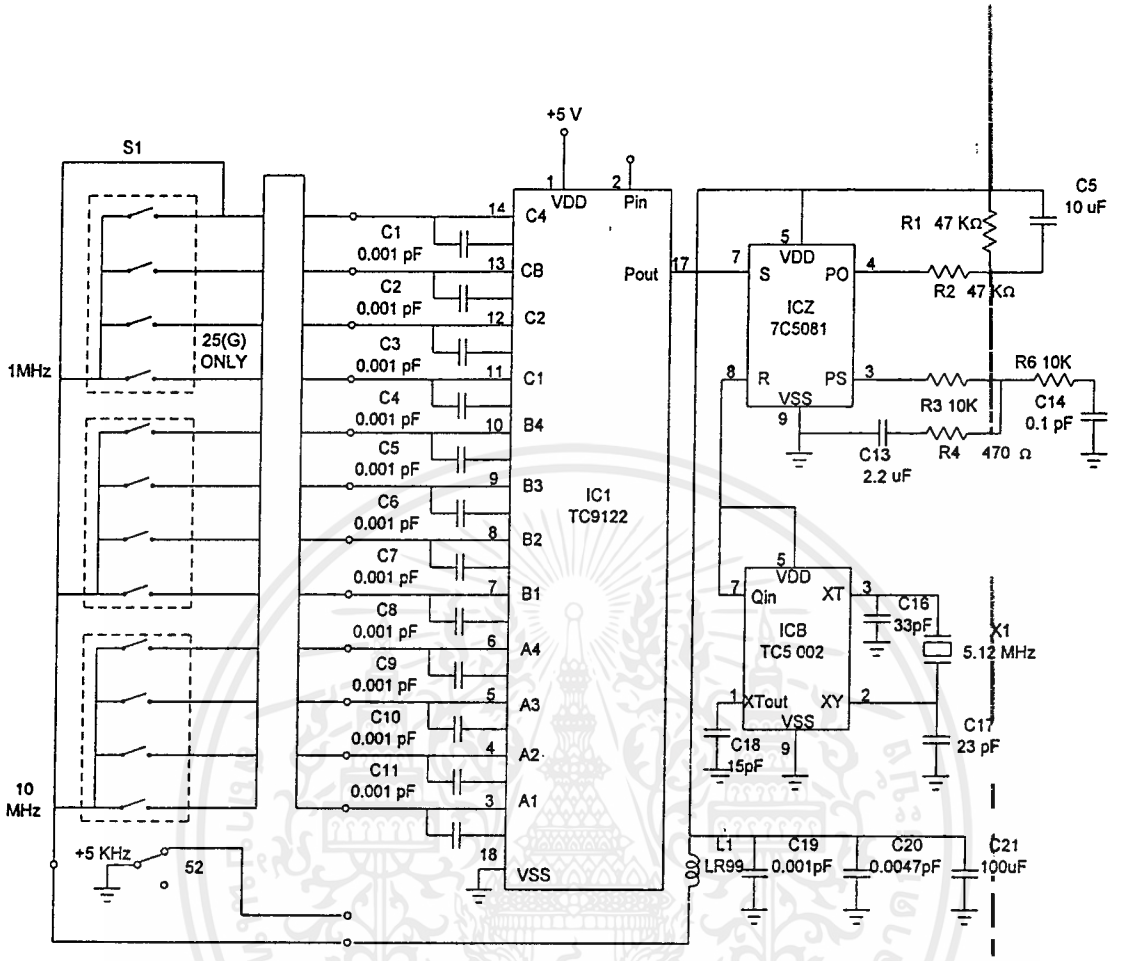


รูปที่ 3.9 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

3.3.7 วงจรเปลี่ยนความถี่ของเครื่องส่งวิทยุ

การเปลี่ยนความถี่ของวิทยุรับส่งรุ่น ICOM-2N ทำได้โดยป้อนแรงดัน +5 โวลต์ เข้าที่อินพุทของ IC 1 (TC9122) โดยการเลื่อนทัมวิลสวิตซ์ ซึ่งให้เอาต์พุตเป็นรหัส BCD 8421 ในที่นี้ใช้หลักการของทัมวิลสวิตซ์ในการเปลี่ยนความถี่ โดยใช้ไดโอดต่อเข้าไปแทน ในขณะที่ S1 เปิดวงจร ไฟ +5 โวลต์ จะผ่าน D11 และ D12 เข้าไปที่อินพุท B1 และ C1 ของ IC1 เครื่องจะทำงานที่ความถี่ 141.10 เมกะเฮิรตซ์ เมื่อ S4 ต่อวงจร D1 จะจ่ายแรงดัน +5 โวลต์เข้าที่ขา B2 ของ IC1 ด้วย จึงทำให้รหัส BCD 8421 ในชุด B เปลี่ยนแปลงไปเป็น 3 เครื่องจึงเริ่มทำงานที่ความถี่ 141.30 เมกกะเฮิรตซ์

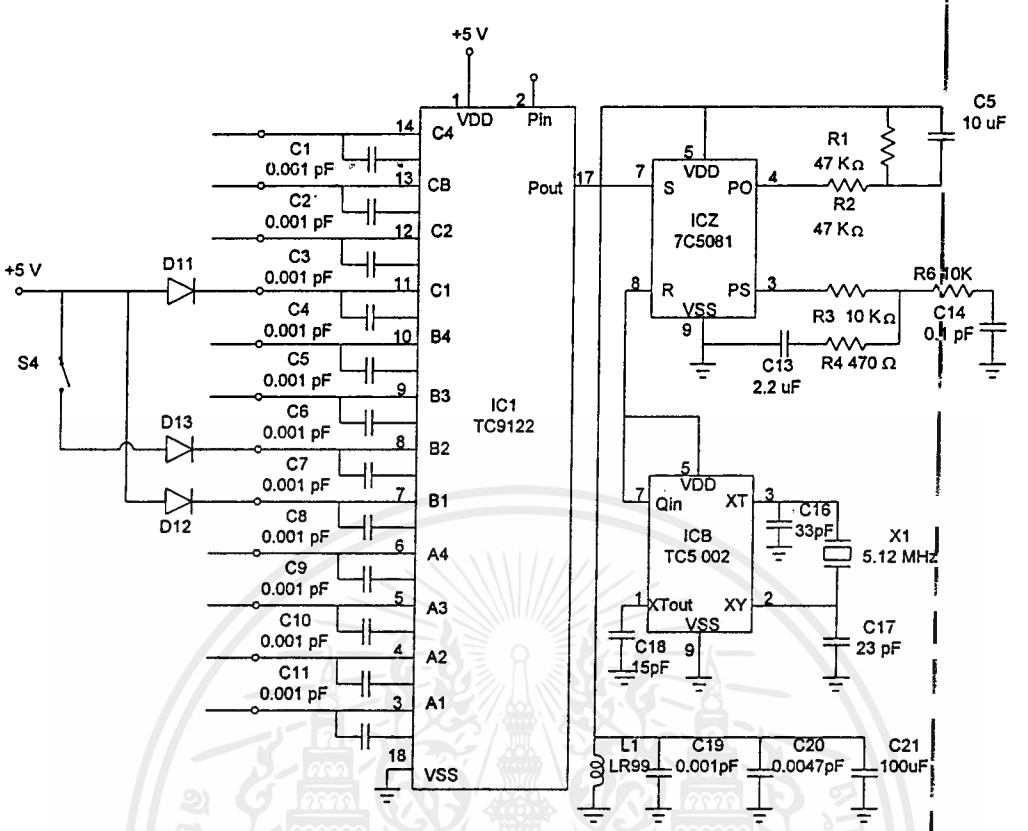
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



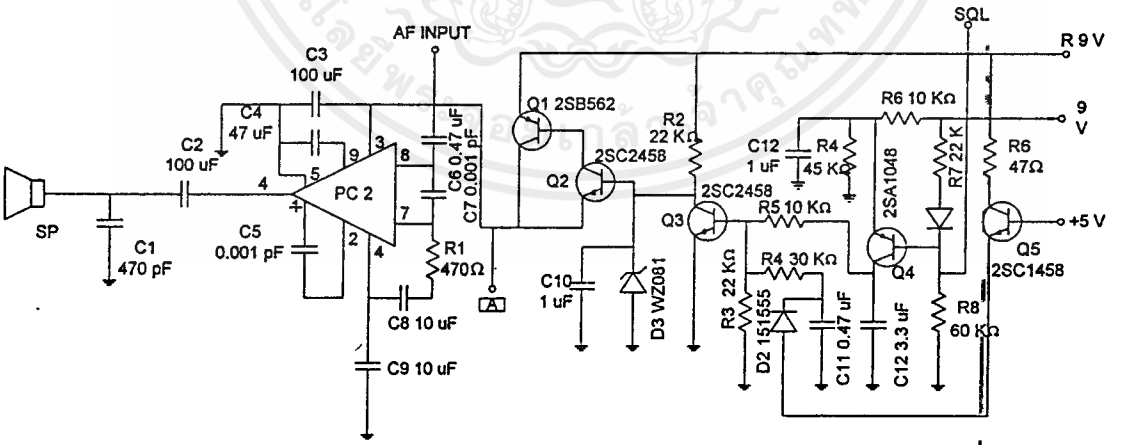
รูปที่ 3.10 วงจรเปลี่ยนความถี่เครื่องวิทยุรับส่ง รุ่น ICOM-2N

ไฟ 9 V (R) ที่นำมาใช้จะต่อมาจากจุด A ซึ่งเป็นจุดที่มีไฟ 9 V เฉพาะตอนที่เครื่องวิทยุรับสัญญาณได้เท่านั้น ในสภาวะปกติจะไม่มีไฟ 9 V นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรเปลี่ยนความถี่วิทยุรับส่ง ย่าน VHF



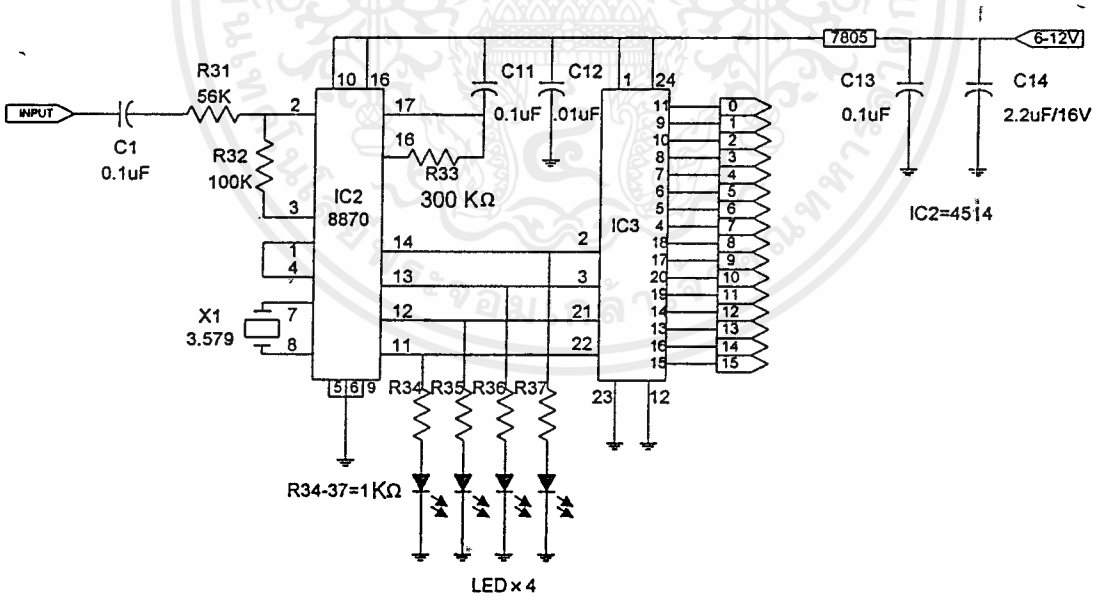
รูปที่ 3.12 วงจรขยายเสียงของเครื่องรับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8 วงจรเปลี่ยนสัญญาณโทรศัพท์

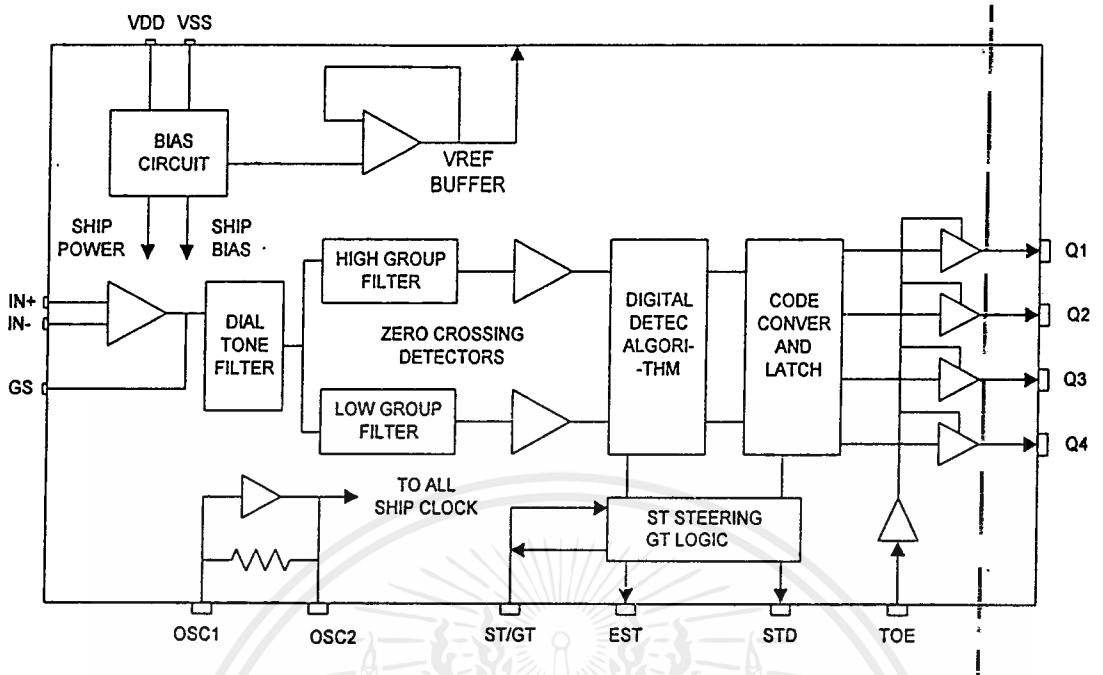
จากรูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14 ตัวกลางสำคัญที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณโทรศัพท์คือ IC2 เบอร์ MT8870 ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณโทรศัพท์ให้เป็นรหัสเลขฐานสอง(Binary Code) ซึ่งสัญญาณโทรศัพท์จะส่งผ่าน C10, R31, เข้ามาที่ขา 2 ซึ่งเป็นอินเวอร์ติ้งอินพุต ของออป-แอมป์ ซึ่งออปแอมป์นี้จะจัดวงจรขยายแบบอินเวอร์ติ้งแอมป์ โดยออปแอมป์ภายใน IC2, จะมี R32, ต่อในลักษณะป้อนกลับ ซึ่งเป็นตัวกำหนดอัตราขยายของออปแอมป์ ส่วนที่นอนอินเวอร์ติ้งอินพุตที่ขา 1 จะได้รับแรงดันไบอัสจากขา 4 เป็นแรงดันที่ได้จากการจัดไบอัสจากภายใน IC2, แรงดันที่ขา 4 จะมีค่าประมาณ VDD/2

ส่วนที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของวงจรในไอซี 8870 คือ ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งจะผลิตสัญญาณนาฬิกาใช้กับชิพต่างๆ ที่ต้องการวงจรออสซิลเลเตอร์ถูกสร้างไว้แล้วภายในไอซี เพียงแต่เราต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกอีกหนึ่งตัว คือ คริสตอล X1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.579 เมกะเฮิรตซ์ สัญญาณที่ถูกดีโค๊ดออก เป็นสัญญาณในระบบของเลขฐานสองซึ่งมีซึ่งมี Q1 ถึง Q4 เป็นเอาต์พ LED1 ถึง LED4 เป็นตัวแสดงผล

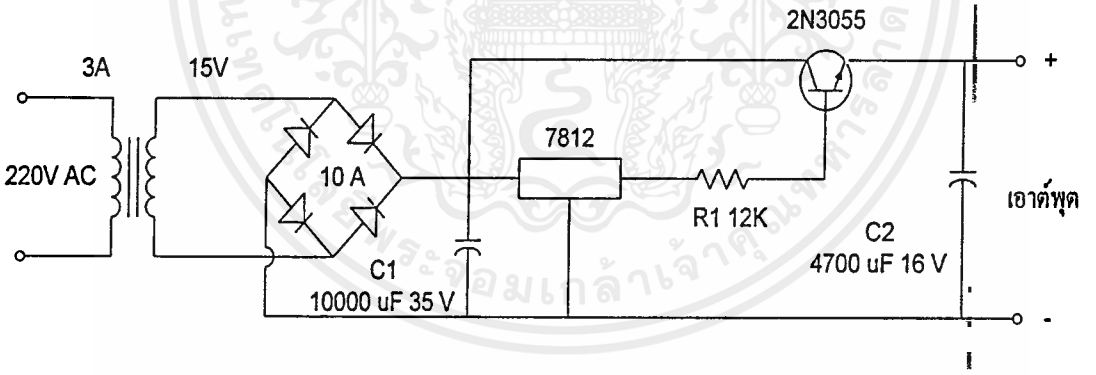


รูปที่ 3.13 วงจรเปลี่ยนสัญญาณโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ผังการทำงานของวงจรภายใน MT 8870



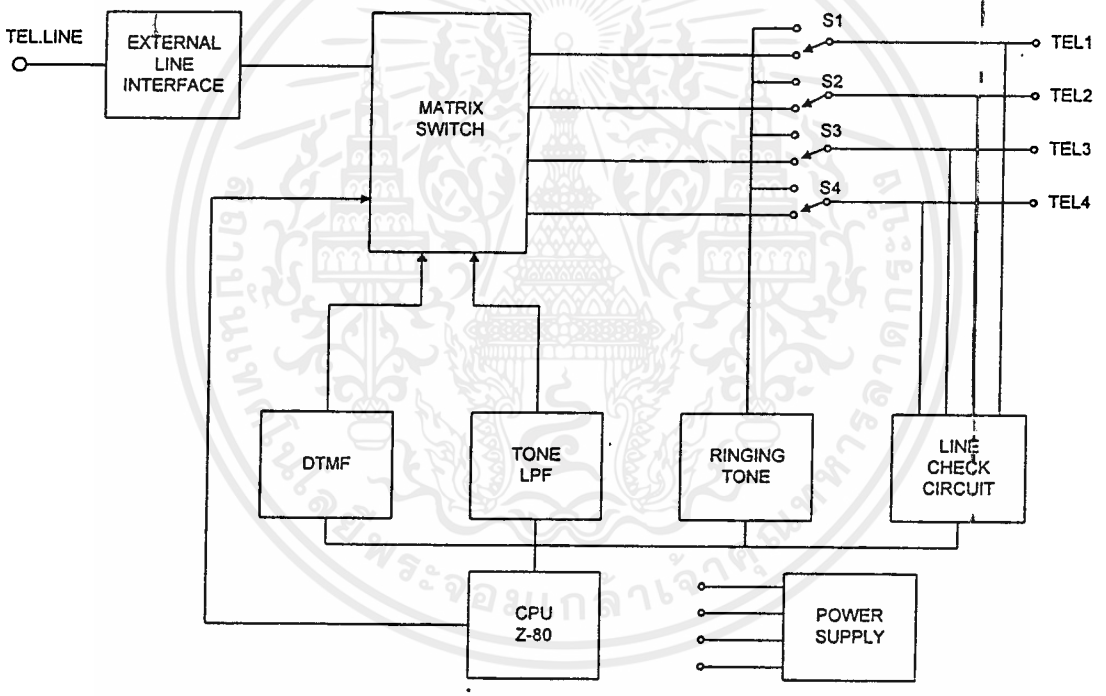
รูปที่ 3.15 วงจรแหล่งจ่ายไฟเครื่องรับ-ส่งสัญญาณโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4. เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

หลักการเบื้องต้น

การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัตินี้ ต้องการนำมาใช้งานร่วมกับเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF โดยที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัตินี้ จะทำหน้าที่คล้ายชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ คือ กำเนิดสัญญาณต่างๆ ตัดต่อการสื่อสารระหว่างโทรศัพท์ภายในชุมสายให้สามารถติดต่อกันได้โดยเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่สร้างขึ้นและสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF ซึ่งต่อใช้งานร่วมกับชุมสายหลักภายนอกได้



รูปที่ 3.16 ผังการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

3.5 การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Protel 1.5 For Windows) โดยนำวงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก, วงจรแมทริกซ์สวิทซ์, วงจรถอดรหัส DTMF, วงจรผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเสียง และกรองความถี่ต่ำ, วงจรผลิตสัญญาณกระดิ่ง, วงจรตรวจสอบการยกหู, วงจรขับรีเลย์ และวงจรควบคุมโดยใช้ Z-80 มาออกแบบให้อยู่ในแผงเดียวกัน ส่วนวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ทำการแยกออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์อีกแผ่นหนึ่ง และการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ใช้การออกแบบระบบสองหน้า

การทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์นี้ สามารถแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

3.5.1 วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก (External Line Interface)

3.5.2 วงจรแมทริกซ์สวิทซ์ (Matrix Switch)

3.5.3 วงจรถอดรหัส

3.5.5 วงจรผลิตสัญญาณเสียงและกรองความถี่ต่ำ

3.5.6 วงจรผลิตสัญญาณกระดิ่ง

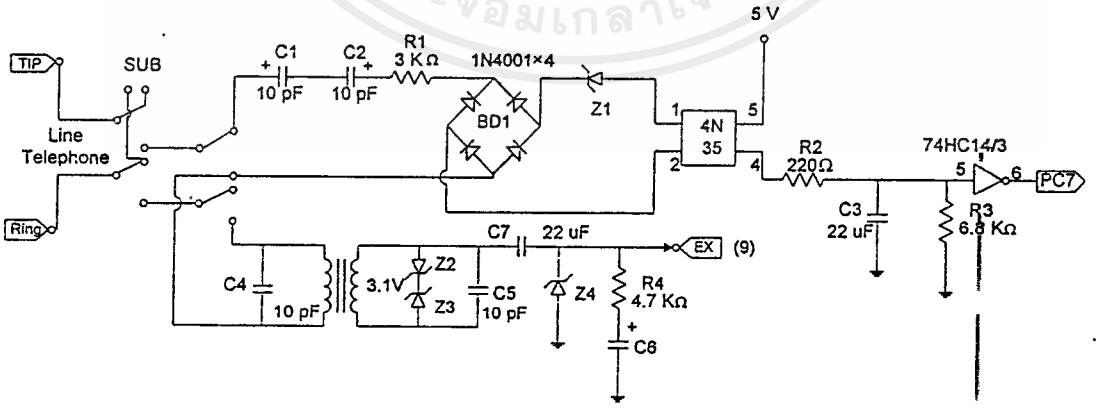
3.5.6 วงจรตรวจเช็คการยกหู

3.5.7 วงจรขับรีเลย์

3.5.8 วงจรควบคุมโดยใช้ Z-80

3.5.9 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

3.5.1.วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก



รูปที่ 3.17 วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการ

วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่รับสัญญาณเรียก ที่มาจากชุมสายภายนอกวงจรจะทำการเปลี่ยนสัญญาณจาก 1 ให้เป็น 0 เพื่อป้อนให้กับพอร์ต ของ 8255 และส่งผ่านไปให้ CPU รับรู้ และสั่งงานให้วงจรภายในทำงานเพื่อให้มีการตอบสนองต่อไป

การออกแบบ

วงจรเชื่อมต่อคู่สายจะนำเอาไอซีออฟโต้ไอโซเลเตอร์ มาเป็นตัวป้อนสัญญาณให้กับพอร์ต ของ 8255 ซึ่งเอาต์พุตของออฟโต้ไอโซเลเตอร์ จะขึ้นอยู่กับจังหวะของสัญญาณกระดิ่งจากชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ จากการออกแบบวงจรเช่นนี้จะทำให้สัญญาณกระดิ่งที่อยู่ในเครื่องโทรศัพท์ภายในมีอัตราการหน่วงเวลาเท่ากับสัญญาณกระดิ่งจากชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์พอดี

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.17 เมื่อมีสัญญาณเรียกจากชุมสายโทรศัพท์ภายนอกเข้ามา ผ่าน C1, C2 และ R1 เพื่อป้องกันไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นจะเข้ามายังบริดเร็คติไฟล์เออร์ แรงดันที่ออกจากบริดเร็คติไฟล์เออร์ จะถูกจำกัดแรงไฟไม่ให้เกิน 3.9 โวลต์ โดยซีเนอร์ไดโอด ทำให้มีแรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงของออฟโต้ไอโซเลเตอร์ ซึ่งไดโอดเปล่งแสงจะเปล่งแสงออกมา ทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะนำกระแส ซึ่งจะทำให้เอาต์พุตของออฟโต้ไอโซเลเตอร์เปลี่ยนแปลงเอาต์พุต จาก 1 เป็น 0 แล้วส่งไปยัง CPU โดยผ่านพอร์ต 8255 โดย CPU จะสั่งงานให้รีเลย์ทำงาน เพื่อให้เกิดสัญญาณกระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์ภายใน

3.5.2 วงจรแมทริกซ์สวิทซ์

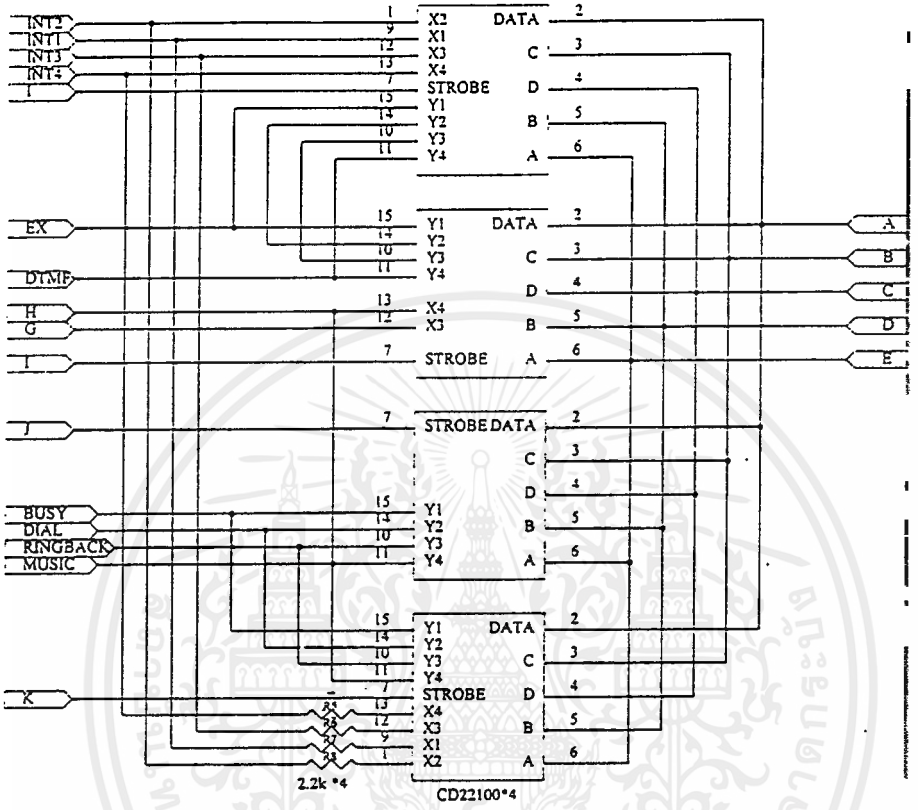
หลักการ

เพื่อใช้ทำหน้าที่เป็นจุดต่อให้กับข้อมูล โดย CPU จะเป็นตัวควบคุมให้ทำการต่อที่จุดต่างๆ

