สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์รถควบคุมด้วย PDA

PDA Control Robot

T061984

นาย วรากร แพรภัทรพิศุทธิ์
นาย วรายุทธ์ กิ้ววงศ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61984
วัน,เดือน,ปี 25 ก.ค. 2549
b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์รถควบคุมด้วย PDA

PDA Control Robot

โดย

นาย วรากร แพรภัทรพิศุทธิ์ 44010420

นาย วรายุทธ์ กัววงศ์ 44010423

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์รถควบคุมด้วย PDA

ผู้จัดทำ 1. นาย วรากร แพรภัทรพิศุทธิ์ 44010420

2. นาย วรายุทธ์ กัววงศ์ 44010423

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ลงชื่อ ....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง หุ่นยนต์รถควบคุมด้วย PDA

PDA Control Robot

ผู้จัดทำ 1. นาย วรากร แพรภัทรพิศุทธิ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา 44010420

2. นาย วรายุทธ์ กัววงศ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา 44010423

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

ลงชื่อ ....

(รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์รถควบคุมด้วย PDA

นาย วรากร แพรภัทรพิศุทธิ์
นาย วรายุทธ์ กัววงศ์
รศ.ดร. สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์
ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้จะกล่าวถึง การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89LPC932 ของบริษัทฟิลิปส์ มาใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์รถ โดยรับคำสั่งจาก พ็อกเก็ตพีซีผ่านทางพอร์ตอนุกรม มาประมวลผลและควบคุมการเคลื่อนที่ โดยใช้ดีซีมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ และมีการตรวจสอบระยะทางที่ไปด้วย ซึ่งพ็อกเก็ตพีซีจะใช้ภาษาเบสิคในการพัฒนาอินเตอร์เฟสเพื่อติดต่อกับพอร์ตอนุกรม และใช้ภาษาซีในการโปรแกรม MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PDA Control Robot

Mr.Warakorn Parepattharapisut

Mr. Warayut Kuawong

Asso.Prof.Dr.Surapan Uerpaibool(Advisor)

2 st Semeseter ,Educational Year 2004

Abstract

This Project about using MCS-51 number P89LPC932 to control robot car to move ,which processed by Pocket PC with serial port .Then MCS-51 proceed , control 2 DC motor to move and check distance. The Pocket PC is programmed by Basic language .And we use C for programming MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การใช้ PDA ควบคุมหุ่นยนต์รถ (PDA Control Robot)” ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ จาก รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการให้ข้อมูลและคำแนะนำต่างๆเป็นแนวทางในการทำรายงานและชิ้นงาน ทางชุมนุมวิชาการที่อนุเคราะห์ในเรื่องของอุปกรณ์ต่างๆทั้งในเรื่องของรายงานและชิ้นงาน ทางชุมนุมอิเล็กทรอนิกส์ในเรื่องของข้อมูล เพื่อนๆนักศึกษาภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ช่วยเหลือทั้งทางด้านคำแนะนำ อุปกรณ์ต่างๆ จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ออกมาได้สำเร็จ

จึงขอขอบพระคุณอาจารย์และขอบคุณทุกคนที่ได้ช่วยเหลือในด้านต่างๆมา ณ โอกาสนี้

นายวรากร แพรภัทรพิศุทธิ์

นายวรายุทธ์ กัววงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ชนิดของหุ่นยนต์ 1

1.2 ระบบการทำงานของหุ่นยนต์รถ 1

1.3 ส่วนประกอบจากคอมพิวเตอร์ 1

1.4 รู้จักกับ PDA 1

1.5 วัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงงาน 2

1.6 ลักษณะและเป้าหมายของโครงงาน 2

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน 3

2.1 อินพุทจากพ็อกเก็ตพีซี 3

2.2 วงจรประมวลผล 3

2.2.1 คุณสมบัติของ MCS – 51 ที่ใช้ 4

2.2.2 โครงสร้างภายนอกของ P89LPC932 6

2.2.3 โครงสร้างภายในของ P89LPC932 9

2.2.4 การสื่อสารข้อมูลกับพอร์ตอนุกรม 9

2.2.4.1 การเลือกโหมดการทำงานของพอร์ต 9

2.2.4.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม 10

2.2.4.3 โหมดการทำงานของส่วนสื่อสารข้อมูลพอร์ตอนุกรม 11

2.2.4.4 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม 12

2.2.4.5 โมดูลกำเนิดบอดเรตอิสระภายใน 14

2.2.4.6 แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเพื่อสร้างอัตราบอด 15

2.2.4.7 พอร์ตอนุกรมของ PC 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.2.4.8 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232 15

2.2.4.9 ระบบการอินเตอร์เฟส RS-232 17

2.3 วงจรขับเคลื่อน 17

2.3.1 หลักการของมอเตอร์ 18

2.4 สัญญาณจากวงจรตรวจสอบการเคลื่อนที่ 20

2.4.1 การแบ่งหน้าที่การทำงานของการวัดค่า 20

2.4.1.1 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่พื้นฐาน 20

2.4.1.2 อุปกรณ์พิเศษ 21

2.4.2 หลักการปรับสภาพสัญญาณของอนาลอก 21

2.4.2.1 การเปลี่ยนระดับสัญญาณ 21

2.4.2.2 การทำให้สัญญาณเป็นเชิงเส้น 22

2.4.2.3 การแปลงสัญญาณ 22

2.4.2.4 การกรองและการสมดุลของอิมพีแดนซ์ 22

2.4.3 ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ 22

2.4.3.1 อุปกรณ์ตรวจจับแสง 23

2.4.3.2 อุปกรณ์กำเนิดแสง 26

บทที่ 3 การออกแบบ 28

3.1 การออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์หรือตัวรถ 28

3.1.1 การออกแบบในส่วนของวงจรควบคุม 28

3.1.2 การออกแบบส่วนของวงจรขับเคลื่อน 30

3.1.3 การออกแบบส่วนตรวจสอบการเคลื่อนที่ 31

3.1.3.1 การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์ 31

3.2 การออกแบบส่วนของซอฟต์แวร์หรือโปรแกรม 32

3.2.1 การออกแบบในส่วนโปรแกรมของ พ็อกเก็ตพีซี 32

3.2.2 การออกแบบในส่วนของ MCS-51 33

บทที่ 4 การทดสอบ 34

4.1 การทดสอบตัวโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์ 34

4.2 การทดสอบการใช้งานของโครงงาน 35

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

5.1 สรุปสิ่งที่ได้จากการทดลอง 38

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น 38

5.3 แนวทางในการพัฒนา 38

ภาคผนวก

บรรณานุกรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงหลักการของหุ่นยนต์รถ 3
รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ P89LPC932 6
รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของ P89LPC932 9
รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมการกำเนิดอัตราบอดเปรียบเทียบระหว่างโหมด 1 กับ 3 11
รูปที่ 2.5 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์ทั้ง 9 ขาและ 25 ขา 16
รูปที่ 2.6 ขาสัญญาณของ RS-232 แบบ DB-9 18
รูปที่ 2.7 การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ 19
รูปที่ 2.8 หลักการของมอเตอร์ 19
รูปที่ 2.9 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กและแสดงย่านการใช้งาน 23
ของออปโตอิเล็กทรอนิกส์
รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานและลักษณะสมบัติของไฟโต้ไดโอด 24
รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์โครงสร้างของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 25
รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ LED และวงจรใช้งาน 26
รูปที่ 3.1 วงจรของ JX-900 ที่จะนำมาใช้ 30
รูปที่ 3.2 การใช้งาน กับ มอเตอร์ 31
รูปที่ 3.3 พื้นฐานการใช้เซ็นเซอร์ 31
รูปที่ 3.4 โครงสร้างโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์ และล้อที่ดัดแปลงเพื่อวัดระยะทาง 32
รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของ PocketPC 32
รูปที่ 3.6 การทำงานของ MCS-51 33
รูปที่ 4.1 การทดสอบโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์ 34
รูปที่ 4.2 อินเตอร์เฟสและการใช้งาน PDA 35
รูปที่ 4.3 เส้นทางการเดินของการทดสอบและความผิดพลาดที่เกิดขึ้น 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดการจัดขาและหน้าที่การทำงาน ของขาสัญญาณทั้งหมดของ P89LPC932 6 - 8

ตารางที่ 2.2 การเลือกโหมดการทำงานของพอร์ต ของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89LPC932 10

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการกำหนดโหมดการทำงานของขาพอร์ต 10

ตารางที่ 2.4 การเลือกอัตราบอดทางซอฟต์แวร์จากการกำหนดข้อมูล ในรีจิสเตอร์ SCON และ PCON 15

ตารางที่ 2.5 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้ง DB-9 และ DB-25 17

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของ RS-232 18

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์ 34

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการเดินหน้า 35

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการเลี้ยวซ้าย 36

ตารางที่ 4.4 การทดสอบการเลี้ยวขวา 36

ตารางที่ 4.5 การทดสอบการเดินเป็นเส้นทางจากรูปที่ 4.3 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ชนิดของหุ่นยนต์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ

1. Fixed Robots คือ หุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่ถูกยึดคงที่ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระ

2. Mobile Robots คือหุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ โดยที่ฐานมีล้อหรือมีต้นระบบ

1.2 ระบบการทำงานของหุ่นยนต์รถ

ในโครงงานได้นำหลักการของรถบังคับที่สามารถเลี้ยวซ้าย-ขวาได้ โดยใช้มอเตอร์เพียง 2 ตัว มาประยุกต์ใช้ โดยหุ่นยนต์นี้จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

- วงจรรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ – ส่วนนี้จะมีการรับข้อมูลจากการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม โดยทางคอมพิวเตอร์จะมีการใช้ Graphic User Interface (GUI) มาใช้ทำให้การควบคุมเป็นไปได้ง่าย

- วงจรประมวลผล – เป็นส่วนที่นำสัญญาณจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันมาประมวลผล โดยจะมีการโปรแกรม (Program) คำสั่งไว้ภายในเพื่อควบคุมการทำงาน เราจะนิยมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผล

- วงจรขับเคลื่อน – จะรับผลจากวงจรส่วนประมวลผลให้เกิดการทำงานตามที่ได้ออกแบบโปรแกรมไว้แต่เนื่องจากส่วนประมวลผลมีค่าแรงดันและกระแสน้อย จึงจำเป็นต้องผ่านไดรเวอร์เพื่อขยายสัญญาณในการขับเคลื่อนได้อย่างสมบูรณ์

- วงจรตรวจสอบการเคลื่อนที่ – จะรับระยะทางมาจากพ็อกเก็ตพีซี และนำไปขับเคลื่อนตามระยะทางที่กำหนด

- ส่วนอื่นๆ เช่น แหล่งจ่ายกำลังให้กับส่วนต่างๆของวงจร

1.3 ส่วนประกอบจากคอมพิวเตอร์

ได้ใช้ส่วนของ GUI มาใช้ทำให้ง่ายต่อการใช้งานโดยตัว GUI จะพัฒนามาจาก โปรแกรม Visual Basic ซึ่งเป็นภาษาที่ง่ายในการพัฒนา มาใช้กับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมซึ่งจะไปเชื่อมต่อกับรถต่อไป

1.4 รู้จักกับ PDA

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ขนาดพกพาหรือ POCKET PC ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวัน เนื่องจากประโยชน์ในเรื่องความสะดวกและขนาดที่เล็กของเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดพกพา โครงงานนี้จึงได้นำความสามารถของคอมพิวเตอร์มาใช้โดยในภาคเรียนนี้ได้ทำการเชื่อมต่อโดยคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะเพื่อเป็นการทดสอบขั้นต้นก่อนที่จะนำไปพัฒนาต่อไป

1.5 วัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงงาน

1. สามารถนำความรู้ที่ผ่านมา มาประยุกต์ทำให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้
2. สามารถค้นคว้าและหาข้อมูลเพิ่มเติมได้อย่างเป็นระบบได้
3. สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยตัวเองได้

1.6 ลักษณะและเป้าหมายของโครงงาน

หุ่นยนต์รถนี้จะใช้ดีซีมอเตอร์ขนาด 12 โวลท์ จำนวน 2 ตัวในการขับเคลื่อนทั้ง เดินหน้า ถอยหลัง และเลี้ยวซ้าย-ขวาได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาเป็นส่วนประมวลผล โดยมีการควบคุมจากภายนอกโดยคอมพิวเตอร์ โดยเป้าหมายคือใช้ PDAในการกำหนดเส้นทางเดินรถ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำความรู้ที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ได้จริง และสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้
2. นักศึกษาจะได้ความรู้เพิ่มขึ้นจากการทำโครงงานนี้

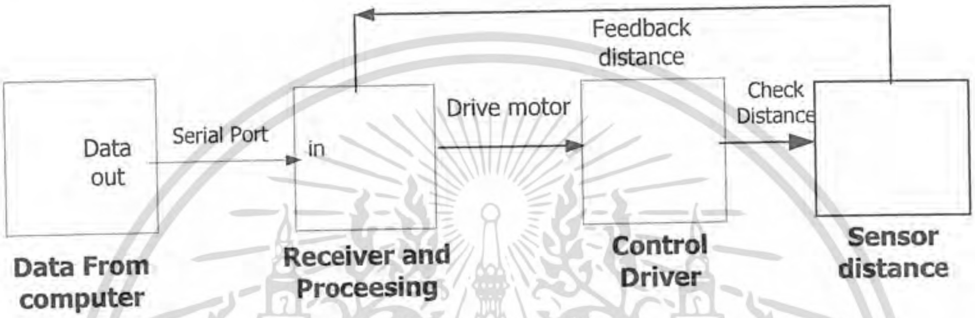
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

หลักการพื้นฐาน

หลักการของหุ่นยนต์รถอย่างง่ายๆ ซึ่งสามารถพิจารณาหลักการออกเป็นส่วน ๆ ดังแสดงในรูป 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงหลักการของหุ่นยนต์รถ

ส่วนแรก คือ *ส่วนอินพุท* หรือในที่นี้ก็คือสัญญาณข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมของพ็อกเก็ตพีซี

ส่วนที่สอง คือ *ส่วนประมวลผล* ที่ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่ได้มาจากส่วนของพอร์ตอนุกรม และให้เอาท์พุทตามที่ได้โปรแกรมไว้

ส่วนที่สาม คือ *ส่วนขับเคลื่อน*ไปใช้งานในที่นี้ก็คือ มอเตอร์

ส่วนที่สี่ คือ *ส่วนตรวจสอบการเคลื่อน*ที่ซึ่งสามารถส่งค่ากลับมาวงจรประมวลผลได้

อธิบายส่วนต่างๆของวงจร

2.1 อินพุทจากพ็อกเก็ตพีซี

คอมพิวเตอร์จะมีตัวโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้นด้วยภาษา Embedded Visual Basic เพื่อนำมาใช้เป็น Graphic User Interface(GUI) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยผลลัพธ์จะออกมาที่พอร์ตอนุกรม ซึ่งจะไปติดต่อกับวงจรประมวลผลต่อไป

2.2 วงจรประมวลผล

ส่วนนี้ถือว่าเป็นหัวใจหลักของหุ่นยนต์เพราะเป็นตัวประมวลผลและสั่งการ เราสามารถที่จะทำให้หุ่นของเรามีความสามารถคิดแล้วตัดสินใจ ควบคุมและรักษาสภาพตัวเองและทำงานต่างๆตามที่ออกแบบไว้เองโดยใช้การรับรู้จากอินพุทและส่วนตรวจสอบนั่นเอง เมื่ออุปกรณ์ประมวลผลแล้วก็จะส่งไปควบคุมอุปกรณ์ขับเคลื่อนต่างๆด้วยสัญญาณดิจิตอล โดยความสามารถที่จะคิดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัดสินใจเราจะเป็นคนตั้งเงื่อนไขให้กับมัน จะสังเกตว่าในการโปรแกรมหุ่น เราจะตั้งเงื่อนไขในการตรวจสอบว่าเป็นจริงหรือเท็จ แล้วถ้าเป็นจริงทำอย่างไร เท็จทำอย่างไร ในปัจจุบันมีตัวประมวลผลที่ใช้กันมากมาย แต่ที่นำมาใช้ซึ่งมีความซับซ้อนน้อย เราสามารถเลือกตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่างๆได้ เช่น PIC,MCS-51,68HCXX หรืออื่นๆ ซึ่งแต่ละตัวก็จะมีข้อดี-เสียต่างกันไป ในที่นี้จะเลือก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันทั่วไป

2.2.1 คุณสมบัติของ MCS-51 ที่ใช้

ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89LPC932 ของบริษัท Philips ซึ่งมีคุณสมบัติคือ

1. ใช้ซีพียู MCS-51 ความเร็วในการประมวลผล 2 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาหลักต่อคำสั่ง เร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาตรฐาน 6 เท่า
2. ใช้สัญญาณนาฬิกาได้จากคริสตอลภายนอกตั้งแต่ความถี่ 20kHz – 12MHz และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา RC ภายใน ความถี่ 7.373 MHz
3. ใช้ไฟเลี้ยง 2.4 -3.6 โวลต์
4. ขาพอร์ตสามารถใช้งานกับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดัน
5. บรรจุในตัวถังแบบ PLCC
6. จำนวนพอร์ตอินพุทเอาท์พุทปกติ 23 ขาและสูงสุดถึง 26 ขาหากใช้สัญญาณจากภายในและใช้การรีเซ็ตจากซอฟต์แวร์หรือจากเพาเวอร์ออนรีเซ็ต
7. ขาพอร์ตสามารถกำหนดให้ทำงานได้ 4 รูปแบบคือ
   - โหมด 1 แบบกึ่ง 2 ทิศทาง (Quasi-bidirectional)เหมือนกับขาพอร์ตของ MCS-51 มาตรฐาน
   - โหมด 2 พอร์ตเอาท์พุทแบบเดรนเปิด (Open Drain)
   - โหมด 3 พอร์ตเอาท์พุทแบบพุชพูล(Push-Pull) สามารถขับโหลดในลักษณะกระแสซอร์สได้สูงสุด 20 mA ต่อขา และรวมกันทุกขาไม่เกิน 100mA จึงสามารถขับ LED ด้วยลอจิก 1 ได้ ซึ่งแตกต่างจากMCS-51 มาตรฐาน
   - โหมด 4 พอร์ตอินพุทเป็นแบบชมิตต์ทริกเกอร์
8. หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชความจุ 8 กิโลไบต์
9. หน่วยความจำข้อมูลแรมมาตรฐาน 256 ไบต์ และหน่วยความจำแรมเสริม (Auxiliary on-chip RAM) 512 ไบต์
10. หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม 512 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

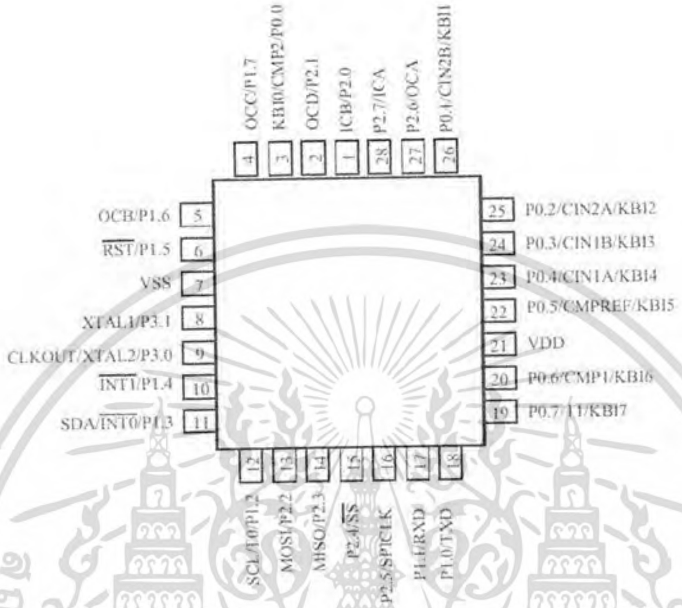
11. ไทเมอร์เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ตัว สามารถใช้สร้างสัญญาณ PWM ได้
12. มีไทเมอร์อิสระที่ยังคงทำงานได้แม้ว่าซียูทำงานในโหมดเพาเวอร์ดาวน์ จึงสามารถใช้งานเป็นไทเมอร์หลักของระบบได้
13. มีโมดูลตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณหรือ CCU ใช้สำหรับตรวจจับสัญญาณ ปีนเอาท์พุท เปรียบเทียบข้อมูลและควบคุมการสร้างสัญญาณ PWM
14. วงจรเปรียบเทียบสัญญาณนาลอก 2 ชุด
15. มีส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART ที่สามารถเลือกอัตราเร็วในการถ่ายทอดข้อมูล และตรวจจับความผิดพลาดในการสื่อสารข้อมูลได้ ภายในวงจรบัฟเฟอร์ 2 ชุด (ดับเบิ้ลบัฟเฟอร์) รองรับการส่งข้อมูลแบบบิต 16 บิต
16. มีส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบ I^2C ความถี่ 400 kHz
17. มีส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมแบบ SPI
18. มีอินพุทสำหรับอินเตอร์รัปต์จากการกดสวิตซ์คีย์แพด 8 ช่อง และอินพุทรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกอิสระอีก 2 ช่อง
19. กำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองอินเตอร์รัปต์ได้ 4 ระดับ
20. มีวอตช์ด็อกไทเมอร์แบบเลือกปรีสเกลเลอร์ได้ 8 ค่า
21. รีเซ็ตด้วยสัญญาณลอจิกต่ำ (แตกต่างจาก MCS-51 ทั่วไปที่รีเซ็ตด้วยลอจิกสูง)
22. มีวงจรตรวจจับไฟเลี้ยงต่ำหรือบราวเอาท์ดีเทกเตอร์(brownout detector)
23. มีส่วนตรวจจับการไม่ทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ (Oscillator fail detect)
24. มีโหมดการทำงานพลังงานต่ำทำให้กินกระแสไฟฟ้าเพียง 1 ไมโครแอมป์
25. สามารถโปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมแบบอนุกรมหรือ In-circuit programming ผ่านทางขาพอร์ตในส่วนสื่อสารแบบอนุกรม(UART)
26. สามารถโปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมขณะทำงานหรือ In-application programming ได้

จากคุณสมบัติทั้งหมดจะพบว่ามีความสามารถที่มากกว่า MCS-51 มาตรฐานอยู่มาก และมีข้อได้เปรียบที่ว่าสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมและรันได้ในตัว อีกทั้งยังใช้ไฟเลี้ยงที่ต่ำกว่า คือ 3.3 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โครงสร้างภายนอกของ P89LPC932

โครงสร้างของ P89LPC932 จะเป็นตัวถังแบบ PLCC 28ขา ซึ่งแต่ละขาก็จะทำหน้าที่ต่างๆ กันคือ



รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ P89LPC932

ชื่อขา	ขาที่	หน้าที่	รายละเอียดการทำงาน
Vdd	21	อินพุท	ขาต่อไฟเลี้ยงบวกตั้งแต่ 2.4-3.6 V
Vss	7	อินพุท	ขาต่อกราวนด์
พอร์ต 0			
P0.0/CMP2 /KBI0	3	P0.0	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P0 บิต 0
		CMP2	เอาท์พุทดิจิตอลของวงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกชุดที่ 2
		KBI0	อินพุทต่อสวิตซ์ช่อง0
P0.1/CIN2 B/KBI1	22	P0.1	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P0 บิต 1
		CIN2B	อินพุทอะนาลอกช่อง B ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกชุดที่ 2
		KBI1	อินพุทต่อสวิตซ์ช่อง1
P0.2/CIN2 A/KBI2	21	P0.2	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P0 บิต 2
		CIN2A	อินพุทอะนาลอกช่อง A ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกชุดที่ 2
		KBI2	อินพุทต่อสวิตซ์ช่อง2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อขา	ขาที่	หน้าที่	รายละเอียดการทำงาน
P0.3/CIN1B/KBI3	20	P0.3	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P0 บิต 3
		CIN1B	อินพุทอะนาลอกช่อง B ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกชุดที่ 1
		KBI3	อินพุทต่อสวิตซ์ช่อง3
P0.4/CIN1A/KBI4	19	P0.4	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P0 บิต 4
		CIN1A	อินพุทอะนาลอกช่อง A ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกชุดที่ 1
		KBI4	อินพุทต่อสวิตซ์ช่อง4
P0.5/CMPERF/KBI5	18	P0.5	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P0 บิต 5
		CMPREF	อินพุทรับแรงดันอ้างอิงของวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอก
		KBI5	อินพุทต่อสวิตซ์ช่อง5
P0.6/CMP1/KBI6	16	P0.6	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P0 บิต 6
		CMP1	เอาท์พุทดิจิตอลของวงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกชุดที่ 1
		KBI6	อินพุทต่อสวิตซ์ช่อง6
P0.7/T1/KBI7	15	P0.7	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P0 บิต 7
		T1	ขาอินพุทเอาท์พุทของ ไทเมอร์ 1
		KBI7	อินพุทต่อสวิตซ์ช่อง0
พอร์ต 1			
P1.0TxD	18	P1.0	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P1 บิต 0
		TxD	ขาเอาท์พุทส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART
P1.1RxD	17	P1.1	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P1 บิต 1
		RxD	ขาอินพุทรับข้อมูลของวงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART
P1.2/T0/SCL	12	P1.2	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P1 บิต 2
		T0	ขาอินพุทเอาท์พุทของไทเมอร์ T0
		SCL	ขาสัญญาณนาฬิกาอนุกรมของส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบบัส I^2C
P1.3/INT0/SDA	11	P1.3	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P1 บิต 3
		INT0	อินพุทรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0
		SDA	ขาสัญญาณข้อมูลอนุกรมของส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบบัส I^2C
P1.4/INT1	10	P1.4	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P1 บิต 4
		INT1	อินพุทรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1
P1.5/RST	6	P1.5	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P1 บิต 5
		RST	อินพุทรับสัญญาณรีเซตจากภายนอก(ลอจิก"0")
P1.6/OCB	5	P1.6	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P1 บิต 6
		OCB	ขาเอาท์พุทของส่วนเปรียบเทียบข้อมูลชุด B ในโมดูล CCU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

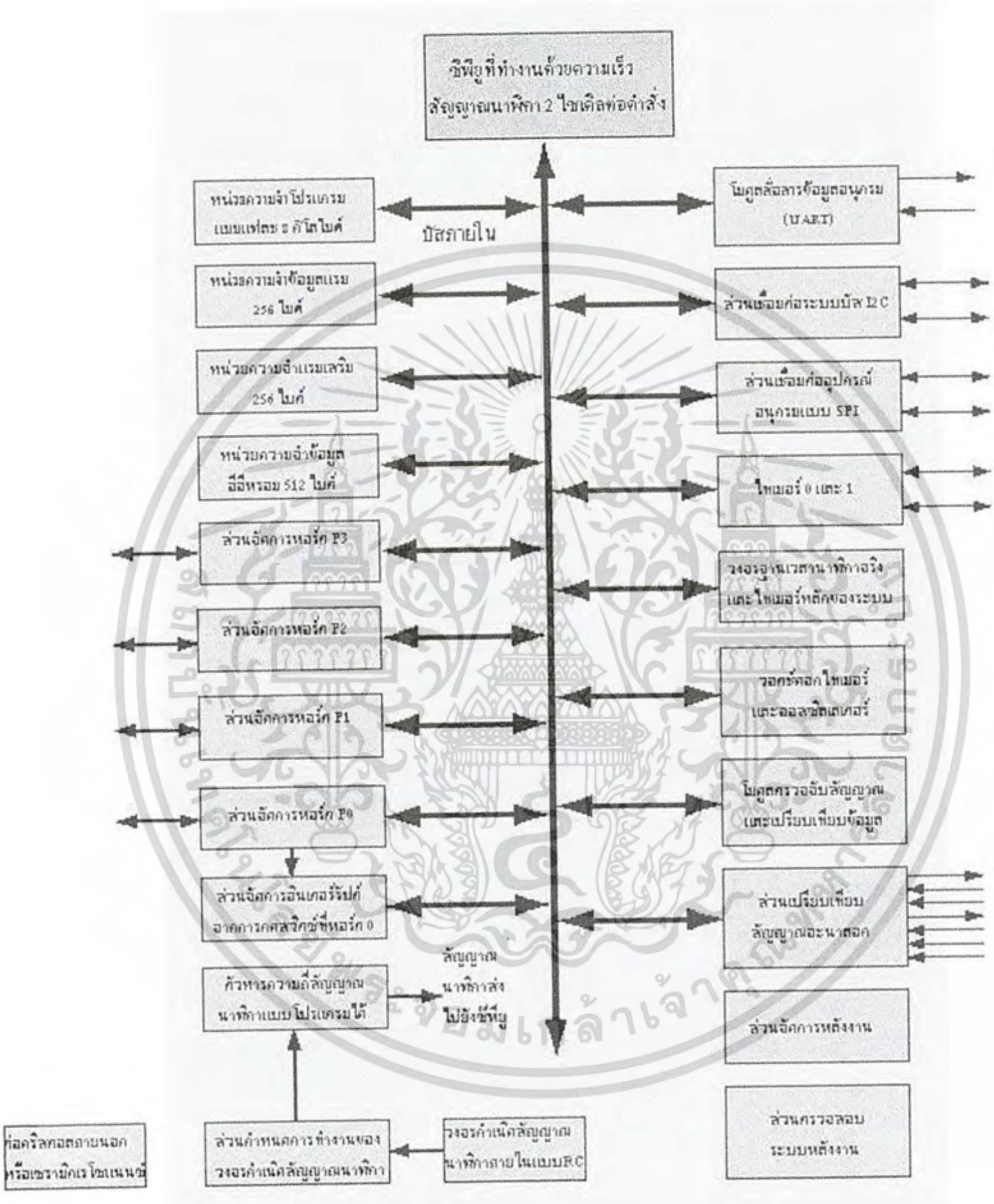
ชื่อขา	ขาที่	หน้าที่	รายละเอียดการทำงาน
P1.7/OCC	4	P1.7	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P1 บิต 7
		OCC	ขาเอาท์พุทของส่วนเปรียบเทียบข้อมูลชุด C ในโมดูล CCU
พอร์ต 2			
P2.1/ICB	1	P2.0	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P2 บิต 0
		ICB	ขาอินพุทตรวจจับสัญญาณช่อง B ในโมดูล CCU
P2.1/OCD	2	P2.1	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P2 บิต 1
		OCD	ขาเอาท์พุทของส่วนเปรียบเทียบข้อมูลชุด D ในโมดูล CCU
P2.2/MOSI	13	P2.2	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P2 บิต 2
		MOSI	ขารับส่งข้อมูลของส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ SPI อุปกรณ์มาสเตอร์-เอาท์พุท อุปกรณ์สเลฟ-อินพุท
P2.3/MISO	14	P2.3	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P2 บิต 3
		MISO	ขารับส่งข้อมูลของส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ SPI อุปกรณ์มาสเตอร์-อินพุท อุปกรณ์สเลฟ-เอาท์พุท
P2.4/SS	15	P2.4	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P2 บิต 4
		SS	อินพุทเลือกอุปกรณ์สเลฟของส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ SPI
P2.5/SCLK	16	P2.5	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P2 บิต 5
		SCLK	ขาสัญญาณนาฬิกาของส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ SPI
P2.6/OCA	27	P2.6	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P2 บิต 6
		OCA	ขาเอาท์พุทของส่วนเปรียบเทียบข้อมูลชุด A ในโมดูล CCU
P2.7/ICA	28	P2.7	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P2 บิต 7
		ICA	ขาอินพุทตรวจจับสัญญาณช่อง A ในโมดูล CCU
พอร์ต 3			
P3.0/XTAL2/CLKOUT	18	P3.0	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P3 บิต 0
		XTAL2	ขาต่อคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ความถี่ 20kHz-20MHz เมื่อเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
		CLKOUT	ขาเอาท์พุทสัญญาณนาฬิกาความถี่ ฝ เท่าของความถี่หลัก จากวงจรนาฬิกา
P3.1/XTAL1	17	P3.1	ขาพอร์ตอินพุทเอาท์พุทดิจิตอล P3 บิต 1
		XTAL1	ขาต่อคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ความถี่ 20kHz-20MHz เมื่อเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดการจัดขาและหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณทั้งหมดของ P89LPC932

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 โครงสร้างภายในของ P89LPC932

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรเลอร์ P89LPC932 แสดงดังรูปที่ 2 .3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของ P89LPC932

2.2.4 การสื่อสารข้อมูลกับพอร์ตอนุกรม

2.2.4.1 การเลือกโหมดการทำงานของพอร์ต

ในการเลือกโหมดการทำงานงานของพอร์ตต่างๆ จะต้องกำหนดข้อมูลลงในบีตควบคุมทิศทางพอร์ตของรีจิสเตอร์พิเศษต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P0M1 : รีจิสเตอร์เลือกโหมดเอาท์พุท 1 ของพอร์ต 0

P0M2 : รีจิสเตอร์เลือกโหมดเอาท์พุท 2 ของพอร์ต 0

P1M1 : รีจิสเตอร์เลือกโหมดเอาท์พุท 1 ของพอร์ต 1

P1M2 : รีจิสเตอร์เลือกโหมดเอาท์พุท 2 ของพอร์ต 1

P2M1 : รีจิสเตอร์เลือกโหมดเอาท์พุท 1 ของพอร์ต 2

P2M2 : รีจิสเตอร์เลือกโหมดเอาท์พุท 2 ของพอร์ต 2

P3M1 : รีจิสเตอร์เลือกโหมดเอาท์พุท 1 ของพอร์ต 3

P3M2 : รีจิสเตอร์เลือกโหมดเอาท์พุท 2 ของพอร์ต 3

ข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.2โดย x คือค่าตำแหน่งพอร์ต(0,1,2,3) y คือค่าตำแหน่งบิต(0-7)

บิต PxM2.y	บิต PxM1.y	โหมดการทำงาน
0	0	แบบกึ่ง 2 ทิศทาง
0	1	อินพุทแบบชมิตต์ทริกเกอร์
1	0	เอาท์พุทแบบพุชพูล
1	1	เอาท์พุทแบบเดรนเปิด

ตารางที่ 2.2 การเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89LPC932

	บิต 7	บิต6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
P1M2	0	1	0	1	0	1	1	0
P1M1	0	0	0	0	0	1	0	1
ขาพอร์ต	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0
โหมด	กึ่ง 2 ทิศทาง	พุชพูล	กึ่ง 2 ทิศทาง	พุชพูล	กึ่ง 2 ทิศทาง	เดรนเปิด	พุชพูล	ชมิตต์ทริกเกอร์

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการกำหนดโหมดการทำงานของขาพอร์ต

2.2.4.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรมหรือ UART ของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89LPC932 จะแตกต่างจาก MCS-51 มาตรฐาน โดยมีตำแหน่งขาส่งข้อมูลอนุกรมหรือ TxD อยู่ที่ P1.0 และตำแหน่งขารับข้อมูลอนุกรมหรือ RxD อยู่ที่ P1.1 สามารถเลือกแหล่งสัญญาณนาฬิกาสำหรับสร้างอัตราบอดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายตำแหน่งกำเนิดได้แก่ คริสตอลภายนอกโดยเลือกตัวหารความถี่แบคงที่ จากการโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หรือจากโมดูลกำเนิดอัตราบอดอิสระ (Baud Rate Generator)ที่มีอยู่ โดยใช้สัญญาณนาฬิกาในในการกำเนิดอัตรบอดจากวงจร RC ภายในความถี่ 7.3728 MHz แต่ไม่สามารถใช้พัลส์โอวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 2 ได้ นอกากนั้นยังมีความสามารถตรวจจับความผิดพลาดของเฟรมข้อมูลระหว่างการสื่อสารและรองรับการส่งข้อมูลแบบ 16 บิต

2.2.4.3 โหมดการทำงานของส่วนสื่อสารข้อมูลพอร์ตอนุกรม

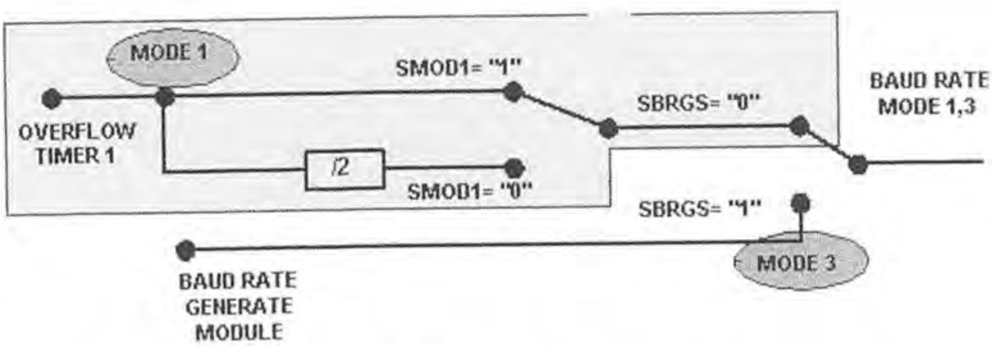
โหมดการทำงานของส่วนสื่อสารข้อมูลพอร์ตอนุกรมมี 4 โหมดดังนี้

โหมด 0 : ในโหมดนี้เป็นการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต โดยรับหรือส่งบิตนัยสำคัญต่ำหรือ LSB เป็นลำดับแรกมีอัตราบอดเป็น 1/6 ของความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้แก่ซีพียู

โหมด 1 : เป็นการรับส่งข้อมูล 10 บิต โดยรับหรือส่งบิตเริ่มต้น(Start Bit) โดยบิตเริ่มต้นนี้มีสภาวะลอจิกเป็น“0” แล้วตามด้วยข้อมูล 8 บิต เริ่มจากบิต LSB ก่อนและปิดท้ายด้วยบิตหยุด (stop Bit) ซึ่งมีสภาวะลอจิก”1” ในโหมดนี้สามารถกำหนดอัตราบอดได้จากพัลส์โอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หรือโมดูลกำเนิดอัตราบอดอิสระภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง

โหมด 2 : เป็นการรับส่งข้อมูลแบบ 11 บิต โดยรับหรือส่งบิตเริ่มต้น(Start Bit)ก่อนแล้วตามด้วยข้อมูล 8 บิต เริ่มจากบิต LSB ก่อนถัดมาเป็นบิตพาริตี้ (Parity Bit)ซึ่งค่าของบิตรี้ในกรณีที่เป็นการส่งข้อมูลจะอ่านออกจากบิต TB8 ในรีจิสเตอร์ PSW เพื่อใช้ในการตรวสอบความถูกต้องของการรับส่งข้อมูล แต่ถ้าเป็นการรับ ข้อมูลบิตนี้จะถูกเก็บลงที่บิต RB8 ในรีจิสเตอร์ TCON บิตสุดท้ายคือบิตหยุด ในโหมดนี้สามารถตั้งค่าอัตราบอดได้ 2 ค่าคือ 1/16 และ 1/32 ของความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้แก่ซีพียู ด้วยการกำหนดที่บิต SMOD1 ของรีจสเตอร์ PCON

โหมด 3 : เป็นการรับส่งข้อมูลแบบ 11 บิตเช่นเดียวกับโหมด 2 แต่ต่างที่ว่าในโหมด 3 นี้สามารถกำหนดอัตราบอดได้จากพัลส์โอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หรือโมดูลกำเนิดอัตราบอดอิสระเหมือนกับโหมด 1 ในรูปที่ 2.4 เป็นไดะแกรมของการกำเนิดอัตราบอดเปรียบเทียบระหว่างโหมด 1 กับ 3



รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมการกำเนิดอัตราบอดเปรียบเทียบระหว่างโหมด 1 กับ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.4 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

สำหรับการสื่อสารข้อมูลอนุกรมผ่านโมดูล UART ทั้ง 4 โฆมดที่กล่าวมาการส่งข้อมูลจะเกิดขึ้นเมื่อมีการโหลดข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ SBUF แต่ถ้าต้องการให้มีการรับข้อมูลด้วย จะต้องมีการกำหนดบิ REN ในรีจิสเตอร์ SCON ให้เป็น"1" และพร้อมรับข้อมูลเมื่อบิต RI เป็น"0" ส่วนรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษที่เกี่ยวของกับการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมมีทั้งสิ้น 7 ตัวดังนี้

1.) PCON รีจิสเตอร์ควบคุมพลังงาน มีแอดเดรสอยู่ที่87H มีบิตที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารพอร์ตอนุกรมเพียงบิตเดียวคือ SMOD1 (บิต7) โดยบิตนี้ใช้ช่วยในการเลือกอัตราบอดในกรณีใช้สัญญาณ จากการโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ถ้าเป็น"1" จะทำให้อัตราบอดเพิ่มเป็น 2 เท่า

2.) SCON รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม มีแอดเดรสอยู่ที่ 98H รายละเอียดของการทำงานในแต่ละบิตมีดังนี้

SM0/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

- SM0/FE (บิต7)ถูกควบคุมจาก บิต SMOD0 ในรีจิสเตอร์ PCON ถ้า SMOD0 เป็น"0" บิตนี้จะทำหน้าที่เป็นบิต SM0 เพื่อใช้งานร่วมกับ ในการกำหนดโหมดของการรับและส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม และถ้า SMOD เป็น"1" บิตนี้จะเป็นบิตแจ้งความผิดพลาดของข้อมูล(Framing Error:FE)ถ้าหากมีความผิดพลาดเกิดขึ้นบิตนี้จะเป็น"1" สามารถเคลียร์ได้ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์
- SM1 (บิต6)ทำหน้าที่ร่วมกับ SM0 กันเพื่อกำหนดโหมดของการรับและส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม
- SM2 (บิต5)ใช้กำหนดการทำงานของส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรมในแบบมัลติโปรเซสเซอร์(Multiprocessors Mode) ซึ่งใช้โหมด 2 และ 3 ของส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรม โดยถ้าหากเป็น"1" บิตแฟลกRI จะไม่แอกทีฟถ้าบิต RB8 (บิตที่9 ของการทำงานสำหรับโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรม) เป็น"0"
- REN (บิต 4) เป็นบิตควบคุมการรับข้อมูลของส่วนสื่อสารอนุกรม UART กำหนดด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ 1 : ไม่มีการรับข้อมูล 0 : เอ็นเอเบิลการรับข้อมูล
- TB8 (บิต 3) ใช้เก็บข้อมูลบิตที่9 ที่ต้องการส่งออกทางขาส่งข้อมูลอนุกรม TxD สำหรับการทำงานในโหมด 2 และ 3 สามารถเซตและเคลียร์โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์
- RB8 (บิต 2) ใช้รับข้อมูลบิตที่9 ที่เข้ามาทางขารับข้อมูลอนุกรม RxD สำหรับการทำงานโหมด 2 และ 3 แต่ถ้า UART ทำงานในโหมด 1 และบิต SM2 เป็น"0" ข้อมูลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต RB8 นี้จะกลายเป็นบิตหยุดไม่มีการทำงานของบิตนี้ในโหมด 0 เซตและเคลียร์โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

- TI (บิต 1) บิตแฟลกแสดงการสิ้นสุดการส่งข้อมูล ถูกเซตทางฮาร์ดแวร์และเคลียร์โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ และสารถใช้บิตนี้ในการกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้
- RI (บิต 0) บิตแฟลกแสดงการรับข้อมูล ถูกเซตทางฮาร์ดแวร์และเคลียร์โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ และสารถใช้บิตนี้ในการกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้

3.) SBUF รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรม มีแอดเดรสอยู่ที่99H เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ตัวส่ง(Transmit buffer register) เมื่อเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์ตัวส่งเพื่อส่งออกจากขาไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P1.0 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจุถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านเข้ามาทางขา RxD หรือขา P1.1

4.) BRGR1 รีจิสเตอร์กำหนดบอดเรตไบต์สูง มีแอดเดรสอยู่ที่ 0BFH เป็นรีจิสเตอร์เก็บข้อมูลไบต์สูงเพื่อกำหนดค่าอัตราบอดในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม เมื่อเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาในการสร้างอัตราบอดจากโมดูลกำเนิดอัตราบอดอิสระภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

5.) BRGR0 รีจิสเตอร์กำหนดบอดเรตไบต์ต่ำ มีแอดเดรสอยู่ที่ 0BEH เป็นรีจิสเตอร์เก็บข้อมูลไบต์ต่ำเพื่อกำหนดค่าอัตราบอดในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม เมื่อเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาในการสร้างอัตราบอดจากโมดูลกำเนิดอัตราบอดอิสระภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

6.) BRGCON รีจิสเตอร์ควบคุมการกำเนิดอัตราบอด มีแอดเดรสอยู่ที่ 0BDH มีบิตที่ใช้งานเพียง 2 บิตคือ

- SBRGS (บิต 1) ทำหน้าที่กำหนดแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเพื่อสร้างบอดเรตโดยการกำหนดควบคู่กับบิต SM0 ,SM1 และ SMOD1
- BRGEN (บิต 0)ใช้กำหนดการทำงานของการกำเนิดอัตราบอด “0” คือดิสเอเบิลการกำเนิดอัตราบอด “1”คือเอ็นเอเบิลการกำเนิดอัตราบอด

7.) SSTAT รีจิสเตอร์แสดงสถานะของพอร์ตอนุกรม มีแอดเดรสอยู่ที่ 0BAH ราละเอียดในการทำงานแต่ละบิตดังนี้

DBMOD	INTLO	CIDIS	DBISEL	FE	BR	OE	STINT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- BDMOD0 (บิต 7)ใช้เลือกโหมดรับส่งข้อมูล "0"-เลือกการรับส่งข้อมูลแบบ 8 บิต เหมือนกับ MCS-51 มาตรฐาน "1"-เลือกการรับส่งข้อมูลแบบ 16 บิต(ยกเว้นเมื่อทำงานในโหมด0)
- INTLO (บิต 6)ใช้เลือกตำแหน่งการอินเตอร์รัปต์ของบิตหยุด "0"-เลือกที่ตำแหน่งเริ่มต้นของบิตหยุด "1"-เลือกที่ตำแหน่งสิ้นสุดของบิตหยุด(ยกเว้นเมื่อมำงานในโหมด0 เพราะบิตนี้จะเป็น"0"สถานะเดียว)
- CIDIS (บิต 5)ใช้ควบคุมบิตแฟลกเพือสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรม "0"-บิตแฟลก IR และ TI จะอยู่ร่วมกันเหมือน MCS-51 มาตรฐาน "1"- บิตแฟลก IR และ TI จะอยู่แยกอิสระออกจากกัน
- DBISEL (บิต 4)ใช้เลือกการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากส่วสื่อสารข้อมูลอนุกรมในโหมดการรับส่งข้อมูล 16 บิต "0"-ดิสเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ "1"-เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์สำหรับในการรับส่งข้อมูล 8 บิตหรือเมื่อโหมดการรับส่งข้อมูล 16 บิตถูกปิดการใช้งานจะต้องเคลียร์บิตนี้เป็น"0" เสมอ
- FE (บิต 3)เป็นบิตแฟลกแจ้งความผิดพลาดของเฟรมข้อมูลด้วยลอจิก"1" เคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์
- BR (บิต 2)เป็นบิตแฟลกแจ้งความผิดพลาดข้อมูลขาเข้าในแบบ 11 บิตถูกเซตโดยฮาร์ดแวร์ สามารถสั่งเคลียร์ได้ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์
- OE (บิต 1)เป็นบิตแฟลกแจ้งความผิดพลาดเนื่องจากรับข้อมูลไม่ทันกล่าวคือ เมื่อข้อมูลเข้ามาทางขารับข้อมูลอนุกรมจะถูกเก็บไว้ที่บัฟเฟอร์ตัวรับในรีจิสเตอร์ SBUF พร้อมกันนี้แฟลกแจ้งการรับข้อมูลจะถูกเซตโดยอัตโนมัติ หลังจากนั้นเมื่อมีการอ่านข้อมูลใรตัวบัฟเฟอร์ตัวรับไปใช้งานจะต้องเคลียร์แฟลก RI เพื่อแจ้งความพร้อมในการรับข้อมูลต่อไป แต่ถ้าหากมีข้อมูลใหม่เข้ามาโดยยังไม่มีการเคลียร์แฟลก RI จะทำให้บิต OE ถูกเซตโยอัตโนมัต์เพื่อแจ้งเตือนความผิดพลาดสามารถสั่งเคลียร์ได้ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์
- STINT (บิต 0)ใช้ควบคุมการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากบิต FE,BR หรือ OE ถูกเซต "0"-ไม่มีการอินเตอร์รัปต์ "1"-เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากบิตแฟลก FE,BR และ OE ถูกเซตได้โดยใช้ตำแหน่งอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ร่วมกับแฟลก TI/RI (CIDIS =0)

