สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนารถสำรวจ

SURVEY CAR DEVELOPMENT

T055772

โดย

ว่าที่ ร.ต. ธนชัย ศรีใหม่

นายปรัชญา กาวารี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55772
วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

SURVEY CAR DEVELOPMENT

BY

Mr.TANACHAI SRIMAI

Mr. PATCHYA KAWAREE

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนารถสำรวจ

ชื่อนักศึกษา ว่าที่ ร.ต. ธนชัย ศรีใหม่ รหัส 44015646

นายปรัชญา กาวารี รหัส 44015657

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ

ระดับการศึกษา ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2546

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนารถสำรวจ
ชื่อนักศึกษา ว่าที่ ร.ต. ธนชัย ศรีใหม่ รหัส 44015646
นายปรัชญา กาวารี รหัส 44015657
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ
ระดับการศึกษา ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัญฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความปลอดภัยและความสะดวกเป็นพื้นฐานที่สำคัญ ในการปฏิบัติงานในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะบริเวณที่ไม่เหมาะสมกับการสำรวจโดยใช้มนุษย์

ดังนั้น การออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการด้านความสะดวกและความปลอดภัย โดยอุปกรณ์นี้ จะถูกใช้เป็นตัวแทนของมนุษย์ในการเข้าไปสำรวจ บริเวณที่ไม่เหมาะสมกับการสำรวจโดยใช้ตัวมนุษย์เอง ซึ่งจะมีลักษณะเป็นตัวรถที่สามารถควบคุมได้ในระยะที่ปลอดภัย และส่งภาพเหตุการณ์บางส่วนกลับมาโดยใช้กล้อง CCD ขนาดเล็ก ทำงานร่วมกับตัวส่งสัญญาณภาพในตัวรถ ส่วนตัวเครื่องรับสัญญาณภาพนั้น สามารถใช้เครื่องรับโทรทัศน์ที่ใช้กันทั่วๆ ไปหรือคอมพิวเตอร์ โดยจะส่งสัญญาณในช่วงความถี่ประมาณ 430 – 520 เมกะเฮริตซ์ซึ่งอยู่ในย่านความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title SURVEY CAR DEVELOPMENT

Student Mr.Tanachai Srimai ID 44015646

Mr. Patchya Kawaree ID 44015657

Advisor Assoc. Prof. Chawalit Benjangkaprasert

Graduate Level Bachelor Degree of Information Engineering

Department Information Engineering

Academic Year 2003

ABSTRACT

Nowadays safety and convenience as major fundaments in various operations an unsuitable for human to go by themselves.

So, it is to invent the device to serve the safety and convenience purposes. It is to invent unsuitable for human to go by themselves. Which is a remote control car (Equipped with black and color TV camera and video sender) from the safety distance control station at the UHF rang (Frequency about 430 - 520 MHz) where as the receiver can be ordinary TV monitor or computer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของวิชา PROJECT 2 ปีการศึกษา 2546 สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ และคณะอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษา และแนะแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และเพื่อนๆ ทุกคน ตลอดจนเจ้าหน้าที่หอสมุดกลางที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านจึงทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ ณ ไว้ที่นี้

ว่าที่ ร.ต. ธนชัย ศรีใหม่

นายปรัชญา กาวารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 ความมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์	
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 องค์ประกอบหลักของโครงงาน	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มาตรฐาน RS-232C	
2.1.1 ลักษณะสัญญาณ RS-232C	4
2.1.2 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	5
2.1.3 พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม RS -232C	6
2.1.4 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232	7
2.1.5 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ของพอร์ต RS-232	8
2.1.6 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม	8
2.1.7 การใช้งานพอร์ตอนุกรมของ 89C51	9
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	11
2.2.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	11
2.2.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51	12
2.2.3 การรับส่งข้อมูลผ่าน Serial Port	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.3 ความรู้เกี่ยวกับ CCD กล้องวีดีโอตัวจิ๋ว 16

2.3.1 ความหมายของ CCD 16

2.3.2 การนำ CCD ไปใช้ในงานถ่ายภาพ 19

2.3.3 ลักษณะของกล้อง CCD โดยทั่วไป 20

2.3.4 คุณสมบัติของกล้อง CCD 21

2.4 การสื่อสารข้อมูล 22

2.4.1 ข้อมูล 22

2.4.2 หลักการเบื้องต้นของการสื่อสาร 22

2.4.3 วิธีการส่งข้อมูลตามลักษณะการจัดข้อมูล 24

2.4.4 วงจร OSCILLATOR 28

2.4.5 การคำนวณค่า C และL ในวงจรความถี่สูง 35

2.5 หลักการของพัลส์มอดดูเลชั่น 42

2.5.1 การแสดงสัญญาณในรูปดิจิตอล 42

2.5.2 ระบบพัลส์มอดดูเลชั่น 43

2.5.3 พัลส์แอมปลิจูดมอดดูเลชั่น (PAM) 43

2.5.4 การมอดดูเลทสัญญาณดิจิตอล 44

2.6 การเข้ารหัสและการถอดรหัส 47

2.6.1 กล่าวโดยทั่วไป 47

2.6.2 การเข้ารหัส 47

2.6.3 การถอดรหัส 48

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง

3.1หลักการออกแบบ 52

3.2 ไอซีแปลงระดับแรงดัน 53

3.3 วงจร MCS-51 53

3.4 วงจรทางภาคส่ง 57

3.4.1 รายละเอียดของบล็อกไดอะแกรมทางภาคส่ง 57

3.4.2 หลักการทำงานของวงจรทางภาคส่ง 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

3.5 ภาครับ 62

3.5.1 รายละเอียดบล็อกไดอะแกรมทางภาครับ 62

3.5.2 หลักการทำงานของวงจรภาครับ 63

3.6 วงจรขับโวลลุ่มมอเตอร์ 67

3.7 วงจรควบคุมการเปิด - ปิดไฟ 68

3.8 คอมพิวเตอร์และโปรแกรมควบคุม 68

3.8.1 โปรแกรมการใช้งาน 69

3.9 ส่วนรับส่งและประมวลภาพ 70

3.9.1 ตัวกล้อง CCD 70

3.9.2 ตัวรับสัญญาณภาพและเสียง 71

3.9.3 การ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์ 71

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรแปลงระดับแรงดันเป็น TTL 73

4.2 ส่วนของการส่งและรับสัญญาณภาพ 75

4.3 การทำงานของโปรแกรม 76

4.3.1 การควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ 78

4.3.2 การควบคุมการแพนกล้อง CCD 78

4.3.3 การดูภาพ BMP 79

4.4 ส่วนประกอบของตัวรถสำรวจ 81

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์โครงงาน

5.1 สรุปผล 83

5.2 ปัญหา 83

5.3 ข้อเสนอแนะ 84

บรรณานุกรม 85

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน 2

รูปที่ 2.1 การใช้ RS-232C เชื่อมต่ออุปกรณ์ 4

รูปที่ 2.2 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C 5

รูปที่ 2.3 คอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 สำหรับพอร์ต RS-232 5

รูปที่ 2.4 รูปแบบสัญญาณข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส
โดยมีระดับสัญญาณแบบ RS -232 6

รูปที่ 2.5 การเชื่อมต่อสัญญาณอนุกรมของ Microcontroller 7

รูปที่ 2.6 แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรม 9

รูปที่ 2.7 ชื่อและตำแหน่งของบิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ SCON และ PCON 9

รูปที่ 2.8 ตำแหน่งขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 12

รูปที่ 2.9 โครงสร้างทั่วไปและการทำงานของ CCD 17

รูปที่ 2.10 รูปคลื่นของการหมุนเฟส ที่มีความสัมพันธ์กัน
และลักษณะการถ่ายเทประจุ 18

รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบหลักของระบบ CCD 20

รูปที่ 2.12 รูปร่างลักษณะของกล้อง CCD 21

รูปที่ 2.13 รูปบล็อกของระบบการสื่อสารเบื้องต้น 22

รูปที่ 2.14 หลักการเบื้องต้นของรีโมทคอนโทรล 23

รูปที 2.15 หลักการรีโมททางภาคส่ง 23

รูปที่ 2.16 หลักการรีโมททางภาครับ 23

รูปที่ 2.17 การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน 25

รูปที่ 2.18 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม 25

รูปที่ 2.19 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมและใช้สัญญาณนาฬิกา
เป็นตัวกำหนดความถี่ในการส่งข้อมูล 26

รูปที่ 2.20 การส่งตัวอักษร 1 ตัวแบบอะซิงโครนัส 27

รูปที่ 2.21 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้การป้อนกลับแบบบวก 29

รูปที่ 2.22 วงจร LC ออสซิลเลเตอร์ที่ความถี่รีโซแนนท์ 30

รูปที่ 2.23 วงจรออสซิเลเตอร์แบบฮาร์ทเล่ย์
แท็ปคอยล์ที่จุด 1L เพื่อป้อนสัญญาณ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 2.24 เฟสของแรงดันไฟฟ้าในการแท็ปคอยล์ LB
จะต่างเฟส 180 องศา เทียบกับแรงดันไฟฟ้าในคอยล์ LA 34
รูปที่ 2.25 วงจรสมมูลย์ของ C 35
รูปที่.2 26 คุณลักษณะและผลต่างๆ ในตัวคาปาซิเตอร์ 37
รูปที 2.27 ความเหมาะสมในการเลือกใช้คาปาซิเตอร์
แบบต่างๆที่ความถี่ต่างๆ 38
รูปที่ 2.28 ความหมายของ a และ b ของขดลวด 39
รูปที่ 2.29 สัญญาณอนาล็อกและดิจิตอล 42
รูปที่ 2.30 บล็อกไดอะแกรมตามแนวความคิดของทฤษฎีการแซมปลิ้ง 42
รูปที่ 2.31 หลักการของ PAM มอดดูเลชั่นและดีมอดดูเลชั่น 44
รูปที 2.32 รูปสัญญาณเบสแบนด์ดิจิตอล 45
รูปที่ 2.33 AMPLITUDE SHIFT KEYING 45
รูปที่ 2.34 FREQUENCY SHIFT KEYING 46
รูปที่ 2.35 PHASE SHIFT KEYING 46
รูปที่ 2.36 ตำแหน่งขา IC MC145026 ENCODER 47
รูปที่ 2.37 Data Waveforms ของการเข้ารหัส โดย IC MC 145026 Encoder 48
รูปที่ 2.38 ตำแหน่งขาไอซี MC 145027 Decoder 49

รูปที 3.1 การส่งสัญญาณควบคุมรถ 52
รูปที่ 3.2 การรับสัญญาณควบคุมรถ 52
รูปที 3.3 ไอซี MAX 232 53
รูปที่ 3.4 วงจร MCS-51 55
รูปที่ 3.5 แผนภูมิการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 56
รูปที 3.6 บล็อกไดอะแกรมทางภาคส่ง 57
รูปที่ 3.7 Encoder/Decoder Timing Diagram 58
รูปที่ 3.8 วงจรทางด้านการเข้ารหัส (Encoder Circuit) 60
รูปที 3.9 วงจรทางด้านภาคส่ง (Transmitter Circuit) 61
รูปที่ 3.10 Block Diagram ทางภาครับ 62
รูปที่ 3.11 วงจรทางด้านภาครับ (Receiver circuit) 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3.12 วงจรส่วนของการถอดรหัส (Decoder circuit) 65

รูปที่ 3.13 วงจรขับมอเตอร์ 66

รูปที่ 3.14 วงจรขับโวลลุ่มมอเตอร์ควบคุมกล้อง CCD 67

รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมการเปิด – ปิดไฟ 68

รูปที่ 3.16 หน้าจอโปรแกรมควบคุมตัวรถสำรวจ 70

รูปที 3.17 ตัวกล้อง CCD 71

รูปที่ 3.18 ตัวรับสัญญาณภาพและเสียง 71

รูปที่ 3.19 การ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์ 72

รูปที่ 4.1 การต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบวงจรแปลงระดับแรงดัน
จาก RS 232 เป็น TTL 73

รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรแปลงแรงดันจาก RS-232 เป็น TTL 74

รูปที่ 4.3 สัญญาณภาพจากกล้อง CCD จิ๋ว และรับเข้าสู่การ์ด
รับสัญญาณโทรทัศน์ 75

รูปที่ 4.4 หน้าแรกของโปรแกรมควบคุมตัวรถสำรวจ 76

รูปที่ 4.5 หน้าจอควบคุมรถซึ่งดูสัญญาณภาพจากโปรแกรมวิชวลเบสิก 76

รูปที่ 4.6 หน้าจอควบคุมรถเมื่อโปรแกรมได้เปิดพอร์ต
และได้ขยายหน้อจอจนเต็ม 77

รูปที่ 4.7 หน้าจอควบคุมรถสำรวจเมื่อดูสัญญาณภาพ
จากโปรแกรม TVR 77

รูปที่ 4.8 หน้าจอควบคุมการเคลื่อนที่ให้รถเดินหน้า 78

รูปที่ 4.9 หน้าจอควบคุมการแพนกล้องให้หมุนไปด้านซ้าย 79

รูปที่ 4.10 หน้าจอเมื่อคลิกปุ่มหน้าต่างดูภาพ BMP 80

รูปที่ 4.11 หน้าจอเมื่อคลิกเลือกภาพ BMP ที่ต้องการดู 80

รูปที 4.12 หน้าจอวิธีใช้โปรแกรม 81

รูปที่ 4.13 ส่วนประกอบของโครงงานรถสำรวจ 82

รูปที่ 4.14 ด้านบนของตัวรถสำรวจ 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการทำโครงงาน	3
ตารางที่ 2.1 การกำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้า	5
ตารางที 2.2 ความหมายบิตต่างๆ ของ รีจิสเตอร์ SCON	10
ตารางที่ 2.3 โหมดต่าง ๆ ของการรับส่งแบบอนุกรม	10
ตารางที่ 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	11
ตารางที่ 2.5 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3	13
ตารางที 2.6 เปรียบเทียบวิธีการแบบดิจิตอลและอนาล็อก	45
ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างค่า R และ C ที่ความถี่ต่าง ๆ	51
ตารางที่ 3.1 ค่าข้อมูลและความหมายของคำสั่ง	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
ความมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามาก แต่สภาพแวดล้อมกลับไม่ค่อยมีความปลอดภัยเท่าที่ควรจึงได้มีการนำเอาอุปกรณ์ป้องกันภัยเข้ามาใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อประโยชน์ทั้งในด้านความปลอดภัยของตัวผู้ใช้ และทางด้านทรัพย์สินของผู้ใช้ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดจะใช้ตามความเหมาะสมกับงานนั้นๆ

โดยโครงงานนี้ได้นำเสนอแนวความคิดในการนำกล้องโทรทัศน์วงจรปิด มาใช้ประโยชน์ในการนำมาติดกับตัวรถบังคับที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของรถได้ เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงได้ หรือเป็นอันตรายที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปตรวจสอบด้วยตนเองได้

ในการสำรวจสถานที่ที่อาจเป็นพื้นที่ที่อันตราย ซึ่งมนุษย์ไม่อาจเข้าไปสำรวจหรือเก็บข้อมูลได้โดยตรง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ทำหน้าที่แทนมนุษย์ ดังนั้นรถสำรวจจึงเข้ามามีบทบาททางด้านวิศวกรรมในการสำรวจ เช่น การสำรวจเหมืองแร่ การสำรวจพื้นที่ที่มีวัตถุระเบิด หรือสารเคมี ฯลฯ โดยมีการควบคุมจากระยะไกล ซึ่งโครงงานนี้เป็นการสร้างรถสำรวจควบคุมโดยคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย โดยมีกล้องวีดีโอติดที่ตัวรถ และส่งข้อมูลภาพกลับมายังคอมพิวเตอร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ป้องกันภัยในรูปแบบเดิม
2. เพื่อตรวจสอบในที่ที่มนุษย์เข้าไปไม่ถึง
3. เพื่อมองเห็นภาพภายในที่จะเข้าไปสำรวจได้
4. ตอบสนองความต้องการด้านความปลอดภัยอีกรูปแบบหนึ่ง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

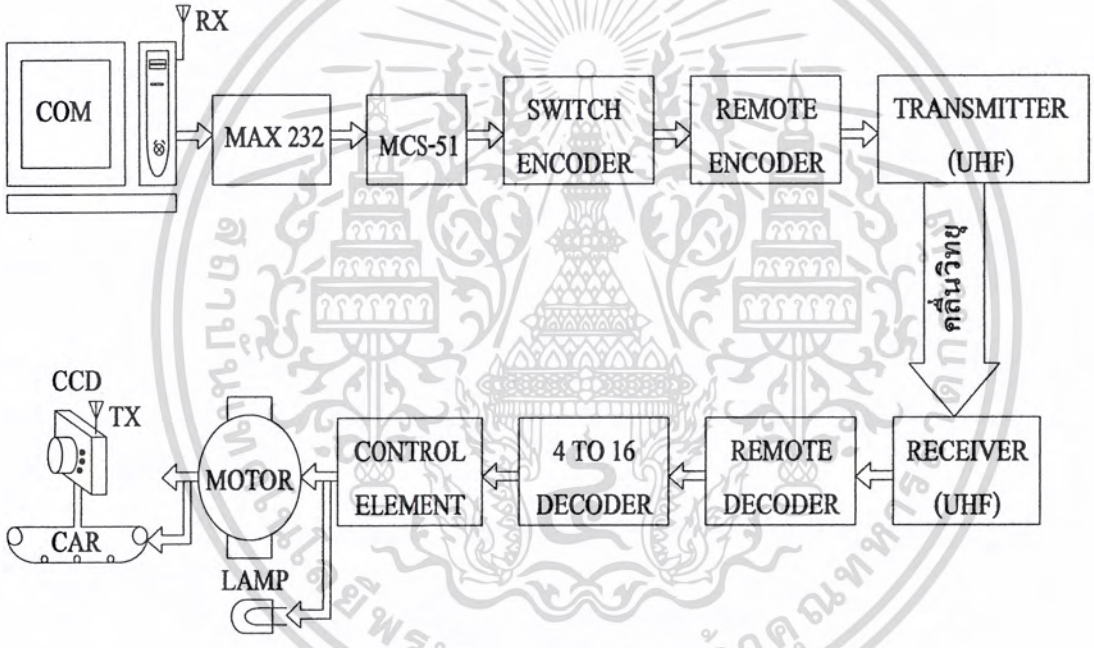
1. สามารถเคลื่อนที่ไปยังทิศทางตามต้องการได้โดยควบคุมผ่าน Computer
2. แสดงภาพผ่านทางจอโทรทัศน์และคอมพิวเตอร์ได้
3. เข้าไปในที่ที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปถึงได้
4. สามารถควบคุมโดยใช้รีโมทคอนโทรลหรือใช้คอมพิวเตอร์
5. ตัวรถจะใช้ล้อแบบตีนตะขาบเพื่อเพิ่มความสามารถในการขับเคลื่อน (ไต่ที่ลาดชัน)
6. สามารถควบคุมกล้องในแนวซ้ายขวาและแนวขึ้นลงได้
7. มีไฟส่องสว่างในที่มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถแสดงภาพตามที่ต้องการได้
2. เข้าไปทำงานในที่ที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปได้
3. มีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่
4. สามารถเคลื่อนที่ได้ในสถานที่ที่มีพื้นผิวขรุขระ
5. ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคตได้

1.5 องค์ประกอบหลักของโครงงาน



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

จากรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นถึงหลักการทำงานของรถสำรวจ โดยจะมี 2 ส่วนหลัก ๆ คือส่วนส่งสัญญาณควบคุม และส่วนรับสัญญาณควบคุม เราจะทำการเขียนโปรแกรมสั่งงาน โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 เพื่อที่คอนโทรลตัวรถ ตัวกล้อง CCD และไฟให้ปฏิบัติตามคำสั่ง เช่น รถเดินหน้า ถอยหลัง กล้อง แพนขึ้น แพนลง ไฟเปิด ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการทำงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการทำโครงงาน

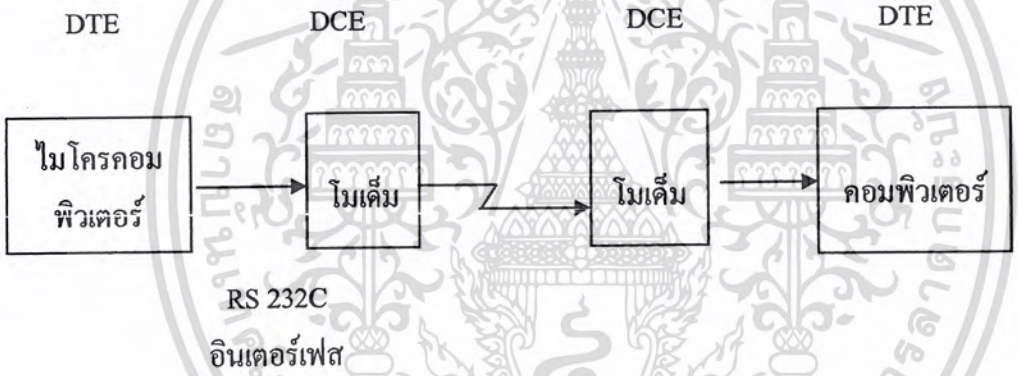
ID	TASK NAME	2003							2004		
		JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOU	DEC	JAN	SEB	MAR
1	Problem Definition & Get Requirement	←	→								
2	Analysis & Desing		←		→						
3	Software Design		←		→						
4	Hardware Design			←	→						
5	Implementation					←		→			
6	Module A					←	→				
7	Module B					←		→			
8	Module C						←	→			
9	Test & Debug					←			→		
10	Documentation		←								→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 มาตรฐาน RS 232C

ในปี 1969 EIA(Electronic Industries Association) ห้องวิจัย Bell และบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์สื่อสารได้ร่วมกันจัดตั้งมาตรฐาน RS-232 ซึ่งต่อมาไม่นาน ได้ปรับปรุงเป็น RS-232C และ RS232D และยังมีมาตรฐานคล้ายกัน ซึ่งออกโดยองค์กรระหว่างประเทศ คือ Consoltative committee on International Telegraphyand Telephony (CCITT) โดยจุดประสงค์หลักของมาตรฐานตัวนี้ ก็เพื่อที่จะบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับและส่งข้อมูลปลายทาง (Data Terminal Equipment DTE) กับอุปกรณ์การสื่อสารข้อมูล (Data communication Equipment) DTE หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์ และ DCE หมายถึงโมเด็ม



รูปที่ 2.1 การใช้ RS-232C เชื่อมต่ออุปกรณ์

RS-232C สามารถเชื่อมต่อการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 0-20,000 บิตต่อวินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดอัตราบอด 110 ถึง 9600 บอด ความยาวของสายเชื่อมต่อ โดยสัญญาณตามมาตรฐานของ RS-232C จำกัดอยู่แค่ 50 ฟุต ซึ่งเพียงพอสำหรับการสื่อสาร ไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบนอก

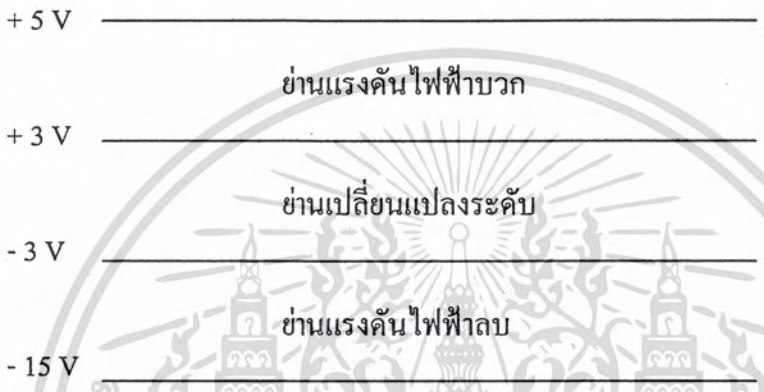
2.1.1 ลักษณะสัญญาณ RS-232C

เพื่อเป็นหลักประกันว่าข้อมูลถูกส่งออกไปอย่างถูกต้องและอุปกรณ์ถูกควบคุมอย่างถูกต้อง จำเป็นจะต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้ มาตรฐาน RS-232C กำหนดย่านของ แรงดันไฟฟ้าในสัญญาณ เพื่อสนองจุดประสงค์ข้างบน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และรูป 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การกำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้า

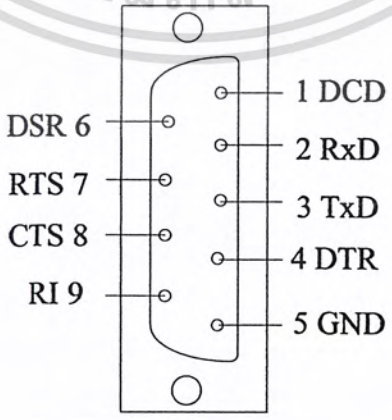
มาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้า			
แรงดันไฟฟ้า	สถานภาพลอจิก	สถานภาพของสัญญาณ	ฟังก์ชันในการควบคุม
บวก	0	สเปซ	ON
ลบ	2	มาร์ค	OFF



รูปที่ 2.2 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C

2.1.2 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ **RS-232** จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยใช้ในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนักจึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 คอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 สำหรับพอร์ต RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม RS – 232C

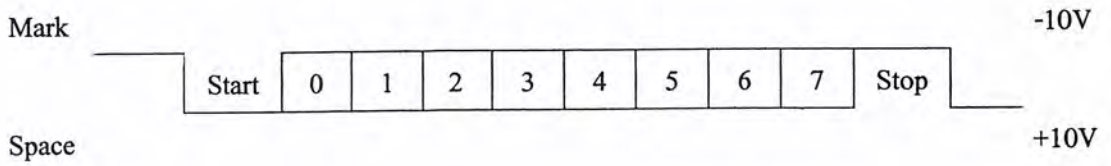
มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS – 232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้น ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนั้น สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่ง ซึ่งอยู่ห่างไกล โดยคณะกรรมการที่เรียกว่าสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุตมีระดับสัญญาณตั้งแต่ –3 ถึง –12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12 แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบ ของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Terminating : DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวอย่างเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS – 232

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS–232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

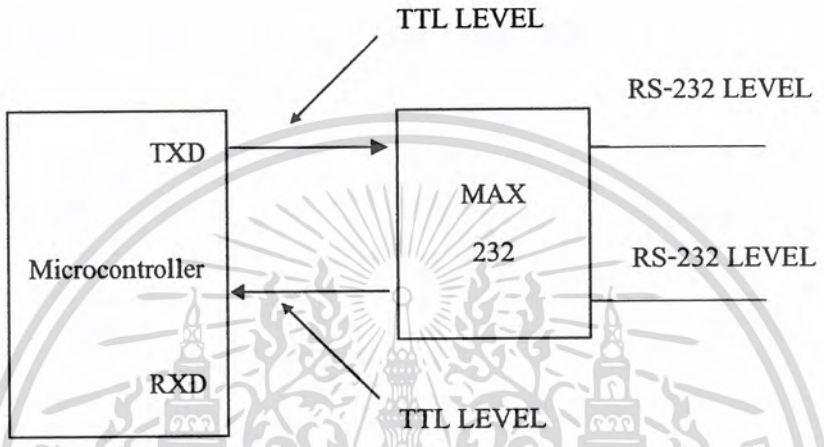
รูปแบบของข้อมูลอนุกรมนั้น ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เป็นลักษณะการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asyncronous communication) และเป็นไปตามมาตรฐาน RS–232 รูปแบบของข้อมูลภายในเส้นสัญญาณจะมีบิตข้อมูลเพิ่มขึ้นจากบิตข้อมูลสื่อสารจริง เช่น บิตเริ่มต้น (Start bit) และบิตสิ้นสุด (Stop bit) เพื่อนำมาใช้ในการบอกจังหวะการเริ่มต้นและสิ้นสุดข้อมูลแต่ละไบต์



รูปที่ 2.4 รูปแบบสัญญาณข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส โดยมีระดับสัญญาณแบบ RS – 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามมาตรฐาน RS – 232C ระดับสัญญาณข้อมูลของวงจร (TTL voltage levels) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 5 โวลท์ จะต้องนำมาปรับให้เป็นระดับแบบ RS – 232 (RS – 232 voltage levels) ซึ่งมีค่าสูงขึ้นในช่วงจาก +15 ถึง –15 โวลท์ ตามรูปที่ 2.5 แสดงการเชื่อมต่อ RS–232C ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมี IC MAX 232 เป็นตัวปรับระดับสัญญาณ (RS – 232C Line driver and receiver)



รูปที่ 2.5 การเชื่อมต่อสัญญาณอนุกรมของ Microcontroller

-Recive Data : RXD หรือ RX ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

-Transmitted Data : TD sing TXD ขานี้ใช้ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

-Singnal Ground : GND ขากราวด์ของระบบ

2.1.4 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรม RS-232 สูงสุดได้ 4 พอร์ต ซึ่งจะเรียกชื่อเป็น COM1 , COM2 , COM3 และ COM4 ซึ่งอนุกรมแต่ละตัว ต่างก็ใช้งาน UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน

การทำงานภายในของพอร์ตอนุกรม ซึ่งประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ตัวที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายในของพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานจองพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่างพอร์ตอนุกรม COM1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 3F8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆจะเป็นตำแหน่งที่บวกเข้าไปกับค่า 3F8H รีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

00H เป็นรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามา หรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะทำการส่งไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

01H รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ ใช้ในการเซตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม

02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดของการอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับโมเด็ม เช่น RTS หรือ DTE

05H รีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและการส่งแบบอนุกรม

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD, RI, DSR และ CTS

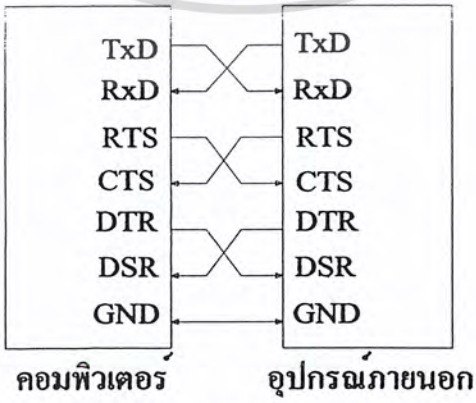
07H รีจิสเตอร์สำหรับการเก็บข้อมูล

2.1.5 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาต์พุต ที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTR) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต (CTR, DSR และ DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและรับ จะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจาก UART จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรขับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะดังแสดงเป็นรูปบล็อกไดอะแกรม

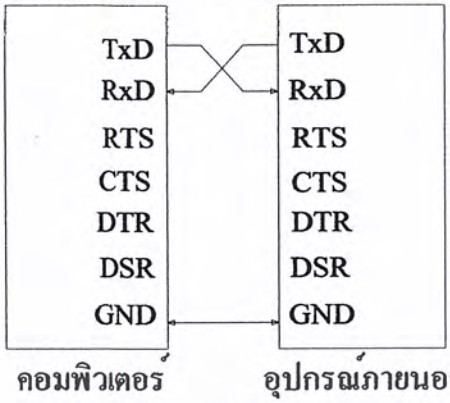
2.1.6 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ



(ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null modem

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

รูปที่ 2.6 แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรม

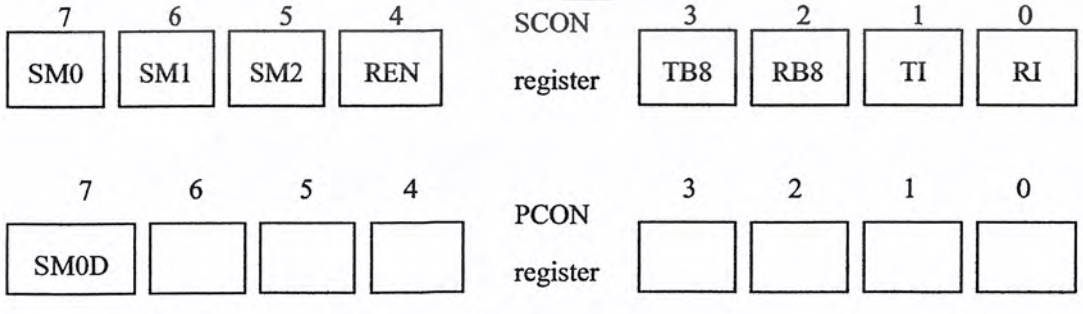
สำหรับความเร็วของการส่งข้อมูลอนุกรม มักจะเรียกกันว่า อัตราบอด (baud rate) ซึ่งอธิบาย โดยง่ายสำหรับรูปแบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสว่า เป็นจำนวนของบิตข้อมูลภายในหนึ่งช่วงเวลา อัตราบอดเรตที่ใช้งานกันโดยทั่วไป เช่น 1200, 2400, 4800 และ 9600 เป็นต้น

2.1.7 การใช้งานพอร์ตอนุกรมของ 89C51

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้อง กับการสื่อสารอนุกรมของ 89C51 ประกอบด้วย รีจิสเตอร์ SBUF สำหรับเก็บข้อมูลสื่อสาร รีจิสเตอร์ SCON ควบคุมการสื่อสาร รีจิสเตอร์ PCON ควบคุมความเร็วการสื่อสารและขาสัญญาณ RXD ($P_{3.1}$) เป็นขาสัญญาณที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์หรือวงจรภายนอก

เนื่องจากการส่งข้อมูลหนึ่งไบต์ ออกไปทางพอร์ตอนุกรมในคราวหนึ่งๆ จะใช้เวลามาก ดังนั้นเพื่อไม่ให้เสียเวลาในการประมวลผลไป 89C51 จึงนำแฟล็ก TI และ RI ซึ่งเป็นตำแหน่งบิตอยู่ภายในรีจิสเตอร์ SCON เพื่อแจ้งให้กับผู้ใช้งานทราบ โดยเมื่อใดก็ตามที่มีการส่งข้อมูลแบบอนุกรมเสร็จสิ้น บิตแฟลก TI จะมีค่าเป็น 1 เช่นเดียวกัน

การทำงานของพอร์ตอนุกรมของ MCS–51 มีหลายโหมด โดยเราสามารถโปรแกรมการทำงานได้ในรีจิสเตอร์ SCON โดยความหมายของแต่ละบิตเป็นดังนี้



รูปที่ 2.7 ชื่อและตำแหน่งของบิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ SCON และ PCON

(เฉพาะเกี่ยวกับการส่งข้อมูลอนุกรม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ความหมายบิตต่างๆ ของ รีจิสเตอร์ SCON

ชื่อบิต	ตำแหน่งบิต	ความหมาย
SMO	9 FH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 0
SM1	9 EH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 1
SM2	9 DH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 2
REN	9 CH	บิตแฟลกกำหนดการยอมให้มีการรับข้อมูล
TB8	9 BH	ค่าของบิต 9 สำหรับการส่งข้อมูลในโหมด 2 และ 3 สามารถ set และ clear ได้โดยโปรแกรม
RB8	9 AH	ค่าของบิต 9 เมื่อรับข้อมูลเข้า
TI	99 H	บิตแฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการส่งข้อมูลออกไปโดย set เมื่อส่งข้อมูลออกไปหมดแล้ว และสามารถ clear ได้โดยโปรแกรม
RI	98 H	แฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังรับข้อมูลเข้ามา สามารถ clear ได้โดยโปรแกรม

ตารางที่ 2.3 โหมดต่าง ๆ ของการรับส่งแบบอนุกรม

SM0	SM1	โหมด	ความหมาย	อัตราบอด
0	0	0	ชิพรีจิสเตอร์	เปลี่ยนแปลงไม่ได้
0	1	1	8 บิต UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้โดยการกำหนดจาก Timer
1	0	2	9 บิต UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้
1	1	3	9 บิต UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้โดยการกำหนดจาก Timer

ในการใช้พอร์ตอนุกรมจะต้องใช้โปรแกรมให้กับรีจิสเตอร์ SCON เสียก่อนเพื่อกำหนดโหมดการทำงานและลักษณะต่าง ๆ เช่น

MOV SCON,#01010010B

เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในโหมด 1 และอีนาเบิลให้มีการรับข้อมูล พร้อมกับกำหนดให้ TI เป็นลอจิก 1

ในการส่งข้อมูลทุกโหมดสามารถทำได้โดยเขียนข้อมูลไปยัง SBUF เมื่อข้อมูลถูกส่งไปแล้ว บิต TI จะถูกเซ็ตเป็น 1 ในการส่งข้อมูลจะต้องคอยตรวจสอบบิต TI เพราะว่าถ้า TI ยังไม่เป็น 1 แสดงว่าข้อมูลยังส่งไม่หมด ถ้าหากมีการเขียนข้อมูลไบต์ต่อไปยังรีจิสเตอร์ SBUF จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นสำหรับในการรับข้อมูลบิต REN จะต้องเซ็ตให้เป็น 1 ยกเว้นโหมด 0 เพื่ออนุญาตให้รอรับข้อมูลได้ เมื่อข้อมูลรับเข้ามาเรียบร้อยแล้ว บิต RI จะถูกเซ็ตให้เป็น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายใน หลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา / ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานเพิ่มขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมมาก เหมือนกับตัวไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้ เราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติม เช่น ไอซี / 8255 หรือหน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรเลอร์ได้อีก ตารางที่ 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีให้เลือกใช้หลายเบอร์แสดงดังรูป

ชื่อเบอร์	หน่วยความจำภายใน		จำนวนไทเมอร์ / เคาน์เตอร์	จำนวน อินเตอร์รัปต์
	เก็บโปรแกรม	เก็บข้อมูล		
8052AH	8k*8 ROM	256*8 RAM	3*16 - Bit	6
8051AH	4k*8 ROM	128*8 RAM	2*16 - Bit	5
8051	4k*8 ROM	128*8 RAM	2*16 - Bit	5
8032AH	ไม่มี	256*8 RAM	3*16 - Bit	6
8031AH	ไม่มี	128*8 RAM	2*16 - Bit	5
8031	ไม่มี	128*8 RAM	2*16 - Bit	5
8751H	4k*8 EPROM	128*8 RAM	2*16 - Bit	5
8751H - 12	4k*8 EPROM	128*8 RAM	2*16 - Bit	5

2.2.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

คุณสมบัติทั่วไปที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 มีดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
-มีขาสัญญาณอินพุทเอาท์พุทจำนวน 32 บิต
-สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (external data memory) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 k
- สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (external program memory) โดยอ้างตำแหน่ง แอดเดรสได้ถึง 64 k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (on – chip data memory) ขนาด 128 ไบท์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 ไบท์

- หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนนั้น สามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย ทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น

- มีไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ (timer / counter) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ จำนวน 3 ตัว

- การอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่ง กำเนิดโดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเตอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัปต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ

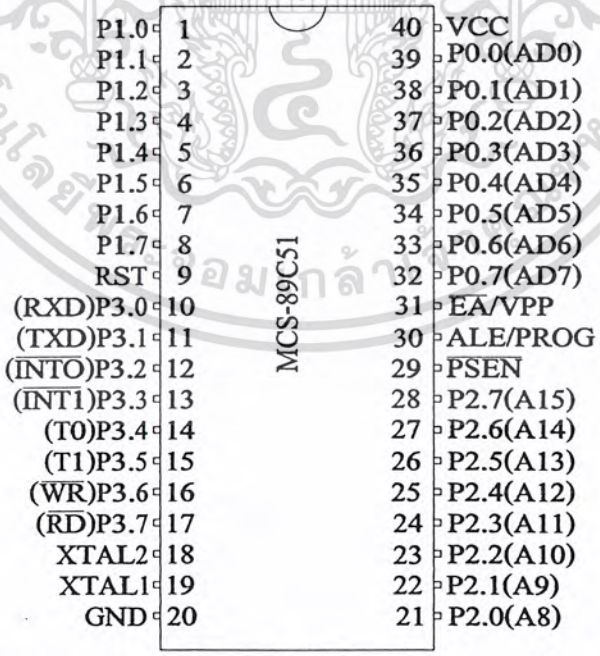
- มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)

- มีคำสั่งในการาคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์

- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิร์ต ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์ เพียงชุดเดียว

2.2.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูป 2.8 สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้



รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ขา V_{CC} เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลท์

- ขา V_{SS} เป็นขากราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขา ได้แก่ ขา $P_{0.0} - P_{0.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้น อยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุทอิมพีแดนซ์สูงได้

นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นอินพุทเอาท์พุทแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับ หน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ ($A_0 - A_7$) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ($D_0 - D_7$)

- ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ ขา $P_{1.0} - P_{1.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้พอร์ตอินพุท นอกจากนี้สำหรับเบอร์ 8035 และ 8250 ขาพอร์ต $P_{1.0} - P_{1.1}$ จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา T2 และ T2EX ตามลำดับด้วย

- ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขา ได้แก่ ขา $P_{2.0} - P_{2.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้พอร์ตอินพุท นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุทเอาท์พุทแล้ว มันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบท์สูง ($A_8 - A_{15}$)

- ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขา ได้แก่ ขา $P_{3.0} - P_{3.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้พอร์ตอินพุท นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุทเอาท์พุทแล้วมันยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
$P_{3.0}$	RXD (serial input port)
$P_{3.1}$	TXD (serial output port)
$P_{3.2}$	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
$P_{3.3}$	INT1 (external interrupt 1)
$P_{3.4}$	T0 (Timer 0 external input)
$P_{3.5}$	T1 (Timer 1 external input)
$P_{3.6}$	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
$P_{3.7}$	$\overline{\text{RD}}$ (external data memory write strobe)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขารีเซต (RST) ใช้สำหรับการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมชชีนไซเคิล ในขณะที่ออสซิเลเตอร์ยังทำงานอยู่

- ขา ALE / PROG เป็นขาสัญญาณ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ ยังทำหน้าที่เป็นอินพุท รับพัลซ์ในการโปรแกรม (piogram pulse input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS–51 ที่มีหน่วยความจำภายในเป็น EPROM

- ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบ เพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่ง จากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้ง ในแต่ละแมชีนไซเคิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มีการส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด

- ขา $\overline{EA}$ / VPP (External access enable / VPP) ขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแน่งแอดเดรส 0 – 0FFH (0 – 1FFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตาม ถ้ากรณีบิตป้องกัน (security bit) ในหน่วยความจำ EPROM นั้น ถูกโปรแกรมไว้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (Vpp) ขนาด 21 โวลท์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM

- ขา $XTAL_1$ และขา $XTAL_2$ เป็นขาอินพุทและเอาท์พุทของวงจรอินเวอร์ติ้งออสซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์ (inverting oscillator amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบ่งชนิดหรือหน้าที่ของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

หน่วยความจำโปรแกรมนั้น จะใช้สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานทั้งหมด ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งบางเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่ภายในตัว โดยอาจจะมีขนาดไม่เท่ากัน หรือเป็นหน่วยความจำต่างชนิดกันเช่น บางเบอร์เป็น ROM และ บางเบอร์อาจเป็น EPROM และบางเบอร์อาจไม่มีหน่วยความจำในส่วนนีเลยโปรแกรมการทำงานจะถูกเก็บไว้ยังหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด

สำหรับหน่วยความจำมูล จะใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่างๆ จากการทำงานของโปรแกรม ซึ่งใน MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่จำนวนหนึ่ง แต่อาจมีขนาดมากน้อยต่างกันไปในแต่ละเบอร์ สำหรับการจัดตัวโครงสร้างของหน่วยความจำนั้น ทั้งในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การรับส่งข้อมูลผ่าน Serial Port

Microcontroller MCS-51 มี Serail Port ซึ่งสามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ โดยใช้งานโดยไม่ต้องต่อไอซีเพิ่มเติมเข้าไป ทำให้มีความสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้งานที่ต้องการติดต่อข้อมูลแบบอนุกรม Serail Port ที่มีใน MCS-51 สามารถทำงานได้ในแบบ Full Duplex หมายความว่า มันสามารถรับและส่งข้อมูลได้พร้อม ๆ กัน โดยมีการ Buffer ในการรับข้อมูลให้ด้วย กล่าวคือ มันสามารถกำหนดการรับของไบต์ที่สองที่ถูกรับเข้ามา ก่อนที่ไบต์แรกซึ่งได้รับเข้ามาก่อนจะถูกอ่านจาก Receive Register (แต่ถ้าไบต์แรกยังไม่ถูกอ่านเมื่อเวลาที่การรับของไบต์ที่สองสิ้นสุดลง หนึ่งไบต์ในสองไบต์จะหายไป) Serail Port จริง ๆ แล้ว ประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท จำนวนสองตัว ซึ่งมีชื่อเรียกดังนี้ คือ Receive Register และ Transmit Register ซึ่งรีจิสเตอร์ทั้งสองมีตำแหน่งเดียวกันใน SFR คือ รีจิสเตอร์ SBUF โดยการเข้าถึงรีจิสเตอร์แต่ละตัว ซีพียูจะรู้เองว่าใช้ต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์ตัวใด เพราะในการเขียนข้อมูลไปที่รีจิสเตอร์ SBUF จะหมายถึงโหลดค่าไปยัง Transmit Register

ส่วนการอ่านข้อมูลในรีจิสเตอร์ SBUF หมายถึงการรับข้อมูลจาก Receive Register การสื่อสารข้อมูลอนุกรมนั้น นิยมนำมาใช้ในการโอนถ่ายข้อมูล ระหว่างระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ เพราะใช้เส้นสัญญาณเพียง 2 หรือ 3 เส้น สำหรับการรับส่งข้อมูลเท่านั้น โดยจะเป็นการรับส่งข้อมูลทีละบิต จนครบหนึ่งไบต์ คือ $D_0 - D_7$ โดยจะส่ง D_0 ออกไปก่อนแล้วตามด้วย D_1 ไปเรื่อยๆ จนถึง D_7 การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้จะช้ากว่าส่งแบบขนาน แต่มีข้อดีคือ ถ้าเป็นการส่งแบบขนานที่ต้องส่งข้อมูลระยะไกล จะทำให้สิ้นเปลืองสายสัญญาณมาก แต่เนื่องจากการประมวลข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์เป็นลักษณะแบบขนาน ทำให้ต้องมีการแปลงผันข้อมูลให้เหมาะสมก่อนการส่งข้อมูล รวมทั้งภายหลังการรับข้อมูลแบบอนุกรม

