สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ

AUTOMATIC TRACKING TARGET CAR

โดย

นางสาวกมลรัตน์ นพวิญญูวงศ์

นางสาวพรพรรณ พรหมไกรฤทธิ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62866
วัน,เดือน,ปี 23 ส.ค. 2549
ล.
ม.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ

AUTOMATIC TRACKING TARGET CAR

โดย

นางสาวกมลรัตน์ นพวิญญูวงศ์ 45010006

นางสาวพรพรรณ พรหมไกรฤทธิ์ 45010501

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรภรณ์

รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ

AUTOMATIC TARGET TRACKING CAR

ผู้จัดทำ

1. นางสาวกมลรัตน์	นพวิญญูวงศ์	45010006
2.นางสาวพรพรรณ	พรหมไกรฤทธิ์	45010501

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.สุวิพล สิทธิชีวภาค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ

AUTOMATIC TARGET TRACKING CAR

โดย นางสาวกมลรัตน์ นพวิญญูวงศ์ 45010006
นางสาวพรพรรณ พรหมไกรฤทธิ์ 45010501

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์
รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้ได้นำเสนอการศึกษาและการสร้างรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ ซึ่งใช้หลักการการรับ-ส่ง คลื่นวิทยุ และการประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่เป้าหมายจะทำการส่งคลื่นวิทยุออกมา จากนั้นตัวรถก็จะทำการตรวจหาทิศทางของเป้าหมายที่มีความแรงมากที่สุด แล้วตัวรถก็จะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางนั้น

ABSTRACT

This project presents the education and making the Automatic target tracking car in the basis of radio wave principle and processing by microcontroller. The target sends radio wave and then the car will find the target that has maximum power of radio wave.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ และ อาจารย์ สุวิพล สิทธิชีวภาค ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษา

ขอบคุณพี่สาวที่คอย รับ-ส่ง พาไปซื้อของทำงาน คอยเป็นห่วงเป็นใยว่าจะทำโปรเจคเสร็จหรือไม่

ขอบคุณคุณตู่ ที่คอยให้คำปรึกษาเสมอมาโดยเฉพาะการซื้อของ การทำวงจร และโปรแกรมการทำงาน

ขอบคุณตัวเองที่เอาชนะใจตัวเองให้สามารถทำโปรเจคเสร็จได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	**บทนำ**	1
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการ**	2
2.1	หลักการหาทิศทางในการรับส่งสัญญาณได้ดีที่สุด	2
2.2	เครื่องรับ-ส่งวิทยุ	5
2.2.1	การทำงานของภาคส่ง	5
2.2.2	การทำงานของภาครับ	5
2.3	วงจรเวนบริดจ์ออสซิลเลเตอร์ (Wein Bridge Oscillator)	7
2.4	สเต็ปปิ้งมอเตอร์	9
2.4.1	หลักการทำงานพื้นฐานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	10
2.4.2	ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	11
2.4.2.1	โครงสร้างและหลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลัคแตนซ์	11
2.4.3	โหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	15
2.4.4	โหมดการกระตุ้นเฟส (Mode of Excitation)	15
2.4.4.1	การกระตุ้นแบบ 1 เฟส (Single Phase Excitation)	15
2.4.4.2	การกระตุ้นแบบ 2 เฟส (Two Phase Excitation)	16
2.4.4.3	การกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป (Half Step Excitation)	18
2.4.5	คุณประโยชน์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	19
บทที่ 3	**การคำนวณและการสร้าง**	20
3.1	บล็อกไดอะแกรมรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ	20
3.2	การสร้างเครื่องรับ-ส่งวิทยุ 27 เมกะเฮิรตซ์	20
3.3	วงจรสร้างสัญญาณซายน์ 1 kHz (1 kHz Sine Wave Generator)	22
3.4	วงจรเครื่องรับสัญญาณวิทยุความถี่ 27 MHz	23
3.5	วงจรแปลงความแรงของสัญญาณไอเอฟให้เป็นระดับแรงดันไฟตรง	25
3.6	วงจรรักษาระดับแรงดัน (Buffer)	26
3.7	วงจรแรงดันอ้างอิง (Reference Voltage)	27
3.8	วงจรขยายความต่างของสัญญาณกระแสตรง (Differential Amplifier)	27
3.9	วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล	29
3.9.1	วงจรสัญญาณนาฬิกา (Clock Pulse)	30
3.9.2	การออกแบบวงจรแปลงแรงดันไฟกระแสตรงให้เป็นสัญญาณข้อมูลไบนารี่ 8 บิท (DC Voltage to Binary Data 8 Bit)	32
3.10	วงจรประมวลผล (Microcontroller)	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 วงจรขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์ 35
3.12 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์ 35
3.12.1 ความแตกต่างของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์ 36
3.12.2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51 38
3.12.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51 38
3.12.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51 40
3.12.4 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต 42
3.12.4.1 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต 43
3.12.4.2 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต 46
3.12.4.3 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต 46
3.12.5 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51 46
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 49
4.1 การทดลองสร้างสัญญาณซายน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ท 49
4.2 การทดลองส่งข้อมูลด้วยเครื่องส่งวิทยุ 27 MHz 49
4.3 การทดลองรับสัญญาณด้วยเครื่องรับวิทยุ 27 MHz 50
4.4 การทดลองการแปลงข้อมูลดิจิตอล 8 บิท จากข้อมูลอนาลอก 52
4.5 รูปภาพตัวรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ 52
4.6 การทดลองการหมุนรถกลับไปยังตำแหน่งเป้าหมาย 54
4.7 การทดลอง การหยุดของรถที่ตำแหน่งเป้าหมาย 55
4.8 การทดลอง การ Tracking ตามเป้าหมาย 55
4.8.1 เป้าหมายหมุนตามเข็มนาฬิกา 56
4.8.2 เป้าหมายหมุนทวนเข็มนาฬิกา 56
4.8.3 เป้าหมายเคลื่อนที่สลับไปมา 57
4.9 รูปภาพตัวรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ 58
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปผล 50
ภาคผนวก
Source code
หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่น 3 มิติ ของไดโพลจิ๋ว 4
รูปที่ 2.2 การแจงรูปกระแสของไดโพลเส้นตรง 4
รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมทางด้านภาคส่ง 5
รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมทางด้านภาครับ 6
รูปที่ 2.5 วงจร Wein Bridge Oscillator สร้างสัญญาณ Sine 7
รูปที่ 2.6 วงจรกระตุ้นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 3 เฟส 9
รูปที่ 2.7 การทำงานพื้นฐานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 10
รูปที่ 2.8 ภาพตัดขวางของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลัคแตนซ์ 3 เฟส และขดลวดสเตเตอร์ 11
รูปที่ 2.9 เส้นแรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงบิด (Torque) ที่โรเตอร์ 12
รูปที่ 2.10 แสดงการเคลื่อนที่ทีละสเต็ปเมื่อกระตุ้นขดลวดที่เฟส 1 และเฟส 2 12
รูปที่ 2.11 แสดงการกระตุ้นให้มอเตอร์หมุนแบบเดินหน้าและถอยหลัง 13
รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 13
รูปที่ 2.13 เปรียบเทียบเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างมอเตอร์ช่องอากาศแคบกับช่องอากาศกว้าง 14
รูปที่ 2.14 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่แต่ละสเต็ป 14
รูปที่ 2.15 แสดงการกระตุ้นแบบ 1 เฟส 15
รูปที่ 2.16 แสดงการกระตุ้นแบบ 2 เฟส 16
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อกระตุ้นแบบ 2 เฟส 17
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อกระตุ้นในเฟสตรงข้าม 17
รูปที่ 2.19 แสดงการกระตุ้นแบบครึ่งเฟส 17
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมรวมของรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ 20
รูปที่ 3.2 รูปวงจรเครื่องส่งสัญญาณวิทยุความถี่ 27 MHz 21
รูปที่ 3.3 วงจรWein Bridge Oscillator 22
รูปที่ 3.4 วงจรสร้างสัญญาณซายน์ แบบ Wein Bridge ความถี่ 1 kHz 23
รูปที่ 3.5 รูปวงจรเครื่องรับสัญญาณวิทยุความถี่ 27 MHz 24
รูปที่ 3.6 วงจรแปลงความแรงของสัญญาณไอเอฟให้เป็นระดับแรงดันไฟตรง 25
รูปที่ 3.7 วงจรเสมือนของวงจรแปลงความแรงของสัญญาณไอเอฟให้เป็นระดับแรงดันไฟตรง 25
รูปที่ 3.8 วงจรรักษาระดับแรงดันของสัญญาณไฟกระแสตรง 26
รูปที่ 3.9 วงจรสร้างระดับสัญญาณอ้างอิง 27
รูปที่ 3.10 วงจร Differential Amplifier 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.11 วงจรขยายความต่างของสัญญาณ DC 29

รูปที่ 3.12 Block Diagram การแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล 29

รูปที่ 3.13 วงจรการแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล 30

รูปที่ 3.14 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 30

รูปที่ 3.15 วงจร DC Voltage to Binary Data 8 Bit 33

รูปที่ 3.16 วงจรประมวลผลเปรียบเทียบสัญญาณ และ ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ 34

รูปที่ 3.17 วงจรขับกระแสของสเต็ปมอเตอร์ 35

รูปที่ 3.18 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์ 37

รูปที่ 3.19 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 37

รูปที่ 3.20 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51 39

รูปที่ 3.21 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89C51 44

รูปที่ 3.22 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51 45

รูปที่ 3.23 ไซเคิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 48

รูปที่ 4.1 สัญญาณที่ได้จากวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ ความถี่ 1 KHz 49

รูปที่ 4.2 สเปกตรัมสัญญาณคลื่นพาห์ที่ถูกมอดูเลทกับสัญญาณซายน์ความถี่ 1 KHz 50

รูปที่ 4.3 เป็นสเปกตรัมของสัญญาณที่เสาอากาศของเครื่องรับวิทยุสามารถรับได้ 51

รูปที่ 4.4 เป็นสัญญาณซายน์ความถี่ 1 KHz ที่สามารถดีเทคกลับคืนมาได้ 51

รูปที่ 4.5 ภาพรถติดตามเป้าหมายทางด้านหน้า 58

รูปที่ 4.6 ภาพรถติตามเป้าหมายทางด้านข้าง 58

รูปที่ 4.7 ภาพรถติตามเป้าหมายทางด้านบน 59

รูปที่ 4.8 ภาพรถติตามเป้าหมายทางด้านข้าง 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ 37
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51 ที่ Atmel ผลิตขึ้น และใช้ในการอ้างอิงในรายงานฉบับนี้ 39
ตารางที่ 3.3 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51ของ Atmel 42
ตารางที่ 4.1 ตารางการวัดตำแหน่งรถเมื่อรถหมุนไปแต่ละครั้ง 52
ตารางที่ 4.2 การทดลองการวัดข้อมูลดิจิตอล 8 บิท ที่แปลงมาจากข้อมูลอนาลอก 53
ตารางที่ 4.3 ตารางการหมุนกลับไปยังตำแหน่งเป้าหมายของตัวรถ 54
ตารางที่ 4.4 ตารางการทดสอบการหยุดรถเมื่อรถวิ่งไปถึงตำแหน่งของเป้าหมาย 55
ตารางที่ 4.5 ตารางผลการ Tracking ตามเป้าหมายของรถเมื่อเป้าหมายเคลื่อนที่แบบตามเข็มนาฬิกา 56
ตารางที่ 4.6 ตารางผลการ Tracking ตามเป้าหมายของรถเมื่อเป้าหมายเคลื่อนที่แบบทวนเข็มนาฬิกา 56
ตารางที่ 4.7 ตารางผลการ Tracking ตามเป้าหมายของรถเมื่อเป้าหมายเคลื่อนที่แบบสลับไปมา 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการอำนวยความสะดวกสบายให้กับเรา เช่น การสื่อสารด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยรีโมทคอนโทรล การส่งผ่านหรือถ่ายโอนข้อมูลแบบไร้สาย เป็นต้น ในโครงงานนี้เป็นการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายมาเป็นองค์ประกอบในการประดิษฐ์สิ่งอำนวยความสะดวกอีกอย่างหนึ่ง นั่นก็คือ รถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติซึ่งจะอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างรถที่ค้นหาทิศทางของเป้าหมายที่อยู่ไม่ไกลนัก ซึ่งการทำงานต่างๆนี้ไม่ต้องอาศัยการควบคุมจากมนุษย์ โดยในตัวรถนี้จะมีส่วนประมวลผล ตัดสินใจในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวมันเอง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

การทำงานของรถจะอาศัยหลักการการค้นหาสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องส่งสัญญาณของเป้าหมาย โดยการหมุนจานเสาอากาศของเครื่องรับสัญญาณที่ตัวรถ โดยหมุนไป 1 รอบ หรือ 360 องศา จากนั้นรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัตินี้จะทำการประมวลผลเปรียบเทียบว่าทิศทางใดมีความแรงของคลื่นวิทยุของเป้าหมายแรงที่สุด แล้วมันก็จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางนั้น เมื่อเข้าใกล้เป้าหมายรถจะหยุดการเคลื่อนที่แต่จะไม่หยุดการตรวจสอบความแรงของคลื่นสัญญาณ และเมื่อเป้าหมายมีการเคลื่อนที่รถก็จะทำการติดตามเป้าหมายโดยไม่ต้องมีการค้นหาสัญญาณใหม่อีก

1.4 ขั้นตอนในการทำโครงงาน

- ศึกษาทฤษฎีการ รับ-ส่ง สัญญาณวิทยุ
- ศึกษาทฤษฎีของเสาอากาศ
- ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
- สร้างบล็อกไดอะแกรมของโครงงานทั้งหมดอย่างละเอียด
- แบ่งบล็อกไดอะแกรมทั้งหมดออกเป็นส่วน ๆ
- สร้างแต่ละส่วนของบล็อกไดอะแกรม
- นำแต่ละส่วนมาประกอบกัน
- ปรับแต่งวิธีการให้สามารถทำงานได้จริง
- ทดสอบการใช้งาน และวัดความผิดพลาด
- สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้รถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติทำงานได้ตามขอบเขตและเป้าหมายที่ได้วางไว้ สามารถค้นหาทิศทางของเป้าหมาย และเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้รถจะสามารถติดตามเป้าหมายได้เมื่อเป้าหมายมีการเคลื่อนที่โดยไม่ต้องทำการหาทิศทางของเป้าหมายรอบตัวรถซ้ำแต่เพียงแค่หาทิศทางในความแรงของสัญญาณในทิศใกล้เคียงกับทิศเป้าหมายเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการหาทิศทางในการรับส่งสัญญาณได้ดีที่สุด

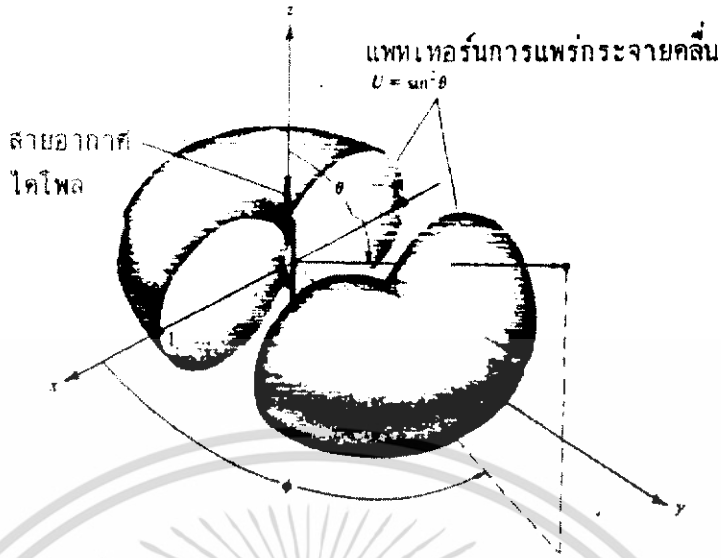
การหาทิศทางในการรับส่งสัญญาณได้ดีที่สุดในโครงงานนี้ทำได้โดยการใช้สายอากาศที่มีทิศทางที่มีมุมในการรับสัญญาณที่แคบพอสมควรติดตั้งไว้บนตัวรถเพื่อให้หมุนไปในทิศทางต่างๆได้ โดยตัวรถจะถูกควบคุมให้หมุนไปทีละ 1 ตำแหน่ง ซึ่งก็คือการเปลี่ยนองศาหรือทิศทางการรับของสายอากาศไป 1 ตำแหน่ง พร้อมกันนั้นก็จะมีการรับสัญญาณความแรงจากเครื่องรับวิทยุเข้ามาผ่านการแปลงจากสัญญาณอนาลอกไปเป็นข้อมูลดิจิตอล จากนั้นนำไปเก็บไว้คู่กับตำแหน่งของสายอากาศนั้นและสั่งให้หมุนสายอากาศไปยังตำแหน่งต่อไป ทำเช่นเดิมจนครบรอบ แล้วนำข้อมูลที่เก็บได้ไปประมวลผลเพื่อหาทิศทางที่มีความแรงของสัญญาณมากที่สุด โดยถ้าสายอากาศหันไปในทิศทางที่ตรงกับเครื่องส่งความแรงของสัญญาณที่รับได้จะแรงที่สุด และเมื่อสายอากาศหมุนออกจากตำแหน่งนี้ไปความแรงของสัญญาณก็จะลดลง ถ้าเอาข้อมูลที่ได้มาพล็อตเป็นกราฟความแรงของสัญญาณกับองศาแล้วกราฟที่ได้สามารถบอกทิศทางของเครื่องส่งให้เราได้ คือ ทิศที่ความแรงของสัญญาณแรงที่สุดนั่นเอง

จะเห็นได้ว่าในการหมุนสายอากาศไปทีละตำแหน่งนั้น ถ้าการหมุน 1 รอบมีจำนวนรอบตำแหน่งมาก หมายความว่า องศาที่เปลี่ยนไป 1 ตำแหน่งนั้นมีค่าน้อย ก็จะทำให้การหาทิศทางมีความละเอียดแม่นยำมากขึ้น แต่ก็ยังต้องคำนึงถึงมุมในการรับของสายอากาศด้วยว่าตำแหน่งในการรับสัญญาณมากน้อยเพียงใด ถ้าใช้สายอากาศที่มีบีมหลักกว้าง การแบ่งจำนวนตำแหน่งที่ละเอียดมากๆก็จะไม่ค่อยมีผลต่อความแม่นยำในการหาทิศทางเท่าไรนัก เพราะค่าความแรงของสัญญาณที่เข้ามาในตำแหน่งใกล้ๆกันอาจจะมีค่าใกล้เคียงกันมากก็ได้ ทำให้แยกไม่ออกว่าทิศทางใดที่มีความแรงมากกว่า และสายอากาศที่ใช้อยู่นั้นก็จะมีค่าความกว้างของบีมหลักอยู่ค่าหนึ่ง ด้วยเหตุนี้ตำแหน่งที่จะใช้หมุนใน 1 รอบนั้น ก็จะไม่แบ่งละเอียดมากเกินไป

