หุ่นยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ
AUTOMATIC DRIVING ROBOT

โดย

นายยุทธนา วิทยายนต์

นายรัฐนันท์ พิบูลรัตนสังข์

นายอตุลย์ฤทธิ์ บุญสนอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

หุ่นยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ
AUTOMATIC DRIVING ROBOT

โดย
นายยุทธนา วิทยายนต์
นายรัฐนันท์ พิบูลรัตนสังข์
นายอดุลย์ฤทธิ์ บุญสนอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ
AUTOMATIC DRIVING ROBOT

โดย

นายยุทธนา วิทยายนต์	53011323
นายรัฐนันท์ พิบูลรัตนสังข์	53011352
นายอดุลย์ฤทธิ์ บุญสนอง	53011828

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี
ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว
อาจารย์ที่ปรึกษา
31/3/57
KMITL วิศวกรรมโทรคมนาคม Telecommunications Engineering

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว
กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน
9/4/57
KMITL วิศวกรรมโทรคมนาคม Telecommunications Engineering

โครงงานปีการศึกษา 2556
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง หุ่นยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ
AUTOMATIC DRIVING ROBOT

ผู้จัดทำ

1. นายยุทธนา วิทยายนต์ 53011323
2. นายรัฐนันท์ พิบูลรัตนสังข์ 53011352
3. นายอดุลย์ฤทธิ์ บุญสนอง 53011828

.... อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี

.... อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่โครงงานเล่มนี้ทำออกมาเสร็จสมบูรณ์ได้เนื่องจากมีผู้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีเป็นประโยชน์ ขอขอบคุณ รศ.ดร. ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี และ ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์ เป็นอย่างมากที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงานเล่มนี้ และขอบคุณเพื่อนๆพี่ๆห้องโปรเจค ที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้พวกเราเรื่อยมาจนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณบิดา-มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้พวกเราเสมอ และเป็นทุกสิ่งทุกอย่างในชีวิตของพวกเรา

นายยุทธนา วิทยายนต์
นายรัฐนันท์ พิบูลรัตนสังข์
นายอดุลย์ฤทธิ์ บุญสนอง

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ
AUTOMATIC DRIVING ROBOT

โดย นายยุธนา วิทยายนต์ 53011323
นายรัฐนันท์ พิบูลรัตนสังข์ 53011352
นายอดุลย์ฤทธิ์ บุญสนอง 53011828

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ยุทพงษ์ รังสรรค์เสรี
ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์ผ่านทางแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนในระบบปฏิบัติการไอโอเอส ชุดควบคุมจะส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายแบบไร้สายไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ทำการแปลคำสั่งเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และมีการส่งภาพเคลื่อนไหวแสดงผลบนแอปพลิเคชันจากกล้องไอพี อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนโหมดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้เองตามเส้นที่กำหนดไว้โดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรด

ABSTRACT

This project is about creating controller system by using smart phone application on iOS. The control unit will send signal through wireless network to microcontroller for translating command to control robot's movement, and also sending the motion picture to display on the application from IP camera. Moreover, it is able to change the mode to control the robot to move followed by path specified by infrared sensor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		III
สารบัญรูป		V
สารบัญตาราง		VII
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	**2**
	2.1 พื้นฐานเรื่องหุ่นยนต์	2
	2.2 การเคลื่อนที่และการควบคุมหุ่นยนต์	7
	2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	13
	2.4 กล้อง (Foscam FI8918W Wireless IP camera)	17
	2.5 ทฤษฎีการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์	18
	2.6 โมดูล RN-XV	21
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำโครงงาน**	**23**
	3.1 การออกแบบ	24
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	31
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	32
	4.1 ผลการทดลองเมื่อเลือกโหมด Manual	32
	4.2 ผลการทดลองเมื่อเลือกโหมด Auto-drive	35
	4.3 ผลการทดสอบหุ่นยนต์ทั้งสองโหมด	38
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	40
	5.1 สรุปผล	40
	5.2 ข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม		42
ภาคผนวก ก	PIC16F877	
ภาคผนวก ข	ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	มอเตอร์ DC ทั่วไป	4
2.2	มอเตอร์ DC แบบทดรอบ	5
2.3	มอเตอร์แบบสเต็ป	5
2.4	มอเตอร์เซอร์โว	5
2.5	ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้า	6
2.6	โฟโต้ทรานซิสเตอร์	8
2.7	แอลอีดีอินฟราเรด	9
2.8	วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด (แบบเจอสิ่งกีดขวาง LED ดับ)	9
2.9	วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด (แบบเจอสิ่งกีดขวาง LED ติดสว่าง)	10
2.10	การเดินหน้าของหุ่นยนต์	11
2.11	การถอยหลังของหุ่นยนต์	11
2.12	การหมุนของหุ่นยนต์	12
2.13	การเลี้ยวของหุ่นยนต์	12
2.14	การหยุดของหุ่นยนต์	13
2.15	โครงสร้างหลักของ PIC	15
2.16	Foscam FI8918W Wireless IP camera	17
2.17	วงจร H-Bridge Switching	19
2.18	กรณีที่ RY1 ทำงาน	20
2.19	กรณี RY2 ทำงาน	20
2.20	โมดูล RN-XV	21
3.1	บล็อกไดอะแกรมภาพรวมของระบบ	23
3.2	บล็อกไดอะแกรมของภาคส่ง	24
3.3	หน้าต่างแอพพลิเคชันที่ใช้ควบคุมจากโทรศัพท์มือถือ	24
3.4	โฟลวชาร์ตการทำงานของแอพพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์ภาคส่ง	25
3.5	บล็อกไดอะแกรมของภาครับ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.6	โฟลวชาร์ตการทำงานของภาครับ	27
3.7	วงจรภาครับสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	28
3.8	บล็อกไดอะแกรมของการส่งภาพ	28
3.9	วงจรภาครับสัญญาณไต่เส้นโดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรด	29
3.10	โฟลวชาร์ตการทำงานของโปรแกรมรับค่าจากเซนเซอร์	30
4.1	สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า (ส่ง “1”)	32
4.2	สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางขวา (ส่ง “2”)	33
4.3	สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางซ้าย (ส่ง “3”)	33
4.4	สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหลัง (ส่ง “4”)	34
4.5	สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ (ส่ง “0”)	34
4.6	แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านโฟโต้ทรานซิสเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีขาว (V1>V2)	35
4.7	แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านโฟโต้ทรานซิสเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีดำ (V2>V1)	35
4.8	แรงดันไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีขาว (V1>V2)	36
4.9	แรงดันไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีดำ (V2>V1)	36
4.10	เส้นที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โหมด Auto-drive	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อเทียบกับระยะทางระหว่างเส้นกับเซนเซอร์ 37

4.2 การทดสอบระยะเวลาและการเลี้ยวกลับทิศได้ของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งในโหมด Auto-drive 38

4.3 การทดสอบระยะทางที่สามารถบังคับหุ่นยนต์และรับภาพได้ในโหมด Manual 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกปัจจุบันได้เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีสิ่งอำนวยความสะดวกสบายแก่มนุษย์เรามากยิ่งขึ้น รวมไปถึงแอพพลิเคชันบนมือถือต่างๆที่ทำให้เราสามารถจัดการในหลายๆเรื่องได้อย่างง่ายดาย ภายในเวลาที่รวดเร็ว เราจึงได้มีความคิดที่จะพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือโดยเลือกระบบปฏิบัติการ iOS ให้สามารถบังคับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ และสามารถเลือกโหมดในการเคลื่อนที่เป็นแบบอัตโนมัติได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของการส่งสัญญาณภาพแบบไร้สาย
2. เพื่อศึกษาการทำงานของ Microcontroller
3. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของหุ่นยนต์
4. เพื่อศึกษาการสร้างแอพพลิเคชันในระบบปฏิบัติการ iOS
5. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของ wifi-module

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สามารถออกแบบหุ่นยนต์ที่สามารถขับเคลื่อนได้โดยอัตโนมัติ
2. สามารถส่งสัญญาณภาพแบบไร้สายได้
3. สามารถออกแบบหุ่นยนต์ที่บังคับการเคลื่อนที่จากระบบปฏิบัติการ iOS ผ่านโมดูลในย่านความถี่ 2.4 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นฐานเรื่องหุ่นยนต์

หุ่นยนต์นั้นมีความหมายได้หลากหลาย โดยเราอาจจะกำหนดความหมายได้จากการทำงานของหุ่นยนต์หรือวัตถุประสงค์ในการสร้างและการใช้งาน ดังนั้น ความหมายของหุ่นยนต์จึงมีความแตกต่างกันออกไป ตามความหมายของคำศัพท์ดิกชันนารี Oxford English Dictionary กล่าวว่า “หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรที่สามารถทำงานได้ซับซ้อนและเป็นลำดับอย่างอัตโนมัติ” ตามความหมายของสารานุกรมวิกิพีเดียได้กล่าวไว้ว่า “หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรชนิดหนึ่งมีลักษณะโครงสร้างและรูปแบบต่างกัน หุ่นยนต์ในแต่ละประเภท จะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่างๆตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์”

คำว่า หุ่นยนต์ หรือ ROBOT นั้น มาจากคำว่า ROBOTA ซึ่งในภาษาเชกแปลว่า ทาส หรือ ผู้รับใช้ ซึ่งเกิดในละครเวทีเรื่อง ราสซึมส ยูนิเวอร์แซล โรบอท ซึ่งแต่งขึ้นโดยชาวเชก ชื่อนาย คาเรล คาเปก โดยในเรื่องกล่าวถึง มนุษย์ได้ประดิษฐ์เครื่องจักรมาทำงานเป็นทาสของมนุษย์ แต่เครื่องจักรเหล่านั้นมีความคิดเหนือมนุษย์ จึงลุกขึ้นมาต่อต้านไม่ยอมเป็นทาสอีกต่อไป ซึ่งคำว่า Robot จึงเป็นที่รู้จักกันตั้งแต่นั้นมา

ต่อมาในปี ค.ศ. 1942 นักเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ ชื่อไอแซก อะซิมอฟ ได้เขียนนิยายสั้นวิทยาศาสตร์ โดยนำคำว่า Robot มาใช้ และต่อมาได้ถูกรวบรวมไว้ในนิยายวิทยาศาสตร์ที่โด่งดังชื่อ I-Robot ทำให้นักวิทยาศาสตร์รู้จักคำว่า Robot นับแต่นั้นเป็นต้นมา และคำว่า Robot ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการประดิษฐ์และจินตนาการสร้างหุ่นยนต์ในเวลาต่อมา

2.1.1 ประเภทของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์สามารถแบ่งแยกได้หลายรูปแบบหลายประเภท ตามแต่ลักษณะเฉพาะของการใช้งาน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งานคือ

2.1.1.1 หุ่นยนต์ติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed robot)

หุ่นยนต์ติดตั้งอยู่กับที่ จะไม่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ แต่สามารถเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายได้ ซึ่งได้แก่หุ่นยนต์แขนกลที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีโครงสร้างขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก เคลื่อนที่ไปได้ในวงจำกัดเท่านั้น

2.1.1.2 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ (Mobile robot)

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ จะสามารถเคลื่อนไหวร่างกายและเคลื่อนที่ไปมาได้ หุ่นยนต์ประเภทนี้จะใช้ขาหรือล้อเป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งในปัจจุบันหุ่นยนต์ประเภทนี้ได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาเพื่อใช้ในงานด้านวิจัยและเทคโนโลยีต่อไป

2.1.2 ประโยชน์ของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ในยุคปัจจุบันนี้ เริ่มเข้ามามีบทบาทกับการใช้งานในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น อาทิ เช่น

- ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น หุ่นยนต์แขนกล
- ใช้ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เช่น หุ่นยนต์ปลา
- ใช้ในวงการแพทย์ เช่น หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัด
- ใช้ในงานทางทหารและความมั่นคง เช่น หุ่นยนต์ปืนกล
- ใช้ในงานบันเทิง เช่น หุ่นยนต์ I-SOBOT
- ใช้ในที่อยู่อาศัย เช่น หุ่นยนต์ทำความสะอาด
- ใช้งานในอวกาศ เช่น หุ่นยนต์ในงานอวกาศ

2.1.3 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

2.1.3.1 โครงร่างของหุ่นยนต์

คือ ส่วนประกอบด้วยเหล็ก พลาสติกหรือวัสดุอื่นๆ ให้เป็นรูปเป็นร่างขึ้นมา เช่น ขึ้นรูปเป็นโครงร่างเหมือนกับมนุษย์ หรือเป็นเหมือนโครงรถ เป็นต้น

2.1.3.2 ตัวเคลื่อนที่

จะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการออกแบบ ซึ่งจะนำค่าจากภาคควบคุมมาทำการขับมอเตอร์ เพื่อให้หมุนหรือวิ่งตามโปรแกรมที่เราได้ออกแบบเอาไว้ โดยอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ ได้แก่ รีเลย์ ทรานซิสเตอร์แบบต่างๆ

2.1.3.3 ชุดควบคุม

จะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการออกแบบ หรืออาจจะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ก็สามารถทำได้เช่นกัน ในส่วนนี้จะเป็นการรับค่าต่างๆจากตัวเซนเซอร์ แล้วนำมาประมวลผล เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานตามที่เราได้โปรแกรมหรือตั้งค่าไว้

2.1.3.4 เซนเซอร์

ภาคเซนเซอร์ เป็นหัวใจการทำงานของหุ่นยนต์ เพราะทำหน้าที่เสมือนหูจมูกของหุ่นยนต์ ดังนั้น เราต้องทำความเข้าใจในการต่อใช้งานเซนเซอร์แบบต่างๆให้ดี ซึ่งเซนเซอร์ที่เรามักพบเห็นในหุ่นยนต์คือ

1) เซนเซอร์ตรวจจับแสง
2) เซนเซอร์ตรวจจับเสียง
3) เซนเซอร์ตรวจจับการสัมผัส หรือสิ่งกีดขวาง
4) เซนเซอร์ตรวจอุณหภูมิ และแก๊ส
5) เซนเซอร์ตรวจจับการเอนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.5 แหล่งพลังงาน

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับส่วนต่างๆของหุ่นยนต์

2.1.4 โครงร่างและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ในการสร้างหุ่นยนต์แต่ละชนิดนั้น จะมีโครงร่างและการเคลื่อนที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการออกแบบหุ่นยนต์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้ว วัสดุที่นำมาสร้างหุ่นยนต์เพื่อเป็นโครงร่างจะนิยมใช้วัสดุที่แตกต่างกันดังนี้

2.1.4.1 หุ่นยนต์ที่ทำจากเหล็ก

หุ่นยนต์ที่ทำจากเหล็ก จะมีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนทาน โดยมากจะเป็นหุ่นยนต์ขนาดใหญ่ที่ต้องการความแข็งแรง แต่โครงสร้างของหุ่นยนต์จะหนักไปด้วย

2.1.4.2 หุ่นยนต์ที่ทำจากไม้

หุ่นยนต์ที่ทำจากไม้ อาจจะเป็นหุ่นยนต์ขนาดเล็ก ซึ่งการทำโครงร่างด้วยไม้นั้น จะทำให้หุ่นยนต์มีน้ำหนักไม่มาก แต่ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ที่นำมาทำด้วย หุ่นยนต์ที่มักใช้ทำ เช่น หุ่นยนต์วิ่งเร็ว หุ่นยนต์บังคับมือ เป็นต้น

2.1.4.3 หุ่นยนต์ที่ทำจากพลาสติก

เป็นวัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นโครงร่างของหุ่นยนต์มากที่สุด เพราะมีน้ำหนักเบา แล้วก็ยังมีความแข็งแรงพอสมควร และสามารถปรับแต่งให้มีรูปร่างแบบต่างๆ ได้ตามต้องการ แต่ก็มีราคาแพง

2.1.4.4 หุ่นยนต์ที่ทำจากกระดาษ

หุ่นยนต์ที่ทำจากกระดาษ จะตัดโครงร่างได้ง่าย มีน้ำหนักเบา แต่ขาดความแข็งแรง เหมาะทำเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบหรือใช้ในการเล่นสนุกสนาน

2.1.4.5 มอเตอร์ไฟฟ้า

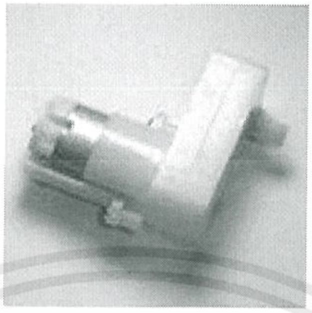
มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR) ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ลักษณะของมอเตอร์จะมีหลายรูปแบบหลายขนาดขึ้นอยู่กับการใช้งานเป็นหลัก

1) มอเตอร์ DC ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 มอเตอร์ DC ทั่วไป

2) มอเตอร์ DC แบบทดรอบหรือแบบเกียร์ แบบนี้จะหมุนช้าและจะมีกำลังสูง



รูปที่ 2.2 มอเตอร์ DC แบบทดรอบ

3) มอเตอร์แบบสเต็ป การควบคุมต้องอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 2.3 มอเตอร์แบบสเต็ป

4) มอเตอร์เซอร์โว ควบคุมแบบองศา มีใช้ในหุ่นยนต์แบบโครงร่างเลียนแบบคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 มอเตอร์เซอร์โว

2.1.5 ชุดควบคุมและเซนเซอร์

ชุดควบคุมและเซนเซอร์ของหุ่นยนต์ จะมีหน้าที่สัมพันธ์กันโดยเซนเซอร์จะเป็นตัวตรวจจับ สั่งการให้ชุดควบคุมทำงาน ซึ่งชุดควบคุมและเซนเซอร์แต่ละชนิด จะมีหน้าที่แตกต่างกันไปตามชนิดของหุ่นยนต์

2.1.5.1 ชุดควบคุมสั่งงานตัดต่อ

ชุดควบคุมประเภทนี้ จำทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อ เพื่อเปลี่ยนการทำงานของมอเตอร์แต่ละตัวและยังสามารถกำหนดเวลาได้อีกด้วย

2.1.5.2 ชุดควบคุมสั่งงานด้วยโปรแกรม

ชุดควบคุมประเภทนี้ จะสามารถทำงานได้หลากหลายตามที่เราต้องการเพียงป้อนโปรแกรมที่เราเขียนลงใน IC เท่านั้น หุ่นยนต์ก็จะทำงานตามคำสั่งที่เราเขียนไว้

2.1.5.3 ตัวต้านทาน (Resistor)

