



การ์ดจูนเนอร์เอฟเอ็มซินธิไซเซอร์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์  
**FM TUNER SYNTHESIZER CARD FOR MICROCOMPUTER**



โดย  
 นายกิตติพงศ์ สิงห์ทอง  
 นายสมชาย วิริยะกระษาปณ์

วัน เดือน ปี..... 18. ค.ค. 2541  
 เลขทะเบียน..... 039060  
 เลขเรียกหนังสือ..... โท๕๕๐๑ กษ๕๕๖

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ปีการศึกษา 2540

๕)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 039060

**การ์ดจูนเนอร์เอฟเอ็มซินธิไซเซอร์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์**  
**FM TUNER SYNTHESIZER CARD FOR MICROCOMPUTER**



**ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**  
**สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม**  
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**  
**ปีการศึกษา 2540**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การคำนวณออร์เอฟเอ็มซินธิไซเซอร์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์

**FM TUNER SYNTHESIZER CARD FOR MICROCOMPUTER**

ผู้จัดทำ

1. นายกิตติพงศ์ สิงห์ทอง 38013048
2. นายสมชาย วิริยะกระษาปณ์ 38013078

  
( ดร.สุทธิชัย นพนาดีพงษ์ )

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การ์ดจูนเนอร์เอฟเอ็มซินธิไซเซอร์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์

## FM TUNER SYNTHESIZER CARD FOR MICROCOMPUTER

โดย นายกิตติพงศ์ สิงห์ทอง 38013048

นายสมชาย วิริยะกระษาปณ์ 38013078

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุทธิชัย นพนาศิพงษ์

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นปัจจัยสำคัญ หรือถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตในชีวิตประจำวันในการทำงานโดยใช้คอมพิวเตอร์ทุกครั้งอาจเกิดความเครียดได้ การฟังวิทยุเป็นการผ่อนคลายความเครียดได้ส่วนหนึ่ง

ปริญญานิพนธ์นี้เสนอ การ์ดจูนเนอร์เอฟเอ็มซินธิไซเซอร์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยมีเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มและวงจรมายสัญญาณเสียงต่อกับวงจรอินเทอร์เฟซแล้วเสียบลงในสล็อตของคอมพิวเตอร์ โดยมีการควบคุมการทำงานโดยซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

### ABSTRACT

Today computer is an important machine with everybody. It is Microcomputer. It has useful and when use a long time. Maybe happening headache. Thus listening is to relax.

This thesis presents the "FM Tuner synthesizer Card for Microcomputer" by have radio FM receiver and amplifier connected with interface circuit and push in slot of computer. It controlled by software on windows system.

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	2
2.1 กล่าวนำ	2
2.2 การทำงานของเครื่องรีบิวทียูเอฟเอ็ม	2
2.3 วงจรเอฟเอ็มดีเทกเตอร์	4
2.4 หลักการรีบิวทียูเอฟเอ็มสเตรียอิมัลติเพิล็กซ์	9
2.5 เฟสล็อกกลุ๊ป	12
2.6 จูนเนอร์แบบสังเคราะห์ความถี่	14
2.7 การค้นหาสถานีอัตโนมัติ	18
บทที่ 3 การออกแบบแผ่นวงจรคาร์ดต้นแบบ	21
3.1 การออกแบบ และสร้างวงจรถ่ายทอดการเชื่อมต่อกับระบบบัสของพีซี	21
3.2 หลักการออกแบบแผ่นวงจร	24
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	27
4.1 การต่อและทดสอบวงจรถ่ายทอดการเชื่อมต่อกับรีบิวทียู	27
4.2 การต่อวงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียง	32
4.3 การต่อวงจรถ่ายทอดอินเตอร์เฟส	33
4.4 ทดสอบการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์	39
บทที่ 5 ซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันที่ใช้งานกับการ์ดจูนเนอร์ฯ	41
5.1 วัตถุประสงค์ของการเขียนซอฟต์แวร์	41
5.2 ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ต้องการ	41
5.3 ขั้นตอนการติดตั้งและการใช้งานแอปพลิเคชันที่ใช้งานกับการ์ดจูนเนอร์ฯ	42
5.4 โปรเจ็คไฟล์ในการพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์	44
5.5 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรมโดยรวม	47
5.6 เมสเสจกลุ๊ป	48
บทที่ 6 แนวทางการพัฒนาต่อ	50
6.1 การเพิ่มเติมรีโมตเพื่อควบคุมระบบของวินโดวส์	50
6.2 การเพิ่มส่วนวิเคราะห์เสียง	50
6.3 วิทยุในระบบเน็ตเวอร์ก	51
บทที่ 7 บทวิจารณ์ และบทสรุป	52
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ถือเป็นปัจจัยสำคัญ หรือถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวัน ในการทำงานโดยใช้คอมพิวเตอร์ทุกครั้งอาจเกิดความเครียดได้ การพึ่งพิงวิทยุเป็นการผ่อนคลายความเครียดได้ส่วนหนึ่ง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเสนอ การ์ดจูนเนอร์เอฟเอ็มซินธิไซเซอร์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยมีเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม ต่ออยู่กับวงจรอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งรายละเอียดในปริิฎยฐานิพนธ์เล่มนี้ มีดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

บทที่ 3 การออกแบบแผ่นวงจรการ์ดต้นแบบ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 ซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันที่ใช้งานกับการ์ดจูนเนอร์ฯ

บทที่ 6 แนวทางการพัฒนาต่อ

บทที่ 7 บทวิจารณ์ และบทสรุป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

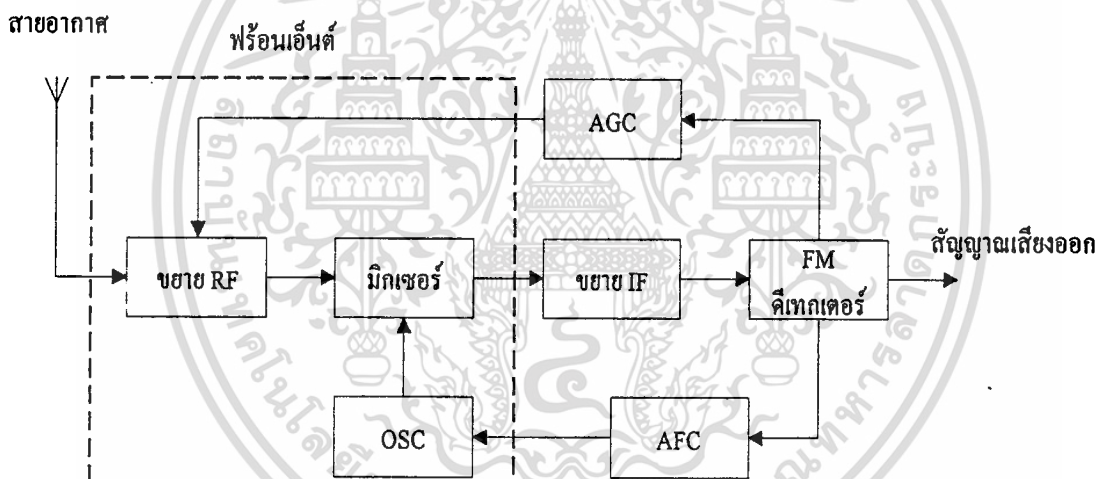
### ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

#### 2.1 กล่าวนำ

สถานีวิทยุระบบเอฟเอ็ม ในประเทศไทยส่งกระจายเสียงย่านความถี่ VHF ความถี่ระหว่าง 88 - 108 MHz สถานีเกือบทั้งหมดเป็นสถานีเพื่อธุรกิจบันเทิง สถานีส่งวิทยุเอฟเอ็ม ส่วนมากจะตั้งอยู่บริเวณกรุงเทพฯ และตามต่างจังหวัดที่มีประชาชนหนาแน่น ซึ่งมีกำลังของเครื่องส่งค่อนข้างสูงทำให้การรับวิทยุสามารถรับได้ชัดเจน โดยใช้สายอากาศภายในตัวเครื่องรับ สำหรับผู้ที่อยู่ห่างไกลสถานีอาจต้องใช้สายอากาศขนาดใหญ่ แต่ในปัจจุบันมีสถานีที่ส่งกระจายเสียงผ่านดาวเทียม ทำให้สามารถรับได้ทั่วประเทศ และยังมีกระจายเสียงทางอินเทอร์เน็ต (Internet) อีกด้วย

#### 2.2 การทำงานของเครื่องรับวิทยุ เอฟเอ็ม

การทำงานของเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม ตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.1 อธิบายได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม

สายอากาศ มีความจำเป็นมากสำหรับเครื่องรับเอฟเอ็ม ทำหน้าที่รับคลื่นวิทยุเอฟเอ็ม จากสถานีส่งต่างๆ ความถี่ระหว่าง 88 - 108 MHz ให้มีความแรงเท่าๆ กันทุกสถานี สายอากาศจึงต้องรับคลื่นในแบนด์กว้างตลอดย่านเอฟเอ็ม สายอากาศอาจเป็นแบบติดอยู่กับตัวเครื่องรับหรือสายอากาศภายนอก

ภาคขยายอาร์เอฟ หรือภาคอาร์เอฟแอมป์ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่ที่รับมาจากสายอากาศ โดยเลือกขยายที่ละ 1 ความถี่ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรสัญญาณอินพุตที่รับมาจากสายอากาศ และวงจรสัญญาณเอาต์พุตที่ส่งให้ภาคมิกเซอร์ ซึ่งการคูณต้องได้ความถี่ค่าเดียวกัน ตัวขยายสัญญาณอาร์เอฟ สมัยก่อนใช้หลอดสูญญากาศ ปัจจุบันใช้ทรานซิสเตอร์หรือ FET บางรุ่นจะใช้ไอซี การขยายอาร์เอฟ จะทำให้สัญญาณที่รับได้มีขนาดแรงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไวของเครื่องรับที่ดีขึ้น ขจัดความถี่อื่นที่มารบกวนได้เด็ดขาดขึ้น สัญญาณที่ออกจากภาคขยายอาร์เอฟ นี้ เป็นสัญญาณความถี่ของสถานีที่ต้องการรับ และส่งออกไปเข้าภาคมิกเซอร์เพียง 1 ความถี่เท่านั้น อัตราการขยายของภาคขยายอาร์เอฟ ถูกควบคุมโดยวงจร AGC

ภาคออสซิลเลเตอร์หรือ โลกอสซิลเลเตอร์ ทำหน้าที่ผลิตความถี่อาร์เอฟย่าน VHF ขึ้นมา 1 ความถี่ เพื่อที่จะส่งเข้าไปผสมกับคลื่นที่รับมาจากภาคขยายอาร์เอฟอยู่ 10.7 MHz นั่นคืออยู่ในช่วง 98.7 ถึง 118.7 MHz ความถี่ที่ออสซิลเลเตอร์ผลิตจะต้องคงที่เสมอ ซึ่งควบคุมโดยวงจร AFC

ภาคมิกเซอร์ ทำหน้าที่รับคลื่นจากภาคขยายอาร์เอฟ และภาคออสซิลเลเตอร์มาผสมกันตามกระบวนการซูเปอร์เฮเทอร์โรไดน์ โดยใช้ผลต่างของออสซิลเลเตอร์กับสัญญาณจากภาคขยายอาร์เอฟมีค่า 10.7 MHz ถูกจูนออกทางเอาต์พุทของมิกเซอร์

ภาคขยายอาร์เอฟ ภาคออสซิลเลเตอร์ และภาคมิกเซอร์ เราจะเรียกรวมกันว่าภาคฟรอนต์เอ็นด์ ซึ่งภาคนี้ส่วนมากจะบรรจุไว้ในกล่องโลหะชิลด์ เพื่อป้องกันความถี่อื่นมารบกวน โดยจะโฟกัสเฉพาะจุดต่อสายและแกนของตัวเก็บประจุที่ปรับค่าได้เพื่อหมุนเปลี่ยนความถี่

ภาคขยายสัญญาณความถี่ไอเอฟโดยรับสัญญาณไอเอฟ จากเอาต์พุทของภาคมิกเซอร์ด้วยความถี่ 10.7 MHz มาทำการขยายให้มีขนาดแอมพลิจูดของสัญญาณเพียงพอ และเหมาะสมกับการดีเทกให้ได้สัญญาณเสียงที่มีคุณภาพดี สัญญาณไอเอฟของเอฟเอ็มเป็นคลื่นผสมทางความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz กับสัญญาณเสียง 20 ถึง 20,000 Hz ดังนั้นความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz จึงเบี่ยงเบนตามความถี่เสียง ซึ่งมาตรฐานสากลอนุญาตให้การส่งสัญญาณเอฟเอ็มเบี่ยงเบนได้  $\pm 75$  kHz และมีช่องว่างระหว่างสถานีบนและสถานีล่างข้างละ 25 kHz ดังนั้นช่วงแบนด์วิดธ์ของการส่งเอฟเอ็มจึงมีสถานีละ 200 kHz เมื่อเรานำสัญญาณ จากสถานีรับเข้ามาผ่านคอนเวอร์เตอร์ สัญญาณไอเอฟ 10.7 MHz ที่ได้จะต้องเบี่ยงเบนจากความถี่กลาง 10.7 MHz ไป  $\pm 100$  kHz ด้วยเช่นกัน วงจรขยายไอเอฟที่ดี นอกจากจะให้อัตราการขยายสูงแล้วจะต้องมรแบนด์วิดธ์กว้างถึง 200 kHz จึงจะทำให้ได้สัญญาณออกทางเอาต์พุทครบถ้วน

ภาคเอฟเอ็มดีเทกเตอร์ ทำหน้าที่ตรวจจับเพื่อแยกสัญญาณเสียงออกจากคลื่น ไอเอฟของเอฟเอ็มความถี่ 10.7 MHz การดีเทกเอฟเอ็ม มีหลายวิธี บางวิธีต้องเพิ่มวงจรมิตเตอร์ เพื่อตัดแต่งสัญญาณเอฟเอ็ม ให้มีแอมพลิจูดเท่ากันเสียก่อน สัญญาณเสียงที่ได้จะส่งไปเข้าวงจรขยายเสียงต่อไปผลของการดีเทกเตอร์จะได้สัญญาณบางส่วนนำไปสร้างเป็นสัญญาณ AFC และสัญญาณ AGC

ภาค AFC (Automatic Frequency Control) ทำหน้าที่ควบคุมความถี่ของออสซิลเลเตอร์ให้พอดีกับคลื่นอาร์เอฟตลอดเวลา เพราะถ้าออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่ไม่สัมพันธ์กับคลื่นอาร์เอฟสัญญาณเสียงที่รับฟังจะจางหายไม่ชัดเจน ซึ่งคล้ายกับรับไม่ตรงสถานี สัญญาณแรงดันไฟ AFC ได้มาจากภาคเอฟเอ็ม ดีเทกเตอร์

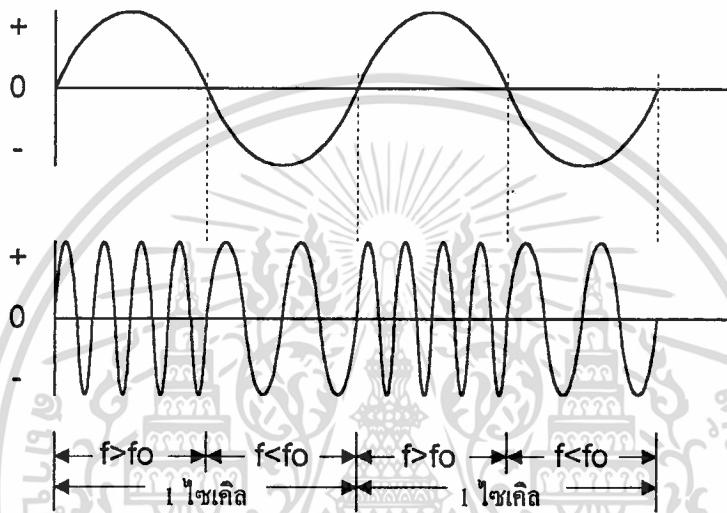
ภาค AGC (Automatic Gain Control) ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการขยายของภาคอาร์เอฟ ให้คงที่สม่ำเสมอทุก ๆ สถานี สัญญาณที่นำไปควบคุม AGC อาจนำมาจากภาค ไอเอฟหรือภาคเอฟเอ็มดีเทกเตอร์ก็ได้

## 2.3 วงจร เอฟเอ็ม ดีเทกเตอร์

องค์ประกอบของคลื่นไอเอฟของเอฟเอ็มจากรูปที่ 2.2 ประกอบด้วย

1. สัญญาณไอเอฟความถี่  $10.7 \text{ MHz} (f_0)$  คือสัญญาณปกติ ขณะที่ไม่มีสัญญาณเสียงมอดูเลตเข้ามา
2. ช่วงสัญญาณไอเอฟเบี่ยงเบนต่ำกว่า  $10.7 \text{ MHz} (f < f_0)$  คือสัญญาณเสียงที่มอดูเลตมาเป็นช่วงลบ
3. ช่วงสัญญาณไอเอฟเบี่ยงเบนสูงกว่า  $10.7 \text{ MHz} (f > f_0)$  คือสัญญาณเสียงที่มอดูเลตมาเป็นช่วงบวก
4. การเปลี่ยนแปลงเบี่ยงเบนความถี่ของไอเอฟทั้งทางด้านสูงและต่ำ จะเกิดขึ้นเป็นระยะ ๆ ซ้ำกัน

หมายถึง ไซเคิลของคลื่นเสียง หากครบรอบในระยะชิดกันมากจะเป็นความถี่สูง แต่ถ้าครบรอบในระยะห่างจะเป็นความถี่ต่ำ



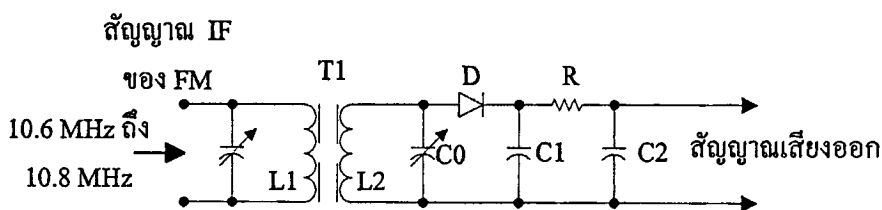
รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของคลื่นเอฟเอ็ม

มาตรฐานของการมอดูเลตแบบเอฟเอ็มยอมให้มีความถี่เบี่ยงเบนได้  $\pm 75 \text{ kHz}$  และมีช่องเผื่อไว้อีกด้านละ  $25 \text{ kHz}$  รวมเป็น  $\pm 100 \text{ kHz}$  นั่นคือสัญญาณไอเอฟมีความถี่  $10.7 \text{ MHz}$  ความถี่ที่เบี่ยงเบนสูงสุดคือ  $10.8 \text{ MHz}$  และความถี่ต่ำสุดคือ  $10.6 \text{ MHz}$

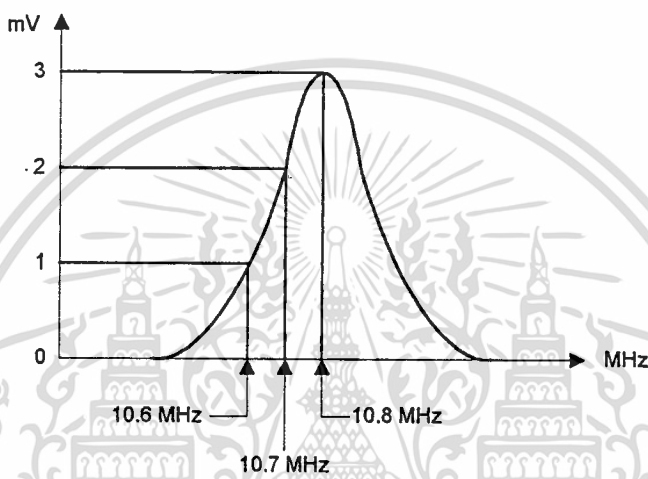
### 2.3.1 หลักการของสโลปดีเทกเตอร์ (Slop Detector)

จากรูปที่ 2.3 หม้อแปลง T1 ด้านขดลวด L1 เป็นแบนด์พาสให้ความถี่ไอเอฟ  $10.7 \text{ MHz}$  ผ่าน โดยเบี่ยงเบนอยู่ในช่วงความถี่  $10.6 \text{ MHz}$  ถึง  $10.8 \text{ MHz}$  L2 - C0 ฐนไว้ที่ความถี่  $10.8 \text{ MHz}$  ดังนั้นความถี่ที่เรโซแนนซ์  $10.8 \text{ MHz}$  จะผ่านวงจร L2 - C0 ได้ดีที่สุด ส่วนความถี่  $10.7 \text{ MHz}$  และ  $10.6 \text{ MHz}$  เป็นความถี่ที่ต่ำกว่าจะผ่านวงจรได้น้อยลง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 เอฟเอ็มสโโลปีดีเทกเตอร์



รูปที่ 2.4 เส้นโค้งการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงในสโโลปีดีเทกเตอร์

ความถี่ที่ผ่านวงจรจูน L2 - C0 จะส่งให้ D1 ตัดแยกสัญญาณซีกรบวก แล้วกรองด้วย C1, C2 และ R จะได้แรงดันเฉลี่ยออกทางเอาต์พุท มีค่าต่าง ๆ กัน เช่น เมื่อไม่มีสัญญาณเสียง สัญญาณไอเอฟจะมีค่า 10.7 MHz สมมติว่าตัดแยกคลื่นได้เอาต์พุทแรงดัน 2 mV เมื่อสัญญาณเสียงแอมพลิจูดสูงผสมมาไอเอฟจะมีความถี่ 10.8 MHz การตัดแยกคลื่นได้เอาต์พุท 3 mV และเมื่อสัญญาณเสียงแอมพลิจูดต่ำผสมมาไอเอฟจะมีความถี่ต่ำลงเป็น 10.6 MHz การตัดแยกคลื่นจะได้แรงดันเอาต์พุทต่ำเพียง 1 mV การขึ้นลงของสัญญาณเสียงเป็นไปเช่นเดียวกับคลื่นที่ผสมมา จึงเป็นอันว่าเราสามารถถอดแยกเอาสัญญาณเสียงออกมาจากคลื่นเอฟเอ็มได้

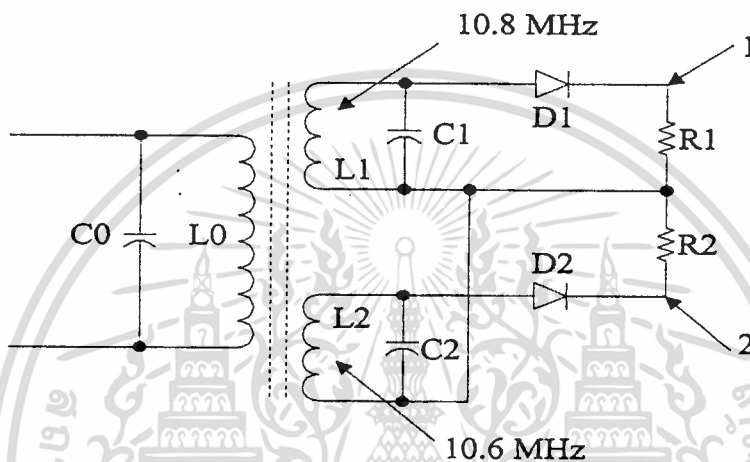
ข้อบกพร่องของสโโลปีดีเทกเตอร์ คือความชันของเส้นโค้งการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงเรโซแนนซ์ของสโโลปีดีเทกเตอร์ไม่เป็นเส้นตรงเพียงพอ ทำให้อัตราส่วนแอมพลิจูดบวกและลบไม่สมดุลตามอัตราส่วนที่ผสมสัญญาณมา สัญญาณเสียงที่ตัดแยกได้จะเพี้ยนไป วงจรดีเทกเตอร์แบบนี้เป็นพื้นฐานเพื่อการศึกษาจะไม่พบในเครื่องรับปัจจุบัน

หลักการของเอฟเอ็มสโโลปีดีเทกเตอร์คล้ายกับเอเอ็มดีเทกเตอร์ หรือเรกติไฟเออร์แบบครึ่งลูกคลื่น (halfwave rectifier)

### 2.3.2 หลักการของทราวิสดีสคริมิเนเตอร์ ( Travis discriminator )

คุณสมบัติเบื้องต้นของวงจรทราวิสดีสคริมิเนเตอร์ ตามรูปที่ 2.5 มีดังนี้

1. หม้อแปลง T1 ขดลวด L0 - C0 ถูกจูนไว้ที่ความถี่กลาง 10.7 MHz มีแบนด์วิดท์  $\pm 100$  kHz
2. ขดลวด L1 - C1 จูนให้ความถี่ 10.8 MHz ผ่านได้ดีที่สุด
3. ขดลวด L2 - C2 จูนให้ความถี่ 10.6 MHz ผ่านได้ดีที่สุด
4. ถ้ามีความถี่ 10.7 MHz เข้ามาที่ขดลวด L1 - C1 และ L2 - C2 จะผ่านได้เท่ากัน
5.  $R1 = R2$  และ  $D1 = D2$



รูปที่ 2.5 หลักการทราวิสดีสคริมิเนเตอร์

การทำงานเมื่อไม่มีสัญญาณเสียงผสมมา สัญญาณไอเอฟจะได้รับความถี่กลางคือ 10.7 MHz เมื่อผ่านขดลวด L1 และ L2 จะได้แรงดันเท่ากัน เมื่อผ่านไดโอดดีเทกเตอร์ได้คลื่นบวกตกคร่อม R1 และ R2 มีค่าเท่ากัน ซึ่งจุด 1 กับ 2 มีแรงดันเท่ากันและไม่เกิดความต่างศักย์ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุตจึงเป็นศูนย์

เมื่อสัญญาณ ไอเอฟ เบี่ยงเบนเป็น 10.8 MHz ขดลวด L1 จะได้แรงดันสูง ขดลวด L2 จะได้แรงดันต่ำ D1 ตัดแยกสัญญาณได้แรงดันบวกสูง ส่วน D2 ตัดแยกสัญญาณได้แรงดันบวกเพียงเล็กน้อยเกิดความต่างศักย์ระหว่างจุด 1 กับ 2 ได้สัญญาณเสียงทางเอาต์พุตเป็นซิกมอร์ก เช่น เมื่อจุด 1 ได้ +0.5 V และจุด 2 ได้ +0.3 V มีความต่างศักย์เท่ากับ +0.2 V

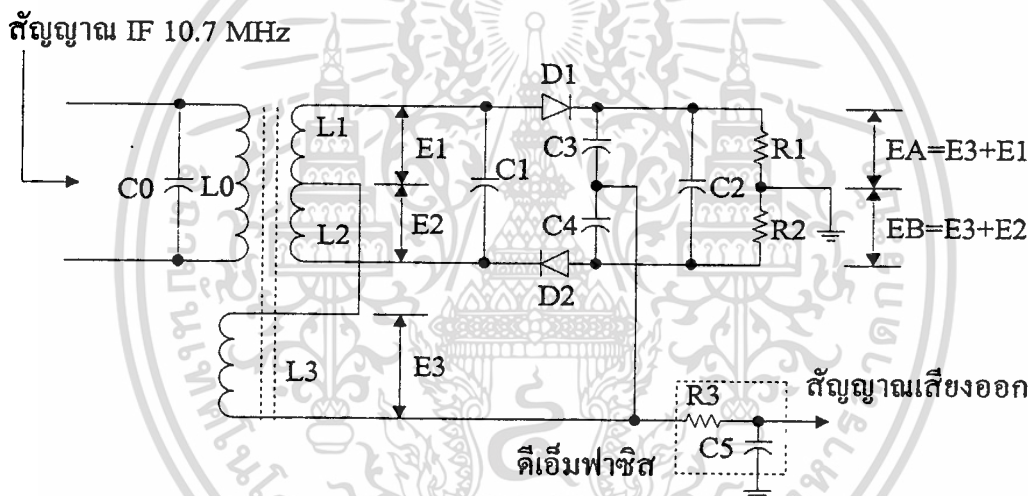
เมื่อสัญญาณ ไอเอฟ เบี่ยงเบนเป็น 10.6 MHz แล้วขดลวด L2 จะได้แรงดันสูงและขดลวด L1 ได้แรงดันต่ำ ซึ่ง D2 ทำการตัดแยกสัญญาณได้แรงดันที่จุด 2 เป็นบวกสูง ส่วน D1 ตัดแยกสัญญาณได้แรงดันที่จุด 1 เป็นบวกต่ำ จึงเกิดความต่างศักย์ระหว่างจุด 1 กับ 2 ได้สัญญาณเอาต์พุตเป็นซิกกลับ เช่น ที่จุด 2 ได้แรงดัน +0.5 V และจุด 1 ได้แรงดัน +0.3 V ความต่างศักย์จะมีค่าเท่ากับ -0.2 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการดังกล่าวเมื่อต่อจุด 2 ลงกราวด์เพื่ออ้างอิง แรงดันจุด 1 จะเป็นศูนย์เท่ากับกราวด์ เมื่อสัญญาณไอเอฟมีความถี่ 10.7 MHz จุด 1 จะเป็นบวกเมื่อความถี่ไอเอฟเบี่ยงเบนสูงกว่า 10.7 MHz และแรงดันจุด 1 จะเป็นลบเมื่อความถี่ไอเอฟเบี่ยงเบนต่ำกว่า 10.7 MHz

