รถขนส่งอัตโนมัติ

MOBILE ROBOT

โดย

นายกฤษณชัย ออนสมบุญ

นายธงชัย น้ำมัน

นายสมศักดิ์ สิงห์สม

นายอภิชาติ เอี่ยมพริ้ง

วัน เดือน ปี 29 ก.ย. 2541

เลขทะเบียน 038023

เลขเรียกหนังสือ T 39043 ก 2538

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038023

รถขนส่งอัตโนมัติ

MOBILE ROBOT

โดย

นายกฤษณชัย	อ่อนสมบุญ	37012084
นายธงชัย	นามมัน	37012090
นายสมศักดิ์	สิงห์สม	37012118
นายอภิชาติ	เอี่ยมพริ้ง	37013454

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2539

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถขนส่งอัตโนมัติ

MOBILE ROBOT

ผู้จัดทำ

1. นายกฤษณชัย	อ่อนสมบุญ	37012084
2. นายธงชัย	นามมัน	37012090
3. นายสมศักดิ์	สิงห์สม	37012118
4. นายอภิชาติ	เอี่ยมพริ้ง	37013454

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถขนส่งอัตโนมัติ

โดย 1. นายกฤษณชัย อ่อนสมบุญ 37012084
2. นายธงชัย นามมัน 37012090
3. นายสมศักดิ์ สิงห์สม 37012118
4. นายอภิชาติ เอี่ยมพริ้ง 37013454
รศ.ดร. ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการกล่าวถึงรายละเอียดของการประดิษฐ์โครงงานรถขนส่งอัตโนมัติ โดยการพัฒนายึดจุดประสงค์ที่ต้องการสร้างรถขนส่งให้สามารถทำงานในโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติและแบบแมนนวล

โหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นโหมดที่แสดงลักษณะเฉพาะของโครงงานนี้ที่ต้องการให้รถขนส่งอัตโนมัติสามารถเคลื่อนที่ไปสู่เป้าหมายได้ด้วยตัวเอง เพียงแต่ผู้ใช้กำหนดเป้าหมายเท่านั้น และที่สำคัญในการเคลื่อนที่ตลอดเส้นทางก็จะมีการกำหนดเส้นทางอ้างอิงด้วยการลากเส้นแถบสีบนพื้นผิวที่ต้องการเคลื่อนที่ให้แก่รถขนส่งอัตโนมัติ สำหรับการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัตินี้ใช้ลักษณะการขับเคลื่อนด้วยระบบขับเคลื่อนล้อหลัง 2 ล้อและใช้ล้อหน้า 2 ล้อเป็นตัวควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งในการขับเคลื่อนและการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่นั้นเราจะใช้มอเตอร์เป็นตัวส่งกำลัง การตรวจจับเส้นทางการเคลื่อนที่จะใช้เซนเซอร์อินฟราเรด และการตรวจจับวัตถุสิ่งกีดขวางจะใช้เซนเซอร์อินฟราเรด

โหมดการทำงานแบบแมนนวล เป็นโหมดการทำงานในกรณีที่ต้องการให้รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนทิศทางตามที่เราต้องการ โดยการใช้คีบอร์ดเป็นตัวควบคุม

การทำงานของรถขนส่งอัตโนมัตินี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งแบบอัตโนมัติและแบบแมนนวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOBILE ROBOT

Kitsanachai Onsombun 37012084
Tongchai Namman 37012090
Somsak Singsom 37012118
Apichart Iampring 37013454
Assoc.Prof.Dr.Fusak Chevasuvit Advisor
1996

ABSTRACT

This thesis presents a design of automatic guide-vehicle (AGV), which can operate in both automatic and manual mode. The automatic mode can be worked by setting the destination. The vehicle moves along the white strip line. The movement of this vehicle is controlled by 2 - back wheels, while 2 - front wheels is used to control the moving direction. This vehicle has an infra-red sensors for detecting the obstruction. The manual mode is used to control the movement of the vehicle for the desired direction by setting the keyboards . Both control mode can be performed by MCS - 51 microcontroller.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดีก็เพราะได้รับความเมตตาจากท่านอาจารย์ รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ เป็นอย่างมากที่ได้ให้ทุนรวมทั้งการให้แนวทางตลอดจนข้อแนะนำต่างๆ ผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่นที่ได้ช่วยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆและขอขอบคุณพี่บัณฑิต เซ็นนิล ที่ช่วยให้คำแนะนำและให้โครงรถคันเดิมมาเพื่อทำการปรับปรุง รวมทั้งเพื่อนๆอีกหลายคนที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ซึ่งมีน้ำใจช่วยเหลือทั้งให้ยืมอุปกรณ์ เครื่องมือและให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ จนปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ทุนในการทำปริญญานิพนธ์ อีกทั้งยังเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำจำกัดความของหุ่นยนต์	1
1.2 ประเภทต่างๆของหุ่นยนต์	2
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 หลักการควบคุมการทำงาน	3
2.2 Automatic Guided Vehicle Systems	4
2.3 ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง	5
2.4 ตัวตรวจจับแบบต่างๆ	5
2.5 ระบบโครงสร้างของตัวรถ	28
2.6 มอเตอร์	35
2.7 MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์	46
2.8 อินพุทและเอาท์พุทพอร์ท	72
2.9 แบตเตอรี่	76
บทที่ 3 การออกแบบและการประยุกต์ใช้งาน	78
3.1 วงจร ON-OFF-POWER SUPPLY	78
3.2 วงจรการจ่ายกำลัง	78
3.3 ส่วนการขับเคลื่อน	80
3.4 ส่วนขับเลี้ยว	82
3.5 ระบบตรวจจับ	85
3.6 ระบบเสียงและไฟเตือน	87
3.7 คีบอร์ด	89
3.8 วิธีการนำร่อง	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 ระบบโครงสร้างของตัวรถ 92
3.10 เส้นแถบสี 95
3.11 การกำหนดพอร์ทใช้งาน 96
บทที่ 4 การทดลองและแสดงผล 98
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ 104
ภาคผนวก 110
บรรณานุกรม 133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางความนำไฟฟ้าของวัสดุที่ใช้ทำหน้าสัมผัสสวิทช์ 7
ตารางที่ 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 49
ตารางที่ 2.3 แสดงบิตควบคุมที่อยู่ในรีจิสเตอร์ TMOD 59
ตารางที่ 2.4 แสดงบิตควบคุมที่อยู่ในรีจิสเตอร์ 61
ตารางที่ 2.5 ลำดับความสำคัญของแหล่งการอินเตอร์รัพต่างๆ 62
ตารางที่ 2.6 แสดงตำแหน่งที่อยู่ของการกระโดดแต่ละแหล่งอินเตอร์รัพต์ 63
ตารางที่ 2.7 แสดงชุดคำสั่งของการถ่ายเทข้อมูลภายใน RAM ภายใน 63
ตารางที่ 2.8 แสดงชุดคำสั่งการถ่ายเทข้อมูลใน RAM ภายนอก 65
ตารางที่ 2.9 แสดงชุดคำสั่งการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม 66
ตารางที่ 2.10 แสดงชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์ 67
ตารางที่ 2.11 แสดงชุดคำสั่งของกลุ่มทางตรรกศาสตร์ 69
ตารางที่ 2.12 แสดงชุดคำสั่งของบูลลีน 70
ตารางที่ 2.13 แสดงคำสั่งกระโดดไม่ตั้งข้อแม้ 71
ตารางที่ 2.14 แสดงคำสั่งกระโดดที่มีข้อแม้ต่างๆ ใน MCS-51 71
ตารางที่ 2.15 พอร์ทภายใน 8255 75
ตารางที่ 3.1 แสดงสภาวะ Sensor 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวตรวจจับแบบต่างๆ 6
รูปที่ 2.2 ภาพตัดแสดงโครงสร้างของสวิทช์ออ่นตัว 8
รูปที่ 2.3 วงจรประยุกต์ใช้งานของสวิตช์ออนตัว 9
รูปที่ 2.4 วงจรประยุกต์ใช้งานสวิตช์ปรอทตรวจจับความเอียง 10
รูปที่ 2.5 วงจรเตือนภัยประยุกต์ใช้งานสวิตช์แม่เหล็ก 10
รูปที่ 2.6 วงจร VCO ควบคุมด้วยแสงจากการทำงานของโฟโต้เซลล์ 11
รูปที่ 2.7 (ก) วงจรควบคุมด้วยแสงทำงานเมื่อแสงตกกระทบ 13
รูปที่ 2.7 (ข) วงจรควบคุมด้วยแสงทำงานเมื่อแสงตกกระทบ 14
รูปที่ 2.8 วงจรประยุกต์ใช้งานอินฟราเรด LED 15
รูปที่ 2.9 วงจรประยุกต์ใช้งานออปโต้ไอโวเลเตอร์ 16
รูปที่ 2.10 การประยุกต์การใช้งานออปโต้ไอโซเลเตอร์แบบคู่ 17
รูปที่ 2.11 วงจรใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับการสะท้อน 18
รูปที่ 2.12 ชิ้นสารที่วางอยู่ภายในกรอบที่สามารถสะท้อนแสงได้ 19
รูปที่ 2.13 การเปล่งแสงของ LED แบบGaAS และAlGaAs 21
รูปที่ 2.14 แสดง LED อินฟราเรดกำลังสูงในตัวถังแบบต่างๆ 22
รูปที่ 2.15 การจับกระแสของLED เบื้องต้น 23
รูปที่ 2.16 วงจรพัลส์กระแสสูงขับ LED โดยใช้ MOSFET 24
รูปที่ 2.17 กราฟแสดงกระแสของ LED ที่จ่ายโดยวงจรมอสเฟต 25
รูปที่ 2.18 ภาพขยายของชิ้นสารกึ่งตัวนำ AlGaAs 27
รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมของการบังคับด้วยแสงอินฟราเรดแบบหนึ่งแชลแนล 27
รูปที่ 2.20 เฟืองตรง 32
รูปที่ 2.21 เฟืองเฉียงหรือเฟืองฟันเลื่อย 32
รูปที่ 2.22 เฟืองดอกจอก 33
รูปที่ 2.23 เฟืองหนอน 34
รูปที่ 2.24 หลักการของมอเตอร์ 36
รูปที่ 2.25 อาการกริยาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อได้รับ Load 38
รูปที่ 2.26 อาการกิริยาของมอเตอร์ 39
รูปที่ 2.27 แสดงทิศทางแรงเคลื่อนไฟ และกระแส 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 (a) วงจรของมอเตอร์ไฟตรง (b) วงจรของมอเตอร์ที่เขียนแทนแรงเคลื่อนไฟสวนได้ได้ด้วยแบตเตอรี่ Eb 41
รูปที่ 2.29 แสดงวงจรของ Shuntmotor 42
รูปที่ 2.30 ลำดับขั้นกำลังของมอเตอร์ 46
รูปที่ 2.31 แสดงการจัดวางขาต่างๆของเอ็มซีเอส 51 47
รูปที่ 2.32 แสดงหน้าที่ของพอร์ตเมื่อคอนโทรลเลอร์ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก 48
รูปที่ 2.33 โครงสร้างภายในของหน่วยความจำของเอ็มซีเอส 51 50
รูปที่ 2.34 โครงสร้างของเอ็มซีเอส 51 52
รูปที่ 2.35 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม 53
รูปที่ 2.36 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูล 54
รูปที่ 2.37 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก 54
รูปที่ 2.38 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูล 55
รูปที่ 2.39 พื้นที่การกำหนดตำแหน่งบิตของหน่วยความจำข้อมูลภายในรูปที่ 2.38 56
รูปที่ 2.40 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ ตัวนับที่1 ในโหมด 0 และโหมด 1 58
รูปที่ 2.41 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ ตัวนับที่1 ในโหมด 2 58
รูปที่ 2.42 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ ตัวนับที่0 ในโหมด 3 58
รูปที่ 2.43 แผนภูมิทางฮาร์ดแวร์ของแหล่งอินเตอร์รัพต์ชนิดต่างๆ 62
รูปที่ 2.44 แสดงบิตควบคุมการอินเตอร์รัพต์ในรีจิสเตอร์ IE 64
รูปที่ 2.45 โปรแกรมเลื่อนข้อมูลไปทางขวา 2 ไบต์ โดยใช้คำสั่ง MOV(ก) และใช้คำสั่ง XCH(ข) 65
รูปที่ 2.46 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ 8255 72
รูปที่ 3.1 วงจร ON-OFF POWER SUPPLY 78
รูปที่ 3.2 วงจรการจ่ายกำลัง 79
รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อน 81
รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเลี้ยว 83
รูปที่ 3.5 วงจรของระบบควบคุมเส้นทางและตรวจจับตำแหน่งสถานี 86
รูปที่ 3.6 วงจรไฟเตือน 87
รูปที่ 3.7 วงจรเสียงไซเรน 88
รูปที่ 3.8 คีบอร์ด 89
รูปที่ 3.9 วงจรคีบอร์ด 89
รูปที่ 3.10 แสดงวิธีการนำร่อง 90
รูปที่ 3.11 ภาพด้านข้าง 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 ภาพด้านหลัง 92
รูปที่ 3.13 ภาพด้านหน้า 93
รูปที่ 3.14 ตำแหน่ง SENSOR จับแถบสี 93
รูปที่ 3.15 โครงสร้างระบบขับเคลื่อนและระบบขับเลี้ยว 94
รูปที่ 3.16 โครงสร้างระบบขับเลี้ยว 94
รูปที่ 3.17 เส้นแถบสี 95
รูปที่ 4.1 บล็อกแสดงขั้นตอนการทดลอง 98
รูปที่ 5.1 แสดงตำแหน่งการทำงานของ SENSOR 107
รูปที่ 5.2 แสดงตำแหน่งการทำงานของ SENSOR 108
รูปที่ ผ.1 FLOW CHART การทำงานของ MANUAL PROGRAM 111
รูปที่ ผ.2 FLOW CHART MODE AUTO ในการเลือกรถเดินหน้าหรือถอยหลัง 112
รูปที่ ผ.3 FLOW CHART โปรแกรมย่อย AUTO รถเดินหน้า 113
รูปที่ ผ.4 FLOW CHART โปรแกรมย่อย AUTO รถถอยหลัง 114
รูปที่ ผ.5 FLOW CHART โปรแกรมย่อย MANUAL (1) 115
รูปที่ ผ.6 FLOW CHART โปรแกรมย่อย MANUAL (2) 116
รูปที่ ผ.7 แสดงด้านหน้าของรถ 128
รูปที่ ผ.8 แสดงด้านหลังของรถ 128
รูปที่ ผ.9 แสดงด้านข้างของรถ 129
รูปที่ ผ.10 แสดงเส้นแถบสีของรถ 129
รูปที่ ผ.11 แสดงชุด SENSOR และชุด CONTROLER 130
รูปที่ ผ.12 แสดงการทำงานในโหมด AUTO 130
รูปที่ ผ.13 แสดงแถบสีสถานีหยุดรถ 131
รูปที่ ผ.14 แสดงระบบภายในของรถทั้งหมด 131
รูปที่ ผ.15 แสดงชุดแปลงไฟและชุดขับมอเตอร์ 132
รูปที่ ผ.16 แสดงชุดขับเลี้ยว 132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ROBOT มาจากคำว่า CRECK ซึ่งหมายถึงทาสหรือคนรับใช้ และเข้ามาในศัพท์ภาษาอังกฤษในปี ค.ศ. 1921 โดยนักเขียนบทละครชื่อ KAREL KAPEX ในบทละครแนวล้อเลียน โดยละครเรื่องนี้หุ่นยนต์ก็คือ จักรกลที่คล้ายกับมนุษย์และนำมาทำงานที่น่าเบื่อแทนมนุษย์ แต่ในตอนหลังพวกหุ่นยนต์รวมตัวกันต่อต้านและทำลายพวกมนุษย์

ในช่วงปลายปี 1940 ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 งานวิจัยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้เริ่มเกิดขึ้น ซึ่งเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องจักรกลควบคุมระยะไกลสำหรับการขนถ่ายวัสดุกัมมันตภาพรังสี

ในกลางปี 1950 George C. Devol ได้พัฒนาอุปกรณ์ที่เขาเรียกว่า "Programed articulted transfer device" ซึ่งเป็นมานิพิวเลเตอร์ (manipulator) ที่การทำงานของมันสามารถโปรแกรมได้ ซึ่งแนวความคิดนี้ต่อมาได้ถูกนำเข้าสู่อุตสาหกรรม โดยบริษัท Unimation Inc ในปี 1959 หัวใจสำคัญของอุปกรณ์ชนิดนี้ คือ การใช้ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ร่วมกับมานิพิวเลเตอร์ (manipulator) เพื่อผลิตเครื่องจักรกลที่ซึ่งสามารถถูกสั่งให้ทำงานที่หลากหลายอย่างอัตโนมัติโดยการโปรแกรมเข้าใหม่

ในปี 1968 Mccrty และผู้ร่วมงานของเขาที่ The Stanford Artificial Intelligence Labolatory ได้รายงานการพัฒนาคอมพิวเตอร์กับมือ, ตา, หู (Manipulator, TV cameras, Microphones) โดยระบบนี้สามารถที่จะจดจำข่าวสารในรูปแบบของเสียง และมองเห็นวัตถุที่ถูกวางอย่างกระจัดกระจายอยู่บนโต๊ะ เพื่อโยกย้ายสิ่งของเหล่านี้ตามคำสั่ง

ในปี 1995 บริษัท IBM ได้พัฒนามานิวเลเตอร์ ซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์กับเซนเซอร์แรงและสัมผัส

ในวันนี้เราจะพบว่าหุ่นยนต์เป็นสาขาที่มีขอบเขตกว้างมาก ซึ่งประกอบไปด้วย Kinematics,Dynamics,planning system,control,programming languages,machine intelligence

1.1 คำจำกัดความของหุ่นยนต์

คำจำกัดความของหุ่นยนต์มีอยู่หลายคำจำกัดความด้วยกันดังนี้

1. นิยามตาม Webter's dictionary : "A robot is an automatic device that perforws functions ordirily ascribed to human beings"

จากนิยามนี้จะเห็นว่าเครื่องซักผ้าอาจจะถูกพิจารณาเป็นหุ่นยนต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำนิยามของ The Robot Intitue off Anevican : "A robot is a reprogrammable multifunctional manipulator designed to move meterial. parts, tools, or specialized device though various proformance of a varity of tasks"

1.2 ประเภทต่างๆของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. Fixed Robots

2 Mobile Robots

Fixed robots คือ หุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่ถูกยึดคงที่ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระ

Mobile robots คือ หุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระโดยมีฐานมีล้อหรือต้นระบบ

จากทั้งสองประเภทของหุ่นยนต์ คือ Fixed Robot และ Mobile Robot หุ่นยนต์ประเภทที่สอง ค่อนข้างจะเป็นหุ่นยนต์ที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าประเภทแรก

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้

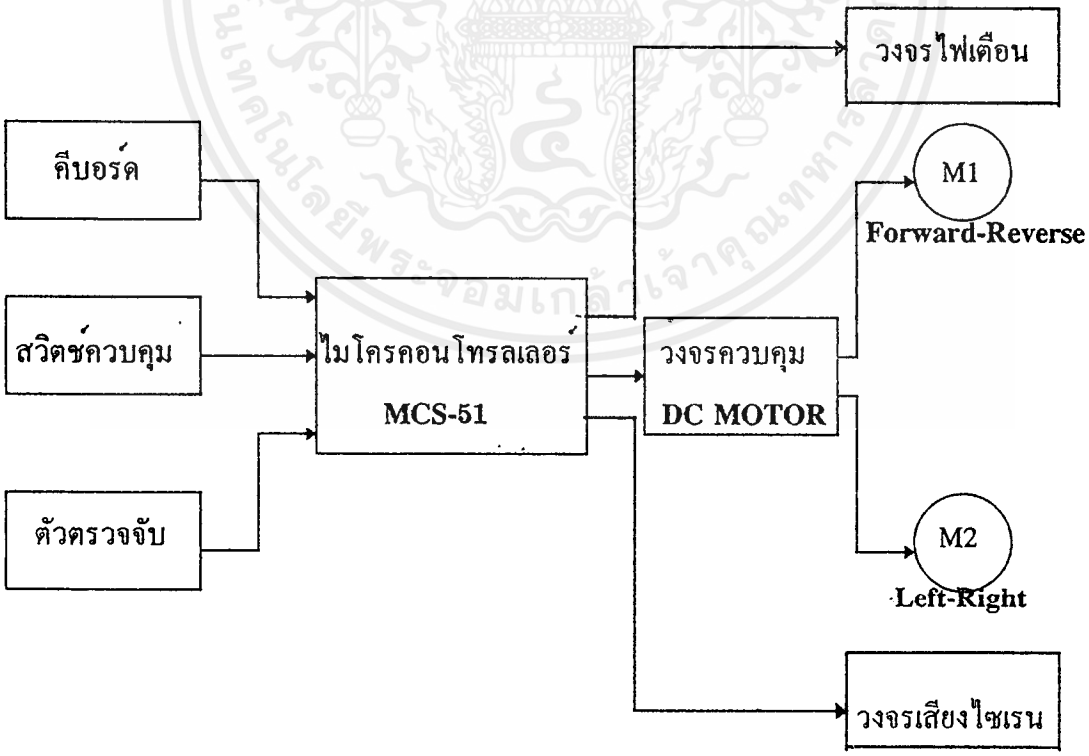
1. เพื่อพัฒนาระบบการเลี้ยวของรถจากระบบล้อหน้าล้อเดียวมาเป็นล้อหน้า 2 ล้อ
2. ศึกษาเกี่ยวกับระบบการควบคุมการทำงานของรถด้วยไมโครคอลโทรลเลอร์
3. เพื่อทำเป็นรถต้นแบบเพื่อศึกษาและพัฒนาต่อไป
4. เพื่อนำไปใช้ในการขนถ่ายพัสดุในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

รถขนส่งอัตโนมัตินี้เป็นรถ 4 ล้อ ขับเคลื่อนล้อหลังด้วยมอเตอร์กระแสตรง ระบบการเลี้ยวของล้อหน้าจะใช้ชุดเฟืองขับเลี้ยว การทำงานแบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ โหมดอัตโนมัติและโหมดแมนนวล โหมดอัตโนมัติจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด และใช้เซนเซอร์อินฟราเรดในการจับแถบสีเพื่อบอกทิศทางการเคลื่อนที่ และใช้เซ็นเซอร์อุลตร้าโซนิคในการตรวจจับวัตถุที่กีดขวางทางเดิน โดยมีเงื่อนไขในโหมดอัตโนมัติ คือ เมื่อกดสวิตช์ให้ ON รถจะวิ่งตามแถบสีไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงตำแหน่งที่เราต้องการให้หยุดเพื่อขนถ่ายสิ่งของ รถก็จะหยุดและทำการหน่วงเวลาตามที่ต้องการ เมื่อครบเวลาที่หน่วงไว้รถก็จะเคลื่อนที่ต่อไป และเมื่อมีวัตถุมากีดขวางทางเดินโดยอยู่ห่างจากด้านหน้าของรถประมาณ 50 cmรถก็จะหยุดและมีสัญญาณเตือนจนกว่าวัตถุนั้นจะออกไปจากเส้นทางสัญญาณจึงหยุดและจะเคลื่อนที่ต่อไป สำหรับโหมดแมนนวลจะใช้สวิตช์เป็นตัวสั่งให้รถเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา

2.1 หลักการควบคุมการทำงาน



อุปกรณ์ INPUT ซึ่งได้แก่ คีย์บอร์ด สวิทช์ควบคุม และตัวตรวจจับจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่คีย์บอร์ดจะใช้ในกรณีการควบคุมแบบแมนนวลเพื่อควบคุมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่และการเลี้ยวของรถ สวิทช์ควบคุมจะใช้เพื่อกำหนดการทำงานของรถ ตัวตรวจจับจะทำหน้าที่ตรวจจับเส้นแถบสีและตรวจจับวัตถุสิ่งกีดขวางในกรณีการทำงานแบบอัตโนมัติ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณ INPUT ที่เข้ามาแล้วก็จะนำค่าที่ได้จากอุปกรณ์ INPUT ไปประมวลผล เสร็จแล้วก็ส่งผลที่เป็นสัญญาณ OUTPUT ไปยังวงจรควบคุมมอเตอร์ วงจรไฟเตือนและวงจรเสียงไซเรน

2.2 AUTOMATIC GUIDED VEHICLE SYSTEMS

2.2.1ชนิดของ AGVS

ระบบ AUTOMATIC GUIDED VEHICLE หรือ AGV. เป็นระบบจัดการพัสดุ แบบใช้ยานพาหนะขับเคลื่อนด้วยตัวเองอย่างอิสระไปตามพื้นที่ที่กำหนด โดยได้รับพลังงานจากBatteries ที่อยู่ภายในตัวของมันเอง

AGVSแบ่งออกตามลักษณะการทำงานได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

-DRIVERLESS TRAINS

เปรียบเสมือนหัวรถจักรที่สามารถลากจูงรถพ่วงได้อีกหลายคัน มีหน้าที่นำรถพ่วงที่ขนสัมภาระไปยังพื้นที่ที่เรากำหนด

-AGVS PALLET TRUCKS

เปรียบเสมือนตู้โดยสารของรถไฟ Pallet Trucks นี้จะต่อพ่วงอยู่ที่ด้านหลังของDriverless Train และมีหน้าที่ขนของ Pallet Trucks 1 คัน รับน้ำหนักได้มากกว่า 6000 lb

-AGVS UNIT LOAD CARRIES

เป็นเครื่องจักรที่ใช้ทำหน้าที่รับสำภาระจากพนักงานแล้วส่งขึ้นไป Pallet Trucks โดยอัตโนมัติ เช่น รางลูกกลิ้ง และ สายพาน จะทำหน้าที่ขนถ่ายสิ่งของออกจากห้องเก็บของไปสู่ Automatic Lift ซึ่งจะคอยยกสิ่งของออกจากสายพานไปไว้บน Pallet Trucks เพื่อนำไปส่งยังจุดที่เรากำหนด

AGVS Technology เป็นเทคโนโลยีหุ่นยนต์เพื่อช่วยงานมนุษย์ ซึ่งยังสามารถพัฒนาไปได้อีกไกล และการสร้างมันขึ้นมาก็ต้องอาศัยสถานที่ที่สะอาดมาก เช่น โรงงานผลิตสารกึ่งตัวนำ เป็นต้น

2.2.2 การเคลื่อนที่ของ AGVS

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรามีวิธีที่จะสั่งให้ AGVS เคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่เรากำหนดได้โดย

1) โดยการใช้สายไฟ (Wire)

เป็นการใช้สายไฟขนาดเล็กฝังไว้ใต้พื้นโรงงาน เมื่อจ่ายไฟให้กับสายนี้จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆสาย สนามแม่เหล็กนี้เป็นเสมือนตัวชี้บอกให้ AGVS วิ่งตามสนามแมเหล็กนี้ไป

Driverless Ttian จะมี Sensor Coil อยู่ มันจะทำหน้าที่รับสนามแม่เหล็กจากสาย และคอยตรวจสอบว่า Sensor Coil 2 ข้างนี้ได้รับสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มเท่ากันหรือไม่ หากมีการเหลื่อมล้ำของสนามแม่เหล็ก AGVS ก็จะปรับรัศมีการเลี้ยว และทำการเลี้ยวไปในทิศทางและองศาที่เหมาะสม เพื่อรักษาสถานะที่ Sensor Coil จะได้รับสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มคงที่เท่ากันทั้งสองข้างตลอดเวลา

2) โดยการใช้แถบสี (Paint)

เป็นการใช้แถบสี Fluorescent ที่มีการสะท้อนแสงโดยที่ AGVS จะใช้อุปกรณ์ Optical Sensor เป็นตัวจับภาพแถบสีที่ติดอยู่บนพื้น แล้วนำมาประมวลผล เพื่อออกคำสั่งควบคุมให้ AGVS รักษาเส้นทางให้ Optical Sensor จับภาพได้โดยไม่หลุดออกนอกรัศมีทำการของ Optical Sensor

การทำงานด้วยการใช้แถบสีนี้เหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่ที่มีการรบกวนทางสัญญาณสูง (Eelectrical Noise) ซึ่งสาย (Wire) จะทำงานได้ไม่ดีเท่า แต่แถบสีก็ต้องการบำรุงรักษาอย่างดี ต้องสะอาด และไม่มีรอยขีดข่วนบนแถบสีนั้น

2.3 ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง

วิธีการตรวจสอบสิ่งกีดขวางสามารถกระทำได้หลายแบบ บางแบบทำได้เพียงบอกว่ามีวัตถุกีดขวางอยู่หรือไม่ บางแบบนอกจากจะบอกว่ามีหรือไม่มีแล้ว มันยังสามารถที่จะบอกถึงระยะห่างของวัตถุกีดขวางได้ด้วย

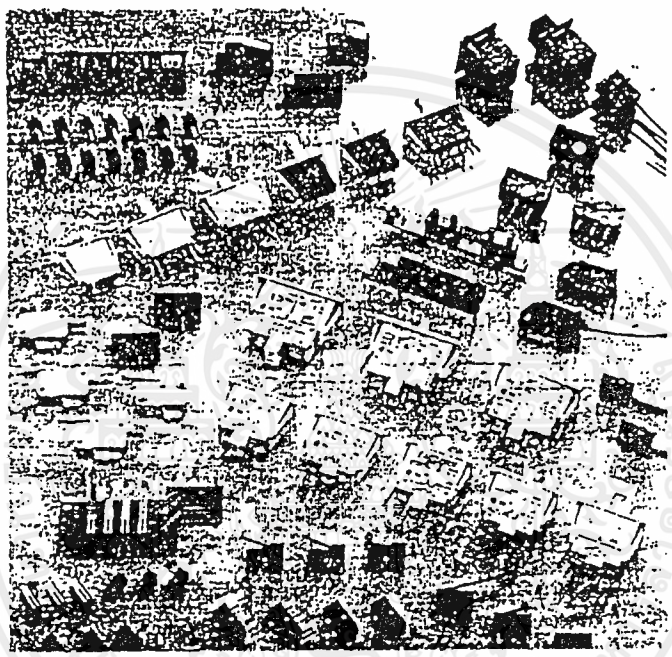
2.4 ตัวตรวจจับแบบต่าง ๆ

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนของอินพุทที่ทำหน้าที่เป็นส่วนรับรู้ความรู้สึกต่าง ๆ เราเรียกว่าตัวตรวจจับหรือเซนเซอร์ (SENSOR) ซึ่งมันจะทำการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่าง ๆ ที่ได้รับให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นแรงดันหรือกระแสก็ได้ และส่งให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อตีความหมายและนำเอาผลดังกล่าวไปใช้งานได้ตามต้องการ

ตัวตรวจจับแบบง่าย ๆ พื้นฐานที่เราคุ้นเคยกันดี เช่น สวิตซ์กลไก,สวิตซ์แม่เหล็ก,เซลล์รับแสง โฟโต้ทรานซิสเตอร์ ออปโต้คัปเปลอร์ ตัวตรวจจับตำแหน่ง ตัวตรวจจับแรง ตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวตรวจจับเสียงเป็นต้น ตัวตรวจจับต่าง ๆ เหล่านี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของตัวตรวจจับแต่ละชนิดให้ได้เข้าใจกันต่อไป



รูปที่ 2.1 ตัวตรวจจับแบบต่างๆ

2.4.1 สวิตช์กลไก (MECANICAL SWITCHES)

สวิตช์กลไกที่เราพบเห็นและใช้กันมาตลอดก็จัดเป็นตัวตรวจจับชนิดหนึ่งด้วยสวิตช์กลไกนี้จะรับแรงกระทำจากภายนอกเพื่อไปใช้เป็นแรงกระทำต่อหน้าสัมผัสจะเปิดหรือปิดเพียงชั่วขณะจากนั้นก็จะกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมของในตอนเริ่มแรก ไมโครสวิตช์มักจะมีขนาดเล็กที่สามารถติดตั้งได้ง่ายและถูกนำไปใช้เป็นสวิตช์ในการบอกตำแหน่งเป็นส่วนใหญ่

สวิตช์กลไกที่ได้กล่าวมานี้ ยังสามารถแบ่งได้ 2 แบบตามลักษณะการใช้งานได้แก่ แบบที่ใช้ในทางพาณิชย์และแบบที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม

-แบบที่ใช้ในทางพาณิชย์มักจะถูกใช้ในระบบแสงสว่าง เครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในบ้าน เช่น เครื่องรับวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สวิตช์แบบที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ มักจะใช้งานกับวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสมากกว่า 5 แอมแปร์ ตัวถังของสวิตช์จะถูกออกแบบและติดยึดอย่างดี เพื่อป้องกันแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนจากภายนอก สวิตช์แบบที่ใช้ในงานอตุสาหกรรมหลาย ๆ แบบมักจะมีการซีลด์ ป้องกันฝุ่น ความสกปรก น้ำมัน สารเคมีต่างๆ และทนต่อสภาพแวดล้อมที่เลวร้ายได้ โดยเฉพาะอุณหภูมิที่สูง ๆ

การสึกกร่อนของหน้าสัมผัสและการเกิดประกายไฟระหว่างหน้าสัมผัส เป็นสองปัญหาใหญ่ของสวิตช์แบบกลไกนี้ วัสดุจำพวก ทอง เงิน พัลลาเดียม (PALLADIUM) พลาตินั่ม (PLATINUM) โมลิบดินั่ม (MOLYBDENUM) และทังสเตน (TUNGSTEIN) จึงถูกนำมาใช้เป็นหน้าสัมผัสของสวิตช์ เพราะสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ดีและมีค่าความต้านทานต่ำ แต่กระนั้นก็ดี โลหะเหล่านี้เมื่อผ่านการใช้งานไปในระยะเวลาหนึ่งจะเกิดออกไซด์ (OXICE) ขึ้นมีลักษณะเป็นชั้นของออกไซด์บาง ๆ เคลือบบนผิวหน้าสัมผัสและผิวของโลหะเป็นผลทำให้คุณสมบัติการนำไฟฟ้าลดต่ำลง

ในเรื่องของการเกิดประกายไฟบนหน้าสัมผัสของสวิตช์นั้น จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสวิตช์ดังกล่าวถูกนำไปใช้กับวงจรไฟฟ้าที่มีการใช้กระแสค่อนข้างสูง เมื่อใช้สวิตช์กับโหลดที่ดึงกระแสสูงๆ จะเกิดประกายไฟกระโดดข้ามช่องระหว่างหน้าสัมผัสตรงที่เกิดประกายไฟสึกกร่อนเป็นหลุมได้เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากประกายไฟ ในตารางที่ 2.1 นั้นแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของโลหะหลาย ๆ ชนิดที่ถูกนำมาใช้สร้างเป็นหน้าสัมผัสของสวิตช์

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่มักจะพบเสมอในสวิตช์กลไกก็คือ ปัญหาสัญญาณรบกวนทางกล หรือที่เราคุ้นเคยกับคำว่า “สวิตช์เบาซ์” (SWITCH BOUCE) จากผลดังกล่าวนี้เมื่อนำสวิตซ์มาใช้กับวงจรไฟฟ้าจะไม่มีปัญหามากนัก แต่เมื่อนำมาใช้กับวงจร อิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะกับวงจรดิจิตอลแล้วจะก่อปัญหาได้อย่างมากเลยทีเดียว

ชนิดของโลหะ	ความต้านทาน ($\mu\Omega$ / cm)	ความต้านทานการเกิดออกซิเดชั่น	ผลจากการเกิดประกายไฟ
ทอง	2.42	ดีที่สุด	ผิวโลหะเป็นหลุม
โมลิบดินัม	5.70	ดี	ผิวโลหะเป็นหลุม
พัลลาเดียม	11.00	พอใช้	ต้านทานการเกิดประกายไฟ
พลาตินั่ม	10.60	ดีมาก	ต้านทานการเกิดประกายไฟ
เงิน	1.63	ดีที่สุด	ผิวโลหะเป็นหลุม

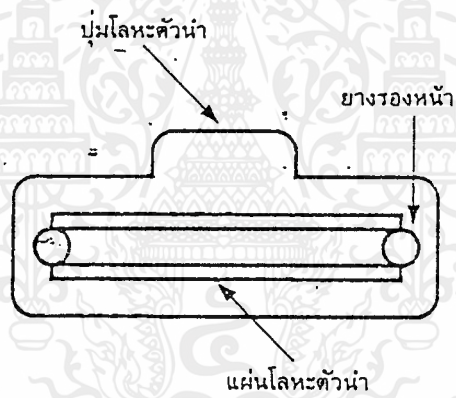
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทังสเตน	5.52	ดี	ต้านทานการเกิดประกายไฟ

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางความนำไฟฟ้าของวัสดุที่ใช้ทำหน้าสัมผัสสวิทช์

2.4.2 สวิตช์อ่อนตัว (FLEX SWITCHES)

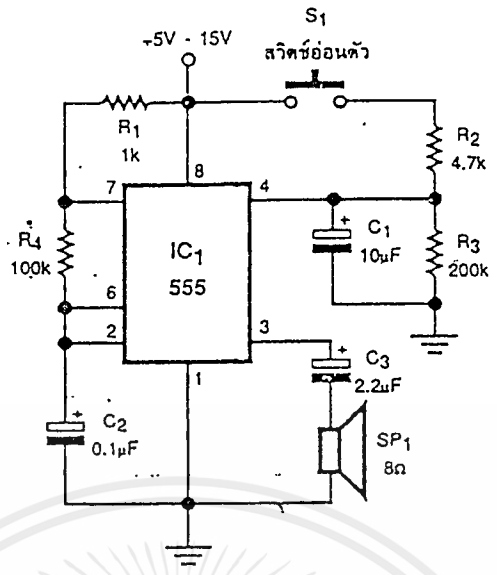
สวิตช์อ่อนตัวมีโครงสร้างและแสดงดังรูปที่ 2.2 สวิตช์อ่อนตัวนี้สามารถนำไปใช้ในการตรวจจับการสัมผัสหรือความตึงที่เกิดจากแรงได้ ตัวสวิตช์สามารถทำงานได้อาศัยแรงที่กระทำบนพื้นที่รับแรงของสวิตช์การใช้งานสวิตช์แบบนี้จะต้องระมัดระวังเรื่องของความชื้นและน้ำมันค่อนข้างมากใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นงานประเภทตรวจจับน้ำหนักและระบบส่งสัญญาณเตือนภัยเป็นต้น



รูปที่ 2.2 ภาพตัดแสดงโครงสร้างของสวิทช์อ่อนตัว

ในรูปที่ 2.3 เป็นวงจรส่งเสียงสัญญาณเตือนภัย โดยมีสวิตช์อ่อนตัวเป็นตัวตรวจจับ เมื่อสวิตช์อ่อนตัวถูกกดจนหน้าสัมผัสภายในสัมผัสกันจะทำให้ไอซี LM 555 ทำงานส่งเสียงสัญญาณเตือนออกมาโดยความถี่ของเสียงที่ได้ถูกกำหนดจากค่าของ R4 และ C2 หลังจากที่หน้าสัมผัสจากออกจากกันแล้ว วงจรก็ยังคงส่งเสียงสัญญาณเตือนต่อไประยะหนึ่ง ระยะเวลาดังกล่าวถูกกำหนดโดยค่าของ R3 และ C1 ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ และวงจรที่แสดงไว้ก็เป็นตัวอย่างง่าย ๆ ตัวอย่างหนึ่งในการประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



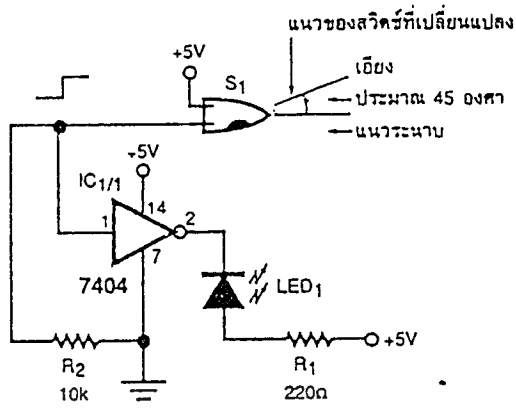
รูปที่ 2.3 วงจรประยุกต์ใช้งานของสวิตช์อ่อนตัว

2.4.3 สวิตช์ปรอท

ปรอทเป็นโลหะตัวนำที่ดีเลิศ ปรอทนี้เป็นโลหะชนิดเดียวที่มีสภาพเป็นของเหลว ณ อุณหภูมิห้องปรอทถูกนำมาสร้างเป็นสวิตช์อีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า สวิตช์ปรอท โดยปรอทจะถูกบรรจุอยู่ในหลอดแก้วและมีหน้าสัมผัสสองหน้าสัมผัส เมื่อโลหะปรอทเคลื่อนที่ไปแตะกับหน้าสัมผัสทั้งสอง ทำให้ความต้านทานลดต่ำลงจนเป็นสวิตช์ปิดวงจร ในหลอดแก้วที่บรรจุปรอทไว้จะบรรจุก๊าซเฉื่อย (ก๊าซไนโตรเจน) เอาไว้ เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์และประกายไฟที่หน้าสัมผัสของสวิตช์

ในรูป 2.4 เป็นตัวอย่างวงจรใช้งานสวิตช์ปรอทในการตรวจจับความเอียงแบบง่าย ๆ การทำงานเมื่อสวิตช์ปรอทที่ติดตั้งไว้อยู่ในแนวระนาบ (แนวนอน) ตามปกติสวิตช์ปรอทจะเปิดวงจรของอินพุทของอินเวอร์เตอร์เกต (ขา 1 ของ IC1) มีสภาวะลอจิกเป็น “0” เอาต์พุทจึงเป็นลอจิก “1” เป็นผลทำให้ LED1 ไม่สว่าง เมื่อสวิตช์ปรอทที่ติดตั้งไว้เกิดการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปจากแนวนอนหรือเกิดการเอียงออกจากแนวระนาบไปในจุดที่กำหนดปรอทที่ถูกบรรจุอยู่ภายในจะเคลื่อนที่ไปแตะหน้าสัมผัสของสวิตช์จนครบวงจรเป็นสวิตช์ปิดขาอินพุทของอินเวอร์เตอร์เกตจึงมีสภาวะลอจิกเป็น “1” เอาต์พุทจึงเป็นลอจิก “0” ทำให้ LED1 ติดสว่างขึ้นและเราก็สามารถนำผลอันนี้ไปใช้งานได้ทันที

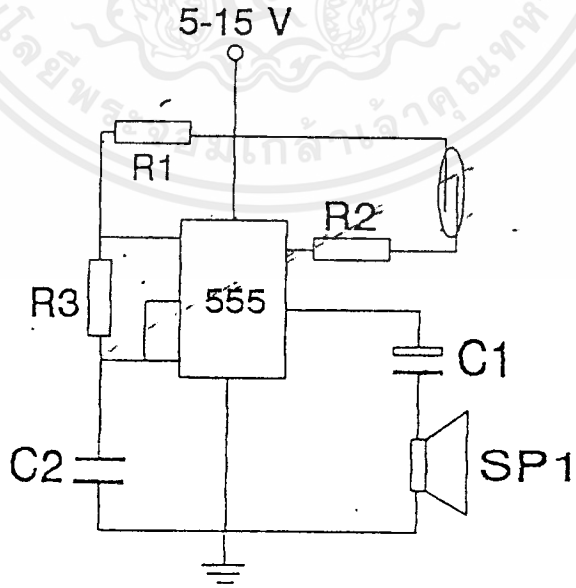
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 วงจรประยุกต์ใช้งานสวิตช์ปรอทตรวจจับความเอียง

2.4.4ตัวตรวจจับแม่เหล็ก (MAGNETIC PROXIMITY SENSOR)

ตัวตรวจจับแม่เหล็กจะทำหน้าที่ในการตรวจจับอำนาจแม่เหล็กใด ๆ ก็ตามที่เข้ามาใกล้ ๆ กับตัวตรวจจับในระยะ และความเข้มที่กำหนดจนสามารถรับรู้ได้ ตัวตรวจจับแม่เหล็กหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สวิตช์แม่เหล็ก (MAGNETIC SWITCH) จะถูกออกแบบไว้ทั้งในลักษณะปกติปิดวงจรหรือเปิดวงจร เพื่อให้สะดวกในการประยุกต์ใช้งานหลาย ๆ ลักษณะ



รูปที่ 2.5 วงจรเตือนภัยประยุกต์ใช้งานสวิตช์แม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

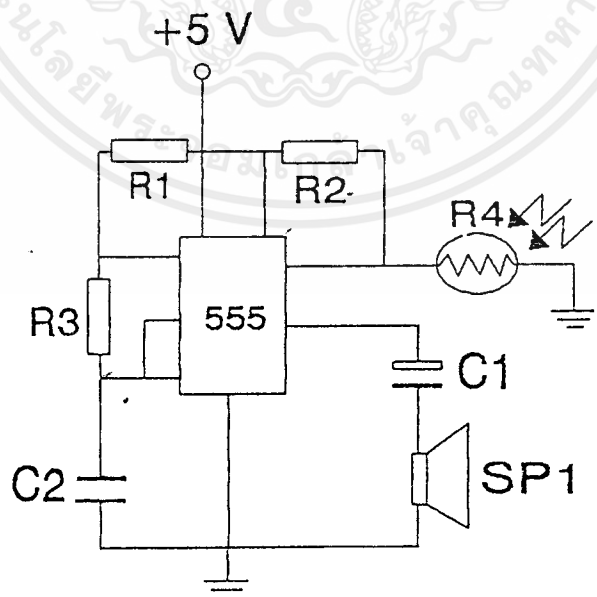
ตัวอย่างการนำเอาตัวตรวจจับแม่เหล็กมาใช้งานแสดงดังวงจรในรูป 2.5 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกันกับวงจรในรูปที่ 2.3 เพียงแต่อาศัยตัวตรวจจับต่างชนิดกัน การทำงานกล่าวคือเมื่อมีอำนาจแม่เหล็กเข้ามาในบริเวณที่ตัวตรวจจับแม่เหล็กสามารถรับรู้ได้ หน้าสัมผัสของสวิตช์จะปิดวงจร เป็นผลทำให้ไอซี LM 555 ถูกอีนาเบิ้ลสามารถทำงานได้และส่งเสียงสัญญาณออกมาต่อเมื่ออำนาจแม่เหล็กที่เข้ามาจางหายไป เป็นผลทำให้หน้าสัมผัสของสวิตช์เปิดวงจร วงจรจึงหยุดส่งเสียงสัญญาณออกมา อนึ่งความถี่เสียงของวงจรนี้จะถูกกำหนดโดยค่า ของ R3 และ C2

2.4.5 อุปกรณ์ตรวจจับทางแสง (OPTO DEVICE)

อุปกรณ์ตรวจจับทางแสง เป็นการนำเอาผลของแสงสว่างมาเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อสามารถนำมาใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ อุปกรณ์ตรวจจับทางแสงที่เราคุ้นเคยกันดี ก็มีอยู่หลายชนิด ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไปดังนี้

1. โฟโต้เซลล์ (PHOTO CELLS)

โฟโต้เซลล์เป็นตัวตรวจจับทางแสงแบบพื้นฐานที่มีใช้กัน ตัวตรวจจับแบบนี้มีโครงสร้างที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำมีขั้วต่อใช้งานสองขั้ว เมื่อมีแสงมาตกกระทบกับตัวตรวจจับชนิดนี้จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าของความต้านทานตัวโฟโต้เซลล์ ตามการเปลี่ยนแปลงของแสงที่เปลี่ยนไปโฟโต้เซลล์ มักจะสร้างมาจาก สารแคดเมี่ยมซัลไฟด์ (CADMIUM-SULFIDE : Cds) หรือ เคดเมี่ยมเซเลไนด์ (CADMIUM-SELENIDE : CcSe)



รูปที่ 2.6 วงจร VCO ควบคุมด้วยแสงจากการทำงานของโฟโต้เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟโต้เซลล์ที่สร้างจากแคดเมี่ยมเซเลไนด์จะใช้เวลาประมาณ 10 มิลลิวินาทีในการตอบสนองต่อความเข้มของแสงที่เปลี่ยนแปลงไป ส่วนโฟโต้เซลล์ที่สร้างจากสารแคดเมี่ยมซัลไฟด์จะใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงประมาณ 100 มิลลิวินาที จากผลของการตอบสนองต่อแสงที่ค่อนข้างช้าเช่นนี้ ทำให้การใช้งานเชื่อมต่อกับวงจรดิจิตอลค่อนข้างลำบากและมีปัญหาบ้างเล็กน้อย แต่ตัวโฟโต้เซลล์ก็สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้มากตามปริมาณความเข้มของแสงที่เปลี่ยนแปลงไปมาก ๆ ได้ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวาง

ค่าความต้านทานของโฟโต้เซลล์ขึ้นอยู่กับสารที่นำมาใช้ในการผลิตส่วนใหญ่แล้วค่าความต้านทานขณะไม่ได้รับแสงอาจจะสูงถึง 1 เมกะโอห์มหรือมากกว่านั้น ส่วนค่าความต้านทานขณะได้รับแสงเต็มที่จะมีค่าประมาณ 250 โอห์ม หรือต่ำกว่านั้น

จากวงจรในรูปที่ 2.6 เป็นวงจรที่นำเอาโฟโต้เซลล์มาประยุกต์ใช้งานในวงจรผลิตความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณของแสงที่เปลี่ยนไป ค่าความต้านทานของ R2 และ R4 (โฟโต้เซลล์) จะต่อร่วมกันเป็นวงจรแบ่งแรงดันเพื่อจ่ายแรงดันควบคุมที่เปลี่ยนแปลงไปมานั่นเอง