การออกแบบ

ได้นำไอซีเบอร์ CD22100E มาใช้ในการออกแบบ 4 ตัว เพื่อเป็นจุดต่อให้กับวงจรต่างๆ ส่งข้อมูลถึงกันได้ แรงดันป้อนที่ใช้จะใช้ 5 โวลต์ สัญญาณควบคุมมาจาก CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



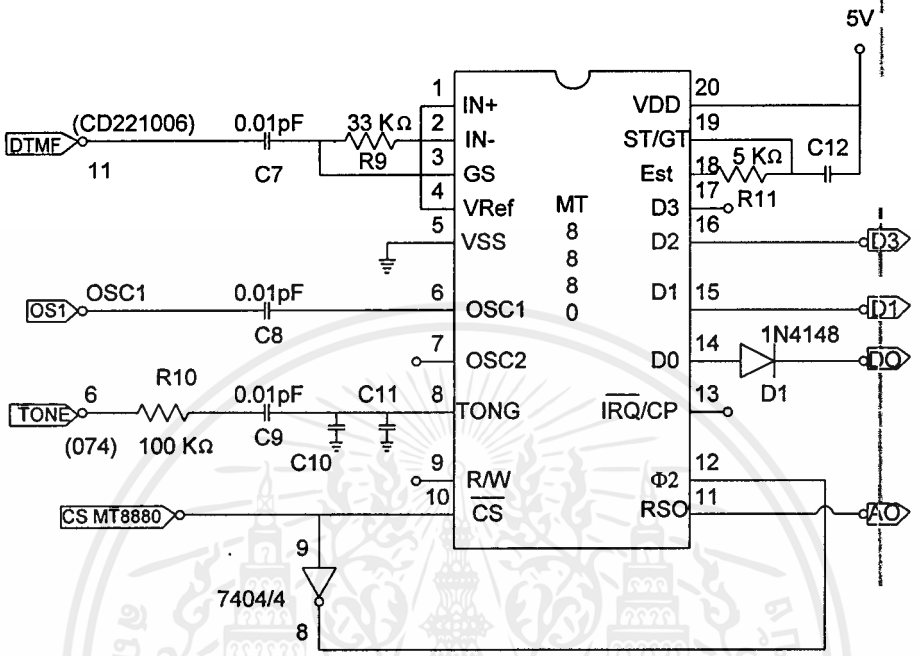
รูปที่ 3.18 วงจรแมทริกซ์สวิทซ์

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.18 วงจรนี้จะต่ออยู่กับวงจรตรวจเช็คการยกหู, วงจรถอดรหัส, วงจรผลิตความถี่ต่ำ, วงจรควบคุม(CPU) และสายนอกจากชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์โดยผ่านแมทซึ่ง 22:20 โอห์ม ซึ่งการทำงานจะถูกควบคุมโดยวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 วงจรถอดรหัส DTMF



รูปที่ 3.19 วงจรถอดรหัส DTMF

หลักการ

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ถอดรหัส โดยใช้ไอซีถอดรหัส DTMF เบอร์ MT8880 ซึ่งจะถอดรหัสสัญญาณจากการกดปุ่มที่หน้าปัทม์โทรศัพท์ เพื่อแปลงสัญญาณให้เป็นรหัสไบนารี่ 4 บิท

การออกแบบ

นำไอซีเบอร์ MT8880 มาใช้ถอดรหัสของสัญญาณ DTMF ซึ่งการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะเลือกใช้ตามคู่มือการใช้งาน

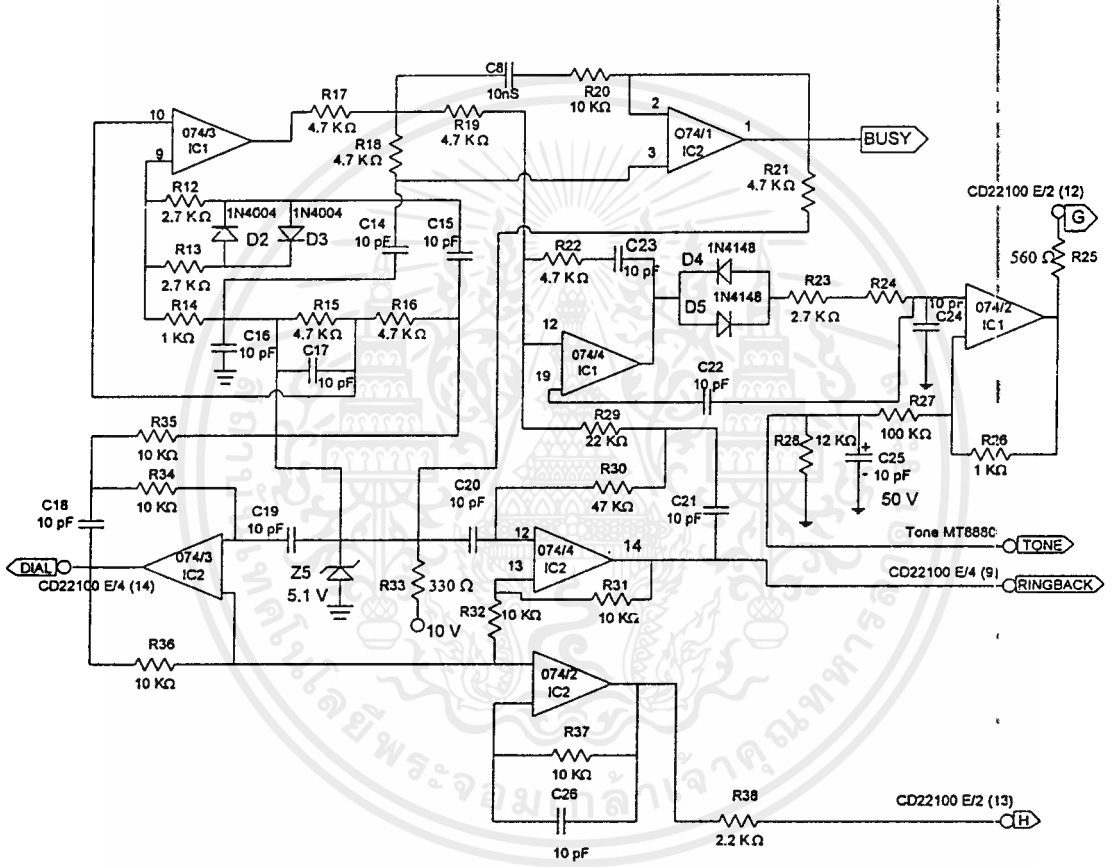
การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.19 ไอซีเบอร์ MT8880 จะถอดรหัสสัญญาณจากปุ่มของโทรศัพท์ โดยจะมีขา Chip Select เป็นตัวเลือกการใช้งาน และขา Enable จะเป็นตัวบอก CPU เพื่อให้ CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราบว่าต้องการให้เอาต์พุตเป็นเช่นนั้นจริงๆ โดยที่ข้อมูลเอาต์พุตจะเป็นรหัส 4 บิท ต่อเข้าที่ขา Data ของ CPU ส่วนอินพุตของ DTMF จะต่อกับแมทริกซ์สวิทซ์ ขา OSC1 จะต่อกับสัญญาณนาฬิกาจากไอซีเบอร์ 556 เพื่อเป็นฐานเวลาให้กับการทำงานของไอซีเบอร์ MT8880

3.5.4 วงจรผลิตสัญญาณเสียง และกรองความถี่ต่ำ



รูปที่ 3.20 วงจรผลิตสัญญาณเสียง และกรองความถี่ต่ำ

หลักการ

เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณขึ้นเพื่อเป็นการบอกให้ผู้ใช้โทรศัพท์คู่สายภายในทราบว่า คู่สายดังกล่าวพร้อมที่จะใช้งานได้หรือไม่ หรือคู่สายที่ต้องการติดต่ออยู่ด้วย พร้อมที่จะใช้งานด้วยหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

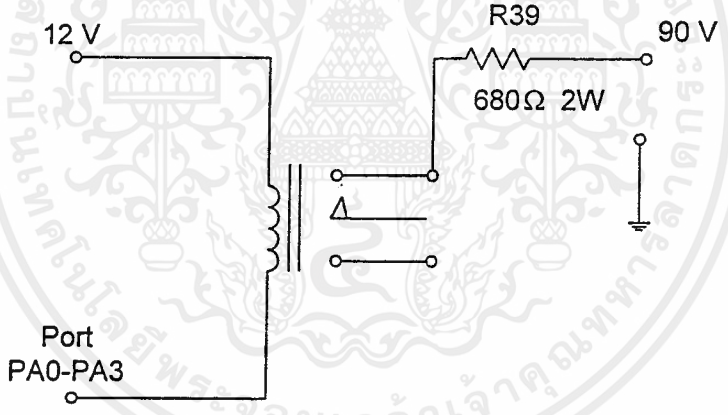
การออกแบบ

วงจรนี้จะนำเอาไอซีเบอร์ TL074CN ซึ่งเป็นออปแอมป์แบบควอร์ด ในตัวเดียว ใช้หลักการป้อนกลับของเอาต์พุตมาป้อนให้กับ อินพุตของออปแอมป์แต่ละตัว อุปกรณ์สำคัญของการผลิตความถี่นี้คือ R และ C

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.20 วงจรจะทำการผลิตความถี่ต่ำ คือ สัญญาณให้หมุน, สัญญาณไม่ว่าง, และสัญญาณเรียกกลับออกมาตลอดเวลา แต่เอาต์พุตของวงจรจะต่อเข้ากับแมทริกซ์สวิทซ์ เมื่อถูกเลือกใช้จากคู่สายภายในแต่ละตัวจากการควบคุมของ CPU อีกครั้งหนึ่ง

3.5.5 วงจรผลิตสัญญาณกระดิ่ง



รูปที่ 3.21 วงจรผลิตสัญญาณกระดิ่ง

หลักการ

เพื่อให้คู่สายปลายทาง หรือคู่สายที่ถูกเรียกทราบว่า ขณะนี้มีคู่สายต้องการสนทนาหรือติดต่อด้วย จึงต้องใช้สัญญาณที่ให้รับรู้ได้ง่ายและชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ

สัญญาณกระดิ่งใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 90 โวลต์, ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ป้อนให้แก่คู่สายโทรศัพท์โดยผ่านรีเลย์

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.21 เมื่อคู่สายปลายทางถูกเรียกเข้ามา CPU จะเป็นตัวรับรู้โดยการถอดรหัสของ DTMF จากนั้น CPU ก็จะสั่งให้รีเลย์ทำงาน โดยผ่านทางพอร์ต 8255 รีเลย์ก็จะต่อไฟฟ้ากระแสสลับ 90 โวลต์ เข้ากับคู่สายปลายทางที่ถูกเรียก กระดิ่งก็จะดังขึ้นเป็นจังหวะโดยการควบคุมของ CPU และสัญญาณกระดิ่งนี้จะหยุดดังเมื่อคู่สายปลายทางที่ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้น

3.5.6 วงจรตรวจสอบการยกหู

หลักการ

วงจรตรวจสอบการยกหู ทำหน้าที่ตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์ภายใน ตั้งแต่เครื่องที่ 1 ถึง 4 ถ้าเครื่องใดยกหูโทรศัพท์ สัญญาณจะถูกส่งไปยัง CPU เพื่อแจ้งให้ CPU ทราบว่ามีการยกหูเกิดขึ้น และทราบด้วยว่าเครื่องที่กำลังยกหูขึ้นเป็นเครื่องใด

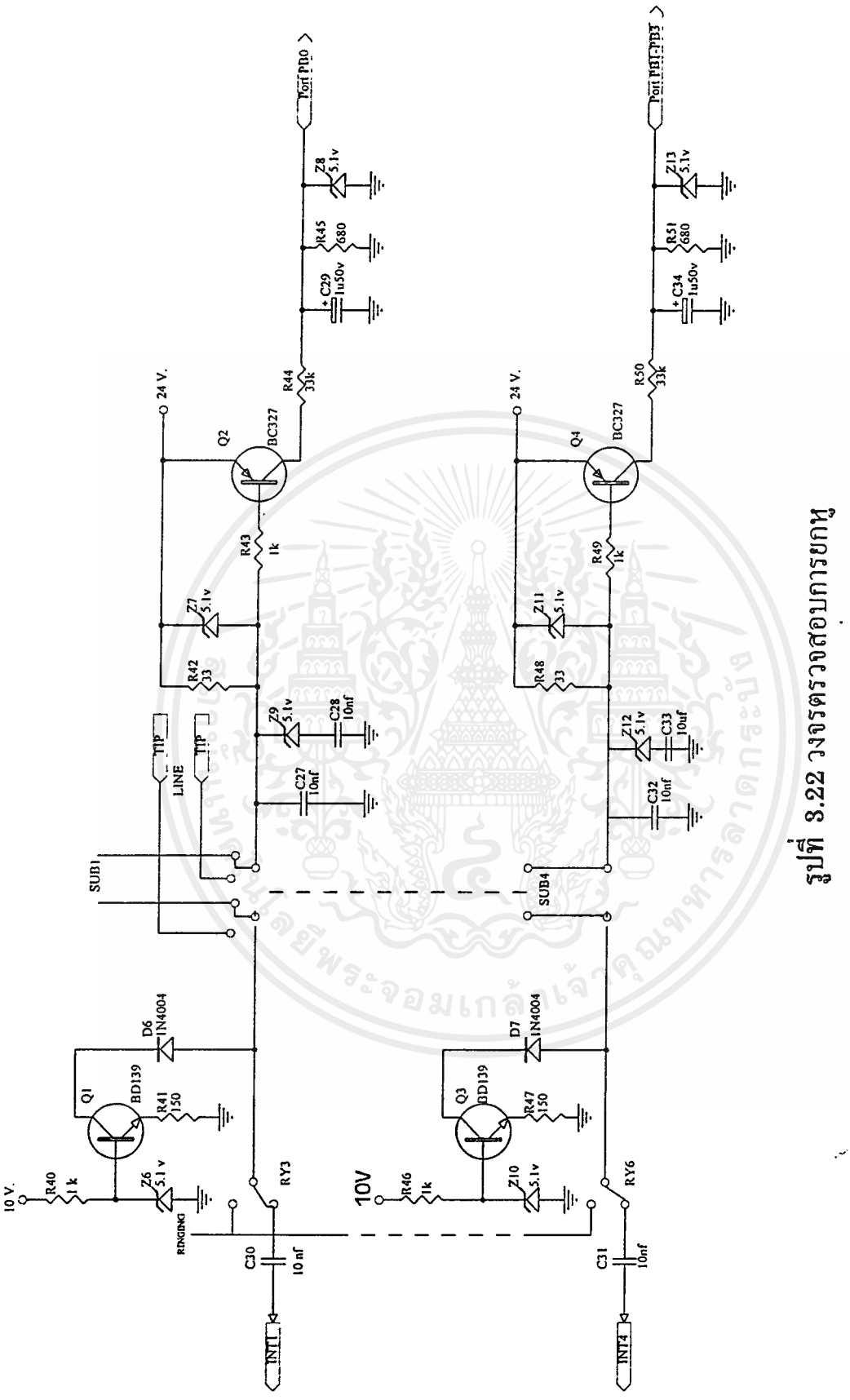
การออกแบบ

นำทรานซิสเตอร์ชนิด PNP มาต่อเป็นลักษณะทรานซิสเตอร์สวิทซ์ เพื่อบ่งบอกสถานะของโทรศัพท์ โดยอาศัยคุณสมบัติพื้นฐานของทรานซิสเตอร์ คือ ถ้ามีการยกหูโทรศัพท์ทรานซิสเตอร์ก็จะทำงานเปรียบเสมือนสวิทซ์ปิด ทำให้มีแรงดันออกมาทางขาอีมิตเตอร์ · แรงดันนี้จะเป็นตัวบอก CPU ว่ามีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น และกรณีที่ไม่มีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นก็จะไม่มีแรงดันไปบอก CPU ก็จะรับรู้ว่าโทรศัพท์ไม่มีการยกหูขึ้น

การทำงาน

จากรูปที่ 3.22 ในวงจรจะมีแรงดัน 10 โวลต์ จ่ายให้วงจรโทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น แรงดันจะไปไบอัสให้แก่ทรานซิสเตอร์ PNP โดยแรงดันไบอัสถูกจำกัดโดยซีเนอร์ไดโอด ทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะนำกระแส แรงดัน 24 โวลต์ ก็จะไหลออกที่ขาอิมิตเตอร์เพื่อไปบอก CPU ว่ามีการยกหูโทรศัพท์เกิดขึ้น โดยแรงดันที่ 24 โวลต์ จะถูกลดลงให้เหลือ 5 โวลต์ โดยซีเนอร์ไดโอด เพื่อเข้าพอร์ต 8255

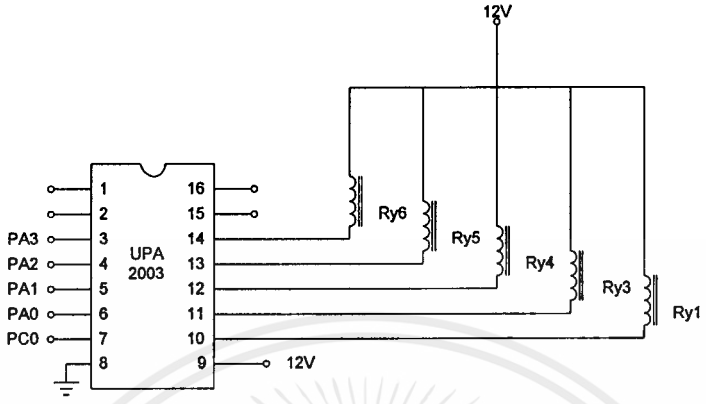
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.22 วงจรตรวจสอบการยกหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.7 วงจรขับรีเลย์



รูปที่ 3.23 วงจรขับรีเลย์

หลักการ

เมื่อมีสัญญาณป้อนเป็น 0 เข้าที่ขาอินพุต วงจรภายในของไอซีจะทำเอาต์พุตให้เป็นกราวด์ ทำให้เกิดมีแรงดันตกคร่อมรีเลย์ แล้วทำให้หน้าสัมผัสต่อจาก NO ไปยัง NC

การออกแบบ

ใช้ไอซีที่แรงดันเอาต์พุตถูกควบคุมโดยอินพุท เบอร์ UPA 2003 เป็นตัวขับรีเลย์ทั้งหมด 5 ตัว โดยไอซีเบอร์ UPA 2003 สามารถขับได้สูงสุด 7 ตัว

การทำงาน

จากรูปที่ 3.23 เมื่อมีสัญญาณมากระตุ้นขาอินพุตของไอซี ก็จะทำให้ได้เอาต์พุตออกมาซึ่งเปรียบเสมือนสวิทซ์ตัดต่อวงจร โดยการเปลี่ยนสถานะของระบบขึ้นอยู่กับวงจรภายในไอซี การต่อใช้งาน เราจะต่อรีเลย์ตัดต่อ 4 ตัว และอีก 1 ตัว เป็นตัวตัดต่อสายนอก

3.5.8 วงจรควบคุมโดยใช้ Z-80 เป็นส่วนประมวลผล

ในส่วนนี้เราใช้ Z-80 เป็นส่วนควบคุมระบบทั้งหมด โดยการออกแบบนั้นใช้วงจรพื้นฐานของ Z-80 ธรรมดา เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.9 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

เนื่องจากการใช้งานระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัตินี้ เป็นการใช้งานที่ต่อเนื่อง ดังนั้น ความร้อนอุณหภูมิต่างๆ ย่อมมีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจึงต้องมีการชดเชยค่าอุณหภูมิต่างๆ ไว้โดยการต่อตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ วงจรจ่ายกำลัง ดังรูปที่3.25นี้ ถูกออกแบบให้จ่ายแรงดันไฟตรงได้ 5, 10, 12, 24 โวลต์ และแรงดันกระแสสลับ 90 โวลต์

3.6.การทำงานเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ

3.6.1 การติดต่อภายใน

3.6.2 การติดต่อภายนอก

-เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติต้องการติดต่อกับคู่สายภายนอก

-เมื่อคู่สายภายนอกต้องการติดต่อกับคู่สายภายใน

3.6.3 การโอนสาย

3.6.1 การติดต่อภายใน

เช่น กรณีเครื่องหมายเลข 11 ต้องการติดต่อกับเครื่องหมายเลข 12

1) เครื่องหมายเลข 11 ทำการยกหูโทรศัพท์ขึ้น วงจรตรวจสอบการยกหู เริ่มส่งสัญญาณ 1 ผ่านพอร์ต 8255 เพื่อให้ CPU รับรู้ว่าเครื่องหมายเลข 11 มีการยกหู

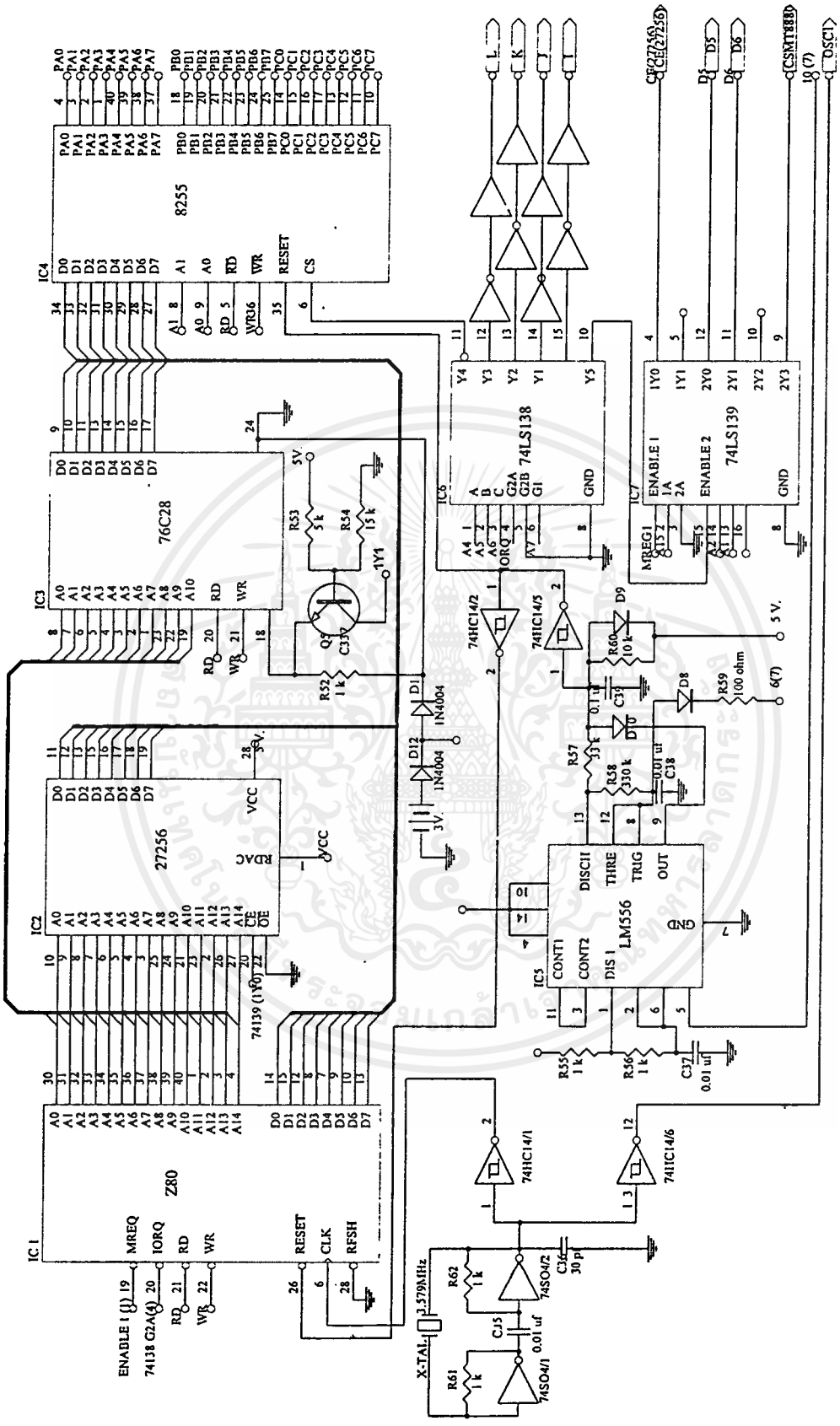
2) CPU ก็จะทำการต่อสัญญาณให้หมุน ให้กับเครื่องหมายเลข 11 โดยผ่านแมทริกซ์-สวิทช์ ในขณะเดียวกันก็จะส่งสัญญาณไปให้ขา Chip Select ของไอซีเบอร์ MT8880 ซึ่งเป็นวงจรถอดรหัสความถี่คู่ และต่ออินพุตของวงจรถอดรหัสเข้ากับเครื่องหมายเลข 11 เพื่อรอรับการกดปุ่มโดยผ่านทางแมทริกซ์สวิทช์เช่นกัน ในกรณีนี้เครื่องหมายเลข 11 ก็จะได้รับสัญญาณให้หมุนหมายเลขได้

3) เครื่องหมายเลข 11 สามารถกดหมายเลข 12 ได้ทันที ซึ่งสัญญาณจะถูกถอดรหัสโดยวงจรถอดรหัส เมื่อมีการถอดรหัสแล้ว CPU ก็จะตัดสัญญาณให้หมุนออกไป

