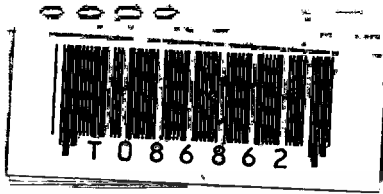


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF

( Telephone Line Extender By VHF Transceiver )



โดย

นาย ประเสริฐ โกยธนาคม เลขประจำตัว 39013279

นาย สติทธิพงษ์ บุญเรือง เลขประจำตัว 39013297

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 86862  
วัน,เดือน,ปี..... 16 ส.ค. 2552

ที่ en

b. 10893829  
i.....

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม  
สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ปีการศึกษา 2541

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF

Project Report Telephone Line Extender By VHF Transceiver

โดย

ชื่อนักศึกษา นาย ประเสริฐ โกยธนาคม เลขประจำตัว 39013279

นาย สิทธิพงษ์ บุญเรือง เลขประจำตัว 39013297

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์

อาจารย์ บุญยชนะ ภูระหงษ์

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

สาขาวิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF

Project Report Telephone Line Extender By VHF Transceiver

โดย

ชื่อนักศึกษา นาย ประเสริฐ โกยธนาคม เลขประจำตัว 39013279

นาย สิทธิพงษ์ บุญเรือง เลขประจำตัว 39013297

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์

อาจารย์ บุญยชนะ ภูระหงษ์

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

สาขาวิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับ  
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร  
บัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ให้นำไปใช้

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอ การขยายการใช้งาน โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะให้ผู้ติดต่อสื่อสารกันนั้นเกิดความสะดวกสบาย และประหยัดเงินในการติดต่อสื่อสารมากที่สุด ซึ่งจะประกอบด้วยการทำงาน 6 ภาคการทำงานซึ่งแต่ละส่วนนั้นไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้ซึ่งประกอบด้วยส่วนของภาคส่วนของการเข้ารหัส และถอดรหัส ภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก ภาคส่วนของวงจรไมค์อัดโนมิตีและระบบการวางสายอัดโนมิตี ภาคส่วนของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าและระบบจ่ายกำลังสำรอง ภาคระบบส่งการทางวิทยุรับส่ง และส่วนสุดท้ายเป็นภาคส่วนของวงจรหลัก ซึ่งเมื่อประกอบทั้ง 6 ภาคการทำงานเข้าด้วยกันก็จะทำให้เกิดปริญญานิพนธ์นี้ขึ้นมา ซึ่งสามารถที่จะใช้งานได้ทั้งระบบวิทยุรับส่งและสามารถที่จะใช้งานได้ในระบบ โทรศัพท์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ABSTRACT

This thesis proposes the telephone line extender by VHF transceiver. It is the most convenient and economic in communication for user. The project consists of 6 parts which work together. There are the encoder and decoder, call signalling oscillator, automatic microphone and automatic hook-on, power supply and standby power system, remote control part which is controlled from the transmit/receive radio, another part is the main circuit. When they work together it can use in the transmit/receive radio system and the telephone system.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากความช่วยเหลือของอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้แก่ อาจารย์ อุตัย ศรีธีระวิโรจน์ และอาจารย์ บุญยชนะ ภูระหงษ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ไขเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับปริญญาบัตรฉบับนี้มาด้วยดีตลอด และจะต้องขอขอบพระคุณ คุณชาติชาย เขาวงกา ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวงจรบางส่วนซึ่งทำให้ปริญญาบัตรฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสุดท้ายนี้ก็ต้องขอขอบพระคุณในคณะผู้จัดทำทุกคน อีกทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ได้ร่วมแรงร่วมใจทำให้ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง  
คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
ABSTRACT	
กิตติกรรมประกาศ	
บทกล่าวนำ	1
บทที่ 1 ทฤษฎีเบื้องต้น	3
1.1 เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสาร	3
1.2 ระบบสื่อสารเชื่อมโยง	17
บทที่ 2 หลักการทำงานโดยรวมของการขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF	31
บทที่ 3 ภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit)	35
บทที่ 4 ภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก (Ring Circuit)	54
บทที่ 5 ภาคส่วนของวงจรไมค์อัตโนมัติและระบบการวางสายอัตโนมัติ (Vox Circuit)	66
บทที่ 6 ภาคส่วนของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าและระบบจ่ายกำลังสำรอง (Power Supply Circuit)	73
บทที่ 7 ภาคส่วนระบบสั่งงานทางวิทยุรับส่ง (Control System Circuit)	77
บทที่ 8 ภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit)	82
บทที่ 9 ผลการทดลอง	88
บทที่ 10 บทสรุป	92
หนังสืออ้างอิง	95
ภาคผนวก ก.	
ภาคผนวก ข.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทกล่าวนำ

ในสภาพการณ์ในปัจจุบันนั้นมนุษย์เรานั้นจำเป็นที่จะต้องดำรงชีวิตโดยการติดต่อสื่อสารกันและกันลักษณะที่สำคัญในการติดต่อสื่อสารในปัจจุบันก็คือ โทรศัพท์ซึ่งเป็นการติดต่อสื่อสารที่รวดเร็วในอีกรูปแบบหนึ่งและคนส่วนใหญ่ในปัจจุบันนี้ได้หันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับโทรศัพท์มือถือแต่การใช้โทรศัพท์มือถือนั้นมีข้อที่จำกัดของผู้ใช้อยู่มากคือ ค่าบริการของโทรศัพท์มือถือนั่นเองและอีกทั้งยังมีค่าของตัวเครื่องโทรศัพท์มือถือที่สูงมาก และยังมีอีกประการหนึ่งคือในเขตที่ไม่ใช่เขตพื้นที่บริการนั้นที่ไม่มีสถานีทวนสัญญาณนั้นก็ไม่สามารถที่จะใช้โทรศัพท์มือถือได้ ส่วนในวิทยุสื่อสารนั้นก็มีคนเริ่มให้ความสนใจเกี่ยวกับการใช้งานการติดต่อสื่อสารเมื่อประมาณหลายปีที่ผ่านมา เพราะราคาของตัวเครื่องเป็นราคาที่ไม่แพงนักเมื่อเทียบกับโทรศัพท์มือถือและอีกประการก็คือไม่ต้องเสียค่าบริการแบบเดียวกับค่าโทรศัพท์มือถือหรือพูดง่ายๆว่าซื้อเครื่องมาแล้วเสียบ่าใบอนุญาตมีใช้ครั้งเดียวนั้นจะสามารถที่จะใช้ได้ตลอดชีวิตโดยไม่ต้องไปต่อใบอนุญาตพนักงานวิทยุคมนาคมประจำสถานีวิทยุคมนาคมสมัครเล่นซึ่งจะทำการต่อใบอนุญาตทุกๆ 5 ปีต่อหนึ่งครั้งหรือถ้าใช้ในย่านความถี่เสรีคือย่านประมาณความถี่ 27 MHz หรือที่ทั่วไปเรียกว่าย่าน Single Side Band หรือ CB นั้นคือเมื่อซื้อเครื่องมาใช้ก็ไม่ต้องขอใบอนุญาตหรือต้องทำการสอบอย่างเช่นในความถี่ของวิทยุสมัครเล่น ซึ่งก็เป็นข้อดีของวิทยุสื่อสารแต่ข้อเสียของวิทยุสื่อสารนั้นก็ยังมีก็คือ ความสะดวกสบายในการใช้งานนั้นค่อนข้างที่จะน้อยเช่น ในขณะที่ฝ่ายหนึ่งติดต่อไปยังอีกฝ่ายหนึ่งนั้นอาจจะถูกจำกัดด้วยลักษณะภูมิประเทศของเขตการติดต่อนั้นหรืออาจจะเกิดจากระยะทางที่ไกลเกินไปเช่นการติดต่อข้ามระหว่างประเทศเป็นต้นแต่ในระบบการรับส่งวิทยุสื่อสารนั้นมีอยู่ระบบหนึ่งที่นิยมติดต่อสื่อสารกันภายในโลกซึ่งนิยมติดต่อเป็นแบบการสื่อสารระยะไกลหรือข้ามประเทศนั้นก็คือ การติดต่อสื่อสารวิทยุระบบ High Frequency โดยมีการส่งแบบ Sky Wave แต่สัญญาณเสียงที่ถูก Demod ออกมานั้นเป็นสัญญาณที่มีระดับคุณภาพของเสียงนั้นอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำและต้องขึ้นอยู่กับสภาพของอากาศของในวันที่ทำการส่งด้วยเนื่องจากเป็นการส่งแบบ Sky Wave นั้นเอง ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่ว่าน่าจะนำเอาข้อดีทั้งการติดต่อสื่อสารแบบโทรศัพท์และการติดต่อสื่อสารที่เป็นแบบวิทยุสื่อสารมาทำการผสมผสานกัน ซึ่งก็จะทำให้เกิดปัญญานิพนธ์นี้ขึ้นมาซึ่งก็คือ การขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF (Telephone Line Extender By VHF Transceiver) ขึ้นซึ่งจะมีลักษณะการใช้งานนั้นก็จะมีส่วนที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ายคลึงกับการใช้งานแบบของโทรศัพท์และก็มีส่วนการใช้งานที่คล้ายคลึงกับการใช้งานวิทยุสื่อสารหรือวิทยุสมัครเล่นซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

ส่วนในด้านข้อดีและข้อเสียของระบบการขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF (Telephone Line Extender By VHF Transceiver) เมื่อเทียบกับระบบโทรศัพท์มือถือ ซึ่งจะได้กล่าวเป็นข้อๆพอสังเขปดังนี้

### ข้อดี

- ไม่ต้องเสียค่าบริการเป็นรายเดือนเมื่อเทียบกับระบบโทรศัพท์มือถือ
- ขอบเขตการใช้งานของวิทยุสื่อสารกว้างขึ้นและสามารถใช้งานได้ในพื้นที่ระบบโทรศัพท์มือถือเข้าไม่ถึง
- ไม่ถูกจำกัดในเรื่องของสถานะแวดล้อมมากนัก
- สามารถที่จะใช้งานได้ในรูปแบบ 2 ลักษณะคือสามารถใช้งานได้ทั้งแบบ วิทยุสื่อสารและทั้งแบบ โทรศัพท์ในขณะเดียวกันทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างคุ้มค่าสามารถลดต้นทุนในการจัดหาโทรศัพท์ให้แก่บุคลากรที่ต้องออกไปทำงานนอกสถานที่ และยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดต่อเข้าส่วนกลางคือ ไม่ต้องเสียค่าโทรศัพท์โดยสามารถที่จะใช้ระบบวิทยุรับส่งในการติดต่อเข้าส่วนกลางจึงทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ฯลฯ

### ข้อเสีย

- ไม่สามารถที่จะติดต่อเป็นแบบ Full Duplex ได้
- ข้อกำหนดในประเทศไทยนั้นยังไม่ค่อยที่จะเปิดกว้างในการใช้งานความถี่มากนัก ( แต่ก็มีข้อแก้ไขก็คือไปใช้ความถี่เสรีคืออยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 27 MHz หรือที่เรียกกันว่า Singal Side Band หรือคนทั่วไปเรียกว่า ระบบวิทยุ CB )

ซึ่งจะเห็นได้ว่าในส่วนข้อเสียนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนของข้อดีก็จะเห็นว่าข้อเสียที่เกิดขึ้นนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับส่วนของข้อดีดังนั้นจึงน่าที่จะเกิดประโยชน์จากการใช้งานได้มากกว่า

ดังนั้นเพื่อที่จะให้เกิดความเข้าใจในการรับส่งซึ่งเป็นพื้นฐานของการสร้างและใช้งานดังนั้นจะขอกล่าวถึงคุณลักษณะและวิธีการใช้งานต่างๆในการรับส่งของระบบวิทยุรับส่งซึ่งจะกล่าวในบทที่ 1 ต่อไป

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1 ทฤษฎีเบื้องต้น

### 1.1 เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสาร

เครื่องรับวิทยุสื่อสาร เป็นเครื่องรับวิทยุสื่อสารที่ใช้งานในย่านความถี่ HF (ประมาณ 3 ถึง 30 เมกะเฮิรตซ์) ย่านความถี่ VHF (ประมาณ 150 เมกะเฮิรตซ์) และย่านความถี่ UHF (ประมาณ 450 เมกะเฮิรตซ์) ซึ่งผู้ใช้งานทางด้านการสื่อสารในย่านความถี่ที่กล่าวมาข้างต้น มีอยู่เป็นจำนวนมาก

ปกติเครื่องรับวิทยุสื่อสารดังกล่าว มักจะประกอบภาคเครื่องรับและภาคเครื่องส่งรวมไว้ในตัวเครื่องเดียวกัน เราจึงเรียกว่า เครื่องรับส่งวิทยุ (transceiver) ซึ่งมีทั้งประเภทติดตั้งประจำที่ติดตั้งในรถยนต์หรือในเรือและประเภทหิ้วถือไปมาหรือมือถือซึ่งนิยมเรียกว่า วอล์คกี้ทอล์คกี้ (walkie-talkie) ข่าวสารที่ใช้ในการรับส่งกันมักจะเป็นเสียงพูด

เครื่องรับส่งวิทยุในย่าน HF ส่วนใหญ่ออกแบบให้ใช้รับส่งสัญญาณในระบบ SSB และ CW (อาจมี AM ด้วย) บางเครื่องสามารถต่ออแดปเตอร์ (adapter) เพื่อใช้รับส่งสัญญาณวิทยุโทรพิมพ์ (radio teletype หรือ RTTY) หรือสัญญาณโทรทัศนส์สแกนช้าด้วย การสื่อสารในย่านความถี่ HF นี้ จะเป็นการสื่อสารระยะไกลและเป็นการเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด (point to point)

สำหรับเครื่องรับส่งวิทยุในย่าน VHF และ UHF นี้ส่วนใหญ่จะเป็นแบบแบนด์วิดท์แคบ (narrow band) ซึ่งใช้ในการรับส่งสัญญาณ FM (อาจมี AM, SSB หรือสัญญาณอื่น ๆ ด้วย) วิธีมอดูเลตแบบ FM มีข้อดีตรงที่มีภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวน (noise immunity) ดีและสัญญาณ FM ผลิตได้ง่าย ทำให้ขนาดเครื่องเล็กกะทัดรัดและน้ำหนักเบาการสื่อสารในย่านความถี่ VHF และ UHF มีทั้งแบบเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด และการสื่อสารโมบายล์ (mobile) ระยะทางที่ติดต่อสื่อสารกันมักจะไม่เกิน 50 กิโลเมตร

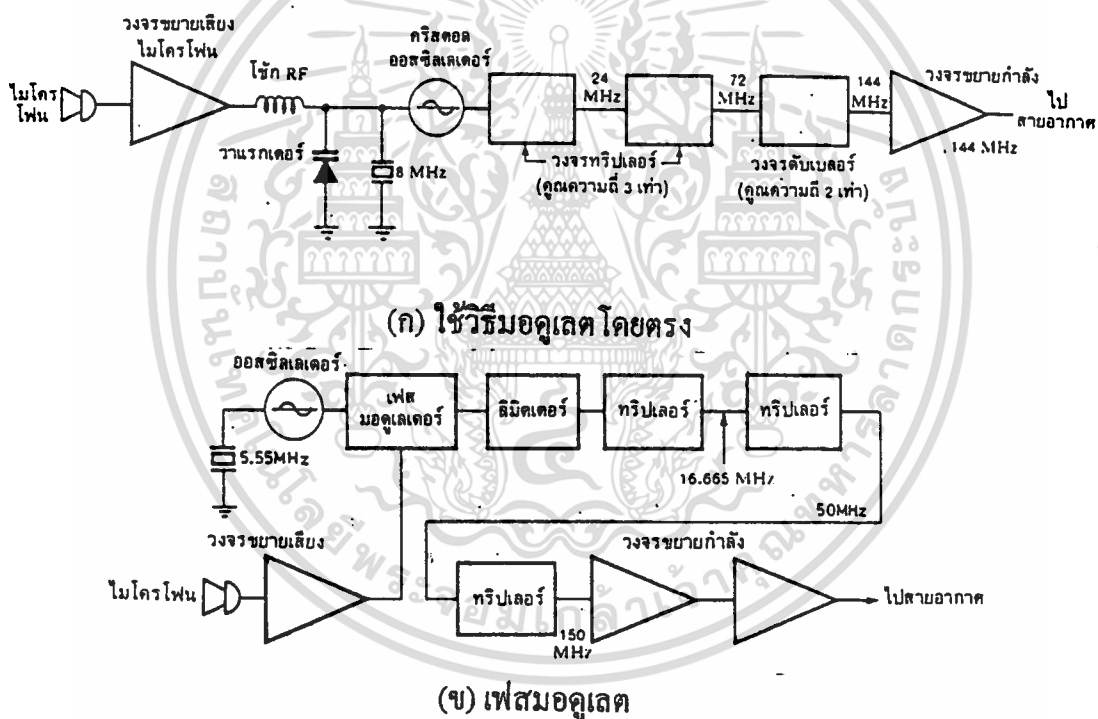
ความถี่ใช้งานของเครื่องรับส่งวิทยุข้างต้นมักจัดไว้เป็นช่องๆตายตัวถ้าต้องการเปลี่ยนความถี่ก็ใช้วิธีปรับสวิตช์เปลี่ยนช่อง โดยที่แต่ละช่องจะมีแรมป์กับความถี่คริสตอลเฉพาะของตัวเอง สำหรับเครื่องรับส่งวิทยุในรุ่นใหม่ๆจะนิยมใช้ระบบสังเคราะห์ถี่แทนการใช้แรมป์ ทำให้สามารถเลือกหรือเปลี่ยนความถี่ใช้งานได้สะดวกส่วนเครื่องรับส่งวิทยุในกิจการวิทยุสมัครเล่น (amateur radio) นั้น จะนิยมใช้ระบบสังเคราะห์ถี่ความถี่ (synthesizer) ทำให้สามารถปรับไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนความถี่ได้ตามต้องการตลอดย่านความถี่

### เครื่องรับส่งวิทยุ FM

#### ภาคเครื่องส่ง

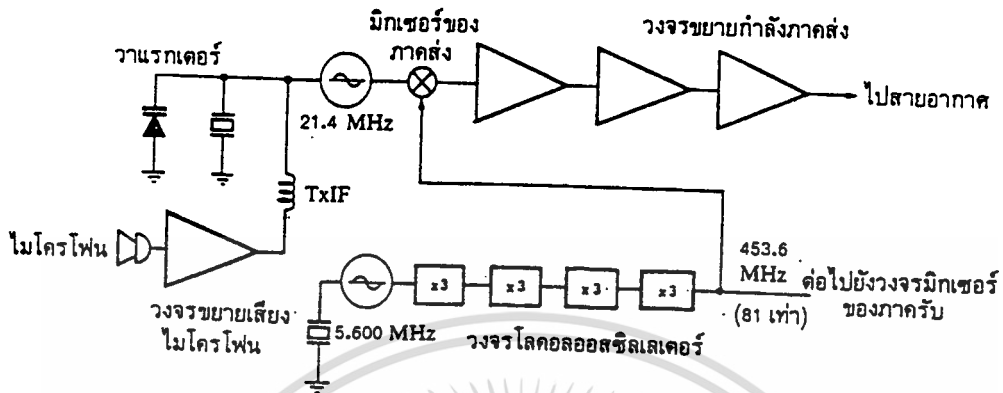
ในวงจรพื้นฐานของระบบเครื่องส่งจะประกอบไปด้วยออสซิลเลเตอร์กับมอดูเลเตอร์ และวงจรมัลติพลายซึ่งทำหน้าที่คูณความถี่ให้ได้ความถี่เพื่อขยายกำลังส่งออกอากาศต่อไป ดังรูปที่ 1 สัญญาณ FM จากมอดูเลเตอร์จะผ่านการคูณความถี่ 3 เท่า รวม 2 ครั้ง เป็น 9 เท่า



รูปที่ 1 แผนผังของเครื่องส่ง VHF / FM

เครื่องส่งบางชนิดดังรูปที่ 2 จะทำการมอดูเลตที่ความถี่ IF ของภาคเครื่องรับเสียก่อน แล้วจึงนำไปเฮตเตอร์โรคาइनกับความถี่ของโลคอลออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ ในที่นี้ความถี่ IF ของภาคเครื่องรับเท่ากับ 21.4 เมกะเฮิร์ตซ์และความถี่โลคอลออสซิลเลเตอร์เท่ากับ 453.6 เมกะเฮิร์ตซ์ (ได้จากการคูณความถี่คริสตอล 5.6 เมกะเฮิร์ตซ์ 81 เท่า) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

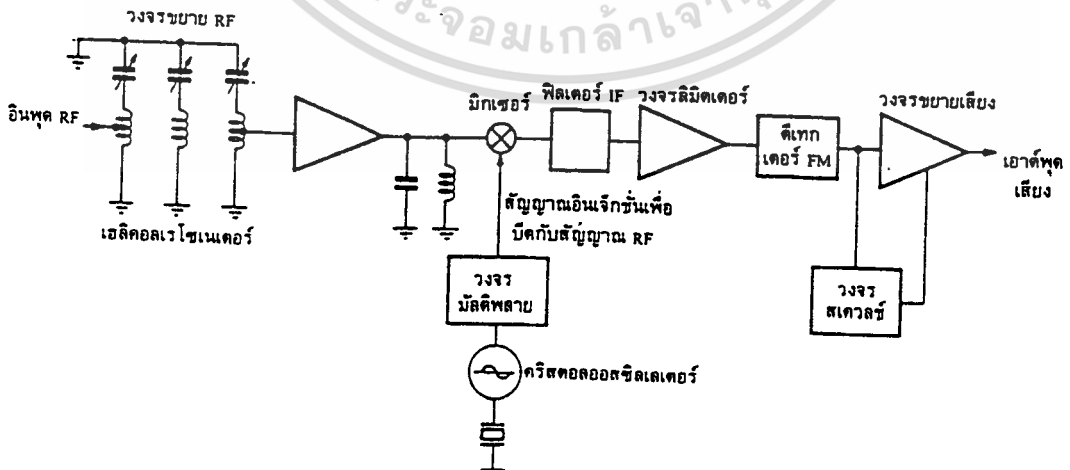
วิธีนี้มีข้อดีตรงที่เราใช้คริสตอลเพียงก้อนเดียวต่อความถี่ใช้งานหนึ่งความถี่ โดยใช้ร่วมกันทั้งสภาวะรับและส่ง นอกจากนี้ภาคเครื่องส่งก็ไม่จำเป็นต้องมีวงจรมัลติพลายต่างหากอีก



รูปที่ 2 แผนผังของเครื่องส่ง UHF / FM

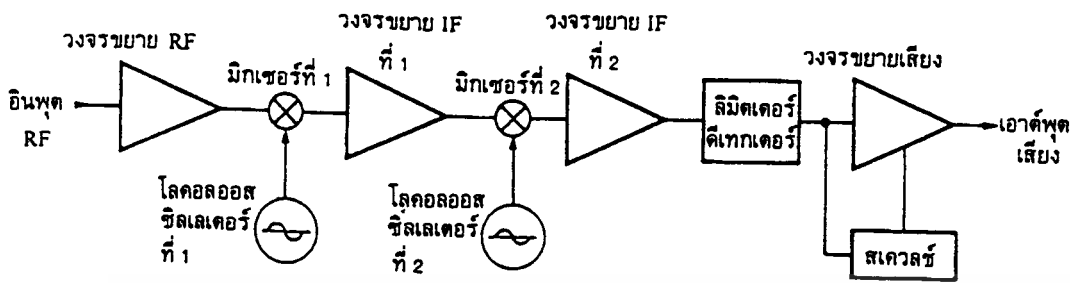
### ภาคเครื่องรับ

เครื่องรับ FM ในย่านความถี่ VHF ส่วนใหญ่เป็นแบบดับเบิลคอนเวอร์ชัน สำหรับในย่านความถี่ VHF บางครั้งอาจใช้แบบทริปลิเบิ้ลคอนเวอร์ชัน (triple conversion) รูปที่ 3 แสดงแผนผังของเครื่องรับชนิดซิงเกิลคอนเวอร์ชัน สังเกตว่าวงจรส่วนหน้าชนิดที่มีค่า Q สูงมากเรียกว่าเฮลิคัลคอนเวรโซเนเตอร์ (helical resonator) ส่วนในรูปที่ 4 แสดงแผนผังของเครื่องรับชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน



รูปที่ 3 เครื่องรับ FM แบบซิงเกิลคอนเวอร์ชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

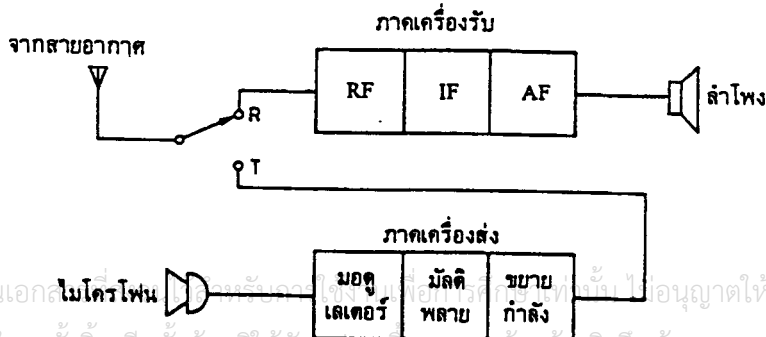


รูปที่ 4 เครื่องรับ FM แบบดับเบิลคอนเวอร์ชัน

### ตัวอย่างเครื่องรับส่งวิทยุ FM

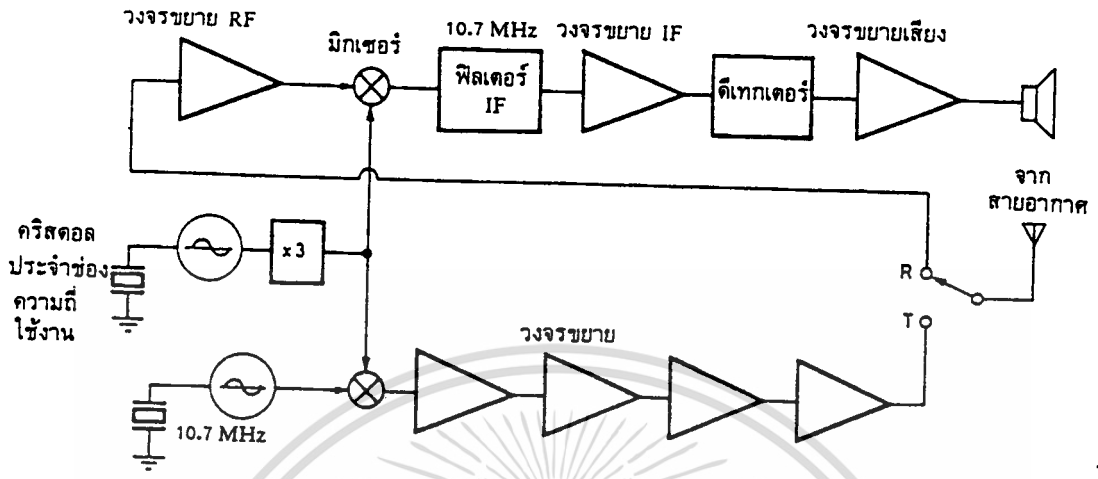
เครื่องรับส่งวิทยุส่วนใหญ่ ภาคเครื่องรับกับภาคเครื่องส่งจะแยกออกจากกัน โดยไม่ใช้วงจรร่วมกัน ดังแผนผังที่แสดงในรูปที่ 5 แต่ก็มีเครื่องรับส่งวิทยุบางชนิดที่ใช้วงจร โลคอลออสซิลเลเตอร์ร่วมกัน ดังรูปที่ 6 โดยใช้คริสตอลเพียงก้อนเดียวกันทั้งในสภาวะรับและสภาวะส่ง สังเกตว่าในสภาวะส่งเราจำเป็นต้องนำสัญญาณ โลคอลออสซิลเลเตอร์มามิกซ์กับออสซิลเลเตอร์ที่มีความถี่ IF เสียก่อนเพื่อให้ได้ความถี่ใช้งานที่ต้องการ สังเกตอีกด้วยว่าความถี่ของออสซิลเลเตอร์ในสภาวะรับกับสภาวะส่งจะต่างกันอยู่เท่ากับความถี่ IF พอดี

เครื่องรับส่งวิทยุอีกชนิดหนึ่งในรูปที่ 7 ซึ่งใช้ระบบสังเคราะห์ความถี่หรือซินธิไซเซอร์แทนโลคอลออสซิลเลเตอร์ ข้อดีของเครื่องรับส่งวิทยุชนิดซินธิไซเซอร์นี้ก็คือเหมาะกับกิจการที่ต้องใช้ความถี่หลายความถี่ ช่วยให้ประหยัดคริสตอลไปได้หลายก้อน (และสามารถตั้งความถี่ใช้งานได้สะดวก) แต่ข้อควรจำของเครื่องรับส่งในระบบนี้ก็คือ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ของระบบสังเคราะห์ความถี่จะต้องขยับไปหรือออฟเซตไปเท่ากับความถี่ IF

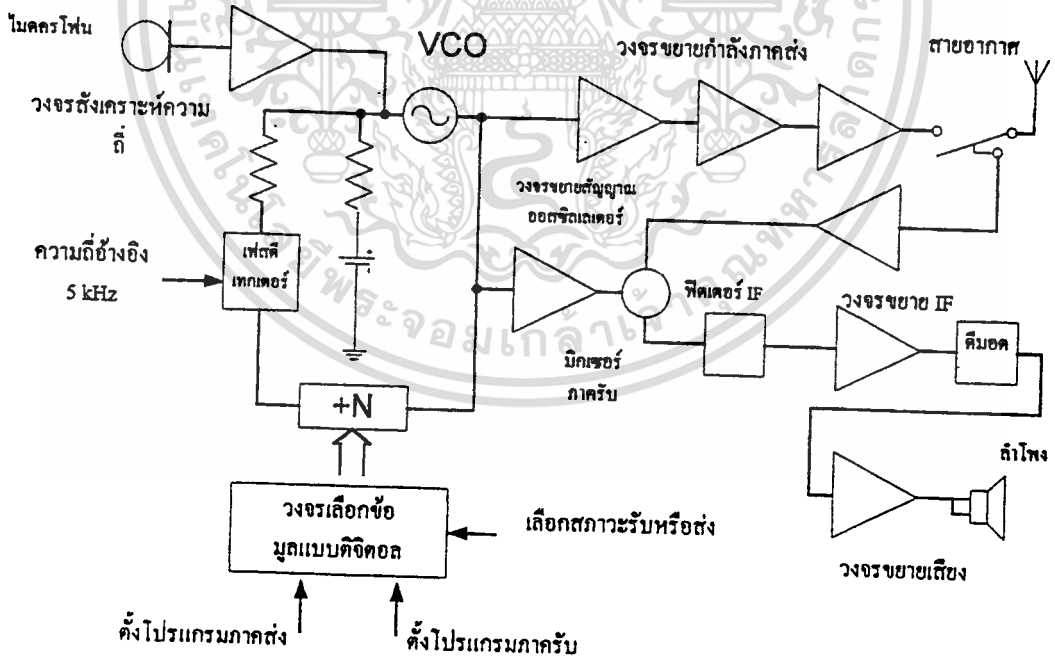


เอกสารนี้เป็นเอกสารไมโครโฟน... อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 เครื่องรับส่งวิทยุ FM ซึ่งแยกภาคเครื่องรับและภาคเครื่องส่ง



รูปที่ 6 เครื่องรับส่งวิทยุ FM แบบใช้วงจรออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 7 เครื่องรับส่งวิทยุ FM แบบสังเคราะห์ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการละเมิดลิขสิทธิ์ในรูปแบบใด ๆ ก็ตาม หากพบการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร กรุณาแจ้งให้ทราบเพื่อที่จะดำเนินการตามกฎหมายต่อไป

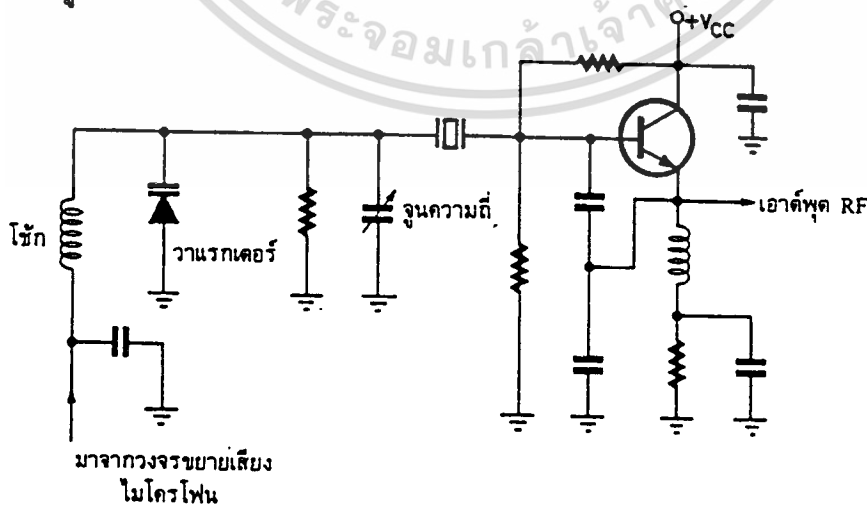
## วงจรพื้นฐานของเครื่องรับส่งวิทยุ

มอดูเลเตอร์ FM การกำเนิดสัญญาณ FM สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

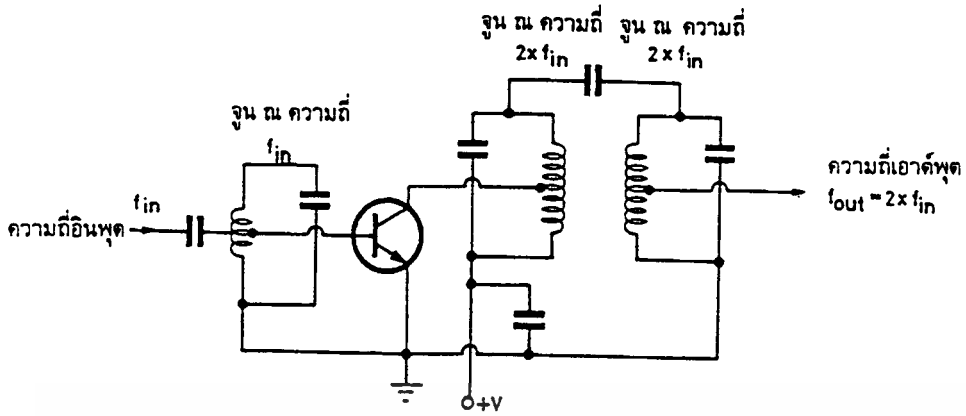
- วิธี FM โดยตรง (direct FM) ซึ่งเราต่อวงจรรีแอกแตนซ์เข้ากับแรมป์กับความถี่ แล้วเปลี่ยนความถี่ของคริสตอลอสซิลเลเตอร์ โดยเปลี่ยนค่ารีแอกแตนซ์ของวาแรกเตอร์ไดโอด

- วิธี FM โดยอ้อม (indirect FM) เราใช้วิธีมอดูเลตทางเฟสได้เป็นสัญญาณ PM แล้วเปลี่ยนสัญญาณให้เป็นสัญญาณ FM โดยการแก้ผลตอบสนองความถี่ของสัญญาณเสียงที่จะเข้าทำการมอดูเลตปกติความถี่เบี่ยงเบนจะมีค่า  $\pm 5$  กิโลเฮิรตซ์ (คิดรวม 2 ข้างเท่ากับ 10 กิโลเฮิรตซ์) โดยทั่วไปแรมป์กับความถี่จะเปลี่ยนไปได้ประมาณ 0.05 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือสามารถมอดูเลตให้ความถี่เบี่ยงเบนไปได้ ประมาณ  $\pm 5$  กิโลเฮิรตซ์ ฉะนั้นถ้าความถี่แรมป์ปรับจนไว้มองกึ่งกลางพอดีการมอดูเลตจะเบี่ยงเบนไปได้ไม่เท่ากันทั้งสองข้างคือจะมากข้างหนึ่งและน้อยข้างหนึ่งทำให้เกิดความเพี้ยนหลักการมอดูเลตทั่วไปก็ใช้การเปลี่ยนค่ารีแอกแตนซ์ของวาแรกเตอร์ไดโอดเช่นกัน

ความจริงการกำเนิดสัญญาณ FM ทั้ง 2 วิธีก็ให้ผลคล้ายกัน จะแตกต่างกันก็ตรงที่ในกรณีเฟสมอดูเลชัน ความถี่เบี่ยงเบนมีค่าเป็นสัดส่วนกับความถี่ของสัญญาณที่มอดูเลต เมื่อความถี่เสียงยิ่งสูง ความถี่เบี่ยงเบนจะยิ่งมาก นั่นคือที่ความถี่ศูนย์หรือ DC จะไม่มีการมอดูเลต ฉะนั้นเมื่อสัญญาณ PM จากเฟสมอดูเลเตอร์จะต้องถูกแปลงให้เป็นสัญญาณ FM เราก็สามารถทำได้โดยนำสัญญาณเสียงมาผ่านกรรมวิธีเพื่อให้สัญญาณความถี่ต่ำ ๆ แรงขึ้น ก่อนที่จะป้อนเข้ามอดูเลต



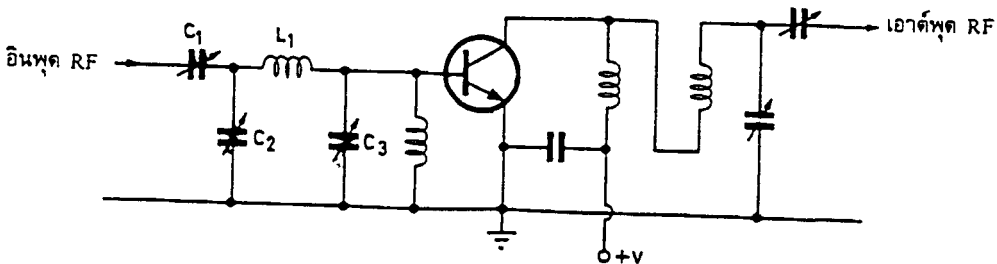
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 วงจรคัปเบลอร์

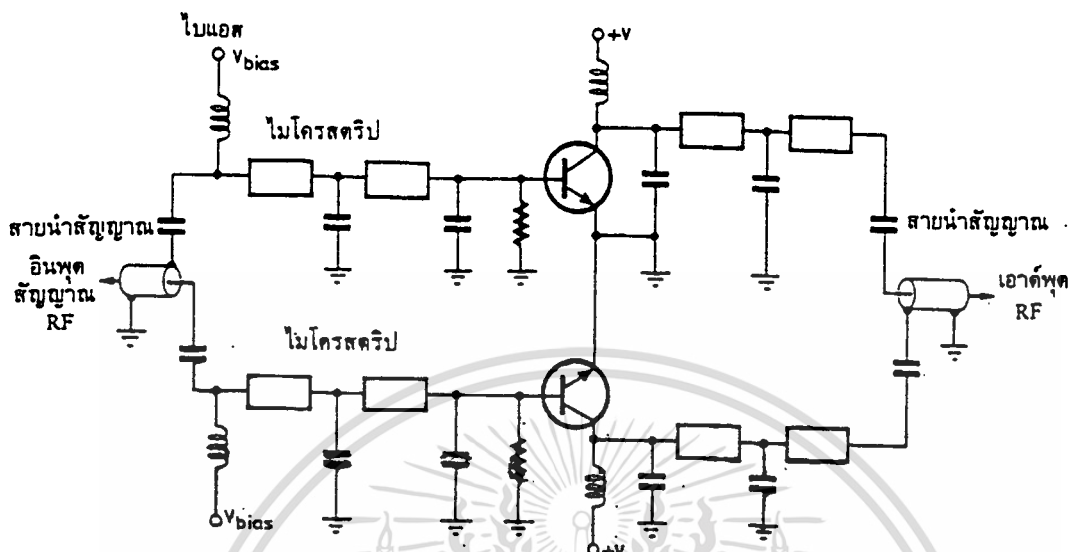
วงจรรขยายกำลัง RF ในกรณีของระบบ FM เราสามารถใช้วงจรรขยายคลาส C ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าในการขยายกำลังได้ โดยทั่วไปวงจรรขยายกำลังมักจะเป็นวงจรรง่าย ๆ แต่การจัดวางอุปกรณ์จำเป็นต้องพิถีพิถัน โดยเฉพาะวงจรที่ทำงานในย่านความถี่สูง ในรูปที่ 10 แสดงวงจรรขยายกำลังในย่านความถี่ VHF 150 เมกะเฮิร์ตซ์ จะเห็นว่าเราใช้ควมเก็บประจุปรับค่าได้ในการแมตซ์อิมพีแดนซ์ คือทำให้อิมพีแดนซ์อินพุตกับเอาต์พุตเท่ากัน รูปที่ 11 เป็นวงจรรขยายกำลังลิเนียร์ในย่านความถี่ UHF ซึ่งต้องวงจรรขยายเป็นวงจรรทูล สันเกตว่าเราใช้อุปกรณ์สตริปไลน์ (strip line) เป็นส่วนหนึ่งของวงจรร สตริปไลน์ในที่นี้ มักทำเป็นลายวงจรรบนแผ่นวงจรรพิมพ์ (printed-circuit board) เรามักพบสตริปไลน์ในวงจรรขยายกำลังที่ทำงานที่ระดับสูงมาก

วงจรรขยายกำลังอีกแบบหนึ่งซึ่งใช้ MOSFET กำลัง (Power Mosfet) สามารถทำงานได้ถึง 100 วัตต์ ความถี่ใช้งานขึ้นไปได้ถึงย่าน VHF ลักษณะวงจรรจะเป็นดังรูปที่ 12 ข้อดีของ MOSFET ก็คือมีความเพี้ยนต่ำและมีอินเตอร์มอดน้อย

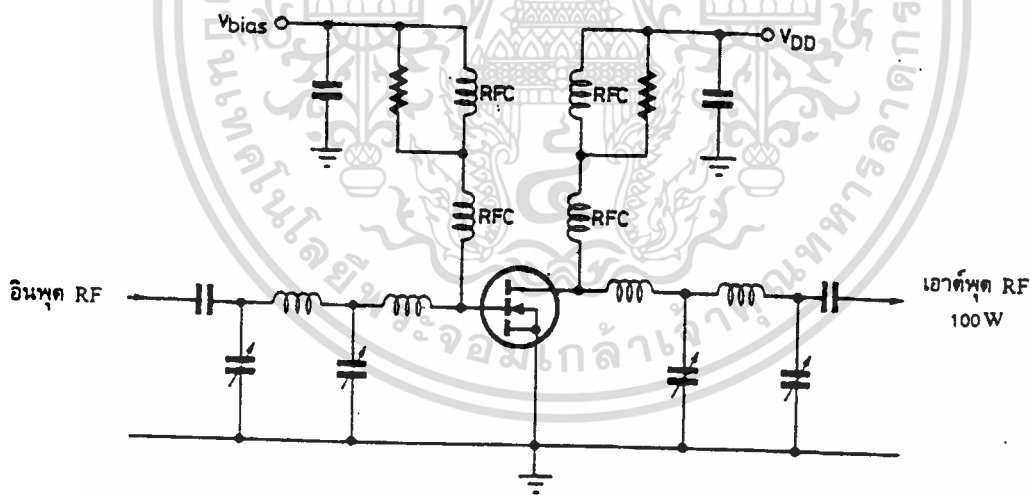


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10 วงจรขยายกำลังคลาส C ในย่านความถี่ VHF



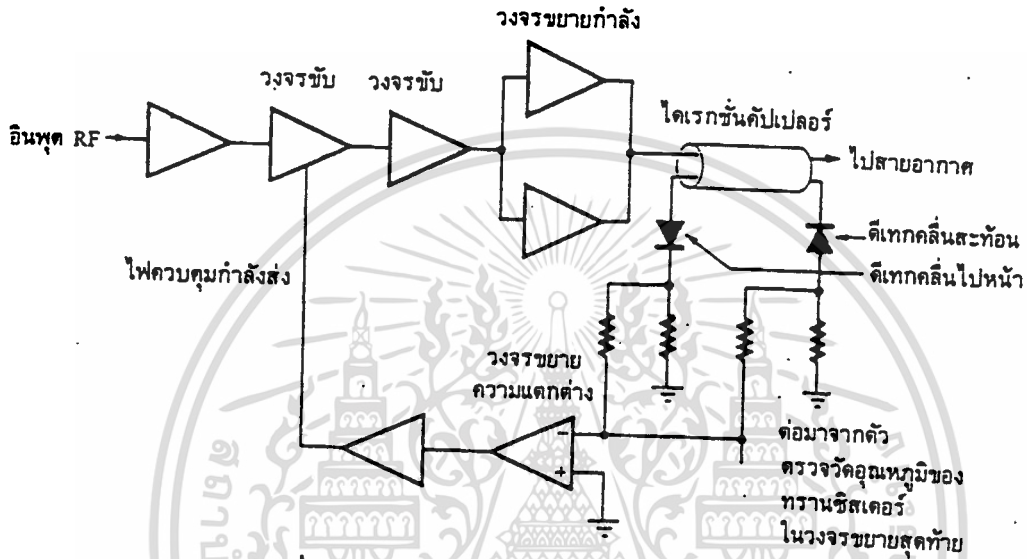
รูปที่ 11 วงจรขยายกำลังลิเนียร์ในย่านความถี่ UHF



รูปที่ 12 วงจรขยายกำลังใช้ MOSFET สำหรับความถี่ 144 MHz

ระบบป้องกันวงจรขยายกำลัง RF โดยปกติภาคขยายกำลัง (นิยมเรียกว่า PA) ควรจะมีระบบป้องกันเพื่อควบคุมกำลังให้คงที่และป้องกันมิให้ทรานซิสเตอร์ภาคสุดท้ายชำรุดเพราะคลื่นสะท้อนกลับ (VSWR สูงเกินไป) รูปที่ 13 เป็นตัวอย่างระบบป้องกันของเครื่องขนาดกำลังส่ง 100 วัตต์ สังเกตว่าปริมาณสัญญาณเอาต์พุตตรวจวัด (sense) โดยใช้ไดโอดตรวจจับไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลอร์ (directional coupler) ซึ่งอยู่ระหว่างฮาร์โมนิกฟิลเตอร์กับสายอากาศ ถ้ากำลังส่งมากเกินไปหรือมีกำลังสะท้อนมากเกินไป คลื่นขับสู่ภาคขยายกำลังจะถูกบังคับให้ลดลง อย่างไรก็ตามการป้อนกลับจากไดโอดตัวที่ตีเทคคลื่นไปหน้า (forward) ของไดเรกชันคัปเพลอร์ก็จะทำให้กำลังส่งเพิ่มขึ้นไปจนกระทั่งถึงค่าที่กำหนดไว้ ส่วนไดโอดตัวที่ตีเทคคลื่นสะท้อนจะทำให้เอาต์พุตลดลงถ้าคลื่นสะท้อนมาก ฉะนั้นกำลังสะท้อนจะถูกควบคุมไว้ไม่เกินระดับหนึ่ง



รูปที่ 13 วงจรป้องกันภาคขยายกำลังสุดท้าย

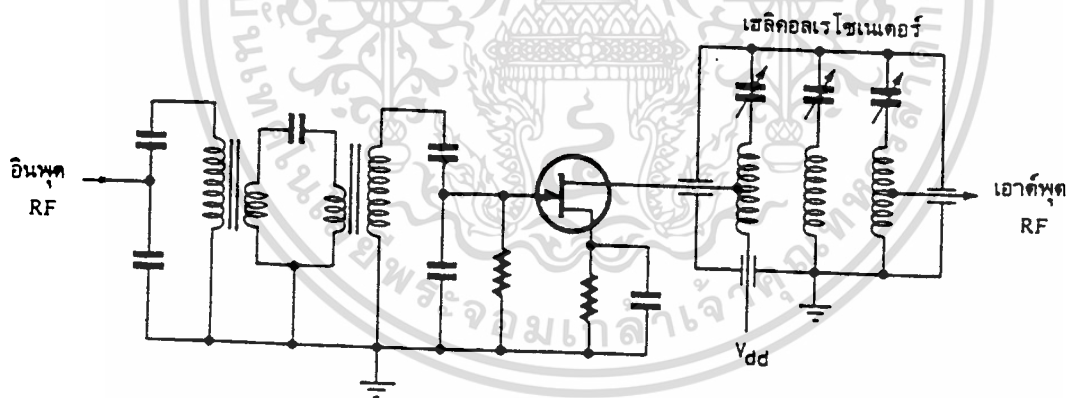
โดยทั่วไปวงจรป้องกันนี้เรานิยมใช้การตรวจวัดอุณหภูมิด้วยเสมอ ถ้าเครื่องส่งใช้งานหนักหรือการระบายความร้อนไม่ดีพอตัวตรวจวัดอุณหภูมิ เช่นเทอร์มิสเตอร์จะบังคับภาคส่งให้หยุดส่งจนกว่าอุณหภูมิจะลดลงวงจรป้องกันบางชนิดใช้วิธีควบคุมหรือจำกัดกระแสที่ไหลในวงจร PA เพื่อเพลาการทำงานลง

วงจรขยาย RF ปกติแล้วเครื่องรับ AM สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีวงจรขยาย RF แต่สำหรับเครื่องรับ FM เราจำเป็นต้องมีวงจรขยาย RF เพื่อให้เครื่องรับสามารถรับสัญญาณขนาดเล็ก ๆ ได้ ระบบ FM มีภูมิต้านทานต่อ noise ฉะนั้นความไวจึงสูง สังเกตว่าเครื่องรับ FM มีความไวไม่เกิน 1 ไมโครโวลต์ แต่เครื่องรับ AM มีความไวประมาณ 30 ไมโครโวลต์ ถ้าหากเราไม่ใช้วงจรขยาย RF ในเครื่องรับ noise ที่เกิดจากมิกเซอร์ก็จะกลบทับสัญญาณที่ต้องการรับจนหมดสิ้น การขยายสัญญาณอินพุตให้แรงขึ้นก่อนจะป้อนให้มิกเซอร์จะช่วยให้ความไวดีขึ้น นอกจากวงจรขยาย RF จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณอินพุตแล้ว แบบคัตวิทซ์ช่วงไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ทำงานของวงจรยังช่วยตัดความถี่เงา และกั้นสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์มิให้ย้อนกลับไปสู่สายอากาศด้วย

วงจรขยาย RF ที่นิยมใช้เครื่องรับ FM มักเป็น FET เนื่องจากมีช่วงไดนามิกกว้างและมีภูมิต้านทานค่อนอยส์สูง รวมทั้งมีเสถียรภาพดี ถ้าหากเครื่องรับใช้งานหลายความถี่และช่วงห่างของความถี่ใช้งาน (frequency spread) ไม่ห่างกันมากนัก วงจรขยาย RF อาจจะใช้แบบที่มีย่านความถี่ผ่านไม่ต้องกว้างนักและสามารถใช้เฮลิคอลลเรโซเนเตอร์ร่วมกับวงจรส่วนหน้าด้วย โดยมีลักษณะวงจรดังรูปที่ 14

ตัวเฮลิคอลลเรโซเนเตอร์นี้มีลักษณะเหมือนกับลวดสายนำสัญญาณที่เป็นเกลียว (spiral) ปลายด้านหนึ่งลัดวงจรปลายอีกด้านหนึ่งเปิดวงจรค่าอิมพีแดนซ์ประจำตัวของสาย (characteristic impedance) จะมีค่าสูง ลวดดังกล่าวบิดที่บอยู่ในช่องโลหะและมีช่องสำหรับให้พลังงานผ่านจากช่องหนึ่งไปยังอีกช่องหนึ่ง ค่า Q (unloaded) ของเฮลิคอลลเรโซเนเตอร์นี้สูงมาก คุณสมบัตินี้เองที่ทำให้สามารถกำจัดอินเตอร์มอดและความถี่เงา ดูวงจรในรูปที่ 14