ในทางกลับกันถ้าหากปริมาณแสงที่ตกกระทบตัวโฟโต้เซลล์ลดต่ำลง ความต้านทานภายในโฟโต้เซลล์จะสูงขึ้น เป็นผล ทำให้ความถี่ทางเอาต์พุทของ IC1 มีค่าต่ำลงตามปริมาณแสงที่ลดลงนั้น และถ้าหากทำการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่าง R2 และ R4 จะเป็นผลทำให้การทำงานกลับเป็นตรงกันข้ามทั้งหมด ซึ่งขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานตามความเหมาะสม

2. โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (PHOTO TRANSISTER)

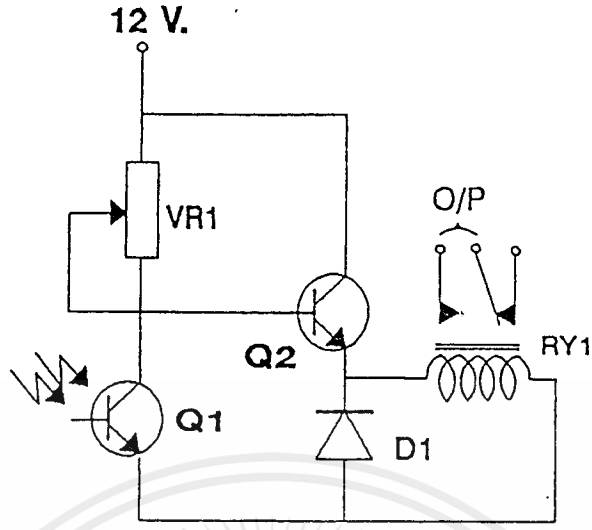
โดยภาวะปกติ สารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสงอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อมีการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โปรตีนจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้นเป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ดังนั้นโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่งถูกออกแบบขึ้นจากการเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำและมีรอยต่อP-N ระหว่างสารสองชนิดของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อ P-N ของทรานซิสเตอร์โดยทั่วไปความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือที่ตัวถัง (CASE) ด้านบนของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับแสงเพื่อส่องไปยังรอยต่อ P-N โดยที่ช่องรับแสงนี้ จะมีวัสดุเคลียร์ไมก้า (CLEAR MICA) หรือ ควอตซ์เลนซ์ (QUARTZ LENZ) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ทุกแบบ จะมีโครงสร้างเป็นชนิด NPN สารที่ถูกนำมาใช้ผลิต ได้แก่ ซีลีเนียม ซิลิกอน หรือเยอรมันเนียม สารแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อสเปกตรัมของคลื่นแสงในย่านที่แตกต่างกันออกไป

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่สร้างมาจากสารซีลีเนียม จะตอบสนองต่อสเปกตรัมของคลื่นแสงที่คนเราสามารถมองเห็นได้ซึ่งมีลักษณะการตอบสนองได้ใกล้เคียงกับสายตาของคนเรา

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่สร้างสารซิลิกอน จะมีการตอบสนองได้ดีต่อสเปกตรัมของแสงในย่านของแสงอินฟราเรดหรือใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 (ก) วงจรควบคุมด้วยแสงทำงานเมื่อแสงตกกระทบ

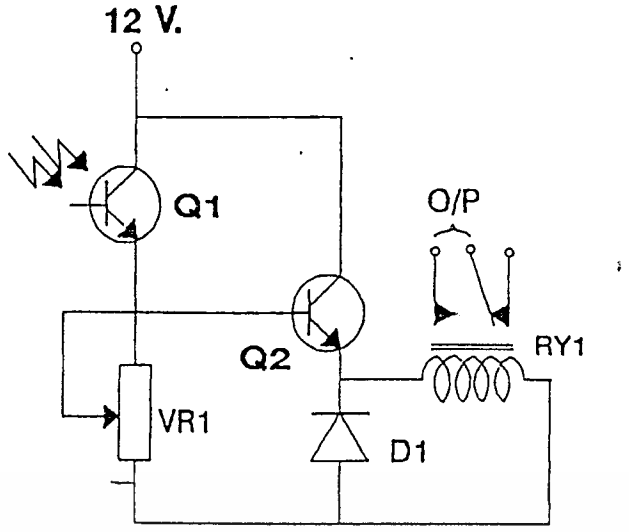
โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารเยอรมันเนียม จะมีการตอบสนองต่อแสงได้ในช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ซึ่งรวมถึงย่านของแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วย

การทำงานและการตรวจจับของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ มีความรวดเร็วกว่าโฟโต้เซลล์มาก ซึ่งสามารถตอบสนองได้รวดเร็วถึง 1 ไมโครวินาทีทีเดียว ทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวางมาก

โฟโต้ทรานซิสเตอร์สามารถทำงานได้ทั้งเป็นวงจรขยายและวงจรสวิตช์ ตัวอย่างวงจรประยุกต์ใช้งานแสดงดังรูปที่ 2.7 (ก) และ (ข) ในรูปที่ 2.7 (ก) โฟโต้ทรานซิสเตอร์ Q1 ถูกใช้เป็นตัวตรวจจับแสงที่สามารถปรับความไวได้ การทำงานคือเมื่อ Q1 ได้รับแสงจะทำให้ Q1 ทำงานเป็นผลทำให้มีแรงดันไปแอสที่ขาเบสของ Q2 รีเลย์ RY1 จึงทำงานต่อวงจรความไวในการทำงานของวงจรสามารถปรับได้ที่ค่าของ VR1

ในทางตรงกันข้าม หากเราเปลี่ยนตำแหน่งกันระหว่าง VR1 และ Q1 ดังรูปที่ 2.7 (ข) จะมีการทำงานคือเมื่อแสงตกกระทบ Q1 ทำให้ Q1 ทำงานลัดวงจรขาเบสของ Q2 ลงกราวด์ Q2 จึงหยุดทำงาน รีเลย์ RY1 จึงปล่อยวงจรออก ซึ่งเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับวงจรในรูปที่ 2.7 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 (ข) วงจรควบคุมด้วยแสงทำงานเมื่อแสงตกกระทบ

3. อินฟราเรด แอลอีดี (INFRARED LED)

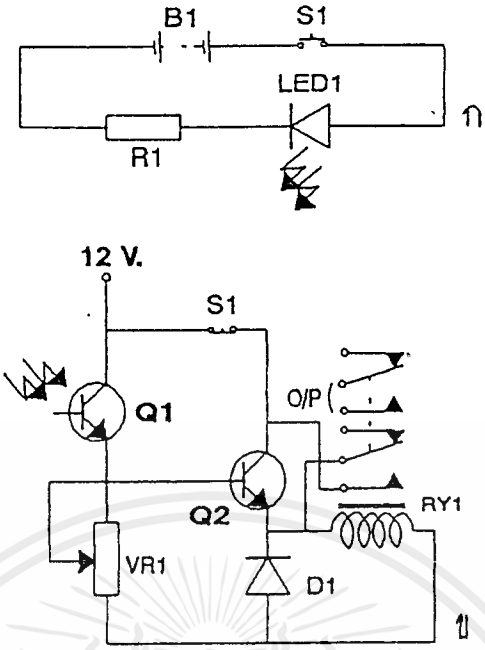
อินฟราเรด แอลอีดี ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟราเรด เมื่ออินฟราเรดแอลอีดีนำกระแส อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ และเกิดพลังงานขึ้นจากโฟตอน การเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปในทันทีที่มีกระแสไหลผ่าน

อินฟราเรด แอลอีดีสามารถกำเนิดแสงอินฟราเรดได้ในช่วงสองความยาวคลื่น คือ อินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอาเซไนด์ (GALLIUM ARSENIDE ; GaAs) จะทำให้ความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร และอินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอลูมินั่มอาเซไนด์ (GALLIUM ALUMINUM ARSENEDE ; GaA1As) จะกำเนิดแสงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร

รูปที่ 2.8 เป็นวงจรใช้งานรีโมตคอนโทรลแบบง่าย โดยรูปที่ 2.8 (ก) เป็นวงจรภาคส่งรีโมตคอนโทรลและรูปที่ 2.8 (ข) เป็นวงจรภาครับรีโมตคอนโทรล ในวงจรภาคส่งแหล่งจ่ายไฟ 9 โวลต์ จะจ่ายไฟให้กับอินฟราเรดแอลอีดี มีการจำกัดกระแสด้วย R1 ค่า 330 โอห์ม และอินฟราเรดแอลอีดีจะเปล่งแสงอินฟราเรดออกมาก็ต่อเมื่อมีการกดสวิตช์ S1 เป็นการส่ง

ทางด้านวงจรภาครับเมื่อแสงอินฟราเรดจากเครื่องส่งกระทบบนตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำให้ Q1 ทำงาน เป็นผลทำให้เกิดแรงดันไบแอสที่ขาเบสของ Q2 ซึ่งเป็นการไบแอสตรงให้กับขาเบส Q2 จึงทำงาน เป็นผลให้รีเลย์ RY1 ทำงานดูดหน้าสัมผัสเพื่อจ่ายไฟให้กับตัวเอง ดังนั้นขณะนี้ RY1 ทำงานแล้วและจะยังคงทำงานต่อไป แม้ว่าแสงอินฟราเรดที่ตกกระทบ Q1 จะหมดไปแล้วก็ตาม ถ้าหากต้องการให้วงจรหยุดทำงานก็สามารถทำได้โดยการกดสวิตช์ S1 ก็จะทำให้ RY1 หยุดทำงานทันที และวงจรก็จะพร้อมรับสัญญาณจากเครื่องส่งรีโมตคอนโทรลอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 วงจรประยุกต์ใช้งานอินฟราเรด LED

ขณะที่ RY1 ทำงานอยู่นั้นหากกดภาภส่งให้กับอินฟราเรดตัวส่งอีกครั้งก็จะไม่มีผลต่อวงจรกว่าจะมีการหยุดการทำงานก่อน

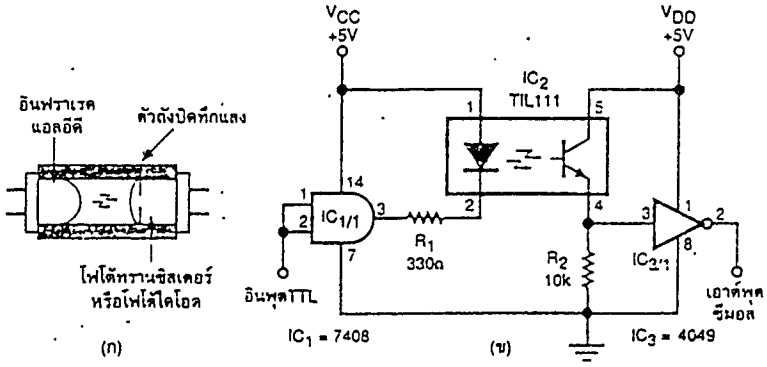
4. ออปโต้ไอโซเลเตอร์ (OPTO ISOLATOR)

ออปโต้ไอโซเลเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์มากเนื่องจากมันได้รวมเอาตัวกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสงเข้าไว้ด้วยกัน จุดประสงค์หลักของออปโต้ไอโซเลเตอร์ คือการใช้งานเพื่อเป็นการแยกกันทางไฟฟ้า (ELECTRICAL ISOLATION) ตัวอย่างเช่นการเชื่อมโยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเข้าไปควบคุมงานไฟฟ้ากำลังเป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายและความปลอดภัยสูงสุด จากการที่มีระบบแหล่งจ่ายไฟที่ไม่เหมือนกัน

ออปโต้ไอไอโซเลเตอร์จะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังที่ทึบแสงเพื่อป้องกันการรบกวนของแสงจากภายนอก ออปโต้ไอโซเลเตอร์อาจจะรวมเอาอุปกรณ์ตรวจจับแสงดังที่กล่าวมาแล้วจับคู่กันและบรรจุในตังถังเดียวก็ได้ เช่น แสงจากหลอดนีออนกับตัวรับโฟโต้เซลล์ หลอดอินแคนเดสเซนต์กับโฟโต้เซลล์ และตัวส่งอินฟราเรดกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือกับโฟโต้ไดโอด เป็นต้น

ออปโต้ไอโซเลเตอร์ที่ใช้งานกำลังสูงจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังที่ใหญ่และค่อนข้างแข็งแรง ส่วนออปโต้ไอโซเลเตอร์ที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิคส์หรืองานที่มีกำลังค่อนข้างต่ำและปานกลางจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังรูปไอซี ที่เคยพบเห็นกันมาบ้างแล้วในรูป2.9 (ก) นั้นเป็นโครงสร้างภายในอย่างง่ายของออปโต้ไอโซเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 วงจรประยุกต์ใช้งานออปโต้ไอโวเลเตอร์

การประยุกต์ใช้งานออปโต้ไอโซเลเตอร์อย่างง่ายแสดงในรูปที่2.9 (ข) เป็นการนำออปโต้ไอโซเลเตอร์เข้ามาเชื่อมต่อเอาร์พุทของไอซี TTL เข้ากับอินพุทของไอซี CMOS โดยสัญญาณเอาท์พุทของ IC1/1 จะใช้ขับอินฟราเรดแแอลอีดีตัวส่งที่ลอจิก "0" จะทำให้ อินฟราเรดแแอลอีดีใน IC2 นำกระแสและส่งแสงอินฟราเรดออกมา โฟโต้ทรานซิสเตอร์ในออปโต้ไอโซเลเตอร์เมื่อได้รับแสงจึงทำงาน ทำให้ปรากฏลอจิก "1" โฟโต้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานอินพุทของ IC3/1 จึงมีระดับลอจิกเป็น "0" ในทางกลับกันถ้าเอ้าท์พุทของ IC1/1 มีลอจิกเป็น "1" โฟโต้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน อินพุทของไอซี3/1 มีลอจิกเป็น "0"เอ้าท์พุทของ ไอซี1/3 จึงมีระดับลอจิกเป็น "1" สรุปคือเอาท์พุทของวงจรจะมีสถานะลอจิกตรงข้ามกับอินพุทของวงจร

5. ออปโต้ไอโซเลเตอร์ชนิดคู่ (SLOTTED PAIR OPTOISOLATOR)

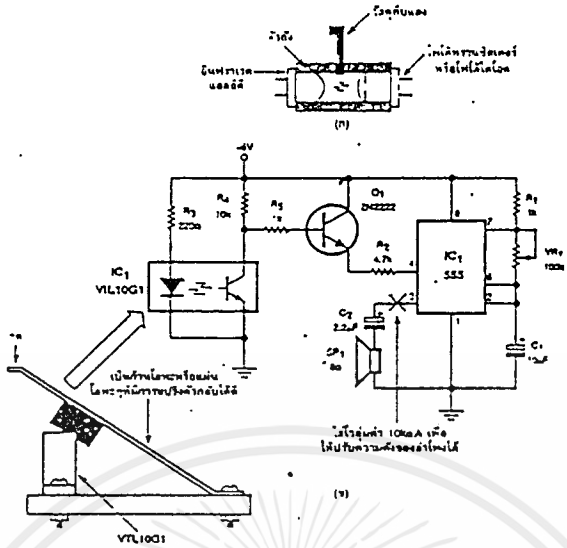
ออปโต้ไอโซเลเตอร์ชนิดนี้จะติดตั้งตัวรับและตัวส่งไว้บนตัวถังเดียวกัน แต่จะเปิดช่องทางของแสงเอาไว้ วิธีการใช้งานจะใช้วัตถุที่ทึบแสงมาปิดแสงตรงช่องว่างดังกล่าว และนำผลดังกล่าวไปใช้งาน ลักษณะของออปโต้ไอโซเลเตอร์ชนิดคู่นี้ แสดงดังรูป2.10 (ก)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานออปโต้ไอโซเลเตอร์ชนิดนี้แสดงดังรูป2.10 (ข) ซึ่งเป็นวงจรเครื่องเคาะรหัสมอร์ส โดยไอซี 2 ทำหน้าที่ผลิตความถี่ ซึ่งมีการควบคุมการผลิตความถี่โดย Q1 และ IC1 ซึ่งเป็นออปโต้ไอโซเลเตอร์ชนิดคู่ การทำงานของวงจรจะใช้วัตถุทึบแสงมาประกอบเป็นคีย์เคาะรหัสมอร์ส โดยให้ส่วนที่ทึบแสงทำหน้าที่ทำหน้าที่ปิดเปิดแสงบนตัวออปโต้ไอโซเลเตอร์ชนิดนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้มากมาย ตัวอย่างเช่น การนับจำนวนสิ่งของ การนับรอบของจำนวนเครื่องจักรกลต่างๆเป็นต้น

6. ตัวตรวจจับการสะท้อน (REFLECTOR ISOLATOR)

ตัวตรวจจับการสะท้อนก็เป็นออปโต้ไอโซเลเตอร์ชนิดหนึ่ง หลักการคืออาศัยวัสดุหรือชิ้นงานที่จะตรวจจับ เป็นตัวสะท้อนแสงจากอินฟราเรดแอลอีดีตัวส่งไปยังตัวรับแสงที่เป็นโฟโต้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การประยุกต์การใช้งานออปโต้ไอโซเลเตอร์แบบคู่

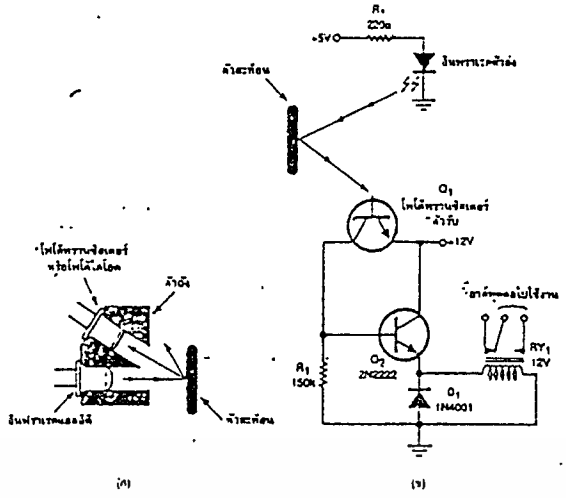
ทรานซิสเตอร์ การติดตั้งบนตัวถังของตัวตรวจจับการสะท้อนระหว่างอินฟราเรดแอลอีดีและโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะติดตั้งให้ทำมุมกัน 45 องศาหรือมากกว่านั้น ดังแสดงในรูป2.11 (ก) และส่วนใหญ่จะเป็นการติดตั้งไว้ในตัวถังบรรจุตัวเดียวกันเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน

วงจรการใช้งานตัวตรวจจับการสะท้อนแบบง่ายๆ แสดงดังรูป2.11 (ข) จะเห็นว่าอินฟราเร้ดแอลอีดี LED1 จะถูกต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ ทำให้นำกระแสและส่งแสงอินฟราเรดออกมาตลอดเวลา และเมื่อแสงอินฟราเรดจาก LED1 มีการสะท้อนผ่านพื้นผิวใดๆ ก็ตาม เข้ามายังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ Q1 (ตัวรับ) Q1 จึงทำงานและมีไบแอสที่ขาเบสของ Q2 เป็นไบแอสตรง Q2 จึงทำงานทำให้รีเลย์ RY1 ทำงานและสามารถนำเอาผลการเปลี่ยนแปลงหน้าสัมผัสของ RY1 ไปใช้งานได้ทันที ความไวในการทำงานของวงจรนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยเปลี่ยนแปลงค่าของ R2

จากที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด คงทำให้ผู้อ่านสามารถที่จะนำเอาตัวตรวจจับแบบต่างๆ ไปประยุกต์ใช้งานได้บ้างพอสมควรแต่ในการนำไปใช้งานจริงนั้นคงต้องมีรายละเอียดที่ซับซ้อนมากกว่านี้พอสมควรและยังขึ้นอยู่กับการทดลองปฏิบัติด้วย ซึ่งอาจจะพบปัญหาต่างๆ ได้มากมายเช่นกันแต่ส่วนมากแล้วเป็นปัญหาไม่ยุ่งยากอะไรมากนัก หากมีความเข้าใจในการทำงานและวิธีการทำงานและวิธีการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับแต่ละชนิดดีพอสมควร

จากการทำงานของอุปกรณ์เล็กๆ น้อยๆ เหล่านี้นำไปสู่การควบคุมการทำงานของระบบการทำงานที่ใหญ่โตมากเลยทีเดียวสำหรับเทคโนโลยีในปัจจุบันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 วงจรใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับการสะท้อน

7. LED อินฟราเรด

LED ที่ให้แสงช่วงใกล้ย่านอินฟราเรด (high power near-infrared emitting diode) หรือไดโอดที่เปล่งแสงในย่านใกล้รังสีอินฟราเรดที่กำลังสูงได้ถูกนำมาใช้งานแล้วปัจจุบันเราจึงได้เห็น LED เบอร์ใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ราคาถูกลง ปรากฏตัวออกมาอยู่เรื่อยๆ

การประยุกต์ใช้งานหน้าที่น่าสนใจก็คือ สามารถใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงนำทางให้คนตาบอดได้ หลักการก็คือ ใช้พลังงานแสงการ LED ส่งออกไปกระทบวัตถุที่อยู่รอบกายของผู้ใช้วัตถุส่วนที่ถูกแสงก็จะสะท้อนแสงกลับออกมายังเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งไว้ด้านล่างของ LED เอาท์พุทของเซลล์แสงอาทิตย์ถูกขยายโดยเครื่องขยายช่วยฟัง และส่งไปยังหูฟังของผู้ใช้ซึ่งสามารถประมาณระยะห่างระหว่างตนเองกับวัตถุได้อย่างหยาบๆ จากความเข้มของโทนเสียงที่แปรตามความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับมานั่นเอง

7.1 LED กำลังสูง ที่ให้แสงย่านใกล้อินฟราเรด

รอยต่อ P-N ของ LED เป็นแหล่งกำเนิดโปตอนที่ยอดเยี่ยมมากสมัยแรกๆ ได้มีการค้นพบว่ารอยต่อของแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (GaaS) ซึ่งให้แสงย่านใกล้อินฟราเรด ทำให้เกิดโปรตอน 88 ตัว ต่อ อิเล็กตรอน 100 ตัว เป็นประสิทธิภาพควอนตัมที่น่าทึ่งไม่น้อยทีเดียว

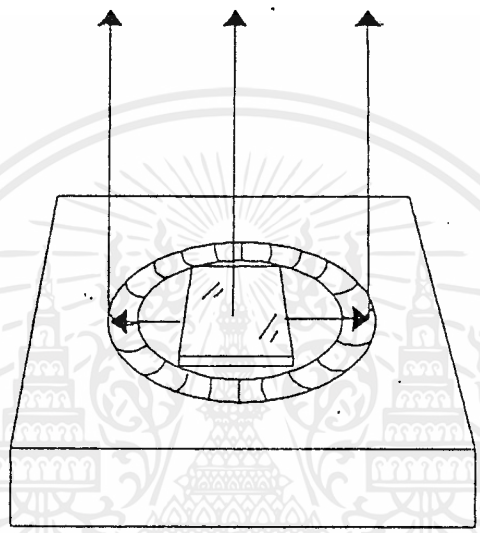
แต่อุปสรรคก็มี เนื่องจากโปรตอนที่ถูกปล่อยมาจากรอยต่อ ส่วนหนึ่งถูกสกัดกั้นโดยกรอบของชิ้นสารเอาท์พุทจริงๆจึงน้อยกว่า 88 เปอร์เซนต์

อีกส่วนหนึ่งของการแผ่รังสีจากรอยต่อ ก็ถูกดูดกลืนไปโดยตัวไดโอดเอง และยังมีการแผ่รังสีบางส่วนที่กระทบผิวไดโอดด้วยมุมที่มากกว่า มุมวิกฤติ (Critical Angle) จึงถูกสะท้อนกลับไปยังไดโอด ทำให้เกิดการสูญเสียเช่นกัน

ปัญหาเรื่องมุมวิกฤติ เป็นปัญหาสัมคัญประการหนึ่ง ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศมีดัชนีของการหักเหเท่ากับ 1 (ที่จริงคือ 1.0003 เมื่อเทียบกับสูญญากาศ) ดัชนีการหักเหของเพชรคือ 2.42 ในขณะที่ GaAs มีดัชนีการหักเหของแสงเท่ากับ 3.5 ซึ่งเป็นหนึ่ง ในสสารเพียงไม่กี่ชนิดที่มีดัชนีของการหักเหมากกว่าเพชร ความแตกต่างของดัชนีหักเหนี้ ทำให้การแผ่รังสีของแสงที่เกิดขึ้นภายในชิ้นสาร GaAs เมื่อกระทบผิวที่ติดต่ออยู่กับอากาศภายนอก มีมุมวิกฤติ 16 องศาหากมุมตกกระทบที่รอยต่อของผิวมากกว่า 16 องศา แสงนั้นจะถูกสะท้อนกลับมายังชิ้นสาร ปรากฏการเช่นนี้ เรียกว่า ปรากฏการสะท้อนกลับภายใน (Total Internal Reflection)



รูปที่ 2.12 ชิ้นสารที่วางอยู่ภายในกรอบที่สามารถสะท้อนแสงได้

วิธีลดความไม่สมดุลย์ระหว่างดัชนีการหักเหของแสงมีอยู่หลายวิธี

วิธีหนึ่งเป็นของเท็กซัสอินสตรูเมนต์คือ ทำผิวหน้าของชิ้นไดโอดเป็นรูปโดม ทำให้แสงจากภายในมาถึงผิวต่อระหว่างอากาศและGaAs ด้วยมุมที่ไม่เกิน 16 องศา วิธีนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงกว่าชิ้นไดโอดแบบแบนราบประมาณ 10 เท่า

การผลิตไดโอดแบบโดมนี้มีราคาค่อนข้างแพง แล้วยังต้องการสาร GaAs มากกว่าแบบแบนราบด้วย จึงมีการใช้อีฟอกซี่เคลือบไดโอด เพื่อทำให้ดัชนีการหักเหแสงสมดุลย์ ดัชนีการหักเหของสารเคลือบนี้มีค่าตั้งแต่ 1.4 ถึง 1.8 แม้ว่าจะไม่เท่ากับดัชนีการหักเหของ GaAs (3.5) ก็ตาม แต่ก็มีค่าใกล้เคียงมากกว่าอากาศ

ส่วน LED ที่ทำจากแกลเลี่ยมฟอสไฟด์ (GaP) ที่ให้แสงสีเขียวและมีมุมวิกฤต 17.7 องศา การเคลือบไดโอดด้วยอีฟอกซี่ที่มีดัชนีการหักเห 1.66 ทำให้เพิ่มมุมวิกฤตเป็น 30.3 องศา และทำให้การเปล่งแสงจากจากไดโอดเพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038023

หันมาพิจารณาถึงแสงที่ปล่อยออกมาจากขอบของสารที่ใช้ในการสร้าง LED ในสมัยแรกๆ นั้นแสงส่วนนี้จะสูญเสียไปถ้าชิ้นสารถูกวางไว้ในกรอบโลหะ ปัจจุบัน LED ส่วนใหญ่จะถูกวางไว้ในตัวสะท้อน (Reflectors) ตัวเล็กๆ ดังรูป ตัวสะท้อนนี้จะสะท้อนแสงที่เปล่งจากขอบของชิ้นสารออกมาสู่ภายนอก

7.2 เทคโนโลยี เฮตเทอโรจังก์ชั่น

ในระยะต่อมาของการพัฒนา LED ได้มีการค้นพบว่าสามารถสร้าง LED ที่ให้แสงใกล้อินฟราเรดที่มีประสิทธิภาพสูงได้ โดยการใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า เฮตเทอโรจังชั่น (Heterojunction)

เทคโนโลยีแบบนี้ไดโอดจะมีสภาพเหมือนแซนด์วิชของสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าต่างกันอยู่เล็กน้อย การทำชั้นสารหลายๆชั้น ในรูปแบบของเฮตเทอโรจังก์ชั่นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเปล่งแสงของไดโอด เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีแบบนี้ทำให้ลดพื้นที่บริเวณรอยต่อ P-N ลงชั้นนอกสุดของเฮตเทอโรจังก์ชั่นมีความโปร่งใสที่ให้แสงผ่านได้มากกว่ารอยต่อ P-N ของไดโอดที่ใช้เทคโนโลยีแบบโฮโมจังก์ชั่น(Homojunction) ทำให้พลังงานแสงที่ได้จึงมากกว่า 2 เท่า

ด้วยเทคโนโลยีแบบเฮตเทอโรจังก์ชั่นทำให้สามารถผลิตเลเซอร์ไดโอดที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ณ อุณหภูมิห้องและผลิตเลเซอร์ไดโอดที่ให้แสงในย่านที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้

ต่อมาเทคโนโลยีแบบเฮตเทอโรจังก์ชั่นก็ได้นำมาใช้ในการผลิต LED ที่ให้แสงในย่านที่มองเห็นได้และนำอลูมิเนียมแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (AlGaAs) มาใช้ผลิต LED แสงสีแดงที่มีความสว่างสูง

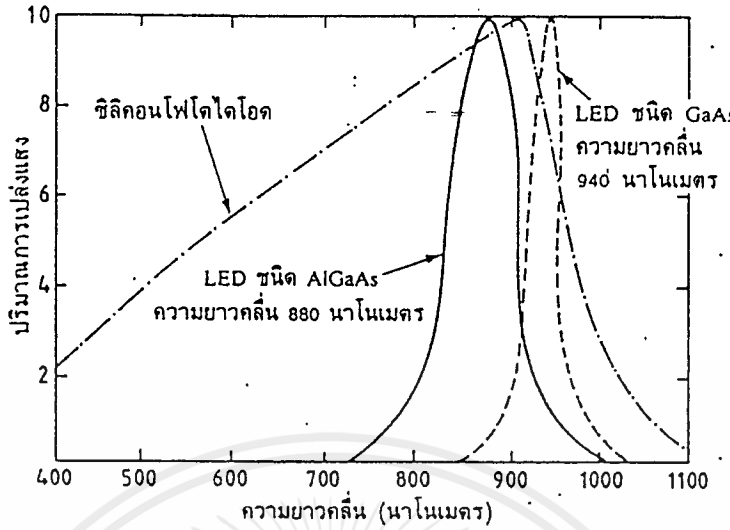
7.3 คุณสมบัติของ LED อินฟราเรด

แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ P-N ของไดโอดต้องมีค่ามากกว่าแรงดัน เทรชโฮลด์จึงจะสามารถทำให้ไดโอดนำกระแสได้ สำหรับซิลิกอนไดโอดแรงดันทำงานมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงในย่านที่มองเห็นได้ ถ้าทำจากสาร GaP ซึ่งให้แสงสีเขียว จะมีค่าแรงดันประมาณ 2.1 ถึง 2.8 โวลต์ ถ้าเป็น LED ที่ทำจาก AlGaAs ให้แสงสีแดง มีแรงดันทำงานประมาณ 1.75 ถึง 2.5 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงใกล้ย่านอินฟราเรดทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5 โวลต์ โดยให้แสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร และถ้าทำจากสาร AlGaAs จะได้แสงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ที่แรงดัน 1.75 โวลต์

พลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของ LED หาได้จากกระแสไบแอสตรงของไดโอด และต้องระมัดระวังไม่ให้กระแสส่วนนี้มีค่าสูงจนเกิดความร้อนอันจะทำให้อันตรายต่อชิ้นไดโอด

สิ่งสำคัญที่สุดของ LED อินฟราเรดกำลังสูงคือ ชิ้นสาร AlGaAs ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร และสาร GaAs ซิลิกอนไดโอด ที่ให้แสงความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร ดังที่แสดงไว้ในรูป คือกราฟสเปคตรัมที่เปรียบเทียบความยาวคลื่นกับการเปล่งแสงของ LED ทั้งสอง ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13การเปล่งแสงของ LED แบบGaAS และAlGaAs

ซิลิกอน LED ที่ทำจาก GaAs ให้กำลังงานประมาณ 5 มิลลิวัตต์ที่กระแสไบแอสตรง 100 มิลลิแอมป์ LED ที่ทำจาก AlGaAs จะให้กำลังงานเป็น 2 เท่า เมื่อให้กระแสไบแอสตรงค่าเดียวกัน ข้อที่ดีกว่าอีกประการหนึ่งของ LED ชนิด AlGaAs คือมี rise time และ fall time ที่เร็วกว่าคือ ประมาณ 0.5 ไมโครวินาที ในขณะที่ GaAs ศิลิกอนไดโอดมีค่า1.5 ไมโครวินาที

ข้อดีอีกประการหนึ่งคือ การเปล่งแสงของ LED ที่มีความยาวคลื่นที่ซิลิกอนโฟโตทรานซิสเตอร์มีความไวสูงสุดจึงเป็นการเหมาะสมที่จะใช้ LED ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร แทน LED ที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

นอกจากนั้น LED ที่มีความยาวคลื่นแสง 880 นาโนเมตร ยังไม่ถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำเหมือน LED ที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร จึงสามารถนำไปใช้ในการตรวจจับไอน้ำในอากาศ LED ชนิด 940 นาโนเมตร ไม่เหมาะกับการสื่อสารด้วยแสงภายนอกเพราะจุดอ่อนเรื่องการถูกดูดกลืนด้วยไอน้ำในอากาศนั่นเอง ส่วน LED ชนิดซิลิกอนที่ทำจาก GaAs มักจะใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงย่านอินฟราเรด

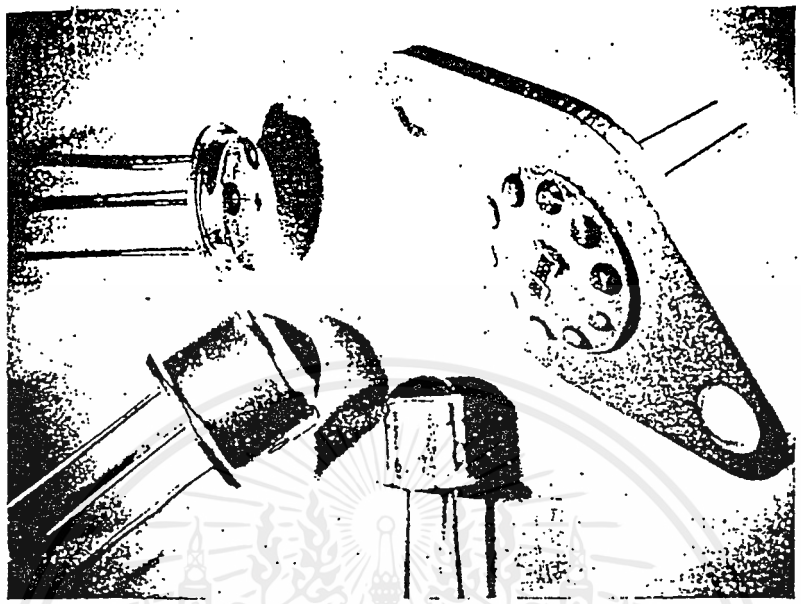
7.4 LED อินฟราเรด กำลังสูง

รูปแสดง LED ที่ให้ความยาวคลื่นแสง 880 นาโนเมตร ในตัวถังแบบต่างๆ ตัวถัง TO-66 ตัวประกอบด้วยชิ้นสารวางเรียงกัน 3 ชิ้นอยู่ภายในกรอบเดียวกัน

LED ที่อยู่ในตัวถัง TO-46 เป็นแบบที่ครอบด้วยเลนส์แก้ว ให้กำลังงาน 5 มิลลิวัตต์ ที่กระแสไบแอส 50 มิลลิแอมป์ ส่วน TO-39 มีเลนว์แก้วครอบเช่นกัน ให้กำลังงาน 5 มิลลิวัตต์ ที่ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิแอมป์ และจะให้กำลังได้ 600 มิลลิวัตต์ หากขับด้วยกระแสพัลส์ 10 แอมป์ ที่มีคาบเวลาไม่เกิน 10 ไมโครวินาที



รูปที่ 2.14 แสดง LED อินฟราเรดกำลังสูงในตัวถังแบบต่างๆ

ถัดจากเบอร์ OD-50L คือเบอร์ OD-100 ที่อยู่ในตัวถัง TO-39และเคลือบด้วยอีฟอกซี่เป็นรูปโดมจึงไม่มีกรอปแรกคือ โลหะมาขัดขวางการเปล่งแสง OD-100 จึงให้แสงเป็น 2 เท่า ของ OD-50L ที่ 500มิลลิแอมป์ จะให้กำลังงาน 100มิลลิวัตต์ หากให้กระแส 10 แอมป์ ด้วยพัลส์ 10 ไมโครวินาที จะให้กำลังงานได้ถึง 1.3 วัตต์

สาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ Od-50L และ OD-100ให้กำลังงานได้มากกว่า LED ที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ธรรมดา คือมีการระบายความร้อนที่ดีกว่าด้วยตัวถังTO-39 และถ้าใช้กับกระแสสูงๆ OD-50L และ OD-100 จะต้องให้กับแผ่นความร้อนภายนอกที่เหมาะสม

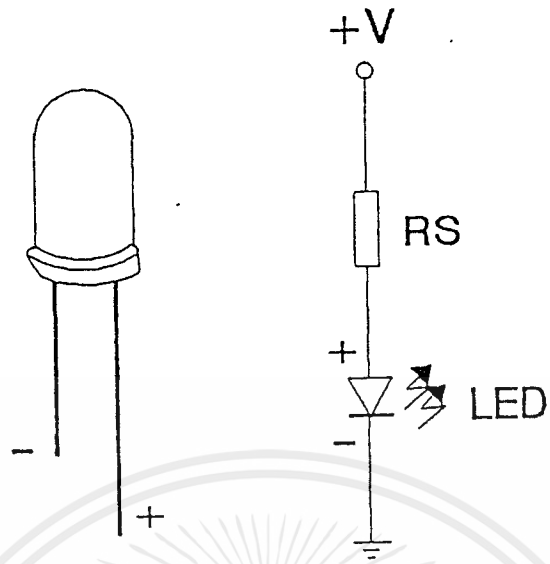
สิ่งจำเป็นการใช้งาน LED อย่างต่อเนื่องคือ การก่อตัวต้านทานอนุกรมที่เหมาะสม เพื่อจำกัดกระแส รูปแสดงการจำกัดกระแสเบื้องต้นของ LED โดยการคำนวณตามสูตร

หากใช้กระแสเกินพิกัดจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง LED กำลังสูงต้องยึดติดกับแผ่นระบายความร้อนเสมอ เมื่อใช้กับกระแสเกินระดับปกติ

7.5 การขับ LED อินฟราเรดโดยใช้พัลส์กระแสสูง

LED สามารถทำงานที่ค่ากระแสสูงกว่าค่าที่ใช้ในการใช้งานต่อเนื่องหากใช้กับพัลส์ที่มีคาบเวลา 0.1-100 ไมโครวินาทีเช่น LED อินฟราเรดเบอร์ OD-50L สามารถขับด้วยพัลส์ 10 แอมป์ (ที่มีคาบเวลาไม่เกิน 10 ไมโครวินาที และอัตราไม่เกิน 100 Hz) OD-50L นี้จะให้กำลังงาน600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การจับกระแสของLED เบื้องต้น

มิลลิวัตต์ LED แรกคือ LED ที่ใช้พัลส์ที่มีกำลังงานสูงนั้น เหมาะกับงานเตือนภัยระยะไกลและระบบตรวจสอบแบบอื่นๆ เป็นตัวส่งสัญญาณระยะไกลได้ดี

ตัวอย่างเช่น ในวงจรตามรูป แทนที่ R1 ด้วยตัวตรวจจับอุณหภูมิแบบเปลี่ยนค่าความต้านทานเช่นเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) ก็สามารถส่งสัญญาณที่ถูกมอดูเลตโดยอุณหภูมิออกไปได้ไกลหลายร้อยหรือหลายพันฟุต

หากต้องการให้ LED มีการแผ่รังสีสูงต้องทำให้แรงดันตกคร่อม LED มากกว่า 10 โวลต์วิธีหนึ่งคือ การประจุตัวเก็บประจุด้วยแรงดันที่เหมาะสม แล้วจ่ายแรงดันนั้นให้แก่ LED

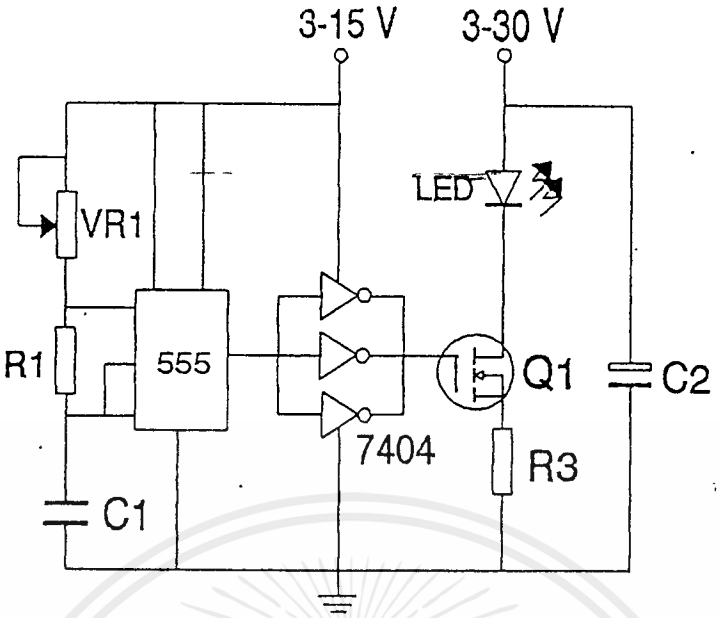
วงจรดังรูปเป็นวงจรพัลส์แรงดันสูง ที่จ่ายให้กับเลเซอร์ไดโอดแบบ เฮตเทอโรจังก์ชั่นไดโอดตัวนี้ต้องการกระแสขับ 10.15 แอมป์ ด้วยความกว้างพัลส์สูงสุด 100-200 นาโนวินาที เพื่อให้มีการทำงานอย่างรวดเร็วควรใช้ตัวเก็บประจุค่าประมาณ 0.01 หรือ 0.02 ไมโครฟารัดที่สามารถบรรจุแรงดันถึง 100 โวลต์หรือมากกว่า

ก่อนจะถึงยุคของมอสเฟตนั้น วิธีที่ใช้การประจุตัวเก็บประจุคร่อมเลเซอร์ไดโอดคือการใช้ SCR หรือทรานซิสเตอร์แบบสองรอยต่อธรรมดา แต่คุณลักษณะพิเศษของมอสเฟตที่มีความต้านทานขณะทำงานเป็นสวิตช์ต่ำทำให้การจ่ายกระแสเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและง่ายกว่า

จากรูปใช้ไอซี 555 ไทเมอร์เป็นออสซิเลตอร์ส่งพัลส์มายังเกตของมอสเฟตให้เกิดการสวิตช์ที่มีความต้านทานต่ำ ส่วนอินเวอร์เตอร์สามารถทำขนานกันได้ทั้ง 6 ตัว และต่อขาที่ไม่ใช่ลงกราวด์

แม้ค่าเหล่านี้จะได้ทำการทดลองมาแล้วแต่ก็อาจเกิดเบี่ยงเบนได้จากค่าจากค่าผิดพลาดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 วงจรพัลส์กระแสสูงขับ LED โดยใช้ MOSFET

ตัวเก็บประจุที่นำมาใช้งานดังนั้นขอให้คิดเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น มอสเฟตต่ออนุกรมอยู่กับ LED และตัวต้านทาน R3 หากต้องการเปลี่ยนแปลงความกว้างสามารถเปลี่ยนแปลงค่า R3 ได้ตสมที่เราต้องการ และขนาดแอมปลิจูดของพัลส์ สามารถกำหนดได้โดยเปลี่ยนค่า R3 นี้ หากไม่ต้องการจำกัดกระแสที่ผ่าน LED ก็ไม่ต้องใส่ R3 ก็ได้

เมื่อมอสเฟตทำงานจะให้ค่าแรงดันสูงเกือบถึงค่าแรงดันไฟเลี้ยง ถ้าต้องการผลลัพธ์ที่ดีควรใช้มอสเฟตที่มีความต้านทานขณะทำงานต่ำกว่า 1 โอห์ม เพื่อให้ได้กระแสผ่าน LED สูงสุด เช่น มอสเฟต เบอร์ IRF-511 ที่ใช้ในงานวิทยุมีความต้านทาน 0.6 โอห์ม และสวิตช์แรงดันได้ 60 โวลต์ ส่วนมอสเฟตเบอร์ที่สามารถจ่ายกระแสได้สูงคือ IRFZ40 ซึ่งมีความต้านทานเพียง0.028 โอห์ม แต่ราคาแพง

ในรูปทำการต่อไฟไว้ 2 ชุดโดยต่อแรงดันสูงเข้าไปเลี้ยงส่วนของมอสเฟตเพื่อให้ได้พัลส์กระแสสูง รูปแสดงกราฟกระแสที่ไหลผ่าน LED ชนิด AlGaAs และ GaAs เมื่อ LED ทั้ง2ต่อกับแหล่งจ่ายไฟชุดเดียวกัน

ถ้าส่วนของพัลส์ในวงจรทำงานที่ 10 โวลต์ และส่วนของมอสเฟตทำงานที่ 20 โวลต์ วงจรก็จะจ่ายพัลส์ 10 แอมป์ ไปยัง LED AlGaAs

ก่อนที่จะใช้วงจรนี้ต้องใคร่ครวญดูสักนิด เพราะอาจทำความเสียหายให้กับ LED ได้ ข้อที่ควรพิจารณาได้แก่ อัตราความเร็วของพัลส์มากกว่าค่าดิวตี้ไซเกิลของ LED ที่จะรับได้หรือไม่ แหล่งจ่ายไฟเพียงพอที่จะขับ LED หรือไม่ ถ้า LED และไอซี 555 ใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียวกันการออสซิเลตจะหยุดชะงักเนื่องจากแรงดันตกซึ่งเกิดจากการสวิตช์ " ON " ของมอสเฟตหรือไม่และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

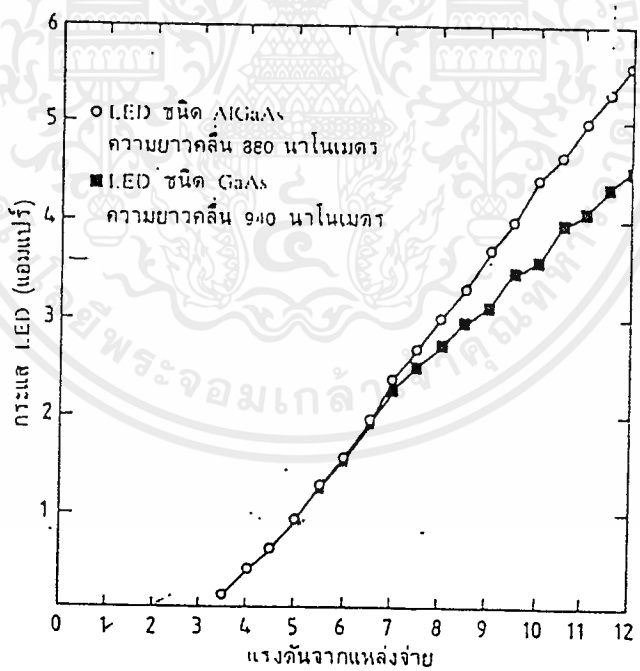
จ่ายกระแสเกินกว่าที่ LED จะรับได้ หรือไม่ ถ้าใช่ต้องใส่ R3 หรือไม่ก็ลดแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟลง

การใช้สโคปจะเป็นวิธีที่ตอบคำถามที่ดี โดยใช้ควบคู่กับแหล่งไฟที่สามารถปรับค่าได้ เริ่มจากใช้ R3 ค่า 1 โอห์มอย่าใช้ตัวต้านทานแบบขดลวด (Wire Wound) เพราะจะเสมือนมีขดลวดเหนี่ยวนำพัลส์กระแสให้ตกช้าลงและทำให้เกิดการแกว่งตัวของสัญญาณ ถ้าไม่มีตัวต้านทาน 1 โอห์มก็อาจจะใช้ตัวต้านทานขนาด 10 โอห์มต่อขนานกัน

จากนั้นต่อสโคปคร่อมตัวต้านทาน 1 โอห์ม ต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรก็จะได้พัลส์ขนาด 10 ไมโครวินาทีที่มี Rise time และ Fall time รวดเร็ว

ถ้าหากว่าที่ขอบพัลส์มีการแกว่งของสัญญาณให้ลดระยะการต่อระหว่าง Q1, LED และแหล่งจ่ายไฟ ถ้าส่วนบนของพัลส์เป็นสโลปลดลง ก็ควรเพิ่มค่า C2 ขึ้นอีก

ถ้า LED ถูกต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้ก็สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของพัลส์ได้ทันทีที่แรงดันเปลี่ยนไปนี้ก็คือที่มาของกราฟในรูป นั่นเอง กระแสจะเพิ่มขึ้นหากปลดตัวต้านทานค่า 1 โอห์ม ออกมา



รูปที่ 2.17 กราฟแสดงกระแสของ LED ที่จ่ายโดยวงจรมอสเฟต

ที่ได้กล่าวมาแล้วเป็นเพียงวิธีหนึ่งเท่านั้นที่จะแสดงพัลส์กระแสของ LED และถ้าหากทราบความต้านทานของ Q1 ก็วัดกระแสได้โดยคร่อมขาเดรนและซอร์สของ Q1 หรืออาจต้องการดูพัลส์ของเอาท์พุทของแสงโดยหัน LED ตรงกับเซลล์แสงอาทิตย์หรือโฟโต้ไดโอดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายวัดเข้าที่อีกช่องหนึ่งของสโคปจะเห็นว่าการเพิ่มกระแสขับ LED ก็จะได้พลังงานเอาท์พุท เพิ่มขึ้นด้วย (แต่ต้องไม่เกินพิกัดของดิวตี้ไซเคิลและความกว้างของพัลส์)อย่างไรก็ตามปัญหาเรื่องความร้อนเป็นตัวจำกัดพลังงานที่ไดโอด

