ระบบค้นหาทิศทางเครื่องส่งวิทยุ

Direction Finding System

โดย

นายปฏิภาณ แสงเจริญ

นายประเสริฐ มงคลรัตนชัย

นายเมธี ลิ่วโรจน์สกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033389

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2536

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบค้นหาทิศทางเครื่องส่งวิทยุ

คณะผู้จัดทำ

1. นายปฏิภาณ แสงเจริญ 33100197
2. นายประเสริฐ มงคลรัตนชัย 33100209
3. นายเมธี ลิ่วโรจน์สกุล 33100303

---------------------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. นิภา ลีลารุจิ)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบค้นหาทิศทางเครื่องส่งวิทยุ
(ย่านความถี่ 144 - 146 MHz)

โดย นายปฏิภาณ แสงเจริญ
นายประเสริฐ มงคลรัตนชัย
นายเมธี ลิ่วโรจน์สกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ นิภา ลีลารุจิ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการนำเสนอการนำเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์กับเครื่องรับวิทยุเอ็ฟเอ็ม (FM) ในย่างความถี่ 144 ถึง 146 เมกะเฮิร์ตซ์ (ย่าน วิทยุสมัครเล่น) เพื่อใช้เป็นเครื่องค้นหาทิศทางของเครื่องส่งวิทยุในย่านความถี่ดังกล่าว โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 80X86 ของบริษัทอินเทล เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องรับวิทยุ, สเต็ปปิ้งมอเตอร์, และอุปกรณ์ตรวจจับการหมุนของสายอากาศ ผ่านทางการ์ดอินเทอร์เฟซ (Interfacing Card)

การ์ดอินเทอร์เฟซดังกล่าวนี้ ทำหน้าที่เป็นทางผ่านเข้า-ออกของสัญญาณควบคุมต่าง ๆ และค่าความแรงของสัญญาณวิทยุที่รับได้ โดยความแรงของสัญญาณซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณอะนาล็อก จะถูกแปลงให้เป็นข้อมูลดิจิตอลด้วยไอซีแปลงสัญญาณเบอร์ ADC 0804

ABSTRACT

This thesis presents a Computer-Controlled Direction Finder, using an 80X86 based microcomputer and a receiver to get the strength of the radio signal. It needs an interfacing card to make a connection among the digital computer and the analog devices, such as the receiver, stepper moter, turning detector. All these devices receive and send their signal and data through the interfacing card.

The analog signal (refer to the strength of the signal, also) will be converted from anolog signal to digital data ,by means of the ADC 0804 analog-to-digital converter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 หลักการของระบบค้นหาทิศทางเครื่องส่งวิทยุ FM	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 หลักการทำงานของระบบ	1
1.3 การทำงานของระบบ	2
1.4 หลักการหาทิศทางในการรับส่งสัญญาณที่ดีที่สุด	3
1.5 หลักการการค้นหาตำแหน่งเครื่องส่งวิทยุ	5
บทที่ 2 สายอากาศ	8
2.1 สายอากาศยากิ	8
2.2 สายอากาศที่ใช้ในโครงงาน	9
2.3 รูปแบบในการค้นหาทิศทางคลื่นวิทยุ	9
บทที่ 3 เครื่องรับวิทยุ	12
3.1 ทฤษฎีเครื่องรับวิทยุ	12
3.2 เครื่องรับวิทยุที่ใช้ในโครงงาน	15
บทที่ 4 ระบบการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์	21
4.1 ชนิดและการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์	21
4.2 โหมดการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์	23
4.3 กราฟคุณลักษณะของสเตปปิ้งมอเตอร์	24
4.4 วิธีการกระตุ้นเฟส	25
4.5 ระบบขับเคลื่อนและตรวจจับการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์	27
บทที่ 5 ส่วนควบคุมและประเมินผล	33
5.1 ลำดับขั้นการทำงาน	34
5.2 การแปลงจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	35
5.3 สัญญาณต่าง ๆ บนสล็อตของ IBM PC	37
5.4 การติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น ... ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 การทดลอง 47

6.1 ผลการทดลองและสรุปผล 47

6.2 แนวทางในการพัฒนา 58

ภาคผนวก

บรรณานุกรม

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

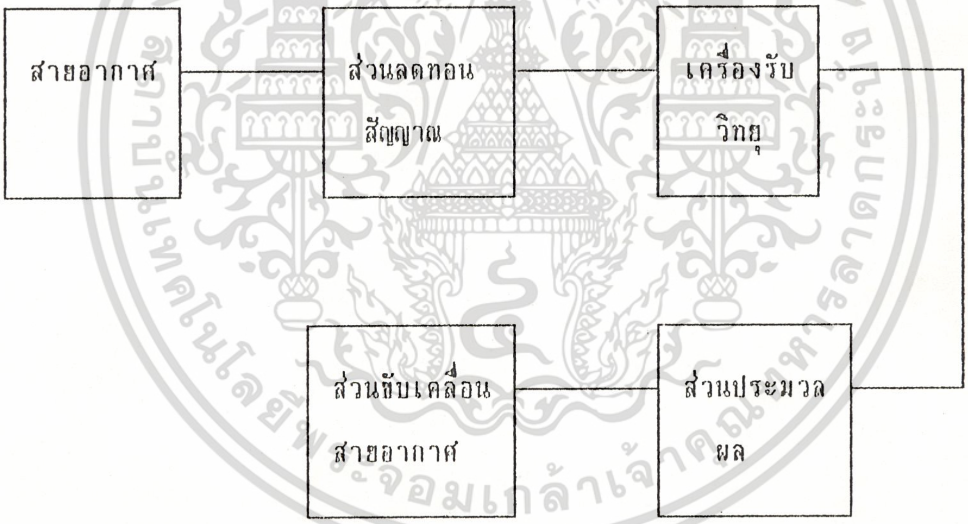
บทที่ 1
หลักการของระบบค้นหาทิศทางเครื่องส่งวิทยุ FM
(ย่าน 144 - 146 MHz)

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อใช้ประโยชน์ในกิจการวิทยุสมัครเล่น
2. เพื่อหาทิศทางในการรับส่งสัญญาณที่ดีที่สุด
3. เพื่อค้นหาตำแหน่งของเครื่องส่งวิทยุ FM (ความถี่ย่าน 144 - 146 MHz)

1.2 หลักการทำงานของระบบ

ในโครงงานที่ทำนี้มีการทำงานเป็น Block Diagram ดังรูป



รูปที่ 1.1 BLOCK DIAGRAM

ประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. สายอากาศ
2. ส่วนลดทอนสัญญาณ
3. ส่วนเครื่องรับวิทยุ FM ย่าน 144 - 146 MHz
4. ส่วนประมวลผล

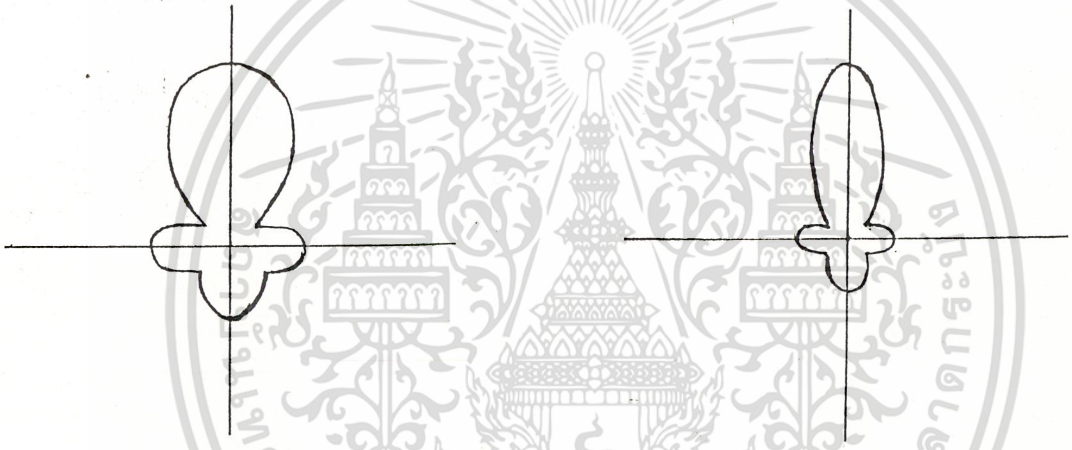
เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ...มิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.ส่วนขับเคลื่อนสายอากาศ

1.3 การทำงานของระบบ

1.ส่วนสายอากาศ

สายอากาศที่ใช้ในโครงงานนี้จะเป็นแบบมีทิศทาง โดยจะใช้เป็นสายอากาศแบบ "ยากิ" ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีทิศทางดีพอสมควร และหาใช้ง่ายเป็นตัวรับคลื่นสัญญาณวิทยุที่เข้ามาในทิศทางต่างๆ โดยการหมุนสายอากาศไปรอบ ๆ และแพทเทินของการรับคลื่นของสายอากาศควรจะมีบีม หลักที่แคบพอสมควร เพื่อที่จะได้ความแรงของคลื่นวิทยุในทิศทางต่าง ๆ อย่างถูกต้อง ซึ่งนำไปสู่การประมวลผลที่ถูกต้องได้ ดังรูปที่ 1.2 โดยสายอากาศนี้จะติดตั้งอยู่บนส่วนขับเคลื่อนสายอากาศ เพื่อหมุนไปในทิศทางต่าง ๆ



รูปที่ 1.2 แพทเทินของสายอากาศ

2.ส่วนลดทอนสัญญาณ

จะทำหน้าที่ลดทอนสัญญาณที่สายอากาศรับเข้ามา จะใช้ในกรณีสัญญาณที่รับเข้ามามีความแรงมากเพราะเครื่องส่งมีกำลังแรงมากหรือเครื่องส่งอยู่ใกล้กับเครื่องรับมากเกินไป ทำให้สัญญาณที่สายอากาศรับเข้ามามีความแรงมากซึ่งอาจจะเกินค่าพิกัดที่เครื่องรับจะรับได้ ซึ่งจะทำให้ค่าความแรงของสัญญาณในทิศต่าง ๆ มีค่าต่างกันเล็กน้อย หรือไม่ต่างกันเลย ทำให้เกิดความลำบากในการที่จะบอกทิศทางของสัญญาณที่เข้ามาได้ ในกรณีนี้ จำเป็นต้องมีการลดทอนสัญญาณที่เข้ามาลง เพื่อให้สามารถหาทิศทางได้ถูกต้อง

3.ส่วนเครื่องรับวิทยุ FM ย่านความถี่ 144-146 MHz

เครื่องรับวิทยุที่ใช้ในโครงงานนี้ จะเป็นเครื่องรับแบบ FM ย่านความถี่ 144-146 MHz (VR) เครื่องรับวิทยุนี้จะรับสัญญาณจากสายอากาศเข้ามาโดยความถี่ที่เครื่องรับจะเลือกรับที่เข้า

มานั้น จะถูกควบคุมเลือกโดยส่วนควบคุมและประมวลผลว่าต้องการให้เครื่องรับวิทยุรับความถี่ไดเข้ามา และส่วนค่าความแรงของสัญญาณวิทยุที่เครื่องรับรับได้นั้น ก็จะถูกส่งไปยังส่วนควบคุมและประมวลผลด้วย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบความแรงของสัญญาณในทิศทางต่าง ๆ ที่รับเข้ามาด้วย

4.ส่วนควบคุมและประมวลผล

จะทำหน้าที่ควบคุมและประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ ที่ส่งมาจากส่วนอื่นโดยจะเชื่อมกับส่วนเครื่องรับวิทยุเพื่อควบคุมความถี่ของเครื่องรับ และจะทำการแปลงความแรงของสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องรับจาก อนาลอก ให้เป็น ดิจิตอล เพื่อนำไปเก็บและประมวลผลเปรียบเทียบกับความแรงในทิศทางอื่น ๆเพื่อหาทิศทางที่มีความแรงของสัญญาณวิทยุแรงที่สุด และส่วนควบคุมและประมวลผลยังจะเชื่อมกับส่วนขับเคลื่อนสายอากาศด้วย โดยจะมีการควบคุมการหมุนของไปในทิศทางต่าง ๆ โดยจะมีจังหวะที่สอดคล้องกับการประมวลผลความแรงของสัญญาณวิทยุไปด้วย คือ เมื่อสั่งให้สายอากาศหมุนไป 1 ตำแหน่งเสร็จแล้ว ก็จะมีการรับความแรงเข้ามาแปลงเป็นข้อมูลเก็บไว้ในการประมวลผล แล้วจึงสั่งให้หมุนไปในตำแหน่ง อื่นแล้วทำเช่นเดียวกัน โดยจะเก็บข้อมูลเป็นคู่ลำดับของ ตำแหน่ง กับความแรงสัญญาณ

5.ส่วนขับเคลื่อนสายอากาศ

เป็นส่วนที่จะบังคับให้สายอากาศหมุนไปในทิศทางตำแหน่งต่าง ๆ โดยมีการควบคุมจากส่วนควบคุมและประมวลผล

ในการขับเคลื่อนสายอากาศนี้เราจะใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ และชุดเฟืองทดเป็นตัวหมุนสายอากาศ โดยจะมีวงจรสำหรับขับสเตปปิ้งมอเตอร์อยู่ด้วย ซึ่งจะรับข้อมูลควบคุมมาจากส่วนประมวลผลอีกครั้งหนึ่ง

1.4 หลักการหาทิศทางในการรับส่งสัญญาณที่ดีที่สุด

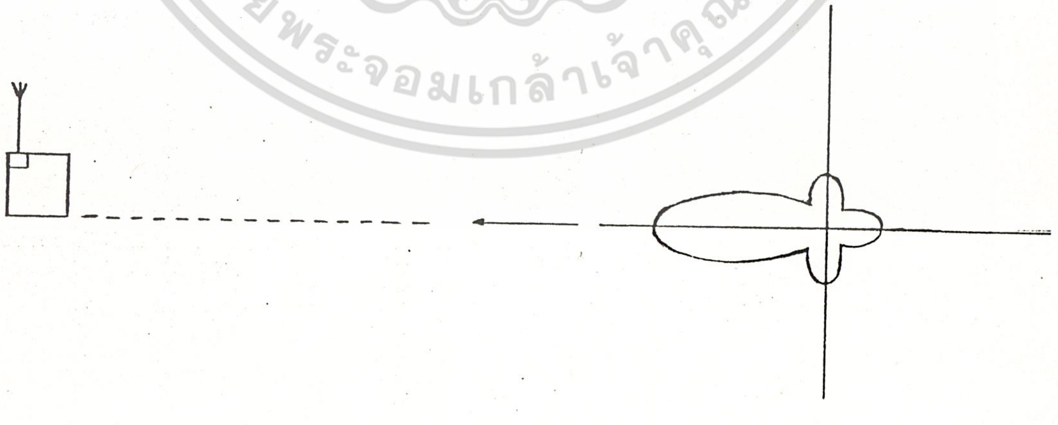
การหาทิศทางในการรับส่งสัญญาณที่ดีที่สุดโดยใช้โครงงานนี้ ทำได้โดยการใช้สายอากาศที่มีทิศทางที่มีมุมในการรับสัญญาณที่แคบพอสมควรติดตั้งไว้บนชุดส่วนขับเคลื่อนสายอากาศเพื่อให้หมุนไปในทิศทางต่างๆ ได้ โดยตัวสายอากาศจะถูกควบคุมให้หมุนไปทีละ 1 ตำแหน่ง ซึ่งก็คือการเปลี่ยนองศาหรือทิศทางการรับของอากาศไป 1 ตำแหน่ง พร้อมกันนั้นก็จะมีการรับสัญญาณความแรงจากเครื่องรับวิทยุเข้ามาผ่านการแปลงจากอนาลอกเป็นข้อมูลดิจิตอล แล้วนำไปเก็บไว้คู่กับตำแหน่งของสายอากาศนั้น แล้วนำไปสั่งให้หมุนสายอากาศไปตำแหน่งต่อไป แล้วทำเช่ยเดิมจนครบรอบหรือครบ 360 องศา แล้วนำข้อมูลความแรงที่เก็บได้ไปประมวลผลเพื่อหาทิศทางที่มีความแรงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

จากรูป 1.3 จะเห็นว่าเมื่อเครื่องส่ง FM อยู่กับที่แล้ว ถ้าหมุนสายอากาศไปเรื่อย ๆ

ทีละตำแหน่งจนครบรอบ (360 องศา) ความแรงของสัญญาณวิทยุที่สายอากาศที่มีทิศทางรับเข้ามาในแต่ละตำแหน่งของสายอากาศจะมีทิศไม่เท่ากัน โดยถ้าสายอากาศหันไปในทิศทางเครื่องส่งตรง ๆ ตามแรงที่รับได้จะแรงที่สุด และเมื่อสายอากาศหมุนจากตำแหน่งนี้ไป ความแรงของสัญญาณก็จะลดลงไป ถ้าเรานำข้อมูลที่ได้มา Plot เป็นการฟความแรงของสัญญาณกับองศาแล้ว กราฟที่ได้สามารถบอกทิศทางของเครื่องส่งให้เราได้ คือ ทิศที่ความแรงของสัญญาณแรงที่สุดนั่นเอง ดังรูปที่ 1.4

รูปที่ 1.3 การหาทิศทางเครื่องส่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

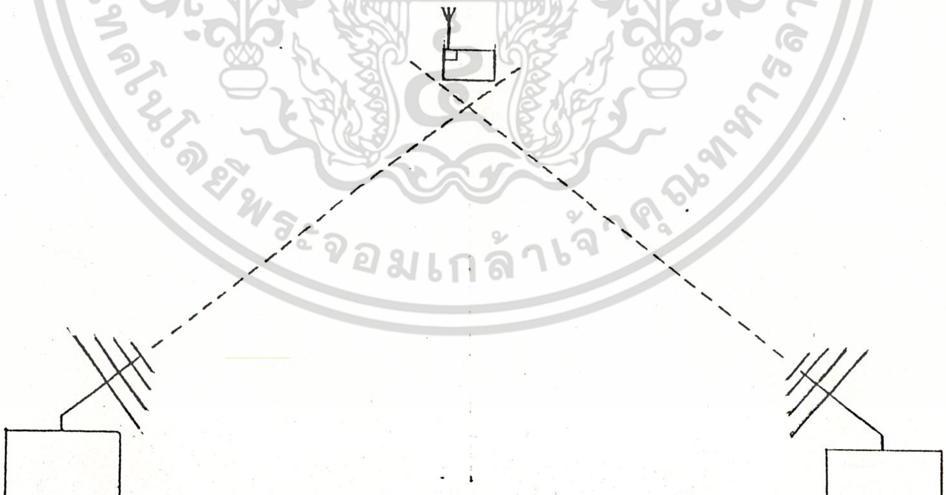
รูปที่ 1.4 การหาทิศทางของเครื่องส่งจากกราฟความแรงของสัญญาณ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าในการหมุนสายอากาศไปทีละตำแหน่งนั้น ถ้าในรอบมีจำนวนตำแหน่งมาก หมายความว่า องศาที่เปลี่ยนไป 1 ตำแหน่งนั้นมีค่าน้อย ก็จะทำให้การหาทิศทางมีความละเอียดแม่นยำมากขึ้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ยังต้องคำนึงถึงมุมในการรับของสายอากาศ ด้วยว่าตำแหน่งในการรับสัญญาณมากน้อยเพียงใด ถ้าใช้สายอากาศที่มีบีมหลักที่กว้างแล้วการแบ่งจำนวนตำแหน่งที่ละเอียดมาก ๆ ก็จะไม่ค่อยมีผลต่อความแม่นยำในการหาทิศทางเท่าใดนักเพราะค่าความแรงของสัญญาณที่เข้ามาในตำแหน่งที่ใกล้ ๆกัน อาจจะมีค่าใกล้เคียงกันมากก็ได้ ทำให้แยกไม่ออกว่าทิศทางไหนมีความแรงกว่ากัน และสายอากาศทิศทางที่ใช้อยู่นั้นก็จะมีค่าความกว้างของบีมหลักอยู่ค่าหนึ่ง ด้วยเหตุนี้ จำนวนตำแหน่งที่จะใช้หมุนใน 1 รอบนั้น ก็จะไม่แบ่งละเอียดมากเกินไป

1.5 หลักการการค้นหาตำแหน่งเครื่องส่งวิทยุ

เป็นการประยุกต์ใช้งานแบบการหาทิศทางของสัญญาณที่แรงที่สุด ดังได้กล่าวไปแล้ว โดยจะนำชุดเครื่องรับดังกล่าวมาจำนวน 2 หรือ 3 ชุด ไปวางในจุดตำแหน่งต่าง ๆ ที่ห่างกันออกไประยะหนึ่งชุดเครื่องรับแต่ละชุดก็จะทำการค้นหาทิศทางที่สัญญาณเข้ามาแรงที่สุดโดยวิธีการที่กล่าวไปแล้ว แล้วนำข้อมูลความแรงของสัญญาณแต่ละชุดมารวมกัน ก็จะสามารถประมวลผลในการประมาณหาตำแหน่งของเครื่องส่งได้ การใช้งานเป็นดังรูปที่ 1.5

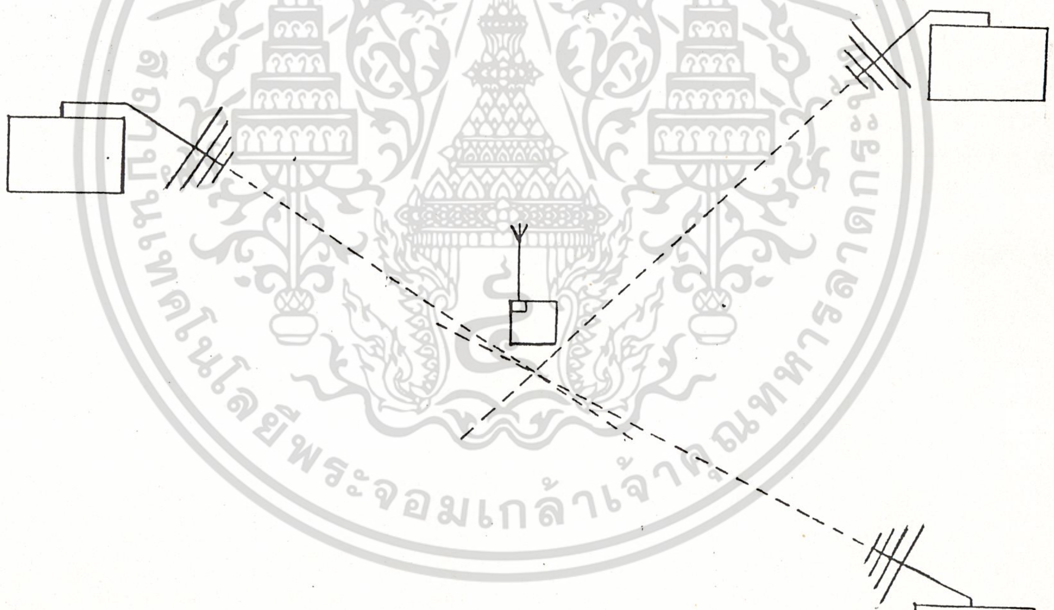


รูปที่ 1.5 การหาตำแหน่งของเครื่องส่งจากเครื่องรับวิทยุ 2 ชุด

จากรูป 1.5 เราใช้ชุดเครื่องรับวิทยุจำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดจะวางอยู่กันคนละตำแหน่งโดยเราจะรู้ตำแหน่งพิกัดที่วางไว้ เครื่องรับแต่ละชุดก็จะทำการกวาดหาสัญญาณวิทยุ

โดยรอบตัวของมัน แล้วจะมีการส่งข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องรับชุดหนึ่งไปยังเครื่องรับอีกชุดหนึ่ง โดยในการส่งข้อมูลอาจจะส่งโดยใช้สาย หรืออาจจะใช้การส่งโดยคลื่นวิทยุอีกทีก็ได้หรือวิธีอื่น ๆ ตัวประมวลผลจะนำข้อมูลจากชุดเครื่องรับวิทยุทั้งสองชุดมาประมวลผลหาตำแหน่งเครื่องส่งต่อไป ถ้าเราดูจากรูปเราจะลากเส้นตรงจากเครื่องรับของแต่ละจุดไปในทิศทางที่รับสัญญาณที่แรงที่สุดของตัวเอง ก็จะได้เส้นตรง 2 เส้นลากตัดกันจะเกิดจุดตัดขึ้นจุดหนึ่ง ซึ่งจุด ๆ นั้น ก็จะเป็นตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องส่งนั่นเอง โดยที่เราจะสามารถคำนวณหาระยะห่างระหว่างชุดเครื่องรับกับเครื่องส่งได้จากจุดตำแหน่งพิกัดทั้งสอง โดยคอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผลค่าต่าง ๆ เหล่านี้