### 2.3.3 หลักการของเรโซตีเทกเตอร์

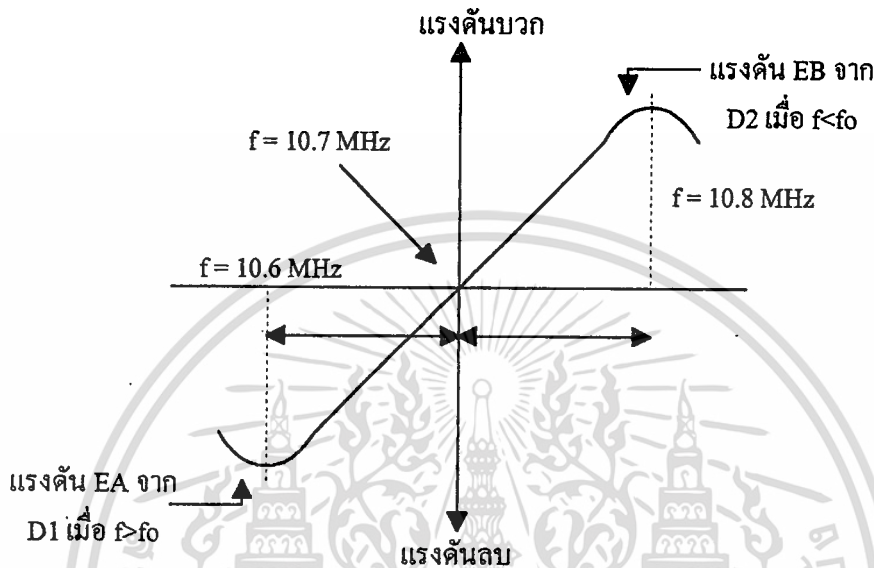
เรโซตีเทกเตอร์จะใช้ในวงจรเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม เพื่อถอดเอาสัญญาณเสียงออกมาจากสัญญาณไอเอฟกว่าที่จะพัฒนามาเป็นเรโซตีเทกเตอร์มีการแยกสัญญาณเอฟเอ็ม ที่เรียกชื่ออย่างอื่น เช่น ทราวิสติคตรีมิเนเตอร์ สโลปตีเทกเตอร์ เป็นต้น แต่วงจรดังกล่าวจะมีข้อเสียคือ สร้างและปรับแต่งยาก รวมทั้งต้องเพิ่มวงจรถิมิตเตอร์อยู่ข้างหน้าทำให้สิ้นเปลือง เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มจึงหันมาใช้เรโซตีเทกเตอร์ ซึ่งถอดแยกเอาสัญญาณเสียงออกจากคลื่นเอฟเอ็มได้ดี การรบกวนขจัดได้ง่าย ปรับแต่งง่ายไม่ต้องมีภาคลิมิตเตอร์ และผลจากการถอดแยกสัญญาณยังได้สัญญาณเพื่อการควบคุม AFC และควบคุม AGC อีกด้วย



รูปที่ 2.6 วงจรเอฟเอ็มเรโซตีเทกเตอร์

วงจรเรโซตีเมกเตอร์มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบสมดุลและแบบไม่สมดุล ( balanced and unbalanced ) วงจรในรูปที่ 2.6 แสดงวงจรแบบสมดุลส่วนสำคัญคือ T1 เป็นหม้อแปลงเรโซตีเทกเตอร์มี D1 และ D2 เป็นไดโอดตีเทกเตอร์ T1 อนุญาตให้เรโซแนนซ์ กับความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz L0 - C0 อนุญาตปฐมนุฏิมิ ส่วน C1 - L1 - L2 อนุญาตปฐมนุฏิมิ L3 พันอยู่ใกล้ L0 และมีเฟสเดียวกับ L0 ขดปลายของ L3 ต่อกับกึ่งกลางของขด L1 - L2 เมื่อ L0 เชื่อมโยงสัญญาณจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันขึ้นในขดลวด L1 - L2 และ L3 ซึ่งเฟสต่างกัน สัญญาณ  $EA = E3 + E1$  และ  $EB = E3 + E2$  เมื่อสัญญาณไอเอฟ 10.7 MHz เข้ามา การตัดแยกสัญญาณจะได้แรงดัน  $EA = EB$  แรงดันทั้งสองหักล้างกันพอดีเพราะไหลสวนทางกัน และที่เอาท์พุท ไม่มีสัญญาณเสียงออกจึงเป็นศูนย์ ถ้าหากมีสัญญาณ 10.8 MHz เข้ามาหรือสัญญาณที่สูงกว่า 10.7 MHz เข้ามากระแสผ่าน D2 มาก การตัดแยกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณได้แรงดัน EB สูงกว่า EA ได้สัญญาณเสียงช่วงบวกออกทาง L3 และในกรณีความถี่ต่ำกว่า 10.7 MHz เข้ามา D1 จะตัดแยกสัญญาณได้กระแสไหลผ่านมาก แรงดัน EA จะสูงกว่า EB ได้สัญญาณเสียงช่วงลบออกทาง L3 และก่อนที่สัญญาณเสียงจะออกไปจากวงจรจะต้องผ่านวงจรดีเอมฟาซิส ประมาณ 75ms ด้วย R3 และ C5 เพื่อลดระดับความถี่สูงลงให้พอเหมาะกับการฟังถ้าหากการปรับแต่งวงจรเฟอเอ็มดีเทกเตอร์ถูกต้องกราฟสัญญาณเสียงจะเป็นเอสเคิร์ฟ (S-curve) ดังรูปที่ 2.7

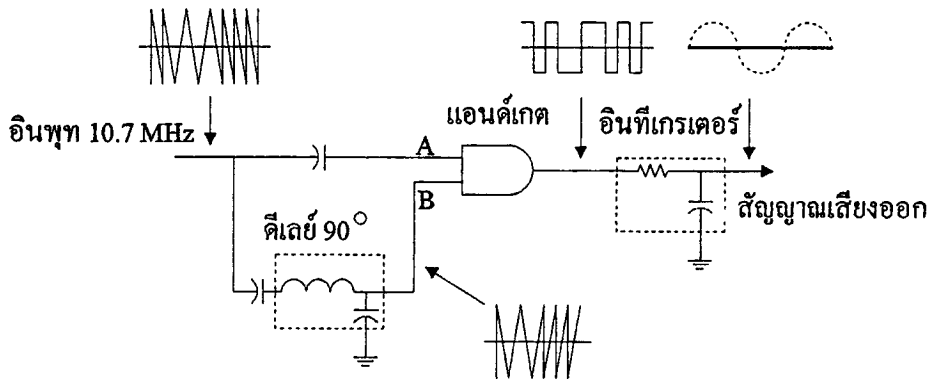


รูปที่ 2.7 S-curve จากเฟอเอ็มเร ไซดีเทกเตอร์

#### 2.3.4 หลักการของควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์

ควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ (Quadrature Detector) เป็นการตีเทกสัญญาณเฟอเอ็มโดยใช้หลักการของ แอนด์เกต (AND gate) การใช้งานจริงจะทำเป็นไอซีสำเร็จรูป

หลักการของควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์คือ เอาสัญญาณไอเอฟของเฟอเอ็มมาแยกเป็น 2 สัญญาณ สัญญาณแรกใช้งานได้โดยตรง ส่วนอีกสัญญาณผ่านวงจรดีเลย์ เพื่อหน่วงเวลาสัญญาณให้เข้าไป 90 องศา สัญญาณทั้งสองจะถูกนำมารวมกันด้วยวงจรแอนด์เกตแบบ 2 อินพุท ซึ่งจะให้อาท์พุทเป็น 1 ออกมา ขณะที่ อินพุททั้งสองเป็น 1 พร้อมกัน สัญญาณเอาท์พุทจะมีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างแปรตามค่าเบี่ยงเบนของเฟอเอ็ม เพื่อเอาสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างขนาดต่าง ๆ มาผ่านวงจรอินทิเกรเตอร์ จะได้สัญญาณที่มีลักษณะเป็นค่ายอดเฉลี่ยรูปร่างเช่นเดียวกับสัญญาณที่มอดูเลตมาจากเครื่องส่ง



รูปที่ 2.8 หลักการของเอฟเอ็มควอตราเจอร์ดีเทกเตอร์

จากรูปที่ 2.8 สัญญาณไอเอฟความถี่ 10.7 MHz เมื่อยเบนตามขอบเขตของเอฟเอ็มบวกลบ 75 kHz สูงสุด สัญญาณไอเอฟนี้จะส่งเข้าอินพุท A ของแอนด์เกตโดยตรง สัญญาณไอเอฟอีกส่วนหนึ่งผ่านดีเลย์ให้ช้าลง 90 องศา ป้อนเข้าอินพุท B ของแอนด์เกต สัญญาณพัลส์ที่เกิดทางเอาต์พุท 0 ของแอนด์เกต ซึ่งจะเกิดเฉพาะขณะที่อินพุท A และ B มีเฟสบวกเหมือนกัน จึงจะเกิดเป็นพัลส์ที่เหลี่ยม แล้วนำสัญญาณนี้เข้าอินทรีเกเตอร์เพื่อรวมสัญญาณพัลส์ให้เป็นคลื่นตามลักษณะของสัญญาณเสียงหรือข้อมูลข่าวสารที่มอดูเลต

#### 2.4 หลักการรับวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอมีลติเพล็กซ์

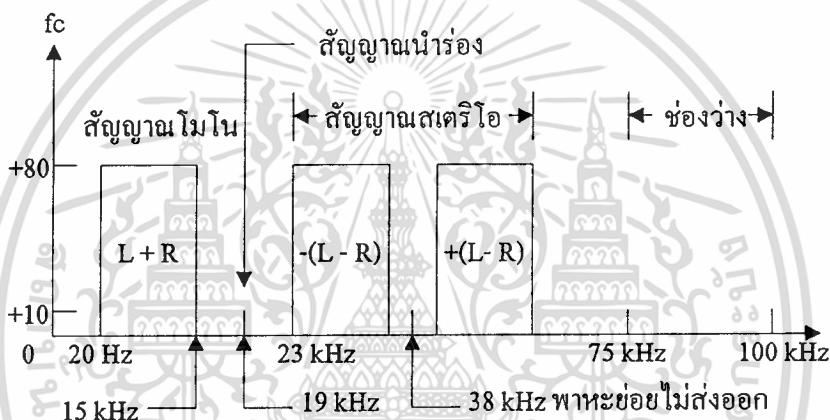
1. สัญญาณเสียงโมโน (L+R) สัญญาณเสียงที่เราพูดมีค่าตั้งแต่ 20 ถึง 20,000 Hz หรือระหว่าง 20 Hz ถึง 20 kHz ซึ่งเป็นทางทฤษฎีการแบ่งช่วงความถี่ ในทางปฏิบัติจริงแล้วหูมนุษย์ปกติจะได้ยินอย่างสูงประมาณ 15 kHz นั่นก็คือ สัญญาณเสียงซ้ายหรือขวาจะมีความถี่อยู่ในช่วง 20 Hz ถึง 15 kHz เมื่อเอาสัญญาณเสียงซ้ายและขวามารวมกันก็จะได้ความถี่อยู่ในช่วงนี้เท่านั้น สัญญาณโมโนที่ส่งออกอากาศไปจะทำให้เครื่องรับเอฟเอ็มโมโนแยกสัญญาณเสียงออกมาได้อย่างปกติ และสัญญาณโมโน (L+R) นี้ยังนำไปอ้างอิงเพื่อถอดรหัสสัญญาณเสียงซ้ายขวา ทางเครื่องรับสเตอริโอได้อีกด้วย สัญญาณโมโนจะผสมแบบเอฟเอ็มกับความถี่พาหะด้วยเปอร์เซ็นต์มอดูเลชัน 80 เปอร์เซ็นต์

2. สัญญาณนำร่อง 19 kHz เป็นความถี่ที่หูมนุษย์ไม่ได้ยินถูกผสมออกอากาศกับคลื่นพาหะมีค่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ใช้สำหรับเครื่องรับสเตอริโอนำไปสร้างความถี่พาหะย่อย ในเครื่องรับให้สัมพันธ์หรือ ซิงโครไนซ์ (Synchronize) กับทางเครื่องส่ง เพื่อการถอดสัญญาณซ้ายและขวาออกมาถูกต้อง และส่วนหนึ่งของสัญญาณนำร่องนี้จะนำไปกระตุ้นเพื่อจุดหลอดสัญญาณสเตอริโออีกด้วย สัญญาณ 19 kHz นี้เครื่องรับโมโนไม่สามารถจะตรวจจับและแยกออกมาให้ได้ยินเสียงทางลำโพงได้จึงไม่มีประโยชน์หรือโทษต่อเครื่องรับโมโนเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัญญาณสเตริโอ คือแถบความถี่ไซน์แบนด์ของพาหะย่อย 38 kHz เมื่อผสมแบบเอเอ็ม กับสัญญาณ (L-R) แถบความถี่ปลายบนสูงสุด  $+(L+R)$  คือ  $38 + 15 = 53$  kHz และแถบความถี่ปลายล่างต่ำสุด  $-(L-R)$   $38 - 15 = 23$  kHz ความถี่พาหะย่อย 38 kHz ถูกกำจัดทิ้งทางเครื่องส่งซึ่งจะเอาเฉพาะไซน์แบนด์ทั้งแถบบนและแถบล่าง ผสมส่งออกอากาศเพื่อให้เครื่องรับสเตริโอนำมาถอดรหัสให้ได้สัญญาณเสียงซ้ายและขวา เครื่องรับโมโนจะไม่ได้ใช้ประโยชน์จากสัญญาณนี้เลย

ตามมาตรฐานของการผสมคลื่นเอเอ็มเพื่อกระจายเสียงยอมให้ผสมความถี่ได้  $\pm 75$  kHz ดังรูปที่ 2.9 สถานีส่งแบบโมโนจะใช้แถบความถี่ประมาณ  $\pm 15$  kHz สถานีส่งแบบสเตริโอมีลติเพล็กซ์ใช้แถบความถี่  $\pm 53$  kHz ยังมีแถบความถี่เหลืออีก 22 kHz จึงจะเพิ่ม 75 kHz และแต่ละสถานีจะมีแถบความถี่เป็นช่องว่างเพื่อเป็นกันชนสงวนไว้อีก 25 kHz (ในช่วง 75 ถึง 100 kHz)

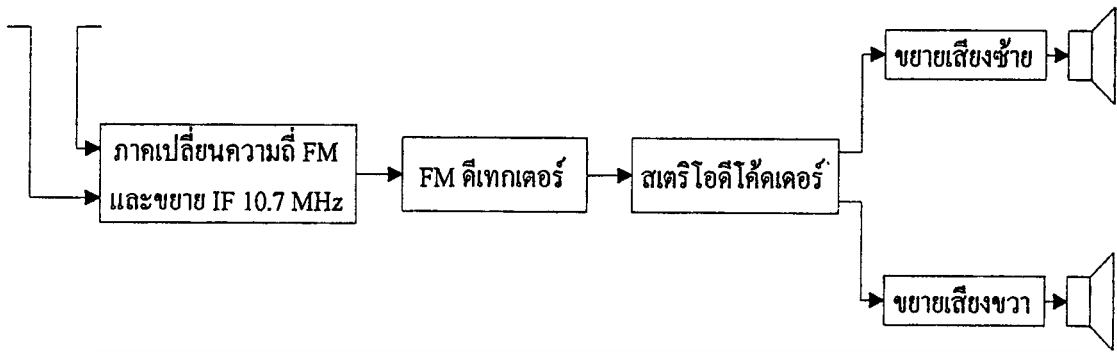


รูปที่ 2.9 แถบความถี่สัญญาณสเตริโอมีลติเพล็กซ์

สำหรับสถานีวิทยุกระจายเสียงระบบเอเอ็มสเตริโอมีลติเพล็กซ์ในประเทศไทยแต่ละสถานีจะห่างกัน 0.25 MHz หรือ 250 kHz นั่นก็คือ แถบความถี่ของสถานีสามารถมอดูเลตความถี่ได้สูงกว่ามาตรฐานถึงสถานีละ 50 kHz

เมื่อเรามีเครื่องรับวิทยุเอเอ็มโมโนธรรมดา รับสัญญาณจากสถานีส่งเอเอ็มสเตริโอมีลติเพล็กซ์ เครื่องรับจะถอดแยกสัญญาณเสียงออกมาให้รับฟังได้เฉพาะสัญญาณโมโน (L+R) เท่านั้น สัญญาณอื่นที่ฝากมาและถอดแยกออกมาได้ซึ่งเราไม่ได้ยินก็คือ สัญญาณนำร่องไฟลิตอด 19 kHz และสัญญาณสเตริโอ  $+(L-R)$  กับ  $-(L-R)$  การจะถอดรหัสแยกสัญญาณสเตริโอซ้ายขวาออกมาได้ ต้องมรกรรมวิธีถอดรหัสสัญญาณสเตริโอหรือสเตริโอดีโคเดอร์ (Stereo Decoder) ซึ่งต้องมีวงจรเพิ่มเติมขึ้นมาหลังจากภาคเอเอ็มดีเทกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ตำแหน่งของภาคสเตอริโอดีโค้ดเดอร์ในเครื่องรับเอฟเอ็ม

จากรูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งของภาคสเตอริโอดีโค้ดเดอร์ที่ต่อไว้หลังภาคเอฟเอ็มดีเทกเตอร์ ภาคสเตอริโอดีโค้ดเดอร์ จะทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ให้เป็นสเตอริโอ ได้สัญญาณเสียงซีกซ้ายและซีกขวา ซึ่งเหมือนสัญญาณที่สถานีส่งทุกอย่าง เพื่อเข้าเครื่องขยายเสียงต่อไป

#### 2.4.1 หลักการถอดรหัสสัญญาณสเตอริโอ

สัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่สถานีวิทยุส่งมาจะประกอบด้วย 3 สัญญาณคือ สัญญาณเสียงโมโน (L+R) สัญญาณนำร่อง 19 kHz และสัญญาณสเตอริโอซ้ายขวา ซึ่งเป็นไซด์แบนด์บนและล่างของความถี่พาหะย่อย 38 kHz คือสัญญาณ  $+(L+R)$  กับ  $-(L-R)$  ความถี่พาหะย่อย 38 kHz ถูกกำจัดทิ้งที่สถานีไม่ได้ส่งออกมาทางเครื่องรับจะต้องสร้างพาหะย่อย 38 kHz ขึ้นเองจากสัญญาณนำร่อง 19 kHz เพื่อเป็นกุญแจในการถอดรหัสแยกสัญญาณสเตอริโอ การถอดรหัสใช้วิธีผสมสัญญาณ โมโน (L+R) เข้ากับสัญญาณสเตอริโอ  $+(L+R)$  และ  $-(L-R)$  ดังนี้

กรณีถอดรหัสแยกสัญญาณเสียงซีกซ้ายใช้วิธีบวก

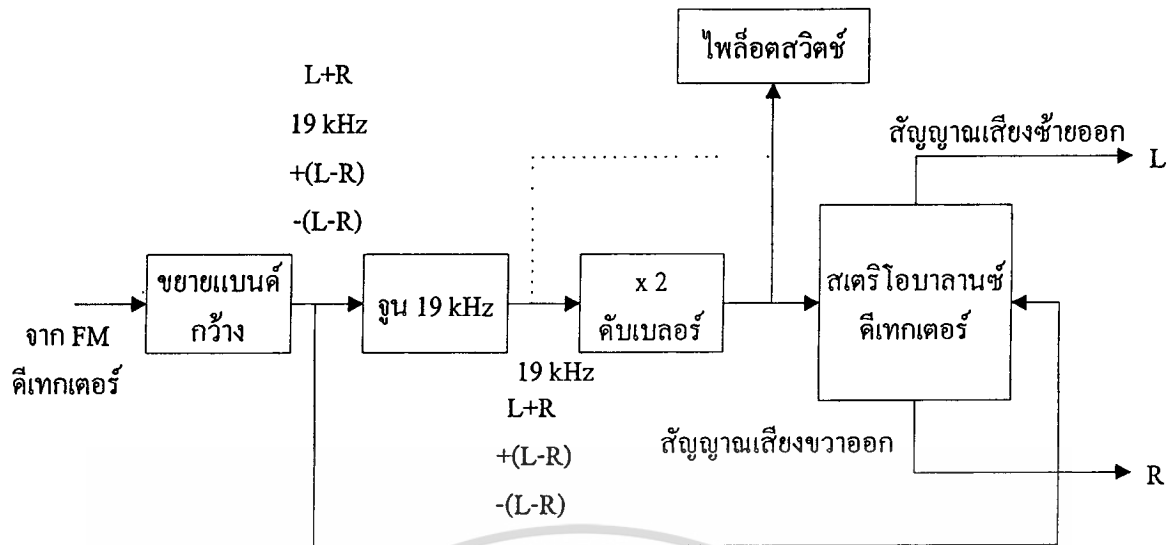
$$\begin{aligned}(L+R) + (L-R) &= L+R+L-R \\ &= 2L\end{aligned}$$

กรณีถอดรหัสแยกสัญญาณเสียงซีกขวาใช้วิธีลบ

$$\begin{aligned}(L+R) - (L-R) &= L+R-L+R \\ &= 2R\end{aligned}$$

จากหลักการดังกล่าวเราสามารถถอดรหัสแยกสัญญาณซ้ายและขวาออกจากเครื่องรับได้ โดยเราสนใจเฉพาะสัญญาณ L และ R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของภาคสเตอริโอดีโค้ดเคอร์

การทำงานของภาคสเตอริโอดีโค้ดเคอร์ตามรูปที่ 2.11 อธิบายได้ดังนี้

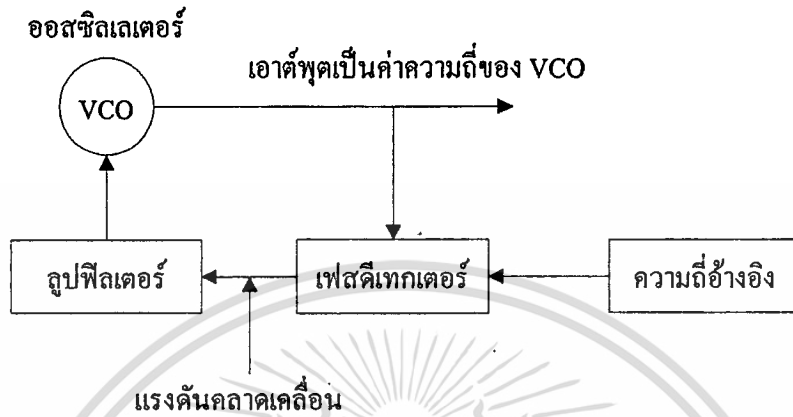
1. สัญญาณที่ออกจากภาคเฟมดีเทกเคอร์เข้าภาคขยายความถี่แบนด์กว้าง เพื่อให้ขนาดสัญญาณรวมโตขึ้นความถี่ 19 kHz จะถูกจูนผ่านเข้าวงจรดับเบลอร์ (doubler) เพื่อทำการทวีความถี่เป็นสองเท่าเป็น 38 kHz ส่งเข้าภาคสเตอริโอบาลานซ์คิเทกเคอร์ (stereo balance detector) สัญญาณ 38 kHz
2. สัญญาณ 38 kHz ส่วนหนึ่งถูกตรวจจับนำไปเป็นสัญญาณเพื่อขับไฟลิตอสวิตช์ให้หลอดไฟสัญญาณสเตอริโออินดิเคเตอร์ติดสว่าง แสดงว่าสัญญาณวิทยุที่รับขณะนั้นเป็นระบบสเตอริโอ การตรวจจับไฟลิตอสวิตช์อาจจะตรวจจับเอาสัญญาณ 19 kHz (ตามเส้นประ) มาให้โดยตรงก็ได้
3. สัญญาณโมโน (L+R) สัญญาณสเตอริโอ +(L-R) กับ -(L-R) แยกจากสัญญาณ 19 kHz หลังภาคขยายความถี่แบนด์กว้างผ่านเข้าถึงภาคสเตอริโอบาลานซ์คิเทกเคอร์โดยตรง
4. ภาคสเตอริโอบาลานซ์คิเทกเคอร์จะทำการแยกสัญญาณเสียงซ้ายและขวาออกทางเอาต์พุต โดยวิธีใช้เฟสของความถี่ 38 kHz เป็นตัวช่วยเลือกสัญญาณเสียงให้ถูกถอดรหัสได้สัญญาณซ้ายและขวาที่ถูกต้องตรงตามสถานีส่ง ถ้าเฟสของสัญญาณ 38 kHz ผิดพลาดสัญญาณเสียงซ้ายและขวาก็จะถูกถอดรหัสออกมาผิด ถ้าไม่มีสัญญาณ 38 kHz หลอดไฟสเตอริโอจะไม่สว่าง การถอดรหัสสัญญาณสเตอริโอจะได้เป็นสัญญาณรวมโมโน (L+R) ออกมาทั้งซ้ายและขวา

### 2.5 เฟสล็อกคูลูป

เฟสล็อกคูลูป (PLL: phase lock loop) เป็นระบบการป้อนกลับในวงรอบ เพื่อเปลี่ยนแปลงความถี่หรือเฟสของความถี่ออสซิลเลเตอร์ด้วยความถี่อ้างอิง มีหลักการทำงานดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.12 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ผลิตความถี่เป็นแบบใช้แรงดันควบคุม (VCO : voltage control oscillator) แล้วใช้ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิงมาเปรียบเทียบเฟสกับเอาต์พุตของออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันคลาดเคลื่อน (error voltage) ออกไปควบคุมการทำงานของออสซิลเลเตอร์ให้ผลิตความถี่ได้เช่นเดียวกับความถี่อ้างอิง และมีเฟสหรือความถี่อ้างอิง และมีเฟสหรือความถี่เช่นเดียวกัน ส่วนประกอบสำคัญของเฟสล็อกคูลูป คือ ออสซิลเลเตอร์ เฟสดีเทกเตอร์ และลูปฟิลเตอร์



รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมหลักการทำงานของเฟสล็อกคูลูป

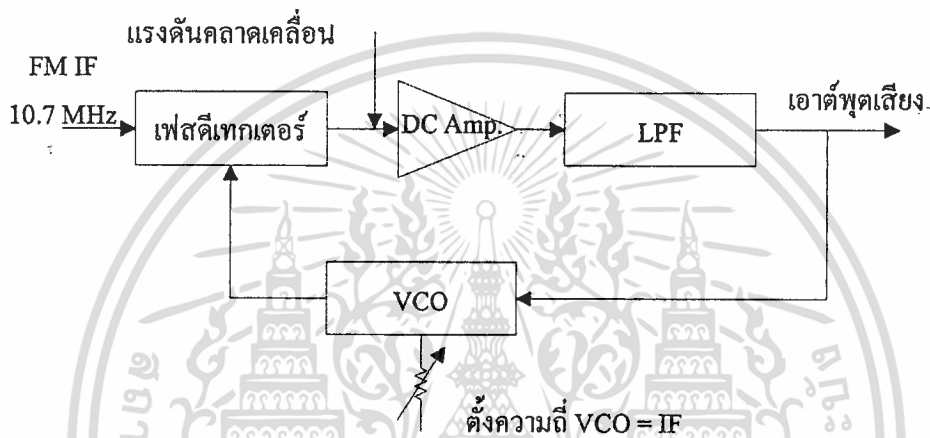
VCO เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้แรงดันควบคุม โดยหลักการแล้วจะประกอบไปด้วยวาเรกเตอร์ ไดโอด ขดลวด และตัวขยาย เพื่อทำหน้าที่ผลิตความถี่ออกทางเอาต์พุต ซึ่งค่าความถี่ที่ได้ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟตรงที่ป้อนจากวงจรลูปฟิลเตอร์