7.6 การแผ่รังสีจาก LED อินฟราเรด

การใช้งาน LED อินฟราเรดกำลังสูงอาจพบความยุ่งยากที่ไม่อาจเห็นการแผ่รังสีในย่านที่ตาสามารถมองเห็นได้ของอุปกรณ์ชนิดนี้ จึงเป็นการยากที่จะจัดเลนส์โฟกัสและยากต่อการทำแพตเทิร์นการกระจายของรังสี ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำการ์ดเคลือบฟอสเฟอร์ชนิดพิเศษมาใช้ในการเปลี่ยนย่านรังสีใกล้อินฟราเรดเห็นแพตเทิร์นของแสงที่มองเห็นได้

ตอนแรกการนำการ์ดนี้ไปถูกแสงสว่างก่อน เช่น แสงในห้อง ก็จะทำให้ผิวพื้นของการ์ดกลายเป็นสีเข้มเมื่อการ์ดรับแสงจาก LED อินฟาเรดดีจะเปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีเขียว

การเปล่งแสงที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ของ LED อินฟาเรดกำลังสูงจะมองเห็นเป็นแสงสีแดงมัวๆ เพราะการรับรู้ด้วยตาของมนุษย์จำกัดไว้ที่ 880 นาโนเมตรพอดี แต่ดังแสดงไว้ในรูป LED อินฟาเรด AlGaAs มีการเปล่งแสงที่ความยาวคลื่นต่ำลง เช่น 750 นาโนเมตร ไดโอดที่ให้แสงสีแดงส่วนใหญ่อาจมาจากไดโอดที่ให้แสงความยาวคลื่นต่ำนี้ก็ได้

เป็นการค่อนข้างยุ่งยากลำบากในการพยายามหาแพตเทิร์นจากแผ่นฟอสเฟอร์วิธีที่ดีกว่าก็คือผ่านรังสีเข้าไปในเครื่องแปลงภาพอินฟราเรด (Infrared image converter) หรือกล้อง TV ที่ตอบสนองได้ดีในย่านใกล้อินฟราเรด

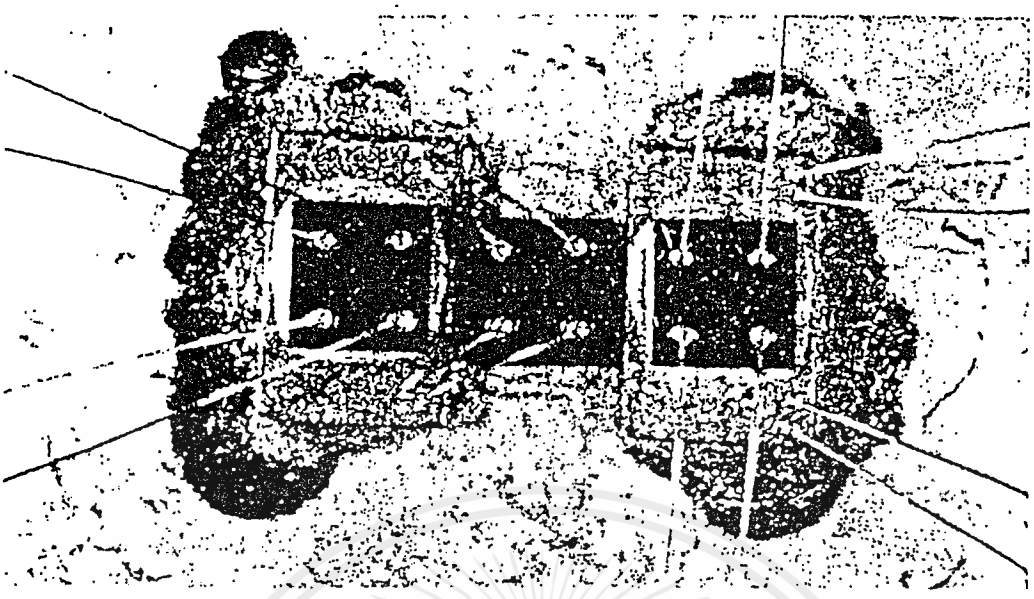
เครื่องแปลงภาพอินฟราเรดมีราคาแพงทางเลือกที่ดีกว่าคือ กล้องวีดีโอ ที่สามารถตอบสนองย่านใกล้อินฟราเรดได้ ซึ่ง LED อินฟราเรดขนาดใหญ่เบอร์ OD-633 ที่บรรจุอยู่ในตัวถัง TO-66 ดังแสดงในรูปถูกออกแบบมาสำหรับ ย่านอินฟาเรดที่สามารถมองเห็นได้โดยผ่านกล้อง TV ที่ใช้ CCD (Charge Couple Device) เป็นตัวรับภาพ

OD-663 ประกอบขึ้นด้วยสารกึ่งตัวนำ 3 ชิ้น วางเรียงกัน ที่กระแส 300 มิลลิแอมป์ OD-663 สามารถให้กำลังงานได้ 170 มิลลิวัตต์ และจะให้กำลังงานมากกว่า 1 วัตต์หากขับด้วยกระแสมากกว่า 5 แอมป์ (พัลส์ 10 ไมโครวินาที) OD-633 มีกรอบโดมอีฟ็อกซี่แทนเลนส์แก้วเช่นเดียวกับ OD-100

ในรูปนั้นเป็นภาพขยายของชิ้นสารกึ่งตัวนำ AlGaAs 3 ชิ้นที่วางเรียงกันบนกรอบของ OD-663 ด้านบนของแผ่นซับสเตรตเซรามิคทั้งสองเคลือบด้วยทองไว้เป็นผิวการนำกระแส

ชิ้นสารแต่ละชิ้นถูกต่อด้วยสายอิเล็คโตรด 4 เส้น อิเล็คโตรดจะถูกต่ออยู่ระหว่างชิ้นสารแต่ละชิ้น กรอบ และ อิเล็คโตรดของกรอบเพื่อใช้เป็นเส้นทางอนุกรมของชิ้นสารไดโอดทั้งสาม

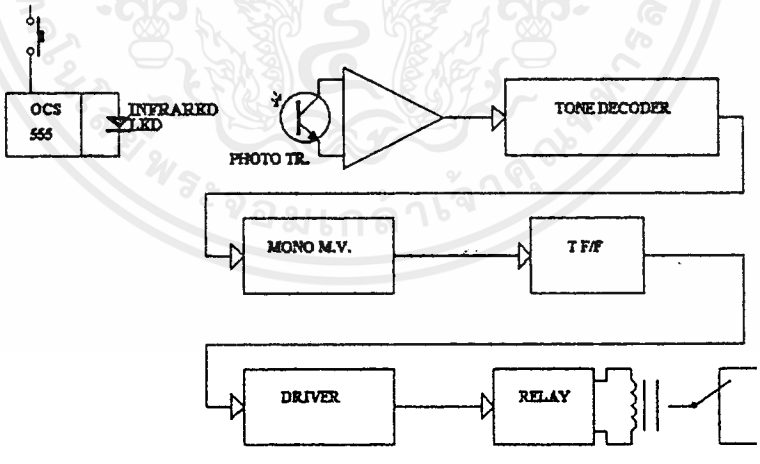
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ภาพขยายของชิ้นสารกึ่งตัวนำ AlGaAs

2.4.6 ระบบตรวจจับสัญญาณแบบอินฟราเรดแบบหนึ่งแชลแนล

หลักการทำงานของการบังคับแสงอินฟราเรด



รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมของการบังคับด้วยแสงอินฟราเรดแบบหนึ่งแชลแนล

ภาคส่ง

เราจะใช้ความถี่ออกจากออสซิลเลเตอร์ ซึ่งเป็นพัลส์ไปผสมกับแสงอินฟราเรด โดนที่พัลส์ออกจากออสซิลเลเตอร์ ไปทำให้แสงอินฟาเรดมีหรือไม่มี ตามความถี่ที่สร้างมา แล้วถูกส่งผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศ ไปยังภาครับต่อไป

ภาครับ

ที่ภาครับ จะประกอบด้วยภาคต่างๆดังรูปที่2.19 เมื่อแสงอินฟราเรดมาตกกระทบที่ Proto Diode หรือ Proto transistor ซึ่งจะทำหน้าที่ Ddtect แสงอินฟราเรด ออกมาเป็นพัลส์ ตามที่ LED ตัวส่ง ส่งมากับแสงอินฟราเรด ซึ่งความถี่ที่ถูกส่งมานี้จะมีการเพี้ยนของสัญญาณ ไม่เป็นไปตามรูปคลื่นที่ส่งมา จึงต้องนำไปทำการเปรียบเทียบความดัน เพื่อจะได้รูปคลื่นความถี่ที่ถูกต้องขึ้น แล้วให้มีอัตราขยายทางแรงดันสูงพอสมควร จากนั้นความถี่ของพัลส์ จะถูกนำไปผ่านโทนดีโค๊ดเดอร์ เพื่อถอดระหัสความถี่ออกมา โดยจะทำการเปรียบเทียบความถี่ที่เข้ามา กับความถี่ที่ตั้งไว้ ถ้าความถี่ตรงกับที่กำหนดไว้ เอาท์พุท ที่ออกมาจะได้ลอจิก “0” แต่ถ้าความถี่พัลส์ไม่ตรงกับลอจิก “1” ซึ่งช่วยให้สามารถป้องกันการรบกวน จากความถี่อื่นๆได้ แล้วรหัสความถี่ที่ได้จะถูกนำไปยังภาค โมโนสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์ ให้สร้างพัลส์ขึ้นมาเพื่อที่จะส่งไปยังภาค ที-ฟลิบฟลอบ เพื่อให้ภาคนี้ที่เอาท์พุท มีการเปลี่ยนจากสถานะเดิมไปสถานะใหม่ เช่น เดิมเป็นลอจิก “0” จะเป็นลอจิก “1”เป็นต้น จากนั้นระดับของลอจิกจะถูกส่งไปทำงานยังส่วนเชื่อมต่อ อีกต่อไป

2.5 ระบบโครงสร้างของตัวถังรถ

ลักษณะทั่วไปและส่วนประกอบของตัวถังรถ

ระบบขับเคลื่อน ในการออกแบบได้แบ่งระบบการขับเคลื่อนตามหน้าที่ได้ 2 ระบบ

1. ระบบโครงสร้าง
2. ระบบส่งกำลัง

2.5.1 ระบบโครงสร้าง

ลักษณะโครงสร้างส่วนใหญ่ ต้องมีความแข็งแรงและทนต่อการใช้เพราะโครงสร้างส่วนนี้เราต้องนำไปเคลื่อนย้ายวัสดุจากอีกที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ดังนั้นจึงมีความแข็งแรงและและมีความสามารถรับน้ำหนักในการบรรทุกได้ดี

2.5.2 ระบบส่งกำลัง

ในการพิจารณาวัสดุและอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการส่งกำลัง ให้เป็นไปตามจุดประสงค์นั้น เราจะพิจารณาเป็นอย่างๆ ไป คือ

เพลา (Shafe)

แบริ่ง (Bearing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซ่,เฟือง และ สายพาน

มอเตอร์ (Motor)

แบตเตอรี่ (Battery)

ล้อ (Wheel)

2.5.3 หลักการออกแบบส่วนประกอบและโครงสร้างต่างๆ ในตัวรถ

เพลา (Shaft)

เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป ตามลักษณะการใช้งานดังนี้

- เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

- แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลา ไม่ว่าชิ้นส่วนจะหมุนหรือไม่หมุนก็ตาม

- สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่แท่นกลึง (Head Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาดรูปร่างและส่วนยื่นออกมาต่อกับเพลาอื่นๆ

- เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาที่ส่งกำลัง (Power Transmistion Shift) หรือเพลาเมน (Main Shsft) เป็นเพลาที่ต่อตรงจากเครื่องต้นกำลังและใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรอื่นๆ โดยเฉพาะ

- แจ็กซาฟ (Jick Shaft) หรือเค้าเคอร์ซาฟ (Counter Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

- เพลาอ่อน (Flexeble Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโครงงอได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงกด แรงบิด หรือแรงดัน หรือหลายแรงร่วมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณก็ต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจะต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งาน นอกจากนี้เพลายังมีความแข็งแกร่ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่เหมาะสม ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกร่งขณะหมุนทำให้เกิดความเร็ววิกฤต (Critical Speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลามีการสั่นอย่างรุนแรง ในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของเพลา และที่รองรับเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น บอลแบริ่ง (Ball Bearing)ก็ต้องมีการเยื้องแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย

2.5.4 การพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดของเพลาที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานในบางครั้ง การหาขนาดของเพลา เพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวเท่านั้นไม่เพียงพอ เช่น ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (cam shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งเที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั้นคือเพลาจะต้องมีความแข็งแกร่งอยู่ในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ถึงแม้ว่าจะไม่มีมาตรฐาน สำหรับพิกัดมุมของเพลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมัก จะใช้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรทั่วไป ไม่เกิน0.3องศาต่อความยาวเพลา 1เมตร สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไป อาจจะให้มีมุมบิดถึง 1 องศาต่อความยาวเพลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลา ในกรณีของเพลาสำหรับลูกเบี้ยวของเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะทำให้มุมบิดไม่เกิน 0.5 องศาต่อความยาวของเพลา

ความแข็งแกร่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งแกร่งทางด้านระยะโก่ง เพราะจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอก เป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียดด้วย (clearance) ระหว่างล้อสายพาน เฟือง โครงสร้างของเครื่องจักรตลอดจนการเลือกชนิดของ สำหรับรองรับเพลาที่หมุนให้เหมาะสม ถ้าเพลามีระยะโก่งมากเกินไป จะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลง เป็นผลให้อัตราส่วนการขบ(contact ratio)ของเฟืองลดลงด้วย ทำให้ส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาติให้มีการเยื้องแนวได้พอเหมาะกับระยะโก่งของเพลาที่จะเกิดขึ้น

ระยะโก่งดังกล่าวนี้ไม่มีมาตราฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้ โดยทั่วๆ ไปแล้วผู้ออกแบบอาจถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการคำนวณความแข็งแกร่งทางด้านระยะโก่งได้ดังนี้คือ

สำหรับเพลาเครื่องจักรๆ ทั่วไป ค่าระยะโก่งระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบริ่งควรจะไม่เกิน 0.08 มม./ม

สำหรับเพลาที่มีเฟืองตรงคุณภาพดีอยู่แล้ว ระยะโก่ง ณ. ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.125 มม. และความลาดเอียงของเพลา ณ. ตำแหน่งนี้ควรจะน้อยกว่า 0.0286 องศา

สำหรับเพลาที่มีเฟืองดอกจอกคุณภาพดีอยู่แล้ว ระยะโก่ง ณ. ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.075 มม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเหตุผลดังกล่าวมาแล้วจะเห็นว่าขนาดของเพลา อาจจะหามาได้โดยใช้ความแข่งแกร่งที่ต้องการ แทนที่จะเป็นความแข็งแกร่งในด้านการรับแรงภายนอกก็ได้ การหาระยะโก่งของเพลาอาจทำได้โดยใช้วิธีที่ได้เรียนรู้มาก แล้วในวิชากลศาสตร์วัสดุ

2.5.5 แบริ่ง (Bearing)

เป็นตัวช่วยลดความเสียดทาน ความสึกหรอและความร้อน ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่มีการเสียดสีกัน การหล่อลื่นทำได้โดยการใส่สารหล่อลื่น (Lubrication oil) หรือจาระบี (Grease) หรืออากาศและอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งาน ในการเลือกใช้แบริ่งนั้นจะต้องเลือกใช้แบบให้เหมาะสมกับเพลา

2.5.6 โซ่ เฟือง และ สายพาน

ในการส่งกำลังทางกลส่วนใหญ่นั้นจะมีการส่งกำลังไปยังเพลาอาจจะทำได้ 3 วิธีคือ

1. เฟือง (Gears)
2. สายพาน
3. โซ่ (Cain)

2.5.6.1 เฟือง (Gears)

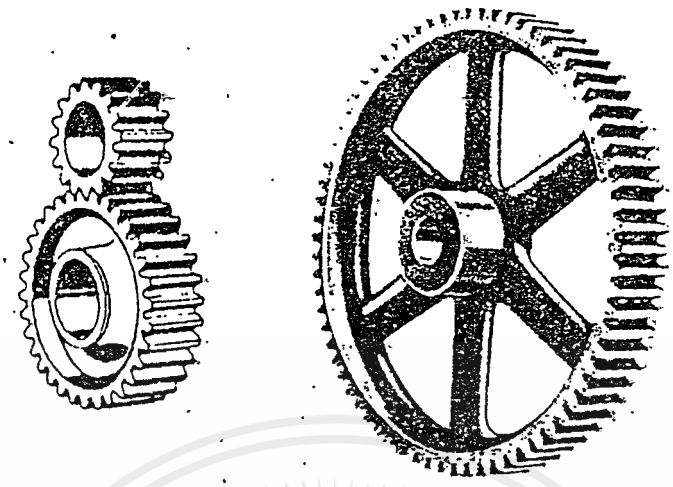
เฟืองเป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลอีกอย่างที่มีความสำคัญมากมีใช้ในงานวิศวกรรมอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถส่งกำลังได้แม่นยำเที่ยงตรง ไม่มีการลื่นไถล ให้อัตราทดที่แน่นอนเช่นเดียวกันกับการส่งกำลังด้วยสายพาน

เฟืองแบ่งตามลักษณะรูปร่างจะมีอยู่ 4 แบบคือ

1 เฟืองตรง (Spur gear)

เฟืองตรงจะมีลักษณะเป็นล้อทรงกระบอกกลม มีฟันขนานกับแกนของตัวเฟืองหรือแกนของเพลา หน้าตัดของฟันจะมีขนาดเท่ากันและเหมือนกันตลอดทั้งฟันเฟือง ฟันเฟืองตรงจะมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น ในเครื่องจักรนาฬิกาข้อมือ ในเครื่องวัดที่มีเข็ม (Meters) ชุดเฟืองทดในเครื่องจักรกลทุกชนิด ในกระปุกเกียร์รถยนต์ สำหรับเฟืองขนาดใหญ่จะพบได้ตามโรงงานรีดเหล็ก เฟืองตรงมีลักษณะดังรูป

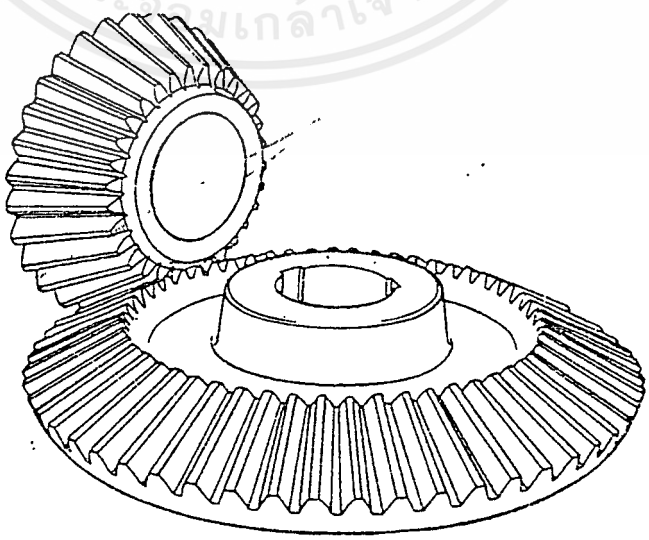
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 เฟืองตรง

2 เฟืองเฉียงหรือเฟืองฟันเลื่อย (Helical and Spiral Gears)

เฟืองเฉียงมีลักษณะคล้ายกับเฟืองตรง จะต่างกันตรงที่ฟันของเฟืองเฉียงจะเอียงทำมุมกับแกนของตัวเฟืองหรือแกนของเพลา เฟืองเฉียงจะใช้ส่งกำลังระหว่างเพลาที่ขนานกัน เพลาที่ทำมุมตั้งฉากกันและเพลาทำมุมน้อยกว่ามุมฉาก เฟืองเฉียงอาจจะกัดร่องเฉียงเป็นมุมสองอยู่คนละด้านกัน ซึ่งจะเรียกว่า เฟืองก้างปลา (Herring -Bone gear) ซึ่งจะใช้ส่งกำลังได้ระหว่างเพลาที่ขนานกันเท่านั้น เฟืองเฉียงมีลักษณะดังรูป

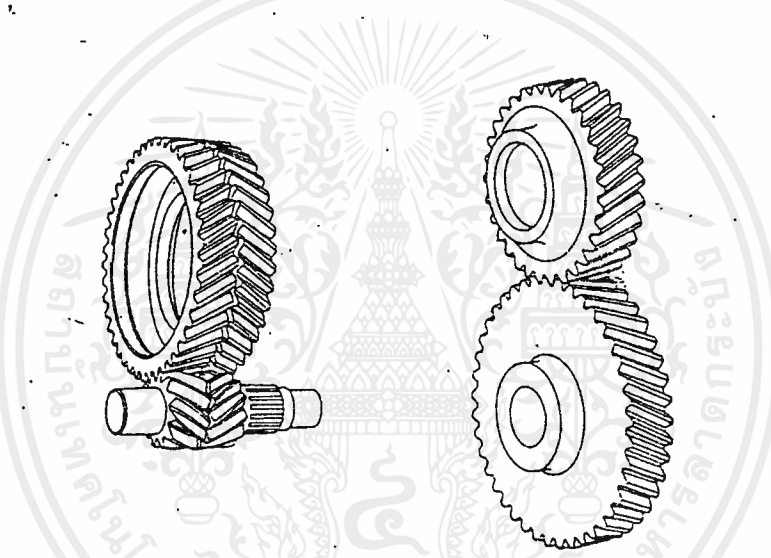


รูปที่ 2.21 เฟืองเฉียงหรือเฟืองฟันเลื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 เฟืองดอกจอก (Bevel Gear)

เฟืองดอกจอกหรือบางครั้งอาจเรียกว่า เฟืองบายศรี มีลักษณะรูปร่างเป็นรูปทรงกรวย (Cone) มีฟันเฟืองอยู่โดยรอบผิวของทรงกรวย ฟันจะถูกตัดขนานกับแกนของเฟืองหรือเพลา แกนหรือตัดด้านหน้ากับด้านหลังไม่เท่ากัน เฟืองดอกจอกจะใช้สำหรับส่งกำลังสำหรับเพลาที่ตั้งฉากกัน ส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุมกันน้อยกว่า 90 องศาและมากกว่า 90 องศาฟันของเฟืองดอกจอกจะมีหลายแบบได้แก่ ฟันตรง ฟันเลื่อย ฟันเอียง เป็นต้น เฟืองดอกจอกจะใช้งานในระบบการส่งกำลังของเฟืองท้ายรถยนต์ ในระบบการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนในเครื่องจักรกลทั่วๆไป เฟืองดอกจอกมีลักษณะดังรูป

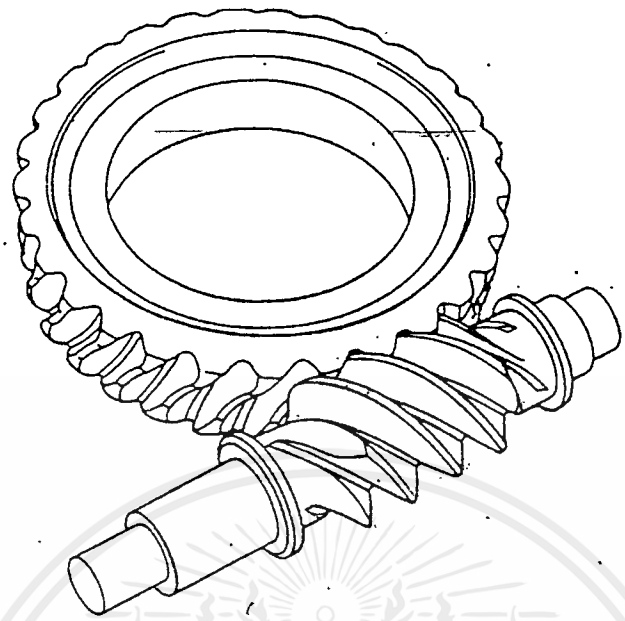


รูปที่ 2.22 เฟืองดอกจอก

4 เฟืองหนอน (worm Gearing)

เฟืองหนอนจะประกอบด้วยตัวเกลียวหนอน และเฟืองหนอน ซึ่งจะใช้งานร่วมกันโดยเกลียวหนอนจะส่งกำลังหมุนไปขับให้เฟืองหนอนหมุนตาม ระยะพิตช์ของเกลียวกับระยะพิตช์ของเฟืองหนอนจะต้องมีค่าเท่ากัน เกลียวหนอนและเฟืองหนอนจะส่งกำลังระหว่างเพลาที่ตั้งฉากและเพลาที่วางข้ามกัน ชุดเฟืองหนอนจะใช้ในชุดหัวแบ่ง (Indexing Head) ในเครื่องมือวัดบางอย่างและในเครื่องจักรกลบางชนิด ที่ต้องการทดรอบจากความเร็วสูงให้เป็นความเร็วต่ำมากๆ เฟืองหนอนมีลักษณะดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 เฟืองหนอน

2.5.6.2 สายพาน

ในการส่งกำลังแบบสายพานนั้น เป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ ซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเปรียบเทียบการส่งกำลังแบบใช้เฟือง

ข้อดี คือ มีราคาถูกและใช้งานได้ง่ายและสะดวกในการติดตั้ง รับแรงกระตุ้นและแรงสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่เกิดเสียงดัง เหมาะสำหรับส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมากๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ

ข้อเสีย คือ อัตราทดไม่แน่นอนต่อเนื่องจากสลิปหรือจากการเลื่อนไถลและการครีพของสายพาน จะต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่างการใช้งาน นอกจากนี้ยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้ซึ่งมักจะใช้กับอัตราทดไม่เกิน 6

โซ่

การขับด้วยโซ่มีใช้กันมากในงานเครื่องกล เนื่องจากมีลักษณะการขับด้วยสายพาน โดยโซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ซึ่งติดอยู่บนเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับโซ่นี้จะไม่มีการสลิปขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่

การขับด้วยโซ่มีข้อดีอยู่ระหว่างการขับด้วยสายพานและการขับด้วยเฟืองทางด้านราคาสมรรถนะในการส่งกำลังและการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าการขับด้วยสายพานและการขับได้พร้อมกันหลายๆ เพลา ซึ่งมีทิศทางการหมุนตามกันหรือสวนกันก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี

- ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง

-ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขั้นต้นในโซ่ด้านดึงเหมือนกับสายพาน ทำให้อายุการใช้งานของแบริ่งที่รองรับเพลาเพิ่มมากขึ้น

- ไม่มีการสลิปในขณะส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน

- มีขนาดกระทัดรัดกว่าสายพานเมื่อใช้งานที่อัตราทดที่เท่ากัน เฟืองโซ่จะขนาดเล็กกว่าสายพาน และถ้าต้องการส่งกำลังเท่ากันความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าความกว้างของสายพาน

- ติดตั้งง่ายกว่าสายพาน เพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วถอดสลักเท่านั้น

- ใช้งานได้อุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

ข้อเสีย

- มีเสียงดัง

- หากความเร็วรอบสูง จะเป็นอันตรายเมื่อโซ่ขาด

- เพลาจะต้องขนานกัน และไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง

- ราคาแพงกว่าสายพาน และต้องมีการหล่อลื่น

สิ่งจำกัดในการส่งกำลังด้วยโซ่เมื่อใช้งานด้วยความเร็วปานกลาง จนถึงความเร็วสูงสุด คือ การสึกหรอของข้อต่อ และความต้านทานแรงดึงของวัสดุชิ้นส่วนโซ่ นอกจากนี้แล้วถ้าใช้งานด้วยความเร็วสูงจะตองคำนึงถึงแรงที่เกิดขึ้นในโซ่เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง ในการขับโดยใช้โซ่หลายเส้นขนานกัน อาจทำให้แรงที่กระทำกับโซ่ไม่กระจายไปเท่ากันตลอดความกว้างของโซ่ และถ้าหล่อลื่นไม่ดีพอก็จะเป็นสาเหตุประการสำคัญที่ทำให้โซ่สึกหรอได้มาก

โซ่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่จะมีลักษณะคล้ายรูปหลายเหลี่ยมบนเฟืองโซ่ ทำให้แขนของแรงในแนวสัมผัสกับเฟืองโซ่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่ส่งกำลัง นอกจากนี้ในระหว่างเคลื่อนที่เข้าหาและเคลื่อนที่ออกจากเฟืองโซ่ ข้อต่อโซ่แต่ละข้อจะเกิดการหมุนซึ่งการหมุนจะทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้น เป็นผลทำให้สูญเสียกำลังและสึกหรอ ผลต่อมาก็คือระยะพิตของโซ่เพิ่มขึ้นจนอาจจะหลุดออกจากเฟืองโซ่ได้

2.6 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motors)

2.6.1 หลักการของ Motor (Motor's Principle)

มอเตอร์ก็คือ ตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เพื่อนำพลังงานกลที่ได้ไปขับเคลื่อนสิ่งต่างๆ ตามที่ต้องการ อาการทางกลที่เกิดขึ้น ก็อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีกระแสไหลในตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำ ซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กนั้น ย่อมทำให้เกิดแรงขึ้นในทิศทางที่หาได้จากกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ขนาดของแรงที่เกิดขึ้น หาได้จาก

$$F = Bil$$

เมื่อ F = แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำหนึ่งตัว (นิวตัน)

B = ความหนาแน่นของสนามไฟฟ้า (เวเบอร์)

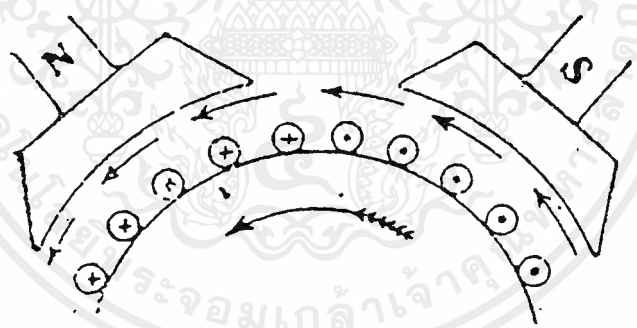
i = กระแสที่ไหลในตัวนำ (แอมป์)

l = ความยาวของตัวนำ (เมตร)

แรง F ที่เกิดขึ้น จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และกระแสที่ไหลผ่านในตัวนำนั้นๆ

เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงนี้ โดยหลักการพื้นฐานของโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟ และมอเตอร์นั้น ไม่มีความแตกต่างในโครงสร้างเลยนั่นก็คือ เครื่องกลกระแสตรงเครื่องเดียวกันนี้สามารถนำไปใช้งานสลับกันได้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็คล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง นั้นก็คือ มีเครื่องแบบ Shunt -Wound หรือ Series - Wound หรือ Compound - Wound เช่นกัน



รูปที่ 2.24 หลักการของมอเตอร์

จากรูปแสดงส่วนหนึ่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีหลายขั้วแม่เหล็ก เมื่อใส่ไฟเข้าเข้าไปในสนามกระตุ้น ย่อมทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก และเมื่อป้อนกระแสให้ไหลผ่านตัวนำที่อาร์มาเจอร์ ก็จะทำให้เกิดแรงขึ้นบนตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กนั่นคือ ทำให้อาร์มาเจอร์หมุน ในที่นี้ได้กำหนดให้กระแสที่ไหลในตัวนำของอาร์มาเจอร์ที่อยู่ภายใต้ขั้วเหนือ N มีทิศทางของกระแสพุ่งเข้าไปข้างในดังหางลูกศรที่เป็นกากะบาด ส่วนตัวนำที่อยู่ภายใต้ขั้วใต้นั้น ให้กระแสพุ่งออกมาข้างนอกดังหัวลูกศรที่เป็นจุด เมื่อเป็นเช่นนี้จึงหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำทุกๆ ตัวที่อยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กทั้ง N และ S ได้ โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง วิธีหาก็คือ กางมือซ้ายออกโดยให้นิ้วหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลาง ตั้งฉากซึ่งกันและกัน จากนั้น ให้นิ้วชี้ ชี้ไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็ก คือชี้จากขั้ว N ไป S ให้นิ้วกลางชี้ไปตามทิศทางการไหลของกระแส ณ ที่ตัวนำที่ต้องการหาทิศทางที่เคลื่อนที่นั้นๆ นั่นคือ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางการเคลื่อนของตัวนำนั้นๆ จะพบว่าแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำทุกๆ ตัว ภายใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกัน จะมีทิศไปในทางเดียวกัน และจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์เมเจอร์นั้นๆ และพบว่าแรงที่เกิดขึ้นภายใต้ขั้วแม่เหล็กทุกๆ ขั้ว ที่สลับกันไปนั้น จะมีทิศทางไปในทางเดียวกันทั้งสิ้น โดยแต่ละแรง จะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์มาเจอร์นั่นคือ ภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้วก็จะเกิดแรงลัพธ์ขึ้นแรงหนึ่ง ฉะนั้นเมื่อมีหลายขั้วก็มีหลายแรง และทุกๆ แรงต่างก็ร่วมกันเป็นแรงบิดขึ้นมาแรงหนึ่ง ดังนั้นจึงทำให้มอเตอร์หมุนไปได้จากแรงที่เกิดขึ้น

2.6.2 การเปรียบเทียบอากัปกิริยาของเครื่องกำเนิดและมอเตอร์ (Comparision of Generator and Motor Action)

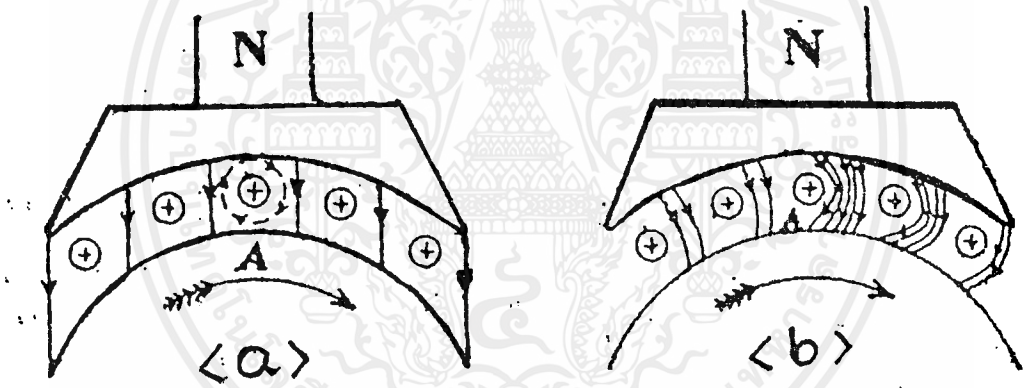
ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงเดียวกันนี้ สามารถใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ได้นั่นคือ เมื่อทำงานเป็นมอเตอร์นั้น ก็จำเป็นต้องใส่พลังงานไฟฟ้าเข้าไปเพื่อให้ได้พลังงานกลออกมา และเมื่อนำมาใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้น ก็จำเป็นต้องใส่พลังงานกลเข้าไปขับให้ตัวหมุนเคลื่อนที่ เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าออกมาตามที่ต้องการ

จากที่กล่าวมาแล้วข้างบนนี้ เราลองมาทำการพิจารณาการทำงานของเครื่องผลิตไฟฟ้าว่า ทำอย่างไรจึงให้เปลี่ยนพลังงานกลมาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบกับอากัปกริยาของภายในอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ที่เกิดขึ้น

ตามรูปที่ 2.25 (a) แสดงให้เห็นเพียงส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยการหมุนอาร์มาเจอร์ซึ่งมีตัวนำวิ่งผ่านสนามแม่เหล็กหลักที่ขั้ว N หรือขั้ว S ก็ตาม แต่ในที่นี้ได้ทำการพิจารณาเฉพาะตัวนำ A ที่อยู่บนอาร์มาเจอร์วิ่งผ่านขั้ว N ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จากกฎมือขวาของเฟลมมิ่ง ก็พบว่า มีแรงเคลื่อนไฟฟุ่งเข้าไป ดังแสดงในรูปที่ 2.25 (a) เมื่อเครื่องผลิตไฟจ่ายกระแสไฟออกไปให้กับภาระไฟฟ้า จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ตัวนำทุกตัว แต่ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะตัวนำ A เท่านั้น ดังนั้นเมื่ออาร์มาเจอร์ยังถูกขับให้หมุนไปทางเดิม(ตามเข็มนาฬิกา) โดยพลังงานกลภายนอกอยู่ด้วยกำลังแรงเท่าเดิมอยู่ก็จะทำให้มีความรู้สึกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มหมุนช้าลงไปที่เป็นเช่นนี้เพราะมีแรงลากแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic drag) คอยต้านการเคลื่อนที่ของตัวขับนั่นเอง อากัปกริยา หรืออาการที่เกิดขึ้นเช่นนี้นั้น สามารถมองให้เห็นชัดหรือเข้าใจได้ง่ายดังรูปที่ 2.25 (b) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เส้นแรงทางด้านขวาของตัวนำ A ที่อยู่ในทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์มาเจอร์นั้น มีจำนวนแม่เหล็กมากกว่าทางด้านซ้าย ทั้งนี้เพราะเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนตัวนำ A ของทางขวามือนั้น ไปอัดหรือรวมตัวกันกับเส้นแรงแม่เหล็กสำคัญ N ส่วนข้างซ้ายจะไปแยกตัวกับแม่เหล็กหลัก ฉะนั้นทางด้านซ้ายจะมีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กบนตัวนำ A นี้ หาได้โดยใช้ Cork's Screw Rule เพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจ จึงอาจจะเปรียบเทียบได้ว่า เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในกริยาอาการต่างๆ เหล่านี้ ต่างก็เปรียบเสมือนเส้นยาง หรือหนังสติ๊กที่ใช้ยิงนก โดยมี A ซึ่งเป็นตัวนั้นเปรียบเสมือนว่าเป็นลูกหิน ฉะนั้น ถ้ามีเส้นแรงเกิดขึ้นทางขวามากเท่าไร ก็จะทำให้เกิดแรงต้านที่อาร์มาเจอร์มากขึ้น หรืออาจพูดว่า เมื่อยิ่งดึงหนังสติ๊กให้ยืดออกไปไกลเท่าไร ก็ย่อมจะมีแรงต้านในทิศทางตรงกันข้ามกับที่ยืดหนังสติ๊กออกไปมากเท่านั้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่อเครื่องผลิตกระแสออกไปมากเท่าไร ก็จะทำให้เครื่องหมุนช้าลงไปทุกที ถ้าหากว่าตัวที่หมุนอาร์มาเจอร์ยังมีแรงฉุดเท่าเดิม ฉะนั้นถ้าจะให้เครื่องผลิตไฟฟ้าวิ่งด้วยความเร็วเท่าเดิมได้ จึงจำเป็นต้องเพิ่มพลังงานกลขึ้นเช่นเดียวกัน สำหรับตัวนำอื่นที่อาร์มาเจอร์ ก็จะมีอากัปกริยาเช่นเดียวกับตัวนำ A ไม่ว่าตัวนำนั้นจะอยู่ภายใต้ขั้ว N และ S นั้นคือแรงต้านจะเกิดขึ้นทุกๆ ตัวนำรวมกันตาม Vector ก็จะเป็นแรงลัพธ์แรงหนึ่งที่คอยต้านการหมุนของอาร์มาเจอร์ในทิศทางสวนเข็มนาฬิกา ตลอดเวลาที่เครื่องกำลังจ่ายโหลด



รูปที่ 2.25 อากัปกริยาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อได้รับ Load

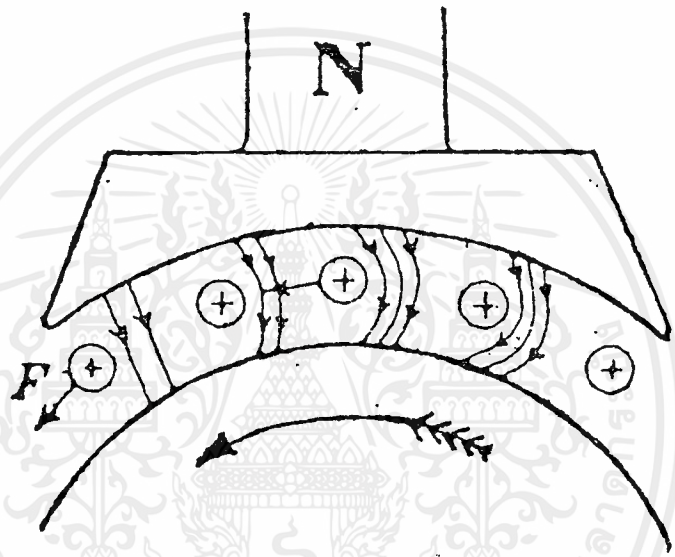
สมมุติว่าเครื่องเดียวกันนี้ ถอดเอาตัวต้นกำลัง (Primover) ที่ใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟออกจากนั้นก็ใส่ไฟเข้าไป โดยให้กระแสไหลผ่านเข้าไปภายใต้ขั้ว N ดังรูปที่ 2.25เมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวนำในอาร์มาเจอร์ ซึ่งอยู่ภายใต้สนามแม่เหล็กขั้ว N ก็ย่อมจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นในตัวนำต่างๆ บนอาร์มาเจอร์นั้นๆ นั่นก็คือ เกิดแรงบิด (Torque) ขึ้นบนอาร์มาเจอร์ในทิศทางสวนเข็มนาฬิกา อากัปกริยานี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกับอากัปกริยาที่เกิดขึ้นในเครื่องผลิตไฟเช่นกัน แรงบิดที่เกิดขึ้นนี้หาทิศทางการเคลื่อนที่ได้โดยใช้กฎมือซ้ายของ

เฟลมมิ่งนั่นคือ ขณะที่เครื่องได้ทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ไปแล้วจะสังเกตเห็นว่า เมื่อกระแสที่ไหลในตัวนำยังอยู่ทิศทางเดิม จะทำให้การเคลื่อนที่ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเช่นเดิม ซึ่งตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันข้ามกับทิศของต้นกำลัง (Primover) ที่ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟ เมื่อเครื่องทำหน้าที่เป็นตัวผลิตไฟ (Generator)

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นพบว่า ในการเปลี่ยนรูปพลังงานนั้น ย่อมมีแรงต้านเกิดขึ้น นั่นคือ สำหรับเครื่องผลิตไฟฟ้านั้นจะเกิดแรงต้านทางกล หรือแรงแม่เหล็กลาก (Magnetic drag) ขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงที่ใส่เข้าไป ฉะนั้นจึงต้องใส่กำลังเข้าไปให้มากกว่าแรงลากเกิดขึ้นนี้ จึงจะได้กำลังไฟออกมาจ่ายให้กับภาระไฟฟ้าตามที่ต้องการได้นั่นคือเครื่องผลิตไฟยังคงความเร็วที่ค่าๆ หนึ่ง บางทีอาจจะให้หมุนที่ความเร็วเดิมหรือน้อยกว่าก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า จะให้ Voltage ที่



รูปที่ 2.26 อากัปกิริยาของมอเตอร์

ขั้วที่จ่ายภาระไฟฟ้า (Load) นั้นมีค่าคงที่ หรือใกล้เคียงตอนไม่มีภาระไฟฟ้า ส่วนมอเตอร์นั้น ก็ย่อมมีตัวต้านเกิดขึ้นเช่นกัน คือ แรงเคลื่อนไฟสวน (Back e.m.f.)

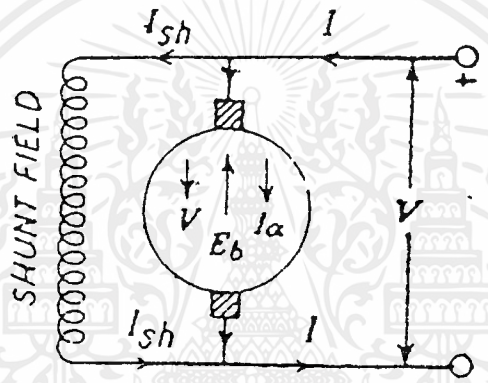
ทั้งมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต่างก็เกิด อากัปกิริยาของมอเตอร์ และการผลิตไฟที่เกิดในเครื่องเดียวกัน นั่นคือ เมื่อเป็นมอเตอร์ก็เกิดอากัปกริยาของมอเตอร์ (Motor action) ขึ้นก่อน แล้วจึงค่อยเกิดอาการของเครื่องกำเนิดไฟ (Generator action)

จากที่กล่าวมาข้างบนนี้จะพบว่า เมื่อใส่กระแสเข้าไปในตัวนำ ย่อมทำให้เกิดการเคลื่อนที่ นั่นคืออาร์มาเจอร์ของมอเตอร์หมุน เมื่อตัวนำวิ่งตัดผ่านสนามแม่เหล็กย่อมทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในตัวนำตามหลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งหาได้โดยการใช้มือขวาของเฟลมมิ่ง แรงเคลื่อนไฟที่เกิดขึ้นนี้ จะมีทิศทางสวนหรือตรงกันข้ามกับแรงเคลื่อนที่ใส่เข้าไปให้กับมอเตอร์ดังรูปที่ 2.27 ฉะนั้นจะเรียกแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้ว่า "แรงเคลื่อนสวน = Back e.m.f." แรงเคลื่อนสวน Eb นี้ขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว จำนวนตัวนำทั้งหมดที่ต่ออนุกรมกัน ความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มอเตอร์หมุนไป จำนวนขั้วแม่เหล็กที่อยู่ภายใน และจำนวนแผง (Path) ที่ขนานกัน แรงเคลื่อนไฟนี้มีแรงเคลื่อนเช่นเดียวกับแรงเคลื่อนที่เกิดจากการหมุน (Motional e.m.f.)นั่นเอง

ปกติแล้วค่าต่างๆที่ทำให้ขนาดแรงเคลื่อนเปลี่ยนไปนี้มีค่าคงที่ยกเว้นค่าเส้นแรงเคลื่อนต่อขั้ว และความเร็วที่มีค่าเปลี่ยนแปรได้ ฉะนั้นเมื่อมีแรงเคลื่อนสวนเกิดขึ้นตามที่กล่าวมาแล้ว ย่อมจะทำให้แรงเคลื่อนที่ใส่เข้าไปให้กับเครื่องนั้นเอาชนะแรงเคลื่อนสวนให้ได้ ทั้งเพราต้องบังคับกระแสให้ไหลผ่านไปในทิศทางที่สวนกับแรงที่สวนกับแรงเคลื่อนไฟสวน (back e.m.f.) นั่นคือกำลังส่วนที่ใส่เข้าไปนี้สามารถเอาชนะกำลังไฟสวนได้ ฉะนั้นจึงได้กำลังทางกลออกมาจากมอเตอร์ และเห็นได้ชัดเจนในว่าถ้าแรงเคลื่อนที่ใส่เข้าไปนี้ ไม่สามารถเอาชนะแรงเคลื่อนไฟสวนได้ ก็ไม่อาจที่จะมีกำลังทางกลออกมาได้



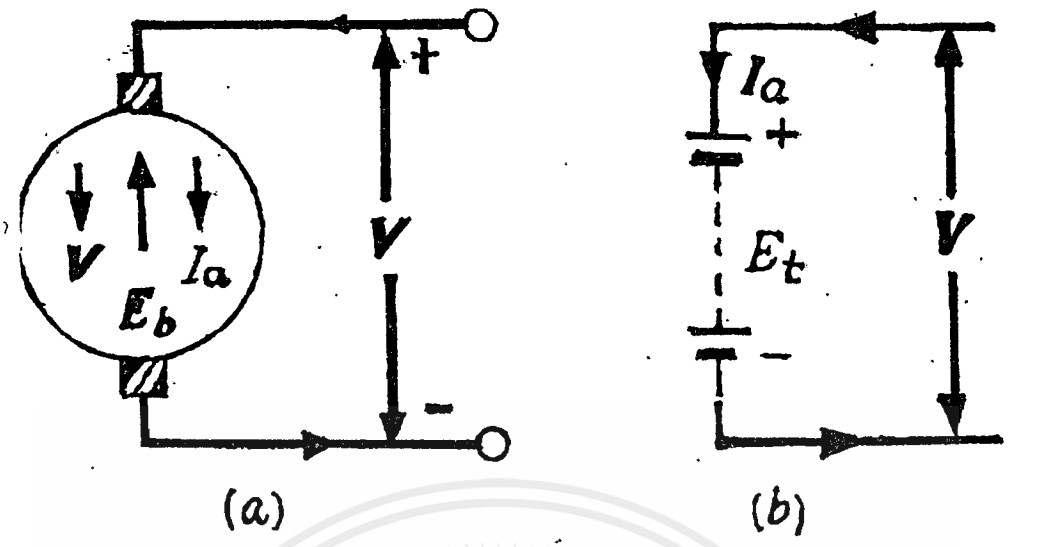
รูปที่ 2.27 แสดงทิศทางแรงเคลื่อนไฟ และกระแสที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ซึ่งไหลไปในทางเดียวกันแต่ตรงข้ามกับแรงเคลื่อนไฟสวน

สรุป จะเห็นได้ว่าแรงต้านทานที่เกิดขึ้นนั้นๆ จะเป็นแรงชนิดเดียวกันกับแรงที่ใส่เข้าไป นั่นคือ ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดก็จะเกิดแรงต้านทางกลเกิดขึ้น เพราะใส่แรงกลเข้าไป และถ้าเป็นมอเตอร์ก็จะเกิดแรงต้านทางไฟฟ้าขึ้นเพราะใส่แรงเคลื่อนเข้าไป

2.6.3 ความสำคัญของแรงเคลื่อนไฟสวน (Significance of the Back e.m.f.)