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้า ไม่ให้ไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นๆ มากเกินไป มีหน่วยวัดทางไฟฟ้าเป็น “โอห์ม (Ω)” ซึ่งมีแบบชนิดค่าคงที่และชนิดปรับค่าได้ โดยแบบค่าคงที่จะบอกความต้านทานเป็นแถบรหัสสี ส่วนแบบปรับค่าได้จะบอกเป็นค่าโดยตรงบนตัวถังหรือเลขรหัส เช่น ตัวต้านทานแบบเกือกม้า เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ มีลักษณะตัวแบน ๆ มี 3 ขา การปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานต้องใช้ไขควง เนื่องจากเป็นตัวต้านทานที่ไม่มีแกนหมุนสำหรับปรับค่า

รูปที่ 2.5 ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้า

2.1.5.4 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เก็บประจุไฟฟ้า หน่วยที่ใช้บอกค่าตัวเก็บประจุจะมีหน่วยเป็น “ฟารัด (F)” ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดมีขั้วกับชนิดไม่มีขั้ว

ตัวเก็บประจุมีโครงสร้างหลากหลายชนิด แต่ที่มักพบเห็นบ่อยจะมีแบบเซรามิก กับแบบอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งค่าเก็บประจุแบบเซรามิกจะบอกเป็นเลขรหัส ส่วนแบบอิเล็กโทรไลต์จะบอกค่าโดยตรง

2.1.5.5 ไดโอด (Diode)

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เรียงกระแสไฟฟ้าทิศทางเดียว โดยมีขาใช้งาน 2 ขาคือ ขาแคโทด (K) และขาแอโนด (A) ไดโอดที่โครงสร้างตัวถังอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดซิลิกอนและชนิดเจอร์มันเนียม

2.1.5.6 ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า และขยายกระแสไฟฟ้าให้แรงขึ้น จะมีขาใช้งานอยู่ 3 ขา คือ ขาเบส (B), ขาอิมิตเตอร์ (E) และขาคอลเล็กเตอร์ (C) ซึ่งจะมีทั้งชนิด NPN และ PNP

2.1.5.7 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode)

ส่วนใหญ่เรียกกันว่า LED เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเปล่งแสงได้ มีหลากหลายขนาด มีขาใช้งาน 2 ขาคือ ขาแคโทด (K) และขาแอโนด (A)

2.1.5.8 รีเลย์

ทำหน้าที่ตัดต่อวงจร โดยใช้หน้าสัมผัสเป็นตัวเปลี่ยนทิศทาง โดยจะมีหลายขนาดและมีขาใช้งานคือ ขา C (Common), ขา NC (Normal Close) และขา NO (Normal Open)

2.1.5.9 ไอซี

คือ การอัดรวมกันของอุปกรณ์หลายๆ ชนิดที่ประกอบเป็นวงจรแล้ว ให้มีขนาดเล็กลงด้วยกระบวนการพิเศษ ซึ่งจะมีขาต่อออกมาใช้งานแบบตีนตะขาบหรือตามผู้ผลิตกำหนดมา

2.1.5.10 สวิตช์

ทำหน้าที่ปิด-เปิดหรือตัด-ต่อกระแสไฟฟ้าในวงจร ซึ่งมีอยู่มากมายหลายแบบหลายชนิด ซึ่งต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานที่ใช้

2.1.5.11 ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง (Light Dependent Resistor)

ส่วนใหญ่เรียกกันว่า LDR จะเปลี่ยนค่าความต้านทานแสงได้ ถ้ามีแสงมากค่าความต้านทานจะน้อย แต่ถ้ามีแสงน้อยค่าความต้านทานจะมาก ใช้เป็นเซนเซอร์เกี่ยวกับแสงได้

2.1.5.12 โฟโต้ทรานซิสเตอร์

ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสคล้ายกับทรานซิสเตอร์ แต่จะใช้แสงเป็นตัวควบคุมแทน นิยมใช้เป็นตัวรับสัญญาณ เช่น โทรทัศน์

2.1.5.13 แอลอีดีอินฟราเรด

ทำหน้าที่กำเนิดแสงอินฟราเรด ซึ่งเราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นิยมใช้เป็นตัวส่งสัญญาณ เช่น รีโมทโทรทัศน์

2.2 การเคลื่อนที่และการควบคุมหุ่นยนต์

ชุดควบคุมหุ่นยนต์นั้น เปรียบได้กับสมองของมนุษย์ที่ทำหน้าที่ประมวลผลสั่งการให้หุ่นยนต์ทำงาน โดยชุดควบคุมนี้ถ้าใช้มนุษย์ในการควบคุม จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการตัดสินใจได้น้อยกว่าการควบคุมด้วยตัวของมันเอง นอกจากนี้ชุดควบคุมยังทำหน้าที่รับค่าต่างๆ จากตัวตรวจจับมาประมวลผลอีกด้วย ชุดควบคุมที่เราพบเห็นในหุ่นยนต์ทั่วไปจะมี 2 แบบคือ ชุดควบคุมที่ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม ซึ่งจะเป็นวงจรที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ประกอบไปด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดพื้นฐานมาต่อกันเป็นวงจร เช่น หุ่นยนต์เดินตามเส้น หุ่นยนต์กลัวแสง เป็นต้น และอีกแบบคือ ชุดควบคุมที่สามารถเขียนโปรแกรมสั่งการทำงานของหุ่นยนต์ได้ โดยหุ่นยนต์แบบนี้ จะเป็นหุ่นยนต์ที่มี

ความสลับซับซ้อนในการทำงานมากขึ้น และใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่มาก เพราะเพียงป้อนคำสั่งใหม่หุ่นยนต์ก็ทำงานได้แล้ว ไม่ต้องประกอบวงจรใหม่ทั้งหมด การเขียนโปรแกรมควบคุมในรูปแบบต่างๆนั้น อาจจะใช้การเขียนบนไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครโปรเซสเซอร์ หรือเขียนโปรแกรมควบคุมบนคอมพิวเตอร์ก็ได้

2.2.1 อุปกรณ์เซนเซอร์แสง

ตัวต้านทานแปรค่าตามแสงหรือ LDR ทำหน้าที่เปลี่ยนความต้านทานตามความเข้มแสง กล่าวคือ เมื่อมีแสงมาตกกระทบมาก ค่าความต้านทานจะลดลง แต่ถ้ามีแสงตกกระทบน้อย ค่าความต้านทานจะเพิ่มขึ้น มีขาใช้งาน 2 ขา ไม่มีขั้วสามารถต่อสลับกันได้

2.2.2 อุปกรณ์เซนเซอร์อินฟราเรด

2.2.2.1 โฟโต้ทรานซิสเตอร์

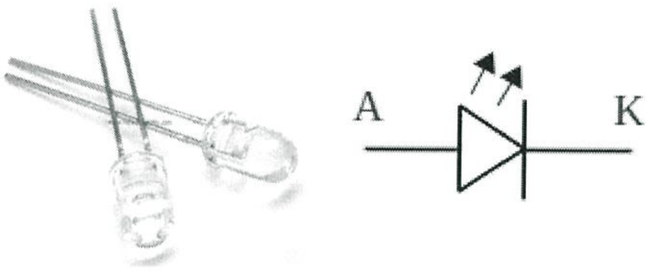
โฟโต้ทรานซิสเตอร์ จะสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อ มีแสงมาตกกระทบที่ตัวมัน ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าแสงมีความเข้มมากน้อยแค่ไหน ถ้ามีแสงมากจะนำกระแสได้มาก แต่ถ้ามีแสงน้อยจะนำกระแสได้น้อย ซึ่งโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะทำงานได้ดีกับแสงอินฟราเรด โดยส่วนใหญ่แล้วเราจะต้องใช้แอลอีดีอินฟราเรดในการกำเนิดแสง และก็สามารถนำมาใช้เป็นเซนเซอร์ในการตรวจจับระยะได้ด้วย ส่วนใหญ่นิยมใช้อยู่ 2 ขนาดคือ 3 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร

รูปที่ 2.6 โฟโต้ทรานซิสเตอร์

2.2.2.2 แอลอีดีอินฟราเรด

แอลอีดีอินฟราเรด ทำหน้าที่ปล่อยแสงอินฟราเรด ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ถ้าต้องการมองเห็นแสงอินฟราเรด ต้องมองผ่านกล้องดิจิตอลหรือมือถือที่มีกล้อง มีขาต่อใช้งาน 2 ขา คือ แอโนด (A) เป็นขั้วบวกและขาแคโทด (K) เป็นขั้วลบ แอลอีดีอินฟราเรดส่วนใหญ่จะขาวใส ซึ่งมักนิยมใช้อยู่ 2 ขนาดคือ 3 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แอลอีดีอินฟราเรด

2.2.2.3 เซนเซอร์สัมผัส

เซนเซอร์สัมผัส เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการสัมผัสให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นผิวหนังรับความรู้สึกของหุ่นยนต์ โดยอุปกรณ์เซนเซอร์สัมผัสที่นิยมใช้ในหุ่นยนต์ ได้แก่ สวิตช์แบบกลไก Mechanical Switch เป็นอุปกรณ์แบบกลไก ที่ทำหน้าที่รับแรงกด โดยหน้าที่สัมผัสของสวิตช์จะเกิดการนำกระแสไฟฟ้า ซึ่งเราสามารถนำไปต่อให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าได้

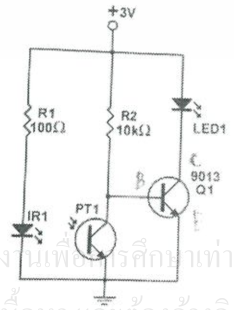
2.2.2.4 ทดสอบเซนเซอร์อินฟราเรด

เป็นวงจรที่ใช้ทดสอบว่าตัวเซนเซอร์เสียหรือไม่ ซึ่งสามารถต่อได้ 2 แบบ คือ แบบเจอสิ่งกีดขวาง LED ดับ และแบบเจอสิ่งกีดขวาง LED ติดสว่าง

1) แบบเจอสิ่งกีดขวาง LED ดับ

อุปกรณ์ที่ต้องใช้มีดังนี้

- ตัวต้านทาน 100Ω 1 ตัว
- ตัวต้านทาน 10kΩ 1 ตัว
- LED อินฟราเรด ขนาด 3 มิลลิเมตร 1 ตัว
- โฟโต้ทรานซิสเตอร์ ขนาด 3 มิลลิเมตร 1 ตัว
- LED ขนาด 5 มิลลิเมตร 1 ตัว
- ทรานซิสเตอร์ 9013 1 ตัว
- แบตเตอรี่ 3V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด (แบบเจอสิ่งกีดขวาง LED ดับ)

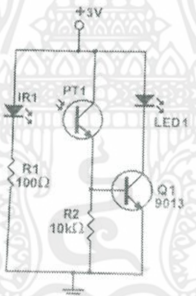
ในขณะที่ยังไม่เจอเป้าหมาย จะไม่มีการสะท้อนของแสงอินฟราเรด ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน LED จึงติดสว่าง แต่เมื่อเจอเป้าหมาย แสงอินฟราเรดจะสะท้อนเข้าไปยังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ Q1 จึงหยุดทำงาน ส่งผลให้ LED ดับไปด้วย

เมื่อต่อวงจรตามรูป แล้ว วิธีทดสอบเซนเซอร์อินฟราเรดว่าเสียหรือไม่ สามารถทำได้โดยใช้มือมาบังใกล้ที่ตัวเซนเซอร์ทั้ง 2 ตัว ถ้า LED ดับ แสดงว่าใช้ได้ แต่ถ้ายังคงติดสว่างอยู่ แสดงว่า LED อินฟราเรดหรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์เสีย

2) แบบเจอสิ่งกีดขวาง LED ติดสว่าง

อุปกรณ์ที่ต้องใช้มีดังนี้

- ตัวต้านทาน 100Ω 1 ตัว
- ตัวต้านทาน 10kΩ 1 ตัว
- LED อินฟราเรด ขนาด 3 มิลลิเมตร 1 ตัว
- โฟโต้ทรานซิสเตอร์ ขนาด 3 มิลลิเมตร 1 ตัว
- LED ขนาด 5 มิลลิเมตร 1 ตัว
- ทรานซิสเตอร์ 9013 1 ตัว
- แบตเตอรี่ 3V



รูปที่ 2.9 วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด (แบบเจอสิ่งกีดขวาง LED ติดสว่าง)

ในขณะที่ยังไม่เจอเป้าหมาย จะไม่มีการสะท้อนของแสงอินฟราเรด ทรานซิสเตอร์ Q1 ยังไม่ทำงาน LED จึงดับ แต่เมื่อเจอเป้าหมาย แสงอินฟราเรดจะสะท้อนเข้าไปยังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ Q1 จึงทำงาน ส่งผลให้ LED ติดสว่างไปด้วย

เมื่อต่อวงจรตามรูป วิธีการทดสอบเซนเซอร์อินฟราเรดว่าเสียหรือไม่ สามารถทำได้โดยใช้มือมาบังที่ตัวเซนเซอร์ทั้ง 2 ตัว ถ้า LED ติดสว่างแสดงว่าใช้ได้ แต่ถ้ายังคงดับอยู่ แสดงว่า LED อินฟราเรดหรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์เสีย

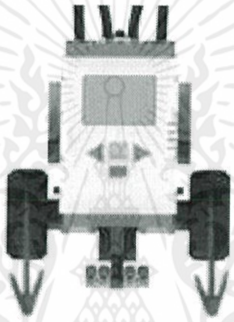
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์มีหลายแบบหลายชนิดแตกต่างกันออกไป ตามวัตถุประสงค์และการใช้งาน แต่มีอยู่อย่างหนึ่งที่เหมือนกันคือ การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งบางชนิดเคลื่อนที่ด้วยล้อ บางชนิดใช้กลไกแบบขาในกาเคลื่อนที่ ซึ่งในที่นี้เราจะมาดูการเคลื่อนไหวด้วยล้อกันว่ามีลักษณะอย่างไร

1) การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

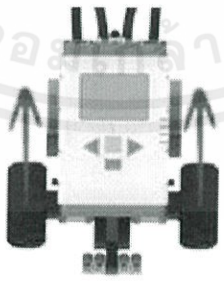
หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ก็ต่อเมื่อล้อทั้ง 2 ข้างของหุ่นยนต์จะต้องหมุนไปในทิศทางข้างหน้าหุ่นยนต์ตามรูป (ในกรณีเป็น DC Motor ทั่วไปจะต้องสั่งให้ Motor หมุนสวนทิศทางกัน เนื่องจาก Motor ติดกันคนละฝั่งนั่นเอง) ด้วยความเร็วที่เท่ากัน (หากไม่เท่ากันหุ่นยนต์จะวิ่งเอียงนั่นเอง)



รูปที่ 2.10 การเดินหน้าของหุ่นยนต์

2) การเคลื่อนที่ถอยหลัง

หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ถอยหลังได้ก็ต่อเมื่อล้อทั้ง 2 ข้างของหุ่นยนต์จะต้องหมุนไปในทิศทางข้างหลังหุ่นยนต์ตามรูป (ในกรณีเป็น DC Motor ทั่วไปจะต้องสั่งให้ Motor หมุนสวนทิศทางกัน เนื่องจาก Motor ติดกันคนละฝั่งนั่นเอง) ด้วยความเร็วที่เท่ากัน (หากไม่เท่ากันหุ่นยนต์จะวิ่งเอียงนั่นเอง

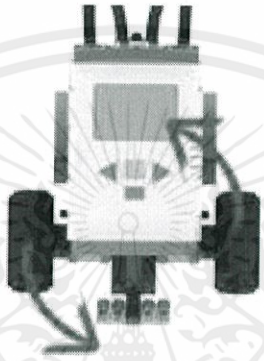


รูปที่ 2.11 การถอยหลังของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การหมุนของหุ่นยนต์

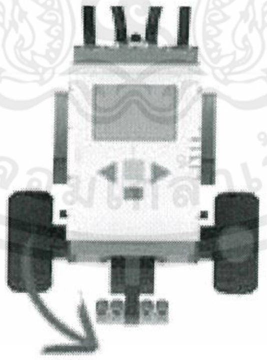
หุ่นยนต์จะหมุนได้ก็ต่อเมื่อล้อทั้ง 2 ข้างของหุ่นยนต์จะต้องหมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามกันตามรูป (ในกรณีเป็น DC Motor ทั่วไปจะต้องสั่งให้ Motor หมุนไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจาก Motor ติดกันคนละฝั่งนั่นเอง) ด้วยความเร็วที่เท่ากัน (หากไม่เท่ากันหุ่นยนต์จะหมุนแต่ละรอบติดขัดหรือไม่ใกล้เคียงหรือเท่ากันทุกรอบนั่นเอง) เทคนิค : ต้องการหมุนไปทางไหนล้อนั้นให้หมุนถอยหลัง



รูปที่ 2.12 การหมุนของหุ่นยนต์

4) การเลี้ยวของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์จะเลี้ยวได้ก็ต่อเมื่อล้อข้างใดข้างหนึ่งหยุด อีกข้างเดินหน้าหรือถอยหลังนั่นเองตามรูป เทคนิค : ต้องการให้เลี้ยวไปทางไหนให้ล้อข้างนั้นหยุด

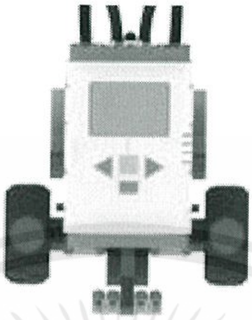


รูปที่ 2.13 การเลี้ยวของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การหยุดของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์จะหยุดได้ก็ต่อเมื่อล้อทั้ง 2 ข้างนั้นหยุดการเคลื่อนที่ตามรูป



รูปที่ 2.14 การหยุดของหุ่นยนต์

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตลอดจนระบบโรงงานอุตสาหกรรม จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในเป็นตัวควบคุมเกือบทั้งหมดทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์กลายเป็นอีกหนึ่งอุปกรณ์ที่ผู้ผลิตสารกึ่งตัวนำหลายๆบริษัทให้ความสนใจ และมีการแข่งขันสูงมาก อุปกรณ์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมีมากมายหลายชนิดเช่น อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน สัญญาณไฟจราจร รถยนต์ ตลอดจนระบบอุตสาหกรรม PLC, CNC, Robot เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิปเดี่ยว (single chip Microcontroller) ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย การศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สถาปัตยากรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ตลอดจนภาษาที่จะใช้ในการเขียน ซึ่งจะต้องศึกษาควบคู่กันไปโดยจะนำเสนอลำดับการทำงานดังต่อไปนี้

ไมโครคอนโทรลเลอร์คืออุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมันเอง โดยมีโครงสร้างใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ คือ ภายในประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรม หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง ทำให้มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมัน ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็กและคำว่าคอนโทรลเลอร์ (controller) หมายถึงตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ที่คนโดยส่วนใหญ่คุ้นเคย กล่าวคือภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