รูปที่ 14 วงจรขยาย RF ซึ่งใช้เฮลิคอลลเรโซเนเตอร์

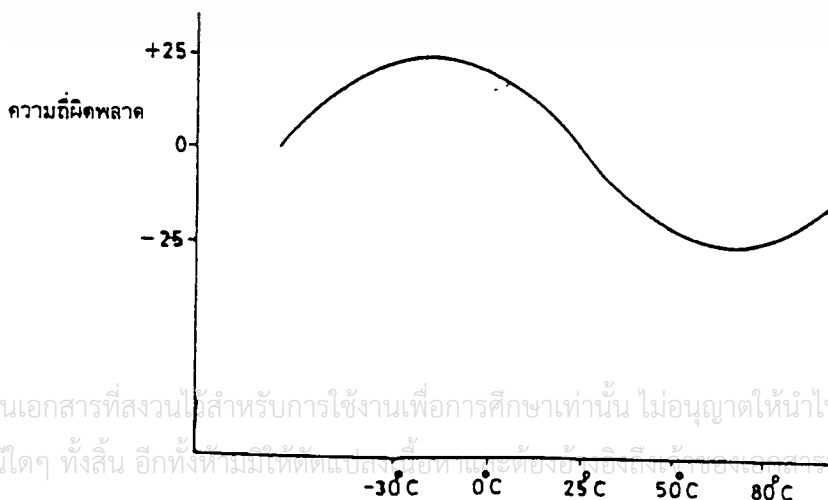
มิกเซอร์ อาจเป็นแบบใช้ทรานซิสเตอร์หรืออาจเป็นแบบใช้ไดโอดซึ่งเป็นมิกเซอร์แบบพาสซีฟในเครื่องรับรุ่นใหม่มานิยมใช้บาลานซ์มิกเซอร์ซึ่งให้คุณสมบัติการกำจัดอินเตอร์มอดดี และขยายสัญญาณได้ด้วยเครื่องรับบางแบบก็ใช้ MOSFET ชนิดเกตคู่เป็นมิกเซอร์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้

โลกออสซิลเลเตอร์ ทำหน้าที่ป้อนสัญญาณอินเจกชันให้แก่วงจรมิกเซอร์ ในกรรมวิธีเฮตเทอร์โรคาบน์เครื่องรับที่ใช้แร่บังคับความถี่มักจะกำเนิดสัญญาณอินเจกชัน โดยใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์ร่วมกับวงจรมัลติพลาย เครื่องรับบางแบบก็ใช้ระบบสังเคราะห์ความถี่

คุณสมบัติของโลกออสซิลเลเตอร์นี้มีความสำคัญต่อคุณภาพของเครื่องรับ โดยเฉพาะความถี่จะต้องเที่ยงตรงและมีเสถียรภาพดีกว่า 10 ppm (ย่อมาจาก Part Per Million หรือ ส่วนในล้านส่วน) ตลอดย่านอุณหภูมิใช้งาน ถ้าเป็นเครื่องรับธรรมดาอาจใช้แร่บังคับความถี่ธรรมดาก็ได้ แต่ถ้าต้องการความถี่ที่เที่ยงตรงมาก จำเป็นต้องใช้แร่อบในกล่องโลหะ (Oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ ข้อเสียของการอบแร่ก็คือเปลืองพลังงานไฟฟ้าไปส่วนหนึ่ง

คริสตอลออสซิลเลเตอร์อีกแบบหนึ่งซึ่งใช้วิธีอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อช่วยขจัดความถี่มิให้ไหลเลื่อน (Drift) ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้วิธีชดเชยอุณหภูมิแบบนี้เรียกว่า TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator) การเปลี่ยนแปลงความถี่ต่ออุณหภูมิของแร่ไม่ เป็นลิเนียร์ (ไม่เป็นเชิงเส้น) แต่เป็นรูปตัว S ดังรูปที่ 15 ฉะนั้นวิธีชดเชยอุณหภูมิจึงต้องเป็นแบบนอนลิเนียร์ด้วย

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของคริสตอลออสซิลเลเตอร์ก็คือ สัญญาณต้องมีความบริสุทธิ์ (ทางความถี่) มิฉะนั้นเมื่อป้อนให้กับมิกเซอร์จะทำให้มีผลตอบสปีวเรียด (spurious response) วิธีแก้ที่นิยมใช้ก็คือใช้การชิลด์และใช้ฟิลเตอร์กรองความถี่ฮาร์โมนิกที่ไม่ต้องการออกไปเสียก่อน นอกจากนี้คุณสมบัตินอยส์ของโลกออสซิลเลเตอร์ ก็มีผลต่อซีเลกติวิตี การเลือกรับสัญญาณและขจัดสัญญาณอินเจกชันนอยส์ปนอยู่ พลังงานอินพุทจะถูกมอดูเลตด้วยนอยส์เมื่อป้อนไปยังวงจรมิกเซอร์ สัญญาณที่นอยส์ก็จะผ่านฟิลเตอร์ IF ได้ ซีเลกติวิตีจึงลดลงด้วยเหตุนี้สัญญาณช่องข้างเคียงอาจมีนอยส์ล้น (spillover) แทรกเข้าไปในช่องความถี่ใช้งานได้



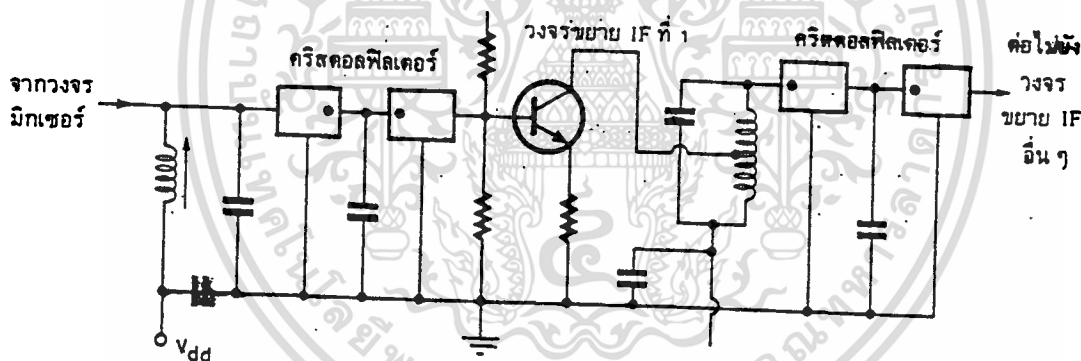
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้นิพนธ์

รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงความถี่ของผลึกแร่ต่ออุณหภูมิ

วงจรขยาย IF เอาท์พุทที่ได้จากมิกเซอร์จะป้อนเข้าสู่คริสตอลฟิลเตอร์ (วงจรกรองความถี่แบบคริสตอล) ทันทดิ่งในรูปที่ 16 ซึ่งใช้ฟิลเตอร์ 2 ขั้ว (pole) 2 ตัวแมตซ์กัน (matched pair) คู่หนึ่งต่อกับอินพุทของวงจร IF และอีกคู่หนึ่งต่อที่เอาท์พุทของวงจร IF

ในกรณีของซิงเกิลคอนเวอร์ชันจะมีวงจรคริสตอลฟิลเตอร์และวงจร IF ต่อถัดมาจากมิกเซอร์แต่ถ้าเป็นในกรณีของดับเบิลคอนเวอร์ชันจากมิกเซอร์ที่หนึ่งจะเป็นคริสตอลฟิลเตอร์ผ่านวงจร IF ต่ำตามลำดับ

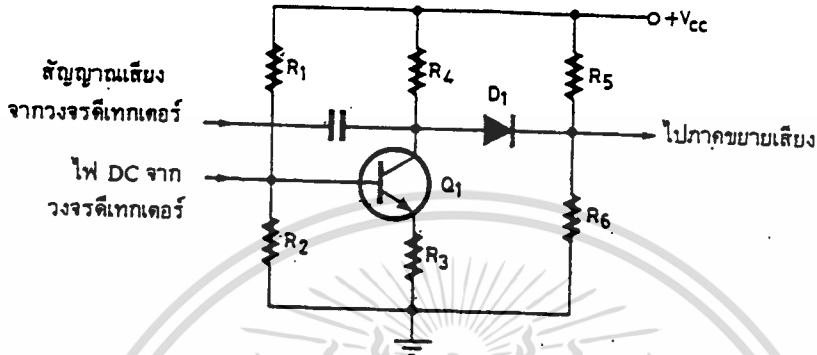
ในระบบซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์ อัตราขยายส่วนใหญ่มักจะมาจากภาค IF ในเครื่องรับยุคแรก ๆ เรามักใช้หลอดหรือทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีมือแปลงกับเบิระหว่างสเตจ (ภาค) แต่ในยุคหลังนี้ ภาค IF จะมีค่าต่ำเราจึงนิยมใช้ไอซีเพียงตัวเดียวทำหน้าที่เป็น IF และคิมอดสำเร็จในตัว



รูปที่ 16 วงจขยาย IF ซึ่งใช้คริสตอลฟิลเตอร์คู่

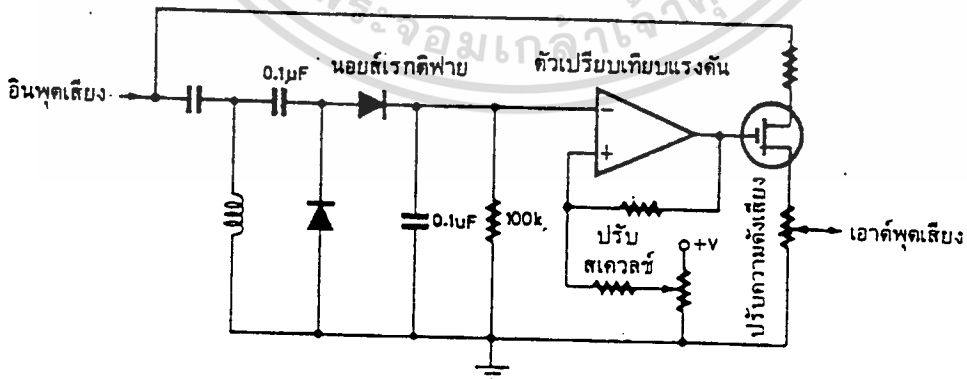
มิวต์หรือสเคลวซ์ ในเครื่องรับที่มีความไวสูง สัญญาณอินพุทที่สายอากาศจะถูกขยายให้แรงมากขึ้นเพื่อป้อนให้วงจรดีเทกเตอร์ ในขณะที่ไม่มีสัญญาณ (ไม่มีพาหะ) ไฟ AGC จะทำให้เครื่องรับมีอัตราขยายเต็มที่ เครื่องรับจึงขยายแต่นอยส์ออกมา เสียงซู่ของนอยส์ที่ออกมาจะสร้างความรำคาญต่อผู้ใช้เครื่องวิทยุ การกำจัดเสียงซู่นี้เราใช้ วงจรสเคลวซ์หรือมิวต์ (mute) วงจรตัดเสียงซู่นี้มีหลายชนิด ในรูปที่ 17 เราใช้แรงดัน DC มาปิดเปิดวงจรขยายเสียงแรงดัน DC ดังกล่าวจะมีค่าเป็นสัดส่วนผกผันกับความแรงของสัญญาณ (พาหะ) ป้อนแก่วงจรสวิทช์  $Q_1$  เมื่อสัญญาณแรง แรงดัน DC จะทำให้  $Q_1$  OFF แรงดันคอลลเลกเตอร์สูงขึ้นไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอด  $Q_1$  นำกระแส สัญญาณเสียงจะผ่านไปวงจรขยายเสียงได้ ถ้าหากพาหะเป็นศูนย์  $Q_1$  จะ ON ทำให้ไดโอด  $Q_1$  หยุดนำกระแสเปรียบเสมือนเปิดวงจรมอดูสซึ่งถูกสักรัดกันมิให้ไปขยายออกลำโพง



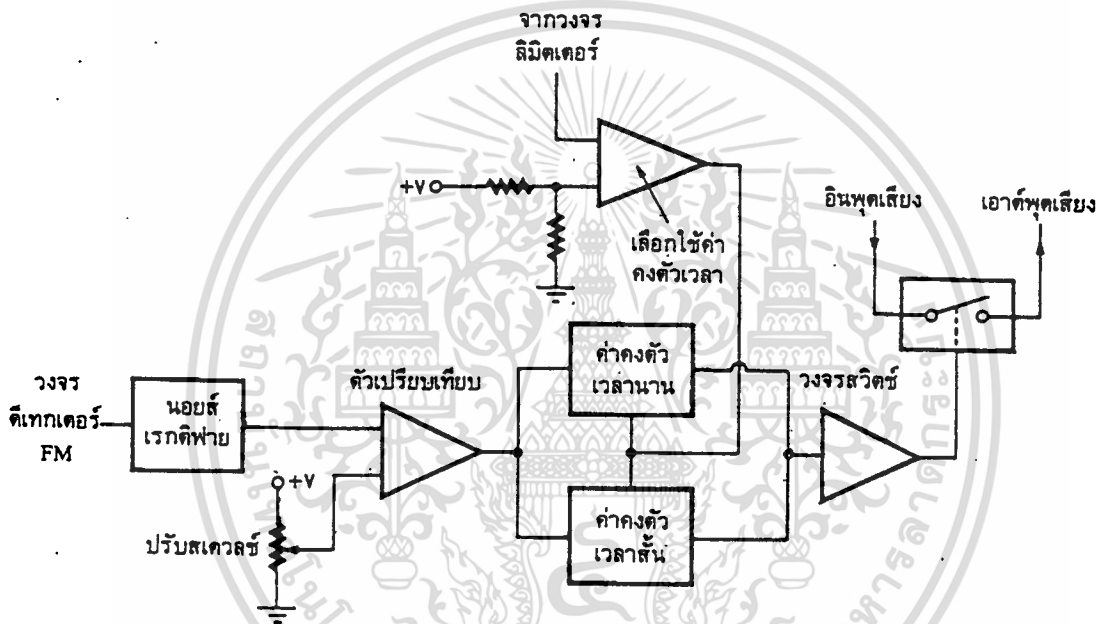
รูปที่ 17 วงจรสแตทัสแบบใช้พาหะบังคับ

ในรูปที่ 18 แสดงหลักการของระบบสแตทัสอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้แพร่หลาย นอยส์จะถูกกรองจากสัญญาณเสียงออกมาและเรกติฟาย (หรือดีเทค) เป็นไฟ DC ป้อนไปเปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงที่รับได้ที่วงจรเปรียบเทียบ (comparator) แล้วนำไปบังคับการทำงานของวงจรสวิตซ์ให้ปิดเปิดเส้นทางของสัญญาณเสียงจะออกไปขยาย



เอกสารนี้เป็นเอกสาร รูปที่ 18 วงจรสแตทัสของเครื่องรับ FM แบบใช้ นอยส์บังคับ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรสแควร์ว้างชนิดใช้ค่าคงตัวเวลา (time constant) 2 ชุด คือ ชุดหนึ่งสั้น (เร็ว) กับอีกชุดหนึ่ง (ช้า) โดย เลือกใช้ชุดค่าคงตัวเวลาสั้นเมื่อสัญญาณแรงและใช้ชุดค่าคงตัวเวลายาวเมื่อสัญญาณอ่อนที่ต้องทำเช่นนี้เพราะว่าในกรณีที่สัญญาณอ่อน สแควร์จะปิด ๆ เปิด ๆ ทำให้สัญญาณขาดตอนเป็นช่วง ๆ รับฟังไม่รู้เรื่อง สังเกตว่าถ้าใช้ค่าคงตัวเวลาสั้นตอนท้ายสัญญาณที่รับฟังจะมีเสียงฟอดสั้น ๆ แต่ถ้าใช้ค่าคงตัวเวลายาวตอนท้ายสัญญาณจะเป็นเสียงชู้นานขึ้น รูปที่ 19 แสดงวงจรสแควร์แบบมีวงจรค่าคงตัวเวลา 2 ชุด การเลือกใช้ค่าคงตัวเวลาชุดใดชุดหนึ่งจะใช้การควบคุมโดยระดับสัญญาณจากลิมิตเตอร์



รูปที่ 19 ระบบสแควร์แบบเลือกใช้ค่าคงตัวเวลาได้ 2 ค่า

### 1.2 ระบบสื่อสารเชื่อมโยง

การสื่อสารเชื่อมโยงทางวิทยุในแต่ละย่านความถี่นั้นมีลักษณะที่แตกต่างกันเนื่องจากคุณสมบัติของการแพร่คลื่นในบรรยากาศที่แต่ละความถี่ไม่เหมือนกัน ย่านความถี่ที่นิยมใช้ติดต่อสื่อสารได้แก่ ย่านความถี่ HF, VHF, UHF และ SHF ลักษณะเด่นของการสื่อสารเชื่อมโยงในย่านความถี่ HF ก็คือสามารถติดต่อสื่อสารได้ไกลมากนับพันกิโลเมตร โดยอาศัยคลื่นฟ้าสะท้อนชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ขั้วสารที่ติดต่อกันได้แก่ เสียงพูด โทรศัพท์ส่งข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความ หรือภาพถ่าย ส่วนใหญ่นิยมใช้คลื่น AM-SSB (AM ซิงเกิลไซด์แบนด์) แบนด์วิดท์ประมาณ 2.5 ถึง 3 กิโลเฮิร์ตซ์

การสื่อสารในย่านความถี่ VHF และ UHF ส่วนใหญ่เป็นการสื่อสารระยะใกล้ ๆ และใช้งานในลักษณะวิทยุโมบายล์ (mobile radio) กล่าวคือสถานีมักจะเคลื่อนที่ไปมา สถานีที่เคลื่อนที่นิยมเรียกว่า โมบายล์ (mobile) ส่วนสถานีที่อยู่กับที่และเป็นสถานีแม่ข่ายนิยมเรียกว่า เบสสเตชัน (base station) ระบบวิทยุโมบายล์นี้มีผู้ใช้เป็นจำนวนมาก เช่น ตำรวจ รพพยาบาล รถดับเพลิง การไฟฟ้า เรือต่าง ๆ ฯลฯ การสื่อสาร โมบายล์แบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น

- ระบบดิสแพตช์ (dispatch system) เป็นการติดต่อสื่อสารแบบมีศูนย์กลางควบคุม การปฏิบัติงานของโมบายล์ ผ่านทางช่องความถี่ร่วม (common channel) โมบายล์สามารถรับฟังข้อความจากพนักงานวิทยุ (operator) ที่เบสสเตชัน และสามารถพูดโต้ตอบกันได้ด้วย บางระบบ โมบายล์สามารถติดต่อกันเองได้โดยตรง บางระบบก็ต้องพูดผ่านศูนย์

- ระบบวิทยุเรียกตัวหรือเพจจิง (radio paging) ระบบวิทยุเรียกตัวนี้เป็นการสื่อสารทางเดียว (one-way) มิใช่การสื่อสารสองทาง (two-way radio) ในระบบนี้สมาชิก (หรือ โมบายล์) จะมีเครื่องรับซึ่งมีรหัสเรียกขานเฉพาะตัว เมื่อมีผู้ต้องการเรียกตัวสมาชิกผู้ใด พนักงานวิทยุที่เบสสเตชันก็จะส่งรหัสมาทางคลื่นวิทยุ ถ้ารหัสที่ส่งมาตรงกับรหัสเรียกขานของสมาชิกผู้นั้น ก็จะแจ้งข้อมูลให้สมาชิกผู้นั้นทราบเพื่อติดต่อกลับไปยังศูนย์ หรือติดต่อไปยังผู้ที่ต้องการเรียกตัว

- วิทยุแพ็กเก็ต (packet radio) เป็นการรับส่งข้อความซึ่งเป็นข้อมูลดิจิทัล โดยผ่านทางคลื่นวิทยุ การรับส่งข้อมูลดิจิทัลเป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยให้สามารถรับส่งข่าวสารได้คราวละมาก ๆ และรวดเร็ว เครื่องรับส่งวิทยุในการติดต่อสื่อสารระบบนี้ ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ต้องการส่ง (เช่น แฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ฯลฯ) จะถูกแปลงและจัดให้อยู่ในรูปแพ็กเก็ตเสียก่อนในแต่ละแพ็กเก็ตจะระบุชื่อสถานีส่งและชื่อสถานีรับ ทั้งสถานีส่งและสถานีรับจะโต้ตอบกันในระหว่างการรับส่งโดยอัตโนมัติ

- วิทยุโทรศัพท์ (radio telephone) เป็นการเชื่อมระบบวิทยุเข้ากับระบบโทรศัพท์ ทำให้เราสามารถติดต่อโทรศัพท์ผ่านเครื่องรับส่งวิทยุที่สถานี โมบายล์ได้เหมือนกับการติดต่อโทรศัพท์ธรรมดา แต่ละสถานีจะมีเครื่องรับส่งวิทยุโมบายล์ ซึ่งมีเลขหมายโทรศัพท์ประจำตัว เมื่อเราต้องการ โทรศัพท์จาก โมบายล์ไปยังสถานที่ใด ก็เพียงหมุนเหมือนกับโทรศัพท์ธรรมดา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

และในทางกลับกันเมื่อมีผู้หมุนโทรศัพท์เข้ามายัง โมบายล์ก็จะมีกริ่งโทรศัพท์เรียกมาที่ โมบายล์เช่นเดียวกับ โทรศัพท์ธรรมดา

นอกจากนี้ระบบวิทยุยังถูกนำไปใช้ประโยชน์ในกิจการสื่อสารอื่น ๆ เช่น ในกิจการ โทรเลข (telegraph) เรียกว่าระบบวิทยุโทรเลข (radio telegraph) ในกิจการโทรพิมพ์ (telex) เรียกว่าระบบวิทยุโทรพิมพ์ (radio telex) ในกิจการโทรสาร (facsimile) เรียกว่าระบบวิทยุโทร สาร (radio facsimile) เป็นต้น

### การสื่อสารระยะไกล

การติดต่อสื่อสารระยะไกลมาก ๆ ทางวิทยุนี้ เรานิยมใช้คลื่นในย่านความถี่ HF โดยทั่วไปจะเป็นเครื่องรับส่งวิทยุประเภท HF/SSB นิยมเรียกการสื่อสารประเภทนี้ว่าการสื่อสาร ในระบบซิงเกิลไซด์แบนด์ ซึ่งสามารถใช้ส่งข่าวสารเสียงพูดหรือจะใช้ส่งรหัสมอร์ส วิทยุโทร พิมพ์ หรือ โทรสารก็ได้ คลื่นในย่านความถี่ HF นี้ สามารถหักเหกลับลงมาจากชั้นบรรยากาศ ไอโอโนสเฟียร์ได้ การสื่อสารโดยอาศัยคลื่นฟ้าเช่นนี้อาจจะเป็นแบบ "ฮอปเดียว" หรือ "หลายฮอป" ก็ได้ ส่วนมากเราต้องใช้กำลังส่งซึ่งสูงพอสมควรคือตั้งแต่ 100 วัตต์ขึ้นไป

การสื่อสารระยะไกลทางวิทยุนี้ เหมาะกับกรณีที่เราหาวิธีการสื่อสารด้วยวิธีอื่นไม่ได้ แล้ว เช่น ข่ายสายโทรศัพท์ยังไม่ถึง เนื่องจากการสื่อสารแบบนี้ประหยัด ใช้งานสะดวก และมีความแน่นอนพอสมควร เราแทบจะกล่าวได้ว่าการติดต่อในระบบซิงเกิลไซด์แบนด์เริ่ม มีบทบาทสำคัญเมื่อพ้นระยะการสื่อสารด้วยคลื่น VHF

ปกติการสื่อสารในย่านความถี่ HF นั้นเราจะใช้สื่อสารในระยะไกล (ระยะทางเกินกว่า 800 กิโลเมตร) และระยะปานกลาง (ประมาณ 150 ถึง 800 กิโลเมตร) เป็นส่วนใหญ่ แต่ความจริงการสื่อสารระยะใกล้ ๆ (ไม่เกิน 150 กิโลเมตร) ก็สามารถติดต่อกันได้โดยคลื่นดิน จะเห็น ว่ารูปที่ 20 การที่จะบังคับให้คลื่นเดินทางขึ้นไปแล้วหักเหกลับลงมา เพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกันระหว่างสถานีทั้งสองนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ คือ

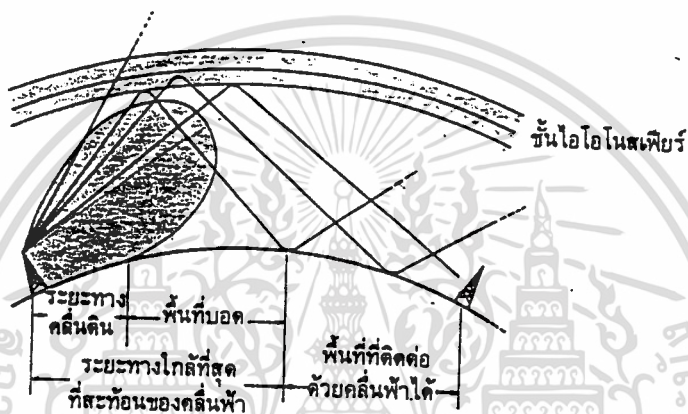
- เราจะต้องส่งสัญญาณในช่วงเวลาที่ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์อยู่ในสถานะ ที่สามารถหักเหสัญญาณกลับลงได้

- เราจะต้องเลือกความถี่ใช้งานให้เหมาะสมกับช่วงเวลาขณะนั้น และสัมพันธ์กับมุม ยิง (take off angle)

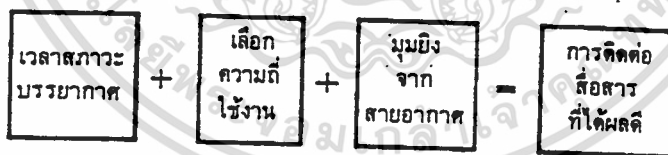
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คลื่นจากสายอากาศของเครื่องส่ง มีมุมยิงที่ถูกต้อง

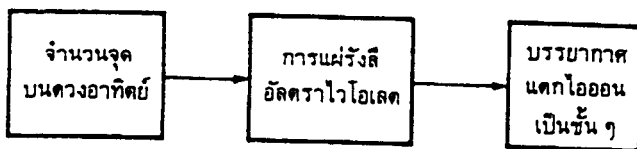
ความจริงแล้วองค์ประกอบทั้ง 3 ข้อข้างต้นมีความสัมพันธ์กัน หากขาดข้อใดข้อหนึ่งไปเสียการติดต่อสื่อสารก็จะไม่ได้ผลคืออย่างไรก็ตามสภาวะบรรยากาศนั้นมนุษย์เราก็ยังไม่สามารถบังคับให้เป็นไปตามต้องการได้แต่สัญญาณที่จะส่งไปนั้น เราเลือกตามความต้องการได้ นั่นคือเราสามารถเปลี่ยนความถี่มุมยิง หรืออื่น ๆ เพื่อให้สัญญาณสามารถหักเหกลับลงมาได้ เราจึงใช้วิธีควบคุมองค์ประกอบดังกล่าวนี้ เพื่อให้การติดต่อสื่อสารกระทำได้ดีที่สุด



รูปที่ 20 การสื่อสารในระบบ HF / SSB (HF / ซิงเกิลไซด์แบนด์)



รูปที่ 21 องค์ประกอบในการติดต่อสื่อสารด้วยคลื่นฟ้า



รูปที่ 22 อิทธิพลของดวงอาทิตย์ต่อชั้นไอโอโนสเฟียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราได้ทราบมาแล้วว่าสภาวะบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์นั้นเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา บางช่วงเวลาก็ช่วยให้สื่อสารได้แต่บางช่วงเวลาก็กีดกันทำให้สื่อสารไม่ได้ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการติดต่อสื่อสารทางคลื่นฟ้าเนื่องจากเราต้องปรับการติดต่อสื่อสารของเราให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของไอโอโนสเฟียร์ การที่เราจะปรับตามเพื่อชดเชยการเปลี่ยนแปลงของฟ้าหรือชั้นบรรยากาศ (ไอโอโนสเฟียร์) ได้นั้น เราจำเป็นต้องทราบข้อมูลของฟ้าด้วยข้อมูลดังกล่าวจะช่วยให้เราสามารถทำนายได้ว่าเราควรเลือกใช้ความถี่เท่าใด สำหรับในสภาวะนั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาบรรยากาศนั้นเราเรียกว่า เครื่องหึ่งบรรยากาศ หรือไอโอโนซอนด์ (ionosonde) ซึ่งอาศัยหลักการยิงคลื่น โดยกวาดความถี่หลาย ๆ ค่าขึ้นไปแล้วรับสัญญาณที่หักเหกลับลงมาทำให้เราสามารถทราบความสูงของชั้นบรรยากาศไอโอโนสซอนด์นี้ได้ และทราบถึงข้อมูลปัจจุบันของบรรยากาศเพื่อให้ประโยชน์ในการเลือกความถี่ใช้งานได้

อย่างไรก็ตามผู้ใช้บางรายที่ไม่มีเครื่องหึ่งบรรยากาศก็จะไม่สามารถทราบได้ว่าความถี่หรือเวลาที่เหมาะสมในการสื่อสารควรเป็นเท่าใด ฉะนั้นจึงได้มีการจัดตั้งหน่วยงานสากลขึ้นเพื่อเป็นหน่วยงานกลางในการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับดวงอาทิตย์คือ หอดูดาวแห่งประเทศเบลเยียม (Royal Observatory of Belgium) ข้อมูลจุดบนดวงอาทิตย์ (sunspot) นี้ได้ถูกนำมาใช้ในการทำนายสภาวะบรรยากาศในระยะยาวได้ เมื่อเราทราบสภาวะบรรยากาศเราก็สามารถเลือกใช้ความถี่และมุมยิงที่เหมาะสมได้



รูปที่ 23 เครื่องหึ่งบรรยากาศไอโอโนซอนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แนวทางการเลือกความถี่ใช้งาน

ในย่านความถี่ HF 3 ถึง 30 เมกะเฮิร์ตซ์นั้น โดยปกติแล้วเรามักจะใช้สื่อสารกันใน ช่วงความถี่ระหว่าง 2 ถึง 15 เมกะเฮิร์ตซ์เท่านั้น เนื่องจากในย่านความถี่ต่ำกว่า 2 เมกะเฮิร์ตซ์ การสื่อสารด้วยคลื่นฟ้าไปได้ไม่ไกล ส่วนย่านความถี่ที่สูงกว่า 15 เมกะเฮิร์ตซ์ขึ้นไป การสื่อสารไปได้ไกลมาก คือสามารถผ่านข้ามประเทศไปได้เลย ซึ่งในทางกลับกันเราก็มีโอกาที่จะถูกรบกวนจากสถานีประเทศอื่นในย่านความถี่นี้ได้ด้วยถ้าหากสถานีนั้น ๆ เลือกใช้ความถี่ดังกล่าวนี้

หลักการทั่วไปในการสื่อสารย่าน HF นี้ ก็คือ ความถี่สูงไปได้ไกลกว่าความต่ำ (เพราะ มุมหักเหของความถี่สูงกว้างกว่า และการลดทอนกำลังของคลื่นในบรรยากาศน้อยกว่า) และ เมื่อใช้ความถี่เดียวกันกลางคืนจะสื่อสารได้ไกลกว่ากลางวัน (เพราะบรรยากาศชั้น F ลอยสูงขึ้นไปในตอนกลางคืน) ข้อมูลต่อไปนี้เป็นแนวทางการเลือกความถี่ใช้งานในย่านความถี่ HF

10 ถึง 15 เมกะเฮิร์ตซ์ ย่านความถี่นี้เหมาะกับการสื่อสารระยะไกลมาก เช่น การติดต่อในมหาสมุทรของเรือเดินสมุทร ติดต่อสื่อสารข้ามประเทศ เป็นต้น ระยะทางติดต่อกันได้ไกลถึง 4500 กิโลเมตรในตอนกลางวัน

8 ถึง 10 เมกะเฮิร์ตซ์ ย่านความถี่นี้ส่วนใหญ่ใช้ในกิจการกระจายเสียงคลื่นสั้น การสื่อสารติดต่อได้ไกลถึง 3000 กิโลเมตรในตอนกลางวัน

7 ถึง 8 เมกะเฮิร์ตซ์ ระยะติดต่อสื่อสารตอนกลางวันไปได้ไกลถึง 1000 กิโลเมตร ส่วนตอนกลางคืนระยะหวังผลจะได้ไม่เกิน 15 กิโลเมตร หรือมากกว่า 1000 กิโลเมตรขึ้นไป เนื่องจากมีพื้นที่บอด

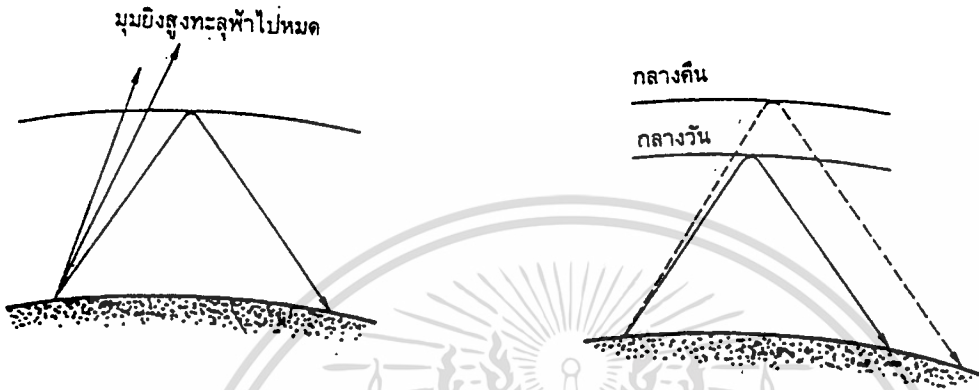
5 ถึง 6 เมกะเฮิร์ตซ์ ย่านความถี่นี้มีการใช้งานคับคั่งมาก กลางวันติดต่อได้ไกลประมาณ 500 กิโลเมตร การจางหายสัญญาณมีน้อย แต่การรบกวนระหว่างสถานีมีมาก ระยะทางติดต่อตอนกลางคืนจะได้ไม่เกิน 80 กิโลเมตร หรือเลย 750 กิโลเมตรออกไป

4 ถึง 5 เมกะเฮิร์ตซ์ ระยะหวังผลไปได้ถึง 300 กิโลเมตร โดยการรบกวนและจางหายน้อยมาก

3 ถึง 4 เมกะเฮิร์ตซ์ ในตอนกลางวันระยะทางติดต่อได้ 150 กิโลเมตร ส่วนตอนกลางคืนไปได้ไกลออกไปอีก อาจได้ถึง 1000 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ถึง 3 เมกะเฮิร์ตซ์ ในเวลากลางวันระยะทางติดต่อไปได้ไกล่มากไม่เกิน 50 กิโลเมตร ในตอนกลางคืนการติดต่ออาจจะไปได้ไกลถึง 600 กิโลเมตร ย่านความถี่นี้นิยมใช้ในการติดต่อสื่อสารในเวลากลางคืน



(ก) ความถี่สูงไปได้ไกลกว่าความถี่ต่ำ

(ข) กลางคืนติดต่อได้ไกลกว่ากลางวัน

รูปที่ 24 แสดงลักษณะของบรรยากาศในการสะท้อนคลื่น

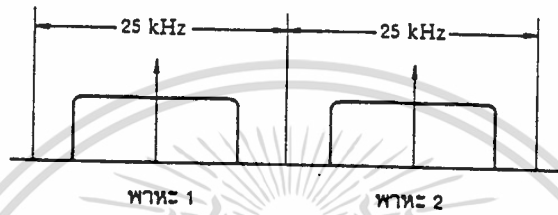
### การสื่อสารแบบโมบายล์

การสื่อสารแบบโมบายล์ส่วนใหญ่จะใช้งานในย่านความถี่ VHF และ UHF โดยใช้คลื่นอากาศในการติดต่อสื่อสารลักษณะการใช้งานมักจะติดต่อกันระหว่างสถานีประจำที่หรือเบสสเตชันกับโมบายล์ เช่นติดต่อบริษัทการบินกับเครื่องบิน ศูนย์วิทยุกับรถดับเพลิง การควบคุมเรือในท่าเรือ กิจการตำรวจ กิจการทหาร หน่วยซ่อมบำรุงนอกที่ตั้งของการไฟฟ้าหรือโทรศัพท์ รถเมล์ ฯลฯ ระยะทางติดต่อมักจะอยู่ในระยะสายตา (LOS) รัศมีการติดต่อสามารถขยายให้ไกลกว่านี้ได้แก่ ภูเขา ตึกหรืออาคารสูง ๆ ซึ่งปิดกั้นการเดินทางของคลื่น วิธีแก้ก็คือเรามักใช้สถานีที่สูงเหล่านั้นเป็นสถานที่ติดตั้งสายอากาศของสถานีรีพีตเตอร์เสียเลย ซึ่งช่วยให้ระยะสายตาไกลออกไปกว่าเดิมอีกด้วย

เนื่องจากจำนวนแชนเนล (ช่อง) ที่ใช้งานค่อนข้างจำกัด เพราะมีผู้ใช้ความถี่ในย่านนี้มีจำนวนมหาศาลโดยเฉพาะในย่านความถี่ 132 ถึง 174 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 430 ถึง 470 เมกะเฮิร์ตซ์ เรานิยมใช้ระบบ FM และจำกัดระยะห่างระหว่างแชนเนลไว้เพียง 25 กิโลเฮิร์ตซ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เปรียบเทียบกับวิทยุกระจายเสียง FM ซึ่งระยะห่างระหว่างแชนเนล เท่ากัน 250 กิโลเฮิร์ตซ์) ดังรูปที่ 25 การที่แบนด์วิดท์กำหนดไว้แคบเช่นนี้จะทำให้ความถี่ของภาคส่งและภาครับของเครื่องรับส่งวิทยุจะต้องมีเสถียรภาพสูง ซึ่งก็คือต้องใช้ผลึกแร่บังคับความถี่ ระบบ FM ที่มีแบนด์วิดท์แคบนี้ เรียกว่า "NBFMW" (ย่อมาจาก narrowband FM)



รูปที่ 25 แบนด์วิดท์ของระบบ FM แบนด์วิดท์แคบ

ลักษณะของการใช้งานจะเป็นตัวกำหนดพื้นที่ใช้งาน (service area) ส่วนใหญ่มักจะกระจายอยู่รอบ ๆ เครื่องส่ง จึงนิยมใช้สายอากาศรอบตัวและชนิดโพลาริเซชันแนวตั้ง เพื่อให้เหมาะสมกับการติดตั้งบนรถยนต์ หรือยานพาหนะอื่นที่ตัวโมบายล์ ตัวอย่างของการใช้งานประเภทนี้ได้แก่ระบบดิสแพตช์เพื่อควบคุมการปฏิบัติงานของโมบายล์ ในบางกรณีรูปร่างของพื้นที่ใช้งานไม่เป็นวงกลม เช่นเป็นแนวยาวตามเส้นทางของถนน เส้นทางรถไฟหรือเส้นทางท่อก๊าซหรือท่อน้ำมัน เป็นต้น ซึ่งเราควรจะใช้สายอากาศทิศทางเพื่อบังคับทิศทาง (เช่น สายอากาศขยาภิ) และชนิดโพลาริเซชันแนวตั้ง ยิงออกไปในทิศทางที่ต้องการ วิธีนี้ช่วยให้เราประหยัดกำลังมีให้ออกไปในพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้งาน

กำลังส่งของทั้งเบสสเตชันและโมบายล์มักจะจำกัดอยู่ในช่วง 150 วัตต์ เพราะการเพิ่มกำลังขึ้นไปมากก็ไม่ช่วยให้พื้นที่ใช้งานไปไกลกว่าระยะสายตามากนัก และนอกจากนี้ยังเป็นเครื่องส่งโมบายล์ด้วยแล้วการใช้งานในรถยนต์จะยังเป็นปัญหายิ่งขึ้น เนื่องจากพลังงานในรถยนต์มีจำกัดเพราะใช้แบตเตอรี่สำหรับที่เบสสเตชันเครื่องส่งจะใช้กำลังจากไฟฟ้าบ้าน (220 VAC) บางครั้งก็มีแบตเตอรี่จ่ายไฟฉุกเฉินด้วย การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งแรกที่พิจารณาควรจะเป็นรัศมีทำการความจริงแล้วการสื่อสาร โมบายล์ขึ้นอยู่กับผู้  
ใช้เป็นสำคัญแต่ละระบบมีลักษณะเด่นและค้อยในตัวของมันเอง การเลือกระบบที่เหมาะสม  
จึงขึ้นอยู่กับลักษณะงานเป็นหลักข้อพิจารณาเกี่ยวกับรัศมีทำการ ได้แก่

- ย่านความถี่ใช้งาน
- กำลังของเครื่องส่ง
- ความสูงของสายอากาศส่ง
- ความไวของเครื่องรับ

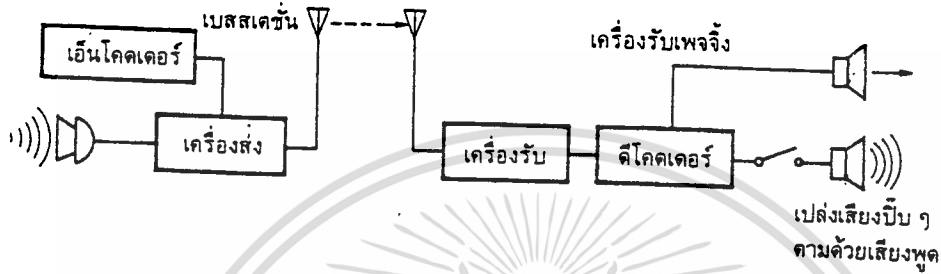
ข้อมูลที่ระบุในตารางที่ 1 เป็นค่าประมาณเท่านั้น เพื่อช่วยให้การคาดหมายระยะทาง  
ติดต่อกันว่าไปได้ไกลเท่าใด อย่างไรก็ตาม รัศมีทำการของการสื่อสาร โมบายล์สามารถขยายให้  
กว้างขวางได้ โดยใช้ระบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ใช้เครื่องรับบริวาร (satellite หรือ  
diversity receiver) ใช้รีโมตคอนโทรลไปยังเครื่องรับส่งวิทยุ หรืออาจใช้รีพีตเตอร์ ฯลฯ

ระยะที่ติดต่อสื่อสาร ไมล์	ระยะที่ติดต่อสื่อสาร กิโลเมตร	ชนิดของเครื่องรับส่งวิทยุ	ย่านความถี่และกำลังส่ง
1-2	1.6-3.2	มือถือกับมือถือ	VHF หรือ UHF 1 วัตต์
2-5	3.2-8	มือถือกับมือถือ	VHF 1-5 วัตต์
0-10	0-16	โมบายล์กับ โมบายล์	VHF หรือ UHF 25 วัตต์
0-20	0-30	โมบายล์กับเบส	VHF หรือ UHF 25 วัตต์
0-30	0-48	โมบายล์กับเบส	VHF 50 วัตต์
0-35	0-56	โมบายล์กับ โมบายล์	VHF 25 วัตต์ ผ่านรีพีตเตอร์
40-500	64-805	โมบายล์กับ โมบายล์	HF/SSB 100 วัตต์
40-3000	64-4800	โมบายล์กับเบส	HF/SSB 100 วัตต์

ตารางที่ 1 แนวทางการเลือกเครื่องรับส่งวิทยุ สำหรับระยะทางติดต่อสื่อสารต่าง ๆ

การรับส่งข่าวสารในระบบวิทยุ โมบายล์ จะเป็นการติดต่อทางเดียวหรือสองทางก็ได้  
และความถี่ที่ใช้อาจเป็นแบบความถี่เดียวหรือสองความถี่ก็ได้ เราแบ่งวิธีการรับส่งข่าวสารได้  
ดังนี้ นี่เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

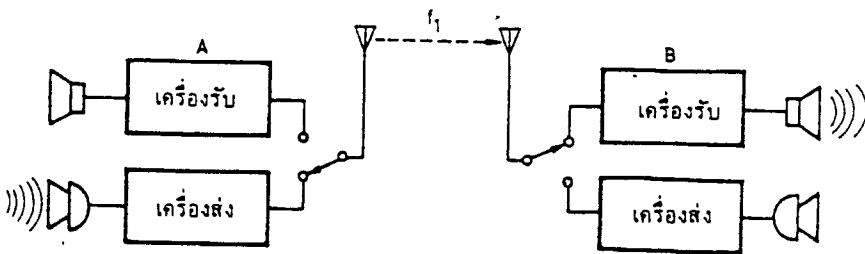
- ระบบสื่อสารทางเดียว ได้แก่ระบบวิทยุเรียกตัว (เพจจิ้ง) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องส่งวิทยุเพจจิ้งที่ศูนย์เพจจิ้งกับสมาชิก (ลูกข่าย) ซึ่งจะเป็นเครื่องรับวิทยุเพจจิ้ง การติดต่อสื่อสารทางวิทยุจะไปจากศูนย์สู่สมาชิกได้ทางเดียว



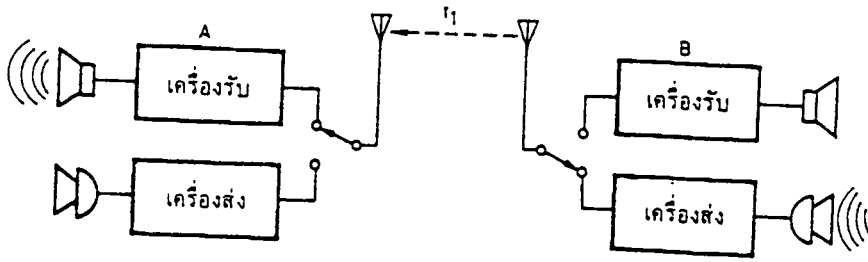
รูปที่ 26 ระบบวิทยุเรียกตัวหรือเพจจิ้ง

- ระบบสื่อสารสองทาง ส่วนใหญ่ระบบวิทยุโมบายล์จะเป็นแบบติดต่อได้สองทาง กล่าวคือ โมบายล์กับเบสเสตชันสามารถรับและส่งข่าวสารแลกเปลี่ยนหรือโต้ตอบกันได้ ถ้าการรับส่งข่าวสารเป็นแบบรับหรือส่งคนละครั้ง เรียกว่าแบบ ซิมเพิล็กซ์ (simplex) และถ้ารับกับส่งได้พร้อมกันเรียกว่าแบบ ดูเพล็กซ์ (duplex)

- การทำงานของระบบซิมเพิล็กซ์ จากรูปที่ 27 สถานี A จะส่งข่าวสารไปยังสถานี B ในขณะที่สถานี B จะรับจากสถานี A (รูป ก) ในทางกลับกัน สถานี B จะส่งข่าวสารไปยังสถานี A โดยมีสถานี A จะรับจากสถานี B ทั้งสองสถานีทำงานที่ความถี่เดียวกัน นั่นคือใช้ความถี่เดียวเรียกว่า ซิมเพิล็กซ์ความถี่เดียว (single frequency simplex)



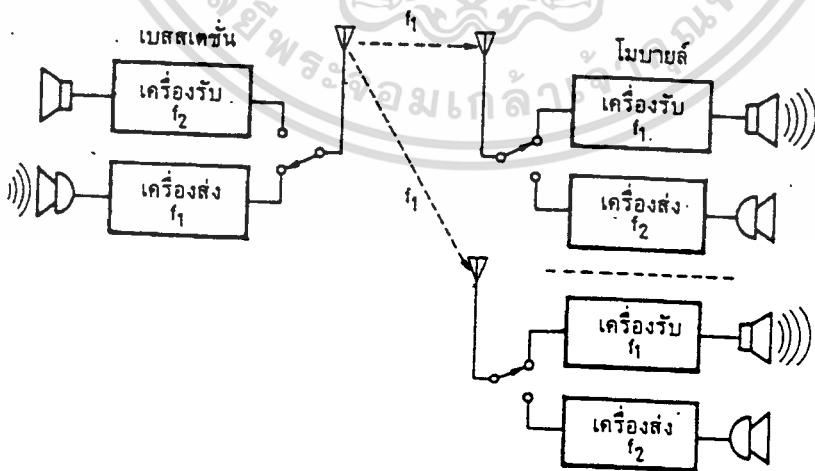
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (ก) จากเบสเสตชันไปยังระบบโมบายล์  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) จากระบบโมบายล์ไปยังเบสสเตชัน

## รูปที่ 27 การทำงานแบบซิมเพิล็กซ์ความถี่เดียว

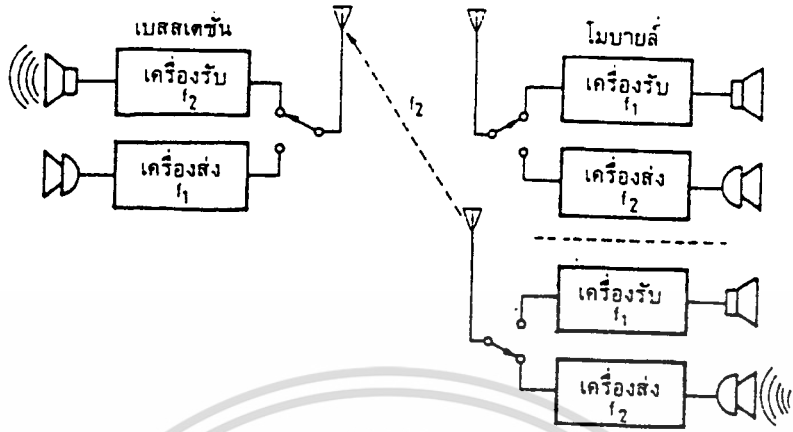
ถ้าหากสถานี A ส่งความถี่เดียวกับความถี่รับของสถานี B ส่งความถี่เดียวกับความถี่รับของสถานี A และเป็นซิมเพิล็กซ์เช่นเดิม แต่ใช้ความถี่ 2 ความถี่ ดังรูปที่ 28 สังเกตว่าการรับส่งจะเกิดขึ้นคนละครั้ง การทำงานแบบนี้เป็นแบบ ซิมเพิล็กซ์สองความถี่ (two frequency simplex) จะเห็นว่าในกรณีนี้โมบายล์จะติดต่อตนเองไม่ได้ เว้นแต่ว่าเบสสเตชันจะทำงานเป็นรีพีตเตอร์ ดังรูปที่ 29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

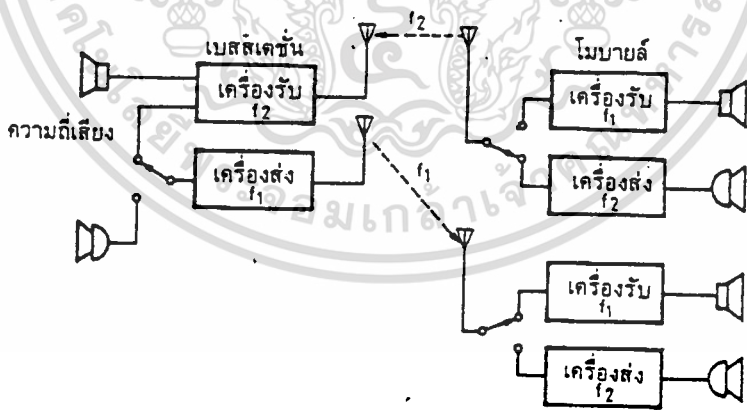
(ก) เบสไปยังโมบายล์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



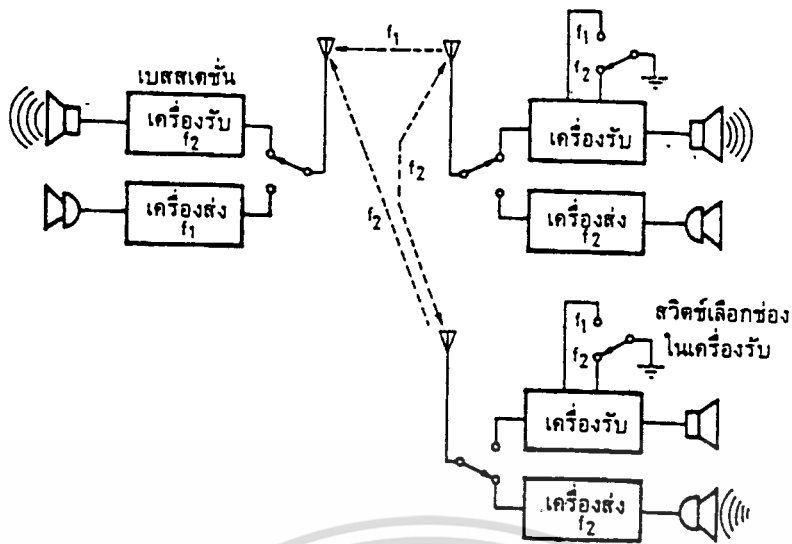
(ข) โมบายล์ไปยังเบส

รูปที่ 28 การทำงานแบบซิมเพล็กซ์สองความถี่

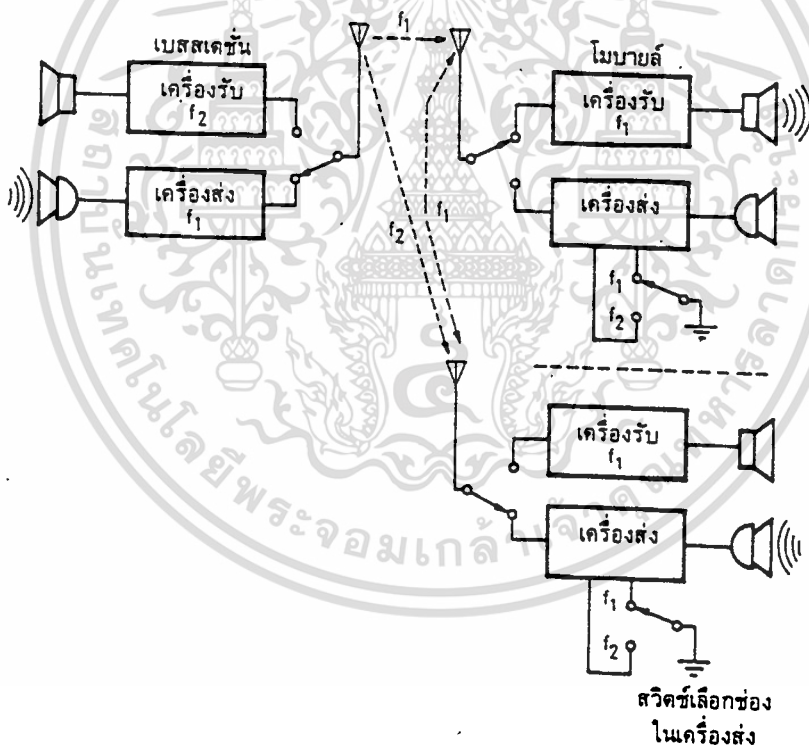


(ก) การติดต่อระหว่างโมบายล์ โคปให้เบสเสตชันเป็นรีพีตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การใช้เครื่องรับของโมบายล์เลือกทำงานได้ 2 ความถี่ เพื่อช่วยให้โมบายล์ติดต่อกันได้โดยตรง