เฟสดีเทกเตอร์จะรับความถี่เข้ามา 2 ความถี่ ความถี่แรกจากเอาต์พุตของ VCO และอีกความถี่เป็นความถี่อ้างอิง แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อตรวจจับความแตกต่างเฟสของความถี่ทั้งสอง ได้สัญญาณเป็นแรงดันคลาดเคลื่อนออกไปเข้าวงจรลูปฟิลเตอร์เพื่อกรองให้เป็นแรงดันไฟตรงพอที่จะป้อนเข้าควบคุมการผลิตความถี่ของ VCO ซึ่งการทำงานจะวนเป็นวงรอบจาก VCO ได้ความถี่เอาต์พุตออกไปตรวจสอบเฟสกับความถี่อ้างอิง แล้วได้แรงดันคลาดเคลื่อนไปเข้าลูปฟิลเตอร์ ทำการกรองแล้วป้อนกลับเข้าควบคุม VCO ครอบงวนเป็นไปอย่างนี้จนแรงดันคลาดเคลื่อนคงที่ แสดงว่าอยู่ในภาวะล๊อคความถี่ได้ VCO ก็จะมีความถี่คงที่ ถ้าความถี่อ้างอิงเปลี่ยนความถี่เอาต์พุตของ VCO ก็จะเปลี่ยนด้วย การนำเฟสล็อกคูลูปไปใช้งานในเครื่องรับวิทยุจะใช้ในเครื่องรับสมัยใหม่ เช่น วงจรแยกสัญญาณเสียงจากสัญญาณเอฟเอ็ม วงจรถอดรหัสสัญญาณสเตอริโอ และวงจรถุนเนอร์แบบสังเคราะห์ความถี่ เป็นต้น

### 2.5.1 หลักการตีมอดูเลชันสัญญาณ เอฟเอ็ม ด้วยเฟสล็อกคูลูป

หลักการ ใช้เฟสล็อกคูลูปเพื่อแยกสัญญาณของเอฟเอ็มนั้น เอาต์พุตเสียที่ได้จะนำออกจากวงจรลูปฟิลเตอร์ ความถี่ของ VCO จะต้องตั้งไว้เท่ากับความถี่กึ่งกลางของสัญญาณไอเอฟ (10.7 MHz) แล้วนำสัญญาณไอเอฟของเอฟเอ็ม ( $10.7 \text{ MHz} \pm 75 \text{ kHz}$ ) เป็นสัญญาณอ้างอิง สัญญาณทั้งสองจะถูกรวมเฟสในวงจร

เฟสดีเทกเตอร์ ได้สัญญาณคลาดเคลื่อนออกมาขยายด้วยวงจรขยายไฟตรง (DC Amp) ป้อนเข้าลูปลูกกรองซึ่ง เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (LPF) แล้วได้เป็นสัญญาณเสียงออกมา สัญญาณเสียงเสียงส่วนหนึ่งนำป้อนกลับ เข้าวงจร VCO เพื่อควบคุมการผลิตความถี่ของ VCO ถ้าเฟสและความถี่ของ VCO กับไอเอฟตรงกัน (ที่ 10.7 MHz) เอาท์พุทเสียงจะอยู่ระดับบวก ถ้าสัญญาณไอเอฟมีความถี่สูงกว่า VCO เอาท์พุทเสียงจะได้แรงดันลบ (หรือตรงกันข้ามก็ได้) จึงเป็นอันว่า สามารถใช้วงจรเฟสล็อกกลูปลูกกรองสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณไอเอฟได้วงจรเฟสดีเทกเตอร์ วงจรขยายไฟ ตรงและวงจร VCO จะถูกทำรวมไว้ในไอซีส่วนวงจรถูกปลุกกรอง มักมี R-C อยู่ภายนอก รวมทั้ง VR สำหรับตั้ง ความถี่ VCO ก็จะถูกภายนอกด้วยเช่นกัน



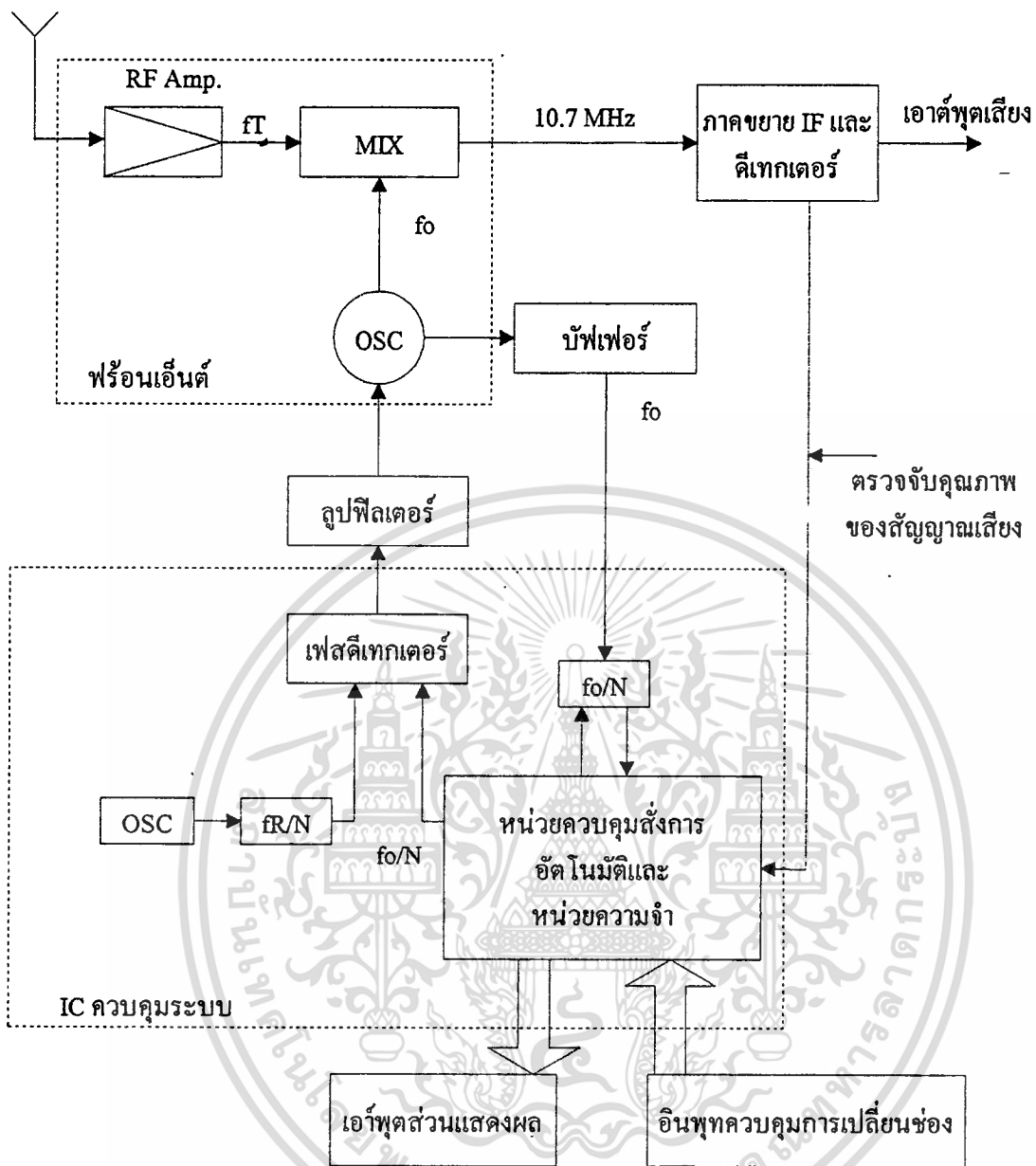
รูปที่ 2.13 หลักการตีมอดูเลชันสัญญาณไอเอฟด้วยเฟสล็อกกลูปลูก

## 2.6 จูนเนอร์แบบสังเคราะห์ความถี่

จูนเนอร์แบบสังเคราะห์ความถี่ (synthesizer tuner) เป็นจูนเนอร์ที่พัฒนาขึ้นมาด้วยเทคโนโลยีของ เฟสล็อกกลูปลูก โดยทำงานร่วมกับไอซีควบคุมระบบประเภทไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) สามารถจูน ความถี่ค้นหาสถานีได้แม่นยำและเก็บความจำได้ ตรวจสอบสัญญาณต่างๆ เพื่อประมวลผลแล้วสั่งการควบคุม วงจรที่เกี่ยวข้องให้ทำงานได้อย่างอัตโนมัติ มีการแสดงผลความถี่ที่รับและแสดงภาวะการทำงานทางหน้าปัด และสามารถควบคุมสั่งการผ่านเครื่องควบคุมระยะไกลได้อีกด้วย

จากรูปที่ 2.14 ส่วนของฟรอนต์เอนด์เป็นระบบซูเปอร์เฮเทอโรไดน์มีวงจรจูนเปลี่ยนความถี่ด้วย แรงดัน (electronic tuner) เมื่อมีแรงดันจูนเปลี่ยนความถี่ป้อนเข้าไปจะทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลง ไป พร้อมกับการเลือกความถี่ที่วงจรขยายอาร์เอฟ และมิกเซอร์ได้ความถี่ไอเอฟออกมา 10.7 MHz ความถี่  $f_0$  จากออสซิลเลเตอร์ จะผ่านวงจรบัฟเฟอร์ออกไปเข้าไอซีควบคุมระบบเพื่อวนเป็นลูปลูกไปเปรียบเทียบกับความถี่ อ้างอิงในวงจรเฟสดีเทกเตอร์เข้าลูปลูกกรอง เพื่อได้แรงดันย้อนกลับไปควบคุมความถี่ของออสซิลเลเตอร์อีกที หนึ่ง ซึ่งเป็นการครบรอบการทำงานของเฟสล็อกกลูปลูกให้เป็นความถี่ไอเอฟตามกระบวนการระบบซูเปอร์ เฮเทอโรไดน์ ซึ่งเป็นการผสม (mixing) สัญญาณภายนอกกลูปลูกของเฟสล็อกกลูปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 หลักการทำงานของจูนเนอร์แบบสังเคราะห์ความถี่

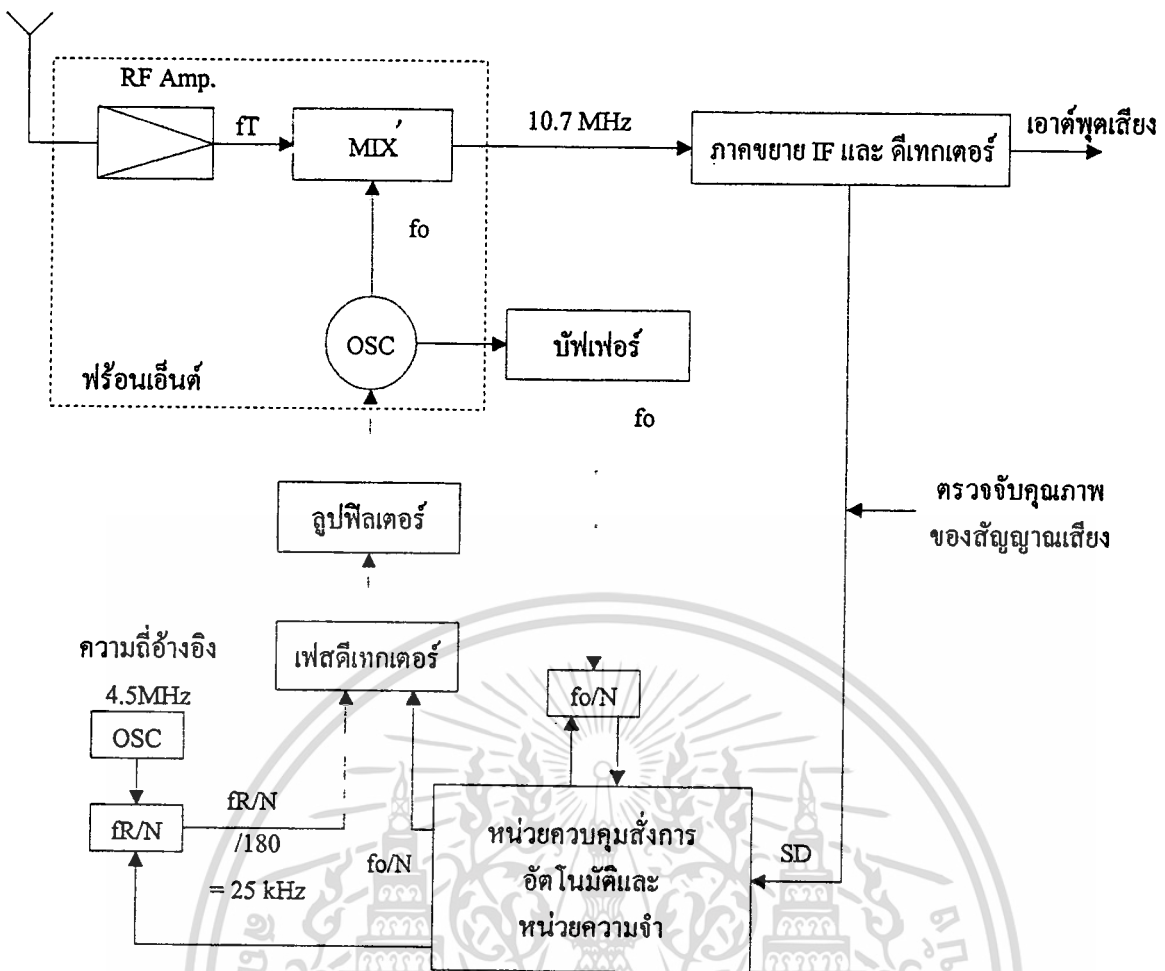
ส่วนการทำงานภายในของไอซีควบคุมระบบจะซับซ้อนมาก คือเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดเล็กที่สร้างขึ้นมาเป็นพิเศษเพื่องานควบคุมสั่งการระบบจูนเนอร์และควบคุมวงจรที่เกี่ยวข้องในเครื่องเสียง รูปร่างมักเป็นสี่เหลี่ยมแบน มีขาจำนวนมากออกทั้ง 4 ด้าน เช่น มี 44 ขาหรือ 52 ขา และขาจะเป็นแบบติดตั้งระบบผิวสัมผัส (surface mount)

ในส่วนของเฟสดีทอสที่อยู่ในไอซีควบคุมระบบจะประกอบด้วย วงจรดีเทกเตอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณอ้างอิง วงจรหาร  $f_{R/N}$  และวงจรหาร  $f_o/N$  นอกนั้นเป็นวงจรที่อยู่ภายนอกตัวไอซีควบคุมระบบคือ วงจรรูปฟิลเตอร์ ส่วนวงจรออสซิลเลเตอร์และบัพเฟอร์นั้นจะอยู่ในไอซีฟรอนต์เอนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตความถี่อ้างอิงจะเป็นแบบคริสตอลออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ความถี่ที่ได้มีเสถียรภาพคงที่และใช้เป็นความถี่อ้างอิงสำหรับควบคุมการสังเคราะห์ความถี่ให้ทุกส่วนมีความเที่ยงตรงเท่ากับคริสตอล โดยปกติวงจรรออสซิลเลเตอร์จะกำเนิดความถี่ที่มีค่าสูงๆ เช่น ที่ 7.2 หรือ 4.5 MHz แล้วเข้าวงจรหาร  $fR/N$  ให้ความถี่ต่ำลงมาพอที่จะเปรียบเทียบกับในวงจรเฟสล็อกเตอร์ ตัวอย่างเช่นเมื่อกำเนิดความถี่จากคริสตอล 4.5 MHz เข้าวงจร  $fR/N$  ถ้า  $N$  ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 180 จะเหลือความถี่ที่หารแล้วเท่ากับ  $4.5/180$  เท่ากับ 0.025 MHz หรือเท่ากับ 25 kHz เป็นความถี่อ้างอิงส่งเข้าวงจรเฟสล็อกเตอร์ (กรณี 7.2 MHz จะหารด้วย 288) ค่า  $fR/N$  ที่เหมาะสมนั้นไอซีควบคุมระบบจะเป็นตัวจัดการซึ่งต้องดูข้อมูลจาก  $f_0/N$  มาประกอบกัน

ในการทำงานเมื่อให้จูนเนอร์รับคลื่นมานั้น สมมติต้องการรับคลื่นจากสถานีด้วยความถี่เอฟเอ็ม 100 MHz ตัวไอซีควบคุมระบบจะสั่งการจ่ายแรงดันออกจากลูปีลเลเตอร์เพื่อให้ OSC ผลิตความถี่  $f_0 = 110.7$  MHz ( $f_T + \text{ไอเอฟ} = 100 + 10.7 = 110.7$  MHz) ส่งเข้าวงจรมิกเซอร์เพื่อลบกับความถี่ที่รับเข้ามา จะได้ความถี่ไอเอฟ 10.7 MHz ออกทางเอาต์พุต ความถี่  $f_0 = 110.7$  MHz อีกส่วนหนึ่งผ่านวงจรมัลติเพล็กซ์ป้อนเข้าวงจรหาร  $f_0/N$  เพื่อให้ความถี่ต่ำลงเท่ากับความถี่อ้างอิง ไอซีควบคุมระบบจะกำหนดค่า  $N$  หรือกำหนดโปรแกรมการหาร (programmable divider) ให้พอดี เช่น ให้  $N = 4428$  ความถี่  $f_0/N = 110.7 \text{ MHz} / 4428 = 0.025$  MHz หรือ 25 kHz พอดีกับความถี่อ้างอิง ซึ่งความถี่นี้จะส่งเข้าเฟสล็อกเตอร์ การเปรียบเทียบเมื่อเฟสหรือความถี่เท่ากันลูปีลเลเตอร์จะจ่ายแรงดันให้ OSC คงที่เป็นการล็อกความถี่ให้ OSC คงที่เป็นการล็อกความถี่ให้ OSC ผลิตความถี่ที่ 110.7 MHz อย่างเที่ยงตรง ถ้าหาก OSC ผลิตความถี่เปลี่ยนแปลงไป เช่น สูงขึ้นเป็น 110.8 MHz เมื่อเข้าวงจร  $f_0/N$  จะเท่ากับ  $110.8 \text{ MHz} / 4428 = 25.022$  kHz เมื่อเข้าเปรียบเทียบกับความถี่ความถี่อ้างอิง 25 kHz แล้วจะได้แรงดันคลาดเคลื่อนผ่านลูปีลเลเตอร์ออกไปควบคุมให้ OSC ผลิตความถี่ต่ำลงจนถึง 110.7 MHz แล้วจึงล็อกความถี่ ส่วนในกรณีที่ OSC ผลิตความถี่ต่ำลงเป็น 110.7 MHz การทำงานภายในลูปีลเลเตอร์จะเป็นทำนองเดียวกัน โดยมีแรงดันจากลูปีลเลเตอร์ไปปรับแก้ความถี่ของ OSC ให้  $f_0 = 110.7$  MHz อยู่เสมอในขณะที่รับสถานีความถี่ 100 MHz



รูปที่ 2.15 การหารความถี่ของ PLL ในจูนเนอร์แบบตั้งคราะห์ความถี่

กรณีรับคลื่นจากสถานีที่ความถี่อื่นๆ ไอซีควบคุมระบบจะเป็นตัวจัดการกำหนดโปรแกรมการหารเป็นตัวเลขจำนวนเต็มค่าต่างๆ ที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลความถี่มาตั้งคราะห์เพื่อให้ได้ความถี่ที่ที่ต้องการ ดังนั้นไอซีควบคุมระบบจึงสามารถรับคำสั่งจากสวิตช์เป็นกกดหรือจากเครื่องควบคุมระยะไกล เช่น การจูนเลือกความถี่ การตั้งโปรแกรมลงหน่วยความจำ การค้นหาสถานีอัตโนมัติ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสัญญาณออกจากไอซีควบคุมระบบเพื่อแสดงภาวะการทำงาน เช่น ระบบที่รับ ความถี่ที่รับ และอื่นๆ สามารถแสดงเป็นตัวเลขและตัวอักษรบนหน้าปัดได้อีกด้วย การแสดงผลอาจแสดงด้วย LED, LCD หรือฟลูออเรสเซนต์ นอกจากนี้ยังมีสัญญาณเพื่อควบคุมระบบอื่นๆ ที่สัมพันธ์กัน เช่น สัญญาณควบคุมสวิตช์เลือกเอเอ็ม/เอฟเอ็ม, MW/LM และวงจรควบคุมความเงียบอัตโนมัติ (automatic muting) เป็นต้น

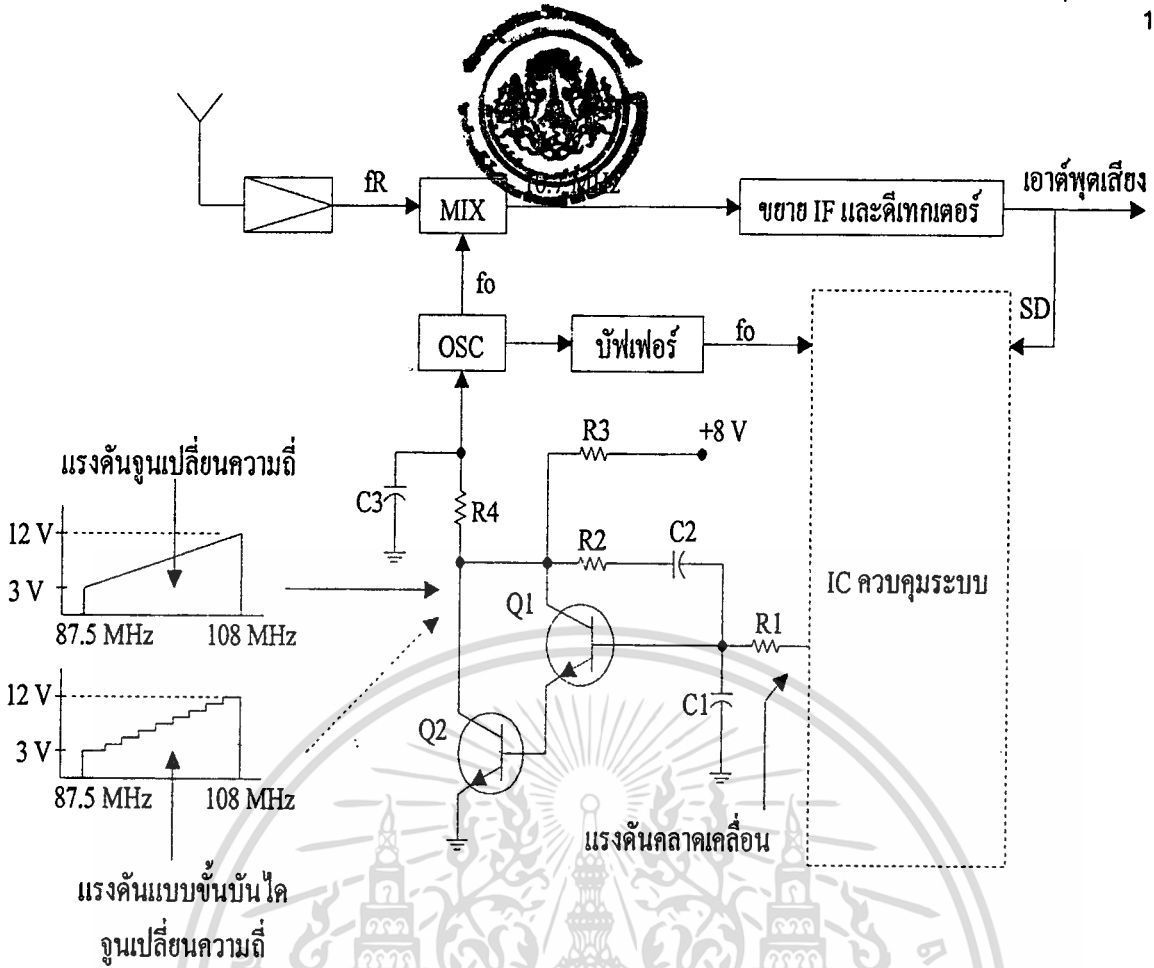
เนื่องจากไอซีควบคุมระบบจะมีหน่วยความจำอยู่ภายใน (Ram) ซึ่งจะสามารถจำข้อมูลเรียกออกมาใช้งานได้เฉพาะในขณะที่มีไฟเลี้ยงตัวไอซีอยู่เท่านั้น เมื่อปิดสวิตช์จะไม่มีกระแสไฟเข้าไอซีข้อมูลในหน่วยความจำทั้งหมดจะถูกลบ จึงแก้ปัญหาด้วยใช้แบตเตอรี่แบ็กอัพ (backup battery) ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ขนาดเล็กต่อไปบนแผ่นวงจรพิมพ์เพื่อจ่ายไฟแก่หน่วยความจำตลอดเวลา ดังนั้นหากใช้งานจูนเนอร์แบบนี้เป็นเวลานาน แล้วเครื่องไม่สามารถจะจำข้อมูลที่เคยโปรแกรมไว้ได้จึงควมตรวจสอบแบตเตอรี่แบ็กอัพนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 การค้นหาสถานีอัตโนมัติ (Automatic Scanning)

ขอให้อ่านจากรูปที่ 2.16 เราสามารถจูนเปลี่ยนความถี่เพื่อเลือกสถานีได้โดยการป้อนแรงดันเข้าวงจรฟิวดเตอร์ แรงดันที่ใช้มี 2 แบบคือ แบบแรกใช้แรงดันที่ต่อเนื่องตั้งแต่ 3.0 - 12.0 V ได้ความถี่ที่รับเข้ามาในช่วง 87.5 - 108 MHz การจูนจะเปลี่ยนความถี่ได้ต่อเนื่องละเอียด และแบบที่สองใช้แรงดันจูนแบบขั้นบันไดจะให้ความถี่เปลี่ยนแปลงเป็นขั้นๆ เช่น ขั้นละ 0.05 MHz หรือจะให้เปลี่ยนขั้นละกี่MHzก็ได้ ขึ้นอยู่กับการกำหนดระดับขั้นของแรงดันที่ใช้จูน

การทำงานตามรูปที่ 2.16 จะเริ่มต้นด้วยไอซีควบคุมระบบจะรับคำสั่งจากแป้นกดหรือจากเครื่องควบคุมระยะไกลให้ค้นหาสถานีอัตโนมัติ ไอซีควบคุมระบบจะส่งการจ่ายแรงดันออกไปผ่าน R1 เพื่อควบคุม Q1 กับ Q2 ให้ที่ขา C ของ Q2 มีแรงดันผ่าน R4 เข้าไปเปลี่ยนแปลงความถี่ของออสซิลเลเตอร์ สัญญาณ OSC ส่วนหนึ่งจะผ่านบัฟเฟอร์วนเข้าไอซีควบคุมระบบเพื่อล็อคความถี่ PLL และสัญญาณอีกส่วนเข้าวงจรมิกเซอร์เพื่อเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณอาร์เอฟที่รับเข้ามาตามกระบวนการการซูเปอร์เฮเทอโรไดน์ ได้รับความถี่ ไอเอฟ ของสถานีที่รับออกไปเข้าวงจรมิกเซอร์ ไอเอฟ และดีเทกเตอร์แล้วได้สัญญาณเอาท์พุทเสียงออกไปยังวงจรมิกเซอร์เสียงต่อไป โดยที่วงจรมิกเซอร์ ไอเอฟ และดีเทกเตอร์นี้จะมีการตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณที่รับได้ด้วยว่าจูนตรงมีความแรงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ ได้เป็นสัญญาณ SD (signal detector) นำเข้ามาป้อนไอซีควบคุมระบบเพื่อเป็นข้อมูลช่วยให้ไอซี ตัดสินใจสั่งการที่เหมาะสมในลำดับต่อไป เช่น เมื่อจูนตรงสถานีได้สัญญาณแรงและมีคุณภาพดี สัญญาณ SD จะแจ้งให้ไอซีควบคุมระบบสั่งล็อคความถี่และหยุดการค้นหาชั่วคราว โดยสั่งการบันทึกข้อมูลความถี่ลงโปรแกรมในหน่วยความจำแล้วจึงสั่งการให้ค้นหาสถานีต่อไป เมื่อพบสถานีก็จะหยุดเพื่อบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำอีกโดยเลื่อนโปรแกรมหน่วยความจำค่าๆ ไป จนหน่วยความจำเต็มหรือครบรอบ เครื่องจะหยุดค้นหาสถานีแล้วแสดงผลความถี่หลังสุด ล็อคความถี่ไว้แล้วปล่อยความถี่เสียงออกเอาท์พุทไอซีบางเบอร์ อาจจะตรวจสอบผลการจูนโดยใช้วิธีการนับความถี่ ไอเอฟ ก็ได้