ความแตกต่างของ Microcontroller กับ Microcomputer คือ Microcontroller นั้นมีความสมบูรณ์ภายในตัวของมันเองคือ มีส่วนประกอบต่างๆ ครบถ้วน ส่วน Microcomputer นั้นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ข้างเคียงที่เชื่อมต่อจากภายนอกเช่นแป้นพิมพ์เครื่องอ่านเขียนแผ่นบันทึกหน่วยความจำ I/O ฯลฯ

2.3.1 ความเร็วของ PIC

PIC คือ microcontroller อีกระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง concept ของเจ้า microcontroller ตระกูลนี้ ก็คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMROY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผลรวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกับ CPU ตัวหนึ่งเลยทีเดียว

2.3.2 หน่วยความจำของ PIC

ในอดีตหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 words ถึง 4K words แต่ในปัจจุบัน บริษัท microchip ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้ memory ของ PIC มีขนาดเป็นหลายสิบกิโลไบต์และมีทีท่าว่าจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในเรื่องของการนับขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติโดยที่ หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 bits ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 word ของ PIC จะมีขนาด 14 bits เช่น PIC16F84A ระบุว่ามีหน่วยความจำ 1 K (ซึ่งหมายถึง 1 Kword ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 byte = 8 bit จะได้ว่า 1 x 1,024 x 14 = 14,336 bits ดังนั้นก็คือ 14,336/(8 x 1,024) = 1.75K bytes นั่นเอง

2.3.3 สถาปัตยกรรมของ PIC

ตอนนี้มี 3 สายหลักๆ สมัยก่อนมีแค่สอง คือขึ้นต้นด้วย 16xxx,17xxx และใหม่ล่าสุดคือ 18xxx ถ้าพูดถึง คุณสมบัติที่เหนือกว่าเรียงจากน้อยสุดไปมากสุดก็คือ 16 -> 17 -> 18 คำสั่ง assembly ของ 17 และมี 18 จะมีมากกว่า 16 ทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายกว่าราคาก็จะสูงกว่าด้วยแต่ที่เป็นที่นิยมก็คือตระกูล 16xxx

2.3.4 คุณสมบัติพื้นฐานของ PIC

- โครงสร้างคำสั่งแบบ RISC คือ มี Databus ขนาด 8 bit แต่มีขนาด Instruction word มากกว่า 8 bit เช่น 12, 14 และ 16 bit
- มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบดิจิตอล
- On-chip timer with 8-bit prescaler
- รีเซ็ตทุกครั้งที่เปิดใช้งาน (Power-on reset)

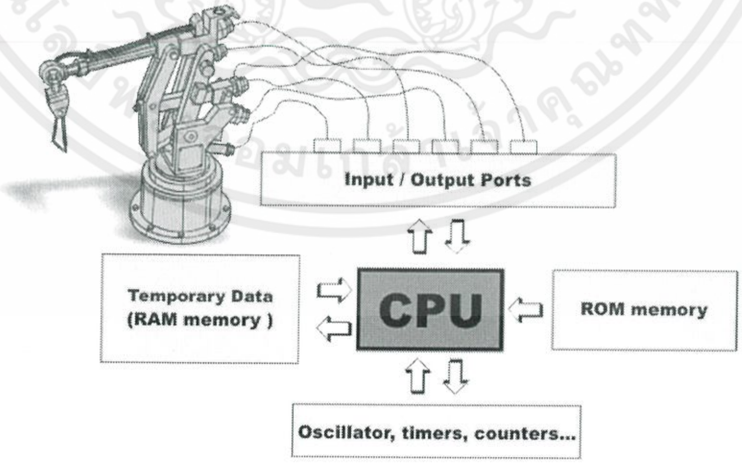
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มี Watchdog timer
- มีโหมดประหยัดพลังงาน SLEEP mode
- รับและจ่ายกระแสได้สูงประมาณ 25 mA
- Direct, indirect and relative addressing modes
- รองรับการเชื่อมต่อสัญญาณนาฬิกาจาภายนอก
- หน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM
- หน่วยความจำข้อมูลแบบ EPROM หรือ EEPROM (Flash)

นอกจากนี้ PIC บางตัวยังมีคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติมเข้ามาด้วย เช่น

- ขาอินพุตแบบอนาล็อก
- ตัวเปรียบเทียบสัญญาณแบบอนาล็อก (Analogue comparators)
- วงจรตั้งเวลามากกว่า 1 ตัว
- หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM
- การอินเตอร์รัพต์ภายนอกและภายใน
- วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
- โมดูลเอาต์พุตแบบ PWM
- การเชื่อมต่อแบบอนาล็อก USART
- การเชื่อมต่อแบบ CAN
- การเชื่อมต่อแบบ I^2C
- การเชื่อมต่อ LCD โดยตรง

2.3.5 โครงสร้างหลักของ PIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.15 โครงสร้างหลักของ PIC

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit)

เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานหรือประมวลผล ตามชุดของคำสั่งเครื่องจากซอฟต์แวร์ คำนี้เริ่มใช้ในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ต้นศตวรรษ 1960s หน่วยประมวลผลเปรียบเสมือนเป็นสมองของคอมพิวเตอร์ ในการทำหน้าที่ตัดสินใจหรือคำนวณจากคำสั่งที่ได้รับมา เช่น การเปรียบเทียบ การกระทำการทางคณิตศาสตร์ ฯลฯ โดยมีกระบวนการพื้นฐานคือ

1) อ่านชุดคำสั่ง (fetch)
2) ตีความคำสั่ง (decode)
3) ประมวลผลชุดคำสั่ง (execute)
4) อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ (memory)
5) เขียนข้อมูล/ส่งผลการประมวลกลับ (write back)

2.3.5.2 หน่วยความจำ (memory)

สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทศในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

2.3.5.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port)

มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผล เช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

2.3.5.4 ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (BUS)

คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียูหน่วยความจำและพอร์ตเป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus), บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus) บัสข้อมูลเป็นสายสัญญาณที่บรรจุข้อมูล เพื่อการประมวลผลทั้งหมด ขนาดของบัสจะขึ้นอยู่กับความสามารถการประมวลผลของซีพียู สำหรับในงานทั่วๆ ไป ขนาดของบัสข้อมูลจะเป็น 8 บิต และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นมาจนถึง 16, 32 และ 64 บิต บัสแอดเดรสเป็นสายสัญญาณที่บรรจุค่าตำแหน่งของหน่วยความจำ โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนั้น ซีพียู ต้องกำหนดตำแหน่งที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน ดังนั้นจำนวนสายสัญญาณของแอดเดรสจึงต้องมีจำนวนมาก ยิ่งมากเท่าไหร่ ก็จะเป็นการแสดงขนาดของหน่วยความจำที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อได้ โดยสามารถคำนวณได้จาก จำนวนแอดเดรสของหน่วยความจำ = 2 ยกกำลัง n (n คือจำนวนของเส้นทาง) ยกตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหนึ่งมีสายแอดเดรส 10 เส้น ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ สามารถติดต่อ

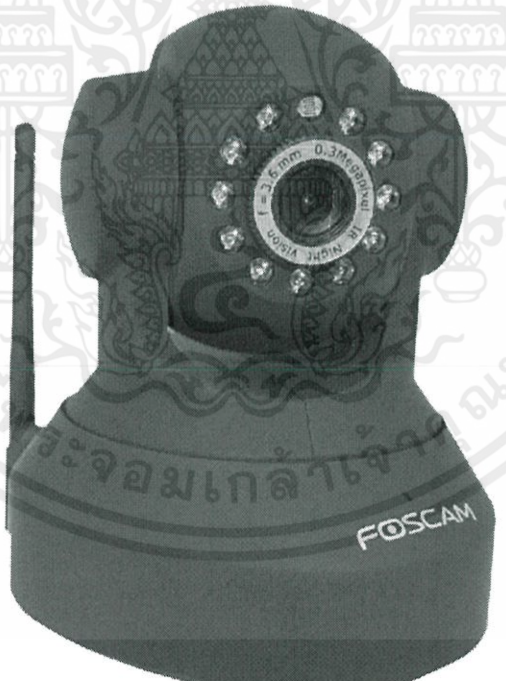
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กับหน่วยความจำได้ 2 ยกกำลัง 10 = 1,024 ตำแหน่ง หากต้องการทราบความจุของหน่วยความจำจริงๆ จะต้องทราบถึงขนาดของบัสข้อมูลก่อนว่าเป็นเท่าใด หากเป็น 8 บิต ความจุของหน่วยความจำที่มีสายแอดเดรส 10 เส้น จะเท่ากับ 8×1024 = 8,192 บิต และ 1 กิโลไบต์ เท่ากับ 1,024 ไบต์ ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ดังกล่าว จึงมีความจุของหน่วยความจำเท่ากับ 8,192 บิต หรือ 1,024 ไบต์ หรือ 1 กิโลไบต์บัสควบคุมเป็นกลุ่มของสายสัญญาณควบคุมการติดต่อทั้งหมดของซีพียูกับหน่วยความจำและพอร์ต

2.3.5.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Clock)

นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

2.4 กล้อง (Foscam FI8918W Wireless IP camera)



รูปที่ 2.16 Foscam FI8918W Wireless IP camera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกล้อง IR Two-way IP Camera ที่ส่งสัญญาณได้แบบ wireless และ wire connection ใช้ได้ทั้งกลางวันและกลางคืนเนื่องจากมีหลอดอินฟราเรดอยู่โดยรอบ ให้ภาพคุณภาพสูง (300k Pixel) และยังสามารถรองรับระบบโทรศัพท์ได้อีกด้วย

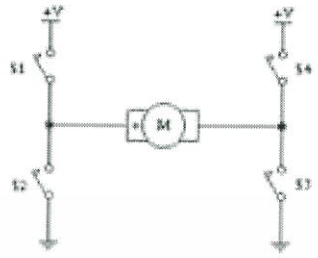
คุณสมบัติของกล้อง Foscam FI8918W Wireless IP camera

- The IR lights can be turned off manually from the software
- Audio quality is improved, there will be no noise when speaking into the camera.
- WPA2 Encryption Supported
- Added an audio input jack which can be used with an external microphone
- Relocated the network light to the back of the camera. Add a power indicator lamp
- Allows for remote viewing & recording over LAN or the internet through PC and mobile devices (including iphone)
- Simple to setup with a friendly graphical interface
- High image & video quality (Display resolution: 640 x 480 Pixels (300k Pixels))
- Two-way audio monitoring
- Allows remote Pan/Tilt control (Pan:270deg& Tilt:120deg)
- Night vision (up to 8 meters) via auto IR-LED illumination
- Infrared Motion Detection (with email notification and image upload via FTP)
- Multi-user access with password protection
- Supports the IE browser, Firefox as well as most other standard browsers including the standard Safari browser on the iphone
- Wi-Fi compliant with wireless standards IEEE 802.11b/g. Wired connection is also included
- Supports both WEP & WPA Encryption
- Supports Dynamic IP Addresses such as through dyndns.org
- Has multi-level user management system with password protection

2.5 ทฤษฎีการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ให้หมุนได้ทั้งเดินหน้าและถอยหลัง สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้วงจร H-Bridge Switching จากหลักการของวงจรนั้นจะประกอบไปด้วยสวิตช์ 4 ตัว นั่นก็คือ S1, S2, S3 และ S4 นั่นเอง ซึ่งในรูปตัวอย่าง จะใช้ DC-Motor เป็น Load ของวงจรนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 วงจร H-Bridge Switching

ในสภาวะเริ่มต้น สวิตช์ทุกตัว off อยู่ก็จะไม่มีอะไรเกิดขึ้นทั้งสิ้น เพราะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่มอเตอร์ และเมื่อเราทำการ on สวิตช์ S1 และ S2 พร้อมกัน จะเป็นการเชื่อมวงจร ทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ จากขั้วบวกของมอเตอร์ไปยังขั้วลบของมอเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ในทิศทาง Forward (จะหมุนตามเข็มนาฬิกา หรือ ทวนเข็มนาฬิกานั้นขึ้นอยู่กับการพันขดลวดภายในมอเตอร์)

และในทางกลับกัน ถ้าหากเราทำการ on สวิตช์ S2 และ S4 พร้อมกัน ก็จะเป็นการเชื่อมวงจรและทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์จากขั้วลบของมอเตอร์ไปยังขั้วบวกของมอเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ และเป็นการหมุนในทิศทาง Reverse (กลับทิศทางกับกรณีแรก)

ดังนั้นวงจรนี้จะอาศัยสวิตช์ 4 ตัว เพื่อบังคับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์ เพื่อควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามทิศทางที่เราต้องการ โดยการผลัดกัน on และ off ของสวิตช์ทั้ง 2 ตัว

2.5.1 การสร้างวงจร H-Bridge Switching จาก Relay

รีเลย์เป็น อุปกรณ์แม่เหล็ก (Magnetic device) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก ในปัจจุบันรีเลย์ถูกพัฒนาให้มีดีกว่าสมัยก่อนมาก แต่ยังคงหลักการและโครงสร้างเดิมเอาไว้ ภายในโครงสร้างของรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวด (Coil) 1ชุด และหน้าสัมผัส (Contactor) ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด จะประกอบไปด้วย

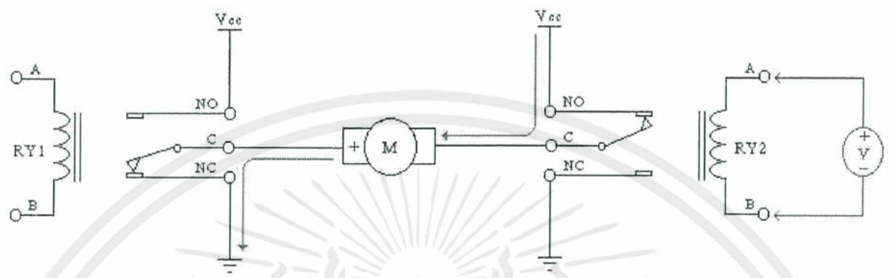
-หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC) ซึ่งในสภาวะปกติขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (Common)

-หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO) ขานี้จะต่อเข้ากับขาร่วม (Common) เมื่อ ขดลวดมีแรงดันตกคร่อม หรือกระแสไหลผ่าน (ในปริมาณที่เพียงพอ)

ในรีเลย์ 1 ตัวอาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด เช่น 2 ชุด, 4 ชุด เป็นต้น ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต เมื่อขดลวดได้รับแรงดันตกคร่อม (ขา A และ B) จะทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวด ซึ่งจะทำให้เกิด อำนาจสนามแม่เหล็ก ดึงดูดให้หน้าสัมผัส NO และ NC ติดกัน

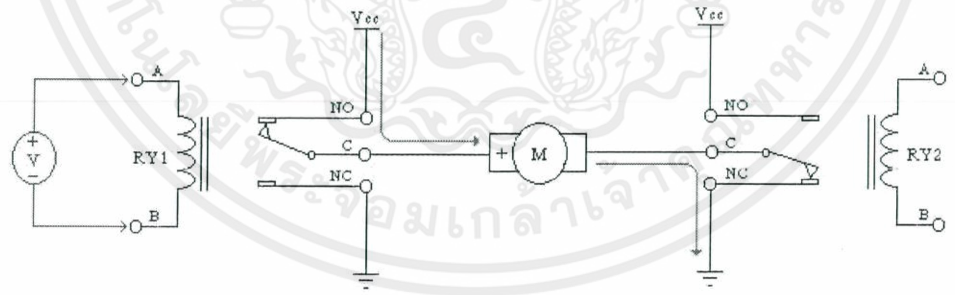
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น [illegible] และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนี้จะประกอบไปด้วย รีเลย์ 2 ตัว คือ RY1 และ RY2 ซึ่งโหลดคือ DC-Motor ซึ่งต่ออยู่กับขาร่วม (C) ของ RY1 และ RY2 โดยขั้วบวก (+) ของมอเตอร์ ต่ออยู่ที่ขา C ของ RY1 (-) ของมอเตอร์ ต่ออยู่ที่ขา C ของ RY2 โดยที่ขา NO ของ RY1 และ RY2 จะต่ออยู่กับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟที่จะจ่ายให้มอเตอร์ (Vcc) และขา NC ของ RY1 และ RY2 จะต่อลงกราวด์



รูปที่ 2.18 กรณีที่ RY1 ทำงาน

เมื่อ RY1 ทำงาน (มีกระแสไหลผ่านขดลวดในปริมาณที่เพียงพอ) จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าดึงดูดให้ขา NO และขา C ของ RY1 ติดกัน ส่งผลให้มีกระแสไหลจากแหล่งจ่าย (Vcc) ผ่านเข้าสู่ขั้วบวก (+) ของมอเตอร์ผ่านไปยังขา C ของ RY2 ซึ่งต่ออยู่ที่ NC และลงกราวด์ ทำให้มีกระแสไหล ผ่านมอเตอร์ในทิศทางบวกและครบวงจร จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนในทิศทาง Forward ได้



รูปที่ 2.19 กรณี RY2 ทำงาน

เมื่อ RY2 ทำงาน (มีกระแสไหลผ่านขดลวดในปริมาณที่เพียงพอ) จะทำให้เกิดอำนาจสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดึงดูดให้ขา NO และขา C ของ RY2 ติดกัน ส่งผลให้มีกระแสไหลจากแหล่งจ่าย (Vcc) ผ่านเข้าสู่ขั้วลบ (-) ของมอเตอร์ผ่านไปยังขา C ของ RY1 ซึ่งต่ออยู่ที่ NC และลงกราวด์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ในทิศทางลบและครบวงจร จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนในทิศทาง Reward ได้

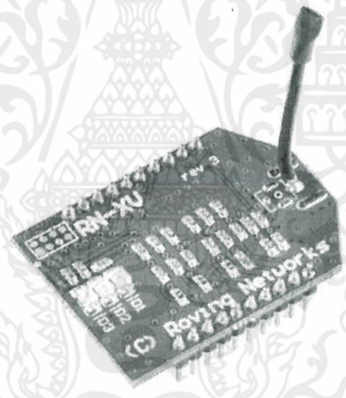
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของการตอบสนองของรีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความเร็วในการทำงานต่ำ เช่น รีเลย์แรงดันต่ำ (กระตุ้นขดลวดไม่เกิน 24V) จะใช้เวลาในการทำประมาณ 10-50 mS และรีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น อาจใช้เวลาในการทำงานมากกว่า 100 mS

ผลลกระทบจากอำนาจแม่เหล็กของรีเลย์ เป็นอุปกรณ์แม่เหล็ก ดังนั้นจึงไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ ดังนั้นหลายคนอาจเคยมีปัญหาของรีเลย์ไปรบกวนการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ การแก้ไขมีหลายวิธี เช่น