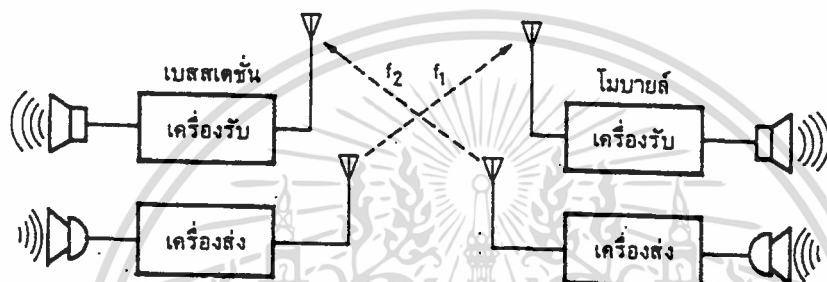
(ค) การใช้เครื่องส่งของโมบายล์เลือกทำงานได้ 2 ความถี่ เพื่อช่วยให้โมบายล์ติดต่อกันได้โดยตรง

รูปที่ 29 เบสสเตชันที่ทำงานเป็นรีพีตเตอร์

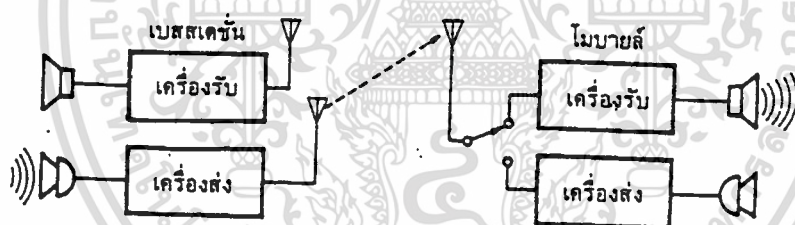
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 29 (ข) และ (ค) แสดงการใช้งานผสมกันระหว่างซิมเพิล็กซ์ความถี่เดียวกับซิมเพิล็กซ์สองความถี่เพื่อให้โมบายล์สามารถติดต่อกันได้โดยตรงโดยการส่งหรือเครื่องรับของ โมบายล์สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งความถี่  $f_1$  และ  $f_2$

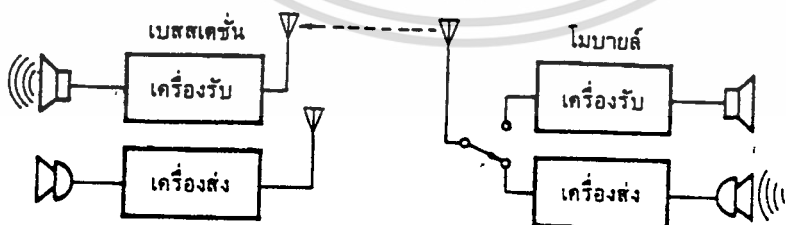
- การทำงานของระบบดูเพล็กซ์ จากรูปที่ 30 จะเห็นว่าทั้งเบสสเตชันและโมบายล์สามารถรับส่งข่าวสารได้พร้อมกันทั้ง 2 ทาง ดังรูปที่ 31 กึ่งดูเพล็กซ์ (semiduplex) เนื่องจากเบสสเตชันทำงานแบบดูเพล็กซ์แต่โมบายล์ทำงานแบบซิมเพิล็กซ์สองความถี่



รูปที่ 30 การทำงานแบบดูเพล็กซ์



(ก) จากเบสสเตชันไปยังระบบ โมบายล์



(ข) จาก โมบายล์ไปยังเบสสเตชัน

รูปที่ 31 การทำงานแบบกึ่งดูเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 หลักการทำงานโดยรวมของการขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF

จากบทนำ และบทที่ 1 ข้างต้นนี้ได้แสดงข้อดีข้อเสียคุณลักษณะและวิธีการต่างๆที่ใช้ในการขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF ซึ่งจากในคุณลักษณะต่างๆที่กล่าวมานั้นเมื่อนำมาผสมผสานกันก็จะทำให้เกิดหลักการการทำงานของการทำงานของการขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF ซึ่งจะมีส่วนประกอบด้วยกัน 6 ส่วน คือ ส่วนของภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit) ภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก (Ring Circuit) ภาคส่วนของวงจรไมค์อัดโน้ตและระบบการวางสายอัดโน้ต (Vox Circuit) ภาคส่วนของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าและระบบจ่ายกำลังสำรอง (Power Supply Circuit) ภาคระบบสั่งการทางวิทยุรับส่ง (Control System Circuit) และส่วนสุดท้ายเป็นภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit) ซึ่งจะได้ขอกกล่าวไว้ในบทที่ 3 , 4 , 5 , 6 , 7 และ 8 ตามลำดับ โดยทั้งหมด 6 ภาคการทำงานนั้นจะประกอบด้วยลูกเล่น (Option) ในการใช้งานดังนี้

1. ระบบการป้องกันการขโมยการใช้งานโทรศัพท์
2. ระบบการวางสายอัดโน้ตเมื่อเกิดสายเสียหรือเกิดการลี้มวงสาย
3. ระบบการสั่งการทางวิทยุ (เพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า 2 ช่อง)
4. ระบบจ่ายกำลังงานไฟสำรอง

### หลักการการทำงานของวงจรในส่วนของ Line Interface Block

โดยหลักการการทำงานของวงจรส่วนของ Line Interface Block นั้นสามารถที่จะแบ่งการทำงานนั้นออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆซึ่งแต่ละส่วนนั้นไม่สามารถที่จะแยกการทำงานออกจากกันได้เพราะถ้าหากไม่มีการทำงานที่ส่วนใดส่วนหนึ่งก็จะทำให้การทำงานของ Line Interface Block นั้นจะทำงานได้ไม่สมบูรณ์ซึ่งแต่ละส่วนจะมีดังนี้คือ

- ภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit)
- ภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก (Ring Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- ภาคส่วนของวงจรไมค์อัดโน้ตและระบบการวางสายอัดโน้ต (Vox Circuit)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

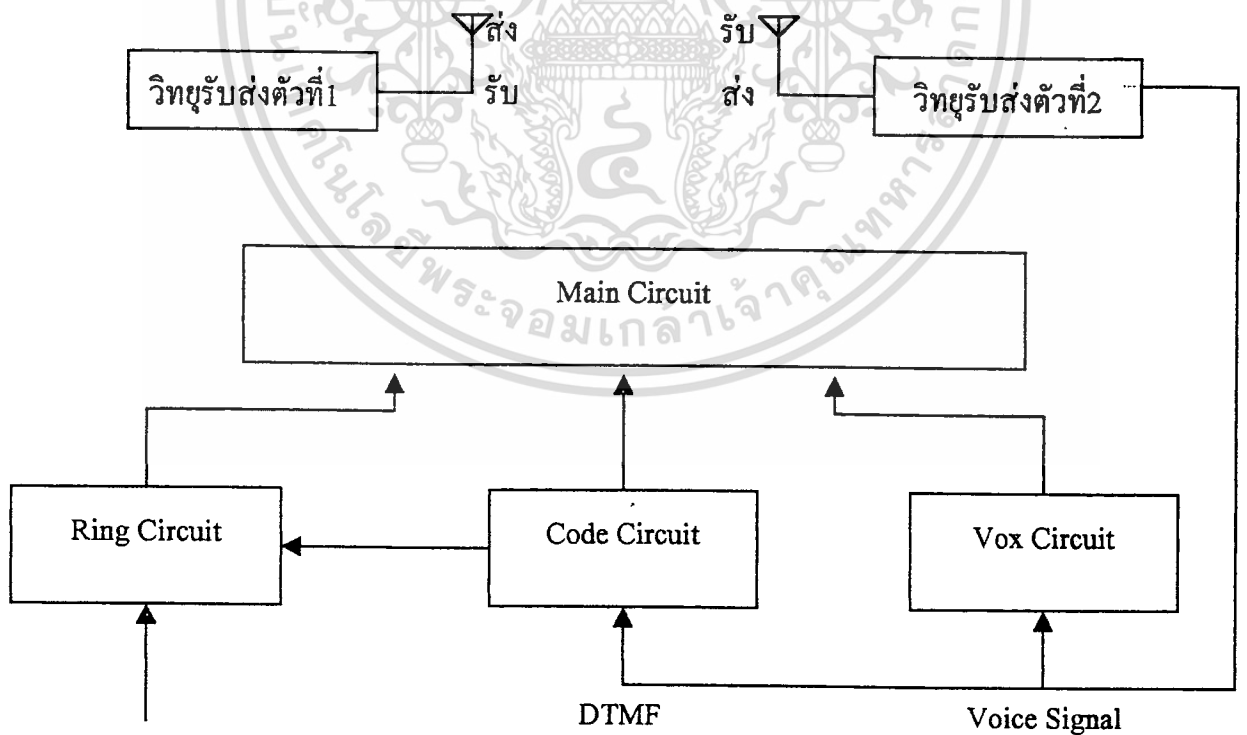
- ภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit)

ซึ่งจะขอกล่าวในเพื่อให้เกิดภาพรวมๆก่อนที่จะเข้าไปอธิบายในส่วนของวงจรในภาคต่างๆที่ละภาคต่อไปโดยละเอียด โดยในลักษณะการทำงานของวงจรในส่วนของ Line Interface Block ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังนี้ครั้งแรกสมมุติว่าผู้ใช้ต้องการที่จะโทรออกโดยโทรออกจากเครื่องวิทยุรับส่งโดยผ่าน โมดุลวงจรการขยายการใช้โทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF โดยเริ่มแรกผู้ใช้นั้นกดรหัสซึ่งเป็นรหัสที่ผู้ใช้การตั้งไว้เอง เมื่อกรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (Dual Tone Multi Frequency) หรือที่เรียกกันย่อๆว่า DTMF นั้นจะเข้ามายัง Line Interface Block โดยสัญญาณ DTMF จะออกจากช่องต่อหูฟังของวิทยุรับส่ง (SP) เข้ามายัง Line Interface Block เข้าไปยังภาค Code Circuit ซึ่งสัญญาณ DTMF นี้จะเป็นเลขรหัส 4 ตัว ซึ่งเมื่อถูกส่งเข้ามายังภาค Code Circuit ที่ภาค Code Circuit ก็จะเอาห้านั้นไปเปรียบเทียบกับรหัสที่ได้ตั้งเอาไว้โดยตัวของผู้ใช้เองซึ่งเมื่อรหัสที่เข้ามานั้นไม่ถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับรหัสที่ตั้งเอาไว้ผู้ใช้ก็ต้องกรหัสเข้ามาใหม่จนกว่ารหัสจะถูกต้องแต่ถ้าหากว่ารหัสที่เข้ามานั้นถูกต้องที่ภาค Code Circuit ก็จะทำการขกหูโทรศัพท์โดยอัตโนมัติและทำการส่งสัญญาณไปที่ภาค Ring Circuit เพื่อที่จะทำให้ภาค Ring Circuit ส่งสัญญาณเตือนออกไปเพื่อที่จะบอกผู้ใช้ให้ทราบว่าในขณะที่ได้กรหัสได้ถูกต้องแล้วให้กดหมายเลขโทรศัพท์เข้ามาได้โดยการกดหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ใช้นั้นก็จะถูกกำหนดเวลาเอาไว้เพื่อป้องกันการขกหูค้างเอาไว้ซึ่งจะทำให้ผู้ที่จะโทรเข้ามาหาผู้ใช้นั้นไม่สามารถที่จะโทรเข้ามาได้เมื่อผู้ใช้ได้กดหมายเลขโทรศัพท์ตามที่ได้กำหนดเวลาไว้แล้วนั้นก็เพียงแต่รอสัญญาณเรียกเพื่อที่จะให้ผู้รับซึ่งเป็นคนที่ผู้ใช้ต้องการติดต่อด้วยนั้นมารับสายเท่านั้นซึ่งขั้นตอนต่อไปก็เป็นเพียงการสนทนาทางโทรศัพท์โดยลักษณะการสนทนาจะเป็นแบบ ซิมเพล็กซ์ (Simplex) ซึ่งได้อธิบายไว้ในส่วนของบทที่ 1 แล้ว และการสนทนานั้นจะถูกภาค Vox Circuit เป็นตัวควบคุมการสนทนาโดยภาค Vox Circuit นั้นจะเป็นตัวควบคุมการตัดต่อคีย์ของวิทยุรับส่งไม่ให้สัญญาณเสียงนั้นหายในช่วงของการปล่อยคีย์และเมื่อหากการสนทนาเสร็จสิ้นลงแล้วผู้ใช้ก็สามารถที่จะวางหูได้โดยการกดสัญญาณ DTMF เข้ามาวางหู โดยกดที่เป็นของวิทยุรับส่งที่เครื่องหมาย \* ก็จะสามารถที่จะวางหูได้แต่ถ้าหากไม่วางหู โดยการกดที่เป็นของวิทยุรับส่งที่เครื่องหมาย \* แล้วนั้น Line Interface Block นั้นก็จะวางหูให้เอง โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในลักษณะที่ผู้รับหรือมีผู้อื่น โทรหาผู้ใช้โดยเริ่มแรกสัญญาณเรียกขององค์การ โทรศัพท์ซึ่งมีแรงดันประมาณ 120 VAC ความถี่ประมาณ 25 Hz ซึ่งจะเข้ามายังภาค Ring Circuit ซึ่งภาค Ring Circuit ก็จะแปลงสัญญาณเรียกขององค์การ โทรศัพท์นั้นให้มีแรงดันเท่ากับแรงดันไอซี TTL คือประมาณ 5 V และความถี่แล้วแต่จะกำหนดโดยผ่านออกไปเพื่อส่งไปยังผู้ใช้ซึ่งผู้ใช้จะได้ยินสัญญาณเรียกทางวิทยุรับส่งของผู้ใช้ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะกดรหัสเพื่อยกหูโทรศัพท์ได้โดยการรอจังหวะเมื่อช่วงของสัญญาณเรียกนั้นเงียบซึ่งประมาณ 3 วินาที ผู้ใช้ก็สามารถที่จะกดรหัสหมายเลขได้โดยซึ่งถ้ากดรหัสผิดผู้ใช้ก็ต้องรอช่วงต่อไปของสัญญาณเรียกเงียบลงถึงจะกดได้อีกครั้งทั้งนี้เป็นเพราะการส่งวิทยุรับส่งเป็นแบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) นั้นเองแต่ถ้ากดรหัสถูกที่ภาค Code Circuit ก็จะยกหูให้เองโดยอัตโนมัติส่วนการสนทนาโดยการสนทนานั้นจะถูกควบคุมโดยภาค Vox Circuit โดยมีลักษณะการสนทนาจะเป็นแบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) ซึ่งได้อธิบายไว้ในส่วนของบทที่ 1 แล้ว ซึ่งถ้าหากการสนทนาเสร็จสิ้นลงแล้วผู้ใช้ก็สามารถที่จะวางหูได้โดยการกดสัญญาณ DTMF เข้ามาวางหู โดยกดที่เป็นของวิทยุรับส่งที่เครื่องหมาย \* ก็จะสามารถที่จะวางหูได้แต่ถ้าหากไม่วางหูโดยการกดที่เป็นของวิทยุรับส่งที่เครื่องหมาย \* แล้วนั้น Line Interface Bolck นั้นก็จะวางหูให้เองโดยอัตโนมัติ



Line Telephone

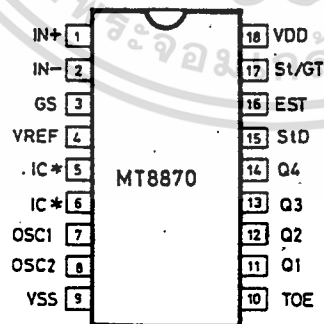
เอกสารนี้  
รูปที่ 32 Bolck Diagram แสดงถึง โครงสร้าง ในส่วนของ Line Interface Bolck  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3 ภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit)

ภาค Code Circuit นี้เป็นภาคที่ตรวจสอบรหัสที่ได้ตั้งเอาไว้โดยตัวของผู้ใช้เองซึ่งมีลักษณะการทำงานดังนี้คือ เมื่อสัญญาณ DTMF จากเครื่องของผู้ใช้เข้ามาซึ่งในครั้งแรกผู้ใช้ต้องกรหัสซึ่งเป็นเลข 4 ตัวตามที่ใช้ได้ตั้งไว้เข้ามาโดยผ่านออกมาทางวิทยุรับส่งซึ่งจะเป็นสัญญาณ DTMF ดังที่ผู้ใช้กดออกมาผ่านเข้ามายัง  $R_{101}$  ซึ่งเป็นความต้านทานปรับค่าได้  $5K\Omega$  ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับความแรงของสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาให้มีความแรงที่เหมาะสมและต่อจากนั้นสัญญาณ DTMF ก็จะผ่านเข้า  $C_{101}$  ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟ DC ผ่านเข้ามายัง  $IC_{101}$  MT 8870 ซึ่งลักษณะการต่อความต้านทาน และการต่อคาปาซิเตอร์นั้นจะเป็นรูปแบบมาตรฐานซึ่งไอซี MT8870 เป็นไอซีถอดรหัสสัญญาณ DTMF มาเป็น ไบนารีบิต (Binary Bit) ซึ่งถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของภาคนี้ดังนั้นหลักการอย่างคร่าวๆของไอซี MT 8870 มีดังนี้

#### MT8870 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver)

ความหมายคำว่า ถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ อันหมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิทัล ซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต



\* ต่อกับ VSS

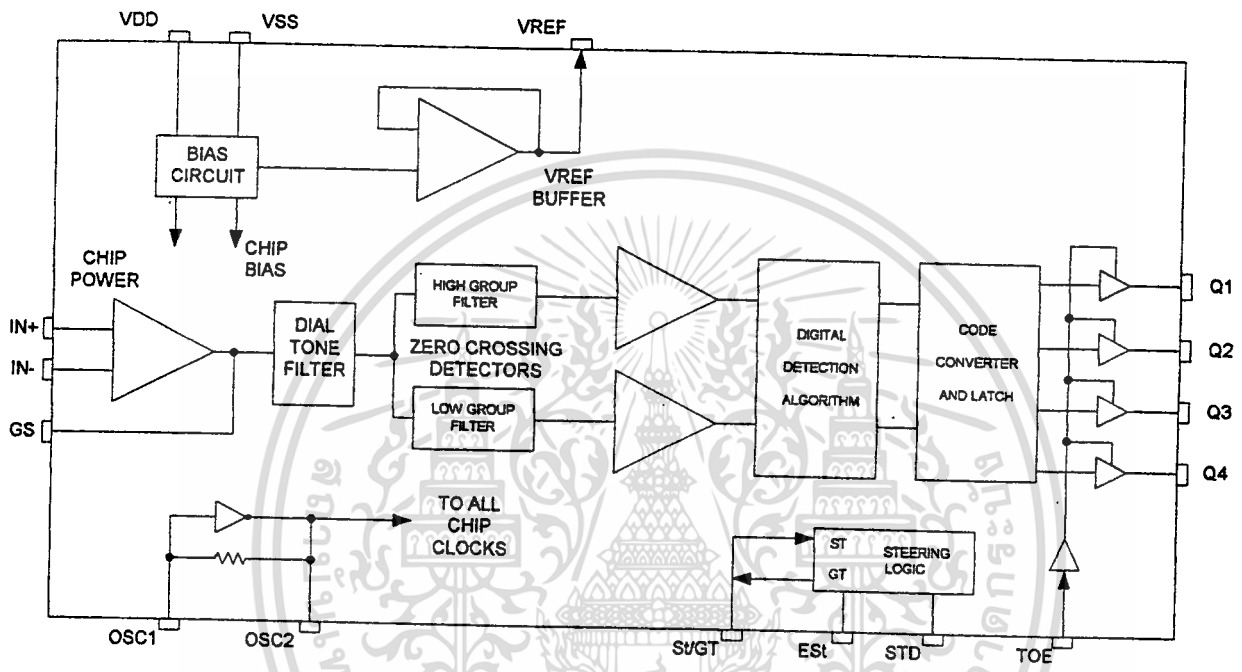
MT8870BE 18 PIN PLASTIC  
MT8870BC 18 PIN CERCIP

#### รูปที่ 33 แสดงรายละเอียดขาของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการค้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ MT8870 มีดังนี้

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard time) ได้
- เป็นไอซีคุณภาพสูง



รูปที่ 34 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

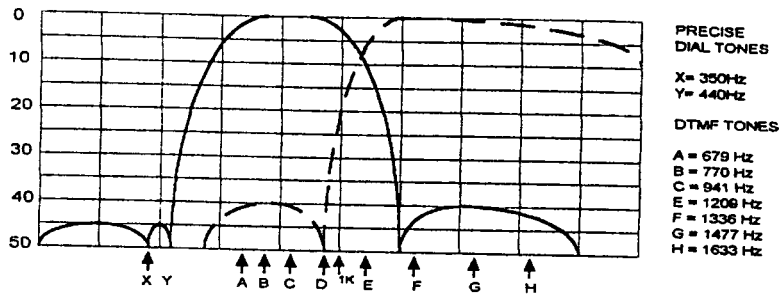
ลักษณะการนำ MT8870 ไปใช้งาน

- นำไปใช้งานด้านรีโมตคอนโทรล
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดเล็ก หรือ PABX
- ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
- เครื่องกันขโมย

- การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

- ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์



รูปที่ 35 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

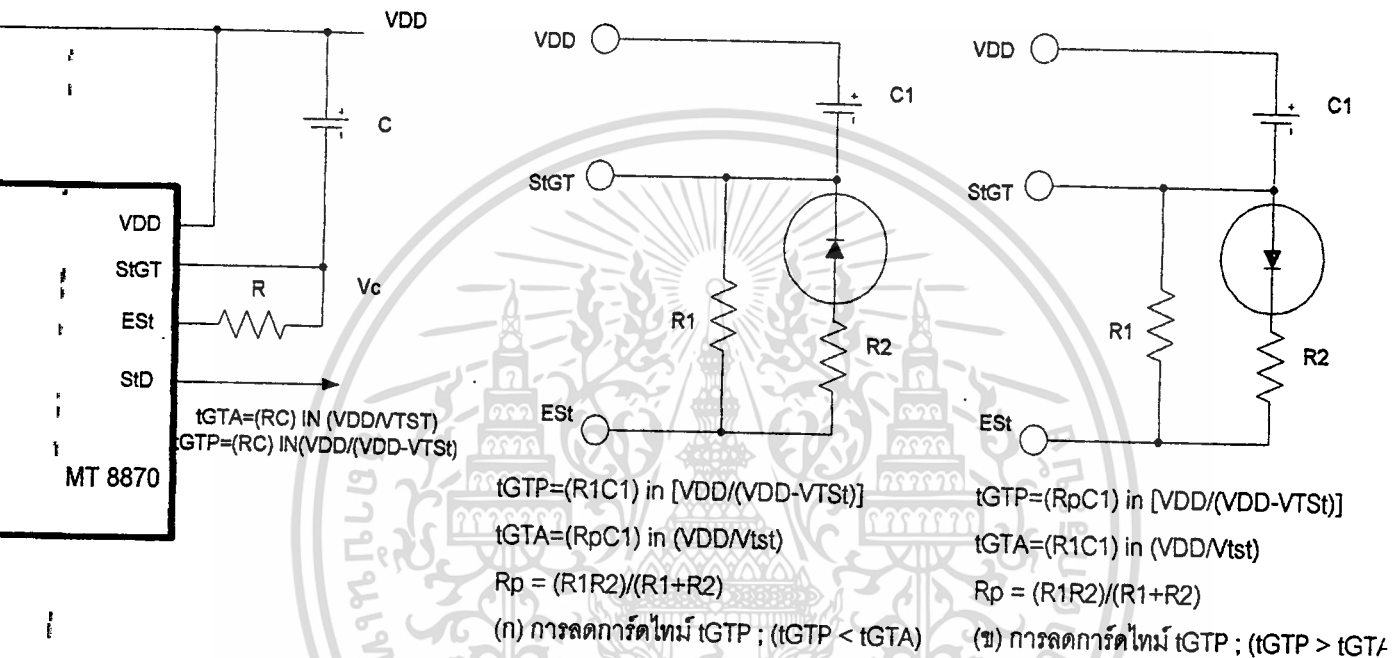
$F_{LOW}$	$F_{HIGH}$	NO	TOE	$Q_4$	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1331	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

ตารางที่ 2 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรรองความถี่และวงจรถอดรหัส ฟังก์ชันดิจิทัล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO<sup>2</sup>-CMOS ในส่วนของวงจรรองความถี่



รูปที่ 36 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์ (gard time) พร้อมวิธีคำนวณ

ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัส ใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่ยืนยันเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดย ต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาท์พุทเป็นวงจรแลตซ์ 3 สถานะ รูปที่ 33 แสดงขาของ MT8870 และรูปที่ 34 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

- ภาคกรองความถี่ (filter section)
- ภาคถอดรหัส (decoder section)
- ภาคตรวจสอบสัญญาณ (steering circuit)
- ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (differential input)
- ภาคกำเนิดความถี่ (oscillator)

### ภาคกรองสัญญาณความถี่

ความถี่ส่วนนี้แยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูง และช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์ (six-order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

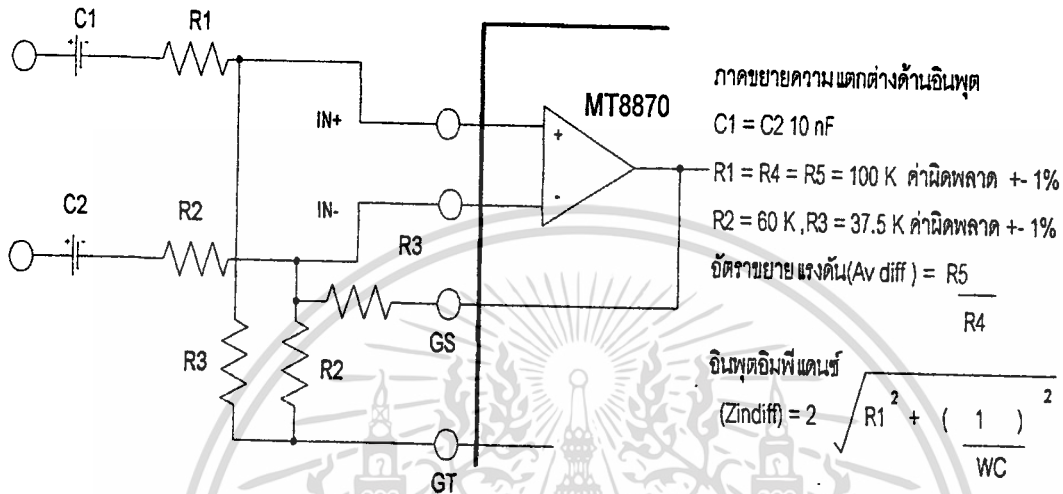
### ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิทัล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (early steering) ก็จะแอกทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้น แสดงในตารางที่ 2

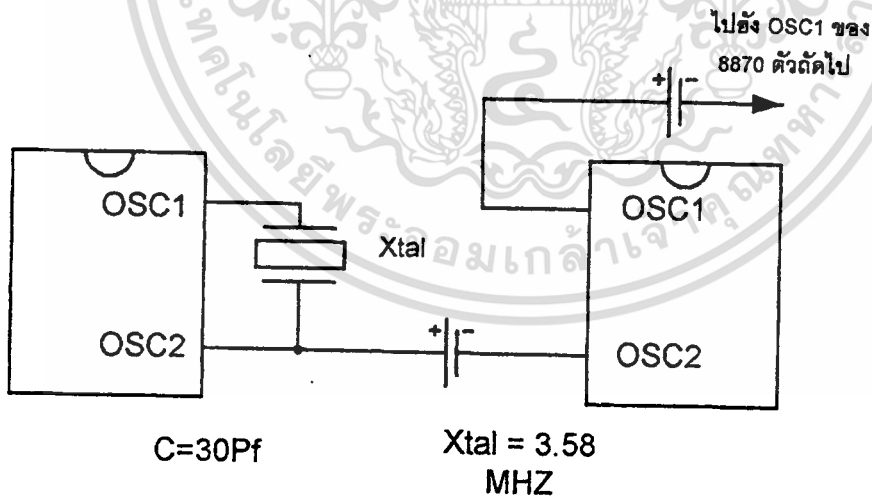
### ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณ

ที่ขา Est จะเป็น "High" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 36 เมื่อขา Est เป็น "High" ทำให้  $V_C$  สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน  $V_C$  สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลต์วงจรลอครหัสจึงจะลอครหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานขอให้ดูจากแผนภูมิเวลาหรือไทมิงไดอะแกรม (timing diagram) ในรูปที่ 40 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า

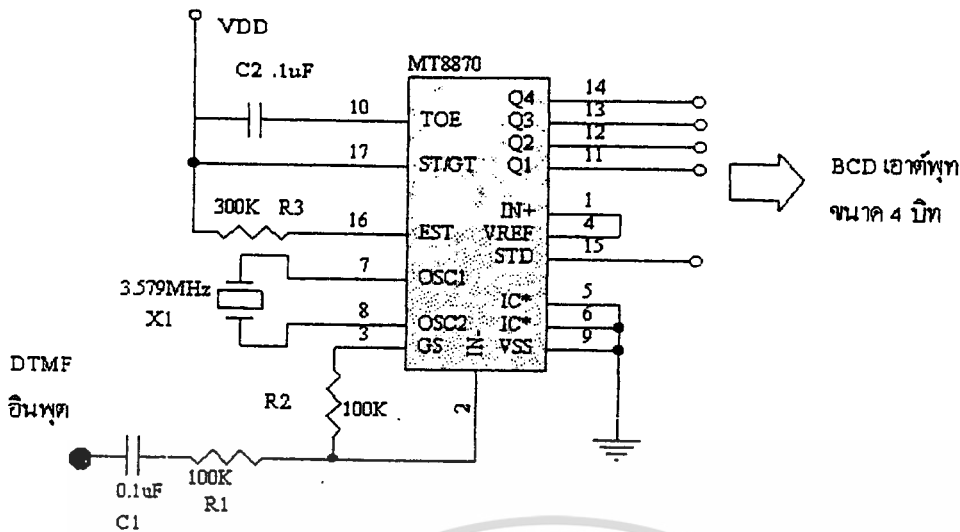


รูปที่ 37 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต



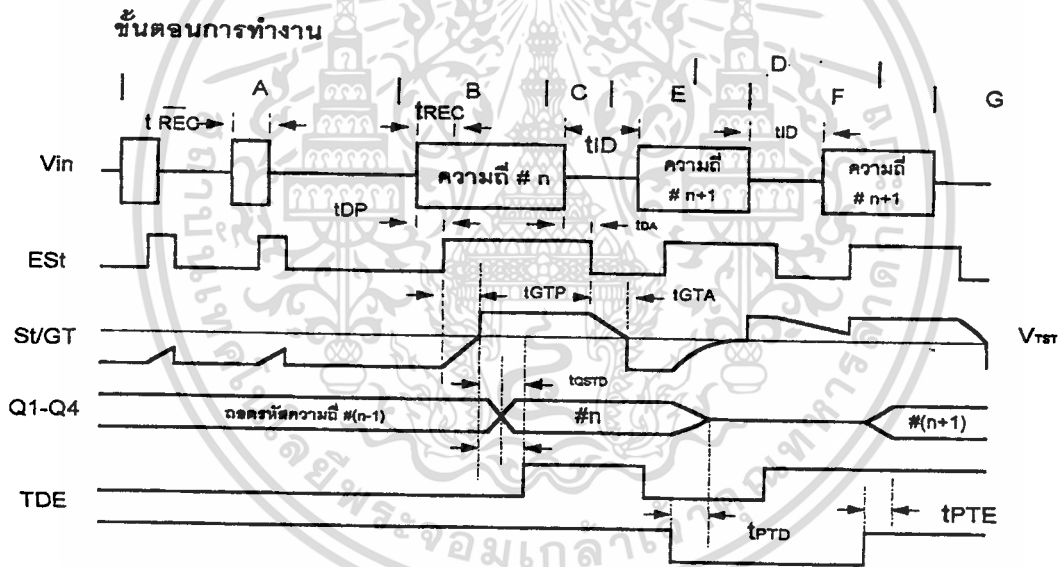
รูปที่ 38 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BCD เอาท์พุท  
ขนาด 4 บิต

รูปที่ 39 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870



รูปที่ 40 แสดงแผนภูมิเวลา (timing diagram) ของ MT8870

อธิบายขั้นตอนการทำงาน

- A - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาท์พุทไม่เปลี่ยน
- B - ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตช์ไว้ที่เอาท์พุท
- C - จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่
- D - เอาท์พุทเปลี่ยนเป็น ไฮอิมพีแดนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์ภายนอก  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามคัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- E - ความถี่ #n+1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตซ์ไว้  
 F - ความถี่ #n+1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตซ์อยู่  
 G - จบความถี่ #n+1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตซ์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

### อธิบายคำศัพท์

- $V_{in}$  - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา  
 Est - Early Steering output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง  
 St/GT - Steering input/Guard Time output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก  
 $Q_1$ - $Q_4$  - เอาท์พุท BCD ขนาด 4 บิต  
 StD - Delayed Steering Output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนดเพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ  
 TOE - Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุมให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์  
 $t_{REC}$  - คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง  
 $t_{RBC}$  - คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง  
 $t_{ID}$  - เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ  
 $t_{DO}$  - เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง  
 $t_{DP}$  - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง  
 $t_{DA}$  - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง  
 $t_{GTP}$  - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF  
 $t_{GTA}$  - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (gard time) นั้น หมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เรที่ตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่เรที่ตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่าหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จึงจะสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อ วงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป รูปที่ 20 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุท ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุทและอิมพีแดนซ์ได้ ดังนี้

$$\text{อัตราขยาย (Av Diff)} = \frac{R_s}{R_i}$$

อินพุทอิมพีแดนซ์ (Zin Diff)

$$= 2 \sqrt{R_i^2 + \left(\frac{1}{\omega}\right)^2}$$

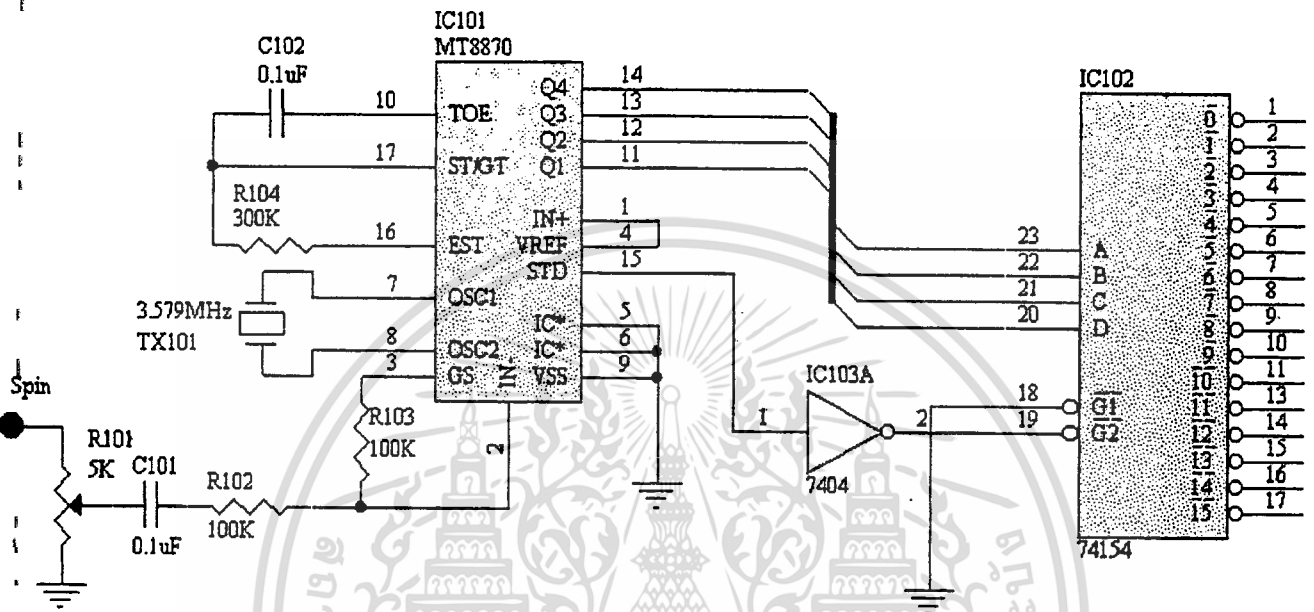
## ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอลขนาด 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงในรูปที่ 38

เมื่อได้ทราบหลักการของไอซี MT 8870 อย่างคร่าวๆแล้วสัญญาณ DTMF ที่ถูกตรวจจับได้นั้นจะถูกทำเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิตผ่านเข้ามาทางอินพุทของ IC<sub>102</sub> 74154 ซึ่งเป็น 4 Line – To – 16 – Line Decode / Demultiplexer ซึ่งจะทำหน้าที่รับเอาเลขฐานสองขนาด 4 บิตจาก IC<sub>101</sub> MT 8870 เข้ามาถอดรหัสและส่งออกมาทางเอาต์พุท โดยเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิตเข้ามาทางอินพุทของ IC<sub>102</sub> 74154 โดยเอาต์พุทของ IC<sub>102</sub> เป็นเลขฐานสิบโดยการทำงานของ IC<sub>102</sub> นี้จะถูกควบคุมด้วยขา G1 และ G2 โดยทั้งสองขานี้จะทำงานที่ในช่วง Active Low เท่านั้นซึ่งจากวงจรดังรูปที่ 41 สามารถที่จะสังเกตเห็นได้ว่าที่ขา 18 ของ IC<sub>102</sub> ซึ่งเป็น G1 ได้ถูกต่อลงกราวด์ซึ่งจะทำให้ที่ขา G1 ได้รับ Active Low ตลอดเวลา และลักษณะดังรูปที่ 41 นั้นจะเห็นว่าจากขา 15 ของ IC<sub>101</sub> ต่อผ่าน Not Gate ซึ่งเป็น IC<sub>103</sub> 74LS04 เพื่อที่จะเปลี่ยนบิตที่ออกมาจากขา 15 ของ IC<sub>101</sub> จาก 1 ให้เป็น 0 เพื่อที่จะทำให้การทำงานของ IC<sub>102</sub> นั้นเป็นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างถูกต้องตามที่ผู้ใช้ได้กำหนดหมายเลขรหัสซึ่งเป็นไบนารีบิตขนาด 4 บิตเข้ามายังอินพุตของ IC<sub>102</sub> ซึ่งลักษณะของผลลัพธ์ที่ได้จาก IC<sub>102</sub> 74154 นั้นสามารถสังเกตได้จากภาคผนวก ก.



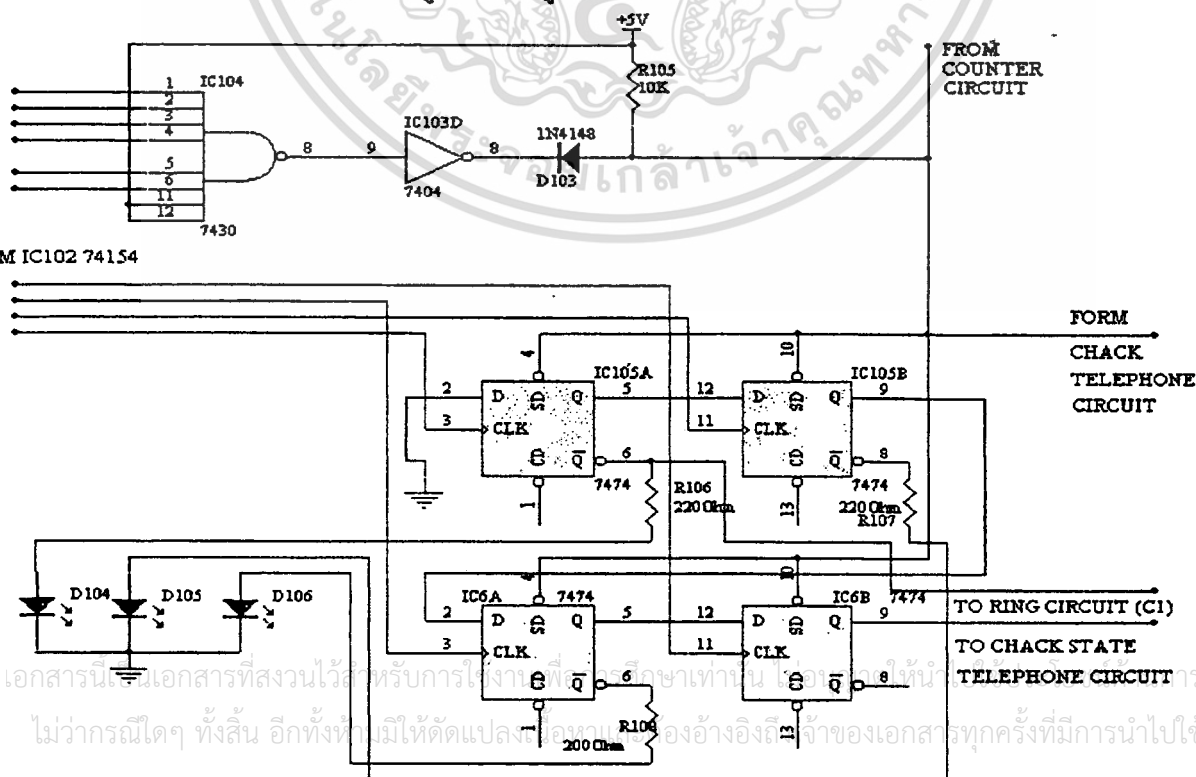
รูปที่ 41 แสดงลักษณะการต่อในส่วนของวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF ให้เป็นเลขฐานสิบ

เมื่อได้เลขฐานสิบที่ออกทางเอาต์พุตของ IC<sub>102</sub> แล้วนั้นจะสามารถสังเกตลักษณะการต่อได้ดังรูปที่ 42 ซึ่งจะมีสัญญาณส่วนหนึ่งเข้ามาที่ IC<sub>104</sub> 7430 ซึ่งเป็นไอซี NAND Gate แปรอินพุตซึ่งเมื่อถ้ามีขาใดขาหนึ่งทั้งแปดขานั้นเปลี่ยนสภาวะจาก 1 ไปเป็น 0 ก็จะทำให้ IC<sub>104</sub> ที่เอาต์พุตนั้นได้ลจิกหนึ่งออกมาเข้าที่ IC<sub>105</sub> และ IC<sub>106</sub> ที่ขา 4 และขา 10 ซึ่งเป็นขา Preset ก็จะทำให้เกิดลจิกหนึ่งขึ้นทำงานในส่วนต่อไปซึ่งทำงานในส่วนของยกหูและวางหูนั้นก็ยังคงไม่ทำงานเพราะวงจรในส่วนนั้นต้องการลจิกศูนย์ และเมื่อที่ขาอินพุตของ IC<sub>104</sub> นั้นมีสภาวะเป็นหนึ่งทุกขาจะทำให้ที่เอาต์พุตของ IC<sub>104</sub> นั้นมีลจิกออกมาเป็นศูนย์ซึ่งก็จะทำให้ที่ IC<sub>105</sub> และ IC<sub>106</sub> ที่ขา 4 และขา 10 ซึ่งเป็นขา Preset นั้นได้รับลจิกศูนย์ไปด้วยและสัญญาณไบนารีอีกส่วนที่ออกมาจาก IC<sub>102</sub> นั้นก็จะมาเข้าที่ IC<sub>105</sub> และ IC<sub>106</sub> ที่ขา 3 และขา 11 ดังแสดง

ดังรูปที่ 42 โดย IC<sub>105</sub> และ IC<sub>106</sub> ซึ่งเป็นไอซี ดี ฟลิปฟลอป (D - Flip - Flop) TTL 7474 ซึ่งไอซีนี้จะถือเป็นแบบ Cascad กันคือผลลัพธ์ของตัวที่หนึ่งจะเป็นผลลัพธ์ของตัวต่อไปโดยจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษานานไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 42 นั้นจะสามารถที่จะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อมีสัญญาณ ไบนารีเข้ามายังขา Clock ของตัวที่ 1 ซึ่งจะทำงานที่ขอบขาขึ้นเข้ามายัง IC<sub>105</sub> ตัวที่ 1 ก็จะ Latch ข้อมูลออกมาทางเอาต์พุตและผลลัพธ์ของตัวที่หนึ่งนั้นก็จะเป็นข้อมูลทางอินพุตของตัวที่ 2 โดยเมื่อมีสัญญาณทางบิตเข้ามายังขา Clock ของตัวที่ 2 ซึ่งต้องเป็นขอบขาขึ้น เช่นกันสัญญาณข้อมูลก็จะถูก Latch ออกมาเช่นกัน การทำงานนี้จะเกิดต่อเนื่องไปเรื่อยๆจนกว่าข้อมูลที่ถูกกดเข้ามาจะครบ 4 ครั้ง ซึ่งในการกดแต่ละครั้งถ้ากดข้อมูลเข้ามาผิดสัญญาณข้อมูลก็จะไม่ถูก Latch และเมื่อกดครบ 4 ครั้งถ้าข้อมูลที่กดเข้ามายังไม่ตรงกับข้อมูลที่ตั้งไว้ก็จะทำให้ต้องเริ่มกดใหม่ โดยจะถูกตรวจสอบจากส่วนของวงจรรนับ (Counter) IC<sub>107</sub> 74293 เป็น Asynchronous 4 – Bit Binary Counter หรือถ้าครหัสไม่ตรงกับรหัสที่ตั้งไว้วันที่ IC<sub>104</sub> นั้นก็จะส่งสัญญาณ ไบนารีบิตออกมาเข้าที่ IC<sub>105</sub> และ IC<sub>106</sub> ที่ขา 4 และขา 10 ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วดังนั้นก็จะต้องเริ่มต้นทำการกรหัสใหม่อีกซึ่งอาจจะกล่าวสรุปได้ว่าการกรหัสแต่ละครั้งนั้นจะถูกตรวจสอบด้วยวงจรสวมส่วนคือ IC<sub>105</sub> และ IC<sub>106</sub> ซึ่งเป็นวงจร Latch ข้อมูล ส่วนของ IC<sub>104</sub> นั้นจะทำหน้าที่ตรวจสอบรหัสว่าตรงกับที่ตั้งไว้หรือไม่และส่วนสุดท้ายนั้นคือส่วนของ IC<sub>107</sub> นั้นจะทำหน้าที่คอยตรวจสอบจำนวนการกรหัสว่าตรงตามจำนวนครั้งที่ตั้งเอาไว้หรือไม่ แต่ถ้ากรหัสถูกต้องข้อมูลก็จะถูก Latch ออกมายังเอาต์พุตของ IC<sub>106</sub> ตัวที่สองนั้นจะออกมาเป็นลอจิกศูนย์ผ่านเข้าไปยังวงจรตรวจสอบการยกหูหรือวางหู



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

### รูปที่ 42 แสดงลักษณะของวงจรอินทิเกรตอครหัสเลขฐานสิบ

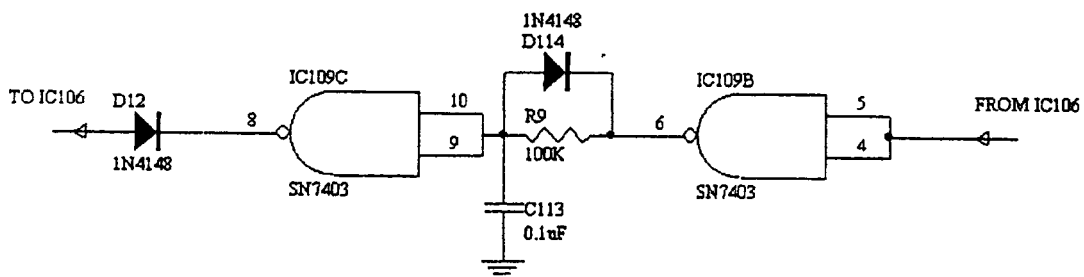
เมื่อสัญญาณบิตที่ออกมาจากวงจรถวนอครหัสเลขฐานสิบก็จะผ่านเข้ามายังวงจรรหัสอินทิเกรตอคร (RC Integrator circuit) ซึ่งจะทำให้การหน่วงเวลาออกไปเท่ากับสมการดังนี้

$$Ec = Vcc \left[ 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right]$$

ทำการจัดรูปสมการใหม่เพื่อหาค่าความต้านทานจะได้

$$R = \frac{-t}{c \ln \left( \frac{Vcc}{Vcc - Ec} \right)}$$

และมี D<sub>114</sub> 1N4148 ซึ่งมีไว้สำหรับให้ตัวเก็บประจุคายประจุให้ได้ตามค่าเวลาที่ต้องการเมื่อเวลานั้นผ่านไปเป็นเวลา t ใดๆ แล้วโดยมี IC<sub>109</sub> 4011 ซึ่งเป็นไอซี CMOS เป็นตัวหน่วงเวลาออกไปและเป็นตัวดำเนินการทางลอจิก (Logic) หรือเป็นตัวกันชน (Buffer) ให้ได้ผลลัพธ์ที่ออกมานั้นเท่ากับผลลัพธ์ทางเอาท์พุทของ IC<sub>106</sub> ตัวที่ 2 และการหน่วงเวลานั้นมีไว้เพื่อที่จะให้ได้วงจรมันมีเสถียรภาพดีขึ้นคือ ใสภาวะเริ่มต้นเปิดเครื่องนั้นเพื่อที่จะให้แน่ใจว่าวงจรที่ตรวจสอบการยกหูหรือวางหูนั้น วางหูเป็นที่แน่นอนดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหน่วงเวลาออกไปอีกเล็กน้อยซึ่งสามารถที่จะสังเกตดูได้จากวงจรดังรูปที่ 43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 43 แสดงลักษณะของวงจรหน่วงเวลา  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณที่ถูกหน่วงเวลาออกไปนั้นเข้าไปยังวงจรตรวจสอบการยกหูหรือวางหูโดยวงจรตรวจสอบการยกหูหรือวางหูตามรูปร่างที่ 44 นั้นจะมี  $C_{103}$  ซึ่งมีค่า 0.047  $\mu\text{f}$  นั้นเป็นตัวที่ทำให้สถานะเริ่มต้นเปิดเครื่องนั้นวงจรตรวจสอบการยกหูหรือวางหูนั้นวางหูให้แน่นอนโดยเปรียบเสมือนว่ามีสัญญาณไบนารีเข้ามาทริกให้ทำงาน โดยวงจรลักษณะของวงจรมีประกอบด้วย NAND Gate IC<sub>109</sub> ทำเป็นวงจรไบสเตเบิล (Bistable Multivibrator) คือเมื่อขณะที่ไม่มีสัญญาณเข้ามาทริกที่ขาของ IC<sub>109</sub> ตัวที่ 4 นั้นที่เอาท์พุทของ IC<sub>109</sub> ตัวที่ 4 ก็จะเป็นลอจิกศูนย์ แต่เมื่อมีสัญญาณเข้ามาทริกซึ่งเป็นสัญญาณไบนารีลอจิกศูนย์นั้นก็จะทำให้เอาท์พุทของ NAND Gate ตัวที่ 4 นั้นเปลี่ยนสถานะเป็นหนึ่งเพราะเมื่อศูนย์ที่ขา 13 และศูนย์ที่รับเข้ามาที่ขา 12 นั้น NAND กันแล้วผลลัพธ์นั้นจะออกมาทางขา 11 นั้นก็เป็นลอจิกหนึ่ง แต่ถ้ามีสัญญาณวางหูเข้ามาเมื่อตอนแรกสถานะของเอาท์พุทของ NAND Gate ตัวที่ 4 นั้นเป็นลอจิกหนึ่งนั้น เมื่อลักษณะการต่อวงจรดังรูปที่ 44 นั้นจะเห็นว่าที่ NAND Gate ตัวที่ 1 นั้นที่ขา 2 จะได้รับลอจิกเป็นหนึ่งส่วนที่ขา 1 นั้นรับลอจิกที่เข้ามาในสถานะที่เป็นลอจิกที่เป็นศูนย์ดังนั้นเมื่อนำผลลัพธ์ทั้งสองมา NAND กันแล้วผลลัพธ์ที่ออกมาทางเอาท์พุทขา 3 นั้นมีสถานะที่เป็นลอจิกหนึ่งทำให้ที่อินพุทของ NAND GATE ตัวที่ 4 นั้นที่ขา 13 ได้รับลอจิกหนึ่งตามเอาท์พุทของ NAND Gate ตัวที่หนึ่งขาที่ 3 และที่ขา 12 ของ NAND Gate ตัวที่ 4 นั้นได้รับลอจิกหนึ่งที่มาจากวงจรอาร์ซีอินทิเกรเตอร์ (RC Integrator circuit) ทำให้เมื่อนำผลลัพธ์ทางอินพุทนั้นมา NAND กันก็จะทำให้ที่เอาท์พุทของ NAND Gate ตัวที่ 4 นั้นมีผลลัพธ์ออกมาเป็นลอจิกศูนย์มีผลทำให้ไม่มีไบอัสไปให้ทรานซิสเตอร์  $Q_{101}$  ซึ่งต่อแบบคาร์ลิงตัน (Darlington Connection) กับ  $Q_{102}$  ทำให้ทรานซิสเตอร์นั้นอยู่ในสถานะ OFF ซึ่งลักษณะของการต่อแบบวงจรมีนั้นทำให้สามารถที่จะใช้กระแสในการใช้ในการให้ Bias น้อยซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

