สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถสำรวจเคลื่อนที่

Explorer Car

T055479

โดย

นายวสกร กระแสร์ชล

นายวัชระพล จำรูญศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่..........
เลขทะเบียน 55479
วัน,เดือน,ปี 10 พ.ค. 2548

b..........
i..........

รถสำรวจเคลื่อนที่

Explorer Car

โดย

นายวสกร กระแสร์ชล รหัส 43010383

นายวัชระพล จำรูญศรี รหัส 43010387

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. อิทธิภูมิ บุญพิคำ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถสำรวจเคลื่อนที่ (Explorer Car)

ผู้จัดทำ

1. นายวสกร กระแสร์ชล รหัส 43010383
2. นายวัชระพล จำรูญศรี รหัส 43010387

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อิทธิภูมิ บุญพิดา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถสำรวจเคลื่อนที่

นายวสกร กระแสร์ชล รหัส 43010383
นายวัชระพล จำรูญศรี รหัส 43010387
อ. อิทธิภูมิ บุญพิคำ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบและการสร้าง รถสำรวจที่สามารถทำการควบคุมระยะไกลด้วยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency) ซึ่งทำให้สามารถเข้าไปสำรวจในพื้นที่เสี่ยงภัย หรือเป็นอันตรายต่อมนุษย์ หรือพื้นที่ที่ยากจะเข้าถึงได้ โดยเราสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของรถด้วย Keyboard หรือ Joystick ผ่านทางพอร์ตอนุกรม มาตรฐาน RS-232 และแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ TTL แล้วส่งไปควบคุมรถผ่านทางคลื่นวิทยุ นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า "Data Logger" ซึ่งใช้ในการบันทึกข้อมูล โดยสามารถตรวจจับสัญญาณอินพุทได้พร้อมกัน 8 ช่องสัญญาณ และสามารถตั้งค่าวันและเวลาในการเริ่มและหยุดทำงานได้ ซึ่งสามารถเลือกช่วงเวลาในการตรวจจับสัญญาณได้ ตั้งแต่ 1 วินาทีขึ้นไป โดยใช้ ไอซีเรียลไทม์คล็อกเป็นฐานเวลา และยังสามารถเลือกช่วงเวลาที่ต่ำกว่า 1 วินาทีได้ด้วย คือ 1 มิลลิวินาที โดยใช้ไทเมอร์ในตัวไมโครคอลโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมเวลา ทั้งนี้เราได้ใช้โปรแกรม Visual Basic Version 6.0 เข้ามาช่วยสร้างซอร์ฟแวร์สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ และ แสดงผลหรือจัดเก็บข้อมูลที่เก็บได้จากเครื่องบันทึกข้อมูล

จากการติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูลนี้เองทำให้เราสามารถเพิ่มเติมความสามารถในการเก็บข้อมูลให้กับรถสำรวจได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆ เพิ่มเติม อาทิเช่น ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ , เครื่องวัดความเร็วลม , หรือตัวตรวจจับโลหะ เป็นต้น เพื่อจะได้นำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ และเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Explorer Car

Mr. Wasakorn Krasairchon ID 43010383

Mr. Watcharaphol Jumroonsri ID 43010387

Dr. Ittibhoom Boonpikum (Advisor)

Educational Year 2003

Abstract

This project propose a Explorer Car . It is controlled with RF (Radio Frequency) for research or explorer in the dangerous area or the difficultly into area . We can control the car with a keyboard or joystick pass the serial port which use RS-232 standard. There is installing a device which is called that " Data Logger" .It is used for record data and can measure 8- signal input channels at the same time and can set date and time to start and end work it can choose interval time to measure input signal at 1 second up by used IC real time clock is base time. And less than 1 second use timer in Microcontroller is base time. We use program Visual Basic Version 6.0 help in interfacing with keyboard or joystick and showing data from the Data Logger.

From installing the data logger make we can fix some sensors for increase ability to the explorer car

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีการรับส่งคลื่นวิทยุ	3
2.1 ฟรีเควนซี่มอดดูเลชั่น (Frequency Modulation)	4
2.2 เฟสมอดดูเลชั่น (Phase Modulation)	4
2.3 ความถี่ข้างเคียงและดัชนีมอดดูเลชั่น	7
2.4 เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ (Radio Transmitters)	9
บทที่ 3 การรับส่งข้อมูลดิจิตอล	17
3.1 โมเด็ม	17
3.1.1 การทำงานของโมเด็ม	17
3.1.2 การทำงานของ Frequency Shift Keying	18
3.2 ดิจิตอลแอมปลิจูดมอดดูเลชั่น(ASK)	21
บทที่4 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	23
4.1 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง(DC Motor Structure)	23
4.2 วงจรขับและป้องกัน(Driver and Protection Circuit)	25
บทที่ 5 พอร์ตอนุกรม	28
5.1 การสื่อสารแบบอนุกรม	28
5.1.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	29
5.1.2 มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232	31
5.1.3 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	32
5.1.4 UART	35
5.1.5 ชนิดของ UART	35
5.1.6 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232	36
5.1.7 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232	43
5.1.8 แอดแดรสของพอร์ตอนุกรม	44
5.1.9 การหาค่าตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม	45
5.2 โปรแกรม Visual Basic	46
5.2.1 คอนโทรลที่สำคัญๆ ที่ได้นำมาใช้กับโครงงาน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
5.2.2 การแบ่งกลุ่มของคอนโทรลภายใน	47
5.3ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ติดต่อกับพอร์ตอนุกรม	48
5.4 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับ Serial Port	50
บทที่6 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสร้างเครื่องบันทึกข้อมูล	53
6.1 หลักการทำงานของ Analog to Digital Converter	53
6.2 การทำงานของ DS1307	61
6.3 โปรแกรมภาษา Visual Basic	63
บทที่ 7 การคำนวณและการสร้าง	66
7.1 หลักการออกแบบรถสำรวจ	66
7.2 การแปลงสัญญาณแรงดันมาตรฐานRS-232เป็นสัญญาณ TTL	67
7.3 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	68
7.4 ส่วนของภาครับ-ส่งคลื่นวิทยุ	69
7.5 ส่วนการออกแบบMicrocontroller	72
7.6 ส่วนของการติดต่อและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ของรถสำรวจ	75
7.7 ส่วนของการออกแบบตัวรถสำรวจ	77
7.8 หลักการออกแบบและสร้างเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)	77
บทที่ 8 การทดลองและผลการทดลอง	85
8.1 ภาคการแปลงระดับแรงดันจากมาตรฐานRS-232เป็น TTL	85
8.2 ภาคการแปลงสัญญาณASKเพื่อส่งและรับสัญญาณผ่านคลื่นวิทยุ	86
8.3 ภาคการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	90
8.4 การทดลองนำเครื่องบันทึกข้อมูลไปใช้เก็บค่าสัญญาณอนาล็อก	91
บทที่ 9 สรุปและวิจารณ์	93
9.1 ส่วนของรถสำรวจ	93
9.2 ส่วนของเครื่องบันทึกข้อมูล	93
หนังสืออ้างอิง	95
กิตติกรรมประกาศ	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

1.1 Block Diagram ของเวิร์คสเตชั่นและหุ่นยนต์	1
2.1 แสดงสัญญาณพาหะ สัญญาณข้อมูลและสัญญาณ FM และ PM	3
2.2 สัญญาณซายน์ปกติ ,สัญญาณซายน์ที่มีเฟสนำ 90 องศา, สัญญาณซายน์ที่มีเฟสตาม 90 องศา	5
2.3 วงจร Indirect FM	6
2.4 แสดงแถบความถี่ของสัญญาณ FM	7
2.5 วงจรซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์	13
3.1 การแปลงสัญญาณของโมเด็ม	17
3.2 มาตรฐานของ โมเด็ม 103 โมเด็มแบบฟลูดูเพล็ก อัตราส่งต่ำ	19
3.3 มาตรฐานของ CCITT โมเด็มแบบฟลูดูเพล็ก อัตราส่งต่ำ	19
3.4 โมเด็มชนิดเบล 202 ฮาล์ฟดูเพล็กซ์	20
3.5 แสดงรูปสัญญาณแคเรีย ,สัญญาณพัลส์และสัญญาณเมื่อมอดดูเลชั่นแล้ว ตามลำดับ	22
4.1 โครงสร้างพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง	23
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ω_m , I_a และ T	24
4.3 กำลังงานที่สูญเสียในมอเตอร์กระแสตรง	25
4.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยการใช้แหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้	26
4.5 วงจร Converter	26
4.6 วงจรป้องกัน ขณะTurn on (4.6a) , ขณะTurn off (4.6b) , วงจรปรับปรุงให้มีการป้องกัน ทั้ง Turn on และ Turn off (4.6c) และวงจรป้องกันของวงจรแบบ bridge (4.6d)	27
5.1 รูปแบบอย่างง่ายของข้อมูลอนุกรม	29
5.2 รูปแบบอย่างง่ายของข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส	29
5.3 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232 DB-25 และDB-9	32
5.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ	34
5.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์	37
5.6 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ทอนุกรม	44
5.7 แสดงตำแหน่งแอดแดรสของพอร์ทอนุกรม	45
5.8 การเรียก MSComm Control ขั้นตอนที่ 1	48
5.9 การเรียก MSComm Control ขั้นตอนที่ 2	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.10 การเรียก MSComm Control ขั้นตอนที่ 3 49
6.1 แสดงกราฟคุณสมบัติของเอดีซีขนาด 3 บิต 53
6.2 แสดงบล็อกของวงจรเอดีซีขั้นบันไดหรือตามรอย 55
6.3 แสดงรูปคลื่นของวงจรเอดีซีขั้นบันได 55
6.4 แสดงรูปคลื่นของวงจรเอดีซีตามรอย 56
6.5 แสดงบล็อกของวงจรเอดีซีที่ใช้การประมาณค่าโดยลำดับ 56
6.6 แสดงรูปคลื่น 57
6.7 การสุ่มสัญญาณ 58
6.8 การเกิดความถี่ Aliasing 59
6.9 การส่งข้อมูลบน Serial Bus ของ DS1307 62
7.1 Block Diagram โดยรวมของโครงงาน 66
7.2 วงจร MAX-232 67
7.3 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ 68
7.4 วงจรภาคส่งสัญญาณวิทยุ 69
7.5 วงจรภาครับสัญญาณวิทยุ 70
7.6 วงจร Inverter และ Buffer 71
7.7 Low Pass Filter, Peak Detector และ Comparator 72
7.8a แผนผังแสดงการควบคุมรถสำรวจ 73
7.8b แผนผังแสดงการควบคุมรถสำรวจ 74
7.9 แสดงวงจรรวมที่ใช้สร้างรถสำรวจ 74
7.10 แสดงรูปแบบ Formที่1ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับการควบคุมรถสำรวจ 76
7.11 แสดงรูปแบบ Formที่2 ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับการควบคุมรถสำรวจ 76
7.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมของดาต้าลอกเกอร์ 77
7.13 บล็อกไดอะแกรมของ ADC0809 79
7.14 ไทม์มิ่งไดอะแกรมของ ADC0809 80
7.15 แสดงรูปแบบ Formที่1 ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับเครื่องบันทึกข้อมูล 81
7.16 แสดงรูปแบบ Formที่2 ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับเครื่องบันทึกข้อมูล 81
7.17 แสดงรูปแบบ Formที่3 ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับเครื่องบันทึกข้อมูล 82
8.1 วงจรแปลงระดับแรงดันเป็นสัญญาณ TTL 85
8.2 แสดงผลการทดลองวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันเป็นสัญญาณ TTL 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 แสดงผลการทดลองวงจร ASK Encoder 87
8.4 แสดงผลการทดลองวงจร ASK Decoder 88
8.5 แสดงผลการทดลองปรับปรุงสัญญาณภาครับ 89
8.7 ผลการทดลองโหลดค่าที่เก็บไว้ในเครื่องบันทึกข้อมูล 91
8.8 ผลการทดลองเก็บค่าที่โหลดได้ในรูป Text file 92

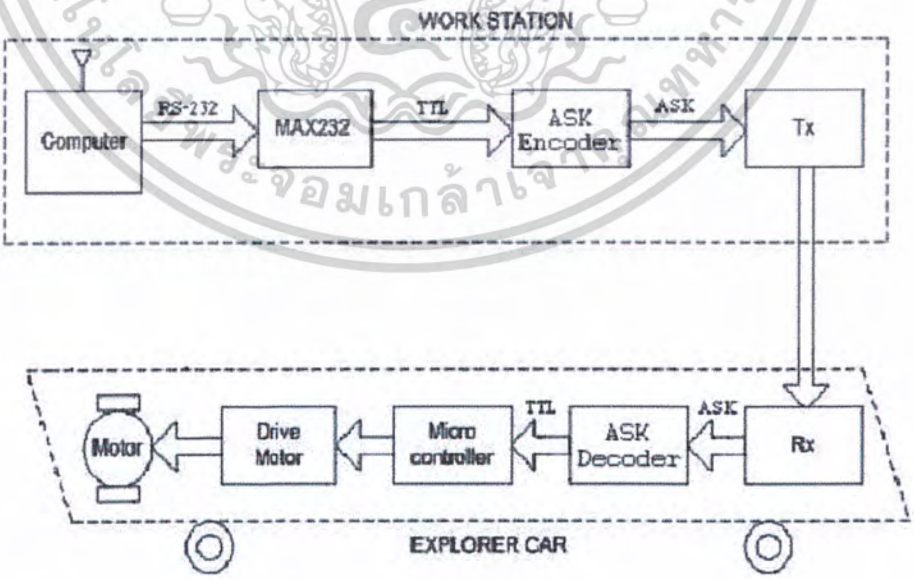
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ได้เข้ามามีบทบาท แทนที่มนุษย์ในการทำงานที่เสี่ยงภัยหรือในสถานที่ที่อันตราย เช่น การกู้ระเบิด การสำรวจเหมืองแร่ หรือแม้แต่การสำรวจดาวอังคาร จึงมีความจำเป็นที่หุ่นยนต์จะต้องมีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้ทุกอย่าง สามารถควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในระยะไกลได้ แ ละส่งข้อมูลกลับมาได้อย่างครบถ้วน

หุ่นยนต์สำรวจนับว่ามีบทบาทในด้านการสำรวจทางวิศวกรรมไม่ว่าจะเป็นการสำรวจเหมือง , พื้นที่กู้ระเบิด , ในอวกาศและอีกมากมาย ล้วนจะต้องมีคุณสมบัติในการเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการแลกเปลี่ยนข่าวสารข้อมูลระหว่างสถานีควบคุมและตัวหุ่นได้อย่างดีไม่ว่าจะเป็นข้อมูลภาพ , อุณหภูมิ , ปริมาณสารเคมี , ความเข้มแสง , และมีกลไกอย่างอื่น เช่น แขนกล , เครื่องช่วยชีวิต เป็นต้น

การออกแบบหุ่นยนต์ตัวนี้นั้นจะเน้นหนักไปในเรื่องการส่งข้อมูลจากเวิร์คสเตชั่นไปยังตัวหุ่นเพื่อที่จะให้หุ่นปฏิบัติตามคำสั่งที่เราได้ออกแบบไว้ เช่น เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เป็นต้น โดยในการส่งข้อมูลนั้น จะต้องส่งผ่านตัวแปลงข้อมูลหลายช่วงด้วยกันดังนี้



รูปที่ 1.1 Block Diagram ของเวิร์คสเตชั่นและหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าข้อมูลคำสั่งในการติดต่อระหว่างเวิร์คสเตชั่นกับหุ่นยนต์ จะต้องเขียนโปรแกรมที่คอมพิวเตอร์ ให้ส่งข้อมูลออกมาทางพอร์ต COM ซึ่งข้อมูลที่ออกมานั้นจะเป็นแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C จากนั้นเราจะแปลงต่อไปอีกเป็น สัญญาณ TTL ด้วยไอซี MAX-232 จากนั้นที่ส่งข้อมูลที่ได้ เข้ารหัสแบบ ASK (Amplitude Shift Keying) เพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก เพื่อที่จะส่งออกอากาศด้วยเครื่องส่งวิทยุ 49 MHz ไปยังตัวหุ่นต่อไป สำหรับทางด้านตัวหุ่นนั้นจะมีเครื่องรับคลื่นวิทยุ 49 MHz และตัวถอดรหัส ASK แปลงข้อมูลกลับคืนมาเป็นสัญญาณ TTL ดังเดิม ข้อมูลที่ถอดรหัสมา ก็จะเข้าพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเราใช้ตระกูล MCS-51 และเขียนโปรแกรมรับคำสั่งที่ได้ มาควบคุมวงจรไดร์ฟมอเตอร์ต่อไป

ในโครงงานนี้เรายังได้ทำการออกแบบเครื่องมือ ที่ใช้ในการตรวจจับระดับสัญญาณและบันทึกระดับสัญญาณไฟฟ้าที่มีการทำงานอย่างต่อเนื่อง (Analog Signal) หรือสัญญาณที่มีการทำงานแบบไม่ต่อเนื่อง (Digital Signal) ซึ่งสามารถบันทึกสัญญาณได้ 8 ช่องสัญญาณพร้อมกันและสามารถเลือกช่วงเวลาในการบันทึกข้อมูลได้ตั้งแต่ 1วินาทีขึ้นไป และ 1 มิลลิวินาที โดยสามารถตั้งเวลาในการเริ่มการทำงานและหยุดการทำงานของเครื่องได้ และเลือกจำนวนข้อมูลในการบันทึกได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของแรมที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จากการติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูลนี้เองทำให้เราสามารถติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น เครื่องวัดอุณหภูมิ , เครื่องวัดความเร็วลมได้

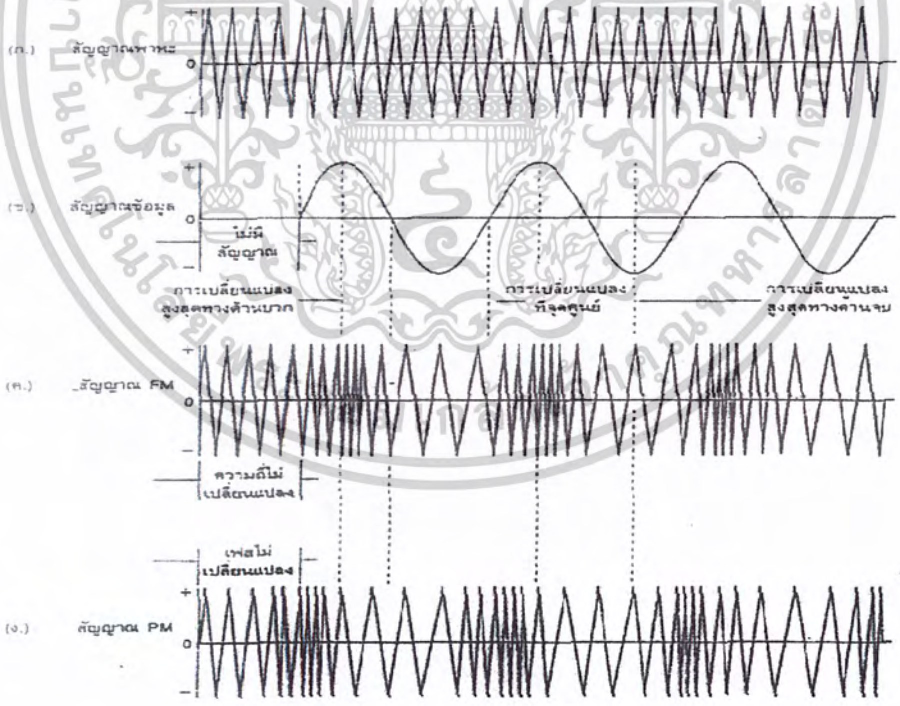
เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าประเทศชั้นนำทางเทคโนโลยี ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาหุ่นยนต์และนำหุ่นยนต์มาทำงานแทนมนุษย์ เพื่อลดความยุ่งยากในการทำงาน โครงงานนี้เป็นเพียงโครงงานเล็กๆ แต่ก็ได้เล็งเห็นความสำคัญในจุดนี้ ได้นำเอาสิ่งที่มีอยู่ภายในประเทศมาพัฒนาและวิจัยให้เกิดสิ่งที่เป็นประโยชน์แม้ว่าอาจจะยังไม่ดีพอแต่เมื่อค่อยๆ พัฒนาไปแล้วเชื่อว่าจะต้องได้รับผลสำเร็จแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการรับส่งคลื่นวิทยุ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของสัญญาณพาหะที่เป็นคลื่นซายน์ ทำให้ทราบว่าสามารถทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณพาหะได้อีกสองวิธีนอกจากแอมปลิจูดมอดดูเลชั่น คือการเปลี่ยนความถี่(Frequency) เรียกว่าฟรีเควนซี่มอดดูเลชั่น (Frequency Modulation) และการเลื่อนเฟส (Phase) เรียกว่าเฟสมอดดูเลชั่น (Phase Modulation) จากการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณทำให้เกิดการมอดดูเลตทางเฟสด้วยทั้งสองวิธีจึงเป็นการมอดดูเลชั่นทางมุม (Angle Modulation) สังเกตจากสมการ

$$v_s \approx V_s \sin(2\pi f_s t) \approx V_s \sin(st)$$



รูปที่ 2.1 แสดงสัญญาณพาหะ สัญญาณข้อมูลและสัญญาณ FM และ PM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ฟรีเควนซี่มอดดูเลชั่น (Frequency Modulation)

เป็นการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณพาหะตามการเปลี่ยนแปลงสัญญาณข้อมูล โดยที่เอาแอมปลิจูดของสัญญาณคงที่ การเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณพาหะจะมีความสัมพันธ์กับค่าแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลเช่นเมื่อสัญญาณข้อมูลมีแอมปลิจูดสูง สัญญาณพาหะก็จะมีความถี่สูงขึ้นด้วย ขณะไม่มีสัญญาณข้อมูลเข้ามามอดดูเลต สัญญาณจะมีค่าความถี่กลางอยู่ค่าหนึ่งเรียกว่า เซนเตอร์ฟรีเควนซี่ (Centre Frequency) เมื่อมีสัญญาณข้อมูลเข้ามาก็จะทำให้เกิดความถี่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้นหรือต่ำลง ปริมาณความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปเรียกว่า ค่าเบี่ยงเบนทางความถี่(Frequency Deviation) ค่าสูงสุดของการเบี่ยงเบนจะเกิดขึ้นเมื่อสัญญาณข้อมูลมีแอมปลิจูดสูงสุดความถี่ของสัญญาณจะเป็นตัวกำหนดให้ทราบถึงจำนวนครั้งในหนึ่งวินาทีที่เกิดการเบี่ยงเบนขึ้นไปสูงและลงมาต่ำกว่าความถี่กลาง อัตราดังกล่าวถูกเรียกว่าอัตราการเบี่ยงเบนทางความถี่ (Frequency Deviation Rate) ความถี่ของสัญญาณข้อมูลจะมีผลต่ออัตราการเบี่ยงเบนทางความถี่ดังกล่าว แต่จะไม่มีผลต่อปริมาณของของความถี่ที่เบี่ยงเบนไปจากค่าความถี่กลางซึ่งขึ้นอยู่กับแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลเท่านั้น

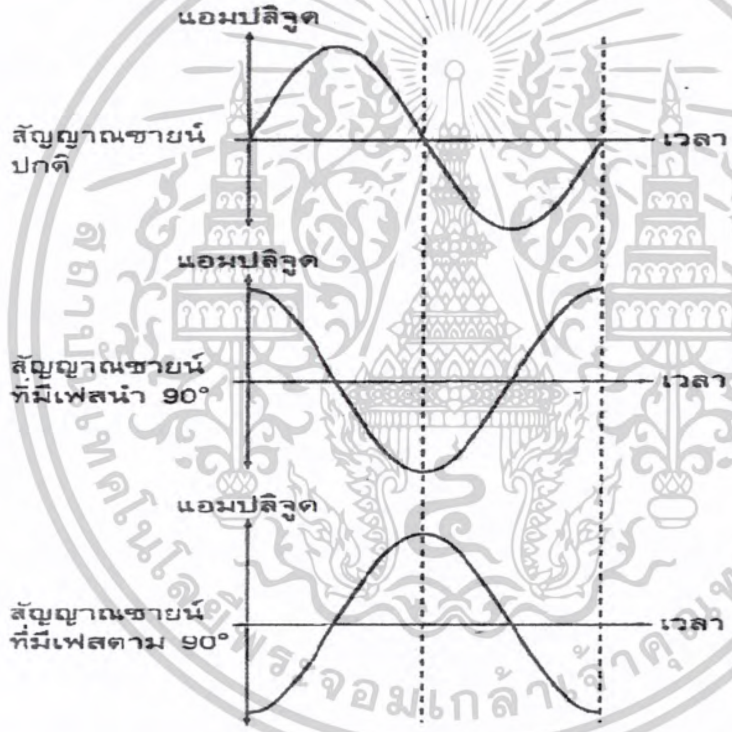
การแสดงให้ทราบถึงปริมาณการเบี่ยงเบนทางความถี่จะเป็นปริมาณของความถี่ที่เลื่อนสูงขึ้นหรือต่ำลงไปจากค่าความถี่กลาง เช่นหากมี่มีค่าความถี่กลางเป็น 900MHz และมีค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 200kHz หมายความว่าสัญญาณที่ถูกมอดดูเลตแล้วจะมีค่าความถี่สูงสุด ซึ่งขึ้นอยู่กับแอมปลิจูดเท่ากับ 900.2 MHz และค่าต่ำสุดเท่ากับ 899.8MHZ

2.2 เฟสมอดดูเลชั่น (Phase Modulation)

เป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณของการเลื่อนเฟส (Phase shift) ของความถี่คงที่ของสัญญาณพาหะตามสัญญาณข้อมูล การเลื่อนเฟสหมายถึงการที่เวลาต่างกันระหว่างคลื่นซายน์2ลูกที่มีความถี่เดียวกัน ลูกหนึ่งที่เฟสนำ(Leading)หมายความว่าเป็น สัญญาณที่เกิดที่เวลาหลังจากสัญญาณอีกลูกหนึ่ง หรือการที่มีเฟสตาม(Lagging) จะหมายความว่าเป็นสัญญาณที่เกิดที่เวลาหลังจากสัญญาณอีกลูกหนึ่ง การมอดดูเลตทางเฟสการเปลี่ยนเฟสของสัญญาณพาหะจะขึ้นอยู่กับแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูล เมื่อสัญญาณเพิ่มขึ้นทางบวก(โดยไม่เกี่ยวกับปริมาณของแอมปลิจูด)ปริมาณของเฟสตามจะเพิ่มขึ้นพร้อมกับแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูล สัญญาณพาหะจะถูกทำให้หน่วงเวลาไปเป็นผลให้สัญญาณที่ออกมาเป็นสัญญาณพาหะความถี่คงที่ซึ่งถูกยืดออกหรือความถี่ต่ำลง เมื่อสัญญาณข้อมูลลดลงทางลบเฟสก็จะเปลี่ยนเป็นเฟสนำในช่วงนี้สัญญาณพาหะจะถูกเร่งความเร็วขึ้น นั่นคือความถี่ของพาหะก็จะสูงขึ้น จากปริมาณการเลื่อนความเฟสมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณพาหะ เกิดเป็นการมอดดูเลตทางความถี่โดยอ้อม(Indirect FM)ที่ได้จากการมอดดูเลตทางเฟส (PM) แต่การมอดดูเลตทางความถี่จะเกิดเมื่อการเลื่อนเฟสมีการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น หากการไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเฟสการเปลี่ยนแปลงทางความถี่จะไม่เกิดขึ้น หากพิจารณา สัญญาณข้อมูลขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มหรือลดแอมปลิจูด การเปลี่ยนแปลงความถี่จะเกิดขึ้นจากมอดดูเลตทางเฟสหรือตัวเลื่อนเฟส และหากสัญญาณข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดสัญญาณพาหะจะไม่มีความถี่เปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณ พาหะความถี่เดิมที่ถูกเลื่อนเฟสไปค่าหนึ่งเท่านั้น



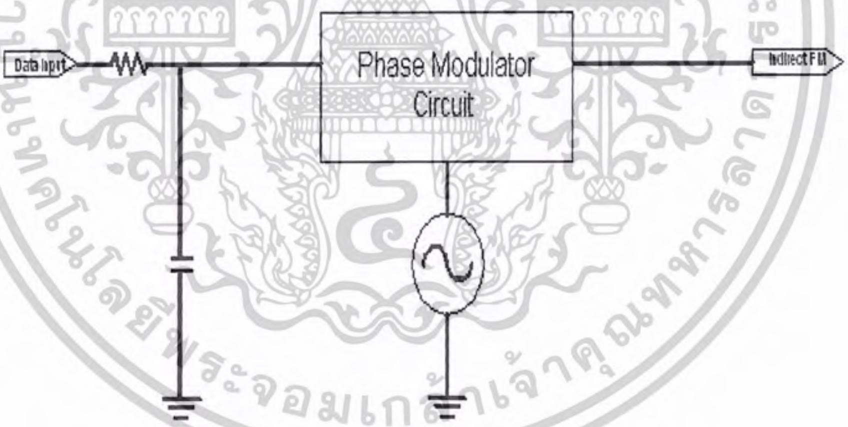
รูปที่ 2.2 สัญญาณซายน์ปกติ ,สัญญาณซายน์ที่มีเฟสนำ 90 องศา, สัญญาณซายน์ที่มีเฟสตาม 90 องศา

จากการมอดดูเลตางเฟสค่าเบี่ยงเบนความถี่มากที่สุดจะปรากฏในช่วงที่สัญญาณข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราสูงสุด เช่น ณ จุดที่สัญญาณข้อมูลรูปซายน์มีการเปลี่ยนค่าจากบวกไปหาลบหรือจากลบมาหาบวกหรือจุดที่สัญญาณตัดกับแกนเวลาและมีค่าความต่างศักย์ป็นศูนย์นั่นเอง(Zero Crossing Point)แต่สำหรับการมอดดูเลตทางความถี่ ค่าเบี่ยงเบนมากที่สุดจะเกิดที่แอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลมีค่าสูงสุดทั้งทางบวกและลบ ถึงแม้ตัวมอดดูเลตทางเฟสจะสร้างสัญญาณแบบมอดดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางความถี่ (FM) แต่ค่าเบี่ยงเบนความถี่ที่ปรากฏที่คนละช่วงเวลากันนั่นคือความแตกต่างของการมอดดูเลตทั้งสองแบบในการมอดดูเลตทางเฟส(PM) ค่าของเฟสนำและเฟสตามที่มากที่สุดจะปรากฏที่แอมปลิจูสูงสุดของสัญญาณข้อมูลและค่าความถี่ที่สัญญาณขาออกของวงจรเลื่อนเฟสจะขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่มีค่าสูงมากค่าเบี่ยงเบนความถี่จะยิ่งมาก ทำให้พอสรุปได้ว่าในการมอดดูเลชั่นทางเฟสนั้นค่าเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณพาหะจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือความถี่และแอมปลิจูดของสัญญาณของข้อมูล ในขณะที่การมอดดูเลชั่นทางความถี่(FM) จะมีค่าเบี่ยงเบนความถี่ขึ้นอยู่กับแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูล เพียงอย่างเดียว

จากความแตกต่างดังกล่าวเมื่อสัญญาณข้อมูลมาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ ซึ่งทำให้สัญญาณความถี่สูงสุดถูกลดทอนแอมปลิจูดลงไปและต่อเข้าวงจรมอดดูเลตทางเฟส ผลของสัญญาณข้อมูลที่ความถี่สูงซึ่งทำให้เกิดการเบี่ยงเบนความถี่มากก็ลงลดเนื่องจากวงจรกรองเป็นตัวชดเชย เป็นผลให้ความถี่สูงที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนความถี่มากลดลงผลลัพท์ของสัญญาณที่ได้จะเหมือนกับสัญญาณมอดดูเลตทางความถี่หรือที่เรียกว่าการมอดดูเลตทางความถี่โดยอ้อม (Indirect FM)



รูปที่ 2.3 วงจร Indirect FM

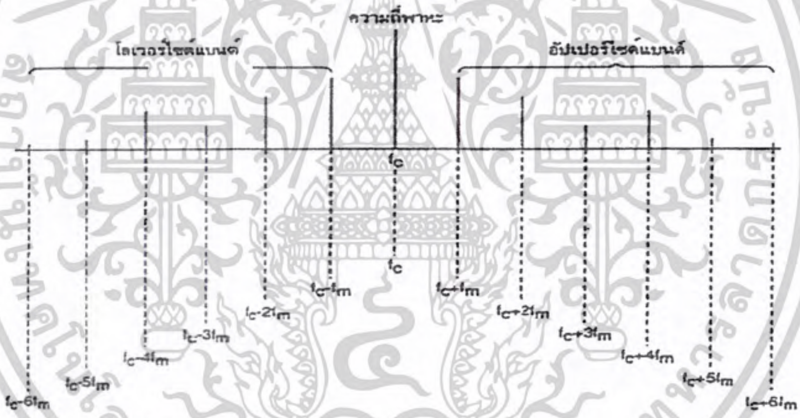
วงจรที่ใช้ในระบบสื่อสารส่วนใหญ่จะเป็นวงจรมอดดูเลตทางเฟสมากกว่าเนื่องจากมีตัวคริสตอลออลซิเลเตอร์ ทำให้สามารถสร้างสัญญาณพาหะที่มีความถี่เที่ยงตรงและเสถียรได้ดี ในขณะที่วงจรมอดดูเลตทางความถี่จะต้องการตัวสร้างสัญญาณความถี่ในช่วงกว้างๆซึ่งตัวคริสตอลออลซิเลเตอร์ไม่สามารถทำได้ แต่จากตัวอย่างข้างต้นสัญญาณมอดดูเลตทางความถี่สูงก็สามารถถูกสร้างได้จากวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอดดูเลชั่นทางเฟส และยิ่งกว่านั้นวงจรมอดดูเลชั่นทางเฟสก็สามารถสร้างได้ง่ายกว่าวงจรมอดดูเลตทางความถี่

2.3 ความถี่ข้างเคียงและดัชนีมอดดูเลชั่น

ผลจากการมอดดูเลตไม่ว่าด้วยวิธีการใดจะทำให้เกิดความถี่ข้างเคียงขึ้น ในการมอดดูเลตทางความถี่และทางเฟสก็เกิดความถี่ข้างเคียงขึ้นที่เป็นความถี่ของผลรวมและผลต่างของสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูลเช่นกัน ตามทฤษฎีแล้วจะเกิดคู่ของความถี่ข้างเคียงขึ้นเป็นจำนวนอนันต์คู่ ทั้งด้านบนและด้านล่างของความถี่กลาง ทำให้สัญญาณที่ถูกมอดดูเลตทางความถี่และเฟสมีการใช้งานแถบความถี่ (Spectrum) มากกว่าสัญญาณที่มอดดูเลตทางแอมปลิจูด



รูปที่ 2.4 แสดงแถบความถี่ของสัญญาณ FM

จากรูปที่ 2.4 แถบความถี่ของสัญญาณมอดดูเลตทางความถี่โดยทั่วไป ที่สัญญาณพาหะถูกมอดดูเลตด้วยสัญญารรูปซายน์ความถี่เดียวจะมีลักษณะที่น่าสังเกตคือความถี่ข้างเคียงจะเว้นระยะห่างจากสัญญาณความถี่พาหะและความถี่ข้างเคียงด้วยกัน เป็นระยะเท่าๆกัน เท่ากับความถี่สัญญารข้อมูลและแอมปลิจูดของสัญญาณข้างเคียงจะไม่เท่ากัน

ลักษณะต่างๆของจำนวนความถี่ข้างเคียง ขนาดแอมปลิจูดของความถี่ข้างเคียงและระยะห่างระหว่างความถี่ จะขึ้นอยู่กับค่าเบี่ยงเบนความถี่(Frequency Deviation) และความถี่ของสัญญาณข้อมูล แม้สัญญาณมอดดูเลชั่นทางความถี่จะมีความถี่ข้างเคียง จำนวนอนันต์แต่ความถี่ข้างเคียงที่มีแอมปลิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดเพียงพอเท่านั้น จะถือเป็นสัญญาณข้อมูลที่มีข้อมูลอยู่โดยปกติสัญญาณที่มีแอมปลิจูดต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของสัญญาณพาหะที่ยังไม่มีการมอดดูเลต จะถือว่าไม่มีความสำคัญ

จากความสัมพันธ์ข้างต้น ทำให้เกิดอัตราส่วนระหว่างค่าเบี่ยงเบนความถี่กับความถี่ของสัญญาณข้อมูล ซึ่งเรียกว่า ดัชนีการมอดดูเลต(Modulation Index) มีตัวย่อว่า m

$$M = fd / fm$$

เมื่อ fd = ค่าเบี่ยงเบนความถี่

fm = ความถี่ของสัญญาณข้อมูล

ค่าเบี่ยงเบนความถี่และค่าความถี่ของสัญญาณข้อมูลมักจะใช้ค่ามากสุดเพื่อนำมาคำนวนดัชนีการมอดดูเลต และนอกจากนั้นค่าดัชนีดังกล่าว (m) ก็ถูกเรียกว่า อัตราการเบี่ยงเบนด้วย ตัวอย่างของค่าดัชนี เช่น ในวิทยุกระจายเสียงระบบ FM จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากที่สุด 75 kHz และมีค่าความถี่ของสัญญาณข้อมูลสูงสุด 15 kHz ดังนั้นจะได้ค่าดัชนีการมอดดูเลตเท่ากับ m = 75/15 = 15

เมื่อทราบค่าดัชนีการมอดดูเลตจะสามารถทราบจำนวนและขนาดของแอมปลิจูดของสัญญาณความถี่ข้างเคียงได้ด้วยการคำนวนจากสมการฟังก์ชั่นของเบสเซล (Bessel FunctionXผลจะได้ออกมาคอลัมน์ซ้ายมือสุดเป็นค่าดัชนีการมอดดูเลตและคอลัมน์ที่เหลือเป็นแอมปลิจูดต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของสัญญาณพาหะจะไม่ถูกแสดงบนตาราง สัญญาณข้างเคียงและสัญญาณพาหะบางตัวมีค่าแอมปลิจูดเป็นลบซึ่งแสดงว่ามีกีเลื่อนเฟสไป 180 องศา หรือกลับเฟสนั่นเอง

สัญญาณที่ถูกมอดดูเลตทางความถี่(FM) จะใช้แถบความถี่กว้างเท่าใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดดูเลตด้วยเช่นกัน หากดัชนีการมอดดูเลตมากก็จะใช้แถบความถี่กว้างมาก ดังนั้นสามารถประหยัดแถบความถี่ได้ด้วยการจำกัดค่าดัชนีการมอดดูเลต ความกว้างของแถบความถี่สามารถหาได้จากค่าดัชนีการมอดดูเลตดังสมการ

BandWidth = 2fm x จำนวนความถี่ข้างเคียงที่สำคัญ

เมื่อ fm = ความถี่ของสัญญาณข้อมูล

เมื่อดัชนีการมอดดูเลตเพิ่มขึ้นสัญญาณของพาหะจะมีแอมปลิจูดลดลงและแอมปลิจูดของสัญญาณข้างเคียงก็จะมีค่ามากขึ้นจนถึงจุดหนึ่งที่ค่าแอมปลิจูดจะมีขนาดลดลงและแอมปลิจูดของสัญญาณข้างเคียงก็จะมีค่ามากขึ้นจนถึงจุดหนึ่งที่ค่าแอมปลิจูดของสัญญาณพาหะหายไปเปรียบเทียบกับสัญญาณในแบบมอดดูเลชั่นทางแอมปลิจูด ปริมาณการมอดดูเลตจะแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์ของการมอดดูเลต ซึ่งเป็นอัตราส่วนของแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลกับแอมปลิจูดของสัญญาณพาหะ หากเปรียบเทียบปริมาณของสัญญาณทั้งสองเท่ากันอัตราส่วนจะเป็นหนึ่งเป็นผลให้เกิดการมอดดูเลต 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่หากสัญญาณข้อมูลมีค่าสูงกว่าจะทำให้เกิดการมอดดูเลตมากเกินไป(Over Modulation) และเกิดความเพี้ยนของสัญญาณขึ้น สำหรับการมอดดูเลตทางความถี่หรือจะไม่ทำให้เกิดการมอดดูเลตมากเกินไป หรือสัญญาณเพี้ยน แต่จะทำให้เกิดการเบี่ยงเบนความถี่มากขึ้นซึ่งเป็นผลให้ดัชนีการมอดดูเลตทางความถี่สูงขึ้นและต้องใช้แถบความถี่กว้างมากขึ้น

เปอร์เซ็นต์การมอดดูเลตทางความถี่ = (ค่าเบี่ยงเบนความถี่จริง / ค่าเบี่ยงเบนที่สูงที่สุด) x 100

เปอร์เซ็นต์ดังกล่าวไม่ควรเกิน 100 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากจะไปรบกวนการใช้แถบความถี่ของช่องอื่นที่อยู่ข้างเคียง

2.4 เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ (Radio Transmitters)

จุดเริ่มต้นของการส่งคลื่นวิทยุนั้นประกอบด้วยการสร้างสัญญาณที่เป็นสื่อหรือพาหะที่เรียกว่าแคร์เรียร์เจเนอเรชั่น (Carrier generation) นำสัญญาณมามอดดูเลตกับสัญญาณข้อมูล แล้วจึงทำการขยายสัญญาณส่งออกไปยังเสาอากาศหรือตัวนำคลื่นเป็นสัญญาณความถี่วิทยุ (RF) ส่วนประกอบของเครื่องส่งสัญญาณคือ

1. วงจรสร้างสัญญาณพาหะ (Carrier Generator)

โดยส่วนมากจะเป็นวงจรคริสตอกออสซิลเลเตอร์(Crystal Oscillator)ซึ่งจะทำให้สัญญาณความถี่ที่ต้องการได้เที่ยงตรงและมีประสิทธิภาพ โดยส่วนมากมักมีการต่อวงจรแบบขยายบัฟเฟอร์เข้าไปเพื่อแยกวงจรออสซิลเลเตอร์ออกจากโหลด เป็นการป้องกันการเปลี่ยนความถี่เนื่องจากค่าโหลดของวงจรออสซิลเลเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไป

2. วงจรมอดดูเลตสัญญาณ(Modulator)

ทำการแปลงคุณสมบัติของสัญญาณพาหะให้มีลักษณะตามการเปลี่ยนของข้อมูลหรือเสียงพูดต้องการส่ง

3. วงจรขยาย (Amplifier)

เป็นการขยายสัญญาณในรูปแบบต่างๆในขั้นตอนที่ต่างกัน เช่นวงจรขยายภาคสุดท้ายก่อนที่จะออกไปสายอากาศ สำหรับวงจรขยายมีการจัดออกเป็นหลายแบบมีการเรียกเป็นคลาส (Class)ตามวิธีการไบแอสวงจรขยาย ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 วงจรขยายคลาสเอ(Class A)

เป็นวงจรขยายที่ต่อทรานซิสเตอร์แบบที่มีการไบแอสให้วงจงทรานซิสเตอร์มีกระแสไหลผ่านขาคอลเล็กเตอร์(Collecter)หรือที่เรียกว่ากระแสเดรน(Drain Cerrent) ตลอดเวลาเป็นวงจรแบบเชิงเส้น (Linear Amplifier) เนื่องจากสัญญาณที่ได้ในขาออกเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณขาเข้า แต่วงจรคลาสเอเป็นวงจรขยายที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ เนื่องจากวงจรมีการขยายสัญญาณ โดยทำงานตลอดสูกคลื่นหรือที่เรียกส่าครบ 360 องศา ดังนั้นวงจรขยายคลาสเอจึงเหมาที่จะเป็นวงจรขยายกำลัง (Power Amplifier) เพราะ โดยปกติมักใช้ในวงจรขยายชั้นต้นที่มีสัญญาณความต่างศักย์หรือวงจรขยายกำลังต่ำ (Low Power Amplifier) เช่นวงจรขยายแบบบัฟเฟอร์ (Buffer Amplifier)

3.2 วงจรขยายคลาสบี (Class B)

เป็นวงจรขยายที่ต่อทรานซิสเตอร์แบบที่มีการไบแอสให้วงจงทรานซิสเตอร์อยู่ในช่วงคัทออฟ (Cut off) เป็นภาวะที่ไม่กระแสไหล โดยปกติเมื่อไม่มีสัญญาณขาเข้าก็จะไม่มีกระแสไหลที่ขาคอลเล็กเตอร์ ตัวทรานซิสเตอร์จะทำงานนำกระแสเพียงช่วงครึ่งลูกของสัญญาณซายน์คือ จะทำงานเพียง 180 องศาของสัญญาณขาเข้า มีเพียงสัญญาณครึ่งลูกเท่านั้นที่ถูกขยาย ดังนั้นในเวลาที่ต้องการขยายสัญญาณเต็มลูกคลื่นจึงมีการต่อวงจรกระแลแบบที่เรียกว่า พุชแอนด์พูล(Push and Pull0โดยใช้วงจรขยายคลาสบีสองชุดทำงานทั้งในช่วงสัญญาณบวกและสัญญาณลบสลับต่อเนื่องกันไปวงจรขายคลาสบีมีประสิทธิภาพดีกว่าวงจรขยายคลาสเอ เนื่องจากการไหลของกระแสไฟจะเกิดเพียงช่วงหนึ่งของสัญญาณเท่านั้นซึ่งเหมาะสำหรับวงจรขยายกำลัง แต่สัญญาณที่ได้ยังมีความเพี้ยนผิดรูปแบบ(Distortion)ไป

3.3 วงจรขยายคลาสเอบี(Class AB)

เป็นวงจรขยายที่มีการไบแอสทรานซิเตอร์ให้อยู่ในช่วงที่เกือบจะคัทออฟ จึงมีกระแสไหลที่ขาคอลเล็กเตอร์เล็กน้อย ทำให้เมื่อมีสัญญาณเข้ามาก็จะทำงานในช่วงของสัญญาณที่มากกว่า 180 องศา แต่ไม่ถึง 360 องศาของลูกคลื่นซายน์และมักมีการต่อใช้ในรูปแบบของวงจรขยายแบบพุชแอนด์พูลเช่นเดียวกับคลาสบี มีความเป็นเชิงเส้นมากกว่าแต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่า

วงจรขยายในแบบคลาสเอ คลาสบีและคลาสเอบี เช่นวงจรขยายAM แบบกำลังต่ำหรือแบบ ซิงเกิลไซด์แบนด์(SSB Side Band)วงจรขยายแบบไม่เชิงเส้นเช่น วงจรขยายคลาสซี(Class C)ที่เป็นวงจรซึ่งใช้มากในเครื่องส่งแบบAM และ FM สำหรับการขยายกำลัง(Power Amplifier)ในรูปของวงจรขับ วงจรคูณความถี่ (Frequency Multiplier) และวงจรขยายภาคสุดท้าย(Final Amplifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรขยายคลาสซี(Class C)

เป็นวงจรทรานซิเตอร์ที่ทำให้มีการนำสัญญาณเพียงส่วนที่น้อยกว่า 180 องศาของลูกคลื่นซายน์ขาเข้า วิธีการไบแอสทรานซิเตอร์สำหรับคลาสซีมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ ไบแอสด้วยสัญญาณ(Signal Bias) ,ไบแอสด้วยวงจรภายนอก(External Bias) ,ไบแอสด้วยตัวเอง(Self Bias) และปรกติมีมุมช่วงทำงานของวงจรอยู่ในช่วง 90 ถึง 150 องศา นั่นหมายถึงมีเพียงสัญญาณพัลส์เล็กๆเท่านั้นที่ออกมาดังนั้นที่ออกมา ดังนั้นการทำให้สัญญาณขยายเต็มลูกคลื่นจะต้องมีการนำวงจรจูนเรโซแนนซ์(Resoneant Tuned Circuit)มาต่อเข้าที่ขาออกเพื่อที่จะได้สัญญาณลูกคลื่นซายน์เต็มลูกคลื่น เช่นการทำงานแบบคู่ขนาน(Parallel Tuned Circuit)ที่จะทำให้เกิดสัญญาณความถี่ที่ความถี่เรโซแนนซ์ เมื่อใดก็ตามที่ได้รับสัญญาณพัลส์จากวงจรขยาย วงจรจูนแบบคู่ขนานประกอบไปด้วยคาปาซิเตอร์(Capcitor) และลวดตัวนำ(Inductor)เมื่อได้รับสัญญาณพัลส์ก็จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างคาปาซิเตอร์และลวดตัวนำเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ฟลายวีล (Fly Wheel Effect) ซึ่งสร้างสัญญาณลูกคลื่นซายน์ที่ความถี่เรโซแนนซ์ขณะเดียวกันวงจรจูนดังกล่าวก็ทำหน้าที่กรองสัญญาณความถี่ฮาร์โมนิกที่ไม่ต้องการออกด้วย วงจรขยายคลาสซีสามารถใช้เป็นวงจรจูนความถี่ได้ โดยการต่อเข้ากับวงจรเรโซแนนซ์ที่สร้างความถี่ที่เป็นจำนวนเต็มเท่าของสัญญาณความถี่เข้า และที่เหนือกว่าคลาสอื่นๆ ก็คือคลาสซีมีการขยายสัญญาณขาเข้าเพียงช่วงสั้นๆเท่านั้น ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพดีที่สุด

4. วงจรอิมพีแดนซ์แมตชิ่ง(Impedence Mathing Circuit)

เป็นวงจรที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างวงจรขยายความถี่วิทยุ(RF Amplifier)ในแต่ละภาคเพื่อให้ได้กำลังส่งที่มากที่สุด การที่จะทำให้มีการถ่ายทอดพลังงานได้มากที่สุดจากวงจรชุดขยายชุดหนึ่งไปอีกชุดหนึ่งนั้นจะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรแรกเท่ากับค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของวงจรถัดไป วงจรอิมพีแดนซ์แมตชิ่งโดยทั่วไปเป็นวงจรของตัวนำและตัวเก็บประจุ LC (Inductance and Capacitors) ที่มีรูปแบบการต่อต้านๆกัน เช่น โครงข่ายรูป L และโครงข่ายรูป T หรืออาจจะเป็นรูปหม้อแปลงรูปโดนัทที่แกนผงเหล็กเรียกว่า เทอรอยด์(Toriod)

5. วงจรกระบวนการเสียง(Speech Processing Circuit)

เป็นวงจรอีกส่วนหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับเสียงในระบบของเครื่องส่ง เช่นในเครื่องส่งอาจมีวงจรที่ใช้สำหรับป้องกันการมอดดูเลชั่นมากเกินไป(Overmodulation) หรือตัวอย่างของวงจรกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียง เช่นวงจรจำกัดขนาดเสียง(Voice Clipper) ซึ่งใช้ไดโอดในการลดแอมปลิจูดของสัญญาณในการมอดดูเลตสัญญาณเสียงเครื่องรับสัญญาณ(Communications Receivers)

หน้าที่ของเครื่องรับสัญญาณคือทำการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการออกมาจากสัญญาณอื่นๆ ที่ถูกส่งออกมาในอากาศ และขยายสัญญาณกลับไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่ส่งมาได้ โดยปกติเครื่องรับจะมีปัจจัย 2 ประการที่ต้องคำนึงถึงดังนี้

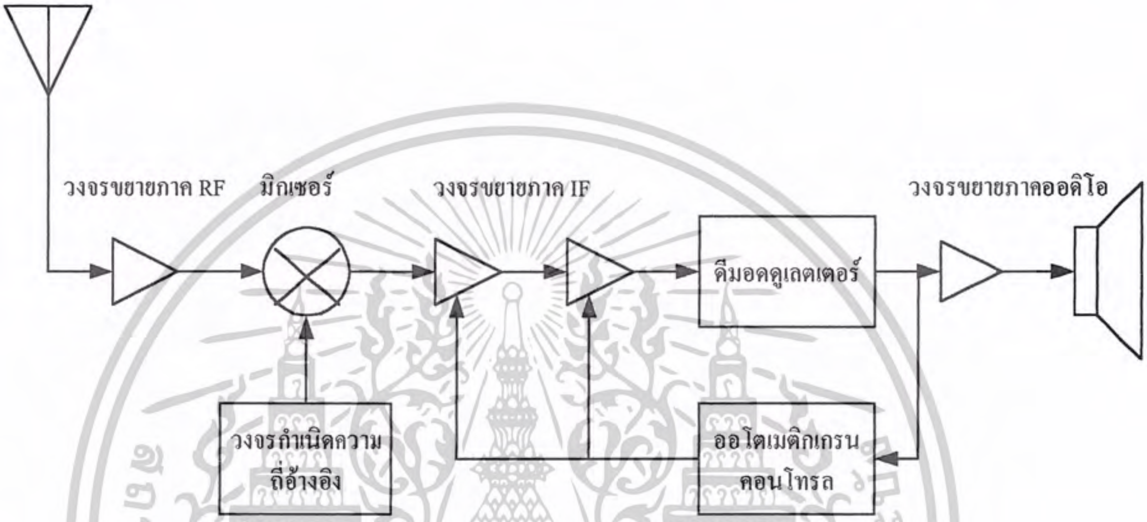
1. ค่าซีเล็คติวิตี้(Selectivity) หมายถึงความสามารถในการรับสัญญาณที่ต้องการเข้ามาเท่านั้น หากค่าเครื่องรับสัญญาณมีค่าซีเล็คติวิตี้ที่ดีก็จะสามารถรับสัญญารที่ต้องการเข้ามาเท่านั้น หากเครื่องรับมีค่าซีเล็คติวิตี้ที่ดีก็จะสามารถรับสัญญาณช่องที่ต้องการและกำจัดช่องสัญญาณข้างเคียงออกไปได้

2. ค่าเซนซิติวิตี้(Sensitivity) หมายถึงความสามารถในการรับสัญญาณที่ต้องการที่มีขนาดเล็กหรือสัญญาณอ่อนแล้วนำมาขยายให้ได้สัญญาณที่มีความแรงมากขึ้น โดยปรกติค่าเซนซิติวิตี้จะแสดงถึงการขยายสัญญาณด้วย นั่นก็คือยิ่งมีกำลังขยายมากค่าเซนซิติวิตี้ยิ่งดี และจะแสดงอยู่ในรูปของค่าแรงดันของสัญญาณขาเข้าที่มีขนาดเล็กที่สุดซึ่งสามารถขยายสัญญาณได้มากกว่า 10 เท่าของสัญญาณรบกวน

สำหรับเครื่องรับที่มีรูปแบบง่ายได้แก่ เครื่องจูนความถี่วิทยุ TRF (Tuned Radio Frequency Receiver) ซึ่งมีการทำงานดังนี้ สัญญาณที่รับเข้ามาทางสายอากาศจะถูกต่อเข้ากับวงจรจูนซึ่งมีการต่อกับวงจรขยายที่เป็นวงจรสำหรับภาคความถี่ย่านคลื่นวิทยุ วงจรจูนอาจมีการต่อขนานกันหลายขั้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มค่าเซนซิติวิตี้ให้กับเครื่องรับ ส่วนวงจรขยายสัญญาณภาคความถี่ย่านคลื่นวิทยุ(RF Radio Frequency Amplifier)ก็ได้ช่วยให้เครื่องรับมีค่าเซนซิติวิตี้ดีขึ้น เป็ฯการขยายสัญญาณที่รับเข้ามาก่อนที่จะนำไปเข้าวงจรตรวจจับสัญญาณ(Detector) ผลที่ได้ก็จะเป็นสัญญาณข้อมูลหรือสัญญาณเสียงที่สามารถนำมาขยายต่อในวงจรขยายภาคสัญญาณความถี่เสียง(AF Audio Frequency Amplifier) ให้ได้สัญญาณออกมาที่ลำโพง วงจรเครื่องรับในแบบ TRF นั้นยังมีความยุ่งยากในการปรับความถี่อยู่มาก เนื่องจากการปรับวงจรจูนที่มีหลายชุดเข้าด้วยกัน จะต้องทำการปรับหลายครั้ง ต่อมาในภายหลังจึงมาการต่อวงจรหลายๆชุดเข้าด้วยกัน ทำให้การปรับเครื่องรับสัญญาณง่ายขึ้น ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างของเครื่องรับสัญญาณแบบ TRF ก็คือค่าเซนซิติวิตี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของความถี่ของสัญญาณที่สูงขึ้น ค่าเซนซิติวิตี้จะมีค่าดีที่ความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับที่การแก้ไขปัญหาข้างต้นได้อย่างดีก็คือเครื่องรับในแบบที่เรียกว่า ซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์(Superheterodyne) หลักการของวงจรซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์ก็คือการแปลงความถี่ของสัญญาณที่เข้ามาให้เป็นค่ากลางค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า ความถี่ไอเอฟ (IF Intermediate Frequency)



รูปที่ 2.5 วงจรซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์

วงจรซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์สามารถใช้วงจรขยายเพียงชุดเดียวก็สามารถให้ค่าซีเล็คติวิตี้และค่าเซนซิติวิตี้ที่ดีได้ วงจรหลักในเครื่องรับซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์คือ วงจรมิกเซอร์ ซึ่งจะทำการแปลงความถี่ของสัญญาณที่เข้ามา

วงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้ได้ค่ากำลังขยายและค่าซีเล็กติซิวิตี้ในช่วงแรกที่เรียกกันว่า ปรีซีเล็กเตอร์ (Preselector) ถัดมาในภาคที่สองเป็นวงจรจูน (Tuned Circuit)สำหรับช่วยในการเลือกสัญญาณที่ต้องการหรือช่วงสัญญาณที่ต้องการ วงจรจูนอาจสร้างให้มีค่า Q สูงๆ ทำให้มีค่าซีเล็กติวิตี้ดีขึ้น แต่โดยปกติแล้ววงจรจูนในภาคนี้มักต้องการทำงานในช่วงความถี่กว้าง เพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้หลายช่องในเครื่องรับบางเครื่องอาจไม่ใช้วงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุในชุดแรกเนื่องจากไม่มีความจำเป็น เพราะความแรงของสัญญาณที่รับอาจมีพออยู่แล้ว เช่นในสัญญาณความถี่ต่ำแต่จะไปขยายสัญญาณอีกทีในภาคความถี่ตัวกลาง(IF Amplifier)แต่โดยทั่วไปจะเป็นการดีกว่าที่จะมีวงจรขยายความถี่วิทยุอยู่เพื่อเพิ่มค่าเซนซิติวิตี้ เนื่องจากว่าจะได้กำลังขยายมากขึ้นและเพิ่มค่าซีเล็กติวิตี้เพราะเป็นวงจรจูนอยู่ด้วยส่วนหนึ่ง และทำให้อัตราส่วนของสัญญาณที่ต้องการต่อสัญญาณรบกวนมากขึ้นด้วย (Signal / Noise Ratio) อีกเหตุผลหนึ่งที่ควรจะมีวงจรขยายความถี่วิทยุเพราะจะช่วยแยกสัญญาณรบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กวนที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องรับข้างเคียงที่เป็นผลมาจากการแพร่กระจายของสัญญาณจากวงจรโลคอล ออสซิลเลเตอร์(Local Oscillator) ที่ผ่านไปทางสายอากาศได้ สัญญาณจาก LO มีความแรงมากอาจจะรั่วไหลและไปเข้าที่ขาของวงจรมิกเซอร์ได้ในการสร้างวงจรขยายและวงจรมิกเซอร์กฃหากใช้อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์แบบไบโพล่า(Bipolar Transistor)

สัญญาณที่ได้ออกจากมิกเซอร์เป็นผลรวมและผลต่างของความถี่ของสัญญาณขาเข้าและสัญญาณความถี่คงที่จาก LO และจะมีวงจรจูนซึ่งเป็นวงจรกรองเพื่อเลือกเอาสัญญาณผลต่างของความถี่ที่ต้องการออกมา นั่นคือค่าความถี่กลาง (Intermediate Frequency) วงจรของมิกเซอร์อาจสร้างจากไดโอดหรือบาลานซ์มอดดูเลเตอร์(Balaced Modulator) สำหรับเครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณได้ในความถี่หนึ่งๆ วงจร LO จะต้องสามารถจูนได้ ความถี่ของวงจรสามารเปลี่ยนได้ในช่วงความถี่ค่อนข้างกว้าง เพื่อที่จะให้วงจรมิกเซอร์สามารถแปลงความถี่ที่เข้ามาให้เป็นความถี่กลาง IF ได้ ในวงจรทั่วไปมิกเซอร์และ LO ได้ ซึ่งเรียกว่าวงจรแปลง(Converter)

สัญญาณขาออกของมิกเซอร์เป็นสัญญาณที่มีความถี่กลางซึ่งมีคุณสมบัติของสัญญาณที่ถูกมอดดูเลตจากด้านเครื่องส่งเช่นเดียวกับสัญญาณที่ถูกส่งมาจะถูกขยายโดยวงจรขยายความถี่กลางอีกหลายชุด และในเครื่องรับส่วนใหญ่จะมีวงจรขยายอยู่ในภาคความถี่กลางนี้เมื่อ IF มักอยู่ในช่วงความถี่ต่ำกว่าสัญญาณขาเข้า วงจรขยายความถี่กลางก็จะถูกออกแบบได้ง่ายกว่าและมีค่าซีเล็กติวิตี้ดีกว่า พร้อมกันนี้ก็จะมีการสร้างวงจรจูนในภาคนี้ด้วย ซึ่งก็จะให้ค่าซีเล็กติวิตี้ที่ดีขึ้นอีกระดับหนึ่ง วงจรจูนในที่นี้ก็คือวงจรกรองแบบคริสตอล(Crystal) ,แมคานิคอล(Mechanical),เซรามิก(Ceramic)

สัญญาณ IF จะถูกส่งต่อไปเข้าวงจรตรวจจับดีมอดูเลเตอร์(Demodulator) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่เข้ามาให้กลับคืนเป็นสัญญาณข้อมูลเดิมหรือเสียงพูดจากต้นทาง ผลลัพธ์เป็นสัญญาณที่ได้ทักจะถูกวงจรขยายสัญญาณคลื่นเสียง(Audio amplifier)เพื่อให้ได้ค่าความแรงของสัญญารที่เพียงพอจะออกไปที่ลำโพรงวงจรที่สำคัญอีกชุดหนึ่งในเครื่องรับแบบซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์ก็คือ วงจรควบคุมกำลังขยายอัตโนมัติ AGC (Automatic Gain Control) ขนาดของ สัญญาณที่ออกมาจากวงจรดีมอดดูเลเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของสัญญาณขาเข้าที่รับเข้า สัญญาณที่ได้ออกมาจะเป็นสัญญาณในแบบไฟสลับจะถูกปรับและกรองให้เป็นสัญญาณไฟตรง ซึ่งไฟตรงนี้จะถูกป้อนกลับ(Feed back) ไปยังวงจรขยายความถี่กลาง หรือในบางครั้งอาจเป็นวงจรขยายควาถี่วิทยุ เพื่อควบคุมกำลังขยายของเครื่องรับ วัตถุประสงค์ของ AGC ก็เพื่อช่วยควบคุมค่าผลลัพธ์ของสัญญาณขาออกให้คงที่ตลอดช่วงระดับของช่องสัญญาณคลื่นวิทยุที่เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าแอมปลิจูดของสัญญาณคลื่นวิทยุที่สายอากาศของเครื่องรับสามารถมีค่าตั้งแต่ระดับไมโครโวลต์ไปจนระดับหลายโวลต์ ซึ่งแสดงถึงช่วงกว้างของสัญญาณที่เรียกว่า ช่วงไดนามิก(Dynamic Range)โดยปกติเครื่องรับมักมีกำลังขยาย(Gain)เพื่อที่จะทำให้ไม่สามารถเข้าใจข้อความที่ถูกส่งมาได้ โดยการใช้วงจรควบคุมกำลังขยายอัตโนมัติ กำลังขยายโดยรวมของเครื่องรับจะสามารถปรับโดยอัติโนมัติขึ้นอยู่กับสัญญาณขาเข้าหากสัญญาณที่ออกมาหลังวงจรตรวจจับสูงมาก วงจร AGC จะทำให้กำเนิดสัญญาณไฟกระแสตรงที่มีค่าความต่างศักย์ค่าสูงค่าหนึ่งซึ่งจะถูกป้อนย้อนกลับลดกำลังขยายของวงจรขยายความถี่กลาง

ปัญหาที่พบและสำคัญมากในวงจรซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์เมื่อความถี่กลางมีค่าต่ำก็คือเรื่องของ อิเมจฟรีเควนซี่(Image Frequency) ซึ่งมีลักษณะเป็นความถี่ที่อยู่ใกล้เคียงกับความถี่ที่ต้องการแต่อยู่สูงขึ้นไปสองเท่าของความถี่กลาง IF และอยู่ต่ำลงมากกว่าความถี่ที่ต้องการสองเท่า เมื่อความถี่อิมเมจฟรีเควนซี่เข้ามาในวงจรมิกเซอร์และได้ผลลัพธ์ของ สัญญาณความถี่กลางที่มีค่าความถี่เช่นเดียวกันกับสัญญาณจริง ทำให้สัญญาณที่ถูกเลือกมาผิดค่าเกิดเป็นสัญญาณรบกวนกับสัญญาณที่ต้องการสัญญาณอิมเมจอาจเกิดได้ในกรณีที่แถบความถี่มีการใช้งานอย่างหนาแน่นสัญญาณอีกช่องหนึ่งอาจเข้ามากวนสัญญาณช่องที่ต้องการได้วิธีการแก้ปัญหาเบื้องต้นก็อาจใช้วงจรจูนเพื่อเลือกเอาเฉพาะสัญญาณความถี่ที่ต้องการเข้ามาในเครื่องรับเท่านั้น และกำจัดสัญญาณอิมเมจออกไป แต่การแก้ไขสัญญาณดังกล่าวไม่สามารถทำได้ในวงจรเครื่องรับที่ต้องการใช้กับความถี่ในช่วงกว้าง วิธีการที่สองที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็คือเพิ่มค่าความถี่กลางสูงขึ้นก็จะทำให้การออกแบบวงจรยากขึ้น ดังนั้นการออกแบวงจรซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์ต้องออกแบบให้ความถี่กลางมีค่ามากที่สุดเพื่อลดผลของอิมเมจฟรีเควนซี่และในขณะเดียวกันต้องทำให้มีค่าน้อยที่สุดเพื่อที่จะให้ออกแบบวงจรได้ง่ายขึ้นที่ความถี่ต่ำวิธีแก้ปัญหาสัญญาณอิมเมจสุดท้ายที่นิยมก็คือใช้วงจรแปลงความถี่สองครั้งที่เรียกว่า ดูออลคอนเวอร์ชั่นซุปเปอร์เฮตเทอร์โรไดน์ (Dual Conversion Heterodyne Receiver) ซึ่งมีการแปลความถี่กลาง 2 ชุด ชุดแรกมี LO ที่สามารถปรับค่าได้ ส่วน LO ชุดที่สองคงที่เพื่อปรับค่าได้เล็กน้อย มิกเซอร์ชุดแรกจะแปลงให้สัญญาณมาอยู่ในความถี่กลางค่าสูง โดยจะช่วยในการลดปรากฏการณ์อิมเมจฟรีเควนซี่ ส่วนมิกเซอร์ชุดที่สองจะแปลงสัญญาณ IF ชุดแรกให้ต่ำลงสัญญาณ IF ความถี่ที่สองที่ให้ค่าซีเล็กติวิตี้ที่ดีกว่า วงจรออลคอนเวอร์ชั่น (Dual Conversion)มักใช้ในวงจรเครื่องรับความถี่คลื่นสั้น(Short Wave Receiver), เครื่องรับคลื่น VHF , UHF , และไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับแบบ AM จะมี IF ที่ 455kHz , 30MHz , 33859MHz

เครื่องรับแบบ FM จะมี IF ที่ 10.7MHz

เครื่องรับโทรทัศน์ จะมี IF ที่ 40-50MHz

เครื่องรับเรดาร์ จะมี IF ที่ 60MHz

เครื่องรับดาวเทียม จะมี IF ที่ 70MHz . 140MHz

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

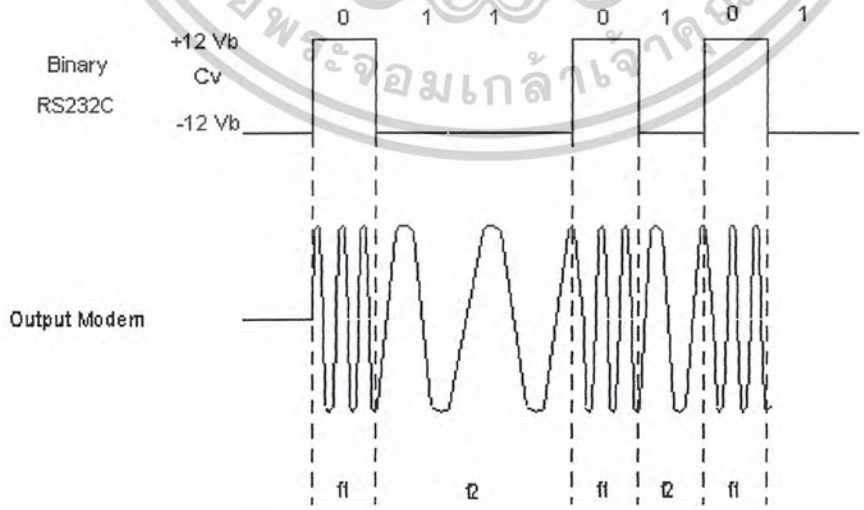
บทที่ 3
การรับ-ส่งข้อมูล Digital

3.1 โมเด็ม

โมเด็มย่อมาจาก Modulator Demodulator ใช้ในการแปลงสัญญาณลอจิกให้เหมาะสมก่อนที่จะส่งผ่านตัวกลางที่มีความกว้างของแถบคลื่นต่ำๆ อย่างเช่น สายโทรศัพท์ ทำไมสัญญาณทางลอจิกจึงส่งออกไปโดยตรงไม่ได้ นั่นเพราะสายโทรศัพท์ออกแบบให้ใช้กับการสื่อสารที่เป็นเสียงมนุษย์เท่านั้น แถบความกว้างช่องคลื่นแค่ 3 กิโลเฮิรตซ์เท่านั้นจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนสัญญาลอจิกให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมก่อนจะส่งออกไปในรูปของความถี่ที่สายโทรศัพท์รับได้-ข้างฝ่ายรับก็จำเป็นต้องเปลี่ยนสัญญาณที่ถูกแปลง กลับให้เป็นสัญญาณทางลอจิก อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้เรียกว่าโมเด็ม