- แยกกราวด์ : คือ การแยกกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟสำหรับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และแหล่งจ่ายไฟกระตุ้น รีเลย์ ออกจากกันโดยใช้อุปกรณ์ Opto Coupler
- แยกบอร์ด : คือ การแยกการทำงานในส่วนของวงจรรีเลย์ ออกไปจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วทำการชิลด์ให้ดี
- ลดขนาดของแรงดันกระตุ้น : คือ การเปลี่ยนตัวรีเลย์ เช่น เปลี่ยนจากรีเลย์ขนาด 24V มาเป็นขนาด 12V

2.6 โมดูล RN-XV



รูปที่ 2.20 โมดูล RN-XV

RN-XV WiFly Module หรือเรียกสั้นๆ ว่า WiFly เป็นโมดูลสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi มาตรฐาน 802.15.4 และ 802.11b/g ประมวลผลด้วยระบบ 32 บิต ช่วยให้จัดการกับการเชื่อมต่อผ่านระบบ Wi-Fi ได้ง่าย โดยตัวโมดูลมีลักษณะคล้ายกับ XBee โมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรมไร้สายผ่านคลื่นวิทยุ 2.4GHz จึงใช้ซ็อกเก็ตหรือแผงวงจรเชื่อมต่อร่วมกันได้ WiFly ใช้การเชื่อมต่อแบบ UART จึงทำให้นำ WiFly ไปใช้แทนที่ XBee ได้ทันที ทำให้ระบบหรือบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เดิมที่ใช้ XBee เปลี่ยนระบบมาเป็นการเชื่อมต่อผ่าน Wi-Fi ได้ทันที โดยไม่ต้องดัดแปลงใดๆ ทั้งสิ้น

WiFly มาพร้อมกับสายอากาศในตัว ต้องการไฟเลี้ยง +3.3V ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 38mA ในขณะทำงาน และ 4 uA เมื่ออยู่ในโหมดสลีป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WiFly มี TCP/IP Stack อยู่ในตัว จึงรองรับการใช้งาน DHCP, UDP, DNS, ARP, ICMP, HTTP Client, FTP Client และ TCP กำหนดกำลังส่งได้ระหว่าง 0 dBm ถึง 12 dBm ทั้งยังกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลผ่าน UART ได้สูงสุดถึง 464 กิโลบิตต่อวินาที รองรับการทำงานแบบ Adhoc และ Network Infrastructure

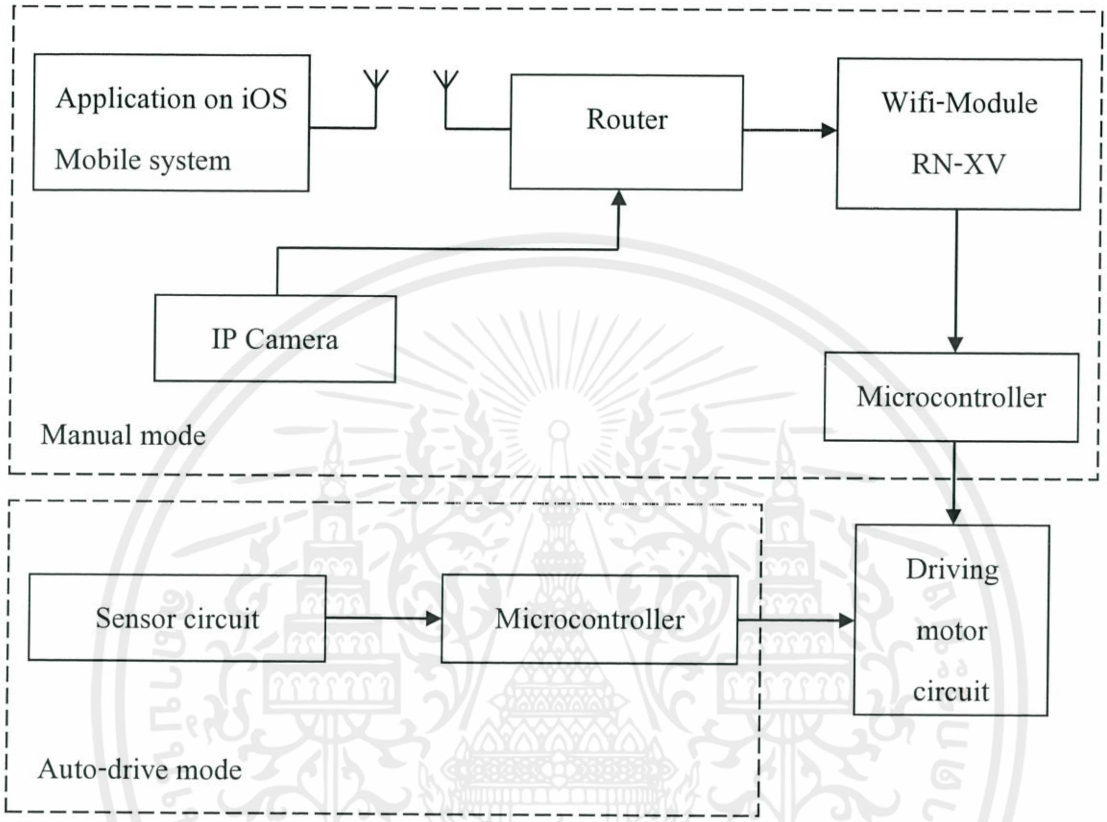
นอกจากนี้ยังมีขา GPIO หรือพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอเนกประสงค์ให้ใช้งานเพิ่มเติมอีก 8 ขา มี 3 ขาที่กำหนดให้ทำงานเป็นอินพุตรับสัญญาณอนาล็อกได้ โดยขาพอร์ต GPIO ทั้งหมด รับแรงดันได้สูงสุด +3.3V

อีกหนึ่งคุณสมบัติที่เป็นทีเด็ดคือ มีฐานเวลานาฬิกาจริงหรือ Real time clock ในตัวสำหรับการใช้งานในโหมด Time-stamping, Auto-sleep และ Auto-wakeup

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำโครงงาน



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมภาพรวมของระบบ

จากบล็อกไดอะแกรมสามารถเลือกให้หุ่นยนต์ทำงานได้ 2 โหมด โดยมีวงจรควบคุมแยกเป็นอิสระต่อกัน ตามรูปที่ 3.1 แบ่งออกเป็นวงจรบังคับมือ (Manual mode) และ วงจรขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Auto-drive mode)

ในส่วนของวงจรบังคับมือ (Manual mode) สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบได้ดังนี้ เมื่อเราเปิดแอพพลิเคชั่นบนมือถือระบบปฏิบัติการ iOS ที่เราได้สร้างไว้ขึ้นมาใช้งาน คำสั่งที่เราเลือกใช้ซึ่งเราได้กำหนดไว้ที่ปุ่มต่างๆบนแอพพลิเคชันนั้น จะถูกส่งผ่านสัญญาณไร้สายมายังเราเตอร์ จากนั้นจะส่งต่อไปที่ Wifi-module RN-XV ที่ติดตั้งอยู่บนตัวของหุ่นยนต์ เพื่อส่งสัญญาณเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการวงจรขับมอเตอร์ให้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต่อไป และในส่วนของสัญญาณภาพจากกล้อง (IP Camera) ที่ติดอยู่กับหุ่นยนต์จะถูกส่งผ่านสัญญาณไร้สายเข้าเราเตอร์แล้วไปแสดงภาพเคลื่อนไหวบนแอพพลิเคชันของมือถือ

ในส่วนของวงจรขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Auto-drive mode) จะใช้วงจรเซนเซอร์ในการรับค่าไปสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลตามที่ได้รับค่ามา เพื่อไปควบคุมการทำงานของวงจรขับมอเตอร์ให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่เรากำหนดไว้ได้อย่างอัตโนมัติ

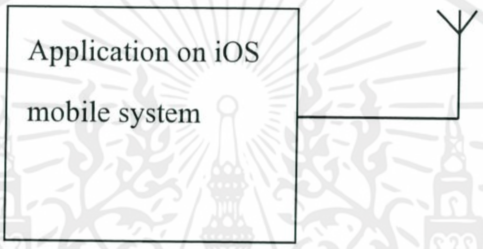
3.1 การออกแบบ

สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนได้ ดังนี้

1. ภาคส่ง
2. ภาครับ
3. ส่วนของสัญญาณภาพจากกล้อง
4. วงจรเซนเซอร์

3.1.1 ภาคส่ง

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่สั่งงานหุ่นยนต์ โดยมีบล็อกไดอะแกรม ดังนี้



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของภาคส่ง

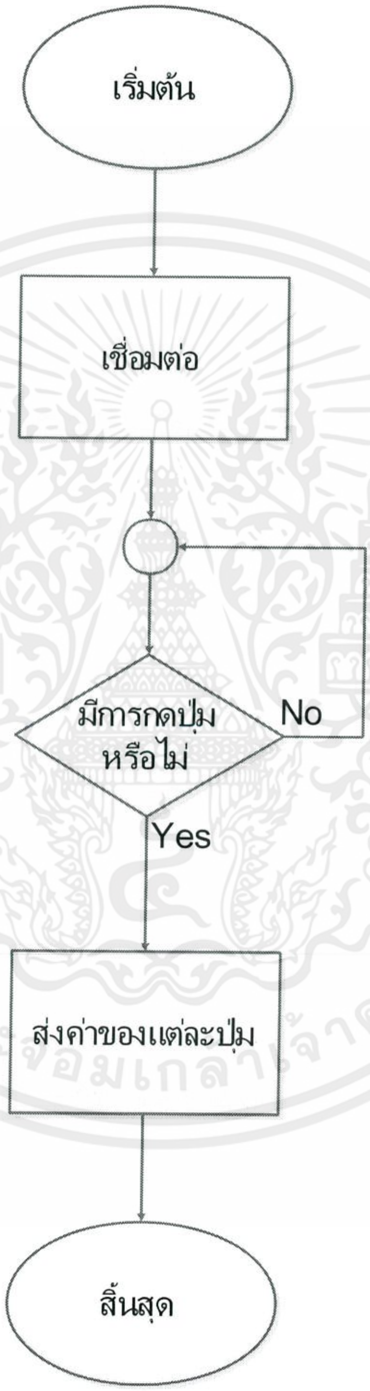
3.1.1.1 แอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการ iOS

ใช้การเขียนแอพพลิเคชันด้วยภาษา Objective C เป็นแอพพลิเคชันที่ใช้คำสั่งที่กำหนดไว้ตาม Object ต่างๆบนแอพพลิเคชัน โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มี 4 ทิศทาง ได้แก่ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำห... ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 หน้าต่างแอพพลิเคชันที่ใช้ควบคุมจากโทรศัพท์มือถือ

3.1.1.2 การทำงานของโปรแกรม

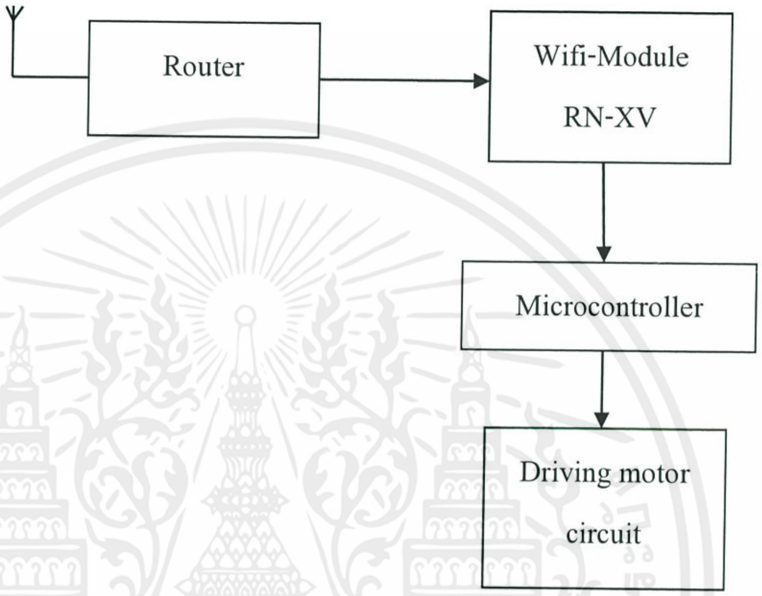


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 โฟลวชาร์ตการทำงานของแอพพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์ภาคส่ง

3.1.2 ภาครับ

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่รับค่าที่ได้จากแอพพลิเคชันทางภาคส่ง เพื่อนำไปควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สั่งงานขับมอเตอร์ตามที่เราต้องการ ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมดังนี้

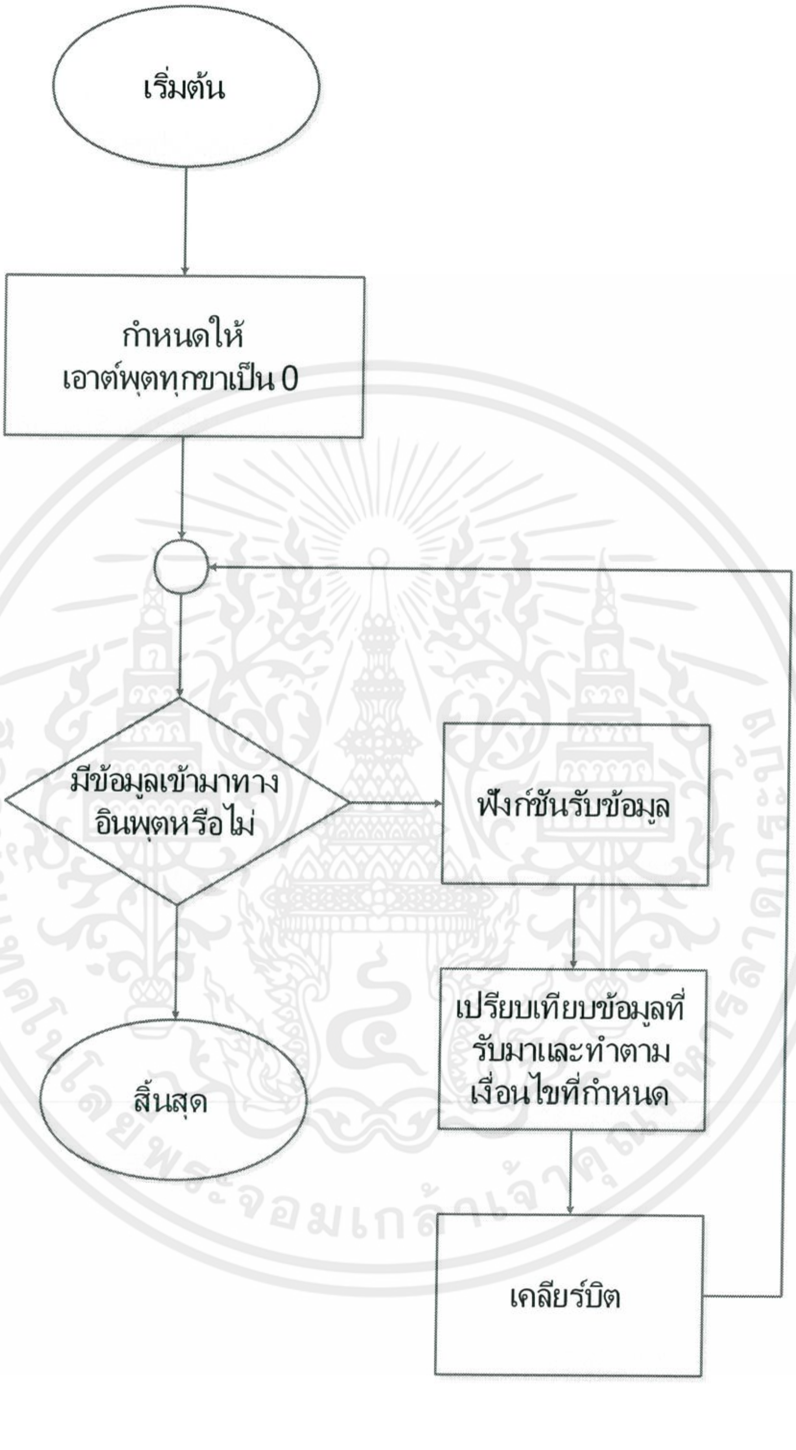


รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมของภาครับ

3.1.2.1 การทำงานของภาครับสัญญาณจากการควบคุมทิศทางของรถ

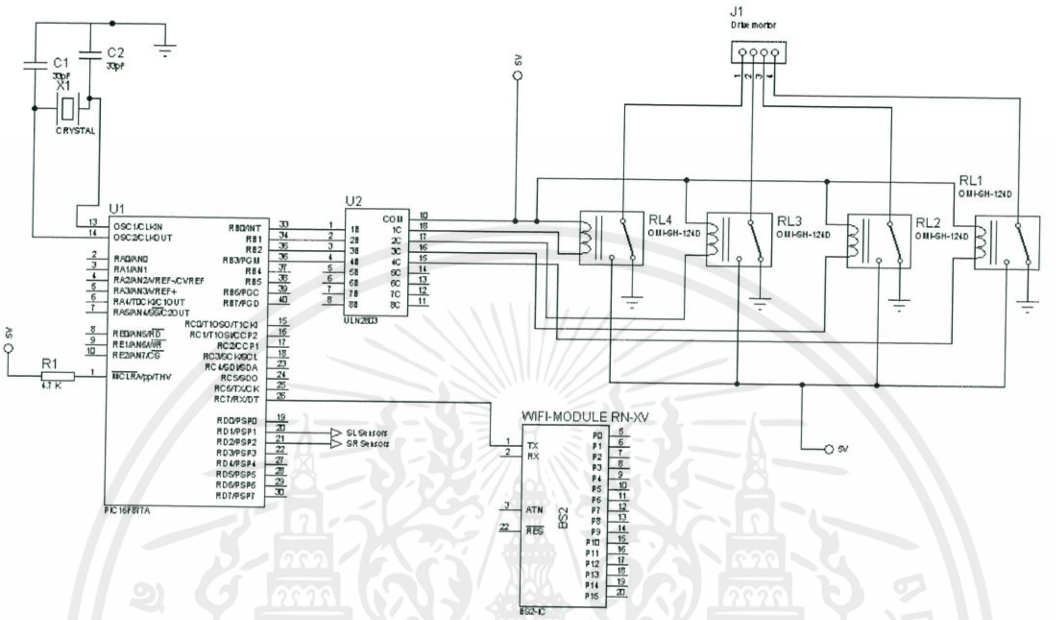
ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่อ่านค่าจาก Wifi-module ซึ่งติดตั้งอยู่บนตัวของหุ่นยนต์มาประมวลผลเพื่อทำตามคำสั่งที่ได้รับจากภาคส่ง โดยสัญญาณที่เข้ามาจะเป็นตัวกำหนดการจ่ายแรงดัน 0 โวลต์ (ลอจิก “0”) และ 5 โวลต์ (ลอจิก “1”) โดยตอนเริ่มต้นจะกำหนดให้เอาต์พุตในพอร์ต B ทุกขามีค่าเป็น 0 และเมื่อ Wifi-module รับค่าจากการกดปุ่มต่างๆบนแอพพลิเคชันเข้ามา จะมีแรงดันออกจากเอาต์พุตแต่ละขาของพอร์ต B ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามที่เราได้โปรแกรมไว้ เพื่อไปสั่งการรีเลย์แต่ละตัวในวงจรขับมอเตอร์ ให้กระแสไหลไปยังมอเตอร์ในทิศทาง forward และ reverse ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในลักษณะต่างๆ ตามที่เราได้สั่งการไปนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.6 โฟลวชาร์ตการทำงานของภาครับ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