จากที่เราต้องการทราบว่าค่า  $I_b$  นั้นเท่ากับเท่าใดนั้นเราก็ทำการกำหนดค่า  $I_c$  ขึ้นมาโดยต้องดูความต้องการที่โหลดนั้นต้องการกระแสเท่าใด โดยดูจาก Data Sheet เมื่อทราบว่า  $I_c$  เท่าใดแล้วก็คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

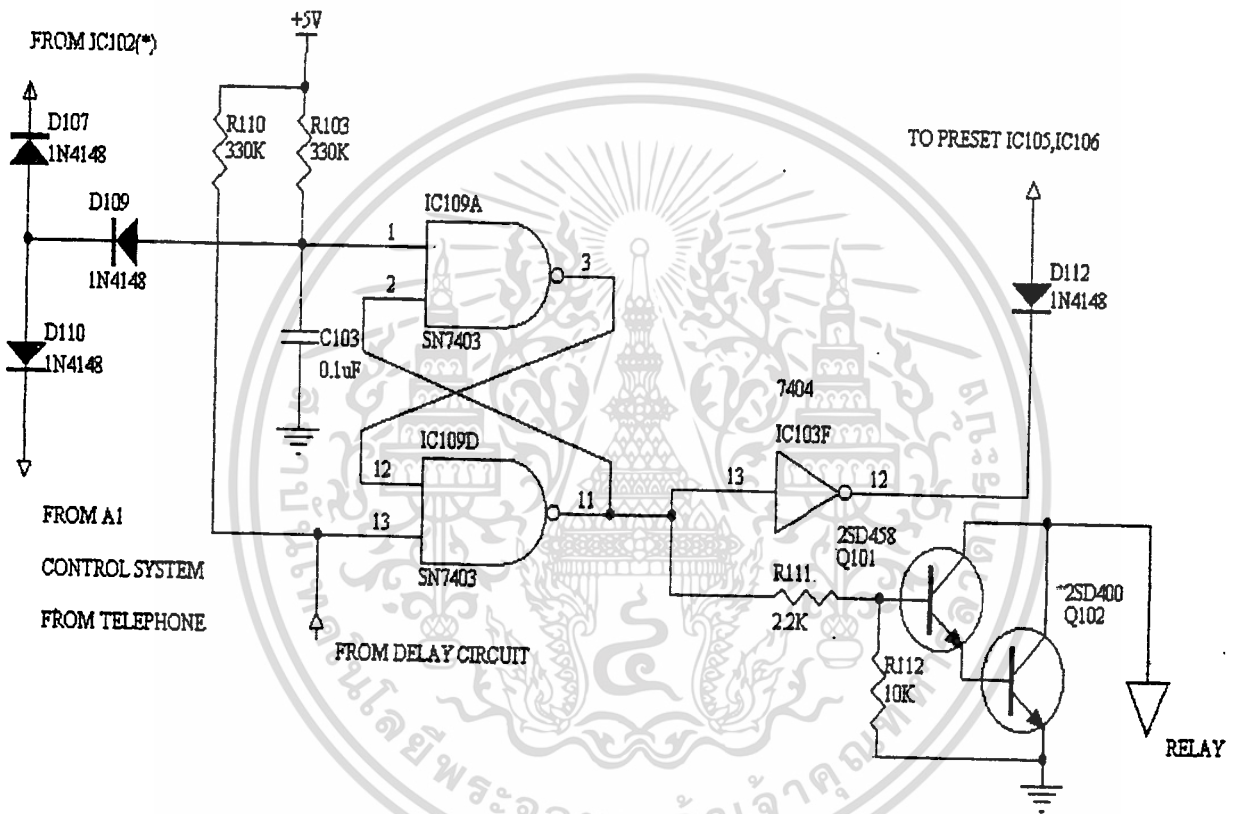
$$; \text{ โดย } \beta = \beta_1 * \beta_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ  $I_{R_{111}} = I_{R_{112}} + I_b$  ใ้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{111} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{111}}}$$

; โดย  $I_{R_{111}} = 2I_b$

$$R_{112} = \frac{V_{BE}}{\left[ I_{R_{111}} - \left( \frac{I_c}{\beta} \right) \right]}$$

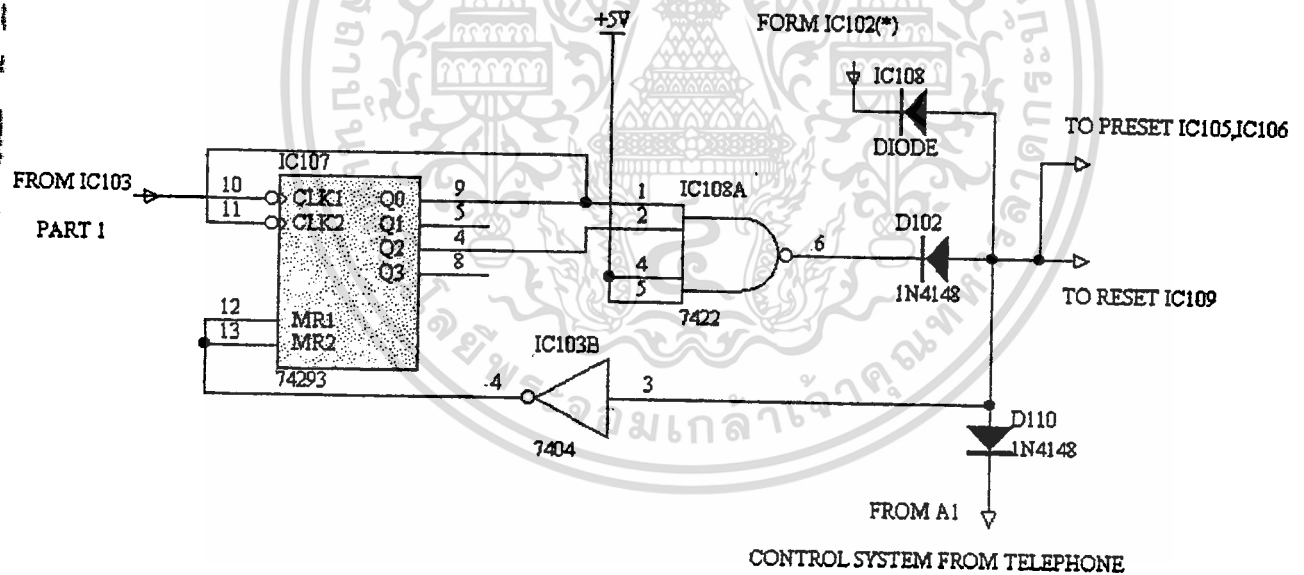


รูปที่ 44 แสดงลักษณะของวงจรในส่วนของวงจรตรวจสอบการยกหูหรือวางหู

ดังนั้นเมื่อทรานซิสเตอร์  $Q_{101}$  และ  $Q_{102}$  นั้นอยู่ในสถานะที่ทำงานแล้วนั้นจะทำให้รีเลย์  $RY_{601}$  นั้นทำงานซึ่งรีเลย์  $RY_{601}$  นั้นอยู่ในภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit) ซึ่งจะได้ทำการกล่าวต่อไป และยังมีสัญญาณไบนารีบิตที่ออกมาที่ขา 11 ของ  $IC_{109}$  ที่เข้ามาให้ไบอัสแก่ทรานซิสเตอร์  $Q_{101}$  และ  $Q_{102}$  นั้นยังผ่านเข้ามายัง  $IC_{103}$  ตัวที่หกซึ่งเป็น NOT Gate นั้นกลับบิตที่เข้ามาทางอินพุตจากหนึ่งไปเป็นศูนย์ เพื่อที่จะไปเข้าวงจรตรวจสอบและความคุมการกดไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสให้ถูกต้องซึ่งได้กล่าวหลักการทำงานไว้ในตอนแล้ว โดยจะมีผลทำให้วงจรตรวจสอบและความคุมการครหัสนั้นไม่รับคีย์การกดอีกจนกระทั่งมีการกดสัญญาณวางหูเกิดขึ้นโดยสัญญาณวางหูนั้นอาจจะมาจาก IC<sub>110</sub> ซึ่งเป็นไอซีควบคุมการวางหูอัตโนมัติซึ่งจะถูกควบคุมจากส่วนของ ภาควงจรไมค์อัตโนมัติและระบบการวางสายอัตโนมัติ (Vox Circuit) ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป หรืออาจจะมาจากการกดสัญญาณวางหูโดยมาจากผู้ใช้เองก็ได้ หรืออีกส่วนหนึ่งนั้นอาจจะมาจากภาคส่วนของระบบสั่งการทางวิทยุก็ได้

สำหรับส่วนของวงจรรนับ (Counter) IC<sub>107</sub> 74293 เป็น Asynchronous 4 – Bit Binary Counter นั้นใช้สำหรับการตรวจสอบการนับการกดของผู้ใช้เข้ามานั้นให้กดหมายเลขเพียง 4 ตัวเท่านั้น โดยลักษณะการทำงานดังรูปที่ 45



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 45 แสดงลักษณะของวงจรตรวจสอบจำนวนการกดหมายเลขไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงานเมื่อมีการกดหมายเลขเข้ามานั้นสัญญาณ ไบนารีบิตนั้นจะออกมาจากเอาต์พุทของ IC<sub>103</sub> ตัวที่ 1 ขาที่ 2 ก็จะมาเข้า IC<sub>107</sub> ดังรูปที่ 45 โดย IC<sub>107</sub> นั้นจะทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณไบนารีบิตที่เกิดจาก IC<sub>103</sub> โดยการออกแบบวงจรนับนั้นให้ทำการนับเริ่มต้นตั้งแต่ 1 – 5 ครั้ง โดยไม่นับครั้งที่ศูนย์ซึ่งก็จะเท่ากับจำนวนการกดหมายเลขเข้ามาพอดีคือสี่ครั้งถ้ากดครั้งที่ห้าแล้วก็จะทำการเคลียร์วงจรที่ได้กล่าวมาโดยครั้งต้นโดยทันที ซึ่งจะมี IC<sub>108</sub> 7422 ซึ่งเป็น Dual 4 Input Positive – NAND Gate With Open – Collector Out. นั้นเป็นตัวควบคุมการนับซึ่งเมื่อ IC<sub>107</sub> นั้นมี ไบนารีบิตออกมาทางเอาต์พุทคือ 0 1 0 1 (ซึ่งเริ่มจากบิตสูงไปสู่อิตต่ำ) เข้ามายัง IC<sub>108</sub> โดยมีลักษณะการต่อคือตรวจสอบบิตที่หนึ่งกับบิตที่สามเท่านั้นเพราะบิตที่หนึ่งและบิตที่สามนั้นเป็นหนึ่งคั้งนั้นเมื่อนำเข้ามาผ่านอินพุทของ IC<sub>108</sub> โดยที่ขาที่ 4 และขาที่ 5 ของ IC<sub>108</sub> นั้นทำให้ได้รับลอจิกเป็นหนึ่งเมื่อขาที่ 1 และขาที่ 2 ของ IC<sub>108</sub> นั้นได้รับลอจิกหนึ่งจาก IC<sub>107</sub> ก็จะทำให้ผลลัพธ์เมื่อ NAND กันแล้วมีผลลัพธ์ออกมาทางเอาต์พุทของ IC<sub>108</sub> จะเป็นลอจิกศูนย์โดยจะผ่านไดโอด D<sub>102</sub> 1N4148 ซึ่งเป็นไดโอดป้องกันกระแสไหลย้อนกลับซึ่งอาจจะทำให้ไบนารีบิตที่ออกมานั้นผิดพลาดได้ โดยสัญญาณลอจิกศูนย์นี้จะป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของวงจร Latch ข้อมูลซึ่งมี IC<sub>105</sub> และ IC<sub>106</sub> ทำงานอยู่โดยสัญญาณนี้จะถูกส่งไป Preset ซึ่งได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว และสัญญาณอีกส่วนหนึ่งนั้นที่ออกมาจากเอาต์พุทของ IC<sub>108</sub> ผ่านไดโอด D<sub>102</sub> นั้นผ่านเข้ามายัง IC<sub>103</sub> ตัวที่ 2 และสัญญาณจะเข้ามาที่ขา 12 และที่ขา 13 ของ IC<sub>107</sub> ซึ่งเป็นขาเคลียร์ทำให้ IC<sub>107</sub> นั้นเริ่มทำการนับใหม่ ซึ่งจะเห็นว่าส่วนของวงจรต่างๆ ที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้นมีความสัมพันธ์กันซึ่งจะไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้

และส่วนต่อไปก็คือส่วนของวงจรควบคุมการวางรูปแบบอัตโนมัติดังแสดงดังรูปที่ 46 ซึ่งเริ่มต้นนั้นจะมีสัญญาณเข้ามาที่รีกเพื่อให้ไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q<sub>103</sub> ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์นั้นอยู่ในสถานะ ON ซึ่งวิธีการจัดไบอัสให้แก่ทรานซิสเตอร์นั้นจะมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

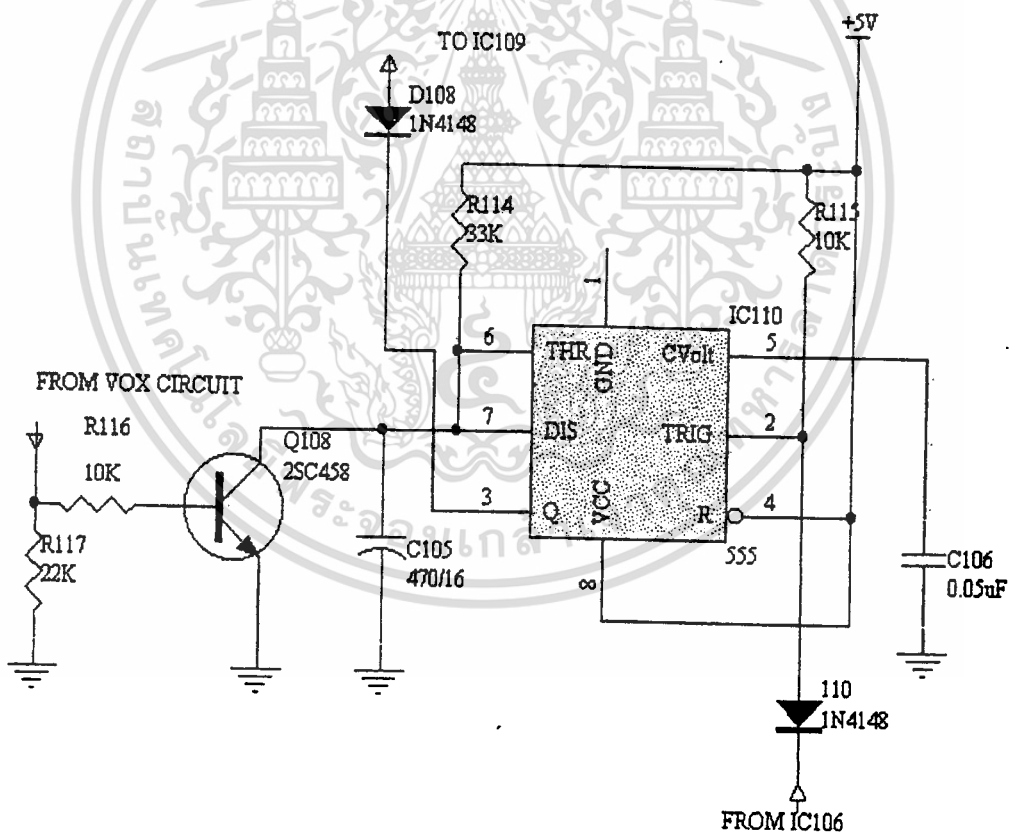
$$I_{R_{116}} = I_{R_{117}} + I_b$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกาใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{116} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{116}}} \quad ; \text{โดย } I_{R_{116}} = 2I_b$$

$$R_{117} = \frac{V_{BE}}{\left[ I_{R_{116}} - \left( \frac{I_c}{\beta} \right) \right]}$$

ซึ่งเมื่อทรานซิสเตอร์ Q<sub>108</sub> นั้นอยู่ในสถานะ ON ก็จะทำให้รีเซ็ต C<sub>105</sub> ก็จะทำให้ที่เอาต์พุตของ IC<sub>110</sub> ที่ขา 3 นั้นได้ลจิกที่เป็นหนึ่งออกมา โดยที่เราจะมาศึกษากันก่อนว่า IC<sub>110</sub> ที่เป็นไอซี 555 ไทเมอร์ว่ามีหลักการทำงานอย่างไรเพื่อที่จะให้เข้าใจง่ายขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 46 วงจรควบคุมการวางหูแบบอัตโนมัติ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

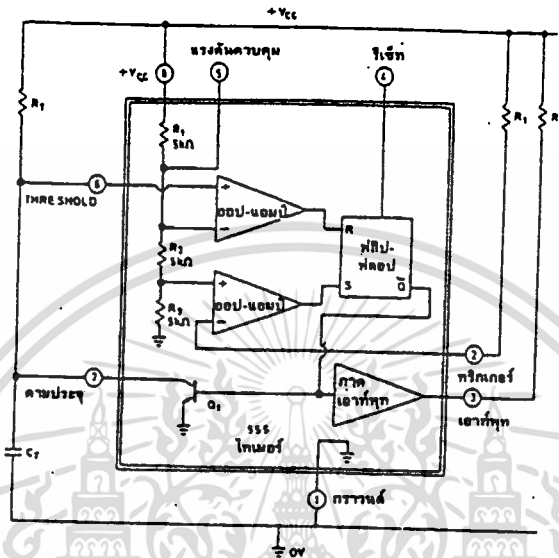
## หลักการทํางานของ 555 ไทเมอร์

ไอซี 555 ไทเมอร์นั้นมึหลักการทํางานดังนี้ จากรูปที่ 47 นั้นจะแสดงโครงสร้างภายในของไอซี โดยสมมุติว่าในขณะที่แรกนั้นที่ขา 2 ของไอซีนั้นยังไม่ถูกสัญญาณทริกทีเป็นลจิกศูนย์เข้ามาทริกก็จะทำให้ที่ขา 2 นั้นยังคงได้รับลจิกเป็นหนึ่งซึ่งการต่อดังรูปที่ 47 ก็จะทำให้ที่ภายในของไอซี 555 นั้นที่ออปแอมป์ตัวล่างนั้นเปรียบเทียบแล้วได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นลบซึ่งเทียบได้กับลจิกศูนย์ออกมาเข้าที่ขา S ของ RS ฟลิปฟลอป และออปแอมป์ตัวบนนั้นก็จะได้แรงดันไฟออกมาเป็นบวกโดยเทียบได้กับลจิกหนึ่งออกมาเข้าที่ขา R ของ RS ฟลิปฟลอป เช่นกันซึ่งจะทำให้ค่าที่ออกมาทางเอาต์พุทของ RS ฟลิปฟลอปนั้นเป็นลจิกหนึ่งซึ่งจะทำให้มาให้ไบอัสทรานซิสเตอร์ภายใน  $Q_1$  ทำให้เกิดสภาวะ ON ขึ้นทำการลัดวงจร  $C_1$  ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่ภายนอกทำให้ที่ขาสามของไอซี 555 นั้นอยู่ในสถานะต่ำ และที่ขาที่ 6 ของไอซี 555 นั้นได้รับสถานะต่ำเพราะเกิดจากการลัดวงจรของ  $C_1$  ทำให้ออปแอมป์ตัวบนนั้นมีเอาต์พุทที่เกิดจากการเปรียบเทียบทำให้ได้แรงดันนั้นออกมาเป็นค่าลบโดยเปรียบได้กับลจิกศูนย์ทำให้ RS ฟลิปฟลอป นั้นได้รับลจิกศูนย์ทั้งสองขาทำให้เอาต์พุทของ RS ฟลิปฟลอป นั้นยังคงออกมาเป็นหนึ่งดังนั้นทำให้ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  นั้นยังคงอยู่ในสภาวะ ON อยู่ซึ่ง  $C_1$  นั้นยังคงลัดวงจรอยู่และสถานะของขา 3 นั้นก็ยังคงที่จะเป็นสถานะต่ำอยู่ จนเมื่อมีสัญญาณเข้ามาทริกที่ขา 2 นั้นทำให้ออปแอมป์ตัวล่างนั้นได้รับสัญญาณทริกดังกล่าวซึ่งเป็นสัญญาณลจิกศูนย์ทำให้เอาต์พุทของออปแอมป์ตัวล่างนั้นมีสถานะสูงซึ่งจะทำให้ RS ฟลิปฟลอปนั้นได้รับลจิกหนึ่งที่ขา S และออปแอมป์ตัวบนนั้นยังคงได้รับสถานะต่ำที่ขา 3 อยู่ดังนั้นจึงทำให้ที่อินพุทของ RS ฟลิปฟลอป ที่ขา R นั้นได้รับลจิกศูนย์จึงทำให้ที่เอาต์พุทของ RS ฟลิปฟลอป นั้นมีสถานะออกมาเป็นลจิกศูนย์ผ่านเข้ามายังทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  นั้นมีสภาวะ OFF ซึ่งก็จะทำให้เอาต์พุทของไอซี 555 มีสภาวะออกมาเป็นหนึ่งโดยทำให้ตัวเก็บประจุ  $C_1$  นั้นสะสมประจุทำให้เมื่อสะสมประจุไปได้  $\frac{2}{3}$  ของแรงดันทั้งหมดทำให้ออปแอมป์ตัวบนนั้นได้รับแรงดันนี้เข้าไปที่ขา 3 ก็จะทำให้ออปแอมป์ตัวบนนั้นมีสถานะที่เอาต์พุทนั้นออกมาเป็นสถานะสูงซึ่งก็จะทำให้เอาต์พุทของ RS ฟลิปฟลอป นั้นมีสภาวะเป็นหนึ่งซึ่งก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  นั้นได้รับไบอัสทำให้  $C_1$  นั้นลัดวงจรซึ่งก็จะทำให้เหมือนกับสภาวะดังตอนต้นที่ได้กล่าวมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสมการการหน่วงเวลาของไอซี 555 นั้นจะมีลักษณะดังนี้

$$t = 1.1 R_T C_T$$



รูปที่ 47 รูปแสดง โครงสร้างภายในของไอซี 555

เมื่อได้ทราบหลักการการทำงานของไอซี 555 นั้นแล้วการทำงานของ IC<sub>110</sub> จะถูกควบคุมการทำงานโดยทรานซิสเตอร์ Q<sub>103</sub> โดยจะมีสัญญาณเข้ามาที่ขา 2 ของ IC<sub>110</sub> ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งมาจากเอาต์พุตของ IC<sub>106</sub> ซึ่งมีลอจิกเป็นศูนย์และเมื่อถูกทริก IC<sub>110</sub> นั้นก็เริ่มทำงานโดยที่เอาต์พุตที่ขา 3 ของ IC<sub>110</sub> นั้นจะเป็นลอจิกหนึ่งซึ่งจะมีผลทำให้สถานะนั้นเป็นสถานะยกหูซึ่งวงจรควบคุมการยกหูหรือวางหูนั้นได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วเมื่อยังมีสัญญาณจากภาค Vox Circuit เข้ามาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q<sub>103</sub> สถานะดังข้างต้นก็ยังคงอยู่จนเมื่อไม่มีสัญญาณเข้ามาที่ขา 2 ก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q<sub>103</sub> นั้นไม่ได้รับไบอัสจึงทำให้เอาต์พุตที่ขา 3 ของ IC<sub>110</sub> นั้นมีสถานะออกมาเป็นศูนย์ซึ่งก็จะทำให้วงจรควบคุมการยกหูหรือวางหูนั้นทำการวางหูทำให้เครื่องกลับเข้าสู่สถานะปกติอีกครั้ง

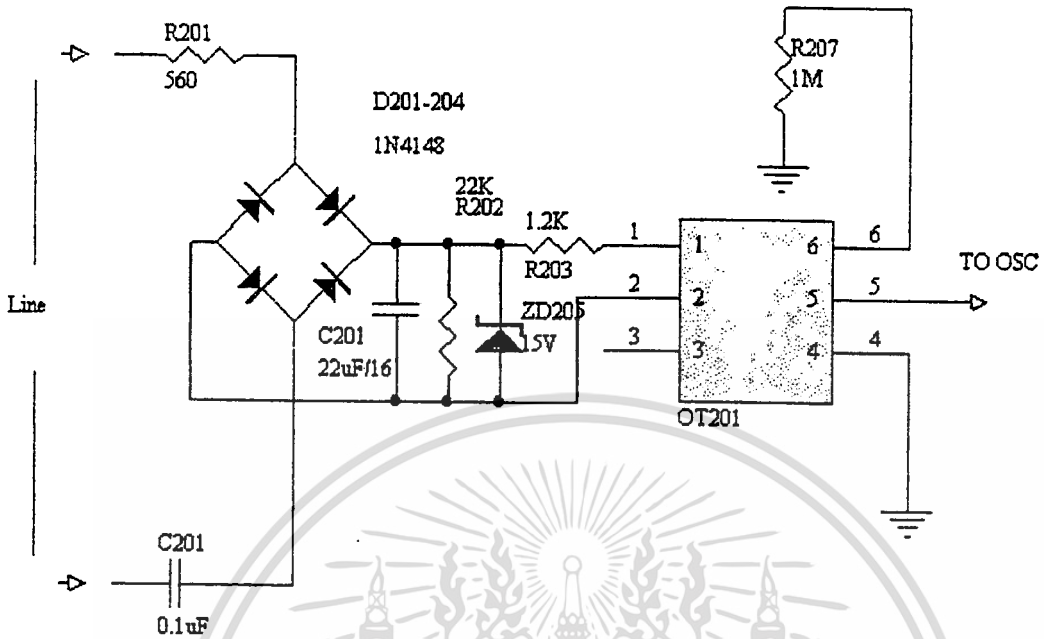
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### บทที่ 4 ภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก (Ring Circuit)

หลักการในการทำงานในส่วนของวงจรในภาคนี้เป็นส่วนที่กำเนิดสัญญาณต่างๆ ได้แก่ ในส่วนของสัญญาณเตือน และในส่วนของสัญญาณเรียกเข้า

โดยจะขอกว่าในส่วนของสัญญาณเรียกเข้าก่อนซึ่งจะมีลักษณะการทำงานของวงจรคือ เมื่อมีสัญญาณเรียกจากคู่สายขององค์การ โทรศัพท์นั้นเข้ามาดังรูปที่ 48 โดยจะมีขนาดของสัญญาณเรียกเข้าประมาณ 120 VAC และความถี่ประมาณ 25 Hz โดยสัญญาณที่เข้ามานั้นจะผ่านเข้าไปยังอุปกรณ์ Opto OT<sub>201</sub> 4N33 ซึ่งสามารถที่จะควบคุมลักษณะของตัวอุปกรณ์ได้ในภาคผนวก ก. โดยเมื่อสัญญาณเข้ามาก่อนที่จะถึงอุปกรณ์ Opto OT<sub>201</sub> นั้นจะมีตัวความต้านทาน R<sub>201</sub> และ ตัวเก็บประจุ C<sub>201</sub> นั้นต่ออยู่ดังรูปที่ 48 เพื่อที่จะ Drop กระแส โดย C<sub>201</sub> นั้นจะคลี่ปลี่ยนสัญญาณผ่านเข้ามายังวงจรเรกติฟายซึ่งต่อเป็นแบบบริดจ์เรกติฟายโดยมีไดโอด D<sub>201</sub> D<sub>202</sub> D<sub>203</sub> D<sub>204</sub> 1N4148 ต่ออยู่จากนั้นเมื่อได้สัญญาณเป็นแรงดันไฟกระแสตรงซึ่งมีแรงดันไฟไม่เกิน 15V ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณเรียกขององค์การ โทรศัพท์ว่ามีสัญญาณแรงเพียงใดถ้ามีสัญญาณแรงมากก็จะทำให้มีแรงดันประมาณ 15V ส่วนถ้าสัญญาณที่เข้ามานั้นมีสัญญาณที่ไม่ค่อยแรงและความถี่คลาดเคลื่อนจากค่าการทำงานของตัวเก็บประจุ C<sub>201</sub> แล้วก็จะทำให้วงจรเรกติฟายนั้นตรวจจับสัญญาณออกมานั้นมีแรงดันไฟกระแสตรงมีค่าลดลงจาก 15V พอสมควรแต่ก็ยังสามารถที่จะใช้งานได้เมื่อได้สัญญาณไฟกระแสตรงออกมาก็จะมาผ่านตัวเก็บประจุ C<sub>202</sub> ซึ่งจะทำหน้าที่ฟิลเตอร์แรงดันไฟกระแสตรงนั้นให้เรียบโดยมีความต้านทาน R<sub>202</sub> นั้นทำการแบ่งกระแสให้ออกไปส่วนหนึ่งเพื่อให้ได้ขนาดของกระแสที่เหมาะสมนั้นออกไปเข้าที่ออปโต OT<sub>201</sub> โดยก่อนที่สัญญาณไฟกระแสตรงนั้นจะถึงอุปกรณ์ออปโตนั้นสัญญาณกระแสไฟตรงนั้นจะถูกจำกัดแรงดันไม่ให้เกิน 15V และมีความต้านทาน R<sub>203</sub> นั้นถูกต่อเพื่อจำกัดแรงดันให้มีแรงดันตกคร่อมออปโตนั้นที่มีค่าประมาณ 3V เมื่อสัญญาณไฟกระแสตรงนั้นได้เปลี่ยนเป็นสัญญาณแสงไปแล้วนั้นโดยกระบวนการนี้จะเกิดภายในอุปกรณ์ Opto OT<sub>201</sub> 4N33 ซึ่งภายในของตัวอุปกรณ์ Opto OT<sub>201</sub> 4N33 นั้นจะมีโฟโตทรานซิสเตอร์ซึ่งต่อเป็นแบบคาร์ลิงตันเพื่อที่จะรองรับกระแสที่ไหลคืบได้สูงขึ้นโดยโฟโตทรานซิสเตอร์นี้ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณทางแสงนั้นให้กลับมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเช่นเดิมโดยอยู่ในรูปของความต้านทานภายใน Junction ของทรานซิสเตอร์ภายในอุปกรณ์ Opto OT<sub>201</sub> 4N33 นั้นเอง อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 48 แสดงลักษณะการต่อวงจรในส่วนของ Buffer Line Telephone

เมื่อสัญญาณทางแสงนั้นถูกเปลี่ยนกลับมาในรูปของค่าความต้านทานใน Junction แล้วก็จะผ่านเข้ามายังทรานซิสเตอร์  $Q_{201}$  2SC458 ซึ่งต่อเป็นแบบวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider Bias) นั้นทำเป็นรูปของวงจรสวิทช์ซึ่งมีการฟิลเตอร์สัญญาณที่เข้ามานั้นให้เรียบพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์  $Q_{201}$  นั้นทำงานมีเสถียรภาพมากขึ้นคือสถานะที่เอาท์พุทคอลเลคเตอร์นั้นเป็นศูนย์เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาเพื่อที่จะให้เป็นศูนย์จริงซึ่งจะทำให้ส่งสัญญาณไปทริกไปยังส่วนต่อไปของวงจรออสซิลเลเตอร์นั้นแน่นอนมากยิ่งขึ้นโดยสามารถที่จะอธิบายได้ตามสมการดังต่อไปนี้

เมื่อทราบว่าโหลดนั้นต้องการกระแสเท่าใดโดยดูจาก Data Sheet ซึ่ง  $I_c$  นั้นก็คือกระแสที่โหลดต้องการ

$$I_b = \beta I_c$$

จากวงจรทราบค่าของ VBB โดยประมาณ และค่าของ VBE โดยประมาณเช่นกันดังนั้น  
 เอนั้นนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_b}$$

โดยค่าของ  $R_B$  นั้นจะได้เท่ากับ  $\frac{R_T \cdot R_{205}}{R_T + R_{205}}$

โดยค่าของ  $R_T$  นั้นจะได้เท่ากับ  $R_{204} // X_{C_{205}}$  นั้นจะได้  $\frac{X_{C_{205}} \cdot R_{204}}{X_{C_{205}} + R_{204}}$

ซึ่งมีทิศทาง Frequency Domain แล้วนั้นกระทำได้โดยการ Take Laplace Transforms

$$R_T = \frac{R_{204}}{(S C_{205} \cdot R_{204}) + 1}$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่ออยู่ใน S Domain แล้วนั้นค่าที่ได้นั้นจะเกิดการหน่วงเวลาออกหรือฟิลเตอร์นั่นเองไปเล็กน้อยซึ่งก็เป็นไปตามที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าเมื่อตอนเริ่มแรกเพื่อที่จะให้วงจรโดยรวมทั้งหมดนั้นมีความเสถียรภาพนั้นจำเป็นต้องมีการฟิลเตอร์ไปเล็กน้อยซึ่งก็เป็นไปตามสมการข้างต้น

จากนั้นสัญญาณที่ผ่านทรานซิสเตอร์สวิทช์  $Q_{201}$  แล้วนั้นก็เข้ามาเข้าวงจรออสซิลเลท (Oscillator Circuit) ดังรูปที่ 49 ซึ่งวงจรนี้ถูกสร้างมาจากการนำไอซี CMOS IC<sub>201</sub> 4011 NAND Gate มาทำเป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Monostable Multivibrator Circuit) ซึ่งค่าของวงจรนี้จะขึ้นอยู่กับค่าของตัวต้านทานและค่าของตัวเก็บประจุ

โดยหลักการของวงจรนี้เมื่อเริ่มต้นนั้นสมมุติว่ามีสัญญาณเข้ามาที่ขา 6 ของ IC<sub>201</sub> ซึ่งเป็นลอจิกศูนย์ และที่ขา 4 ของ IC<sub>201</sub> นั้นสมมุติว่าในสถานะแรกนั้นเป็นลอจิกหนึ่งและจะทำให้ที่ขา 1 และขา 2 ของ IC<sub>201</sub> ที่ต่อเป็นแบบ NOT นั้นได้รับลอจิกหนึ่งจึงทำให้เมื่อ NAND กันแล้วผลลัพธ์ที่ขา 3 ของ IC<sub>201</sub> นั้นออกมาเป็นลอจิกศูนย์ดังนั้นที่ค่าตัวความต้านทาน  $R_{208}$  และค่าตัวเก็บประจุ  $C_{204}$  ดังรูปที่ 49 นั้นจะได้สมการในเทอมของ Frequency Domain จะได้

$$\text{แรงดันที่ขา 3 ต่อแรงดันที่ขา 4 ของ IC}_{201} = \frac{1}{S + \left( \frac{1}{R_{208} \cdot C_{204}} \right)}$$

และเมื่อคิดที่เทอมของ Time Domain นั้นจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสาร แรงดันที่ขา 3 ต่อแรงดันที่ขา 4 ของ IC<sub>201</sub> =  $\left( \frac{1}{R_{208} \cdot C_{204}} \right) e^{-\frac{t}{R_{208} \cdot C_{204}}}$  ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งค่าของการออสซิลเลชันจะขึ้นอยู่กับค่า Time Contance ของค่า  $R_{208}$  และค่า  $C_{204}$  ดังนั้นเมื่อ  $C_{204}$  นั้นประจุเต็มแล้วก็จะทำให้ที่ขา 5 ของ  $IC_{201}$  เป็นลอจิกหนึ่งโดยจะมีตัวต้านทาน  $R_{208}$  นั้นเป็นตัว Drop แรงดันเพื่อที่จะทำให้  $C_{204}$  นั้นสะสมประจุเต็มที่เสียบก่อนโดยแรงดันการสะสมประจุนี้จะต้องสูงจนพอที่จะทำให้  $IC_{201}$  ทำงานได้โดยสามารถที่จะหา  $R_{209}$  ได้จากสมการดังนี้

$$R_{209} = \frac{9 - \text{แรงดันที่พอทำให้ } IC_{201} \text{ นั้นเปลี่ยนสถานะการทำงาน}}{IR_{209}}$$

เมื่อที่ขา 5 ของ  $IC_{201}$  นั้นเป็นหนึ่งในที่ขา 6 ของ  $IC_{201}$  นั้นได้รับสัญญาณทริกเป็นหนึ่งเช่นกันก็จะทำให้ที่ขา 4 ของ  $IC_{201}$  นั้นเปลี่ยนสถานะจากหนึ่งมาเป็นศูนย์ดังนั้นจึงทำให้  $C_{204}$  นั้นคายประจุผ่านมายัง  $R_{208}$  เข้าที่ขา 4 ซึ่งเป็นลอจิกศูนย์ครบวงจร

แต่เนื่องจากต้องการให้สัญญาณที่ถูกออสซิลเลทออกมานั้นมีลักษณะที่มีคาบเวลาที่ไม่เท่ากันดังเช่นสัญญาณเรียกที่มาจากคู่สายขององค์โทรศัพท์การและอีกประการคือว่าจะตั้งค่าของควิตซ์ไซเคิลของแต่ละคาบไม่ให้เท่ากันเพื่อจุดประสงค์คือเมื่อช่วงที่สัญญาณเรียกเข้ามา นั้นเงิบจึงจะสามารถครัทเข้ามาได้เพราะระบบการรับส่งเป็นแบบซิมเพล็กซ์จึงจำเป็นต้องครัทเพื่อที่จะขกหูในช่วงที่สัญญาณที่เรียกเข้ามานั้นเงิบดังนั้นจึงจำเป็นอีกประการหนึ่งที่จะต้องทำให้สัญญาณที่ออกมานั้นมีคาบเวลาที่ไม่เท่ากันหรือมีลักษณะที่เหมือนกับสัญญาณที่เข้ามาจากคู่สายโทรศัพท์ขององค์การ โทรศัพท์

ซึ่งลักษณะการทำงานในส่วนนี้ จะมีวิธีการที่คล้ายคลึงกับการทำงานในส่วนแรก ของวงจรออสซิลเลทที่ได้กล่าวได้ในข้างต้นแล้ว โดยส่วนนี้ก็มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันแต่แตกต่างกันตรงที่มีทรานซิสเตอร์  $Q_{202}$  2SC458 ต่ออยู่ดังรูปที่ 49 โดยมีหน้าที่ทำให้เมื่อวงจรออสซิลเลทส่วนแรกนั้นทำงานก็จะทำให้วงจรออสซิลเลทในส่วนที่สองนั้นหยุดการทำงาน โดยทำให้มี Bias มาที่  $Q_{202}$  ทำให้  $Q_{202}$  นั้นอยู่ในสถานะ ON ทำให้ที่ขา 12 และ 13 ของ  $IC_{201}$  นั้นได้รับลอจิกศูนย์ทำให้ตัวเก็บประจุ  $C_{205}$  นั้นมีศักย์ระหว่างสองขานั้นเท่ากันจึงทำให้ไม่เกิดการประจุโดยสมการของทรานซิสเตอร์  $Q_{202}$  ซึ่งทำตัวเป็นสวิทช์นั้นจะมีสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย  $I_c$  นั้นทราบมาจากความต้องการกระแสของโหลด

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

$$R_{214} = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_b}$$

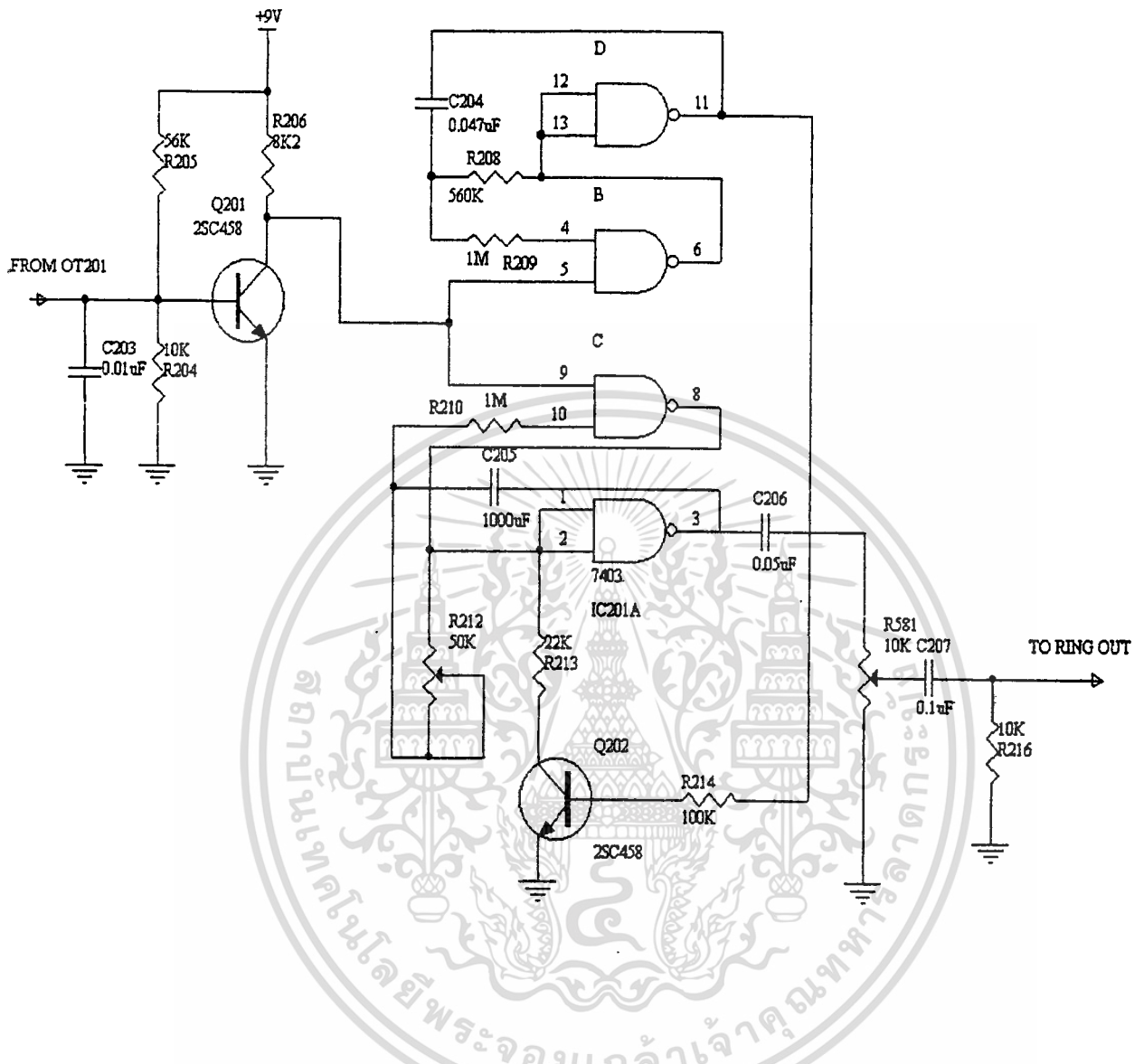
$$R_{213} = \frac{V_{cc}}{V_{BE}}$$

แต่ถ้าวงจรออสซิลเลทในส่วนแรกนั้นหยุดการทำงานวงจรออสซิลเลทในส่วนที่สองก็จะทำงานเพราะว่าทรานซิสเตอร์  $Q_{202}$  นั้น OFF เพราะที่ไม่มีแรงไฟ Bias มาคังนั้นจึงทำให้วงจรออสซิลเลทในส่วนที่สองนั้นทำงาน โดยการทำงานของวงจรออสซิลเลทในส่วนที่สองนี้จะมีลักษณะที่เหมือนกับวงจรออสซิลเลทส่วนแรก การทำงานนี้จะสลับกันทำงานไปอย่างนี้จนกว่าจะไม่มีสัญญาณที่มาจากทรานซิสเตอร์  $Q_{201}$  เข้าทริกวงจรออสซิลเลทจึงจะหยุดการทำงาน

เมื่อสัญญาณนั้นออกมาจากวงจรออสซิลเลทแล้วจะมาผ่านเข้าตัวเก็บประจุ  $C_{206}$  ซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แรงดันไฟตรงหรือแรงดันไฟ DC นั้นผ่านออกไปได้คงแต่ให้สัญญาณที่ถูกออสซิลเลทนั้นผ่านออกไปได้

ต่อจากนั้นสัญญาณออสซิลเลทจะมาเข้ายังวงจรขยายที่ได้จัดการขยายเป็นแบบคลาส A โดยมีทรานซิสเตอร์  $Q_{207}$  2SC458 ดังรูปที่ 50 ซึ่งที่ต้องจัดวงจรเป็นแบบคลาส A นั้นก็เพราะว่าการจัดวงจรขยายแบบคลาส A นั้นจะสามารถที่จะขยายสัญญาณออสซิลเลทนั้นได้เต็มลูกคลื่นซึ่งถ้าจัดวงจรเป็นแบบคลาสอื่นนั้นจะต้องทำให้สิ้นเปลืองอุปกรณ์โดยใช่เหตุเพราะจะต้องใช้อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์อย่างน้อย 2 ตัวขึ้นไปถึงจะขยายได้เต็มลูกคลื่นแต่ในการจัดวงจรขยายเป็นแบบคลาส A นั้นก็มีข้อเสียตรงที่เกิดกำลังงานสูญเสียโดยใช่เหตุแต่ในที่นี้นั้นได้ทำการขยายสัญญาณที่ไม่ก็วัตต์จึงทำให้กำลังงานสูญเสียนั้นน้อยมาโดยลักษณะการทำงานของวงจรขยายนั้นสามารถที่จะอธิบายจากสมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 49 แสดงลักษณะของวงจรออสซิลเลเตอร์สัญญาณ Ringing

โดยเริ่มจาก DC Bias จะได้

$$I_b = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_{228}}$$

$$I_c = \beta I_b$$

โดย VCE นั้นหาได้จากในวงจรดังรูปที่ 50 จะได้

$$V_{cc} = V_{R_{229}} + V_{R_{230}} + V_{CE}$$

; โดยที่  $V_{cc} = 9V$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวงจรรีจิสเตอร์และออสซิลเลเตอร์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$V_{CE} = 9V - V_{R_{229}} - V_{R_{230}}$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเนื่องจากที่ต้องมีตัวเก็บประจุ  $C_{215}$  ต่ออยู่ที่เพื่อที่จะ by pass สัญญาณรบกวนที่อาจเกิดมาจากนอยส์ (Noise) ที่อาจจะเกิดมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ แหล่งจ่ายแรงดัน หรือ อาจที่จะเกิดมาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก

โดยที่วงจรขยายนี้สามารถที่สังเกตได้ว่ามีสัญญาณที่มาจากภาคส่วนของการเข้ารหัส และถอดรหัส (Code Circuit) ซึ่งเป็นสัญญาณทริกเข้ามาทริกเพื่อที่จะให้รีเลย์  $RY_{505}$  นั้นไม่ทำงานเมื่อผู้ใช้นั้นได้มีการกดหมายเลขรหัสตัวแรกนั้นถูกต้องซึ่งจะมีผลทำให้รีเลย์  $RY_{505}$  นั้นไม่ทำงานเพื่อป้องกันสัญญาณเรียกครั้งต่อไปออกมาก่อนการกดรหัสนั้นเสร็จสิ้น โดยสมการ การจัดไบอัสซึ่งจะทำให้ตัวทรานซิสเตอร์  $Q_{207}$  นั้นทำงานเป็นสวิตช์แทนที่จะเป็นวงจรขยายสัญญาณคลาส A โดยมีการจัดไบอัสแก่ทรานซิสเตอร์  $Q_{207}$  ดังนี้

$$V_B = \frac{R_{228} \cdot V_{c1} + V_{CC} \cdot R_{227}}{R_{227} + R_{228}}$$

$$R_B = \frac{R_{227} \cdot R_{228}}{R_{227} + R_{228}}$$

$$I_b = \frac{V_B}{R_B}$$

$$I_c = \beta I_b$$

ดังนั้นถ้าจะหาค่าความต้านทานแต่ละตัวก็โดยการคิดย้อนกลับ ไปก็จะได้ค่าความต้านทานออกมา

เมื่อสัญญาณนั้นผ่านเข้ามาที่วงจร ทวิคูณแรงดัน (Double Voltage) โดยลักษณะของวงจรนี้มีไว้เพื่อที่จะเพิ่มแรงดันที่มีอยู่น้อยมากในวงจรนั้นให้มีแรงดันพอที่จะไปให้ Bias วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ไปขับรีเลย์  $RY_{505}$  ให้ทำงานได้ โดยวงจรนั้นมีลักษณะการทำงานคือเมื่อมีสัญญาณที่ถูกขยายมาจากทรานซิสเตอร์  $Q_{207}$  นั้นเข้ามาโดยเริ่มแรกสมมุติสัญญาณซิกลบลเข้ามาที่ตัวเก็บประจุ  $C_{214}$  โดย  $C_{214}$  ก็จะเก็บประจุไว้โดยสัญญาณนั้นจะเดินทางผ่าน ไดโอด  $D_{209}$  นั้นไปครบวงจร ส่วนเมื่อซิกบวกลเข้ามา ก็จะมาเข้า  $D_{209}$  และ  $D_{210}$  ทำให้ตัวเก็บประจุ  $C_{216}$  นั้นสะสมประจุ ดังนั้นทำให้เปรียบเสมือนมีแหล่งจ่ายสองแหล่งจึงทำให้  $C_{216}$  นั้นมีแรงดันเป็นสองเท่าของแรงดันทางด้านเอาท์พุทซึ่งจะเป็นไปตามสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้  $-V_{C_{214}} + V_{C_{216}} - V_{in} = 0$  อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย ที่  $V_{in}$  เป็นลบนั้นก็เพราะว่าวงจรขายนั่นต้องเป็นแบบ Fixed Bias สัญญาณที่ออกมาจะกลับเฟสไป 180 องศาตัวเอง

$$\text{เมื่อ } VC_{214} = V_{in} \text{ ทำให้}$$

$$-V_{in} + VC_{216} - V_{in} = 0$$

$$VC_{216} = 2V_{in}$$

เมื่อสัญญาณผ่านวงจรทวีคูณแรงดันแล้วก็จะมาเข้าวงจรสวิทช์ทรานซิสเตอร์ซึ่งต่อเป็นแบบคาร์ลิงตันกันอยู่โดยมีทรานซิสเตอร์  $Q_{208}$  2SC458 และ  $Q_{209}$  2SD400 ดังวงจรรูปที่ 50 โดยจะมีลักษณะทางด้านของสมการดังนี้