ภายในตัว MCS–51 จะมีตัวรับส่งข้อมูลอนุกรมอยู่ภายใน โดยตัวส่งข้อมูลจะทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลจากการประมวลผลที่เป็นแบบขนานให้เป็นข้อมูลแบบอนุกรมก่อน (Parallel – to – serial conversion) แล้วส่งข้อมูลออกมาโดยมีสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกระตุ้น ตัวแปลงข้อมูลนี้อาจพิจารณาง่ายๆ ว่าเป็นชิพรีจิสเตอร์ (Shift register) ที่ทำหน้าที่เลื่อนข้อมูลออกมา ถ้าสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจะทำให้ส่งข้อมูลได้เร็ว ส่วนตัวรับข้อมูลจะเป็นการรับข้อมูลแบบอนุกรมและแปลงให้เป็นข้อมูลแบบขนาน เพื่อใช้ในการประมวลผล (serial – to – Parallel conversion) ใน MCS – 51 ตัวแปลงข้อมูลทั้งสองประเภทนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ภายใน

การส่งข้อมูลอนุกรมด้วยชุดคำสั่งของ MCS – 51 นั้น ทำได้ง่ายเพียงการเขียนโปรแกรมโอนถ่ายข้อมูลแบบขนานให้กับรีจิสเตอร์ที่จัดการข้อมูลอนุกรมเท่านั้น หรือการรับข้อมูลก็อ่านจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์นี้เช่นกัน โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมเพื่อแปลงผันข้อมูลระหว่างอนุกรมและขนาน รวมทั้งการเลื่อนบิต (Shift bit) จากขาสัญญาณแต่อย่างใด จึงนับว่าอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานมาก

2.3 ความรู้เกี่ยวกับ CCD กล้องวีดีโอตัวจิ๋ว

อุปกรณ์ตัวนี้ทำหน้าที่เป็นตัวทำการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงไปสู่พลังงานไฟฟ้า เพื่อนำไปเข้าสู่ระบบอิมเมจโปรเซสซิ่งซึ่งถ้าพิจารณาดูแล้วอุปกรณ์จำนวนนี้ มีอยู่มากมายหลายชนิดด้วยกัน แต่ CCD มีคุณสมบัติที่ไม่ธรรรมดา ไม่มีการใช้ปืนอิเล็กตรอนมาเป็นส่วนประกอบแต่กลับใช้การเปลี่ยนเฟสมาควบคุมการ ทำงานแทน

จุดเริ่มต้นของการนำมาใช้งานของอุปกรณ์ CCD คืองานทางด้านดาราศาสตร์ เมื่อประมาณศตวรรษที่ผ่านมาได้มีการอุปกรณ์ CCD มาใช้งาน แต่ทั้งนั้นก็ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าใดนัก เพราะว่านักดาราศาสตร์ในขณะนั้น ยังไม่มีความรู้ความเข้าใจที่จะนำอุปกรณ์ CCD มาใช้ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้ก็มีการคิดค้นจนประสบความสำเร็จ นั่นคือ กล้องโทรศาสตร์ (Telescope) ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยการนำเอาอุปกรณ์ CCD มาทำงานร่วม และประดิษฐ์กรรมใหม่ที่พลิกประวัติศาสตร์ของวงการได้ คือกล้องดังกล่าว สามารถที่จะถ่ายภาพของดวงดาวที่มีแสงสลัว ๆ ได้อย่างชัดเจนมาก ซึ่งปกติสายตาของมนุษย์เรา ไม่สามารถที่จะมองเห็นได้ถึงแม้ว่าจะใช้กล้องดูดาวขนาดใหญ่ก็ตาม

อุปกรณ์ CCD ได้รับความนิยมมาโดยตลอดจนถึงปัจจุบันนี้ และราคานั้นก็ถูกลง ในปัจจุบันจึง มีการนำเอาอุปกรณ์ CCD มาใช้งานด้านถ่ายภาพอย่างแพร่หลาย เช่น ในกล้องถ่ายรูป กล้องโทรทัศน์ จนกระทั่งกล้องวีดีโอขนาดเล็ก เป็นต้น อุปกรณ์ CCD มีความพิเศษจากอุปกรณ์อื่นในตระกูลเดียวกันหลายประการ อาทิเช่น มีย่านการตอบสนองต่อความยาวคลื่นได้กว้าง มีช่วงไดนามิกเรนจ์กว้าง และเก็บรายละเอียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

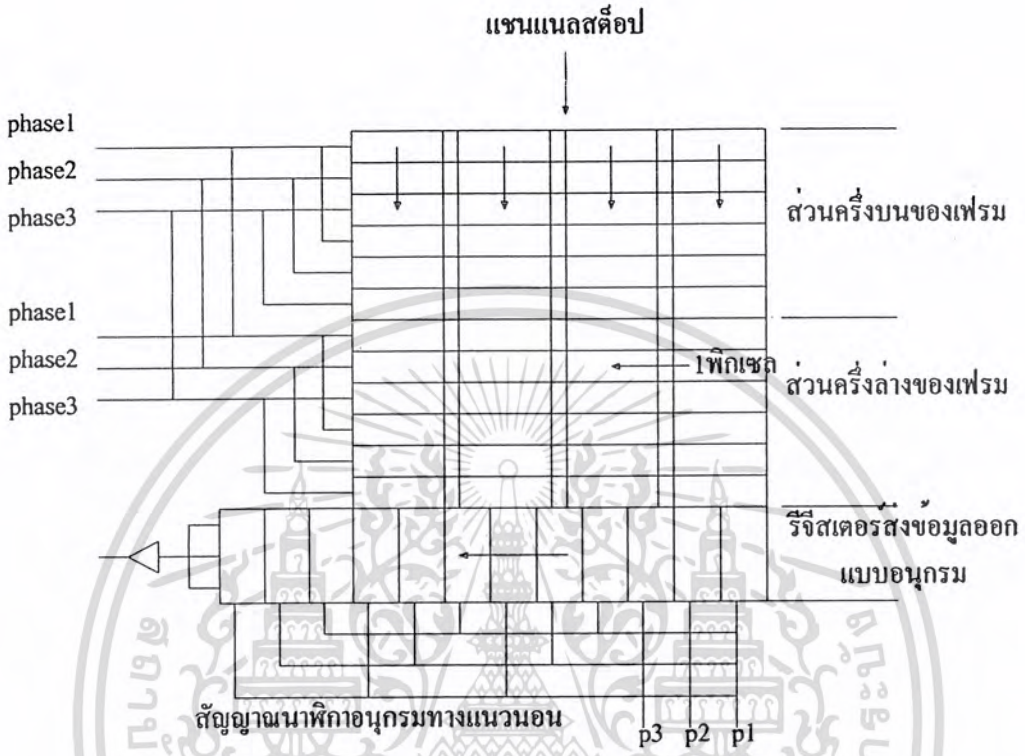
เมื่อครั้งก่อนการถ่ายภาพต้องใช้เวลานานมาก และภาพไม่ชัดเจน โดยเฉพาะในส่วนที่มีแสงสว่างน้อย แต่เมื่อนำเอาอุปกรณ์ CCD มาใช้งานกลับทำให้ภาพที่ได้มีความไว ต่อแสงสว่างน้อย ๆ ได้มากขึ้น

2.3.1 ความหมายของ CCD

CCD หรือ Charge – Coupled Deviec อุปกรณ์ CCD ถือกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว ซึ่งในขณะนั้นยังอยู่ในรูปแบบของอุปกรณ์หน่วยความจำรอม (Random access memory : ROM) แต่อุปกรณ์ CCD มีประโยชน์การนำไปใช้งานมากกว่านั้น ซึ่งเป็นได้ทั้ง ดีเลย์ไลน์, ส่วนประมวลผลสัญญาณ และที่สำคัญที่สุดคือ เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแสงที่มีประสิทธิภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างทั่วไปและการทำงานของ CCD

จากรูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างทั่วไป และการคัปปลิ้งสัญญาณของอุปกรณ์ตัวนี้จะเห็นได้ในทันทีว่ามีการแบ่งพื้นที่ ออกเป็นส่วนเล็กๆ มาก ซึ่งแต่ละชิ้นส่วนนั้นเรียกว่า พิกเซล (Pixel) ถ้าสังเกตจากโครงสร้างแล้ว จะเห็นได้ว่า CCD ไม่มีการแบ่งแต่ละพิกเซลออกเป็นตำแหน่งแอดเดรสเหมือนในหน่วยความจำชนิดอื่น ๆ แต่มีการแบ่งออกเป็นแถว (Row) และหลัก (Column) โดยมีส่วนคั่นกลางที่เรียกว่า แชนแนลสต๊อป (Channel Stop) กั้นระหว่างแต่ละหลักอยู่

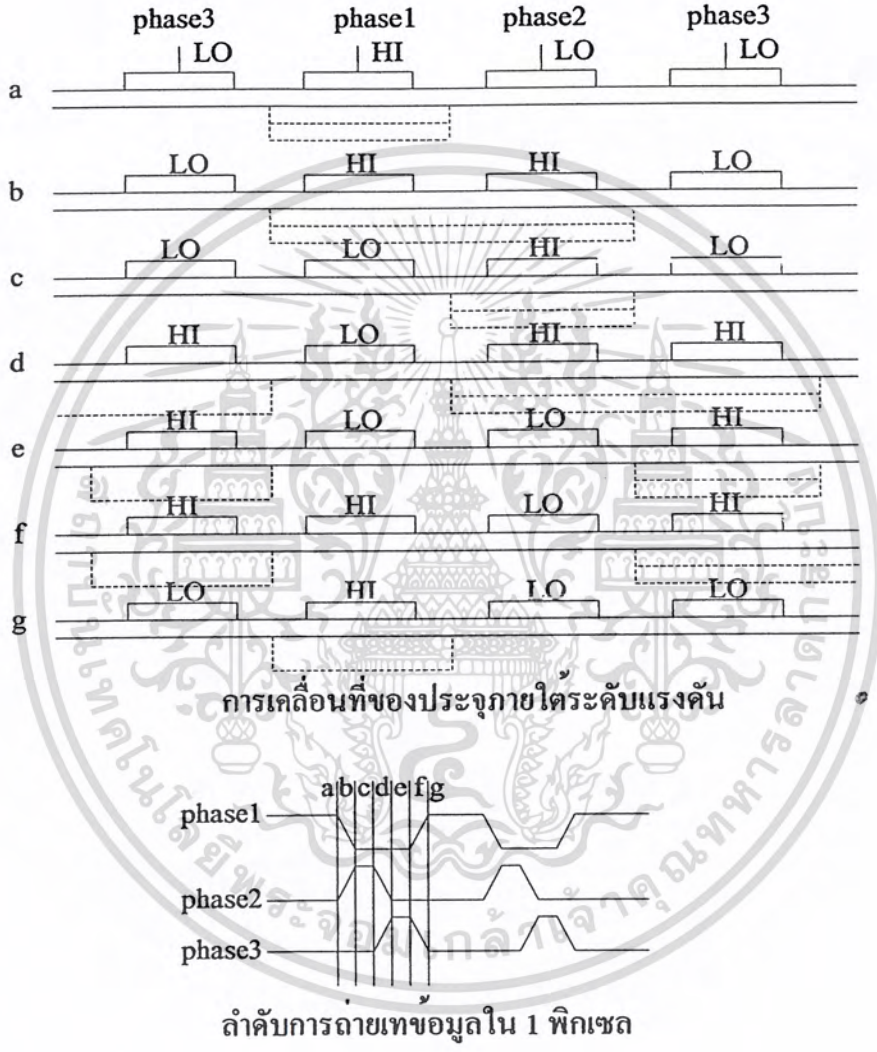
ภายในแต่ละพิกเซลจะมีประจุอยู่ตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดภาพ และจะมีการถ่ายเทเมื่อมีแสงมาตกกระทบการถ่ายเทก็ย่อมมีตัวพา หรือยึดเหนี่ยว ซึ่ง CCD ใช้หลักการหมุนเฟส (Phase clock voltages) มาใช้

แต่ละแถวจะมีการกำหนดสถานะทางไฟฟ้าด้วยการหมุนเฟส 3 เฟส ที่มีความสัมพันธ์กันของช่วงเวลา และแรงดันและด้วยการทำงานเช่นนี้ ประจุจากแต่ละพิกเซลจึงมีการถ่ายเทจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เมื่อประจุเคลื่อนที่มาจนถึงสุดขอบของแถวแล้วนั้น ก็จะมีการส่งผ่านข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ เมื่อรีจิสเตอร์รับข้อมูลที่ถูกส่งมานั้น ก็จะนำสัญญาณที่ถูกส่งมาส่งผ่านมาสู่ภายนอก โดยการทยอยข้อมูลแบบอนุกรมของรีจิสเตอร์ และถูกควบคุมด้วยการหมุนเฟสเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55772

ดังนั้นผลของการหมุนเฟสทั้งทางด้านแนวนอนและแนวตั้ง จึงสามารถให้เห็นในรูปที่ 2.10 ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะของรูปคลื่นของแต่ละเฟสที่มีความสัมพันธ์กัน และลักษณะการเคลื่อนที่ของประจุเมื่อมีการถ่ายเท



รูปที่ 2.10 แสดงรูปคลื่นของการหมุนเฟส ที่มีความสัมพันธ์กัน และลักษณะการถ่ายเทประจุ

ในส่วนของความละเอียดของภาพ และความไวต่อแสงสว่างน้อยๆ นั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนของพิกเซลบนตัว CCD ซึ่งมีให้เลือกหลายขนาดความต้องการ ตั้งแต่ 385x578, 1500x1500, 2048x2048 พิกเซล เป็นต้น และราคาของแต่ละขนาดก็แตกต่างกันออกไป ยิ่งมีจำนวนของพิกเซลมากเท่าใดราคาก็จะยิ่งสูงขึ้น และประสิทธิภาพในการทำงานก็ยิ่งสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การนำ CCD ไปใช้ในงานถ่ายภาพ

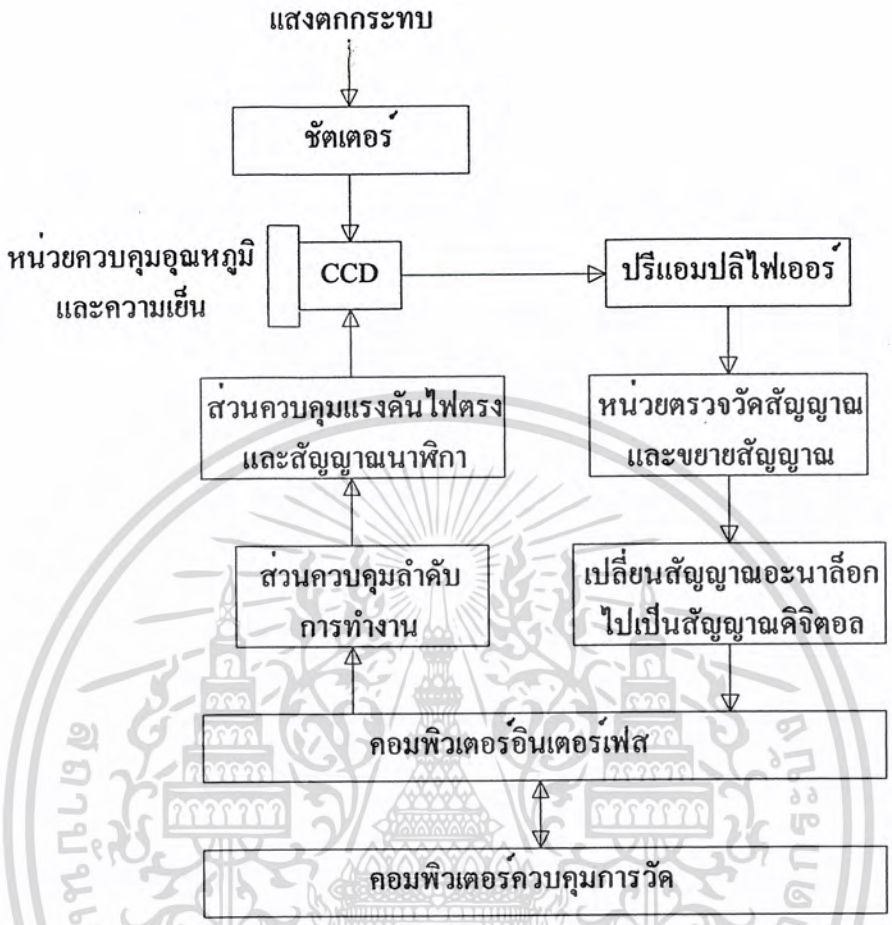
โดยปกติอุปกรณ์ CCD สามารถทำงานได้ด้วยอุณหภูมิห้องปกติ (room temperature) สำหรับใช้ในงานถ่ายภาพที่มีแสงพอประมาณ เช่น การถ่ายภาพด้วยกล้องโทรทัศน์ กล้องถ่ายรูป และกล้องวีดีโอ ซึ่งก็ทำงานได้เป็นอย่างดี แต่โดยทั่วไปอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกชนิด โดยเฉพาะจำพวกสารกึ่งตัวนำ มักมีการรั่วไหลของกระแสส่วนน้อย ๆ เกิดขึ้น CCD ก็เช่นกัน

การถ่ายภาพดวงดาวที่มีแสงสว่างน้อย ๆ นั้น จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงกระแสรั่วไหลในส่วนนี้ เพื่อให้ CCD สามารถเก็บแสงได้ดีที่สุด วิธีแก้ไขก็คือ พยายามลดอุณหภูมิให้ต่ำมาก ๆ ประมาณ 120 องศาเซลเซียล โดยใช้ไนโตรเจนเหลวให้ความเย็นอย่างรุนแรงกับ CCD กระแสรั่วไหลจะลดความสูญเสียเหลือเพียง 1 อิเล็กตรอนต่อชั่วโมงต่อพิกเซล ในขณะที่มีความจุอิเล็กตรอนสูงถึง 100,000 อิเล็กตรอนต่อพิกเซล

นอกจากนี้การแก้ปัญหาเนื่องจากกระแสรั่วไหลแล้ว ยังต้องมีส่วนอื่นอีกมากมายประกอบอยู่ ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.11 ซึ่งประกอบด้วย

- ส่วนประกอบของระบบชัตเตอร์ ที่ใช้ทำงานด้วยเครื่องกลไฟฟ้าควบคุมคอมพิวเตอร์ ซึ่งควบคุมการตั้งเวลาเปิดหน้ากล้อง
- ส่วนของวงจรขยายและจัดสัญญาณ
- ส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อการอินเตอร์เฟสกับเครื่องคอมพิวเตอร์
- ส่วนของวงจรกำเนิดแรงดันไบแอสไฟตรงและสัญญาณนาฬิกา เพื่อควบคุมการทำงานของ CCD ซึ่งก็ถูกคอมพิวเตอร์ควบคุมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบหลักของระบบ CCD

2.3.3 ลักษณะของกล้อง CCD โดยทั่วไป

สำหรับรูปร่างลักษณะโดยทั่วไปของกล้อง CCD ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.12 แสดงให้เห็นถึงรูปร่างลักษณะภายนอกทั่วไปของกล้อง CCD จิ๋ว ซึ่งมีความสะดวกมากในการนำไปติดตั้งใช้งาน เพราะมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 27 กรัมเท่านั้น ความสามารถของเลนซ์กล้อง CCD นี้ สามรถทำงานได้ภายใต้ความสว่างของแสงที่ต่ำเพียง 0.1 ลักซ์ได้และถ้าหาประกอบด้วยอุปกรณ์ส่องแสง Infrared ร่วมก็จะสามรถทำให้เลนซ์กล้อง CCD นี้มองเห็นได้ในที่มืด นั้นเป็นคุณสมบัติของเลนซ์ที่ตาของมนุษย์เรานั้นไม่สามารถมองเห็นได้

ความสามารถของม่านรับภาพในกล้องเป็นแบบ อัตโนมัติ (Auto iris) โดยมีความเร็วในการ ปิด – เปิด หน้ากล้องแบบอัตโนมัติ ตั้งแต่ 1/50 และ 1/120000 วินาที ทำให้การรับภาพออกมาแสดงทางจอมอนิเตอร์เป็นไปอย่างนุ่มนวล และละเอียดไม่มีการกระพริบของภาพ เมื่อออกจากตัวกล้องแต่อาจจะเกิดจากตัวมอนิเตอร์เองได้ เอาท์พุตของสัญญาณภาพที่ได้จากกล้อง CCD นี้สามารถที่จะต่อเข้ากับจุดวิดีโออินพุตของจอมอนิเตอร์ได้โดยตรง หรือต่อเข้ากับจุดวิดีโออินพุต (Video

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input) ของเครื่องเล่นวิดีโอเทปก็ได้ เช่นกัน แต่สำหรับการต่อเข้ากับช่องอาร์เอฟอินพุต (RF Input) ของทั้งโทรทัศน์และเครื่องเล่นวิดีโอนั้นจะต้องนำเอาสัญญาณวิดีโอเอาท์พุตของกล้องไปผ่านวงจรวิดีโอมอดูเลเตอร์ (Video Modulator) เสียก่อนจึงจะต่อเข้ากับช่องอาร์เอฟดังกล่าวได้

ส่วนคุณสมบัติทางด้านอื่น ๆ ของกล้อง CCD จิ๋วนั้น ก็ยังมีอีกหลายส่วนคือ ความแรงของสัญญาณภาพเอาท์พุตของกล้องเท่ากับ 10 โวลท์พีกทูพีกที่ 75 โอห์ม เอาท์พุตอิมพีแดนซ์ อัตราการสแกนแบบอินเตอร์เลซ 2 :1 และอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (s/n ratio) เท่ากับ 50 เดซิเบล รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองกำลังงานขณะทำงานสูงสุดที่ 150 มิลลิแอมป์ นอกจากนั้นแล้วตัวเลนซ์ก็สามารถที่จะปรับตั้งระยะไปโฟกัสได้ด้วยมือนั้น คือมีสกรูสำหรับปรับตั้งระยะโฟกัสได้

รูปที่ 2.12 รูปร่างลักษณะของกล้อง CCD

2.3.4 คุณสมบัติของกล้อง CCD

- ทำงานได้ด้วยระดับแรงดันไฟเลี้ยง 10 ถึง 13 โวลท์
- เป็นกล้องโทรทัศน์แบบสี
- มีความละเอียดของสัญญาณภาพสูงโดยมีเส้นสแกนแบบเดียวกับโทรทัศน์
  - -เส้นสแกนทางแนวนอน 537 เส้น
  - -เส้นสแกนทางแนวตั้ง 597 เส้น
- ความถี่ในการสแกนก็อยู่ในมาตรฐานเดียวกับของโทรทัศน์และตามมาตรฐานของ CCIR
  - - ความถี่สแกนแนวนอน 15.625 กิโลเฮิตรซ์
  - - ความถี่สแกนแนวตั้ง 50 เฮิตรซ์
- เลนซ์ของกล้องเป็นแบบเลนซ์กว้างโดยมีมุมกว้างของเลนซ์
  - - แนวตั้ง 55 องศา
  - - แนวนอน 74 องศา
  - - มุมตรง 92 องศา
- ย่านอุณหภูมิพอเหมาะในการทำงาน +50 ถึง –10 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเร็วของชัตเตอร์ 1/50 – 1/120,000 วินาที
- น้ำหนัก 90 กรัม

2.4 การสื่อสารข้อมูล

2.4.1 ข้อมูล

ในระบบสื่อสารข้อมูลนั้น วัตถุประสงค์หลักของเราก็คือ การส่งข่าวสารหรือข้อมูลซึ่งอาจจะเป็นชุดตัวอักษร ตัวเลข หรืออาจจะเป็นเครื่องหมายต่าง ๆ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งระยะทางระหว่างจุดทั้งสองอาจจะใกล้หรือไกลก็ได้ ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ส่งนั้น เราไม่อาจส่งไปในลักษณะเดียวกับรูปร่างที่เรามองเห็นในกระดาษพิมพ์ได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนรูปแบบให้เหมาะสมกับการส่งไปยังตัวกลางที่ใช้ส่งข่าวสาร ข่าวสารที่เปลี่ยนรูปแบบไปนี้จะถูกนำมาเปลี่ยนให้เป็นรูปแบบเดิม ณ จุดรับรูปแบบที่ใช้กันในการสื่อสารข้อมูลนั้นก็คือรูปแบบลักษณะของเลขฐานสองซึ่งเราก็ไม่ได้นำเอาเลขฐานสองมาใช้โดยตรง แต่นำมาสร้างเป็นรหัสชนิดต่างๆ

2.4.2 หลักการเบื้องต้นของการสื่อสาร

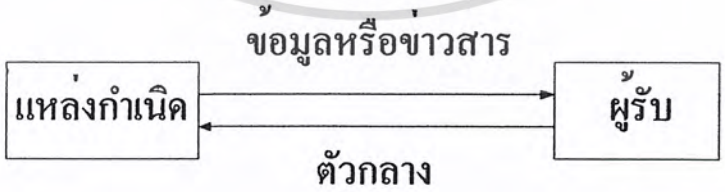
ในการสื่อสารหรือการส่งข่าวสารจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารในรูปแบบใดก็ตามจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบหลักเบื้องต้น 3 ส่วน คือ

-แหล่งกำเนิด (Source)

-ตัวกลาง (Media)

-แหล่งรับ (Receiver)

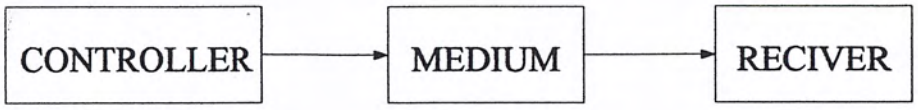
แหล่งกำเนิดเป็นส่วนที่สร้างข่าวสาร เพื่อส่งตามตัวกลางไปยังแหล่งรับซึ่งเป็นจุดหมายปลายทาง ส่วนประกอบทั้งสามนี้เป็นส่วนประกอบสำหรับโครงสร้างที่เล็กที่สุดของระบบสื่อสาร หากขาดส่วนใดส่วนหนึ่งจากสามส่วนนี้ไป การสื่อสารจะเกิดขึ้นไม่ได้ (Block Diagram) แสดงถึงโครงสร้างการสื่อสารเบื้องต้น แสดงดังรูป 2.13



รูปที่ 2.13 รูปบล็อกของระบบการสื่อสารเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1 หลักการเบื้องต้นของรีโมทคอนโทรล

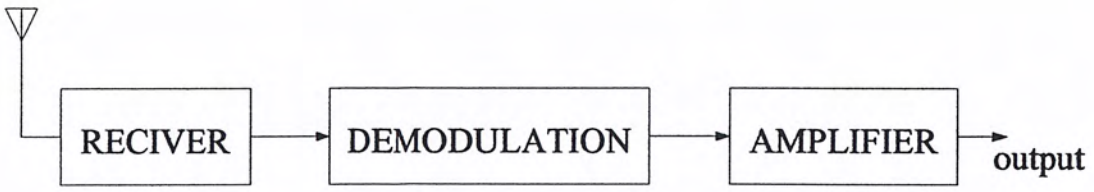


รูปที่ 2.14 หลักการเบื้องต้นของรีโมทคอนโทรล

โดยทั่วไประบบรีโมทคอนโทรลจะต้องมีส่วนประกอบอย่างน้อย 2 ส่วนดังรูปข้างบน คือ ภาครับและภาคส่ง และจะต้องมีตัวในการส่งข้อมูลเชื่อมระหว่างตัวรับและตัวส่ง

รูปที่ 2.15 หลักการรีโมททางภาคส่ง

ภาคส่ง ประกอบด้วยตัวผลิตความถี่เพื่อนำไปควบคุมขบวนการด้านรับ และวงจรกำเนิดความถี่พาหะเพื่อนำมาทำการมอดดูเลทกับสัญญาณควบคุม แล้วจึงส่งไปให้ตัวส่งสัญญาณออกไป ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.16 หลักการรีโมททางภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาครับ ทำหน้าที่รับสัญญาณควบคุมที่ด้านตัวกลางมาจากภาคส่ง ดังนั้นภาครับจึงต้องมีความสามารถในการรับความถี่ที่ส่งออกมาจากเครื่องส่งเท่านั้นเพื่อป้องกันการรบกวนจากสัญญาณอื่น วงจรภาคนี้ประกอบด้วยตัวรับสัญญาณ ตัวถอดสัญญาณ และวงจรขยายสัญญาณ เพื่อทำให้ทำงานตามสัญญาณควบคุมจากเครื่องส่งดังรูปที่ 2.16

ตัวอย่างสำหรับแสดงถึงระบบสื่อสารที่เห็นชัดก็คือ การพูดโทรศัพท์ระหว่างบุคคล 2 คน ผู้เรียกสาย (Calling Subscriber) คือ ต้นกำเนิดของข่าวสาร สายโทรศัพท์เป็นตัวกลาง ส่วนผู้เรียก (Called Subscriber) คือ แหล่งรับข้อมูลข่าวสารก็คือ ข้อความที่ใช้สนทนากัน

การสื่อสารจะเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อข่าวสารที่แหล่งต้นกำเนิดส่งไปตามตัวกลางนั้นแหล่งรับรับมาได้อย่างสมบูรณ์ในบางครั้งข่าวสารที่ส่งมาตามตัวกลางอาจถูกรบกวนทำให้คุณสมบัติของข่าวสารผิดไปจากเดิม สิ่งที่รบกวนคุณสมบัติของข่าวสาร เรียกว่า นอยซ์(Noise) ระบบการสื่อสารที่ดีนั้น จะต้องสามารถตรวจสอบข่าวสารที่รับมาได้ว่ามีสิ่งรบกวนจนข่าวสารผิดหรือไม่ หากมีก็ต้องแก้ความผิดนั้นให้ถูกต้องด้วย

2.4.3 วิธีการส่งข้อมูลตามลักษณะการจัดข้อมูล

รูปแบบของการส่งสัญญาณสื่อสารประกอบด้วยสายส่งตั้งแต่หนึ่งสายขึ้นไป ซึ่งทำให้เกิดช่องทางการส่งข้อมูลได้มากกว่าหนึ่งช่องทางก็เป็นได้ และจากวิธีการเข้ารหัสเพื่อแทนตัวอักขระต่าง ๆ ไว้ในรูปของเลขฐานสอง (0 และ1) จึงทำให้เราเลือกวิธีการส่งผ่านข้อมูลขั้นพื้นฐานได้สองรูปแบบคือ

1.การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน

2.การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม

2.4.3.1 การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน

การส่งผ่านข้อมูลในลักษณะนี้ ทุกบิทที่เข้ารหัสแทนหนึ่งตัวอักษรจะถูกส่งผ่านไปตามสายส่งขนานกันไปดังนั้นทุกบิทจะเดินทางถึงผู้รับพร้อมๆ กันและจำนวนสายส่งเพื่อให้เกิดช่องทางการส่งจะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนบิทที่เข้ารหัสในแต่ละระบบ เช่นการส่งข้อมูลที่เข้ารหัสไว้แบบแอสกี้ (8 บิทรวมทั้งบิทตรวจสอบ) ก็จำเป็นต้องใช้ช่องทางการส่ง 8 ช่องทาง จึงจะทำให้ทุกบิทวิ่งผ่านสายส่งขนานกันไปดังรูปที่ 2.17 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทุกบิทที่เข้ารหัสตัวอักษรตัวตัวๆ หนึ่ง จะเดินทางขนานกันไปโดยเริ่มจากผู้ส่ง หรือต้นกำเนิดข้อมูลผ่านสายสัญญาณที่มีอยู่ 8 เส้น ไปยังผู้รับ ซึ่งสมมติให้มีการส่งตัวอักษรเพียงสองตัวดังนั้นผู้รับจะได้รับอักษรตังแรกก่อน โดยการรับทุกๆบิทของตัวอักษรตัวแรกพร้อมกันต่อจากนั้นจะรับตัวอักษรตัวที่สอง โดยรับทุกบิทของตัวอักษรพร้อมกันเช่นเดียวกับตัวอักษรตัวแรก เราอาจกล่าวได้ว่าเป็นการส่งผ่านข้อมูลแบบขนานกันของบิท แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

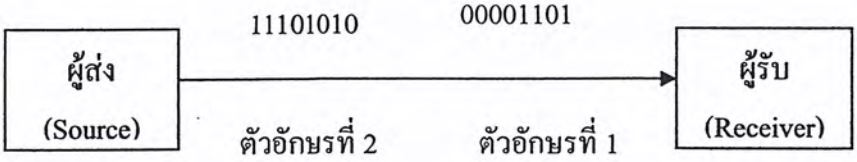
เป็นการส่งผ่านข้อมูลแบบตัวอักษร เพราะผู้รับจะได้รับตัวอักษรตัวแรกก่อนและลำดับต่อไปจะรับตัวอักษรที่สอง

ทุกบิทของแต่ละตัวอักษรจะวิ่งขนานกันไป และแต่ละตัวอักษรจะวิ่งเรียงลำดับกันไป

รูปที่ 2.17 การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน

2.4.3.2 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม

ในรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะนี้ทุกบิทที่เข้ารหัส แทนหนึ่งตัวอักษรจะถูกส่งผ่านไปตามสายส่งเรียงลำดับกันไปทีละบิท ในสายส่งเพียงเส้นเดียว ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องส่งสัญญาณ ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมนี้จึงนิยมใช้กันมากในการส่งผ่านข้อมูลทางไกล และจากรูป 2.18 ตัวอักษรตัวที่1จะประกอบด้วย 8 บิท เรียงเป็นลำดับและผู้รับจะรวบรวม บิทเหล่านี้ทีละบิทจนครบ 8 บิทเป็น1 ตัวอักษร และตามมาด้วยกลุ่มบิทของตัวอักษรตัวที่ 2 ในขณะนี้อาจเกิดปัญหาว่าเมื่อเป็นในลักษณะนี้เครื่องรับ / ผู้รับ จะทราบได้อย่างไรว่า จะแบ่งตัวอักษรตัวที่ 1 และตัวที่สองตรงบิทใด ซึ่งปัญหาในข้อนี้มีวิธีการแก้ไขได้ 2 วิธีคือ

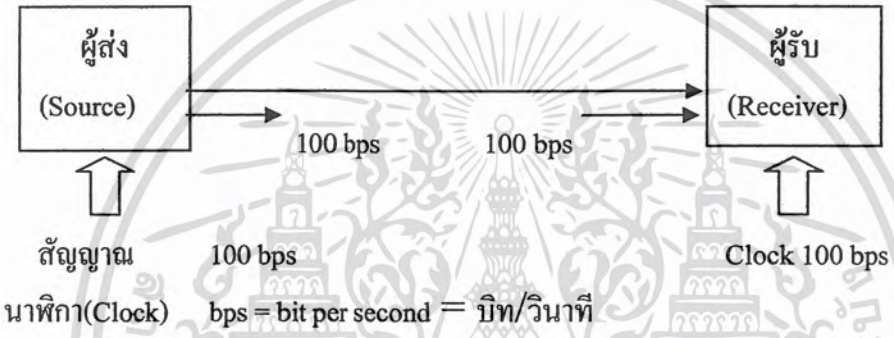


รูปที่ 2.18 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2.1 การซิงโครนัสของบิท (Bit Synchronization)

ในการส่งผ่านข้อมูลนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ผู้รับ (Receiver) ตรวจสอบและตีความรูปแบบของบิทที่ส่งมาจากผู้ส่ง (Source) ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งหมายความว่าผู้รับจะต้องคอยจับตาดูที่สายสื่อสารว่าเมื่อใดมีบิทเข้ามาตามสายและเมื่อใดไม่มีวิธีการแก้ปัญหานี้ จะกระทำได้โดยการให้จังหวะนั่นเองหรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าจะต้องให้สัญญาณนาฬิกา (Clock) แก่ปลายสายทั้งคู่คือทั้งผู้ส่งและผู้รับว่า ถ้ามีบิทวิ่งเข้ามาตามสายจะวิ่งด้วยความเร็วเท่าไร โดยมีหน่วยความเร็วเป็นบิทต่อวินาที (Bit Per Second หรือ bps) ดังรูป 2.19 และวิธีการแก้ปัญหาเช่นนี้ เรียกว่า "การซิงโครนัสของบิท " นั่นเอง



รูปที่ 2.19 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมและใช้สัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนดความถี่ในการส่งข้อมูล

ถ้าพิจารณาถึงสัญญาณนาฬิกาที่จุดผู้ส่งนั้น สัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวคอยบอกผู้ส่งว่าให้ถ่ายทอดข้อมูลเป็นบิทลงในสายส่งด้วยความเร็วเท่าไร และสัญญาณนาฬิกาที่จุดผู้รับว่าจะต้องมีข้อมูลที่เป็นบิทวิ่งมาตามสายส่งด้วยความถี่เท่าไร สมมติว่าเราต้องการส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็ว 100 bps และเราก็ตั้งสัญญาณนาฬิกาที่จุดส่งด้วยความถี่ 100 bps เช่นกันซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะเป็นผู้กระตุ้นให้ใส่ข้อมูลเป็นบิท (ไม่ว่าจะเป็นบิท 0 หรือ 1 ก็ตาม) ในทุกๆ รอบของสัญญาณนาฬิกา หรือกล่าวได้ว่าจะให้ข้อมูลเป็นบิทลงในสายส่ง 100 ครั้งใน 1 วินาที เช่นกัน และที่จุดผู้รับนั้นผู้รับจะต้องตรวจดูว่ามีบิทเข้ามาทุกๆ 1/100 วินาที และสัญญาณนาฬิกาที่จุดผู้รับก็จะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้รับตรวจรับข้อมูลเป็นบิทด้วยความเร็ว 100 bps เช่นกัน

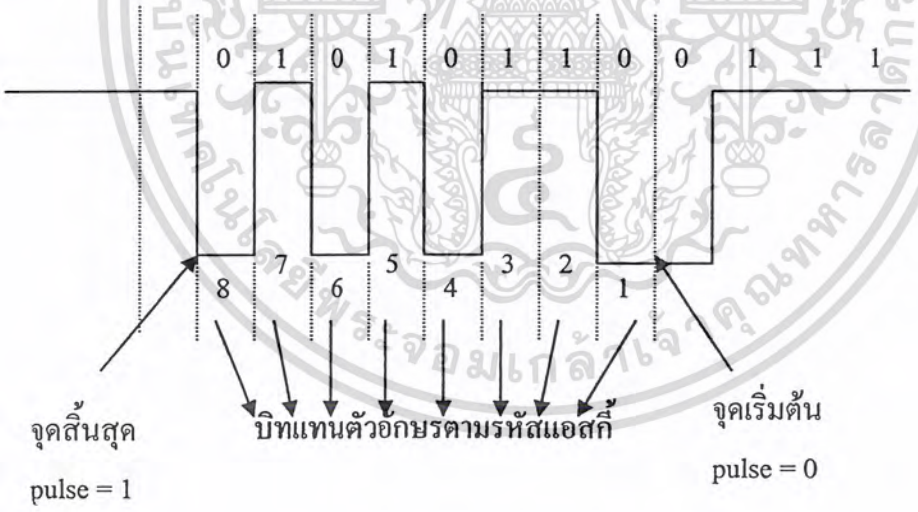
2.4.3.2.2 การอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนี้ เป็นระบบในการจัดส่งตัวอักษรตัวหนึ่งตัวใดตัวหนึ่งไปในทันทีทันใดซึ่งจะเป็นเวลาใดๆก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดความสัมพันธ์กับตัวอักษรตัวอื่นๆ เราอาจจะส่งตัวอักษรเรียงติดกันไปเลย โดยไม่มีที่ว่างระหว่างตัวอักษรคล้ายกับกรณีของการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณแบบซิงโครนัสก็ได้ หรืออาจนานส่งไปซักตัวหนึ่งก็ได้ ในกรณีเช่นนี้เครื่องรับปลายทางจะต้องสร้างลักษณะของซิงโครนัสขึ้นมาใหม่ สำหรับตัวอักษรแต่ละตัว เครื่องรับปลายทางจะต้องรู้จักว่าสิ่งที่ส่งมานั้นมีบิทแรกของตัวอักษรอยู่ที่ใดดังนั้นหน้าตัวอักษรแต่ละตัวเราจะใส่บิทลักษณะพิเศษ เพื่อถือเป็นจุดเริ่มต้น (Start Pulse) ซึ่งเมื่อเครื่องรับพบบิทแบบนี้ จะทราบได้ทันทีว่านี่ คือจุดเริ่มต้นของตัวอักษร

เครื่องรับสัญญาณปลายทางจะตรวจพบบิทแสดงจุดเริ่มต้น ได้โดยตรวจสภาวะทางไฟฟ้าของสายส่งนั่นเอง คล้ายกับตัวเราเป็นผู้รับสัญญาณแล้วดูที่สายส่งว่าขณะนั้นๆมีสภาวะเป็น 1 หรือ 0 (คือมีไฟหรือไม่มีไฟนั่นเอง) ในขณะที่สายส่งรักษาระดับไฟคงที่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงนั่นแสดงว่าไม่มีการส่งข้อมูลออกมาเลย ลักษณะของสายส่งในลักษณะนี้ เรียกว่า Idle Line และเพื่อความสะดวกจะให้สภาวะของ Idle Line มีระดับทางไฟฟ้าเป็น 1 (ในทางระบบจะเรียกสภาวะ Idle Line นี้ว่า Mark Condition) สำหรับสภาวะทางไฟฟ้าที่ตรงข้ามกับสภาวะ Idle Line คือสภาวะทางไฟฟ้าที่เป็น 0 และในบางระบบจะเรียกสภาวะนี้ว่า Space Condition หรือสภาวะว่างเปล่า หรืออาจเรียกอีกอย่างว่าสภาวะสายเปิด (Open Line) จะสังเกตุได้ว่าสภาวะ Idle Line นี้เป็นสภาวะที่ตัวส่งสัญญาณส่งค่าบิทเป็น 1 มาติดกันโดยตลอด



รูปที่ 2.20 แสดงการส่งตัวอักษร 1 ตัวแบบอะซิงโครนัส

เมื่อมีความต้องการที่จะส่งตัวอักษร เครื่องส่งสัญญาณ (Transmitter) จะใส่บิท 0 มาหน้ากลุ่มของบิทที่แทนตัวอักษรนั้น ซึ่งบิทที่ใส่นำหน้านี้จะทำหน้าที่เป็นบิทนำหน้าเพื่อบ่งบอกว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการส่งตัวอักษร ถ้าพิจารณาในแง่ของลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.20 เครื่องส่งสัญญาณจะสร้างบิทเริ่มต้น (Start Bit หรือเรียกว่า Start Pulse ก็ได้) โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สับเปลี่ยนสภาวะของสายส่งจากการรักษาระดับไฟคงที่ (Idle Line) ซึ่งถือเป็น 1 เข้าสู่สภาวะ 0 โดยใช้เพียงบิทเดียวพร้อมกันนี้ข้อความที่ต้องการส่งก็จะตามบิทเริ่มต้นเข้าสู่เครื่องรับต่อไป

เมื่อเครื่องรับสัญญาณตรวจพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะ 1 ไปสู่สภาวะ 0 ก็จะมีการเทียบสัญญาณนาฬิกาทันที ภายหลังจากผ่านพ้นไปได้ครึ่งบิท สัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวบอกเครื่องรับให้ตรวจสอบสภาวะของสายส่งแล้วได้บิท 0 อยู่เครื่องก็จะเริ่มตรวจรับรหัสของตัวอักษรนั้น แต่ถ้าในจุดเริ่มต้นนี้เครื่องรับพบว่าบิทที่เข้ามาทีแรกมีสภาวะเป็น 1 เครื่องรับจะวิเคราะห์ว่าที่จุดเริ่มต้นที่การเปลี่ยนจาก 1 ไปเป็น 0 นี้เป็นสัญญาณรบกวน (Noise) ช่วงชั้นๆ และจะหยุดตรวจสอบสภาวะของสายส่งเพราะไม่ต้องการรวมบิทเป็นตัวอักษรอีกต่อไป (ถ้าเครื่องรับสัญญาณ 1 , 0 ที่มีการผ่านมาจริงๆ โดยไม่มีการตรวจทานโดยวิธีที่กล่าวมาแล้ว สัญญาณรบกวนอาจเป็นสาเหตุให้มีการนับบิทรวมเป็นตัวอักษรขึ้นมาก็ได้ ซึ่งถือว่าตัวอักษรที่เกิดขึ้นในกรณีเช่นนี้เป็นขยะของการส่งข้อมูล)

สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่เครื่องรับ จะทำให้เกิดการซิงโครนัส ที่ตอนต้นของตัวอักษรที่กำลังรับเข้ามาโดยเราอาจมอบให้เกิดการแตกต่างกันไปได้เล็กน้อย ระหว่างความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลกับสัญญาณนาฬิกาที่เครื่องรับใช้ ณ ที่จุดสิ้นสุดของตัวอักษรที่ส่งมา Stop Pulse จะถูกส่งมายังเครื่องรับเพื่อทำให้เกิดสภาวะคงที่ก่อนที่ตัวอักษรอื่นจะตามมาดังแสดงในรูป 2.20 เราจะเห็นว่ากลุ่มบิทที่แทนค่าของตัวอักษรถูกปิดหัวปิดท้ายไว้ด้วย Start Bit และ Stop Bit ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ ในบางครั้ง จึงมีการเรียกการส่งผ่านแบบอะซิงโครนัสนี้ว่า การส่งผ่านข้อมูลแบบเริ่มต้น/หยุด (Start/Stop Transmittion)

2.4.4 วงจร OSCILLATOR

ระบบการสื่อสารโดยทั่วๆ ไปมีความจำเป็นที่จะต้องใช้คลื่นรูปไซน์ในการทำงานเป็นอย่างมาก หรืออาจพูดอีกนัยหนึ่งได้ว่า ระบบการสื่อสารแทบจะทำงานไม่ได้ถ้าขาดแหล่งคลื่นรูปไซน์ มีวงจรหลายชนิด ที่ใช้ผลิตคลื่นรูปไซน์ มีวงจรหลายชนิดที่ผลิตคลื่นรูปไซน์เหล่านี้ เช่น วงจรออสซิเลเตอร์แบบป้อนกลับ (FEEDBACK OSCILLATOR) วงจร RC และวงจร LC ความถี่ที่ผลิตนี้เริ่มตั้งแต่ความถี่เสียงถึงความถี่ VHF