4) วงจรถอดรหัส จะส่งสัญญาณไบนารี่ 4 บิท ไปให้แก่ CPU

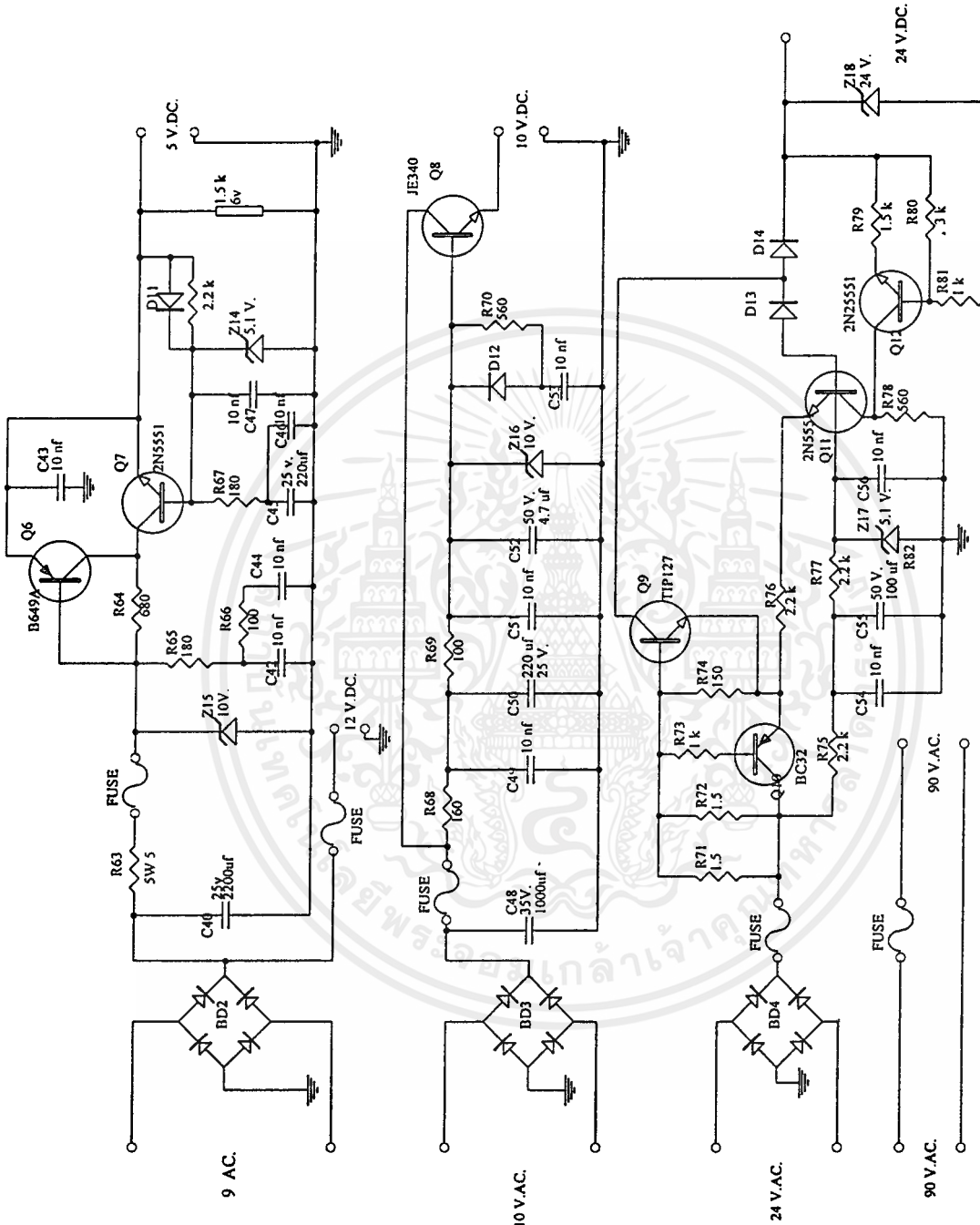
5) CPU จะทราบทันทีว่าเครื่องหมายเลข 11 ต้องการติดต่อกับเครื่องหมายเลข 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 วงจรควบคุมโดยใช้ Z-80 CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) CPU จะทำการตรวจสอบว่าเครื่องหมายเลข 12 ว่างหรือไม่ ถ้าไม่ว่าง CPU จะส่งสัญญาณไปควบคุมแมทริกซ์สวิทซ์ให้ส่งสัญญาณไม่ว่าง ให้กับเครื่องหมายเลข 11 ถ้าเครื่องหมายเลข 12 ว่าง CPU จะส่งสัญญาณไปควบคุมรีเลย์ให้ทำงาน และผลักให้หน้าสัมผัสไปต่อยังวงจรส่งสัญญาณเรียก ซึ่งการทำงานของรีเลย์ขึ้นอยู่กับการควบคุมของ CPU ว่าให้ทำงานกี่วินาทีและหยุดกี่วินาที ในขณะเดียวกันที่เครื่องหมายเลข 11 ก็จะได้รับสัญญาณเรียกกลับด้วย

7) เมื่อเครื่องหมายเลข 12 ได้รับสัญญาณเรียก และมีการยกหูขึ้น วงจรตรวจสอบการยกหูจะส่งสัญญาณไปบอก CPU ว่ามีการยกหูแล้ว CPU ก็จะหยุดส่งสัญญาณไปควบคุมรีเลย์หยุดส่งสัญญาณเรียกกลับไปยังเครื่องหมายเลข 11 และทำการส่งสัญญาณไปควบคุมแมทริกซ์สวิทซ์ ให้เครื่องหมายเลข 11 กับเครื่องหมายเลข 12 ต่อถึงกัน และสนทนากันได้

8) เมื่อสนทนากันเสร็จเรียบร้อยแล้ว และวางหูโทรศัพท์ วงจรตรวจสอบการยกหูก็จะส่งสัญญาณไปบอก CPU ว่ามีการวางหูแล้ว CPU ก็จะทำการตัดแมทริกซ์สวิทซ์ออกจากกัน และเข้าสู่สภาวะปกติ

3.6.2 การติดต่อภายนอก

เมื่อเครื่องต้องการติดต่อกับคู่สายภายนอก

เช่น กรณีเครื่องหมายเลข 11 ต้องการติดต่อกับคู่สายภายนอกหมายเลขเบอร์ 3261122

1) เครื่องหมายเลข 11 ยกหู วงจรตรวจสอบการยกหูจะส่งสัญญาณให้ CPU ทราบ แล้วจากนั้น CPU จะส่งสัญญาณให้หมุน ให้กับเครื่องหมายเลข 11 และทำการต่อวงจรถอดรหัสเข้ากับเครื่องหมายเลข 11 โดยผ่านแมทริกซ์สวิทซ์

2) เมื่อเครื่องหมายเลข 11 กดหมายเลข 9 ก็จะผ่านวงจรถอดรหัส เอาต์พุตของวงจรถอดรหัสจะถูกส่งไปให้ CPU ทราบว่าเครื่องหมายเลข 11 ต้องการเรียกออกข้างนอก CPU ก็จะตรวจสอบว่ามีการใช้คู่สายภายนอกอยู่หรือไม่ ถ้ามี CPU ก็จะต่อสัญญาณไม่ว่างให้แก่เครื่องหมายเลข 11 แต่ถ้าสายภายนอกว่าง CPU ก็จะส่งสัญญาณไปควบคุมแมทริกซ์สวิทซ์ให้ต่อเครื่องหมายเลข 11 กับสายนอก และส่งสัญญาณไปควบคุมรีเลย์ให้ต่อกับคู่สายขององค์การโทรศัพท์

3) เครื่องหมายเลข 11 ได้จะรับสัญญาณให้หมุน จากองค์การโทรศัพท์ เครื่องหมายเลข 11 ก็ทำการหมุนหมายเลขภายนอกได้ทันที คือ 3261122, ถ้าหมายเลข 3261122 ไม่ว่าง องค์การโทรศัพท์ก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างมาให้ แต่ถ้าว่าง ก็จะได้ยินสัญญาณเรียกกลับ เมื่อผู้ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกหมายเลข 3261122 รับ ก็จะทำการสนทนากัน และเมื่อเครื่องหมายเลข 11 วางหู ก็จะเข้าสู่ระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัตินี้ตามปกติ

เมื่อคู่สายภายนอกต้องการติดต่อกับคู่สายภายใน

1) เมื่อคู่สายภายนอกเรียกเข้ามา จะมีสัญญาณผ่านมายังวงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก ซึ่งเอาต์พุตของวงจรจะเป็น 1 ส่งไปยัง CPU, ซึ่ง CPU จะทราบว่ามีคู่สายภายนอกเรียกเข้ามา

2) CPU จะทำการส่งสัญญาณไปควบคุมรีเลย์ของเครื่องหมายเลข 11 ตามที่ได้โปรแกรมเอาไว้ เพื่อให้เครื่องหมายเลข 11 ต่อกับสัญญาณเรียก และขณะเดียวกันก็จะต่อเครื่องหมายเลข 11 เข้ากับวงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก และเครื่องหมายเลข 11 ก็จะรับ เมื่อมีสัญญาณคู่สายภายนอกเรียกเข้ามา

3) เมื่อเครื่องหมายเลข 11 มีการยกหู เนื่องจากมีสัญญาณเรียกเข้ามา วงจรตรวจสอบการยกหูก็จะส่งสัญญาณไปบอก CPU เพื่อให้หยุดส่งสัญญาณที่ควบคุมรีเลย์ ทำให้คู่สายภายนอกสามารถสนทนากับเครื่องหมายเลข 11 ได้ตามปกติ ในกรณีที่คู่สายภายนอกต้องการติดต่อกับเครื่องหมายเลขอื่นๆ เช่น(12, 13, 14) เครื่องหมายเลข 11 ก็สามารถโอนให้ได้ โดยเข้าสู่สภาวะการทำงานแบบโอนสาย

3.6.3 การโอนสาย

ในกรณีที่คู่สนทนาระหว่างคู่สายภายในคู่สายหนึ่ง แล้วต้องการคุยกับคู่สายภายในอื่นๆ อีก คู่สายภายในที่กำลังสนทนานั้นสามารถโอนสายไปยังคู่สายภายในที่ต้องการได้ โดยมีวิธีการดังนี้

1) ให้คู่สายภายในที่จะทำการโอนนั้นกดฮุกสวิทช์ 1 ครั้ง CPU ก็จะทราบได้ทันทีว่า คู่สายภายในต้องการโอนสาย CPU ก็จะพักคู่สายที่กำลังสนทนาไว้ชั่วคราว พร้อมกับต่อสัญญาณให้หมุน และวงจรถอดรหัสให้กับคู่สายที่จะทำการโอนสาย

2) ผู้ใช้กดหมายเลขเครื่องที่ต้องการโอนไป CPU ก็จะรับรู้โดยผ่านวงจรถอดรหัส พร้อมกับตรวจสอบว่าเครื่องหมายเลขนั้นว่างหรือไม่ ถ้าไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างกลับมา แต่ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณให้หมุนกลับมา และต่อเครื่องหมายเลขนั้นๆ ให้ เพื่อทำการสนทนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เมื่อคู่สายที่ถูกโอนไปยกหู เครื่องที่ทำการโอนสามารถวางหูได้เลย ในขณะที่คู่สนทนาครั้งแรกที่ถูกพักสายไว้ก็สามารถสนทนากับเครื่องหมายเลขใหม่ที่โอนไปได้ โดยCPU จะต่อแมทริกซ์สวิทซ์ให้สนทนากันได้

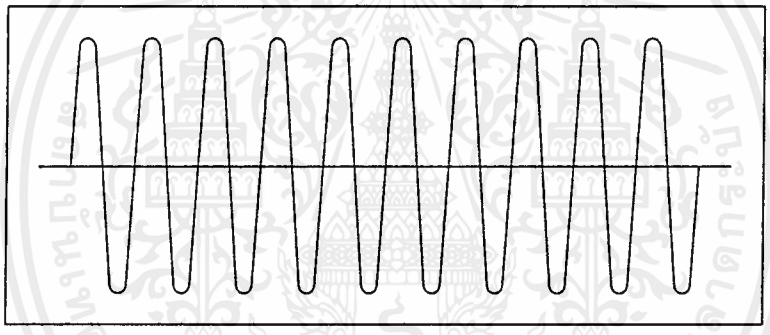
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การติดต่อภายใน

การทดลองติดต่อภายใน 4 คู่สาย เริ่มทดลองโดยการยกหูโทรศัพท์ จะได้รับสัญญาณให้หมุน ให้ทำการกดหมายเลข ซึ่งสัญญาณนี้มีลักษณะเป็นความถี่ 400 เฮิรตซ์ ดังต่อเนื่องกันตลอด ดังรูป 4.1 มีความแรงของสัญญาณเสียงดีมาก



Vp-p = 5 โวลต์

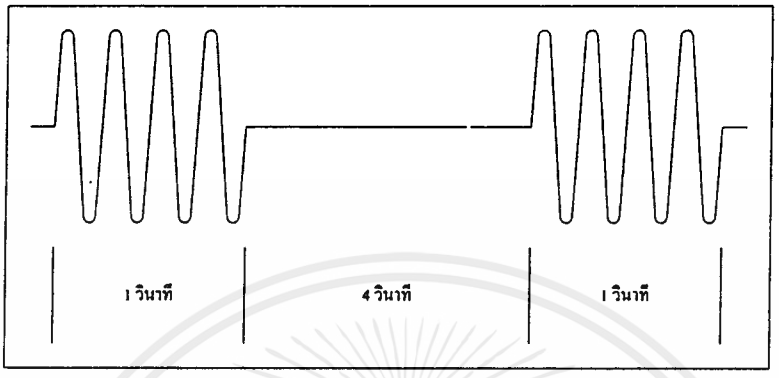
ความถี่ = 400 เฮิรตซ์

รูปที่ 4.1 รูปร่างสัญญาณให้หมุน

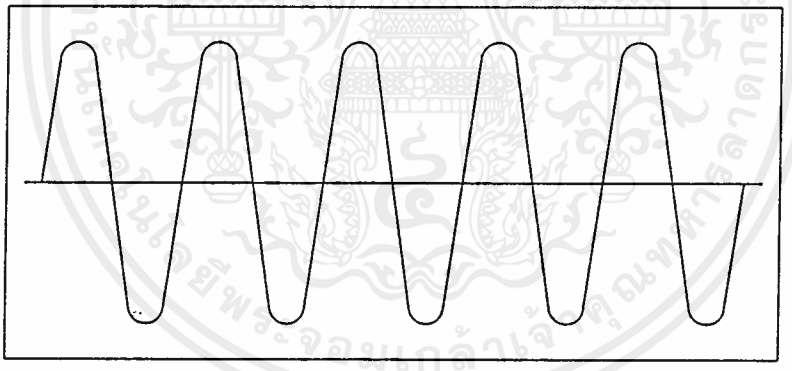
การทดลองขั้นต่อมาทำการกดหมายเลขภายใน ทดลองโดยให้เครื่องโทรศัพท์เครื่องที่ 1 (หรือเครื่องหมายเลข 11) ทำการกดหมายเลขประจำเครื่องโทรศัพท์ภายในที่ต้องการติดต่อ โดยกดหมายเลขประจำเครื่องได้ทันที เมื่อเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อว่างอยู่เครื่องที่ 1 ที่ทำการเรียกจะได้รับสัญญาณเรียกกลับ และเครื่องที่ถูกเรียกจะได้รับสัญญาณเรียก จากการวัดสัญญาณเรียกกลับ สัญญาณที่วัดได้มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ มีระดับของสัญญาณเสียงชัดเจนดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยดังและเงียบเป็นช่วงๆ สลับกัน คือดังประมาณ 1 วินาที และเงียบประมาณ 4 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 รูปร่างสัญญาณเรียกกลับ

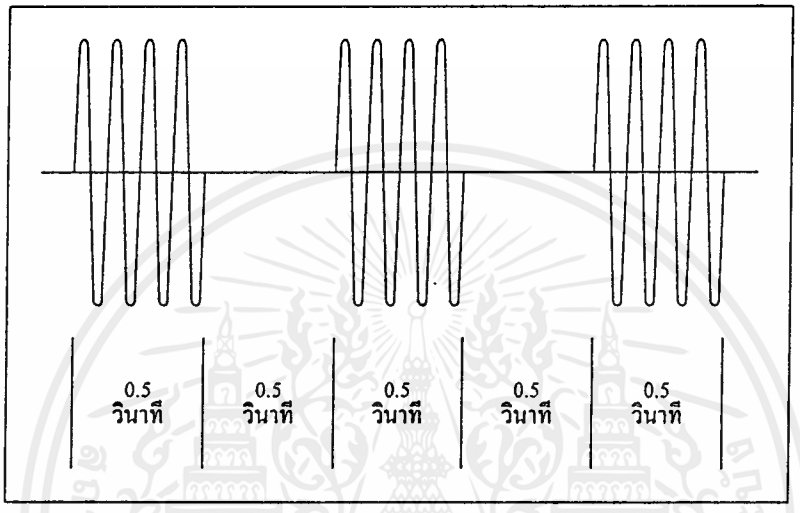


รูปที่ 4.3 รูปร่างสัญญาณเรียก

จากการทดลองวัดสัญญาณเรียก สัญญาณที่วัดได้มีความถี่ 50 เฮิรตซ์ แรงดัน 90 AC ดังและเงียบเป็นช่วงๆ พร้อมๆ กับสัญญาณเรียกกลับ เครื่องที่ถูกเรียกสัญญาณเสียงกระดิ่งที่ได้รับมีความแรงและชัดเจนดีมาก สัญญาณเรียกที่ได้จากการวัดแสดงดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง ถ้าสายไม่ว่าง โดยเครื่องโทรศัพท์ที่ถูกเรียกมีการใช้งานอยู่ก่อนแล้ว เครื่องโทรศัพท์ภายในที่ต้องการติดต่อที่ทำการเรียก จะได้รับสัญญาณสายไม่ว่าง จากการวัดสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ ดังและเงียบในช่วง 0.5 วินาที เท่าๆ กัน สัญญาณเสียงไม่ว่างที่ได้ยินมีความแรงชัดเจนดี สัญญาณสายไม่ว่างแสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 รูปร่างสัญญาณสายไม่ว่าง

การทดลองสนทนาระหว่างคู่สายภายในด้วยกัน สัญญาณที่สนทนามีความแรงชัดเจนดี การทดลองสนทนาพร้อมๆ กัน 4 คู่สายภายในนั้น 2 คู่สนทนาสัญญาณเสียงมีความแรงและชัดเจนดี ไม่มีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการสนทนา

การทดลองสลับเครื่องคู่สายภายในทั้ง 4 คู่สาย โดยทำการเปลี่ยนเครื่องที่ทำการเรียกและเครื่องที่ถูกเรียกสลับกันไปมา ผลการทดลองเหมือนกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

4.2 การติดต่อจากคู่สายภายในไปยังคู่สายภายนอก

โดยที่สายนอกมี 1 คู่สาย และมีคู่สายภายใน 4 คู่สาย การใช้งานเพื่อติดต่อกับคู่สายภายนอก จะใช้งานร่วมกับเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF การใช้งานติดต่อกับคู่สายภายนอกต้องกดรหัสผ่านก่อนคือ ให้กดหมายเลข 9 ถ้าสายนอกว่างอยู่ เครื่องที่ต้องการติดต่อกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายนอกก็จะได้รับสัญญาณให้หมุน ซึ่งเป็นสัญญาณให้กดหมายเลขที่ส่งมาจากองค์การโทรศัพท์ แต่ถ้าคู่สายภายนอกมีการใช้งานอยู่ก่อนแล้ว เครื่องที่ต้องการติดต่อกับสายนอกจะได้รับสัญญาณสายไม่ว่าง เนื่องจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติเครื่องนี้ ต่อใช้งานร่วมกับเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF การทดลองจึงแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1) เมื่อต่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ โดยตรง เมื่อทำการทดลองโดยการกดรหัสเพื่อติดต่อกับคู่สายภายนอก ผลปรากฏว่าสามารถติดต่อกับคู่สายภายนอกได้ และคุณภาพของเสียงสัญญาณต่างๆ และเสียงของคู่สนทนาชัดเจนดี

2) เมื่อต่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ เข้ากับเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF เมื่อต้องการติดต่อกับคู่สายภายนอก ปรากฏว่าสามารถติดต่อได้ สำหรับผลการทดลองดูได้จากหัวข้อ 4.4

4.3 การติดต่อจากคู่สายภายนอก

เมื่อมีคู่สายภายนอกเรียกเข้ามายังเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ คู่สายโทรศัพท์ภายในที่สามารถรับได้ คือ เครื่องที่ 1 หรือเครื่องหมายเลข 11 เท่านั้น คู่สายอื่นไม่สามารถรับได้ เนื่องจากได้เขียนโปรแกรมไว้เช่นนี้ การทดลองแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1) เมื่อต่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์โดยตรง เมื่อมีคู่สายภายนอกเรียกเข้ามา ปรากฏว่าสามารถติดต่อกันได้ โดยที่เสียงสัญญาณต่างๆ และเสียงการสนทนาของผู้ร่วมสนทนาชัดเจนดี

2) เมื่อต่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ เข้ากับเครื่องรับส่งสัญญาณย่าน VHF เมื่อมีคู่สายภายนอกเรียกเข้ามา ปรากฏว่าสามารถติดต่อได้ สำหรับผลการทดลองดูได้จากผลการทดลองที่ 4.4

4.4 ผลการทดลอง

ครั้งที่ 1 (วันที่ 19 มกราคม พ.ศ 2539)

สถานที่ทำการทดลอง: หอพัก ซ.จินดานิเวศน์ เขตลาดกระบัง

ระยะทางเส้นตรงประมาณ: 50 เมตร

สายอากาศที่ใช้ :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-เครื่องที่ ต่ออยู่กับคู่สายโทรศัพท์ ใช้สายอากาศยากิ 9 ส่วนประกอบ ทั้งรับและส่ง สูง 9 เมตร

-เครื่องที่ติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ใช้สายอากาศ CL-2 ทั้งรับและส่ง

ผลการทดลอง: เสียงที่ติดต่อได้ ขณะที่เรียกเข้า และเรียกออกชัดเจนดี

ครั้งที่ 2 (วันที่ 26 มกราคม พ.ศ 2539)

สถานที่ทำการทดลอง: หอพัก ซ.จินดานิเวศน์ เขตลาดกระบัง กับ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้น 3 สจล.

ระยะทางเส้นตรงประมาณ: 1.5 กิโลเมตร

สายอากาศที่ใช้ :

-เครื่องที่ต่ออยู่กับคู่สายโทรศัพท์ ใช้สายอากาศยากิ 9 ส่วนประกอบ ทั้งรับและส่ง สูง 9 เมตร

-เครื่องที่ติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ โดยใช้สายอากาศยากิ 9 ส่วนประกอบ ทั้งรับ และส่ง สูงประมาณ 18 เมตร

ผลการทดลอง: เสียงที่ติดต่อได้ ขณะที่เรียกเข้า เรียกออก และเสียงของกวรสนทนาเบากว่าปกติเล็กน้อย

ครั้งที่ 3 (วันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ 2539)

สถานที่ทำการทดลอง: ชั้น 5 ตึกคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.กับ บ้านพักอาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ 72/515 หมู่บ้านประภาวรรณ ถ.สุวินทวงศ์ เขตมีนบุรี กทม.

ระยะทางเส้นตรงประมาณ: 10 กิโลเมตร

สายอากาศที่ใช้:

-เครื่องที่ติดอยู่กับคู่สายโทรศัพท์ ใช้สายอากาศยากิ 10 ส่วนประกอบ 2 แผง ในการส่งและใช้สายอากาศไดโพล 4 สแตคในการับมีความสูงประมาณ 40 เมตร

-เครื่องที่ติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ โดยใช้สายอากาศยากิ 9 ส่วนประกอบ ทั้งรับ และส่ง สูงประมาณ 2 เมตร

ผลการทดลอง: ไม่สามารถติดต่อได้ขณะที่เรียกเข้าและเรียกออก เพราะ สายอากาศของเครื่องที่ติดอยู่กับคู่สายโทรศัพท์เสื่อมคุณภาพจึงไม่สามารถรับส่งสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 4 (วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ 2539)

สถานที่ทำการทดลอง:ชั้น 5 ตึกคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.กับ บ้านพักอาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ 72/515 หมู่บ้านประภาวรรณ ถ.สุวินทวงศ์ เขตมีนบุรี กทม.

ระยะทางเส้นตรงประมาณ: 10 กิโลเมตร

สายอากาศที่ใช้:

-เครื่องที่ติดอยู่กับคู่สายโทรศัพท์ ใช้สายอากาศยากิ 9 ส่วนประกอบ ทั้งรับ และส่ง ความสูงประมาณ 25 เมตร

-เครื่องที่ติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ โดยใช้สายอากาศยากิ 9 ส่วนประกอบ ทั้งรับ และส่ง ความสูงประมาณ 3 เมตร

ผลการทดลอง: สามารถติดต่อได้ขณะที่เรียกเข้า เรียกออก และมีสัญญาณรบกวน เล็กน้อยเสียงที่สนทนาเบากว่าปกติ เนื่องจากสายอากาศด้านที่ต่อกับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ มีความสูงของสายอากาศต่ำเกินไป

ในส่วนของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ สามารถใช้งานได้ปกติในทุกครั้งที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปปัญหาแนวทางแก้ไข และการพัฒนา

5.1 บทสรุป

การทำปริญญานิพนธ์เครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย (WPABX) สามารถแยกส่วนประกอบหลักๆ ได้ 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้รับส่งสัญญาณโทรศัพท์ เรียกว่า เครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF ซึ่งอาศัยหลักการทำงานเหมือนเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารทั่วๆ ไป และส่วนที่สองเป็นเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (PABX) ซึ่งใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ เพื่อที่จะศึกษาระบบชุมสายโทรศัพท์, ระบบวิทยุสื่อสาร เมื่อนำทั้งสองส่วนมาประกอบเพื่อให้ทำงานร่วมกัน ผลการทำงานทั้งหมดเป็นที่น่าพอใจตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ และสามารถนำไปใช้งานได้

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการเพิ่มระยะทางการติดต่อสื่อสารในระบบโทรศัพท์ ที่ไม่ต้องติดตั้งสายเคเบิ้ลไกลๆ ซึ่งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก โดยจะใช้เครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF เป็นตัวส่งสัญญาณและรับสัญญาณแทน ซึ่งสามารถรับส่งได้ประมาณ 10 กิโลเมตร และสามารถใช้ได้กับ 1 คู่สายขององค์การโทรศัพท์เท่านั้น ส่วนของทางด้านปลายทางสามารถแยกคู่สายย่อยได้ โดยใช้เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ในส่วนการออกแบบวงจรต่างๆ บางวงจรจะใช้เป็นวงจรสำเร็จรูป แต่ก็มีหลายส่วนที่ได้ทำการออกแบบเอง ทั้งนี้เนื่องจากความจำกัดทางด้านของเวลา และความสะดวกในการจัดหาอุปกรณ์

ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญานิพนธ์นี้คงจะมีผู้ที่สนใจ เพื่อนำไปคิดค้นและพัฒนาให้มีขีดความสามารถมากขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ในการใช้งานต่อไป

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำการทดลอง

ด้านเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

1. ช่องความถี่ที่ใช้ในการทดลองบางครั้งมีผู้อื่นใช้ร่วม ทำให้เกิดการรบกวนกัน

2.ในการทดลองใช้งานที่ระยะทางต่างๆ ไม่สามารถทำได้อย่างละเอียด เพราะไม่มีสถานที่ในการติดตั้งสายอากาศทดลอง และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในการทดลองจริงไม่สามารถตั้งสายอากาศให้สูงได้ เพราะสถานที่ไม่เอื้ออำนวย

4. เกิดการรบกวนของคลื่นความถี่ช่องอื่นๆ ที่ใช้อยู่บริเวณใกล้เคียงสถานที่ๆ ทำการทดลอง

ด้านเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

1. ในการทดลองทีหอพัก ซ.จินดานิเวศน์ เขตลาดกระบัง แรงดันไฟฟ้าสลับ ต่ำกว่า 220 โวลต์ ทำให้เกิดเสียงรบกวนขึ้นในเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

5.3 แนวทางในการแก้ไข

ด้านเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

1. โดยการเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการทดลองขณะนั้น ไปยังช่องสัญญาณที่ไม่มีสถานีอื่นใช้อยู่

2. ทำการทดลองในสถานที่ๆ ทำการทดลองได้

3. หาสถานที่ๆ มีทิศทางการรับสัญญาณที่ดีที่สุด

4. หยุดทำการทดลองในขณะที่เกิดการรบกวนกัน

ด้านเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

1. นำไปทดลองที่ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

5.4 แนวทางการพัฒนา

1. สามารถเพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสารได้โดย เพิ่มกำลังของเครื่องส่งวิทยุ และใช้สายอากาศแบบทิศทางที่มีอัตราขยายสูง

2. เปลี่ยนความถี่ไปใช้ในย่านไมโครเวฟ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการรบกวน

3. เข้ารหัสสัญญาณเสียงเพื่อป้องกันการดักฟัง

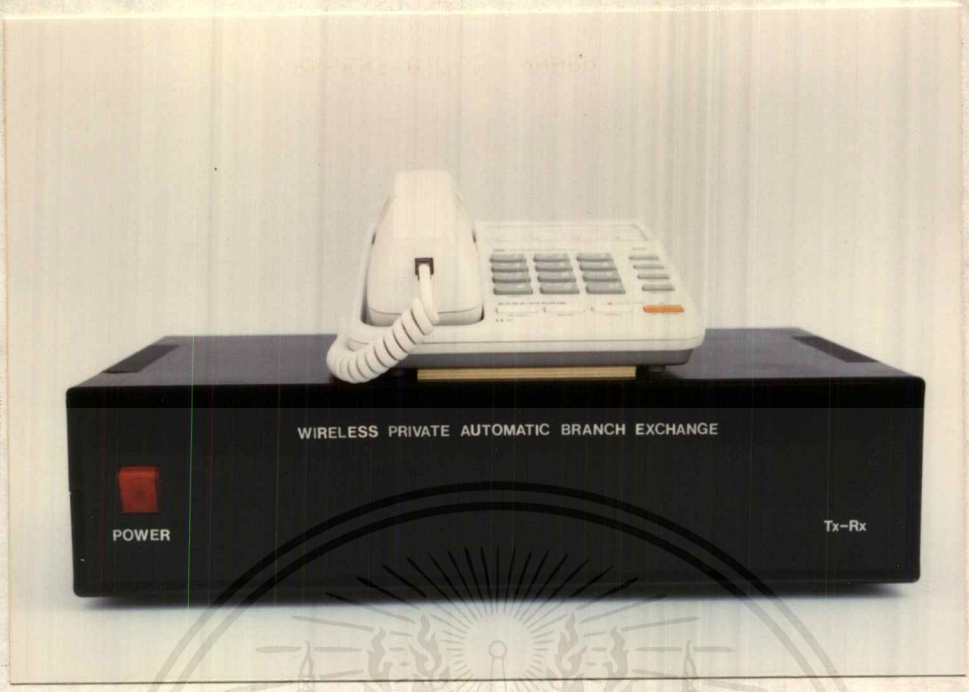
4. ให้ติดต่อใช้งานกับเครื่องโทรสารได้

5. ใช้การมัลติเพล็กซ์โดยวิธีแบ่งเวลา(Time Divition Multiplex Access:TDMA)

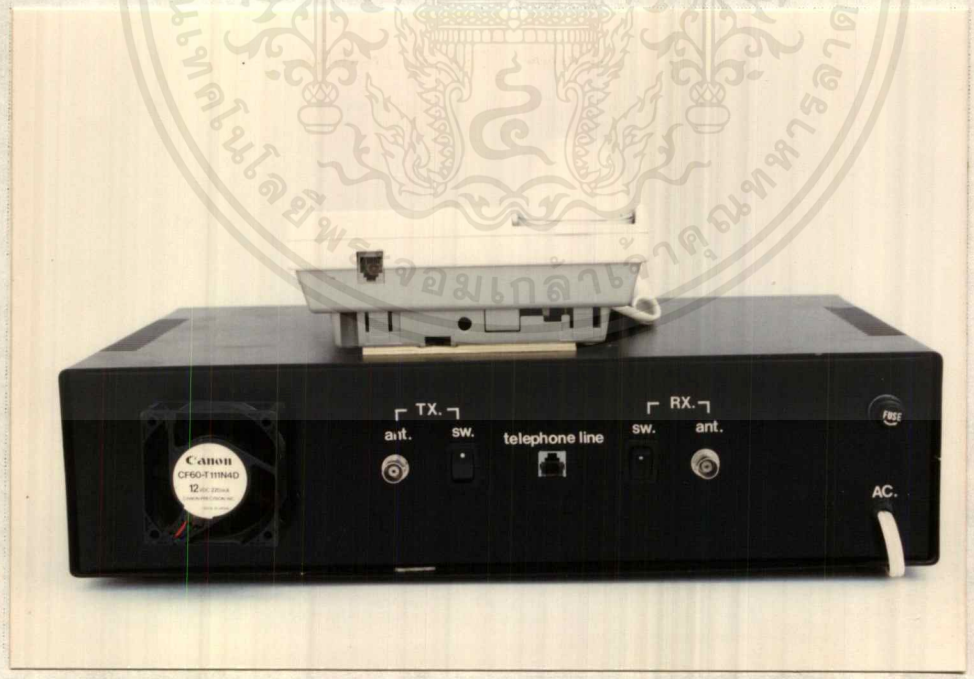
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ส่วนประกอบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

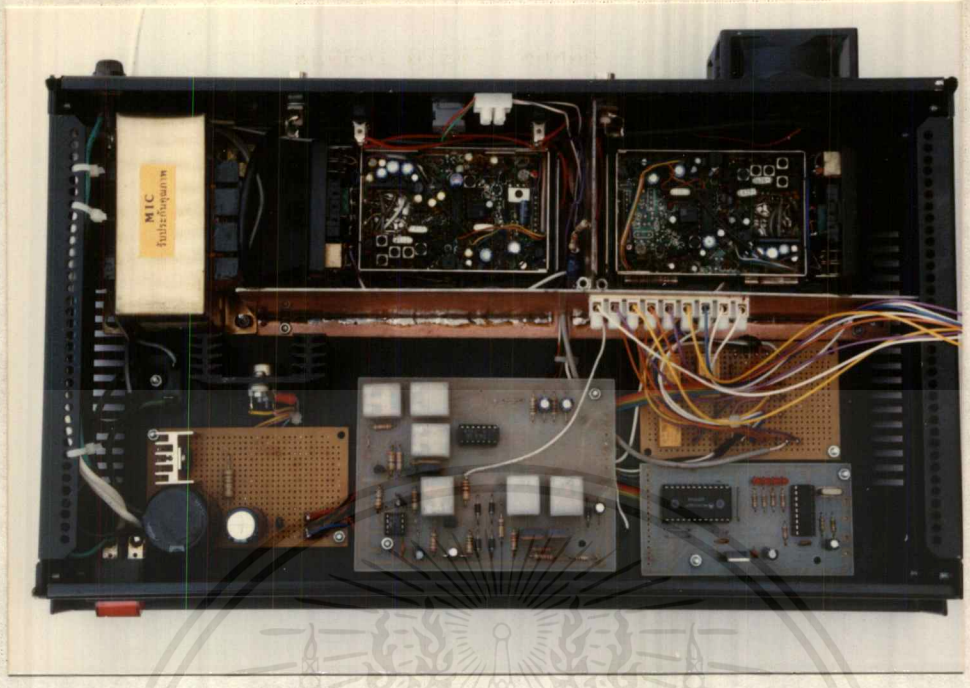


รูปที่ 1 ส่วนด้านหน้าของเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

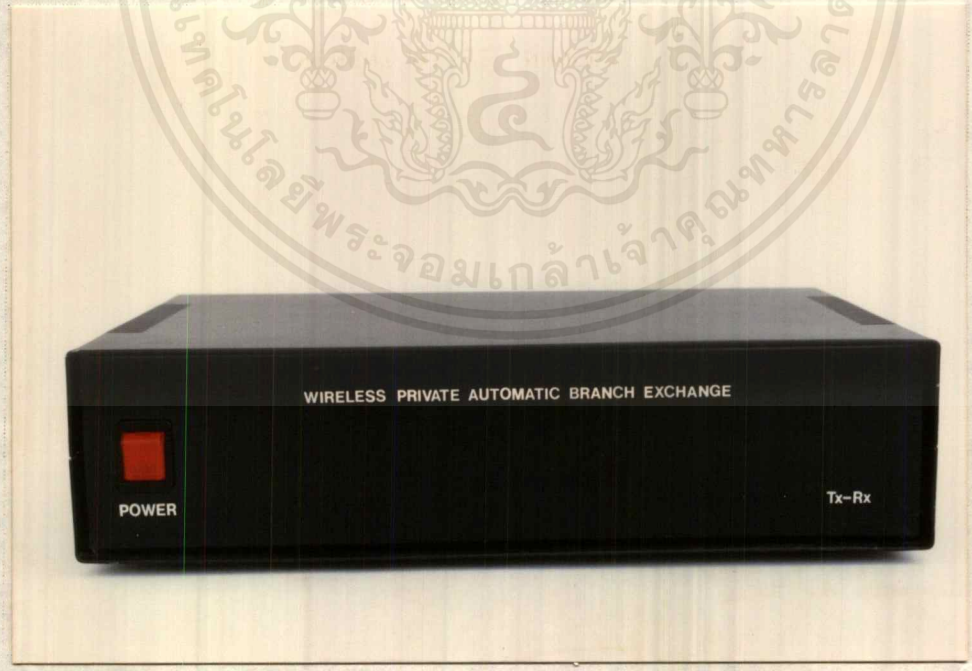


รูปที่ 2 ส่วนด้านหลังของเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

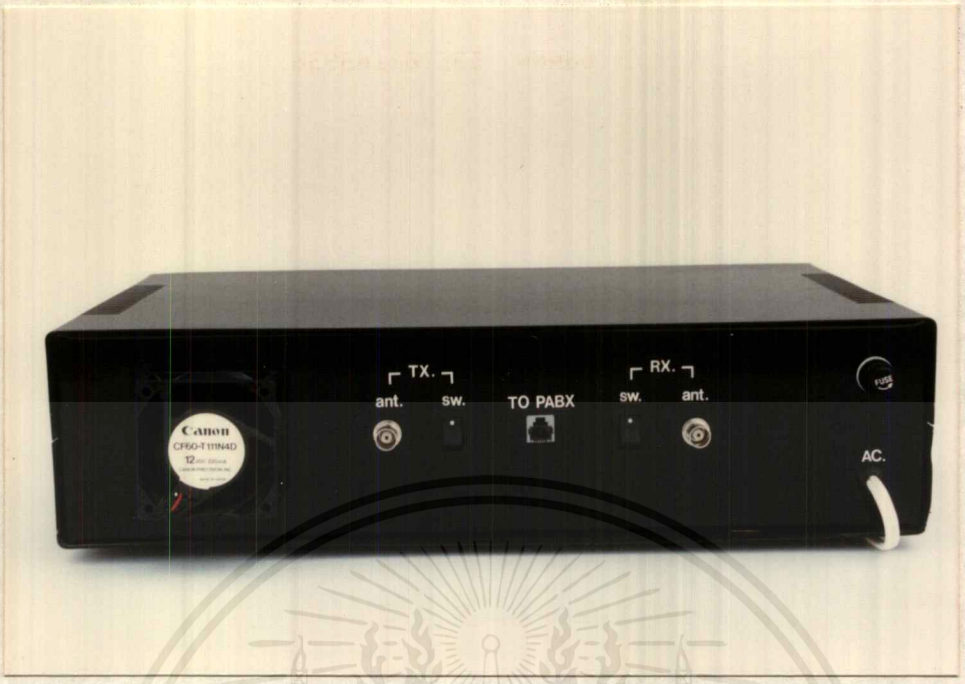


รูปที่ 3 การจัดวางอุปกรณ์ภายในของเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

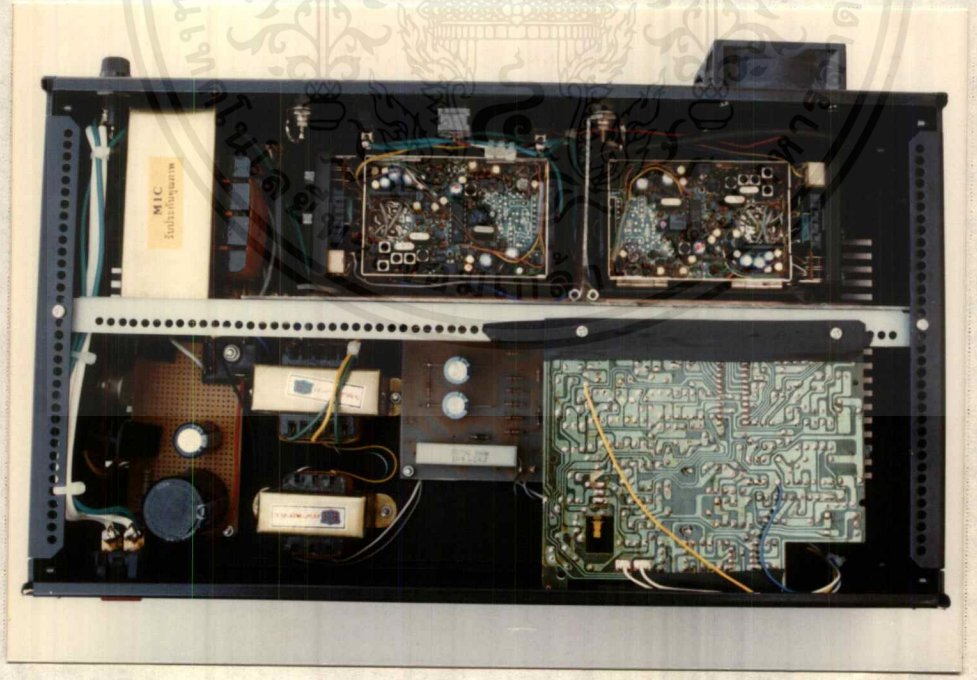


รูปที่ 4 ส่วนด้านหน้าของเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

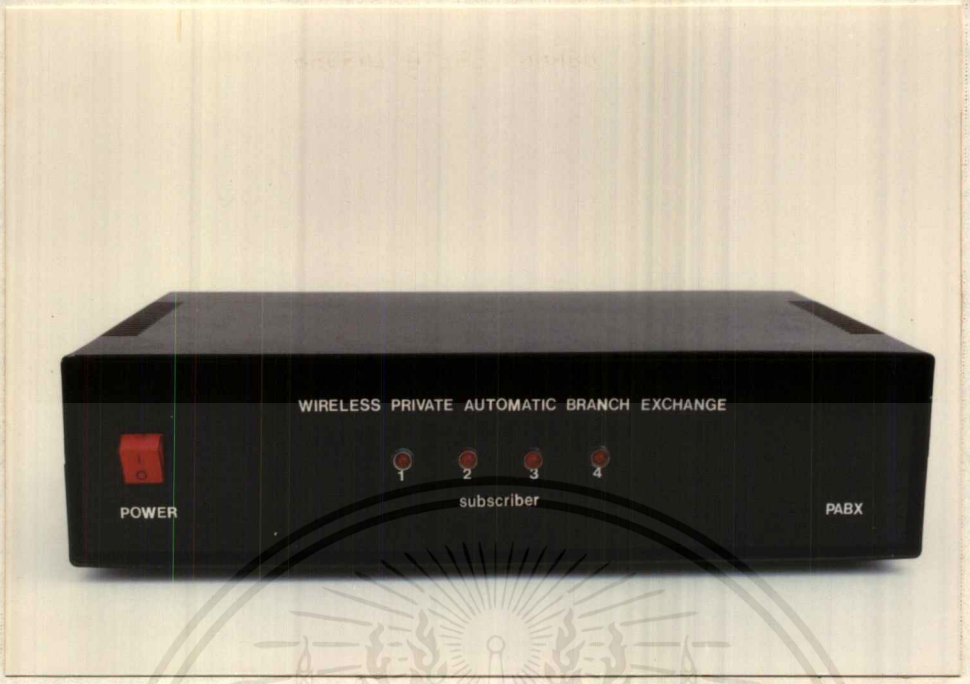


รูปที่ 5 ส่วนด้านหลังของเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

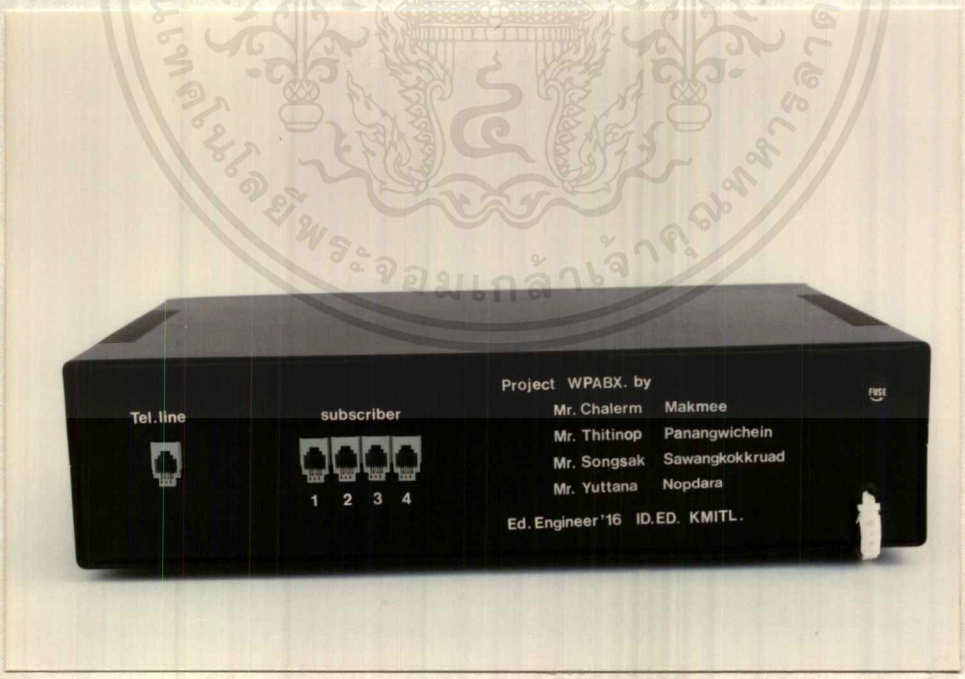


รูปที่ 6 การจัดวางอุปกรณ์ภายในของเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

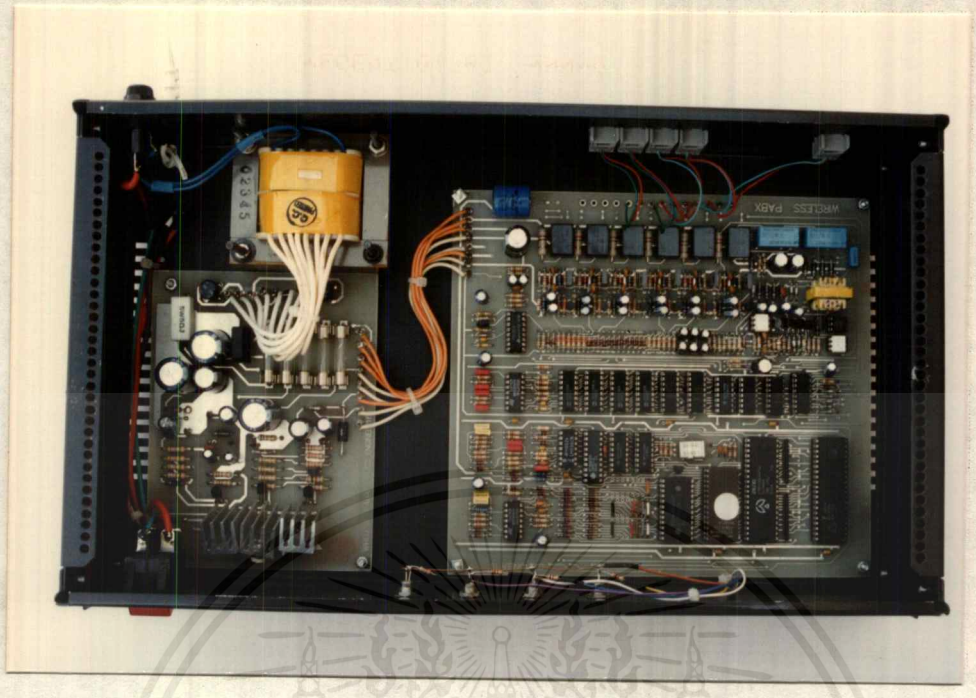


รูปที่ 7 ส่วนด้านหน้าของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ



รูปที่ 8 ส่วนด้านหลังของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 การจัดวางอุปกรณ์ภายในของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

รูปที่ 10 สายอากาศที่ใช้กับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย

WIRELESS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

การเรียกติดต่อภายใน

เครื่องภายในเครื่องหนึ่งสามารถเรียกไปยังอีกเครื่องหนึ่งได้ โดยหมุนหมายเลขเครื่องภายใน ซึ่งจะสามารถพูดคุยพร้อมกันได้สองคู่สนทนา

วิธีการใช้

1. ยกหูฟังสัญญาณให้หมุน
2. กดหมายเลข 1
3. กดหมายเลขเครื่องภายในที่ต้องการติดต่อ คือ 1 ถึง 4

การเรียกติดต่อคู่สายภายนอก

เครื่องภายในสามารถติดต่อคู่สายภายนอกได้ครั้งละหนึ่งเครื่อง

วิธีการใช้

1. ยกหูโทรศัพท์ฟังสัญญาณให้หมุน
2. กดหมายเลข 9 เพื่อต่อสายนอก
3. รอฟังสัญญาณให้หมุนจากองค์การโทรศัพท์
4. กดหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วย

การโอนสาย

เมื่อสายภายนอกต้องการติดต่อกับเครื่องภายในเครื่องอื่นๆ สามารถโอนสายไปได้

วิธีการใช้

1. กด Hook Switch หนึ่งครั้ง
2. กดหมายเลข 1
3. กดหมายเลขเครื่องภายในที่ต้องการจะโอนไป 1 ถึง 4
4. สนทนาหรือไม่สนทนากับเครื่องที่โอนสายไปก็ได้
5. วางหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้วิทยุโทรศัพท์

เครื่องวิทยุรับส่งที่ใช้ในระบบวิทยุโทรศัพท์ จะต้องมีระบบ DTMF ในเครื่องเท่านั้นจึงจะสามารถใช้ระบบนี้ได้

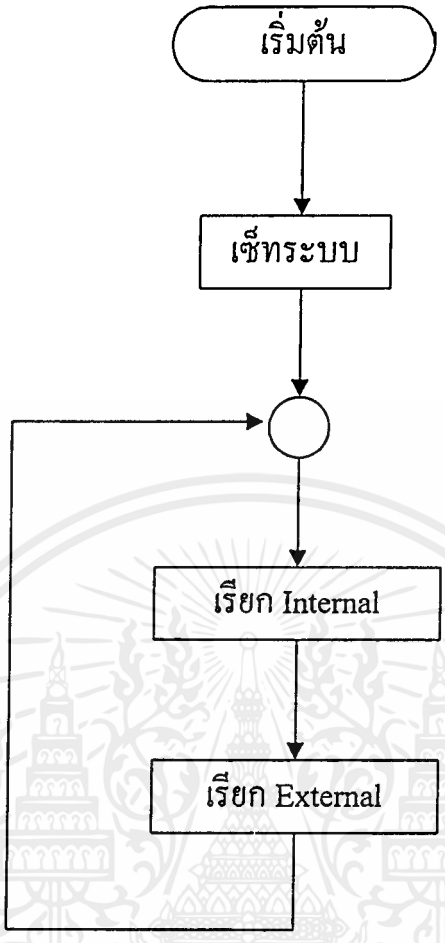
วิธีการใช้

1. ปรับเครื่องรับส่งให้อยู่ในระบบรับส่งต่างความถี่
2. ปรับความถี่ส่ง 146.20 เมกะเฮิรตซ์ ความถี่รับ 141.30 เมกะเฮิรตซ์
3. กดสวิทซ์ส่งของเครื่องรับส่งวิทยุ แล้วกด A ตามด้วย 1
4. รอฟังสัญญาณให้หมุน
5. กดสวิทซ์ส่งของเครื่องส่งวิทยุ แล้วส่งหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อ เช่น หมายเลข 01-9062372 แล้วปล่อยสวิทซ์ส่งรอฟังสัญญาณ
6. การสนทนาทำได้โดยกดสวิทซ์ส่งของเครื่องรับส่งวิทยุ และปล่อยสวิทซ์เพื่อฟังอีกฝ่ายสนทนา
7. เมื่อสิ้นสุดการสนทนากดสวิทซ์ส่งของเครื่องรับส่งวิทยุ แล้วกด B ตามด้วย 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

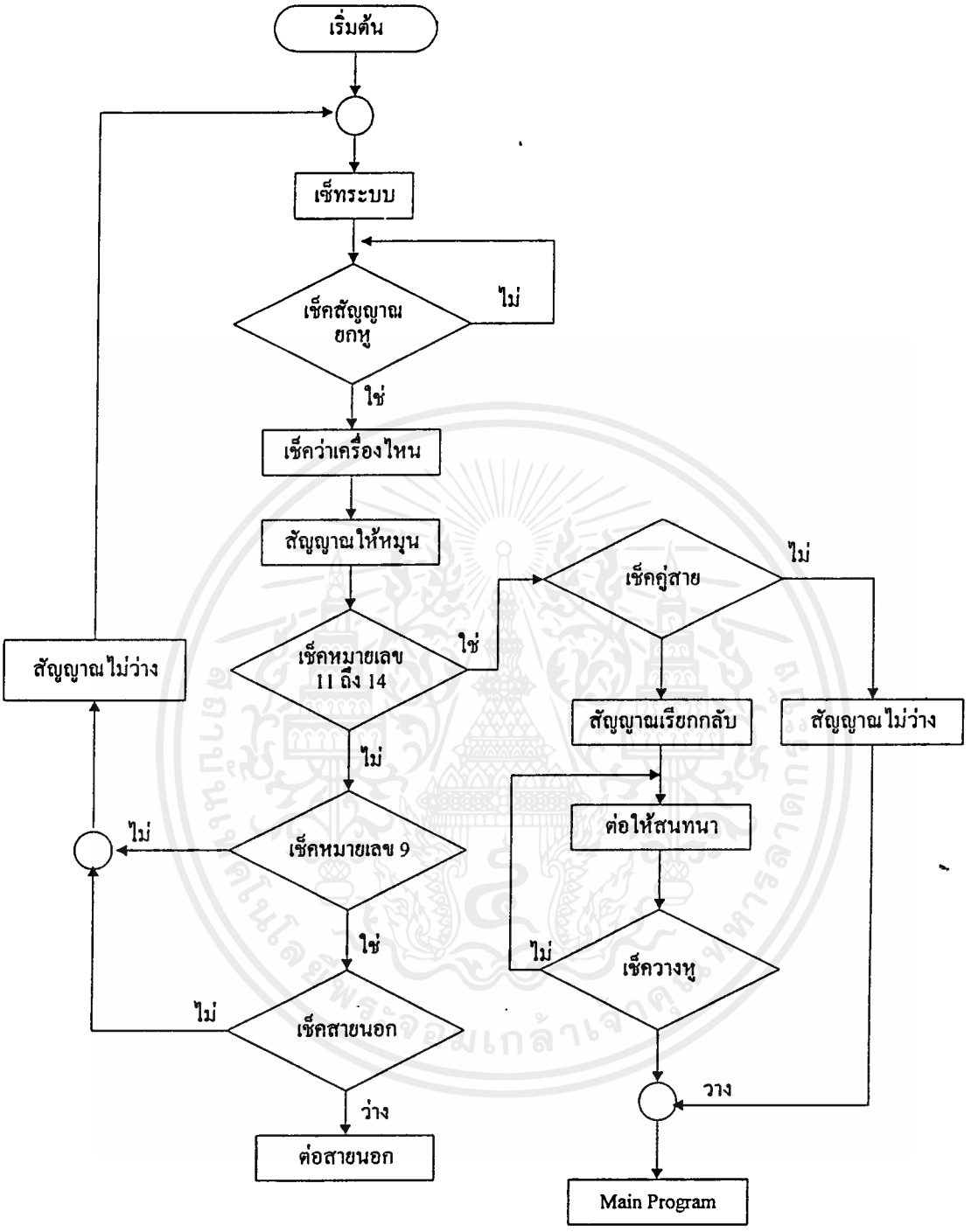
ภาคผนวก ค
ผังการทำงานและโปรแกรมควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



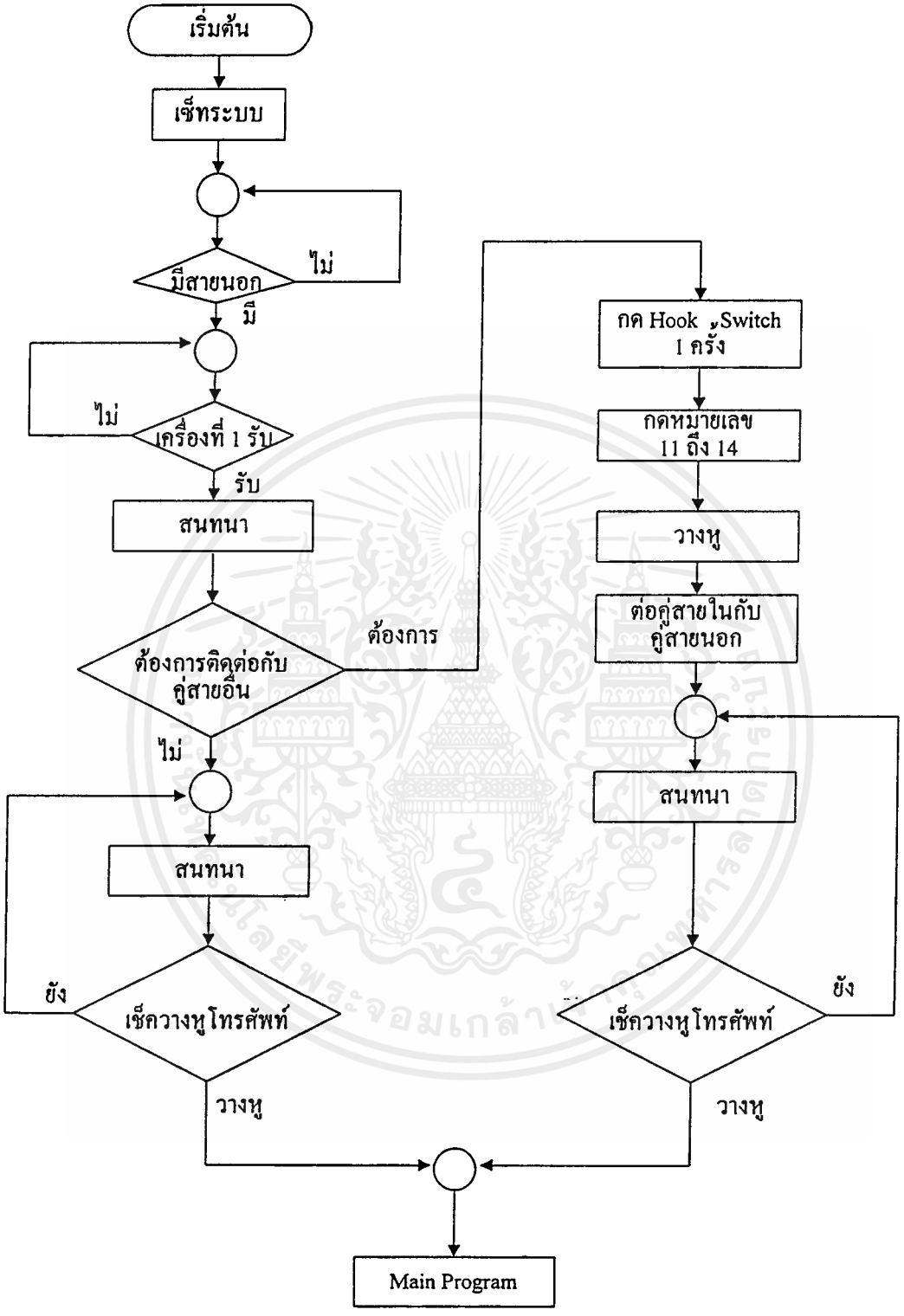
รูปที่ 1 ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ผังการทำงานของโปรแกรมติดต่อภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ผังการทำงานของโปรแกรมติดต่อภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    .ORG  0100
0000
0000
0100        JR        NZ,h'0148
0102        LD        C,A
0103        LD        D,D
0104        LD        D,H
0105        LD        C,B
0106        JR        NZ,h'0149
0108        LD        SP,h'3630
010B        JR        NZ,h'0163
010D        LD        (h'302E),A
0110        JR        NZ,h'0132
0112        LD        B,A
0113        LD        B,L
0114        LD        C,(HL)
0115        LD        C,C
0116        LD        D,L
0117        LD        D,E
0118        JR        NZ,h'015D
011A        LD        C,A
011B        LD        C,L
011C        LD        C,L
011D        LD        D,L
011E        LD        C,(HL)
011F        LD        C,C
0120        LD        B,E
0121        LD        B,C
0122        LD        D,H
0123        LD        C,C
0124        LD        C,A
0125        LD        C,(HL)
0126        JR        NZ,h'017B
0128        LD        E,C
0129        LD        D,E
012A        LD        D,H
012B        LD        B,L
012C        LD        C,L
012D        JR        NZ,h'0169
012F        LD        D,h'80
0131        AND       h'3F
0133        LD        (h'8016),A
0136        OUT       (h'C0),A
0138        LD        B,A
0139        IN        A,(h'C2)
013B        BIT       5,A
013D        RET       NZ
013E        LD        A,B
013F        SET       6,A
0141        OUT       (h'C0),A
0143        SET       7,A
0145        OUT       (h'C0),A
0147        RES       7,A
0149        OUT       (h'C0),A
014B        RES       6,A
014D        OUT       (h'C0),A
014F        IN        A,(h'C2)
0151        RET
0152        LD        A,(h'8016)
0155        AND       h'3F
0157        LD        (h'8016),A
015A        OUT       (h'C0),A
015C        LD        B,A
015D        IN        A,(h'C2)
015F        BIT       5,A
0161        RET       Z
0162        LD        A,B
0163        SET       6,A

0165        OUT       (h'C0),A
0167        SET       7,A
0169        OUT       (h'C0),A
016B        RES       7,A
016D        OUT       (h'C0),A
016F        RES       6,A
0171        OUT       (h'C0),A
0173        IN        A,(h'C2)
0175        RET
0176        LD        C,A
0177        ADD       A,C
0178        ADD       A,C
0179        LD        C,A
017A        LD        A,B
017B        LD        B,h'00
017D        LD        HL,h'0182
0180        ADD       HL,BC
0181        JP        (HL)
0182        JP        h'0194
0185        JP        h'01AE
0188        JP        h'01C8
018B        JP        h'01E2
018E        JP        h'01FC
0191        JP        h'0216
0194        LD        (h'8187),A
0197        XOR       A
0198        LD        (h'818F),A
019B        OUT       (h'A0),A
019D        OUT       (h'A4),A
019F        OUT       (h'A8),A
01A1        OUT       (h'AC),A
01A3        LD        A,(h'8016)
01A6        RES       0,A
01A8        LD        (h'8016),A
01AB        OUT       (h'C0),A
01AD        RET
01AE        LD        (h'8188),A
01B1        XOR       A
01B2        LD        (h'8190),A
01B5        OUT       (h'A1),A
01B7        OUT       (h'A5),A
01B9        OUT       (h'A9),A
01BB        OUT       (h'AD),A
01BD        LD        A,(h'8016)
01C0        RES       1,A
01C2        LD        (h'8016),A
01C5        OUT       (h'C0),A
01C7        RET
01C8        LD        (h'8189),A
01CB        XOR       A
01CC        LD        (h'8191),A
01CF        OUT       (h'A2),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01D1    OUT     (h'A6),A
01D3    OUT     (h'AA),A
01D5    OUT     (h'AE),A
01D7    LD      A,(h'8016)
01DA    RES     2,A
01DC    LD      (h'8016),A
01DF    OUT     (h'C0),A
01E1    RET
01E2    LD      (h'818A),A
01E5    XOR     A
01E6    LD      (h'8192),A
01E9    OUT     (h'A3),A
01EB    OUT     (h'A7),A
01ED    OUT     (h'AB),A
01EF    OUT     (h'AF),A
01F1    LD      A,(h'8016)
01F4    RES     3,A
01F6    LD      (h'8016),A
01F9    OUT     (h'C0),A
01FB    RET
01FC    LD      (h'818B),A
01FF    XOR     A
0200    LD      (h'8193),A
0203    OUT     (h'B0),A
0205    OUT     (h'B4),A
0207    OUT     (h'B8),A
0209    OUT     (h'BC),A
020B    LD      A,(h'8016)
020E    RES     4,A
0210    LD      (h'8016),A
0213    OUT     (h'C0),A
0215    RET
0216    LD      (h'818C),A
0219    XOR     A
021A    LD      (h'8194),A
021D    OUT     (h'B1),A
021F    OUT     (h'B5),A
0221    OUT     (h'B9),A
0223    OUT     (h'BD),A
0225    LD      A,(h'8016)
0228    RES     5,A
022A    LD      (h'8016),A
022D    OUT     (h'C0),A
022F    RET
0230    LD      B,h'06
0232    LD      A,(h'81D6)
0235    CP      B
0236    JR      NC,h'023F
0238    LD      A,(h'81D8)
023B    CP      B
023C    JR      NC,h'023F
023E    RET
023F    XOR     A
0240    RET
0241    LD      B,h'06
0243    CP      B
0244    JP      NC,h'0258
0247    LD      A,H
0248    CP      B
0249    JP      NC,h'0258
024C    LD      A,(h'81D6)
024F    CP      B
0250    JR      NC,h'025B
0252    LD      A,(h'81D8)
0255    CP      B
0256    JR      NC,h'0263
0258    XOR     A
0259    INC     A
025A    RET
025B    LD      B,h'84
025D    LD      (h'81D6),HL
0260    JP      h'026B
0263    LD      B,h'88
0265    LD      (h'81D8),HL
0268    JP      h'026B
026B    LD      A,H
026C    CP      h'04
026E    JP      C,h'0273
0271    ADD     A,h'0C
0273    ADD     A,B
0274    LD      C,A
0275    LD      A,h'FF
0277    OUT     (C),A
0279    LD      A,L
027A    CP      h'04
027C    JP      C,h'0281
027F    ADD     A,h'0C
0281    ADD     A,B
0282    LD      C,A
0283    LD      A,h'FF
0285    OUT     (C),A
0287    XOR     A
0288    RET
0289    LD      HL,(h'81D6)
028C    CP      H
028D    JP      Z,h'02A0
0290    CP      L
0291    JP      Z,h'02A0
0294    LD      HL,(h'81D8)
0297    CP      H
0298    JP      Z,h'02CB
029B    CP      L
029C    JP      Z,h'02CB
029F    RET
02A0    LD      C,h'84
02A2    LD      A,H
02A3    CP      h'06
02A5    JR      NC,h'02B2
02A7    CP      h'04
02A9    JR      C,h'02AD
02AB    ADD     A,h'0C
02AD    ADD     A,C
02AE    LD      C,A
02AF    XOR     A
02B0    OUT     (C),A
02B2    LD      C,h'84
02B4    LD      A,L
02B5    CP      h'06
02B7    JR      NC,h'02C4
02B9    CP      h'04
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
02BB    JR      C,h'02BF
02BD    ADD     A,h'0C
02BF    ADD     A,C
02C0    LD      C,A
02C1    XOR     A
02C2    OUT     (C),A
02C4    LD      HL,h'FFFF
02C7    LD      (h'81D6),HL
02CA    RET
02CB    LD      C,h'88
02CD    LD      A,H
02CE    CP      h'06
02D0    JR      NC,h'02DD
02D2    CP      h'04
02D4    JR      C,h'02D8
02D6    ADD     A,h'0C
02D8    ADD     A,C
02D9    LD      C,A
02DA    XOR     A
02DB    OUT     (C),A
02DD    LD      C,h'88
02DF    LD      A,L
02E0    CP      h'06

02E2    JR      NC,h'02EF
02E4    CP      h'04
02E6    JR      C,h'02EA
02E8    ADD     A,h'0C
02EA    ADD     A,C
02EB    LD      C,A
02EC    XOR     A
02ED    OUT     (C),A
02EF    LD      HL,h'FFFF
02F2    LD      (h'81D8),HL
02F5    RET
02F6    IN      A,(h'D0)
02F8    LD      B,A
02F9    BIT     1,B
02FB    JP      Z,h'0303
02FE    LD      A,h'FF
0300    JP      h'0305
0303    LD      A,h'00
0305    LD      (h'8017),A
0308    BIT     0,B
030A    JP      Z,h'0312
030D    LD      A,h'FF
030F    JP      h'0314
0312    LD      A,h'00
0314    LD      (h'8018),A
0317    IN      A,(h'D4)
0319    LD      B,A
031A    BIT     0,B
031C    JP      Z,h'0324
031F    LD      A,h'FF
0321    JP      h'0326
0324    LD      A,h'00
0326    LD      (h'8019),A
0329    RET
032A    PUSH    DE
032B    IN      A,(h'D0)
032D    LD      E,A
032E    IN      A,(h'D4)
0330    LD      D,A
0331    LD      HL,h'804F
0334    LD      B,h'06
0336    XOR     A
0337    RLC     D
0339    RLA
033A    RLC     E
033C    RLA
033D    LD      (HL),A
033E    INC     HL
033F    DJNZ    h'0336
0341    POP     DE
0342    RET
0343    IN      A,(h'D8)
0345    LD      B,h'06
0347    RLCA
0348    RR      C
034A    DJNZ    h'0347
034C    LD      A,C
034D    RRCA
034E    RRCA
034F    OR      h'C0
0351    LD      (h'801A),A
0354    RET
0355    LD      C,A
0356    LD      B,h'00
0358    LD      HL,h'8047

035B    ADD     HL,BC
035C    LD      A,(HL)
035D    CP      C
035E    JP      Z,h'0373
0361    CP      h'06
0363    JP      C,h'036A
0366    LD      A,C
0367    LD      B,h'0C
0369    RET
036A    LD      C,A
036B    LD      HL,h'8047
036E    ADD     HL,BC
036F    CP      (HL)
0370    JP      NZ,h'0367
0373    LD      HL,h'8037
0376    ADD     HL,BC
0377    LD      B,(HL)
0378    RET
0379    LD      HL,h'801C
037C    LD      A,(h'8032)
037F    LD      C,A
0380    LD      B,h'06
0382    LD      A,(HL)
0383    AND     C
0384    JP      Z,h'038C
0387    INC     HL
0388    DJNZ    h'0382
038A    OR      C
038B    RET
038C    INC     HL
038D    DJNZ    h'0391
038F    OR      C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0390    RET
0391    LD      A,(HL)
0392    AND     C
0393    RET     Z
0394    INC     HL
0395    DJNZ    h'0382
0397    OR      C
0398    RET
0399    LD      HL,h'801C
039C    LD      A,(h'8032)
039F    LD      C,A
03A0    LD      B,h'07
03A2    LD      A,(HL)
03A3    AND     C
03A4    JP      Z,h'03AC
03A7    INC     HL
03A8    DJNZ    h'03A2
03AA    INC     B
03AB    RET
03AC    INC     HL
03AD    DJNZ    h'03B1
03AF    INC     B
03B0    RET
03B1    LD      A,(HL)
03B2    AND     C
03B3    JP      Z,h'03BB
03B6    INC     HL
03B7    DJNZ    h'03A2
03B9    INC     B
03BA    RET
03BB    INC     HL
03BC    DJNZ    h'03C0
03BE    INC     B
03BF    RET
03C0    LD      A,(HL)
03C1    AND     C
03C2    RET     Z
03C3    INC     HL
03C4    DJNZ    h'03A2
03C6    INC     B
03C7    RET
03C8    LD      HL,h'8031
03CB    LD      C,(HL)
03CC    LD      B,h'00
03CE    LD      HL,h'8197
03D1    ADD     HL,BC
03D2    LD      (HL),h'01
03D4    LD      HL,h'81BB
03D7    ADD     HL,BC
03D8    XOR     A
03D9    LD      (HL),A
03DA    LD      HL,h'81C3
03DD    ADD     HL,BC
03DE    LD      (HL),A
03DF    LD      HL,h'81CB
03E2    ADD     HL,BC
03E3    LD      (HL),A
03E4    LD      HL,h'81A8
03E7    ADD     HL,BC
03E8    LD      (HL),h'FF
03EA    RET
03EB    LD      A,(h'8031)
03EE    LD      HL,(h'81D6)
03F1    CP      H
03F2    JP      Z,h'0407
03F5    CP      L
03F6    JP      Z,h'0407
03F9    LD      HL,(h'81D8)
03FC    CP      H
03FD    JP      Z,h'040A
0400    CP      L
0401    JP      Z,h'040A
0404    LD      A,h'88
0406    RET
0407    LD      A,h'84
0409    RET
040A    LD      A,h'88
040C    RET
040D    IN      A,(h'C2)
040F    BIT     4,A
0411    JR      NZ,h'040D
0413    IN      A,(h'C2)
0415    BIT     4,A
0417    JR      NZ,h'040D
0419    IN      A,(h'C2)
041B    BIT     4,A
041D    JR      Z,h'0419
041F    IN      A,(h'C2)
0421    BIT     4,A
0423    JR      Z,h'0419
0425    RET
0426    LD      A,(h'8016)
0429    AND     h'3F
042B    OUT     (h'C0),A
042D    LD      C,A
042E    IN      A,(h'C2)
0430    AND     h'20
0432    LD      B,A
0433    LD      A,C
0434    SET     7,A
0436    OUT     (h'C0),A
0438    SET     6,A
043A    OUT     (h'C0),A
043C    RES     6,A
043E    OUT     (h'C0),A
0440    RES     7,A
0442    OUT     (h'C0),A
0444    IN      A,(h'C2)
0446    CPL
0447    AND     h'20
0449    CP      B
044A    RET     NZ
044B    LD      A,(h'8016)
044E    AND     h'3F
0450    OUT     (h'C0),A
0452    LD      C,A
0453    IN      A,(h'C2)
0455    AND     h'20
0457    LD      B,A
0458    LD      A,C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0459    SET     7,A
045B    OUT     (h'C0),A
045D    SET     6,A
045F    OUT     (h'C0),A
0461    RES     6,A
0463    OUT     (h'C0),A
0465    RES     7,A
0467    OUT     (h'C0),A
0469    IN      A,(h'C2)
046B    CPL
046C    AND     h'20
046E    CP      B
046F    RET     NZ
0470    LD      A,(h'8016)
0473    AND     h'3F
0475    OUT     (h'C0),A
0477    LD      C,A
0478    IN      A,(h'C2)
047A    AND     h'20
047C    LD      B,A
047D    LD      A,C
047E    SET     6,A
0480    OUT     (h'C0),A
0482    SET     7,A
0484    OUT     (h'C0),A
0486    RES     7,A
0488    OUT     (h'C0),A
048A    RES     6,A
048C    OUT     (h'C0),A
048E    IN      A,(h'C2)
0490    CPL
0491    AND     h'20
0493    CP      B
0494    RET     NZ
0495    LD      A,(h'8016)
0498    AND     h'3F
049A    OUT     (h'C0),A
049C    LD      C,A
049D    IN      A,(h'C2)
049F    AND     h'20
04A1    LD      B,A
04A2    LD      A,C
04A3    SET     6,A

04A5    OUT     (h'C0),A
04A7    SET     7,A
04A9    OUT     (h'C0),A
04AB    RES     7,A
04AD    OUT     (h'C0),A
04AF    RES     6,A
04B1    OUT     (h'C0),A
04B3    IN      A,(h'C2)
04B5    CPL
04B6    AND     h'20
04B8    CP      B
04B9    RET
04BA    LD      A,(h'8016)
04BD    AND     h'3F
04BF    OUT     (h'C0),A
04C1    LD      C,A
04C2    IN      A,(h'C2)
04C4    BIT     5,A
04C6    JP      NZ,h'04E4
04C9    LD      A,C
04CA    SET     7,A
04CC    OUT     (h'C0),A
04CE    SET     6,A
04D0    OUT     (h'C0),A
04D2    RES     6,A
04D4    OUT     (h'C0),A
04D6    RES     7,A
04D8    OUT     (h'C0),A
04DA    IN      A,(h'C2)
04DC    BIT     5,A
04DE    JP      NZ,h'04E4
04E1    XOR     A
04E2    INC     A
04E3    RET
04E4    IN      A,(h'C1)
04E6    LD      D,A
04E7    CALL    h'0152
04EA    LD      A,D
04EB    BIT     6,A
04ED    RET
04EE    LD      HL,h'0100
04F1    LD      B,h'07
04F3    XOR     A
04F4    XOR     (HL)
04F5    INC     HL
04F6    DJNZ    h'04F4
04F8    CP      h'47
04FA    RET
04FB    LD      HL,h'0111
04FE    LD      B,h'1D
0500    XOR     A
0501    XOR     (HL)
0502    INC     HL
0503    DJNZ    h'0501
0505    CP      h'46
0507    RET
0508    LD      HL,h'0543
050B    LD      DE,h'8000
050E    LD      BC,h'0008
0511    LDIR
0513    JP      h'0532
0516    LD      HL,h'054B
0519    LD      DE,h'8000
051C    LD      BC,h'0008
051F    LDIR

0521    JP      h'0532
0524    LD      HL,h'0553
0527    LD      DE,h'8000
052A    LD      BC,h'0008
052D    LDIR
052F    JP      h'0532
0532    CALL    h'040D
0535    LD      A,h'07
0537    OUT     (h'C3),A
0539    LD      A,h'06
053B    OUT     (h'C3),A
053D    CALL    h'4B95
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0540    JP      h'0532
0543    ADC     A,H
0544    XOR     A
0545    AND     E
0546    LD      BC,h'86FF
0549    XOR     A
054A    XOR     A
054B    ADC     A,H
054C    XOR     A
054D    AND     E
054E    LD      (BC),A
054F    RST     h'38
0550    ADD     A,(HL)
0551    XOR     A
0552    XOR     A
0553    SUB     D
0554    AND     E
0555    ADC     A,(HL)
0556    ADD     A,A
0557    RST     h'38
0558    ADD     A,(HL)
0559    XOR     A
055A    XOR     A
055B    LD      A,(h'81B0)
055E    INC     A
055F    LD      (h'81B0),A
0562    CALL    h'0596
0565    LD      A,(h'8197)
0568    CP      h'01
056A    CALL    Z,h'096A
056D    LD      A,(h'8198)
0570    CP      h'01
0572    CALL    Z,h'0AF5
0575    LD      A,(h'8199)
0578    CP      h'01
057A    CALL    Z,h'0C80
057D    LD      A,(h'819A)
0580    CP      h'01
0582    CALL    Z,h'0E0B
0585    LD      A,(h'819B)
0588    CP      h'01
058A    CALL    Z,h'0F96
058D    LD      A,(h'819C)
0590    CP      h'01
0592    CALL    Z,h'1121
0595    RET
0596    LD      A,(h'81A7)
0599    CP      h'00
059B    JP      Z,h'060A
059E    CP      h'01
05A0    JP      Z,h'069A
05A3    CP      h'02
05A5    JP      Z,h'072A

05A8    CP      h'03
05AA    JP      Z,h'07BA
05AD    CP      h'04
05AF    JP      Z,h'084A
05B2    CP      h'05
05B4    JP      Z,h'08DA
05B7    LD      B,h'06
05B9    LD      A,(h'81BA)
05BC    LD      E,A
05BD    LD      D,h'00
05BF    LD      HL,h'8197
05C2    ADD     HL,DE
05C3    LD      D,h'01
05C5    LD      A,E
05C6    CP      h'05
05C8    JP      C,h'05D3
05CB    LD      E,h'00
05CD    LD      HL,h'8197
05D0    JP      h'05D5
05D3    INC     E
05D4    INC     HL
05D5    LD      A,(HL)
05D6    CP      D
05D7    JP      Z,h'05DD
05DA    DJNZ    h'05C5
05DC    RET
05DD    LD      A,E
05DE    LD      (h'81BA),A
05E1    LD      (h'81A7),A
05E4    IN      A,(h'DD)
05E6    CPL
05E7    BIT     3,A
05E9    JP      Z,h'05F1
05EC    XOR     A
05ED    LD      (h'81B9),A
05F0    RET
05F1    LD      C,h'8C
05F3    LD      A,E
05F4    CP      h'06
05F6    JR      NC,h'0604
05F8    CP      h'04
05FA    JR      C,h'05FE
05FC    ADD     A,h'0C
05FE    ADD     A,C
05FF    LD      C,A
0600    LD      A,h'FF
0602    OUT     (C),A
0604    LD      A,h'01
0606    LD      (h'81B9),A
0609    RET
060A    LD      A,(h'8197)
060D    CP      h'01
060F    JP      Z,h'061B
0612    XOR     A
0613    OUT     (h'8C),A
0615    LD      A,h'FF
0617    LD      (h'81A7),A
061A    RET
061B    LD      A,(h'81B9)
061E    AND     A
061F    JP      Z,h'062F
0622    CP      h'06
0624    JP      NC,h'063F
0627    LD      A,(h'81B9)
062A    INC     A

062B    LD      (h'81B9),A
062E    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
062F    IN      A,(h'DD)
0631    CPL
0632    BIT     3,A
0634    RET     NZ
0635    LD      A,h'FF
0637    OUT     (h'8C),A
0639    LD      A,h'01
063B    LD      (h'81B9),A
063E    RET
063F    XOR     A
0640    OUT     (h'8C),A
0642    LD      A,(h'81A8)
0645    CP      h'10
0647    JP      C,h'0665
064A    IN      A,(h'DD)
064C    CPL
064D    BIT     2,A
064F    JP      NZ,h'065F
0652    IN      A,(h'DC)
0654    AND     h'0F
0656    LD      (h'81A8),A
0659    LD      A,(h'81B0)
065C    LD      (h'81B1),A
065F    LD      A,h'FF
0661    LD      (h'81A7),A
0664    RET
0665    IN      A,(h'DD)
0667    CPL
0668    BIT     2,A
066A    JP      Z,h'0680
066D    LD      A,(h'81B1)
0670    LD      B,A
0671    LD      A,(h'81B0)
0674    SUB     B
0675    CP      h'0A
0677    JP      C,h'065F
067A    LD      A,(h'81A8)
067D    JP      h'068C
0680    IN      A,(h'DC)
0682    AND     h'0F
0684    LD      B,A
0685    LD      A,(h'81A8)
0688    CP      B
0689    JP      Z,h'0659
068C    LD      (h'819F),A
068F    LD      A,h'05
0691    LD      (h'8197),A
0694    LD      A,h'FF
0696    LD      (h'81A7),A
0699    RET
069A    LD      A,(h'8198)
069D    CP      h'01
069F    JP      Z,h'06AB
06A2    XOR     A
06A3    OUT     (h'8D),A
06A5    LD      A,h'FF
06A7    LD      (h'81A7),A
06AA    RET
06AB    LD      A,(h'81B9)
06AE    AND     A
06AF    JP      Z,h'06BF
06B2    CP      h'06
06B4    JP      NC,h'06CF
06B7    LD      A,(h'81B9)
06BA    INC     A
06BB    LD      (h'81B9),A
06BE    RET
06BF    IN      A,(h'DD)
06C1    CPL
06C2    BIT     3,A
06C4    RET     NZ
06C5    LD      A,h'FF
06C7    OUT     (h'8D),A
06C9    LD      A,h'01
06CB    LD      (h'81B9),A
06CE    RET
06CF    XOR     A
06D0    OUT     (h'8D),A
06D2    LD      A,(h'81A9)
06D5    CP      h'10
06D7    JP      C,h'06F5
06DA    IN      A,(h'DD)
06DC    CPL
06DD    BIT     2,A
06DF    JP      NZ,h'06EF
06E2    IN      A,(h'DC)
06E4    AND     h'0F
06E6    LD      (h'81A9),A
06E9    LD      A,(h'81B0)
06EC    LD      (h'81B2),A
06EF    LD      A,h'FF
06F1    LD      (h'81A7),A
06F4    RET
06F5    IN      A,(h'DD)
06F7    CPL
06F8    BIT     2,A
06FA    JP      Z,h'0710
06FD    LD      A,(h'81B2)
0700    LD      B,A
0701    LD      A,(h'81B0)
0704    SUB     B
0705    CP      h'0A
0707    JP      C,h'06EF
070A    LD      A,(h'81A9)
070D    JP      h'071C
0710    IN      A,(h'DC)
0712    AND     h'0F
0714    LD      B,A
0715    LD      A,(h'81A9)
0718    CP      B
0719    JP      Z,h'06E9
071C    LD      (h'81A0),A
071F    LD      A,h'05
0721    LD      (h'8198),A
0724    LD      A,h'FF
0726    LD      (h'81A7),A
0729    RET
072A    LD      A,(h'8199)
072D    CP      h'01
072F    JP      Z,h'073B
0732    XOR     A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0733    OUT     (h'8E),A
0735    LD      A,h'FF
0737    LD      (h'81A7),A
073A    RET
073B    LD      A,(h'81B9)
073E    AND     A
073F    JP      Z,h'074F

0742    CP      h'06
0744    JP      NC,h'075F
0747    LD      A,(h'81B9)
074A    INC     A
074B    LD      (h'81B9),A
074E    RET
074F    IN      A,(h'DD)
0751    CPL
0752    BIT     3,A
0754    RET     NZ
0755    LD      A,h'FF
0757    OUT     (h'8E),A
0759    LD      A,h'01
075B    LD      (h'81B9),A
075E    RET
075F    XOR     A
0760    OUT     (h'8E),A
0762    LD      A,(h'81AA)
0765    CP      h'10
0767    JP      C,h'0785
076A    IN      A,(h'DD)
076C    CPL
076D    BIT     2,A
076F    JP      NZ,h'077F
0772    IN      A,(h'DC)
0774    AND     h'0F
0776    LD      (h'81AA),A
0779    LD      A,(h'81B0)
077C    LD      (h'81B3),A
077F    LD      A,h'FF
0781    LD      (h'81A7),A
0784    RET
0785    IN      A,(h'DD)
0787    CPL
0788    BIT     2,A
078A    JP      Z,h'07A0
078D    LD      A,(h'81B3)
0790    LD      B,A
0791    LD      A,(h'81B0)
0794    SUB     B
0795    CP      h'0A
0797    JP      C,h'077F
079A    LD      A,(h'81AA)
079D    JP      h'07AC
07A0    IN      A,(h'DC)
07A2    AND     h'0F
07A4    LD      B,A
07A5    LD      A,(h'81AA)
07A8    CP      B
07A9    JP      Z,h'0779
07AC    LD      (h'81A1),A
07AF    LD      A,h'05
07B1    LD      (h'8199),A
07B4    LD      A,h'FF
07B6    LD      (h'81A7),A
07B9    RET
07BA    LD      A,(h'819A)
07BD    CP      h'01
07BF    JP      Z,h'07CB
07C2    XOR     A
07C3    OUT     (h'8F),A
07C5    LD      A,h'FF
07C7    LD      (h'81A7),A
07CA    RET
07CB    LD      A,(h'81B9)

07CE    AND     A
07CF    JP      Z,h'07DF
07D2    CP      h'06
07D4    JP      NC,h'07EF
07D7    LD      A,(h'81B9)
07DA    INC     A
07DB    LD      (h'81B9),A
07DE    RET
07DF    IN      A,(h'DD)
07E1    CPL
07E2    BIT     3,A
07E4    RET     NZ
07E5    LD      A,h'FF
07E7    OUT     (h'8F),A
07E9    LD      A,h'01
07EB    LD      (h'81B9),A
07EE    RET
07EF    XOR     A
07F0    OUT     (h'8F),A
07F2    LD      A,(h'81AB)
07F5    CP      h'10
07F7    JP      C,h'0815
07FA    IN      A,(h'DD)
07FC    CPL
07FD    BIT     2,A
07FF    JP      NZ,h'080F
0802    IN      A,(h'DC)
0804    AND     h'0F
0806    LD      (h'81AB),A
0809    LD      A,(h'81B0)
080C    LD      (h'81B4),A
080F    LD      A,h'FF
0811    LD      (h'81A7),A
0814    RET
0815    IN      A,(h'DD)
0817    CPL
0818    BIT     2,A
081A    JP      Z,h'0830
081D    LD      A,(h'81B4)
0820    LD      B,A
0821    LD      A,(h'81B0)
0824    SUB     B
0825    CP      h'0A
0827    JP      C,h'080F
082A    LD      A,(h'81AB)
082D    JP      h'083C
0830    IN      A,(h'DC)
0832    AND     h'0F
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0834    LD      B,A
0835    LD      A,(h'81AB)
0838    CP      B
0839    JP      Z,h'0809
083C    LD      (h'81A2),A
083F    LD      A,h'05
0841    LD      (h'819A),A
0844    LD      A,h'FF
0846    LD      (h'81A7),A
0849    RET
084A    LD      A,(h'819B)
084D    CP      h'01
084F    JP      Z,h'085B
0852    XOR     A
0853    OUT     (h'9C),A
0855    LD      A,h'FF
0857    LD      (h'81A7),A

085A    RET
085B    LD      A,(h'81B9)
085E    AND     A
085F    JP      Z,h'086F
0862    CP      h'06
0864    JP      NC,h'087F
0867    LD      A,(h'81B9)
086A    INC     A
086B    LD      (h'81B9),A
086E    RET
086F    IN      A,(h'DD)
0871    CPL
0872    BIT     3,A
0874    RET     NZ
0875    LD      A,h'FF
0877    OUT     (h'9C),A
0879    LD      A,h'01
087B    LD      (h'81B9),A
087E    RET
087F    XOR     A
0880    OUT     (h'9C),A
0882    LD      A,(h'81AC)
0885    CP      h'10
0887    JP      C,h'08A5
088A    IN      A,(h'DD)
088C    CPL
088D    BIT     2,A
088F    JP      NZ,h'089F
0892    IN      A,(h'DC)
0894    AND     h'0F
0896    LD      (h'81AC),A
0899    LD      A,(h'81B0)
089C    LD      (h'81B5),A
089F    LD      A,h'FF
08A1    LD      (h'81A7),A
08A4    RET
08A5    IN      A,(h'DD)
08A7    CPL
08A8    BIT     2,A
08AA    JP      Z,h'08C0
08AD    LD      A,(h'81B5)
08B0    LD      B,A
08B1    LD      A,(h'81B0)
08B4    SUB     B
08B5    CP      h'0A
08B7    JP      C,h'089F
08BA    LD      A,(h'81AC)
08BD    JP      h'08CC
08C0    IN      A,(h'DC)
08C2    AND     h'0F
08C4    LD      B,A
08C5    LD      A,(h'81AC)
08C8    CP      B
08C9    JP      Z,h'0899
08CC    LD      (h'81A3),A
08CF    LD      A,h'05
08D1    LD      (h'819B),A
08D4    LD      A,h'FF
08D6    LD      (h'81A7),A
08D9    RET
08DA    LD      A,(h'819C)
08DD    CP      h'01
08DF    JP      Z,h'08EB
08E2    XOR     A
08E3    OUT     (h'9D),A

08E5    LD      A,h'FF
08E7    LD      (h'81A7),A
08EA    RET
08EB    LD      A,(h'81B9)
08EE    AND     A
08EF    JP      Z,h'08FF
08F2    CP      h'06
08F4    JP      NC,h'090F
08F7    LD      A,(h'81B9)
08FA    INC     A
08FB    LD      (h'81B9),A
08FE    RET
08FF    IN      A,(h'DD)
0901    CPL
0902    BIT     3,A
0904    RET     NZ
0905    LD      A,h'FF
0907    OUT     (h'9D),A
0909    LD      A,h'01
090B    LD      (h'81B9),A
090E    RET
090F    XOR     A
0910    OUT     (h'9D),A
0912    LD      A,(h'81AD)
0915    CP      h'10
0917    JP      C,h'0935
091A    IN      A,(h'DD)
091C    CPL
091D    BIT     2,A
091F    JP      NZ,h'092F
0922    IN      A,(h'DC)
0924    AND     h'0F
0926    LD      (h'81AD),A
0929    LD      A,(h'81B0)
092C    LD      (h'81B6),A
092F    LD      A,h'FF
0931    LD      (h'81A7),A
0934    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0935    IN      A,(h'DD)
0937    CPL
0938    BIT     2,A
093A    JP      Z,h'0950
093D    LD      A,(h'81B6)
0940    LD      B,A
0941    LD      A,(h'81B0)
0944    SUB     B
0945    CP      h'0A
0947    JP      C,h'092F
094A    LD      A,(h'81AD)
094D    JP      h'095C
0950    IN      A,(h'DC)
0952    AND     h'0F
0954    LD      B,A
0955    LD      A,(h'81AD)
0958    CP      B
0959    JP      Z,h'0929
095C    LD      (h'81A4),A
095F    LD      A,h'05
0961    LD      (h'819C),A
0964    LD      A,h'FF
0966    LD      (h'81A7),A
0969    RET
096A    LD      A,(h'81BB)
096D    CP      h'0D
096F    JP      NC,h'097F

0972    ADD     A,A
0973    LD      E,A
0974    LD      D,h'00
0976    LD      HL,h'0985
0979    ADD     HL,DE
097A    LD      C,(HL)
097B    INC     HL
097C    LD      H,(HL)
097D    LD      L,C
097E    JP      (HL)
097F    LD      A,h'03
0981    LD      (h'8197),A
0984    RET
0985    SBC     A,A
0986    ADD     HL,BC
0987    OR      E
0988    ADD     HL,BC
0989    RST     h'00
098A    ADD     HL,BC
098B    IN      A,(h'09)
098D    CALL    P,h'2209
0990    LD      A,(BC)
0991    LD      (HL),h'0A
0993    LD      C,D
0994    LD      A,(BC)
0995    LD      E,(HL)
0996    LD      A,(BC)
0997    LD      (HL),A
0998    LD      A,(BC)
0999    SUB     A
099A    LD      A,(BC)
099B    CP      H
099C    LD      A,(BC)
099D    RET     NC
099E    LD      A,(BC)
099F    LD      A,(h'801C)
09A2    BIT     0,A
09A4    JP      Z,h'09AD
09A7    LD      A,h'01
09A9    LD      (h'81BB),A
09AC    RET
09AD    LD      A,h'03
09AF    LD      (h'81BB),A
09B2    RET
09B3    LD      A,(h'801C)
09B6    BIT     0,A
09B8    JP      Z,h'09C1
09BB    LD      A,h'02
09BD    LD      (h'8197),A
09C0    RET
09C1    LD      A,h'02
09C3    LD      (h'81BB),A
09C6    RET
09C7    LD      A,(h'801C)
09CA    BIT     0,A
09CC    JP      Z,h'09D5
09CF    LD      A,h'01
09D1    LD      (h'81BB),A
09D4    RET
09D5    LD      A,h'03
09D7    LD      (h'81BB),A
09DA    RET
09DB    LD      A,(h'801C)
09DE    BIT     0,A
09E0    JP      Z,h'09E9

09E3    LD      A,h'05
09E5    LD      (h'81BB),A
09E8    RET
09E9    LD      A,h'04
09EB    LD      (h'81BB),A
09EE    LD      A,h'03
09F0    LD      (h'81CB),A
09F3    RET
09F4    LD      A,(h'801C)
09F7    BIT     0,A
09F9    JP      Z,h'0A02
09FC    LD      A,h'05
09FE    LD      (h'81BB),A
0A01    RET
0A02    LD      A,(h'81C3)
0A05    CP      h'00
0A07    JP      Z,h'0A21
0A0A    LD      A,(h'81CB)
0A0D    INC     A
0A0E    LD      (h'81CB),A
0A11    CP      h'24
0A13    JP      C,h'0A21
0A16    LD      A,h'04
0A18    LD      (h'8197),A
0A1B    LD      A,(h'81C3)
0A1E    LD      (h'819F),A
0A21    RET
0A22    LD      A,(h'801C)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3CCD    LD      B,h'00
3CCF    LD      HL,h'8187
3CD2    ADD     HL,BC
3CD3    LD      (HL),A
3CD4    LD      HL,h'8031
3CD7    LD      C,(HL)
3CD8    LD      B,h'00
3CDA    LD      HL,h'8037
3CDD    ADD     HL,BC
3CDE    LD      (HL),h'35
3CE0    RET
3CE1    LD      A,(h'8033)
3CE4    CP      h'07
3CE6    JP      NC,h'3CF8
3CE9    LD      A,(h'8032)
3CEC    LD      HL,h'801C
3CEF    AND     (HL)
3CF0    JP      NZ,h'3409
3CF3    XOR     A
3CF4    LD      (h'8033),A
3CF7    RET
3CF8    LD      A,(h'8033)
3CFB    CP      h'30
3CFD    JP      NC,h'3D74
3D00    LD      A,(h'8032)
3D03    LD      HL,h'801C
3D06    AND     (HL)
3D07    JP      NZ,h'3409
3D0A    LD      A,(h'8031)

3D0D    LD      C,A
3D0E    LD      B,h'00
3D10    LD      HL,h'81FF
3D13    ADD     HL,BC
3D14    LD      A,(HL)
3D15    CP      h'02
3D17    JP      Z,h'3DC2
3D1A    LD      HL,h'8031
3D1D    LD      C,(HL)
3D1E    LD      B,h'00
3D20    LD      HL,h'8037
3D23    ADD     HL,BC
3D24    LD      (HL),h'42
3D26    LD      HL,h'8031
3D29    LD      C,(HL)
3D2A    LD      B,h'00
3D2C    LD      HL,h'803F
3D2F    ADD     HL,BC
3D30    LD      A,(HL)
3D31    LD      D,A
3D32    LD      A,(h'8031)
3D35    CALL    h'0289
3D38    LD      A,D
3D39    LD      B,h'10
3D3B    CALL    h'0176
3D3E    LD      A,D
3D3F    LD      HL,h'8031
3D42    LD      C,(HL)
3D43    LD      B,h'00
3D45    LD      HL,h'81EA
3D48    ADD     HL,BC
3D49    LD      (HL),A
3D4A    LD      A,h'00
3D4C    LD      HL,h'8031
3D4F    LD      C,(HL)
3D50    LD      B,h'00
3D52    LD      HL,h'803F
3D55    ADD     HL,BC
3D56    LD      (HL),A
3D57    XOR     A
3D58    OUT     (h'93),A
3D5A    LD      C,h'80
3D5C    LD      A,(h'8031)
3D5F    CP      h'06
3D61    JR      NC,h'3D6F
3D63    CP      h'04
3D65    JR      C,h'3D69
3D67    ADD     A,h'0C
3D69    ADD     A,C
3D6A    LD      C,A
3D6B    LD      A,h'FF
3D6D    OUT     (C),A
3D6F    XOR     A
3D70    LD      (h'8033),A
3D73    RET
3D74    LD      HL,h'8031
3D77    LD      C,(HL)
3D78    LD      B,h'00
3D7A    LD      HL,h'8037
3D7D    ADD     HL,BC
3D7E    LD      (HL),h'00
3D80    LD      HL,h'8031
3D83    LD      C,(HL)
3D84    LD      B,h'00
3D86    LD      HL,h'803F

3D89    ADD     HL,BC
3D8A    LD      A,(HL)
3D8B    LD      D,A
3D8C    LD      A,D
3D8D    LD      C,A
3D8E    LD      B,h'00
3D90    LD      HL,h'8037
3D93    ADD     HL,BC
3D94    LD      (HL),h'26
3D96    LD      A,D
3D97    LD      C,A
3D98    LD      B,h'00
3D9A    LD      HL,h'803F
3D9D    ADD     HL,BC
3D9E    LD      A,h'00
3DA0    LD      (HL),A
3DA1    LD      A,D
3DA2    LD      (h'802C),A
3DA5    LD      A,(h'8031)
3DA8    CALL    h'0289
3DAB    XOR     A
3DAC    OUT     (h'93),A
3DAE    LD      C,h'80
3DB0    LD      A,D
3DB1    CP      h'06
3DB3    JR      NC,h'3DC1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3DB5    CP      h'04
3DB7    JR      C,h'3DBB
3DB9    ADD     A,h'0C
3DBB    ADD     A,C
3DBC    LD      C,A
3DBD    LD      A,h'FF
3DBF    OUT     (C),A
3DC1    RET
3DC2    LD      HL,h'8031
3DC5    LD      C,(HL)
3DC6    LD      B,h'00
3DC8    LD      HL,h'8037
3DCB    ADD     HL,BC
3DCC    LD      (HL),h'41
3DCE    LD      HL,h'8031
3DD1    LD      C,(HL)
3DD2    LD      B,h'00
3DD4    LD      HL,h'803F
3DD7    ADD     HL,BC
3DD8    LD      A,(HL)
3DD9    LD      D,A
3DDA    LD      A,D
3DDB    LD      C,A
3DDC    LD      B,h'00
3DDE    LD      HL,h'8037
3DE1    ADD     HL,BC
3DE2    LD      (HL),h'41
3DE4    LD      E,h'00
3DE6    LD      A,D
3DE7    LD      C,A
3DE8    LD      B,h'00
3DEA    LD      HL,h'803F
3DED    ADD     HL,BC
3DEE    LD      A,E
3DEF    LD      (HL),A
3DF0    LD      A,D
3DF1    LD      C,A
3DF2    LD      B,h'00
3DF4    LD      HL,h'81EA

3DF7    ADD     HL,BC
3DF8    LD      A,(h'8031)
3DFB    LD      (HL),A
3DFC    LD      A,E
3DFD    LD      HL,h'8031
3E00    LD      C,(HL)
3E01    LD      B,h'00
3E03    LD      HL,h'803F
3E06    ADD     HL,BC
3E07    LD      (HL),A
3E08    LD      A,D
3E09    LD      HL,h'8031
3E0C    LD      C,(HL)
3E0D    LD      B,h'00
3E0F    LD      HL,h'81EA
3E12    ADD     HL,BC
3E13    LD      (HL),A
3E14    XOR     A
3E15    OUT     (h'93),A
3E17    LD      C,h'80
3E19    LD      A,(h'8031)
3E1C    CP      h'06
3E1E    JR      NC,h'3E2C
3E20    CP      h'04
3E22    JR      C,h'3E26
3E24    ADD     A,h'0C
3E26    ADD     A,C
3E27    LD      C,A
3E28    LD      A,h'FF
3E2A    OUT     (C),A
3E2C    LD      C,h'80
3E2E    LD      A,D
3E2F    CP      h'06
3E31    JR      NC,h'3E3F
3E33    CP      h'04
3E35    JR      C,h'3E39
3E37    ADD     A,h'0C
3E39    ADD     A,C
3E3A    LD      C,A
3E3B    LD      A,h'FF
3E3D    OUT     (C),A
3E3F    LD      A,D
3E40    CALL    h'0289
3E43    XOR     A
3E44    LD      (h'8033),A
3E47    RET
3E48    LD      A,(h'8033)
3E4B    CP      h'07
3E4D    JP      NC,h'3E5F
3E50    LD      A,(h'8032)
3E53    LD      HL,h'801C
3E56    AND     (HL)
3E57    JP      NZ,h'3409
3E5A    XOR     A
3E5B    LD      (h'8033),A
3E5E    RET
3E5F    LD      HL,h'8031
3E62    LD      C,(HL)
3E63    LD      B,h'00
3E65    LD      HL,h'8037
3E68    ADD     HL,BC
3E69    LD      (HL),h'00
3E6B    LD      HL,h'8031
3E6E    LD      C,(HL)
3E6F    LD      B,h'00

3E71    LD      HL,h'803F
3E74    ADD     HL,BC
3E75    LD      A,(HL)
3E76    LD      D,A
3E77    LD      A,(h'8031)
3E7A    CALL    h'0289
3E7D    LD      A,D
3E7E    LD      C,A
3E7F    LD      B,h'00
3E81    LD      HL,h'8037
3E84    ADD     HL,BC
3E85    LD      A,(HL)
3E86    CP      h'3F
3E88    JP      Z,h'3EA4
3E8B    LD      A,D
3E8C    LD      C,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3E8D    LD      B,h'00
3E8F    LD      HL,h'8037
3E92    ADD     HL,BC
3E93    LD      A,(HL)
3E94    CP      h'3C
3E96    JP      Z,h'3EA4
3E99    LD      A,D
3E9A    LD      C,A
3E9B    LD      B,h'00
3E9D    LD      HL,h'8037
3EA0    ADD     HL,BC
3EA1    LD      (HL),h'26
3EA3    RET
3EA4    LD      A,D
3EA5    LD      C,A
3EA6    LD      B,h'00
3EA8    LD      HL,h'8037
3EAB    ADD     HL,BC
3EAC    LD      (HL),h'28
3EAE    LD      A,D
3EAF    LD      B,h'08
3EB1    CALL    h'0176
3EB4    LD      A,D
3EB5    LD      C,A
3EB6    LD      B,h'00
3EB8    LD      HL,h'81EA
3EBB    ADD     HL,BC
3EBC    LD      A,(HL)
3EBD    LD      E,A
3EBE    LD      A,D
3EBF    LD      C,A
3EC0    LD      B,h'00
3EC2    LD      HL,h'803F
3EC5    ADD     HL,BC
3EC6    LD      A,E
3EC7    LD      (HL),A
3EC8    RET
3EC9    LD      A,(h'8033)
3ECC    CP      h'07
3ECE    JP      NC,h'3EE0
3ED1    LD      A,(h'8032)
3ED4    LD      HL,h'801C
3ED7    AND     (HL)
3ED8    JP      NZ,h'3409
3EDB    XOR     A
3EDC    LD      (h'8033),A
3EDF    RET
3EE0    CP      h'30
3EE2    JP      NC,h'3EF2

3EE5    LD      A,(h'8032)
3EE8    LD      HL,h'801C
3EEB    AND     (HL)
3EEC    JP      NZ,h'3409
3EEF    JP      h'3F5C
3EF2    LD      HL,h'8031
3EF5    LD      C,(HL)
3EF6    LD      B,h'00
3EF8    LD      HL,h'8037
3EFB    ADD     HL,BC
3EFC    LD      (HL),h'00
3EFE    LD      HL,h'8031
3F01    LD      C,(HL)
3F02    LD      B,h'00
3F04    LD      HL,h'81EA
3F07    ADD     HL,BC
3F08    LD      A,(HL)
3F09    LD      E,A
3F0A    LD      HL,h'8031
3F0D    LD      C,(HL)
3F0E    LD      B,h'00
3F10    LD      HL,h'803F
3F13    ADD     HL,BC
3F14    LD      A,(HL)
3F15    LD      D,A
3F16    LD      A,E
3F17    LD      C,A
3F18    LD      B,h'00
3F1A    LD      HL,h'8037
3F1D    ADD     HL,BC
3F1E    LD      (HL),h'26
3F20    LD      A,E
3F21    LD      B,h'00
3F23    CALL    h'0176
3F26    LD      A,E
3F27    LD      C,A
3F28    LD      B,h'00
3F2A    LD      HL,h'803F
3F2D    ADD     HL,BC
3F2E    LD      A,D
3F2F    LD      (HL),A
3F30    LD      C,h'80
3F32    LD      A,(h'8031)
3F35    CP      h'06
3F37    JR      NC,h'3F44
3F39    CP      h'04
3F3B    JR      C,h'3F3F
3F3D    ADD     A,h'0C
3F3F    ADD     A,C
3F40    LD      C,A
3F41    XOR     A
3F42    OUT     (C),A
3F44    LD      A,E
3F45    LD      (h'802C),A
3F48    LD      C,h'80
3F4A    LD      A,E
3F4B    CP      h'06
3F4D    JR      NC,h'3F5B
3F4F    CP      h'04
3F51    JR      C,h'3F55
3F53    ADD     A,h'0C
3F55    ADD     A,C
3F56    LD      C,A
3F57    LD      A,h'FF
3F59    OUT     (C),A

3F5B    RET
3F5C    CALL    h'0230
3F5F    JP      NZ,h'3FC9
3F62    LD      HL,h'8031
3F65    LD      C,(HL)
3F66    LD      B,h'00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3F68    LD      HL,h'8037
3F6B    ADD     HL,BC
3F6C    LD      (HL),h'3F
3F6E    LD      HL,h'8031
3F71    LD      C,(HL)
3F72    LD      B,h'00
3F74    LD      HL,h'803F
3F77    ADD     HL,BC
3F78    LD      A,(HL)
3F79    LD      D,A
3F7A    LD      HL,h'8031
3F7D    LD      C,(HL)
3F7E    LD      B,h'00
3F80    LD      HL,h'81EA
3F83    ADD     HL,BC
3F84    LD      A,(HL)
3F85    LD      E,A
3F86    LD      HL,h'8031
3F89    LD      C,(HL)
3F8A    LD      B,h'00
3F8C    LD      HL,h'803F
3F8F    ADD     HL,BC
3F90    LD      (HL),A
3F91    LD      A,D
3F92    LD      HL,h'8031
3F95    LD      C,(HL)
3F96    LD      B,h'00
3F98    LD      HL,h'81EA
3F9B    ADD     HL,BC
3F9C    LD      (HL),A
3F9D    LD      A,h'FF
3F9F    OUT     (h'93),A
3FA1    LD      C,h'80
3FA3    LD      A,(h'8031)
3FA6    CP      h'06
3FA8    JR      NC,h'3FB5
3FAA    CP      h'04
3FAC    JR      C,h'3FB0
3FAE    ADD     A,h'0C
3FB0    ADD     A,C
3FB1    LD      C,A
3FB2    XOR     A
3FB3    OUT     (C),A
3FB5    LD      A,(h'8031)
3FB8    LD      H,A
3FB9    LD      A,E
3FBA    LD      L,A
3FBB    CALL    h'0241
3FBE    LD      A,E
3FBF    LD      B,h'00
3FC1    CALL    h'0176
3FC4    XOR     A
3FC5    LD      (h'8033),A
3FC8    RET
3FC9    LD      A,(h'8031)
3FCC    LD      B,h'0A
3FCE    CALL    h'0176
3FD1    XOR     A
3FD2    LD      (h'8033),A

3FD5    RET
```

```
3FD6    LD      A,(h'8033)
3FD9    CP      h'07
3FDB    JP      NC,h'3FED
3FDE    LD      A,(h'8032)
3FE1    LD      HL,h'801C
3FE4    AND     (HL)
3FE5    JP      NZ,h'3409
3FE8    XOR     A
3FE9    LD      (h'8033),A
3FEC    RET
3FED    LD      HL,h'8031
3FF0    LD      C,(HL)
3FF1    LD      B,h'00
3FF3    LD      HL,h'8037
3FF6    ADD     HL,BC
3FF7    LD      (HL),h'00
3FF9    LD      HL,h'8031
3FFC    LD      C,(HL)
3FFD    LD      B,h'00
3FFF    LD      HL,h'81EA
4002    ADD     HL,BC
4003    LD      A,(HL)
4004    LD      E,A
4005    LD      A,E
4006    LD      C,A
4007    LD      B,h'00
4009    LD      HL,h'8037
400C    ADD     HL,BC
400D    LD      (HL),h'26
400F    LD      C,h'80
4011    LD      A,(h'8031)
4014    CP      h'06
4016    JR      NC,h'4023
4018    CP      h'04
401A    JR      C,h'401E
401C    ADD     A,h'0C
401E    ADD     A,C
401F    LD      C,A
4020    XOR     A
4021    OUT     (C),A
4023    LD      A,E
4024    LD      (h'802C),A
4027    RET
4028    LD      A,(h'8031)
402B    LD      E,A
402C    LD      A,(h'8037)
402F    CP      h'23
4031    JP      NZ,h'405B
4034    LD      A,E
4035    LD      HL,h'803F
4038    CP      (HL)
4039    JP      NZ,h'405B
403C    CP      h'00
403E    JP      Z,h'3488
4041    LD      D,h'00
4043    CALL    h'0230
4046    JP      NZ,h'4167
4049    LD      A,h'40
404B    LD      (h'8037),A
404E    LD      A,(h'8031)
4051    LD      (h'803F),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4054    XOR     A
4055    LD      (h'8067),A
4058    JP      h'4143