เมื่อทราบค่าของ  $I_c$  โดยทราบได้จากการตั้งกระแสของโหลดโดยดูจาก Data

Sheet

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

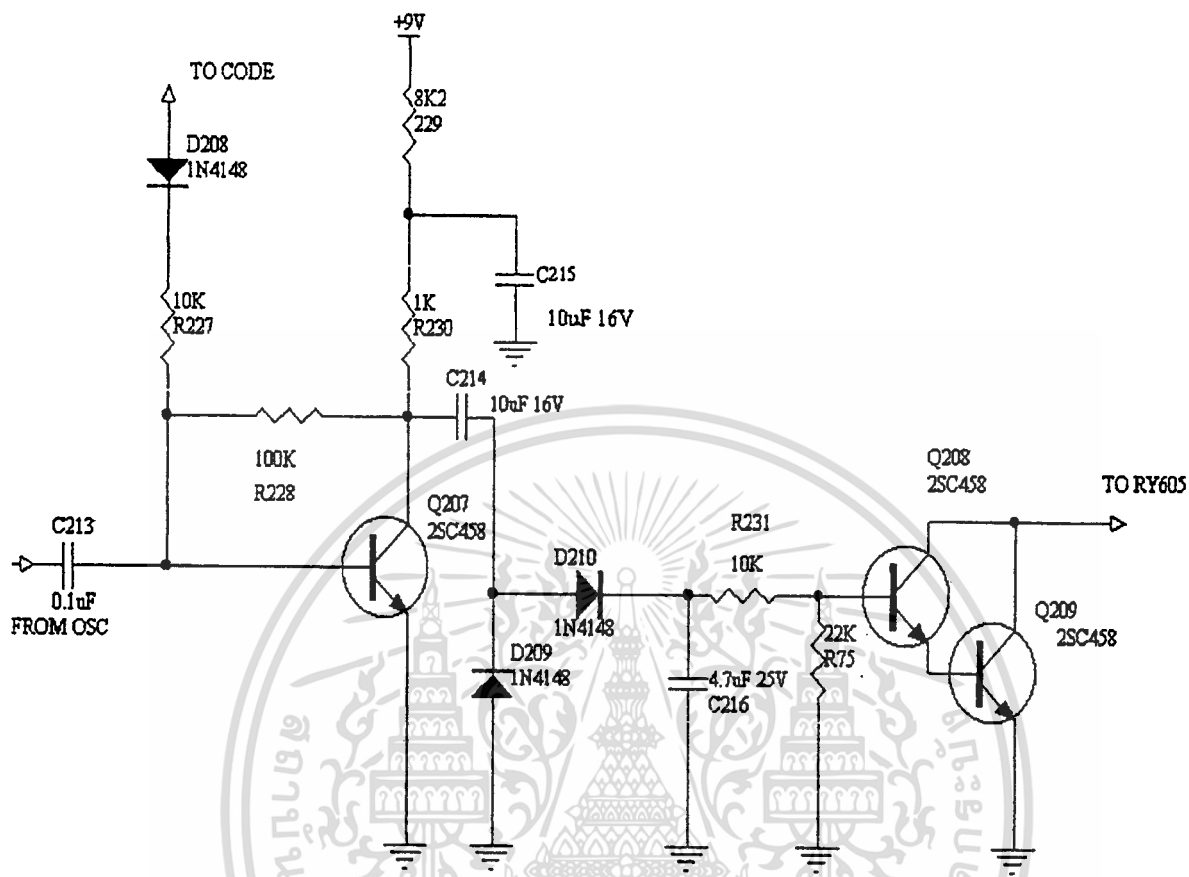
$$I_{R_{231}} = I_{R_{232}} + I_b$$

$$R_{231} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{231}}} \quad ; \text{ โดย } I_{R_{231}} = 2I_b$$

$$R_{232} = \frac{V_{BE}}{I_{R_{231}} - \left(\frac{I_c}{\beta}\right)}$$

ซึ่งเมื่อมีสัญญาณเข้ามาจากวงจรทวีคูณแรงดันเข้ามาทริกก็จะทำให้  $Q_{208}$  และ  $Q_{209}$  นั้นนำกระแสทำให้รีเลย์  $RY_{505}$  ทำงานโดยสัญญาณที่ถูกออสซิลเลทตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นนั้นก็ จะถูกส่งออกไปเข้าทางช่องเสียบไมค์ของวิทยุรับส่ง โดยขั้นในการส่งได้นั้นจะต้องอาศัยตัว ความต้านทาน  $R_{216}$  ซึ่งต่ออยู่ในลักษณะขนานกับวงจรภาคส่งในวิทยุรับส่งซึ่งก็จะทำให้ เครื่องส่งในวิทยุรับส่งนั้นทำงานส่งสัญญาณเรียกหรือสัญญาณเตือนที่ถูกผลิตโดย  $IC_{201}$  นั้น ส่งออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 50 แสดงลักษณะของวงจรขยายและวงจรควบคุมการส่งสัญญาณออสซิลเลเตอร์

จากที่กล่าวไว้แต่ต้นนั้นว่าในขณะที่ที่ครัทส์ได้ถูกต้องแล้วนั้นจะมีสัญญาณเตือนส่งออกไปเพื่อบอกผู้ใช้งานว่าในขณะที่ผู้ใช้นั้นได้ครัทส์ได้ถูกต้องแล้ว โดยการทำงานของวงจรนี้จะถูกควบคุมการทำงานโดยไอซีไทเมอร์ IC<sub>202</sub> และ IC<sub>203</sub> LM 555 โดยการต่อวงจรเป็นแบบวงจรกำเนิดพัลส์โมโนสเตเบิลดังรูปที่ 51 ซึ่ง IC<sub>202</sub> นั้นจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit) ที่มาจากทรานซิสเตอร์ Q<sub>102</sub> โดยสัญญาณนั้นจะมาเข้าที่ขา 2 ของ IC<sub>202</sub> ซึ่งเป็นขาทริกเกอร์ โดยจะต้องผ่านตัวเก็บประจุ C<sub>208</sub> ในขั้นแรกนั้นยังไม่มีสัญญาณลจิกศูนย์จากทรานซิสเตอร์ Q<sub>202</sub> นั้นเข้ามาตัวเก็บประจุ C<sub>208</sub> นั้นก็ยังมีศักย์คาแรงดันนั้นเท่ากับศูนย์เพราะศักย์คาของขาทั้งสองข้างนั้นมีศักย์คาที่เท่ากัน แต่เมื่อมี

สัญญาณลจิกศูนย์นั้นเข้ามาทริกทำให้ที่ขาอีกข้างหนึ่งของ C<sub>208</sub> นั้นมีศักย์คาที่ต่ำกว่าขาอีกไม่วารณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้างหนึ่งคั้งนั้นจึงเริ่มสะสมประจุทำให้ที่ขา 2 ของ IC<sub>202</sub> นั้นได้รับสัญญาณทรานซิสเตอร์มีสถานะต่ำซึ่งลักษณะการทำงานของตัวไอซี 555 นั้นได้กล่าวไว้อย่างละเอียดในตอนต้นในบทที่ 3 แล้ว โดยการทำงานนั้นจะถูกควบคุมด้วยความต้านทาน R<sub>222</sub> และ R<sub>223</sub> และจะถูกควบคุมโดยตัวเป็นประจุ C<sub>210</sub> โดยการทำงานมีคั้งนี้เมื่อไม่มีสัญญาณเข้ามาทรานซิสเตอร์ที่ขา 2 ของ IC<sub>202</sub> นั้นจะทำให้ที่เอาท์พุทที่ขา 3 ของ IC<sub>202</sub> นั้นอยู่ในสถานะต่ำซึ่งก็จะไม่มีไบอัสไปให้ทรานซิสเตอร์ Q<sub>204</sub> ทำให้วงจรส่วนหลังๆ นั้นยังที่จะคงสถานะเดิมอยู่จนกว่าจะมีสัญญาณนั้นเข้ามาทรานซิสเตอร์ที่ขา 2 ของ IC<sub>202</sub> ก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q<sub>204</sub> นั้นได้รับ ไบอัสซึ่งจะได้ไบอัสนานเท่ากับค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุของไอซี 555 IC<sub>202</sub> นั้นเอง เมื่อมีไบอัสมาให้ทรานซิสเตอร์ Q<sub>204</sub> ซึ่งต่อคาร์ลิงคั้งกับทรานซิสเตอร์ Q<sub>205</sub> ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนั้นอยู่ในสถานะ ON มีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ Q<sub>206</sub> นั้นได้รับ ไบอัสไปด้วยเพราะ Q<sub>206</sub> นั้นเป็นทรานซิสเตอร์แบบ PNP ซึ่งต้องการ ไบอัสลบทำให้ทรานซิสเตอร์นั้นอยู่ในสถานะ ON ทำให้เกิดการลัดวงจรตัวเก็บประจุ C<sub>212</sub> และมีสัญญาณทรานซิสเตอร์ที่มาจากทรานซิสเตอร์ Q<sub>205</sub> ที่เป็นสถานะต่ำนั้นส่วนหนึ่งนั้นมาทรานซิสเตอร์ที่ขา 2 ของ IC<sub>203</sub> ทำให้ IC<sub>203</sub> นั้นเริ่มทำงานแต่ก็ยังไม่สามารถที่จะทำงานได้ทั้งนี้เพราะตัวเก็บประจุ C<sub>212</sub> นั้นถูกลัดวงจรอยู่นั้นเองจนเวลาที่ถูคคั้งโดยค่าความต้านทาน R<sub>222</sub> และ R<sub>223</sub> และตัวเป็นประจุ C<sub>210</sub> ที่ควบคุม IC<sub>202</sub> นั้นจะครบกำหนดเวลาจึงทำให้ IC<sub>203</sub> นั้นทำงานตามเวลาที่ถูคคั้งเอาไว้โดยค่าความต้านทาน R<sub>225</sub> และ R<sub>226</sub> และตัวเป็นประจุ C<sub>212</sub> โดยจะผลิตพัลส์ออกไปเพื่อควบคุมการกดหมายเลขโทรศัพท์

และจะมีสัญญาณอีกส่วนหนึ่งที่ออกมาจากเอาท์พุทของ IC<sub>102</sub> นั้นจะมาให้ไบอัสที่ทรานซิสเตอร์ Q<sub>203</sub> ซึ่งจะทำให้สถานะของทรานซิสเตอร์ Q<sub>203</sub> นั้นอยู่ในสถานะ ON ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q<sub>201</sub> นั้นได้รับลอคจิกศูนย์ซึ่งก็จะทำให้ส่วนของวงจรออสซิลเลเตอร์นั้นออสซิลเลท ซึ่งการทำงานในส่วนของวงจรออสซิลเลเตอร์นั้นได้กล่าวไว้ในตอนต้นอย่างละเอียดแล้ว

คั้งนั้นสมการเวลาของ IC<sub>202</sub> และ IC<sub>203</sub> และสมการการจัด ไบอัสของทรานซิสเตอร์ Q<sub>204</sub> และ Q<sub>205</sub> ที่ต่อแบบคาร์ลิงคั้ง และสมการการจัด ไบอัสของทรานซิสเตอร์ Q<sub>203</sub> จะมีคั้งนี้ตามลำดับ

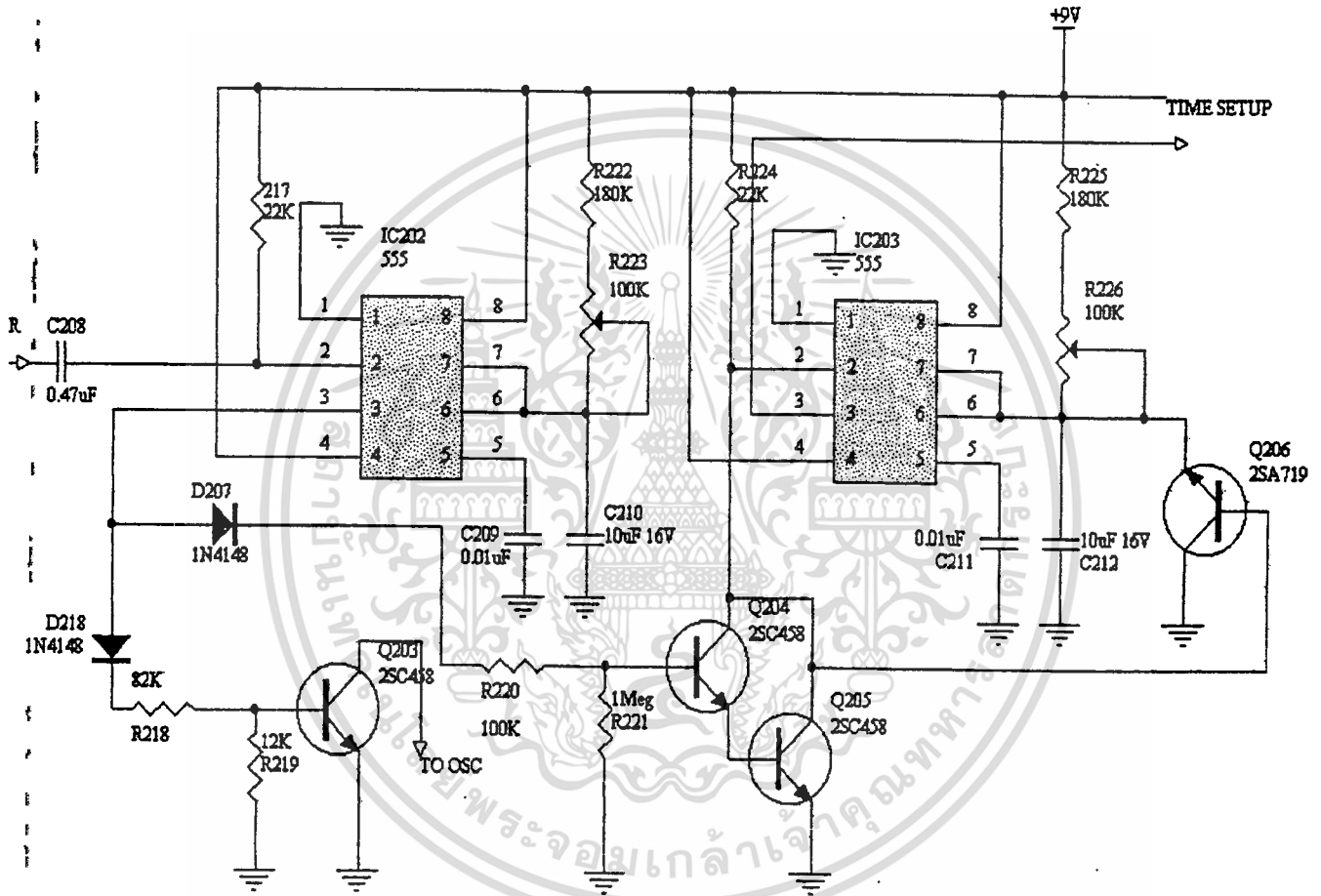
สมการเวลาของ IC<sub>202</sub> มีคั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  

$$t = 1.1(R_{222} + R_{223})C_{210}$$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการเวลาของ IC<sub>203</sub> มีดังนี้

$$t = 1.1(R_{225} + R_{226})C_{212}$$



รูปที่ 51 แสดงลักษณะของวงจรสัญญาณควบคุมสัญญาณเตือนและวงจรควบคุมเวลาการกด

หมายเลข

สมการการจัด ไบอัสของ Q<sub>204</sub> และ Q<sub>205</sub> ที่ต่อแบบคาร์ลิงตันมีดังนี้

เมื่อทราบค่าของ I<sub>c</sub> ได้จากโหลดที่ต้องการดึงกระแสจะได้

$$I_c = \beta I_b \quad ; \text{โดย } \beta = \beta_1 \cdot \beta_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบ้เนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 I_{R_{220}} &= I_{R_{221}} + I_b \\
 R_{220} &= \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{220}}} \quad ; \text{โดย } I_{R_{220}} = I_b \quad (2) \\
 R_{221} &= \frac{V_{BE}}{I_{R_{220}} - \left(\frac{I_c}{\beta}\right)}
 \end{aligned}$$

สมการการจัดไบอัสของ  $Q_{203}$  มีดังนี้

เมื่อทราบค่าของ  $I_c$  ได้จากโหลดที่ต้องการคิ่งกระแสจะได้

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

$$I_{R_{218}} = I_{R_{218}} + I_b$$

$$R_{218} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{218}}} \quad ; \text{โดย } I_{R_{218}} = I_b \quad (2)$$

$$R_{219} = \frac{V_{BE}}{I_{R_{218}} - \left(\frac{I_c}{\beta}\right)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5 ภาคส่วนของวงจรไมโครอัตโนมัติและระบบการวางสายอัตโนมัติ (Vox Circuit)

การทำงานของวงจรถัดกล่าวนั้นสามารถที่จะอธิบายได้ว่าสมมุติว่ามีสัญญาณนั้นมาจากช่องเสียบลำโพงนอก (SP) ของตัววิทยุรับส่งนั้นเข้ามาที่ภาควงจรไมโครอัตโนมัติและระบบการวางสายอัตโนมัติ (Vox Circuit) ก็จะเข้ามายัง  $R_{318}$  ซึ่งเป็นความต้านทานปรับค่าได้ทำหน้าที่ปรับระดับความแรงของสัญญาณเสียงที่เข้ามาให้มีระดับความแรงที่เหมาะสม ดังรูปที่ 52 และมีตัวเก็บประจุ  $C_{308}$  นั้นทำหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟกระแสตรงเข้ามายังวงจรขยายสัญญาณในส่วนต่อไป โดยจากรูปที่ 52 นั้นวงจรขยายสัญญาณเสียงนั้นทำการต่อเป็นแบบวงจรขยายแบบกลับเฟส ซึ่งสามารถที่จะทราบแรงดันที่เอาต์พุตได้จากสมการดังนี้

$$V_O = \frac{9(R_{320} + R_{319})}{R_{319}} \cdot \frac{V_{in} \cdot R_{320}}{R_{319}}$$

เมื่อได้สัญญาณที่เป็นสัญญาณที่ถูกขยายออกมาแล้วต่อจากนั้นจะเข้ามาเข้าที่วงจรทวิคูณแรงดันดังรูปที่ 52 ซึ่งสัญญาณซิกลบนั้นจะเข้าที่  $C_{310}$  ซึ่งก็จะทำให้  $C_{310}$  นั้นทำการสะสมประจุ ซึ่งจะมีไดโอด  $D_{304}$  นั้นต่ออยู่ตามรูปที่ 52 ซึ่งจะทำให้กระแสที่ไหลครบวงจรพอดีทำให้เกิดการสะสมประจุและช่วงต่อไปนั้นเมื่อมีสัญญาณซิกบวกเข้ามาจะทำให้ไดโอด  $D_{304}$  นั้นได้รับ Reverse Bias ซึ่งจะทำให้กระแสที่ได้นั้นได้ผ่านเข้าไปที่ไดโอด  $D_{303}$  แทนทำให้เกิดการสะสมประจุที่ตัวเก็บประจุ  $C_{312}$  ซึ่งก็เปรียบได้ว่าวงจรนี้นั้นได้มีแหล่งจ่ายสองแหล่งจ่ายนั้นจ่ายแรงดันให้อยู่ซึ่งจะสามารถสังเกตได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$-VC_{310} + VC_{312} - V_{in} = 0$$

โดย ที่  $V_{in}$  เป็นลบนั้นก็เพราะว่าวงจรขยายนั่นต่อเป็นแบบวงจรขยายกลับเฟสดังนั้นสัญญาณที่ออกมานั้นจะกลับเฟสไป 180 องศาแน่นอน

$$\text{เมื่อ } VC_{310} = V_{in} \text{ ทำให้}$$

$$-V_{in} + VC_{312} - V_{in} = 0$$

$$VC_{312} = 2V_{in}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสัญญาณแรงดันไฟตรงที่เกิดขึ้นนี้จะถูกส่งออกไปควบคุมการทำงานของภาค ส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit) ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในบทที่ 8 อย่างละเอียด

และจะมีสัญญาณอีกส่วนหนึ่งที่ออกมาจากเอาต์พุตของ IC<sub>301</sub> ดังรูปที่ 52 นั้นจะถูก เข้าวงจรทวิคูณแรงดันอีกวงจรหนึ่งซึ่งวงจรทวิคูณแรงดันนี้เป็นวงจรทวิคูณแรงดันแบบชนิด ลบซึ่งหลักการทำงานของวงจรมันสามารถที่จะอธิบายได้ดังนี้ คือเมื่อมีสัญญาณซิกนอลเข้ามาที่วงจรก็จะทำให้ตัวเก็บประจุ C<sub>309</sub> นั้นทำการสะสมประจุ โดยมีไดโอด D<sub>308</sub> นั้นต่อเป็น แบบ Forward Bias อยู่ซึ่งจะทำให้กระแสในซิกนอลนั้นไหลผ่านครบวงจรทำให้เกิดการ สะสมประจุของ C<sub>309</sub> และเมื่อสัญญาณซิกนอลนั้นเข้ามา ก็จะทำให้ไดโอด D<sub>304</sub> นั้นหยุดนำ กระแสแต่ไดโอด D<sub>303</sub> นั้นจะนำกระแสแทนเนื่องจากได้รับ Forward Bias ซึ่งก็จะทำให้เกิด การสะสมประจุที่ตัวเก็บประจุ C<sub>311</sub> ซึ่งจะได้สมการแรงดันดังนี้

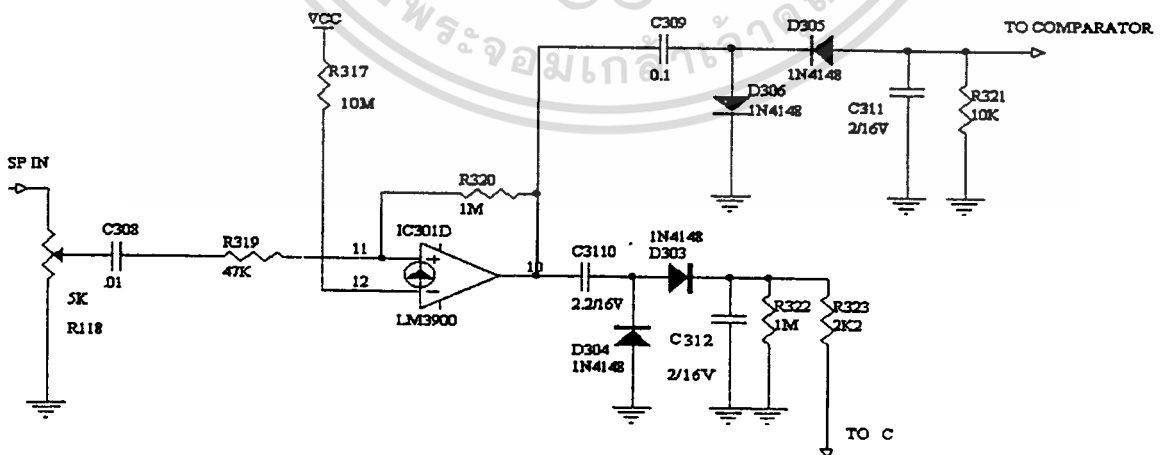
$$VC_{309} + VC_{311} + V_{in} = 0$$

โดย ที่  $V_{in}$  เป็นลบนั้นก็เพราะว่าวงจรขยายนั่นคือเป็นแบบวงจรขยายกลับ เฟสดังนั้นสัญญาณที่ออกมานั้นจะกลับเฟสไป 180 องศานั่นเอง

เมื่อ  $VC_{309} = V_{in}$  ทำให้

$$V_{in} + VC_{311} + V_{in} = 0$$

$$VC_{311} = -2V_{in}$$



รูปที่ 52 รูปแสดงวงจรขยายและวงจรทวิคูณแรงดันในส่วนของสัญญาณที่ออกมาจากลำโพง

เอกสารนี้เป็นของเครื่องวิทยุรับส่ง ทรานส์มิชชันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเมื่อสัญญาณไมค์นั้นมาเข้าที่ส่วนวงจรขยายสัญญาณไมค์คิงรูปที่ 53 ซึ่งสัญญาณส่วนนี้นั้นเป็นสัญญาณที่อ่อนมากดังนั้นจึงจะต้องที่ขยายสัญญาณให้มีความแรงขึ้นก่อนส่งไปยังภาคต่อไป โดยสัญญาณนั้นจะมาเข้าที่ที่อินพุทขา 6 ของ IC<sub>301</sub> ซึ่งก่อนที่จะมาเข้าที่อินพุทที่ขา 6 ของ IC<sub>301</sub> นั้นสัญญาณไมค์นี้จะถูก C<sub>301</sub> นั้นกรองสัญญาณที่ไม่ใช่สัญญาณเสียงนั้นลงกราวด์ ต่อจากนั้นก็ผ่านเข้ามายังตัวเก็บประจุ C<sub>302</sub> ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟตรงนั้นเข้ามายังอินพุทขา 6 ของ IC<sub>301</sub> ซึ่งจากรูปที่ 53 นั้นสามารถที่จะสังเกตเห็นได้ว่าจะมีการต่อวงจรเป็นแบบวงจรขยายแบบกลับเฟสแรงดันซึ่งสามารถที่จะทราบสมการแรงดันทางเอาท์พุทได้ดังนี้

$$V_o = \frac{9(R_{302} + R_{301})}{R_{301}} \frac{V_{in} \cdot R_{302}}{R_{301}}$$

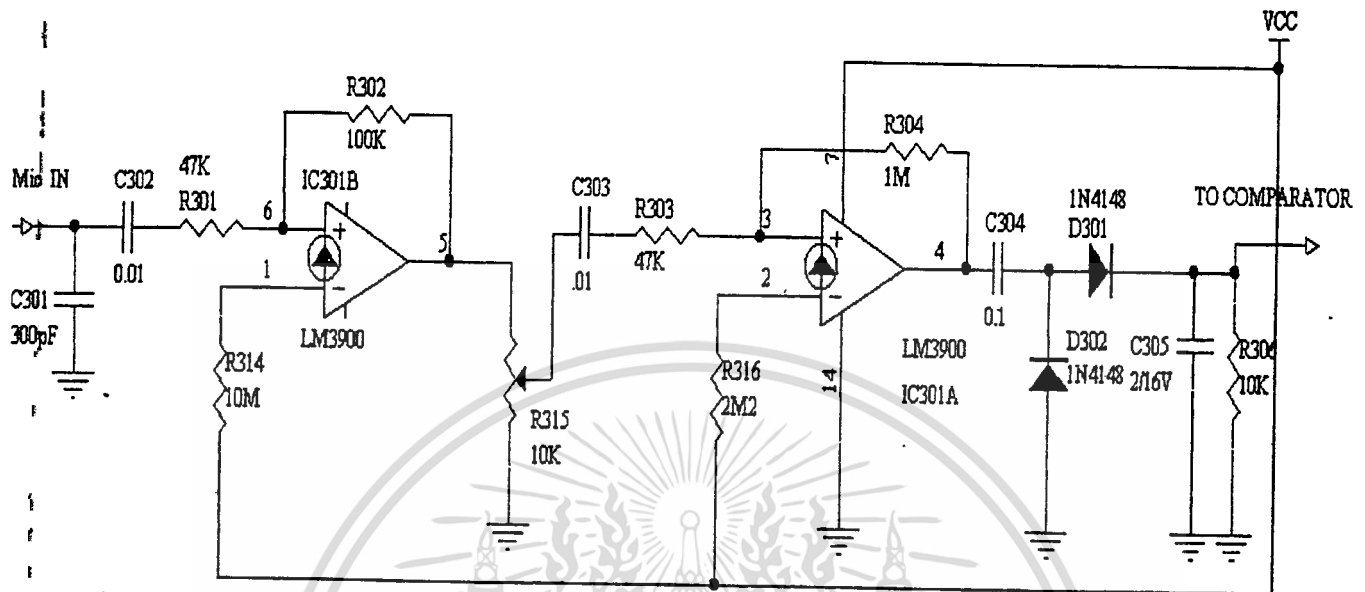
และสัญญาณที่ถูกขยายนั้นจะมาเข้าที่ R<sub>315</sub> ซึ่งทำหน้าที่ปรับระดับสัญญาณให้มีความเหมาะสมก่อนที่จะไปในวงจรส่วนต่อไป ซึ่งสัญญาณนี้นั้นเมื่อถูกขยายมาจากวงจรขยายส่วนแรกนั้นสัญญาณนั้นอาจจะไม่แรงดังนั้นจึงต้องทำการขยายอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ได้ระดับสัญญาณที่แรงพอสมควรที่จะสามารถควบคุมวงจรถวนต่อไปได้ซึ่งจะได้เกนขยายของวงจรทั้งสองวงจรดังนี้

$$\text{Gainรวม} = \text{Gain1} \cdot \text{Gain2}$$

จากวงจรขยายแบบกลับเฟสในส่วนที่สองนี้สามารถที่จะเขียนสมการแรงดันทางด้านเอาท์พุทได้ดังนี้

$$V_o = \frac{9(R_{304} + R_{303})}{R_{303}} \frac{V_{in} \cdot R_{304}}{R_{303}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 53 รูปแสดงวงจรขยายและวงจรทวีคูณแรงดันในส่วนของสัญญาณที่มาจากไมค์  
ที่มาจากส่วนของไลน์โทรศัพท์

เมื่อสัญญาณนั้นถูกขยายแล้วจะผ่านเข้าวงจรทวีคูณแรงดันแบบบวก โดยวงจรทวีคูณแรง  
ดันนั้นจะสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้คือเมื่อสัญญาณซิกลบนั้นผ่านเข้าตัวเก็บประจุ  
 $C_{304}$  ตัวเก็บประจุนั้นก็จะทำการสะสมประจุโดยการที่  $C_{304}$  นั้นสามารถที่จะสะสมประจุได้  
นั้นเพราะไดโอด  $D_{302}$  นั้นนำกระแสแตงั้นจึงทำให้  $C_{304}$  นั้นสะสมประจุ เมื่อมีสัญญาณแรง  
ดันซิกบวกรวมเข้ามาก็จะทำให้ไดโอด  $D_{302}$  นั้นหยุดนำกระแสแต่ไดโอด  $D_{301}$  นั้นนำกระแสแทน  
ดังนั้นจึงทำให้ตัวเก็บประจุ  $C_{305}$  นั้นทำการสะสมประจุทำให้แรงดันที่ออกมานั้นมีแรงดันที่  
มากกว่าแรงดันทางอินพุตที่เข้ามานั้นเป็นสองเท่าของแรงดันทางอินพุต ซึ่งสามารถที่จะ  
สังเกตได้จากสมการแรงดันดังนี้

$$-VC_{304} + VC_{305} - V_{in} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย ที่  $V_{in}$  เป็นลบนั้นก็เพราะว่าวงจรขยายนั้นต่อเป็นแบบวงจรขยายกลับเฟสดังนั้นสัญญาณที่ออกมานั้นจะกลับเฟสไป 180 องศาตัวเอง

เมื่อ  $V_{C_{304}} = V_{in}$  ทำให้

$$-V_{in} + V_{C_{305}} - V_{in} = 0$$

$$V_{C_{305}} = 2V_{in}$$

เมื่อสัญญาณที่มาจากส่วนของวงจรทวีคูณแรงดันในส่วนของวงจรขยายสัญญาณทางลำโพงของวิทยุและส่วนของสัญญาณไมค์ที่มาจากไลน์โทรศัพท์ก็จะมาเข้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันกระแสไฟตรงดังรูปที่ 54 โดยก่อนที่จะมาเข้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันนั้นจะมาเข้าวงจรแบ่งกระแสซึ่งสมการวงจรแบ่งกระแสนั้นที่แรงดันทางเอาต์พุตของวงจรจะเท่ากับดังนี้

$$V_{(sp)} = \frac{v_{in}(sp) \cdot (R_{321} + R_{307})}{R_{321}}$$

$$V_{(mic)} = \frac{v_{in}(mic) \cdot (R_{306} + R_{305})}{R_{306}}$$

เมื่อสัญญาณแรงดันที่ถูกแบ่งกระแสแล้วนั้นเข้ามายังวงจรเปรียบเทียบแรงดันก็จะได้สมการดังนี้

เมื่อแรงดันอ้างอิงที่จะผ่านเข้าอินพุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันนั้นมีดังนี้

$$V_{ref} = \frac{V_{cc} \cdot R_{309}}{R_{309} + R_{308}}$$

ดังนั้นแรงดันที่อินพุตของออปแอมป์ที่เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีดังนี้

$$V_{(-)} = \frac{V_{(sp)} \cdot R_{313}}{R_{310} + R_{313}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V(-) = \frac{V(\text{mic}) \cdot R_{313}}{R_{310} + R_{313}}$$

$$V(+) = \frac{V_{\text{ref}} \cdot R_{312}}{R_{311} + R_{312}}$$

เมื่อสัญญาณแรงดันไฟตรงนั้นมาเปรียบเทียบกันก็จะได้อดังนี้

$$V_o = V(+) - V(-)$$

ดังนั้นเมื่อสัญญาณนั้นถูกเปรียบเทียบแรงดันก็จะออกมาเข้าที่ IC<sub>302</sub> ซึ่งเป็นไอซีไทเมอร์ซึ่งลักษณะการทำงานของไอซีนั้นได้อธิบายลักษณะการทำงานเบื้องต้นไว้ในบทที่ 3 แล้วโดยสมการเวลาของ IC<sub>302</sub> นั้นมีดังนี้

$$t = 1.1(R_{324} + R_{325})C_{306}$$

โดยตัวเก็บประจุ C<sub>306</sub> นั้นจะถูกลัดวงจรโดยทรานซิสเตอร์ Q<sub>301</sub> ซึ่งจะได้รับไบอัสมาจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันดังรูปที่ 54 ซึ่งเมื่อมีสัญญาณที่เกิดจากวงจรในส่วนของวงจรถ่ายสัญญาณไมค์มา โดยที่จะมีสถานะสูงซึ่งจะทำให้เมื่อผ่านวงจรเปรียบเทียบแล้วนั้นจะทำให้เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบนั้นเป็นสถานะต่ำจะมีสัญญาณเข้ามาทำที่ IC<sub>302</sub> นั้นทำงานที่เอาต์พุตที่ขา 3 ของ IC<sub>302</sub> จะมีสถานะสูงซึ่งจะมีแรงดันไฟตรงมาให้ไบอัสทรานซิสเตอร์ Q<sub>302</sub> และ Q<sub>303</sub> ซึ่งจะมีสมการการให้ไบอัสดังนี้

เมื่อทราบค่าของ Ic ได้จากโหลดที่ต้องการดึงกระแสจะได้

$$I_c = \beta I_b \quad ; \text{โดย } \beta = \beta_1 \cdot \beta_2$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

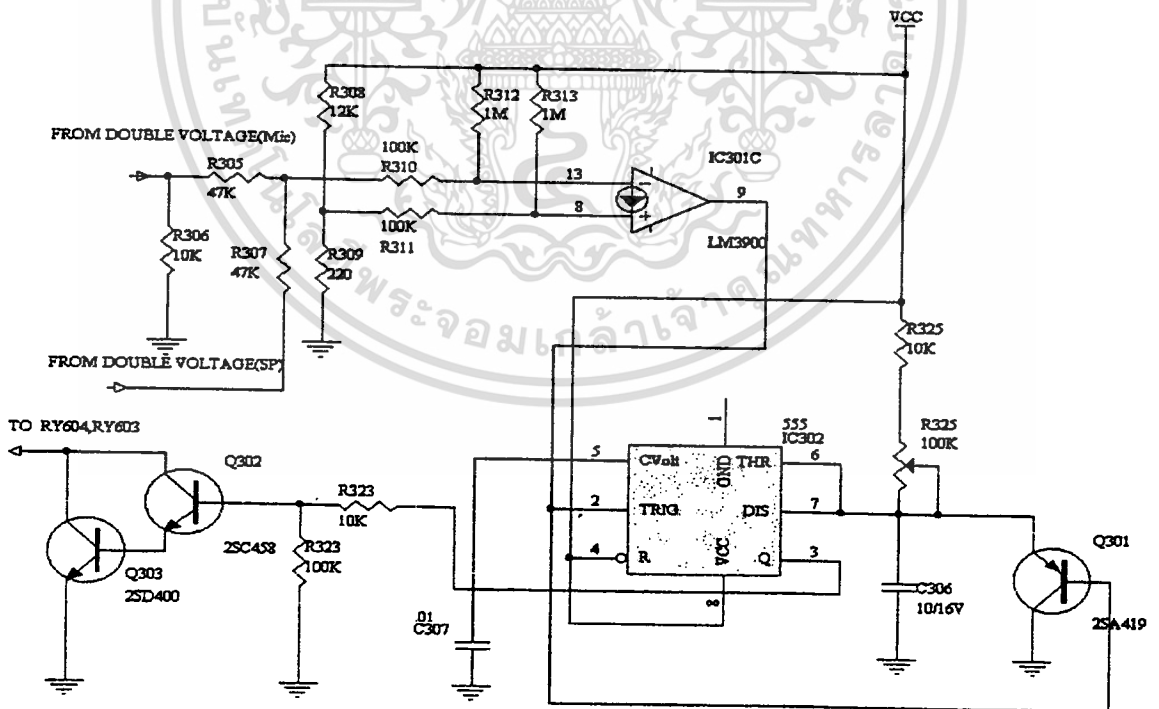
$$I_{R_{328}} = I_{R_{327}} + I_b$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{328} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{328}}} \quad ; \text{ โดย } I_{R_{328}} = I_b \quad (2)$$

$$R_{327} = \frac{V_{BE}}{I_{R_{327}} - \left(\frac{I_c}{\beta}\right)}$$

ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์นั้นทำงานส่งผลทำให้รีเลย์  $RY_{603}$  และ  $RY_{604}$  นั้นทำงานซึ่งจะได้อธิบายโดยละเอียดในภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit) และเมื่อมีสัญญาณที่ถูกขยายจากวงจรขยายจากสัญญาณทางลำโพงของวิทยุรับส่งเข้ามาซึ่งจะมีสถานะต่ำ ก็จะส่งผลให้ที่เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบนั้นได้สถานะแรงดันสูงทำให้ไม่มีแรงดันไบอัสมาให้ทรานซิสเตอร์  $Q_{301}$  ดังนั้นจึงทำให้ที่เอาต์พุตของ  $IC_{302}$  นั้นมีสถานะต่ำตามเวลาที่ได้ตั้งเอาไว้ ดังนั้นจึงไม่มีไบอัสไปให้ที่ทรานซิสเตอร์  $Q_{302}$  และ  $Q_{303}$  ดังนั้นทำให้รีเลย์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นไม่ทำงาน



รูปที่ 54 แสดงส่วนของวงจรเปรียบเทียบและส่วนของวงจรหน่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6 ภาคส่วนของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าและระบบจ่ายกำลังสำรอง(Power Supply Circuit)

การทำงานในส่วนของภาคระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าและระบบจ่ายกำลังสำรองนั้นจะมีการทำงานดังนี้คือเมื่อป้อนแรงดันไฟกระแสสลับเข้ามาที่ไดโอดบริดจ์  $D_{401}$  ซึ่งจะทำหน้าที่เรกติฟายสัญญาณที่เป็นกระแสไฟตรงนั้นเป็นกระแสไฟสลับซึ่งจะมีแรงดันไฟที่ถูกเรกติฟายนั้นออกมานั้นมีค่าเท่ากับ 1.414 นั้นขึ้นอยู่กับแรงดันสูงสุดในซีกเดียวซึ่งจะมีค่าประมาณ 16.97 โวลต์ เมื่อได้สัญญาณกระแสไฟตรงออกมาก็จะผ่านเข้าที่ตัวเก็บประจุ  $C_{401}$  ซึ่งจะทำให้หน้าที่กรองสัญญาณกระแสไฟตรงที่ออกมาจากวงจรเรกติฟายนั้นให้เรียงดังรูปที่ 55 ซึ่งจะเห็นรูปการแสดงสัญญาณกระแสไฟตรงที่ไม่ผ่านตัวเก็บประจุเปรียบเทียบกับรูปสัญญาณที่ผ่านตัวเก็บประจุ  $C_{401}$



รูปที่ 55 แสดงรูปสัญญาณที่ไม่ได้ผ่านตัวเก็บประจุและสัญญาณที่ผ่านตัวเก็บประจุ

เมื่อได้สัญญาณไฟตรงมาแล้วสัญญาณไฟตรงนี้จะผ่านเข้ามายังไดโอด  $D_{402}$  ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันกระแสไฟย้อนกลับเข้าที่เอาต์พุตของวงจรเรกติฟายเมื่อตอนที่วงจรจ่ายกระแสไฟสำรองนั้นทำงานเมื่อสัญญาณกระแสไฟตรงนั้นผ่านจากไดโอด  $D_{402}$  แล้วจะมีแรงดันไฟตรงป้อนมายังส่วนของวงจรจ่ายไฟสำรองเพื่อทำการชาร์จประจุให้แก่แบตเตอรี่ซึ่งมีขนาด 13.2 โวลต์ และกระแส 1000 mA ซึ่งจะทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟเมื่อไม่มีแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าโดยวิธีการทำงานของวงจรส่วนนี้นั้นคือเมื่อมีแรงดันจ่ายเข้ามาก็จะมีตัวต้านทานหนึ่งตัวทำหน้าที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำกัดกระแสให้มีขนาดของกระแสที่มีขนาดที่สัมพันธ์กับเวลาการชาร์จประจุของแบตเตอรี่ โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$R_{401} = \frac{V_{in} - V(\text{battery})}{I}$$

โดยกระแส (I) นั้นสามารถที่จะกำหนดได้จากระยะเวลาการชาร์จประจุที่ต้องการให้มีระยะเวลาเท่าใด และวงจรนี้นั้นยังมีไดโอด  $D_{403}$  นั้นทำการป้องกันกระแสไหลย้อนกลับเมื่อวงจรจ่ายกำลังสำรองนั้นเริ่มทำงาน

และสัญญาณกระแสไฟตรงนั้นอีกส่วนนั้นจะถูกส่งเข้ามายังวงจรเรกกูเลเตอร์ซึ่งในรูปที่ 56 นั้นสามารถที่จะสังเกตเห็นได้ว่าจะมีเรกกูเลเตอร์ที่สำเร็จรูปคือใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์และมีส่วนของวงจรเรกกูเลเตอร์ซึ่งจะขอล่าในส่วนการทำงานของส่วนที่ใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์ก่อนที่จะได้กล่าวในส่วนของวงจรเรกกูเลเตอร์ต่อไป ส่วนของไอซีเรกกูเลเตอร์นั้นจะใช้ไอซีสำเร็จรูป  $IC_{401}$  7809 ซึ่งเป็น ไอซีที่จ่ายแรงดันไฟคงที่ที่ 9 โวลต์ และ  $IC_{402}$  7805 ซึ่งเป็น ไอซีที่จ่ายแรงดันไฟคงที่ที่ 5 โวลต์ ซึ่งที่เอาท์พุทของ ไอซีทั้งสองนี้จะมีซีเนอร์ไดโอด  $ZD_{405}$  12V และ ซีเนอร์ไดโอด  $ZD_{406}$  9V ตามลำดับ นั้นมีไว้เพื่อป้องกันมิให้ไฟเกินเมื่อไอซีเรกกูเลเตอร์ทั้งสองตัวนี้เกิดเสียนั้นมา และส่วนของวงจรเรกกูเลเตอร์นั้นใช้ทรานซิสเตอร์เพราะว่าต้องการที่จะให้สามารถที่จะจ่ายกระแสได้มากๆ นั้นเองซึ่งจะมีลักษณะการต่อดังรูปที่ 56 โดยจากวงจรนั้นสามารถที่จะคำนวณได้ดังนี้

จากจากความสัมพันธ์ของกระแส  $I_c = I_b \beta$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

กระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดนั้นมามีค่าประมาณ 10 เท่าของ  $I_b$

$$I_{Z_{D407}} = I_b \cdot 10$$

$$I_{in} = I_b + I_{Z_{D407}}$$

$$R_{402} = \frac{V_{in} - V_{ZD407}}{I_{in}}$$

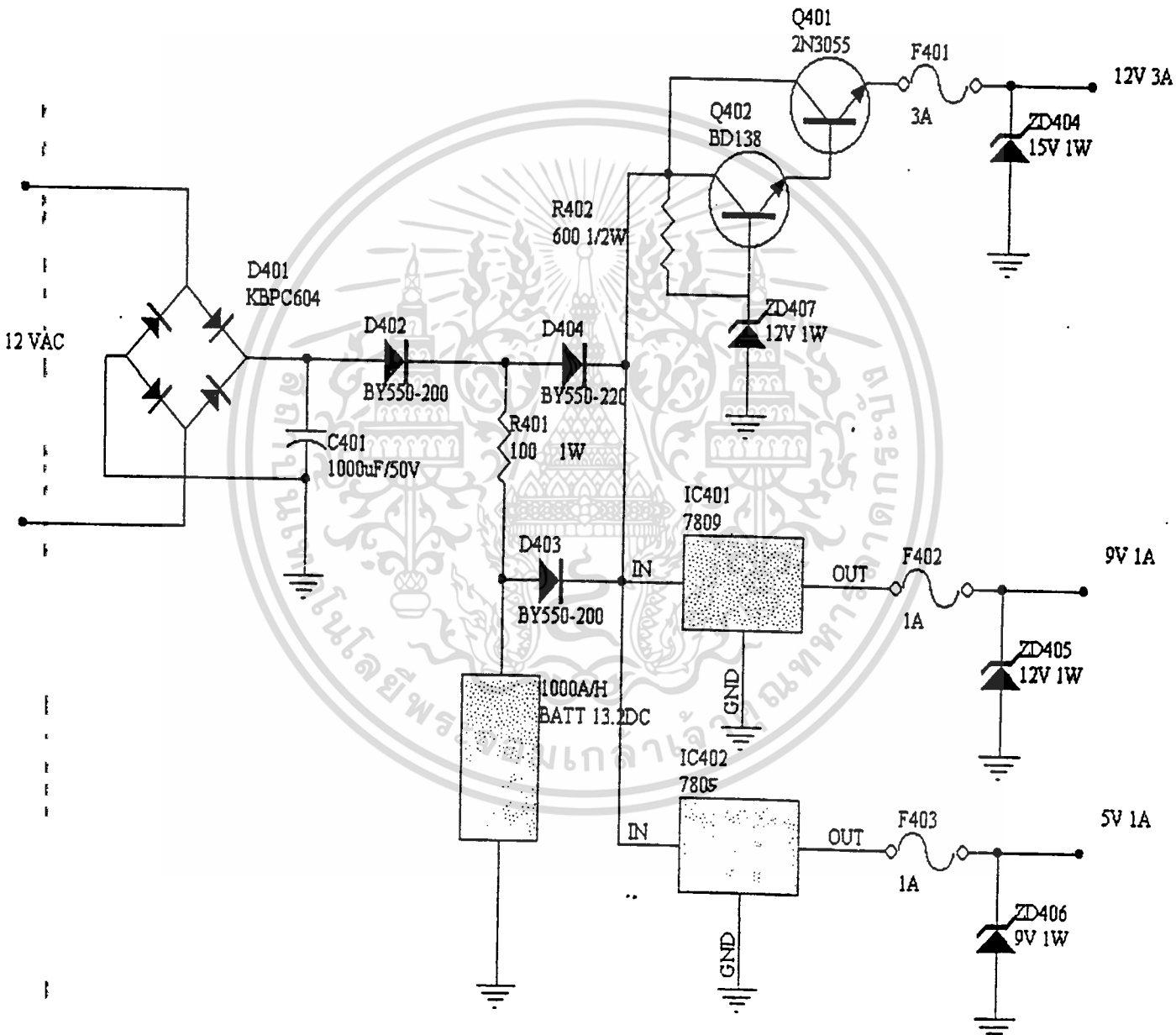
$$P_{R402} = (V_{in} - V_{ZD407}) I_{in}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{ZD407} = V_{ZD407} I_{ZD407}$$

โดยวงจรเรีกูเลเตอร์นี้ที่เอาท์พุทนั้นก็จะถูกซีเนอร์ไดโอดนั้นป้องกันมิให้ไฟเกินโดยจะถูกควบคุมด้วย ZD<sub>404</sub> 15V



รูปที่ 56 รูปแสดงวงจรในภาคภาคส่วนของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าและระบบจ่ายกำลังสำรอง  
 เอกสารฉบับนี้เผยแพร่โดยศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Power Supply Circuit) แปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งแรงดันไฟตรงทั้งสามระดับนี้นั้นจะถูกจ่ายให้แก่วงจรในภาคต่างๆ ซึ่งที่ต้องเลือกใช้ตัวเก็บประจุ  $C_{401}$  ซึ่งมีขนาดหนึ่งหมื่นไมโครฟารัดนั้นที่เอาไว้กรองไฟให้เรียบนั้นก็เพราะในภาคต่างๆ นั้นว่าในภาคต่างๆ นั้นส่วนใหญ่จะเป็นวงจรขยายดังนั้นเพื่อป้องกันการรบกวนจากแหล่งจ่ายจึงจำเป็นที่ให้ค่าของตัวเก็บประจุที่มาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 7 ภาคส่วนระบบสั่งการทางวิทยุรับส่ง (Control System Circuit)

หลักการการทำงานของวงจรนี้นั้นสามารถที่จะอธิบายได้ดังนี้เมื่อมีสัญญาณไบนารีบิตเข้ามาโดยสัญญาณนี้นั้นมาจากส่วนของการกำเนิดสัญญาณที่เป็น DTMF ที่ถูกแปลงมาเป็นเลขฐานสิบซึ่งวงจรส่วนนี้นั้นอยู่ในส่วนของภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit) ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดในบทที่ 8 ต่อไปเมื่อสัญญาณไบนารีบิตที่ถูกถอดรหัสเข้ามาโดยตรงกับปุ่มที่เป็นกดคือ เครื่องหมาย # นั้นเข้ามาก็จะทำให้วงจรไบสเตเบิล (Bistable Multivibrator) ซึ่งถูกสร้างด้วยไอซี NAND Gate IC<sub>501</sub> โดยมีตัวเก็บประจุ C<sub>501</sub> ต่อคั้งรูปที่ 57 โดยสัญญาณไบนารีบิตนั้นจะเข้ามาที่ขา 6 ของ IC<sub>501</sub> ตัวที่ 2 ซึ่งต่อเป็นวงจรไบสเตเบิลอยู่กับ IC<sub>501</sub> ตัวที่ 1 ซึ่งการทำงานนั้นเมื่อเริ่มต้นเวลาแรกนั้นที่ขา 1 ของ IC<sub>501</sub> นั้นจะได้รับลจิกศูนย์อันเนื่องมาจากเกิดจากตัวเก็บประจุ C<sub>501</sub> นั้นทำการสะสมประจุซึ่งจะทำให้ที่เอาต์พุตที่ขา 3 นั้นได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นลจิกหนึ่งซึ่งจะทำให้ที่ขา 5 ของ IC<sub>501</sub> ตัวที่ 2 นั้นได้รับลจิกหนึ่งไปด้วย โดยทั้งที่ขา 1 และขา 6 ของ IC<sub>501</sub> นั้นจะถูกต่อเข้ากับ R<sub>501</sub> และ R<sub>502</sub> ซึ่งคั้งรูปที่ 57 ซึ่งมีไว้เพื่อจำกัดกระแสที่จะไหลเข้า IC<sub>501</sub> ดังนั้นเมื่อมีสัญญาณไบนารีบิตที่เป็นลจิกศูนย์ที่มาจากเครื่องหมาย # เข้ามาที่ขา 6 ของ IC<sub>501</sub> ตัวที่ 2 นั้นก็จะทำให้เอาต์พุตที่ขา 4 ของ IC<sub>501</sub> ตัวที่ 2 นั้นมีผลลัพธ์ที่ออกมาเป็นลจิกหนึ่งซึ่งจะทำให้มีไบอัสไปให้ทรานซิสเตอร์ Q<sub>502</sub> ซึ่งจะมีลักษณะการจัดไบอัสดังนี้