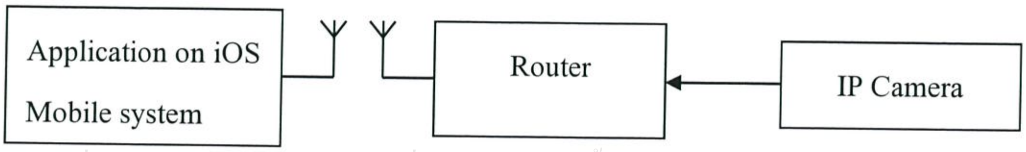


รูปที่ 3.7 วงจรภาครับสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรับค่ามาจากโมดูล (ที่รับค่ามาจากโทรศัพท์มือถืออีกที) ซึ่งนำค่าที่รับมานั้นไปควบคุมวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง โดยจะสั่งให้ป้อนแรงดันออกจากพอร์ต B เป็นคู่ๆ เพื่อสั่งการรีเลย์ไปจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้มอเตอร์หมุนในแบบ forward และ reverse เพื่อควบคุมลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ต่อไป

3.1.3 ส่วนของสัญญาณภาพจากกล้อง

ในส่วนนี้จะแสดงถึงการรับภาพจากกล้อง (IP Camera) ในตัวหุ่นยนต์ โดยภาพที่ได้รับจากกล้องจะถูกส่งผ่านไปยัง Router ซึ่งเป็นตัวกลางในการติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์มือถือกับกล้อง

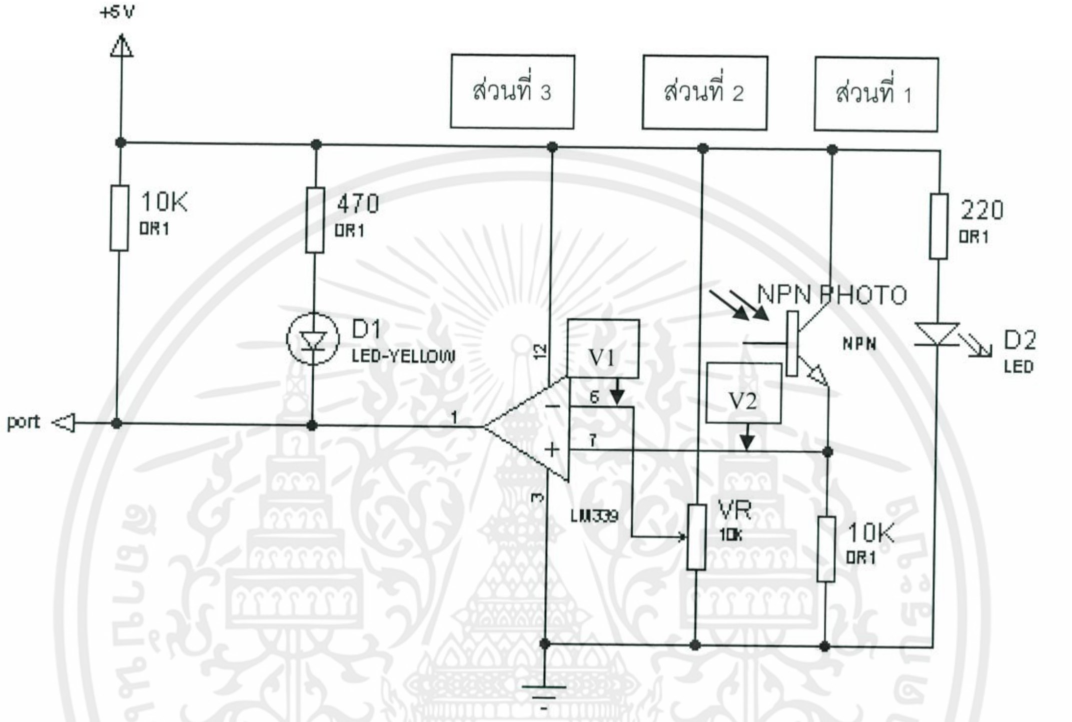


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของการส่งภาพ

3.1.4 วงจรเซนเซอร์

3.1.4.1 วงจรภาครับสัญญาณไต่เส้นโดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรด



รูปที่ 3.9 วงจรภาครับสัญญาณไต่เส้นโดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรด

จากรูปที่ 3.9 สามารถอธิบายหลักการทำงานวงจรได้โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

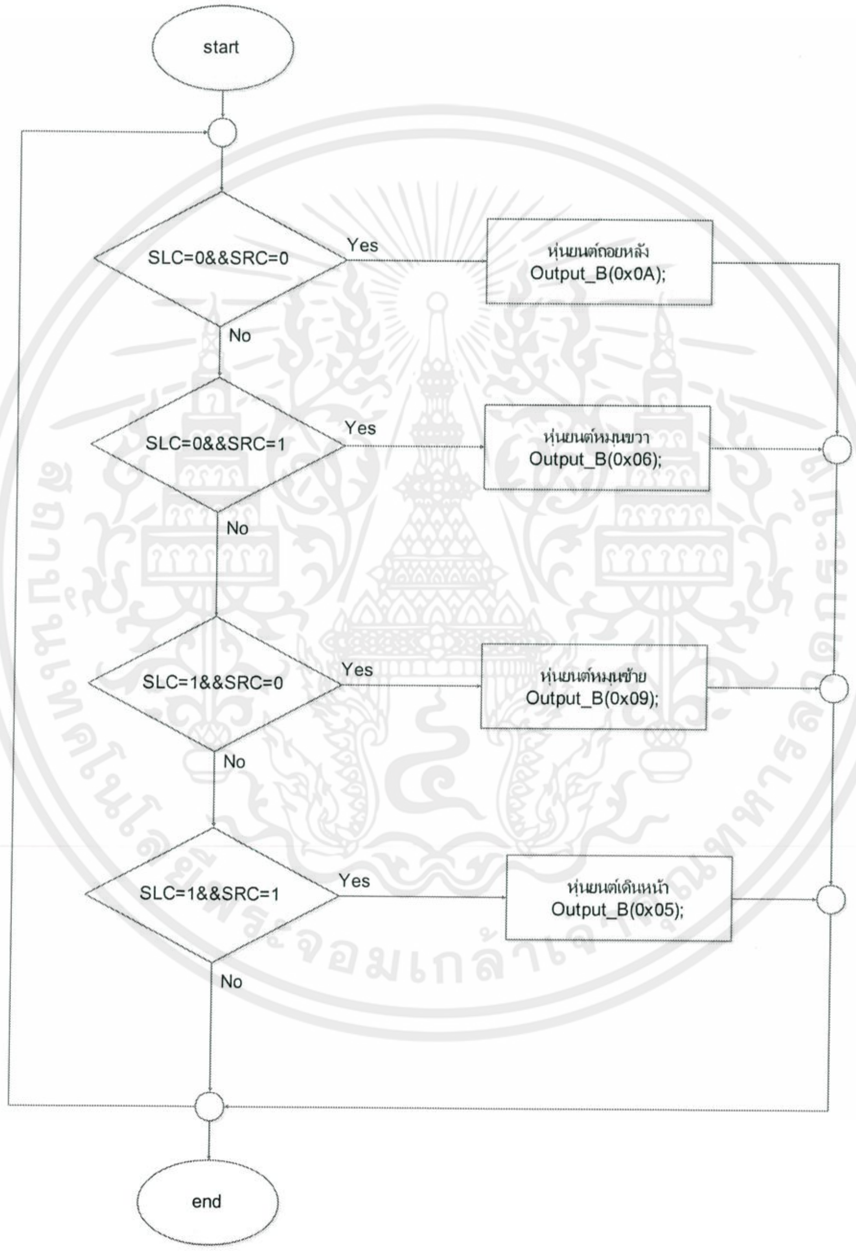
ส่วนที่ 1 วงจรจรกำเนิดและรับแสง ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ให้กำเนิดและรับแสงคือ LED อินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์ เมื่อจ่ายไฟให้วงจร LED จะส่งแสงอินฟราเรดในรัศมีที่กว้าง ถ้ามีวัตถุหรือเส้นสีขาวอยู่ด้านหน้าโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะได้รับแสงสะท้อนกลับมา เมื่อใดที่ทรานซิสเตอร์ได้รับแสง ก็จะมีกระแสไหลผ่านที่ขาเบส ไปควบคุมกระแสให้ไหลผ่านคอลเลคเตอร์มายังอีมิตเตอร์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทำให้ทรานซิสเตอร์สามารถนำกระแสได้ กระแสนี้จะทำให้มีแรงดันตกคร่อม R 10K โอห์ม เพิ่มขึ้น โดยค่าแรงดันจะมากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอินฟราเรดที่ตกกระทบโฟโต้ทรานซิสเตอร์

ส่วนที่ 2 วงจรแบ่งแรงดันหรือปรับแรงดันที่ขา V1 ของไอซี LM339 มีเพียงตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ VR 10K โอห์ม ซึ่งการปรับค่าความต้านทาน VR จะทำให้แรงดัน V1 เปลี่ยนตามความต้านทาน VR เพื่อปรับแต่งการทำงานของตัวตรวจจับสีขาวและดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 วงจรเปรียบเทียบ ซึ่งมีไอซีออปแอมป์ LM339 ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดัน V1 และ V2 ถ้าแรงดัน V1 มากกว่า V2 แรงดันเอาต์พุตจะได้ประมาณ 5 โวลต์หรือลอจิก “1” และถ้าแรงดัน V2 มากกว่า V1 แรงดันเอาต์พุตจะได้ประมาณ 0 โวลต์หรือลอจิก “0”

3.1.4.2 การทำงานของโปรแกรมรับค่าจากเซนเซอร์



รูปที่ 3.10 โฟลวชาร์ตการทำงานของโปรแกรมรับค่าจากเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส ... ปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)
2) สายสโคป (Probe)
3) เพาเวอร์ ซับพลาย (Power Supply)
4) มัลติมิเตอร์ (Multimeter)
5) โทรศัพท์มือถือ (iPhone5 iOS 7.0.1)
6) กล้อง (Foscam FI8918W Wiraeless IP camera)
7) ตลับเมตร
8) เราเตอร์ (Router)

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 ผลการลองเมื่อเลือกโหมด Manual

1) สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า
2) สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางขวา
3) สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางซ้าย
4) สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหลัง
5) สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่

3.3.2 ผลการลองเมื่อเลือกโหมด Auto-drive

1) แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านโฟโต้ทรานซิสเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีขาว
2) แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านโฟโต้ทรานซิสเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีดำ
3) แรงดันไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีขาว
4) แรงดันไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีดำ
5) แรงดันฟ้าที่วัดได้เมื่อเทียบกับระยะทางระหว่างเส้นกับเซนเซอร์

3.3.3 ผลการทดสอบหุ่นยนต์ทั้งสองโหมด

1) โหมด Auto-drive เป็นการทดสอบระยะเวลาและการเลี้ยวกลับทิศได้ของหุ่นยนต์
2) โหมด Manual เป็นการทดสอบระยะทางที่สามารถบังคับหุ่นยนต์และรับภาพได้

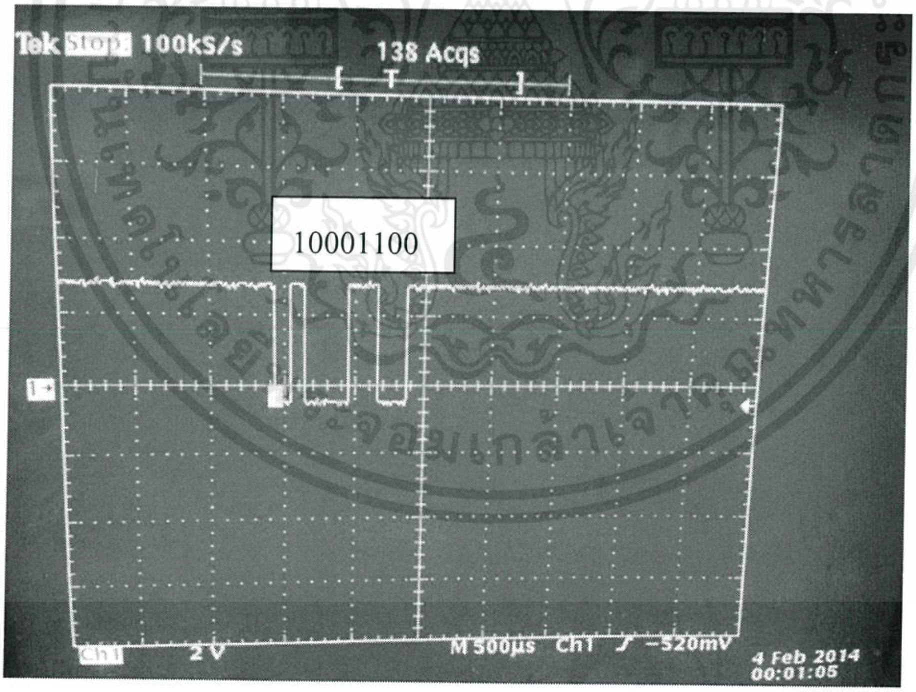
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

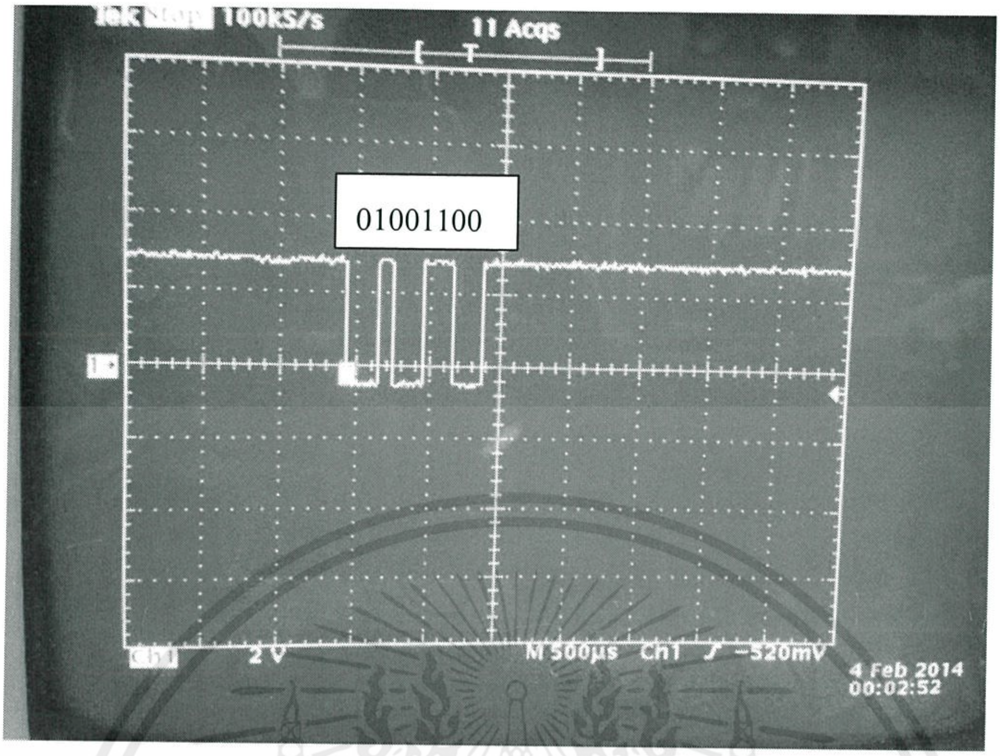
4.1 ผลการทดลองเมื่อเลือกโหมด Manual

เป็นการบันทึกผลจากขา 2 (Tx) ของ Wifi-Module RN-XV เมื่อเราส่งค่าตัวเลขฐานสิบคือ 0, 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งค่าดังกล่าวเราจะกำหนดไว้ในแต่ละปุ่มของแอพพลิเคชั่น คือ หยุด, เดินหน้า, เลี้ยวขวา, เลี้ยวซ้าย, และถอยหลัง ตามลำดับ ถ้าหากมีการกดปุ่มบนแอพพลิเคชั่นก็จะมีการส่งสัญญาณไร้สายไปยังเราเตอร์ก่อน ซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการติดต่อสื่อสาร แล้วจึงค่อยส่งต่อไปยัง Wifi-Module RN-XV (ที่ได้ configure ไอพีไว้ให้ตรงกับเราเตอร์นั้น) ซึ่งจะรับค่าและแปลงตัวเลขดังกล่าวเป็นสัญญาณดิจิตอล 8 บิต (ASCII binary) คือ 00110000, 00110001, 00110010, 00110011 และ 00110100 ตามลำดับ โดยข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยังขา 26 (Rx) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำการแปลคำสั่งดังกล่าว เพื่อสั่งการวงจรขับมอเตอร์ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามปุ่มที่เรากดบนแอพพลิเคชั่น ซึ่งจะมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