2.4.4.1 วงจรออสซิลเลเตอร์ป้อนกลับแบบบวก

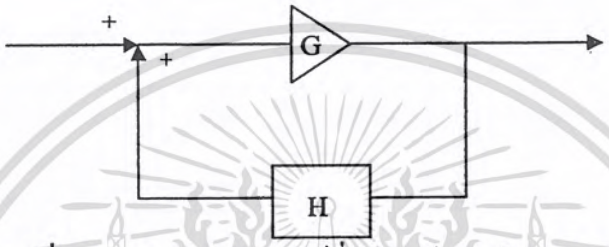
การป้อนกลับแบบบวก (POSITIVE FEEDBACK) เป็นพื้นฐานของวงจรออสซิลเลเตอร์โดยทั่ว ๆ ไปที่ใช้กันอยู่ รูปที่ 2.21 แสดงถึงวงจรขยายแบบป้อนกลับ (FEEDBACK AMPLIFIER) ภายใต้สถานะอันหนึ่ง สามารถทำให้วงจรนี้มีการป้อนกลับแบบบวกและกลายเป็นวงจรผลิตความถี่ (OSCILLATOR CIRCUIT) ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแม้ของวงจรที่จะทำให้เกิดการออสซิเลทได้นั้น จะต้องมี (1) อัตราการขยายในลูปป้อนกลับจะต้องมากกว่า 1 (2) เฟสที่เปลี่ยนไป (PHASE SHIFT) ในลูปนี้จะต้องเป็นเฟสบวก คูณด้วย 2π เรเดียน หรือ 360° ข้อหนึ่งและข้อสองจะต้องเกิดขึ้นภายในเวลาเดียวกันจึงจะทำให้เกิดการออสซิเลทได้

อัตราขยายในลูป (LOOP GAIN) = $|GH| \angle 0^\circ$ ..... (2.1)

กำหนดให้ n = 0,1,2,3,..... = n360 องศา และ $|GH| \geq 1$



รูปที่ 2.21 วงจรออสซิเลเตอร์ที่ใช้การป้อนกลับแบบบวก

วงจรขยายโดยทั่วๆไปจะมีเฟสของสัญญาณเอาท์พุทตรงข้ามกลับสัญญาณอินพุท180 องศา และมีอัตราขยายมากกว่า 1 สมมุติให้ G ตามรูป 2.6 คือการขยายวงจร และ H คือการป้อนกลับของลูป ดังนั้นอัตราการขยายของวงจรภายในลูป นี้คือผลคูณของ G และ H และการขยายทั้งหมดของวงจร (OVERRALL GAIN) ที่มีการป้อนกลับคือ

$$Av = G/(1-GH) \quad \text{..... (2.2)}$$

กำหนดให้

Av = การขยายทั้งหมดของวงจร

G = ส่วนการขยายของวงจร

H = ส่วนการขยายของการป้อนกลับ

GH = การขยายของลูป

ค่าที่กำหนดทั้งหมดนี้เป็นค่าคอมเพล็ก(COMPLEX) ซึ่งหมายถึงขนาดและเฟส (MAGNITUDE AND PHASE ANGLE) รวมอยู่ด้วย

ความถี่ของออสซิเลเตอร์นี้ ถูกกำหนดโดยส่วนประกอบของ H ซึ่งทำให้เฟสเปลี่ยนไป 180 องศา การเลือกค่าขององค์ประกอบเหล่านี้ ต้องเลือกด้วยความระมัดระวัง เพื่อให้เกิดเฟสชิฟ 180 องศา ที่ความถี่เดียวกันนี้ และความถี่นี้คือความถี่ของออสซิเลเตอร์ที่นำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรออสซิเลเตอร์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

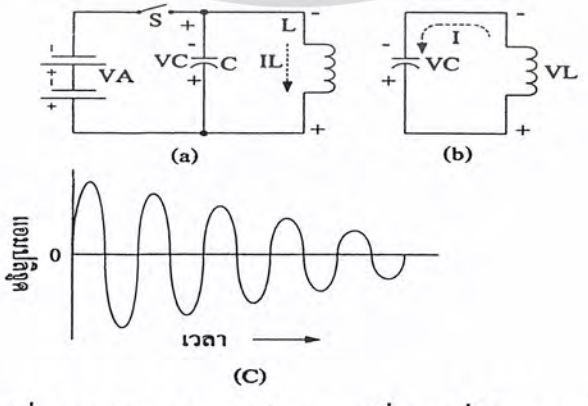
1.วงจรออสซิเลเตอร์ที่ใช้ LC

2.วงจรออสซิเลเตอร์ที่ใช้ RC

3.วงจรออสซิ้ลเตอร์ที่ใช้ก้อนผลึก (CRYSTAL)

2.4.4.2 วงจร LC ออสซิลเลเตอร์

วงจร LC เกิดออสซิลเลเตอร์ได้อย่างไร จากรูปที่ 2.22 (a) แบตเตอรี่จ่ายพลังงาน ให้แก่คาปาซิเตอร์ C ซึ่งต่อขนานอยู่กับอินดักเตอร์ L ในลักษณะนี้ยังไม่มีการออสซิลเลทใดๆ เกิดขึ้น แบตเตอรี่จะชาร์จประจุให้แก่คาปาซิเตอร์จนถึงระดับแรงดันไฟฟ้า Vc และเกิดไฟฟ้ากระแสตรง I_L ไหลภายในคอยล์ ดังนั้นจะเกิดพลังงานสะสมภายในตัวคาปาซิเตอร์และเกิดพลังงานแม่เหล็กภายในคอยล์ขึ้นจากรูปที่ 2.22 (b) สวิทช์ S ถูกเปิดวงจร ทำให้วงจรแบตเตอรี่ V_A ถูกตัดขาดออกจากวงจร LC ทันที ในสภาวะเช่นนี้ จึงสามารถที่จะพิจารณาการทำงานของวงจร LC ได้ เมื่อปราศจากแบตเตอรี่ ระดับของกระแส I_L จะค่อยๆ ลดลง ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า V_L ขึ้นในขณะนี้คอยล์ L จึงเสมือนกับเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า LC แต่อย่างไรก็ตามขั้วของแรงดันไฟฟ้ามี V_L จะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ I_L ไหลในทิศทางเดียวกันเพื่อที่ C จะสามารถดิสชาร์จประจุได้แต่ที่จริงแล้ว V_L จะชาร์จประจุให้แก่ C ด้วยขั้วที่ต่อตรงข้ามเมื่อ V_C เปลี่ยนไปจนมีค่ามากกว่า V_L คาปาซิเตอร์จะจ่ายกระแสดิสชาร์จประจุ I_C ออกมาซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกับ I_L ผลลัพท์ที่เกิดขึ้นจะเกิดการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างอินดักแตนซ์และคาปาซิแตนซ์เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่าง V กับ I ด้วยความถี่รีโซแนนท์ธรรมชาติของวงจร LC ขึ้นดังรูปที่ 2.22 (c) ขณะใดก็ตาม I_L มีค่าเปลี่ยนเป็นศูนย์ก็จะเกิดการเหนี่ยวนำ V_L ขึ้นและขณะใดก็ตามที่ V_C มีค่าเป็นศูนย์ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกระแส I_C ขึ้นสลับกันอยู่อย่างนี้เรื่อยไป ทำให้เกิดเป็นคลื่น SINE ที่มีลักษณะต่อเนื่องตลอดเวลาซึ่งจะสังเกตุได้ว่า V และ I จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้อย่างทันทีทันใด



รูปที่ 2.22 วงจร LC ออสซิลเลเตอร์ที่ความถี่รีโซแนนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(a) ในขณะที่สวิทซ์ปิดวงจรแบตเตอรี่จะชาร์จประจุให้แก่ C และผลิตกระแสให้ไหลใน L

(b) ขณะที่สวิทซ์เปิดวงจร วงจรแบตเตอรี่จะถูกตัดขาดจากวงจร LC ในวงจร LC ขณะนี้เกิดการเปลี่ยนพลังงานระหว่าง L กับ C

(c) คลื่นไซน์ (Sinusoidal wave)

แอมปลิจูดของการออสซิลเลทค่า V และ I จะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากเกิดการสูญเสียพลังงานที่ความต้านทานของวงจร จนกระทั่งแอมปลิจูดของคลื่นไซน์จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ในที่สุด ดังรูปที่ 2.22 (c) การทำงานของวงจร LC ในการออสซิลเลทให้เกิดคลื่นไซน์ จากพลังงานที่สะสมอยู่ในวงจรเราเรียกว่า "ริงกิ้ง" (ringing) ซึ่งที่จริงแล้วคอยล์ในวงจรใด ๆ ก็ตามสามารถเกิดริงกิ้งได้จากค่าคาปาซิแตนซ์ตกค้าง (stray capacitance) ที่ต่อขนานอยู่สำหรับลักษณะของคลื่นที่ค่า I มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจะเกิดขึ้นได้ ในคอยล์ที่มีค่า Q สูงๆ วงจร LC อาจจะเรียกได้อีกชื่อหนึ่งคือ วงจรแทงค์ (Tank circuit) เนื่องจากสามารถเก็บสะสมพลังงานเพื่อก่อให้เกิดการออสซิเลทได้คุณสมบัติของวงจรแทงค์ในการผลิตคลื่นไซน์ซึ่งมีอินพุทเป็นไฟตรงหรือพัลส์ก็ได้เรียกว่า **ฟลายวีล เอฟเฟ็ค** (Flywheel Effect)

วงจรออสซิลเลเตอร์ในทางปฏิบัตินั้น โดยทั่วๆ ไปการขยายสัญญาณจะใช้ทรานซิสเตอร์หรือหลอดสูญญากาศก็ได้เช่นกัน ดังนั้นจึงสามารถที่จะปรับปรุงวงจรให้เป็นวงจรป้อนกลับ โดยป้อนสัญญาณเอาท์พุทออกไปทางอินพุทเพื่อรักษาสภาวะการออสซิลเลทให้คงอยู่ พลังงานที่ใช้เพื่อคงสภาวะการออกซิเลทให้อยู่ได้นั้น ได้จากแหล่งจ่ายไฟตรงสำหรับวงจรขยายสัญญาณนั่นเอง วงจรออสซิเลเตอร์ LC นี้ส่วนใหญ่ใช้สำหรับผลิตคลื่นไซน์ที่มีความถี่ RF มีความถี่สูงถึง MHz 300 ที่ความถี่ RF ค่าอุปกรณ์ L และ Cที่ใช้จะมีค่าสูงมาก ดังนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยการปรับปรุงวงจรให้มีการใช้งานในย่านความถี่สูงกว่าMHz , 300 ย่าน UHF และเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ในวงจรไมโครเวฟ เป็นต้น

ความถี่ออสซิลเลเตอร์

ในวงจรออสซิลเลเตอร์แบบจูน สัญญาณที่เอาท์พุทจะต้องมีความถี่เป็นความถี่รีโซแนนท์ของวงจร LC ซึ่งจะมีสมการดังนี้

$$fr = 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

สำหรับค่าที่ใช้ในทางปฏิบัติในวงจร RF ,L มีขนาดเป็นไมโครเฮนรี่ , มีขนาดเป็นพิโคฟารัด จะได้ความถี่ของ fr มีหน่วยเป็นกิกะเฮิรตซ์(GHz)ดังตัวอย่าง ถ้าL = 80 μhและC = 20 pF จะได้

$$fr = 1/(2\pi\sqrt{80*20}) = 1/(2\pi\sqrt{1600})$$

$$= 1/2\pi*40 = 1/80\pi$$

$$fr = 0.004\ GHz\ ,\ or\ 4MHz$$

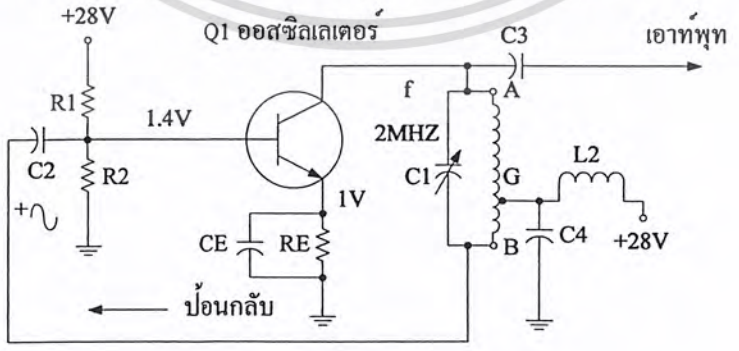
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรที่มีเสถียรภาพดีๆ นั้น วงจรจูนจะต้องมีค่า Q สูง เพื่อป้องกันการเลื่อนของความถี่สัญญาณนอกจากนี้ทั้ง L และ C ยังจะต้องมีคุณภาพดีนั้นคือมีค่าคงที่แม้ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปก็ตาม และการปรับปรุงให้แหล่งจ่ายไฟ มีเอาท์พุทที่คงที่ตลอดเวลาเป็นการช่วยปรับปรุงเสถียรภาพของความถี่ได้อีกทางหนึ่ง

2.4 .4.3 วงจรออสซิลเลเตอร์และฮาร์ทเล่ย์

จุดสังเกตของวงจรนี้อยู่ที่วงจรจูน LC ที่มีการแท็ปคอยล์ สำหรับเป็นวงจรคอยล์ป้อนกลับ (Inductive feedback) แทนที่จะเป็นคอยล์ทริกเกอร์แบบแยก จากรูปที่ 2.23 C1และ L1 ประกอบกันเป็นวงจรจูน การแท็ปสัญญาณจากคอยล์ L1 ที่จุด ก็เพื่อเป็นการจ่ายแรงดันคอลเลคเตอร์ L2 ในวงจรคือRFโช้ค (chock)จุดแท็ปสัญญาณGจะต่ออยู่กับกราวด์โดยมี C4 เป็นบายพาสคาปาซิเตอร์อยู่ สัญญาณเอาท์พุทของออสซิลเลเตอร์จะจ่ายออกที่ขาคอลเลคเตอร์ ซึ่งมีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ VAG ซึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างจุด A บนคอยล์ L1 เทียบกับจุด G ส่วนในด้านตรงข้ามกับจุดแท็ปแรงดันไฟสลับป้อนกลับเท่ากับVBG ซึ่งถูกคัปปิ้งโดย C2 ไปยังขาเบสของ Q การป้อนกลับสัญญาณในลักษณะนี้เป็นแบบบวกเพราะจะมีความต่างเฟส 180 องศา เมื่อเทียบกับ VAG ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น จะก่อให้เกิดการออสซิลเลท ผลิตสัญญาณไฟสลับจ่ายออกมาที่เอาพุท ด้วยความถี่รีโซแนนท์ของวงจร LC

พิจารณาระดับแรงดันไฟตรง VC มีค่าเท่ากับ 28 V เพราะความต้านทานไฟตรงของคอยล์ RF,L1 และ L2 มีค่าน้อยมากไม่นำมาคำนวณก็ได้ ขาอิมิเตอร์มีแรงดันไฟไบอัสตนเอง เท่ากับ 1V จาก RE โดยมี RE เป็นตัวรักษาเสถียรภาพของการไบอัสแรงดันไฟฟ้าฟอร์เวิดที่ขาเบสจ่ายผ่าน R1 R2 ซึ่งแบ่งมาจากแหล่งจ่ายไฟ +28 V ดังนั้นค่า VBE = 1.4-1.0 =0.4V ซึ่งน้อยกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าคัทออฟ 0.5 แต่ค่าแรงดันยอดด้านบวกของแรงดันไฟฟ้าป้อนกลับจะขับให้ขาเบสมีระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกซึ่งสามารถทำให้ Q1 นำกระแสไฟฟ้าและเกิดการออสซิลเลทได้



รูปที่ 2.23 วงจรออสซิเลเตอร์แบบฮาร์ทเล่ย์ ,แท็ปคอยล์ที่จุด 1L เพื่อป้อนสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละตัวในวงจรรูปที่ 2.23 สามารถสรุปได้ดังนี้

L1 : อินดัคแตนซ์สำหรับวงจรจูน, มีการแท็ปเพื่อป้อนสัญญาณกลับ

C1 : คาปาซิเตอร์สำหรับวงจรจูน,เปลี่ยนแปลงค่าได้

L2 : RFโช้คทำหน้าที่แยกสัญญาณออสซิเลเตอร์ออกจากแหล่งจ่ายไฟ

C4 : บายพาส สำหรับต่อจุดแท็ปจาก L1 เพื่อดึงสัญญาณไฟสลับลงกราวด์

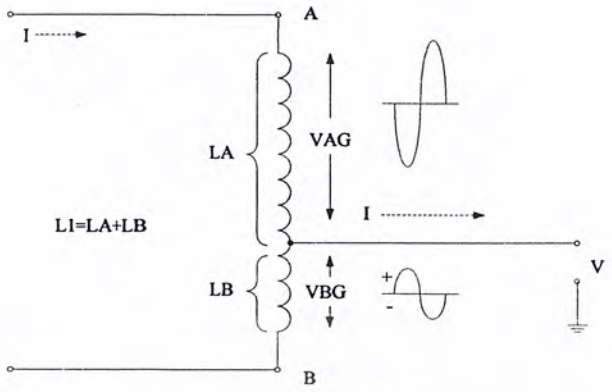
C2 :คัปปิ้งสัญญาณป้อนกลับเข้าไปยังขาเบส ร่วมกับ C2 เป็น วงจร RC คัปปิ้งสัญญาณร่วมกับ R1 เป็นวงจรแบ่งแรงดันสำหรับไบอัสขาเบส ร่วมกับ C2 เป็นวงจรกรองแบบ RC สำหรับแปลงไฟของสัญญาณไบอัส

R1:ร่วมกับ R2 ป้อนแรงดันไบอัสตรงให้กับขาเบส

2.4.4.3.1 การกลับเฟสของสัญญาณด้วยแท็ปคอยล์

เหตุผลที่ใช้อธิบายว่าเพราะอะไรการแท็ปสัญญาณของ 1L จึงช่วยให้เกิดการป้อนกลับแบบบวก แสดงได้ดังรูปที่ 2.12 ก่อนอื่นพิจารณาส่วนของคอยล์ 1L ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสองส่วนคือLA และ LB วิเคราะห์การไหลของกระแสอิเล็กตรอนเข้าไปยังจุด A จะเห็นว่าทิศทางการไหลผ่านคอยล์ LA ระหว่างจุด A กับจุด G แล้วไหลไปสู่แหล่งจ่ายไฟ V+ ซึ่งในกรณีนี้คอยล์ LB ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องใดๆ กับทิศทางการไหลของกระแสแต่อย่างไรก็ตามคอยล์ทั้งสองส่วนก็ต่อเนื่องกันอยู่ ดังนั้น LB จึงเป็นตัวหม้อแปลงคัปปิ้งสัญญาณไปสู่ LA ได้ในการแปรผันของแรงดันไฟสลับสมมุติให้ I มีค่าเพิ่มขึ้นของเลนซ์ (Lenz law) จะได้ว่าเกิดการเหนี่ยวนำด้วยตัวเองขึ้น (Self induced) เกิดแรงดันไฟฟ้า (VGA)ซึ่งมีขั้วเป็นลบที่จุด A เพื่อต่อต้านการเพิ่มขึ้นของ I ยิ่งกว่านั้นแรงดันที่เหนี่ยวนำขึ้นมานี้ส่งผลให้คอยล์ทั้งหมดมีแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ และเนื่องจากลักษณะของการพันคอยล์เป็นแบบในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงมีสนามแม่เหล็กเหมือนกันตลอดทั้งคอยล์ จุด A ถือว่าเป็นจุดปลายสุดของแรงดันไฟลบที่เหนี่ยวนำขึ้นมา เมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่นๆ หรือขดถัดมาด้านล่าง) ตามรูป(ส่วนจุด B เมื่อพิจารณาตามแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นมา จุด Bจะมีแรงดันเป็นบวกเมื่อเทียบกับขดถัดไปที่อยู่เหนือขึ้นไป) ตามรูป(ส่วนจุด B เมื่อพิจารณาตามแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับขดถัดไปที่อยู่เหนือขึ้นไป) ตามรูป (ดังนั้น ทั้งจุด A และ B จึงมีขั้วตรงกันข้ามเสมอเมื่อเทียบกับแท็ปนั้นคือ VGA และ VBG จะมีเฟสของสัญญาณต่างกัน 180 องศาเสมอในขณะที่จุดหนึ่งเป็นลบมากที่สุด อีกจุดหนึ่งก็จะมีเฟสเป็นบวกมากที่สุดเนื่องจากจุดแท็ป G ต่ออยู่กับกราวด์ เพราะฉะนั้น VGA และ VBG จึงเป็นสัญญาณไฟสลับที่มีขั้วตรงกันข้ามกันเสมอเมื่อเทียบกับจุดกราวด์ อ้างถึงวงจรรูปที่ 2.23 VGA จะถูกป้อนกลับแบบบวกไปเข้ายังอินพุทของเขาเบส โดยทั่วๆไป จุดแท็ปจะป้อนกลับแรงดันไฟฟ้าประมาณ 1 ใน 3 ของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมคอยล์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 เฟสของแรงดันไฟฟ้าในการแท็ปคอยล์ LB จะต่างเฟส 180 องศา เทียบกับแรงดันไฟฟ้าในคอยล์ LA

2.4 .4.4 ระบบการสื่อสารย่านความถี่ UHF

ความหมายของ UHF

นักวิทยาศาสตร์ ได้มีการแบ่งคลื่นวิทยุตลอดทุกความถี่ในสเปคตรัมจอของความถี่ออกเป็นช่วง ๆ อย่างต่อเนื่องและมีการกำหนดชื่อให้แต่ละช่องของความถี่เหล่านั้นดังเช่น

VHF (VERY HIGHT FREQUENCY) อยู่ในช่วงความถี่ 300-30 MHz

UHF (ULTRA HIGHT FREQUENCY) อยู่ในช่วงความถี่ 300-3000MHz

SHF (SUPPER HIGHT FREQUENCY) อยู่ในช่วงความถี่ 3-30 GHz

ความสัมพันธ์ระหว่าง NOISE และความต้องการในการสื่อสารความถี่สูงการทำงานของอุปกรณ์หรือระบบสื่อสาร ต่างมีขอบเขตในการทำงาน โดยขึ้นอยู่กับระดับของ NOISE และ INTERFERENCEที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ ที่ส่งผลให้มารบกวนต่อระบบสื่อสารเป็นตัวกำหนด เป็นที่แน่นอนแล้วว่าระบบสื่อสารหนึ่งๆ ย่อมได้รับการรบกวนจากภายนอก แต่ระบบสื่อสารยังใช้งานได้หากระดับสัญญาณรบกวนอยู่ในระดับที่ไม่ทำให้ระบบสื่อสารต้องสูญเสียความถูกต้อง หรือชัดเจนในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานทั้งนี้มีการกำหนด ระดับสัญญาณรบกวนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้มากที่สุดในรูปของ SIGNAL TO NOISE RATIO

NOISE ในประเภทต่างๆ ในระบบสื่อสาร

1. **ATMOSPHERIC NOISE** อันได้แก่ NOISE ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุในบรรยากาศซึ่งหมายถึง ปรากฏการณ์ฟ้าผ่า ระดับของสัญญาณ NOISE จะเป็นฟังก์ชั่นกับความถี่ที่เกิดขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ของประจุ โดยปกติแล้วการเคลื่อนที่ของประจุจะทำให้เกิดความถี่โดยเฉลี่ย 10 MHz และค่า NOISE ชนิดนี้จะลดลงเมื่อคงวามถี่สูงขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วความถี่ 50 MHz และมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **MAN MADE NOISE** เป็น NOISE ที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า NOISE ประเภทนี้จะมีค่าลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้นประมาณ 100-200 MHz และที่ระดับสูงขึ้นไป NOISE ชนิดนี้จะมีค่าคงที่ที่ระดับต่ำ

3. **RECIVER NOISE** จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์หรือระดับสื่อสารที่ใช้อีก

จากตัวอย่างของ NOISE ทั้งสามประเภทที่กล่าวมา พบว่าอุปกรณ์หรือระบบสื่อสารมีประสิทธิภาพในการส่งและรับดีขึ้น เมื่อระบบมีการใช้งานที่ความถี่สูงทั้งนี้เพราะการลดลงของ NOISEนั่นเอง เหตุที่มีการพัฒนาระบบสื่อสาร UHF เพราะในช่วงหลังสงคราม มีการพัฒนาไปมาก มีการใช้ความถี่วิทยุ ทุกความถี่อย่างเต็มที่ ในขณะที่ยังมีความต้องการมีใช้คลื่นวิทยุในการส่งโทรทัศน์หรือระบบ FM ดังนั้นจึงจำเป็นต้องขยายการใช้งานของคลื่นวิทยุให้กว้างออกไปอีกทีความถี่สูงขึ้น ในปัจจุบันการสื่อสารย่านความถี่ UHF มีการใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในราชการทหาร ในงานเอกชน เช่น การส่งโทรทัศน์ในระบบ ซึ่งทำให้สามารถส่งสัญญาณที่มีแบนวิดท์กว้างมากขึ้น ทำให้มีสีดีขึ้น

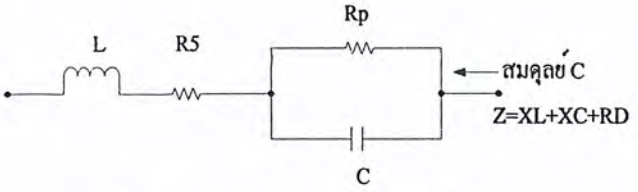
2.4.5 การคำนวณค่า C และL ในวงจรความถี่สูง

2.4.5.1 ตัวเก็บประจุ

ในงานด้านความถี่วิทยุ (RF) ตัวเก็บประจุถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะใช้ในการคัปปิ้งสัญญาณระหว่างภาคต่างๆ ในวงจรรีโซแนนซ์หรือวงจรกรองความถี่แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังนั้นในการออกแบบใช้ตัวเก็บประจุให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ค่าคาปาซิเตอร์ที่ความถี่สูง

การใช้คาปาซิเตอร์ที่ความถี่สูงขึ้น จำเป็นต้องศึกษาให้ดีเพราะคาปาซิเตอร์นั้นมีหลายแบบด้วยกัน เช่น แบบแผ่นขนาน แบบไมก้า แบบเซรามิค แบบแทนทาลัม แบบไมล่า แต่ละแบบก็ให้คุณสมบัติแตกต่างกันไปตามความถี่ และที่สำคัญคือ จะไม่ปรากฏว่า C ที่แท้จริง แต่จะปรากฏทั้งL RและIJ ไปด้วยกันดังรูปที่2. 25



รูปที่ 2.25 แสดงวงจรสมมูลย์ของ C

คาปาซิเตอร์ที่ง่ายที่สุดก็คือแบบใช้แผ่นขั้วขนานกัน (PARALLEL PLATE CAPACITOR) บางแบบก็มีตัวกลางเป็นแกนอากาศ เช่น พวกคาปาซิเตอร์แบบทริมเมอร์ ที่ปรับค่าได้ที่ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับวิทยุทั่วไปบางแบบ ก็มีพลาสติกหรือตัวไดเรกตริก (DIELECTRIC) แบบต่าง ๆ ค่าคาปาซิเตอร์แบบแผ่นขนานนี้หาได้จากสมการที่

$$C = Q/V \qquad \text{..... (2.7)}$$

C = ค่าคาปาซิแตนซ์ หน่วยเป็นฟารัด (FARAD)

Q = ค่าประจุไฟฟ้า หน่วยเป็นคูลอมบ์ (COULOMBS)

V = ความต่างศักย์ของทั้ง 2 ขั้ว หน่วยเป็นโวลย์ (VOLTS)

ค่าตามสมการบางครั้งไม่สะดวกในการใช้งาน เพราะไม่รู้ค่าของประจุไฟฟ้าจึงได้มีการแปลงจากสูตรในสมการที่ ให้เป็นสูตรในสมการที่

$$C = 0.2249 \Delta A/d \Delta_0 \text{ (pF)} \qquad \text{..... (2.8)}$$

C = ค่าคาปาซิแตนซ์หน่วยเป็นพิโคฟารัด (pF)

d = ระยะห่างของเพลท หน่วยเป็นนิ้ว

A = พื้นที่ของเพลท หน่วยเป็นตารางนิ้ว

Δ = เป็นค่าคงที่ไดอิเล็กตริคของตัวกลาง (FARAD/M)

Δ_0 = เป็นค่าคงที่ไดอิเล็กตริคของอากาศ (ฟารัดต่อเมตร)

$= 8.854 * 10^{-12}$ (f/m)

ค่าของไดอิเล็คตริคที่ใช้กันมาก คือ DIELECTRIC CONSTANT (k) = Δ / Δ_0

อากาศ = 1

โพลีเทรน = 2.5

กระดาษ = 4

ไมก้า = 5

เซรามิคอ่อน = 10

เซรามิคแข็ง = 100-1000

ในการนำคาปาซิเตอร์ไปใช้งานนั้นจะต้องทราบคุณสมบัติต่างๆ เช่น ค่าของอุณหภูมิที่ทนได้ ค่าของ Rs ดูในรูปที่ ค่า Rp และ L ทั้งหมดนี้จะทำให้ทราบถึงค่าของเพาเวอร์แฟคเตอร์ (POWER FACTOR) ที่แน่นอนได้โดยทั่วไปค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของคาปาซิเตอร์แท้ๆ จะมีค่า คือ

$$PF = \cos\theta \qquad \text{..... (2.9)}$$

โดยค่าของ θ จะเป็นเฟสที่นำหน้าอยู่ 90 องศาใน C แท้ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในคาปาซิเตอร์จะมีค่าของ Rs และRp ต่ออนุกรมอยู่ ซึ่งเป็นค่าความต้านทานทางAC ของคาปาซิเตอร์เราเรียกกันว่า เอฟเฟคทีฟ ซีรีรีซิสแตนท์ (EFFEC หรือเรียกย่อๆ ว่า ESR ค่าของ ESR สามารถหาได้ดังนี้

$$ESR = PF/2\pi FC(1*10^{6}) \quad \text{..... (2.10)}$$

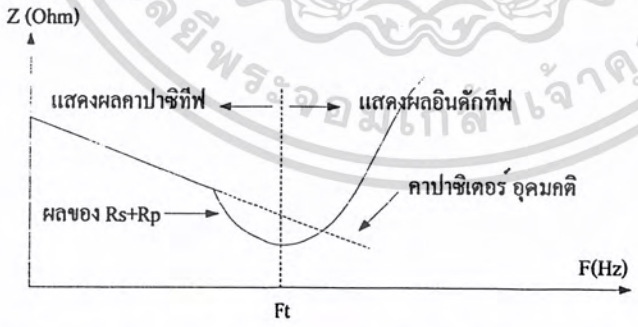
คุณสมบัติของคาปาซิเตอร์อีกอันหนึ่งก็คือค่าของ ดิสสิเปชั่น แฟคเตอร์ (DISSIPATION FACTOR) หรือเรียกย่อๆว่ ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$DF = (ESR/Xc)*100\% \quad \text{..... (2.11)}$$

ค่าของ DF นี้เป็นอัตราส่วนของความต้านทานACต่อค่าของรีแอคแตนซ์(REACTANCE) และอีกค่าหนึ่งที่จะลืมไม่ได้ก็คือค่าของควอลิตี้ แฟคเตอร์(QUALITY FATOR)หรือเรียกย่อว่า Q สามารถหาได้จากสูตรที่

$$Q = 1/DF = Xc/ESR \quad \text{..... (2.12)}$$

ค่า Q นี้ยิ่งสุงยิ่งดี เพราะจะปรากฏว่า Xc เด่นชัดขึ้นนั่นเอง
คุณลักษณะของคาปาซิเตอร์ ดูได้จากรูปที่2. 26



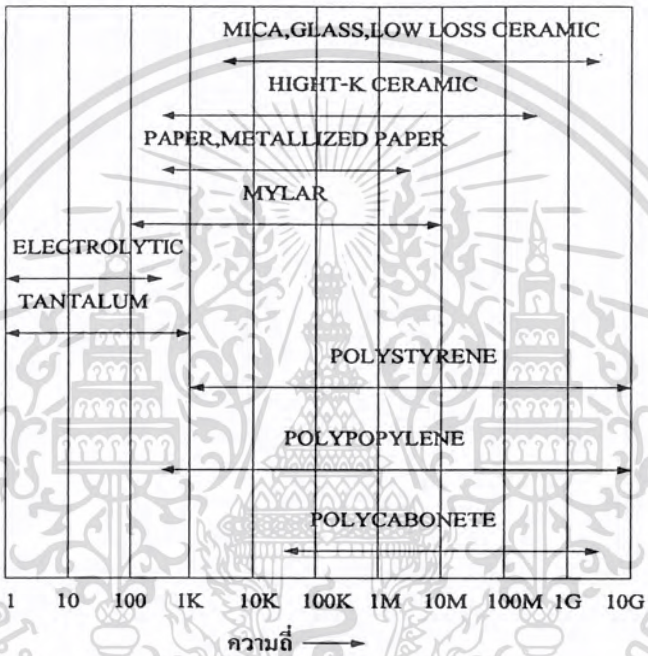
รูปที่2. 26 แสดงคุณลักษณะและผลต่างๆ ในตัวคาปาซิเตอร์

2.4.5.2 ชนิดของคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์มีหลายชนิดด้วยกัน โดยมากถือกันตามค่าของไดอิเลคตริก เช่น อิเล็กโตรไลท์ เปเปอร์ เซรามิค ไมก้า โพลีไทลีนโพลีโพไพลีน โพลีคาบอร์เนต เทฟลอน แทนทาลัม เป็นต้น ความเหมาะสมในการใช้คาปาซิเตอร์ในช่วงความถี่สูงต่างๆ ดูได้จากตารางรูปที่2. 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.27 จะเห็นว่าคาปาซิเตอร์ที่ใช้ได้ดีที่ความถี่สูงเกิน100 MHz มีด้วยกัน 5 แบบ คือ พวกไมก้า เซรามิค โพลีไทลีน โพลีโพไพลีน โพลีคาร์บอเนตทั้ง 5 แบบนี้นิยมใช้เซรามิค จำนวนมาก เพราะราคาถูกและยังทำให้เสถียรต่ออุณหภูมิได้ง่าย โดยใช้สารสองชนิดในการทำคาปาซิเตอร์ชนิดแรกเป็นแมกนีเซียมไตรคาเนต ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิเป็นบวกชนิดที่สองเป็นแคลเซียมไตรตาเนต ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิเป็นลบ เมื่อใช้ทั้งสองชนิดผสมกันเป็นคาปาซิเตอร์แบบเซรามิค ก็จะทำให้สัมประสิทธิ์ต่ออุณหูมิเป็นศูนย์ หรือเรียกว่า NPO (NEGATIVE POSITIVE ZERO)



รูปที่ 2.27 แสดงความเหมาะสมในการเลือกใช้คาปาซิเตอร์แบบต่างๆที่ความถี่ต่างๆ

2.4.5.3 การพันคอยล์ให้ได้ค่า L ตามต้องการ

ลวดตัวนำที่พันหรือขดขึ้นเป็นคอยล์ มักจะใช้วงจรที่มีความถี่ไฟสลับ ทำหน้าที่เป็นตัวที่ทำให้เกิดอินดัคแตนท์ในวงจรเราเรียกอุปกรณ์พวกนี้ว่า อินดัคเตอร์(Inductor)หรือบางทีเรียกว่า โช้ค (Choke)หรือคอยล์ก็ได้แกนของอินดัคเตอร์ที่มีทั้งที่ทำจากสารแม่เหล็ก เช่น พลาสติกหรือเบเคไลท์ สำหรับเป็นโครงยึดขดลวดในกรณีที่พันด้วยเส้นลวดเล็กๆ หรือเป็นลวดเส้นโตๆ ก็พันตัวเปล่าๆ โดยไม่ต้องมีแกนเหล่านี้ว่าอินดัคเตอร์แกนอากาศ (Air coil inductor)

ในตัวนำย่อมมีค่าอินดัคแตนซ์เสมอแม้ว่าตัวนำนั้นไม่อยู่ในรูปของคอยล์ก็ตาม ลวดตัวนำที่เป็นเส้นตรงสั้นๆ จะมีค่าอินดัคแตนซ์น้อยมาก แต่ถ้ามีกระแสที่เปลี่ยนแปลงไหลผ่านตัวมันมากพอก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นได้ ถ้าอยู่ในวงจรความถี่ต่ำแต่ในกรณีที่ความถี่สูงกว่า 100 MHz ขึ้นไป เส้นลวดอันนี้จะมีผลต่อความถี่ในวงจรได้

ค่าอินดัคแตนซ์โดยประมาณของขดลวดที่พันชั้นเดียวบนแกนอากาศ คำนวณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร

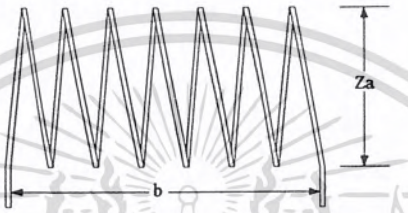
$$\text{อินดัคแตนซ์ } (L) = a^2 n^2 / (9a+10b)$$

โดยที่ L คือ ค่าอินดัคแตนซ์มีหน่วยเป็น μH

a คือ รัศมีของแกน มีหน่วยเป็นนิ้ว

b คือ ความยาวของการพันขดลวด มีหน่วยเป็นนิ้ว

n คือ จำนวนรอบของขดลวด



รูปที่ 2.28 แสดงความหมายของ a และ b ของขดลวด

หรือหาจำนวนรอบของขดลวดได้ โดยการจัดสูตรใหม่ หาจำนวนรอบ

$$N = \sqrt{L(9a+10b)} / (a)^2$$

อย่างไรก็ตาม สูตรที่ให้ไว้นี้จะมีค่าใกล้เคียงกับความจริงมาก เมื่อความยาวของการพันขดลวด) b (มีค่าไม่น้อยกว่า0.8 a และถ้าความยาวของขดลวดมีจำกัด เช่น ต้องการให้ใช้ความยาวของขดลวดน้อยที่สุด ค่า L จะสูงสุดก็ต่อเมื่อ b =0.8a พอดี ถ้าไม่สะดวกจะคำนวณ ก็อาจหาจำนวนรอบโดยประมาณได้โดยโมโนกราฟที่ให้ไว้

ขั้นตอนแรกให้ลากเส้นตรงจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ของแกนที่จะใช้ ไปยังค่า L ที่ต้องการ ลากสันเลยจนไปถึงแกนร่วม

ขั้นที่สองลากเส้นตรงจากค่า K ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางละความยาวของการพัน ลากไปตัดกับเส้นแรกที่แกนร่วม แล้วลากเลยไปตัดแกน n ก็จะอ่านค่าได้จากจำนวนรอบที่ได้จากแกน n นี้ ตามรูปในโมโตกราฟ แสดงว่าถ้ากำหนดเส้นผ่าศูนย์กลางของแกน (a2) เป็น 1 นิ้ว ความยาวของการพัน (b) เป็น 1.5 นิ้ว และต้องการค่า L เป็น32 μ Hจะต้องพันประมาณ 49 รอบ

หลังจากที่รู้จำนวนรอบแล้วสิ่งต่อไปก็คือจะต้องหาว่าใช้ลวดเบอร์อะไร เทคนิคในการเลือกขนาด) เบอร์ (ขดลวด คือ ต้องดูว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดที่ใช้อย่างมากจนไม่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันจำนวนรอบที่ต้องการลงบนแกนที่ยาวจำกัดได้หรือไม่ ดังนั้นเราจึงต้องคำนวณหาจำนวนรอบต่อนิ้วที่จะต้องลงบนแกนเสียก่อน แล้วจึงดูช่องที่ 4 ในตารางที่ 1 หาเบอร์ลวดในมาตรฐานตามที่ต้องการที่สามารถพันได้จำนวนรอบ/นิ้วมากกว่าที่ต้องการ แต่ถ้ามากเกินไปขนาดเส้นลวดอาจเล็กเกินไปจนค่าความต้านทานของลวดอาจทำให้ค่า Q ของขดลวดน้อยเกินไป

ตัวอย่าง สมมุติว่าขดลวดขดหนึ่งมี 48 รอบ พันด้วยความถี่ 32 รอบต่อ 1 นิ้ว และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4/3 นิ้ว ค่า L จะเป็นเท่าไร

วิธีทำ $a = (3/4) * (1/2) = 0.375$ นิ้ว

$b = 948/320 = 1.5$ นิ้ว

และ $n = 48$

$$L = \frac{0.375 * 0.375 * 48 * 48}{(9 * 0.375) + (10 * 1.5)}$$

$$= 17.6\ \mu H$$

ตัวอย่าง ต้องการพันขดลวดให้ได้ค่า 10 uH โดยแกนที่จะใช้มีส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว และยาวพอที่จะพันลวดได้ยาว 1(1/4) นิ้ว จะต้องพันสักกี่รอบ

วิธีทำ $a = 0.5$, $b = 1.35$ และ $L = 10$ จะได้

$$n = \sqrt{\frac{10(4.5 + 1.25)}{0.5 * 0.5}} = \sqrt{680}$$

$$= 26.1 \text{ รอบ}$$

เวลาพันจริงก็พัน 26 รอบก็ใกล้เคียงพอแล้วเนื่องจากการพันทั้งหมดยาว 1.25 นิ้ว ดังนั้นจำนวนรอบต่อนิ้วจะเป็น 1.25/26.1= 20.9 รอบต่อนิ้ว ดูจากช่องที่ 4 ในตารางที่ 1 จะเห็นว่าลวดเคลือบน้ำยาเบอร์ 17 AWG หรือลวดเบอร์18 SWG ใช้ได้เพราะสามารถพันได้แน่นถึง 21.2 รอบต่อนิ้ว แต่อาจจะใช้ลวดขนาดเล็กกว่าบ้างก็ได้) หมายถึงใช้เบอร์สูงขึ้น(

คุณสมบัติอีกข้อหนึ่งของลวดตัวนำก็คือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆลวดตัวนำโดยมีค่าคงที่ตลอดเวลาแต่จะไม่มีผลต่อลวดตัวนำถ้าเป็นกระแสไฟตรง แต่ถ้าหากกระแสนั้นเปลี่ยนตามเวลา) กระแสสลับ (สนามแม่เหล็กก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามกระแสไฟฟ้าด้วยโดยจะพองตัว และยุบตัวลงตามการเพิ่มและลดลงของกระแสไฟฟ้าสนามแม่เหล็กนี้ จะเคลื่อนที่ตัดผ่านเนื้อโลหะของสายไฟ ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นใน สายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะมีทิศทางด้านการไหลของกระแสไฟฟ้า ปรากฏการณ์นี้ เรียกว่า ความเหนี่ยวนำตัวเอง (Self - inducetance)และอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติเช่นนี้ ก็คือ ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) และถ้านำสายไฟฟ้า มาขดเป็นวงกลมเป็นหลาย ๆ ชั้น ก็กลายเป็นขดลวดหรือคอยล์ และค่าความเหนี่ยวนำ (Inducetance) ที่เกิดขึ้นในสายไฟธรรมดาจะมีค่าน้อยมากจนไม่มีผลอะไรที่ความถี่สูงๆ สำหรับค่าความเหนี่ยวนำและค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetic flux density) ของสายไฟ หาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$L = (0.002)1[2.31\log(41/d - 0.075)] \ldots\ldots(\mu H)$$

โดยที่ L = ค่าความเหนี่ยวนำ (ไมโครเฮนรี่)

I = ความยาวของสายไฟ (เซนติเมตร)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของสายไฟ (เซนติเมตร)

และอีกสูตร

$$B = \mu/2\pi r$$

โดยที่

B = ความเข้มสนามแม่เหล็ก (WB.m)

μ = ค่าความซึมซาบสิ่งแวดล้อมของสายไฟอยู่ในอากาศ ,

(μ อากาศ = 400 nHm-1)

r = ระยะห่างของจุดเราต้องการทราบค่า B ถัดจาก จุดศูนย์กลางของสายไฟ (m)

I = ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในสาย (Amp)

ตัวอย่าง ต้องการหาค่าความเหนี่ยวนำ และความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ระยะห่าง 0.5 cm ของลวดทองแดงเบอร์ 22 ที่มีความยาว 5 cm มีกระแสไหลผ่าน 10 mA วางอยู่ในอากาศ

วิธีทำ จากตารางที่ 1 เส้นผ่าศูนย์กลางสายเท่ากับ 0.643 cm แทนลงในสมการได้

$$L = 0.02(5)[2.3]\log\{4(5)/0.0643) - 0.75\}]$$

$$= 57 \text{ nH}$$

ค่าความซึมซาบของอากาศ μ (อากาศ) = 400 nHm

แทนลงในสมการได้

$$B = (400\pi * 10^{-9} * 10 * 10^{-2})/2\pi * 0.5 * 10^{-2}$$

$$= 400 \text{ nHAm}^{-1}$$

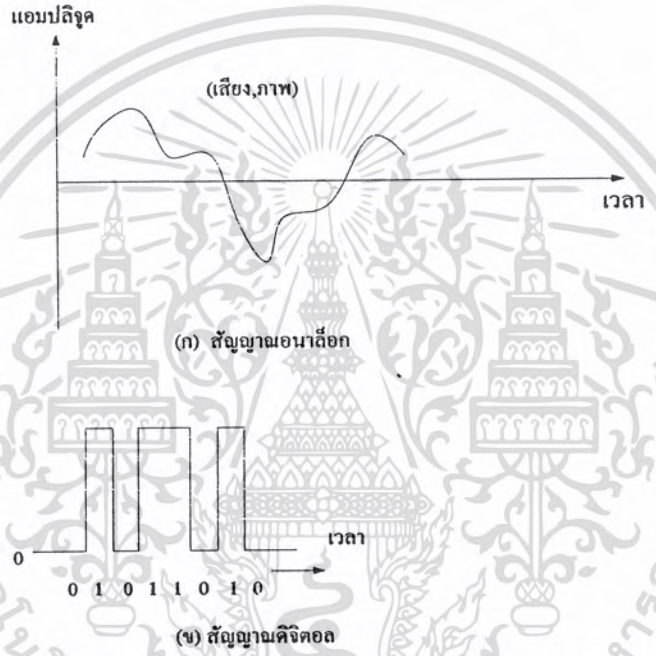
$$= 400 * 10^{-9} \text{ wb}^{-2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หลักการของพัลส์มอดดูเลชั่น