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

$$I_{R_{503}} = I_{R_{504}} + I_b$$

$$R_{503} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{503}}}$$

$$; \text{โดย } I_{R_{503}} = 2I_b$$

$$R_{504} = \frac{V_{BE}}{\left[ I_{R_{503}} - \left( \frac{I_c}{\beta} \right) \right]}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเมื่อทรานซิสเตอร์  $Q_{502}$  นั้นอยู่ในสถานะ ON นั้นก็สัญญาณไบนารีลอจิกศูนย์นั้นออกมาสั่งการสองส่วนส่วนแรกจะเข้าไปรีเซตภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit) เพื่อให้วงจรในส่วนของ Line Interface Block นั้นไม่ทำงานและมีสัญญาณไบนารีบิตที่เป็นศูนย์จะทำให้ทรานซิสเตอร์  $Q_{501}$  นั้นได้รับไบอัสไปด้วยซึ่งลักษณะการให้ไบอัสนี้นั้นจะให้แรงดันโพลบเพราะว่าทรานซิสเตอร์  $Q_{501}$  นั้นเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ซึ่งจะมีลักษณะการต่อวงจรรูปที่ 57 โดยที่ต้องต่อวงจรในลักษณะนี้ก็เพราะว่าที่วงจรในส่วนต่อไปนั้นในสถานะที่ยังไม่ทำงานนั้นต้องการที่จะได้รับไบนารีลอจิกศูนย์และในสถานะการทำงานนั้นจะต้องได้รับไบนารีลอจิกหนึ่ง ดังนั้นจึงมีลักษณะการต่อวงจรดังรูปที่ 57 ซึ่งสามารถที่จะจัดไบอัสให้แก่วงจรดังนี้

$$\text{Gain} = \frac{I_c}{I_e}$$

$$V_B = \frac{V_{CC} \cdot R_{506}}{R_{505} + R_{506}}$$

$$I_{R_{505}} = I_{R_{506}} + I_b$$

$$R_{505} = \frac{V_{CC} - V_B}{I_{R_{505}}}$$

$$I_{R_{506}} = 10 \cdot I_b$$

$$R_{506} = \frac{V_B}{I_{R_{506}}}$$

เมื่อทรานซิสเตอร์  $Q_{501}$  นั้นอยู่ในสถานะ ON ซึ่งก็จะทำให้  $IC_{501}$  และ  $IC_{502}$  ดังรูปที่ 57 นั้นได้รับลอจิกหนึ่งเตรียมพร้อมที่จะทำงานเมื่อมีสัญญาณการกดหมายเลขคือหมายเลข 1 นั้นจะหมายถึงการสั่งงานให้  $RY_{501}$  นั้นทำงานส่วนหมายเลข 2 นั้นจะหมายถึงการสั่งการให้  $RY_{501}$  นั้นหยุดทำงาน และหมายเลข 3 นั้นจะหมายถึงการสั่งงานให้  $RY_{502}$  นั้นทำงานส่วนหมายเลข 4 นั้นจะหมายถึงการสั่งการให้  $RY_{502}$  นั้นหยุดทำงาน และที่หมายเลขศูนย์นั้นหมายถึงการสั่งการให้ภาคส่วนระบบสั่งการทางวิทยุสมัครเล่น 2 หน้าปัดนั้นไม่รับคีย์รหัสที่เข้ามาอีกจนการจะมีการกดคีย์รหัส # เข้ามาอีกครั้ง ซึ่งเมื่อสมมุติว่ามีการกดสั่งการเข้ามาด้วยคีย์รหัส # และตามด้วยหมายเลข 1 ก็จะทำให้ที่อินพุตขา 8 และขา 9 ของ  $IC_{501}$  ตัวที่ 3 นั้นได้รับลอจิกหนึ่งทั้งสองขาซึ่งจะทำให้เมื่อ NAND กันแล้วที่เอาท์พุตขา 10 นั้นจะมีผลลัพท์ออก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาเป็นศูนย์ซึ่งจะมีผลทำให้วงจรส่วนถัดไปนั้นได้รับลอจิกศูนย์ ซึ่งวงจรส่วนถัดไปนั้นเป็นวงจรไบสเทเบิลซึ่งจะทำงานเมื่อได้รับลอจิกศูนย์เท่านั้นซึ่งจะมีลักษณะการทำงานดังการทำงานในส่วนของวงจรไบสเทเบิลในส่วนที่หนึ่งซึ่งได้กล่าวมาในข้างต้นแล้วโดยผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะออกมาจาก IC<sub>504</sub> ตัวที่ 2 ซึ่งผลลัพธ์ที่ออกมาทางเอาต์พุตนั้นจะเป็นไบนารีลอจิกหนึ่งซึ่งมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ Q<sub>503</sub> 2SD400 นั้นได้รับไบอัสซึ่งจะมีสมการการจัดไบอัสดังนี้

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

$$I_{R_{509}} = I_{R_{510}} + I_b$$

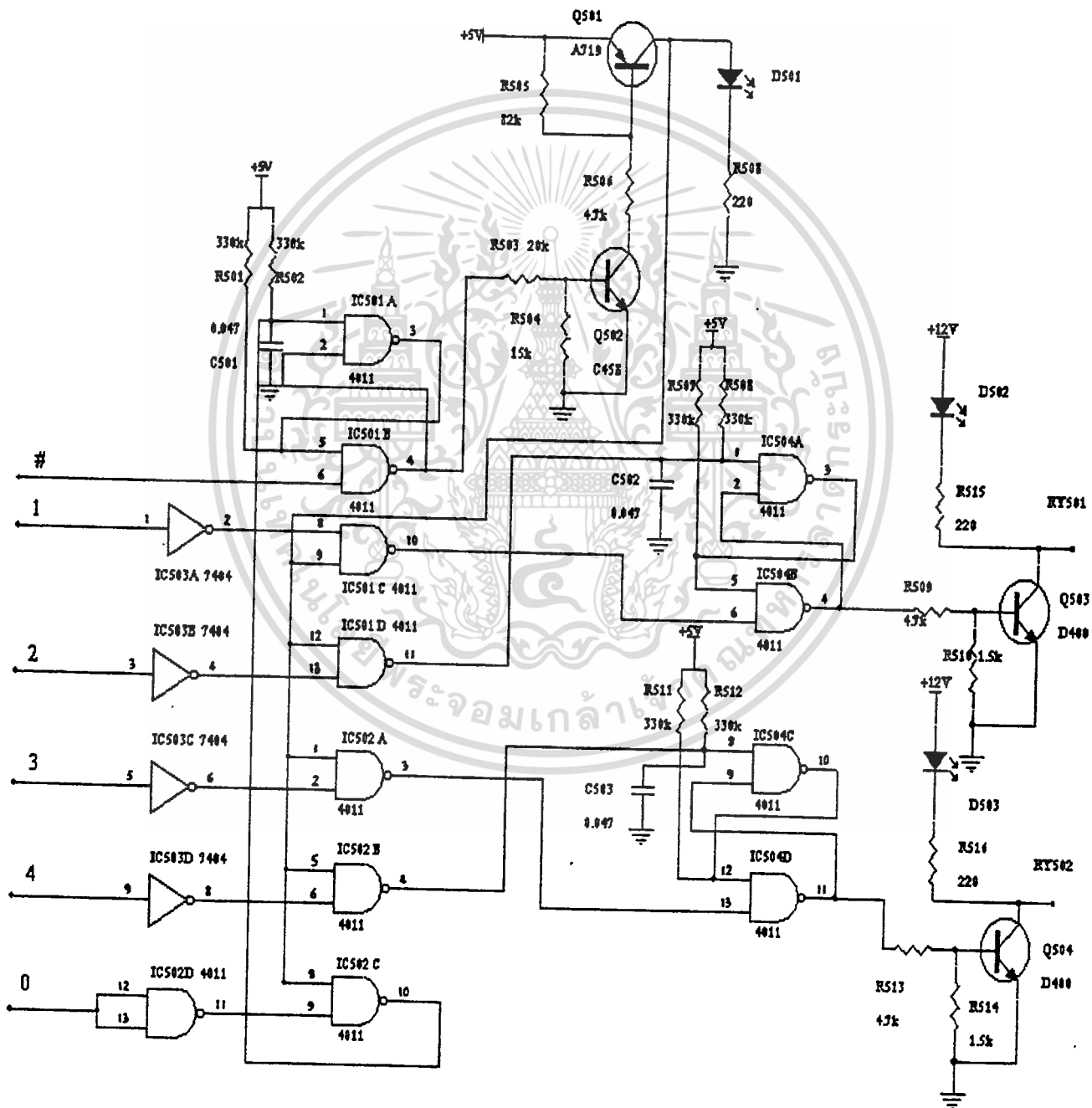
$$R_{509} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{509}}} \quad ; \text{โดย } I_{R_{509}} = 2I_b$$

$$R_{510} = \frac{V_{BE}}{\left[ I_{R_{509}} - \left( \frac{I_c}{\beta} \right) \right]}$$

และถ้าหากมีการกดคีย์หมายเลข 2 เข้ามาก็จะมาทำให้ที่อินพุตขา 1 ของ IC<sub>504</sub> นั้นได้รับลอจิกศูนย์และที่ขา 2 นั้นตอนแรกนั้นได้รับลอจิกหนึ่ง ซึ่งเมื่อนำผลทางอินพุตทั้งสองนั้นมา NAND กันก็จะได้ผลลัพธ์ออกมาทางเอาต์พุตขา 3 ซึ่งก็จะทำให้อินพุตที่ขา 4 นั้นได้รับลอจิกหนึ่งและอินพุตที่ขา 6 นั้นมีสถานะลอจิกเป็นหนึ่งอยู่แล้วซึ่งเมื่อนำเอาผลลัพธ์ทางเอาต์พุตทั้งสองนั้นมา NAND กันก็จะได้ผลลัพธ์ที่เอาต์พุตที่ขา 4 นั้นมีผลลัพธ์ออกมาเป็นศูนย์ซึ่งทำให้ไม่มีไบอัสไปให้ทรานซิสเตอร์ Q<sub>503</sub> ก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์นั้นที่ทำงานอยู่ในสถานะ ON นั้นเปลี่ยนสถานะมาเป็น OFF ดังนั้นจึงทำให้รีเลย์ RY<sub>501</sub> นั้นหยุดทำงานไปด้วย

และการทำงานในส่วนของระบบสั่งงานในส่วนที่สองนั้นจะมีลักษณะการทำงานดังนี้เมื่อมีสัญญาณไบนารีบิตที่มาจากคีย์ 3 เข้ามาโดยที่รหัสคีย์ # นั้นซึ่งในขณะนั้นทรานซิสเตอร์ Q<sub>501</sub> นั้นยังคงอยู่ในสถานะ ON อยู่ทำให้เมื่อสัญญาณไบนารีบิตที่คีย์ 3 เข้ามาก็จะทำให้ผลลัพธ์ทางอินพุตที่ IC<sub>502</sub> ตัวที่ 1 นั้นได้รับผลลัพธ์ที่อินพุตเป็นศูนย์ที่ขา 1 และเป็นหนึ่งที่ขา 2 เมื่อทำการ NAND กันแล้วก็จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นศูนย์ซึ่งสัญญาณไบนารีบิตนั้นจะถูกส่งเข้ามาที่ขา 13 ของ IC<sub>504</sub> ตัวที่ 4 ซึ่งต่อเป็นแบบวงจรไบสเทเบิลซึ่งการทำงานนั้นคล้ายคลึงกับไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่ควรนำไปใช้

การทำงานในส่วนแรกโดยมี IC<sub>504</sub> ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 นั้นทำงานเป็นวงจรถิบสเตเบิลซึ่งได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นโดยผลลัพธ์ที่ออกมานั้นมาลักษณะที่คล้ายกันโดยจะมีไบนารีบิทที่ออกมาจาก IC<sub>504</sub> ตัวที่ 4 ขาที่ 11 มาให้ไบอัสทรานซิสเตอร์ Q<sub>504</sub> ซึ่งจะมีลักษณะการจับไบอัสดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 57 วงจรระบบสั่งการทางวิทยุสมัครเล่น 2 หน้าปิด (Control System Circuit)

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

$$I_{R_{513}} = I_{R_{514}} + I_b$$

$$R_{513} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{513}}}$$

; โดย  $I_{R_{513}} = 2I_b$

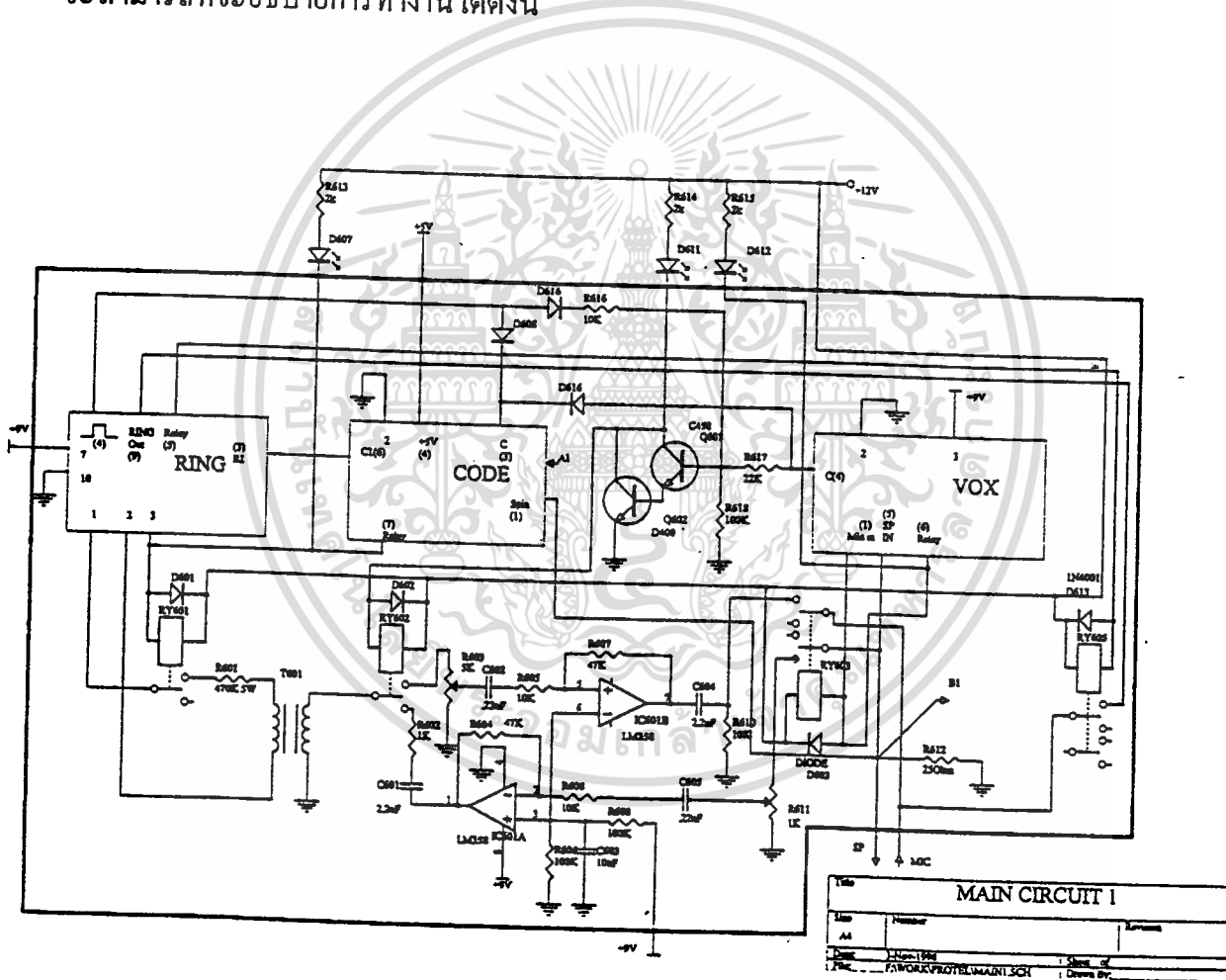
$$R_{514} = \frac{V_{BE}}{\left[ I_{R_{513}} - \left( \frac{I_c}{\beta} \right) \right]}$$

ซึ่งจะมาควบคุมการทำงานของรีเลย์  $RY_{502}$  ซึ่งการทำงานนั้นคล้ายคลึงกับการทำงาน  
ในส่วนแรกตามข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 8 ภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit)

ในส่วนการทำงานของวงจรภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit) นั้นเป็นวงจรส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของส่วนวงจรอื่น ๆ นั้นให้มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกันเช่นเชื่อมโยงวงจรในส่วนของภาคของการเข้ารหัสและถอดรหัสเข้ากับวงจรในส่วนของภาคการกำเนิดสัญญาณเรียกและส่วนของวงจรไมโครอัตโนมัติและระบบการวางสายอัตโนมัติและยังช่วยเชื่อมโยงในส่วนของภาคระบบการสั่งการทางวิทยุ ซึ่งการทำงานในส่วนนี้ดังรูปที่ 58 นั้นจะสามารถที่จะอธิบายการทำงานได้ดังนี้



รูปที่ 58 แสดงคุณลักษณะการเชื่อมโยงกับวงจรส่วนต่างๆ ของวงจรหลัก (Main

เอกสารนี้เป็นเอกสาร (Circuit) สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

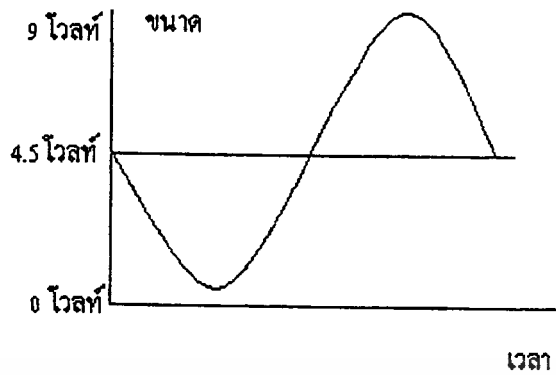
จากวงจรข้างต้นนี้จะเห็นลักษณะการเชื่อมโยงกับวงจรในภาคอื่นๆเช่น ภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit) ภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก (Ring Circuit) ภาคส่วนของวงจรไมค์อัด โนมติและระบบการวางสายอัด โนมติ (Vox Circuit) และภาคระบบสั่งการทางวิทยุสมัครเล่น 2 หน้าปัด ส่งสัญญาณต่างๆออกมาโดยส่งสัญญาณต่างๆนั้นมาที่ภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit) ซึ่งลักษณะการทำงานของภาคนี้คือ

โดยสมมุติว่ามีสัญญาณ DTMF หรือ สัญญาณเสียงเข้ามาทางวิทยุรับส่งผ่านเข้ามาทางช่องเสียบลำโพงภายนอกของวิทยุรับส่งที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับ เมื่อสัญญาณผ่านเข้ามาก็จะมาผ่าน รีเลย์ RY<sub>603</sub> ซึ่งทำหน้าที่ในการตัดต่อสัญญาณที่มาจากไลน์โทรศัพท์และสัญญาณที่มาจากวิทยุรับส่งโดยสัญญาณนั้นจะผ่านเข้าไปในวงจรขยายที่ไอซีออปแอมป์ IC<sub>601</sub> LM358 N ตัวที่ 1 ทำเป็นวงจรขยายและสัญญาณอีกส่วนหนึ่งนั้นจะผ่านเข้าไปในวงจรภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit) ซึ่งได้อธิบายการทำงานไว้ใบบทที่ 3 แล้วโดยสัญญาณที่เข้ามาในส่วนของออปแอมป์นั้นเป็นสัญญาณที่มีความแรงพอสมควรดังนั้นจึงต้องมาผ่านเข้าความต้านทาน R<sub>611</sub> ซึ่งเป็นความต้านทานปรับค่าได้โดยต้องปรับความแรงของสัญญาณเสียงที่เข้ามานั้นให้มีความแรงของสัญญาณที่เหมาะสม โดยจะมีลักษณะการจัดไบอัสให้แก่วงจรออปแอมป์ IC<sub>601</sub> ที่การทำงานเป็นแบบวงจรซึ่งใช้แหล่งจ่ายเพียงขั้วเดียวโดยสามารถที่จะสังเกตได้จากสมการดังนี้

$$V_o = \left[ \left( \frac{9 \cdot R_{606}}{R_{606} + R_{609}} \right) \left( \frac{R_{604} + R_{608}}{R_{608}} \right) \right] - \left[ \frac{V_{in} \cdot R_{604}}{R_{608}} \right]$$

เมื่อสัญญาณผ่านเข้ามาก็จะถูก C<sub>605</sub> เป็นตัวเก็บประจุซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณไฟ DC ผ่านเข้าไปในวงจรขยาย โดยสัญญาณนั้นจะเริ่มถูกขยายที่ค่าของครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย โดยจะ Swing สัญญาณทางซีกบวกสูงสุดเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายสูงสุดดังรูปที่ 59 ส่วนสัญญาณที่ Swing ตกลงต่ำสุดนั้นจะลงต่ำสุดเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายต่ำสุดซึ่งการทำงานในช่วงครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายนั้นเพราะเกิดจากสมการข้างต้นในเทอมแรกนั่นเอง ส่วนสัญญาณที่ถูกขยายนั้นเกิดมาจากสมการข้างต้นในเทอมที่สองซึ่งเมื่อนำสมการทั้งส่วนเทอมแรกและส่วนในเทอมที่สองมารวมกันก็จะได้สมการของ V<sub>o</sub> ออกมา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 59 แสดงลักษณะของสัญญาณที่ออกมาทางเอาต์พุทของวงจรขยายกลับเฟสแบบแหล่งจ่ายเดียว

ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณที่ถูกขยายออกมาแล้วผ่านเข้าไปที่  $C_{601}$  ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุเพื่อที่จะกรอง (Filter) เอาสัญญาณแรงดันไฟตรงหรือสัญญาณ DC ออกให้เหลือแต่สัญญาณที่ถูกขยายเท่านั้น โดยผ่านเข้ามาเข้าที่รีเลย์  $RY_{602}$  ซึ่งจะถูกควบคุมโดยวงจรภาคส่วนของวงจรไมโครอัตโนมัติและระบบการวางสายอัตโนมัติ (Vox Circuit) โดยส่งสัญญาณควบคุมออกมาให้ไมโครที่ทรานซิสเตอร์  $TR_{601}$  และ  $TR_{602}$  ซึ่งต่อเป็นแบบคาร์ลิงตัน (Darlington Connector) กันอยู่นั้น โดยมีการจัดไบอัสแบบทรานซิสเตอร์สวิตช์ (Transistor Switch) ซึ่งจะมีสมการในการจัดไบอัสดังนี้

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

; โดย  $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$

$$I_{R_{617}} = I_{R_{618}} + I_b$$

$$R_{617} = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_{R_{617}}}$$

; โดย  $I_{R_{617}} = 2I_b$

$$R_{618} = \frac{V_{BE}}{\left[ I_{R_{617}} - \left( \frac{I_c}{\beta} \right) \right]}$$

และจากที่กล่าวไว้แต่ต้นนั้นว่ามีสัญญาณส่วนหนึ่งนั้นเข้าไปยังวงจรภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code) นั้นจะส่งสัญญาณควบคุมมาที่รีเลย์  $RY_{601}$  ซึ่งการส่งสัญญาณเข้าที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$RY_{601}$  นั้นได้อธิบายในส่วนของกรยกหูหรือวางหูโดยอัตโนมัติแล้วในภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code) เมื่อ  $RY_{601}$  นั้นถูกสัญญาณเข้ามาทริกจึงทำให้เกิดการทำงานสัญญาณที่ถูกขยายจากไอซีออปแอมป์  $IC_{601}$  ตัวที่ 1 นั้นผ่านออกมาเข้า Transformer  $T_{601}$  โดยมีความต้านทาน  $R_{601}$  นั้นเป็นตัว Drop กระแสให้ผ่านออกไปมาที่ Transformer  $T_{601}$  นั้นสามารถที่จะทนได้ต่อจากนั้นสัญญาณก็จะผ่านออกไปสู่คู่สายโทรศัพท์ (Line Telephone)

ส่วนเมื่อสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ซึ่งอาจเป็นสัญญาณเรียก (Ring) ซึ่งมีขนาดแรงดันประมาณ 120 V ความถี่ประมาณ 25 Hz หรืออาจเป็นสัญญาณเสียงพูดก็ได้เข้ามาสัญญาณนั้นก็จะถูกแบ่งสัญญาณออกเป็น 2 ส่วนเช่นกัน โดยสัญญาณส่วนแรกนั้นจะไปเข้าที่ภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก (Ring Circuit) ซึ่งจะได้อกล่าวในส่วนของรายละเอียดมาแล้วในบทที่ 4 เพื่อที่จะกำเนิดสัญญาณเรียกส่งไปบอกกับผู้ใช้ และสัญญาณในส่วนที่สองนั้นจะมาเข้ารีเลย์  $RY_{601}$  ซึ่งสัญญาณส่วนนี้จะถูกควบคุมด้วยส่วนของวงจรภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit) นั้นเป็นตัวควบคุมโดยผู้ใช้นั้นต้องกดรหัสให้ถูกต้องวงจรในส่วนของการยกหูหรือวางหูซึ่งก็เปรียบเสมือนกับการไม่ต่อคู่สายและการต่อคู่สายโดยจะควบคุมการทำงานของรีเลย์  $RY_{601}$  ซึ่งการทำงานของวงจรส่วนนี้นั้นได้อกล่าวในรายละเอียดไว้อย่างละเอียดแล้วในบทที่ 3 ไว้แล้วเมื่อสัญญาณนั้นผ่านออกมาเข้า Transformer  $T_{601}$  แล้วก็จะอินดิวซ์ (Induce) ผ่านเข้ามายังรีเลย์  $RY_{602}$  ซึ่งถูกควบคุมโดยภาคของวงจรภาคส่วนของวงจรมัคอัตโนมัติและระบบการวางสายอัตโนมัติ (Vox Circuit) เป็นตัวควบคุมการทำงานของ  $RY_{602}$  และสัญญาณเมื่อผ่านรีเลย์  $RY_{602}$  ก็จะมาเข้าในส่วนของวงจรขยายซึ่งมีออปแอมป์  $IC_{601}$  ตัวที่ 2 นั้นเป็นตัวทำหน้าที่ในการขยายโดยมีการจัดไบอัสในการขยายเช่นเดียวกันกับส่วนของ  $IC_{601}$  ตัวที่ 1 โดยจะมีรูปแบบของสมการดังนี้

$$V_o = \left[ \left( \frac{9 \cdot R_{606}}{R_{606} + R_{609}} \right) \left( \frac{R_{607} + R_{605}}{R_{605}} \right) \right] - \left[ \frac{V_{in} \cdot R_{607}}{R_{605}} \right]$$

เมื่อสัญญาณถูกขยายแล้วก็จะผ่านเข้ามาที่ตัวเก็บประจุ  $C_{604}$  ซึ่งจะทำหน้าที่กรอง (Filter) สัญญาณแรงดันไฟตรงหรือสัญญาณไฟ DC ออกจากสัญญาณที่ถูกขยายโดยมีความต้านทาน  $R_{610}$  นั้นเป็นตัวที่จะทำหน้าที่คือที่ระบบวิทยุรับส่งนั้นวงจรภายในนั้นจะมีค่าความ

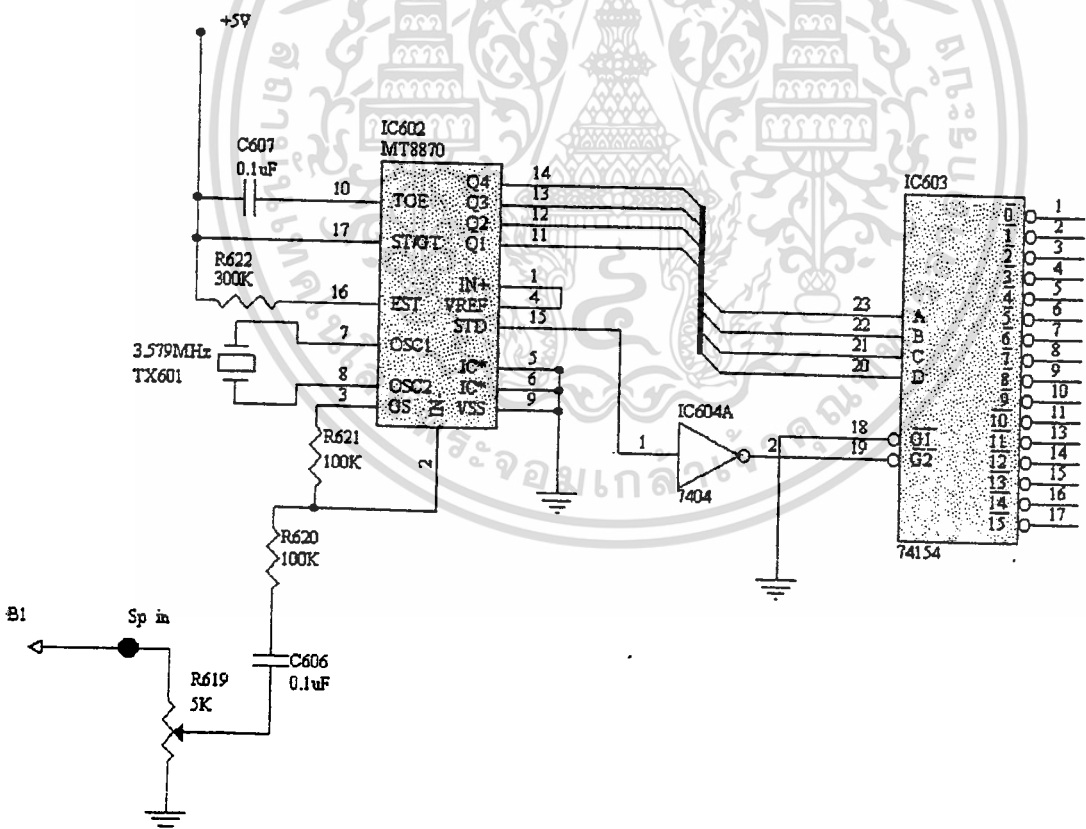
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ต้านทานประมาณ 10 K $\Omega$  นั้นต่อขนานกับวงจรในภาคส่งอยู่เข้าทำการกด Key พุคก็จะทำให้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

ค่าความต้านทาน  $10\text{ K}\Omega$  ต่อขานานกับวงจรภาคส่งดังนั้นจึงต้องต่อความต้านทาน  $R_{610}$  จึงจะทำให้ภาค ไมค์ในวิทยุรับส่งนั้นสามารถที่จะส่งสัญญาณออกอากาศไปได้ โดยสัญญาณนั้นจะผ่านรีเลย์  $RY_{603}$  ซึ่งรีเลย์  $RY_{603}$  นั้นจะถูกควบคุมด้วยวงจรในภาคส่วนของวงจร ไมค์อัตโนมัติ และระบบการวางสายอัตโนมัติ (Vox Circuit) ซึ่งรายละเอียดนั้นได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 5 อย่างละเอียด

สัญญาณจากภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก (Ring) จะเข้ามาควบคุมการทำงานของรีเลย์  $RY_{605}$  ซึ่งจะมีสัญญาณออกมาเข้าช่องเสียบไมค์ของระบบวิทยุซึ่งจะเป็นสัญญาณเตือนเมื่อผู้ใช้นั้นทราบว่าผู้ใช้นั้นสามารถที่จะกดรหัสได้ถูกต้องแล้วซึ่งส่วนของการทำงานในภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก (Ring) นั้นจะได้กล่าวในบทที่ 4 โดยละเอียดแล้ว ลักษณะการต่อวงจรในส่วนของภาคส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit) นั้น ได้นำเสนอในรูปแบบที่ 58 แล้วซึ่งการทำงานในภาคนี้นั้นจะเป็นส่วนที่คอยเชื่อมโยงการทำงานการทำงานกับภาคอื่นๆซึ่งได้นำเสนอคุณลักษณะและวิธีการในการทำงานของวงจรไว้ในข้างต้นแล้ว

และส่วนสุดท้ายที่วงจรในภาคของส่วนวงจรหลัก (Main Circuit) นั้นทำหน้าที่เชื่อมโยงกับส่วนต่างของวงจรภาคอื่นๆ นั่นก็คือทำหน้าที่เชื่อมโยงการทำงานจากส่วนการทำงานในภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit) กับส่วนของภาคระบบการสั่งการทางวิทยุรับส่ง (Control System Circuit) โดยจะเป็นเส้นทางเชื่อมโยงสัญญาณควบคุมที่ออกมาจากทรานซิสเตอร์  $Q_{502}$  ซึ่งเป็นสัญญาณไบนารีที่ลอจิกศูนย์ถูกส่งเข้ามาทำการรีเซตในส่วนของภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส (Code Circuit) โดยภายในภาคของส่วนวงจรหลัก (Main Circuit) นั้นทำการสร้างสัญญาณควบคุมที่เป็นเลขฐานสิบซึ่งจะถูกสร้างด้วย  $IC_{602}$  MT8870 เมื่อสัญญาณ DTMF จากเครื่องวิทยุรับส่งของผู้ใช้เข้ามาซึ่งในครั้งแรกผู้ใช้ต้องกดรหัสคีย์ # เข้ามาโดยผ่านออกมาทางวิทยุรับส่งที่ช่องเสียบลำโพงต่อภายนอกซึ่งจะเป็นสัญญาณ DTMF ดังที่ผู้ใช้กดออกมาผ่านเข้ามายัง  $R_{619}$  ซึ่งเป็นความต้านทานปรับค่าได้  $5\text{K}\Omega$  ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับความแรงของสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาให้มีความแรงที่เหมาะสมและต่อจากนั้นสัญญาณ DTMF ก็จะมาผ่านเข้า  $C_{606}$  ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟ DC ผ่านเข้ามายัง  $IC_{602}$  MT 8870 ซึ่งลักษณะการต่อความต้านทาน และการต่อคาปาซิเตอร์นั้นจะเป็นรูปแบบมาตรฐานโดยการอธิบายการทำงานของไอซี MT8870 นั้นเอาไว้ในบทที่ 3 อย่างละเอียดแล้ว ซึ่งไอซี MT8870 เป็นไอซีถอดรหัสสัญญาณ DTMF มาเป็น ไบนารีบิต (Binary Bit) ผ่านเข้ามาทางอินพุตของ  $IC_{603}$  74154 ซึ่งเป็น 4 Line - To - 16 - Line Decode / Demultiplexer ซึ่ง

จะทำหน้าที่รับเอาเลขฐานสองขนาด 4 บิตจาก IC<sub>602</sub> MT 8870 เข้ามาถอดรหัสและส่งออกมาทางเอาต์พุตโดยเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิตเข้ามาทางอินพุตของ IC<sub>603</sub> 74154 โดยเอาต์พุตของ IC<sub>603</sub> เป็นเลขฐานสิบโดยการทำงานของ IC<sub>603</sub> นี้จะถูกควบคุมด้วยขา G1 และ G2 โดยทั้งสองขานี้จะทำงานที่ในช่วง Active Low เท่านั้นซึ่งจากวงจรดังรูปที่ 60 สามารถที่จะสังเกตเห็นได้ว่าที่ขา 18 ของ IC<sub>603</sub> ซึ่งเป็น G1 ได้ถูกต่อลงกราวด์ซึ่งจะทำให้ที่ขา G1 ได้รับ Active Low ตลอดเวลา และลักษณะการดังรูปที่ 60 นั้นจะเห็นว่าที่ขา 19 ของ IC<sub>603</sub> นั้นต่อเข้ากับขา 2 ของ IC<sub>604</sub> ซึ่งเป็นไอซี NOT Gate โดยที่อินพุตของ IC<sub>604</sub> นั้นถูกต่อมาจากขา 15 ของ IC<sub>602</sub> ต่อผ่าน Not Gate ซึ่งเป็น IC<sub>604</sub> 74LS04 เพื่อที่จะเปลี่ยนบิตที่ออกมาจากขา 15 ของ IC<sub>602</sub> จาก 1 ให้เป็น 0 เพื่อที่จะทำให้การทำงานของ IC<sub>603</sub> นั้นเป็นไปอย่างถูกต้องตามที่ผู้ใช้ได้กดคีย์รหัสเข้ามาสั่งงานในส่วนของภาคระบบการสั่งงานทางวิทยุรับส่ง



รูปที่ 60 แสดงวงจรส่วนของการถอดรหัสที่เป็นสัญญาณ DTMF นั้นให้มาเป็นเลขฐานสิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 9 ผลการทดลอง

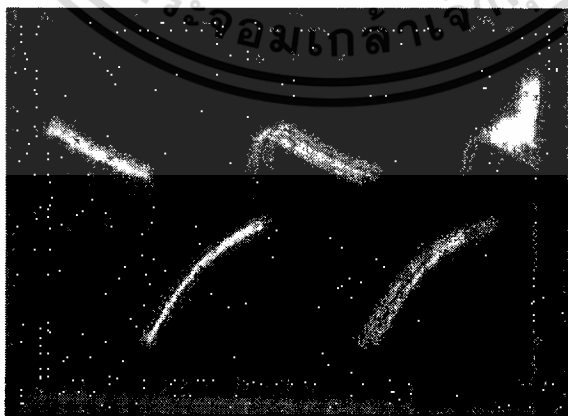
การทดลองนั้นทำการทดลองไปที่ละภาคดังนั้นจึงขอกว่าผลการทดลองเป็นภาคๆ ไปโดยแต่ละภาคมีผลการทดลองดังนี้

### 9.1 ภาคส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส

การทดลองนั้นเริ่มจากการป้อนสัญญาณ DTMF เข้าไปที่อินพุทในภาคการทำงานวงจรเข้ารหัสและถอดรหัสเมื่อถ้าครหัสถูกต้องก็จะทำให้ผลลัพธ์ที่เอาท์พุทนั้นเป็นดังนี้คือในขณะที่มีการครหัสเข้ามาถูกต้อง 3 รหัสซึ่งจะทำให้ LED นั้นติดทั้งหมดซึ่งถ้าครหัสเข้ามาถูกต้องทั้งหมดก็จะส่งผลให้ LED ทั้งหมดนั้นดับซึ่งจะส่งผลให้ LED (ที่เป็นดวงไฟสีส้มนั้นติดแทน) ซึ่งหมายถึงว่า RY<sub>601</sub> นั้นเริ่มทำงาน

### 9.2 ภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก

การทดลองของภาคนี้เริ่มเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาจากองค์การโทรศัพท์ก็จะทำให้วงจรนี้ผลิตสัญญาณออกมาตามสัญญาณเรียกเข้าขององค์การโทรศัพท์ซึ่งจะมีรูปคลื่นที่ถูกกำเนิดจากภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียกเข้าดังรูปที่ 61



รูปที่ 61 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเรียกที่กำเนิดโดยภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อครัทสเข้ามาที่ภาคของการเข้ารหัสและถอดรหัสถูกต้องแล้วนั้นภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียกนั้นก็กำเนิดสัญญาณเรียกออกมาซึ่งมีลักษณะที่เหมือนกับรูปคลื่นรูปที่ 61 แต่ระยะเวลาการเกิดสัญญาณเรียกนั้นสั้นกว่า

เมื่อผู้ใช้นั้นต้องการที่จะโทรออกผู้ใช้นั้นจะต้องทำการกรัทสให้ถูกต้องเมื่อครัทสถูกต้องที่ภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียกสัญญาณเรียกนั้นก็ส่งสัญญาณเรียกออกไปดังรูปที่ 61 แต่ระยะเวลาการเกิดนั้นสั้นกว่าเมื่อสัญญาณเรียกนั้นถูกส่งออกไปแล้วก็จะทำให้วงจรในภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียกนั้นผลิตพัลซ์ออกมาเป็นเวลา  $t = 1.1RC$  ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 62



รูปที่ 62 แสดงรูปคลื่นพัลซ์ที่ถูกกำเนิด โดยภาคส่วนของการกำเนิดสัญญาณเรียกเพื่อส่งไปควบคุมการทำงานรีเลย์ RY<sub>602</sub>

### 9.3 ภาคส่วนของวงจรไมค์อัตโนมัติและระบบการวางสายอัตโนมัติ

การทดลองในส่วนของภาคนี้ทำได้โดยการป้อนสัญญาณเข้าไปทางช่องสัญญาณ SP และช่องสัญญาณ Mic ซึ่งจะได้ผลการทดลองออกมามีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเมื่อป้อนสัญญาณเข้าที่ SP นั้น LED ดวงสีเขียวจะติดเมื่อป้อนสัญญาณเข้าที่ Mic นั้น LED ดวงสีแดงจะติด  
ไม่ว่ากรณีใดเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการทำงานนั้นจะสลับกันทำ โดยเมื่อส่วนหนึ่งนั้นทำงานอีกส่วนหนึ่งนั้นจะต้องหยุดทำงานเป็นต้น

#### 9.4 ภาคส่วนของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าและจ่ายกำลังงานสำรอง

ผลการทดลองนั้นใช้มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากวงจรจะมีค่าดังนี้

- ที่แหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์นั้นจะมีโวลต์ที่ออกมาจากการวัดนั้นมีค่า 11.32 โวลต์
- ที่แหล่งจ่ายไฟ 9 โวลต์นั้นจะมีโวลต์ที่ออกมาจากการวัดนั้นมีค่า 9 โวลต์
- ที่แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์นั้นจะมีโวลต์ที่ออกมาจากการวัดนั้นมีค่า 5.06 โวลต์

ซึ่งการวัดนี้ทำการต่อโพลด (วงจรทุกภาครวมกัน) แล้ว

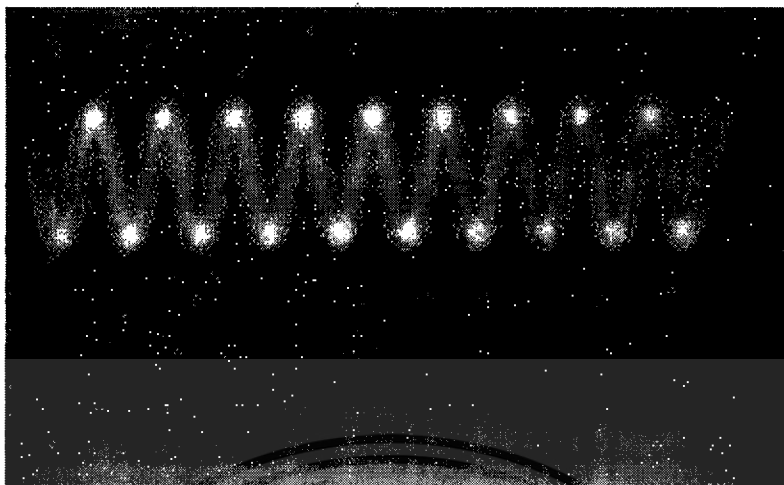
#### 9.5 ภาคของระบบสัญญาณทางวิทยุรับส่ง

ผลการทดลองในส่วนนี้นั้นสามารถที่สังเกตการทำงานเมื่อมีการส่งงานเข้ามาโดยเป็นเลขฐานสิบเข้ามาที่วงจรภาคนี้ เมื่อครบห้วงสัณย # เข้ามาก็จะทำให้ LED ดวงสีแดงนั้นติดซึ่งหมายถึงวงจรมันเตรียมพร้อมที่จะรับสัญญาณไบนารีอื่นๆให้เข้ามาส่งงานได้ซึ่งเมื่อ LED ดวงสีเหลืองดวงหนึ่งนั้นติดก็หมายถึงรีเลย์ RY<sub>501</sub> นั้นทำงานและเมื่อ LED ดวงสีเหลืองดวงสองนั้นติดก็หมายถึงรีเลย์ RY<sub>502</sub> นั้นทำงาน

#### 9.6 ภาคส่วนของวงจรหลัก

ภาคนี้นั้นทำงานเชื่อมโยงส่วนต่างๆ เข้ามาด้วยกันและขยายสัญญาณนั้นจากไลน์โทรศัพท์เข้ามายังวิทยุรับส่งและจากวิทยุรับส่งนั้นผ่านออกไปยังไลน์โทรศัพท์ซึ่งผลการทดลองในส่วนนี้นั้นทำการป้อนสัญญาณความถี่ 1 KHz เข้าไปที่วงจรขยายซึ่งจะได้ผลลัพธ์ของรูปคลื่นดังรูปที่ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 63 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ผ่านเข้าไปยังวงจรมายแบบกลับเฟส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 10 บทสรุป

### ผลการทำงานทั้งหมด

เริ่มแรกผู้ใช้นั้นกดรหัสซึ่งเป็นรหัสที่ผู้ใช้งานตั้งไว้เอง เมื่อกรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (Dual Tone Multi Frequency) หรือที่เรียกกันย่อๆว่า DTMF นั้นจะเข้ามายัง Line Interface Block โดยสัญญาณ DTMF จะออกจากช่องต่อหูฟังของวิทยุรับส่ง (SP) เข้ามายัง Line Interface Block เข้าไปยังภาค Code Circuit ซึ่งสัญญาณ DTMF นี้จะเป็นเลขรหัส 4 ตัว ซึ่งเมื่อถูกส่งเข้ามายังภาค Code Circuit ที่ภาค Code Circuit ก็จะเอาหัสนั้นไปเปรียบเทียบกับรหัสที่ได้ตั้งเอาไว้โดยตัวของผู้ใช้เองซึ่งเมื่อรหัสที่เข้ามานั้นไม่ถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับรหัสที่ตั้งเอาไว้ผู้ใช้ก็ต้องกรหัสเข้ามาใหม่จนกว่ารหัสจะถูกต้องแต่ถ้าหากว่ารหัสที่เข้ามานั้นถูกต้องที่ภาค Code Circuit ก็จะทำการยกหูโทรศัพท์โดยอัตโนมัติและทำการส่งสัญญาณไปที่ภาค Ring Circuit เพื่อที่จะทำให้ภาค Ring Circuit ส่งสัญญาณเตือนออกไปเพื่อที่จะบอกผู้ใช้ให้ทราบว่าในขณะนี้ได้กรหัสได้ถูกต้องแล้วให้กดหมายเลขโทรศัพท์เข้ามาได้โดยการกดหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ใช้นั้นก็จะถูกกำหนดเวลาเอาไว้เพื่อป้องกันการยกหูค้างเอาไว้ซึ่งจะทำให้ผู้ที่โทรเข้ามาหาผู้ใช้นั้นไม่สามารถที่จะโทรเข้ามาได้เมื่อผู้ใช้ได้กดหมายเลขโทรศัพท์ตามที่ได้กำหนดเวลาไว้แล้วนั้นก็เพียงแต่รอสัญญาณเรียกเพื่อที่จะให้ผู้ใช้รับซึ่งเป็นคนที่ผู้ใช้ต้องการติดต่อด้วยนั้นมารับสายเท่านั้นซึ่งขั้นตอนต่อไปก็เป็นเพียงการสนทนาทางโทรศัพท์โดยลักษณะการสนทนาจะเป็นแบบ ซิมเพล็กซ์ (Simplex) ซึ่งได้อธิบายไว้ในส่วนของบทนำแล้ว และการสนทนานั้นจะถูกภาค Vox Circuit เป็นตัวควบคุมการสนทนาโดยภาค Vox Circuit นั้นจะเป็นตัวควบคุมการตัดต่อกิจของวิทยุรับส่งไม่ให้สัญญาณเสียงนั้นหายในช่วงของการปล่อยคีย์และเมื่อหากการสนทนาเสร็จสิ้นลงแล้วผู้ใช้ก็สามารถที่จะวางหูได้โดยการกดสัญญาณ DTMF เข้ามาวางหู โดยกดที่เป็นของวิทยุรับส่งที่เครื่องหมาย \* ก็จะสามารถที่จะวางหูได้แต่ถ้าหากไม่วางหูโดยการกดที่เป็นของวิทยุรับส่งที่เครื่องหมาย \* แล้วนั้น Line Interface Block นั้นก็จะวางหูให้เองโดยอัตโนมัติ

ส่วนในลักษณะที่ผู้รับหรือมีผู้อื่นโทรหาผู้ใช้โดยเริ่มแรกสัญญาณเรียกขององค์การโทรศัพท์ซึ่งมีแรงดันประมาณ 120 VAC ความถี่ประมาณ 25 Hz ซึ่งจะเข้ามายังภาค Ring Circuit ซึ่งภาค Ring Circuit ก็จะแปลงสัญญาณเรียกขององค์การโทรศัพท์นั้นให้มีแรงดันต่ำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับแรงดันไอซี TTL คือประมาณ 5 V และความถี่แล้วแต่จะกำหนด โดยผ่านออกไปเพื่อส่งไปยังผู้ใช้ซึ่งผู้ใช้จะได้ยินสัญญาณเรียกทางวิทยุรับส่งของผู้ใช้ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะกดรหัสเพื่อออกหูโทรศัพท์ได้โดยการรอจังหวะเมื่อช่วงของสัญญาณเรียกนั้นเงียบซึ่งประมาณ 3 วินาที ผู้ใช้ก็สามารถที่จะกดรหัสหมายเลขได้เลยซึ่งถ้ากดรหัสผิดผู้ใช้ก็ต้องรอช่วงต่อไปของสัญญาณเรียกเงียบลงถึงจะกดได้อีกครั้งทั้งนี้เป็นเพราะการส่งวิทยุรับส่งเป็นแบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) นั้นเองแต่ถ้ากดรหัสถูกที่ภาค Code Circuit ก็จะยกหูให้เองโดยอัตโนมัติส่วนการสนทนาโดยการสนทนานั้นจะถูกควบคุมโดยภาค Vox Circuit โดยมีลักษณะการสนทนาจะเป็นแบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) ซึ่งได้อธิบายไว้ในส่วนของบทนำแล้ว ซึ่งถ้าหากการสนทนาเสร็จสิ้นลงแล้วผู้ใช้ก็สามารถที่จะวางหูได้โดยการกดสัญญาณ DTMF เข้ามาวางหู โดยกดที่เป็นของวิทยุรับส่งที่เครื่องหมาย \* ก็จะสามารถที่จะวางหูได้ แต่ถ้าหากไม่วางหูโดยการกดที่เป็นของวิทยุรับส่งที่เครื่องหมาย \* แล้วนั้น Line Interface Bolck นั้นก็จะวางหูให้เองโดยอัตโนมัติ

และส่วนของระบบการสั่งการทางวิทยุรับส่งนั้นจะถูกควบคุมด้วยตัวถอดรหัสสัญญาณ DTMF ให้เป็นเลขฐานสิบเข้ามาสั่งการ โดยครั้งแรกนั้นจะต้องกดรหัสคีย์ # เข้ามาสั่งการก่อนเพื่อทำให้วงจรนั้นเตรียมพร้อมที่จะทำงานถ้าไม่กดรหัสคีย์ # นั้นเข้ามาก่อนก็จะทำให้วงจรนั้นไม่ทำงานเมื่อวงจรเตรียมพร้อมที่จะทำงานแล้วก็สามารถที่จะกดรหัสเข้ามาสั่งงานได้โดยกดรหัสคีย์ 1 เข้ามาสั่งการในช่องที่หนึ่งและเมื่อกดรหัสคีย์ 2 เข้ามาก็จะหมายถึงการยกเลิกการสั่งการในช่องที่หนึ่งเมื่อกดรหัสคีย์ 2 เข้ามาก็จะสั่งการในช่องที่สองและจะยกเลิกได้โดยการกดรหัสคีย์ 4 เข้ามายกเลิก และเมื่อกดรหัสคีย์ 0 เข้ามาก็จะทำการยกเลิกใช้วงจรทั้งหมดแต่มีได้ยกเลิกการทำงานภายในช่องที่หนึ่งและสองซึ่งถ้าจะยกเลิกการทำงานนั้นจะต้องทำโดยการกดรหัสคีย์ # เข้ามาอีกครั้งแล้วตามด้วยรหัสคีย์ 2 หรือ 4 เข้ามายกเลิกการทำงานในช่องที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

### ขีดจำกัด

ลักษณะของวิทยุสมัครเล่น 2 หน้าปัดนั้นมีขีดจำกัดการใช้งานอยู่ที่รูปแบบในการรับส่งที่เป็นแบบซิมเพล็กซ์ (แต่ข้อดีในการใช้งานนั้นมีมากกว่าซึ่งสามารถที่จะดูได้ในบทกล่าวนำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปัญหาในการทดลอง

### ข้อปัญหาในการทดลอง

- ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลองนั้นเกิดขึ้นจากการที่ใช้กราวด์ของสัญญาณที่แรง (SP) กว่านั้นมารวมกับกราวด์ที่สัญญาณอ่อนกว่า (Mic) นั้นไม่ได้ทั้งนี้จะเป็นจะเกิดการรบกวนที่กราวด์ของสัญญาณอ่อน

### ข้อแก้ไขปัญหาในการทดลอง

- วิธีแก้ไขปัญหานั้นทำได้โดยการแยกกราวด์ที่สัญญาณแรงนั้นออกจากกราวด์ที่สัญญาณอ่อน โดยการจัดให้กราวด์ที่สัญญาณอ่อนนั้นอยู่รวมกันและกราวด์ที่สัญญาณแรงนั้นอยู่รวมกันเมื่อสัญญาณอ่อนนั้นถูกขยายเป็นสัญญาณที่แรงแล้วจึงสามารถรวมกราวด์นั้นเข้าด้วยกัน

### ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

- การประยุกต์วิทยุสมัครเล่น 2 หน้าปัดนั้นให้ทำงานร่วมกับระบบอินเทอร์เน็ต โดยใช้ในส่วนที่โทรศัพท์นั้นเข้าไม่ถึง
- ขยายระบบการส่งงานทางวิทยุรับส่งออกไปให้มีช่องการใช้งานที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

1. เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร ร.ต.อ. สุชาติ กังวารจิตต์ บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
2. ทฤษฎีและการออกแบบวงจรพัลส์ ผ.ศ. มนัส สังวรศิลป์ และผ.ศ. สมเกียรติ สุภเดช อิเลคทรอนิกส์เวิลด์
3. 110 โครงการงานไอซี เกรียงศักดิ์ ฐานิกเกษตร และประวิทย์ โคมทองชูสกุล Advanced Engineering Group พิมพ์ที่ หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์
4. ELECTRONIC DEVICES & CIRCUIT THEORY FIFTH EDITION Robert Boylestad & Louis Nashelsky Prentice Hall Career & Technology Engleweed Cliffs, Nes Jersey 07623
5. THEORY AND PROBLEMS OF ELECTRONIC DEVICES AND CIRCUITS JIMMIE J. CATHEY INTERANTIONAL EDITIONS Schaum's Outline Seies

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 5404/7404 Hex Inverter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package	
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF
T.I.	SN54S04	J(D)		W(L)	SN54H04	J(D)		W(L)	SN54LS04	J(D)		W(L)	SN5404	J(D)		W(L)	SN54L04	J(D)		W(L)
FAIRCHILD	FMS4S04/FM9S04	(D)			SN74H04	J(D)	(ND)		SN74LS04	J(D)	(ND)		SN7404	J(D)	(ND)		SN74L04	J(D)	(ND)	(TQ)
MOTOROLA	FC74S04/FC3S04	(D)	(PD)		FC74H04/FC3H04	(D)	(PD)		FC74LS04/FC3LS04	(D)	(PD)		MC5404	(D)	(PD)		MC7404	(D)	(PD)	
N.S.C.	DM74S04		(ND)		DM54H04	J(D)	(ND)		DM54LS04	J(D)	(ND)		DM7404	J(D)	(ND)		DM74L04	J(D)	(ND)	(FQ)
PHILIPS	N74S04		(D)		N74H04		(D)		N74LS04		(D)		F1H741/7404		(D)					
SIGNETICS	S54S04	F(D)	(AD)	W(L)	S54H04	F(D)	(AD)	W(L)					S5404	F(D)	(AD)	W(L)				
SIEMENS	N74S04	F(D)	(AD)	W(L)	N74H04	F(D)	(AD)	W(L)	N74LS04		(AD)		N7404	F(D)	(AD)	W(L)				
FUJITSU													FLH211		(D)					
HITACHI	HD74S04		(D)	(PD)					HD74LS04		(PD)		MB418		(D)	(ND)				
MITSUBISHI	M55004		(PD)						M74LS04		(PD)		HD7404/HD2522		(D)	(PD)				
NEC	74S04		(C)	(D)					74LS04		(C)	(D)	M53204		(PD)					
TOSHIBA													μPB235		(D)					
													TD3404A		(PD)					

## Electrical Characteristics SN54LS04/SN74LS04

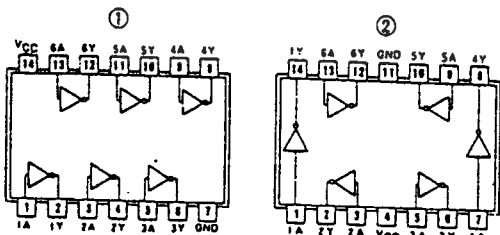
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range			
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	TV	Operating free-air temperature range	SN54LS -55°C to 125°C
Input voltage	TV	Storage temperature range	SN74LS 0°C to 70°C
			-65°C to 150°C

recommended operating conditions					
	SN54LS04		SN74LS04	UNIT	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	MIN 4.5	NOM 5	MAX 5.5	4.75	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>			-400	-400	μA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			4	4	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55		125	75	°C

## electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT	
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V	
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>I</sub> =-18mA		-1.5	V	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>OH</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =V <sub>IH</sub> max.	2.7	3.4	V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IH</sub> =2V, I <sub>OL</sub> =4mA		0.4	V	
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =TV		0.1	mA	
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>IH</sub> =2.7V		20	μA	
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>IL</sub> =0.8V		-0.8	mA	
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current *	V <sub>CC</sub> =MAX	S4LS Family	-20	-100	mA
I <sub>COH</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =MAX	Total, outputs high	1.2	2.4	mA
I <sub>CCL</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =MAX	Total, outputs low	3.6	6.6	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =5V	Average per gate (50% duty cycle)	0.4		mA
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>A</sub> =25°C, C <sub>L</sub> =15PF, R <sub>L</sub> =2KΩ		9	15	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output			10	15	ns

## Pin Assignments (Top View)



positive logic:  
Y =  $\bar{A}$

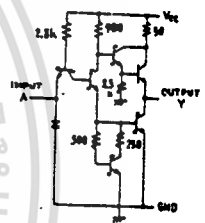
## Schematics (each Gate)



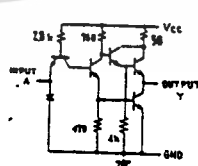
CIRCUIT	R1	R2	R3	R4
'04	4k	1.5k	150	1k
'L04	40k	20k	500	12k

Input clamp diodes not on SN54L73N74L circuits.