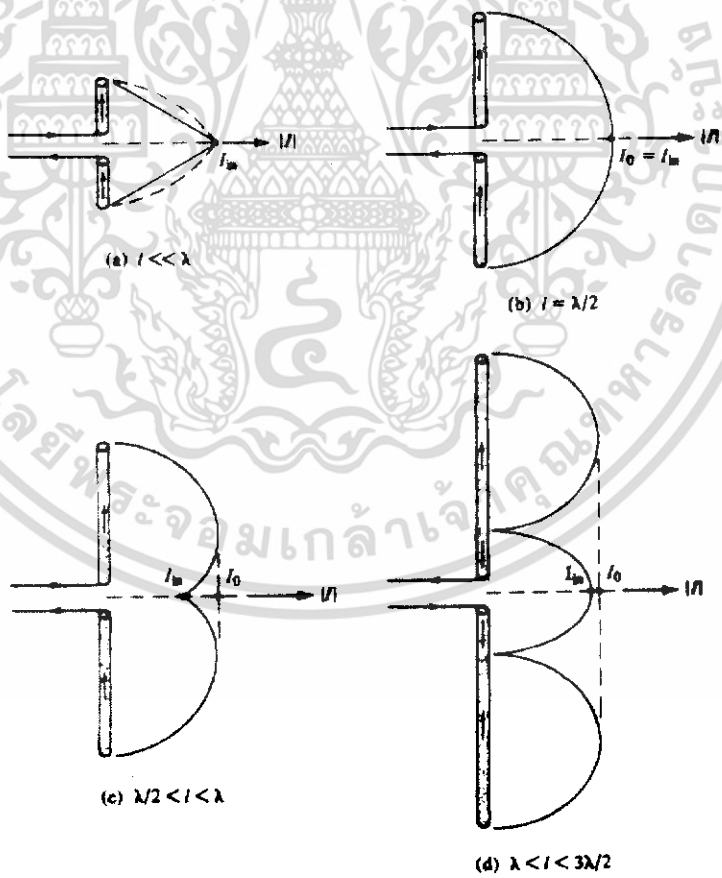
ในการสร้างรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัตินี้ได้เลือกใช้สายอากาศแบบไดโพล เนื่องจากเป็นสายอากาศที่มีทิศทาง มีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย ราคาถูก และหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าบีมการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศจะออกไปรอบๆทิศทางของตัวเสาอากาศเป็นรูปโดนัท ซึ่งการตั้งเสาที่ด้านเครื่องรับก็ควรให้อยู่ในแนวเดียวกับทางด้านเครื่องส่งด้วย หรือควรให้มีการโพลาไรซ์ในแนวเดียวกันถึงจะทำการรับสัญญาณได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่น 3 มิติ ของไดโพลจิ๋ว



รูปที่ 2.2 การแจงรูปกระแสของไดโพลเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

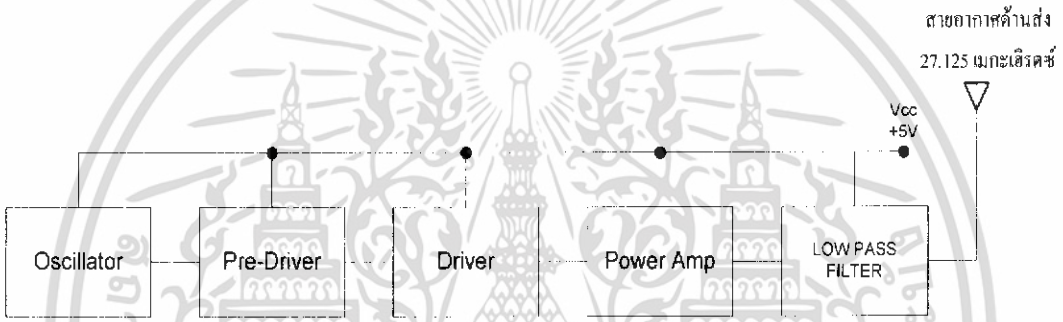
2.2 เครื่องรับ-ส่งวิทยุ

ในส่วนของวงจรวิทยุนั้น จะใช้ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง โดยการส่งผ่านคลื่นวิทยุในย่านความถี่ประชาชน ซึ่งหลักการทำงานของแต่ละส่วนแบ่งออกเป็นดังนี้

2.2.1 การทำงานของภาคส่ง

บล็อกไดอะแกรมของภาคส่งนั้นแสดงไว้ในรูปที่ 2.3 เมื่อพิจารณาดูแล้วการทำงานจะไม่ซับซ้อนเหมือนภาครับ เริ่มจากสัญญาณความถี่วิทยุ หรือความถี่อาร์เอฟ ซึ่งถูกสร้างขึ้นจากภาคออสซิลเลเตอร์มีเท่ากับ 27.1248 เมกะเฮิรตซ์ หรือประมาณ 27.125 เมกะเฮิรตซ์ ตามที่ต้องการแล้ว ส่งไปทำการขยายที่ภาคปรีไดร์ฟเวอร์ และภาคไดร์ฟเวอร์ก่อนที่จะเข้าสู่ภาคขยายความถี่อาร์เอฟ

เอาต์พุตที่ได้จากภาคขยายความถี่อาร์เอฟสุดท้าย จะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านส่งออกสู่สายอากาศ เพื่อให้มีเฉพาะความถี่อาร์เอฟ 27.125 เมกะเฮิรตซ์เท่านั้นที่ถูกส่งออกไป

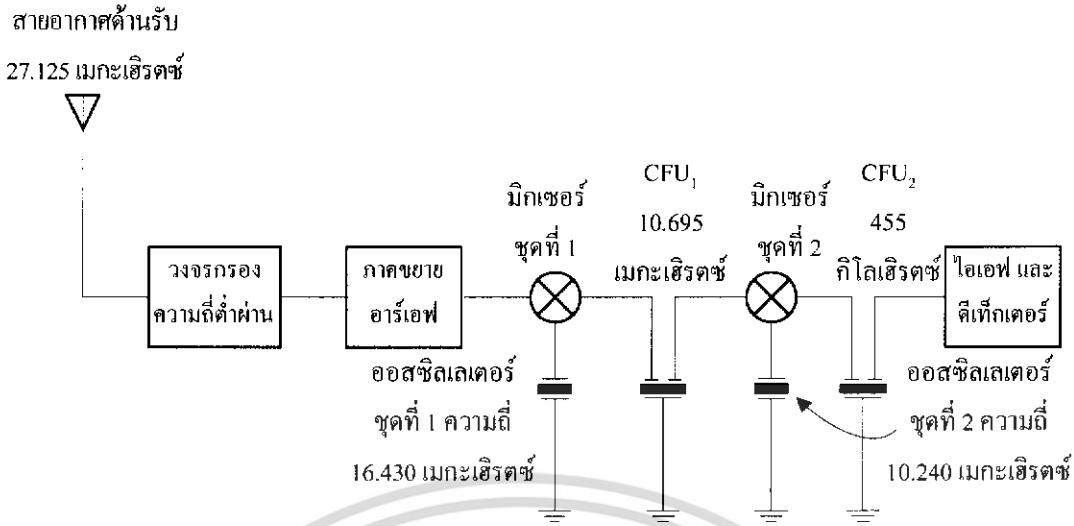


รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมทางด้านภาคส่ง

2.2.2 การทำงานของภาครับ

การทำงานตามบล็อกไดอะแกรมของภาครับที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.4 เริ่มจากสายอากาศซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่วิทยุ (RF) ที่ส่งมาจากเครื่องส่งอีกชุดหนึ่ง มีวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ทำหน้าที่กรองเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการ (27.125 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งอาจจะมีความถี่ใกล้เคียงแทรกแซงเข้ามาได้บ้างบางส่วน) แล้วทำการขยายความถี่วิทยุนี้ที่ภาคขยายอาร์เอฟ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าฟรอนต์เอ็น (Front end) ทำการขยายความถี่นี้ให้แรงขึ้นในระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมทางด้านภาครับ

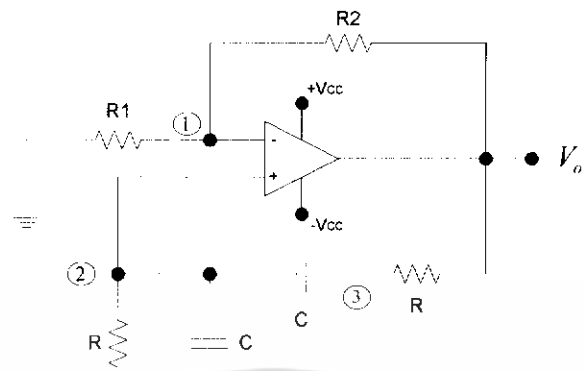
สัญญาณที่ผ่านการขยายที่ภาคขยายอาร์เอฟแล้ว จะถูกนำมารวมกับความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่สร้างขึ้นเองด้วยคริสตอลที่ภาคมิกเซอร์ (Mixer) ความถี่ออสซิลเลเตอร์มูลฐานนี้เป็นความถี่ออสซิลเลเตอร์ชุดที่หนึ่งมีค่าความถี่เท่ากับ 16.430 เมกะเฮิรตซ์ การผสมกันของความถี่อาร์เอฟและความถี่ออสซิลเลเตอร์นี้จะทำให้เกิดความถี่ใหม่ขึ้นมาทั้งความถี่ที่สูงขึ้นและความถี่ที่ต่ำลง (upper และ lower) ในภาคมิกเซอร์นี้จะเป็นการเอาความถี่มูลฐานไปหักล้างกับความถี่อาร์เอฟ ดังนั้นความถี่ที่ออกจากภาคมิกเซอร์จะเท่ากับ 27.125 เมกะเฮิรตซ์ ลบด้วย 16.430 เมกะเฮิรตซ์ จะได้ความถี่ไอเอฟเท่ากับ 10.695 เมกะเฮิรตซ์ หรือประมาณ 10.7 เมกะเฮิรตซ์

ความถี่เอาต์พุตของมิกเซอร์ชุดที่หนึ่งจะถูกเซรามิกฟิลเตอร์ CFU_1 บล็อกเอาเฉพาะความถี่ตามค่าของ CFU_1 เท่านั้น ในที่นี้ใช้ค่า 10.695 เมกะเฮิรตซ์ ดังนั้นความถี่ที่สูงหรือต่ำกว่านี้จะไม่สามารถผ่านชุดฟิลเตอร์นี้ไปได้ ความถี่ไอเอฟ 10.695 เมกะเฮิรตซ์ ผ่าน CFU_1 ไปได้ และจะถูกทำการรวมความถี่เข้ากับความถี่ออสซิลเลเตอร์มูลฐานอีก ในภาคคอนเวอร์เตอร์หรือมิกเซอร์ชุดที่สอง เพื่อทำการลดทอนความถี่ไอเอฟลงมาให้เหลือ 455 กิโลเฮิรตซ์

ความถี่ไอเอฟ 10.695 เมกะเฮิรตซ์ เมื่อรวมกับความถี่มูลฐานที่ภาคออสซิลเลเตอร์กำเนิดขึ้นมามีค่าเท่ากับ 10.240 เมกะเฮิรตซ์ เมื่อรวมกันที่ภาคมิกเซอร์แล้ว ความถี่ไอเอฟที่ออกไปจากภาคมิกเซอร์ชุดนี้จะมีค่าความถี่เท่ากับ 455 กิโลเฮิรตซ์ผ่าน CFU_2 เพื่อบล็อกเอาเฉพาะความถี่ไอเอฟ 455 กิโลเฮิรตซ์นี้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรเวนบริดจ์ออสซิลเลเตอร์ (Wein Bridge Oscillator)



รูปที่ 2.5 วงจร Wein Bridge Oscillator สร้างสัญญาณ Sine

จากรูปที่ 2.5

Node 1;
$$\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_1-V_O}{R_2}=0 \tag{2.1}$$

$$V_1\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R2}\right)=\frac{V_O}{R_2} \tag{2.2}$$

Node 2;
$$\frac{V_2}{R}+\frac{V_2}{1/SC}+\frac{V_2-V_3}{1/SC}=0 \tag{2.3}$$

$$V_2\left(\frac{1}{R}+2SC\right)=V_3SC \tag{2.4}$$

Node 3;
$$\frac{V_3-V_2}{1/SC}+\frac{V_3-V_O}{R}=0 \tag{2.5}$$

$$V_3\left(SC+\frac{1}{R}\right)-V_2SC-\frac{V_O}{R}=0 \tag{2.6}$$

โดย

$$V_1=V_2=V_3 \tag{2.7}$$

จากสมการ (2.4)

$$V_3=V_2\left(\frac{1}{SRC}+2\right) \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสมการ (2.8) แทนในสมการ (2.6)

$$V_2\left(\frac{1}{SRC}+2\right)\left(SC+\frac{1}{R}\right)-V_2SC-\frac{V_O}{R}=0 \tag{2.9}$$

$$V_2\left(\frac{1}{R}+2SRC+\frac{1}{SR^2C}+\frac{2}{R}-SC\right)=\frac{V_O}{R} \tag{2.10}$$

$$V_2\frac{3}{R}+SC+\frac{1}{SR^2C}=\frac{V_O}{R} \tag{2.11}$$

$$3+SRC+\frac{1}{SRC}=\frac{V_0}{V_2} \tag{2.12}$$

สมการ (2.1) = (2.12)

$$\frac{R_2}{R_1}+1=3+SRC+\frac{1}{SCR} \tag{2.13}$$

$$SCRR_2=\left(2SRC+S^2R^2C^2+1\right)R_1 \tag{2.14}$$

แทน $S=j\omega$ ในสมการที่ (2.14)

$$j\omega CRR_2=2CRR_1j\omega-C^2R^2R_1\omega^2+R_1 \tag{2.15}$$

ส่วนจริงเท่ากับส่วนจริง

จะได้

$$R_1=C^2R^2R_1\omega^2 \tag{2.16}$$

$$\omega^2=\frac{1}{C^2R^2} \tag{2.17}$$

$$\omega=\frac{1}{CR} \tag{2.18}$$

โดย

$$\omega=2\pi f \tag{2.19}$$

$$\therefore f=\frac{1}{2\pi CR} \tag{2.20}$$

และ ส่วนจินตภาพเท่ากับส่วนจินภาพ

จะได้

$$j\omega CRR_2=2CRR_1j\omega \tag{2.21}$$

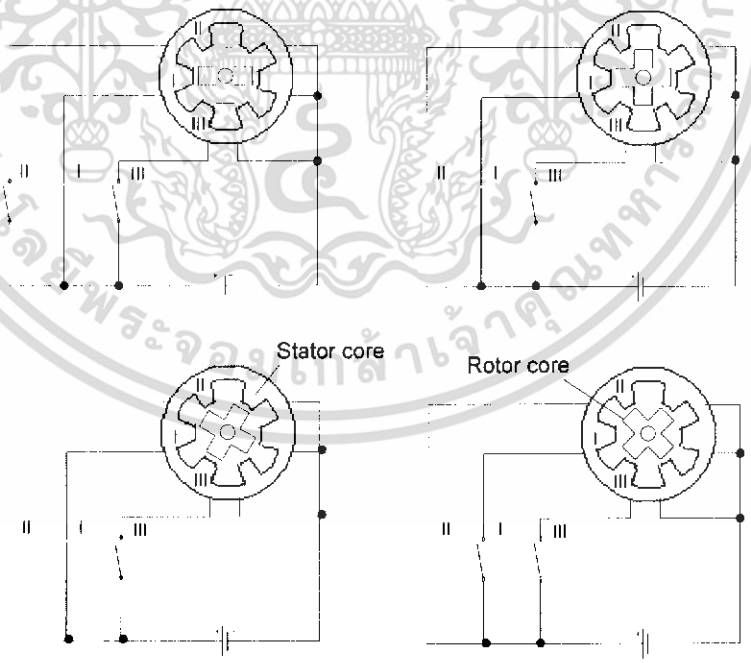
$$\frac{R_2}{R_1}=2 \tag{2.22}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จากรูปที่ 2.6 เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีลัคแตนซ์ (Variable Reluctance) แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator Core) มีซี่ฟัน 6 ซี่ขณะที่โรเตอร์ (Rotor) มีฟัน 4 ซี่ ทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์เป็นเหล็กอ่อนขดลวด (Coil) 3 ชุด ถูกต่ออยู่ดังรูป แต่ละชุดขดลวดมี 2 ขดลวดต่ออนุกรมกัน เรียกแต่ละชุดว่า "เฟส (Phase)" และผลจากการต่อแบบนี้เรียกว่า "มอเตอร์ 3 เฟส (3 Phase Motor)" กระแสถูกจ่ายไปยังขดลวด แต่ละขดลวดผ่านสวิทช์ I, II และ III ในสภาวะ (1) ชุดขดลวดของเฟส 1 ได้รับกระแสโดยผ่านสวิทช์ 1 หรือเฟส 1 ถูกกระตุ้น เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดในช่องอากาศ (Air Gap) เกิดขึ้นเนื่องจากการกระตุ้น ซึ่งแสดงด้วยลูกศร ในสภาวะนี้สเตเตอร์ 2 ขั้วของเฟส 1 จะอยู่ในแนวเดียวกันกับ 2 ซี่ที่อยู่ตรงข้ามกันของโรเตอร์ นี่เป็นสภาวะสมดุลซึ่งอยู่ในเทอมของไดนามิค (Dynamics) เมื่อสวิทช์ II ปิดเพื่อกระตุ้นเฟส 2 กับเฟส 1 เส้นแรงแม่เหล็กจะถูกสร้างขึ้นที่ขั้วของสเตเตอร์ของเฟส 2 ในลักษณะซึ่งแสดงในสภาวะที่ (2) ทอร์ค (Torque) ทิศทางทวนเข็มนาฬิกาจะถูกสร้างขึ้นมาจากความเครียด (Tension)ในฟลักซ์แม่เหล็กเอียงไปยังแกนมอเตอร์ที่อยู่ใกล้ๆหลังจากนั้นโรเตอร์จะมาอยู่ในสภาวะ (3)

ดังนั้นโรเตอร์จะหมุนไปด้วยมุมการเปลี่ยนแปลงคงที่ ซึ่งเรียกว่า "มุมสเต็ป (Step Angle)" ในที่นี้คือ 7.5 องศา ขณะที่สวิทช์จะมีการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งหนึ่งคือสวิทช์ I จะถูกเปิดเพื่อลดพลังงานในเฟส โดยโรเตอร์จะหมุนไป 7.5 องศา มาอยู่ในสภาวะ (4) ตำแหน่งมุมของโรเตอร์จะถูกควบคุมโดยการเปิด-ปิดสวิทช์ ถ้าสวิทช์ถูกเปิด-ปิดเป็นลำดับ โรเตอร์จะหมุนไปในลักษณะที่เป็นสเต็ป ความเร็วเฉลี่ยที่สามารถควบคุมได้ด้วยการเปิด-ปิดสวิทช์ดังแผนภาพรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วงจรกระตุ้นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

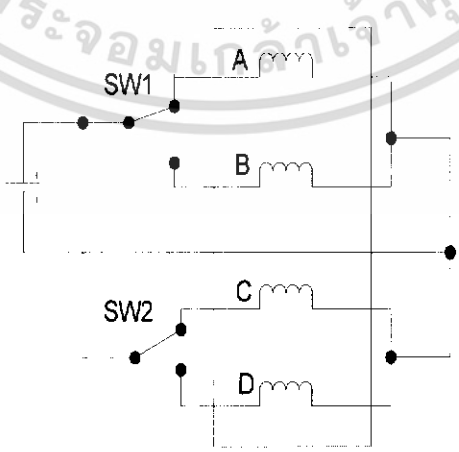
จากที่กล่าวมาพอจะกล่าวถึงคุณสมบัติสเต็ปมอเตอร์ได้ว่า

1. การหมุนของมอเตอร์จะเป็นสเต็ป (เป็นขั้นๆ) สเต็ปละกี่องศาขึ้นอยู่กับชนิดของมอเตอร์
2. ความเร็วในการหมุนขึ้นอยู่กับสัญญาณพัลส์ที่ให้เข้ามาทางอินพุทของมอเตอร์ (ความถี่)
3. ความผิดพลาดในการหมุน 1 สเต็ปมีค่าน้อยมาก แต่ต้องจำกัดอยู่ในความเร็วที่พอดีด้วย
4. คุณสมบัติของการตอบสนองสัญญาณที่มอเตอร์เริ่มทำงานและหยุดทำงานดีมาก
5. เนื่องจากไม่มีแปรงถ่าน (Commutator) เหมือนมอเตอร์ในระบบดีซี ดังนั้นจึงมีความแน่นอนในการทำงานสูง
6. แหล่งจ่ายแรงดันไฟที่ใช้ในการขับมอเตอร์มีค่าไม่มาก
7. ไม่ทำให้เกิดเสียงรบกวนและการสั่นได้ง่าย
8. ทำงานแบบ Open Loop