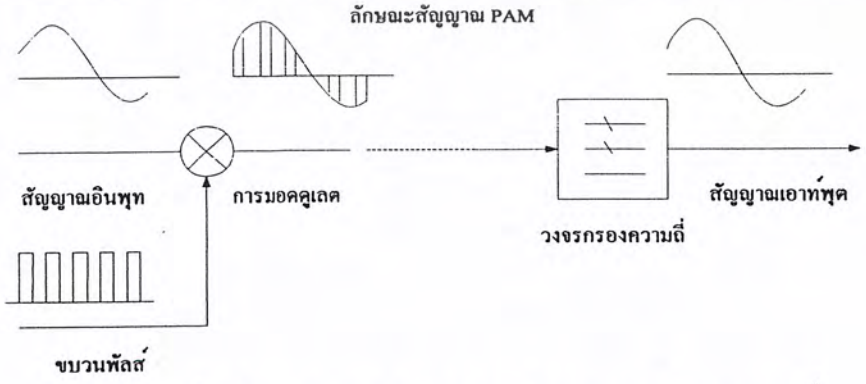
2.5.1 การแสดงสัญญาณในรูปดิจิตอล

สัญญาณดิจิตอลที่ส่งออกไปแบบดิสครีททั้งเวลาและแอมปลิจูด ส่วนสัญญาณดิมจะเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยที่สัญญาณนี้จะมีแอมปลิจูดเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องไปกับเวลาถ้าแสดงความแตกต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองอีกครั้งอย่างง่าย ๆ จะเป็นไปตามรูปที่ 2.29 ในการที่จะส่งสัญญาณอนาล็อกในรูปดิจิตอลนั้น จำเป็นต้องแปลงสัญญาณให้มีรูปร่างต่างกันไปโดยที่ยังรักษาข่าวสารเดิมไว้



รูปที่ 2.29 สัญญาณอนาล็อกและดิจิตอล

กระบวนการเบื้องต้นที่จะแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นดิจิตอลนั้นจะอาศัย ทฤษฎีการแซมปิ้ง (SAMPLING THEORAM) โดยมีแนวความคิดเบื้องต้นตามรูปที่ 2.30 ขบวนพัลส์ที่เอาท์พุทของมอดดูเลเตอร์จะเปลี่ยนไปตาม ระดับของสัญญาณอินพุทของสำหรับด้านรับนั้น



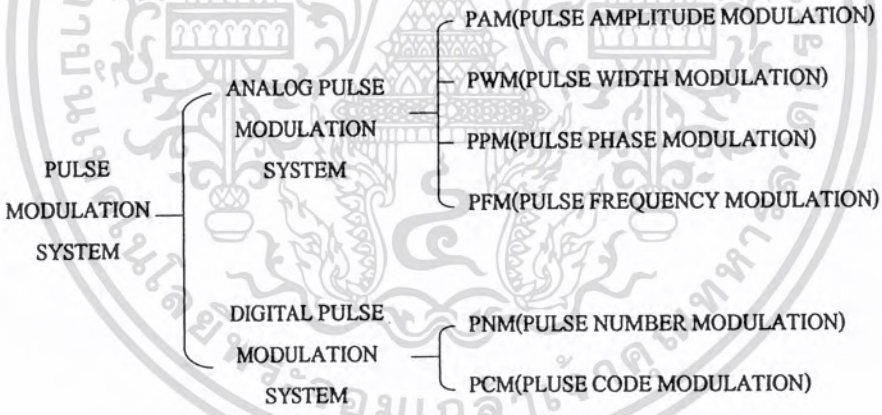
รูปที่ 2.30 บล็อกไดอะแกรมตามแนวความคิดของทฤษฎีการแซมปลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อองค์ประกอบความถี่ของขบวนการพัลส์ถูกกำจัดออกโดยวงจรความถี่ต่ำ(LOW PASS FILTER) แล้วจะได้สัญญาณเดิมกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ถ้าแซมปิ้งสัญญาณอินพุทด้วยระยะห่างที่เท่ากันแล้วก็สามารถจะทำให้เกิดสัญญาณเดิมได้อย่างสมบูรณ์ที่ด้านรับ ซึ่งทฤษฎีการแซมปลิ้ง กล่าวไว้ว่า "ถ้าข่าวสารสัญญาณถูกจำกัดให้มีความถี่สูงสุดเป็น fo แล้ว หากใช้ขบวนพัลส์ที่มีความถี่เท่ากับหรือมากกว่า 2fo ทำการแซมปลิ้ง ก็จะสามารถจะเป็นข่าวสารได้อย่างสมบูรณ์"

2.5.2 ระบบพัลส์มอดดูเลชั่น

เมื่อจำแนกระบบของพัลส์มอดดูเลชั่นแล้วจะมีสองระบบกว้างๆ คือ ระบบพัลส์อนาล็อกมอดดูเลชั่น และระบบพัลส์ดิจิตอลมอดดูเลชั่น แบบแรกได้จากการแซมปลิ้งสัญญาณอนาล็อกให้เป็นค่าดิสครีทในช่วงเวลาที่เท่ากันอย่างสม่ำเสมอแล้วทำการส่งในหลายรูป โดยยังรักษาสัญญาณอนาล็อกเดิมไว้ดังเช่น ระบบ PAM (PULSE AMPLITUDE MODULATION) , PWM (PULSE WIDTH MODULATION) , PPM (PULSE PHASE MODULATION) และ PFM (PULSE FREQUANCY MODULATION) ส่วนแบบที่สองนั้นจะใช้ค่าแบบดิสครีททั้งเวลาและแอมปลิจูดโดยผ่านกระบวนการควอนไตซิ่ง (Quantizing) และการเข้ารหัส (Coding)

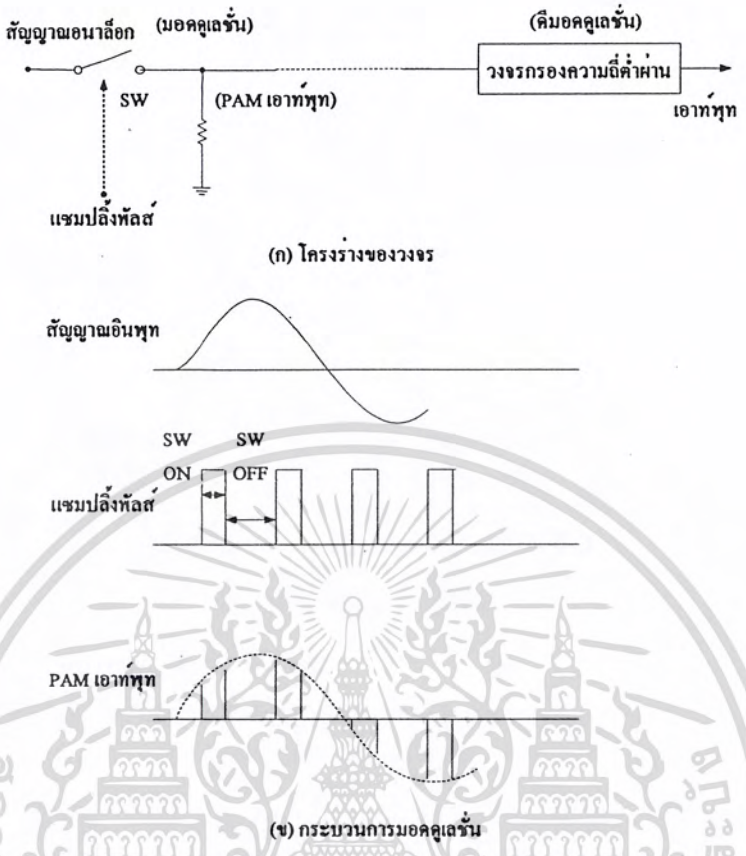


ในระบบอนาล็อก ปริมาณที่เป็นอนาล็อกเช่น PAM และ PWM นั้น เมื่อมันถูกส่งออกไปยังด้านรับ ถ้ามีน้อยส์ปนอยู่ช่องสัญญาณใดๆ ก็จะไม่สามารถแยกสัญญาณเดิมออกมาได้อย่างแจ่มชัด ซึ่งระบบต่างๆ เหล่านี้จะมีน้อยส์มากกว่าแบบดิจิตอลพัลส์มอดดูเลชั่น

2.5.3 พัลส์แอมปลิจูดมอดดูเลชั่น (PAM)

หลักการเบื้องต้นของการมอดดูเลทและดีมอดดูเลทแบบ PAM นั้นแสดงในรูปที่2.31 ตามรูปสวิทซ์จะปิดเฉพาะเวลาแซมปลิ้งเท่านั้น ขนาดของพัลส์ที่ได้รับจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแอมปลิจูดของสัญญาณเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 หลักการของ PAM มอดดูเลชั่นและดีมอดดูเลชั่น

2.5.4 การมอดดูเลทสัญญาณดิจิตอล

เทคนิคการมอดดูเลทสัญญาณดิจิตอลนี้มี 3แบบด้วยกันคือ

1.AMPLITUDE SHIFT KEYING (ASK)

2.FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)

3.PHASE SHIFT KEYING (PSK)

คลื่นพาหะในย่านความถี่วิทยุ กำหนดได้โดย

คลื่นพาหะ = $A \cos (2\pi fc\, t + \ell\ )$

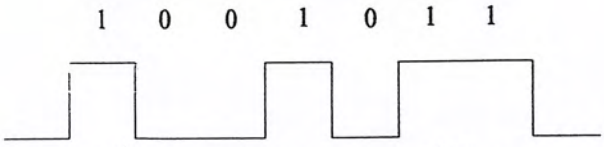
ในที่นี้ A = แอมปลิจูดของคลื่นพาหะ

fc = ความถี่คลื่นพาหะ

ℓ = INITIAL PHASE

สัญญาณดิจิตอลเบสแบนด์เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมแสดงรหัสไบนารี 1 และ 0 การมอดดูเลทสัญญาณดิจิตอลนี้หนึ่งในสามพารามิเตอร์ คือ แอมปลิจูดความถี่ หรือเฟสของคลื่นพาหะจะเปลี่ยนไปตามสถานะ 1 หรือ 0 ของสัญญาณเบสแบนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 รูปสัญญาณเบสแบนด์ดิจิตอล

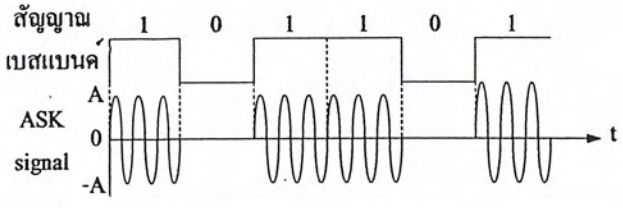
ตารางที่2. 6 เปรียบเทียบวิธีการแบบดิจิตอลและอนาล็อก

การมอดดูเลทแบบดิจิตอล	การมอดดูเลทแบบอนาล็อก
ASK AMPLITUDE SHIFT KEYING	AM
FSK FREQUENCY SHIFT KEYING	FM
PSK PHASE SHIFT KEYING	PM

2.5.4.1 ASK (AMPLITUDE SHIFT KEYING)

บางครั้งเรียกว่า OOK (ON OFF KEYING) เพราะว่า คลื่นพาหะถูกสวิทซ์ ON /OFF ตามสัญญาณที่เป็น 1 หรือ 0 ถ้าคลื่นพาหะกำหนดโดย A cos 2π fct ดังนั้นสัญญาณ ASK จะกำหนดได้เป็น

$$S(t) = \begin{cases} A \sin 2\pi fct & \text{, เมื่อสัญญาณเป็น 1} \\ 0 & \text{, เมื่อสัญญาณเป็น 0} \end{cases}$$



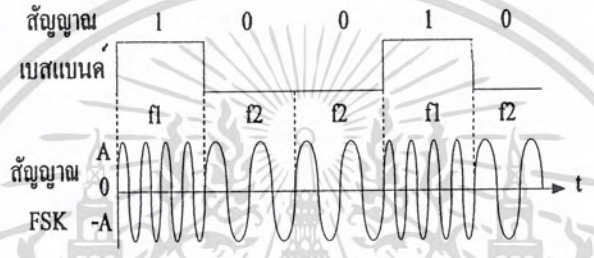
รูปที่ 2.33 แสดง AMPLITUDE SHIFT KEYING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.2 FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)

ความถี่คลื่นพาหะจะมี 2 ความถี่ เช่น ความถี่ f1 สำหรับสัญญาณที่เป็น 1 และความถี่ f2 สำหรับความถี่ที่เป็น 0

$$S(t) = \begin{cases} A \sin 2\pi f1t \text{ ,สำหรับสัญญาณเป็น 1} \\ A \sin 2\pi f2t \text{ , สำหรับสัญญาณเป็น 0} \end{cases}$$

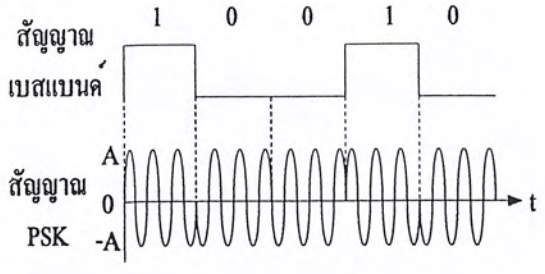


รูปที่ 2.34 แสดง FREQUENCY SHIFT KEYING

2.5.4.3 PHASE SHIFT KEYING (PSK)

แอมปลิจูดและความถี่จะคงที่แต่ INITIAL PHASE จะต่างกันสำหรับสัญญาณที่เป็น 1 หรือ 0 คือเฟสของคลื่นพาหะA cos (2π fct + γ)จะเปลี่ยนไปตามสถานะของสัญญาณ เช่น เฟส γ เป็น 0 กรณีสัญญาณมีสถานะเป็น 1 และเฟส ℓ เป็น π กรณีมีสัญญาณเป็น 0

$$S(t) = \begin{cases} A \sin 2 \text{ fct} & \text{, กรณีสัญญาณเป็น 1} \\ A \sin (2 \text{ fct} + \pi) & \text{, กรณีสัญญาณเป็น 0} \end{cases}$$



รูปที่ 2.35 PHASE SHIFT KEYING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การเข้ารหัสและการถอดรหัส

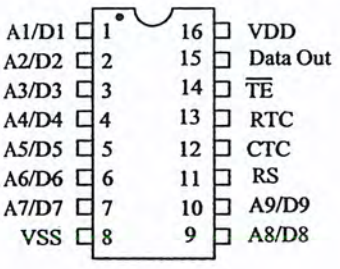
2.6.1 กล่าวโดยทั่วไป

การเข้ารหัส (ENCDER) ในเรื่องของวงจรลอจิกแล้วความหมายคือการเปลี่ยนระดับของลอจิกจากสวิทซ์มาเป็นสัญญาณลอจิกตามรหัสที่ต้องการ เช่น เรามีสวิทซ์อยู่ 10 ตัวกดสวิทซ์หมายเลขใดก็ให้เอาท์พุทของวงจรเป็นสัญญาณลอจิกของรหัส BINARY เป็นต้น ซึ่งเราจะให้เอาท์พุทของวงจรเป็นรหัสอะไรก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ ในทำนองเดียวกันการถอดรหัสก็หมายความถึงวงจรซึ่งเปลี่ยนรหัสทางอินพุทเพื่อเป็นรหัสอื่นตามต้องการ เช่น เปลี่ยนรหัส BCD เป็นแรงดันของเลขฐานสิบ เป็นต้น วงจรเข้า–ถอดรหัสนี้สามารถสร้างได้จาก Diode ซึ่งต่อแบบ Matrix หรือจากวงจร Gate Combination ก็ได้ ซึ่งทั้งสองชนิดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้ใช้ในแง่ของขนาดความยุ่งยาก ราคา ฯลฯ

2.6.2 การเข้ารหัส

การเข้ารหัส (ENCDER) เป็นการนำข้อมูลมาทำการเข้ารหัสให้ข้อมูลนั้นเหลือน้อยลงในโครงงานนี้จะเป็นการเข้ารหัสได้โดยการเปลี่ยนจากข้อมูลที่เป็น BINARY ขนาด 9 บิท แบบขนานให้เป็นอนุกรมซึ่งจะใช้ไอซีเบอร์ MC 145026 ซึ่งไอซีเบอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเข้ารหัสและส่งข้อมูลแบบอนุกรมขนาด 9 บิทข้อมูลที่จะส่งมี 3 สถานะคือ(0 , 1 , Open)โดยที่จะถูกจำกัดอยู่ที่ขา A1/D1-A9/D9 เป็นขาทางอินพุท ซึ่งจะมีความแตกต่างกันถึง 3^9 = 19,683 ข้อมูลจะถูกส่งเมื่อขา TE ได้รับสัญญาณที่ขอบขาลง (Active low) และถ้าขา TE Active จะทำให้ข้อมูลถูกส่งออกไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งขา TE เปรียบเสมือนสวิทซ์อย่างหนึ่งที่อยู่ภายในไอซี จะทำงานเมื่ออินพุทอยู่ในสภาวะลอจิก “0” ขณะที่สัญญาณขา TE อยู่ในสภาวะลอจิก “1” จะไม่มีการเข้ารหัสเนื่องจาก Oscillator จะเริ่มต้นการเข้ารหัสและจะมีการส่งสัญญาณออกไปอย่างเรียงลำดับ อินพุทจะถูกกำหนดโดยสภาวะของลอจิก ในขณะนั้นที่ขา Output Data Out จะถูกส่งแบบอนุกรม (Series) การส่งจะเริ่มต้นเมื่อขา TE อยู่ในสภาวะลอจิก “ 0 ” เพราะจะมีการ RESET เกิดขึ้นภายในเป็นลำดับแรกจากการส่งอย่างเรียบร้อย

2.6.2.1 ตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของขาไอซีเบอร์ MC 145026 Encoder



รูปที่ 2.36 แสดงตำแหน่งขา IC MC145026 ENCODER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A1/D1-A9/D9 เป็นขาอินพุทของข้อมูลที่จะนำไปเข้ารหัสเป็นข้อมูลอนุกรมทางเอาท์พุท

VSS เป็นขาสำหรับตาอลงกราวด์

RS,CTC,RTC ขาเหล่านี้เป็นส่วนของ Oscillator ต้องต่อ R,C เพื่อกำหนดความถี่ฐานเวลา

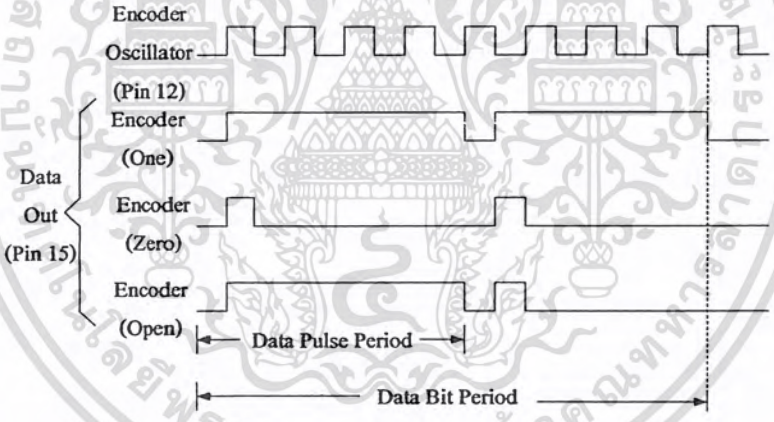
TE ขานี้ใช้ควบคุมการส่งถ้าเป็น " 0" จึงจะมีการส่งข้อมูล

DATA OUT เป็นเอาท์พุทซึ่งจะส่งในลักษณะสัญญาณอนุกรม

VDD ขาสำหรับต่อไฟบวก

2.6.2.2 กระบวนการส่งของไอซีเบอร์ MC 145026 Encoder

ข้อมูล Trinary Data ขนาด 9 บิทนั้นจะกำหนดได้ที่ขาอินพุท A1/D1-A9/D9 การส่งจะเริ่มขึ้นเมื่อขาสัญญาณ TE ได้รับลอจิก " 0" จะเป็น Pulse แคบๆสองลูกลอจิก "1" จะเป็นPulse จะเป็น Pulse กว้างสองลูกและ Open จะเป็น Pulse กว้างหนึ่งลูกตามด้วย Pulse แคบอีกหนึ่งลูก ข้อมูล 9 บิทนั้นเราเรียกว่า Word แต่ละครั้งที่ TE ได้รับ Pulse "0" จะมีการส่งข้อมูลออกไป 2 Word ทั้งนี้เพื่อให้ตัวรับทำการตรวจสอบความผิดพลาดหรือถ้า TE ได้รับลอจิก "0" ค้างอยู่ก็จะมีการส่งข้อมูลออกไปอย่างต่อเนื่องที่ Word ไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 Data Waveforms ของการเข้ารหัสโดย IC MC 145026 Encoder

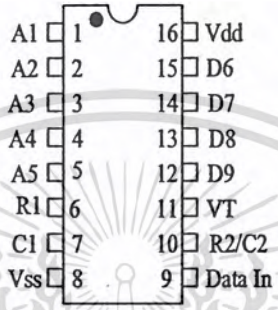
2.6.3 การถอดรหัส

สำหรับการถอดรหัสนั้นก็มีลักษณะตรงข้ามกับการเข้ารหัสกล่าวคือ จะเป็นการนำเอาสัญญาณที่เป็นแบบอนุกรม ทำการถอดรหัสให้เป็นข้อมูลแบบขนานที่ต้องการ ซึ่งในที่นี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC 145027 ซึ่งไอซีเบอร์นี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณ Serial data ที่ถูกส่งมาจาก Encoder มาทำการถอดรหัสข้อมูลที่ส่งมาซึ่งประกอบด้วย Two Identical Dataword จะทำการตรวจสอบบิทโดยบิทที่ได้รับ 5 บิทแรกจะเป็น Address Bit โดยที่ Address ที่ตัวเข้ารหัสจะต้องตรงกับ Address ที่ตัวรับ ถ้า Address Bit ตรงกัน แล้วอีก 4 บิทถัดไปจะเป็นข้อมูล ซึ่งจะนำมาเก็บและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบ หลังจาก Valid Data 5 ถูกเก็บขณะที่ทำการ Encoder word ลำดับที่ 2 ค่า Address ใหม่จะต้อง Math กัน และถ้าเป็นดังนั้นแล้วข้อมูลจะถูกตรวจสอบโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บอยู่ก่อนแล้ว ถ้าข้อมูลทั้งสองครั้งตรงกันก็จะส่งออกมาทาง Output Data แปละจะทำการ Latch ข้อมูลไว้จนกว่าจะส่งข้อมูลใหม่เข้ามา

2.6.3.1 ตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของขาไอซีเบอร์ MC 145027 Decoder



รูปที่ 2.38 แสดงตำแหน่งขาไอซี MC 145027 Decoder

A1-A5 เป็นขา Address Input ซึ่งต้องตรงกับ A1/D1-A5/D5 ที่ตัวส่ง

D6-D9 เป็น Output ซึ่งจะให้ข้อมูลตรงกับ A6/D6-A9/D9 ที่ตัวส่ง

R1,C1 ใช้ต่อ R,C เพื่อกำหนด Narrow Pulse หรือ Wide Pulse ที่ถูกเข้ารหัสมาซึ่งควรมีค่า Timeconstant 1.72 ของสัญญาณนาฬิกาที่ตัวส่ง $R1C1 = 3.95R_{TC}C_{TC}$

R2,C2 ใช้ต่อ R,C ลงกราวด์เพื่อกำหนดจุดสิ้นสุดของการส่งแต่ละ Word ซึ่งควรมีค่า Time Constant 33.5 ของสัญญาณนาฬิกาที่ตัวส่ง $R2C2 = 77R_{TC}C_{TC}$

VT เป็นขา Output บอกสภาวะเพื่อการรับถูกต้อง

VDD เป็นขาสำหรับต่อไฟบวก

VSS เป็นขาสำหรับต่อลงกราวด์

2.6.3.2 กระบวนการรับของไอซีเบอร์ 145027 Decoder

ข้อมูลที่รับมาได้นั้นจะถูกรับบิทต่อบิท 5 บิทแรกจะใช้เป็น Address ซึ่งจะถูกต้องตรงกับที่อินพุทของตัวรับถ้า Address Bit ตรงกัน 4 บิท ต่อไปจะถูกเก็บไว้แต่ยังไม่มีเอาท์พุทออกมา ต้องทำการเปรียบเทียบกับ Data ใน Word หลังเสียก่อน หากตรงกันขาสัญญาณ VT ก็จะเป็น "1" และมีเอาท์พุทที่ Bus Data และ Latch ไว้อย่างนั้นจนกว่าจะมี Data ตัวใหม่เข้ามา Address ทั้ง5บิท สามารถเข้ารหัสเป็น Trinary ได้แต่ Data 4 Bit นั้นต้องเป็น Binary เท่านั้น ซึ่ง Open จะ Decode เป็นลอจิก "1" ซึ่งกระบวนการรับเป็นไปตาม Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนาฬิกาของตัวเข้ารหัสและตัวถอดได้จาก RC Oscillator ซึ่งต่ออยู่ภายนอกของไอซีทั้งสองเบอร์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

ตัวเข้ารหัส (MC 145026)

$$Fose = \frac{1}{2}.3R_{TC}\,C_{TC}$$

จาก DATA SHEET กำหนดให้ Ctc = Ctc+20pF

และให้ค่า $RS = 2R_{TC}$

Ctc มีค่าอยู่ระหว่าง 100pF-15uF

Rtc มีค่าไม่ต่ำกว่า 10K

การกำหนดความถี่ก็ควรกำหนดให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้

ตัวถอดรหัส (MC 145027) คำนวณได้จากสูตร

$$R1C1 = 3.95R_{TC}C_{TC}$$

และ $R2C2 = 77R_{TC}\,C_{TC}$

ตัวอย่าง การคำนวณจากการใช้งานจริง

ตัวส่ง (TRANSMITTER)

MC145026 กำหนดให้ Rtc = 50 k

Ctc = 5100 pF

Rs = 100 k

จะได้ Fosc = 1.71 KHz

ตัวรับ (RECIEVER)

MC 145027 ซึ่งจะต้อง MATCH กับค่าที่กำหนดไว้ที่ MC 145026

จาก R1C1 = 3.95 RtcCtc จะได้

R1 = 10 K

C1 = 0.02 pF

และ R2C2 = 77 RtcCtc จะได้

R2 = 200 K

C2 = 0.1 uF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างค่า R และ C ที่ความถี่ต่างๆ

Fosc (KH_Z)	R_{TC}	C_{TC}	RS	R1	C1	R2	C2
362.00	10K	120PF	20K	10K	470PF	100K	910PF
181.00	10K	240PF	20K	10K	910PF	100K	1800PF
88.7	10K	490PF	20K	10K	2000PF	100K	3900PF
42.60	10K	1020PF	20K	10K	3900PF	100K	7500PF
21.50	10K	2020PF	20K	10K	8200PF	100K	0.015uF
8.53	10K	5100PF	20K	10K	0.02PF	200K	0.020uF
1.71	50K	5100PF	100K	10K	0.02PF	200K	0100uF

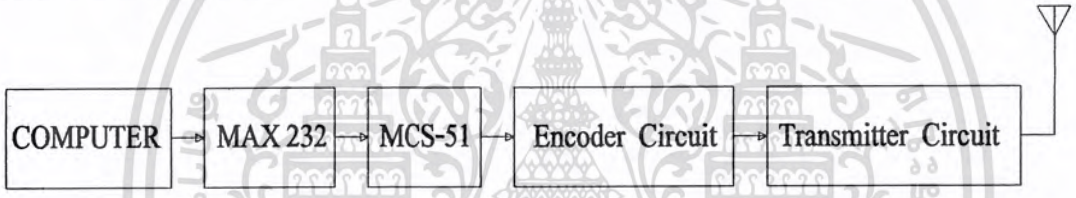
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

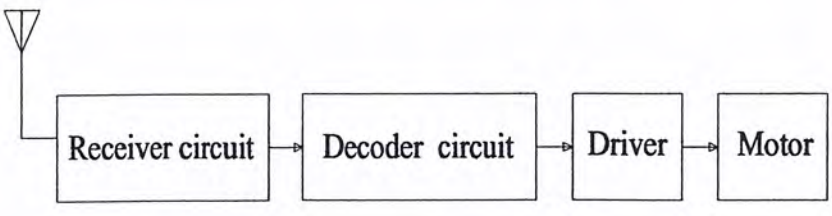
3.1หลักการออกแบบ

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานรถสำรวจ อุปกรณ์หลัก ๆ ประกอบด้วย รถสำรวจ ส่วนควบคุมรถและส่วนประมวลสัญญาณภาพ โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมรถและสัญญาณภาพใช้วิธีการส่งผ่านคลื่นวิทยุ เพื่อให้มีอิสระในการใช้งานมากกว่าใช้สายสัญญาณ โดยสัญญาณควบคุมรถนั้นจะใช้การส่งผ่านเครื่องส่งวิทยุ ส่วนสัญญาณภาพนั้นจะใช้อุปกรณ์รับ- ส่งสัญญาณภาพสำเร็จรูป ซึ่งประกอบด้วยกล้อง CCD สีขนาดจิ๋วที่มีวงจรส่งสัญญาณวีดีโอขนาดเล็กฝังอยู่ในตัวกล้อง โดยส่งได้ไกลประมาณ 50 เมตร อีกส่วนคือตัวรับสัญญาณวีดีโอ ซึ่งมี 2 สัญญาณให้ออกไปใช้งานได้แก่ video output กับ audio output ซึ่งส่วนนี้จะไปเชื่อมต่อกับการ์ดจูนเนอร์ทีวี เพื่อนำสัญญาณภาพแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.1 การส่งสัญญาณควบคุมรถ

จากรูปที่ 3.1 สัญญาณดิจิตอลที่ใช้ควบคุมรถ จะออกจากคอมพิวเตอร์ทางคอมพอร์ต โดยลอจิก 1 จะมีค่าแรงดันประมาณ -12 โวลต์ ส่วนลอจิก 0 จะมีค่าแรงดันประมาณ +12 โวลต์ ขนาดแรงดันดังกล่าวไม่สามารถให้วงจร MCS- 51 ทำงานได้อย่างถูกต้อง จึงต้องผ่านไอซี MAX 232 ซึ่งทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันขนาดดังกล่าวให้เป็นระดับทีทีแอล คือ ลอจิก 1 จะมีค่าแรงดัน 5 โวลต์ ส่วนลอจิก 0 จะมีค่าแรงดัน 0 โวลต์เมื่อได้สัญญาณดิจิตอลที่มีระดับแรงดันทีทีแอลแล้ว สัญญาณควบคุมรถจะถูกส่งไปยังวงจร MCS-51 เพื่อควบคุมสวิตช์ของวงจรเข้ารหัส และส่งต่อไปยังวงจรส่งคลื่นวิทยุย่าน UHF แล้วถูกส่งออกอากาศผ่านทางสายอากาศไป



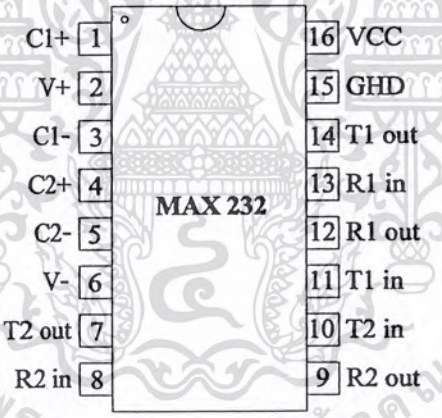
รูปที่ 3.2 การรับสัญญาณควบคุมรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 สัญญาณวิทยุซึ่งไดรับจากสายอากาศ จะถูกแยกเอาสัญญาณเสียงออกมาโดยเครื่องรับ หลังจากนั้นจะผ่านวงจรถอดรหัสข้อมูล ข้อมูลก็จะถูกถอดรหัส จากข้อมูลขนาด 4 บิท แบบขนานออกเป็นข้อมูลของเลขฐานสิบจำนวน 16 ค่าเลขฐานสิบ 16 ค่านี้จะมีตำแหน่งที่ตรงกับแชนแนลที่ใช้เลือกช่องควบคุมทางภาคส่ง 10 ตำแหน่ง ในแต่ละตำแหน่งจาก 10 ตำแหน่ง ของวงจรถอดรหัสข้อมูล สามารถนำไปควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ทางไฟฟ้า หรืออิเล็กทรอนิกส์ได้ 1 อย่าง เช่น มอเตอร์ ดังนั้นจึงสามารถทำการควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในตัวรถสำรวจได้ทั้งหมด 10 อย่างเพื่อให้ทำงานตามคำสั่ง

3.2 ไอซีแปลงระดับแรงดัน

จากความต้องการในการแปลงระดับ -12 โวลต์ เป็น +5 โวลต์และ +12 โวลต์เป็น 0 โวลต์ นั้นมีไอซีที่สามารถทำหน้าที่ดังกล่าวได้ คือ ไอซีเบอร์ MAX 232 การใช้งานไม่ยุ่งยาก เพียงแต่ป้อนแรงดันไฟเลี้ยงให้กับตัวไอซีขนาด +5 โวลต์และมีตัวเก็บประจุต่ออยู่ภายนอกตัวไอซีเพียง 5 ตัวเท่านั้น รูปที่ 3.3 แสดงการต่อใช้งานไอซี MAX 232

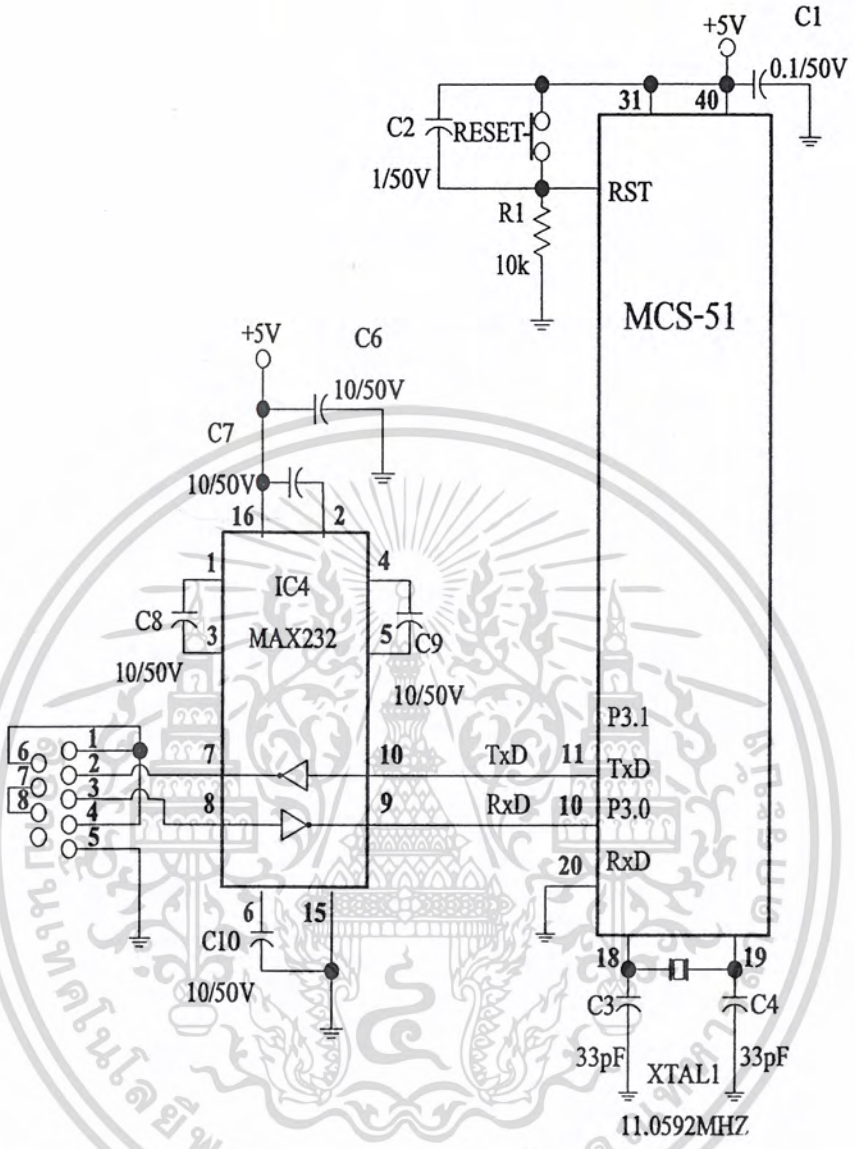


รูปที่ 3.3 แสดงไอซี MAX 232

3.3 วงจร MCS-51

เราจะเขียนโปรแกรมวิชวลเบสิกเพื่อส่งค่ารหัสแอสกี้ค่าต่างๆ ตามที่เรากำหนด เช่น ส่งค่าแอสกี้ 1 (ซึ่งเท่ากับค่า 31Hในเลขฐาน 16) เมื่อคลิกปุ่มเดินหน้า ออกไปยังพอร์ตอนุกรม 1 ของคอมพิวเตอร์ จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังไอซี MAX 232 เพื่อแปลงระดับแรงดันเป็น TTL สัญญาณก็จะถูกส่งต่อไปเข้าขา TxD ของ MCS-51 เพื่อตรวจสอบสัญญาณที่ส่งมาแบบอนุกรมว่าตรงกับเงื่อนไขใด ก็จะทำตามเงื่อนไขนั้น เช่น ถ้า MCS-51 ตรวจเจอค่า 31H ก็จะส่งค่า 80H ไปยังพอร์ต 2 ของ MCS-51 แล้วไปเข้าไอซี ULN 2003 ซึ่งเป็นไอซีขับกระแสเพื่อขับรีเลย์ควบคุมสวิตท์ของวงจรเข้ารหัสต่อไป

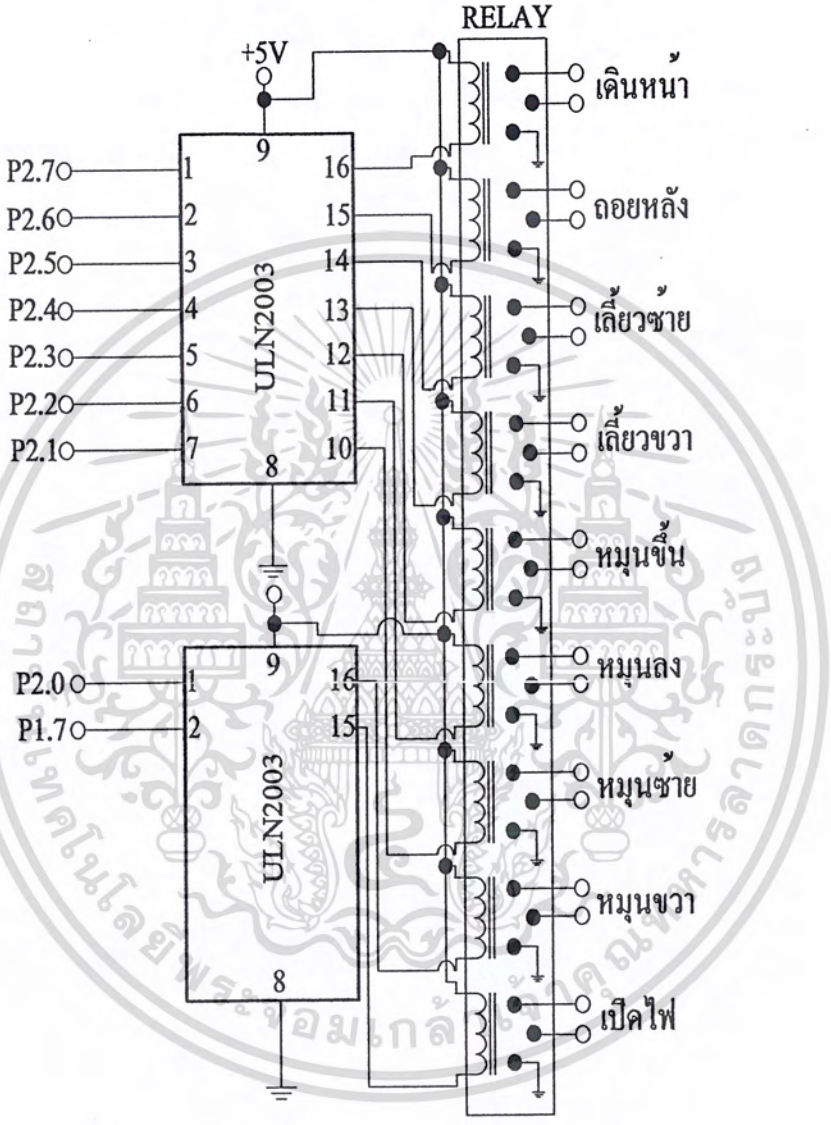
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรส่งข้อมูลอนุกรม (จากพอร์ตอนุกรมคอมพิวเตอร์เข้าตัว MCS-51)

เมื่อ MCS-51 ได้ส่งค่าต่าง ๆ ตามที่เรากำหนดไว้ ในส่วนตัวโปรแกรม ออกสู่พอร์ต P1และพอร์ต P2 เช่น เมื่อ MCS-51 ส่งค่า 80H ออกสู่พอร์ต P2 ตอนที่เราคลิกเดินหน้า จะทำขา P2.7 ของ MCS-51 เป็นลอจิก 1 ส่วนขาอื่นของพอร์ต 2 นั้นจะเป็นลอจิก 0 ซึ่งเมื่อขา P2.7 ของ MCS-51 เป็นลอจิก 1 แล้วผ่านไอซี ULN 2003 ซึ่งเป็นไอซีขับกระแส เมื่อลอจิก 1 ผ่านไอซี ULN 2003 เข้าทางขา 1 จะทำให้ได้เอาท์พุตออกทางขา 16 เป็นลอจิก 0 ซึ่งเสมือนเป็นกราวน์ให้รีเลย์ส่งผลให้รีเลย์ตัวนั้นครบวงจรแล้วทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์แตะกัน เป็นผลให้วงจรเข้ารหัสทำการเข้ารหัสข้อมูลแล้วส่งต่อไปยังวงจรส่งคลื่นย่าน UHF ส่งออกอากาศไป

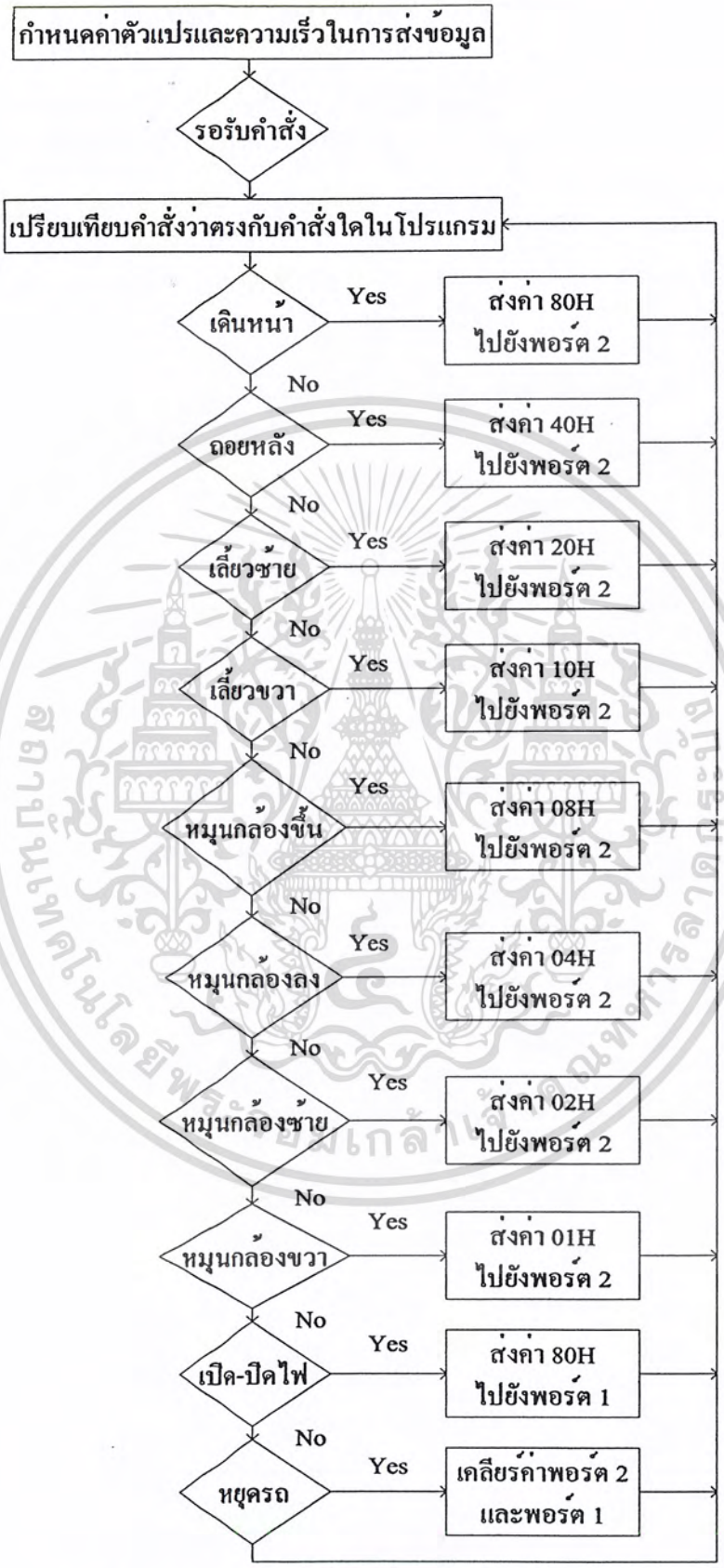
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) วงจรขับรีเลย์ควบคุมวงจรเข้ารหัส (ต่อจากพอร์ต 1,2 ของ MCS-51)

รูปที่ 3.4 แสดงวงจร MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงแผนภูมิการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

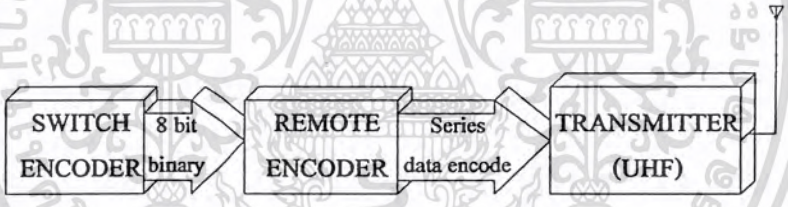
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรทางภาคส่ง

3.4.1 รายละเอียดของบล็อกไดอะแกรมทางภาคส่ง

จากบล็อกแรกเป็นภาค Keyboard หรือ Switch ซึ่งใช้เป็นแชนแนลที่จะใช้เป็นตัวเลือกช่องสัญญาณการควบคุม เมื่อมีการกด Switch ก็จะมีการเข้ารหัสสัญญาณข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสจะถูกส่งไปยังบล็อกที่สอง โดยบล็อกแรกจะส่งสัญญาณ Enable หรือ Stobeไปเป็นตัวควบคุมการทำงานของบล็อกที่สอง เมื่อบล็อกที่สองซึ่งเป็นบล็อกของRemote Encoderได้รับสัญญาณข้อมูลที่เข้ารหัสมาแล้วและสัญญาณ Enable ซึ่งมีลอจิก "0" ก็จะทำให้วงจร Encoderในบล็อกนี้ทำงานโดยทำการเข้ารหัสสัญญาณข้อมูลที่รับเข้ามา ซึ่งเป็นแบบขนานให้เป็นสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรมและส่งสัญญาณแบบอนุกรมที่เข้ารหัสแล้วนี้ไปยังบล็อกที่สามโดยสัญญาณข้อมูลที่ส่งเข้ามานี้จะมีลักษณะเป็นขบวนพัลส์ 9 บิท จำนวน 2 Word ต่อเนื่องกันไป