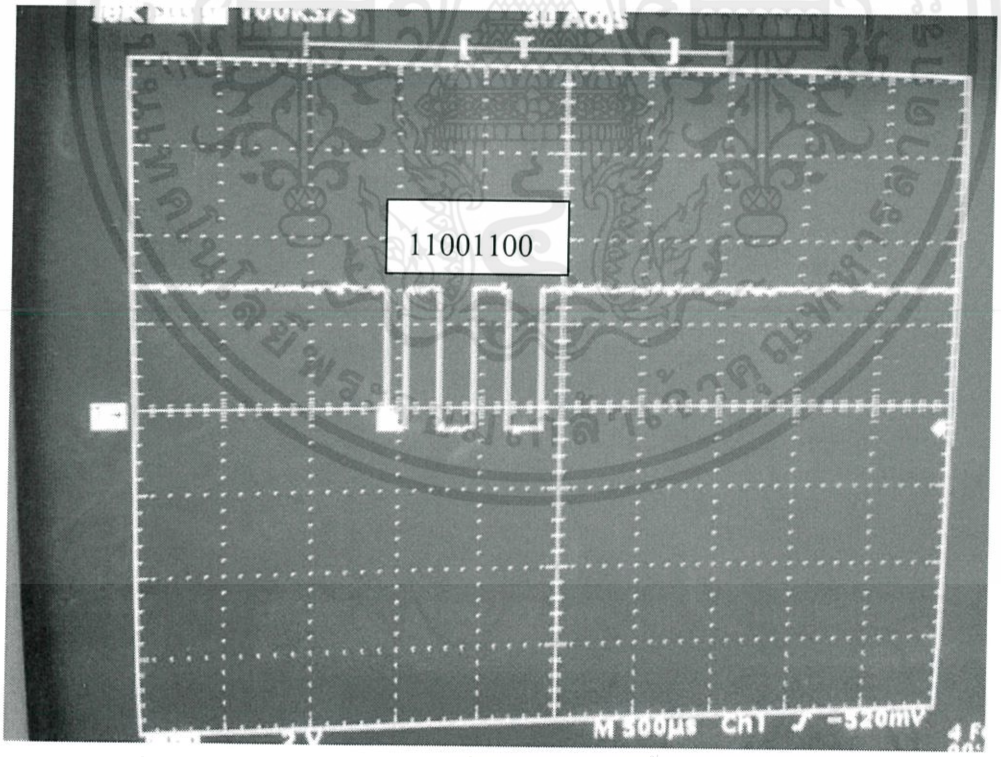


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า (ส่ง “1”)



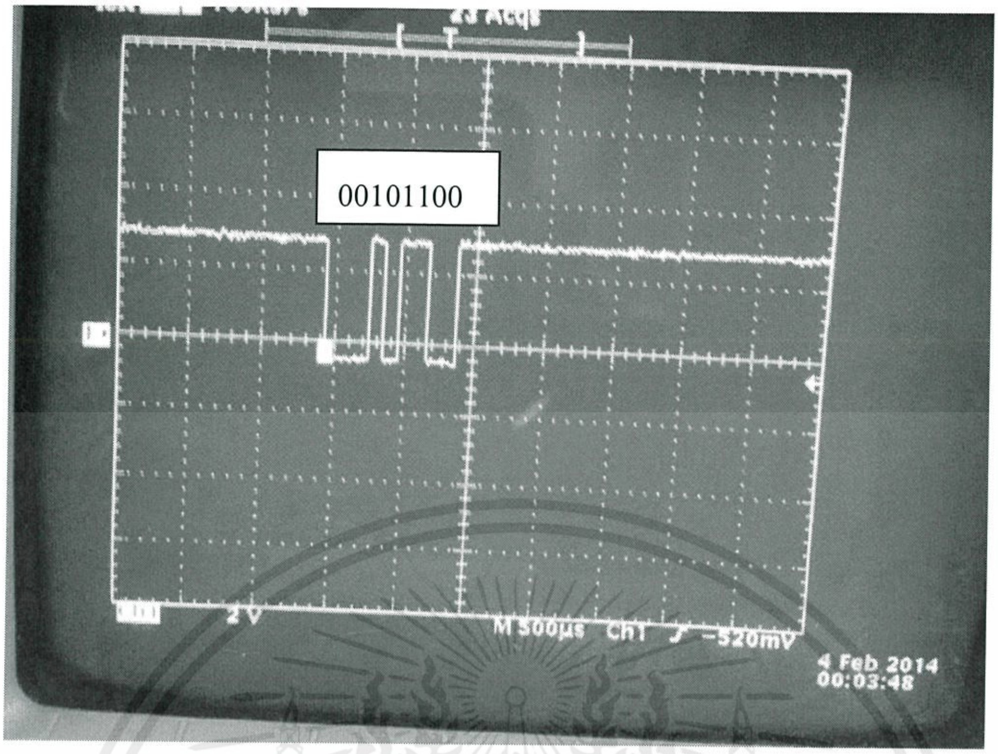
รูปที่ 4.2 สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางขวา (ส่ง “2”)



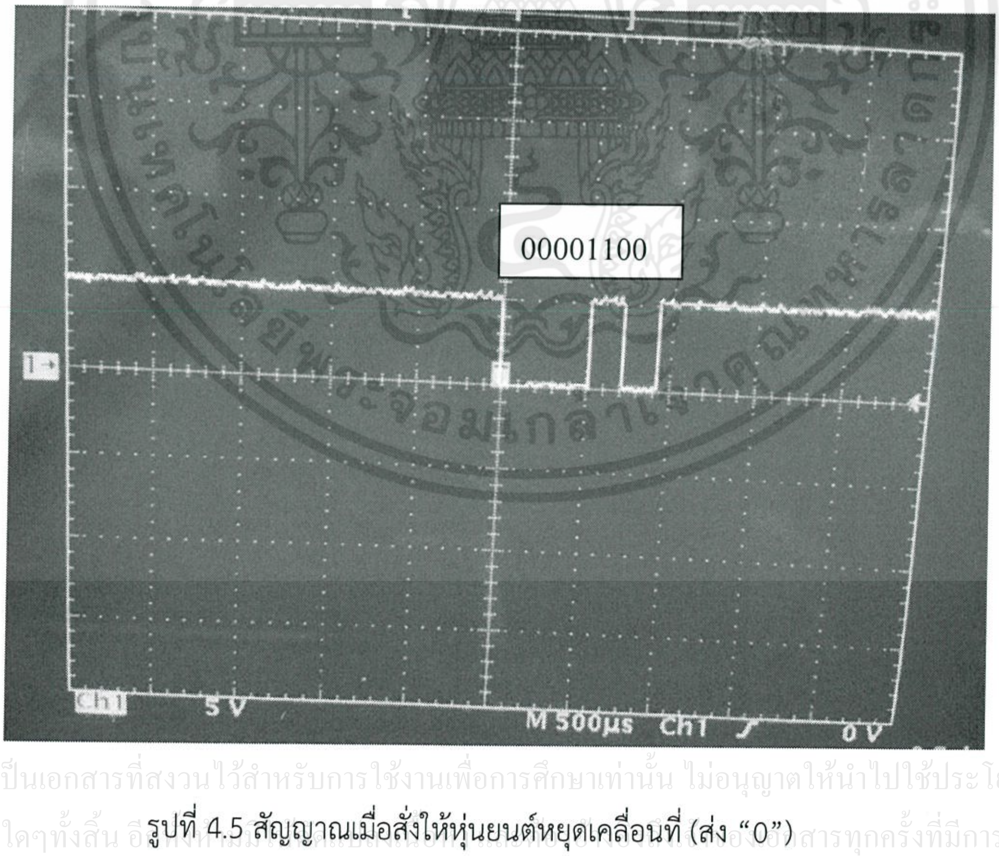
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.3 สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางซ้าย (ส่ง “3”)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ...ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหลัง (ส่ง “4”)



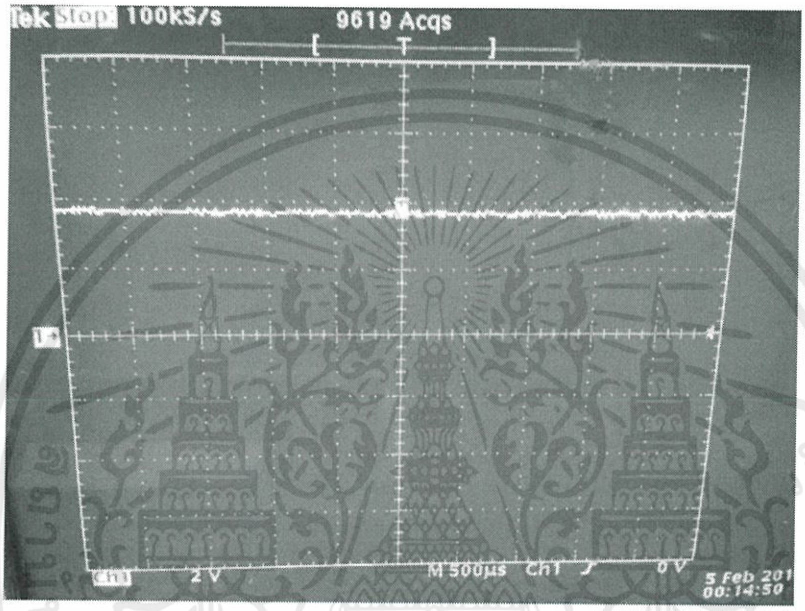
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.5 สัญญาณเมื่อสั่งให้หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ (ส่ง “0”)

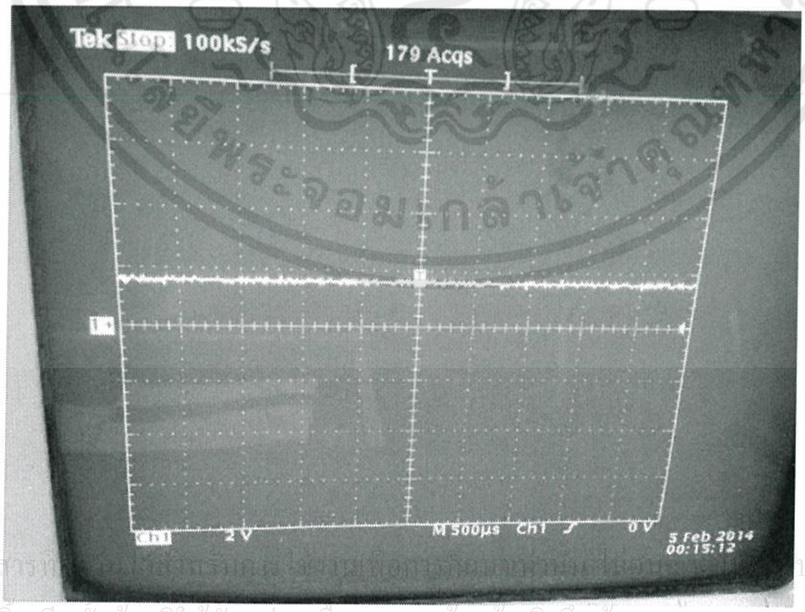
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อี[illegible]สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองเมื่อเลือกโหมด Auto-drive

วงจรเปรียบเทียบ ซึ่งมีไอซีออปแอมป์ LM339 ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดัน V1 และ V2 (จากรูปที่ 3.9) ถ้าแรงดัน V1 มากกว่า V2 แรงดันเอาต์พุตจะได้ประมาณ 5 โวลต์หรือลอจิก “1” คือในกรณีที่เซนเซอร์กำลังตรวจจับเส้นสีขาว และถ้าแรงดัน V2 มากกว่า V1 แรงดันเอาต์พุตจะได้ประมาณ 0 โวลต์หรือลอจิก “0” คือในกรณีที่เซนเซอร์กำลังตรวจจับเส้นสีดำ โดยในแต่ละรูปต่อไปนี้จะเป็นการวัดค่าแรงดันดังกล่าวที่ผ่านโฟโตทรานซิสเตอร์ และเข้าสู่มอเตอร์ในกรณีที่เซนเซอร์ตรวจจับเส้นสีขาวและเส้นสีดำ

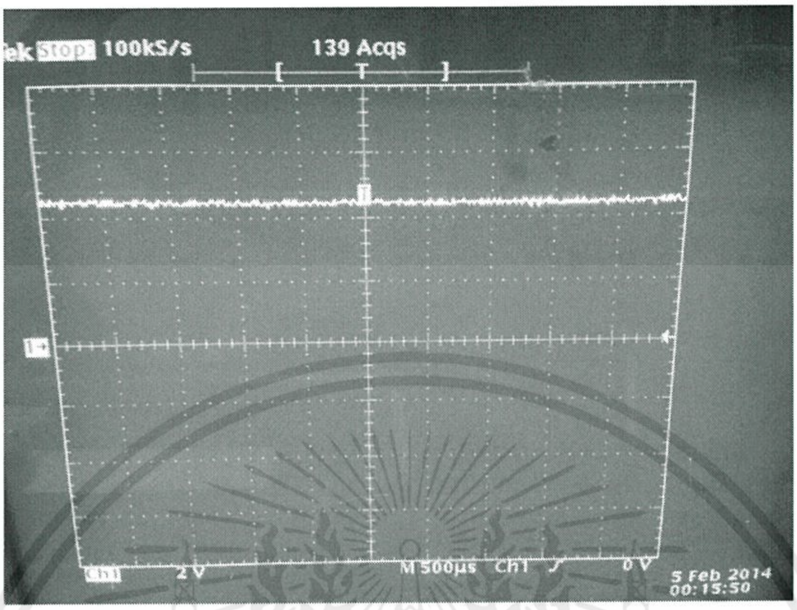


รูปที่ 4.6 แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านโฟโต้ทรานซิสเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีขาว (V1>V2)

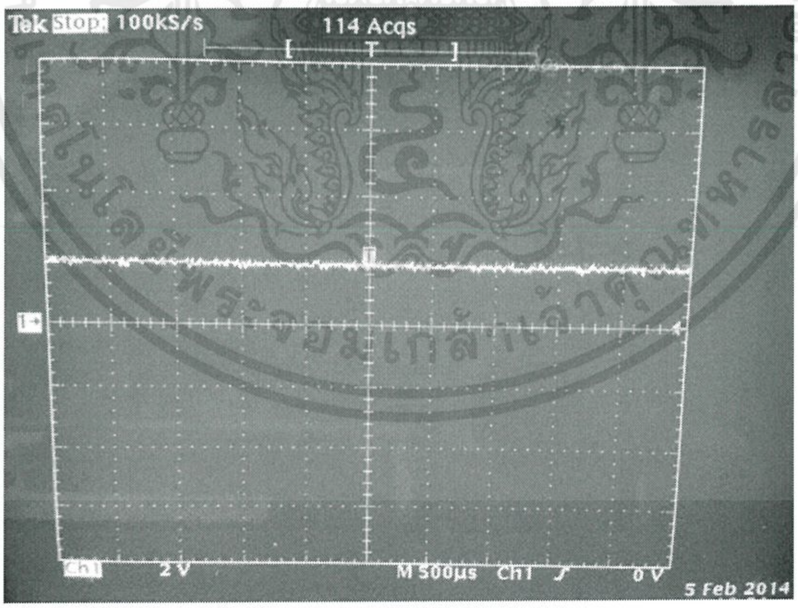


เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านโฟโต้ทรานซิสเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีดำ (V2>V1)



รูปที่ 4.8 แรงดันไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีขาว (V1>V2)



รูปที่ 4.9 แรงดันไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์กรณีที่ตรวจจับเส้นสีดำ (V2>V1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้าจากวงจร Auto-driving circuit ที่ใช้ sensor เป็นตัวกำหนดแรงดันตามระยะที่ตรวจจับเส้นได้

ตารางที่ 4.1 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อเทียบกับระยะทางระหว่างเส้นกับเซนเซอร์

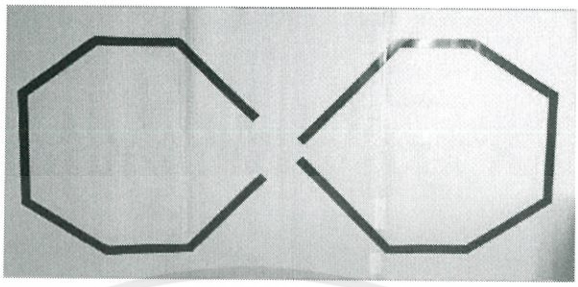
ระยะทางระว่างเซนเซอร์กับเส้น (cm.)	แรงดันที่วัดได้ (Volt)
0	3.6
2	4.4
5	4.4
6	4
7	3.6
8	3.2
9	3
10	2.6
11	2.4
12	2
13	2
14	1.6
15	1.2

จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะทางระหว่างเซนเซอร์กับเส้นมากขึ้นเท่าไร จะวัดแรงดันที่ไปขับมอเตอร์ได้น้อยมากเท่านั้น กล่าวคือ เมื่อระยะทางระหว่างเซนเซอร์กับเส้นยิ่งไกลมากขึ้น หุ่นยนต์ก็จะยิ่งเคลื่อนที่ได้ช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบหุ่นยนต์ทั้งสองโหมด

4.3.1 โหมด Auto-drive



รูปที่ 4.10 เส้นที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โหมด Auto-drive

การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในโหมดออโต้นี้ เราจะกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแนวเส้นสีดำในลักษณะเลขแปด ซึ่งเมื่อหุ่นยนต์เดินทางครบหนึ่งรอบ (กลับมายังตรงกลางที่จุดปล่อย) แล้ว ในรอบต่อไปจะกำหนดให้หุ่นยนต์สามารถเปลี่ยนทิศทางในการเคลื่อนที่ไปยังทิศที่ตรงกันข้ามกับทิศทางเดิมในรอบแรกได้ และจะเช่นนี้ในรอบต่อๆไปด้วย

ในการทดสอบเราจะดูว่าหุ่นยนต์สามารถเลี้ยวเพื่อเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ได้หรือไม่ เมื่อหุ่นยนต์เดินทางครบหนึ่งรอบแล้ว และมีการวิ่งเลยเส้นบ้างหรือไม่ ถ้าหุ่นยนต์วิ่งเลยเส้นนั้นแสดงว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ไม่ครบรอบนั่นเอง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 การทดสอบระยะเวลาและการเลี้ยวกลับทิศได้ของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งในโหมด Auto-drive

ครั้งที่	รอบที่ 1			รอบที่ 2			รอบที่ 3			รอบที่ 4		
	เวลา (วินาที)	เลี้ยว	ครบรอบ	เวลา (นาที)	เลี้ยว	ครบรอบ	เวลา (นาที)	เลี้ยว	ครบรอบ	เวลา (นาที)	เลี้ยว	ครบรอบ
1	44:85	√	√	48:66			45:13	x	√	45:71	x	√
2	45:15	x	√	46:12	√	√	-	-	-	-	-	-
3	45:68	√	√	47:32	√	√	46:55	x	√	47:28	√	√
4	46:12	√	√	47:27	x	√	47:88	√	√	46:14	√	√
5	46:12	√	√	47:28	√	√	48:66	√	√	47:32	x	√
6	46:48	x	√	47:88	√	√	46:84	x	√	-	-	x
7	48:66	√	√	46:18	√	√	45:71	x	√	47:85	√	√
8	46:12	√	√	47:33	x	√	48:66	√	√	46:14	√	√
9	44:75	√	√	45:84	√	√	47:28	√	√	46:38	√	√
10	46:85	x	√	46:48	√	√	47:56	x	√	46:53	√	√