รูปที่ 2.16 ส่วนสำคัญในวงจรค้นหาสถานีอัตโนมัติ

การค้นหาสถานีในระบบเอฟเอ็ม อาจจะทำให้ความถี่เพิ่ม (หรือลด) ขึ้นละ 0.05 MHz สถานีวิทยุเอฟเอ็ม ของประเทศไทยส่งกระจายเสียงตั้งแต่ 87.5 ถึง 108 MHz ตลอดแบนด์นี้ทั้งหมด 83 สถานี ถ้าจะจูนเปลี่ยนความถี่เป็นขั้น ขึ้นละ 0.05 MHz จะได้ 411 ขั้น เมื่อใช้แรงดันจูนเพื่อค้นหาความถี่ตั้งแต่ 3.0-12.0 V จะต้องแบ่งแรงดันช่วงนี้เป็นแบบขั้นบันได 411 ขั้นด้วย เมื่อนำแรงดันนี้ไปใช้งานจะได้ความถี่ที่จูนเข้าเริ่มตั้งแต่ 87.5 MHz เพิ่มขั้นทีละ 0.05 MHz ในกรณีจูนขึ้น แต่ถ้าจูนลงความถี่จะลดลงทีละ 0.05 MHz เช่นกัน การจูนจะเริ่มค้นที่ความถี่ใดก็ได้ เมื่อจูนจนถึงความถี่สูงสุดหรือต่ำสุดแล้วจะวนรอบจนถึงจุดเริ่มต้น ส่วนกรณีที่สั่งให้วงจรค้นหาสถานีแบบผู้ใช้เป็นผู้ควบคุมเอง (manual) เครื่องจะค้นหาสถานีเมื่อพบสถานีจะแสดงผลทางหน้าปัด ล้อความถี่ไว้แล้วส่งสัญญาณออกเอาท์พุททันที ในกรณีที่ไม่มีกานบันทึกความจำผู้ใช้สามารถกดเป็นสวิทช์ เพื่อสั่งให้เก็บข้อมูลนี้ไว้ก็ได้

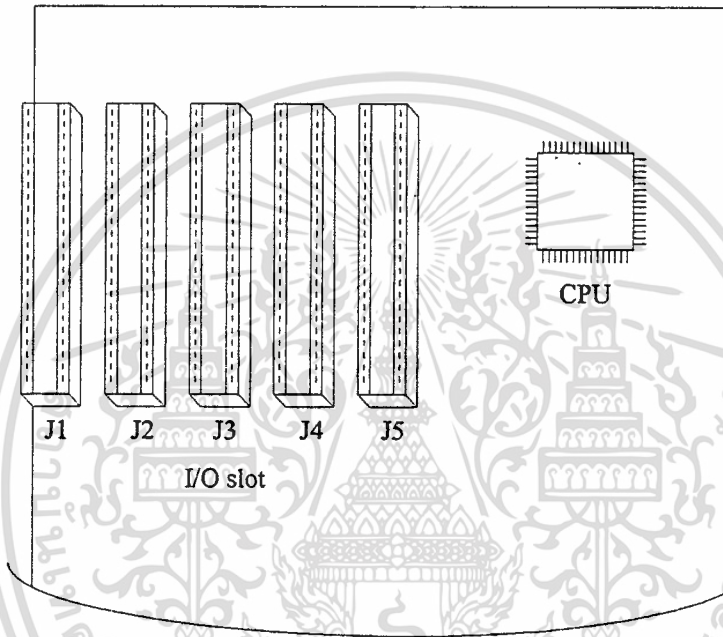
### บทที่ 3

#### การออกแบบแผ่นวงจรการติดตั้งแบบ

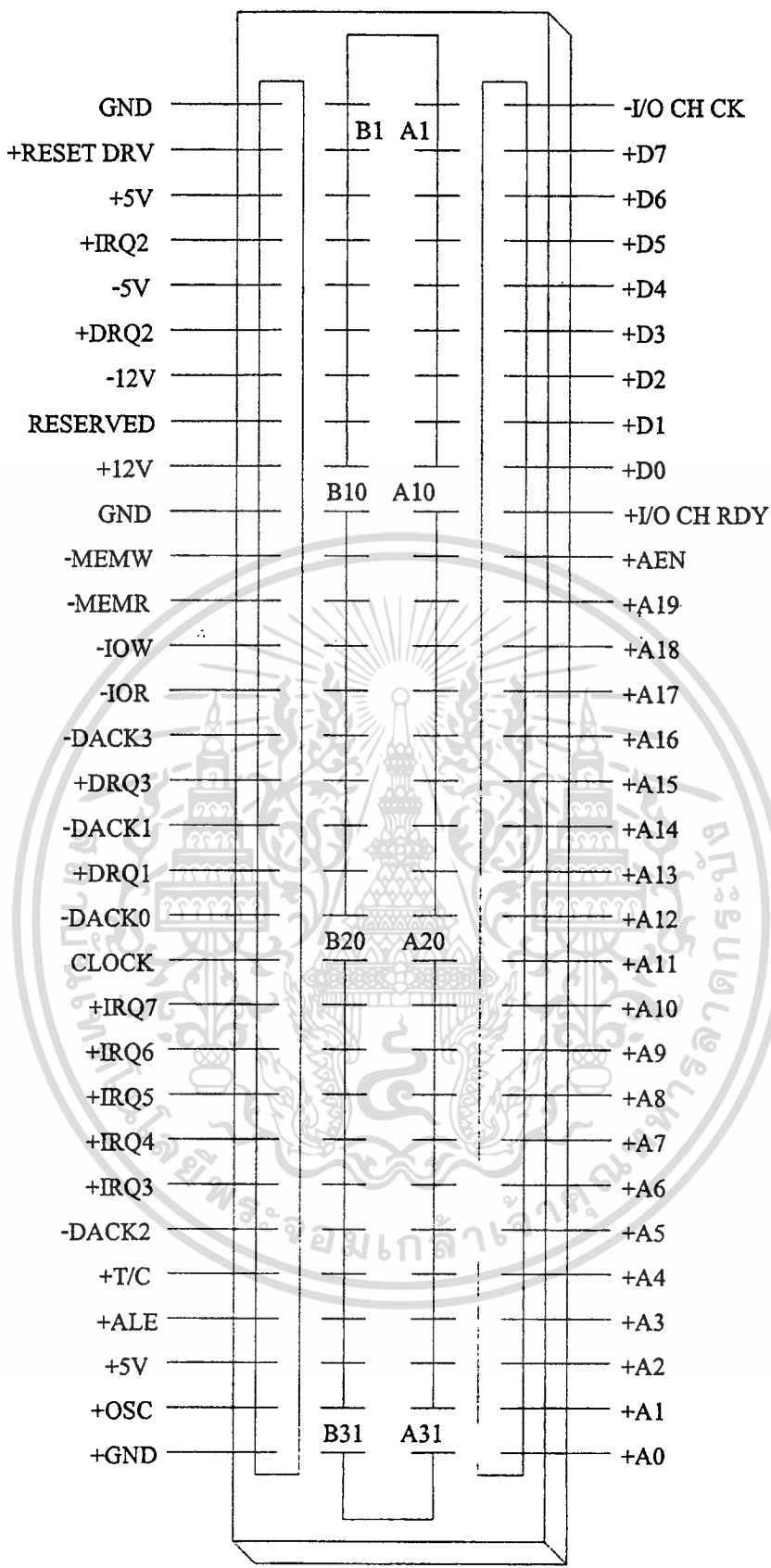
##### 3.1 การออกแบบ และสร้างวงจรถ่ายทอดการเชื่อมต่อกับระบบบัสของพีซี

ฮาร์ดแวร์อินพุท/เอาต์พุทสำหรับพีซี

ในการส่งข้อมูลออก (output data) และนำข้อมูลเข้า (input data) สำหรับ พีซีนั้นจำเป็นต้องมีวงจรถ่ายทอดการเชื่อมต่อเชื่อมต่อกับ พีซีดังนั้นก่อนอื่นจึงต้องมารู้จักกับสล็อตบน พีซีซึ่งมีระบบ อินพุท/เอาต์พุท สล็อต แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 ระบบ อินพุท/เอาต์พุท สล็อตบนพีซี



รูปที่ 3.2 ขาสัญญาณต่างๆ ใน อินพุท/เอาต์พุท สล็อตบนพีซี

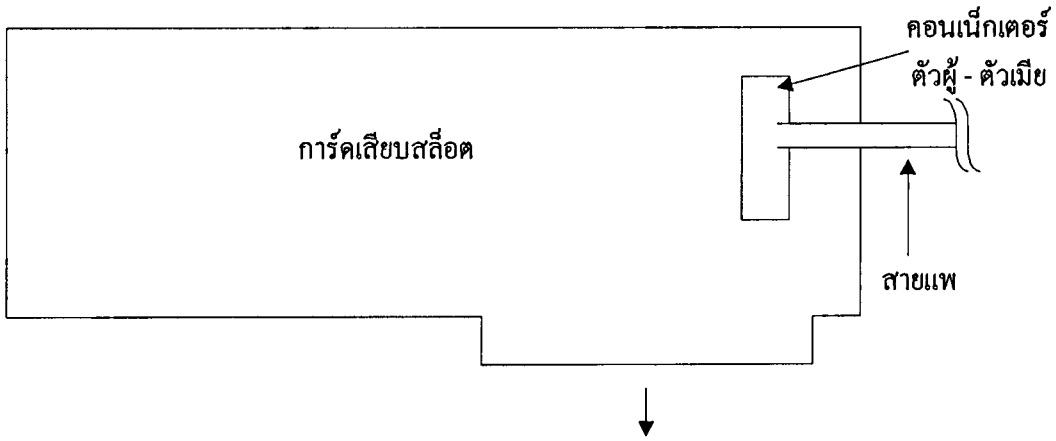
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลออกและนำข้อมูลเข้าจำเป็นต้องมีเส้นทาง ในที่นี้เราจะเรียกว่า พอร์ต ซึ่งมีการจัดสรรที่ไม่ซ้ำซ้อนกัน มีแอดเดรสที่แน่นอน ตัวอย่างการจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบนพีซี แสดงดังตารางที่ 3.1 และการสร้างการ์ด เพื่อใช้เชื่อมต่อกับ อินพุท/เอาต์พุท สล็อตแสดงดังรูปที่ 3.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 การจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบนพีซี

พื้นที่แอดเดรสของอุปกรณ์ อินพุท/เอาต์พุท											
เลขฐานสิบ หก	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	อุปกรณ์ อินพุท/เอาต์พุท
00-0F	0	0	0	0	0	z	A3	A2	A1	A0	DMA CHIP B237-2
20-21	0	0	0	0	1	z	z	z	z	A0	INTERRUPT 8259A
40-43	0	0	0	1	0	z	z	z	A1	A0	TIMER 8253-5
60-63	0	0	0	1	1	z	z	z	A1	A0	PPI 8255A-5
80-83	0	0	1	0	0	z					DMA PAGE REGS
AX	0	0	1	0	1						NMI MASK REG
CX	0	0	1	1	0						RESERVED
EX	0	0	1	1	1						RESERVED
3F8-3FF	1	1	1	1	1	1	A3	A2	A1	A0	TP RS-232-C CD
3F0-3F7	1	1	1	1	1	1	0	A2	A1	A0	5 1/4" DRV ADAPTOR
2F8-2FF	1	0	1	1	1	1	1	z	A1	A0	RESERVED
378-37F	1	1	0	1	1	1	1	z	A1	A0	PARALLEL PRTR PRT
3D0-3DF	1	1	1	1	0	1	A3	A2	A1	A0	COLOR/GRAPHICS ADAPTER
278-27F	1	0	0	1	1	1	1	z	z	A0	RESERVED
200-20F	1	0	0	0	0	0	A3	A2	A1	A0	GAME I/O ADAPTER
2B0-3BF	1	0	1	0	1	1	A3	A2	A1	A0	IBM MONOCHROME DISPLAY PARALLEL PRINTER ADAPTER

หมายเหตุ Z เป็น 1 หรือ 0 ก็ได้



รูปที่ 3.3 การ์ดที่ใช้เสียบใน อินพุท/เอาต์พุท สล็อต (PC-card)

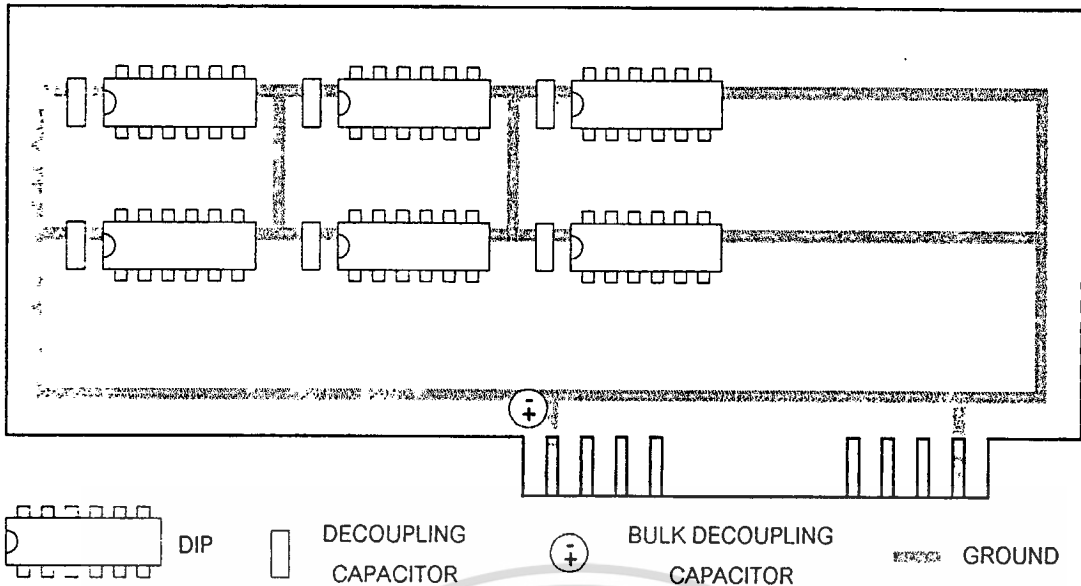
### 3.2 หลักการออกแบบแผ่นวงจร

จากการออกแบบวงจรอินเตอร์เฟสในภาคการศึกษาที่แล้ว ก็นำมาออกแบบการ์ดต้นแบบ โดยการออกแบบแผ่นวงจรจะต้องคำนึงถึงสัญญาณรบกวนที่จะเกิดขึ้น ดังนั้นเราต้องลดทอนสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นเช่น การต่อคัปปลิ่งคาปาซิเตอร์ที่ไอซี การกราวด์ เป็นต้น โดยมีเงื่อนไขที่ควรคำนึงถึงดังต่อไปนี้

1. การต่อคัปปลิ่งคาปาซิเตอร์ (Decoupling Capacitor) พวกอุปกรณ์ประเภทลอจิกเกต เมื่อมันเริ่มทำงานจะมีกระแสชั่วขณะปรากฏขึ้นที่แหล่งจ่ายไฟ กระแสชั่วขณะนี้เมื่อไหลในวงจร จะทำให้เกิดอินดักแตนซ์ค่าน้อย ๆ เกิดขึ้น ปัญหาหลักก็คือจะเกิดแรงดันตกคร่อมที่อินดักแตนซ์ กระแสชั่วขณะที่ไหลผ่านตัวอินดักแตนซ์จะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนที่แหล่งจ่ายไฟของลอจิกเกต เราสามารถแก้ไขได้โดยการต่อคาปาซิเตอร์มาต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟและกราวด์ โดยจะต้องวางให้ใกล้ตัวไอซีมากที่สุด ดังรูปที่ 1 ส่วนชนิดคาปาซิเตอร์ที่นำมาต่อต้องเป็นคาปาซิเตอร์ความถี่สูงเช่น ดิสก์เซรามิก หรือ มัลติเลเยอร์เซรามิก เป็นต้น และค่าของคาปาซิเตอร์ที่นำมาต่อสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$C = \frac{dI \, dt}{dV}$$

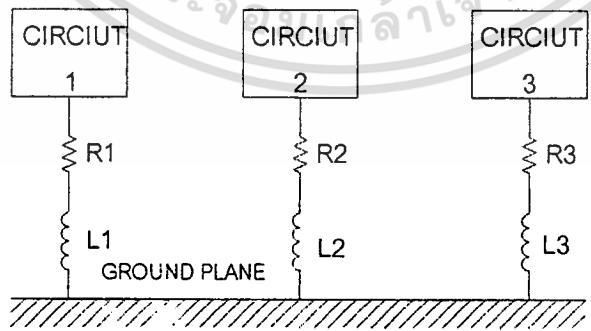
เมื่อ  $dV$  เป็นแรงดันชั่วขณะที่ตกคร่อมแหล่งจ่ายไฟ โดยที่กระแสชั่วขณะคือ  $dI$  จะเกิดขึ้นในเวลา  $dt$  ตัวอย่างเช่น ถ้าไอซีต้องการกระแส 50 mA ที่เวลา 2 ns และแรงดันชั่วขณะไม่เกิน 0.1 V ดังนั้นเราจะได้ค่าคาปาซิเตอร์คือ 0.0001  $\mu\text{F}$  เป็นต้น



รูปที่ 3.4 การวางอุปกรณ์ต่างๆ ของการ์ดต้นแบบ

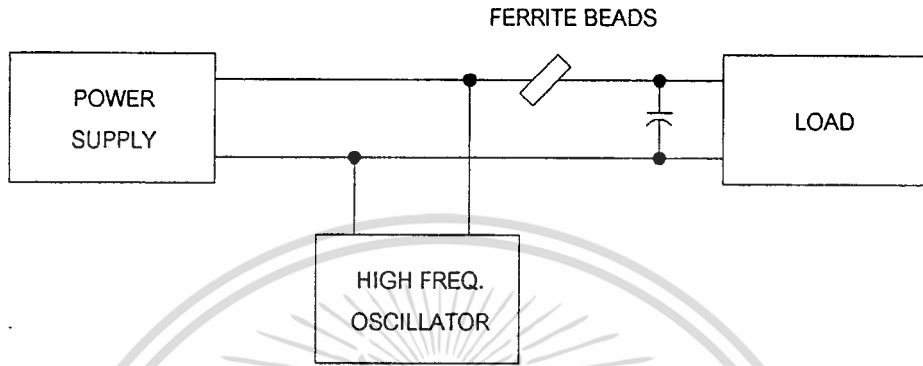
2. การต่อบัลคดีคัปปลิ่งคาปาซิเตอร์ (Bulk Decoupling Capacitor) คาปาซิเตอร์ที่ไอซีจะต้องคายประจุ การคายประจุจะเกิดกระแสที่ควรคำนึงถึงถึงความถี่ต่ำ เมื่อเกิดขึ้นกับคาปาซิเตอร์ที่คัปปลิ่งไอซีและแหล่งจ่าย สามารถทำได้โดยการต่อบัลคคาปาซิเตอร์ ชนิดของคาปาซิเตอร์ที่นำมาจะต้องมีวงจรสมบรูณ์ของอินดักแตนซ์ น้อย เช่นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ค่าที่ใช้ก็อยู่ประมาณ 10 ถึง 47  $\mu\text{F}$  และการวางก็ควรวางดังรูปที่ 1

3. การกราวนด์ (Grounding) ในการต่อกราวนด์นั้นมีหลักอยู่ 2 ประการคือ เพื่อลดแรงดันรบกวนอัน เกิดจากการที่กระแสของวงจรตั้งแต่สองวงจรขึ้นไปที่สามารถไหลผ่านอิมพีแดนซ์ของกราวนด์ตัวเดียวกันให้ เหลือน้อยที่สุดและป้องกันมิให้เกิดกราวนด์ลูป ซึ่งสามารถเห็นยวนำสนามแม่เหล็กได้ และจะต้องลดความต่าง ศักดิ์ระหว่างกราวนด์สองจุดให้มีค่าน้อยที่สุด ระบบการกราวนด์ที่ใช้กับความถี่สูงคือระบบกราวนด์แบบหลาย จุด ซึ่งจะให้กราวนด์อิมพีแดนซ์ต่ำมาก ดังรูปที่ 2 โดยค่า  $R_1 - R_3$  และ  $L_1 - L_3$  มีค่าอิมพีแดนซ์น้อย



รูปที่ 3.5 การต่อกราวนด์แบบหลายจุด

4. การต่อเฟอร์ไรต์บีดส์ (Ferrite Beads) เป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์มากมีการกำจัดการออสซิลเลทของสัญญาณความถี่สูง นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการรบกวนของสัญญาณความถี่สูงจากแหล่งจ่ายไฟอีกด้วย โดยไม่มีผลกระทบต่อสัญญาณไฟกระแสตรงหรือสัญญาณความถี่ต่ำ โดยทั่วไปแล้วเฟอร์ไรต์บีดส์จะสามารถกำจัดสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 1 MHz ได้ดี แต่เนื่องจากว่าอิมพีแดนซ์ของเฟอร์ไรต์แต่ละตัวจะถูกจำกัดค่าไว้ประมาณ 100 โอห์ม ดังนั้นจึงทำงานอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดในวงจรที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำเท่านั้น เช่น ในวงจรแหล่งจ่ายไฟ และวงจรขยายคลาส C วงจรรีโซแนนซ์ เป็นต้น



รูปที่ 3.6 การต่อเฟอร์ไรต์ป้องกันความถี่สูง

จากเงื่อนไขข้างต้นก็ได้้นำหลักการดังกล่าว ไปออกแบบหลายวงจรซึ่งได้จากภาคผนวก ซึ่งก็สามารถลดสัญญาณรบกวนได้จริง เมื่อเทียบกับการติดตั้งแบบอื่นแรกที่ไม่มีการลดทอนสัญญาณรบกวน

## บทที่ 4

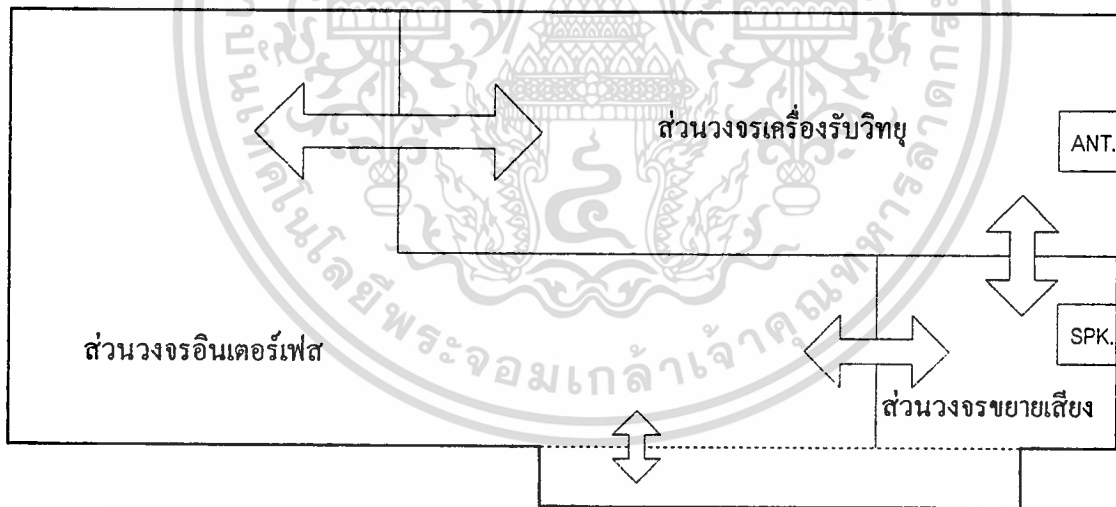
### การทดลองและผลการทดลอง

จากการออกแบบการ์ดต้นแบบเพื่อที่จะลดทอนสัญญาณรบกวนจากที่ได้กล่าวมาในบทที่แล้ว ก็ได้นำมาต่ออุปกรณ์ลงบนการ์ดโดยทำเป็นขั้นตอนดังนี้

#### 4.1 การต่อและทดสอบวงจรภาคเครื่องรับวิทยุ

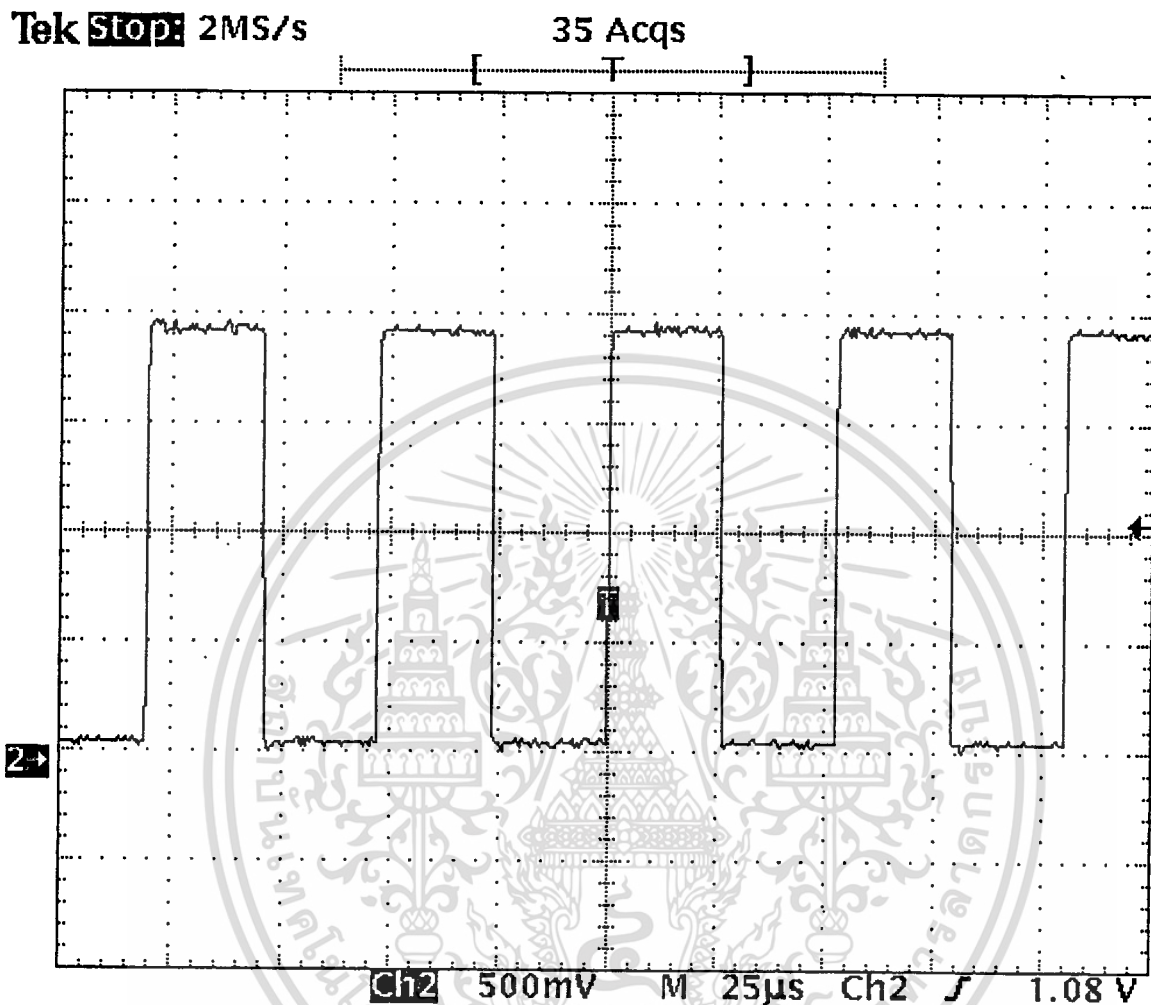
เริ่มต่ออุปกรณ์ในส่วนของเครื่องรับวิทยุ ดังรูปที่ 4.1 แล้วทำการทดสอบวงจรเครื่องรับวิทยุ ทำการปรับแต่งให้ได้สัญญาณเสียงชัดเจนที่สุด โดยมีการปรับแต่งดังนี้