405B    LD      A,(h'8038)
405E    CP      h'23
4060    JP      NZ,h'408A
4063    LD      A,E
4064    LD      HL,h'8040
4067    CP      (HL)
4068    JP      NZ,h'408A
406B    CP      h'01
406D    JP      Z,h'3488
4070    LD      D,h'01
4072    CALL    h'0230
4075    JP      NZ,h'4167
4078    LD      A,h'40
407A    LD      (h'8038),A
407D    LD      A,(h'8031)
4080    LD      (h'8040),A
4083    XOR     A
4084    LD      (h'8069),A
4087    JP      h'4143
408A    LD      A,(h'8039)
408D    CP      h'23
408F    JP      NZ,h'40B9
4092    LD      A,E
4093    LD      HL,h'8041
4096    CP      (HL)
4097    JP      NZ,h'40B9
409A    CP      h'02
409C    JP      Z,h'3488
409F    LD      D,h'02
40A1    CALL    h'0230
40A4    JP      NZ,h'4167
40A7    LD      A,h'40
40A9    LD      (h'8039),A
40AC    LD      A,(h'8031)
40AF    LD      (h'8041),A
40B2    XOR     A
40B3    LD      (h'806B),A
40B6    JP      h'4143
40B9    LD      A,(h'803A)
40BC    CP      h'23
40BE    JP      NZ,h'40E8
40C1    LD      A,E
40C2    LD      HL,h'8042
40C5    CP      (HL)
40C6    JP      NZ,h'40E8
40C9    CP      h'03
40CB    JP      Z,h'3488
40CE    LD      D,h'03
40D0    CALL    h'0230
40D3    JP      NZ,h'4167
40D6    LD      A,h'40
40D8    LD      (h'803A),A
40DB    LD      A,(h'8031)
40DE    LD      (h'8042),A
40E1    XOR     A
40E2    LD      (h'806D),A
40E5    JP      h'4143

40E8    LD      A,(h'803B)
40EB    CP      h'23
40ED    JP      NZ,h'4117
40F0    LD      A,E
40F1    LD      HL,h'8043
40F4    CP      (HL)
40F5    JP      NZ,h'4117
40F8    CP      h'04

40FA    JP      Z,h'3488
40FD    LD      D,h'04
40FF    CALL    h'0230
4102    JP      NZ,h'4167
4105    LD      A,h'40
4107    LD      (h'803B),A
410A    LD      A,(h'8031)
410D    LD      (h'8043),A
4110    XOR     A
4111    LD      (h'806F),A
4114    JP      h'4143
4117    LD      A,(h'803C)
411A    CP      h'23
411C    JP      NZ,h'3488
411F    LD      A,E
4120    LD      HL,h'8044
4123    CP      (HL)
4124    JP      NZ,h'3488
4127    CP      h'05
4129    JP      Z,h'3488
412C    LD      D,h'05
412E    CALL    h'0230
4131    JP      NZ,h'4167
4134    LD      A,h'40
4136    LD      (h'803C),A
4139    LD      A,(h'8031)
413C    LD      (h'8044),A
413F    XOR     A
4140    LD      (h'8071),A
4143    LD      A,D
4144    LD      HL,h'8031
4147    LD      C,(HL)
4148    LD      B,h'00
414A    LD      HL,h'803F
414D    ADD     HL,BC
414E    LD      (HL),A
414F    LD      A,E
4150    LD      H,A
4151    LD      A,D
4152    LD      L,A
4153    CALL    h'0241
4156    LD      HL,h'8031
4159    LD      C,(HL)
415A    LD      B,h'00
415C    LD      HL,h'8037
415F    ADD     HL,BC
4160    LD      (HL),h'3C
4162    XOR     A
4163    LD      (h'8033),A
4166    RET
4167    LD      A,D
4168    LD      A,D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4169    LD      C,A
416A    LD      B,h'00
416C    LD      HL,h'8037
416F    ADD     HL,BC
4170    LD      (HL),h'43
4172    LD      A,D
4173    LD      B,h'08
4175    CALL    h'0176
4178    JP      h'3488
417B    LD      A,(h'8033)
417E    CP      h'07
4180    JP      NC,h'4192
4183    LD      A,(h'8032)

4186    LD      HL,h'801C
4189    AND     (HL)
418A    JP      NZ,h'3409
418D    XOR     A
418E    LD      (h'8033),A
4191    RET
4192    CP      h'30
4194    JP      NC,h'41A4
4197    LD      A,(h'8032)
419A    LD      HL,h'801C
419D    AND     (HL)
419E    JP      NZ,h'3409
41A1    JP      h'41C9
41A4    LD      HL,h'8031
41A7    LD      C,(HL)
41A8    LD      B,h'00
41AA    LD      HL,h'803F
41AD    ADD     HL,BC
41AE    LD      A,(HL)
41AF    LD      D,A
41B0    LD      A,D
41B1    LD      C,A
41B2    LD      B,h'00
41B4    LD      HL,h'8037
41B7    ADD     HL,BC
41B8    LD      (HL),h'43
41BA    LD      A,D
41BB    LD      B,h'08
41BD    CALL    h'0176
41C0    LD      A,(h'8031)
41C3    CALL    h'0289
41C6    JP      h'34AD
41C9    LD      HL,h'8031
41CC    LD      C,(HL)
41CD    LD      B,h'00
41CF    LD      HL,h'803F
41D2    ADD     HL,BC
41D3    LD      A,(HL)
41D4    LD      D,A
41D5    LD      HL,h'8031
41D8    LD      C,(HL)
41D9    LD      B,h'00
41DB    LD      HL,h'8037
41DE    ADD     HL,BC
41DF    LD      (HL),h'3D
41E1    LD      A,(h'8031)
41E4    CALL    h'0289
41E7    LD      A,D
41E8    LD      B,h'10
41EA    CALL    h'0176
41ED    LD      A,D
41EE    LD      HL,h'8031
41F1    LD      C,(HL)
41F2    LD      B,h'00
41F4    LD      HL,h'81EA
41F7    ADD     HL,BC
41F8    LD      (HL),A
41F9    LD      A,h'00
41FB    LD      HL,h'8031
41FE    LD      C,(HL)
41FF    LD      B,h'00
4201    LD      HL,h'803F
4204    ADD     HL,BC
4205    LD      (HL),A
4206    XOR     A

4207    OUT     (h'93),A
4209    LD      C,h'80
420B    LD      A,(h'8031)
420E    CP      h'06
4210    JR      NC,h'421E
4212    CP      h'04
4214    JR      C,h'4218
4216    ADD     A,h'0C
4218    ADD     A,C
4219    LD      C,A
421A    LD      A,h'FF
421C    OUT     (C),A
421E    XOR     A
421F    LD      (h'8033),A
4222    RET
4223    LD      A,(h'8033)
4226    CP      h'07
4228    JP      NC,h'423A
422B    LD      A,(h'8032)
422E    LD      HL,h'801C
4231    AND     (HL)
4232    JP      NZ,h'3409
4235    XOR     A
4236    LD      (h'8033),A
4239    RET
423A    CP      h'30
423C    JP      NC,h'424C
423F    LD      A,(h'8032)
4242    LD      HL,h'801C
4245    AND     (HL)
4246    JP      NZ,h'3409
4249    JP      h'4299
424C    LD      HL,h'8031
424F    LD      C,(HL)
4250    LD      B,h'00
4252    LD      HL,h'81EA
4255    ADD     HL,BC
4256    LD      A,(HL)
4257    LD      E,A
4258    LD      HL,h'8031
425B    LD      C,(HL)
425C    LD      B,h'00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
425E    LD      HL,h'8037
4261    ADD     HL,BC
4262    LD      (HL),h'00
4264    LD      A,E
4265    LD      C,A
4266    LD      B,h'00
4268    LD      HL,h'8037
426B    ADD     HL,BC
426C    LD      (HL),h'43
426E    LD      A,E
426F    LD      B,h'08
4271    CALL    h'0176
4274    LD      C,h'80
4276    LD      A,(h'8031)
4279    CP      h'06
427B    JR      NC,h'4288
427D    CP      h'04
427F    JR      C,h'4283
4281    ADD     A,h'0C
4283    ADD     A,C
4284    LD      C,A
4285    XOR     A
4286    OUT     (C),A

4288    LD      A,h'03
428A    OUT     (h'C3),A
428C    CALL    h'0152
428F    LD      A,h'00
4291    OUT     (h'C3),A
4293    LD      A,h'00
4295    LD      (h'802B),A
4298    RET
4299    CALL    h'0230
429C    JP      NZ,h'3488
429F    LD      HL,h'8031
42A2    LD      C,(HL)
42A3    LD      B,h'00
42A5    LD      HL,h'8037
42A8    ADD     HL,BC
42A9    LD      (HL),h'3C
42AB    LD      HL,h'8031
42AE    LD      C,(HL)
42AF    LD      B,h'00
42B1    LD      HL,h'81EA
42B4    ADD     HL,BC
42B5    LD      A,(HL)
42B6    LD      E,A
42B7    LD      HL,h'8031
42BA    LD      C,(HL)
42BB    LD      B,h'00
42BD    LD      HL,h'803F
42C0    ADD     HL,BC
42C1    LD      (HL),A
42C2    LD      A,h'00
42C4    LD      HL,h'8031
42C7    LD      C,(HL)
42C8    LD      B,h'00
42CA    LD      HL,h'81EA
42CD    ADD     HL,BC
42CE    LD      (HL),A
42CF    LD      C,h'80
42D1    LD      A,(h'8031)
42D4    CP      h'06
42D6    JR      NC,h'42E3
42D8    CP      h'04
42DA    JR      C,h'42DE
42DC    ADD     A,h'0C
42DE    ADD     A,C
42DF    LD      C,A
42E0    XOR     A
42E1    OUT     (C),A
42E3    LD      A,h'FF
42E5    OUT     (h'93),A
42E7    LD      A,(h'8031)
42EA    LD      H,A
42EB    LD      A,E
42EC    LD      L,A
42ED    CALL    h'0241
42F0    LD      A,E
42F1    LD      B,h'00
42F3    CALL    h'0176
42F6    XOR     A
42F7    LD      (h'8033),A
42FA    RET
42FB    LD      A,(h'8033)
42FE    CP      h'07
4300    JP      NC,h'4312
4303    LD      A,(h'8032)
4306    LD      HL,h'801C
4309    AND     (HL)
430A    JP      NZ,h'3409
430D    XOR     A
430E    LD      (h'8033),A
4311    RET
4312    LD      HL,h'8031
4315    LD      C,(HL)
4316    LD      B,h'00
4318    LD      HL,h'8037
431B    ADD     HL,BC
431C    LD      (HL),h'00
431E    LD      A,(h'8031)
4321    LD      B,h'00
4323    CALL    h'0176
4326    RET
4327    LD      HL,h'8031
432A    LD      C,(HL)
432B    LD      B,h'00
432D    LD      HL,h'81E2
4330    ADD     HL,BC
4331    LD      A,(HL)
4332    LD      D,A
4333    CP      h'07
4335    JP      NC,h'4351
4338    LD      A,(h'8032)
433B    LD      HL,h'801C
433E    AND     (HL)
433F    JP      NZ,h'3411
4342    XOR     A
4343    LD      HL,h'8031
4346    LD      C,(HL)
4347    LD      B,h'00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4349    LD      HL,h'81E2
434C    ADD     HL,BC
434D    LD      (HL),A
434E    JP      h'4364
4351    LD      A,D
4352    CP      h'30
4354    JP      NC,h'34C3
4357    LD      A,(h'8032)
435A    LD      HL,h'801C
435D    AND     (HL)
435E    JP      NZ,h'3411
4361    JP      h'3435
4364    LD      HL,h'8031
4367    LD      C,(HL)
4368    LD      B,h'00
436A    LD      HL,h'8197
436D    ADD     HL,BC
436E    LD      A,(HL)
436F    CP      h'04
4371    JP      Z,h'4381
4374    CP      h'05
4376    JP      Z,h'4381
4379    CP      h'01
437B    JP      Z,h'34DE
437E    JP      h'3488
4381    LD      HL,h'8031
4384    LD      C,(HL)
4385    LD      B,h'00
4387    LD      HL,h'8037
438A    ADD     HL,BC
438B    LD      (HL),h'3B
438D    RET
438E    LD      HL,h'8031

4391    LD      C,(HL)
4392    LD      B,h'00
4394    LD      HL,h'8197
4397    ADD     HL,BC
4398    LD      (HL),h'00
439A    LD      HL,h'8031
439D    LD      C,(HL)
439E    LD      B,h'00
43A0    LD      HL,h'8037
43A3    ADD     HL,BC
43A4    LD      (HL),h'39
43A6    RET
43A7    CALL    h'0230
43AA    JP      NZ,h'3488
43AD    LD      HL,h'8031
43B0    LD      C,(HL)
43B1    LD      B,h'00
43B3    LD      HL,h'819F
43B6    ADD     HL,BC
43B7    LD      A,(HL)
43B8    CP      h'0A
43BA    JP      Z,h'438E
43BD    DEC     A
43BE    CP      h'06
43C0    JP      NC,h'3488
43C3    LD      E,A
43C4    LD      A,E
43C5    LD      C,A
43C6    LD      B,h'00
43C8    LD      HL,h'8187
43CB    ADD     HL,BC
43CC    LD      A,(HL)
43CD    CP      h'0E
43CF    JP      Z,h'43D5
43D2    JP      h'3488
43D5    LD      HL,h'8037
43D8    LD      D,h'00
43DA    ADD     HL,DE
43DB    LD      A,h'03
43DD    CP      (HL)
43DE    JP      Z,h'43EA
43E1    LD      A,h'05
43E3    CP      (HL)
43E4    JP      Z,h'43EA
43E7    JP      h'3488
43EA    LD      A,E
43EB    LD      C,A
43EC    LD      B,h'00
43EE    LD      HL,h'8037
43F1    ADD     HL,BC
43F2    LD      (HL),h'00
43F4    LD      A,E
43F5    LD      B,h'00
43F7    CALL    h'0176
43FA    LD      A,E
43FB    LD      C,A
43FC    LD      B,h'00
43FE    LD      HL,h'803F
4401    ADD     HL,BC
4402    LD      A,(HL)
4403    LD      D,A
4404    LD      A,D
4405    LD      C,A
4406    LD      B,h'00
4408    LD      HL,h'8037

440B    ADD     HL,BC
440C    LD      (HL),h'40
440E    LD      A,D
440F    LD      B,h'00
4411    CALL    h'0176
4414    LD      A,D
4415    LD      C,A
4416    LD      B,h'00
4418    LD      HL,h'803F
441B    ADD     HL,BC
441C    LD      A,(h'8031)
441F    LD      (HL),A
4420    LD      A,D
4421    ADD     A,A
4422    LD      C,A
4423    LD      B,h'00
4425    LD      HL,h'8067
4428    ADD     HL,BC
4429    XOR     A
442A    LD      (HL),A
442B    INC     HL
442C    LD      (HL),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
442D    LD      HL,h'8031
4430    LD      C,(HL)
4431    LD      B,h'00
4433    LD      HL,h'8037
4436    ADD     HL,BC
4437    LD      (HL),h'3C
4439    LD      A,D
443A    LD      HL,h'8031
443D    LD      C,(HL)
443E    LD      B,h'00
4440    LD      HL,h'803F
4443    ADD     HL,BC
4444    LD      (HL),A
4445    XOR     A
4446    LD      (h'8033),A
4449    LD      A,D
444A    LD      H,A
444B    LD      A,(h'8031)
444E    LD      L,A
444F    CALL    h'0241
4452    RET
4453    CALL    h'0230
4456    JP      NZ,h'3488
4459    LD      A,(h'8037)
445C    CP      h'02
445E    JP      NZ,h'4480
4461    LD      A,(h'803F)
4464    LD      D,A
4465    LD      A,D
4466    LD      C,A
4467    LD      B,h'00
4469    LD      HL,h'8037
446C    ADD     HL,BC
446D    LD      (HL),h'00
446F    LD      A,D
4470    LD      B,h'00
4472    CALL    h'0176
4475    LD      A,h'00
4477    CALL    h'0194
447A    LD      A,(h'8031)
447D    JP      h'403C
4480    LD      A,(h'8038)
4483    CP      h'02

4485    JP      NZ,h'44A7
4488    LD      A,(h'8040)
448B    LD      D,A
448C    LD      A,D
448D    LD      C,A
448E    LD      B,h'00
4490    LD      HL,h'8037
4493    ADD     HL,BC
4494    LD      (HL),h'00
4496    LD      A,D
4497    LD      B,h'00
4499    CALL    h'0176
449C    LD      A,h'00
449E    CALL    h'01AE
44A1    LD      A,(h'8031)
44A4    JP      h'406B
44A7    LD      A,(h'8039)
44AA    CP      h'02
44AC    JP      NZ,h'44CE
44AF    LD      A,(h'8041)
44B2    LD      D,A
44B3    LD      A,D
44B4    LD      C,A
44B5    LD      B,h'00
44B7    LD      HL,h'8037
44BA    ADD     HL,BC
44BB    LD      (HL),h'00
44BD    LD      A,D
44BE    LD      B,h'00
44C0    CALL    h'0176
44C3    LD      A,h'00
44C5    CALL    h'01C8
44C8    LD      A,(h'8031)
44CB    JP      h'409A
44CE    LD      A,(h'803A)
44D1    CP      h'02
44D3    JP      NZ,h'44F5
44D6    LD      A,(h'8042)
44D9    LD      D,A
44DA    LD      A,D
44DB    LD      C,A
44DC    LD      B,h'00
44DE    LD      HL,h'8037
44E1    ADD     HL,BC
44E2    LD      (HL),h'00
44E4    LD      A,D
44E5    LD      B,h'00
44E7    CALL    h'0176
44EA    LD      A,h'00
44EC    CALL    h'01E2
44EF    LD      A,(h'8031)
44F2    JP      h'40C9
44F5    LD      A,(h'803B)
44F8    CP      h'02
44FA    JP      NZ,h'451C
44FD    LD      A,(h'8043)
4500    LD      D,A
4501    LD      A,D
4502    LD      C,A
4503    LD      B,h'00
4505    LD      HL,h'8037
4508    ADD     HL,BC
4509    LD      (HL),h'00
450B    LD      A,D
450C    LD      B,h'00

450E    CALL    h'0176
4511    LD      A,h'00
4513    CALL    h'01FC
4516    LD      A,(h'8031)
4519    JP      h'40F8
451C    LD      A,(h'803C)
451F    CP      h'02
4521    JP      NZ,h'3488
4524    LD      A,(h'8044)
4527    LD      D,A
4528    LD      A,D
4529    LD      C,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
452A  LD    B,h'00
452C  LD    HL,h'8037
452F  ADD   HL,BC
4530  LD    (HL),h'00
4532  LD    A,D
4533  LD    B,h'00
4535  CALL  h'0176
4538  LD    A,h'00
453A  CALL  h'0216
453D  LD    A,(h'8031)
4540  JP    h'4127
4543  LD    A,(h'8019)
4546  CP    h'00
4548  JP    NZ,h'455E
454B  LD    A,(h'8033)
454E  CP    h'18
4550  JP    NC,h'455E
4553  CALL  h'0152
4556  LD    A,(h'8033)
4559  INC   A
455A  LD    (h'8033),A
455D  RET
455E  CALL  h'012E
4561  LD    HL,h'8031
4564  LD    C,(HL)
4565  LD    B,h'00
4567  LD    HL,h'8037
456A  ADD   HL,BC
456B  LD    (HL),h'18
456D  LD    HL,h'0000
4570  LD    (h'8033),HL
4573  XOR   A
4574  LD    HL,h'8031
4577  LD    C,(HL)
4578  LD    B,h'00
457A  LD    HL,h'8177
457D  ADD   HL,BC
457E  LD    (HL),A
457F  XOR   A
4580  LD    HL,h'8031
4583  LD    C,(HL)
4584  LD    B,h'00
4586  LD    HL,h'817F
4589  ADD   HL,BC
458A  LD    (HL),A
458B  LD    A,h'05
458D  LD    (h'802B),A
4590  CALL  h'03C8
4593  RET
4594  LD    A,(h'802C)
4597  LD    D,A
4598  LD    A,(h'81F2)
459B  LD    E,A

459C  LD    HL,(h'802F)
459F  LD    BC,h'0C80
45A2  CP    A
45A3  SBC   HL,BC
45A5  JP    NC,h'4620
45A8  CALL  h'0230
45AB  JP    NZ,h'45FA
45AE  LD    A,D
45AF  LD    C,A
45B0  LD    B,h'00
45B2  LD    HL,h'8037
45B5  ADD   HL,BC
45B6  LD    A,(HL)
45B7  CP    h'00
45B9  JP    Z,h'4602
45BC  LD    A,D
45BD  LD    C,A
45BE  LD    B,h'00
45C0  LD    HL,h'8037
45C3  ADD   HL,BC
45C4  LD    A,(HL)
45C5  CP    h'0B
45C7  JP    Z,h'45D8
45CA  LD    A,D
45CB  LD    C,A
45CC  LD    B,h'00
45CE  LD    HL,h'8037
45D1  ADD   HL,BC
45D2  LD    A,(HL)
45D3  CP    h'26
45D5  JP    NZ,h'45FA
45D8  LD    HL,(h'81DC)
45DB  LD    BC,h'0384
45DE  CP    A
45DF  SBC   HL,BC
45E1  JP    C,h'45F3
45E4  LD    A,D
45E5  LD    B,h'09
45E7  CALL  h'0176
45EA  LD    HL,h'0000
45ED  LD    (h'81DC),HL
45F0  JP    h'45FA
45F3  LD    HL,(h'81DC)
45F6  INC   HL
45F7  LD    (h'81DC),HL
45FA  LD    HL,(h'802F)
45FD  INC   HL
45FE  LD    (h'802F),HL
4601  RET
4602  LD    A,D
4603  LD    C,A
4604  LD    B,h'00
4606  LD    HL,h'8037
4609  ADD   HL,BC
460A  LD    (HL),h'31
460C  LD    A,D
460D  LD    B,h'0D
460F  CALL  h'0176
4612  LD    A,D
4613  LD    C,A
4614  LD    B,h'00
4616  LD    HL,h'803F
4619  ADD   HL,BC
461A  LD    A,h'00
461C  LD    (HL),A

461D  JP    h'45FA
4620  LD    HL,(h'802F)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

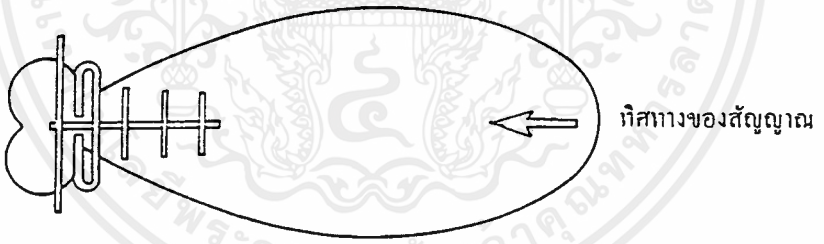
โครงสร้างของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอากาศ Yagi 9 elements

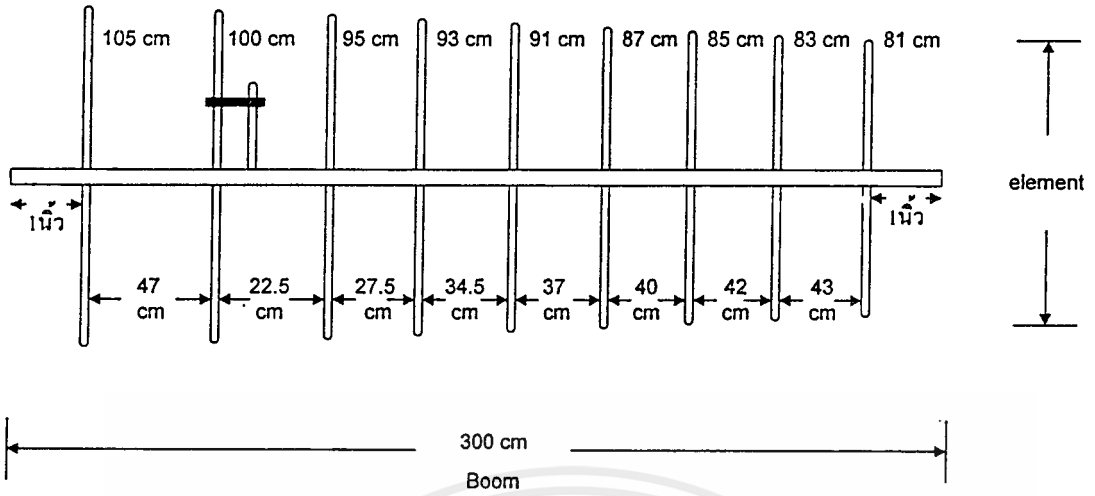
คุณสมบัติของสายอากาศ

1. Frequency 141-147 MHz.
2. Gain 12 dB.
3. Impedance 50 ohms.
4. VSWR Better than 1:1.5
5. Max Power 200 watt.
6. Connector PL-259 Female
7. Lenght 2.4-3.0 m.
8. Band width 8 MHz.