2.2.4.5 โมดูลกำเนิดบอดเรตอิสระภายใน

เป็นโมดูลทกำเนิดอัตราบอดเฉพาะตัวที่มาพร้อมกับ P89LPC932 ซึ่งต่างจาก MCS-51 มาตรฐานใช้สำหรับกำเนิดอัตราบอดโดยกำหนดได้โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ทำให้ไม่ต้องพึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 จึงช่วยให้ไทเมอร์ 1 ไปทำงานอื่นที่จำเป็นได้ สำหรับการใช้งานโมดูลกำเนิดบอดเรตภายในจะมีรีจิสเตอร์และบิตควบคุมที่ผู้ใช้งานจะต้องกำหนดค่าดังแสดงในตารางที่ 2.4

SM0 (SCON.7)	SM1 (SCON.6)	SMOD1 (PCON.7)	SBRGS (BRGCON.1)	อัตราบอด
0	0	X	X	สัญญาณนาฬิกาของซีพียู(CCLK) หาร 16
0	1	0	0	อัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หาร 32
		1	0	อัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หาร 16
		X	1	CCLK/((BRGR1,BRGR)+16)
1	0	0	X	สัญญาณนาฬิกาของซีพียู(CCLK) หาร 32
		1	X	สัญญาณนาฬิกาของซีพียู(CCLK) หาร 16
1	1	0	0	อัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หาร 32
		1	0	อัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หาร 16
		X	1	CCLK/((BRGR1,BRGR)+16)

ตารางที่ 2.4 การเลือกอัตราบอดทางซอฟต์แวร์จากการกำหนดข้อมูลในรีจิสเตอร์ SCON และ PCON

2.2.4.6 แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเพื่อสร้างอัตราบอด

จะใช้จากสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์หรือเรียกว่า CCLK เลือกได้จาก 2 แหล่งคือ

1. จากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา RC ภายในมีความถี่ 7.3728 MHz
2. จากคริสตอลภายนอก

2.2.4.7 พอร์ตอนุกรมของ PC

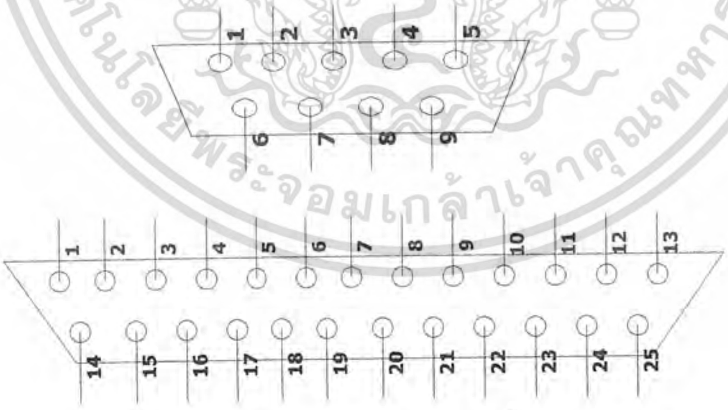
พอร์ตอนุกรมของ PC มีโครงสร้างตามแบบมาตรฐาน EIA (The Electronics Industries Association) หรือมาตรฐานที่ขึ้นด้วย RS-(Recommended Standard) โดยโครงงานนี้ใช้มาตรฐาน RS-232 ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบ DB-9

2.2.4.8 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS- 232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโคนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้ สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมการที่เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS–232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่างมาตรฐาน RS–232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232 ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อมาตรฐาน การเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยใช้งานในอดีตปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงดังภาพที่ 2.5 ซึ่งมองจากหลังคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.5 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์ทั้ง 9 ขา และ 25 ขา

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Sent : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

ตารางที่ 2.5 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้ง DB-9 และ DB-25

2.2.4.9 ระบบการอินเตอร์เฟส RS-232

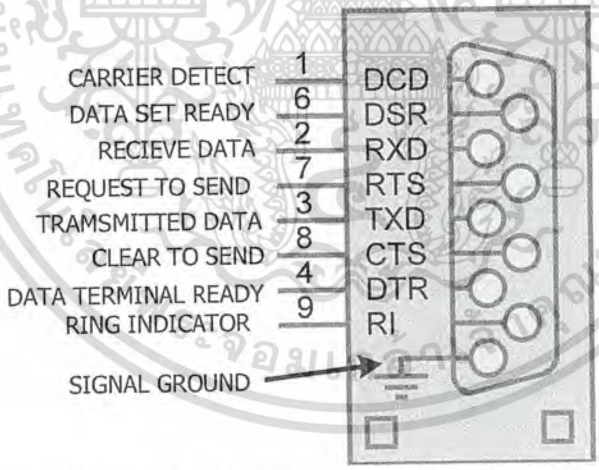
ในระบบการสื่อสารแบบ RS-232 นั้นจะมีโครงสร้างเป็นแบบจุดต่อจุดเท่านั้น (Point To Point) การส่งข้อมูลระหว่างระบบสัญญาณจะตรงข้ามกับความเป็นจริงคือ ลอจิก "1" นั้นจะมีระดับแรงดัน –3 ถึง –25 โวลต์ ส่วนลอจิก "0" นั้นจะมีระดับแรงดัน +3 ถึง +25 โวลต์โดยระบบนี้จะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 20,000 บิตต่อวินาที และระยะส่งไม่เกิน 50 ฟุต ซึ่งนี่ก็เป็นข้อเสียถ้าจุดที่เราต่อเชื่อมกันนั้นอยู่ไกลเกินไป จะทำให้ไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้ และเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลบนสายเดียวกัน อุปกรณ์จึงถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน เทอร์มินอลซึ่งใช้สายเส้นที่สอง สำหรับเอาท์พุท เราจะเรียกว่า DTE (Data Terminal Equipment) เช่น โมเด็ม ซึ่งจะใช้หัวต่อตัวผู้ สำหรับอินพุทเราจะเรียกว่าDCE (Data Communication Equipment) ซึ่งจะใช้หัวต่อตัวเมีย เมื่อเราทราบว่าอุปกรณ์ตัวหนึ่งเป็น DTE และอีกตัวหนึ่งเป็น DCE แล้ว ในทางทฤษฎีเราจะสามารถเชื่อมต่อเข้าด้วยกันอย่างง่ายๆ โดยการเชื่อมต่อสายที่มีหมายเลขตรงกัน

ในโครงงานนี้เราใช้สายสัญญาณ 3 เส้นคือสาย TxD ไว้ใช้ในการส่งข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม ต่อไปคือสาย RxD เอาไว้ใช้สำหรับการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม และสายอีกเส้นคือสาย GND เอาไว้เป็นกราวนด์ของระบบการส่งข้อมูล โดยเราจะใช้หัวต่อชนิด DB9 เพื่อใช้ในการเป็นหัวต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ทาง COM1 และต่อวงจรตามรูป 2.5 แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของ TTL ซึ่งมีระดับแรงดันไม่เกิน 5 โวลต์ ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมของ MCS-51 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงจึงต้องอาศัยการเชื่อมต่อผ่านไอซีตระกูล MAX232 เพื่อแปลงระดับสัญญาณซึ่งจะทำการแปลงข้อมูลส่งของ MCS-51 จากระดับ TTL เป็นระดับของ RS-232 และทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 มาเป็นระดับของ TTL โดยในตัวของ MAX232 นั้นจะประกอบด้วยขาสัญญาณสำหรับการรับส่งข้อมูลอย่างละ 2 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และให้อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61984

พารามิเตอร์	RS-232
โหลดการทำงาน	Single-Ended
จำนวนตัวรับและตัวส่งที่ยอมรับได้	1ตัวส่ง,1ตัวรับ
ความยาวสายสัญญาณ(ฟุต)	50
อัตราส่งข้อมูล(บิต/วินาที)	20k
Maximum Common Mode(Volt)	+25,-25
Drive Output (Volt)	+5,-5 (ต่ำสุด) +15,-15 (สูงสุด)
Drive Load(Ohm)	3k-7k
Driver Slew Rate	30V/us
กระแสลิมิตเมื่อเอาท์พุทลัดวงจร	500 mA (ลัดกับ Vcc หรือ GND)
ความต้านทานเอาท์พุทตัวส่ง(Ohm)	N/A (Power On) 300 (Power Off)
ความต้านทานอินพุทตัวรับ(Ohm)	3k-7k

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของ RS-232



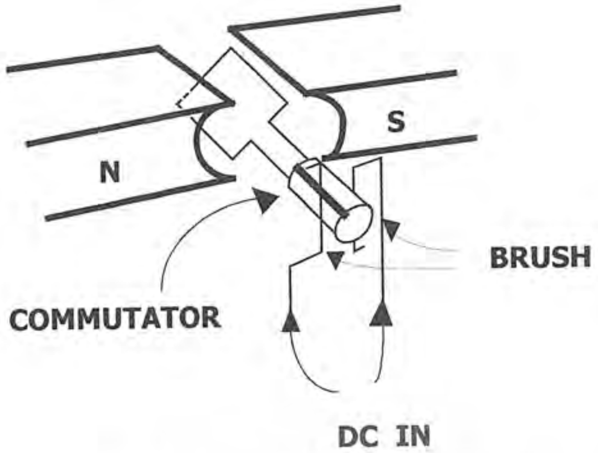
รูปที่ 2.6 ขาสัญญาณของ RS-232 แบบ DB-9

2.3 วงจรขับเคลื่อน

2.3.1 หลักการของมอเตอร์(Motor's Principle)

มอเตอร์จะมีลักษณะการทำงานที่ตรงข้ามกับเจนเนอเรเตอร์ ในเจเนอเรเตอร์จะเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้า แต่ในมอเตอร์จะให้พลังงานจลน์คือ มอเตอร์จะหมุนก็ต่อเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้า โครงสร้างของมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.23 เมื่อป้อนแรงดันไฟตรงเข้าที่แปรงถ่านจะเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์

กระแสไหลผ่านขดลวดตัดสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงผลักให้ขดลวดหมุนที่หาได้จากกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นนี้หาได้จาก **F**

$$F = Bil$$

เมื่อ **F** = แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำหนึ่งตัว

B = ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก

i = กระแสที่ไหลในตัวนำ

l = ความยาวของตัวนำ

แรง **F** ที่เกิดขึ้นนี้ จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และกระแสที่ผ่านในตัวนำนั้นๆ เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงนี้ โดยหลักการพื้นฐานของโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และมอเตอร์นั้น ไม่มีคาวแตกต่างกันในโครงสร้างเลยนั่นก็คือเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงเครื่องเดียวกันนี้ สามารถนำไปใช้งานสลับกันได้

รูปที่ 2.8 หลักการของมอเตอร์

ตามรูป 2.8 แสดงส่วนหนึ่งของมอเตอร์กระแสไฟตรง ที่มีหลายขั้วแม่เหล็กเมื่อใส่ไฟเข้าไปเข้าไปที่สนามกระตุ้น ย่อมทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นที่ขั้วแม่เหล็ก และเมื่อป้อนกระแสให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลผ่านในตัวนำที่อาร์มาเจอร์ ก็จะทำให้เกิดแรงขึ้นในตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กนั่นคือ ทำให้อาร์มาเจอร์หมุน ในที่นี้ได้กำหนดให้กระแสที่ไหลในตัวนำของอาร์มาเจอร์ที่อยู่ภายใต้ขั้ว N มีทิศของกระแสพุ่งเข้าไปข้างในดังหางลูกศรที่เป็นรูปกากบาท ส่วนตัวนำที่อยู่ภายใต้ขั้ว S นั้นให้กระแสพุ่งออกมาข้างนอกดังหัวลูกศรที่เป็นจุด เมื่อเป็นเช่นนี้ จึงหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำทุกๆตัวที่ยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กทั้ง N และ S ได้โดยการใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง วิธีหาก็คือ การมือซ้ายออก โดยให้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง ตั้งฉากซึ่งกันและกัน(ทำแบบเดียวกับกับกฎมือขวาซึ่งใช้หาแรงเคลื่อนไฟที่เกิดขึ้น) จากนั้นให้ใช้นิ้วชี้ ชี้ไปตามทิศของสนามแม่เหล็ก คือ ชี้จากขั้ว N ไป S ให้นิ้วชี้ ให้นิ้วกลางชี้ไปตามทิศทางการไหลของกระแส ณ ตัวนำที่ต้องการหาทิศการเคลื่อนที่นั้นๆ นั่นคือนิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศการเคลื่อนที่ของตัวนำนั้นๆจะพบว่าแรงที่เกิดบนตัวนำทุกๆตัวภายใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกันจะมีทิศไปทางเดียวกัน และจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรองวงของอาร์มาเจอร์นั้นๆ และพบว่า แรงที่เกิดบนภายใต้ขั้วแม่เหล็กทุกๆตัว ที่สลับกันไปนั้น จะมีทิศทางไปทางเดียวกันทั้งสิ้น โดยแต่ละแรงจะอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์มาเจอร์ นั่นคือ ภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้วก็จะเกิดแรงลัพธ์ขึ้นแรงหนึ่ง ฉะนั้นเมื่อมีหลายขั้วก็มีหลายแรง และทุกๆแรงต่างก็รวมกันเป็นแรงบิดขึ้นมาแรงหนึ่ง ดังนั้นจึงทำให้มอเตอร์หมุนได้จากแรงที่เกิดนี้

ข้อควรสังเกตอีกข้อหนึ่งคือ คอมมิวเตเตอร์(commutator) เป็นตัวที่ทำหน้าที่เช่นเดียวกับที่ทำหน้าที่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากล่าวคือ เป็นตัวทำให้กระแสไหลผ่านตัวนำไปในทิศทางเดียวตลอดเวลาภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้ว ซึ่งช่วยทำให้เกิดแรงบิดไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่อง

2.4 สัญญาณจากวงจรตรวจสอบการเคลื่อนที่

2.4.1 การแบ่งหน้าที่การทำงานของการวัดค่า (Functional Element of Measurement System) โดยทั่วไประบบการวัดจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่อไปนี้

1.) อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่พื้นฐาน (Basic functional elements)

2.) อุปกรณ์เสริม (Auxiliary elements)

2.4.1.1 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่พื้นฐาน

เป็นอุปกรณ์หลักๆในระบบที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พื้นฐานของระบบการวัดค่าทั้งหมด อันประกอบด้วย

1. ทรานสดิวเซอร์ - ทำหน้าที่เปลี่ยนตัวแปรอินพุทที่ต้องการ ให้อยู่ในรูปของสัญญาณอื่นที่ใช้งานได้สะดวกกว่า เช่น เปลี่ยนจากอุณหภูมิเป็นความต้านทาน จาดความเป็นกรด-ด่าง ให้กลายเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวปรับสภาพสัญญาณ หรือ อุปกรณ์ปรับแต่งตัวกลาง - ใช้สำหรับการปรับสภาพสัญญาณทางด้านเอาท์พุทของทรานสดิวเซอร์ ให้อยู่ในรูปสัญญาณอื่นที่เหมาะสม อาจแปลงอยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐานสำหรับระบบการควบคุมอัตโนมัติ เช่น ทำให้สัญญาณใหญ่ขึ้น เรียบขึ้น เป็นต้น

3. อุปกรณ์แสดงข้อมูลของสัญญาณ - ใช้สำหรับแสดงรายละเอียดของตัวแปรที่จะวัดค่า ให้อยู่ในรูปของจำนวนที่เข้าใจ เช่น ลิตร/นาที มิลลิแอมป์ เป็นต้น

2.4.1.2 อุปกรณ์พิเศษ

อยู่รวมกับระบบการวัดค่าที่สร้างขึ้น โดยจะเปลี่ยนไปตามชนิดงาน ธรรมชาติของเทคนิคในการวัด เป็นต้น โดยหลักๆจะประกอบไปด้วย

1. อุปกรณ์สอบเทียบ – เพื่อทำการสอบเทียบอุปกรณ์ให้ทำงานถูกต้องเสมอ

2. แหล่งจ่ายกำลังภายนอก – เพื่อทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ เช่นจ่ายให้กับทรานสดิวเซอร์ ตัวปรับสภาพสัญญาณ อุปกรณ์ประมวลสัญญาณ หรืออุปกรณ์ป้อนกลับ

3. อุปกรณ์ป้อนกลับ – ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงจำนวนทางกายภาพที่วัดได้ โดยอุปกรณ์ป้อนกลับนี้อาจเป็นโพเทนชิโอมิเตอร์ที่สามารถปรับสมดุลด้วยตัวเอง หรือวงจรวีธสโตนบริดจ์เพื่อทำให้มันปรับสภาพตัวเองโดยอัตโนมัติ

2.4.2 หลักการปรับสภาพสัญญาณของอนาลอก

เนื่องจากเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดตัวแปร ต้องทำหน้าที่เปลี่ยนรายละเอียดของตัวแปรให้อยู่ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้าที่หรือสัญญาณนิวแมติก พบว่าธรรมชาติได้ให้ข้อดีกับวัตถุบางอย่าง กล่าวคือ เมื่อตัวแปรหลักเปลี่ยนแปลงไป เช่น พบว่าค่าความต้านทานของแคดเมียมซัลไฟด์ จะแปรผกผันกับค่าความเข้มของแสงเป็นต้น อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก็ไม่เป็นเชิงเส้น จึงต้องมีตัวปรับสภาพสัญญาณทางอนาลอกให้อยู่ในรูปที่จำเป็นเพื่อให้สามารถทำการต่อเชื่อมโยงกับอุปกรณ์อื่นๆ ภายในลูปของการควบคุมกระบวนการได้

2.4.2.1 การเปลี่ยนระดับสัญญาณ

อุปกรณ์เปลี่ยนระดับสัญญาณที่เห็นใช้งานมากที่สุดได้แก่ วงจรขยาย (Amplifier) หรือวงจรลดทอน(Attenuator) แรงเคลื่อนโดยทั่วไปในด้านการควบคุมกระบวนการจะมีผลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณช้า จึงมักจะต้องใช้วงจรขยายไฟกระแสตรงหรืออุปกรณ์ประเภทที่มีผลการตอบสนองต่อความถี่ต่ำมาช่วย ข้อสำคัญในการเลือกตัวขยาย คืออิมพีแดนซ์ทางด้านตัวอินพุทที่ซึ่งตัวขยายรับมาจากเซ็นเซอร์ (หรืออุปกรณ์ที่ใส่เข้ามาทางอินพุท) ในการควบคุมกระบวนการ ด้วยเหตุที่ว่าสัญญาณดังกล่าวจะถูกแสดงให้เป็นค่าของตัวแปรกระบวนการด้วยเสมอ ดังนั้นจึงทำให้มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหลดระหว่างสัญญาณที่ถูกวัดและค่าตัวแปรในบางงาน เช่นมิเตอร์วัดความเร่งและตัวตรวจจับทางแสง(Optical Detector)

2.4.2.2 การทำให้สัญญาณเป็นเชิงเส้น (Linearization)

มี 2 แบบคือ แบบอนาลอกใช้กับงานในช่วงแคบๆ ส่วนในระบบสมัยใหม่ สามารถจัดการได้โดยการป้อนกับคอมพิวเตอร์แล้วใช้ซอฟต์แวร์เป็นตัวจัดการ โดยที่คอมพิวเตอร์สมัยใหม่สามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับเวลาจริง (Real-Time) มาก

วัตถุประสงค์ เพื่อจะให้ค่าทางเอาท์พุทเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นเชิงเส้นกับตัวแปรบางตัว แม้กระทั่งว่าเซ็นเซอร์นั้นจะไม่เป็นเชิงเส้นก็ตาม

2.4.2.3 การแปลงสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากวงจรหรืออุปกรณ์หนึ่งอาจจะไม่ตรงกับความต้องการของอีกวงจรหนึ่งจึงต้องแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากค่าหนึ่งไปสู่อีกค่าหนึ่ง เช่นแปลงจากค่าความต้านทานไปเป็นสัญญาณกระแส หรือแปลงจากกระแสไปเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นต้น

2.4.2.4 การกรองและการสมดุลของอิมพีแดนซ์ (filtering and Impedance Matching)

โดยปกติสัญญาณที่ใช้งานในทางอุตสาหกรรมเช่น ความถี่ขนาด 50 Hz ในสายจะเกิดทรานเซียนต์ ในขณะเริ่มเดินมอเตอร์ เป็นสาเหตุทำให้เกิดพัลส์และสัญญาณที่ไม่ต้องการ ในรูปของการควบคุมกระบวนการ เราจึงต้องใช้ วงจรกรองความถี่สูงผ่าน(High-Pass Filter) หรือ วงจรกำจัดแถบความถี่ (Notch Filter) เพื่อกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกจากลูป

ความสมดุลอิมพีแดนซ์ เป็นเรื่องหนึ่งที่สำคัญในการปรับสภาพสัญญาณ เพราะหากใช้ค่าอิมพีแดนซ์ไม่เหมาะสม อิมพีแดนซ์ภายในของทรานสดิวเซอร์หรือในสายก็อาจเป็นสาเหตุให้เกิดความผิดพลาดในการจัดตัวแปรทางพลวัตร

2.4.3 ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีความเร็ว 3×10^8 เมตรต่อวินาที แสงที่มองเห็นได้เป็นสเปกตรัมหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.4 ไมโครเมตร ไปจนถึง 0.8 ไมโครเมตร ทว่าอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานเกี่ยวกับแสงหรือเรียกว่า ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ นั้นจะมีย่านใช้งานมากกว่าย่านแสงที่มองเห็น เพราะมันสามารถทำงานได้ในย่านเหนือม่วงหรืออุลตราไวโอเล็ต และใต้แดง หรืออินฟราเรด ในรูปที่ 2.2 แสดงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมย่านการใช้งานของอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

ในปัจจุบันอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับแสงมีอยู่มากมาย แพราะแสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถทำให้อิเล็กตรอนและโฮลในสารกึ่งตัวนำมีบทบาทสำคัญเพิ่มขึ้น นั่นคือเมื่อแสงตกกระทบบนเนื้อสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการแตกตัวของอิเล็กตรอนและโฮลเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้สารกึ่งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำนั้นนำกระแสได้ดียิ่งขึ้น และในทำนองเดียวกันถ้าหากถ้าหากเราให้พลังงานกับอิเล็กตรอนและโฮลในรูปแบบอื่น เช่น แรงดันไฟฟ้า เมื่ออิเล็กตรอนมีพลังงานสูงขึ้นมันก็จะกระโดดขึ้นอยู่ในระดับพลังงานชั้นเหนือขึ้นไป และถ้าพลังงานที่ให้กับอิเล็กตรอนมีค่ามากเกินไปจะมีพลังงานบางส่วนที่อิเล็กตรอนรับไปแล้วเกิดการคายออกมา การคายออกมาของอิเล็กตรอนจะคายออกมาในรูปรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และถ้าความถี่ของคลื่นที่แผ่กระจายออกมาอยู่ในย่านที่ตาคนเรามองเห็นเราก็จะเห็นมันเปล่งแสงออกมา

รูปที่ 2.9 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กและแสดงย่านการใช้งานของออปโตอิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่จะกล่าวถึงนี้จะแบ่งออกเป็นอุปกรณ์ตรวจจับแสงหรือเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์กำเนิดแสงหรืออิมิตเตอร์(Emitter)