เมื่ออาร์มาเจอร์เริ่มหมุน จะทำให้ตัวนำที่อยู่ในอาร์มาเจอร์ตัดเส้นแรงแม่เหล็กที่มาจากสนามแม่เหล็กหลัก หรือสนามแม่เหล็กลัพธ์ที่อยู่ในมอเตอร์นั้น นั่นคือ เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟบนตัวนำภายในอาร์มาเจอร์ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้หาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่งและพบว่ามีทิศทางสวนกับแรงเคลื่อนไฟที่ใส่เข้าไปให้กับมอเตอร์ ดังนั้น จึงเรียกแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้ว่า แรงเคลื่อนสวน (Back e.m.f. = Eb) ดังรูปที่ 2.28 (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 (a) วงจรของมอเตอร์ไฟตรง (b) วงจรของมอเตอร์ที่เขียนแทนแรงเคลื่อนไฟสวนได้ได้ด้วยแบตเตอรี่ Eb

จากที่เกิด Eb ขึ้นนี้ จึงเขียนวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ได้ดังรูป 2.28 (b) ซึ่งเหมือนกับว่า มีแบตเตอรี่ Eb ต่อคร่อมอยู่ระหว่างแรงเคลื่อนไฟ V ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ นั่นคือ ในการที่จะให้ Ia ไหลได้ในอาร์มาเจอร์นั้น จะต้องมีกำลังไฟจำนวนหนึ่งที่เอาชนะการสวนนี้ กำลังไฟที่เอาชนะกำลังสวนนี้ได้ คือ EbIa

ในกรณีที่เซลหรือแบตเตอรี่ กำลังที่เอาชนะการสวนนี้ก็คือ กำลังที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังทางเคมี แต่ในมอเตอร์นั้นกำลังที่เอาชนะการสวนนี้ ก็คือ กำลังที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังกลนั้นเอง

นั่นคือ กระแส Ia จะมีค่า = แรงเคลื่อนไฟที่ได้ในวงจร / ค.ต.ท.ในวงจรของอาร์มาเจอร์

= net voltage / armature circuit resistance

= (V - Eb) / Ra

จากแรงเคลื่อนที่หมุนของตัวนำในสนามแม่เหล็กมีค่า $E = \phi ZSP / 60a$

ดังนั้นจะได้ $Eb = \phi ZSP / 60a$

จะพบว่า Eb ขึ้นอยู่กับตัวประกอบต่างๆ เช่น ϕ,Z,P และ a แต่เนื่องจากว่า Z,P/a เป็นค่าคงที่ในการพันอาร์มาเจอร์ของแต่ละเครื่องที่แตกต่างกันไปดังนั้นจึงได้

$Eb = Ke\phi S$

Ke = ค่าคงที่ทางไฟฟ้า $= PZ/60a$

P = Pole

Z = จำนวนตัวนำทั้งหมดของอาร์มาเจอร์

a = จำนวนแผงที่ขนานกันในอาร์มาเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S = จำนวนรอบต่อนาที

ϕ = เส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งขั้ว (Weber)

2.6.4 สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าของ MOTOR (Voltage Equation of Motor)

จากกฎของ Kirchoff ได้

$V = Eb + IaRa$ = Voltage Equation

Eb = แรงเคลื่อนไฟต้านหรือกลับหรือสวน (Back e.m.f.) โวลท์

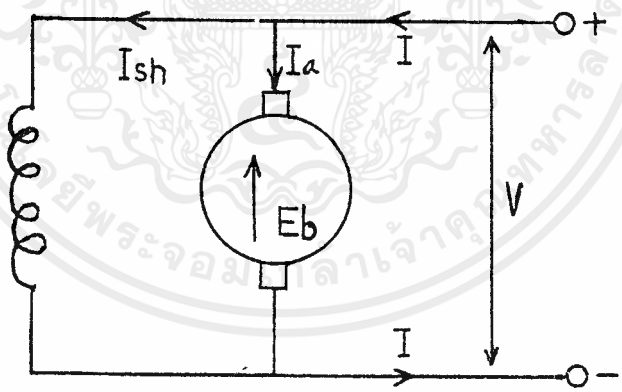
V = แรงเคลื่อนไฟที่ขั้วมอเตอร์ (Terminal Voltage) โวลท์

จากสมการข้างบนจะได้ $VIa = EbIa + Ia^2Ra$

VIa = ไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ (Watt)

EbIa = กำลังที่เกิดขึ้นในอาร์มาเจอร์ ซึ่งสมมูลย์กับกำลังที่เกิดขึ้น Pm ในอาร์มาเจอร์ (Watt)

Ia^2Ra = การสูญเสียกำลังอันเนื่องมาจากค่าความต้านทานในอาร์มาเจอร์ (Watt)



รูปที่ 2.29 แสดงวงจรของ Shuntmotor

2.6.5 ภาระที่มีกำลังสูงสุด (Condition for Maximum Power = Pmax)

กำลังทางกลที่เกิดขึ้นในอาร์มาเจอร์

$Pm = VIa - Ia^2Ra$

Pmax จะเกิดขึ้นได้เมื่อ $dPm / dIa = 0$

$dPm / dIa = V - 2\,Ia\,Ra = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Ia\ Ra = V / 2$$

ขณะที่ $V = Eb + Ia\ Ra$ และ $Ia\ Ra = V / 2$

$$V = Eb + V / 2 \text{ นั่นคือ } Eb = V / 2$$

ดังนั้น Pmax เมื่อ $Eb = V / 2$ ในสภาวะเช่นนี้ไม่มีจริงในทางปฏิบัติ เพราะว่าจะทำให้กระแสมีค่ามากเกินไปกว่ากระแสค่าปกติในมอเตอร์ ยิ่งกว่านั้นครึ่งหนึ่งของอินพุทที่ใส่เข้าไป ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียไปในรูปของความร้อนและยังรวมถึงการสูญเสียอื่นๆ ที่เกิดขึ้นด้วยซึ่งจะต้องนำมาพิจารณาด้วย ฉะนั้นประสิทธิภาพจะมีค่าน้อยกว่า 50 %

2.6.6 TORQUE (แรงบิด)

แรงบิดก็คือ การหมุนหรือเกิดการบิดของโมเมนต์ของแรงๆ หนึ่งที่กระทำรอบแกนอันหนึ่ง วัดได้จากผลคูณของแรงกับรัศมี ณ ที่แรงไปกระทำ

พิจารณาที่รัศมี r มีแรง F นิวตันมากระทำบนวงล้อนี้ จึงทำให้เกิดการหมุนด้วยความเร็ว S รอบ/ วินาที

แรงบิด $= F * r$ นิวตัน - เมตร

งานที่ได้ใน 1 รอบจากแรงนี้ = แรง * ระยะทาง

$= F * 2 \pi\ r$ จูลส์

งานที่ทำต่อวินาที $W = F * 2 \pi\ r * S$

$= F * r * 2 \pi S$

แต่ $2 \pi S$ = มุมเป็นเรเดียนต่อวินาที

$F * r$ = แรงบิด T

งานที่ทำต่อวินาที $= T * \theta$ จูลส์

กำลังที่เกิดขึ้น $= T * \theta$ วัตต์

2.6.7 แรงบิดที่เกิดขึ้นในอาร์มาเจอร์ (Armature Torqe of a Motor)

ให้ Tm เป็นแรงบิดที่เกิดขึ้นจากอาร์มาเจอร์ เมื่อมอเตอร์วิ่งด้วยความเร็ว S รอบ/วินาที

งานที่ทำต่อวินาที $= Tm * 2\pi S$ วัตต์

หรือกำลังที่เกิดขึ้น Pm $= Tm * 2\pi S$ วัตต์

เรารู้ว่ากำลังไฟฟ้าได้เปลี่ยนไปเป็นกำลังกลในอามาเจอร์ คือ EaIa วัตต์

$\therefore \quad Tm * 2\pi S = EaIa$

$Tm = 0.159\ EbIa / S$ N-m

$= 0.162\ EbIa / S$ Kg-m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ S เป็นความเร็ว (r.p.s)

2.6.8 แรงบิดที่แกน (Shafe Torque = Tsh)

แรงบิดที่เกิดขึ้นในอาร์มาเจอร์นั้น ไม่ได้นำไปใช้งานทีเดียว ทั้งนี้ต้องจ่ายให้กับการสูญเสียอันเนื่องมาจาก Iron และ Friction ใน Motor แรงบิดที่เอาไปใช้งานก็คือแรงบิดที่แกน (Tsh) กำลังม้าที่ได้จากการหมุนมอเตอร์ก็คือ B.H.P. นั่นเองซึ่งเป็นกำลังม้าที่ได้จากการ Brake motor

$$\text{B.H.P. (metric)} = \text{Tsh} * 2\pi S / 735.5$$

$$\therefore \text{Tsh} = 735.5 * \text{B.H.P.} / 2\pi S \quad \text{metric}$$

2.6.9 SPEED REGULATION

Speed Reguration เป็นค่าผลต่างของความเร็วระหว่างไม่มีโหลด(Load) กับเมื่อได้รับโหลด(Load)เต็มที่

$$\% \text{ Speed reg} = \{ (\text{N.L Speed} - \text{F.L. Speed}) / \text{F.L. Speed} \} * 100$$

คุณลักษณะประจำของมอเตอร์

คุณลักษณะประจำของมอเตอร์แบบขนาน (Characterristics of Shunt Motor)

1. การ Start ของ Shunt Motor ไม่สามารถ Start ตอนมีโหลด(Load) ที่หนักได้ เพราะการกระทำเช่นนี้ย่อมทำให้มอเตอร์ต้องดึงกระแสจำนวนมากไปใช้ด้วย

2. เนื่องจากมอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor) นี้ไม่มีการเปลี่ยนหรือลดความเร็วไปมากนัก จากตอนมีภาระถึงตอนที่มีภาระเต็มที่ ดังนั้นจึงต่อเข้าหรือตัดออกได้จากภาระโดยทันทีทันใดได้, โดยไม่ต้องเกรงว่าจะมีความเร็วสูงมากเกินจนเป็นอันตราย อย่างไรก็ดี มอเตอร์แบบนี้ให้แรงบิดตอนเริ่มแรกต่ำ (Low Starting Torque) ฉะนั้นจึงไม่นิยมใช้กับโหลด(Load)ที่ต้องการแรงบิดเริ่มแรกสูง แต่เนื่องจากว่าเป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วค่อนข้างคงที่ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ขับแกนของเครื่องกลึงและเครื่องจักรชนิดต่างๆ ที่ต้องการความเร็วคงที่โดยประมาณ

คุณลักษณะประจำของมอเตอร์ชนิดอนุกรม (Characteristics of Series Motor)

1. มอเตอร์แบบอนุกรมนี้เหมาะสมสำหรับที่จะฉุดโหลด(Load) หนักๆ ได้ ดังนั้นจึงจะเหมาะสมกับโหลด(Load) หนักขณะเริ่มแรก เช่น ปั่นจั่น (Hoist) รถไฟฟ้า (Electric Trains) และอื่น ๆ

2. เมื่อโหลดมากๆ จะทำให้มอเตอร์ต้องใช้กระแส Ia มากๆ ด้วย ดังนั้นความเร็วของมอเตอร์จะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าหากว่ามอเตอร์มีโหลด (Load) น้อยๆ จะทำให้ความเร็วมีค่าสูงขึ้นจะเป็นอันตรายต่อมอเตอร์ได้ นั่นคือ มอเตอร์อนุกรมต้องไม่ Start หรือให้เริ่มหมุนในขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไม่มีโหลด (Load) มิฉะนั้นจะทำให้มีความเร็วสูงมากเกินไปจนเป็นอันตรายกับมอเตอร์ได้อัน เนื่องมาจากแรงหนีศูนย์กลางที่เกิดขึ้น ในที่นี้ควรสังเกตว่า มอเตอร์แบบนี้เป็นมอเตอร์ที่มีความเร็ว เปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของ load ที่มอเตอร์รับได้

คุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบผสม (Characteristics of Compound Motor)

ลักษณะประจำตัวของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ การนำเอาคุณลักษณะของมอเตอร์ทั้ง 2 แบบมารวมกันทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน มอเตอร์ผสมสามารถแแบ่งออกได้เป็น 2 แบบโดยแบ่งตามลักษณะการต่อ Series Field เพิ่มเข้าไปให้กับ Shunt Motor ดังนี้

1. มอเตอร์แบบผสมชนิดสะสมหรือเสริมสนามแม่เหล็กให้มากขึ้น (Cumulative Compound Motor) มอเตอร์แบบนี้จะเกิดแรงบิดที่อาร์มาเจอร์สูงในขณะที่ได้รับโหลดทันทีทันใดและยังมีความเร็วที่ค่าๆ หนึ่ง ในขณะที่มีภาระหรือโหลดนั่นก็คือ แม้ว่าจะไม่มีภาระ ก็ไม่ทำให้มอเตอร์มีความเร็วสูงเกินไปจนเกิดอันตรายได้ ในการนำมอเตอร์นี้ไปใช้งานกับการขับโหลดที่หนักๆ เช่น เครื่องโม่หิน เครื่องตัดเหล็ก หรือเครื่องอัดย้ำ ลิฟท์ เป็นต้น

มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับความเร็วของมันเองให้ลดลงอัตโนมัติ ในขณะที่ได้รับโหลดทันที่ทันใด ในการเพิ่มพลังงานกลสะสมของเครื่องแบบนี้ ทำได้โดยการต่อ pulley เข้าไป ซึ่งจะช่วยให้มีเสถียรภาพในการใช้งานดีขึ้น

2. มอเตอร์แบบชนิดที่มีสนามแตกต่าง (Differential-Compound) เมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดมากขึ้น แทนที่จะมีความเร็วลดลงไปก็กับกลายเป็นว่ามีความเร็วเพิ่มขึ้นมาเท่าเดิมตามที่โหลดเพิ่มขึ้น ดังนั้นมอเตอร์ชนิดนี้จึงต้องการนำไปใช้งานกับโหลดที่ต้องการให้มีค่าความเร็วคงที่มากๆ ในขณะที่โหลดเพิ่มมากขึ้น แต่มอเตอร์ชนิดนี้มีข้อเสียตรงที่ว่า เมื่อได้รับโหลดมากเกินไป ย่อมทำให้สนามแม่เหล็กอ่อนลงไปมาก นั่นคือความเร็วของมอเตอร์ ก็จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นๆอย่างไม่เสถียรภาพ (Instability) และทำให้มอเตอร์วิ่งเกินเลยไป ซึ่งทำความเสียหายให้กับมอเตอร์ได้

2.6.10 ประสิทธิภาพและการสูญเสียต่าง ๆ (Losses and Efficiency)

การสูญเสียย่อมเกิดขึ้นกับเครื่องจักรทุกชนิด ในกรณีที่เป็นมอเตอร์นี้ก็มีการสูญเสียที่เกิดขึ้นเหมือน ๆ กับที่เกิดขึ้นกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ก. การสูญเสียกำลังไปในกับลวด์ทองแดง (Copper losses)

ข. การสูญเสียกำลังไปในทางแม่เหล็ก (Megnetic losses)

ค. การสูญเสียกำลังไปในทางกล (Mechanical losses)

สำหรับกรณีที่เกิดภาวะของกำลังสูงสุดขึ้นในมอเตอร์นั้น หาได้โดยหลักการที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั่นคือ

$$IaRa = V/2 = Eb$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Maximum efficiency) นี้ เกิดขึ้นเมื่อการสูญเสียกำลังในขดลวดทองแดงที่อาร์เมเจอร์ (Armature copper losses)มีค่าเท่ากับการสูญเสียคงที่ (Constant losses)

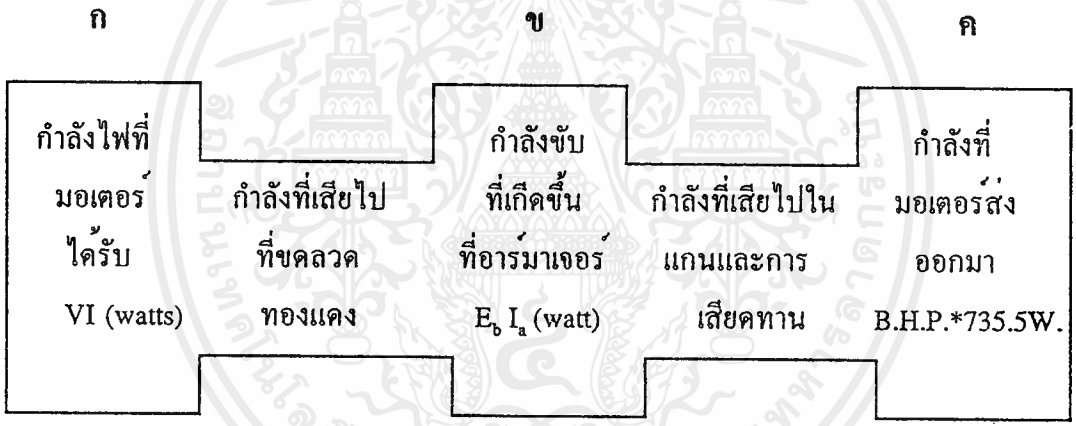
ลำดับขั้นกำลังต่าง ๆ ของมอเตอร์ (Power stages)

ก็คือขั้นต่าง ๆ ของการเปลี่ยนแปลงพลังงานของมอเตอร์ ซึ่งมีทั้งพลังงานที่มอเตอร์ได้รับและกำลังสูญเสียในส่วนต่าง ๆ และอื่น ๆ ดังรูป

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ทั้งตัวหรือประสิทธิภาพทางการค้า (Overall or Commercial Efficiency) $\eta c = ค / ก$

ประสิทธิภาพทางไฟฟ้า (Electrical efficiency) $\eta e = ข / ก$

ประสิทธิภาพทางกล (Mechanical efficiency) $\eta m = ค / ข$



รูปที่ 2.30 ลำดับขั้นกำลังของมอเตอร์

2.7 MCS--51 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอ็มซีเอส 51 เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสนองตามความต้องการของผู้ใช้คือมีสายอินพุทและเอาท์พุทภายในตัวพอร์ตของอินพุทและเอาท์พุทภายในตัวเองพอร์ตของอินพุทและเอาท์พุทบัฟเฟอร์อินเตอร์เฟส และสายควบคุมอื่นๆ ที่ใช้สำหรับแยกข้อมูลกับแอดเดรสและยังมีชุดคำวั่งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษเพื่อจัดการข้อมูล แถมท้ายด้วยวงจรตั้งเวลากับวงจรนับด้วย (ปกติวงจรนับจะสามารถทำงานเป็นวงจรตั้งเวลาได้ด้วย จึงเรียกควบคู่กันไปคือ วงจรตั้งเวลา/วงจรนับ)
ตาราง 2.2 เป็นรายการของตระกูลเอ็มซีเอส 51 ซึ่งแสดงถึง จำนวนของหน่วยความจำ วงจรตั้งเวลา/วงจรนับ และระดับของการขออินเตอร์รัพต์

เอ็มซีเอส 51 ไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ซีพียู 8 บิต ที่ควบคุมได้ง่าย

-เพิ่มการทำงานลอจิคครั้งละ 1 บิตได้

-สายอินพุตและสายเอาต์พุตมีจำนวน 32 เส้นใช้เลือกแอสเดรสแยกต่างหากจากกันได้

-มีแรมบรรจุไว้ภายในขนาด 128 ไบต์หรือ 256 ไบต์

-วงจรตั้งเวลา/วงจรนับมีขนาด 2,3 หรือ 16 บิต

-กำหนดเป็น UART (Universal Synchronous Receiver Transmitter ที่รับส่งข้อมูลอนุกรมได้สองทิศทาง

-อินเตอร์รัพต์แบ่งออกเป็น 2 ระดับ จาก 5 หรือ 6 แหล่ง

-มีสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในตัว

-มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในขนาด 4 หรือ 8 กิโลไบต์ (อีพรอม 8751 และ 8752)

- มีแอดเดรสของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม จำนวนทั้งหมด 64 กิโลไบต์

-มีแอดเดรสของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล จำนวนทั้งหมด 64 กิโลไบต์

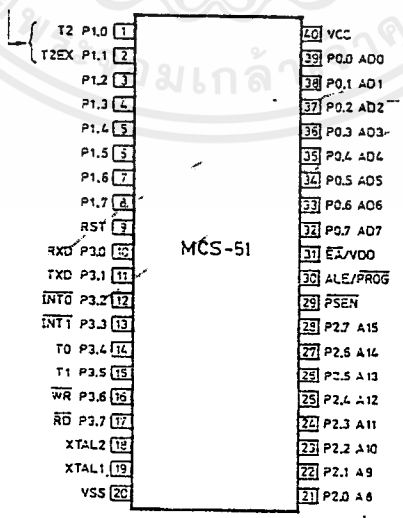
-คำสั่งทั้งหมดมี 111 คำสั่ง (64 รอบ)

-ทำงานด้วยเลขฐานสิบ และฐานสิบหก

-ตัวแปลภาษาเบสิกมีขนาด 8 กิโลไบต์ (8052 AH-BASIC)

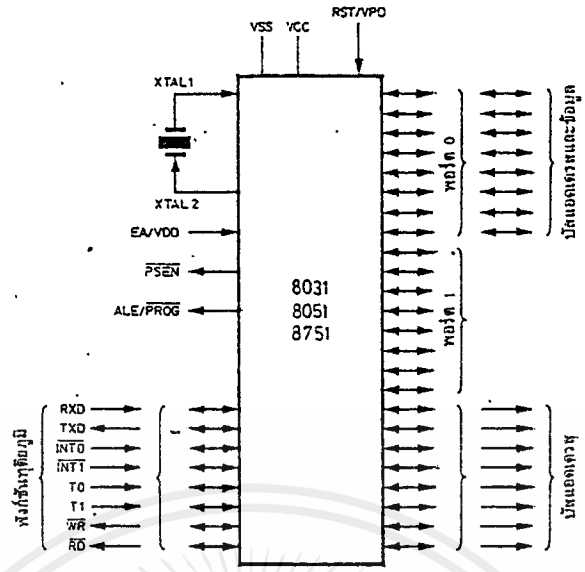
-ควบคุมอีพรอมภายในตัวด้วยภาษาเบสิก (8052 AH-BASIC)

-มีคำสั่งเฉพาะของภาษาเบสิกที่ใช้สำหรับอินพุตและเอาต์พุต วงจรนับ และอินเตอร์เฟสแบบอนุกรม (8052 AH-BASIC)



รูปที่ 2.31 แสดงการจัดวางขาต่างๆของเอ็มซีเอส 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 แสดงหน้าที่ของพอร์ตเมื่อคอนโทรลเลอร์ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

จากรูป 2.31 และ 2.32 นั้นแสดงจำนวนขา และหน้าที่ของ 8051 ที่ หมายถึงตระกูลเอ็มซีเอส 51 ทั้งหมด

8051, 8051AH, และ 8052AH เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยการควบคุมจากโปรแกรมในหน่วยความจำ (รอม) โดยการโปรแกรมด้วยต้นแบบ เพื่อให้เกิดข้อมูลบนรอมครั้งหนึ่งเป็นจำนวนมาก จึงเหมาะกับการผลิตเพื่อใช้งานควบคุมจำนวนมากๆ (8051 นั้นมีหน่วยความจำรอมจำนวน 4 กิโลไบต์ ส่วน 8052AH จะมีหน่วยความจำเพิ่มขึ้นโดยสร้างจาก HMOS II)

มีอีกสองเบอร์ที่ทำงานคล้ายกันคือ 8031AH และ 8032AH ที่ใช้แทน 8051 และ 8052AH ได้ตามตามลำดับ โดยไม่ต้องส่งให้โรงงานโปรแกรมให้ เพราะเราจะเขียนและทดสอบโปรแกรมด้วยหน่วยความจำภายนอกแทน(ไม่มีรอมภายใน)

2.7.1 ภายในหน่วยความจำ

จากรูป 2.33 เป็นหน่วยความจำภายในตัวเอ็มซีเอส 51 หน่วยความจำนี้แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลหน่วยความจำแรกมีแอดเดรสที่ต่ำกว่า 4 หรือ 6 กิโลไบต์ บรรจุอยู่ในรอม ส่วนเอ็มซีเอส 51 ที่ไม่มีรอมภายในจะใช้หน่วยความจำภายนอกซึ่งอาจเป็นรอม,แรม หรือ อีพรอมแทนก็ได้

เอ็มซีเอสจะอ่านหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เข้ามาเป็นภาษาเครื่องตามลำดับ ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล จะใช้เป็นที่เก็บตัวแปร,การคำนวณหาผลลัพธ์ทันที,การจัดการกับข้อมูลที่มีขนาด 16 บิต (word) ,ตารางที่ใช้ค้นหาค่าต่างๆ และหน้าที่อื่นที่คล้ายกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลใช้ร่วมกับหน่วยความจำภายนอกได้ถึง 640 กิโลไบต์ ซึ่งเลือกใช้รอม หรือ แรมก็ได้ และยังมีรีจิสเตอร์พิเศษที่ใช้หน่วยความจำภายนอกของแรมได้ 128 หรือ 256 กิโลไบต์

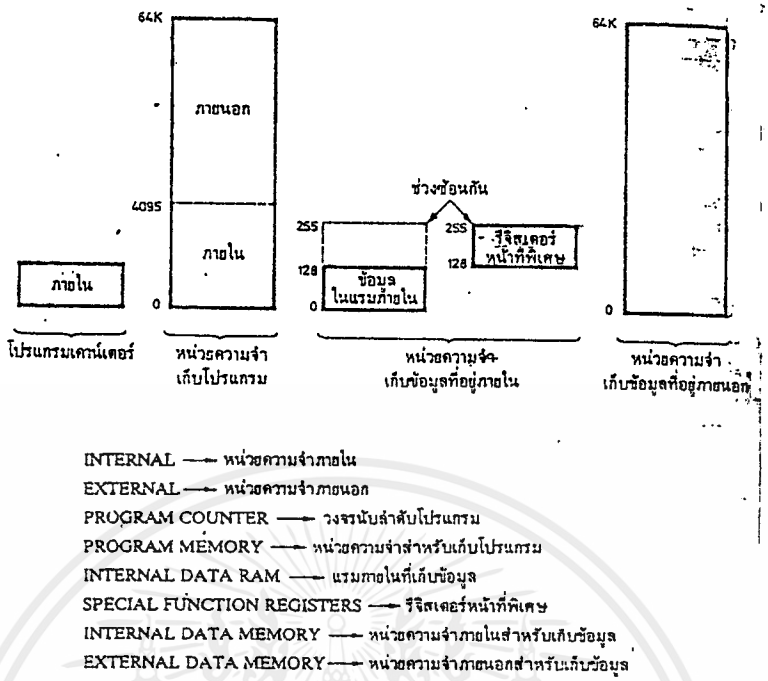
เบอร์	หน่วยความจำภายในโปรแกรมข้อมูล		ตั้งเวลา / นับ	อินเตอร์รัพต์หมายเลข
8052AH	8K ×8ROM	256×8RAM	3×16-BIT	6
8051AH	4K× 8ROM	128×8RAM	2×16-BIT	5
8051	4K×8ROM	128×8RAM	2×16-BIT	5
8032AH		256×8RAM	3×16-BIT	6
8031AH		128×8RAM	2×16-BIT	5
8031		128×8RAM	2×16-BIT	5
8751H	4 K × 8	128×8RAM	2×16-BIT	5
8751H-12	EPROM	128×8RAM	2×16-BIT	5
	4 K × 8 EPROM			

ตารางที่ 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51

2.7.2 รีจิสเตอร์ภายในเอ็มซีเอส

เอ็มซีเอสมีรีจิสเตอรที่อำนวยความสะดวกในการใช้งานตามคำสั่งต่างๆ ประกอบด้วยแอคคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ B ที่ใช้ในการคูณ หาร รีจิสเตอร์สถานะ สแตกพอยเตอร์ ดาต้าพอยเตอร์ (2*8 บิต หรือ 1*16 บิต) พอร์ตหมายเลข ศูนย์ถึงพอร์ตหมายเลขสาม รีจิสเตอร์แบบคู่ ซึ่งใช้ส่งและรับข้อมูลชนิดอนุกรม รีจิสเตอร์ 16 บิต ที่เป็นวงจรตั้งเวลาและวงจรนับ รีจิสเตอร์ซึ่งจองไว้สำหรับใช้สำหรับนับตัวที่ 3 รีจิสเตอร์คำสั่ง สำกรับหน้าที่พิเศษ (เช่น การอินเตอร์รัพต์ RTC : Read Time Clock)และอินพุต,เอาต์พุตแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 โครงสร้างภายในของหน่วยความจำของเอ็มซีเอส 51

2.7.3 สายต่างๆ ของบัสและพอร์ต

จะเห็นโครงสร้างภายในของเอ็มซีเอส 51 ในรูปที่ 2.34 เราสมมติให้มีบัสสองทิศทาง 4 เส้น และพอร์ต ขนาด 8 บิต ตามทฤษฎี แต่ที่จริงนั้นจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อมีการใช้หน่วยความจำภายในตัว (รอมหรือแรม)

เมื่อไม่ใช้หน่วยความจำภายในพอร์ต 0 และ 2 จะถูกใช้เป็นบัสของข้อมูลแอดเดรส (ขอให้ย้อนกลับไปดูรูป)ดังนั้นพอร์ตสอง พอร์ต ยังคงใช้งานเป็นอินพุตและเอาท์พุต พอร์ต2ทำหน้าที่เป็นสายสัญญาณ แอดเดรส A15.....A8 ส่วนพอร์ต 0 ทำหน้าที่เป็นสายสัญญาณแอดเดรส A7..... A0 ออกจากบิตข้อมูล D7.....D0

เอาท์พุทของขา $\overline{RD}$ และ $\overline{WR}$ มาจากสายเอาท์พุทของพอร์ต 3 โดยโปรแกรมภายในใช้สัญญาณ $\overline{RD}$ และ $\overline{WR}$ เพื่อการเขียนและการอ่านข้อมูลกับข้อมูลของหน่วยความจำภายนอก

ขา $\overline{PSEN}$

ขา $\overline{PSEN}$ เป็นขารับสัญญาณสำหรับเปิดให้มีการอ่านหน่วยความจำภายนอก ถ้าสังเกตทุกๆ รอบคำสั่งระหว่างการทำงานด้วยโปรแกรมในรอมหรืออีพรอม จะเห็นว่าสัญญาณ $\overline{PSEN}$ ทำงานถึงสองครั้งเหมือนสัญญาณ $\overline{ALE}$ เพราะว่ามีการอ่านข้อมูลจำนวน 2 ไบต์ ในแต่ละรอบคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา $\overline{\text{PSEN}}$ นี้ไม่ทำงานเมื่อมีภาษาเครื่องเก็บอยู่ในหน่วยความจำภายในและถ้าหากหน่วยความจำภายนอกไม่มีข้อมูลบรรจุอยู่ $\overline{\text{PSEN}}$ ก็จะไม่ทำงานด้วย เช่นกัน

ส่วน 8052 AH BASIC ไม่ใช้สัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ เลย เพราะใช้รอมภายในตัว ซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวแปลภาษาเบสิก

ขา $\overline{\text{EA}}$

เป็นขาอินพุทที่ใช้ร่วมกับแอดเดรสภายนอก โดยจะมีค่าลอจิก "0" เมื่อโปรเซสเซอร์อ่านคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก (ปกติโปรเซสเซอร์จะอ่านหน่วยความจำภายในน้อยกว่าอ่านจากหน่วยความจำภายนอก) ขา $\overline{\text{EA}}$ ยังมีหน้าที่เป็นอินพุทสำหรับป้อนแรงดัน 21 โวลต์ เพื่อโปรแกรมให้กับอีพรอม (สำหรับกรณีที่ใช้ 8751 หรือ 8752)

2.7.4 วงจรนับ/วงจรตั้งเวลา

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่า 8052 มีวงจรนับและวงจรตั้งเวลาชนิด 16 บิต มากกว่า 8051 อยู่หนึ่งตัวต่อไปเราจะศึกษาการทำงานอย่างย่อ ๆ ของวงจรนับและวงจรตั้งเวลา

ทำงานเป็นวงจรตั้งเวลา

รีจีสเตอร์ที่ทำหน้าที่ตั้งเวลาจะเพิ่มค่าขึ้นหนึ่งของทุก ๆรอบคำสั่งของเครื่อง และจะนับด้วยอัตราสูงสุดที่1/12 ของความเร็วสัญญาณนาฬิกาของโปรเซสเซอร์

เมื่อทำงานเป็นวงจรนับ

รีจีสเตอร์วงจรนับจะเพิ่มขึ้นหนึ่งเมื่อมีสัญญาณป้อนให้อินพุต T0,T1 หรือ T2 (T2 มีเฉพาะ 8052) เป็นขอบสัญญาณขาลง อัตราการนับสูงสุดคือ 1/24 ของความเร็วสัญญาณนาฬิกาของโปรเซสเซอร์

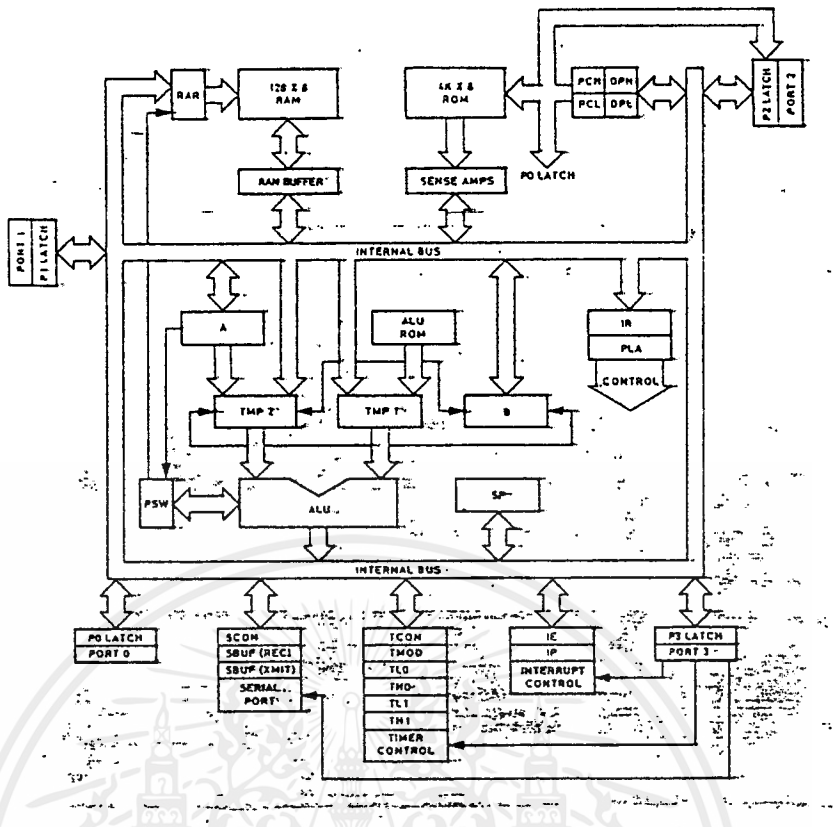
วงจรนับและวงจรตั้งเวลา 0 และ 1 มีวิธีโปรแกรมให้ทำงานได้ต่างกันถึง 4 แบบ รวมทั้งการทำงานเป็น 8 บิต หรือ 16 บิต และการบรรจุค่าพรีเซ็ตหนึ่งค่าได้เองอย่างอัตโนมัติ

วงจรนับและวงจรตั้งเวลาที่ 1 เลือกโปรแกรมให้ทำหน้าที่ เป็นตัวกำเนิดสัญญาณของอัตราการส่งบิตออกไปอย่างอนุกรมสำหรับใช้ในการอินเตอร์เฟสได้

วงจรนับและวงจรตั้งเวลาที่ 2 (เฉพาะ 8052 เท่านั้น) มีการทำงานย่อย ๆ อีก 3 ชนิด

1. วงจรนับ 16 บิตที่สามารถโหลดค่ากลับคืนเองอย่างอัตโนมัติ
2. วงจรนับที่จองไว้ ชนิด 16 บิต
3. วงจรกำเนิดสัญญาณของการส่งบิต เพื่อใช้อินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 โครงสร้างของเอ็มซีเอส 51

2.7.5 พอร์ตชนิดอนุกรมอยู่ภายใน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมดในตระกูล เอ็มซีเอส 51 เป็นชิพที่มีอินเตอร์เฟสอนุกรม ชนิดสองทิศทางทำให้รับและส่งข้อมูลพร้อมกันตัวรับข้อมูลชนิดอะซิงโครนัส (ASYNCHRONOUS RECEIVER) มีบัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเป็นพิเศษ เพื่อความเร็วในการสื่อสาร

พอร์ตชนิดอนุกรมนั้น เราสามารถเลือกโปรแกรม เพื่อเลือกใช้การทำงานแบบใดแบบหนึ่งใน 4 แบบ ด้วยการใช้โปรแกรมควบคุมอัตราการส่งข้อมูลและรูปแบบของข้อมูล

อัตราการส่งข้อมูลที่เลือกใช้ได้จะสูงถึง 19,200 บิต/วินาที ด้วยความเร็วของสัญญาณนาฬิกา 1 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับใช้ในระบบเครือข่าย (NETWORKS) และระบบการสื่อสารของโปรเซสเซอร์หลายตัวร่วมกัน เราจะเลือกความเร็วของสัญญาณนาฬิกาด้วยวงจรนับและวงจรตั้งเวลา

2.7.6 อินเตอร์รัพต์และชุดคำสั่ง

8051 รับการอินเตอร์รัพต์ได้ 5 แหล่ง ส่วน 8052 รับอินเตอร์รัพต์จากอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ถึง 6 แหล่ง คือ ขา $\overline{\text{INT0}}$ และ ขา $\overline{\text{INT1}}$ (กำหนดให้ใช้ระดับพัลส์หรือขอบขาพัลส์ก็ได้) วงจรนับและวงจรตั้งเวลาที่ 0 และ 1 (สำหรับ 8052 เพิ่มวงจรตั้งเวลา / วงจรนับตัวที่ 2) และสุดท้ายจากพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถกำหนด ลำดับความสำคัญของอินเตอร์รัพต์ได้ 2 ระดับ โดยไม่ต้องอาศัยวงจรภายนอกช่วย แต่ละแหล่งของอินเตอร์รัพต์ 5 หรือ 6 แหล่ง นั้นจะกำหนดเป็นเวกเตอร์เฉพาะ (ตัวชี้แอดเดรส)

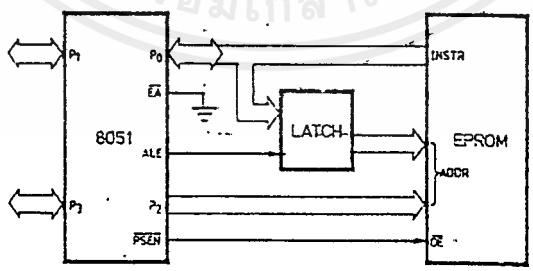
ดังนั้นเมื่อมีอินเตอร์รัพต์เข้ามาแล้ว ตัวโปรเซสเซอร์จะกระโดดไปที่ส่วนของโปรแกรมที่ทำงานตามวัตถุประสงค์ของอินเตอร์รัพต์นั้น หลังจากเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของโปรแกรมเคาน์เตอร์ลงในสแต็ก ชุดคำสั่งทั้งหมดของตัวคอนโทลเลอร์ในตระกูลเอ็มซีเอส

2.7.7 การจัดหน่วยความจำ

ในระบบของ MCS-51 จะมีการแบ่งหน่วยความจำเหมือนกับซีพียูทั่ว ๆ ไปคือ จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะตามชนิดของข้อมูลที่เก็บดังนี้

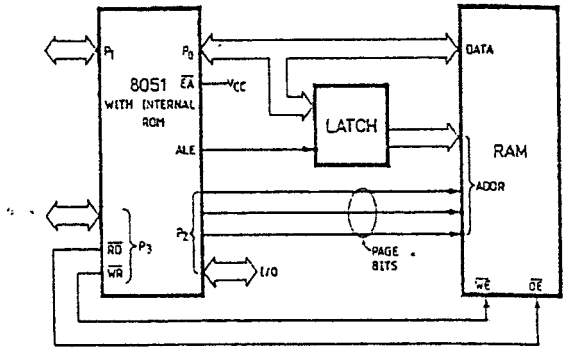
- หน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY)
- หน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY)

หน่วยความจำข้อมูลหมายถึง หน่วยความจำส่วนที่เป็นแรม (RAM) ซึ่งเราสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา แต่ไม่สามารถรันโปรแกรมบนหน่วยความจำส่วนนี้ได้ ส่วนหน่วยความจำโปรแกรมจะหมายถึงหน่วยความจำที่อ่านได้อย่างเดียว (ROM) ซึ่งบรรจุโปรแกรมที่จะให้ MCS-51 ทำงาน โดยหน่วยความจำทั้ง 2 ประเภทนี้จะถูกแยกออกจากกันด้วยคำสั่งทางซอฟต์แวร์และลักษณะการติดต่อทางฮาร์ดแวร์ด้วย กล่าวคือ จะมีคำสั่งเฉพาะสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำชนิดใดชนิดหนึ่งและจัดสัญญาณสโตรบในการติดต่อกับหน่วยความจำแต่ละชนิดแยกต่างหากกันด้วย ดังรูป 2.35 และ 2.36

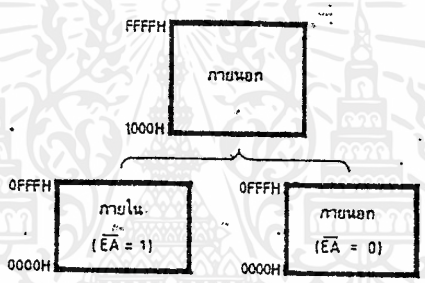


รูปที่ 2.35 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูล



รูปที่ 2.37 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก

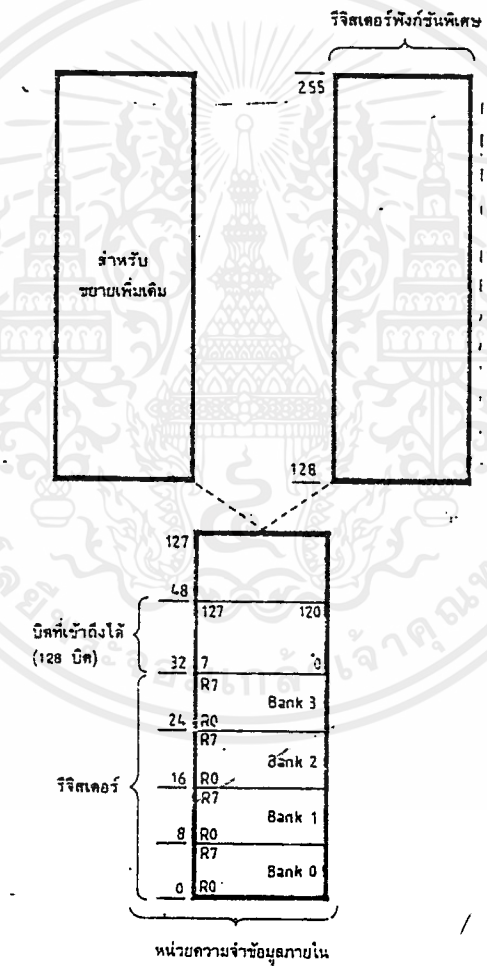
2.7.8 หน่วยความจำโปรแกรม

ใน MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรมภายในและหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก หน่วยความจำโปรแกรมภายในก็คือหน่วยความจำประเภท ROM หรือ EPROM ที่อยู่ภายในตัว MCS-51 เบอร์ 8051 หรือ 8751 ตามลำดับ ซึ่งมีขนาด 4 กิโลไบต์ ส่วนหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกก็คือ หน่วยความจำที่ต่ออยู่ภายนอกตัว MCS-51 โดยอาจจะเป็นการต่อเพื่อขยายหน่วยความจำเพิ่มเนื่องจากหน่วยความจำภายในไม่พอ หรืออาจต่อเป็นหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมดเลยก็ได้ในกรณีของ 8031 เพราะภายในตัวมันไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมเมื่อนเบอร์ 8051 หรือ 8751 โดย MCS-51 สามารถเลือกให้รันโปรแกรมในหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอกก็ได้ โดยควบคุมที่ขา EA (ขา 31) แต่สำหรับเบอร์ 8031 จะต้องต่อขา EA ลงกราวด์เสมอ การจัดแบ่งพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก แสดงในรูปที่ 2.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

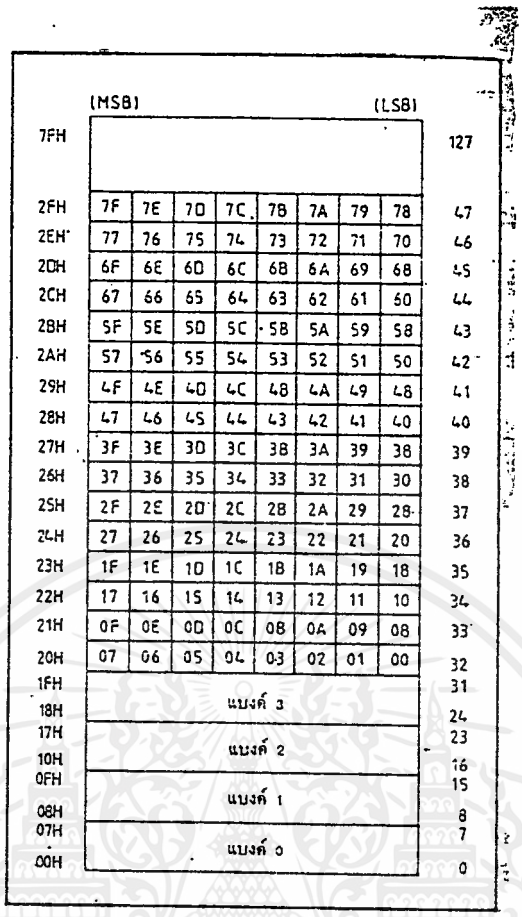
หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 ก็ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนเหมือนกัน คือ หน่วยความจำข้อมูลภายในและภายนอก โดยหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะเข้าถึงได้ก็ด้วยคำสั่ง MOVX เท่านั้น สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8031/8051 และ 8751 จะมีทั้งหมด 256 ไบต์ โดยแบ่งเป็น 128 ไบต์ส่วนบน ซึ่งใช้เป็นที่อยู่รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ และอีก 128 ไบต์ส่วนล่าง ซึ่งจะถูกใช้งานทั่วไป ดังรูป 2.38 และ 2.39



รูปที่ 2.38 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 พื้นที่การกำหนดตำแหน่งบิตของหน่วยความจำข้อมูลภายในรูปที่ 2.38

จากรูป 2.39 จะเห็นว่าพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลภายใน ส่วน 128 ไบต์ล่าง (ตำแหน่ง 00H-7FH) จะถูกแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนของรีจิสเตอร์แบงค์ (00H-1FH) , ส่วนพิเศษที่สามารถเข้าถึงตำแหน่งบิตได้โดยตรง (20H-2FH) และส่วนที่ใช้งานทั่วไป (30H-7FH)

ส่วนของรีจิสเตอร์แบงค์มีทั้งหมด 4 แบงค์ แต่เราสามารถใช้ได้ครั้งละแบงค์เท่านั้น การเลือกใช้แบงค์ไหนอยู่ที่เรากำหนดค่าในรีจิสเตอร์ PSW

คำสั่งที่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูล ซึ่งจะแบ่งลักษณะการกำหนดเลขที่อยู่ของหน่วยความจำข้อมูลได้ 4 โหมด ด้วยกันคือ

โหมดการกำหนดเลขที่อยู่รีจิสเตอร์ จะเป็นการติดต่อกับข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์โดยตรง ตัวอย่างเช่น

MOV A, R0; ย้ายค่าใน R0 ไปไว้ที่ ACC

ADD A, R3; บวกค่าใน ACC กับค่าใน R3 แล้วนำผลลัพธ์ไปไว้ใน ACC

โหมดการกำหนดเลขที่อยู่โดยตรง จะเป็นการติดต่อกับข้อมูลที่ตำแหน่งแอดเดรสที่กำหนดโดยตรง ซึ่งจะต้องอยู่บริเวณของแรมภายใน 128 ไบต์ ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV A, 40H ; ย้ายค่าข้อมูลในหน่วยความจำ แรมตำแหน่ง 40H ไปเก็บไว้ใน ACC

ADD A, 41H ; บวกข้อมูลใน แรมตำแหน่ง 41H กับข้อมูลใน ACC

โหมดการกำหนดเลขที่อยู่ข้อมูลโดยทันที จะเป็นการติดต่อกับข้อมูลคงที่ ตัวอย่างเช่น

MOV A, #40H ; นำค่า 40H ไปเก็บใน ACC

ADD A, #41H ; บวกค่า 41H เข้ากับค่าใน ACC ตำแหน่ง 41H

โหมดการกำหนดเลขที่อยู่รีจิสเตอร์โดยอ้อม จะเป็นการติดต่อกับข้อมูลที่ใช้ค่าในตัวรีจิสเตอร์ R0 หรือ R1 เป็นตัวชี้ตำแหน่ง ตัวอย่างเช่น

MOV A , @R0 ; นำค่าข้อมูลในหน่วยความจำที่ถูกชี้ด้วย R0 ไปเก็บใน ACC

ADD A, @R1 ; บวกค่าของข้อมูลในหน่วยความจำที่ถูกชี้ด้วย R1 กับค่าใน ACC

ตัวจับเวลา/ตัวนับ (TIMER/COUNTER)