บล็อกที่สาม (Transmitter) เมื่อได้รับสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรมแล้ว ก็จะนำสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรมนี้มา Modulate เข้ากับความถี่ Carrier ที่วงจร Oscillator สร้างขึ้นมา ซึ่งการ Modulate ของวงจรนี้จะเป็นแบบ Pulse Amplitude Modulate (PAM) สัญญาณข้อมูลที่ Modulate แล้วก็จะถูกส่งแพร่กระจายออกไปในอากาศด้วยคลื่นความถี่ย่าน UHF



รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมทางภาคส่ง

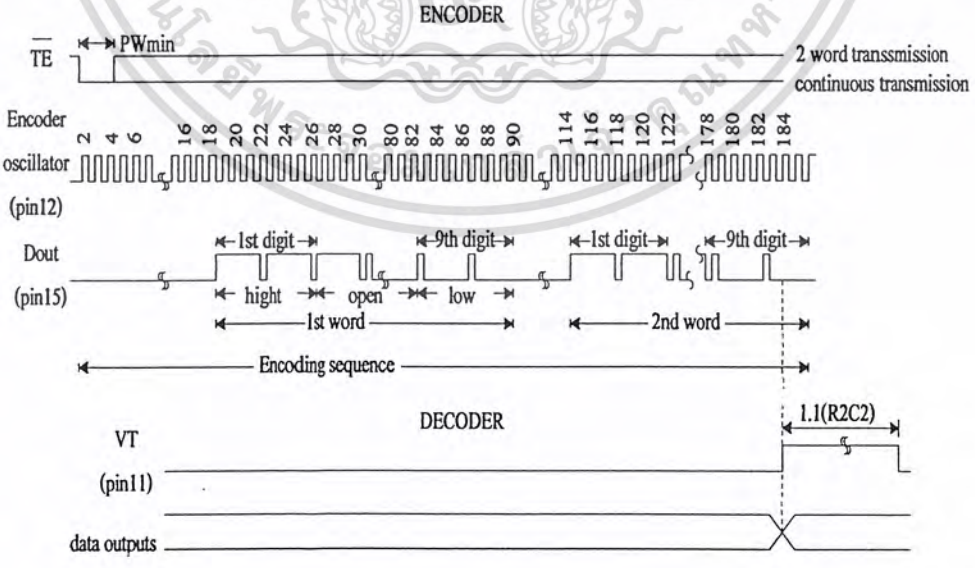
3.4.2 หลักการทำงานของวงจรทางภาคส่ง

เมื่อมีความต้องการควบคุมการปิด-เปิด อุปกรณ์ของตัวรถสำรวจที่จุดใดๆ ก็สามารถทำได้โดยการเลือกช่องสัญญาณการควบคุมได้ที่ Keyboard หรือ Switch เลือกช่องการควบคุมนั้น ซึ่งเมื่อมีการกด Switch ตัวใดตัวหนึ่งก็จะเสมือนกับการส่งข้อมูลแบบขนานเข้าไปยังวงจรเข้ารหัส ซึ่งมีวงจร ไดโอด (Diode) ต่อแบบเมตริกซ์ (Matrix) เป็นตัวเข้ารหัสจากข้อมูลทางอินพุท 10 แชนแนลไปเป็นข้อมูลทางเอาท์พุทขนาด 4 บิต เช่น เมื่อมีการกด Switch หมายเลข 3 ก็จะทำให้ได้ข้อมูลทางเอาท์พุทเป็น 0100 (เรียงตามลำดับนัยสำคัญจากสูงไปต่ำ $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$)เป็นต้น กรณีที่มีการกด Switch พร้อม ๆ กันหลาย ๆ แชนแนล แชนแนลที่จะถูกเลือกนำไปเข้ารหัส คือ แชนแนลที่มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญสูงสุด(MSB) เช่นมีการกด Switch หมายเลข 7 และหมายเลข 3 พร้อมกัน แชนแนลที่จะถูกนำไปเข้ารหัสคือแชนแนลหมายเลข 7(MSB) ส่วนแชนแนลหมายเลข 3(LSB) จะไม่ถูกนำไปเข้ารหัสเพราะมีค่านัยสำคัญน้อยกว่าแชนแนลหมายเลข 7

ข้อมูลที่ได้จากการเข้ารหัสนั้น เมื่อได้ทำการเลือกแชนแนลควบคุมใดๆ แล้ว ข้อมูลนั้น ($Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$) จะถูกส่งไปยังขา $A_6 A_7 A_8 A_9$ ของไอซีเบอร์ MC 145026 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเข้ารหัสเปลี่ยนข้อมูลที่รับเข้ามาแบบขนานให้ออกไปเป็นข้อมูลแบบอนุกรม Address ของไอซีเบอร์ MC 145026 นี้จะแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดแรกนั้นขา A_1-A_5 จะต่อเหมือนกับขา A_1-A_5 ของไอซีเบอร์ MC 145027 ซึ่งใช้เป็นตัวอ้าง Addressให้กับไอซีเบอร์นี้ ส่วนชุดที่สองขา A_6-A_9เป็นขาอินพุทที่รับข้อมูลเข้ามา โดยที่ขา A_6 จะมีค่านัยสำคัญสูงสุด (MSB) ส่วนขา A_9 จะเป็นขาที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ดังนั้นเมื่อนำไอซีเบอร์ MC 145026ไปต่อเข้ากับวงจรไดโอดเมตริกซ์ เพื่อรับข้อมูล จึงต้องต่อขา A_7-A_9ของไอซีเบอร์ MC 145026 เข้ากับขาQ_3- Q_0ของวงจรเมตริกซ์สวิตซ์ ส่วนขาR_5 ,R_{CT}, C_{CT}เป็นขาที่ใช้ต่อR ,C ค่าต่างๆ เพื่อกำหนดค่าความถี่ Oscillator เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการเข้ารหัสข้อมูล การส่งข้อมูลออกจากตัวไอซีเบอร์ MC 145026 จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อขา TE ของไอซีเบอร์นี้ได้รับสัญญาณลอจิก “0” เพียงกรณีเดียวเท่านั้น ข้อมูลที่ส่งออกมานี้จะมีลักษณะเป็นขบวนพัลซ์ต่อเนื่องกันไปขนาด 9 บิต จำนวน 2 Word ซึ่งข้อมูลทั้ง 9 บิตนั้นจะมีลอจิกของแต่ละบิตเป็น 0 หรือ 1 เมื่อใดก็ตามที่ขา TE ได้รับลอจิก “0” ก็จะมีการส่งข้อมูลเรียงต่อกันไป 2 Word ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งแสดงการส่งข้อมูลที่เข้ารหัสแล้ว

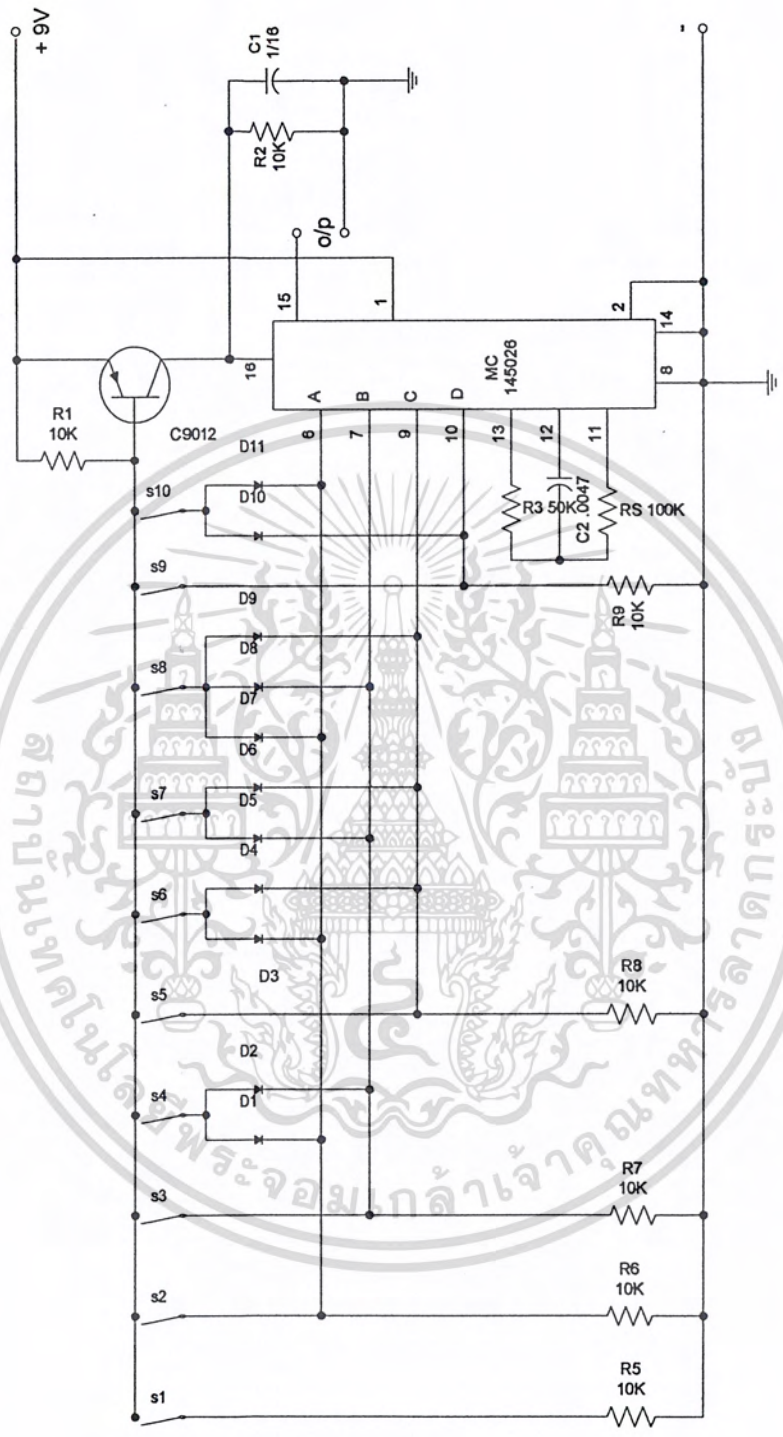


รูปที่ 3.7 Encoder/Decoder Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

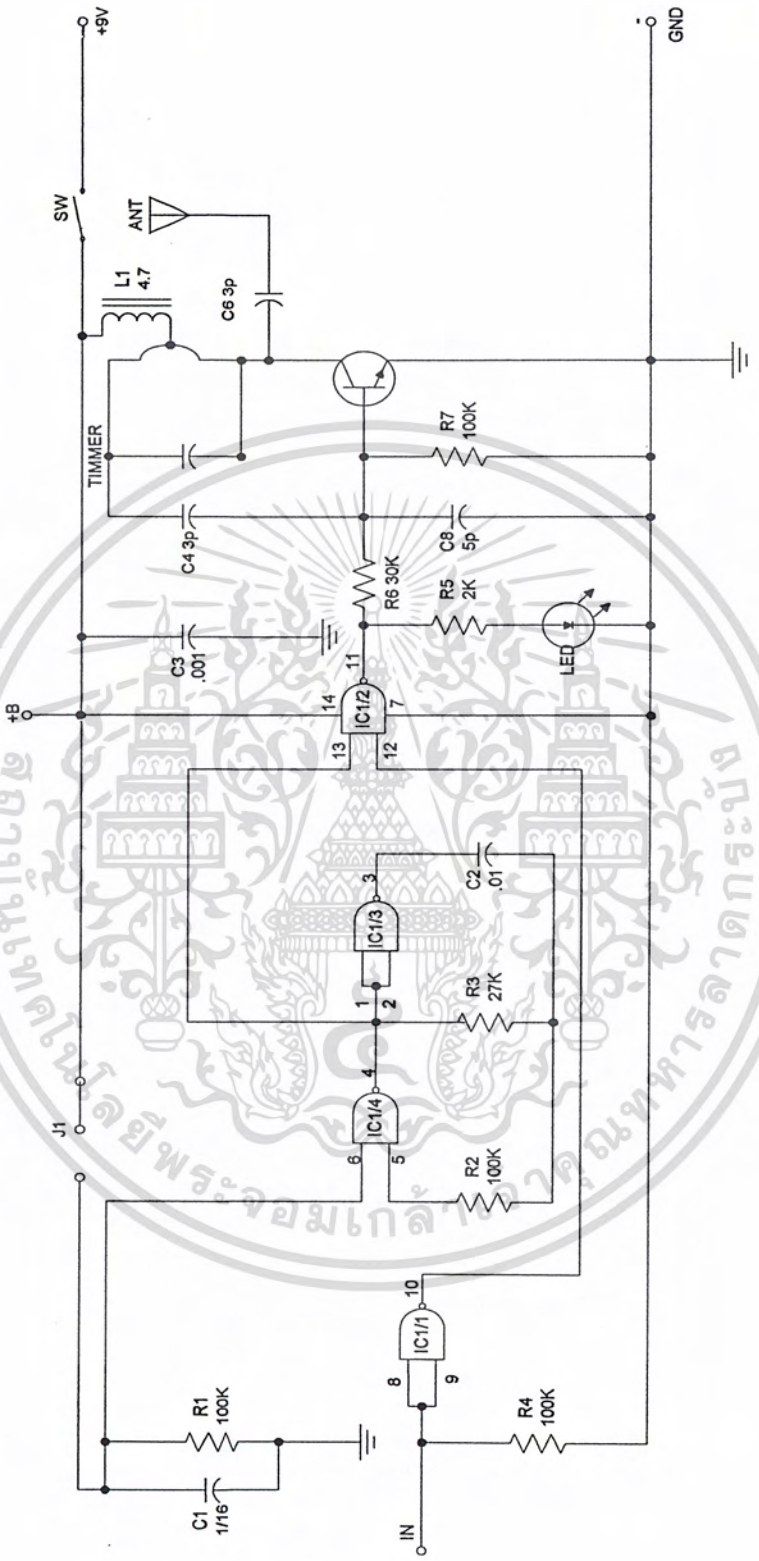
เมื่อข้อมูลส่งออกมาจากวงจรเข้ารหัส (Encoder) โดยข้อมูลออกมาทางขา 15 ของไอซีเบอร์ MC 145026 ถ้าข้อมูลนี้เป็นลอจิก “0” จะผ่านขา 8 กับขา 9 ของไอซีเบอร์ CD4093 ซึ่งเป็นแนนเกท (Nand Gate) จะทำให้ข้อมูลออกมาทางขา 10 ของ IC 4093 เป็นลอจิก “1” แล้วไปรวมกันที่แนนเกทตัวที่ 2 (IC1/2) ได้เอาท์พุทลอจิก ”0” ออกมาทางขา 11 ของ IC 4093 ซึ่งลอจิก ”0” เป็นระดับที่ไม่สามารถทำให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ MPSH 10 ชนิด NPN นำกระแสได้ เพราะไม่มีแรงดันไบอัสที่ขาเบสที่สูงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวนี้นำกระแสได้ เมื่อทรานซิสเตอร์เบอร์ MPSH 10 ยังไม่ทำงาน วงจร Oscillator ที่ต่ออยู่ในวงจรก็จะไม่ทำงานด้วย ดังนั้นในกรณีนี้จะไม่มีการแพร่กระจายคลื่นความถี่ของวงจรออกอากาศ ในกรณีตรงกันข้าม ถ้าข้อมูลที่ส่งจากขา 15 ของไอซีเบอร์ MC 145026 มีลอจิกเป็น “1” ก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ MPSH 10 ทำงานเนื่องจากมีระดับแรงดันไบอัสที่สูงพอ เมื่อทรานซิสเตอร์เบอร์ MPSH 10 ทำงานจะทำให้วงจร Oscillator ที่ต่ออยู่ในวงจรทำงานกำเนิดคลื่นความถี่ย่าน UHF ออกมา ซึ่งคลื่นความถี่จะมีค่า Amplitude สูงสุดที่ความถี่ประมาณ 400 MHz คลื่นความถี่ที่กำเนิดขึ้นมาก็จะถูกส่งแพร่กระจายออกไปในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรทางด้านการเข้ารหัส (Encoder Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรทางด้านภาคส่ง (Transmitter Circuit)

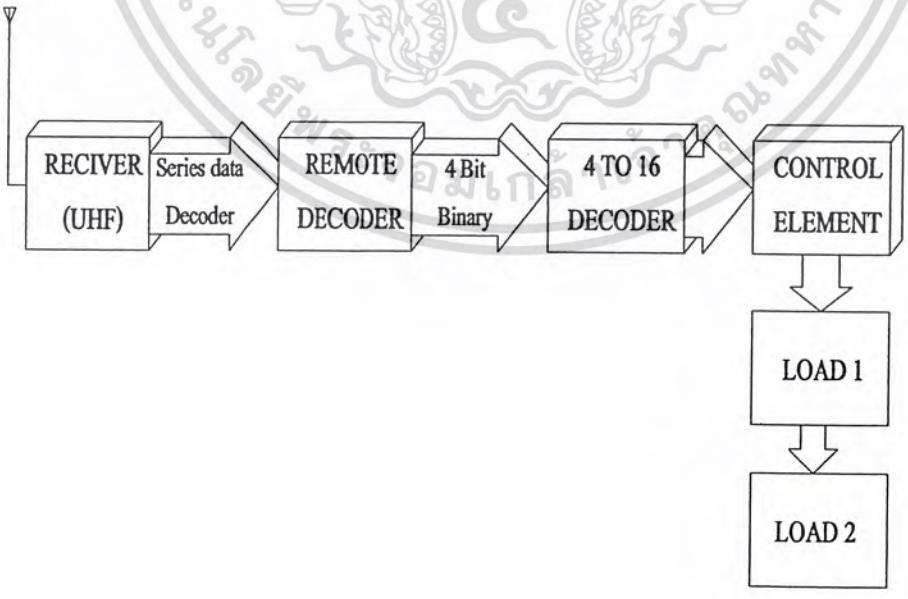
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ภาครับ

3.5.1 รายละเอียดบล็อกไดอะแกรมทางภาครับ

สัญญาณคลื่นความถี่ย่าน UHF ที่ได้ส่งแพร่กระจายออกมาในอากาศจากภาคส่งนั้น ทางภาครับ (Receiver) จะสามารถรับสัญญาณความถี่นี้ได้เนื่องจากภาครับ ก็มีวงจร Oscillator ที่ตั้งความถี่ไว้ตรงกับภาคส่ง ดังนั้นข้อมูลที่ส่งออกมาเป็นแบบอนุกรมอย่างต่อเนื่องขนาด 2 Word ก็จะถูกภาครับ รับข้อมูลไว้ได้ซึ่งเป็นแบบอนุกรมเช่นกัน ข้อมูลที่รับได้นั้นจะถูกส่งต่อไปยัง Block Remote Decoder เพื่อทำการถอดรหัสและทำการตรวจสอบข้อมูล โดยที่ข้อมูล Word แรกจะถูกส่งเข้าไปก่อนแล้ว Word ที่สองก็จะถูกส่งตามเข้ามาเพื่อทำการถอดรหัสออกเป็นข้อมูลแบบขนานขนาด 4 บิต และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูล Word แรก ถ้าข้อมูลที่ได้รับทั้งสอง Word มีค่าตรงกันแล้วข้อมูลก็จะถูกส่งออกไปที่ Bus Data และถูก Latch เอาไว้จนกว่าจะมีข้อมูลใหม่เข้ามา เมื่อข้อมูลขนาด 4 บิต ที่ได้จาก Block Remote Decoder ถูกส่งเข้าไปยังบล็อก 4 to 16 Decoder ข้อมูลก็จะถูกถอดรหัสจากข้อมูลขนาด 4 บิท แบบขนานออกเป็นข้อมูลของเลขฐานสิบจำนวน 16 ค่าเลขฐานสิบ 16 ค่านี้จะมีตำแหน่งที่ตรงกับแชนแนลที่ใช้เลือกช่องควบคุมทางภาคส่ง 10 ตำแหน่ง

ในแต่ละตำแหน่งจาก 10 ตำแหน่งของวงจร Decoder สามารถนำไปควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ได้ 1 อย่าง เช่น มอเตอร์ ดังนั้นจึงสามารถทำการควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในตัวรถสำรวจได้ทั้งหมด 10 อย่างโดยใช้บล็อก Control Element เป็นตัวแยกตำแหน่งการควบคุม



รูป 3.10 Block Diagram ทางภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 หลักการทำงานของวงจรภาครับ

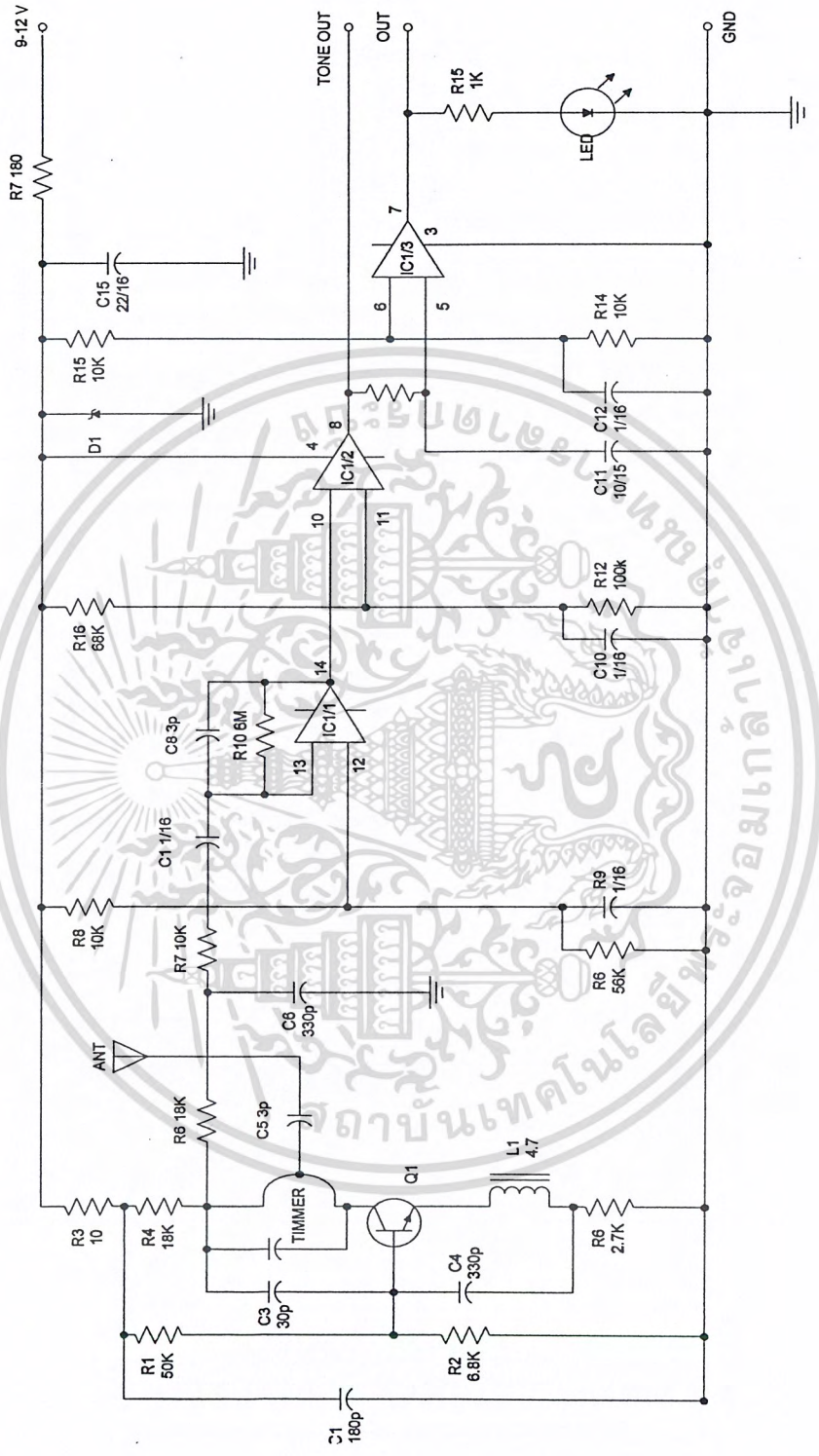
สัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากภาคส่งโดยใช้การ Modulate แบบ PAM และส่งแพร่กระจายออกอากาศด้วยคลื่นย่านความถี่ UHF นั้นเราสามารถที่จะรับสัญญาณควบคุมนี้ได้โดยการใช้วงจรแทงค์ LC Circuit ซึ่งต้องปรับค่าความถี่ที่ได้จากวงจรนี้ให้ตรงกับความถี่ที่ส่งมาจากภาคส่ง จึงจะทำให้วงจรทางภาครับ (Receiver) สามารถรับสัญญาควบคุมที่ส่งออกมาได้

เมื่อได้รับสัญญาณควบคุมที่ถูก Demodulate ให้ตรงกับสัญญาณจริงที่ส่งมาจากภาคส่งแล้ว สัญญาณควบคุมนี้ก็จะถูกส่งเข้าไปยังวงจรโดยใช้ไอซีเบอร์ MC 145027 เป็นตัวถอดรหัสจากข้อมูลที่ส่งมาเป็นแบบอนุกรมซึ่งเป็นขบวนพัลซ์ที่มีความต่อเนื่องขนาด 9 บิต จำนวน 2 Word ให้เป็นข้อมูลแบบขนานจำนวน 4 บิต ซึ่งการถอดรหัสจะกระทำได้สำเร็จและถูกต้องเมื่อมีการตั้งค่า Address ที่ขา A_1 - A_5 ของไอซีเบอร์ MC 145027 โดยต่อให้ตรงกับ Address ที่ไว้ที่ขา A_1 - A_5 ของไอซีเบอร์ MC 145026ในภาครับเมื่อเป็นเช่นนี้แล้วข้อมูลที่รับเข้ามาได้ก็จะถูกถอดรหัสออกมาเป็นข้อมูลแบบขนานโดยที่การถอดรหัสของข้อมูล Word แรกจะถูกนำมา Latch ค้างไว้และการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการถอดรหัส Word ที่สอง ถ้าข้อมูลจากการถอดรหัสที่ได้ทั้ง 2 ครั้งมีค่าตรงกัน แล้ว ขาV_T ของไอซีเบอร์ MC 145027 จะมีสภาวะลอจิกเป็น "1" และจะมีการส่งข้อมูลออกมาจำนวน 4 บิตแบบขนานส่วนขา R_1,C_1,R_2,C_3 เป็นขาที่ใช้ต่อ R,C ค่าต่างๆ เพื่อกำเนิดความถี่ Oscillatorให้ตรงกับความถี่ Oscillator ที่ตั้งไว้ที่ขา R_5,R_{TC},C_{TC} ที่ตัวไอซีเบอร์ MC 145026 เพื่อใช้เป็นฐานเวลาการถอดรหัสข้อมูลให้ตรงกับข้อมูลที่ส่งมา

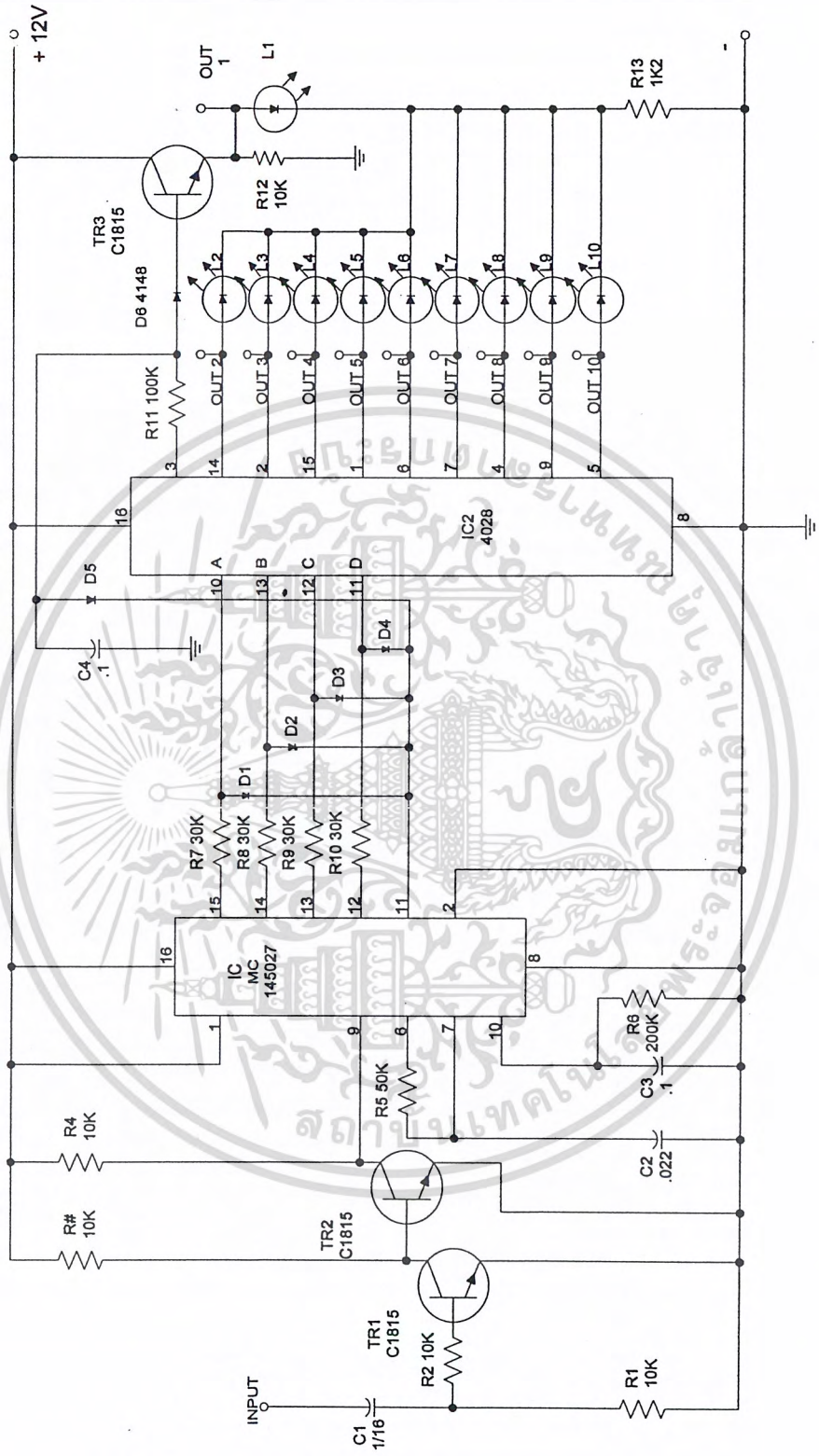
ข้อมูลขนาด 4 บิทแบบขนานที่ได้จากวงจรถอดรหัส (Decoder) ก็จะถูกส่งเข้าไปยังวงจรถอดรหัสอีกครั้งโดยใช้ไอซีเบอร์ 4028 ไอซีเบอร์นี้จะถอดรหัสข้อมูลที่ส่งเข้ามาแบบขนานจำนวน 4 บิท ได้10 ค่าที่มีตำแหน่งตรงกับสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจาก Keyboard ทั้ง 10 ตำแหน่ง ข้อมูลทั้ง 10 ตำแหน่งที่ได้ เราจะนำ 4 ตำแหน่งไปควบคุมให้รถไปหน้า ถอยหลัง และเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ข้อมูลทั้ง 4 ตำแหน่งจะถูกส่งไปเข้าอินพุทของวงจรขับมอเตอร์ ดังรูป 3.13

เมื่อได้เอาท์พุทจากวงจรถอดรหัส ซึ่งส่งออกมาทางขาของไอซีเบอร์ 4028 ซึ่งมีแรงดันประมาณ 5V ไปเข้าอินพุทของวงจรขับมอเตอร์ ในส่วนการบังคับรถให้ไปหน้า ถอยหลัง และเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เราจะใช้ช่องสัญญาณ 4 ช่อง สัญญาณ 4 ช่องนี้จะนำไปเข้ากับวงจรขับมอเตอร์ ซึ่งจะใช้อินพุท 4 ช่องได้แก่ช่องใช้สำหรับเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา(อินพุท 4 เส้น) ถ้ามีแรงดันไฟปล่อยออกไปเข้าอินพุทเส้นใดเส้นหนึ่ง วงจรของเส้นนั้นก็จะทำงาน เช่น มีแรงดันไปเข้าเส้นเดินหน้า จะทำให้มีแรงดันไบอัสสูงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 458 ของวงจรรีเลย์ 2 ชุดทำงาน เมื่อทรานซิสเตอร์เบอร์ 458 ทำงานจะทำให้มีไฟจากแหล่งจ่าย(Vcc)ไหลผ่านขดลวดของรีเลย์เป็นผลให้มอเตอร์ทั้งคู่ครบวงจรแล้วไปขับล้อรถให้หมุนไปหน้าส่วนอินพุทอีก 3ช่องคล้ายกัน

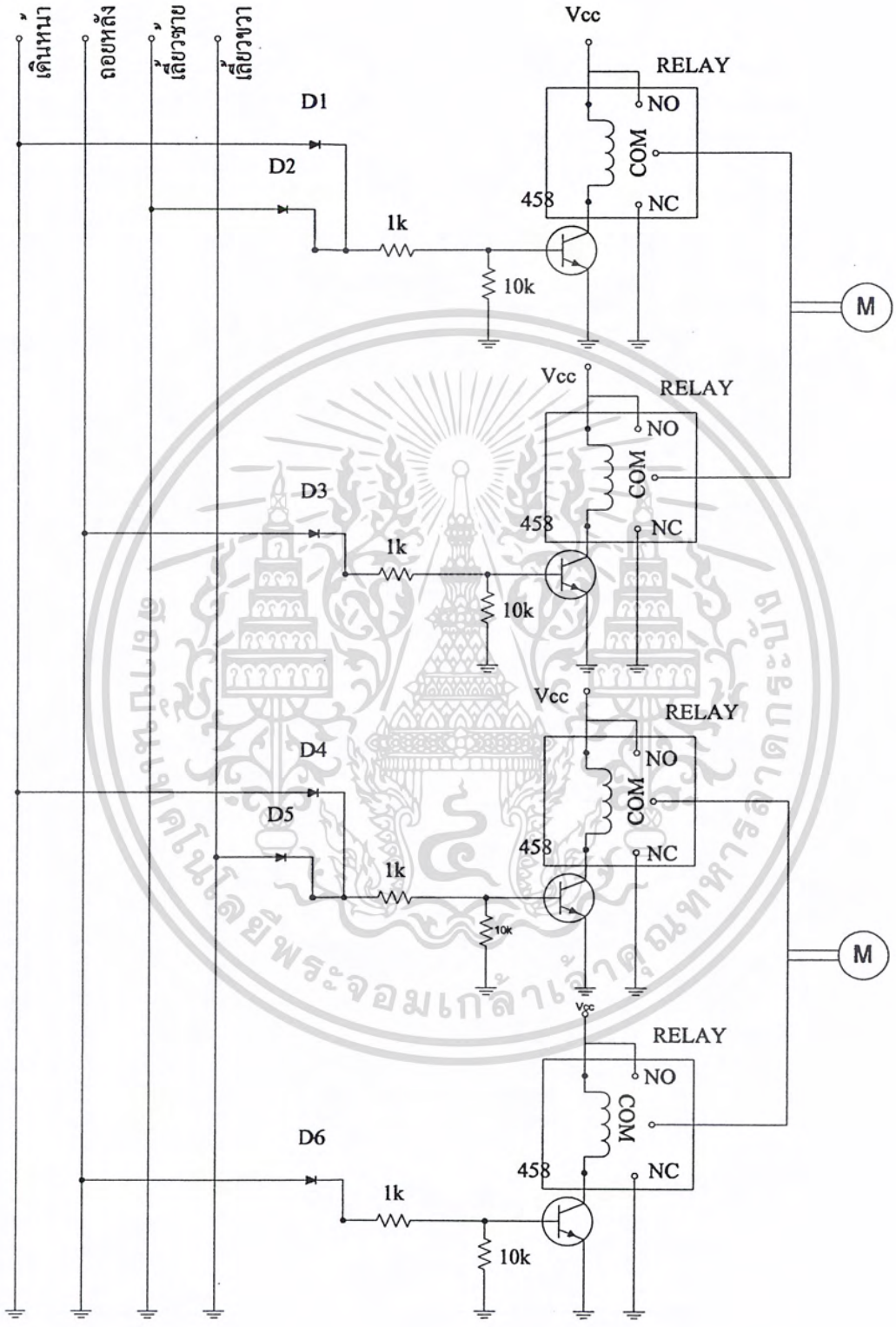
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรทางด้านภาครับ (Receiver circuit)



รูปที่ 3.12 วงจรส่วนของการถอดรหัส (Decoder circuit)

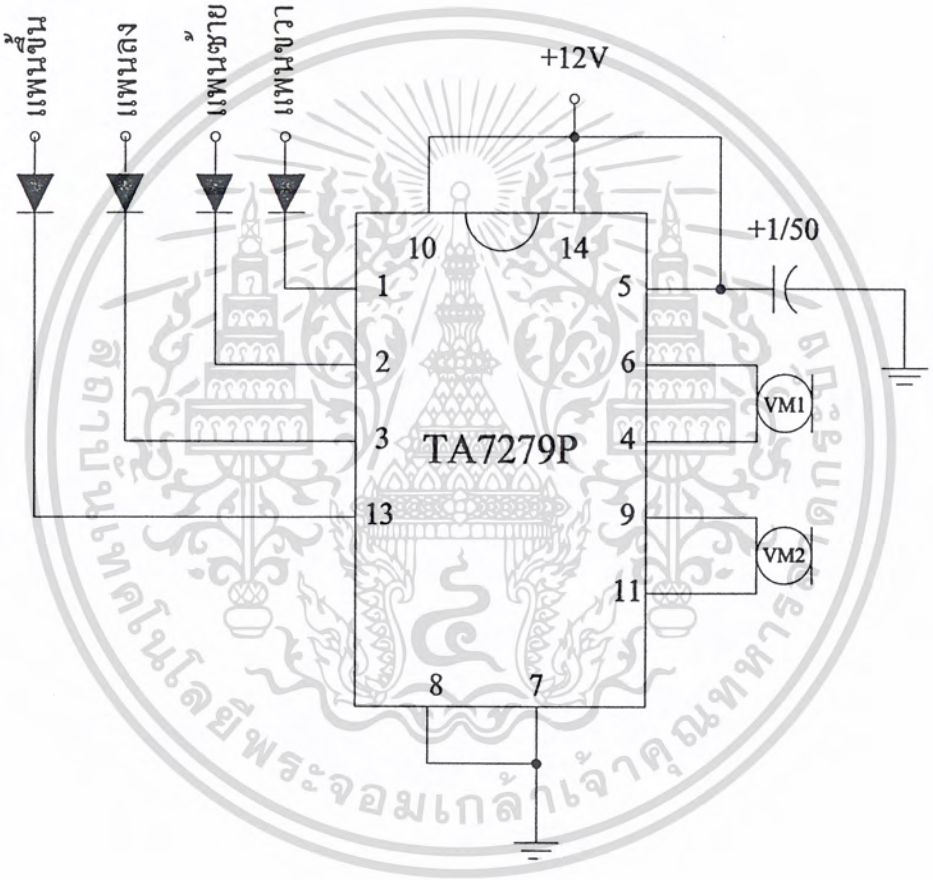


รูปที่ 3.13 วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรขับโวลุ่มมอเตอร์

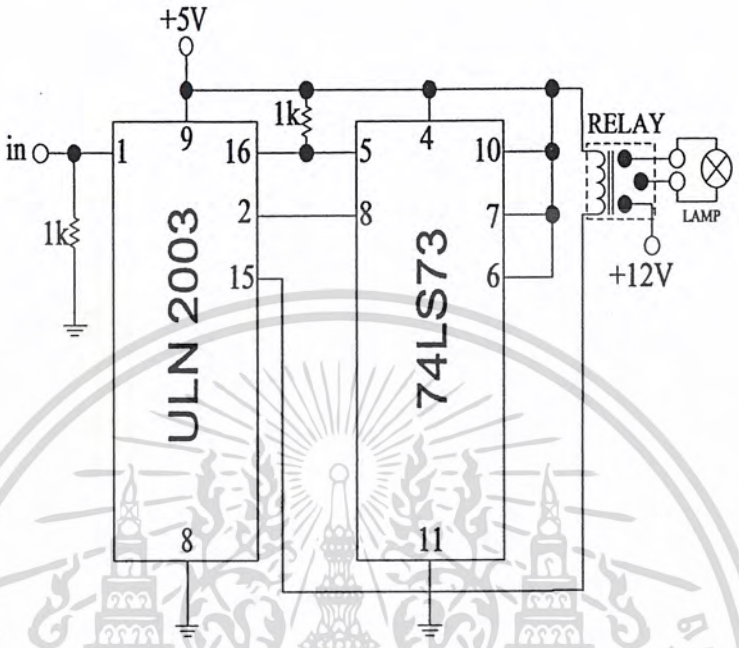
โครงงานนี้จะใช้โวลุ่มมอเตอร์เพื่อควบคุมกล้อง CCD จิ๋วลักษณะการทำงานของโวลุ่มมอเตอร์ก็คล้ายกับดีซีมอเตอร์ แต่จะต่างกันที่โวลุ่มมอเตอร์นั้นเมื่อหมุนครบ 1 รอบจะหยุดหมุน แม้ว่าจะยังได้รับแรงดันไฟอยู่และถ้ากลับขั้วจ่ายแรงดันไฟจะทำให้โวลุ่มมอเตอร์หมุนกลับในทิศทางตรงข้าม ซึ่งการควบคุมให้โวลุ่มมอเตอร์หมุนเร็วหรือช้านั้น จะอยู่ที่การจ่ายแรงดันให้กับตัวโวลุ่มมอเตอร์ คือถ้าจ่ายแรงดันน้อยจะหมุนช้าและถ้าจ่ายแรงดันเยอะจะหมุนเร็ว



รูปที่ 3.14 แสดงวงจรขับโวลุ่มมอเตอร์ควบคุมกล้อง CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วงจรควบคุมการเปิด - ปิดไฟ



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรควบคุมการเปิด – ปิดไฟ

เมื่อมีแรงดันมาเข้าที่ขา 1 ของไอซี ULN2003 ซึ่งไอซี ULN2003 จะทำหน้าที่เป็นกลับลอจิก "1"ให้เป็นลอจิก "0" ออกทางขา 16 เข้าขา 5 ของไอซี 7473 ซึ่งเป็นขา Clock ของ J-K Flip Flop และเมื่อขา J เป็น Hight , K เป็น Hight และขา Clear เป็น Hight จะเข้าสู่สถานะ Toggle ซึ่งจะทำให้เวลามีแรงดันเข้ามา ขา 8จะ ON ตลอดเวลาและมีแรงดันเข้ามาอีกครั้ง ขา 8 จะ OFF จากนั้นมาเข้าขา 2 ของไอซี ULN2003 เพื่อจะทำให้เป็นลอจิก "0" ออกทางมาที่ขา 15 แล้วเข้าขา Coil รีเลย์ ซึ่งขา Coil อีกขาหนึ่งจะต่อแรงดัน +5 โวทล์ ไว้ เมื่อมีสภาวะที่เป็นลอจิก "0" เข้ามาหน้าสัมผัสรีเลย์ก็จะ ONทำให้ไฟติด

3.8 คอมพิวเตอร์และโปรแกรมควบคุม

คอมพิวเตอร์ เป็นตัวควบคุมการส่งข้อมูลคำสั่ง เพื่อส่งไปควบคุมการทำงานของตัวรถ โดยส่งข้อมูลอนุกรมออกทางพอร์ตอนุกรมผ่านไอซี MAX 232 เพื่อแปลงแรงดันเป็น TTL แล้วส่งต่อไปยังขา TX ของ MCS-51เพื่อให้ MCS-51 ตรวจสอบว่าค่าที่ส่งมาว่าตรงกับคำสั่งใด เมื่อตัว MCS-51 รู้ว่าค่าที่ส่งมาเป็นค่าอะไรก็จะสั่งให้รีเลย์ของคำสั่งนั้นทำงาน เมื่อหน้าสัมผัสรีเลย์แตะกันก็จะทำให้วงจรเข้ารหัสทำการเข้ารหัส แล้วส่งต่อไปยังวงจรส่งคลื่นวิทยุย่าน UHF ออกอากาศไปยังตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าข้อมูลและความหมายของคำสั่ง