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 โหมด Manual

การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในโหมดแมนนวล เราจะมีเราเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งสัญญาณระหว่างภาคส่ง (มือถือ) กับภาครับ (Wifi-module) ว่าเราสามารถใช้มือถือบังคับหุ่นยนต์และรับสัญญาณภาพได้ผ่านแอพพลิเคชั่นในระยะทางที่มากที่สุดเท่าไร ซึ่งในผลการทดลองเราจะทำการเพิ่มระยะทุกๆ 10 เมตร ในการส่งสัญญาณตารางที่ 4.3 ผลปรากฏว่าเราสามารถใช้มือถือบังคับหุ่นยนต์ผ่านแอพพลิเคชั่นพร้อมกับรับสัญญาณภาพได้ในระยะไม่เกิน 90 เมตร

ตารางที่ 4.3 การทดสอบระยะทางที่สามารถบังคับหุ่นยนต์และรับภาพได้ในโหมด Manual

ระยะทาง (เมตร)	กล้อง	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2				ครั้งที่ 3			
		ตรง	ขวา	ซ้าย	หลัง	ตรง	ขวา	ซ้าย	หลัง	ตรง	ขวา	ซ้าย	หลัง
10	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
20	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
30	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
40	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
50	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
60	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
70	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
80	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
90	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
100	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการทดลองสามารถสรุปผล โดยแบ่งตามลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์ได้ออกเป็นสองโหมดดังนี้

- โหมดแมนนวล (Manual Mode)

ผลการทดลองในส่วนการบังคับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านแอพพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการ iOS มีความถูกต้องตามทฤษฎีและเป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถส่งข้อมูลคำสั่งแบบไร้สายจากแอพพลิเคชันบนมือถือดังกล่าว ผ่านเราเตอร์ไปยัง Wifi-module ในวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ติดตั้งอยู่บนตัวของหุ่นยนต์ได้ เพื่อสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่เราต้องการตามปุ่มที่เรากดบนหน้าต่างแอพพลิเคชันที่ได้สร้างไว้ แต่จากผลการทดสอบหุ่นยนต์ในโหมดนี้ จะมีระยะการบังคับระหว่างภาคส่งกับภาครับ (มือถือกับหุ่นยนต์) ค่อนข้างจำกัด ซึ่งเราจะสามารถบังคับหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ พร้อมกับรับสัญญาณภาพเพื่อมาแสดงผลบนหน้าจอแอพพลิเคชันได้ในระยะไม่เกิน 90 เมตรเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากเราเตอร์ไม่สามารถรับและส่งสัญญาณเกินระยะดังกล่าวได้นั่นเอง

- โหมดอัตโนมัติ (Auto-drive Mode)

ในส่วนของโหมดอัตโนมัติ (Auto-drive Mode) เป็นการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติ โดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรดเป็นตัวตรวจจับเส้น เพื่อใช้ตัดสินใจให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่เราได้กำหนดไว้ตามโปรแกรม ซึ่งจากผลการทดลองค่อนข้างเป็นไปตามที่เราตั้งใจไว้ แต่มีปัญหาอยู่คือ ในบางรอบหุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่เราวางไว้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่บนตัวของหุ่นยนต์นั้นตรวจไม่พบเส้นสีดำซึ่งเป็นเส้นทางที่เรากำหนดให้หุ่นยนต์ต้องเคลื่อนที่ตามแนวเส้นนี้นั่นเอง ผลก็คือหุ่นยนต์จึงมีการเคลื่อนที่ออกนอกเส้นทางดังกล่าวไปนั่นเอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เซนเซอร์ที่ใช้ในวงจรขับเคลื่อนอัตโนมัติมีขนาดเล็ก ทำให้การตรวจจับเส้นของวงจรมีระยะที่จำกัด ควรเพิ่มจำนวนเซนเซอร์เพื่อช่วยในการตรวจจับที่ดียิ่งขึ้น หรืออาจใช้ซอฟแวร์มาเขียนเพื่อให้กล้องสามารถตรวจจับเส้นแทนเซนเซอร์ได้
2. ควรออกแบบแหล่งจ่ายไฟหรือแบตเตอรี่สำหรับวงจรออโต้ให้หุ่นยนต์มีความเร็วในการเคลื่อนที่ที่พอเหมาะ ไม่เร็วจนเกินไปทำให้หุ่นยนต์วิ่งเลยเส้น และไม่ช้าจนเกินไปทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ (ควรแยกแหล่งจ่ายแบตเตอรี่ให้ไฟที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้ามีน้อยกว่าไฟที่ใช้เลี้ยว)
3. ควรออกแบบเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้ดี เพื่อที่เซนเซอร์จะสามารถตรวจจับเส้นทางนั้นได้ง่าย ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปถูกทางตามที่เรากำหนดไว้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หากต้องการเพิ่มระยะบังคับในโหมดแมนนวล ควรเลือกเราเตอร์และ Wifi-module ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่านี้ ซึ่งจะทำให้มีระยะในการรับและส่งสัญญาณระหว่างกันได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. *เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยภาษา BASIC.*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2553.

[2] ดอนสัน ปงผาบ, และทิพวัลย์ คำน้ำนอง. *ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และการใช้งาน.* พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2553.

[3] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. *MCS-51 Robot Programming in C.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, 2554.

[4] http://foscam.us/foscam-fi8918w-wireless-ip-camera-11.html (31/1/2557)

[5] อธิวัชร ถนอมพุทรา,อธิวัฒน์ เฉียบแหลม,อภิวงศ์ พรหมกัลป์. "ควบคุมรถบังคับด้วยสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการ iOS 5" ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555.

[6] http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Wireless/WiFi/WiFly-RN-UM.pdf (2/2/2557)

[7] http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Wireless/WiFi/WiFly-RN-XV-DS.pdf (3/2/2557)

[8] http://www.oknation.net/blog/Numphung/2007/06/20/entry-2 (5/2/2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DataSheet4U.com

MICROCHIP

PIC16F87XA Data Sheet

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2003 Microchip Technology Inc.

Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KEELOQ, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE and PowerSmart are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

AmpLab, FilterLab, microID, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, microPort, Migratable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rfLAB, rfPIC, Select Mode, SmartSensor, SmartShunt, SmartTel and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Serialized Quick Turn Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2003, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

Printed on recycled paper.

DNV Certification, Inc. USA

ANSI • RAB QMS ACCREDITED

DNV MSC The Netherlands Accredited by the RvA

ISO 9001 / QS-9000 REGISTERED FIRM

Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1999 and Mountain View, California in March 2002. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELOQ® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, non-volatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.

© 2003 Microchip Technology Inc.

PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
  DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I^2C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external $\overline{RD}$, $\overline{WR}$ and $\overline{CS}$ controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
  - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
  - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

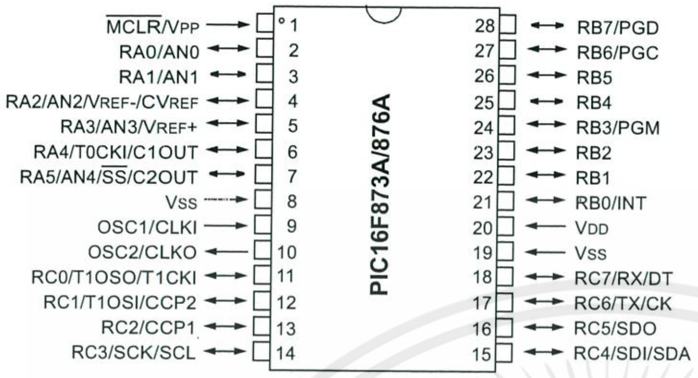
- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I^2C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

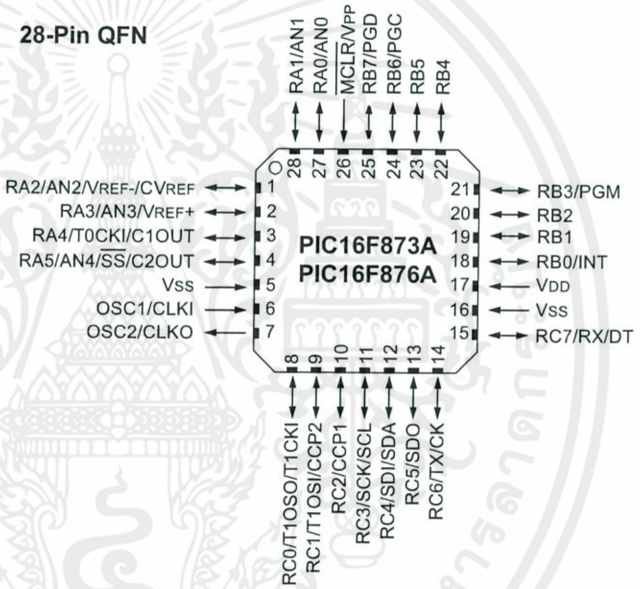
© 2003 Microchip Technology Inc.

Pin Diagrams

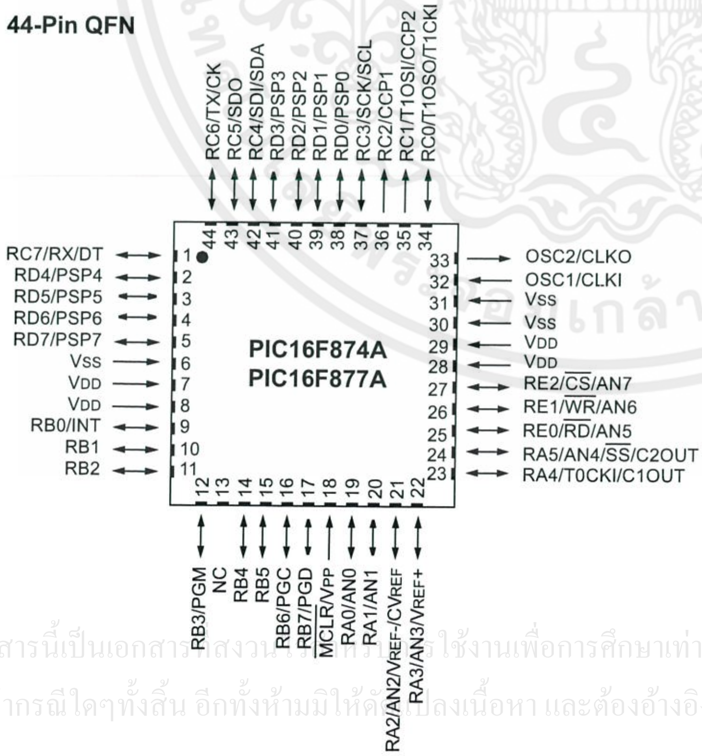
28-Pin PDIP, SOIC, SSOP



28-Pin QFN



44-Pin QFN

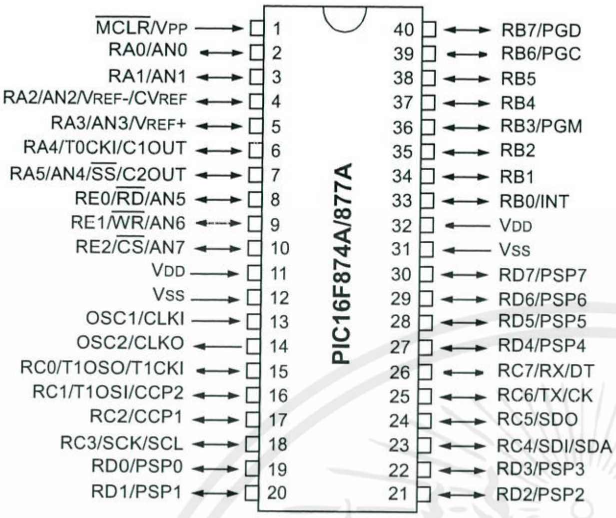


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

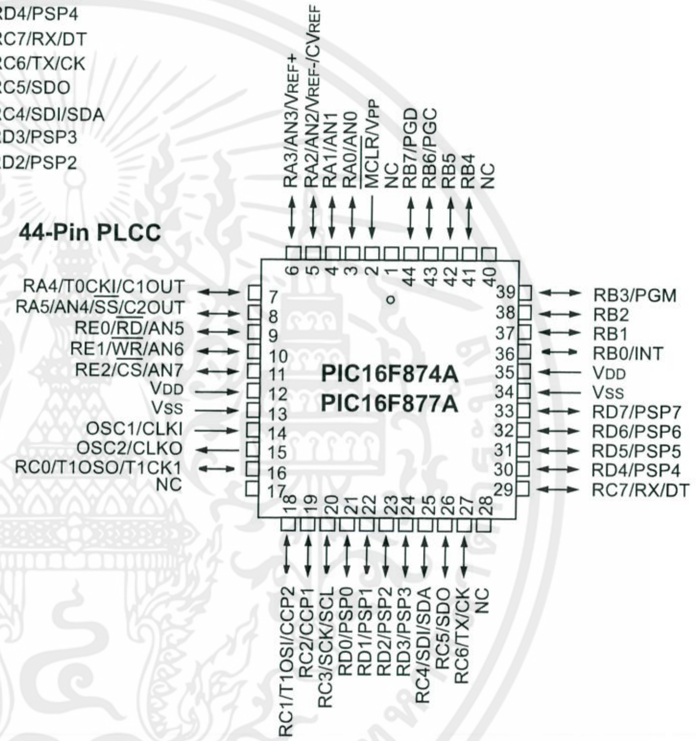
© 2003 Microchip Technology Inc.

Pin Diagrams (Continued)

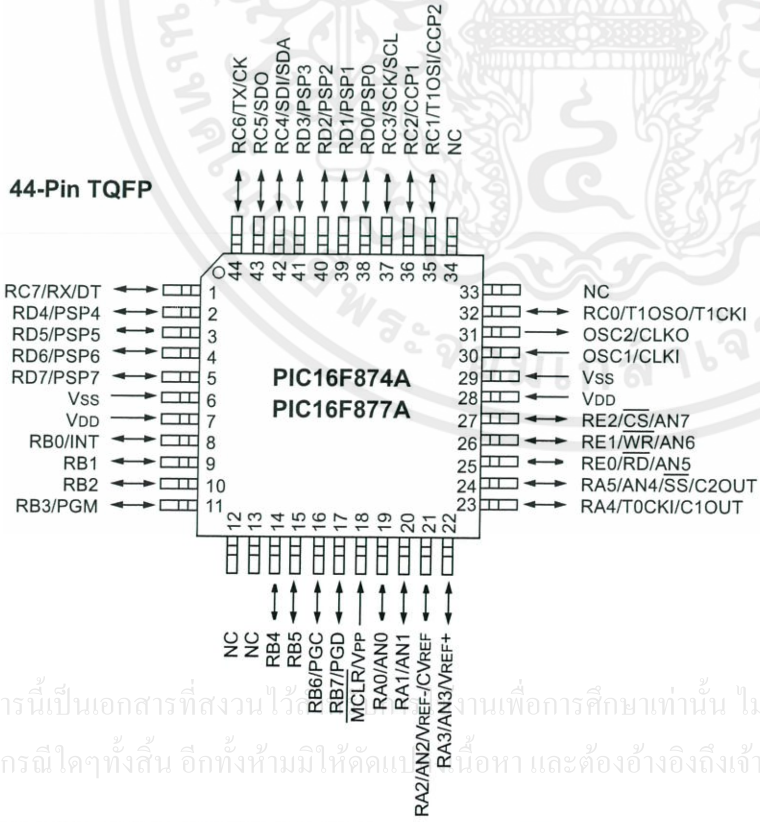
40-Pin PDIP



44-Pin PLCC



44-Pin TQFP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ ... งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแป ... เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Contents

1.0 Device Overview 5
2.0 Memory Organization 15
3.0 Data EEPROM and Flash Program Memory 33
4.0 I/O Ports 41
5.0 Timer0 Module 53
6.0 Timer1 Module 57
7.0 Timer2 Module 61
8.0 Capture/Compare/PWM Modules 63
9.0 Master Synchronous Serial Port (MSSP) Module 71
10.0 Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART) 111
11.0 Analog-to-Digital Converter (A/D) Module 127
12.0 Comparator Module 135
13.0 Comparator Voltage Reference Module 141
14.0 Special Features of the CPU 143
15.0 Instruction Set Summary 159
16.0 Development Support 167
17.0 Electrical Characteristics 173
18.0 DC and AC Characteristics Graphs and Tables 197
19.0 Packaging Information 209
Appendix A: Revision History 219
Appendix B: Device Differences 219
Appendix C: Conversion Considerations 220
Index 221
On-Line Support 229
Systems Information and Upgrade Hot Line 229
Reader Response 230
PIC16F87XA Product Identification System 231

TO OUR VALUED CUSTOMERS

It is our intention to provide our valued customers with the best documentation possible to ensure successful use of your Microchip products. To this end, we will continue to improve our publications to better suit your needs. Our publications will be refined and enhanced as new volumes and updates are introduced.

If you have any questions or comments regarding this publication, please contact the Marketing Communications Department via E-mail at **docerrors@mail.microchip.com** or fax the **Reader Response Form** in the back of this data sheet to (480) 792-4150. We welcome your feedback.

Most Current Data Sheet

To obtain the most up-to-date version of this data sheet, please register at our Worldwide Web site at:

http://www.microchip.com

You can determine the version of a data sheet by examining its literature number found on the bottom outside corner of any page. The last character of the literature number is the version number, (e.g., DS30000A is version A of document DS30000).

Errata

An errata sheet, describing minor operational differences from the data sheet and recommended workarounds, may exist for current devices. As device/documentation issues become known to us, we will publish an errata sheet. The errata will specify the revision of silicon and revision of document to which it applies.

To determine if an errata sheet exists for a particular device, please check with one of the following:

- Microchip's Worldwide Web site; http://www.microchip.com
- Your local Microchip sales office (see last page)
- The Microchip Corporate Literature Center; U.S. FAX: (480) 792-7277

When contacting a sales office or the literature center, please specify which device, revision of silicon and data sheet (include literature number) you are using.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Customer Notification System

Register on our Web site at **www.microchip.com/cn** to receive the most current information on all of our products.

© 2003 Microchip Technology Inc.