เราอาจจะเพิ่มชุดเครื่องรับวิทยุที่จะใช้ในการค้นหานี้เป็น 3 ชุด ก็จะทำให้การประมวลผลหาตำแหน่งของเครื่องส่งได้ดี ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น โดยเครื่องรับแต่ละชุดก็จะวางอยู่ในตำแหน่งที่ห่างกันออกไประยะหนึ่ง โดยเราจะรู้พิกัดตำแหน่งของทั้งสามชุดนี้เช่นกัน ดังรูป 1.6



รูปที่ 1.6 การหาตำแหน่งของเครื่องส่งจากชุดเครื่องรับวิทยุ 3 ชุด

โดยหลักการเช่นเดียวกับการใช้ชุดเครื่องรับวิทยุ 2 ชุด แต่ใช้เป็น 3 ชุดแทน ข้อมูลความแรงของสัญญาณวิทยุ อีก 2 ชุดจะถูกส่งมายังชุดเครื่องรับอีกอีกชุดหนึ่ง ซึ่งจะนำข้อมูลทั้ง 3 ชุดที่ได้ มาประมวลผลหาตำแหน่งเครื่องส่ง โดยการหาจุดตัดของเส้นตรง 3 เส้น เช่นเดิม เราก็จะรู้ตำแหน่งของเครื่องส่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาอย่างหนึ่งที่คิดว่าจะเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากความกว้างของบีมหลักของสายอากาศและขนาดองศาที่เปลี่ยนไปในการเคลื่อนที่ 1 ตำแหน่ง จะทำให้การประมวลผลหาตำแหน่งเครื่องส่งจากค่าความแรงสัญญานที่วัดได้แล้ว จะทำให้ได้ตำแหน่งเครื่องส่งที่ไม่ถูกต้องนัก คือจะออกมาเป็นบริเวณที่กว้างบริเวณหนึ่ง แทนที่จะเป็นจุดตำแหน่งที่แน่นอนไป ฉะนั้นจะเห็นว่า ถ้าบีมหลักของสายอากาศยิ่งแคบเท่าไร ก็จะทำให้การประมวลผลสามารถระบุตำแหน่งเครื่องส่งได้ดี ถูกต้องแม่นยำขึ้นเท่านั้น และปัญหาอีกอย่างหนึ่งก็คือ ในการติดต่อสื่อสารจริงๆ ของวิทยุสื่อสารย่าน 144-146 MHz นั้น ในการสนทนากัน จะมีทั้งช่วงพูด และฟังซึ่งในช่วงที่ฟังอยู่นั้นจะไม่มีการส่งคลื่นวิทยุออกมา ทำให้เราไม่สามารถรับค่าความแรงของสัญญานช่วงนั้นได้ ซึ่งจะทำให้การประมวลผลนั้นผิดเพี้ยนไปได้ ฉะนั้นอาจจะต้องมีการกวาดหาสัญญานของเครื่องรับวิทยุไปหลาย ๆ รอบก่อน แล้วจึงนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยกัน แล้วจึงนำไปประมวลผลอีกที เพื่อลดผลการผิดพลาดดังกล่าวลงบ้าง

เรายังอาจจะทำให้การใช้งานกว้างยิ่งขึ้น จากที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นการทำงานที่ความถี่เดียวเท่านั้น ที่ถูกควบคุมมาจากส่วนควบคุมและประมวลผลจริง ๆ แล้วในย่านความถี่ 144-146 MHz นั้น เป็นย่านสื่อสารที่มีการสื่อสารกันมากมายหลายช่องความถี่ ดังนั้นเราอาจจะทำการวัดทีเดียวหลาย ๆ ความถี่คือ มีการกวาดความถี่ที่ใช้งานไปด้วย เราจะทำการวัดค่าความแรงของสัญญานที่ตำแหน่ง ๆ หนึ่ง โดยจะมีการเปลี่ยนความถี่ที่ใช้รับของเครื่องรับไปด้วย โดยการควบคุมจากส่วนควบคุมและประมวลผล ไปจนครบความถี่ที่ต้องการ แล้วจึงสั่งให้หมุนไปยังตำแหน่งต่อไป แล้วทำเช่นเดิมต่อไป ฉะนั้นในการหมุน 1รอบ เราจะสามารถวัดค่าความแรงของสัญญานวิทยุออกมาได้หลายค่าความถี่ในทีเดียว ซึ่งจะเป็นการสะดวกรวดเร็วขึ้นด้วย และจะนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบการใช้ความถี่วิทยุได้ทั้งย่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

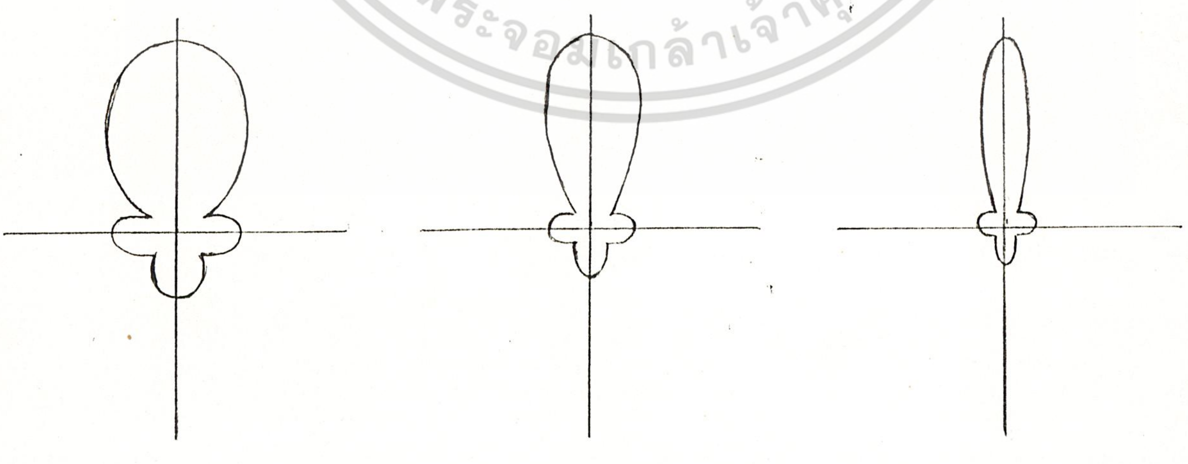
บทที่ 2

สายอากาศ

สายอากาศเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในระบบการสื่อสาร สายอากาศเป็นตัวที่แผ่คลื่นวิทยุจากเครื่องส่งออกไปในอากาศ และยังทำหน้าที่รับคลื่นวิทยุในอากาศเข้ามายังเครื่องรับวิทยุ ดังนั้น คุณสมบัติของสายอากาศก็มีผลต่อการรับส่งสื่อสารคลื่นวิทยุมากทีเดียว เราควรเลือกใช้สายอากาศที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการเพื่อให้ได้ผลดีที่สุด สายอากาศที่ใช้กันอยู่มีหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติที่ต่างกันไป แต่ในโครงงานนี้เราเลือกใช้คุณสมบัติแบบยากิ ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีทิศทางแบบหนึ่ง และมีอัตราขยายพอสมควร และหาอุปกรณ์ทำได้ง่าย

2.1 สายอากาศยากิ

เป็นสายอากาศที่มีทิศทางคือ จะสามารถรับหรือส่งคลื่นวิทยุได้ในทิศทางหนึ่งเท่านั้น ส่วนทิศทางอื่นจะรับส่งได้ไม่ดี เราอาศัยคุณสมบัติตรงนี้ของสายอากาศยากิมาใช้กับโครงงานนี้ ลักษณะการรับส่งคลื่นวิทยุของสายอากาศยากิ เป็นดังรูปที่ 2.1 เรียกว่าเป็นแพทเทินของสายอากาศ จะเห็นว่ามีทิศทางที่รับคลื่นวิทยุได้ดีอยู่ช่วงหนึ่ง เรียกว่าเป็นบีมหลักของสายอากาศซึ่งอาจจะกว้างหรือแคบก็ได้ ขึ้นอยู่กับสายอากาศยากิต้นนั้นออกแบบไว้อย่างไร ถ้าบีมกว้างก็หมายความว่า มุมในการรับคลื่นวิทยุนั้นกว้าง แต่ถ้าแคบก็จะมีมุมในการรับแคบ แต่ในโครงงานนี้ต้องการให้สายอากาศมีบีมที่แคบ เพื่อให้มีผลในการชี้ทิศทางที่ถูกต้องที่สุด ดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1



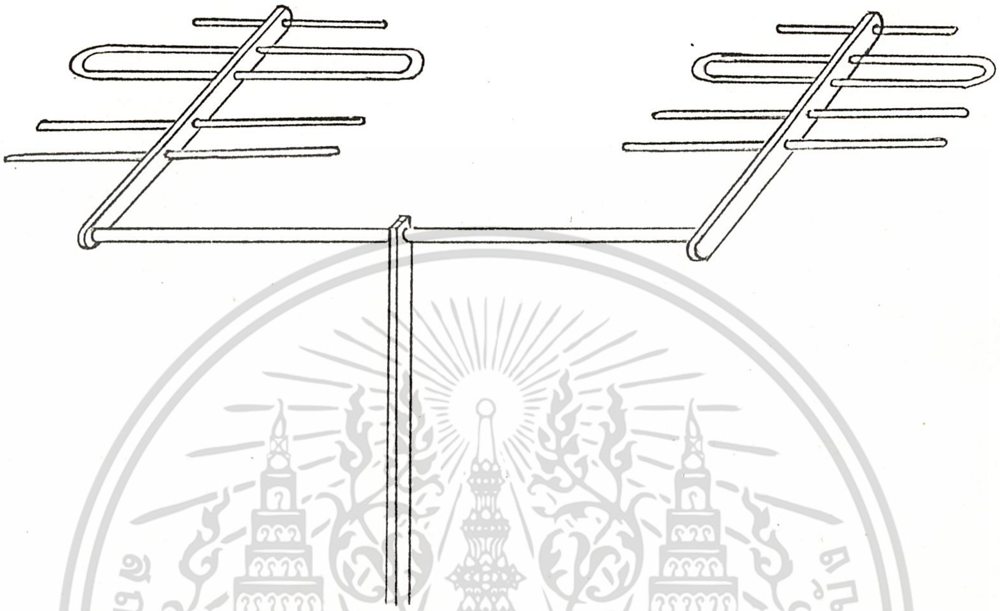
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งจะต้องมีการอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 แพทเทินของสายอากาศยากิ

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.2 สายอากาศที่ใช้ในโครงงาน

จะเป็นแบบสายอากาศยากิคู่ คือจะมีสายอากาศยากิ 2 ต้น อยู่บนแกนเดียวกัน (stack)ดังรูปที่ 2.2 เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาทิศทางคลื่นวิทยุให้ดีมากขึ้น



รูปที่ 2.2 สายอากาศยากิคู่

2.3 รูปแบบในการค้นหาทิศทางคลื่นวิทยุ

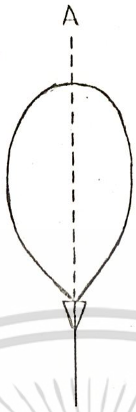
จากการที่เราใช้สายอากาศแบบยากิคู่นั้น ทำให้เราสามารถค้นหาทิศทางของคลื่นวิทยุ จากแพทเทินของคลื่นวิทยุที่ได้รับจากสายอากาศยากิคู่นี้ ได้ 2 แบบ คือ แบบ พีค (peak) และแบบนูล(null)

1.แบบ พีค (peak)

เป็นการหาทิศทางของคลื่นวิทยุโดยดูจาก ค่าความแรงของคลื่นวิทยุที่แรงที่สุดจากที่วัดได้เป็นตัวบอกทิศทาง จากรูปที่ 2.3 แสดงแพเทินของคลื่นวิทยุที่รับได้แบบ พีค จะเห็นได้ว่าสัญญาณในทิศ A จะมีค่าแรงที่สุด เราก็สามารถบอกทิศทางที่คลื่นวิทยุส่งเข้ามาได้ ในการหาทิศทางแบบ พีค เราจะต้องให้เฟสของสัญญาณวิทยุจากสายอากาศยากิทั้งสองข้างนั้นเป็นเฟสเดียวกัน เพื่อที่จะได้เสริมกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033389



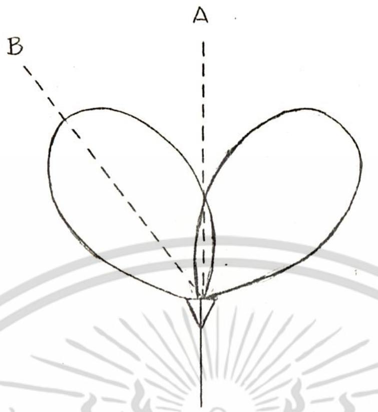
รูปที่ 2.3 แพทเทินคลื่นวิทยุที่รับแบบ Peak

2.แบบ นูล (Null)

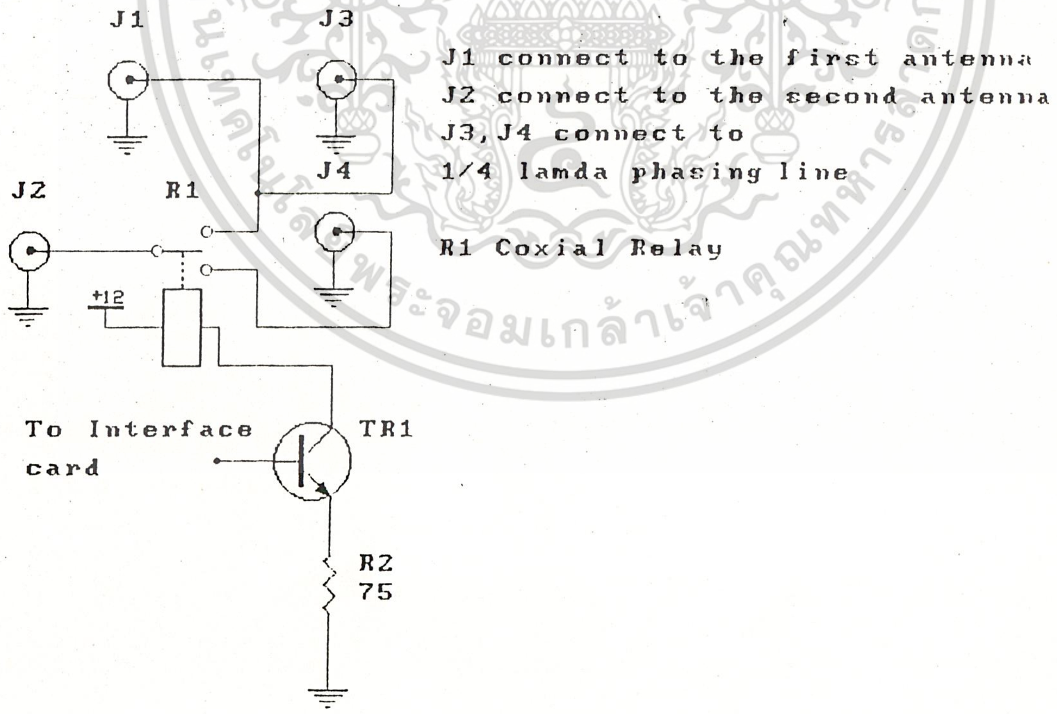
เป็นการหาทิศทางของคลื่นวิทยุ โดยดูจากค่าความแรงของคลื่นวิทยุที่น้อยที่สุดจากที่วัดได้เป็นตัวบอกทิศทาง จากรูปที่ 2.4 แสดงแพทเทินของคลื่นวิทยุที่ได้รับแบบ Null เห็นว่าถ้ามีสัญญาณส่งมาในทิศทาง A ความแรงของสัญญาณที่รับได้จะมีค่าต่ำที่สุด ถ้าสัญญาณส่งมาในทิศทางอื่นความแรงของสัญญาณจะมากขึ้นไป ทำให้เราสรุปทิศทางของคลื่นวิทยุที่ส่งมาได้เช่นกัน ในการค้นหาทิศทางแบบ Null นี้ เราต้องให้เฟสของสัญญาณวิทยุจากสายอากาศยากิทั้ง 2 ข้างนั้น มีเฟสตรงข้ามกัน เพื่อจะได้หักล้างกันไป การที่จะทำให้เฟสตรงข้ามกันนั้น เราจะใช้การปรับระยะสายส่งสัญญาณจากสายอากาศยากิข้างใดข้างหนึ่งไป เพื่อให้ได้เฟสของสัญญาณเปลี่ยนไปตามต้องการ

ในโครงงานนี้ เราจะใช้รูปแบบการหาทิศทางคลื่นวิทยุทั้ง 2 แบบร่วมกัน เพื่อให้ได้ความถูกต้องมากที่สุด การหาทิศทางคลื่นวิทยุโดยแบบใดแบบหนึ่งนั้น อาจจะให้ผลออกมาไม่ถูกต้อง มีข้อผิดพลาดบ้าง เราจึงเลือกใช้ทั้ง 2 แบบช่วยกันในการที่จะบอกทิศทางในโครงงานที่ทำนี้ เราจะมีสวิทซ์รีเลย์ตัวหนึ่งทำหน้าที่ตัดต่อเพื่อทำการเลือกว่าจะค้นหาทิศทางแบบ Peak หรือ Null โดยสวิทซ์ตัวนี้จะถูกควบคุมมาจากส่วนควบคุมและประมวลผลอีกทีหนึ่ง คือ ในการประมวลผลครั้งหนึ่ง จะมีการค้นหา จะมีการค้นหาทิศทางทั้ง 2 แบบ ไปพร้อม ๆ กัน แล้วเอาข้อมูลที่ได้จากทั้ง 2 แบบมาประมวลผลร่วมกัน รูปที่ 2.5 แสดงวงจรชับสวิทซ์รีเลย์ที่ใช้ในการตัดต่อเลือกรูปแบบการค้นหาทิศทางคลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แพทเทินคลื่นวิทยุที่รับแบบ Null



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 วงจรขับสวิทช์รีเลย์

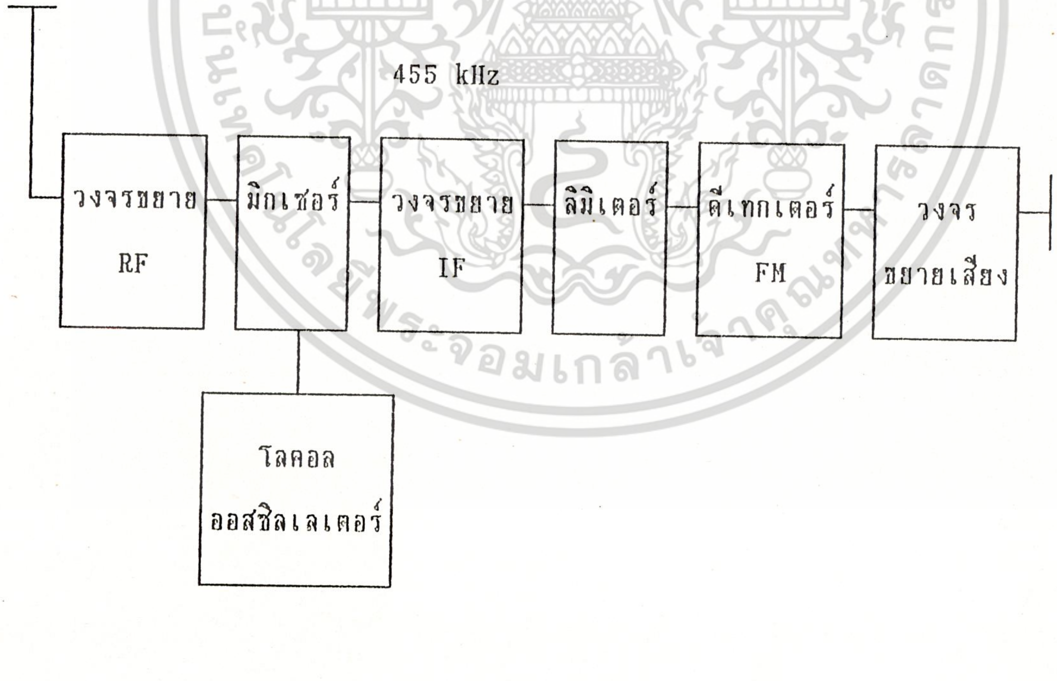
บทที่ 3
เครื่องรับวิทยุ

3.1 ทฤษฎีเครื่องรับวิทยุ

ระบบเครื่องรับวิทยุมีวิวัฒนาการมาเรื่อยจากเครื่องรับระบบรีเจนเนอเรชั่น เป็นเครื่องรับระบบ TRF (Turned Radio Frequency) ซึ่งในปัจจุบันระบบวิทยุแบบนี้อาจจะไม่มีใช้แล้ว ในที่นี้จะกล่าวถึงเครื่องรับระบบซูปเปอร์เฮตเทอโรไดน์ ซึ่งนิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้

3.1.1 เครื่องรับระบบซูปเปอร์เฮตเทนโรไดน์

คำว่าซูปเปอร์เฮตเทอโรไดน์ (Superheterodynes) มาจากคำว่า ซูเปอร์โซนิกเฮตเทอโรไดน์ (supersonic heterodyne) หมายถึงความถี่ที่บิตออกมาจากวงจรเฮตเทอโรไดน์นั้นมีความถี่สูงกว่าที่หูคนได้ยิน (supersonic) เพราะอยู่ในย่านความถี่วิทยุแล้ว แทนที่จะเป็นความถี่เสียง โดยระบบซูปเปอร์เฮตเทนโรไดน์จะมีหลักการเบื้องต้นอยู่ในรูปที่ 3.1

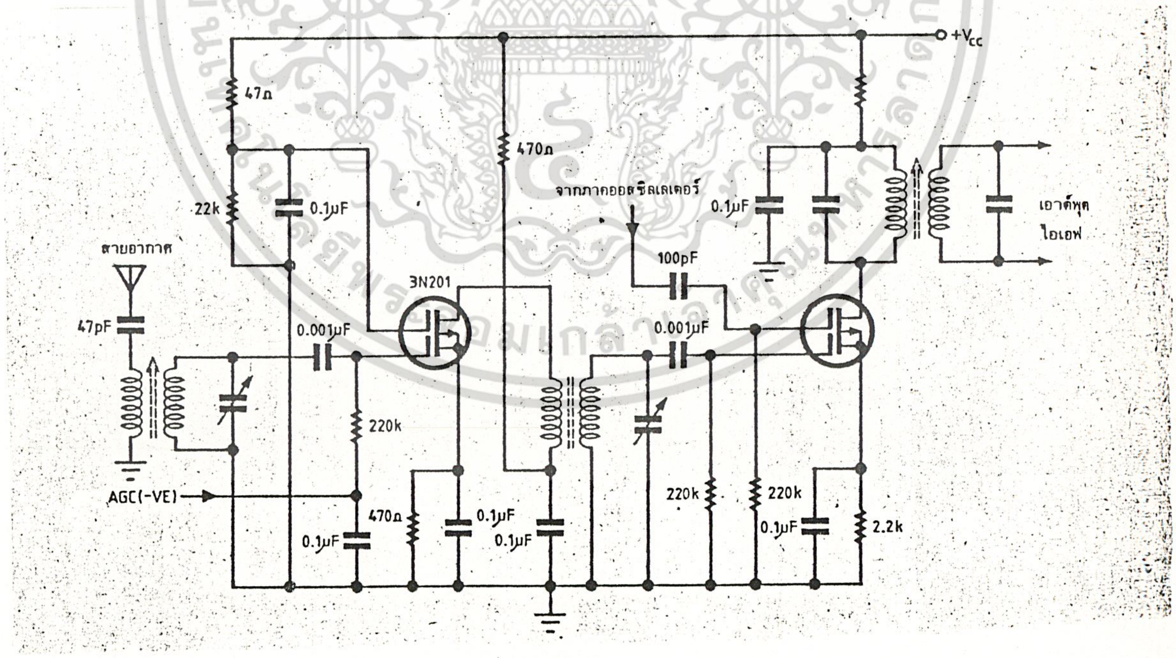


รูปที่ 3.1 แผนผังของเครื่องรับ FM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการเบื้องต้นของระบบซูปเปอร์เฮตเทอโรไดน์ในรูปที่ 3.1 เมื่อคลื่นวิทยุผ่านสายอากาศเข้ามา จะถูกเลือกคลื่นวิทยุสถานีที่ต้องการโดยวงจรจูนอันประกอบด้วยขดลวดและตัวเก็บประจุปรับค่าได้ คลื่นวิทยุที่ต้องการจะถูกนำไปขยายให้แรงขึ้น โดยภาคขยายคลื่นวิทยุ (RF Amplifier) ดังรูปที่ 3.2 ในขณะที่ทำการจูนเพื่อเลือกคลื่นวิทยุ จะเป็นการเปลี่ยนความถี่ของภาคกำเนิดความถี่ (localoscillator) ด้วย เนื่องจากตัวเก็บประจุปรับค่าได้ที่ใช้เป็นแบบแกนร่วม (ganged) ที่ต้องหมุนไปพร้อมกัน