3.1.1 การทำงานของโมเด็ม

เริ่มแรกทีเดียวการแปลงสัญญาณลอกจิกให้เหมาะสมกับการส่งไปในสายโทรศัพท์ใช้วิธีที่เรียกว่า Frequency Shift Keying คือ การใช้ความถี่ของเสียงสองความถี่แทนสัญญาณลอจิก “0” และ “1” ฝ่ายรับก็พยายามจับเอาสองความถี่ที่ว่านี้กลับเป็นสัญญาณลอจิก ความถี่ของเสียงทั้งสองต้องห่างกันพอที่จะแยกออกจากกันได้ โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และก็จะต้องไม่ห่างกันจนตกขอบเขตความสามารถสายโทรศัพท์จะนำไปได้ รูปที่ 2.1 แสดงถึงหลักการทำงานของ Frequency Shift Keying



รูปที่ 3.1 การแปลงสัญญาณของโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
55479

3.1.2 การทำงานของ Frequency Shift Keying

สัญญาณ FSK เป็นสัญญาณดิจิตอลที่ความถี่เปลี่ยนแปลงตามขนาดของเบสแบนด์พัลส์พีซีเอ็ม โดยทั่วไป FSK มักใช้ในการส่งข้อมูลความเร็วต่ำตามข้อกำหนดรายละเอียด CCITTV.21 และนิยมใช้ FSK ชนิดสองความถี่เท่านั้น เพราะ FSK noncoherent ชนิดสองความถี่สามารถกำเนิดและรับได้ง่ายทำให้มีราคาถูก

$$S1(t) = A\cos(\omega c+\omega d)t \quad , \text{ สำหรับสัญญาณมาร์ค } \quad 0 < t < T$$

และ

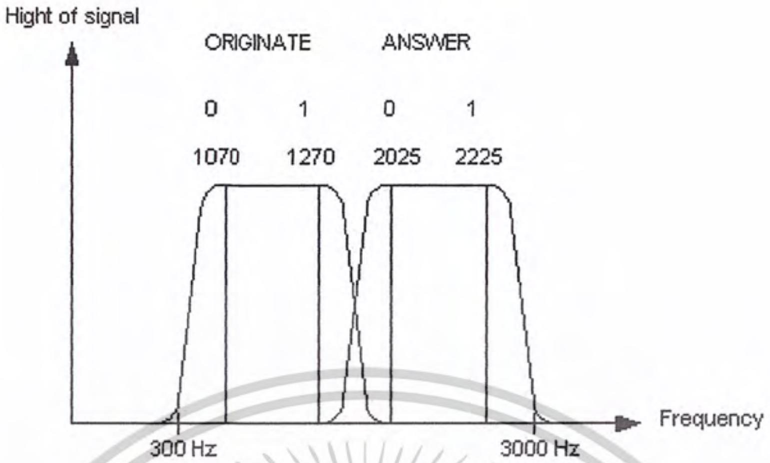
$$S1(t) = A\cos(\omega c-\omega d)t \quad , \text{ สำหรับสัญญาณสเปซ}$$

ในที่นี้ ω คือความถี่เบี่ยงเบน

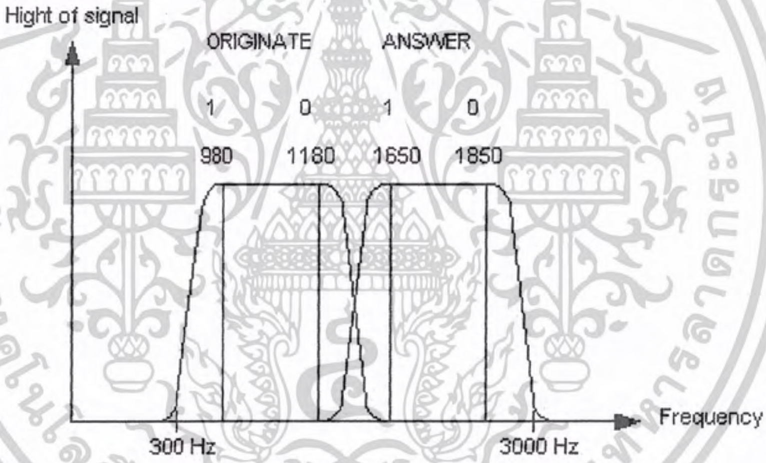
จะเห็นได้ว่า สัญญาณมาร์คมีความถี่ $\omega 1 = \omega c + \omega d$ และสัญญาณสเปซมีความถี่ $\omega 2 = \omega c - \omega d$ สัญญาณ FSK จึงเป็นสัญญาณดิจิตอลที่กำเนิดได้ง่าย โดยการสวิตซ์ไปมาของเครื่องกำเนิดสัญญาณ $\omega 1$ และเครื่องกำเนิดสัญญาณ $\omega 2$ สัญญาณ FSK ดังกล่าวจะมีเฟสไม่ต่อเนื่องที่รอยต่อสวิตซ์ แต่ถ้าค่อยๆเปลี่ยนเฟสของสัญญาณ FSK ตามขนาดของพัลส์พีซีเอ็มเช่น FSK ที่เกิดจากการ FM Modulate พัลส์พีซีเอ็มเป็นต้น

เนื่องจากแถบความถี่ที่สายโทรศัพท์ยอมให้ผ่านไปได้อยู่ในช่วง 300 – 3000 เฮริตซ์ เราสามารถแบ่งความถี่ในย่านนั้นออกเป็น4 คลื่นเสียงที่สำคัญ สำหรับสถานีส่ง 2 เสียงและสถานีรับ 2 เสียงเนื่องจากเราต้องการให้การติดต่อเป็น Full Duplex คือทั้งรับและส่งได้ในเวลาเดียวกัน จำเป็นต้องแยกสถานีออกเป็น 2 ฝ่าย ฝ่ายหนึ่งเรียกว่า Originate หรือฝ่ายเริ่มการติดต่อ และอีกฝ่ายหนึ่งเรียกว่า Answer ฝ่าย Originate จะใช้ความถี่สำหรับส่ง 2 ความถี่สำหรับสัญญาณลอจิก 0 และ 1 ฝ่าย Answer จะต้องใช้ความถี่อีก 2 ความถี่ที่แตกต่างไปจากฝ่ายส่ง(เพื่อป้องกันการรบกวนกันเอง) สำหรับแทนสัญญาณลอจิก 0 และ 1 จะได้รับและส่งในเวลาเดียวกันได้ คราวนี้ก็มาถึงปัญหาว่าความถี่ไหน ที่ใช้กันอยู่มีมาตรฐาน 2 แห่งที่ใช้กันคือระบบ CCITT ของบริษัทเบลล์เทเลโฟนสำหรับโมเด็มที่มีความเร็วไม่เกิน 300 บอร์ด ห้องปฏิบัติการวิจัยเบลล์ใช้มาตรฐาน 103 ส่วน CCITT ใช้มาตรฐานที่ชื่อว่า V.21 ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 มาตรฐานของโมเด็ม 103 โมเด็มแบบฟลูดูเพล็ก อัตราส่งต่ำ



รูปที่ 3.3 มาตรฐานของ CCITT โมเด็มแบบฟลูดูเพล็ก อัตราส่งต่ำ

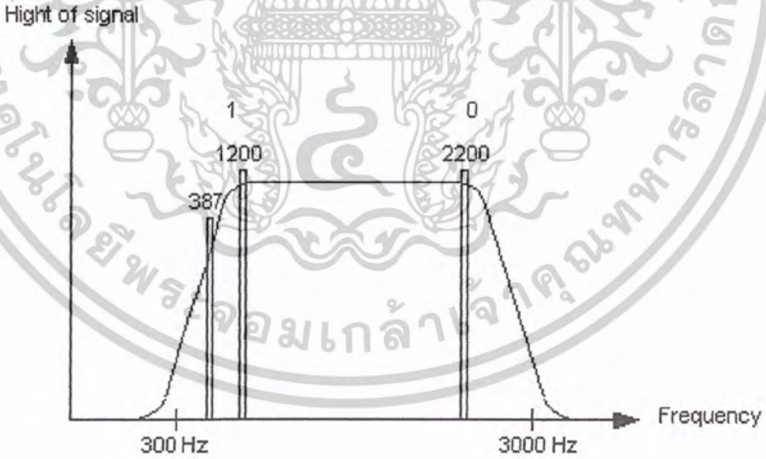
จากรูปจะพบว่าสถานีรับและสถานีส่งใช้ความถี่ต่างกันในการมอดดูเลตสัญญาณลอจิก 0 และ 1 การดีมอดดูเลต ก็จะต้องให้ตรงกับความถี่ของฝ่ายตรงข้ามที่ส่งมา ยกตัวอย่างเช่น โมเด็มชนิด 103 ถ้าหากใช้เป็นผู้ริเริ่มการติดต่อ(ซึ่งโดยมากผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เวลาติดต่อและเป็นฝ่ายที่เรีกับฝ่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่และเป็นฝ่ายที่เรียกว่า Originate จะส่งสัญญาณด้วยลอจิก 1 ด้วยความถี่ 1270 เฮริตซ์ ลอจิก 0 ด้วยความถี่ 1070 เฮริตซ์ ขณะเดียวกันจะต้องรับด้วยความถี่ 2025เฮริตซ์ และ 2225 เฮริตซ์ ทั้งรับและส่งของโมเด็มก็จำเป็นต้องมีวงจรกรองความถี่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นหลงเข้ามากวนเครื่องรับ วงจรกรองความถี่ที่จะต้องแยกแถบความถี่ของฝ่ายรับและส่งออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเด็มชนิด 103 เป็นมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ในอเมริกา ส่วน CCITT ใช้กันเกือบทั่วโลกรวมทั้งเมืองไทยด้วย

เนื่องจากความถี่เสียงที่ใช้มีความถี่ต่ำกว่าการมอดดูเลตแบบ FSK ย่อมทำให้การถ่ายโอนข้อมูลเร็วกว่าความถี่นั้นไม่ได้แน่นอน เนื่องจากวงจรรับจะต้องดีเท็กให้ได้ว่ามีความถี่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น อย่างน้อยความถี่จะต้องปรากฏให้เห็น 2 – 3 cycle เป็นอย่างน้อย ลองคำนวณดูง่ายๆความถี่ต่ำสุดอย่างน้อย 2 cycle ต่อการมอดดูเลท 1 บิท จะเห็นว่าการถ่ายโอนข้อมูลจะไปกว่า 500 บิทต่อวินาทีได้ยาก

ถ้าเราใช้เทคนิค FSK เหมือนเดิมแต่แยกความถี่ของ 2 เสียงที่ใช้แทน 0 และ 1 ให้ห่างกันจำนวน cycle ที่ใช้มอดดูเลทก็จะน้อยลง เราจะแยกความถี่ให้ห่างกันได้ก็ต้องส่งให้ทีละข้างหรือเป็นแบบฮาร์ฟดูเพลกซ์ ระบบเบลล์ 202 ใช้เทคนิคอันนี้ในการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1200 บอร์ดแบบฮาร์ฟดูเพลกซ์ โดยใช้ความถี่ 1200 แทนมาร์คและ 2200 แทนสเปส และเพื่อเป็นการประกันว่าฝ่ายรับกำลังรับอยู่ ฝ่ายรับจะส่งความถี่ 387 เฮริตซ์ควบกลับมาให้รู้ว่ากำลังรับอยู่ บางครั้งความถี่ 387 เฮริตซ์นี้อาจจะใช้ในการบอกฝ่ายส่งว่าข้อความที่ส่งมามีข้อผิดพลาดอยู่กรุณาส่งมาใหม่ดังรูปแสงสเปกตรัมของโมเด็มชนิด 202



รูปที่ 3.4 โมเด็มชนิดเบล 202 ฮาล์ฟดูเพล็กซ์

สำหรับ CCITT หรือที่ใช้กันในประเทศสากล มาตรฐานจะเป็นโมเด็ม V.023 ซึ่งจำลองมาจากเบลล์ 202 แต่แตกต่างกันตรงที่มีโหมดให้เลือก 2 โหมดคือ 500 บอร์ดและ 1200 บอร์ดโดยทั้ง 2 โหมดใช้ความถี่ต่างกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	มาร์ค	สเปซ
โหมด 1 (600 บอร์ด)	1300 Hz	1700 Hz
โหมด 2 (1200 บอร์ด)	1300 Hz	2100 Hz

นอกเหนือไปจากนั้น V.23 ยังสามารถให้ฝ่ายรับส่งข้อมูลกลับมาได้ด้วยความเร็ว 75 บอร์ด โดยใช้ FSK จริงๆ 390Hz แทนมาร์ค และ 450 Hz แทนสเปซ ในกรณีนี้สำหรับการติดต่อกับเทอร์มินอลที่ผู้ใช้ป้อยข้อมูลทางคีย์บอร์ดเนื่องจากความเร็วของการพิมพ์ของมนุษย์คงไม่มีใครทำได้เกิน 100 คำต่อนาทีลองคำนวณดูคราวๆ 1 คำใช้ 4 ตัวอักษร อักษร 1 ตัวใช้ 8 บิทบวกสตาร์ทบิทอีก 2 บิทรวมแล้ว 200 คำต่อนาทีเทียบเท่ากับ 40 คูณ 100 หาร 60 เท่ากับ 66 บิทต่อวินาที

3.2 ดิจิตอลแอมปลิจูดมอดดูเลชั่น(Amplitude shift keying)

เป็นเทคนิคที่ง่ายที่สุดของแคเรียมอดดูเลชั่นก็คือดับเบิ้ลไซด์แบนน์แคเรียแอมปลิจูดมอดดูเลชั่นด้วยสัญญาณไบนารี่

$$V(t) = A/2\,[1+m(t)](\cos\omega_c t)$$

โดยที่ $\omega_c t$ = ความถี่แคเรีย(rad/s)

$m(t)$ = สัญญาณไบนารี่ที่ใช้ในการมอดดูเลชั่น

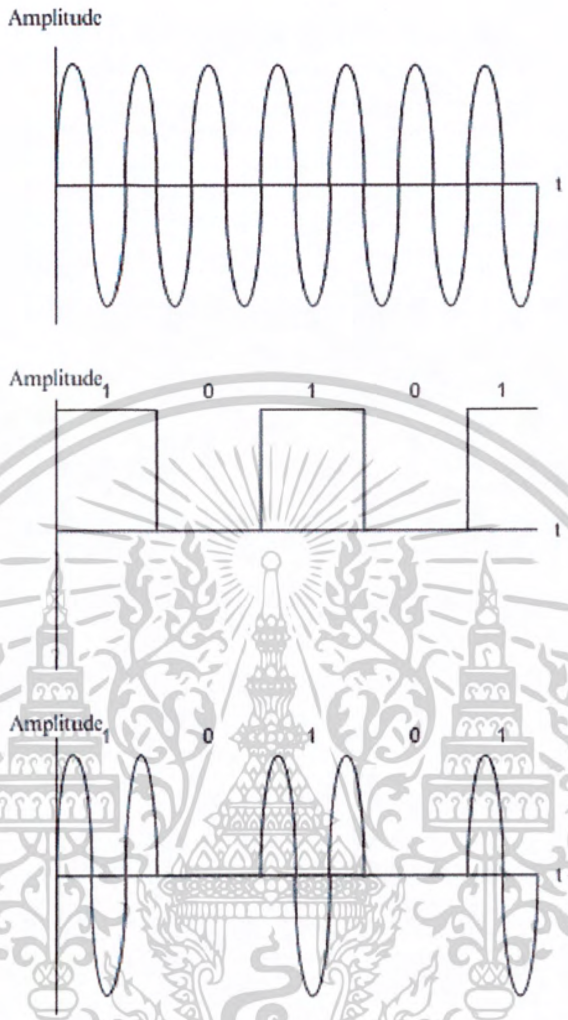
ถ้าหาก $m(t) = \pm 1$ และ 100% มอดดูเลชั่นคือ NO หรือ OFF แล้วจะเรียกว่า On-Off kying modulation (OOK)

สำหรับการใช้งานในลักษณะ DSB-SC (Double sideband suppressed carrier) มอดดูเลชั่นนั้นเราสามารถเขียนในรูปคณิตศาสตร์ได้เป็น

$$V(t)_{dsb} = A[1+m(t)](\cos\omega_c t)$$

เมื่อ $m(t) = 0$ หรือ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงรูปสัญญาณแคเรีย ,สัญญาณพัลส์และสัญญาณเมื่อมอดดูเลชั่นแล้ว ตามลำดับ

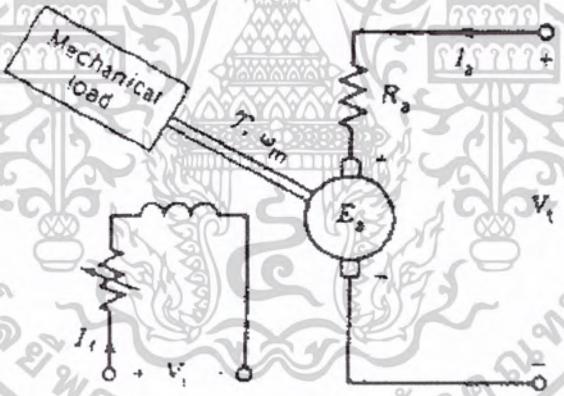
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

สำหรับโครงการนี้จะใช้มอเตอร์กระแสตรงในการขับเคลื่อนตัวรถเพราะมอเตอร์กระแสตรงสามารถควบคุมได้ง่าย ให้แรงบิดสูง และสามารถหาซื้อได้ง่าย

4.1 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง(DC Motor Structure)

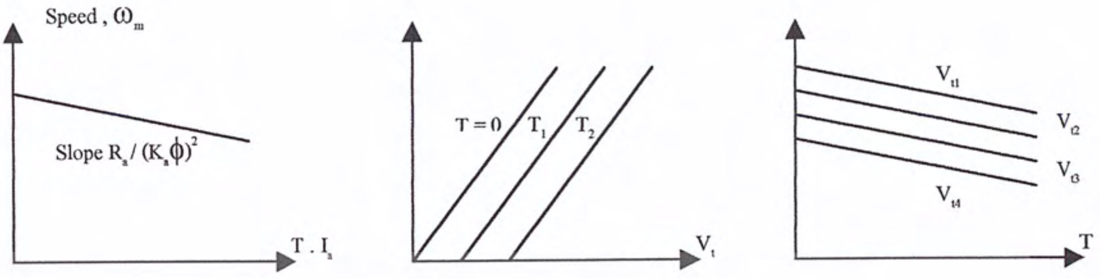
โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง โดดยพื้นฐานจะประกอบด้วยขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก(Field Winding) และขดลวด Armature โดยขดสร้างสนามอยาที่ตัว Stator และขด Armature จะอยู่ที่ตัว Rotor ของตัวมอเตอร์ ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 4.1 โครงสร้างพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง

แต่โครงสร้างของมอเตอร์ที่ใช้จริงในโครงงานนี้ ขดลวดที่สร้างสนามจะถูกเปลี่ยนเป็นแม่เหล็กถาวร โดยจะสร้างสนามแม่เหล็กที่มีค่าคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นการควบคุมมอเตอร์ชนิดนี้จึงสามารถควบคุมค่าแรงดัน (V_t) และกระแส (I_a) ได้เท่านั้น โดยความเร็วของมอเตอร์สามรถควบคุมได้จากแรงดัน (V_t) ของมอเตอร์ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (ω_m) ,ค่าแรงดัน (V_t) , กระแส (Ia) และ แรงบิด (T) แสดงดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ω_m , I_a และ T

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง ω_m , I_a และ T สามารถเขียนได้คือ

$$E_a = K_a\phi\omega_m = V_t - I_aR_a \qquad 5.1$$

$$T = K_a\phi I_a \qquad 5.2$$

ดังสมการความเร็วคือ

$$\omega_m = (V_t - I_aR_a) / K_a\phi = [V_t / K_a\phi] - [R_aT/ (K_a\phi)^2] \qquad 5.3$$

โดยที่

E_a คือ แรงดันเหนี่ยวนำย้อนกลับ (Back Eletromotive Force (emf))

K_a คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างแต่ละตัว

ϕ คือ เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก

ω_m คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์

I_a คือ กระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์

V_t คือ แรงดันที่ขั้วมอเตอร์

R_a คือ ความต้านทางของขดลวด armature

T คือ ค่าแรงบิดของมอเตอร์

ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่า ถ้าแรงดันที่ขั้วมอเตอร์ (V_t) เพิ่มขึ้น จะทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้นและถ้าหากโหลดเพิ่มขึ้น (แรงบิดเพิ่มขึ้น) มอเตอร์จะกินกระแสมากขึ้น ความเร็วของมอเตอร์จะลดลง

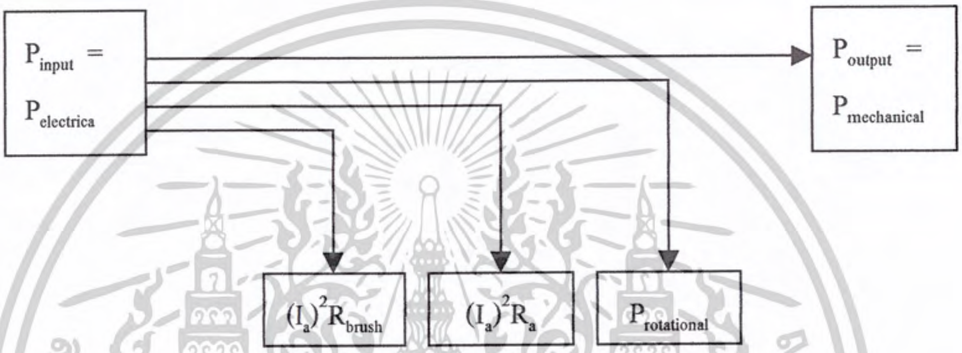
ประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ใช้ สามารถวัดได้จากกำลังทางกลที่ได้รับ และกินกำลังงานของไฟฟ้าที่ให้ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังกลที่ได้รับ (P_m) : $P_m = T\omega_m$

กำลังไฟฟ้าที่ให้ (P_c) : $P_c = V_t I_a$

การสูญเสียที่เกิดขึ้น จะเกิดขึ้นที่ความต้านทานของขด Armature ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(I_a)^2R_a$และการสูญเสียที่เกิดจากความต้านทานการแปลงถ่าน(Brush)ซึ่งเท่ากับ$(I_a)^2R_{brush}$ และการสูญเสียที่เกิดจากแรงเสียดทานที่ตัว Bearing($P_{rotational}$) และ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กำลังงานที่สูญเสียในมอเตอร์กระแสตรง

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ คือ

Efficiency = (Pout/Pin) x 100% —— 5.4a

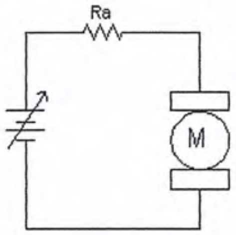
$= (T\omega_m / V_t I_a) \times 100\%$ —— 5.4b

$= [(V_t I_a - Losses)/ V_t I_a] \times 100\%$ —— 5.4c

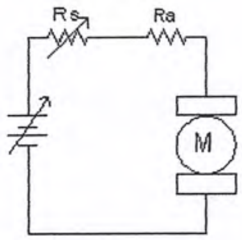
4.2 วงจรขับและป้องกัน(Driver and Protection Circuit)

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงสามารถทำได้โดยการปรับแรงดัน V_t ให้มีค่าต่างๆ กันโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันที่สามารถปรับค่าได้ (รูปที่ 4.4a) โดยการเพิ่มค่า Ra (รูปที่4.4b) หรือใช้วงจร switching (รูปที่4.4c) มาช่วยในการควบคุมค่าเฉลี่ยของแรงดัน V_t ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมกันมาก ซึ่งการควบคุมโดยอาศัยวงจร switching จะใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมาใช้ในการสวิตซ์

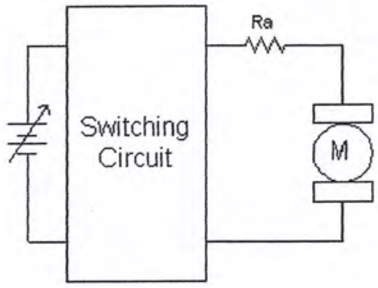
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4a



รูปที่ 4.4b

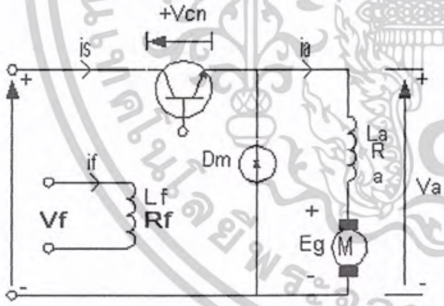


รูปที่ 4.4c

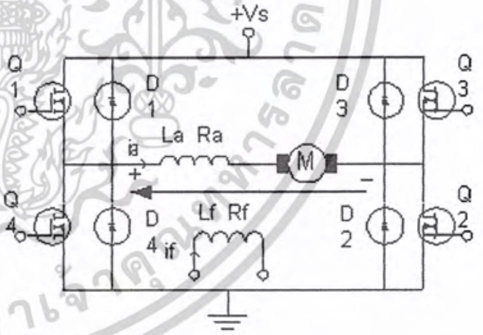
รูปที่ 4.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยการใช้แหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้ 4.4a , การปรับค่า Ra 4.4b , และการใช้วงจร switching 4.4c

หลักการทำงานพื้นฐานก็คือ ถ้าสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มี duty cycle ไม่เท่ากันจะทำให้ค่า Effective Value (RMS) และค่าเฉลี่ย ของสัญญาณไม่เท่ากันด้วย

วงจร Switching ที่สามารถใช้ควบคุมมอเตอร์กระแสตรงที่หลายหลากมาก เช่น วงจร Chopper (DC – to – DC converter) วงจร Inverter (DC – to – DC converter) ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 4.5aวงจร(DC–to–DC converter)



รูปที่ 4.5bวงจร (DC–to–AC converter)

รูปที่ 4.5 วงจร Converter

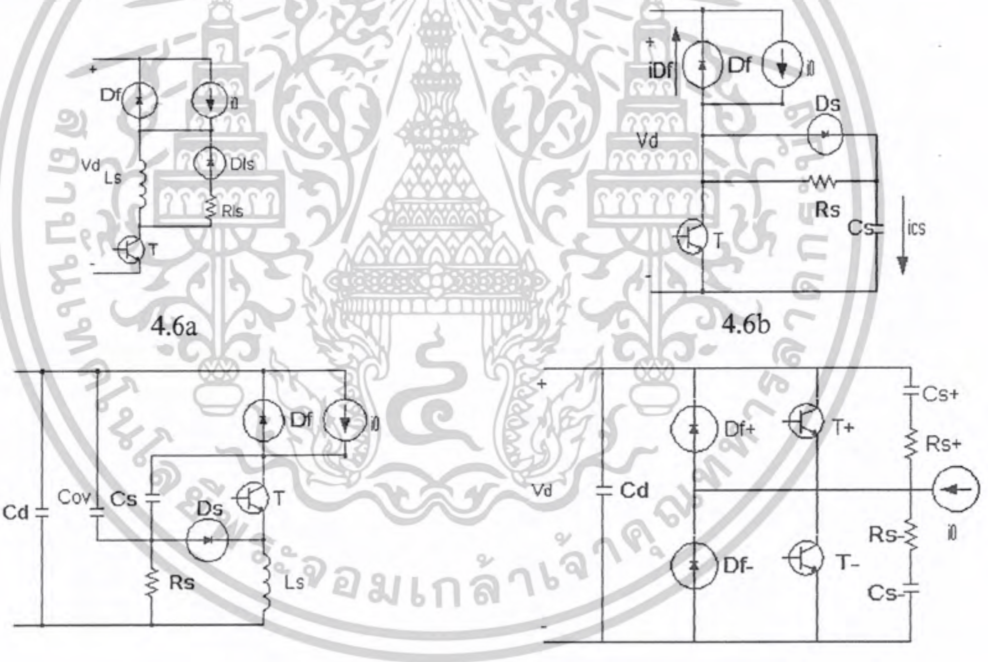
ในวงจรรูปที่ 4.5a เป็นวงจร Chopper ที่ทำการ Chop สัญญาณ DC ให้เป็นสัญญาณ รูปคลื่น สี่เหลี่ยมที่มี Duty Cycle ไม่เท่ากัน โดยการควบคุมการทำงานของสวิตซ์ก็คืออุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งอาจเป็นไปได้ทั้ง ทรานซิสเตอร์ SCR MOSFET ฯลฯ

การทำงานของวงจรจะเริ่มถ้าสวิตซ์ปิด (ทรานซิสเตอร์ Turn on) จะทำให้ไดโอดถูก reverse bias กระแสก็จะไหลผ่านมอเตอร์ แต่ถ้าหากสวิตซ์เปิด (ทรานซิสเตอร์ Turn off) จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ที่มีคุณสมบัติเป็นตัวเหนี่ยวนำจะสร้าง back emf ซึ่งจะทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ในทิศทางเดิมโดยไหลผ่านไดโอดซึ่งขณะนี้จะถูก forward bias เนื่องจากผลของ back emf ซึ่งไดโอดนี้จะถูกเรียกว่าเป็น Free wheeling diode ซึ่งช่วยป้องกันอุปกรณ์ Switching ไม่ให้เสียหายเนื่องจากผลของ back emf

วงจรรูป 4.5b เป็นวงจร inverter แบบ full bridge การควบคุมการหมุนไหลของกระแสและศักดาที่คร่อมโหลดสามารถทำได้ในทิศทางที่ต่างๆกัน คือ เป็น4-Quadrant ซึ่งถ้าหากโหลดเป็นตัวมอเตอร์กระแสตรงก็สามารถจะหมุนกลับทิศทางได้โดยการควบคุมกระแสและศักดาที่ตัวมอเตอร์ ซึ่งถ้าทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 จะทำงานพร้อมกันกระแสและศักดาก็จะมีทิศทางบวก แต่ถ้า Q3 และ Q4 ทำงานพร้อมกัน กระแสและศักดาก็จะมีทิศทางลบ ส่วนไดโอด D1-D4 ทำหน้าที่เป็น Free wheeling diode ซึ่งจะป้องกันทรานซิสเตอร์ไม่ให้ได้รับความเสียหายขณะที่ Turn off



4.6c 4.6d

รูปที่ 4.6 วงจรป้องกัน ขณะTurn on (4.6a) , ขณะTurn off (4.6b) , วงจรปรับปรุงให้มีการป้องกันทั้ง Turn on และ Turn off (4.6c) และวงจรป้องกันของวงจรแบบ bridge (4.6d)

การป้องกันความเสียหายของทรานซิสเตอร์ที่ Turn on และ Turn off นั้นมีหลายรูปแบบ ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งการใช้งานจริงอาจไม่จำเป็นจะต้องใช้การป้องกันมากนัก ถ้าหากใช้งานด้านอิเล็กทรอนิกส์เล็กๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
พอร์ตอนุกรม

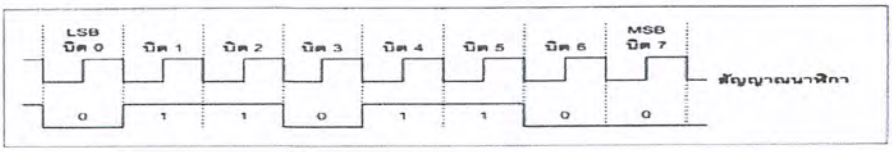
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม

มีทางเลือกอยู่ 2 ทางในการที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆหรือคอมพิวเตอร์ด้วยกันนั่นคือการรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม การรับส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการรับส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะการรับและการส่งข้อมูลทำได้ที่ความเร็วสูง ซึ่งก็หมายความว่าจำนวนสายที่ใช้ส่งข้อมูลจะต้องมีมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนข้อมูลที่จะส่งด้วย นอกจากนี้ยังจะต้องรวมถึงสายที่ใช้สำหรับการควบคุมและการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลที่จะส่งก็ได้ ซึ่งก็เป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักมีราคาแพง
ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้คราวละหลายๆบิตได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่าจะส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน ในด้านจำนวนสายส่งสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่ามาก อย่างน้อยที่สุดใช้เพียง 2-3 เส้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมก็สามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่า

5.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนอีกเส้นจะเป็นสัญญาณข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูล และกราวนด์ รูป 5.1 แสดงให้เห็นถึงไทมิ่งไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 รูปแบบอย่างง่ายของข้อมูลอนุกรม

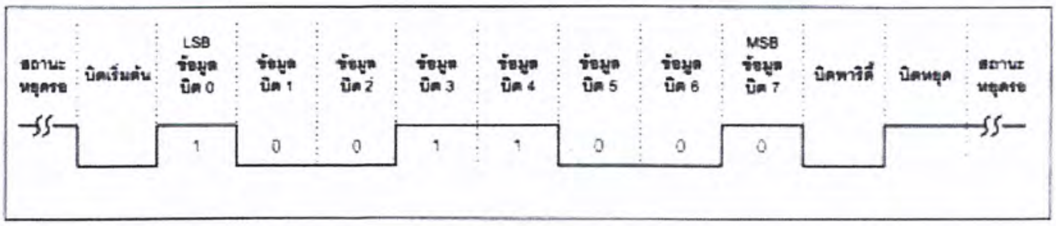
5.1.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิโครนัสคือการรับส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีการใช้สัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิการภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (Baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per secone : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลและอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิต หรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit)

รูป5.2 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส ซึ่งเมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ขา DATA จะมีสถานลอจิก “1” ซึ่งเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (Waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก “0” ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจมีจำนวนบิต 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นจะตามด้วยบิตพาริตี้ ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้าย ซึ่งจะใช้ขาดาต้ามีสถานะลดจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



รูปที่ 5.2 รูปแบบอย่างง่ายของข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสถูกเรียกว่ากัน Universal Asynchronous Receiver/Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ ค่าบอดเรต ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลบอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรมRS-232ได้แก่ 110,150, 300, 600, 1200, 2400, 9600 และ19200 บิตต่อวินาที่ และมีค่ามากเพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรตคือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่าง ข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิตความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตี้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd), แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก “1” ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ โดยต้องรวมบิดพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต และมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 10011001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิกเป็น “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าในบิตพาริตี้จะมีต้องลอจิกเป็น “0” แต่ถ้าเป็นพาริตี้คี่ ค่าที่บิตพาริตี้จะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้มีจำนวนลอจิกที่เป็น “1” มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่ ในตาราง แสดงตัวอย่างของบิตพาริตี้ในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

ตารางที่ 5.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล

ข้อมูล	บิตพาริตี้	บิตพาริตี้
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	0	1
11111111	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART ซึ่งทางภาครับจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งค่าพาริตี้บิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ UART เบอร์ 8250 UART ชิบเหล่านี้มีระดับแรงดันเป็นแบบทีทีแอล (0 และ +5v) แต่เพื่อให้มีแรงดันเป็นมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอจิก "0" มีระดับแรงดัน +3v ถึง +12v ในขณะที่ลอจิก "1" มีระดับแรงดัน –12v

5.1.2 มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232

มาตรฐานการเชื่อต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยกรรมการที่เรียกว่า *สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์* (Electronic Industries Assocition :EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ –3 ถึง –12v แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12v แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้ทำการกำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equiqment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

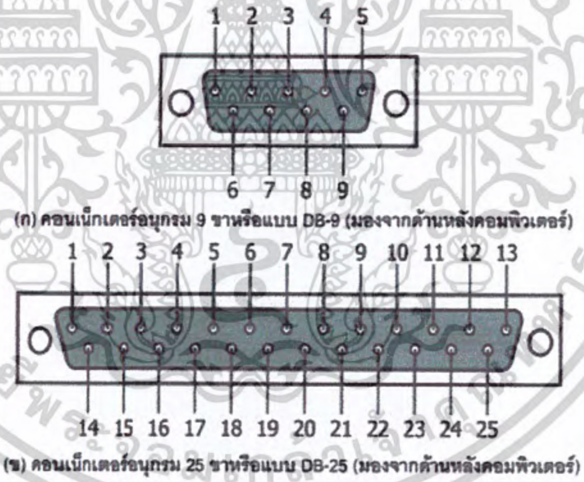
ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อีกอย่างที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักจะถูกใช้เชื่อมต่อโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุด 20 เมตรคอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232

5.1.3 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่อง

จากขาอื่นๆที่เคยใช้ในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูป 5.3



รูปที่ 5.3 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232 DB-25 และDB-9

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบ คอนเน็กเตอร์ DB-9 กับ DB-25

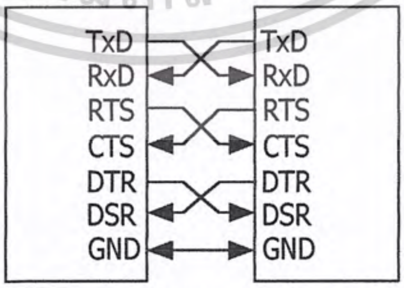
คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Data Terminal Data : TxD	เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	20	Data Teminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	ReQuest To send :RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

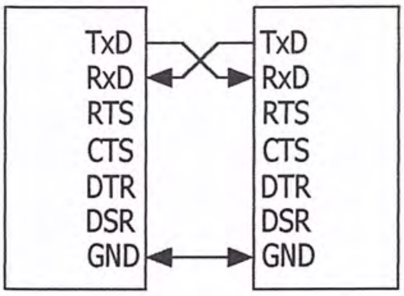
สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงในรูป 5.4 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางข้อมูล ในรูป เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปเป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดการทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้

- Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : DC ขานี้จะแอกตีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- Receive Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์
- Tranmitted Data : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป



(ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ แบบ Null Modem

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ แบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณ 3 เส้น

รูปที่ 5.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ

- Data Terminal Ready :DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DAR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต่อต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์
- Signal Ground : GND ขากราวด์ของระบบ
- Data Set Ready : DSR ขานี้จะใช้คู่กับขาก DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
- Request To Send : RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null modem 3 สาย จะต้องเชื่อมขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- Clear To Send : CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อที่ขา DxT จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่
- Ring Indicator : RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 UART

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UARTถือเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UARTให้เป็นแบบขนานก่อนส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UARTจะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต) , รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจาก พาริตี้, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบ โปรแกรมได้ (programamble buadrate generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65535 UARTสามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์(half duplex) และฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex) โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กนั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

5.1.5 ชนิดของ UART

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UARTที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์คือ 8250 ซึ่งเป็น UART มาตรฐานที่ใช้กันมายาวนาน UARTเบอร์นี้จะมีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและการส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ UARTเบอร์นี้ก็ถือว่าเป็นต้นแบบของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุกๆรุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UART เบอร์นี้

UART อีกเบอร์หนึ่งคือ 16450 มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 115200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของชิฟต์รีจิสเตอร์แบบ FIFO(First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนการรับส่งข้อมูลที่ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ปัจจุบันใช้ UARTเบอร์นี้หรือใหม่กว่า เช่น เบอร์ TL16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบ FIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5v และ –5v และมีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาทีเมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 Mhz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการส่งข้อมูลที่มากมายของ UART เบอร์ใหม่ๆ ก็ไม่ได้ช่วยให้การรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ยังใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในการแปลงข้อมูลเพียง 1.8432 Mhz เท่านั้น

5.1.6 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรม RS-232 สูงสุดได้ 4 พอร์ต ซึ่งจะมีชื่อเรียกเป็น COM1, COM2, COM3, และ COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวต่างก็ใช้งาน UARTภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน

ในรูป 6.5 แสดงไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรม ซึ่งประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 8 ตัวที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอรภายในพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่าง พอร์ตอนุกรม COM1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 3f8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆจะเป็นตำแหน่งที่บวกเข้าไปกับค่า 3F8H โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

00H เป็นรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

01H รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ ใช้ในการเซตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม

02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดของการอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับโมเด็ม เช่น RTS หรือ DTR

05H รีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD,RI,DSR และ CTS

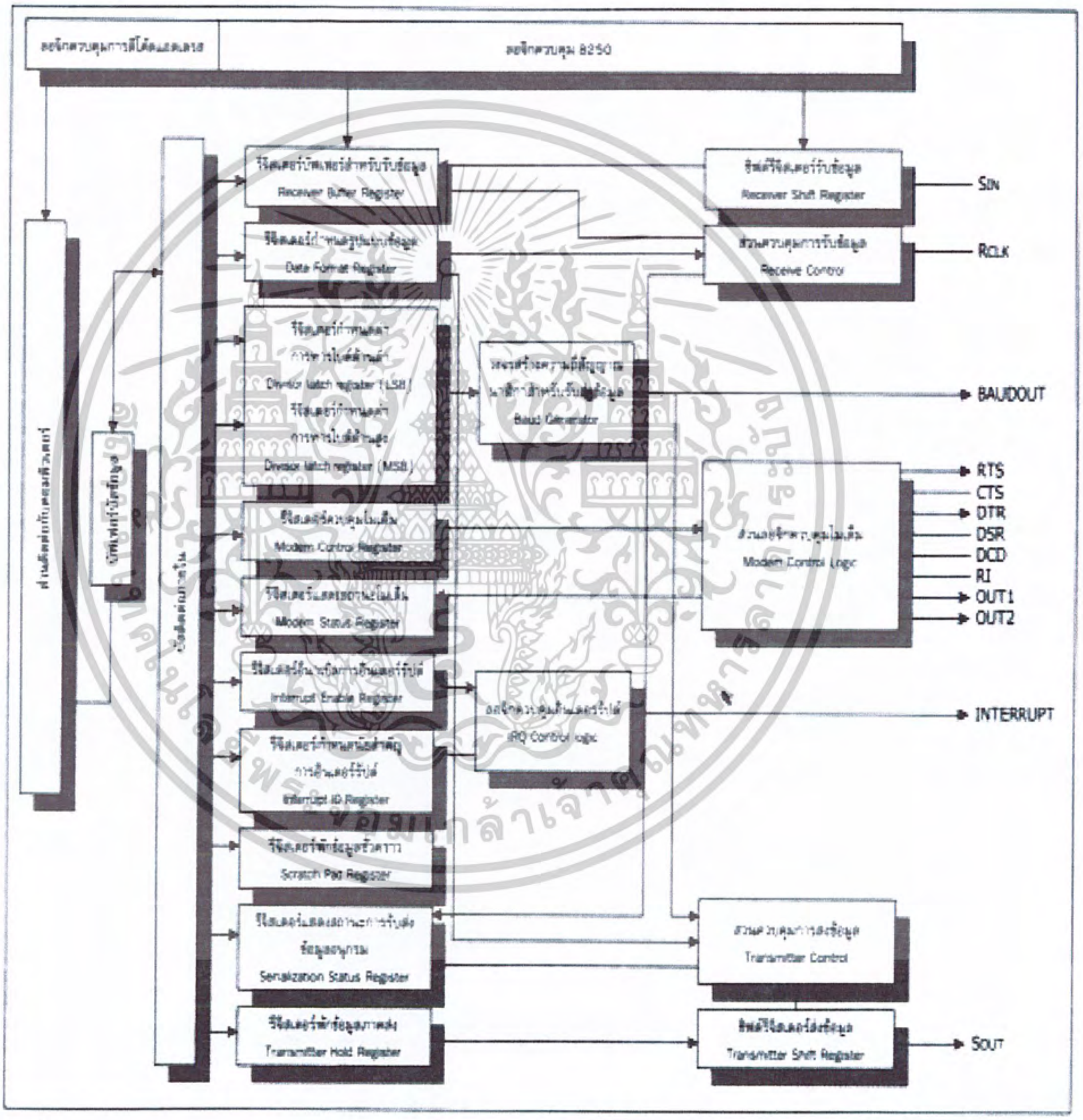
07H รีจิสเตอร์สำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว

5.1.6.1 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H : รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาและข้อมูลที่จะส่งออกไป โดยการติดต่อกับรีจิสเตอร์นี้เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการจะส่งต้องกำหนดให้บิต DLAB ในรีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล (03H) จะต้องมีสถานะเป็น 0 ซึ่งการเขียนข้อมูลมายังแอดเดรสนี้ เป็นการส่งข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลและข้อมูลจะถูกส่งไปแบบอนุกรม สำหรับการส่งรับข้อมูล เมื่อข้อมูลที่รับเข้ามาเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแปลงเป็นขนานแล้ว ข้อมูลจะถูกส่งมายังรีจิสเตอร์เก็บข้อมูล หลังจากมีการอ่านรีจิสเตอร์นี้ออกไปรีจิสเตอร์จะถูกเคลียร์ และเตรียมพร้อมสำหรับการรับข้อมูลในไบต์ต่อไป



รูปที่ 5.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.6.2 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H : รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์

เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการอีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ ซึ่งเป็นการกำหนดให้ UARTสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้นมา ฟังก์ชั่นการทำงานในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์มีดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	**0**	**0**	**0**	**SINP**	**ERBK**	**TBE**	**RxRD**

บิต 4-7 บิตเหล่านี้ไม่ถูกใช้งาน กำหนดให้เท่ากับ "0"

SINP อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนสถานะที่ขาอินพุต CTS,DSR,DCD หรือขา RI

ERBK อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดความผิดพลาดขึ้นด้วยสาเหตุจาก พาริตี้, โอเวอร์รัน, เฟรมข้อมูล หรือการเบรกข้อมูล

"1" อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์

"0" ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

TBE อีนาเบิลอินเตอร์รัปต์เมื่อรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง

"1" อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์

"0" ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

RxRD อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ได้รับข้อมูล

"1" อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์

"0" ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

5.1.6.3 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H : รีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานะการอินเตอร์รัปต์มีรายละเอียดของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**ID1**	**ID0**	**PND**

บิต 3-7 ไม่ได้ใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ "0"

ID1,ID0 ใช้งานร่วมกันเพื่อแจ้งสาเหตุของการเกิดการอินเตอร์รัปต์

"00" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขาอินพุทขึ้น การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 4

"01" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่างขึ้น การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 3

"10" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บลงในรีจิสเตอร์บัฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟอร์สำหรับรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 2

"11" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการถ่ายทอดข้อมูลหรือการเบรก (break : เกิดการหยุดถ่ายทอดข้อมูลกระทันหัน) การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 1 หรือมีนัยสำคัญสูงสุด

PND ใช้แสดงสถานะของการเกิดการอินเตอต์รัปต์

"1" แสดงว่าไม่มีการอินเตอร์รัปต์

"0" แสดงว่ามีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

เมื่อมีการสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้น จะต้องมีการเคลียร์ค่าก่อนที่จะให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ครั้งต่อไป โดยสามารถทำได้ดังนี้

- ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขาอินพุทจะต้องอ่านค่าจากรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H) หรืออ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานะอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H)
- ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่าง จะต้องเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ส่งข้อมูล (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H) หรืออ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H) เพื่อเคลียร์ค่าการอินเตอร์รัปต์
- ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเก็บข้อมูลลงในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเรียบร้อย จะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
  ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลหรือการเบรก จะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

5.1.6.4 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 03H : รีจิสเตอรกำหนดรูปแบบของข้อมูล มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
DLAB	**BRK**	**PAR2**	**PAR1**	**PAR0**	**STOP**	**DAB1**	**DAB0**

DLAB ใช้ในการกำหนดหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (00H)

"1" เป็นการเข้าสู่โหมดการหารค่าบอดเรต

"0" เป็นการเข้าถึงรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H) และรีจิสเตอร์สำหรับอีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H)เมื่อบิต DLABเป็น "1" รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (00H) และรีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์(01H)จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สำหรับโหลดค่าการหารความถี่สำหรับกำหนดบอดเรตโดยรีจิสเตอร์00H เก็บค่าบอดเรตสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

บอดเรต = 115200/ค่าตัวหาร 16 บิต

ค่าตัวเลข 115200 มาจากความถี่คริสตอลในวงจร UART ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์คริสตอลที่ใช้มีความถี่ 1.8432 MHz วงจรภายใน UARTจะทำการหารค่าความถี่นี้ด้วย 16 ทำให้ได้ค่าความถี่115200 Hz ออกมา

ค่าตัวหาร 16 บิต = ข้อมูลในรีจิสเตอร์ 00H+(256xข้อมูลในรีจิสเตอร์ 01H)

สมมุตว่าต้องการค่าบอดเรตเท่ากับ 9600 ค่าตัวหารที่ใช้จะต้องมีค่าเท่ากับ12 ซึ่งค่านี้จะต้องถูกโหลดลงในรีจิสเตอร์ 00H และ โหลดค่า 0 ลงในรีจิสเตอร์01Hค่าตัวหารทีทำให้เกิดค่าบอดเรตสูงสุดที่ 115200บิตต่อวินาทีคือค่า 0001 นั่นคือ รีจิสเตอร์ 00H มีค่าเท่ากับ 1 และรีจิสเตอร์01Hมีค่าเท่ากับ 0

BRK ใช้ควบคุมการหยุดถ่ายทอดข้อมูล

"1" สามารถหยุดหรือเบรกได้

"0" ไม่มีการหยุดหรือเบรกได้

PAR2, PAR1, PAR0 ใช้เพื่อกำหนดพาริตี้

"000" ไม่ใช้บิตพาริตี้

"001" กำหนดพาริตี้คี่

"011" กำหนดพาริตี้คู่

"101" มาร์ก (mark)

"111" ช่องว่าง (space)

STOP ใช้กำหนดจำนวนบิตปิดท้าย

"1" มีบิตปิดท้าย 2 บิต

"0" มีบิตปิดท้าย 1 บิต

DAB1, DAB0 ใช้ร่วมกันในการกำหนดจำนวนบิตของข้อมูลที่ต้องการถ่ายทอด

"00" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 5 บิต

"01" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 6 บิต

"10" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 7 บิต

"11" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 8 บิต

5.1.6.5 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 04H : รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	**0**	**0**	**LOOP**	**OUT2**	**OUT1**	**RTS**	**DTR**

บิต 5-7 ไม่มีการใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ 0

LOOP "1" อีนาเบิลการส่งค่ากลับ

"0" ดิสเอเบิล

OUT1, OUT2 "1" อีนาเบิลการใช้งานภายใน

"0" ดิสเอเบิล

RST ใช้ควบคุมการทำงานของขา RST (Ready To Send)

"1" อีนาเบิล

"0" ดิสเอเบิล

DTR ใช้ควบคุมการทำงานของขา DTR (Data Terminal Ready)

"1" อีนาเบิล

"0" ดิสเอเบิล

5.1.6.6 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 05H : รีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ UART

ใช้งานร่วมกับรีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานะของการอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H) เพื่อใช้แสดงสาเหตุของการเกิดอินเตอร์รัปต์ มีรายละเอียดหน้าที่แต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	**TXE**	**TBE**	**BREK**	**FRME**	**PARE**	**OVFE**	**RxRD**

TXE (Transmitter Empty) "1" แสดงว่ารีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง

"0" แสดงว่ายังคงมีข้อมูล 1 ไบต์เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล

TBE (Transmitter Buffer Empty) "1" รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง

"0" ยังคงมีข้อมูล 1 ไบต์เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล

BREK (Brek "1" UART ตรวจสอบการเบรก

"0" ไม่มีการเบรก

FRME (Frme Error) "1"UART ตรวจพบความผิดพลาดด้านเฟรมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	"0" ไม่พบความผิดพลาดด้ายเฟรมข้อมูล
PARE (Parity Error)	"1"UART ตรวจสอบพบความผิดพลาดทางพาริตี้
	"0" ไม่พบความผิดพลาดทางพาริตี้
OVRE (Overrun Error)	"1"UART ตรวจพบความผิดพลาดแบบโอเวอร์รัน
	"0" ไม่พบความผิลพลาดแบบโอเวอร์รัน
RxRD (Received Data Ready)	"1" มีการรับข้อมูลเข้ามาเก็บไว้ในบัฟเฟอร์
	"0" ไม่มีข้อมูล

5.1.6.7 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H : รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม

ใช้เพื่อกำหนดสถานะสัญญาณอินพุต ของพอร์ตอนุกรม RS-232 ซึ่งได้แก่สัญญาณ DCD, DSR, CTS และ RI สำหรับการเชื่อมต่อใช้งานเอนกประสงค์ ดังมีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตต่อไปนี้

บิต 7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
DCD	**RI**	**DSR**	**CTS**	**DDCD**	**DRI**	**DDSR**	**DCTS**

DCD	ใช้แสดงสภาวะของขา DCD
	"1" แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอจิก "1"
	"0" แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอจิก "0"
RI	ใช้แสดงสภาวะของขา RI
	"1" แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอจิก "1"
	"0" แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอจิก "0"
DSR	ใช้แสดงสภาวะของขา DSR
	"1" แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอจิก "1"
	"0" แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอจิก "0"
DCTS (Delta Clear To Send)	ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต CTS
	"1" แสดงว่าบิต CTS (Clear To Send) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว
	"0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว
DDSR (Delta Data Set Ready)	ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต DSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	"1" แสดงว่าบิต DSR (Data Set Ready) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว
	"0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว
DRI (Delta Ring Indicator)	ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต RI
	"1" แสดงว่าบิต RI (Ring Indicator) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว
	"0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว
DCTS (Delta Data Carrier Detect)	ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต DDCD
	"1" แสดงว่าบิต CTS (Cleat To Sent)เกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว
	"0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว
DCTS (Delta Clear To Sent)	ใช้แสดงสภาวะของขา CTS
	"1' แสดงว่าที่ขา CTS เป็นลอจิก "1"
	"0" แสดงว่าที่ขา CTS เป็นลอจิก "0"

5.1.6.8 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 07H : รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว

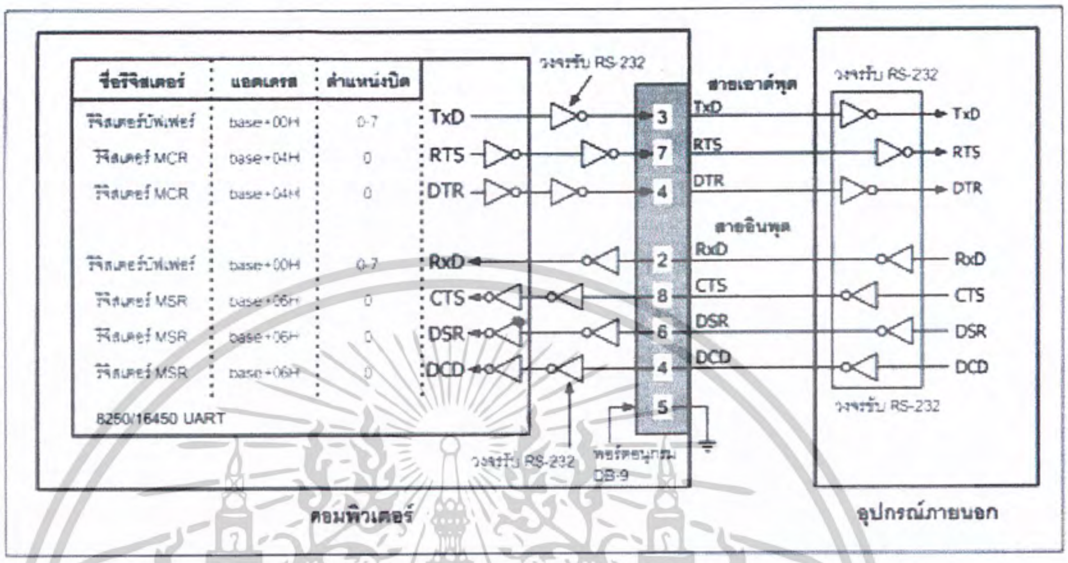
ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำแรมขนาด 1 ไบต์ การอ่านและเขียนข้อมูลที่รีจิสเตอร์ตัวนี้ไม่ส่งผลใดๆต่อการทำงานของ UART

5.1.7 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTR) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต (CTS, DSR และ DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและภาครับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจาก UART จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับเดียวกัน แต่วงจรขับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ ดังแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมในรูป 5.6



รูปที่ 5.6 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ทอนุกรม

5.1.8 แอดแดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ

COM1 : 3F8H

COM2 : 2F8H

COM3 : 3E8H

COM4 : 4E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดแดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออดตรวจสอบพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดดเดรสที่ตรวจสอบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000 : 0400H และ 0000 : 4010H ส่วนตำแหน่งอื่นๆมีรายละเอียดดังนี้

COM2 = 0000 : 0402H-0000 : 0403H

COM3 = 0000 : 0404H-0000 : 0405H

COM4 = 0000 : 0406H-0000 : 0407H

นอกจากนี้ที่หน่วยความจำแอดเดรส 0000 : 0411H ยังใช้สำหรับแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วยโดยมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5.3

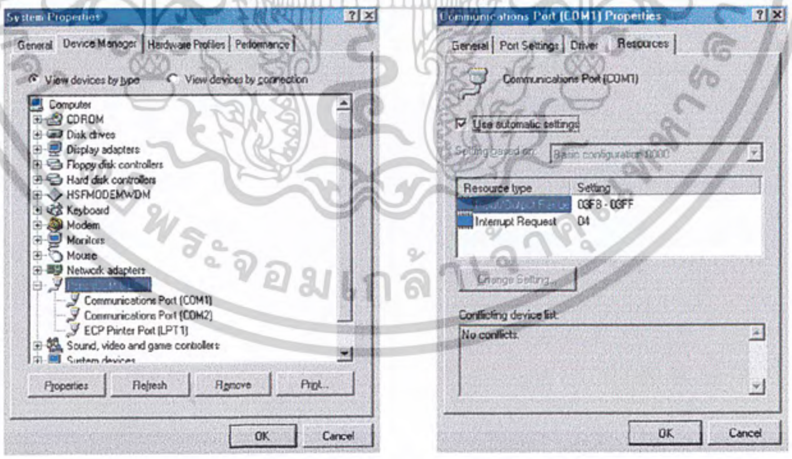
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงข้อมูลในแอดแดรส 0000:0411H

บิต	บิต	บิต	จำนวนพอร์ต
0	0	0	ไม่มีพอร์ตอนุกรม
0	0	1	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	0	มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต
0	1	1	มีพอร์ตอนุกรม 3 พอร์ต
1	0	0	มีพอร์ตอนุกรม 4 พอร์ต

5.1.9 การหาค่าตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

การหาค่าตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้ดังนี้ สามารถดูได้จากวินโดวส์ โดยไปที่ Control Panel เรียก System ⇒ Device Manager ⇒ Port (COM & LPT) จากนั้นเลือกพอร์ตอนุกรมที่ต้องการดูค่าดังรูปแล้วเลือก Properties ⇒ Resource ดังแสดงในรูป 5.7 ซึ่งในหน้าต่างนี้จะแสดงทั้งตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมนั้นๆรวมถึงตำแหน่งของอินเตอร์รัปต์ที่ใช้ด้วย



รูปที่ 5.7 แสดงตำแหน่งแอดแดรสของพอร์ทอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โปรแกรม Visual Basic

Visual Basic เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาแอปพลิเคชั่นสำหรับวินโดวส์ตัวแรกที่ประสบความสำเร็จอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากแนวความคิดที่จะนำเอาความสามารถของคอนโทรลมาใช้ในการออกแบบโปรแกรม เพราะคอนโทรลเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดความซับซ้อนในการเขียนโค้ดโปรแกรมลงได้มาก และนอกจากนี้คอนโทรลยังมีส่วนที่แสดงผลเพื่อสื่อความหมายของการทำงานระหว่างคอนโทรลและผู้ใช้ได้อีกด้วย ส่วนการใช้งานก็ไม่ได้มีความซับซ้อนเพียงแต่ผู้ใช้ทำการเชื่อมต่อคอนโทรลเข้ากับสภาพแวดล้อมของ Visual Basic จากนั้นก็สามารถที่จะนำมาเพิ่มลงในฟอร์มได้ทันที สำหรับ Visual Basic 6.0 ได้มีการแบ่งคอนโทรลออกเป็น 4 กลุ่มหลักๆดังนี้

1. คอนโทรลภายใน (Intrinsic control) เช่น Combox, Command Button หรือ Picture Box เป็นต้น ซึ่งเป็นคอนโทรลที่ถูกสร้างลงในสภาพแวดล้อมของ vb.exe ดังนั้นทุกครั้งที่ผู้ใช้โหลด Visual Basic สามารถนำคอนโทรลเหล่านี้ออกจากกล่องเครื่องมือได้ทันที่ ดังนั้นจึงจัดได้ว่าเป็นคอนโทรลมาตรฐาน (Standard Control) กลุ่มหนึ่งของ Visual Basic

2. คอนโทรลมาตรฐาน (Standard Control) เป็นคอนโทรล ActiveX ที่ถูกสร้างเป็นไฟล์ .ocx ที่แยกออกมาต่างหาก เช่น DBGrid (Apex data-bound grid),MSFlexGrid หรือ CommonDialog เป็นต้น ดังนั้นก่อนที่จะสามารถใช้งานคอนโทรลในกลุ่มนี้ได้เราต้องทำการเชื่อมไฟล์ .ocx เหล่านี้เข้ากับสภาพแวดล้อมของ Visual Basic เสียก่อน โดยใช้คำสั่ง Components ในเมนู Project

3. คอนโทรลร่วมวินโดวส์ (Windows Common Control) เป็นคอนโทรล ActiveX ที่ถูกสร้างเป็นไฟล์ .ocx ที่ต้องใช้งานร่วมกับไฟล์ .dll ของวินโดวส์ เช่น RichTextBox, Slider หรือ StatusBar เป็นต้น เช่นเดียวกับคอนโทรลมาตรฐาน เพียงแต่คอนโทรลในกลุ่มนี้ได้ถูกจัดเป็นคอนโทรลพื้นฐานของวินโดวส์ 95 ซึ่งจะติดมากับวินโดวส์ 95 โดยที่คอนโทรลร่วมกับวินโดวส์จะถูกจัดเก็บลงในไฟล์ conctl32.ocx และ conct232.ocx

4. คอนโทรล ActiveX รุ่นมืออาชีพ (Professional ActiveX Control) เป็นคอนโทรล ActiveX ที่ถูกสร้างเป็นไฟล์ .ocx เช่นเดียวกับคอนโทรลมาตรฐาน เช่น MSComm (Communication), MapiMessages (MAPI message) หรือ MMControl (Multimedia MCI) เป็นต้น แต่คอนโทรลในกลุ่มนี้ได้ถูกสร้างและแจกจ่ายมากับ Visual Basic รุ่น Professional และ Enterprise เท่านั้น

5.2.1 คุณสมบัติแสดงค่าของคอนโทรลที่สำคัญๆที่ได้นำมาใช้กับโครงงาน

คอนโทรลทั้งหมดที่มากับ Visual Basic ไม่ว่าจะเป็นคอนโทรลภายในหรือ ActiveX จะมีคุณสมบัติตัวหนึ่งที่ถูกใช้สำหรับการกำหนดค่า (Value) หรืออ่านค่าจากคอนโทรล และคุณสมบัตินี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ถูกกำหนดให้เป็นคุณสมบัติปกติ (Default) ของคอนโทรล โดยในการเขียนโปรแกรมเรา สามารถใช้เพียงชื่อของคอนโทรล (Control Name) โดยไม่ต้องกำหนดคุณสมบัติปกติของทุกๆ คอนโทรลได้โดยไม่เกิดข้อผิดพลาด เช่น คอนโทรล TextBox ก็จะมีคุณสมบัติ Text เป็นคุณสมบัติปกติของคอนโทรล

คุณสมบัติปกติที่สำคัญที่ใช้ในโครงงานมีดังตารางต่อไปนี้

คอนโทรล	คุณสมบัติ
CommandButton	Value
Data	Caption
DBGrid (Data-Bound Grid)	Text
Label	Cation
TextBox	Text
Timer	Enable

ตารางที่ 5.4 แสดงคุณสมบัติของคอนโทรลที่สำคัญ

5.2.2 การแบ่งกลุ่มของคอนโทรลภายใน

เราสามารถแยกคอนโทรลตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม

1. คอนโทรลภายในทั่วไป ประกอบด้วยคอนโทรลที่แสดงผลในลักษณะของการเลือกตอบหรือเลือกรายการ เช่น CheckBox หรือ ListBox เป็นต้น

2. คอนโทรลภายในด้านระบบไฟล์ ประกอบด้วยคอนโทรลที่ทำหน้าที่ติดต่อหรือแสดงผลระบบไฟล์ (รวมทั้งไดร์ฟ และ ไดเรกทอรี่ด้วย)

3. คอนโทรลภายในด้านกราฟิก ประกอบด้วยคอนโทรลที่ทำหน้าที่ด้านการแสดงผลกราฟิกด้วยวิธีกราฟิกจของคอนโทรลหรือ ฟังก์ชั่นวินโดวส์ API หรือ ไฟล์กราฟิกในรูปแบบต่างๆ เช่น PictureBox, Shape หรือ Image เป็นต้น

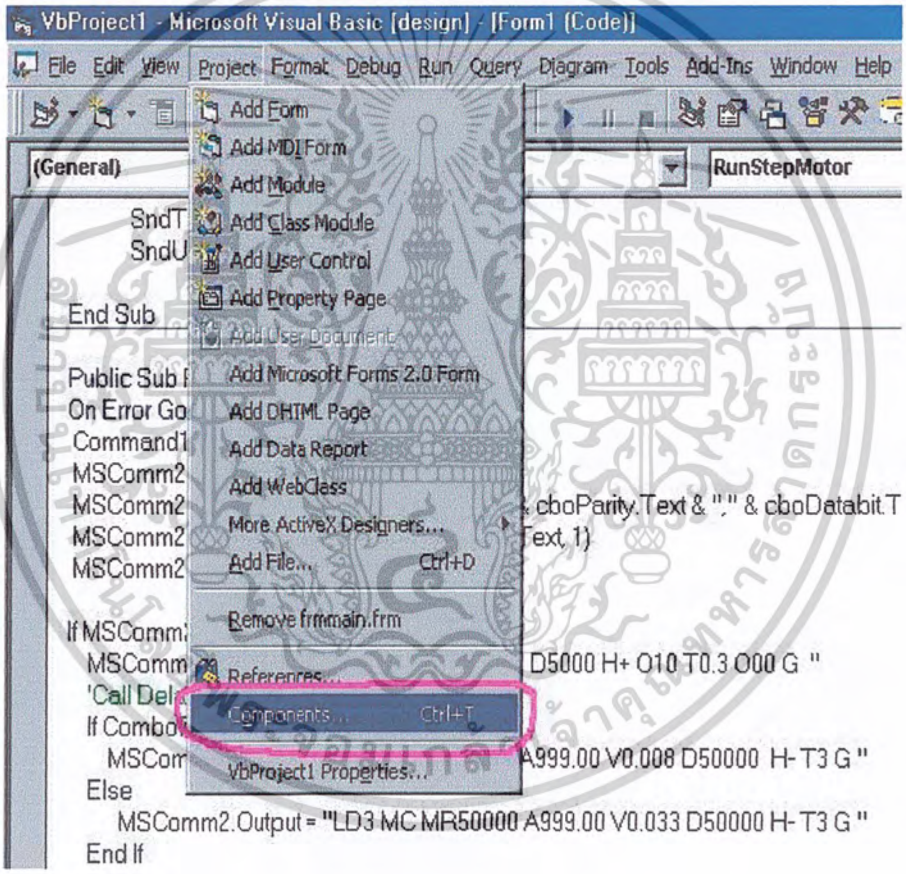
4. คอนโทรลภายในด้านเวลา ซึ่งจะมีอยู่คอนโทรลเดียวได้แก่ Timer ซึ่งมีหน้าที่สร้างเหตุการณ์ที่ตอบสนองเป็นครั้งๆตามช่วงเวลาที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ติดต่อกับพอร์ตอนุกรม

ในโครงงานนี้จะใช้ภาษา Visual Basic ทำการเขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งการที่เลือกภาษา Visual Basic เพราะว่าง่ายต่อการออกแบบ GUI (grific user interface) และมีความสามารถติดต่อกับพอร์ตต่างๆได้ดีไม่แพ้ภาษาคอมพิวเตอร์ตัวอื่นๆ โดยการที่จะติดต่อกับพอร์ตอนุกรมได้นั้นจะต้องใช้ความสามารถของ VB Control ที่ชื่อว่า MSComm ซึ่งเป็น Control ที่ใช้สำหรับการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมโดยเฉพาะแต่ ซึ่ง Control ตัวนี้สามารถนำออกมาใช้งานได้โดยทำตามขึ้นตอนต่อไป

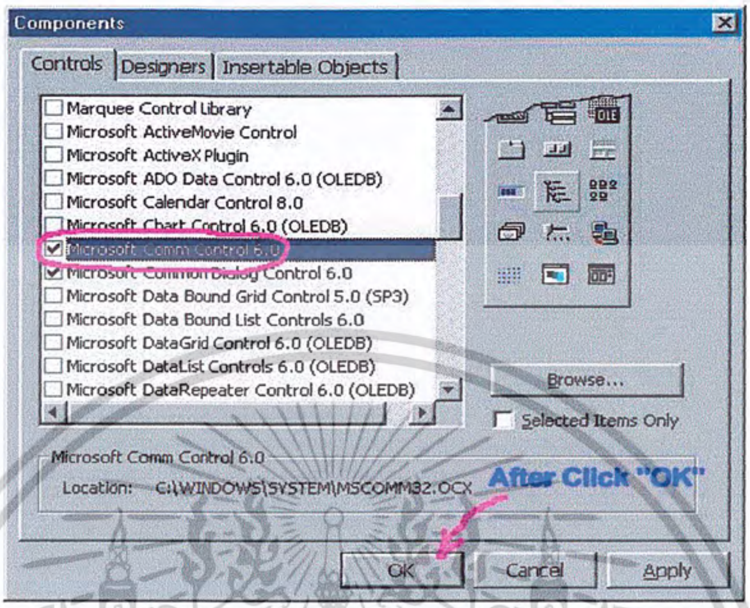
1. ขั้นที่ตอนแรก เลือกที่เมนูบาร์ด้านบนของโปรแกรม Visual Basic ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 5.8 การเรียก MSComm Control ขั้นตอนที่1

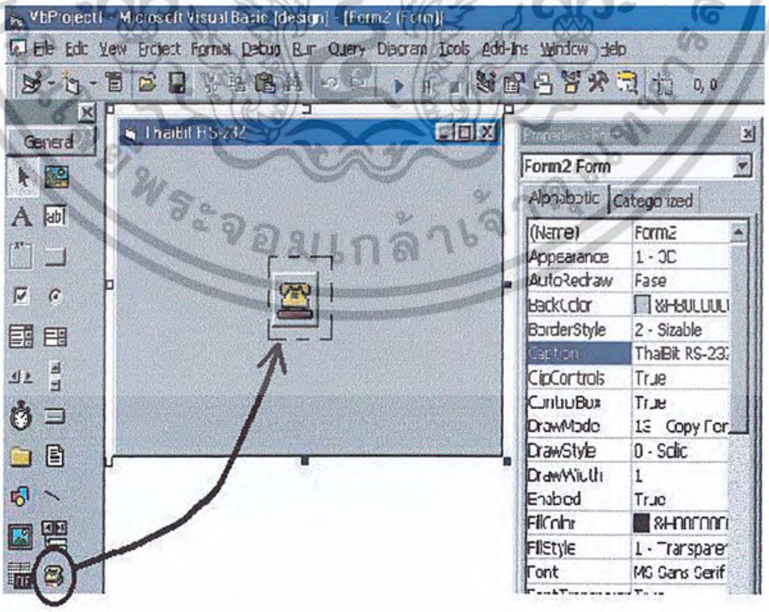
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นที่สอง เลือกชื่อ Control ชื่อ Microsoft Comm Control 6 ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 5.9 การเรียก MSComm Control ขั้นตอนที่2

3. ขั้นที่สาม ลากControlชื่อMicrosoft Comm จากToolBox มาไว้บนFormดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 5.10 การเรียก MSComm Control ขั้นตอนที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตัวคอนโทรล MSComm มี Event ที่ใช้เพียง Event เดียวเท่านั้นเอง ก็คือ OnComm Event ซึ่งจะใช้ในการติดต่อแบบอินเตอร์รัพต์ การเขียนโปรแกรมติดต่อ Serial Port แบบธรรมดาจะใช้ comEvent เพียง comEvReceive,comEvSend ถ้าเป็นการติดต่อสื่อสารแบบ โมเด็มจะใช้หลายตัวในการตรวจสอบสัญญาณ ซึ่งการใช้งานรูปแบบนี้จะมีคำแนะนำอยู่ใน Help Visual Basic อยู่แล้ว

5.4 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับ Serial Port

6.4.1 การติดต่อกับพอร์ต สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. การติดต่อแบบอินเตอร์รัพต์

ขบวนการอินเตอร์รัพท์ อุปกรณ์รอบข้างเกือบทุกชิ้นจะต้องปฏิบัติงานอยู่เพื่อส่งสัญญาณไปให้แก่ซีพียูเสมอ ถ้าอุปกรณ์นั้นพร้อมที่จะรับส่ง ที่เคยเจอจากการทำโครงงาน อุปกรณ์จะส่งเป็นรหัสแอสกี้ เราจะเขียนโปรแกรมอินเตอร์รัพต์ โดยเมื่อที่ข้อมูลเข้ามาก็จะทำให้มี CommEvent กับ OnComm Event

2 .การติดต่อแบบ โพลลิ่ง

ในระบบพีซี การ โพลมีบ้างที่ใช้การส่งผ่านข้อมูลระหว่าง Terminal กับ CPU กรณีข้อมูลเป็นประเภทไบท์ที่ส่งจากคีย์บอร์ด โดยวิธีการนี้จะตรวจสอบ คีย์บอร์ดว่ามีข้อมูลส่งมาหรือเปล่า โดยจะตรวจสอบตลอดเวลา การทำงานกับข้อมูลที่รับเข้ามาจะตรวจสอบด้วยความเร็วที่สูงกว่าอัตราความเร็วข้อมูลที่ส่งเข้ามาทาง คีย์บอร์ด การที่ CPU ส่งสัญญาณออกไปตรวจสอบพบว่ามีข้อมูลที่ต้องส่งเข้ามา เรียกว่า"Wet Poll" ซึ่งจะเสียช่วงเวลา 90 เปอร์เซ็นต์ คาบเวลาที่เสียไปนั้น เราเลี่ยงไปใช้เทคนิค การ โพลแบบ "Round Robin" แทน แต่ในVB เราจะใช้การตรวจสอบข้อมูลที่มาจาก Serial Port ตลอด โดยจะใช้ Control Timer เข้ามาช่วยในการเขียน โปรแกรมซึ่งสามารถตรวจสอบได้ถึงระดับ 1 มิลลิวินาที หรือจะใช้ Do....Loop ก็ได้

5.4.2 องค์ประกอบในการใช้ MSComm

การตั้งค่าติดต่อกับพอร์ต

- ComPort คือ เราต้องกำหนดหมายเลข Port ที่ใช้ต่อRS-232 (Com1,Com2)รายละเอียดดูในเมนูด้านซ้าย Serial Port Detail

- Setting คือ เราต้องกำหนดอัตรา Baud,Parity,Data(จำนวนบิต),Stop ตัวอย่าง 1200,n,8,1 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- HandShaking คือ เราจะกำหนดได้ 4 แบบ 1.comNone 2.comXonXoff 3. comRTS 4.comTRSXonXoff

5.4.3 การใช้ Buffer ในการรับส่งข้อมูล

-InBuffersize คือ การกำหนด Buffer ในการรับข้อมูลเข้ามา

-OutBuffersize คือ การกำหนด Buffer ในการส่งข้อมูลออกไป

- Rthreshold คือ การที่เรากำหนดการเกิด Event-driven ในการรับข้อมูลเข้ามา

- Sthreshold คือ การที่เรากำหนดการเกิด Event-driven ในการรับข้อมูลออกไป

- Inputlen คือ จำนวนของข้อมูลที่ไปอ่านใน Buffer รับข้อมูล

- EOFEnable คือ การที่บอกว่าสิ้นสุดของไฟล์(EOF) End of File

ด้านฮาร์ดแวร์

- ParityReplace คือ ค่าของคาแลกเตอร์ที่จะแทนในเมื่อเกิด Parity Error

- NullDiscard คือ การกำหนดให้รับหรือไม่รับ NULL CHARACTER

- RTSEnableคือ ทำให้มีสัญญาณ RTS (Request To Send)

- DTSEnableคือ ทำให้มีสัญญาณ DTR(Data Terminal Ready)

5.4.4 การกำหนดคุณสมบัติของ MSComm Control ให้สามารถติดต่อกับพอร์ตได้

1. Property ชื่อ CommPort คือ เลือกคอมพอร์ตที่เราจะต่อใช้งาน

ตัวอย่าง MSComm1.CommPort=1

ในที่นี้เลือกจะใช้ Com1อยู่ที่ด้านหลังเครื่องคอมฯ

2. Property ชื่อ Settingsคือ การตั้งค่าของการรับส่งข้อมูล ซึ่งจะต้องรู้ด้วยว่าอัตราบอด ของอุปกรณ์ที่จะติดต่อด้วยเป็นเท่าไร โดยมีรายละเอียดการใส่ต่างๆค่าดังนี้

MSComm1.Settings="Baud(อัตราการรับส่งข้อมูล),Parity(ถ้าไม่ใช้ใส่ N,จำนวนบิตข้อมูล, บิตสต๊อบ"

ตัวอย่าง MSComm1.Settings="1200,N,8,1"

3.Property ชื่อ InputLenคือ กำหนดขนาดขณะที่มีข้อมูลเข้ามาให้ไปอ่านข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในบัพเฟอร์

ตัวอย่าง MSComm1.InputLen=1

4. Property ชื่อ PortOpen คือ จะเปิดให้พอร์ตใช้งานหรือไม่ ถ้าเปิด =True ถ้าปิด =False

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง MSComm1.PortOpen=True

5. Property ชื่อ Rthresholdคือ ทำให้เกิดการกระตุ้นด้วย Event-driven เมื่อมีข้อมูลในบัฟเฟอร์รับข้อมูล(Comport)มันทำให้เกิดCommEvent ใน OnComm Event

ตัวอย่าง MSComm1.Rthreshold =1

จากรายละเอียดที่กล่าวมา เราจะมาเขียนใน โพรซีเดอร์ VB ซึ่งจะไว้ที่ Sub Form_Load() หรือจะสร้าง Sub ขึ้นใหม่ในกรณีที่จะเรียกใช้ภายหลัง

```
Private Sub Form_Load()
    MSComm1.Settings="1200,N,8,1"
    MSComm1.CommPort=1
    MSComm1.InputLen=1
    MSComm1.PortOpen=True
    MSComm1.Rthreshold =1
End Sub
```

จากวิธีเขียนโค๊ดด้านบนเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับคอมพอร์ตและเปิดใช้การรับและส่งของพอร์ต RS-232 ดังนั้นก็สามารถจะรับและส่งข้อมูลทางพอร์ตได้ โดยใช้ Property ดังนี้

Output =ซึ่งจะเป็นการส่งข้อมูลไปที่พอร์ต

Input =เป็นส่วนของการรับข้อมูลจากพอร์ต แต่ในส่วนนี้จะต้องนำคำสั่งไปเขียนที่ Event Property OnComm จะอยู่ใน Sub MSComm_OnComm ซึ่ง จะอ่านข้อมูลเข้ามาจากทางพอร์ต RS232 นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

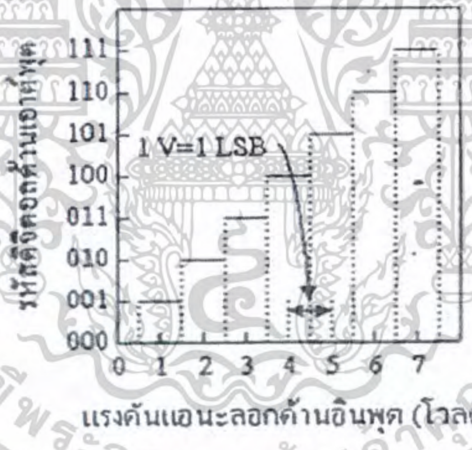
บทที่ 6
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสร้างเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)

6.1 หลักการทำงานของ Analog to Digital Converter

กระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติส่วนใหญ่หากนำมาแปรค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้ามักเป็นสัญญาณที่อยู่ในรูปของแรงดันหรือกระแส หรือไม่ก็เป็นลักษณะของค่าความต้านทาน ลักษณะที่ได้จะเป็นสัญญาณแอนะล็อก ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้กับคอมพิวเตอร์โดยตรงได้จึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เราเรียกว่าวงจร “เอ/ดี คอนเวอร์เตอร์”

6.1.1. หลักการเบื้องต้นของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

หากนำเอา adc ขนาด 3 บิตมาเขียนกราฟคุณสมบัติระหว่างสัญญาณอินพุตกับเอาร์พุต สมมุติว่าแรงดันอินพุต Vi เปลี่ยนค่าจาก 0-7 โวลต์ และสัญญาณเอาร์พุตที่เป็นสัญญาณดิจิตอลจาก 000-111 ดังแสดงในรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงกราฟคุณสมบัติของเอดีซีขนาด 3 บิต

6.1.2. ค่าความละเอียดของ ADC

ค่าความละเอียดของ ADC หาได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันอินพุตแล้วทำให้สัญญาณดิจิตอลเปลี่ยนค่าบิตนัยสำคัญต่ำสุดไป

ความละเอียด = ค่าแรงดันอินพุตต่อบิต = ค่าเต็มสเกลหารด้วย $2^N - 1$

หรือถ้าอ้างอิงถึงเอรง A/D จะได้ว่า

ความละเอียด = 2^N

โดยที่ N คือจำนวนบิตของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสมมุติว่ามีเอาร์พุต 8 เส้น โดยเอาร์พุตแต่ละเส้นแสดงฐานะทางลอจิกเป็น 0 หรือ1 จะมีความแตกต่างทางรหัสไบนารี ที่หมด 2^8 หรือ 256 รหัส

เช่นถ้าตัวแปลงสัญญาณมีความแตกต่างทางรหัสเอาร์พุต 256 ระดับสัญญาณอินพุตถูกแทนเป็นไบนารี่จาก 00000000 ถึง 11111111 ถ้าย่านอินพุตเริ่มจาก 0-5 โวลต์ ดังนั้นค่าความละเอียดเท่ากับ 5/256 = 0.0195 โวลต์

6.1.3. ชนิดของ เอ/ดี คอนเวอร์เตอร์

วงจร เอ/ดี คอนเวอร์เตอร์ อาจจำแนกได้ดังนี้

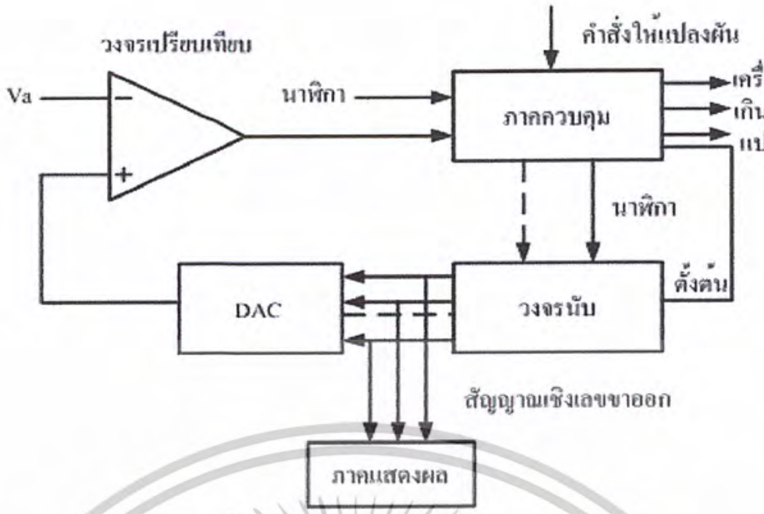
1.) เอดีซี ชนิด ป้อนกลับขนาน
2.) เอดีซี ชนิดอินติเกรต
3.) เอดีซี ชนิดพร้อมกัน
4.) เอดีซี ชนิดป้อนกลับเรียงลำดับ

ในที่นี้จะกล่าวถึงวงจรเอดีซีชนิดป้อนกลับแบบขนานเท่านั้น ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้ในโครงงานเอดีซี ชนิดป้อนกลับขนาน

หลักการคือ การใช้วง เอดีซี ในระบบป้อนกลับ วงจร เอดีซี ที่เป็นวงจรประมวลสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะใช้หลักการนี้ เอดีซี ชนิดป้อนกลับขนานยังแบ่งเป็น

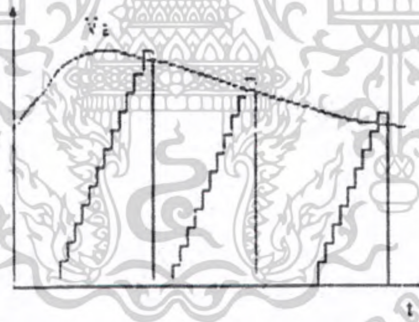
- เอดีซีขั้นบันได
- เอดีซีตามรอย(tracking)
- เอดีซีที่ใช้การประมาณค่าโดยลำดับ(successive approximation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 แสดงบล็อกของวงจรเอดีซีขั้นบันไดหรือตามรอย

จากรูปที่ 6.2 แสดงแผนภาพของวงจรเอดีซีขั้นบันไดหรือตามรอย แล้วแต่ว่าวงจรนับเป็นแบบธรรมดาหรือแบบนับขึ้นลง



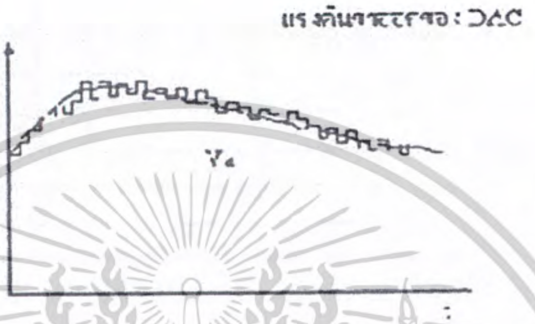
รูปที่ 6.3 แสดงรูปคลื่นของวงจรเอดีซีขั้นบันได

ในกรณีของวงจรเอดีซีขั้นบันไดเมื่อมีคำสั่งให้แปลงผัน วงจรนับจะตั้งต้นเริ่มใหม่ (reset) สัญญาณนาฬิกาจะทำให้วงจรนับ นับไปเรื่อยๆ ผลก็คือแรงดันออกของดีเอซี จะเป็นรูปขั้นบันได (ดูรูปที่6.2) จนกระทั่งขึ้นสูงกว่า Va วงจรเปรียบเทียบจะบอกให้วงจรควบคุมหยุดสัญญาณนาฬิกาที่ส่งให้วงจรนับ จนกว่าจะมีคำสั่งให้แปลงผันใหม่ หรือไม่วงจรเปรียบเทียบจะบอกให้วงจรควบคุมตั้งต้นวงจรนับใหม่ (กรณีรูปที่ 6.2) และวงจรจะเริ่มต้นกระบวนการแปลงผันใหม่ทันที

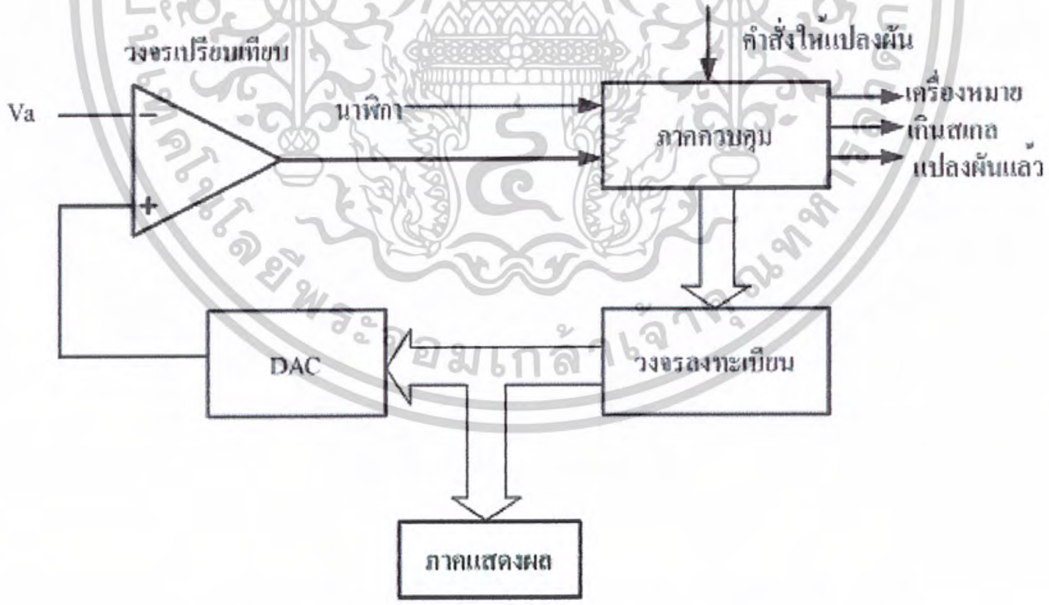
ถ้าเราใช้วงจรนับขึ้น-ลงและให้วงจรเปรียบเทียบทำหน้าที่ตัดสินว่าจะนับขึ้นหรือลงถ้าแรงดันออกของดีเอซี ต่ำกว่า Va ให้นับขึ้น แรงดันออกของดีเอซีจะลดลงเช่นกัน สังเกตว่ากรณีที่ Va มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคงตัวหรือเกือบคงตัว แรงดันออกของดีเอซีจะขึ้นลงทุกๆจังหวะของสัญญาณนาฬิกา ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในบิตต่ำสุดของสัญญาณเชิงเลข (Digital signal) ขาออก(ดูรูป 6.3) อย่างไรก็ดีวงจรเอดีซี ตามรอยมีข้อน่าสนใจคือ เวลาการแปลงผัน(Conversion time) จะสั้นและสัญญาณเชิงเลขที่ได้จะแทนรูปคลื่นสัญญาณเชิงอุปมาน (Analog signal) ได้ดีกว่า



รูปที่ 6.4 แสดงรูปคลื่นของวงจรเอดีซีตามรอย

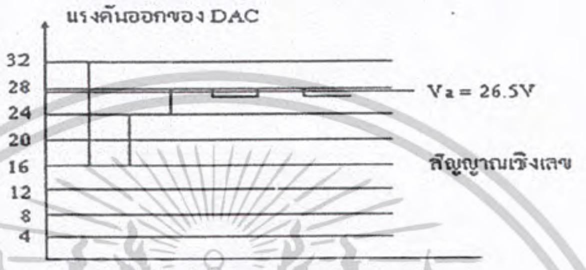


รูปที่ 6.5 แสดงบล็อกของวงจรเอดีซีที่ใช้การประมาณค่าโดยลำดับ

จากรูปที่ 6.5 แสดงแผนภาพบล็อคของวงจรเอดีซีที่ใช้การประมาณค่าโดยลำดับ จะสังเกตว่าเราใช้วงจรทะเบียน (Register) แทนวงจรนับ การควบคุมการทำงานของวงจรจะมีขั้นตอนที่ยุ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

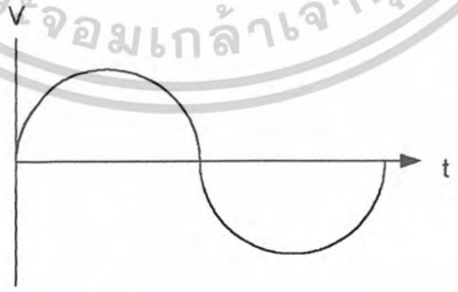
ยากกว่า เอดีซี ตามรอย ขั้นตอนการทำงานนี้แสดงอยู่ในแผนภาพในรูปที่ 6.4 ตัวอย่างเช่น เราต้องการแปลงผัน Va = 26.5 โวลต์ เป็นสัญญาณเชิงเลข 6 บิต สมมติว่าบิตในสำคัญต่ำสุด (LSB) สมนัยกับ 1 โวลต์ ดังนั้นเลข 100000 จะสมนัยกับ 32 โวลต์ซึ่งเทียบแล้วจะใหญ่กว่า Va ดังนั้น บิตในสำคัญสูงสุดเท่ากับศูนย์ (MSB = 0) ให้บิตที่มีนัยสำคัญรองลงไปเป็น 1 เลข 010000 จะสมนัยกับ 24 โวลต์เทียบ 24 โวลต์ Va และเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ไปจนครบทุกบิต (ดูรูปคลื่นในรูปที่ 6.6)



รูปที่ 6.6 แสดงรูปคลื่น

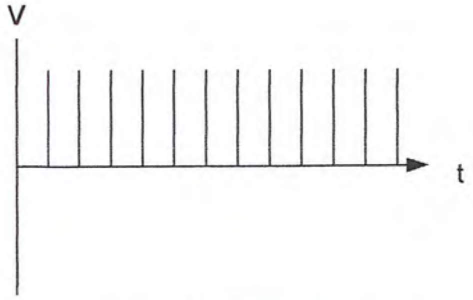
6.1.4 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้นสามารถทำได้โดยสร้างขบวนพัลส์เพื่อที่จะนำมาสุ่มสัญญาณ โดยพัลส์นั้นจะมีความถี่คงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่าความถี่ในการสุ่มสัญญาณ(Sampling Frequency : f_s) เมื่อทำการมอดดูเลทระหว่างขบวนพัลส์กับสัญญาณอนาลอก โดยเสมือนว่าสัญญาณอนาลอกจะซ้อนทับมาบนขบวนพัลส์ ถ้าหากสัญญาณอนาลอกที่ถูกสุ่มถูก hold จนกว่าสัญญาณค่าใหม่จะถูกสุ่มเข้ามาจะได้ลักษณะของเอาท์พุทที่แสดงในรูปที่ 6.7ง

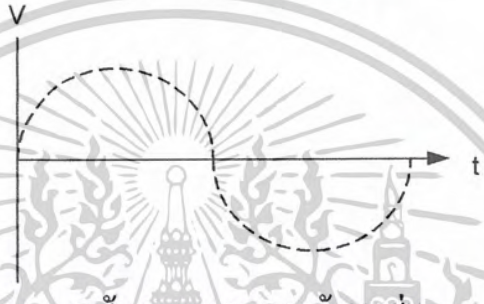


ก.สัญญาณอนาลอกอินพุท

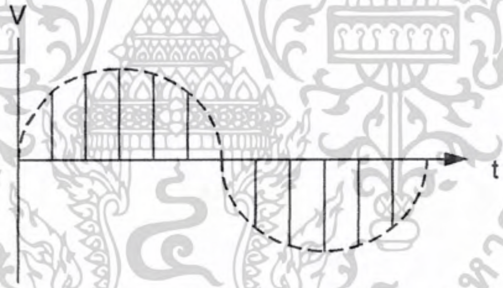
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข.พัลส์ที่นำมาสุ่มสัญญาณ



ค.สัญญาณอนาลอกหลังการสุ่ม



ง.สัญญาณอนาลอกหลังการสุ่มและholdไว้

รูปที่ 6.7 การสุ่มสัญญาณ

ถ้าสัญญาณต่อเนื่องซึ่งมีความถี่และฮาร์โมนิกส์ไม่เกิน f_C ถูกสุ่มด้วยอัตราการสุ่มเท่ากับ f_S ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 2 f_C แล้วสัญญาณดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนกลับมาได้อย่างเดิมโดยไม่สูญเสียรายละเอียดหรือผิดเพี้ยนไป

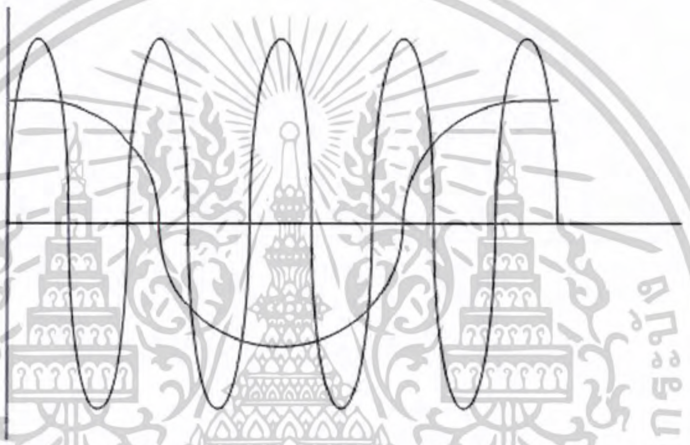
ผลของการใช้อัตราการสุ่มที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำเรียกว่า Aliasing frequency เมื่อสัญญาณถูกเปลี่ยนกลับมาเช่นเดิมหลังจากถูกสุ่มแล้วดังรูปที่ 6.8 จะเห็นว่าความถี่ Aliasing จะแตกต่างจากเดิมไปมาก Anti Aliasing frequency เป็นวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำที่จะช่วยลดสัญญาณในแถบความถี่ที่ทำให้เกิด Aliasing frequency ในขณะที่ต้องการให้เกิดความผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาดของสัญญาณในแบนด์ที่ใช้งานและไม่ลดความแม่นยำในการวัดโดยรวมอีกด้วย นอกจากการใช้ฟิลเตอร์ฮาร์โมนิกส์ที่สูงๆแล้วพยายามให้การสุ่มเป็นไปอย่างรวดเร็วมากที่สุด ซึ่งปกติแล้วจะสูงกว่าความถี่ต่ำสุดตามทฤษฎี Sampling คือ 2 f_C

การใช้ Anti aliasing filter ขึ้นอยู่กับ

- ความถี่สูงสุดที่สนใจ
- อัตราการสุ่ม
- ความละเอียดของการแปลงสัญญาณ



รูปที่ 6.8 การเกิดความถี่ Aliasing

จากทฤษฎีการสุ่มที่ว่าให้ f_s มากกว่า 2 f_C นั้นก็เพื่อขจัดการซ้อนกันของสเปคตรัม(Aliasing Effect) เพื่อจำกัดแบนด์วิดธ์ของสัญญาณที่จะถูกแปลงไม่ให้เกินกว่า $f_s/2$ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วจะยังคงเกิด frequency folding ได้เสมอจากส่วนฮาร์โมนิกส์ของสัญญาณและสเปคตรัมของสัญญาณรบกวนที่ยังคงมีอยู่แม้ว่าจะทำการฟิลเตอร์แล้วก็ตาม

6.1.5 การจัดการระดับสัญญาณ(Quantizing)

อีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญหลังจากที่สัญญาณผ่านการสุ่มมาแล้วก็คือขั้นตอนการจัดระดับของสัญญาณ โดยสัญญาณที่ผ่านการสุ่มมาแล้วจะมีลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Signal) และเนื่องจากสัญญาณอนาลอกส่วนใหญ่จะมีสัญญาณรบกวนปะปนมาด้วยเสมอ จึงจำเป็ฯต้องกำจัดสัญญาณเหล่านี้ออกไปเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผลแบบดิจิตอล และสามารถนำไปเข้ารหัสได้ง่าย

เมื่อผ่านการสุ่มและการจัดระดับข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาลอกจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับสัญญาณที่แน่นอนและมีลักษณะไม่ต่อเนื่องเป็นระดับต่างๆกัน ในแต่ละสถานะของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิจิตอล เอาท์พุทจะแทนขนาดของสัญญาณอนาลอกค่าใดค่าหนึ่งในช่วงแคบๆระหว่างจุดแบ่งระดับ เรียกช่วงเล็กๆนี้ว่า Analog Quantizatiom หรือหนึ่งควอนตัม (Quantum) หรือ 1 LSB (Least Significant Bit) ของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณคลาดเคลื่อน (Error) ในการแทนค่าสัญญาณอนาลอกในช่วงนั้นๆอยู่ด้วย ค่าความคลาดเคลื่อนนี้เป็นธรรมชาติของ Quantizing ซึ่งการแก้ไขไม่ได้นอกจากการเพิ่มจำนวนบิตของ Quantizer ให้มากขึ้นและอีกอย่างหนึ่งสำคัญมากก็คือความละเอียด (Resolution) ของตัวแปลงว่ามีกี่บิตเพราว่าจำนวนบิตของตัวแปลงจะบอกถึงจำนวนระดับสัญญาณคือ

$$\text{จำนวนระดับสัญญาณ (Q)} = 2^{N} \;:\; N \text{ คือจำนวนบิต}$$

ถ้าเราใช้ตัวแปลงขนาด 8 บิตกับขนาดสัญญาณอนาลอกที่สูงสุด 10 โวลต์ จะได้จำนวนระดับสัญญาณเท่ากับ 256 ระดับ ดังนั้นค่าของบิตขวาสุด (Least Significant Bit : LSB) จะมีค่าเป็น

$$\text{ค่าหนึ่งบิตด้านต่ำ} = \text{แรงดันสัญญาณด้านสูง} / \text{จำนวนระดับสัญญาณ}$$

ในบางครั้งเราเรียก LSB ว่า “Step Size” โดยใช้สัญญาณจากตัวแปลง 8 บิต และขนาดสัญญาณ 10 โวลต์จะมีค่า $10/2^{8} = 10/256 = 0.039$ V แล้วอาจเขียนสมการในการหาค่า (Δ) ใหม่ได้ว่า

$$(\Delta) = FSR / Q$$

เมื่อ Q คือจำนวนระดับสัญญาณ

FSR คือช่วงเต็มสเกลของแรงดันอนาลอก(Ful Scale Range)

Δ คือค่าความผิดพลาดจากการจัดระดับสัญญาณ

จะเห็นว่าจำนวนบิตยิ่งมาก ค่าΔจะยิ่งลดลงจะทำให้ค่าความผิดพลาดลดลงไปด้วย โดยค่าความผิดพลาดจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง $\Delta/2$ ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอาจจะเป็นศูนย์ถ้าสัญญาณอนาลอกมีค่าที่กึ่งกลางของควอนตัมพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.6 การเข้ารหัส (Coding)

ในการเข้ารหัสสัญญาณที่ผ่านการสุ่มและการจัดระดับมาแล้วนั้นส่วนใหญ่จะแปลงให้อยู่ในรูปของรหัสตัวเลขฐานสอง(Binay Code) แล้วเปลี่ยนจากข้อมูลแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม เพื่อสามารถลดช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลให้เหลือเพียงช่องสัญญาณเดียวได้

จากตารางที่ 6.1 จะแสดงการเข้ารหัสของระดับแรงดันจากการสุ่มสัญญาณขนาด 0 ถึง 5 โวลต์ และผ่านการจัดระดับสัญญาณมาแล้ว ซึ่งที่ระดับแรงดันต่ำที่สุดก็จะมีขนาด 8 บิต เลขฐานสองเป็น 0000 0000 ส่วนระดับแรงดันสูงสุดก็จะมีรหัสเลขฐานสองเป็น 1111 1111 เป็นต้น

ตาราง 6.1 แสดงการเข้ารหัสสัญญาณ

Vin	Binary code
0	0000 0000
0.5	0001 1101
1.0	0011 0011
1.5	0100 1011
2.0	0110 0111
2.5	1000 0000
3.0	1001 1100
3.5	1011 0010
4.0	1100 1111
4.5	1110 1001
5.0	1111 1111

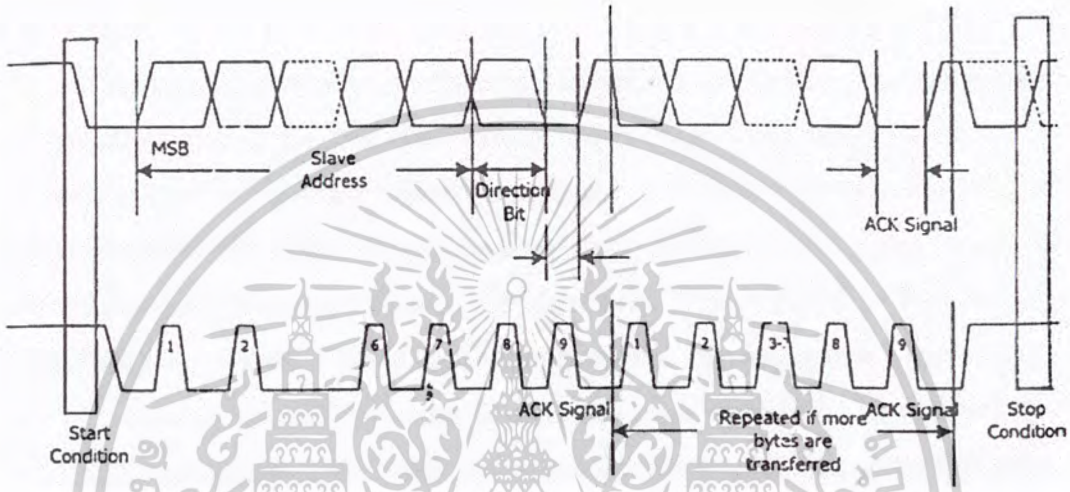
จากขั้นตอนทั้งหมดของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้น เราสามารถกำหนดความสามารถหรือคุณภาพในการแปลงได้ด้วยปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากคือความละเอียด(Resolution) ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนบิตนั้นเอง แต่ในการใช้งานจริงแล้วยังมีเรื่องความเร็วในการแปลงอีกด้วย

6.2 การทำงานของ DS1307

วงจรออสซิลเลเตอร์ ถือเป็นหัวใจหลักของไอวีกำหนดสัญญาณนาฬิกาจริง(Real Time Clock) เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างข้อมูลเวลาจริง ในขณะที่ DS1307 ทำงานที่ขา SQW/OUT จะมีสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมส่งออกมาตลอดเวลาในกรณีที่มีการอิเนเบิลวงจรกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณพัลส์ที่รีจีสเตอร์ควบคุม ค่าความถี่ของสัญญาณนั้นสามารถเลือกได้ 4 ค่า คือ 1Hz , 4.096kHz , 8.196kHz และ 32kHz โดยการกำหนดค่า RS1 และ RS0 ดังแสดงในตาราง 4-1 พร้อมกันนั้นจะมีการเก็บค่าของเวลาไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปอีก 56 ไบต์



รูปที่ 6.9 การส่งข้อมูลบน Serial Bus ของ DS1307

รีจีสเตอร์ควบคุม(Control Register) ที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของขา SQW/OUT

BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0

- OUT (Output Control) : บิตนี้ใช้ควบคุมระดับเอาท์พุทของขา SQW/OUT ในกรณีที่มีการดิสเอเบิ้ลการกำเนิดสัญญาณพัลส์ ถ้า SQW = 0 ระดับสัญญาณลอจิกที่ขา SQW/OUT จะเท่ากับ "0" และจะเท่ากับ "1" เมื่อขา SQWE เท่ากับ 1
- SQWE (Square Wave Enable) : บิตนี้เมื่อเซ็ตค่าลอจิกเป็น "1" จะเป็นการอีเนเบิ้ลเอาท์พุทออสซิลเลทเตอร์ ความถี่ของสัญญาณพัลส์จะขึ้นอยู่กับค่าบิต RS0 และ RS1
- SDA และ SCL (ขา5 และขา6) เป็นขาสำหรับเชื่อมกับไมโครคอนโทรเลอร์บนระบบ I^2C ซึ่งในที่นี้จะต่อกับ P1.3 และ P1.4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 การเลือกความถี่ของสัญญาณพัลส์

RS1	RS0	SQW/OUT Frequency
0	0	1 Hz
0	1	4.096 kHZ
1	0	8.192 kHz
1	1	32.728 kHZ

ในการส่งข้อมูลทุกๆครั้งจะเริ่มต้นด้วยสภาวะเริ่มต้น(Start Comdition) และสิ้นสุดการส่งข้อมูลด้วยสภาวะหยุด (Stop Comdition) จำนวนไบต์ของข้อมูลที่ทำการส่งในระหว่างสภาวะเริ่มต้นจนถึงสภาวะหยุดการส่งนั้นจะไม่มีขีดจำกัดแต่จะถูกกำหนดโดยอุปกรณ์ควบคุม ในการส่งไบต์ข้อมูลนั้นอยู่อุปกรณ์รับจะมีการส่งสัญญาณเพื่อตอบรับการส่งข้อมูล (Acknowledge Signal) ไปที่ตัวส่งเพื่อบอกให้รู้ว่าสามารถส่งข้อมูลได้หรือข้อมูลที่ส่งไปได้รับเรียบร้อยแล้ว โดยอุปกรณ์ตัวรับจะต้องส่งสัญญาณดังกล่าวไปพร้อมกับบิตที่ 9 หลังจากที่มีการรับข้อมูลทุกครั้ง

วงจรควบคุมพลังงานไฟฟ้าจะคอยตรวจสอบสถานะของไฟเลี้ยงไอซี หากไฟเลี้ยงต่ำกว่า 1.25 V_{BAT} ก็จะควบคุมให้ DS1307 หยุดทำงาน ดังนั้นการใช้งานต้องระมัดระวังอย่าให้ไฟเลี้ยงต่ำกว่า 1.25 V_{BAT} หรืออยู่ประมาณ 3.75 โวลท์ ในกรณีที่ V_{BAT} เท่ากับ 3 โวลท์หากไฟเลี้ยงมีค่าต่ำกว่า V_{BAT} ไอซีจะเข้าสู่โหมดสำรองข้อมูลกระแสต่ำทันที จะไม่มีการส่งสัญญาณพัลส์ออกมาที่ขา SQW/OUT แต่วงจรสร้างฐานเวลายังคงทำงานเพื่อให้ได้ค่าของเวลาเดินไปอย่างไม่ผิดพลาด เมื่อมีไฟเลี้ยงปรากฏขึ้นอีกครั้ง DS1307 ก็สามารถให้ค่าของเวลาที่เป็นจริงต่อไป

6.3 โปรแกรมภาษา Visual Basic

การเปิดและปิดไฟล์

ก่อนที่จะนำไฟล์มาใช้งาน เราจะต้องเปิดไฟล์ที่ต้องการใช้งานก่อนได้เสมอ ไฟล์ที่ถูกเปิดจะถูกอ่านมาเก็บไว้ในหน่วยความจำซึ่งถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ ทำให้เราสามารถเปิดใช้ไฟล์ได้หลายไฟล์ในเวลาเดียวกัน คำสั่งที่ใช้สำหรับเปิดไฟล์ได้แก่ คำสั่ง **Open**

```
Open pathname For mode [ Access access] [ lock] As [#] filenumber [Len = reclength]
```

โดยที่ pathname หมายถึง ชื่อไฟล์ที่ต้องการเปิดพร้อมกับ Directory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mode	หมายถึง รูปแบบในการเปิดไฟล์
access	หมายถึง การทำงานที่สามารถกระทำกับไฟล์ที่เปิดนั้น(ระบุหรือไม่ก็ได้)
lock	หมายถึง สถานการณ์ Lock ไฟล์ในกรณีที่เปิดไฟล์แบบ Multi-User (ระบุหรือไม่ก็ได้)
filenumber	หมายถึง หมายเลขพื้นที่ในหน่วยความจำที่จะใช้เก็บไฟล์ที่เปิด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1-511 ในการกำหนด จะระบุหมายเลขพื้นที่หลังเครื่องหลาย "#"
reclength	หมายถึง ขนาดของ Record ในกรณีที่เปิดไฟล์แบบ Random หรือขนาดของไฟล์ ในกรณีที่เปิดไฟล์แบบ Sequential (ระบุหรือไม่ก็ได้)

ค่าที่สามารถกำหนดใน mode มีดังนี้

- Append ใช้ในกรณีที่ต้องการบันทึกข้อมูลต่อท้ายไฟล์
- Binary ใช้ในกรณีที่ต้องการเปิดไฟล์ประเภท Binary
- Input ใช้ในกรณีต้องการเปิดไฟล์เพื่อเพื่ออ่านข้อมูล
- Output ใช้ในกรณีที่ต้องการเปิดไฟล์เพื่อบันทึกข้อมูล
- Random (ค่า Default) ใช้ในกรณีที่ต้องการเปิดไฟล์แบบ Random

ค่าที่สามารถกำหนดใน access มีดังนี้

- Read ใช้กำหนดให้ไฟล์ที่เปิดอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว
- write ใช้กำหนดให้ไฟล์ที่เปิดบัดทึกข้อมูลได้อย่างเดียว
- Read write ใช้กำหนดให้ไฟล์ที่เปิด สามารถอ่านข้อมูลและบันทึกข้อมูลได้ค่าที่สามารถกำหนดใน lock ดังนี้
- Share กำหนดให้ไฟล์นั้นสามารถเปิดได้โดยUser หลายๆคน
- Lock read กำหนดให้ไฟล์นั้นใช้ได้เพียง User เดียวและใช้ในการอ่านเท่านั้น
- Lock write กำหนดให้ไฟล์นั้นใช้ได้เพียง User เดียวและใช้ในการบันทึกเท่านั้น
- Lock Read Write กำหนดให้ไฟล์นั้นใช้ได้เพียง User เดียวใช้ได้ทั้งอ่านและบันทึก

ตัวอย่างเมื่อต้องการเปิดไฟล์ชื่อ "VB.TXT" เพื่อนำมาเก็บไว้ในพื้นที่หมายเลข 1 ให้ใช้คำสั่งดังนี้

```
Open "VB.TXT" For Input As # 1
```

ไฟล์ที่ถูกเปิดจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่จำนวน 511 พื้นที่ พื้นที่ที่ใช้เก็บไฟล์จะไม่สามารถนำมาใช้ได้อีกจนกว่าพื้นที่นั้นจะถูกยกเลิก ดังนั้นกรณีที่ต้องการเปิดไฟล์เพิ่ม จะต้องทราบว่ามีพื้นที่ใดที่ว่างบ้างโดยใช้ฟังก์ชัน FreeFile เพื่อตรวจสอบ

```
FreeFile [(rengenumber)]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ rangenumber หมายถึง ค่าที่ใช้กำหนดช่วงพื้นที่ในการค้นหา ซึ่งจะระบุหรือไม่ก็ได้ โดยเมื่อระบุให้มีค่าเป็น 0 (ค่า Default) จะหมายถึงให้ค้นหาในช่วงพื้นที่ 1 – 255 แต่เมื่อระบุให้มีค่าเป็น 1 จะหมายถึงให้ค้นหาในช่วงพื้นที่ 256 – 511

ฟังก์ชั่นนี้จะค้นหาพื้นที่ว่างแรกที่พบ และคืนค่ามาเป็นหมายเลขของพื้นที่ที่ว่างนั้น เช่น เมื่อต้องการเปิดไฟล์ชื่อ "TEST.TXT" เพิ่มเติม แต่ไม่ทราบว่าพื้นที่ใดที่ว่างบ้าง จึงใช้ฟังก์ชัน FreeFile เพื่อค้นหาก่อนเปิดไฟล์ ดังนี้

```
FreeArea = FreeFile
Open "TEST.TXT" For Input AS #FreeArea
```

ในกรณีที่ต้องการเลิกใช้งานไฟล์ใด เราสามารถปิดไฟล์นั้น แล้วคืนพื้นที่นั้นให้กับหน่วยความจำเพื่อนำไปใช้งานต่อไป ด้วยคำสั่ง Close

```
Close [[#]filenumber][,[#]filenumber] . . .
```

โดยที่ filenymber หมายถึง หมายเลขพื้นที่ที่ต้องการปิด ซึ่งจะระบุหรือไม่ก็ได้ กรณีไมาระบุจะหมายถึงให้ปิดทุกพื้นที่

ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการปิดไฟล์ที่เปิดไว้ในพื้นที่หมายเลข 1 ให้ใช้คำสั่งดังนี้

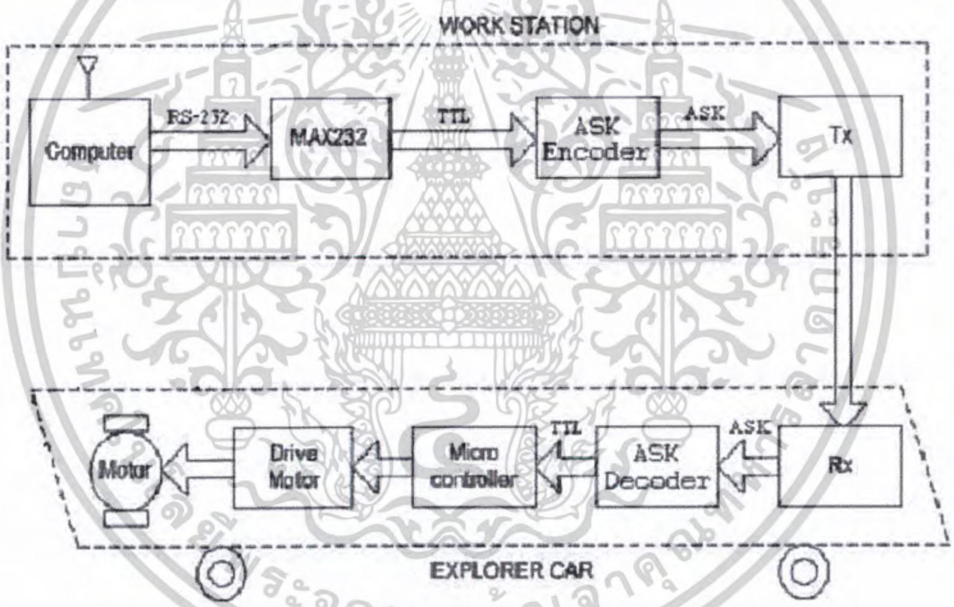
```
Close #1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
การคำนวณและการสร้าง

7.1 หลักการออกแบบรถสำรวจ

หลักการสร้างหุ่นหรือรถสำรวจคันนี้ได้แบ่งส่วนการควบคุมต่างๆ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 7.1 เราสามารถทำการควบคุมการทำงานของรถโดยการส่งข้อมูลทางเวิร์กสเตชั่นไปยังรถ (ส่วนของ Explorer Car) ให้ปฏิบัติหรือทำงานตามคำสั่งของเราเช่น เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เป็นต้น



รูปที่ 7.1 Block Diagram โดยรวมของโครงงาน

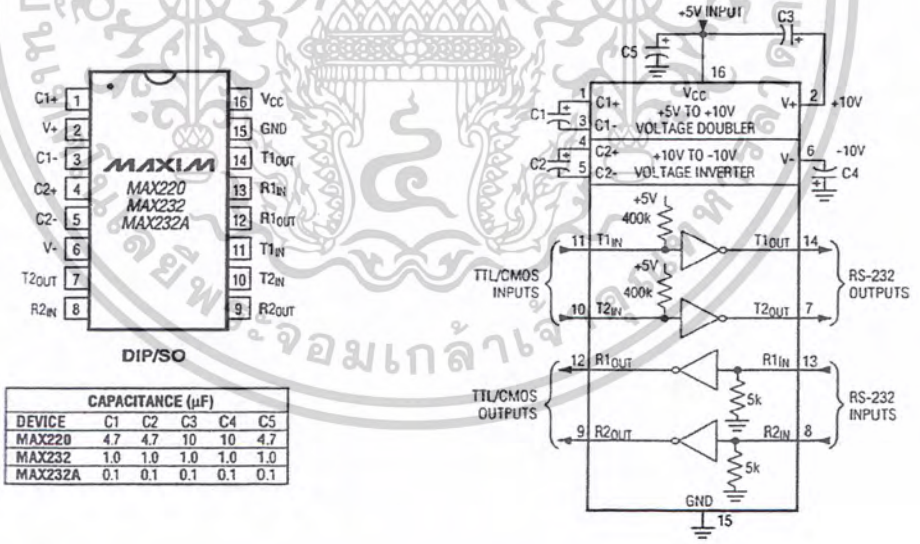
ข้อมูลคำสั่งในการติดต่อระหว่าง Work Station กับตัวรถนั้น เราจะต้องเขียนโปรแกรมที่คอมพิวเตอร์ให้ทำการส่งข้อมูลออกมาทางพอร์ทอนุกรม (Port Com) โดยข้อมูลที่ส่งออกมานั้นจะขึ้นอยู่กับการสั่งการของผู้ควบคุมรถว่าจะให้รถมีผลตอบสนองอย่างไร ซึ่งโครงงานนี้จะใช้คำสั่งข้อมูลขนาด 8 บิต อัตราการส่งผ่านข้อมูล 1,200 บิต/วินาที ซึ่งข้อมูลที่ออกมาจากพอร์ตอนุกรมนั้นเป็นสัญญาณแรงดันแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 เราไม่สามารถนำสัญญาณนี้ไปวิเคราะห์ทาง Digital ได้ จึงจำเป็นที่จะต้องนำสัญญาณนี้ผ่าน IC MAX232 เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันที่ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เป็นสัญญาณ TTL เสียก่อน และนำสัญญาณ TTL นั้นมาเข้ารหัสแบบ ASK (Amplitude Shift Keying) เพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลไปเป็นอนาลอก ก่อนที่จะทำการส่งออกอากาศด้วยเครื่องส่งวิทยุไปยังภาครับของตัวรถต่อไป และเมื่อรถได้รับข้อมูลที่ส่งมาแล้วจะต้องทำการแปลงสัญญาณอนาลอกกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยตัวถอดรหัสแบบ ASK เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยการต่อเข้าทางพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเราใช้ตระกูล MCS-51 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ส่งมาและไปควบคุมวงจร Drive Motor ให้ควบคุมการทำงานของรถสำรวจอีกที

7.2 การแปลงสัญญาณแรงดันมาตรฐาน RS-232 เป็นสัญญาณ TTL

IC MAX-232 มีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณแรงดันที่ออกมา พอร์ตอนุกรม RS-232 ให้เป็นสัญญาณ TTL โดยเมื่อแรงดันที่ออกมาจาก RS-232 มีขนาดแรงดันเท่ากับ 12 โวลท์ หรือลอจิก “0” จะทำการเปลี่ยนสัญญาณ TTL ขนาด 0 โวลท์ และเมื่อมีแรงดันที่ออกมาจาก RS-232 มีขนาดแรงดันเท่ากับ –12 โวลท์หรือลอจิก “1” จะทำการเปลี่ยนสัญญาณ TTL ขนาด 5 โวลท์ ซึ่งค่าต่างๆ ในวงจรและรูปวงจรการต่อได้แสดงอยู่ในรูปที่ 7.2

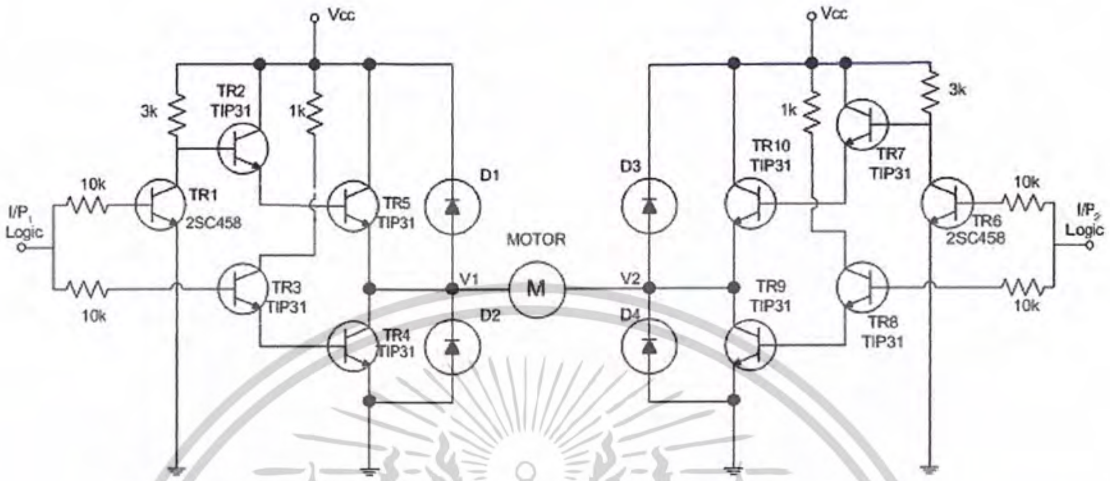


CAPACITANCE (μF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

รูปที่ 7.2 วงจร MAX-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์



รูปที่ 7.3 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

การทำงานของวงจรไดร์ฟมอเตอร์

จุดประสงค์ของการทำงานของวงจรคือ ให้ทำงานหมุนตามคำสั่งของโปรแกรมที่ตั้งไว้ หมายถึงว่า จะมีลอจิก 0 หรือ 1 ป้อนให้กับวงจรทางด้านรับลอจิกของวงจร ซึ่งหากระดับลอจิก 0 หรือ 1 เหมือนกันทั้งคู่จะทำให้ระดับแรงดันที่ขั้วของมอเตอร์มีระดับแรงดันที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งมอเตอร์จะไม่หมุน เพราะมอเตอร์จะหมุนได้จะต้องมีระดับแรงดันที่ขั้วของมอเตอร์ที่แตกต่างกัน โดยเราจะต้องป้อนระดับลอจิกที่แตกต่างกันด้วย มอเตอร์ก็จะหมุน และถ้าเราป้อนระดับแรงดันให้กับกันแล้วมอเตอร์ก็จะหมุนกลับทิศทางในทางตรงกันข้ามด้วยเราจะมีวงจรอย่างในรูป 7.7 ถึง 2 ชุด เพื่อให้ควบคุมการหมุนของล้อซ้าย และใช้ควบคุมการหมุนของล้อขวา

- สภาวะ I/P_1 เป็นลอจิก 0 และ I/P_2 เป็นลอจิก 1 (สภาวะนี้มอเตอร์จะหมุน)

1. เมื่อ I/P_1 เป็นลอจิก 0 ทำให้ TR_1 , TR_3 และ TR_4 ไม่ทำงาน เมื่อ TR_1 ไม่ทำงาน กระแสก็ไหลผ่านความต้านทานค่า 3 kΩ เข้าไปยังขาเบสของ TR_2 ทำให้ TR_2 ทำงานและกระแส I_E ของ TR_2 จะเป็นอินพุทของขาเบสของ TR_3 ทำให้ TR_3 ทำงาน กระแส I_E ของ TR_3 จะไม่ผ่าน TR_4 ลงกราวนด์ แต่จะไหลเข้ามอเตอร์ ดังนั้นเมื่อวัดแรงดันที่จุด V_1 จะได้แรงดันประมาณ 12 โวลท์

2. เมื่อ I/P_2 เป็นลอจิก 1 ทำให้ TR_6 ทำงานในสภาวะแอคทีฟ และกระแสส่วนหนึ่งก็จะไหลเข้าไปยังขาเบสของ TR_7 ทำให้ TR_7 ทำงานกระแส I_E ของ TR_7 ก็เป็นอินพุทให้กับขาเบสของ TR_{10} ขณะเดียวกัน TR_8 ก็ทำงานด้วยเช่นกัน กระแส I_E ของ TR_8 ก็จะเป็นอินพุทให้ขาเบสของ TR_9 จึงทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ TR_9 ทำงาน โดยกระแสจากแหล่งจ่าย จะไหลผ่านกระแสคอลเลคเตอร์ของ TR_{10} และกระแส TR_{10} ก็จะเป็นกระแส I_C ของ TR_9

ดังนั้นเมื่อเราวัดแรงดันที่จุด V_2 ก็จะได้แรงดันที่น้อยมาก คือประมาณ 0 โวลท์ และแรงดันที่จุด V_1 จะได้ประมาณ 12 โวลท์

- สภาวะ I/P_1 เป็นลอจิก 1 และ I/P_2 เป็นลอจิก 0 (สภาวะนี้มอเตอร์จะหมุน)

แรงดันที่จุด V_1 จะมีค่าประมาณ 0 โวลท์ และแรงดันที่จุด V_2 จะได้ประมาณ 12 โวลท์ จึงทำให้ผลต่างของแรงดันระหว่าง V_1 กับ V_2 มีค่าสูง

- สภาวะ I/P_1 เป็นลอจิก 1 และ I/P_2 เป็นลอจิก 1 (สภาวะนี้มอเตอร์จะไม่หมุน)

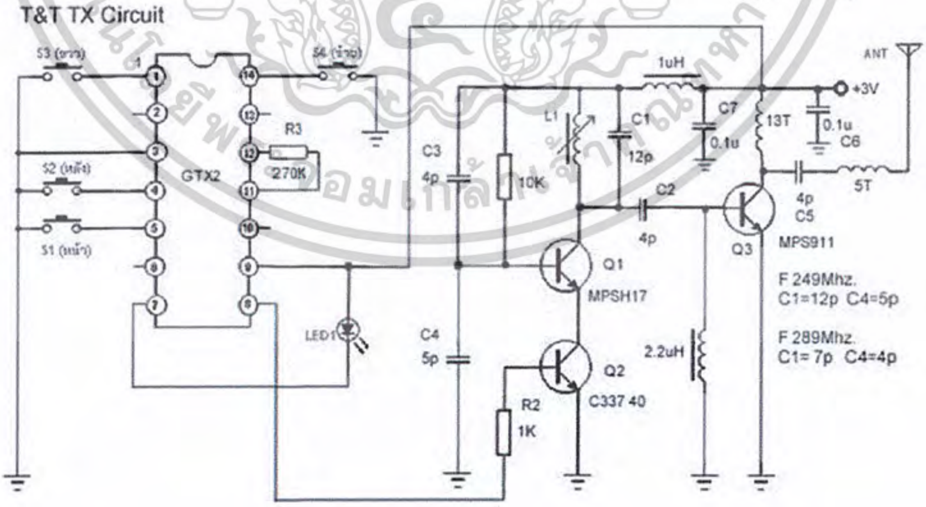
แรงดันที่จุด V_1 จะมีค่าประมาณ 0 โวลท์ และแรงดันที่จุด V_2 จะได้ประมาณ 0 โวลท์ จึงทำให้ผลต่างของแรงดันระหว่าง V_1 กับ V_2 มีค่าต่ำ

- สภาวะ I/P_1 เป็นลอจิก 0 และ I/P_2 เป็นลอจิก 0 (สภาวะนี้มอเตอร์จะไม่หมุน)

แรงดันที่จุด V_1 จะมีค่าประมาณ 12 โวลท์ และแรงดันที่จุด V_2 จะได้ประมาณ 12 โวลท์ จึงทำให้ผลต่างของแรงดันระหว่าง V_1 กับ V_2 มีค่าต่ำ

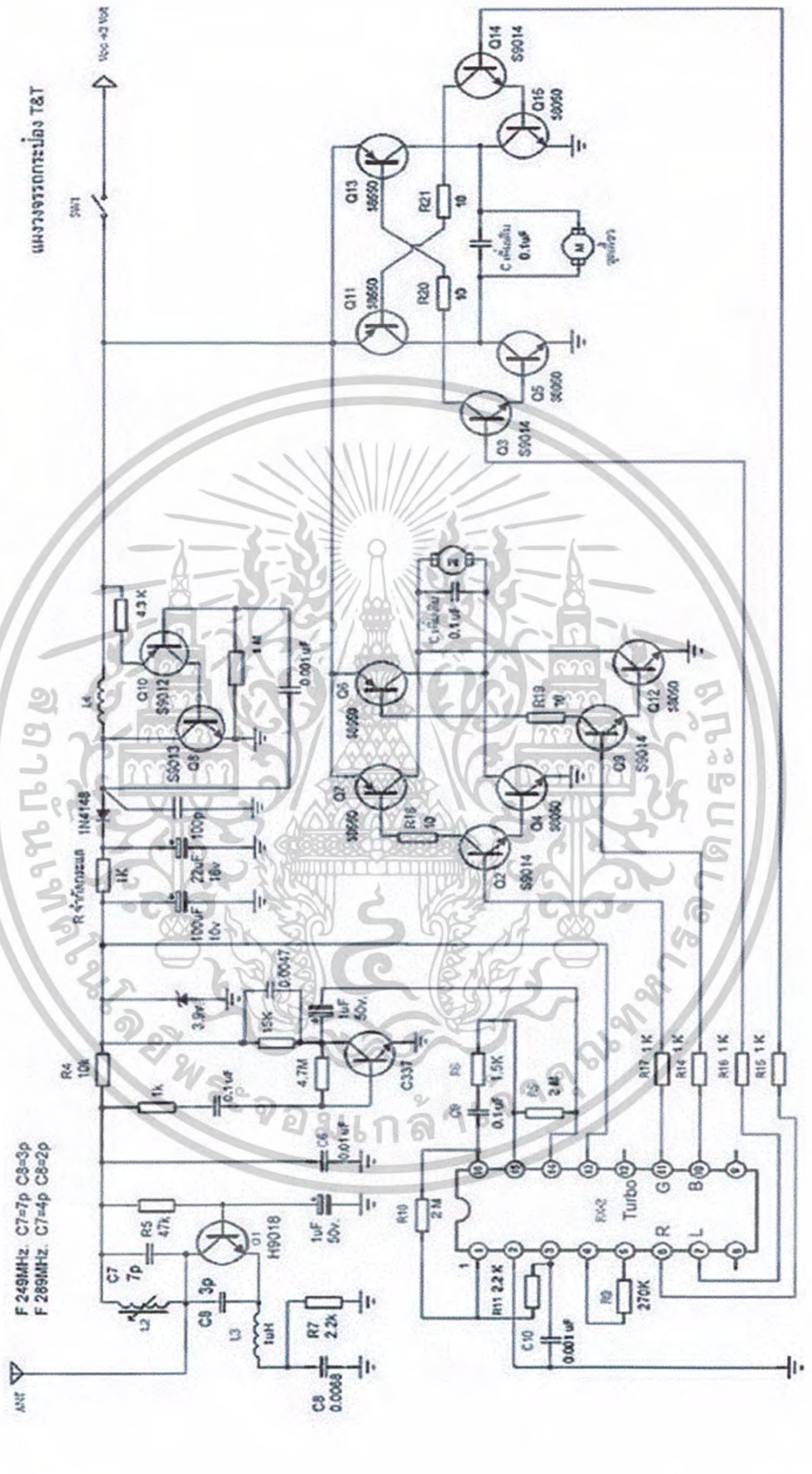
7.4 ส่วนของภาครับ-ส่งคลื่นวิทยุ

วงจรที่ใช้ในภาคนี้ได้นำมาจากรถบังคับวิทยุซึ่งมี รูปวงจร ดังแสดงในรูปที่ 7.4 สำหรับวงจรภาคส่ง และรูปที่ 7.5 สำหรับวงจรภาครับ



รูปที่ 7.4 วงจรภาคส่งสัญญาณวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.5 วงจรภาครับสัญญาณวิทยุ

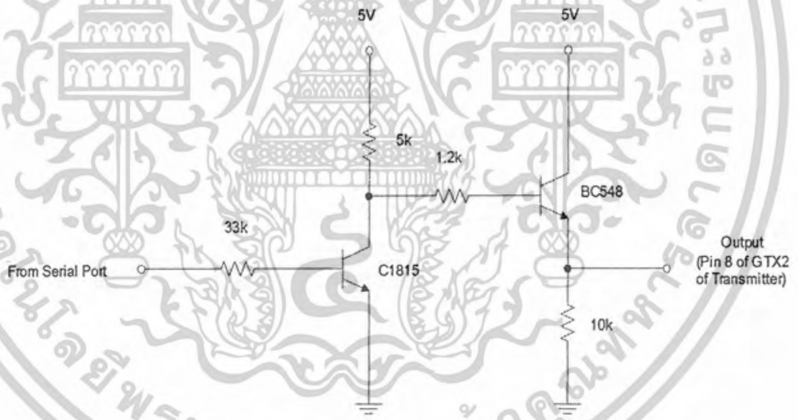
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรภาครับส่งของรถบังคับวิทยุที่นำมาใช้นั้นใช้คลื่นพาหะ 49 MHz มีการเข้ารหัสสัญญาณแบบ ASK (Amplitude Shift Keying) จากการดูรูปสัญญาณที่ Antenna จะเห็นว่าที่ Logic 0 จะไม่มีคลื่นพาหะออกไป และที่ Logic 1 จะมีคลื่นพาหะออกไป ซึ่งการเข้าสัญญาณแบบนี้นั้นสามารถเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า OOK (On-Off Kcying)

7.4.1 การนำวงจรภาคส่งของรถบังคับวิทยุมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน

การนำภาคส่งของรถบังคับวิทยุมาประยุกต์ใช้กับ โครงงานได้มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของอินพุทที่จะนำไปมอดดูเลทกับคลื่นพาหะ โดยสัญญาณอินพุทนี้จะนำไปต่อเข้ากับขา 8 ของ GTX2 ซึ่งขานี้เป็นเอาท์พุทของ GTX2

สัญญาณอินพุทนี้จะนำมาจาก Serial Port ของคอมพิวเตอร์แล้วผ่าน IC MAX232 เพื่อแปลงให้เป็นสัญญาณ TTL ต่อจากนั้นจึงนำไปผ่าน Inverter และบัฟเฟอร์ ดังรูปที่ 3.9 ก่อนที่จะนำไปมอดดูเลทกับคลื่นพาหะ

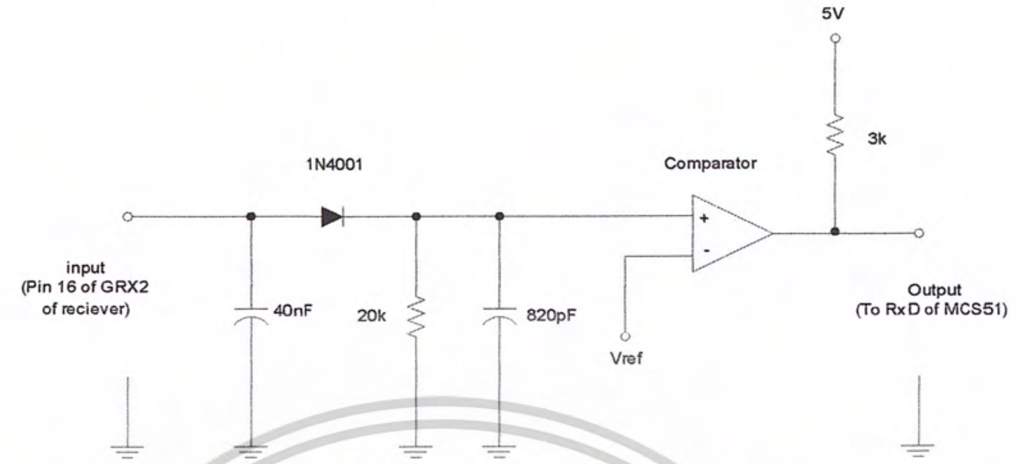


รูปที่ 7.6 วงจร Inverter และ Buffer

7.4.2 การนำภาครับของรถบังคับวิทยุมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน

การนำภาครับของรถบังคับวิทยุมาประยุกต์ใช้กับ โครงงานจะนำสัญญาณที่ออกมาจากภาครับคลื่นวิทยุ และผ่านการถอดรหัสแล้วมาผ่าน low pass filter และ peak detector เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน ก่อนที่จะนำไปเข้า Comparator เพื่อแปลงสัญญาณให้เป็น TTL แล้วส่งต่อเข้าขา RxD ของไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

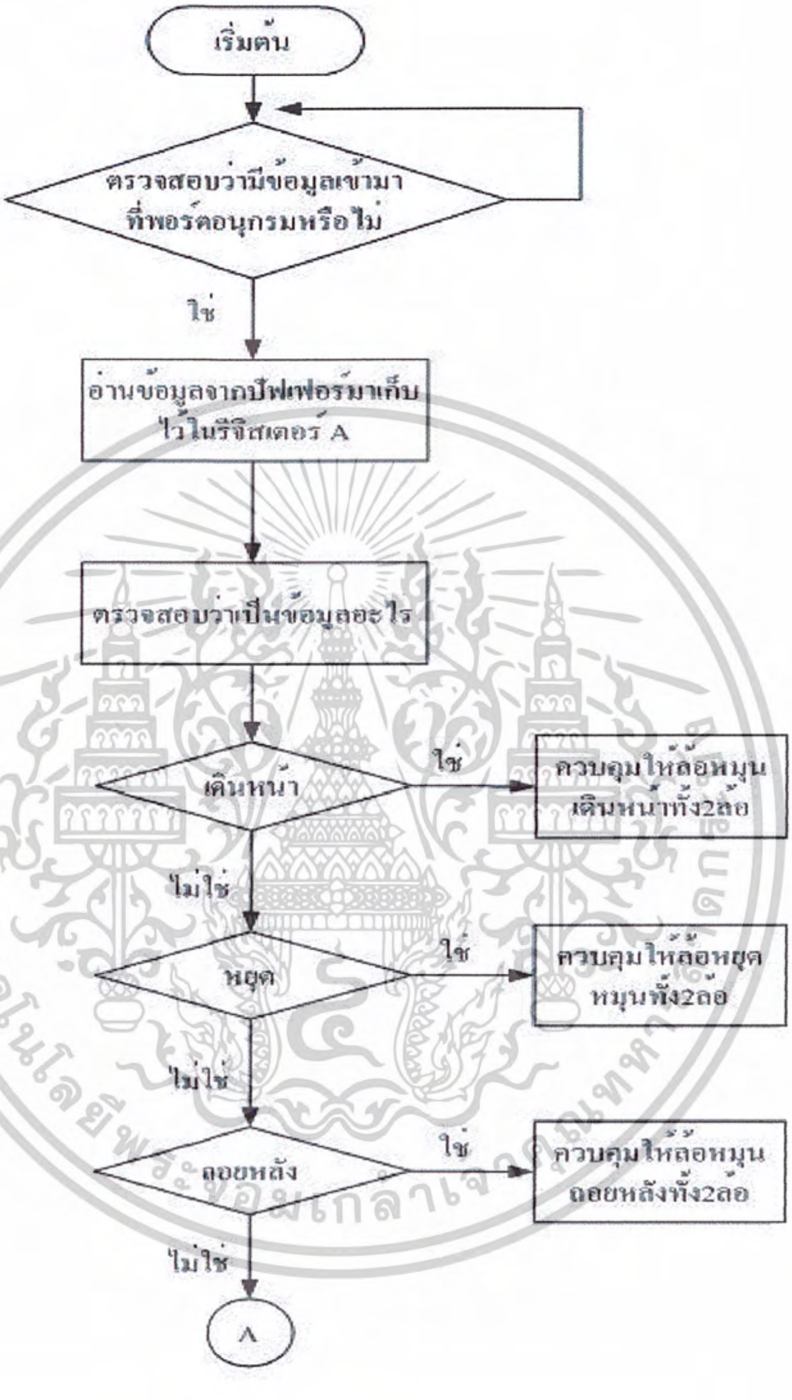


รูปที่ 7.7 Low Pass Filter, Peak Detector และ Comparator

7.5 ส่วนการออกแบบMicrocontroller

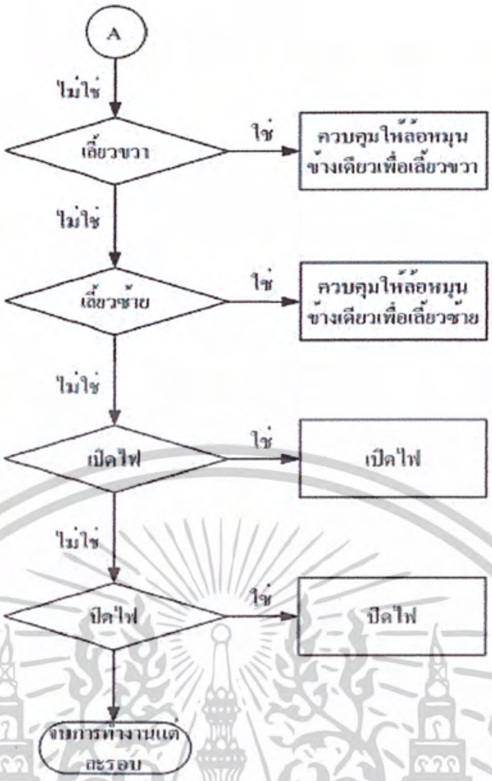
ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการใช้พอร์ตอนุกรม เพื่อรับข้อมูลที่มาจากส่วนถอดรหัส โดยข้อมูลจะเข้าทางพอร์ตอนุกรม(ขา P3.0 หรือขา RXD) ไปอยู่ในรีจิสเตอร์ SBUF ของ MCS – 51 แล้วประมวลผลว่าจะให้หุ่นปฏิบัติงานอย่างไร ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปสั่งวงจร Drive Motor อีกทีหนึ่ง โดยเราสามารถทำการเขียนแผนผัง(Flow chart) การควบคุมรถได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

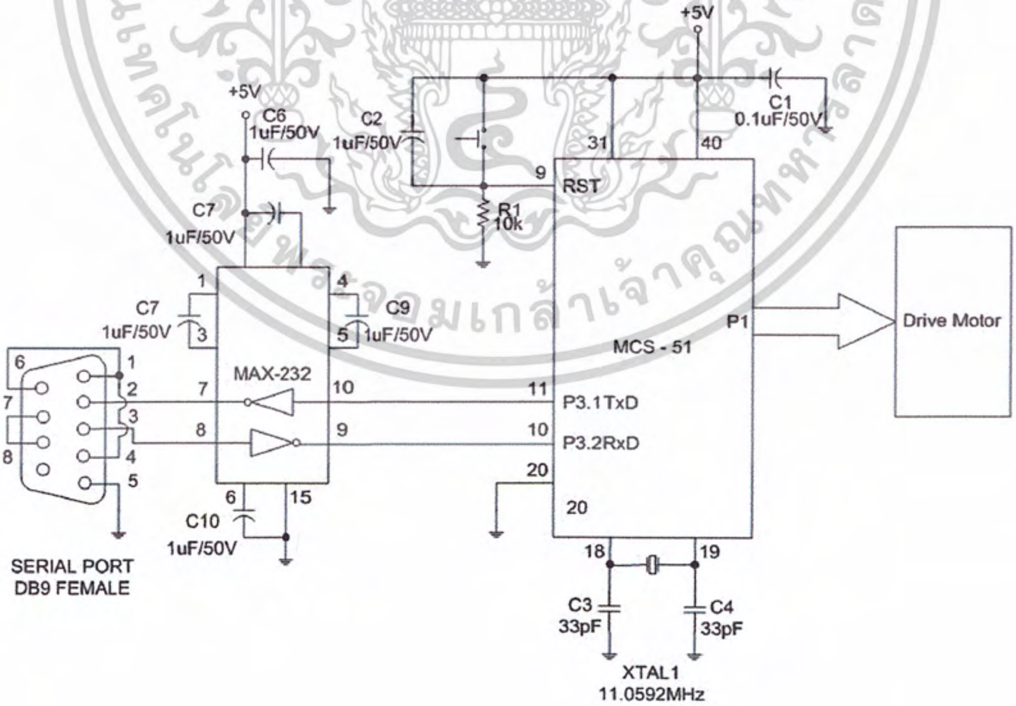


รูปที่ 7.8a แผนผังแสดงการควบคุมรถสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.8b แผนผังแสดงการควบคุมรถสำรวจ



รูปที่ 7.9 แสดงวงจรรวมที่ใช้สร้างรถสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.6 ส่วนของการติดต่อและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ของรถสำรวจ

เราได้ใช้โปรแกรม Visual Basic Version 6.0 โดยเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตอนุกรม เพื่อส่งคำสั่งออกไปควบคุมการทำงานของรถ โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของรถได้ด้วย

Keyboard ซึ่งแบ่งเป็นกรณีกดกับปล่อย ดังตารางข้างล่างนี้ และสามารถเลือกพอร์ต (COM1 , COM2) หรือเลือกอัตรา Baud rate ได้อย่างอิสระเพื่อนำโปรแกรมนี้ไปดัดแปลงใช้งานกับงานอื่นๆ ได้สะดวก โดยต้องมีการเลือกใช้ อัตรา Baud rate ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ด้วย

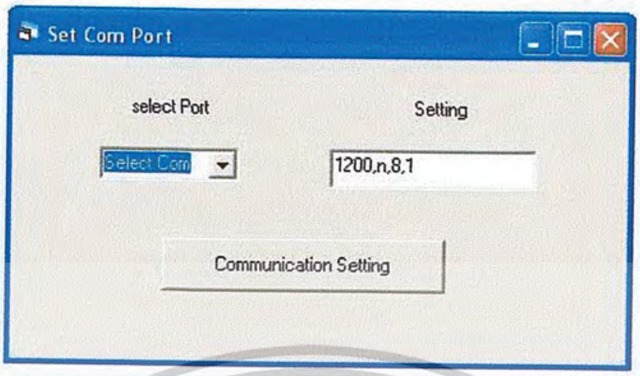
ตารางที่ 7.1 แสดงการใช้ปุ่มKeyboard เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ

ปุ่ม	กด	ปล่อย
A	ล้อขวาหมุนข้างเดียวเพื่อเลี้ยวซ้าย	หยุด
S	ถอยหลัง	หยุด
W	เดินหน้า	หยุด
D	ล้อซ้ายหมุนข้างเดียวเพื่อเลี้ยวขวา	หยุด
F	เปิดไฟ	-
R	ปิดไฟ	-

Form ที่1

ภายใน Form จะมีปุ่มคำสั่งสำหรับการ Set ค่าให้แก่พอร์ทอนุกรมทั้งการเลือกพอร์ท หรือการกำหนดรูปแบบการรับส่งข้อมูล เช่น ค่าบิทเรท,พาริตี้บิท,จำนวนบิทข้อมูลและค่าลอจิกของ Stop บิท โดยเมื่อกดปุ่ม Communication Setting โปรแกรมจะทำการเปิดพอร์ทและเซ็ตค่าต่างๆ ตามที่ได้ป้อนข้อมูลไป

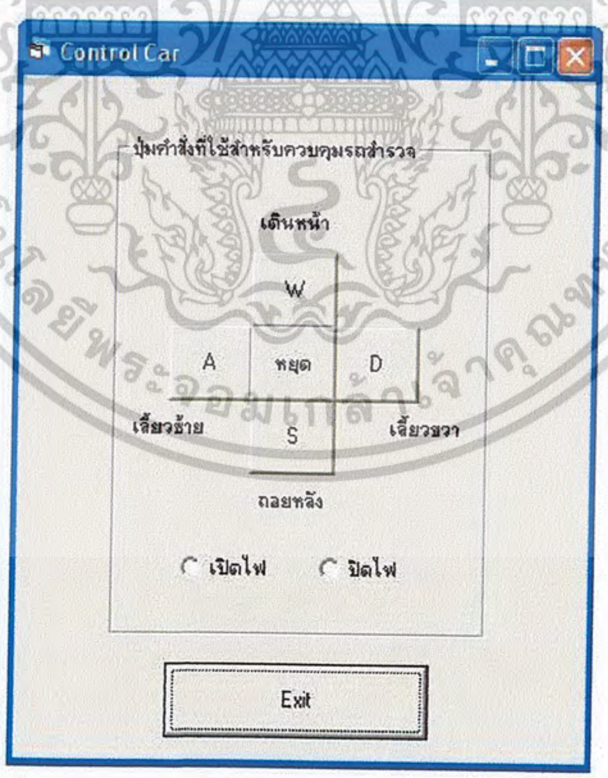
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.10 แสดงรูปแบบ Formที่1ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับการควบคุมรถสำรวจ

Form ที่2

ในรูปที่ 7.12 จะแสดง Form ที่ใช้สำหรับการควบคุมการทำงานของรถสำรวจ ซึ่งสามารถทำการควบคุมได้โดยการกดปุ่มคีย์บอร์ด หรือจะใช้ Mouse คลิกปุ่มต่างๆที่แสดงอยู่ใน Form ก็ได้



รูปที่ 7.11 แสดงรูปแบบ Formที่2 ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับการควบคุมรถสำรวจ

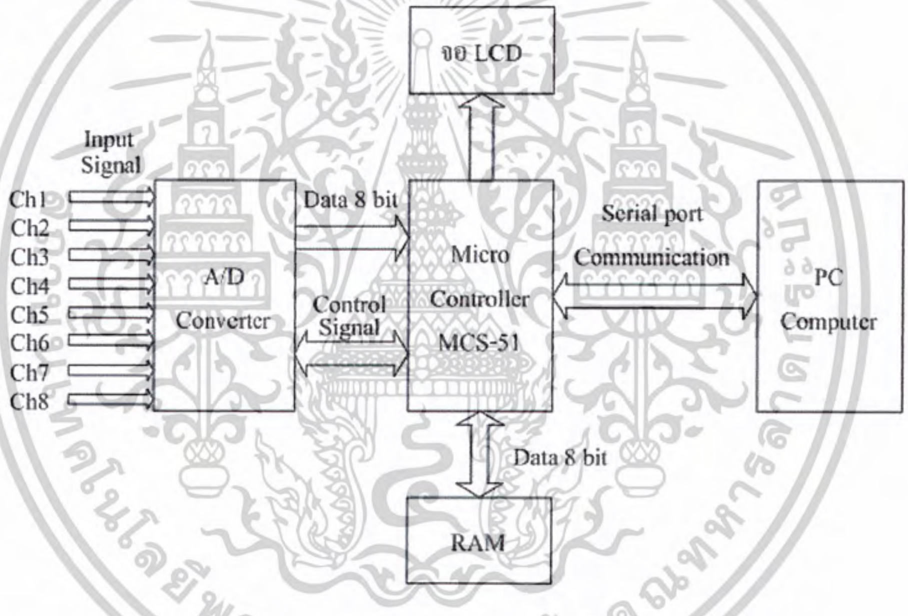
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.7 ส่วนของการออกแบบตัวรถสำรวจ

ในการออกแบบรูปลักษณ์ตัวรถสำรวจนั้น เราได้ออกแบบให้มีโครงสร้างเป็นสี่เหลี่ยมทรงสูง เพื่อความคล่องตัวในการเคลื่อนที่และติดตั้งอุปกรณ์ได้มากชิ้น ซึ่งตัวโครงรถนั้นทำจากเส้นอลูมิเนียมฉากทำให้มีความคงทนในระดับหนึ่ง และทำให้มีน้ำหนักเบา มีการใช้มอเตอร์ 2 ตัว ในการขับเคลื่อนตัวรถซึ่งได้ติดตั้งไว้ที่ล้อหลังทั้ง 2 ล้อ และมีล้อหน้าล้อเดียวเพื่อความคล่องตัวในการเลี้ยวหรือหมุนกลับ

7.8 หลักการออกแบบและการสร้างเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)

7.8.1 บล็อกไดอะแกรมของ Data Logger



รูปที่ 7.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมของดาต้าลอกเกอร์

จากบล็อกไดอะแกรมจะเห็นได้ว่า ระบบตรวจวัดสัญญาณประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆคือ

1. ส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converter)
2. ส่วนไมโครคอนโทรเลอร์(Microcontroller)
3. ส่วนหน่วยความจำข้อมูล(Ram)
4. ส่วนพีซีคอมพิวเตอร์(PC computer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.8.1.1) ส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

วงจร ADC ที่ใช้ในโครงงานนี้จะใช้ไอซีเบอร์ ADC0809 ทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกที่เข้ามาเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้หลักการประมาณค่าแบบต่อเนื่อง (Successive Approximation) มี 8 Channel ในตัวและมีความคล่องตัวในการใช้งาน เนื่องจากสามารถเปลี่ยนความถี่ในการทำงานได้ โดยในโครงงานนี้ใช้ความถี่ 1 MHz

7.8.1.2) ส่วนไมโครคอนโทลเลอร์

เป็นส่วนที่ควบคุมการจัดระบบ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ เบอร์ AT89C51 ในตระกูล MCS-51 เป็นหัวใจหลักในการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นตัวควบคุมระบบการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล การส่งค่าไปคอนโทรลเพื่อเลือกสัญญาณแต่ละแชนเนล การเก็บค่าไว้ในหน่วยความจำข้อมูล การดึงค่าจากหน่วยความจำข้อมูลออกไปที่พอร์ตสำหรับการสื่อสารแบบอนุกรม โดยใช้ไอซี MAX-232 เพื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณมาตรฐานตามมาตรฐาน RS-232

7.8.1.3) ส่วนหน่วยความจำข้อมูล

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลสัญญาณอินพุทที่ถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้ว โดยผ่าน MCS-51 ในโครงงานนี้ใช้หน่วยความจำ 32 Kbytes คือไอซีเบอร์ 62256 แต่ในการนำไปใช้งานจริงอาจเพิ่มให้มีค่ามากกว่านี้ได้เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ต้องการเก็บ

7.8.1.4) ส่วนพีซีคอมพิวเตอร์

ในการที่คอมพิวเตอร์จะติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้นั้น จำเป็นต้องมีสื่อในการติดต่อ นั่นคือภาษาต่างๆ เช่น ภาษาซี ภาษาปาสคาล ภาษาเบสิก เป็นต้น แต่ทางกลุ่มได้เลือกใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 ตัวโปรแกรมมีความยืดหยุ่นในการออกแบบ Application ต่างๆ โดยจะนำข้อมูลที่ได้จากชุดตรวจวัดมาทำการวิเคราะห์ แสดงผลและบันทึกจัดเก็บไว้ในไฟล์แบบ Text file ซึ่งสามารถนำค่าใน text file ไปทำการพล็อตเป็นกราฟได้

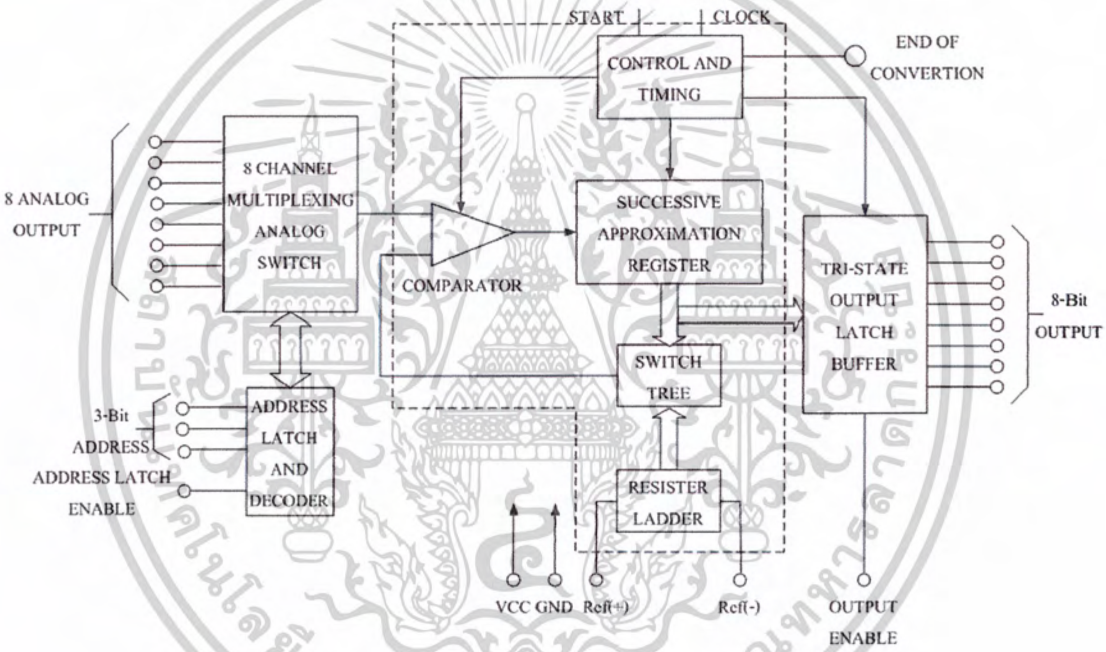
ลักษณะที่สำคัญของ ADC0809

- เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกเบอร์ได้ง่าย
- สามารถปรับแรงดันอ้างอิงได้ในช่วง 0 ถึง +5 Vdc
- มัลติเพล็กซ์ได้ถึง 8 ช่องด้วย Address logic
- แรงดันเอาท์พุทเป็น TTL
- อยู่ในรูปของไอซี 28 ขาแบบ DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

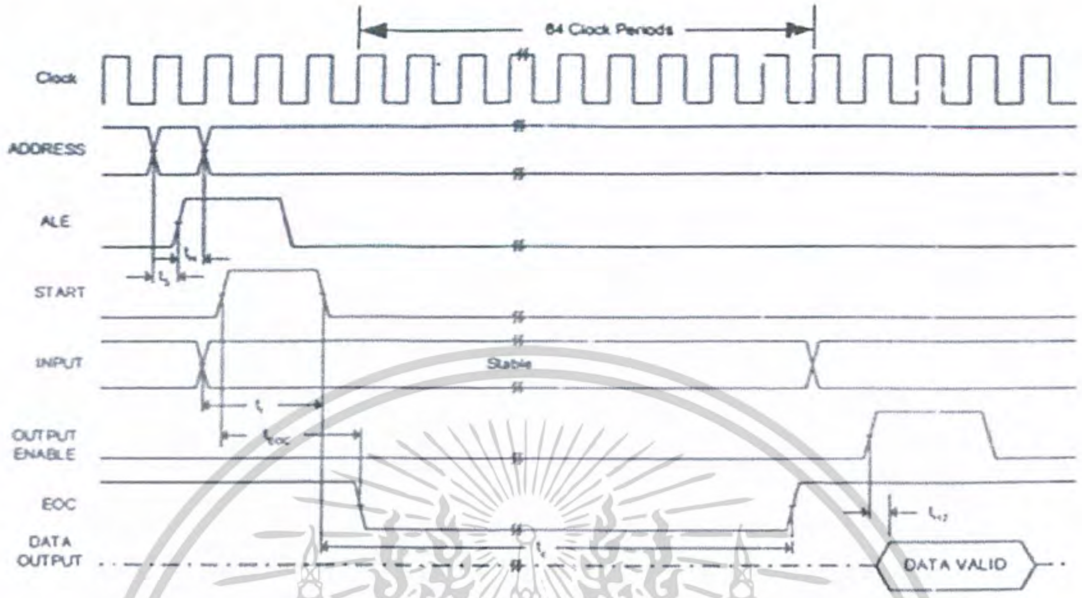
คุณสมบัติที่สำคัญของ ADC0809

- ความละเอียด (Resolution) 8 บิต
- ค่าผิดพลาดสูงสุดอยู่ระหว่าง บวกลบ 1 LSB
- แหล่งจ่ายเดียว 5 Vdc
- กินกำลังไฟต่ำที่ 15mW
- Conversion time 100 μS



รูปที่ 7.13 บล็อกไดอะแกรมของ ADC0809

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.14 ไทม์มิ่งไดอะแกรมของ ADC0809

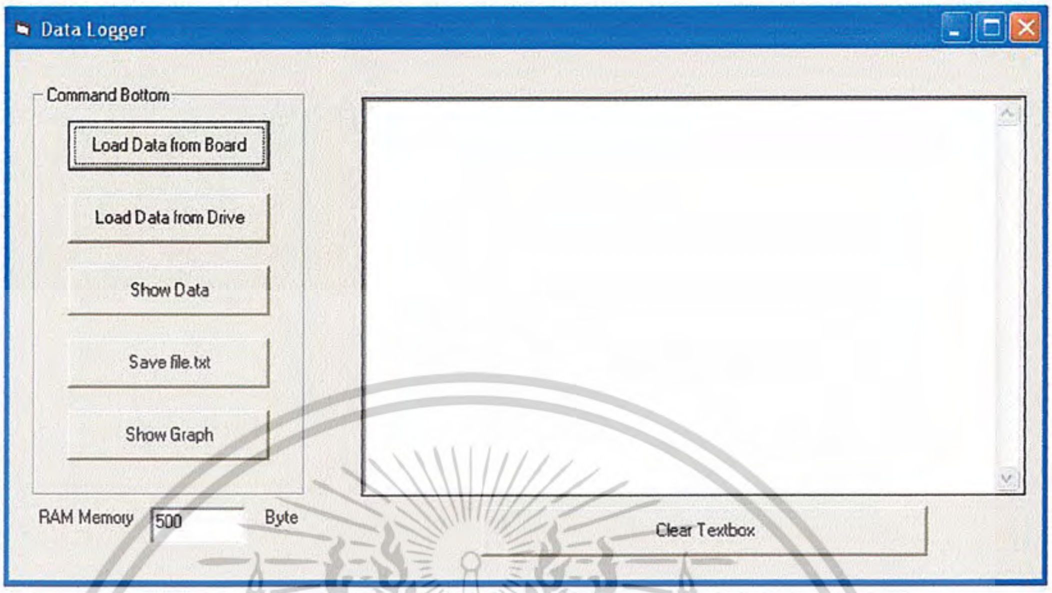
7.8.2 การออกแบบซอฟต์แวร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic

การออกแบบซอฟต์แวร์ในโครงงานชิ้นนี้ จะใช้โปรแกรม Visual Basic เข้ามาช่วยเพื่อใช้ในการแสดงผลออกมาเป็นกราฟบนเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดของการบันทึกข้อมูลทั้งหมด เช่น วันและเวลาในการเริ่มต้นเก็บข้อมูล, จำนวนช่องสัญญาณที่ทำการบันทึก, จำนวนข้อมูลที่บันทึกไว้หน่วยความจำข้อมูล และระยะห่างของเวลาในการบันทึกค่าแต่ละค่า โดยการโหลด (Load) ค่าของสัญญาณข้อมูลที่ป้อนเข้า A/D Converter ซึ่งได้บันทึกไว้ในหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (RAM) สำหรับโครงงานนี้ได้ใช้ พอร์ตอนุกรม (Serial Port) ในการโหลดค่าข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์

<u>Form ที่ 1</u>

ใน Form ที่1 เป็นรูปแบบของส่วนควบคุมการโหลดข้อมูลจากเครื่องบันทึกข้อมูล ซึ่งจะมีปุ่มคำสั่งในการใช้งานอยู่หลายปุ่มด้วยกัน โดยสามารถทำการโหลดข้อมูลจากเครื่องบันทึกข้อมูลได้ด้วยการกดปุ่ม Load Data from Board หรือทำการโหลดข้อมูลจากใน Drive ของเรามาแสดงใน Text Box ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีปุ่มสำหรับนำค่าใน Text Box ไปพร็อตกราฟด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.15 แสดงรูปแบบ Formที่1 ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับเครื่องบันทึกข้อมูล

<u>Form ที่ 2</u>

ใช้ในการโหลดข้อมูลจากในDrive ของเรามาแสดงไว้ใน Text Box

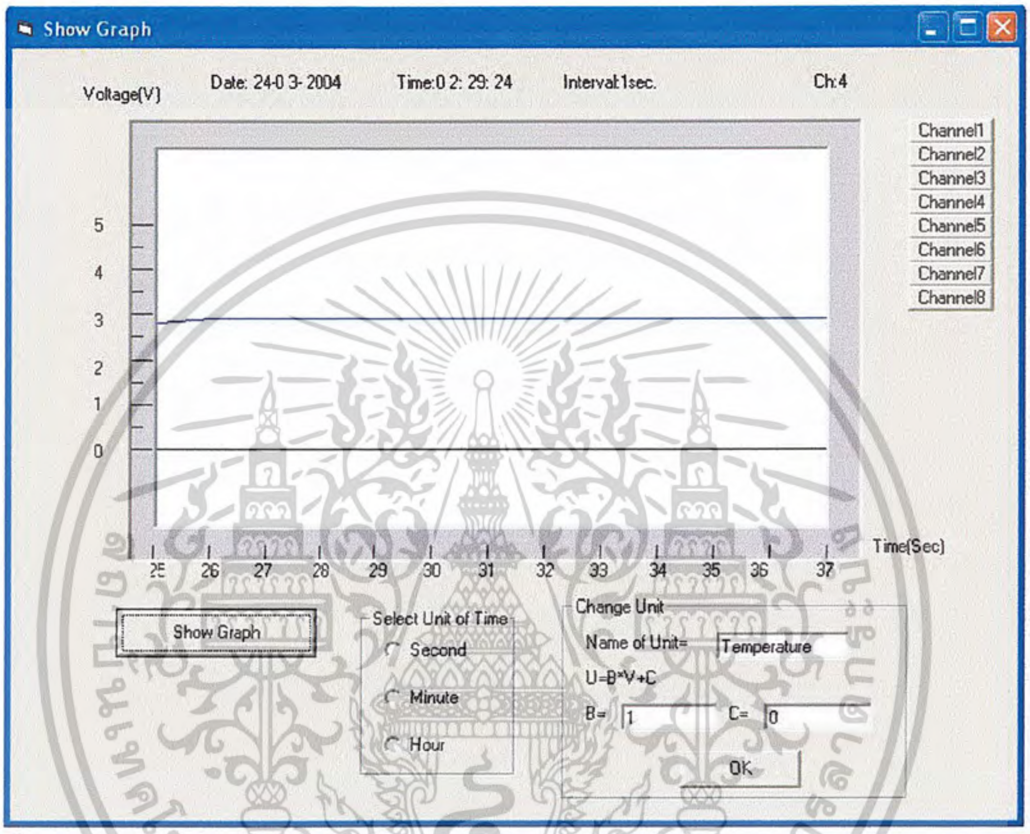
รูปที่ 7.16 แสดงรูปแบบ Formที่2 ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับเครื่องบันทึกข้อมูล

<u>Form ที่ 3</u>

เป็น Form ที่ใช้ในการนำข้อมูลไปแสดงในรูปแบบของกราฟจะเห็นได้ว่ามีปุ่ม Option สำหรับการใช้งานต่างๆ มากมาย เช่น การเลือกเฉพาะเส้นกราฟของ Channel ที่ต้องการ การเปลี่ยนหน่วยจากแรงดันเป็นหน่วยต่างๆ ตามการใช้งานจริงด้วยการกำหนดค่าตัวแปรตามสมการที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้น โดยจะมีการแสดงวันเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลและค่าต่างๆ เหมือนกับที่แสดงในรูป Text file ทุกประการ



รูปที่ 7.17 แสดงรูปแบบ Formที่3 ที่ใช้ในโปรแกรมสำหรับเครื่องบันทึกข้อมูล

7.8.3 การเก็บค่าข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

ในการบันทึกสัญญาณสามารถกำหนดระยะห่างของเวลาในการเก็บข้อมูลคือ ตั้งแต่ 1 วินาที ขึ้นไปจนถึง 99 ชั่งโมง และ ที่ความถี่ 1 kHz ซึ่งก็คือ 1 มิลลิวินาที โดยสามารถเลือกความจุในการเก็บค่าของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (RAM) ดังนี้ 8 Kbytes , 16 Kbytes และ 32 Kbytes ดังนั้นสามารถคำนวณระยะเวลาในการเก็บค่าที่สั้นที่สุด และนานที่สุด ได้ดังนี้

ระยะเวลาในการเก็บค่าที่สั้นที่สุด คือเก็บค่าของข้อมูลที่ความถี่ 1 kHz หรือก็คือ 1 มิลลิวินาที ด้วยความจุของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (RAM) ที่ 8 Kbytes ดังนั้นระยะเวลาในการเก็บข้อมูลคือ

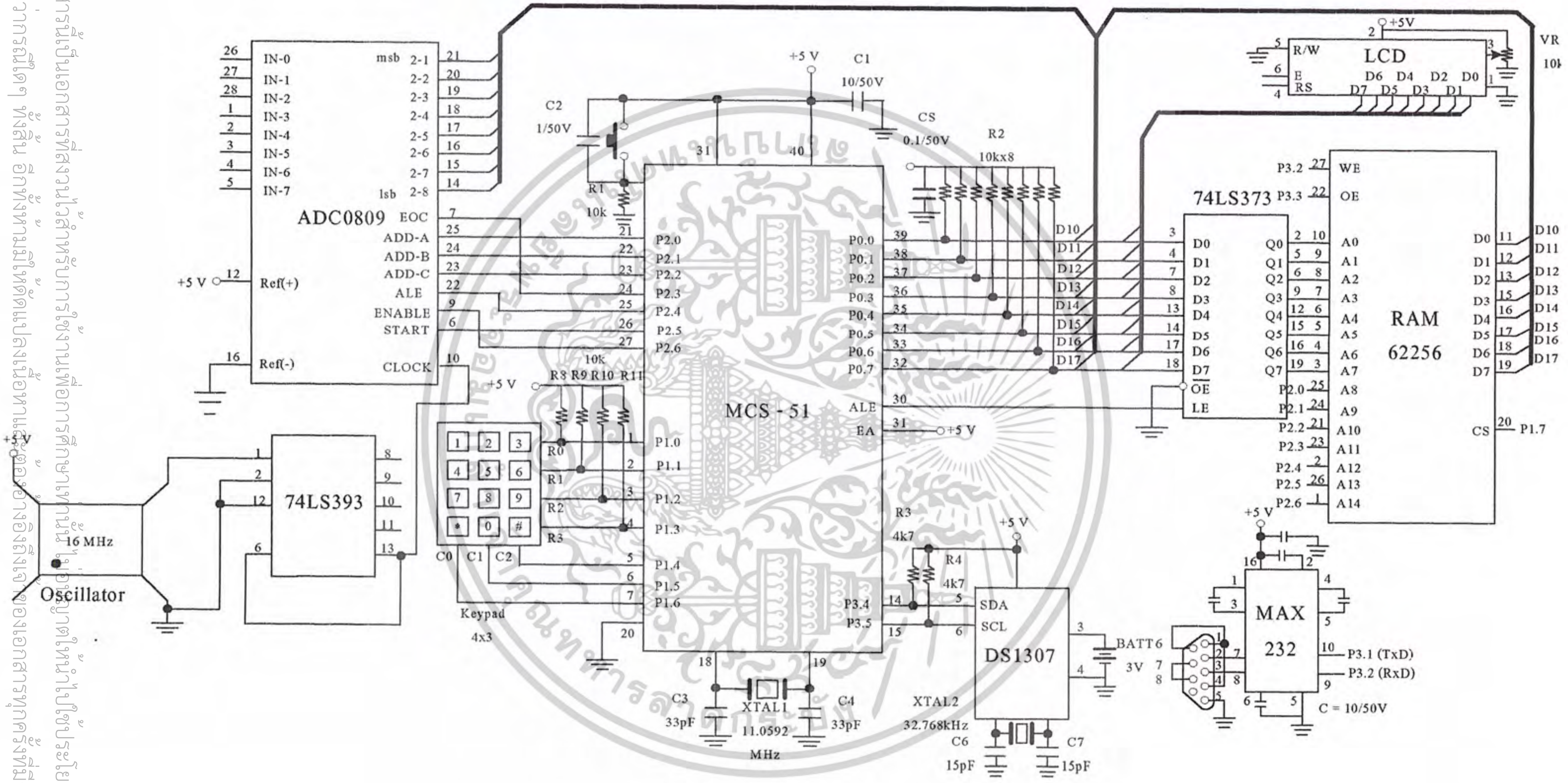
0.001 วินาที x 8 Kbytes = 8 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาในการเก็บค่าที่นานที่สุด คือเก็บค่าของข้อมูลที่ระยะห่างของการเก็บค่า 99 ชั่วโมง และด้วยความจุของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (RAM) ที่ 32 Kbytes ดังนั้นระยะเวลาในการเก็บข้อมูลคือ

99 x3600x 32 Kbytes	=	11,404,800,000 วินาที
	=	190,080,000 นาที
	=	3,168,000 ชั่วโมง
	=	132,000 วัน

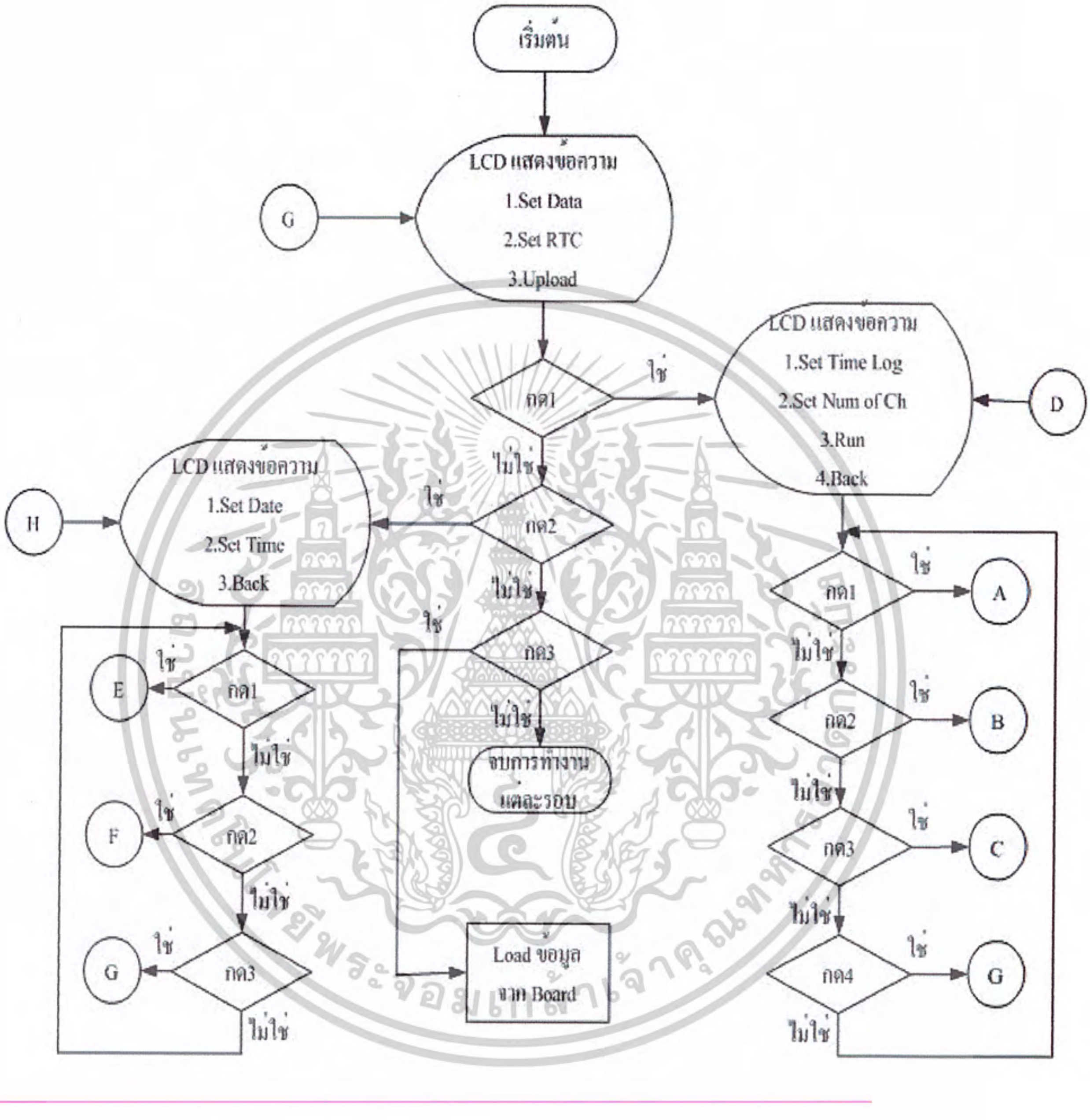
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.14 แสดงการต่อวงจรของเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)

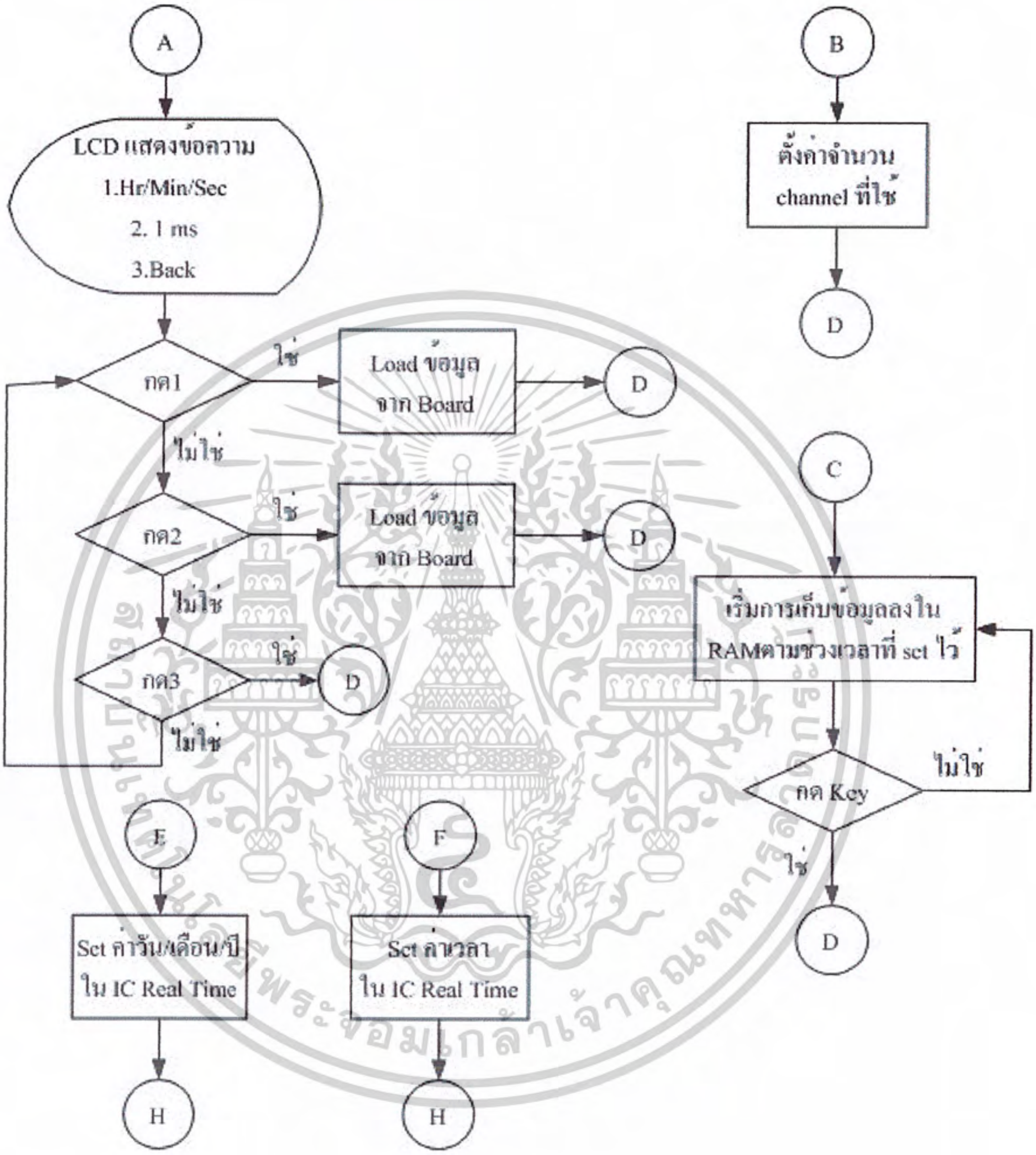
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart โปรแกรมของเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart โปรมแกรมของเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
การทดลองและผลการทดลอง

8.1 ภาคการแปลงระดับแรงดันจากมาตรฐาน RS-232 เป็น สัญญาณ TTL

จุดประสงค์

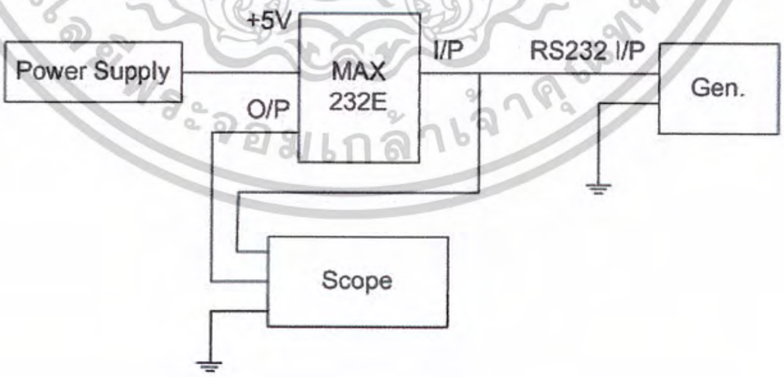
เพื่อศึกษาการส่งข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรม โดยให้สัญญาณแรงดันจากฟังชันเจนเนอร์เรเตอร์แทนสัญญาณจากพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยสัญญาณขนาด –12 โวลท์ แทนสัญญาณลอจิก 1 ของ TTL และ สัญญาณขนาด +12 โวลท์ แทนสัญญาณลอจิก 0 ของ TTL

อุปกรณ์ที่ใช้

1. Power Supply
2. ออสซิลโลสโคป
3. ฟังชันเจนเนอร์เรเตอร์
4. วงจรแปลงสัญญาณ RS-232 เป็น สัญญาณ TTL (I.C. MAX232)

วิธีการทดลอง

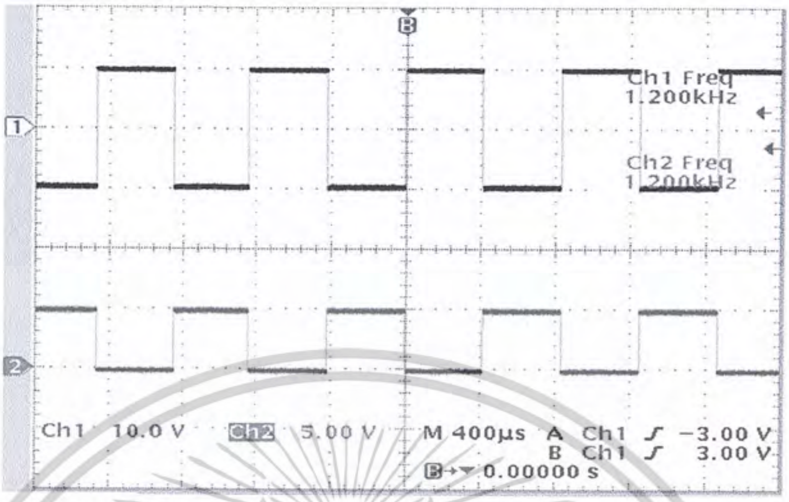
1. ต่อวงจรดังบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 วงจรแปลงระดับแรงดันเป็นสัญญาณ TTL

2. ทำการวัดสัญญาณ I/P เปรียบเทียบกับ O/P และบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.2 แสดงผลการทดลองวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันเป็นสัญญาณ TTL

ผลการทดลอง

จากกราฟผลการทดลองจะสังเกตเห็นว่าช่วงที่ขนาดสัญญาณ I/P(สัญญาณ Ch1) มีขนาด –10 โวลท์ จะถูกแปลงเป็นสัญญาณ O/P (สัญญาณ Ch2) ขนาด 5 โวลท์ และ ช่วงที่ขนาดสัญญาณมีขนาด I/Pมีขนาด +10 โวลท์ จะถูกแปลงเป็นสัญญาณ O/P ขนาด 0 โวลท์

สรุปผลการทดลอง

IC MAX-232 ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณจมาตรฐาน RS-232 เป็นสัญญาณ TTL โดยทำการเปลี่ยนแรงดัน +12 โวลท์ ที่ออกมาจาก RS-232 เป็นสัญญาณ TTL มีค่า 0 โวลท์ หรือลอจิก “0” และทำการเปลี่ยนแรงดัน –12 โวลท์ เป็นสัญญาณ TTL มีค่า 5 โวลท์ หรือลอจิก “1” ซึ่งเราต้องการนำสัญญาณ TTL นี้ไปใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมวงจรไดรว์มอเตอร์ต่อไป

8.2 ภาคการแปลงสัญญาณASKเพื่อส่งและรับสัญญาณผ่านคลื่นวิทยุ

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาการแปลงข้อมูลจาก TTL เป็นรหัสแบบ ASK
2. เพื่อศึกษาการแปลงข้อมูลจาก Digital เป็น Analog

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ฟังชันเจนเนอร์เรเตอร์
2. วงจรเข้าและถอดรหัส ASK (วงจรวิทยุรับส่ง 49 MHz ของรถกระป๋อง)

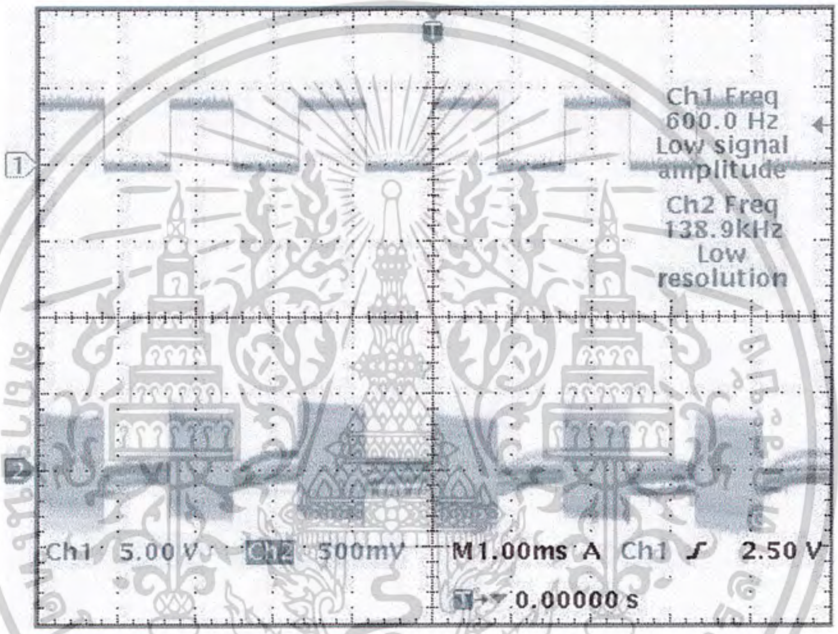
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ออสซิลโลสโคป
4. Power Supply

8.2.1 การเข้ารหัส ASK โดยใช้วงจรส่งคลื่นวิทยุรถกระป๋องความถี่ 49 MHz

การทดลอง

ใช้ฟังชันเจนเนอร์เรเตอร์ป้อนสัญญาณ TTL ความถี่ 600 Hz เข้าที่ขา 8 ของ IC GTX2 ในวงจรรูปที่ 7.4 และวัดสัญญาณที่เข้าไปยังแอนเทนน่าเปรียบเทียบกับสัญญาณ TTL ที่ป้อนเข้า



รูปที่ 8.3 แสดงผลการทดลองวงจร ASK Encoder

Ch1 = สัญญาณ TTL ก่อนป้อนเข้าที่ขา 8 ของ GTX2

Ch2 = สัญญาณก่อนส่งเข้าแอนเทนน่า(Antenna)

ผลการทดลอง

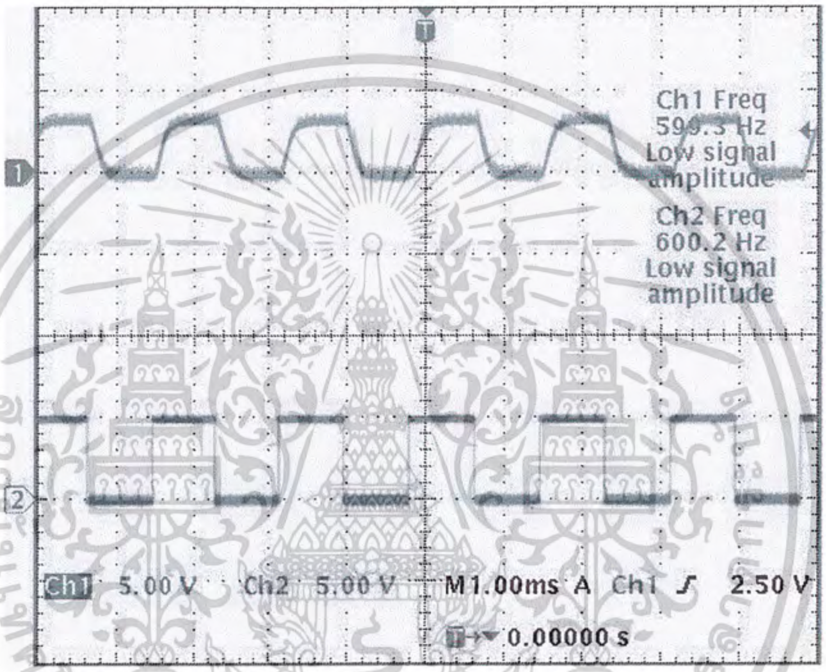
จะเห็นว่าสัญญาณก่อนส่งเข้าไปที่เอนเทนน่านั้นเป็นสัญญาณที่เกิดจากการเข้ารหัสแบบ ASK โดยสัญญาณช่วงที่เป็นแถบดำหรือมีขนาดแรงดันค่ามากจะเกิดจากพัลส์บริเวณลอจิก "1" มอดดูเลชั่นกับคลื่นพาหะ 49 MHz ซึ่งการที่เราเห็นเป็นแถบดำเนื่องจากมีความถี่สูงมาก (เท่ากับความถี่คลื่นพาหะ) บริเวณที่เป็นเส้นทับกันหลายเส้นหรือมีขนาดแรงดันต่ำเกิดจากพัลส์บริเวณลอจิก "0" มอดดูเลชั่นกับคลื่นพาหะ 49 MHz ทำให้สัญญาณที่ได้มีค่าประมาณ 0 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.2 การถอดรหัส ASK ด้วยวงจรภาครับคลื่นวิทยุ 49 MHz

<u>วิธีการทดลอง</u>

ใช้วงจรรับสัญญาณวิทยุรถกระป๋อง 49 MHz รับสัญญาณที่ส่งมาจากตัวส่งและทำการวัดสัญญาณเอาท์พุทของวงจรภาครับคลื่นวิทยุเปรียบเทียบกับสัญญาณ TTL ที่ส่งไป



รูปที่ 8.4 แสดงผลการทดลองวงจร ASK Decoder
Ch1 = สัญญาณเอาท์พุทของวงจรรับคลื่นวิทยุรถกระป๋อง
Ch2 = สัญญาณ TTL ที่ส่งไป

<u>ผลการทดลอง</u>

จากผลการทดลองจะเห็นว่าสัญญาณที่ได้จากวงจรภาครับคลื่นวิทยุ จะมีลักษณะใกล้เคียงกับสัญญาณ TTL ที่ส่งไป

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

เมื่อเราป้อนสัญญาณ TTL ให้แก่วงจรภาคส่งคลื่นวิทยุรถกระป๋องความถี่ 49 MHz จะพบว่าสัญญาณเอาท์พุทที่ได้หรือสัญญาณก่อนเข้าแอนเทนน่า เกิดจากการนำสัญญาณ TTL ไปเข้ารหัสแบบ ASK เราจึงสรุปได้ว่าวงจรภาคส่งคลื่นวิทยุรถกระป๋องใช้การเข้ารหัสแบบ ASK ในการรับ-ส่ง

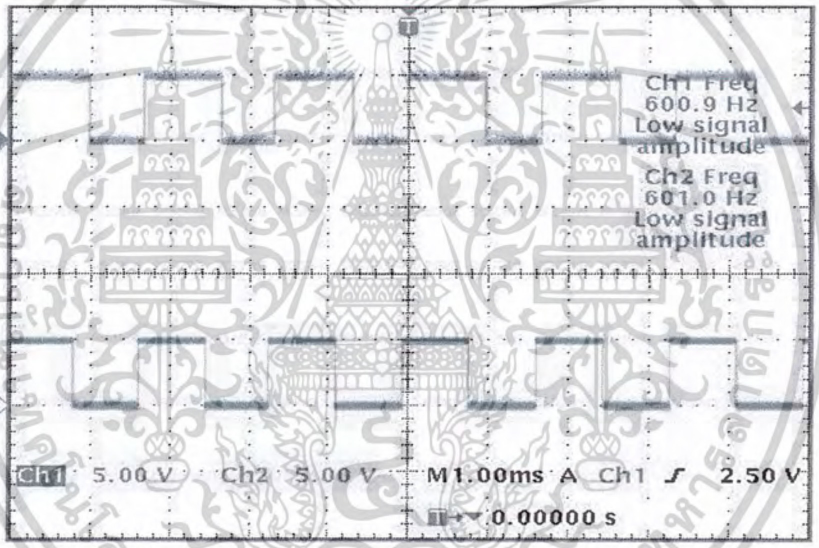
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล ซึ่งทำให้เราสามารถนำวงจรรับ-ส่งคลื่นวิทยุรถกระป๋องมาประยุกต์ใช้ในการรับส่งข้อมูลขนาด 10 บิต ซึ่งก็คือ ข้อมูลที่เราส่งออกไปจากพอร์ทอนุกรมได้ โดยข้อมูลที่ได้จากภาครับนั้นเราจะนำไปป้อนให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานของรถสำรวจต่อไปได้

8.2.2 การปรับปรุงสัญญาณภาครับ

<u>วิธีการทดลอง</u>

ต่อวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและวงจรคอมแพร์เลเตอร์(Compareter) เพิ่มเข้าไปที่เอาท์พุทของวงจรรับสัญญาณคลื่นวิทยุและบันทึกผลการทดลองเปรียบเทียบกับสัญญาณ TTL ที่ส่งไป



รูปที่ 8.5 แสดงผลการทดลองปรับปรุงสัญญาณภาครับ

Ch1 = สัญญาณที่ภาครับหลังผ่านการปรับปรุง

Ch2 = สัญญาณที่ภาคส่งก่อนเข้ารหัส ASK

<u>ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง</u>

จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าสัญญาณที่ได้ผ่านวงจรปรับปรุงนั้นจะมีลักษณะเป็นสัญญาณ TTL มากกว่าตอนที่ไม่ได้ผ่านวงจรสำหรับปรับปรุง แต่ยังไม่สัญญาณที่ได้ไม่เหมือนสัญญาณที่เราป้อนเข้ามาเนื่องจาก duty cycle ของสัญญาณที่ได้ไม่ใช่ 50% ปัญหานี้เกิดจากวงจรคอมแพเลเตอร์ที่เราใส่เข้าไปเพื่อที่จะช่วยในการลด noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 ภาคการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

วิธีการทดลอง

เมื่อทำการป้อนสัญญาณอินพุทเป็นแรงดันไฟตรงขนาดต่าง ๆ ให้ ADC 0809 โดยใช้ความถี่ช่วงการเก็บข้อมูลเป็น 1 วินาที เก็บค่าไว้ใน RAM เปรียบเทียบกับค่าที่ Load ไปเก็บเป็น Text file และค่าเอาท์พุของ ADC 0809 ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอล มีผลการทดลองแสดงได้ดังนี้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 8.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณที่ป้อนเข้า ADC กับค่าที่ได้จาก Text file

แรงดันอินพุทของ ADC (V)	เอาท์พุทของแรงดันที่จะเก็บใน RAM		ค่าที่ได้จาก Text file (V)
	Binary	Hex	
0.00	0000 0000	00H	0.00
0.5	0001 1001	19H	0.5098
1.0	0011 0011	33H	1.0196
1.5	0100 1100	4CH	1.5092
2.0	0110 0110	66H	2.0196
2.5	0111 1111	7FH	2.5098
3.0	1001 0111	97H	2.9608
3.5	1011 0010	B2H	3.5098
4.0	1100 1101	CDH	4.0392
4.5	1110 1001	E9H	4.588
5.0	1111 1111	FFH	5.0

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 8.1 จะเห็นว่าเราสามารถเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลได้ด้วย IC ADC0809 ซึ่งเราสามารถนำสัญญาณดิจิตอลที่เก็บได้นี้ไปแปลงเป็นค่าขนาดของสัญญาณอนาล็อกด้วยการเขียนโปรแกรมในการแปลงค่า โดยทำให้ได้ค่าเก็บไว้ในรูปของ Text file ดังตารางที่ 8.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

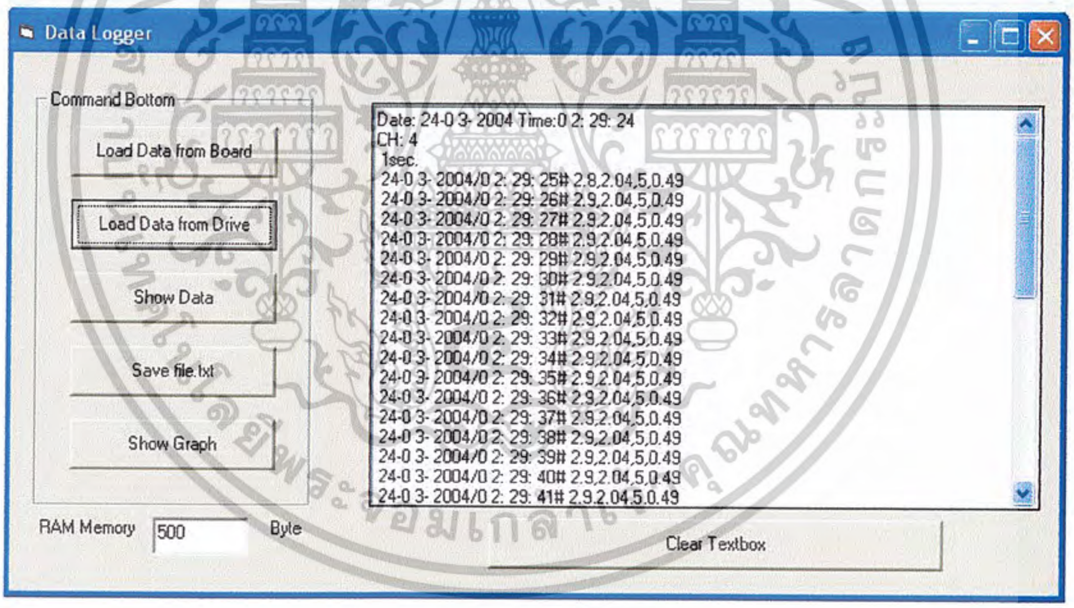
8.4 การทดลองนำเครื่องบันทึกข้อมูลไปใช้เก็บค่าสัญญาณอนาล็อก

วิธีการทดลอง

1. เซ็ตค่าต่างๆ ให้แก่เครื่องบันทึกข้อมูล เช่น จำนวน Channel ที่ใช้ ในที่นี้จะใช้ 4 Channel , ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล ในที่นี้ใช้ 1 วินาที
2. ป้อนแรงดันไฟตรงขนาด 3 โวลท์ , 2 โวลท์ , 5 โวลท์ และ 0.5 โวลท์ เข้าที่อินพุททั้ง 4 Channel ของเครื่องบันทึกข้อมูล
3. โหลดค่าข้อมูลไปเก็บไว้ในรูป Text file

ผลการทดลอง

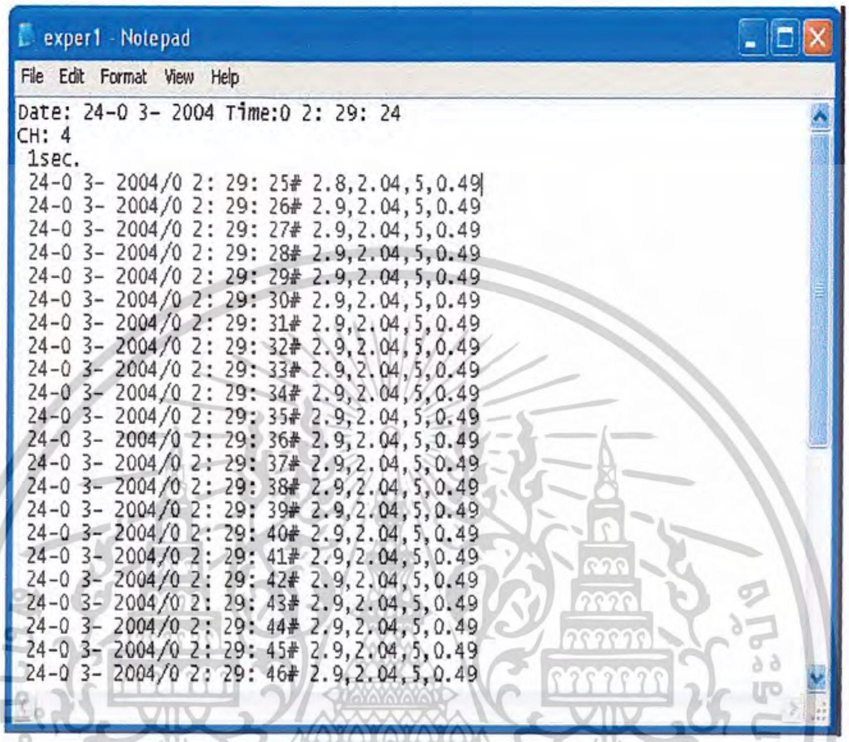
การโหลดข้อมูลจากเครื่องบันทึกข้อมูล



รูปที่ 8.7 ผลการทดลองโหลดค่าที่เก็บไว้ในเครื่องบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บข้อมูลจากเครื่องบันทึกข้อมูลในรูป Text file



รูปที่ 8.8 ผลการทดลองเก็บค่าที่โหลดได้ในรูป Text file

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

ใน Text file จะมีการแสดงค่าที่ส่งมาพร้อมกับข้อมูล โดยอยู่ในส่วนที่เป็น Header ซึ่งมีค่าต่าง ๆ คือ วันที่และเวลาที่เริ่มทำการเก็บข้อมูล , จำนวน Channel ที่ใช้งาน และระยะห่างของเวลาในการเก็บข้อมูล ส่วนบรรทัดต่อมาจะเป็นข้อมูลที่เก็บได้ ซึ่งจะมีการบอกค่าวันและเวลาที่เก็บข้อมูลนั้น ๆ กำกับไว้ด้วยและมีการคั่นระหว่างข้อมูลจาก Channel ต่างๆ ด้วยเครื่องหมาย Comma สำหรับค่าของข้อมูลที่ส่งมาจะมีจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง และมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 5 V จากรูปสามารถอธิบายได้ว่า เราเริ่มทำการเก็บข้อมูลในวันที่ 24 เดือน มีนาคม 2004 เวลา 02 นาฬิกา 29 นาที 24 วินาที เก็บค่ามีสัญญาณอินพุท 4 Channel และเก็บค่าทุก ๆ 1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9
สรุปและวิจารณ์

9.1 ส่วนของตัวรถสำรวจ

โครงงานนี้เราได้ทดลองนำอุปกรณ์สำหรับสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายซึ่งใช้คลื่นวิทยุในการส่งสัญญาณ 2 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ วงจรวิทยุสื่อสารความถี่ 27 MHz และวงจรรับ-ส่งคลื่นวิทยุความถี่ 49 MHz จากรถกระป๋อง มาทดลองประยุกต์ใช้ในการส่งข้อมูลเพื่อทำการควบคุมการทำงานของรถสำรวจ จากผลการทดลองพบว่าเราสามารถควบคุมการทำงานของรถสำรวจด้วยวงจรรับ-ส่งรถกระป๋อง ได้เป็นอย่างดีหรือรถสำรวจสามารถทำงานตามที่สั่ง แต่เมื่อใช้วงจรวิทยุสื่อสารการทำงานของรถสำรวจจะมีการผิดพลาดจากที่สั่งอยู่มาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของย่านการใช้งานของวงจรรับ-ส่งทั้ง 2 ชนิดนั้นไม่เหมือนกัน โดยวงจรวิทยุสื่อสารนั้นจะเหมาะสมกับข้อมูลประเภทเสียงพูดซึ่งมีย่านความถี่ต่ำ ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้สำหรับส่งข้อมูลความถี่สูงกว่าย่านใช้งานได้(ข้อมูลที่ส่งมีความถี่ประมาณ 1-2 kHz) แต่วงจรรับ-ส่งของรถกระป๋องนั้นสามารถทำการส่งข้อมูลได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะต้องมีการนำมาปรับแต่งอีกเล็กน้อยเพื่อให้สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี

สำหรับการนำรถสำรวจไปพัฒนาต่อนั้นอาจนำไปติดตั้งกล้องส่งสัญญาณภาพกลับมาที่ Work Station เพื่อสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของรถได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น คือ สามารถเคลื่อนที่เข้าไปยังที่ต่างๆ ที่ไม่สามารถเห็นได้ หรืออาจมีการติดตั้งแขนกลและสว่านเล็กๆ เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพต่างๆ เป็นต้น

9.2 ส่วนของเครื่องบันทึกข้อมูล

จากผลการทดลองในการเก็บข้อมูลแรงดันไฟตรงค่า 0-5 V โดยใช้ Voltage reference ของ ADC0809 ไว้ที่ 5 V จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่เข้ามาทางช่องอินพุทของ ADC0809 และค่าข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำแล้วอินเตอร์เฟสไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อดูค่าข้อมูลนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเล็กน้อย ซึ่งในทางทฤษฎีนั้นค่าความคลาดเคลื่อนนี้ควรจะมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิโวลท์ เนื่องจาก รีโซลูชั่น(Resolution) ที่ Voltage reference 5 V มีค่าเท่ากับ 5/255ซึ่งมีค่าประมาณ 0.02 V ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะสัญญาณอินพุทมีสัญญาณรบกวนหรือว่าสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงในขณะที่มีการเก็บค่าสัญญาณเนื่องมาจากคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ เช่น คุณสมบัติทางอุณหภูมิ แต่จากผลการทดลองที่ได้ก็มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จาก Digital Multimeter มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแก้ไขเพื่อให้สัญญาณที่ได้มีความถูกต้องและละเอียดมากขึ้นนั้น ควรจะปรับระดับแรงดัน Voltage reference ของ ADC0809 ให้มีค่าเท่ากับ ระดับแรงดันสูงสุดของสัญญาณอินพุท เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีความถูกต้องและมีความละเอียดมากขึ้น

ปัญหาที่พบในการทำเครื่องบันทึกข้อมูลก็คือ การอินเตอร์เฟสอุปกรณ์หลาย ๆ อย่างให้มีการทำงานร่วมกัน ได้แก่ จอ LCD , RAM , ADC , Real Time Clock , Keypad , Computer ซึ่งเราได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นศูนย์ในการจัดระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เป็นเรื่องที่ยุ่งยากพอสมควรซึ่งต้องใช้เวลาในการศึกษาและเขียนโปรมแกรมมาก

สำหรับการพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลนั้นเราสามารถพัฒนาโปรแกรมซึ่งสามารถทำการนำข้อมูลที่เก็บไว้เป็น Text file ไปวิเคราะห์และนำเสนอในรูปแบบอื่น ๆ ได้มากมาย เช่น การนำข้อมูลไปพล็อตกราฟแบบต่างๆ , การนำเสนอในรูปแบบสถิติ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำเครื่องบันทึกข้อมูลนี้ไปประยุกต์ในการตั้งเวลาในการปิด-เปิด การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้เนื่องจากมีการใช้ IC Real Time Clock เป็นฐานเวลาของเครื่อง ซึ่งสามารถเซ็ทเป็นวัน-เดือน-ปีและเวลาได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ถวิล กิ่งทอง , "เทคโนโลยีการส่งสัญญาณดิจิตอล (Digital Transmission Technology)" , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51" , ฉบับ AT89C5x ของ Atmel
3. ฉัททวุฒิ พืชผล และ พิชิต สันติกุลานนท์ , " คู่มือเรียน Visual Basic 6", กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น , 2542
4. อถิชาติ ภู่พลับ , "เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ ด้วย Visual Basic" , นนทบุรี: อินโฟเพรส , 2546
5. Adel S. Sedra and Kenneth C. Smith , " Microelectronic Circuits" , Oxford University Press , 1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์และผลงานที่เกี่ยวข้องกับโครงงานชิ้นนี้ได้จัดทำขึ้นจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจและคำอบรมสั่งสอนตลอดมา รวมทั้งสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ส่วนของเนื้อหาความรู้และคำแนะนำต่างๆ จาก อ. อิทธิภูมิ บุญพิคำ ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ขอขอบคุณภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตลอดจนขอบคุณเพื่อนๆ ในภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่คอยช่วยเหลือแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ประโยชน์ต่างๆ อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แด่ทุกๆ ท่านที่ช่วยเหลือและสนับสนุนทั้งที่ได้กล่าวถึงและมิได้กล่าวถึง โดยหวังว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในโอกาสต่อไป

วสกร กระแสร์ชล
....
(นายวสกร กระแสร์ชล)

วัชระพล จำรูญศรี
....
(นายวัชระพล จำรูญศรี)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้