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information about the following devices:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

PIC16F873A/876A devices are available only in 28-pin packages, while PIC16F874A/877A devices are available in 40-pin and 44-pin packages. All devices in the PIC16F87XA family share common architecture with the following differences:

- The PIC16F873A and PIC16F874A have one-half of the total on-chip memory of the PIC16F876A and PIC16F877A
- The 28-pin devices have three I/O ports, while the 40/44-pin devices have five
- The 28-pin devices have fourteen interrupts, while the 40/44-pin devices have fifteen
- The 28-pin devices have five A/D input channels, while the 40/44-pin devices have eight
- The Parallel Slave Port is implemented only on the 40/44-pin devices

The available features are summarized in Table 1-1. Block diagrams of the PIC16F873A/876A and PIC16F874A/877A devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

Additional information may be found in the PICmicro® Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

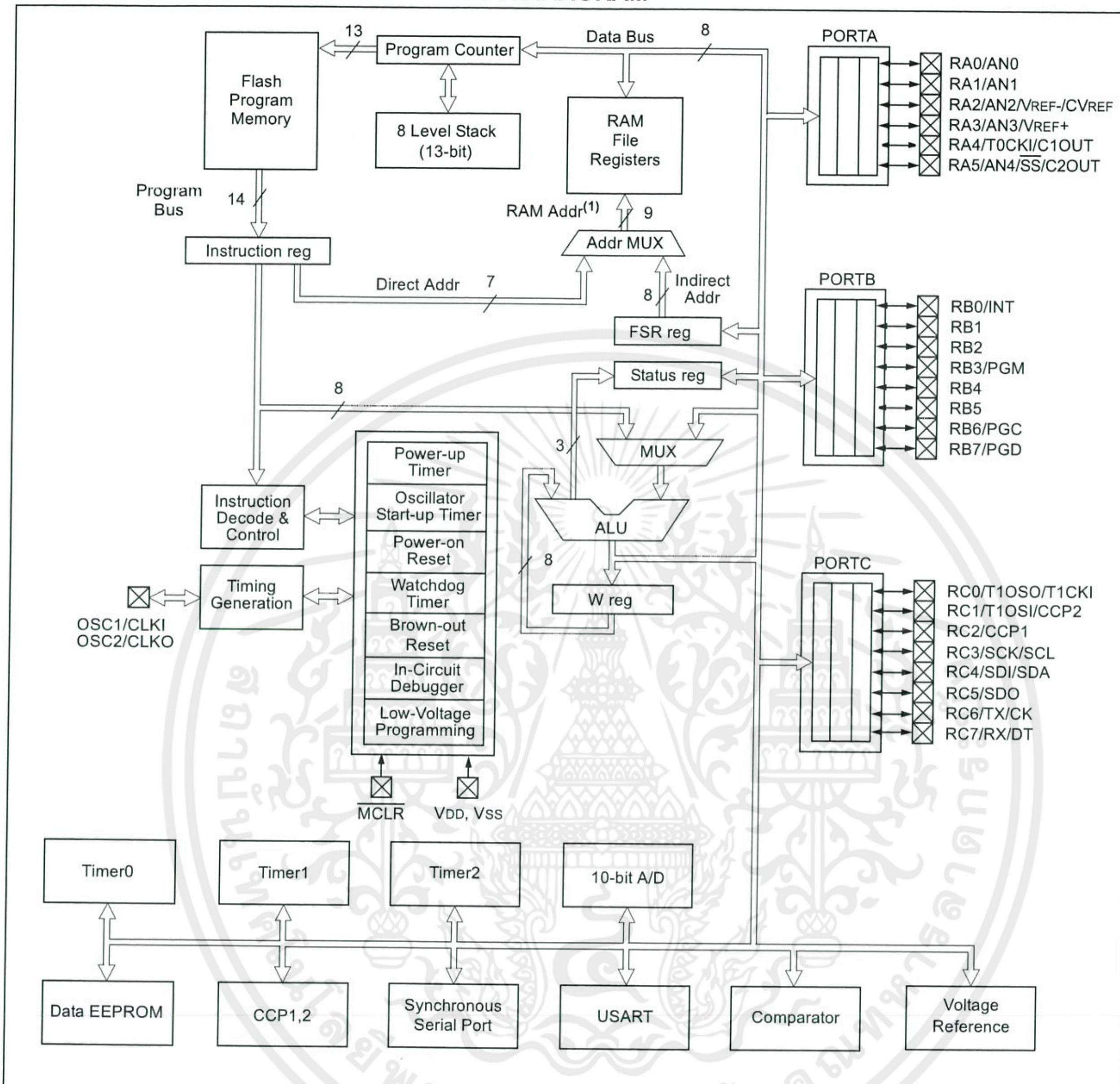
TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2003 Microchip Technology Inc.

FIGURE 1-1: PIC16F873A/876A BLOCK DIAGRAM



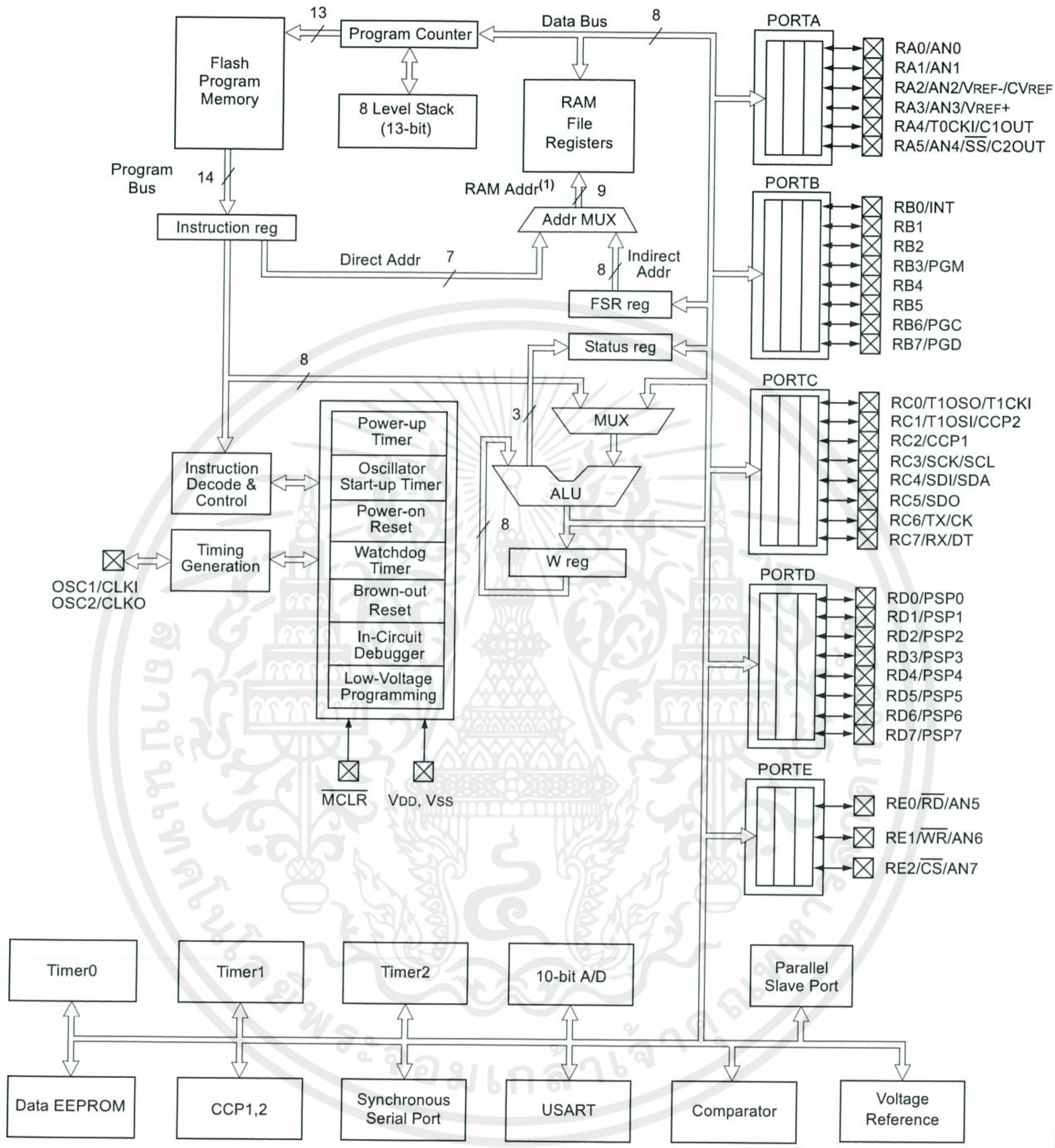
Device	Program Flash	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F873A	4K words	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F876A	8K words	368 Bytes	256 Bytes

Note 1: Higher order bits are from the Status register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2003 Microchip Technology Inc.

FIGURE 1-2: PIC16F874A/877A BLOCK DIAGRAM



Device	Program Flash	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874A	4K words	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877A	8K words	368 Bytes	256 Bytes

Note 1: Higher order bits are from the Status register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI	9	6		ST/CMOS(3)	Oscillator crystal or external clock input.
OSC1			I		Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS.
CLKI			I		External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO	10	7		—	Oscillator crystal or clock output.
OSC2			O		Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode.
CLKO			O		In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{\text{MCLR}}$/VPP	1	26		ST	Master Clear (input) or programming voltage (output).
$\overline{\text{MCLR}}$			I		Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device.
VPP			P		Programming voltage input.
					PORTA is a bidirectional I/O port.
RA0/AN0	2	27		TTL	
RA0			I/O		Digital I/O.
AN0			I		Analog input 0.
RA1/AN1	3	28		TTL	
RA1			I/O		Digital I/O.
AN1			I		Analog input 1.
RA2/AN2/VREF-/CVREF	4	1		TTL	
RA2			I/O		Digital I/O.
AN2			I		Analog input 2.
VREF-			I		A/D reference voltage (Low) input.
CVREF			O		Comparator VREF output.
RA3/AN3/VREF+	5	2		TTL	
RA3			I/O		Digital I/O.
AN3			I		Analog input 3.
VREF+			I		A/D reference voltage (High) input.
RA4/T0CKI/C1OUT	6	3		ST	
RA4			I/O		Digital I/O – Open-drain when configured as output.
T0CKI			I		Timer0 external clock input.
C1OUT			O		Comparator 1 output.
RA5/AN4/$\overline{\text{SS}}$/C2OUT	7	4		TTL	
RA5			I/O		Digital I/O.
AN4			I		Analog input 4.
$\overline{\text{SS}}$			I		SPI slave select input.
C2OUT			O		Comparator 2 output.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2003 Microchip Technology Inc.

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
					PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs.
RB0/INT	21	18		TTL/ST(1)	
RB0			I/O		Digital I/O.
INT			I		External interrupt.
RB1	22	19	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	23	20	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM	24	21		TTL	
RB3			I/O		Digital I/O.
PGM			I		Low-voltage (single-supply) ICSP programming enable pin.
RB4	25	22	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	26	23	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC	27	24		TTL/ST(2)	
RB6			I/O		Digital I/O.
PGC			I		In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD	28	25		TTL/ST(2)	
RB7			I/O		Digital I/O.
PGD			I/O		In-circuit debugger and ICSP programming data.
					PORTC is a bidirectional I/O port.
RC0/T1OSO/T1CKI	11	8		ST	
RC0			I/O		Digital I/O.
T1OSO			O		Timer1 oscillator output.
T1CKI			I		Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	12	9		ST	
RC1			I/O		Digital I/O.
T1OSI			I		Timer1 oscillator input.
CCP2			I/O		Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1	13	10		ST	
RC2			I/O		Digital I/O.
CCP1			I/O		Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	14	11		ST	
RC3			I/O		Digital I/O.
SCK			I/O		Synchronous serial clock input/output for SPI mode.
SCL			I/O		Synchronous serial clock input/output for I^2C mode.
RC4/SDI/SDA	15	12		ST	
RC4			I/O		Digital I/O.
SDI			I		SPI data in.
SDA			I/O		I^2C data I/O.
RC5/SDO	16	13		ST	
RC5			I/O		Digital I/O.
SDO			O		SPI data out.
RC6/TX/CK	17	14		ST	
RC6			I/O		Digital I/O.
TX			O		USART asynchronous transmit.
CK			I/O		USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT	18	15		ST	
RC7			I/O		Digital I/O.
RX			I		USART asynchronous receive.
DT			I/O		USART synchronous data.
VSS	8, 19	5, 6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	17	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI	13	14	30	32		ST/CMOS[4]	Oscillator crystal or external clock input.
OSC1					I		Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS.
CLKI					I		External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO	14	15	31	33		—	Oscillator crystal or clock output.
OSC2					O		Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode.
CLKO					O		In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{\text{MCLR}}$/VPP	1	2	18	18		ST	Master Clear (input) or programming voltage (output).
$\overline{\text{MCLR}}$					I		Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device.
VPP					P		Programming voltage input.
							PORTA is a bidirectional I/O port.
RA0/AN0	2	3	19	19		TTL	
RA0					I/O		Digital I/O.
AN0					I		Analog input 0.
RA1/AN1	3	4	20	20		TTL	
RA1					I/O		Digital I/O.
AN1					I		Analog input 1.
RA2/AN2/VREF-/CVREF	4	5	21	21		TTL	
RA2					I/O		Digital I/O.
AN2					I		Analog input 2.
VREF-					I		A/D reference voltage (Low) input.
CVREF					O		Comparator VREF output.
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	22		TTL	
RA3					I/O		Digital I/O.
AN3					I		Analog input 3.
VREF+					I		A/D reference voltage (High) input.
RA4/T0CKI/C1OUT	6	7	23	23		ST	
RA4					I/O		Digital I/O – Open-drain when configured as output.
T0CKI					I		Timer0 external clock input.
C1OUT					O		Comparator 1 output.
RA5/AN4/$\overline{\text{SS}}$/C2OUT	7	8	24	24		TTL	
RA5					I/O		Digital I/O.
AN4					I		Analog input 4.
$\overline{\text{SS}}$					I		SPI slave select input.
C2OUT					O		Comparator 2 output.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2003 Microchip Technology Inc.

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
							PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	33	36	8	9		TTL/ST(1)	
RB0					I/O		Digital I/O.
INT					I		External interrupt.
RB1	34	37	9	10	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	35	38	10	11	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM	36	39	11	12		TTL	
RB3					I/O		Digital I/O.
PGM					I		Low-voltage ICSP programming enable pin.
RB4	37	41	14	14	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	38	42	15	15	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC	39	43	16	16		TTL/ST(2)	
RB6					I/O		Digital I/O.
PGC					I		In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD	40	44	17	17		TTL/ST(2)	
RB7					I/O		Digital I/O.
PGD					I/O		In-circuit debugger and ICSP programming data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

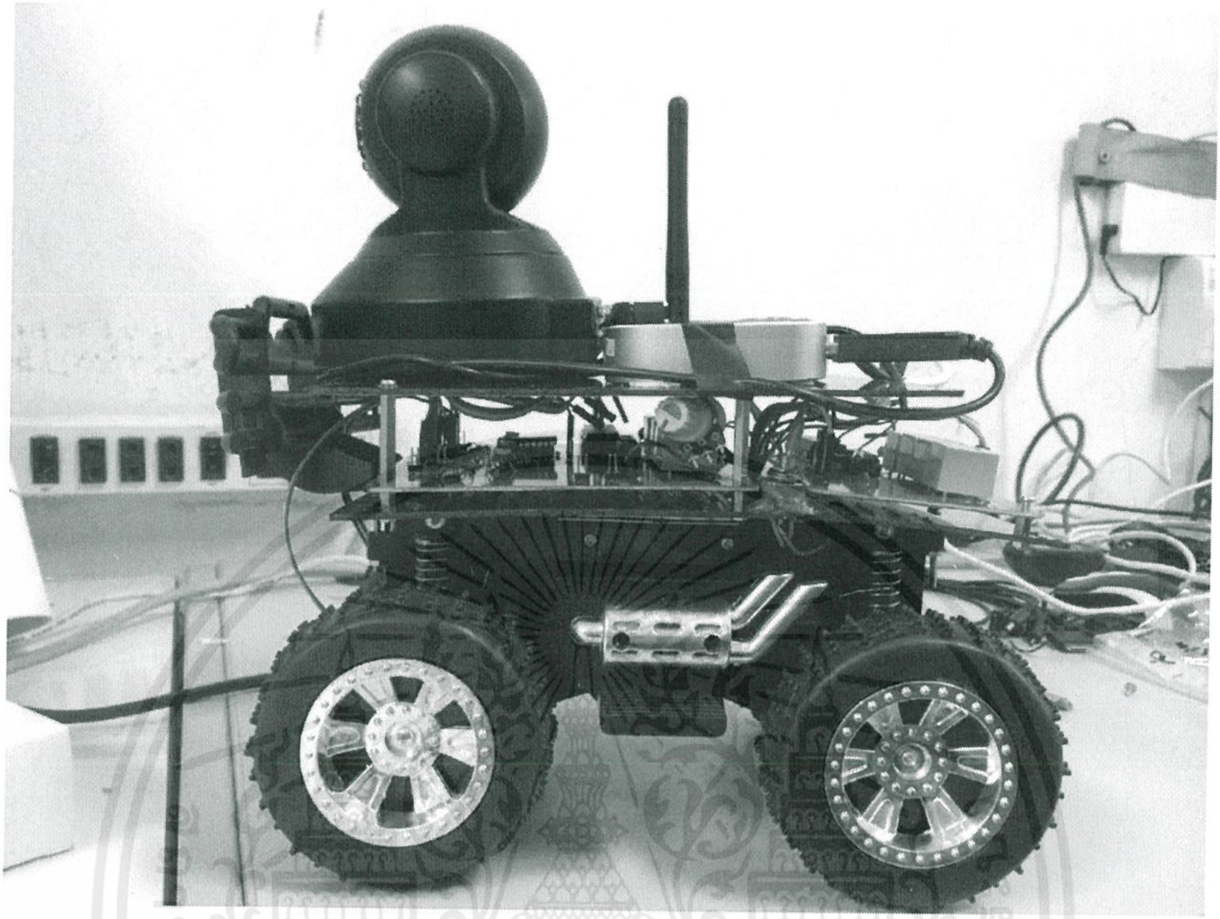
Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

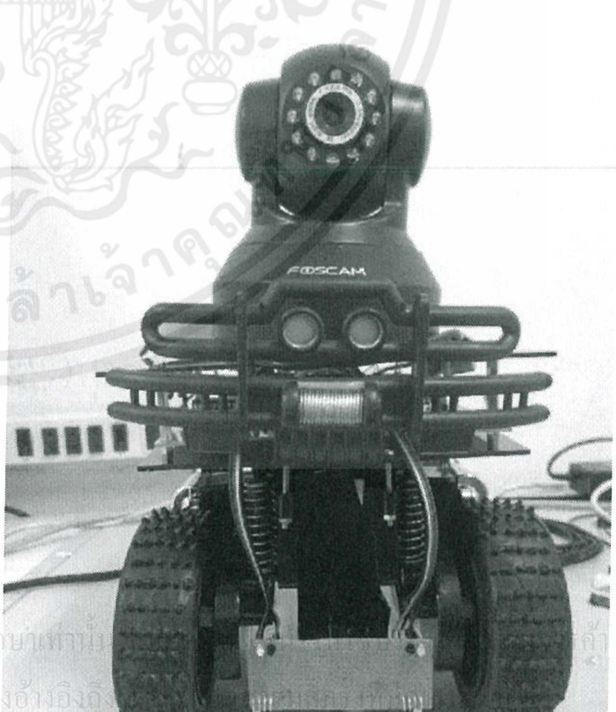
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2003 Microchip Technology Inc.

ภาคผนวก ข ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน ... ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ... ค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำการแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึง ...