สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

Robotic Cane

โดย

นายเรืองยศ เลิศวนิชย์ทิพย์

นายอภิชาติ อำไพจิตร

ปพ.
ส๘๕๑๗
๒๕๔๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....72750.....
วัน,เดือน,ปี.....22 มิ.ย. 2550.....

.b.....11772220.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

Robotic Cane

โดย

นายเรืองยศ เลิศวนิชย์ทิพย์ 47015181

นายอภิชาติ อำไพจิตร 47015233

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์นำทางคนตาบอด(Robotic Cane)

ผู้จัดทำ

1. นายเรืองยศ เลิศวนิชย์ทิพย์ เลขประจำตัว 47015181
2. นายอภิชาติ อำไพจิตร เลขประจำตัว 47015233

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.กิตติพล ชิตสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

นายเรืองยศ เลิศวนิชย์ทิพย์ รหัส 47015181
นายอภิชาติ อำไพจิตร รหัส 47015233
ดร. กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้อธิบายการออกแบบและการสร้าง หุ่นยนต์นำทางคนตาบอด ได้นำแนวความคิดหลักมาจากไม้เท้านำทางคนตาบอดมาประยุกต์ใช้ การทำงาน คือ หุ่นยนต์จะนำทางโดยจะเคลื่อนที่ตามเส้นสี(แดง น้ำเงิน เขียว ม่วง) ที่ถูกวางไว้ตามเส้นทางที่ต้องการ ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์หลักสามส่วนได้แก่ เซ็นเซอร์(แอลดีอาร์) ส่วนควบคุมมอเตอร์ และ ส่วนประมวลผลกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Robotic Cane

Mr. Ruengyot Lerdwanittip ID. 47015181
Mr. Apichart Umpaijit ID. 47015233
Dr. Kitiphol Chitsakul (Advisor)
Academic year 2006

Abstact

This report describes a design and construction of a robotic cane . The operation of robotic cane is able to move forward by itself following a colored line (red, blue, green, violet). The circuits used in this robot cane consist of three main parts which are a sensor (LDR), control motor and central processing unit (Microcontroller) .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์กิติพล ชิดสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการทำโครงงานชิ้นนี้จนสำเร็จตามขอบเขตที่ได้วางไว้ และขอขอบคุณ พ่อแม่ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ และทุกๆ ท่านที่ได้ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือต่างๆในการทำงาน รวมไปถึงปริญญานิพนธ์และหนังสือต่างๆ ที่ให้ความรู้และเป็นแนวทางให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงด้วยดี

.....

(นาย เรืองยศ เลิศวนิชย์ทิพย์)

.....

(นาย อภิชาติ อำไพจิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูปภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 แนวความคิดและทฤษฎี	3
2.1 แนวความคิดของการทำงานของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด	3
2.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนต่างๆในระบบหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด	4
2.2.1 คำอธิบายบล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนต่างๆ	4
2.3 คุณสมบัติพื้นฐานของแสง	5
2.3.1 การเป็นคลื่นของแสง	7
2.3.2 การสะท้อนของแสง	8
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์ตัวส่งแสง และ LDR	8
2.4.1 ไดโอดเปล่งแสง	8
2.4.1.1 หลักการทำงานของไดโอดเปล่งแสง	9
2.4.1.2 ลักษณะสมบัติต่างๆ ของไดโอดเปล่งแสง	10
2.4.1.3 ความกว้างของสเปกตรัมของการเปล่งแสง	11
2.4.1.4 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อไดโอดเปล่งแสง	11
2.4.1.5โครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงชนิดต่างๆ	11
2.4.1.6 ไดโอดเปล่งแสงที่มีโครงสร้างรอยต่อโฮโม	11
2.4.1.7 ไดโอดเปล่งแสงที่มีโครงสร้างรอยต่อเฮเทโร	12
2.4.2 LDR	13
2.4.2.1 โครงสร้าง	13
2.4.2.2 สมบัติทางแสง	14
2.4.2.3 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า	16
2.4.2.4 การนำ LDR ไปใช้งาน	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วงจรแปลงสัญญาณอานาลอกเป็นดิจิตอล (A/D Converter) 19
2.5.1 การแปลงสัญญาณจากอานาลอกเป็นดิจิตอล (A/D-Conversion) 19
2.5.2 Successive-Approximation ADC 21
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C52 23
2.6.1 คุณสมบัติของ MCS-51 เบอร์ AT89C52 23
2.6.2 การจัดขาต่าง ๆ ของ MCS-51 เบอร์ AT89C52 24
2.6.3 ความหมายของขาต่าง ๆ มีดังนี้ 24
2.7 ออปโตคัปเปอร์ 26
2.7.1 คุณสมบัติของออปโตคัปเปอร์ 26
2.7.2 ตัวอย่างการทำงานวงจรแบบง่ายๆ 27
2.8 I^2C 31
2.8.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C 31
2.8.2 หลักการของ I^2C 33
2.8.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I^2C 34
2.8.4 การทำงานบนบัส I^2C 35
2.8.5 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-bit addressing) 35
2.8.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต 36
2.9 ดีซีมอเตอร์ 37
2.9.1 ชุดขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 38
บทที่ 3 การทดลองและผลในส่วนย่อยของโปรเจ็ค 40
3.1 การทดลองในส่วนของอุปกรณ์รับส่งแสง 40
3.1.1 การทดลองหาผลตอบสนองของ LDR ในการแยกสี 40
3.2 การทดลองวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล 42
3.3 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้า 47
3.4 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ 48
บทที่ 4 การออกแบบและสร้างชิ้นงาน 52
4.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 52
4.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 53
4.3 วงจรปรับแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ 55
4.4 ชุดเซ็นเซอร์ตรวจจับสี 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุป 57
5.1 การสร้างในส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด 57
5.2 การสร้างส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด 57
5.3 สรุปผลการทำหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด 57
5.4 ปัญหาที่เกิดขึ้น 57
5.5 แนวทางการพัฒนาต่อไป 57
บรรณานุกรม 58
ภาคผนวก 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่2.1 ความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็น	7
ตารางที่3.1 ผลตอบสนองของ LDR	41
ตารางที่3.2 แสดงผลการแปลงแรงดันอนาลอกเป็นดิจิตอล	45
ตารางที่3.3 ตรวจสอบความถูกต้องจากการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล	46
ตารางที่3.4 แสดงทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้า	48
ตารางที่3.5 แสดงทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไมโครคอนโทรเลอร์	50
ตารางที่ 3.6 แสดงค่า Vds , Vgs , Id ในสภาวะที่มอแตอร์ทำงาน	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนต่างๆในระบบหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด	4
รูปที่ 2.2 ความยาวคลื่นของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.3 การสะท้อนของคลื่น	8
รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง	9
รูปที่ 2.5 LDR	13
รูปที่ 2.6 โครงสร้าง LDR	13
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างกราฟแสดงความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของ LDR ทั้ง 2 แบบ เมื่อเทียบกับความไวของตาคน	14
รูปที่ 2.8 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR	15
รูปที่ 2.9 เครื่องวัดแสงแบบง่ายที่สุด	16
รูปที่ 2.10 วงจรเครื่องวัดแสงที่ปรับปรุงขึ้นแล้ว	17
รูปที่ 2.11 หลักการใช้ LDR ในวงจรปิดเปิดสวิตซ์	17
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างวงจรควบคุมสวิตซ์โดยรีเลย์จะทำงานเมื่อไม่มีแสงสว่าง	18
รูปที่ 2.13 รูปแบบทั่วไปของวงจรควบคุมโดยใช้ระบบดิจิตอล	19
รูปที่ 2.14 วงจรทั่วไปในการแปลงสัญญาณจากอานาลอกเป็นดิจิตอล	20
รูปที่ 2.15 Successive-approximation ADC	21
รูปที่ 2.16 Illustration of four-bit SAC operation using DAC step size of 1 V and VA = 10.4 V.	22
รูปที่ 2.17 แสดงขาต่าง ๆ ของ MCS-51 เบอร์ AT89C52	24
รูปที่ 2.18 แสดงสัญลักษณ์ของไอซีออปโตคัปเปอร์ เบอร์ต่างๆ สังเกตเอาต์พุตจะมีหลายแบบ	27
รูปที่ 2.19 วงจรใช้งานไอซีออปโตคัปเปอร์แบบง่ายๆ	28
รูปที่ 2.20 การวัดแรงดันอินพุต/เอาต์พุต ขณะที่มีหรือไม่มีแรงดันเข้ามาทางอินพุต	29
รูปที่ 2.21 โครงสร้างวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ที่ใช้การเชื่อมต่อบนระบบบัส I^2C	32
รูปที่ 2.22 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์บนระบบบัส I^2C ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากัน	33
รูปที่ 2.23 ไดอะแกรมเวลาแสดงสภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนระบบบัส I^2C	34
รูปที่ 2.24 รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C	36
รูปที่ 2.25 รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ระบบบัส I^2C แบบ 7 บิต	36
รูปที่ 2.26 รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C แบบ 10 บิต	37
รูปที่ 2.27 โครงสร้างทั่งไปของดีซีมอเตอร์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 วงจรง่ายๆ ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์จากสวิตช์ 4 ตัว 39
รูปที่3.1 วงจรที่ใช้ในการทดลองหาผลตอบสนองของ LDR 40
รูปที่ 3.2 วงจรทดลองการทำงานของวงจรอนาลอกเป็นดิจิตอล 42
รูปที่ 3.3 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้า 47
รูปที่ 3.4 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ 49
รูปที่ 4.1.1 วงจรตรวจจับเส้นสี 52
รูปที่ 4.1.2 วงจรตรวจจับเส้นสีที่ใช้งาน 53
รูปที่ 4.2.1 วงจรควบคุมมอเตอร์ 54
รูปที่4.2.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ที่ใช้งาน 54
รูปที่ 4.3.1 วงจรปรับแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ 55
รูปที่ 4.3.2 วงจรปรับแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้งาน 55
รูปที่ 4.4.1 ชุดเซ็นเซอร์ตรวจจับสี 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

โครงงานนี้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการนำทางผู้พิการทางสายตาไปยังตำแหน่งหรือสถานที่ผู้ใช้งานต้องการไปโดยที่ไม้เท้านั้นสามารถที่จะสแกนหาเส้นและเคลื่อนที่ไปตามเส้น เพื่อนำผู้พิการทางสายตาไปถึงยังจุดหมายลักษณะของไม้เท้านี้ถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ภายในอาคาร เช่น ภายในโรงพยาบาล , สำนักงานต่างๆ เป็นต้น

1.2 ลักษณะของโครงงาน

หุ่นยนต์นำทางคนตาบอดได้ทำการประยุกต์หลักการทำงานจากไม้เท้านำทางคนตาบอดในเรื่องของการสแกนเส้น ซึ่งจากเดิมที่สามารถตรวจสอบได้หลายเส้นอยู่แล้ว แต่การสแกนหาเส้นยังทำงานไม่ดีเท่าไหร่ ทำให้การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการไปยังไม่ดีพอ ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน จึงได้ทำการแก้ไขให้สามารถในการสแกนเส้นได้ดีมากขึ้น และจากการแก้ไขการสแกนเส้นให้ดีขึ้นจึงส่งผลให้การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งหรือสถานที่ ที่ต้องการไปนั้นทำได้ดีกว่าเดิม อาทิเช่นในโรงพยาบาลซึ่งเป็นสถานที่ที่ใช้ทำกิจกรรมต่างๆที่เป็นจุดใหญ่สำคัญอยู่มาก เช่น แผนกศัลยศาสตร์ , แผนกเวชศาสตร์ , แผนกอายุรกรรม เป็นต้น ซึ่งสถานที่ต่าง ๆ เหล่านี้ ในโรงพยาบาลมักที่จะอยู่ห่างกันซึ่งจะลำบากสำหรับบุคคลทั่วไปรวมทั้งผู้พิการทางสายตาด้วยที่ไม่รู้เส้นทางที่จะไปยังสถานที่ต่าง ๆ เหล่านี้ โดยระบุให้ แผนกศัลยศาสตร์ให้เป็นเส้นสีแดง , แผนกเวชศาสตร์ ให้เป็นเส้นสีน้ำเงิน และแผนกอายุรกรรมให้เป็นเส้นสีเขียวเป็นต้น โดยการใช้งานเริ่มต้นนั้นผู้ใช้จะระบุตำแหน่งที่ต้องการจะไปให้กับไม้เท้าก่อนเช่น ต้องการจะไปที่แผนกอายุรกรรมซึ่งเส้นทางนี้ถูกกำหนดให้เป็นเส้นสีเขียว ไม้เท้าจะทำการประมวลผลว่าแล้วเคลื่อนที่ไปบนเส้นสีเขียวเท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้ทำให้บุคคลทั่วไปรวมทั้งผู้พิการทางสายตานั้นสามารถไปยังแผนกอายุรกรรมได้อย่างถูกต้อง

1.3 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบไปด้วยบทต่างๆที่ให้รายละเอียดในการสร้างหุ่นยนต์จำนวน 5 บทโดยแบ่งเป็นบทตอนดังนี้

บทที่ 1 เป็นเนื้อหาในส่วนของบทนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 จะเป็นส่วนของแนวความคิดรวมทั้งทฤษฎีต่างๆที่ใช้ในการออกแบบวงจรวงจรควบคุมการทำงานซึ่งประกอบไปด้วย บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนต่างๆในระบบหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด คุณสมบัติพื้นฐานของแสง ไดโอดเปล่งแสง LDR วงจรแปลงสัญญาณอานาลอกเป็นดิจิตอล ไมโครคอนโทรลเลอร์ ออปโตคัปเปอร์ I2C ดีซีมอเตอร์ ชุดขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

บทที่ 3 เป็นการทดลองของอุปกรณ์ที่จะใช้ในส่วนต่างๆ มีดังนี้ การทดลองในส่วนของอุปกรณ์รับส่งแสงการทดลองวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้า

บทที่ 4 เป็นส่วนที่จะแสดงการออกแบบและการสร้างวงจรในส่วนต่างๆที่ใช้ในการหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

บทที่ 5 เป็นการสรุปขอบเขตของการทำโปรเจ็คชิ้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

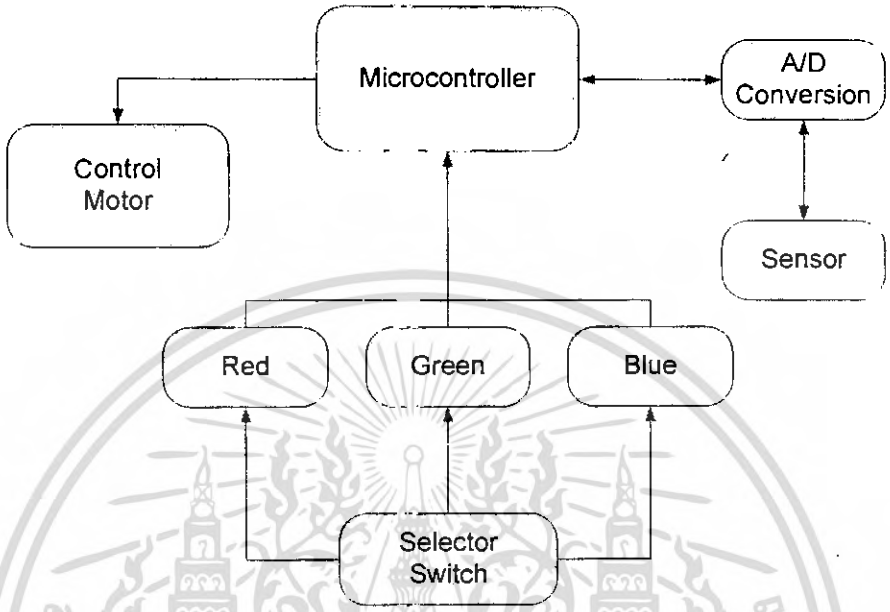
แนวความคิดและทฤษฎี

2.1 แนวความคิดของการทำงานของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

หุ่นยนต์นำทางคนตาบอดได้ทำการประยุกต์หลักการทำงานจากไม้เท้านำทางคนตาบอดในเรื่องของการแสกนเส้น ซึ่งจากเดิมที่สามารถตรวจสอบได้หลายเส้นอยู่แล้ว แต่การสแกนหาเส้นยังทำงานไม่ดีเท่าไหร่ ทำให้การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการไปยังไม่ดีพอ ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน จึงได้ทำการแก้ไขให้สามารถในการสแกนเส้นให้ดีมากขึ้น และจากการแก้ไขการสแกนเส้นให้ดีขึ้นจึงส่งผลให้การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งหรือสถานที่ ที่ต้องการไปนั้นทำได้ดีกว่าเดิม อาทิเช่นในโรงพยาบาลซึ่งเป็นสถานที่ที่ใช้ทำกิจกรรมต่างๆที่เป็นจุดใหญ่สำคัญอยู่มาก เช่น แผนกศัลยศาสตร์ , แผนกเวชศาสตร์ , แผนกอายุรกรรม เป็นต้น ซึ่งสถานที่ต่าง ๆ เหล่านี้ ในโรงพยาบาลมักที่จะอยู่ห่างกันซึ่งจะลำบากสำหรับบุคคลทั่วไปรวมทั้งผู้พิการทางสายตาด้วยที่ไม่รู้เส้นทางที่จะไปยังสถานที่ต่าง ๆ เหล่านี้ โดยระบุให้ แผนกศัลยศาสตร์ให้เป็นเส้นสีแดง , แผนกเวชศาสตร์ ให้เป็นเส้นสีน้ำเงิน และแผนกอายุรกรรมให้เป็นเส้นสีเขียวเป็นต้น โดยการใช้งานเริ่มต้นนั้นผู้ใช้จะระบุตำแหน่งที่ต้องการจะไปให้กับไม้เท้าก่อนเช่น ต้องการจะไปที่แผนกอายุรกรรมซึ่งเส้นทางนี้ถูกกำหนดให้เป็นเส้นสีเขียว ไม้เท้าจะทำการประมวลผลว่าแล้วเคลื่อนที่ไปบนเส้นสีเขียวเท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้ทำให้บุคคลทั่วไปรวมทั้งผู้พิการทางสายตานั้นสามารถไปยังแผนกอายุรกรรมได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนต่างๆในระบบหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนต่างๆในระบบหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

2.2.1 คำอธิบายบล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนต่างๆในระบบหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

Microcontroller ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดซึ่งทำหน้าที่ในการตัดสินใจ และควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด ทั้งหมดในที่นี้ใช้ Microcontroller เบอร์ AT89c52

Selector Switch ทำหน้าที่เลือกเส้นทางการเดินทางตามเส้นสี

Line Color ทำหน้าที่เป็นเส้นทางที่จะนำทางไปในที่ต่างๆ

Sensor ทำหน้าที่รับปริมาณแสงที่เส้นสีต่างๆได้สะท้อนจาก line color มาเป็นระดับแรงดันอ้างอิงต่าง ๆ

A/D Conversion ทำหน้าที่แปลงค่าแรงดันที่ได้จาก LDR มาเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งค่านี้ให้กับ Microcontroller

Control Motor ทำหน้าที่ขับเคลื่อนล้อของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณสมบัติพื้นฐานของแสง

แสงเดินทางเป็นเส้นตรงจากแหล่งกำเนิดโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันก็จะเกิดการหักเห ถ้าแสงเดินทางกระทบวัตถุผิวเรียบเป็นมันจะเกิดการ สะท้อน ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของแสง และ แสงมีคุณสมบัติเป็นทั้ง " **คลื่น** " (wave) และ "**อนุภาค** " (particle) ปรากฏการณ์ที่เราพบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่น การสะท้อนแสง (reflection) การแทรกสอดแสง (interference) แสดงว่าแสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่น ส่วนปรากฏที่แสดงให้เห็นหรืออธิบายได้ว่าแสงเป็นอนุภาคได้แก่การส่องของแสงเข้าสู่ผิวโลหะแล้วทำให้อิเล็กตรอนกระเด็นหลุดออกสู่สุญญากาศ ซึ่งเรียกว่า **ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (external photoelectric effect)** หรือการเพิ่มขึ้นของค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำเมื่อถูกแสงหรือการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสง เป็นต้น

แหล่งกำเนิดของแสงในธรรมชาติ คือดวงอาทิตย์ แสงเดินทางเป็นเส้นตรงจากแหล่งกำเนิด เมื่อผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันก็จะเกิดการหักเห และจะสะท้อนได้ดีเมื่อกระทบวัตถุผิวเรียบเป็นมัน Newton ผู้ค้นพบกฎเกณฑ์สำคัญทางกลศาสตซึ่งกล่าวว่าแสงเป็นอนุภาคที่ส่งติดต่อกันออกมาคล้ายลูกปืนที่ยิงติดต่อกัน เมื่ออนุภาคเหล่านั้นเข้าสู่นัยน์ตาทำให้เกิดความรู้สึกในการมองเห็นภาพต่างๆ และสามารถอธิบายกฎการสะท้อนและหักเหของแสง โดยใช้ทฤษฎีที่ว่า **แสงเป็นอนุภาค**

ในปี ค.ศ.1887 Hertz นักวิทยาศาสตร์ ชาวเยอรมัน ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้พบปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกเป็นครั้งแรกโดยบังเอิญ พบว่า เมื่อฉายแสงความถี่เดียว เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต ให้ตกกระทบผิวโลหะ จะสามารถทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะ พบว่า ถ้าใช้แสงความถี่เดียว ที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่ขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold frequency)คือ ค่าความถี่ของแสงที่น้อยที่สุด ที่สามารถทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะฉายไปยังโลหะนี้จะไม่มีอิเล็กตรอนหลุดออกมา ซึ่งปรากฏการณ์ที่แสงช่วยให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะได้นี้เรียกว่าปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (photoelectric effect) และเรียกอิเล็กตรอนที่หลุดออกนี้ว่าโฟโตอิเล็กตรอน (photoelectrons) นักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่ทำการศึกษาทดลอง ต่างก็ได้ผลสรุปอย่างเดียวกัน ดังนี้

1.พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนไม่ขึ้นกับความเข้มของแสงแต่ขึ้นกับความถี่ของแสง โดยเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความถี่ของแสง และถ้าแสงมีความถี่ต่ำกว่าความถี่ขีดเริ่มเปลี่ยนจะไม่มีโฟโตอิเล็กตรอนเกิดขึ้น

2.ถ้าแสงมีความถี่สูงกว่าความถี่ขีดเริ่มเปลี่ยน จำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาในปี ค.ศ. 1895 Einstein ได้เสนอทฤษฎีโฟตอนของแสง และสามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกได้สำเร็จ โดยใช้แนวความคิดเกี่ยวกับการแผ่รังสี เป็นกลุ่มควอนตัมที่ Planck ใช้อธิบายการแผ่รังสีจากวัตถุดำร้อน Einstein กล่าวว่า แสงประกอบด้วยกลุ่มก้อนพลังงาน เรียกว่า **โฟตอน (photon)** ซึ่งโฟตอนของแสง ที่มีความถี่ (n) จะมีพลังงานเท่ากับ hn เมื่อ h คือ ค่าคงตัวของพลังค์

แสงมีลักษณะเป็นอนุภาคที่ประกอบด้วยก้อนพลังงานเล็กๆ เมื่อฉายไปกระทบโลหะ พลังงาน hnของโฟตอนจะถ่ายให้กับอิเล็กตรอนในโลหะตัวต่อตัว และในการที่อิเล็กตรอนจะหลุดจากอะตอมของผิวโลหะ โฟตอนจะต้องจ่ายพลังงานให้กับอะตอมของโลหะ เท่ากับค่าฟังก์ชั่นงาน (work function) ซึ่งเป็นพลังงานยึดเหนี่ยว อิเล็กตรอนไว้กับอะตอมนั้น ส่วนพลังงานที่เหลือจะปรากฏเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน เขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$hV = W+(Ek)max$

(Ek)max คือ พลังงานจลน์สูงสุดของ โฟโตอิเล็กตรอน

W คือ เป็นค่าฟังก์ชันงานของโลหะมีค่าต่างกัน แล้วแต่ชนิดของโลหะ

h คือ ค่าคงตัวของพลังค์

V คือ ความถี่ของแสง

แสงที่มีความถี่สูง โฟตอนจะมีพลังงานสูง เมื่อฉายไปยังโลหะโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดก็จะมีพลังงานจลน์สูง และถ้าความถี่ของแสงที่ฉายมีค่าน้อยลง พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนก็จะน้อยลงตามลำดับ ถ้าความถี่ของแสงมีค่าสูงพอที่จะให้โฟตอนมีพลังงานพอดี เพียงทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะเท่านั้น แต่ไม่มีพลังงานจลน์ ค่าความถี่ดังกล่าวเรียกว่า ความถี่ขีดเริ่ม ดังนั้น ถ้าฉายแสงที่มีความถี่น้อยกว่า ความถี่ขีดเริ่มเปลี่ยนของโลหะ ก็จะไม่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะ ไม่ว่าจะใช้ความเข้มของแสงสูงเพียงใดก็ตาม แต่ถ้าฉายแสงที่มีความถี่สูงกว่า ความถี่ขีดเริ่มเปลี่ยนของโลหะนั้น ก็จะสามารถทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะ จะเกิดโฟโตอิเล็กตรอน จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจะขึ้นกับความเข้มของแสงที่ฉาย ถ้าแสงที่มีความเข้มสูงจะเกิดโฟโตอิเล็กตรอนจำนวนมาก

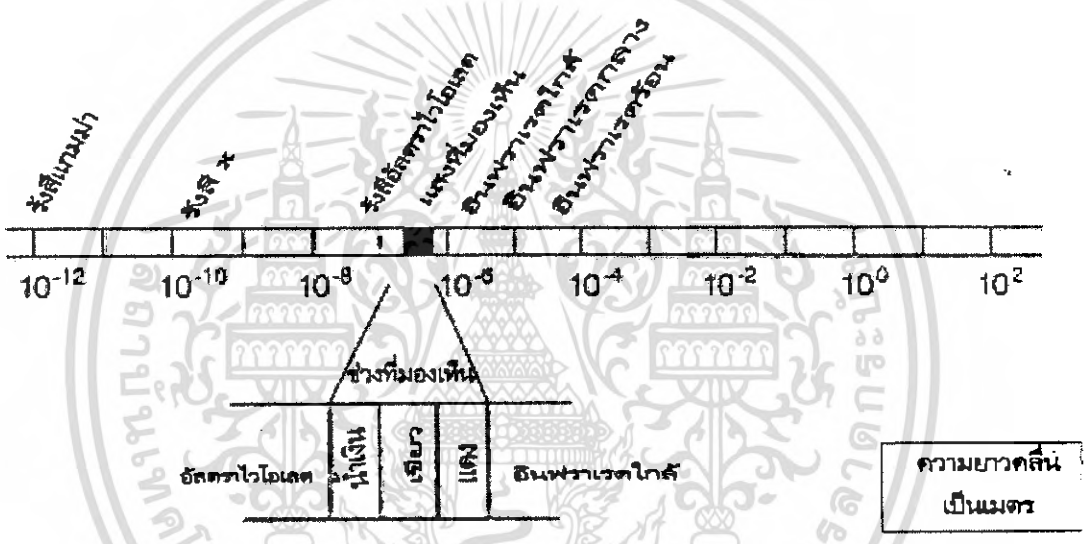
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การเป็นคลื่นของแสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ถ้าให้ λ คือความยาวคลื่นแสง ν คือความถี่ และ c0 คือ ความเร็วของแสงที่เดินทางในสุญญากาศ(c0=2.99792458×108 m/s) จะมีความสัมพันธ์ดังนี้

$\lambda = c0 / \nu$

แสงที่ตามนุษย์เรามองเห็นเรียกว่า แสงมองเห็น (visible light) ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 400 – 700 nm แสงมองเห็นนี้ในสเปกตรัมแสงมีการแบ่งเป็นสีต่างๆ ได้แก่สีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม และ แดง ในจำนวนสีต่างๆ เหล่านี้สีที่ตามนุษย์มีความไว (sensitivity) มากที่สุดคือแสงสีเขียว สเปกตรัมแสงมีการแบ่งเป็นสีต่างๆดังนี้



รูปที่ 2.2 ความยาวคลื่นของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า

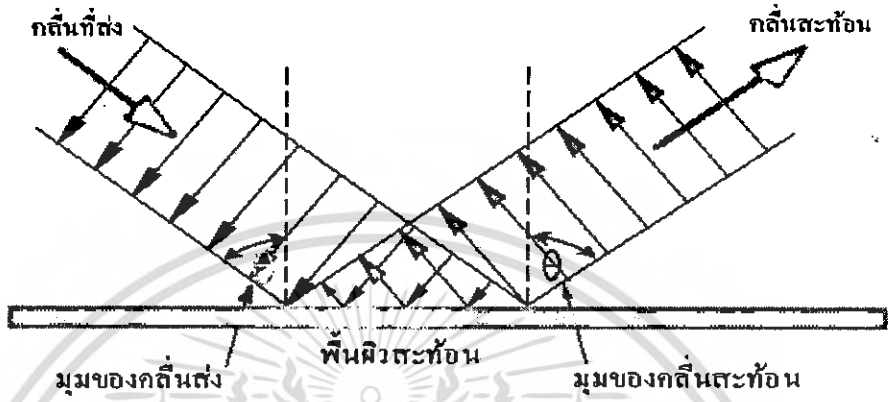
สี	ความยาวคลื่น (nm)
ม่วง	380-450
น้ำเงิน	450-500
เขียว	500-570
เหลือง	570-590
แสด	590-610

ตารางที่2.1 ความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การสะท้อนของแสง

แสงเมื่อเดินทางกระทบวัตถุผิวเรียบผิวเป็นมันจะเกิดการสะท้อน โดยมีมุมตกกระทบ (มุมที่แสงตกกระทบทำมุมกับเส้นที่ลากตั้งฉากกับแนวระนาบเท่ากับมุมสะท้อน



รูปที่ 2.3 การสะท้อนของคลื่น

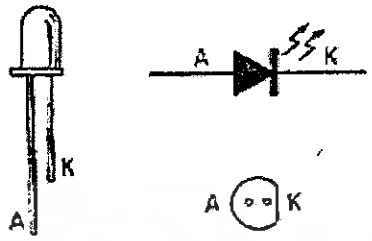
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์ตัวส่งแสง และ LDR

เป็นส่วนของอินพุตในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่รับรู้ความรู้สึกต่าง ๆ แทนตา หู จมูก ของคนและสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ เราเรียกว่าตัวตรวจจับหรือ เซนเซอร์ (Sensor) ซึ่งมันจะทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณทางไฟฟ้า (แรงดันหรือกระแส) แล้วส่งให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ตีความหมายพร้อมกับนำผลออกไปใช้งานตามความต้องการ ซึ่งตัวตรวจจับแบบง่าย ๆ พื้นฐานที่เราคุ้นเคยกันดีมีหลายอย่าง เช่น สวิทช์กลไก สวิทช์แม่เหล็ก เซลล์รับแสง โฟโต้ทรานซิสเตอร์ ออโต้คัปเปอร์ ตัวตรวจจับเสียง ตัวตรวจจับอุณหภูมิ ฯลฯ ตัวตรวจจับเหล่านี้มันจะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานะภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำไปควบคุมงานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตามที่เราต้องการประยุกต์ใช้งาน

2.4.1 ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode) เรียกย่อ ๆ ว่า LED คือ ไดโอดซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้ แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน ซึ่งต่างกับแสงธรรมดาที่ตาคนมองเห็นอันประกอบด้วยคลื่นซึ่งมีเฟสและความถี่ต่าง ๆ กันมารวมกัน ไดโอด ซึ่งสามารถให้แสงออกมาได้ ทั้งชนิดที่เป็นสารกึ่งตัวนำของเหลวก๊าซ ในที่นี้จะกล่าวถึงชนิดที่เป็นสารกึ่งตัวนำเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดชนิดนี้เหมือนไดโอดทั่ว ๆ ไปที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ประกบกัน เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรงจะทำให้อิเลคตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลใน P ต่อให้เกิดพลังงานในรูปของประจุโฟตอน ซึ่งจะส่งแสงออกมา การประยุกต์ LED ไปใช้งานอย่างกว้างขวางส่วนมากใช้ในภาคแสดงผล (display unit) LED โดยทั่วไปมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือLED ชนิดที่ตาคนเห็นได้กับชนิดที่ตาคนมองไม่เห็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวรับแสงแทนตาคน เมื่อนำLED มาประกอบกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งเป็นตัวรับแสงจาก LED โฟโต้ทรานซิสเตอร์จะให้กระแสที่เปลี่ยนแปลงกับความเข้มของแสงที่มาจากไดโอดอุปกรณ์ที่รวมกันระหว่าง LED กับโฟโต้ทรานซิสเตอร์เรียกว่า โฟโต้ไอโซเลชั่น (photo isolation)

2.4.1.1 หลักการทำงานของไดโอดเปล่งแสง

โดยทั้วไป LED ตัวหนึ่งมีข นาดยาวด้านละประมาร 0.3 nm LED แต่ละตัวจะถูกติดอยู่บนฐานโลหะและด้านเปล่งแสงจะมีวัสดุเรซินเคลือบทับ (mold) และทำหน้าที่เป็นเลนส์ เพื่อให้แสงเปล่งออกมาวิ่งไปในทิศทางที่ต้องการ เราเรียก LED ที่ถูกบรรจุในลักษณะนี้ว่า ชนิดหลอดไพลอต (pilot lamp) ในการใช้งาน LED เราจะต้องป้อนแรงดันไฟฟ้าแบบไบแอสตาม (forward bias) เข้าสู่ LED ผ่านขา 2 ขานั่นคือป้อนแรงดันบวกเข้าด้านขาชนิด p และป้อนแรงดันลบเข้าด้านขาชนิด n วิธีนี้เป็นการฉีดพาหะ (อิเล็กตรอนและโฮล) เข้าสู่ LED ซึ่งจะทำให้อิเล็กตรอนถูกฉีดแบบแพร่ซึม (diffusion) จากชั้น n เข้าสู่ชั้น p และโฮลจะถูกฉีดแบบแพร่ซึมจากชั้น p เข้าสู่ชั้น n พาหะข้างน้อยที่ถูกฉีดเหล่านี้จะไปรวมตัวกับพาหะข้างมากที่มีอยู่ก่อนแล้ว ทำให้เกิดการเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 ลักษณะสมบัติต่างๆ ของไดโอดเปล่งแสง

1. หน่วยความเข้มของแสง (Unit of Intensity of Light)

โดยทั่วไป ถ้าเป็น LED ชนิดที่เปล่งแสงมองเห็น นิยมใช้หน่วยความเข้มของแสงด้วยวิธีการวัดแบบลูมิเนียส (luminous intensity หน่วยเป็น candela) และถ้าเป็น LED ชนิดเปล่งแสงอินฟราเรด นิยมใช้หน่วยความเข้มด้วยแสงวิธีการวัดแบบเรเดียนฟลักซ์ (radiant flux หน่วยเป็น watt)

2. ประสิทธิภาพภายนอกของไดโอดเปล่งแสง

ปริมาณที่ชี้ถึงประสิทธิภาพภายนอกของ LED ตัวหนึ่งๆได้แก่ ประสิทธิภาพการเปล่งแสง (luminescent efficiency) หลักการที่จะทำให้ประสิทธิภาพภายนอกของการเปล่งแสงของ LED มีค่าสูงสุดคือ

1) พาหะ (อิเล็กตรอนและโฮล) จะต้องถูกฉีดเข้าไปได้ง่าย

2) พาหะที่ถูกฉีดเข้า LED แล้วนั้นต้องรวมตัวแบบเปล่งแสงอย่างมีประสิทธิภาพ

3) จากนั้นแสงที่เปล่งจะต้องถูกดูดกลืนภายในตัว LED น้อยที่สุด นั่นคือต้องออกแบบชักนำให้แสงสามารถวิ่งออกสู่ภายนอกให้ได้ดีที่สุด

แสงที่เปล่งออกจากสารกึ่งนำบางส่วนจะถูกดูดกลืนหรือสะท้อนอยู่ภายใน LED ทำให้มีการสูญเสียเกิดขึ้นซึ่งมีด้วยกันหลายลักษณะ เราจะต้องหาวิธีการลดการสูญเสียเหล่านั้นให้เหลือน้อยที่สุด ตัวอย่างการสูญเสียได้แก่

1)แสงถูกดูดกลืนด้วยวัสดุสารกึ่งตัวนำ เช่นอาจถูกดูดกลืนด้วยระดับแก็ปสเตตหรือสารเจือปน วิธีการแก้ไขคือ ออกแบบให้รอยต่อตื้นอยู่ใกล้ผิวด้านบนมากที่สุด

2) แสงถูกดูดกลืนด้วยวัสดุแผ่นฐาน ซึ่งช่องว่างพลังงานมีค่าน้อยกว่าพลังงานโฟตอนของแสงวิธีแก้ไขโดยใช้วัสดุแผ่นฐานที่มีช่องว่างพลังงานกว้าง เช่น GaPs หรือ ไม่ใช้แผ่นฐานเลย หรือใช้วัสดุที่มีโครงสร้างแบบฟิล์มบางหลายชั้น (multi - layers) เป็นแผ่นฐาน

3) การสะท้อนแสงที่ผิวด้านบนของ LED เนื่องจากดัชนีหักเหแสงของสารกึ่งตัวนำมีค่ามากกว่าของอากาศ ดังนั้นถ้ามุมที่แสงตกกระทบผิวด้านบนมีค่ามากเกินค่าวิฤต จะทำให้แสงสะท้อนกลับเข้าสู่ LED ดามเดิมหมด เราจะพิจารณากรณีนี้อย่างละเอียดต่อไปวิธีการแก้ไขคือเคลือบ LED ด้วยวัสดุที่มีดัชนีหักเหแสงน้อยกว่าสารกึ่งตัวนำและเป็นรูปโดม

4) การสูญเสียอันเนื่องจากสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านแสง T มีค่าน้อยกว่า 100% กล่าวคือแม้ว่าแสงจะตกกระทบผิวบนเป็นมุมฉากก็จะยังคงมีแสงสะท้อน R ให้กลับเข้าสู่ LED อีก ถ้าดัชนีหักเหแสงของสารกึ่งตัวนำมีค่า n1 และดัชนีหักเหแสงของอากาศมีค่า n2 จากกฎของ เฟรแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) แสงถูกกีดขวางด้วยขั้วไฟฟ้าด้านบน วิธีแก้ไขคือใช้ขั้วไฟฟ้าที่โปร่งใส หรือ ให้มีพื้นที่ของขั้วไฟฟ้าน้อยที่สุด

2.4.1.3 ความกว้างของสเปกตรัมของการเปล่งแสง

สเปกตรัมของการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงมีลักษณะเป็นภูเขาที่มีความยาวคลื่นของยอดอยู่ที่ hc/*E*โดยที่ E คือพลังงานอิเล็กตรอนเปลี่ยนสถานะ (หน่วย Joule) ในการใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นดิสเพลย์นั้น ความกว้างของสเปกตรัมไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก เพราะเราต้องการเพียงสีของแสงเท่านั้นแค่ในการใช้งานด้านการสื่อสารด้วยแสง เราต้องการสเปกตรัมที่แหลมและแคบ เพราะถ้าสเปกตรัมกว้าง จะทำให้สัญญาณการสื่อสารเกิดความเพี้ยน

2.4.1.4 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อไดโอดเปล่งแสง

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อลักษณะสมบัติของ LED ทั้งทางแสงและไฟฟ้า ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ผลกระทบที่ LED จะได้รับโดยทั่วไป เช่น ในกรณีของ LED ชนิดแสงอินฟราเรดได้แก่

- กำลังของแสงเอาต์พุตลดลงด้วยอัตราประมาณ 0.5 % / °C
- ความยาวคลื่นของแสงยาวขึ้นด้วยอัตรา 0.2 ~ 0.4 nm / °C
- การดอบสนองต่อเวลาไม่ค่อยเปลี่ยนแต่อาจเร็วขึ้นบ้าง
- แรงดันไฟฟ้าไบแอสแตมลดลงด้วยอัตราประมาณ 0.3 – 0.4 % /°C
- กระแสไฟฟ้ารั่วย้อนกลับเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 1.07 ~ 1.1 เท่า / °C

2.4.1.5โครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงชนิดต่างๆ

โครงสร้างที่สำคัญของไดโอดเปล่งแสงได้แก่การใช้ผลึกชนิดเดียวกันในรอยต่อ p – n ซึ่งเรียกว่าชนิด รอยต่อโฮโม (homo – junction) และการใช้ผลึกต่างชนิดกันในรอยต่อ p – n ซึ่งเรียกว่าชนิด รอยต่อเฮเทโร (hetero – junction) โครงสร้างแต่ละชนิดแตกต่างกันที่คุณสมบัติของผลึกและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

2.4.1.6 ไดโอดเปล่งแสงที่มีโครงสร้างรอยต่อโฮโม

ได้แก่ LED ที่ใช้วัสดุผลึกชนิดเดียวกันเพียงชนิดเดียวทั้งในรอยต่อ p – n และแผ่นฐาน ตัวอย่างได้แก่ LED ชนิด GaAs ซึ่งเปล่งแสงอินฟราเรดและชนิด GaP ซึ่งเปล่งแสงที่มองเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.3.1 แสดงโครงสร้างของ LED ชนิด GaP โดยทั่วไปในการผลิต LED นั้นจะใช้วิธีเอพิแทกซี (epitaxy) ซึ่งต้องเลือกวัสดุแผ่นฐานที่มีค่าคงตัวแลตทิซ (lattice constant) เท่ากับหรือใกล้เคียงที่สุดกับของวัสดุรอยต่อ p – n (ดังรูปที่ 7.3.2) เพราะถ้าค่าคงตัวแลตทิซของลอยต่อ p – n ไม่เท่ากับแผ่นฐาน จะทำให้เกิดความไม่สมบูรณ์ของผลึกในรอยต่อ p – n ซึ่งจะส่งผลให้การเปล่งแสงไม่ดี วัสดุ GaP เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดช่องว่างพลังงานแบบไม่ตรง แต่การใช้วิธีผสมอะตอมเช่น Zn และ O แบบไอโซอิเล็กทรอนิกแทร็ปเข้าสู่ GaP และผลิตให้เป็นรอยต่อโฮโมทำให้เกิดการรวมตัวของพาหะในลักษณะแบบตรงได้ ด้วยวิธีนี้จึงสามารถทำให้ LED ชนิด GaP เปล่งแสงสีแดงได้สว่างมากตามปกติวัสดุอื่นที่มีช่องว่างพลังงานกว้างและมีค่าคงตัวแลตทิซเท่ากับของ GaP นั้นไม่มี ดังนั้น LED รอยต่อเฮเทโรสีเหลืองเขียวบนแผ่นฐานชนิด GaP จึงมีประสิทธิภาพต่ำกว่าชนิดโฮโมสีแดง

2.4.1.7 ไดโอดเปล่งแสงที่มีโครงสร้างรอยต่อเฮเทโร

รอยต่อเฮเทโรได้แก่รอยต่อ p – n ที่ใช้วัสดุผลึกต่างชนิดกันหรือส่วนผสมไม่เหมือนกัน ดังนั้นช่องว่างพลังงานของชั้น p จึงไม่เท่ากับของชั้น n และถ้าเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ช่องว่างพลังงานของ p และ n แตกต่างกันเพียงชุดเดียวเรียกว่า รอยต่อซิงเกิลเฮเทโร (single hetero – junction นิยมย่อว่า SH)

หน้าที่ของชั้นที่มีช่องว่างพลังงานกว้างได้แก่ การเป็นกำแพงศักย์เพื่อกักไม่ให้พาหะที่ถูกฉีดเข้ามาไหลไปออกสู่บริเวณย่านอื่น (blocking effect) แต่จะให้พาหะเหล่านั้นรวมตัวกับพาหะชนิดตรงข้ามในชั้นเปล่งแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปความสูงของกำแพงศักย์มีค่าประมาณ 0.3 eV นอกจากนี้ชั้นที่มีช่องว่างพลังงานกว้างยังส่งผลให้แสงที่เปล่งสามารถเล็ดลอดทะลุผ่านออกสู่ภายนอกได้ดีโดยถูกดูดกลืนภายในน้อยลงกว่าชนิดรอยต่อโฮโม ดังนั้น LED ที่เปล่งแสงสว่างมากๆ ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างแบบดับเบิ้ลเฮเทโรทั้งสิ้น
ในกรณีของ LED ชนิดดับเบิลเฮเทโร ความหนาของชั้นเปล่งแสง d มีค่าไม่เกิน 1 um กำลังของแสงที่เปล่งในชั้นเปล่งแสง Pi จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความหนาของชั้นเปล่งแสงน้อยลงและเมื่อมีจำนวนของพาหะมากขึ้น

หลักการออกแบบที่สำคัญอย่างหนึ่งในรอยต่อเฮเทโรคือ ควรออกแบบให้ค่าคงตัวแลตทิซ (lattice constant) ของชั้นต่างๆ มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด เพราะถ้าค่าคงตัวแลตทิซมีค่าไม่เท่ากัน (lattice mismatch) จะทำให้เกิดจุดบกพร่อง (defects) ขึ้นที่บริเวณรอยต่อและจะเป็นศูนย์กลางของการรวมตัวแบบไม่เปล่งแสงและจะเป็นสาเหตุที่ทำให้กำลังของแสงเอาต์พุตสมดุลย์

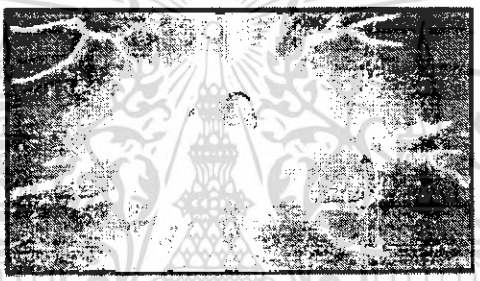
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสารประกอบกึ่งตัวนำที่มีค่าคงตัวแลตทิซ (lattice constant) เท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก เช่น

1. GaAs และ Ga 1-x Al x As
2. InP และ In 1-x Ga x As 1-y Py
3. GaAsb และ Ga 1-x Al x As 1-y Sb y

ปัจจุบัน LED ชนิด DH ของ GaAs/Ga 1-x AlxAs มีความสว่างมากและสามารถเห็นแสงสีแดงได้ชัดเจนแม้ใช้งานนอกอาคาร ซึ่งเรียกชื่อว่า "super bright LED"

2.4.2 LDR (ตัวต้านทานไวแสง)



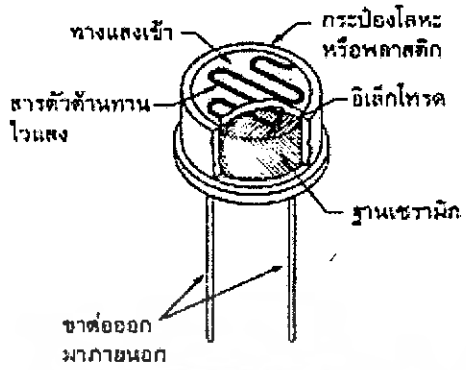
รูปที่ 2.5 LDR

ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทไวต่อแสง หรือ เปลี่ยนแปลงการทำงานของตัวมันเองตามปริมาณของแสง มีอยู่หลาย อย่าง. ตั้งแต่ LDR (light dependent resistor) โฟโตโวลตาอิกเซล (photovoltaic cell) ซึ่งจ่ายแรงดันออกมา ได้เมื่อได้รับแสง , โฟโต้ไดโอด (photodiode) โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (phototransistor) ไปจนถึงเอสซีอาร์ ที่ทำงานด้วยแสง (LASCR - light activated silicon controlled rectifier) ซึ่งใช้หลักการของสารกึ่งตัวนำทั้งนั้น. อุปกรณ์ ประเภทนี้ที่มีโครงสร้าง และ ลักษณะการทำงานง่ายที่สุดก็เห็นจะได้แก่ LDR เพราะไม่ได้ใช้หลักการของรอยต่อ พี - เอ็น เหมือนกันแบบอื่นๆ ที่ได้ กล่าวมาแล้วเลย จึงจะนำมาเล่าสู่กันฟังก่อน

2.4.2.1 โครงสร้าง

ตัว LDR ว่าที่จริงแล้วมีเรียกกันอีกหลายชื่อ เช่น โฟโต้คอนดักตีฟเซล (photoconductive cell) หรือ ตัวต้านทาน ไวแสง (LSR - light sensitive resistor) ส่วนใหญ่จะทำด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือไม่ก็แคดเมียมซีนิไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบ ไว้ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



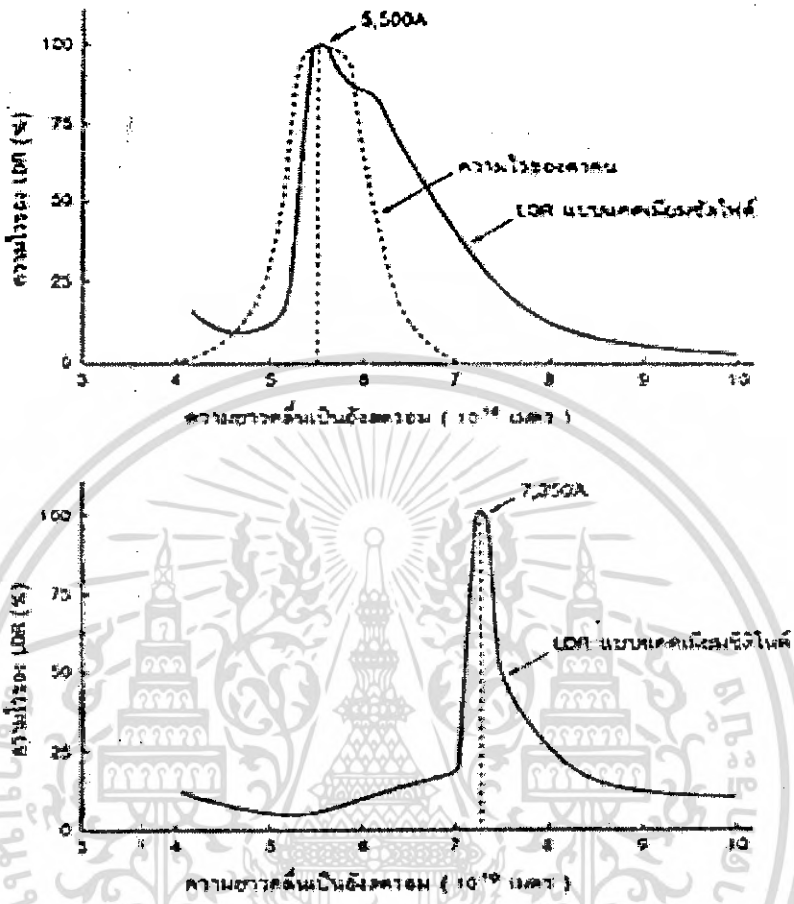
รูปที่ 2.6 โครงสร้าง LDR

รูปร่างของมันจะเห็นได้ในรูปที่ 1 ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็กๆสี ดำนั่นแหละ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และ แนวสีดำ นั้นจะแบ่งพื้นที่ของดัวมันออกเป็น 2 ข้าง ซึ่งถ้าดู ของจริงจะเห็นว่าออกสีทองนั้น เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัส กับดัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอก หรือ เรียกว่าอิเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิก และ อุปกรณ์ สำหรับห่อหุ้มมัน ซึ่งมีได้หลายแบบ

2.4.2.2 สมบัติทางแสง

การทำงานของ LDR ก็ง่ายๆ เพราะว่ามันเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลามีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงาน ให้กับสาร ที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งกันพล่าน. การที่มีโฮล กับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากก็เท่ากับ ความต้านทานลดลงนั่นเอง ยิ่ง ความเข้มของแสงที่ ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของ LDR ทั้ง 2 แบบ เมื่อเทียบกับความ ไวของตาคน

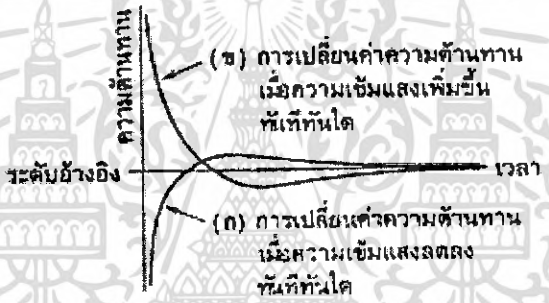
ในส่วนที่ว่าแสงตกกระทบนั้น มิใช่ว่าจะเป็นแสงอะไรก็ได้ เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ 10^{-10} เมตร) ถึงแระมาณ 10,000 อังสตรอมเท่านั้นที่จะใช้ได้ (สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม) ซึ่งคิดแล้วก็เป็นช่วงคลื่นเพียงแคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงาน ของอุปกรณ์ไวแสง ประเภทอื่น ๆ แต่ถึงอย่างไรแสงในช่วงคลื่นนี้ ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟแบบไส้ และ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ด้วย หรือ ถ้าจะคิดถึงความยาวคลื่น ที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดแล้ว ก็มีอยู่หลาย ความยาวคลื่น โดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 กว่าอังสตรอม. ซึ่งเราจะเห็นเป็นสีเขียว ไปจนถึงสีเหลือง สำหรับ บางตัวแล้ว ความ ยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความ ยาวคลื่น ประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5,550 อังสตรอม) จึงมักจะใช้ทำเป็นเครื่องวัดแสง ในกล้องถ่ายรูป ถ้า LDR ทำจาก แคดเมียมซีลิไนด์ก็จะไวต่อ ความ ยาวคลื่นในช่วง 7,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งไปอยู่ใน ช่วงอินฟราเรดแล้ว

2.4.2.3 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า

อัตราส่วนระหว่างความต้านทานของ LDR ในขณะที่ไม่มีแสง กับขณะที่มีแสง อาจจะเป็นได้ดั้งแต่ 100 เท่า 1,000 เท่า หรือ 10,000 เท่า แล้วแต่รุ่น แต่โดยทั่วไปแล้วค่าความต้านทานในขณะที่ไม่มีแสงจะอยู่ในช่วง ประมาณ 0.5 MW ขึ้นไป ในที่มืดสนิทอาจขึ้นไปได้มากกว่า 2 MW และในขณะที่มีแสงจะเป็นประมาณ 10 - 20kW ลง ไป อาจจะเหลือเพียงไม่กี่โอห์ม หรือ ไม่ถึงโอห์มก็ได้. ทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และ กำลังสูญเสีย อย่างต่ำประมาณ 50 mW



รูปที่ 2.8 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR

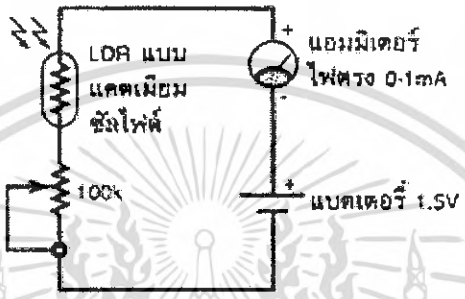
นอกเหนือจากลักษณะสมบัติต่างๆ เหล่านี้แล้วยังมีอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากความ เข้มแสดง เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งจะดูตัวอย่างได้ในรูปที่ 3 ถ้า LDR ได้รับแสงที่มีความเข้มสูงดังเส้น (ก) ความต้านทานจะมีค่า ต่ำ และ ในทันทีที่ความเข้มของแสงถูกลดลงหลือเพียงระดับอ้างอิง ความต้านทานก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นไปจนถึงค่าความต้านทาน ที่มันควรจะเป็นในระดับอ้างอิง. แต่แทนที่มันจะไปหยุดอยู่ระดับอ้างอิง มันกลับ เพิ่มเลยขึ้นไปอีกแล้วจึงจะลดลงมาอยู่ในระดับ อ้างอิง เหมือนกับว่า เบรกมันไม่ค่อยดี และ ในทำนองเดียวกันถ้า เก็บมันไว้ในที่ความเข้มแสงน้อยๆ แล้วเปลี่ยนความเข้มเป็นระดับ อ้างอิงทันที ดังในรูป (ข) ความต้านทานก็จะลด เลยต่ำลงมาจากระดับอ้างอิงแล้วจึงขึ้นไปใหม่ ยิ่งความเข้มของแสงเท่ากัน LDR แบบแคดเมียมซีนิไนด์ จะใช้เวลา ในการเข้าสู่สภาวะที่มันควรจะเป็นน้อยกว่า แบบ แคดเมียมซัลไฟต์ แต่ก็จะวิ่งเลยไปไกลกว่าด้วย และ อีกอย่างหนึ่ง ความเร็วในการเปลี่ยนระดับความต้านทานจากค่าหนึ่งไปอีกค่าหนึ่งช้ามาก. ซึ่งจะอยู่ในช่วงของมิลลิวินาทีหรือ บาง ทีก็เป็นวินาที เลย จึงทำให้ LDR ใช้ได้ กับงานความถี่ต่ำๆ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

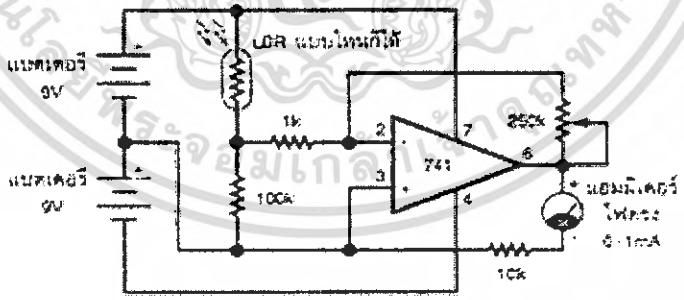
2.4.2.4 การนำ LDR ไปใช้งานทำเป็นเครื่องวัดแสง

ในรูปที่ 2.9 เป็นวงจรเครื่องวัดแสงแบบง่ายจริงๆ LDR ที่ใช้ก็ควรจะมีอัตราส่วนของค่าความต้านทาน ระหว่างไม่มีแสง กับมีแสงมากๆ หน่อย เวลาใช้ต้องระวังอย่าให้เข็มมิเตอร์ตีเกินสเกลของแพงมาเสียง่ายๆ อย่าง นี้มันน่าเจ็บใจตัวเอง



รูปที่ 2.9 เครื่องวัดแสงแบบง่ายที่สุด

อีกวงจรหนึ่งในรูปที่ 2.9 เป็นวงจรที่ดัดแปลงให้ดีขึ้นแล้วด้วยเอาออปแอมป์เบอร์ 741 เข้ามาช่วยทำให้ไวขึ้น มาก จะเอา ดิจิตอลมัลติมิเตอร์มาต่อแทนแบบเข็มก็ได้ แต่ต้องระวังแสงจาก LED จะไปกวนการทำงานของ LDR



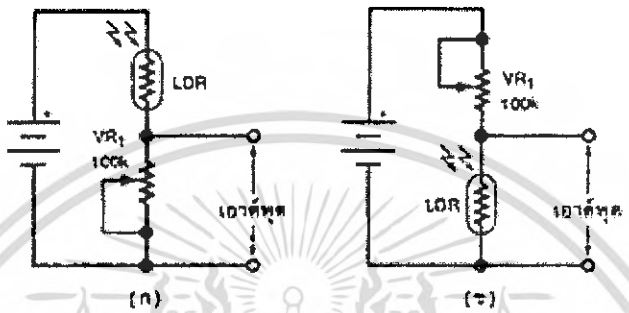
รูปที่ 2.10 วงจรเครื่องวัดแสงที่ปรับปรุงขึ้นแล้ว

สวิตซ์ทำงานด้วยแสง

การใช้ LDR ทำงานในวงจรปิดเปิดสวิตซ์ เราก็ จะใช้เพียง 2 อย่างเท่านั้น คือ มีแสง หรือ ไม่มีแสง. โดย ทั่วไปเราจะ ใช้วิธีเอามาอนุกรมกับตัวต้านทานตัวหนึ่ง แล้วต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน

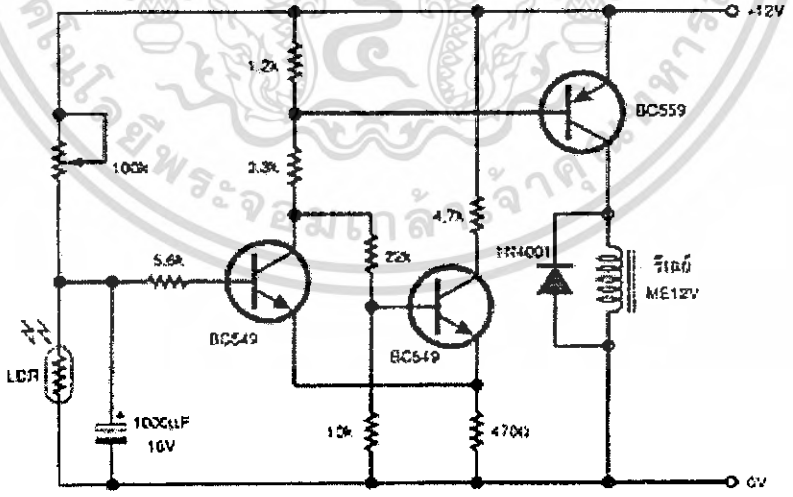
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72750

ออกมาตามรูปที่ 2.10 อย่างในรูป (ก) จะทำงานดังนี้ คือ ถ้ามีแสงสว่าง LDR จะมีความต้านทานต่ำ ทำให้แรงดันส่วนใหญ่มาตกคร่อม R 1 เสียหมด แรงดันเอาต์พุต จึงสูงเกือบเท่า แรงดันไฟเลี้ยง และ ถ้าไม่มี แสง LDR จะมีความต้านทานสูง แรงดันส่วนใหญ่จะ ไปตกที่ LDR แรงดันเอาต์พุต จึงเกือบเป็น 0 โวลต์



รูปที่ 2.11 หลักการใช้ LDR ในวงจรปิดเปิดสวิตช์

ในรูปที่ 2.11 (ข) วงจรจะทำงาน ในทางตรงข้าม เพียงแต่สลับที่ระหว่าง LDR กับ R 1 เวลามีแสงสว่าง เอาต์พุตก็จะเกือบ เป็น 0 โวลต์ เวลาไม่มีแสงสว่างเอาต์พุตก็เกือบเท่าแรงดันไฟเลี้ยงจะเห็นได้ว่ากลับกับกรณีแรก



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างวงจรควบคุมสวิตช์โดยรีเลย์จะทำงานเมื่อไม่มีแสงสว่าง

ทั้ง 2 กรณี จะมีวงจรที่ต่อออกไปสำหรับจับสัญญาณว่ามีแสงสว่างหรือไม่. แล้วนำไปควบคุมสวิตช์ อีกทีให้ ทำงานใน กรณีที่ต้องการ. ในรูปที่ 2.12 เป็นตัวอย่างวงจรซึ่งรีเลย์จะทำงานเมื่อไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงสว่าง ซึ่งถ้าเราไม่ต้องการแบบนี้ และ อยากให้รีเลย์ ทำงาน เมื่อมีแสงสว่างก็เพียงแต่สลับที่ระหว่าง LDR กับความต้านทานปรับค่าได้ 100 kW เท่านั้น

2.5 วงจรแปลงสัญญาณอานาลอกเป็นดิจิตอล (A/D Converter)

เป็นการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจาก ดิจิตอลให้เป็นอานาลอก และ จากอานาลอกเป็นดิจิตอล เพื่อประโยชน์ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก รูปที่2.13 แสดงการใช้งานของวงจร A/D and D/A Converter อธิบายเป็นชุดอุปกรณ์ได้ดังนี้

1. ตัวตรวจจับ(Transducers) เป็นตัวที่ทำการตรวจจับทางฟิสิกส์และแปลงเป็นโวลท์เตท แบบอานาลอก เช่น Thermister ตัวตรวจจับอุณหภูมิ LDR(Light Dependence Resistor) Photo diode Photo transistor ตัวตรวจจับความเข้มแสง Flowmeter ตัวตรวจจับปริมาณการไหลของของเหลว Pressure transducer ตัวตรวจจับความดัน Tachometer ตัวตรวจจับความเร็วมอเตอร์ และอื่นๆ ตัวตรวจจับทุกตัวจะแปลงเป็นโวลท์เตทหรือกระแส

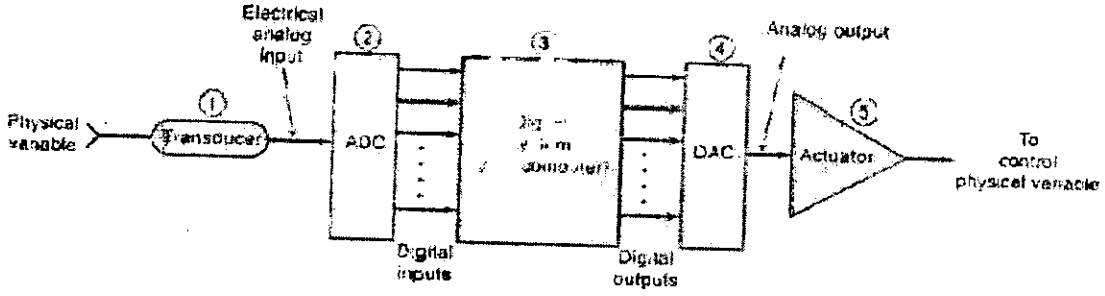
2. ตัวแปลงสัญญาณจากอานาลอกเป็นดิจิตอล(Analog to Digital Converter ADC) เป็นวงจรที่จะทำการแปลงระดับค่าโวลท์เตทที่วัดเป็นอานาลอก แปลงเป็นดิจิตอลที่แปรตามกัน เช่น เมื่อวัดโวลท์เตทมาได้ 80mV แปลงเป็นดิจิตอลได้ 01010000 150mV แปลงเป็นดิจิดอลได้ 10010110

3. วงจรดิจิตอล (Digital System) เป็นวงจรที่รับตัวเลขดิจิตอลมาเพื่อเก็บในหน่วยความจำและประมวลผล เมื่อประมวลผลเสร็จจะส่งสัญญาณดิจิตอลเพื่อควบคุมอุปกรณ์เช่น ฮีตเตอร์ หลอดไฟ ความเร็วมอเตอร์อื่นๆ วงจรดิจิดอลอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์

4. ตัวแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอานาลอก(Digital to Analog Converter DAC) เป็นวงจรที่จะทำการแปลงดิจิดอลเป็นระดับค่าโวลท์เตทที่แปรตามกัน ตัวอย่างเช่น 0V เท่ากับ 00000000 ถ้า 10V เท่ากับ 11111111

5. อุปกรณ์ที่ถูกควบคุม(actuator) เป็นการนำโวลท์เตทที่เป็นอานาลอกจากวงจร DAC ควบคุมอุปกรณ์ เช่น ฮีตเตอร์ หลอดไฟ ความเร็วมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

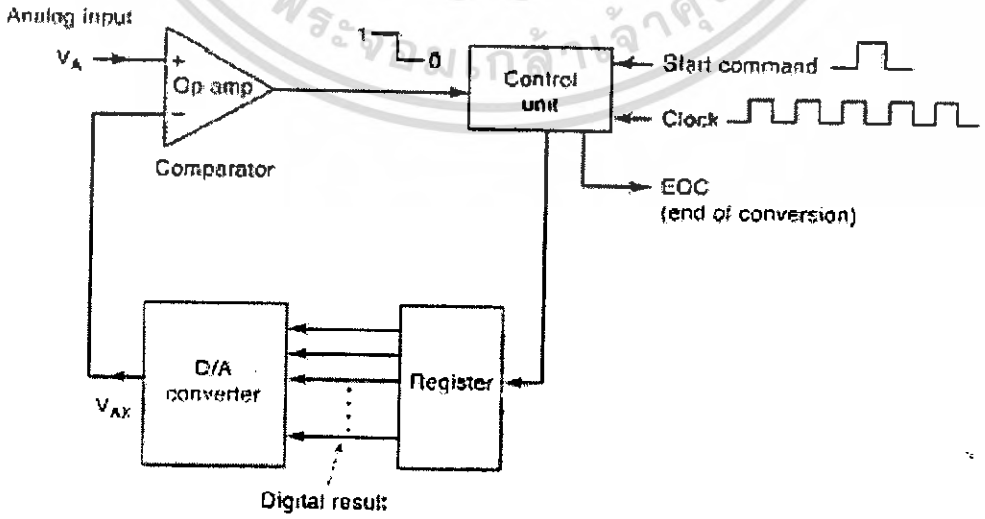


รูปที่ 2.13 รูปแบบทั่วไปของวงจรควบคุมโดยใช้ระบบดิจิตอล

2.5.1 การแปลงสัญญาณจากอานาลอกเป็นดิจิตอล (A/D-Conversion)

การแปลงสัญญาณจากอานาลอกเป็นดิจิตอล จะประกอบขึ้นด้วย DAC และอุปกรณ์อื่นๆ ดังรูปที่ 2.12 อินพุทอานาลอกป้อนเข้าที่ VA เอาท์พุทดิจิตอลออกที่ Register มีหลักการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้

1. มีสัญญาณ Start command เป็นพลันซ์เริ่มต้น จะทำการ clear รีจิสเตอร์
2. สัญญาณ Clock จะถูกป้อนเข้าไปยังรีจิสเตอร์ที่เป็นเลขไบนารี่
3. นำเอาท์พุทรีจิสเตอร์ผ่านวงจร DAC เพื่อแปลงเป็นโวลท์เตท VAX
4. เปรียบเทียบค่าระหว่าง VA และ VAX ถ้า VAX มากกว่า VA เอาท์พุท Comparater จะเป็น 0 และค่า VA และ VAX จะประมาณเท่ากัน
5. เมื่อทำการแปลงเสร็จจะเกิดสัญญาณ end of conversion EOC



รูปที่ 2.14 วงจรทั่วไปในการแปลงสัญญาณจากอานาลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 Successive-Approximation ADC

เป็นวงจรการแปลงสัญญาณจากอานาลอกเป็นดิจิตอลชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากเพราะใช้เวลาในการแปลงสัญญาณสั้นมากเมื่อเทียบกับ Digital Ramp ADC ในรูปที่ 2.15(a) มีหลักการทำงานแบ่งเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1. อินพุทอานาลอกป้อนเข้าที่ VA เริ่มต้นส่งสัญญาณพลันซ์ Start เพื่อ Reset วงจรรีจิสเตอร์ให้เป็น 0 ทุกตัว

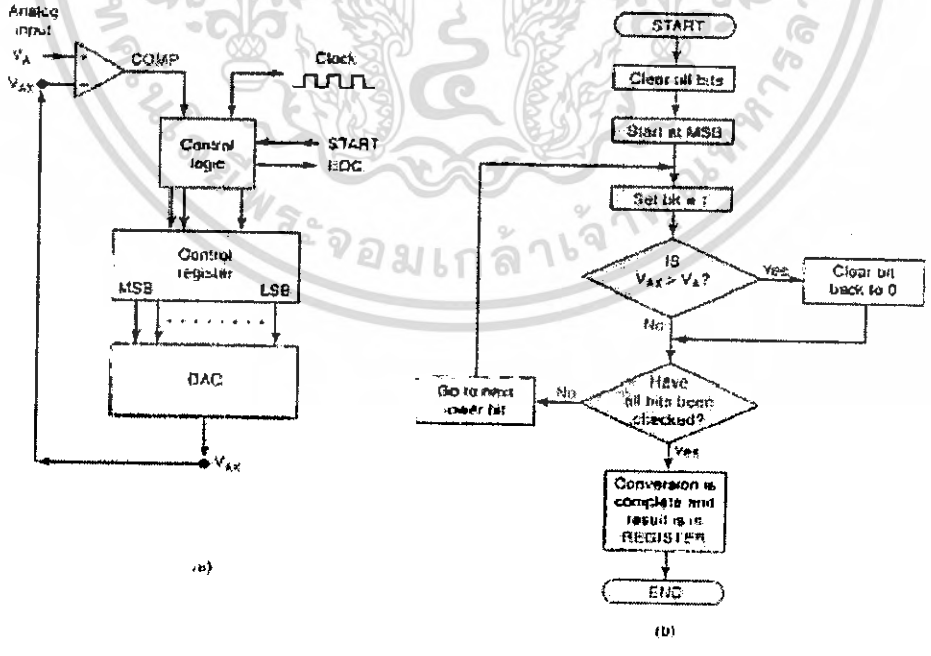
2. ใช้ตัวชี้(pointer) ชี้ที่บิต MSB และ set ค่าให้เป็น 1

3. ตรวจสอบว่า VAX > VA หรือไม่ ถ้ามากกว่าให้ Clear บิตนั้นให้เป็น 0 แต่ถ้าไม่มากกว่าไม่ต้อง Clear บิตนั้น

4. ใช้ตัวชี้(pointer) ชี้ที่บิต MSB ที่น้อยกว่าลงมา และ set ค่าให้เป็น 1

5. ตรวจสอบว่า VAX > VA หรือไม่ ถ้ามากกว่าให้ Clear บิตนั้นให้เป็น 0 แต่ถ้าไม่มากกว่าไม่ต้อง Clear บิตนั้น เหมือนขั้นตอนที่ 3

6. ทำการเช็คแบบนี้ไปเรื่อยๆจนครบทุกบิต เอาท์พุทออกที่วงจร DAC และสัญญาณ EOC เป็นโลจิก 0 แสดงว่าเสร็จการแปลงสัญญาณ

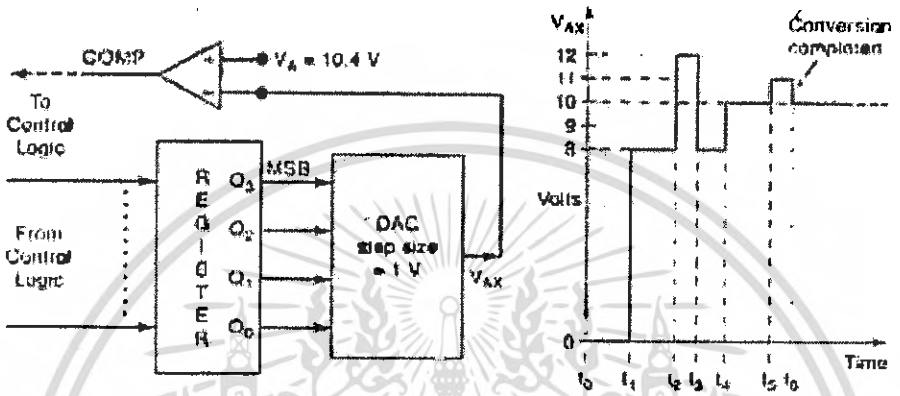


(a) simplified block diagram (b) flowchart of operation

รูปที่ 2.15 Successive-approximation ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง การแปลงสัญญาณอานาลอกเป็นดิจิตอลด้วย Successive ApproximationADC (SAC) ขนาด 4 บิต step size = 1V อินพุทโวลท์เตท V_A = 10.4 V. ดังรูปที่ 2.15 จงหาดิจิตอลเอาท์พุท



รูปที่ 2.16 Illustration of four-bit SAC operation using DAC step size of 1 V and VA = 10.4 V.

วิธีทำ ขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

1. ขั้นตอนที่1 Set บิตที่เป็น MSB ให้เป็น 1 ค่าเลขไบนารี่เป็น 1000 , VAX = 8V VAX > VA สัญญาณ VAX = 8V ที่เวลา t1

2. ขั้นตอนที่2 Set บิตที่เป็น MSBถัดมา ให้เป็น 1 ค่าเลขไบนารี่เป็น 1100 , VAX= 12V สัญญาณ VAX ขึ้นเป็น 12V ที่เวลา t2 แต่ VAX < VA จึงทำการ Reset บิตนั้นให้กลับเป็น 0 เลขไบนารี่จึงเป็น 1000 สัญญาณ VAX = 8V ที่เวลา t3

3. ขั้นตอนที่3 Set บิตที่เป็น MSBถัดมา ให้เป็น 1 ค่าเลขไบนารี่เป็น 1010 ,VAX = 10V VAX > VA สัญญาณ VAX = 10V ที่เวลา t4

4. ขั้นตอนที่4 Set บิตที่เป็น LSB ให้เป็น 1 ค่าเลขไบนารี่เป็น 1011 , VAX = 13Vสัญญาณ VAX ขึ้นเป็น 13V ที่เวลา t5 แต่ VAX < VA จึงทำการ Reset บิตนั้นให้กลับเป็น 0 เลขไบนารี่จึงเป็น 1010 สัญญาณ VAX = 10V ที่เวลา t6

5. คำตอบของวงจร ADC มีค่าเท่ากับ 1010 ใช้เวลาในการแปลงสัญญาณเท่ากับ Clock 4 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง วงจร 8บิต SAC มีค่า Resolution 20mV เมื่ออินพุทโวลท์เตทเท่ากับ 2.17 V จงหาค่าดิจิตอลเอาท์พุท

วิธีทำ

$$2.17V/20mV = 108.5$$

ดังนั้น stepที่ 108 VAX = 2.16V และ stepที่ 109 VAX = 2.18V วงจร SAC จะผลิตเอาท์พุท VAX ต่ำากว่า VA เสมอ ดังนั้นดิจิตอลเอาท์จะเท่ากับ (108)10 = (01101100)2

ตอบ อินพุทโวลท์เตท 2.17 V เอาท์พุทเท่ากับ 01101100

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C52

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ในนำมาใช้ประมวลผลและควบคุมการทำงานของไม้เท้านี้ได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 เบอร์ AT89C52 ซึ่งสาเหตุที่เลือกใช้เพราะว่า ประมวลผลได้เร็วเพราะใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสูงถึง 11.0592 MHz

2.6.1 คุณสมบัติของ MCS-51 เบอร์ AT89C52

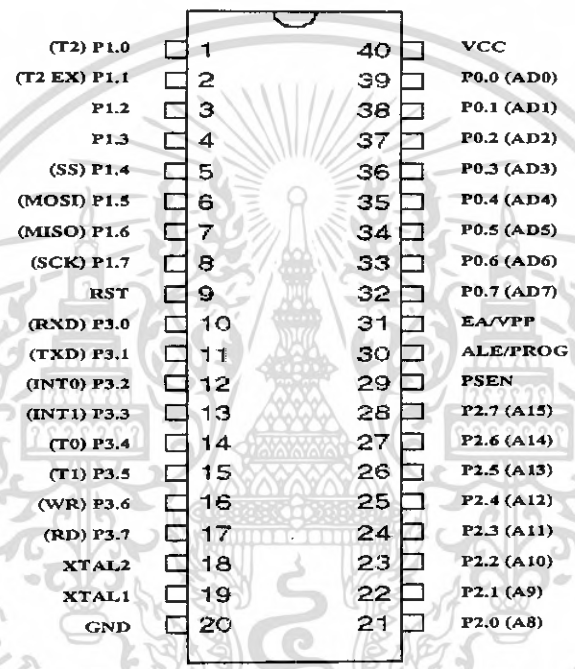
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 เบอร์ AT89C52 ที่นำมาใช้มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

- มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด8 กิโลไบต์
- มีพอร์ทอินพุต เอาต์พุต ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มีไทม์เมอร์ 16 บิต 3 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 9 แหล่ง
- ใช้ไฟเลี้ยง 4.0 – 6.0 โวลต์
- ความถี่ของสัญญาณอินพุตที่สามารถทำงานได้ตั้งแต่ 0 – 24 MHz
- สามารถโปรแกรมค่า UART ในการใช้งานการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมได้
- กำลังไฟฟ้าต่ำ และมีโหมดประหยัดพลังงาน
- สามารถโปรแกรมซ้ำได้นับพันครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การจัดขาต่าง ๆ ของ MCS-51 เบอร์ AT89C52

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C5252 มีโครงสร้างไอซี เป็นแบบ DIP มีขาทั้งหมด 40 ขา โดยขาต่าง ๆ จะใช้เป็นขาพอร์ทอินพุต, เอาต์พุต, ขาสัญญาณควบคุม, ขาตำแหน่งหน่วยความจำ และขาข้อมูลดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงขาต่าง ๆ ของ MCS-51 เบอร์ AT89C52

2.6.3 ความหมายของขาต่าง ๆ มีดังนี้

พอร์ท 0 (Port 0) พอร์ท 0 ได้แก่ ขาที่ 32 - 39 ของ MCS - 51 สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตได้ นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็นขาบัสตำแหน่ง และบัสข้อมูล อีกด้วย

พอร์ท 1 (Port 1) พอร์ท 1 ได้แก่ ขาที่ 1 - 8 เป็นพอร์ท 8 บิต สามารถอ้างทีละบิตได้ คือ P1.0 - P1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ท 2 (Port 2) พอร์ท 2 ได้แก่ ขาที่ 21 - 28 จะใช้งาน 2 หน้าที่คือ ใช้เป็นพอร์ท 8 บิตกับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิตในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

พอร์ท 3 (Port 3) พอร์ท 3 ได้แก่ ขาที่ 10 - 17 จะใช้งานสองหน้าที่คือ เป็นพอร์ทอินพุตและเอาต์พุต และใช้เป็นขาควบคุมต่าง ๆ

PSEN (Program Store Enable) ขา PSEN เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือขา 29 ขานี้จะแอคทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่าน โปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็นอีพรอม ขา PSEN จะต่อกับขาสัญญาณเปิดทางด้านเอาต์พุต (Output Enable : OE) ของ อีพรอม

ALE (Address Latch Enable) เนื่องจากพอร์ท 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS-51 จะมีขา ALE ได้แก่ขา 30 ขานี้จะใช้ มัลติเพล็กซ์ (Multiplex) สัญญาณ บัสตำแหน่ง ของพอร์ท 0 ในการใช้งานระบบ MCS-51 นั้น จะต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับ พอร์ท 0 ที่ทำหน้าที่ คงค่า (Latch) สัญญาณบัสตำแหน่ง เมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก MCS-51 จะส่งสัญญาณบัสตำแหน่งออกมาก่อนทาง พอร์ท 0 จากนั้นจะส่งสัญญาณ ALE มาทำหน้าที่ คงค่า (Latch) อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่าบัสตำแหน่งของ พอร์ท 0 ไว้เพื่อใช้ พอร์ท 0 เป็นบัสข้อมูลต่อไป

EA (External Access) ขา EA ได้แก่ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก "1" จะใช้กับเบอร์ 8051/8052 เพื่อบอกว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก "0" จะให้ MCS - 51 ทำโปรแกรมโดย อ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (ถ้าขา EA เป็น "0" ขา PSEN จะแอคทีฟ) ถ้าหากเป็นเบอร์ 8031 หรือ 8032 ขา EA จะเป็น "0" เสมอ เพราะว่าไม่มีโปรแกรมหน่วยความจำภายใน แต่ถ้าใช้เบอร์ 8051/8052 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในและให้ขา EA เป็น "0" ซึ่งจะหยุดการทำงานของรอม ภายในและอ่านโปรแกรมจาก อีพรอม ภายนอกแทน

RST (Reset) ขา RST ได้แก่ขา 9 จะใช้ในการรีเซ็ต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก "1" อย่างน้อย 2 คาบเวลา จึงจะรีเซ็ตระบบได้ความถี่สัญญาณนาฬิกาบนชิพ (ON-chip Oscillator Inputs) เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์บนชิพ ได้แก่ ขา 18 - 19 โดยต่อคริสตอลเข้ากับขานี้ โดยปกติมักจะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คริสตอลความถี่ 18.432 เมกกะเฮิรตซ์ กับตัวเก็บประจุหรืออาจใช้สัญญาณนาฬิกาจากแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอก ต่อกับขา 18 และขา 19

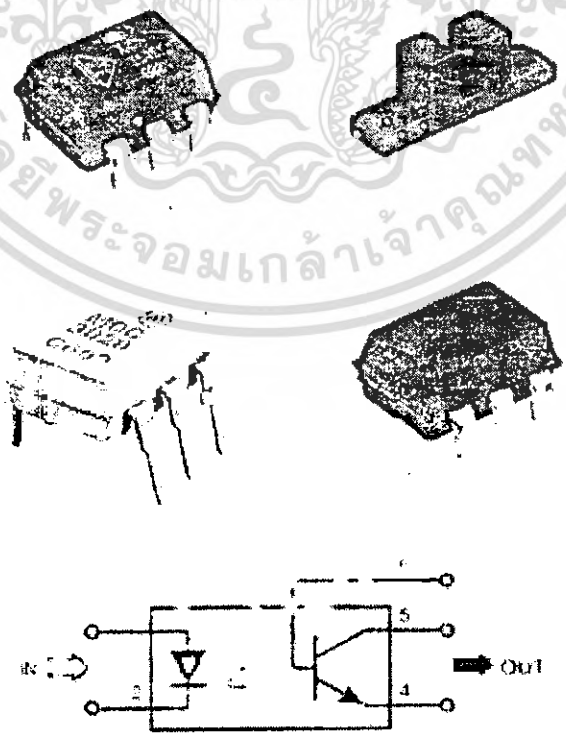
การต่อกับแหล่งจ่ายไฟ ใน MCS - 51 จะใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ ต่อเข้ากับขา 40 (Vcc) ส่วนขา 20 (Vss) จะต่อลงกราวด์ (Ground)

2.7 ออปโตคัปเปอร์

ออปโตคัปเปอร์ เรียกอีกอย่างว่า ออปโตไอโซเลเตอร์ (OPTO ISOLATOR) ในการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างวงจร 2 วงจรเข้าด้วยกันด้วยแสงที่เกิดขึ้นภายในตัวมันจะมีอุปกรณ์ส่งแสง และรับแสง ไอซีแบบนี้ก็มีความแตกต่างกันหลายเบอร์โดยเฉพาะส่วนของตัวรับแสงและส่วนของเอาต์พุตภายใน ซึ่งอาจเป็นโฟโตไดโอด , โฟโตทรานซิสเตอร์ต่อแบบตัวเดียว หรือ ต่อพ่วงกับแบบดาร์ลิงตัน , เอสซีอาร์และไดแอก เป็นต้น

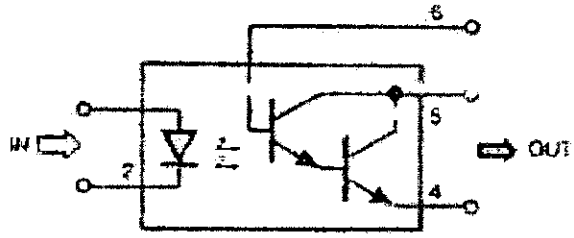
2.7.1 คุณสมบัติของออปโตคัปเปอร์

รูปที่ 2.18 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรของไอซีแบบนี้ ซึ่งก็แตกต่างกันไปแต่ละเบอร์หรือ แต่ละชนิด ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติภายในของไอซีเบอร์นั้นๆ ด้วย



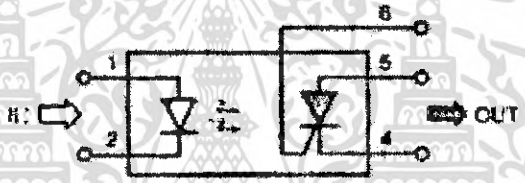
(ก) ไอซีเบอร์ 4N25 เอาต์พุตเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) ไอซีเบอร์ 4N33 เอาต์พุตเป็นโฟโตดาร์ลิงตัน

(ค) ไอซีเบอร์ MOC3010 เอาต์พุตเป็นไดแอก



(ง) ไอซีเบอร์ MOC3007 เอาต์พุตเป็นเอสซีอาร์

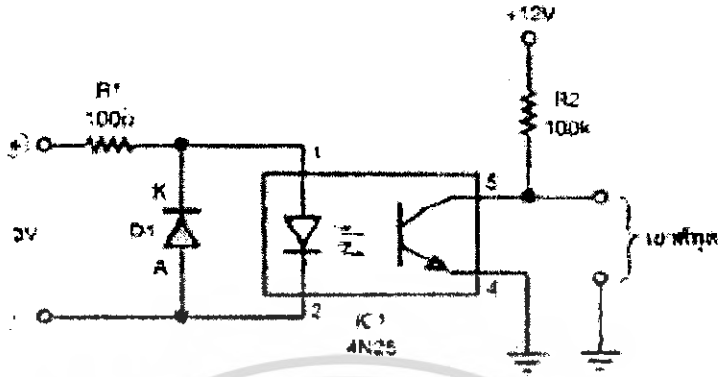
รูปที่ 2.18 แสดงสัญลักษณ์ของไอซีออปโตคัปเปอร์ เบอร์ต่างๆ สังเกตเอาต์พุตจะมีหลายแบบ

การทำงานของไอซีประเภทนี้ เราจะต้องทำการจ่ายแรงดันและกระแสหรือสัญญาณเข้าไปยังอินพุต ซึ่งมี LED ต่ออยู่ภายในไอวีที่ขา 1 กับขาที่ 2 ให้ขั้วแรงดันถูกต้องและพอเหมาะกับ LED ที่จะรับได้ ไม่ควรจ่ายแรงดันและกระแสสูงเกินไปเพราะจะทำให้ LED ภายในเสียหายได้หรือถ้าจ่ายน้อยเกินไปซึ่งก็จะทำให้ไม่เกิดการทำงานที่ LED หรือไม่มีสัญญาณเอาต์พุตออกมานั่นเอง

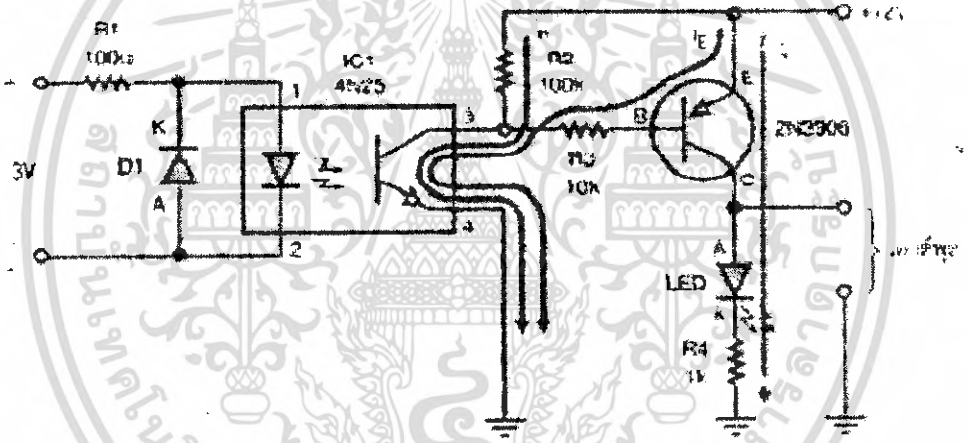
2.7.2 ตัวอย่างการทำงานวงจรแบบง่ายๆ

ในรูปที่ 2.19(ก) แสดงตัวอย่างการต่อวงจรให้ไอซีออปโตคัปเปอร์เบอร์ 4N25 ทำงานส่งสัญญาณให้มีเอาต์พุตออกมาโดยดูวงจรในรูปที่ 4 ตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การต่อวงจรใช้งานแบบพื้นฐาน



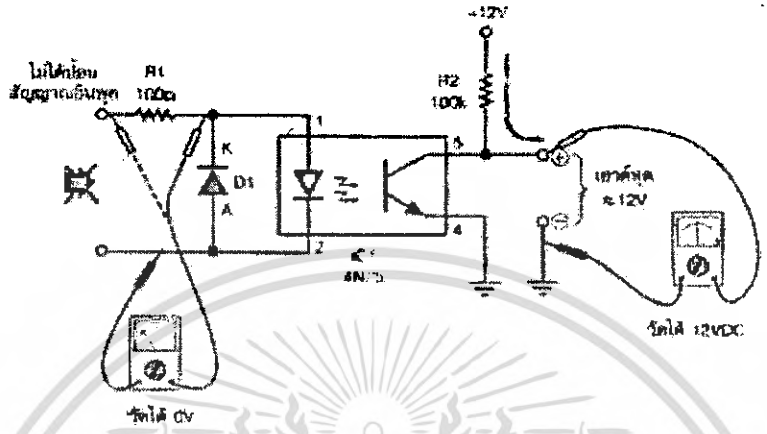
(ข) การต่อวงจรเพิ่มเติมให้แสดงค่าเอาต์พุตโดย LED

รูปที่ 2.19 วงจรใช้งานไอซีออปโตคัปเปอร์แบบง่ายๆ

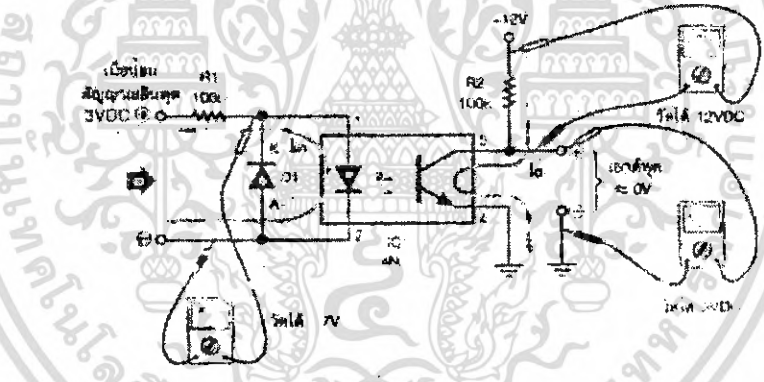
เมื่อวงจรไม่ได้รับแรงดันอินพุต ในรูปที่ 2.20(ก) หากเราวัดแรงดันไฟตรง (DC) ที่อินพุตก็จะวัดได้ 0 โวลต์ และเมื่อวัดแรงดันเอาต์พุต คือ วัดแรงดันระหว่างขา 5 กับขา 4 ของ IC1 ก็จะได้แรงดันเท่ากับ 12 โวลต์ เพราะว่าส่วนวงจรภายในของ IC1 ยังไม่ทำงาน เนื่องจากยังไม่มีแสงมาตกกระทบยังตัวโฟโตทรานซิสเตอร์ ดังนั้นทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในที่เป็นตัวรับแสงจึงไม่นำกระแส (OFF) ความต้านทานระหว่างขา C กับขา E หรือขา 5 กับขา 4 เสมือนมีความต้านทานสูงมาก กล่าวคือ ความต้านทานที่สูงมากขนาดที่ไม่มีกระแสไหลผ่านได้เลยดังนั้นเมื่อเราวัดแรงดันที่ขา 5 ของ IC1 นี้ก็เท่ากับวัดที่ขั้วแรงดันไฟจากแหล่งจ่ายไฟ +12 โวลต์ ซึ่งตัวต้านทาน R2 ที่ต่ออยู่ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

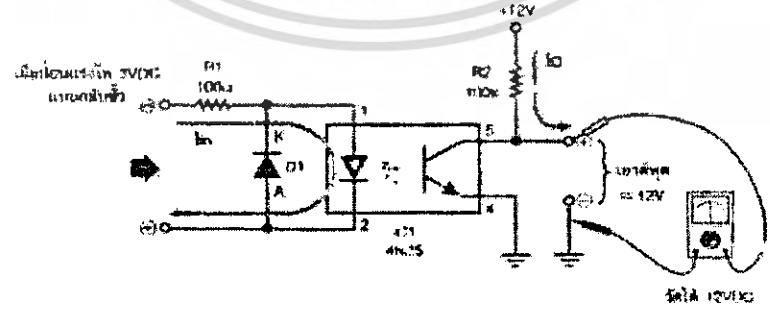
ผลต่อการลดระดับแรงดันแต่อย่างไรเพราะ R2 ในที่นี้เสมือนเป็นตัวต้านทานพูลอัพหรือใช้เป็นโหลดสำหรับขณะที่ IC1 ทำงาน



(ก) การวัดแรงดันไฟ DC ขณะที่ไม่มีสัญญาณอินพุต



(ข) การวัดแรงดันทางอินพุตและเอาต์พุตขณะมีแรงดันป้อนเข้ามาทางอินพุต



(ค) เมื่อป้อนแรงดันไฟตรง 3 V แบบกลับขั้วเข้าไปยังอินพุต

รูปที่ 2.20 การวัดแรงดันอินพุต/เอาต์พุต ขณะที่มีหรือไม่มีแรงดันเข้ามาทางอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวงจรได้รับแรงดันอินพุต ในรูปที่ 2.20 (ข) เมื่อเราป้อนแรงดันไฟตรง 3 โวลต์ เข้ามาที่อินพุตขั้วบวกและขั้วลบ ก็จะมีกระแสไหลผ่าน R1 แล้วผ่านไปยังขา 1 ของ IC1 ไปขับ LED ภายในไอซีในลักษณะของการไบแอสตรงให้เปล่งแสงออกมาและส่องไปตกกระทบที่ตัวรับแสงโฟโตทรานซิสเตอร์

กระแสจะไหลมาครบวงจรที่ขั้วลบหรือขา 2 ของ IC1 โดยจะมีR1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสให้กับ LED ภายในไอซีไม่ให้มากจนเกินไปจนเสียหายได้ ส่วนไดโอด D1 หากมีการเล็ดลอดมาจากแรงดันทางด้านอินพุต เมื่อ IC1 ทำงาน กล่าวคือ LED ภายในส่องแสงไปยังตัวรับแสง ทำให้ความต้านทานระหว่างขา C กับขา E ของโฟโตทรานซิสเตอร์ภายในมีความต้านทานต่ำลงหรือเสมือนลัดวงจรถึงกัน ซึ่งก็จะทำให้มีกระแสไฟจากขั้วแรงดัน 12 โวลต์สามารถสามารถไหลผ่านR2 ลงมายังขา 5 ของ IC1 ผ่านรอยต่อขา C กับขา E ออกมาขา 4 ลงกราวด์ครบวงจร ทำให้มีแรงดันตกคร่อม R2 ประมาณเท่ากับ 12 โวลต์ แรงดันตกคร่อมขา 5 กับขา 4 หรือแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้จะเท่ากับ 0 โวลต์ จึงทำให้เรามองเห็นได้ว่าหากเราจับหรือวัดแรงดันเอาต์พุตที่จุดเดียวกันนี้ ก็จะมีสภาวะกลับขั้วแรงดันสัญญาณหรือจะได้แรงดันเอาต์พุตตรงข้ามกับสภาวะอินพุต คือ เมื่ออินพุตเป็นบวกเข้ามา เอาต์พุตก็จะได้เป็นบวก ซึ่งก็จะทำให้เราเข้าใจได้กับวงจรที่มีแรงดันอินพุตต่างกับแรงดันเอาต์พุต ซึ่งสามารถต่อทำงานร่วมกันได้ด้วยไอซีออปโตคัปเปอร์นั่นเอง

ในรูปที่ 2.20 (ค) เป็นการวัดทดลองสภาวะอีกด้านหนึ่ง ซึ่งเมื่อเราป้อนแรงดันอินพุตด้วยขั้วลบเข้ามาแทนที่ขั้วบวก (กลับขั้วกัน) ก็จะมีกระแสไหลผ่าน R1 และผ่านขั้วแคโทด (K) ออกมายังขั้วแอโนด (A) ครบวงจรที่ขั้วบวกของแรงดันอินพุตและจะไม่มีกระแสไหลเข้าไปยัง IC1 ได้ เพราะ เสมือนเราป้อนไฟกลับขั้วให้กับ LED ภายในตัวไอซีนั่นเอง ดังนั้นในสภาวะนี้จึงได้ค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ซึ่งไอซีจะยังไม่ทำงาน

จากรูปที่ 2.19 (ข) เราจะต่อวงจรให้แสดงผลของค่าทางเอาต์พุตด้วย LED โดยเมื่อมีการป้อนแรงดันอินพุตที่สมมติขึ้นมาเท่ากับ 3 โวลต์วงจรทางด้านอินพุตจะได้รับกระแสไฟมาเลี้ยง LED ภายใน IC1 ทำงานเปล่าแสงส่องไปยังตัวรับแสง ซึ่งเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ภายในให้นำกระแสด้วย ทำให้ขา C กับขา E จึงเสมือนลัดวงจรถึงกัน ดังนั้นกระแสทางด้านเอาต์พุตจากแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์จะสามารถไหลผ่าน R2 แล้วผ่านขา 5 ซึ่งเป็นรอยต่อจากขา C และขา E ออกมายังขา 4 ลงกราวด์ครบวงจร จึงเท่ากับว่ามีแรงดันตกคร่อม R2 เท่ากับ 12 โวลต์ ส่วนแรงดันที่ขา 5 วัดเทียบเท่ากราวด์จึงเท่ากับ 0 โวลต์

ทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งเป็นชนิด PNP จะได้รับไบแอสตรง โดยมีกระแสจากขั้วไฟ +12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำกระแส (ON) จึงมีกระแส IC หรือ IL จากแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ ไหลผ่านขา E และขา C มาตกคร่อมที่ LED กับ R4 เท่ากับเป็นโหลดของวงจรด้านเอาต์พุตและก็จะทำให้ LED เปล่งแสงขึ้นมา แสดงว่าทางด้านอินพุตได้รับแรงดันสัญญาณป้อนเข้ามา

จะเห็นว่าวงจรสองส่วนทางด้านอินพุตกับเอาต์พุตแยกกันอย่างอิสระโดยจะติดต่อกันจากแสงที่ส่งมาจาก LED ภายในนั่นเอง ทำให้ไม่ต้องคำนึงถึงความแตกต่างกันของแรงดันและกระแสไฟฟ้าหรือแม้กระทั่งความต้านทานของวงจรทั้งสองส่วน

2.8 I^2C

I^2C ย่อมาจาก Inter-Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซี โดยบัส I^2C ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลลิปส์ (Phillips) ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อสั่งงานและควบคุมภายใต้สัญญาณเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งคือ สายข้อมูล อีกเส้นหนึ่งคือสายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานหรือพ่วงกันไปส่วนการกำหนดแอสเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัว จะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

สายข้อมูลบบัส I^2C มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า สายข้อมูลอนุกรม หรือ SDA (Serial Data line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกามีชื่อเรียกว่า สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรม หรือ SCL (Serial Clock Line) ในการอธิบายต่อไปนี้จะเรียกสายสัญญาณทั้งสองว่า สาย SDA และ SCL

อุปกรณ์ที่ใช้การเชื่อมต่อด้วยบัส I^2C มีหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นไอซีขยายพอร์ต (I/O Expander) , ไอซีแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) และแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก (DAC) ,ไอซีรีลไทม์คล็อก (RTC) , ไอซีขับโมดูล LCD , หน่วยความจำอีอีพรอม และไมโครคอนโทรเลอร์

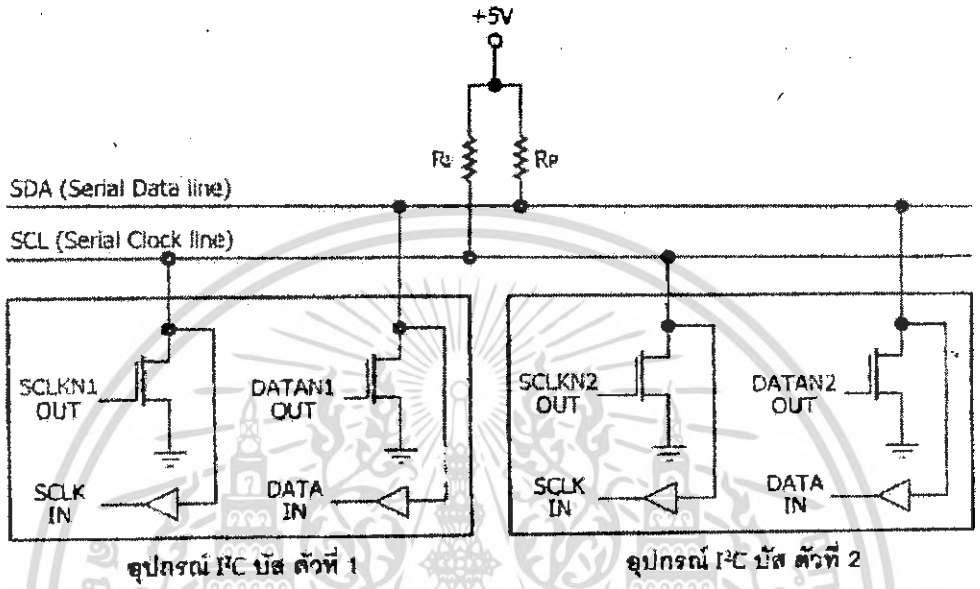
2.8.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C

สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (bit-directional Line) ต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัปกับแรงดัน +5V ไว้ตลอดเวลา เพื่อให้สายมีสถานลอจิกสูงในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งาน ทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีมาในสายสัญญาณทั้งสองสัญญาณเอาต์พุตของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I^2C ต้องมีลักษณะเป็นวงจรเดรนเปิด (open - drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด(open- collector) ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 2.21

อัตราการถ่ายทอดข้อมูลบนบัส I^2C สูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ (standard mode) และสูงถึง 400กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง (fast mode) อุปกรณ์ที่ต่อร่วมอยู่บนบัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I^2C จะต้องมีค่าความจุไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA และ SCL มาเกิน 400pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C มี 2 แบบคือแบบ 7 บิต (7-bit addressing) หรือ 10 บิต (8- bit addressing)

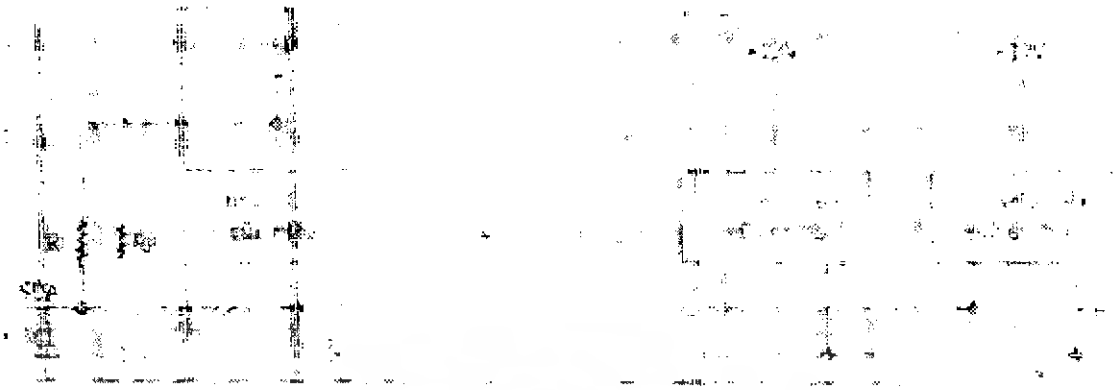


รูปที่ 2.21 โครงสร้างวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ที่ใช้การเชื่อมต่อบนระบบบัส I^2C

ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของบัส I^2C คือ สามารถเชื่อมต่ออุปรณ์ที่ใช้เลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยอุปกรณ์บนบัส I^2C ตัวหนึ่งอาจใช้ไฟเลี้ยง +5V ในขณะที่อีกตัวหนึ่งใช้ไฟเลี้ยง +12 V การต่อร่วมกันบนบัส I^2C สามารถกระทำได้ในลักษณะเดียวกับกรณีที่อุปกรณ์ทั้งสองใช้ไฟเลี้ยงเท่ากัน กล่าวคือ ให้ต่อสาย SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน และ ต้องต่อตัวต้านทานพูลอัป (Rp) เข้ากับแรงดัน +5V ไว้ด้วยเสมอ
ดังแสดงในรูปที่ 2.22

ในกรณีที่อาจมีแรงดังไฟกระชากขนาดใหญ่ปะปนเข้ามาในบัส I^2C ที่ขา SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวต้านทานอนุกรมกับขา SDA และ SCLเรียกว่า Rs ก่อนต่อเข้าสู้บัส I^2C ดังแสดงในรูป 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์บนระบบบัส I^2C ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากัน

2.8.2 หลักการของ I^2C

บัส I^2C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ SDA และ SCL อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัส หรือ เรียกว่า โปรโตคอล (protocol) เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่อกันอยู่บนบัส I^2C เพื่อเป็นข้อตกลงพื้นฐานก่อนที่จะอธิบายการทำงานของบัส I^2C ต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นผู้สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง (transmitter)

อุปกรณ์ที่เป็นผู้รับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ (receiver)

ในอุปกรณ์บนบัส I^2C สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง บางอุปกรณ์ทำหน้าเป็นตัวรับเพียงตัวเดียว จะไม่มีอุปกรณ์ใดบนบัส I^2C ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเพียงตัวเดียว

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการทำงานหรือการติดต่อบนบัส I^2C เรียกว่า มาสเตอร์ (master)

อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัส I^2C เรียกว่า สเลฟ (slave)

ข้อกำหนด 2 ประการสำคัญของการติดต่อบนบัส I^2C คือ

(1) การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น

(2) ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสถานะเป็นลอจิกสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลไว้ อย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้น สัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I^2C

มีด้วยกัน 5 สภาวะ ดังนี้

(1) บัสว่าง (Bus not busy) สภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสาย SDA และ SCL เป็นลอจิกสูงทั้งคู่ นั้นหมายความว่า การถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้

(2) เริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูล (start data tranfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA เปลี่ยนระดับลอจิกจากสูงไปต่ำ ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สภาวะเริ่มต้น (START)

(3) ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส (data valid) สภาวะนี้เกิดขึ้นถัดจากสภาวะเริ่มต้น โดยสถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสาย SDA ก็คือข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นว่า เป็น "0" หรือ "1" ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามก็ให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสภาวะหยุดหรือสภาวะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดนั้นเกิดความผิดพลาดขึ้น

(4) รับรู้ข้อมูล (acknowledge) เกิดขึ้นหลังจากที่การถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิตเรียกว่า บิตรับรู้ (acknowledge bit) มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำหนดบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำเพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 2.23 ไดอะแกรมเวลาแสดงสภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนระบบบัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) หยุดการถ่ายทอดข้อมูล (stop data transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สภาวะหยุด (STOP)

ในรูปที่ 2.23 เป็นไดอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสภาวะต่างๆบนบัส I^2C ไม่ว่าจะเป็นสภาวะบัสว่าง , เริ่มต้น , ถ่ายทอดข้อมูล , รับรู้ และ หยุดการถ่ายทอข้อมูล

2.8.4 การทำงานบนบัส I^2C

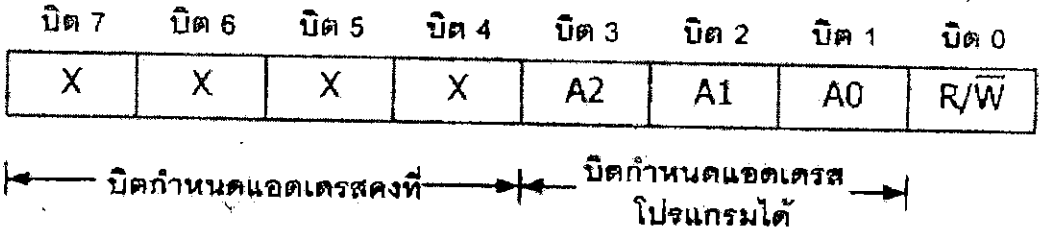
ก่อนที่จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่ออยู่บนบัสต้องมีการอ้างถึงอุปกรณ์เสียก่อน โดยการอ้างถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C นั้นจะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต หรือ 10 บิด ในกรณีที่มีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสไม่มาก ใช้เป็นการอ้างถงแบบ 7 บิต ก็เพียงพอ แต่ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบสมากกว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต หลังจากที่ติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวได้เรียบร้อยแล้ว ก็จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลกันต่อไป

ดังนั้นหัวใจสำคัญในอันดับแรกทำงานบนบัส I^2C คือ การอ้างถึงอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งในที่นี้จะอธิบายรายละเอียดของการอ้างถึงทั้ง 2 รูปแบบ

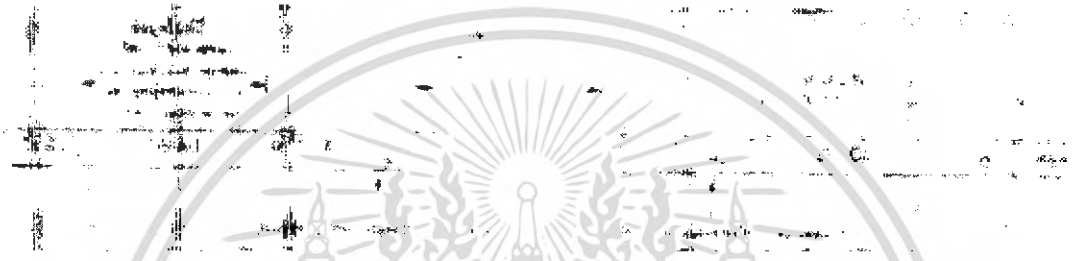
2.8.5 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-bit addressing)

ข้อมูลไบต์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากสภาวะเริ่มต้นคือ ข้อที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ โดยมีรูปแบบแสดงในแบบแสดงในรูปที่ 2.25 ใน 7 บิตบนรวมทั้งบิต MSB ด้วยจะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็น บิดกำหนดแอเดรสคงที่ (fixed address dit) จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผู้ผลิต ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ถัดมาอีก 3 บิตเป็นบิตกำหนดแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้ (programmable address bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0-A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบบัส I2C ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวนั้นๆ หากบิต LSB เป็น “0” หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C



รูปที่ 2.25 รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ระบบบัส I^2C แบบ 7 บิต

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลควบคุม (control byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่าง ไอซีขยายพอร์ตมีข้อมูลควบคุมที่ใช้กำหนดว่า บิตใดเป็นอินพุต บิตใดเป็นเอาต์พุต ในขณะที่ไอซี ADC/DAC ต้องการข้อมูลควบคุมเพื่อกำหนดให้ทำงานเป็นวงจร ADC หรือ DAC เป็นต้น

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง (data)

หลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์ อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อต้องส่งสัญญาณรับรู้ตอบกลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ ในรูปที่ 2.25 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เกิดขึ้นในการติดต่อบนบัส I^2C ของการอ้างถึงแบบ 7 บิต

2.8.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต

ในการอ้างถึงแบบนี้ ยังคงใช้รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เหมือนกับแบบ 7 บิต หากแต่จะมีข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นมาเล็กน้อย โดยในข้อมูลไบต์แรกหลังจากเกิดสภาวะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิตบนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิตถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ ในบิต LSB ของข้อมูลไบต์แรกยังคงเป็นการกำหนดว่า ต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการติต่อด้วย ข้อมูลไบต์ต่อมาเป็นข้อมูลแอดเดรสในไบต์ที่ 2ของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลไบต์ถัดไปจึงเป็นข้อมูลควบคุมหลังจากนั้นก็จะเป็นข้อมูลจริงที่ใช้ในการติดต่อ

เช่นเดียวกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต หลังจากถ่ายทอดข้อมูลครบทุกไบต์ต้องมีสภาวะรับรู้เกิดขึ้น เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ในรูปที่ 2.26 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมของการอ้างถึงแบบ 10 บิต

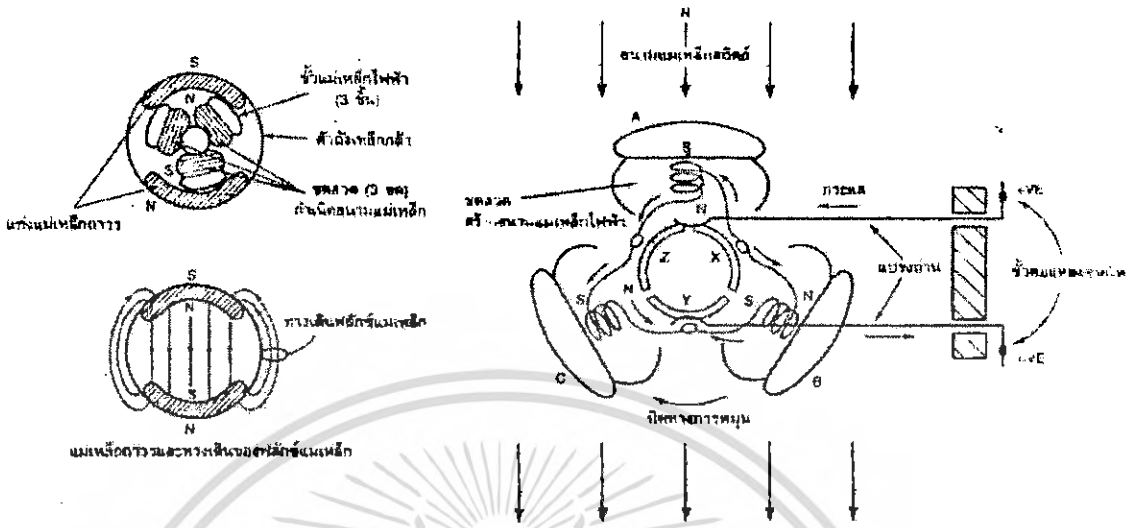
รูปที่ 2.26 รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C แบบ 10 บิต

2.9 ดีซีมอเตอร์

มาว่ากันต่อเรื่องดีซีมอเตอร์ หลักการทำงานโดยการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก สัดส่วนของแรงนี้จะขึ้นอยู่กับกระแสและกำลังของสนามแม่เหล็ก

รูปที่ 2.27 แสดงโครงสร้างทั่วไปของดีซีมอเตอร์ ทางเดินของฟลักซ์แม่เหล็กและสนามซึ่งเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ 2 ชิ้น ที่ขึ้นรูปเป็นแบบโค้งและยึดกับตัวถังได้พอดีเพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ ความเข้มของแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของแม่เหล็กด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 โครงสร้างทั่วไปของดีซีมอเตอร์

และฟลักซ์แม่เหล็กจะวิ่งไปบนตัวถัง กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันกับทุ่นโรเตอร์ ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต้านกับสนามแม่เหล็กถาวรแล้วทำให้เกิดเป็นแรงบิดเพื่อหมุนทุ่นโรเตอร์ไปตามทิศทางเดียวกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่า กระแสก็จะไหลผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์โดยผ่านแปรงถ่าน ซึ่งสัมผัสกับแหวนตัวนำในทุ่นโรเตอร์และแหวน(คอมมิวเตอร์)ซึ่งจะถูกแบ่งเป็น 3 เซกเมนต์ เพื่อทำหน้าที่นำกระแสเข้าขดลวดนั้นเอง

2.9.1 ชุดขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

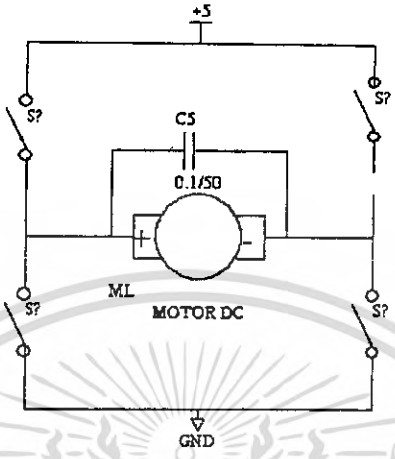
ชุดขับเคลื่อนนี้ได้ใช้มอเตอร์ไฟตรงจะมีขั้วต่อรับแหล่งจ่ายไฟ 2 ขั้ว คือขั้วบวก(+)และขั้ว (-)ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ไฟตรงตัวเล็ก หรือตัวใหญ่ที่ใช้กับแรงดันไฟตรงค่าต่ำๆ หรือ สูงๆ เราสามารถจะควบคุมให้มอเตอร์หมุนได้ โดยป้อนแรงดันไฟฟ้าตรงไปที่ขั้วต่อรับ 2 ขั้ว ของมอเตอร์ โดยจะต่อขั้วไหนของมอเตอร์เข้ากับขั้วไฟลบของแหล่งจ่ายไฟก็ได้ (หากไม่คำนึงถึงทิศทางการหมุน)

ที่นี้เริ่มต้นการควบคุมหรือสั่งงานให้มอเตอร์ไฟตรงหมุนได้และให้หมุนตามทิศทางที่เราต้องการด้วยแล้วก็มีวิธีการต่อในลักษณะต่างๆ เพื่อปรับเปลี่ยนทิศทางการหมุนได้เช่นกัน

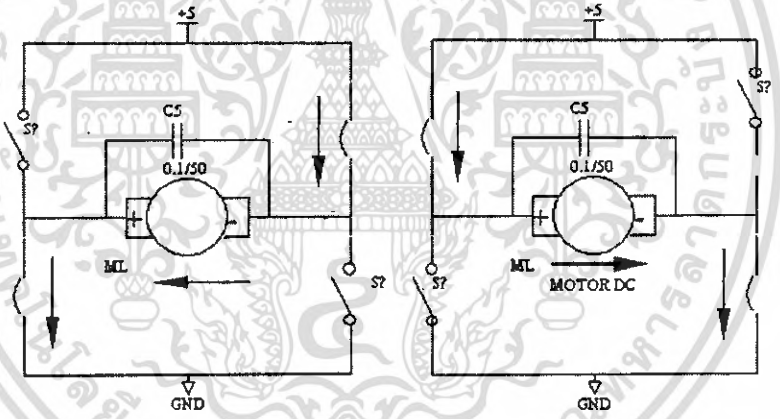
จากรูปที่ 2.28 เป็นวงจรพื้นฐานง่ายๆ ที่ใช้สวิตช์ 4 ตัวมาควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามทิศทางที่ต้องการ ซึ่งจะทำได้โดยการกดสวิตช์ 2 ตัวพร้อมกัน กล่าวคือในครั้งแรกหากกดสวิตช์ S1 กับ S4 ก็จะมีกระแสไฟบวกไหลจาก +Vcc ผ่านสวิตช์ S1 มาเข้ายังตัวมอเตอร์ทางขั้วบวก (ไหลไปทาง S3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้เพราะ OFF อยู่) ผ่านขดลวดภายในมอเตอร์ออกมาทางขั้วลบ แล้วไหลไปยังสวิตช์ S4 ลงไปกราวด์ครบวงจร ก็จะเห็นมอเตอร์หมุนไปทิศทางหนึ่ง



(ก) การควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบง่ายๆ



(ข)ทิศทางการไหลของกระแสควบคุมการหมุนของมอเตอร์

รูปที่ 2.28 วงจรง่ายๆ ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์จากสวิตช์ 4 ตัว

ต่อมาเมื่อกดสวิตช์อีกชุดหนึ่ง คือ S2 กับ S3 ก็จะมีกระแสไฟบวกจาก +Vcc ไหลผ่านสวิตช์ S2 เข้ามายังขั้วลบของมอเตอร์ผ่านขดลวดภายในแล้วออกจากมอเตอร์ทางขั้วบวก ผ่านสวิตช์ S3 ลงกราวด์ครบวงจร มอเตอร์ก็จะเกิดการหมุน แต่หมุนกลับทิศทางจากครั้งแรก เพราะเราป้อนแรงดันไฟตรงกลับขั้วนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบวงจรที่ใช้งาน

3.1 การทดลองในส่วนของอุปกรณ์รับส่งแสง

จุดประสงค์

1) หาผลตอบสนองของ LDR ในการแยกสี

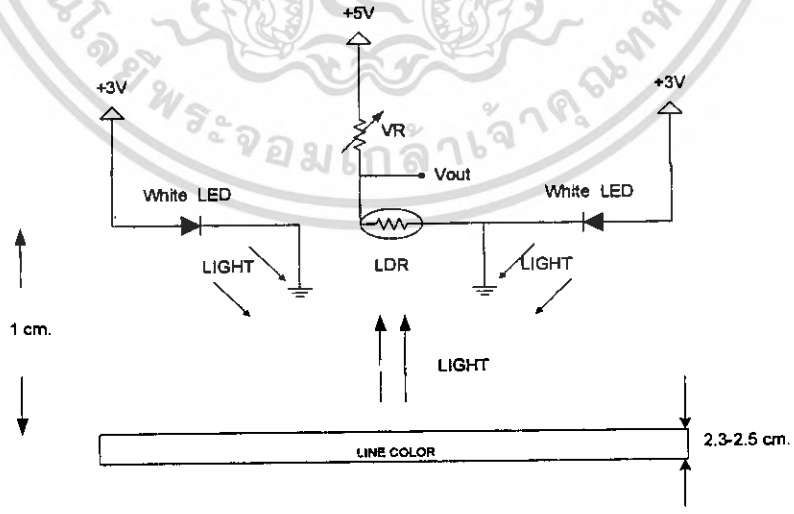
อุปกรณ์การทดลอง

1) แหล่งจ่ายไฟ +5 V
2) LED สีขาว
3) LDR
4) มัลติมิเตอร์
5) พื้นสีต่างๆ

3.1.1 การทดลองหาผลตอบสนองของ LDR ในการแยกสี

ในการทดลองนี้ทดลองเพื่อทดสอบการตอบสนองของ LDR เพื่อทดสอบความสามารถในการแยกสี โดยใช้ LED สีขาวที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ความสูง 1.0 cm โดยมีพื้นสี 4 สี คือ แดง น้ำเงิน เขียว และ ม่วง

1) โดยต่อวงจรตามรูปที่ 3.1
2) วัดค่าแรงดัน Vo เมื่อมีแสงรบกวนภายนอกบันทึกผลการทดลองลงในตาราง



รูปที่3.1 วงจรที่ใช้ในการทดลองหาผลตอบสนองของ LDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

เส้นสีที่ใช้ในการทดลอง (พื้นสีต่างๆ)	ค่า Vout(v) (โวลท์ตกคร่อม LDR)										ค่าเฉลี่ย Vout(v)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
ขาว	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ม่วง	1.15	1.16	1.18	1.17	1.15	1.14	1.16	1.17	1.18	1.15	1.16
เขียว	1.44	1.45	1.44	1.46	1.44	1.44	1.43	1.47	1.42	1.44	1.44
เหลือง	1.64	1.64	1.66	1.65	1.67	1.63	1.64	1.64	1.62	1.65	1.64
แดง	1.80	1.81	1.79	1.77	1.78	1.78	1.78	1.80	1.79	1.77	1.79
ฟ้า	1.85	1.82	1.82	1.83	1.84	1.85	1.82	1.82	1.83	1.83	1.83
น้ำเงิน	2.20	2.23	2.23	2.24	2.24	2.21	2.20	2.23	2.22	2.22	2.22
ดำ	2.77	2.78	2.78	2.79	2.80	2.76	2.77	2.78	2.78	2.78	2.78

ตารางที่3.1 ผลตอบสนองของ LDR

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางแสดงให้เห็นว่า ค่าของแรงดัน Output ของ LDR มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจนจากการวัดค่าแรงดันจากเส้นสีที่อยู่บนพื้นสีต่างๆ ทั้งในสภาวะเมื่ออยู่ในที่มืดและมีแสงรบกวนจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดลองวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล

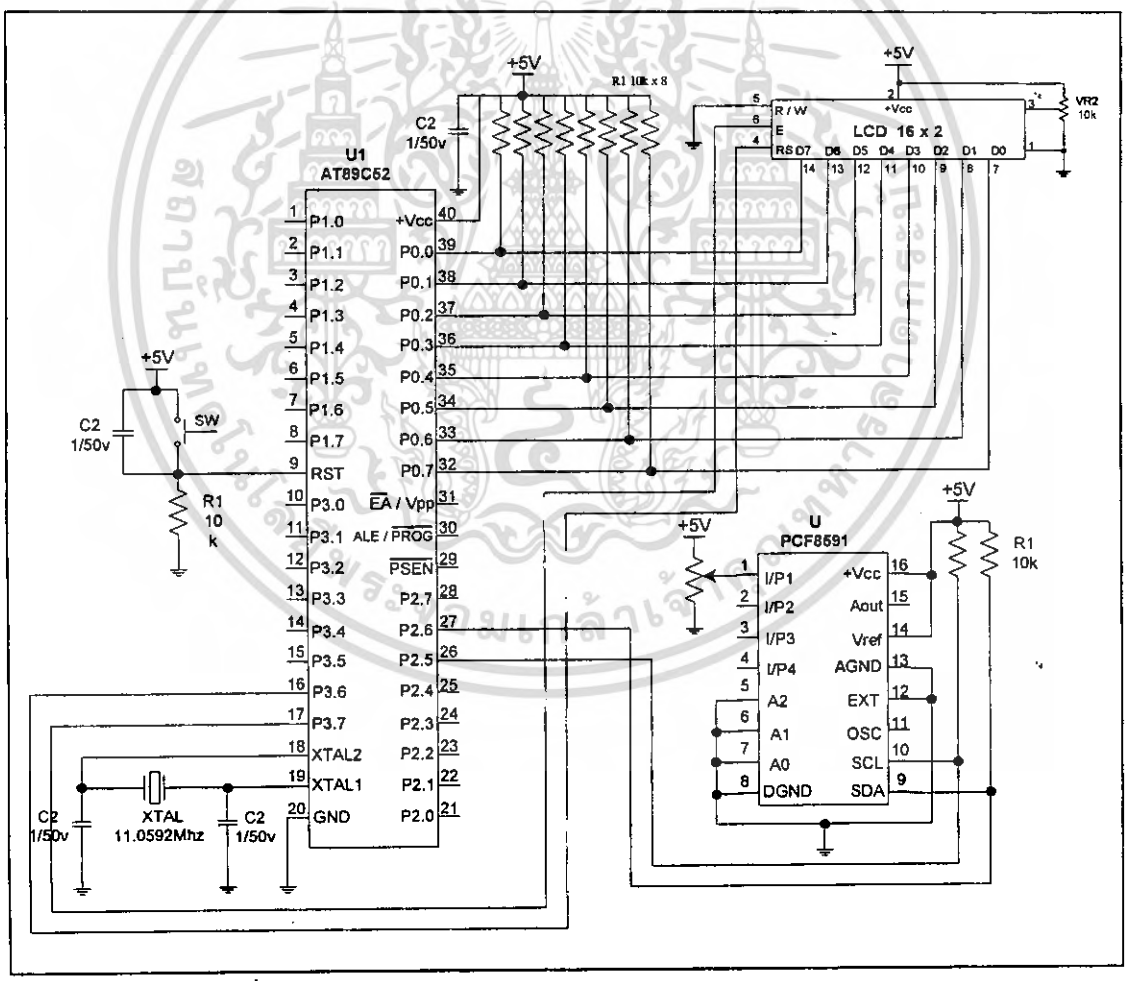
วงจรส่วนนี้จะรับค่าแรงดันอนาลอกมาจากวงจรในส่วน ส่ง-รับแสง มาทำการแปลงเป็นสัญญาณ ดิจิตอล เพื่อส่งข้อมูลนี้ให้กับหน่วยประมวลผล

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เบอร์ PCF8591
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C52
3. คริสตอล 11.0592 MHz

ขั้นตอนการทดลอง

1) ต่อวงจรตามรูป



รูปที่ 3.2 วงจรทดลองการทำงานของวงจรอนาลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2)พิมพ์ Programs ดังนี้

```
#include<reg52.h>
#include<i2c_52.h>
#include<lcd52.h>
#define  PCF8591_ID  0x90
sbit led = P1^6;
sbit  latch  = P1^4;
code  unsigned  char title[] ="I2C  PCF8591 Demo";
code  unsigned  char *ptr1 = "Analog  Out";
code  unsigned  char *ptr2 = "Input  CH0";
unsigned char DA_value = 0,AD_value = 0;
unsigned char channel = 0x40,counter = 0;
/***************** Service interrupt External 0***************/
void service_ex0() interrupt 0
{
    channel++;
    if(channel>=0x43)
    channel= 0x43;
}

 /***************** Service interrupt External 1***************/
void service_ex1() interrupt 2
{
    channel--;
    if(channel<=0x40)
    channel=0x40;
 }
 /***************** Service interrupt Timer 1***************/
 void service_timer1() interrupt 3
 {
       TH1 = 0xB7;
       TL1 = 0xA9;
       counter++;
       if(counter>=200)

{
       counter = 0;
       DA_value++;
       if(DA_value>=255)
       DA_value=0;
 }
}

 /***** Function convert Hex to ascii code send to LCD *****/

 void hex2lcd(unsigned char addr_lcd,unsigned char dat)
{
     unsigned char convert;
     convert = dat & 0xf0;
     convert = convert>>4;

     if(convert>0x09)
     convert = (convert-9) | 0x40;
     else convert = convert | 0x30;
     lcd_jumporigin();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        lcd_command(addr_lcd);
        lcd_text(convert);
                convert = dat & 0x0f ;
        if(convert>0x09)
        convert = (convert-9) | 0x40;
        else convert = convert | 0x30;
        lcd_text(convert);
}
/************************** Main Loop  ***************************/
  void main (void)
  {
        unsigned char I ;
        P0= 0x00;
        latch = 0;
        TMOD = 0x11;
        TH1 = 0xB7;
        TL1 = 0xA9;
        EA = 1;
        EX0 = 1;
        EX1 = 1;
        ET1 = 1;
        IT0 = 1;
        IT0 = 1;
        TR1 = 1;

        lcd_init();
        lcd_clear();
        lcd_jumporigin();
        for(i=0;i<16;i++)
         lcd_text(title[i]);
        delay(10000);

        lcd_clear();
        lcd_jumporigin();
        lcd_command(0x80);
        for(i=0;i<11;i++)
              lcd_text(*(ptr1+i));
              lcd_jumporigin();
              lcd_command(0xC0);
        for(i=0;i<10;i++)
              lcd_text(*(ptr2+i));

        while(1)
        {

              i2c_start();
              i2c_wrdata(PCF8591_ID);
                    i2c_wrdata(channel);
                    i2c_wrdata(DA_value);
                    i2c_stop();
                    hex2lcd(0x82,DA_value);
                    for(i=0;i<2;i++)

        {
              i2c_start();
              i2c_wrdata(PCF8591_ID+1);
              AD_value = i2c_rddata();
              i2c_stop;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }
        switch (channel)
        {
              case 0x40 : i=0x31;
              break;
              case 0x41 : i=0x32;
              break;
              case 0x42 : i=0x33;
              break;
              case 0x43 : i=0x34;
              break;
              default :  break;
          }

              lcd_jumporigin();
              lcd_command(0xC8);
              lcd_text(i);
              hex2lcd(0xCC,AD_value);
              if(AD_value==0xff)
              led=0;
            else
            led=1;
    }
  }
```

ปรับแรงดัน Vin ด้วย VR2 จากนั้นดูค่าที่แสดงบนจอ LCD แล้วบันทึกผลลงตาราง

แรงดัน (V)	เลขฐาน16	เลขฐาน10
0	00H	0
0.5	1AH	25
1.0	34H	53
1.5	4DH	79
2.0	66H	103
2.5	80H	128
3.0	99H	157
3.5	B2H	179
4.0	CCH	211
4.5	E5H	233
5.0	FFH	255

ตารางที่3.3 แสดงผลการแปลงแรงดันอนาลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

จาก 2^{n}-1 เมื่อ n คือ จำนวน bit ในที่นี้คือ 8 จะได้

2^{8}=256-1=255

Resolution = (ระดับแรงดันสูงสุด – ระดับแรงดันต่ำสุด)/255 = $19.6x10^{-3}$ V

แรงดัน Vin	แรงดันที่ได้จากการแปลงกลับ(V)=เลขฐาน10x19.6x10-3
0.0	0.0
0.5	0.5
1.0	1.0
1.5	1.5
2.0	2.0
2.5	2.5
3.0	3.0
3.5	3.5
4.0	4.0
4.5	4.5
5.0	5.0

ตารางที่3.3 ตรวจสอบความถูกต้องจากการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล

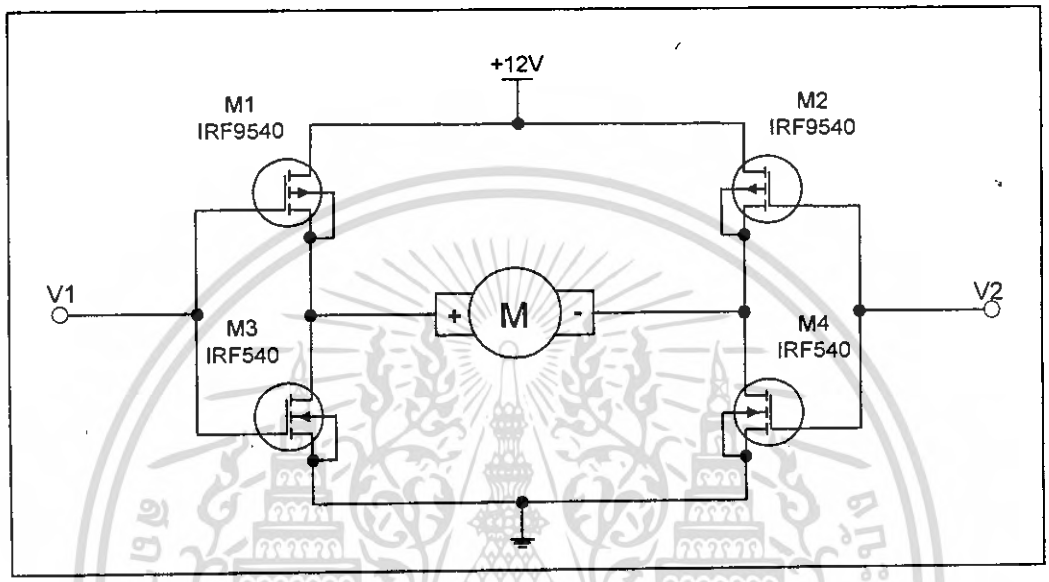
สรุปผลการทดลอง

จากตารางผลการแปลงระดับแรงดันจากอนาลอกเป็นดิจิตอล และทำการตรวจสอบความถูกต้อง แล้วแสดงให้เห็นได้ว่าวงจรที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลมีความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้า

ในการทดลองนี้เป็นการทดลองวงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ด้วย MOSFET โดยการต่อวงจรตามรูป



รูปที่ 3.3 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้า

1) ทดลองป้อน V1 = 5 V และให้ V2 = 0 V ทิศทางมอเตอร์จะหมุนทวนเข็ม
2) ทดลองป้อน V1 = 0 V และให้ V2 = 5 V ทิศทางมอเตอร์จะหมุนตามเข็ม
3) ทดลองป้อน V1 = 0 V และให้ V2 = 0 V ทิศทางมอเตอร์ไม่หมุน
4) ทดลองป้อน V1 = 5 V และให้ V2 = 5 V ทิศทางมอเตอร์ไม่หมุน

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองอาศัยหลักการของ Not Gate (CMOS) ซึ่งในสภาวะที่มอเตอร์หมุนทวนเข็ม ป้อน V1 = 5 V และ V2 = 0 V M2 และ M3 จะทำงานในสภาวะ Saturation ส่วน M1 และ M4 อยู่ในสภาวะ Cut off และในสภาวะที่มอเตอร์หมุนตามเข็ม ป้อน V1 = 0 V และ V2 = 5 V M1 และ M4 จะทำงานอยู่ในสภาวะ Saturation ส่วน M2 และ M3 Cot off

สภาวะที่ มอเตอร์ไม่หมุน คือ ป้อน V1 = 0 V , V2 = 0 V และ V1 = 5V , V2 = 5V ในกรณีที่ ป้อน V1 = 0 V , V2 = 0 V M1 และ M2 จะทำงานแต่กระแสไม่ลงกราวด์ ทำให้มอเตอร์ไม่หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในกรณีที่ป้อน V1 = 5V , V2 = 5V M3 และ M4 จะทำงานแต่กระแสไม่ลงกราวด์ ทำให้มอเตอร์ไม่หมุน

จากการทดลองสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

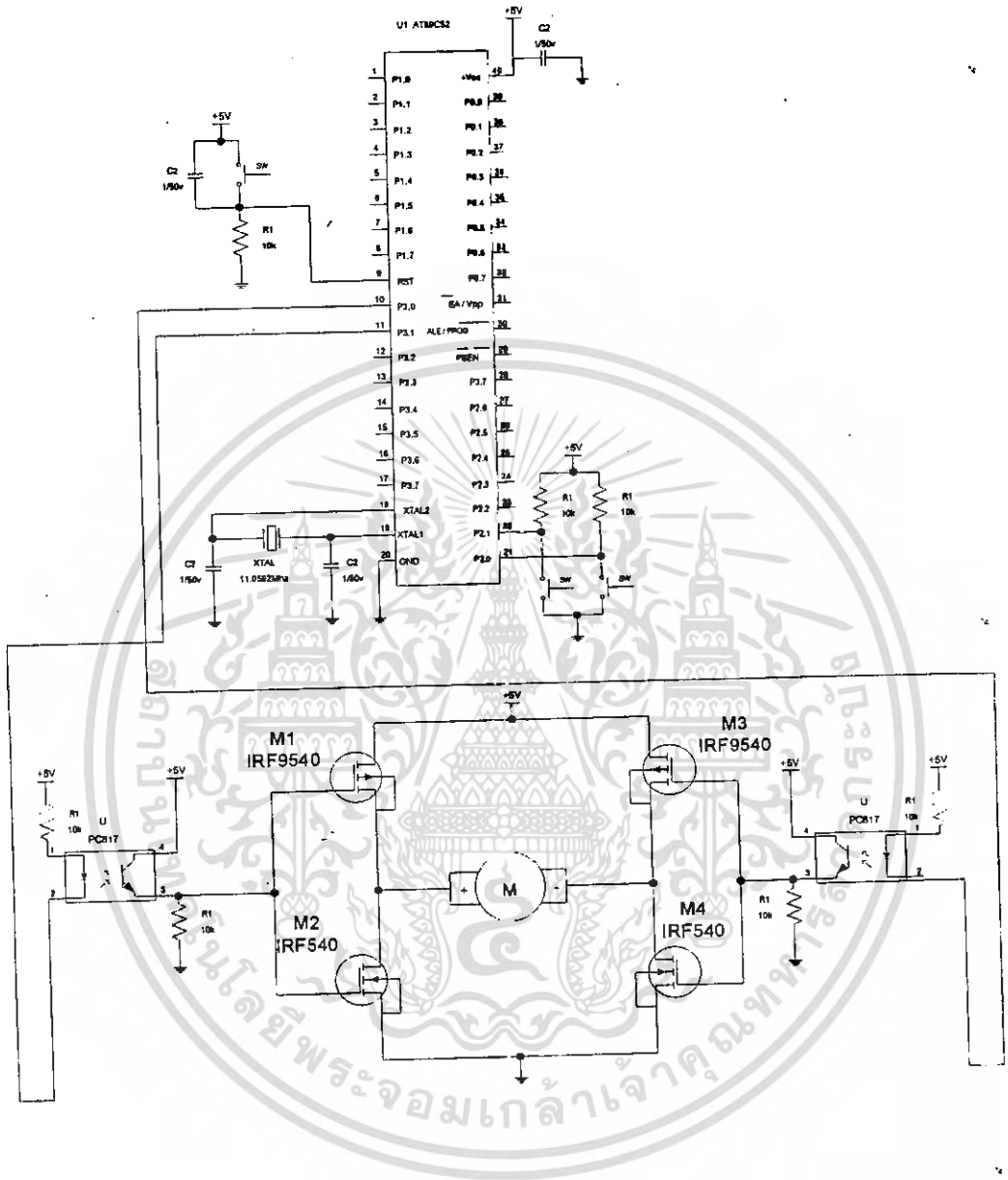
V1	V2	M1	M2	M3	M4	ทิศทางมอเตอร์
0	0	On	Off	On	Off	ไม่หมุน
0	1	On	Off	Off	On	ตามเข็ม
1	0	Off	On	On	Off	ทวนเข็ม
1	1	Off	On	Off	On	ไม่หมุน

ตารางที่3.4 แสดงทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้า

3.4 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไมโครคอนโทรเลอร์

ในการทดลองนี้จะนำวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ จากการทดลองที่ 3.6 มาทำการทดลองต่อโดยการให้ไบอัส V1 , V2 ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ โดยต่อวงจรตามรูปและพิมพ์โปรแกรมตามการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไมโครคอนโทรเลอร์

1) พิมพ์โปรแกรมตามนี้

```
#include<reg52.h>
sbit r1 = P1^0;
sbit r2 = P1^1;
sbit m_1 = P2^0;
sbit m_2 = P2^1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//_____________RIGHT_____________//
void right(void)
{
      m_1 = 1;
      m_2 = 0;
}
//_____________LEFT_____________//
void left(void)
{
      m_1 = 0;
      m_2 = 1;
}
//_____________main_____________//
void main(void)
{
       while(1)
       {
          if(r1 == 0)
             left();
          if(r2 == 0)
             right();
       }
}
```

2) ทดลองกด SW ตามตารางพร้อมทั้งบันทึกทิศทางการหมุนของ Motor

SW1	SW2	ทิศทางการหมุนของมอเตอร์
Open	Open	ไม่หมุน
Open	Close	ทวนเข็ม
Close	Open	ตามเข็ม
Close	Close	ไม่หมุน

ตารางที่3.5แสดงทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไมโครคอนโทรเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ทิศทางมอเตอร์	Vds(V)	Vgs(V)	Id(Amp)
M1	ตามเข็ม	0.11	4.89	0.51
	ทวนเข็ม	4.98	4.91	0.00
M3	ตามเข็ม	4.89	0.00	0.51
	ทวนเข็ม	0.02	4.93	0.00
M2	ตามเข็ม	4.98	4.91	0.00
	ทวนเข็ม	0.11	4.89	0.49
M4	ตามเข็ม	0.02	4.93	0.00
	ทวนเข็ม	4.89	0.00	0.49

ตารางที่ 3.6 แสดงค่า Vds , Vgs , Id ในสภาวะที่มอเตอร์ทำงาน

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

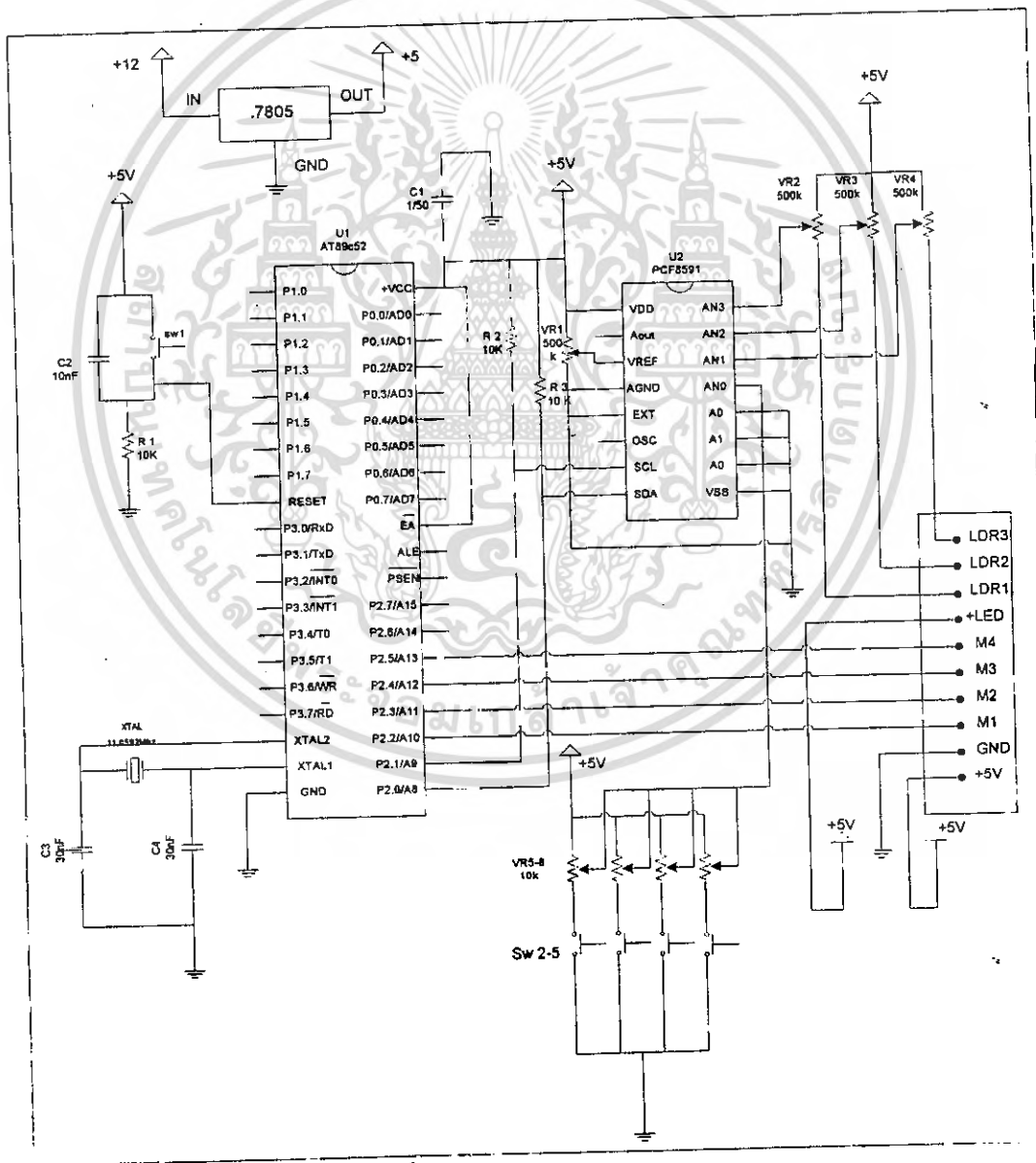
SW1	SW2	P3.0	P3.1	M1	M2	M3	M4	ทิศทางการหมุนของมอเตอร์
Open	Open	1	1	Off	On	Off	On	ไม่หมุน
Open	Close	1	0	On	Off	Off	On	ตามเข็ม
Close	Open	0	1	Off	On	On	Off	ทวนเข็ม
Close	Close	0	0	On	Off	On	Off	ไม่หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบและสร้างชิ้นงาน

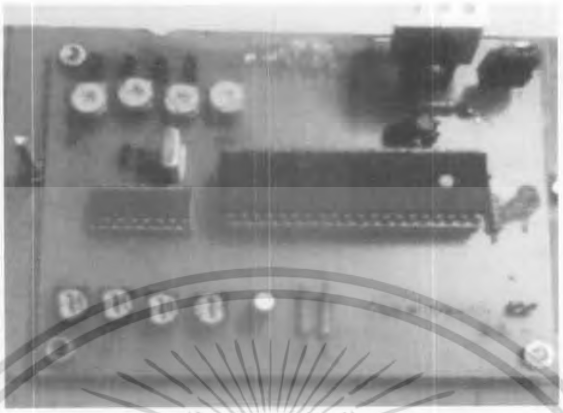
4.1 วงจรตรวจจับเส้นสี

ส่วนนี้เป็นส่วนประมวลผล และ ตัดสินใจในการเลือกเส้นสีหรือเส้นทางที่ต้องการให้หุ่นยนต์นำทางคนตาบอดเดินทางไปโดยวงจรประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และ วงจรแปลงอานาลอกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 4.1.1 วงจรตรรวจจับเส้นสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

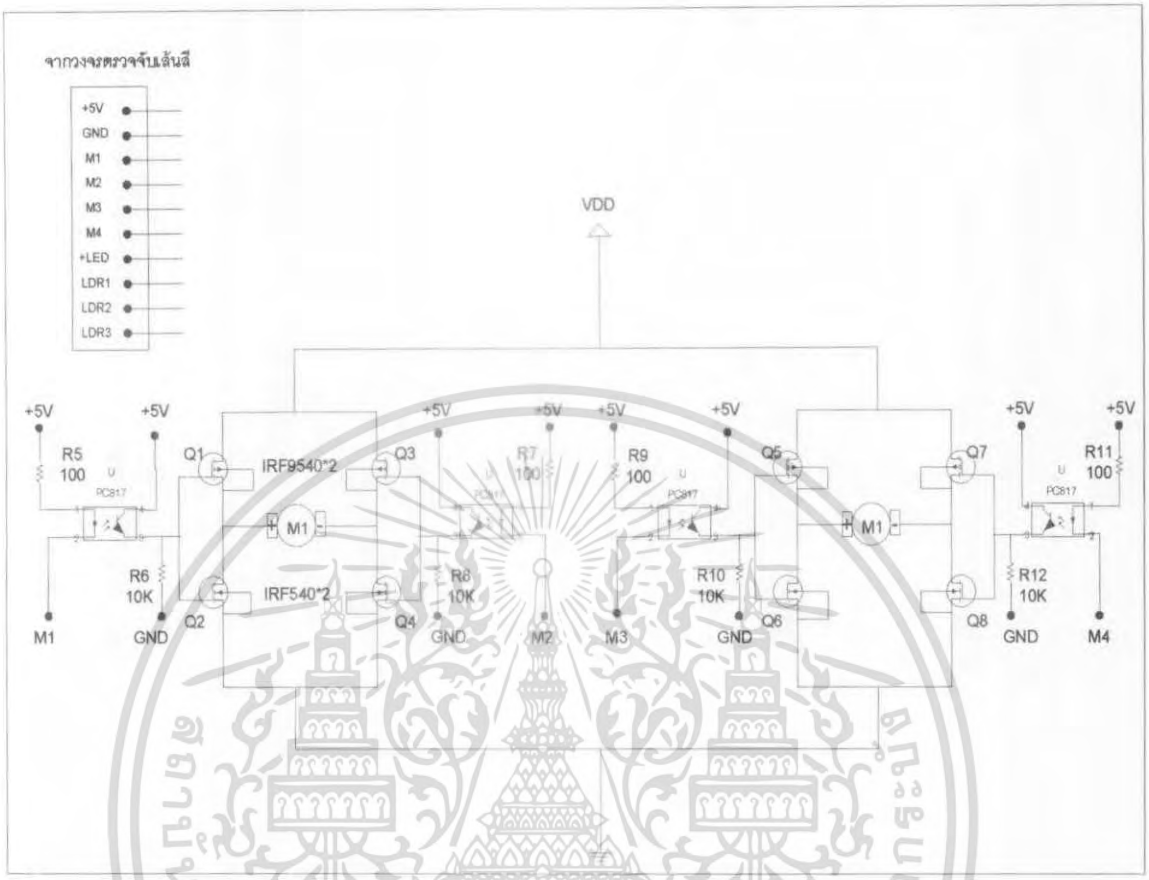


รูปที่ 4.1.2 วงจรตรวจจับเส้นสีที่ใช้งาน

4.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นส่วนของวงจรควบคุมมอเตอร์ ได้แนวความคิดในการออกแบบวงจรนี้จากวงจรพื้นฐาน ซึ่งได้นำหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวมาประยุกต์ใช้งาน หลักการทำงานของวงจรนี้ก็จะควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



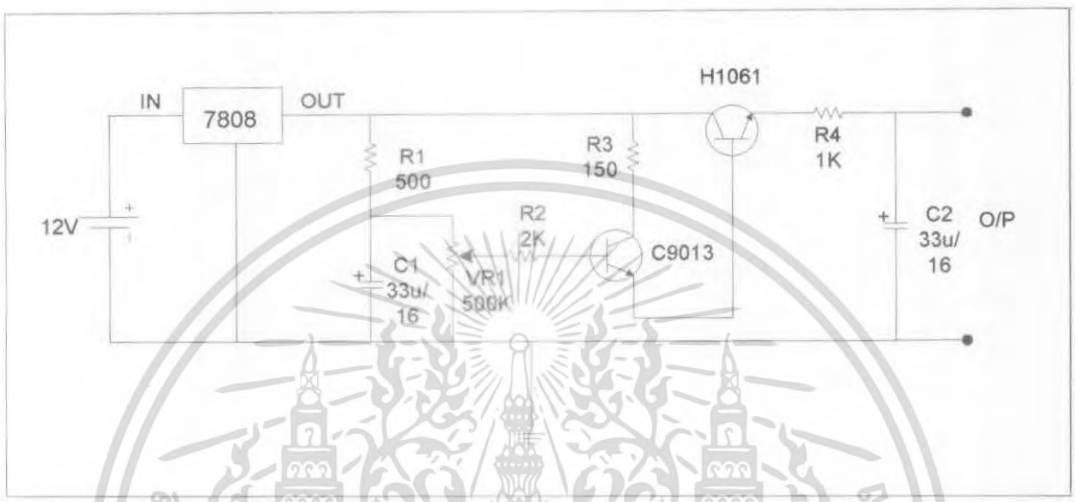
รูปที่ 4.2.1 วงจรควบคุมมอเตอร์

รูปที่4.2.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรปรับแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์

ในสวนนี้ได้ออกแบบวงจรปรับค่าแรงดันไฟที่จะป้อนให้กับมอเตอร์โดยสามารถใช้ได้กับมอเตอร์ทั่วไปและแรงดันสามารถกำหนดได้ที่อินพุท



รูปที่ 4.3.1 วงจรปรับแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์

รูปที่ 4.3.2 วงจรปรับแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ชุดเซ็นเซอร์ตรวจจับสี

ส่วนนี้จะออกแบบโดยใช้ LDR ซึ่งมีคุณสมบัติการสะท้อนสีและไม่ไวต่อแสงรบกวนจากภายนอก เป็นตัวอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แยกความแตกต่างของสี

รูปที่ 4.4.1 ชุดเซ็นเซอร์ตรวจจับสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 การสร้างในส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

การสร้างในส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด นั้นมีขนาดเล็ก พร้อมทั้งในส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สามารถที่จะขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ดีในระดับหนึ่ง

5.2 การสร้างส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

ในส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์นำทางคนตาบอดนั้นได้ใช้โหมดการทำงานแสกนเส้นนั้นจากเดิมที่สามารถตรวจสอบสีดำ กับ สีขาวได้เพียง สองสี ทำให้การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการไปได้เพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน จึงได้ทำการแก้ไขให้สามารถตรวจสอบสีได้มากขึ้น เพื่อให้ตำแหน่งหรือสถานที่ที่ต้องการไปนั้นเพิ่มจำนวนมากขึ้น ซึ่งในการใช้งานนั้น เริ่มต้นผู้ใช้หุ่นยนต์จะกำหนดตำแหน่งที่ต้องการจะไป จากนั้นหุ่นยนต์จะตรวจสอบสีที่ถูกทาบนพื้นทางเดินว่าสีใดเป็นสีที่ถูกกำหนดให้หุ่นยนต์ใช้เป็นเส้นทางในการเคลื่อนที่พาผู้ใช้งานหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งหรือสถานที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง

5.3 สรุปผลการทำหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ เดินหน้า เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาได้ ในส่วนของการตรวจจับเส้นสีสามารถตรวจจับได้สองเส้น คือ สีแดง และ สีเขียว และ หุ่นยนต์นั้นสามารถเคลื่อนที่ได้ตามเส้นสีได้ตามโปรแกรมที่ได้เขียนลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์

5.4 ปัญหาที่เกิดขึ้น

ในการทำโปรเจ็กชิ้นนี้มีปัญหาในส่วนของการทำหุ่นยนต์นานเกินไป จนทำให้เวลาที่จะนำโปรแกรมมาทดสอบกับหุ่นยนต์น้อยเกินไปจึงทำเป้าหมายที่จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นสีได้เพียงสองเส้น

5.5 แนวทางการพัฒนาต่อไป

ในส่วนของโปรแกรมเราสามารถเพิ่มเส้นทางเข้าไปได้โดยจะทำการวัดค่าแล้วเข้าไปเพิ่มส่วนที่ โปรแกรมเลือกเส้นทางการวิ่ง , โปรแกรมวิ่งไปหาเส้น , โปรแกรมวิ่งตามเส้นทาง เข้าไปตามจำนวนที่เราต้องการ แต่อาจจะเป็นสีที่มีความใกล้เคียงกันมากไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ดุสิต เครืองาม , "สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิล็กทรอนิกส์ ฟิสิกส์ เทคโนโลยีและการใช้งานเล่ม 1",จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , หน้า 410-418 , 2542

2. นคร ภักตีชาติ และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , " MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C ", อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์,หน้า 220 และ หน้า 283 , 2521

3. อรรถพล บุญยะโภคา วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , "เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม", อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์,หน้า 93 - 98 , 2521

4. พรเทพ เลิศบัวรักษ์ , " ควบคุมการหมุนมอเตอร์ไฟตรง", HOBBY ELECTRONIC,ฉบับที่ 141, 2547, หน้า34-36

5. พรเทพ เลิศบัวรักษ์ , " เชื่อมต่อวงจรผ่านออปโตคัปเปอร์", HOBBY ELECTRONIC,ฉบับที่ 144, 2547, หน้า26-29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

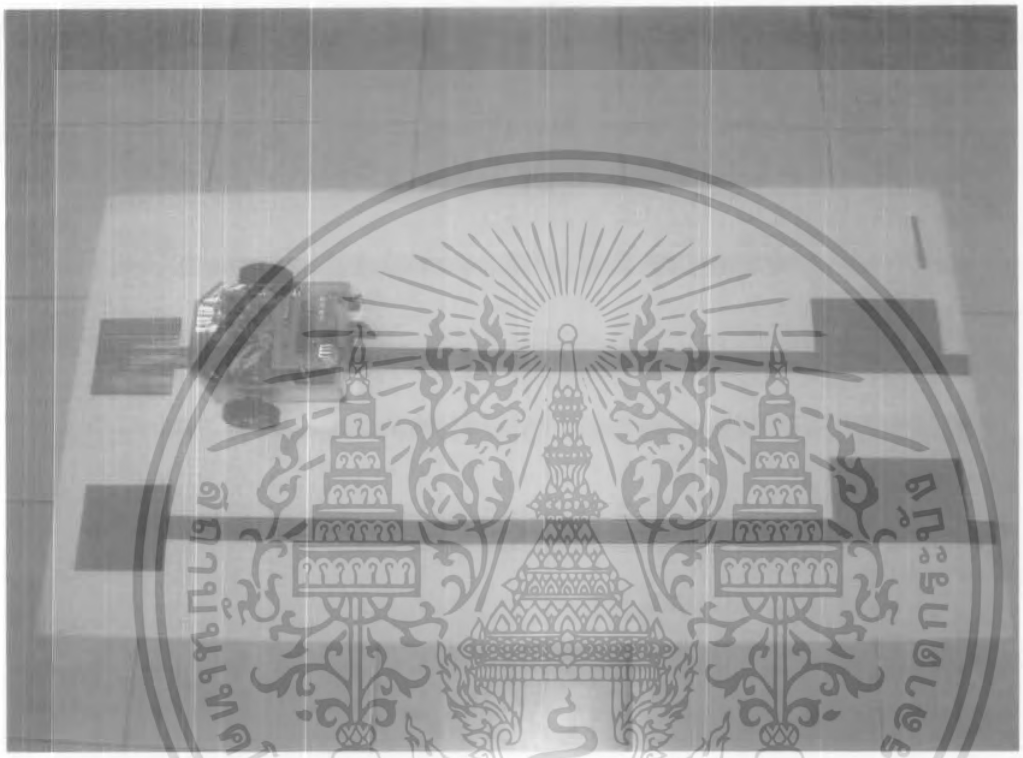
<u>วิธีการใช้ หุ่นยนต์นำทางคนตาบอด</u>

1. เริ่มจากเส้นทางที่ใช้ในการทำงานโดยทางด้านขวาเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นทางที่ได้วางไว้ดังแสดงให้ดูดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ต่อด้ามไม้เท้าเพื่อใช้ในการนำทาง โดยที่จะสั่งงานหุ่นยนต์จากไม้เท้า

3. กดปุ่มเพื่อเลือกเส้นทาง หุ่นยนต์จะวิ่งไปหาเส้นและวิ่งไปตามเส้นทางที่ได้วางเอาไว้



4. หุ่นจะหยุดที่บริเวณจุดที่หยุดเมื่อถึงเป้าหมายทางด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ติดต่อพอร์ตแบบ I^2C

```
 #include<reg52.h>
 #include<intrins.h>
sbit SDA = P2^0;//P2.0
sbit SCL = P2^1;//P2.1

void i2c_delay(void)
{
    unsigned char i;
    for(i=0;i<20;i++)
    _nop_();
}

void i2c_clk(void)
{
    i2c_delay();
    SCL = 1;
    i2c_delay();
    SCL = 0;
}

void i2c_start(void)
{
    if(SCL)
    SCL = 0;
    SDA = 1;
    SCL = 1;
    i2c_delay();
    SDA = 0;
    i2c_delay();
    SCL = 0;
}

void i2c_stop(void)
{
      if(SCL)
      SCL = 0;
      SDA = 0;
      i2c_delay();
   SCL = 1;
   i2c_delay();
   SDA = 1;
 }
void i2c_NACK(void)
{
   SDA = 1;
   i2c_delay();
   i2c_clk();
   SCL = 1;
 }
 bit i2c_wrdata(unsigned char dat)
 {
   bit data_bit;
   unsigned char i;
   for(i=0;i<8;i++)
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            data_bit = dat & 0x80;
            SDA = data_bit;
            i2c_clk();
            dat = dat<<1;
    }
    SDA = 1;
    i2c_delay();
    SCL = 1 ;
    i2c_delay();
    data_bit = SDA;
    SCL = 0;
    i2c_delay();
    return(data_bit);
  }

  unsigned char i2c_rddata(void)
  {
            bit rd_bit;
            unsigned char i,dat;
            dat = 0x00;
            for(i=0;i<8;i++)
            {
                i2c_delay();
                SCL = 1;
                i2c_delay();
                rd_bit = SDA;
                dat = dat<<1;
                dat = dat | rd_bit;
                SCL = 0;
             }

       SDA = 1;
       i2c_delay();
       i2c_clk();
       SCL = 1;
       return(dat);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ติดต่อจอแสดงผล LCD

```
#include<reg52.h>
#include<stdio.h>

sbit e = P3^6;
sbit rs = P3^7;

void delay( unsigned int bee)
{
      unsigned int i,j;
      for(i=0;i<bee;i++)
      for(j=0;j<250;j++);

}

void lcd_command(unsigned char com)       // write  command
{
      rs = 0;
      e = 1;
      P0 = com;
      delay(10);
      e = 0;
      delay(10);
}

void lcd_text(unsigned char text)         // write  command
{
      rs = 1;
      e = 1;
      P0 = text;
      delay(10);
      e = 0;
      delay(10);
}

void  lcd_clear()
{
  lcd_command(0x01);
}
void  lcd_jumporigin()
{
  lcd_command(0x02);
}
void lcd_init()
{
      delay(250);
      delay(250);
      lcd_command(0x38);
      lcd_command(0x0C);
      lcd_command(0x01);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมหุ่นยนต์นำทางคนตาบอด

```
#include<reg52.h>
#include<i2c_52.h>
#include<intrins.h>
#define  PCF8591_ID  0x90
unsigned char w,q,j,a,b,c;
unsigned char ad_value[4],a2,a1,a3,a4,channel=0x40;
sbit m11=P2^2;
sbit m41=P2^5;
void loop (unsigned int times)
            {
              for(w=0;w<=times;w++)
              for(q=0;q<=250;q++)
                  {    _nop_();
                      _nop_();
                        _nop_();
                      _nop_();
                      _nop_();
                  }

            }
void go (void)
{
       m11=0;//P2^2
       m41=0;//P2^5
}
void right (void)
{
       m11=0;//P2^2
       m41=1;//P2^5
}
void left (void)
{
       m11=1;//P2^2
       m41=0;//P2^5
}
void stop(void)
{
      while(1)
      {
                  m11=1;//P2^2
            m41=1;//P2^5
      }
}
void port (unsigned char ch)
{
     channel=0x40;
     switch(ch)
    {
      case 1:{    channel=channel+0;
             i2c_start();
             i2c_wrdata(PCF8591_ID);
             i2c_wrdata(channel);
             i2c_stop();
             for(j=0;j<2;j++)
                  {
                        i2c_start();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
                        a1 = i2c_rddata();
                        i2c_stop();
                    }
            break;
                         }
      case 2:{    channel=channel+1;
            i2c_start();
            i2c_wrdata(PCF8591_ID);
            i2c_wrdata(channel);
            i2c_stop();
            for(j=0;j<2;j++)
                  {
                        i2c_start();
                        i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
                        a2 = i2c_rddata();
                        i2c_stop();
                  }
            break;
                  }
      case 3:{     channel=channel+2;
             i2c_start();
             i2c_wrdata(PCF8591_ID);
             i2c_wrdata(channel);
             i2c_stop();
             for(j=0;j<2;j++)
                  {
                        i2c_start();
                        i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
                        a3 = i2c_rddata();
                        i2c_stop();
                  }
            break;
                  }
      case 4:{     channel=channel+3;
             i2c_start();
             i2c_wrdata(PCF8591_ID);
             i2c_wrdata(channel);
             i2c_stop();
             for(j=0;j<2;j++)
                  {
                        i2c_start();
                        i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
                        a4 = i2c_rddata();
                        i2c_stop();
                  }
            break;
                   }
    }
}
void runline(void)
{
      while(1)
                  {
            a1=a2=a3=0;
                                    port(1);
                                    port(2);
                                    port(3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        if(a3<=0x4c)//out left
                    {
                        if(a1<=0x4c)//out right
                                {
                                        go();
                                        a1=0;
                                 }
                        else
                                 {
                                left();
                                loop(60);
                                go();
                                loop(30);
                                right();
                                loop(80);
                                go();
                                loop(20);
                                 }
                    }
            else if(a1>=0x4c)
                    {
                stop();
                    }
                     else
                    {
                        right();
                        loop(80);
                        go();
                        loop(85);
                        left();
                        loop(30);
                    }
            }
}

void main(void)
{
      m11=m41=1;
      while(1)
      {
            a4=0;
            port(4);
             if(a4>=0x8c&&a4<=0x90)//blue
                   {     while(1)
                                        {
                                    port(2);
                                     if(a2>=0x59&&a1<=0x5b)
                                                {     right();
                                                 loop(250);
                                                 loop(250);
                                                 go();
                                                 loop(200);
                                                 m11=m41=1;
                                        runline();
                                        }
                                else   go();
                    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }

    if(a4>=0x48&&a4<=0x4c)//violet
        {       while(1)
                                {
                            port(2);
                             if(a2>=0x59&&a1<=0x5b)
                                        {       right();
                                                loop(250);
                                                loop(250);
                                                go();
                                                loop(200);
                                                m11=m41=1;
                                    runline();
                                }
                        else    go();
                }

    if(a4>=0x5a&&a4<=0x5e)//green
        {       while(1)
                                {
                            port(2);
                             if(a2>=0x59&&a1<=0x5b)
                                        {       right();
                                                loop(250);
                                                loop(250);
                                                go();
                                                loop(200);
                                                m11=m41=1;
                                    runline();
                                }
                        else    go();
        }
    if(a4==0xff)
        {       while(1)
                                {
                            port(2);
                             if(a2>=0x59&&a1<=0x5b)
                                        {       right();
                                                loop(250);
                                                loop(250);
                                                go();
                                                loop(200);
                                                m11=m41=1;
                                    runline();
                                }
                        else    go();
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมหาเส้นทาง

```
  #include<reg52.h>
  #include<intrins.h>
  #include<i2c_52.h>
  #define  PCF8591_ID  0x90
  unsigned int w,q,a,j,b=0;
  unsigned char ad_value[4],a2,a1,a3,a4,channel=0x40;
  sbit m11=P2^2;
sbit m21=P2^3;
sbit m31=P2^4;
sbit m41=P2^5;
sbit m12=P3^4;
sbit m22=P3^5;
sbit m32=P3^6;
sbit m42=P3^7;
void loop (unsigned int times)
          {
             for(w=0;w<=times;w++)
             for(q=0;q<=250;q++)

             {    _nop_();
                  _nop_();
       _nop_();
                  _nop_();
                  _nop_();
             }

          }

void go (void)
{
        m11=0;//P2^2
       m41=0;//P2^5
}
void right (void)
{
        m11=0;//P2^2
       m41=1;//P2^5
}
void left (void)
{
        m11=1;//P2^2
       m41=0;//P2^5
}
void stop(void)
{
       while(1)
       {
              m11=1;//P2^2
             m41=1;//P2^5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }
}

void port (unsigned char ch)
{
      channel=0x40;
      switch(ch)
     {
case 1:{     channel=channel+0;

              i2c_start();
              i2c_wrdata(PCF8591_ID);
              i2c_wrdata(channel);
              i2c_stop();
              for(j=0;j<2;j++)
              {
                    i2c_start();
                    i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
                    a1=i2c_rddata();
                    i2c_stop();
              }
                                                  break;
         }
case 2:{
              channel=channel+1;

              i2c_start();
              i2c_wrdata(PCF8591_ID);
              i2c_wrdata(channel);
              i2c_stop();
              for(j=0;j<2;j++)
              {
                    i2c_start();
                    i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
                    a2=i2c_rddata();
                    i2c_stop();
              }
                                  break;
          }
case 3:{     channel=channel+2;

              i2c_start();
              i2c_wrdata(PCF8591_ID);
              i2c_wrdata(channel);
              i2c_stop();
              for(j=0;j<2;j++)
              {
                    i2c_start();
                    i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                a3=i2c_rddata();
                i2c_stop();
            }
                                                    break;
             }
case 4:{    channel=channel+3;

            i2c_start();
            i2c_wrdata(PCF8591_ID);
            i2c_wrdata(channel);
            i2c_stop();
            for(j=0;j<2;j++)
            {
                i2c_start();
                i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
                a4=i2c_rddata();
                i2c_stop();
            }
                                                    break;
             }//case4
    }
}

  void main(void)
{   port(4);
     if(a4==0xff)
     {

       while(1)
       {
     port(2);
      if(a2>=0x59&&a1<=0x5b)
            {
                right();
                loop(250);
                loop(250);
                stop();
            }
      else    go();
         }
      }
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมวิ่งตามเส้น

```
#include<reg52.h>
#include<intrins.h>
#include<i2c_52.h>
#define  PCF8591_ID  0x90
unsigned int w,q,j,i;
unsigned char ad_value[4],a2,a1,a3,a4,channel=0x40;
sbit m11=P2^2;
sbit m21=P2^3;
sbit m31=P2^4;
sbit m41=P2^5;
sbit m12=P3^4;
sbit m22=P3^5;
sbit m32=P3^6;
sbit m42=P3^7;
void loop (unsigned int times)
{
for(w=0;w<=times;w++)
for(q=0;q<=250;q++)

{   _nop_();
_nop_();
_nop_();
_nop_();
_nop_();
}

}

void go (void)
{
m11=0;//P2^2
m41=0;//P2^5
}
void right (void)
{
m11=0;//P2^2
m41=1;//P2^5
}
void left (void)
{
m11=1;//P2^2
m41=0;//P2^5
}
void stop(void)
{
while(1)
{
m11=1;//P2^2
m41=1;//P2^5
}
}


void port (unsigned char ch)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
channel=0x40;
switch(ch)
{
case 1:{    channel=channel+0;


i2c_start();
i2c_wrdata(PCF8591_ID);
i2c_wrdata(channel);
i2c_stop();
for(j=0;j<2;j++)
{
i2c_start();
i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
a1 = i2c_rddata();
i2c_stop();
}
break;
}
case 2:{
channel=channel+1;

i2c_start();
i2c_wrdata(PCF8591_ID);
i2c_wrdata(channel);
i2c_stop();
for(j=0;j<2;j++)
{
i2c_start();
i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
a2 = i2c_rddata();
i2c_stop();
}
break;
}
case 3:{    channel=channel+2;

i2c_start();
i2c_wrdata(PCF8591_ID);
i2c_wrdata(channel);
i2c_stop();
for(j=0;j<2;j++)
{
i2c_start();
i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
a3 = i2c_rddata();
i2c_stop();
}
break;
}
case 4:{    channel=channel+3;

i2c_start();
i2c_wrdata(PCF8591_ID);
i2c_wrdata(channel);
i2c_stop();
for(j=0;j<2;j++)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
i2c_start();
i2c_wrdata (PCF8591_ID+1);
a4 = i2c_rddata();
i2c_stop();
}
break;
}
}
}


void main(void)
{
port(4);
if(a4==0xff)
{
while(1)
{
a1=a2=a3=0;
port(1);
port(2);
port(3);
if(a3<=0x4c)//out left
{
if(a1<=0x4c)//out right
{
go();
a1=0;
}
else
{
left();
loop(60);
go();
loop(30);
right();
loop(80);
go();
loop(20);
}
}
else if(a1>=0x4c)
{
stop();
}

else{
right();
loop(80);
go();
loop(85);
left();
loop(30);
}
}
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้