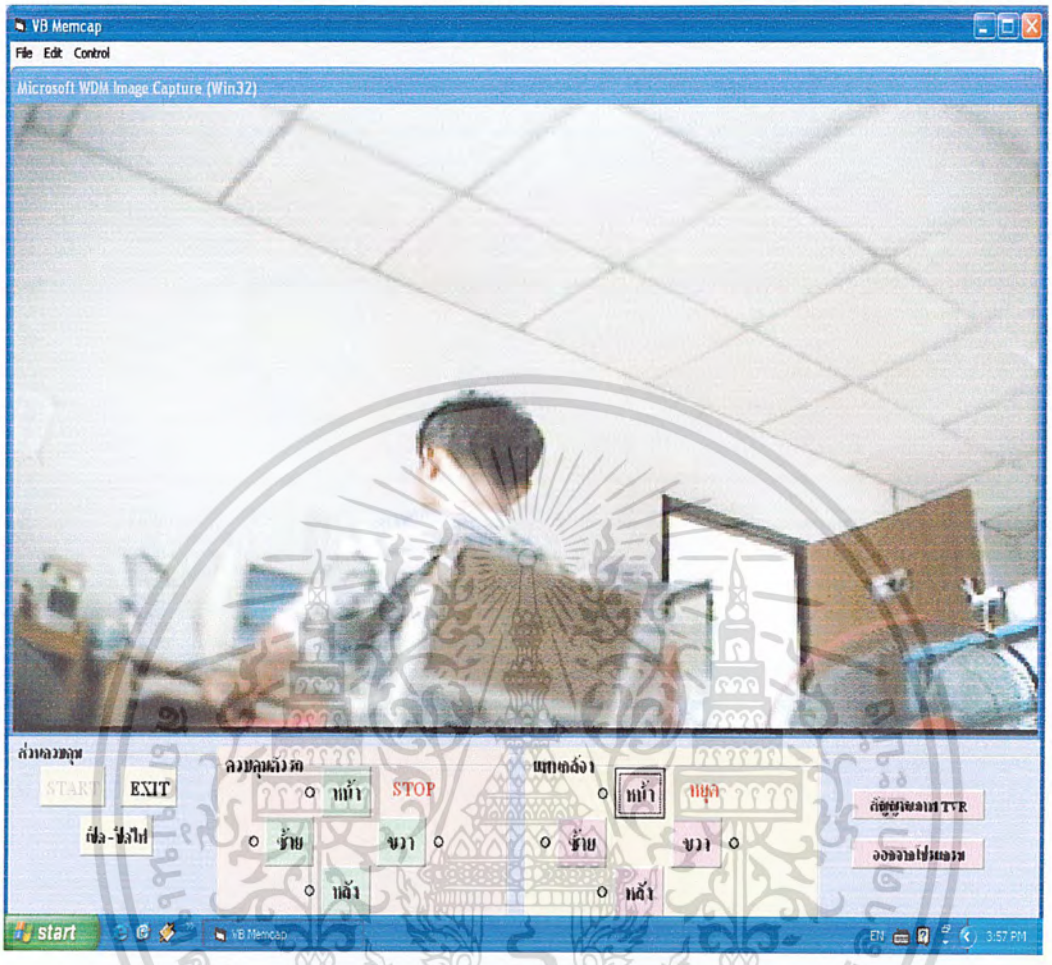
รหัสแอสกี้	Code (ค่าของข้อมูล)	ความหมายของคำสั่ง
1	31H	เดินหน้า
4	34H	ถอยหลัง
5	35H	หยุด
2	32H	เลี้ยวซ้าย
3	33H	เลี้ยวขวา
6	36H	กล้องแพนขึ้น
9	39H	กล้องแพนลง
7	37H	กล้องแพนซ้าย
8	38H	กล้องแพนขวา
A	41H	เปิด-ปิดไฟ

คำสั่งควบคุมและกราฟฟิกในส่วนของคอมพิวเตอร์ เขียนขึ้นจากโปรแกรม Visual Basic Version 6.0 การควบคุมสั่งงานในโปรแกรมสามารถควบคุมได้โดยใช้เมาส์ โดยอาศัยภาพที่อยู่บนหน้าจอเป็นตัวแสดงตำแหน่งของวัตถุรอบๆข้าง และการเคลื่อนที่ของตัวรถ

3.8.1 โปรแกรมการใช้งาน

ในส่วนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมรถสำรวจนั้น ได้เขียนขึ้นจากโปรแกรมวิชวลเบสิก 6.0 ซึ่งได้ออกแบบให้สามารถคลิกปุ่มเพื่อสั่งงานได้ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนควบคุมตัวรถกับส่วนควบคุมการแพนกล้องและเปิดปิดไฟ การใช้งานก็เริ่มคลิกที่ปุ่ม START เพื่อทำการเปิดพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นปุ่มทุกปุ่มก็พร้อมที่จะใช้งาน โดยปุ่มควบคุมทุกปุ่มจะมีสถานะบอกการทำงานอยู่ข้าง ๆ ลักษณะการควบคุมเช่น เมื่อเราคลิกที่ปุ่มหน้า เพื่อให้รถเดินหน้า (เหตุการณ์ Mouse Down)โปรแกรมก็จะส่งค่า 31H ออกทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์เพื่อส่งให้ MCS-51 สั่งงานให้รถเดินหน้า แต่เมื่อเราปล่อยปุ่ม (เหตุการณ์ Mouse Up) โปรแกรมก็จะส่งค่า 35H ออกทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์เพื่อส่งให้ MCS-51 สั่งงานให้รถหยุด ซึ่งหน้าตาหลักๆ ของโปรแกรมนี้ ได้แสดงดังรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 หน้าจอโปรแกรมควบคุมตัวรถสำรวจ

3.9 ส่วนรับส่งและประมวลภาพ

ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือตัวกล้องCCD ซึ่งมีวงจรส่งสัญญาณภาพและเสียงขนาดเล็กฝังอยู่ในตัวกล้อง ส่วนที่ 2 คือตัวรับสัญญาณภาพและเสียง ส่วนที่ 3 คือ การ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์

3.9.1 ตัวกล้อง CCD

หลักการทำงานของกล้องตัวกล้องจิ๋วไร้สายจะฝังเครื่องส่งภาพและเสียงไว้ในตัว โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ UHF ค่าของความถี่อยู่ในช่วง 900-1200 MHZและใช้กำลังส่งสัญญาณแรง 50 mw โดยที่ตัวเครื่องส่ง (ที่ฝังอยู่ในกล้องเป็นแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ขนาด 1 ซม. ฝังอยู่ในตัวกล้องพร้อม IC และตัวทรานซิสเตอร์ต่างๆ ติดตั้งอยู่ในแผ่นวงจรตัวนี้) จะส่งสัญญาณภาพและเสียงมาเข้าเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 ตัวกล้อง CCD

3.9.2 ตัวรับสัญญาณภาพและเสียง

ภายในเครื่องรับตัวนี้จะรับคลื่นความถี่วิทยุ UHF ย่านความถี่ 900-1200 Mhz ได้ แล้วตัวเครื่องรับจะถอดสัญญาณภาพและเสียง ออกมาด้วยวงจรที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องรับถอดสัญญาณผ่านแจ็ค RCA (ภาพและเสียง) มาเข้าทีวีที่ช่อง AV เพื่อเปิดดูภาพและเสียง จากตัวกล้องไร้สายได้เลยทันที

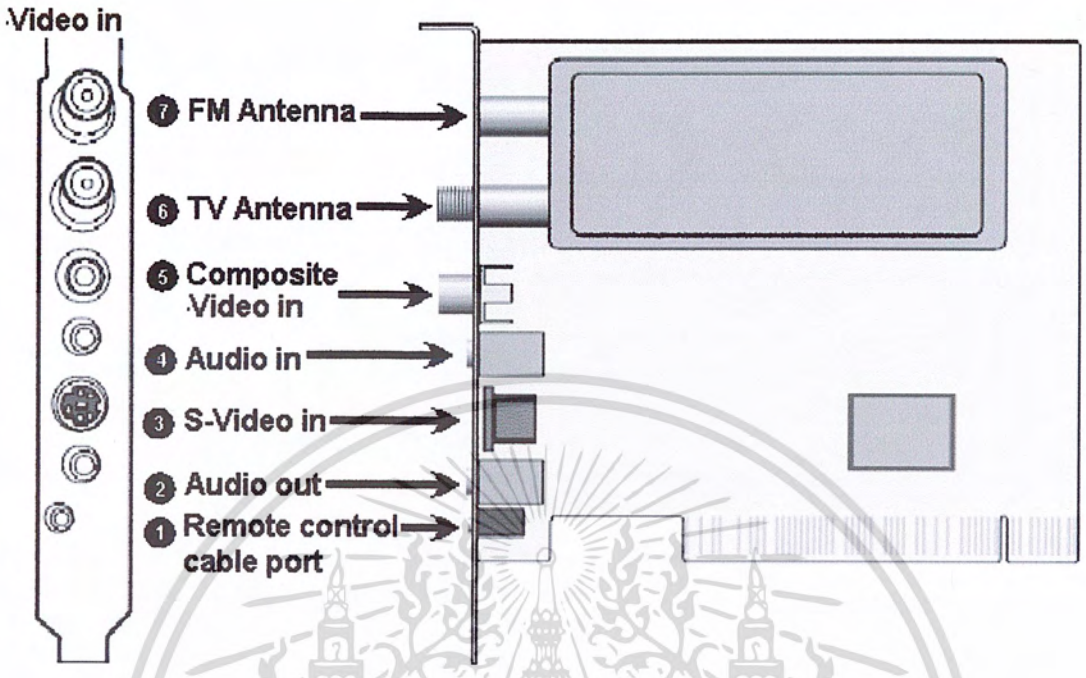
รูปที่ 3.18 ตัวรับสัญญาณภาพและเสียง

3.9.3 การ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์

ในที่นี้ใช้การ์ดของ Life View Fly TV-Prime 30 ^{FM} ดังรูปที่ 3.18 ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณภาพจากตัวรับสัญญาณภาพและเสียง โดยรับเข้ามาทาง Video in และ Audio in แล้วนำมาแสดงผลบนจอโปรแกรม เมื่อถูกเรียกโปรแกรม LifeView TVR ที่ได้มาจากแผ่น Driver ที่แถมมากับการ์ด

การ์ดรุ่นนี้สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ (RF)และ รับสัญญาณภาพ (AV) นอกจากนี้ยังรับสัญญาณวิทยุ FM ได้อีกด้วย และยังสามารถบันทึกเป็นไฟล์ MPG และ BMPได้ด้วย การ์ดชนิดนี้ใช้กับสล็อต PCI ของ Mainboard สล็อตสีขาวในเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงการ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์

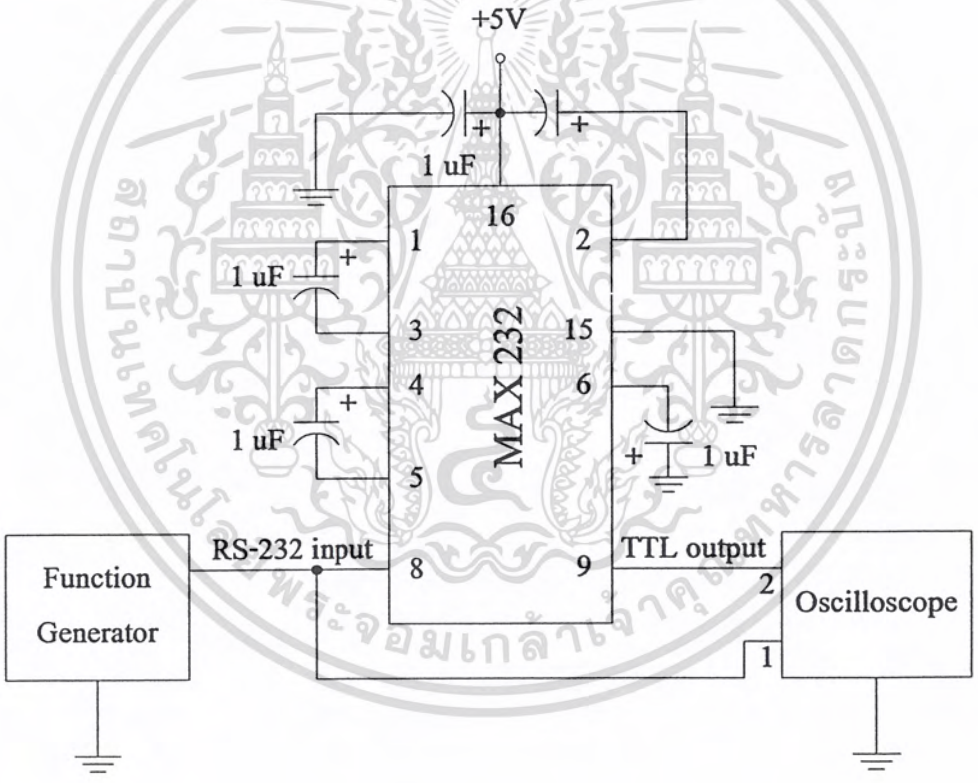
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรแปลงระดับแรงดันเป็น TTL

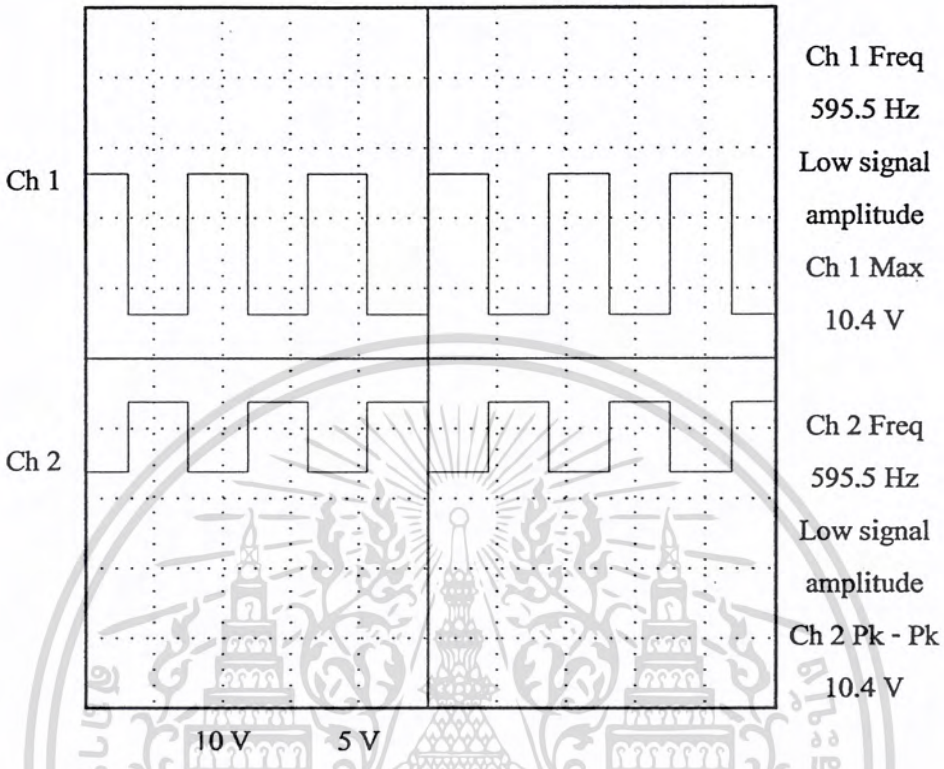
จากการทดลองต่อวงจรดังรูปที่ 4.1 เพื่อทดสอบการทำงานของไอซี MAX 232 โดยจ่ายแรงดัน 5 โวลท์ ให้แก่ไอซี MAX 232 แล้วต่อ Function Gen โดยป้อนความถี่ 600 Hz และแรงดัน +10 V และ -10 V โดยปรับเป็นรูปคลื่น Square wave แล้วใช้ Scopeทำการวัดสัญญาณเอาท์พุต เปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุต จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบวงจรแปลงระดับแรงดันจาก RS 232 เป็น TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวงจรแปลงแรงดันจาก RS-232 เป็น TTL

สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำตัวเก็บประจุค่า 1uF 5 ตัว ต่อเข้าขาต่าง ๆ ของไอซี MAX 232 ตามรูปที่ 4.1 จะได้เป็นวงจรแปลงระดับแรงดันจาก RS-232 ไปเป็น TTL ได้โดยค่าแรงดันอินพุตของวงจรเป็น -10 V จะได้เอาต์พุตเป็นแรงดัน +5 V ส่วนแรงดันอินพุทเป็น +10 V ได้แรงดันเอาต์พุตเป็น 0 V

สรุปได้ว่าไอซี MAX 232 มีหน้าที่แปลงระดับแรงดันให้เป็นระดับ TTL โดยทำการเปลี่ยนแรงดัน +12 โวลท์ ที่ออกจาก RS-232 เป็นสัญญาณ TTL มีค่า 0 โวลท์ หรือลอจิก 0 และทำการเปลี่ยนแรงดัน -12 โวลท์ เป็นสัญญาณ TTL มีค่า 5 โวลท์ หรือลอจิก 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ส่วนของการส่งและรับสัญญาณภาพ

จากการป้อนแรงดันให้แก่กล้อง CCD จิ๋ว ซึ่งตัวกล้องจะมีวงจรส่งสัญญาณวีดีโอขนาดเล็กฝังอยู่ เพื่อทดลองการส่งสัญญาณภาพมาแสดงยังจอ คอมพิวเตอร์ โดยได้ทำการติดตั้งการ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์และซอฟแวร์ลงในคอมพิวเตอร์ แล้วทำการต่อสายสัญญาณ Video output และสัญญาณ Audio output จากตัวรับสัญญาณวีดีโอ เข้ากับการ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์ทางช่องสัญญาณ Video input และสัญญาณ Audio input จากนั้นลองเปิดโปรแกรมดูสัญญาณภาพ โดยทำการปรับที่ตัวรับสัญญาณวีดีโอให้รับสัญญาณภาพได้ชัดเจนที่สุด

ผลการทดลอง

รูปที่ 4.3 สัญญาณภาพจากกล้อง CCD จิ๋ว และรับเข้าสู่การ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์

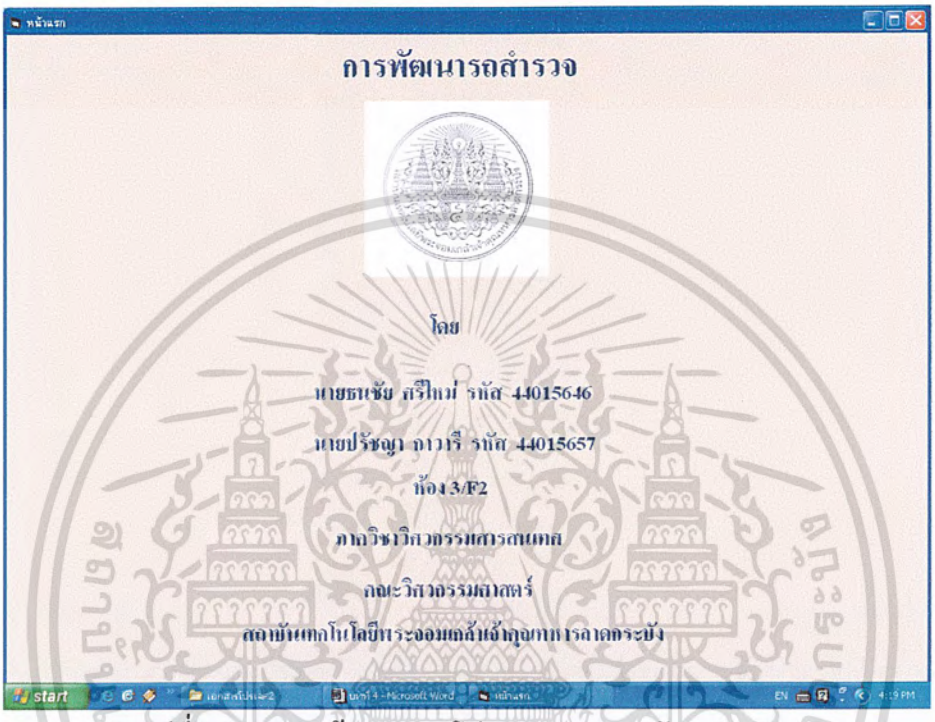
สรุปผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าตัวกล้อง CCD จิ๋ว เครื่องรับสัญญาณวีดีโอและการ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์สามารถทำงานได้อย่างดี กล้อง CCD สามารถส่งสัญญาณวีดีโอมายังตัวรับสัญญาณวีดีโอ และสามารถปรับความคมชัดของสัญญาณภาพได้ที่ตัวรับนี้ ส่วนตัวการ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์ก็สามารถรับสัญญาณภาพจากตัวรับสัญญาณวีดีโอ มาแสดงยังจอคอมพิวเตอร์ได้ดีพอสมควร

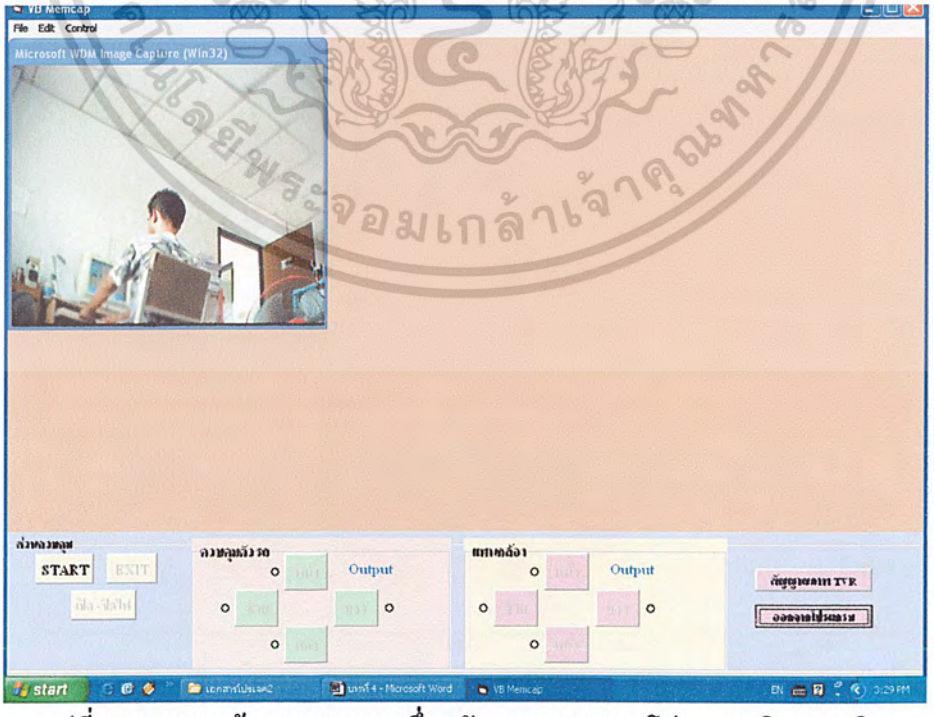
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทำงานของโปรแกรม

หลังจากเปิดเครื่องรับ เครื่องส่งที่ตัวรถสำรวจและที่คอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว เมื่อเข้าสู่โปรแกรมควบคุมตัวรถสำรวจจะปรากฏเป็นหน้าจอของโปรแกรมหน้าแรก ดังรูปที่ 4.4



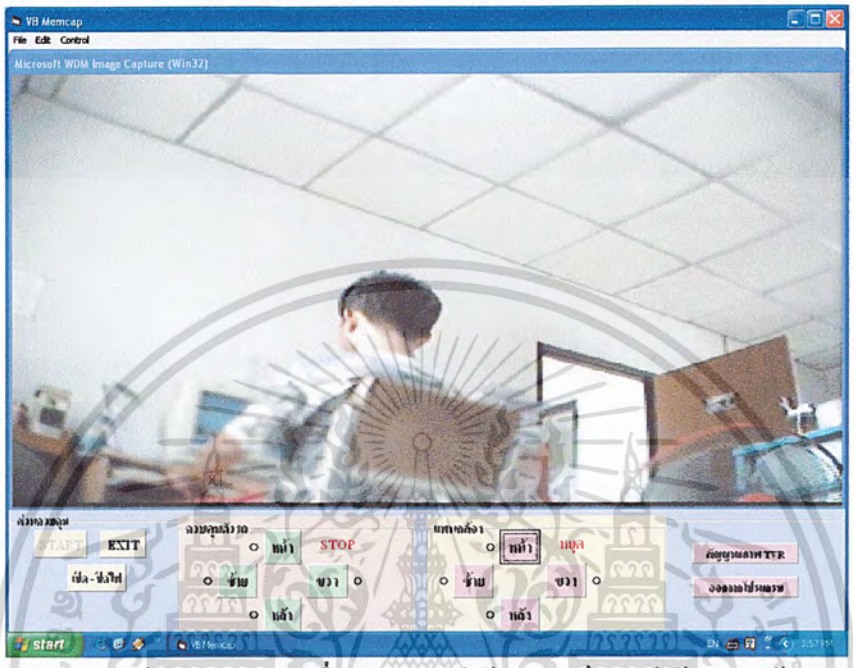
รูปที่ 4.4 แสดงหน้าแรกของโปรแกรมควบคุมตัวรถสำรวจ



รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอควบคุมรถซึ่งดูสัญญาณภาพจากโปรแกรมวิชวลเบสิก

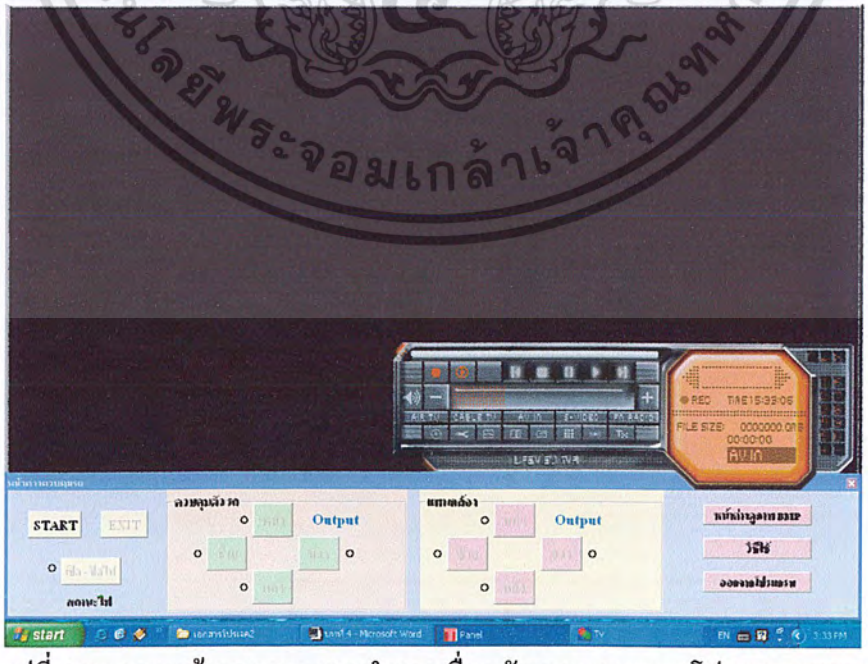
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราคลิกปุ่ม START โปรแกรมจะทำการเปิดพอร์ตอนุกรม ซึ่งเป็นสถานะที่ปุ่มทุกปุ่มพร้อมที่จะใช้งานควบคุมได้ และลองขยายหน้าจอแสดงภาพจนเต็มจอ แสดงหน้าจอนี้ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งจะได้ภาพที่มีความคมชัดอยู่ในระดับที่ใช้งาน



รูปที่ 4.6 แสดงหน้าจอควบคุมรถเมื่อโปรแกรมได้เปิดพอร์ตและได้ขยายหน้อจอจนเต็ม

ต่อไปเราลองควบคุมตัวรถโดยดูสัญญาณภาพจากโปรแกรม ที่แถมมากับการ์ดรับสัญญาณที่มีชื่อโปรแกรมว่า TVR โดยทำการคลิกที่ปุ่มสัญญาณภาพ TVR ซึ่งจะทำการเรียกโปรแกรม TVR นี้ขึ้นมา หน้าจอแสดงดังรูปที่ 4.7



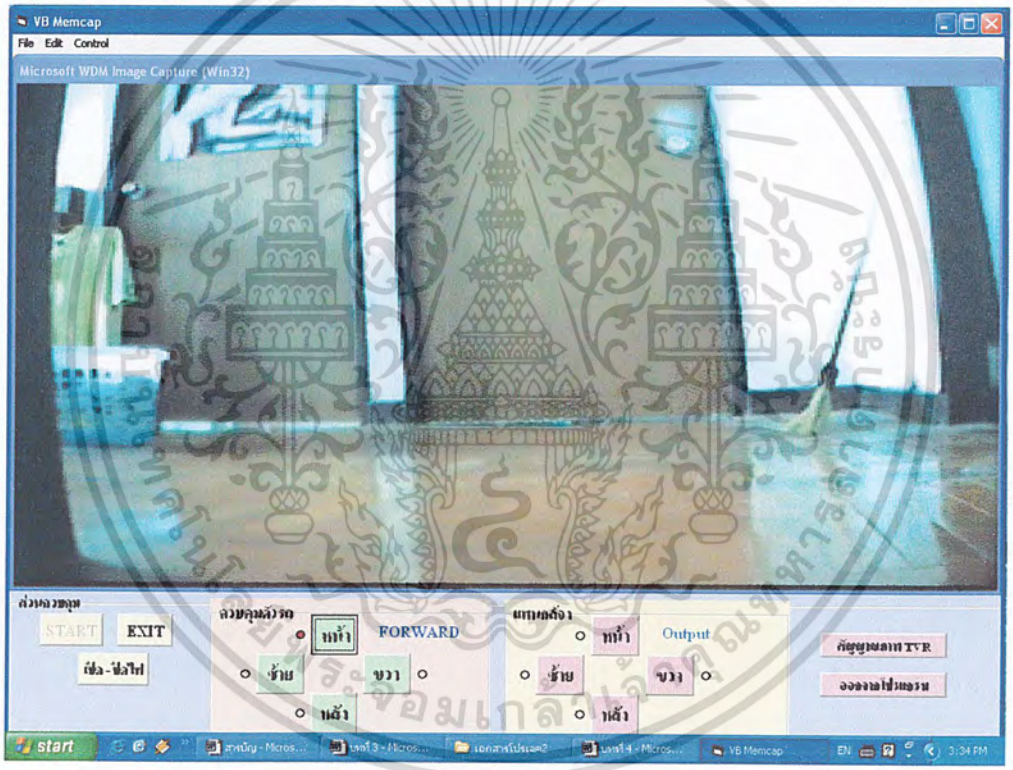
รูปที่ 4.7 แสดงหน้าจอควบคุมรถสำรวจเมื่อดูสัญญาณภาพจากโปรแกรม TVR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้เปิดโปรแกรมรับสัญญาณภาพและคลิกปุ่ม START เพื่อเปิดพอร์ตจะเห็นได้ว่าส่วนควบคุมตัวรถจะเหมือนกัน แต่ในส่วนของสัญญาณภาพนั้น สัญญาณภาพที่รับมาจากโปรแกรม TVR ที่แถมมากับการ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์จะมีความละเอียดมากกว่า สัญญาณภาพที่รับมาจากโปรแกรมวิชวลเบสิกที่เขียนขึ้นเอง

4.3.1 การควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ

หลังจากที่เข้าสู่หน้าจอของการควบคุมการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 4.6 เรียบร้อยแล้ว ก็จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของรถได้ โดยการคลิกที่ปุ่ม หน้า หลัง ซ้าย ขวา บนหน้าจอ เพื่อให้รถทำตามคำสั่ง คือเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา เมื่อสั่งให้มีการทำงานใด จะสังเกตุว่าปุ่มคอนโทรลนั้น ๆจะยุบลงดังรูปที่ 4.8



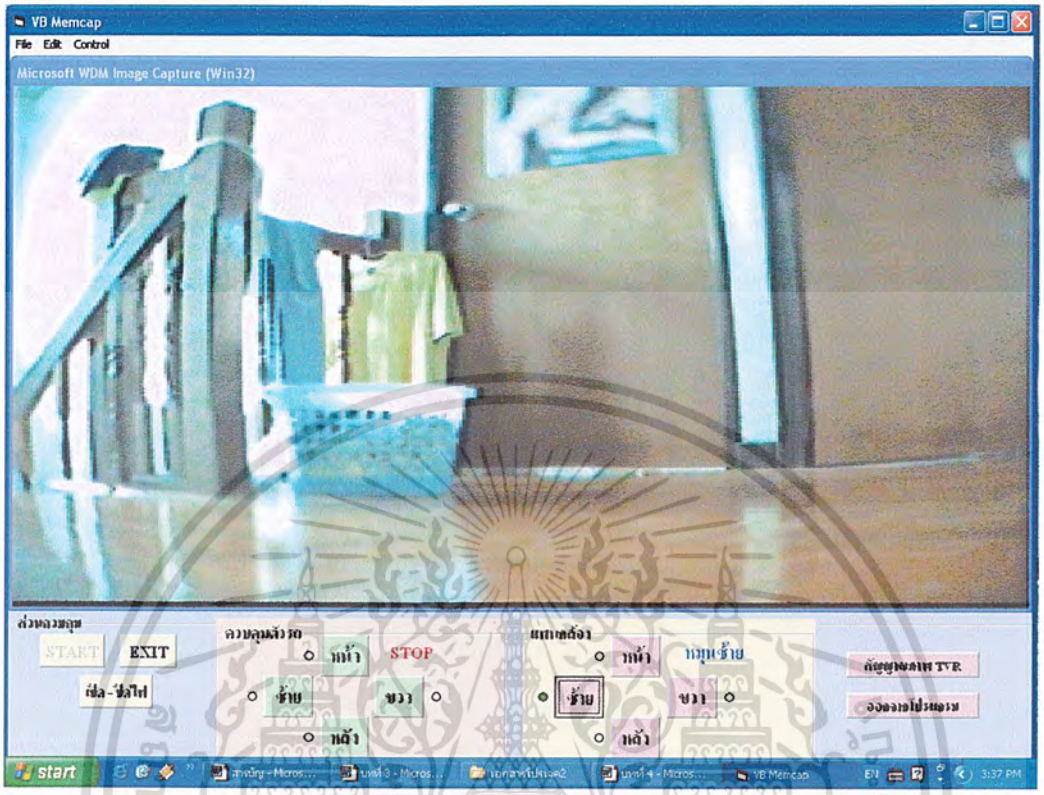
รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอควบคุมการเคลื่อนที่ให้รถเดินหน้า

4.3.2 การควบคุมการแพนกล้อง CCD

การที่โครงงานนี้สามารถแพนกล้องได้เพื่อจุดประสงค์ในการสำรวจพื้นที่ต่าง ๆ ให้มีความสะดวกกว่าการที่จะบังคับตัวรถ โดยการควบคุมทิศทางการหมุนของกล้อง จะใช้โวลล์ลุ่มมอเตอร์ว่าจะให้หมุนซ้าย หมุนขวา หมุนขึ้นหรือหมุนลง ทำให้เราสามารถมองเห็นภาพในตำแหน่งต่างๆ รอบๆ ตัวรถได้ ซึ่งมุมของการสำรวจที่สามารถทำได้ จะมีค่าอยู่ประมาณ 180 องศา โดยคุณสมบัติของโวลล์ลุ่มมอเตอร์จะสามารถหมุนได้แค่ 1 รอบ ถึงแม้ว่าจะมีแรงดันไฟจ่ายอยู่ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าจอแสดงการแพนกล้องดังรูปที่ 4.9

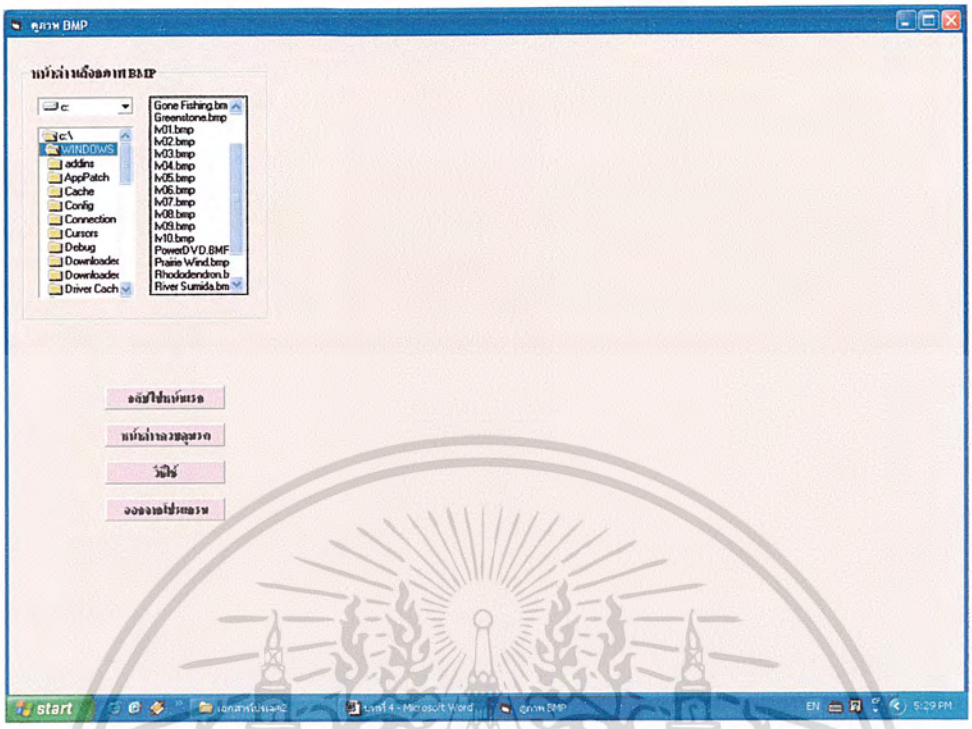


รูปที่ 4.9 แสดงหน้าจอควบคุมการแพนกล้องให้หมุนไปด้านซ้าย

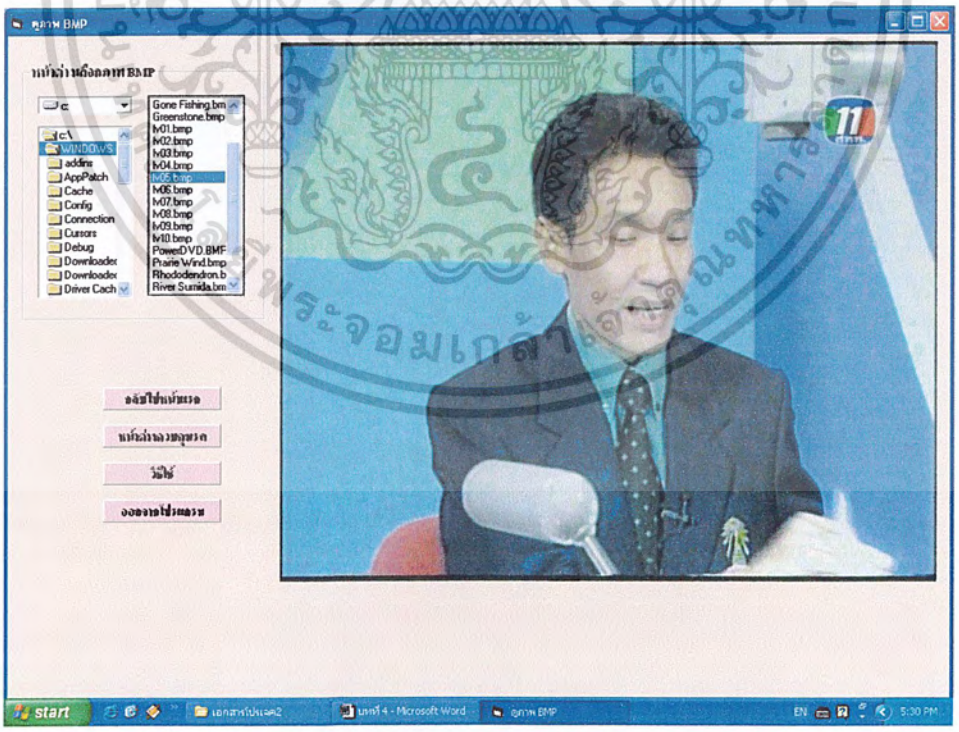
4.3.3 การดูภาพ BMP

โปรแกรม TVR จะสามารถบันทึกภาพเคลื่อนไหวเป็นไฟล์ MPEG และบันทึกภาพนิ่งเป็นไฟล์ BMP ได้ด้วย ซึ่งโครงงานนี้ได้เขียนโปรแกรมวิชวลเบสิกเพื่อดูภาพ BMP ที่ได้บันทึกไว้ ซึ่งเมื่อคลิกปุ่มบันทึกไฟล์ BMP ที่โปรแกรม TVR ตัวโปรแกรมจะบันทึกไฟล์นี้ไว้ที่ C:\WINDOWS ซึ่งถ้าจะดูภาพ BMP ก็ให้คลิกที่ปุ่มหน้าต่างดูภาพ BMP ก็จะแสดงหน้าจอดังรูปที่ 4.10 และเมื่อได้คลิกเลือกภาพ BMP ที่จะดู ภาพก็จะแสดงทางด้านขวาของหน้าจอแดงดังรูปที่ 4.11 ถ้าต้องการดูวิธีการใช้งานของโปรแกรมควบคุมรถสำรวจนี้ ก็ให้คลิกที่ปุ่มวิธีใช้ ซึ่งจะแสดงหน้าจอดังรูปที่ 4.12 ที่ได้อธิบายการใช้งานของโปรแกรมควบคุมรถสำรวจไว้ทั้งหมด ซึ่งเราสามารถที่จะกลับสู่หน้าจอควบคุมเดิมได้อีกโดยคลิกที่ปุ่มหน้าต่างควบคุมรถก็จะแสดงหน้าจอควบคุมรถสำรวจปรากฏขึ้นมาดังเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

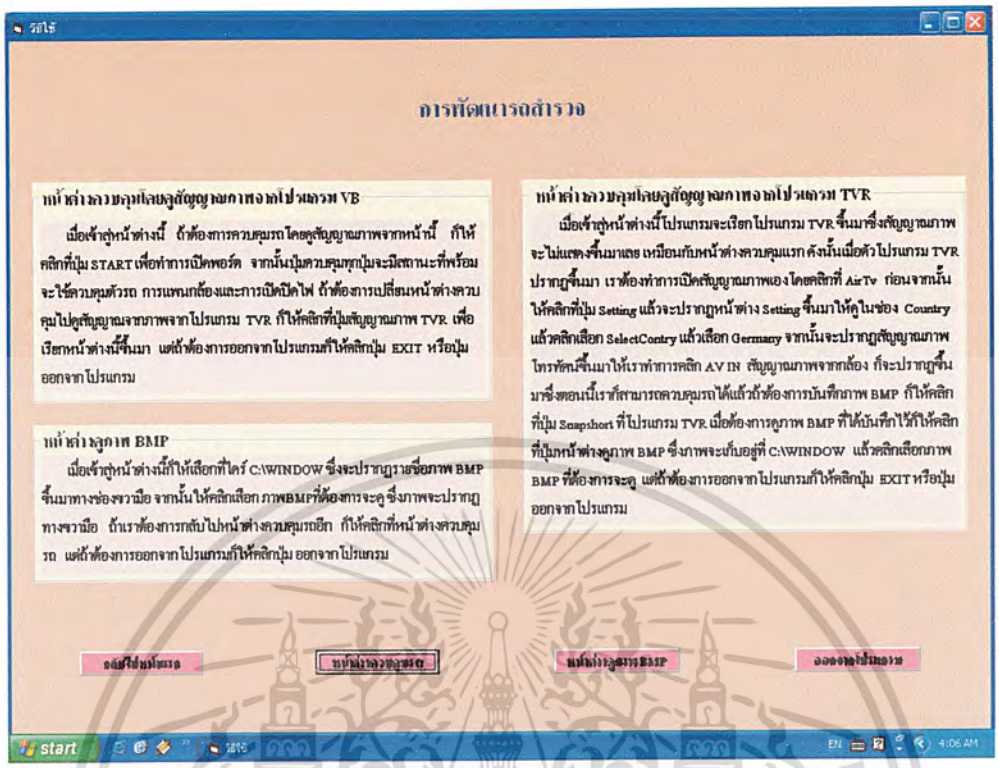


รูปที่ 4.10 แสดงหน้าจอเมื่อคลิกปุ่มหน้าต่างดูภาพ BMP



รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอเมื่อคลิกเลือกภาพ BMP ที่ต้องการดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงหน้าจอวิธีใช้โปรแกรม

4.4 ส่วนประกอบของตัวรถสำรวจ

ในการใช้งานของโครงงานนี้จะต้องมีส่วนประกอบหลายๆส่วนด้วยกันคือส่วนส่งสัญญาณคำสั่งควบคุม ส่วนรับสัญญาณคำสั่งควบคุมเพื่อทำตามคำสั่งนั้นๆ ส่วนส่งสัญญาณภาพและส่วนรับสัญญาณภาพ

ส่วนส่งสัญญาณคำสั่งควบคุม ได้แก่ คอมพิวเตอร์และชุดวงจรส่งสัญญาณ

ส่วนรับสัญญาณคำสั่งควบคุม ได้แก่ ตัวรถสำรวจ

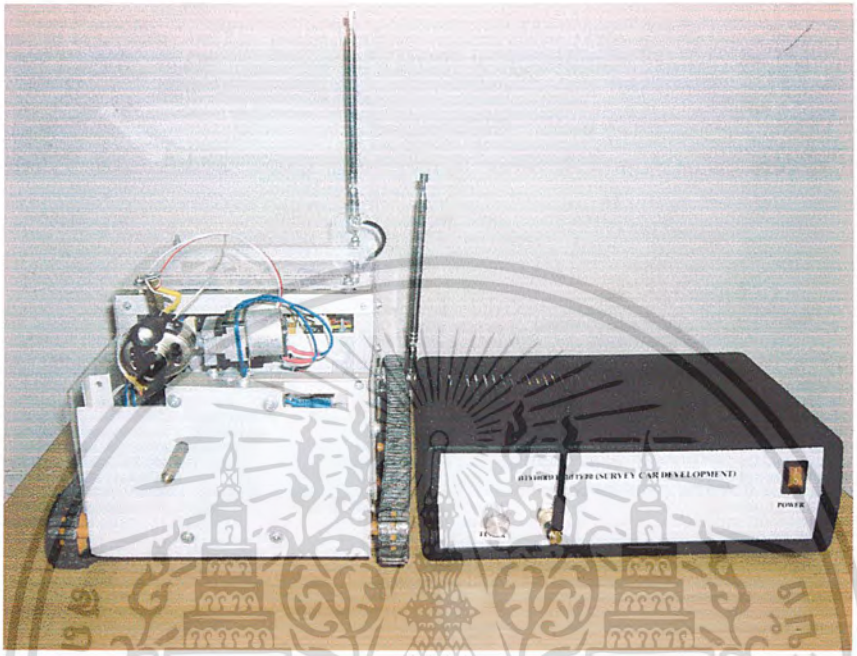
ส่วนส่งสัญญาณภาพ ได้แก่ กล้อง CCD จิ๋ว

ส่วนรับสัญญาณภาพ ได้แก่ ตัวรับสัญญาณภาพและเสียง การ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์และคอมพิวเตอร์

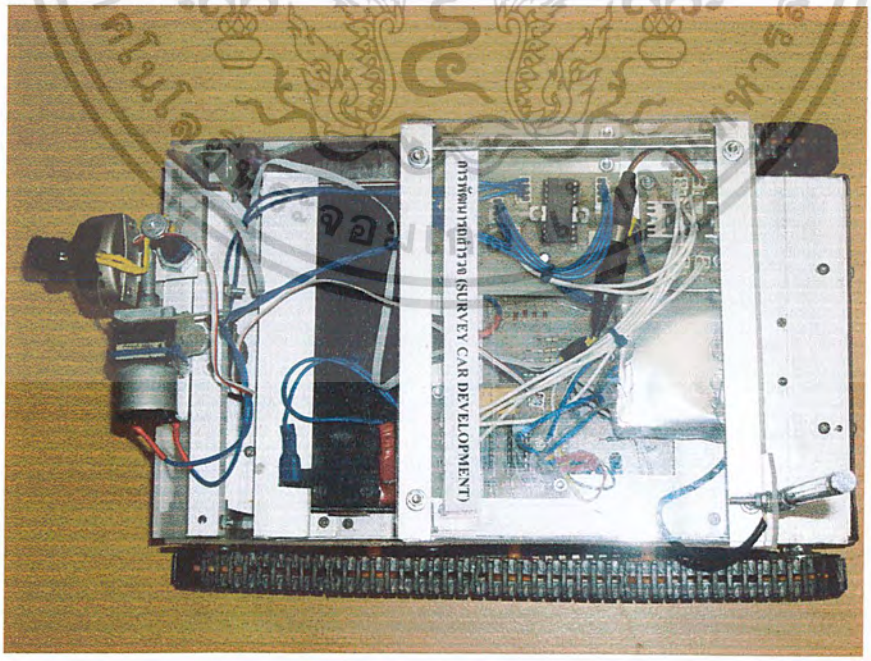
จากการทดลองนำส่วนต่างๆ เหล่านี้มาทำงานร่วมกันเป็นโครงงานตัวรถสำรวจก็ได้ผลการทดลองในด้านต่างๆ เป็นดังนี้ ในด้านกำลังขับของตัวรถเป็นที่น่าพอใจมีกำลังมากเพราะใช้ล้อแบบตีนตะขาบ ส่วนความเร็วของตัวรถจะมีความเร็วคงที่ และมีความเร็วไม่มาก เพื่อที่จะจับภาพในระหว่างการเคลื่อนที่ ในการทดลองจับภาพในขณะที่ตัวรถเคลื่อนที่นั้น ก็เป็นที่น่าพอใจ การแพนกล้องสามารถหมุนได้ประมาณ 180 องศา ส่วนของสัญญาณภาพโครงงานนี้สามารถเลือกโปรแกรมการรับสัญญาณภาพได้ 2 แบบ คือ โปรแกรมที่เขียนจากวิชวลเบสิก และโปรแกรม TVR ที่แถมมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับการ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งจากการทดลองปรากฏว่า ถ้าทำการขยายหน้อจอรับภาพจนเต็ม การรับสัญญาณภาพจากโปรแกรม TVR นั้น จะมีคมชัดของภาพมากกว่า การรับสัญญาณภาพจากโปรแกรมที่เขียนด้วยวิชวลเบสิก



รูปที่ 4.13 ส่วนประกอบของโครงงานรถสำรวจ



รูปที่ 4.14 ด้านบนของตัวรถสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์โครงงาน

5.1 สรุปผล

การทำรถสำรวจติดกล้องวีดีโอควบคุมโดยคอมพิวเตอร์นั้น ต้องใช้ความรู้ในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาโปรแกรมวิชวลเบสิก การศึกษาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องรับส่งวิทยุ การเข้ารหัสสัญญาณและการถอดรหัสรหัสสัญญาณ การมอดดูเลตสัญญาณ การควบคุมมอเตอร์ การควบคุมโวลุ่มมอเตอร์ การควบคุมไฟ หรือการส่งสัญญาณวีดีโอ

จากการที่ได้วางขอบเขตของโครงงานไว้ และได้ทำการทดลองในการใช้งานจริง โดยได้ทดสอบประสิทธิภาพของตัวรถสำรวจ จึงจะพอสรุปผลที่ได้จากการทดลองและขีดความสามารถของตัวโครงงานได้ดังต่อไปนี้

จากผลการทดลองสามารถทำงานได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ คือ สามารถจะควบคุมรถโดยสั่งงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ให้รถไปหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาได้ สามารถควบคุมการแพนกล้องให้ขึ้น-ลง- ซ้าย- ขวาได้ ควบคุมการเปิดปิดไฟได้ระยะควบคุมประมาณ 20 เมตร และสามารถส่งสัญญาณภาพจากตัวรถกลับมายังคอมพิวเตอร์ได้ ระยะส่งประมาณ 20 เมตร โดยกำลังขับของตัวรถอยู่ในระดับที่ดีมาก ความเร็วในการขับเคลื่อนคงที่เนื่องจากจุดประสงค์ของรถสำรวจไม่ต้องการความเร็วในการขับเคลื่อนมากนัก ในส่วนโปรแกรมควบคุมสามารถสามารถรับสัญญาณภาพได้ในระดับที่น่าพอใจ สามารถบันทึกภาพเป็นภาพเคลื่อนไหวในรูปแบบ MPEG ได้และสามารถบันทึกภาพเป็นภาพนิ่งแบบ BMPได้ด้วย

5.2 ปัญหา

1. ระยะการทำงานของตัวรถสำรวจนั้นจะมีข้อจำกัด เพราะปัญหาที่เกิดขึ้นกับส่วนวงจรรับส่งคลื่นเนื่องจากมีการรบกวนของคลื่นอื่น ๆ และตัวสายอากาศต้องได้ขนาดจริง ๆ ถึงจะทำให้ระยะรับส่งได้ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ คือ 20 เมตร

2. ระยะการส่งสัญญาณภาพมีระยะจำกัดอยู่ที่ประมาณ 20 เมตร

3. การทำงานยังเป็นการควบคุมด้วยคน ยังไม่สามารถทำงานโดยอัตโนมัติได้

4. การรับสัญญาณเสียงนั้น ยังมีสัญญาณรบกวนอยู่บ้าง

ส่วนปัญหาที่เกิดขึ้นกับส่วนวงจรรับส่งคลื่นนั้น เนื่องจากมีการรบกวนของคลื่นอื่น ๆ และตัวสายอากาศต้องได้ขนาดจริง ๆ ถึงจะทำให้ระยะรับส่งได้ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ คือ 20 เมตร

5. โครงสร้างของตัวรถเตี้ยเกินไป ทำให้บางครั้งไม่สามารถขับเคลื่อนต่อไปได้เนื่องจากมีสิ่งกีดขวางอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มกำลังส่งของเครื่องส่งสัญญาณวิทยุให้แรงขึ้นเพื่อ เพิ่มระยะในการควบคุม

2. เปลี่ยนอุปกรณ์รับส่งสัญญาณภาพที่มีระยะการรับส่งได้มากกว่านี้

3. ควรปรับปรุงให้ตัวรถสำรวจ สามารถทำงานแบบอัตโนมัติได้ อาทิเช่น มีการตรวจสอบระยะการเคลื่อนที่ เพื่อให้สามารถจดจำเส้นทางนั้น และนำกลับมาใช้ในโหมดการเดินตามเส้นทางอัตโนมัติได้ ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

4. พัฒนาให้การรับส่งสัญญาณเสียงเป็นแบบสเตอริโอและมีความชัดเจนของสัญญาณเสียงมากกว่านี้

5. ควรออกแบบตัวโครงสร้างของรถสำรวจหลาย ๆ แบบ จนได้แบบที่คิดว่าขับเคลื่อนได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

(1) ฉัททวุฒิ พืชผล, พิชิต สันติกุลานนท์ คู่มือเรียน Visual Basic 6, กรุงเทพ ฯ :โปรวิชั่น 2542

(2) อรรถพล บุญยะโภคา, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม ฉบับปรับปรุงครั้งที่2 บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

(3) อภิชาติ ภู่พลับ บรรณาธิการ สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic, สนุกกับการประยุกต์ใช้ Visual Basic. นนทบุรี: อินโฟเพรส, 2546

(4) เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 Flash Microcontroller บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

(5) สมยศ จุณณะปิยะ Microcontroller Applications MCS-51 ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(6) มานพ สุขวงษ์ศิลป์, อนิรุจน์ ว่องพงศาวิวัฒน์ ยูเอชเอฟรีโมทคอนโทรล (UHF REMOTE CONTROL). ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2536 ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

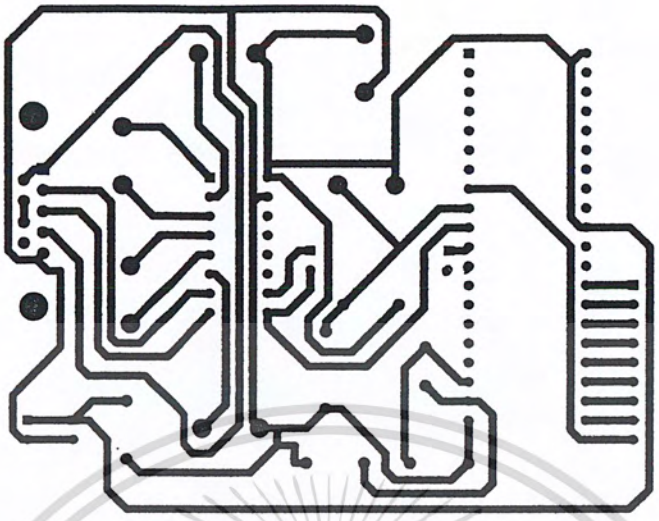
โปรแกรมการทำงานของ MCS-51

โปรแกรมการทำงานของวิชวลเบสิก

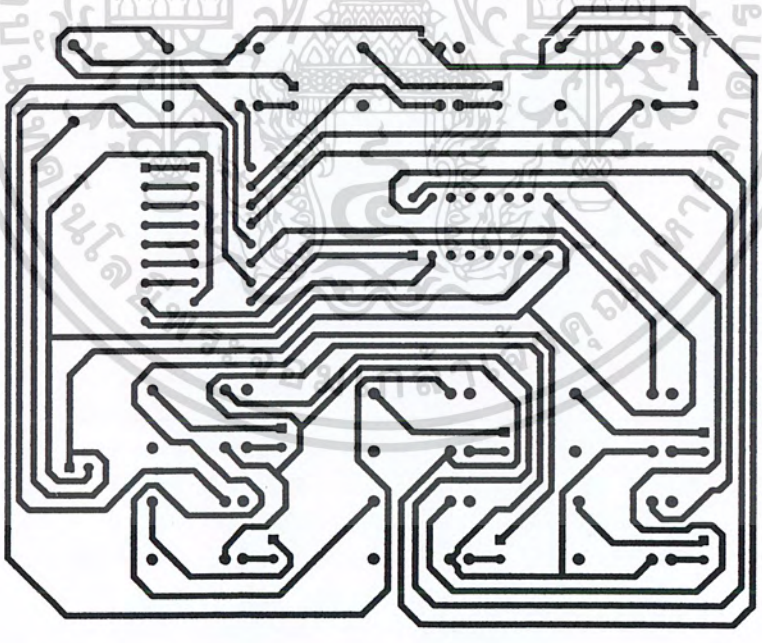
ลายวงจรพิมพ์ของวงจรในโครงงาน

DATA SHEET ของอุปกรณ์ที่สำคัญในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

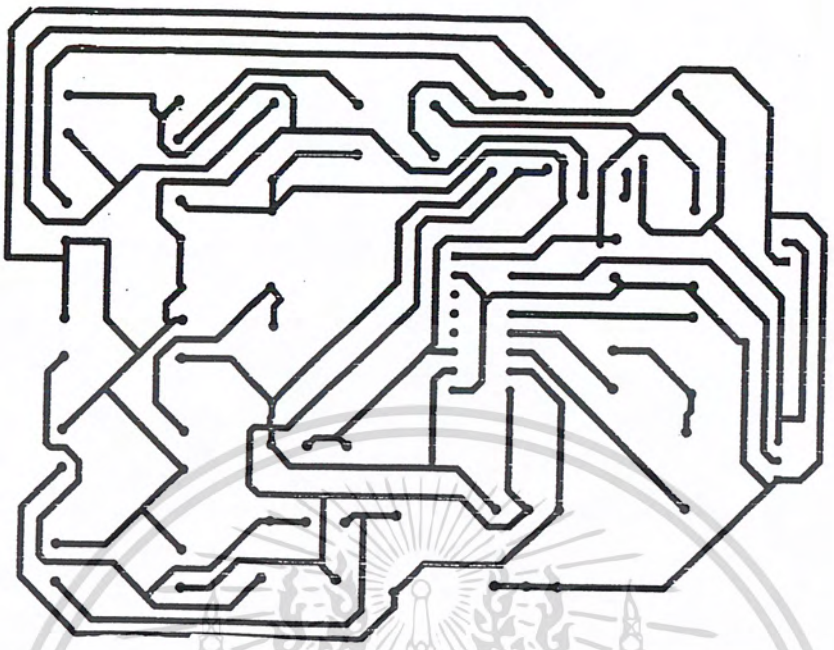


รูปที่ 1 ลายวงจรพิมพ์วงจร MCS-51

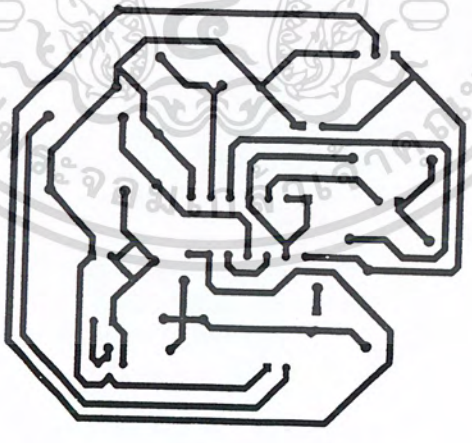


รูปที่ 2 ลายวงจรพิมพ์วงจรขับรีเลย์ของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

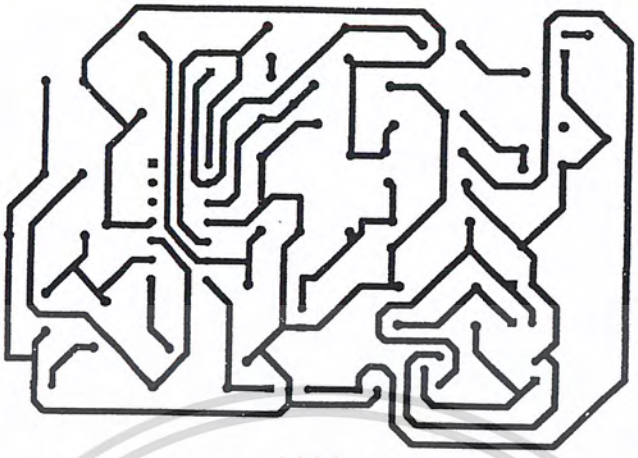


รูปที่ 3 ลายวงจรพิมพ์วงจรเข้ารหัส

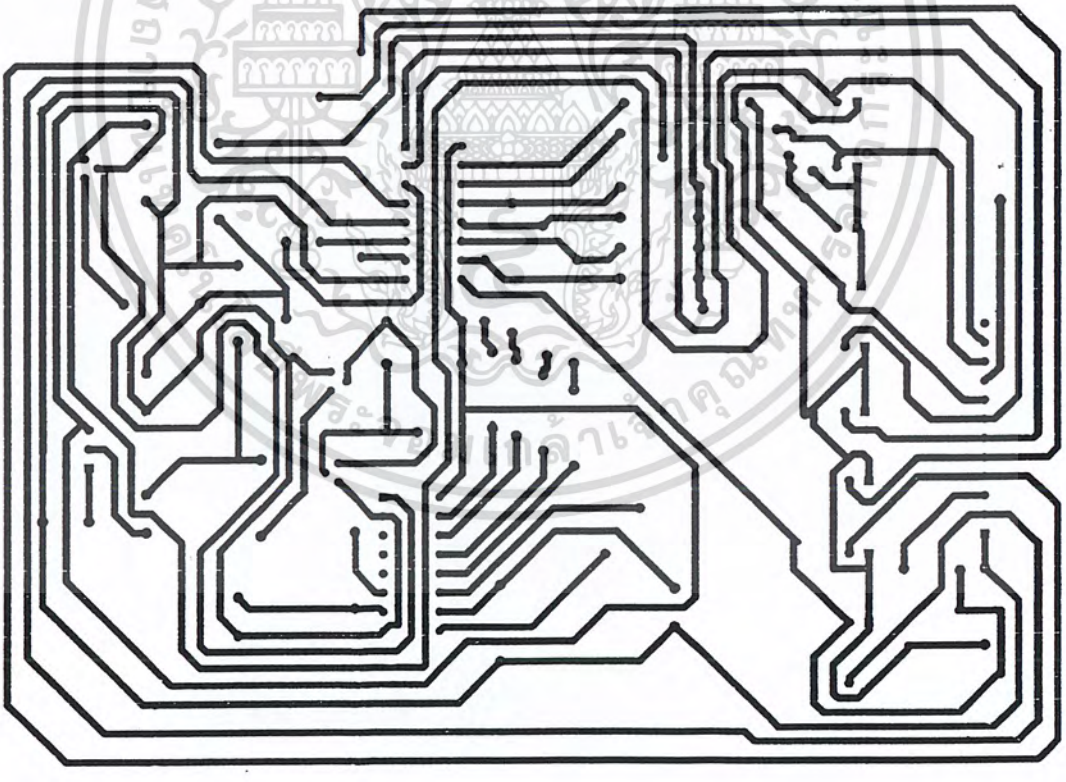


รูปที่ 4 ลายวงจรพิมพ์วงจรภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

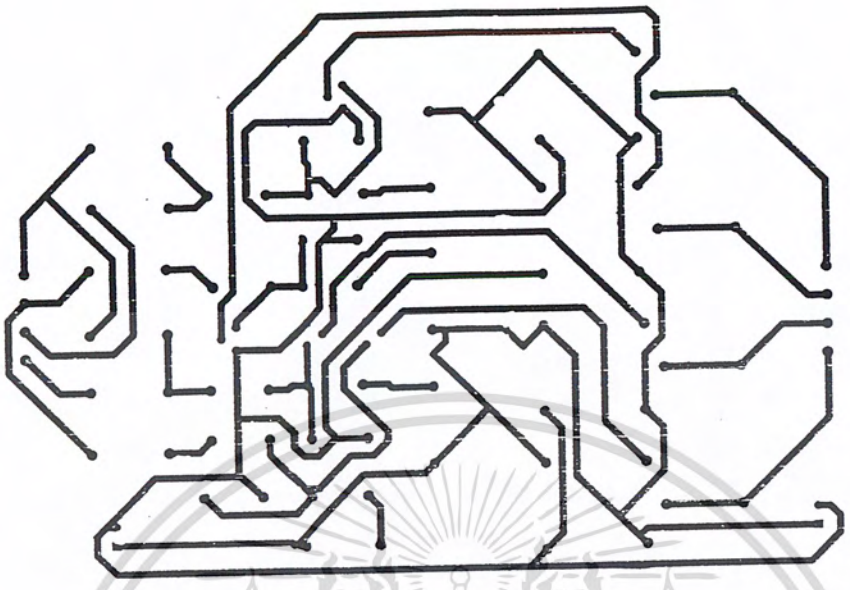


รูปที่ 5 ลายวงจรพิมพ์วงจรภาครับ

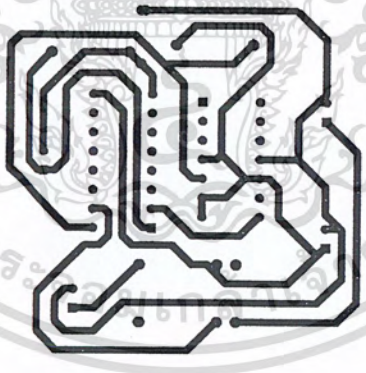


รูปที่ 6 ลายวงจรพิมพ์วงจรถอดรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 ลายวงจรพิมพ์วงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 8 ลายวงจรพิมพ์วงจรเปิด-ปิดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่เบิร์นลงในไมโครคอนโทรลเลอร์

```
ORG 0000H

FORWARD    EQU 31H
BACKWARD   EQU 34H
STOP       EQU 35H
LEFT       EQU 32H
RIGHT      EQU 33H
UP         EQU 36H
DOWN       EQU 39H
TLEFT      EQU 37H
TRIGHT     EQU 38H
LIMP       EQU 41H

MOV PCON,#00H
MOV SCON,#50H
MOV TMOD,#20H
MOV TH1,#0FDH
MOV P0,#00H
MOV P1,#00H
MOV P2,#00H

SETB TR1
WAIT:JNB RI,WAIT
LOOP:CLR RI
MOV A,SBUF

START:CJNE A,#FORWARD,NEXT1
MOV P2,#80H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL DELAY5
JNB RI,START
JMP LOOP

NEXT1:CJNE A,#BACKWARD,NEXT2
MOV P2,#40H
CALL DELAY5
JNB RI,NEXT1
JMP LOOP

NEXT2:CJNE A,#STOP,NEXT3
MOV P2,#00H
MOV P1,#00H
CALL DELAY5
JMP LOOP

NEXT3:CJNE A,#LEFT,NEXT4
MOV P2,#20H
CALL DELAY5
JNB RI,NEXT3
JMP LOOP

NEXT4:CJNE A,#RIGHT,NEXT5
MOV P2,#10H
CALL DELAY5
JNB RI,NEXT4
JMP LOOP

NEXT5:CJNE A,#UP,NEXT6
MOV P2,#08H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL DELAY5
JNB RI,NEXT5
JMP LOOP

NEXT6:CJNE A,#DOWN,NEXT7
MOV P2,#04H
CALL DELAY5
JNB RI,NEXT6
JMP LOOP

NEXT7:CJNE A,#TLEFT,NEXT8
MOV P2,#02H
CALL DELAY5
JNB RI,NEXT7
JMP LOOP

NEXT8:CJNE A,#TRIGHT,NEXT9
MOV P2,#01H
CALL DELAY5
JNB RI,NEXT8
JMP LOOP

NEXT9:CJNE A,#LIMP,NEXT10
MOV P1,#80H
CALL DELAY5
JNB RI,NEXT9
JMP LOOP

NEXT10:CLR RI
JMP WAIT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY5:MOV R1,#00H
DEL25:MOV R0,#00H
DEL15:DJNZ R0,DEL15
DJNZ R1,DEL25
RET

END
```

โปรแกรมสำหรับวิชวลเบสิก

โปรแกรมสำหรับฟอร์ม 1

```
Private Sub Form_Click()
frmMain.Show
Form1.Hide
End Sub
```

โปรแกรมของฟอร์ม frmMain

```
Option Explicit
Private Sub Form_Load()
Dim lpszName As String * 100
Dim lpszVer As String * 100
Dim Caps As CAPDRIVERCAPS

'----- Create Capture Window ----- '
    capGetDriverDescriptionA 0, lpszName, 100, lpszVer, 100  '// Retrieves driver info
    lwndC = capCreateCaptureWindowA(lpszName, WS_CAPTION Or
     WS_THICKFRAME Or WS_VISIBLE Or  WS_CHILD, 0, 0, 160, 120, Me.hwnd, 0)

'----- Set title of window to name of driver -----'
    SetWindowText lwndC, lpszName
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'----- Set the video stream callback function -----'
        capSetCallbackOnStatus lwndC, AddressOf MyStatusCallback
        capSetCallbackOnError lwndC, AddressOf MyErrorCallback

'----- Connect the capture window to the driver -----'
        If capDriverConnect(lwndC, 0) Then

'----- Only do the following if the connect was successful. -----'
'----- if it fails, the error will be reported in the call -----'
'----- back function. -----'
'----- Get the capabilities of the capture driver -----'
        capDriverGetCaps lwndC, VarPtr(Caps), Len(Caps)

'----- If the capture driver does not support a dialog, grey it out -----'
'----- in the menu bar. -----'
        If Caps.fHasDlgVideoSource = 0 Then mnuSource.Enabled = False
        f Caps.fHasDlgVideoFormat = 0 Then mnuFormat.Enabled = False
        If Caps.fHasDlgVideoDisplay = 0 Then mnuDisplay.Enabled = False

'----- Turn Scale on -----'
        capPreviewScale lwndC, True

'----- Set the preview rate in milliseconds -----'
        capPreviewRate lwndC, 66

'----- Start previewing the image from the camera -----'
        capPreview lwndC, True

'----- Resize the capture window to show the whole image -----'
        ResizeCaptureWindow lwndC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End If
        End Sub

'----- Disable all callbacks -----'
        Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
        capSetCallbackOnError lwndC, vbNull
        capSetCallbackOnStatus lwndC, vbNull
        capSetCallbackOnYield lwndC, vbNull
        capSetCallbackOnFrame lwndC, vbNull
        capSetCallbackOnVideoStream lwndC, vbNull
        capSetCallbackOnWaveStream lwndC, vbNull
         capSetCallbackOnCapControl lwndC, vbNull
        End Sub

'----- Setup swap file for capture -----'
        Private Sub mnuAllocate_Click()
        Dim sFile As String * 250
        Dim lSize As Long
        lSize = 1000000
        sFile = "C:\TEMP.AVI"
        capFileSetCaptureFile lwndC, sFile
        capFileAlloc lwndC, lSize
        End Sub
        Private Sub mnuAlwaysVisible_Click()
        mnuAlwaysVisible.Checked = Not (mnuAlwaysVisible.Checked)
        If mnuAlwaysVisible.Checked Then
        SetWindowPos Me.hwnd, HWND_TOPMOST, 0, 0, 0, 0, SWP_NOSIZE Or
        SWP_NOMOVE
        Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SetWindowPos Me.hwnd, HWND_NOTOPMOST, 0, 0, 0, 0, SWP_NOSIZE Or
        SWP_NOMOVE
        End If
        End Sub

'----- Display the Compression dialog when "Compression" is selected from -----'
'----- the menu bar. -----'
        Private Sub mnuCompression_Click()
        capDlgVideoCompression lwndC
        End Sub
        Private Sub mnuCopy_Click()
        capEditCopy lwndC
        End Sub

'----- Display the Video Display dialog when "Display" is selected from -----'
'----- the menu bar. -----'
        Private Sub mnuDisplay_Click()
        capDlgVideoDisplay lwndC
        End Sub
        Private Sub mnuExit_Click()
        Unload Me
        End Sub

'----- Display the Video Format dialog when "Format" is selected from the -----'
'----- menu bar. -----'
        Private Sub mnuFormat_Click()
        capDlgVideoFormat lwndC
        ResizeCaptureWindow lwndC
        End Sub
        Private Sub mnuPreview_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
frmMain.StatusBar.SimpleText = vbNullString
mnuPreview.Checked = Not (mnuPreview.Checked)
capPreview lwndC, mnuPreview.Checked
End Sub

Private Sub mnuScale_Click()
 mnuScale.Checked = Not (mnuScale.Checked)
 capPreviewScale lwndC, mnuScale.Checked
 If mnuScale.Checked Then
 SetWindowLong lwndC, GWL_STYLE, WS_THICKFRAME Or WS_CAPTION Or
WS_VISIBLE Or WS_CHILD
Else
        SetWindowLong lwndC, GWL_STYLE, WS_BORDER Or WS_CAPTION Or
WS_VISIBLE Or WS_CHILD
End If
ResizeCaptureWindow lwndC
End Sub

Private Sub mnuSelect_Click()
frmSelect.Show vbModal, Me
End Sub

'----- Display the Video Source dialog when "Source" is selected from the -----'
'----- menu bar. -----'
Private Sub mnuSource_Click()
capDlgVideoSource lwndC
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'----- If Start is selected from the menu, start Streaming capture. -----'
'----- The streaming capture is terminated when the Escape key is pressed -----'
        Private Sub mnuStart_Click()
        Dim sFileName As String
        Dim CAP_PARAMS As CAPTUREPARMS
        capCaptureGetSetup lwndC, VarPtr(CAP_PARAMS), Len(CAP_PARAMS)
        CAP_PARAMS.dwRequestMicroSecPerFrame = (1 * (10 ^ 6)) / 30  ' 30 Frames per
        second
        CAP_PARAMS.fMakeUserHitOKToCapture = True
        CAP_PARAMS.fCaptureAudio = False
        capCaptureSetSetup lwndC, VarPtr(CAP_PARAMS), Len(CAP_PARAMS)
        sFileName = "C:\myvideo.avi"
        capCaptureSequence lwndC  ' Start Capturing!
         capFileSaveAs lwndC, sFileName  ' Copy video from swap file into a real file.
        End Sub

        Private Sub StatusBar1_PanelClick(ByVal Panel As ComctlLib.Panel)
        End Sub

'----- CONTROL CAR -----'
        Private Sub cmdexit_Click()
        Unload Me
        End Sub

        Private Sub cmdlamp_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y
        As Single)
        MSComm3.Output = "A"
        End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub cmdlamp_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
End Sub

Private Sub Command7_Click()
Form2.Show
frmMain.Hide
Unload Me
Shell "C:\Program Files\LifeView TVR\TVR.exe", vbMaximizedFocus
End Sub

Private Sub Start_Click()
MSComm3.Settings = "9600,n,8,1"
MSComm3.CommPort = 1
MSComm3.PortOpen = True
Start.Enabled = False
step1.Enabled = True
step2.Enabled = True
step3.Enabled = True
step4.Enabled = True
step5.Enabled = True
step6.Enabled = True
step7.Enabled = True
step8.Enabled = True
cmdlamp.Enabled = True
cmdexit.Enabled = True
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Step1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "1"
Shape2.FillStyle = 0
Label1.Caption = "FORWARD"
Label1.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step1_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label1.Caption = "STOP"
Label1.ForeColor = &HFF&
Shape2.FillStyle = 1
End Sub

Private Sub step3_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "2"
Shape1.FillStyle = 0
Label1.Caption = "LEFT"
Label1.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step3_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label1.Caption = "STOP"
Shape1.FillStyle = 1
Label1.ForeColor = &HFF&
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub step4_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "3"
Shape3.FillStyle = 0
Label1.Caption = "RIGHT"
Label1.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step4_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label1.Caption = "STOP"
Shape3.FillStyle = 1
Label1.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step2_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "4"
 Shape4.FillStyle = 0
Label1.Caption = "BACK"
Label1.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step2_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label1.Caption = "STOP"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Shape4.FillStyle = 1
Label1.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step5_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "6"
Shape5.FillStyle = 0
Label2.Caption = "แพนลง"
Label2.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step5_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label2.Caption = "หยุด"
Shape5.FillStyle = 1
Label2.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step6_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "9"
Shape8.FillStyle = 0
Label2.Caption = "แพนขึ้น"
Label2.ForeColor = &HFF0000
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub step6_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label2.Caption = "หยุด"
Shape8.FillStyle = 1
Label2.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step7_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "7"
 Shape6.FillStyle = 0
Label2.Caption = "แพนซ้าย"
Label2.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step7_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label2.Caption = "หยุด"
Shape6.FillStyle = 1
Label2.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step8_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "8"
Shape7.FillStyle = 0
Label2.Caption = "แพนขวา"
Label2.ForeColor = &HFF0000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub step8_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label2.Caption = "หยุด"
Shape7.FillStyle = 1
Label2.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub Command9_Click()
Unload Me
End Sub
```

โปรแกรมสำหรับฟอร์ม 2

```
Private Sub cmdexit_Click()
Unload Me
End Sub

Private Sub cmdlamp_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y
As Single)
MSComm3.Output = "A"
End Sub

Private Sub cmdlamp_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
End Sub

Private Sub Command7_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Form2.Show
frmMain.Hide
Unload Me
Shell "C:\Program Files\LifeView TVR\TVR.exe", vbMaximizedFocus
End Sub

Private Sub Start_Click()
MSComm3.Settings = "9600,n,8,1"
MSComm3.CommPort = 1
MSComm3.PortOpen = True
Start.Enabled = False
step1.Enabled = True
step2.Enabled = True
step3.Enabled = True
step4.Enabled = True
step5.Enabled = True
step6.Enabled = True
step7.Enabled = True
step8.Enabled = True
cmdlamp.Enabled = True
cmdexit.Enabled = True
End Sub

Private Sub Step1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "1"
Shape2.FillStyle = 0
Label1.Caption = "FORWARD"
Label1.ForeColor = &HFF0000
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub step1_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label1.Caption = "STOP"
Label1.ForeColor = &HFF&
Shape2.FillStyle = 1
End Sub

Private Sub step3_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "2"
Shape1.FillStyle = 0
Label1.Caption = "LEFT"
Label1.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step3_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label1.Caption = "STOP"
Shape1.FillStyle = 1
Label1.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step4_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "3"
Shape3.FillStyle = 0
Label1.Caption = "RIGHT"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Label1.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step4_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label1.Caption = "STOP"
Shape3.FillStyle = 1
Label1.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step2_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "4"
 Shape4.FillStyle = 0
Label1.Caption = "BACK"
Label1.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step2_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label1.Caption = "STOP"
Shape4.FillStyle = 1
Label1.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step5_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "6"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Shape5.FillStyle = 0
Label2.Caption = "แพนลง"
Label2.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step5_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label2.Caption = "หยุด"
Shape5.FillStyle = 1
Label2.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step6_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "9"
Shape8.FillStyle = 0
Label2.Caption = "แพนขึ้น"
Label2.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step6_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label2.Caption = "หยุด"
Shape8.FillStyle = 1
Label2.ForeColor = &HFF&
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub step7_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "7"
 Shape6.FillStyle = 0
Label2.Caption = "แพนซ้าย"
Label2.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step7_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label2.Caption = "หยุด"
Shape6.FillStyle = 1
Label2.ForeColor = &HFF&
End Sub

Private Sub step8_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "8"
Shape7.FillStyle = 0
Label2.Caption = "แพนขวา"
Label2.ForeColor = &HFF0000
End Sub

Private Sub step8_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As
Single)
MSComm3.Output = "5"
Label2.Caption = "หยุด"
Shape7.FillStyle = 1
Label2.ForeColor = &HFF&
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Command9_Click()
Unload Me
End Sub
```

โปรแกรมสำหรับฟอร์ม 3

```
Private Sub Command2_Click()
Form5.Show
Form3.Hide
End Sub

Private Sub Command3_Click()
orm2.Show
Form3.Hide
End Sub

Private Sub Command4_Click()
Form4.Show
Form3.Hide
End Sub

Private Sub Command5_Click()
End
End Sub

Private Sub Dir1_Change()
File1.Path = Dir1.Path
End Sub
Private Sub Drive1_Change()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dir1.Path = Drive1.Drive
End Sub

Private Sub File1_Click()
Set Image1.Picture = LoadPicture(Dir1.Path & "\" & File1.FileName)
End Sub

Private Sub Form_Load()
File1.Pattern = "*.bmp"
End Sub
```

โปรแกรมสำหรับฟอร์ม 4

```
Private Sub Command1_Click()
Form5.Show
Form4.Hide
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Form2.Show
Form4.Hide
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Form3.Show
Form4.Hide
End Sub

Private Sub Command4_Click()
End
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสำหรับฟอร์ม frmselect

```
Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
End Sub

Private Sub cmdCancel_Click()
Unload Me
End Sub

Private Sub cmdSelect_Click()
Dim sTitle As String
Dim Caps As CAPDRIVERCAPS
If cmboSource.ListIndex <> -1 Then

'----- Connect the capture window to the driver -----'
If capDriverConnect(lwndC, cmboSource.ListIndex) Then

'----- Get the capabilities of the capture driver -----'
capDriverGetCaps lwndC, VarPtr(Caps), Len(Caps)

'----- If the capture driver does not support a dialog, grey it out -----'
'----- in the menu bar. -----'
frmMain.mnuSource.Enabled = Caps.fHasDlgVideoSource
frmMain.mnuFormat.Enabled = Caps.fHasDlgVideoForma
frmMain.mnuDisplay.Enabled = Caps.fHasDlgVideoDisplay
sTitle = cmboSource.Text
SetWindowText lwndC, sTitle
ResizeCaptureWindow lwndC
End If
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()
Dim lpszName As String * 100
Dim lpszVer As String * 100
Dim x As Integer
Dim lResult As Long
Dim Caps As CAPDRIVERCAPS

'----- Get a list of all the installed drivers -----'
x = 0
Do
lResult = capGetDriverDescriptionA(x, lpszName, 100, lpszVer, 100)

'----- Retrieves   driver info -----'
If lResult Then
cmboSource.AddItem lpszName
x = x + 1
End If
Loop Until lResult = False

'----- Get the capabilities of the current capture driver -----'
lResult = capDriverGetCaps(lwndC, VarPtr(Caps), Len(Caps))