ในเบอร์ 8031 /8051 และ 8751 จะมีตัวจับเวลา/ตัวนับ ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว คือ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ส่วนเบอร์ 8032/8052 จะมีเพิ่มอีก 1 ตัว โดยแต่ละตัวสามารถที่จะกำหนดให้ทำงานเป็นตัวจับเวลาหรือตัวนับได้โดยการเซตหรือเคลียร์บิตC/ $\overline{T}$ ที่ตัวรีจิสเตอร์ควบคุม TMOD ซึ่งอยู่ในกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ

ในการกำหนดให้ทำงานเป็นตัวจับเวลา ตัวรีจิสเตอร์ TH1 และ TL1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเก็บค่าจำนวนพัลส์ที่เข้ามาจะเพิ่มค่าทุก ๆ แมชีนไซเกิล โดยแต่ละแมชีนไซเกิลจะประกอบด้วย 12 คาบออสซิลเลเตอร์ ดังนั้นอัตราการนับแต่ละครั้งจะใช้เวลาเท่ากับ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในงานอินเตอร์รัพต์ RTC (Real Time Clock)

และถ้าให้ทำงานเป็นตัวนับ รีจิสเตอร์นับจะเพิ่มค่าทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก "1" เป็น "0" ที่ขา T0 หรือ T1 โดยอัตราความถี่สูงสุดที่สามารถนับได้ต้องไม่เกิน 1/24 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

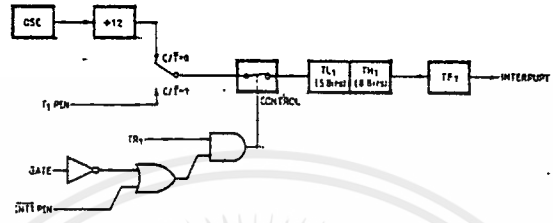
ตัวจับเวลา/ตัวนับสามารถโปรแกรมให้มันทำงานได้ต่างกันถึง 4 โหมด โดยการตั้งค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ซึ่งจะกล่าวถึงการทำงานของแต่ละโหมดดังนี้

โหมด 0 รีจิสเตอร์ตัวนับจะถูกกำหนดให้มี 13 บิต ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ TH18 บิต และ TL1 อีก 5 บิตอันดับต่ำ ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นตัวจับเวลาหรือตัวนับได้โดยเซตหรือเคลียร์ที่บิต C/$\overline{T}$ ในตัวรีจิสเตอร์ TMOD การทำงานของรีจิสเตอร์ตัวนับจะนับขึ้นครั้งละ 1 เมื่อมีสัญญาณเข้ามา 1 ลูกและเมื่อนับจนเป็น "1" หมดทุกบิต ก็จะกลับมาเป็น "0" หมดทุกบิตใหม่ ซึ่งจะเป็นการเกิดโอเวอร์โฟลว์ (OVERFLOW) ไปทดแฟลกอินเตอร์รัพต์ TF1 ให้เป็น "1" ลักษณะวงจรเป็นดังรูป 2.40

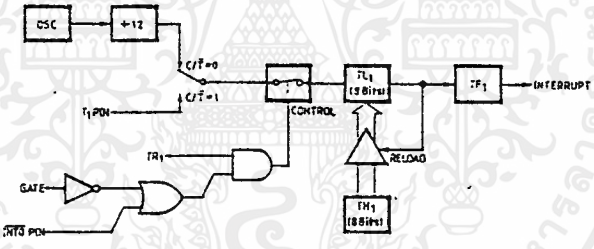
โหมด 1 การทำงานจะเหมือนกับโหมด 0 ทุกอย่างยกเว้นรีจิสเตอร์ตัวนับจะเป็นขนาด 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

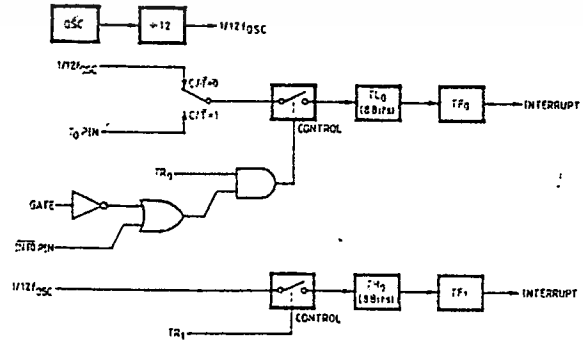
โหมด 2 จะใช้รีจิสเตอร์ TL1 เป็นตัวนับเพียงตัวเดียวและเมื่อ TL1 นับจนเป็น “1” หมดทุกบิต ก็จะมีการโหลดค่าจากรีจิสเตอร์ TH1 เข้าไปไว้ใน TL1 โดยอัตโนมัติ และทำการทดแฟลกอินเตอร์รัพต์ TF1 ให้เป็น “1” ค่าใน TH1 นี้เราสามารถตั้งค่าได้ด้วยซอฟต์แวร์ ลักษณะวงจรแสดงในรูป 2.41



รูปที่ 2.40 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ ตัวนับที่1 ในโหมด 0 และโหมด 1



รูปที่ 2.41 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ ตัวนับที่1 ในโหมด 2



รูปที่ 2.42 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ ตัวนับที่0 ในโหมด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 3 เป็นการเพิ่มตัวจับเวลาขึ้นอีก 1 ตัว แต่จะเป็นขนาด 8 บิต ทั้งคู่ ซึ่งลักษณะการทำงานอื่น ๆ จะเหมือนกับโหมด 0 การทำงานแสดงในรูป 2.48

สำหรับรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ TMOD และรีจิสเตอร์ TCON แสดงในรูป 2.43 และ รูป 2.44 ตามลำดับ

TIMER/COUNTER 1				TIMER/COUNTER 0			
GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0	GAT E	C/$\overline{T}$	M1	M0

GATE : เซตเป็น "1" จะเป็นการอีนาเบิลตัวจับเวลา/ตัวนับให้ถูกควบคุมด้วยขา INTx ต้องมีสถานะสูงและบิต TRX ใน TCON ต้องเซตเป็น "1" จึงจะเริ่มทำงาน แต่ถ้า GATE เป็น "0" ตัวจับเวลา/ตัวนับเจะถูกควบคุมให้เริ่มทำงานด้วยบิต TRX เท่านั้น

C/$\overline{T}$: เป็นบิตควบคุมในการเลือกทำงานเป็นตัวจับเวลาหรือตัวนับ ถ้าเป็น "0" จะทำงาน เป็นตัวจับเวลาถ้าเป็น"1" ทำงานเป็นตัวนับ

M1,M0 : เป็นตัวเลือกโหมดการทำงานดังนี้

M1	M0	โหมดการทำงาน
0	0	โหมด 0
0	1	โหมด 1
1	0	โหมด 2
1	1	โหมด 3

ตารางที่ 2.3 แสดงบิตควบคุมที่อยู่ในรีจิสเตอร์ TMOD

TFx : เป็นแฟลกอินเตอร์รัพต์จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับ และจะเคลียร์ตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อทำงานอินเตอร์รัพต์นั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว

TRx : เป็นบิตควบคุมให้ตัวจับเวลา/ตัวนับเริ่มทำงานโดยการเซตให้เป็น "1" และให้หยุด ทำงานด้วยการเคลียร์ให้เป็น "0" โดยซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IEx : เป็นแฟลกอินเตอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอก เซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อมีสัญญาณขอการอินเตอร์รัพต์ปรากฏที่ขา INTx จะเคลียร์ตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อกระโดดไปทำงานบริการอินเตอร์รัพต์ที่ขอมาเรียบร้อยแล้ว

Itx : เป็นบิตควบคุมรูปแบบสัญญาณอินเตอร์รัพต์ภายนอกจะเซต/เคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ โดยถ้าเซตเป็น "1" จะถูกอินเตอร์รัพต์ด้วยสัญญาณขอบขาลง และถ้าเคลียร์เป็น "0" จะถูกอินเตอร์รัพต์ด้วยสัญญาณระดับแรงดัน

หมายเหตุ x หมายถึงเลข 1 หรือเลข 0

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

แสดงบิตควบคุมที่อยู่ในรีจิสเตอร์ TMOD

พอร์ตอนุกรม

MCS-51 จะมีพอร์ตอนุกรมเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex) สามารถที่จะส่งและรับข้อมูลได้พร้อมกันเพราะมีบัฟเฟอร์ 2 ตัว ใช้ในการรับตัวหนึ่งและส่งตัวหนึ่ง โดยโครงสร้างของรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ทั้ง 2 ตัวนี้ จะแยกกันแต่การติดต่อจะใช้ชื่อเดียวกันคือ SBUF พอร์ตอนุกรมของ MCS-51 สามารถที่จะโปรแกรมให้ทำงานได้แตกต่างกัน 4 โหมด

โหมด 0 ข้อมูลจะเข้าและออกทางขา RXD โดยการเลื่อนสัญญาณนาฬิกาออกที่ขา TXD ข้อมูลจะเป็น 8 บิต โดยจะส่งบิตนัยสำคัญต่ำ (LSB) ก่อน อัตราบ็อดจะคงที่ที่ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

โหมด 1 เป็นการรับ/ส่งข้อมูลขนาด 10 บิต โดยการส่งออกทางขา TXD และรับเข้าทางขา RXD รูปแบบบิตจะประกอบด้วย 1 บิต สตาร์ตเป็น "0", 8 บิตข้อมูล และ 1 สต็อปบิตเป็น "1" อัตราบ็อด (BAUD RATE) แปรผันได้ตามการตั้งตัวจับเวลาตัวที่ 1 โดยมีสูตรดังนี้

$$\text{อัตราบ็อด} = \frac{2}{32} * (\text{ความถี่ออสซิลเลเตอร์}) / 12 * (256 - TH1)$$

โหมด 2 เป็นการรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต เข้าทางขา RXD และส่งออกทางขา TXD ประกอบด้วย 1 บิตสตาร์ตมีค่า "0",9 บิตข้อมูล และ 1 บิตสต็อป โดยการรับข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกนำมาเก็บที่บิต RB8 ใน SCON ส่วนการส่งจะต้องใส่บิตที่ 9 ไว้ใน TB 8 ของ SCON ก่อน อัตราบ็อดสามารถเลือกได้ 2 อัตราคือ 1/32 หรือ 1/64 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ขึ้นอยู่กับการเซตบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON ซึ่งรายละเอียดของรีจิสเตอร์ SCON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 3 จะเหมือนกับโหมด 2 ทุกอย่าง ยกเว้นอัตราบ็อดจะแปรผันตามการตั้งตัวจับเวลา 1 ซึ่งจะใช้สูตรเดียวกับโหมด 1

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM0,SM1 : เป็นตัวกำหนดโหมดการใช้งานของพอร์ตอนุกรมดังนี้

SM0	SM1	โหมด
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

ตารางที่ 2.4 แสดงบิตควบคุมที่อยู่ในรีจิสเตอร์

SM2 : ควบคุมอีนาเบิลการใช้โปรเซสเซอร์หลายตัวในการสื่อสารซึ่งกันและกันในโหมด 2 และ 3

REN : ตัวอีนาเบิลอนุกรมการรับเมื่อเซตเป็น “1” และถ้าเป็น “0” เป็นการดิสเอเบิล

TB8 : เป็นตัวเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งในโหมด 2 และ 3

RB8 : เป็นตัวรับข้อมูลบิตที่ 9 ในโหมด 2 และ 3 ส่วนในโหมด 1 จะเป็นสต๊อปบิต

TI : เป็นแฟลกอินเตอร์รัพต์การเซตด้วยฮาร์ดแวร์ที่ปลายช่วงของบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือที่จุดเริ่มต้นของบิตสต๊อปในโหมดอื่น ในการส่งแบบอนุกรมของทุกโหมดจะต้องเคลียร์บิตนี้ด้วยโปรแกรมหลังการส่ง

RI : เป็นแฟลกอินเตอร์รัพต์การรับ เซตด้วยฮาร์ดแวร์ที่ปลายช่วงของบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือจุดครึ่งของช่วงบิตสต๊อปในโหมดอื่น ในการรับแบบอนุกรมจะต้องเคลียร์บิตนี้ด้วย โปรแกรมหลังการรับทุกครั้ง

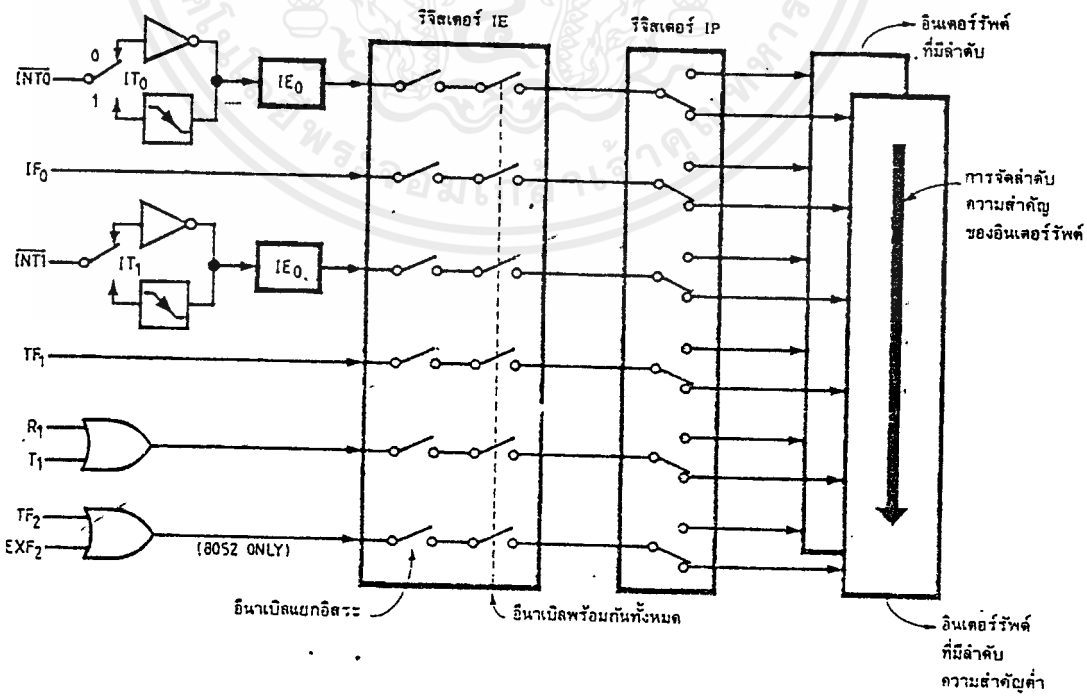
การอินเตอร์รัพต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบของ MCS-51 จะอินเตอร์รัพต์ได้จาก 5 แหล่ง (ยกเว้นเบอร์ 8032/8052 มี 6 แหล่ง) โดยสามารถตั้งระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ คือ ระดับสูงและระดับต่ำ ซึ่งจะมีแผนภูมิทางฮาร์ดแวร์ของการอินเตอร์รัพต์ ดังรูป 2.43

แหล่งการอินเตอร์รัพต์	ลำดับความสำคัญ
อินเตอร์รัพต์ 0 จากภายนอก	1
อินเตอร์รัพต์โอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 0	2
อินเตอร์รัพต์ 1 จากภายนอก	3
อินเตอร์รัพต์ โอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 1	4
อินเตอร์รัพต์ของพอร์ตอนุกรม	5
อินเตอร์รัพต์ โอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 0	6

ตารางที่ 2.5 ลำดับความสำคัญของแหล่งการอินเตอร์รัพต่างๆ



รูปที่ 2.43 แผนภูมิทางฮาร์ดแวร์ของแหล่งอินเตอร์รัพต์ชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอินเตอร์รัพต์ความสำคัญต่ำ สามารถที่จะถูกอินเตอร์รัพต์จากอินเตอร์รัพต์ตัวอื่นที่มีระดับความสำคัญสูงได้แต่ไม่สามารถที่จะถูกอินเตอร์รัพต์จากอินเตอร์รัพต์ตัวอื่นที่มีระดับเดียวกันได้ แต่ถ้าเป็นการอินเตอร์รัพต์จากตัวที่มีความสำคัญสูงจะไม่สามารถถูกอินเตอร์รัพต์จากตัวอื่นได้เลย โดยเราสามารถตั้งระดับความสำคัญของแต่ละแหล่งอินเตอร์รัพต์ได้ที่รีจิสเตอร์ IP และถ้าในเหตุการณ์ที่มีการร้องขออินเตอร์รัพต์ในระดับความสำคัญเดียวกันเข้ามาพร้อมกัน ก็จะต้องมีการจัดระดับความสำคัญของแต่ละแหล่ง ดังตาราง 2.5

แหล่งการอินเตอร์รัพต์	ตำแหน่งที่อยู่ในการกระโดดทำงาน
External Interrupt 0	0003H
Timer 0 Overflow	000BH
External Interrupt 1	0013H
Timer 1 Overflow	001BH
Serial Port Interrupt	0023H

ตาราง 2.6 แสดงตำแหน่งที่อยู่ของการกระโดดแต่ละแหล่งอินเตอร์รัพต์

การถูกขัดจังหวะให้มาทำงานบริการอินเตอร์รัพต์แต่ละแหล่งก็จะต้องมีตำแหน่งที่จะกระโดดไปทำงานที่แน่นอนซึ่งใน MCS -51 จะกำหนดที่อยู่ของตำแหน่งที่จะกระโดดไปทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัพต์ ดังตาราง 2.6 ส่วนรายละเอียดบิตควบคุมของรีจิสเตอร์ IE แสดงในตารางที่ 2.7

นีโมนิก	การกระทำ	โหมดการแอสเดรส				เวลาการเอ็กซีคิวต์ (μs)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
MOV A,<src>	A=<src>	×	×	×	×	1
MOV <dest>,A	<dest> = A	×	×	×		1
MOV <dest>, <src>	<dest>= <src>	×	×	×	×	2
MOV	DPTR=16=bit				×	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DPTR,#data16	immediate constant					
PUSH <src>	INC SP : MOV "@SP",<src>	×				2
POP <dest>	MOV <dest>, "@SP":DEC SP	×				2
XCH A,<byte>	ACC and <byte> exchange data	×	×	×		1
XCHD A,@Ri	ACC and @Ri exchange low nibbles		×			1

ตารางที่ 2.7 แสดงชุดคำสั่งของการถ่ายเทข้อมูลภายใน RAM ภายใน

2.7.9ชุดคำสั่งของ MCS-51

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงชุดคำสั่งของ MCS-51 ซึ่งถูกแบ่งเป็นลักษณะการทำงานตามฟังก์ชันได้ 5 กลุ่ม คือ

- กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล
- กลุ่มคณิตศาสตร์
- กลุ่มตรรกศาสตร์
- กลุ่มของบูลลีน
- กลุ่มของการกระโดด

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET	EX
						0	0

EA : ถ้า EA = 0 จะดิสอะเบิลการอินเตอร์รัพต์ทั้งหมด ถ้า EA = 1 จะสามารถอินเตอร์รัพต์ได้ โดย แต่ละแหล่งอินเตอร์รัพต์จะมีอิสระในการเซต/เคลียร์ให้อีนาเบิลหรือดีสเอเบิลได้

ETx : จะเป็นบิตควบคุมการยอมรับอินเตอร์รัพต์โอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับ x โดยถ้าเซต

เป็น 0 จะยอมรับ แต่ถ้าเซตเป็น 1 จะไม่ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ES : จะเป็นบิตควบคุมการยอมรับอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรม โดยถ้า ES = 0 ยอมรับ แต่ถ้า ES เป็น 1 จะไม่ยอมรับ

Exx : เป็นบุตควบคุม การยอมรับอินเตอร์รัพต์ภายนอกจากขา INTx ถ้าเป็น 1 จะเป็นการยอมรับ แต่ ถ้าเป็น 0 จะไม่ยอมรับ

รูปที่ 2.44 แสดงบิตควบคุมการอินเตอร์รัพต์ในรีจิสเตอร์ IE

กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล

แบ่งออกเป็น 2 ชุดคำสั่งคือ ชุดคำสั่งถ่ายเทข้อมูลใน RAM ภายใน กับชุดคำสั่งถ่ายเทข้อมูลใน RAM ภายนอกและหน่วยความจำโปรแกรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

การถ่ายเทข้อมูลใน RAM ภายใน

ชุดคำสั่งของการถ่ายเท RAM ภายในนั้น แสดงดังตารางที่ 2.10 ซึ่งเวลาที่ใช้ใน 1 คำสั่งนั้นจะเป็นเวลาเมื่อขณะใช้ความถี่ในการทำงานของ CPU ที่ความถี่ 12 MHz และรายละเอียดของแต่ละคำสั่งดังนี้

MOV จะทำงานในลักษณะการถ่ายเทข้อมูลเป็นขนาดไบต์หรือบิตก็ได้ จากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตัวรับข้อมูลในฟิลด์โอเปอร์แรนด์

PUSH จะทำงานโดยเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ SP ก่อน แล้วจึงถ่ายข้อมูล 1 ไบต์จากแหล่งกำเนิดที่ฟิลด์โอเปอร์แรนด์กำหนดไว้ไปยังบริเวณสแต็กตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนด

POP การถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์ จากบริเวณสแต็กตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังรีจิสเตอร์ที่โอเปอร์แรนด์กำหนด และหลังจากนั้นรีจิสเตอร์ SP จะลดค่าลงหนึ่ง

XCH คำสั่งแลกเปลี่ยนไบต์ระหว่างแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับรีจิสเตอร์ A

XCHD คำสั่งแลกเปลี่ยนขนาดนิบเบิลทางอันดับต่ำของแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับนิบเบิลอันดับต่ำของแอกคิวมูเลเตอร์

ตำแหน่ง / รูปแบบคำสั่ง	2A	2B	2C	2D	2E	ACC
MOV A, 2EH	00	12	34	56	78	78
MOV 2EH, 2DH	00	12	34	56	56	78
MOV 2DH, 2CH	00	12	34	34	56	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV 2CH, 2BH	00	12	12	34	56	78
MOV 2BH, #0	00	00	12	34	56	78

(ก)

ตำแหน่ง / รูปแบบคำสั่ง	2A	2B	2C	2D	2E	ACC
CLR A	00	12	34	56	78	00
XCH A,2BH	00	00	34	56	78	12
XCH A,2CH	00	00	12	56	78	34
XCH A,2DH	00	00	12	34	78	56
XCH A,2EH	00	00	12	34	56	78

(ข)

รูปที่ 2.45 โปรแกรมเลื่อนข้อมูลไปทางขวา 2 ไบต์ โดยใช้คำสั่ง MOV(ก) และใช้คำสั่ง XCH(ข)

ตารางที่ 2.8แสดงชุดคำสั่งการถ่ายเทข้อมูลใน RAM ภายนอก

นีโมนิก	การกระทำ	เวลาการเอ็กซีคิวต์
JMPaddr	Jump to addr	2
JMP @A+DPTR	Jump to A + DPTR	2
CALL addr	Call subroutine at addr	2
RET	Return from subroutine	2
RETI	Return from interrupt	2
NOP	No operation	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงชุดคำสั่งการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม

นีโมนิก	การกระทำ	เวลาในการเอ็กซีคิวต์
MOVC A,@A+DPTR	Read Pgm Memory at (A+DPTR)	2
MOVC A,@A+PC	Read Pgm Memory at (A+DPTR)	2

การถ่ายเทข้อมูลใน RAM ภายนอก และหน่วยความจำโปรแกรม

คำสั่งในการเครื่อนย้ายข้อมูลใน RAM ภานนอกนั้นจะดูคำสั่งได้ในคาราง ซึ่งจะมีตัวชี้อยู่ 2 แบบคือ ใช้รีจิสเตอร์ R0 และ R1 เป็นตัวชี้และอีกแบบคือ ใช้รีจิสเตอร์ DPTR เป็นตัวชี้ ซึ่งถ้าเราใช้ R1 (R0 หรือ R1) เป็นตัวชี้นั้นจะชี้ได้เพียง 256 ไบต์เท่านั้น แต่ถ้าใช้ DPTR จะสามารถชี้ได้ถึง 64 กิโลไบต์ทีเดียว ส่วนชุดคำสั่งของการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมนั้นจะอยู่ในตาราง 2.9

กลุ่มคำสั่งคณิตศาสตร์

กลุ่มคำสั่งนี้แสดงในตาราง2.10 ช่วงเวลาการทำงานแต่ละคำสั่งนั้นกำหนดที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 Mhz คำสั่งทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เวลา 1 μs ยกเว้นคำสั่ง INC DPTR ซึ่งใช้เวลา 2 μs คำสั่งคูณและหารใช้เวลา 4 μs

นีโมนิก	การกระทำ	โหมดการแอดเดรส				เวลาการเอ็กซีคิวต์
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ADD A,<byte>	A = A + <byte>	×	×	×	×	1
ADDC A, <byte>	A = A + <byte> + C	×	×	×	×	1
SUBB A,<byte>	A = A - <byte> - C	×	×	×	×	1
INC A	A = A + 1	Accumulator only				1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INC <byte>	<byte> = <byte> +1	×	×	×		1
INC DPTR	DPTR = DPTR+1	Data Pointer only				2
DEC A	A = A-1	Accumulator only				1
DEC <byte>	<byte> = <byte>-1	×	×	×		1
MUL AB	B:A = B*A	ACC and B only				4
DIV AB	A= Int [A/B] B=Mod [A/B]	ACC and B only				4
DA A	Decimal Adjust	Accumulator only				1

ตารางที่ 2.10 แสดงชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์

รายละเอียดการทำงานของแต่ลคำสั่งเป็นดังนี้

INC เป็นการบวกหนึ่งเข้ากับแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์และใส่ค่าใหม่กลับเข้าตัวโอเปอร์แรนด์

DEC เป็นการลบหนึ่งออกจากตัวเลขที่อยู่ในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์และนำผลลัพธ์กลับมาเก็บที่ตัวโอเปอร์แรนด์นั้น

ADD เป็นการบวกค่าในแอคคิวมูเลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์

SUBB เป็นการนำตัวเลขที่แหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ลบออกจากตัวเลขใน A และนำค่าบิตตัวที่ทดมาลบออกอีกและได้ผลลัพธ์ใส่ลงในแอคคิวมูเลเตอร์ A

MUL จะเป็นการคูณแบบไม่คิดเครื่องหมายของตัวเลขที่อยู่ในแอคคิวมูเลเตอร์กับเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วได้ผลลัพธ์ 2 ไบต์ นำเก็บไว้ที่ AB โดย A จะรับอันดับต่ำ ส่วน B จะรับอันดับสูง

DIV จะเป็นคำสั่งการหารแบบไม่คิดเครื่องหมายที่อยู่ในแอคคิวมูเลเตอร์หารด้วยตัวเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วนำผลลัพธ์เก็บในแอคคิวมูเลเตอร์และเศษเหลือเก็บในรีจิสเตอร์ B

DA สำหรับการบวกกันทางระบบตัวเลข BCD เป็นการปรับค่ารวม ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการบวกกันทางไบนารี่ของระบบตัวเลข BCD ขนาด 2 หลัก สองจำนวน การปรับค่าตัวเลขผลรวมด้วยการใช้คำสั่ง DA จะได้ผลลัพธ์กลับมาที่แอคคิวมูเลเตอร์

กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์

กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์แสดงสรุปในตาราง2.11 ซึ่งคำสั่งเหล่านี้ สามารถที่จะทำงานในลักษณะของบูลลีนได้ทั้งขนาดไบต์หรือบิต รายละเอียดแต่ละคำสั่งเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นีโมนิก	การกระทำ	โหมดการแอดเดรส				เวลาการเอ็กซีคิวต์
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ANL A,<byte>	A=A.AND. <byte>	×	×	×	×	1
ANL <byte> ,A	<byte>=<byte>.AND. A	×				1
ANL <byte> ,#data	<byte>=<byte>. AND.#data	×				2
ORL A,<byte>	A=A.OR. <byte>	×	×	×	×	1
ORL <byte> ,A	<byte>=<byte>.OR. A	×				1
ORL <byte> ,#data	<byte>=<byte>.OR.#data	×				2
XRL A,<byte>	A=A.XOR. <byte>	×	×	×	×	1
XRL <byte> ,A	<byte>=<byte>.XOR. A	×				1
XRL <byte> ,#data	<byte>=<byte>.XOR.#data	×				2
CRL A	A=00H	Accumulator only				1
CRL A	A=.NOT.A	Accumulator only				1
RL A	Rotate ACC Left 1 bit	Accumulator only				1
RLC A	Rotate Left through Carry	Accumulator only				1
RR A	Rotate ACC Right 1 bit	Accumulator only				1
RRC A	Rotate Right through Carry	Accumulator only				1
SWAP A	Swap Nibbles in A	Accumulator only				1

ตารางที่ 2.11 แสดงชุดคำสั่งของกลุ่มทางตรรกศาสตร์

CPL ด้วยการสั่งกลับค่าหรือคอมพลีเมนต์ (Complement) ข้อมูลในแอคคิวมูเลเตอร์ โดยไม่มีผลใดๆต่อค่าแฟลกใน PSW หรือการให้ตำแหน่งแอสเดรสตามบิตนั้นๆ

RL,RLC,RR,RRC,SWAP ทั้ง 5 คำสั่งนี้เป็นการสั่งทำงานการวนบิต บนตัวแอคคิวมูเลเตอร์ ซึ่ง RL เป็นการวนซ้าย, RR เป็นการวนขวา, RLC เป็นการวนซ้ายผ่านบิตทด,RRC เป็นการวนขวาผ่านบิตทด และ SWAP เป็นการวนซ้ายสี่ครั้ง

ANL เป็นการ AND กันทางตรรก ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ทำงานตรรกข้อมูลขนาดเป็นไบต์หรือบิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORL เป็นการ OR กันทางตรรก ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ทำงานตรรกข้อมูลขนาดเป็นไบต์หรือบิตได้

XRL เป็นการ XOR กันทาง ตรรก ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ทำงานตรรกข้อมูลขนาดเป็นไบต์หรือบิตได้

กลุ่มคำสั่งแบบบูลลีน

ชุดคำสั่งเกี่ยวกับบูลลีนแสดงในตาราง2.12 ทุกคำสั่งใช้การเข้าถึงข้อมูลโดยตรงในระดับบิต โดนมีการใช้บิตแอสเดรสตั้งแต่ 00-7FH ในพื้นที่ 128 บิต หน่วยความจำข้อมูลภายในและบิตแอสเดรส 80-FFH ในบริเวณกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR)

นีโมนิก	การกระทำ	เวลาการเอ็กซีคิวต์
ANL C.bit	C = C .AND. bit	2
ANL C,/bit	C = C .AND..NOT. bit	2
ORL C,bit	C = C .OR. bit	2
ORL C,/bit	C = C .OR..NOT. bit	2
MOV C,bit	C = bit	1
MOV bit,C	bit = C	2
CLR C	C = 0	1
CLR bit	bit = 0	1
SETB C	C = 1	1
SETB bit	bit = 1	1
CPL C	C = .NOT.C	1
CPL bit	bit = .NOT. bit	1
JC rel	Jump if C = 1	2
JNC rel	Jump if C = 0	2
JB bit,rel	Jump if bit = 1	2
JNB bit,rel	Jump if bit = 0	2
JBC bit,rel	Jump if bit = 1;CLR bit	2

ตารางที่ 2.12 แสดงชุดคำสั่งของบูลลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มของการกระโดด

ตามตาราง2.13 เป็นคำสั่งกระโดดโดยไม่มีข้อแม้ คำสั่ง JMP addr แบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ SJMP LJMP AJMP ซึ่งแต่ละคำสั่งจะมีข้อแตกต่างของการกระโดดไปยังแอสเดรสไกลสุดต่างกัน คำสั่ง JMP เป็นนีโมนิกที่สามารถจะใช้ได้ ถ้าผู้ใช้ไม่คำนึงถึงระยะใกล้ไกลของการกระโดดไป รายละเอียดของการกระโดดแต่ละอย่างมีดังนี้

นีโมนิก	การกระทำ	เวลาเอ็กซีคิวต์
JMP addr	Jump to addr	2
JMP @A + DPTR	Jump to A + DPTR	2
CALL addr	Call subroutine at addr	2
RET	Return from subroutine	2
RETI	Return from interrupt	2
NOP	No operation	1

ตารางที่ 2.13 แสดงคำสั่งกระโดดไม่ตั้งข้อแม้

SJMP จะเป็นการกระโดดแบบย้ายอันดับตำแหน่งเดิม (relative offset) จะกระโดดได้ -128 ถึง +127 ไบต์

AJMP แบบนี้จะกระโดดได้ 2 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 2 ไบต์ เท่านั้นในการกำหนด

LJMP แบบนี้จะกระโดดได้ถึง 64 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำถึง 3 ไบต์ในการกำหนด

JMP @A + DPTR เป็นการควบคุมให้กระโดดไปยังโปรแกรมที่ต้องการเฉพาะภายในส่วนต่างๆ

นีโมนิก	การกระทำ	โหมดการแอดเดรส				เวลาการเอ็กซีคิวต์
		Dir	Ind	Reg	Imm	
JZ rel	Jump if A = 0	Accumulator only				2
JNZ rel	Jump if A ≠ 0	Accumulator only				2
DJNZ <byte>,rel	Decrement and jump if not zero	×		×		2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CJNE A,<byte>,rel	Jump if A ≠ <byte>	×			×	2
CJNE <byte>,# data,rel	Jump if <byte> ≠ # data		×	×		2

ตารางที่ 2.14 แสดงคำสั่งกระโดดที่มีข้อแม้ต่างๆ ใน MCS-51

2.8 อินพุทและเอาท์พุทพอร์ท

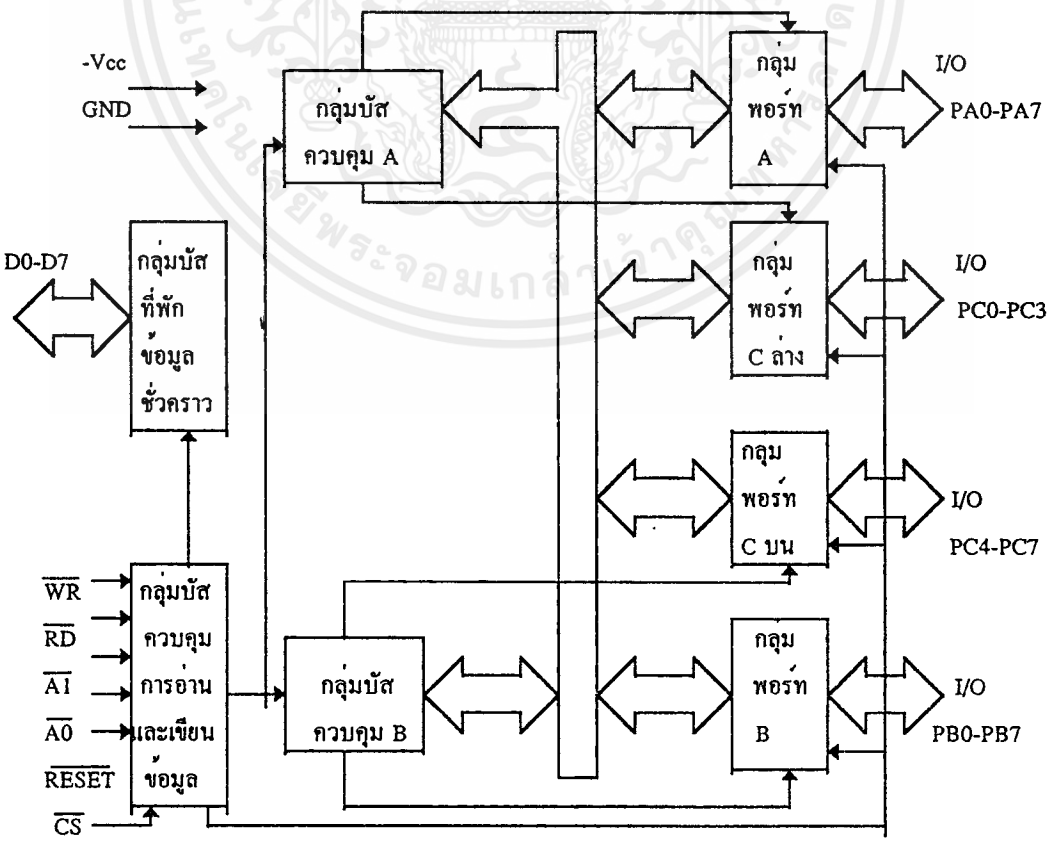
อุปกรณ์ภายนอกที่ต้องการส่งถ่ายข้อมูลกับโปรเซสเซอร์ (CPU) จะต้องใช้พอร์ทเป็นตัวกลางของการส่งถ่ายข้อมูลเหล่านั้น โดยที่พอร์ทจะทำหน้าที่เป็นช่องทางผ่านของข้อมูลที่จะเข้ามายังหน่วยประมวลผลหรือข้อมูลที่จะออกจากหน่วยประมวลผลเพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งลักษณะพอร์ทจะมีอยู่ 2 ชนิด คือพอร์ทอินพุท และพอร์ทเอาท์พุท

พอร์ทอินพุท หมายถึง ช่องทางสำหรับนำข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามายังหน่วยประมวลผล

พอร์ทเอาท์พุท หมายถึง ช่องทางสำหรับนำข้อมูลออกจากหน่วยประมวลผลเพื่อนำไปสู่อุปกรณ์ภายนอก

8255 เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้การติดต่อกับระบบภายนอกของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

รูปแสดงบล็อกไดอะแกรมของ 8255 ซึ่งหน้าที่ของแต่ละบล็อกมีดังต่อไปนี้คือ



รูปที่ 2.46 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกกลุ่มแรกที่เราจะพูดถึงนี้ ได้แก่บล็อกจำนวน 4 บล็อก ที่อยู่ทางด้านขวาของรูปซึ่งเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ โดยมีสาย PA0-PA7, PB0-PB7 และ PC0-PC7 เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 สายสัญญาณเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 I/O พอร์ทได้แก่ พอร์ท A(PA) , พอร์ท B(PB) และ พอร์ท C(PC) พอร์ตเหล่านี้แต่ละพอร์ทสามารถเป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุท และ พอร์ทเอาท์พุท แต่ละบล็อกจะมีสายสัญญาณเชื่อมเข้ากับบัสข้อมูลภายในของ 8255

บล็อกกลุ่มถัดมาได้แก่ กลุ่มควบคุม A(GROUP ACONTORL) และ B(GROUP B CONTROL) ซึ่งเป็นตัวลักษณะการทำงานของทั้ง 3 I/O พอร์ท จากรูปจะเห็นว่า พอร์ท C นี้จะประกอบด้วยพอร์ทขนาด 4 บิต 2 พอร์ท กลุ่มหนึ่งจะถูกควบคุมโดย กลุ่มควบคุม A และอีกกลุ่มหนึ่งจะถูกควบคุมโดยกลุ่มควบคุม B บล็อกกลุ่มสุดท้ายที่จะกล่าวถึงได้แก่ กลุ่มบัสที่พักข้อมูลชั่วคราว (DATA BUS BUFFER) และกลุ่มบัสควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูล (READ / WRITE CONTROL LOGIC) ซึ่งบัสเหล่านี้จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับโปรเซสเซอร์ กลุ่มบัสที่พักข้อมูลชั่วคราวนี้จะเป็นบัฟเฟอร์ให้กับบัสข้อมูลของโปรเซสเซอร์ ส่วนกลุ่มบัสควบคุมการอ่านการเขียนข้อมูลจะเป็นส่วนที่ควบคุมให้ข้อมูลเข้าหรือออกจากรีจิสเตอร์ภายในตัวที่ถูกต้องและในเวลาที่เหมาะสม

8255 สามารถใช้งานได้ 3 โหมดซึ่งแต่ละโหมดจะมีการทำงานที่แตกต่างกันออกไปดังต่อไปนี้

-โหมด 0 หรือโหมดพื้นฐานอินพุท,เอาท์พุท ตัวอย่างเช่น ถ้ารหัสควบคุม D7.....D0 เป็น 1000 0000= 80H จะหมายถึงโปรแกรมควบคุมให้ทุกๆพอร์ท (A,B และ C) เป็นเอาท์พุทพอร์ทเป็นต้น

- โหมด 1 การทำงานในโหมดนี้มีการตรวจสอบ (HAND SHAKING) โดยใช้ I/O ของพอร์ท A และ B เป็นหลัก และพอร์ท C จะใช้เป็นพอร์ทในการตรวจสอบสัญญาณโดยที่ พอร์ท C (บน)ตรวจสอบสำหรับพอร์ท A และพอร์ท C(ล่าง) ตรวจสอบสำหรับพอร์ท B ตามลำดับ

-โหมด 2 การทำงานในโหมด 2 8255 จะใช้พอร์ท A ทำหน้าที่เป็นพอร์ท 2 ทิศทาง (INPUT / OUTOUT) ส่วนพอร์ท C จะเป็นพอร์ทที่ทำหน้าที่ตรวจสอบสัญญาณแต่ละขา

การกำหนดโหมดทำงานต้องมีการส่งข้อมูลโปรแกรมที่พอร์ทควบคุม แต่ของข้อมูลที่ส่งไปจะมีความหมายในตัวเอง ลักษณะความหมายของแต่ละบิตที่เป็นรหัสในการควบคุมแสดงถึงรายละเอียดดังรูป

-การทำงาน

บอร์ดนี้จะใช้ 8255 เป็น พอร์ท อินพุทและพอร์ทเอาท์พุทการที่จะเป็นอะไรนั้น เราจะเป็นผู้กำหนด รหัสตวบคุม (CONTROL WORD) เหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ลักษณะทั่วๆไปของ 8255 PPI

8255 PPI (PROGRAMABLE PERIPHEARL INTERFACE) เป็น LSI ขนาด 40 ขา ทำหน้าที่อินเตอร์เฟสระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับอุปกรณ์ภายนอก 8255 ถูกออกแบบมาใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080

บล็อกไดอะแกรมของ 8255 แสดงได้ดังรูป 2.46 ซึ่งมีส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก 4 กลุ่ม คือ PA0-PA7,PB0-PB7,PC0-PC3 และ PC4-PC7 กลุ่มของสัญญาณควบคุมมี 2 กลุ่มคือ GROUP A CONTROL และ GROUP B CONTROL ซึ่งเป็นส่วนควบคุมการทำงานของทั้ง 3 พอร์ท DATA BUS BUFFER และ READ/WRITE CONTROL LOGIC ใช้สำหรับติดค่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ทางบัสข้อมูลและสัญญาณควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลกับรีจิสเตอร์ที่อยู่ภายใน 8255

2.8.2 สัญญาณต่างๆของ 8255

หน้าที่ของสัญญาณต่างๆของ 8255 เป็นดังนี้

D0-D7 เป็นขาข้อมูลที่ใช้ต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์

CS (Chip select input) เมื่อขานี้มีค่าลอจิก 0 ซีพียูสามารถติดต่อกับ 8255 ได้

RD (Read input) เมื่อขานี้มีค่าลอจิก 0 พร้อมกับ CS 8255 จะส่งข้อมูลออกมาทางบัสข้อมูล

WR (Write input) เมื่อขานี้มีค่าลอจิก 0 พร้อมกับ CS ข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลของระบบจะถูกเขียนลงไปใน 8255

A0-A1 (Address input) ใช้สำหรับชี้ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ภายใน 8255 ที่ซีพียูต้องการติดต่อด้วย

RESET เมื่อขานี้มีค่าลอจิก 1 8255 จะอยู่ในช่วงรีเซต พอร์ททุกพอร์ทจะอยู่ในโหมดของอินพุทพอร์ท

PA0-PA7 เป็นพอร์ทข้อมูลที่ใช้สำหรับต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

PB0-PB7 เป็นพอร์ทข้อมูลที่ใช้สำหรับต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC0-PC7 เป็นพอร์ทข้อมูลที่ใช้สำหรับต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

2.8.3 การติดต่อกับพอร์ทต่างๆ ของ 8255

ภายใน 8255 มีพอร์ทภายในอยู่ 4 พอร์ตซึ่งเราสามารถติดต่อกับพอร์ทต่างๆได้ดังนี้

DEVICE PINS				PORT NAME
RD	WR	A1	A0	
1	0	0	0	Write PORT A data
0	1	0	0	Read PORT A data
1	0	0	1	Write PORT B data
0	1	0	1	Read PORT B data
1	0	1	0	Write PORT C data
0	1	1	0	Read PORT C data
1	0	1	1	Write control word
0	1	1	1	Illegal read register

ตารางที่ 2.15 พอร์ตภายใน 8255

การทำงานของพอร์ท A,B,C จะกำหนดโดยข้อมูลที่ส่งไปยังพอร์ทควบคุมโดยแต่ละบิตจะมีความหมายดังแสดงในรูป ซึ่งสามารถกำหนดการทำงานของ 8255 ได้ 3 โหมด

การใช้งาน 8255 ในโหมด 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ 8255 ในโหมด 0 จะเป็นพอร์ทอินพุท หรือ เอาท์พุทแบบธรรมดา เราสามารถกำหนดให้ 8255 ทำงานในโหมด 0 ได้โดยส่ง CONTROL WORD ไปยังพอร์ทควบคุม มีค่าดังตัวอย่างต่อไปนี้

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	0	0

จากคำสั่งควบคุมในรูปเราสามารถอธิบายความหมายของบิตต่างๆได้ดังนี้

D7 = 1 กำหนดให้ข้อมูลนี้เป็น CONTROL WORD

D6,D5 = 1 กำหนดให้พอร์ท A ใน 8255 ทำงานในโหมด 0

D4 = 0 กำหนดให้พอร์ท A เป็น เอาท์พุท

D3 = 0 กำหนด 4 บิตบนของพอร์ท C เป็นเอาท์พุท

D2 = 0 กำหนดพอร์ท B ทำงานในโหมด 0

D1 = 0 กำหนดพอร์ตท B เป็นเอาท์พุท

D0 = 0 กำหนด 4 บิต ล่างของพอร์ท C เป็นเอาท์พุท

จาก CONTROL WORD ที่ ส่งออกไปจะกำหนดให้พอร์ต A,B,C เป็นเอาท์พุททั้งหมดซึ่งเราสามารถต่อกับอุปกรณ์ภายนอกทั้งหมดได้ 24 บิต

2.9 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่มี 5 ชนิด แต่ละชนิดมีรูปร่าง , โครงสร้าง และ ขนาดแตกต่างกัน

1) ซิงค์ (ZINC)ไม่เป็นที่นิยมใช้ในหุ่นยนต์เนื่องจากกำลังงานหมดเร็ว อีกทั้งยังจ่ายพลังงานได้ต่ำ

2) อัลคาไลน์ (ALKALINE) ราคาแพงกว่าซิงค์ แต่ให้พลังงานตลอดจนอายุการใช้งานนานกว่า แต่ข้อเสียของแบตเตอรี่แบบนี้ก็คือไม่สามารถประจุใหม่ (RECHARGE)ได้

3) นิเกิ้ล-แคดเมียม (NICKEL-CADMIUM)หรือที่นิยมเรียก "NI-CAD"สามารถประจุใหม่ได้แต่ให้พลังงานน้อยเหมาะที่จะใช้ในหุ่นยนต์ขนาดเล็ก ใช้งานได้ไม่นานเหมือนซิงค์และอัลคาไลน์ ในปัจจุบันมีถ่านนิเกิ้ล-แคดเมียมความจุสูงออกมาใหม่โดยสูงกว่าเดิมประมาณ 2-3 เท่าซึ่งเหมาะกับงานด้านนี้แต่มีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ตะกั่ว-กรด (LEAD-ACID) มีเห็นใช้เห็นใช้ทั่วไปในรถยนต์,รถมอเตอร์ไซด์ สามารถบรรจุใหม่มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ มีพลังงานสูงแต่มีน้ำหนักมาก ทำให้รถต้องแบกน้ำหนักมากขึ้น นอกจากนี้เราจะเห็นว่ามีการใช้แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดกับระบบจ่ายไฟไม่ขาดตอน(UPS) สำหรับคอมพิวเตอร์หรือระบบโทรศัพท์ สำหรับรถที่ใช้กันอยู่โดยมากมักจะใช้แบตเตอรี่แบบนี้

5) เจลเซล (GEL-SEL) ประจุใหม่ คล้ายตะกั่วกรดแอซิดแต่จ่ายกระแสสูงกว่า

2.9.1ข้อกำหนดของแบตเตอรี่

1) แรงดัน สำหรับแบตเตอรี่ที่สามารถประจุใหม่ได้นั้น ขณะประจุเต็มจะมีระดับแรงดันสูงกว่าปกติที่กำหนดประมาณ 20%-30% เช่นแบตเตอรี่ 12 โวลท์ชนิดตะกั่ว-กรด เมื่อประจุจนเต็มจะมีค่าประมาณ 13.8 โวลท์ แบตเตอรี่ทั้งหมดจะถือว่าหมดสภาพ ถ้าแรงดันตกต่ำกว่า 4.8 โวลท์ ขณะที่แบตเตอรี่หมดสภาพ มันจะไม่สามารถจ่ายกระแสได้ตามอัตราปกติอีกต่อไป การทดสอบระดับแรงดันแบตเตอรี่ จะต้องทำในขณะที่แบตเตอรี่ใช้งานอยู่ การทดสอบจะคลาดเคลื่อนถ้าขณะทดสอบไม่มีโหลด