2.4.1 หลักการทำงานพื้นฐานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ถูกใช้ทำงานโดยสัญญาณอินพุทที่เป็นพัลส์ ทุกๆสัญญาณพัลส์ที่เข้ามาจะให้การเปลี่ยนแปลงสถานะและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น และให้การหมุนของมอเตอร์นั้นมีมุมที่คงที่ ซึ่งจะแตกต่างกับการหมุนของมอเตอร์แบบธรรมดาในระบบควบคุมที่ใช้สัญญาณดิจิตอล

การทำงานพื้นฐานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ แสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งแสดงบล็อกของวงจรขับมอเตอร์ทำให้กระแสไฟดีซีเรียงลำดับเข้าไปตามเฟสต่างๆของมอเตอร์หมุนไปตามองศาที่กำหนดไว้ การที่จะทำให้กระแสไฟดีซีเรียงลำดับเข้าไปที่มอเตอร์ได้ ต้องใช้การทำงานของสวิทช์ และเพื่อให้มอเตอร์หมุนจำเป็นต้องมีวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อที่จะควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า คือ สวิทช์ 1 และ 2



รูปที่ 2.7 การทำงานพื้นฐานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

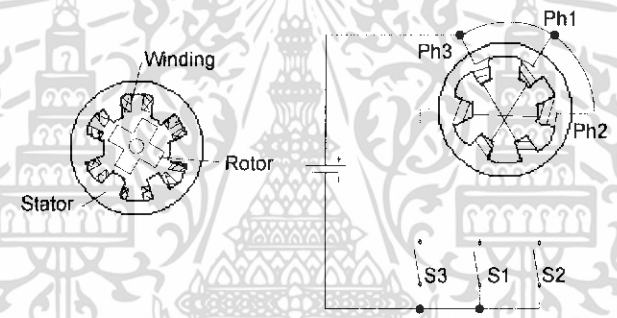
สามารถแบ่งชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตามลักษณะโครงสร้างและหลักการทำงานได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. แบบแปรค่ารีลัคแตนซ์ (Variable Reluctance , VR)
2. แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet , PM)
3. แบบไฮบริดจ์ (Hybrid Stepping Motor)

ในโครงงานนี้จะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลัคแตนซ์ ดังนั้นจึงขอกล่าวถึงมอเตอร์ชนิดนี้เท่านั้น

2.4.2.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลัคแตนซ์

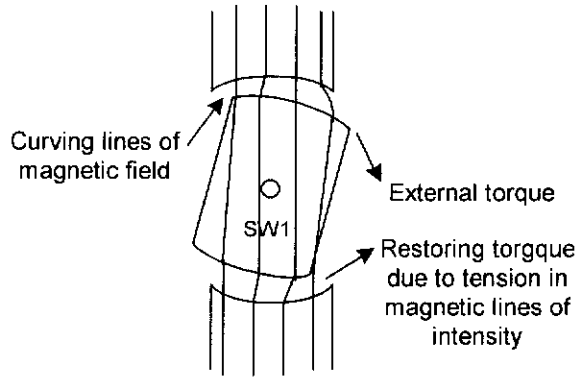
ภายในมอเตอร์ประกอบด้วยสเตเตอร์ (Stator), โรเตอร์ (Rotor), และขดลวด (Winding) ประกอบกันดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ภาพตัดขวางของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลัคแตนซ์ 3 เฟส และขดลวดสเตเตอร์

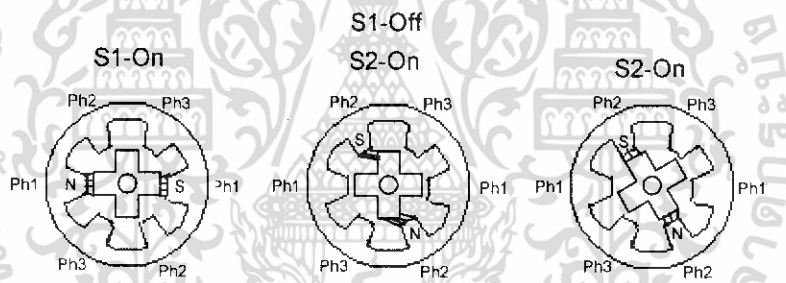
เนื่องจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแปรรีลัคแตนซ์นี้ โรเตอร์เป็นเหล็กอ่อน (Soft Iron) ที่มีคุณสมบัติคือ จะพยายามปรับตัวเองให้อยู่ในแนวที่เส้นแรงแม่เหล็กผ่านมากที่สุด ดังเช่นรูปที่ 2.9 เมื่อเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่สเตเตอร์และตัดผ่านโรเตอร์ ตัวโรเตอร์ก็จะพยายามปรับตัวเองให้เส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านมากที่สุด โดยโรเตอร์จะหมุนตัวเองทำให้เกิดมุมของการหมุนขึ้น และจะหยุดหมุนเมื่อเส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านตัวมันมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



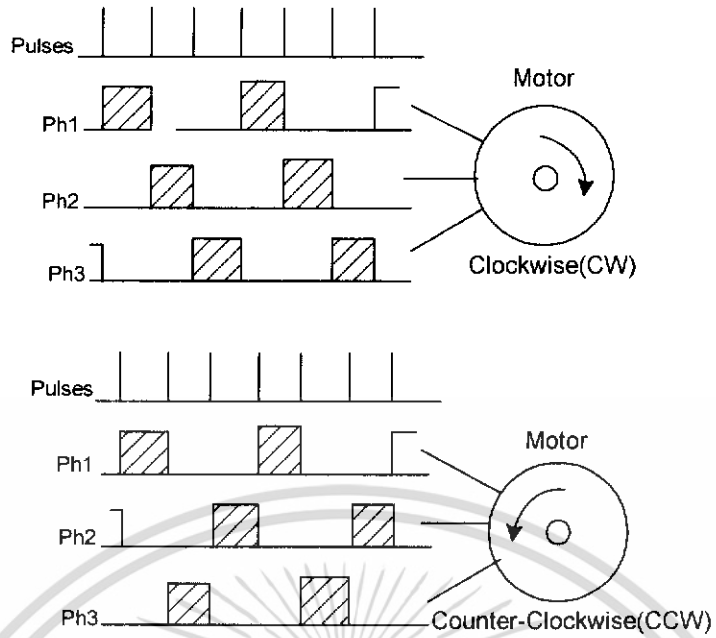
รูปที่ 2.9 เส้นแรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงบิด (Torque) ที่โรเตอร์

การที่จะให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนได้โดยอาศัยหลักการนี้ จะต้องทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวดฉัดไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.10, 2.11และ 2.12 แสดงถึงการหมุนของโรเตอร์ โดยทิศทางของการหมุนขึ้นอยู่กับการกระตุ้น (Excitation) ที่ขดลวด ว่าจะให้ไปทางไหน และเมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนก็หยุดการกระตุ้นที่ขดลวด โดยมอเตอร์จะหยุดหมุนที่ตำแหน่งสุดท้ายที่มีการกระตุ้น

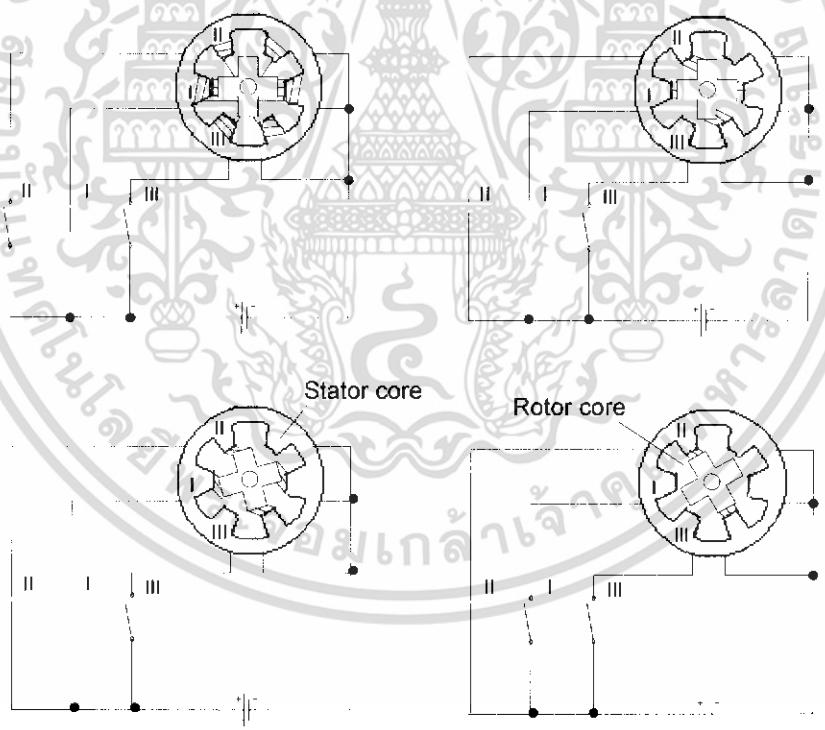


รูปที่ 2.10 แสดงการเคลื่อนที่ทีละสเต็ปเมื่อกระตุ้นขดลวดที่เฟส 1 และเฟส 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการกระตุ้นให้มอเตอร์หมุนแบบเดินหน้าและถอยหลัง

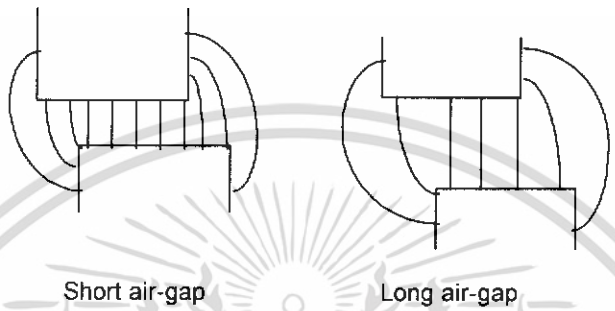


รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

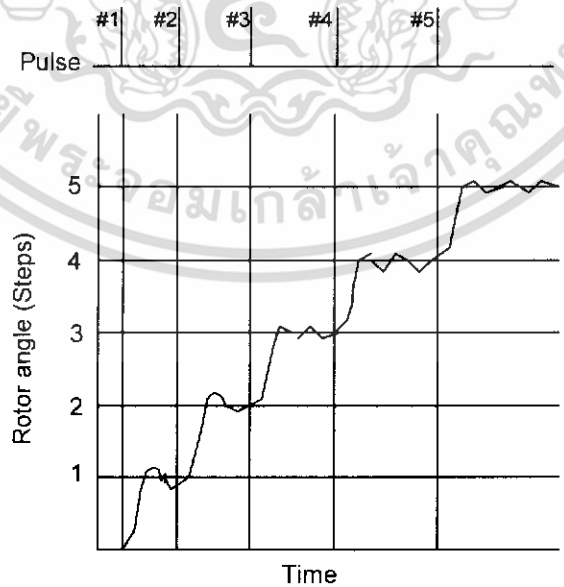
ช่องอากาศ (Air Gap) ระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์จะแปรผกผันกับแรงบิด และความแน่นอนของตำแหน่งโรเตอร์ ดังนั้นถ้าต้องการให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีแรงบิดสูงและตำแหน่งแน่นอนจะต้องมีช่องอากาศช่วงแคบๆ

จากรูปที่ 2.13 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีช่องอากาศกว้างและช่องอากาศแคบ จะมีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กสูงกว่า ดังนั้นแรงบิดจึงมากกว่าและความแน่นอนของตำแหน่งสูงกว่ามอเตอร์ที่มีช่องอากาศกว้าง



รูปที่ 2.13 เปรียบเทียบเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างมอเตอร์ช่องอากาศแคบกับช่องอากาศกว้าง

ในการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นตำแหน่งของโรเตอร์จะหยุดทันทีที่โรเตอร์หมุนจนเส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านมากที่สุดเนื่องจากโรเตอร์ขณะหมุนจะมีแรงเฉื่อยจึงทำให้เกิด Shoot ของระยะขจัด จากนั้นโรเตอร์จึงหมุนกลับให้อยู่ในตำแหน่งที่เส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านมากที่สุด ดังรูปที่ 2.14 ที่แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งแต่ละสเต็ป ทั้งนี้ Shoot ที่เกิดขึ้นอยู่กับช่องอากาศและการกระตุ้นว่าเป็นแบบใดด้วย



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่แต่ละสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 โหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ถ้าจะแบ่งโหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตามอัตราเร็วของสเต็ป จะแบ่งออกได้เป็น 2 โหมด โดยโหมดแรกคือหมุนเป็นสเต็ป (Discrete Stepping Mode) ซึ่งมีการหมุนเป็นแบบสเต็ป และมีเวลาหยุดนิ่งก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นสเต็ปต่อไปและโหมดสองคือหมุนเป็นแบบต่อเนื่อง (Slewing Mode) ซึ่งเป็นการเพิ่มอัตราเร็วในแต่ละสเต็ปให้เร็วขึ้น และเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์กับอัตราเร็วของสเต็ป และจำนวนสเต็ปทั้งหมดได้ดังสมการที่ 2.23

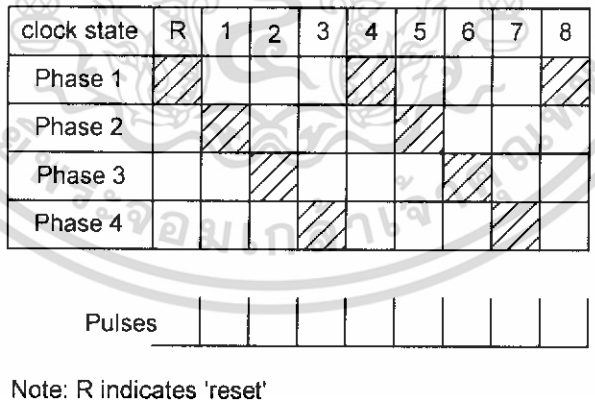
$$N = 60\left(\frac{f}{S}\right) \tag{2.23}$$

2.4.4 โหมดการกระตุ้นเฟส (Mode of Excitation)

ดังที่ทราบแล้วว่าการทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนได้นั้นจะต้องกระตุ้นเฟสของขดลวดสเตเตอร์ให้เรียงกันไปเรื่อยๆทางใดทางหนึ่ง ถ้าต้องการให้หมุนกลับก็กระตุ้นเฟสในทิศทางกลับกัน การกระตุ้นเฟสขดลวดสเตเตอร์มี 3 แบบ คือ

2.4.4.1 การกระตุ้นแบบ 1 เฟส (Single Phase Excitation)

จากรูปที่ 2.15 แสดงลำดับการกระตุ้นแบบเฟสเดียวสำหรับมอเตอร์ 3 และ 4 เฟส จากรูปเมื่อเราต้องการให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาสามารถทำได้โดยกระตุ้นเฟส 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ในทางกลับกันถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกาสามารถทำได้โดยกระตุ้นเฟส 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ การกระตุ้นลักษณะนี้เป็นการกระตุ้นแบบ “One Phase One Drive”



รูปที่ 2.15 แสดงการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

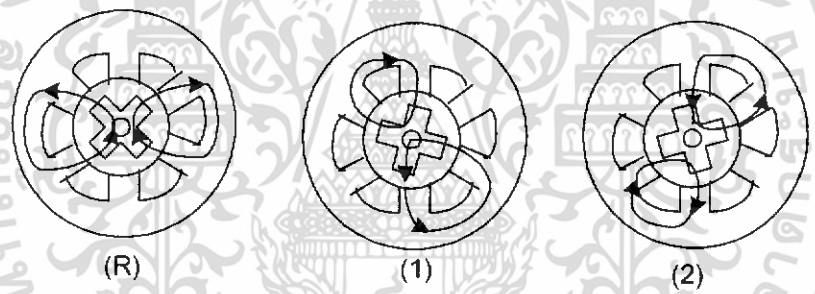
2.4.4.2 การกระตุ้นแบบ 2 เฟส (Two Phase Excitation)

จากรูปที่ 2.16 แสดงลำดับการกระตุ้นแบบเฟสคู่สำหรับมอเตอร์ 3 และ 4 เฟส จากรูปพบว่า เฟส 2 Off และ เฟส 1 on จะพบว่าเฟส 3 จะคงถูกกระตุ้นอยู่

การกระตุ้นแบบ 2 เฟส เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ผ่านแกนเหล็กเป็นเส้นตรงเช่นเดียวกับการกระตุ้นแบบ 1 เฟส แต่จะวกกลับมาเข้าสู่แกนทางด้านข้าง ดังรูปที่ 2.17 และเส้นแรงแม่เหล็กส่วนหนึ่งจะมาจากแกนตรงข้ามดังรูปที่ 2.18

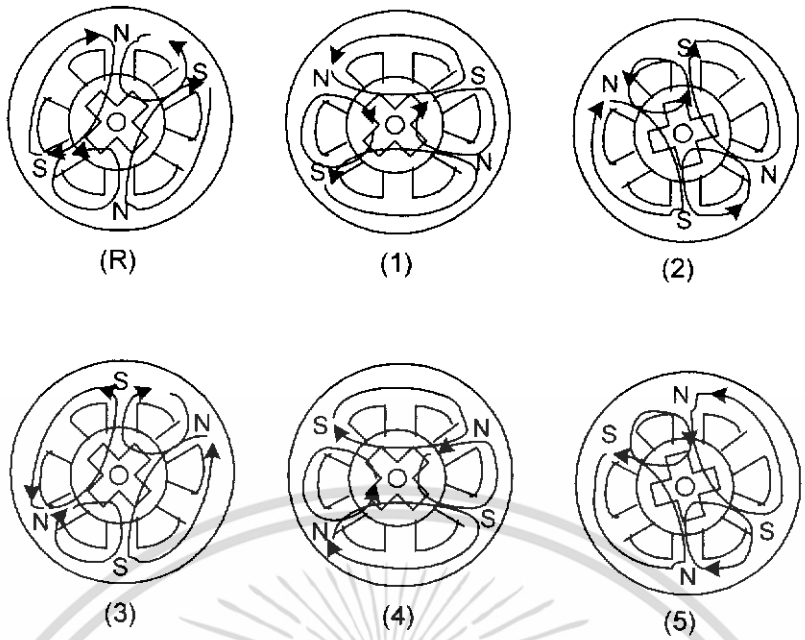
clock state	R	1	2	3	4	5	6	7	8
Phase 1	▨	▨			▨	▨			▨
Phase 2		▨	▨			▨	▨		
Phase 3			▨	▨			▨	▨	
Phase 4	▨			▨	▨			▨	▨

รูปที่ 2.16 แสดงการกระตุ้นแบบ 2 เฟส



รูปที่ 2.17 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อกระตุ้นแบบ 2 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อกระตุ้นแบบ 2 เฟส

2.4.4.3 การกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป (Half Step Excitation)

เป็นการรวมรูปแบบการกระตุ้นระหว่างการกระตุ้นแบบเฟสเดียวและเฟสคู่ จากรูปที่ 2.19 แสดงลำดับการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป การกระตุ้นจะต้องจ่ายสัญญาณนาฬิกา 2 สเตท คือ A และ B โดยที่ A จะจ่ายในลักษณะกระตุ้นเฟสเดียว และ B เป็นการจ่าย Clock ในลักษณะกระตุ้นแบบเฟสคู่

Clock state(A)	R	1		2		3		4		5	
Clock state(B)	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Phase 1	▨	▨				▨	▨	▨			
Phase 2		▨	▨	▨				▨	▨	▨	
Phase 3				▨	▨	▨				▨	▨

รูปที่ 2.19 แสดงการกระตุ้นแบบครึ่งเฟส

2.4.5 คุณประโยชน์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1. เป็นลักษณะการควบคุมแบบไม่ต้องการการป้อนกลับ ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมตำแหน่งหรือความเร็ว
2. ความผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่งแทบไม่มีเลย เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นเคลื่อนที่เป็นสเต็ปด้วยจำนวนองศาที่แน่นอน

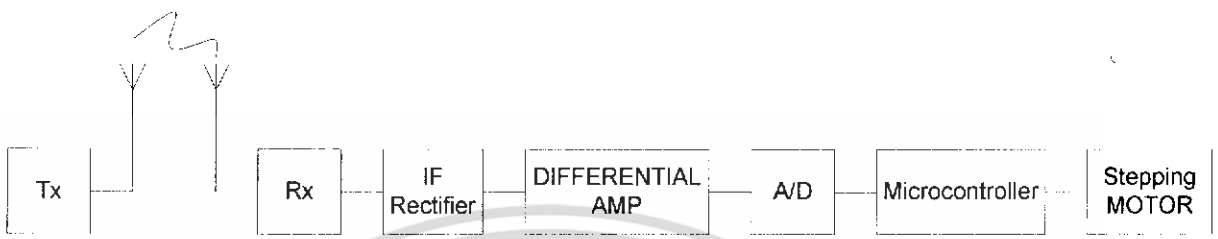
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62866

3. สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะถูกนำมาใช้กับเครื่องมือที่ต้องการความละเอียดแม่นยำ และใช้อยู่ในเครื่องมือประเภทดิจิตอล
4. ไม่จำเป็นต้องใช้วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อค เมื่ออินเตอร์เฟสกับไมโครโปรคอมพิวเตอร์
5. สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลไปเป็นการเคลื่อนที่ทางกล ดังนั้นการติดต่อกับอุปกรณ์ดิจิตอลก็เป็นไปได้โดยง่าย และวงจรขยายกำลังจากสัญญาณดิจิตอล (Digital Power Amplifier) ที่ใช้ก็มีราคาถูกกว่าวงจรขยายกำลังเชิงเส้น (Linear Power Amplifier) อีกด้วย
6. การออกแบบวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ สามารถทำได้ง่ายกว่าวงจรควบคุมมอเตอร์แบบเซอร์โว และยังสามารถออกแบบวงจรในสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานหรือหยุดได้แบบทันทีทันใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 บล็อกไดอะแกรมรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมรวมของรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 เริ่มจากเครื่องส่งสัญญาณวิทยุส่งสัญญาณ FM ความถี่ 27 MHz ออกมา จากนั้นเครื่องรับก็จะรับสัญญาณที่เครื่องส่งส่งออกมา สัญญาณที่รับได้จะถูกนำไปมิกซ์เพื่อให้ความถี่สัญญาณต่ำลงเป็นความถี่ IF ในเครื่องรับ และรถจะนำสัญญาณความถี่ IF นี้มาใช้ในการเปรียบเทียบทิศทางของสัญญาณที่แรงที่สุดของเป้าหมาย โดยนำสัญญาณ IF มาผ่านการเรียงกระแส จากสัญญาณกระแสสลับมาเป็นสัญญาณกระแสตรง จากนั้นจะนำสัญญาณที่ได้มาทำการขยายความต่าง แล้วแปลงสัญญาณนั้นให้เป็นข้อมูลดิจิตอลเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล แล้วสั่งให้มอเตอร์เคลื่อนที่

3.2 วงจรเครื่องส่งสัญญาณวิทยุความถี่ 27 เมกะเฮิรตซ์

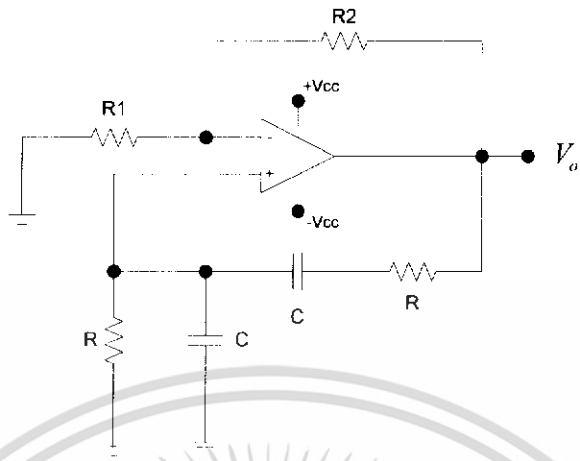
เครื่องส่งสัญญาณวิทยุนี้เป็นเครื่องส่งสัญญาณวิทยุแบบ FM ความถี่ 27 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 วงจรวงจรเครื่องส่งสัญญาณวิทยุความถี่ 27 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรสร้างสัญญาณซายน์ 1 kHz (1 kHz Sine Wave Generator)



รูปที่ 3.3 วงจร Wein Bridge Oscillator

จากรูปที่ 3.3 จะได้สมการที่ (2.20) ดังนี้ $$f = \frac{1}{2\pi CR}$$

และสมการที่ (2.22) ดังนี้

$$\frac{R_2}{R_1} = 2$$

ซึ่งต้องการสัญญาณซายน์ความถี่ 1 kHz และ กำหนดให้ค่าต่างๆดังนี้

$$R_1 = 12k$$

$$R_2 = 25.5k$$

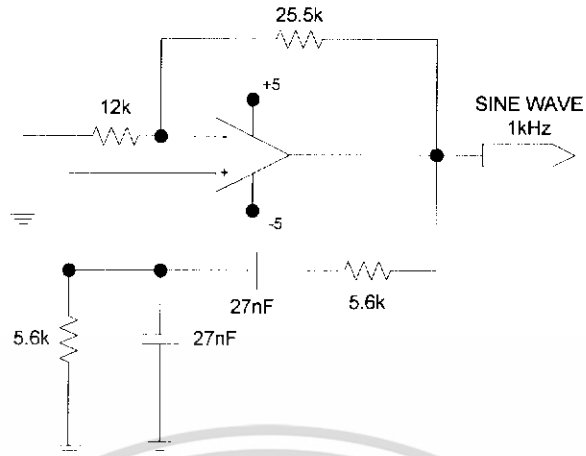
$$C = 27nF$$

และ $$R = 5.6k$$

ซึ่งจะได้ความถี่เท่ากับ $$f = 1.052kHz$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้วงจรดังนี้



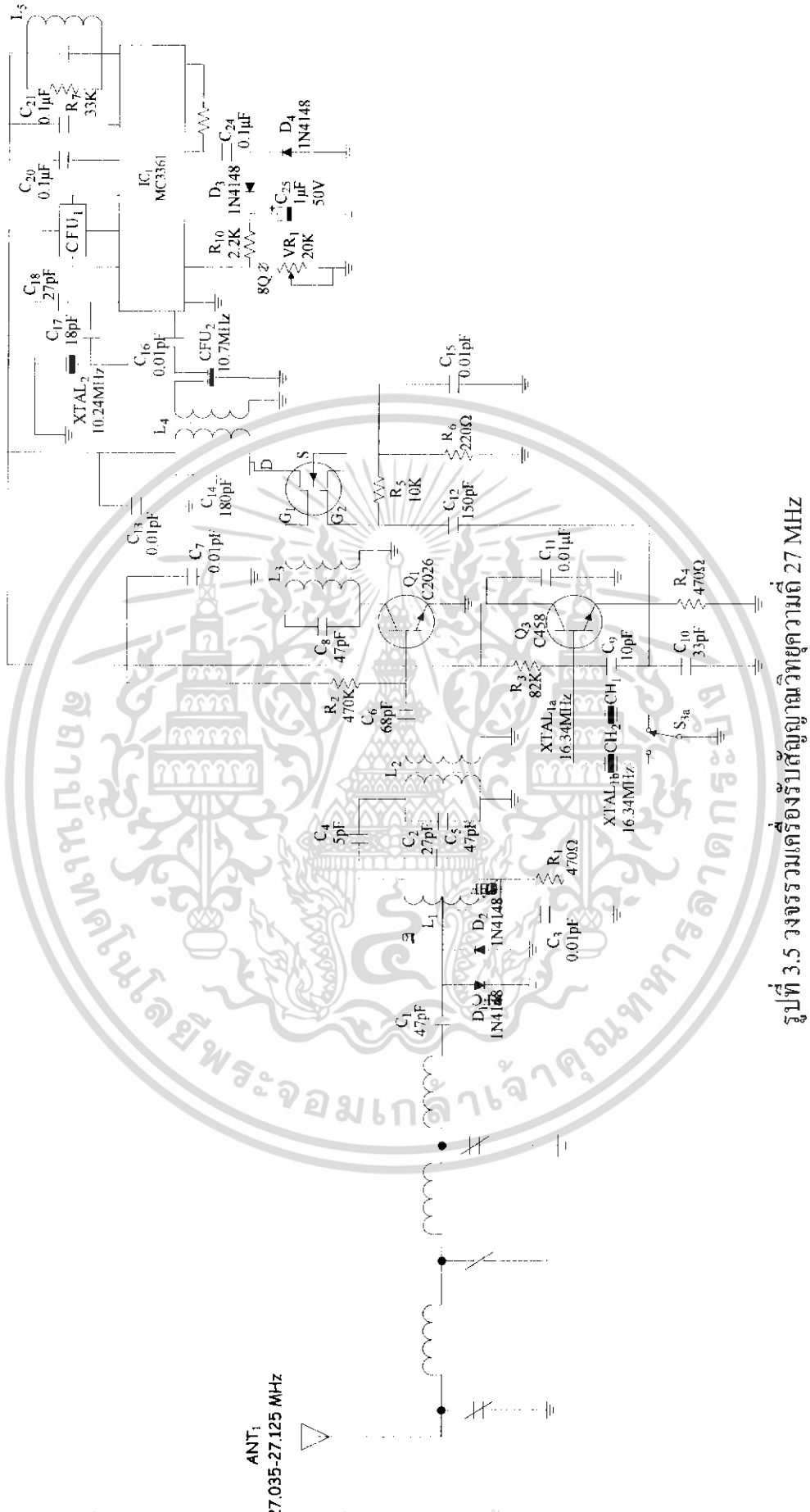
รูปที่ 3.4 วงจรสร้างสัญญาณซายน์ แบบ Wein Bridge ความถี่ 1 kHz

ในการส่งสัญญาณของเครื่องส่งที่ตัวเป้าหมายจะทำการส่งสัญญาณซายน์ความถี่ 1KHz ไปด้วย โดยวงจรที่ใช้จะเป็นตามรูปที่ 3.4 ซึ่งเป็นวงจร Oscillator แบบ Wein Bridge โดยจะใช้ IC เบอร์ ua741

3.4 วงจรเครื่องรับสัญญาณวิทยุความถี่ 27 MHz

เครื่องรับสัญญาณวิทยุนี้เป็นเครื่องรับสัญญาณวิทยุแบบ FM ความถี่ 27 MHz

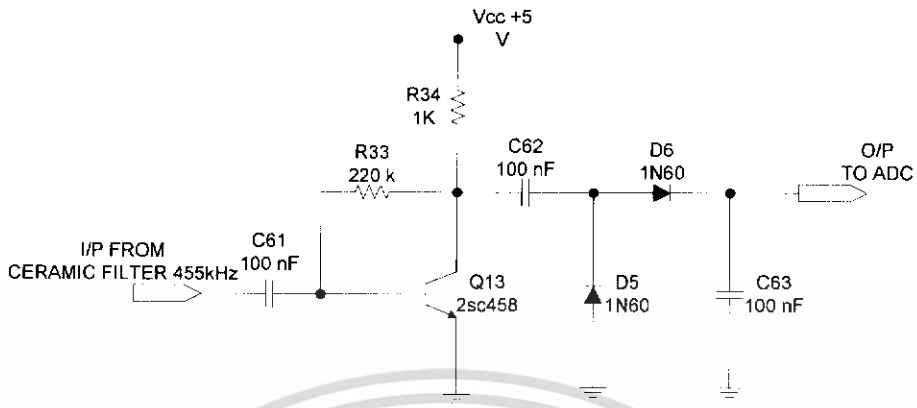
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรรวมเครื่องรับสัญญาณวิทยุความถี่ 27 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

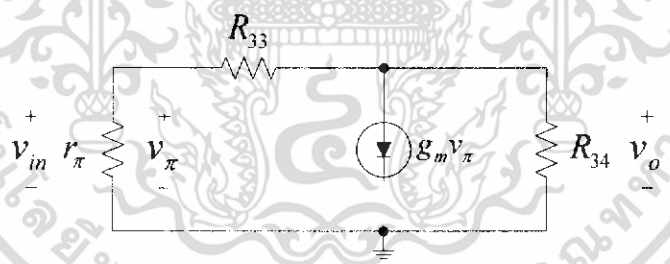
3.5 วงจรแปลงความแรงของสัญญาณไอเอฟให้เป็นระดับแรงดันไฟตรง



รูปที่ 3.6 วงจรแปลงความแรงของสัญญาณไอเอฟให้เป็นระดับแรงดันไฟตรง

นำสัญญาณที่มาจากวงจรรักษาระดับแรงดันมาแปลง จากสัญญาณกระแสสลับมาเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟตรง โดยใช้ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2SC458 และไดโอดเบอร์ 1N60ในการเรียงสัญญาณจากกระแสสลับให้เป็นสัญญาณไฟตรง

จากรูปที่ 3.6 สัญญาณ IF จะนำมาขยาย โดยใช้วงจรขยายแบบป้อนกลับแบบคอลเลคเตอร์ วงจรเสมือนเมื่อวิเคราะห์แบบไฟสลับแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรเสมือนของวงจรแปลงความแรงของสัญญาณไอเอฟให้เป็นระดับแรงดันไฟตรง

ใช้สมการวิเคราะห์วงจรดังนี้

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{33} + (\beta + 1) R_{34}} \tag{3.1}$$

$$I_{BQ} = \frac{5 - 0.7}{220k + (215 + 1)1k} \tag{3.2}$$

$$I_{BQ} \approx 0.01mA \tag{3.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ

$$g_m = \frac{I_{CQ}}{V_r} = \frac{\beta I_{BQ}}{V_r} \tag{3.4}$$

$$g_m = \frac{215 \times 0.01mA}{26mV} \tag{3.5}$$

$$g_m = 0.0827 \tag{3.6}$$

$$\frac{v_o - v_{in}}{R_{33}} + g_m v_\pi + \frac{v_o}{R_{34}} = 0 \tag{3.7}$$

โดยที่ $v_{in} = v_\pi$

$$\therefore A_v = \frac{v_o}{v_{in}} \tag{3.8}$$

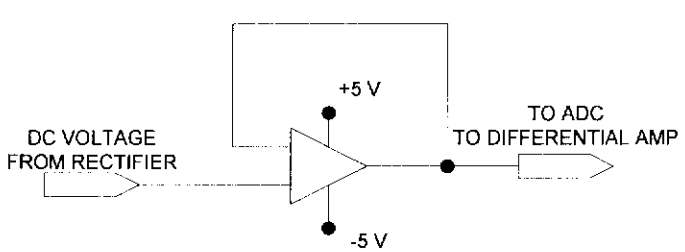
$$A_v = \frac{\left(1 - g_m R_{33}\right) R_{34}}{R_{33} + R_{34}} \tag{3.9}$$

แทนค่าแล้วจะได้ $$A_v = \frac{\left(1 - 0.0827 \times 220k\right) 1k}{200k + 1k} \tag{3.10}$$

$$A_v = -82.3$$

สัญญาณจะถูกเรคติฟายโดยไดโอด D5 และ D6 คือเมื่อไซเคิลบวกเข้ามาสัญญาณจะผ่านไดโอด D6 ไปได้ และจะถูก C63 ชาร์จไว้ เมื่อไซเคิลลบเข้ามาสัญญาณจะถูกชื่อตลงกราวด์โดยไดโอด D5 ซึ่งช่วงนี้ C63 จะค่อยๆ ดิสชาร์จออกมาทำให้เป็นไฟตรง เพื่อส่งไปแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลต่อไป

3.6 วงจรรักษาระดับแรงดัน (DC Voltage Follower Amplifier)



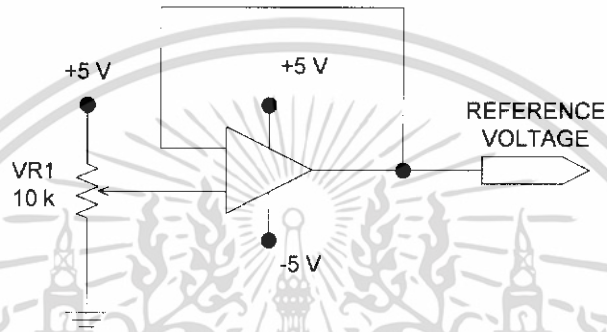
รูปที่ 3.8 วงจรรักษาระดับแรงดันของสัญญาณไฟกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 เป็นวงจร DC Voltage Follower Amplifier จุดประสงค์สำคัญของวงจรนี้คือ ส่งถ่าย DC Voltage จาก High Impedance ไปยัง Low Impedance ซึ่งมีอัตราการขยายของวงจรเท่ากับ 1 จึงนิยมไปใช้เป็น Buffer โดยใช้ IC เบอร์ ua741

เมื่อได้สัญญาณไฟตรงจากการเรียงกระแสของสัญญาณ IF แล้ว ก็จะนำสัญญาณที่ได้นี้มาผ่านวงจรรักษาระดับแรงดันเพื่อคงระดับแรงดันไฟตรงไว้ ก่อนที่จะนำไปทำการขยายความต่างเพื่อให้การประมวลผลหาความแรงของสัญญาณวิทยุของเครื่องเป้าหมายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

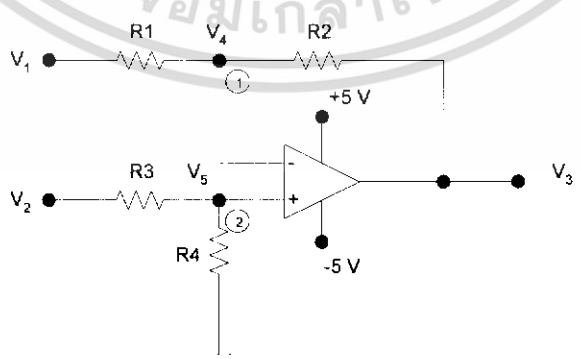
3.7 วงจรแรงดันอ้างอิง (Reference Voltage)



รูปที่ 3.9 วงจรสร้างระดับสัญญาณอ้างอิง

จากรูปที่ 3.9 วงจรจะแยกออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกวงจร Voltage Divider เพื่อสร้างระดับสัญญาณอ้างอิงในการขยายความต่างของสัญญาณ DC โดยใช้ ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่มีค่า 10 kโอห์ม และส่วนที่สอง คือ วงจรรักษาระดับแรงดัน ใช้ IC เบอร์ ua741 โดยเอาท์พุทที่ได้จะนำไปเป็นสัญญาณอ้างอิงในการขยายความต่างของสัญญาณ DC ต่อไป

3.8 วงจรขยายความต่างของสัญญาณกระแสตรง (Differential Amplifier)



รูปที่ 3.10 วงจร Differential Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10

Node 1;
$$V_4\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)-\frac{V_1}{R_1}-\frac{V_3}{R_2}=0 \tag{3.11}$$

Node 2;
$$V_5\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)-\frac{V_2}{R_3}=0 \tag{3.12}$$

โดย
$$V_4=V_5$$

เลือก
$$R_1=R_3$$

และ
$$R_2=R_4$$

จะได้
$$V_4\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)-\frac{V_2}{R_1}=0 \tag{3.13}$$

นำสมการที่ (3.11) ลบสมการที่ (3.13) จะได้
$$V_3=\left(V_2-V_1\right)\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \tag{3.14}$$

โดย
$$\frac{R_2}{R_1}=\left(A_v\right) \tag{3.15}$$

อินพุทของวงจรคือ
$$V_1=5-6V \tag{3.16}$$

และแรงดันอ้างอิงคือ
$$V_2=6V \tag{3.17}$$

ดังนั้นที่
$$V_1=5V \tag{3.18}$$

แทนสมการที่ (3.17) และ (3.18) ลงในสมการที่ (3.14) จะได้
$$V_3=\left(6-5\right)\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \tag{3.19}$$

โดยต้องการให้
$$V_3=5V \tag{3.20}$$

ดังนั้น
$$\frac{R_2}{R_1}=5 \tag{3.21}$$

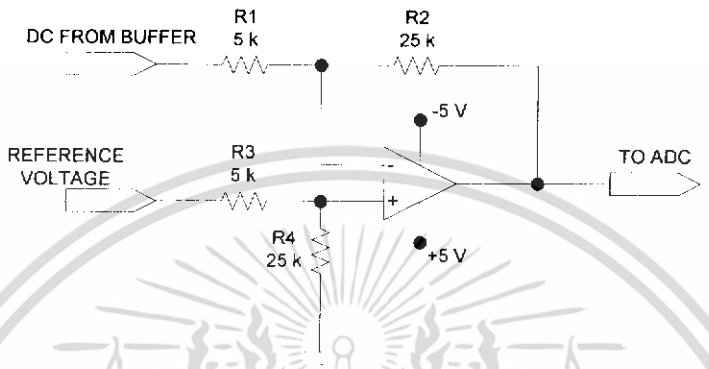
เลือก
$$R_1=5k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้

$$R_3 = 5k\Omega$$
$$R_2 = 25k\Omega$$
$$R_4 = 25k\Omega$$

ซึ่งจะได้วงจรขยายความต่างของสัญญาณไฟ DC ดังนี้



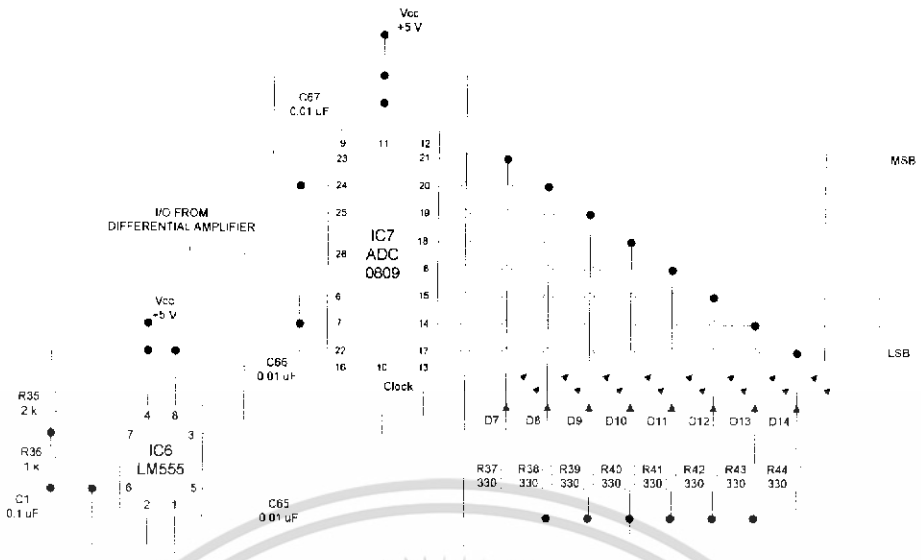
รูปที่ 3.11 วงจรขยายความต่างของสัญญาณไฟ DC

3.9 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

รูปที่ 3.12 Block Diagram การแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

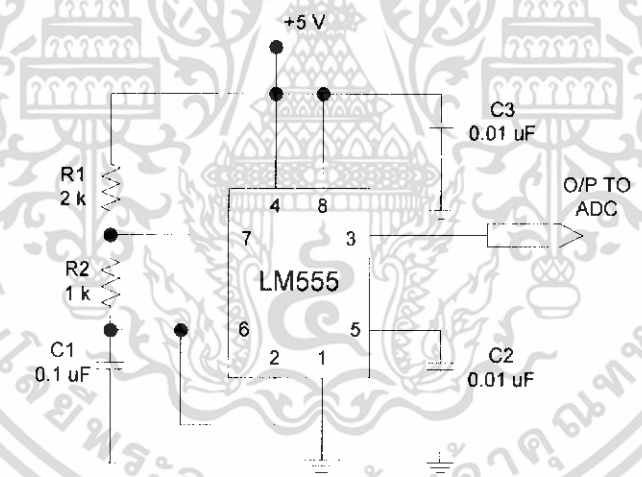
จากรูปที่ 3.12 แรงดันไฟตรงที่ได้มาจากวงจรขยายความต่างของสัญญาณไฟ DC จะถูกนำผ่านไปยัง IC ที่ทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟ DC ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอก ให้เปลี่ยนไปเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยมีวงจร Clock pulse สร้างสัญญาณพัลส์ เพื่อไปกระตุ้นให้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลทำงาน แล้วหลังจากนั้นก็จะนำสัญญาณข้อมูลที่เป็นดิจิตอลเข้าไปประมวลผลใน Microcontroller ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรการแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

3.9.1 วงจรสัญญาณนาฬิกา (Clock Pulse)



รูปที่ 3.14 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

รูปที่ 3.14 เป็นวงจร Astable ซึ่งเราจะนำมาสร้าง Clock Pulse เพื่อจะไป Trig วงจร ADC เราสามารถหาสมการทางคณิตศาสตร์ของวงจรได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t_H = -(R_6 + R_7)C_1 \ln\left(\frac{V_{cc} - \frac{2}{3}V_{cc}}{V_{cc} - \frac{V_{cc}}{3}}\right) \quad (3.22)$$

$$t_H = 0.693(R_6 + R_7)C_1 \quad (3.23)$$

$$t_L = 0.693R_7C_1 \quad (3.24)$$

$$T = t_H + t_L \quad (3.25)$$

$$T = 0.693(R_6 + 2R_7)C_1 \quad (3.26)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.27)$$

$$f = \frac{1.443}{(R_6 + 2R_7)C_1} \quad (3.28)$$

$$\text{Duty Cycle} = \frac{t_H}{T} \quad (3.29)$$

$$\text{Duty Cycle} = \frac{R_6 + R_7}{R_6 + 2R_7} \quad (3.30)$$

ความถี่ในการหมุน Motor/Step ตั้งไว้ $= \frac{1}{0.2\text{sec}}$

$= 5\text{Hz}$

Clock Pulse ของวงจรนี้จะนำไป Trig วงจร ADC จะต้องตั้งความถี่ไว้ให้มากกว่าความถี่ในการหมุนMotor

การออกแบบ : เลือกใช้ความถี่ = 4 KHz

Duty Cycle = 50%

เลือก R7 = 1 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก
$$\text{Duty Circle } (\%) = \frac{R_6+R_7}{R_6+2R_7}\times 100 \tag{3.31}$$

$$0.5R_6 + 2k\Omega = \frac{R_6 + 1k\Omega}{R_6 + 2k\Omega}\times 100 \tag{3.32}$$

$$0.5R_6 = 1k\Omega \tag{3.33}$$

$$\therefore \quad R_6 = 2k\Omega$$

จาก
$$f = \frac{1.443}{(R_6 + 2R_7)C_1} \tag{3.34}$$

$$4k\Omega = \frac{1.443}{(2k\Omega + 2k\Omega)C_1} \tag{3.35}$$

$$C_1 = \frac{1.443}{16M\Omega} = 0.09\mu F \tag{3.36}$$

ดังนั้น $R_6 = 2\ k\Omega$,

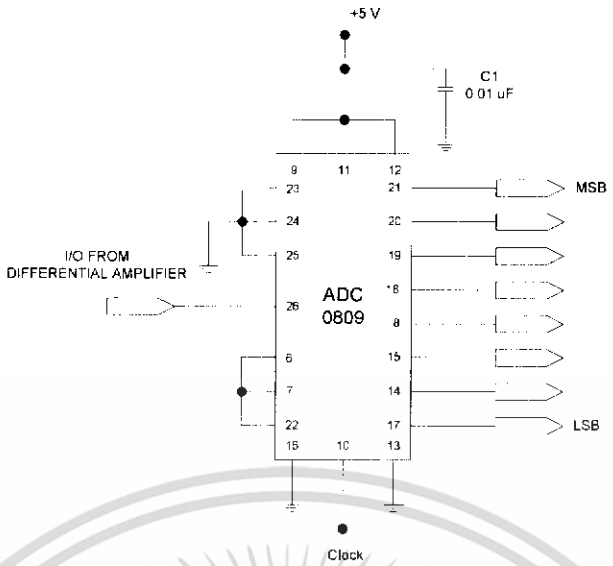
$R_7 = 1\ k\Omega$,

$C_1 = 0.1\ \mu F$

3.9.2 การออกแบบวงจรแปลงแรงดันไฟกระแสตรงให้เป็นสัญญาณข้อมูลไบนารี่ 8บิท (DC Voltage to Binary Data 8 Bit)

ในการออกแบบวงจร ADC จะใช้ IC ADC เบอร์ 0809 ส่วน วงจร Clock pulse ใช้ IC Timer เบอร์ LM555 และยังมีการต่อ LED เพื่อง่ายต่อการตรวจสอบความแรงสัญญาณที่แปลงออกมาเป็นสัญญาณดิจิตอลที่เรียบร้อยแล้ว ซึ่งสามารถที่จะออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 วงจร DC Voltage to Binary Data 8 Bit

เพื่อจะแปลง DC Voltage ให้เป็น Binary Data 8 Bit

$$\text{Input} = 0\text{-}5\text{V}$$

$$\text{255 Step ของ Output} = 5\text{V}$$

$$1 \text{ Step} = \frac{5}{255} = 0.02\text{V}$$

หมายความว่า Input เปลี่ยนไป 0.02 V จะทำให้ Output Data เปลี่ยนไป 1 Step

ตัวอย่างเช่น $\text{Input} = 2\text{V}$

$$\text{Output Data} = \frac{2}{0.02} = 100 \text{ Step}$$

$\therefore$ Binary Data ที่ Output จะเท่ากับ 01100100

สรุปการทำงานของวงจรแปลงความแรงของสัญญาณไอเอฟให้เป็นระดับแรงดันไฟตรง

ตัวอย่างเช่น DC Voltage = 2.2V

ผ่านวงจร Buffer

ได้ Output Voltage = 2.2V

ผ่านวงจร Differential Amplifier

ได้ Output Voltage = (3-2.2)5V

= 4V

ผ่านวงจร DC Voltage to Binary Data 8 Bit

$$\text{DC Step} = \frac{4}{0.02}\text{V}$$

= 200 Step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยน Decimal to Binary

200 Step = 11001000

∴ Binary Data ที่ได้จาก DC Voltage จากสัญญาณไอเอฟ คือ 11001000

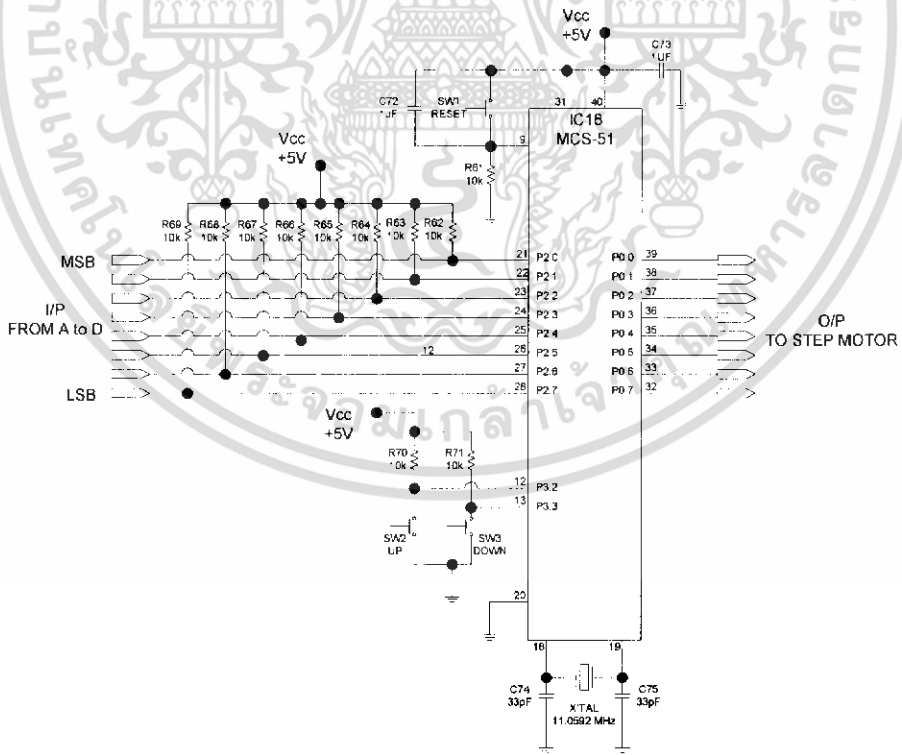
3.10 วงจรประมวลผล (Microcontroller)

ในโครงงานนี้จะใช้วงจรประมวลผลทำหน้าที่อยู่สองอย่าง คือ

1. ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบข้อมูลดิจิตอลที่ได้มาจากวงจรแปลงสัญญาณไฟกระแสตรงเป็นสัญญาณข้อมูลไบนารี่ขนาด 8 บิท ว่าในมุมองศาใดที่รถหมุนไปแล้วได้ความแรงของสัญญาณที่รับได้มีความแรงมากที่สุด และควบคุมให้รถทำการหาตำแหน่งที่มีความแรงของสัญญาณใหม่ เมื่อเป้าหมายมีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง
2. ใช้เป็นตัวตัดสินใจในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ที่จะให้รถหมุนไปทางใด โดยมีการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เดินหน้าตรง หรือหยุดรถ

ข้อจำกัดความสามารถของรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ และเงื่อนไขที่ทำให้รถสามารถทำงานได้

1. เป้าหมายต้องอยู่ภายในรัศมี 10 เมตร จากตัวรถ
2. ขณะที่รถทำการหาทิศทางของเป้าหมายอยู่ เป้าหมายจะต้องไม่เคลื่อนที่ และไม่มีสิ่งกีดขวางระหว่างตัวรถและเป้าหมาย (Line of sight)



รูปที่ 3.16 วงจรประมวลผลเปรียบเทียบสัญญาณ และ ควบคุมการหมุนของมอเตอร์

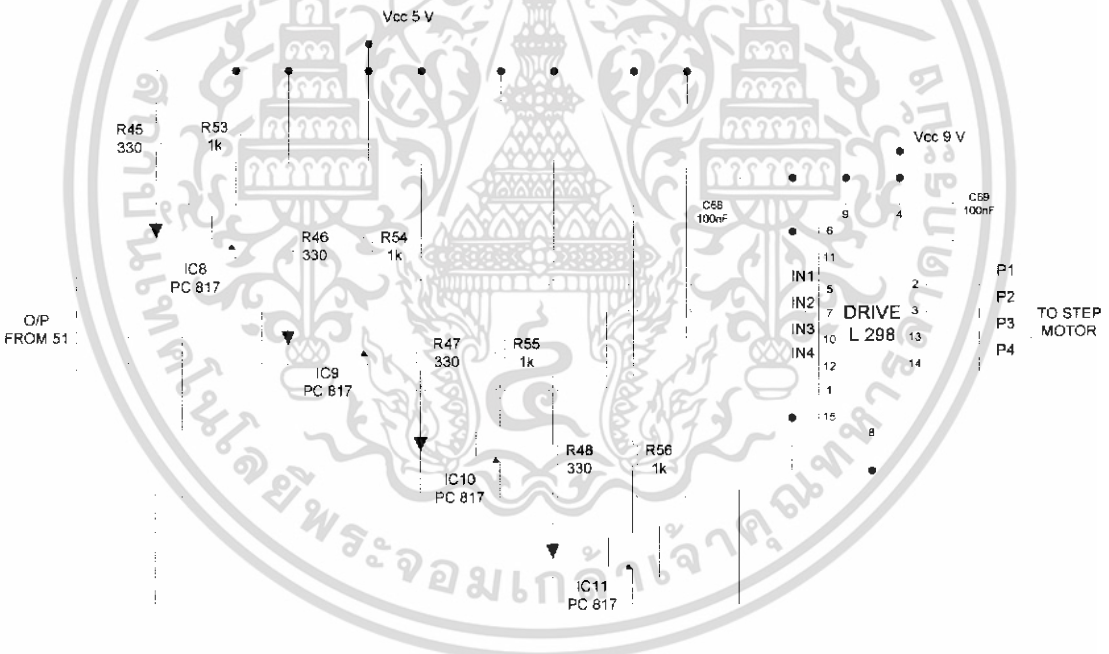
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบวงจรประมวลผลนี้ จะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C52 และ คริสตอลออสซิเลเตอร์ที่ความถี่ 11.0592 MHz ดังรูปที่ 3.16 โดยจะกำหนดพอร์ทอินพุท คือ พอร์ท P2 และพอร์ทเอาท์พุท คือ พอร์ท P0 และจะทำการโปรแกรมควบคุมด้วยภาษา C

3.11 วงจรขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์

ในการควบคุมให้สเต็ปมอเตอร์หมุนได้นั้น ก็ต้องทำการเหนี่ยวนำเฟสของมอเตอร์ต่อกันไปเรื่อยๆ ซึ่งก็เหมือนกับการ เปิด-ปิด สวิตช์ ให้ตรงกับเฟสที่ต้องการกระตุ้น IC ที่เป็นเหมือนสวิตช์นี้จะใช้ IC เบอร์ PC817 ซึ่งจะเป็นสวิตช์ให้กับ IC เบอร์ LM298 ซึ่งเป็นตัวขับกระแสให้กับสเต็ปมอเตอร์ เนื่องจากการขับให้มอเตอร์ทำงานนั้นต้องใช้กระแสมาก แต่สัญญาณที่มาจากไมโครคอนโทรเลอร์นั้นเป็นเพียงแค่แรงดันไฟที่มากระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานเท่านั้นแต่ไม่มีกระแส ดังนั้น LM298 จึงเป็นตัวจ่ายกระแสให้กับมอเตอร์ในเฟสที่มีการกระตุ้นแทน

ในการทำรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัตินี้จะใช้สเต็ปมอเตอร์ 1 ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะมีเฟสควบคุมอยู่ 4 เฟส ดังนั้นจึงต้องใช้ IC PC817 เป็นจำนวน 4 ตัว และ IC L298 1 ตัว



รูปที่ 3.17 วงจรขับกระแสของสเต็ปมอเตอร์

3.12 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่รวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาท์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้นภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ “ไมโคร” (micro) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็กภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำและวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” (Controller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

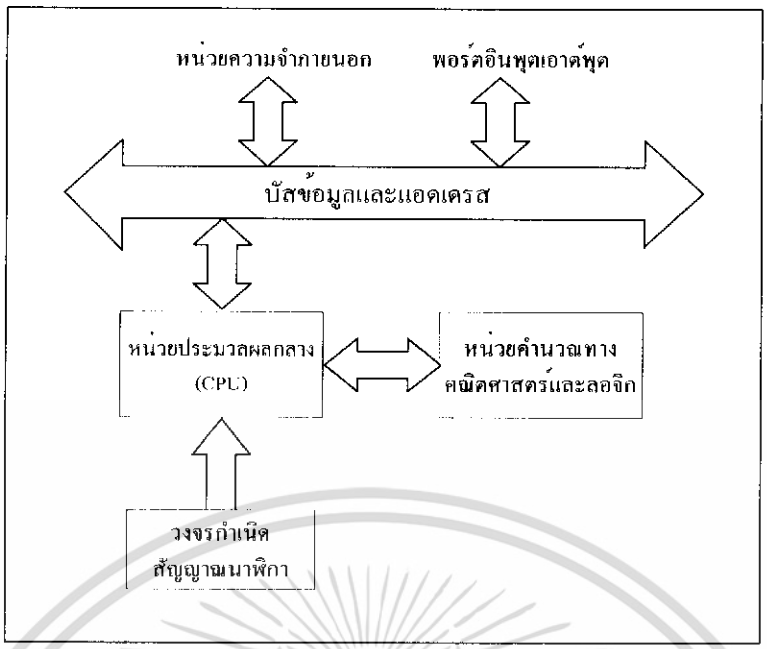
3.12.1 ความแตกต่างของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์

ในรูปที่ 3.18 แสดงโครงสร้างของไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง, หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิก บัสข้อมูล และแอดเดรสสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นั่นหมายความว่า การใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมนอก และถ้าหากต้องการเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุต ต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ไอซีขยายพอร์ต (Port expander) ทำให้การสร้างระบบควบคุมจึงต้องการอุปกรณ์จำนวนมากส่งผลให้ขนาดของระบบใหญ่พอสมควร

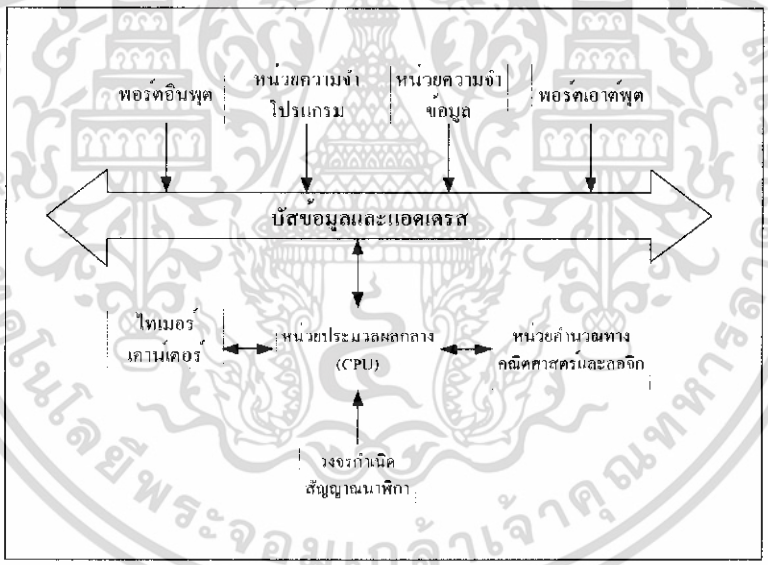
ในรูปที่ 3.19 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ มีอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์ หากแต่จะบรรจุหน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล และพอร์ตอินพุตเอาต์พุตไว้ภายในพร้อมสรรพ ผู้ใช้งานจึงเพียงแต่เขียนโปรแกรมควบคุมลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา อาทิ คริสตอล ตัวเก็บประจุ เป็นต้น สุดท้ายเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตเข้ากับขาพอร์ตเพียงเท่านี้ก็สามารถใช้งานได้แล้ว

อย่างไรก็ตามไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้เช่นกัน โดยพิจารณาให้หน่วยความจำภายนอก เป็นอุปกรณ์อินพุตเอาท์พุตตัวหนึ่ง แล้วใช้ขาพอร์ตที่มีอยู่ทำการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์



รูปที่ 3.19 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์

คุณสมบัติ	ไมโครโปรเซสเซอร์	ไมโครคอนโทรลเลอร์
ขนาดของหน่วยประมวลผลกลาง	ไม่น้อยกว่า 8 บิต	ส่วนใหญ่มีขนาด 8 บิต
หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์/ลอจิก	มีอยู่ภายใน	มีอยู่ภายใน
วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	มีอยู่ภายใน	มีอยู่ภายใน
การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรม	เชื่อมต่อภายนอกเท่านั้น	ใช้ภายในและภายนอก
การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูล	เชื่อมต่อภายนอกเท่านั้น	ใช้ภายในและภายนอก
การเชื่อมต่อพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	เชื่อมต่อภายนอกเท่านั้น	มีอยู่ภายใน ขยายได้
ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์	ไม่มีในซีพียูขนาดเล็ก	มีอย่างน้อย 1 ตัว 8-16 บิต
วอตช์ด็อกไทเมอร์	ไม่มีในซีพียูขนาดเล็ก	มีอย่างน้อย 1 ตัว
จำนวนขาต่อใช้งาน	ไม่น้อยกว่า 40 ขา	มีตั้งแต่ 8 ขาขึ้นไป

3.12.2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

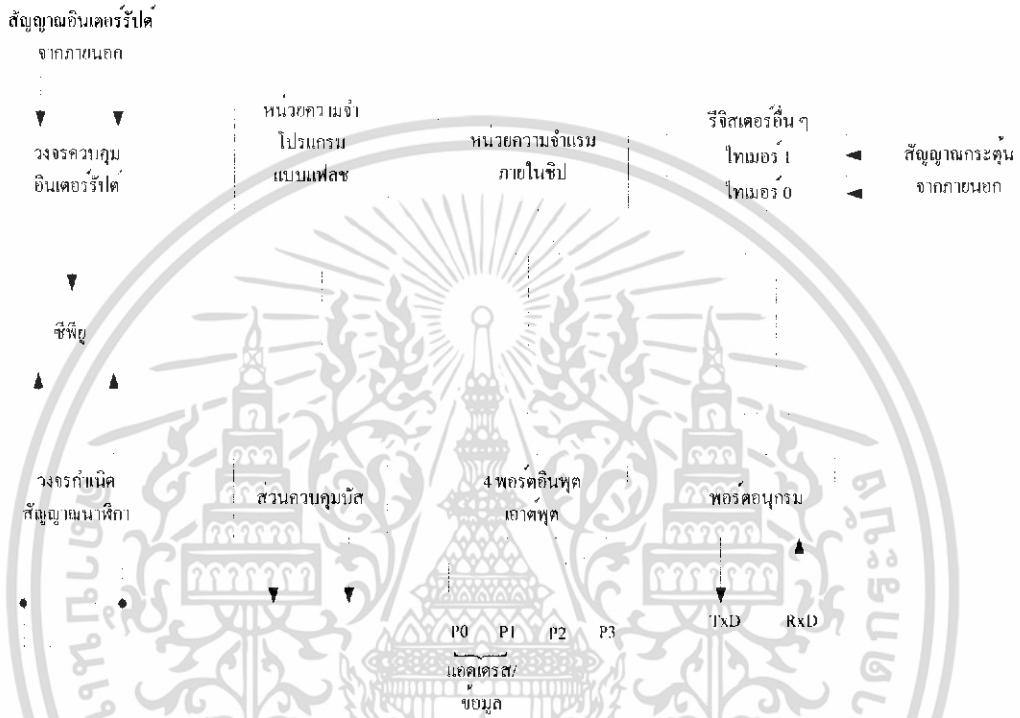
3.12.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

- สามารถเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS– 51 แบบแฟลชของ Philips ในอนุกรม P89C51Rx– และ P89C51Rx2 ตั้งแต่เบอร์ P89C51RA+, P89C51RB+, P89C51RC+, P89C51RD+, P89C51RA2 , P89C51RB2 , P89C51RC2, P89C51RD2 โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี สำหรับในการใช้งานกับบอร์ด EX-8951 สามารถโปรแกรมเบอร์ P89C51RB2 / RC2 และ RD2 ได้
- สามารถอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมได้ในกรณีที่ไม่มีการป้องกันข้อมูล
- สามารถลบและตรวจสอบข้อมูลว่างในหน่วยความจำโปรแกรมได้
- สามารถป้องกันการอ่านข้อมูลและสามารถปลดล็อคได้
- มีฟังก์ชันตรวจสอบข้อมูล
- รับไฟล์ข้อมูลในรูปแบบ Intel HEX
- สามารถบันทึกข้อมูลเป็นไฟล์ได้
- เลือกการติดต่อพอร์ตอนุกรมได้สูงสุด 4 พอร์ต
- เลือกอัตราบอดหรือบอดเรตได้ตั้งแต่ 9,600– 115,200 บิตต่อวินาที
- เลือกความถี่ของสัญญาณนาฬิกาหลักได้ทั้งจากค่าที่กำหนดให้หรือกำหนดใหม่ตามต้องการ
- มีฟังก์ชันตรวจสอบการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับซอฟต์แวร์ และ สามารถเชื่อมต่อซ้ำใหม่ได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องปิดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีหน้าต่าง Debug terminal สำหรับการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ คอมพิวเตอร์ได้ โดยไม่ต้องปิดโปรแกรม Micro - ISP

ในรูปที่ 3.20 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ในตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล P89C51RD2 แต่ละเบอร์ที่ Atmel ผลิตขึ้นและมีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 3.20 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ที่ Atmel ผลิตขึ้นและใช้ในการอ้างอิงในรายงานฉบับนี้

เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลชขนาด 1กิโลไบต์	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลชขนาด 2กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลชขนาด 4กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลชขนาด 8กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลชขนาด 20 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลชขนาด 8กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลชขนาด 12กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
P89C51RD2	แบบแฟลชขนาด 64กิโลไบต์	แรม 1 กิโลไบต์	3

3.12.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

หน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.21

- ขา Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง 5+โวลต์
- ขา GND เป็นขากราวด์
- ขาพอร์ต (P0.0 – P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตพอร์ตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วยส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่อยความจำภายนอก (A0 – A7) และขาข้อมูล (D0 – D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล
- ขาพอร์ต 1 (P1.0 – P1.7) มี 8 ขา แต่ละขา สามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาพอร์ต 2 (P2.0 – P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วยส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8 – A15)

- ขาพอร์ต 3 (P3.0 – P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วยส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษดังมีรายละเอียดดังนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{\text{INT0}}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{\text{INT1}}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์ไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขา อินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์ไทเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

- ขารีเซต (RESET) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาบังทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

- ขา **$\overline{\text{ALE}}$/PROG** (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาสัญญาณ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (Latch) ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกาจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

- ขา **$\overline{\text{PSEN}}$** (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา

- ขา **$\overline{\text{EA}}$/VPP** (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยถ้ามีสถานะเป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้ามีสถานะเป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูง สำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรมคือ - 12 V

- ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.12.4 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 มีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต คือพอร์ต 0 ถึง พอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณเข้าและเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 มีวงจรแลตช์และวงจรขับตลอดจนบัฟเฟอร์อินพุต ดังแสดงให้เห็นในสถาปัตยกรรมรูปที่ 3.21 ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสำหรับงานทั่วไป และใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขา นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก ขึ้นอยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 เบอร์ใด ดังสรุปได้ในตารางที่ 3.3 ในรูปที่ 3.22 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 แบบแฟลช โดยในรูปที่ 3.22(ก) เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิปฟลอปในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมาทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิปฟลอป ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่า ต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย ในรูปที่ 3.22(ข) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจรมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน ส่วนในรูปที่ 3.22(ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างกันเพียงมีวงจรพูลอัปเพิ่มเติมเข้ามา ส่วนในรูปที่ 3.22(ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายกับพอร์ต1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาต์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชันเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ของ Atmel

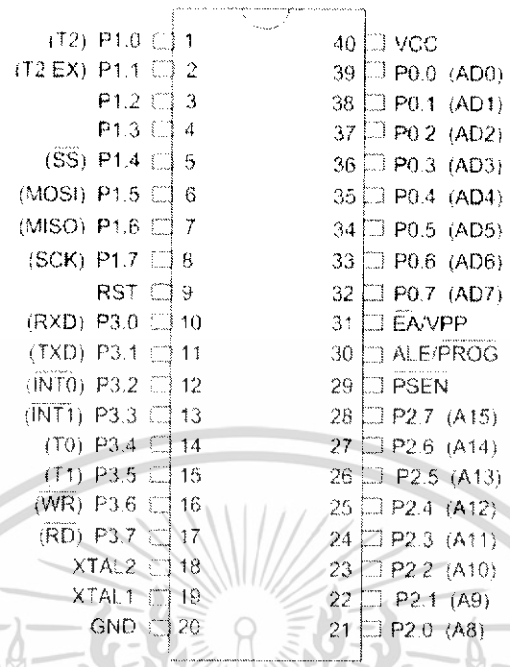
ขา	เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	AT89C52/ AT89Sxx	ขา T2 เป็นขาอินพุตนับค่าของไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ 2
P1.4	AT89Sxx	ขา SS(Slave Select) เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สเลฟ ในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	AT89Sxx	ขา MOSI(Master data output, Slave data input)ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.6	AT89Sxx	ขา MISO(Master data input, Slave data output)ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.7	AT89Sxx	ขา SCK(Master clock output) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาใช้ติดต่อกับพอร์ต SPI

3.12.4.1 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

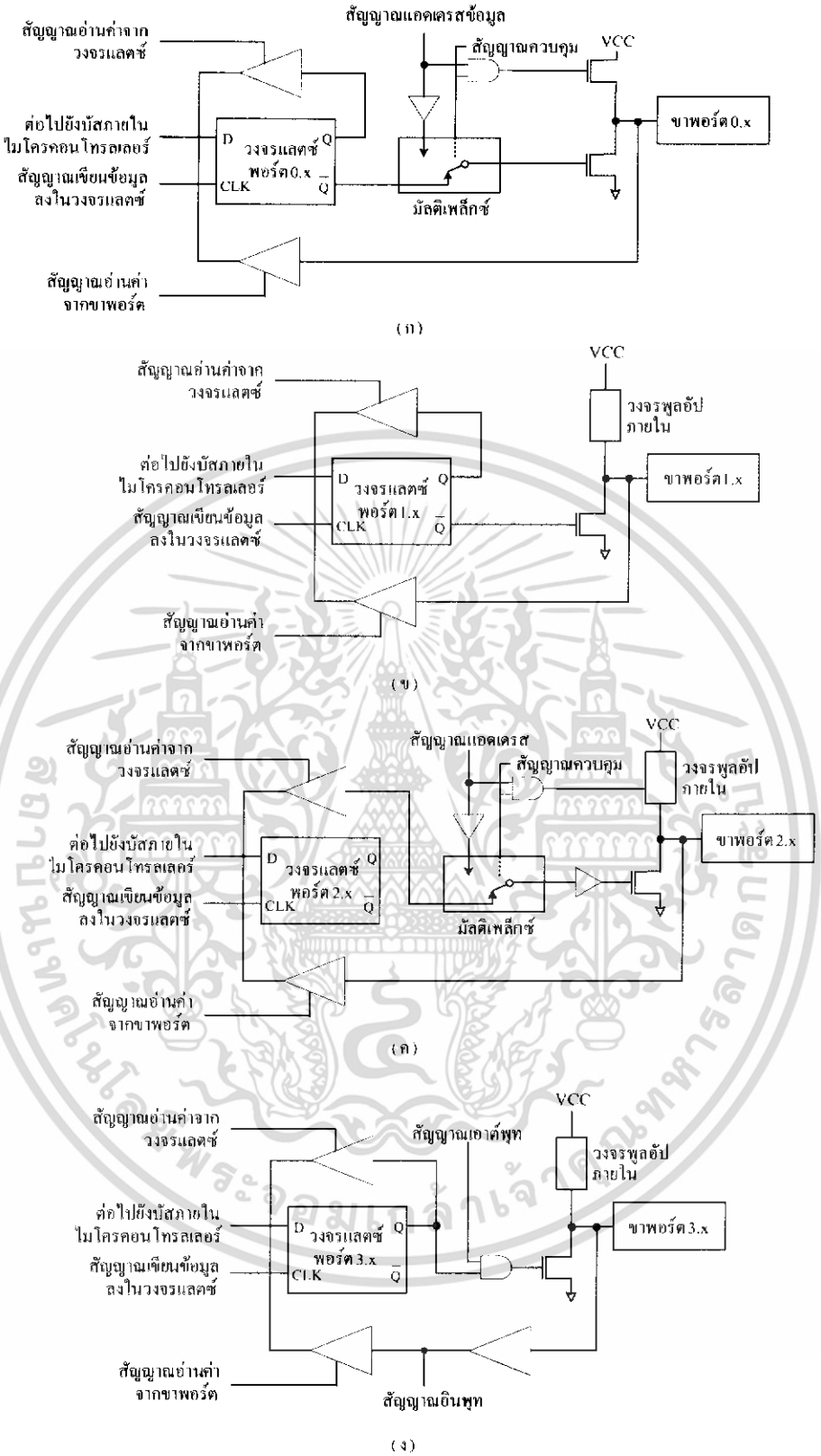
ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล "1" มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น "1" สามารถรับสัญญาณลอจิก "0" จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก "0" จะดีและสะดวกที่สุด (ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก "0" แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89C51RD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12.4.2 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติแล้วขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล “0” ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟตทำให้เฟตทำงานที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก “0” ขึ้นในทางตรงข้ามเมื่อต้องการส่งข้อมูล “1” ออกไป ก็ให้เขียนข้อมูล “1” ไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก “1” ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมากเพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตแต่ละขา (หรือแต่ละบิต) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า กระแสซอร์ส (source current) ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1– 3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาต์พุตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ตัวนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแส จึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง

3.12.4.3 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 สามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตได้ 2ลักษณะ คือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรง และอ่านจากวงจรแลตช์ของแต่ละพอร์ต ในกรณีที่พอร์ตต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล “1” ไปยังทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานสถานะลอจิกที่ขาพอร์ตจะเป็น “0” เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานจะเสมือนว่าขาพอร์ตนั้นถูกต่อลงกราวด์ ทำให้หากอ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออกมาแต่ถ้าหากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ต้องการส่งจริง ดังนั้นในการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตจึงต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อด้วย

3.12.5 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลัก ๆ 2 ขั้นตอนคือ กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผล ขั้นตอนต่อมา คือ กระบวนการเอ็กซิคิวต์ (execute) เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมาโดยกระบวนการก่อนหน้านี้เมื่อทำการเอ็กซิคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้วจะไปเริ่มกระบวนการแฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเกิดการรีเซตในลักษณะ ที่เรียกว่า เพาเวอร์ออนรีเซต (power on reset) ซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

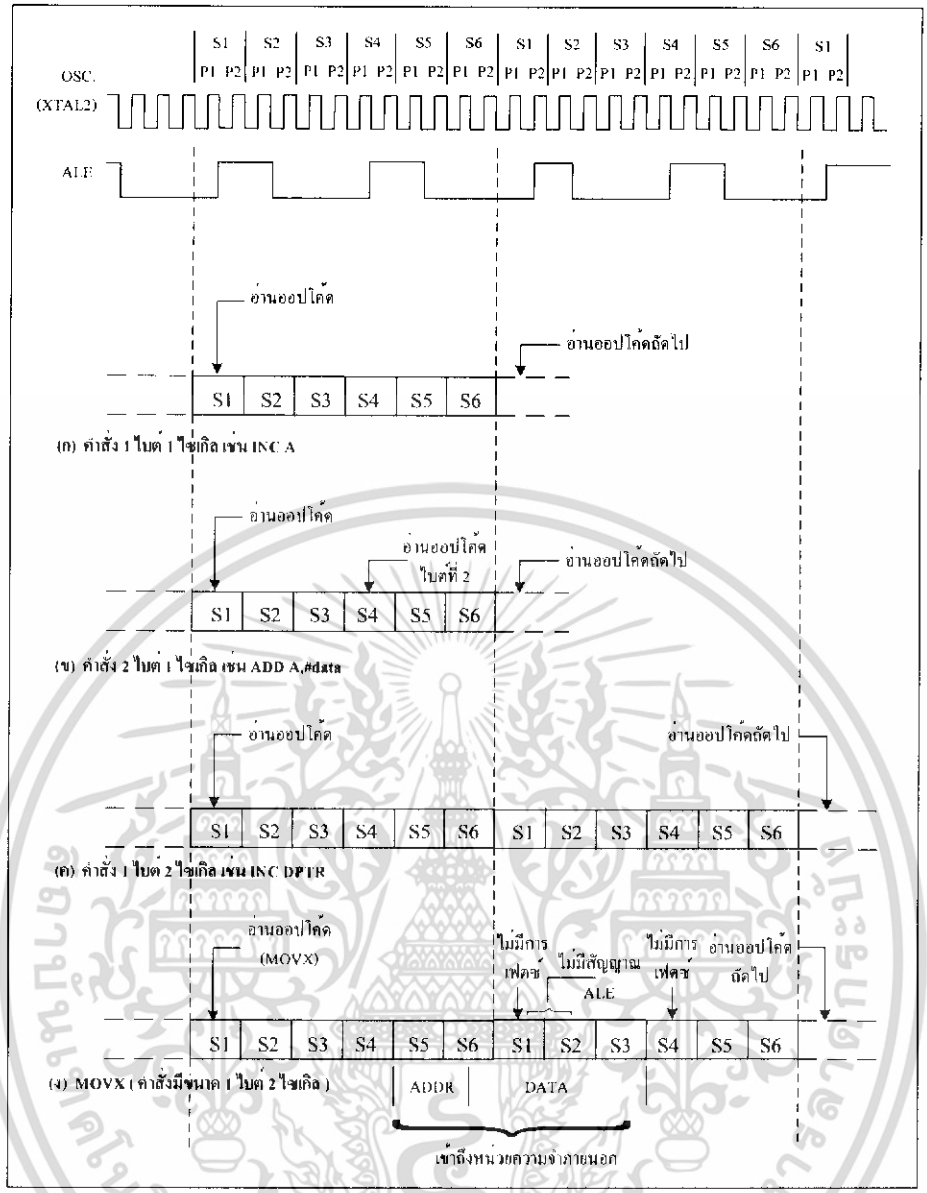
เริ่มต้นการทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม จังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือแมชชีนไซเกิล (machine cycle)

ในรูปที่ 3.23 เป็นไดอะแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 โดยใน 1 รอบการทำงานหรือแมชชีนไซเกิลจะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตต (state) กำหนดชื่อเป็น S1 – S6 ในแต่ละสเตตมีค่าเวลาเท่ากับ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกามีความถี่ 12 MHz จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1 ms คาบเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตตจะเรียกว่า เฟส 1 (phase 1) และ (phase 2)

ในรูป 3.23(ก) และ (ข) จะเป็นการเอ็กซิคิวต์คำสั่งที่ใช้เวลา 1 ไซเกิล เริ่มต้นที่สเตต 1 จะเป็นการอ่านค่าออปโค้ด อันเป็นกระบวนการแลตช์ค่าของออปโค้ดส่งไปให้รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register: IR) การเฟตช์ครั้งที่ 2 จะเกิดขึ้นที่สเตต 4 ภายในแมชชีนไซเกิลเดียวกัน ในกรณีที่เป็นคำสั่งไบต์เดียว การเฟตช์ครั้งที่ 2 ภายในแมชชีนไซเกิลเดียวกันจะถูกตัดทิ้งไป ในคำสั่งที่มีใช้เวลา 1 ไซเกิล จะสิ้นสุดการทำงานลงในสเตต 6 ของแมชชีนไซเกิลเดียว

ในกรณีที่คำสั่งใช้เวลา 2 ไซเกิล การทำงานของคำสั่งนั้นจะสิ้นสุดลงในสเตต 6 ของแมชชีนไซเกิลที่ 2 ดังในไดอะแกรมรูปที่ 3.23(ค) สำหรับในการกระทำคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 1 ไบต์ 2 ไซเกิล จะไม่มีการเฟตช์เกิดขึ้นในไซเกิลที่ 2 ของคำสั่ง นี้ เนื่องจากซีพียูจะไปทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 3.23(ง) จะเห็นได้ว่า เวลาในการเอ็กซิคิวต์จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าทำการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก

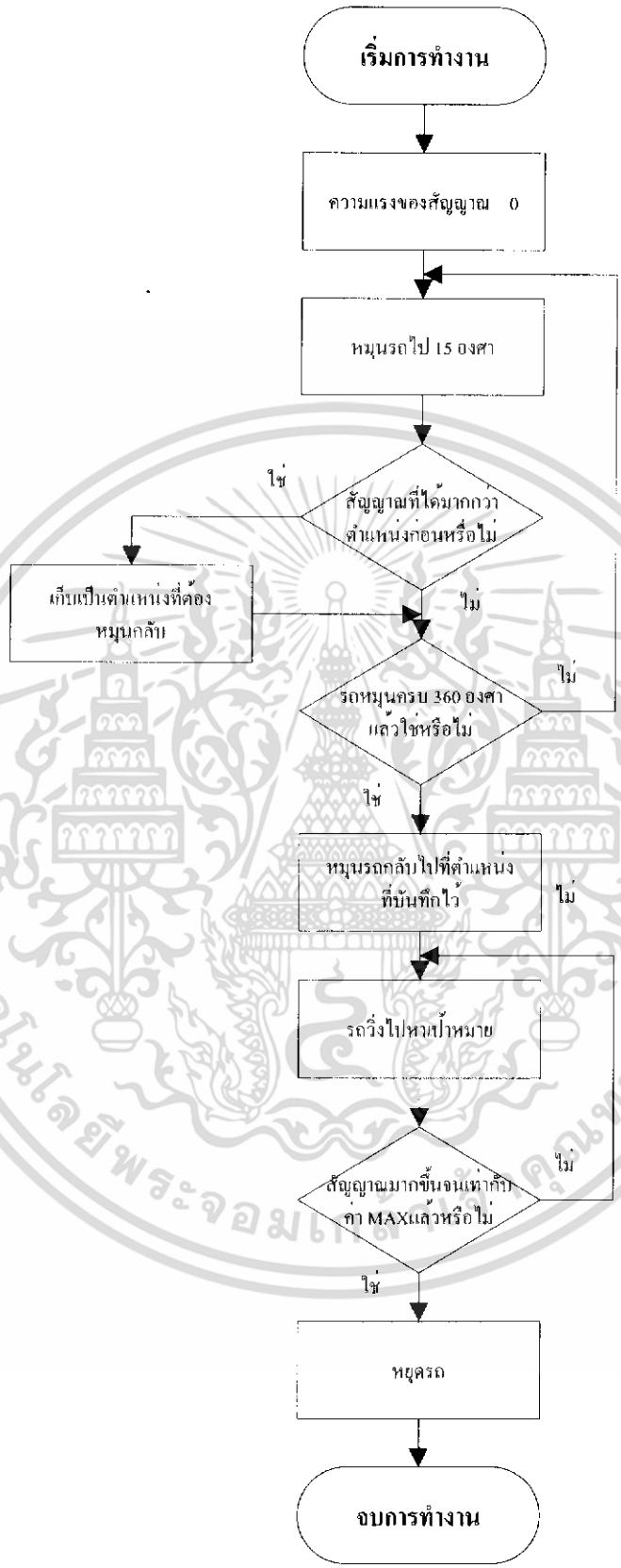
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 ไซเคิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 Flow Chart ในการออกแบบโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

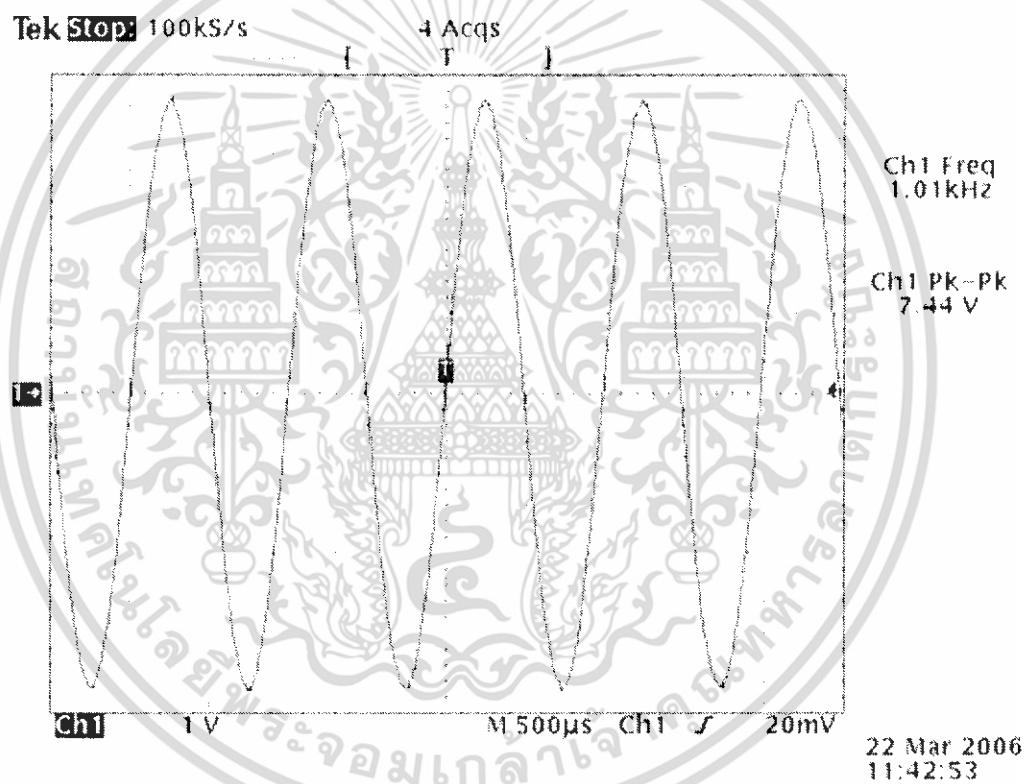
4.1 การทดลองสร้างสัญญาณซายน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ท

วิธีการทดลอง

ต่อวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ท ตามรูปที่ 3.4 และจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร จากนั้นทำการวัดสัญญาณเอาท์พุตที่ได้

ผลการทดลอง

สัญญาณเอาท์พุตพุที่ได้เป็นสัญญาณซายน์ ความถี่ 1.01 กิโลเฮิร์ท ขนาด 7.44 Vpp ซึ่งจะนำสัญญาณที่ได้ในการทดลองนี้มาใช้เป็นสัญญาณข้อมูลที่จะนำมาทำการมอดูเลทส่งออกอากาศต่อไป



รูปที่ 4.1 สัญญาณที่ได้จากวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ ความถี่ 1 KHz

4.2 การทดลองส่งข้อมูลด้วยเครื่องส่งวิทยุ 27 MHz

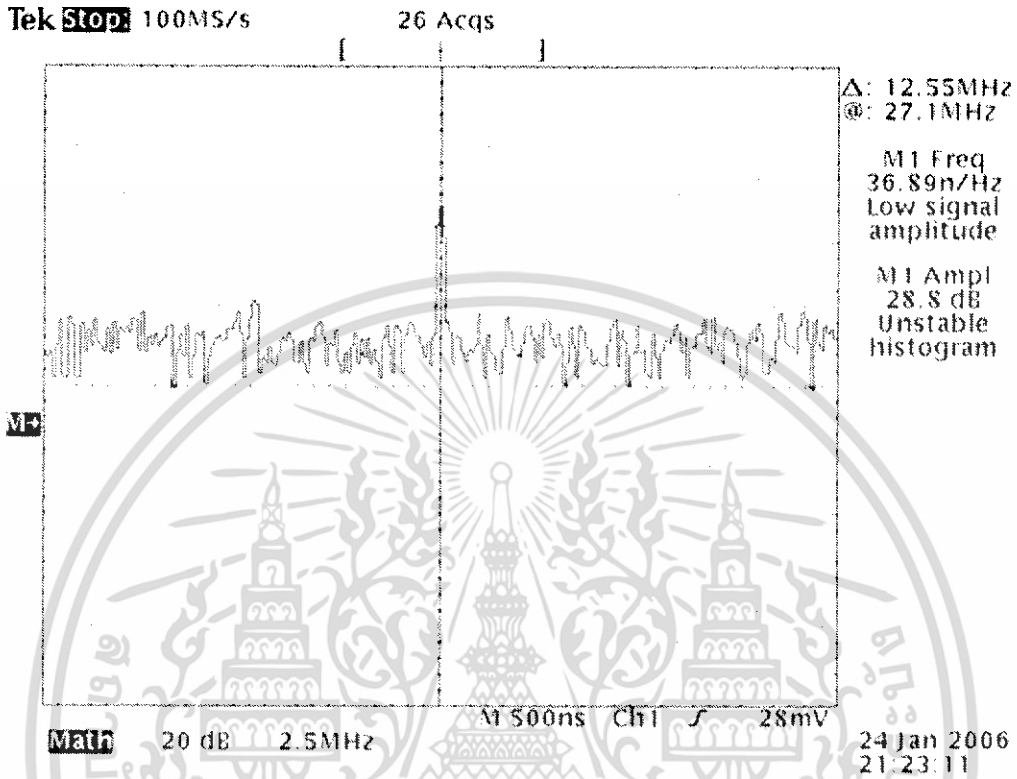
วิธีการทดลอง

ทำการมอดูเลทแบบ FM ด้วยสัญญาณซายน์ความถี่ 1 kHz ดังรูปที่ 4.1 กับสัญญาณพาห์ ความถี่ 27 MHz โดยการนำสัญญาณซายน์ที่ได้จากการทดลองที่ 4.1 มาเป็นสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ จากนั้นจะทำการวัดสเปคตรัมสัญญาณที่จะทำการส่งออกอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

เมื่อทำการวัดสเปคตรัมของสัญญาณที่จะส่งออกอากาศที่เสาอากาศของเครื่องส่งสัญญาณวิทยุแล้ว ได้สัญญาณที่มีความถี่ 27 MHz มีความแรงมากที่สุด ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สเปคตรัมสัญญาณคลื่นพาห์ที่ถูกมอดูเลทกับสัญญาณซายน์ความถี่ 1 KHz

4.3 การทดลองรับสัญญาณด้วยเครื่องรับวิทยุ 27 MHz

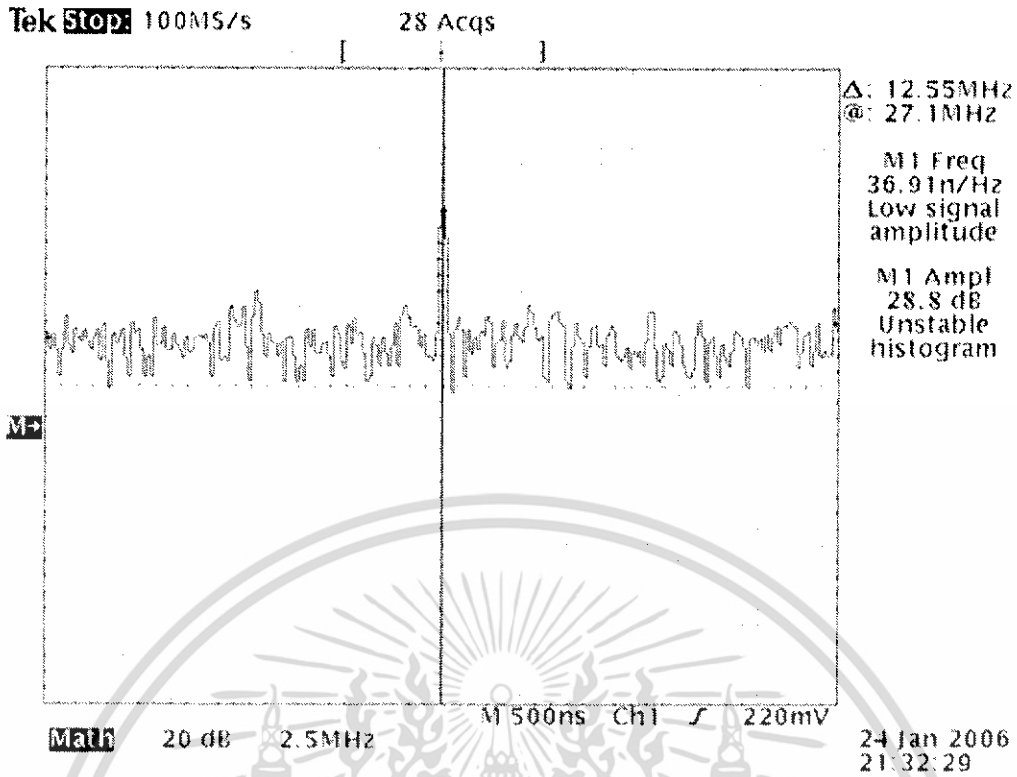
วิธีการทดลอง

เมื่อทำการส่งสัญญาณวิทยุออกอากาศแล้วก็ทดสอบเครื่องรับสัญญาณวิทยุ 27 MHz ด้วยการรับสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องส่งในการทดลองที่ 4.2 จากนั้นทำการตรวจจับสัญญาณที่ได้ โดยการวัดสเปคตรัมของสัญญาณที่เสาอากาศของเครื่องรับ และสัญญาณข้อมูลที่สามารถดีเทคกลับคืนมาได้

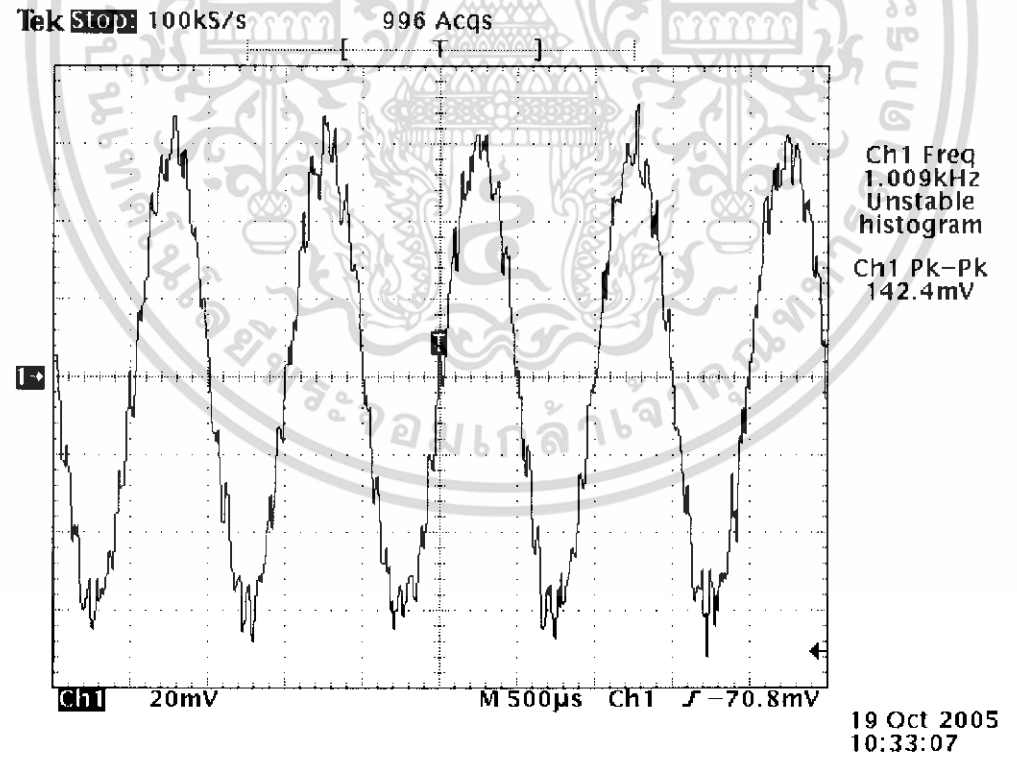
ผลการทดลอง

วัดสเปคตรัมของสัญญาณที่รับมาได้ที่ความถี่ 27 MHz มีความแรงมากที่สุด ดังรูปที่ 4.3 และเมื่อวัดสัญญาณที่ดีเทคออกมาแล้วก็ได้สัญญาณซายน์ ความถี่ 1 KHz ซึ่งเหมือนกับที่ได้ทำการมอดูเลทมาแต่อาจจะมีสัญญาณรบกวนด้วย ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เป็นสเปกตรัมของสัญญาณที่เสาอากาศของเครื่องรับวิทยุสามารถรับได้



รูปที่ 4.4 เป็นสัญญาณซายน์ความถี่ 1 KHz ที่สามารถดีเทคกลับคืนมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองการเคลื่อนที่ของรถรอบตัวเอง

วิธีการทดลอง

เขียนโปรแกรมให้รถหมุนตามเข็มนาฬิกา โดยให้หมุนทีละ 15 องศา เป็นจำนวน 24 ครั้ง รถจะต้องกลับมาที่ตำแหน่งเดิมพอดี

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ตารางการวัดตำแหน่งรถเมื่อรถหมุนไปแต่ละครั้ง

ครั้งที่รถหมุน	องศาที่รถหยุด (องศา)	ครั้งที่รถหมุน	องศาที่รถหยุด (องศา)
1	15	13	195
2	30	14	210
3	45	15	225
4	60	16	240
5	75	17	255
6	90	18	270
7	105	19	285
8	120	20	300
9	135	21	315
10	150	22	330
11	165	23	345
12	180	24	360

วิเคราะห์ผลการทดลอง

การเคลื่อนที่ของรถตรงตามที่ได้เขียนโปรแกรมการทำงานไว้ คือสั่งให้รถหมุนตามเข็มนาฬิกาครั้งละ 15 องศา ซึ่งถ้ารถหมุนตรงตามที่ได้เขียนโปรมแกรมไว้จะทำให้รถหมุนกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นเดิมพอดี

4.5 การทดลองการแปลงข้อมูลดิจิตอล 8 บิต จากข้อมูลอนาลอกตามองศาการหมุนของรถ

วิธีการทดลอง

ที่เครื่องส่ง ทำการส่งเพียงแค่คลื่นพาห์ออกอากาศ ส่วนเครื่องรับให้ทำการรับสัญญาณที่ส่งออกมาจากเครื่องส่ง โดยการรับนั้นเครื่องรับต้องทำการหมุนตำแหน่งของเสาอากาศของเครื่องรับไปทีละ 15 องศา จนครบ 1 รอบ หรือ 360 องศา

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดลองการวัดข้อมูลดิจิตอล 8 บิท ที่แปลงมาจากข้อมูลอนาลอก

มุมของเครื่องรับสัญญาณ (องศา)	สัญญาณไบนารี่ที่ได้ ระยะ 30 ซม.	สัญญาณไบนารี่ที่ได้ ระยะ 50ซม.	สัญญาณไบนารี่ที่ได้ ระยะ 100 ซม.
0	D2	CC	BD
15	D2	CB	BC
30	D1	C9	BC
45	D1	C6	BC
60	D1	C5	BA
75	CF	C2	BA
90	CD	C1	BA
105	CA	C0	BA
120	C7	BD	BA
135	C6	BC	BA
150	C4	BC	BA
165	C3	BC	BA
180	C2	B8	BA
195	C5	BC	BA
210	C6	BC	BA
225	C6	BD	BA
240	C9	BD	BA
255	CA	DE	BA
270	CE	7F	BB
285	CF	C6	BB
300	D1	C8	BB
315	D2	CA	BB
330	D2	CB	BC
345	D2	CD	BD
360	D2	CE	BD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่าที่ตำแหน่งมุมของเครื่องรับสัญญาณที่ใกล้กับเป้าหมายก็จะมีค่าไบนารี่สูงกว่าตำแหน่งมุมของเครื่องรับสัญญาณที่ถัดออกไป

4.6 การทดลองการหมุนรถกลับไปยังตำแหน่งเป้าหมาย

วิธีการทดลอง

ให้รถทำการหมุนหาทิศที่มีคลื่นแรงที่สุด แล้วให้รถหมุนกลับไปที่ตำแหน่งนั้น โดยในการหาทิศของเป้าหมายแต่ละครั้งให้ทำการเปลี่ยนตำแหน่งของเป้าหมายไปเป็นวงกลมรอบตัวรถ โดยให้หมุนทวนเข็มและตามเข็มนาฬิกาครั้งละ 30 องศา โดยมีระยะห่างจากตัวรถเป็นระยะทาง 1 เมตร แล้วทำการตรวจสอบดูว่ารถทำการหาทิศของเป้าหมายถูกต้องหรือไม่

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ตารางการหมุนกลับไปยังตำแหน่งเป้าหมายของตัวรถ

ตำแหน่งทิศทางของเป้าหมาย (องศา)	ตำแหน่งที่รถหยุด (องศา)
0	0
30	30
60	60
90	90
120	120
150	150
180	180
210	210
240	240
270	270
300	300
330	330
360	360

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทดลอง การหยุดของรถที่ตำแหน่งเป้าหมาย

วิธีทดลอง

ให้รถหันไปหาตำแหน่งของเป้าหมาย โดยเริ่มแรกให้เป้าหมายอยู่ในระยะทางที่เทียบกับตัวรถตามที่ตารางกำหนด และวัดระยะที่รถห่างจากเป้าหมายเมื่อรถหยุด

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 ตารางการทดสอบการหยุดรถเมื่อรถวิ่งไปถึงตำแหน่งของเป้าหมาย

ระยะทางที่เป้าหมายห่างจากตัวรถ	ระยะที่รถหยุดห่างจาก
จากตัวรถ (เมตร)	เป้าหมาย (เมตร)
5	0.11
4	0.09
3	0.09
2	0.10
1	0.09

วิเคราะห์ผลการทดลอง

สาเหตุที่รถไม่หยุดตามเป้าหมายได้เท่ากันทุกครั้งอาจเนื่องมาจากแรงเฉื่อยของมิเตอร์ ที่ทำให้รถหยุดได้ไม่ทันที

4.8 การทดลอง การ Tracking ตามเป้าหมาย

วิธีการทดลอง

ขั้นแรกให้รถทำการหาทิศทางของเป้าหมาย โดยเป้าหมายอยู่ห่างจากตัวรถเป็นระยะทาง 2 เมตร และมีทิศทางตรงกับตัวรถ หรือ 0 องศานั่นเอง เมื่อรถทำการหาทิศทางของเป้าหมายได้แล้วให้เป้าหมายเคลื่อนที่ไปตามตารางการทดลองไปทางซ้ายของตัวรถ เป็นระยะทาง 50 เซนติเมตร ทำจนครบ แล้ววัดผลในแต่ละการเคลื่อนที่ของเป้าหมายว่าถูกต้องหรือไม่

การเคลื่อนที่มี 3 ลักษณะ คือ

4.8.1 การเคลื่อนที่ไปตามเข็มนาฬิกา

4.8.2 การเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกา

4.8.3 การเคลื่อนที่สลับไปมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

4.8.1 เป้าหมายหมุนตามเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 4.5 ตารางผลการ Tracking ตามเป้าหมายของรถเมื่อเป้าหมายเคลื่อนที่แบบตามเข็มนาฬิกา

องศาที่เป้าหมายหมุนไป (องศา)	ผลการ Tracking ของรถ
30	รถหมุนไปทางขวา 30 องศา
60	รถหมุนไปทางขวา 60 องศา
90	รถหมุนไปทางขวา 90 องศา
120	รถหมุนไปทางขวา120 องศา
150	รถหมุนไปทางขวา 150 องศา
180	รถหมุนไปทางขวา 180 องศา
210	รถหมุนไปทางซ้าย 150 องศา
240	รถหมุนไปทางซ้าย 120 องศา
270	รถหมุนไปทางซ้าย 90 องศา
300	รถหมุนไปทางซ้าย 60 องศา
330	รถหมุนไปทางซ้าย 30 องศา
360	รถหมุนไปทางซ้าย 360 องศา

4.8.2 เป้าหมายหมุนทวนเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 4.6 ตารางผลการ Tracking ตามเป้าหมายของรถเมื่อเป้าหมายเคลื่อนที่แบบทวนเข็มนาฬิกา

องศาที่เป้าหมายหมุนไป (องศา)	ผลการ Tracking ของรถ
30	รถหมุนไปทางซ้าย 30 องศา
60	รถหมุนไปทางซ้าย 60 องศา
90	รถหมุนไปทางซ้าย 90 องศา
120	รถหมุนไปทางซ้าย 120 องศา
150	รถหมุนไปทางซ้าย 150 องศา
180	รถหมุนไปทางขวา 180 องศา
210	รถหมุนไปทางขวา 150 องศา
240	รถหมุนไปทางขวา 120 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

270	รถหมุนไปทางขวา 90 องศา
300	รถหมุนไปทางขวา 60 องศา
330	รถหมุนไปทางขวา 30 องศา
360	รถหมุนไปทางขวา 360 องศา

4.8.3 เป้าหมายเคลื่อนที่สลับไปมา

ตารางที่ 4.7 ตารางผลการ Tracking ตามเป้าหมายของรถเมื่อเป้าหมายเคลื่อนที่แบบสลับไปมา

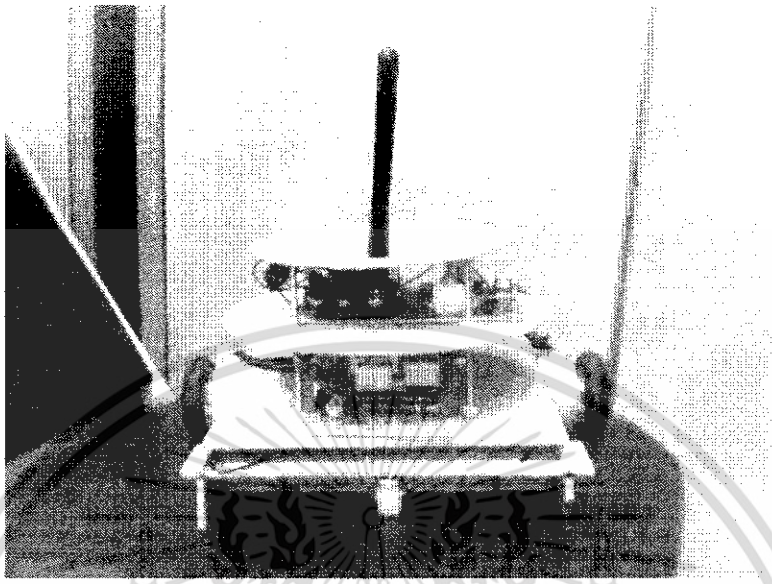
ครั้งที่	ทิศที่เป้าหมายเคลื่อนที่ (องศา)	ผลการ Tracking ของรถ
1	ตามเข็ม 30	รถหมุนไปทางขวา 30 องศา
2	ทวนเข็ม 30	รถหมุนไปทางซ้าย 30 องศา
3	ทวนเข็ม 30	รถหมุนไปทางซ้าย 30 องศา
4	ตามเข็ม 30	รถหมุนไปทางขวา 30 องศา
5	ตามเข็ม 30	รถหมุนไปทางขวา 30 องศา
6	ทวนเข็ม 30	รถหมุนไปทางซ้าย 30 องศา
7	ทวนเข็ม 30	รถหมุนไปทางซ้าย 30 องศา
8	ตามเข็ม 30	รถหมุนไปทางขวา 30 องศา
9	ตามเข็ม 30	รถหมุนไปทางขวา 30 องศา
10	ทวนเข็ม 30	รถหมุนไปทางซ้าย 30 องศา

วิเคราะห์ผลการทดลอง

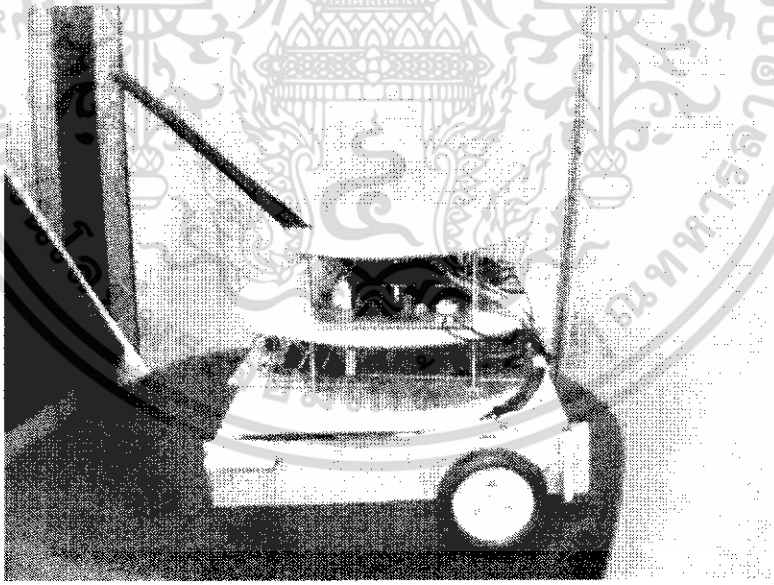
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ารถสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางของเป้าหมายได้ และสามารถเคลื่อนที่ติดตามเป้าหมายได้ถ้าเป้าหมายมีการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 รูปภาพตัวรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ

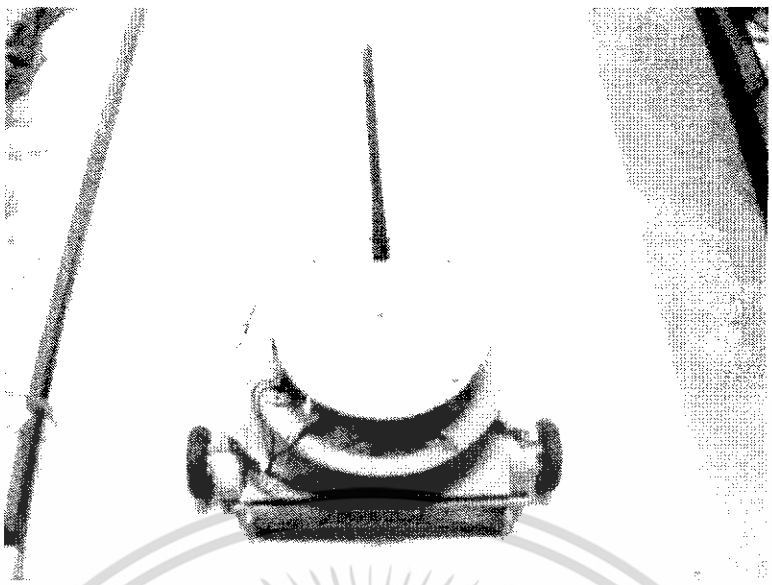


รูปที่ 4.5 ภาพรถติดตามเป้าหมายทางด้านหน้า



รูปที่ 4.6 ภาพรถติตามเป้าหมายทางด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาพรถติดตามเป้าหมายทางด้านบน

รูปที่ 4.8 ภาพรถติดตามเป้าหมายทางด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

รถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติในโครงงานนี้มีส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกันอยู่หลายส่วน ในภาคเรียนแรกนั้นเราได้ศึกษา และออกแบบในส่วนของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุ การเปรียบเทียบความแรงของสัญญาณวิทยุ และการควบคุม Stepping Motor และภาคเรียนที่สองได้ออกแบบและทดลองในส่วนของการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ โปรแกรมการตัดสินในในการเคลื่อนที่ของตัวรถ ซึ่งแต่ละส่วนต่างก็มีทั้งความราบรื่นและปัญหาต่างๆกันไป แต่เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานก็ประสบความสำเร็จในการสร้างรถติดตามเป้าหมายอัตโนมัติ แต่รถอาจจะมีความเร็วที่ไม่เร็วนัก และได้ระยะห่างของเป้าหมายกับตัวรถไม่มากนัก

5.2 ปัญหาของโครงงาน

ในส่วนของเครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุ 27 MHz นั้น มีปัญหาด้านวงจรที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ ความไม่เสถียรของสัญญาณ และมีขนาดตัวเครื่องที่ใหญ่ ไม่สะดวกในการทำการทดลอง และความแรงในการส่งมีน้อย ทางเครื่องรับจึงไม่สามารถรับสัญญาณได้ดีนัก

ในส่วนของวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีปัญหาเนื่องจากค่าของสัญญาณ IF ที่รับมาได้นั้นเป็นช่วงแรงดันที่แคบ และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในแต่ละทิศทาง ดังนั้นค่าที่แปลงจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลจึงมีค่าใกล้เคียงกันมาก ประกอบกับกำลังส่งของเครื่องส่งมีน้อยที่ให้รับสัญญาณได้ไม่ดี

ส่วนของการควบคุมการเคลื่อนที่ของ Step Motor นั้น การเขียนโปรแกรมมีความยุ่งยากเนื่องจากตัวรถอาจจะมีรูปร่างที่ไม่คล่องแคล่วนัก แต่ก็สามารถเคลื่อนที่ตามทิศทางของเป้าหมายได้

5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อ

1. การสร้างเครื่องส่งสัญญาณนั้นควรมีความแรงในการส่งที่มาก โดยอาจใช้เสาอากาศที่มีความยาวมากกว่านี้ หรือ อาจจะใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V
2. ควรมีการขยายความต่างของสัญญาณไฟ DC ที่แปลงมาจากสัญญาณกระแสสลับที่ความถี่ 455 kHz ก่อนนำมาทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล
3. การใช้เครื่องรับเครื่องส่งในการทำควรเปลี่ยนเป็นเครื่องรับ-ส่งสัญญาณวิทยุที่ดี มีกำลังส่งสัญญาณที่แรงพอที่จะสามารถเห็นความแตกต่างของความแรงของสัญญาณที่ชัดเจน
4. ในการทำตัวรถที่เคลื่อนที่เองแบบอัตโนมัติควรใช้สเต็ปมอเตอร์ เพื่อที่จะสามารถโปรแกรมการทำงานได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ธวัชชัย ศรีประเสริฐ, "รวมโครงงานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยุและเครารองรับส่ง", สำนักพิมพ์ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), ปี 2539, หน้าที่ 46-57
2. โมไนย ไกรฤกษ์ และ วิวัฒน์ กิรานนท์, "ทฤษฎีสายอากาศ", ปี พ.ศ. 2540, หน้าที่ 96-97
3. ประภาพร ช่างไม้, "คู่มือการเขียนโปรแกรมภาษา C ฉบับผู้เริ่มต้น", สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส, ปี 2545, หน้าที่ 1-2
4. 1. นายนรินทร์ วิริยะกุล 2. นายปฏิภาณ บูรณสัจจะ และ 3. นางสาวผกามาศ รัศมีจันทร์, "ปริญญานิพนธ์ เรื่อง เครื่องค้นหาทิศทาง (Direction finding)", สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program

```
#define StepMotor               P0
#define Input                   P2
#define ACTIVE                  0
#define NONACTIVE               1
#include<reg51.h>
#include<stdio.h>

sbit RightMotor = P0^7;
sbit LeftMotor  = P0^6;
sbit Sw1      = P3^2;
code unsigned char Step[]={0x08,0xCC,0x04,0x06,0x02,0x03,0x01,0x09};
unsigned char SignalStr[24];
void Delay(unsigned int Time)
{
      while(Time>0)
        Time--;
}
void Forward()
{
//    StepMotor=0xFF;
      RightMotor=ACTIVE;
      LeftMotor =ACTIVE;
}
void TurnRight()
{
//    StepMotor=0xFF;
      RightMotor=NONACTIVE;
      LeftMotor =ACTIVE;
}
void TurnLeft()
{
//     StepMotor=0xFF;
      RightMotor=ACTIVE;
      LeftMotor =NONACTIVE;
}
void StopMotor()
{
//    StepMotor=0xFF;
      RightMotor=NONACTIVE;
      LeftMotor =NONACTIVE;
}
void StepRight()
{
      char i;
       for(i=0;i<8;i++)
      {
      StepMotor=(~Step[i]);
      Delay(1500);
      }
}
void StepLeft()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
      char i;
       for(i=7;i>=0;i++)
      {
       StepMotor=(~Step[i]);
      Delay(15000);
       }
}
void ReleaseStep()
{
      StepMotor=0xff;
}
void main()
{
unsigned int RawSignal[3];
unsigned char i,j;
//  unsigned int j;
//  unsigned char Temp;
//  unsigned char Min,Max,Mean;
      for(i=0;i<3;i++)
      {
            RawSignal[i]=0;
       }
      while(1)
      {

      //  while(Sw1==1);
      //  while(Sw1==0);
      TurnLeft();
            Input=0xff;
            Delay(5000);
                  RawSignal[0]=Input;
      // while(Sw1==1);
      //  while(Sw1==0);
            TurnRight();
            TurnRight();
            Input=0xff;
            Delay(5000);
            RawSignal[1]=Input;
      //  while(Sw1==1);
      //  while(Sw1==0);
            TurnLeft();
            Input=0xff;
            Delay(5000);
                  RawSignal[2]=Input;
                  Input=0x0F;
             if(RawSignal[0]>RawSignal[1]&&RawSignal[0]>RawSignal[2])
{TurnRight(); }
             if(RawSignal[1]>RawSignal[0]&&RawSignal[1]>RawSignal[2])
{Forward();   }
            if(RawSignal[2]>RawSignal[0]&&RawSignal[2]>RawSignal[1])
{TurnLeft();  }

      if(RawSignal[0]==RawSignal[1]&&RawSignal[0]==RawSignal[2]){Stop
Motor(); }
                  Delay(20000);
            Input=0xF0;
            StopMotor();
      }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้