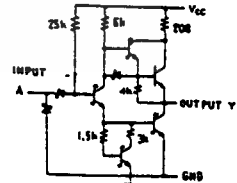
'04, 'L04 CIRCUITS



'S04 CIRCUIT



'H04 CIRCUIT



'LS04 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.  
‡ All typical values are at V<sub>CC</sub>=5V, T<sub>A</sub>=25°C.

\* Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H/SN74H and SN54S/SN74S, duration of short-circuit should not exceed 1 second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5414/7414 Hex Schmitt-Trigger Inverter

	Schottky TTL			High-Speed TTL			Low-Power Schottky TTL			Standard TTL			Low-Power TTL		
	Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package	
		C	P/M/CF		C	P/M/CF		C	P/M/CF		C	P/M/CF		C	P/M/CF
T.I.							SN54LS14	J(L)		WD	SN5414	J(D)		WD	
FAIRCHILD							SN74LS14	J(D)	N(D)		SN7414	J(D)	N(D)		WD
MOTOROLA							MM54LS14/MMLS14	BD		FD	MM5414/MMLS14	BD		FD	
N.S.C.							MC74LS14/MCML14	BD	PD	FD	MC7414/MCML14	BD	PD	FD	
PHILIPS							SN74LS14		P(D)		MC7414		P(D)		
SIGNETICS							DM54LS14		T		DM5414	J(D)	N(D)		WD
SIEMENS							DM74LS14		(D)		DM7414	J(D)	N(D)		WD
FUJITSU							N74LS14		(D)		N7414		(D)		
HITACHI							N74LS14		A-T		N5414		F(N)B(D)		
MITSUBISHI							N74LS14		A-T		F7414		F(N)B(D)		
NEC															
TOSHIBA											M53214		P(D)		

Electrical Characteristics SN54LS14/SN74LS14

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	TV	Operating free-air temperature range	SN54LS	-50°C to 125°C
Input voltage	TV	Storage temperature range	SN74LS	FC to WC
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

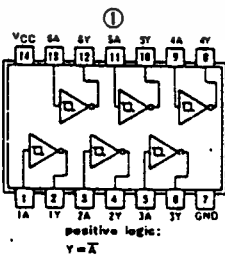
recommended operating conditions

	SN54LS14			SN74LS14			LIMIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>			-400			-400	μA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			4			4	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55		125	0		70	°C

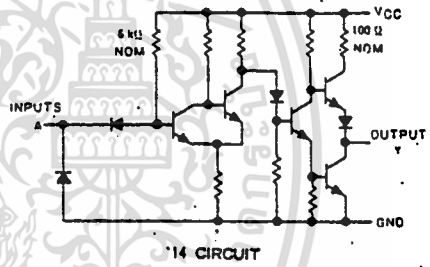
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V <sub>T+</sub> Positive-going threshold voltage	V <sub>CC</sub> =5V	1.4	1.6	1.9	V
V <sub>T-</sub> Negative-going threshold voltage	V <sub>CC</sub> =5V	8.5	8.8	9.1	V
Hysteresis (V <sub>T+</sub> - V <sub>T-</sub> )	V <sub>CC</sub> =5V	0.4	0.6		V
V <sub>I</sub> Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>I</sub> =-18mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub> High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>OH</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =V <sub>T-</sub> min	2.7	3.4		V
V <sub>OL</sub> Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>OL</sub> =4mA, V <sub>I</sub> =V <sub>T+</sub> max	0.25	0.4		V
I <sub>T+</sub> Input current at positive-going threshold	V <sub>CC</sub> =5V, V <sub>I</sub> =V <sub>T+</sub>	-0.16			mA
I <sub>T-</sub> Input current at negative-going threshold	V <sub>CC</sub> =5V, V <sub>I</sub> =V <sub>T-</sub>	-0.16			mA
I <sub>I</sub> Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =TV			0.1	mA
I <sub>IH</sub> High-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =2.7V			20	nA
I <sub>IL</sub> Low-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =0.4V			-0.4	mA
I <sub>OS</sub> Short-circuit output current †	V <sub>CC</sub> =MAX	-20		100	mA
I <sub>CC</sub> Supply current	Total, output high		8.6	16	mA
	Total, output low	V <sub>CC</sub> =MAX		12	21
	Average per gate	V <sub>CC</sub> =5V, 50% duty cycle		1.72	
t <sub>PLH</sub> Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>A</sub> =25°C		15	22	ns
t <sub>PHL</sub> Propagation delay time, high-to-low-level output	C <sub>L</sub> =15PF, R <sub>L</sub> =2kΩ		15	22	ns

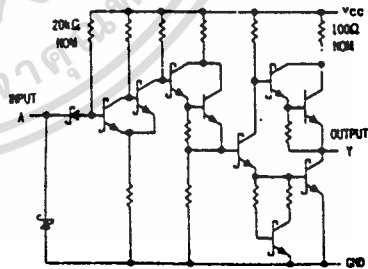
Pin Assignment (Top View)



Schematics (each gate)



14 CIRCUIT



LS14 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub>=5V, T<sub>A</sub>=25°C.

• Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 5420/7420 Dual 4-Input Positive-NAND Gate

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL								
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package						
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF					
T.I.	SN54S20	J	D			SN54H20	J	D			SN54LS20	J	D			SN5420	J	D			SN54L20	J	D		
FAIRCHILD	FMS4S20/FMS20	D	D			FMS4H20/FMSH20	D	D			FMS4LS20/FMSLS20	D	D			FMS420/FMSN20	D	D			FMS4L20/FMSL20	D	D		
MOTOROLA	FC74S20/FC520	D	D			MC3118	L	D			MC3018	L	D			MC7420/FC7420	D	D			MC7420	L	D		
N. S. C.	DM74S20					DM54H20	J	D			DM54LS20	J	D			DM5420	J	D			DM54L20	J	D		
PHILIPS	N74S20					DM74H20	J	D			DM74LS20	J	D			DM7420	J	D			DM74L20	J	D		
SIGNETICS	S54S20	F	D			S54H20	F	D			S54LS20	F	D			S5420	F	D			S54L20	F	D		
SIEMENS	N74S20					N74H20					N74LS20					N7420					N74L20				
FUJITSU						MB603					74LS20					MB462									
HITACHI	HD74S20					MB603					HD74LS20					HD7420/HD2504									
MITSUBISHI	M55020										M74LS20					M53220									
NEC	$\mu$ PB2520										74LS20					$\mu$ PB203									
TOSHIBA																TD3420A									

## Electrical Characteristics SN54LS20/SN74LS20

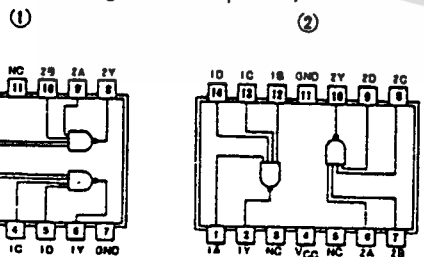
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range			
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS20 -55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS20 0°C to 70°C
Input current	1.5V	Storage temperature range	-65°C to 150°C

recommended operating conditions			
	SN54LS20	SN74LS20	UNIT
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	5.0	5.0	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>	-4	-4	mA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>	4	4	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55	0	°C

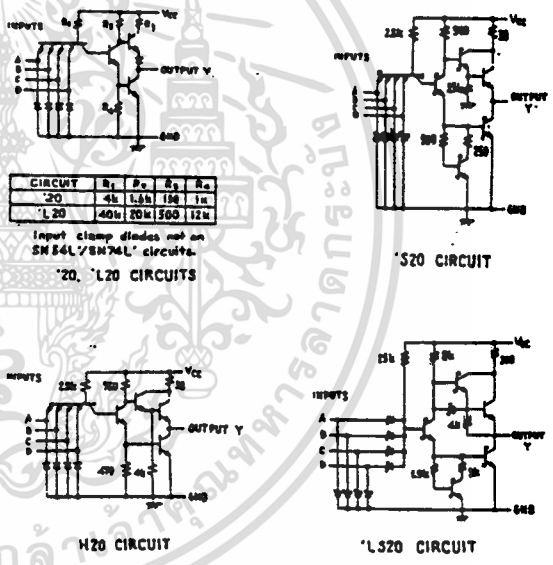
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range				
PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2	V
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage		0.8	V
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> - MIN, I <sub>I</sub> = -18mA		-1.5
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> - MIN, V <sub>L</sub> = V <sub>IH</sub> max, I <sub>OH</sub> = MAX	2.7	3.4
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> - MIN, V <sub>H</sub> = 2V, I <sub>OL</sub> = 4mA		0.4
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 7V		0.1
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IH</sub> = 2.7V		20
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IL</sub> = 0.4V		-4
I <sub>OC</sub>	Short-circuit output current †	V <sub>CC</sub> = MAX	SN54LS Family -20	-100
I <sub>CCH</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX	74LS Family -20	-100
I <sub>CCL</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX	Total outputs high	0.4
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = 5V	Total outputs low	1.2
			Average per pin (50% duty cycle)	0.4
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C		9
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output	C <sub>L</sub> = 15pF, R <sub>L</sub> = 2k		15

## Pin Assignments (Top View)



positive logic : Y = ABCD  
 NC - No internal connection

## Schematics (each gate)



† For conditions shown as MIN or MAX, use appropriate value specified under recommended operating conditions.  
 ‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.  
 † Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H/SN74H and SN54S/SN74S, duration of short-circuit should not exceed 1 second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 5474/7474 Dual D-Type Positive-Edge-Triggered Flip-Flop with Preset and Clear

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL											
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package									
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF								
T.I.	SN54S74	J	D	WD	SN54H74	J	D	WD	SN54LS74	J	D	WD	SN5474	J	D	WD	SN54L74	J	D	WD	SN5474	J	D	WD				
FAIRCHILD	FM54S74/FM5974	DD	PD		FM54H74/FM59H74	DD	PD		F074LS74/F074LS74	DD	PD		F074S74/F074S74	DD	PD		F074L74/F074L74	DD	PD		F074S74/F074S74	DD	PD					
MOTOROLA									SN74LS74			PC																
N.S.C.	DM74S74			ND	DM54H74	J	D	ND	DM54LS74			PD	DM5474	J	D	ND	DM54L74	J	D	ND	DM74L74	J	D	ND	DM7474	J	D	ND
PHILIPS	N74S74			Q	GJJ131/74H74			Q	N74LS74			Q	FJJ131/7474			Q	S5474			WD								
SIGNETICS	N74S74				N74H74			FO	N74LS74			AO	N7474			FO	N7474			AO								
SIEMENS													FLJ141			Q												
FUJITSU									74LS74			MD	MB420			Q	MD											
HTACHI	HD74S74			Q					HD74LS74			P	HD7474/HD7510			Q	PD											
MITSUBISHI	M74S74			P					M74LS74			P	M5327/M5374			P	PC											
NEC	74S74			C					74LS74			C	μPB214			DD	CC											
TOSHIBA													TC3474A			P	Q											

## Electrical Characteristics SN54LS74/SN74LS74

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	TV	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	1.5V	Storage temperature range	SN74LS	-65°C to 150°C

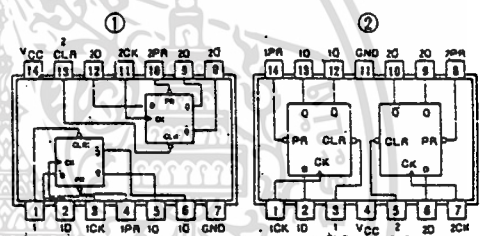
recommended operating conditions

	SN54LS74			SN74LS74			UNIT
	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>						-20	mA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>						8	mA
Input current, I <sub>i</sub>							μA
Clear high	25			25			μA
Preset or clear low	25			25			μA
High-level data	25			25			μA
Low-level data	20			20			μA
Input hold time, t <sub>inH</sub>	5			5			ns
Operating free-air temperature, T <sub>a</sub>	-55	125	0	70			°C

## electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER <sup>1</sup>	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>	MIN	TYP <sup>2</sup>	MAX	UNIT
V <sub>IH</sub> High-level input voltage		2			V
V <sub>IL</sub> Low-level input voltage				0.8	V
V <sub>I</sub> Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>i</sub> =-18mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub> High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IH</sub> =2V, V <sub>IL</sub> =0.8V, I <sub>OH</sub> =MAX	2.7	3.4		V
V <sub>OL</sub> Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IH</sub> =2V, V <sub>IL</sub> =0.8V, I <sub>OL</sub> =4mA		0.25	0.4	V
I <sub>i</sub> Input current at maximum input voltage	D, J, K, Clear, Preset, Clock			0.1	mA
I <sub>IH</sub> High-level input current	D, J, K, Clear, Preset, Clock			20	μA
I <sub>IL</sub> Low-level input current	D, J, K, Clear, Preset, Clock			-0.4	mA
I <sub>OS</sub> Short-circuit output current <sup>3</sup>	Series 54LS, Series 74LS, V <sub>CC</sub> =MAX	-20		-100	mA
I <sub>CC</sub> Supply current (Average per flip-flop)	V <sub>CC</sub> =MAX, See Note 1		4	8	mA
f <sub>clock</sub> clock frequency			25	33	MHz
t <sub>PLH</sub> Propagation delay time (from clear, preset or clock (as appropriate) to Q or Q')	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>a</sub> =25°C, C <sub>L</sub> =15pF, R <sub>L</sub> =2kΩ		13	25	ns
t <sub>PHL</sub>			25	40	ns

## Pin Assignments (Top View)

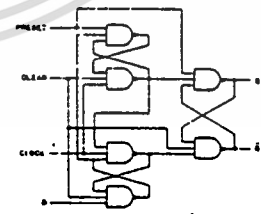


## Functional Table

74, H74, LS74, S74 (See Note 2)

INPUTS				OUTPUTS	
PRESET	CLEAR	CLOCK	D	Q	Q'
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H*	H*
H	H	↑	H	L	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q <sub>0</sub>	Q' <sub>0</sub>

## Functional Block Diagram



74, S74, H74, LS74, L74-DUAL D FLIP-FLOP WITH CLEAR AND PRESET

- NOTES: 1 With all outputs open, I<sub>CC</sub> is measured with the Q and Q' outputs high in turn. At the time of measurement, the clock input is grounded.  
 2 H=high level (steady state), L=low level (steady state), X=irrelevant.  
 ↑=transition from low to high level.  
 Q<sub>0</sub>=the level of Q before the indicated input conditions were established.  
 \* This configuration is nonstatic; that is, it will not persist when preset and clear inputs return to their inactive (high) level.

1 For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.  
 2 All typical values are at V<sub>CC</sub>=5V, T<sub>a</sub>=25°C.

ไม่สงวนลิขสิทธิ์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่สงวนลิขสิทธิ์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



# 54293/74293 Asynchronous 4-Bit Binary Counter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package	
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF
T.I.									SN54LS293	J			W <sub>1</sub>	SN54293	J			W <sub>1</sub>		
FAIRCHILD									SN74LS293	J	N	1		SN74293	J	IN	1			
MOTOROLA									9LS293	P	(N)			74293/74293A	P	(N)				
N.S.C.									SN74LS293	P	(N)			74C293	P	(N)				
PHILIPS									N74LS293											
SIGNETICS									N74LS293											
SIEMENS									N74LS293											
FUJITSU																				
HITACHI																				
· MITSUBISHI														HD74293						
NEC									M74LS293					M53493						
TOSHIBA																				

## Electrical Characteristics SN54LS293/SN74LS293

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	Storage temperature range	SN74LS	0°C to 10°C
				-65°C to 150°C

recommended operating conditions

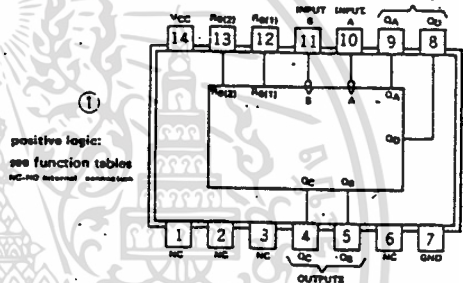
		SN54LS293			SN74LS293			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>		4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>				400			400	μA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>				4			8	mA
Count frequency, f <sub>count</sub>	A input	0		32	0		32	MHz
	B input	0		16	0		16	MHz
Pulse width, t <sub>w</sub>	A input	15		15				ns
	B input	30		30				ns
Reset inactive-state setup, t <sub>setup</sub>	Reset inputs	15		15				ns
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>		-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER <sup>a</sup>	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>	MIN	TYP <sup>3</sup>	MAX	UNIT	
V <sub>HI</sub>	High-level input voltage		2		V	
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>I</sub> = -16mA		-1.5	V	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>OH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OH</sub> = -400μA	2.7	3.4	V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>OH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OL</sub> = 8mA	0.35	0.5	V	
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	Any reset		0.1	mA	
		V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 5.5V		0.2	mA	
I <sub>HI</sub>	High-level input current	Any reset		20	μA	
		V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 2.7V		40	μA	
I <sub>HL</sub>	High-level input current	Any reset		0.4	mA	
		V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 0.4V		-2.4	mA	
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current <sup>4</sup>	V <sub>CC</sub> = MAX	SN54LS	-20	100	mA
			SN74LS	-20	-100	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX, See Note 2		9	15	mA
				32	42	MHz
t <sub>max</sub>	from A to output O <sub>A</sub>		16		ns	
t <sub>PLH</sub>	from A to output O <sub>A</sub>		10	16	ns	
	from A to output O <sub>D</sub>		12	18	ns	
t <sub>PHL</sub>	from A to output O <sub>D</sub>		46	70	ns	
	from B to output O <sub>B</sub>		46	70	ns	
t <sub>PHL</sub>	from B to output O <sub>C</sub>		10	16	ns	
	from B to output O <sub>D</sub>		14	21	ns	
t <sub>PHL</sub>	from B to output O <sub>C</sub>		21	32	ns	
	from B to output O <sub>D</sub>		23	35	ns	
t <sub>PHL</sub>	from Set-to-O to Any output		24	51	ns	
			26	48	ns	

<sup>a</sup> I<sub>max</sub> = maximum count frequency. I<sub>PLH</sub> = propagation delay time, low-to-high level output. I<sub>PHL</sub> = propagation delay time, high-to-low level output.  
<sup>1</sup> O<sub>A</sub> outputs are tested at I<sub>OL</sub> = 16mA, plus the limit value for I<sub>HL</sub> for the B input. T<sub>HI</sub> has permits driving the B input while maintaining full fan-out capability.  
<sup>2</sup> For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.  
<sup>3</sup> All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.  
<sup>4</sup> Not more than one output should be shorted at a time.

## Pin Assignment (Top View)



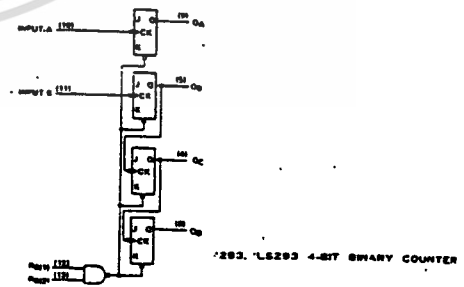
## COUNT SEQUENCE Function Table

COUNT	OUTPUT														
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	O <sub>A</sub>	O <sub>B</sub>	O <sub>C</sub>	O <sub>D</sub>											
0	L	L	L	L											
1	L	L	L	H											
2	L	L	H	L											
3	L	L	H	H											
4	L	H	L	L											
5	L	H	L	H											
6	L	H	H	L											
7	L	H	H	H											
8	H	L	L	L											
9	H	L	L	H											
10	H	L	H	L											
11	H	L	H	H											
12	H	H	L	L											
13	H	H	L	H											
14	H	H	H	L											
15	H	H	H	H											

RESET INPUTS		OUTPUT			
R0(1)	R0(2)	O <sub>D</sub>	O <sub>C</sub>	O <sub>B</sub>	O <sub>A</sub>
H	X	L	L	L	L
L	X				COUNT
X	L				COUNT

H = High level, L = low level, X = irrelevant

## Functional Block Diagram



- NOTES:
- This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter transistor. For these circuits, this rating applies between the two R<sub>0</sub> inputs.
  - I<sub>CC</sub> is measured with all outputs open, both R<sub>0</sub> inputs grounded following momentary connection to 4.5V, and all other inputs grounded.
  - The J and K inputs shown without connection are for reference only and are functionally at a high level.
  - Output O<sub>A</sub> is connected to input B.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นหากมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



National  
Semiconductor  
Corporation

## LM555/LM555C Timer

### General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For stable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TFL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

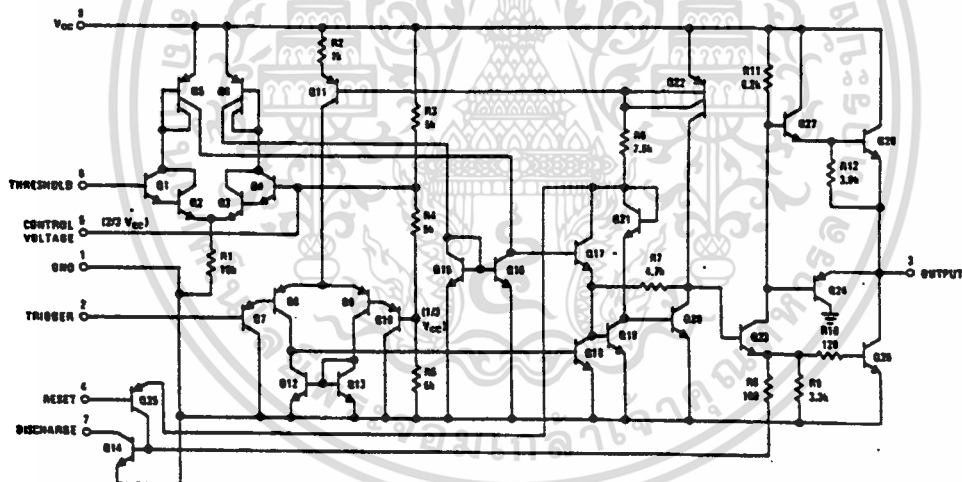
### Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes

### Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

### Schematic Diagram



TL/H/7851-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้อ้างอิงเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Absolute Maximum Ratings**

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 1)	LM555H, LM555CH 760 mW
Operating Temperature Ranges	LM555N, LM555CN 1180 mW
	0°C to +70°C
	LM555 -55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

**Soldering Information**

Dual-In-Line Package	260°C
Soldering (10 Seconds)	
Small Outline Package	215°C
Vapor Phase (60 Seconds)	
Infrared (15 Seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

**Electrical Characteristics** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = +5\text{V}$  to  $+15\text{V}$ , unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits						Units
		LM555			LM555C			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		18	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$ , $R_L = \infty$		3	5		3	6	mA
	$V_{CC} = 5\text{V}$ , $R_L = \infty$ (Low State) (Note 2)		10	12		10	15	mA
Timing Error, Monostable								
Initial Accuracy			0.5			1		%
Drift with Temperature	$R_A, R_B = 1\text{k to }100\text{k}$ , $C = 0.1\ \mu\text{F}$ , (Note 3)		30			50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5			1.5		%
Drift with Supply			0.05			0.1		%/V
Timing Error, Astable								
Initial Accuracy			1.5			2.25		%
Drift with Temperature			90			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			2.5			3.0		%
Drift with Supply			0.15			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667			0.667		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$	4.8	5	5.2		5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	1.45	1.67	1.9		1.67		V
Trigger Current			0.01	0.5		0.5	0.9	$\mu\text{A}$
Reset Voltage		0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 4)		0.1	0.25		0.1	0.25	$\mu\text{A}$
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$	9.6	10	10.4	9	10	11	V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100		1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 5)								
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$ , $I_7 = 15\text{ mA}$		150			180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}$ , $I_7 = 4.5\text{ mA}$		70	100		80	200	mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$ , (unless otherwise specified) (Continued)

Parameter	Conditions	Limits						Units
		LM555			LM555C			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$							
	$I_{\text{SINK}} = 10\text{ mA}$		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	$I_{\text{SINK}} = 50\text{ mA}$		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	$I_{\text{SINK}} = 100\text{ mA}$		2	2.2		2	2.5	V
	$I_{\text{SINK}} = 200\text{ mA}$		2.5			2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$							
Output Voltage Drop (High)	$I_{\text{SOURCE}} = 200\text{ mA}$ , $V_{CC} = 15\text{V}$		12.5			12.5		V
	$I_{\text{SOURCE}} = 100\text{ mA}$ , $V_{CC} = 15\text{V}$	13	13.3		12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	3	3.3		2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100			100		ns
Fall Time of Output			100			100		ns

Note 1: For operating at elevated temperatures the device must be derated above  $25^\circ\text{C}$  based on a  $+150^\circ\text{C}$  maximum junction temperature and a thermal resistance of  $164^\circ\text{C}/\text{w}$  (TO-5),  $106^\circ\text{C}/\text{w}$  (DIP) and  $170^\circ\text{C}/\text{w}$  (SO-8) junction to ambient.

Note 2: Supply current when output high typically 1 mA less at  $V_{CC} = 5\text{V}$ .

Note 3: Tested at  $V_{CC} = 5\text{V}$  and  $V_{CC} = 15\text{V}$ .

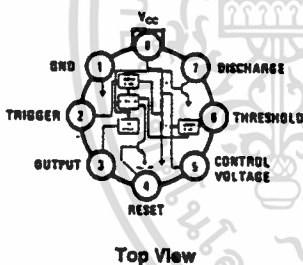
Note 4: This will determine the maximum value of  $R_A + R_B$  for 15V operation. The maximum total ( $R_A + R_B$ ) is 20 M $\Omega$ .

Note 5: No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

Note 6: Refer to RET555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

### Connection Diagrams

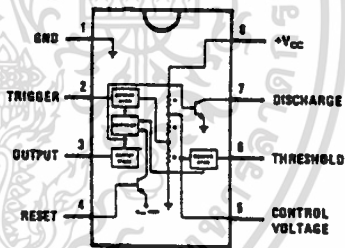
Metal Can Package



TL/H/7851-2

Order Number LM555H or LM555CH  
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line and Small Outline Packages

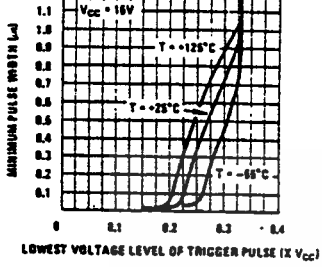


TL/H/7851-3

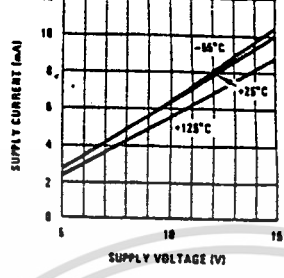
Order Number LM555J, LM555CJ,  
LM555CM or LM555CN  
See NS Package Number J08A, M08A or N08B

Typical Performance Characteristics

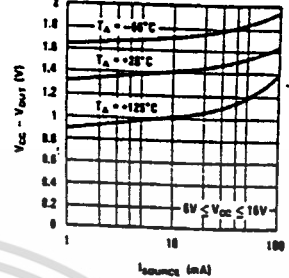
Minimum Pulse Width Required for Triggering



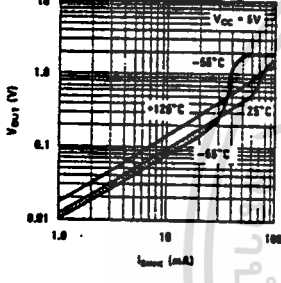
Supply Current vs Supply Voltage



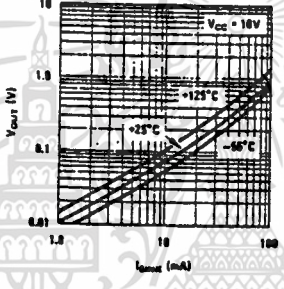
High Output Voltage vs Output Source Current



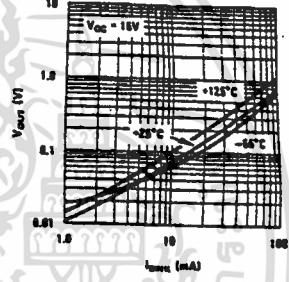
Low Output Voltage vs Output Sink Current



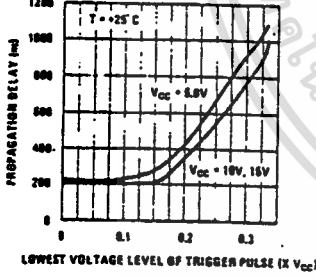
Low Output Voltage vs Output Sink Current



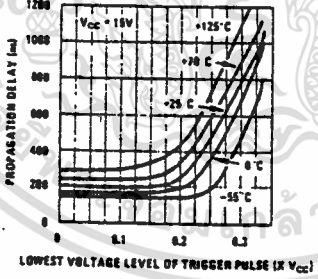
Low Output Voltage vs Output Sink Current



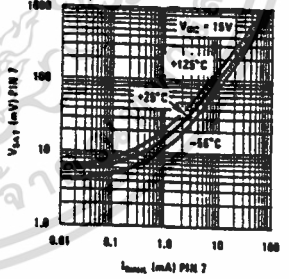
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



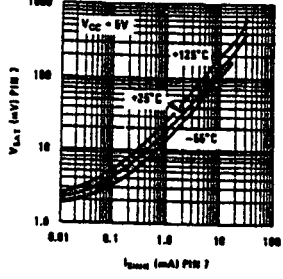
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่วารณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Application Information

### MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than  $1/3 V_{CC}$  to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

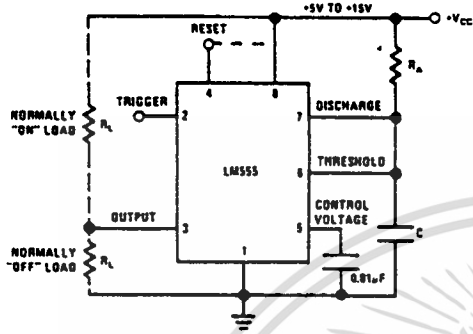
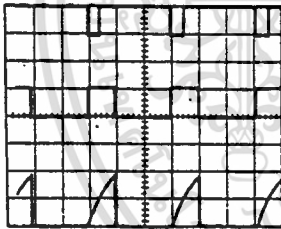


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of  $t = 1.1 R_A C$ , at the end of which time the voltage equals  $2/3 V_{CC}$ . The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.



$V_{CC} = 5V$   
 TIME = 0.1 ms/DIV.  
 $R_A = 9.1 k\Omega$   
 $C = 0.01 \mu F$

Top Trace: Input 5V/Div.  
 Middle Trace: Output 5V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to  $V_{CC}$  to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of  $R, C$  values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

### ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a

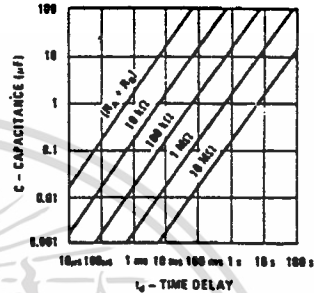


FIGURE 3. Time Delay

multivibrator. The external capacitor charges through  $R_A + R_B$  and discharges through  $R_B$ . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

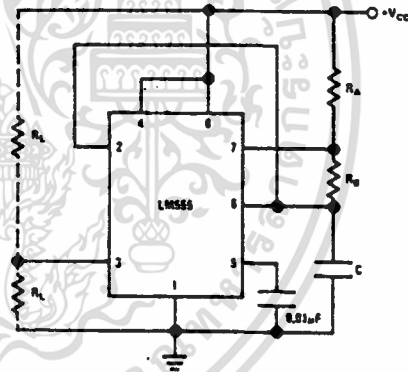
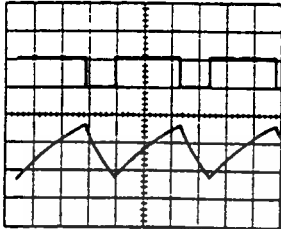


FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

**Applications Information (Continued)**

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.



TL/H/7851-9  
 $V_{CC} = 5V$   
 TIME = 20  $\mu s$ /DIV.  
 $R_A = 3.9 k\Omega$   
 $R_B = 3 k\Omega$   
 $C = 0.01 \mu F$   
 Top Trace: Output 5V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.

**FIGURE 5. Astable Waveforms**

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

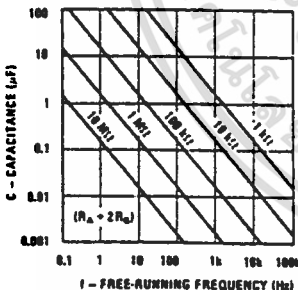
$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

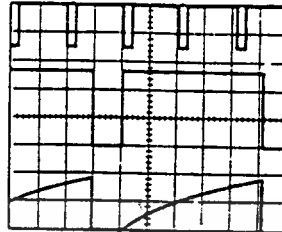
The duty cycle is:  $D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$



TL/H/7851-10  
**FIGURE 6. Free Running Frequency**

**FREQUENCY DIVIDER**

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.

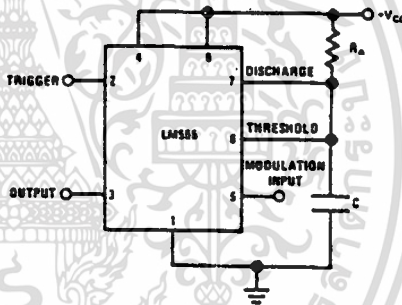


TL/H/7851-11  
 $V_{CC} = 5V$   
 TIME = 20  $\mu s$ /DIV.  
 $R_A = 9.1 k\Omega$   
 $C = 0.01 \mu F$   
 Top Trace: Input 4V/Div.  
 Middle Trace: Output 2V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor 2V/Div.

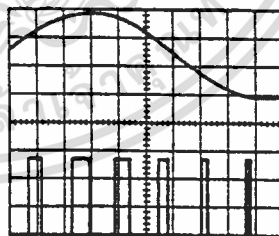
**FIGURE 7. Frequency Divider**

**PULSE WIDTH MODULATOR**

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.



TL/H/7851-12  
**FIGURE 8. Pulse Width Modulator**



TL/H/7851-13  
 $V_{CC} = 5V$   
 TIME = 0.2 ms/DIV.  
 $R_A = 9.1 k\Omega$   
 $C = 0.01 \mu F$   
 Top Trace: Modulation 1V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

**FIGURE 9. Pulse Width Modulator**

**PULSE POSITION MODULATOR**

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

Applications Information (Continued)

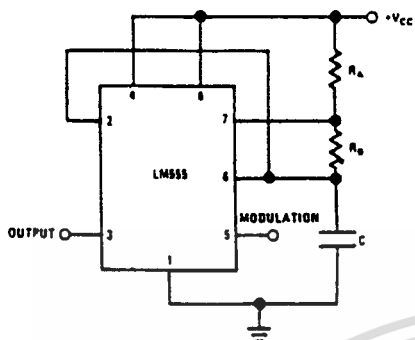


FIGURE 10. Pulse Position Modulator

TL/H/7851-14

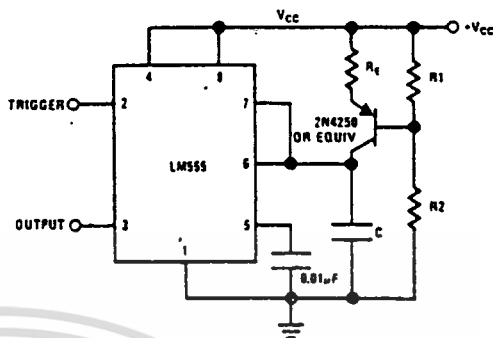
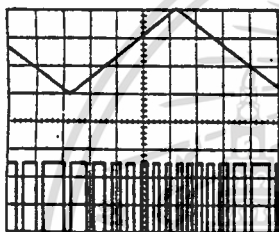


FIGURE 12

TL/H/7851-16



TL/H/7851-15

V<sub>CC</sub> = 5V  
 TIME = 0.1 ms/DIV.  
 R<sub>A</sub> = 3.9 kΩ  
 R<sub>B</sub> = 3 kΩ  
 C = 0.01 μF

Top Trace: Modulation Input 1V/DIV.  
 Bottom Trace: Output 2V/DIV.

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

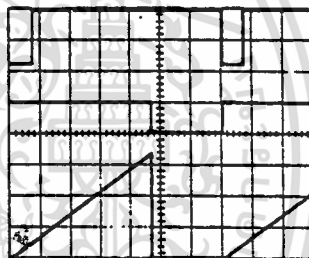
LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R<sub>A</sub>, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

V<sub>BE</sub> ≈ 0.6V



TL/H/7851-17

V<sub>CC</sub> = 5V  
 TIME = 20 μs/DIV.  
 R<sub>1</sub> = 47 kΩ  
 R<sub>2</sub> = 100 kΩ  
 R<sub>E</sub> = 2.7 kΩ  
 C = 0.01 μF

Top Trace: Input 3V/DIV.  
 Middle Trace: Output 5V/DIV.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/DIV.

FIGURE 13. Linear Ramp

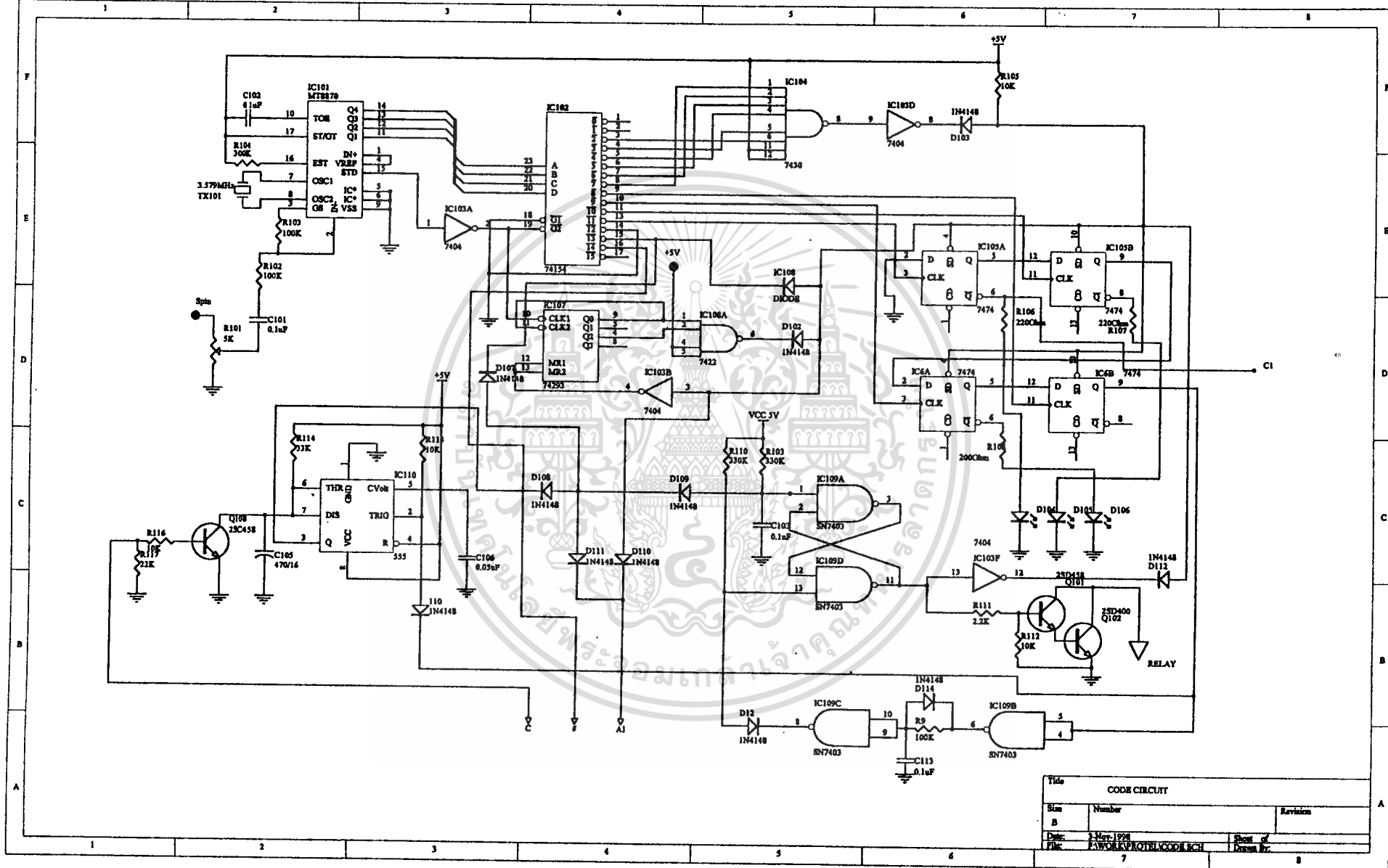
50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors R<sub>A</sub> and R<sub>B</sub> may be connected as in Figure 14. The time period for the out-

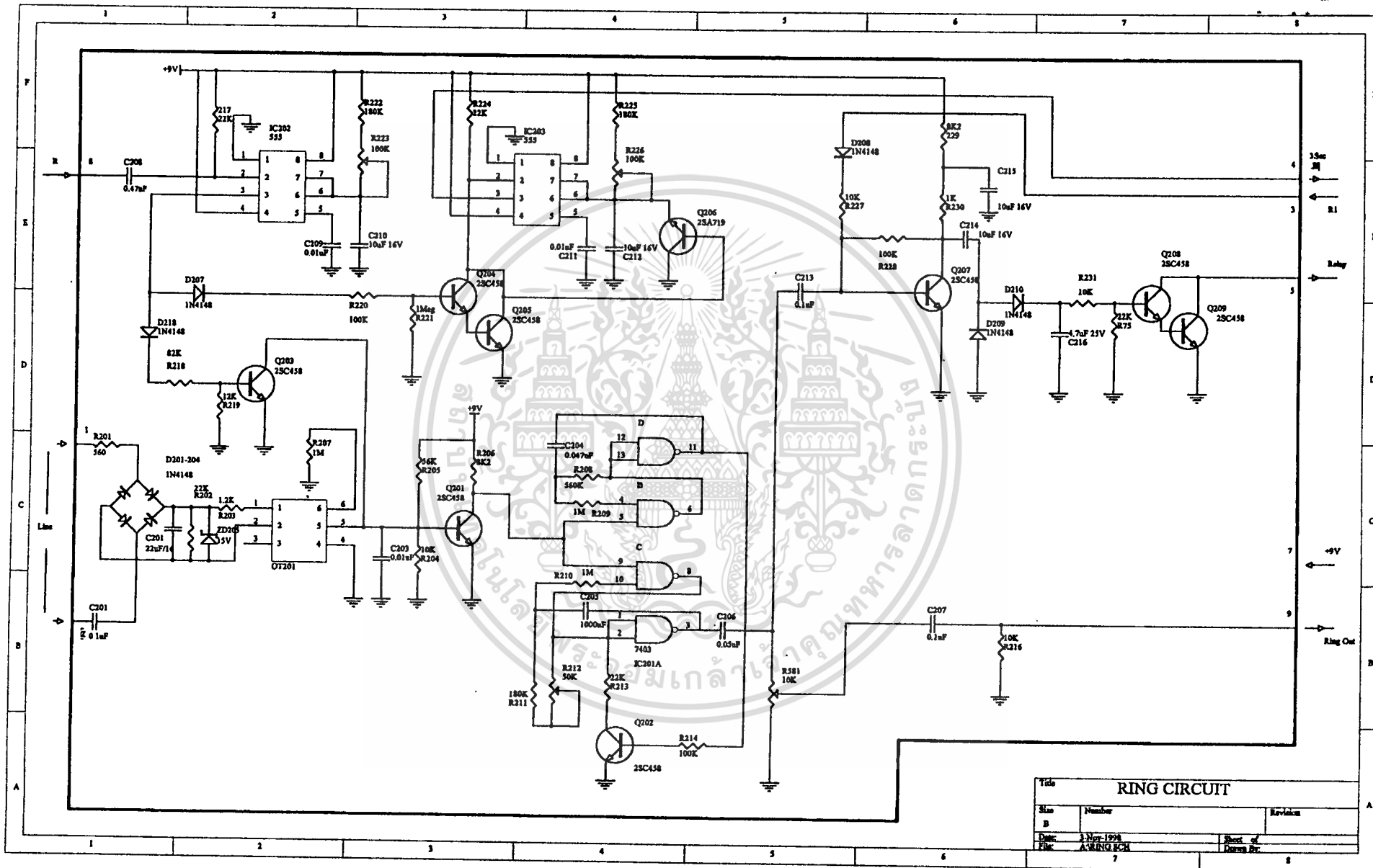




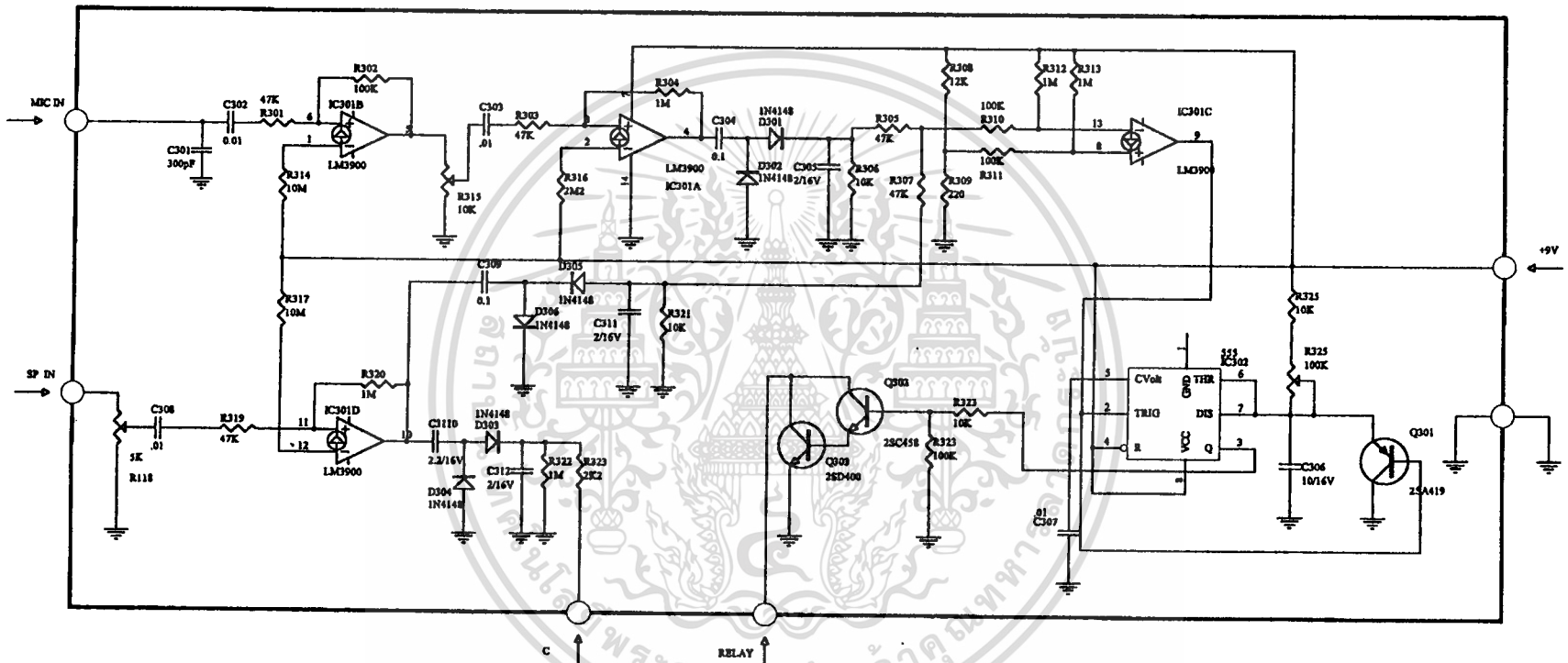
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



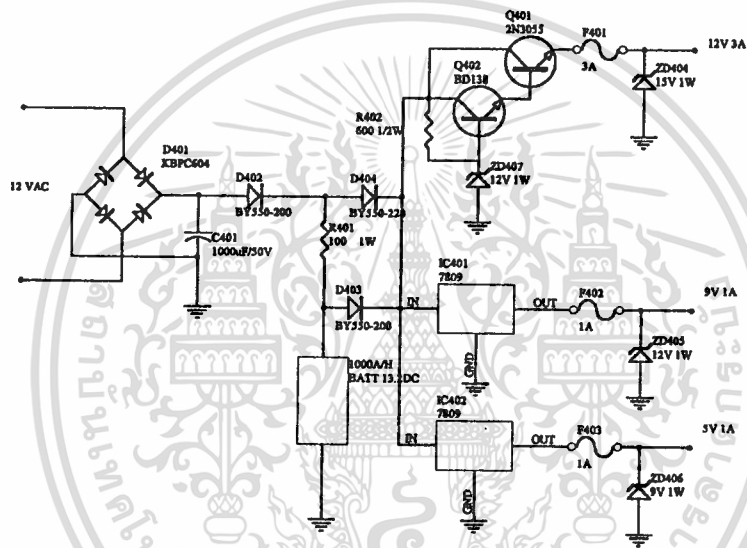
Title			CODE CIRCUIT		
Size	Number	Revision			
Date:	3 May 1998	Drawn by		Checked by	
File:	EW000001PROTRUCODE1.CHX				