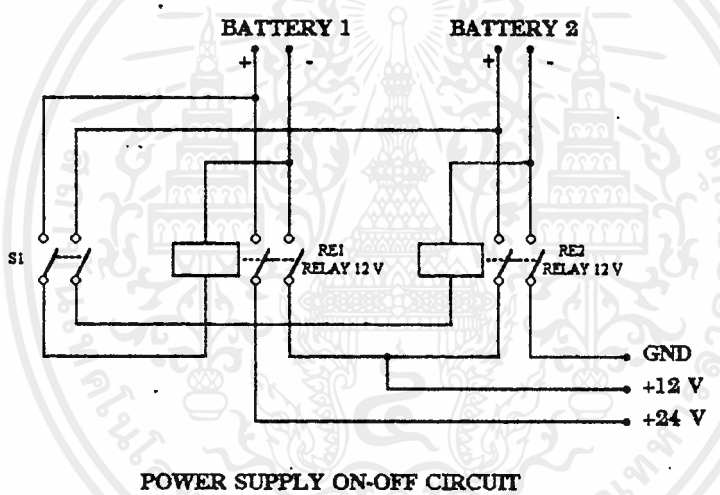
2) กระแส เวลา (AMPERE-HOUR) แสดงถึงปริมาณความจุของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การออกแบบและการประยุกต์ใช้งาน

3.1 วงจร ON-OFF POWER SUPPLY

เป็นวงจรสำหรับเปิดและปิดระบบการทำงานทั้งหมดของรถยนต์ขนส่งอัตโนมัติ ซึ่งเป็นวงจรสำหรับการต่อเข้ากับระบบขั้วของแบตเตอรี่ โดยจะมีการใช้สวิตช์แบบกดเปิดปิด (S1 = Push button switch) ในการควบคุมให้รีเลย์ (Relay) 2 ชุดกระทำการเปิดและปิดกระแสไฟฟ้าให้ไหลหรือไม่ให้ไหลเข้าไปยังวงจรการจ่ายกำลัง (Power Supply Circuit) ได้ซึ่งตัวรีเลย์ (Relay) นั้นจะทำหน้าที่ในการต่อแบตเตอรี่ 2 ตัวที่มีค่าแรงดัน 12 โวลท์ 45 แอมแปร์/ชั่วโมง ให้มีค่าระดับแรงดัน 0-12-24 โวลท์ ดังรูป

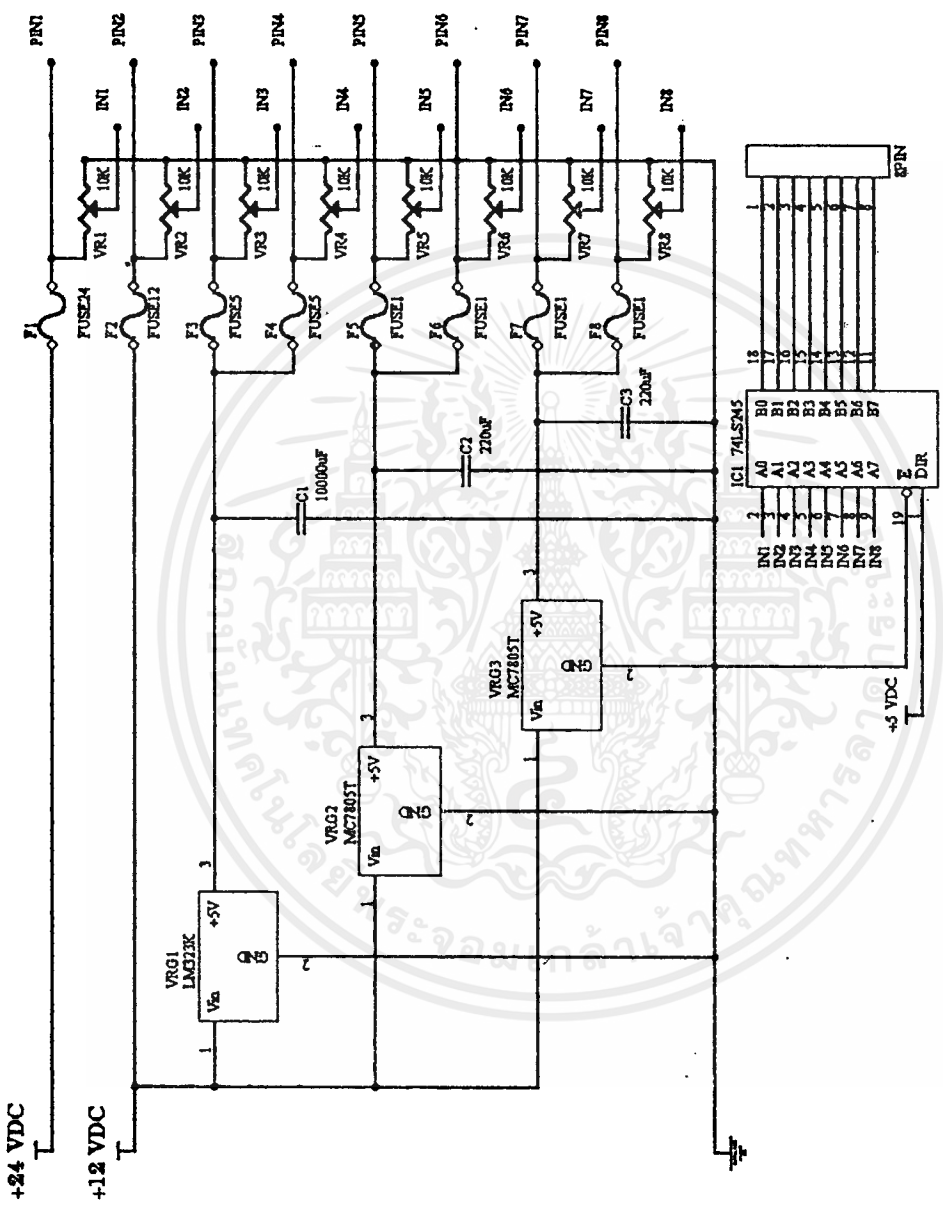


รูปที่ 3.1 วงจร ON-OFF POWER SUPPLY

3.2 วงจรการจ่ายกำลัง (Power Supply Circuit)

จากรูป 3.2 เป็นวงจรจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบการทำงานทั้งหมดให้ทำงานโดยการต่อแรงดันไฟฟ้ามาจากวงจร ON-OFF POWER SUPPLY และทำการควบคุมแรงดันให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาใช้ ซึ่งสามารถตรวจสอบระบบของแรงดันไฟฟ้าหรือการจ่ายไฟฟ้าว่ามีการจ่ายไฟฟ้าครบสมบูรณ์แบบหรือไม่โดยการตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้านั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์(MCS-51) ซึ่งค่าระดับแรงดันที่ใช้จะมีทั้งหมดอยู่ 3 ระดับคือ 5-12-24 โวลท์ วงจร POWER SUPPLY ประกอบด้วงจร Regurator จำนวน 3 ชุด โดยการรับแรงดันจากแบตเตอรี่ 12 โวลท์ 45 แอมแปร์ต่อชั่วโมงจำนวน 2 ชุด ซึ่งทำการต่ออนุกรมให้ได้ระดับแรงดัน 0-12-24 โวลท์ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรการจ่ายกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นก็เป็นส่วนของวงจร Regurator ที่จะทำการปรับระดับแรงดันจาก 12 โวลท์ให้เหลือค่าของระดับแรงดันเพียง 5 โวลท์ โดยมีการทำงานดังนี้คือ VRG1 (LM323) เป็นวงจร Regurator แรงดัน 5 โวลท์จ่ายค่ากระแส 3 แอมแปร์ ให้กับระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) และส่วนของ VRG2 (7805) เป็นวงจร Regurator แรงดัน 5 โวลท์จ่ายค่ากระ 1 แอมแปร์ ให้กับชุดควบคุมระบบเลี้ยวและวงจรภาคไดร์เวอร์ของมอเตอร์ ส่วนVRG3 (7805)นั้นก็จะเหมือนกับ VRG2แต่จะมีการจ่ายให้กับชุดของอินฟาเรด(Infared)หรือชุดจับแถบสีกับจ่ายให้กับชุดอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic) หรือชุดจับสิ่งกีดขวาง โดยระบบการจ่ายแรงดันตั้งแต่ 5-12-24 โวลท์จะมีการต่อผ่านอุปกรณ์ป้องกันเสมอทุกระดับแรงดัน จะมีการต่อผ่าน F1-F8 เพื่อป้องกันการชอร์ทเซอร์กิตหรือกระแสเกินพิกัดเพื่อมิให้ระบบเกิดอันตราย และยังมีการตรวจสอบระบบของอุปกรณ์ป้องกันหรือการตรวจสอบระดับแรงดันโดยการใช้ VR1-VR8 เป็นตัวลดระดับแรงดันให้เหมาะสม คือระดับแรงดัน 4 ถึง 5 โวลท์ป้อนให้กับ IC1 - 74LS245 เป็นตัวเปลี่ยนระดับสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งให้กับพอร์ท 8255 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) เพื่อกระทำการตรวจสอบระดับแรงดันหรืออุปกรณ์ป้องกัน โดยถ้าเมื่อเกิดการผิดปกติขึ้นก็จะทำให้ระดับแรงดันนั้นหายไป ส่งผลทำให้ภาคอินพุท (input)ของ IC1-74LS245 เป็น 0 ทำให้ลอจิกออกมาเป็น 0 ทำให้บิตอินพุตของ MCS-51 เป็น 0 ซึ่งจะทำให้ MCS-51 ตรวจสอบแล้วว่ามีการผิดปกติ แต่ถ้าสภาวะปกติทุกๆ บิตทางเอาท์พุทของ IC-74LS245 จะมีลอจิกเป็น 1 เสมอ ถ้าหากว่ามีการผิดปกติเกิดขึ้น MCS-51 จะมีการตรวจสอบพบจะส่งสัญญาณไปควบคุมวงจรไซเรนด์ในการส่งเสียงดังออกมาจนกระทั่งมีการแก้ไขที่สมบูรณ์จึงจะสามารถทำงานตามปกติต่อไปได้

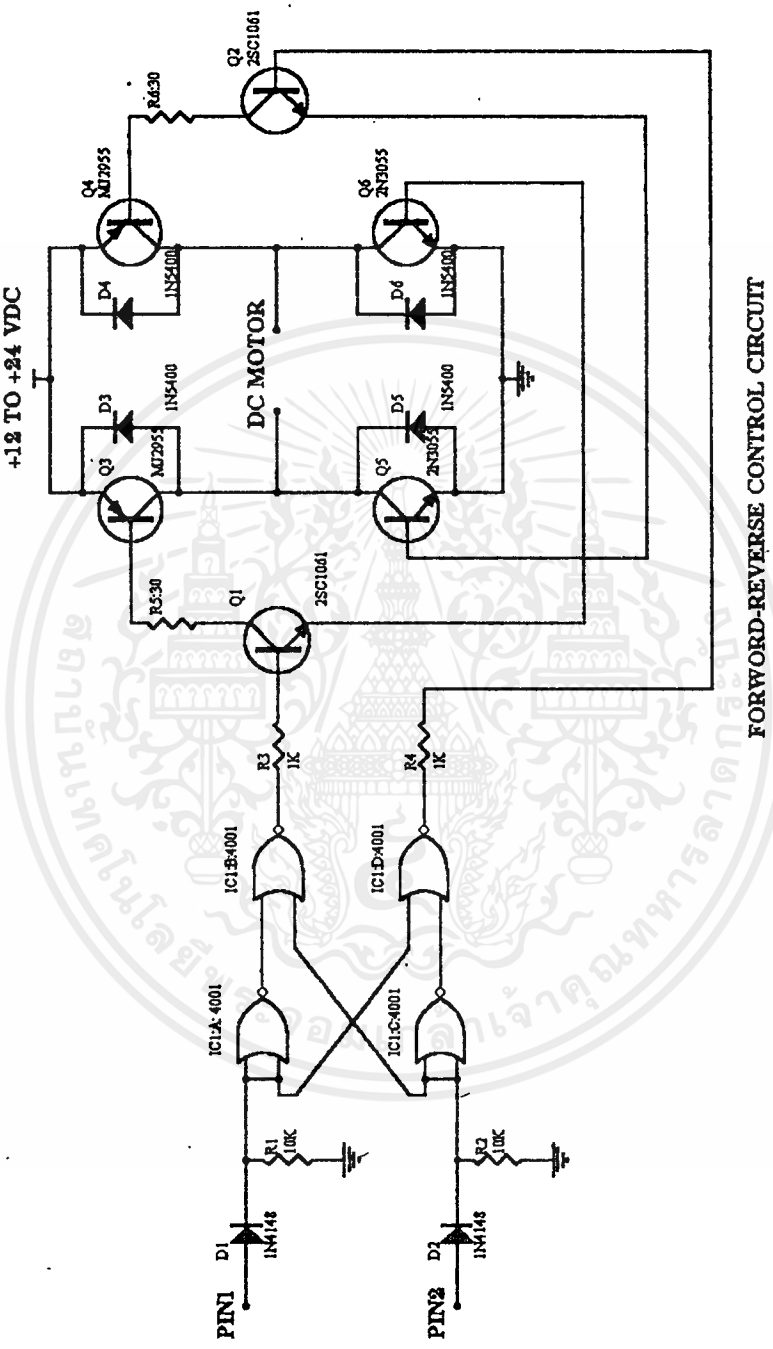
3.3 ส่วนการขับเคลื่อน

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าวงจรในการไดร์มอเตอร์มีอยู่หลายแบบแต่ที่ศึกษาและนำมาใช้งานคือการใช้วงจรทรานซิสเตอร์

วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อน

วงจรนี้เป็นวงจรการทำงานของมอเตอร์ในการขับเคลื่อนว่าจะให้มีสภาวะการทำงานเป็นแบบเดินหน้า (Forword) หรือถอยหลัง (Reverse) โดยการควบคุมการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยวงจรที่ใช้จะเป็นวงจรทางด้านอิเล็คทรอนิกส์ในการควบคุมการทำงาน ซึ่งจะใช้ Power Transistor เป็นตัวปรับเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสในตัวมอเตอร์ ก็จะทำให้มีการเปลี่ยนทิศทางการหมุนจากสภาวะหนึ่งไปสู่อีกสภาวะหนึ่ง ในการทำงานของวงจรจะมีการรับสัญญาณอินพุท (Input Signal) อยู่ 2 สัญญาณคือ ทางด้าน Pin1 และ Pin2 โดยจะมีการผ่านไดโอดเบอร์ 1N4148 เพื่อที่จะทำให้เป็นสัญญาณดิจิตอลอย่างแท้จริง หลังจากนั้นก็จะมีการผ่านวงจรนอร์เกท (Nor Gate) 4 ตัวต่อกันดังรูป จะเป็นตัวช่วยป้องกันความผิดพลาดของสัญญาณทางด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin1 และ Pin2 ซึ่งถ้าหากว่า Pin1 เป็น1 และ Pin2 เป็น 0 จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (รถขนส่งอัตโนมัติมีการขับเคลื่อนไปข้างหน้า)ถ้าหาก Pin1 เป็น 0 และ Pin2 เป็น 1 จะทำให้มอเตอร์มีการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (รถขนส่งอัตโนมัติมีการขับเคลื่อนไปทางข้างหลัง) ถ้า Pin1 , Pin2 เป็น 0 ทั้งคู่และ Pin1 , Pin2 เป็น 1 ทั้งคู่จะทำให้มอเตอร์หยุดนิ่งไม่มีการหมุนแต่อย่างใด หลังจากที่ผ่านวงจรนอร์เกท (Nor Gate) แล้วต่อไปก็จะเป็นการผ่านค่าความต้านทาน 1KΩ และต่อไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC1061 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการไดร์ (Drive) ขาเบสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (Power Trinsistor) ให้ทำงานคือจะเป็นเบอร์ 2 N3055 และ MJ2955 โดยทั้ง 2 เบอร์นี้จะเป็นตัวเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในตัวมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้มอเตอรีมีการหมุนเปลี่ยนทิศทางดังจะมีการทำงานอยู่ 2 สภาวะคือ

สภาวะที่ 1 ถ้า Pin1 เป็น 1 และ Pin2 เป็น 0 จะทำให้ Q1 (2SC1061) , Q3 (MJ2955) , Q6 (2N3055) ทำงานจะทำให้มอเตอร์มีการหมุนตามเข็มนาฬิกา

สภาวะที่ 2 ถ้า Pin1 เป็น 0 และ Pin2 เป็น 1 จะทำให้ Q2 (2SC1061) , Q4 (MJ2955) , Q5 (2N3055) ทำงานจะทำให้มอเตอร์มีการหมุนทวนเข็มนาฬิกา

ส่วนการต่อไดโอด (Diode) D3-D6 (1N5400) นั้น เป็นการต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับขาอิมิตเตอร์นั้นเป็นการต่อเพื่อการป้องกันเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (Power Tranaiator) ไม่ให้ได้รับอันตรายจากแรงดันย้อนกลับ (Back e.m.f.) จากตัวมอเตอร์เมื่อมอเตอร์ หยุดหมุนจะมีแรงดันย้อนกลับออกมาถ้าหากว่าเราไม่มีการป้องกันแล้วจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้รับอันตรายหรือเกิดการเสียหายได้

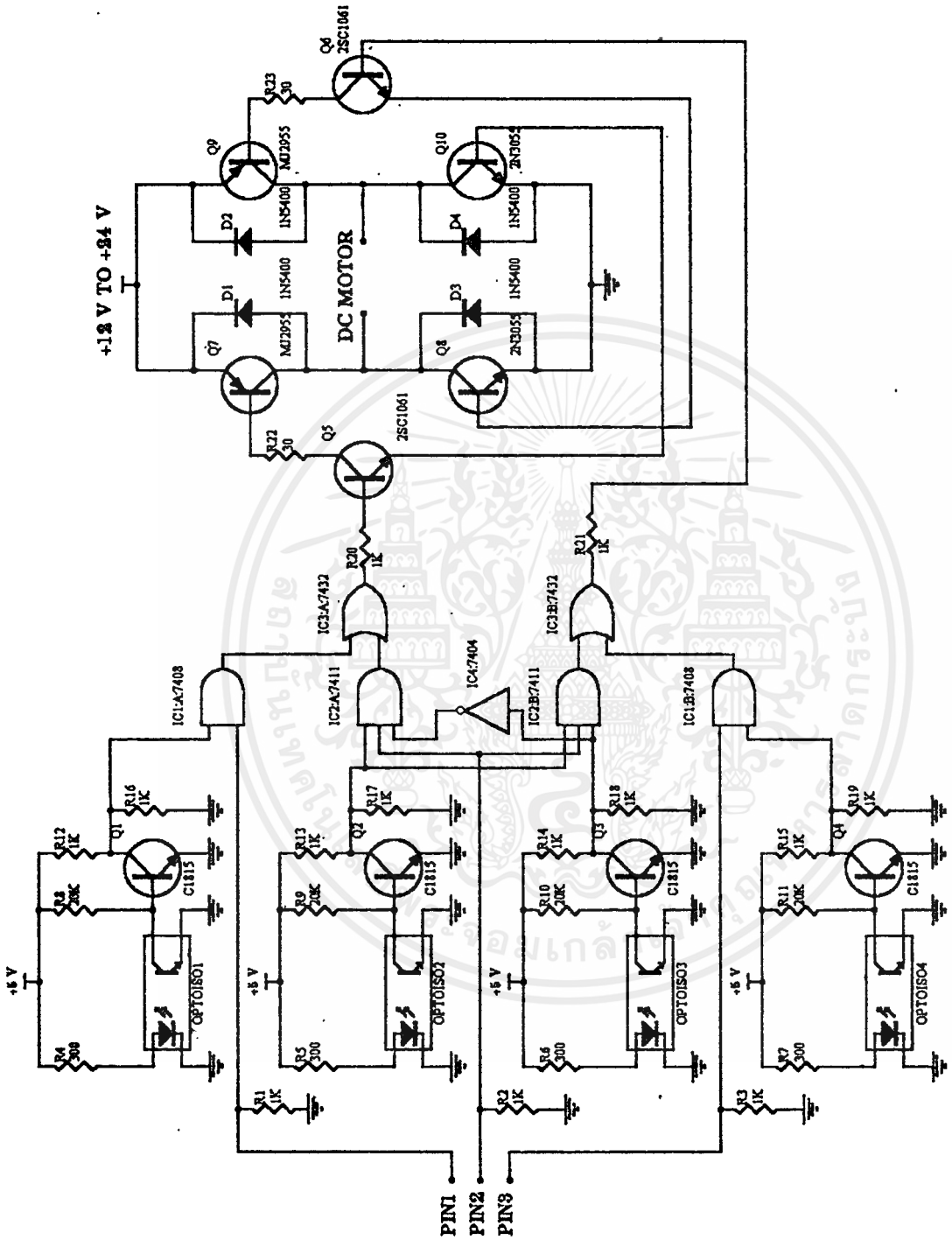
3.4 ส่วนขับเลี้ยว

ในการเลี้ยวของล้อหน้านั้นเราใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเลี้ยวและวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งมุมการเลี้ยวสูงสุดได้

การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเลี้ยว

จากรูป 3.4 การทำงานของวงจรขับเลี้ยวก็จะเหมือนกับการทำงานของวงจรขับเคลื่อน แต่ว่าได้มีการเพิ่มส่วนของตัว Sensor เข้ามาเพื่อทำการบังคับมุมเลี้ยวของระบบขับเลี้ยว ถ้าหากว่าเราไม่มีการบังคับมุมเลี้ยวของรถแล้วจะทำให้มีการเลี้ยวเกิน อาจจะทำให้ทำให้เป็นอันตรายต่อระบบขับเลี้ยวได้ ดั้งนั้นออปโต้ทรานซิสเตอร์ (Opto transistor) แบบแยกตัวรับและตัวส่งจึงได้ถูกนำมาใช้ โดยเรามีการใช้ออปโต้ทรานซิสเตอร์ทั้งหมด 4 ตัว ออปโต้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 จะเป็นตัวบังคับระบบขับเลี้ยวไม่ให้มีการเลี้ยวเกินมุมที่เรากำหนดทางด้านซ้าย ออปโต้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 4 จะทำงานเหมือนกับตัวที่ 1 แต่ว่าเป็นการบังคับมุมการเลี้ยวทางขวา ส่วนออปโต้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 นั้นจะเป็นตัวบังคับให้รถมีการวิ่งในทิศทางตรง ดังนั้นจากคุณสมบัติของออปโต้ทรานซิสเตอร์จะมีการทำงานอยู่ว่า เมื่อได้รับแสงจาก LED จะทำให้ทรานซิสเตอร์มีการทำงาน

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือมีการนำกระแส แต่ถ้าเรามีการบังแสงจาก LED จะทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส ซึ่งในการอธิบายการทำงานนั้นจะขออธิบายการทำงานเป็นส่วนๆ ไปโดยจะทำการอธิบายในส่วนของ Sensor ที่ใช้ก่อนว่ามีการทำงานอย่างไรและหลังจากนั้นจะเป็นการอธิบายโดยรวม ในการทำงานนั้นถ้าหากว่าเราไม่มีการบังแสงแล้วจะทำให้ออปโต้ทรานซิสเตอร์ทำงานดังนั้นจะทำให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์มีระดับแรงดันเป็น 0 โวลท์เนื่องจากว่ามีการต่อลงกราวด์ด้วยออปโต้ทรานซิสเตอร์เมื่อมีสภาวะเป็น 0 โวลท์จะทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสดังนั้นเอาท์พุทที่ได้จะมีค่าประมาณ 5 โวลท์หรือมีค่าลอจิกเท่ากับ 1 แต่ถ้ามีการบังแสงเกิดขึ้นจะทำให้มีค่าลอจิกเป็น 0 ดังนั้นการทำงานของ Sensor ทั้งหมด 4 ตัวจะมีการทำงานที่เหมือนกัน เราสามารถแบ่งสภาวะการทำงานได้ทั้งหมด 4 สภาวะด้วยกันคือ

สภาวะที่ 1 ถ้าเรามีการให้ลอจิกที่ Pin1 เท่ากับ 1 และ Pin2 เท่ากับ 0 และ Pin3 เท่ากับ 0 แล้วจะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ก็จะทำให้รถมีการเลี้ยวไปทางด้านซ้ายแต่ถ้าแผ่นบังแสงไปบังแสงที่ตัวออปโต้ทรานซิสเตอร์ (Sensor ตัวที่ 1) ก็จะทำให้ตัวทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานเอาท์พุทที่ได้จะมีค่าลอจิกเป็น 0 ดังนั้นจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนถึงแม้ว่าเราจะมีการให้ลอจิกดังกล่าวข้างต้นตลอดไปก็ตาม

สภาวะที่ 2 ถ้าเรามีการให้ลอจิกที่ Pin1 เท่ากับ 0 และ Pin2 เท่ากับ 0 และ Pin3 เท่ากับ 1 แล้วจะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เป็นผลให้รถมีการเลี้ยวไปทางด้านขวาแต่เมื่อมีแผ่นบังแสงไปบังแสงที่ตัวออปโต้ทรานซิสเตอร์ (Sensorตัวที่4) ก็จะทำให้ตัวทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน เอาท์พุทที่ได้จะมีค่าเป็น 0 ดังนั้นจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนถึงแม้ว่าเราจะมีการให้ลอจิกดังกล่าวข้างต้นตลอดไปก็ตาม

สภาวะที่ 3 ถ้าหากว่าเรามีการเลี้ยวไปทางด้านซ้ายแต่ยังไม่ถึงมุมบังคับของการเลี้ยว (Sensor ตัวที่ 1 ติดตั้งอยู่) เราสามารถที่จะบังคับให้รถมีการเลี้ยวมาอยู่ในตำแหน่งตรง โดยการให้ค่าลอจิกที่ Pin1 เท่ากับ 0 และ Pin2 เท่ากับ 1 และ Pin3 เท่ากับ 0 ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมาถึงในตำแหน่งที่มีการติดตั้งออปโต้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 เมื่อมีการบังแสงและไม่มีการบังแสงเกิดขึ้นจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและไม่ทำงาน ดังนั้นค่าเอาท์พุทที่ได้จะมีค่าของลอจิกเท่ากับ 0 และ 1 ตามลำดับ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน

สภาวะที่ 4 ถ้าหากว่าเรามีการเลี้ยวไปทางด้านซ้ายแต่ยังไม่ถึงมุมบังคับของการเลี้ยว (Sensor ตัวที่ 1 ติดตั้งสภาวะที่ 3 ถ้าหากว่าเรามีการเลี้ยวไปทางด้านขวาแต่ยังไม่ถึงมุมบังคับของการเลี้ยว (Sensor ตัวที่ 4 ติดตั้งอยู่) เราสามารถที่จะบังคับให้รถมีการเลี้ยวมาอยู่ในตำแหน่งตรง โดยการให้ค่าลอจิกที่ Pin1 เท่ากับ 0 และ Pin2 เท่ากับ 1 และ Pin3 เท่ากับ 0 ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเมื่อมาถึงในตำแหน่งที่มีการติดตั้งออปโต้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 เมื่อมีการบังแสงและไม่มีการบังแสงเกิดขึ้นจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและไม่ทำงาน ดังนั้นค่าเอาท์พุทที่ได้จะมีค่าของลอจิกเท่ากับ 0 และ 1 ตามลำดับ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ออปโต้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 และ 3 จะมีการติดตั้งในตำแหน่งตรงกัน เพราะว่าออปโต้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 จะมีการทำงานเมื่อมีการปิดแสงแต่ว่าออปโต้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 3 นั้นจะทำงานในช่างบังแสงครึ่งหนึ่งและไม่บังแสงครึ่งหนึ่ง

จากการทำงานที่กล่าวมานี้จะมีการทำงานอยู่ 4 สภาวะ แต่ว่าการทำงานของมอเตอร์ที่เราต้องการมีอยู่ 2 สภาวะดังนั้นเราจึงจำเป็นที่จะต้องนำเอาวงจรเกทมาทำการออกแบบเพื่อให้ได้การทำงานอยู่ 2 สภาวะ จากสภาวะที่ 3 และ 4 นั้นมีความต้องการที่จะให้รถมีการวิ่งในทิศทางตรงเราจึงนำมาผ่านแอนด์เกท (And Gate) 3 อินพุท 2 ตัว ซึ่งเป็นการแอนด์กันระหว่าง Pin2 กับ Sensor ตัวที่ 2 และ Sensor ตัวที่ 3 ต่อกันดังรูป เราจะสังเกตุเห็นได้ว่าจะมีการต่อนอทเกท (Not Gate) ไว้ระหว่างแอนด์เกท 2 ตัวเนื่องจากต้องการให้ทำงานคนละสถานะ จากเอาท์พุทแอนด์เกทจะนำมากระทำการออ (Or Gate) กันกับเอาท์พุทที่มาจากการแอนของเกท 2 อินพุท ซึ่งเป็นการแอนกันระหว่าง Pin1 กับ Sensor ตัวที่ 1 และ Pin3 กับ Sensor ตัวที่ 4 หลังจากที่ออกจากออเกทแล้ว (จะมีอยู่ 2 สภาวะของการทำงาน) ก็จะมีการต่อไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ (Q5 และ Q6) ดังนั้นการทำงานต่อไปก็เหมือนกับการทำงานของวงจรขับเคลื่อนที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ค่าลอจิกที่ได้นั้นมาจากพอร์ทเอาท์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) ซึ่งจะมีการควบคุมการทำงานจากโปรแกรม

3.5 ระบบตรวจจับ

ระบบตรวจจับของรถจะแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1. การตรวจจับเส้นทาง
2. การตรวจจับตำแหน่งสถานี
3. การตรวจจับสิ่งกีดขวาง

การตรวจจับเส้นทาง

การตรวจจับเส้นทางเป็นระบบการควบคุมให้รถวิ่งไปตามเส้นทางที่กำหนดซึ่งจะถูกกำหนดเป็นเส้นสะท้อนติดบนพื้นเป็นเส้นทางไปตามที่ต่างๆที่ต้องการให้รถวิ่งไป

ตัวตรวจจับของระบบนี้ ใช้ไดโอดอินฟราเรดเป็นตัวส่งแสงจากตำแหน่งติดตั้งบนตัวรถลงไปสะท้อนกับเส้นสะท้อนแสงขึ้นมายังตัวรับ ซึ่งเป็นแอลอีดีอินฟราเรด เช่นเดียวกัน

การตรวจจับสถานี

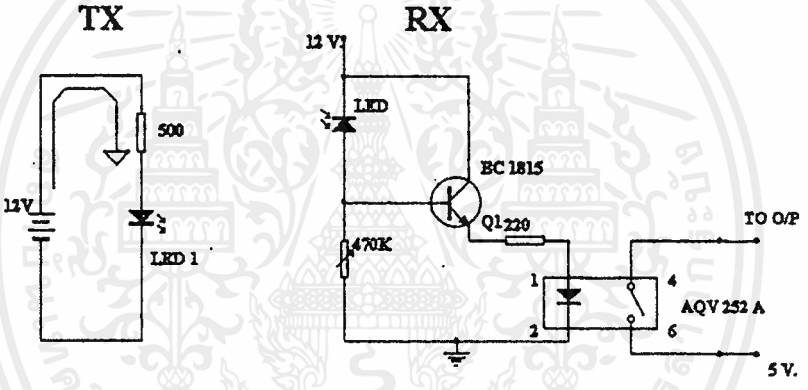
การตรวจจับสถานีเป็นระบบการควบคุมให้รถหยุดตามตำแหน่งที่กำหนดซึ่งจะถูกกำหนดเป็นเส้นสะท้อนที่เป็น 4 แยก หลังจากที่รถหยุดแล้วก็จะทำการหน่วงเวลาไว้เพื่อขนถ่ายสิ่งของลงจากรถและเมื่อครบกำหนดเวลาที่หน่วงไว้รถก็จะเคลื่อนที่ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวตรวจจับของระบบนี้ ใช้ไดโอดอินฟราเรดเป็นตัวส่งแสงจากตำแหน่งติดตั้งบนตัวรถลงไปสะท้อนกับเส้นสะท้อนแสงขึ้นมายังตัวรับ ซึ่งเป็นแอลอีดีอินฟราเรด เช่นเดียวกันและเป็นชุดเดียวกันกับชุดการตรวจจับเส้นทาง

การตรวจจับสิ่งกีดขวาง

การตรวจจับสิ่งกีดขวางเป็นระบบป้องกันการชน ที่ด้านหน้าและด้านหลังของตัวรถจะมี SENSOR อยู่SENSOR ตัวนี้จะทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุต่างๆที่อยู่บนเส้นทางการเดินของรถ เมื่อมีวัตถุมาขวางในเส้นทางในระยะที่กำหนด ระบบควบคุมจะสั่งให้รถหยุด จากนั้นก็จะมีสัญญาณเสียงไซเรนเตือนและไฟเตือนทั้ง 4 ดวงจะติดจนกว่าจะมีการเคลื่อนย้ายวัตถุสิ่งกีดขวางดังกล่าวออกไปนอกเส้นทาง สัญญาณเสียงไซเรนและไฟเตือนทั้ง 4 ดวงจะดับและรถจะเคลื่อนที่ต่อไป



รูปที่ 3.5 วงจรของระบบควบคุมเส้นทางและตรวจจับตำแหน่งสถานี

ภาคส่งสัญญาณ

ในภาคส่งสัญญาณ หรือ ตัวส่ง (RX) จะประกอบด้วยวงจรไบอัสไดโอดอินฟราเรดอย่างง่าย ภาคส่งจะทำงานเมื่อเราจ่ายไฟกระแสตรงขนาด 12 V. ผ่านความต้านทานขนาด 1KΩ ไปไบอัสให้กับไดโอดอินฟราเรดให้ทำงาน ในสภาวะที่รถทำงานภาคส่งจะทำงานตลอดเวลา

ภาครับสัญญาณ

ภาครับสัญญาณ หรือ ตัวรับ (RX) จะเป็น LED ที่รับแสงย่านอินฟราเรด โดยจะต่อวงจรเหมือนกับวงจรสวิตช์ทำงานด้วยแสงทั่วไป

การทำงานของวงจรเริ่มต้น LED อินฟราเรดได้รับแสงจากตัวส่ง ทำให้ค่าความต้านทานในตัวลดลงจึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ทำให้

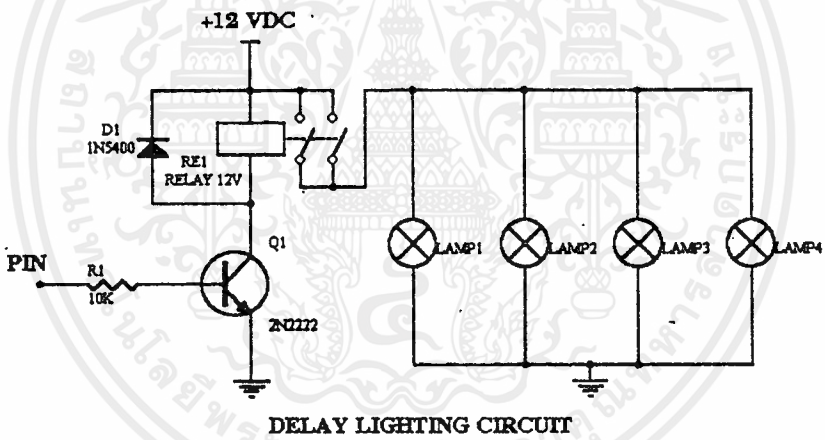
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ทำงานส่ง OUTPUT ไปขับ OPTO-ISOLATOR ซึ่งจะใช้เป็นINPUTให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทีหนึ่ง และเราสามารถปรับความไว (Sensitivity) ของวงจรได้โดยการปรับค่าความต้านทานของ R เกือกม้าเป็นส่วนไบอัสของวงจร

3.6 ระบบเสียงและไฟเตือน (Seiren and Lighting System)

เมื่อมีวัตถุมาขวางในเส้นทางในระยะที่กำหนด ระบบควบคุมจะสั่งให้รถหยุด จากนั้นก็จะมีสัญญาณเสียงไซเรนเตือนและไฟเตือนทั้ง 4 ดวงจะติดจนกว่าจะมีการเคลื่อนย้ายวัตถุสิ่งกีดขวางดังกล่าวออกไปนอกเส้นทาง สัญญาณเสียงไซเรนและไฟเตือนทั้ง 4 ดวงจะดับและรถจะเคลื่อนที่ต่อไป

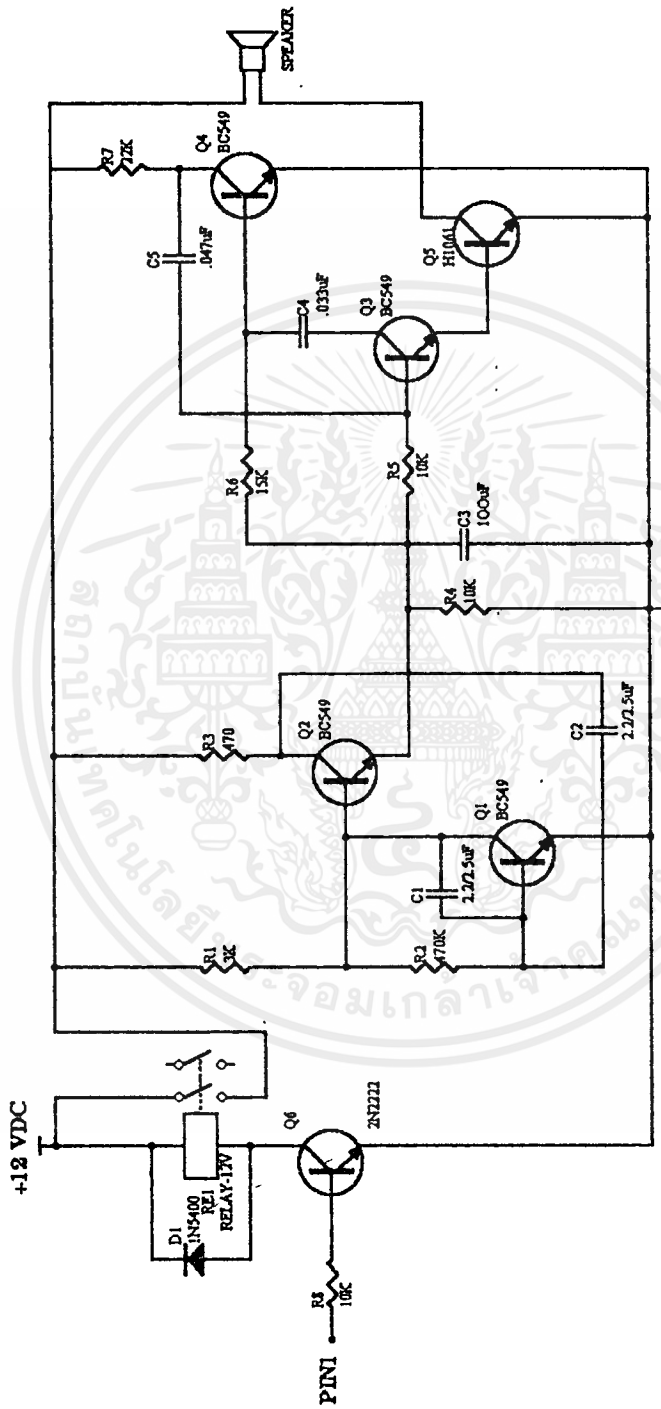
วงจรไฟเตือน (Lighting Circuit)



รูปที่ 3.6 วงจรไฟเตือน

วงจรเสียงไซเรน (Seiren)

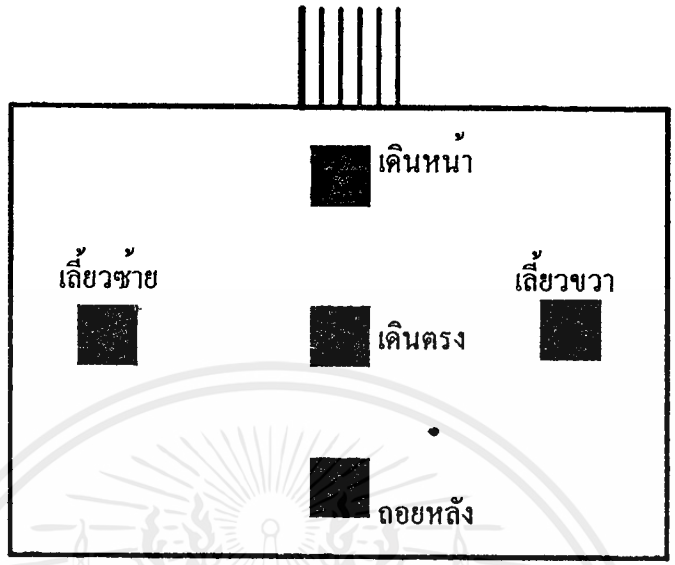
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



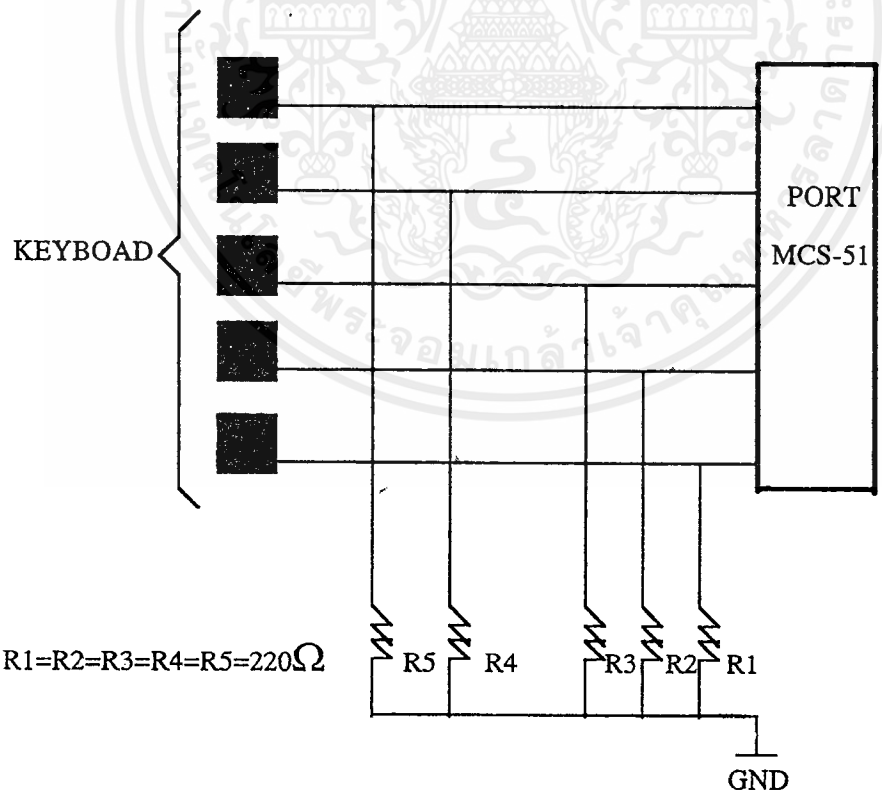
รูปที่ 3.7 วงจรเสียงไซเรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 คีบอร์ด



รูปที่ 3.8 คีบอร์ด



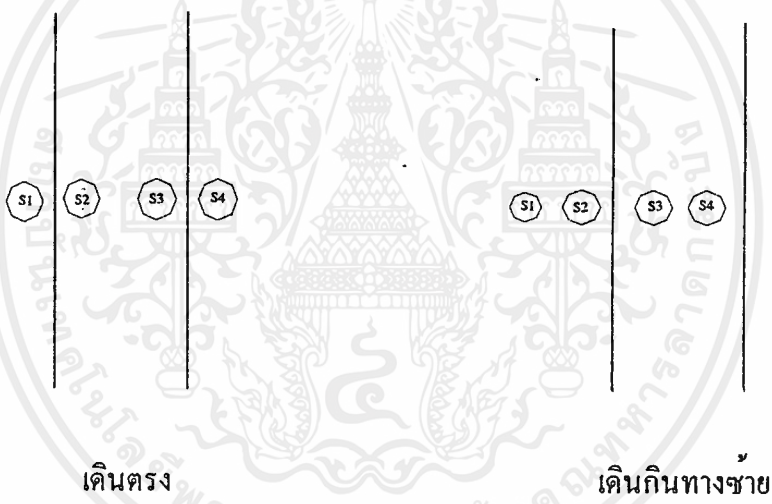
รูปที่ 3.9 วงจรคีบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

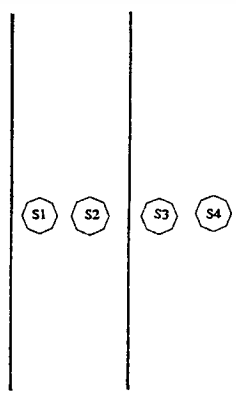
การทำงาน

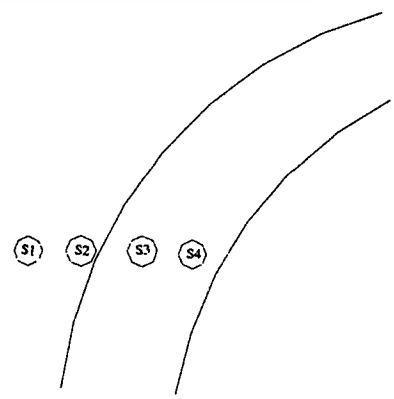
คีบอร์ดที่ใช้ในการควบคุมแบบ MANAUL จะมีคีย์อยู่ 5 คีย์ แต่ละคีย์จะมีการทำงานแตกต่างกันออกไปคือ เดินหน้า ถอยหลัง เดินตรง เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้าย ถ้ามีการกดคีบอร์ดลงไปแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระทำการรับค่าสภาวะเป็น 1 เข้าไปแล้วทำการส่งออกไปทาง PORT OUTPUT เพื่อทำการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้หมุนตามสภาวะทั้ง 5 ที่กล่าวมาข้างต้น แต่ถ้าไม่มีการกดคีย์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่า INPUT สภาวะ 0 เข้าไป ซึ่งก็จะไม่มีการส่งค่าไปที่ OUTPUT ในการต่อตัวต้านทานนั้นเพื่อให้ PORT INPUT เป็นลอจิก 0 เมื่อไม่มีการกดคีย์ คือทำการต่อลวกราวด์

3.8 วิธีการนำร่อง



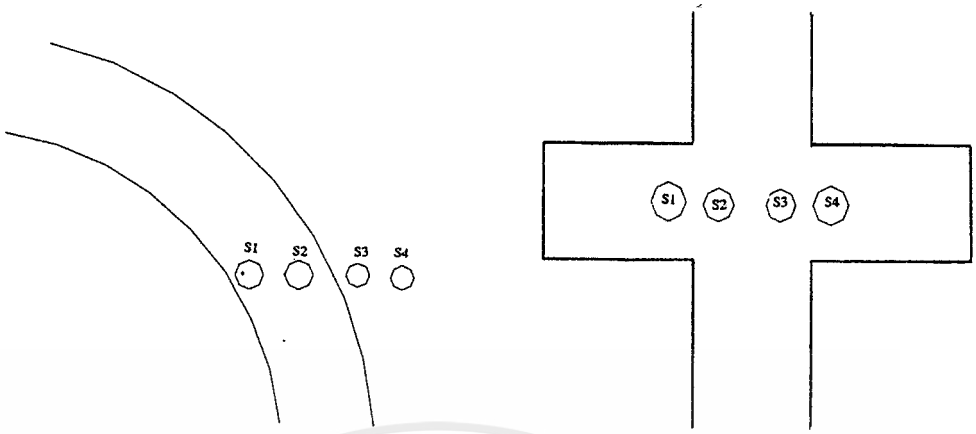
เดินตรง เดินกินทางซ้าย





เดินกินทางขวา เลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10แสดงวิธีการนำร่อง

ตารางที่ 3.1 แสดงสภาวะ Sensor

SENSOR / สภาวะ	S1	S2	S3	S4
เดินหน้า	0	1	1	0
DELEY	1	1	1	1
กินขวา	1	1	0	0
กินซ้าย	0	0	1	1

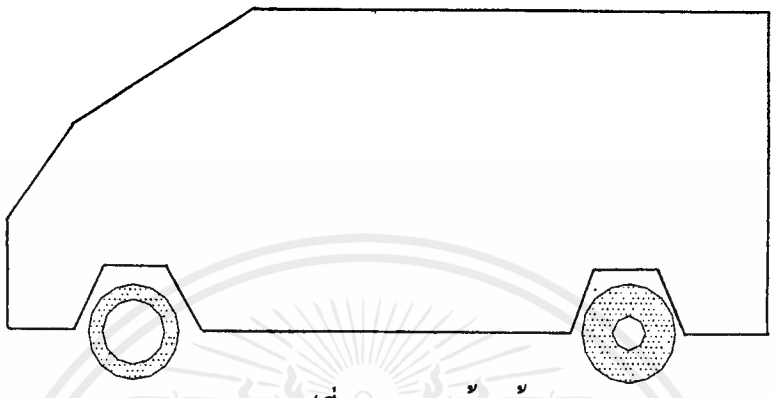
การทำงาน

เราใช้ SENSOR จำนวน 4 ชุด เมื่อ S2,S3 มีสภาวะเป็น 1 และ S1,S4 มีสภาวะเป็น 0 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รถเดินเป็นเส้นตรง และเมื่อ S1,S2 มีสภาวะเป็น 1 และ S3,S4 มีสภาวะเป็น 0 แสดงว่ารถเดินกินทางขวาของเส้นแถบสีหรือว่าเจอทางโค้งซ้าย ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รถเลี้ยวซ้ายเพื่อกลับเข้าเส้นทางเดิม เมื่อ S1,S2 มีสภาวะเป็น 0 และ S3,S4 มีสภาวะเป็น 1 แสดงว่ารถเดินกินทางซ้ายของเส้นแถบสีหรือว่าเจอทางโค้งขวา ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รถเลี้ยวขวาเพื่อกลับเข้าเส้นทางเดิม เมื่อ S1,S2,S3,S4 มีสภาวะเป็น 1 แสดงว่ารถเจอทาง 4