2.4.3.1 อุปกรณ์ตรวจจับแสง

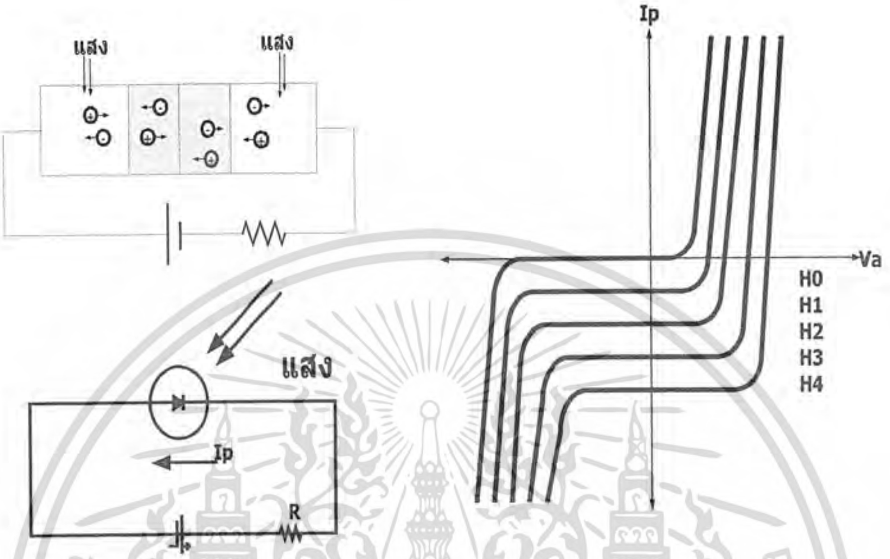
โฟโต้ไดโอด(Photo Diode)

เป็นไดโอดที่จะทำงานเมื่อมีแสงมาตกกระทบ มีกำลังไฟฟ้าต่ำ อิมพีแดนซ์สูง มีการตอบสนองเป็นเชิงเส้น เป็นอุปกรณ์ไวแสงชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยรอยต่อ PN เช่นเดียวกับเซลแสงอาทิตย์ แต่มีลักษณะบางอย่างแตกต่างกันคือ การใช้งานตัวโฟโต้ไดโอดจะให้กระแสไหลผ่านตัวมันที่ขึ้นอยู่กับแสงเมื่อโฟโต้ไดโอดชนิดซิลิกอนถูกไบแอสกลับด้วยแรงดันค่าหนึ่งและมีแสงส่องไปที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่ส่องมีความยาวคลื่นที่พอเหมาะจะมีกระแสไหลในวงจรโดยเป็นสัดส่วนกับความเข้มของแสงที่ส่องผ่านบนอุปกรณ์นั้น ลักษณะทั่วไปขณะไบแอสตรงจะยังคงเหมือนไดโอดธรรมดาคือให้กระแสไหลผ่านตัวมันเองได้ การทำงานของโฟโต้ไดโอดพอจะกล่าวได้อย่างสังเขปดังนี้ เมื่อแสงตกกระทบบริเวณรอยต่อจะทำให้เกิดการแตกตัวของโฮลและอิเล็กตรอนอิสระ โฮลและอิเล็กตรอนอิสระจะถูกแรงดันไบแอสเหนี่ยวนำให้เกิดการไหลข้ามรอยต่อเป็นกระแสเนื่องจากแสงได้ โดยปกติค่ากระแสเนื่องจากแสงนี้มีค่าค่อนข้างต่ำมาก คืออยู่ในช่วง $1-10\mu A$ เท่านั้น

เนื่องจากไดโอดนี้ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการใช้งานของโฟโต้ไดโอดจึงต้องมีการขยายกระแสเพิ่มเติม ผู้ผลิตจึงหันมาผลิตอุปกรณ์อย่างอื่น เช่น โฟโต้ทรานซิสเตอร์แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดที่ไวต่อแสงชนิดซิลิกอนมีสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิต่ำและผลตอบสนองต่อแสงไว นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมผลตอบสนองต่อความถี่และแสงและความเร็วได้โดยรูปร่างลักษณะและการโด๊บของรอยต่อ



รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานและลักษณะสมบัติของไฟโต้ไดโอด

โฟโต้ทรานซิสเตอร์(Photo Transistor)

เป็นทรานซิสเตอร์ที่รวมเอาโฟโต้ไดโอดมาไว้ภายในตัวถังเดียวกัน ดังแสดงในรูป 2.4 โดยโฟโต้ทรานซิสเตอร์อาศัยหลักการเดียวกับโฟโต้ไดโอดแต่ให้ข้อดีกว่าโฟโต้ไดโอดมาก ทั้งนี้เพราะว่ากระแสที่ได้กระแสที่ได้จะผ่านการขยายด้วยทรานซิสเตอร์ก่อน ในภาวะปกติของการใช้งานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์รอยต่อระหว่างเบส-อิมิตเตอร์ จะต่อไบแอสตรง ส่วนรอยต่อระหว่างเบส-คอลเลกเตอร์จะต่อไบแอสกลับที่รอยต่อนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการแปรค่ากระแสที่ขึ้นกับแสง

เมื่อไบแอสกลับที่รอยต่อระหว่างเบส-คอลเลกเตอร์ และมีแสงฉายมาที่บริเวณรอยต่อกระแสเบสจะถูกขยายด้วยอัตราการขยายของทรานซิสเตอร์เป็นกระแสอิมิตเตอร์ และถ้าไบแอสขั้วเบสด้วยกระแสเบสจากภายนอกก็จะถูกขยายรวมกับกระแสเนื่องจากแสงด้วย

ถ้าให้ กระแสที่เกิดขึ้นเนื่องจากแสง

I_B = กระแสเบสที่มาจากภายนอก

I_E = กระแสอิมิตเตอร์

h_{FE} = อัตราขยายของทรานซิสเตอร์

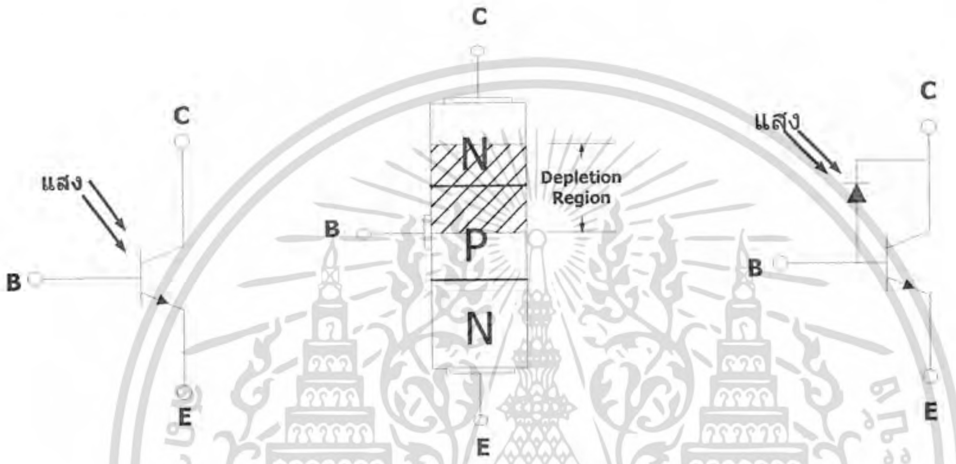
จากสมการของทรานซิสเตอร์คือ $I_C = h_{FE}$ และ $I_E = I_C + (I_B \pm I_P)$ เราจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$I_E = (h_{FE} + 1)(I_B \pm I_P)$

จะเห็นได้ว่ากระแส I_E เปลี่ยนแปลงตามกระแส I_P ด้วยอัตราขยายถึง $(h_{FE} + 1)$ เท่า ซึ่งถ้า I_P มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 1-10 uV และให้ h_{FE} มีค่าประมาณ 100 เราจะได้ค่า I_E เปลี่ยนแปลงจาก 100 uA – 1mA

ถ้าอัตราขยายยิ่งสูงจะทำให้ผลตอบสนองต่อแสงจะไวขึ้น h_{FE} ค่าสูงๆจะต้องทำให้รอยต่อเบส-คอลเลกเตอร์มีพื้นที่มาก แต่ก็ทำให้กระแสรั่วไหลมากขึ้นด้วย เพราะรอยต่อจะถูกไบแอสกลับ



รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์โครงสร้างของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

โฟโต้ดาร์ลิงตัน

โฟโต้ดาร์ลิงตันก็คือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวที่ต่อร่วมกันในลักษณะวงจรดาร์ลิงตันคือต่อในลักษณะขาอิมิตเตอร์ของตัวหนึ่งจะต่อเข้าขาเบสของอีกตัวหนึ่ง ลักษณะการต่อเช่นนี้จะทำให้ทรานซิสเตอร์มีอัตราขยายกระแสสูงขึ้นอีกมาก จากวงจรสมมูลเราสามารถหากระแสอิมิตเตอร์ของ Q1 ได้ดังนี้

$I_E = (h_{FE} \pm 1) I_{P1}$

กระแสของ Q2 จะหาได้จากการรวมของกระแส $I_{E1} + I_{P2}$ ดังนั้นกระแส I_{E1} สามารถหาได้จาก

$I_E = (h_{FE2} + 1)(I_{E1} \pm I_{P2})$

$= (h_{FE1} + 1)(h_{FE2} + 1)(I_{P1} \pm I_{P2})$

แต่เนื่องจาก $I_{E1} \gg I_{E2}$ ดังนั้น $I_{E2} = h_{FE1} \times h_{FE2} \times I_{P1}$

และถ้ากรณีมีการไบแอสด้วยกระแสเบสจากภายนอกด้วย เราจะได้กระแส I_{E2} โดยประมาณเท่ากับ $I_{E2} = h_{FE1} \times h_{FE2} \times (I_{P1} \pm I_B)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าโฟโต้ดาร์ลิงตัน จะได้อัตราขยายทั้งหมดสูงกว่าแบบโฟโต้ทรานซิสเตอร์ธรรมดา แต่ความเร็วของการสวิตซ์จะช้ากว่าและกระแสมืดหรือกระแสเมื่อไม่โดนแสงก็จะสูงกว่าด้วย เนื่องจากอัตราขยายที่สูง h_{FE1} x h_{FE2}

2.4.3.2 อุปกรณ์กำเนิดแสง

LED (Light Emitting Diode)

LED เป็นไดโอด ที่สามารถเปล่งแสงได้ในขณะที่มันนำกระแส มีสัญลักษณ์ดังรูปที่ 2.5 เนื่องจากเป็นไดโอดแบบหนึ่ง ดังนั้นการทำให้มันนำกระแสได้ก็ต้องให้ไบแอสเช่นเดียวกับไดโอด คือต่อไฟบวกเข้าที่แอโนด ไฟลบเข้าที่แคโทด แต่จะต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมกับ LED ด้วยเพื่อจำกัดกระแสไม่ให้ผ่าน LED มากเกินไป ดังรูปที่4-6 LED จะสามารถนำกระแสได้เมื่อมีแรงดันตกคร่อมตัวมันตั้งแต่ 2- 5 โวลท์ กระแสที่ไหลผ่านจะอยู่ระหว่าง 5- 30 มิลลิแอมป์ ไม่ควรเกินกว่านี้ เพราะอาจทำให้ LED เสียหายได้

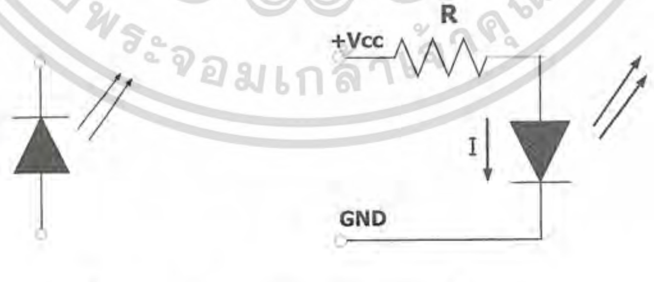
การเลือกค่าความต้านทานที่เหมาะสมให้กับ LED เป็นไปตามสูตรดังนี้

$$R = \frac{V x \ V_f}{I}$$

โดยที่ V คือ แรงดันไฟเลี้ยง มีหน่วยเป็น โวลต์

V_f คือ ค่าแรงดันไบแอสตรงที่ตกคร่อม LED แล้วทำให้มันทำงานมีหน่วยเป็นโวลต์

I คือ ปริมาณกระแสไฟตรงที่ต้องการให้ไหลผ่าน LED มีหน่วยเป็นแอมแปร์



รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ LED และวงจรใช้งาน

พอจะอธิบายหลักการของ LED ก็คือ เมื่อให้แรงดันไบแอสตรงกับมันด้วยแรงดันไฟตรงต่ำๆ กระแสไฟตรงคืออิเล็กตรอนจะไหลผ่านรอยต่อจาก N ไปยังส่วน P และโฮลไหลไปยังส่วน P ไปยังส่วน N และจะรวมกับพาหะข้างน้อย เป็นผลทำให้เกิดการรวมตัวใหม่และจะปล่อยพลังงานออกมาเป็นแสงและความร้อน ความถี่แสงที่ปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับแถบพลังงานช่องว่างของวัสดุที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ทำ LED นั้น สำหรับ LED สีแดงนั้นเป็นไดโอดที่ทำมากจากสารกึ่งตัวนำที่เรียกว่า แกลเลียมอาร์เซไนด์ (GeAs) ซึ่งมีประสิทธิภาพการช้งานและความเชื่อถือสูงจะปล่อยแสงออกมาอยู่ในย่านความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร ประโยชน์ของ LED ในปัจจุบันมีมากมาย โดยสิ่งที่เห็นได้ชัดก็คือการใช้ LED เป็นอุปกรณ์จำพวกภาคแสดงผลต่างๆ นอกจากนี้ยังนำ LED เป็นตัวส่งสัญญาณโดยอาศัยหลักการเชื่อมต่อด้วยแสง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 การออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์หรือตัวรถ

3.1.1 การออกแบบในส่วนของวงจรควบคุม

การทำงานวงจรควบคุมเหล่านี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89LPC932 ซึ่งมีคุณสมบัติที่สูงกว่า MCS-51 มาตรฐานตามที่ได้กล่าวไปในบทที่ 2 โดยจะใช้บอร์ดพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ JX-900 ของบริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ ที่มีคุณสมบัติคือ

1. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89LPC932BA ตัวถังPLCC 28 ขา
2. สามารถใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในไมโครคอนโทรลเลอร์หรือจากคริสตอลภายนอกก็ได้
3. เชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมเพื่อการดาว์นโหลดโปรแกรมและการสื่อสารข้อมูล
4. มีจุดต่อขาพอร์ตไปใช้งาน 3 พอร์ตคือ
   - พอร์ต 0 จำนวน 8 บิต
   - พอร์ต 1 มีจำนวน 5 บิตรองรับการใช้งานในระบบ I^2C
   - พอร์ต 2 มีจำนวน 8 บิต รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ในระบบ SPI
5. ไฟเลี้ยงของบอร์ดสามารถใช้ได้ในย่านกว้างตั้งแต่ 4-12 V บนบอร์ดมีวงจรควบคุมไฟเลี้ยงให้คงที่ที่ +3.3 V จ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 1 A สูงสุด 3A ขึ้นอยู่กับขนาดแหล่งจ่ายไฟที่ต่อใช้งานร่วม
6. มีพื้นที่สำหรับต่อวงจรหรือ Proto Area (แต่เราจะไม่ใช้)

นำมาพัฒนา โดยวงจรที่ใช้ทั้งหมดจะเป็นดังในรูปที่ 1

อธิบายการทำงานของวงจร

IC2 เบอร์ MAX3222 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่แปลงระดับสัญญาณพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ให้เป็นระดับลอจิก TTL ที่ IC1 สามารถทำงานได้ เหตุที่ใช้เบอร์นี้เนื่องจากเป็นไอซีแปลงระดับสัญญาณที่ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ และมีขาเอ็นเอเบิลควบคุมการทำงาน สัญญาณข้อมูลจะถูกรับกับ IC1 ผ่านทางขาพอร์ต P1.0 และ P1.1

IC3/1 ใช้กลับลอจิกสัญญาณ DTR เพื่อเอ็นเอเบิลให้ IC2 ทำงาน พร้อมสำหรับการรับ-ส่งข้อมูลที่จะเกิดขึ้นต่อไป นอกจากนั้นสัญญาณจาก IC3/1 ยังถูกส่งไปยัง IC3/4 เพื่อร่วมกับ IC3/2 และ IC3/3 ในการกำหนดจังหวะเกิดพัลส์ 3 ลูกส่งไปยังขาP1.5 ของ IC1 เพื่อกระตุ้นให้เข้าสู่โหมดโปรแกรม

การเข้าสู่โหมดโปรแกรมหรือโหมดรันจะใช้จะใช้สวิตซ์ S1 ร่วมด้วย โดยเมื่อเลือกมายังโหมดโปรแกรม LED1 จะติดสว่างเป็นการแจ้งให้ทราบว่า ขณะนี้ได้เลือกการโปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่การเข้าสู่โหมดโปรแกรมของ IC1 ยังไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

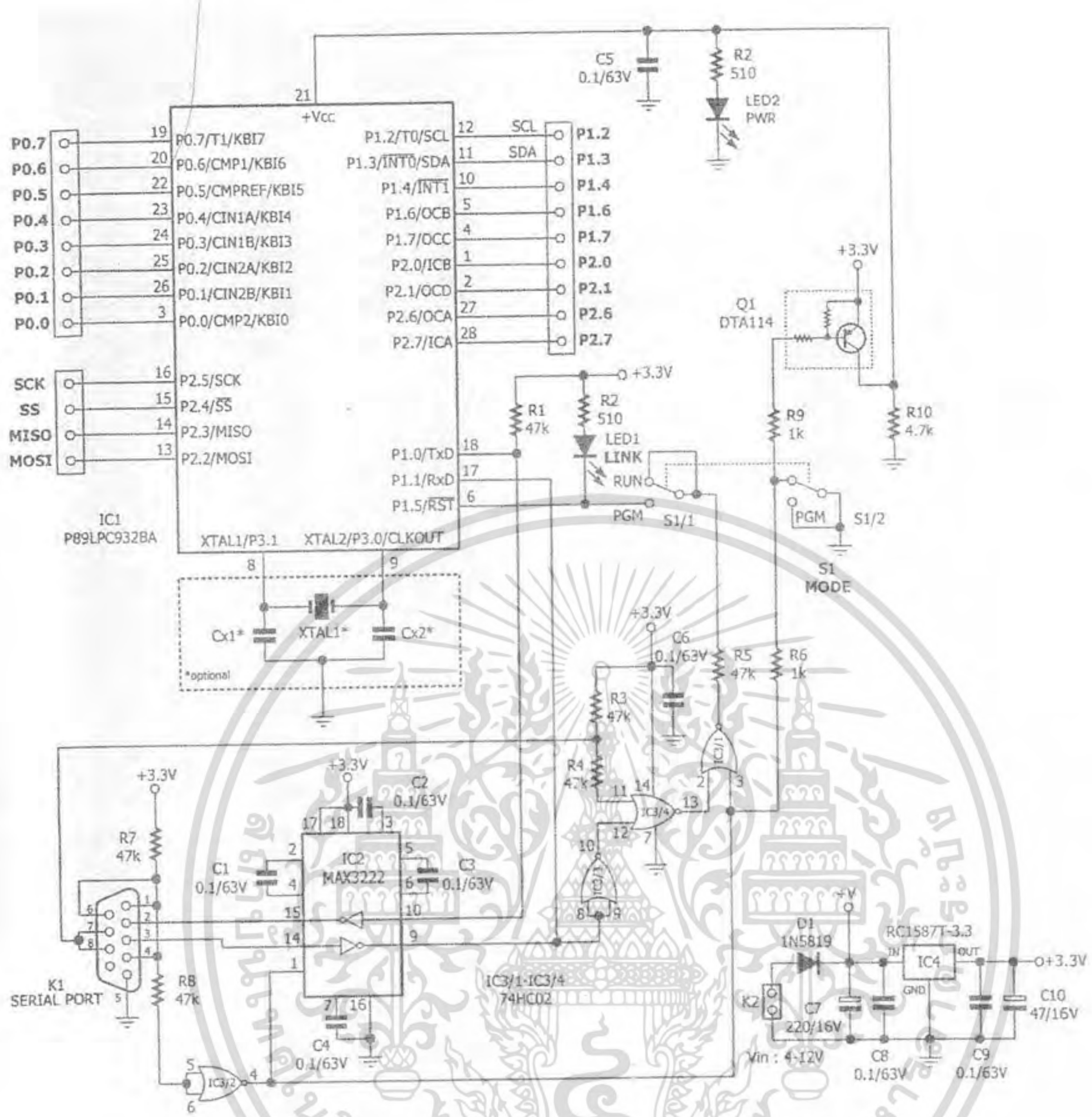
เริ่มขึ้นจนกว่าจะมีสัญญาณมาจากพอร์ตอนุกรม 3 ลูกติดต่อกันป้อนเข้าที่ขา P1.5 ดังนั้นในการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ P89LPC932 ทุกตรั้งจะต้องเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์และมีการรันซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในที่นี้คือ Flash Magic ไปพร้อมกัน หลังจากโปรแกรมข้อมูลแล้ว หากต้องการรันโปรแกรมให้เลือกสวิตซ์มายังตำแหน่ง RUN จะทำให้เกิดไฟเลี้ยง IC1 และ LED2 สีเขียวติดสว่างจากนั้น IC1 ก็จะทำงานตามที่กำหนดไว้

ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิตซ์เพื่อตัดต่อไฟเลี้ยงให้แก่ IC1 ถ้าหากเลือก S1 ให้ทำงานในโหมดรัน Q1 จะทำงาน ทำให้ไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ ผ่านไปเลี้ยง IC1 ให้ทำงานได้ LED2 สีเขียวติดสว่าง และเมื่ออยู่ในโหมดโปรแกรม Q1 จะไม่ทำงานทำให้ไม่มีแรงดันส่งไปเลี้ยง IC1 แต่เมื่อต้องการโปรแกรมหรือเกิดการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ IC1 สัญญาณจากขา DTR จะส่งผ่าน IC3/1 มากระตุ้นให้ Q1 ทำงานจึงเกิดแรงดันไปเลี้ยง IC1 และเมื่อหยุดการติดต่อ Q1 ก็จะหยุดทำงานตาม จึงไม่มีไฟเลี้ยง IC1 ดังนั้น เมื่ออยู่ในโหมดโปรแกรม LED1 สีแดง และ LED2 สีเขียว จะเกิดการติดดับตามจังหวะการการโปรแกรม และ IC1 จะได้รับไฟเลี้ยงเมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการติดต่อด้วยเท่านั้น

เนื่องจากอุปกรณ์หลักของวงจรนี้ใช้ไฟเลี้ยงเพียง 3.3 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรภาคจ่ายไฟที่คงที่ 3.3 โวลต์ ในรูปจะใช้ RC1587T-3.3 อันเป็นไอซีควบคุมแรงดันไฟตรงที่ 3.3 โวลต์ แบบแรงดันตกคร่อมต่ำ สามารถรับแรงดันได้ตั้งแต่ 4-12 โวลต์

โดยเราจะใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้รับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมที่ส่งมาจากตัวคอมพิวเตอร์ และนำไปประมวลผล โดยโปรแกรมที่จะเขียนให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ภาษาซีที่สามารถเข้าใจได้ง่าย และสามารถนำไปประยุกต์ต่อได้ ซึ่งใช้โปรแกรม RIDE-51 เป็นเอดิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



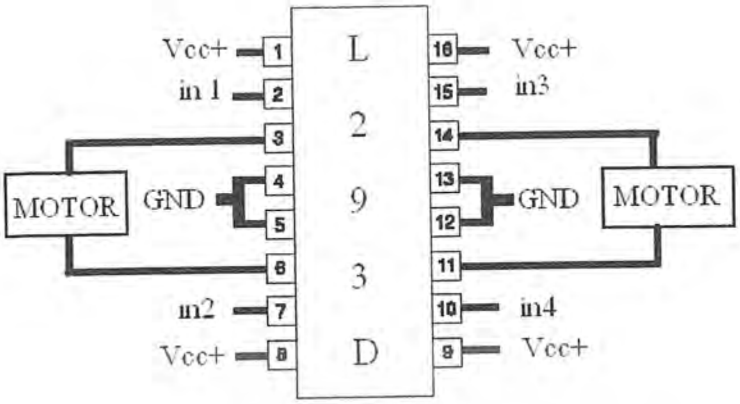
รูปที่ 3.1 วงจรของ JX-900 ที่จะนำมาใช้

3.1.2 การออกแบบส่วนของวงจรขับเคลื่อน

เนื่องจากไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 สามารถจ่ายกระแสได้น้อย ซึ่งไม่เพียงพอที่จะนำไปขับมอเตอร์ได้ ดังนั้นจึงต้องมีส่วนของวงจรไดรเวอร์เพื่อเป็นการขยายกระแสให้ขับมอเตอร์ได้

จากที่เราได้ศึกษาการทำงานและการจ่ายไฟให้มอเตอร์ทำงานได้ ดังนั้นจากเอาท์พุทของ MCS-51 เราจะได้วงจรเพิ่มเติมคือส่วนของ IC L293 ที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์เพื่อขยายกระแสให้มอเตอร์ทำงาน โดย IC L293 เป็นไอซีที่มีคุณสมบัติที่ใช้ในกำการควบคุมการหมุนได้ทั้งสเต็ปเปอร์มอเตอร์และดีซีมอเตอร์ ในที่นี้จะใช้ดีซีมอเตอร์ ซึ่งการควบคุมสามารถควบคุมได้ง่ายกว่าสเต็ปเปอร์มอเตอร์ และสามารถควบคุมดีซีมอเตอร์ได้ทั้ง 2 ตัวโดยใช้ไอซีตัวเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



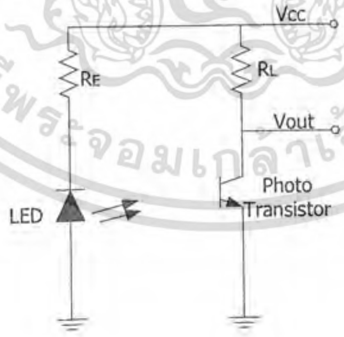
รูปที่ 3.2 การใช้งาน กับ มอเตอร์

3.1.3 การออกแบบส่วนตรวจสอบการเคลื่อนที่

3.1.3.1 การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์

รูปที่ 3.1วงจรพื้นฐานของเซ็นเซอร์แสง จะเห็นว่าขาแอโนดของ LED จะต่อกับแหล่งจ่ายผ่านตัวต้านทาน RE และขาแคโทดจะถูกต่อลงกราวนด์ กระแสไบแอสตรง IF จะไหลผ่าน LED และจะกำเนิดแสงอินฟราเรดออกมา

ที่ขาคอลเลกเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะต่อกับแหล่งจ่ายผ่าน RL ขาอิมิตเตอร์จะถูกต่อลงกราวนด์ สังเกตว่าที่ขาคอลเลกเตอร์จะถูกเป็นเอาท์พุทส่งผ่านให้กับวงจรภาคต่อไปซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

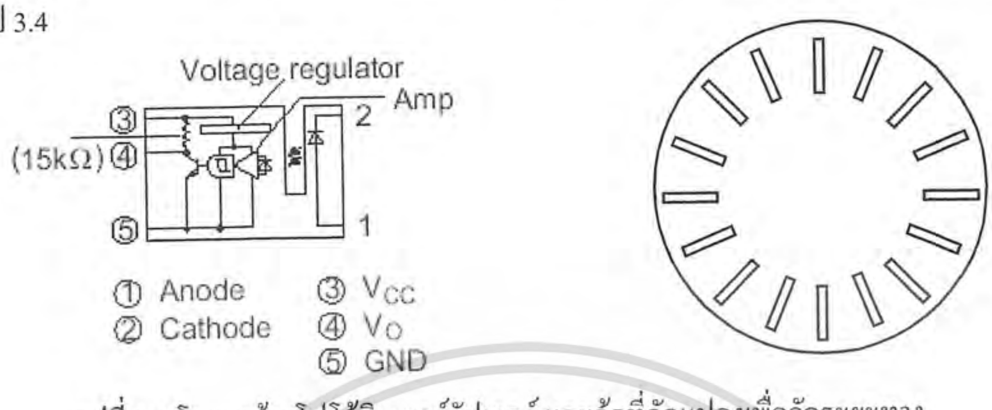


รูปที่3.3 พื้นฐานการใช้เซ็นเซอร์

จากรูปที่3.4 ในการตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของล้อนั้นจะใช้เซ็นเซอร์ตรวจดูความเปลี่ยนแปลงของช่องที่จะเจาะทะลุล้อโดยจะใช้เซ็นเซอร์ต่อเข้ากับวงจรเปรียบเทียบแรงดันและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปยังอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้เซ็นเซอร์แสง Photo Interrupter ซึ่งมีโครงสร้างดังรูป 3.4

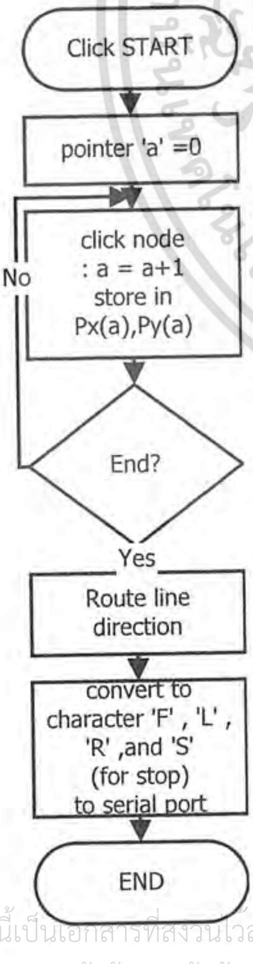


รูปที่ 3.4 โครงสร้างโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์ และล้อที่ดัดแปลงเพื่อวัดระยะทาง

3.2 การออกแบบในส่วนของซอฟต์แวร์หรือโปรแกรม

3.2.1 การออกแบบในส่วนโปรแกรมของ พ็อกเก็ตพีซี

จากที่ได้กล่าวไว้ว่าจะใช้ภาษา เบสิกในโปรแกรม Embbeded Visual Basic ในการเขียน เนื่องจากเป็นภาษาที่เขียนได้เข้าใจได้ง่ายกว่า C++ หรือ C# โดยจะเขียนเพื่อใช้ GUI โดยมีFlow Chart ดังรูป

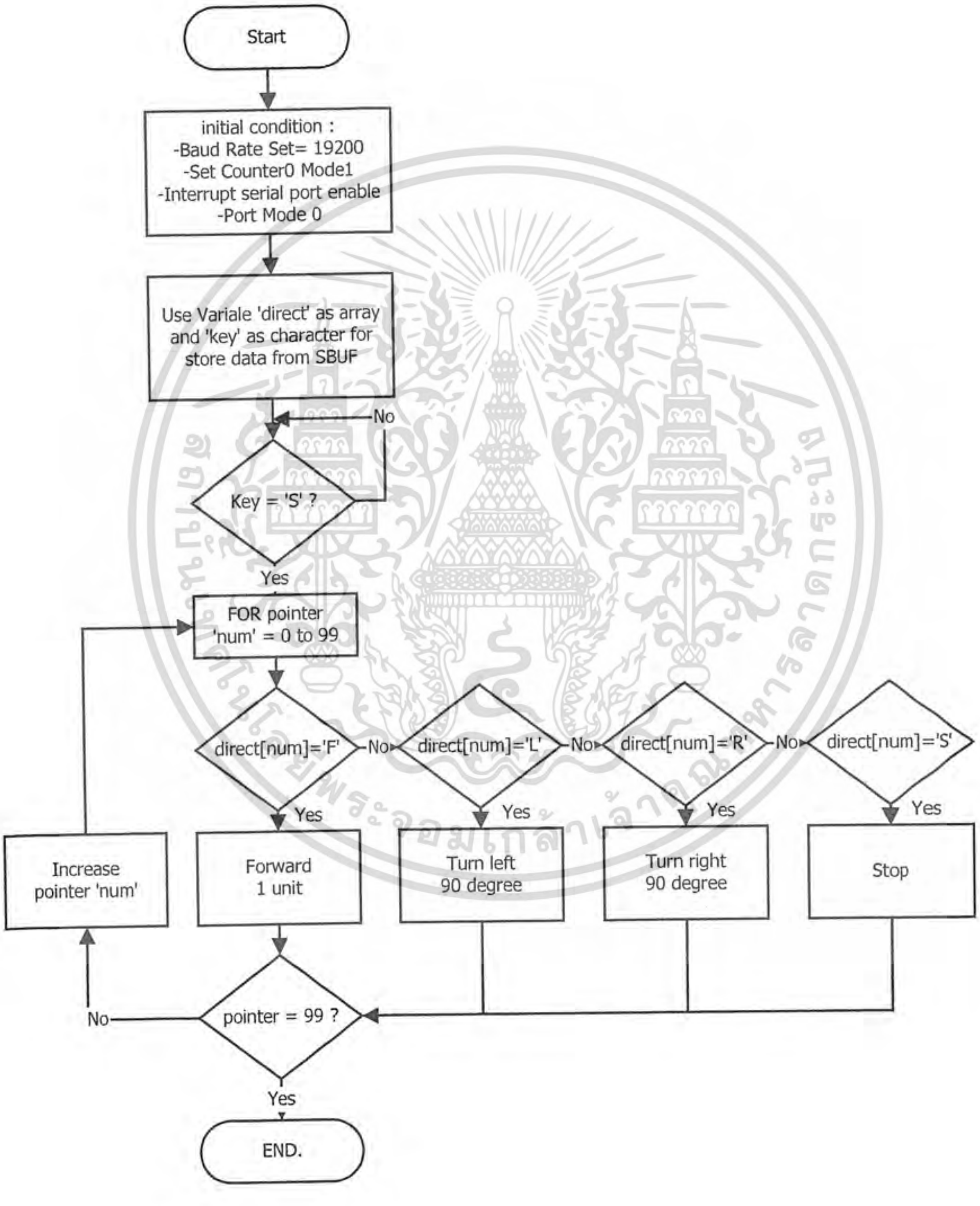


รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของ PocketPC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

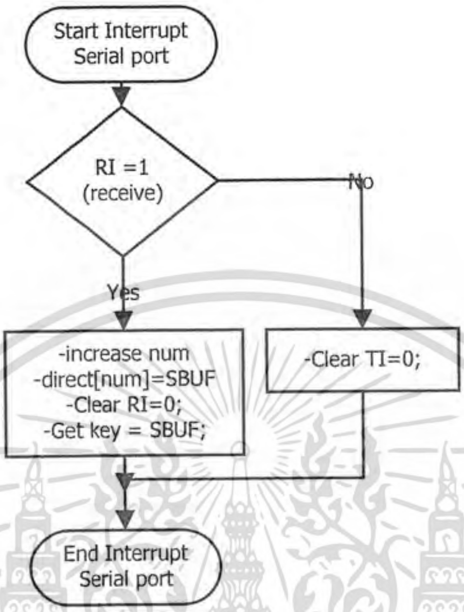
3.2.2 การออกแบบในส่วนของ MCS-51

จากการทำงานซึ่งต้องมีการรับข้อมูลจากพ็อกเก็ตพีซีนำไปประมวลผล เพื่อนำไปขับเคลื่อน โดยมี Flow Chart ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 การทำงานของ MCS-51 แบบปกติ(บน) และอินเตอร์รัปต์(ล่าง)



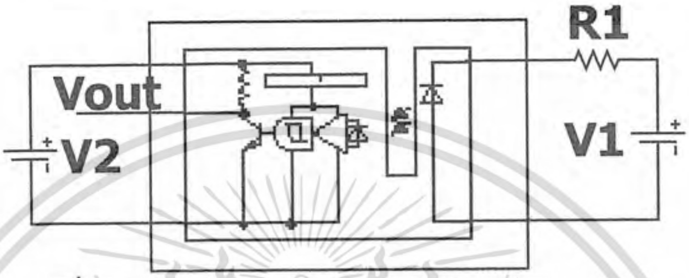
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบ

4.1 การทดสอบตัวโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์

จากโครงสร้างของตัวโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์ดังรูปที่ 2.กว่าๆที่ผ่านมา เราจะทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ โดยต่อวงจรดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การทดสอบโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์

ผลการทดสอบหาค่าแรงดันที่ออกมาจาก Vout เมื่อให้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆกัน

เมื่อ V1=V2 = 5 V

สถานะ	R1= 330 Ohm	R1=2K Ohm	R1=10K Ohm
มืด	5 V	5 V	4.89 V
สว่าง	5mV	5.4 mV	4.89 V

เมื่อ R1= 2K Ohm V1= 5 V

สถานะ	V2= 3V	V1=8V	V2= 10V
มืด	4.1 mV	7.2 mV	8.1 mV
สว่าง	3 V	8 V	10 V

เมื่อ R1=2K Ohm V2= 5 V

สถานะ	V1= 3V	V1= 5V
มืด	5.3 mV	5.4 mV
สว่าง	4.84 V	5 V

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบการใช้งานของโครงงาน

จากโครงงานที่ทำ เราจะทำการทดสอบ โดยการใช้งานจริง โดยใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นมา 3 โปรแกรม โดยมีอินเตอร์เฟสต่างๆกันดังนี้

รูปที่ 4.2 อินเตอร์เฟสและการใช้งาน PDA

ซึ่งแต่ละอินเตอร์เฟสของ PDA มีลักษณะคล้ายๆกันคือจะส่งตัวอักษรออกมาทางพอร์ตอนุกรม ไปบังคับให้ MCS-51 ทำงาน

การทดสอบ

เราจะทำการทดสอบ โดยให้รถเดินหน้า เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาตามลำดับและทดสอบผลที่ได้ โดยมีเกณฑ์ว่า ให้การเดินหน้าสามารถไปได้ระยะทาง 1 ฟุต(12 นิ้ว) การเลี้ยวซ้ายและขวาสามารถไปได้ 90 องศา

ผลการทดสอบ

4.2.1 การเดินหน้า

ครั้งที่	ระยะทาง(นิ้ว)	ความผิดพลาด
1	12.05	0.42 %
2	12.00	0.0 %
3	12.07	0.58 %
4	11.94	-0.5 %
5	12.02	0.17 %

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการเดินหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การเลี้ยวซ้าย

ครั้งที่	มุม(องศา)	ความผิดพลาด
1	94	4.44 %
2	90	0.00 %
3	88	-2.22 %
4	85	-5.56 %
5	90	0.00 %

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการเลี้ยวซ้าย

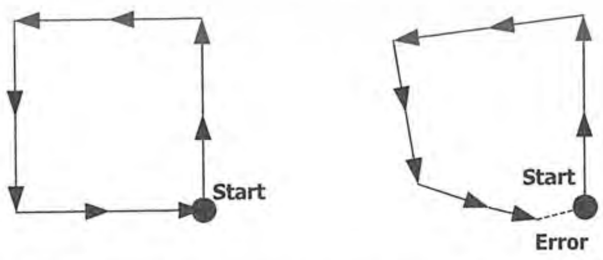
4.2.3 การเลี้ยวขวา

ครั้งที่	มุม(องศา)	ความผิดพลาด
1	88	-2.22 %
2	86	-4.44 %
3	84	-6.67 %
4	92	2.22 %
5	90	0 %

ตารางที่ 4.4 การทดสอบการเลี้ยวขวา

4.2.4 การทดสอบโดยการกำหนดเส้นทางต่างๆ

จะให้ทำงานโดยใช้โปรแกรมให้เดินทางเป็นสี่เหลี่ยมแล้วกลับมาที่เดิมดังรูปที่4.2 แล้ววัดว่าผิดพลาดจากจุดเริ่มต้นเท่าไร ซึ่งผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.3 เส้นทางการเดินของการทดสอบและความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ระยะทางที่ผิดพลาดจากจุดอ้างอิง(นิ้ว)	ความผิดพลาด
1	1.2	1.25 %
2	0.8	0.83 %
3	1.0	1.04 %
4	0.5	0.52 %
5	0.7	0.76 %
6	1.1	1.15 %
7	0.2	0.20 %
8	0.4	0.42 %
9	1.0	1.04 %
10	0.3	0.31 %

ตารางที่ 4.5 การทดสอบการเดินเป็นเส้นทางจากรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบโฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์จะได้ว่าแรงดันที่เอาท์พุทจะขึ้นกับ ค่า V2 ที่จ่ายให้กับตัวรับ และค่าความต้านทานที่เหมาะสมจะทำให้แรงดันที่ออกมาเป็นไปตามที่ต้องการ

ในการทดสอบการใช้งานของโครงงานจะได้ว่าหุ่นยนต์สามารถเดินทางได้ตามระยะทางที่กำหนดโดยมีความผิดพลาดไม่เกิน

5.2 ปัญหาที่พบในการทำโครงงาน

1.) การใช้เซ็นเซอร์(โฟโต้อินเตอร์รัปเตอร์) ซึ่งต้องมาศึกษาคุณสมบัติของอุปกรณ์ แก้ปัญหาโดยการหาข้อมูลจาก Data Sheet และการต่อวงจร

2.) ความเร็วเนื่องจากใช้มอเตอร์ดีซี แก้ปัญหาโดยใช้มอเตอร์ทดรอบ หรือใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ แต่เลือกใช้มอเตอร์ดีซีเพราะแรงบิดสูงกว่า และควบคุมง่ายกว่า

3.) การเขียนโปรแกรมบน PDA ซึ่งไม่ค่อยแพร่หลายนักจึงไม่สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ แก้ปัญหาโดยหาข้อมูลจาก วิชวลเบสิกบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีลักษณะคล้ายๆกัน

4.) ลักษณะการเดินทางที่ไม่สมบูรณ์จากการให้เส้นทางเดินหรือความผิดพลาดที่ใช้งานหุ่นยนต์ แก้ปัญหาโดย ใช้การหน่วงเวลาบน MCS-51 ให้ค่อยๆทำงาน

5.3 แนวทางในการพัฒนา

จากที่ต้องมาใช้ในระบบใช้สายอาจพัฒนามาใช้การสื่อสารวิธีอื่นๆในระบบไร้สาย เช่น ไวร์เลสแลน อาร์เอฟ หรืออินฟราเรด ได้ หรืออาจจะมีการเก็บข้อมูลเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1.)ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , **คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์ ;** กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด (มหาชน) , 2538 .

2.)ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , นคร ภักดีชาติ , **ใช้งาน P89LPC932 ไมโครคอนโทรลเลอร์ฉบับกระเป๋า ตอนที่ 1 ;** เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 259 , 2547,หน้า 199-208.

3.)ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , **JX-900 บอร์ดพัฒนาโครงงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ P89LPC93X ;** เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 261 , 2547,หน้า152-164.

4.)ตะวัน ซ้ายเกลี้ยง , **หุ่นยนต์อัตโนมัติขนาดเล็ก Sumo Robot ตอน : องค์ประกอบของหุ่นยนต์ ;** ฉบับที่ 112 , 2544 , หน้า67- 70 .

5.)ธีรวัฒน์ ประกอบผล , **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์** ; กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ สสท , 2544 .

6.)นคร ภักดีชาติ , ธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , **ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษาซี** ; กรุงเทพมหานคร : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด , 2547.

7.)แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์ , **แนวการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1** ; กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด (มหาชน) , 2539 .

8.)พจนาฎ สุวรรณมณี , **เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ;** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ สสท , 2546.

9.)พิศมัย สุภัทรานนท์ ,**ออปแอมป์และลิเนียร์ไอซีสำหรับช่างเทคนิค** ; กรุงเทพมหานคร :ซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด (มหาชน) , 2545 .

10.)ไพบูลย์ นาคมหาชลาสินธุ์ , กนกพร คุณชัยเจริญกุล , **อิเล็กทรอนิกส์และการประยุกต์ใช้งาน**; กรุงเทพมหานคร : แมกกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชันแนล เอ็นเตอร์ไพร์ส, อิงค์ , 2541 .

11.)ยืน ภู่วรวรรณ , **ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 2** ; กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด(มหาชน) , 2541 .

12.)สัมพันธ์ หาญชเล , **เครื่องกลไฟฟ้า 1 Electrical Machine1 (DC. Machine) เล่ม 2** ,ครั้งที่ 13 , กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2536 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.)วงพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ , **ออปแอมป์และการประมวลผลสัญญาณอนาลอก(OP-AMPs and analog signal processing** ; กรุงเทพมหานคร : บริษัท ว.เพ็ชรสกุล จำกัด , 2545 .

14.)วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช** ; กรุงเทพมหานคร : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพ อริเมนต์ จำกัด , 2545.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก.) วงจรที่ใช้งาน

ข.) โปรแกรมวิชวลเบสิคของ PDA ที่ใช้ทั้ง 3 รูปแบบ

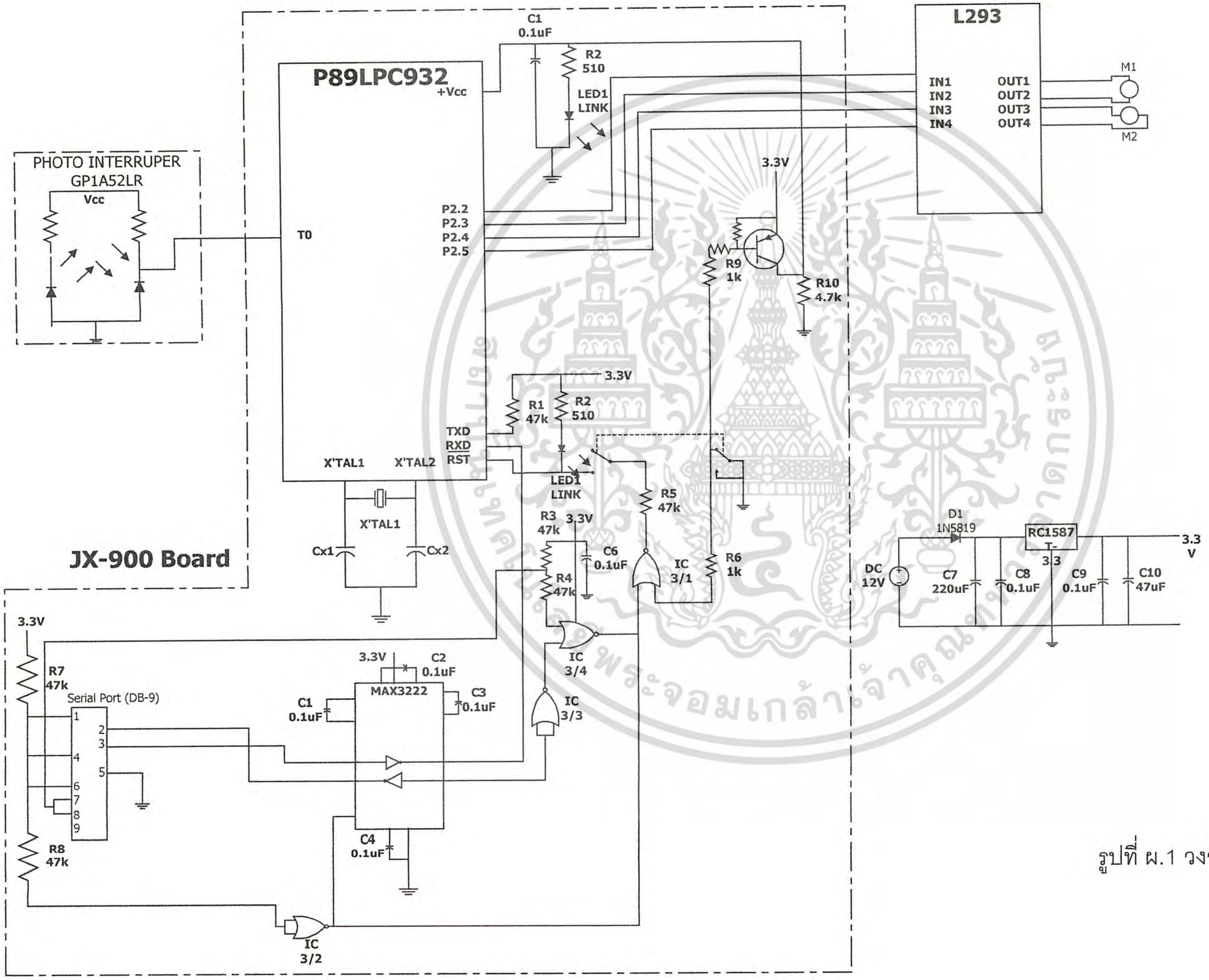
ค.) โปรแกรมภาษาซีที่ใช้กับ MCS-51

ง.) รูปของโครงงาน

ง.) ข้อมูลอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.) วงจรที่ใช้งาน



รูปที่ ผ.1 วงจรที่ใช้งานทั้งหมด

ข.) Embeded Visual Basic ที่ใช้กับ PDA

โปรแกรมที่ 1

```
Option Explicit
'Dim F As String, S As String, L As String, U As String, R As String, B As String
'Private Const F = "F"
'Private Const S = "S"
'Private Const L = "L"
'Private Const U = "U"
'Private Const R = "R"
'Private Const B = "B"

Private Sub Comm1_OnComm()
   Select Case Comm1.CommEvent
   Case comEvSend
   End Select
End Sub

Private Sub Command1_MouseDown(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
   Comm1.Output = "F"
End Sub

Private Sub Command1_MouseUp(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
   Comm1.Output = "S"
End Sub

Private Sub Command2_MouseDown(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
   Comm1.Output = "L"
End Sub

Private Sub Command2_MouseUp(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
   Comm1.Output = "S"
End Sub

Private Sub Command3_MouseDown(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
   Comm1.Output = "U"
End Sub

Private Sub Command3_MouseUp(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
   Comm1.Output = "S"
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command4_MouseDown(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
  Comm1.Output = "R"
End Sub

Private Sub Command4_MouseUp(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
  Comm1.Output = "S"
End Sub

Private Sub Command5_MouseDown(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
  Comm1.Output = "B"
End Sub

Private Sub Command5_MouseUp(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, ByVal X As Single, ByVal Y As Single)
  Comm1.Output = "S"
End Sub

Private Sub Form_Load()
  Comm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub Form_OKClick()
  App.End
End Sub


'Private Sub Timer1_Timer()
'  Timer1.Enabled = True
'  Timer1.Interval = 50
'End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ 2

```
Option Explicit
Private Sub Comm1_OnComm()
  Select Case Comm1.CommEvent
  Case comEvReceive
    text2.Text = Comm1.Input
  Case comEvSend
  End Select
End Sub

Private Sub Command1_Click()
  Comm1.Output = text1.Text
End Sub

Private Sub Form_Load()
  Comm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub Form_OKClick()
  App.End
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ 3

```
Option Explicit
Dim px(1000) As Integer, py(1000) As Integer, pz(1000) As Integer, ppx(1000) As Integer, ppy(1000) As Integer
Dim pa(1000) As Integer, pb(1000) As Integer
'Dim sendcode As String
Dim diff(1000) As String, axim(1000) As String, direct(1000) As String
Dim counter As Integer, dist(1000) As Integer
Dim a As Integer, b As Integer, c As Integer, d As Integer, e As Integer, f As Integer, g As Integer, h As Integer
Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer
```

```
Private Sub Command1_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 0
  py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command10_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 2250
  py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command100_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 2250
  py(a) = 2250

End Sub

Private Sub Command101_Click()

Text1.Visible = True

End Sub
```

```
Private Sub Command102_Click()

For d = 1 To a - 1
   If px(d + 1) = px(d) Then
     If py(d + 1) > py(d) Then
     diff(d) = "p"
     axim(d) = "y"
     dist(d) = (py(d + 1) - py(d)) \
250
     Else
       If py(d + 1) < py(d) Then
       diff(d) = "n"
       axim(d) = "y"
       dist(d) = (py(d) - py(d + 1))
\ 250
       End If
     End If
   End If

   If py(d + 1) = py(d) Then
     If px(d + 1) > px(d) Then
     diff(d) = "p"
     axim(d) = "x"
     dist(d) = (px(d + 1) - px(d)) \
250
     Else
       If px(d + 1) < px(d) Then
       diff(d) = "n"
       axim(d) = "x"
```

```
       dist(d) = (px(d) - px(d + 1))
\ 250
       End If
     End If
   End If
Next d

 If axim(1) = "x" Then
   If diff(1) = "p" Then
    direct(1) = "R"
    For g = 1 To dist(1)
    direct(1) = direct(1) & "F"
    Next g
   End If
    If diff(1) = "n" Then
     direct(1) = "L"
     For g = 1 To dist(1)
     direct(1) = direct(1) &
"F"
     Next g
    End If
 End If

 If axim(1) = "y" Then
   If diff(1) = "p" Then
    direct(1) = "LL"
    For g = 1 To dist(1)
    direct(1) = direct(1) & "F"
    Next g
   End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If diff(1) = "n" Then
  For g = 1 To dist(1)
  direct(1) = direct(1) &
"F"
  Next g
 End If
End If

For e = 2 To a - 1
  h = 0
 If axim(e) = axim(e - 1) Then

  If diff(e) = diff(e - 1) Then
   For h = 1 To dist(e)
   direct(e) = direct(e) & "F"
   Next h
  Else
   direct(e) = "LL"
   For h = 1 To dist(e)
   direct(e) = direct(e) & "F"
   Next h
  End If

 Else

  If axim(e - 1) = "x" Then
   If diff(e) = diff(e - 1) Then
    direct(e) = "R"
    For h = 1 To dist(e)
    direct(e) = direct(e) &
"F"
    Next h
   Else
    direct(e) = "L"
    For h = 1 To dist(e)
    direct(e) = direct(e) &
"F"
    Next h
   End If
  End If

  If axim(e - 1) = "y" Then
   If diff(e) = diff(e - 1) Then
    direct(e) = "L"
    For h = 1 To dist(e)
    direct(e) = direct(e) &
"F"
    Next h
   Else
    direct(e) = "R"
    For h = 1 To dist(e)
    direct(e) = direct(e) &
"F"
    Next h
   End If
  End If

 End If
Next e

 For i = 1 To a
 sendcode = sendcode & direct
(i)
 Next i

 sendcode = sendcode & "S"
 Text1.Text = sendcode

For b = 2 To a
 PictureBox1.DrawLine px(b - 1),
py(b - 1), px(b), py(b), 3
 Next b
 PictureBox1.Visible = True
 Text1.Visible = True

End Sub

Private Sub Command103_Click()

 a = 0

End Sub

Private Sub Command104_Click()

 For c = 1 To a
 px(c) = 0
 py(c) = 0
 Next c
 e = 0
 PictureBox1.Cls

 For j = 1 To a
 direct(j) = ""
 dist(j) = 0
 axim(j) = ""
 diff(j) = ""
 sendcode = ""
 Next j

 Text1.Text = ""

End Sub

Private Sub Command105_Click()

 PictureBox1.Visible = False
 Text1.Visible = False

End Sub

Private Sub Command106_Click()

 Form2.Visible = True

End Sub

Private Sub Command11_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    a = a + 1
    px(a) = 0
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command12_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 250
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command13_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 500
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command14_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 750
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command15_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 1000
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command16_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 1250
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command17_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 1500
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command18_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 1750
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command19_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 2000
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command2_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 250
    py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command20_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 2250
    py(a) = 250

End Sub

Private Sub Command21_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 0
    py(a) = 500

End Sub

Private Sub Command22_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 250
    py(a) = 500

End Sub

Private Sub Command23_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 500
    py(a) = 500

End Sub

Private Sub Command24_Click()

    a = a + 1
    px(a) = 750
    py(a) = 500

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command25_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1000
 py(a) = 500

End Sub

Private Sub Command26_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1250
 py(a) = 500

End Sub

Private Sub Command27_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1500
 py(a) = 500

End Sub

Private Sub Command28_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1750
 py(a) = 500

End Sub

Private Sub Command29_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2000
 py(a) = 500

End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 500
 py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command30_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2250
 py(a) = 500

End Sub

Private Sub Command31_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 0
 py(a) = 750

End Sub

Private Sub Command32_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 250
 py(a) = 750

End Sub

Private Sub Command33_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 500
 py(a) = 750

End Sub
```

```
Private Sub Command34_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 750
 py(a) = 750

End Sub

Private Sub Command35_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1000
 py(a) = 750

End Sub

Private Sub Command36_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1250
 py(a) = 750

End Sub

Private Sub Command37_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1500
 py(a) = 750

End Sub

Private Sub Command38_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1750
 py(a) = 750

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command39_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2000
 py(a) = 750

End Sub

Private Sub Command4_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1000
 py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command40_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2250
 py(a) = 750

End Sub

Private Sub Command41_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 0
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command42_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 250
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command43_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 500
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command44_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 750
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command45_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1000
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command46_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1250
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command47_Cick()

 a = a + 1
 px(a) = 1500
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command48_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1750
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command49_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2000
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command5_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1250
 py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command50_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2250
 py(a) = 1000

End Sub

Private Sub Command51_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 0
 py(a) = 1250

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command52_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 250
 py(a) = 1250

End Sub

Private Sub Command53_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 500
 py(a) = 1250

End Sub

Private Sub Command54_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 750
 py(a) = 1250

End Sub

Private Sub Command55_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1000
 py(a) = 1250

End Sub

Private Sub Command56_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1250
 py(a) = 1250

End Sub

Private Sub Command57_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1500
 py(a) = 1250

End Sub

Private Sub Command58_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1750
 py(a) = 1250

End Sub

Private Sub Command59_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2000
 py(a) = 1250

End Sub

Private Sub Command6_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1500
 py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command60_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 0
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command61_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 250
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command62_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 500
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command63_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 750
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command64_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1000
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command65_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1250
 py(a) = 1500

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command66_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1500
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command67_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1750
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command68_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2000
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command69_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2000
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command7_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1750
 py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command70_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2250
 py(a) = 1500

End Sub

Private Sub Command71_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 0
 py(a) = 1750

End Sub

Private Sub Command72_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 250
 py(a) = 1750

End Sub

Private Sub Command73_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 500
 py(a) = 1750

End Sub

Private Sub Command74_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 750
 py(a) = 1750

End Sub

Private Sub Command75_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1000
 py(a) = 1750

End Sub

Private Sub Command76_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1250
 py(a) = 1750

End Sub

Private Sub Command77_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1500
 py(a) = 1750

End Sub

Private Sub Command78_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 1750
 py(a) = 1750

End Sub

Private Sub Command79_Click()

 a = a + 1
 px(a) = 2000
 py(a) = 1750

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command8_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 2000
  py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command80_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 2250
  py(a) = 1750

End Sub

Private Sub Command81_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 0
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command82_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 250
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command83_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 500
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command84_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 750
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command85_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 1000
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command86_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 1250
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command87_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 1500
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command88_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 1750
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command89_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 2000
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command9_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 2250
  py(a) = 0

End Sub

Private Sub Command90_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 2250
  py(a) = 2000

End Sub

Private Sub Command91_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 0
  py(a) = 2250

End Sub

Private Sub Command92_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 250
  py(a) = 2250

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command93_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 500
  py(a) = 2250

End Sub

Private Sub Command94_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 750
  py(a) = 2250

End Sub

Private Sub Command95_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 1000
  py(a) = 2250

End Sub

Private Sub Command96_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 1250
  py(a) = 2250

End Sub

Private Sub Command97_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 1500
  py(a) = 2250

End Sub

Private Sub Command98_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 1750
  py(a) = 2250

End Sub

Private Sub Command99_Click()

  a = a + 1
  px(a) = 2000
  py(a) = 2250

End Sub

Private Sub Form_OKClick()
  App.End
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.)โปรแกรมภาษาซี สำหรับ MCS-51

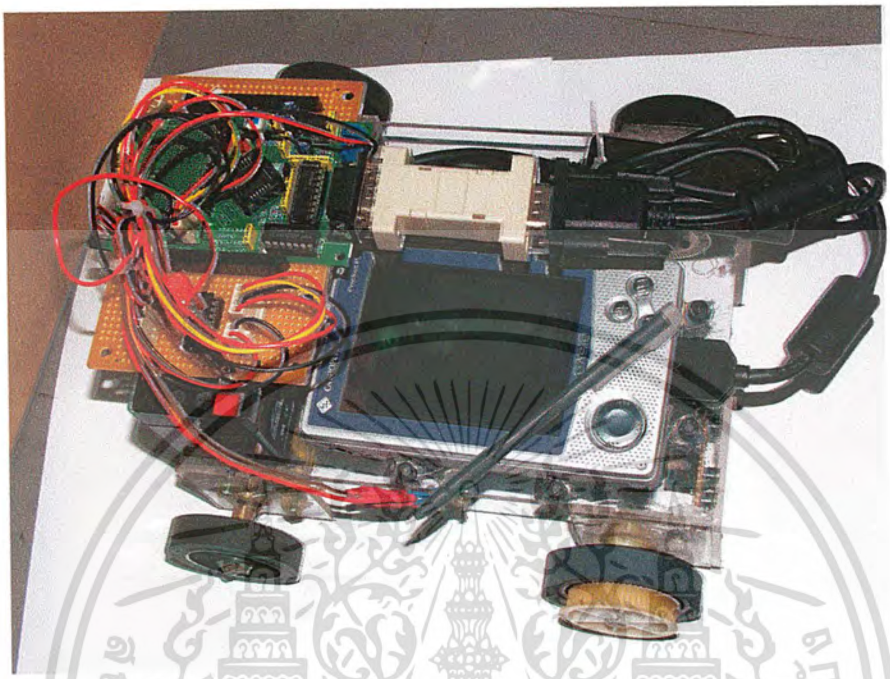
```c
#include<reg932.h>
unsigned char key =0;
sbit one = P2^2;
sbit two = P2^3;
sbit three = P2^4;
sbit four = P2^5;
int num;
unsigned char direct[60];

void delay(int time)
{
		do
		{
		time--;
		}
		while(time>0);
}
void send_serial() interrupt 4
{
		if(RI)
		{
				num=num+1;
				direct[num]=SBUF;
				key=SBUF;
				RI=0;
		}
		if(TI)
		{
				TI=0;
		}
}

void int_cond()
{
		P2M1=0x00;
		P2M2=0x00;
		SCON=0x50;
		BRGCON|=0x02;
		BRGR0=0x70;
		BRGR1=0x01;
		BRGCON|=0x01;
		EA=1;
		ES=1;

		TMOD=0x05;
		TH0=0x00;
		TL0=0x00;
		TR0=1;

		num=0;
}


void stop()
{
		one=0;
		two=0;
		three=0;
		four=0;
}

void main()
{
		int_cond();
		stop();
		do
		{

		}
		while(key != 'S');

		if(key=='S')
		{
				for(num=0;num<60;num++)
				{
						if(direct[num] == 'F')
						{
				one=1;
				two=0;
				three=0;
```

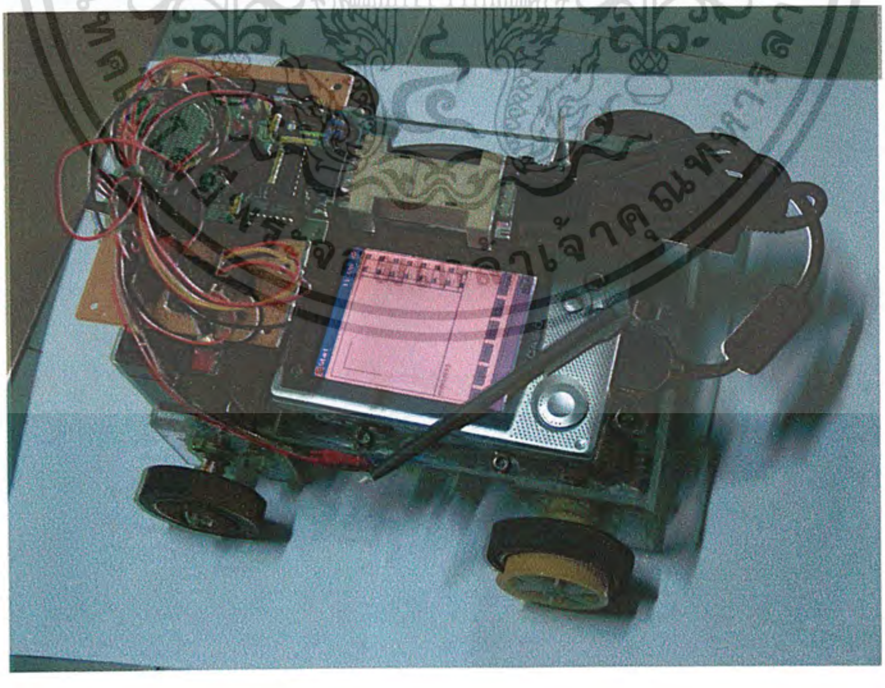
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                four=1;
                while(TL0<120);
                TL0=0;
                delay(5000);
    }
    else if(direct[num] == 'L')
        {
                one=1;
                two=0;
                three=1;
                four=0;
                 delay(10000);
        }
    else if(direct[num] == 'R')
        {
                one=0;
                two=1;
                three=0;
                four=1;
                delay(10000);
        }
     else if(direct[num] == 'S')
            {
                stop();
            }
  }
 while(1);
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

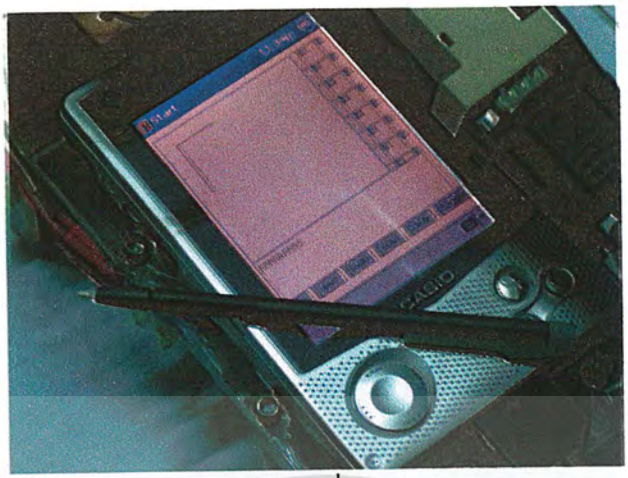
ง.)รูปของโครงงาน



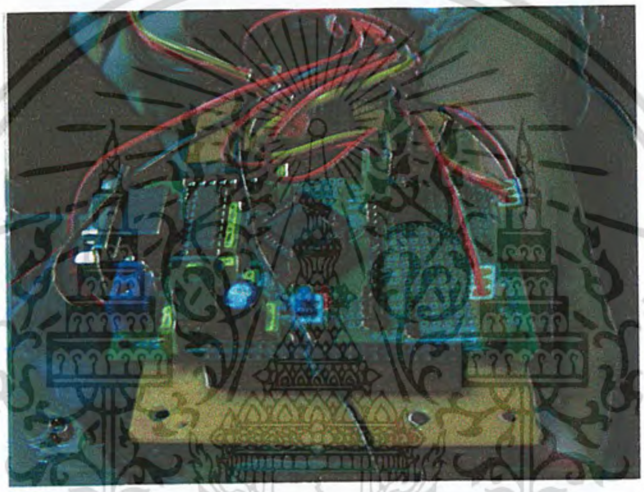


รูปหุ่นยนต์ มองจากข้างบน

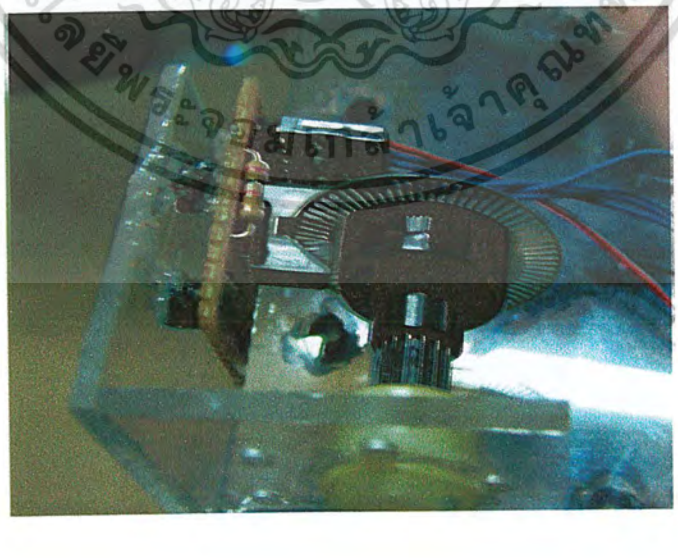
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป PDA ที่ใช้



รูปบอร์ดที่ใช้ในโครงงาน



รูปการต่อโฟโต้อินเตอร์รัปต์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.) ข้อมูลอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

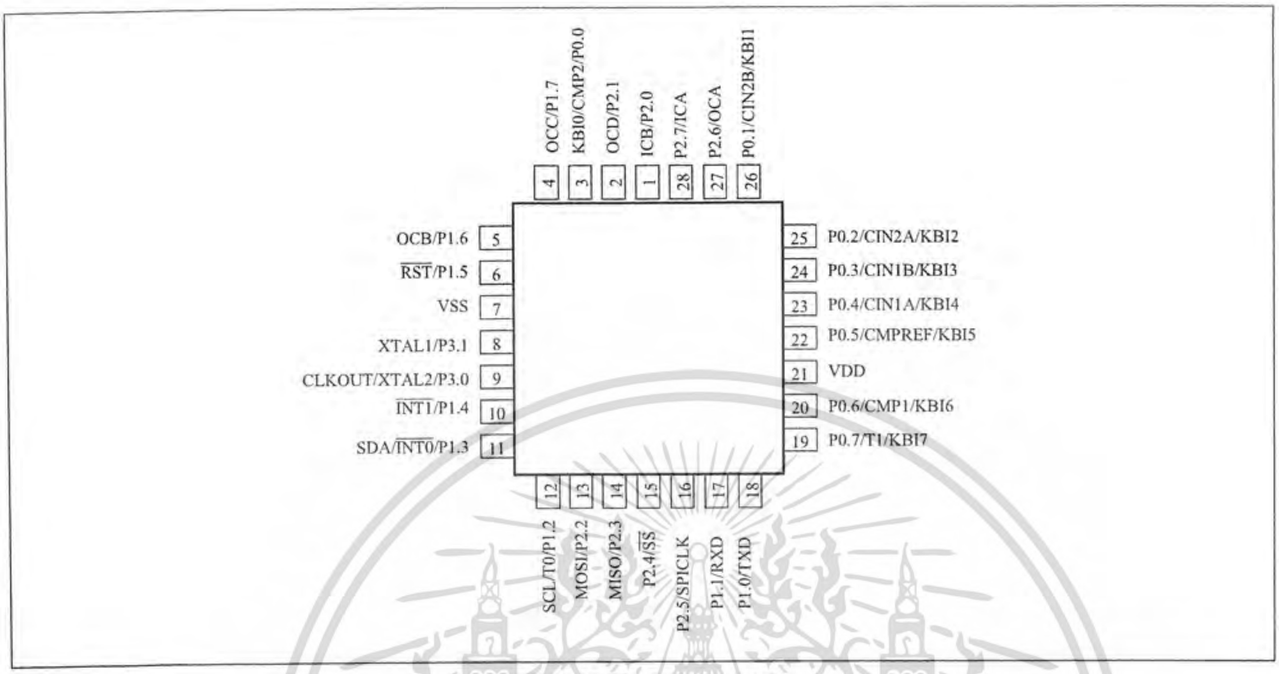


Figure 2: 28-Pin PLCC Package

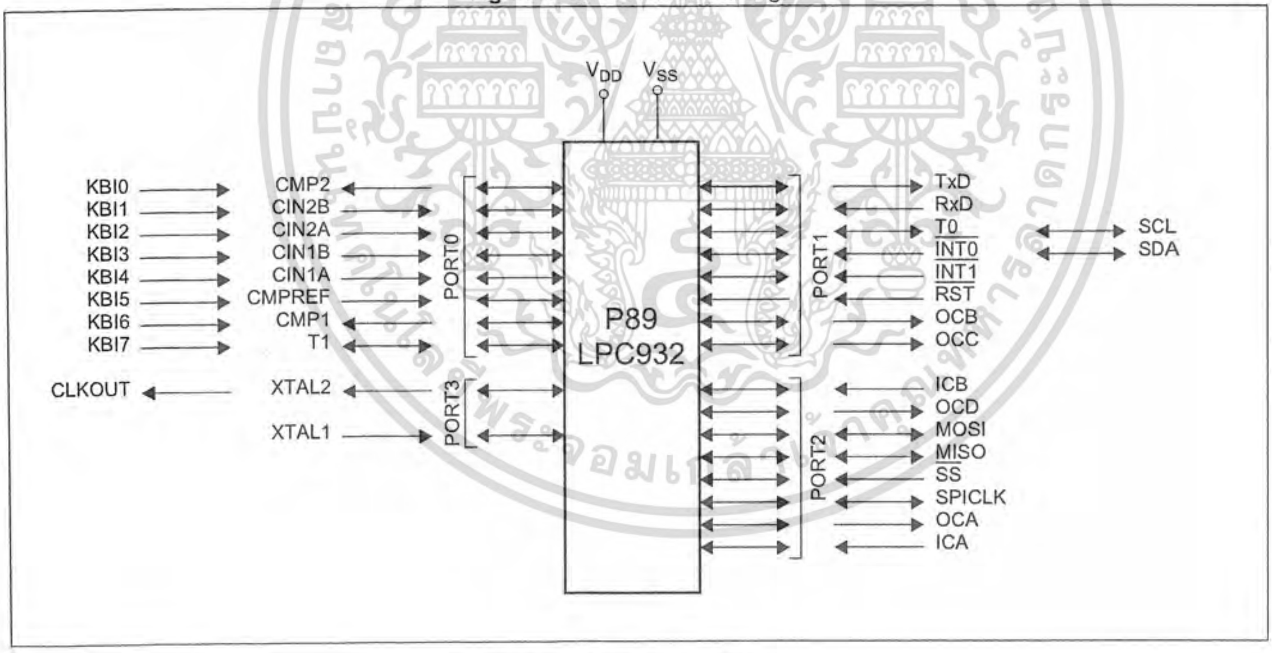


Figure 3: Logic symbol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Registers

Note: Special Function Register (SFRs) accesses are restricted in the following ways:

1. User must NOT attempt to access any SFR locations not defined.
2. Accesses to any defined SFR locations must be strictly for the functions for the SFRs.
3. SFR bits labeled '-', '0' or '1' can ONLY be written and read as follows:
   - '-' Unless otherwise specified, MUST be written with '0', but can return any value when read (even if it was written with '0'). It is a reserved bit and may be used in future derivatives.
   - '0' MUST be written with '0', and will return a '0' when read.
   - '1' MUST be written with '1', and will return a '1' when read.

Table 1: Special Function Registers table

Name	Description	SFR Address	Bit Functions and Addresses MSB							LSB	Reset Value Hex	Reset Value Binary
			E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0		
ACC*	Accumulator	E0H									00H	00000000
AUXR1#	Auxiliary Function Register	A2H	CLKLP	EBRR	ENT1	ENT0	SRST	0	-	DPS	00H[1]	000000x0
			F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0		
B*	B Register	F0H									00H	00000000
BRGR0#§	Baud Rate Generator Rate Low	BEH									00H	00000000
BRGR1#§	Baud Rate Generator Rate High	BFH									00H	00000000
BRGCON#	Baud Rate Generator Control	BDH	-	-	-	-	-	-	SBRGS	BRGEN	00H[%]	xxxxxx00
CCCRA#	Capture Compare A Control Register	EAH	ICECA2	ICECA1	ICECA0	ICESA	ICNFA	FCOA	OCMA1	OCMA0	00H	00000000
CCCRB#	Capture Compare B Control Register	EBH	ICECB2	ICECB1	ICECB0	ICESB	ICNFB	FCOB	OCMB1	OCMB0	00H	00000000
CCCRC#	Capture Compare C Control Register	ECH	-	-	-	-	-	FCOC	OCMC1	OCMC0	00H	xxxxx000
CCCRD#	Capture Compare D Control Register	EDH	-	-	-	-	-	FCOD	OCMD1	OCMD0	00H	xxxxx000
CMP1#	Comparator 1 Control Register	ACH	-	-	CE1	CP1	CN1	OE1	CO1	CMF1	00H[1]	xx000000
CMP2#	Comparator 2 Control Register	ADH	-	-	CE2	CP2	CN2	OE2	CO2	CMF2	00H[1]	xx000000
DEECON#	Data EEPROM Control Register	F1H	EEIF	HVERR	ECTL1	ECTL0	-	-	-	EADR8	0EH	00001110
DEEDAT#	Data EEPROM Data Register	F2H									00H	00000000
DEEADR#	Data EEPROM Address Register	F3H									00H	00000000
DIVM#	CPU Clock Divide-by-M Control	95H									00H	00000000
DPTR	Data Pointer (2 bytes)											
DPH	Data Pointer High	83H									00H	00000000
DPL	Data Pointer Low	82H									00H	00000000
FMADRH#	Program Flash Address High	E7H									00H	00000000
FMADRL#	Program Flash Address Low	E6H									00H	00000000

Name	Description	SFR Address	Bit Functions and Addresses MSB							LSB	Reset Value Hex	Reset Value Binary
FMCON#	Program Flash Control (Read)	E4H	BUSY	-	-	-	HVA	HVE	SV	OI	70H	01110000
	Program Flash Control (Write)		FMCMD.7	FMCMD.6	FMCMD.5	FMCMD.4	FMCMD.3	FMCMD.2	FMCMD.1	FMCMD.0		
FMDATA#	Program Flash Data	E5H									00H	00000000
I2ADR#	I^2C Slave Address Register	DBH	I2ADRr.6	I2ADR.5	I2ADR.4	I2ADR.3	I2ADR.2	I2ADR.1	I2ADR.0	GC	00H	00000000
			DF	DE	DD	DC	DB	DA	D9	D8		
I2CON*#	I^2C Control Register	D8H	-	I2EN	STA	STO	SI	AA	-	CRSEL	00H	x00000x0
I2DAT#	I^2C Data Register	DAH										
I2SCLH#	Serial Clock Generator/SCL Duty Cycle Register High	DDH									00H	00000000
I2SCLL#	Serial Clock Generator/SCL Duty Cycle Register Low	DCH									00H	00000000
I2STAT#	I^2C Status Register	D9H	STA.4	STA.3	STA.2	STA.1	STA.0	0	0	0	F8H	11111000
ICRAH#	Input Capture A Register High	ABH									00H	
ICRAL#	Input Capture A Register low	AAH									00H	00000000
ICRBH#	Input Capture B Register High	AFH									00H	00000000
ICRBL#	Input Capture B Register Low	AEH									00H	00000000
			AF	AE	AD	AC	AB	AA	A9	A8		
IEN0*	Interrupt Enable 0	A8H	EA	EWDRT	EBO	ES/ESR	ET1	EX1	ET0	EX0	00H	00000000
			EF	EE	ED	EC	EB	EA	E9	E8		
IEN1*#	Interrupt Enable 1	E8H	EIEE	EST	-	ECCU	ESPI	EC	EKBI	EI2C	00H[1]	00x00000
			BF	BE	BD	BC	BB	BA	B9	B8		
IP0*	Interrupt Priority 0	B8H	-	PWDRT	PBO	PS/PSR	PT1	PX1	PT0	PX0	00H[1]	x0000000
IP0H#	Interrupt Priority 0 High	B7H	-	PWDRTH	PBOH	PSH/PSRH	PT1H	PX1H	PT0H	PX0H	00H[1]	x0000000
			FF	FE	FD	FC	FB	FA	F9	F8		
IP1*#	Interrupt Priority 1	F8H	PIEE	PST	-	PCCU	PSPI	PC	PKBI	PI2C	00H[1]	00x00000
IP1H#	Interrupt Priority 1 High	F7H	PIEEH	PSTH	-	PCCUH	PSPIH	PCH	PKBIH	PI2CH	00H[1]	00x00000
KBCON#	Keypad Control Register	94H	-	-	-	-	-	-	PATN_SEL	KBIF	00H[1]	xxxxxx00
KBMASK#	Keypad Interrupt Mask Register	86H									00H	00000000
KBPATN#	Keypad Pattern Register	93H									FFH	11111111
OCRAH#	Output Compare A Register High	EFH									00H	00000000
OCRAL#	Output Compare A Register Low	EEH									00H	00000000
OCRBH#	Output Compare B Register High	FBH									00H	00000000
OCRBL#	Output Compare B Register Low	FAH									00H	00000000
OCRCH#	Output Compare C Register High	FDH									00H	00000000

Name	Description	SFR Address	Bit Functions and Addresses MSB							LSB	Reset Value Hex	Reset Value Binary
OCRCL#	Output Compare C Register Low	FCH									00H	00000000
OCRDH#	Output Compare D Register High	FFH									00H	00000000
OCRDL#	Output Compare D Register Low	FEH									00H	00000000
			87	86	85	84	83	82	81	80		
P0*	Port 0	80H	T1/KB7	CMP1/ KB6	CMPREF/ KB5	CIN1A/ KB4	CIN1B/ KB3	CIN2A/ KB2	CIN2B/ KB1	CMP2/ KB0	Note 1	
			97	96	95	94	93	92	91	90		
P1*	Port 1	90H	OCC	OCB	$\overline{RST}$	$\overline{INT1}$	$\overline{INT0}$/ SDA	T0/SCL	RxD	TxD	Note 1	
			A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0		
P2*	Port 2	A0H	ICA	OCA	SPICLK	$\overline{SS}$	MISO	MOSI	OCD	ICB	Note 1	
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0		
P3*	Port 3	B0H	-	-	-	-	-	-	XTAL1	XTAL2	Note 1	
P0M1#	Port 0 Output Mode 1	84H	(P0M1.7)	(P0M1.6)	(P0M1.5)	(P0M1.4)	(P0M1.3)	(P0M1.2)	(P0M1.1)	(P0M1.0)	FFH	11111111
P0M2#	Port 0 Output Mode 2	85H	(P0M2.7)	(P0M2.6)	(P0M2.5)	(P0M2.4)	(P0M2.3)	(P0M2.2)	(P0M2.1)	(P0M2.0)	00H	00000000
P1M1#	Port 1 Output Mode 1	91H	(P1M1.7)	(P1M1.6)	-	(P1M1.4)	(P1M1.3)	(P1M1.2)	(P1M1.1)	(P1M1.0)	FFH[1]	11111111
P1M2#	Port 1 Output Mode 2	92H	(P1M2.7)	(P1M2.6)	-	(P1M2.4)	(P1M2.3)	(P1M2.2)	(P1M2.1)	(P1M2.0)	00H[1]	00000000
P2M1#	Port 2 Output Mode 1	A4H	(P2M1.7)	(P2M1.6)	(P2M1.5)	(P2M1.4)	(P2M1.3)	(P2M1.2)	(P2M1.1)	(P2M1.0)	FFH	11111111
P2M2#	Port 2 Output Mode 2	A5H	(P2M2.7)	(P2M2.6)	(P2M2.5)	(P2M2.4)	(P2M2.3)	(P2M2.2)	(P2M2.1)	(P2M2.0)	00H	00000000
P3M1#	Port 3 Output Mode 1	B1H	-	-	-	-	-	-	(P3M1.1)	(P3M1.0)	03H[1]	xxxxxx11
P3M2#	Port 3 Output Mode 2	B2H	-	-	-	-	-	-	(P3M2.1)	(P3M2.0)	00H[1]	xxxxxx00
PCON#	Power Control Register	87H	SMOD1	SMOD0	BOPD	BOI	GF1	GF0	PMOD1	PMOD0	00H	00000000
PCONA#	Power Control Register A	B5H	RTCPD	DEEPD	VCPD		I2PD	SPPD	SPD	CCUPD	00H[1]	00000000
			D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
PSW*	Program Status Wword	D0H	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P	00H	00000000
PT0AD#	Port 0 Digital Input Disable	F6H	-	-	PT0AD.5	PT0AD.4	PT0AD.3	PT0AD.2	PT0AD.1	-	00H	xx00000x
RSTSRC#	Reset Source Register	DFH	-	-	BOF	POF	R_BK	R_WD	R_SF	R_EX	Note 2	
RTCCON#	Real Time Clock Control	D1H	RTCF	RTCS1	RTCS0	-	-	-	ERTC	RTCEN	60H[1,5]	011xxx00
RTCH#	Real Time Clock Register High	D2H									00H[5]	00000000
RTCL#	Real Time Clock Register Low	D3H									00H[5]	00000000
SADDR#	Serial Port Address Register	A9H									00H	00000000
SADEN#	Serial Port Address Enable	B9H									00H	00000000
SBUF	Serial Port Data Buffer Register	99H									xxH	xxxxxxxx
			9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98		
SCON*	Serial Port Control	98H	SM0/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	00H	00000000

Name	Description	SFR Address	Bit Functions and Addresses MSB							LSB	Reset Value Hex	Reset Value Binary
SSTAT#	Serial Port Extended Status Register	BAH	DBMOD	INTLO	CIDIS	DBISEL	FE	BR	OE	STINT	00H	00000000
SP	Stack Pointer	81H									07H	00000111
SPCTL#	SPI Control Register	E2H	SSIG	SPEN	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	04H	00000100
SPSTAT#	SPI Status Register	E1H	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	-	00H	00xxxxxx
SPDAT#	SPI Data Register	E3H									00H	00000000
TAMOD#	Timer 0 and 1 Auxiliary Mode	8FH	-	-	-	T1M2	-	-	-	T0M2	00H	xxx0xxx0
			8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88		
TCON*	Timer 0 and 1 Control	88H	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	00H	00000000
TCR20*#	CCU Control Register 0	C8H	PLEEN	HLTRN	HLTEN	ALTCD	ALTAB	TDIR2	TMOD21	TMOD20	00H	00000000
TCR21#	CCU Control Register 1	F9H	TCOU2	-	-	-	PLLDV.3	PLLDV.2	PLLDV.1	PLLDV.0	00H	0xxx0000
TH0	Timer 0 High	8CH									00H	00000000
TH1	Timer 1 High	8DH									00H	00000000
TH2#	CCU Timer High	CDH									00H	00000000
TICR2#	CCU Interrupt Control Register	C9H	TOIE2	TOCIE2D	TOCIE2C	TOCIE2B	TOCIE2A	-	TICIE2B	TICIE2A	00H	00000x00
TIFR2#	CCU Interrupt Flag Register	E9H	TOIF2	TOCF2D	TOCF2C	TOCF2B	TOCF2A	-	TICF2B	TICF2A	00H	00000x00
TISE2#	CCU Interrupt Status Encode Register	DEH	-	-	-	-	-	ENCINT.2	ENCINT.1	ENCINT.0	00H	xxxxx000
TL0	Timer 0 Low	8AH									00H	00000000
TL1	Timer 1 Low	8BH									00H	00000000
TL2#	CCU Timer Low	CCH									00H	00000000
TMOD	Timer 0 and 1 Mode	89H	T1GATE	T1C/T	T1M1	T1M0	T0GATE	T0C/T	T0M1	T0M0	00H	00000000
TOR2H#	CCU Reload Register High	CFH									00H	00000000
TOR2L#	CCU Reload Register Low	CEH									00H	00000000
TPCR2H#	Prescaler Control Register High	CBH	-	-	-	-	-	-	TPCR2H.1	TPCR2H.0	00H	xxxxxx00
TPCR2L#	Prescaler Control Register Low	CAH	TPCR2L.7	TPCR2L.6	TPCR2L.5	TPCR2L.4	TPCR2L.3	TPCR2L.2	TPCR2L.1	TPCR2L.0	00H	0000000
TRIM#	Internal Oscillator Trim Register	96H	-	ENCLK	TRIM.5	TRIM.4	TRIM.3	TRIM.2	TRIM.1	TRIM.0	Note 4	
WDCON#	Watchdog Control Register	A7H	PRE2	PRE1	PRE0	-	-	WDRUN	WDTOF	WDCLK	Notes 3,5	
WDL#	Watchdog Load	C1H									FFH	11111111
WFEED1#	Watchdog Feed 1	C2H										
WFEED2#	Watchdog Feed 2	C3H										

Notes:

* SFRs are bit addressable.

\# SFRs are modified from or added to the 80C51 SFRs.

§ BRGR1 and BRGR0 must only be written if BRGEN in BRGCON SFR is '0'. If any of them is written if BRGEN = 1, result is unpredictable.

Unimplemented bits in SFRs (labeled '-') are X (unknown) at all times. Unless otherwise specified, '1's should not be written to these bits since they may be used for other purposes in future derivatives. The reset values shown for these bits are '0's

Low power select

The LPC932 is designed to run at 12 MHz (CCLK) maximum. However, if CCLK is 8 MHz or slower, the CLKLP SFR bit (AUXR1.7) can be set to a '1' to lower the power consumption further. On any reset, CLKLP is '0' allowing highest performance. This bit can then be set in software if CCLK is running at 8 MHz or slower.

Memory organization

The LPC932 memory map is shown in Figure 8.

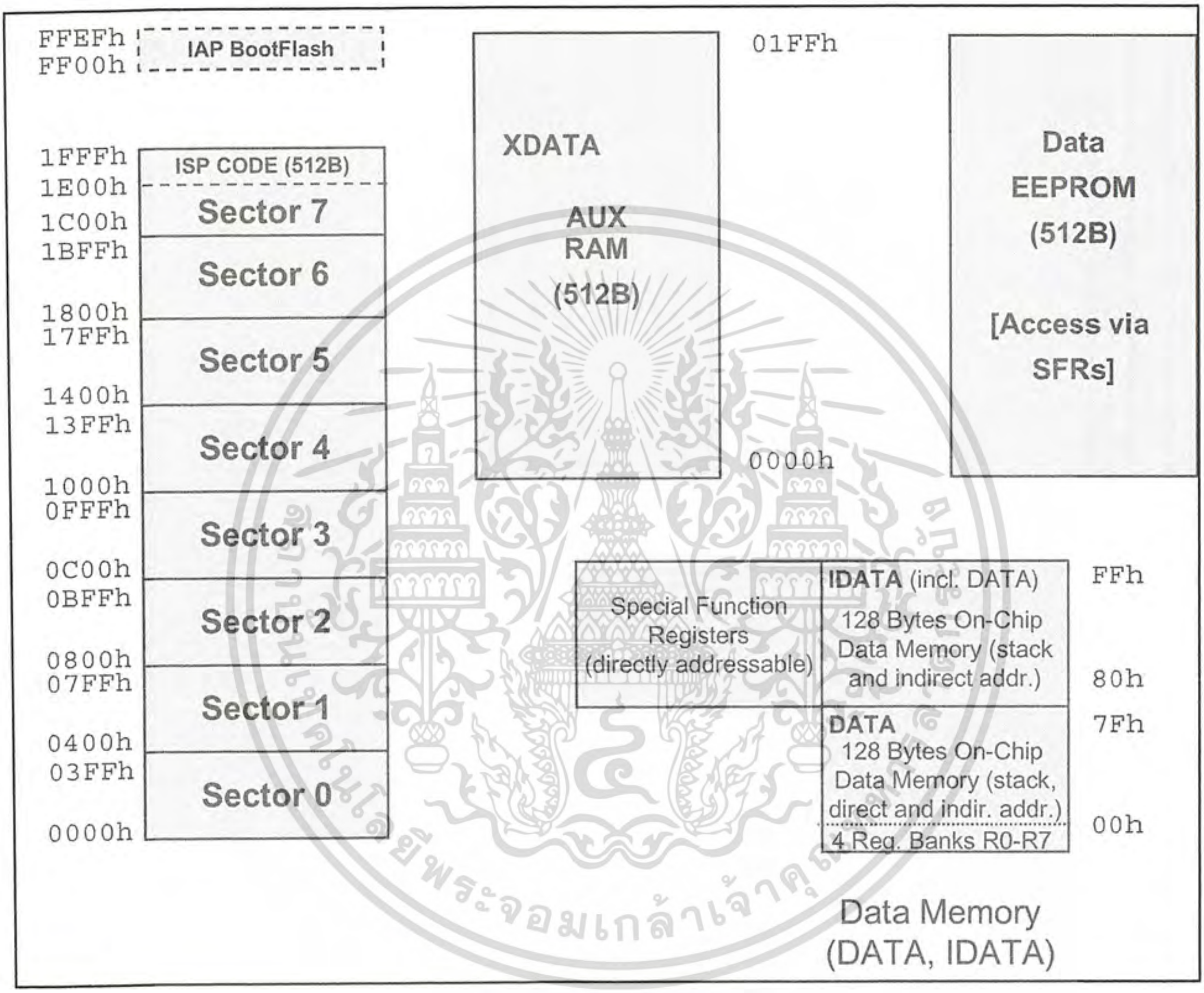


Figure 8: LPC932 memory map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-0273; Rev 6; 10/03

MAXIM

3.0V to 5.5V, Low-Power, up to 1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four 0.1µF External Capacitors

General Description

The MAX3222/MAX3232/MAX3237/MAX3241 transceivers have a proprietary low-dropout transmitter output stage enabling true RS-232 performance from a 3.0V to 5.5V supply with a dual charge pump. The devices require only four small 0.1µF external charge-pump capacitors. The MAX3222, MAX3232, and MAX3241 are guaranteed to run at data rates of 120kbps while maintaining RS-232 output levels. The MAX3237 is guaranteed to run at data rates of 250kbps in the normal operating mode and 1Mbps in the MegaBaud™ operating mode, while maintaining RS-232 output levels.

The MAX3222/MAX3232 have 2 receivers and 2 drivers. The MAX3222 features a 1µA shutdown mode that reduces power consumption and extends battery life in portable systems. Its receivers remain active in shutdown mode, allowing external devices such as modems to be monitored using only 1µA supply current. The MAX3222 and MAX3232 are pin, package, and functionally compatible with the industry-standard MAX242 and MAX232, respectively.

The MAX3241 is a complete serial port (3 drivers/ 5 receivers) designed for notebook and subnotebook computers. The MAX3237 (5 drivers/3 receivers) is ideal for fast modem applications. Both these devices feature a shutdown mode in which all receivers can remain active while using only 1µA supply current. Receivers R1 (MAX3237/MAX3241) and R2 (MAX3241) have extra outputs in addition to their standard outputs. These extra outputs are always active, allowing external devices such as a modem to be monitored without forward biasing the protection diodes in circuitry that may have V_{CC} completely removed.

The MAX3222, MAX3237, and MAX3241 are available in space-saving TSSOP and SSOP packages.

Applications

- Notebook, Subnotebook, and Palmtop Computers
- High-Speed Modems
- Battery-Powered Equipment
- Hand-Held Equipment
- Peripherals
- Printers

Typical Operating Circuits appear at end of data sheet.

Next Generation Device Features

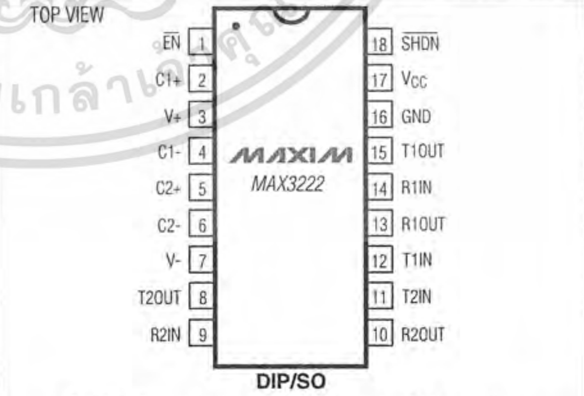
- **For Smaller Packaging:**
  MAX3228E/MAX3229E: +2.5V to +5.5V RS-232 Transceivers in UCSP™
- **For Integrated ESD Protection:**
  MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E*/ MAX3246E: ±15kV ESD-Protected, Down to 10nA, 3.0V to 5.5V, Up to 1Mbps, True RS-232 Transceivers
- **For Low-Voltage or Data Cable Applications:**
  MAX3380E/MAX3381E: +2.35V to +5.5V, 1µA, 2 Tx/2 Rx RS-232 Transceivers with ±15kV ESD-Protected I/O and Logic Pins

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX3222CUP	0°C to +70°C	20 TSSOP
MAX3222CAP	0°C to +70°C	20 SSOP
MAX3222CWN	0°C to +70°C	18 SO
MAX3222CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

Pin Configurations



Pin Configurations continued at end of data sheet.

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

**Covered by U.S. Patent numbers 4,636,930; 4,679,134; 4,777,577; 4,797,899; 4,809,152; 4,897,774; 4,999,761; and other patents pending.*

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{CC} .... -0.3V to +6V
V+ (Note 1) .... -0.3V to +7V
V- (Note 1) .... +0.3V to -7V
V+ + V- (Note 1) .... +13V
Input Voltages
  T_IN, $\overline{SHDN}$, $\overline{EN}$ .... -0.3V to +6V
  MBAUD .... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
  R_IN .... ±25V
Output Voltages
  T_OUT .... ±13.2V
  R_OUT .... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short-Circuit Duration
  T_OUT .... Continuous

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
  16-Pin TSSOP (derate 6.7mW/°C above +70°C) 533mW
  16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
  16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
  16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
  18-Pin SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
  18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
  20-Pin SSOP (derate 7.00mW/°C above +70°C) 559mW
  20-Pin TSSOP (derate 8.0mW/°C above +70°C) 640mW
  28-Pin TSSOP (derate 8.7mW/°C above +70°C) 696mW
  28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
  28-Pin SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
Operating Temperature Ranges
  MAX32_ _C_ _ .... 0°C to +70°C
  MAX32_ _E_ _ .... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range .... -65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10s) .... +300°C

Note 1: V+ and V- can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, C1–C4 = 0.1µF (Note 2), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
DC CHARACTERISTICS						
V_{CC} Power-Supply Current	No load, V_{CC} = 3.3V or 5.0V, T_A = +25°C	MAX3222/MAX3232/ MAX3241		0.3	1.0	mA
		MAX3237		0.5	2.0	
Shutdown Supply Current	$\overline{SHDN}$ = GND, T_A = +25°C			1.0	10	µA
LOGIC INPUTS AND RECEIVER OUTPUTS						
Input Logic Threshold Low (Note 3)	T_IN, $\overline{EN}$, $\overline{SHDN}$, MBAUD				0.8	V
Input Logic Threshold High (Note 3)	V_{CC} = 3.3V		2.0			V
	V_{CC} = 5.0V		2.4			
Input Leakage Current	T_IN, $\overline{EN}$, $\overline{SHDN}$, MBAUD			±0.01	±1.0	µA
Output Leakage Current	Receivers disabled			±0.05	±10	µA
Output Voltage Low	I_{OUT} = 1.6mA				0.4	V
Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		V_{CC} - 0.6	V_{CC} - 0.1		V
RECEIVER INPUTS						
Input Voltage Range			-25		25	V
Input Threshold Low	T_A = +25°C	V_{CC} = 3.3V	0.6	1.2		V
		V_{CC} = 5.0V	0.8	1.5		
Input Threshold High	T_A = +25°C	V_{CC} = 3.3V		1.5	2.4	V
		V_{CC} = 5.0V		1.8	2.4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.0V to 5.5V, Low-Power, up to 1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four 0.1µF External Capacitors

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, C1–C4 = 0.1µF (Note 2), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Hysteresis			0.3		V
Input Resistance	T_A = +25°C	3	5	7	kΩ
TRANSMITTER OUTPUTS					
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground	±5.0	±5.4		V
Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, T_{OUT} = ±2V	300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current			±35	±60	mA
Output Leakage Current	V_{OUT} = ±12V, V_{CC} = 0V or 3V to 5.5V, transmitters disabled			±25	µA
MOUSE DRIVEABILITY (MAX3241)					
Transmitter Output Voltage	T1IN = T2IN = GND, T3IN = V_{CC}, T3OUT loaded with 3kΩ to GND, T1OUT and T2OUT loaded with 2.5mA each	±5.0			V

TIMING CHARACTERISTICS—MAX3222/MAX3232/MAX3241

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, C1–C4 = 0.1µF (Note 2), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Maximum Data Rate	R_L = 3kΩ, C_L = 1000pF, one transmitter switching		120	235		kbps
Receiver Propagation Delay	R_IN to R_OUT, C_L = 150pF	t_{PHL}		0.3		µs
		t_{PLH}		0.3		
Receiver Output Enable Time	Normal operation			200		ns
Receiver Output Disable Time	Normal operation			200		ns
Transmitter Skew	$\lvert t_{PHL} - t_{PLH} \rvert$			300		ns
Receiver Skew	$\lvert t_{PHL} - t_{PLH} \rvert$			300		ns
Transition-Region Slew Rate	V_{CC} = 3.3V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, +3V to -3V or -3V to +3V, T_A = +25°C, one transmitter switching	C_L = 150pF to 1000pF	6		30	V/µs
		C_L = 150pF to 2500pF	4		30	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.0V to 5.5V, Low-Power, up to 1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four 0.1µF External Capacitors

TIMING CHARACTERISTICS—MAX3237

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, C1–C4 = 0.1µF (Note 2), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
Maximum Data Rate	R_L = 3kΩ, C_L = 1000pF, one transmitter switching, MBAUD = GND			250			kbps
	V_{CC} = 3.0V to 4.5V, R_L = 3kΩ, C_L = 250pF, one transmitter switching, MBAUD = V_{CC}			1000			
	V_{CC} = 4.5V to 5.5V, R_L = 3kΩ, C_L = 1000pF, one transmitter switching, MBAUD = V_{CC}			1000			
Receiver Propagation Delay	R_IN to R_OUT, C_L = 150pF	t_{PHL}			0.15		µs
		t_{PLH}			0.15		
Receiver Output Enable Time	Normal operation				200		ns
Receiver Output Disable Time	Normal operation				200		ns
Transmitter Skew	| t_{PHL} - t_{PLH} |, MBAUD = GND				100		ns
	| t_{PHL} - t_{PLH} |, MBAUD = V_{CC}				25		ns
Receiver Skew	| t_{PHL} - t_{PLH} |				50		ns
Transition-Region Slew Rate	V_{CC} = 3.3V, R_L = 3Ω to 7kΩ, +3V to -3V or -3V to +3V, T_A = +25°C	C_L = 150pF to 1000pF	MBAUD = GND	6		30	V/µs
			MBAUD = V_{CC}	24		150	
		C_L = 150pF to 2500pF, MBAUD = GND		4		30	

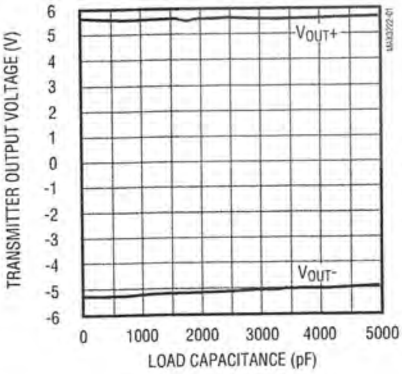
Note 2: MAX3222/MAX3232/MAX3241: C1–C4 = 0.1µF tested at 3.3V ±10%; C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF tested at 5.0V ±10%. MAX3237: C1–C4 = 0.1µF tested at 3.3V ±5%; C1–C4 = 0.22µF tested at 3.3V ±10%; C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF tested at 5.0V ±10%.

Note 3: Transmitter input hysteresis is typically 250mV.

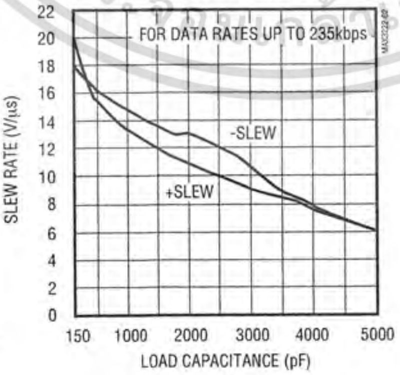
Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, 235kbps data rate, 0.1µF capacitors, all transmitters loaded with 3kΩ, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

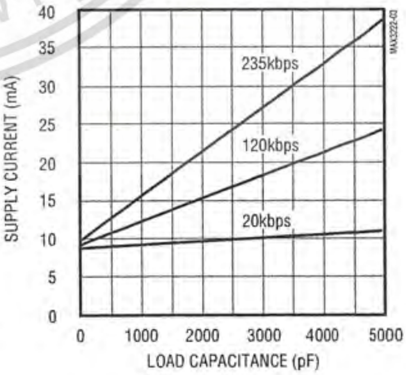
MAX3222/MAX3232
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



MAX3222/MAX3232
SLEW RATE
vs. LOAD CAPACITANCE



MAX3222/MAX3232
SUPPLY CURRENT vs. LOAD CAPACITANCE
WHEN TRANSMITTING DATA



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GP1A52LR

OPIC Photointerrupter

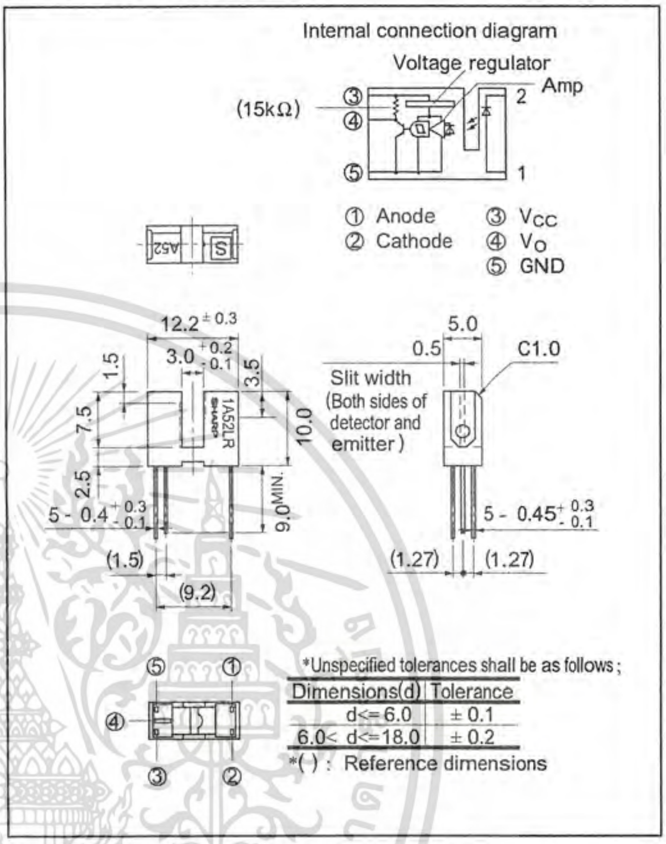
■ Features

1. Output inverting type of **GPIA52HR**
2. High sensing accuracy (Slit width: 0.5mm)
3. TTL and CMOS compatible output
4. PWB mounting type

■ Applications

1. OA equipment, such as printers, floppy disk drives, etc.
2. VCRs

■ Outline Dimensions (Unit : mm)



*" OPIC " (Optical IC) is a trademark of the SHARP Corporation. An OPIC consists of a light-detecting element and signal-processing circuit integrated onto a single chip.

■ Absolute Maximum Ratings (Ta= 25˚C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	50	mA
	*1 Peak forward current	I_{FM}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	Power dissipation	P	75	mW
Output	Supply voltage	V_{CC}	- 0.5 to + 17	V
	Low level output current	I_{OL}	50	mA
	Power dissipation	P_O	250	W
Operating temperature		T_{opr}	- 25 to + 85	˚C
Storage temperature		T_{stg}	- 40 to + 100	˚C
*2 Soldering temperature		T_{sol}	260	˚C

*1 Pulse width<=100μ s, Duty ratio= 0.01

*2 For 5 seconds

" In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device."

...ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electro-optical Characteristics

(Ta = 25°C)

Parameter			Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input		Forward voltage	V_F	I_F = 5mA	-	1.1	1.4	V
		Reverse current	I_R	V_R = 3V	-	-	10.0	μA
Output		Operating supply voltage	V_{CC}		4.5	-	17.0	V
		Low level output voltage	V_{OL}	V_{CC} = 5V, I_F = 5mA, I_{OL} = 16mA	-	0.15	0.4	V
		High level output voltage	V_{OH}	V_{CC} = 5V, I_F = 0mA	4.9	-	-	V
		Low level supply current	I_{CCL}	V_{CC} = 5V, I_F = 5mA	-	1.7	3.8	mA
		High level supply current	I_{CCH}	V_{CC} = 5V, I_F = 0mA	-	0.7	2.2	mA
Transfer characteristics		*3 "High→Low" threshold input current	I_{FHL}	V_{CC} = 5V	-	1.0	5.0	mA
		*4 Hysteresis	I_{FLH}/I_{FHL}	V_{CC} = 5V	0.55	0.75	0.95	
	Response time	"High→Low" propagation delay time	t_{PHL}	V_{CC} = 5V, I_F = 5mA, R_L = 280Ω	–	3.0	9.0	μs
		"Low→High" propagation dealy time	t_{PLH}		-	5.0	15.0	
		Rise time	t_r		-	0.1	0.5	
		Fall time	t_f		-	0.05	0.5	

I_{FHL} represents forward current when output changes from high to low.
I_{FLH} represents forward current when output changes from low to high.
Hysteresis stands for I_{FLH}/I_{FHL} .

Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Operating temp.	MIN.	MAX.	Unit
Low level output current	I_{OL}	Ta = 0 to + 70°C	-	16.0	mA
Forward current	I_F		10.0	20.0	mA

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature

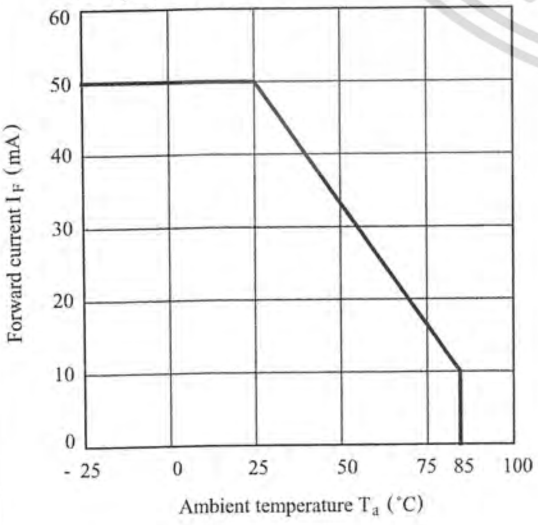
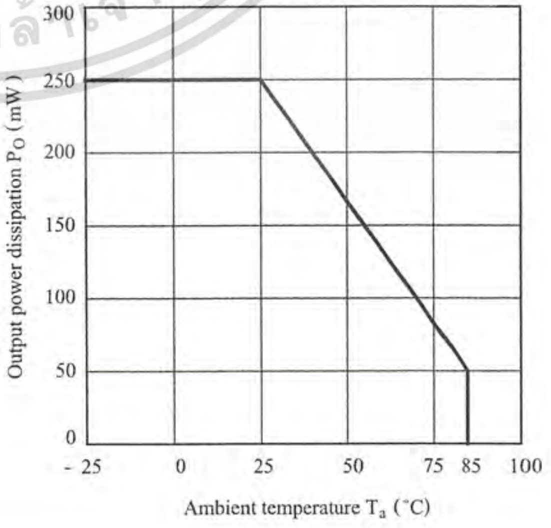


Fig. 2 Output Power Dissipation vs. Ambient Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTEGRATED CIRCUITS
UNITRODE

L293
L293D

Push-Pull Four Channel Driver

FEATURES

- Output Current 1A Per Channel (600mA for L293D)
- Peak Output Current 2A Per Channel (1.2A for L293D)
- Inhibit Facility
- High Noise Immunity
- Separate Logic Supply
- Over-Temperature Protection

DESCRIPTION

The L293 and L293D are quad push-pull drivers capable of delivering output currents to 1A or 600mA per channel respectively. Each channel is controlled by a TTL-compatible logic input and each pair of drivers (a full bridge) is equipped with an inhibit input which turns off all four transistors. A separate supply input is provided for the logic so that it may be run off a lower voltage to reduce dissipation.

Additionally the L293D includes the output clamping diodes within the IC for complete interfacing with inductive loads.

Both devices are available in 16-pin Batwing DIP packages. They are also available in Power S0IC and Hermetic DIL packages.

TRUTH TABLE

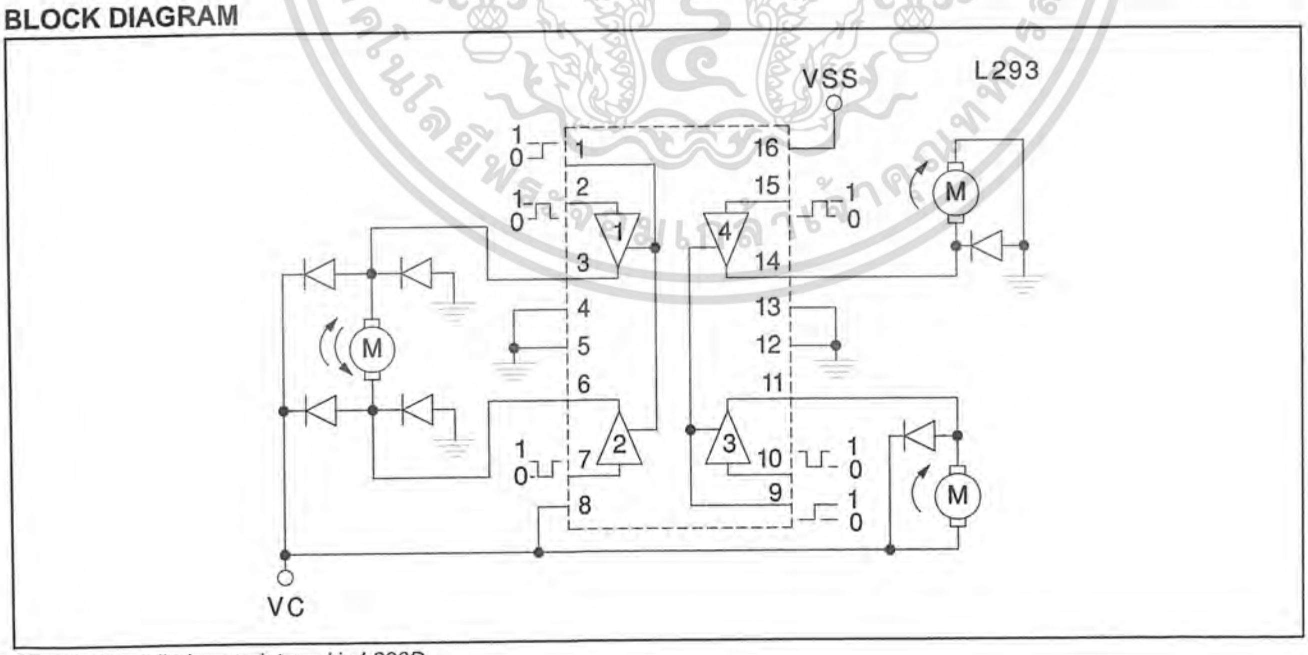
V_I (each channel)	V_{INH}*	V_O
H	H	H
L	H	L
H	L	X**
L	L	X**

**Relative to the considered channel*
***High output impedence*

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Collector Supply Voltage, V_C 36V
Logic Supply Voltage, V_{SS} 36V
Input Voltage, V_I 7V
Inhibit Voltage, V_{INH} 7V
Peak Output Current (Non-Repetitive), I_{OUT} (L293) 2A
I_{OUT} (L293D) 1.2A
Total Power Dissipation
at Tground-pins = 80°C, N Batwing pkg, (Note) 5W
Storage and Junction Temperature, Tstg, T_J . . . . -40 to +150°C
Note:Consult packaging section of Databook for thermal limitations and considerations of packages.

BLOCK DIAGRAM



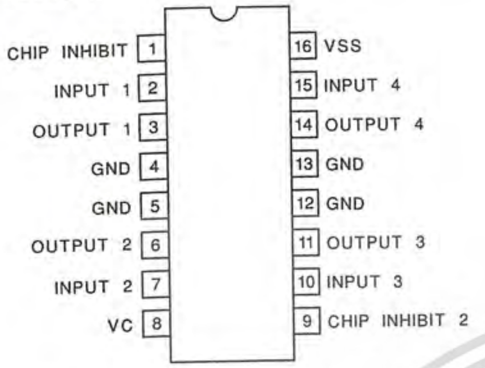
Note: Output diodes are internal in L293D.

8/94

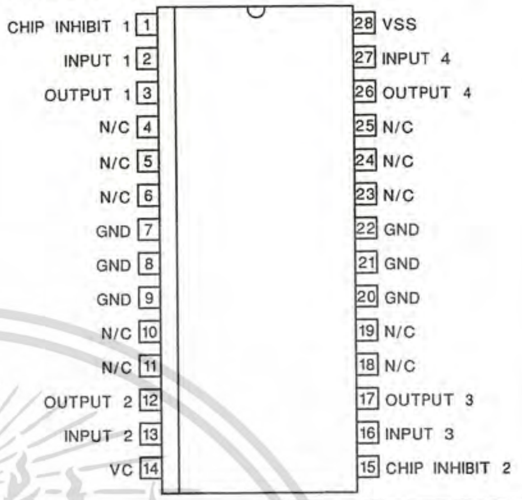
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONNECTION DIAGRAMS

DIL-16 (TOP VIEW)
N Package, SP Package



SOIC-28 (TOP VIEW)
DWP Package



ELECTRICAL CHARACTISTICS: (For each channel, V_C = 24V, V_{SS} = 5V, T_{AMB} = 25°C, unless otherwise specified; $T_A = T_J$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS
Collector Supply Voltage	V_C				36	V
Logic Supply Voltage	V_{SS}		4.5		36	V
Collector Supply Current	I_C	V_I = L, I_O = 0, V_{INH} = H		2	6	mA
		V_I = H, I_O = 0, V_{INH} = H		16	24	mA
		V_{INH} = L			4	mA
Total Quiescent Logic Supply Current	I_{SS}	V_I = L, I_O = 0, V_{INH} = H		44	60	mA
		V_I = H, I_O = 0, V_{INH} = H		16	22	mA
		V_{INH} = L		16	24	mA
Input Low Voltage	V_{IL}		-0.3		1.5	V
Input High Voltage	V_{IH}	$V_{SS} \le 7V$	2.3		V_{SS}	V
		$V_{SS} \ge 7V$	2.3		7	V
Low Voltage Input Current	I_{IL}	V_I = 0V			-10	µA
High Voltage Input Current	I_{IH}	V_I = 4.5V		30	100	µA
Inhibit Low Voltage	$V_{INH, L}$		-0.3		1.5	V
Inhibit High Voltage	$V_{INH, H}$	$V_{SS} \le 7V$	2.3		V_{SS}	V
		V_{SS} >7V	2.3		7	V
Low Voltage Inhibit Current	$V_{INH, L}$			-30	-100	µA
High Voltage Inhibit Current	$V_{INH, H}$				10	µA
Source Output Saturation Voltage	V_{CEsatH}	I_O = -1A (-0.6A for L293D)		1.4	1.8	V
Sink Output Saturation Voltage	V_{CEsatL}	I_O = 1A (0.6A for L293D)		1.2	1.8	V
Clamp Diode Forward Voltage (L293D only)	V_F	I_F = 0.6A		1.3		V
Rise Time	T_R	0.1 to 0.9 V_O (See Figure 1)		100		ns
Fall Time	T_F	0.9 to 0.1 V_O (See Figure 1)		350		ns
Turn-on Delay	T_{ON}	0. 5 V_I to 0.5 V_O (See Figure 1)		750		ns
Turn-off Delay	T_{OFF}	0. 5 V_I to 0.5 V_O (See Figure 1)		200		ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้