1. ทำการป้อนไฟให้เฉพาะส่วนวงจรเครื่องรับวิทยุ แล้วทำการเลื่อนความถี่ไปที่ความถี่ต่ำสุดที่มีการแพร่กระจายเสียง ในที่นี้คือสถานี 88.00 MHz แล้วใช้มิเตอร์วัดแรงดันที่ขา 7 ของไอซี LA1140 แล้วใช้ไขควงจูนกระป๋องไอเอฟให้ได้สัญญาณเสียงชัดเจนที่สุด ค่าแรงดันที่วัดได้จะมีค่าประมาณ 4.3 โวลต์ จากนั้นเลือกไปที่ความถี่สูงสุดคือประมาณ 108 MHz แล้วจูนในทำนองเดียวกัน คือให้ได้เสียงชัดที่สุด สุดท้ายก็เลือกไปที่ความถี่กึ่งกลางประมาณ 100 MHz จูนทำนองเดียวกันก็เป็นอันเสร็จ โดยในครั้งแรกที่ทำการทดลองปรากฏว่าไม่สามารถรับสัญญาณเสียงได้ เมื่อทำการตรวจสอบดูแล้วปรากฏว่าได้ออกแบบลายวงจรผิด และได้ทำการแก้ไขแล้วทำการทดลองซ้ำ ปรากฏว่าได้ผลตามที่ต้องการคือสามารถรับสัญญาณเสียงได้



รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของการ์ดต้นแบบ

2. จากนั้นก็มาทำการปรับค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ เพื่อปรับแต่งสัญญาณให้เป็นสัญญาณสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ คือใช้สโตนโคเวิร์ดที่ขา 13 ของไอซี LA3360 เมื่อสัญญาณเป็นสเตอริโอแล้วจะอ่านความถี่ได้ 19 kHz คือสัญญาณไฟล๊อตนั่นเอง สัญญาณที่วัดได้ เป็นดังรูป 4.2



รูปที่ 4.2 สัญญาณไฟล๊อต 19 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อปรับแต่งวงจรเครื่องรับได้ตามที่กำหนดแล้วก็ทำการทดสอบเปลี่ยนสถานี แล้ววัดแรงดันที่ขา 4 ของตัวฟร้อนเอนต์ ซึ่งเป็นวาริแคปไดโอด จะได้แรงดันตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่องสถานีและแรงดัน

ช่องสถานี	ค่าแรงดัน	ช่องสถานี	ค่าแรงดัน
87.50	1.50 V	98.00	3.46V
●88.00	1.57 V	98.50	3.59 V
88.50	1.64 V	●99.00	3.73 V
89.00	1.72 V	99.50	3.88 V
●89.50	1.80 V	●100.00	4.02 V
90.00	1.88 V	●100.50	4.18 V
90.50	1.90 V	101.00	4.33 V
91.00	1.94 V	101.50	4.5 V
91.50	2.03 V	●102.00	4.67 V
92.00	2.12 V	102.50	4.84 V
●92.50	2.22 V	●103.00	5.02 V
●93.00	2.31 V	●103.50	5.20 V
●93.50	2.41 V	104.00	5.39 V
●94.00	2.51V	●104.50	5.58 V
94.50	2.62V	105.00	5.79 V
●95.00	2.73V	●105.50	6.00 V
95.50	2.84V	●106.00	6.21 V
96.00	2.96V	106.50	6.44 V
●96.50	3.02V	●107.00	6.66 V
97.00	3.20V	●107.50	6.90 V
●97.50	3.33V	108.00	7.14 V

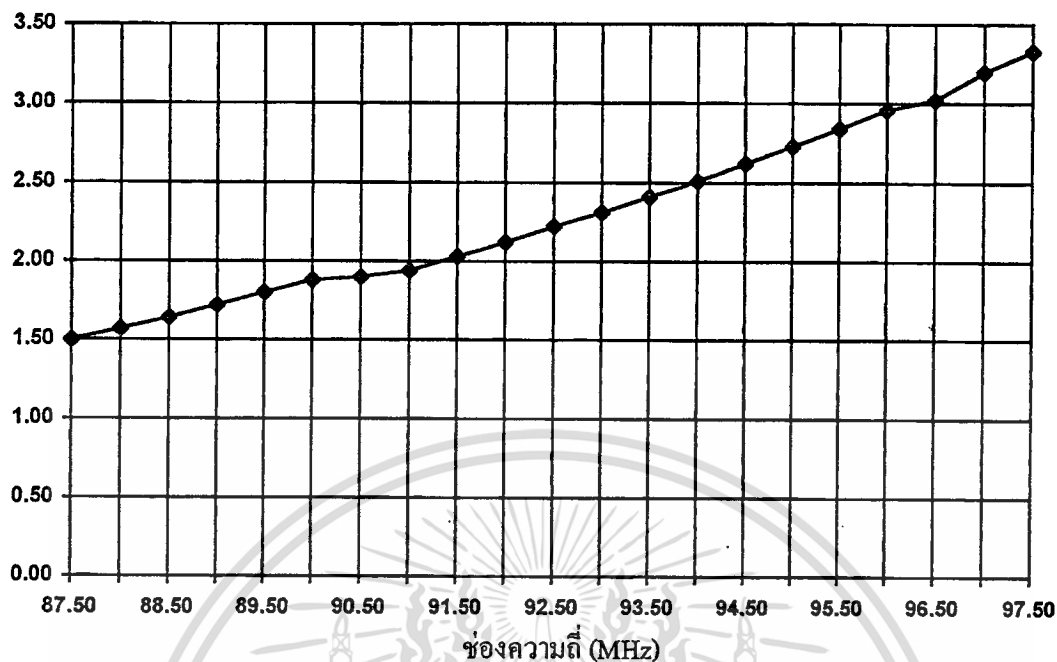
หมายเหตุ ● = ช่องสถานีที่ได้ยินเสียงชัดเจน

ส่วนช่องสถานีอื่นที่รับได้แต่มีเสียงเบาซึ่งอาจเกิดจากเครื่องรับมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ

จากตารางที่ 4.1 แล้วนำค่าไปวาดกราฟ ดังรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ตามลำดับ จะเห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับแรงดันค่อนข้างจะแปรผันแบบเชิงเส้น

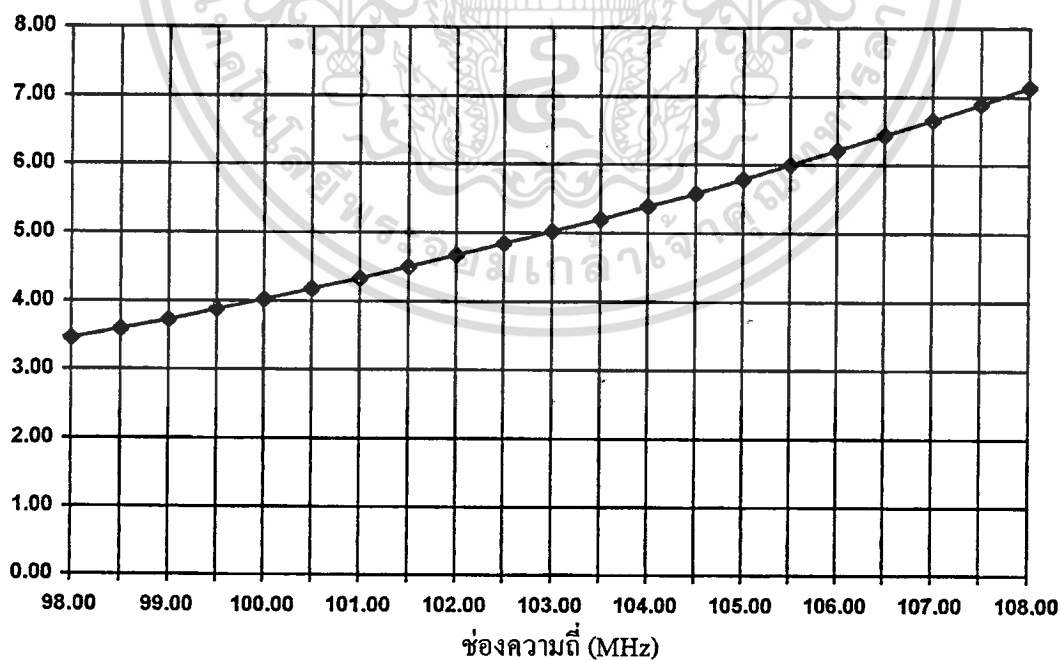
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดัน (V)



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับแรงดันช่วง 87.50 - 97.50 MHz

แรงดัน (V)

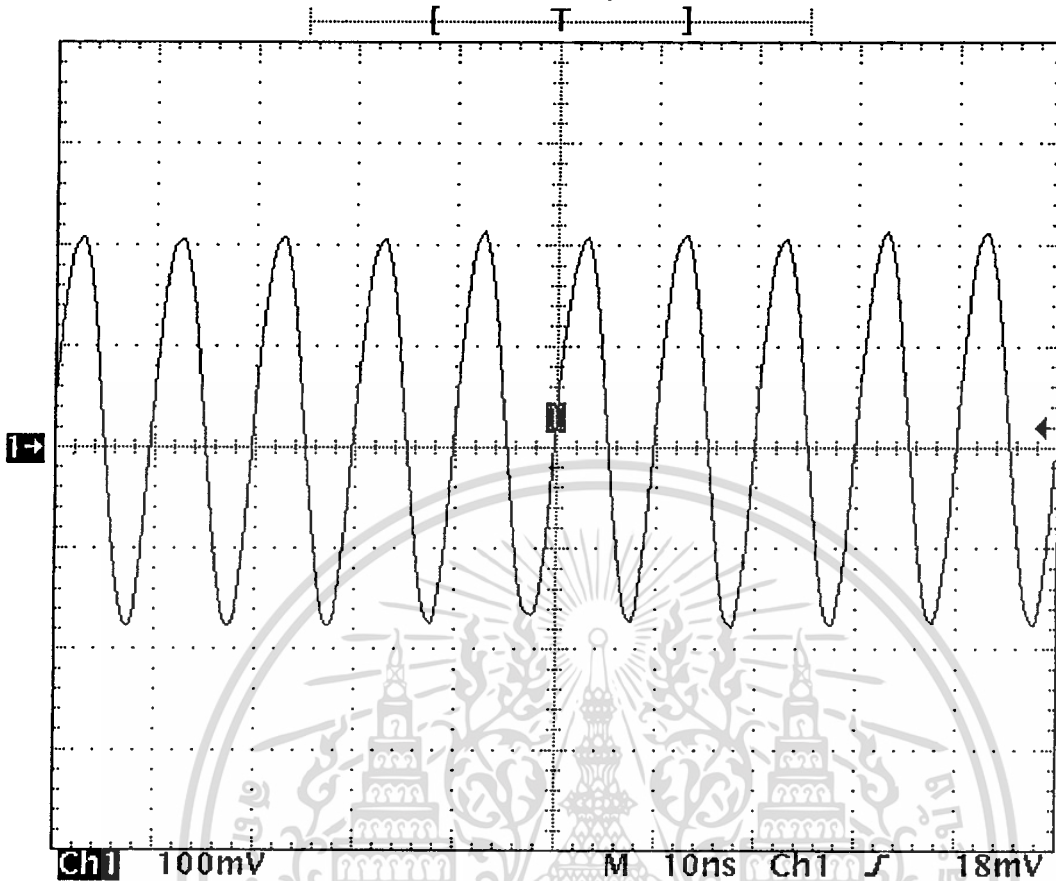


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับแรงดันช่วง 98.00 - 108.00 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tek Stop: 1GS/s

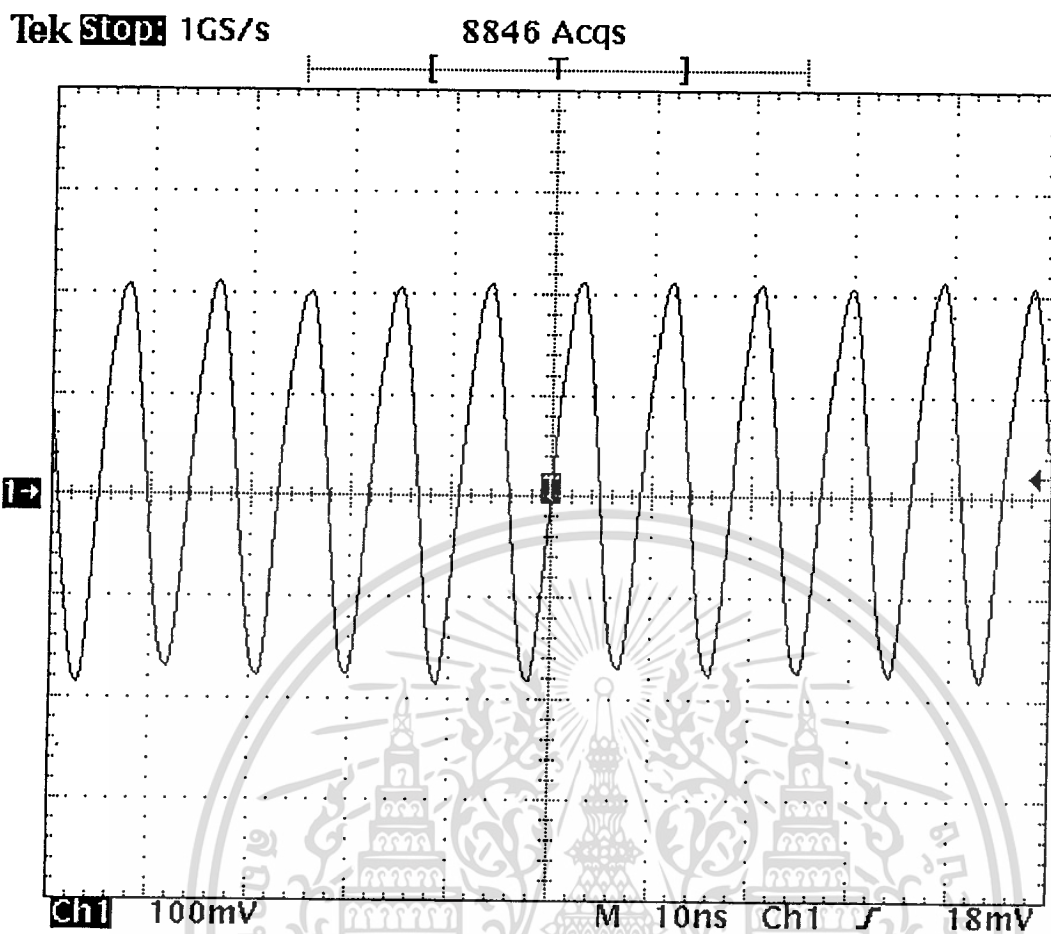
145 Acqs



รูปที่ 4.5 แสดงความถี่ออสซิลเลเตอร์ ที่ 99.7 MHz

จากรูปที่ 4.5 เป็นการวัดที่ขาออสซิลเลเตอร์ โดยจุดที่ความถี่ 89 MHz เมื่อเราวัดแล้วจะได้ความถี่ 99.7 MHz เพราะเมื่อผ่านการมิกซ์แล้วเราจะได้ความถี่ 10.7 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงความถี่ออสซิลเลเตอร์ ที่ 110.7 MHz

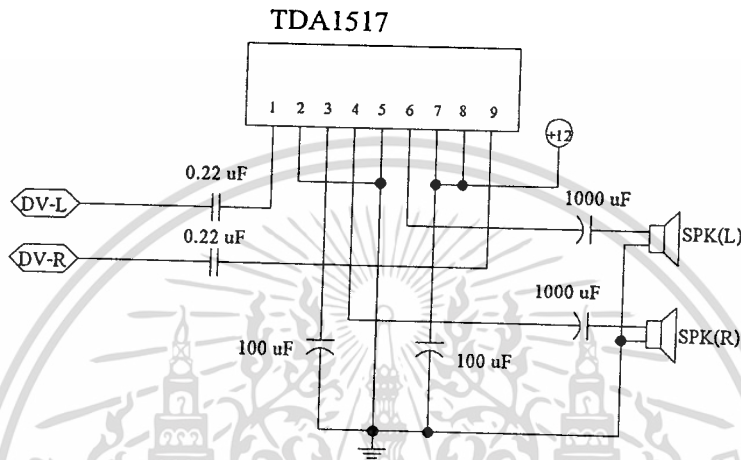
จากรูปที่ 4.6 เป็นการวัดที่ขาออสซิลเลเตอร์ โดยจนที่ความถี่ 100 MHz เมื่อเราวัดแล้วจะได้ความถี่ 110.7 MHz เพราะเมื่อผ่านการมิกซ์แล้วเราจะ ได้ความถี่ 10.7 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การต่อวงจรภาคขยายสัญญาณเสียง

ในการต่อวงจรส่วนภาคขยายเสียงอันที่จริงแล้วก็ได้ทำการต่อและทดลองไปพร้อม ๆ กับการต่อในส่วนของเครื่องรับวิทยุ และได้ทำการวัดค่ากำลังงานของวงจรภาคขยายเสียง โดยทำการป้อนด้วยเครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต แรงดัน 1 mV และทำการวัดแรงดันที่เอาต์พุต และสามารถคำนวณหาค่ากำลังงานได้จาก

$$P = \frac{V_{out}^2}{R_{load}}$$

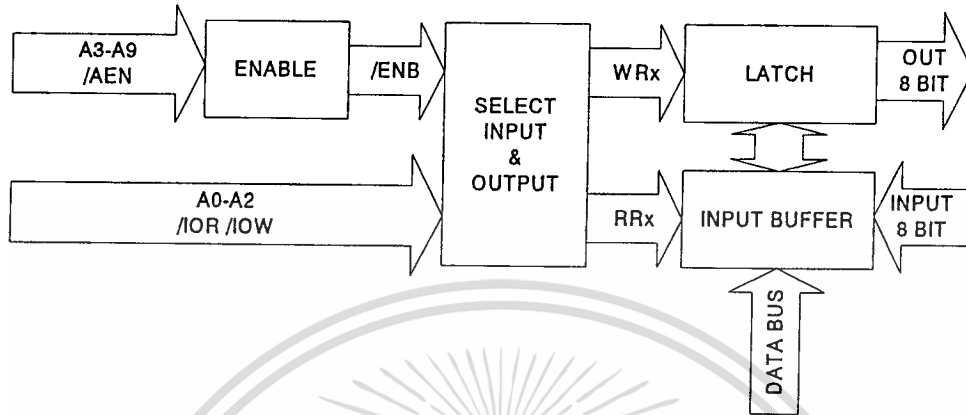


รูปที่ 4.7 วงจรทดสอบส่วนขยายสัญญาณเสียง

โดย  $R_{load}$  ในที่นี้คือ 8 โอห์ม และวัดแรงดันเอาต์พุตได้เท่ากับ 4.7 mV เมื่อแทนค่าลงในสมการเราจะได้ค่ากำลังงานเอาต์พุตเท่ากับ 2.76 W(rms) ซึ่งตามคุณสมบัติของไอซีขยายเสียงตัวนี้ คือจะมีกำลังขยายประมาณ 5 - 6 W(rms) แต่จะเป็นที่โหลด 4 โอห์ม แต่ในที่นี้เราใช้โหลด 8 โอห์ม ทำให้ได้กำลังที่ลดลง แต่ก็เพียงพอสำหรับการขับสัญญาณเสียงให้มีความแรงพอสมควร

### 4.3 การต่อวงจรภาคอินเทอร์เฟส

เมื่อได้ทำการต่อวงจรในส่วนเครื่องรับวิทยุและวงจรขยายสัญญาณเสียง ทำการทดลองได้ผลตามที่ต้องการแล้ว ทำการต่อวงจรส่วนอินเทอร์เฟสและทำการทดลอง ดังขั้นตอนต่อไปนี้

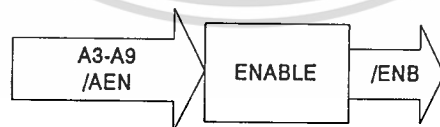


รูปที่ 4.8 แสดงบล็อกโคแอมแกรมของแต่ละภาคภายในบล็อกโคแอมแกรม

จากบล็อกโคแอมแกรมของภาคการเชื่อมต่อกับระบบบัสของ พีซี ประกอบด้วยส่วนหลักดังนี้

1. วงจรอีน่าเบิ้ล (enable circuit)
2. วงจรเลือกการอินพุตและเอาต์พุต (select input/output circuit)
3. วงจรเอาต์พุตแลตช์ (output latches circuit)
4. วงจรอินพุตบัฟเฟอร์ (input buffer circuit)

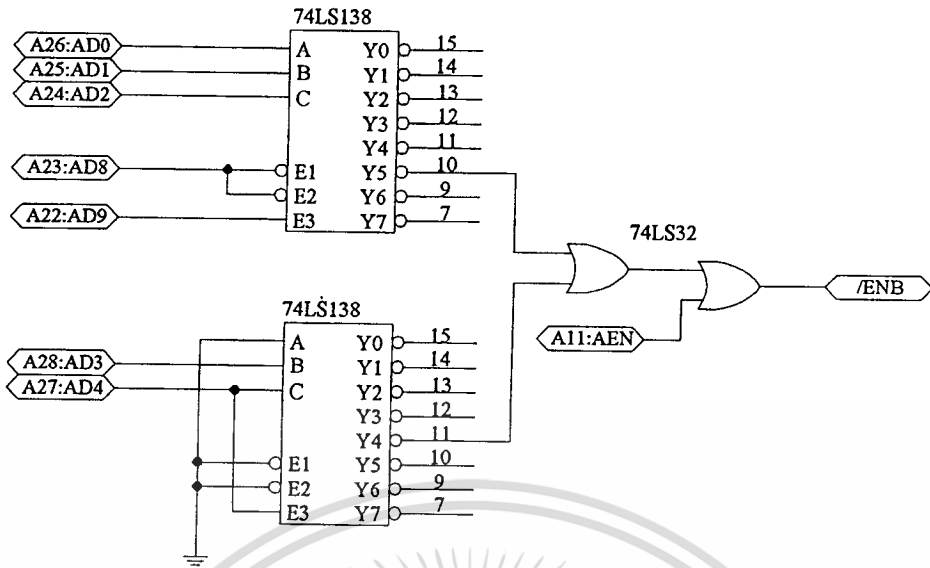
#### 4.3.1 วงจรอีน่าเบิ้ล



รูปที่ 4.9 บล็อก หลักของวงจรอีน่าเบิ้ล

การสื่อสารภายในคอมพิวเตอร์มีสายข้อมูล เพื่อส่งและรับข้อมูลถึงกัน การส่งและรับข้อมูล ถ้าไม่มีตำแหน่งในการส่งและรับก็ไม่ว่าส่งไปที่ไหนและให้ที่ใครรับ จึงจำเป็นต้องมีสายแอดเดรส ในการกำหนดตำแหน่งภายในคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกับเลขที่ห้อง เพื่อจะได้รับการรู้จักภายในคอมพิวเตอร์ว่า ต้องส่งข้อมูลดังกล่าวจากเลขที่ห้องไหน ไปสู่ห้องไหน

การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

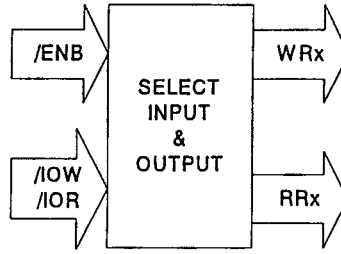


รูปที่ 4.10 วงจรอินาเบิ้ล

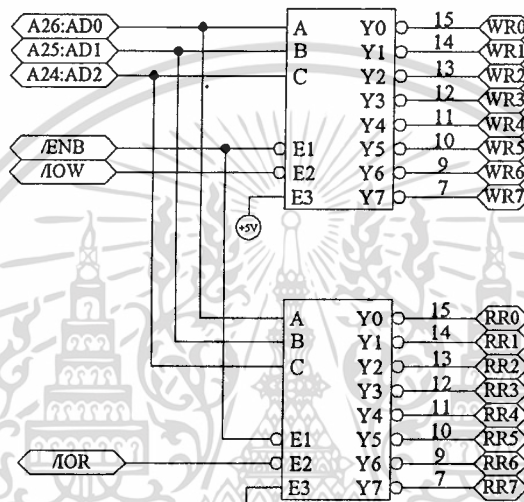
ในกรณีที่มีการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก ก็ต้องมีการถอดรหัสแอดเดรสให้หมายเลขแก่อุปกรณ์ภายนอกนั้น การถอดรหัสแอดเดรสต้องไม่มีการซ้ำซ้อนกับแอดเดรสที่ใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกตัวอื่น แอดเดรสที่ใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกสำหรับ พีซีดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1 ซึ่งพบว่าแอดเดรสในช่วง 2B0 - 2BFH (เลขฐานสิบหก) ไม่มีการใช้ เราจึงสามารถถอดรหัสแอดเดรสใช้งานการเชื่อมต่อในช่วงดังกล่าวเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลออกและนำข้อมูลเข้าได้

การถอดรหัสแอดเดรสเพื่อการเลือกพอร์ต ได้ใช้แอดเดรส A0-A9 มีค่าเท่ากับ 1010110 xxx (ถ้า x จะเป็น 1 หรือ 0 ก็ได้ เพื่อเป็นถอดรหัสแอดเดรส เช่นถ้า 1010110000 ก็จะเป็นการถอดรหัส 2B0H หรือ 10 1011 0111 จะเป็นการถอดรหัส 2B7H เป็นต้น) จึงทำให้สัญญาณการเลือกพอร์ตมีลอจิก 0 แต่การที่จะส่งหรือรับข้อมูลจากสายข้อมูลได้ต้องมีการต่อกับสาย AEN (address enable) ของ พีซีด้วย เพราะไม่เช่นนั้น การส่งหรือรับข้อมูลจากสายข้อมูลจะเกิดการผิดพลาดได้ สัญญาณที่ได้จากการเลือกพอร์ตนำมาออร์ (or) กับ AEN จะใช้ในการอินาเบิ้ล วงจรส่งหรือรับข้อมูลจึงทำให้มีการส่งข้อมูลหรือรับข้อมูลเกิดขึ้น รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 4.10

### 4.3.2 วงจรเลือกการอินพุตและเอาต์พุต



รูปที่ 4.11 บล็อก หลักการของวงจรเลือกการอินพุตและเอาต์พุต



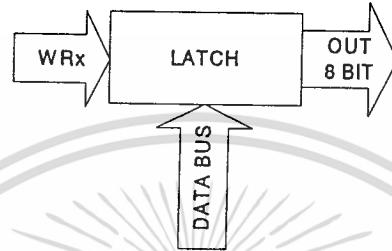
รูปที่ 4.12 วงจรเลือกการอินพุตและเอาต์พุต

การทดสอบวงจรอินพุตและเอาต์พุตคือใช้ไอซี 74LS138 เพื่อเลือกในการที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูล ถ้ามีการอ่านก็ส่งต่อไปเลือกส่วนของเอาต์พุตแลตซ์ และถ้ามีการเขียนก็จะส่งต่อเลือกส่วนของอินพุตบัฟเฟอร์ โดยเราสามารถต่อตามวงจรในรูปที่ 4.12 แล้วทำการทดลองแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2

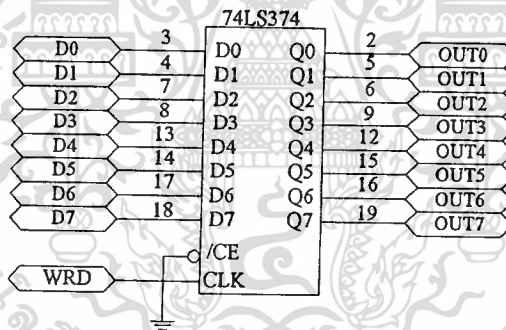


### 4.3.3 วงจรเอาต์พุตแลตช์

การส่งข้อมูลออกใช้ไอซี เบอร์ 74LS374 เป็นตัวแลตช์ข้อมูล การส่งข้อมูลออกต้องผ่านทางสายข้อมูล D0-D7 และต้องทำการอินาเบิ้ล เพื่อแลตช์ข้อมูล ซึ่งยังไม่เพียงพอที่วงจรจะทำงานได้ ต้องมีสายสัญญาณอีกสายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องคือ -IOW (input/output write) สายสัญญาณนี้มีลอจิก 0 เมื่อมีการใช้คำสั่ง OUT ในภาษาที่ใช้โปรแกรมเพื่อทำการส่งข้อมูลออก ฉะนั้นจำเป็นต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณดังกล่าวเข้าในวงจรอินาเบิ้ล เพื่อการแลตช์ข้อมูลในวงจรส่งข้อมูลออก รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 บล็อกโคอะแกรมของวงจรเอาต์พุตแลตช์



รูปที่ 4.14 รายละเอียดวงจรเอาต์พุตแลตช์

### 4.2.4 วงจรอินพุตบัฟเฟอร์

การนำข้อมูลเข้าใช้ไอซี 74LS244 เป็นบัฟเฟอร์ของข้อมูลการนำข้อมูลเข้าก็ต้องการอินาเบิ้ล เพื่อในข้อมูลเข้าทางสายข้อมูลเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ต้องมีสายสัญญาณอีกสายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องคือ -IOR (input/output read) สายสัญญาณนี้มีลอจิก 0 เมื่อมีการใช้คำสั่ง IN ในภาษาโปรแกรม ฉะนั้นจำเป็นต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณนี้เข้ากับวงจรอินาเบิ้ล รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 4.16



#### 4.4 ทดสอบการ์ดต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์

เมื่อเราได้ทำการทดลองวงจรในแต่ละส่วนแล้ว เราก็นำการ์ดต้นแบบเสียบลงในสล็อตของคอมพิวเตอร์แล้วทำการทดลองส่งข้อมูลไปควบคุมการทำงานของการ์ด โดยมีการควบคุมอยู่ 24 สัญญาณที่ต้องส่งอ่านข้อมูลเข้าที่พอร์ตที่ทำการถอดรหัสมีลักษณะการใช้งานดังนี้คือ

ที่พอร์ต 302h ที่บิตที่ 7 จะเป็นการอ่านเข้ามาเพื่อรับรู้ว่าเป็นสถานะที่รื้อหรือยังหรือยังไม่ถึงรื้อ คือสถานะของวิทยุเอฟเอ็ม จะมีช่วงสัญญาณคือ 87.5 ถึง 108.0 MHz โดยถ้าอ่านเข้ามามีสัญญาณเป็น 1 แสดงว่าสถานะนั้นอยู่ในช่วง 100.0 ถึง 108.0 MHz และถ้าอ่านเข้ามามีสัญญาณเป็น 0 แสดงว่าสถานะนั้นอยู่ในช่วง 87.5 ถึง 99.95 MHz

ที่พอร์ต 2B2h ที่บิตที่ 6 ถึง บิตที่ 1 จะเป็นการเรียงตาม seven-segment คือ

บิตที่ 6 คือ G3, บิตที่ 5 คือ F3, บิตที่ 4 คือ E3, บิตที่ 3 คือ D3, บิตที่ 2 คือ C3, บิตที่ 1 คือ B3 และบิตที่ 0 คือ A3 โดยการถอดรหัสเลขหลักที่สิบของวิทยุเอฟเอ็มโดยมีการเปลี่ยนแปลงเพียง เลข 8 เลข 9 และ เลข 0 ซึ่งเลข 8 ถอดรหัสได้ดังนี้ (เรียงจาก บิตที่ 6 - บิตที่ 0) เป็นค่า 111 1111 เลข 9 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 111 1011 และเลข 0 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 011 1111

ที่พอร์ต 2B1h ที่บิตที่ 7 เป็นบิตว่างแต่มีข้อมูลเป็น 1 เนื่องจากต่อความต้านทาน pull up ไว้

บิตที่ 6 คือ G2, บิตที่ 5 คือ F2, บิตที่ 4 คือ E2, บิตที่ 3 คือ D2, บิตที่ 2 คือ C2, บิตที่ 1 คือ B2 และบิตที่ 0 คือ A2 โดยการถอดรหัสเลขหลักที่หน่วยของวิทยุเอฟเอ็มโดยมีการเปลี่ยนแปลงเพียง เลข 0 ถึง เลข 9 ซึ่งเลข 0 ถอดรหัสได้ดังนี้ (เรียงจาก บิตที่ 6 - บิตที่ 0) เป็นค่า 011 1111 เลข 1 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 000 0011 และเลข 2 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 110 1101 เลข 3 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 110 0111 และเลข 4 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 101 0011 เลข 5 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 111 0110 และเลข 6 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 111 1110 เลข 7 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 010 0011 เลข 8 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 111 1111 และเลข 9 ถอดรหัสได้ดังนี้ เป็นค่า 111 1011

ที่พอร์ต 2B0h ที่บิตที่ 7 เป็นบิตที่ใช้ในการถอดรหัสของ หลักหลังจุดไปเป็นหลักที่สองและมีการตัดสินใจในเพียง 0 หรือ 5 โดยถ้าอ่านเข้ามาได้รับสัญญาณที่เป็น 1 แสดงว่าเป็นเลข 5 และถ้ารับสัญญาณ 0 มา แสดงว่าเป็นเลข 0

บิตที่ 6 คือ G1, บิตที่ 5 คือ F1, บิตที่ 4 คือ E1, บิตที่ 3 คือ D1, บิตที่ 2 คือ C1, บิตที่ 1 คือ B1 และบิตที่ 0 คือ A1 โดยการถอดรหัสเลขหลักที่หลังจุดทศนิยมเป็นหลักที่หนึ่งของวิทยุเอฟเอ็ม โดยมีหลักการถอดรหัสเหมือนกับหลักหน่วยที่ถอดรหัสโดยตำแหน่งพอร์ต 301h

และโดยมีการควบคุมอยู่ 13 สัญญาณที่ต้องส่งข้อมูลออกที่พอร์ตที่ทำการถอดรหัสมีลักษณะการใช้งานดังนี้คือ

ที่พอร์ตที่ 2B0h มีช่องกดปุ่มที่ล็อกสถานะไว้โดยที่บิตที่ 7 เป็น M7 (สถานะล็อกที่ 7) บิตที่ 6 เป็น M6 บิตที่ 5 เป็น M5 บิตที่ 4 เป็น M4 บิตที่ 3 เป็น M3 บิตที่ 2 เป็น M2 บิตที่ 1 เป็น M1 และบิตที่ 0 เป็น M0 โดยคำสั่งที่ใช้ต้องส่งสัญญาณออกพอร์ตแล้วให้ในบิตที่ต้องการฟังสถานะที่ล็อกนั้นก็ให้ทำบิตนั้นได้รับสัญญาณ 1 และส่วนบิตที่เป็นช่องสถานะอื่นๆ ก็ให้เป็น 0 แล้วก็ในเวลาต่อมาก็ต้องส่งสัญญาณออกพอร์ตที่เป็นสัญญาณ 0 ทุกบิต เพื่อไม่ให้วงจรนั้นมีสถานะค้างของการล็อกสถานะล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่พอร์ตที่ 2B1h มีช่องกดปุ่มที่ ปุ่มต่างๆ คือที่ บิตที่ 7 ถึง บิตที่ 5 เป็นบิตว่าง ส่วนที่ใช้งานคือบิตที่ 4 ถูกเรียกว่า ME ใช้ในการบันทึกช่องสัญญาณล็อกโดยเราเลือกสถานะที่ถูกใจแล้ว สั่งให้บิต ME เป็นมีสัญญาณ 1 ให้แล้วบิตอื่นมีค่าของสัญญาณเป็น 0 แล้วเวลาต่อมาก็ต้องส่งสัญญาณ 0 ทุกบิต เพื่อไม่ให้วงจรนั้นมีสภาวะค้าง และต่อมาเลือกค่าของช่องสถานีล็อกที่พอร์ต 2B0h ของการเลือกสถานีล็อกโดยทำตามขั้นตอนการกดสถานีล็อกข้างต้น นั่นคือเราจะได้ช่องสัญญาณที่มีการบันทึกไว้แล้ว

ที่บิตที่ 3 เป็นช่อง DOWN ในการจูนสถานีลง โดยสั่งให้บิต DOWN เป็นมีสัญญาณ 1 ให้แล้วบิตอื่นมีค่าของสัญญาณเป็น 0 แล้วเวลาต่อมาก็ต้องส่งสัญญาณ 0 ทุกบิต เพื่อไม่ให้วงจรนั้นมีสภาวะค้าง จูนเนอร์เอฟเอ็ม ก็จะจูนสถานีลง

ที่บิตที่ 2 เป็นช่อง UP ในการจูนสถานีขึ้น โดยสั่งให้บิต UP เป็นมีสัญญาณ 1 ให้แล้วบิตอื่นมีค่าของสัญญาณเป็น 0 แล้วเวลาต่อมาก็ต้องส่งสัญญาณ 0 ทุกบิต เพื่อไม่ให้วงจรนั้นมีสภาวะค้าง จูนเนอร์เอฟเอ็ม ก็จะจูนสถานีขึ้น

ที่บิตที่ 1 เป็นช่อง AUTO ในการจูนสถานีช่องที่ซัดสามารถรับฟังได้โดยมีสัญญาณรบกวนน้อย ช่องที่ซัดก็จะถูกล็อก โดยสั่งให้บิต AUTO เป็นมีสัญญาณ 1 ให้แล้วบิตอื่นมีค่าของสัญญาณเป็น 0 แล้วเวลาต่อมาก็ต้องส่งสัญญาณ 0 ทุกบิต เพื่อไม่ให้วงจรนั้นมีสภาวะค้าง ต่อจากนั้นก็สั่งบิต UP หรือ DOWN ก็ได้ เครื่องจูนเนอร์ก็จะวนหาสถานีดังกล่าว

ที่บิตที่ 0 เป็นช่อง MANUAL ในการจูนสถานีที่เป็นช่องสัญญาณขาขึ้นหรือขาลง ไปอย่างละ 0.05 MHz โดยสั่งให้บิต MANUAL เป็นมีสัญญาณ 1 ให้แล้วบิตอื่นมีค่าของสัญญาณเป็น 0 แล้วเวลาต่อมาก็ต้องส่งสัญญาณ 0 ทุกบิต เพื่อไม่ให้วงจรนั้นมีสภาวะค้าง ต่อจากนั้นก็สั่งบิต UP หรือ DOWN ก็ได้ เครื่องจูนเนอร์ก็จะขึ้นหรือ ลงไปเพียง 0.05 ตามคำสั่งที่ตามมา

ซึ่งจากการทดลองครั้งที่ได้กล่าวมาแล้วก็สามารถควบคุมการทำงานของการ์ดได้ แต่การทำงานยังมีข้อผิดพลาดอยู่เล็กน้อยอาจเป็นเพราะการเขียนโปรแกรม ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมควบคุมบนวินโดวส์ จะได้กล่าวในบทต่อไป

## บทที่ 5

### ซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันที่ใช้งานกับการ์ดจอเนอร์ฯ

#### 5.1 วัตถุประสงค์ของการเขียนซอฟต์แวร์

วัตถุประสงค์ของการ์ดจอเนอร์ฯ ที่ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ จุดหลักสำคัญของการเชื่อมต่อของฮาร์ดแวร์กับเครื่องรับวิทยุซึ่งจะมีหน้าที่ดังนี้

1. การอ่านสถานีเข้ามา
2. การส่งค่าไปยังวงจรเชื่อมต่อไปทำการเชื่อมต่อการทำงานของการเปลี่ยนสถานีไปทางความถี่ต่ำ
3. การส่งค่าไปยังวงจรเชื่อมต่อไปทำการเชื่อมต่อการทำงานของการเปลี่ยนสถานีไปทางความถี่สูง
4. การหาสถานีช่องที่ชัด
5. การเลือกสถานีโดยการเปลี่ยนสถานีทีละ 0.05 เมกะเฮิรตซ์
6. การต้องการฟังช่องที่บันทึกช่องที่ 1 - 8
7. ต้องการบันทึกช่องที่เราฟังอยู่ได้ 1 - 8
8. การปรับระดับความดังของเสียงที่ผ่านเครื่องขยายเสียงภายในการ์ตูนเนอร์ฯ ที่ต่อออกลำโพง
9. การปิดความดังของเสียงที่ผ่านเครื่องขยายเสียงภายในการ์ตูนเนอร์ฯ ที่ต่อออกลำโพง

ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถที่จะควบคุมที่หน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้เมาส์ โดยการเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม โดยโปรแกรมจะถูกพัฒนาขึ้นจาก บอร์แลนดีซี พลัสพลัส เวอร์ชัน 3.11 และ บอร์แลนดีซี พลัสพลัส เวอร์ชัน 4.52 ซึ่งการเขียนโปรแกรมเป็นการเขียนโปรแกรมที่ใช้งานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ซึ่งสามารถใช้งานได้บนทั้ง วินโดวส์ 3.11 และ วินโดวส์ 95

#### 5.2 ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ต้องการ

การใช้งานโปรแกรม ควรจะต้องใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ดังต่อไปนี้

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM - Compatible 80386 ขึ้นไป และหน่วยความจำ 4 เมกะไบต์ ขึ้นไป
2. MS-DOS เวอร์ชัน 4.01 ขึ้นไป
3. ฮาร์ดดิสก์
4. ไมโครซอฟท์ วินโดวส์ เวอร์ชัน 3.1 เวอร์ชัน 95 หรือเวอร์ชัน 97
5. การ์ด VGA หรือ Super VGA
6. ลำโพงสำหรับคอมพิวเตอร์

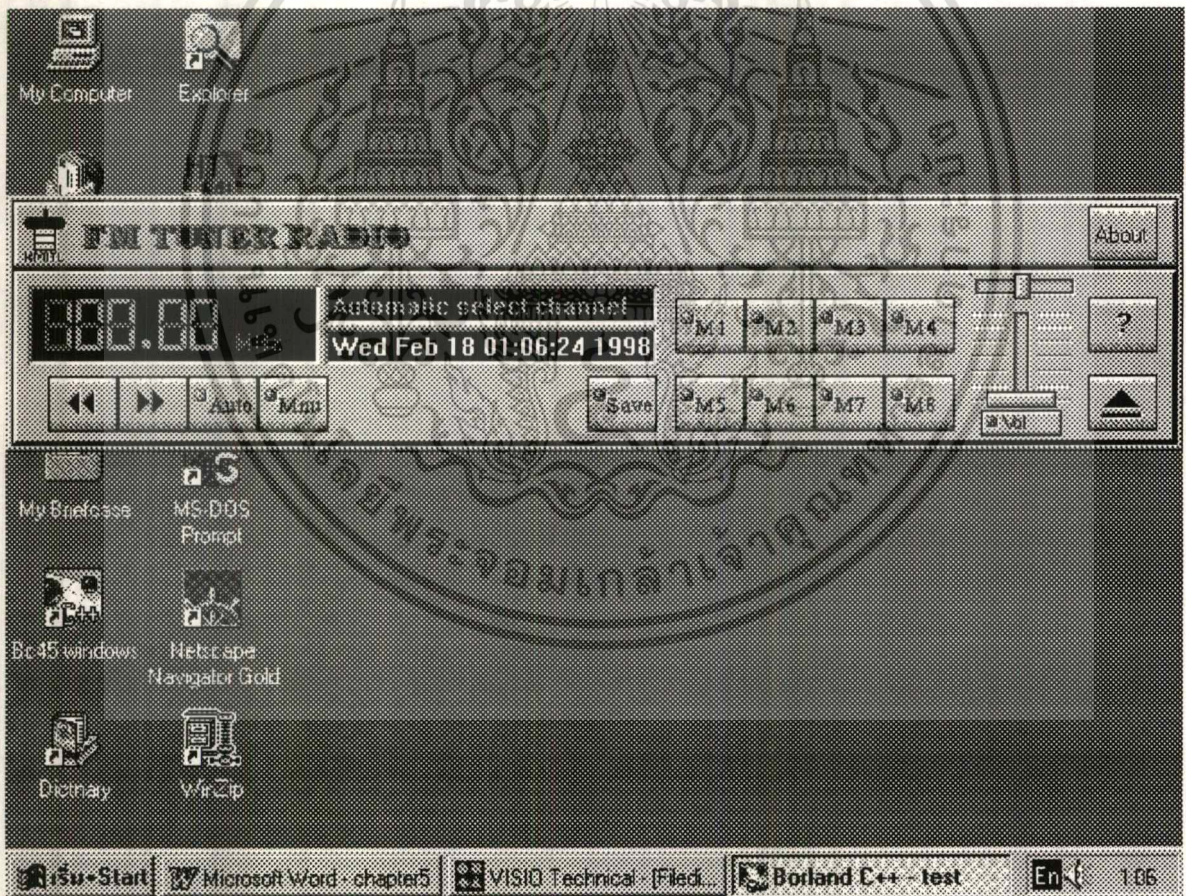
### 5.3 ขั้นตอนการติดตั้ง และการใช้งานแอปพลิเคชันที่ใช้งานกับการ์ดจอเนอร์ฯ

การติดตั้งโปรแกรมทั้งหมดลงในฮาร์ดดิสก์ โปรแกรมจะอยู่ในรูปแบบที่ถูกบีบอัดไว้ต้องทำการรันโปรแกรม Pkzip เพื่อขยายโปรแกรมลงในฮาร์ดดิสก์ โดยออกไปที่ คอส หรือใช้ Winzip ก็ได้ดังนี้

```
C:¥>md FMSTEREO
C:¥>cd FMSTEREO
C:¥FMSTEREO>a:
A:¥>pkzip a:¥fmstereo.zip c:¥FMSTEREO¥
```

รูปที่ 5.1 แสดงการติดตั้งโปรแกรมที่ใช้งานกับการ์ดจอเนอร์ฯ บนคอส

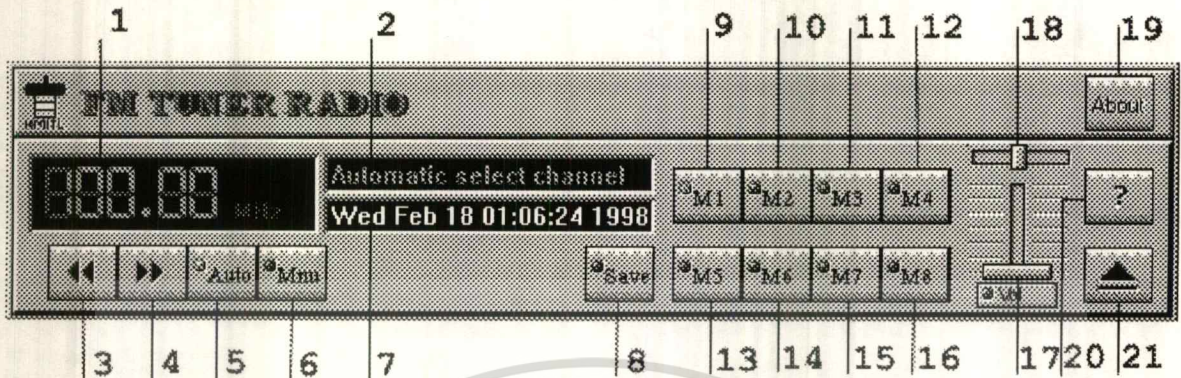
เมื่อทำการติดตั้งเสร็จแล้ว เราก็ทำการรันโปรแกรมแต่เราต้องทำการรันโปรแกรมบนวินโดวส์โดยเราต้องทำการเปิดวินโดวส์ก่อน โดยทำการรันโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม File Manager หรือใช้โปรแกรม Run ที่วินโดวส์จัดมาให้ทำการรันโปรแกรมจะปรากฏภาพที่เห็นดังนี้



รูปที่ 5.2 โปรแกรมที่ทำการรันในระบบปฏิบัติการวินโดวส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวโปรแกรมประกอบด้วยส่วนต่างๆ ทั้งส่วนแสดงผลช่องสถานีวิทยุ ส่วนปุ่มสำหรับกดเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์โดยส่วนมีประกอบดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงตำแหน่งของส่วนประกอบของโปรแกรม

1. ส่วนแสดงผลที่แสดงเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล โดยจะแสดงช่องที่เป็นสถานีที่กำลังรับฟังอยู่
2. ช่องแสดงสถานะของระบบเช่น การกดปุ่มเปลี่ยนเพื่อเลือกสถานี เป็นต้น
3. ปุ่มสำหรับเปลี่ยนสถานีลงไปยังสถานีที่มีความถี่ต่ำกว่า
4. ปุ่มสำหรับเปลี่ยนสถานีลงไปยังสถานีที่มีความถี่สูงกว่า
5. ปุ่มสำหรับตั้งค่าว่าถ้าสถานีไหนขาดให้หยุดฟังที่สถานีนั้น ถ้าไม่ขาดให้ผ่านสถานีนี้ไป โดยใช้ควบคุมกับปุ่มเปลี่ยนสถานีขึ้น และปุ่มเปลี่ยนสถานีลง
6. ปุ่มสำหรับตั้งค่าให้เปลี่ยนสถานีไปโดยเลื่อนความถี่ไปเพียง 0.05 เมกะเฮิร์ตซ์
7. ช่องที่แสดงวัน เดือน วันที่ เวลา และปี
8. ปุ่มบันทึกสถานีที่ต้องการเก็บไว้ต้องใช้คู่กับปุ่มสถานีที่บันทึกไป
9. ปุ่มสถานีที่บันทึกช่องที่ 1
10. ปุ่มสถานีที่บันทึกช่องที่ 2
11. ปุ่มสถานีที่บันทึกช่องที่ 3
12. ปุ่มสถานีที่บันทึกช่องที่ 4
13. ปุ่มสถานีที่บันทึกช่องที่ 5
14. ปุ่มสถานีที่บันทึกช่องที่ 6
15. ปุ่มสถานีที่บันทึกช่องที่ 7
16. ปุ่มสถานีที่บันทึกช่องที่ 8
17. ปุ่มลดระดับสัญญาณของเสียงที่ลำโพงที่ต่อ
18. ปุ่มที่ต้องการฟังลำโพงข้างซ้ายหรือข้างขวาเพียงอย่างเดียวหรือฟังทั้งสองข้างก็ได้
19. ปุ่มแสดงเวอร์ชันของโปรแกรม

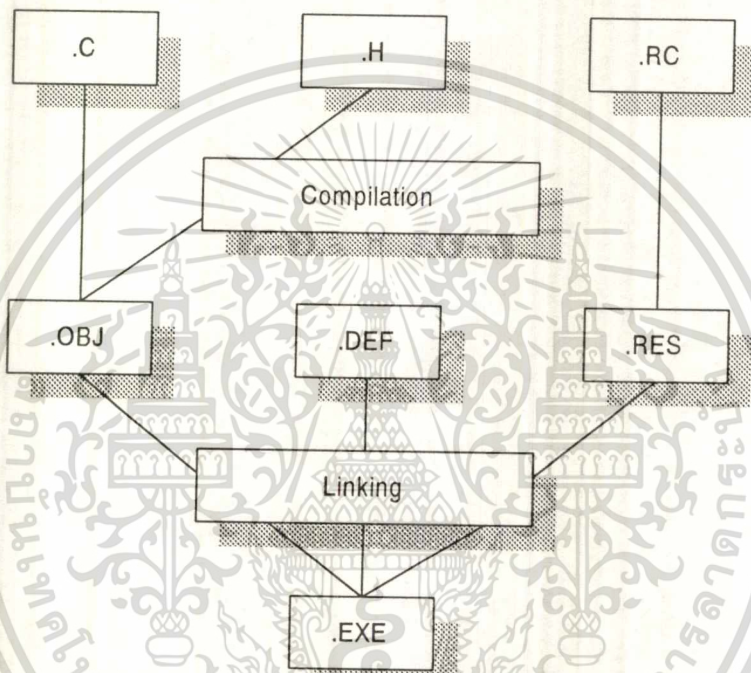
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. ปุ่มแสดงโปรแกรมช่วยเมื่อไม่เข้าใจการทำงานของโปรแกรม

21. ปุ่มออกจากโปรแกรม

### 5.4 โปรเจคไฟล์ในการพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์

การเขียนโปรแกรมเป็นโปรแกรมที่มีการทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ซึ่งต้องประกอบด้วยไฟล์มากมายในการทำเป็นโปรแกรมในหนึ่งโปรแกรม โดยในมีการรวมของออปเจก โครงสร้างของโปรแกรมและโมดูล โดยใช้โปรเจคไฟล์



รูปที่ 5.4 โค้สแอมของตารางโปรแกรมในระบบวินโดวส์

ซึ่งกลุ่มของไฟล์ที่เราต้องทำการเขียนก็คือ

1. .C คือ ไฟล์ชุดคำสั่งภาษาซี เป็นกลุ่มในการเขียนโปรแกรมส่วนที่เราต้องการเช่น การควบคุมระบบ การเขียนหน้าจอ การติดต่อกับโปรแกรมอื่นๆ ประกอบด้วยไฟล์ดังต่อไปนี้

digital.c

init.c

winmain.c

about.c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. .H คือ เฮดเดอร์ของไฟล์ ที่รวมของค่าที่ตั้งไว้ ค่าคงที่ และโปรแกรมย่อยที่จะสามารถดึงมาใช้ประโยชน์ได้โดยไม่ต้องเขียนใหม่ เป็นต้น

ประกอบด้วยไฟล์ดังต่อไปนี้

globals.h

fm.h

3. .RC คือ ไอคอน เคอร์เซอร์ บิตแมป สตริง ริชอร์สที่ผู้ใช้กำหนด เมนู เป็นเร่ง โคอะล็กบ็อกซ์ ฟอนต์ เป็นริชอร์ส ซึ่งเป็นข้อมูลและถูกรวมไว้ในไฟล์ .EXE แต่มันไม่ได้อยู่ในเซกเมนต์ปกติของโปรแกรมไปเก็บในหน่วยความจำเพื่อทำงาน จะทิ้งริชอร์สไว้บนดิสก์ เมื่อวินโดวส์ต้องการริชอร์สใด มันจะถูกอ่านไปเก็บในหน่วยความจำ

ประกอบด้วยไฟล์ดังต่อไปนี้

digital.rc

4. .DEF คือ ไฟล์นิยามโมดูลช่วยเหลือตัวลิงก์ในการสร้างไฟล์ .EXE โดยบอกลักษณะของชุดคำสั่งในโปรแกรม และเซกเมนต์ข้อมูล ขนาดค่าตัวชี้ของโปรแกรม (จากโปรแกรมที่สามารถจองพื้นที่หน่วยความจำ) และขนาดของสตริงโปรแกรม ข้อมูลนี้กลายเป็นส่วนหนึ่งของเฮดเดอร์ของรูปแบบไฟล์ปฏิบัติการตัวใหม่

ประกอบด้วยไฟล์ดังต่อไปนี้

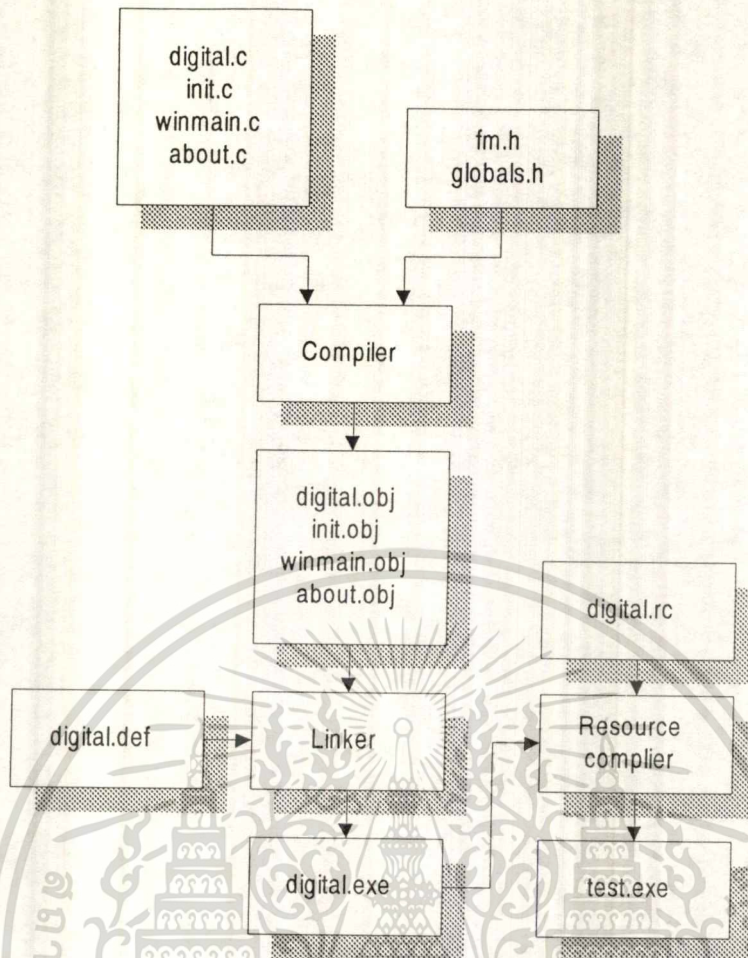
digital.def

กลุ่มไฟล์ที่ใช้ในการสร้างไฟล์ .EXE

1. .OBJ คือ คอมไพเลอร์ซี จะสร้างโมดูลออบเจกต์ ขึ้นมาจากไฟล์ .C เพื่อจะเป็นตัวถูกลิงก์ต่อไป
2. .DEF คือ ไฟล์เดียวกับไฟล์ที่เขียนขึ้น
3. .RES คือ ไฟล์ริชอร์ส .RC ถูกกำหนดในริชอร์สสคริปต์เป็นไฟล์แบบ ASCII โดยจะอ้างถึงไฟล์อื่น ต่อมาต้องทำการคอมไพเลอร์ริชอร์สเปลี่ยนสคริปต์ไปเป็นรูปไบนารี และเพิ่มเข้าไปที่ท้ายไฟล์ .EXE ซึ่งทำโดยตัวเชื่อม และสร้างตารางของริชอร์สในไฟล์เฮดเดอร์ .EXE

ไฟล์ที่ใช้ในการรันโปรแกรม.EXE คือ ไฟล์ที่ถูกตัวเชื่อม เชื่อมไฟล์ .OBJ .DEF .RES เข้าไว้ด้วยกัน โดยเราสร้างทำการรันโปรแกรมจากส่วนนี้ได้โดยตรง ในระบบปฏิบัติการของวินโดวส์

บล็อกโคแอะแกรมทั้งหมดของไฟล์ในการเขียนโปรแกรมและโครงสร้างของการกำหนดไฟล์ต่างๆ ในระบบของวินโดวส์



รูปที่ 5.5 การสร้างโปรแกรมการคำนวณ

ทางโดยทั่วไปที่จะสร้างโปรแกรมบนวินโดวส์โดยใช้ Integrated Development Environment (IDE) และ Project Manager และ Compiler โปรแกรม หรือใช้ Makefile เป็นกระบวนการพื้นฐานที่มีความคล้ายคลึงกัน

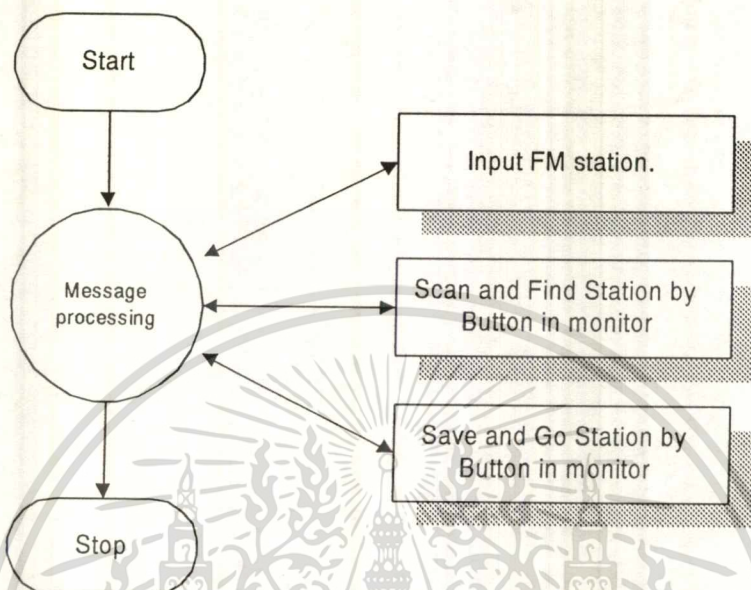
เมื่อใช้โปรเจกต์แมนเนเจอร์และไอดีอี สำหรับการสร้างโปรแกรม มีอยู่ 7 ขั้นตอนดังนี้

1. เริ่ม ไอดีอี โดยดับเบิลคลิก ที่ไอคอนของบอร์แลนดซ์พีลส์พลัส
2. เขียนโปรแกรมไฟล์ภาษาซี เฮดเดอร์ไฟล์ โมดูล และริซอร์ซไฟล์
3. เลือกไปที่เมนู Project และ Open แล้วพิมพ์ชื่อ ไฟล์ testprj แล้วก็กดปุ่ม โอเค หรือเอนเตอร์
4. เลือกไปที่เมนู Project และ Add ไฟล์ digital.c digital.def และ digital.rc
5. เลือกไปที่เมนู Option และ Application โดยเลือกที่ไดอะล็อกบ็อกซ์ แล้วเลือก Windows
6. เลือกไปที่เมนู Run และ Run ที่จอภาพจะปรากฏภาพการคอมไพล์ไฟล์ที่สมบูรณ์
7. ถ้าเกิดการผิดพลาดก็ทำการแก้ไขในโปรแกรมแล้วย้อนกลับไปทำที่ข้อที่ 6 ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.5 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรมโดยรวม

โปรแกรมจะรอรับเมสเสจที่ส่งมาจากวินโดวส์ โดยที่เมสเสจนั้นจะวนรอรับอยู่ โดยเมื่อเราทำการกดปุ่มที่หน้าจอ จะเกิดเมสเสจขึ้น มาสั่งให้ทำงานในเมสเสจที่กดปุ่มนั้น ซึ่งจะแตกต่างกับระบบของการเขียนโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการของคอสที่จะทำตามลำดับขั้นของบรรทัดการทำงานต่างๆ



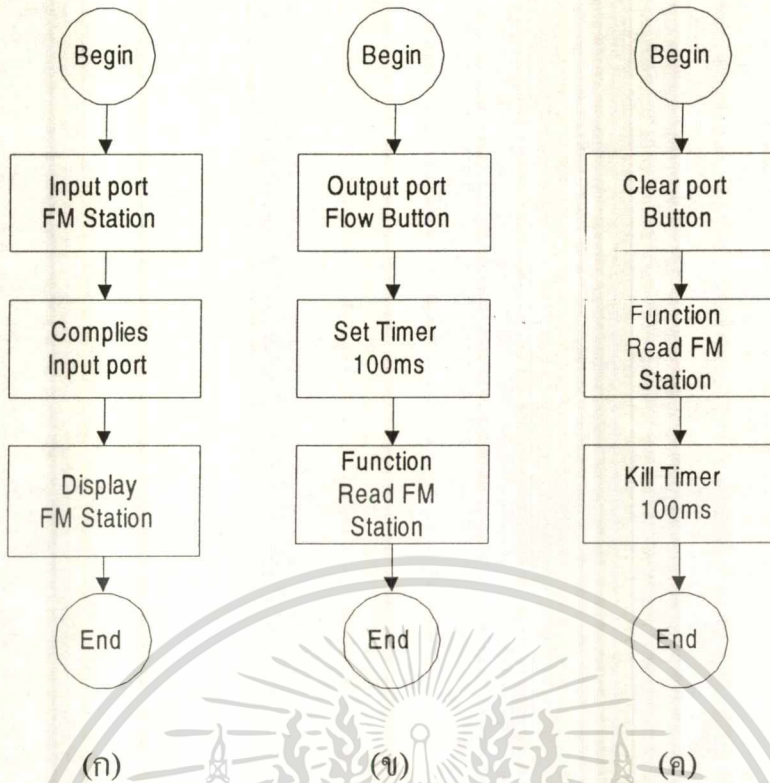
รูปที่ 5.6 บล็อกเหตุการณ์ ของโปรแกรมการ์ตูนเนอร์ฯ

### 5.5.1 ฟังก์ชันส่วนรับสถานีเอฟเอ็ม ส่วนส่งเพื่อควบคุมปุ่มต่าง และส่วนฐานเวลา

ในส่วนที่อ่านค่าสถานี ก็ทำการเขียนโปรแกรมอ่านค่าสถานีเข้ามา แล้วข้อมูลที่อ่านเข้ามาก็จะมาแปลงเป็นลักษณะที่เข้าใจที่พวกตัวอักษร (โดยส่งที่อ่านเข้ามาเป็นเลขฐานสองที่เป็น code ต่างๆ) ต่อจากนั้นก็ส่งค่าไปแสดงผลที่จอภาพว่าสถานีเป็นสถานีที่มีความถี่เป็นกี่เมกะเฮิรตซ์ แล้วก็จบฟังก์ชัน

ในส่วนควบคุมปุ่มกดและเพื่อไปควบคุมระบบเครื่องรับวิทยุ เช่นปุ่มเลือกส่วนจัดเก็บสถานีที่ 1 ก็จะส่งโปรแกรมไปควบคุมฮาร์ดแวร์ให้ทำงานในส่วนจัดเก็บสถานีที่ 1 จากนั้นก็ตั้งค่าฐานเวลา แล้วต่อมาก็ส่งค่าไปทำในฟังก์ชันการอ่านค่าสถานี

ส่วนฐานเวลา เป็นส่วนที่เมื่อตั้งฐานเวลาในส่วนควบคุมปุ่มกดแล้วโดยฮาร์ดแวร์จะมีคุณสมบัติในการค้างสภาวะอยู่แล้วเราจะต้องทำการเคลียร์ค่าที่ส่งไปโดยเราต้องมีการหน่วงเวลาเพื่อให้ฮาร์ดแวร์ส่วนควบคุมรับรู้จากนั้นเราก็ทำการลบส่วนที่เป็นการตั้งค่าฐานเวลาทั้งก็จะไม่มีการมากระทำที่เมสเสจของส่วนฐานเวลาอีก



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 5.7 บล็อกไดอะแกรมโดยรวมของระบบ

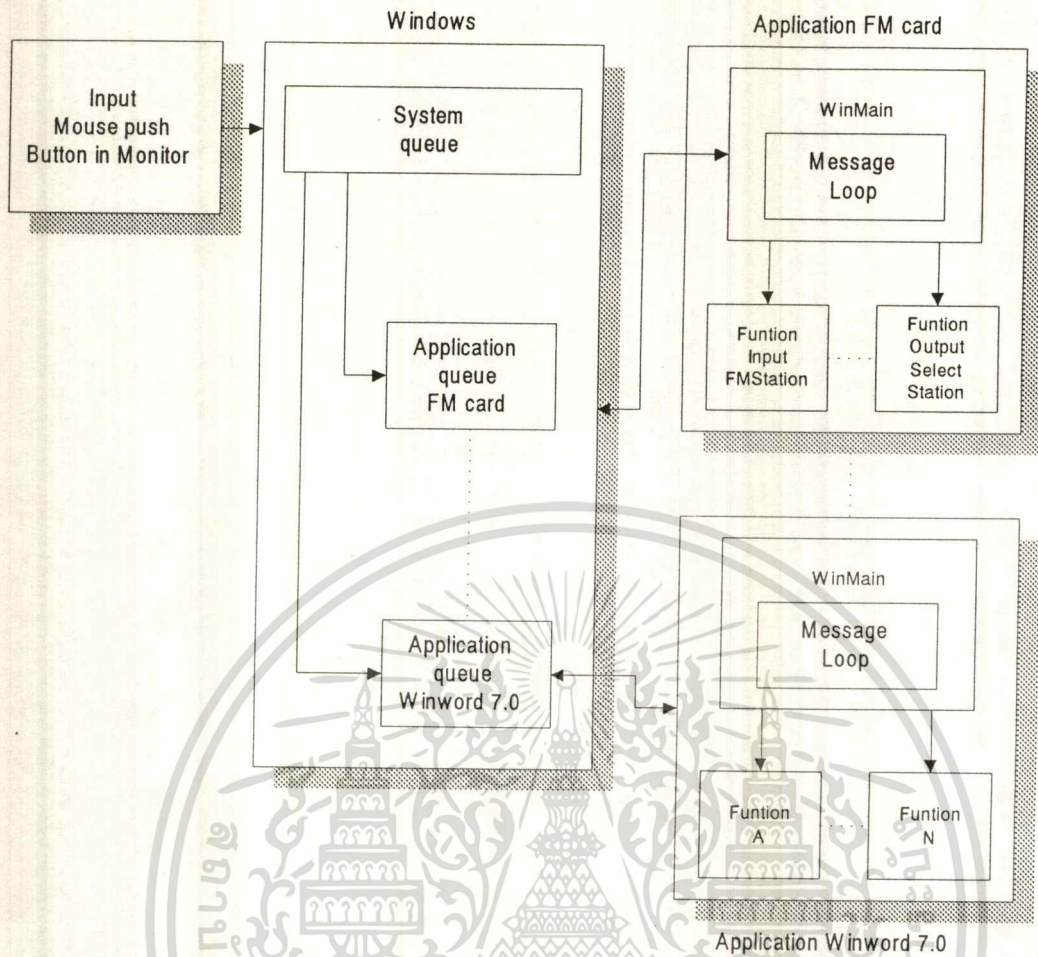
(ก) ในส่วนที่อ่านค่าสถานี

(ข) ในส่วนควบคุมปุ่มกดและเพื่อไปควบคุมระบบเครื่องรับวิทยุ

(ค) ส่วนฐานเวลา

## 5.6 เมตเสจรูป

ในโปรแกรมวินโดวส์ในการรับอินพุตเป็นในรูปแบบของเมตเสจ ในเมตเสจจะรวมคำสั่งของอุปกรณ์โดยสร้างเป็นอินพุต เช่น การกดคีย์บอร์ด ตำแหน่งของเมาส์ การกดคีย์ของเมาส์ และระบบของเวลา เป็นต้น วินโดวส์จะรับอินพุตทั้งหมดจากระบบมาเรียงลำดับความก่อนหลังกัน ต่อมาวินโดวส์จะคัดลอกส่งเมตเสจจากการเรียงลำดับความก่อนหลังกันไปยังโปรแกรมที่ตรงกับค่าการเรียงลำดับก่อนหลัง และการเรียงลำดับความก่อนหลังกันจะถูกตัดทิ้งแล้ว โปรแกรมที่รับเมตเสจก็จะทำตามเมตเสจที่จะได้รับมาว่าเมตเสจนี้จะทำอะไรบ้างต่อไปในฟังก์ชันที่เมตเสจนั้นสั่งให้ทำงานต่อไป



รูปที่ 5.8 วินโดวส์และรูปของเมสเสจ

ถ้าเราคปุ่มที่เราสร้างขึ้น เมสเสจก็จะส่งการกดปุ่มที่ค่าของปุ่มนั้นด้วยเมสเสจที่ชื่อปุ่มนั้น แล้วเมสเสจนี้ก็จะไปกระทำในฟังก์ชันเพื่อให้ส่งค่าออก พอร์ตที่กำหนดเพื่อที่จะไปส่งงานต่อไปทั้งที่ ต่อมาก็จะตั้งค่าเวลาการนับจากนั้นก็หุดฟังก์ชันแล้ว โปรแกรมก็จะรอจนกว่าได้รับเมสเสจการนับเวลาก็ทำการอ่านค่าพอร์ตเข้ามาเป็นการรับสถานีที่จะแสดงผลที่หน้าจอภาพต่อไป

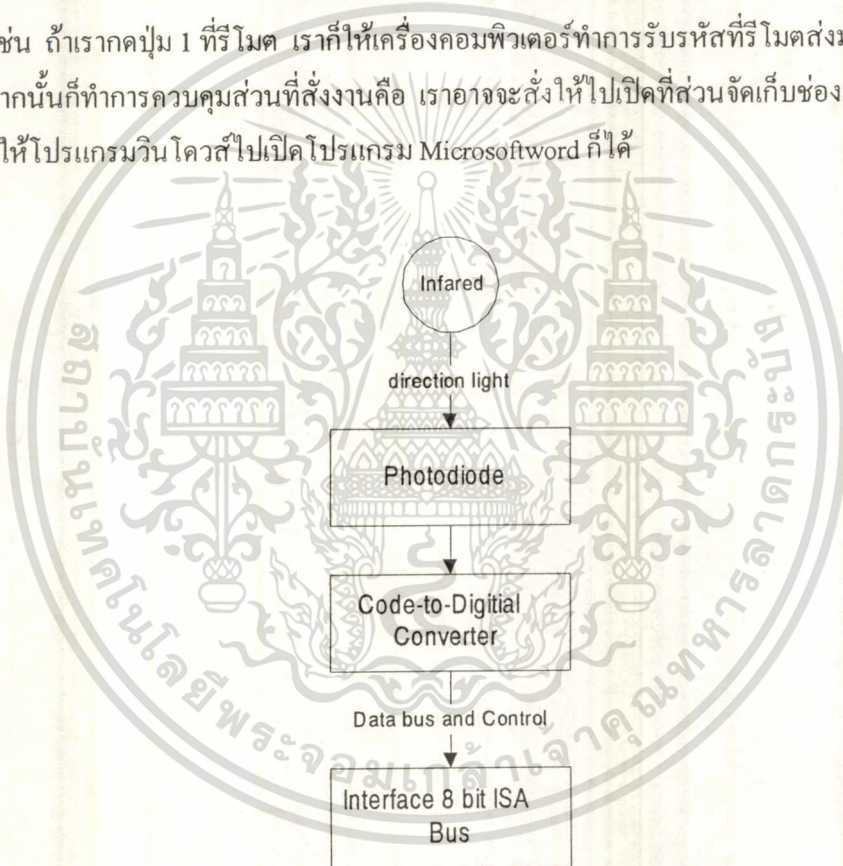
## บทที่ 6

### แนวทางการพัฒนาต่อ

สำหรับแนวทางการพัฒนานี้ จะเป็นส่วนเพิ่มเติมในการใช้งานที่ใช้งานกับการ์ดจูนเนอร์เอฟเอ็มซินธิไซเซอร์ สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยที่เราจะออกแบบตามความคิดจะเป็นแนวทางในการพัฒนาในมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีแนวทางต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

#### 6.1 การเพิ่มเติมรีโมตเพื่อควบคุมระบบของวินโดวส์

เป็นการสร้างฮาร์ดแวร์ส่วนที่เป็นรีโมตหรือเครื่องควบคุมระยะไกล ซึ่งส่วนรับนี้ต่อพอร์ตภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วเราก็ทำการเขียนโปรแกรมส่วนที่เป็นส่วนรับรีโมตเข้ามาแล้วทำการควบคุมส่วนที่ต้องการจะควบคุมเช่น ถ้าเราคปุ่ม 1 ที่รีโมต เราก็ให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการรับรหัสที่รีโมตส่งมา แล้วอ่านค่าว่าเป็นรหัสใด จากนั้นก็ทำการควบคุมส่วนที่สั่งงานคือ เราอาจจะสั่งให้ไปเปิดที่ส่วนจัดเก็บช่องสถานีที่ 1 หรือเราอาจจะเขียนให้โปรแกรมวินโดวส์ไปเปิดโปรแกรม Microsoft word ก็ได้

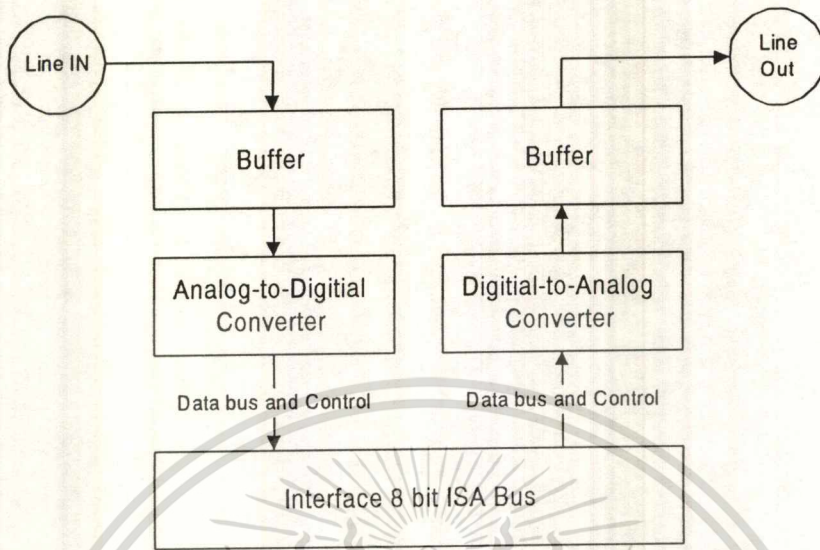


รูปที่ 6.1 บล็อกโครงสร้างของระบบรีโมตแบบอินฟราเรด

#### 6.2 การเพิ่มส่วนวิเคราะห์เสียง

เป็นส่วนที่เราอาจจะต้องการฮาร์ดแวร์ที่เป็นซาวด์การ์ด แล้วทำการรับอินพุตจากการ์ดจูนเนอร์ฯ เข้ามาแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เสียงที่เกิดจากการ์ดจูนเนอร์ที่เข้ามายัง Line-In โดยใช้กระบวนการทาง Digital Signal Processing (DSP) เราอาจจะทำการเปลี่ยนเสียงจากเสียงที่มีความถี่สูงไปเป็นความถี่ต่ำหรือเสียงจากความถี่ต่ำไปเป็นความถี่สูง ก็จะทำให้การฟังจะเปลี่ยนแปลงรูปแบบ ในการวิเคราะห์เสียงนี้เราอาจจะวิเคราะห์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงที่พูดให้พิมพ์ออกที่หน้าจอภาพโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เสียงทางดิจิทัลด้วยเทคนิคต่างๆ และถ้าเราไม่มีฮาร์ดแวร์เราก็จะทำการสร้างฮาร์ดแวร์ได้ดังนี้



รูปที่ 6.1 รูปฮาร์ดแวร์ในการสังเคราะห์เสียง

โดยเมื่อมาสัญญาณที่ต้องการสังเคราะห์เสียง เช่น ไมค์โครโฟน หรือแหล่งเสียงจากการ์ตูนเนอร์ฯ โดยให้สัญญาณเข้ามาแล้วทำการวิเคราะห์โดยการอ่านข้อมูลโดยทำการ แซมปลิ่ง (Sampling) ข้อมูลแล้วอ่านข้อมูลเข้ามาทางเอพดี (A/D) ทำการวิเคราะห์สัญญาณเสียงที่ได้ด้วยวิธีการ ดีเอสพี และต่อมาก็ส่งสัญญาณออกไปทาง ดียูเอต่อไป เราก็จะทำการวิเคราะห์เสียงเปลี่ยนแปลงเสียงให้เป็นแบบต่าง ๆ และอาจจะพัฒนาในการจัดเก็บข้อมูลได้อีกด้วย แต่เราต้องมาดูโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นมาตรฐานการจัดเก็บข้อมูลเสียงก่อน เนื่องจากจะได้อาจจะใช้ซอฟต์แวร์ที่มีโดยทั่วไปสามารถเปิดไฟล์ที่เราทำการจัดเก็บได้อีกด้วย

### 6.3 วิทยุในระบบเน็ตเวิร์ก

ในปัจจุบันเราจะเห็นว่าในระบบของอินเทอร์เน็ตเราสามารถเปิด Web Site ของเซฟเวอร์ตัวต่าง ๆ ตามไอพีแอดเรสต่าง ๆ เมื่อเราอ่านข้อมูลจากสัญญาณวิทยุแล้วเข้าการ์ดซาวด์ หรือฮาร์ดแวร์ที่เราสร้างขึ้นมา เราก็จะใช้วิธีการเขียนโปรแกรม Java หรือ Java Script พัฒนาโปรแกรมเกี่ยวกับเน็ตเวิร์กต่อไป

## บทที่ 7

## บทวิจารณ์ และบทสรุป

ผลการทดลองที่ได้จากโครงการนี้ สัญญาที่ได้จากวงจรเครื่องรับสัญญาณเอฟเอ็ม ได้ค่าความถี่ที่ใกล้เคียงกับเครื่องรับอื่น ๆ และวงจรอินเตอร์เฟสก็ทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ หลังจากนั้นเมื่อต่อวงจรทุกส่วนเข้าด้วยกันแล้วนำไปเสียบลงในสล็อตของคอมพิวเตอร์ และได้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของการ์ด ก็ได้ผลเป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งในขั้นแรกก็มีปัญหาคือไม่สามารถทำงานได้ แต่เมื่อตรวจสอบดูแล้วก็พบว่าได้มีการออกแบบลายวงจรผิด เมื่อได้ทำการแก้ไขก็สามารถใช้งานได้ ซึ่งจะเห็นได้ที่ตัวการ์ดมีการแก้ไขลายวงจร ซึ่งในการทดลองสร้างการ์ดนี้ ผู้จัดทำสังเกตเห็นว่าขั้นตอนที่สำคัญในการทำให้การ์ดมีประสิทธิภาพนั้นคือให้มีสัญญาณรบกวนน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ จะอยู่ในช่วงของการออกแบบลายวงจรซึ่งมีข้อที่ค้ำึงถึงอยู่หลายประการดังที่อยู่ในปริญญาณิพนธ์นี้ ซึ่งเมื่อนำไปเทียบกับการ์ดอันแรกที่ไม่มีการลดทอนแล้วจะเห็นว่าแตกต่างกันมาก และส่วนสำคัญอีกประการก็คือการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ซึ่งเป็นตัวที่จะทำให้การ์ดมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้จัดทำได้นั้นในส่วนของการอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ การออกแบบวงจรเพื่อลดสัญญาณรบกวนและการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ส่วนในส่วนของวงจรเครื่องรับวิทยุ ผู้จัดทำได้ใช้อุปกรณ์ที่เป็น ไอซีสำเร็จรูป เพื่อความสะดวกในการปรับแต่ง ดังนั้นจึงมีการทดลองทางด้านวงจรเครื่องรับวิทยุอย่างมาก

อนึ่งผู้จัดทำได้มีแนวคิดในการพัฒนาต่อ เพื่อให้ได้บุคคลที่มีความสนใจในเรื่องนี้ ได้เกิดแนวทางการความคิดริเริ่มได้บ้างไม่มากนักน้อ

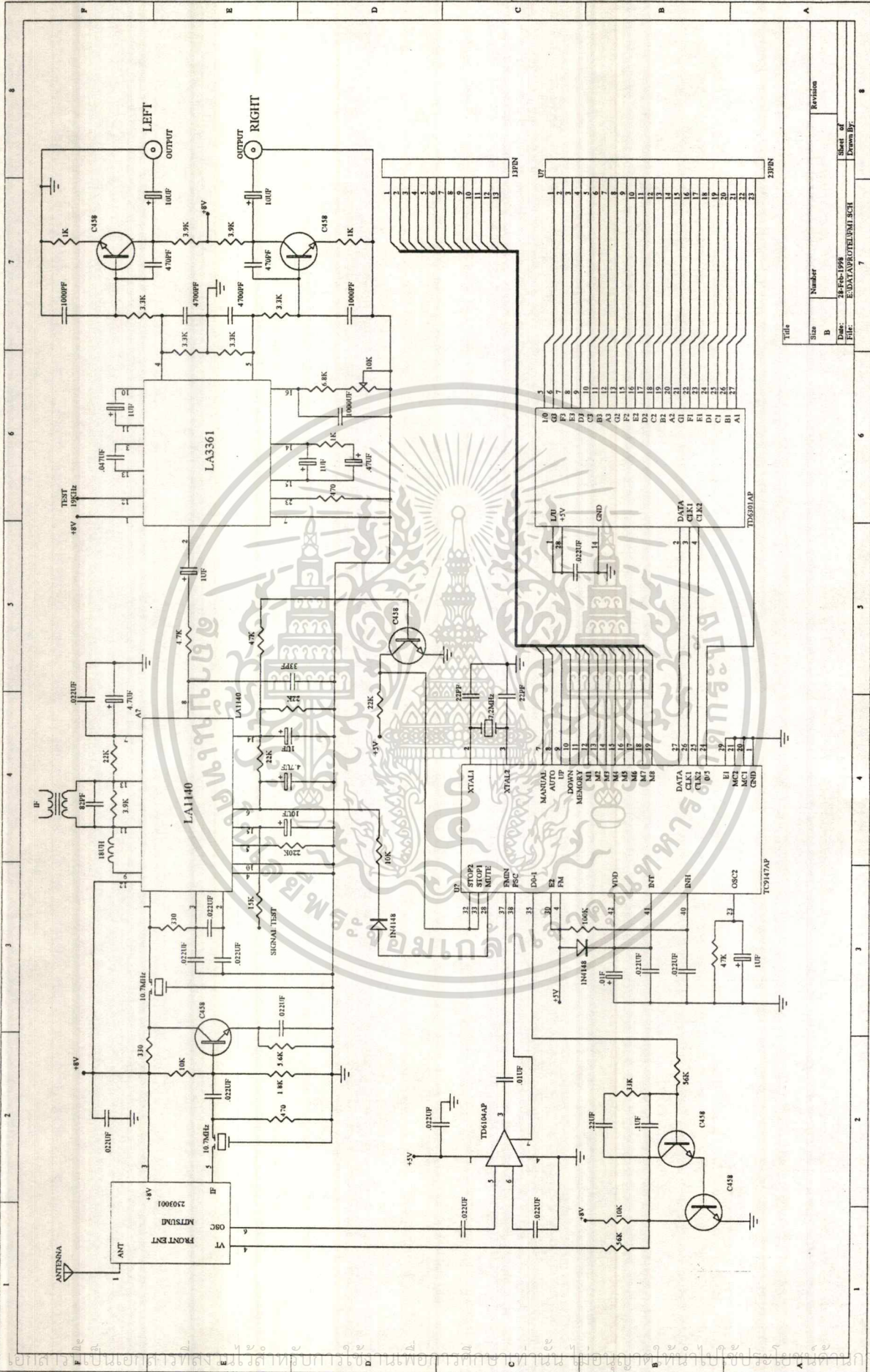
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

- วงจรเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็ม
- วงจรอินเตอร์เฟส
- วงจรขยายเสียง
- ลายวงจรของการ์ดด้านบน
- ลายวงจรของการ์ดด้านล่าง
- ลายอุปกรณ์
- แสดงการ์ดใช้งานจริง

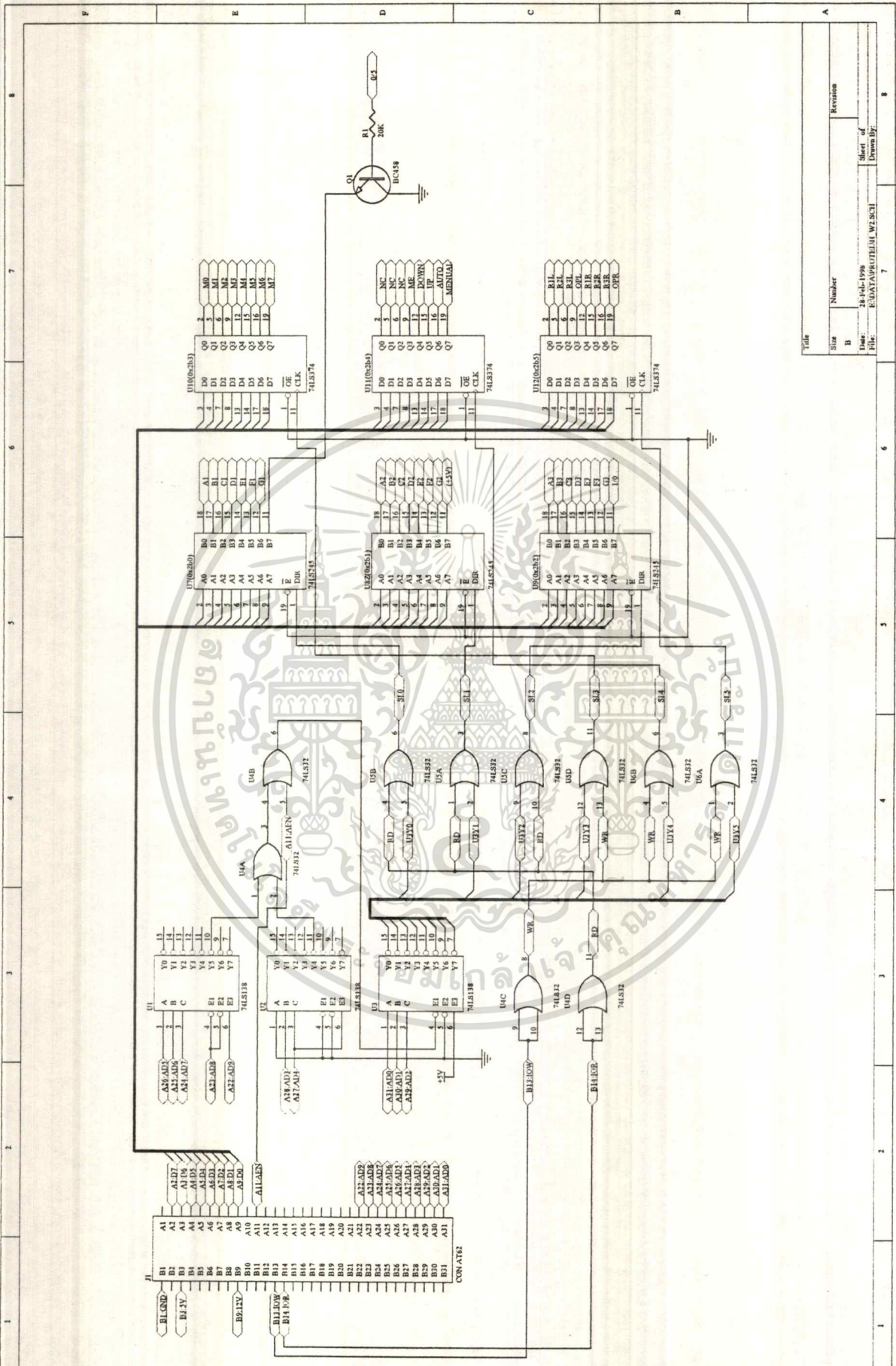


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



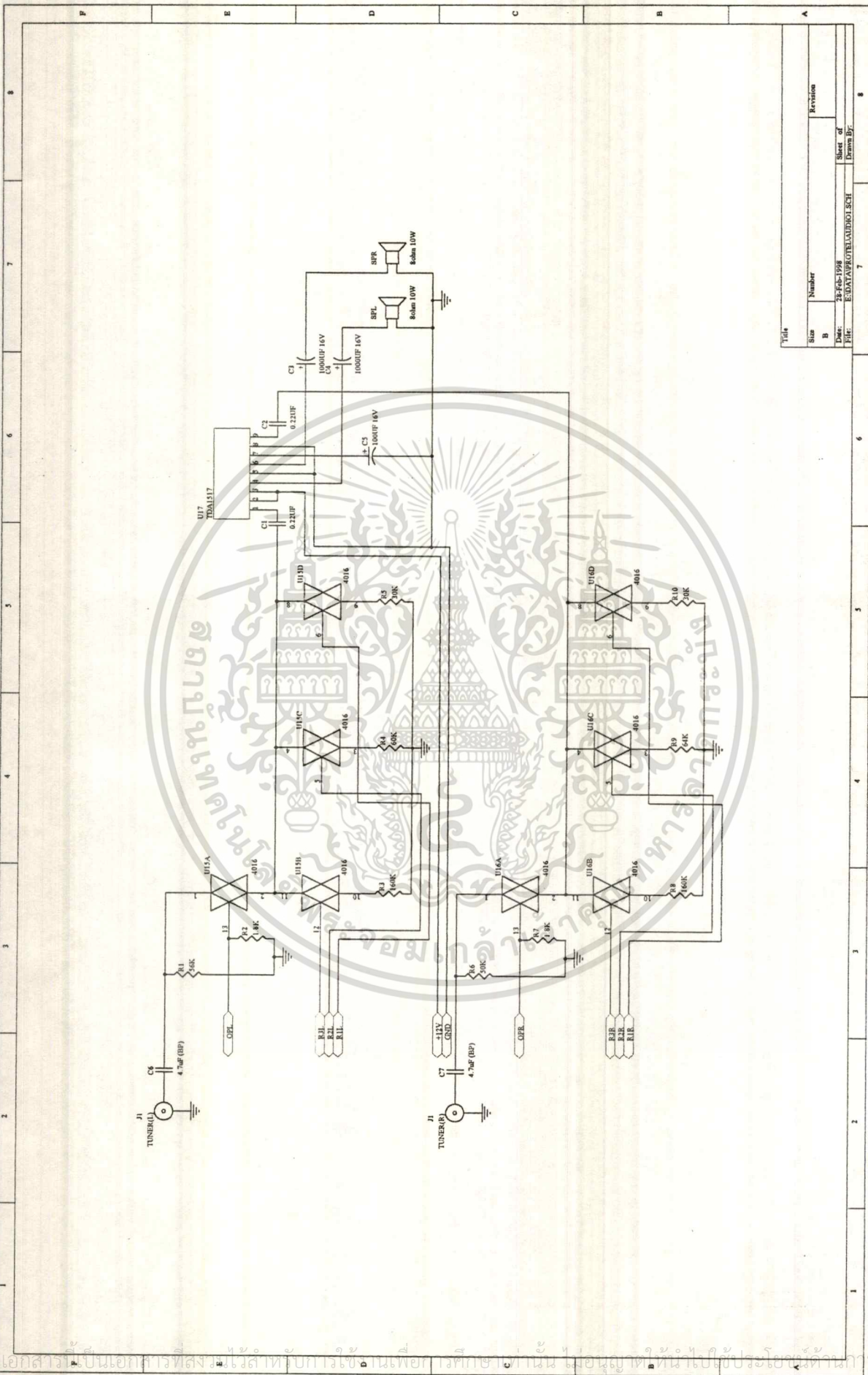
Title	
Size	Number
B	
Date:	Revision
24 Feb 1998	
File:	Sheet of
E:\DATA\RF\ELPM1.RCH	Drawn By:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



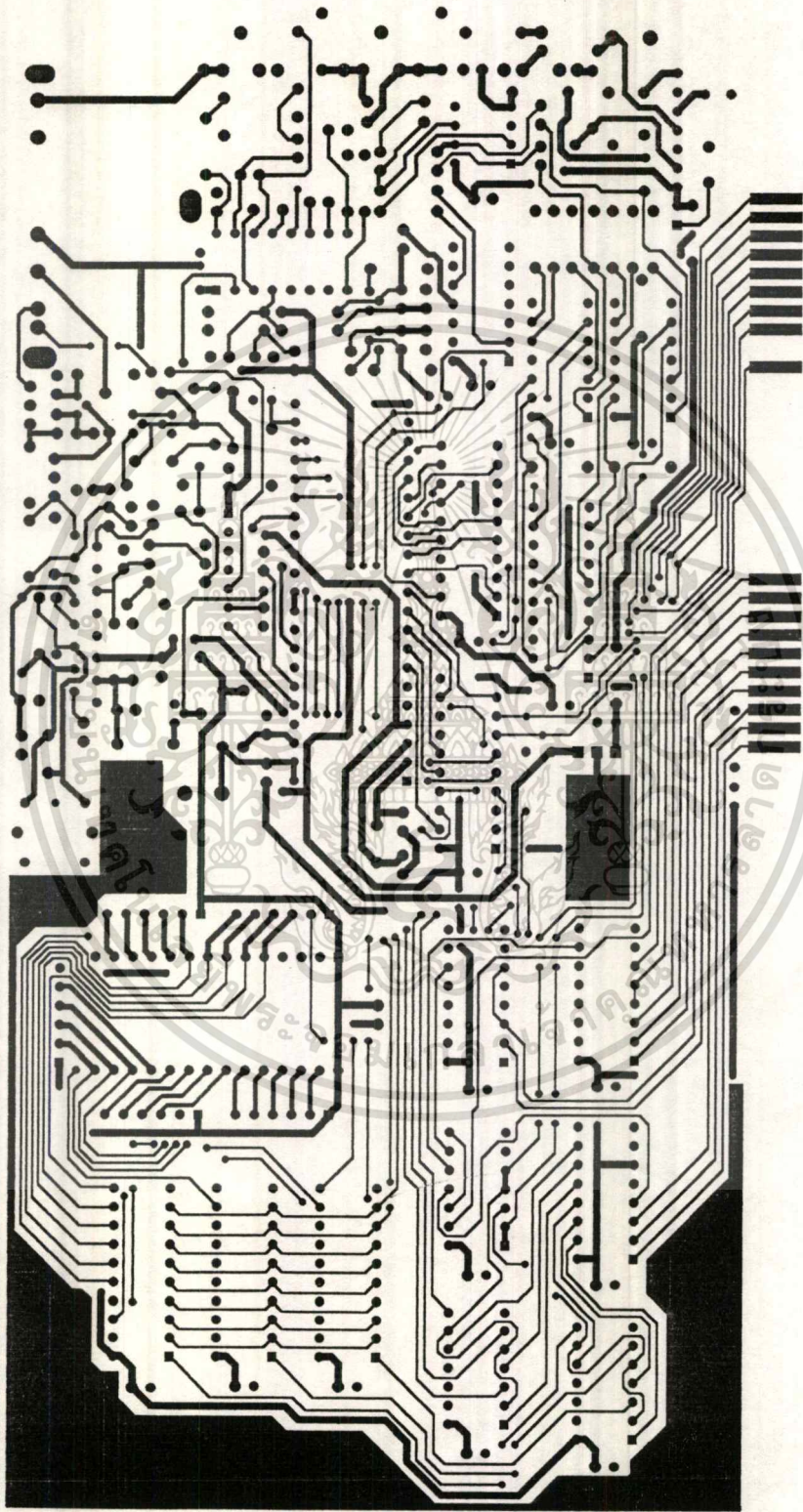
Title		Revision	
Size	Number	Drawn	Sheet of
B		24.04.1998	8
File: E:\DATA\PROJ\TH_WZSCH1		Drawn By:	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

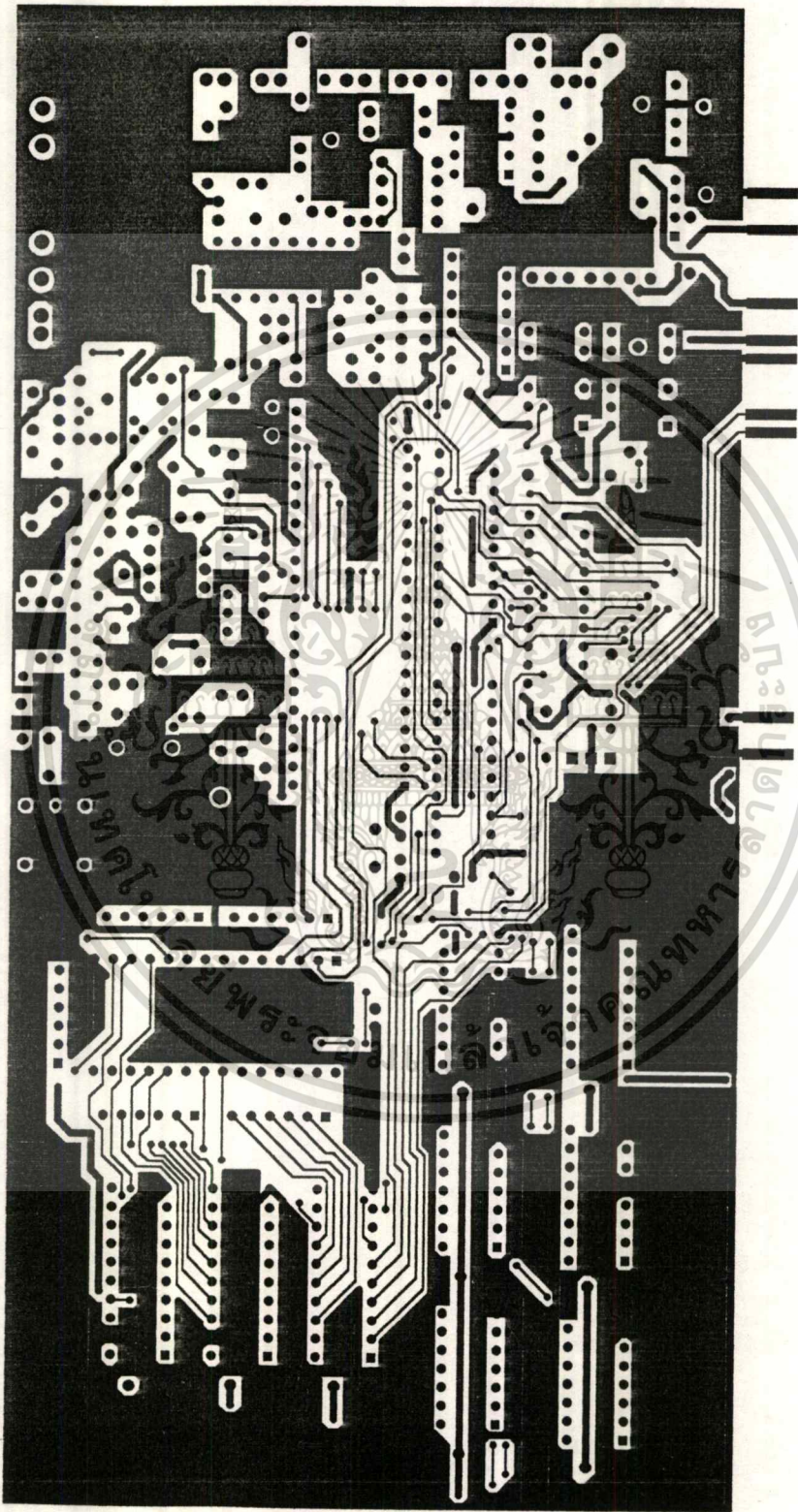


Title		Revision	
Size	Number		
B			
Date:	28-Feb-1998	Sheet of	8
File:	E:DATA\GOT\UNIVERS\SCH	Drawn By:	

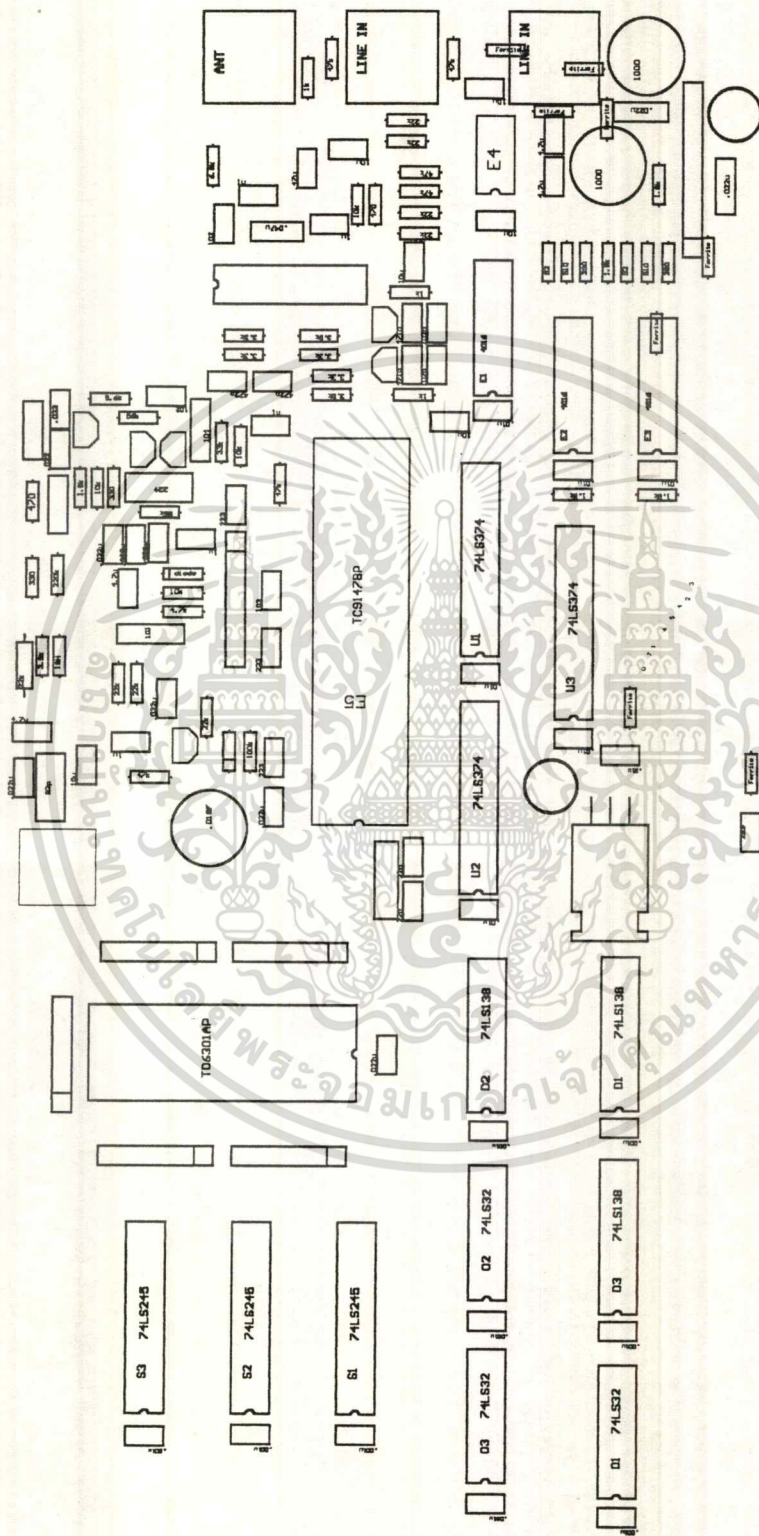
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



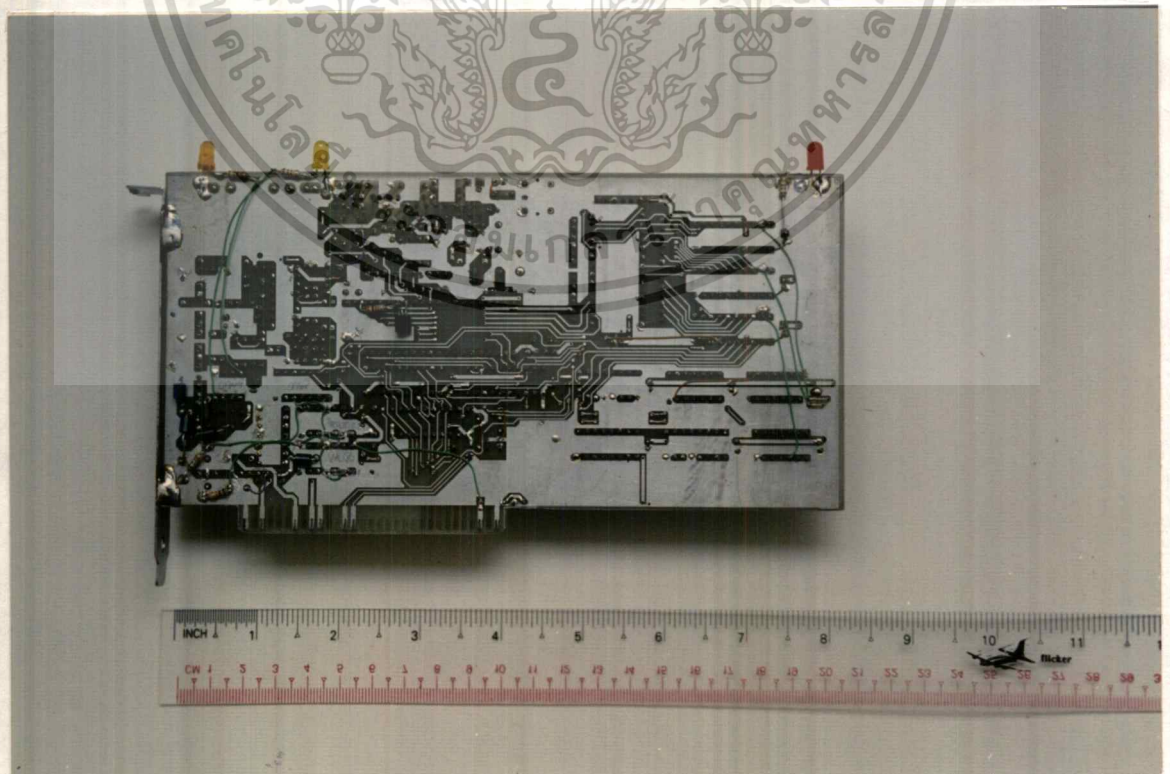
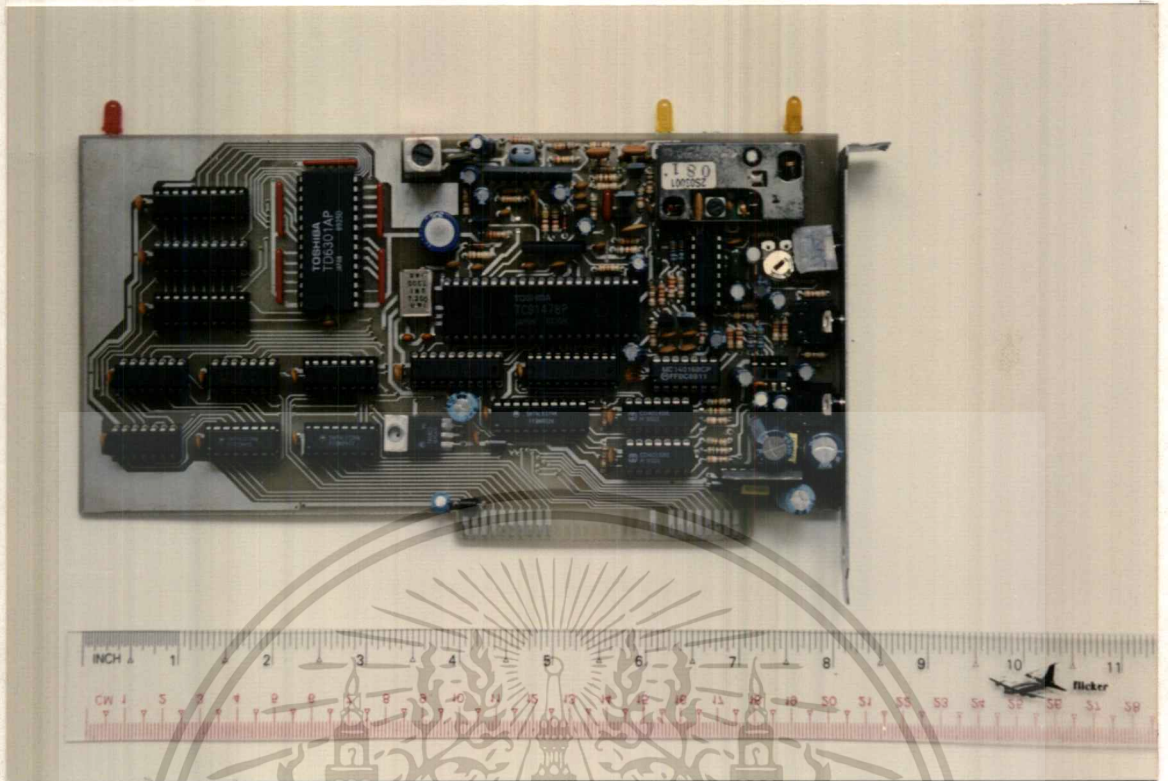
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี อันเกิดจากปัจจัยหลายๆ ด้าน ประการแรก คือ ต้องขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่มีความรักและความเข้าใจ และอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้โอกาสและสนับสนุน จนทำให้ผู้จัดทำมีกำลังใจทั้งนี้ก็ด้วยความอิสระในการทำงาน จากการไว้วางใจจากอาจารย์สุทธิชัย นพนาตีพงษ์ และคำชี้แนะ อีกทั้งให้ใช้เครื่องมือจนโครงการสำเร็จ

### คณะผู้จัดทำ

1. นายกิตติพงศ์ สิงห์ทอง
2. นายสมชาย วิริยะกระษาปณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

- [1] จิตี หนูแก้ว “เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC” กรุงเทพฯ  
: สำนักพิมพ์ หก. เอช-เอน การพิมพ์, 2534
- [2] บุญชิต เนติศักดิ์ “ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องรับวิทยุ AM/FM ” กรุงเทพฯ  
: ซีเอ็ดบุ๊คเซ็น, 2540
- [3] Henry W. Ott ‘Noise Reduction Techniques in electronic systems’  
: John Wiley & Sons, 1989