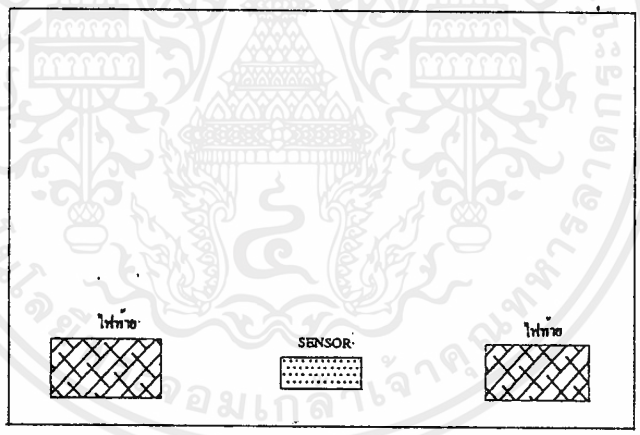
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยก ซึ่งแสดงว่าต้องการให้รถหยุดดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รถหยุดและหน่วงเวลาไว้ เมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งค่าไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รถเคลื่อนที่ต่อไป

3.9 ระบบโครงสร้างตัวถังรถ

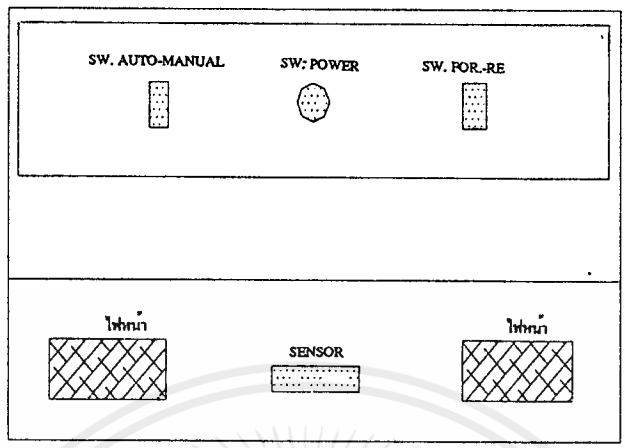


รูปที่ 3.11 ภาพด้านข้าง

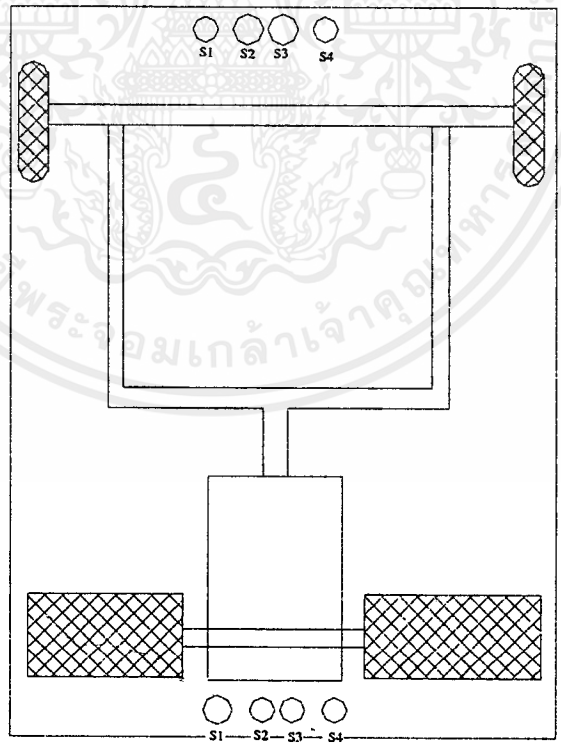


รูปที่ 3.12 ภาพด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

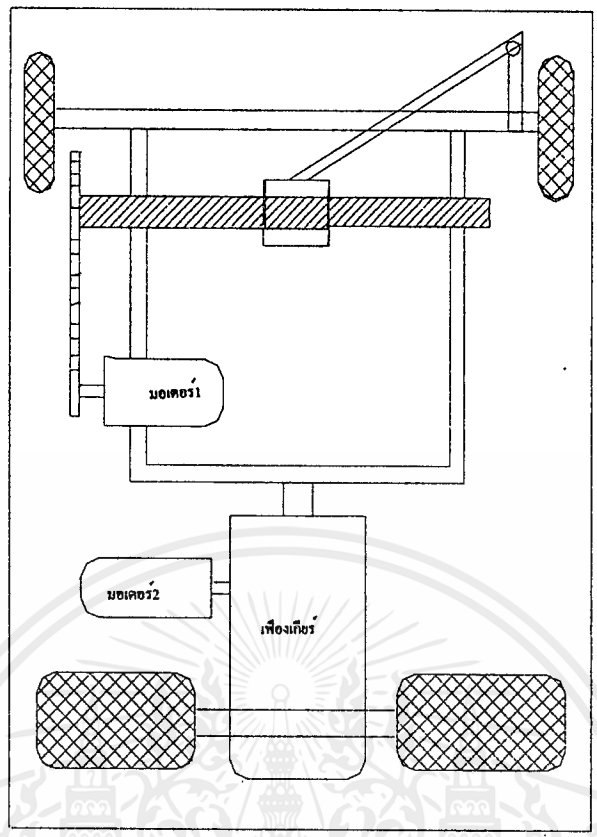


รูปที่ 3.13 ภาพด้านหน้า

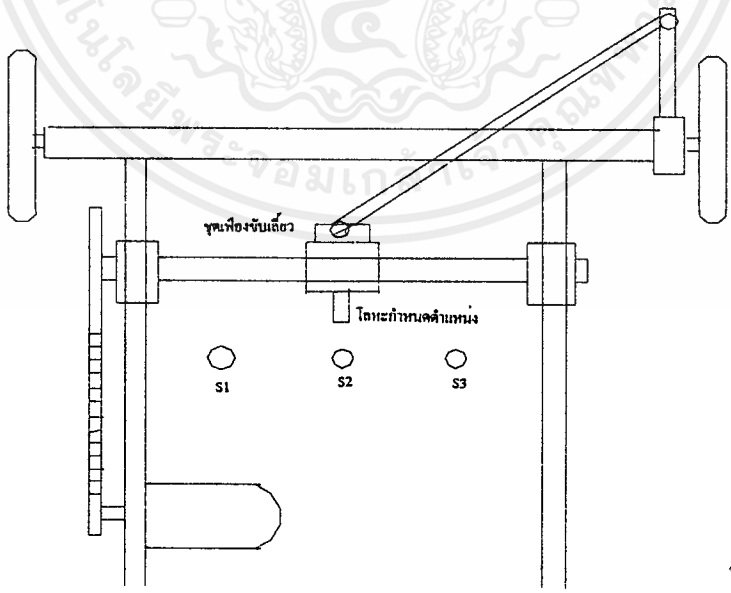


รูปที่ 3.14 ตำแหน่ง SENSOR จับแถบสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 โครงสร้างระบบขับเคลื่อนและระบบขับเลี้ยว



รูปที่ 3.16 โครงสร้างระบบขับเลี้ยว

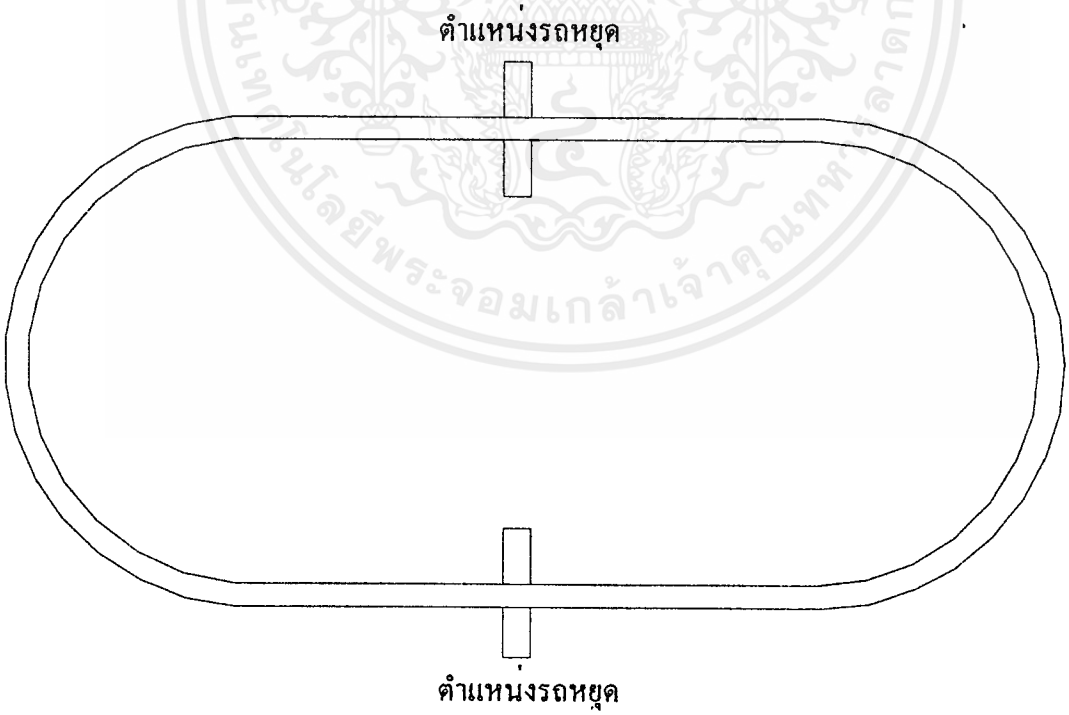
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของระบบขับเลี้ยว

ระบบขับเลี้ยวจะประกอบด้วย SENSORกำหนดมุมเลี้ยวสูงสุด มอเตอร์ เฟืองตรง เฟืองตัวหนอน เมื่อมอเตอร์หมุนก็จะไปขับเฟืองตรงที่ยึดติดกับเฟืองตัวหนอน ทำให้เฟืองตัวหนอนหมุน ซึ่งก็จะทำให้คานที่บังคับล้อเคลื่อนที่ ดังนั้นทิศทางของล้อจึงเปลี่ยนไป

S1 จะเป็น SENSOR ที่กำหนดมุมเลี้ยวซ้ายสูงสุด ถ้าแผ่นโลหะกำหนดตำแหน่งเคลื่อนที่ไปถึง S1 มอเตอร์ที่ขับเลี้ยวจะหยุดหมุน นอกจากว่าจะสั่งให้มอเตอร์หมุนกลับทาง มอเตอร์ก็จะหมุนกลับทาง ส่วน S3 จะเป็น SENSOR ที่กำหนดมุมเลี้ยวขวาสูงสุด ถ้าแผ่นโลหะกำหนดตำแหน่งเคลื่อนที่ไปถึง S3 มอเตอร์ที่ขับเลี้ยวจะหยุดหมุน นอกจากว่าจะสั่งให้มอเตอร์หมุนกลับทาง มอเตอร์ก็จะหมุนกลับทาง ส่วน S2 และ S4 เป็น SENSOR ที่กำหนดตำแหน่งของล้อให้อยู่ตรงกลางพอดี เพื่อที่จะให้รถเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ในระบบขับเลี้ยวนั้นเราจำเป็นจะต้องมีการลดขนาดของความเร็วมอเตอร์ให้มีความเร็วลดลง โดยการใช้เฟืองตรงในการลดความเร็วและใช้โซ่ในการส่งกำลังระหว่างเฟืองทั้งสอง เฟืองข้างหนึ่งจะยึดติดกับแกนเพลาของมอเตอร์และข้างหนึ่งจะยึดติดกับเฟืองตัวหนอน

3.10 เส้นแถบสี



รูปที่ 3.17 เส้นแถบสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของรถ

เมื่อกดสวิตช์ POWER ภาคจ่ายไฟก็จะทำงาน ต่อไปก็เลือกว่าต้องการให้รถทำงานแบบ MANUAL หรือแบบ AUTO ถ้าเลือกแบบ MANUAL ก็จะใช้คีบอร์ดเป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ ถ้าเลือก แบบ AUTO ระบบตรวจจับเส้นแถบสีและสิ่งกีดขวางก็จะทำงาน ถ้า S2,S3 ไม่มีสภาวะเป็น 1 แสดงว่ารถไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่จะเคลื่อนที่ได้ ถ้า S2,S3 มีสภาวะเป็น 1 แสดงว่ารถพร้อมที่จะเคลื่อนที่ จากนั้นก็ทำการเลือกว่าจะให้เดินหน้าหรือถอยหลัง ถ้าเลือกเดินหน้า รถก็จะเดินไปข้างหน้าตามเส้นแถบสี และถ้ามีสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหน้าในระยะที่ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางสามารถตรวจจับได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รถหยุด ระบบไฟเตือนและไซเรนก็จะทำงาน เมื่อสิ่งกีดขวางออกไปจากเส้นทาง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ ระบบไฟเตือนและไซเรนหยุดทำงานและสั่งให้รถเคลื่อนที่ต่อไป เมื่อรถเคลื่อนที่ถึงทาง 4แยกไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รถหยุดและหน่วงเวลาไว้ เมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งค่าไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รถเคลื่อนที่ต่อไป ถ้าหากว่าเราต้องการให้รถหยุดก็กระทำได้โดยการปรับสวิตช์ POWER ไปอยู่ในตำแหน่ง OFF

3.11 การกำหนด PORT 8255 ในการใช้งาน

USER PORT 1 กำหนดให้เป็น PORT OUTPUT ทั้งหมด (P2A=P2B=P2C=OUTPUT)

P2A0-P2A7 ไม่ได้ใช้งาน

P2B0 เป็น PORT OUTPUT เพื่อให้รถเดินหน้า

P2B1 เป็น PORT OUTPUT เพื่อให้รถถอยหลัง

P2B2 เป็น PORT OUTPUT เพื่อให้รถเลี้ยวซ้าย

P2B3 เป็น PORT OUTPUT เพื่อให้รถเลี้ยวขวา

P2B4 เป็น PORT OUTPUT เพื่อให้รถตรง

P2B5 เป็น PORT OUTPUT เพื่อให้เสียงไซเรนดัง

P2B6 เป็น PORT OUTPUT เพื่อให้ไฟหน้ารถและไฟท้ายรถสว่าง

P2B7 ไม่ได้ใช้งาน

P2C0-P2C7 ไม่ได้ใช้งาน

USER PORT 2 กำหนดให้เป็น PORT INPUT ทั้งหมด (P1A=P1B=P1C=INPUT)

P1A0 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SWITCH AUTO

P1A1 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SWITCH เดินหน้าของ MODE AUTO

P1A2 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SWITCH ถอยหลังของ MODE AUTO

P1A3 เป็น PORT INPUT เพื่อเช็คระบบไฟเส้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P1A4 เป็น PORT INPUT เพื่อเช็คระบบไฟเส้นที่ 2

P1A5 เป็น PORT INPUT เพื่อเช็คระบบไฟเส้นที่ 3

P1A6 เป็น PORT INPUT เพื่อเช็คระบบไฟเส้นที่ 4

P1A7 เป็น PORT INPUT เพื่อเช็คระบบไฟเส้นที่ 5

P1B0 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SENSOR ตัวที่ 1

P1B1 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SENSOR ตัวที่ 2

P1B2 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SENSOR ตัวที่ 3

P1B3 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SENSOR ตัวที่ 4

P1B4 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SENSOR ตัวที่ 5

P1B5 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SENSOR ตัวที่ 6

P1B6 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SENSOR ตัวที่ 7

P1B7 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SENSOR ตัวที่ 8

P1C0 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SWITCH เดินหน้า ของ MODE MANUAL

P1C1 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SWITCH ถอยหลัง ของ MODE MANUAL

P1C2 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SWITCH เลี้ยวซ้าย ของ MODE MANUAL

P1C3 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SWITCH เลี้ยวขวา ของ MODE MANUAL

P1C4 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก SWITCH เดินตรง ของ MODE MANUAL

P1C5 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก อุลตร้าโซนิคตัวหน้า

P1C6 เป็น PORT INPUT เพื่อรับค่าจาก อุลตร้าโซนิคตัวหลัง

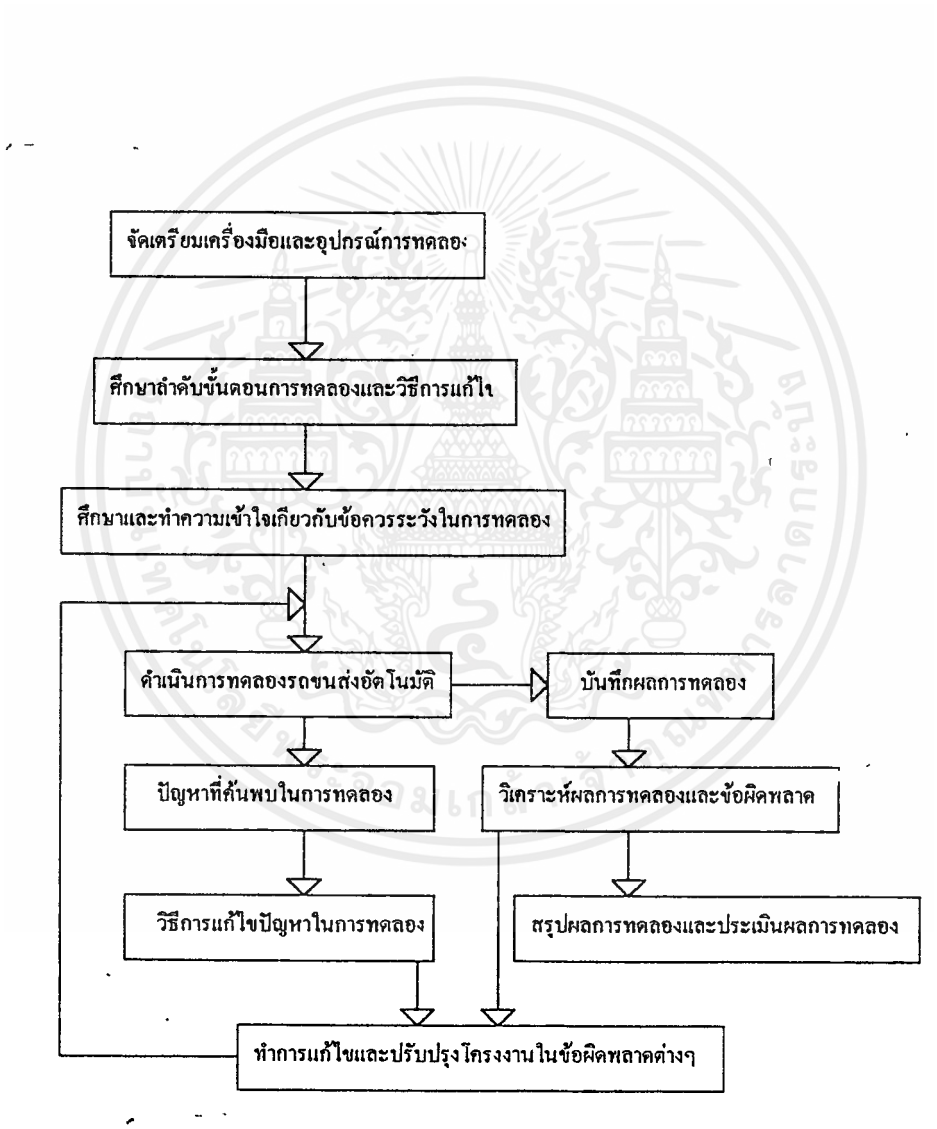
P1C7 ไม่ได้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและแสดงผล

ในการทดลองแต่ละครั้ง ควรจะมีการจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองให้พร้อมเมื่อมีเวลา มีปัญหาจะทำการแก้ไขได้ โดยการทดลองครั้งๆหนึ่งต้องทำการอัดประจุแบตเตอรี่ให้เต็มก่อน จากนั้นทำการศึกษาวิธีการใช้และทำความเข้าใจของโครงงาน พร้อมที่จะแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดการขัดข้อง ในแต่ละจุด โดยมีลำดับขั้นตอนในการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.1 บล็อกแสดงขั้นตอนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

4.1.1 รถขนส่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS 51)

4.1.2 แถบสีที่กำหนดเส้นทาง

4.1.3 กล่องเครื่องมือและอุปกรณ์

4.1.4 นาฬิกาจับเวลา

4.2 ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง

ในการทดลองจะทำการกำหนดระยะที่เซนเซอร์อินฟราเรดจะสามารถตรวจจับวัตถุสิ่งกีดขวางได้ คือ ที่ระยะ 30 cm จากนั้นก็วางวัตถุไว้ห่างจากตัวส่งอินฟราเรดที่ระยะ 35 cm, 30 cm, และ 25 cm จากนั้นก็วัดแรงดัน OUTPUT เปรียบเทียบกัน จากนั้นก็เปลี่ยนระยะจาก 30 cm เป็นระยะ 50 cm และวางวัตถุไว้ห่างจากตัวส่งอินฟราเรดที่ระยะ 60 cm, 50 cm และ 40 cm วัดแรงดัน OUTPUT เปรียบเทียบกัน ได้ผลดังนี้คือ

ระยะ 30 cm

ระยะวัตถุ (cm)	OUTPUT (v)
35	0
30	5
25	5

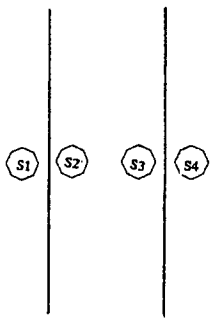
ระยะ 50 cm

ระยะวัตถุ (cm)	OUTPUT (v)
60	0
50	5
40	5

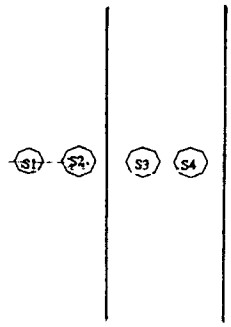
4.3 ระบบตรวจจับเส้นแถบสี

การทดลองจะทำการทดสอบการรับสัญญาณจากการสะท้อนเส้นแถบสีของชุดอินฟราเรดทั้ง 4 ชุดในสภาวะต่างๆ จากนั้นวัดสัญญาณ OUTPUT

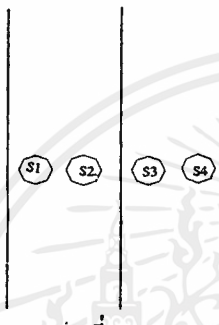
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



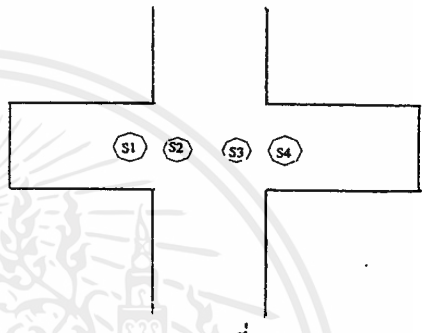
สภาวะที่ 1



สภาวะที่ 2



สภาวะที่ 3



สภาวะที่ 4

สภาวะที่ 5

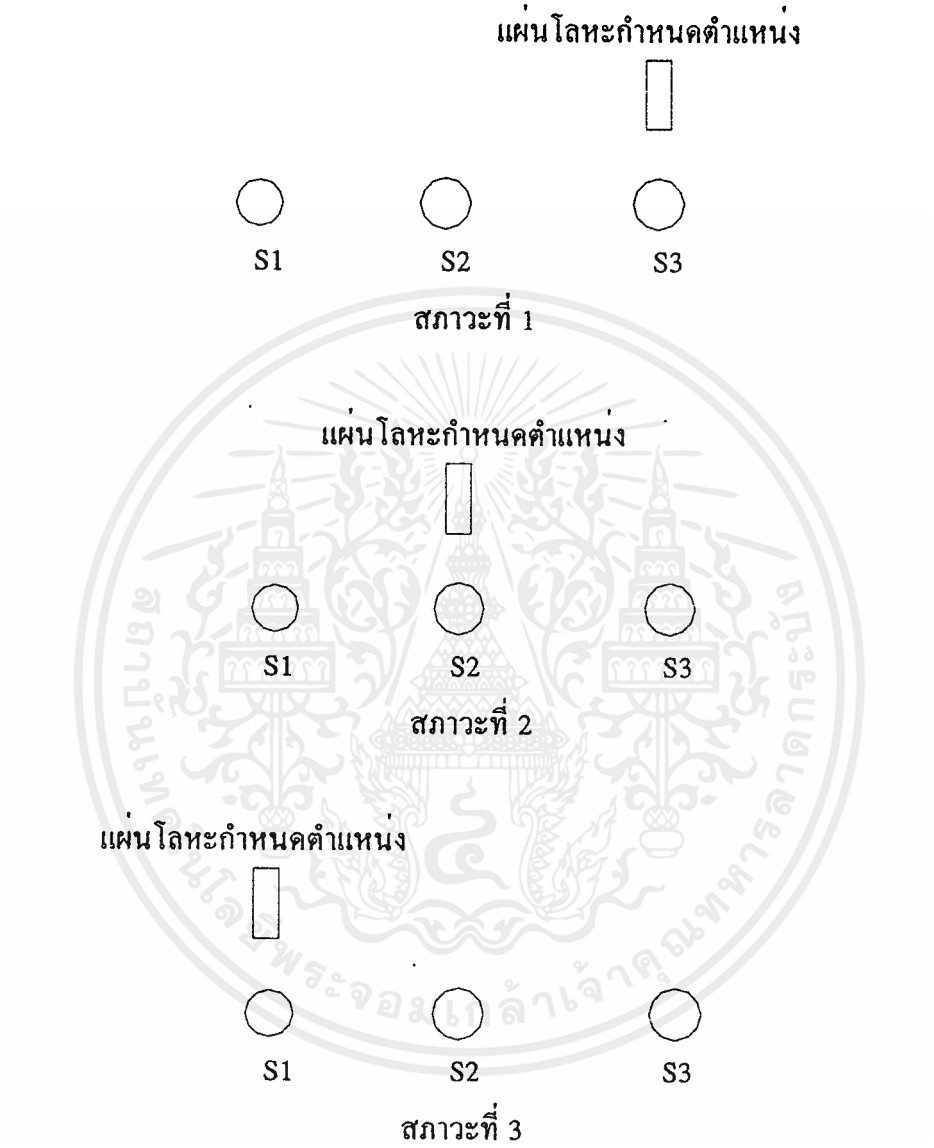
ผลการทดลอง

สภาวะเซนเซอร์	OUTPUT (V)			
	S1	S2	S3	S4
1	0	5	5	0
2	0	0	5	5
3	5	5	0	0
4	5	5	5	5
5	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ระบบขับเลี้ยว

สำหรับการทดลองระบบขับเลี้ยวนี้จะเลื่อนแผ่นโลหะกำหนดตำแหน่งไปอยู่ที่ตำแหน่ง S1,S2และS3จากนั้นก็ให้สัญญาณ INPUT ตามตารางแล้วสังเกตุการหมุนของมอเตอร์ขับเลี้ยว



ผลการทดลอง

	Pin 1 (v)	Pin 2 (v)	Pin 3 (v)	ทิศทางการหมุนของมอเตอร์
สภาวะที่ 1	5	0	0	หมุนตามเข็มนาฬิกา
	0	5	0	หมุนตามเข็มนาฬิกา
	0	0	5	ไม่หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Pin 1 (v)	Pin 2 (v)	Pin 3 (v)	ทิศทางการหมุนของมอเตอร์
สภาวะที่ 2	5	0	0	หมุนตามเข็มนาฬิกา
	0	5	0	ไม่หมุน
	0	0	5	หมุนทวนเข็มนาฬิกา

	Pin 1 (v)	Pin 2 (v)	Pin 3 (v)	ทิศทางการหมุนของมอเตอร์
สภาวะที่ 3	5	0	0	ไม่หมุน
	0	5	0	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
	0	0	5	หมุนทวนเข็มนาฬิกา

4.5 มุมการเลี้ยว

ในการทดลองจะทำการวัดมุมการเลี้ยวของล้อหน้าจากแนวตรงไปยังทางด้านซ้ายสุดและทางด้านขวาสุด

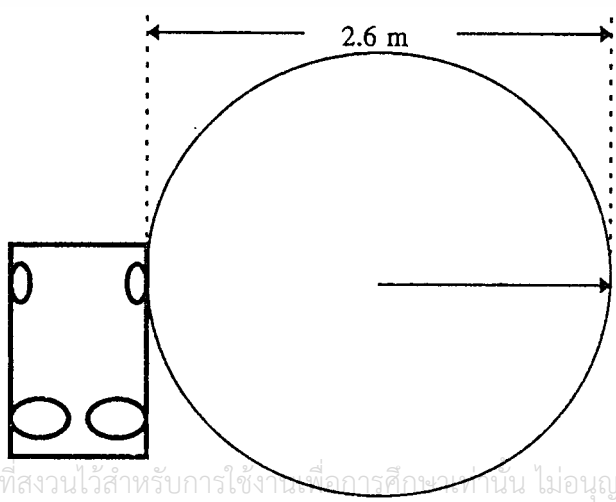
ผลการทดลอง

ทิศทางการเลี้ยว	มุม (องศา)
ซ้ายสุด	38
ขวาสุด	40
ซ้ายสุดไปขวาสุด	78

4.6 รัศมีการเลี้ยวเล็กสุด

ในการทดลองจะบังคับล้อหน้าให้เลี้ยวทางด้านขวาสุดจากนั้นจึงให้รถเคลื่อนที่แล้ววัดรัศมีวงกลมการเคลื่อนที่ของรถ

ผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ความเร็วของรถ

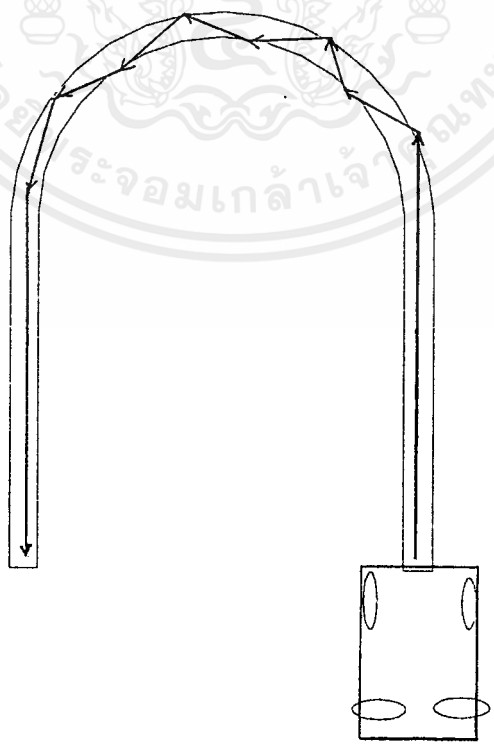
ในการทดลองหาความเร็วของรถจะให้รถเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 5 เมตรและจับเวลา ทำการทดลอง 5 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

ผลการทดลอง

ครั้งที่	เวลา (วินาที)
1	25
2	24
3	25
4	26
5	25
ความเร็วเฉลี่ย	12 เมตร / นาที

4.8 การเดินตามเส้นแถบสี

ในการทดลองจะใช้เส้นแถบสีที่มีความกว้าง 1 นิ้วและลากเส้นแถบสีเป็นเส้นตรงและเส้นโค้งโดยเส้นตรงจะมีระยะ 8 เมตร ส่วนเส้นโค้งจะมีรัศมี 2 เมตร ทิศทางการเคลื่อนที่ของรถเป็นดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย Manual Switch ได้ตามความต้องการ

5.1.2 สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย Auto โดยการกำหนดแถบสี

5.1.3 สามารถรันโปรแกรมแบบ Auto ได้ดีปานกลางตามแถบสีที่กำหนด

5.1.4 สามารถหยุดและส่งสัญญาณให้ไฟทั้ง 4 ดวงสว่างตามสถานีที่กำหนด

5.1.5 สามารถหยุดและส่งสัญญาณให้ไฟทั้ง 4 ดวงพร้อมทั้งไซเรนส่งเสียงดังเมื่อมีสิ่งกีดขวางที่ขวางทิศทางการเดินของรถขนส่งอัตโนมัติจนกว่าจะนำสิ่งกีดขวางออกรถขนส่งอัตโนมัติถึงจะวิ่งต่อไปพร้อมทั้งหลอดไฟ 4 ดวงไม่สว่างและไซเรนหยุดส่งเสียง

ถ้าตำแหน่งของสวิทช์อยู่ที่ MANUAL เราสามารถปรับทิศทางการเคลื่อนที่ของรถปุ่มกดของ KEY BOARD โดยจะมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 5 KEY

-ถ้ากด KEY เดินหน้าจะทำให้รถขนส่งอัตโนมัติมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจนกว่าเราจะทำการปล่อยมือออกจาก KEY หรือไม่มีการกด รถขนส่งอัตโนมัติก็จะหยุดการเคลื่อนที่

-ถ้ากด KEY ถอยหลังก็จะทำให้รถขนส่งอัตโนมัติมีการเคลื่อนที่ไปข้างหลังจนกว่าเราจะมีการปล่อยมือออกจาก KEY หรือไม่มีการกด รถขนส่งอัตโนมัติก็จะหยุดการเคลื่อนที่

-ถ้ากด KEY เลี้ยวซ้ายจะทำให้รถขนส่งอัตโนมัติมีการเลี้ยวไปทางด้านซ้ายจนกว่าแผ่นโลหะบังแสง ไปปิดบังแสงที่ตัว OPTO TRANSISTOR ก็จะทำให้การเลี้ยวไปทางด้านซ้ายหยุดถึงจะมีการกด KEY เลี้ยวซ้ายอยู่ก็ตาม ในการกด KEY นั้น จะทำให้รถเลี้ยวซ้ายถ้าปล่อย ก็จะทำให้หยุดการเลี้ยว

-ถ้ากด KEY เลี้ยวขวา จะเหมือนกับ KEY เลี้ยวซ้ายทุกประการ แต่รถจะมีการเลี้ยวไปทางขวา

-ถ้ากด KEY ตรงก็จะทำให้รถมีการเลี้ยวไปทางซ้ายหรือทางขวาแล้วแต่ว่า แถบโลหะบังแสงอยู่ในตำแหน่งทางด้านซ้ายหรือทางด้านขวา ของ OPTO TRANSISTOR ถ้าหากอยู่ทางด้านขวา OPTO TRANSISTOR ที่ใช้ควบคุมในตำแหน่งตรงก็จะทำให้รถมีการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย และเมื่อแถบโลหะบังแสงไปบังแสงที่ตัว OPTO TRANSISTOR จะทำให้มีการหยุดเลี้ยวถึงแม้เราจะมีการกด KEY อยู่ก็ตาม ถ้าหากแถบโลหะบังแสงอยู่ในตำแหน่งซ้าย ของ OPTO TRANSISTOR จะทำให้รถมีการเลี้ยวไปทางด้านขวา จนกว่าแถบโลหะบังแสงจะไปบังแสง OPTO TRANSISTOR จึงทำให้รถมีการหยุดเลี้ยวถึงแม้จะมีการกด KEY ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกล่าวมาทั้งหมด 5 KEY นี้จะสามารถกดพร้อมกันได้ 2 KEY คือ กด KEY เดินหน้าพร้อมกับ KEY เลี้ยวซ้าย , เลี้ยวขวา และตรง หรือ กด KEY ถอยหลัง พร้อมกับ KEY เลี้ยวซ้าย , เลี้ยวขวา และตรง ถ้ามีการกด KEY เดินหน้า และ KEY ถอยหลัง นั้นจะทำให้การทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งตามการกด KEY ก่อนและหลัง ส่วน KEY เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และตรง นั้นก็เหมือนกัน

ตำแหน่งสวิทช์อยู่ที่ AUTO

เมื่อเข้าสู่โหมดการทำงานของ AUTO แล้ว จะมีสวิทช์ในการเลือกโหมดการทำงานอยู่ 2 สภาวะ คือ เดินหน้าและถอยหลัง การที่รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้าหรือถอยหลังโดยการควบคุมจากสวิทช์ที่อยู่ทางด้านหน้าของตัวรถ แต่ก่อนที่จะทำการเลือกสภาวะการทำงานนั้นจะต้องให้ชุด SENSOR ตามแถบสี อยู่ในตำแหน่งตรงกลางก่อนจึงจะทำการกดสวิทช์ได้ หลังจากที่ทำการกดสวิทช์รถจะวิ่งตามแถบสีไปเรื่อยๆ แต่พอถึงตำแหน่งที่ต้องการให้หยุด รถขนส่งอัตโนมัติก็จะหยุดตามการหน่วงเวลาไว้ เมื่อครบตามเวลาแล้วก็จะวิ่งต่อไปเรื่อยๆ หรือถ้าเจอสิ่งกีดขวางรถขนส่งอัตโนมัติก็จะหยุดพร้อมกับไฟ 4 ดวงสว่างและไซเรนส่งเสียงดังขึ้น ถ้าไม่มีสิ่งกีดขวางรถจะวิ่งต่อไปเรื่อยๆ ไฟ 4 ดวงก็จะไม่สว่างและไซเรนจะไม่ส่งเสียงดังขึ้น เมื่อต้องการให้รถหยุดก็สามารถปรับตำแหน่งสวิทช์ของ AUTO หรือ เดินหน้า หรือ ถอยหลัง มาอยู่ในตำแหน่งตรงกลางรถก็จะหยุด

- จะใช้น้ำหนักที่ใช้ในการบรรทุกบนรถขนส่งอัตโนมัตินี้ประมาณ 50 กิโลกรัม
- รถสามารถวิ่งได้อัตราเฉลี่ยความเร็วขณะไม่มี LOAD เท่ากับ 12 เมตร ต่อ นาที
- รถสามารถวิ่งได้อัตราเฉลี่ยความเร็วขณะมี LOAD เท่ากับ 10.8 เมตร ต่อ นาที
- รัศมีวงเลี้ยวของรถที่แคบที่สุด เท่ากับ 1.3 เมตร
- เมื่อทำการเปลี่ยนโค้งของแถบสีให้แคบลงรถขนส่งอัตโนมัติจะเคลื่อนที่ตามแถบสีได้ แต่จะเกิดการส่ายของรถมากเนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้ในการขับระบบเลี้ยวมีความเร็วรอบไม่มากพอทำให้ระบบเลี้ยวไม่สามารถเคลื่อนเข้าหาแถบสีได้ทัน
- เมื่อทำการเปลี่ยนโค้งของแถบสีให้กว้างขึ้นรถขนส่งอัตโนมัติจะเคลื่อนที่ตามแถบสีได้ดีกว่าแถบสีที่มีรัศมีน้อยการส่ายของตัวรถก็จะน้อยลงเนื่องจากระบบสามารถเคลื่อนที่เข้าหาแถบสีได้ดีกว่าแถบสีที่มีรัศมีน้อย
- ให้รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ตามแถบสีเมื่อมีการบรรทุกของที่มีน้ำหนักมากจะทำให้ระบบเลี้ยวของตัวรถเคลื่อนที่ช้ากว่าปกติ ทำให้รถเคลื่อนที่หลุดออกจากโค้ง
- ให้รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ตามแถบสีเมื่อมีการบรรทุกของที่มีน้ำหนักไม่มากจะทำให้ระบบเลี้ยวของรถเคลื่อนที่ได้เร็วกว่ารถที่มีการบรรทุกของที่มีน้ำหนักมากทำให้รถขนส่งอัตโนมัติเคลื่อนที่ออกนอกแถบสีน้อยกว่ารถที่มีการบรรทุกของที่มีน้ำหนักมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ปัญหาและอุปสรรคทางกล

5.2.1.1 เฟืองที่ขับเลี้ยวเมื่อใช้ไปนานๆ จะทำให้เกิดการสึกหรอและเกิดการหลวมเล็กน้อย ดังนั้นจึงทำให้การเลี้ยวไม่ดีเท่าที่ควรหรือไม่ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ

5.2.1.2เฟืองที่ใช้ต่อเข้ากับแกนเพลาของมอเตอร์ไม่สามารถเลือกขนาดได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงทำให้ความเร็วในการเลี้ยวไม่เหมาะสมกับที่ต้องการ

5.2.1.3 การเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือถอยหลังจะมีทิศทางไม่ตรง จึงทำการแก้ไขได้โดยการปรับแกนดึงของระบบเลี้ยวใหม่

5.2.1.4 โซ่ที่ใช้ในการส่งกำลังจากเฟืองที่ตัวมอเตอร์ไปยังเฟืองของระบบเลี้ยว เมื่อใช้ไปจะเกิดการหย่อน เมื่อมอเตอร์หมุนที่ความเร็วปกติจะทำให้หลุดออกจากเฟือง จึงทำการแก้ไขโดยการปรับเลื่อนที่ตัวมอเตอร์เพื่อทำให้โซ่ตึง ในการปรับโซ่ให้ตึงเกินไปนั้นก็ไม่เป็นผลดีนักเพราะจะทำให้การเคลื่อนที่ของโซ่และเฟืองเกิดเสียงดังมากและหมุนไม่สะดวก ควรจะมีการปรับโซ่ให้ตึงพอสมควร

5.2.1.5 ในการบรรทุกนั้น ถ้าหากว่าเรามีการบรรทุกน้ำหนักไปไว้ทางด้านล้อหน้ามากเกินไปจะทำให้การเลี้ยวช้าไป จึงทำการแก้ไขโดยการให้น้ำหนักมาอยู่ทางด้านล้อหลัง

5.2.1.6 แกนยึดแผ่นโลหะบังแสงเมื่อใช้ไปนานๆ จะทำให้เกิดการงอตัวหรือบิดเบี้ยวซึ่งจะมีผลต่อระบบเลี้ยวและแผ่นโลหะบังแสง ซึ่งผลอันนี้จะสามารถแก้ไขโดยการใช้เหล็กฉากเจาะรูยึดกับแกนยึดแผ่นโลหะบังแสง

5.2.1.7 แผ่นโลหะบังแสงถ้ามีการใช้กับความเร็วแต่ละความเร็วที่แตกต่างกันแล้ว จะทำให้มุมบังดับการเลี้ยวมีความผิดพลาดไม่ตรงตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงทำการแก้ไขโดยการนำเทปสีดำไปติดที่แผ่นโลหะบังแสง โดยขนาดก็แล้วแต่ขนาดของความเร็ว ถ้าความเร็วมากแถบของเทปดำจะต้องใหญ่กว่าแถบของเทปดำที่ความเร็วน้อย

5.2.1.8เฟืองที่ต่อเข้ากับแกนเพลาของมอเตอร์มีขนาดของรูใหญ่กว่าแกนเพลาของมอเตอร์ จึงทำการแก้ไขโดยการกลึงปลอกให้มีขนาดเท่ากับรูของเฟือง และทำการเจาะรูเท่ากับขนาดของแกนเพลามอเตอร์

5.2.2 ปัญหาและอุปสรรคทางด้านระบบควบคุม

5.2.2.1ถ้าใช้พอร์ตภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีปัญหาคือในการเริ่มต้นของโปรแกรมจะมีลอจิกเป็นหนึ่งทั้งหมดทุกพอร์ตภายใน เมื่อนำมาต่อเข้ากับระบบอิเล็คทรอนิกส์ของรถขนส่งอัตโนมัติ เมื่อเปิดที่ SWITCH POWER จะทำให้เกิดการลัดวงจร ดังนั้นจึงเปลี่ยนมาใช้พอร์ต 8255 ของไมโครคอนโทรลเลอร์แทนเพื่อขจัดปัญหาดังกล่าว

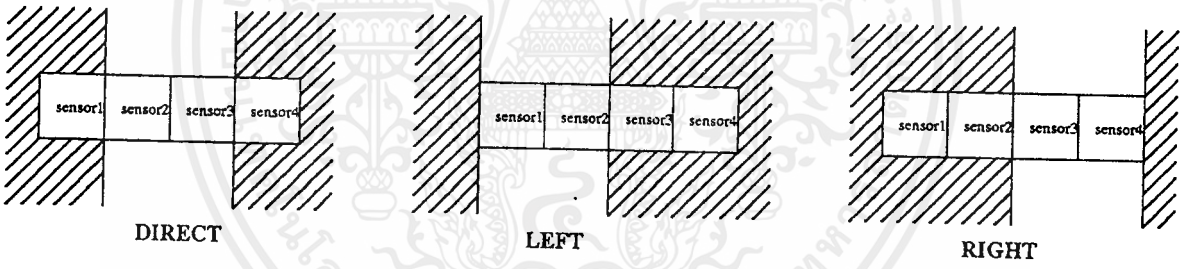
5.2.2.2การเขียนโปรแกรมเมื่อมีการส่งสัญญาณเอาท์พุทไปที่พอร์ตที่ต่อกับระบบควบคุมอื่นๆ ควรจะมีการหน่วงเวลาไว้สักครู่หนึ่งก่อนที่จะกลับมาวนรอบการอ่านสภาวะอินพุทในรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหม่ เนื่องจากสภาพความเป็นจริงแล้วลักษณะทางกลของอุปกรณ์การกดสวิทซ์หนึ่งครั้งก็จะมีการกระเพื่อมของหน้าสัมผัสหลายๆ ครั้งก่อนที่จะกลับเข้าสู่สภาวะปกติ โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 5-20 มิลลิวินาที ซึ่งถ้าหากว่าไม่มีการหน่วงเวลาในส่วนนี้จะมีผลทำให้การดำเนินงานตามโปรแกรมเกิดการผิดพลาด จากการทดลองเมื่อมีการวัดสัญญาณเอาท์พุทจะมีค่าต่ำกว่าค่าเป็นจริงมาก

5.2.2.3 การเขียนโปรแกรมเมื่อเขียนโปรแกรมที่แผงทดลอง LED สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ และเมื่อต่อเข้ากับระบบจริงโปรแกรมจะไม่ทำงานตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการแก้ไขโดยการเขียนโปรแกรม และทำการทดลองกับระบบจริงทีละขั้นตอนจนเสร็จสมบูรณ์

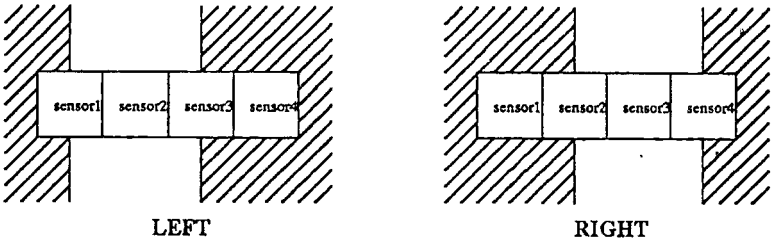
5.2.2.4 จากเงื่อนไขที่เราตั้งไว้เกี่ยวกับ SENSOR คือ เมื่อ SENSOR อยู่ในแถบสีจะมีเพียง 2 ตัวเท่านั้น ดังรูปที่ 5.1 จะทำงานในการบังคับให้ล้อเลี้ยวซ้าย,เลี้ยวขวา หรือให้ล้อปรับตรงนั้น แต่จากการทดลองจริงถ้าเราใช้ตามเงื่อนไขเดิม



รูปที่ 5.1 แสดงตำแหน่งการทำงานของ SENSOR

เมื่อรถเลี้ยวซ้ายหรือขวา SENSOR จับได้ช้า เพื่อให้รถกลับมาตามเส้นทางเดิม เราสามารถแก้ไขให้รถกลับมาตามเส้นทางเดิมได้โดยการแก้ไขที่โปรแกรมโดยเราจะเพิ่มเงื่อนไขให้รถเลี้ยวซ้ายหรือขวาเมื่อ SENSOR จับแถบสีได้ 3 ตัวนอก ดังรูปที่ 5.2 จะทำให้รถเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาเร็วขึ้นเพื่อกลับเข้าเส้นทางเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงตำแหน่งการทำงานของ SENSOR

5.2.2.5 ส่วนการตีโค้งแถบสีถ้าเรามีรัศมีของโค้งแถบสีน้อยเกินไป จะทำให้รถขนส่งอัตโนมัติเวลาเลี้ยวตามโค้งแถบสีนั้นจะออกห่างจากเส้นมาก ทำให้เสียเวลาในการกลับสู่แถบสี เราจึงทำการขยายแถบสีให้มีรัศมีกว้างขึ้น จะทำให้เวลารถตีโค้งจะหลุดออกจากเส้นน้อยลงจากแถบสีที่มีรัศมีน้อย

5.2.2.6 วงจรไดร์มอเตอร์นี้เมื่อทำการต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ เมื่อทำการให้สัญญาณลอจิกเท่ากับ "1" ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนเมื่อใช้ไปประมาณ 1-2 นาที จะทำให้ค่าความต้านทาน 30 Ω 10 W เกิดการร้อนเมื่อร้อนไปนานๆ จะทำให้มีผลต่อทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2SC 1061 ซึ่งจะร้อนตาม ถ้าปล่อยให้เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จะทำให้ทรานซิสเตอร์เสีย ดังนั้นจึงทำการแก้ไขโดยการใช้ค่าความต้านทาน 60 Ω 10 W มาต่อขนานกัน แล้วทำการติดตัวระบายความร้อนให้กับค่าความต้านทานด้วย

5.2.2.7 วงจรไดร์มอเตอร์นี้ถ้าหากใช้กับแรงดัน 12 V แต่ถ้าใช้กับแรงดัน 24 V จะต้องมีการเพิ่มค่าความต้านทานที่กล่าวมาข้างต้นด้วยคือ ใช้ค่าความต้านทาน 120 Ω 10 W มาต่อขนานกันแล้วทำการติดตัวระบายความร้อนให้แก่ตัวของความต้านทานด้วย

5.2.2.8 เมื่อมีสิ่งกีดขวางมาขวางทางชุดตัวตรวจจับอุลตร้าโซนิค จะสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้เป็นแนวตรงเท่านั้น และถ้ามีสิ่งกีดขวางอยู่หน้ารถแต่ไม่ตรงกับตัวตรวจจับอุลตร้าโซนิค รถก็จะไม่หยุดเมื่อเจอสิ่งกีดขวาง