ถ้าคลื่นวิทยุที่เลือกรับเข้ามามีความถี่ 2445kHz จะทำให้ภาคกำเนิดความถี่สร้างความถี่ขึ้นมาเท่ากับ 2900 kHz ความถี่ทั้งสองความถี่จะไปผสมกันที่ภาคมิกเซอร์ (Mixer) ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 ได้เป็นความถี่ใหม่ที่ประกอบด้วยความถี่ความถี่ 4 ความถี่ (1) ความถี่เดิมแรกเท่ากับ 2445 kHz (2) ความถี่ที่มาผสมมีค่าเท่ากับ 2900 kHz (3) ความถี่ที่เป็นผลรวมของความถี่ทั้งสองเรียกว่า up-converted มีค่าเท่ากับ 2445 + 2900 = 5345 kHz และ (4) ความถี่ที่เป็นผลต่างของความถี่ทั้งสอง เรียกว่า ความถี่ปานกลาง (intermediate frequency) ที่เรียกกันว่า สัญญาณ IF นั่นเอง มีค่าเท่ากับ 2900 - 2445 = 455 kHz

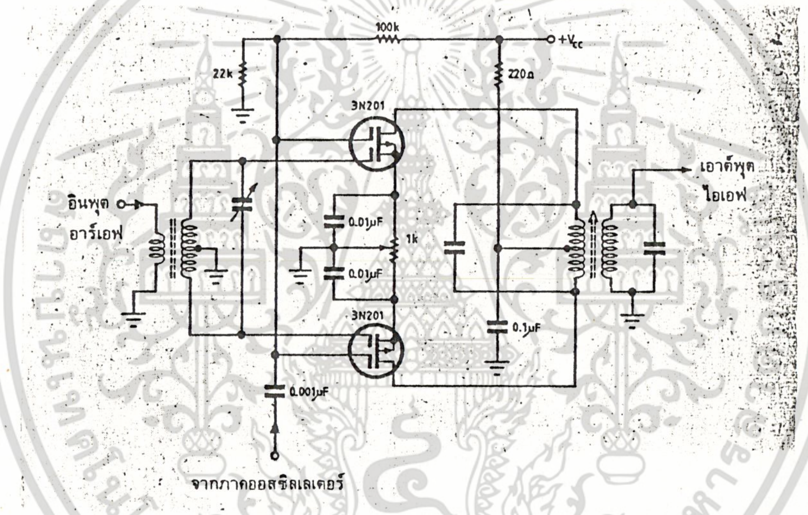


รูปที่ 3.2 วงจรขยาย RF และวงจร Mixer ที่ใช้ DUAL MOSFET

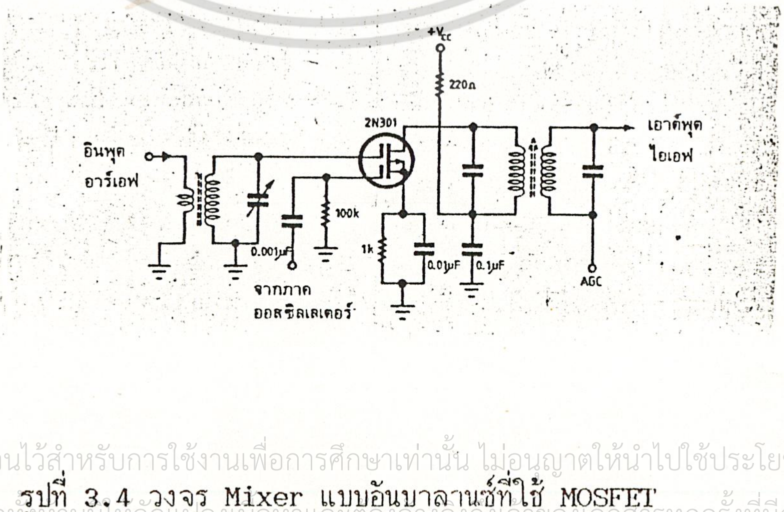
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ที่ออกจากภาคมิกเซอร์จะถูกส่งต่อไปยังภาคขยายที่ถูกจูนไว้ให้ขยายเฉพาะความถี่ปานกลางอย่างเดียว ดังนั้นความถี่อื่น ๆ คือ ความถี่คลื่นวิทยุที่รับเข้ามา, ความถี่ที่ภาคกำเนิดความถี่สร้างขึ้นและความถี่ที่เป็นผลรวมก็จะถูกกำจัดออกไป เหลือไว้แต่ความถี่ปานกลางที่ถูกขยายให้แรงขึ้น จึงให้ชื่อภาคขยายนี้ว่า ภาคขยายไอเอฟ (IF amplifer) ยิ่งเพิ่มจำนวนภาคขยายไอเอฟหลาย ๆ ภาคจะยิ่งทำให้การเลือกรับและขยายสัญญาณดีมากยิ่งขึ้น

ความถี่ปานกลางที่ได้จากภาคขยายไอเอฟ จะถูกแปลงเป็นสัญญาณเสียงโดยภาคดีมอดูเลเตอร์ (demodulator) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ภาคดีเท็กเตอร์ (detector) ในภาคดีมอดูเลเตอร์อาจจะประกอบไปด้วย ไดโอดแบบเจอร์เมเนียม และตัวเก็บประจุทำงานร่วมกันโดยสัญญาณเสียงที่ได้ส่งต่อไปขยายให้แรงขึ้นด้วยภาคขยายเสียงหรือสามารถที่จะต่อเข้าหูฟังเพื่อฟังเสียงที่ออกมาโดยตรงก็ได้



รูปที่ 3.3 วงจร Mixer แบบซิงเกิลบาลานซ์ที่ใช้ MOSFET



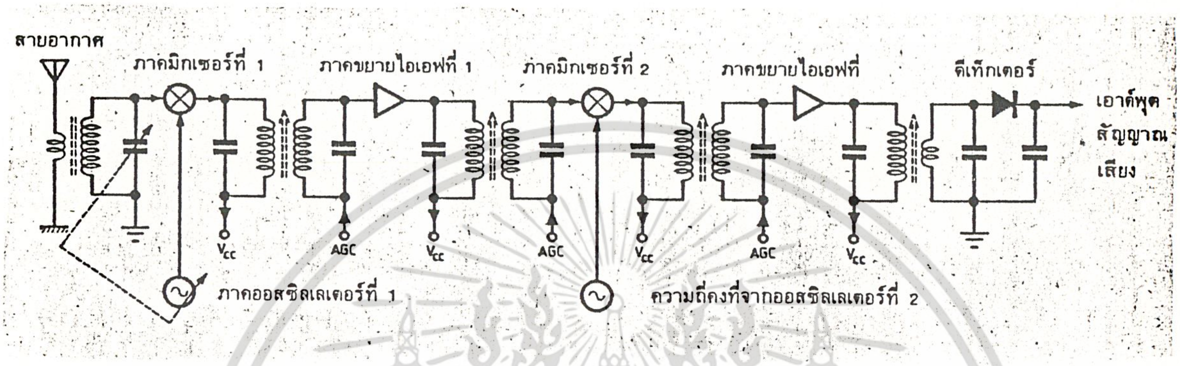
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.4 วงจร Mixer แบบอันบาลานซ์ที่ใช้ MOSFET

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ระบบดับเบิลซูปเปอร์เฮตเทอโรไดน์

จากปัญหาเรื่องความถี่เงาที่ทำให้คุณภาพของเครื่องรับระบบซูปเปอร์เฮตลดลงไป ก็มีการคิดค้นวิธีที่จะแก้ไขความถี่เงานี้ โดยการกำหนดค่าความถี่ไอเอฟขึ้นมา 2 ค่า เป็นความถี่ไอเอฟค่าที่ 1 และความถี่ไอเอฟค่าที่ 2 ให้ชื่อระบบนี้ว่า ระบบดับเบิลซูปเปอร์เฮต (double superhete) ซึ่งมีหลักการดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 หลักการเบื้องต้นของระบบดับเบิลซูปเปอร์เฮต

จากรูปที่ 3.5 วิธีการของระบบดับเบิลซูปเปอร์เฮต มีดังนี้ เมื่อสายอากาศรับเอาคลื่นวิทยุเข้ามา วงจรจูนจะทำการเลือกคลื่นวิทยุสถานีที่ต้องการผ่านเข้าไปที่ภาค Mixer1 ในขณะเดียวกันภาคออสซิลเลเตอร์ชุดที่ 1 จะสร้างความถี่ขึ้นมาผสมกับคลื่นวิทยุที่รับเข้ามาได้ความถี่ไอเอฟค่าที่ 1 ความถี่ปานกลาง ค่าแรกจะมีค่าเท่ากับเท่าไรขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้งาน

เมื่อได้ความถี่ไอเอฟค่าแรกมาแล้วจะถูกขยายให้แรงขึ้นโดยภาคขยายไอเอฟที่ 1 สัญญาณที่ถูกขยายจะส่งต่อไปยังภาค Mixer2 โดยนำไปผสมกับความถี่ค่าคงที่จากภาคออสซิลเลเตอร์ที่ 2 ที่สร้างมาจากวงจรกำเนิดความถี่แบบคริสตอล สัญญาณที่ออกจากภาคมิกเซอร์ที่ 2 จะเป็นความถี่ไอเอฟที่ 2 ความถี่ไอเอฟที่ได้นี้จะมีค่า 455 kHz จากนั้นก็นำเอาความถี่ไอเอฟไปทำการดีเทกเตอร์เป็นคลื่นเสียงต่อไป

ระบบดับเบิลซูปเปอร์เฮตจะช่วยกำจัดความถี่เงาให้หมดไปและยังช่วยให้ประสิทธิภาพในการเลือกรับและความไวของเครื่องรับสูงมากขึ้นอีกด้วย

3.2 เครื่องรับวิทยุที่ใช้ในโครงงาน

สำหรับเครื่องรับวิทยุที่ใช้ในโครงงานนี้ เราได้ใช้เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารสมัครเล่นจริง ๆ มาทดลอง ซึ่งให้ผลการรับสัญญาณได้ดีทีเดียว โดยนำมาดัดแปลงบางส่วนเพื่อให้ใช้กับโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งจะต้องไม่ให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ เครื่องรับส่งวิทยุสมัครเล่นที่ใช้เครื่องนี้เป็นรุ่น **IC-2N** ซึ่งมีภาครับวิทยุที่ใช้หลักการ ดูอัลคอนเวอร์ชั่น (Dual conversion) คือ มีการแปลงความถี่ที่รับเข้ามาเป็นความถี่กลาง 2 ครั้ง คือ แปลงจากความถี่ที่รับเข้ามาเป็นความถี่กลาง 10.7 MHz จากนั้นแปลงอีกทีเป็นความถี่กลาง 455KHz โดยรูปที่ 3.6 แสดงถึง แผนผังการทำงานของวงจรเครื่องรับวิทยุนี้ ในการทดลองครั้งนี้ส่วนที่เราต้องการจากเครื่องรับวิทยุนั้นมีอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนของความแรงของสัญญาณวิทยุของเครื่องรับวิทยุรับเข้ามาได้ และอีกส่วน คือ ส่วนควบคุมความถี่ในการรับสัญญาณของเครื่องรับวิทยุ ในส่วนความแรงนั้นต้องส่งออกไปให้ส่วนควบคุมและประมวลผลเช่นกัน ฉะนั้นเราจะพูดถึง 2 ส่วนนี้ ที่กล่าวมาแล้ว

3.2.1 ส่วนของความแรงสัญญาณวิทยุ

เราจะอาศัยวัดเอาจากความแรงของสัญญาณ IF แทน คือ ถ้าสัญญาณวิทยุเข้ามาแรง สัญญาณ IF ก็จะแรงตาม ถ้าสัญญาณวิทยุเข้ามาเบา สัญญาณ IF ก็จะเบาตามเช่นกัน ดังนั้นเราจึงวัดค่าความแรงจากสัญญาณ IF นี้แทนได้ จากแผนผังการทำงานของเครื่องรับวิทยุ จะเห็นว่ามี IC เบอร์ 3357 อยู่ซึ่งทำหน้าที่เป็น FM IF AMP ตัวหนึ่งเป็น IC ที่สัญญาณ IF 455KHz แล้วทำการถอดรหัสสัญญาณแปลงเป็นสัญญาณเสียงออกมาเลย เราจะอาศัยสัญญาณ IF 455KHz จาก IC เบอร์นี้ มาเป็นตัวบอกความแรงของการรับสัญญาณวิทยุในการทดลอง แต่เนื่องจากความแรงของสัญญาณวิทยุที่ส่วนควบคุมและประมวลผลจะวิเคราะห์ได้นั้น จะต้องเป็นสัญญาณไฟตรง แต่สัญญาณ IF 455KHz นี้เป็นไฟสลับ ฉะนั้นจึงต้องมีวงจรอีกส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามา เพื่อแปลงจากสัญญาณไฟสลับนี้ให้เป็นระดับไฟตรงก่อนส่งไปให้ส่วนควบคุมและประมวลผล ซึ่งระดับไฟตรงนี้ก็จะแปลงค่าตามไฟสลับแสดงวงจรที่เพิ่มเติมเข้ามาทำหน้าที่ดังกล่าว

3.2.2 ส่วนการควบคุมความถี่

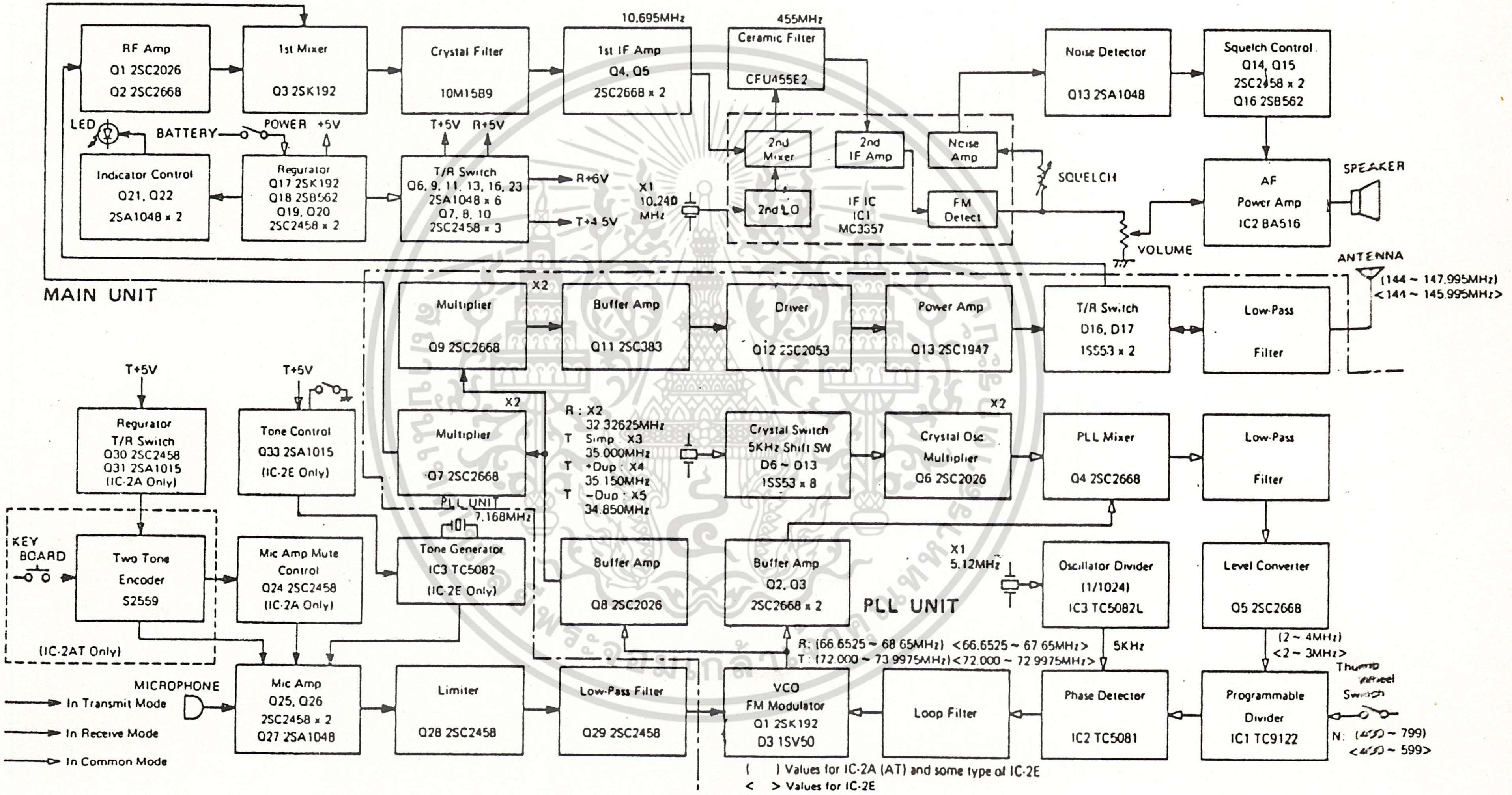
ปกติเครื่องรับวิทยุที่ใช้นี้ก็สามารถเลือกความถี่เอง โดยจะมีสวิทช์แบบ Thumb wheel เป็นตัวเลือกความถี่ที่จะรับเข้ามา แต่ในการทดลองนี้ เราจะให้ส่วนควบคุมและประมวลผลเป็นตัวควบคุมความถี่ของเครื่องรับวิทยุนี้ ดังนั้นจึงต้องมีการดัดแปลงบางส่วนเพื่อให้ใช้งานตามต้องการได้ ดูจากแผนผังการทำงานของเครื่องรับวิทยุ จะเห็นว่ามี IC เบอร์ TC-9122 ซึ่งเป็น Programmable Divider เลือกความถี่เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเลือกความถี่ที่จะรับเข้ามา โดย IC เบอร์นี้จะรับค่าความถี่เข้ามาจาก Thumb wheel อีกที ค่าความถี่ที่ IC นี้รับเข้ามานั้นจะเป็นข้อมูลแบบดิจิตอล 12 บิท โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุด ๆ ละ 4 บิท แต่ละชุดจะควบคุมความถี่ในหลัก 1MHz, หลัก 100KHz และหลัก 10KHz ตามลำดับ ซึ่งจากตรงนี้เอง เราสามารถส่งข้อมูลดิจิตอล 12 บิท จากส่วนควบคุมและประมวลผลมาควบคุมความถี่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

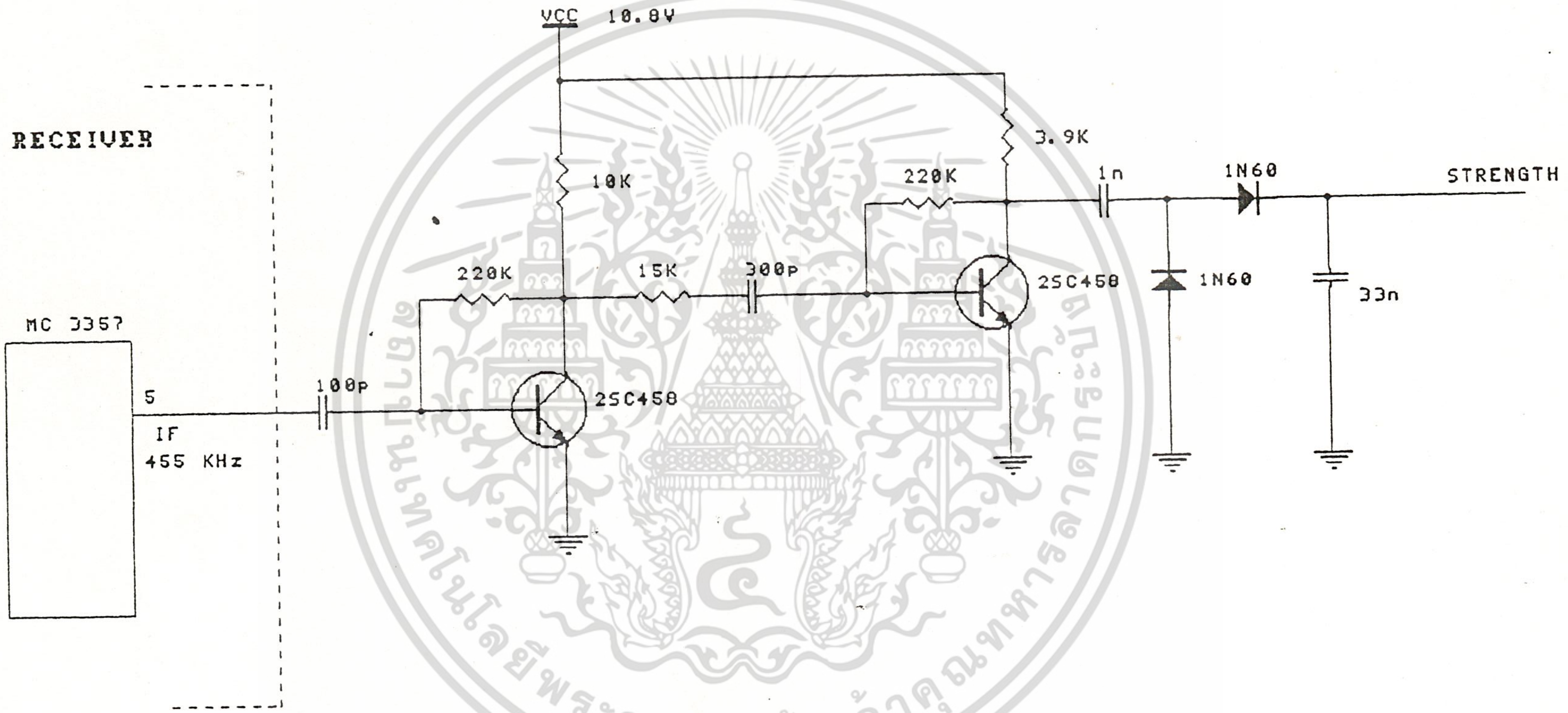
ความถี่ของเครื่องรับวิทยุนี้ได้ คือ เราจะส่งข้อมูลดิจิตอล 12 บิทเข้ามาแทนข้อมูลดิจิตอล 12 บิท เข้ามาแทนข้อมูลดิจิตอลที่จะได้จากสวิทช์ Thumb wheel เป็นการจำลองข้อมูลแทนนั่นเอง ในการควบคุมความถี่นี้ เราสามารถควบคุมถึงหลัก 10 KHz นั่นคือเราสามารถปรับความถี่ไป ครั้งละน้อยที่สุด 10KHz หรืออาจจะปรับครั้งละมากกว่านี้ก็ได้ดังรูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อ เครื่องรับวิทยุกับภายนอก เพื่อควบคุมความถี่

ย่านความถี่ในการรับของเครื่องรับวิทยุเครื่องนี้อยู่ระหว่าง 140-147 MHz ซึ่งเกินขอบเขตย่านความถี่ที่เราต้องการไป ทำให้เราอาจขยายย่านความถี่ที่ใช้ในการทดลองของเราออกไปได้อีกด้วย

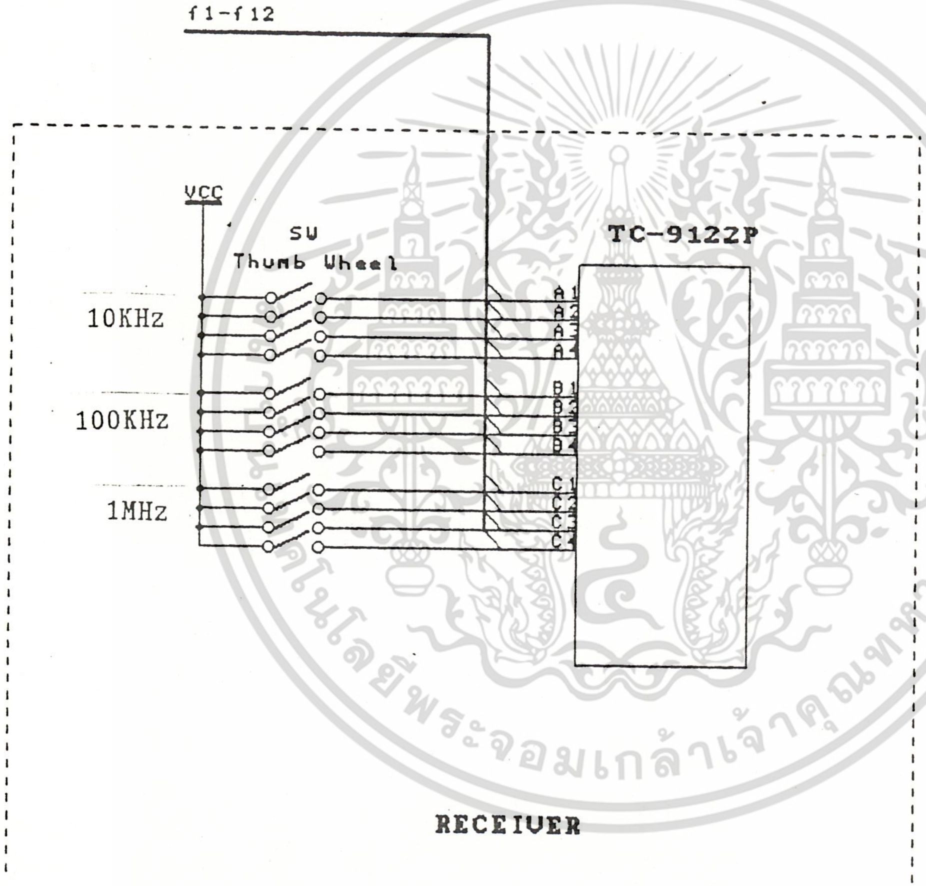
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนผังการทำงานของเครื่องรับวิทยุ



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อเพื่ออ่านค่าความแรงของคลื่นวิทยุ



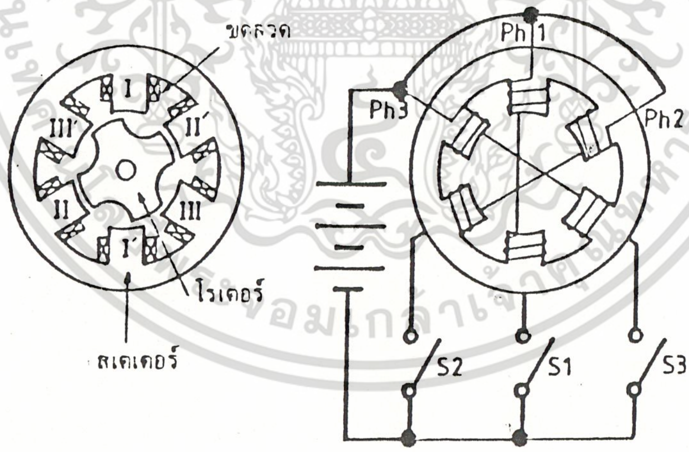
รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อเพื่อควบคุมความถี่

บทที่ 4
ระบบการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์

4.1 ชนิดและการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์

สเตปปิ้งมอเตอร์แบ่งออกได้หลายชนิด เช่น แบบวาริเอเบิ้ลรีลักแตนซ์ (Variable Reluctance), เพอร์มาเนนท์แมกเนท (Permanent magnet), ไฮบริด (Hybrid), ลิเนียร์(Linear) ฯลฯ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่ใช้งานกันบ่อยๆคือ แบบวาริเอเบิ้ลรีลักแตนซ์ และ เพอร์มาเนนท์แมกเนท

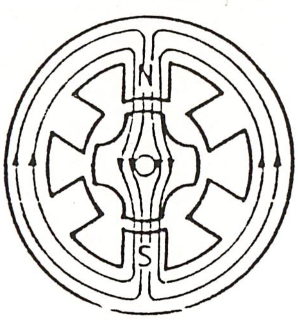
วาริเอเบิ้ล-รีลักแตนซ์ หรือเรียกสั้นๆว่า วีอาร์มอเตอร์ จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจในการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ชนิดอื่นๆได้ง่ายยิ่งขึ้น รูปที่ 4.1 เป็นภาพหน้าตัดและยังแสดงถึงการพันขดลวดของ วีอาร์มอเตอร์แบบ 3 เฟส มีขั้วเหนือและใต้อยู่ตรงข้ามกัน 3 คู่ โดยจะพันขดลวดแบบอนุกรมกันในแต่ละชุดถ้ามีการกระตุ้นเฟสเกิดขึ้น ขั้ว I,II,III จะเป็นขั้วใต้และขั้ว I,II,III จะเป็นขั้วเหนือ ทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์จะทำจากเหล็กผสมซิลิกอนซึ่งเป็นวัสดุที่มีความซึมซับ(Permeability)สูง สามารถให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านได้มาก



รูปที่ 4.1 การพันขดลวดของ VR สเตปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 เฟส

การทำงานจะเริ่มจากการกระตุ้นที่เฟส I ก่อน(S "ON")ซึ่งจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นดังรูปที่ 4.2 ตัวโรเตอร์จะพยายามวางตำแหน่งตัวเองให้อยู่ในทิศทางที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุดในแนวขั้ว I-I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

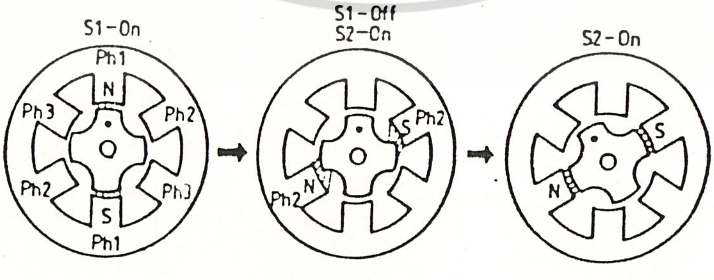


รูปที่ 4.2 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กขณะกระตุ้น เฟส 1

ในขณะเริ่มต้นที่จะกระตุ้นที่เฟส II(S "OFF",S "ON") ดังรูปที่ 4.3 เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่อยู่ในแนวทางเดินที่สะดวกจึงทำให้ค่าความต้านทานแม่เหล็กมีค่าสูง /ตัวโรเตอร์ก็จะพยายามปรับตัวเองเพื่อให้ค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด ด้วยการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาซึ่งแรงบิดที่ใช้หมุนเกิดจากแรงของเส้นแรงแม่เหล็ก แล้วจะไปหยุดที่ตำแหน่งความต้านทานน้อยที่สุด นั่นคือ จะหมุนไป 1 สเต็ป หรือ 30 องศานั่นเอง ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสเตปของการหมุนโรเตอร์ไป 1 รอบ (S) มุมที่เปลี่ยนไปใน 1 สเตป ( ) จำนวนเฟสของสเตเตอร์ (m) และจำนวนฟันของโรเตอร์ (N) แสดงได้ดังสมการที่ 1

S = 360/ = mN ...(1)

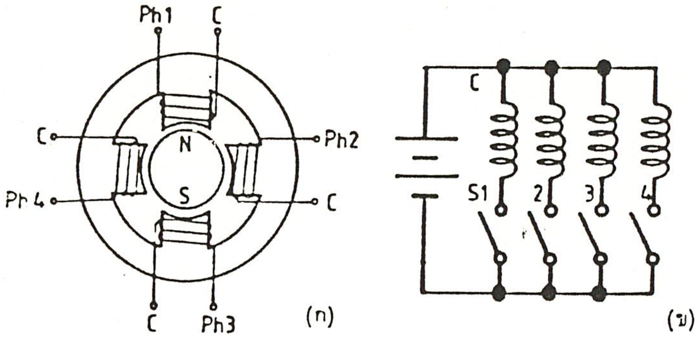
และการลดช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ให้มีค่าน้อยๆ เพื่อให้เกิดแรงบิดสูงสุดและยังมีผลต่อความเที่ยงตรงของตำแหน่งมากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.3 แสดงขั้นตอนการหมุนเมื่อมีการกระตุ้นจาก เฟส 1 ไปยัง เฟส 2

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 (ก) ภาพตัดของ PM สเตปปิ้งมอเตอร์แบบ 4 เฟส

(ข) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐาน สำหรับ PM มอเตอร์ 4 เฟส

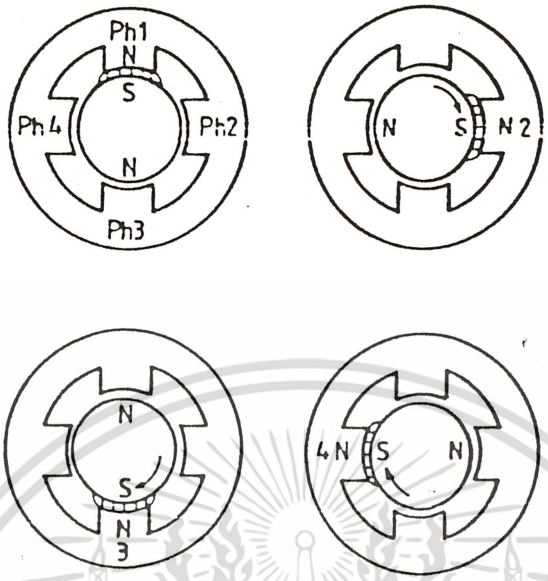
สำหรับสเตปปิ้งมอเตอร์ชนิด เพอร์มาเนนท์-แมกเนท หรือเรียกสั้นๆว่า พีเอ็มมอเตอร์ จะมีข้อแตกต่างที่สำคัญจาก วีอาร์มอเตอร์ก็คือ โรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร จึงทำให้การพันขดลวดที่สเตเตอร์ต้องแตกต่างไปด้วยดังแสดงในรูปที่ 4.4(ก) จะเห็นว่าสเตเตอร์ในแต่ละขั้วจะมีขดลวดพันอยู่ ซึ่งถือว่าแต่ละขั้วคือหนึ่งเฟส ดังนั้นจากรูปจึงมี 4 เฟสด้วยกันสำหรับการต่อวงจรกระตุ้นเฟสมอเตอร์อย่างง่ายแสดงไว้ในรูปที่ 4.4(ข) จะเห็นว่าปลายขดลวด(C)ของทุกเฟสจะต่อร่วมกันถึงขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดแล้วขั้วสเตเตอร์ที่เฟสนั้นก็จะกลายเป็นขั้วเหนือ รูปที่ 4.5 จะเป็นการแสดงตำแหน่งของโรเตอร์ในแต่ละสเตป หลังจากถูกกระตุ้นที่เฟส 1-2-3-4 ตามลำดับ และจะหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาทุก 90 องศาต่อสเตป ถ้าต้องการจะให้มุมองศาต่อสเตปมีค่าลดลงหรือมีความละเอียดในตำแหน่งมากขึ้นจะต้องเพิ่มจำนวนเฟสของสเตเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ให้มากขึ้น ข้อเสียคือ พีเอ็มมอเตอร์ คือ มีราคาแพงและความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กจะถูกจำกัดโดยเส้นแรงแม่เหล็กภายในของแม่เหล็กถาวรทำให้ไม่สามารถผลิตแรงบิดได้มาก

4.2 โหมดการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์

ถ้าจะแบ่งโหมดการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ ตามอัตราเร็วของสเตปแต่ละสเตป จะแบ่งออกได้เป็น 2 โหมด คือ หมุนเป็นสเตปและหมุนแบบต่อเนื่อง

โดยถ้าการหมุนเป็นแบบสเตปและมีเวลาหยุดนิ่งก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นสเตปถัดไป ก็จะเรียกการทำงานในโหมดนี้ว่า การหมุนเป็นสเตป ดังแสดงในรูปที่ 4.6(ก) สำหรับตัวอย่างของเครื่องใช้ที่ทำงานในโหมดนี้คือ เครื่องเจาะบัตร การทำงานคร่าวๆก็คือ สเตปปิ้งมอเตอร์จะเป็นตัวส่งแถบกระดาษเข้าไปยังเครื่องปรุกระดาษ เพื่อบันทึกข้อมูลลงในแถบกระดาษ ซึ่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ลำดับขั้นการหมุนในมอเตอร์ 4 เฟส

หมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์จะหมุนไปแล้วจะหยุดชั่วขณะ เพื่อปรุกระดาษให้เรียบร้อยก่อนแล้วจึงค่อยหมุนต่อไปยังตำแหน่งเจาะใหม่

ถ้าเพิ่มอัตราเร็วของในแต่ละสเตปให้เร็วขึ้น และเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุดนิ่งจะเรียกกำหนดการทำงานนี้ว่า การหมุนแบบต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.6(ข) ซึ่งจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์ (n) กับอัตราเร็วของสเตป (f) และจำนวนสเตปทั้งหมด (s) ได้ดังสมการ

$$n = 60f/s \quad ...(2)$$

4.3 กราฟคุณลักษณะของสเตปปิ้งมอเตอร์

กราฟคุณลักษณะของสเตปปิ้งมอเตอร์จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร็วของสเตปกับแรงบิดดังแสดงในรูปที่ 4.7 สำหรับกราฟเส้นประเรียกว่า สต๊าท-สต๊อป เคิร์ฟ หรือ ซิงเกิ้ล-สเตปโหลดเคิร์ฟ เป็นกราฟที่อยู่ในโหมดการหมุนเป็นสเตป และเป็นที่แสดงถึงย่านของแรงบิดที่มอเตอร์สามารถเริ่มและหยุดหมุนได้โดยปราศจากความผิดพลาดแม้ที่อัตราเร็วของสเตปต่างๆกันและกราฟอีกเส้น คือสลูว์เคิร์ฟซึ่งทำงานอยู่ในโหมดการหมุนแบบต่อเนื่องจะเป็นกราฟที่แสดงถึงค่าแรงบิดสูงสุด ที่สเตปปิ้งมอเตอร์สามารถจะกระทำได้ที่อัตราเร็วของส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตปต่างๆกัน ถ้ามีการใช้งานสเตปปิ้งมอเตอร์เหนือกราฟนี้ก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้งานอยู่ภายใต้กราฟนี้แม้จะควบคุมแบบระบบเปิด ก็สามารถมั่นใจได้ว่าทั้งตำแหน่งและความเร็วมีความเที่ยงตรง โดยตำแหน่งของมอเตอร์สามารถคำนวณได้จากสมการ

มุมที่เปลี่ยนไป = มุมใน 1 สเตป * จำนวนพัลซ์ที่ป้อนให้ ...(3)

ส่วนความเร็วสามารถคำนวณได้จากสมการ(2) สำหรับช่วงที่เส้นกราฟขาดหายไปของสลูว์เคิร์ฟนั้นเป็นย่านเรโซแนนซ์ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการพิจารณาใช้งาน เพราะนี้เป็นช่วงที่ไม่เสถียรและควบคุมไม่ได้

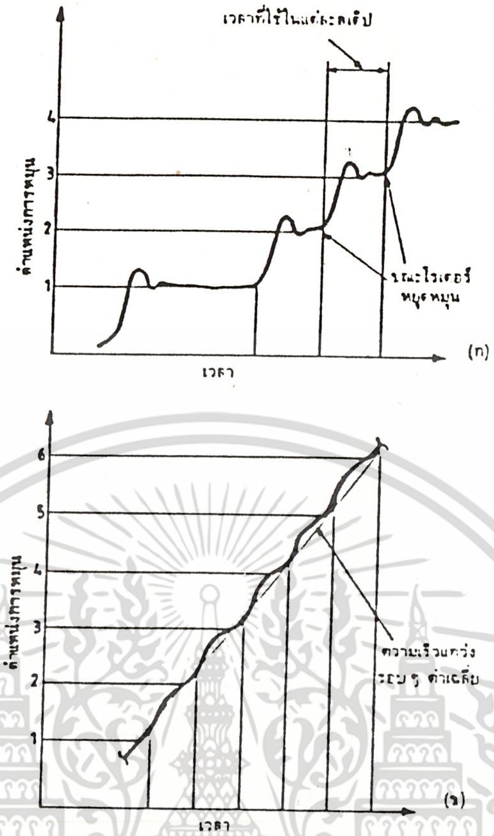
4.4 วิธีการกระตุ้นเฟส

การที่จะทำให้สเตปปิ้งมอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง เหมือนกับการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะต้องมีการจ่ายพัลซ์เป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง วิธีการที่จะกระตุ้นเฟสมีด้วยกันหลายวิธี แต่จะอธิบายเพียง 3 วิธีเท่านั้น แบบแรก คือ การกระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว (single-phase excitation) เป็นการกระตุ้นเฟสเพียงเฟสเดียวเท่านั้นที่จังหวะสัญญาณนาฬิกาหนึ่งๆแบบที่ 2 คือ การกระตุ้นแบบเฟสคู่ (two-phase excitation) ก็จะมีการกระตุ้นเฟสสองเฟสพร้อมกันในจังหวะสัญญาณนาฬิกาหนึ่งๆสำหรับแบบสุดท้ายเป็นการกระตุ้นแบบกึ่งสเตป (half-step excitation) จะเป็นการรวมเอาสองแบบแรกเข้าด้วยกัน โดยจะกระตุ้นเฟสแบบที่ 1 และแบบที่ 2 สลับกันไป การกระตุ้นเฟสของทั้ง 3 แบบดูได้จากตารางในรูปที่ 4.8

ในการกระตุ้นเฟสแบบคู่ จะมีทิศทางของเส้นและแม่เหล็กไม่เป็นเส้นตรงเหมือนกับแบบกระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ก) แต่ถึงกระนั้นค่ามุมที่เปลี่ยนไปใน 1 สเตป ก็ยังคงมีค่าเท่าเดิมเหมือนกับการกระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว ขณะเดียวกันยังสามารถเข้าตำแหน่งในแต่ละสเตปได้เร็วกว่าด้วย ดังแสดงรูปที่ 4.9 (ข)

ข้อดีอย่างหนึ่งสำหรับการกระตุ้นเฟสแบบกึ่งสเตป คือ สามารถลดผลกระทบเนื่องจากย่านเรโซแนนซ์ได้ แต่ที่ความถี่ต่ำๆ จะมีค่าแร่งบิดลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ค) และสำหรับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับทิศทางของลำดับเฟสที่ถูกกระตุ้นด้วย

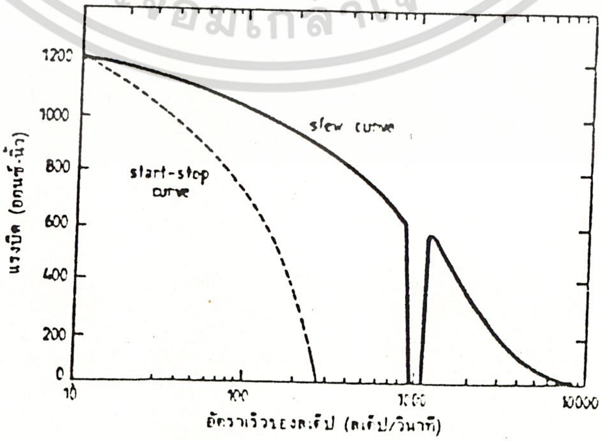
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงสเตปของการหมุนในโหมดการทำงานแบบ

(ก) หมุนเป็นสเตป

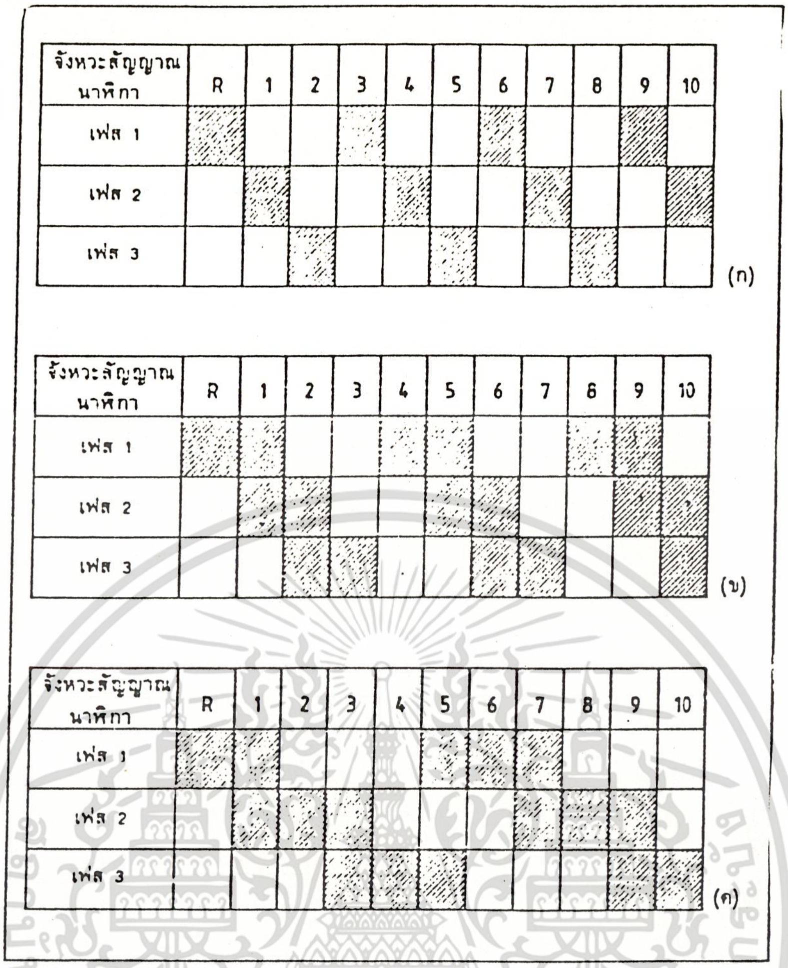
(ข) หมุนต่อเนื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วกับแรงบิดของการทำงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟส

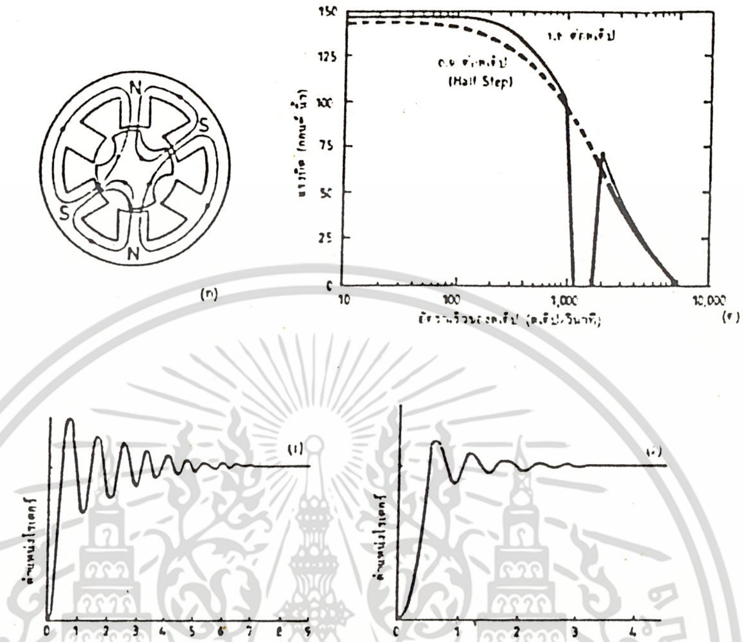
4.5 ระบบขับเคลื่อนและตรวจจับการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์

ในการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์โดยใช้คอมพิวเตอรในการสั่งการนั้น จำเป็นที่จะต้องมีระบบขับเคลื่อนซึ่งเป็นตัวป้อนไฟฟ้าในการทำให้มอเตอร์หมุน และมีวงจรตรวจจับ(Detector)ในการแสดงให้ทราบว่า มอเตอร์ได้หมุนไปแล้วหรือไม่ โดยส่งสัญญาณผ่านมายังพอร์ทเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ในกรณีที่มีการหมุนไปเรียบร้อยแล้ว

4.5.1 ตัวขับเคลื่อนมอเตอร์

เมื่อเขียนวงจรสมมูลของขดลวดในสเตปปิ้งมอเตอร์ก็จะได้เป็นตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกับความต้านทาน และในขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนจะผลิตแรงดันย้อนกลับขึ้นบนขดลวด วงจรสมมูลจริงๆจะเป็นดังรูปที่ 4.10 แรงดันย้อนกลับนี้จะเป็นอันตรายกับทรานซิสเตอร์อย่างมาก ในขณะที่ทรานซิสเตอร์กลับมาอยู่ในสภาวะ "OFF" จึงต้องใส่วงจรตัวกั้น (Suppressor) เข้าไปเพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์ไม่ให้เกิดความเสียหาย วงจรตัวกั้นง่ายที่สุดคือต่อไดโอดคร่อมไปกับ

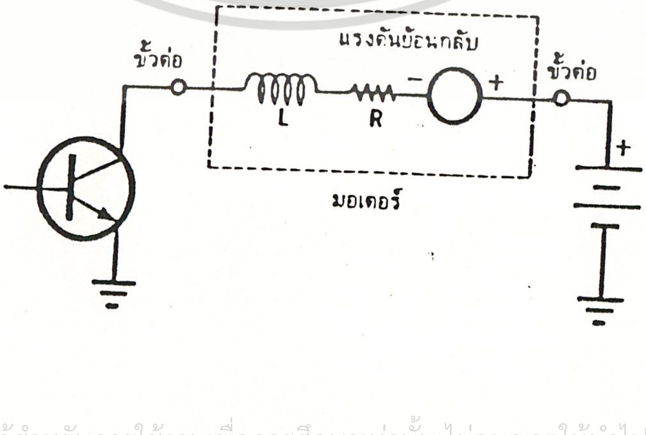
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 (ก) แสดงเส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กแบบเฟสคู่

(ข) แสดงการเข้าตำแหน่งของโรเตอร์ที่สเตปหนึ่งๆ

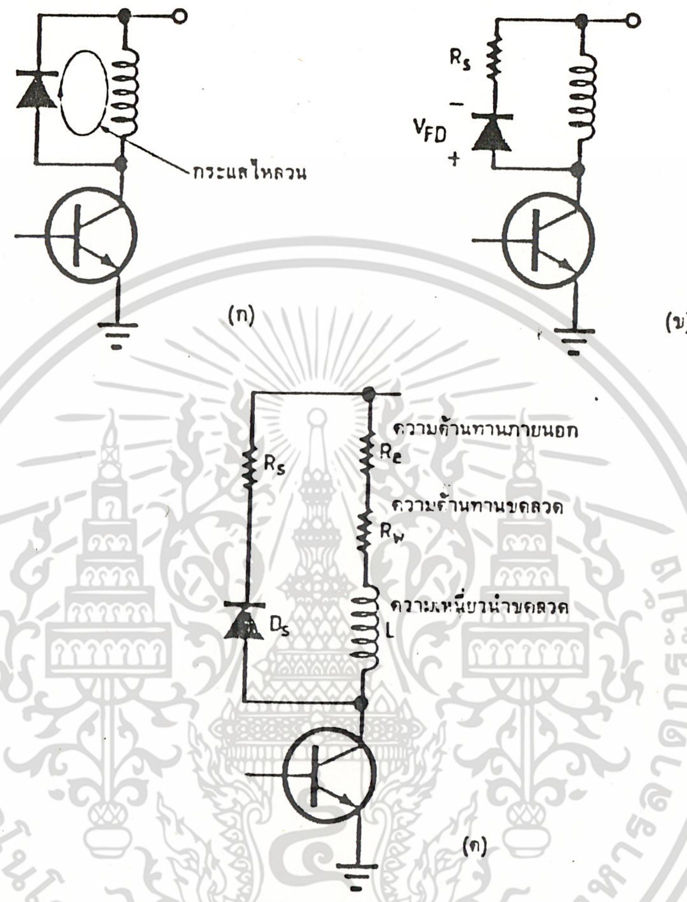
(ค) กราฟคุณลักษณะของการกระตุ้นเฟสแบบกึ่งสเตปและแบบเฟสคู่



รูปที่ 4.10 วงจรสมมูลของขดลวดขณะสเตปปิ้งมอเตอร์กำลังหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดเลยดังรูปที่ 4.11(ก) กระแสย้อนกลับจะวนลูปผ่านไดโอดในขณะที่ทรานซิสเตอร์ "OFF" ทำให้เกิดแรงบิดหยุด (Braking torque)ขึ้นดังนั้นจึงต้องเพิ่มความต้านทาน (R) อนุกรมเข้าไปกับไดโอดด้วยดังรูปที่ 4.11(ข) เพื่อทำให้เวลาแกว่งของกระแสไหลวนลดลงเร็วขึ้น แต่ก็มีผลในการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ขาคอลเล็คเตอร์ของทรานซิสเตอร์ด้วย



รูปที่ 4.11 การป้องกันทรานซิสเตอร์ในวงจรขับด้วย

(ก) การใช้ไดโอดซัพเพรสเซอร์

(ข) ไดโอด–รีซิสเตอร์ ซัพเพรสเซอร์

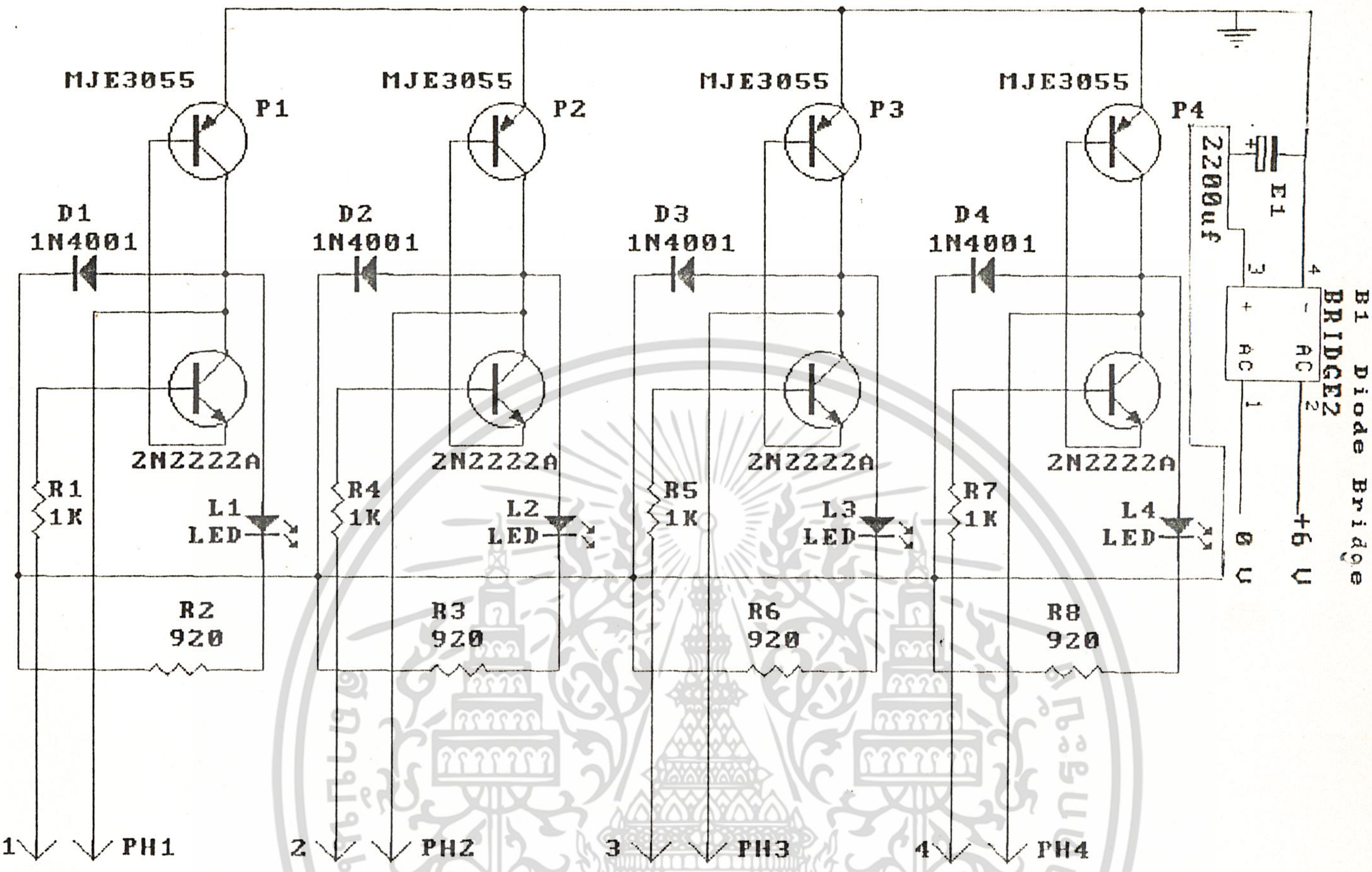
(ค) การต่อความต้านทาน R ในวงจรขดลวดของมอเตอร์เพื่อลดค่าคงที่เวลา

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งคือ หลังจากที่ทรานซิสเตอร์ถูกกระตุ้นด้วยเฟสให้อยู่ในสภาวะ "ON" จะต้องใช้เวลาระยะหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะที่ขับด้วยกระแสเต็มพิกัด ซึ่งผลอันนี้เกิดจากค่าคงที่เวลาอันเนื่องมาจากคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ โดยจะมีผลทำให้แรงบิดลดลงและการตอบสนองช้าลงด้วย วิธีแก้ปัญหาอย่างหนึ่งก็คือ การต่อความต้านทาน(R) อนุกรมเข้ากับขดลวดดังรูปที่ 4.11(ค) เพื่อลดเวลาค่าคงที่ให้น้อยลง แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังขึ้นในตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านทานด้วย

วงจรตัวขับมอเตอร์แบบ 4 เฟส ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 วงจรตัวขับมอเตอร์แบบ 4 เฟส

4.5.2 ตัวตรวจจับการหมุน

ในระบบของเครื่องค้นหาทิศทางสัญญาณวิทยุนี้ จะใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการหมุนสายอากาศโดยใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งความเร็วในการทำงานของแต่ละส่วน คือ เครื่องรับสัญญาณวิทยุ ตัวประมวลผลของคอมพิวเตอร์ และการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์จะไม่เท่ากัน ซึ่งในส่วนนี้อาจจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นในส่วนของการอินเตอร์เฟสระหว่างคอมพิวเตอร์และสเตปปิ้งมอเตอร์ กล่าวคือ การหมุนของมอเตอร์จะช้ากว่าความเร็วของตัวประมวลผลมาก ฉะนั้นเพื่อให้การควบคุมเป็นไปอย่างถูกต้องเป็นลำดับขั้นตอน แต่ละส่วนสามารถทำงานไปพร้อมๆกันในแต่ละครั้ง เมื่อมอเตอร์หมุนไปสเตปหนึ่งแล้ว จะมีการตรวจจับและส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ว่า บัดนี้มอเตอร์ได้หมุนไปแล้ว มอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบ 4 เฟส ขนาดสเตป 1.8 องศา

ตัวตรวจจับนี้ได้ใช้ LDR เป็นตัวควบคุมการตรวจจับโดยใช้แสง มีแผ่นทึบแสงซึ่งมีช่องให้แสงผ่านเป็นระยะๆเท่ากันเป็นตัวตัดแสง ในการทดลองนี้ใช้สเตปในการค้นหาทิศทางขนาด 7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

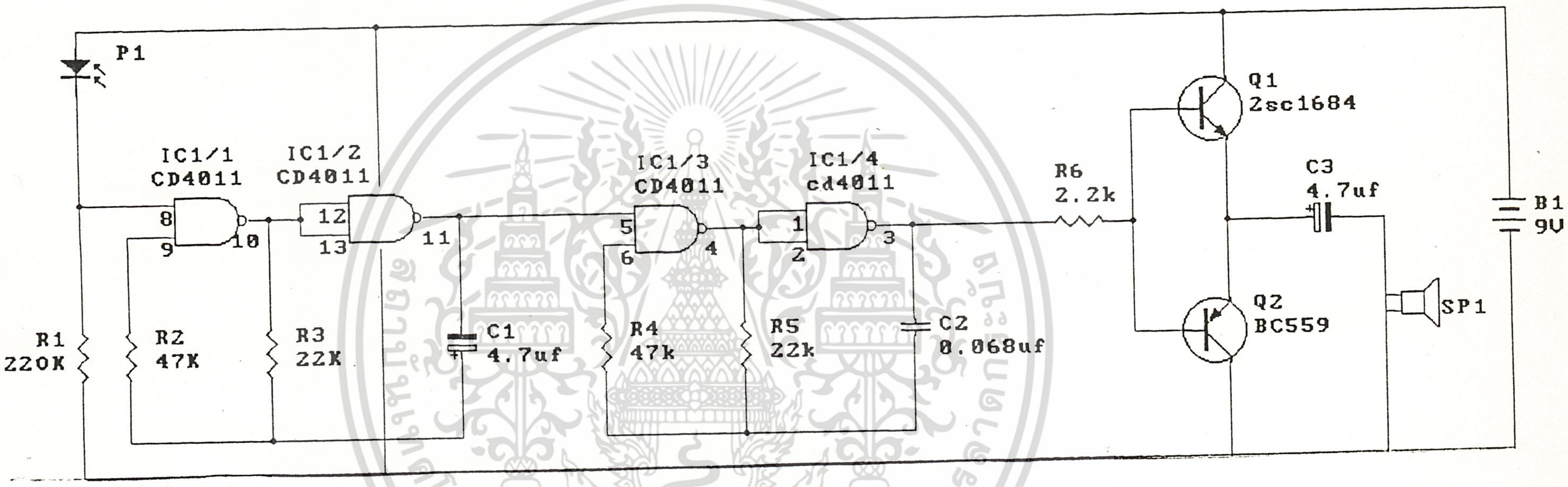
องศา(1.8 * 4) ดังรูปที่ 4.13

ส่วนฐานยึดสายอากาศจะมีการเชื่อมมอเตอร์และสายอากาศโดยผ่านสายโซ่เพื่อมิให้มอเตอร์รับแรงโดยตรงจากสายอากาศซึ่งจะทำให้การหมุนเป็นไปได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.13 ตัวตรวจจับการหมุนและอุปกรณ์

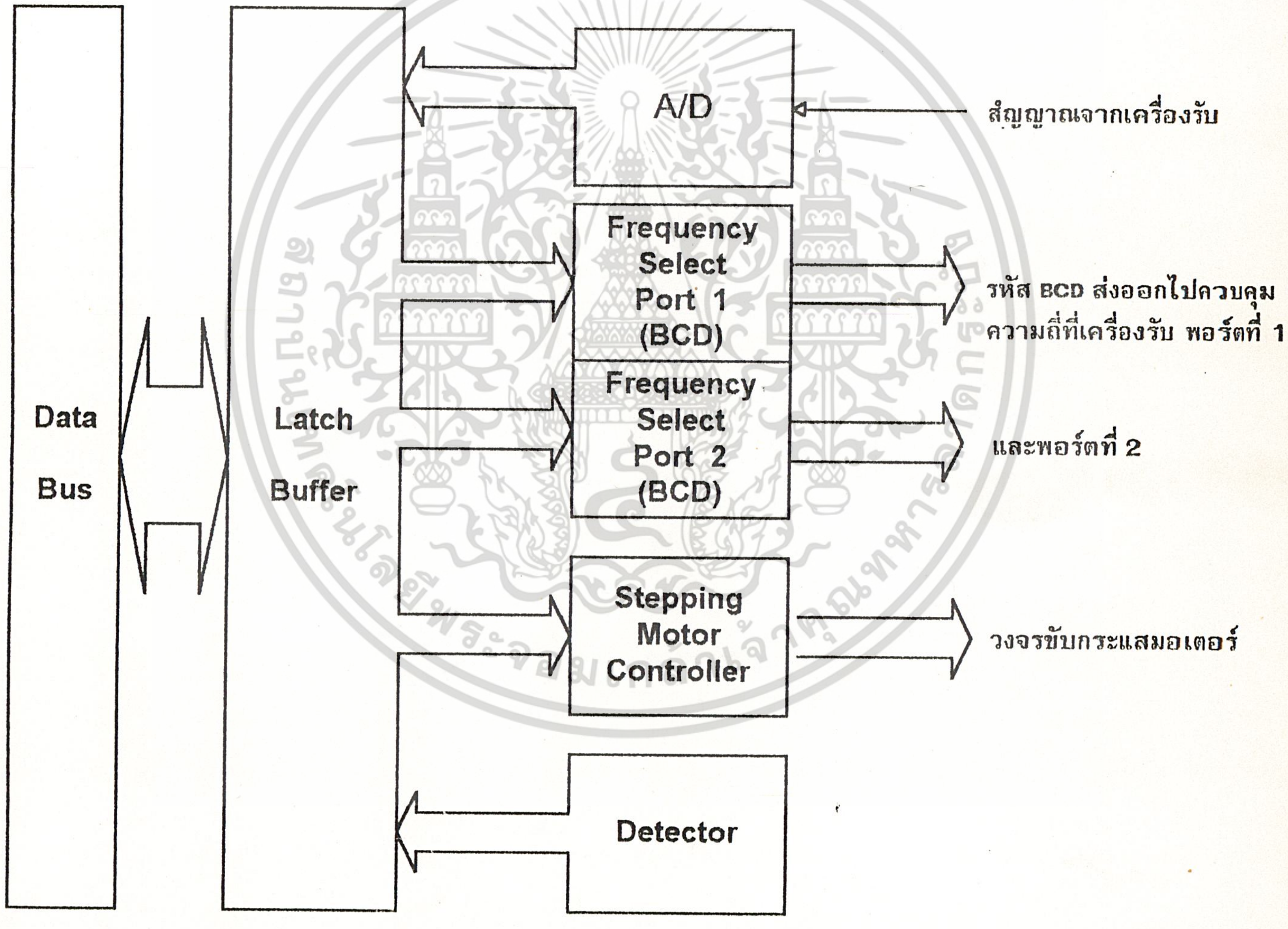
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ตัวตรวจจับการหมุนและอุปกรณ์ (ต่อ)

บทที่ 5
ส่วนควบคุมและประมวลผล

ในการประมวลผลและควบคุมสัญญาณต่างๆในโครงงานนี้ ได้ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการควบคุม ระบบการทำงานมีลำดับตามแผนผังในรูปที่ 5.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

รูปที่ 5.1 แผนผังการเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

...ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในส่วนของการแปลงสัญญาณจากอะนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (A/D Converter) จะรับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรเครื่องรับวิทยุ ซึ่งขนาดของสัญญาณดังกล่าวจะแปรตามระดับความแรงของสัญญาณวิทยุที่ได้รับเข้ามา เมื่อวงจรแปลงสัญญาณ A/D ได้รับสัญญาณเข้าแล้ว ก็จะแปลงสัญญาณอะนาล็อกให้เป็นข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิต และจะถูกเก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์เพื่อที่จะเรียกข้อมูลดังกล่าวออกมาวาดรูปกราฟแสดงทิศทางของเครื่องส่งที่ตรวจจับได้ต่อไป

ในการควบคุมความถี่ของเครื่องรับ สามารถใช้ข้อมูลดิจิตอลจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ออกไปควบคุมได้โดยตรง ข้อมูลที่ใช้ควบคุมความถี่ดังกล่าวจะเป็นข้อมูลรหัส BCD (Binary CodeDecimal) จำนวน 3 ตัว (รวม 12 บิต โดยส่งออกครั้งละ 4 บิต) ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้จากโปรแกรมควบคุม และส่งออกทางพอร์ตที่ติดต่อกับเครื่องรับ

สำหรับการควบคุมการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งใช้ในการฉุดสายอากาศให้หมุนไปในทิศทางที่ต้องการนั้น สัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการควบคุมลำดับการหมุนนั้นก็จะถูกสร้างขึ้นมาโดยโปรแกรมควบคุมเช่นกัน โดยจะส่งออกไปเป็นรหัสดิจิตอลโดยตรงผ่านออกทางพอร์ตของการ์ดอินเตอร์เฟสไปยังวงจรขับกระแสมอเตอร์ต่อไป

ส่วนพอร์ตซึ่งติดต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับการหมุนของสายอากาศนั้น มีไว้เพื่อรับสัญญาณที่จะถูกส่งออกมาเมื่อมีการหมุนของสายอากาศขึ้น ทั้งนี้เพื่อที่ว่าโปรแกรมควบคุมจะสามารถตรวจสอบได้ว่าสเตปปิ้งมอเตอร์ได้หมุนสายอากาศไปเป็นมุมตามที่สั่งได้หรือไม่

5.1 ลำดับขั้นการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานของระบบ สามารถสรุปได้ตามผังการทำงาน (Flow Chart) ในรูปที่ 5.2 ซึ่งจะแสดงลำดับขั้นในการทำงานและการควบคุมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

เมื่อเริ่มการทำงาน โปรแกรมควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมไปที่วงจรควบคุมการหมุนมอเตอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำการหมุนสายอากาศไปยังตำแหน่ง 0 องศา และจะรอรับข้อมูลเข้ามาเพื่อตรวจสอบว่าสายอากาศได้ถูกหมุนไปยังตำแหน่ง 0 องศาหรือไม่ หลังจากนั้นวงจรแปลง A/D จะเริ่มแปลงค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับ (ณ ตำแหน่ง 0 องศา) ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล หลังจากนั้นโปรแกรมควบคุมจะทำการวาดขนาดของสัญญาณลงบนกราฟรูปวงกลม และเก็บข้อมูลขนาดของสัญญาณลงในฮาร์ดดิสก์

หลังจากนั้นโปรแกรมควบคุมก็จะสั่งให้มอเตอร์ทำการหมุนสายอากาศไปอีก 7.2 องศา(เท่ากับการหมุนของมอเตอร์ 4 ตำแหน่ง) และเริ่มแปลงสัญญาณที่ความถี่ 144 MHz และวาดรูปกราฟอีก แล้วจึงหมุนสายอากาศไปเรื่อยๆจนสามารถเก็บค่าความแรงของสัญญาณครบ 360 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

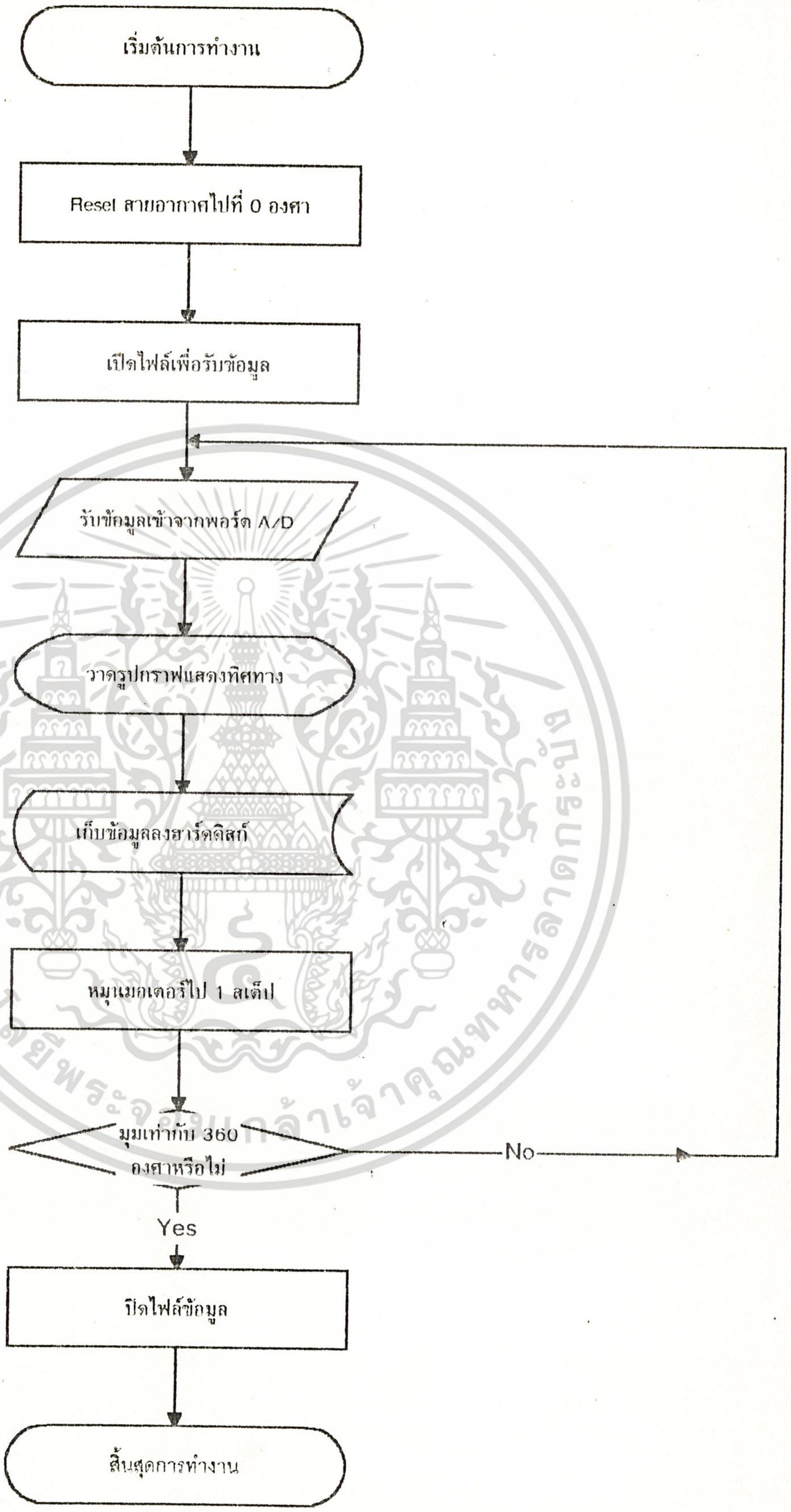
5.2 การแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ในการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลนั้น ใช้ไอซี ADC0804 ซึ่งสามารถแปลงสัญญาณอินพุทที่เป็นอนาล็อกให้เป็นรหัสดิจิตอลขนาด 8 บิทได้ วงจรในส่วนของการแปลงสัญญาณนี้แสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งจะแสดงการต่อไอซีเข้ากับอุปกรณ์และสัญญาณต่าง ๆ

การกระตุ้นให้วงจรนี้เริ่มทำการแปลงสัญญาณ ทำได้โดยการทำให้สัญญาณที่ขา CS และ WR มีสถานะเป็น 'LOW' ในวงจรนี้จะต่อขา CS ลงที่กราวนด์ และทำให้ WR มีสถานะเป็น 'LOW' โดยการให้เอาท์พุท Y1 (ขา 14 ของไอซี 74LS138) มีสถานะเป็น 'LOW' (แอดเดรส 0381H)ก็จะเริ่มการแปลงสัญญาณ

ส่วนการกระตุ้นให้ไอซี ADC0804 นี้ส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูลนั้น ทำได้โดยการทำให้สัญญาณที่ขา CS และ RD มีสถานะเป็น 'LOW' ด้วยการทำให้เอาท์พุท YO (ขา 15 ของไอซี 74LS138)มีสถานะเป็น 'LOW' (แอดเดรส 0380H) และต่อขา CS ลงกราวนด์ รหัสดิจิตอลจากการแปลงสัญญาณก็จะถูกส่งออกมาทางขาสัญญาณ DB0-DB7 และหลังจากการแปลงสัญญาณเสร็จสิ้นแล้วก็จะมีสัญญาณบอกการสิ้นสุดการแปลง (End Of Conversion; EOC) ถูกส่งออกมาทางขา INTR (ขา 5 ของไอซี ADC0804) เพื่อเป็นการบ่งบอกว่าสิ้นสุดการแปลงสัญญาณแล้ว

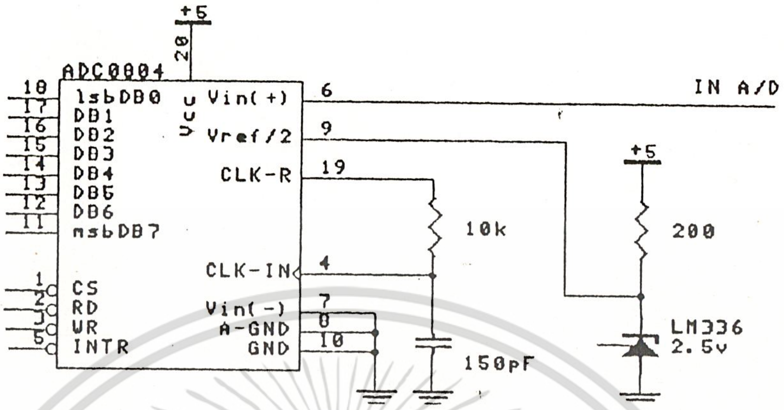
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 5.2 แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 วงจรแปลงสัญญาณจากอะนาล็อกเป็นดิจิตอล

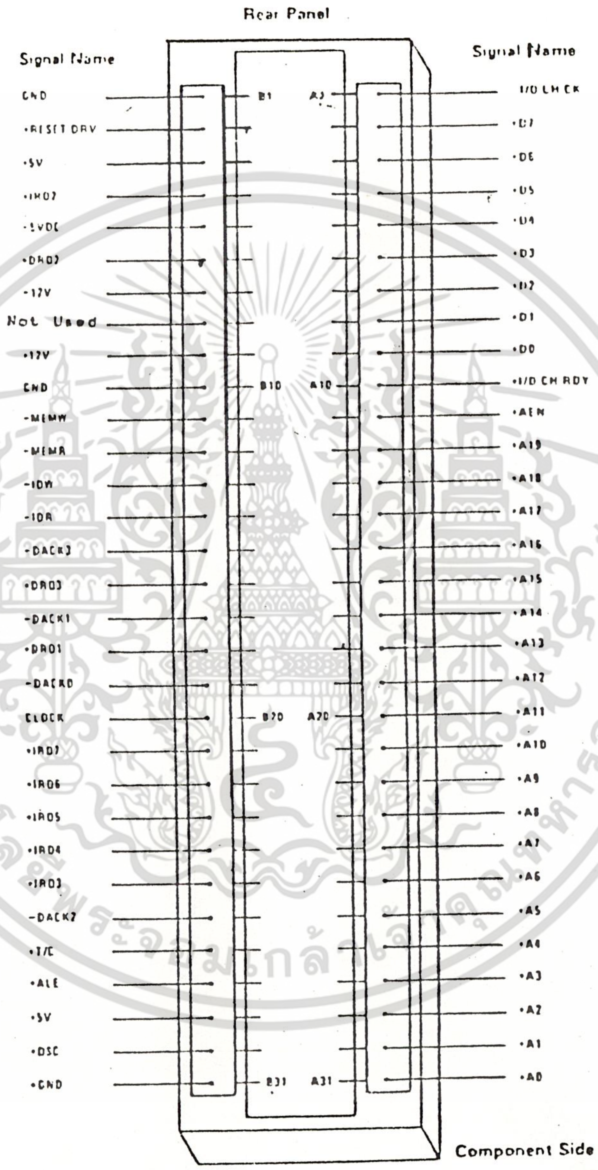
5.3 สัญญาณต่างๆบนสล็อตของ IBM PC

ภายใน IBM PC ได้มีการออกแบบให้สามารถที่เพิ่มเติมวงจรอินเทอร์เฟสเข้าไปภายหลังได้โดยผ่านทางสล็อตที่อยู่บนเมนบอร์ด สำหรับสล็อตบนเมนบอร์ดนี้จะมีจำนวน 5 สล็อต (สำหรับในIBM PC/XT จะมี 8 สล็อต) ซึ่งแต่ละสล็อตจะมีจำนวนขาทั้งสิ้น 62 ขา แบ่งออกเป็น 2 ข้างๆละ 31 ขาส่วนการเรียกตำแหน่งขาของสล็อตเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับว่าขานั้นอยู่ข้างใด (ซ้ายหรือขวา) ของสล็อตโดยขาที่อยู่ทางซ้ายของสล็อตจะเรียกโดยใช้อักษร B นำหน้าหมายเลขตำแหน่งของขา ส่วนขาที่อยู่ทางด้านขวาของสล็อตก็จะเรียกโดยใช้อักษร A นำหน้าหมายเลขตำแหน่งของขา

แต่ละขาของสล็อตเหล่านี้จะเชื่อมต่อกับสัญญาณต่างๆบนเมนบอร์ด ทำให้การสร้างวงจรอินเตอร์เฟสกับ IBM PC สามารถทำได้โดยสะดวก ซึ่งเส้นสัญญาณที่เชื่อมต่อกับขาของสล็อตเหล่านี้จะประกอบด้วย เส้นสัญญาณของบัสแอดเดรส (Address Bus), บัสข้อมูล (Data Bus), บัสควมคุมสำหรับการเขียน/อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือพอร์ต I/O, เส้นสัญญาณสำหรับการขออินเทอร์รัพท์ของวงจรอินเตอร์เฟส, เส้นสัญญาณสำหรับการขอ DMA, สัญญาณฐานเวลา (Timing Signal) ต่างๆ ที่ใช้ในระบบ, เส้นสัญญาณแสดงการรีเฟรชหน่วยความจำ และสัญญาณสำหรับตรวจสอบความผิดพลาด (I/O CHCK)

นอกจากเส้นสัญญาณเหล่านี้แล้ว สล็อตบนเมนบอร์ดยังต่อเชื่อมกับแหล่งจ่ายไฟต่างๆ ที่ใช้ในระบบอีกด้วย คือ +5 Vdc, -5 Vdc, +12 Vdc และ -12 Vdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม ... สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.4 แสดงภาพสล็อตบนเครื่อง IBM PC

5.3.1 รายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณต่างๆ

OSC (Oscillator; B30)

ขานี้เป็นเอาท์พุทที่เชื่อมต่อกับสัญญาณคล็อกที่มีค่าความถี่สูงสุดบนเมนบอร์ด คือ 14.31818 MHz ซึ่งมีคาบเวลาประมาณ 70 ns และมี Duty Cycle (ช่วงเวลาใน 1 คาบที่สัญญาณคล็อกมีลอจิกเป็น '1' หารด้วยคาบเวลาทั้งหมด) ประมาณ 50 % สัญญาณคล็อกอื่นๆ ของระบบ เช่น คล็อกที่ป้อนให้ 8088 หรือชิพซัพพอร์ทต่างๆนั้นจะถูกสร้างขึ้นโดยการหารสัญญาณคล็อกนี้

CLK (Clock; B20)

ขานี้เป็นสัญญาณเอาท์พุทซึ่งต่อกับสัญญาณคล็อกที่ถูกสร้างขึ้นโดยการหารสัญญาณ OSC ด้วย 3 ทำให้ได้ความถี่ประมาณ 4.77 MHz หรือมีช่วงเวลาใน 1 คาบเท่ากับ 210 ns สำหรับค่า Duty cycle ของสัญญาณนี้จะมีค่าประมาณ 1/3 กล่าวคือใน 1 คาบจะมีช่วงเวลาที่เป็นลอจิก '1' เท่ากับ 1/3 ของคาบเวลาทั้งหมด (หรือประมาณ 70 ns) และช่วงเวลาที่เป็นลอจิก '0' เท่ากับ 2/3 ของคาบเวลาทั้งหมด (ประมาณ 140 ns)

RESET DRV (B2)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุท ซึ่งจะแอคทีฟ (เป็นลอจิก '1') ในช่วงที่เราเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบและจะยังคงแอคทีฟไปจนกว่าระบบต่างๆภายใน IBM PC จะพร้อมที่จะทำงานได้ จากนั้นสัญญาณก็จะเปลี่ยนกลับไปเป็นลอจิก '0' นอกจากนี้ในระหว่างการทำงานของ IBM PC ถ้าระดับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตกลง สัญญาณนี้ก็จะถูกทำให้แอคทีฟเช่นกัน

A0-A19 (Address Bus; A31-A12)

ขาสัญญาณทั้ง 20 ขานี้เป็นเอาท์พุท ซึ่งใช้สำหรับกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O ที่ 8088 ต้องการติดต่อด้วย โดยที่สัญญาณ A0 จะมีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit; LSB) และ A19 จะมีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant Bit;MSB) สำหรับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรส A0-A19 นี้จะถูกกำหนดโดย 8088 ในระหว่างกระบวนการอ่าน/เขียนข้อมูลลงบนหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O แต่ในช่วงของกระบวนการ DMA นั้น DMA Controller จะเป็นผู้กำหนดค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสเอง

สำหรับการอ้างแอดเดรสของพอร์ท I/O นั้น จะใช้เส้นแอดเดรสเพียง 16 เส้นคือ A0-A15 ซึ่งจะทำให้อ้างแอดเดรสของพอร์ทได้ 64K พอร์ท โดยผ่านทางชุดคำสั่ง IN และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUT อย่างไรก็ตามภายใน IBM PC นั้นจะใช้เส้นแอดเดรสในการอ้างแอดเดรสของพอร์ท เพียง 10 เส้น คือจาก A0-A9 และค่าแอดเดรสที่ใช้งานจะต้องอยู่ในช่วง 0200H-03FFH เท่านั้น

D0-D7 (Data Bus; A9-A2)

ขาสัญญาณนี้เป็นแบบ Bi-directional ซึ่งต่อกับบัสข้อมูลของระบบ เพื่อทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างพอร์ท I/O กับ IBM PC โดยที่บิท D0 จะมีนัยสำคัญต่ำสุดและบิท D7 มีนัยสำคัญสูงสุด

สำหรับในบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้นข้อมูลจะถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูล ก่อนที่สัญญาณ IOW (ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลให้กับพอร์ท) หรือ MEMW (ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลให้กับหน่วยความจำ) จะเปลี่ยนจากลอจิก '0' ไปเป็นลอจิก '1' (ขอบขาขึ้นของสัญญาณคล็อก) ซึ่งโดยทั่วไปขอบขาขึ้นของสัญญาณ IOW หรือ MEMW นี้จะถูกใช้เพื่อสั่งให้พอร์ท I/O หรือหน่วยความจำที่มีแอดเดรสตรงกับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้น รับข้อมูลไปเก็บไว้

สำหรับในบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น พอร์ท I/O หรือหน่วยความจำที่ถูกอ้างถึงจะต้องส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล ก่อนที่สัญญาณ IOR (ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลจากพอร์ท)หรือ MEMR (ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ) จะเปลี่ยนจากลอจิก '0'ไปเป็นลอจิก '1' (ขอบขาขึ้นของสัญญาณคล็อก)

ALE (Address Latch Enable; B29)

ขาสัญญาณนี้เป็นสัญญาณเอาท์พุทที่ 8288 Bus Controller สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับแสดงการเริ่มต้นของบัสไซเคิล และแสดงให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าแอดเดรสที่ 8088 ต้องการจะติดต่อด้วยนั้นถูกส่งออกมาบนบัสแอดเดรสแล้ว โดยที่สัญญาณ ALE นี้จะเปลี่ยนจากลอจิก '1' เป็น '0' เมื่อค่าแอดเดรสที่ถูกต้องถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นขอบขาลงของสัญญาณ ALE นี้จะถูกใช้ในการแลทช์ค่าแอดเดรสจากบัสแอดเดรส/ข้อมูล (Address/Data Bus; AD0-AD7) ของ 8088 ทำให้สามารถแยกค่าแอดเดรส (A0-A19) และข้อมูล (D0-D7) ออกจากกันได้ อย่างไรก็ตามสัญญาณ ALE จะแอคทีฟเฉพาะบัสไซเคิลที่สร้างขึ้นโดย 8088 เท่านั้น โดยจะไม่แอคทีฟในระหว่างกระบวนการ DMA

I/O CHCK (I/O Channel Check; A1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ขาสัญญาณนี้เป็นอินพุทที่ใช้ในการแสดงความผิดพลาดเกี่ยวกับพาริตี้ ที่เกิดขึ้นในการทำงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวงจรอินเทอร์เฟสหรืออุปกรณ์ I/O เมื่อขาสัญญาณนี้ได้รับลอจิก '0' จะทำให้ 8088 ถูกอินเทอร์รัพท์แบบ Non-Maskable (NMI) อย่างไรก็ตามเราสามารถที่จะกำหนดให้วงจรภายในของ IBM PC ทำการขออินเทอร์รัพท์(เมื่อได้รับสัญญาณ I/O CHCK)หรือไม่ก็ได้ โดยการกำหนดลอจิกของบิทข้อมูลของพอร์ทที่ควบคุมการขออินเทอร์รัพท์แบบ NMI คือบิท D7 ของพอร์ท 00A0H ในกรณีที่บิท D7 ของพอร์ท 00A0H ถูกเซ็ตเป็น '1' ก็จะทำให้วงจรภายนอกขออินเทอร์รัพท์แบบ NMI ได้ (Enable) แต่ถ้าบิท D7 ของพอร์ท 00A0H ถูกเซ็ตเป็น '0' ก็จะเป็นการยกเลิก (Disable)การขออินเทอร์รัพท์แบบ NMI ดังนี้

Enable : ใช้คำสั่ง OUT ส่งข้อมูล 80H ไปยังพอร์ท 00A0H

Disable : ใช้คำสั่ง OUT ส่งข้อมูล 00H ไปยังพอร์ท 00A0H

และเนื่องจากยังมีอุปกรณ์อื่นที่สามารถขออินเทอร์รัพท์แบบ NMI ได้อีก ดังนั้นซอฟท์แวร์ที่ใช้งานจะต้องสามารถตรวจสอบได้ว่าการขออินเทอร์รัพท์นั้นเกิดขึ้นจากแหล่งใดได้ด้วย

I/O CHRDY (I/O Channel Ready; A10)

ขานี้เป็นอินพุทที่ใช้เพิ่มช่วงเวลาในบัสไซเคิลในกรณีที่อุปกรณ์ I/O หรือหน่วยความจำที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนั้นไม่สามารถทำงานทันตามช่วงเวลาปกติของบัสไซเคิลนั้น ๆ ได้ (ช่วงเวลาของบัสไซเคิลที่เกี่ยวกับหน่วยความจำใช้ช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของคล็อก 4 ลูก หรือ 840 ns ในขณะที่บัสไซเคิลที่เกี่ยวกับ I/O จะใช้ช่วงเวลาเท่ากับคล็อก 5 ลูก หรือ 1.05 us)

IRQ2 - IRQ7 (Interrupt Request 2 Through 7; B4 และ B25-B21)

ขาสัญญาณทั้ง 6 นี้เป็นขาอินพุทที่ใช้สำหรับการขออินเทอร์รัพท์จาก 8088 โดยสัญญาณเหล่านี้จะต่อเข้ากับ 8259A บนเมนบอร์ดโดยตรง โปรแกรมในส่วน BIOS ของ IBM PC จะทำการโปรแกรม 8259A ให้ IRQ2 มีลำดับความสำคัญสูงสุด (Highest Priority) และ IRQ7 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด (Lowest Priority) ในกรณีที่มีการขออินเทอร์รัพท์เกิดขึ้นคือระดับลอจิกที่ขา IRQ ขาใดขาหนึ่งถูกเปลี่ยนจากลอจิก '0' ไปเป็นลอจิก '1' (ขอบขาขึ้นของสัญญาณ)8259A ก็จะทำการส่งสัญญาณ INT ให้กับ 8088 เพื่อขออินเทอร์รัพท์

IOR (I/O Read; B14)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุทแอคทีฟที่ลอจิก '0' ที่สร้างขึ้นโดย 8288 Bus Controller เพื่อใช้ในการแสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้เป็นบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลจากพอร์ท I/O เพื่อให้พอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจะต้องถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลก่อนขอบขาขึ้นของสัญญาณ IOR ประมาณ 30 ns เพื่อให้มั่นใจได้ว่า 8088 สามารถรับข้อมูลได้ถูกต้อง

IOW (I/O Write; B13)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุทแอคทีฟที่ลอจิก '0' ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดย 8288 Bus controller เพื่อใช้แสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้เป็นบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลลงบนพอร์ท I/O เพื่อให้พอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นรับข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลไปเก็บไว้

MEMW (Memory Write; B11)

ขานี้เป็นเอาท์พุทแอคทีฟที่ลอจิก '0' ซึ่ง 8288 Bus Controller สร้างขึ้นในระหว่างบัสไซเคิลในการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำของ 8088 สัญญาณ MEMW นี้จะถูกส่งออกมาเพื่อให้หน่วยความจำที่แอดเดรสตรงกับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้น ทำการรับข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลไปเก็บไว้ โดยทั่วไปหน่วยความจำจะรับข้อมูลในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณ MEMW

MEMR (Memory Read; B12)

ขานี้เป็นเอาท์พุทจาก 8288 ซึ่งสัญญาณนี้จะแอคทีฟ (ลอจิก '0') ในระหว่างบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของ 8088 เพื่อให้หน่วยความจำที่มีแอดเดรสตรงกับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้น ทำการส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล โดยหน่วยความจำนั้นจะต้องส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล โดยหน่วยความจำนั้นจะต้องส่งข้อมูลออกมาในช่วงเวลา 30 ns ก่อนที่สัญญาณ MEMW จะกลับเป็นลอจิก '1' ทั้งนี้ก็เพื่อให้ 8088 ได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง

DRQ1 - DRQ3 (DMA Request 1-3; B18,B6 และ B16)

ขาสัญญาณทั้งสามนี้เป็นสัญญาณอินพุทแอคทีฟที่ลอจิก '1' ซึ่งอุปกรณ์ภายนอกสามารถใช้ในการขอ DMA จากระบบ โดยการป้อนระดับสัญญาณลอจิก '1' ให้กับขา DRQ ขาใดขาหนึ่ง (ขา DRQ ทั้งสามนี้จะต่อเข้ากับ DRQ1 - DRQ3 ของ 8237A-5)

DACK0 - DACK3 (DMA Acknowledge 0-3; B19, B17, B26 และ B15)

สัญญาณทั้ง 4 นี้เป็นเอาท์พุทแอคทีฟที่ลอจิก '0' ซึ่ง 8237A-5 สร้างขึ้นเพื่อแสดงในวงจรภายนอกที่ขอ DMA ทราบว่าการขอ DMA นั้นได้รับการตอบสนองแล้ว และ 8237A-5 จะเข้าสู่กระบวนการ DMA เพื่อให้การส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ I/O ที่ขอ DMA กับหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นได้โดยตรง (คือไม่ต้องผ่าน 8088) โดยสัญญาณ DACK นี้จะแอคทีฟในแชนเนลใดก็ขึ้นอยู่กับว่ากระบวนการ DMA ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการตอบสนองการ DMA ในแชนเนลใด

AEN (Address Enable; A11)

สัญญาณนี้เป็นเอาท์พุทที่ใช้ในการแสดงว่าบัสไซเคิลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สัญญาณ AEN แอคทีฟ (ลอจิก '1') นั้น เป็นบัสไซเคิลของกระบวนการ DMA

สำหรับบนเมนบอร์ดของ IBM PC จะใช้สัญญาณนี้ในการยกเลิก (Disable) 8288 Bus Controller และจะใช้ยกเลิกพอร์ท I/O ต่างๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ DMA ที่เกิดขึ้นนี้ ที่จำเป็นต้องทำเช่นนี้ก็เพราะในระหว่างกระบวนการ DMA นั้น 8237A-5 จะส่งค่าแอดเดรสของหน่วยความจำออกมาบนบัสแอดเดรส และจะทำให้สัญญาณ IOR หรือ IOW แอคทีฟด้วย ดังนั้นถ้าไม่ทำการยกเลิกพอร์ท I/O ที่ไม่เกี่ยวข้องไว้ ก็อาจจะทำให้พอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้น ทำการอ่านหรือส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล ทำให้เกิดความผิดพลาดได้

T/C (Terminal Count; B27)

สัญญาณถูกสร้างขึ้นจากการนำเอาสัญญาณเอาท์พุทที่ขา EOP ของ 8237A-5 มากลับลอจิก (โดยใช้เกท Inverter) ทำให้สัญญาณ T/C นี้แอคทีฟที่ลอจิก '1'

บัสของแหล่งจ่ายไฟของระบบ

+5 Vdc (B3 และ B29)

ขาทั้งสองนี้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC +5V ของระบบ โดยจะมีค่าความผิดพลาด (Regulated) ไม่เกิน 5% คือจะอยู่ในช่วง +4.75 ถึง +5.25 Vdc

+12 Vdc (B9)

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC +12V ของระบบ โดยจะมีค่าความผิดพลาด (Regulated) ไม่เกิน 5% คือจะอยู่ในช่วง +11.4 ถึง +12.6 Vdc

-5 Vdc (B5)

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC -5V ของระบบ โดยจะมีค่าความผิดพลาด (Regulated) ไม่เกิน 10% คือจะอยู่ในช่วง -5.5 ถึง -4.5 Vdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ ห้ามทำการดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-12 Vdc (B7)

ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC -12V ของระบบ โดยจะมีค่าความผิดพลาด (Regulated) ไม่เกิน 10% คือจะอยู่ในช่วง -13.2 ถึง -10.8 Vdc

GND (B1, B10 และ B31)

ขาทั้งสามนี้จะต่อเข้ากับกราวด์ (Ground) ของระบบ

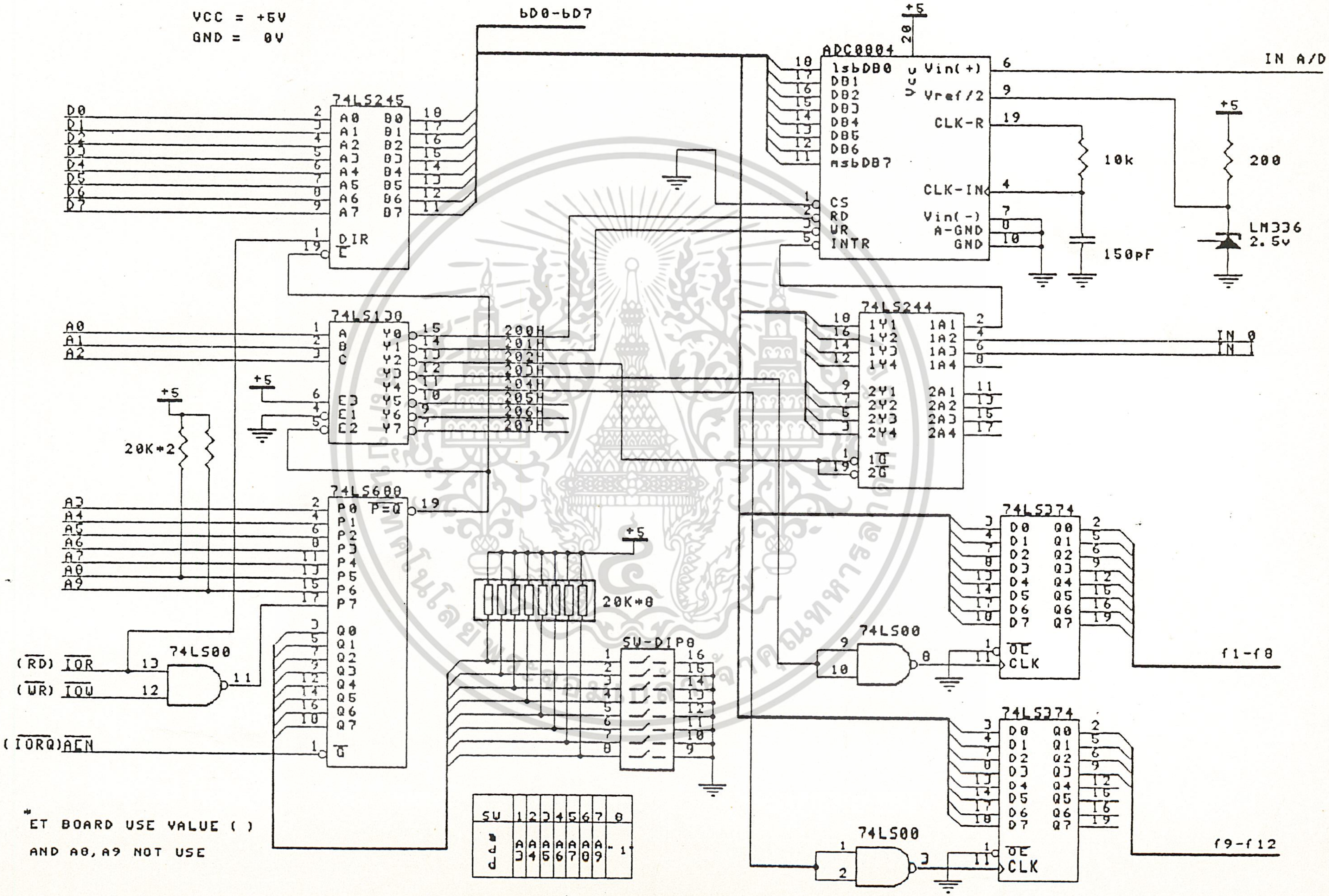
5.4 การติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 5.5 ซึ่งจะแสดงวงจรในส่วนของการติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ การอ้างแอดเดรสของพอร์ทซึ่งต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ (ได้แก่ วงจรแปลง A/D, วงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ และวงจรตรวจการหมุนของสายอากาศ) จะใช้ไอซี 74LS138 และ 74LS688 ในการถอดรหัสของแอดเดรสซึ่งจะใช้แอดเดรสระหว่างหมายเลข 0200H - 0207H(ไอซี 74LS138 สามารถถอดรหัสของแอดเดรสที่ต่างกันได้ 8 หมายเลข)

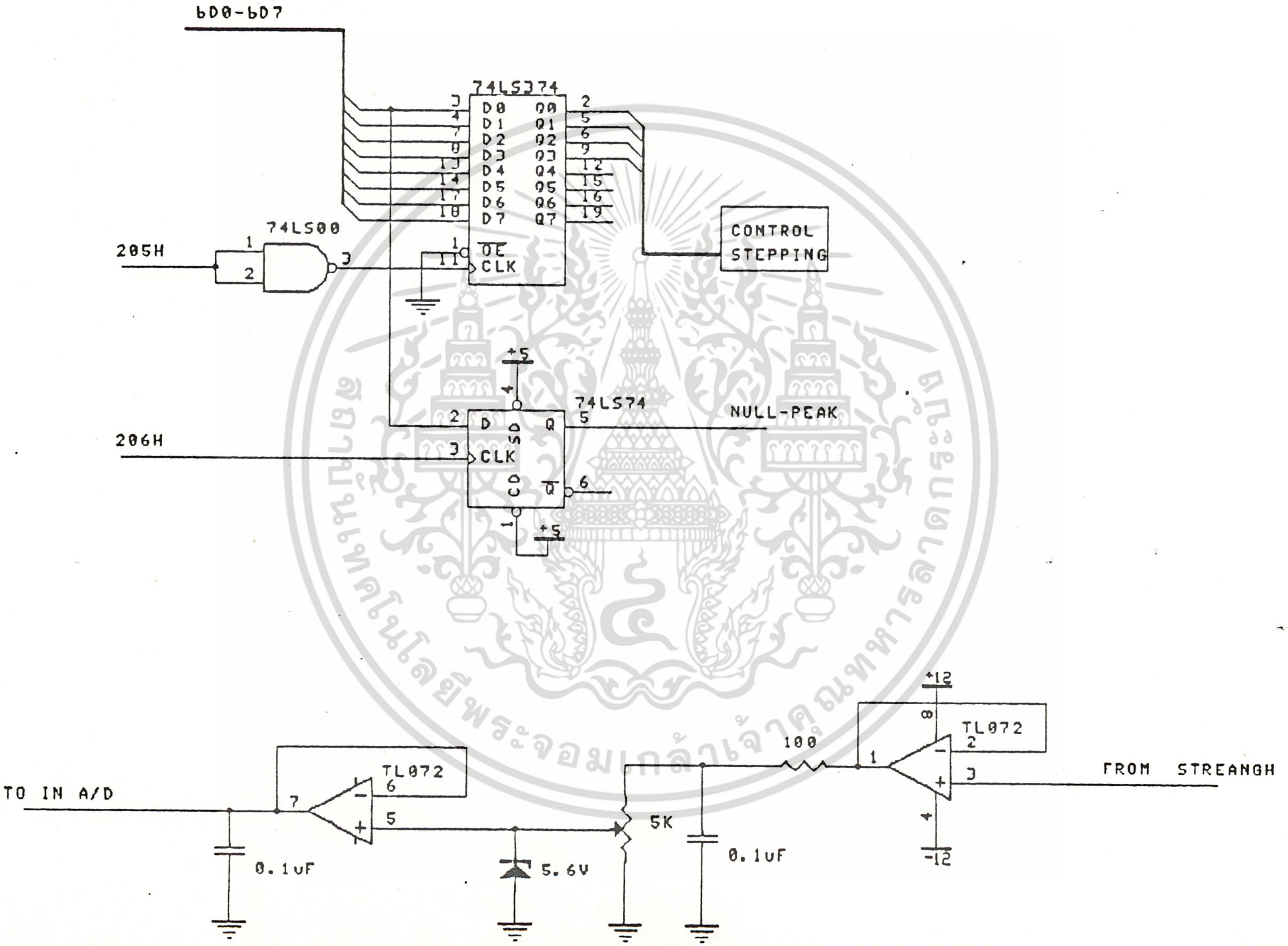
แอดเดรสหมายเลข 0200H และ 0201H ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรแปลง A/D ในขณะที่แอดเดรสหมายเลข 0202H นั้นจะใช้ในการควบคุมการถ่ายข้อมูลจากวงจรตรวจตำแหน่งของสายอากาศ (รวมทั้งสัญญาณสิ้นสุดการแปลงสัญญาณของวงจรแปลง A/D ด้วย) ไปยังบัสข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วนแอดเดรสหมายเลข 0203H และ 0384H นั้นใช้ในการควบคุมการถ่ายข้อมูลจากบัสข้อมูลของระบบไปยังวงจรแปลง D/A และวงจรควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตามลำดับ

เมื่อระบบต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก (เช่น จากวงจรแปลง A/D,วงจรตรวจตำแหน่งของสายอากาศ) สัญญาณ IOR บนสล็อตของ IBM PC จะแอคทีฟ(ลอจิก '0') ซึ่งจะทำให้ข้อมูลจากขา B0-B7 ถูกถ่ายโอนไปยังขา A0-A7 ของไอซี 74LS245 และเมื่อระบบต้องการส่งข้อมูลออกไปยังอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ สัญญาณ IOW จะแอคทีฟ สัญญาณ IOW และ IOR จะไม่แอคทีฟในเวลาเดียวกันดังนั้นในขณะที่ IOW แอคทีฟ สัญญาณ IOR จะไม่แอคทีฟ ทำให้ขา DIR (ขา 1 ที่ไอซี 74LS245) มีสถานะเป็น HIGH ทำให้ข้อมูลจากบัสข้อมูลของระบบ (คือด้านอินพุท A0-A7 ของ 74LS245) ถูกถ่ายโอนไปยังด้าน B0-B7 ไปยังอุปกรณ์ภายนอกตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 วงจรเชื่อมต่อกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 5.5 วงจรส่วนเชื่อมต่อกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ (ต่อ)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 6

การทดลอง

6.1 ผลการทดลองและสรุปผล

6.1.1 ภาคเครื่องรับ

ในปริญญาพนธ์ชิ้นนี้ได้ใช้เครื่องรับเป็นเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารที่ใช้กันทั่วไป เนื่องจากมีค่าความไว (sensitivity) และความแม่นยำในการเลือกช่องสัญญาณ (selectivity)ที่ดีกว่าวงจรเครื่องรับที่สร้างขึ้นเอง ในการใช้เป็นตัวตรวจจับ (detect) สัญญาณจากเครื่องส่ง โดยใช้ภาค field strength แปลงสัญญาณจากเครื่องรับวิทยุมาใช้ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าให้ความถูกต้องเมื่อเทียบกับสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องส่งเช่น ถ้าเครื่องส่งวิทยุส่งสัญญาณมาแรงสัญญาณที่ได้จากภาค field strength จะมีค่ามากด้วย และเมื่อระยะทางระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้ความแรงของสัญญาณที่รับมาได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน

6.1.2 ภาคอินเตอร์เฟส

จากผลการทดลอง การ์ดอินเตอร์เฟสที่สร้างขึ้นทำงานได้อย่างถูกต้อง สามารถทำการแปลงสัญญาณที่รับมาจากเครื่องรับเป็นสัญญาณดิจิตอลได้อย่างถูกต้อง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงอยู่บ้างเล็กน้อยอันเนื่องจากคุณลักษณะการทำงานของ ADC และวงจรอินเตอร์เฟสสามารถสร้างสัญญาณส่งออกไปเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ร่วมภายนอกได้ถูกต้อง แต่ความเร็วในการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟสบางส่วนยังมีขีดจำกัดอยู่บ้าง เช่น ส่วนขับสเตปปิ้งมอเตอร์ และส่วนที่ใช้รับค่าสัญญาณยังทำงานได้ไม่เร็วพอ (กล่าวคือความเร็วในการส่งข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ สูงกว่าการ์ดอินเตอร์เฟส) แต่ความเร็วสูงสุดที่ทำได้ก็เพียงพอต่อการใช้งาน สำหรับวงจรส่วนที่ใช้ขับนเตปปิ้งมอเตอร์ได้ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อกันแบบคาสเคด (cascade) และให้ทำงานเป็นแบบสวิทช์ เพื่อใช้ขับแต่ละเฟสของสเตปปิ้งมอเตอร์ วงจรสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และความเร็วในการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์ สามารถกำหนดได้จากความถี่ในการสวิทช์แต่ละเฟส

6.1.3 ภาคควบคุมและประมวลผล

ในภาคการควบคุมและประมวลผลสัญญาณ ซึ่งได้ใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นนั้น ผลปรากฏว่าสามารถใช้ทำงานได้เป็นอย่างดีในทุกๆส่วนของการควบคุมวงจรอินเตอร์เฟส เพียงแต่ต้องทำการหน่วงเวลาในหลายๆขั้นตอน เพื่อให้วงจรและส่วนที่เป็นกลไกสามารถทำงานได้ทันกับความเร็วของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ในส่วนที่ต้องทำการหน่วงเวลานั้น ได้แก่ ส่วนรับข้อมูลเข้าจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร A/D, ส่วนการเปลี่ยนความถี่ของตัวเครื่องรับ หลังจากที่ได้ส่งค่าความถี่ที่ต้องการออกไปให้, รวมทั้งการหน่วงเวลาในการส่งค่าลำดับการหมุนของมอเตอร์(sequence) ที่ส่งออกไปให้กับวงจรขับกระแสด้วย เนื่องจากว่าเป็นอุปกรณ์ประเภทจักรกลไฟฟ้า ซึ่งต้องการกระแสมากในช่วงเวลาที่นานพอสมควร จึงต้องมีการหน่วงเวลาทุกๆครั้งที่ส่งค่าลำดับดังกล่าวให้กับมอเตอร์

เมื่อรวมการหน่วงเวลาทุกๆขั้นตอน (รวมทั้งการหน่วงเวลาที่เกิดจากแรงเฉื่อยของสายอากาศด้วย) แล้ว จะใช้เวลาในการหมุนสายอากาศและรับสัญญาณทั้ง 360 องศา ด้วยเวลาประมาณ 5 นาที

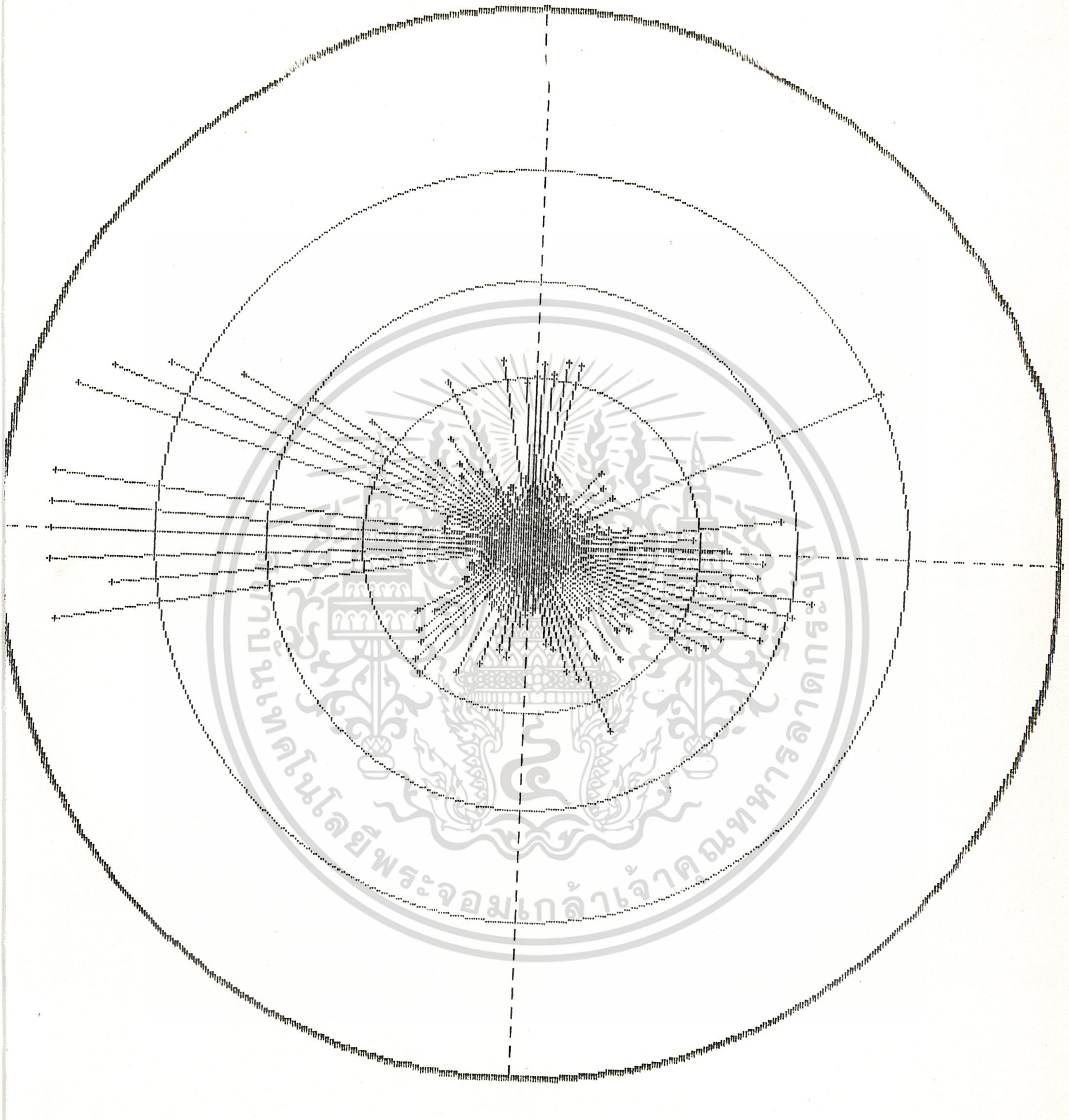
6.1.4 ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่ใช้ จะได้ภาพแสดงแพทเทิร์นของความแรงสัญญาณที่รับได้จากทิศทางต่างๆ โดยตลอด 360 องศา โดยที่ใช้ทิศอ้างอิงคือทิศเหนือ

ในภาพที่ 6.1 แสดงแพทเทิร์นของสัญญาณในแบบพีค (peak) ที่ความถี่ 145.90 MHz ซึ่งเป็นความถี่ช่องจราจร โดยมีสถานีส่งอยู่ที่หนองแขม ซึ่งตั้งอยู่ที่ทางทิศตะวันตกของกรุงเทพฯ ห่างจุดรับคือที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประมาณ 50 กิโลเมตร และในรูปที่ 6.2 แสดงแพทเทิร์นในแบบนูล(null) ที่ความถี่และจุดส่งเดียวกัน

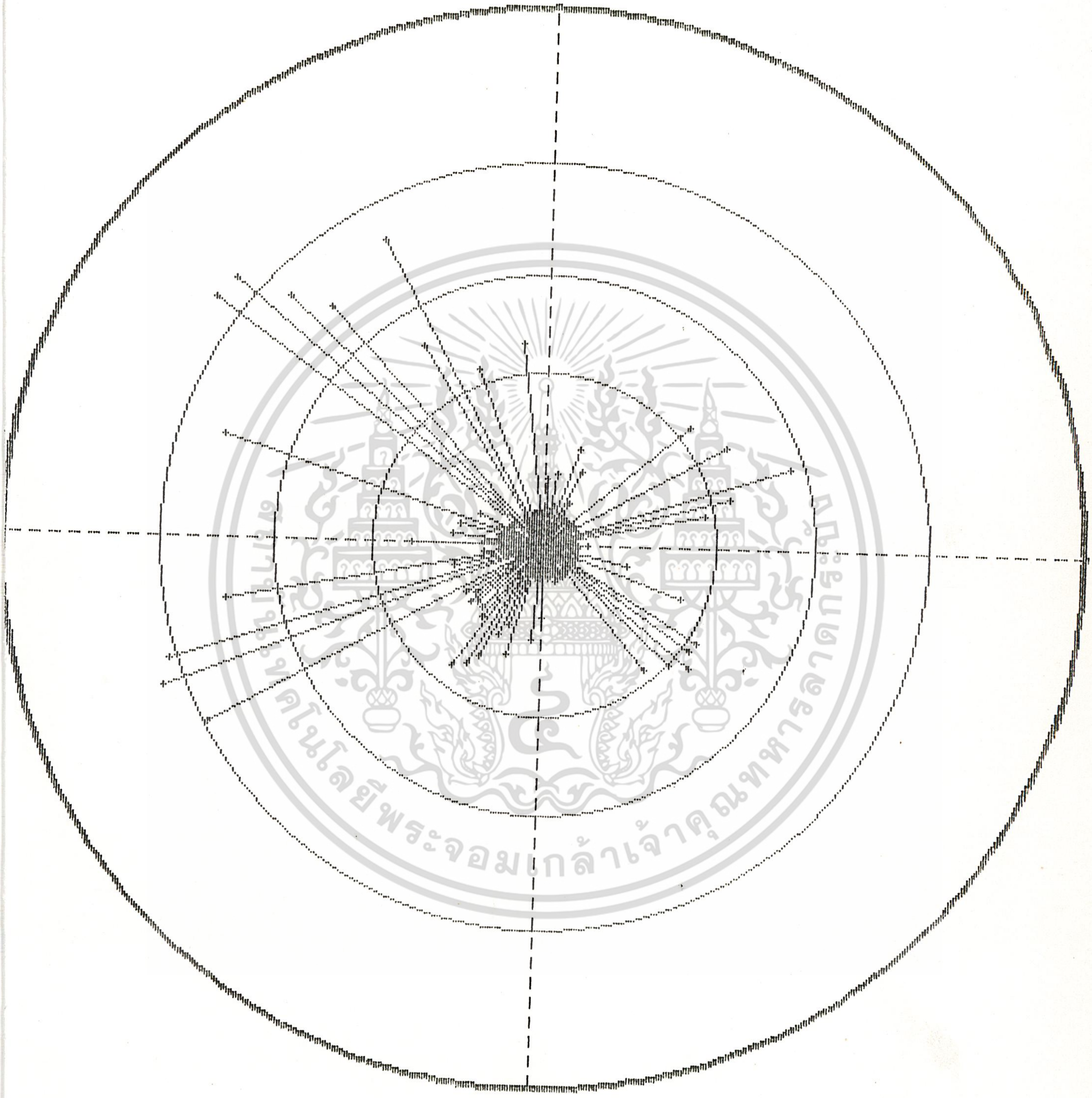
ในตารางที่ 6.1 และ 6.2 แสดงค่าของมุมในทิศต่างๆ และค่าขนาดความแรงของสัญญาณที่รับได้ โดยค่าขนาดดังกล่าวจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 (2^8-1) ซึ่งเป็นค่าที่รับได้จากพอร์ต A/D มิได้เป็นค่าในหน่วยเดซิเบล(dB) เป็นเพียงค่าที่มีนัยสำคัญและขนาดที่สามารถเปรียบเทียบกันได้เท่านั้น (ทำการทดลองโดยที่การหมุนสายอากาศแต่ละครั้ง สายอากาศจะหมุนทวนเข็มนาฬิกาไป 3.6 องศา เนื่องจากเป็นค่าความละเอียดที่เหมาะสมเพียงพอ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.1 แพทเทิร์นแบบพีค



รูปที่ 6.2 แสดงแพทเทิร์นแบบนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแบบพีค

Angle(degree)	Read Value
0.0	83
3.6	81
7.2	34
10.8	93
14.4	25
18.0	31
21.6	31
25.2	29
28.8	90
32.4	33
36.0	45
39.6	66
43.2	54
46.8	50
50.4	62
54.0	100
57.6	129
61.2	163
64.8	196
68.4	221
72.0	233
75.6	44
79.2	44
82.8	233
86.4	233
90.0	233
93.6	233
97.2	204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle(degree)	Read Value
100.8	233
104.4	25
108.0	31
111.6	32
115.2	31
118.8	37
122.4	65
126.0	58
129.6	69
133.2	72
136.8	80
140.4	83
144.0	33
147.6	35
151.2	73
154.8	36
158.4	63
162.0	38
165.6	54
169.2	56
172.8	40
176.4	36
180.0	32
183.6	34
187.2	32
190.8	49
194.4	53
198.0	64
201.6	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Angle(degree)	Read Value
205.2	99
208.8	44
212.4	64
216.0	44
219.6	72
223.2	44
226.8	60
230.4	64
234.0	59
237.6	93
241.2	100
244.8	103
248.4	120
252.0	121
255.6	132
259.2	139
262.8	111
266.4	114
270.0	96
273.6	80
277.2	123
280.8	48
284.4	40
288.0	34
291.6	28
295.2	185
298.8	33
302.4	47
306.0	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle(degree)	Read Value
309.6	46
313.2	27
316.8	51
320.4	29
324.0	31
327.6	29
331.2	29
334.8	34
338.4	35
342.0	37
345.6	93
349.2	93
352.8	85
356.4	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าความแรงของสัญญาณในแบบนูล

Angle(degree)	Read Value
0.0	16
3.6	17
7.2	97
10.8	18
14.4	17
18.0	17
21.6	90
25.2	16
28.8	165
32.4	112
36.0	16
39.6	17
43.2	153
46.8	171
50.4	195
54.0	197
57.6	18
61.2	19
64.8	34
68.4	24
72.0	161
75.6	43
79.2	22
82.8	45
86.4	30
90.0	64
93.6	22
97.2	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle(degree)	Read Value
100.8	154
104.4	45
108.0	187
111.6	193
115.2	15
118.8	181
122.4	45
126.0	40
129.6	45
133.2	43
136.8	43
140.4	46
144.0	73
147.6	68
151.2	62
154.8	48
158.4	42
162.0	57
165.6	18
169.2	19
172.8	47
176.4	16
180.0	37
183.6	16
187.2	16
190.8	18
194.4	17
198.0	19
201.6	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle(degree)	Read Value
205.2	18
208.8	16
212.4	19
216.0	18
219.6	77
223.2	18
226.8	83
230.4	91
234.0	87
237.6	88
241.2	17
244.8	18
248.4	71
252.0	18
255.6	42
259.2	17
262.8	18
266.4	23
270.0	17
273.6	17
277.2	14
280.8	78
284.4	91
288.0	123
291.6	14
295.2	18
298.8	100
302.4	18
306.0	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angle(degree)	Read Value
309.6	90
313.2	17
316.8	17
320.4	17
324.0	17
327.6	25
331.2	40
334.8	12
338.4	50
342.0	20
345.6	15
349.2	36
352.8	19
356.4	33

6.2 แนวทางในการพัฒนา

โครงงานที่ได้ทำในครั้งนี้ ผลที่ได้ออกมาก็ดีพอสมควร แต่ก็ยังมีสิ่งที่ต้องปรับปรุงพัฒนาต่อไปเพื่อให้โครงงานนี้ทำงานได้ดีที่สุด สิ่งที่น่าจะพัฒนาต่อไปคือ

ในส่วนเครื่องรับวิทยุ ควรจะขยายย่างการรับความถี่ ให้กว้างมากขึ้นเพื่อให้ครอบคลุมการใช้งานในด้านอื่นด้วย เช่น ย่านความถี่โทรทัศน์ ย่านวิทยุ FM เป็นต้น เพื่อการใช้ประโยชน์จากโครงงานนี้มากขึ้น

ในส่วนสายอากาศ ควรเพิ่มประสิทธิภาพในการรับให้ดีขึ้น ทำให้มีบีมหลักในการรับคลื่นวิทยุที่แคบลง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชี้ทิศทางที่ถูกต้องมากขึ้น ทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผลน้อยที่สุด

ในส่วนควบคุมการลดทอนความแรงของคลื่นวิทยุ ให้สามารถควบคุมมาจากส่วนควบคุมประมวลผลได้ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ไม่ต้องมาใช้มือโยกสวิทช์เพื่อให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวจัดการทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ในส่วนของ Software ควรพัฒนาโปรแกรมให้สามารถตรวจสอบคลื่นวิทยุแบบสแกนความ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถี่ คือ สามารถตรวจสอบความถี่ได้หลาย ๆ ความถี่ ในการทำงานครั้งเดียว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานให้มากขึ้น และควรปรับปรุงโปรแกรมให้มีการติดต่อกับผู้ใช้ (user interfacing) ให้ดีขึ้น ให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

โปรแกรมควบคุม

1. โปรแกรมหลัก (PROJECT.C)

```c
#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

#include <graphics.h>

#include <dos.h>

#include <conio.h>

#include <c:\works\mode\project.wrk\project.h>


/* external variables used to pass the argument to any function */
int freq;
unsigned char peak, null;
float angle;

main()
{
   /* request auto detection in graphic modules */
   int   gdriver = DETECT, gmode, errorcode;

   /* external variables redeclaration */
   extern unsigned char peak, null;
   extern float angle;
   extern int freq;
   FILE  *fp1, *fp2;

   /* introduction screen ; text mode */
   clrscr();
   printf("                            DIRECTION FINDER \n");
   printf("************************************");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
printf("****************************************\n\n");
printf("ENTER THE EXPECTED FREQUENCY TO SCAN (MHz): ");
scanf("%d",&freq);

/* initialize graphics and local variables */
initgraph(&gdriver, &gmode, "c:\\lang\\tc\\bgi");

/* read result of initialization */
errorcode = graphresult();
if (errorcode != grOk)  /* an error occurred */
{
   printf("Graphics error: %s\n", grapherrormsg(errorcode));
   printf("Press any key to halt:");
   getch();
   exit(1); /* terminate with an error code */
}

/* draw screen template */
draw_template();

/* send the expected frequency to the receiver */
freq_select();

/* begin receiving data from the ADC port to a file */

/* open input file */
fp1 = fopen("c:\\peak.dat","wb");
fp2 = fopen("c:\\null.dat","wb");

while (angle<360.00) {
/* detector() used to check that it is 360 degree or not */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    peak=peak_input();     /* get the peak data from ADC */
    null=null_input();     /* get the null data from ADC*/
    peak_plot();           /* plot the peak magnitude */
  /*null_plot();             plot the null magnitude */
    display_deg();         /* display current angle */
    display_mag();         /* display current magnitude */
    putc(peak,fp1);       /* put the peak data to file */
    putc(null,fp2);
    right(STEPS);          /* turn motor to 6 steps right */
    angle+=ANGLE_STEPS;
  }

  fclose(fp1);
  fclose(fp2);

  /* Readout the data from file, and start plotting the pattern */
  draw_template();
  fp2 =  fopen("c:\\null.dat","rb");
  angle = 0;
  while((null=getc(fp2))&& angle<360.00) {
    null_plot();
    display_deg();
    display_mag();
    angle+=ANGLE_STEPS;
  }
  fclose(fp2);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรแกรมส่วนควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (MOTOR.C)

```
#include <c:\works\mode\project.wrk\project.h>
#include <dos.h>

/* used in passing the value between fuctions */
static int index=0;

/* stepping sequence */
char sequence[4] = {241, 242, 244, 248};

void motor_init(void)
{
   int temp=0;

   /* check that there is any input from detector device or not */
   /* if it exists, it means the antenna is reset to 0 degree */
 /*temp=inportb(INPUT_PORT); */
 /*while((temp & ANT_MASK) != 0xFD)*/
   while(1)
      right(6);

   sound(880);/* to make a noise for getting ready ! */
   delay(500);/* for half a second */
   nosound();
}

/* N-step right turning */
void right(int steps)
{
   int n,temp=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   for(n=0 ;n<steps; n++) {
      if(index > 3) {
         index=0;
         temp = sequence[index++];
         outportb(MOTOR_PORT,temp);
         delay(250);
      } else  temp = sequence[index++];
      outportb(MOTOR_PORT,temp);
      delay(250);
   }
}

/* N-step left turning */
void left(int steps)
{
   int n;

   for(n=0 ;n<steps; n++) {
      if(index < 0) {
         index=3;
         outportb(MOTOR_PORT,sequence[index--]);
      } else {
         outportb(MOTOR_PORT,sequence[index--]);
      }
   }
}

int detector(void)
{
   int temp=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
temp=inportb(INPUT_PORT);
if((temp & ANT_MASK)!=0xFD)
   return(0);
else return(1);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปรแกรมส่วนแสดงผล (GRAPHICS.C)

```
#include <dos.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>

#define CENTER_X 399/* Co-ordinate (399,239) */
#define CENTER_Y 239
#define LEFT_10
#define LEFT_2160
#define TOP_10
#define TOP_20
#define RIGHT_1159
#define RIGHT_2639
#define BOTTOM_1479
#define BOTTOM_2479

void polar_plot(int mag)
{
   extern float angle;

   int temp=0,x=0,y=0;
   float radian=0;

   temp=0.8594 * mag;
   radian=0.0175 * angle;
   x = temp * (-1)*sin(radian);
   y = temp * cos(radian);

   setlinestyle(SOLID_LINE,1,1);
   moveto(CENTER_X,CENTER_Y);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    lineto(CENTER_X + x, CENTER_Y - y);
    circle(CENTER_X + x, CENTER_Y - y, 1);
    delay(250);
}

void dBplot(unsigned char radius, float angle)
{
    putpixel(CENTER_X+20*log10(radius*cos(angle)),
    CENTER_Y-20*log10(radius*sin(angle)),14);
}

void peak_plot()
{
    extern unsigned char peak;
    int temp=0;

    temp = peak;
    setcolor(15);
    polar_plot(temp);
}

void null_plot()
{
    extern unsigned char null;
    int temp=0;

    temp = null;
    setcolor(GREEN);
    polar_plot(temp);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void draw_template(void)
{
   unsigned userpat;

   userpat=1;
   setlinestyle(SOLID_LINE, userpat, 3);
   setcolor(9);

   /* draw menu template */
   rectangle(LEFT_1, TOP_1, RIGHT_1, BOTTOM_1);

   /* draw polar graph template */
   rectangle(LEFT_2, TOP_2, RIGHT_2, BOTTOM_2);
   setcolor(14);
   circle(CENTER_X, CENTER_Y, 220);/* 0 dB level */

   setlinestyle(DASHED_LINE, userpat, 1);
   circle(CENTER_X, CENTER_Y, 156);/* -3 dB */
   circle(CENTER_X, CENTER_Y, 110);/* -6 dB */
   circle(CENTER_X, CENTER_Y, 70);/* -10 dB */
   line(CENTER_X, CENTER_Y-220, CENTER_X, CENTER_Y+220);
   line(CENTER_X-220, CENTER_Y, CENTER_X+220, CENTER_Y);
 /*setlinestyle(SOLID_LINE, userpat, 1); */

   outtextxy(5, 5, "Frequency(MHz)");
   outtextxy(5, 55, "Angle(degree)");
   outtextxy(5, 105, "Magnitude(dB)");
}

void display_mag()
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    extern unsigned char peak;
    unsigned char temp[10]="";

    itoa(peak, temp, 10);
    settextstyle(0, 0, 3);

    /* draw the text telling the magnitude */
    outtextxy(15, 125, temp);
    delay(250);

    /* kill it with the same color */
    setcolor(0);
    outtextxy(15, 125, temp);
    setcolor(15);
    settextstyle(0, 0, 1);
}

void display_deg()
{
    extern float angle;
    unsigned char temp[10]="";

    itoa(angle, temp, 10);
    settextstyle(0, 0, 3);

    outtextxy(15, 75, temp);
    delay(250);

    setcolor(0);
    outtextxy(15, 75, temp);
    setcolor(15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    settextstyle(0, 0, 1);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โปรแกรมส่วนรับข้อมูลจาก A/D (ADC-UNIT.C)

```
#include <dos.h>
#include <c:\works\mode\project.wrk\project.h>


unsigned char adcinput(void)
{
   unsigned char magnitude=0;

   /* start ADC circuit */
   outport(ADC_PORT2,0x00);        /* reset WR to LOW */
   delay(1);   /* delay 1 ms to wait for conversion */

   /* wait until the INTR is low */
   do {} while ((inportb(INPUT_PORT&1)!=0));

   /* put the read data to be returned */
   magnitude=inportb(ADC_PORT1);  /* reset RD to LOW */
   delay(100);

   return(magnitude);              /* return magnitude to main() */
}

unsigned char null_input()
{
   unsigned char temp=0;

   outportb(NULL_PORT,0x00);      /* set the antenna to null mode */
   delay(500);
   temp=adcinput();
   return(temp);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unsigned char peak_input()
{
   unsigned char temp=0;

   outportb(NULL_PORT,0x01);      /* set the antenna to peak mode */
   delay(500);
   temp=adcinput();
   return(temp);
}

int adc_check(void)
{
   int temp=0;

   temp=inportb(INPUT_PORT);
   delay(250);
   if((temp&ADC_MASK) != 0xFE)
      return (0);
  else return (1);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โปรแกรมส่วนเลือกความถี่ (FREQ.C)

```
#include <c:\works\mode\project.wrk\project.h>
#include <stdlib.h>

void freq_select()
{
     extern int freq;
     int input=0;
     int i=0,temp1=0, temp2=0;
     int bcd[3];

     /* subtract the entered frequency by 144.00 MHz */
     input=freq - 14000;
     for(i=0;i<3;i++) {
          temp1=(int)input % 10;
          bcd[i]=temp1;
          input=input/10;
     }
     temp2=bcd[0] + 16*bcd[1];
     outportb(FREQ_PORT1,temp2);
     delay(100);
     outportb(FREQ_PORT2,bcd[2]);
     delay(100);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. โปรแกรมส่วนหัว (PROJECT.H)

```
/* define the numbers of i/o ports */

#define ADC_PORT1    0x0300    /* to RD of ADC0804 */

#define ADC_PORT2    0x0301    /* to WR of ADC0804 */

#define INPUT_PORT   0x0302    /* to enable the input at 74LS244 */

#define FREQ_PORT1   0x0303    /* frequency port (first 8 bits) */

#define FREQ_PORT2   0x0305   /* frequency port (last 4 bits) */

#define MOTOR_PORT   0x0304    /* to enable the stepper data out */

#define NULL_PORT  0x0306 /* null-peek port */


#define PRINTER_PORT 0x3F8  /* printer port */

/* the ports 0205H-0207H are spared */


#define MOTOR_MASK0xFB /* check input from motor */

#define ANT_MASK0xFD/* and antenna */

#define ADC_MASK      0xFE  /* check input from INTR of ADC */

#define STEPS         6     /* steps per one turn */

#define ANGLE_STEPS  3.6    /* degrees per step */


void motor_init(void);

void right(int steps);

void left(int steps);

void draw_template(void);

void dBplot(char radius, float angle);

unsigned char adc_input(void);


/* using the external variables */

void display_mag();

void display_deg();

void freq_select();

void polar_plot();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void peak_plot();

void null_plot();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

MC3357

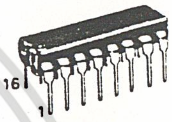
LOW POWER FM IF

SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUIT

LOW POWER NARROW BAND FM IF

. . . includes Oscillator, Mixer, Limiting Amplifier, Quadrature Discriminator, Active Filter, Squelch, Scan Control, and Mute Switch. The MC3357 is designed for use in FM dual conversion communications equipment.

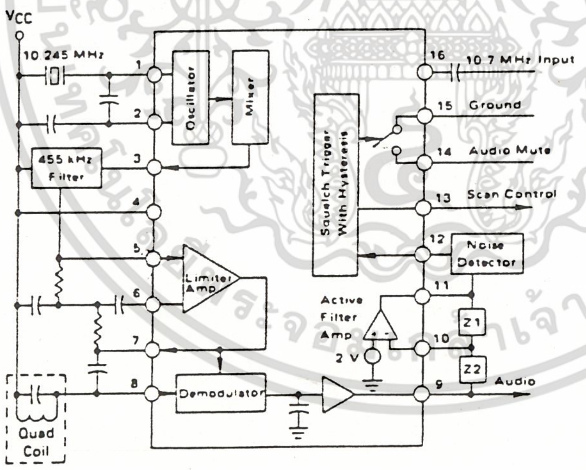
- Low Drain Current (3.0 mA (Typ) @ V_{CC} = 6.0 Vdc)
- Excellent Sensitivity: Input Limiting Voltage — (-3.0 dB) = 5.0 μV (Typ)
- Low Number of External Parts Required



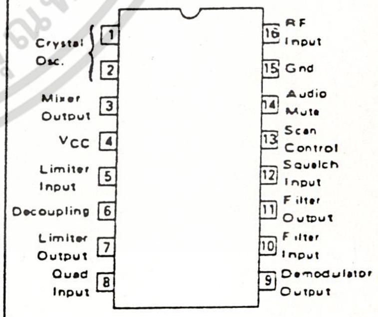
P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648-08

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751B-03
SO-16

FIGURE 1 — FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



PIN CONNECTIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

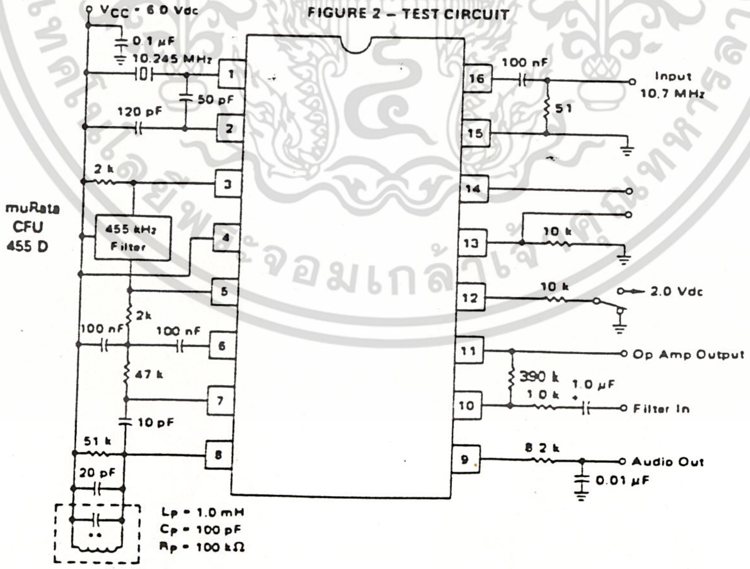
MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C, unless otherwise noted)

Rating	Pin	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	4	$V_{CC(max)}$	12	Vdc
Operating Supply Voltage Range	4	V_{CC}	4 to 8	Vdc
Detector Input Voltage	8	–	1.0	Vp-p
Input Voltage (V_{CC} > 6.0 Volts)	16	V_{16}	1.0	V_{RMS}
Mute Function	14	V_{14}	-0.5 to 5.0	V_{pk}
Junction Temperature	–	T_J	150	°C
Operating Ambient Temperature Range	–	T_A	-30 to +70	°C
Storage Temperature Range	–	T_{stg}	-65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 6.0 Vdc, f_o = 10.7 MHz, Δf = ± 3.0 kHz, f_{mod} = 1.0 kHz, T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic	Pin	Min	Typ	Max	Unit
Drain Current	4				mA
Squelch Off		–	2.0	–	
Squelch On		–	3.0	5.0	
Input Limiting Voltage (−3 dB Limiting)	16	–	5.0	10	μV
Detector Output Voltage	9	–	3.0	–	Vdc
Detector Output Impedance	–	–	400	–	Ω
Recovered Audio Output Voltage (V_{in} = 10 mV)	9	200	350	–	mVrms
Filter Gain (10 kHz) (V_{in} = 5 mV)	–	40	46	–	dB
Filter Output Voltage	11	1.8	2.0	2.5	Vdc
Trigger Hysteresis	–	–	100	–	mV
Mute Function Low	14	–	15	50	Ω
Mute Function High	14	1.0	10	–	MΩ
Scan Function Low (Mute Off) (V_{12} = 2 Vdc)	13	–	0	0.5	Vdc
Scan Function High (Mute On) (V_{12} = Gnd)	13	5.0	–	–	Vdc
Mixer Conversion Gain	3	–	20	–	dB
Mixer Input Resistance	16	–	3.3	–	kΩ
Mixer Input Capacitance	16	–	2.2	–	pF

FIGURE 2 — TEST CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CIRCUIT DESCRIPTION

The MC3357 is a low power FM IF circuit designed primarily for use in voice communication scanning receivers.

The mixer-oscillator combination converts the input frequency (e.g., 10.7 MHz) down to 455 kHz, where, after external bandpass filtering, most of the amplification is done. The audio is recovered using a conventional quadrature FM detector. The absence of an input signal is indicated by the presence of noise above the desired audio frequencies. This "noise band" is monitored by an active filter and a detector. A squelch trigger circuit indicates the presence of noise (or a tone) by an output which can be used to control scanning. At the same time, an internal switch is operated which can be used to mute the audio.

The oscillator is an internally-biased Colpitts type with the collector, base, and emitter connections at Pins 4, 1, and 2 respectively. A crystal can be used in place of the usual coil.

The mixer is doubly-balanced to reduce spurious responses. The input impedance at Pin 16 is set by a 3.0 kΩ internal biasing resistor and has low capacitance, allowing the circuit to be preceded by a crystal filter. The collector output at Pin 3 must be dc connected to B+, below which it can swing 0.5 V.

After suitable bandpass filtering (ceramic or LC) the signal goes to the input of a five-stage limiter at Pin 5. The output of the limiter at Pin 7 drives a multiplier, both internally directly, and externally through a quadrature coil, to detect the FM. The output at Pin 7 is also used to supply dc feedback to Pin 5. The other side of the first limiter stage is decoupled at Pin 6.

The recovered audio is partially filtered, then buffered giving an impedance of around 400 Ω at Pin 9. The signal still requires de-emphasis, volume control and further amplification before driving a loudspeaker.

A simple inverting op amp is provided with an output at Pin 11 providing dc bias (externally) to the input at Pin 10 which is referred internally to 2.0 V. A filter can be made with external impedance elements to discriminate between frequencies. With an external AM detector the filtered audio signal can be checked for the presence of noise above the normal audio band, or a tone signal. This information is applied to Pin 12.

An external positive bias to Pin 12 sets up the squelch trigger circuit such that Pin 13 is low at an impedance level of around 60 kΩ, and the audio mute (Pin 14) is open circuit. If Pin 12 is pulled down to 0.7 V by the noise or tone detector, Pin 13 will rise to approximately 0.5 Vdc below supply where it can support a load current of around 500 μA and Pin 14 is internally short-circuited to ground. There is 100 mV of hysteresis at Pin 12 to prevent jitter. Audio muting is accomplished by connecting Pin 14 to a high-impedance ground-reference point in the audio path between Pin 9 and the audio amplifier.

THERMAL INFORMATION

The maximum power consumption an integrated circuit can tolerate at a given operating ambient temperature, can be found from the equation:

$$P_{D(T_A)} = \frac{T_{J(max)} - T_A}{R_{\theta JA(Typ)}}$$

Where: $P_{D(T_A)}$ = Power Dissipation allowable at a given operating ambient temperature. This must be greater than the sum of the products of the supply voltages and supply currents at the worst case operating condition.

$T_{J(max)}$ = Maximum Operating Junction Temperature as listed in the Maximum Ratings Section

T_A = Maximum Desired Operating Ambient Temperature

$R_{\theta JA(Typ)}$ = Typical Thermal Resistance Junction to Ambient

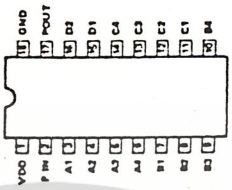
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TC-9122P (BCD PROGRAMMABLE COUNTER)

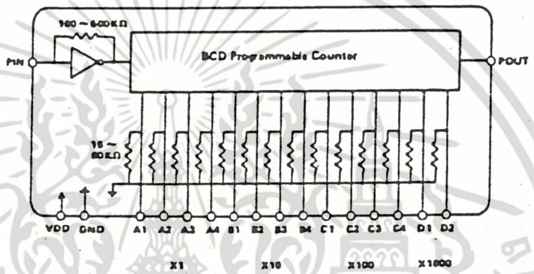
MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

SYMBOL	DESCRIPTION	RATINGS	UNIT
V_{DD}	Supply Voltage	10	V
V_{IN}	Input Voltage	−0.3 ~ V_{DD} +0.3	V
T_{OPR}	Operating Temperature	−30 ~ 75	°C
T_{STR}	Storage Temperature	−55 ~ 125	°C

PIN CONNECTION



BLOCK DIAGRAM



BCD CHART

	INPUT BCD	10KHz				100KHz				1MHz			
		1 A1	2 A2	4 A3	8 A4	1 B1	2 B2	4 B3	8 B4	1 C1	2 C2	4 C3	8 C4
FREQUENCY	144.00	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L
	144.01	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L
	144.02	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L
	144.03	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L
			⋮				⋮				⋮		
	145.98	L	L	L	H	H	L	L	H	H	L	H	L
	145.99	H	L	L	H	H	L	L	H	H	L	H	L
	146.00	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	L
	146.01	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	L
	146.11	H	L	L	L	H	L	L	L	L	H	H	L
	146.12	L	H	L	L	H	L	L	L	L	H	H	L
	147.00	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	L
	147.50	L	L	L	L	H	L	H	L	H	H	H	L
	147.99	H	L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	L

H = 5V L = 0V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Takashi Kenjo,"Stepping motor and their microprocessor controls", หน้า 121-165, Oxford University Press, 1986.

[2] "MC 3362 IC ภาครับ FM ในตัวเดียว", เซมิคอนดักเตอร์ อิเลคทรอนิคส์ เล่ม 108, หน้า 144-146, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2534.

[3] "การออกแบบสร้างเครื่องรับวิทยุสมัครเล่น(142-148 MHz)", เซมิคอนดักเตอร์ อิเลคทรอนิคส์ เล่ม 112, หน้า 48-53, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2535.

[4] "เจาะกึ๋นหุ่นยนต์",เซมิคอนดักเตอร์ อิเลคทรอนิคส์ เล่ม 116, หน้า 102-110, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2535.

[5] ธานินทร์ ถาวรศาสนวงศ์,ทินกร ตุ๊ก, "การอินเตอร์เฟส IBM/PC", ฟิสิกส์เซนเตอร์การพิมพ์.

[6] "บันทึก 380 วงไอซี"

[7] ชาญณรงค์ อ่างทอง,ยุทธนา ศิริแสงมงคล,ธัชพงศ์ ฉายชยานนท์,"เครื่องแสดงการติดตามเครื่องส่งด้วยคอมพิวเตอร์", รายงานวิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมอิเลคทรอนิคส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2535.

[8] ทนง โชติสรยุทธ์ "CQ...CQ...CQ...",ซีเอ็ดยูเคชั่น,2536.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ท่านที่ช่วย ทั้งในด้านให้ความรู้ ให้ประสบการณ์ เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ เป็นที่ปรึกษาแนะนำและวิธีแก้ปัญหา ทั้งยังคอยให้กำลังใจในการทำงานด้วยดีตลอดมา ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ อาจารย์ นิภา ลีลารุจิ ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่พวกเรา และ อาจารย์ทุก ๆ ท่าน ขอบคุณ พี่ ๆ รุ่น28 ที่ช่วยให้แนวทางในการทำโครงงานนี้ และเพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือ และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณ ชุนนุมอิเลคทรอนิคส์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ **ขอบคุณ...จริงๆ** มา ณ.ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้