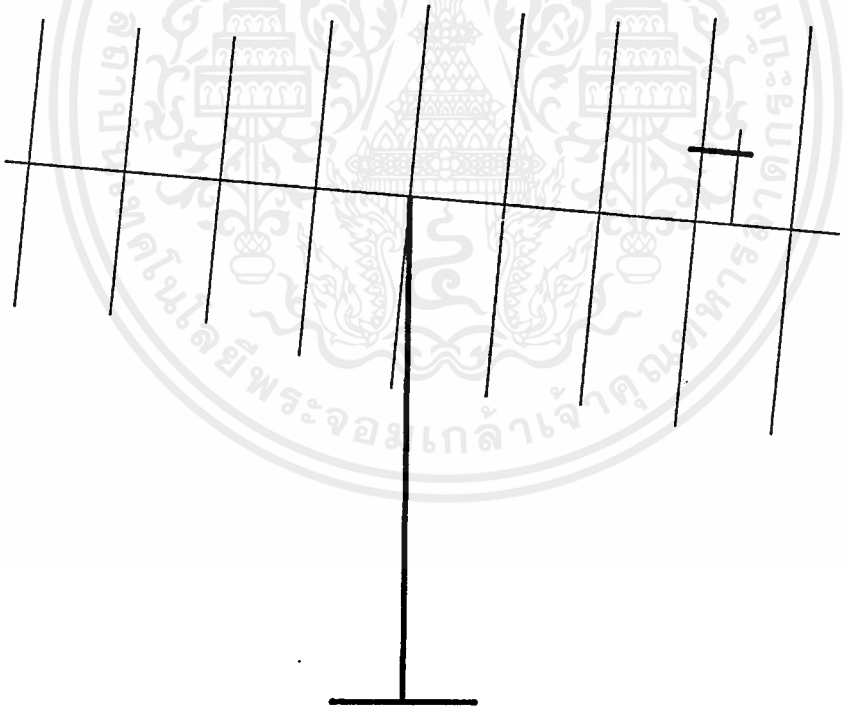


รูปที่ 1 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศยากิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

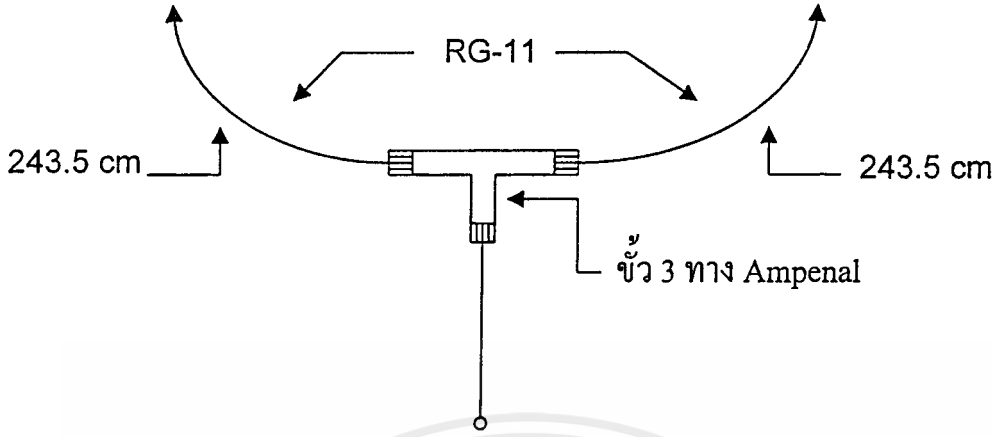


รูปที่ 2 ส่วนประกอบของสายอากาศ



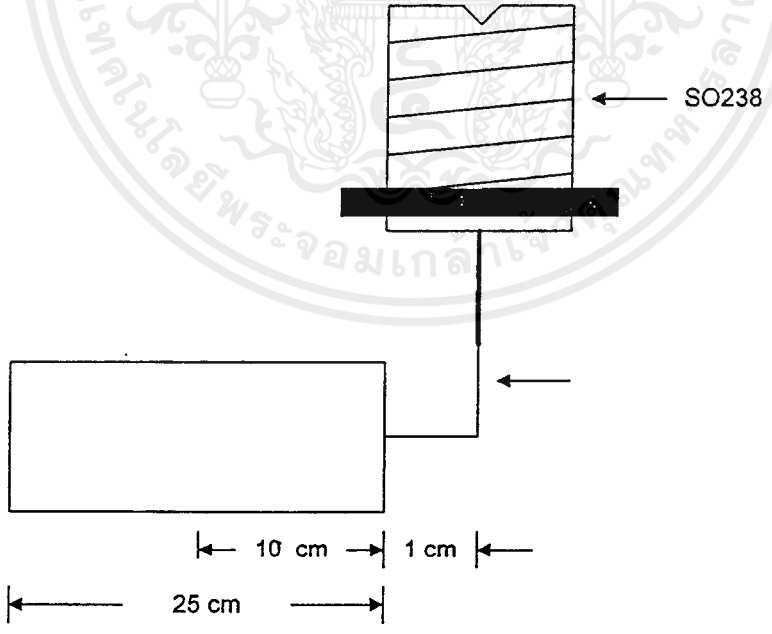
รูปที่ 3 ลักษณะการติดตั้งใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



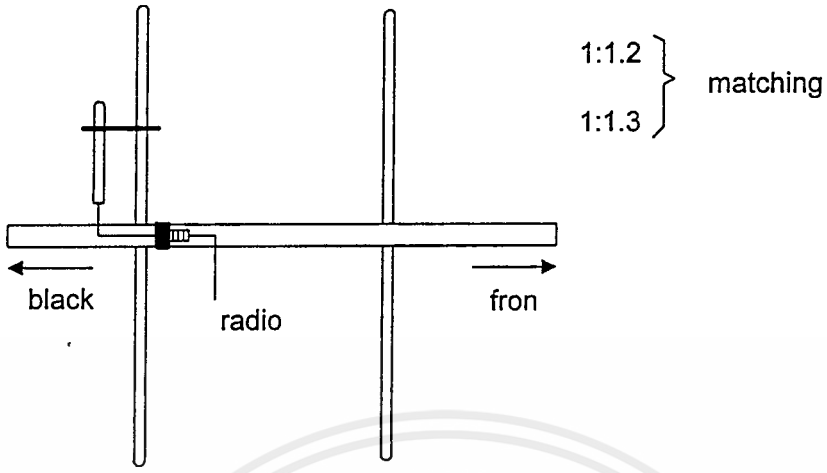
สาย phasching line RG-11 243.5

รูปที่ 4 สาย phasching line

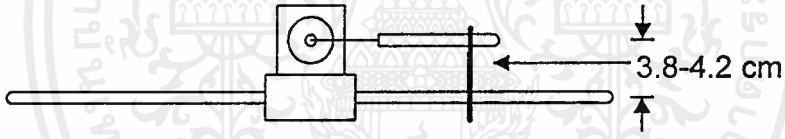


รูปที่ 5 ขั้วต่อสายนำสัญญาณไปยังเครื่องรับส่งวิทยุ

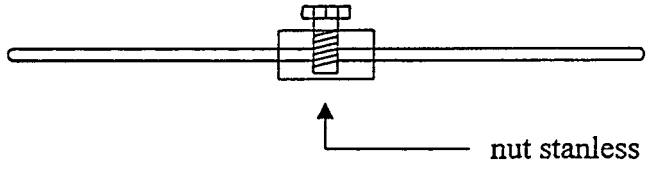
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 ลักษณะของการแมทช์ชิ่ง



รูปที่ 7 ระยะห่างของแกรมม่าแมทช์



รูปที่ 8 การยึดส่วนประกอบของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

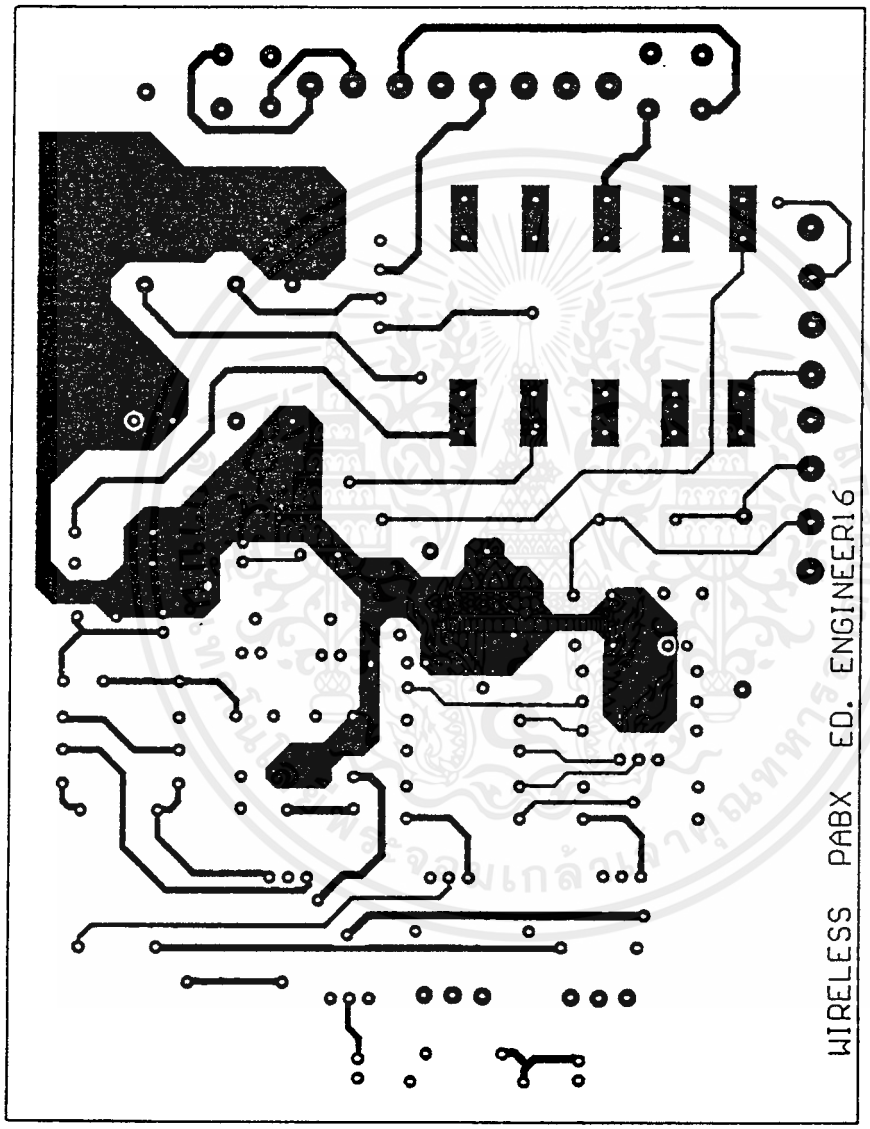
รูปที่ 9 ส่วนประกอบของแกรมม่าแมทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

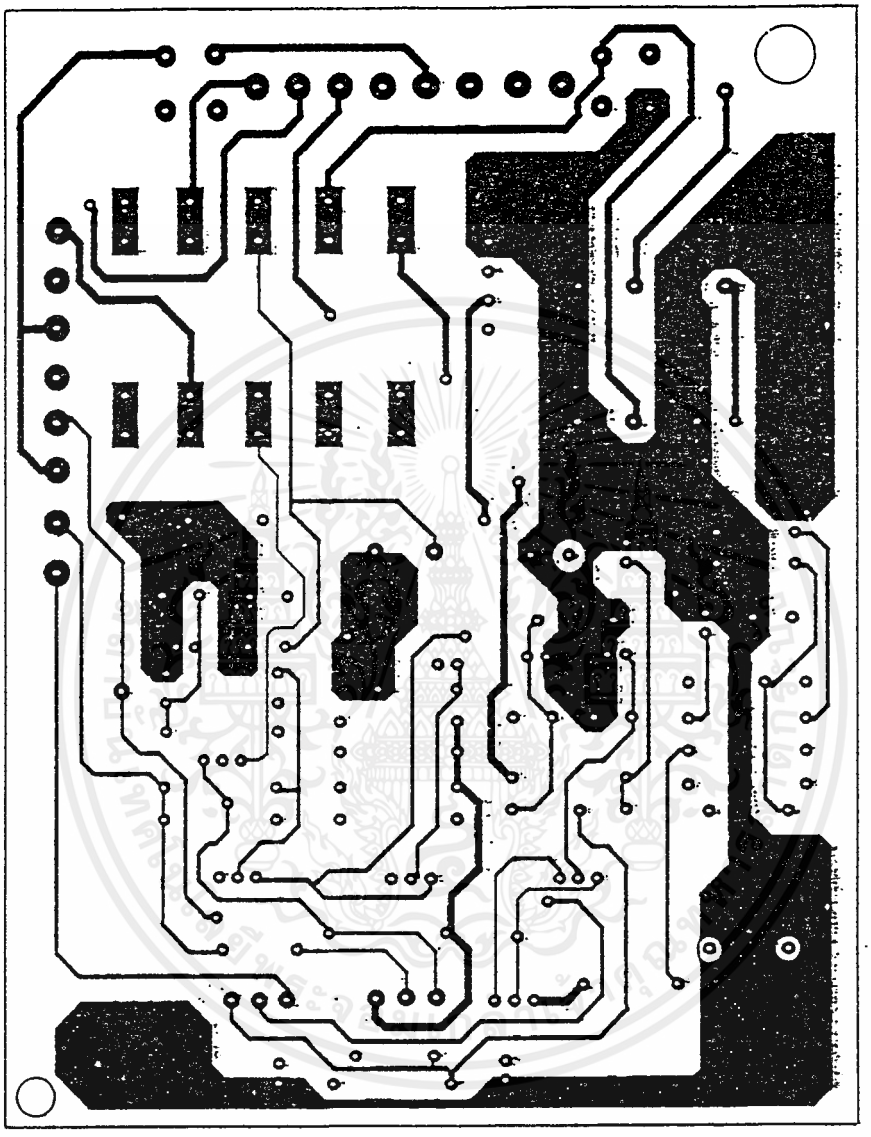
ลายทองแดงและการวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



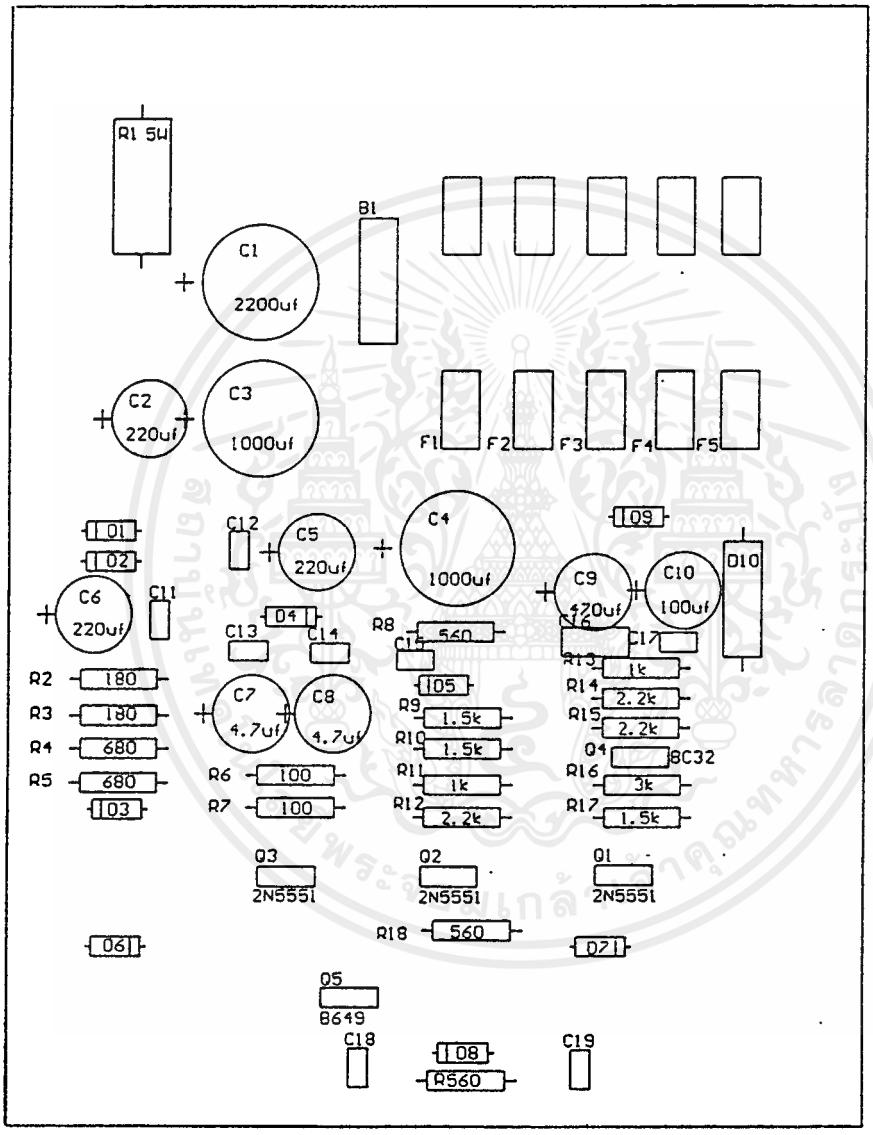
รูปที่ 1 ลายทองแดงวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



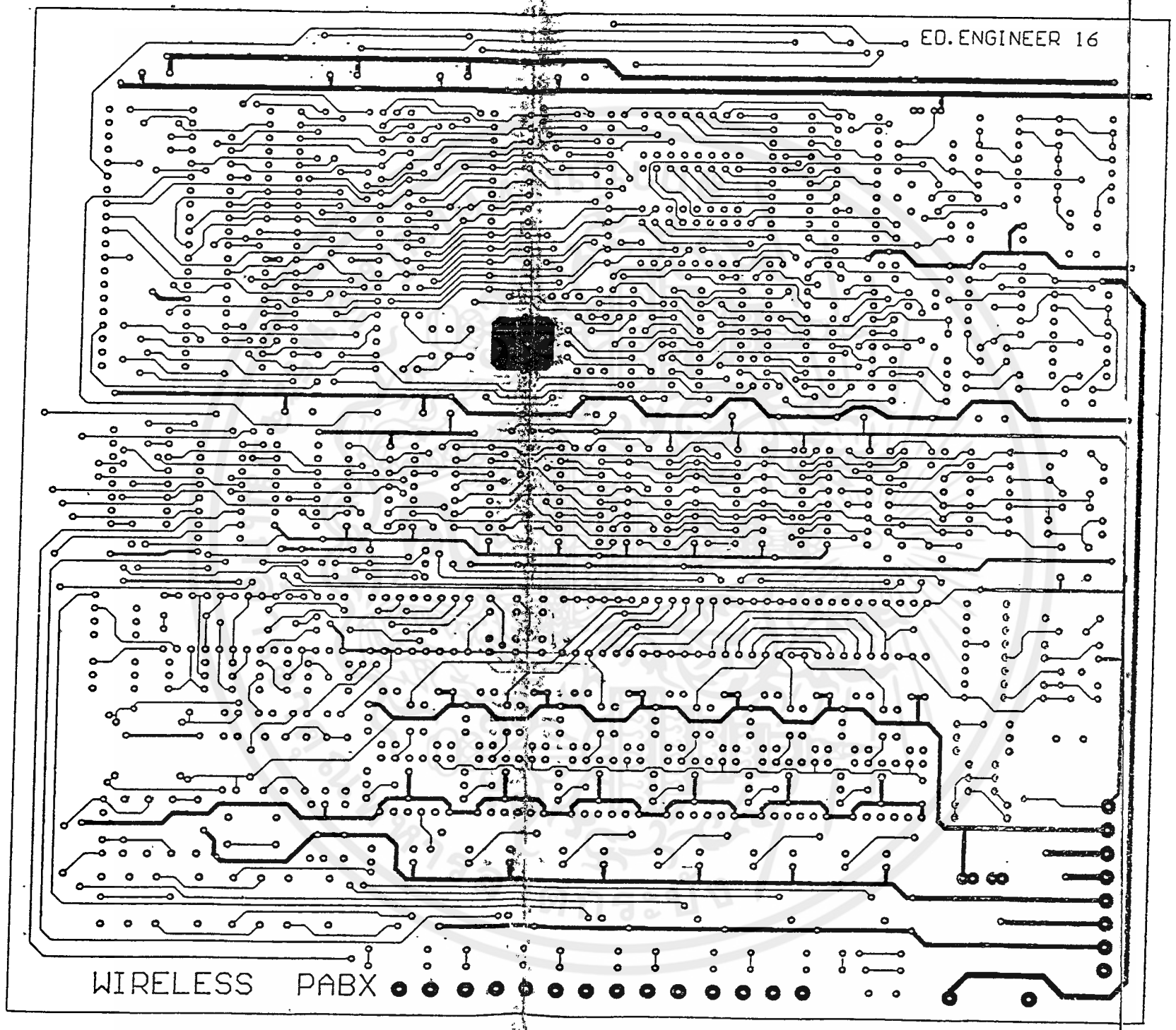
รูปที่ 2 ลายทองแดงวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

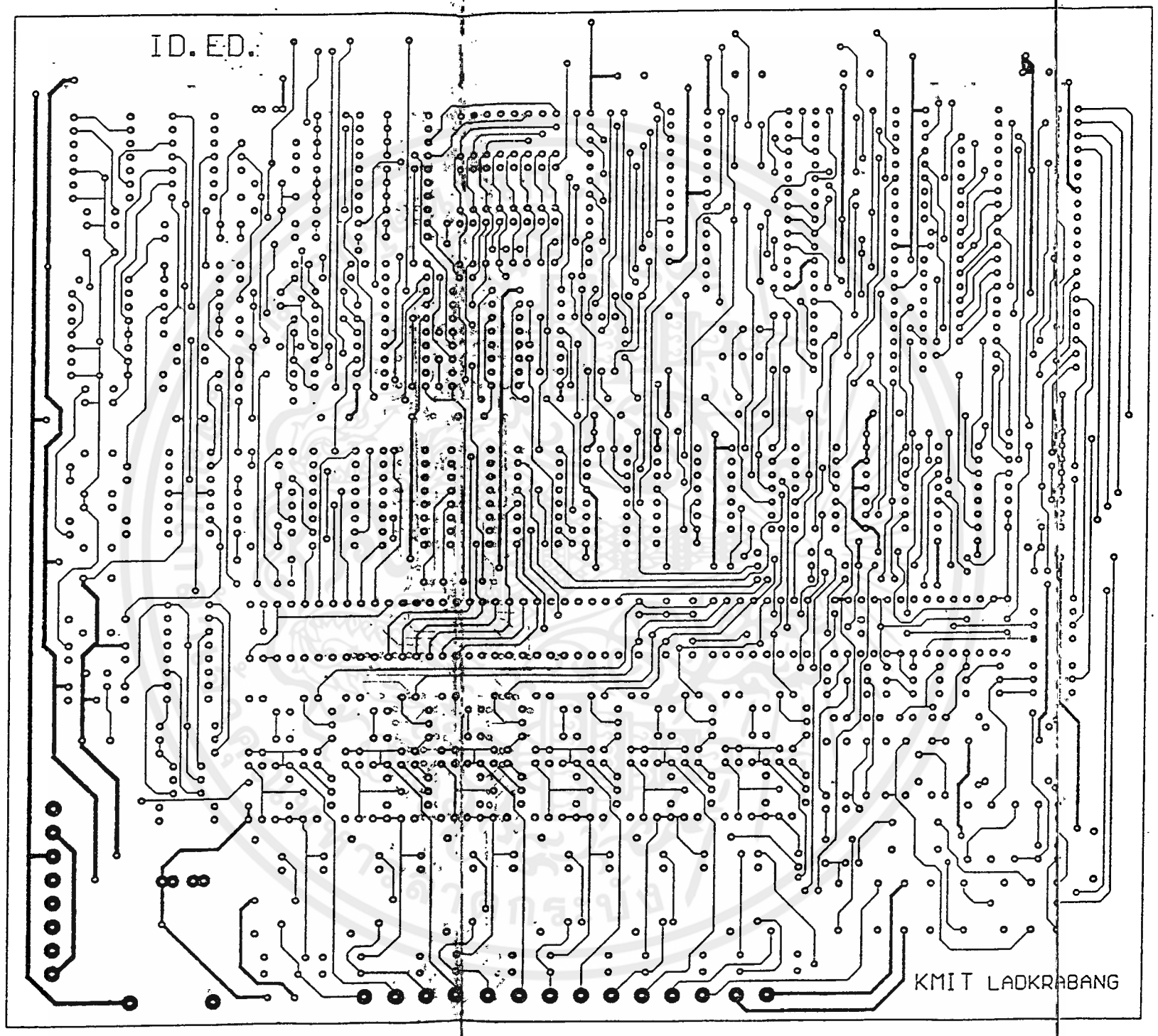


รูปที่ 3 การวางอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

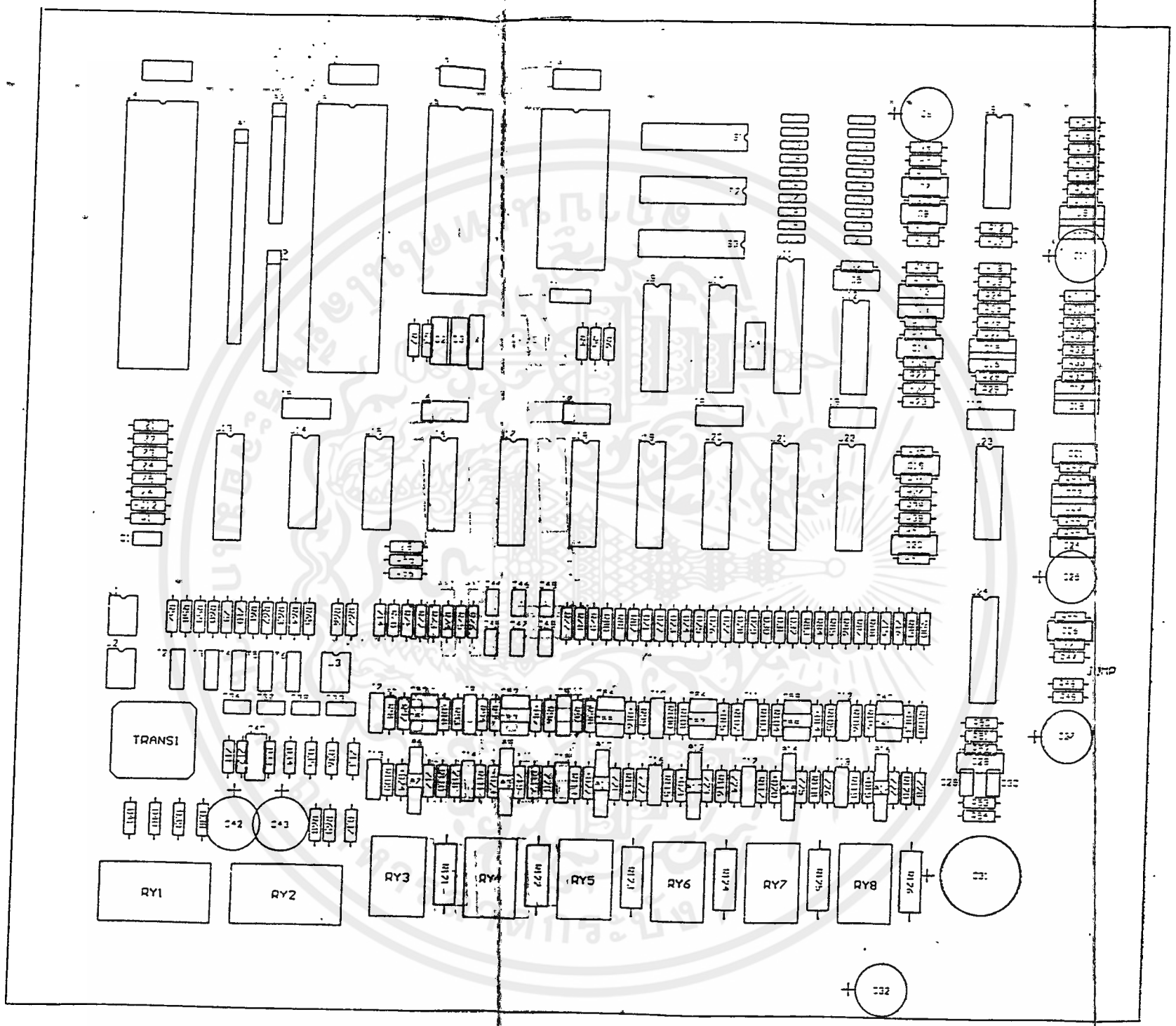
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ลายทองแดงวงจรเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ



รูปที่ 5 ลายทองแดงวงจรเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ



รูปที่ 6 การวางอุปกรณ์วงจรเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

บรรณานุกรม

วิวัฒน์ กิรานนท์. " พื้นฐานการสื่อสาร" กรุงเทพมหานคร :จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2536 หน้า 21-65

ปริญญานิพนธ์. ศักดิ์ดา แพทย์กระโทก และคณะ ชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุสถานีทวนสัญญาณ และชุดส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ, ปีการศึกษา 2537, ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์. อำพล แย้มเยื้อน และคณะ เครื่องหาทิศทางสัญญาณวิทยุย่าน 140-149 เมกะเฮิรตซ์, ปีการศึกษา 2537 , ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์. ปิยะพัฒน์ ศรีภูวงศ์ และคณะ เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขา และโอเปอร์เรเตอร์อัตโนมัติ ปีการศึกษา 2536 ,ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์. กิตติพงษ์ อังศวาภิมณ์ และคณะ เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ปีการศึกษา 2534 ,ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผศ.สุชิน จำจัด. วิศวกรรมโทรศัพท์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Hand Book. CMOS Data Book National Semiconductor Inc.,.U.S.A1980 Telecommunication Device Data, Motorola Inc, 1987

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้