5.2.2.9 ใน MODE AUTO นี้รถสามารถเดินตามแถบสีได้ เฉพาะในการเดินหน้าเท่านั้น ส่วนการถอยหลังรถไม่สามารถเดินตามแถบสีได้ เนื่องจากระบบเลี้ยวที่ใช้จะติดตั้งเฉพาะในส่วนด้านหน้าเท่านั้น ดังนั้นเวลาเดินถอยหลังรถจะเกิดการส่ายมากทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ตามแถบสีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรทำการปรับปรุงระบบทางกลของการขับเคลื่อน ให้มีการยืดหยุ่นของการรับแรงมากกว่านี้เพื่อทำการบรรทุกน้ำหนักให้ได้มากขึ้นกว่าเดิม

5.3.2 ควรทำการปรับปรุงออกแบบระบบทางกลให้มีการรับน้ำหนักให้สมดุลย์ ระหว่างล้อหน้าและล้อหลังเพื่อการง่ายในการควบคุมระบบขับเลี้ยว

5.3.3 อุปกรณ์ตรวจจับสิ่งกีดขวางควรจะมีการตรวจจับให้ระยะมากทางกว่านี้ และมีมุมในการตรวจจับเพิ่มขึ้น

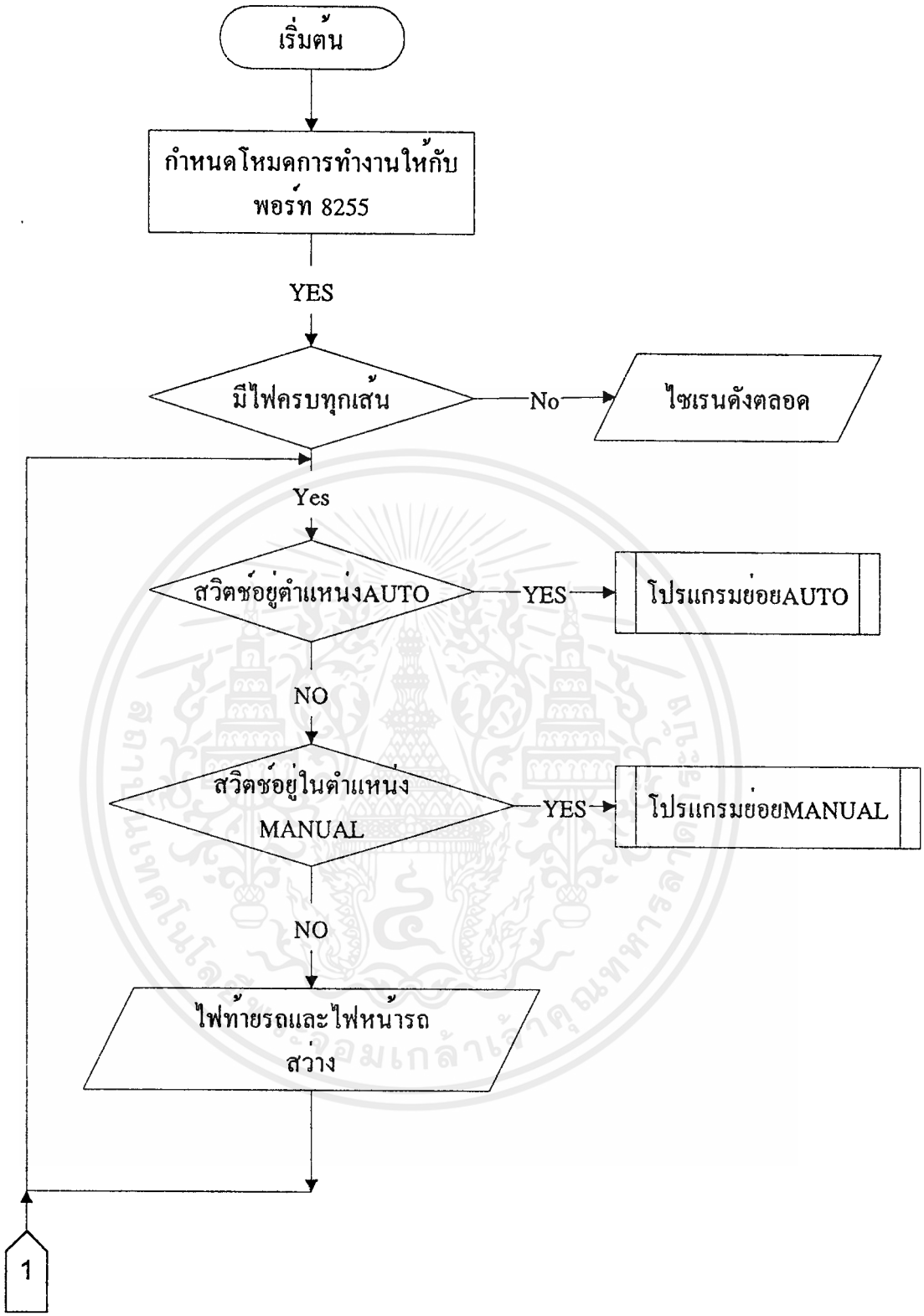
5.3.4 ควรทำการปรับปรุงแก้ไขวงจรไดร์มอเตอร์ให้สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์เพื่อที่จะสามารถลดความเร็วในขณะที่ทำการเลี้ยวและเพิ่มความเร็วในขณะที่วิ่งในทิศทางตรง

5.3.5 ควรจะมีการปรับปรุงระบบเลี้ยวให้มีการติดตั้งไว้ทางด้านท้ายของรถ เพื่อที่จะเคลื่อนที่ตามแถบสีในตอนที่ถอยหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

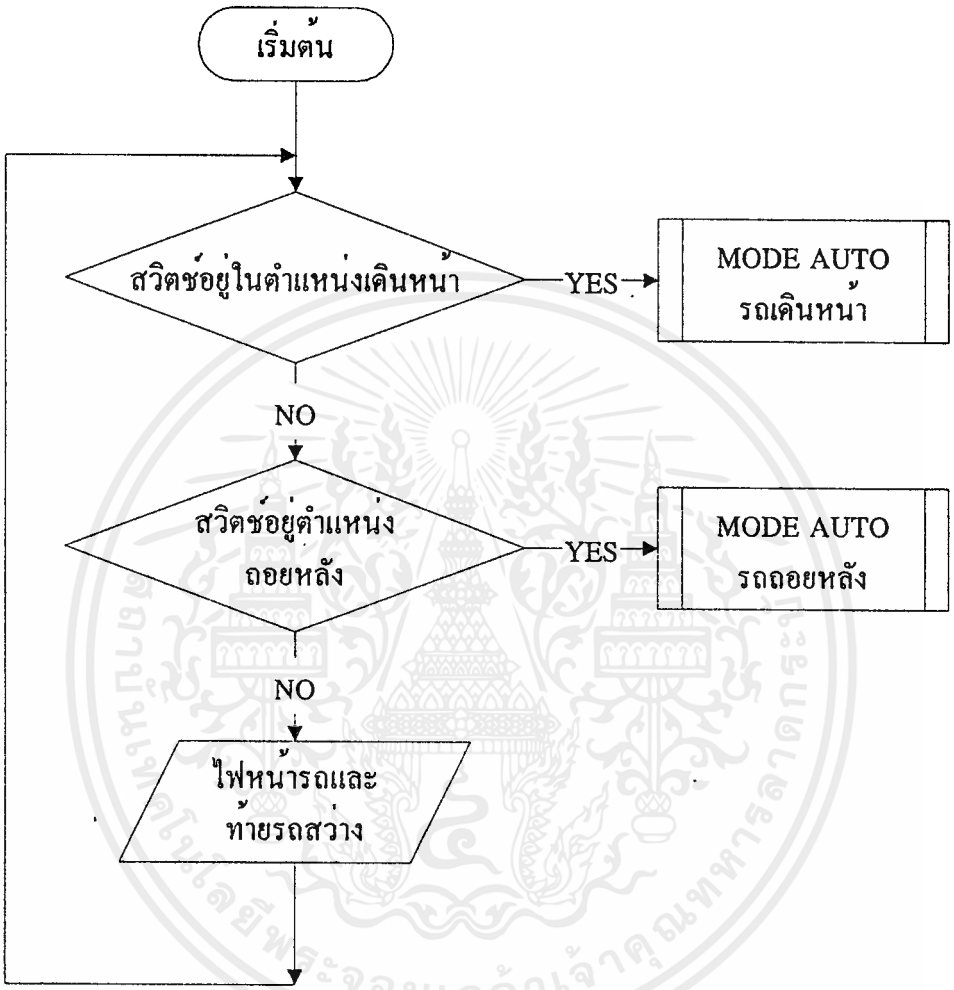
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



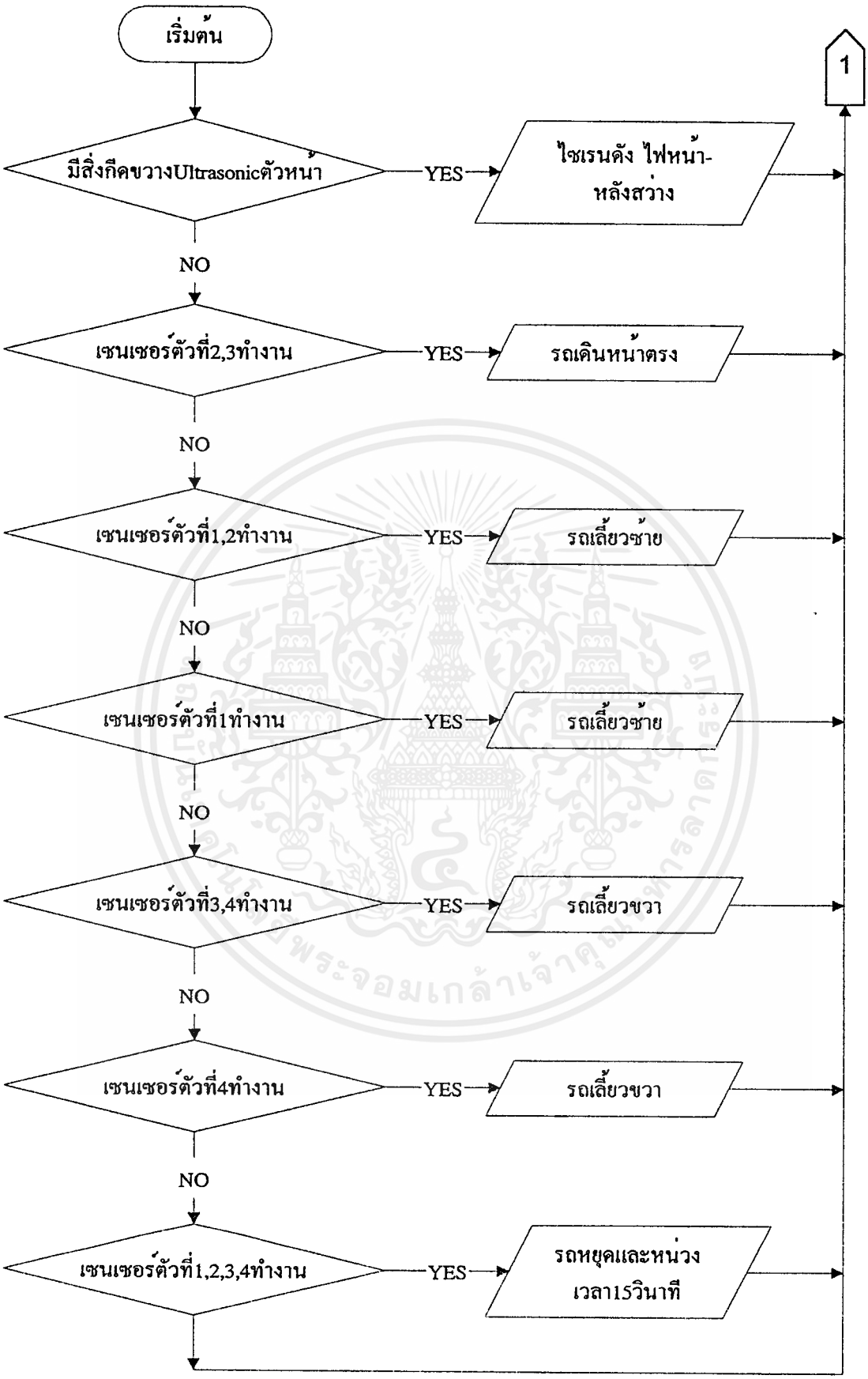
รูปที่ ผ.1 FLOW CHART การทำงานของ MANUAL PROGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



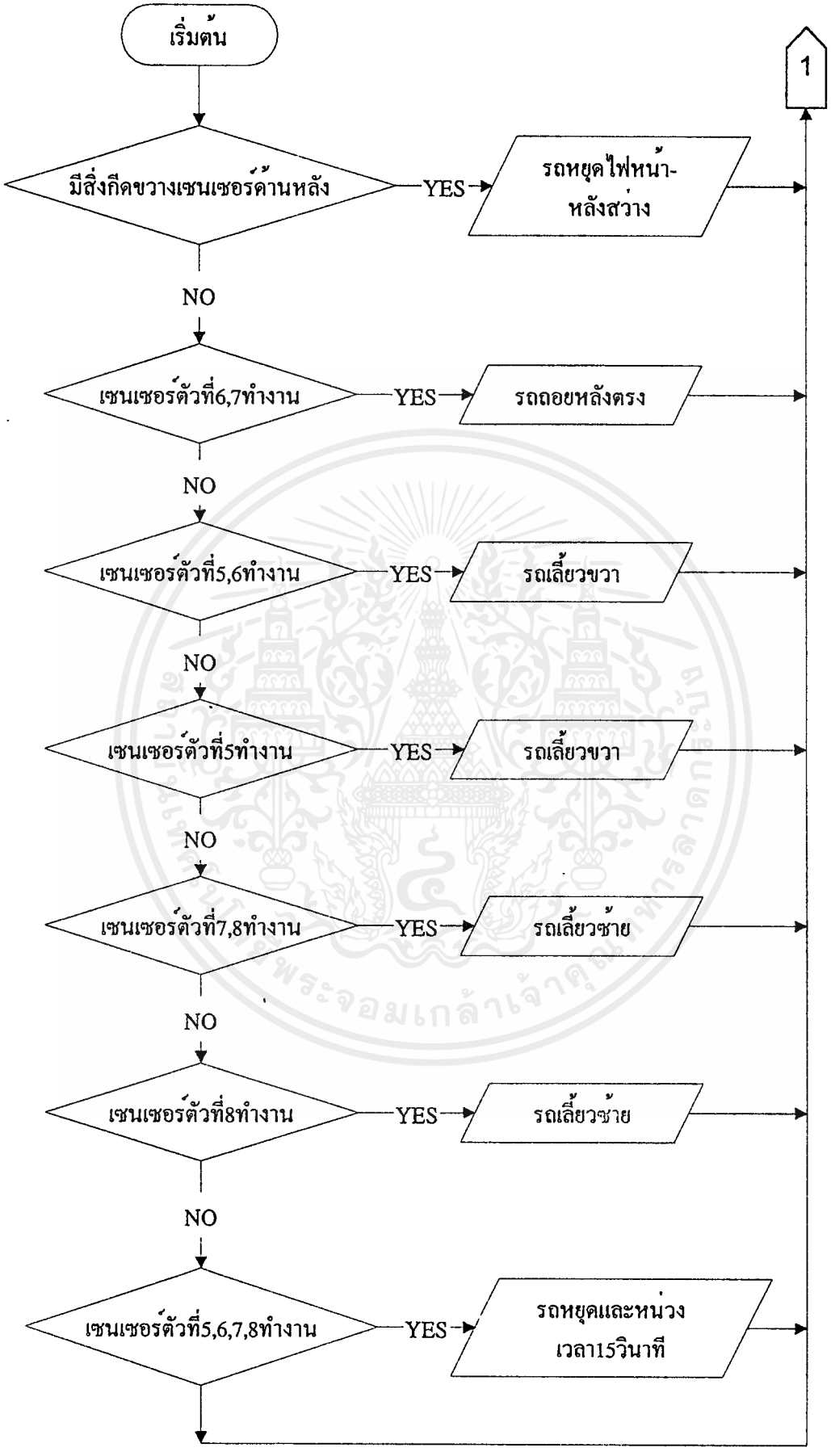
รูปที่ ผ.2 FLOW CHART MODE AUTO ในการเลือกรถเดินหน้าหรือถอยหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



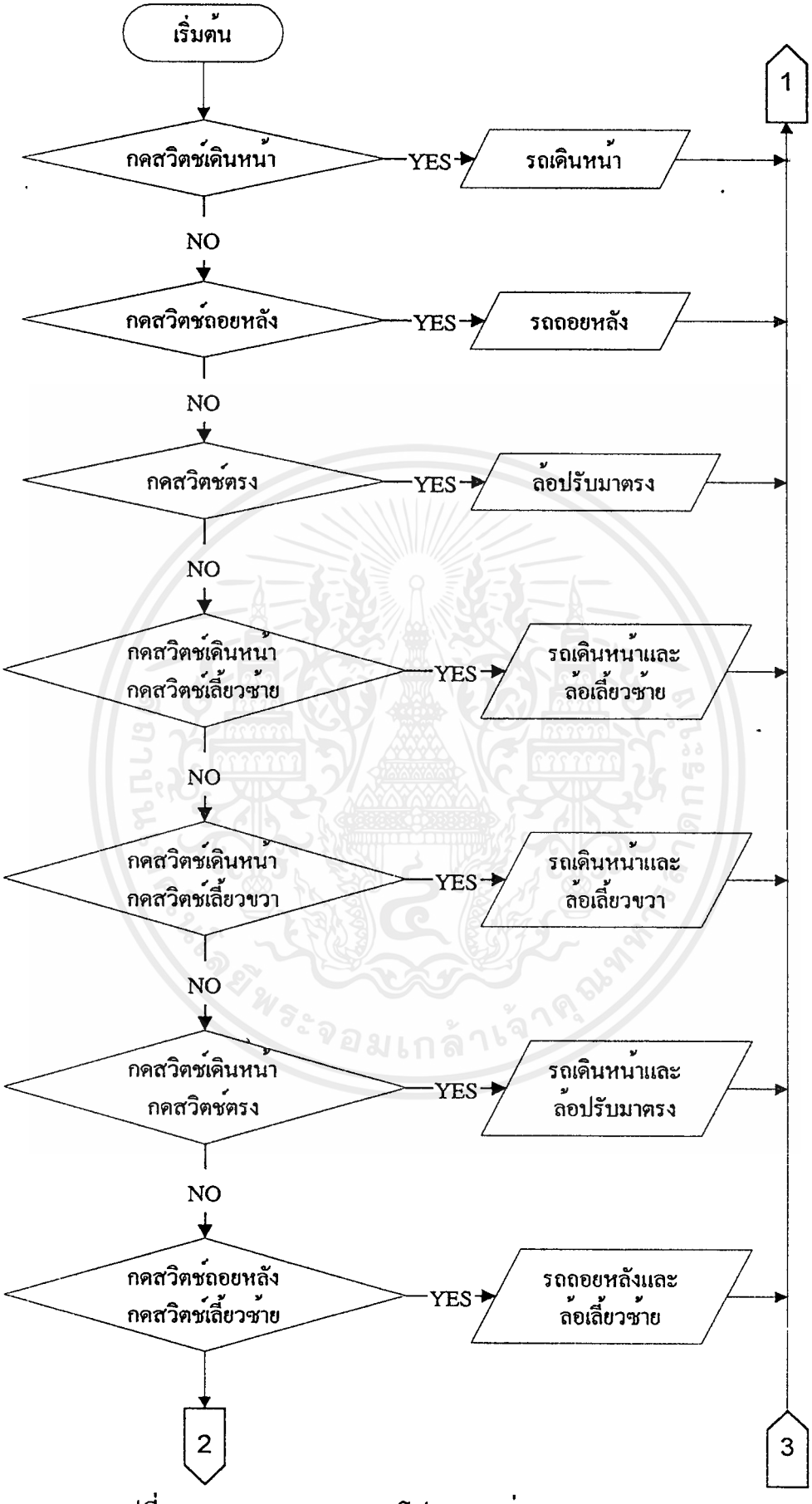
รูปที่ ผ.3 FLOW CHART โปรแกรมย่อย AUTO รถเดินหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



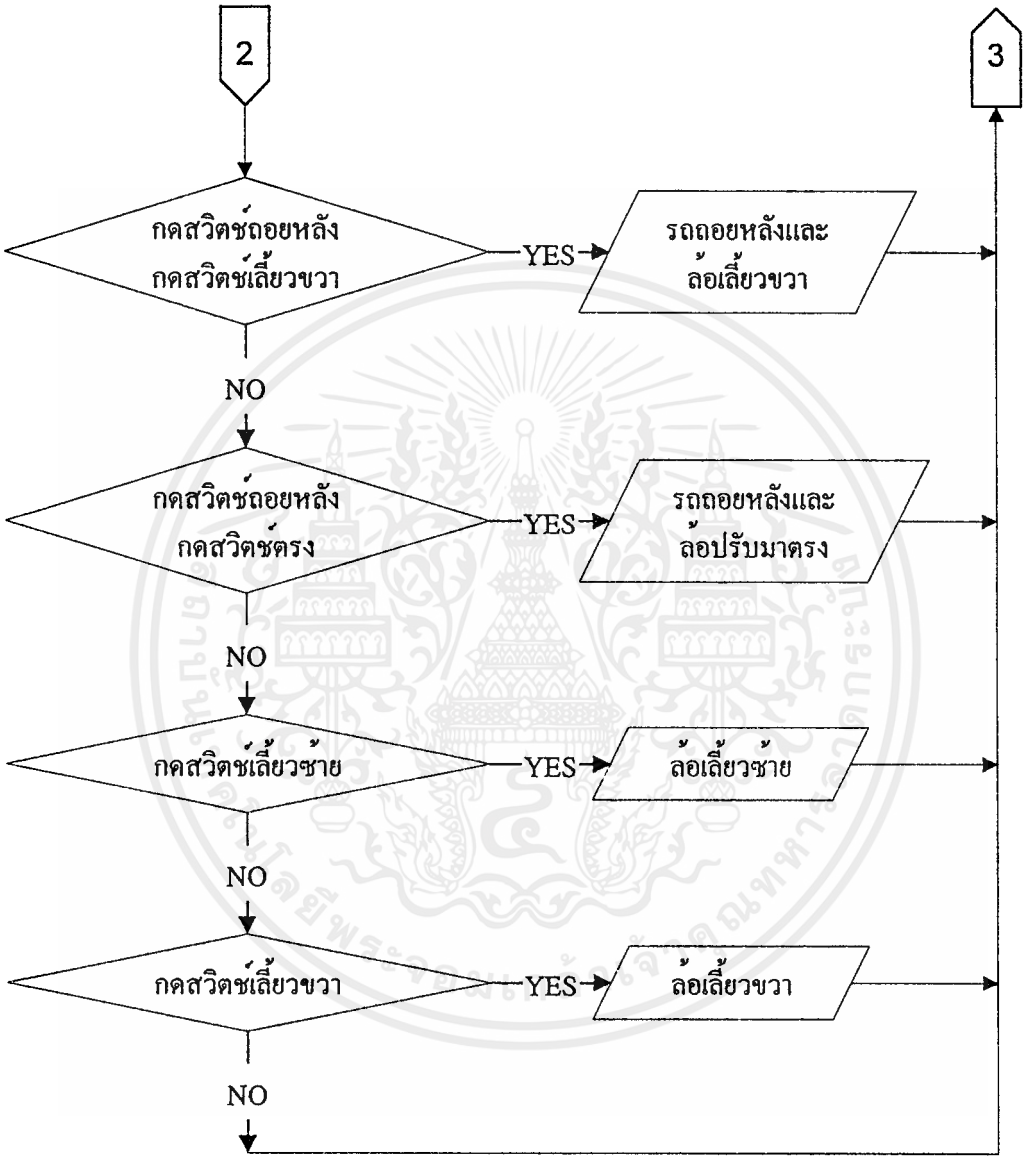
รูปที่ ผ.4 FLOW CHART โปรแกรมย่อย AUTO รถถอยหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.5 FLOW CHART โปรแกรมย่อย MANUAL (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.6 FLOW CHART โปรแกรมย่อย MANUAL (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงาน

```
      ORG    0000H
P1A   EQU    0FC00H
P1B   EQU    0FC01H
P1C   EQU    0FC02H
P1P   EQU    0FC03H
P2A   EQU    0F800H
P2B   EQU    0F801H
P2C   EQU    0F802H
P2P   EQU    0F803H
OLD   EQU    0050H
; *********************************************
; ********** LOAD DATA PORT USER2 ***********
; *********************************************
      LJMP   START
      ORG    0100H
START: LCALL  DELAY
      MOV    A,#80H
      MOV    DPTR,#P2P
      MOVX   @DPTR,A
; *********************************************
; ********** LOAD DATA PORT USER1 ***********
; *********************************************
      MOV    A,#9BH
      MOV    DPTR,#P1P
      MOVX   @DPTR,A
; *********************************************
; ************* CHECK POWER ******************
; *********************************************
      MOV    DPTR,#P1A
      MOVX   A,@DPTR
      ANL    A,#0F8H
      MOV    R0,A
      CJNE   R0,#0F8H,STOPPW1
; *********************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ********** CHECK AUTO AND MANUAL ***********
; ********************************************
MAIN:  MOV    DPTR,#P1A
       MOVX   A,@DPTR
       ANL    A,#01H
       MOV    R0,A
       CJNE   R0,#01H,C1
       LJMP   AUTO
STOPPW1:LJMP  STOPPW
C1:    MOV    DPTR,#P1C
       MOVX   A,@DPTR
       ANL    A,#80H
       MOV    R0,A
       CJNE   R0,#80H,C2
       LJMP   MANUAL
C2:    LJMP   AUTO3
; ********************************************
; ********        CHECK        ********
; ******** FORWARD AND REVERSE MODE AUTO ********
; ********************************************
AUTO:
       MOV    DPTR,#P1A
       MOVX   A,@DPTR
       ANL    A,#06H
       MOV    R0,A
       CJNE   R0,#02H,S1        ; CHECK FORWARD
       LJMP   AUTO1
S1:    CJNE   R0,#04H,S2        ; CHECK REVERSE
       LJMP   AUTO2
S2:    CJNE   R0,#00H,MAIN
       LJMP   AUTO3
; ********************************************
; ************ MODE AUTO FORWARD **************
; ********************************************
AUTO1: MOV    DPTR,#P1C
       MOVX   A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ANL     A,#60H
        MOV     R0,A
        CJNE    R0,#20H,U1          ; CHECK ULTRASONIC 1
        LJMP    STOPU
U1:     MOV     DPTR,#P1B
        MOVX    A,@DPTR
        ANL     A,#0FH
        MOV     R0,A
        CJNE    R0,#0CH,A1          ;FORWARD AND RIGHT
        MOV     A,#05H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     OLD,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
A1:     CJNE    R0,#08H,A2          ;FORWARD AND RIGHT
        MOV     A,#05H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     OLD,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
A2:     CJNE    R0,#0EH,A3          ;FORWARD AND RIGHT
        MOV     A,#05H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     OLD,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
A3:     CJNE    R0,#06H,A4          ;FORWARD AND DIRECT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,#11H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     OLD,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
A4:     CJNE    R0,#03H,A5      ;FORWARD AND LIFT
        MOV     A,#09H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     OLD,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
A5:     CJNE    R0,#01H,A6      ;FORWARD AND LIFT
        MOV     A,#09H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     OLD,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
A6:     CJNE    R0,#07H,A7      ;FORWARD AND LIFT
        MOV     A,#09H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     OLD,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
A7:     CJNE    R0,#0FH,A8      ;STOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,#50H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY1
A8:     MOV     A,OLD
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
; *********************************************
; ************ MODE AUTO REVERSE ***************
; *********************************************
AUTO2:  MOV     DPTR,#P1C
        MOVX    A,@DPTR
        ANL     A,#60H
        MOV     R0,A
        CJNE    R0,#40H,U2      ; CHECK ULTRASONIC 2
        LJMP    STOPU
U2:     MOV     DPTR,#P1B
        MOVX    A,@DPTR
        ANL     A,#0F0H
        MOV     R0,A
        CJNE    R0,#60H,A9      ;REVERSE AND DIRECT
        MOV     A,#12H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     OLD,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
A9:     CJNE    R0,#0C0H,A10    ;REVERSE AND RIGHT
        MOV     A,#06H
        MOV     DPTR,#P2B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    OLD,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LJMP   MAIN
A10:    CJNE   R0,#80H,A11      ;REVERSE AND RIGHT
        MOV    A,#06H
        MOV    DPTR,#P2B
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    OLD,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LJMP   MAIN
A11:    CJNE   R0,#0E0H,A12     ;REVERSE AND RIGHT
        MOV    A,#06H
        MOV    DPTR,#P2B
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    OLD,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LJMP   MAIN
A12:    CJNE   R0,#30H,A13      ;REVERSE AND LIFT
        MOV    A,#0AH
        MOV    DPTR,#P2B
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    OLD,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LJMP   MAIN
A13:    CJNE   R0,#10H,A14      ;REVERSE AND LIFT
        MOV    A,#0AH
        MOV    DPTR,#P2B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    OLD,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LJMP   MAIN
A14:    CJNE   R0,#70H,A15      ;REVERSE AND LIFT
        MOV    A,#0AH
        MOV    DPTR,#P2B
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    OLD,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LJMP   MAIN
A15:    CJNE   R0,#0F0H,A16    ;STOP
        MOV    A,#50H
        MOV    DPTR,#P2B
        MOVX   @DPTR,A
        LCALL  DELAY1
A16:    MOV    A,OLD
        MOV    DPTR,#P2B
        MOVX   @DPTR,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LJMP   MAIN
AUTO3:  MOV    A,#40H
        MOV    DPTR,#P2B
        MOVX   @DPTR,A
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LCALL  DELAY
        LJMP   MAIN
; ******************************************
; ************** MODE MANUAL ***************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ****************************************
MANUAL:
      MOV    DPTR,#P1C
      MOVX   A,@DPTR
      ANL    A,#1FH
      MOV    R0,A
      CJNE   R0,#01H,M1        ;FORWARD
      MOV    A,#01H
      MOV    DPTR,#P2B
      MOVX   @DPTR,A
      LCALL  DELAY
      LCALL  DELAY
      LCALL  DELAY
      LJMP   MAIN
M1:   CJNE   R0,#02H,M2        ;REVERSE
      MOV    A,#02H
      MOV    DPTR,#P2B
      MOVX   @DPTR,A
      LCALL  DELAY
      LCALL  DELAY
      LCALL  DELAY
      LJMP   MAIN
M2:   CJNE   R0,#04H,M3        ;LIFT
      MOV    A,#04H
      MOV    DPTR,#P2B
      MOVX   @DPTR,A
      LCALL  DELAY
      LCALL  DELAY
      LCALL  DELAY
      LJMP   MAIN
M3:   CJNE   R0,#08H,M4        ;RIGHT
      MOV    A,#08H
      MOV    DPTR,#P2B
      MOVX   @DPTR,A
      LCALL  DELAY
      LCALL  DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
M4:     CJNE    R0,#10H,M5      ;DIRECT
        MOV     A,#10H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
M5:     CJNE    R0,#05H,M6      ;FORWARD AND LIFT
        MOV     A,#05H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
M6:     CJNE    R0,#09H,M7      ;FORWARD AND RIGHT
        MOV     A,#09H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
M7:     CJNE    R0,#11H,M8      ;FORWARD AND DIRECT
        MOV     A,#11H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
M8:     CJNE    R0,#06H,M9      ;REVERSE AND LIFT
        MOV     A,#06H
```

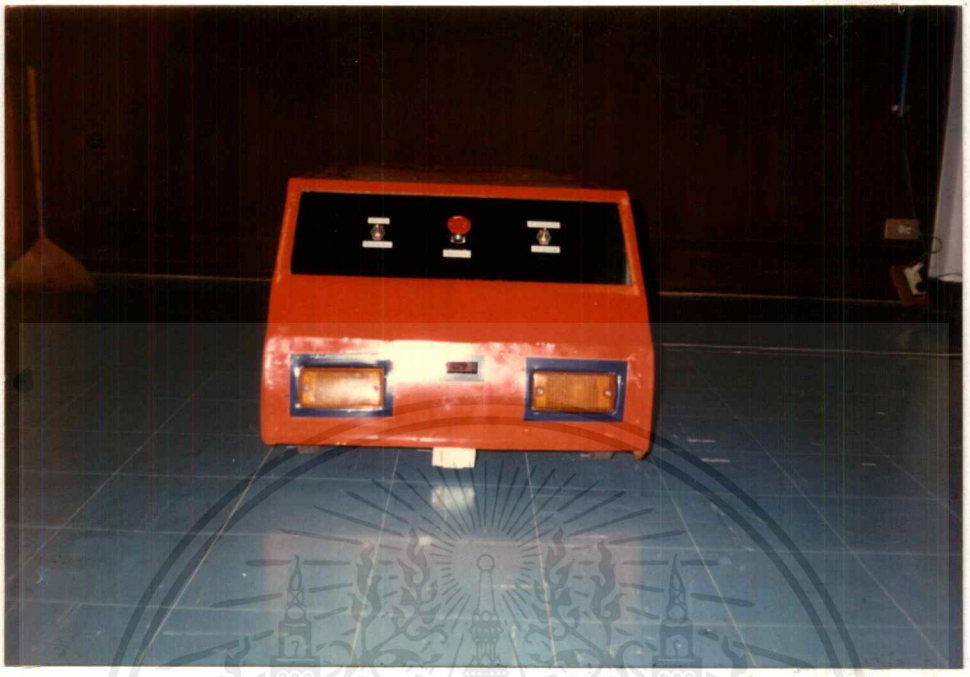
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
M9:     CJNE    R0,#0AH,M10     ;REVERSE AND RIGHT
        MOV     A,#0AH
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
M10:    CJNE    R0,#12H,M11     ;REVERSE AND DIRECT
        MOV     A,#12H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
M11:    CJNE    R0,#00H,MAIN3   ;STOP
        MOV     A,#40H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
MAIN3:  LJMP    MAIN
; ****************************************
; ******** STOP WITH CHECK POWER **********
; ****************************************
STOPPW:
        MOV     A,#20H
        MOV     DPTR,#P2B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX    @DPTR,A
        SJMP    $
; ****************************************
; ********* STOP WITH ULTRASONIC ***********
; ****************************************
STOPU:
        MOV     A,#60H
        MOV     DPTR,#P2B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
        LCALL   DELAY
        LJMP    AUTO
; ****************************************
; ************* TIME DELAY ******************
; ****************************************
DELAY:
        MOV     R0,#0FFH
        DJNZ    R0,$
        RET
DELAY1:
        MOV     R0,#6FH
D1:     MOV     R1,#0FFH
D2:     MOV     R2,#0FFH
        DJNZ    R2,$
        DJNZ    R1,D2
        DJNZ    R0,D1
        RET
; ****************************************
; ****************** END ********************
; ****************************************
        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

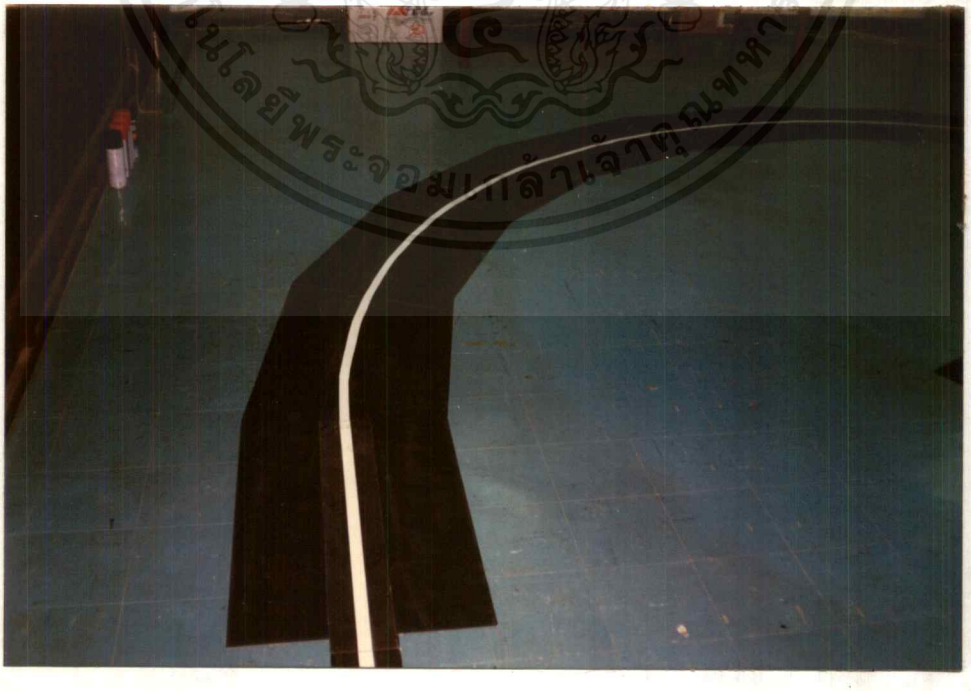


รูปที่ ผ.7 แสดงด้านหน้าของรถ

รูปที่ ผ.8 แสดงด้านหลังของรถ

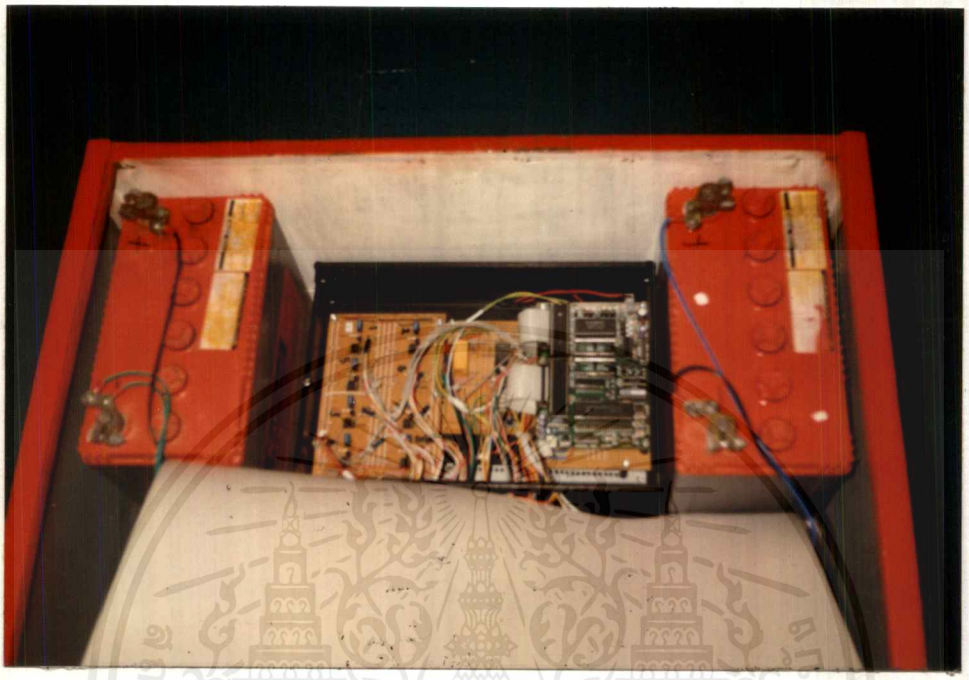
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผ.9 แสดงด้านข้างของรถ



รูปที่ ผ.10 แสดงเส้นแถบสีของรถ

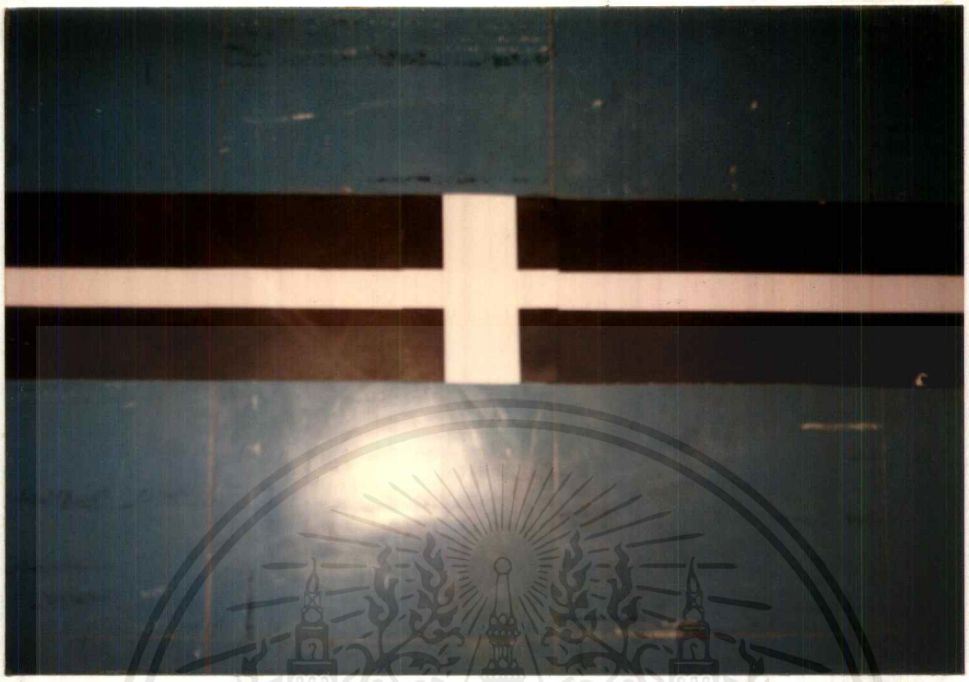
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



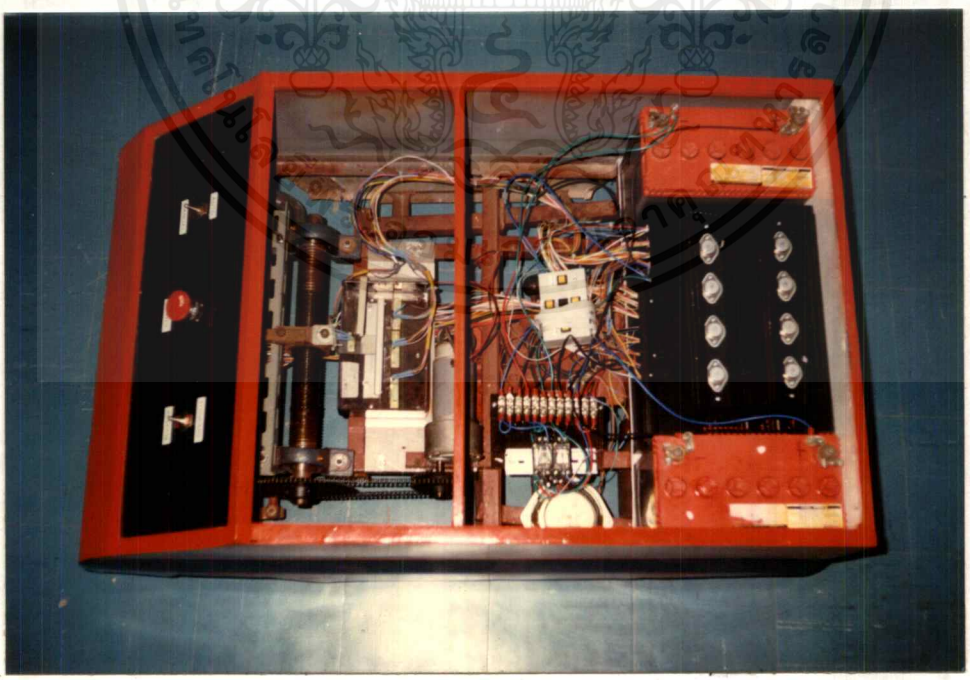
รูปที่ ผ.11 แสดงชุด SENSOR และชุด CONTROLER

รูปที่ ผ.12 แสดงการทำงานในโหมด AUTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

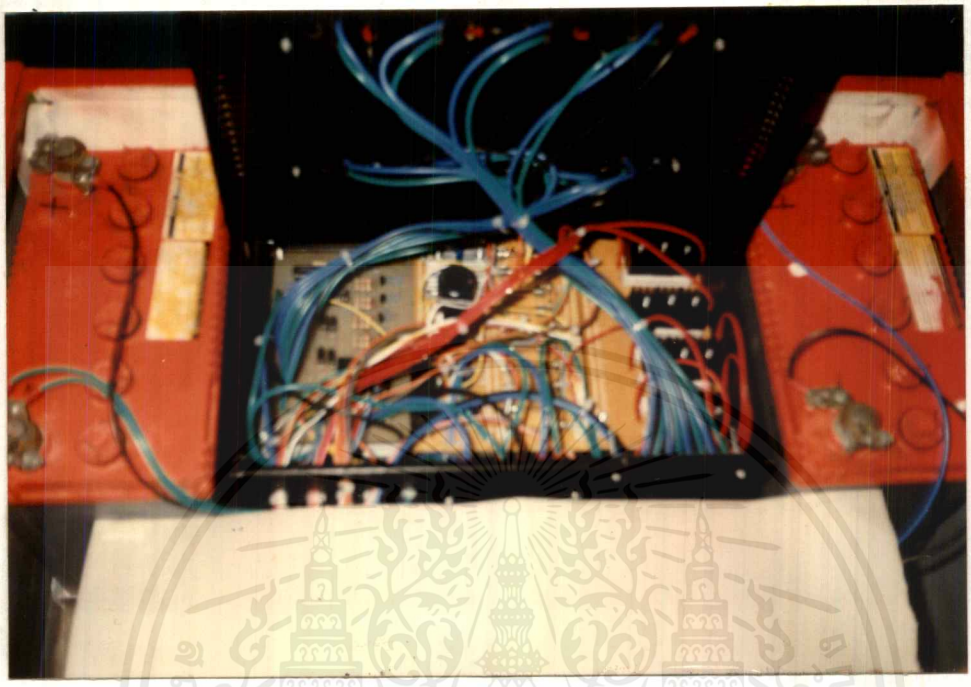


รูปที่ ผ.13 แสดงแถบสีสถานีหยุดรถ

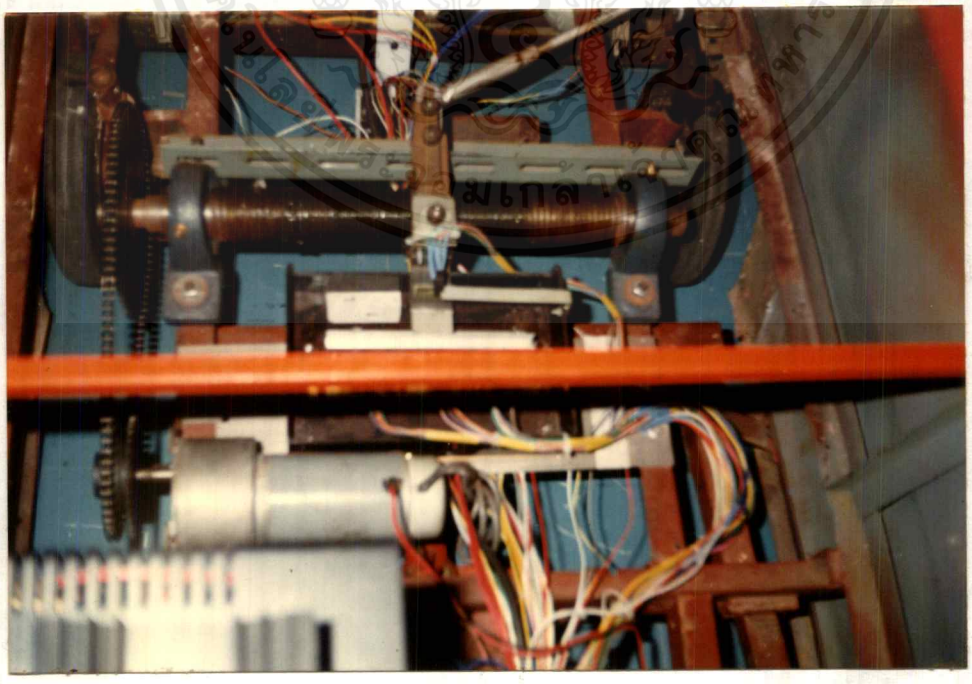


รูปที่ ผ.14 แสดงระบบภายในของรถทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.15 แสดงชุดแปลงไฟและชุดขับมอเตอร์



รูปที่ ผ.16 แสดงชุดขับเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทนา โชติสรยุทธ์, "เทคนิคการใช้งานอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์สำหรับนักทดลอง",เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์,หน้า 83-95 ,ซีเอ็ดยูเคชั่น,2536

2. ทีมงานซีเอ็ด, "รวม 301 วงจร",ซีเอ็ดยูเคชั่น,2535

3. สุนทร วิทูสุรพจน์, "การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051" ,ซีเอ็ดยูเคชั่น,2526

4. ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์, "คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", ซีเอ็ดยูเคชั่น,2522

5. ETT บริษัทอีทีทีจำกัด, "ไมโครโปรเซสเซอร์ เล่ม 1",ซีเอ็ดยูเคชั่น,2538

6. บริษัท พีทีอาร์ไฮเทค จำกัด, "คู่มือการใช้งานอุปกรณ์เซนเซอร์แสงอินฟราเรด",ฉบับที่ 12, กรุงเทพมหานคร,2537

7. ณรงค์ ย่างสกุล, "เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์(อุปกรณ์เซนเซอร์)",ฉบับที่ 143,กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดยูเคชั่น,2534

8. เปรมจิต วิสุทศิริ, "เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์(LED อินฟราเรด),ฉบับที่ 110, กรุงเทพฯ,ซีเอ็ดยูเคชั่น,2534

9. เธียรชัย บุญยะกุล, "เทคนิคยานยนต์ เล่ม 3",สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),2531

10. รศ. สัมพันธ์ หาญชเล , "เครื่องกลไฟฟ้า 1",สจช,2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้