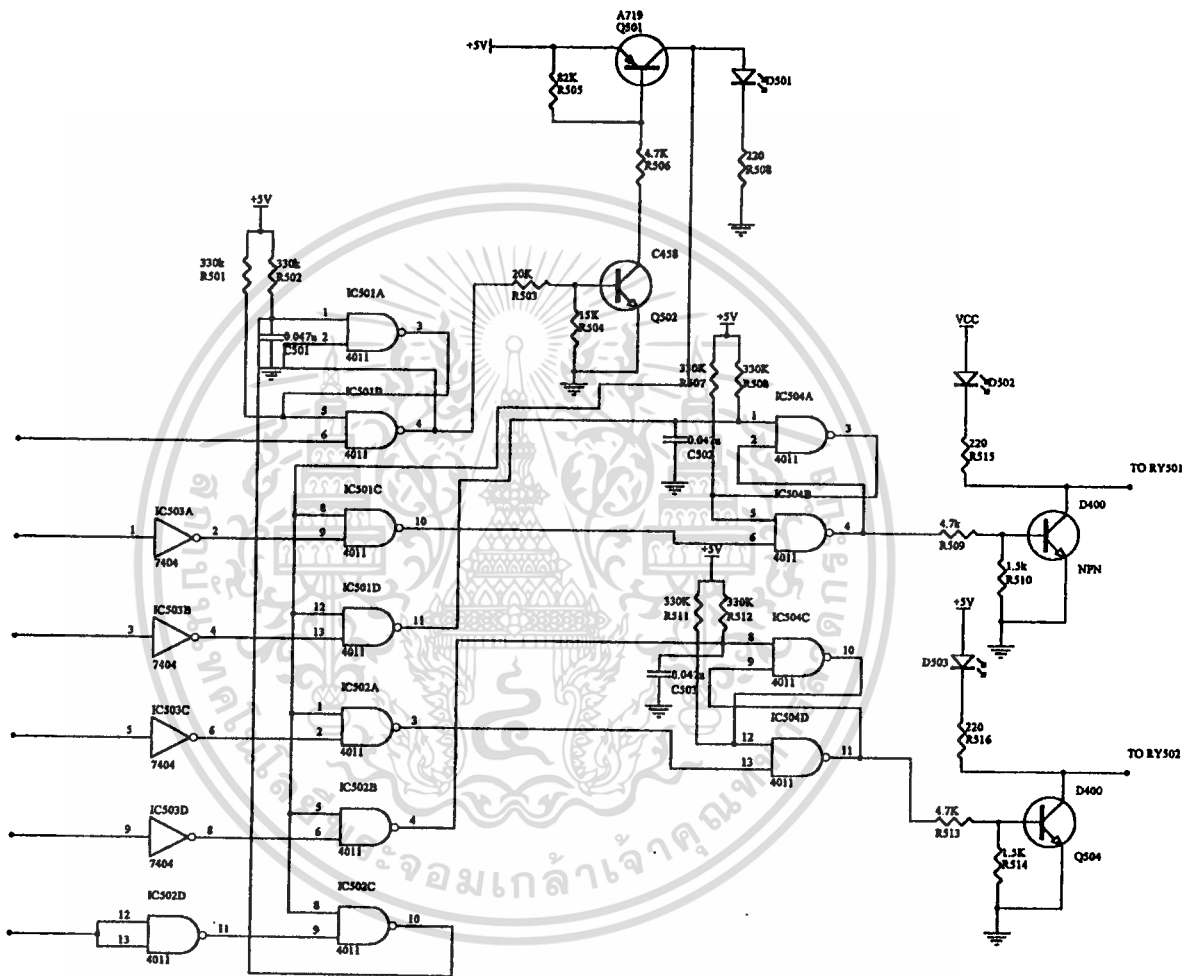
Title		
RING CIRCUIT		
Rev	Number	Revision
B		
Date:	3 Nov 1998	Sheet of
File:	A-RING.CIR	Drawn By:



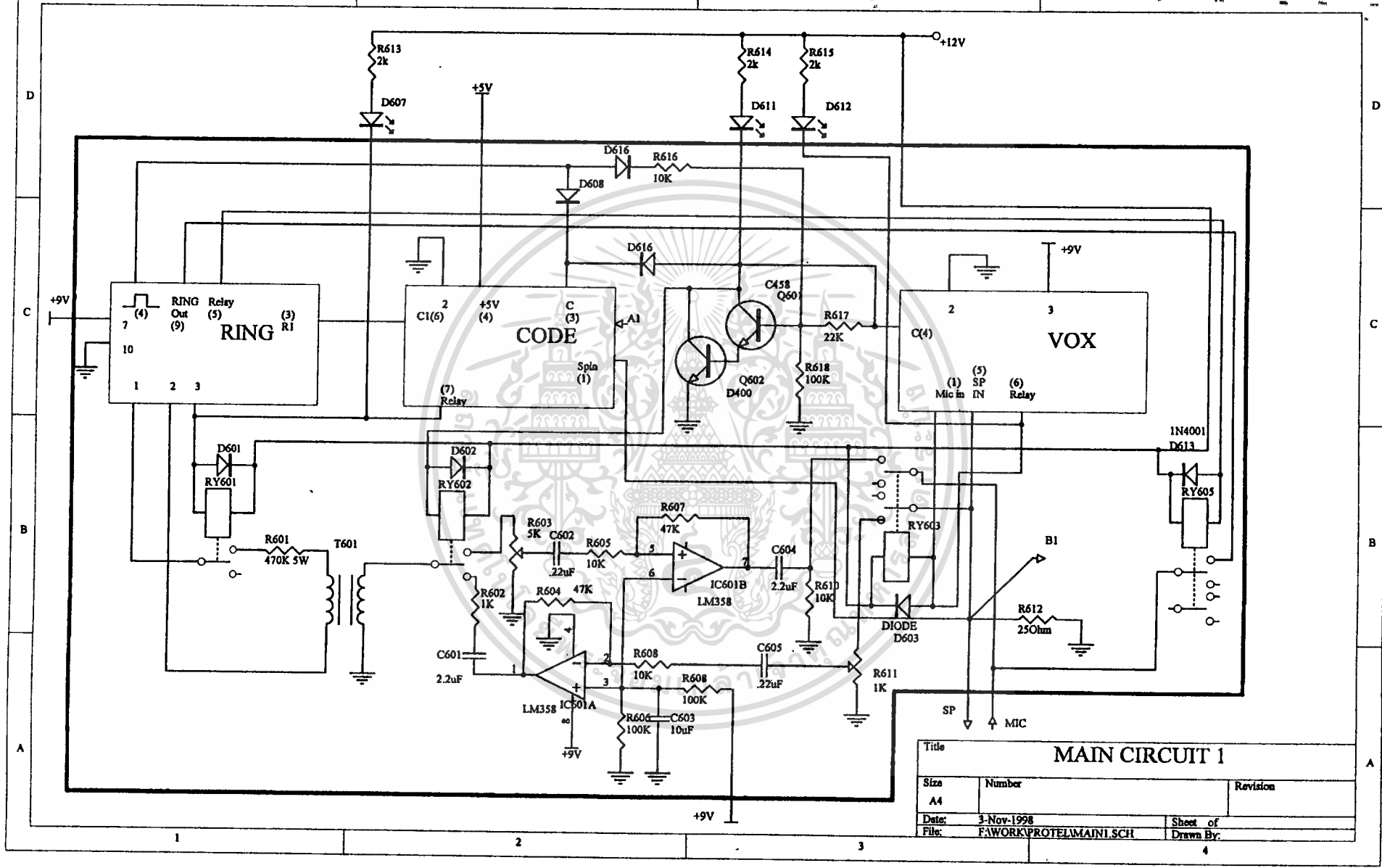
Title		
VOX CIRCUIT		
Rev	Number	Revision
B		
Date:	3 Nov 1998	Sheet of
File:	AVOX SCH	Drawn By:



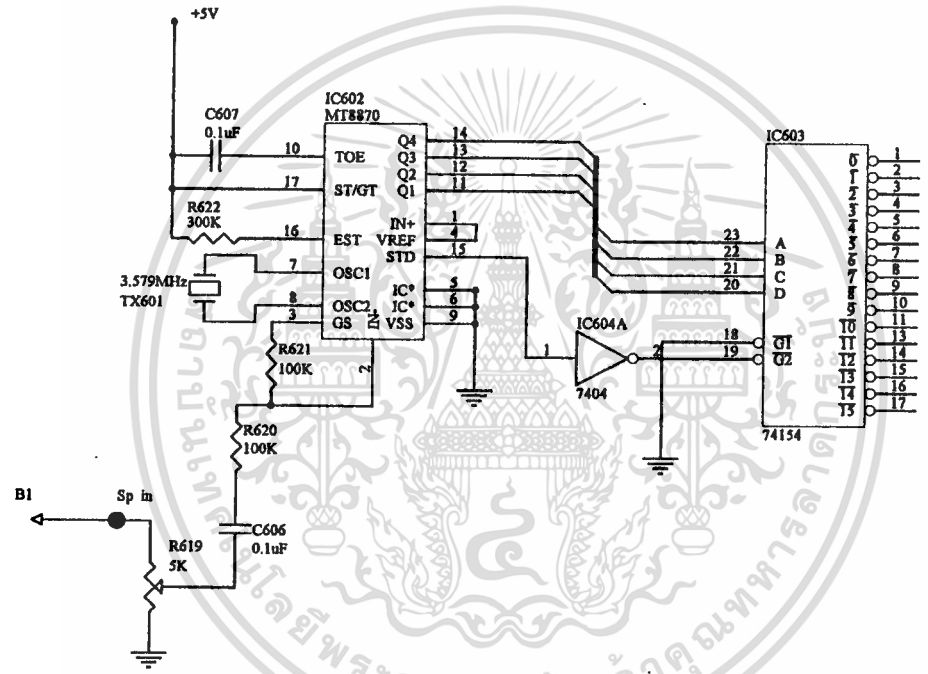
Title		
SUPPLY CIRCUIT		
Size	Number	Revision
B		
Date:	1 Nov 1978	Sheet of
File:	FAWOKS/KROT/BL/SUPPLY SCH	Drawn By:



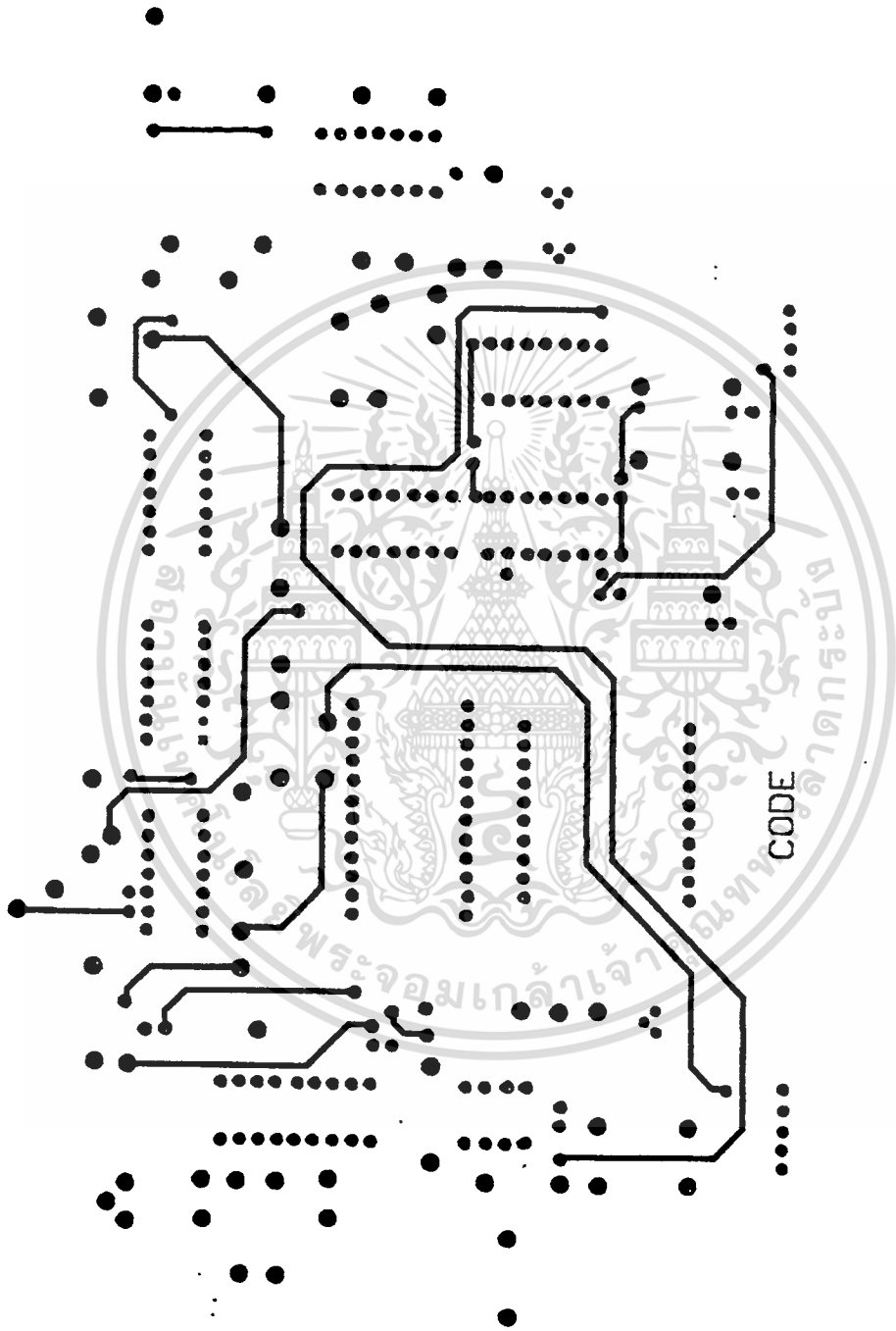
Title		
CONTROL SYSTEM CIRCUIT		
Sl. No.	Number	Revision
1	1	
Date:	3 Nov 1998	Sheet of
File:	A:\CONTROL.SCH	Drawn By:



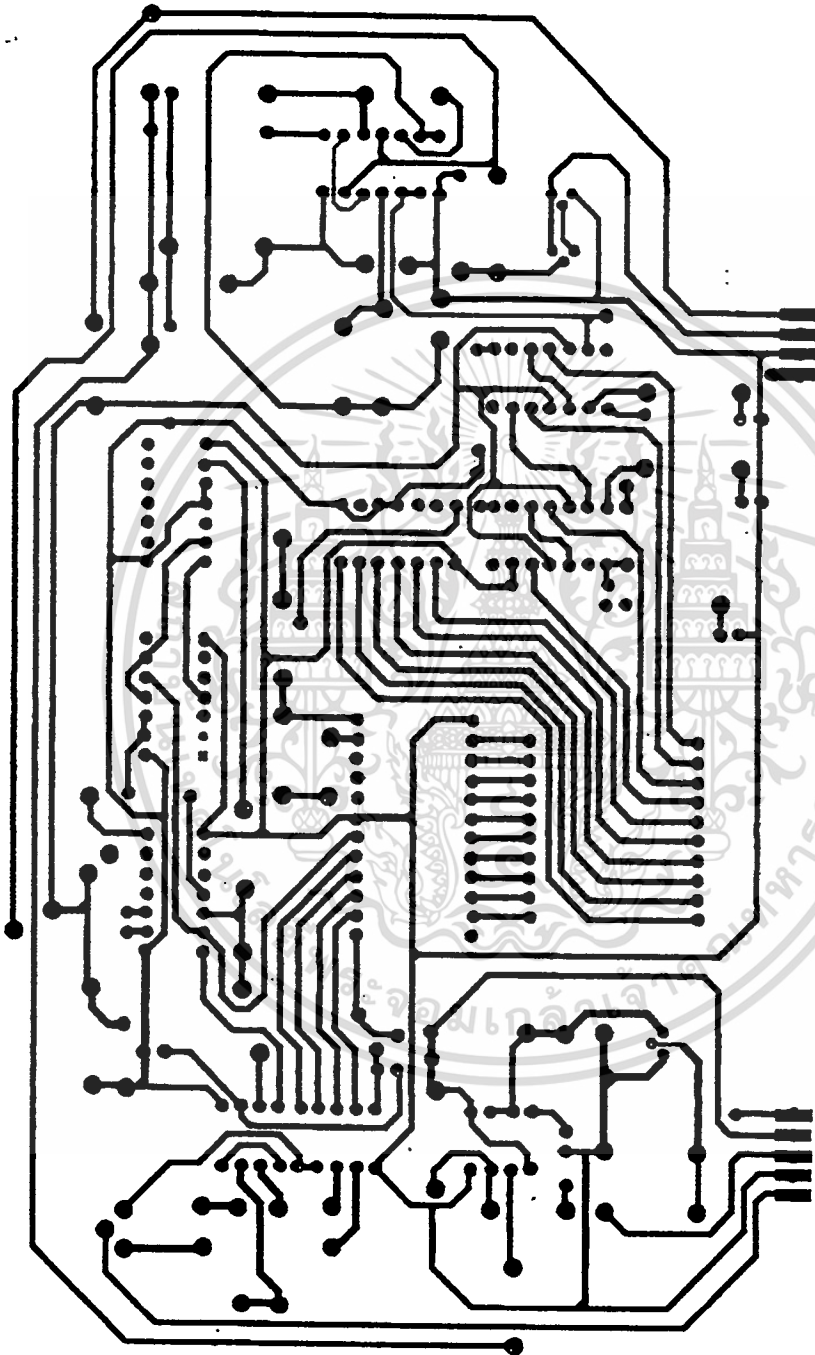
Title			MAIN CIRCUIT 1		
Size	Number	Revision			
A4					
Date:	3-Nov-1998	Sheet of			
File:	FAWORKPROTELMAIN1.SCH	Drawn By:			



Title			MAIN CIRCUIT 2		
Size	Number		Revision		
A4					
Date:	3-Nov-1998.		Sheet of		
File:	F:\WORK\PROTEL\MAIN2.SCH		Drawn By:		

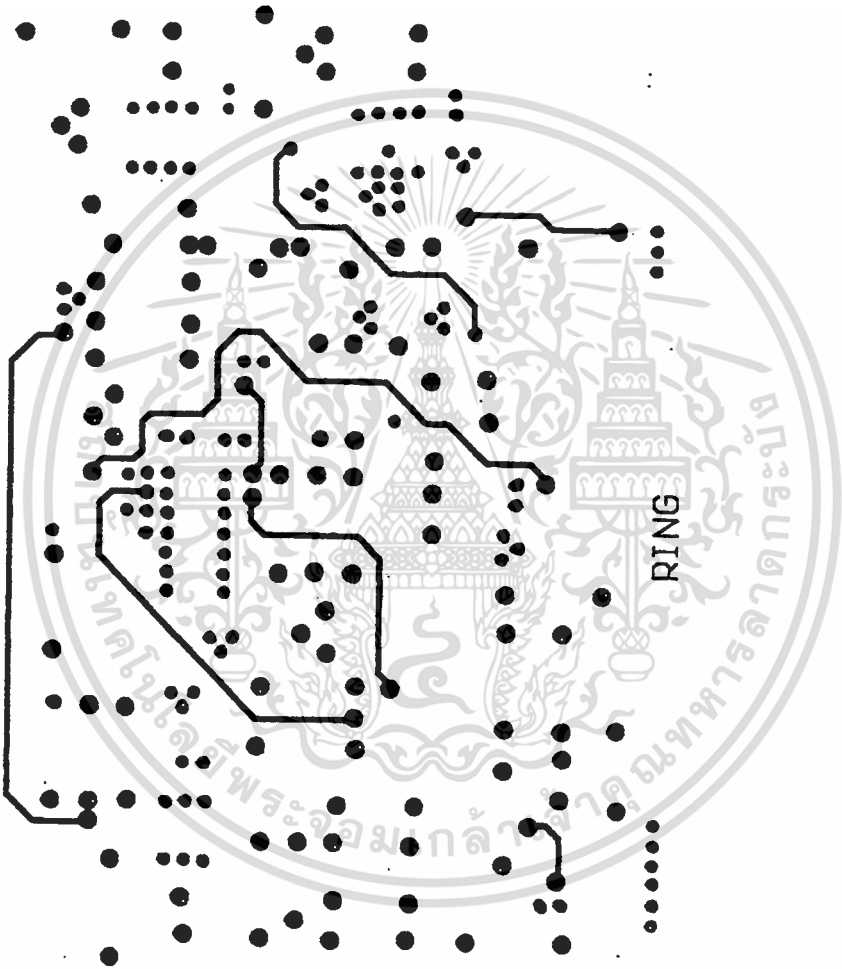


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

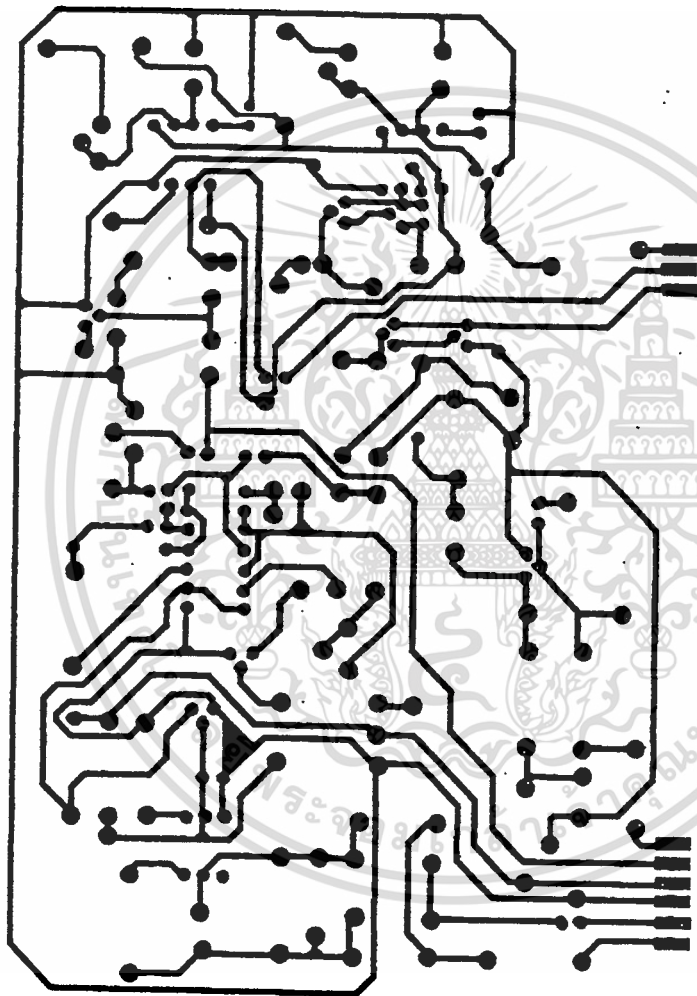


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

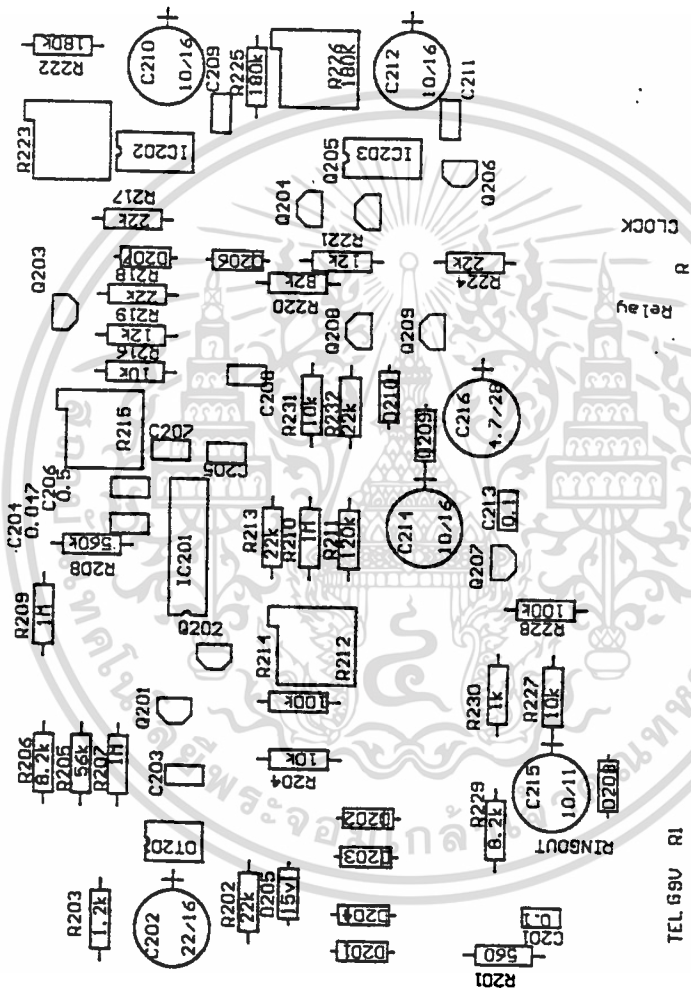




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

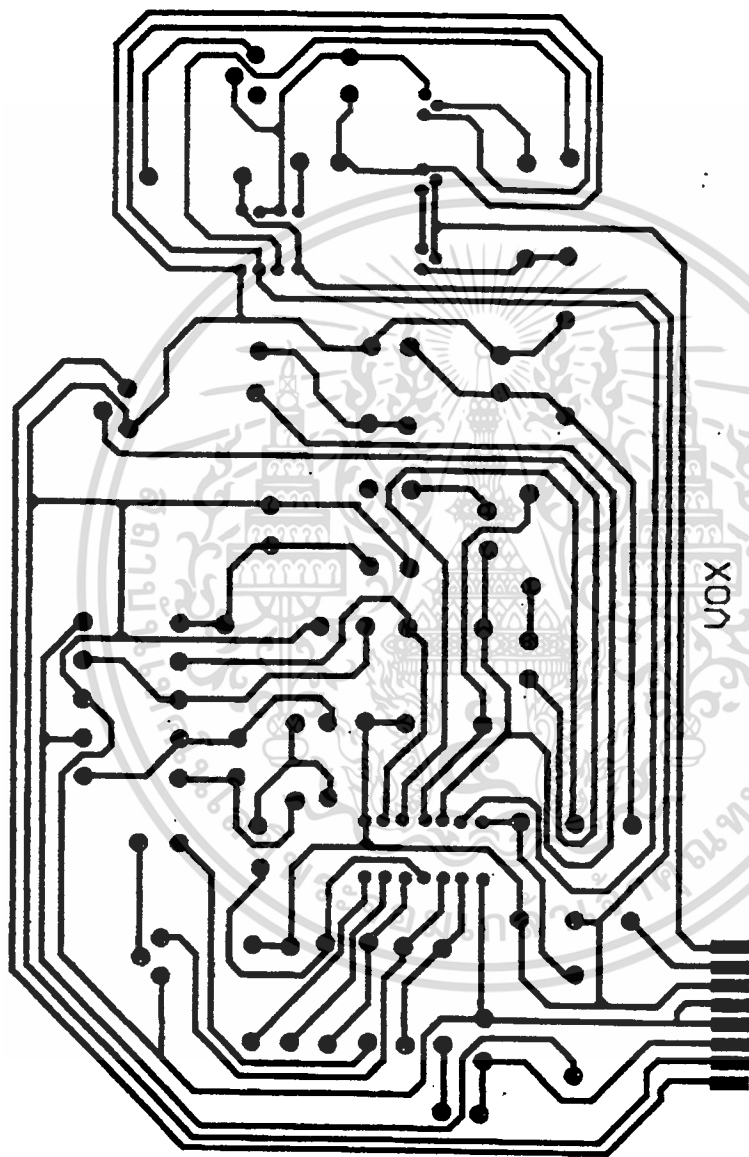


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

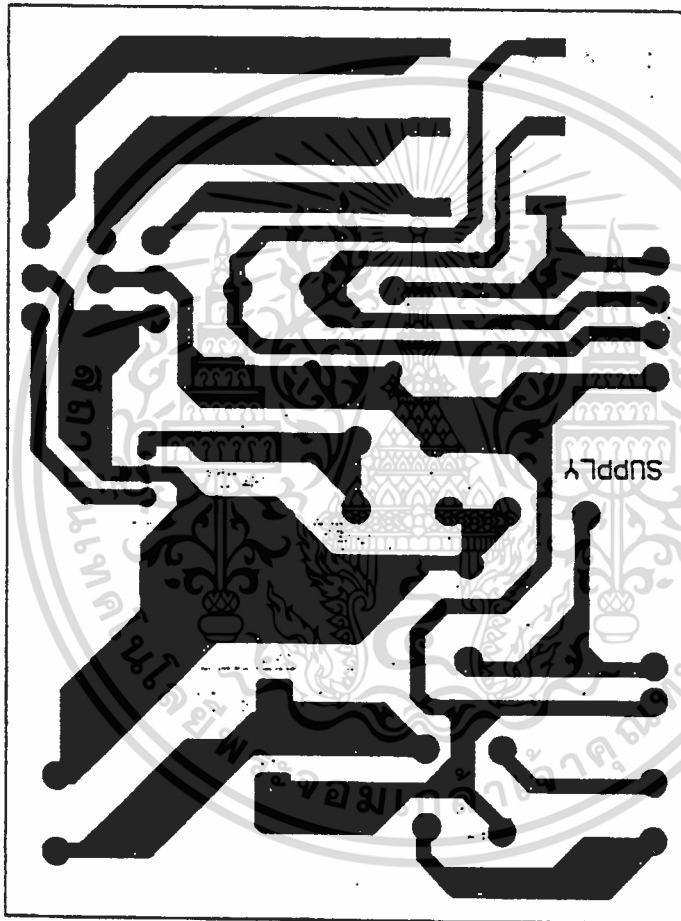


TEL.69V RI

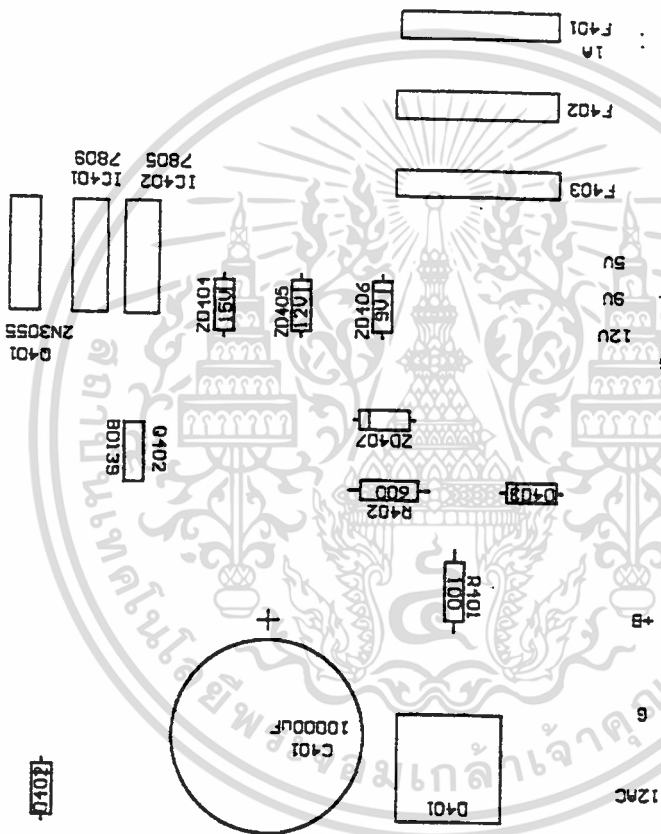
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



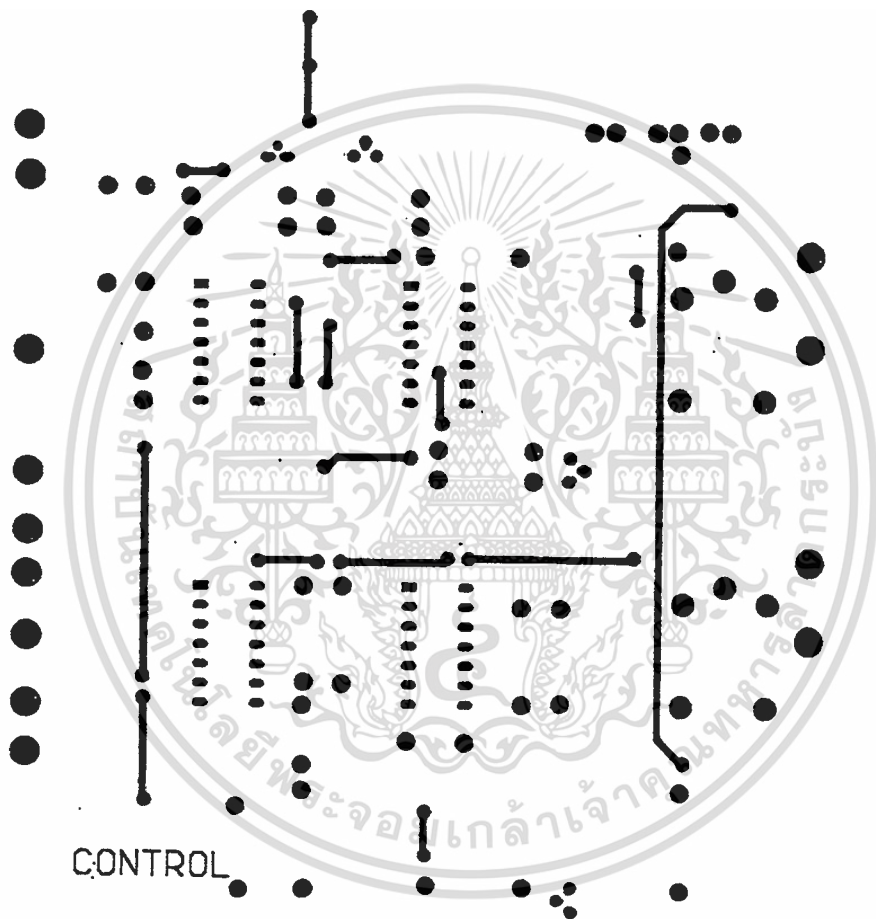
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



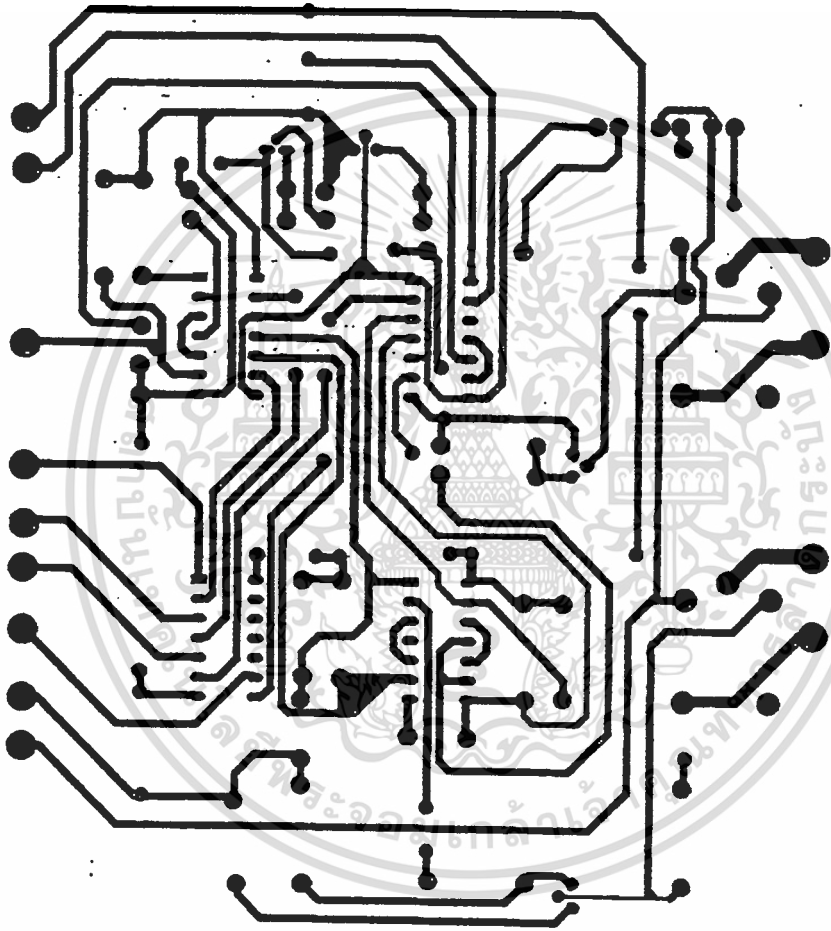
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



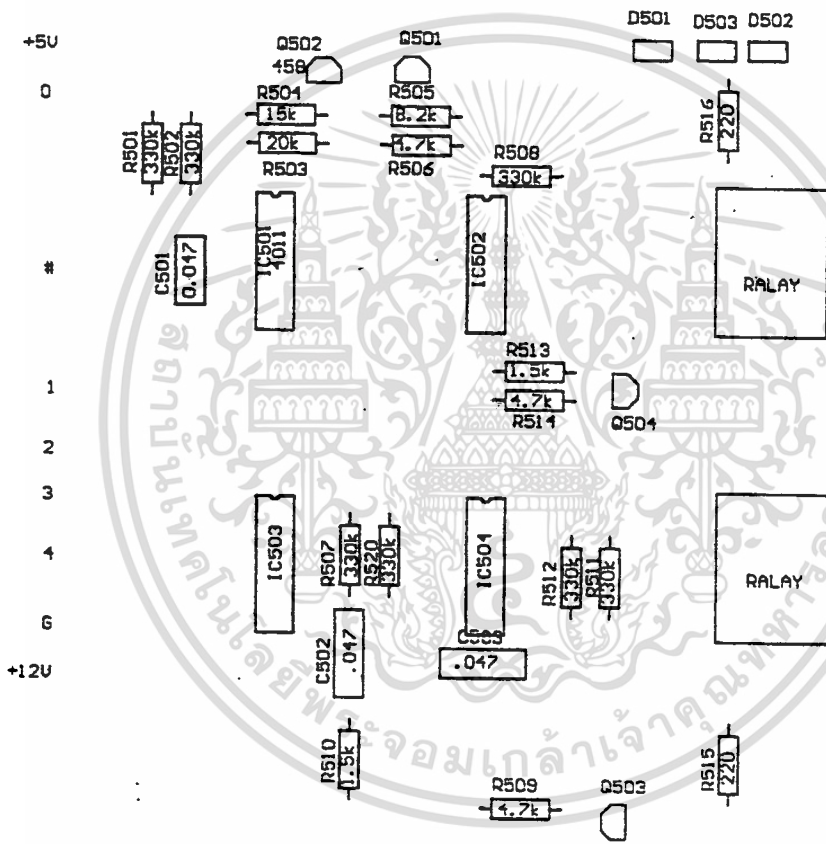
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

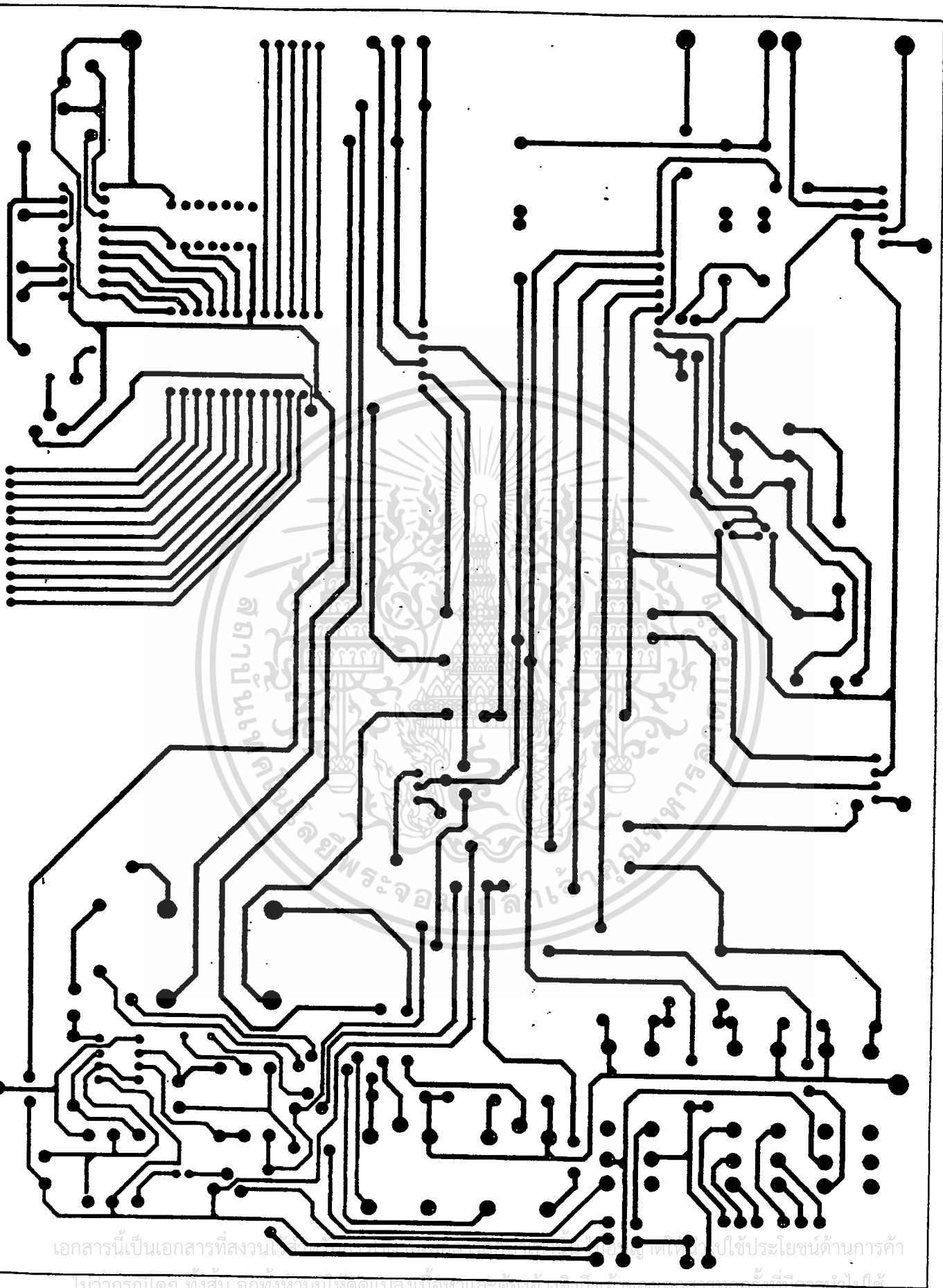


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAIN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องขออนุญาตเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำออกใช้

+5U

14

+9U TEL

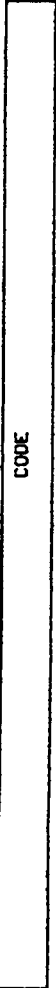
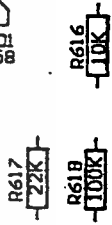
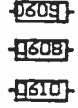
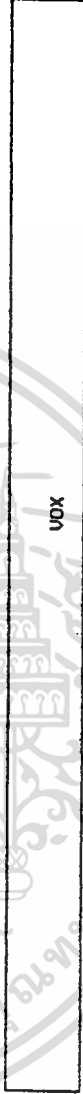
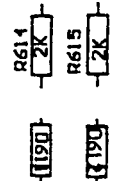
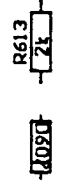
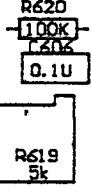
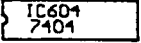
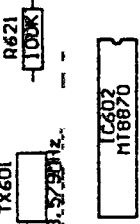
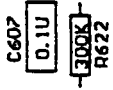
12

+9U

+12U

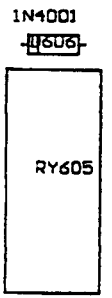
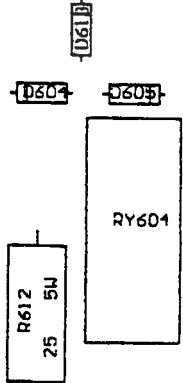
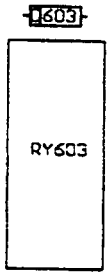
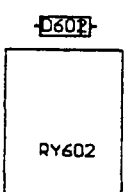
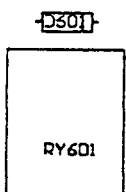
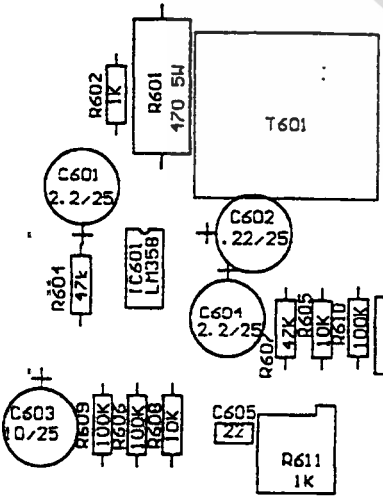
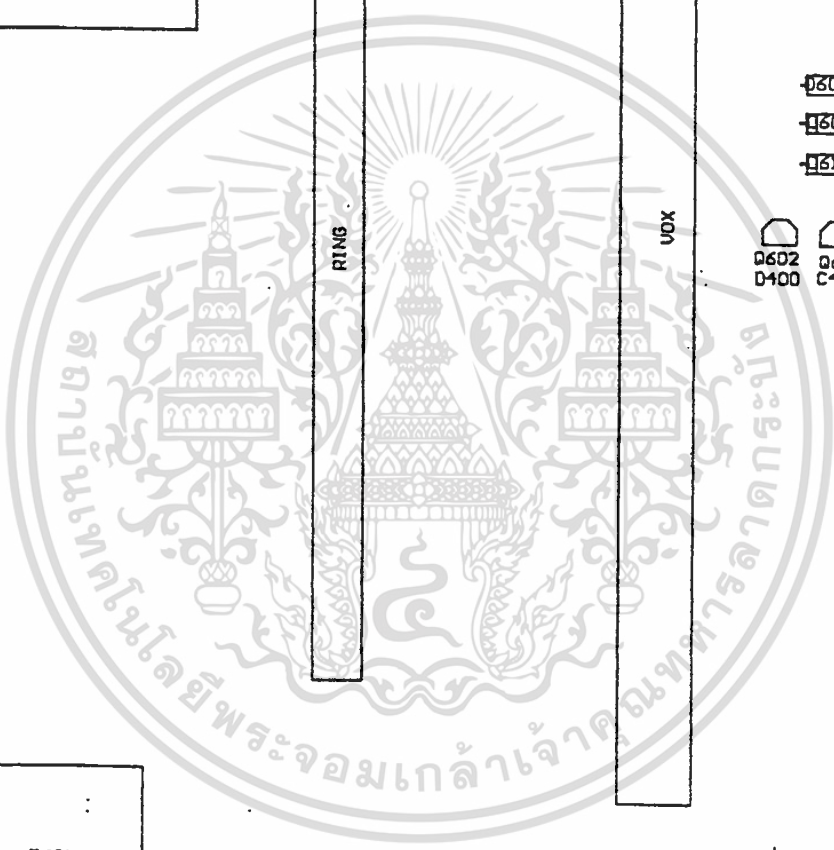
(-)

+5U



\*

21



+12U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIC

SP

## วิธีการใช้งานวงจรเครื่องขยายการใช้งานโทรศัพท์โดยใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF (Telephone Line Extender By VHF Transceiver)

เมื่อมีสายเรียกเข้ามามีวิธีการใช้งานดังนี้

1. เมื่อมีสายเรียกเข้ามาก็จะมีสัญญาณเรียกนั้นออกมาที่วิทยุรับส่งต้องรอจนกว่าสัญญาณเรียกนั้นเงียบลงก็จะเงียบลงประมาณ 3 วินาที ซึ่งตอนนี้สามารถที่จะกดรหัสที่ผู้ใช้งานตั้งเอาไว้เข้ามาได้โดยการกดคีย์ PTT ค้างเอาไว้ก่อนที่จะกดหมายเลขรหัส
2. ขั้นตอนการสนทนานั้นผู้ใช้งานก็สามารถที่จะสนทนาได้โดยการสนทนานั้นจะเป็นแบบ Simplex
3. เมื่อสนทนาเสร็จสิ้นแล้วนั้นผู้ใช้งานก็สามารถที่จะวางหู โดยการกดคีย์ PTT ค้างเอาไว้ก่อนที่จะกดแป้น \* เข้ามาวางหู หรือ ไม่เช่นนั้นเครื่องก็จะวางหูให้เอง โดยอัตโนมัติ

เมื่อต้องการที่จะโทรออกมีวิธีการใช้งานดังนี้

1. กดคีย์ PTT ค้างเอาไว้แล้วตามด้วยหมายเลขรหัสที่ได้ตั้งเอาไว้
2. รอสัญญาณเตือนว่าได้กดรหัสนั้นถูกต้องถ้าไม่มีสัญญาณเตือนดังออกมาแสดงว่าการกดรหัสนั้นไม่ถูกต้องให้ทำการกดคีย์ PTT ค้างเอาไว้แล้วตามด้วยแป้น \* ซึ่งจะเป็นการ Reset ระบบใหม่ก่อนที่จะกดหมายเลขรหัสใหม่ดังข้อที่ 1
3. เมื่อกดรหัสถูกต้องแล้วเครื่องจะทำการต่อคู่สายโดยในช่วงเวลานี้ผู้ใช้งานจะต้องรีบกดหมายเลขโทรศัพท์ซึ่งถ้าไม่เช่นนั้นเครื่องจะวางสายเองโดยอัตโนมัติ
4. รอสัญญาณเรียก โดยตอนนี้ผู้ใช้งานจะต้องกดคีย์ PTT ในช่วงที่สัญญาณเรียกนั้นเงียบเพื่อที่จะไม่ให้ระบบการวางหูแบบอัตโนมัติทำงาน
5. ขั้นตอนการสนทนานั้นผู้ใช้งานก็สามารถที่จะสนทนาได้โดยการสนทนานั้นจะเป็นแบบ Simplex
6. เมื่อสนทนาเสร็จสิ้นแล้วนั้นผู้ใช้งานก็สามารถที่จะวางหู โดยการกดคีย์ PTT ค้างเอาไว้ก่อนที่จะกดแป้น \* เข้ามาวางหู หรือ ไม่เช่นนั้นเครื่องก็จะวางหูให้เอง โดยอัตโนมัติ

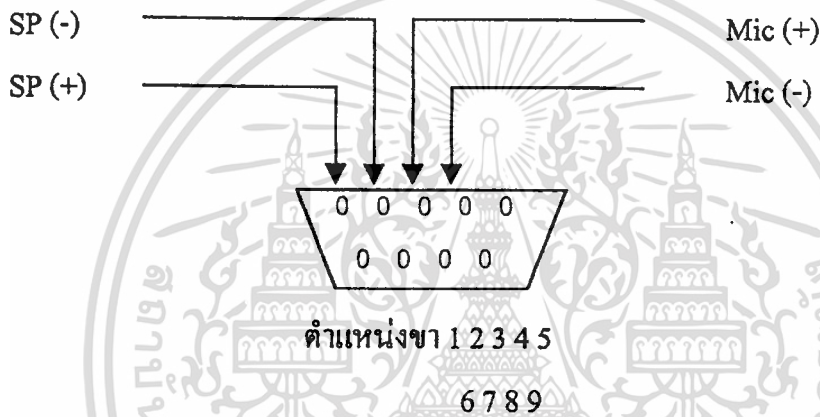
เมื่อต้องการที่จะใช้งานระบบส่งการทางวิทยุรับส่งมีวิธีการใช้งานดังนี้

1. กดคีย์ PTT ค้างเอาไว้แล้วตามด้วยการกดแป้น #
2. กดคีย์ PTT ค้างเอาไว้แล้วตามด้วยการกดแป้น 1 หรือ 3 ถ้า 1 นั้นหมายถึงเลือกใช้ช่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถ้าต้องการยกเลิกการใช้งานในช่องที่ 1 นั้นกดคีย์ PTT ค้างเอาไว้แล้วตามด้วยการกดเป็น 2 แต่ถ้าต้องการยกเลิกการใช้งานในช่องที่ 2 นั้นกดคีย์ PTT ค้างเอาไว้แล้วตามด้วยการกดเป็น 4
4. ถ้าต้องการยกเลิกระบบการส่งการทั้งหมดนั้นให้กดคีย์ PTT ค้างเอาไว้แล้วกดเป็น 0 ซึ่งระบบการส่งการนั้นก็จะถูกยกเลิกทันที

วิธีการต่อเอาท์พุทเข้ากับวิทยุรับส่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้