'----- Select the driver that is currently being used -----'
If lResult Then cmboSource.ListIndex = Caps.wDeviceIndex
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสำหรับฟอร์ม 5

```
Private Sub Form_Click()
Form2.Show
Form5.Hide
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Encoder and Decoder Pairs
CMOS

MC145026
MC145027
MC145028

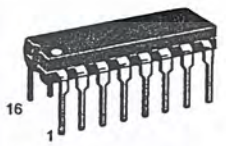
These devices are designed to be used as encoder/decoder pairs in remote control applications.

The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable ($\overline{TE}$) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

The MC145027 decoder receives the serial stream and interprets five of the trinary digits as an address code. Thus, 243 addresses are possible. If binary data is used at the encoder, 32 addresses are possible. The remaining serial information is interpreted as four bits of binary data. The valid transmission (VT) output goes high on the MC145027 when two conditions are met. First, two addresses must be consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address. Second, the 4 bits of data must match the last valid data received. The active VT indicates that the information at the Data output pins has been updated.

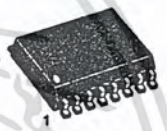
The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The VT output goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

- Operating Temperature Range: – 40 to + 85°C
- Very–Low Standby Current for the Encoder: 300 nA Maximum @ 25°C
- Interfaces with RF, Ultrasonic, or Infrared Modulators and Demodulators
- RC Oscillator, No Crystal Required
- High External Component Tolerance; Can Use ± 5% Components
- Internal Power–On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- Operating Voltage Range: MC145026 = 2.5 to 18 V*
  MC145027, MC145028 = 4.5 to 18 V
- For Infrared Applications, See Application Note AN1016/D



P SUFFIX
PLASTIC DIP
CASE 648

D SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751B



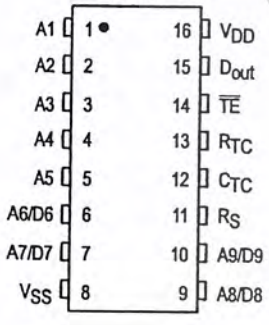
DW SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

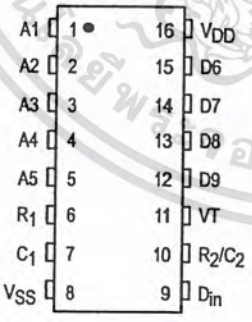
MC145026P	Plastic DIP
MC145026D	SOG Package
MC145027P	Plastic DIP
MC145027DW	SOG Package
MC145028P	Plastic DIP
MC145028DW	SOG Package

PIN ASSIGNMENTS

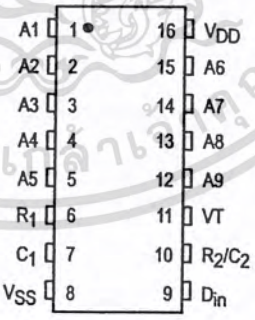
MC145026
ENCODER



MC145027
DECODERS



MC145028
DECODERS



REV 3
1/98

© Motorola, Inc. 1998

MOTOROLA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

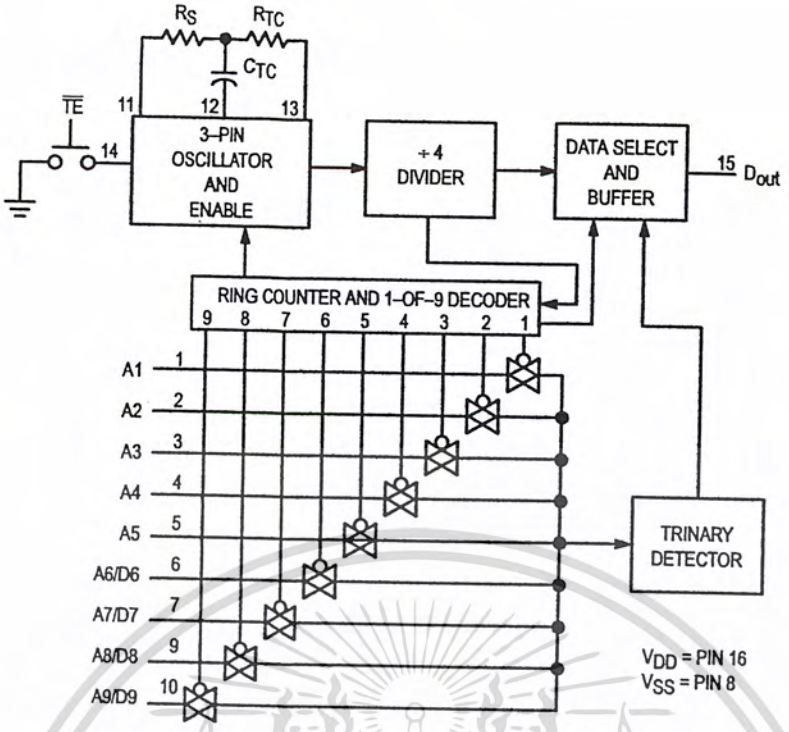


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

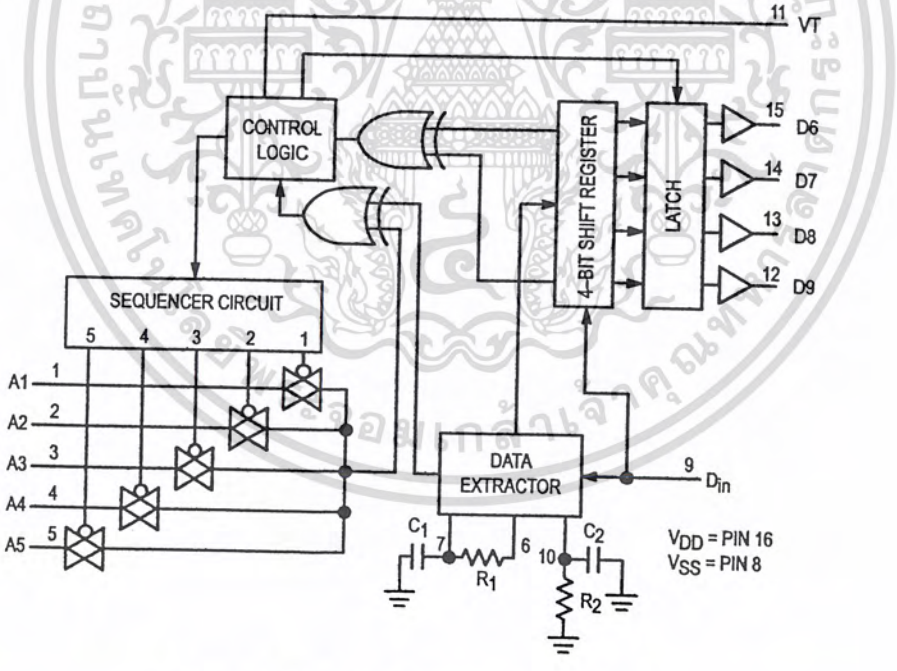


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชนด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

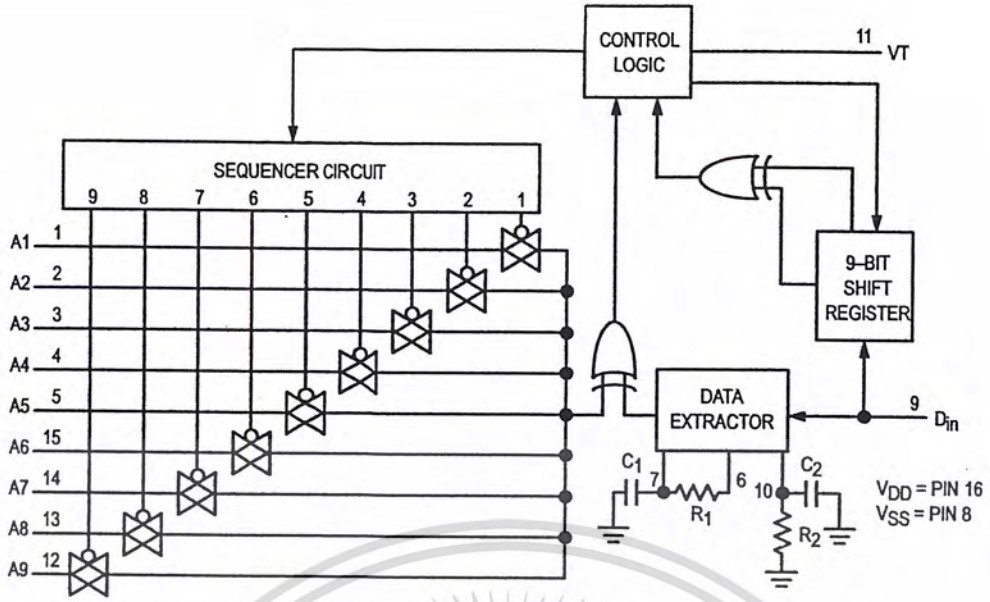


Figure 3. MC145028 Decoder Block Diagram

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Rating	Symbol	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage (except SC41343, SC41344)	– 0.5 to + 18	V
V_{DD}	DC Supply Voltage (SC41343, SC41344 only)	– 0.5 to + 10	V
V_{in}	DC Input Voltage	– 0.5 to V_{DD} + 0.5	V
V_{out}	DC Output Voltage	– 0.5 to V_{DD} + 0.5	V
I_{in}	DC Input Current, per Pin	± 10	mA
I_{out}	DC Output Current, per Pin	± 10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	– 65 to + 150	°C
T_L	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the limits in the Electrical Characteristics tables or Pin Descriptions section.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high–impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \le (V_{in}$ or $V_{out}) \le V_{DD}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATING CHARACTERISTICS

MC145026

The encoder serially transmits trinary data as defined by the state of the A1 – A5 and A6/D6 – A9/D9 input pins. These pins may be in either of three states (low, high, or open) allowing 19,683 possible codes. The transmit sequence is initiated by a low level on the $\overline{TE}$ input pin. Upon power–up, the MC145026 can continuously transmit as long as $\overline{TE}$ remains low (also, the device can transmit two–word sequences by pulsing $\overline{TE}$ low). However, no MC145026 application should be designed to rely upon the first data word transmitted immediately after power–up because this word may be invalid. Between the two data words, no signal is sent for three data periods (see Figure 10).

Each transmitted trinary digit is encoded into pulses (see Figure 11). A logic 0 (low) is encoded as two consecutive short pulses, a logic 1 (high) as two consecutive long pulses, and an open (high impedance) as a long pulse followed by a short pulse. The input state is determined by using a weak "output" device to try to force each input high then low. If only a high state results from the two tests, the input is assumed to be hardwired to V_{DD}. If only a low state is obtained, the input is assumed to be hardwired to V_{SS}. If both a high and a low can be forced at an input, an open is assumed and is encoded as such. The "high" and "low" levels are 70% and 30% of the supply voltage as shown in the Electrical Characteristics table. The weak "output" device sinks/sources up to 110 μA at a 5 V supply level, 500 μA at 10 V, and 1 mA at 15 V.

The $\overline{TE}$ input has an internal pull–up device so that a simple switch may be used to force the input low. While $\overline{TE}$ is high and the second–word transmission has timed out, the encoder is completely disabled, the oscillator is inhibited, and the current drain is reduced to quiescent current. When $\overline{TE}$ is brought low, the oscillator is started and the transmit sequence begins. The inputs are then sequentially selected, and determinations are made as to the input logic states. This information is serially transmitted via the D_{out} pin.

MC145027

This decoder receives the serial data from the encoder and outputs the data, if it is valid. The transmitted data, consisting of two identical words, is examined bit by bit during reception. The first five trinary digits are assumed to be the address. If the received address matches the local address, the next four (data) bits are internally stored, but are not transferred to the output data latch. As the second encoded word is received, the address must again match. If a match occurs, the new data bits are checked against the previously stored data bits. If the two nibbles of data (four bits each) match, the data is transferred to the output data latch by VT and remains until new data replaces it. At the same time, the VT output pin is brought high and remains high until an error is received or until no input signal is received for four data periods (see Figure 10).

Although the address information may be encoded in trinary, the data information must be either a 1 or 0. A trinary (open) data line is decoded as a logic 1.

MC145028

This decoder operates in the same manner as the MC145027 except that nine address lines are used and no data output is available. The VT output is used to indicate that a valid address has been received. For transmission security, two identical transmitted words must be consecutively received before a VT output signal is issued.

The MC145028 allows 19,683 addresses when trinary levels are used. 512 addresses are possible when binary levels are used.

PIN DESCRIPTIONS

MC145026 ENCODER

A1 – A5, A6/D6 – A9/D9
Address, Address/Data Inputs (Pins 1 – 7, 9, and 10)

These address/data inputs are encoded and the data is sent serially from the encoder via the D_{out} pin.

R_S, C_{TC}, R_{TC}
(Pins 11, 12, and 13)

These pins are part of the oscillator section of the encoder (see Figure 9).

If an external signal source is used instead of the internal oscillator, it should be connected to the R_S input and the R_{TC} and C_{TC} pins should be left open.

$\overline{TE}$
Transmit Enable (Pin 14)

This active–low transmit enable input initiates transmission when forced low. An internal pull–up device keeps this input normally high. The pull–up current is specified in the Electrical Characteristics table.

D_{out}
Data Out (Pin 15)

This is the output of the encoder that serially presents the encoded data word.

V_{SS}
Negative Power Supply (Pin 8)

The most–negative supply potential. This pin is usually ground.

V_{DD}
Positive Power Supply (Pin 16)

The most–positive power supply pin.

MC145027 AND MC145028 DECODERS

A1 – A5, A1 – A9
Address Inputs (Pins 1 – 5) — MC145027,
Address Inputs (Pins 1 – 5, 15, 14, 13, 12) — MC145028

These are the local address inputs. The states of these pins must match the appropriate encoder inputs for the VT pin to go high. The local address may be encoded with trinary or binary data.

D6 – D9
Data Outputs (Pins 15, 14, 13, 12) — MC145027 Only

These outputs present the binary information that is on encoder inputs A6/D6 through A9/D9. Only binary data is

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

acknowledged; a trinary open at the MC145026 encoder is decoded as a high level (logic 1).

D_{in}
Data In (Pin 9)

This pin is the serial data input to the decoder. The input voltage must be at CMOS logic levels. The signal source driving this pin must be dc coupled.

R_1, C_1
Resistor 1, Capacitor 1 (Pins 6, 7)

As shown in Figures 2 and 3, these pins accept a resistor and capacitor that are used to determine whether a narrow pulse or wide pulse has been received. The time constant $R_1 \times C_1$ should be set to 1.72 encoder clock periods:

$$R_1 C_1 = 3.95 R_{TC} C_{TC}$$

R_2/C_2
Resistor 2/Capacitor 2 (Pin 10)

As shown in Figures 2 and 3, this pin accepts a resistor and capacitor that are used to detect both the end of a received word and the end of a transmission. The time constant $R_2 \times C_2$ should be 33.5 encoder clock periods (four data periods per Figure 11): $R_2 C_2 = 77 R_{TC} C_{TC}$. This time constant is used to determine whether the D_{in} pin has remained low for four data periods (end of transmission). A separate on–chip comparator looks at the voltage–equivalent two data periods ($0.4 R_2 C_2$) to detect the dead time between received words within a transmission.

VT
Valid Transmission Output (Pin 11)

This valid transmission output goes high after the second word of an encoding sequence when the following conditions are satisfied:

1. the received addresses of both words match the local decoder address, and
2. the received data bits of both words match.

VT remains high until either a mismatch is received or no input signal is received for four data periods.

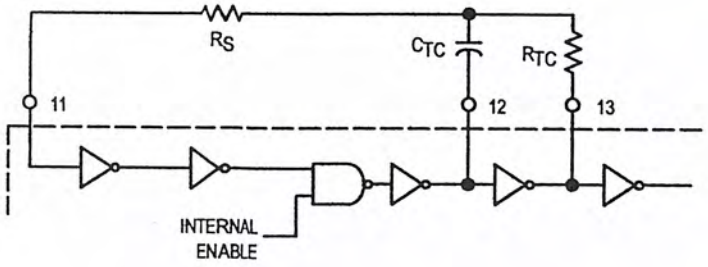
V_{SS}
Negative Power Supply (Pin 8)

The most–negative supply potential. This pin is usually ground.

V_{DD}
Positive Power Supply (Pin 16)

The most–positive power supply pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



This oscillator operates at a frequency determined by the external RC network; i.e.,

$$f \approx \frac{1}{2.3\ R_{TC}\ C_{TC'}} \text{ (Hz)}$$

for 1 kHz ≤ f ≤ 400 kHz

where: $C_{TC'} = C_{TC} + C_{layout} + 12$ pF

$R_S \approx 2\ R_{TC}$

$R_S \geq 20$ k

$R_{TC} \geq 10$ k

400 pF < C_{TC} < 15 µF

The value for R_S should be chosen to be ≥ 2 times R_{TC}. This range ensures that current through R_S is insignificant compared to current through R_{TC}. The upper limit for R_S must ensure that R_S x 5 pF (input capacitance) is small compared to R_{TC} x C_{TC}.

For frequencies outside the indicated range, the formula is less accurate. The minimum recommended oscillation frequency of this circuit is 1 kHz. Susceptibility to externally induced noise signals may occur for frequencies below 1 kHz and/or when resistors utilized are greater than 1 MΩ.

Figure 9. Encoder Oscillator Information

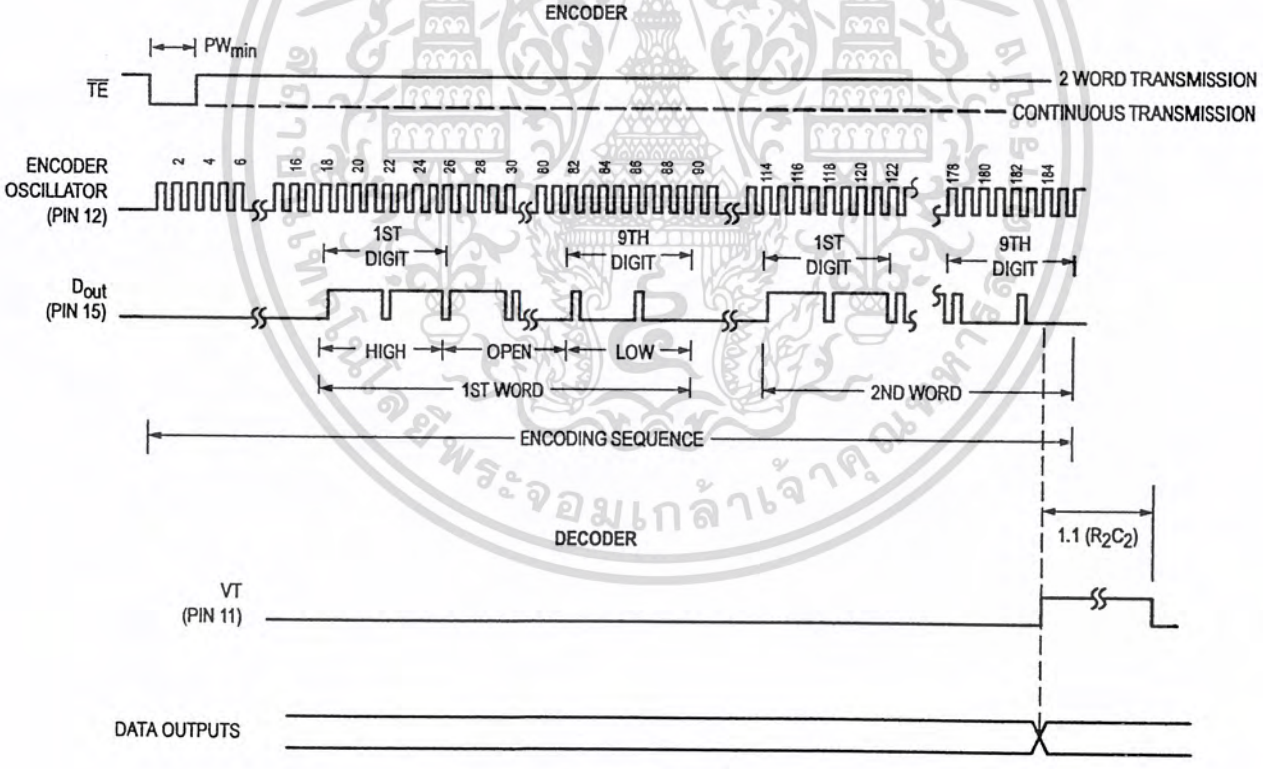


Figure 10. Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

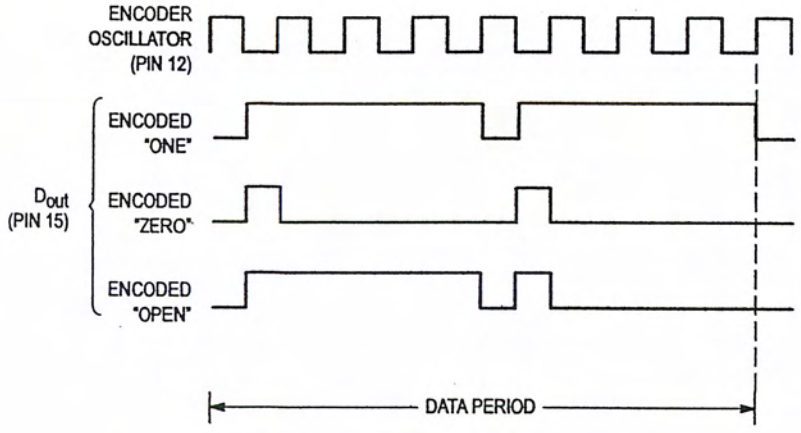


Figure 11. Encoder Data Waveforms

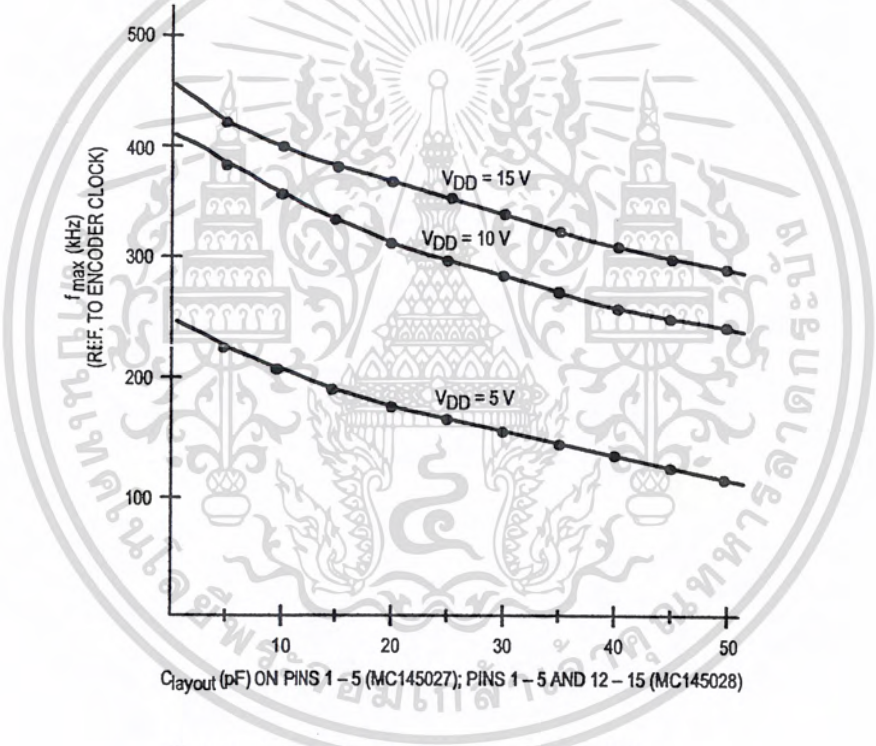


Figure 12. f_{max} vs C_{layout} — Decoders Only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-4323; Rev 12; 10/03

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where ±12V is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers

Low-Power Modems

Interface Translation

Battery-Powered RS-232 Systems

Multidrop RS-232 Networks

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.

Next-Generation Device Features

- **For Low-Voltage, Integrated ESD Applications: MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/ MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to 1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four 0.1µF External Capacitors (MAX3246E Available in a UCSP™ Package)**
- **For Low-Cost Applications: MAX221E: ±15kV ESD-Protected, +5V, 1µA, Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™**

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

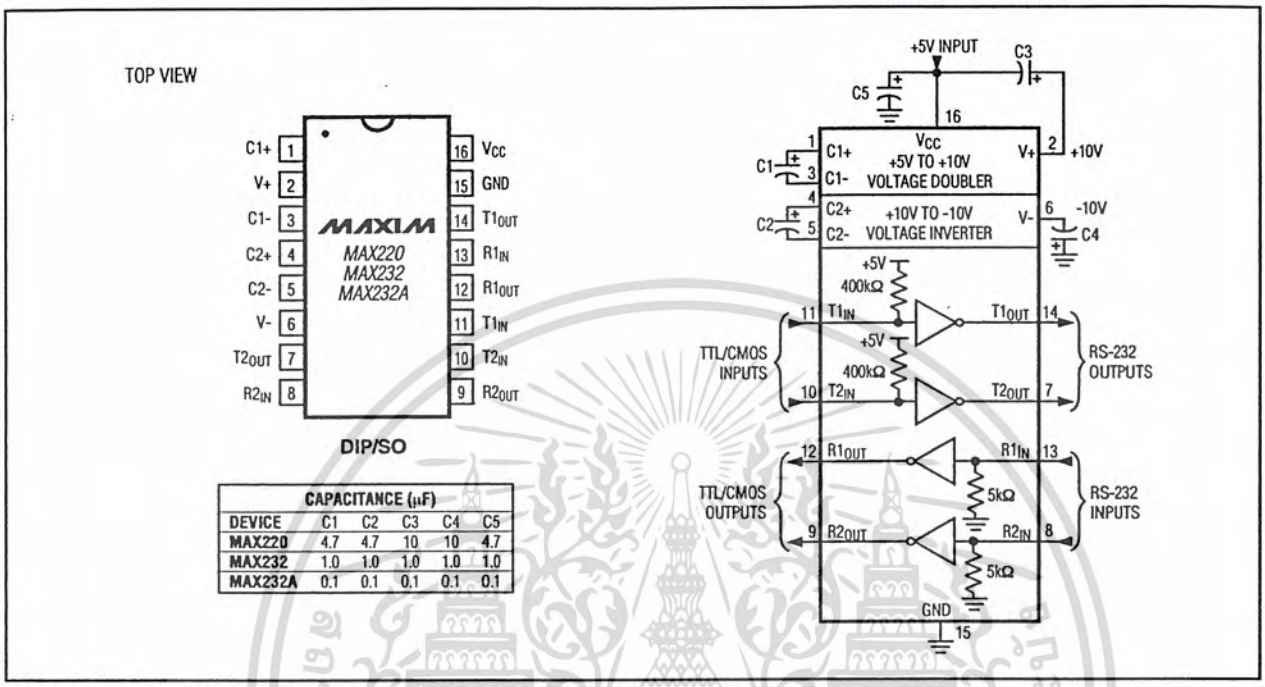
**Contact factory for dice specifications.*

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.1	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✔	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✔	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✔	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✔	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✔	120	Available in quad flatpack package

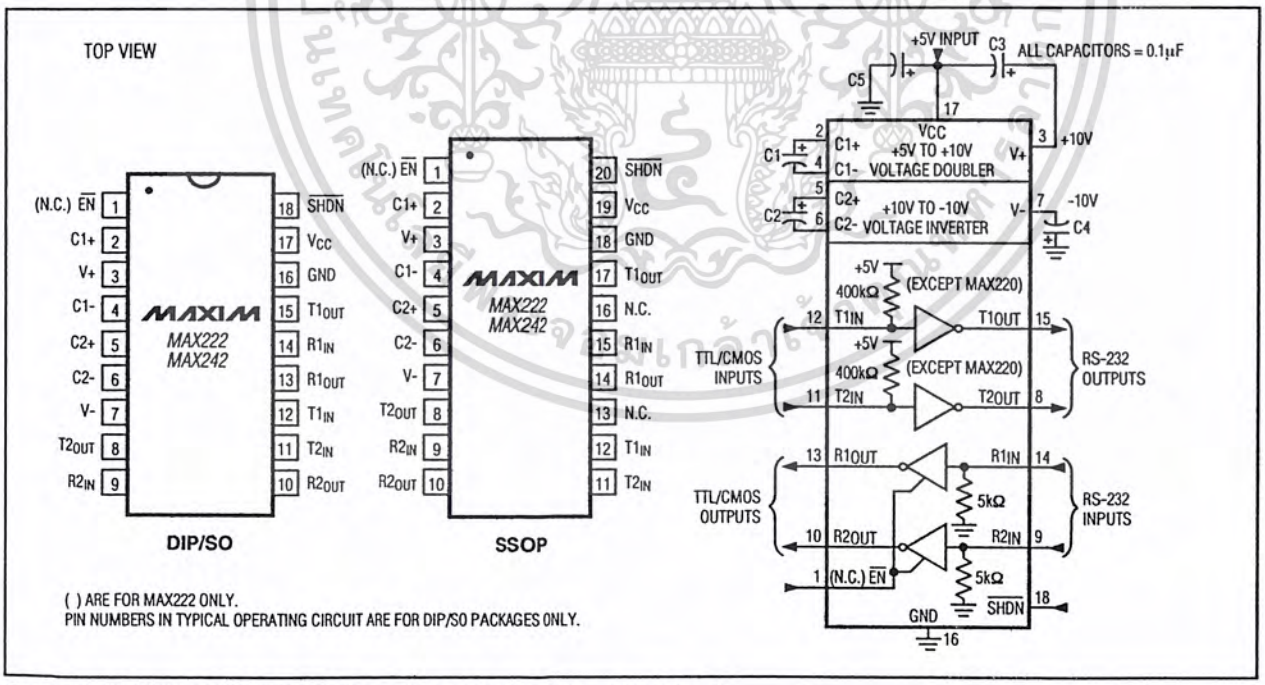
For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit



( ) ARE FOR MAX222 ONLY.
PIN NUMBERS IN TYPICAL OPERATING CIRCUIT ARE FOR DIP/SO PACKAGES ONLY.

Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

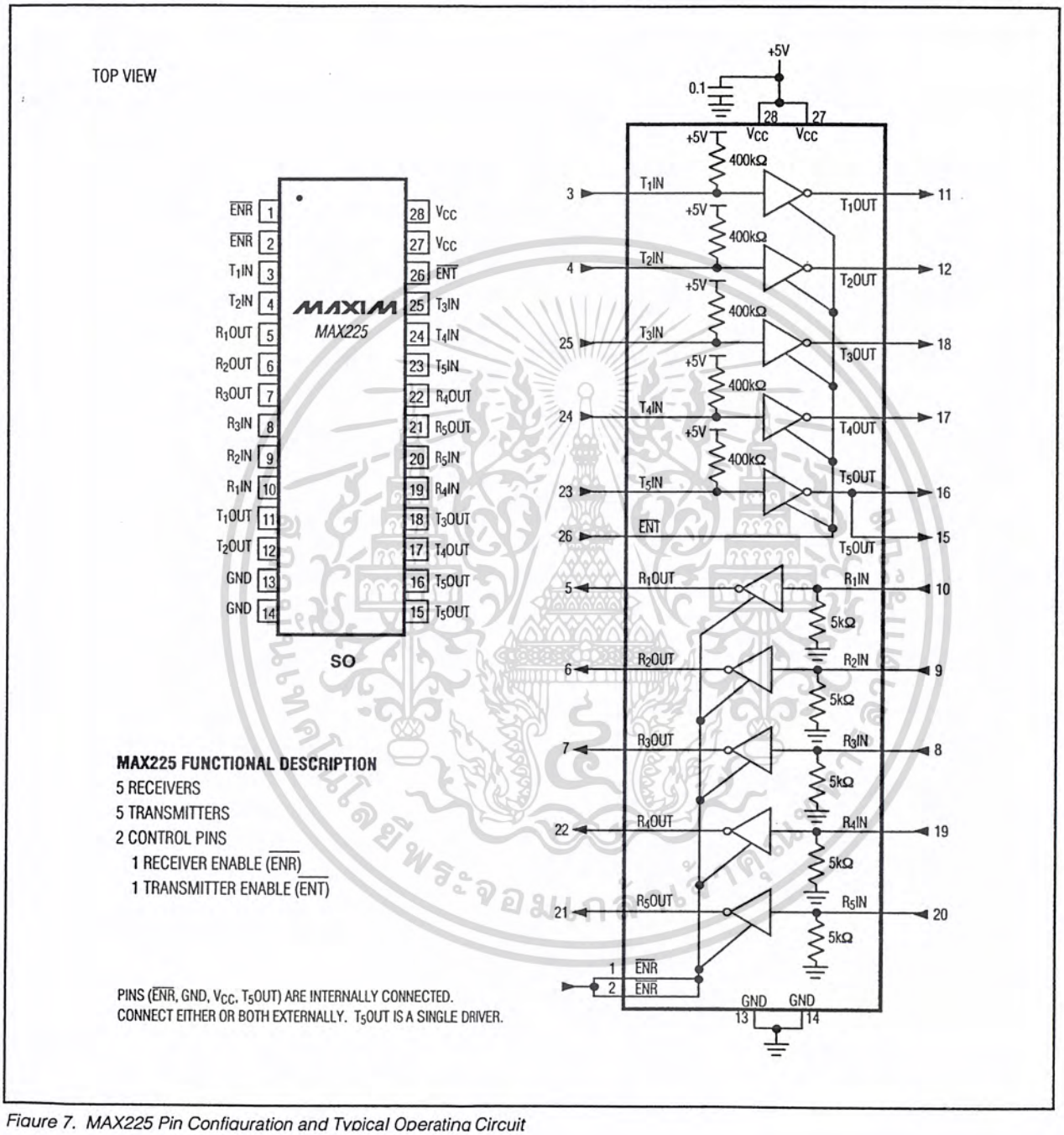


Figure 7. MAX225 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A-ULN2002A
ULN2003A-ULN2004A

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT

DIP16

ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A

SO16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

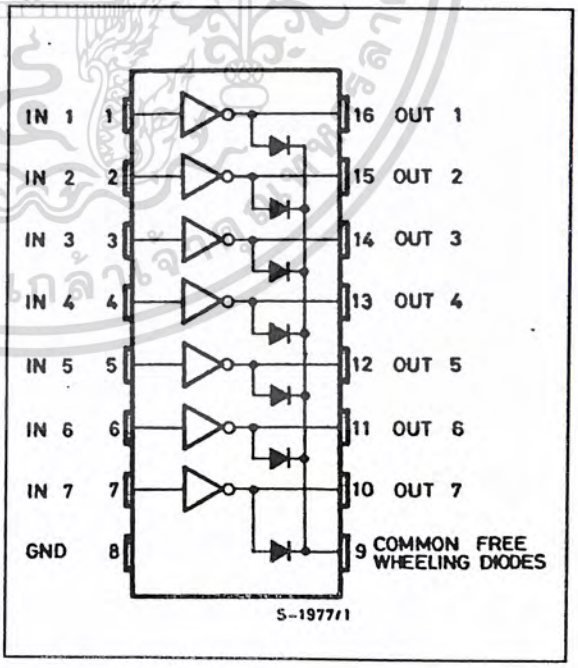
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6–15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal printheads and high power buffers.

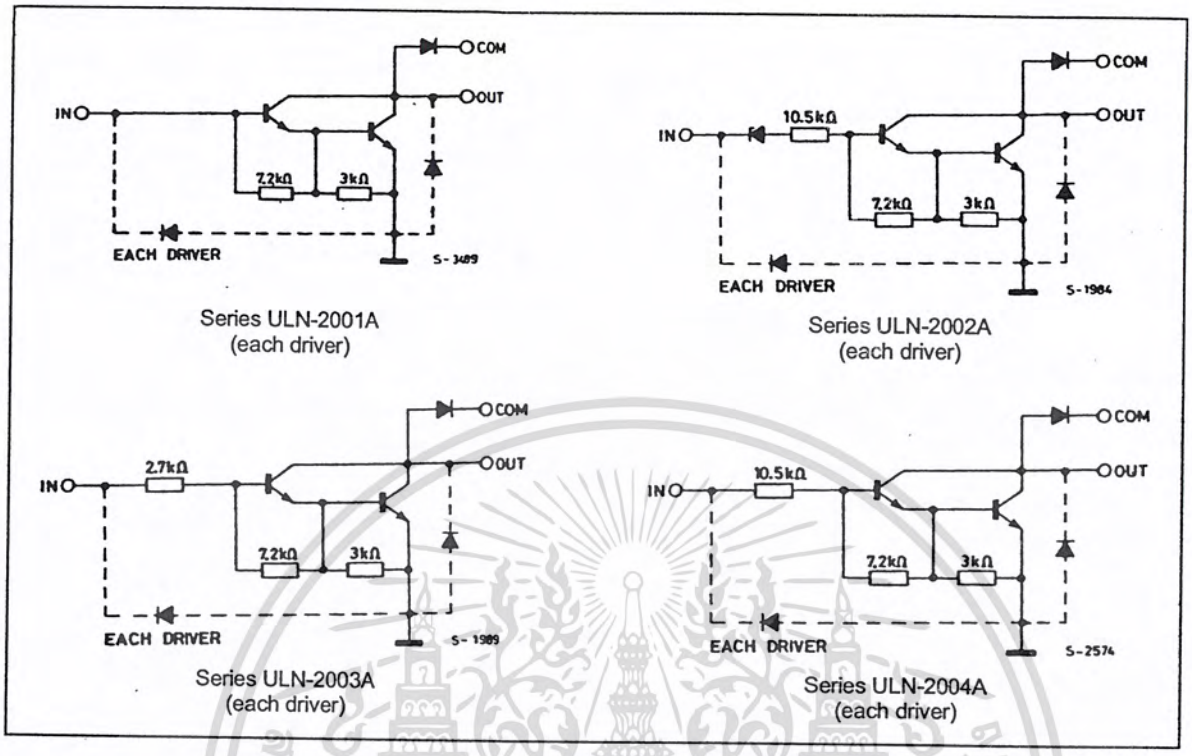
The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	– 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	– 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		DIP16	SO16	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	70	120	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

October 1987
Revised April 2002

CD4093BC
Quad 2-Input NAND Schmitt Trigger

General Description

The CD4093B consists of four Schmitt-trigger circuits. Each circuit functions as a 2-input NAND gate with Schmitt-trigger action on both inputs. The gate switches at different points for positive and negative-going signals. The difference between the positive (V_T^+) and the negative voltage (V_T^-) is defined as hysteresis voltage (V_H).

All outputs have equal source and sink currents and conform to standard B-series output drive (see Static Electrical Characteristics).

Features

- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- Schmitt-trigger on each input with no external components
- Noise immunity greater than 50%
- Equal source and sink currents
- No limit on input rise and fall time
- Standard B-series output drive
- Hysteresis voltage (any input) $T_A = 25°C$

Typical	$V_{DD} = 5.0V$	$V_H = 1.5V$
	$V_{DD} = 10V$	$V_H = 2.2V$
	$V_{DD} = 15V$	$V_H = 2.7V$
Guaranteed		$V_H = 0.1\ V_{DD}$

Applications

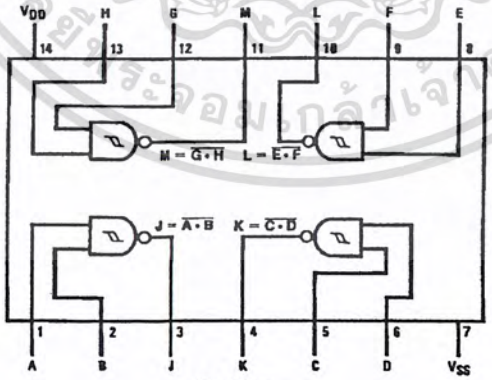
- Wave and pulse shapers
- High-noise-environment systems
- Monostable multivibrators
- Astable multivibrators
- NAND logic

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4093BCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4093BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Top View

© 2002 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

(Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	−0.5 to +18 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	−0.5 to V_{DD} +0.5 V_{DC}
Storage Temperature Range (T_S)	−65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3 to 15 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0 to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	−55°C to +125°C

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed; they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: V_{SS} = 0V unless otherwise specified.

DC Electrical Characteristics (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	−55°C		+25°C			+125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	V_{DD} = 5V		0.25			0.25		7.5	µA
		V_{DD} = 10V		0.5			0.5		15.0	
		V_{DD} = 15V		1.0			1.0		30.0	
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{IN} = V_{DD}, $\|I_O\|$ < 1 µA								V
		V_{DD} = 5V		0.05		0	0.05		0.05	
		V_{DD} = 10V		0.05		0	0.05		0.05	
		V_{DD} = 15V		0.05		0	0.05		0.05	
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{IN} = V_{SS}, $\|I_O\|$ < 1 µA								V
		V_{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		
		V_{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		
		V_{DD} = 15V	14.95		14.95	15		14.95		
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage (Any Input)	$\|I_O\|$ < 1 µA								V
		V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V	1.3	2.25	1.5	1.8	2.25	1.5	2.3	
		V_{DD} = 10V, V_O = 9V	2.85	4.5	3.0	4.1	4.5	3.0	4.65	
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	4.35	6.75	4.5	6.3	6.75	4.5	6.9	
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage (Any Input)	$\|I_O\|$ < 1 µA								V
		V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V	2.75	3.6	2.75	3.3	3.5	2.65	3.5	
		V_{DD} = 10V, V_O = 1V	5.5	7.15	5.5	6.2	7.0	5.35	7.0	
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	8.25	10.65	8.25	9.0	10.5	8.1	10.5	
V_H	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$) (Any Input)	V_{DD} = 5V	0.5	2.35	0.5	1.5	2.0	0.35	2.0	V
		V_{DD} = 10V	1.0	4.3	1.0	2.2	4.0	0.70	4.0	
		V_{DD} = 15V	1.5	6.3	1.5	2.7	6.0	1.20	6.0	
I_{OL}	LOW Level Output Current (Note 3)	V_{IN} = V_{DD}								mA
		V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V	0.64		0.51	0.88		0.36		
		V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V	1.6		1.3	2.25		0.9		
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	4.2		3.4	8.8		2.4		
I_{OH}	HIGH Level Output Current (Note 3)	V_{IN} = V_{SS}								mA
		V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V	−0.64		0.51	−0.88		−0.36		
		V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V	−1.6		−1.3	−2.25		−0.9		
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	−4.2		−3.4	−8.8		−2.4		
I_{IN}	Input Current	V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V		−0.1		-10^{-5}	−0.1		−1.0	µA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V		0.1		10^{-5}	0.1		1.0	

Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Note 4)

$T_A = 25°C$, $C_L = 50$ pF, $R_L = 200$k, Input t_r, $t_f = 20$ ns, unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{PHL}, t_{PLH}	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5V$		300	450	ns
		$V_{DD} = 10V$		120	210	
		$V_{DD} = 15V$		80	160	
t_{THL}, t_{TLH}	Transition Time	$V_{DD} = 5V$		90	145	ns
		$V_{DD} = 10V$		50	75	
		$V_{DD} = 15V$		40	60	
C_{IN}	Input Capacitance	(Any Input)		5.0	7.5	pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacitance	(Per Gate)		24		pF

Note 4: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124
LM224 - LM324

LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE GAIN BANDWIDTH : 1.3MHz
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- LARGE VOLTAGE GAIN : 100dB
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/AMPLI : 375µA
- LOW INPUT BIAS CURRENT : 20nA
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : 5mV max. (for more accurate applications, use the equivalent parts LM124A-LM224A-LM324A which feature 3mV max.)
- LOW INPUT OFFSET CURRENT : 2nA
- WIDE POWER SUPPLY RANGE : SINGLE SUPPLY : +3V TO +30V DUAL SUPPLIES : ±1.5V TO ±15V

N
DIP14
(Plastic Package)

D
SO14
(Plastic Micropackage)

P
TSSOP14
(Thin Shrink Small Outline Package)

DESCRIPTION

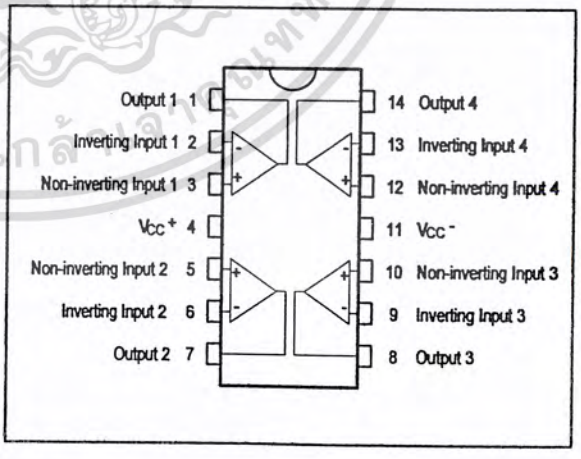
These circuits consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers. They operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

ORDER CODE

Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
LM124	-55°C, +125°C	•	•	•
LM224	-40°C, +105°C	•	•	•
LM324	0°C, +70°C	•	•	•
Example : LM224N				

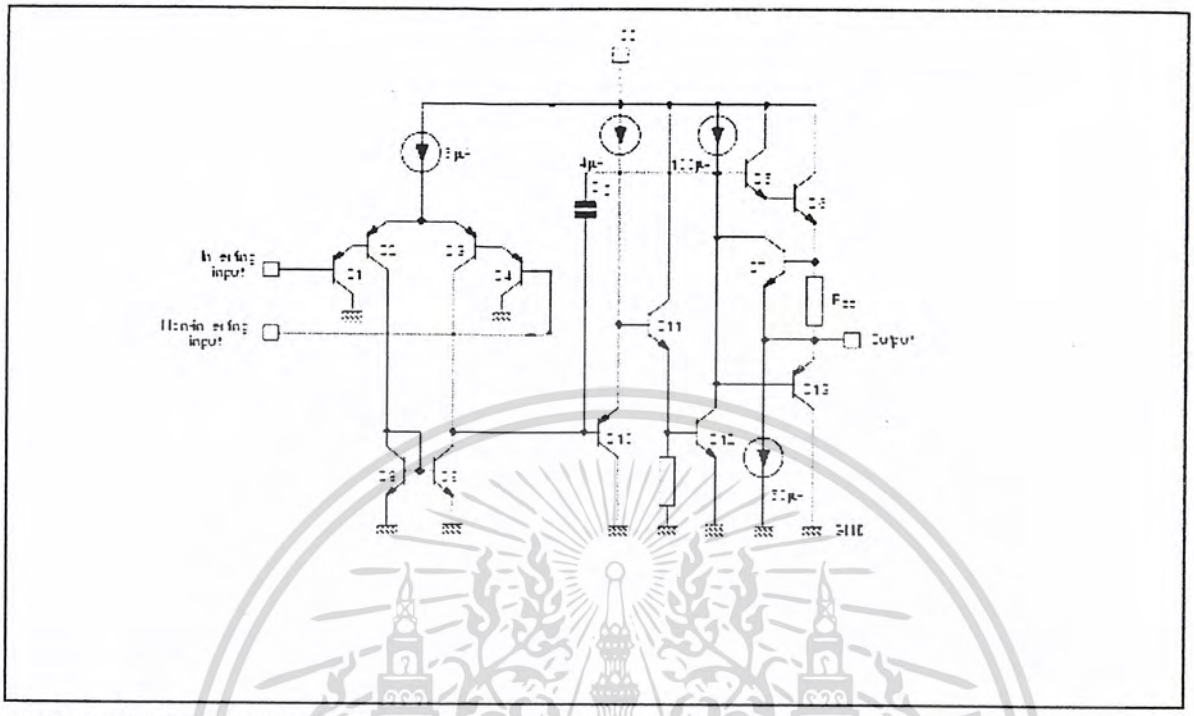
N = Dual in Line Package (DIP)
D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape &Reel (PT)

PIN CONNECTIONS (top view)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHEMATIC DIAGRAM (1/4 LM124)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter		LM124	LM224	LM324	Unit
V_{CC}	Supply voltage		±16 or 32			V
V_i	Input Voltage		-0.3 to Vcc + 0.3			V
V_{id}	Differential Input Voltage [1]		-0.3 to Vcc + 0.3			V
P_{tot}	Power Dissipation	N Suffix	500	500	500	mW
		D Suffix		400	400	mW
	Output Short-circuit Duration [2]		Infinite			
I_{in}	Input Current [3]		50	50	50	mA
T_{oper}	Opearting Free-air Temperature Range		-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range		-65 to +150			°C

1. Either or both input voltages must not exceed the magnitude of V_{CC}^+ or V_{CC}^-.
2. Short-circuits from the output to VCC can cause excessive heating if V_{CC} > 15V. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC}. Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.
3. This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diodes clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip. this transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration than an input is driven negative.
This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Function

IN1	IN2	OUT1	OUT2	Mode
1	1	L	L	Brake
0	1	L	H	CW/CCW
1	0	H	L	CCW/CW
0	0	High impedance		Stop

Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristics		Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	AP	V_{CC} (max)	25	V
	P		20	
Motor drive voltage	AP	V_S (max)	25	V
	P		18	
Output current	PEAK	I_O (PEAK)	3.0	A
	AVE.	I_O (AVE.)	1.0	
Power dissipation		P_D (Note)	2.3	W
Operating temperature		T_{opr}	−30 to 75	°C
Storage temperature		T_{stg}	−55 to 150	°C

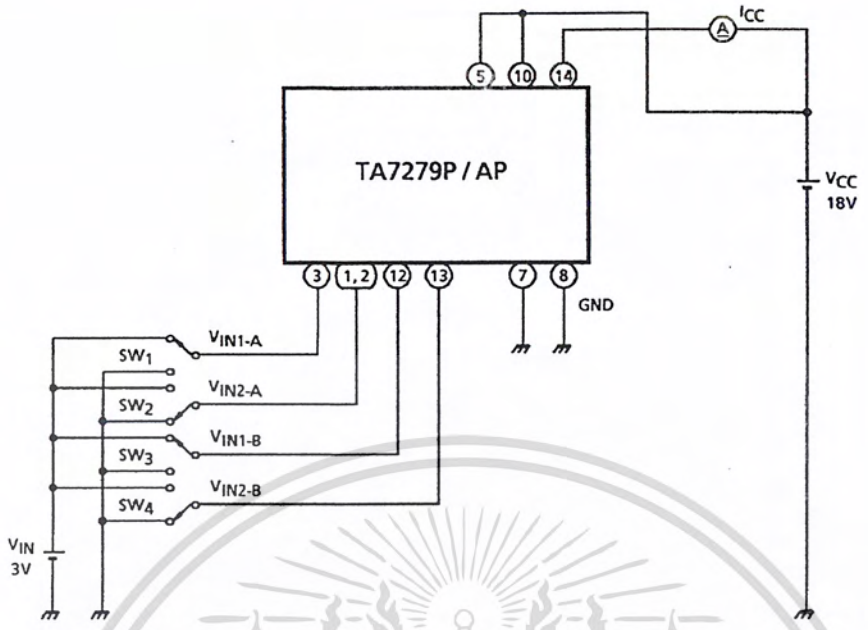
Note: No heat sink.

Electrical Characteristics (Ta = 25°C)

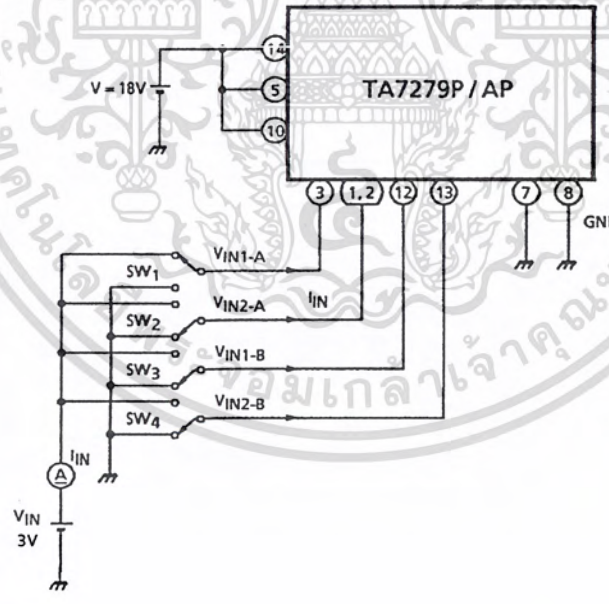
Characteristics		Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Supply current		I_{CC1}	1	V_{CC} = 18 V, Output Off, Stop mode	14	28	41	mA
		I_{CC2}	1	V_{CC} = 18 V, Output Off, CW/CCW mode	10	29	38	
		I_{CC3}	1	V_{CC} = 18 V, Output Off, Brake mode	8	20	35	
Input operating voltage	1 (High)	$V_{IN\ (H)}$	—	T_j = 25°C	3.0	—	V_{CC}	V
	2 (Low)	$V_{IN\ (L)}$	—	T_j = 25°C	—	—	0.8	
Input current		I_{IN}	2	Sink, V_{IN} = 3 V	—	3	10	μA
Output saturation voltage	Upper	V_{SATU-1}	3	I_O = 0.1 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	—	1.1	V
	Lower	V_{SATL-1}	3	I_O = 0.1 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	—	1.0	
	Upper	V_{SATU-2}	3	I_O = 1.0 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	1.2	1.5	
	Lower	V_{SATL-2}	3	I_O = 1.0 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	1.05	1.4	
Leakage current	Upper	I_{LU}	—	V_S = 25 V	—	—	50	μA
	Lower	I_{LL}	—	V_S = 25 V	—	—	50	
Diode forward drop	Upper	V_{FU}	4	I_F = 1 A	—	2.5	—	V
	Lower	V_{FL}	4	I_F = 1 A	—	1.3	—	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuit 1
$I_{CC1, 2, 3}$

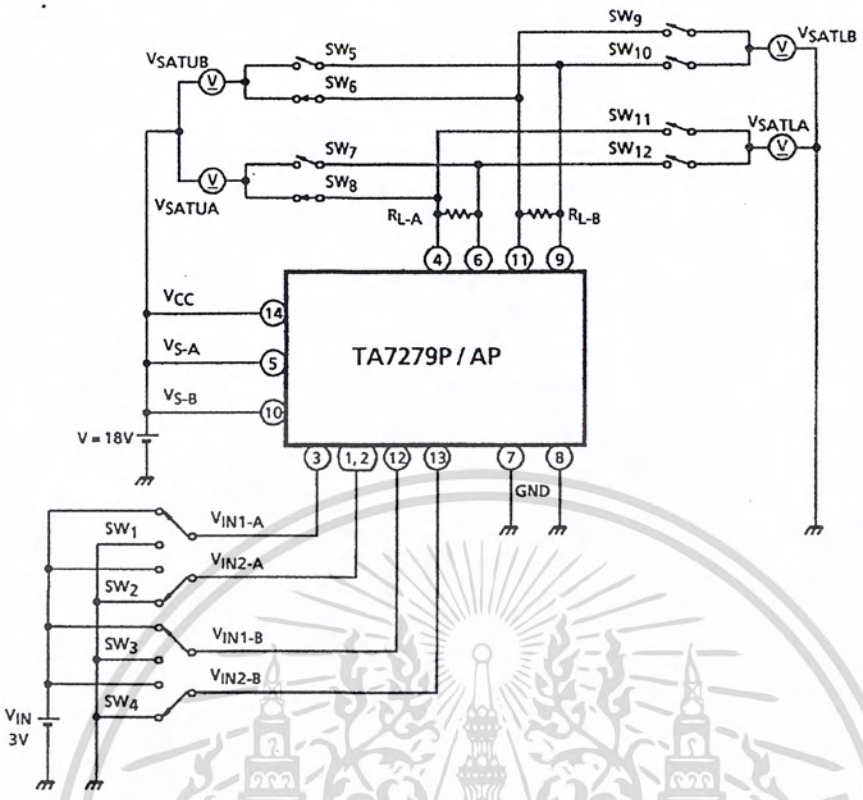


Test Circuit 2
$I_{IN (H), (L)}$

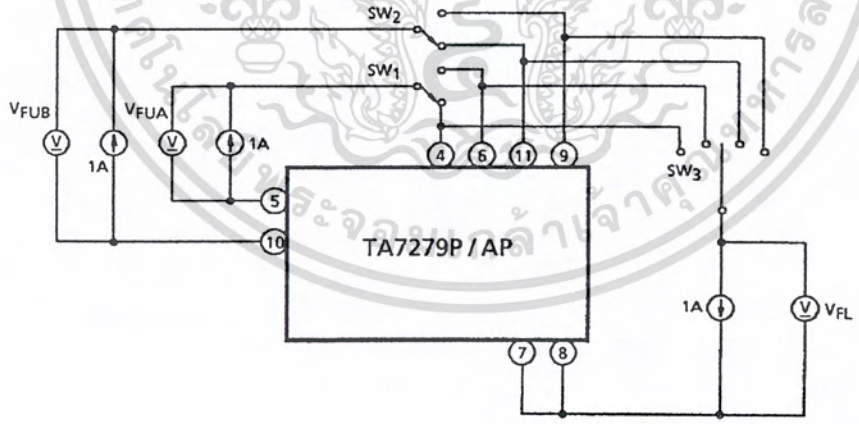


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuit 3
$V_{SATU-1, 2}$ / $V_{SATL-1, 2}$



Test Circuit 4
$V_{FU. L}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้